



# 勞工安全衛生研究報告

## 奈米微粒作業人員健康危害 流行病學研究(III)

### Epidemiology of Health Hazards among Engineered Nanoparticles Manufacturing Workers(III)

奈米微粒作業人員健康危害流行病學研究(III)

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所



行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

ISBN:97898603-2135-7



GPN:1010100615  
定價:500元

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

奈米微粒作業人員健康危害  
流行病學研究(III)

**Epidemiology of Health Hazards among  
Engineered Nanoparticles  
Manufacturing Workers(III)**

奈米微粒作業人員健康危害  
流行病學研究(III)

**Epidemiology of Health Hazards among  
Engineered Nanoparticles  
Manufacturing Workers(III)**

研究主持人：何俊傑、劉紹興

計畫主辦單位：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

計畫研究單位：國家衛生研究院環職組

研究期間：中華民國 100 年 01 月 12 日至 100 年 12 月 31 日

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所  
中華民國 101 年 3 月

## 摘要

「奈米科技」被公認為現今這一個世紀最重要的產業之一，從民生消費性產業到尖端的高科技領域，都能找到與奈米科技相關的應用。雖然「奈米科技」具有許多優點，但是伴隨而來亦有其潛在之風險。隨著奈米微粒運用日益漸增，但是對其所在職場會造成職業安全衛生之效應卻鮮被關注；另外，在現有之奈米微粒所引起之危害，文獻資料絕大部分是細胞或動物試驗資料，有關流行病學之資料相當缺乏，因而引發本研究之探討動機。

本研究於98與99年度「奈米微粒作業人員健康危害流行病學研究(I)、(II)」計劃中，以橫斷性與縱貫性研究法利用個人問卷以及受試者之血液、尿液、肺功能與呼氣濃縮物(EBC)檢體的收集，探討奈米作業人員之氧化壓力傷害、發炎反應、肺功能、心血管疾病，抗氧化酵素活性、腎上腺固醇類荷爾蒙恆定以及神經反應之健康效應，並且利用Samuel Paik所提出之Control Banding理論，將奈米暴露受試者依照奈米暴露危害風險區分為RI1 (Risk level 1)與RL2 (Risk level 2)，數字越高奈米暴露之危害風險越大。

本計畫至98年3月到100年8月止，總計收案人數共有458位人員，對照組有200人、Risk Level 1 (RL1)有139人、Risk Level 1 (RL2)有119人，而本年度之研究設計主要為縱貫性研究法，因此在統計分析之樣本選取為重覆測試之人員，意即至少參與二次以上之受試者，共有285人，對照組109位、暴露組176位，統計方法則使用GEE (Generalized Estimating Equations)分析，此外，欲了解接觸不同奈米物質之人員可能造成不同的傷害，因此依照其接觸之奈米物質區分為五大類，接觸奈米碳管者有60人、接觸奈米級二氧化鈦者有60人、接觸奈米級二氧化矽者有73人、接觸奈米銀的有35人而接觸其他奈米物質者(奈米金、奈米鋁、奈米黏土等)有50人。

研究結果發現，利用所接觸的奈米物質做為分組依據，更能夠看到奈米物質對監測指標的影響，其結果顯示，奈米碳管(CNT)接觸者較可能影響發炎反應指

標，如 CC16、NF-kB(EBC)、IL-6sR、8-OHdG、paraoxonase 以及 FVC，奈米銀則對心肺相關指標(NO、肺功能、hsCRP 以及 RBV-血管配置指標)有所影響，而其他奈米物質則對其心血管指標(Fibrinogen、RMSSD)有所影響，但由於其他奈米物質包含奈米金、奈米鋁等物質，因此無法確切了解是由何種物質造成。

另外，本研究中，依據 Control Banding 分類為較高風險族群，確實在追蹤分析中呈現了較不良的健康結果，因此顯示了未來研究中對於這些暴露族群持續追蹤的必要性；唯其詳細的機轉與原因，或許有待進一步的細胞實驗或是相關的動物實驗，才能予以釐清。

關鍵字：奈米微粒作業人員、流行病學研究、橫斷性研究法、縱貫性研究法、健康效應指標、呼吸道發炎反應、心血管疾病、基因傷害、氧化壓力傷害、抗氧化酵素、腎上腺固醇類荷爾蒙恆定

# Abstract

Nanotechnology regarded as the most important technology nowadays is overwhelmingly affecting our daily life from livelihood consumer industry to high-tech field. Though possessing lots of benefits and was already applied to many different domains, the potential risks originated from the usage of the nanoparticles (NPs) were often neglected especially on the occupational safety and health effect at workplace. Besides, most the literatures about the health impairment effects of NPs are mainly focused on the animal or cell culture studies and only a few are concerned with the epidemiological study that constitutes the motivation of this study.

During the projects “Epidemiology of health hazards among engineered nanoparticles manufacturing workers (I) and (II)” executed last two years we analyzed the information of questionnaires and the results of different medical surveillances on the blood, urine, and exhaled breath concentrate (EBC) samples from both the cross-sectional and longitudinal strategies. The medical surveillances executed including pulmonary function tests (PFTs), oxidative stress, inflammation response, cardiovascular disease (CVD), anti-oxidative enzyme activity, adrenal steroid hormone homeostasis and neural response. Owing to the information paucity of NP toxicology, we adopted the control banding theory raised by Samuel Paik that differentiates the subjects into two risk levels, risk level 1 (RL1) and risk level 2 (RL2) according to their estimated exposure risk and in which higher numerical values denotes higher hazard risk.

From March 2009 to August 2011, there are totally 458 people recruited in this research. Among them 200 persons are divided into control group, 139 persons belonged to RL1 category, and 119 persons belonged to RL2 category. In the

longitudinal analysis adopted this year only subjects with more than twice attendance would be taken into account which means that only 285 subjects, including 109 persons belonging to the control group and 176 persons belonging to the exposure level were analyzed. The statistical method is generalized estimating equations (GEEs). And in order to understand whether different kinds of nanomaterials (NMs) would do distinct harm to each engineered worker, the subjects are further sorted into five sub-groups according to the NMs they exposed, including 60 persons in contact with carbon nano tubes (CNTs), 60 persons in contact with nano titanium oxide, 73 persons in contact with nano silicon oxide, 35 persons in contact with nano-silver and 50 persons are put together as miscellaneous (including the operation of nano-gold, nano-alumina and nano-clay).

Some results could be seen after further sub-dividing the subjects by NMs each contacted. Subjects in contact with CNTs are likely to affect the inflammatory responses, such as CC16, NF- $\kappa$ B in EBC, IL6-sR, 8-OHdG, paraoxonase and FVC in PFTs. Those in contact with nano-silver could see differences in the analysis of markers relevant to cardiovascular functions, such as fractional exhaled nitric oxide (FeNO), PFTs, high sensitivity C-reactive protein (hsCRP) and RBV. The group of miscellaneous shows that the responses of early cardiovascular markers, including fibrinogen and RMSSD, would be affected, but it cannot tell which NM contributed to these effects.

Finally, the RL 2 sub-group, which was categorized by control banding and denotes a higher risk level, does present much worse health outcomes in our longitudinal analysis and shows the necessity of further continuous monitoring of those voluntary cohorts in future study. However, to elucidate the detailed reason and mechanism would demand further experiments on cell culture or animal study.

Keywords: Engineered nanoparticles manufacturing workers, Epidemiological study, Cross-sectional study, Longitudinal study, Cardiovascular disease, Gene damage, Oxidative stress, Anti-oxidative enzyme, Adrenal steroid hormone homeostasis

# 目錄

摘要.....	i
Abstract.....	iii
目錄.....	vi
圖目錄.....	viii
表目錄.....	xxii
第一章 研究背景.....	1
第二章 文獻回顧.....	2
第一節 微米級粒徑之粒狀污染物的研究緣起以及可以作為奈米微粒暴露研究 之借鏡.....	2
第二節 奈米微粒的製造及其毒性.....	4
第三節 暴露途徑.....	10
第四節 動物實驗之效應.....	11
第五節 細和超細微粒暴露的流行病學研究.....	16
第六節 從動物和流行病學研究提出的假設.....	17
第三章 研究目的.....	28
第四章 研究方法及步驟.....	35
第一節 研究設計.....	35
第二節 奈米廠商資料之取得以及研究對象之招募.....	36
第三節 研究方法與工具.....	36
第四節 資料的收集及品質管制步驟.....	58
第五節 資料處理與統計分析.....	59

第五章 結果與討論 .....	60
第一節 奈米微粒作業人員之問卷內容.....	63
第二節 縱貫性研究結果.....	71
第六章 結論與建議 .....	653
第一節 結論.....	653
第二節 建議.....	655
誌謝.....	656
參考文獻.....	657

# 圖目錄

圖 1 吸入奈米微粒對於肺部和心血管之假設/推論的影響.....	8
圖 2 IOSH-DEHOM NanoStudy .....	35
圖 3 NObreath <sup>®</sup> Quick Start Guide .....	38
圖 4 General strategy for preparing recombinant adenovirus by.....	43
圖 5 NF-kB(Serum)檢量線 .....	44
圖 6 NF-kB(EBC)檢量線.....	44
圖 7 SOD standard curve .....	48
圖 8 Myeloperoxidase(MPO) 檢量線.....	49
圖 9 Interleukin-6(IL-6) 檢量線 .....	51
圖 10 Interleukin-6 soluble Receptor(IL-6sR)檢量線.....	52
圖 11 Inter Cellular Adhesion Molecule 檢量線 .....	53
圖 12 Vascular Cellular Adhesion Molecule 檢量線.....	54
圖 13 Cortisol 檢量線.....	55
圖 14 testosterone 檢量線.....	55
圖 15 98-100 年受試者參與情形.....	61
圖 16 NO(ppb)重覆測量之分布情形 .....	76
圖 17 奈米碳管處置者之 NO(ppb)重覆測量分布情形.....	77
圖 18 奈米級二氧化鈦處置者之 NO(ppb)重覆測量分布情形.....	78
圖 19 奈米級二氧化矽處置者之 NO(ppb)重覆測量分布情形.....	79
圖 20 奈米銀處置者之 NO(ppb)重覆測量分布情形.....	80
圖 21 奈米銀處置者之 NO(ppb)重覆測量分布情形.....	81
圖 22 CC16(ng/mL)之重覆測量分布情形.....	84
圖 23 奈米碳管處置者之 CC16(ng/mL)重覆測量分布情形 .....	86
圖 24 奈米級二氧化鈦處置者之 CC16(ng/mL)重覆測量分布情形 .....	87

圖 25 奈米級二氧化矽處置者之 CC16 (ng/mL)重覆測量分布情形 .....	89
圖 26 奈米銀處置者之 CC16(ng/mL)重覆測量分布情形 .....	91
圖 27 其他奈米物質處置者之 CC16(ng/mL)重覆測量分布情形 .....	92
圖 28 NF-κB (pg/mL)(serum)之重覆測量分布情形.....	97
圖 29 奈米碳管處置者之 NF-κB (pg/mL)(serum)重覆測量分布情形 .....	98
圖 30 奈米級二氧化鈦處置者之 NF-κB (pg/mL)(serum)重覆測量分布情形 ..	100
圖 31 奈米級二氧化矽處置者之 NFκB(pg/mL)(serum)重覆測量分布情形 ....	101
圖 32 奈米銀處置者之 NF-κB (pg/mL)(serum)重覆測量分布情形 .....	102
圖 33 其他奈米物質處置者之 NF-κB (pg/mL)(serum)重覆測量分布情形 .....	104
圖 34 NFκB(pg/mL)(EBC)之重覆測量分布情形 .....	107
圖 35 奈米碳管處置者之 NF-κB (pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形 .....	108
圖 36 奈米級二氧化鈦處置者之 NF-κB (pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形 ....	109
圖 37 奈米級二氧化矽處置者之 NF-κB (pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形 ....	110
圖 38 奈米銀處置者之 NF-κB (pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形 .....	111
圖 39 其他奈米物質處置者之 NF-κB (pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形 .....	112
圖 40 IL-6(pg/mL)之重覆測量分布情形 .....	116
圖 41 奈米碳管處置者之 IL-6(pg/mL)重覆測量分布情形.....	117
圖 42 奈米級二氧化鈦處置者之 IL-6(pg/mL)重覆測量分布情形.....	119
圖 43 奈米級二氧化矽處置者之 IL-6(pg/mL)重覆測量分布情形.....	120
圖 44 奈米銀處置者之 IL-6(pg/mL)重覆測量分布情形.....	121
圖 45 其他奈米物質處置者之 IL-6(pg/mL)重覆測量分布情形.....	123
圖 46 IL-6 sR (pg/mL)之重覆測量分布情形.....	126
圖 47 奈米碳管處置者之 IL-6 sR (pg/mL)重覆測量分布情形 .....	127
圖 48 奈米級二氧化鈦處置者之 IL-6 sR (pg/mL)重覆測量分布情形 .....	128
圖 49 奈米級二氧化矽處置者之 IL-6sR (pg/mL)重覆測量分布情形 .....	130

圖 50 奈米銀處置者之 IL-6 sR (pg/mL)重覆測量分布情形 .....	131
圖 51 其他奈米物質處置者之 IL-6 sR (pg/mL)重覆測量分布情形 .....	132
圖 52 8-OHdG (ng/mL)(urine)之重覆測量分布情形 .....	136
圖 53 奈米碳管處置者之 8-OHdG (ng/mL)(urine)重覆測量分布情形.....	138
圖 54 奈米級二氧化鈦處置者之 8-OHdG (ng/mL)(urine)重覆測量分布情形.	139
圖 55 奈米級二氧化矽處置者之 8-OHdG (ng/mL)(urine)重覆測量分布情形.	141
圖 56 奈米銀處置者之 8-OHdG (ng/mL)(urine)重覆測量分布情形.....	142
圖 57 其他奈米物質處置者之 8-OHdG (ng/mL)(urine)重覆測量分布情形.....	144
圖 58 8-OHdG/ creatinine(ng/mg )之重覆測量分布情形.....	147
圖 59 奈米碳管處置者之 8-OHdG/ creatinine(ng/mg )重覆測量分布情形 .....	148
圖 60 奈米級二氧化鈦處置者之 8-OHdG/ creatinine(ng/mg )重覆測量分布情形 .....	150
圖 61 奈米級二氧化矽處置者之 8-OHdG/ creatinine(ng/mg )重覆測量分布情形 .....	151
圖 62 奈米銀處置者之 8-OHdG/ creatinine(ng/mg )重覆測量分布情形 .....	153
圖 63 其他奈米物質處置者之 8-OHdG/ creatinine(ng/mg )重覆測量分布情形 .....	154
圖 64 8-OHdG (pg/mL) (plasma)之重覆測量分布情形.....	158
圖 65 奈米碳管處置者之 8-OHdG (pg/mL) (plasma)重覆測量分布情形.....	159
圖 66 奈米級二氧化鈦處置者之 8-OHdG (pg/mL) (plasma)重覆測量分布情形 .....	161
圖 67 奈米級二氧化矽處置者之 8-OHdG (pg/mL) (plasma)重覆測量分布.....	162
圖 68 奈米銀處置者之 8-OHdG (pg/mL) (plasma)重覆測量分布.....	164
圖 69 其他奈米物質處置者之 8-OHdG (pg/mL) (plasma)重覆測量分布.....	165
圖 70 isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)之重覆測量分布情形.....	169

圖 71 奈米碳管處置者之 isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形.....	170
圖 72 奈米級二氧化鈦處置者之 isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形.	172
圖 73 奈米級二氧化矽處置者之 isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形 .	174
圖 74 奈米銀處置者之 isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形 .....	176
圖 75 其他奈米物質處置者之 isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形 .....	178
圖 76 N7-MeG (ug/mL)(urine)之重覆測量分布情形.....	182
圖 77 奈米碳管處置者之 N7-MeG (ug/mL)(urine)重覆測量分布情形.....	184
圖 78 奈米級二氧化鈦處置者之 N7-MeG (ug/mL)(urine)重覆測量分布情形	187
圖 79 奈米級二氧化矽處置者之 N7-MeG (ug/mL)(urine)重覆測量分布情形	189
圖 80 奈米銀處置者之 N7-MeG (ug/mL)(urine)重覆測量分布情形 .....	191
圖 81 其他奈米物質處置者之 N7-MeG (ug/mL)(urine)重覆測量分布情形 ....	193
圖 82 N7-MeG/ creatinine 之重覆測量分布情形.....	198
圖 83 奈米碳管處置者之 N7-MeG/ creatinine 重覆測量分布情形.....	200
圖 84 奈米級二氧化鈦處置者之 N7-MeG/ creatinine 重覆測量分布情形.....	202
圖 85 奈米級二氧化矽處置者之 N7-MeG/ creatinine 重覆測量分布情形.....	204
圖 86 奈米銀處置者之 N7-MeG/ creatinine 重覆測量分布情形.....	206
圖 87 其他奈米物質處置者之 N7-MeG/ creatinine 重覆測量分布情形.....	208
圖 88 MPO (ng/mL)之重覆測量分布情形 .....	213
圖 89 奈米碳管處置者之 MPO (ng/mL)重覆測量分布情形 .....	214
圖 90 奈米級二氧化鈦處置者之 MPO (ng/mL)重覆測量分布情形 .....	216
圖 91 奈米級二氧化矽處置者之 MPO (ng/mL)重覆測量分布情形.....	217
圖 92 奈米銀處置者之 MPO (ng/mL)重覆測量分布情形.....	219
圖 93 其他奈米物質處置者之 MPO (ng/mL)重覆測量分布情形.....	220
圖 94 SOD(U/ml)之重覆測量分布情形 .....	224
圖 95 奈米碳管處置者之 SOD(U/ml)重覆測量分布情形 .....	225

圖 96 奈米級二氧化鈦處置者之 SOD(U/ml)重覆測量分布情形 .....	227
圖 97 奈米級二氧化矽處置者之 SOD(U/ml)重覆測量分布情形 .....	228
圖 98 奈米銀處置者之 SOD(U/ml)重覆測量分布情形 .....	230
圖 99 其他奈米物質處置者之 SOD(U/ml)重覆測量分布情形 .....	231
圖 100 GPx (nmol/min/ml)之重覆測量分布情形 .....	235
圖 101 奈米碳管處置者之 GPx (nmol/min/ml)重覆測量分布情形.....	236
圖 102 奈米級二氧化鈦處置者之 GPx (nmol/min/ml)重覆測量分布情形 .....	237
圖 103 奈米級二氧化矽處置者之 GPx (nmol/min/ml)重覆測量分布情形 .....	238
圖 104 奈米銀處置者之 GPx (nmol/min/ml)重覆測量分布情形 .....	239
圖 105 其他奈米物質處置者之 GPx (nmol/min/ml)重覆測量分布情形 .....	240
圖 106 paraoxonase(unit/ml)之重覆測量分布情形 .....	244
圖 107 奈米碳管處置者之 paraoxonase(unit/ml)重覆測量分布情形.....	245
圖 108 奈米級二氧化鈦處置者之 paraoxonase(unit/ml)重覆測量分布情形....	247
圖 109 奈米級二氧化矽處置者之 paraoxonase(unit/ml)重覆測量分布情形...248	
圖 110 奈米銀處置者之 paraoxonase(unit/ml)重覆測量分布情形 .....	249
圖 111 其他奈米物質處置者之 paraoxonase(unit/ml)重覆測量分布情形.....	250
圖 112 Fibrinogen(mg/dL)之重覆測量分布情形 .....	254
圖 113 奈米碳管處置者之 Fibrinogen(mg/dL)重覆測量分布情形 .....	256
圖 114 奈米級二氧化鈦處置者之 Fibrinogen(mg/dL)重覆測量分布情形 .....	258
圖 115 奈米級二氧化矽處置者之 Fibrinogen(mg/dL)重覆測量分布情形 .....	260
圖 116 奈米銀處置者之 Fibrinogen(mg/dL)重覆測量分布情形 .....	262
圖 117 其他奈米物質處置者之 Fibrinogen(mg/dL)重覆測量分布情形 .....	264
圖 118 VCAM (ng/mL)之重覆測量分布情形 .....	268
圖 119 奈米碳管處置者之 VCAM (ng/mL)重覆測量分布情形 .....	270
圖 120 奈米級二氧化鈦處置者之 VCAM (ng/mL)重覆測量分布情形.....	271

圖 121 奈米級二氧化矽處置者之 VCAM (ng/mL)重覆測量分布情形.....	272
圖 122 奈米銀處置者之 VCAM (ng/mL)重覆測量分布情形.....	274
圖 123 其他奈米物質處置者之 VCAM (ng/mL)重覆測量分布情形.....	275
圖 124 ICAM(ng/mL)之重覆測量分布情形 .....	279
圖 125 奈米碳管處置者之 ICAM(ng/mL)重覆測量分布情形 .....	281
圖 126 奈米級二氧化鈦處置者之 ICAM(ng/mL)重覆測量分布情形 .....	282
圖 127 奈米級二氧化矽處置者之 ICAM(ng/mL)重覆測量分布情形 .....	283
圖 128 奈米銀處置者之 ICAM(ng/mL)重覆測量分布情形.....	285
圖 129 其他奈米物質處置者之 ICAM(ng/mL)重覆測量分布情形 .....	287
圖 130 hs-CRP(mg/L)之重覆測量分布情形 .....	291
圖 131 奈米碳管處置者之 hs-CRP(mg/L)重覆測量分布情形 .....	292
圖 132 奈米級二氧化鈦處置者之 hs-CRP(mg/L)重覆測量分布情形 .....	294
圖 133 奈米級二氧化矽處置者之 hs-CRP(mg/L)重覆測量分布情形 .....	295
圖 134 奈米銀處置者之 hs-CRP(mg/L)重覆測量分布情形 .....	297
圖 135 其他奈米物質處置者之 hs-CRP(mg/L)重覆測量分布情形 .....	298
圖 136 SDNN(ms)之重覆測量分布情形.....	304
圖 137 奈米碳管處置者之 SDNN(ms)重覆測量分布情形.....	305
圖 138 奈米級二氧化鈦處置者之 SDNN(ms)重覆測量分布情形.....	307
圖 139 奈米級二氧化矽處置者之 SDNN(ms)重覆測量分布情形.....	308
圖 140 奈米銀處置者之 SDNN(ms)重覆測量分布情形.....	310
圖 141 其他奈米物質處置者之 SDNN(ms)重覆測量分布情形.....	311
圖 142 RMSSD(ms)(心臟負荷指數)之重覆測量分布情形.....	315
圖 143 奈米碳管處置者之 RMSSD(ms)(心臟負荷指數)重覆測量分布情形..	316
圖 144 奈米級二氧化鈦處置者之 RMSSD(ms)(心臟負荷指數)重覆測量分布情形.....	318

圖 145 奈米級二氧化矽處置者之 RMSSD(ms)(心臟負荷指數)重覆測量分布情形 .....	319
圖 146 奈米銀處置者之 RMSSD(ms)(心臟負荷指數)重覆測量分布情形 .....	321
圖 147 其他奈米物質處置者之 RMSSD(ms)(心臟負荷指數)重覆測量分布情形 .....	322
圖 148 VLF(ms <sup>2</sup> ) (極低頻)之重覆測量分布情形 .....	332
圖 149 奈米碳管處置者之 VLF(ms <sup>2</sup> ) (極低頻)重覆測量分布情形 .....	333
圖 150 奈米級二氧化鈦處置者之 VLF(ms <sup>2</sup> ) (極低頻)重覆測量分布情形 .....	334
圖 151 奈米級二氧化矽處置者之 VLF(ms <sup>2</sup> ) (極低頻)重覆測量分布情形 .....	335
圖 152 奈米銀處置者之 VLF(ms <sup>2</sup> ) (極低頻)重覆測量分布情形 .....	336
圖 153 其他奈米物質處置者之 VLF(ms <sup>2</sup> ) (極低頻)重覆測量分布情形 .....	337
圖 154 LF(ms <sup>2</sup> ) (低頻)之重覆測量分布情形 .....	340
圖 155 奈米碳管處置者之 LF(ms <sup>2</sup> ) (低頻)重覆測量分布情形 .....	341
圖 156 奈米級二氧化鈦處置者之 LF(ms <sup>2</sup> ) (低頻)重覆測量分布情形 .....	343
圖 157 奈米級二氧化矽處置者之 LF(ms <sup>2</sup> ) (低頻)重覆測量分布情形 .....	344
圖 158 奈米銀處置者之 LF(ms <sup>2</sup> ) (低頻)重覆測量分布情形 .....	346
圖 159 其他奈米物質處置者之 LF(ms <sup>2</sup> ) (低頻)重覆測量分布情形 .....	347
圖 160. HF(ms <sup>2</sup> ) (高頻)之重覆測量分布情形 .....	351
圖 161 奈米碳管處置者之 HF(ms <sup>2</sup> ) (高頻)重覆測量分布情形 .....	352
圖 162 奈米級二氧化鈦處置者之 HF(ms <sup>2</sup> ) (高頻)重覆測量分布情形 .....	353
圖 163 奈米級二氧化矽處置者之 HF(ms <sup>2</sup> ) (高頻)重覆測量分布情形 .....	354
圖 164 奈米銀處置者之 HF(ms <sup>2</sup> ) (高頻)重覆測量分布情形 .....	355
圖 165 其他奈米物質處置者之 HF(ms <sup>2</sup> ) (高頻)重覆測量分布情形 .....	356
圖 166 LF/HF(低高頻功率比)之重覆測量分布情形 .....	359
圖 167 奈米碳管處置者之 LF/HF(低高頻功率比)重覆測量分布情形 .....	360

圖 168 奈米級二氧化鈦處置者之 LF/HF(低高頻功率比)重覆測量分布情形	361
圖 169 奈米級二氧化矽處置者之 LF/HF(低高頻功率比)重覆測量分布情形	362
圖 170 奈米銀處置者之 LF/HF(低高頻功率比)重覆測量分布情形	363
圖 171 其他奈米物質處置者之 LF/HF(低高頻功率比)重覆測量分布情形	364
圖 172 PSI(壓力指數)之重覆測量分布情形	367
圖 173 奈米碳管處置者之 PSI(壓力指數)重覆測量分布情形	368
圖 174 奈米級二氧化鈦處置者之 PSI(壓力指數)重覆測量分布情形	370
圖 175 奈米級二氧化矽處置者之 PSI(壓力指數)重覆測量分布情形	371
圖 176 奈米銀處置者之 PSI(壓力指數)重覆測量分布情形	373
圖 177 其他奈米物質處置者之 PSI(壓力指數)重覆測量分布情形	374
圖 178 TP(ms <sup>2</sup> )(總能量)之重覆測量分布情形	378
圖 179 奈米碳管處置者之 TP(ms <sup>2</sup> )(總能量)重覆測量分布情形	379
圖 180 奈米級二氧化鈦處置者之 TP(ms <sup>2</sup> )(總能量)重覆測量分布情形	381
圖 181 奈米級二氧化矽處置者之 TP(ms <sup>2</sup> )(總能量)重覆測量分布情形	382
圖 182 奈米銀處置者之 TP(ms <sup>2</sup> )(總能量)重覆測量分布情形	384
圖 183 其他奈米物質處置者之 TP(ms <sup>2</sup> )(總能量)重覆測量分布情形	385
圖 184 Vessel Status Score 之重覆測量分布情形	390
圖 185 奈米碳管處置者之 Vessel Status Score 重覆測量分布情形	391
圖 186 奈米級二氧化鈦處置者之 Vessel Status Score 重覆測量分布情形	393
圖 187 奈米級二氧化矽處置者之 Vessel Status Score 重覆測量分布情形	394
圖 188 奈米銀處置者之 Vessel Status Score 重覆測量分布情形	396
圖 189 其他奈米物質處置者之 Vessel Status Score 重覆測量分布情形	397
圖 190 DPI(血管老化評估)之重覆測量分布情形	401
圖 191 奈米碳管處置者之 DPI(血管老化評估)重覆測量分布情形	402
圖 192 奈米級二氧化鈦處置者之 DPI(血管老化評估)重覆測量分布情形	404

圖 193 奈米級二氧化矽處置者之 DPI(血管老化評估)重覆測量分布情形.....	405
圖 194 奈米銀處置者之 DPI(血管老化評估)重覆測量分布情形.....	407
圖 195 其他奈米物質處置者之 DPI(血管老化評估)重覆測量分布情形.....	408
圖 196 SP(心室功能評估)之重覆測量分布情形.....	412
圖 197 奈米碳管處置者之 SP(心室功能評估)重覆測量分布情形.....	413
圖 198 奈米級二氧化鈦處置者之 SP(心室功能評估)重覆測量分布情形.....	415
圖 199 奈米級二氧化矽處置者之 SP(心室功能評估)重覆測量分布情形.....	416
圖 200 奈米銀處置者之 SP(心室功能評估)重覆測量分布情形.....	418
圖 201 其他奈米物質處置者之 SP(心室功能評估)重覆測量分布情形.....	419
圖 202 BVT(血管結構評估)之重覆測量分布情形.....	423
圖 203 奈米碳管處置者之 BVT(血管結構評估)重覆測量分布情形.....	424
圖 204 奈米級二氧化鈦處置者之 BVT(血管結構評估)重覆測量分布情形...	426
圖 205 奈米級二氧化矽處置者之 BVT(血管結構評估)重覆測量分布情形...	427
圖 206 奈米銀處置者之 BVT(血管結構評估)重覆測量分布情形.....	429
圖 207 其他奈米物質處置者之 BVT(血管結構評估)重覆測量分布情形.....	430
圖 208 RBV(血量配置評估)之重覆測量分布情形.....	434
圖 209 奈米碳管處置者之 RBV(血量配置評估)重覆測量分布情形.....	435
圖 210 奈米級二氧化鈦處置者之 RBV(血量配置評估)重覆測量分布情形...	437
圖 211 奈米級二氧化矽處置者之 RBV(血量配置評估)重覆測量分布情形...	438
圖 212 奈米銀處置者之 RBV(血量配置評估)重覆測量分布情形.....	440
圖 213 其他奈米物質處置者之 RBV(血量配置評估)重覆測量分布情形.....	441
圖 213 VCT 之重覆測量分布情形.....	445
圖 215 奈米碳管處置者之 VCT 重覆測量分布情形.....	446
圖 216 奈米級二氧化鈦處置者之 VCT 重覆測量分布情形.....	448
圖 217 奈米級二氧化矽處置者之 VCT 重覆測量分布情形.....	449

圖 218 奈米銀處置者之 VCT 重覆測量分布情形 .....	451
圖 219 其他奈米物質處置者之 VCT 重覆測量分布情形 .....	452
圖 220 BA(生理年齡)之重覆測量分布情形 .....	456
圖 221 奈米碳管處置者之 BA(生理年齡)重覆測量分布情形 .....	457
圖 222 奈米級二氧化鈦處置者之 BA(生理年齡)重覆測量分布情形 .....	459
圖 223 奈米級二氧化矽處置者之 BA(生理年齡)重覆測量分布情形 .....	460
圖 224 奈米銀處置者之 BA(生理年齡)重覆測量分布情形 .....	462
圖 225 其他奈米物質處置者之 BA(生理年齡)重覆測量分布情形 .....	463
圖 226 SI(血管硬化)之重覆測量分布情形 .....	467
圖 227 奈米碳管處置者之 SI(血管硬化)重覆測量分布情形 .....	468
圖 228 奈米級二氧化鈦處置者之 SI(血管硬化)重覆測量分布情形 .....	469
圖 229 奈米級二氧化矽處置者之 SI(血管硬化)重覆測量分布情形 .....	470
圖 230 奈米銀處置者之 SI(血管硬化)重覆測量分布情形 .....	471
圖 231 其他奈米物質處置者之 SI(血管硬化)重覆測量分布情形 .....	472
圖 232 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度)之重覆測量分布情形 .....	475
圖 233 奈米碳管處置者之 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度)重覆測量分布情形 .....	476
圖 234 奈米級二氧化鈦處置者之 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度)重覆測量分布情形 .....	477
圖 235 奈米級二氧化矽處置者之 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度)重覆測量分布情形 .....	478
圖 236 奈米銀處置者之 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度)重覆測量分布情形 .....	479
圖 237 其他奈米物質處置者之 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度)重覆測量分布情形 .....	480
圖 238 RI(血管彈性指數)之重覆測量分布情形 .....	483
圖 239 奈米碳管處置者之 RI(血管彈性指數)重覆測量分布情形 .....	484
圖 240 奈米級二氧化鈦處置者之 RI(血管彈性指數)重覆測量分布情形 .....	485
圖 241 奈米級二氧化矽處置者之 RI(血管彈性指數)重覆測量分布情形 .....	486
圖 242 奈米銀處置者之 RI(血管彈性指數)重覆測量分布情形 .....	487

圖 243 其他奈米物質處置者之 RI(血管彈性指數)重覆測量分布情形.....	488
圖 244 %DNA in Tail 之重覆測量分布情形 .....	491
圖 245 奈米碳管處置者之%DNA in Tail 重覆測量分布情形 .....	492
圖 246 奈米級二氧化鈦處置者之%DNA in Tail 重覆測量分布情形 .....	493
圖 247 奈米級二氧化矽處置者之%DNA in Tail 重覆測量分布情形 .....	495
圖 248 奈米銀處置者之%DNA in Tail 重覆測量分布情形 .....	496
圖 249 其他奈米物質處置者之%DNA in Tail 重覆測量分布情形 .....	498
圖 250 Tail Moment 之重覆測量分布情形.....	501
圖 251 奈米碳管處置者之 Tail Moment 重覆測量分布情形 .....	502
圖 252 奈米級二氧化鈦處置者之 Tail Moment 重覆測量分布情形 .....	504
圖 253 奈米級二氧化矽處置者之 Tail Moment 重覆測量分布情形 .....	505
圖 254 奈米銀處置者之 Tail Moment 重覆測量分布情形 .....	507
圖 255 其他奈米物質處置者之 Tail Moment 重覆測量分布情形 .....	508
圖 256 Olive Moment 之重覆測量分布情形.....	512
圖 257 奈米碳管處置者之 Olive Moment 重覆測量分布情形.....	513
圖 258 奈米級二氧化鈦處置者之 Olive Moment 重覆測量分布情形.....	515
圖 259 奈米級二氧化矽處置者之 Olive Moment 重覆測量分布情形.....	516
圖 260 奈米銀處置者之 Olive Moment 重覆測量分布情形.....	518
圖 261 其他奈米物質處置者之 Olive Moment 重覆測量分布情形.....	519
圖 262 L/H 頭尾比例之重覆測量分布情形.....	523
圖 263 奈米碳管處置者之 L/H 頭尾比例重覆測量分布情形.....	524
圖 264 奈米級二氧化鈦處置者之 L/H 頭尾比例重覆測量分布情形.....	526
圖 265 奈米級二氧化矽處置者之 L/H 頭尾比例重覆測量分布情形.....	527
圖 266 奈米銀處置者之 L/H 頭尾比例重覆測量分布情形.....	529
圖 267 其他奈米物質處置者之 L/H 頭尾比例重覆測量分布情形.....	530

圖 268 cortisol(ug/dL)頭尾比例之重覆測量分布情形.....	535
圖 269 奈米碳管處置者之 cortisol(ug/dL)重覆測量分布情形.....	536
圖 270 奈米級二氧化鈦處置者之 cortisol(ug/dL)重覆測量分布情形.....	537
圖 271 奈米級二氧化矽處置者之 cortisol(ug/dL)重覆測量分布情形.....	538
圖 272 奈米銀處置者之 cortisol(ug/dL)重覆測量分布情形.....	539
圖 273 其他奈米物質處置者之 cortisol(ug/dL)重覆測量分布情形.....	540
圖 274 testosterone(ng/dL)頭尾比例之重覆測量分布情形.....	543
圖 275 奈米碳管處置者之 testosterone(ng/dL)重覆測量分布情形.....	544
圖 276 奈米級二氧化鈦處置者之 testosterone(ng/dL)重覆測量分布情形.....	546
圖 277 奈米級二氧化矽處置者之 testosterone(ng/dL)重覆測量分布情形.....	547
圖 278 奈米銀處置者之 testosterone(ng/dL)重覆測量分布情形.....	549
圖 279 其他奈米物質處置者之 testosterone(ng/dL)重覆測量分布情形.....	550
圖 280 FVC(%)之重覆測量分布情形.....	557
圖 281 奈米碳管處置者之 FVC(%)重覆測量分布情形.....	558
圖 282 奈米級二氧化鈦處置者之 FVC(%)重覆測量分布情形.....	560
圖 283 奈米級二氧化矽處置者之 FVC(%)重覆測量分布情形.....	561
圖 284 奈米銀處置者之 FVC(%)重覆測量分布情形.....	563
圖 285 其他奈米物質處置者之 FVC(%)重覆測量分布情形.....	564
圖 286 FEV <sub>1</sub> /FVC 之重覆測量分布情形.....	569
圖 287 奈米碳管處置者之 FEV <sub>1</sub> /FVC 重覆測量分布情形.....	570
圖 288 奈米級二氧化鈦處置者之 FEV <sub>1</sub> /FVC 重覆測量分布情形.....	572
圖 289 奈米級二氧化矽處置者之 FEV <sub>1</sub> /FVC 重覆測量分布情形.....	573
圖 290 奈米銀處置者之 FEV <sub>1</sub> /FVC 重覆測量分布情形.....	575
圖 291 其他奈米物質處置者之 FEV <sub>1</sub> /FVC 重覆測量分布情形.....	576
圖 292 PEFr(%)之重覆測量分布情形.....	582

圖 293 奈米碳管處置者之 PEFR(%)重覆測量分布情形.....	583
圖 294 奈米級二氧化鈦處置者之 PEFR(%)重覆測量分布情形 .....	584
圖 295 奈米級二氧化矽處置者之 PEFR(%)重覆測量分布情形 .....	585
圖 296 奈米銀處置者之 PEFR(%)重覆測量分布情形 .....	586
圖 297 其他奈米物質處置者之 PEFR(%)重覆測量分布情形 .....	587
圖 298 MMF(%)之重覆測量分布情形.....	592
圖 299 奈米碳管處置者之 MMF(%)重覆測量分布情形.....	593
圖 300 奈米級二氧化鈦處置者之 MMF(%)重覆測量分布情形.....	595
圖 301 奈米級二氧化矽處置者之 MMF(%)重覆測量分布情形.....	596
圖 302 奈米銀處置者之 MMF(%)重覆測量分布情形.....	598
圖 303 其他奈米物質處置者之 MMF(%)重覆測量分布情形.....	599
圖 304 FEF25%之重覆測量分布情形 .....	605
圖 305 奈米碳管處置者之 FEF25%重覆測量分布情形.....	606
圖 306 奈米級二氧化鈦處置者之 FEF25%重覆測量分布情形.....	607
圖 307 奈米級二氧化矽處置者之 FEF25%重覆測量分布情形.....	608
圖 308 奈米銀處置者之 FEF25%重覆測量分布情形.....	609
圖 309 其他奈米物質處置者之 FEF25%重覆測量分布情形.....	610
圖 310 FEF50%之重覆測量分布情形 .....	614
圖 311 奈米碳管處置者之 FEF50%重覆測量分布情形.....	615
圖 312 奈米級二氧化鈦處置者之 FEF50%重覆測量分布情形.....	616
圖 313 奈米級二氧化矽處置者之 FEF50%重覆測量分布情形.....	617
圖 314 奈米銀處置者之 FEF50%重覆測量分布情形.....	618
圖 315 其他奈米物質處置者之 FEF50%重覆測量分布情形.....	619
圖 316 FEF75%之重覆測量分布情形.....	623
圖 317 奈米碳管處置者之 FEF75%重覆測量分布情形.....	624

圖 318 奈米級二氧化鈦處置者之 FEF75%重覆測量分布情形.....	626
圖 319 奈米級二氧化矽處置者之 FEF75%重覆測量分布情形.....	627
圖 320 奈米銀處置者之 FEF75%重覆測量分布情形.....	629
圖 321 其他奈米物質處置者之 FEF75%重覆測量分布情形.....	630
圖 322 神經反應(微秒頭尾比例之重覆測量分布情形.....	636
圖 323 奈米碳管處置者之神經反應(微秒重覆測量分布情形) .....	637
圖 324 奈米級二氧化鈦處置者之神經反應(微秒重覆測量分布情形.....	639
圖 325 奈米級二氧化矽處置者之神經反應(微秒重覆測量分布情形.....	640
圖 326 奈米銀處置者之神經反應(微秒重覆測量分布情形.....	642
圖 327 其他奈米物質處置者之神經反應(微秒重覆測量分布情形.....	643

# 表目錄

表 1 奈米碳管之動物實驗文獻探討 .....	6
表 2 Inflammatory Response Reporter Array .....	41
表 3 引子序列與限制酶名稱 .....	47
表 4 Control Banding .....	56
表 5 98-100 年度各廠受試者之 Risk Level 分組情形(對照組、RL1、RL2、RL3) .....	62
表 6 受試者(N=458)參與次數之分布情形 .....	62
表 7 458 位受試者之物質暴露狀況 .....	63
表 8 基本人口學特性與健康行為在不同 Risk Level 之分布情形(N=458).....	64
表 9 疾病狀況在不同 Risk Level 之分布情形 .....	65
表 10 受試者(N=458)之自覺症狀分布情形 .....	66
表 11 受試者(N=458)之防護用具使用情形 .....	68
表 12 285 位(參與 2 次計劃以上)受試者之物質暴露狀況 .....	69
表 13 暴露頻率(參與 2 次以上的暴露組資料) .....	70
表 14 NO(ppb)在不同生活習慣下之分布情形 .....	74
表 15 NO(ppb)在不同疾病狀況下之分布情形 .....	75
表 16 NO(ppb)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	76
表 17 NO(ppb)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	76
表 18 NO(ppb)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之 差異).....	77
表 19 NO(ppb)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢 分析).....	77
表 20 NO(ppb)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對 照組之差異).....	78

表 21 NO(ppb)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	78
表 22 NO(ppb)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	79
表 23 NO(ppb)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	79
表 24 NO(ppb)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	80
表 25 NO(ppb)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	80
表 26 NO(ppb)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	81
表 27 NO(ppb)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	81
表 28 CC16(ng/mL)在不同生活習慣下之分布情形 .....	82
表 29 CC16(ng/mL)在不同疾病狀況下之分布情形 .....	83
表 30 CC16(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	84
表 31 CC16(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	85
表 32 CC16(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	86
表 33 CC16(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	86
表 34 CC16(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	88
表 35 CC16(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk	

Level 之趨勢分析).....	88
表 36 CC16(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析.....	89
表 37 CC16(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	90
表 38 CC16(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	91
表 39 CC16(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	91
表 40 CC16(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	93
表 41 CC16(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	93
表 42 NF-κB (pg/ml)(Serum)在不同生活習慣下之分布情形.....	95
表 43 NF-κB (pg/ml)(Serum)在不同疾病狀況下之分布情形.....	96
表 44 NF-κB (pg/mL)(serum)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	97
表 45 NF-κB (pg/mL)(serum)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	98
表 46 NF-κB (pg/mL)(serum)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	99
表 47 NF-κB (pg/mL)(serum)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	99
表 48 NF-κB (pg/mL)(serum)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	100
表 49 NF-κB (pg/mL)(serum)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按	

照 Risk Level 之趨勢分析) .....	100
表 50 NF-κB (pg/mL)(serum)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	101
表 51 NF-κB (pg/mL)(serum)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按 照 Risk Level 之趨勢分析) .....	102
表 52 NF-κB (pg/mL)(serum)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	103
表 53 NF-κB (pg/mL)(serum)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	103
表 54 NF-κB (pg/mL)(serum)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	104
表 55 NF-κB (pg/mL)(serum)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	104
表 56 NF-κB (EBC)(pg/ml)在不同生活習慣下之分布情形.....	105
表 57 NF-κB (EBC)(pg/ml)在不同疾病狀況下之分布情形.....	106
表 58 NF-κB (pg/mL)(EBC)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	107
表 59 NF-κB (pg/mL)(EBC)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	107
表 60 NF-κB (pg/mL)(EBC)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 .....	108
表 61 NF-κB (pg/mL)(EBC)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	108
表 62 NF-κB (pg/mL)(EBC)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	109
表 63 NF-κB (pg/mL)(EBC)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按	

照 Risk Level 之趨勢分析) .....	109
表 64 NF-κB (pg/mL)(EBC)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	110
表 65 NF-κB (pg/mL)(EBC)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按 照 Risk Level 之趨勢分析) .....	110
表 66 NF-κB (pg/mL)(EBC)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	111
表 67 NF-κB (pg/mL)(EBC)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	111
表 68 NF-κB (pg/mL)(EBC)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	112
表 69 NF-κB (pg/mL)(EBC)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	112
表 70 IL-6(pg/mL)在不同生活習慣下之分布情形.....	114
表 71 IL-6(pg/mL)在不同疾病狀況下之分布情形.....	115
表 72 IL-6(pg/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	116
表 73 IL-6(pg/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	116
表 74 IL-6(pg/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照 組之差異).....	118
表 75 IL-6(pg/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之 趨勢分析).....	118
表 76 IL-6(pg/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	119
表 77 IL-6(pg/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	119

表 78 IL-6(pg/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	120
表 79 IL-6(pg/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	121
表 80 IL-6(pg/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	122
表 81 IL-6(pg/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	122
表 82 IL-6(pg/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	123
表 83 IL-6(pg/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	123
表 84 IL-6sR (pg/mL)在不同生活習慣下之分布情形.....	124
表 85 IL-6 sR (pg/mL)在不同疾病狀況下之分布情形.....	125
表 86 IL-6sR(pg/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	126
表 87 IL-6sR(pg/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	126
表 88 IL-6sR(pg/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	127
表 89 IL-6sR(pg/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	128
表 90 IL-6sR(pg/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	129
表 91 IL-6sR(pg/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	129
表 92 IL-6sR(pg/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2	

與對照組之差異).....	130
表 93 IL-6sR(pg/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	130
表 94 IL-6sR(pg/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	131
表 95 IL-6sR(pg/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	132
表 96 IL-6sR(pg/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	133
表 97 IL-6sR(pg/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	133
表 98 8-OHdG (ng/mL)(urine)在不同生活習慣下之分布情形 .....	134
表 99 8-OHdG (ng/mL)(urine)在不同疾病狀況下之分布情形 .....	135
表 100 8-OHdG(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	137
表 101 8-OHdG(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	137
表 102 8-OHdG(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	138
表 103 8-OHdG(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	139
表 104 8-OHdG(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	140
表 105 8-OHdG(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	140
表 106 8-OHdG(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	141

表 107 8-OHdG(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	142
表 108 8-OHdG(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	143
表 109 8-OHdG(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	143
表 110 8-OHdG(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	144
表 111 8-OHdG(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	145
表 112 8-OHdG/ creatinine(ng/mg )在不同生活習慣下之分布情形.....	145
表 113 8-OHdG/ creatinine(ng/mg )在不同疾病狀況下之分布情形.....	146
表 114 8-OHdG/creatinine(ng/mg)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	147
表 115 8-OHdG/creatinine(ng/mg)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	148
表 116 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	149
表 117 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	149
表 118 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	150
表 119 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	151
表 120 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分	

析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	152
表 121 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	152
表 122 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	153
表 123 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	154
表 124 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	155
表 125 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	155
表 126 8-OHdG (pg/mL)(plasma)在不同生活習慣下之分布情形.....	156
表 127 8-OHdG (pg/mL)(plasma)在不同疾病狀況下之分布情形.....	157
表 128 8-OHdG(pg/mL)(plasma)重覆測量之 GEE 分析.....	158
表 129 8-OHdG(pg/mL)(plasma)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	159
表 130 8-OHdG(pg/mL)(plasma)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	160
表 131 8-OHdG(pg/mL)(plasma)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	160
表 132 8-OHdG(pg/mL)(plasma)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	161
表 133 8-OHdG(pg/mL)(plasma)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	162
表 134 8-OHdG(pg/mL)(plasma)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析	

	(RL1、RL2 與對照組之差異).....	163
表 135	8-OHdG(pg/mL)(plasma)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析).....	163
表 136	8-OHdG(pg/mL)(plasma)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、 RL2 與對照組之差異).....	164
表 137	8-OHdG(pg/mL)(plasma)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	165
表 138	8-OHdG(pg/mL)(plasma)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異).....	166
表 139	8-OHdG(pg/mL)(plasma)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析).....	166
表 140	isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)在不同生活習慣下之分布情形.....	167
表 141	isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)在不同疾病狀況下之分布情形.....	168
表 142	isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差 異).....	169
表 143	isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分 析).....	170
表 144	isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、 RL2 與對照組之差異).....	171
表 145	isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	171
表 146	isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異).....	173
表 147	isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析).....	173

表 148 isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	174
表 149 isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	175
表 150 isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	176
表 151 isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	177
表 152 isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	178
表 153 isoPGF <sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按 照 Risk Level 之趨勢分析) .....	179
表 154 N7-MeG (ug/mL)(urine)在不同生活習慣下之分布情形.....	180
表 155 N7- MeG (ug/mL)(urine)在不同疾病狀況下之分布情形.....	181
表 156 N7-MeG(ug/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)	183
表 157 N7-MeG(ug/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	184
表 158 N7-MeG(ug/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與 對照組之差異).....	185
表 159 N7-MeG(ug/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	186
表 160 N7-MeG(ug/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、 RL2 與對照組之差異).....	188
表 161 N7-MeG(ug/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	188
表 162 N7-MeG(ug/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、	

RL2 與對照組之差異).....	190
表 163 N7-MeG(ug/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	191
表 164 N7-MeG(ug/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	192
表 165 N7-MeG(ug/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	193
表 166 N7-MeG(ug/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	194
表 167 N7-MeG(ug/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	195
表 168 N7-MeG/ creatinine (ug/mg)在不同生活習慣下之分布情形.....	196
表 169 N7-MeG/ creatinine (ug/mg)在不同疾病狀況下之分布情形.....	197
表 170 N7-MeG/creatinine(ug/mg)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	199
表 171 N7-MeG/creatinine(ug/mg)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	199
表 172 N7-MeG/creatinine(ug/mg)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	201
表 173 N7-MeG(ug/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	201
表 174 N7-MeG/creatinine(ug/mg)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	203
表 175 N7-MeG/creatinine(ug/mg)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	203

表 176 N7MeG/creatinine(ug/mg)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	205
表 177 N7-MeG/creatinine(ug/mg)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	206
表 178 N7-MeG/creatinine(ug/mg)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	207
表 179 N7-MeG/creatinine(ug/mg)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	208
表 180 N7-MeG/creatinine(ug/mg)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	209
表 181 N7-MeG/creatinine(ug/mg)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	210
表 182 MPO (ng/mL)在不同生活習慣下之分布情形 .....	211
表 183 MPO (ng/mL)在不同疾病狀況下之分布情形 .....	212
表 184 MPO(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	213
表 185 MPO(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	214
表 186 MPO(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	215
表 187 MPO(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	215
表 188 MPO(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	216
表 189 MPO(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	217
表 190 MPO(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2	

與對照組之差異).....	218
表 191 MPO(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	218
表 192 MPO(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	219
表 193 MPO(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	220
表 194 MPO(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	221
表 195 MPO(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	221
表 196 SOD 活性(U/ml)在不同生活習慣下之分布情形 .....	222
表 197 SOD 活性(U/ml)在不同疾病狀況下之分布情形 .....	223
表 198 SOD(U/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	224
表 199 SOD(U/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	225
表 200 SOD(U/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	226
表 201 SOD(U/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	226
表 202 SOD(U/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	227
表 203 SOD(U/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	228
表 204 SOD(U/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	229

表 205 SOD(U/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	229
表 206 SOD(U/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	230
表 207 SOD(U/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	231
表 208 SOD(U/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	232
表 209 SOD(U/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	232
表 210 GPx 活性(nmol/min/ml)在不同生活習慣下之分布情形 .....	233
表 211 GPx 活性(nmol/min/ml)在不同疾病狀況下之分布情形.....	234
表 212 GPx 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	235
表 213 GPx 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	235
表 214 GPx 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	236
表 215 GPx 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	236
表 216 GPx 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	237
表 217 GPx 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	237
表 218 GPx 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	238
表 219 GPx 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之	

趨勢分析).....	238
表 220 GPx 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	239
表 221 GPx 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	239
表 222 GPx 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組 之差異).....	240
表 223 GPx 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨 勢分析).....	240
表 224 paraoxonase (unit/ml)在不同生活習慣下之分布情形 .....	242
表 225 paraoxonase(unit/ml)在不同疾病狀況下之分布情形 .....	243
表 226 paraoxonase 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	244
表 227 paraoxonase 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	244
表 228 paraoxonase 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照 組之差異).....	246
表 229 paraoxonase 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	246
表 230 paraoxonase 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	247
表 231 paraoxonase 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	247
表 232 paraoxonase 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	248
表 233 paraoxonase 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	248

表 234 paraoxonase 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	249
表 235 paraoxonase 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	250
表 236 paraoxonase 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	251
表 237 paraoxonase 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	251
表 238 Fibrinogen(mg/dL)在不同生活習慣下之分布情形 .....	252
表 239 Fibrinogen(mg/dL)在不同疾病狀況下之分布情形 .....	253
表 240 Fibrinogen(FBG)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	254
表 241 Fibrinogen 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	255
表 242 Fibrinogen 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	256
表 243 Fibrinogen 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	257
表 244 Fibrinogen 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	258
表 245 Fibrinogen 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	259
表 246 Fibrinogen 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	260
表 247 Fibrinogen 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	261
表 248 Fibrinogen 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組	

之差異).....	262
表 249 Fibrinogen 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	263
表 250 Fibrinogen 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	264
表 251 Fibrinogen 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	265
表 252 VCAM (ng/mL)在不同生活習慣下之分布情形.....	266
表 253 VCAM (ng/mL)在不同疾病狀況下之分布情形.....	267
表 254 VCAM(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) ..	268
表 255 VCAM(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) ..	269
表 256 VCAM(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	270
表 257 VCAM(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	270
表 258 VCAM(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	271
表 259 VCAM(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) ..	272
表 260 VCAM(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	273
表 261 VCAM(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) ..	273
表 262 VCAM(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	274

表 263 VCAM(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	274
表 264 VCAM(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	275
表 265 VCAM(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	276
表 266 ICAM(ng/mL)在不同生活習慣下之分布情形 .....	277
表 267 ICAM(ng/mL)在不同疾病狀況下之分布情形 .....	278
表 268 ICAM(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)....	279
表 269 ICAM(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)....	280
表 270 ICAM(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	281
表 271 ICAM(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	281
表 272 ICAM(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	282
表 273 ICAM(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	283
表 274 ICAM(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	284
表 275 ICAM(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	284
表 276 ICAM(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	285
表 277 ICAM(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之	

趨勢分析).....	286
表 278 ICAM(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	287
表 279 ICAM(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	287
表 280 hs-CRP(mg/L)在不同生活習慣下之分布情形 .....	289
表 281 hs-CRP(mg/L)在不同疾病狀況下之分布情形 .....	290
表 282 hsCRP(mg/L)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	291
表 283 hsCRP(mg/L)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	292
表 284 hsCRP(mg/L)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對 照組之差異).....	293
表 285 hsCRP(mg/L)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	293
表 286 hsCRP(mg/L)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	294
表 287 hsCRP(mg/L)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	295
表 288 hsCRP(mg/L)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	296
表 289 hsCRP(mg/L)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	296
表 290 hsCRP(mg/L)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照 組之差異).....	297
表 291 hsCRP(mg/L)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之 趨勢分析).....	298

表 292 hsCRP(mg/L)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	299
表 293 hsCRP(mg/L)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	299
表 294 SDNN(ms)(心臟功能指數)在不同生活習慣下之分布情形 .....	302
表 295 SDNN(ms)(心臟功能指數)在不同疾病狀況下之分布情形 .....	303
表 296 SDNN(ms)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	304
表 297 SDNN(ms)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	305
表 298 SDNN(ms)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	306
表 299 SDNN(ms)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	306
表 300 SDNN(ms)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	307
表 301 SDNN(ms)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	308
表 302 SDNN(ms)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	309
表 303 SDNN(ms)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	309
表 304 SDNN(ms)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	310
表 305 SDNN(ms)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	311
表 306 SDNN(ms)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與	

對照組之差異).....	312
表 307 SDNN(ms)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	312
表 308 RMSSD(ms)(心臟負荷指數)在不同生活習慣下之分布情形.....	313
表 309 RMSSD(ms)(心臟負荷指數)在不同疾病狀況下之分布情形.....	314
表 310 RMSSD(ms)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	315
表 311 RMSSD(ms)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	316
表 312 RMSSD(ms)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	317
表 313 RMSSD(ms)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	317
表 314 RMSSD(ms)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	318
表 315 RMSSD(ms)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	319
表 316 RMSSD(ms)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	320
表 317 RMSSD(ms)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	320
表 318 RMSSD(ms)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	321
表 319 RMSSD(ms)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	322
表 320 RMSSD(ms)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	323

表 321 RMSSD(ms)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	323
表 322 VLF(ms2)(極低頻)在不同生活習慣下之分布情形.....	330
表 323 VLF(ms2)(極低頻)在不同疾病狀況下之分布情形.....	331
表 324 VLF(ms2)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	332
表 325 VLF(ms2)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	332
表 326 VLF(ms2)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	333
表 327 VLF(ms2)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	333
表 328 VLF(ms2)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	334
表 329 VLF(ms2)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	334
表 330 VLF(ms2)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	335
表 331 VLF(ms2)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	335
表 332 VLF(ms2)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	336
表 333 VLF(ms2)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	336
表 334 VLF(ms2)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	337
表 335 VLF(ms2)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level	

之趨勢分析).....	337
表 336 LF(ms2)(低頻)在不同生活習慣下之分布情形.....	338
表 337 LF(ms2)(低頻)在不同疾病狀況下之分布情形.....	339
表 338 LF(ms2)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	340
表 339 LF(ms2)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	341
表 340 LF(ms2)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組 之差異).....	342
表 341 LF(ms2)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨 勢分析).....	342
表 342 LF(ms2)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與 對照組之差異).....	343
表 343 LF(ms2)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	344
表 344 LF(ms2)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與 對照組之差異).....	345
表 345 LF(ms2)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	345
表 346 LF(ms2)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之 差異).....	346
表 347 LF(ms2)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢 分析).....	347
表 348 LF(ms2)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對 照組之差異).....	348
表 349 LF(ms2)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	348

表 350 HF(ms2)(高頻)在不同生活習慣下之分布情形 .....	349
表 351 HF(ms2)(高頻)在不同疾病狀況下之分布情形 .....	350
表 352 HF(ms2)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	351
表 353 HF(ms2)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	351
表 354 HF(ms2)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組 之差異).....	352
表 355 HF(ms2)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨 勢分析).....	352
表 356 HF(ms2)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與 對照組之差異).....	353
表 357 HF(ms2)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	353
表 358 HF(ms2)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與 對照組之差異).....	354
表 359 HF(ms2)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	354
表 360 HF(ms2)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之 差異).....	355
表 361 HF(ms2)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢 分析).....	355
表 362 HF(ms2)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對 照組之差異).....	356
表 363 HF(ms2)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	356
表 364 LF/HF(低高頻功率比)在不同生活習慣下之分布情形.....	357

表 365 LF/HF(低高頻功率比)在不同疾病狀況下之分布情形.....	358
表 366 LF/HF 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	359
表 367 LF/HF 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	359
表 368 LF/HF 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之 差異).....	360
表 369 LF/HF 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢 分析).....	360
表 370 LF/HF 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對 照組之差異).....	361
表 371 LF/HF 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	361
表 372 LF/HF 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對 照組之差異).....	362
表 373 LF/HF 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	362
表 374 LF/HF 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差 異).....	363
表 375 LF/HF 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分 析).....	363
表 376 LF/HF 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照 組之差異).....	364
表 377 LF/HF 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之 趨勢分析).....	364
表 378 PSI(壓力指數)在不同生活習慣下之分布情形.....	365
表 379 PSI(壓力指數)在不同疾病狀況下之分布情形.....	366

表 380 PSI 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	367
表 381 PSI 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	368
表 382 PSI 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	369
表 383 PSI 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	369
表 384 PSI 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	370
表 385 PSI 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	371
表 386 PSI 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	372
表 387 PSI 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	372
表 388 PSI 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	373
表 389 PSI 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	374
表 390 PSI 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	375
表 391 PSI 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	375
表 392 TP(ms2)(總能量)在不同生活習慣下之分布情形.....	376
表 393 TP(ms2)(總能量)在不同疾病狀況下之分布情形.....	377
表 394 TP(ms2)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	378

表 395 TP(ms2)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	379
表 396 TP(ms2)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組 之差異).....	380
表 397 TP(ms2)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨 勢分析).....	380
表 398 TP(ms2)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與 對照組之差異).....	381
表 399 TP(ms2)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	382
表 400 TP(ms2)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與 對照組之差異).....	383
表 401 TP(ms2)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	383
表 402 TP(ms2)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之 差異).....	384
表 403 TP(ms2)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢 分析).....	385
表 404 TP(ms2)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對 照組之差異).....	386
表 405 TP(ms2)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	386
表 406 Vessel Status Score 在不同生活習慣下之分布情形 .....	388
表 407 Vessel Status Score 在不同疾病狀況下之分布情形 .....	389
表 408 Vessel Status Score 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	390

表 409 Vessel Status Score 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	391
表 410 Vessel Status Score 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)	392
表 411 Vessel Status Score 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	392
表 412 Vessel Status Score 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)	393
表 413 Vessel Status Score 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	394
表 414 Vessel Status Score 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)	395
表 415 Vessel Status Score 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	395
表 416 Vessel Status Score 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)	396
表 417 Vessel Status Score 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	397
表 418 Vessel Status Score 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)	398
表 419 Vessel Status Score 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	398
表 420 DPI(血管老化評估)在不同生活習慣下之分布情形	399
表 421 DPI(血管老化評估)在不同疾病狀況下之分布情形	400
表 422 DPI(血管老化評估)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)	

.....	401
表 423 DPI(血管老化評估)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	402
.....	402
表 424 DPI(血管老化評估)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	403
表 425 DPI(血管老化評估)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	403
表 426 DPI(血管老化評估)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異).....	404
表 427 DPI(血管老化評估)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按 照 Risk Level 之趨勢分析).....	405
表 428 DPI(血管老化評估)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異).....	406
表 429 DPI(血管老化評估)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按 照 Risk Level 之趨勢分析).....	406
表 430 DPI(血管老化評估)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與 對照組之差異).....	407
表 431 DPI(血管老化評估)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	408
表 432 DPI(血管老化評估)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異).....	409
表 433 DPI(血管老化評估)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	409
表 434 SP(心室功能評估)在不同生活習慣下之分布情形.....	410
表 435 SP(心室功能評估)在不同疾病狀況下之分布情形.....	411

表 436 SP(心室功能評估)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)	412
表 437 SP(心室功能評估)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	413
表 438 SP(心室功能評估)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)	414
表 439 SP(心室功能評估)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	414
表 440 SP(心室功能評估)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)	415
表 441 SP(心室功能評估)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	416
表 442 SP(心室功能評估)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)	417
表 443 SP(心室功能評估)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	417
表 444 SP(心室功能評估)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)	418
表 445 SP(心室功能評估)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	419
表 446 SP(心室功能評估)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)	420
表 447 SP(心室功能評估)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	420
表 448 BVT(血管結構評估)在不同生活習慣下之分布情形	421

表 449 BVT(血管結構評估)在不同疾病狀況下之分布情形 .....	422
表 450 BVT(血管結構評估)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	423
表 451 BVT(血管結構評估)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	424
表 452 BVT(血管結構評估)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	425
表 453 BVT(血管結構評估)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	425
表 454 BVT(血管結構評估)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	426
表 455 BVT(血管結構評估)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按 照 Risk Level 之趨勢分析) .....	427
表 456 BVT(血管結構評估)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	428
表 457 BVT(血管結構評估)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按 照 Risk Level 之趨勢分析) .....	428
表 458 BVT(血管結構評估)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	429
表 459 BVT(血管結構評估)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	430
表 460 BVT(血管結構評估)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	431
表 461 BVT(血管結構評估)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	431

表 462 RBV(血量配置評估)在不同生活習慣下之分布情形 .....	432
表 463 RBV(血量配置評估)在不同疾病狀況下之分布情形 .....	433
表 464 RBV(血量配置評估)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	434
表 465 RBV(血量配置評估)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	435
表 466 RBV(血量配置評估)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	436
表 467 RBV(血量配置評估)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	436
表 468 RBV(血量配置評估)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	437
表 469 RBV(血量配置評估)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按 照 Risk Level 之趨勢分析) .....	438
表 470 RBV(血量配置評估)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	439
表 471 RBV(血量配置評估)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按 照 Risk Level 之趨勢分析) .....	439
表 472 RBV(血量配置評估)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	440
表 473 RBV(血量配置評估)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	441
表 474 RBV(血量配置評估)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	442
表 475 RBV(血量配置評估)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照	

Risk Level 之趨勢分析) .....	442
表 476 VCT 在不同生活習慣下之分布情形 .....	443
表 477 VCT 在不同疾病狀況下之分布情形 .....	444
表 478 VCT 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	445
表 479 VCT 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	446
表 480 VCT 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	447
表 481 VCT 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	447
表 482 VCT 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	448
表 483 VCT 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	449
表 484 VCT 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	450
表 485 VCT 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	450
表 486 VCT 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	451
表 487 VCT 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	452
表 488 VCT 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	453
表 489 VCT 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	453

表 490 BA(生理年齡)在不同生活習慣下之分布情形.....	454
表 491 BA(生理年齡)在不同疾病狀況下之分布情形.....	455
表 492 BA(生理年齡)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) ...	456
表 493 BA(生理年齡)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)...	457
表 494 BA(生理年齡)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	458
表 495 BA(生理年齡)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	458
表 496 BA(生理年齡)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	459
表 497 BA(生理年齡)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	460
表 498 BA(生理年齡)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	461
表 499 BA(生理年齡)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	461
表 500 BA(生理年齡)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	462
表 501 BA(生理年齡)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	463
表 502 BA(生理年齡)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	464
表 503 BA(生理年齡)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	464
表 504 SI(血管硬化)在不同生活習慣下之分布情形.....	465

表 505 SI(血管硬化)在不同疾病狀況下之分布情形.....	466
表 506 SI(血管硬化指數)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	467
表 507 SI(血管硬化指數)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	467
表 508 SI(血管硬化指數)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	468
表 509 SI(血管硬化指數)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	468
表 510 SI(血管硬化指數)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異).....	469
表 511 SI(血管硬化指數)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	469
表 512 SI(血管硬化指數)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異).....	470
表 513 SI(血管硬化指數)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	470
表 514 SI(血管硬化指數)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與 對照組之差異).....	471
表 515 SI(血管硬化指數)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	471
表 516 SI(血管硬化指數)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、 RL2 與對照組之差異).....	472
表 517 SI(血管硬化指數)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	472

表 518 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度)在不同生活習慣下之分布情形.....	473
表 519 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度)在不同疾病狀況下之分布情形.....	474
表 520 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度%)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	475
表 521 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度%)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	475
表 522 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	476
表 523 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	476
表 524 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異).....	477
表 525 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按 照 Risk Level 之趨勢分析).....	477
表 526 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異).....	478
表 527 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按 照 Risk Level 之趨勢分析).....	478
表 528 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	479
表 529 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	479
表 530 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異).....	480
表 531 SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照	

Risk Level 之趨勢分析) .....	480
表 532 RI(血管彈性指數)在不同生活習慣下之分布情形 .....	481
表 533 RI(血管彈性指數)在不同疾病狀況下之分布情形 .....	482
表 534 RI(血管彈性指數%)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) .....	483
表 535 RI(血管彈性指數%)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	483
表 536 RI(血管彈性指數%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	484
表 537 RI(血管彈性指數%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	484
表 538 RI(血管彈性指數%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	485
表 539 RI(血管彈性指數%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按 照 Risk Level 之趨勢分析) .....	485
表 540 RI(血管彈性指數%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	486
表 541 RI(血管彈性指數%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按 照 Risk Level 之趨勢分析) .....	486
表 542 RI(血管彈性指數%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	487
表 543 RI(血管彈性指數%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	487
表 544 RI(血管彈性指數%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異) .....	488

表 545 RI(血管彈性指數%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	488
表 546 %DNA in Tail 在不同生活習慣下之分布情形 .....	489
表 547 %DNA in Tail 在不同疾病狀況下之分布情形 .....	490
表 548 %DNA in Tail 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)....	491
表 549 %DNA in Tail 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) ...	491
表 550 %DNA in Tail 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	492
表 551 %DNA in Tail 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	493
表 552 %DNA in Tail 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	494
表 553 %DNA in Tail 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	494
表 554 %DNA in Tail 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	495
表 555 %DNA in Tail 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	496
表 556 %DNA in Tail 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	497
表 557 %DNA in Tail 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	497
表 558 %DNA in Tail 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	498
表 559 %DNA in Tail 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk	

Level 之趨勢分析).....	499
表 560 Tail Moment 在不同生活習慣下之分布情形.....	499
表 561 Tail Moment 在不同疾病狀況下之分布情形.....	500
表 562 Tail Moment 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	501
表 563 Tail Moment 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	502
表 564 Tail Moment 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	503
表 565 Tail Moment 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	503
表 566 Tail Moment 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	504
表 567 Tail Moment 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	505
表 568 Tail Moment 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	506
表 569 Tail Moment 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	506
表 570 Tail Moment 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	507
表 571 Tail Moment 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	508
表 572 Tail Moment 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	509
表 573 Tail Moment 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	509

表 574 Olive Moment 在不同生活習慣下之分布情形.....	510
表 575 Olive Moment 在不同疾病狀況下之分布情形.....	511
表 576 Olive Moment 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)...	512
表 577 Olive Moment 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)...	513
表 578 Olive Moment 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	514
表 579 Olive Moment 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	514
表 580 Olive Moment 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	515
表 581 Olive Moment 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	516
表 582 Olive Moment 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	517
表 583 Olive Moment 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	517
表 584 Olive Moment 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	518
表 585 Olive Moment 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	519
表 586 Olive Moment 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	520
表 587 Olive Moment 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	520
表 588 L/H 頭尾比例在不同生活習慣下之分布情形.....	521

表 589 L/H 頭尾比例在不同疾病狀況下之分布情形.....	522
表 590 L/H 頭尾比例重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)....	523
表 591 L/H 頭尾比例重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)....	524
表 592 L/H 頭尾比例在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	525
表 593 L/H 頭尾比例在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	525
表 594 L/H 頭尾比例在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	526
表 595 L/H 頭尾比例在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	527
表 596 L/H 頭尾比例在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	528
表 597 L/H 頭尾比例在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	528
表 598 L/H 頭尾比例在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	529
表 599 L/H 頭尾比例在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	530
表 600 L/H 頭尾比例在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	531
表 601 L/H 頭尾比例在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	531
表 602 cortisol(ug/dL)在不同生活習慣下之分布情形.....	533
表 603 cortisol(ug/dL)在不同疾病狀況下之分布情形.....	534

表 604 cortisol(ug/dL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異) ...	535
表 605 cortisol(ug/dL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)...	535
表 606 cortisol(ug/dL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	536
表 607 cortisol(ug/dL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	536
表 608 cortisol(ug/dL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	537
表 609 cortisol(ug/dL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	537
表 610 cortisol(ug/dL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	538
表 611 cortisol(ug/dL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	538
表 612 cortisol(ug/dL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	539
表 613 cortisol(ug/dL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	539
表 614 cortisol(ug/dL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	540
表 615 cortisol(ug/dL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	540
表 616 testosterone(ng/dL)在不同生活習慣下之分布情形 .....	541
表 617 testosterone(ng/dL)在不同疾病狀況下之分布情形 .....	542
表 618 testosterone(ng/dL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)	

.....	543
表 619 testosterone(ng/dL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	544
表 620 testosterone(ng/dL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)	545
表 621 testosterone(ng/dL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	545
表 622 testosterone(ng/dL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)	546
表 623 testosterone(ng/dL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	547
表 624 testosterone(ng/dL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)	548
表 625 testosterone(ng/dL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	548
表 626 testosterone(ng/dL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與 對照組之差異)	549
表 627 testosterone(ng/dL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	550
表 628 testosterone(ng/dL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、 RL2 與對照組之差異)	551
表 629 testosterone(ng/dL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)	551
表 630 FVC(%)在不同生活習慣下之分布情形	555
表 631 FVC(%)在不同疾病狀況下之分布情形	556

表 632 FVC(%)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	557
表 633 FVC(%)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析) .....	558
表 634 FVC(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組 之差異).....	559
表 635 FVC(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨 勢分析).....	559
表 636 FVC(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與 對照組之差異).....	560
表 637 FVC(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	561
表 638 FVC(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與 對照組之差異).....	562
表 639 FVC(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	562
表 640 FVC(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之 差異).....	563
表 641 FVC(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢 分析).....	564
表 642 FVC(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對 照組之差異).....	565
表 643 FVC(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	565
表 644 FEV <sub>1</sub> /FVC 在不同生活習慣下之分布情形 .....	567
表 645 FEV <sub>1</sub> /FVC 在不同疾病狀況下之分布情形 .....	568
表 646 FEV <sub>1</sub> /FVC 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	569

表 647 FEV <sub>1</sub> /FVC 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	570
表 648 FEV <sub>1</sub> /FVC 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	571
表 649 FEV <sub>1</sub> /FVC 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	571
表 650 FEV <sub>1</sub> /FVC 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	572
表 651 FEV <sub>1</sub> /FVC 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	573
表 652 FEV <sub>1</sub> /FVC 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	574
表 653 FEV <sub>1</sub> /FVC 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	574
表 654 FEV <sub>1</sub> /FVC 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	575
表 655 FEV <sub>1</sub> /FVC 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	576
表 656 FEV <sub>1</sub> /FVC 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	577
表 657 FEV <sub>1</sub> /FVC 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	577
表 658 PEF <sub>R</sub> (%)在不同生活習慣下之分布情形.....	580
表 659 PEF <sub>R</sub> (%)在不同疾病狀況下之分布情形.....	581
表 660 PEF <sub>R</sub> (%)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	582
表 661 PEF <sub>R</sub> (%)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	582

表 662 PEFR(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	583
表 663 PEFR(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	583
表 664 PEFR(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	584
表 665 PEFR(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	584
表 666 PEFR(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	585
表 667 PEFR(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	585
表 668 PEFR(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	586
表 669 PEFR(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	586
表 670 PEFR(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	587
表 671 PEFR(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	587
表 672 MMF(%)在不同生活習慣下之分布情形.....	590
表 673 MMF(%)在不同疾病狀況下之分布情形.....	591
表 674 MMF(%)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	592
表 675 MMF(%)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	593
表 676 MMF(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組	

之差異).....	594
表 677 MMF(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	594
表 678 MMF(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	595
表 679 MMF(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	596
表 680 MMF(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	597
表 681 MMF(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	597
表 682 MMF(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	598
表 683 MMF(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	599
表 684 MMF(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	600
表 685 MMF(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	600
表 686 FEF25%在不同生活習慣下之分布情形.....	603
表 687 FEF25%在不同疾病狀況下之分布情形.....	604
表 688 FEF25(%)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	605
表 689 FEF25(%)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	605
表 690 FEF25(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	606

表 691 FEF25(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	606
表 692 FEF25(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	607
表 693 FEF25(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	607
表 694 FEF25(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	608
表 695 FEF25(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	608
表 696 FEF25(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	609
表 697 FEF25(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	609
表 698 FEF25(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	610
表 699 FEF25(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	610
表 700 FEF50%在不同生活習慣下之分布情形.....	612
表 701 FEF50%在不同疾病狀況下之分布情形.....	613
表 702 FEF50(%)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	614
表 703 FEF50(%)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	614
表 704 FEF50(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	615
表 705 FEF50(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	615

勢分析).....	615
表 706 FEF50(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	616
表 707 FEF50(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	616
表 708 FEF50(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	617
表 709 FEF50(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	617
表 710 FEF50(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	618
表 711 FEF50(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	618
表 712 FEF50(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	619
表 713 FEF50(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	619
表 714 FEF75%在不同生活習慣下之分布情形.....	621
表 715 FEF75%在不同疾病狀況下之分布情形.....	622
表 716 FEF75(%)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	623
表 717 FEF75(%)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	624
表 718 FEF75(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	625
表 719 FEF75(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	625

表 720 FEF75(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	626
表 721 FEF75(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	627
表 722 FEF75(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	628
表 723 FEF75(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	628
表 724 FEF75(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	629
表 725 FEF75(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	630
表 726 FEF75(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	631
表 727 FEF75(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	631
表 728 神經反應(微秒)在不同生活習慣下之分布情形 .....	634
表 729 神經反應(微秒)在不同疾病狀況下之分布情形 .....	635
表 730 神經反應秒數(微秒)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	636
表 731 神經反應秒數(微秒)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	637
表 732 神經反應秒數(微秒)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	638
表 733 神經反應秒數(微秒)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk	

Level 之趨勢分析).....	638
表 734 神經反應秒數(微秒)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異).....	639
表 735 神經反應秒數(微秒)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按 照 Risk Level 之趨勢分析).....	640
表 736 神經反應秒數(微秒)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異).....	641
表 737 神經反應秒數(微秒)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按 照 Risk Level 之趨勢分析).....	641
表 738 神經反應秒數(微秒)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異).....	642
表 739 神經反應秒數(微秒)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	643
表 740 神經反應秒數(微秒)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異).....	644
表 741 神經反應秒數(微秒)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析).....	644
表 742 發炎反應之 GEE 分析總整理.....	645
表 743 抗氧化酵素之 GEE 分析總整理.....	646
表 744 心血管早期反應指標之 GEE 分析總整理.....	648
表 745 細胞傷害之 GEE 分析總整理.....	650
表 746 肺功能之 GEE 分析總整理.....	651
表 747 荷爾蒙與神經反應之 GEE 分析總整理.....	652

# 第一章 研究背景

「奈米科技」被公認為現今這一個世紀最重要的產業之一，「奈米科技」領域涵蓋甚廣，從基礎科學橫跨至應用科學，包括物理、化學、材料、光電、生物及醫藥等。從民生消費性產業到尖端的高科技領域，都能找到與奈米科技相關的應用。雖然「奈米科技」具有許多優點，但是伴隨而來亦有其潛在之風險。例如奈米材料可能的健康危害也開始受到關注，為了預防奈米微粒可能產生的健康危害，有需要進行上述相關產業所暴露到不同種類之奈米微粒與可能的健康效應之關係。再者，隨著奈米微粒運用日益漸增，但是對其所在職場造成職業安全衛生之效應卻鮮被關注；英國皇家協會與皇家工程師學院（The Royal Society & The Royal Academy of Engineering）也在 2004 年發表了「奈米科學與奈米科技的機會與不確定性」（Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties），討論奈米科技所帶來的利益與潛在風險，提出奈米微粒對人體健康所可能產生的影響，但結論中針對奈米科技對人體的健康影響所知仍有限。由 NIOSH 提供研究分析協助的 RAND Corporation 於 2006 年發表「工作場所的奈米物質：工廠職業安全衛生的策略與規劃」（Nanomaterials in the Workplace: Policy and Planning Workshop on Occupational Safety and Health）一書，指出奈米物質對人體的健康影響仍未知，然而有越來越多的研究提出暴露奈米物質將會對生物系統產生健康危害，但當前並沒有任何標準指引可以有效監測不同製程所產生不同奈米物質的暴露量，因此建議在當前應控制各勞工的暴露環境於職業暴露限制內。另外，在現有之奈米微粒所引起之危害，文獻資料絕大部分是細胞或動物試驗資料，有關流行病學之資料相當缺乏，因而引發本研究之探討動機。

## 第二章 文獻回顧

奈米技術是一個新興的領域。因此，工程奈米粒子的獨特性能（即好比它的商業和科學潛力）是否具職業健康風險仍有許多不確定因素。這些不確定性的產生是因為預測健康風險知識的不足，例如暴露途徑，奈米粒子一旦進入人體後的轉移或分布，以及奈米粒子與人體生物系統的互動。物質暴露後的潛在健康風險通常與暴露的劑量和持續時間，物質在人體中的持久性，物質固有的毒性，以及暴露工人的易感性或其健康狀況有關。暴露於奈米材料而造成的潛在健康風險需要更多的數據來驗證。

現在動物和人類的暴露和對超細或其他可呼吸性顆粒的研究結果提供了奈米級工程奈米粒子可能產生的不利健康影響的初步估計。而目前研究顯示奈米微粒進入呼吸道後可引起肺部發炎及纖維化反應，經由肺和可能經由皮膚進入血流 (blood stream)，以及直接經由嗅覺神經 (olfactory nerves) 進入腦。奈米微粒它可能穿透「血-腦障壁」進入腦部，但其影響不詳。吞噬細胞也可能為奈米微粒所超載負荷，而停止其功能，此外，奈米微粒的表面反應性能會產生自由基 (free radicals)，這些自由基能攝取鄰近原子的電子，產生進一步之不穩定性，引發一連串的效應，招致發炎和組織傷害。

### 第一節 微米級粒徑之粒狀污染物的研究緣起以及可以作為奈米微粒暴露研究之借鏡

美國環境保護署於 1997 年首次簽署新的國家空氣品質標準，這些新的法規首次針對粒徑小於  $2.5\mu\text{m}$  之細小氣懸微粒定出規範，設年平均值為  $15\mu\text{g}/\text{m}^3$  以及 24-h 平均值為  $65\mu\text{g}/\text{m}^3$  引起相當多的爭議，起因於對低濃度的細小微粒與健康效應的關係迄今並不瞭解。粗顆粒之運動主要受制於動量及重力，在胸腔外部分之呼吸道 (Extra-thoracic Region) 即被攔住，而微粒子能隨呼吸而進入呼吸系統深處如細支氣管以及肺部；細小氣懸微粒之所以引起注意乃因微粒能隨呼吸而進入呼吸系統深處如細支氣管以及肺部，其總表面積比大的懸浮微粒還要大因而附著在微粒上的毒性物質與肺部組織接觸的表面積也較大，這些毒性物質也較易溶解出來並為肺部組織所吸收。由於細小懸浮微粒造成健康效應之因果關係未定，美國

近年來已大大提高了對細小懸浮微粒研究的經費，可見其重視的程度。其他歐洲一些國家亦加強了這方面的研究。在五、六十年代倫敦煙霧事件也重新分析探討細小懸浮微粒的濃度與發病率之關係；對污染與死亡率、發病率的統計關係及顆粒的特性和致毒機制，在近年來才得到揭示。

雖說粒狀空氣污染物也有包括小於  $2.5\mu\text{m}$  之粒徑範圍，這個範圍可能會有奈米之微粒出現(*ultrafine particles*)，但是由於此粒徑範圍之微粒會因膠凝作用而形成較大之微米範圍之粒徑。在最近之文獻也報告超細微粒與氧化壓力之關係，這可以作為本研究合理認為奈米微粒與氧化傷害關係之證據[1]。

流行病學研究已證實短時間增加環境中懸浮微粒濃度與急性死亡率增加有關，然而雖具有統計上的相關性，但機轉卻仍未被證實，且懸浮微粒成分、粒徑等依研究地點都未能達一致，因此是否微粒的多樣性導致影響人類的健康則是個重要的議題。

在探討微粒毒性對人體健康危害機轉上，大致可依微粒之特性與成分歸納為四特點：1.懸浮微粒粒徑大小；2.微粒中所含細菌內毒素而引發發炎反應；3.微粒中所含多環芳香烴（PAHs）致癌物；以及 4.微粒中過渡金屬元素[2]。

近期的研究則針對粒徑大小對人體健康危害的不同做討論，依吸入的懸浮微粒尺寸大小可受微粒的沈降部位、肺清除能力、肺部沈降區域及呼吸型態等因素共同決定，因此懸浮微粒粒徑尺寸則扮演重要的角色，空氣中含有多種不同粒徑大小的懸浮微粒，較大的微粒（微粒  $\text{PM}_{2.5-10}$  大於  $2.5\mu\text{m}$  稱為粗粒徑微粒, *coarse particles*）較易沈降於氣管及支氣管，經由咳嗽或痰液將其排除；但較小的懸浮微粒，當粒徑小於  $2.5\mu\text{m}$  時將有 50%會沈降於換氣區-肺泡[3]，因此肺部巨噬細胞將微粒吞噬產生炎症反應，進而引起白血球浸潤及肺部傷害；此外，肺泡佔呼吸區大部分體積，微粒所攜帶的致癌物可經由微血管循環輸送至身體其他地方而引起全身性發炎[4]。若在相同質量下，較小粒徑的微粒總表面積相較於較大微粒大，所以微粒表面可攜帶較多的有毒物質及活性氧化物，因此造成肺泡傷害也較粗微粒大。

若氣動直徑小於  $10\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ )，在呼吸時可進入呼吸系統因此被歸類為可吸入性微粒[5]，過去相關的研究多集中探討  $\text{PM}_{10}$  對體外細胞人類的生物性影響，但自從 Dockery (1993)等人利用縱斷追蹤性大型研究提出  $\text{PM}_{2.5}$  微粒與人類死亡

率有關後，美國環境保護署於 1997 年修改空氣污染法規新增 PM<sub>2.5</sub> 濃度為另一重要空氣污染指標，因此近年來越來越多研究探討細小微粒 PM<sub>2.5</sub>(Fine particles) 對細胞及人體的生物反應。其中 Schwartz 等人(1999)研究指出 PM<sub>2.5</sub> 與人類死亡率及疾病率的增加較有相關[6]。但也有研究提出不同看法，例如 Castillejos 等人 (2000) 比較微粒大小對死亡率的影響差異，當 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 及 PM<sub>2.5-10</sub> 分別增加 10 $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$  時，總死亡率分別增加 1.83%、1.48%及 4.07%，且不論是因呼吸系統或心血管疾病所導致死亡，其結果都顯示粗微粒所造成的健康危害較細微粒大 [7]。學者 Alvaro (2003) 利用體外實驗指出粗粒徑懸浮微粒 (PM<sub>2.5-10</sub>) 與細胞及流行病學的影響有關，所以粒徑尺寸大小對人體健康危害影響還需未來有更多的證據驗證[8]。

學者 Krishna 等人指出若將微粒成分萃取出，殘餘的核心並不會產生活性氧化物 (ROS)，因此他們認為懸浮微粒本身核心是不具有活性的[9]。但 Li 等人則指出懸浮微粒本身核心因為是毒性成分的攜帶者，也提供氧化反應的表面，因此微粒本身及成分對氧化還原反應都扮演重要的角色[10]。

## 第二節 奈米微粒的製造及其毒性

### 1. 奈米微粒之製造

前趨物階段是奈米製造的起點，此時利用固體、液體或氣體的原料，甚或二相體產生一個新相或狀態，以形成奈米微粒或用化學步驟去形成奈米微粒。所以可能先進行化學反應以製造所需要的物料，接著，也許需要再進一步相的轉換(phase transformation)或甚至固態的反應，以製造出最終產物。也可以以物理方法（蒸發-冷凝、機械含重化）或化學方法（化學氣相法、化學沈積法、水熱法、溶膠-凝膠、溶劑蒸發法、電解法、高溫蔓延合成法）。

製造法又可分成乾式製造法與濕式製程法；乾式製造法，這些技術包括電漿 (plasma)、雷射燒蝕 (laser ablation)、蒸發－冷凝 (evaporation-condensation)、與噴灑高溫分解 (spray pyrolysis)。

雷射燒蝕法 (laser ablation) 使用低壓密封反應室 (10<sup>-3</sup> to 10<sup>-5</sup> atm)，乾燥氣體或熱熔相製程 (plasma process)，當微粒被捕集或控制系統失常、作業員打開反應室或幫浦排氣時，就可能造成呼吸或皮膚接觸的暴露。電漿、雷射法以

及氣膠法一般是在密封反應罩內進行，因此奈米微粒的暴露應發生在製造步驟之後，除非在製造過程中，發生不預期之失敗(例如反應罩失敗所引起之洩漏)。如果製造使用高壓(例如超臨界液體)或高能機械力(機械合成)，一旦反應器的密封物(sealing)失敗，也可能造成微粒外洩[11]。

## 2. 奈米微粒的毒性

利用人造聚苯乙烯奈米微粒(polystyrene, 64nm)，進行疾病動物毒性試驗，發現造成呼吸道發炎及氧化壓力增加，此危害與微粒表面積有關[12]。

在職場中工作的勞工經常會吸入漂浮在空氣中的奈米粒子，所以肺臟是環境中奈米粒子進入人體的主要途徑之一，而且肺臟也是奈米粒子主要的毒性標的器官。奈米粒子對人體肺部傷害的研究並不多，Pietropaoli 等人曾報導過超微小的碳粒子會降低(最大)中期呼氣流速(Maximum mid expiratory flow rate, MMFR 或稱 FEF 25-75%)和一氧化碳肺瀰散量(carbon monoxide diffusing capacity, DLCO) [13]。因此目前極需這方面的研究。在動物試驗方面已經有許多研究報告顯示，奈米粒子由氣管進入肺部的確會引起肺部的損傷[14]。例如經氣管灌注 carbon nanotubes, carbon black, fullerenes, silica, metals or metal oxides 的確會引起肺部發炎反應或纖維化[14]。其中以 titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) 及奈米碳管(carbon nanotubes) 對動物肺組織或肺細胞影響之研究最多 [15-19]。Bermudez (2004)等人報導，大鼠、小鼠或 hamster 吸入 21 nm 的 TiO<sub>2</sub> 奈米粒子後，所有鼠類的 bronchioalveolar lavage 中 alveolar macrophage 數目都會增加，但以大鼠較嚴重，尤其後期大鼠發生肺部的病理變化[15]。Grassian 等人報導小鼠吸入 2-5 nm 的 TiO<sub>2</sub> 奈米粒子後，初期(1-2 週內)會增加 bronchioalveolar lavage 中 alveolar macrophage 數目，有輕微發炎反應，但三週後就恢復正常。奈米碳管可分為單層(SWNT)及多層(MWNT)兩種，雖然直徑只有 nanometer，但長度可長達數 micrometer [16]。不論是經由腹腔注射或氣管灌注或吸入 MWNT or SWNT，都會導致小鼠肺部產生 granuloma pneumonia, 發炎反應以及纖維化[20-23]。至於其他金屬奈米粒子的研究，Ji 等人(2007)

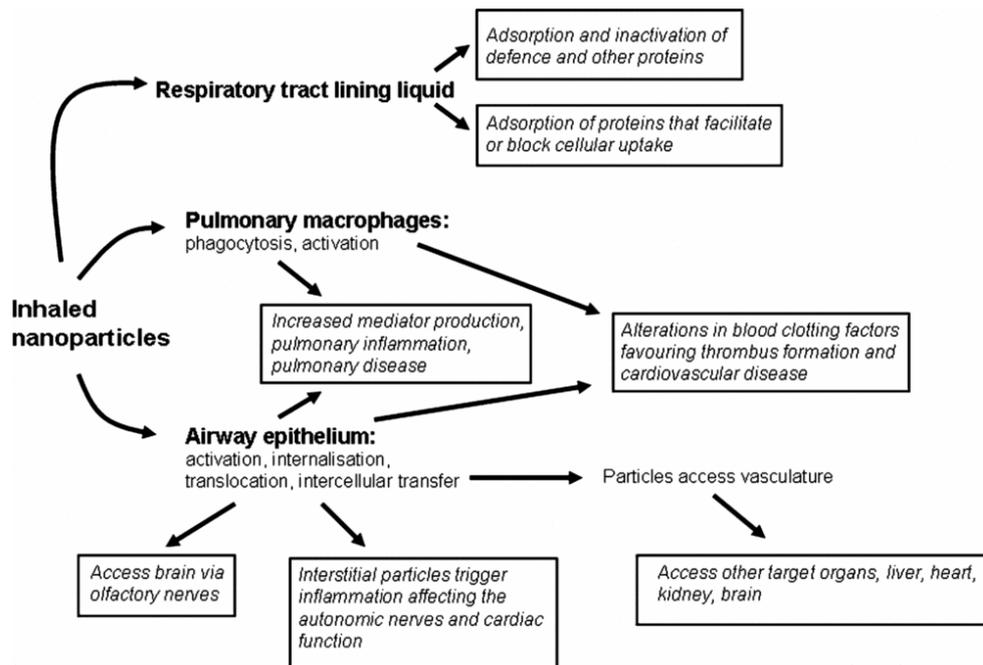
報導，大鼠吸入 silver nanoparticles 並未對呼吸系統造成影響。因此本計劃將評估人群暴露金屬奈米粒子後對肺部的傷害情形[24]。CC10 是細支氣管上皮細胞 Clara cells 所分泌的蛋白，具有保護的作用，當肺部的細胞 (包括 Clara cells)受損時，會改變肺灌洗中 CC10 的濃度，肺部發炎也會導致血清中 CC10 濃度上升 [25,26]。因此本計劃將測量血清及呼吸濃縮液(exhaled breath condensate)中 CC10 蛋白濃度，並配合肺功能的測量，來了解暴露奈米粒子是否造成肺部損傷。

表 1 奈米碳管之動物實驗文獻探討

Species	Nanoparticle	Administration route/study duration	Dose	Adverse effects/lesions	Ref.
Mice	MWCNT	Intratracheal instillation/1, 2, 3, 7 and 30 days	1, 2.5 and 5 mg/kg	• Dose-dependent lethality • Inflammation Dose- and time-dependent fibrosis and granulomas	[192]
Guinea pig	MWCNT	Intratracheal instillation/4 weeks	25 mg/animal	• No evidence of inflammation • No perturbation of lung function	[193]
Guinea pig	MWCNT	Intratracheal instillation/90 days	15 mg/animal	• Nonspecific desquamative interstitial pneumonia-like reaction • Increased lung resistance	[194]
Mice	SWCNT	Intratracheal instillation/7 and 90 days	0.1 and 0.5 mg/animal	• Deaths in high dose group • Progressive, dose-dependent multifocal epithelial granulomas • Interstitial inflammation • Peribronchial inflammation and necrosis	[80]
Rats	MWCNT	Intratracheal instillation/1	0.5, 2 and 5 mg/animal	• Inflammation and dose-dependent fibrosis	[87]

			and 2 mo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bronchiolar granulomatous lesions</li> </ul>
<b>Mouse</b>	<b>SWCNT</b>	<b>Pharyngeal aspiration/1, 3, 7, 28 and 60 days</b>	<b>40 μg/animal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Transient inflammatory response</b></li> <li>• <b>Dose-dependent epithelioid granulomas and interstitial fibrosis</b></li> <li>• <b>Decreased bacterial clearance, and dose-dependent loss of pulmonary function</b></li> </ul>
<b>Rats</b>	<b>SWCNT</b>	<b>Intratracheal instillation/24 h, 1 week, 1 and 3 months</b>	<b>1 and 5 mg/kg</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deaths in high dose groupb [82]</li> <li>• Transient inflammatory and cell injury responses</li> <li>• Nonprogressive, non-dose-dependent multifocal granulomas</li> </ul>

台灣有些產業有焊接的程序，在焊接的過程中產生許多不同粒徑的金屬物質漂浮於空氣中，在歐洲的人群流行病學研究結果指出，焊接工人較易罹患慢性氣管炎[27]。Botta 等人(2006)報導，焊接工人血液及尿液有較高濃度的重金屬，包括鎘、鈷、鎳、鉻、鉛[28]；最近 Cesp'on-Romero 等人(2008)也指出，焊接工人的尿液中有較高濃度的銅、鎳、錳、鐵等金屬。因此這些金屬可能會進入人體引起健康反應[29]。金屬奈米粒子是環境中存在的主要奈米粒子之一，例如二氧化鈦, 二氧化矽, 奈米銀等。如果金屬奈米粒子進入體內被分解成游離態的金屬離子，可能對人體造成金屬相關毒性。人體內有許多必須金屬（如 Ca、Mn、Fe、Co、Cu、Zn 及 Se），是人體正常功能所必需的。而毒性金屬進入體內後會經由改變這些必須金屬的濃度而對人體產生毒性。所以本計劃中將同時檢測有毒金屬及必須金屬在人體樣本的濃度，這些數據將告訴我們這些人群暴露到哪些有毒金屬，而這些有毒金屬在人體內影響哪些必須金屬的平衡。



From: Biochem. Soc. Trans 2007; 35, 527-531

圖 1 吸入奈米微粒對於肺部和心血管之假設/推論的影響[195]

由於奈米材料廣泛應用在保健食品、汽車製造工業、電子產業、化妝品、醫藥和農業方面。隨著奈米產業的蓬勃發展不論是在食衣住行等所帶來潛在的暴露風險危害，是令人值得注意的。然而其暴露途徑包括吸入、皮膚接觸、攝入和注射。許多奈米微粒包括奈米碳管、金屬氧化物如二氧化鈦(TiO<sub>2</sub>)、二氧化矽(silica oxide)、奈米金和奈米銀等材料經動物實驗證實會誘發發炎效應與產生氧化壓力。然而慢性發炎與氧化壓力已被證實與許多的疾病有關，包括癌症[30]。而在人暴露於奈米微粒的潛在風險，僅有少數文獻中有探討，例如 Pilger 等人研究中顯示在製作石英工廠的從業人員罹患塵肺病(scilicosis)尿中的 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG)與 DNA 損傷成正相關而與周邊白血球中 8-OHdG 成負相關，意指若有高暴露於二氧化矽奈米微粒則降低 DNA 修補能力，藉此可以當作暴露風險的指標 [31]。也有文獻證實 8-iso-prostaglandin<sub>2α</sub> (8-iso-PGF<sub>2α</sub>)也是氧化傷害的生物指標物質，在許多臨床疾病如心血管、慢性肺阻塞等[32]，然而 Chace 比較健康人群和肺部功能損害的病人的呼吸道檢體(exhaled breath condensate)的 8-iso-PGF<sub>2α</sub>，可證明因肺部疾病受傷所造成脂質過氧化的生物性指標物[33]。文獻中探討公車司機因職業造成氧化性傷，分別收集尿液來監測在不同季節中 8-iso-PGF<sub>2α</sub> 變化，其結

果顯示公車司機尿中 8-iso-PGF2 $\alpha$  濃度與控制組人群具顯著性差異[34]。

奈米顆粒在體外細胞株或動物體內試驗均呈現無基因毒性或無致突變毒性。但利用人體細胞（如周邊血液細胞或 human lung epithelial cell line A549 或 WIL2-NS 細胞）則顯示鈷奈米微粒（100-500nm）、CuO, ZnO, TiO<sub>2</sub> nanoparticles、carbon nanotubes、nanoparticle carbon black 和二氧化鈦（TiO<sub>2</sub>）微粒均呈現基因毒性。人體細胞對奈米之敏感性可能大於一般細胞株或人體對奈米之感受性大於動物，因此，暴露奈米微粒之勞工的基因毒性值得密切監測，以瞭解吸入或穿透皮膚的奈米微粒對人體之影響。

### 3. 奈米微粒與傳統化學物質之差異性

奈米微粒與傳統化學物質之差異性有以下幾點：

- (1) 粒徑：英國皇家科學學會(The Royal Society & The Royal Academy of Engineering)報告建議應把奈米微粒當作一種新的化學物質來看待，此類新物質顯然與傳統化學物最大的不同為粒徑之影響[35]。
- (2) 比表面積：一公克奈米微粒約有 1000 平方公尺的表面積。奈米微粒之表面反應性能產生自由基(free radicals)進而產生不穩定性，引發一連串的效應。
- (3) 移動性：奈米微粒能經由肺和可能經由皮膚進入血流(blood stream)，以及直接經由嗅覺神經(olfactory nerves)進入腦，幾乎不受任何限制，可達到人體。
- (4) 單位數量：由於奈米微粒粒徑小、體積小，在相同質量下，奈米微粒比一般較大粒徑之微粒具有較多微粒數目。
- (5) 奈米微粒暴露限值：於奈米科技之風險評估尙未完成階段，美國陸軍建議針對奈米級 TiO<sub>2</sub> 微粒的安全暴露限值(safe exposure)至少應低於常態 TiO<sub>2</sub> 的八分之一[36]；美國 OSHA 的結晶型二氧化矽之容許濃度為 0.05mg/m<sup>3</sup>，因此對於奈米微粒之劑量效應資訊尙缺乏之階段，且每種奈米微粒之特性皆不同，基於安全考量，結晶型二氧化矽奈米微粒之安全暴露限值也應當下降其暴露限值。

在嚙齒類動物的實驗和細胞培養研究顯示，超細或奈米顆粒的毒性在同一質量下大於相似化學成分的較大的顆粒[37-45]。除了粒子表面積外，其他

粒子特性可能影響毒性，包括表面功能基或包覆塗層，溶解度，形狀，能夠產生氧化性物種的能力，以及結合蛋白或受體的能力[46-49]。對影響粒子與生物體的交互作用之因子和奈米粒子潛在的不利影響需要更多的研究。

### 第三節 暴露途徑

吸入是在工作場所空氣中的顆粒最常見的暴露途徑。離散的奈米顆粒沉積在呼吸道決定於粒子的空氣動力學或熱力學直徑（即顆粒的形狀和大小）。團聚的奈米顆粒沉積在呼吸道決定於粒子團聚後的直徑，而非其原來奈米顆粒。正在進行的研究欲找尋影響奈米物體在空氣中集聚和去團聚，懸浮在水介質，或一旦接觸肺襯液和/或生物蛋白的物理因素。有證據顯示集聚的程度會影響吸入奈米的毒性[50]。

離散之奈米粒子比那些較大可吸入顆粒較多沉積在肺部[51]，由於運動增加呼吸頻率，由鼻呼吸改變成口呼吸，因而使沉積增加[52,53]，及有些人有肺部疾病或病理情況（如哮喘，肺氣腫）也會使沉積增加[54]。基於動物的研究，離散粒子可以從肺部進入血液和轉運到其他器官[55-57]。

根據大鼠的研究，存積在鼻腔地區的離散奈米粒子（直徑中位數為 35 - 37 奈米）能夠沿嗅神經進入大腦部位[47][58,59]。一些早期動物的研究中報導 20-500 奈米之不溶性微粒，通過感覺神經（包括嗅覺和三叉神經）進入大腦部位[60-62]。這種奈米粒子和奈米級的生物製劑的暴露途徑還沒有在人類研究過。

一些研究顯示，奈米粒子在職業暴露時可能通過皮膚進入人體。[63] 曾指出直徑小於 1 微米的顆粒可滲入皮膚樣本。最近的一個研究報告說，具有不同理化性能的奈米粒子能夠穿透豬的完整皮膚[64]。這些奈米粒子是不同大小，形狀和表面塗層的量子點。據報導他們利用被動擴散穿透角質層屏障，且 8-24 小時後侷限在表皮和真皮層內。給藥的濃度為 2 - 4 倍稀釋的量子點，因此它與職業性暴露劑量相當。

目前尚不完全了解奈米粒子是否在動物實驗會穿透皮膚造成不良影響。然

而，單壁奈米碳管局部擦拭裸鼠已被證明會是造成皮膚刺激[65]。利用原發或培養的皮膚細胞的體外培養研究已經發現，單壁奈米碳管和多壁奈米碳管可以進入皮膚細胞，造成釋放促炎細胞因子，氧化性傷害，降低存活能力等[66,67]。但是，因為還沒有可供比較的細胞培養研究和實際職業暴露的其他數據，目前還不清楚如何將這些發現可能外推出一個潛在的職業風險。

攝入可發生在奈米粒子無意間手到口的接觸，這已被發現發生在傳統化學物質，合理的假設它也可能發生在處理奈米粒子。食入也可能發生在伴隨吸入顆粒被清除之情況，因為從呼吸道的黏液纖毛扶梯清除的顆粒可經喀痰而被吞食[51]。攝入奈米粒子可能產生的不良影響亦尚不清楚。

#### 第四節 動物實驗之效應

在大鼠的實驗研究顯示，在同等質量的劑量下，不溶性超細微粒比大顆粒更能引起肺部發炎，組織損傷，和肺腫瘤[37-44,46,68-72]。這些研究指出，對於低水溶性低毒性（PSLT）顆粒，若以粒子表面積表示劑量時，劑量反應關係在不同顆粒尺寸是一致的。除了顆粒大小和表面面積，有研究指出，其他粒子特性可以影響它的毒性。例如，雖然顆粒表面積與肺部發炎在 PSLT 顆粒是一致的，結晶矽比 PSLT 粒子在同一表面積劑量更具發炎性[45]。

粒子表面上形成反應性氧化性物種是一個肺對顆粒反應的重要影響因素，這可能與其晶體結構有關。最近的一項研究超細銳鈦型鈦白粉（二氧化鈦）或超細金紅石型二氧化鈦對大鼠肺的影響顯示，銳鈦型二氧化鈦的表面有更多的反應性表面，並造成大鼠肺更大的肺部炎症和細胞增殖[18]。旨在探討其作用表面積和晶體結構對反應性氧化性物種(ROS)的無細胞實驗，Jiang 等人觀察到粒子大小，表面積，和晶體結構都會造成反應性氧化性物種 ROS 的產生。氧化性物種顯然與每表面積缺陷點的數量有關，這在不同的奈米粒子大小會有不同[73]。

這些研究顯示，奈米顆粒具有類似特性（如 PSLT），在同一質量的毒性會因

減小顆粒大小(由於表面積增加) 而增加。然而，劑量效應關係可能會因粒子具有不同的化學成分和其他組成而有所不同。類似的例子，最近的一項研究大鼠肺灌注超細微粒或精細微粒的二氧化鈦，其對肺部傷害與對照組相比並無顯著差異，而結晶型二氧化矽在同一劑量則造成更嚴重的肺部反應[17]。然而，Warheit 等人無法驗證顆粒表面積劑量和其毒性有關的假設，因為超細微粒或精細微粒二氧化鈦的直徑於灌注時由於顆粒團聚並沒有顯著差異，且均為超過 2 微米[17]。因此更有效地去分散超細微粒或精細微粒的大鼠氣管灌注，可驗證表面積對肺反應的影響[74]。

## 1. 聚四氟乙烯燻煙

在超細微粒中，新生成的聚四氟乙烯(PTFE)燻煙(生成在溫度超過 425°C)對肺部會造成劇毒。大鼠暴露於小於 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  新生成的聚四氟乙烯燻煙會造成出血性肺水腫而致死[75]。相反的，老舊的聚四氟乙烯燻煙的毒性就少得多，也不會導致死亡。這種毒性減低的原因是因累積而增加顆粒大小及其表面化學的變化[47][76]。曾有個案報告一工人在設備故障時，造成過熱聚四氟乙烯樹脂裂解釋放的聚四氟乙烯裂解產物，在工作場所聚四氟乙烯作業工人因暴露聚四氟乙烯燻煙導致肺水腫和意外死亡[77,78]。雖然奈米粒子不同於聚四氟乙烯燻煙粒子，這些研究說明超細微粒可能造成急性毒性的危險。密閉措施和其他工程控制措施似乎已有效地預防工人暴露於聚四氟乙烯燻煙，它們可提供控制系統的範例，來防止暴露於可能有類似性質的奈米粒子。

## 2. 奈米碳管

奈米碳管(CNT)是專門設計的形式或結構的奈米材料且已經有越來越多的生產和使用[49]。因此，近年來已經進行了一些奈米碳管的毒理學研究。這些研究指出，奈米碳管的毒性可能不同於其他化學成分相似的奈米材料。例如，單壁奈米碳管(SWCNT 的)已被證明產生不良的影響，包括在小鼠產生肺部肉芽腫和超細碳黑微粒在大鼠沒有產生這些不良影響的劑量上也會產生

肺部肉芽腫[79, 80]。儘管這兩個單壁奈米碳管和炭黑是以碳為主，單壁奈米碳管是具有獨特的，其纖維結構和特殊的表面化學使其提供優良的導電性能。這些特徵是否可能影響毒性還是不知道。奈米碳管可能含有金屬催化劑作為副產品，這可能增加其毒性，或可能提供的奈米碳管促進纖維細胞的生長[81]。

在一項奈米碳管灌輸到老鼠肺部的研究中，在劑量 1 或 5 毫克奈米碳管/公斤體重可觀察多個肉芽腫（不含短暫或持續性炎症病灶）[82]。在一項注入小鼠幾種類型（即原始，純淨，含鐵和含鎳）單壁奈米碳管的研究中，其劑量為 0.1 或 0.5 毫克/小鼠（約 3 或 16 毫克/公斤體重），在 7 天左右觀察到有劑量效應關係的上皮樣肉芽腫，且持續到 90 天[20][80]。無論是原始形式的單壁奈米碳管或是純化型單壁奈米碳管均會造成間質性炎症，而死亡（5 / 9 隻小鼠）僅發生在高劑量組的含鎳單壁奈米碳管。

NIOSH 的研究人員最近報告咽部灌注單壁奈米碳管在小鼠體內的不良影響，其使用劑量為 10-40 微克/小鼠（約 0.5-2 毫克/公斤體重）[79]。研究結果顯示，暴露於單壁奈米碳管導致小鼠肺部短暫性炎症，氧化性傷害，肺功能降低，細菌清除能力減低，早發性間質性纖維化。凝聚奈米碳管沉積在肺部導致肉芽腫，而分散懸浮結構奈米碳管沉積導致快速發展的間質性纖維化（7 天之內），暴露後超過 30-60 天的時間仍持續進展 [79][83]。有證據顯示，當更多分散的單壁奈米碳管的結構和更小的懸浮液，則肉芽腫較少發生，但觀察到 4 倍多的間質性纖維化[83]。

暴露於單壁奈米碳管比同等質量的超細碳黑微粒或細石英微粒被觀察到更多的纖維化 [79,80]。根據他們在小鼠體內的研究結果，Shvedova 等估計，如果他們暴露於單壁奈米碳管在目前 OSHA 的 PEL 的石墨（5 mg/m<sup>3</sup>）約 20 天，工人可能在肺部病變發生的風險[79]。Lam 等人提供了類似的估計和建議，石墨的允許暴露標準不應使用（例如，關於安全數據表）並作為工人暴露於奈米碳管的安全濃度[20][80]。和灌注相比，咽喉吸入技術可能更接近吸入顆粒沉

積的過程。吸入奈米碳管的研究可能提供更明確的人類潛在毒性[49]。最近，美國 NIOSH 科學家設計了一個生成單壁奈米碳管氣膠的系統以進行老鼠吸入研究[84]。結果吸入暴露於單壁奈米碳管[23]定量上類似於吸入研究[85]也具有 4 倍間質性纖維化的反應，類似於[83]之報告。另一項 NIOSH 的研究發現，載脂蛋白 E - / - 小鼠在一個單獨的內部咽滴注劑量的單壁奈米碳管（10 和 40 微克/小鼠），在肺，主動脈和心臟組織中的炎症指標增加，和經過反復劑量（20 微克/小鼠每隔一周一次，共 8 週的小鼠餵食高脂飲食）加速動脈斑塊的形成[86]。

最近研究了 Sprague - Dawley 大鼠接受 0.5，2，或 5 毫克（約 2，9，或 22 毫克/公斤體重）或磨碎或未磨碎多壁奈米碳管氣管內灌注[87]。這兩種情形均產生肺部炎症和肺纖維化。大鼠吸入磨碎的多壁奈米碳管表現出較分散在肺組織，纖維化病變發生在肺部深處（肺泡地區）。在大鼠吸入奈米碳管（未磨碎），纖維化主要表現在他們的氣道，而不是在他們的肺部。對未磨碎的生物持久性大於磨碎的奈米碳管，在 60 天時留在肺部的分別有 81% 對 36%。

在同等質量的劑量，磨碎的多壁奈米碳管產生一個類似溫石棉的炎症及纖維化反應，但比超細碳黑微粒有更大的反應[87]。用來稀釋磨碎的和非磨碎的多壁奈米碳管的溶液（1% Tween 80）未見有對大鼠不良影響之報導，研究中使用的對照組僅接觸生理食鹽水。NIOSH 的科學家已經讓小鼠暴露於奈米碳管懸浮在一個模擬的肺泡襯液，而不是 Tween 80。對照研究指出，這種懸浮介質不會產生發炎反應，也不會掩蓋顆粒表面的生物活性。資料顯示，分散的多壁奈米碳管導致肺部炎症，這在暴露後 7 天達到高峰。多壁奈米碳管的炎症反應大於單壁奈米碳管的炎症反應[88]。

最近的兩項研究調查來探討奈米碳管是否類似石棉。在第一項研究，Takagi 等人利用腹腔注射劑量為 3 毫克/小鼠，注射 p53 (+/-) 小鼠多壁奈米碳管，富勒烯 fullerene，或青石棉。多壁奈米碳管的平均寬度約為 100 奈米，大約 28

%的顆粒長度大於 5 微米[22]。多壁奈米碳管和青石棉的粒子數分別為  $1 \times 10^9$  和  $1 \times 10^{10}$  (以 1 毫升懸浮液)，雖然多壁奈米碳管樣品中主要含有大量聚集，顯示奈米碳管纖維的數量被大大低估且遠遠大於對石棉的暴露。在這項研究結束時 (25 週)，在多壁奈米碳管腹腔注射過的小鼠產生間皮反應，包括中度至重度腹腔纖維化粘連和腹膜腫瘤。腹腔注射石棉的小鼠也有類似的反應，但程度較輕，而腹腔注射富勒烯治療組則沒有出現這些反應。間皮瘤被作者認為是主要死亡原因，由於嚴重的腹腔粘連導致的收縮性腸梗阻，也被認為是第二大死亡原因，這顯示 3 毫克/小鼠的多壁奈米碳管已超過了最大耐受劑量。間皮瘤是否是死亡的主要原因有待釐清。

在第二項研究中，Poland 等人以劑量為 50 微克/小鼠腹腔注射小鼠單壁奈米碳管 (兩長兩短奈米碳管樣品)，奈米級碳黑或青石棉 (短或長纖維)。短奈米碳管的寬度為 10 奈米或 15 奈米，但沒有大於 15 微米的纖維長度;長奈米碳管的寬度分別為 85 奈米或 165 奈米，分別有 24%或 84%大於 15 微米的長度 (超過 5 微米纖維的百分比沒有報告[89])。無論是 24 小時或 7 天後，長奈米碳管引起炎症和肉芽腫病變在定性和定量上均類似石棉引起的病變。短的，低寬高比，糾結的多壁奈米碳管在相同的劑量下並沒有產生這些反應。需要進一步的研究以確定多壁奈米碳管引起的這種炎症反應是否會持續，並導致腹壁的腫瘤。此外，需要調查吸入的多壁奈米碳管是否會穿過肺部而到達間皮組織。還需要在實驗室動物的長期研究，以確定奈米碳管是否可引發癌症，如在實驗室動物的間皮瘤，包括人類典型的暴露途徑 (即吸入，皮膚滲透，吞食)，並在那些潛在暴露的工作場所同等劑量。這些研究表明需要更多的工人暴露於奈米碳管的數據。Maynard 等人報導單壁奈米碳管實驗室生產設施較短期 (約 30 分鐘) 空氣質量的濃度 (0.007-0.053 mg/m<sup>3</sup>) [90]。最近的一項 Han 等人研究報導在實驗室設施使用工程控制措施前的多壁奈米碳管空氣質量的總濃度從 0.21-0.43 mg/m<sup>3</sup> (4 - 6 小時採樣);實施工程控制措施後，濃度降低到低於偵測

濃度(nondetectable) [91]。工人在使用聚合物複合材料和其他組成或在切割，研磨，拋光這些材料可能接觸到磨碎的奈米碳管。由於單壁奈米碳管和多壁奈米碳管在相對低質量的暴露，導致老鼠肺部間質性纖維化和炎症，為謹慎起見，盡量減少工人暴露於空氣中奈米碳管（見第八章工作的指導方針與製造的奈米材料）。

## 第五節 細和超細微粒暴露的流行病學研究

工人暴露在細顆粒和超細顆粒的流行病學研究報告，包括肺功能降減，不良的呼吸道症狀，慢性阻塞性肺疾病，肺部纖維化[92-94]。此外，一些研究發現工人暴露在某些超細微粒（即柴油廢氣微粒）[95-98]，或焊接煙煙[94] [99-101]可能引發肺癌和神經影響。這些研究引伸工程奈米粒子，雖然可能有不同的粒子特性，其造成的影響是不確定的。研究工作場所空氣中的顆粒和纖維的背景資料可提供有關粒子相關的肺部疾病和其傷害機制，以及暴露估計和潛在的健康風險。因此，這些研究提供了參考點，包括基線資料和可能暴露於其他奈米粒子的健康風險評估，它取決於在何種程度上暴露條件和粒子與生物的相互作用。

在一般人群中，流行病學研究也顯示微粒空氣污染和增加呼吸道和心血管疾病的發病率和死亡率有關[5][102-104]。儘管對超細顆粒的作用於其他空氣污染物造成的不良健康影響仍然存在不確定性，一些流行病學研究顯示接觸空氣污染的超細顆粒對健康有不利影響[105-107][109,110]。這些研究的相關性都是基於測量某粒徑粒子的數量或質量濃度（例如，直徑在 2.5 微米及以下的可吸入顆粒物 [PM<sub>2.5</sub>]）。在健康人和哮喘患者吸入超細碳粒子的實驗研究，發現白血球粘附分子的變化，這可能與超細顆粒暴露導致可能的心血管效應有關[111]。健康志願者短期暴露柴油廢氣（0.3 mg/m<sup>3</sup> 1 小時）可導致輕微的全身性炎症反應和內皮細胞依賴性血管舒張功能下降[112]。

## 第六節 從動物和流行病學研究提出的假設

現有文獻對粒子和纖維提供了科學的基礎去評估工程奈米材料的潛在危害。雖然工程奈米粒子的特性差別很大，從現有的有關資料認識它們的理化特性和毒物動力學可初步提供工程奈米粒子的潛在毒性。例如，從人類的研究可知吸入奈米顆粒比大顆粒有較大的比例將沉積於呼吸道（不論是休息或運動）[51-53][113]。從動物研究可知，奈米粒子在肺部可轉移至其他器官，但奈米顆粒的化學和物理性質會如何影響這種轉移尚不完全知道[19][55][57,58][114,115]。由於其體積小，奈米粒子能夠穿越細胞膜和亞細胞結構的互相作用，如線粒體，他們在那裡被證明造成氧化性傷害和細胞功能損害[10][19][116,117]。奈米粒子也被觀察到存在細胞核內[118,119]。動物研究也顯示，奈米粒子因其有較大的表面積單位會比相同的化學和質量的粒子較具生物活性[37,38][40][43][44][46,47][71,72][74][39]。儘管這種生物活性增加是一個奈米粒子的根本的特性使之應用於工業，商業和醫療上，工人無意暴露於奈米粒子的後果是不確定的。

從實驗室動物研究和流行病學研究已經形成工程奈米粒子可能導致不良健康影響的假設。這些假設是基於在動物和人類粒子暴露的科學文獻。這些文獻最近已被全面回顧[47-49][120,121]。一般來說，這些在過去的研究中使用的粒子沒有被推薦進行更多的新研究，以便更全面地了解它們的理化性質及其對粒子毒性的影響[122,123]。若有更多的研究，將有更多的數據可支持或反駁以下工程奈米顆粒的假設。

假設 1：暴露於工程奈米顆粒可能造成類似具有相似的物理和化學特性的超細顆粒造成的不良健康影響。

在動物和人類的研究支持暴露於超細微粒比暴露在相同質量且具有類似的化學成分的大顆粒造成了更大的呼吸系統危害。過去的研究已經顯示作業工人暴露於超細顆粒（如柴油車尾氣顆粒物，焊接煙塵）造成健康不良影響，動物研究亦顯示，超細顆粒比同等質量類似組成的大顆粒更具發炎性和致大鼠肺癌之能力

[41,42][69][71]。如果工程奈米粒子與報導的超細顆粒具有相同的理化特性，他們可能會造成相同的健康問題。

雖然超細微粒的理化特性和工程奈米粒子可能有所不同，但來自現有研究的毒理學和劑量原則可能可以應用在新的工程奈米粒子有關的健康問題。顆粒引起肺部疾病的生物學機制（即氧化性傷害，炎性反應和產生細胞因子，趨化因子，及細胞生長因子）[124-126]，這些肺反應在可吸入顆粒，包括超細顆粒或工程奈米粒子，似乎是一致的[47][127,128]。毒理學研究指出，超細顆粒的化學和物理特性影響它的命運和毒性，這些特性也可能影響奈米粒子暴露的機制和對其他奈米粒子的生物效應[46][57][114,115][129]。

假設 2：表面積和活性以及粒子的數量可能比質量更能預測奈米粒子的潛在危險。

奈米粒子比具相同質量濃度的大顆粒因有較大表面積而具更大的潛在危險[37-39][42,43][71][74][105][130]。這一假說主要是基於觀察到老鼠暴露在不同類型的超細或細粒子（即二氧化鈦，炭黑，硫酸鋇，炭黑，碳黑，煤灰，墨粉），和人類暴露於顆粒性氣膠，包括奈米顆粒（如柴油廢氣，焊接煙）對肺的影響。這些研究指出，對於相同質量的粒子，相對不溶性奈米粒子的毒性比相似化學成分和表面特性的大顆粒較具毒性。細和超細微粒的研究顯示，顆粒表面之活性小則其毒性較低[41][46]。然而，即使顆粒之毒性低（如二氧化鈦），祇要具足夠高的粒子表面積劑量亦被證明會導致肺部炎症，組織損傷和纖維化[37-39][41,42]。

奈米材料的性質可以透過工程方法而加以修改。例如，最近的一項研究顯示，修改了富勒烯 *fullerenes* 分子的結構（例如，通過羥基化），水溶性富勒烯的細胞毒性可降低幾個等級[131]。這些結構上的修改，證實可以降低毒性是由於減少氧自由基的生成，它是在細胞培養時使細胞膜損傷和死亡的可能機制。增加對單壁奈米碳管側壁的功能基也會使這些奈米材料在細胞培養時呈現較低的細胞毒性[132]。量子點的細胞毒性研究顯示，表面塗層的類型可以有顯著影響細胞的動力和活力[133-135]。奈米晶相組成結構差異也可以影響其細胞毒性，在最近的一項

研究比較暴露在紫外線輻射的兩種類型的二氧化鈦奈米粒子，銳鈦型二氧化鈦更毒，且比具類似表面積的紅石型二氧化鈦（153 m<sup>2</sup>g 和 123 m<sup>2</sup>g 的 TiO<sub>2</sub>，分別）產生更多的活性氧物種[136]。活性氧物種也與二氧化鈦奈米粒子對小鼠小膠質細胞（腦細胞）在細胞培養時的細胞毒性有關[137]。與此相反的，在體外生成活性氧物種是比較低的純化單壁奈米碳管（金屬污染已去除），反而引起體內漸進性間質性纖維化[79][85]。然而，最近的研究指出，在體外細胞培養時，純化單壁奈米碳管增強纖維細胞的增生與膠原蛋白的生成[81]。因此，活性氧物種生成可能不是奈米粒子毒性作用唯一的機制。

超細顆粒的研究可能提供有用的數據，據以發展初步危害或風險評估，並生成假說以待進一步的驗證。在細胞培養的研究提供奈米材料的細胞毒性的資料，據以發展進一步的研究和生物毒性測試。粒子的特性和其他影響粒子毒性和疾病發展的因素需要更多的研究，以發展預測新型奈米粒子的安全性及其潛在毒性的的重要因素。

## 第七節 超細微粒(Ultrafine particles)對人體的健康影響之人體試驗

粗的顆粒之運動主要受制於動量及重力,在胸腔外部分之呼吸道(Extra-thoracic Region)即被攔住,而微粒子能隨呼吸而進入呼吸系統深處如細支氣管以及肺部；細小氣懸微粒之所以引起注意乃因微粒能隨呼吸而進入呼吸系統深處如細支氣管以及肺部，其總表面積比大的懸浮微粒還要大因而附著在微粒上的毒性物質與肺部組織接觸的表面積也較大，這些毒性物質也較易溶解出來並為肺部組織所吸收。近期的研究則針對粒徑大小對人體健康危害的不同做討論，依吸入的懸浮微粒尺寸大小可受微粒的沈降部位、肺清除能力、肺部沈降區域及呼吸型態等因素共同決定，因此懸浮微粒粒徑尺寸則扮演重要的角色，空氣中含有多種不同粒徑大小的懸浮微粒，較大的微粒（微粒 PM<sub>2.5-10</sub> 大於 2.5μm 稱為粗粒徑微粒, coarse particles）較易沈降於氣管及支氣管，經由咳嗽或痰液將其排除；但較小的懸浮微粒，當粒徑小於 2.5μm 時將有 50%會沈降於換氣區-肺泡[138]，因此肺部巨噬細胞將微粒吞噬產生炎症反應，進而引起白血球浸潤及肺部傷害；此外，肺

泡佔呼吸區大部分體積，微粒所攜帶的致癌物可經由微血管循環輸送至身體其他地方而引起全身性發炎[4]。若在相同質量下，較小粒徑的微粒總表面積相較於較大微粒大，所以微粒表面可攜帶較多的有毒物質及活性氧化物，因此造成肺泡傷害也較粗微粒大。雖說粒狀空氣污染物也有包括小於 2.5 $\mu\text{m}$  之粒徑範圍，這個範圍可能會有奈米之微粒出現(*ultrafine particles*)，但是由於此粒徑範圍之微粒會因膠凝作用而形成較大之微米範圍之粒徑。

每回報告完“奈米作業人員的健康調查”後，心中總是留著疑問“我們的發現跟別人的發現是否一致？”，到底“超微粒的健康影響是什麼？”“超微粒的健康影響主要在肺部或是心血管系統？”“是否有其他流行病學研究成果供比較？”若要回答這些問題，勢必要找到其他專家學者發表的文章。但查閱了相關文獻，針對奈米作業人員的健康危害研究付之闕如。因為沒有類似文獻，就無法回答上述問題。動物之相關研究很多，但生理結構之不同，對奈米顆粒之防禦機轉不同，且暴露情境之不同等因素，無法以動物之成果推論到人體身上。

自然界早就存在奈米顆粒，且過去已有針對空氣污染物中的超微粒進行人體試驗，另一超微粒之來源是柴油廢氣中之顆粒狀物質。欲瞭解奈米對人體的健康危害可從空氣污染物或柴油廢氣中超微粒之人體吸入試驗來提供一些相關資訊。因此，本研究即利用系統性的文獻回顧方法，綜合整理人體吸入性試驗的研究發現，提供奈米可能對人體健康的影響。

首先要指出本研究僅蒐集人體試驗的文獻，即利用實驗性流行病學設計，有外加的超微粒顆粒吸入，並有對照組供比較。而沒有外加吸入性試驗的流行病學調查或生態學研究則不納入本研究範圍。蒐集文獻共發現 63 篇顆粒性人體試驗文章，我們根據研究對象分為健康志願者 (*Healthy volunteers*) 42 篇和有病之易感族群 (*Susceptible patients*) 21 篇，其中有病族群包括氣喘病人 13 篇，慢性阻塞性肺病病人 3 篇，冠狀動脈心臟病病人 5 篇。由於我們想知道奈米對健康工作者的影響，因此本研究僅選健康志願者的 42 篇人體試驗（事實上，21 篇易感族群的研究結果均呈現陰性，因此，慢性阻塞性肺病病人或心臟病病人並無對奈米顆粒較具敏感性，但此發現值得進一步討論）。此 42 篇人體試驗文章，我們再根據顆粒之大小分成超微粒 (*ultrafine particles, PM0.1*) 2 篇，微粒 (*fine particles, PM2.5*) 16 篇，和粗顆粒 (*coarse particles, PM10*) 5 篇。健康危害的目標器官則分為氧化

性傷害或脂質過氧化反應、肺部發炎反應、全身性發炎反應、心血管傷害（包括凝血因子的增加、纖維蛋白原增加、血流改變、血壓改變，及心跳變異(Heart rate variability)）、基因毒性、腦功能改變，以及免疫變化。

21 篇中 14 篇人體試驗呈現陽性結果(整理一)，6 篇呈現陰性結果(整理二)。這些陽性發現按器官系統綜合摘錄於整理三。由表中發現有三個陽性發現是出現在木材燻煙的試驗，包括氧化性傷害、肺部發炎，以及基因毒性。由於木材燃燒燻煙中除顆粒外，尚有有毒氣體及多環類芳香烴等燃燒產物，因此把此發現排除於超微粒或奈米之康效應。由整理三之陽性淨效應可見奈米的健康危害主要在於全身發炎反應，心血管系統傷害和大腦功能異常，尤其是大部分的陽性發現在心血管系統的傷害。心血管系統的傷害在於凝血因子的活化、纖維蛋白原增加、血栓形成增加，以及血管張力彈性不良血壓增高，但並不包括心跳變異（HRV）的異常。

微粒（fine particles, PM<sub>2.5</sub>）在人體試驗之陽性發現按器官系統綜合摘錄於整理四。粗顆粒（coarse particles, PM<sub>10</sub>）在人體試驗之陽性發現按器官系統綜合摘錄於整理五。而人體試驗超細微粒或納米粒子（PM<sub>0.1</sub>）、細微粒或微米粒子（PM<sub>2.5</sub>）、粗顆粒（PM<sub>10</sub>）對健康影響的比較摘錄於整理六。

整理一、人體試驗超細微粒或奈米粒子（PM<sub>0.1</sub>）引發的健康影響(陽性發現)

1. 發燒症狀，血漿 IL-6 濃度↑(吸入燒結爐產生的氧化鋅燻煙 2.5 和 5 mg/m<sup>3</sup> 共計 2 小時 [140])。
2. 血管張力和內源性纖維蛋白溶解↓(柴油廢氣 (300µg/m<sup>3</sup>)，中位數 =54 nm (20-120nm)，PNC 超細顆粒數目=1.26x10<sup>6</sup>/cm<sup>3</sup> [141])。
3. ↑血清澱粉樣蛋白 A，以及↑血漿中第八因子和 VIII 因子/血管性血友病因子的比例，↑尿排泄的自由 8-異前列腺素（細微粒在木材燻煙暴露是 240-280µg/m<sup>3</sup>，超細微粒數目分別為 95000-180000/cm<sup>3</sup>，約一半的粒子為超細微粒(<100nm) 吸入 4 小時) [142])。
4. 炎症和氧化壓力的基因表達↑ (柴油廢氣(100 和 200µg/m<sup>3</sup>)，中位數 =104 nm; PNC 超細顆粒數目:FA(過濾空氣)為 2889.5±780.3; DE100(柴油廢氣 100µg/m<sup>3</sup>) 為 30590.2±2427.6; 和 DE200(柴油廢氣 200µg/m<sup>3</sup>)為 52840.9±6860.9 [143])。

5. 內皮依賴性血管舒張↓及輕度全身炎症（柴油廢氣(300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )，中位數 =54 nm (20 -120 nm) ，PNC 超細顆粒數目=1.26 $\times 10^6/\text{cm}^3$  [144]。
6. DNA 損傷↑（自行車運動(大氣中之超細顆粒)180 分鐘，超細微粒數目 (6169-15362/ $\text{cm}^3$ ) (6-700 nm，中位數 =57 nm); 過濾空氣(超細微粒數目 91-542/ $\text{cm}^3$ ) [1]。
7. 肺泡一氧化氮↑，呼氣濃縮物中丙二醛濃度↑，血清 Clara 細胞蛋白（細顆粒在木材燻煙暴露是 240-280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，超細微粒數目分別為 95000-180000/ $\text{cm}^3$ ，約一半是超細微粒 (<100 nm) 吸入 4 小時[145]。
8. hOGG1(DNA 修復基因)的 mRNA 量↑(增強 DNA 修復) (細顆粒在木材燻煙暴露是 240-280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，超細微粒數目分別為 95000-180000/ $\text{cm}^3$ ，約一半是超細微粒 (<100 nm) 吸入 4 小時 [146]。
9. 前臂血流量峰值↓ (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  元素碳 UFP(中位數=25 nm), 經口罩吸入 2 小時 [147]。
10. 血栓形成↑，並導致體內血小板活化（稀釋柴油廢氣(350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )，中位數 =54 nm (20 -120 nm) ，超細微粒數目 (1.2 $\pm 0.1 \times 10^6/\text{cm}^3$ ) [148]。
11. 大腦皮質壓力反應↑ (柴油廢氣 (300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ，中位數 =54 nm (20 -120 nm) ，PNC 超細微粒數目=1.26 $\times 10^6/\text{cm}^3$  [149]。
12. 動脈僵硬度↑ (稀釋柴油廢氣 (350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ，中位數 =54 nm (20 -120 nm) ，超細微粒數目 (1.2 $\pm 0.1 \times 10^6/\text{cm}^3$ ) 吸入 1 小時[150]。
13. 心臟的迷走神經控制↑;D-二聚體↑; IL- 8 趨化因子↑(大氣濃縮之超細顆粒 [UFCAPs] 49.8 $\pm 20.0 \text{ mg}/\text{m}^3$ )。超細微粒數目 40848 到 205684 particles/ $\text{cm}^3$  [151]。
14. 血管對 ET- 1 反應性↑ (稀釋柴油廢氣 331 $\pm 13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，中位數 =54 nm (20 -120nm) ，PNC 超細微粒數目=1.26 $\times 10^6/\text{cm}^3$  [152]。

## 整理二、人體試驗超細微粒或奈米粒子 (PM0.1) 不會引發的健康影響(陰性發現)

1. 高劑量的精細和超細氧化鎂顆粒暴露不會產生可測量的肺部炎症反應[153]。
2. 超細碳粒子在 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  沒有嚴重的健康影響 (呼吸系統症狀，肺功能，血壓，脈搏，血氧飽和度，血標記，呼出氣 NO，心率變異性和複極化的現象)。血液標記參數多為暴露相關的急性反應，血液凝固和白血球活化，其中包括：全

血白細胞計數和分類白細胞計數，IL- 6，血清澱粉樣蛋白 A (SAA)，纖維蛋白原和凝血因子 VII，免疫螢光和流式細胞儀是用來測量白血球活化表現及粘附分子的活化; 包括顆粒細胞和單核細胞的 ICAM- 1 和 L-selectin 和淋巴細胞的 CD25) [154]。

3. 健康人在休息時吸入剛生成的氧化鋅的精細或超細微粒， $500\mu\text{g}/\text{m}^3$  的濃度 2 小時，此濃度低於急性系統性影響的閾值 (包括監測系統性症狀，白血球表面標誌，血液凝固，並進行心臟電生理到暴露後 24 小時。誘導痰取樣也在暴露後 24 小時取樣) [155]。
4. 血栓前瞻性指標 (D -二聚體，血管性血友病因子(vWF) 和纖維蛋白溶酶激活劑抑制物-1 (PAI- 1) 在暴露柴油廢氣 ( $100$  和  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 後 3，7，和 22 小時均沒有變化[156]。
5. 年輕的參與者在控制暴露柴油廢氣之實驗中沒有觀察到一致的柴油廢氣對心臟自主神經控制(HRV)的作用[157]。
6. 年輕健康受試者短暫暴露於  $10\text{-}25\mu\text{g}/\text{m}^3$  超細碳粒子不會引起明顯的心電圖衍生參數變化 (包括心率變異性; 複極化的時間，形態，和可變性; 以及 ST 段的變化) [158]。

整理三、人體試驗超細微粒或納米粒子 (PM0.1) 對健康影響的綜合結論：

1. 氧化性傷害或脂質過氧化：尿液排出的自由 8 - 異前列腺素 $\uparrow$ (僅有木材燻煙);
2. 肺部發炎： $\uparrow$ 肺泡一氧化氮，呼氣濃縮物中丙二醛濃度 $\uparrow$ ，血清 Clara Cell Protein $\uparrow$  (僅有木材燻煙);
3. 全身炎症反應： $\uparrow$ 血漿 IL- 6 濃度，輕度全身性炎症;
4. 心血管系統傷害： $\downarrow$ 血管張力和內源性纖維蛋白溶解， $\downarrow$ 內皮依賴性血管舒張，血管 ET -1 反應性改變 $\uparrow$ ; 前臂高峰血流 $\downarrow$ ，血清澱粉樣蛋白 A $\uparrow$ ，第八凝血因子 $\uparrow$ ，血漿 VIII 因子/血管性血友病因子的比例 $\uparrow$ ，血栓形成 $\uparrow$ ，血小板活化 $\uparrow$ ，動脈僵硬 $\uparrow$ ，心臟的迷走神經控制 $\uparrow$ ; D -二聚體 $\uparrow$ ; IL- 8 趨化因子 $\uparrow$ ;
5. 基因遺傳毒性：DNA 損傷 $\uparrow$ ，hOGG1(DNA 修復基因)的 mRNA 量 $\uparrow$ (增強 DNA 修復) (僅有木材燻煙);
6. 大腦功能異常： $\uparrow$ 大腦皮質壓力反應;

7. 免疫：無相關文獻;

整理四、人體試驗細微粒或微米粒子 (PM2.5) 對健康影響的綜合結論：

1. 肺部炎症：支氣管肺泡灌洗液之中性白血球↑，↑FE (NO)，↑痰腦啡肽酶 (NEP) (呼吸道上皮損傷); ↓IL- 10 蛋白的濃度，但↑IL- 10 的生物活性形式;
2. 全身炎症：↓白血球 WBC 計數和↓LDH，
3. 心血管疾病：↑輕度炎症和血纖維蛋白原，↑血管收縮，纖維蛋白原↑，↓老年人，但不是在青壯年人之心率變異性(HRV); ↑舒張壓 (DBP) ; ↑收縮壓，↓心率變異性(HRV);
4. 免疫功能：↑調節性 T 細胞表達 CD4/CD25/FOXP3;
5. 氧化性壓力或脂質過氧化：不適用
6. 基因毒性：不適用
7. 大腦功能：不適用

整理五、人體試驗粗顆粒 (PM10) 對健康影響的綜合結論：

1. 肺部炎症：↑支氣管肺泡灌洗液之中性白血球
2. 全身炎症：↑中性白血球(PMN)，↑嗜酸性白血球蛋白質 X 濃度，↑C -反應蛋白
3. 心血管疾病：↓心率變異性 (HRV)，↓纖溶酶原激活物，↑纖維蛋白原，血漿粘度↑，↑血管性血友病因子和凝血因子Ⅷ
4. 氧化性壓力或脂質過氧化：↑髓過氧化物酶 (MPO)
5. 免疫功能：不適用
6. 基因毒性：不適用
7. 大腦功能：不適用

整理六、人體試驗超細微粒或納米粒子 (PM0.1) 、細微粒或微米粒子 (PM2.5) 、粗顆粒 (PM10)對健康影響的比較：

	Lung/systemic Inflammation	Oxidative stress /lipid eroxidation	Cardiovascular markers (HRV)	genotoxicity	Brain function
PM0.1	X	X	V (X)	X	V
PM2.5	V	X	V (V)	X	X
PM10	V	V	V (V)	X	X

討論：

工人暴露在細顆粒和超細顆粒的流行病學研究報告，包括肺功能降減，不良的呼吸道症狀，慢性阻塞性肺疾病，肺部纖維化[92-94]。此外，一些研究發現工人暴露在某些超細微粒（即柴油廢氣微粒）[95-98]或焊接煙煙[99,100][159]可能引發肺癌和神經影響。這些研究引伸工程奈米粒子，雖然可能有不同的粒子特性，其造成的影響是不確定的。研究工作場所空氣中的顆粒和纖維的背景資料可提供有關粒子相關的肺部疾病和其傷害機制，以及暴露估計和潛在的健康風險。因此，這些研究提供了參考點，包括基線資料和可能暴露於其他奈米粒子的健康風險評估，它取決於在何種程度上暴露條件和粒子與生物的相互作用。

在一般人群中，流行病學研究也顯示微粒空氣污染和增加呼吸道和心血管疾病的發病率和死亡率有關[5][99,100][102-104]。儘管對超細顆粒的作用於其他空氣污染物造成的不良健康影響仍然存在不確定性，一些流行病學研究顯示接觸空氣污染的超細顆粒對健康有不利影響[105-110]。這些研究的相關性都是基於測量某粒徑粒子的數量或質量濃度（例如，直徑在 2.5 微米及以下的可吸入顆粒物 [PM2.5]）。在健康人和哮喘患者吸入超細碳粒子的實驗研究，發現白血球粘附分子的變化，這可能與超細顆粒暴露導致可能的心血管效應有關[111]。健康志願者短期暴露柴油廢氣（0.3 mg/m<sup>3</sup> 1 小時）可導致輕微的全身性炎症反應和內皮細胞依賴性血管舒張功能下降[112]。

現有文獻對粒子和纖維提供了科學的基礎去評估工程奈米材料的潛在危害。雖然工程奈米粒子的特性差別很大，從現有的有關資料認識它們的理化特性和毒物動力學可初步提供工程奈米粒子的潛在毒性。例如，從人類的研究可知吸入奈

米顆粒比大顆粒有較大的比例將沉積於呼吸道（不論是休息或運動）[51-53]。從動物研究可知，奈米粒子在肺部可轉移至其他器官，但奈米顆粒的化學和物理性質會如何影響這種轉移尚不完全知道[19][55][57,58][114,115]。由於其體積小，奈米粒子能夠穿越細胞膜和亞細胞結構的互相作用，如線粒體，他們在那裡被證明造成氧化性傷害和細胞功能損害[10][116]。奈米粒子也被觀察到存在細胞核內[118]。動物研究也顯示，奈米粒子因其有較大的表面積單位會比相同的化學和質量的粒子較具生物活性[37,38][40][43,44][46,47][71,72][74]。儘管這種生物活性增加是一個奈米粒子的根本的特性使之應用於工業，商業和醫療上，工人無意暴露於奈米粒子的後果是不確定的。從實驗室動物研究和流行病學研究已經形成工程奈米粒子可能導致不良健康影響的假設。這些假設是基於在動物和人類粒子暴露的科學文獻。

奈米粒子比具相同質量濃度的大顆粒因有較大表面積而具更大的潛在危險[4][92-94][160]。這一假說主要是基於觀察到老鼠暴露在不同類型的超細或細粒子（即二氧化鈦，炭黑，硫酸鋇，炭黑，碳黑，煤灰，墨粉），和人類暴露於顆粒性氣膠，包括奈米顆粒（如柴油廢氣，焊接煙）對肺的影響。這些研究指出，對於相同質量的粒子，相對不溶性奈米粒子的毒性比相似化學成分和表面特性的大顆粒較具毒性。細和超細微粒的研究顯示，顆粒表面之活性小則其毒性較低[74][135]。然而，即使顆粒之毒性低（如二氧化鈦），祇要具足夠高的粒子表面積劑量亦被證明會導致肺部炎症，組織損傷和纖維化[47][71][74]。

奈米材料的性質可以透過工程方法而加以修改。例如，最近的一項研究顯示，修改了富勒烯 *fullerenes* 分子的結構（例如，通過羥基化），水溶性富勒烯的細胞毒性可降低幾個等級[131]。這些結構上的修改，證實可以降低毒性是由於減少氧自由基的生成，它是在細胞培養時使細胞膜損傷和死亡的可能機制。增加對單壁奈米碳管側壁的功能基也會使這些奈米材料在細胞培養時呈現較低的細胞毒性[132]。量子點的細胞毒性研究顯示，表面塗層的類型可以有顯著影響細胞的動力和活力[133-135]。奈米晶相組成結構差異也可以影響其細胞毒性，在最近的一項研究比較暴露在紫外線輻射的兩種類型的二氧化鈦奈米粒子，銳鈦型二氧化鈦更毒，且比具類似表面積的紅石型二氧化鈦（分別為 153 nm 和 123 nm 的  $\text{TiO}_2$ ）產

生更多的活性氧物種[136]。活性氧物種也與二氧化鈦奈米粒子對小鼠小膠質細胞（腦細胞）在細胞培養時的細胞毒性有關[137]。與此相反的，在體外生成活性氧物種是比較低的純化單壁奈米碳管（金屬污染已去除），反而引起體內漸進性間質性纖維化[85]。然而，最近的研究指出，在體外細胞培養時，純化單壁奈米碳管增強纖維細胞的增生與膠原蛋白的生成 [85]。因此，活性氧物種生成可能不是奈米粒子毒性作用唯一的機制。

結論：

由此人體試驗的文獻回顧發現奈米的健康危害主要在於心臟血管系統的傷害，而對肺部的傷關如，也不引起氧化性傷害或脂質過氧化。至於心血管系統傷害的機轉並不透過自主神經系統的傷害，至於其真正機轉有待更進一步的研究探討。

人類在有意和無意間暴露於奈米粒子已發生在整個人類的歷史，最近因奈米技術的發展及其應用多元化的工業，醫療和消費使用品而提出了有關暴露於奈米材料而造成的潛在健康風險的嚴重關切。這種擔憂刺激研究領域中一個新興的奈米毒理學，不斷增加的文獻顯示，製造的奈米材料由於其特殊的物理化學性質，似乎可能引起毒性反應。雖然大多數這些研究均用不符實際的接觸情況，它們都導致了人們普遍認為，奈米材料會造成重大的健康風險。

對奈米顆粒毒性的誤解，例如相信奈米粒子高效率且迅速穿越障礙而轉移到器官組織，或利用過高劑量研究來顯示一個危害險的存在，表示至今仍無可靠的基礎來進行風險評估。另一方面，在體外和體內用不符實際的高劑量得到的研究成果，需要利用設計適當且使用的實際暴露劑量的追蹤研究來驗證。在這種情況下，許多工程奈米顆粒不大可能導致不良影響。但是，由於缺乏確鑿的數據無法執行量化風險評估，為謹慎起見，還是需要防止風險的預防措施/法規。目前未知的是慢性、低濃度接觸的不良影響。

## 第三章 研究目的

本研究希望藉由這些暴露於奈米微粒之作業人員為對象，以不同的觀察性研究設計，探討奈米微粒暴露對人體產生的呼吸道發炎反應、氧化壓力、心血管疾病、細胞毒性、腎上腺固醇類變化、肺功能之影響以及神經反應等影響。研究目的包括：

1. 奈米微粒職場暴露引發呼吸道發炎反應之健康危害。
2. 奈米微粒作業人員氧化性傷害之健康危害。
3. 奈米微粒暴露對抗氧化酵素活性的影響。
4. 奈米微粒作業人員心血管疾病之早期健康危害。
5. 奈米微粒職場暴露引發 DNA 傷害之健康危害。
6. 奈米微粒作業人員腎上腺類固醇荷爾蒙恆定的健康危害。
7. 評估職場奈米微粒的暴露對作業人員肺功能之影響。
8. 奈米微粒作業人員之神經反應。
9. 利用動物實驗了解奈米微粒可能造成的急性傷害。

以上 九個研究計劃之目的，分別敘述如下：

### 1. 奈米微粒職場暴露引發呼吸道發炎反應之健康危害

為探討暴露於奈米微粒的作業人員與對照組人員於奈米微粒職場暴露引發呼吸道發炎反應之健康危害。本研究收集職場暴露員工的血液和呼吸道檢體 (exhaled breath condensate)，建立一系列 luciferase reporter assays (Inflammatory response reporter array) 偵測系統，用以評估與發炎反應相關轉錄因子 (transcription factors)之活化。

利用此偵測系統分析血液檢體，以瞭解暴露員工之整體性 (systemic)發炎反應以及呼吸道之區域性 (local)發炎反應，分析血液和呼吸道檢體中 inflammatory cytokines 之組成，以評估相關之轉錄因子如何調控發炎相關基因表現；此研究成果將有助於我們進一步瞭解奈米微粒職場暴露誘發健康危害之可能途徑。

## 2. 奈米微粒作業人員氧化性傷害之健康危害

奈米暴露途徑包括吸入、皮膚接觸、攝入和注射。許多奈米微粒包括奈米碳管、金屬氧化物如二氧化鈦( $\text{TiO}_2$ )、二氧化矽(silica oxide)、奈米金和奈米銀等材料經動物實驗證實會誘發發炎效應與產生氧化壓力。然而慢性發炎與氧化壓力已被證實與許多的疾病有關，包括癌症[30]。而在人暴露於奈米微粒的潛在風險，僅有少數文獻中有探討，例如 Pilger 等人研究中顯示在製作石英工廠的從業人員罹患塵肺病(scilicosis)尿中的 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG)與 DNA 損傷成正相關而與周邊白血球中 8-OHdG 成負相關，意指若有高暴露於二氧化矽奈米微粒則降低 DNA 修補能力，藉此可以當作暴露風險的指標[161]。也有文獻證實 8-iso-prostaglandin $_{2\alpha}$  (8-iso-PGF $_{2\alpha}$ )也是氧化傷害的生物指標物質，在許多臨床疾病如心血管、慢性肺阻塞等[162]，然而 Chace 等人比較健康人群和肺部功能損害的病人的呼吸道檢體(exhaled breath condensate)的 8-iso-PGF $_{2\alpha}$ ，可證明因肺部疾病受傷所造成脂質過氧化的生物性指標物[163]。文獻中 Pavel 等人探討公車司機因職業造成氧化性傷害，分別收集尿液來監測在不同季節中 8-iso-PGF $_{2\alpha}$  變化，其結果顯示公車司機尿中 8-iso-PGF $_{2\alpha}$  濃度與控制組人群具顯著性差異。因此本目的欲探討暴露於奈米微粒的作業人員與對照組人員之基因氧化傷害的健康危害，並以 8-iso-prostaglandin $_{2\alpha}$  (8-iso-PGF $_{2\alpha}$ )和 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8-OHdG)作為發炎效應與氧化壓力所誘發的基因氧化傷害的生物效應指標[34]。而且本研究目的所使用的分析方法，將以高準確性、高靈敏度的液相層析串聯質譜儀(liquid chromatography tandem mass spectrometry, LC-MSMS)，來監測藉此評估如果暴露勞工尿液、血液和呼吸道檢體中這兩個指標的濃度顯著增加，則代表著奈米微粒暴露可能會誘發某種健康效應，未來可能需要有適當防護措施以維護勞工的身體健康。因此如能收集奈米微粒暴露勞工的血液或是尿液樣本，以供分析 8-iso-PGF $_{2\alpha}$  和 8-OHdG，則我們將可以早在臨床上觀察到健康效應之前，事先作防範措施以維護勞工的健康。

## 3. 奈米微粒暴露對抗氧化酵素活性的影響

根據細胞與動物實驗結果顯示，奈米微粒最可能產生之健康危害主要為發炎反應與氧化性傷害。此危害可能是局部性，因吸入奈米微粒而導致氣管

或肺部的損傷；也可能是系統性的，造成血管壁的傷害，因而增加心血管疾病的風險。文獻已經顯示，基因差異可能造成個體對環境毒物有不同的易感性。暴露勞工對奈米微粒的毒性反應是否也有所不同，值得深入探討。而氧化性傷害與抗氧化酵素活性息息相關，因此本研究目的也將偵測血液中抗氧化酵素 paraoxonase (PON1)、Cu-Zn superoxide dismutase (Cu-Zn SOD)、myeloperoxidase (MPO)與 glutathione peroxidase (GPX-1)的活性。

#### 4. 心血管疾病之早期健康危害

探討暴露於奈米微粒的作業人員與對照組人員的心血管疾病之早期健康危害，一般作業勞工有可能吸入奈米微粒經由呼吸道，並且經由肺泡微血管運輸至血流，引發一連串發炎反應而增加心血管疾病之風險，因此有必要監測早期之生物效應指標，從文獻回顧中，發現包括發炎反應 (TNF $\alpha$ , sTNF-II, IL-6, IL-6sR)，沾黏分子(soluble platelet-selectin, soluble VCAM-1, soluble ICAM-1)，抗氧化與氧化酵素(copper-zinc superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase-1 (GPX-1) and myeloperoxidase)，血液凝固相關的因子（如：Fibrinogen, D-dimer），及高敏感 C-反應蛋白(high sensitive C-Reactive Protein)，hs-CRP 原本被用來當發炎的指標，現在已發展應用在預測心臟病和腦中風發生的預測因素上，此部分研究有助於及早評估可能的相關心血管疾病之風險及其早期之預防。

本計畫測量的指標則分述如下：

##### (1) 發炎反應(Interleukin-6, IL-6)

當血管組織受損時，會引起局部的發炎反應而活化單核球、巨噬細胞和內皮細胞釋放一些細胞激素，這些細胞激素包括 IL-6 [164]。

##### (2) 沾黏分子(soluble platelet-selectin, soluble VCAM-1, soluble ICAM-1)

沾黏分子adhesion molecules (AM) 是一種複雜的細胞膜上蛋白質。在炎症反應時，會表現在血管內皮細胞層及白血球之細胞膜上，吸引白血球沾黏、穿過內皮細胞層，進入組織間，進行炎症反應。沾黏分子主要有三個家族，第一個為Selectin它的舊名稱為「內皮-白血球沾黏分子」(Endothelial-Leukocyte Adhesion Molecule-1，ELAM-1)，其後改名為Selectin，這個名稱由Selection 及Lectin 兩個字合成。Selectin 是強調AM

的形成及功能有選擇性Lectin 是因其結構上有Lectin domain。它有三個成員，根據它原先被發現時，存在於的細胞分別來命名：P-selectin，存在血小板 (platelet)、L-selectin 存在白血球 (leukocyte)、E-selectin 存在內皮細胞層(endothelium)。在炎症反應時，selectin 是AM 中最早參與反應者，吸引血流中的白血球沾黏在血管內皮層上，但其結合弱，故白血球仍可以沿著管壁滾動(rolling)。第二個家族是integrins，它的加入強化白血球與內皮層的結合力。第三個家族，類似免疫球蛋白的結構，它更加強前述的結合力，使白血球牢固地沾黏在血管內皮層上，並進行進一步的炎症反應；它的成員有好些，如細胞間沾黏分子ICAM-1 ( intercellular adhesion molecule-1)及血管細胞沾黏分子VCAM-1(vascular cell adhesion molecule-1)等。AM 在發炎早期便參與反應，而動脈硬化亦是一種長期血管發炎的結果，故有人提出應用AM 作為偵測早期動脈硬化之生物指標。當AM 自血管壁剝落進入血液中，便成為溶解性AM，而其濃度可反映血管壁內皮層上AM 之濃度[164]。

### (3) 抗氧化活性指標(myeloperoxidase)

Myeloperoxidase (MPO)主要是催化  $H_2O_2$  且與血漿中的  $Cl^-$ 作用而生成次氯酸(HOCl)，也會在酪胺酸(L-Tyrosine)及亞硝酸離子( $NO_2^-$ )的存在下產生酪胺酸自由基(Tyrosyl radical)，及亞硝酸自由基(nitrite radical)等活性的氧化劑 (reactive oxidant) 又會造成血漿低密度脂蛋白 (low-density lipoproteins)中的多元不飽和脂肪酸的過氧化反應(oxidation)，而產生氧化型低密度脂蛋白(oxLDL)。這些 oxLDL 會被巨噬細胞上的清道夫脂蛋白受體(scavenger receptor)吸附而被吞噬進細胞內，而形成泡沫細胞(foam cell)。當發炎反應發生時，白血球活化會經由去顆粒(degranulation)將 MPO 釋放出來[165]，因此定量 MPO 可用來評估發炎反應的情形。根據 Zhang 等人於 2003 發表的研究顯示，白血球與血液中 MPO 的含量，並可作為 CVD 發生的危險指標[166]；最近國外的臨床的研究亦證實，血液中 MPO 含量的高低，對於評估 CVD 發生的危險性與預後的再發生率，是獨立且有效的[4][139]。同時由 MPO 會消耗一氧化氮(NO)，而一氧化氮有舒張血管壁及抑制血小板凝集的功能，因而 MPO 的表現會造成血管內皮細胞的功

能障礙，引起血管的損傷，進一步誘發並加速動脈硬化的形成。

#### (4) 纖維蛋白(Fibrinogen)

組織經過發炎反應或是出血凝集反應後會產生纖維蛋白。纖維蛋白是凝集過程的末端產物。在血栓素(thrombin)的作用之下，纖維蛋白原(fibrinogen)經切割形成纖維蛋白單體(fibrin monomer)，纖維蛋白單體聚合之後會形成纖維蛋白聚合體(fibrin polymer)而後形成血栓(blood clot) [164]。人體除了血液凝集形成血栓之外，也有一套纖維蛋白分解機制來移除血栓，以免不斷形成的血栓造成全身性的影響。

#### (5) 動脈粥狀硬化發生時，各種病程出現的標誌 [164]

時期	主要事件	循環標記物	相關功能
初期風險期 (Early risk)	內皮細胞損傷	內皮素-1，溫韋伯氏因子，糖化血色素	內皮細胞功能缺失的危險性
	黏附分子表現	<b>sVCAM, sICAM</b>	吸引循環中白血球至損傷的內皮細胞，發炎反應的關鍵步驟
	發炎反應	<b>IL-6， IL-6sR, Fibrinogen</b>	顯示動脈內發生發炎反應
開始動脈粥狀化	脂泡細胞形成 (Foam cell)	<b>MPO， 8-OHdG</b>	LDL 氧化後遭巨噬細胞吞噬形成脂泡細胞。
	癥塊形成 (plaque)	<b>IL-6， C-反應蛋白</b>	平滑肌細胞增生，發炎反應增加，癥塊持續性的擴大

### 5. 奈米微粒職場暴露引發 DNA 傷害之健康危害

對於奈米微粒之危害研究，文獻上已證實會增加細胞之氧化壓力及造成細胞傷害，引發肺部發炎反應，導致肺部纖維化或肉芽腫瘤形成，單層及多層奈米碳管均對呼吸道具有毒性，單層奈米碳管還會活化核轉述因子 KappaB 等，以微陣列分析暴露人員檢體證實後者對表皮纖維細胞有免疫發炎的激發作用。利用人造聚苯乙烯奈米微粒(polystyrene, 64nm)，進行疾病動物毒性試驗，發現造成呼吸道發炎及氧化壓力增加，此危害與微粒表面積有關。氧化壓力造成基因毒性影響而增加細胞凋亡、微小核形成及染色體缺失。到目前為止，已有許多技術被應用來評估物質對 DNA 的傷害，如：染色體變異 (chromosome aberration)、微核試驗 (micronuclei test)、姊妹染色體互換 (sister

chromatid exchanges)、突變測試 (mutation test) 及(unscheduled DNA synthesis) 等。我們將以彗星分析法為指標，瞭解奈米作業對 DNA 以及染色體造成傷害情形。

## 6. 奈米微粒作業人員腎上腺類固醇荷爾蒙恆定的健康危害

另一方面探討暴露於奈米微粒的作業人員與對照組人員的荷爾蒙恆定的健康危害。目前研究顯示奈米微粒進入呼吸道後可引起肺部發炎及纖維化反應，經由肺和可能經由皮膚進入血流(blood stream)，以及直接經由嗅覺神經(olfactory nerves)進入腦。奈米微粒它可能穿透「血-腦障壁」發現進入腦部，但其影響不詳。奈米微粒可能進入下視丘-腦下垂體，改變下視丘-腦下垂體荷爾蒙的分泌，破壞對下游內分泌器官如腎上腺、性腺與甲狀腺的調節，進而導致荷爾蒙恆定的改變。

荷爾蒙在維護正常生理功能扮演重要的角色，包含維持心血管健康、正常代謝、繁殖力、抗發炎等，當有外來刺激的時候，活化下游內分泌腺荷爾蒙之分泌是重要的生理反應。若為短期刺激，下游荷爾蒙會負面回饋調控下視丘-腦下垂體荷爾蒙之分泌；但若為長期刺激，則荷爾蒙的恆定會被破壞。長期處於充斥奈米微粒的工作場域，可能導致荷爾蒙恆定的改變。我們將偵測血中荷爾蒙濃度的變化，探討奈米微粒對荷爾蒙恆定的危害。

## 7. 評估職場暴露奈米微粒對作業人員肺功能之影響

探討暴露於奈米微粒的作業人員於職場暴露奈米微粒肺功能之影響。由於國內製造或進口的奈米微粒以無機類為主，多含有金屬成分，例如光觸媒及陶瓷原料。有些重金屬已被證實會影響生物體內必須微量元素的平衡，而對生物體造成危害。在職場中奈米微粒主要經由呼吸道進入體內，因此肺部是首要的暴露奈米微粒的器官，本計畫將同時以生化方法監測肺部之發炎情形。

此研究目的為：

- (1) 測量暴露於奈米微粒的作業人員與對照組之血清中 Clara 細胞蛋白-16(CC16)的濃度。有研究證實血清中 CC16 之濃度與環境暴露所誘發之呼吸道疾病有密切相關。
- (2) 利用手提式肺功能(Microspiro HI-295 (Japan))了解奈米微粒作業人員之肺

功能狀況是否有下降情形。

#### **8. 奈米微粒對作業人員之神經反應影響**

由於文獻中曾提起，奈米微粒可經由肺部或是皮膚進入血流(blood stream)，以及直接經由嗅覺神經(olfactory nerves)進入腦。因此想藉由神經行為評估系統(Neurobehavioral Evaluation System 2)做為神經行為觀察之儀器，了解奈米微粒作業人員之神經反應是否受到奈米微粒暴露之影響。

#### **9. 利用動物實驗了解奈米微粒可能造成的急性傷害**

由於在 99 年度計劃中，為了解奈米作業人員之急性健康效應，擬訂急性效應重複測量方法，招募高暴露組與對照組自願人員之急性效應測量值，包括發炎指標、氧化性傷害指標、心血管疾病指標、基因傷害指標、類固醇荷爾蒙濃度以及神經行為與肺功能情形，而採樣收集時間為期一週；將各別收集受試者工作前與工作後 10 分鐘、暴露後 1 小時、3 小時、15 小時、24 小時以及七天後之血液、尿液檢體各 20c.c。但由於並無自願受試者，因此於 100 年計劃中，改以動物實驗，了解奈米暴露所造成之急性健康效應，而其指標仍以先前 98、99 年所測量之項目為主，探討奈米暴露前後，不同時間點上各反應指標之變化情形。

# 第四章 研究方法及步驟

## 第一節 研究設計

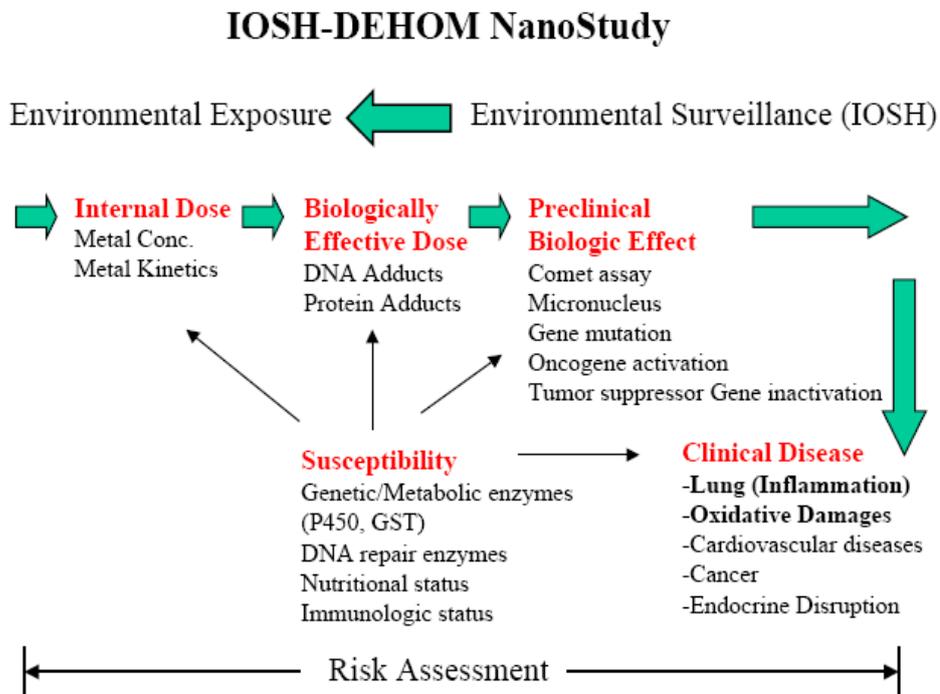


圖 2 IOSH-DEHOM NanoStudy [178]

本研究在 98-100 年之研究設計方法，包含：

1. 利用**橫斷性研究**探討暴露於奈米微粒的作業人員與對照組的人群在尿液、血液、呼氣濃縮物所測得氧化壓力、呼吸道發炎反應指標、心血管疾病指標、抗氧化與氧化酵素活性、腎上腺固醇類荷爾蒙恆定及肺功能與神經反應之差異。
2. 利用**縱斷性研究**設計追蹤奈米作業人員半年、一年半以及二年半的時間，探討暴露於奈米微粒的作業人員與對照組的人群在尿液、血液、呼氣濃縮物所測得之呼吸道發炎反應指標、心血管疾病指標、抗氧化與氧化酵素活性、腎上腺固醇類荷爾蒙恆定及肺功能與神經反應是否受到暴露累積效應的影響。
3. 利用**實驗性重覆測量**研究動物豬之對照組與暴露組在暴露於奈米物質後的急性效應情形，包括發炎指標、氧化性傷害指標、心血管疾病指標、基因傷害指標、類固醇荷爾蒙濃度以及神經行為等情形，了解可能之急性傷害。

在今年(100 年度)的計劃中，主要以**縱斷性研究**為主軸，了解各受試者重複測量之結果。

## 第二節 奈米廠商資料之取得以及研究對象之招募

本年度研究對象招募 98 與 99 年度參與本計畫之 14 家工廠的受試者人員，當其直接或間接接觸奈米材料為暴露者，而同一工廠之辦公室行政作業人員則為對照組。

本研究之受試者同意書已於民國 98 年送國家衛生研究院倫理委員會審查通過；此研究採自願參加方式招募研究對象，所有參與本研究之對象均充分告知研究之目的及配合事項與權利。

另外在實驗性重覆測量研究方面，該部份將以動物實驗方法連續追蹤 25 頭實驗豬，分別是對照組(無奈米暴露)5 頭以及暴露組 20 頭，在暴露奈米物質前及暴露後之各項健康效應指標變化，以期更明確了解奈米暴露所可能產生的急性生物效應。

## 第三節 研究方法與工具

本研究之主要採樣內容為個人問卷、血液、尿液、呼氣濃縮物、肺功能、心率與血管彈性檢測以及神經反應，除了利用所收集之問卷了解各受試者的個人狀況，並將所收集之生物檢體進行發炎反應、氧化性傷害、氧化酵素、心血管早期指標以及荷爾蒙等檢測，本實驗室在進行各生物檢測時，皆進行二次重測確保其測定值之正確性。而各檢測項目之測量方法與操作內容如下：

### 1. 個人問卷

研究中所使用之問卷乃參考文獻後所設計而成，其內容主要在收集個人的基本人口學資料、健康行爲、居住環境與生活習慣、保健食品及藥物使用情形、個人自覺症狀、病史與家族史以及工作情形，在個人病史與家族史的部分主要在了解受試者之心、肺狀況，而工作情形則在了解受試者之暴露物質、暴露型態、暴露頻率...等。

### 2. 肺功能測量

肺功能以 Microspiro HI-295 (Japan)手提式肺功能機測得，FVC、FEV1 及

FVC/FEV1 等項目。在進行測量之前，儀器皆以 3 公升之唧筒進行校正。

### 3. 一般健康檢查

所有受試者在第一次參與本計劃時，皆提供一般勞工健康檢查，其內容包含有理學檢查、胸部 X 光檢查、血液常規與生化檢查以及尿液常規檢測。

#### (1) 理學檢查

其內容主要包含有身高、體重、腰圍、以及血壓值(收縮壓與舒張壓)測量，由專業之醫護人員進行量測。

#### (2) 胸部 X 光檢查

所有員工均接受 35×35mm 胸部 X 光檢查，檢查之胸部 X 光片由三位有經驗之胸腔科及放射科醫師依據國際勞工組織 (ILO) 於 1980 年修定之塵肺症 X 光片分類 (classification of pneumoconiosis) 判讀，若三位判讀者中有二位 (含) 以上的判讀結果有此塵肺症 X 光分類上之不正常者，即視該胸部 x 光檢查結果為不正常。

#### (3) 血液常規及生化檢查

以內含 EDTA 抗凝劑之真空採血管(Vacutainer, NJ,USA)、空白真空採血管(Vacutainer, NJ,USA)以及 Sodium Citrate 真空採血管 (Vacuette, Kremsmunster,AU)，收集血液檢體，並由專業人員將檢體送醫院以及合格之檢驗中心檢測。檢測項目包括：

##### A. 血液常規檢查

白血球 (White Blood Cell, WBC)、紅血球 (Red Blood Cell, RBC)、血紅素 (Hemoglobin)、血球容積 (Hematocrit)、平均血球容積比、平均紅血球血色素量、平均紅血球血色素濃度以及血小板 (Platelat Count)。

##### B. 血液生化檢查

- a. 肝功能檢查：麩草轉胺基酵素 (SGOT)、麩丙酮轉胺基酵素 (SGPT)
- b. 血脂肪檢查：總膽固醇 (Cholesterol)、空腹血糖 (AC)、三酸甘油脂 (Triglyceride)

#### (4) 尿液常規檢查

在尿液常規檢測之項目中，包含有尿素氮、尿酸、尿糖、尿蛋白、尿

潛血、膽紅素、尿膽素原、酮體、亞硝酸、尿比重以及尿中白血球，這些項目主要在了解受試者之尿道感染、尿糖、腎功能異常以及潛血等問題。

#### 4. 發炎反應指標之量測與工具

##### (1) 呼氣中一氧化氮的測定

體內之一氧化氮(Nitric oxide, NO)主要由一氧化氮合成酶(Nitric oxide synthase, NOS)所合成，而 NOS 為包含有三者亞型(isoforms)之酵素，其中兩種為在原先結構組成即存在組成性 NOS(constitutively NOS, cNOS)，其活化主要與細胞內的鈣含量提升相關，通常反應體內由於循環中的血液所產生的剪應力(shear forces)所造成的生理刺激；而另一者則是可被誘導、刺激產生活化之誘導性 NOS(inducible NOS, iNOS)，其主要存在於發炎細胞(inflammatory cells)、表皮細胞(endothelial)或平滑肌肉細胞(smooth muscle cells)中，並且在受到發炎反應前期(proinflammatory)之細胞因子(cytokines)及內毒素(endotoxin)刺激所活化/產生。由於 NO 採樣簡單，且可對受測者進行連續之採樣動作，因此部份/少量呼出的 NO(Fractional exhaled nitric oxide, FE<sub>NO</sub>)目前已被廣為研究探討，在臨床上除了嬰兒和年紀較小的族群外，FE<sub>NO</sub> 也已被驗證和標準化為氣喘(asthma)患者其嗜酸性氣道發炎(eosinophilic airway inflammation)時的一個非侵入性指標(non-invasive marker)之一，並且可用以反應在呼吸道內細胞所產生的 NO。本研究利用 NObreath<sup>®</sup> 來測試呼氣中之一氧化氮，代表肺部發炎指標，下圖為 NO 測量方式(圖 3)。



圖 3 NObreath<sup>®</sup> Quick Start Guide [196]

## (2) Clara 細胞蛋白-16(CC16)之濃度測定

本實驗利用酵素連結免疫吸附分析套組 (ELISA Kit, US Biological, Cat. No: C5858-02) 測定人體血清中 CC16 之含量。實驗原理乃採用人類 CC16 抗體作為偵測抗體 (detection antibody)，將 10ul 之研究樣本血清 25 倍稀釋後，置入 kit 套組所提供已包被抗體之 96 微孔盤中，再加入酵素連結抗體 (enzyme-labeled antibody)，最後加入 HRP 標記的親和素及 TMB 呈色。TMB 在過氧化物酶之催化下先轉變為藍色，最後於酸之作用下轉變為黃色，顯色之程度即與樣品中 CC16 之量呈正相關。樣品於 450nm 下測定 OD 值，用以計算樣品中 CC16 之濃度。實驗步驟如下：

- A. 將標準溶液或待測樣品 100  $\mu$ l 加入 96 孔盤中，於室溫中 30rpm 輕搖，反應 60 分鐘後，洗滌三次。
- B. 每孔加 Pab/Biotin (C5828-02-E) 100  $\mu$ l，於室溫中 30rpm 輕搖，反應 60 分鐘後，洗滌三次。
- C. 每孔加 Streptavidin/HRP (C5-828-02F) 100  $\mu$ l，於室溫中 30rpm 輕搖，反應 60 分鐘後，洗滌三次。
- D. 每孔 TMB substrate solution (C5828-02J) 100  $\mu$ l，於室溫中反應 30 分鐘。
- E. 最後加入終止溶液 100ul，終止反應（此時藍色轉變為黃色），並於停止反應 5 至 15 分鐘內，用 450nm 測量 OD 值。

此酵素連結免疫吸附分析套組附有高低濃度各一之 QC 標準品，高濃度標準品之測定範圍應落於 16-24 units/ml，低濃度標準品之測定範圍應落於 4.8-7.2 units/ml。本年度研究樣本之血液中 CC16 測定值，分別於 5 盤酵素連結免疫吸附分析套組中測定完畢。此五次之高濃度標準品 (High concentration QC) 之測定值為：19.58 $\pm$ 0.92 units/ml (mean $\pm$ SD)，最大值及最小值為(18.06~20.36 units/ml)，皆符合 QC 之標準；低濃度標準品 (Low concentration QC) 之測定值為：5.74 $\pm$ 0.58 units/ml (mean $\pm$ SD)，最大值及最小值為(5.20~6.60 units/ml)，亦符合 QC 之標準。

## (3) 呼吸道發炎反應分析

本研究建立一系列 luciferase reporter assays (表 1: Inflammatory response reporter array) 偵測系統，用以評估與發炎反應相關轉錄因子

(transcription factors) 之活化。

A. 冷光酶活性試驗 (Luciferase reporter assay)

將HL-CZ 細胞種在 96 well plate 中 (total volume = 50 $\mu$ l cell suspension/well , 1  $\times$ 10<sup>4</sup> cells/well in triplicate) 培養一天。加入 50 $\mu$ l pAC NF- $\kappa$ B (MOI=0.2) 於 96 well plate 中感染 16 小時。16小時後再加入 100  $\mu$ l TNF- $\alpha$  (final con : 200 pg/ml) 和 10 $\mu$ l 奈米檢體樣本 (EBC and Serum) 後放入培養箱 6 小時，6 小時後將 96 well plate 拿去離心 (800g, 10min) ，並小心將 medium 吸出。接著加入 60 $\mu$ l 1X Lysis buffer 後，拿至液態氮中約 5 mins 讓細胞急速冷凍，待細胞急速冷凍後再移入 37 $^{\circ}$ C water bath 5mins。將 96 well plate 放入 Labnet vortex (90 rpm at 37 $^{\circ}$ C for 5mins)。上機前可用顯微鏡觀察細胞是否打破，再將 well 中的細胞液取 30 $\mu$ l 換至白色 96 well plate 中 (用 tip 攪拌一下，pipette sample 數次)。此時將已解凍的液態 Luciferase assay buffer 倒入 Luciferase substrate 粉末 (Promega, Cat. No. E1501)中搖晃均勻後即可拿到冷光儀下檢測。

表 2 Inflammatory Response Reporter Array					
Std agonists	Pathways	Transcription factors	Response elements	Reporter constructs	In vitro cell models
Interferon $\gamma$ (10 U/mL) IL-6	Type 1 Interferons Interferon $\gamma$	STAT1/S TAT2 STAT1/S TAT1	STAT-binding site TTCCCGTAA or TTNNNNNAA	4xM67 pTATA TK-Luc 3xLy6e pZLuc-TK	
Phorbol 12-myristate 13-acetate (PMA) (10 ng/mL) + ionomycin (1 $\mu$ M)	PKC/Ca <sup>2+</sup>	NFAT	NFAT response element GGAGGAAAAACTGTT TCATACAGAAGGCGT	IL13 promoter luciferase NFAT(3x) luciferase reporter	Jurkat T cells
LPS, TNF- $\alpha$ (1 ng/ $\mu$ L)	NF $\kappa$ B	NF $\kappa$ B	NF $\kappa$ B binding element TGGGGACTTCCGC	pNF $\kappa$ B(5x)-Luc	H293
Phorbol 12-myristate 13-acetate (PMA) (1 ng/ $\mu$ L)	MAPK/JNK	AP-1	AP-1 binding element TGAATA	pAPI(7x)-Luc	H293
	TGF $\beta$	SMAD2/S MAD3/S MAD4	SMAD response element TAAAGTCTAGACGGCAG TCTAGACGTAC		
5 $\mu$ M cytochallasin B 2min, 1 $\mu$ M formyl-methionyl-leucyl-phenylalanine (fMLP) 1min	MAPK/ERK	Elk1/SRF	Serum response element GTCCATATTAGGAC	pGL2.1-SRE(6x)-Luc	Neutrophils
IBMX (0.5 mM)	cAMP/PKA	CREB	cAMP regulatory element (CRE) AGCCTGACGTCAGAG	pGL2.1-CRE(6x)-Luc	
LPS DEX (1 $\mu$ M)	C/EBP	C/EBP	C/EBP binding element ATGCGCAAT	pGL2.1-C/EBP(3x)-Luc	THP-1 (C/EBP $\alpha/\delta$ ) U937 (C/EBP $\beta$ )

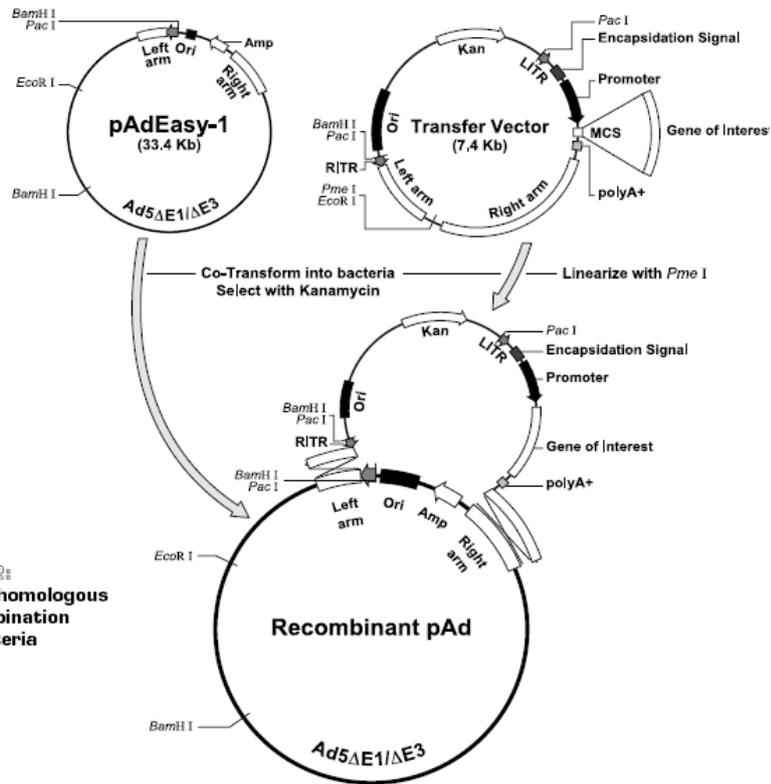
STAT: signal transducers and activators of transcription  
NFAT: nuclear factor of activated T cells  
SMAD: Sma- and Mad-related protein  
SRF: serum response factor  
CREB: cAMP response element-binding protein  
C/EBP: CCAAT enhancer-binding protein

Redox-sensitive transcription factors					
Std agonists	Pathways	Transcription factors	Response elements	Reporter constructs	In vitro cell models
LPS, TNF- $\alpha$ (1 ng/ $\mu$ L)	NF $\kappa$ B	NF $\kappa$ B	NF $\kappa$ B binding element TGGGGACTT TCC C	pNF $\kappa$ B(5x)-Luc	H2
Phorbol 12-myristate 13-acetate (PMA) (1 ng/ $\mu$ L)	MAPK/JNK	AP-1	AP-1 binding element TGACTAA	pAP1(7x)-Luc	H293
Forskolin		Egr-1			
		SP1			
		Ets-1			
Redox-sensitive F- edia d ene expression					
Adhesion molecules (VACM 1, ICAM-1)					
Cytokines (MCP )					
Growth factors (TGF- $\beta$ , PDGF-B)					
Osteopontin					
NF $\kappa$ B: nuclear factor $\kappa$ B AP-1: activator protein-1 Egr-1: early growth response gene-1 SP-1: surfactant protein 1 Ets-1: E2 transformation specific -1					
<p>■ <i>cis</i> reporter vector</p> <p>■ extracellular stimuli</p> <p>■ cotransfection of genes</p> <p>Protein Kinase A</p> <p>■ Activation of signal transduction pathways</p> <p>■ Activation of protein kinases (PK)</p> <p>■ Phosphorylation of <i>trans</i>-activators (TA)</p> <p>■ Phosphorylated TA binds the <i>cis</i>-acting response elements and stimulates the transcription of the reporter gene</p>					

## Generation of a Recombinant Adenovirus Using AdEasy™

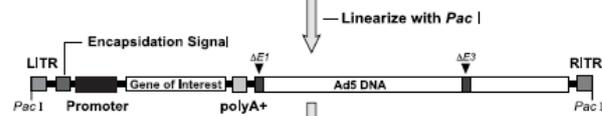
### Step 1:

#### cDNA cloning in transfer plasmid



### Step 2:

#### In vivo homologous recombination in bacteria



### Step 3:

#### Virus production in 293A cells

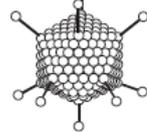


Figure 4 General strategy for preparing recombinant adenovirus by homologous recombination [197]

## B. NF-κB 之檢量線

以 pAc-NF-κB 感染 HL-CZ 細胞株 16 hrs，並加入 不同濃度的 TNF-α (0, 1, 3, 10, 30, 100, 200 pg/ml) 6 hrs 後，利用 luciferase assay 偵測。結果顯示，隨著 TNF-α 的濃度提高，細胞的發炎反應相對增加。圖 5 與圖 6 分別為 EBC 和 Serum，經由線性迴歸取得標準檢量線 (n=8)，R 值分別為 0.9796, 0.9798。

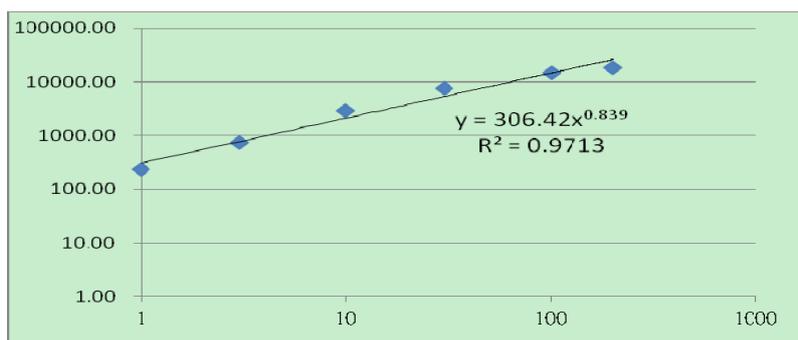


圖 5 NF-κB(Serum)檢量線

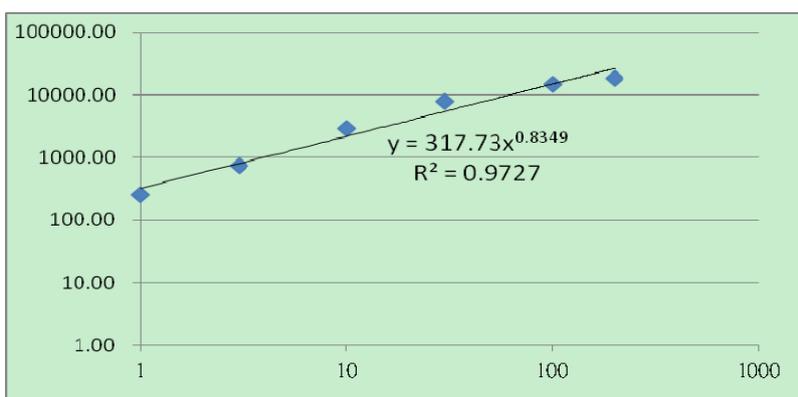


圖 6 NF-κB(EBC)檢量線

## (4) 氧化性傷害

### A. 尿中 8-OHdG 與 N<sup>7</sup>-MeG 的定量法

本實驗利用 LC-MS/MS 測量人體尿液中所含的 8-OHdG 與 N<sup>7</sup>-MeG 之含量。實驗原理是直接採取人體尿液稀釋後進行分析，而 8-OHdG 是 DNA 受到自由基攻擊後所以產生，檢測 N<sup>7</sup>-MeG 之含量是廣泛型的生物標記此兩者可作為氧化壓力傷害的標記和是否受到二手菸或香煙暴露的影響。其實驗步驟如下：

- a. 從-20°C 冰箱中取出尿液，等待退冰。
- b. Vortex 後離心。
- c. 取上清尿液 20 $\mu$ L 加入 380 $\mu$ L 回溶試劑(5% Methanol+0.1% FA)
- d. 取 160 $\mu$ L 稀釋尿液加入 IS 5 ppb ( D<sub>3</sub>-N<sup>7</sup>-MeG 和 8-OHdG-<sup>15</sup>N<sub>5</sub>) 40 $\mu$ L 後上機。
- e. 使用 LC-MS/MS 進行分析，監測片段值量為 284→168、289→173(8-OHdG)與 166→149、169→152(N<sup>7</sup>-MeG)。

尿中 8-OHdG，其方法偵測極限可達 sub ng/mL，檢量線範圍 0.01 ng/mL 至 10 ng/mL，再現性與重複性均小於 10 % (每天和每天, 批次與批次間)，回收率可達 90 % 以上，分析時間為 10 分鐘，而尿中 N<sup>7</sup>-MeG，其方法偵測極限可達 ng/mL，檢量線範圍 0.1  $\mu$ g/mL 至 5.0  $\mu$ g/mL，再現性與重複性均小於 8 % (每天和每天, 批次與批次間)，回收率可達 90 % 以上，分析時間為 10 分鐘。

尿中 N<sup>7</sup>-MeG，其方法偵測極限可達 ng/mL，檢量線範圍 0.1  $\mu$ g/mL 至 5.0  $\mu$ g/mL，再現性與重複性均小於 8 % (每天和每天, 批次與批次間)，回收率可達 90 % 以上，分析時間為 10 分鐘。

## B. 血漿中 8-OHdG 測定

本實驗利用 LC-MS/MS 測量人體血漿中所含的 8-OHdG 之含量。實驗原理是採取人體血漿過濾後進行分析，而 8-OHdG 是 DNA 受到自由基攻擊後所以產生，是廣泛型的生物標記，可作為氧化壓力傷害的標記和是否受到二手菸或香煙暴露的影響。首先，將血漿使用 Millipore Millex Filter, 0.45  $\mu$ m, MCE, 13mm 過濾。之後取 0.25 mL 血漿，加入 internal standard (8-OhdG 15N<sub>5</sub>) 50  $\mu$ L 和 200  $\mu$ L 的 DDW，再使用 Millipore Amicon Ultra-0.5, 3K 離心管離心過濾，離心後取下層離心液用 N<sub>2</sub> 吹乾，最後使用上機溶劑 ( 5% MeOH + 0.1% FA ) 回溶上機 ( API 4000 )。

血漿中 8-OHdG，其方法偵測極限可達 sub ng/mL，檢量線範圍 0.01 ng/mL 至 10 ng/mL，再現性與重複性均小於 10% (每天和每天, 批次與批次間)，回收率可達 95 % 以上，分析時間為 10 分鐘。

C. 尿液或及呼氣濃縮物 8- iso-Prostaglandin F2 $\alpha$  含量測定-液相層析串聯質譜儀法

本研究參考 Liang 等人發表，並採用液相層析串聯質譜儀法測量尿液中 8- iso-Prostaglandin F2 $\alpha$  含量。實驗原理是 isoprostane 是由脂質中的花生四烯酸(AA)受到自由基攻擊所產生，由 isoprostane 濃度可判斷出氧化壓力大小[167]。先使用與 isoprostane 具有親和吸附力的吸附劑(8-isoprostane affinity sorbent)進行萃取，先加入 isoprostane 的同位素標準品(internal standard, IS)，並利用超音波震盪使 isoprostane 均勻的被吸附住，再經由水沖洗將多餘的雜質去除，接著使用 acetonitrile (ACN)把吸附劑吸附的 isoprostane 沖洗出來，至少沖洗 3 次，以確保沒有殘餘於吸附劑上。最後將含有 isoprostane 的 ACN 使用氮氣吹乾，並使用上機溶液回溶。

LC-MS/MS 上機分為兩個部分，先進行 Trap 管柱再進行分析，Trap 管柱系統的 mobile phase A 為 1%ACN +0.1%FA，mobile phase B 為 90% ACN+0.1% FA。而分析管柱系統的 mobile phase A 為 100% H<sub>2</sub>O+0.1% FA，mobile phase B 為 100%ACN。MS 的離子源使用 ESI (Negative Mode)，模式為 MRM mode，監測片段為 353→193(isoprostane)與 357→197(內標準品)。

- a. 使用呼吸道樣品採樣儀於零下 10°C 的環境下採集 EBC 樣品，約 15 分鐘，2 mL。
- b. 將 EBC 樣品與 internal standard 0.5ppb 60 $\mu$ L 混合後添加吸附劑。
- c. 超音波震盪後使用水去除雜質。
- d. 使用 ACN 將 isoprostane 溶解出，重複三次。
- e. 使用氮氣將 ACN 吹乾並使用上機溶液回溶。
- f. 使用 LC-MS/MS 進行分析，監測片段值量為 353→193 與 357→197。

EBC 中的 isoprostanes 的代謝物 8-iso PGF<sub>2 $\alpha$</sub> ，其方法偵測極限可達 pg/mL，檢量線範圍 0.009 ng/mL 至 0.9 ng/mL，，再現性與重複性均小於 15 % (每天和每天, 批次與批次間)，回收率可達 90 % 以上，分析時間為 12 分鐘。

## 5. 抗氧化酵素活性

### (1) 基因型鑑定

使用Genra Puregene Blood Kit (QIAGEN,USA)萃取DNA後，基因型之鑑定(Genotyping)，PON1 Q192R以及GPX-1 P200L皆進行PCR(polymerase chain reaction)後，使用限制酶(restriction enzyme)在特定的核苷酸順序上進行切割，所用的引子序列與限制酶分別如下(表3)。

MPO V53F則以TaqMan PCR方法(TaqMan<sup>®</sup> SNP Genotyping Assay, Applied Biosystems Inc.)進行基因型鑑定，引子和探針的DNA序列由製造商設計。

表 3 引子序列與限制酶名稱

Genotype	Restriction Enzyme	Sense Primer	Anti-sense Primer
PON1 Q192R	<i>AlwI</i>	5'TATTGTTGCTGTGGGACC TGAG3'	5'CACGCTAAACCCAAATACA TCTC3'
GPX 1 P200L	<i>HaeIII</i>	5' TTATGACCGACCCCAAGCT CA3'	5' ACAGCAGCACTGCAACTGCC 3'

基因型鑑定以PCR-RFLP進行實驗的基因則隨機選取10%的樣本進行重覆鑑定後，皆有符合。

### (2) SOD及GPX活性測定

超氧歧化酵素 (Superoxide dismutase ; SOD) SOD 為一種廣泛存在於一切需氧之動植物及微生物細胞中的酵素，主要功能是在細胞中代謝超氧離子(superoxide ion ; O<sub>2</sub><sup>-</sup>)，將其轉換為過氧化氫與氧分子。當生物體進行新陳代謝時，會產生超氧離子，若無代謝則會進一步在生物體中產生更多的羥基自由基，造成細胞受損，乃至發炎反應的產生。分析 SOD 活性，以作為評估組織或細胞抗氧化功能之指標。

麩胱甘肽過氧化酶 (glutathione peroxidase ; GPx) 為一種含硒 (Se) 的酵素，其功能為催化生物體內過氧化物之降解反應，為人體最重要的抗氧化酵素之一。麩胱甘肽過氧化酶大多存在於血液、肝臟、粒腺體及細胞溶質中，組織或細胞中過氧化物產生過多時，其酵素活性會因其輔助因子無

法及時還原而下降。分析 GPx 之活性，以作為評估組織或細胞抗氧化功能之指標。

分別使用Superoxide Dismutase Assay Kit (Cayman Chemical Company, Ann Arbor, MI, USA) 以及 Glutathione Peroxidase Assay Kit(Cayman Chemical Company, Ann Arbor, MI, USA)測定受試者血漿中SOD及GPX的活性，SOD分析之血漿樣本需以1:4稀釋，GPX以原倍數進行分析，所有步驟依照標準的流程進行活性分析，再以分光光度計(SpectraMax 190 plate reader)進行測定，最後進行濃度之轉換，SOD的單位U/mL，GPX的單位為nmol/min/ml。

GPX 及 SOD 分析測定進行二重覆，SOD 活性每一次測定中皆有建立檢量線(如下圖所示)，而 GPx control 值在 116.2~128.4 nmol/min/ml。

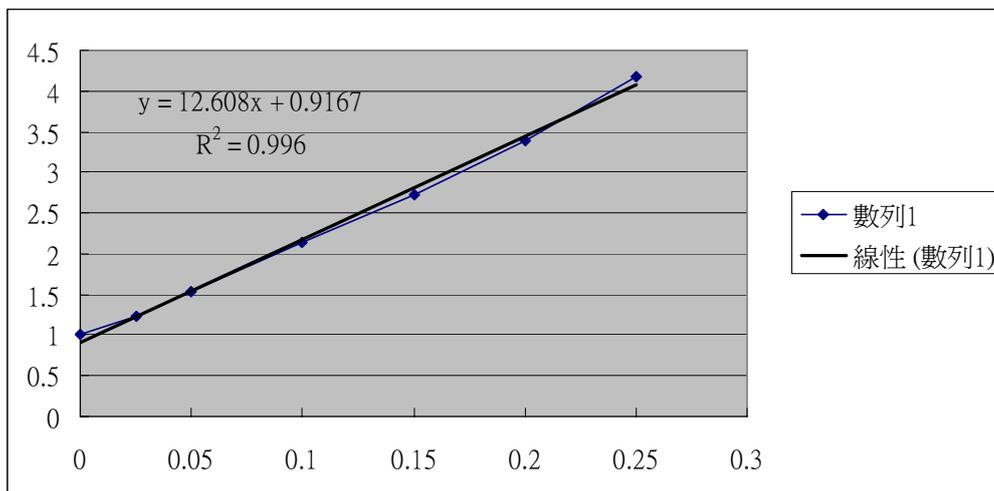


圖 7 SOD standard curve

### (3) PON1 活性測定

PON1活性可以由水解外生性基質的能力去進行測量，本次研究的基質以paraoxon和phenylacetate為主，也就是測定paraoxonase和arylesterase活性，兩種分析皆以血清進行並以分光光度計(SpectraMax 190 plate reader)測量吸光值。

Paraoxonase活性測定以paraoxon為受質，血清以1:2用ddH2O進行稀釋，反應溶液中包含1.2mM paraoxon、0.1M Tris-HCl，PH=8.5、2mM CaCl<sub>2</sub> and 2M NaCl，加入血清後在溫度37°C下進行反應4分鐘，以OD405nm測定

吸光值，再以ending-point的方式測定每個well的path length，單位為  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{liter}$ 。

PON1 活性測定進行三重覆， paraoxonase inter-assay 變異係數為 14.3%。

#### (4) 血清中 MPO (Myeloperoxidase) 測定：

此研究利用 Human MPO ELISA Kit 進行人體血清中MPO的濃度測量。研究中所有的標準品及樣品皆須以重複分析的方式進行測量，步驟如下：於 standard vial 瓶內加入加 1.0 mL的無菌水於 standard vial瓶內，緩緩將其搖晃均勻，standard solution會在 1分鐘內完全溶解。依 ELISA Kit 之標準操作流程，將1管含 600  $\mu\text{L}$ 的 diluents buffer 之1.5 mL 離心管加入 200 $\mu\text{L}$ 的standard solution充份混合後，再準備 7 個 1.5 mL 離心管，每管先加入 300  $\mu\text{L}$ 的 diluents buffer，再依標準操作流程以「連續稀釋」方式配製成 7個已知濃度的標準品(0-120pg/mL)，使其搖晃均勻。參考說明書給予樣品適當的稀釋倍數。取100  $\mu\text{L}$  完成稀釋的樣品加入 96 well plate 中，於室溫下覆蓋反應靜置一小時。以wash buffer清洗 5次將 plate倒置拍乾。加入 100 $\mu\text{L}$ 的 Detection Antibody (須於使用前配製)後，於室溫下覆蓋反應靜置20-30分鐘。以wash buffer清洗 5次將 plate倒置拍乾。再加入100  $\mu\text{L}$ 的TMB solution(呈色劑)於室溫下避光培養 5-10分鐘。觀察well中的顏色變化，之後於各well 內加入100  $\mu\text{L}$ 的stop solution (終止液)使溶液由藍色轉為黃色，利用波長450 nm 之 ELISA reader 讀取吸光值，並對應標準溶液之濃度作圖取得檢量線。運用檢量線範圍換算樣品中MPO的濃度。

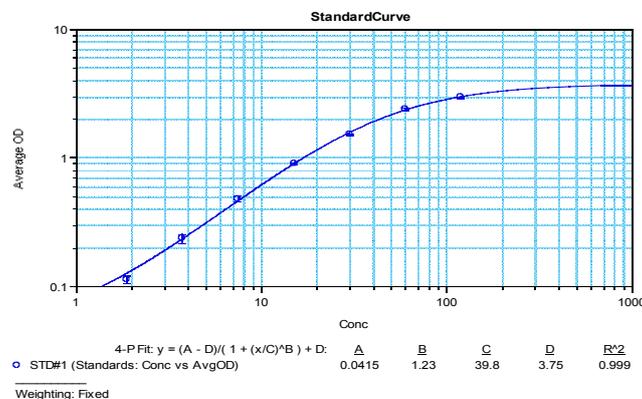


圖 8 Myeloperoxidase(MPO) 檢量線

## 6. 心血管疾病之早期健康危害的指標物測定

### (1) high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP)

高靈敏度 C 反應蛋白(high-sensitivity C-reactive protein, hsCRP)是發炎反應常見的指標之一，其與血清糜樣蛋白(serum amyloid A, SAA)一樣皆屬急性反應(acute phase)時會產生之急性相蛋白(acute phase protein, APP)，為系統性(systemic)發炎之因子，由肝臟細胞製造分泌，半衰期長(18 小時)，且其濃度在全天幾乎無太大變化；可用以預測突發性心肌梗塞(incident myocardial infarction)、中風、周邊動脈疾病(peripheral arterial disease)、無心血管疾病病史之健康個體之突發性心臟病死亡和具急性或穩定性冠狀動脈症狀患者之復發或死亡。針對所有不同濃度之膽固醇(cholesterol)、Framingham 心血管風險得分、代謝症候群(metabolic syndrome)之嚴重程度、血壓、與有及無次臨床症狀(sub-clinical)之動脈粥狀硬化疾病而言，hsCRP 在診斷上可提供一個額外且獨立的貢獻。

目前認為 CRP 之濃度可反應動脈粥樣硬化斑塊(atheromatous plaque)破裂的可能性與動脈粥樣硬化病變(atheromatous lesion)的脆弱性，因此依據其所測得之濃度，可概略將其濃度依小於 1、1 至 3 及大於 3 ppm(mg/L)分別對應至較低、中等及較高心血管疾病風險的可能。

### (2) 血漿中 IL-6 (Interleukin-6) 測定

本研究使用 Human IL-6 ELISA Kit 進行測量人體血漿中 IL-6的濃度。研究中所有的標準品及樣品皆須以重複分析的方式進行測量，步驟如下：準備 8 個 1.5 mL 離心管，每管皆加入 200  $\mu$ L 的 diluents buffer，再依標準操作流程以「連續稀釋」方式配製成 8 個已知濃度的標準品(0 – 200 pg/mL)，使其搖晃均勻。各取 100  $\mu$ L 的標準品及樣本加入 96 well plate 中，於室溫下覆蓋反應二小時。以 wash buffer 清洗 5 次將 plate 倒置拍乾，再加入 100  $\mu$ L 的 Detection Antibody(須於使用前配製)，於室溫下覆蓋培養一小時。之後以 wash buffer 清洗 5 次並將 plate 倒置拍乾，加入 100  $\mu$ L 的 Streptavidin-HRP solution (須於使用前配製，立即使用)於室溫下培養 30 分鐘。以 wash buffer 清洗 5 次並將 plate 倒置拍乾，再加入 100  $\mu$ L 的 TMB

solution(呈色劑)於室溫下培養15分鐘。並觀察well中的顏色變化，最後加入於各 well 內加入100  $\mu$ L的stop solution (終止液)使溶液由藍色轉為黃色，利用波長450 nm 之 ELISA reader 讀取吸光值，並對應標準溶液之濃度作圖取得檢量線。運用檢量線範圍換算樣品中IL-6 的濃度。

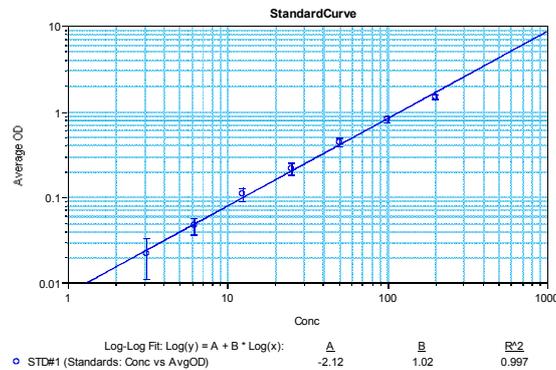


圖 9 Interleukin-6(IL-6) 檢量線

(3) 血漿中 IL-6 sR (Interleukin-6 soluble Receptor) 測定：

研究使用 Human IL-6 sR ELISA Kit 進行測量人體血漿中 IL-6 sR的濃度。研究中所有的標準品及樣品皆須以重複分析的方式進行測量，步驟如下：準備 8 個1.5 mL 離心管，於各管內分別加入 150  $\mu$ L的 Reagent diluents，再依標準操作流程以「連續稀釋」方式配製成 8個已知濃度的標準品(0–1000 pg/mL)，使其搖晃均勻。參考文獻並推估樣品可能之濃度範圍給予適當的稀釋倍數。各取100  $\mu$ L的標準品及已完成稀釋的樣品加入96 well plate中，於室溫下覆蓋反應靜置二小時。以wash buffer清洗 5 次將plate倒置拍乾，再加入100 $\mu$ L的 Detection Antibody (須於使用前配製)，於室溫下覆蓋培養二小時。之後以 wash buffer 清洗 5 次並將 plate倒置拍乾，加入100 $\mu$ L的Streptavidin-HRP solution (須於使用前配製，立即使用)於室溫下培養20-30分鐘。以wash buffer 清洗 5 次並將plate倒置拍乾，再加入100  $\mu$ L的TMB solution(呈色劑)於室溫下避光培養10-20分鐘。觀察well中的顏色變化，之後於各 well 內加入50  $\mu$ L的stop solution (終止液) 內使溶液由藍色轉為黃色，再利用波長450 nm 之 ELISA reader 讀取吸光值，並對應標準溶液之濃度作圖取得檢量線。運用檢量線範圍換算樣品中IL-6 sR的濃度。

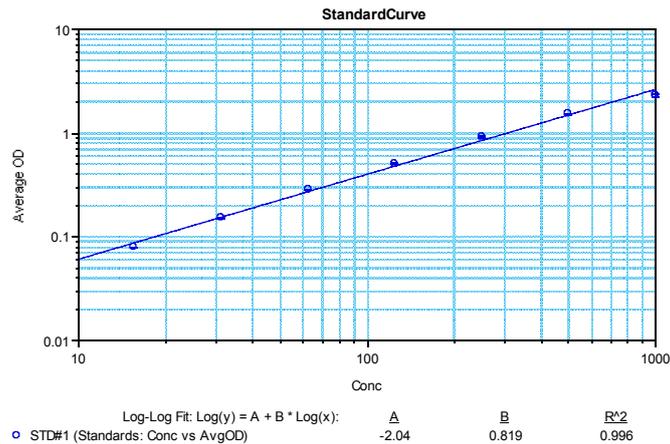


圖 10 Interleukin-6 soluble Receptor(IL-6sR)檢量線

(4) 血漿中 ICAM-1 (Inter Cellular Adhesion Molecule-1) 測定：

此研究利用 Human ICAM-1 ELISA Kit 進行人體血漿中 ICAM-1的濃度測量。研究中所有的標準品及樣品皆須以重複分析的方式進行測量，步驟如下：取5 $\mu$ L之standard protein溶於450  $\mu$ L Assay buffer中，緩緩將其搖晃均勻，standard solution 會在1~2 分鐘內完全溶解。依 ELISA Kit 之標準流程操作，先於其他 well (A2~A7; B2~B7)中預先加入 100  $\mu$ L的 sample diluent，再於培養盤中 (A1,B1)加入 200  $\mu$ L的高濃度 (100 ng/mL)，之後以「連續稀釋」方式於 plate內配製成 7 個已知濃度的標準品(0 – 50 ng/mL)，並利用微量吸管使其混合均勻。參考說明書給予樣品適當的稀釋倍數。取100  $\mu$ L 完成稀釋的樣品加入 96 well plate中，並於所有 well中加入 50 $\mu$ L的 HRP-Conhugate後(須於使用前配製)，於室溫下覆蓋反應靜置一小時 (100rpm)。以wash buffer清洗 5次將 plate倒置拍乾。加入100  $\mu$ L的 TMB solution(呈色劑)於室溫下避光培養10分鐘。觀察well中的顏色變化，之後於各 well 內加入100  $\mu$ L的 stop solution (終止液)使溶液由藍色轉為黃色，再利用波長450 nm 之 ELISA reader 讀取吸光值，並對應標準溶液之濃度作圖取得檢量線。運用檢量線範圍換算樣品中 ICAM-1的濃度。

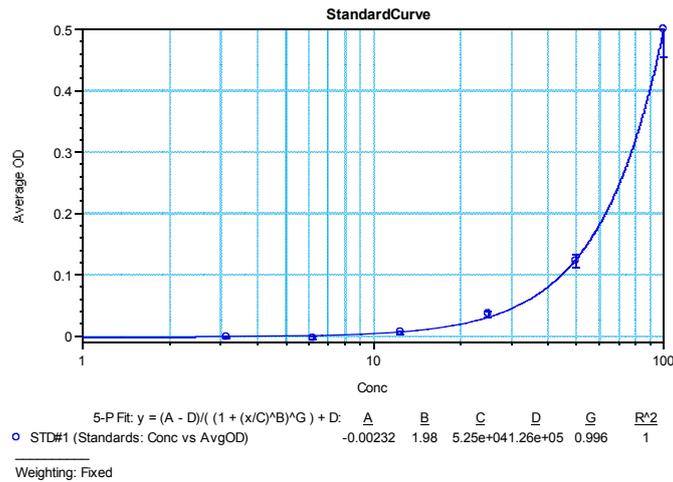


圖 11 Inter Cellular Adhesion Molecule 檢量線

(5) 血漿中 VCAM-1 (Vascular Cellular Adhesion Molecule-1) 測定：

此研究利用 Human VCAM-1 ELISA Kit 進行人體血漿中 VCAM-1的濃度測量。研究中所有的標準品及樣品皆須以重複分析的方式進行測量，步驟如下：於 standard vial 瓶內加入 0.86mL 的 Diluents buffer，緩緩將其搖晃均勻，standard solution 會在1~2 分鐘內完全溶解。依 ELISA Kit 之標準操作流程，先於其他 well (A2~A7；B2~B7)中預先加入 100 μL的 Diluents buffer，再於培養盤中 (A1,B1)加入 200 μL的高濃度 (50 ng/mL)，之後以「連續稀釋」方式於 plate內配製成 7 個已知濃度的標準品(0-50 ng/mL)，並利用微量吸管使其混合均勻。參考說明書給予樣品適當的稀釋倍數。取100 μL 完成稀釋的樣品加入 96 well plate中，同時在所有 well 中加入 50μL的 Detection Antibody (須於使用前配製)後，於室溫下覆蓋反應靜置一小時。以wash buffer清洗 5次將 plate倒置拍乾。加入100μL的 Streptavidin-HRP solution (須於使用前配製，立即使用)於室溫下培養30分鐘。以wash buffer 清洗 5 次並將plate倒置拍乾，再加入100 μL的TMB solution(呈色劑)於室溫下避光培養 10分鐘。觀察well中的顏色變化，之後於各well 內加入100 μL的stop solution (終止液)使溶液由藍色轉為黃色，再利用波長450 nm 之 ELISA reader 讀取吸光值，並對應標準溶液之濃度作圖取得檢量線。運用檢量線範圍換算樣品中VCAM-1的濃度。

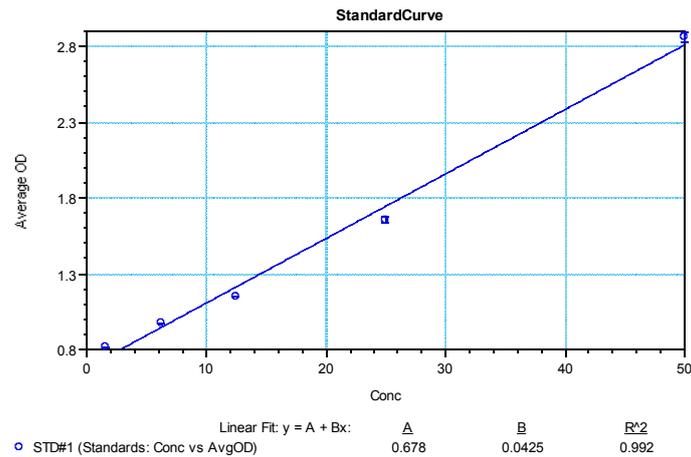


圖 12 Vascular Cellular Adhesion Molecule 檢量線

#### (6) ELISA 分析—QA/QC

本研究建立之檢量線範圍因項目差異而有濃度上區別，各項目之檢量線範圍及濃度表示單位如下：IL 6 (3.12–200 pg/mL)、IL 6sR (15.63–1000 pg/mL)、ICAM-1 (3.12–100 ng/mL)、VCAM-1 (1.56–50 ng/mL)及 MPO (1.875–120pg/mL)，每種項目皆分析九個批次，所有分析批次的檢量線相關係數(R<sup>2</sup>)皆介於 0.990~0.999 間，皆符合大於 0.95 之品管規範。

此外，研究中所使用五種項目之方法偵測下限，以廠牌所提供之數據做參考，分別為 IL 6、IL 6sR、VCAM-1、ICAM-1 及 MPO 之最低偵測濃度(MDD)分別為：2.0 pg/mL、6.5 pg/mL、3.12 ng/mL、0.1 ng/mL 及 0.9 ng/mL。

#### (7) DNA 傷害指標-彗星分析法

以紫頭採血管採取靜脈血 3ml 加入等量之 RPMI1640 並離心 400g 十五分鐘，加入 DMSO 後，放入 -80°C 等待實驗進行。先將放入 lysis buffer solution 4°C 預冷；另外於沸水中溶解 LMAgarose 並置於 37°C 水浴中使其回溫 (20min)，取  $1 \times 10^5$ /ml 的細胞 10 $\lambda$  溶於 100 $\lambda$  的 LMAgarose 中，再取 75 $\lambda$  的混和液加入 CometSlide 樣品槽中，將玻片平放在 4°C 的暗箱中 (10min) 以增加其黏附力，最後將玻片浸置於預冷的 Lysis buffer 中(30~60min 4°C)，再放入新鮮配製好的鹼性溶液，在室溫下浸置 30-60min 後，在放入 TBE buffer 中進行跑電泳 10min，再以 75% Ethanol 浸泡 5min 後拿出，靜置於

室溫下等玻片乾燥，滴上 Syber Green 染色，在使用螢光顯微鏡觀察照相再以 cometscore15 分析軟體分析。

#### (8) 偵測血中荷爾蒙濃度

本研究採用放射免疫檢定法測量血漿或血清中荷爾蒙含量如腎上腺分泌之cortisol與性腺分泌之testosterone等荷爾蒙。其原理是利用定量放射性元素標記之抗原(在此實驗抗原為荷爾蒙)與未標記之抗原競爭，與定量之抗體結合，當未標記之抗原愈多時，能與抗體結合之放射性標記抗原就愈少，如是畫出抗原檢量標準曲線，進而可推測血清樣品中抗原濃度(圖13、14)。

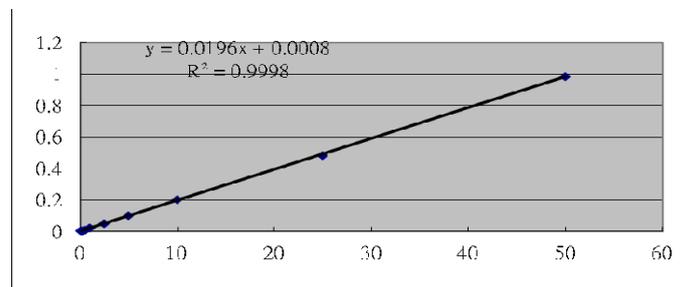


圖 13 Cortisol 檢量線

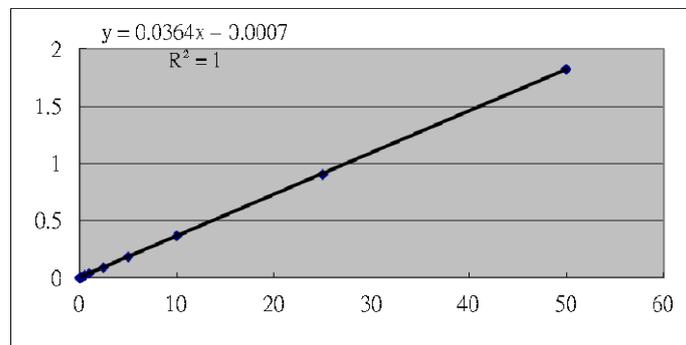


圖 14 testosterone 檢量線

#### (9) 神經反應測試

本研究利用神經行為評估系統(Neurobehavioral Evaluation System 2)做為神經行為觀察之儀器，預計測驗時間約為15分鐘，藉由手指敲擊、符號數字配對、圖像記憶、反應時間測量、延遲性聯想記憶以及視覺數字反應等測驗，了解受試者之神經行為。

#### (10) Risk Level分級

本研究根據Samuel Paik在2009年針對奈米暴露作業環境所提出之

Control Banding的概念，將奈米物質暴露組的受試者依照其所暴露之奈米物質以及操作頻率..等狀況，區分為不同的暴露危害層級(Risk level-RL)。

Control Banding主要由奈米物質的危害性以及奈米操作人員暴露的可能性兩種概念所組成(表4)，而此兩種概念亦包含許多考量因素。

奈米物質的危害性評估，考量了奈米物質本身之氧化活性(surface Chemistry)、粒子形狀(particle shape)、直徑大小(particle Diameter)、水溶性(Solubility)以及奈米物質本身或是當其為微粒(parent Material)時可能造成的致癌性(Carcinogenicity)、生殖毒性(Reproductive Toxicity)、突變性(Mutagenicity)、皮膚毒性(Dermal Toxicity)以及致敏原(Asthmagen)，另外亦考慮其 parent Material時之環境暴露極限。

而奈米物質暴露的可能性則考慮了奈米作業人員之暴露頻率、工作時奈米物質逸散情形、相同工作情形之操作人員以及奈米物質使用量。

本研究利用問卷與訪問收集其相關資訊，便可進一步將奈米暴露人員依照其各自之暴露狀況，區分至不同的Risk Level組別。

表 4 Control Banding

		Probability			
		Extremely Unlikely (0-25)	Less Likely (26-50)	Likely (51-75)	Probable (76-100)
Severity	Very High (76-100)	RL 3	RL 3	RL 4	RL 4
	High (51-75)	RL 2	RL 2	RL 3	RL 4
	Medium (26-50)	RL 1	RL 1	RL 2	RL 3
	Low (0-25)	RL 1	RL 1	RL 1	RL 2

RL 1: General Ventilation  
 RL 2: Fume hoods or local exhaust ventilation  
 RL 3: Containment  
 RL 4: Seek specialist advice

(11) 急性效應重複測量

此階段將收取實驗豬中暴露組與對照組之急性效應測量值，包括發炎指標、氧化性傷害指標、心血管疾病指標、基因傷害指標、類固醇荷爾蒙濃度以及神經行為與肺功能情形，而採樣收集時間為期一週；將各別收集實驗豬奈米物質暴露前與奈米物質暴露後 10 分鐘、暴露後 20、40 分鐘、1、2、4、8、16、24 小時以及一至七天後之血液、尿液檢體各 20c.c。

#### 第四節 資料的收集及品質管制步驟

本研究進行之前已通過國家衛生研究院實驗倫理委員會進行計畫書中有關聯繫研究者的方式、同意書及問卷內容；血液、尿液及呼吸道檢體樣本收集之目的、步驟之審查，已妥為保護參與研究者之個人資料安全與檢體使用之正當性。問卷的資料分成個人基本資料、工作史、疾病史及自覺症狀等部份由同一研究助理讀得，以減少資料之誤差及求得資料的一致性。

尿液樣本之收集時，發予研究對象一個 50ml 離心管並於離心管上的標籤紙標示受試者編碼以及收集日期、時間，經研究人員核對樣本收集無誤後則進行尿液樣本之分裝再放入冰筒低溫運送至實驗室以-20°C 冰箱儲存，以備分析。研究人員將分別使用內含以及不含抗凝劑之 10ml 真空採血管採集研究對象之靜脈血液。採集完立即送實驗室，經每分鐘 3000 轉的速度離心 20 分鐘後，將血清分離分裝於 2c.c 微量離心管中，另外含肝素之採血管，經離心後，分別將血漿、血沉棕色層(buffy coat)、紅血球分裝於 2c.c 微量離心管中。血液檢體分裝後，置於-80°C 冷凍櫃中凍存，直至實驗分析時再取出。

肺功能的測量由一名受過訓練的研究助理進行測試。全程用同一部肺功能機測得，且每次測量前都需按標準步驟校正，以求資料的正確性，在實施前先以圖解及示範說明方式教導受測者如何接受測試，受測者採站姿，不用鼻夾的方式，且每位受測者至少測量三次，且其中最大 FVC 及 FEV1.0 值與次大值相差不得超過 5%或 0.1 公升，即滿足可再現性標準(reproducibility criteria)，並依美國胸腔協會建議之標準方法，取其中之最大值，作為研究分析所用之肺功能資料。由於該儀器為流量式肺功能儀(flow type spirometer)，其測定結果受環境因素影響較小，所有測定結果不進行 BTPS(body Temperature 37°C，ambient pressure, saturated with water vapor at 37°C)轉換。

其他儀器之操作均由同一研究人員完成，以力求各工廠之間之一致性與可比較性，也力求前測與後測之間之一致性與可比較性。

另外，在實驗豬隻之準備，由專業人士養育對照組 5 頭與暴露組豬隻 20 頭，控制在相同的環境、養育方式以及體重，並且在暴露組暴露於奈米物質前後，進行暴露組與對照組之血液、尿液之收集，而採集檢體之過程皆由專業之豬隻養育

人士進行，而檢體之保存與運送則比照人類檢體之保存方法。

## 第五節 資料處理與統計分析

### 1. 資料處理

本研究資料使用 Excel (Office2003)程式進行問卷及實驗結果建檔，初步描述各變項分布百分比情形來校對建檔數據之正確性，再依照分布情形選擇合適的統計方法，並且使用 SPSS 15.0 統計軟體進行分析

### 2. 資料分析

#### (1) 資料分布

因一般生物檢體呈現右偏情形，所以由常態分布分析統計及繪出常態機率圖決定合適的統計方法（母數、無母數）。本研究之所有生物指標經常態分佈分析（Kolmogorov-Smirnov）檢定以決定是否需經對數轉換；若轉換後仍呈現不常態分佈，則選用無母數分析方法。

#### (2) 描述性統計

以人數（百分比）方式描述對照組與暴露組(RL1、RL2)之人口學基本特質(性別、吸菸習慣、籍貫、學歷等)、疾病症狀與自覺症狀在各組間的分佈情形。而檢查指標之分布情形則以平均值±標準差表示。

#### (3) 分析性統計

今年度以縱貫性研究為主，重覆測量 98 與 99 年之受試者，並且在統計分析方法上使用 Generalized Estimating Equations (GEE)模式分析校正性別、抽菸習慣等干擾因子後了解在不同的奈米危害風險下，各檢測項目是否受到時間上累積暴露的影響。

## 第五章 結果與討論

本研究自 98 年 3 月到 100 年 8 月 25 日為止，總共收案四次(圖 15)，包含 15 家奈米工廠的人員資料，除了利用血液、尿液以及呼氣濃縮物作為生化檢測之基礎以外，也收集個人問卷以瞭解個人生活背景作為控制變項之使用，第一次收案於 98 年 3 月到 6 月，有 13 家工廠 166 位員工參與；第二次收案在半年後的 9 月至 99 年 2 月，除了重覆測量的人員以外也有新增工廠的人員，共 13 家工廠 284 位員工；第三次收案則於 99 年 8 月到 10 月實施，進行 1 年半後之追蹤以及新參與人員之採樣，共 13 間工廠 262 位人員，而第四次收案則於 100 年 6 月到 8 月實施，此為二年半後之追蹤以及新個案之收集，共 12 家工廠 277 位參與者(圖 15)。

目前，已有 15 家工廠參與本計劃，而各工廠之參與人員與分組情形如表 4 所示，A 廠有 21 位參與者、B 廠有 1 位參與者、C 廠有 12 位參與者、D 廠有 25 位參與者、E 廠有 2 位參與者、F 廠有 36 位參與者、G 廠有 4 位參與者、H 廠有 11 位參與者、I 廠有 18 位參與者、J 廠有 47 位參與者、K 廠有 54 參與者、L 廠有 35 位參與者、M 廠有 48 位參與者、N 廠有 91 位參與者以及 O 廠有 53 位參與者，總計共有 458 位人員參與本計劃，並且已完成生物檢體之採集與問卷之收集，其中對照組人員有 200 人；暴露組人員有 258 人，分別佔所有收案人員之 43.67%與 56.33%，進一步將暴露組人員依據 Control Banding 評分標準分為三組，Risk Level(RL)越高，代表奈米暴露者的危險性越高，在本計劃中，Risk Level 1 (RL1)有 139 位；Risk Level 2 (RL2)有 109 位；Risk Level 3 (RL3)有 10 位，各佔所有受試者之 30.35%、23.80%以及 2.18%(表 5)。

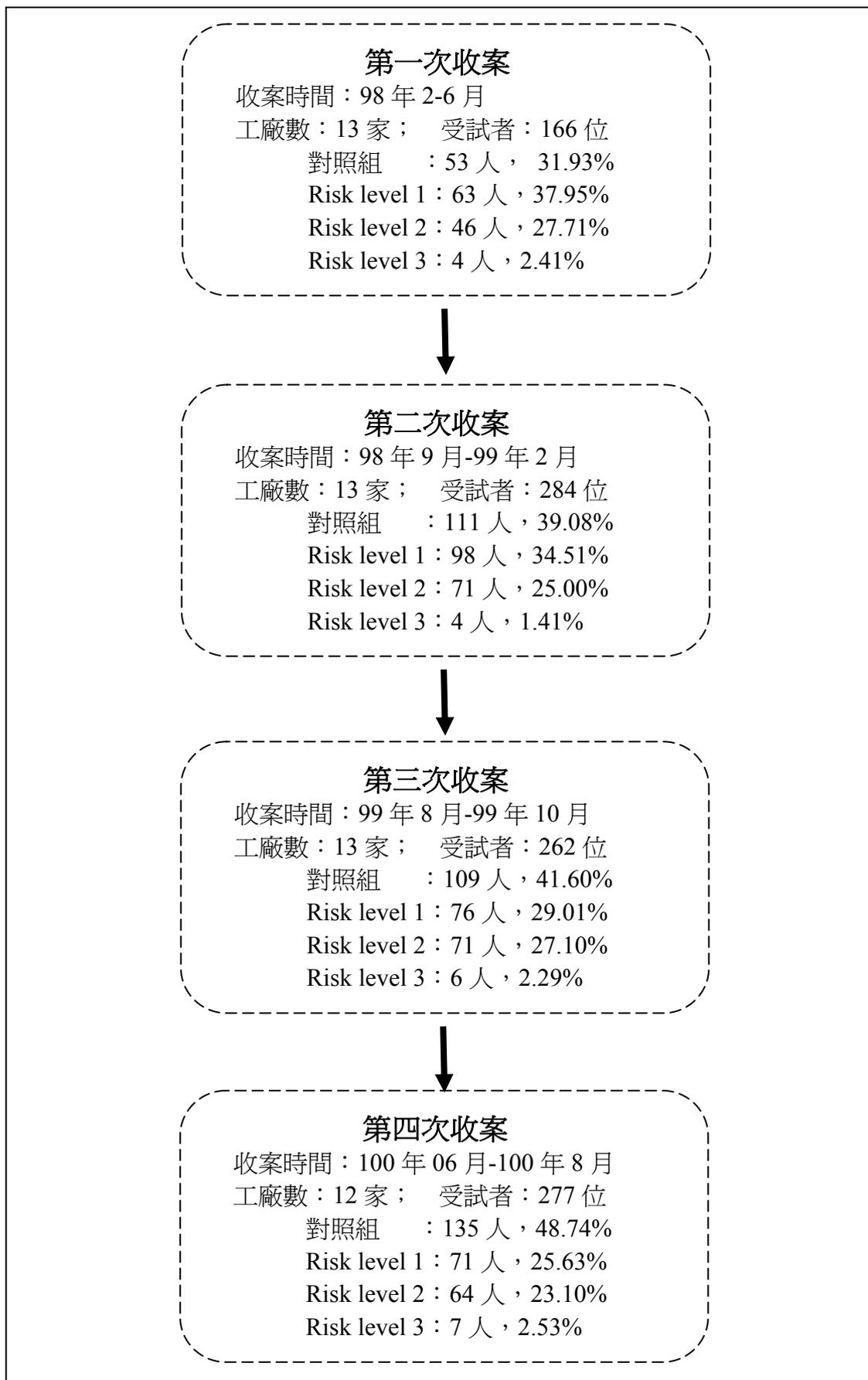


圖 15 98-100年受試者參與情形

表 5 98-100 年度各廠受試者之 Risk Level 分組情形(對照組、RL1、RL2、RL3)

公司	對照組		Risk Level 1		Risk Level 2		Risk Level 3		Total	
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)	N	(%)
A	12	6.00	0	0.00	9	8.26	0	0.00	21	4.59
B	0	0.00	1	0.72	0	0.00	0	0.00	1	0.22
C	3	1.50	7	5.04	2	1.83	0	0.00	12	2.62
D	15	7.50	9	6.47	1	0.92	0	0.00	25	5.46
E	1	0.50	1	0.72	0	0.00	0	0.00	2	0.44
F	10	5.00	17	12.23	9	8.26	0	0.00	36	7.86
G	0	0.00	3	2.16	1	0.92	0	0.00	4	0.87
H	2	1.00	2	1.44	7	6.42	0	0.00	11	2.40
I	7	3.50	1	0.72	9	8.26	1	10.00	18	3.93
J	15	7.50	19	13.67	13	11.93	0	0.00	47	10.26
K	29	14.50	7	5.04	13	11.93	5	50.00	54	11.79
L	16	8.00	12	8.63	7	6.42	0	0.00	35	7.64
M	21	10.50	15	10.79	10	9.17	2	20.00	48	10.48
N	37	18.50	36	25.90	17	15.60	1	10.00	91	19.87
O	32	16.00	9	6.47	11	10.09	1	10.00	53	11.57
Total	200	100.00	139	100.00	109	100.00	10	100.00	458	100.00

所有參與之 458 位受試者中，參與本計劃 2 次以上的人員有 285 位，其中對照組有 109 位，RL1 有 95 位、RL2 有 76 位，而 RL3 有 5 位；至少參與本計劃 3 次以上的人員有 170 位，對照組 68 位、RL1 有 53 位、RL2 有 46 位，RL3 則有 3 位，四次收案皆參與者有 76 位，其中 31 位對照組人員，RL1 與 RL2 各 21 位人員以及 3 位 RL3 組人員(表 6)。

表 6 受試者(N=458)參與次數之分布情形

暴露狀態	至少參加一次	至少參加二次	至少參加三次	四次皆參加
對照組	200	109	68	31
暴露組	258	176	102	45
Risk Level 1	139	95	53	21
Risk Level 2	109	76	46	21
Risk Level 3	10	5	3	3
總計	458	285	170	76

參與計劃的受試者中，奈米物質接觸者，可能製造或使用各種不同的奈米物質，因此，為了解各人員所使用之奈米物質情形，本計畫於問卷中調查各受試者之使用狀況，在本計劃中，大多的受試者使用奈米碳管、奈米級二氧化鈦、奈米級二氧化矽以及奈米銀，而其它奈米物質如，奈米金、奈米鋁以及奈米黏土……等則較少人使用，在 258 位奈米物質接觸者中，有 92 位接觸奈米碳管，其中 43

位(46.74%)人員屬於 RL1 中, 43 位(46.74%)屬於 RL2, 且有 6 位(6.52%)屬於 RL3; 92 位接觸奈米級二氧化鈦, 39 位(42.39%)屬於 RL1、47 位(51.09%)屬於 RL2 而 RL3 有 6 位(6.52%); 接觸奈米級二氧化矽者有 104 位, 其中有 52 位(50%)屬於 RL1、48 位(46.15%)屬於 RL2 以及 4 位(3.85%)屬於 RL3; 接觸奈米銀有 47 位, 屬於 RL1 有 25 位(53.19%)、RL2 有 20 位(42.55%)、RL3 有 2 位(4.26%), 另外, 接觸其它奈米物質的人有 74 位, 屬於 RL1 者有 41 位(55.41%), 30 位(40.54%)屬於 RL2 以及 3 位(4.05%)屬於 RL3。(表 7)

表 7 458 位受試者之物質暴露狀況

Risk Level	對照組		暴露組		奈米碳管		奈米級 二氧化鈦		奈米級 二氧化矽		奈米銀		其它 奈米物質	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Risk Level 1	0	0.00	139	53.87	43	46.74	39	42.39	52	50.00	25	53.19	41	55.41
Risk Level 2	0	0.00	109	42.25	43	46.74	47	51.09	48	46.15	20	42.55	30	40.54
Risk Level 3	0	0.00	10	3.88	6	6.52	6	6.52	4	3.85	2	4.26	3	4.05
Total	200	100.00	258	100.00	92	100.00	92	100.00	104	100.00	47	100.00	74	100.00

由於 Risk Level 3 之受試者較少, 因此在統計分析中, 我們將 RL3 之人員合併至 RL2 中, 以便進一步了解基本特性、生活習慣、疾病狀況、自覺症狀以及防護具使用情形在三組間(對照組、RL1、RL2)的分布狀況。

## 第一節 奈米微粒作業人員之問卷內容

### 1. 基本人口學特性與健康行爲

在本計畫中, 對照組、RL1 以及 RL2 之年齡、籍貫以及抽菸習慣分佈情形大致相同, 大多為 40 歲以下、籍貫為台閩、沒有抽菸習慣之受試者, 但是性別、教育程度、喝酒習慣以及嚼檳榔習慣在三組之分布上有所差異, 就性別而言, 大多為男性, 但是女性在對照組的比例較其它兩個(RL1、RL2)族群多、就教育程度來看, 大多數的學歷都在大專/大學以上, 但是分布情形在三組間有所差異( $p=0.03$ ), 另外, RL2 比起其他兩組有較高比例的喝酒習慣跟嚼檳榔習慣, 各佔 RL2 族群之 13.45%與 5.88%,  $p$  值分別是 0.04 與  $<0.01$ (表 8)。

表 8 基本人口學特性與健康行爲在不同 Risk Level 之分布情形(N=458)

變項	Risk Level 分組						p-value
	對照組		Risk Level 1		Risk Level 2		
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	
年齡分組							
≤40, 40 歲以下	135	67.50	101	72.66	93	78.15	0.12
>40, 40 歲以上	65	32.50	38	27.34	26	21.85	
性別							
女	80	40.00	35	25.18	26	21.85	<0.01
男	120	60.00	104	74.82	93	78.15	
籍貫分組							
台閩	157	79.29	109	78.42	92	77.31	0.55
客家	22	11.11	15	10.79	19	15.97	
其它 (原住民與外省籍)	19	9.60	15	10.79	8	6.72	
教育程度分組							
高中職以下	38	19.19	18	13.14	20	16.81	0.03
大專/大學	104	52.53	62	45.26	47	39.50	
研究所以上	56	28.28	57	41.61	52	43.70	
抽菸習慣							
無	174	87.88	118	85.51	97	81.51	0.30
有	24	12.12	20	14.49	22	18.49	
喝酒習慣							
無	180	90.45	133	95.68	103	86.55	0.04
有	19	9.55	6	4.32	16	13.45	
嚼檳榔習慣							
無	196	98.49	139	100.00	112	94.12	<0.01
有	3	1.51	0	0.00	7	5.88	

p 值使用卡方檢定

## 2. 奈米作業人員之疾病狀況

除了了解基本人口學、生活習慣在本收案族群之分部以外，也了解疾病狀況在不同組別間之分布情形(表 9)，包含呼吸道及肺部疾病、心血管相關疾病以及皮膚相關疾病在三組(對照組、RL1、RL2)之間的分布情形。

在呼吸道及肺部疾病中，不管是慢性支氣管炎、肺氣腫、氣喘、肺結核、肺癌以及鼻炎之疾病，在三組之分布情形並無顯著差異。

在心血管相關疾病中，則發現心律不整與心絞痛在 RL2 中分別有 5.88% 以及 4.20%，高於其他兩組，而中風、缺血性心臟病、心臟瓣膜疾病、高血

脂與高血壓等疾病在三組族群中則無差異。

在皮膚相關疾病方面，則發現 RL2 中有過敏性皮膚炎者達 15.13%高於對照組的 9.55%以及 RL1 的 5.76%，而其他皮膚相關疾病如異位性皮膚炎、色素沉澱、皮膚癌或是毛囊炎等，則在三組間無統計上顯著差異。

表 9 疾病狀況在不同 Risk Level 之分布情形

變項	Risk Level 分組						<i>p-value</i>
	對照組		Risk Level 1		Risk Level 2		
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	
<b>呼吸道與肺部疾病</b>							
慢性支氣管炎	11	5.53	8	5.80	6	5.04	0.96
肺氣腫	0	0.00	0	0.00	0	0.00	.
氣喘	7	3.54	4	2.90	2	1.68	0.63
肺結核	1	0.50	0	0.00	0	0.00	0.52
肺癌	1	0.51	0	0.00	0	0.00	0.52
鼻炎	37	18.69	27	19.42	23	19.33	0.98
<b>心血管相關疾病</b>							
中風	0	0.00	0	0.00	0	0.00	.
心律不整	2	1.01	5	3.60	7	5.88	0.046
缺血性心臟病	0	0.00	0	0.00	1	0.84	0.24
心絞痛	0	0.00	0	0.00	5	4.20	<0.01
心臟瓣膜疾病	3	1.52	2	1.44	2	1.68	0.99
高血脂	13	6.57	9	6.47	11	9.24	0.62
高血壓	12	6.09	9	6.47	11	9.24	0.54
<b>皮膚方面相關疾病</b>							
異位性皮膚炎	9	4.52	11	7.91	9	7.56	0.37
過敏性皮膚炎	19	9.55	8	5.76	18	15.13	0.04
色素沉澱	3	1.51	2	1.44	5	4.20	0.22
皮膚癌	0	0.00	2	1.44	1	0.84	0.26
毛囊炎	9	4.52	7	5.04	7	5.88	0.87

*p* 值使用卡方檢定

### 3. 奈米作業人員自覺症狀

另外，本計畫亦想了解各組受試者是否有些非感冒引起而所感受到的自覺症狀，並且比較各症狀在三組間的分布情形，了解受試者的自覺症狀是否有所差異，在本計畫中所要了解的自覺症狀包含有呼吸道方面、心臟方面、皮膚以及中樞神經方面之自覺症狀(表 10)。

從呼吸道症狀來看，我們發現比起 RL2 以及 RL1，對照組有較高比例的

呼吸急促症狀，而其他呼吸道症狀如乾咳、咳嗽有痰、哮喘、胸悶、打噴嚏、流鼻涕、鼻塞以及流鼻水之症狀，在此三組的分佈情形並無顯著差異(表 10)。

就心臟方面症狀而言，RL2 有 5.88%的人感覺前胸突然疼痛，持續 15-30 分鍾，且無法藉休息緩解，多於 RL1 與對照組人員，而其它心臟方面之自覺症狀，如前胸有壓迫收縮性的疼痛或沉重感及燒熱感等，在三組間並無顯著差異(表 10)。

在皮膚相關症狀方面，受試者人員所回答之自覺症狀結果顯示，此三組人員在皮膚癢、皮膚紅腫、丘疹腫塊以及常掉毛髮之症狀的分布情形並無達到統計上顯著差異(表 10)。

就中樞神經系統方面之症況來看，受試者感覺到頭暈、頭痛、疲倦、急躁或憂慮...等症狀之分布情形，在對照組、RL1 以及 RL2 三組間並無達到統計上顯著差異，RL1 與 RL2 人員相對於對照組人員，並沒有明顯感受到頭暈或頭痛等相關中樞神經系統之症狀(表 10)。

表 10 受試者(N=458)之自覺症狀分布情形

變項	Risk Level 分組						<i>p-value</i>
	對照組		Risk Level 1		Risk Level 2		
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	
<b>呼吸道症狀</b>							
乾咳	24	12.06	19	13.67	20	16.81	0.49
咳嗽有痰	14	7.04	16	11.59	11	9.24	0.35
哮喘	4	2.01	1	0.72	1	0.84	0.51
胸悶	20	10.05	8	5.76	10	8.40	0.37
呼吸急促	14	7.04	2	1.45	3	2.52	0.02
打噴嚏	35	17.59	25	17.99	23	19.33	0.93
流鼻涕	22	11.06	14	10.07	15	12.61	0.81
鼻塞	30	15.08	23	16.55	21	17.65	0.83
流鼻水	30	15.08	18	12.95	19	15.97	0.77

*p* 值使用卡方檢定

表 10 受試者(N=458)之自覺症狀分布情形 (續)

變項	Risk Level 分組						p-value
	對照組		Risk Level 1		Risk Level 2		
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	
<b>心臟方面症狀</b>							
前胸有壓迫收縮性疼痛、沉重感及燒熱感	10	5.05	7	5.04	8	6.72	0.79
前胸疼痛散佈到一側的手臂、肩、頸部、下巴或背部	6	3.03	5	3.60	4	3.36	0.96
前胸疼痛外，同時有出汗、噁心、嘔吐、頭暈及明顯不安情形	5	2.53	1	0.72	6	5.08	0.09
前胸疼痛是突然的，持續時間約 15-30 分鐘，且無法藉休息緩解	1	0.51	1	0.72	7	5.88	<0.01
<b>皮膚症狀</b>							
皮膚癢	34	17.26	27	19.42	26	21.85	0.60
紅腫	11	5.58	10	7.19	7	5.88	0.82
丘疹腫塊	4	2.03	1	0.72	3	2.52	0.51
常掉毛髮	28	14.14	17	12.23	14	11.76	0.79
<b>中樞神經</b>							
頭暈	25	12.56	18	12.95	20	16.81	0.54
頭痛	35	17.59	23	16.67	27	22.69	0.41
疲倦	60	30.15	41	29.71	39	32.77	0.85
急躁或憂慮	39	19.80	18	12.95	21	17.65	0.26
記憶力變差	46	23.12	34	24.46	27	22.69	0.94
失眠	26	13.13	18	12.95	12	10.08	0.70
惡夢	8	4.02	11	7.97	4	3.36	0.16
盜汗	3	1.51	4	2.90	2	1.68	0.64

p 值使用卡方檢定

#### 4. 奈米作業人員工作情形以及防護具使用情形

在作業環境中，通風設備與防護具的使用，對於粉塵工作者而言是件重要的事情，因此，本計畫於問卷中提出相關問題，了解受試者對於通風設備與防護具的使用情形(表 11)。

暴露人員的通風設備與防護具使用狀況，作一概略性了解(表 11)，在通風設備部分，包含有整體換氣裝置的使用以及局部排氣裝置、工業用風扇以及其他的通風設備使用情形調查，在"其它"這個選項中，受試者表示可能僅是開窗戶或是使用 2 種以上通風設備，大多屬於後者，而 RL1 與 RL2 的受試

者大多單一使用局部排氣裝置，其使用比例分別是 54.68%與 38.66%，其次則是選擇”其他”，分別佔 20.86%與 30.25% (表 11)。

在個人防護具方面，對照組中有 40.70%的人並未使用個人防護具，因為在這族群中大多屬於行政人員，而 RL1 與 RL2 中仍有 15.11%以及 6.72%的人員未使用個人防護具。在個人防護具的使用上，有較多比例的人使用防塵口罩，在 RL1 與 RL2 中分別佔 20.14%與 15.13%，而勞研所公告認為能有效抵擋奈米物質之 N95 等級口罩在 RL1 以及 RL2 族群中僅佔 3.60%與 3.36%，另外，有較多的人選擇其他防護用具之使用主要是指 2 種以上個人防護具的使用，在對照組、RL1、RL2 中分別佔了 38.19%、41.01%以及 54.62% (表 11)。

表 11 受試者(N=458)之防護用具使用情形

變項	Risk Level 分組						<i>p-value</i>
	對照組		Risk Level 1		Risk Level 2		
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	
<b>通風設備</b>	對照組		Risk Level 1		Risk Level 2		
整體換器裝置	80	40.20	27	19.42	22	18.49	<0.01
局部排氣裝置	70	35.18	76	54.68	46	38.66	
工業用風扇	13	6.53	7	5.04	15	12.61	
其他	36	18.09	29	20.86	36	30.25	
Total	199	100.00	139	100.00	119	100.00	
<b>個人防護具</b>							
否	81	40.70	21	15.11	8	6.72	<0.01
棉質口罩	10	5.03	8	5.76	10	8.40	
防塵口罩	12	6.03	28	20.14	18	15.13	
活性碳口罩	10	5.03	9	6.47	7	5.88	
N95 等級口罩	3	1.51	5	3.60	4	3.36	
防毒面具	3	1.51	7	5.04	7	5.88	
棉質手套	1	0.50	1	0.72	0	0.00	
塑膠手套	1	0.50	2	1.44	0	0.00	
工作服	2	1.01	1	0.72	0	0.00	
其他	76	38.19	57	41.01	65	54.62	
Total	199	100.00	139	100.00	119	100.00	

*p* 值使用卡方檢定

由於今年之計畫主要在了解重覆測量之情形，因此在選樣上主要以參加 2

次以上之人員做為 GEE 分析之人員，了解隨著時間的累積，RL1 與 RL2 之健康指標數值的上升或下降程度是否比對照組多。此外，也了解在不同暴露物質下，RL1 與 RL2 的上升、下降情形是否多於對照組，其受試者參與情形如表 12。

參與 2 次以上的人有 285 位，對照組有 109 位，暴露組有 176 位，在 176 位奈米物質接觸者中，有 60 位接觸奈米碳管，其中 29 位(48.33%)人員屬於 RL1 中，31 位(51.67%)屬於 RL2；58 位接觸奈米級二氧化鈦，23 位(39.66%)屬於 RL1、35 位(60.34%)屬於 RL2；接觸奈米級二氧化矽者有 73 位，其中有 35 位(47.95%)屬於 RL1、38 位(52.05%)屬於 RL2；接觸奈米銀有 35 位，屬於 RL1 有 17 位(48.57%)、RL2 有 18 位(51.43%)，另外，接觸其它奈米物質的人有 50 位，屬於 RL1 者有 28 位(56.00%)，22 位(44.00%)屬於 RL2 (表 12)。

表 12 285 位(參與 2 次計劃以上)受試者之物質暴露狀況

Risk Level	對照組		暴露組		奈米碳管		奈米級 二氧化鈦		奈米級 二氧化矽		奈米銀		其它 奈米物質	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Risk Level 1	0	0.00	95	53.98	29	48.33	23	39.66	35	47.95	17	48.57	28	56.00
Risk Level 2	0	0.00	81	46.02	31	51.67	35	60.34	38	52.05	18	51.43	22	44.00
Total	109	100.00	176	100.00	60	100.00	58	100.00	73	100.00	35	100.00	50	100.00

另外，本計劃亦了解奈米作業人員每年接觸奈米物質之頻率情形，包含詢問其每週接觸奈米物質的次數以及每次接觸的時間(時)，結果顯示，不管是哪一次，RL2 的暴露情形平均高於 RL1(表 13)。

在 RL1 的族群，他們每週平均接觸奈米物質次數分別為 2.63 次、2.17 次、2.13 次以及 2.35 次；每次接觸的時間分別是 2.62 小時、2.33 小時、1.93 小時以及 2.42 小時，所以 RL1 族群每週接觸的時間分別是 8.12 時/週、5.13 時/週、3.11 時/週以及 7.86 時/週。

RL2 族群的接觸頻率平均都高於 RL1 族群，其分佈如下(表 13)，平均每週接觸奈米物質的次數分別為 3.58 次、3.25 次、2.60 次以及 3.08 次；每次接觸的時間分別是 4.22 小時、3.18 小時、3.71 小時以及 4.35 小時，所以 RL1 族群每週接觸的時間分別是 17.94 時/週、10.71 時/週、10.10 時/週以及 15.62 時/週。

表 13 暴露頻率(參與 2 次以上的暴露組資料)

	RiskLevel	N	Mean	SD
頻率:次/週(1)	RL1	58	2.63	1.95
	RL2	57	3.58	2.32
頻率:次/週(2)	RL1	76	2.17	1.53
	RL2	65	3.25	1.70
頻率:次/週(3)	RL1	43	2.13	1.64
	RL2	47	2.60	1.74
頻率:次/週(4)	RL1	24	2.35	1.51
	RL2	24	3.08	2.10
頻率:時/次(1)	RL1	57	2.62	2.63
	RL2	58	4.22	3.31
頻率:時/次(2)	RL1	76	2.33	2.16
	RL2	67	3.18	2.55
頻率:時/次(3)	RL1	42	1.93	1.84
	RL2	47	3.71	2.99
頻率:時/次(4)	RL1	24	2.42	2.44
	RL2	24	4.35	3.35
時/週(1)	RL1	56	8.21	11.82
	RL2	57	17.94	17.84
時/週(2)	RL1	81	5.13	6.72
	RL2	66	10.71	11.97
時/週(3)	RL1	64	3.11	5.38
	RL2	55	10.10	14.20
時/週(4)	RL1	24	4.83	7.86
	RL2	24	15.62	18.60

## 第二節 縱貫性研究結果

### 1. 發炎反應指標

發炎反應指標包含有 NO、CC16、NF-kB、IL-6、IL-6sR、8-OHdG、8-isoPGF2 以及 N7-MeG。

#### (1) NO

NO 的測定由 NObreath<sup>®</sup>來進行測定，NObreath<sup>®</sup>操作簡便，實際測定時取受測者三次相近測值之平均為結果。唯同時與收案時進行的肺功能檢查 (spirometry) 會降低吐氣的 NO 測值，因此實驗時之順序須安排在肺功能檢測前。另由於呼出的 NO 值會與呼氣流速相關，因此須規範 NO 的測定在一個特定吐氣流速下進行測定，在本裝置中則是教導受試者，使控制吐氣量讓浮球漂浮在兩刻線內，其對應流速應大約在 50±5 mL 的範圍內。

吐氣中的 NO 值會隨一天的時間改變，健康的受試者早上的 NO 測定值會相對於高於其下午的測定值，若每次測定的時間均在每天的同一時間測量，則可預期得到的測量值在每日、每週，甚至跨季的再現性應該相當的高。正常人的吐氣 NO 濃度值約在 5-35 ppb 之間(小孩約在 5-25 ppb 之間) [1]。常見被用以探討且具影響的變項包括有：年齡、身高、BMI、種族、性別、是否罹患氣喘及是否罹患異位性體質。而由本研究之表 14 在以不同生活習慣為變項進行 NO 結果探討時，顯示僅性別及是否具抽煙習慣會對測值有顯著性的影響，且其中男性測值高於女性，而具抽煙習慣的受測者 NO 結果顯著低於沒有抽煙習慣的受試者。其餘如有嚼檳榔習慣和有喝酒習慣的受試者，其 NO 測值亦呈現較相對對照組為低的結果，但並未達統計上顯著的意義。表 15 則為探討在罹患不同疾病時，是否會對所測得的 NO 有所影響，由表中可以看出，在所探討的變項中，包括有慢性支氣管炎、氣喘、鼻炎、心律不整、心絞痛、心臟瓣膜疾病、高血脂、高血壓、異位性皮膚炎、過敏性皮膚炎、色素沈澱及毛囊炎，僅氣喘和鼻炎患者的 NO 結果會顯著地高於無疾病者，尤其是當罹患氣喘時，其 NO 平均值可高達約 65 ppb。另外有過敏性皮膚炎中，其值亦略高於無過敏性皮膚炎者，唯此結果僅呈現邊緣不顯著的差異。

圖 16 則是在考慮不同危害層級分組時，受試者之重複測量分布狀況，

圖中可知對於不同之危害分組，其皆呈現了隨著收案的時間/次數而有 NO 數值下降的情形。而表 16 及表 17 則是在對數據進行性別、是否具抽煙習慣、氣喘及鼻炎為校正變項予以校正後所得結果，僅在不考慮危害分組時，受試者整體之結果呈現一隨收案時間/次數增加而有顯著的減少情形，唯減少的幅度並不大。其餘則是不論是進行何種之危害程度分級，或在各別分組中是否進一步考慮時間增加下的變化，其皆顯示與相對組間無顯著的差異或趨勢存在。

若進一步依受試者暴露之物質將受試者分組，並考量其危害程度分級，則其重複測量分布情形分別顯示於圖 17、圖 18、圖 19、圖 20 及圖 21。在暴露於奈米碳管(圖 17)、奈米級二氧化鈦(圖 18)以及奈米級二氧化矽(圖 19)的受試者中，可以看到其不論在何種危害層級中，皆呈現一隨收案時間/次數而持續下降的現象。圖 21 則顯示奈米銀的結果，除 RL2 呈現一先減少再增加的現象外，對照組及 RL1 分組則是呈現逐漸減少的情形。至於暴露於其它奈米物質的處置者，則是於圖 22 顯示了其 NO 在 RL1 分組有先減少在增加的現象，而對照組和 RL2 分組則是呈現逐漸下降的趨勢。而進一步考量 GEE 分析時，則可發現不論何種奈米物質的暴露，當不考慮危害層級分組時，其受測者整體的趨勢皆呈現隨收案時間/次數而下降的情形。其中在耐米碳管處置者中，表 18 及表 19 顯示其不論以何種危害層級分組，或考慮在各危害層級中隨著收案時間/次數的 NO 結果，在與對照組進行比較時，皆未有呈現顯著性的影響或差異。在表 20 及表 21 中的奈米級二氧化鈦及在表 26 和表 27 的其它奈米物質處置者的結果中，亦顯示了類似的結果。表 22 及表 23 對奈米級二氧化矽處置者的 NO 結果探討中顯示，僅考量 RL1 分組相對於對照組食有較低的 NO 測值，但此結果僅呈現邊緣不顯著的影響，而在奈米級二氧化矽處置者以其餘的危害分組(包括 RL2 及僅 RL)，或是在各別危害分組內考慮隨收案時間/次數的變化時，皆未顯示與對照組間有顯著的差異存在。由表 24 及表 25 奈米銀處置者重複測量之 GEE 分析，則顯示較為複雜的結果，表 24 顯示 RL1 分組在僅考慮其 NO 測值或考量其隨時間變化的程度，皆與對照組間無顯著的差異。而 RL2 分組或僅將受測者區分為有暴露的分組時，其 NO 測值皆相對於對照組為低，但

都呈現邊緣不顯著的影響( $p>0.05$ )；當對此兩分組進一步考慮 NO 測值隨收案時間/次數的增加而顯現的變化時，可發現其增高的斜率變化則是顯著的高於對照組中相對的變化。

表 14 NO(ppb)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	188	23.99	±	19.59	0.44
	>40, 40 歲以上	93	22.80	±	16.36	
性別	女	86	18.94	±	14.03	<0.01
	男	195	25.64	±	19.93	
抽菸習慣	無	250	24.29	±	19.02	0.03
	有	30	18.30	±	13.43	
喝酒習慣	無	255	23.83	±	19.16	0.78
	有	26	21.22	±	11.07	
嚼檳榔習慣	無	273	23.85	±	18.75	0.10
	有	8	14.71	±	5.85	
籍貫	台閩	216	23.03	±	17.48	0.20
	客家	40	28.33	±	26.45	
	其它(原住民與外省籍)	24	20.93	±	10.12	
教育程度	高中職以下	44	19.05	±	8.46	0.18
	大專/大學	126	25.12	±	20.05	
	研究所以上	110	23.79	±	19.57	

*p* 值使用無母數分析

表 15 NO(ppb)在不同疾病狀況下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	264	23.36	±	18.37	0.27
	有	16	28.48	±	21.75	
氣喘	無	272	22.63	±	16.54	0.01
	有	7	65.33	±	39.69	
鼻炎	無	231	22.40	±	16.94	0.03
	有	50	29.11	±	24.20	
心律不整	無	270	23.82	±	18.84	0.52
	有	11	17.91	±	7.90	
心絞痛	無	278	23.60	±	18.64	0.73
	有	3	22.44	±	11.19	
心臟瓣膜疾病	無	276	23.78	±	18.65	0.14
	有	5	13.13	±	8.13	
高血脂	無	260	23.58	±	19.08	0.14
	有	21	23.71	±	10.51	
高血壓	無	258	24.08	±	19.15	0.33
	有	23	18.12	±	8.37	
異位性皮膚炎	無	258	23.71	±	18.89	0.82
	有	23	22.23	±	14.75	
過敏性皮膚炎	無	247	23.28	±	18.71	0.09
	有	34	25.85	±	17.58	
色素沉澱	無	273	23.58	±	18.68	0.48
	有	8	24.04	±	15.23	
毛囊炎	無	269	23.54	±	18.70	0.48
	有	12	24.75	±	15.91	

*p* 值使用無母數分析

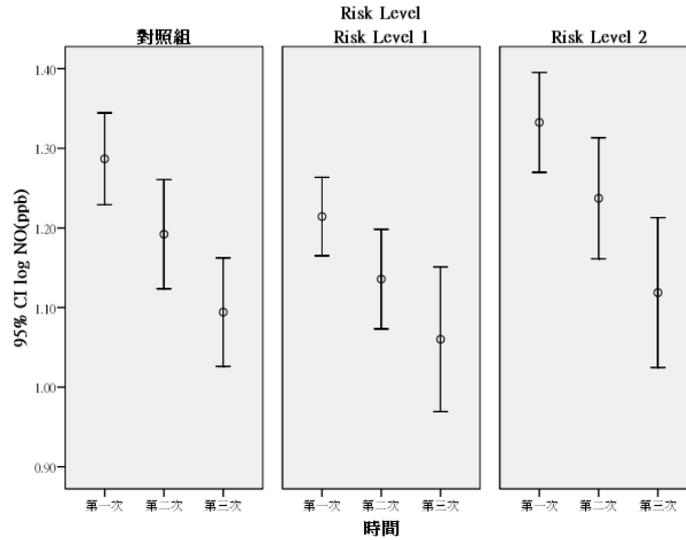


圖 16 NO(ppb)重覆測量之分布情形

表 16 NO(ppb)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.09	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.09	0.05	0.04
氣喘(有 vs 無)	0.22	0.09	0.02
鼻炎(有 vs 無)	0.08	0.03	0.02
RL2vs 對照組	0.04	0.06	0.52
RL1vs 對照組	-0.09	0.05	0.10
Time	-0.09	0.02	<0.01
RL2*Time	-0.01	0.03	0.85
RL1*Time	0.01	0.03	0.84

依變項: log NO(ppb)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 鼻炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 17 NO(ppb)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.08	0.03	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.09	0.05	0.07
氣喘(有 vs 無)	0.23	0.10	0.02
鼻炎(有 vs 無)	0.07	0.03	0.03
Risk Level	0.02	0.03	0.60
Time	-0.09	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.02	0.85

依變項: log NO(ppb)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 鼻炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

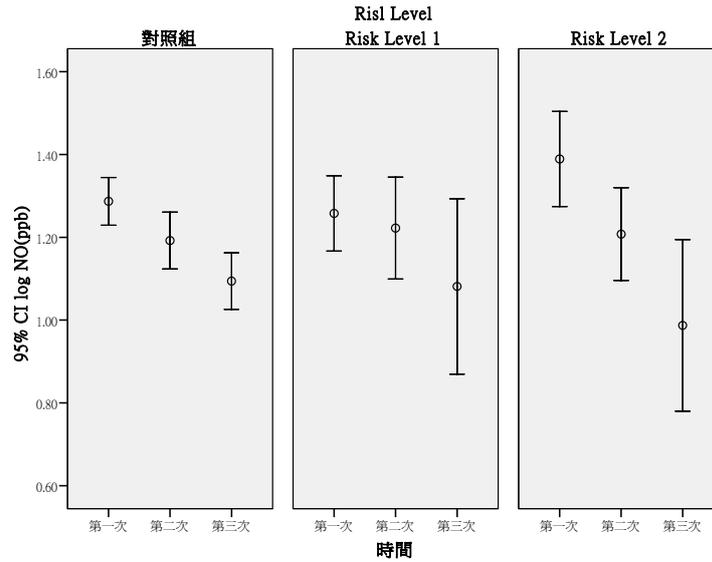


圖 17 奈米碳管處置者之 NO(ppb)重覆測量分布情形

表 18 NO(ppb)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.11	0.04	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.16	0.07	0.03
氣喘(有 vs 無)	0.27	0.09	<0.01
鼻炎(有 vs 無)	0.01	0.04	0.86
RL2vs 對照組	0.15	0.10	0.14
RL1vs 對照組	-0.03	0.07	0.65
Time	-0.09	0.02	<0.01
RL2*Time	-0.08	0.05	0.12
RL1*Time	0.00	0.04	0.93

依變項: log NO(ppb)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 鼻炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 19 NO(ppb)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.11	0.04	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.17	0.07	0.02
氣喘(有 vs 無)	0.27	0.09	<0.01
鼻炎(有 vs 無)	0.00	0.04	0.90
Risk Level	0.06	0.05	0.20
Time	-0.09	0.02	<0.01
Risk Level* Time	-0.04	0.02	0.15

依變項: log NO(ppb)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 鼻炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

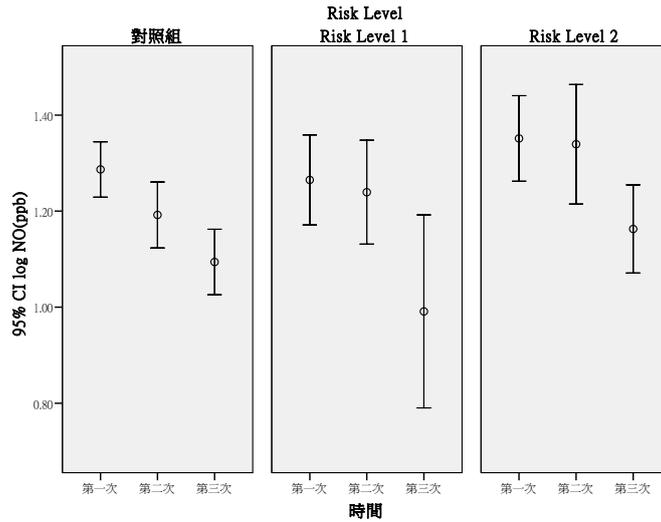


圖 18 奈米級二氧化鈦處置者之 NO(ppb)重覆測量分布情形

表 20 NO(ppb)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.11	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.07	0.49
氣喘(有 vs 無)	0.30	0.11	0.01
鼻炎(有 vs 無)	0.05	0.05	0.25
RL2vs 對照組	0.06	0.07	0.44
RL1vs 對照組	0.01	0.08	0.93
Time	-0.09	0.02	<0.01
RL2*Time	0.01	0.03	0.78
RL1*Time	-0.03	0.04	0.45

依變項: log NO(ppb)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 鼻炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 21 NO(ppb)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.10	0.04	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.07	0.65
氣喘(有 vs 無)	0.31	0.12	0.01
鼻炎(有 vs 無)	0.05	0.04	0.24
Risk Level	0.03	0.04	0.44
Time	-0.10	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.02	1.00

依變項: log NO(ppb)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 鼻炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

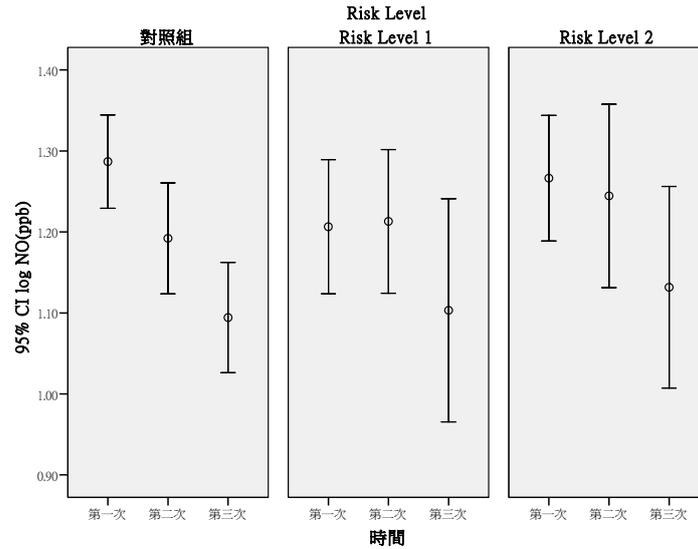


圖 19 奈米級二氧化矽處置者之 NO(ppb)重覆測量分布情形

表 22 NO(ppb)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.10	0.04	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.13	0.07	0.05
氣喘(有 vs 無)	0.31	0.10	<0.01
鼻炎(有 vs 無)	0.08	0.05	0.07
RL2vs 對照組	-0.04	0.06	0.51
RL1vs 對照組	-0.13	0.06	0.05
Time	-0.09	0.02	<0.01
RL2*Time	0.03	0.03	0.40
RL1*Time	0.04	0.03	0.16

依變項: log NO(ppb)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 鼻炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 23 NO(ppb)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.09	0.04	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.12	0.07	0.07
氣喘(有 vs 無)	0.32	0.10	<0.01
鼻炎(有 vs 無)	0.09	0.05	0.06
Risk Level	-0.03	0.03	0.29
Time	-0.09	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.02	0.01	0.29

依變項: log NO(ppb)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 鼻炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

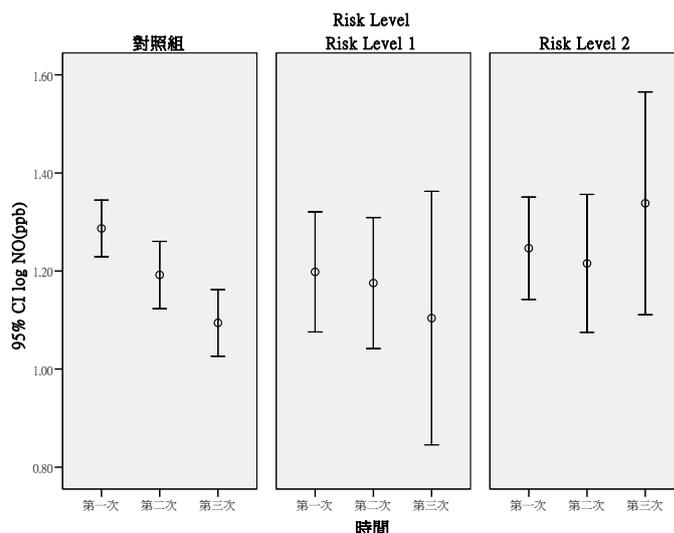


圖 20 奈米銀處置者之 NO(ppb)重覆測量分布情形

表 24 NO(ppb)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.08	0.04	0.05
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.09	0.07	0.24
氣喘(有 vs 無)	0.32	0.12	0.01
鼻炎(有 vs 無)	-0.01	0.05	0.76
RL2vs 對照組	-0.16	0.09	0.08
RL1vs 對照組	-0.06	0.11	0.59
Time	-0.09	0.02	<0.01
RL2*Time	0.11	0.05	0.02
RL1*Time	0.03	0.06	0.66

依變項: log NO(ppb)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 鼻炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 25 NO(ppb)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.08	0.04	0.05
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.09	0.07	0.22
氣喘(有 vs 無)	0.32	0.12	0.01
鼻炎(有 vs 無)	-0.01	0.05	0.78
Risk Level	-0.08	0.05	0.09
Time	-0.10	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.05	0.02	0.04

依變項: log NO(ppb)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 鼻炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

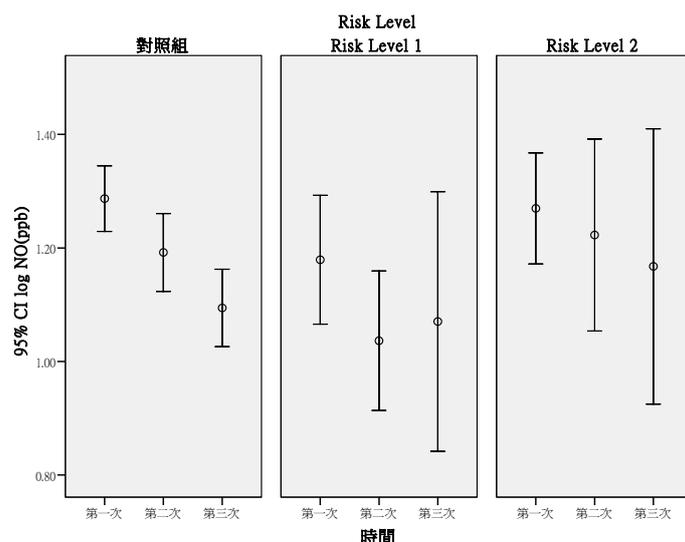


圖 21 奈米銀處置者之 NO(ppb)重覆測量分布情形

表 26 NO(ppb)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.09	0.04	0.04
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.12	0.08	0.14
氣喘(有 vs 無)	0.27	0.11	0.01
鼻炎(有 vs 無)	0.02	0.05	0.64
RL2vs 對照組	-0.09	0.07	0.22
RL1vs 對照組	-0.12	0.09	0.15
Time	-0.09	0.02	<0.01
RL2*Time	0.05	0.05	0.28
RL1*Time	0.00	0.04	0.95

校正變項: log NO(ppb)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 鼻炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 27 NO(ppb)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.08	0.04	0.06
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.11	0.09	0.19
氣喘(有 vs 無)	0.28	0.12	0.02
鼻炎(有 vs 無)	0.01	0.05	0.83
Risk Level	-0.06	0.04	0.13
Time	-0.10	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.02	0.02	0.39

校正變項: log NO(ppb)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 鼻炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

## (2) CCSP(Clara cell secretory protein)

Clara 細胞蛋白-16 (CC16)乃是由一種稱為 clara cell 之非纖維性釋泌細胞所分泌之的蛋白，Clara cell 主要分佈於肺部支氣管及氣管末梢之表皮。Clara 細胞蛋白-16 又稱為 CCSP (Clara cell secretory protein)、CC10、或 urine protein 1，屬於一種保護性蛋白，已被證明在肺部具有抗發炎和免疫調節功能，本研究將以 CC16 的表現量作為肺部發炎反應的指標。

由酵素連結免疫吸附分析法(ELISA)測得研究樣本 285 人之血清中 CC16 濃度。在單變項分析中(表 28)發現在人口學變項，如：年齡分組、性別、籍貫及教育程度無統計上的顯著意義。在健康行為部分，發現嚼食檳榔與否之 CC16 濃度達統計上的顯著差異( $p < 0.01$ )，測定值分別為嚼食檳榔者  $3.92 \pm 1.74$  ng/ml，未嚼食檳榔者  $6.23 \pm 2.94$  ng/ml。由於嚼食檳榔之個案僅有 8 人，此處較難推估嚼食檳榔者之 CC16 濃度低於未嚼食檳榔者之意涵為何。在疾病與 CC16 濃度之單變項分析結果中(表 29)，發現慢性支氣管炎、氣喘、鼻炎、心律不整、心絞痛、心臟瓣膜疾病、高血脂、高血壓、異味性皮膚炎、過敏性皮膚炎、色素沉澱、毛囊炎...等疾病，皆與血清中 CC16 沒有統計上的顯著意義。

表 28 CC16(ng/mL)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	186	6.12	±	2.98	0.56
	>40，40 歲以上	94	6.25	±	2.87	
性別	女	86	5.68	±	2.74	0.09
	男	194	6.38	±	3.00	
抽菸習慣	無	250	6.15	±	2.79	0.76
	有	29	6.39	±	4.04	
喝酒習慣	無	255	6.14	±	2.85	0.6
	有	25	6.33	±	3.75	
嚼檳榔習慣	無	272	6.23	±	2.94	0.01
	有	8	3.92	±	1.74	
籍貫	台閩	217	6.24	±	2.93	0.79
	客家	38	5.93	±	2.91	
	其它(原住民與外省籍)	24	5.85	±	3.14	
教育程度	高中職以下	47	5.90	±	2.82	0.45
	大專/大學	124	5.97	±	2.91	
	研究所以上	108	6.51	±	3.00	

*p* 值使用無母數分析

表 29 CC16(ng/mL)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	263	6.10	±	2.90	0.30
	有	16	7.02	±	3.42	
氣喘	無	270	6.15	±	2.89	0.98
	有	8	6.67	±	3.95	
鼻炎	無	230	6.26	±	3.00	0.22
	有	50	5.72	±	2.59	
心律不整	無	269	6.13	±	2.91	0.48
	有	11	7.02	±	3.46	
心絞痛	無	277	6.16	±	2.94	0.66
	有	3	6.49	±	2.64	
心臟瓣膜疾病	無	275	6.17	±	2.93	0.66
	有	5	5.86	±	3.28	
高血脂	無	259	6.11	±	2.84	0.88
	有	21	6.76	±	3.99	
高血壓	無	257	6.18	±	2.96	0.59
	有	23	5.95	±	2.74	
異位性皮膚炎	無	258	6.17	±	2.96	0.86
	有	22	6.11	±	2.66	
過敏性皮膚炎	無	246	6.16	±	2.94	0.87
	有	34	6.14	±	2.95	
色素沉澱	無	272	6.14	±	2.93	0.44
	有	8	6.90	±	3.37	
毛囊炎	無	268	6.17	±	2.93	0.57
	有	12	6.01	±	3.13	

*p* 值使用無母數分析

本研究追蹤收案共計四次，其中有 285 人至少測定了二年的血清中 CC16 濃度。這些重複測定的研究樣本資料，將進一步以 GEE 分析奈米微粒暴露風險與測定年度的關係。表 30 為 CC16 重複測量之 GEE 分析模型，校正個案之性別、抽菸習慣、嚼食檳榔習慣等因素後，研究發現奈米微粒高暴露組(RL2)與對照組(control)在血清中 CC16 沒有顯著差異( $p=0.80$ )；但奈米微粒低暴露組(RL1)與對照組(control)在血清中 CC16 亦無顯著差異( $p=0.62$ )。測定年度(time)亦無統計上的顯著差異( $p=0.23$ )。若考慮奈米微粒暴露程度(Risk Level) RL 與測定年度(time)的交互作用，不論是高暴露組(RL2)或低暴露組(RL1)，其測定年度皆未達統計上的顯著差異( $p=0.60$ ，

0.21)。

表 31 為 CC16 重複測量之 GEE 趨勢分析模型，校正個案之性別、抽菸習慣、嚼食檳榔習慣等因素後，研究發現奈米微粒暴露危險程度(Risk Level)在血清中 CC16 沒有顯著差異( $p=0.77$ )。測定年度(time)亦無統計上的顯著差異( $p=0.09$ )。若進一步考慮奈米微粒暴露程度(Risk Level) RL 與測定年度(time)的交互作用，則亦無統計上的顯著差異( $p=0.54$ )。

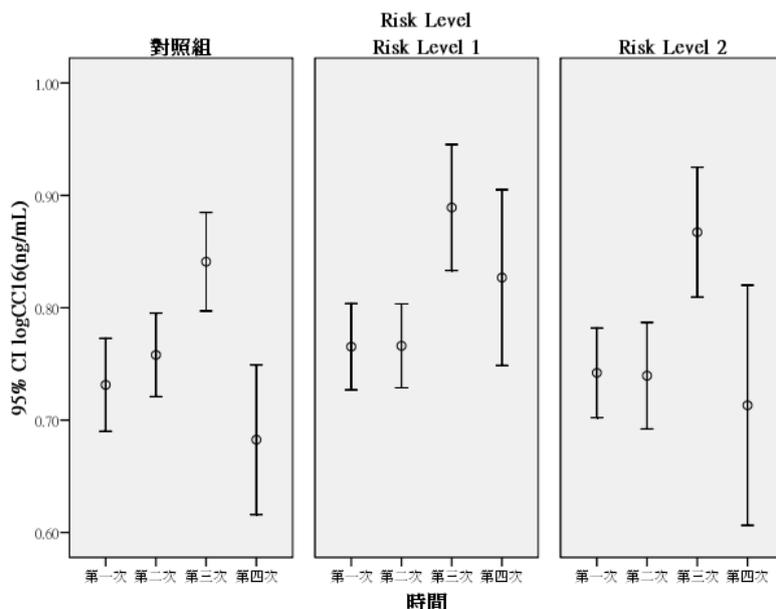


圖 22 CC16(ng/mL)之重覆測量分布情形

表 30 CC16(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.05	0.02	0.02
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.04	0.58
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.27	0.08	<0.01
RL2vs 對照組	-0.01	0.04	0.80
RL1vs 對照組	-0.02	0.03	0.62
Time	0.01	0.01	0.23
RL2*Time	0.01	0.01	0.60
RL1*Time	0.02	0.01	0.21

依變項: logCC16(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 31 CC16(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.05	0.02	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.04	0.57
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.27	0.08	<0.01
Risk Level	-0.01	0.02	0.77
Time	0.01	0.01	0.09
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.54

依變項: logCC16(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 32 為 CC16 在奈米碳管處置者重複測量之 GEE 分析模型，校正個案之性別、抽菸習慣、嚼食檳榔習慣等因素後，研究發現奈米碳管微粒高暴露組(RL2)比對照組(control)在血清中 CC16 略低( $\beta=-0.09$ )，且在統計顯著之邊緣( $p=0.06$ )；但奈米碳管微粒低暴露組(RL1)與對照組(control)在血清中 CC16 則無顯著差異( $p=0.15$ )。測定年度(time)亦無統計上的顯著差異( $p=0.18$ )。若考慮奈米碳管微粒暴露程度(Risk Level)RL 與測定年度(time)的交互作用，在奈米碳管微粒高暴露組(RL2)達到統計上的顯著差異( $p=0.01$ )

，且高暴露組之暴露時間越長，其血清中 CC16 則較高( $\beta=0.04$ )。若由圖 23 觀察，可瞭解奈米碳管微粒高暴露組(RL2)在第一次及第二次測定年度之血清中 CC16 皆較對照組略低，在第三次測定年度時，則明顯偏高，到了第四次測定年度時，其點估計值比第三次測定年度時明顯偏高 2 倍以上。因此，當奈米碳管微粒高暴露時間越長，其血清中肺部發炎反應的指標 CC16 越高，表示長期暴露高濃度之奈米碳管微粒可能造成肺部發炎。

表 33 為 CC16 在奈米碳管處置者重複測量之 GEE 趨勢分析模型，校正個案之性別、抽菸習慣、嚼食檳榔習慣等因素後，研究發現奈米微粒暴露危險程度(Risk Level)在血清中 CC16 達統計上的顯著差異( $p=0.04$ )，其  $\beta$  值為-0.05，表示暴露程度越高者，其血清中 CC16 濃度越低。但若進一步將個案以測定年度(time)分組比較，考慮奈米碳管微粒暴露程度(Risk Level)RL 與測定年度(time)的交互作用，則發現高暴露組(RL2)且暴露時間越長者，其血清中 CC16 濃度越高，且達統計上的顯著差異( $p=0.01$ )。

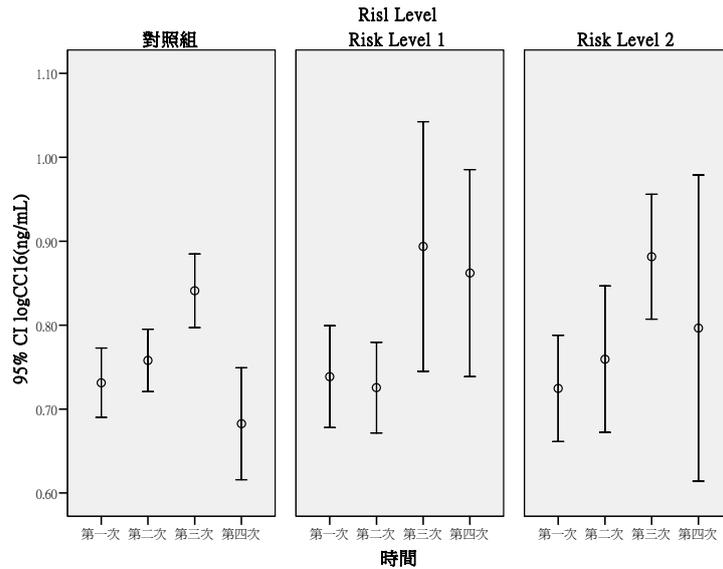


圖 23 奈米碳管處置者之 CC16(ng/mL)重覆測量分布情形

表 32 CC16(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.08	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.05	0.71
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.33	0.12	0.01
RL2vs 對照組	-0.09	0.05	0.06
RL1vs 對照組	-0.07	0.05	0.15
Time	0.01	0.01	0.18
RL2*Time	0.04	0.02	0.01
RL1*Time	0.02	0.02	0.31

依變項: logCC16(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 33 CC16(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.08	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.05	0.76
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.33	0.12	0.01
Risk Level	-0.05	0.02	0.04
Time	0.01	0.01	0.17
Risk Level* Time	0.02	0.01	0.01

依變項: logCC16(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 34 為 CC16 在奈米級二氧化鈦重複測量之 GEE 分析模型，校正個案之性別、抽菸習慣、嚼食檳榔習慣等因素後，研究發現奈米級二氧化鈦高暴露組(RL2)與對照組(control)在血清中 CC16 沒有顯著差異( $p=0.74$ )；且奈米微粒低暴露組(RL1)與對照組(control)在血清中 CC16 亦無顯著差異( $p=0.44$ )。測定年度(time)亦無統計上的顯著差異( $p=0.23$ )。若考慮奈米級二氧化鈦暴露程度(Risk Level) RL 與測定年度(time)的交互作用，不論是高暴露組(RL2)或低暴露組(RL1)，其測定年度皆未達統計上的顯著差異( $p=0.31, 0.99$ )。

表 35 為 CC16 在奈米級二氧化鈦重複測量之 GEE 趨勢分析模型，校正個案之性別、抽菸習慣、嚼食檳榔習慣等因素後，研究發現奈米級二氧化鈦暴露危險程度(Risk Level)在血清中 CC16 沒有顯著差異( $p=0.64$ )。測定年度(time)亦無統計上的顯著差異( $p=0.18$ )。若進一步考慮奈米微粒暴露程度(Risk Level)RL 與測定年度(time)的交互作用，則亦無統計上的顯著差異( $p=0.34$ )。

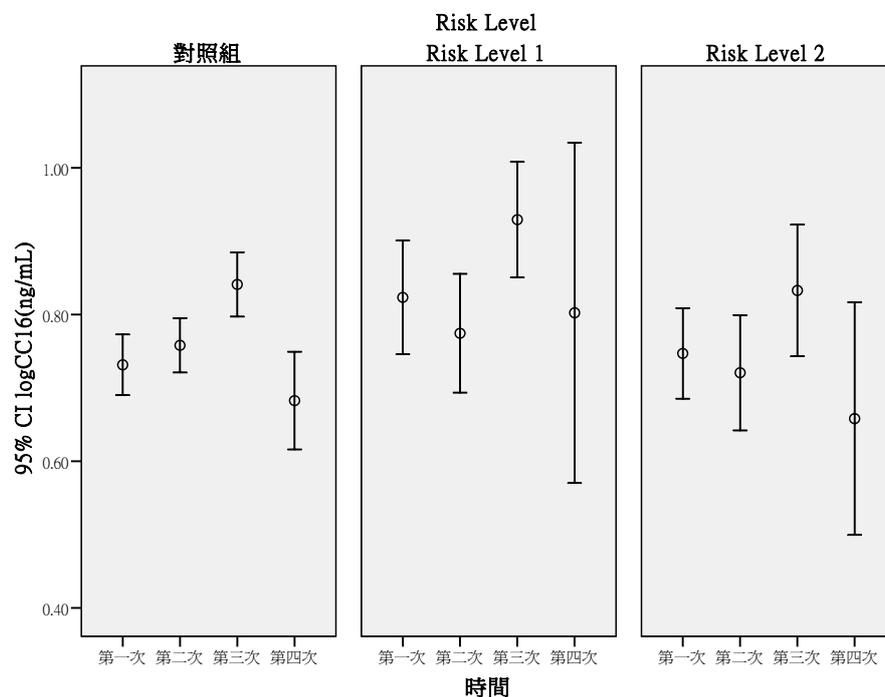


圖 24 奈米級二氧化鈦處置者之 CC16(ng/mL)重覆測量分布情形

表 34 CC16(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.06	0.03	0.02
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.06	0.06	0.31
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.33	0.12	0.01
RL2vs 對照組	0.02	0.05	0.74
RL1vs 對照組	0.04	0.05	0.44
Time	0.01	0.01	0.23
RL2*Time	-0.02	0.02	0.31
RL1*Time	0.00	0.02	0.99

依變項: logCC16(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 35 CC16(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.07	0.03	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.07	0.06	0.27
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.34	0.12	0.01
Risk Level	0.01	0.02	0.64
Time	0.01	0.01	0.18
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.34

依變項: logCC16(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 36 為 CC16 在奈米級二氧化矽重複測量之 GEE 分析模型，校正個案之性別、抽菸習慣、嚼食檳榔習慣等因素後，研究發現奈米級二氧化矽高暴露組(RL2)與對照組(control)在血清中 CC16 沒有顯著差異( $p=0.63$ )；且奈米微粒低暴露組(RL1)與對照組(control)在血清中 CC16 亦無顯著差異( $p=0.69$ )。測定年度(time)亦無統計上的顯著差異( $p=0.24$ )。若考慮奈米級二氧化矽暴露程度(Risk Level)RL 與測定年度(time)的交互作用，不論是高暴露組(RL2)或低暴露組(RL1)，其測定年度皆未達統計上的顯著差異( $p=1.00, 0.11$ )。

表 37 為 CC16 在奈米級二氧化矽重複測量之 GEE 趨勢分析模型，校

正個案之性別、抽菸習慣、嚼食檳榔習慣等因素後，研究發現奈米級二氧化鈦暴露危險程度(Risk Level)在血清中 CC16 沒有顯著差異( $p=0.75$ )。測定年度(time)亦無統計上的顯著差異( $p=0.10$ )。若進一步考慮奈米微粒暴露程度(Risk Level) RL 與測定年度(time)的交互作用，則亦無統計上的顯著差異( $p=0.68$ )。

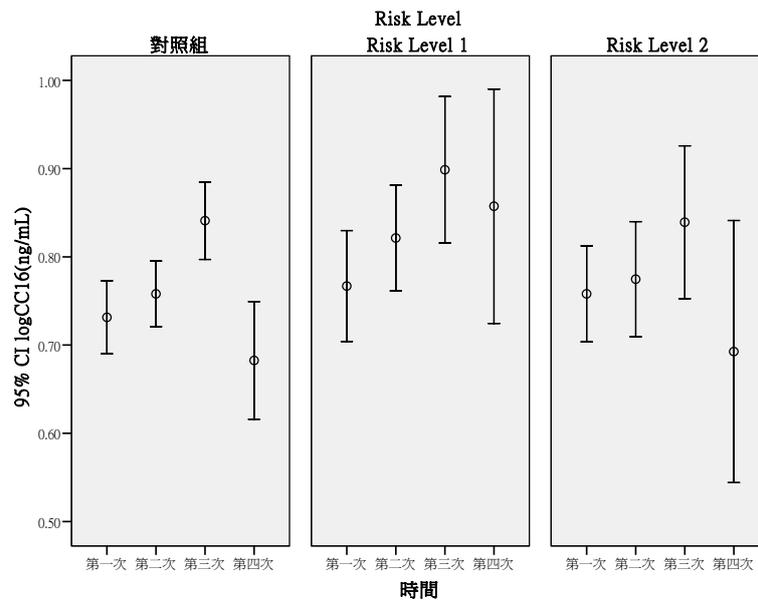


圖 25 奈米級二氧化矽處置者之 CC16 (ng/mL)重覆測量分布情形

表 36 CC16(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.07	0.02	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.06	0.06	0.34
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.22	0.11	0.05
RL2vs 對照組	0.02	0.04	0.63
RL1vs 對照組	-0.02	0.05	0.69
Time	0.01	0.01	0.24
RL2*Time	0.00	0.02	1.00
RL1*Time	0.03	0.02	0.11

依變項: logCC16(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 37 CC16(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.07	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.06	0.06	0.31
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.23	0.11	0.04
Risk Level	0.01	0.02	0.75
Time	0.01	0.01	0.10
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.68

依變項: logCC16(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 38 為 CC16 在奈米銀重複測量之 GEE 分析模型，校正個案之性別、抽菸習慣、嚼食檳榔習慣等因素後，研究發現奈米銀高暴露組(RL2)與對照組(control)在血清中 CC16 沒有顯著差異( $p=0.95$ )；且奈米銀低暴露組(RL1)與對照組(control)在血清中 CC16 亦無顯著差異( $p=0.99$ )。測定年度(time)亦無統計上的顯著差異( $p=0.20$ )。若考慮奈米銀暴露程度(Risk Level)RL 與測定年度(time)的交互作用，不論是高暴露組(RL2)或低暴露組(RL1)，其測定年度皆未達統計上的顯著差異( $p=0.61, 0.88$ )。

表 39 為 CC16 在奈米銀重複測量之 GEE 趨勢分析模型，校正個案之性別、抽菸習慣、嚼食檳榔習慣等因素後，研究發現奈米級二氧化鈦暴露危險程度(Risk Level)在血清中 CC16 沒有顯著差異( $p=0.95$ )。測定年度(time)亦無統計上的顯著差異( $p=0.20$ )。若進一步考慮奈米微粒暴露程度(Risk Level) RL 與測定年度(time)的交互作用，則亦無統計上的顯著差異( $p=0.61$ )。

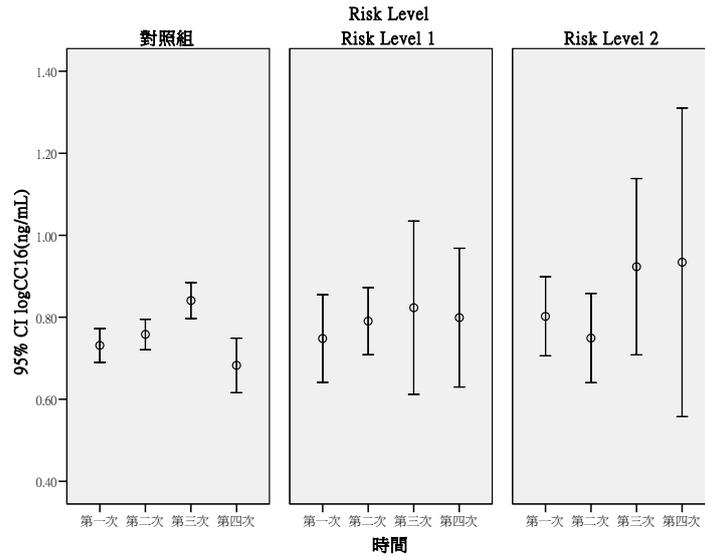


圖 26 奈米銀處置者之 CC16(ng/mL)重覆測量分布情形

表 38 CC16(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.09	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.06	0.60
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.34	0.16	0.04
RL2vs 對照組	0.00	0.07	0.95
RL1vs 對照組	0.00	0.06	0.99
Time	0.01	0.01	0.20
RL2*Time	0.01	0.03	0.61
RL1*Time	0.00	0.02	0.88

依變項: logCC16(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 39 CC16(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.09	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.06	0.58
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.34	0.16	0.04
Risk Level	0.00	0.03	0.95
Time	0.01	0.01	0.20
Risk Level* Time	0.01	0.01	0.61

依變項: logCC16(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 40 為 CC16 在其他奈米物質重複測量之 GEE 分析模型，校正個案之性別、抽菸習慣、嚼食檳榔習慣等因素後，研究發現其他奈米物質高暴露組(RL2)與對照組(control)在血清中 CC16 沒有顯著差異( $p=0.34$ )；且其他奈米物質低暴露組(RL1)與對照組(control)在血清中 CC16 亦無顯著差異( $p=0.19$ )。測定年度(time)亦無統計上的顯著差異( $p=0.20$ )。若考慮其他奈米物質暴露程度(Risk Level) RL 與測定年度(time)的交互作用，不論是高暴露組(RL2)或低暴露組(RL1)，其測定年度皆未達統計上的顯著差異( $p=0.36, 0.18$ )。

表 41 為 CC16 在其他奈米物質重複測量之 GEE 趨勢分析模型，校正個案之性別、抽菸習慣、嚼食檳榔習慣等因素後，研究發現奈米級二氧化鈦暴露危險程度(Risk Level)在血清中 CC16 沒有顯著差異( $p=0.17$ )。測定年度(time)亦無統計上的顯著差異( $p=0.27$ )。若進一步考慮奈米微粒暴露程度(Risk Level) RL 與測定年度(time)的交互作用，則亦無統計上的顯著差異( $p=0.17$ )。

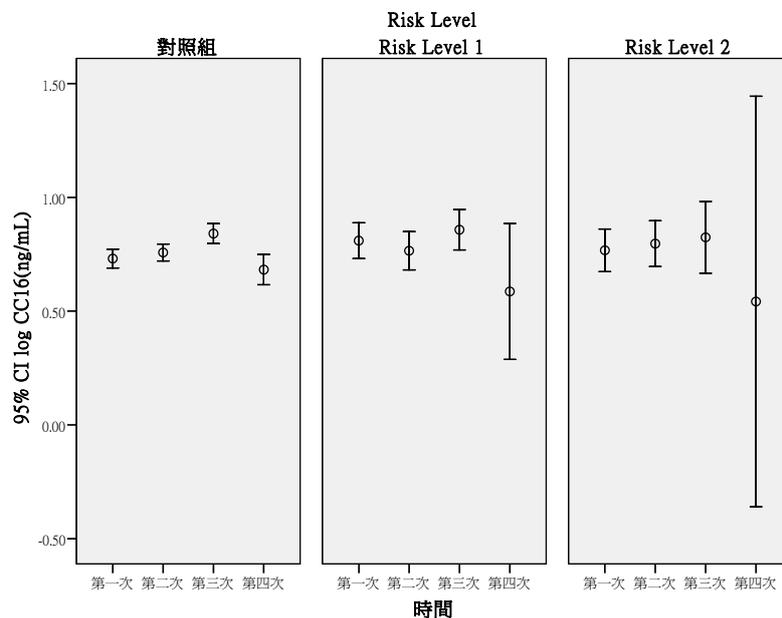


圖 27 其他奈米物質處置者之 CC16(ng/mL)重覆測量分布情形

表 40 CC16(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.07	0.03	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.06	0.56
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.34	0.13	0.01
RL2vs 對照組	0.06	0.07	0.34
RL1vs 對照組	0.08	0.06	0.19
Time	0.01	0.01	0.20
RL2*Time	-0.03	0.03	0.36
RL1*Time	-0.03	0.03	0.18

校正變項: logCC16(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 41 CC16(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.07	0.03	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.06	0.59
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.34	0.13	0.01
Risk Level	0.04	0.03	0.17
Time	0.01	0.01	0.27
Risk Level* Time	-0.02	0.01	0.17

校正變項: logCC16(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

本研究以血清中之 Clara 細胞蛋白-16 (CC16)作為肺部發炎的指標，過去研究發現血清中之 CC16 較尿液中之 CC16 能更精準的反應肺部的情形。在基本人口學變項及健康行為方面，發現年齡與血清中 CC16 無相關，這與過去研究發現符合。過去研究中針對性別及 CC16 為主題進行之研究發現：在健康成人中，性別對血清中的 CC16 不會造成影響[168]。本研究發現抽菸習慣與血清中 CC16 無相關，但過去研究發現 2 到 4 小時的短期抽菸暴露會提高血清中 CC16 的濃度，但在 24 小時之後則無差異[169]。因此，本研究收案個案抽血前 2 到 4 小時是否有抽菸，才可能是抽菸習慣與血清中 CC16 濃度的關鍵。

在特定疾病方面，本研究發現慢性支氣管炎、氣喘、鼻炎、心律不整、

心絞痛、心臟瓣膜疾病、高血脂、高血壓、異味性皮膚炎、過敏性皮膚炎、色素沉澱、毛囊炎...等疾病，皆與血清中 CC16 沒有統計上的顯著意義。在過去研究顯示，過敏性鼻炎的病人之血清中 CC16 濃度較健康成人為低 ( $5.43 \pm 1.53$  vs.  $12.93 \pm 2.53$ ) [170]。本研究亦發現，鼻炎的病人之血清中 CC16 濃度較健康成人為低 ( $5.72 \pm 2.59$  vs.  $6.26 \pm 3.00$ )。但由於鼻炎個案人數與健康成人之人數差異較大 50:230，且其血清中 CC16 濃度亦呈現標準差較高的情形，因此未達統計上的顯著意義。另一個最常見的肺部相關疾病-氣喘，在本次研究中血清中 CC16 亦無統計上的顯著差異。過去研究指出，在氣喘病人的呼吸系統中發現分泌 CC16 之上皮細胞數量較少，因此可能造成 CC16 濃度較低[171]。但在遺傳性氣喘與非遺傳性氣喘的病人當中，血清中 CC16 濃度則無差異[172]。雖說遺傳性與非遺傳性之氣喘無差異，但在氣喘疾病之時間長短則與血清中 CC16 濃度有關。研究發現在氣喘時間大於 10 年以上的病人，其血清中 CC16 濃度較氣喘時間低於 10 年的病人為低[172]。因本研究未區分氣喘之患病年資，因此可能造成其血清中 CC16 濃度無顯著差異。

在奈米微粒暴露的研究分析中，我們首先針對所有奈米微粒暴露與對照組進行分析。其次針對不同的奈米材料暴露 (如：奈米碳管、奈米級二氧化鈦、奈米級二氧化矽、奈米銀及其他奈米物質) 進行分析。研究發現僅有奈米碳管之高暴露組(RL2)在長期的暴露時間下，才能觀察到血清中 CC16 濃度有所差異。可見奈米材料不同，對於肺部的影響亦有所差異。過去研究鮮少針對工人之奈米碳管暴露濃度進行監測，為使奈米碳管暴露濃度定量，Erdely 針對奈米碳管暴露進行小鼠動物實驗。他們以 40- $\mu\text{g}$  奈米碳管暴露 24 小時、7 天及 28 天，作為短期、中期及長期暴露之對照，暴露後取其血液及肺部進行實驗分析。研究發現，短期暴露即可引發血液中的發炎基因表現(inflammatory blood gene expression)；7 天的暴露組，引發了部分 cytokines 的表現(如：CRP, SAA-1, SAP)；28 天的暴露組更引發了免疫功能方面之 complement C3, apolipoproteins A-I and A-II 及  $\alpha 2$ -macroglobulin 的升高[173]。由於過去研究，未有在奈米碳管暴露之工作場所收案，並以血清中之 CC16 濃度作為指標之相關研究，無從直接比較。

但若以 Erdely 在 2011 年的研究發現小鼠有血液中的發炎基因表現，亦可與本研究結果相呼應，顯示奈米碳管之暴露可能引發發炎反應。

### (3) NF-κB(serum)

NF-κB luciferase reporter assay 是用來評估受試者體內之發炎反應指標的強弱。結果顯示男性血液樣品中的發炎反應指標（NF-κB 活性）低於女性，可能是與荷爾蒙有關所致(表 42)。而三種學歷分組中，研究所以上的受試者其血液樣品中的發炎反應指標（NF-κB 活性）較其他三組高，但是血液樣品中的發炎反應指標（NF-κB 活性）在疾病分組中並無顯著影響(表 43)。

表 42 NF-κB (pg/ml)(Serum)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	186	0.86	±	0.54	0.269
	>40, 40 歲以上	94	0.87	±	0.59	
性別	女	86	1.01	±	0.68	0.02
	男	194	0.80	±	0.48	
抽菸習慣	無	250	0.87	±	0.56	0.82
	有	29	0.87	±	0.55	
喝酒習慣	無	255	0.87	±	0.57	0.61
	有	25	0.78	±	0.38	
嚼檳榔習慣	無	272	0.87	±	0.56	0.24
	有	8	0.62	±	0.28	
籍貫	台閩	217	0.87	±	0.56	0.71
	客家	38	0.81	±	0.51	
	其它(原住民與外省籍)	24	0.93	±	0.63	
教育程度	高中職以下	47	0.67	±	0.43	<0.01
	大專/大學	124	0.83	±	0.59	
	研究所以以上	108	1.00	±	0.55	

*p* 值使用無母數分析

表 43 NF-κB (pg/ml)(Serum)在不同疾病狀況下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	263	0.87	±	0.57	0.63
	有	16	0.72	±	0.28	
氣喘	無	270	0.87	±	0.56	0.14
	有	8	0.57	±	0.18	
鼻炎	無	230	0.88	±	0.56	0.11
	有	50	0.79	±	0.53	
心律不整	無	269	0.86	±	0.55	0.62
	有	11	0.99	±	0.79	
心絞痛	無	277	0.86	±	0.56	0.12
	有	3	1.19	±	0.44	
心臟瓣膜疾病	無	275	0.87	±	0.56	0.86
	有	5	0.86	±	0.50	
高血脂	無	259	0.87	±	0.57	0.72
	有	21	0.83	±	0.39	
高血壓	無	257	0.86	±	0.55	0.41
	有	23	0.95	±	0.63	
異位性皮膚炎	無	258	0.86	±	0.56	0.91
	有	22	0.88	±	0.54	
過敏性皮膚炎	無	246	0.85	±	0.56	0.28
	有	34	0.94	±	0.57	
色素沉澱	無	272	0.86	±	0.55	0.1
	有	8	1.17	±	0.67	
毛囊炎	無	268	0.86	±	0.56	0.88
	有	12	0.89	±	0.57	

*p* 值使用無母數分析

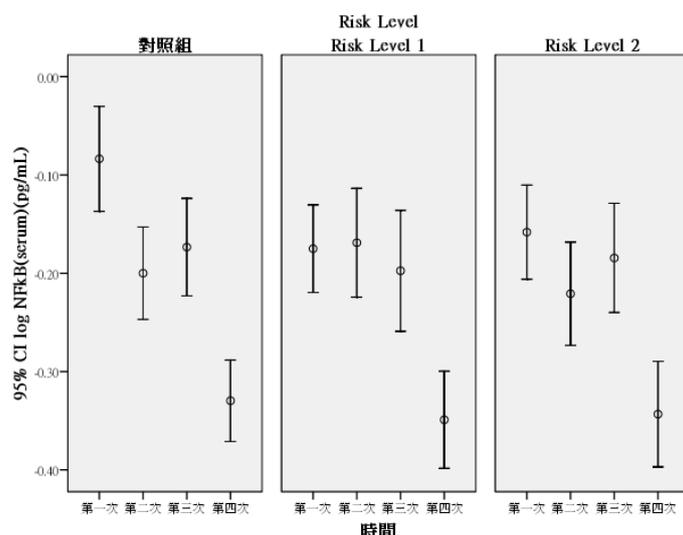


圖 28 NF-κB (pg/mL)(serum)之重覆測量分布情形

結果顯示相較於對照組，RL1 及 RL2 血液樣品中的發炎反應指標（NFκB 活性）較低，而 RL1 及 RL2 血液樣品中的發炎反應指標（NFκB 活性）隨著時間增加也降低。但 RL1 及 RL2 血液樣品中的發炎反應指標（NFκB 活性）隨著時間增加而降低的程度並沒有對照組的多，可能是 RL1 及 RL2 暴露在奈米環境下對生理上造成危害，身體卻來不及修復的結果所致，但在統計並沒有顯著的差異( $p=0.06$ )(表 44)。

表 44 NF-κB (pg/mL)(serum)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.07	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.03	0.29
研究所以上 vs 高中職以下	0.12	0.02	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.03	0.02	0.09
RL2vs 對照組	-0.10	0.05	0.03
RL1vs 對照組	-0.10	0.04	0.02
Time	-0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	0.03	0.02	0.08
RL1*Time	0.03	0.02	0.06

依變項: log NF-κB (serum)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

顯示暴露組樣品中的發炎反應指標（NF-κB 活性）較低，隨著時間的增加發炎反應指標（NF-κB 活性）也較低。同時考慮 RL 和 Time 來看，發

炎反應指標 (NF-κB 活性) 隨著 RL 越高似乎有上升的趨勢，但是在統計並沒有顯著差異( $p=0.06$ )(表 45)。

表 45 NF-κB (pg/mL)(serum)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.07	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.03	0.29
研究所以上 vs 高中職以下	0.12	0.02	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.03	0.02	0.10
Risk Level	-0.05	0.02	0.02
Time	-0.06	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.02	0.01	0.06

依變項: log NF-κB (serum)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 46 顯示，在整體上血液樣品中的發炎反應指標 (NF-κB 活性) 隨時間增加而下降，但在 RL1 及 RL2 血液樣品中的發炎反應指標 (NF-κB 活性) 隨著時間增加有稍增加，可能是長時間暴露在奈米環境下對生理造成危害，使得發炎反應指標 (NF-κB) 增加。

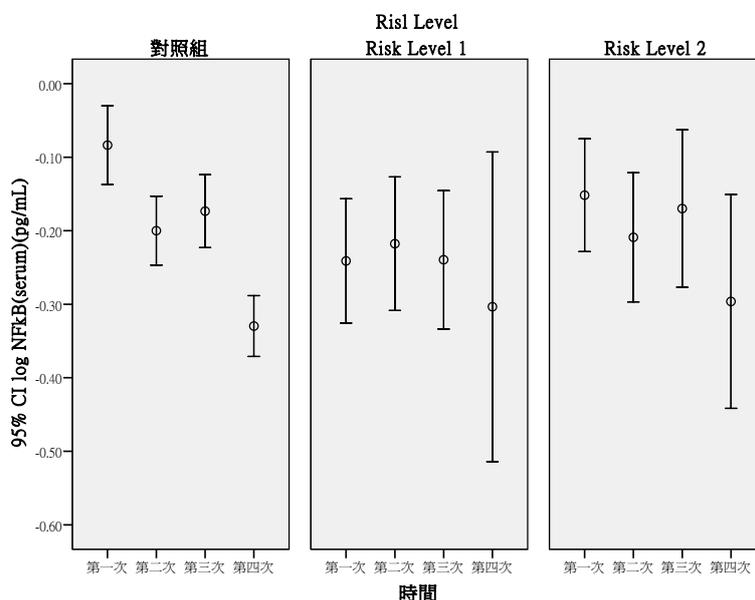


圖 29 奈米碳管處置者之 NF-κB (pg/mL)(serum)重覆測量分布情形

表 46 NF-κB (pg/mL)(serum)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.06	0.03	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.04	0.35
研究所以上 vs 高中職以下	0.09	0.04	0.03
大專/大學 vs 高中職以下	0.02	0.03	0.45
RL2vs 對照組	-0.12	0.06	0.06
RL1vs 對照組	-0.20	0.06	<0.01
Time	-0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	0.05	0.02	0.05
RL1*Time	0.06	0.03	0.01

依變項: log **NF-κB** (serum)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 47 顯示 RL 樣品中的發炎反應指標 (NF-κB 活性) 較低, 隨著時間的增加發炎反應指標 (NF-κB 活性) 也較低。同時考慮 RL 和 Time 來看, 發炎反應指標 (NF-κB 活性) 有較高。

表 47 NF-κB (pg/mL)(serum)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.07	0.03	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.04	0.44
研究所以上 vs 高中職以下	0.08	0.04	0.04
大專/大學 vs 高中職以下	0.02	0.03	0.53
Risk Level	-0.08	0.03	0.01
Time	-0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.03	0.01	0.01

依變項: log **NF-κB** (serum)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 48、49 顯示男性血液樣品中的發炎反應指標 (NF-κB 活性) 低於女性, 而研究所以上的學歷其血液樣品中的發炎反應指標 (NF-κB 活性) 高於高中職以下學歷, 另外, 結果顯示隨著時間的增加發炎反應指標 (NF-κB 活性) 較低。

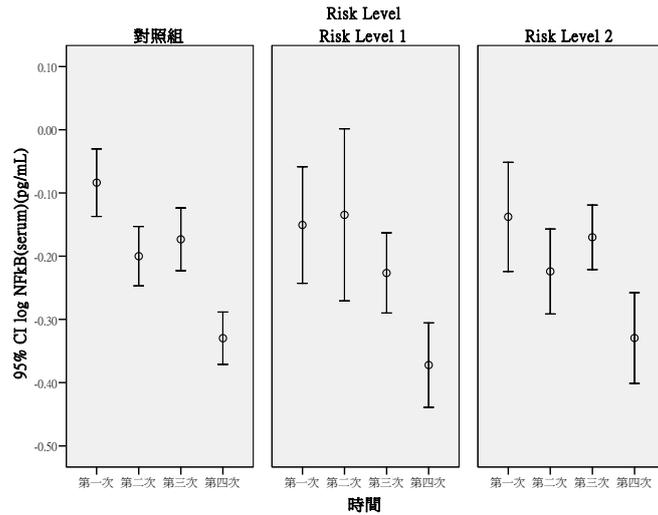


圖 30 奈米級二氧化鈦處置者之 NF-κB (pg/mL)(serum)重覆測量分布情形

表 48 NF-κB (pg/mL)(serum)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.07	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.03	0.63
研究所以上 vs 高中職以下	0.14	0.03	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.03	0.02	0.28
RL2vs 對照組	-0.10	0.06	0.12
RL1vs 對照組	-0.04	0.06	0.51
Time	-0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	0.03	0.02	0.23
RL1*Time	0.01	0.02	0.75

依變項: log NF-κB (serum)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 49 NF-κB (pg/mL)(serum)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.07	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.03	0.61
研究所以上 vs 高中職以下	0.14	0.03	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.03	0.02	0.28
Risk Level	-0.05	0.03	0.12
Time	-0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.01	0.24

依變項: log NF-κB (serum)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 50、51 顯示男性血液樣品中的發炎反應指標 (NF-κB 活性) 低於女性。而研究所以上的學歷其血液樣品中的發炎反應指標 (NF-κB 活性) 高於高中職以下學歷且隨著時間的增加發炎反應指標 (NF-κB 活性) 較低。

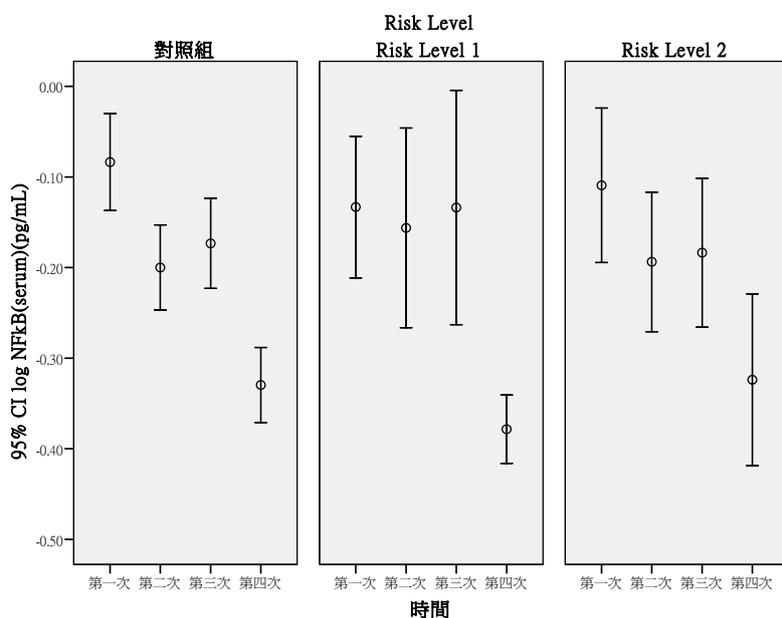


圖 31 奈米級二氧化矽處置者之 NFκB(pg/mL)(serum)重覆測量分布情形

表 50 NF-κB (pg/mL)(serum)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-0.08	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.03	0.64
研究所以上 vs 高中職以下	0.16	0.03	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.04	0.02	0.14
RL2vs 對照組	-0.06	0.06	0.38
RL1vs 對照組	-0.05	0.05	0.36
Time	-0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	0.02	0.02	0.42
RL1*Time	0.02	0.02	0.29

依變項: log NF-κB (serum)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 51 NF-κB (pg/mL)(serum)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-0.08	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.03	0.69
研究所以上 vs 高中職以下	0.16	0.03	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.04	0.02	0.14
Risk Level	-0.03	0.03	0.33
Time	-0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.01	0.33

依變項: log NF-κB (serum)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 52、53 顯示男性血液樣品中的發炎反應指標 (NF-κB 活性) 低於女性而研究所以上的學歷其血液樣品中的發炎反應指標 (NF-κB 活性) 高於高中職以下學歷。且隨著時間的增加發炎反應指標 (NF-κB 活性) 較低。

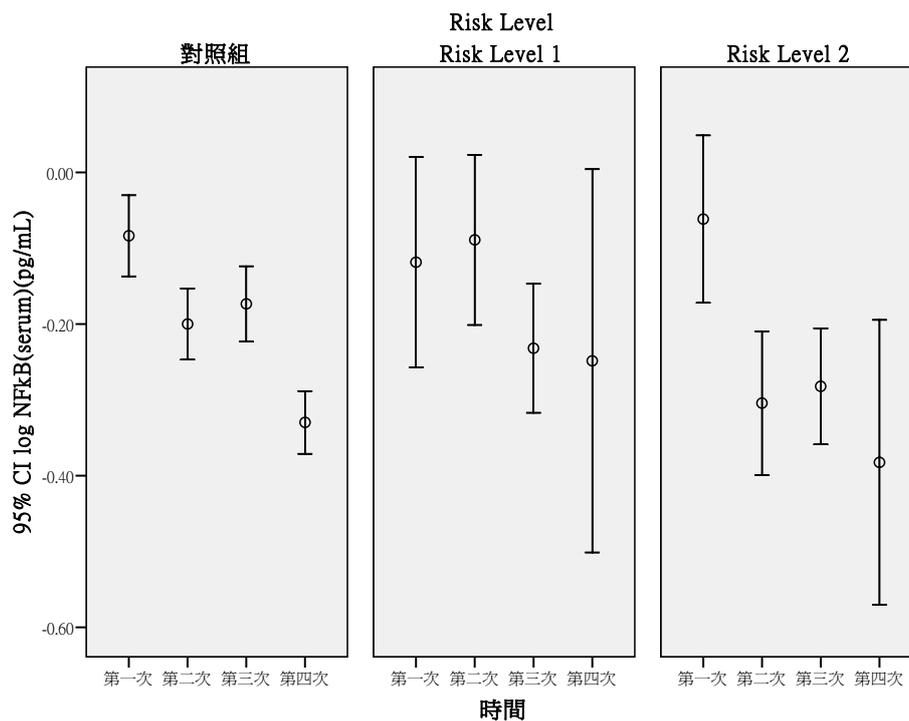


圖 32 奈米銀處置者之 NF-κB (pg/mL)(serum)重覆測量分布情形

表 52 NF-κB (pg/mL)(serum)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.07	0.03	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.08	0.04	0.07
研究所以上 vs 高中職以下	0.13	0.04	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.02	0.03	0.49
RL2vs 對照組	-0.01	0.08	0.92
RL1vs 對照組	-0.10	0.08	0.21
Time	-0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.04	0.03	0.17
RL1*Time	0.04	0.03	0.19

依變項: log **NF-κB** (serum)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 53 NF-κB (pg/mL)(serum)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.07	0.02	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.08	0.04	0.06
研究所以上 vs 高中職以下	0.13	0.04	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.02	0.03	0.52
Risk Level	-0.02	0.04	0.54
Time	-0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.48

依變項: log **NF-κB** (serum)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 54、55 顯示男性血液樣品中的發炎反應指標 (NFκB 活性) 低於女性。而研究所以上的學歷其血液樣品中的發炎反應指標 (NFκB 活性) 高於高中職以下學歷。且隨著時間的增加發炎反應指標 (NFκB 活性) 較低。

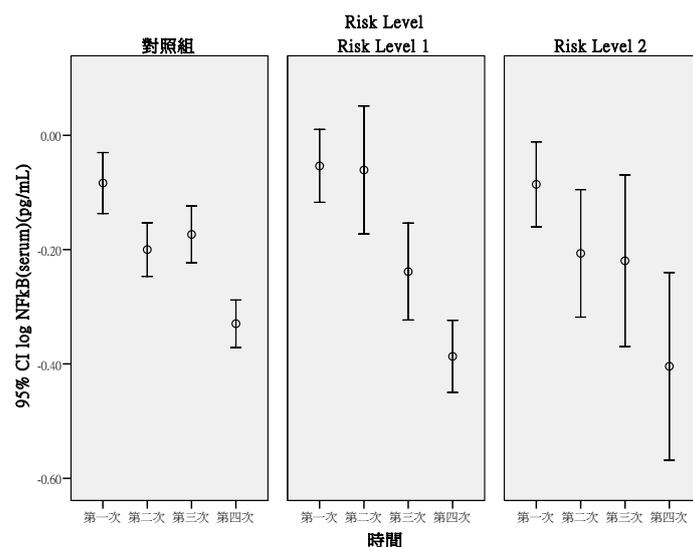


圖 33 其他奈米物質處置者之 NF-κB (pg/mL)(serum)重覆測量分布情形

表 54 NF-κB (pg/mL)(serum)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.08	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.03	0.83
研究所以上 vs 高中職以下	0.13	0.04	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.03	0.03	0.26
RL2vs 對照組	-0.03	0.06	0.60
RL1vs 對照組	0.06	0.05	0.25
Time	-0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	0.00	0.03	0.89
RL1*Time	-0.02	0.02	0.29

校正變項: log NF-κB (serum)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 55 NF-κB (pg/mL)(serum)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.07	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.03	0.93
研究所以上 vs 高中職以下	0.14	0.04	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.03	0.03	0.22
Risk Level	0.00	0.03	0.92
Time	-0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.64

校正變項: log NF-κB (serum)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

#### (4) NF-κB (EBC)

NF-κB 不管在血液中或是呼氣濃縮務(EBC)中，結果皆顯示女性的發炎指標（NFκB 活性）高於男性，可能是與荷爾蒙有關所致，而發炎反應指標（NFκB 活性）在所列疾病下皆無顯著影響(表 56、57)。

表 56 NF-κB (EBC)(pg/ml)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	190	0.87	±	0.49	0.81
	>40，40 歲以上	95	0.86	±	0.52	
性別	女	87	0.73	±	0.34	<0.01
	男	198	0.93	±	0.55	
抽菸習慣	無	254	0.85	±	0.46	0.32
	有	30	1.04	±	0.73	
喝酒習慣	無	259	0.87	±	0.51	0.66
	有	26	0.88	±	0.44	
嚼檳榔習慣	無	277	0.87	±	0.50	0.21
	有	8	0.71	±	0.39	
籍貫	台閩	220	0.86	±	0.47	0.88
	客家	40	0.90	±	0.64	
	其它(原住民與外省籍)	24	0.89	±	0.57	
教育程度	高中職以下	47	0.84	±	0.64	0.9
	大專/大學	126	0.88	±	0.49	
	研究所以上	111	0.87	±	0.44	

*p* 值使用無母數分析

表 57 NF-κB (EBC)(pg/ml)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	0.87	±	0.50	0.72
	有	17	0.89	±	0.48	
氣喘	無	275	0.86	±	0.49	0.5
	有	8	1.14	±	0.88	
鼻炎	無	234	0.86	±	0.50	0.55
	有	51	0.89	±	0.53	
心律不整	無	274	0.87	±	0.51	0.68
	有	11	0.79	±	0.36	
心絞痛	無	282	0.87	±	0.50	0.9
	有	3	0.71	±	0.11	
心臟瓣膜疾病	無	280	0.87	±	0.50	0.92
	有	5	0.84	±	0.42	
高血脂	無	263	0.87	±	0.51	0.79
	有	22	0.87	±	0.43	
高血壓	無	261	0.88	±	0.51	0.31
	有	24	0.75	±	0.32	
異位性皮膚炎	無	262	0.86	±	0.50	0.1
	有	23	1.00	±	0.52	
過敏性皮膚炎	無	250	0.86	±	0.49	0.82
	有	35	0.89	±	0.58	
色素沉澱	無	277	0.87	±	0.50	0.32
	有	8	0.96	±	0.42	
毛囊炎	無	273	0.87	±	0.51	0.73
	有	12	0.77	±	0.30	

*p* 值使用無母數分析

表 58、59 顯示 EBC 中之 NF- $\kappa$ B 在性別、抽菸習慣以及組別(對照組、RL1、RL2)中並無顯著差異。

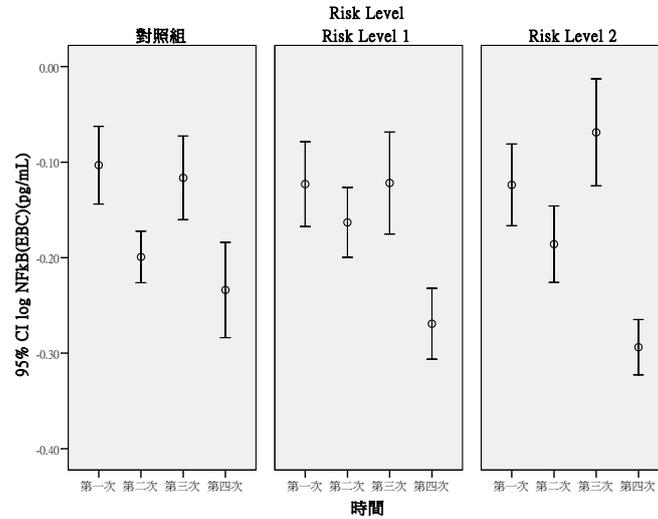


圖 34 NF $\kappa$ B(pg/mL)(EBC)之重覆測量分布情形

表 58 NF- $\kappa$ B (pg/mL)(EBC)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.01	0.04
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.02	0.44
RL2vs 對照組	0.00	0.04	0.91
RL1vs 對照組	0.01	0.04	0.77
Time	-0.02	0.01	0.12
RL2*Time	0.00	0.01	0.97
RL1*Time	-0.01	0.01	0.58

依變項: log NF- $\kappa$ B (EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 59 NF- $\kappa$ B (pg/mL)(EBC)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.01	0.05
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.02	0.45
Risk Level	0.00	0.02	0.93
Time	-0.02	0.01	0.05
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.93

依變項: log NF- $\kappa$ B (EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

結果發現 EBC 樣品之 NF- $\kappa$ B 隨著時間的增加而降低，但是在性別、抽菸習慣、暴露分組以及 RL 與時間的交互作用項中皆無統計上之顯著差異(表 60、61)。

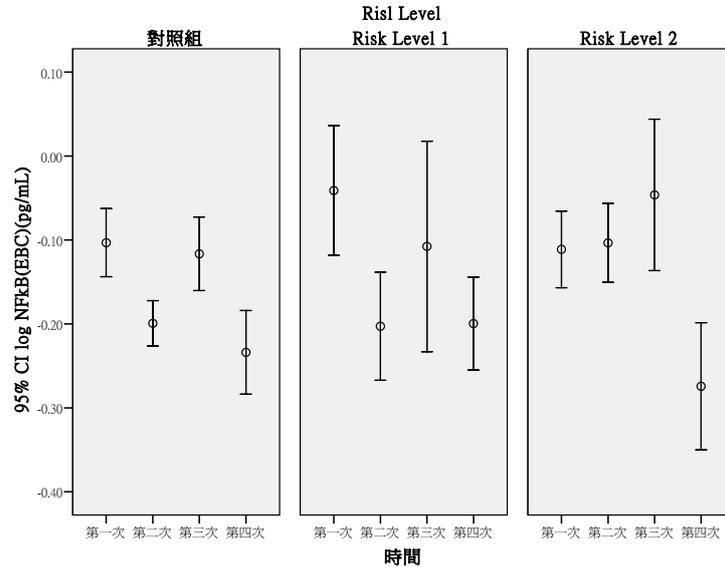


圖 35 奈米碳管處置者之 NF- $\kappa$ B (pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形

表 60 NF- $\kappa$ B (pg/mL)(EBC)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
性別(男 vs 女)	0.02	0.02	0.32
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.03	0.16
RL2vs 對照組	0.02	0.04	0.72
RL1vs 對照組	0.06	0.05	0.19
Time	-0.02	0.01	0.06
RL2*Time	0.01	0.02	0.56
RL1*Time	-0.02	0.02	0.27

依變項: log NF- $\kappa$ B (EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 61 NF- $\kappa$ B (pg/mL)(EBC)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.34
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.03	0.20
Risk Level	0.02	0.02	0.47
Time	-0.02	0.01	0.03
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.84

依變項: log NF- $\kappa$ B (EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

結果顯示，隨著時間的增加，發炎反應指標（NF-κB 活性降低，但是在性別、抽菸習慣、暴露分組以及 RL 與時間的交互作用項中皆無統計上之顯著差異(表 62、63)。

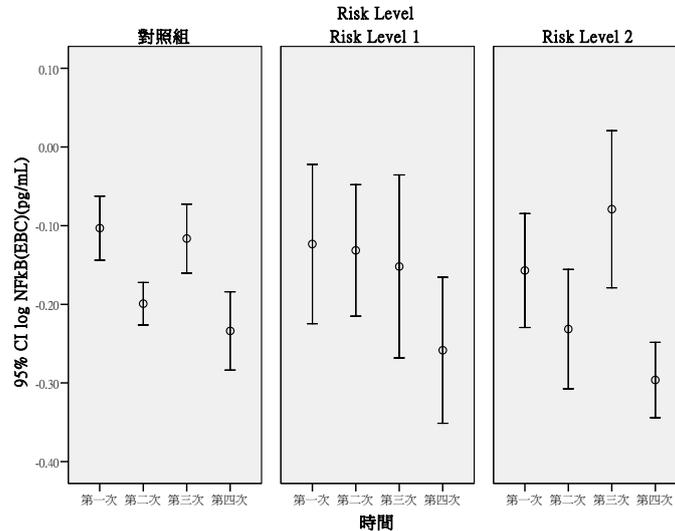


圖 36 奈米級二氧化鈦處置者之 NF-κB (pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形

表 62 NF-κB (pg/mL)(EBC)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.01	0.28
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.03	0.80
RL2vs 對照組	-0.06	0.05	0.26
RL1vs 對照組	0.02	0.07	0.71
Time	-0.02	0.01	0.09
RL2*Time	0.01	0.02	0.58
RL1*Time	-0.01	0.02	0.63

依變項: log NF-κB (EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 63 NF-κB (pg/mL)(EBC)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.01	0.23
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.03	0.73
Risk Level	-0.02	0.02	0.34
Time	-0.02	0.01	0.06
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.69

依變項: log NF-κB (EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 64、65 顯示 EBC 中之 NF-κB 在性別、抽菸習慣以及組別(對照組、RL1、RL2)中並無顯著差異。

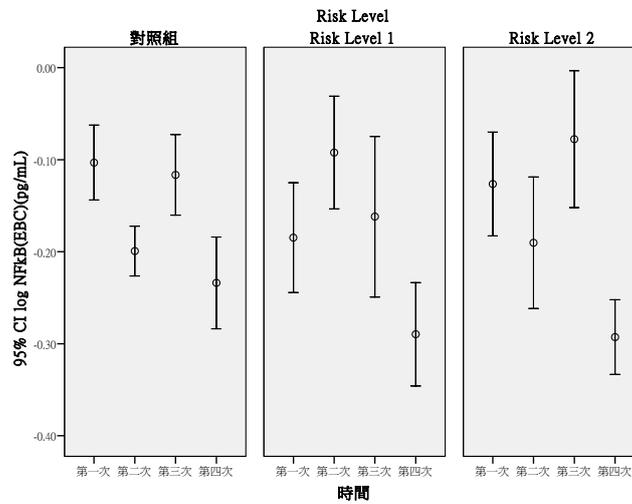


圖 37 奈米級二氧化矽處置者之 NF-κB (pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形

表 64 NF-κB (pg/mL)(EBC)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.01	0.10
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.02	0.05
RL2vs 對照組	-0.01	0.04	0.78
RL1vs 對照組	-0.01	0.04	0.87
Time	-0.02	0.01	0.13
RL2*Time	0.01	0.02	0.77
RL1*Time	0.00	0.02	0.85

依變項: log NF-κB (EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 65 NF-κB (pg/mL)(EBC)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.01	0.13
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.02	0.07
Risk Level	-0.01	0.02	0.78
Time	-0.02	0.01	0.10
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.83

依變項: log NF-κB (EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 66、67 顯示 EBC 中之 NF-κB 在性別、抽菸習慣以及組別(對照組、RL1、RL2)中並無顯著差異。

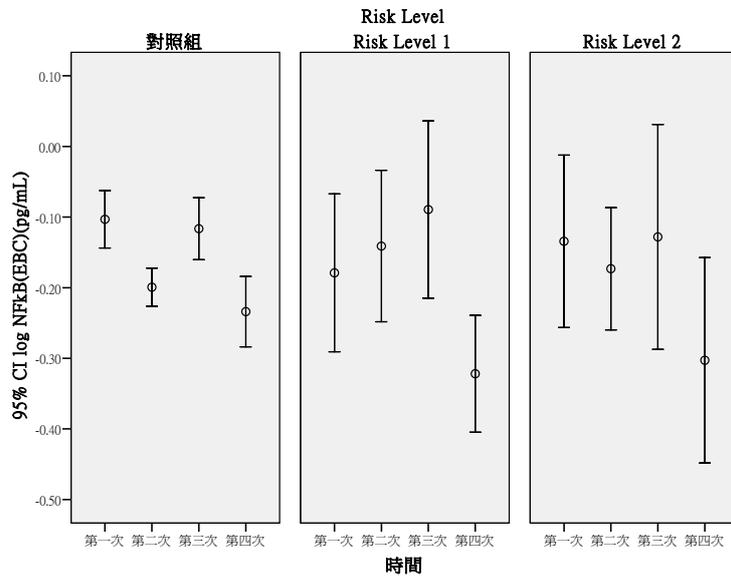


圖 38 奈米銀處置者之 NF-κB (pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形

表 66 NF-κB (pg/mL)(EBC)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.50
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.03	0.93
RL2vs 對照組	0.00	0.08	0.99
RL1vs 對照組	-0.03	0.07	0.68
Time	-0.02	0.01	0.05
RL2*Time	-0.01	0.03	0.81
RL1*Time	0.01	0.03	0.82

依變項: log NF-κB (EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 67 NF-κB (pg/mL)(EBC)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.49
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.04	0.91
Risk Level	0.00	0.04	0.89
Time	-0.02	0.01	0.05
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.88

依變項: log NF-κB (EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 68、69 顯示 EBC 中之 NF-κB 在性別、抽菸習慣以及組別(對照組、RL1、RL2)中並無顯著差異。

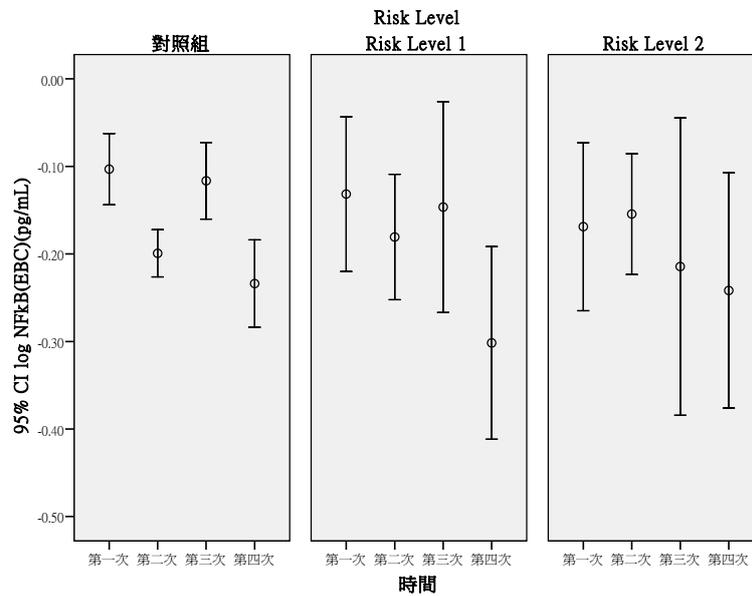


圖 39 其他奈米物質處置者之 NF-κB (pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形

表 68 NF-κB (pg/mL)(EBC)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.01	0.01	0.35
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.03	0.05
RL2vs 對照組	-0.04	0.07	0.56
RL1vs 對照組	0.00	0.06	1.00
Time	-0.02	0.01	0.07
RL2*Time	0.01	0.03	0.83
RL1*Time	-0.01	0.02	0.75

依變項: log NF-κB (EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 69 NF-κB (pg/mL)(EBC)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.01	0.01	0.34
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.03	0.06
Risk Level	-0.01	0.03	0.63
Time	-0.02	0.01	0.06
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.96

依變項: log NF-κB (EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

從 GEE 分析來看，無論是血液中的血清 (Serum) 或是呼吸道檢體 (EBC)，RL1 跟 RL2 與對照組的發炎反應指標 (NFκB 活性) 比較下，相較於對照組有降低，但從受試者暴露於奈米工作環境下拉長暴露時間來看，隨著時間增加而降低的程度並沒有對照組的多，可能是 RL1 及 RL2 暴露在奈米環境下對生理上造成危害，身體卻來不及修復的結果所致，此統計並沒有顯著的差異。雖然現階段看來，在血液中的血清 (Serum) 或是呼吸道檢體 (EBC) 中發炎反應指標 (NFκB 活性) 是不明顯的，可能是還未達到一定濃度下，就算暴露在奈米環境下的職場人員，也並不一定會因為接觸了奈米物質而造成發炎反應，也許奈米粒子在血液中，因為已經透過血液循環，一些奈米物質可能經由代謝或是其他的作用排出了體內。因此，需要再進一步探討是否跟員工暴露在奈米環境工作下的時間長短，所接觸到的奈米粒徑大小、特性等對其所引發的健康危害。

#### (5) IL-6

在不同生活習慣下受試者之血漿中 IL-6 濃度的分布情形如表 70。受試者年齡 40 歲以下者血漿中 IL-6 濃度為  $8.14 \pm 13.18$  pg/mL，而 40 歲以上者為  $6.55 \pm 4.31$  pg/mL。男性受試者之血漿中 IL-6 濃度為  $7.24 \pm 6.33$  pg/mL，而女性者為  $8.46 \pm 17.65$  pg/mL，但於統計上皆無顯著的差異。相較於 Delfino 等於 2008 之研究結果，本研究之受試者血漿中 IL-6 的平均濃度則較高。受試者(男 17 與女 12 人)於戶內外之空氣污染暴露於  $PM_{\leq 2.5\mu m}$ (監測達 12 週)，其暴露後血漿中的發炎反應物質 IL-6 之平均濃度為  $2.95 \pm 46.98$  pg/mL (min-max: 0.28-20.14 pg/mL) [164]。此外，受試者之血漿中 IL-6 濃度於抽菸習慣、喝酒、嚼檳榔習慣、籍貫及教育程度的分布情形皆無顯著的統計差異。在不同疾病狀況下受試者血漿中 IL-6 濃度的分布情形如表 70。受試者血漿中 IL-6 濃度於不同疾病狀況下之分布情形在統計上皆無呈現顯著的相關性。相較於目前的文獻顯示，罹患心血管疾病之風險與血液細胞激素濃度之增加(如 IL-6)具有正相關[174]。然而於本研究中受試者血漿中 IL-6 的濃度與罹患高血脂、高血壓、心律不整、心絞痛及心臟瓣膜疾病等狀況於統計上並無顯著的差異。

表 70 IL-6(pg/mL)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	190	8.14	±	13.18	0.75
	>40，40 歲以上	95	6.55	±	4.31	
性別	女	87	8.46	±	17.65	0.53
	男	198	7.24	±	6.33	
抽菸習慣	無	254	7.72	±	11.57	0.66
	有	30	6.74	±	5.40	
喝酒習慣	無	259	7.86	±	11.51	0.14
	有	26	5.17	±	3.96	
嚼檳榔習慣	無	277	7.57	±	11.19	0.19
	有	8	9.04	±	5.30	
籍貫	台閩	220	7.99	±	12.32	0.5
	客家	40	6.81	±	5.35	
	其它(原住民與外省籍)	24	5.54	±	3.26	
教育程度	高中職以下	47	8.63	±	5.13	0.49
	大專/大學	126	6.80	±	6.08	
	研究所以上	111	8.11	±	16.17	

*p* 值使用無母數分析

表 71 IL-6(pg/mL)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	7.66	±	11.35	0.7
	有	17	7.22	±	5.15	
氣喘	無	275	7.69	±	11.23	0.85
	有	8	6.62	±	3.79	
鼻炎	無	234	7.88	±	12.07	0.91
	有	51	6.40	±	3.74	
心律不整	無	274	7.67	±	11.26	0.78
	有	11	6.18	±	3.59	
心絞痛	無	282	7.60	±	11.11	0.49
	有	3	8.62	±	6.11	
心臟瓣膜疾病	無	280	7.61	±	11.15	0.57
	有	5	7.78	±	3.94	
高血脂	無	263	7.77	±	11.39	0.16
	有	22	5.76	±	5.69	
高血壓	無	261	7.78	±	11.46	0.21
	有	24	5.80	±	4.65	
異位性皮膚炎	無	262	7.75	±	11.47	0.69
	有	23	6.06	±	4.13	
過敏性皮膚炎	無	250	7.17	±	6.03	0.66
	有	35	10.78	±	27.28	
色素沉澱	無	277	7.67	±	11.20	0.67
	有	8	5.55	±	3.40	
毛囊炎	無	273	7.71	±	11.25	0.27
	有	12	5.43	±	4.73	

*p* 值使用無母數分析

以 GEE 檢視奈米廠、基準點及追蹤後等變項與血漿中 IL-6 濃度之關係(圖 40)。在控制性別與抽菸等干擾因子變項後，於重復測量之暴露狀況的結果顯示，在 Time 變項結果中四次測量間呈現顯著的差異( $B=-0.17$ ,  $p=0.00$ )。然而 RL=2 ( $B=-0.04$ ,  $p=0.21$ )與 RL=1 ( $B=-0.02$ ,  $p=0.64$ )在四次測量間的時間距相較於對照組之間距亦無顯著的差異 (表 72)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著時間和暴露危害(Risk level\*Time)的上升，血漿中 IL-6 濃度並無顯著的增加(表 73)。

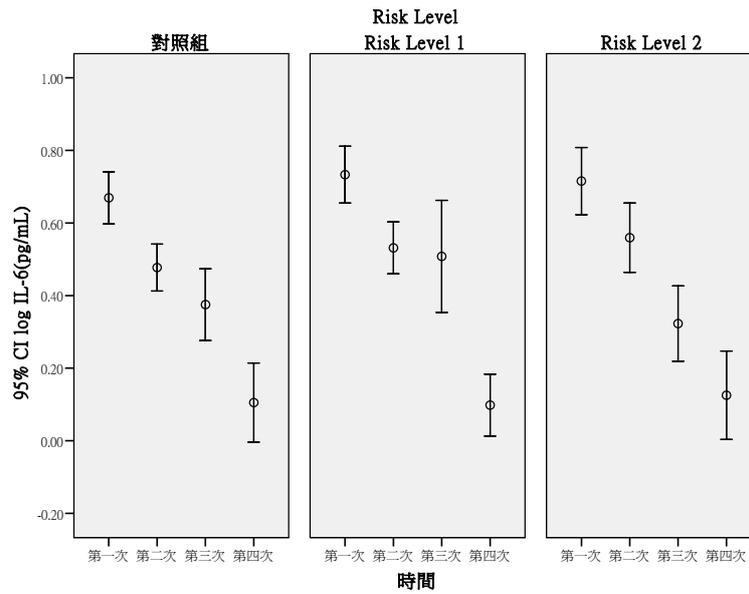


圖 40 IL-6(pg/mL)之重覆測量分布情形

表 72 IL-6(pg/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.01	0.04	0.75
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.06	0.86
RL2vs 對照組	0.11	0.09	0.21
RL1vs 對照組	0.09	0.08	0.25
Time	-0.17	0.02	<0.01
RL2*Time	-0.04	0.03	0.21
RL1*Time	-0.02	0.03	0.64

依變項: log IL-6(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 73 IL-6(pg/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.01	0.04	0.87
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.06	0.92
Risk Level	0.05	0.04	0.20
Time	-0.17	0.02	<0.01
Risk Level* Time	-0.02	0.02	0.22

依變項: log IL-6(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米碳管處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 IL-6 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組( $B=0.29, p=0.02$ )之血漿中 IL-6 的濃度顯著的高於對照組。心肌梗塞之患者暴露於空氣微粒 (particle number concentrations, PNC  $1/\text{cm}^3$ )的環境下約 12~17 小時後，其血漿中 IL-6 濃度顯明的提高 2.7% (% change of geometric mean) [180]。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關( $B=-0.17, p<0.01$ )。然而 RL=2 ( $B=-0.11, p=0.00$ )在四次測量間的時間相較於對照組之間距呈現顯著的差異，而 RL=1 ( $B=-0.01, p=0.83$ )則與對照組無顯著的差異 (表 74)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米碳管暴露的時間與暴露危害(Risk level\*Time)的上升，血漿中 IL-6 濃度與 Risk level\*Time 呈現顯著的負相關( $B=-0.05, p=0.01$ ) (表 75)。

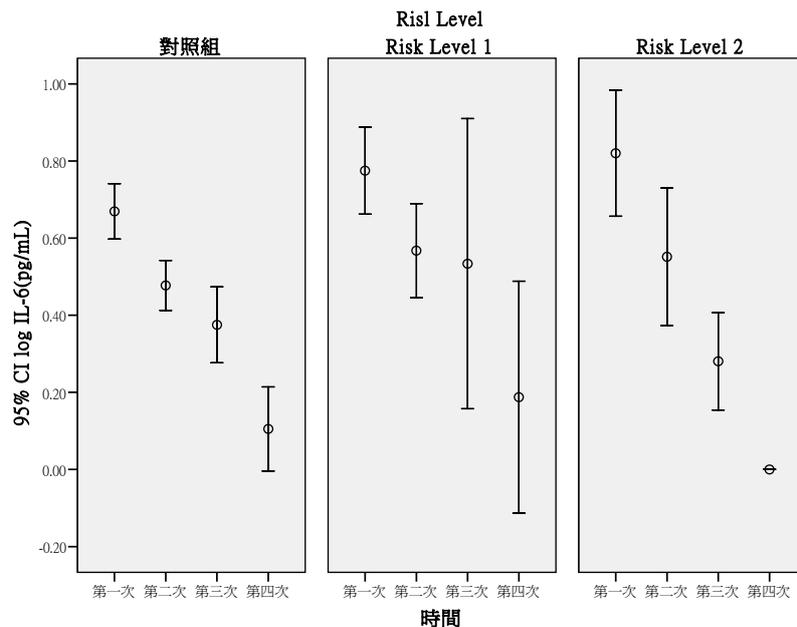


圖 41 奈米碳管處置者之 IL-6(pg/mL)重覆測量分布情形

表 74 IL-6(pg/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.05	0.05	0.30
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.06	0.71
RL2vs 對照組	0.29	0.13	0.02
RL1vs 對照組	0.13	0.10	0.16
Time	-0.17	0.02	<0.01
RL2*Time	-0.11	0.04	<0.01
RL1*Time	-0.01	0.04	0.83

依變項: log IL-6(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 75 IL-6(pg/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.04	0.05	0.39
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.06	0.77
Risk Level	0.14	0.06	0.02
Time	-0.17	0.02	<0.01
Risk Level* Time	-0.05	0.02	0.01

依變項: log IL-6(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米二氧化鈦處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 IL-6 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.09,  $p=0.36$ ) 與 RL=1 組(B=-0.05,  $p=0.69$ )之血漿中 IL-6 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.17,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=-0.02,  $p=0.52$ )與 RL=1 (B=0.04,  $p=0.42$ )在四次測量間的時間距相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 76)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米二氧化鈦暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 IL-6 濃度與 Risk level\*Time 並無呈現顯著的相關性 (B=-0.01,  $p=0.69$ ) (表 77)。

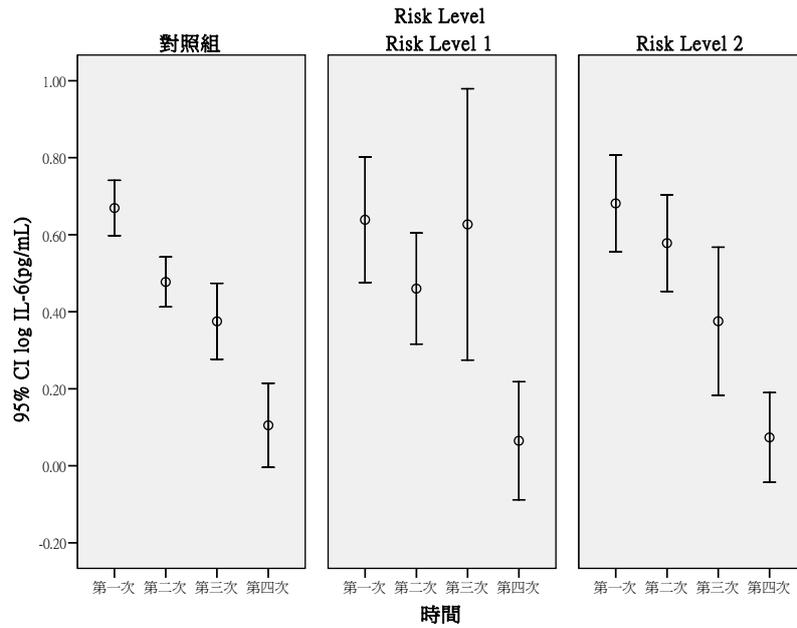


圖 42 奈米級二氧化鈦處置者之 IL-6(pg/mL)重覆測量分布情形

表 76 IL-6(pg/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.02	0.04	0.58
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.08	0.06	0.18
RL2vs 對照組	0.09	0.10	0.36
RL1vs 對照組	-0.05	0.13	0.69
Time	-0.17	0.02	<0.01
RL2*Time	-0.02	0.04	0.52
RL1*Time	0.04	0.05	0.42

依變項: log IL-6(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 77 IL-6(pg/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.02	0.04	0.61
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.08	0.06	0.18
Risk Level	0.04	0.05	0.45
Time	-0.17	0.02	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.02	0.69

依變項: log IL-6(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米二氧化矽處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 IL-6 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.03,  $p=0.76$ ) 與 RL=1 組(B=0.13,  $p=0.25$ )之血漿中 IL-6 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.17,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=-0.02,  $p=0.55$ )與 RL=1 (B=-0.01,  $p=0.80$ )在四次測量間的時間相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 78)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米二氧化矽暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 IL-6 濃度與 Risk level\*Time 並無呈現顯著的相關性 (B=-0.01,  $p=0.56$ ) (表 79)。

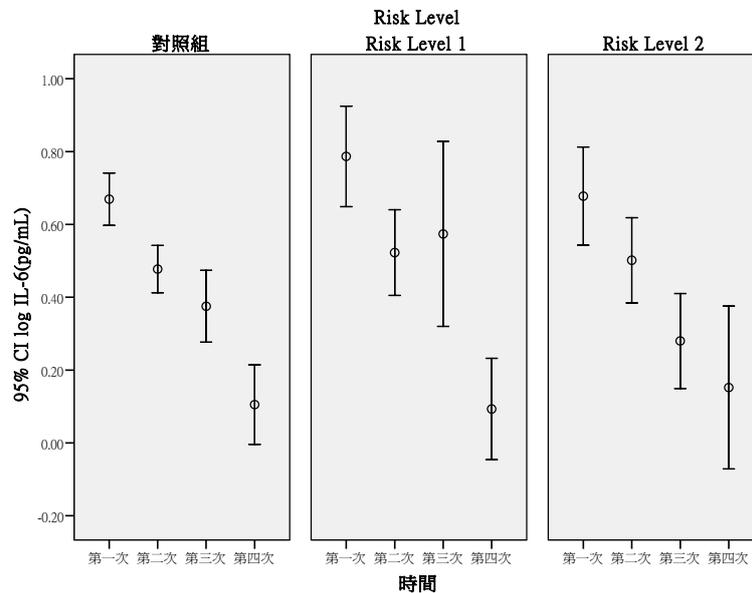


圖 43 奈米級二氧化矽處置者之 IL-6(pg/mL)重覆測量分布情形

表 78 IL-6(pg/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
性別(男 vs 女)	-0.03	0.04	0.36
抽菸習慣(有 vs 無)	0.07	0.08	0.39
RL2vs 對照組	0.03	0.11	0.76
RL1vs 對照組	0.13	0.12	0.25
Time	-0.17	0.02	<0.01
RL2*Time	-0.02	0.04	0.55
RL1*Time	-0.01	0.05	0.80

依變項: log IL-6(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 79 IL-6(pg/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.02	0.04	0.55
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.08	0.57
Risk Level	0.03	0.05	0.58
Time	-0.17	0.02	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.02	0.56

依變項: log IL-6(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米銀處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 IL-6 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=-0.01,  $p=0.94$ )與 RL=1 組(B=-0.01,  $p=0.95$ )之血漿中 IL-6 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.17,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=0.00,  $p=0.99$ )與 RL=1 (B=0.00,  $p=0.99$ )在四次測量間的時間相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 80)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米銀暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 IL-6 濃度與 Risk level\*Time 並無呈現顯著的相關性 (B=0.00,  $p=0.99$ ) (表 81)。

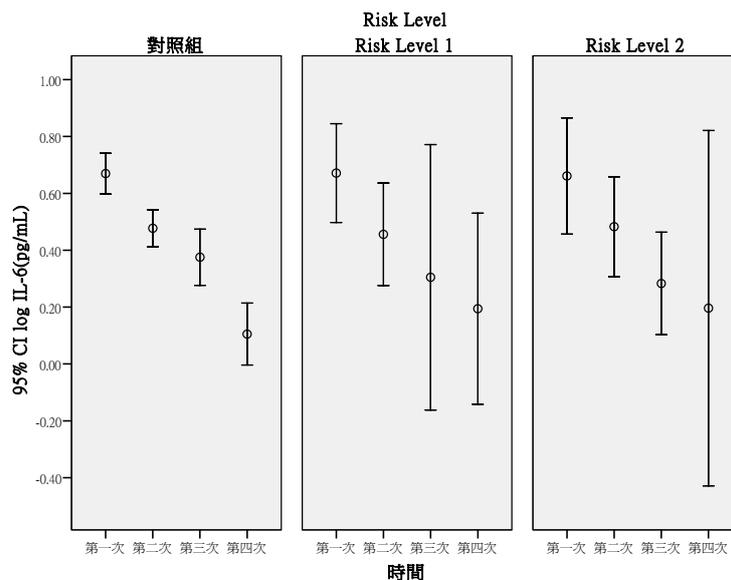


圖 44 奈米銀處置者之 IL-6(pg/mL)重覆測量分布情形

表 80 IL-6(pg/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.04	0.95
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.07	0.57
RL2vs 對照組	-0.01	0.15	0.94
RL1vs 對照組	-0.01	0.13	0.95
Time	-0.17	0.02	<0.01
RL2*Time	0.00	0.06	0.99
RL1*Time	0.00	0.05	0.99

依變項: log IL-6(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 81 IL-6(pg/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.04	0.95
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.07	0.56
Risk Level	-0.01	0.07	0.93
Time	-0.17	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.03	0.99

依變項: log IL-6(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米其他奈米物質處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 IL-6 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=-0.01,  $p=0.97$ )與 RL=1 組(B=-0.08,  $p=0.85$ )之血漿中 IL-6 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.17,  $p=0.00$ )。然而 RL=2 (B=-0.03,  $p=0.58$ )與 RL=1 (B=0.06,  $p=0.30$ )在四次測量間的時間距相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 82)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著其他奈米物質暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 IL-6 濃度與 Risk level\*Time 並無呈現顯著的相關性 (B=0.00,  $p=0.90$ ) (表 83)。

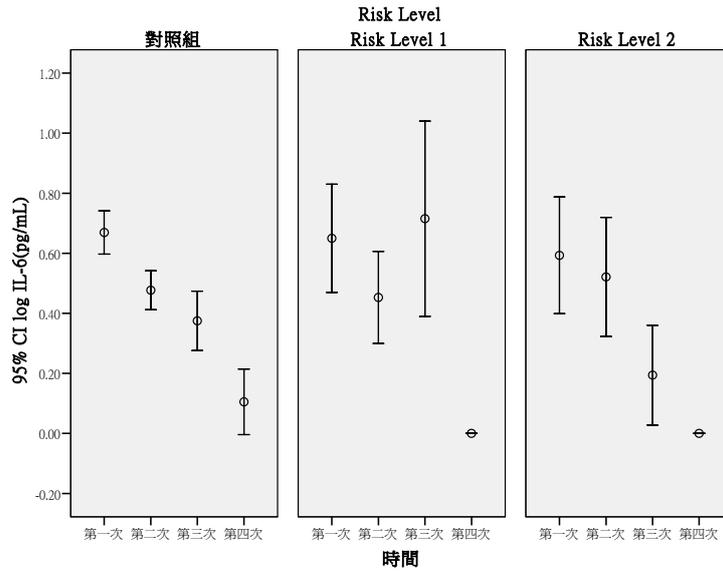


圖 45 其他奈米物質處置者之 IL-6(pg/mL)重覆測量分布情形

表 82 IL-6(pg/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.02	0.05	0.62
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.07	0.99
RL2vs 對照組	-0.01	0.15	0.97
RL1vs 對照組	-0.08	0.14	0.58
Time	-0.17	0.02	<0.01
RL2*Time	-0.03	0.05	0.58
RL1*Time	0.06	0.06	0.30

校正變項: log IL-6(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 83 IL-6(pg/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.02	0.04	0.67
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.07	0.86
Risk Level	-0.02	0.07	0.77
Time	-0.17	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.03	0.90

校正變項: log IL-6(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

## (6) IL-6sR

在不同生活習慣下受試者之血漿中 IL-6sR 濃度的分布情形如表 84。受試者年齡 40 歲以上者血漿中 IL-6sR 濃度為  $42651.75 \pm 37964.81$  ng/mL，且顯著的高於 40 歲以下者( $37964.81 \pm 12131.96$  pg/mL)。男性與女性受試者之血漿中 IL-6sR 濃度則分別為  $39711.05 \pm 12426.94$  與  $39108.53 \pm 11850.46$  pg/mL (濃度相當於  $39.7 \pm 12.4$  與  $39.1 \pm 11.9$  ng/mL，但於統計上皆無顯著的差異。Delfino 等於 2008 之研究顯示受試者(男 17 與女 12 人)於戶內外暴露 PM<sub>2.5</sub> 之濃度與受試者血漿中的發炎反應物質 IL-6sR 並無呈現顯著的正相關，而其平均濃度為  $43.0 \pm 13.9$  ng/mL (min-max: 12.1-124 ng/mL)[164]。此外，受試者之血漿中 IL-6sR 濃度於抽菸習慣、喝酒、嚼檳榔習慣、籍貫及教育程度的分布情形皆無顯著的統計差異。在不同疾病狀況下受試者血漿中 IL-6sR 濃度的分布情形如表 85。受試者血漿中 IL-6sR 濃度於不同疾病狀況下之分布情形在統計上皆無呈現顯著的相關性。

表 84 IL-6sR (pg/mL)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	190	37964.81	±	12131.96	<0.01
	>40，40 歲以上	95	42651.75	±	11900.54	
性別	女	87	39108.53	±	11850.46	0.73
	男	198	39711.05	±	12426.94	
抽菸習慣	無	254	39576.13	±	12101.69	0.48
	有	30	38587.90	±	13384.40	
喝酒習慣	無	259	39454.49	±	12278.62	0.67
	有	26	40250.63	±	12015.82	
嚼檳榔習慣	無	277	39646.88	±	12322.62	0.36
	有	8	35380.71	±	8197.55	
籍貫	台閩	356	36894.48	±	12129.31	0.67
	客家	56	40958.59	±	11780.94	
	其它(原住民與外省籍)	42	38303.64	±	12891.42	
教育程度	高中職以下	76	36090.21	±	11650.20	0.65
	大專/大學	211	37046.10	±	12458.06	
	研究所以上	165	38690.70	±	12046.65	

*p* 值使用無母數分析

表 85 IL-6 sR (pg/mL)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	39499.21	±	12331.05	0.85
	有	17	39864.64	±	11374.34	
氣喘	無	275	39518.88	±	12314.85	0.79
	有	8	40267.68	±	11537.75	
鼻炎	無	234	39433.59	±	12470.46	0.6
	有	51	39956.27	±	11203.44	
心律不整	無	274	39553.88	±	12297.16	0.99
	有	11	38860.67	±	11106.46	
心絞痛	無	282	39619.90	±	12218.07	0.24
	有	3	30806.09	±	13097.44	
心臟瓣膜疾病	無	280	39622.00	±	12228.35	0.25
	有	5	34214.24	±	12830.48	
高血脂	無	263	39514.72	±	12329.25	0.96
	有	22	39675.39	±	11327.30	
高血壓	無	261	39176.53	±	12179.59	0.11
	有	24	43339.83	±	12461.61	
異位性皮膚炎	無	262	39583.34	±	12101.74	0.54
	有	23	38886.75	±	13960.07	
過敏性皮膚炎	無	250	39623.20	±	12160.43	0.72
	有	35	38840.89	±	12927.10	
色素沉澱	無	277	39632.63	±	12337.33	0.49
	有	8	35873.90	±	7577.84	
毛囊炎	無	273	39567.49	±	12067.71	0.44
	有	12	38608.85	±	16236.56	

*p* 值使用無母數分析

以 GEE 檢視奈米廠、基準點及追蹤後等變項與血漿中 IL-6sR 濃度之關係。在控制年齡、性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=-0.04, *p*=0.10)與 RL=1 組(B=-0.04, *p*=0.11)之血漿中 IL-6sR 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.03, *p*<0.01)。然而 RL=2 (B=0.01, *p*=0.22)與 RL=1 (B=0.01, *p*=0.50)在四次測量間的時間距相較於對照組之間距則均無顯著的差異(表 86)。在趨勢分析模式中控制年齡、性別與抽菸等相關因子後發現，隨著其他奈米物質暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 IL-6sR 濃度與 Risk level\*Time 並無呈現顯著的相關性

( $B=0.01, p=0.21$ ) (表 87)。

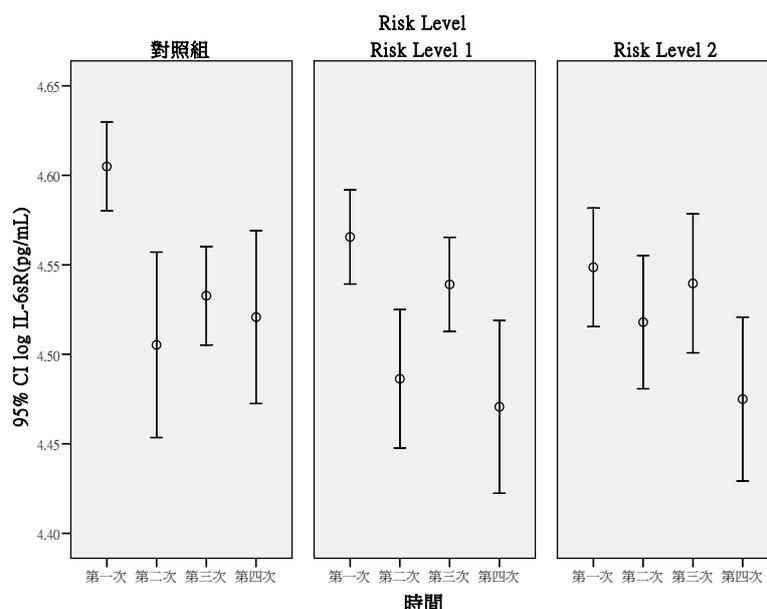


圖 46 IL-6 sR (pg/mL)之重覆測量分布情形

表 86 IL-6sR(pg/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.04	0.01	0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.35
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.02	0.48
RL2vs 對照組	-0.04	0.03	0.10
RL1vs 對照組	-0.04	0.02	0.11
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	0.01	0.01	0.22
RL1*Time	0.01	0.01	0.50

依變項: log IL-6sR(pg/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 87 IL-6sR(pg/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.04	0.01	0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.42
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.02	0.51
Risk Level	-0.02	0.01	0.08
Time	-0.03	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.01	0.21

依變項: log IL-6sR(pg/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米碳管處置者廠、基準點及追蹤後等變項與血漿中 IL-6sR 濃度之關係。在控制年齡、性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組 (B=-0.06,  $p=0.15$ )與 RL=1 組(B=-0.03,  $p=0.47$ )之血漿中 IL-6sR 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關 (B=-0.03,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=0.01,  $p=0.22$ )在四次測量間的時間距離相較於對照組之間距於統計上具有 marginal 的差異( $p=0.05$ ) (表 88)。在趨勢分析模式中控制年齡、性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米碳管物質暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 IL-6sR 濃度與 Risk level\*Time 亦呈現顯著的正相關 (B=0.02,  $p=0.04$ ) (表 89)。

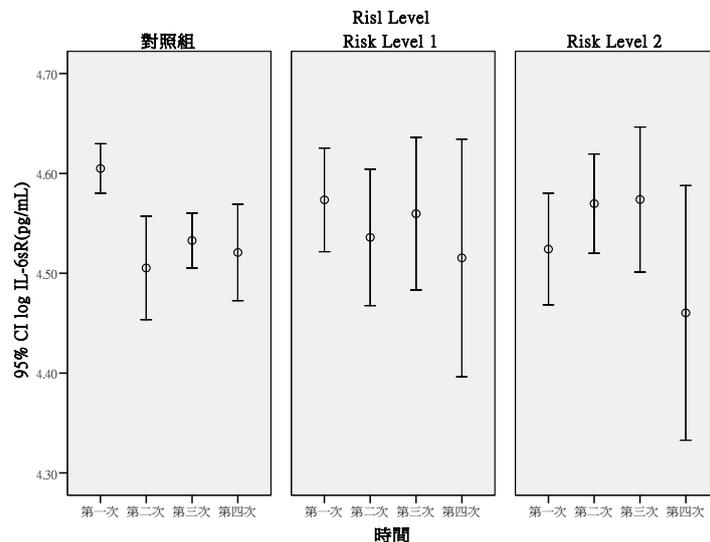


圖 47 奈米碳管處置者之 IL-6 sR (pg/mL)重覆測量分布情形

表 88 IL-6sR(pg/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.04	0.02	0.03
性別(男 vs 女)	-0.01	0.02	0.76
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.03	0.95
RL2vs 對照組	-0.06	0.04	0.15
RL1vs 對照組	-0.03	0.04	0.47
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	0.03	0.02	0.05
RL1*Time	0.02	0.02	0.32

依變項: log IL-6sR(pg/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 89 IL-6sR(pg/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.04	0.02	0.04
性別(男 vs 女)	-0.01	0.02	0.75
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.03	0.94
Risk Level	-0.03	0.02	0.13
Time	-0.03	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.02	0.01	0.04

依變項: log IL-6sR(pg/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米二氧化鈦處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 IL-6sR 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=-0.01,  $p=0.72$ )與 RL=1 組(B=-0.10,  $p<0.01$ )之血漿中 IL-6sR 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.03,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 與 RL=1 在四次測量間間距相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 90)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米二氧化鈦暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 IL-6sR 濃度與 Risk level\*Time 並無顯著的相關性 ( $p=0.57$ ) (表 91)。

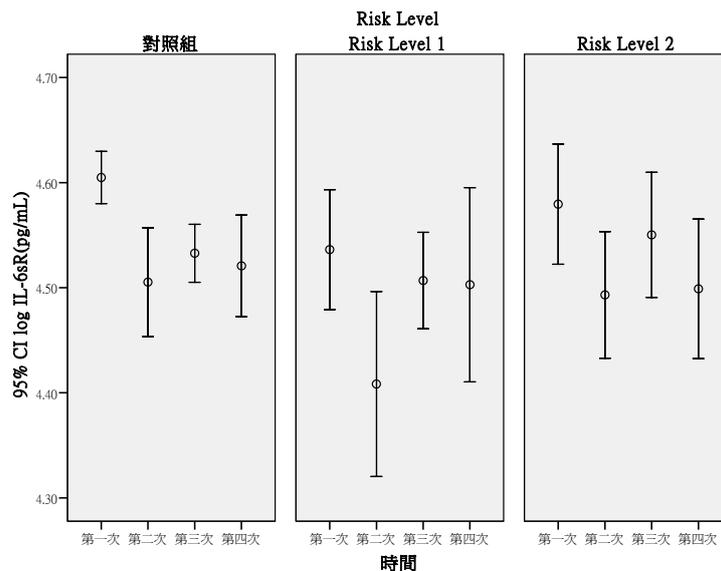


圖 48 奈米級二氧化鈦處置者之 IL-6 sR (pg/mL)重覆測量分布情形

表 90 IL-6sR(pg/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.06	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.02	0.84
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.03	0.57
RL2vs 對照組	-0.01	0.04	0.72
RL1vs 對照組	-0.10	0.03	<0.01
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	0.00	0.01	0.74
RL1*Time	0.02	0.01	0.14

依變項: log IL-6sR(pg/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 91 IL-6sR(pg/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.06	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.01	0.02	0.65
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.03	0.75
Risk Level	-0.01	0.02	0.41
Time	-0.03	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.57

依變項: log IL-6sR(pg/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米二氧化矽處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 IL-6sR 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=-0.04,  $p=0.24$ )與 RL=1 組(B=0.00,  $p=0.95$ )之血漿中 IL-6sR 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.03,  $p=0.00$ )。然而 RL=2 (B=0.01,  $p=0.66$ )與 RL=1 (B=-0.01,  $p=0.41$ )在四次測量間的時間距相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 92)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米二氧化矽暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 IL-6sR 濃度與 Risk level\*Time 並無顯著的相關性 (B=0.01,  $p=0.84$ ) (表 93)。

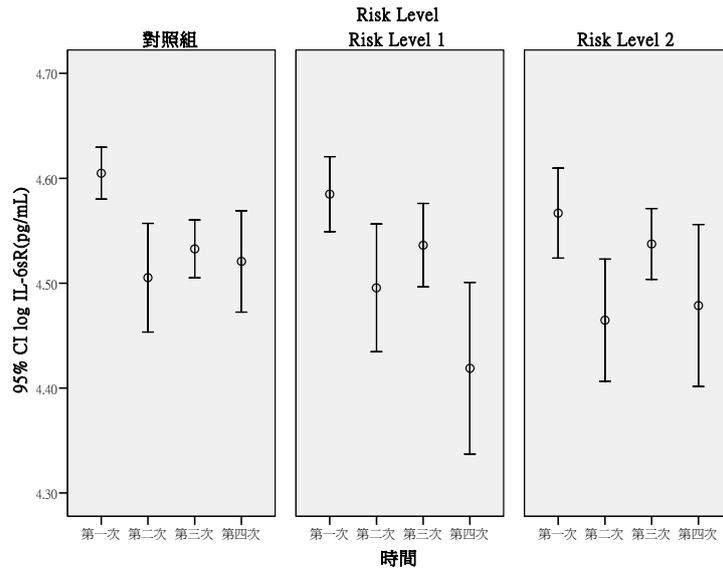


圖 49 奈米級二氧化矽處置者之 IL-6sR (pg/mL)重覆測量分布情形

表 92 IL-6sR(pg/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.05	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.02	0.80
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.02	0.53
RL2vs 對照組	-0.04	0.03	0.24
RL1vs 對照組	0.00	0.03	0.95
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	0.01	0.01	0.66
RL1*Time	-0.01	0.01	0.41

依變項: log IL-6sR(pg/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 93 IL-6sR(pg/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.05	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.02	0.85
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.02	0.57
Risk Level	-0.02	0.02	0.29
Time	-0.03	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.84

依變項: log IL-6sR(pg/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米銀處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 IL-6sR 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.00,  $p=1.00$ )與 RL=1 組(B=-0.06,  $p=0.14$ )血漿中 IL-6sR 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.03,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=0.00,  $p=0.97$ )與 RL=1 (B=0.01,  $p=0.50$ )四次測量間的時間相較於對照組之間距則均無顯著的差異(表 94)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米銀暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 IL-6sR 濃度與 Risk level\*Time 並無顯著的相關性 (B=0.00,  $p=0.87$ )(表 95)。

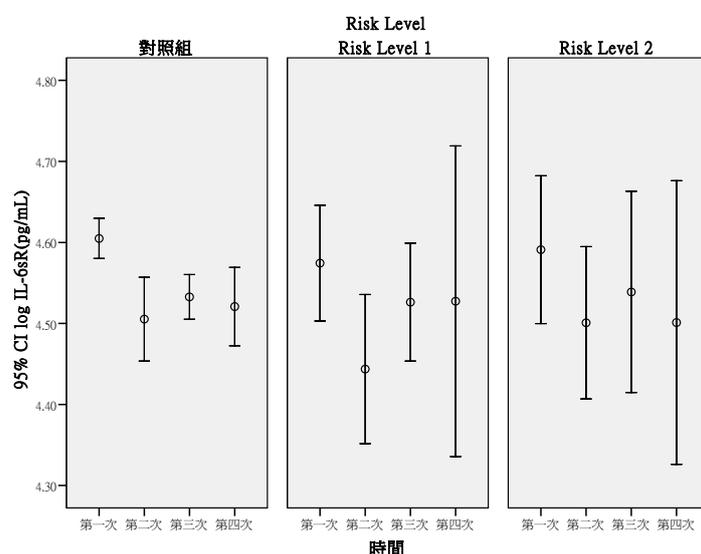


圖 50 奈米銀處置者之 IL-6 sR (pg/mL)重覆測量分布情形

表 94 IL-6sR(pg/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.04	0.02	0.04
性別(男 vs 女)	0.00	0.02	0.90
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.04	0.59
RL2vs 對照組	0.00	0.05	1.00
RL1vs 對照組	-0.06	0.04	0.14
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	0.00	0.02	0.97
RL1*Time	0.01	0.02	0.50

依變項: log IL-6sR(pg/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 95 IL-6sR(pg/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.04	0.02	0.04
性別(男 vs 女)	0.00	0.02	0.92
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.04	0.65
Risk Level	-0.01	0.02	0.70
Time	-0.03	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.87

依變項: log IL-6sR(pg/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米其他奈米物質處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 IL-6sR 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.01,  $p=0.94$ )與 RL=1 組(B=-0.06,  $p=0.06$ )之血漿中 IL-6sR 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.03,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=-0.02,  $p=0.40$ )與 RL=1 (B=0.01,  $p=0.45$ )四次測量間的時間相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 96)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著其他奈米物質暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 IL-6sR 濃度與 Risk level\*Time 並無顯著的相關性 (B=-0.01,  $p=0.58$ ) (表 97)。

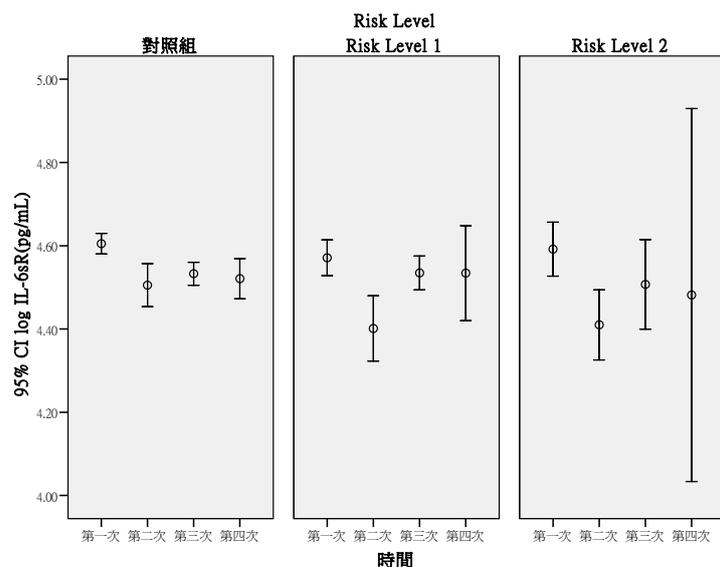


圖 51 其他奈米物質處置者之 IL-6 sR (pg/mL)重覆測量分布情形

表 96 IL-6sR(pg/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.05	0.02	0.02
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.57
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.04	0.90
RL2vs 對照組	0.00	0.05	0.94
RL1vs 對照組	-0.06	0.03	0.06
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.02	0.02	0.40
RL1*Time	0.01	0.01	0.45

校正變項: log IL-6sR(pg/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 97 IL-6sR(pg/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.05	0.02	0.02
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.61
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.04	0.94
Risk Level	-0.01	0.02	0.52
Time	-0.03	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.58

校正變項: log IL-6sR(pg/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

## (7) 8-OHdG

### A. 尿中 8-OHdG

本實驗結果顯示(表 98、99)，尿液中的 8-OHdG 在生活習慣分群中，性別呈現出有顯著性的差異( $p < 0.01$ )，其中男性的數值比女性來的高，可能是男生暴露在奈米粒子環境中的機會比女生要來的高，而在其他生活習慣的分群上像是：年齡、抽菸習慣、嚼檳榔...等沒有顯著性差異，也沒有呈現相關性的趨勢；在疾病分群的討論上，雖然沒有統計上顯著性的差異，但是在患有慢性支氣管炎、心絞痛、高血壓之受試者的 8-OHdG 皆高於健康族群。

表 98 8-OHdG (ng/mL)(urine)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	188	6.28	±	3.92	0.53
	>40，40 歲以上	92	5.96	±	3.72	
性別	女	82	4.85	±	3.18	<0.01
	男	198	6.73	±	3.98	
抽菸習慣	無	249	6.13	±	3.89	0.41
	有	30	6.69	±	3.54	
喝酒習慣	無	255	6.25	±	3.87	0.25
	有	25	5.41	±	3.74	
嚼檳榔習慣	無	273	6.20	±	3.88	0.53
	有	7	5.19	±	2.99	
籍貫	台閩	217	6.19	±	3.86	0.54
	客家	40	6.58	±	3.98	
	其它(原住民與外省籍)	22	5.45	±	3.71	
教育程度	高中職以下	44	6.95	±	4.20	0.4
	大專/大學	125	6.07	±	3.98	
	研究所以上	110	6.04	±	3.55	

*p* 值使用無母數分析

表 99 8-OHdG (ng/mL)(urine)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	263	6.11	±	3.75	0.54
	有	16	7.38	±	5.44	
氣喘	無	271	6.20	±	3.88	0.69
	有	7	6.14	±	3.18	
鼻炎	無	230	6.15	±	3.83	0.6
	有	50	6.33	±	4.02	
心律不整	無	269	6.24	±	3.86	0.16
	有	11	4.70	±	3.53	
心絞痛	無	277	6.13	±	3.81	0.1
	有	3	10.93	±	6.10	
心臟瓣膜疾病	無	276	6.23	±	3.85	0.04
	有	4	2.53	±	2.62	
高血脂	無	259	6.08	±	3.73	0.44
	有	21	7.33	±	5.18	
高血壓	無	256	6.17	±	3.78	0.67
	有	24	6.23	±	4.68	
異位性皮膚炎	無	257	6.18	±	3.91	0.72
	有	23	6.11	±	3.30	
過敏性皮膚炎	無	247	6.11	±	3.82	0.30
	有	33	6.71	±	4.13	
色素沉澱	無	272	6.20	±	3.89	0.79
	有	8	5.46	±	2.76	
毛囊炎	無	268	6.28	±	3.87	0.03
	有	12	3.82	±	2.81	

*p* 值使用無母數分析

圖 52 在 GEE 分析 ( 四次比較 ) 部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 意味著當暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, 尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而提高; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

表 100 在重覆測量之 GEE 分析 RL1 和 RL2 與對照組方面, 性別有顯著性差異( $p < 0.01$ ), 且 RL1 和 RL2 與對照組方面無顯著性差異。對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p < 0.01$ ), 但在 RL1 與 RL2 和時間的相互作用項皆為負值( $B = 0.00, -0.03$ )的 **8-OHdG (urine)**含量, 因此並不會隨著暴露時間增加而上升, 其原因可能為在暴露於 RL1 和 RL2 環境中, 工作人員有配戴適當的安全護具, 如: 口罩、防護衣等, 使吸入奈米粒子的機率下降, 進而降低其影響。

表 101 在重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析, 抽煙習慣、心臟瓣膜疾病和毛囊炎等並無顯著性差異。對於暴露時間長短具有顯著差異( $p < 0.00$ ), 但在 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = -0.01$ )並無顯著性差異。

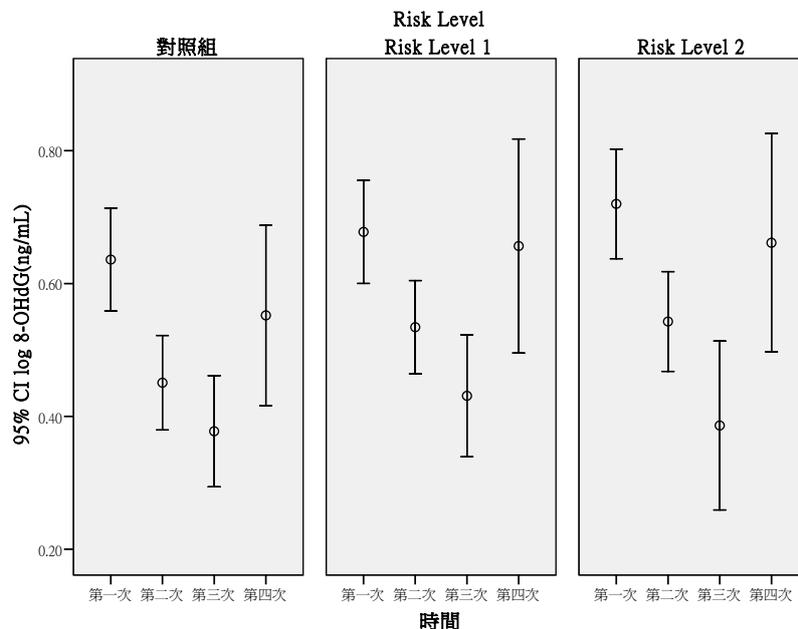


圖 52 8-OHdG (ng/mL)(urine)之重覆測量分布情形

表 100 8-OHdG(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.21	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.04	0.22
心臟瓣膜疾病(有 vs 無)	-0.26	0.17	0.13
毛囊炎(有 vs 無)	-0.14	0.10	0.14
RL2vs 對照組	0.07	0.07	0.30
RL1vs 對照組	0.01	0.07	0.94
Time	-0.06	0.02	<0.01
RL2*Time	-0.03	0.03	0.38
RL1*Time	0.00	0.03	0.92

依變項: log 8-OHdG(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 心臟瓣膜疾病, 毛囊炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 101 8-OHdG(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.04	0.23
心臟瓣膜疾病(有 vs 無)	-0.26	0.17	0.12
毛囊炎(有 vs 無)	-0.15	0.10	0.14
Risk Level	0.04	0.04	0.32
Time	-0.05	0.02	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.02	0.41

依變項: log 8-OHdG(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 心臟瓣膜疾病, 毛囊炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 53 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(四次比較)部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 意味著當暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, 尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而提高; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性評估。

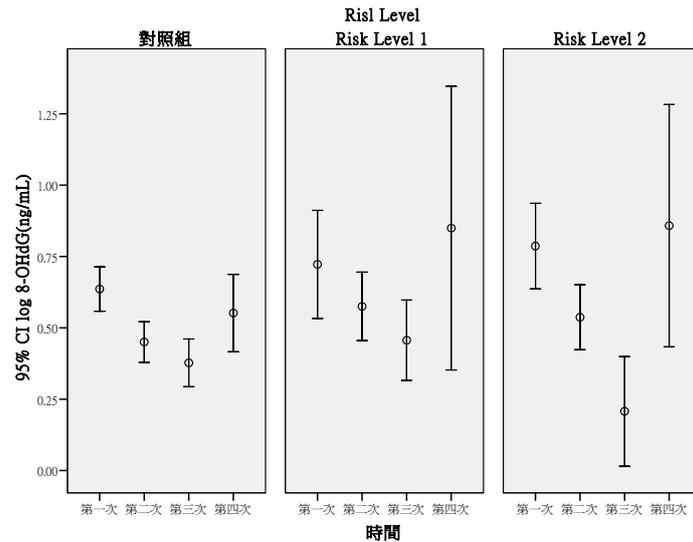


圖 53 奈米碳管處置者之 8-OHdG (ng/mL)(urine)重覆測量分布情形

表 102、表 103 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 RL1、RL2 與對照組之差異與 Risk Level 之趨勢分析( 四次比較 )，性別與環境的時間是具顯著性差異，由 B 值的下降意味著當暴露於 RL1、RL2 越久，尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而減少；因此表示對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員受到妥當與完善的安全性評估。

表 102 8-OHdG(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.18	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.06	0.06	0.27
心臟瓣膜疾病(有 vs 無)	-0.30	0.19	0.12
毛囊炎(有 vs 無)	0.01	0.14	0.92
RL2vs 對照組	0.21	0.12	0.08
RL1vs 對照組	-0.01	0.12	0.91
Time	-0.06	0.02	<0.01
RL2*Time	-0.11	0.06	0.07
RL1*Time	0.03	0.05	0.55

依變項: log 8-OHdG(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 心臟瓣膜疾病, 毛囊炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 103 8-OHdG(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.19	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.06	0.06	0.27
心臟瓣膜疾病(有 vs 無)	-0.30	0.19	0.11
毛囊炎(有 vs 無)	0.01	0.14	0.95
Risk Level	0.09	0.06	0.12
Time	-0.05	0.02	0.01
Risk Level* Time	-0.04	0.03	0.12

依變項: log 8-OHdG(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 心臟瓣膜疾病, 毛囊炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 54 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(四次比較)部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 意味著當暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, 尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而減少; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性評估。

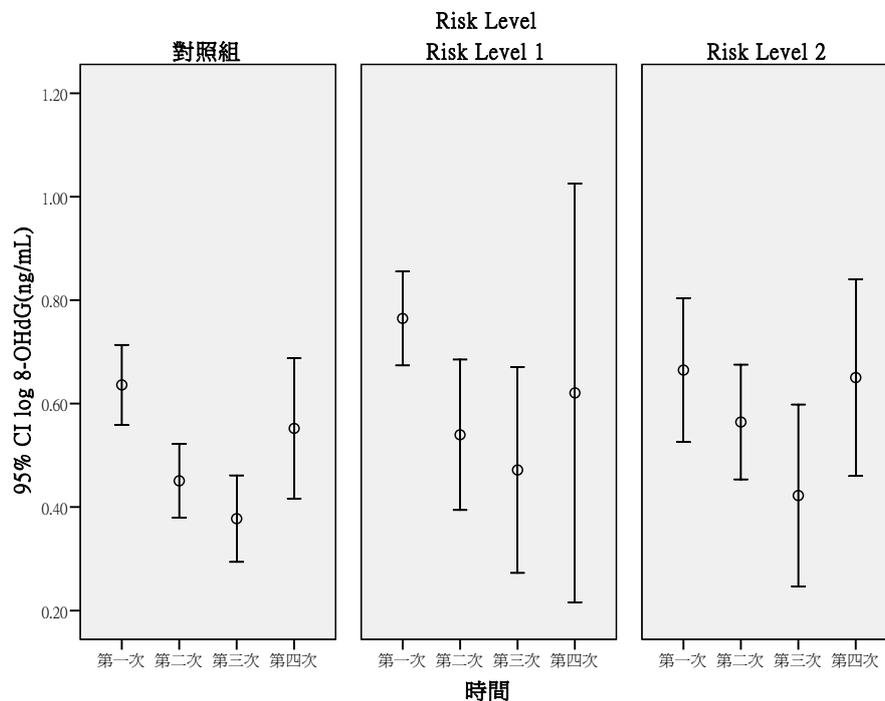


圖 54 奈米級二氧化鈦處置者之 8-OHdG (ng/mL)(urine)重覆測量分布情形

表 104 與 105 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 RL1、RL2 與對照組之差異與 Risk Level 之趨勢分析(四次比較)，性別與環境的時間是具顯著性差異，由 B 值的下降意味著當暴露於 RL1、RL2 越久，尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而減少；因此表示對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員受到妥當與完善的安全性評估。

表 104 8-OHdG(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.20	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.05	0.90
心臟瓣膜疾病(有 vs 無)	-0.28	0.18	0.12
毛囊炎(有 vs 無)	-0.10	0.11	0.39
RL2vs 對照組	-0.01	0.09	0.89
RL1vs 對照組	0.10	0.09	0.28
Time	-0.06	0.02	<0.01
RL2*Time	0.02	0.04	0.55
RL1*Time	-0.03	0.05	0.51

依變項: log 8-OHdG(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 心臟瓣膜疾病, 毛囊炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 105 8-OHdG(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.20	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.05	0.97
心臟瓣膜疾病(有 vs 無)	-0.28	0.18	0.12
毛囊炎(有 vs 無)	-0.10	0.11	0.37
Risk Level	0.00	0.04	0.94
Time	-0.06	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.02	0.68

依變項: log 8-OHdG(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 心臟瓣膜疾病, 毛囊炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 55 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(四次比較)部分，RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢，但是仍然沒有差異性，意味著當暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久，尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而增加；因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性評估。

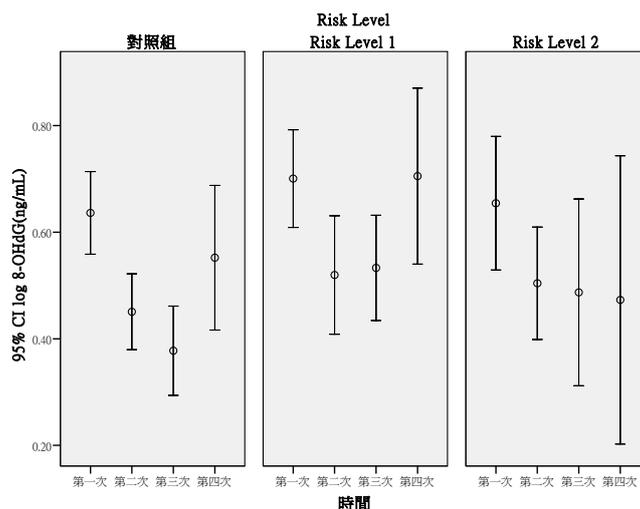


圖 55 奈米級二氧化矽處置者之 8-OHdG (ng/mL)(urine)重覆測量分布情形

表 106 與 107 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 RL1、RL2 與對照組之差異與 Risk Level 之趨勢分析(四次比較)，性別與環境的時間是具顯著性差異，由 B 值的下降意味著當暴露於 RL1、RL2 越久，尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而減少；因此表示對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員受到妥當與完善的安全性評估。

表 106 8-OHdG(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.16	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.06	0.38
心臟瓣膜疾病(有 vs 無)	-0.26	0.16	0.10
毛囊炎(有 vs 無)	-0.17	0.13	0.19
RL2vs 對照組	0.03	0.09	0.70
RL1vs 對照組	0.04	0.08	0.62
Time	-0.06	0.02	<0.01
RL2*Time	-0.01	0.04	0.77
RL1*Time	0.01	0.03	0.71

依變項: log 8-OHdG(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 心臟瓣膜疾病, 毛囊炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 107 8-OHdG(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.17	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.06	0.48
心臟瓣膜疾病(有 vs 無)	-0.27	0.16	0.09
毛囊炎(有 vs 無)	-0.18	0.13	0.16
Risk Level	0.02	0.04	0.65
Time	-0.06	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.02	0.85

依變項: log 8-OHdG(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 心臟瓣膜疾病, 毛囊炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 56 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(四次比較) 部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 意味著當暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, 尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而增加; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

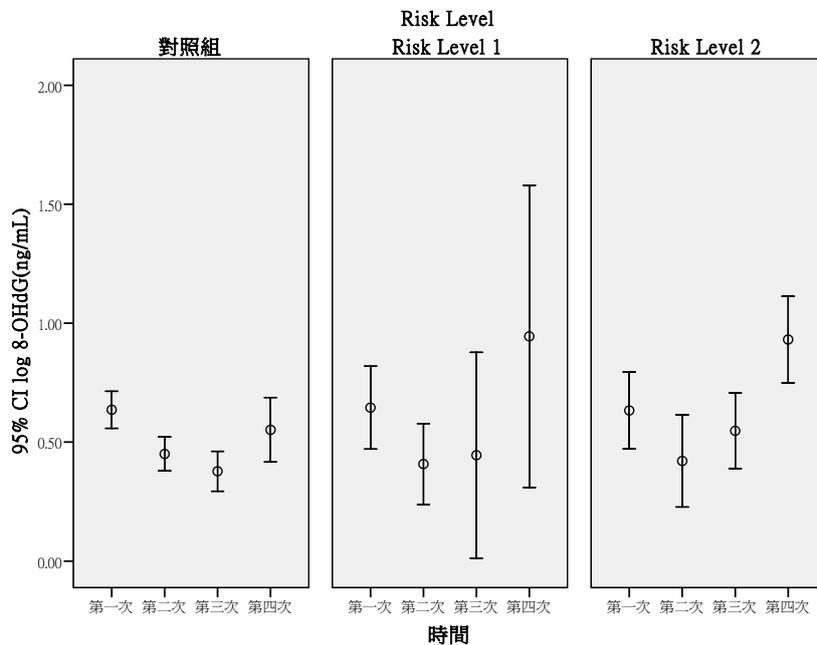


圖 56 奈米銀處置者之 8-OHdG (ng/mL)(urine)重覆測量分布情形

表 108 與 109 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析 RL1、RL2 與

對照組之差異與 Risk Level 之趨勢分析(四次比較)，性別與環境的時間是具顯著性差異，由 B 值的下降意味著當暴露於 RL1、RL2 越久，尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而減少；因此表示對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員受到妥當與完善的安全性防護。

表 108 8-OHdG(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.21	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.06	0.55
心臟瓣膜疾病(有 vs 無)	-0.11	0.14	0.46
毛囊炎(有 vs 無)	-0.02	0.14	0.89
RL2vs 對照組	-0.13	0.10	0.20
RL1vs 對照組	-0.09	0.10	0.35
Time	-0.06	0.02	<0.01
RL2*Time	0.06	0.04	0.11
RL1*Time	0.05	0.06	0.40

依變項: log 8-OHdG(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 心臟瓣膜疾病, 毛囊炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 109 8-OHdG(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.21	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.06	0.54
心臟瓣膜疾病(有 vs 無)	-0.11	0.14	0.45
毛囊炎(有 vs 無)	-0.02	0.14	0.90
Risk Level	-0.07	0.05	0.16
Time	-0.06	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.04	0.02	0.10

依變項: log 8-OHdG(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 心臟瓣膜疾病, 毛囊炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 57 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(四次比較) 部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 意味著當暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, 尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而增加; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性評估。

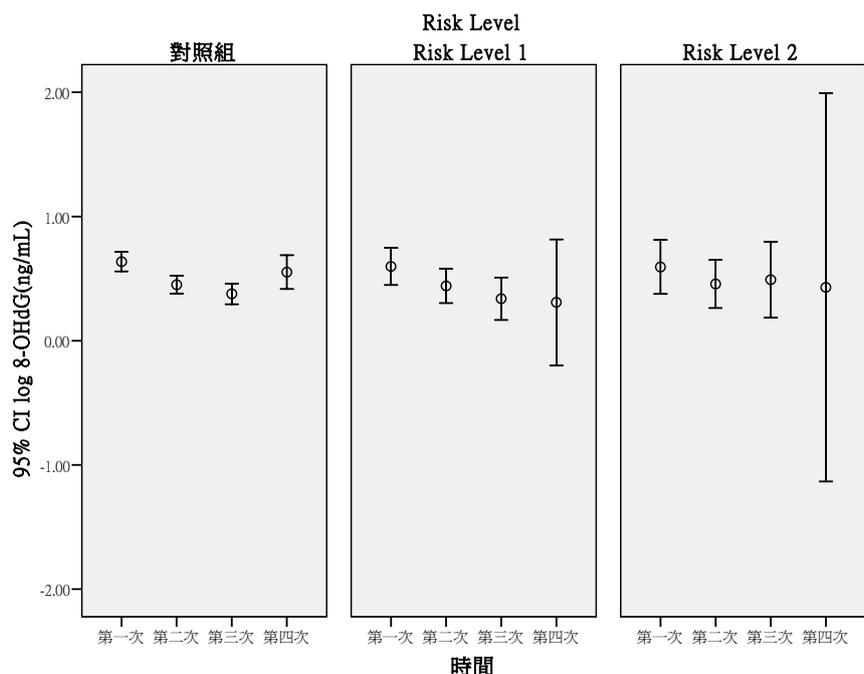


圖 57 其他奈米物質處置者之 8-OHdG (ng/mL)(urine)重覆測量分布情形

表 110 與表 111 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析 RL1、RL2 與對照組之差異與 Risk Level 之趨勢分析(四次比較)，性別與環境的時間是具顯著性差異，由 B 值的下降意味著當暴露於 RL1、RL2 越久，尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而減少；因此表示對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員受到妥當與完善的安全性評估。

表 110 8-OHdG(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.19	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.13	0.07	0.07
心臟瓣膜疾病(有 vs 無)	-0.25	0.16	0.12
毛囊炎(有 vs 無)	-0.12	0.13	0.38
RL2vs 對照組	0.02	0.14	0.87
RL1vs 對照組	-0.01	0.11	0.91
Time	-0.06	0.02	<0.01
RL2*Time	-0.03	0.07	0.71
RL1*Time	-0.04	0.05	0.35

校正變項: log 8-OHdG(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 心臟瓣膜疾病, 毛囊炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 111 8-OHdG(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.18	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.13	0.07	0.06
心臟瓣膜疾病(有 vs 無)	-0.24	0.16	0.13
毛囊炎(有 vs 無)	-0.10	0.13	0.41
Risk Level	0.01	0.06	0.89
Time	-0.06	0.02	<0.01
Risk Level* Time	-0.02	0.03	0.50

校正變項: log 8-OHdG(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 心臟瓣膜疾病, 毛囊炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

### B. 8-OHdG/ creatinine

校正 Creatinine 值之後，在生活習慣的分群上，沒有顯著性的差異與相關性的趨勢；而在疾病的分群上，也並無發現有顯著性的差異(表 112、113)。

表 112 8-OHdG/ creatinine(ng/mg)在不同生活習慣下之分布情形

變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	<=40, 40 歲以下	185	5.89	± 7.26	0.19
	>40, 40 歲以上	90	5.67	± 3.65	
性別	女	82	6.93	± 10.02	0.3
	男	193	5.35	± 3.69	
抽菸習慣	無	244	5.90	± 6.61	0.75
	有	30	5.27	± 2.88	
喝酒習慣	無	250	5.89	± 6.53	0.71
	有	25	5.12	± 3.30	
嚼檳榔習慣	無	268	5.86	± 6.37	0.37
	有	7	4.17	± 2.17	
籍貫	台閩	213	5.83	± 6.88	0.95
	客家	39	5.56	± 3.66	
	其它(原住民與外省籍)	22	6.02	± 3.87	
教育程度	高中職以下	41	5.83	± 3.19	0.78
	大專/大學	124	6.16	± 6.69	
	研究所以上	109	5.47	± 6.77	

*p* 值使用無母數分析

表 113 8-OHdG/ creatinine(ng/mg )在不同疾病狀況下之分布情形

變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	258	5.77	± 6.39	0.68
	有	16	6.61	± 5.10	
氣喘	無	267	5.83	± 6.39	0.23
	有	6	6.33	± 2.10	
鼻炎	無	227	5.90	± 6.80	0.54
	有	48	5.44	± 3.05	
心律不整	無	264	5.91	± 6.39	0.05
	有	11	3.64	± 3.03	
心絞痛	無	272	5.84	± 6.33	0.67
	有	3	4.28	± 3.38	
心臟瓣膜疾病	無	271	5.87	± 6.34	0.07
	有	4	2.74	± 2.34	
高血脂	無	254	5.71	± 6.26	0.87
	有	21	7.16	± 6.88	
高血壓	無	251	5.78	± 6.26	0.21
	有	24	6.24	± 6.91	
異位性皮膚炎	無	252	5.88	± 6.51	0.98
	有	23	5.16	± 3.27	
過敏性皮膚炎	無	242	5.67	± 5.30	0.21
	有	33	6.93	± 11.28	
色素沉澱	無	267	5.83	± 6.32	0.42
	有	8	5.63	± 6.05	
毛囊炎	無	263	5.88	± 6.40	0.27
	有	12	4.45	± 3.50	

*p* 值使用無母數分析

圖 58 在重覆測量之 GEE 分析( 四次比較 ) 部分，RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項在有提升的趨勢，但是仍然沒有差異性，意味著當暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久，尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而增加；因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

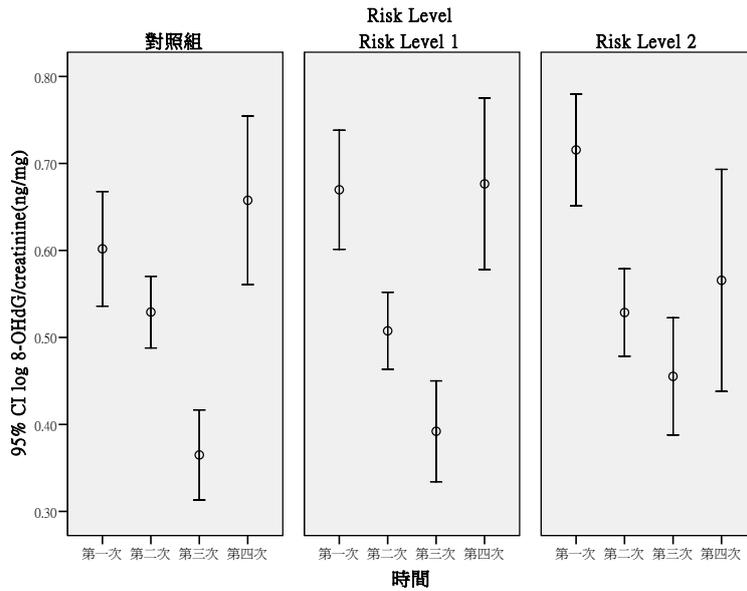


圖 58 8-OHdG/ creatinine(ng/mg )之重覆測量分布情形

表 114 與 115 重覆測量之 GEE 分析 RL1、RL2 與對照組之差異與 Risk Level 之趨勢分析( 四次比較 )，RL2 與對照組與暴露環境的時間是具顯著性差異，由 B 值的下降意味著當暴露於 RL1、RL2 越久，尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而減少；因此表示對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員受到妥當與完善的安全性防護。

表 114 8-OHdG/creatinine(ng/mg)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.03	0.96
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.04	0.51
RL2vs 對照組	0.16	0.06	0.01
RL1vs 對照組	0.07	0.06	0.21
Time	-0.03	0.02	0.03
RL2*Time	-0.05	0.02	0.04
RL1*Time	-0.02	0.02	0.42

依變項: log 8-OHdG/creatinine(ng/mg)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 115 8-OHdG/creatinine(ng/mg)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.00	0.03	0.93
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.04	0.50
Risk Level	0.08	0.03	0.01
Time	-0.03	0.01	0.03
Risk Level* Time	-0.02	0.01	0.04

依變項: log 8-OHdG/creatinine(ng/mg)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 59 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(四次比較) 部分，RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項在第一次比較有提升的趨勢，但是仍然沒有差異性，但隨著當暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久，尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而增加；因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

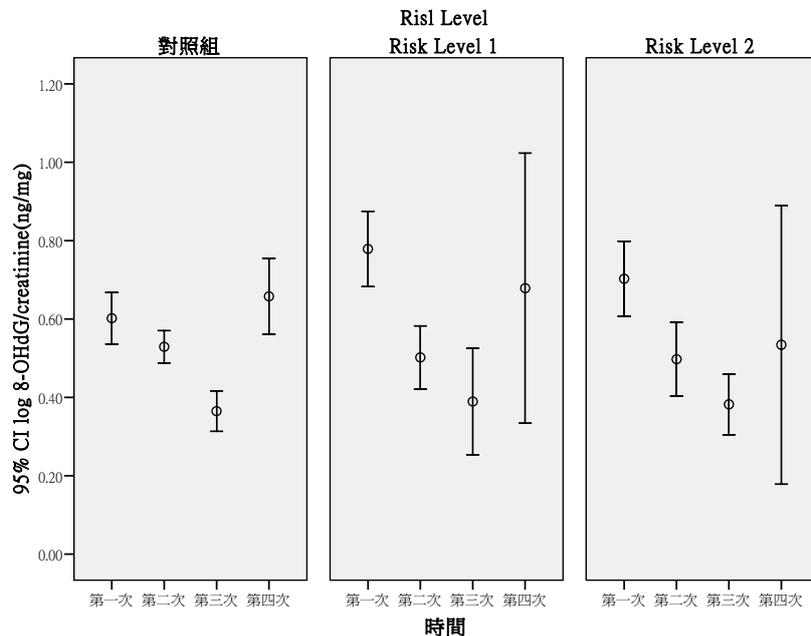


圖 59 奈米碳管處置者之 8-OHdG/ creatinine(ng/mg)重覆測量分布情形

表 116 與 117 在奈米碳管處置重覆測量之 GEE 分析 RL1、RL2 與對照組之差異與 Risk Level 之趨勢分析(四次比較)，RL2 與對照組與暴露環境的時間是具顯著性差異，由 B 值的下降意味著當暴露於 RL1、RL2

越久，尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而減少；因此表示對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員受到妥當與完善的安全性評估。

表 116 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.03	0.03	0.46
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.05	0.28
RL2vs 對照組	0.18	0.08	0.02
RL1vs 對照組	0.20	0.07	<0.01
Time	-0.03	0.02	0.03
RL2*Time	-0.09	0.03	0.01
RL1*Time	-0.07	0.03	0.06

依變項: log 8-OHdG/creatinine(ng/mg)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 117 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.03	0.04	0.38
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.05	0.37
Risk Level	0.10	0.04	0.01
Time	-0.03	0.01	0.02
Risk Level* Time	-0.05	0.02	<0.01

依變項: log 8-OHdG/creatinine(ng/mg)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 60 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(四次比較)，對照組與 RL1 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項在第一次至第三次有下降的趨勢，但是仍然沒有差異性，而第四次比較確實有增加的趨勢，但隨著當暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久，尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而下降；因此我們對長時間暴露於奈米級二氧化鈦環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

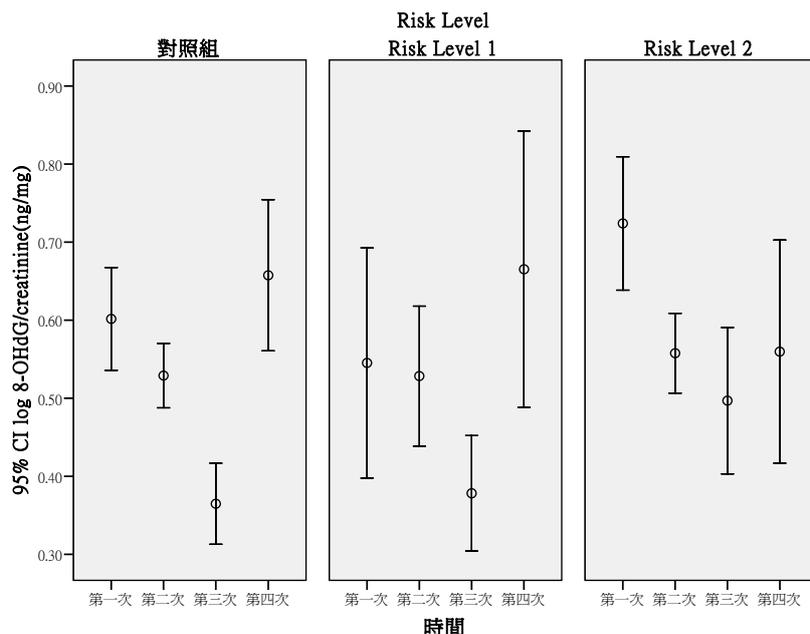


圖 60 奈米級二氧化鈦處置者之 8-OHdG/ creatinine(ng/mg)重覆測量分布情形

表 118 與 119 在奈米級二氧化鈦處置重覆測量之 GEE 分析 RL1、RL2 與對照組之差異與 Risk Level 之趨勢分析(四次比較)，RL2 與對照組與暴露環境的時間是具顯著性差異，由 B 值的下降意味著當暴露於 RL1、RL2 越久，尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而減少；因此表示對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員受到妥當與完善的安全性評估。

表 118 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.03	0.03	0.42
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.05	0.48
RL2vs 對照組	0.16	0.06	0.01
RL1vs 對照組	-0.08	0.09	0.33
Time	-0.03	0.02	0.03
RL2*Time	-0.04	0.03	0.11
RL1*Time	0.03	0.03	0.31

依變項: log 8-OHdG/creatinine(ng/mg)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 119 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.02	0.03	0.51
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.05	0.61
Risk Level	0.06	0.03	0.04
Time	-0.03	0.01	0.06
Risk Level* Time	-0.02	0.01	0.22

依變項: log 8-OHdG/creatinine(ng/mg)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 61 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(四次比較), 對照組與 RL1 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項在第一次至第三次有下降的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 而第四次比較確實有增加的趨勢, 但隨著當暴露於 RL2 環境的時間越久, 尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而下降; 因此我們對長時間暴露於奈米級二氧化鈦環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

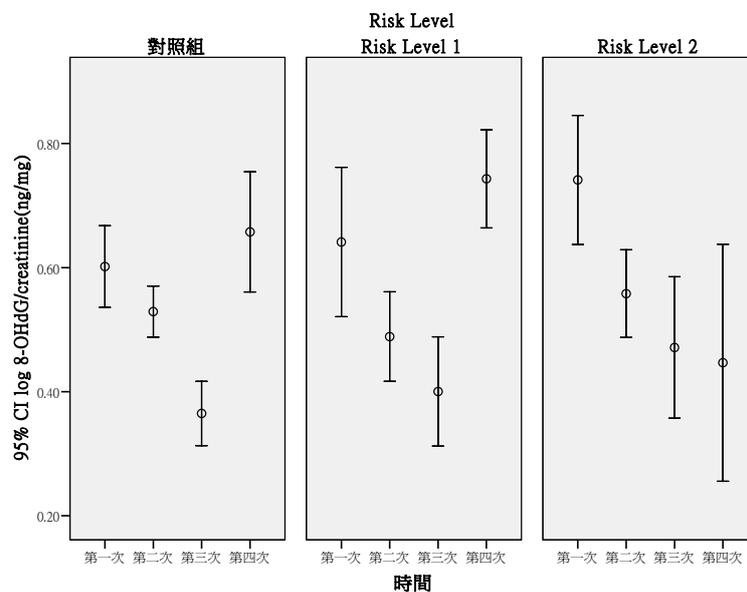


圖 61 奈米級二氧化矽處置者之 8-OHdG/ creatinine(ng/mg )重覆測量分布情形

表 120 與 121 在奈米級二氧化矽處置重覆測量之 GEE 分析 RL1、RL2 與對照組之差異與 Risk Level 之趨勢分析(四次比較), RL2 與對照組與暴露環境的時間是具顯著性差異, 由 B 值的下降意味著當暴露於

RL1、RL2 越久，尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而減少；因此表示對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員受到妥當與完善的安全性評估。

表 120 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.04	0.03	0.28
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.05	0.47
RL2vs 對照組	0.22	0.08	<0.01
RL1vs 對照組	0.01	0.08	0.89
Time	-0.03	0.02	0.04
RL2*Time	-0.08	0.03	0.01
RL1*Time	0.00	0.03	0.92

依變項: log 8-OHdG/creatinine(ng/mg)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 121 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.04	0.03	0.27
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.05	0.50
Risk Level	0.10	0.04	0.01
Time	-0.03	0.01	0.07
Risk Level* Time	-0.03	0.02	0.03

依變項: log 8-OHdG/creatinine(ng/mg)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 62 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(四次比較)，對照組與 RL1 及 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢，但是仍然沒有差異性，但隨著當暴露於奈米銀環境的時間越久，尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而上升；因此我們對長時間暴露於奈米級二氧化鈦環境的職場工作人員加強安全性防護。

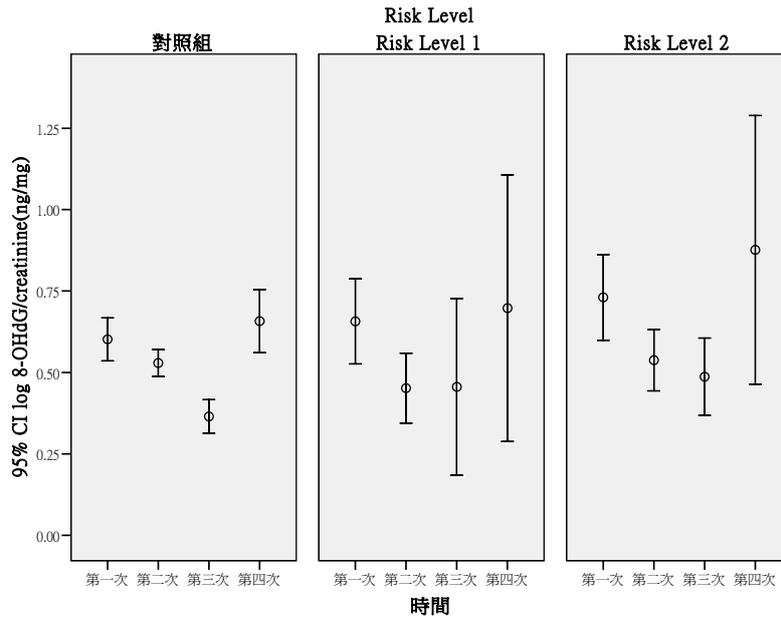


圖 62 奈米銀處置者之 8-OHdG/ creatinine(ng/mg )重覆測量分布情形

表 122 與 123 在奈米銀處置重覆測量之 GEE 分析 RL1、RL2 與對照組之差異與 Risk Level 之趨勢分析( 四次比較 )，與暴露環境的時間是具顯著性差異，由 B 值的下降意味著當暴露於 RL1、RL2 越久，尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而減少；因此表示對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員受到妥當與完善的安全性評估。

表 122 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.04	0.04	0.26
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.06	0.06	0.36
RL2vs 對照組	0.10	0.08	0.25
RL1vs 對照組	0.01	0.07	0.85
Time	-0.03	0.02	0.04
RL2*Time	0.00	0.03	0.95
RL1*Time	0.01	0.03	0.81

依變項: log 8-OHdG/creatinine(ng/mg)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 123 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.04	0.04	0.26
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.06	0.06	0.34
Risk Level	0.04	0.04	0.28
Time	-0.03	0.01	0.03
Risk Level* Time	0.00	0.02	0.99

依變項: log 8-OHdG/creatinine(ng/mg)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 63 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(四次比較), 對照組與 RL1 及 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 但隨著當暴露於奈米銀環境的時間越久, 尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而下降; 因此我們對長時間暴露於其他奈米物質環境的職場工作人員較無影響。

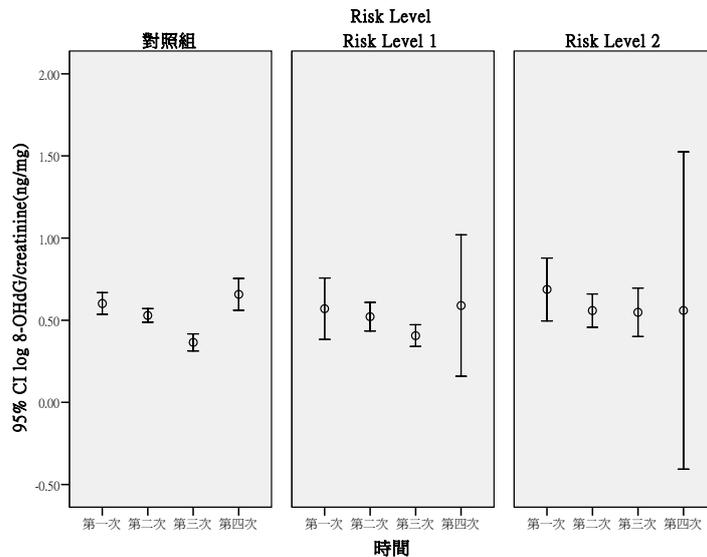


圖 63 其他奈米物質處置者之 8-OHdG/ creatinine(ng/mg)重覆測量分布情形

表 124 與 125 在其他奈米物質處置重覆測量之 GEE 分析 RL1、RL2 與對照組之差異與 Risk Level 之趨勢分析(四次比較), 與暴露環境的時間是具顯著性差異, 由 B 值的下降意味著當暴露於 RL1、RL2 越久, 尿液中的 8-OHdG 會隨著時間增長而減少; 因此表示對長時間暴露於奈米

環境的職場工作人員受到妥當與完善的安全性評估。

表 124 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.01	0.04	0.82
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.06	0.73
RL2vs 對照組	0.13	0.12	0.28
RL1vs 對照組	0.00	0.12	0.97
Time	-0.03	0.02	0.03
RL2*Time	-0.03	0.05	0.54
RL1*Time	-0.01	0.05	0.79

校正變項: log 8-OHdG/creatinine(ng/mg)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 125 8-OHdG/creatinine(ng/mg)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.01	0.04	0.75
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.06	0.72
Risk Level	0.06	0.06	0.32
Time	-0.03	0.01	0.03
Risk Level* Time	-0.02	0.02	0.49

校正變項: log 8-OHdG/creatinine(ng/mg)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

### C. 血中 8-OHdG

由實驗結果得知，血液中的 8-OHdG 在生活習慣的分群上，沒有顯著性的差異，也沒有呈現相關性的趨勢，這表示生活習慣並不會影響 8-OHdG 的多寡；而在疾病的分群上，雖然沒有顯著性的差異，但是在心絞痛、心臟瓣膜疾病、毛囊炎、慢性支氣管炎、氣喘、鼻炎都有呈現相關性的趨勢(表 126、127)。

表 126 8-OHdG (pg/mL)(plasma)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	140	67.72	±	264.81	0.11
	>40，40 歲以上	66	138.18	±	396.80	
性別	女	60	102.79	±	359.51	0.09
	男	146	85.16	±	294.38	
抽菸習慣	無	180	100.72	±	334.66	0.63
	有	25	18.35	±	7.64	
喝酒習慣	無	185	98.50	±	330.35	0.35
	有	21	18.02	±	8.86	
嚼檳榔習慣	無	200	92.54	±	318.36	0.14
	有	6	15.45	±	11.22	
籍貫	台閩	148	105.50	±	355.64	0.57
	客家	37	66.40	±	200.86	
	其它(原住民與外省籍)	20	25.81	±	27.80	
教育程度	高中職以下	37	77.41	±	213.43	0.94
	大專/大學	83	78.38	±	306.59	
	研究所以上	85	108.45	±	358.64	

*p* 值使用無母數分析

表 127 8-OHdG (pg/mL)(plasma)在不同疾病狀況下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	p-value
慢性支氣管炎	無	195	94.36	±	322.21	0.05
	有	11	18.12	±	17.02	
氣喘	無	198	92.96	±	319.93	0.96
	有	7	27.15	±	25.17	
鼻炎	無	170	102.98	±	343.29	0.73
	有	36	30.40	±	61.32	
心律不整	無	195	87.49	±	314.44	0.3
	有	11	140.00	±	315.35	
心絞痛	無	203	91.43	±	316.12	0.16
	有	3	13.07	±	11.72	
心臟瓣膜疾病	無	202	91.78	±	316.86	0.39
	有	4	15.19	±	6.18	
高血脂	無	190	89.67	±	318.31	0.67
	有	16	97.69	±	264.95	
高血壓	無	186	93.69	±	328.22	0.12
	有	20	58.69	±	115.36	
異位性皮膚炎	無	190	90.52	±	318.42	0.75
	有	16	87.63	±	263.46	
過敏性皮膚炎	無	179	94.20	±	327.44	0.29
	有	27	64.37	±	205.51	
色素沉澱	無	202	86.63	±	309.18	0.25
	有	4	275.23	±	532.60	
毛囊炎	無	197	93.65	±	320.66	0.4
	有	9	16.75	±	7.51	

p 值使用無母數分析

圖 64 在重覆測量之 GEE 分析(四次比較),對照組與 RL1 及 RL2 (暴露風險因子)在第一次比較中血漿的 8-OHdG 會隨著交互作用變項暴露風險高低有下降趨勢,但是仍然沒有差異性,但隨著暴露環境的時間越久,血漿中的 8-OHdG 會隨著時間增長而下降;因此我們對長時間暴露於奈米物質環境的職場工作人員較無影響。

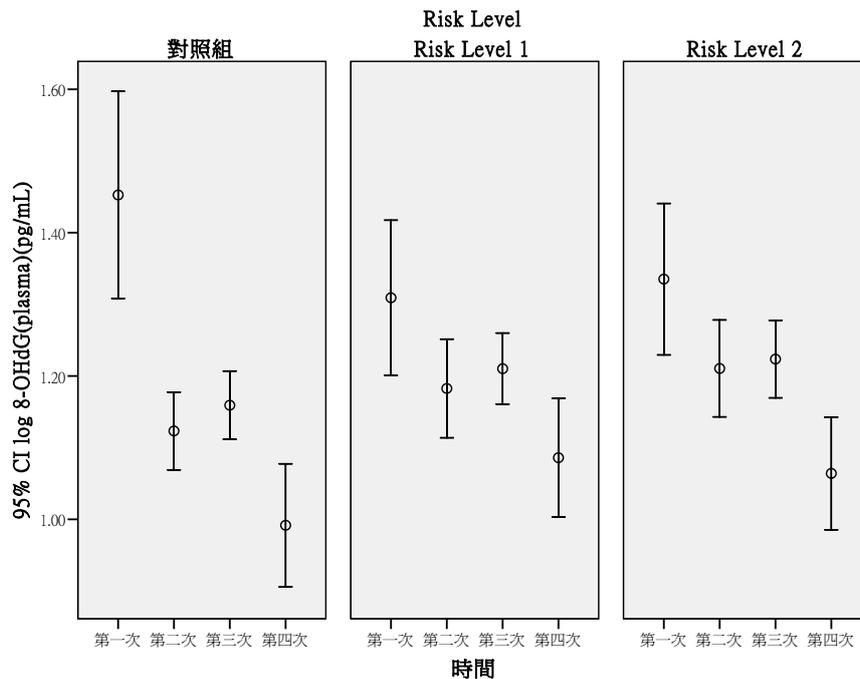


圖 64 8-OHdG (pg/mL) (plasma)之重覆測量分布情形

表 128 在重覆測量之 GEE 分析 RL1 和 RL2 與對照組方面，性別有顯著性差異( $p < 0.01$ )，且 RL1 和 RL2 與對照組方面無顯著性差異。對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p < 0.01$ )，但在 RL1 與 RL2 和時間的相互作用項皆為負值( $B = -0.18, -0.13$ )的 8-OHdG (plasma)含量，暴露於 RL1 環境中( $B = 0.07, p = 0.04$ )隨著暴露時間增加而上升進而提高暴露風險。

表 128 8-OHdG(pg/mL)(plasma)重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.14	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.04	0.28
RL2vs 對照組	-0.13	0.10	0.20
RL1vs 對照組	-0.18	0.10	0.08
Time	-0.13	0.03	<0.01
RL2*Time	0.05	0.03	0.10
RL1*Time	0.07	0.03	0.04

依變項: log 8-OHdG(plasma)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 129 在重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析,性別與對於暴露時間長短具有顯著差異( $p < 0.01$ )有顯著性差異。 ,但在 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = 0.03$ )並無顯著性差異。

表 129 8-OHdG(pg/mL)(plasma)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.14	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.04	0.24
Risk Level	-0.07	0.05	0.18
Time	-0.12	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.03	0.02	0.09

依變項: log 8-OHdG(plasma)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 65 在奈米碳管處置者之 8-OHdG (pg/mL) (plasma)重覆測量分布情形(四次比較)部分,第一次對照組與 RL1 與 RL2 (暴露風險因子)並無相關性,但隨著時間的交互作用變項有提升的趨勢,但是仍然沒有差異性,不過可以更加地確定,由 B 值的上升,意味著當暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久,血漿中的 8-OHdG 會隨著時間增長而增加;因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性評估。

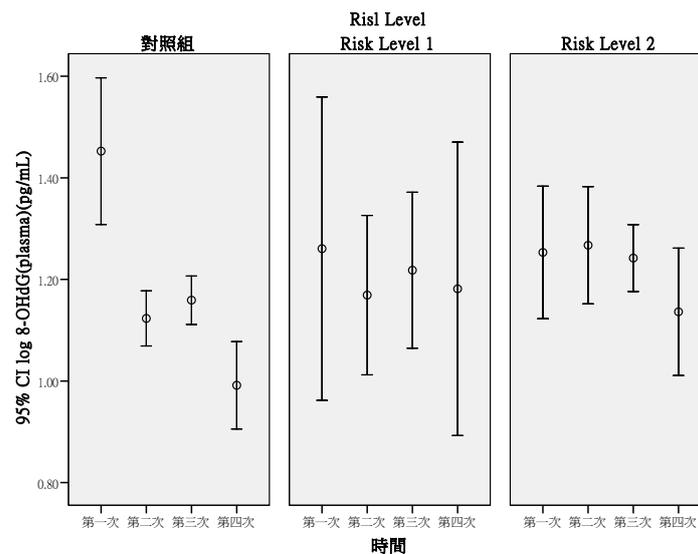


圖 65 奈米碳管處置者之 8-OHdG (pg/mL) (plasma)重覆測量分布情形

表 130 與 131 在奈米碳管處置重覆測量之 GEE 分析 RL1、RL2 與對照組之差異與 Risk Level 之趨勢分析(四次比較)，性別有顯著性差異，而 RL2 與對照組與暴露環境的時間是具顯著性差異，但單純比較 RL1、RL2 與暴露環境的時間由於 B 值不變但 RL2 是有顯著性差異，意味著當暴露於 RL2 越久，血漿中的 8-OHdG 會隨著時間增長而增加；因此表示對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員受到 DNA 損傷。且 Risk Level 之趨勢分析是有顯著性差異。

表 130 8-OHdG(pg/mL)(plasma)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.18	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.08	0.76
RL2vs 對照組	-0.26	0.11	0.02
RL1vs 對照組	-0.30	0.18	0.10
Time	-0.13	0.03	<0.01
RL2*Time	0.11	0.04	<0.01
RL1*Time	0.11	0.06	0.08

依變項: log 8-OHdG(plasma)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 131 8-OHdG(pg/mL)(plasma)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.18	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.07	0.63
Risk Level	-0.15	0.06	0.01
Time	-0.13	0.03	<0.01
Risk Level* Time	0.06	0.02	<0.01

依變項: log 8-OHdG(plasma)(pg/mL)

校正變項: Gender, 抽菸習慣, ControlBanding 分組, Time, ControlBanding 分組 \* Time

圖 66 在奈米級二氧化鈦處置者之 8-OHdG (pg/mL) (plasma)重覆測量分布情形重( 四次比較 ) 部分，第一次對照組與 RL1 與 RL2 (暴露風險因子)並無相關性，但隨著時間的交互作用變項有提升的趨勢，但是仍然沒有差異性，意味著當暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久，血漿中的 8-OHdG 會隨著時間增長而增加；因此我們必須對長時間暴露於奈米環

境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

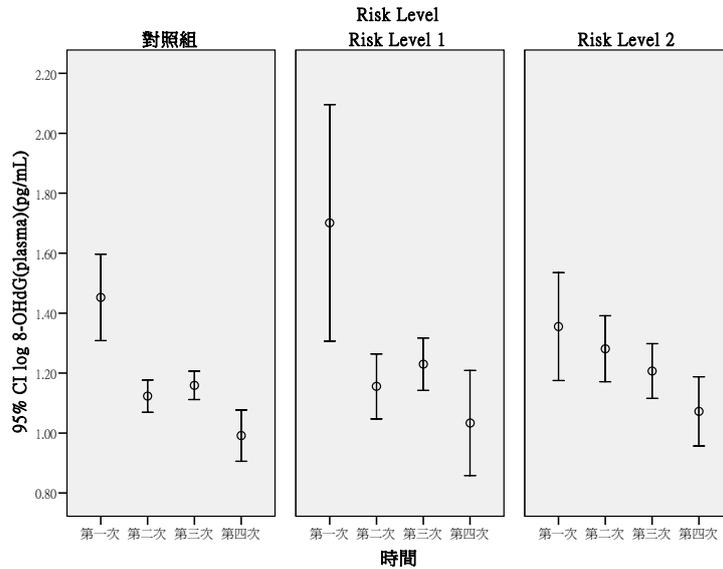


圖 66 奈米級二氧化鈦處置者之 8-OHdG (pg/mL) (plasma)重覆測量分布情形

表 132 與 133 在奈米級二氧化鈦處置重覆測量之 GEE 分析 RL1、RL2 與對照組之差異與 Risk Level 之趨勢分析(四次比較)，性別有顯著性差異，與暴露環境的時間是具顯著性差異，比較 RL1、RL2 與暴露環境的時間無顯著性差異，意味著對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

表 132 8-OHdG(pg/mL)(plasma)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.14	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.13	0.05	0.01
RL2vs 對照組	-0.07	0.13	0.59
RL1vs 對照組	0.18	0.21	0.39
Time	-0.13	0.03	<0.01
RL2*Time	0.05	0.04	0.26
RL1*Time	-0.06	0.07	0.42

依變項: log 8-OHdG(plasma)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 133 8-OHdG(pg/mL)(plasma)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.15	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.14	0.05	<0.01
Risk Level	-0.02	0.07	0.78
Time	-0.14	0.03	<0.01
Risk Level* Time	0.02	0.02	0.40

依變項: log 8-OHdG(plasma)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 67 在奈米級二氧化矽處置者之 8-OHdG (pg/mL) (plasma)重覆測量分布情形(四次比較) 部分，第一次對照組與 RL1 與 RL2 (暴露風險因子)並無相關性，但隨著時間的交互作用變項有提升的趨勢，但是仍然沒有差異性，，意味著當暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久，血漿中的 8-OHdG 會隨著時間增長而增加；因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

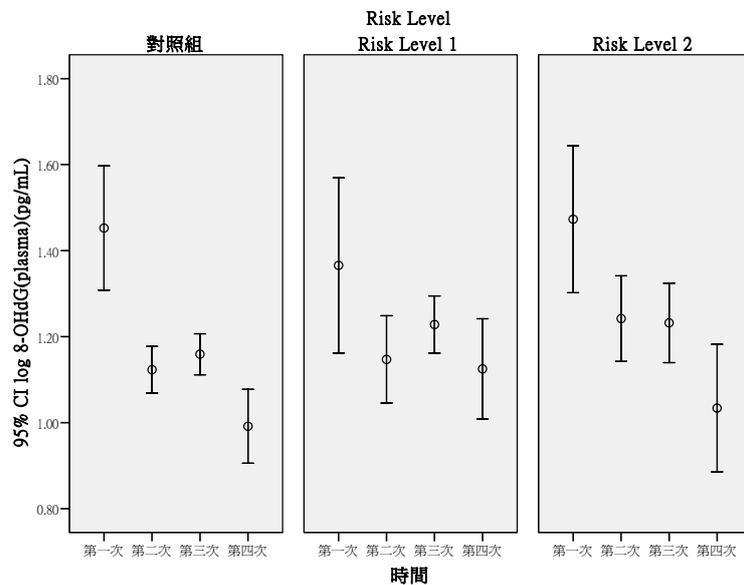


圖 67 奈米級二氧化矽處置者之 8-OHdG (pg/mL) (plasma)重覆測量分布

表 134 與 135 在奈米級二氧化矽處置重覆測量之 GEE 分析 RL1、RL2 與對照組之差異與 Risk Level 之趨勢分析(四次比較)，性別與抽煙有顯著性差異，與暴露環境的時間是具顯著性差異，比較 RL1、RL2 與

暴露環境的時間無顯著性差異，意味著對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

表 134 8-OHdG(pg/mL)(plasma)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.16	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.11	0.04	0.01
RL2vs 對照組	0.05	0.13	0.71
RL1vs 對照組	-0.14	0.14	0.33
Time	-0.13	0.03	<0.01
RL2*Time	0.01	0.04	0.89
RL1*Time	0.05	0.05	0.26

依變項: log 8-OHdG(plasma)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 135 8-OHdG(pg/mL)(plasma)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.16	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.10	0.04	0.01
Risk Level	0.01	0.06	0.89
Time	-0.12	0.03	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.02	0.73

依變項: log 8-OHdG(plasma)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 68 在奈米銀處置者之 8-OHdG (pg/mL) (plasma)重覆測量分布情形重(四次比較) 部分，第一次對照組與 RL1 與 RL2 (暴露風險因子)並無相關性，但隨著時間的交互作用變項有提升的趨勢，但是仍然沒有差異性，，意味著當暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久，血漿中的 8-OHdG 會隨著時間增長而增加；因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

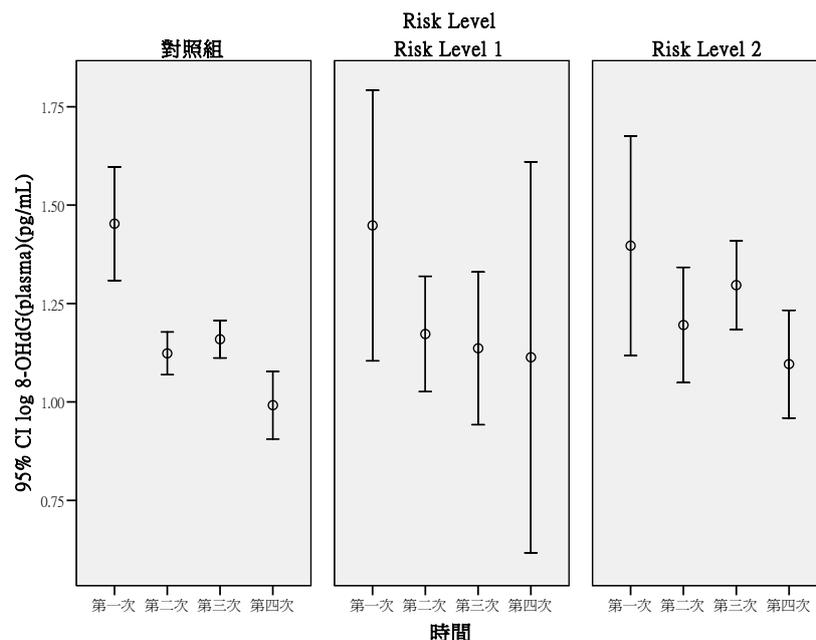


圖 68 奈米銀處置者之 8-OHdG (pg/mL) (plasma)重覆測量分布

表 136 與 137 在奈米銀處置重覆測量之 GEE 分析 RL1、RL2 與對照組之差異與 Risk Level 之趨勢分析(四次比較)，性別與抽煙有顯著性差異，與暴露環境的時間是具顯著性差異，比較 RL1、RL2 與暴露環境的時間無顯著性差異，意味著對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

表 136 8-OHdG(pg/mL)(plasma)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.19	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.15	0.05	0.01
RL2vs 對照組	-0.09	0.18	0.61
RL1vs 對照組	0.03	0.15	0.84
Time	-0.13	0.03	<0.01
RL2*Time	0.04	0.05	0.43
RL1*Time	-0.01	0.06	0.92

依變項: log 8-OHdG(plasma)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 137 8-OHdG(pg/mL)(plasma)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.19	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.14	0.06	0.01
Risk Level	-0.04	0.09	0.67
Time	-0.14	0.03	<0.01
Risk Level* Time	0.02	0.03	0.50

依變項: log 8-OHdG(plasma)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 69 在其他奈米物處置者之 8-OHdG (pg/mL) (plasma)重覆測量分布情形(四次比較) 部分，第一次對照組與 RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 並無相關性，但隨著時間的交互作用變項有提升的趨勢，但是仍然沒有差異性，意味著當暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久，血漿中的 8-OHdG 會隨著時間增長而增加；因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

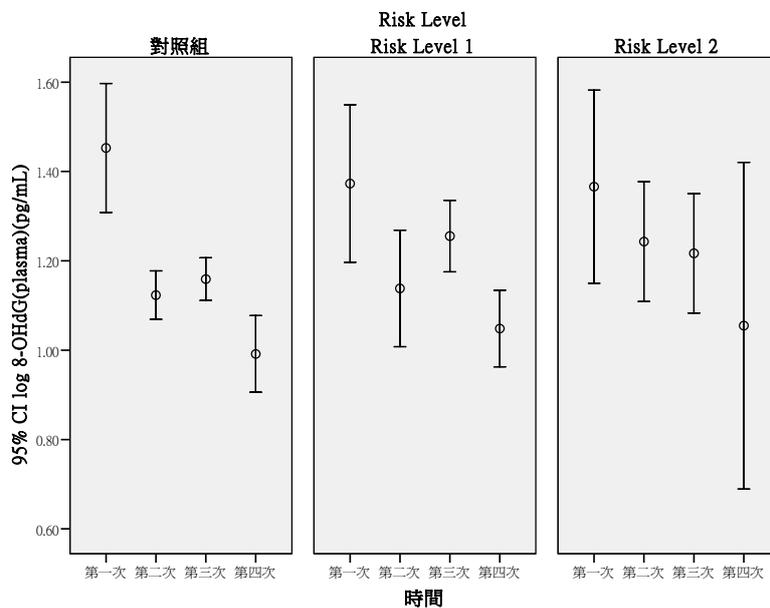


圖 69 其他奈米物質處置者之 8-OHdG (pg/mL) (plasma)重覆測量分布

表 138 與 139 在其他奈米物質處置重覆測量之 GEE 分析 RL1、RL2 與對照組之差異與 Risk Level 之趨勢分析(四次比較)，性別與抽煙有顯著性差異，與暴露環境的時間是具顯著性差異，比較 RL1、RL2 與暴露

環境的時間無顯著性差異，意味著對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

表 138 8-OHdG(pg/mL)(plasma)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.16	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.13	0.05	0.01
RL2vs 對照組	-0.06	0.15	0.66
RL1vs 對照組	-0.13	0.13	0.29
Time	-0.13	0.03	<0.01
RL2*Time	0.03	0.05	0.49
RL1*Time	0.05	0.04	0.25

校正變項: log 8-OHdG(plasma)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 139 8-OHdG(pg/mL)(plasma)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.16	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.13	0.05	0.01
Risk Level	-0.05	0.07	0.49
Time	-0.13	0.03	<0.01
Risk Level* Time	0.02	0.02	0.34

校正變項: log 8-OHdG(plasma)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

#### (8) isoPGF<sub>2α</sub>

從實驗數據來看，EBC 中的 isoPGF<sub>2α</sub> 在生活習慣中的抽菸習慣有顯著性的差異 ( $p < 0.01$ )，有抽菸比沒有抽菸的數值還來的高，根據文獻指出，抽菸的人 isoPGF<sub>2α</sub> 的濃度較高，跟我們的實驗結果相符，在其他生活習慣的分群中，沒有顯著性的差異，也沒有呈現相關性的成長；而在疾病的分群中，雖無顯著性的差異，但是在慢性支氣管炎、氣喘疾病中，有呈現相關性的趨勢，而文獻也提到 isoPGF<sub>2α</sub> 可評估檢測支氣管疾病風險的生物指標物(表 140、141)。

表 140 isoPGF<sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	<=40, 40 歲以下	188	6.28	±	3.92	0.52
	>40, 40 歲以上	93	5.49	±	2.58	
性別	女	86	5.43	±	3.20	0.06
	男	195	6.28	±	3.67	
抽菸習慣	無	250	5.85	±	3.49	<0.01
	有	30	7.53	±	3.80	
喝酒習慣	無	255	5.90	±	3.50	0.15
	有	26	7.18	±	3.91	
嚼檳榔習慣	無	273	6.04	±	3.59	0.71
	有	8	5.06	±	1.26	
籍貫	台閩	217	6.09	±	3.56	0.24
	客家	40	5.24	±	3.35	
	其它(原住民與外省籍)	23	6.73	±	3.82	
教育程度	高中職以下	47	5.58	±	2.32	0.28
	大專/大學	125	6.40	±	3.98	
	研究所以上	108	5.79	±	3.47	

*p* 值使用無母數分析

表 141 isoPGF<sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	263	5.92	±	3.49	0.1
	有	17	7.50	±	4.30	
氣喘	無	271	5.97	±	3.56	0.07
	有	8	7.73	±	3.47	
鼻炎	無	231	6.10	±	3.67	0.35
	有	50	5.62	±	2.97	
心律不整	無	270	6.05	±	3.59	0.49
	有	11	5.21	±	2.29	
心絞痛	無	278	6.02	±	3.57	0.68
	有	3	5.72	±	1.39	
心臟瓣膜疾病	無	276	6.00	±	3.53	0.96
	有	5	6.68	±	5.19	
高血脂	無	260	6.02	±	3.56	0.72
	有	21	6.02	±	3.55	
高血壓	無	258	6.02	±	3.63	0.74
	有	23	5.95	±	2.58	
異位性皮膚炎	無	258	6.01	±	3.57	0.91
	有	23	6.12	±	3.45	
過敏性皮膚炎	無	246	6.02	±	3.63	0.91
	有	35	6.01	±	3.03	
色素沉澱	無	273	5.99	±	3.54	0.5
	有	8	6.80	±	4.13	
毛囊炎	無	269	5.98	±	3.45	0.97
	有	12	6.95	±	5.57	

*p* 值使用無母數分析

圖 70 在 GEE 分析 (四次比較)部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 不過可以更加地確定, 第三次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, EBC 中的 isoPGF<sub>2α</sub> 會隨著時間增長而提高; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

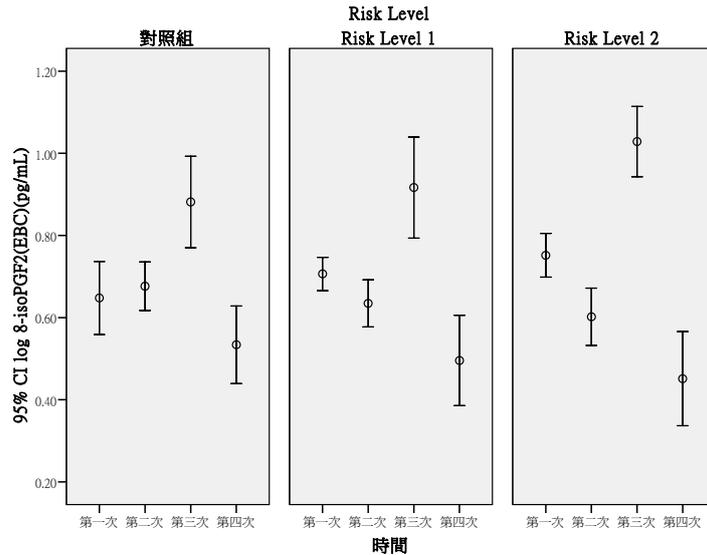


圖 70 isoPGF<sub>2α</sub> (pg/mL)(EBC)之重覆測量分布情形

表 142 在重覆測量之 GEE 分析 RL1 和 RL2 與對照組方面，性別和抽煙習慣並無顯著性差異，且 RL1 和 RL2 與對照組方面無顯著性差異。對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p = 0.01$ )，但在 RL1 與 RL2 和時間的相互作用項皆為負值( $B = -0.04, -0.03$ )的 isoPGF<sub>2α</sub> (EBC)含量，因此 isoPGF<sub>2α</sub> 並不會隨著暴露時間增加而上升，其原因可能為在暴露於 RL1 和 RL2 環境中，工作人員有配戴適當的安全護具，如：口罩、防護衣等，使吸入奈米粒子的機率下降，進而降低其影響。

表 142 isoPGF<sub>2α</sub>(pg/mL)(EBC)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.02	0.49
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.03	0.28
RL2vs 對照組	0.08	0.07	0.21
RL1vs 對照組	0.06	0.06	0.29
Time	0.05	0.02	0.01
RL2*Time	-0.03	0.03	0.22
RL1*Time	-0.04	0.03	0.16

依變項: log isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 143 在重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析，性別、

抽煙習慣與 Risk Level 並無顯著性差異，對於暴露時間長短具有顯著差異( $p = 0.01$ )，但在 Risk Level 和時間的相互作用項皆為負值( $B = -0.02$ )的 isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)含量，因此 isoPGF<sub>2α</sub>並不會隨著暴露時間增加而上升，其原因可能為在暴露於 Risk Level 環境中，工作人員有配戴適當的安全護具，如：口罩、防護衣等，使吸入奈米粒子的機率下降，進而降低其影響。

表 143 isoPGF<sub>2α</sub>(pg/mL)(EBC)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.57
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.03	0.23
Risk Level	0.04	0.03	0.20
Time	0.04	0.02	0.01
Risk Level* Time	-0.02	0.01	0.21

依變項: log isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 71 在奈米碳管處置者重覆測量分布情形 (四次比較) 部分，RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢，但是仍然沒有差異性，不過可以更加地確定，第三次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久，EBC 中的 isoPGF<sub>2α</sub> 會隨著時間增長而提高；因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

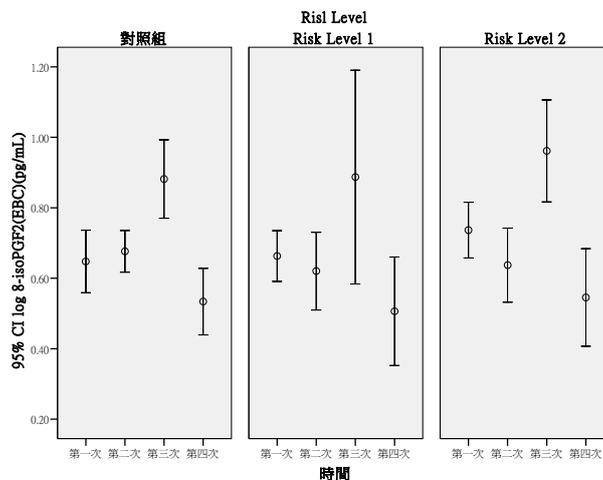


圖 71 奈米碳管處置者之 isoPGF<sub>2α</sub>(pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形

表 144 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析，性別和抽煙習慣與並無顯著性差異，且 RL1 和 RL2 與對照組方面無顯著性差異。對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p = 0.02$ )，但在 RL1 與 RL2 和時間的相互作用項皆為負值( $B = -0.01, 0.00$ )的  $\text{isoPGF}_{2\alpha}$  (EBC) 含量，因此  $\text{isoPGF}_{2\alpha}$  並不會隨著暴露時間增加而上升，其原因可能為在暴露於 RL1 和 RL2 環境中，工作人員有配戴適當的安全護具，如：口罩、防護衣等，使吸入奈米粒子的機率下降，進而降低其影響。

表 144  $\text{isoPGF}_{2\alpha}$ (pg/mL)(EBC)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.01	0.03	0.72
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.03	0.35
RL2vs 對照組	0.03	0.08	0.73
RL1vs 對照組	-0.01	0.08	0.92
Time	0.05	0.02	0.02
RL2*Time	0.00	0.03	0.95
RL1*Time	-0.01	0.04	0.74

依變項:  $\log \text{isoPGF}_{2\alpha}$ (EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 145 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析，性別、抽煙習慣與 Risk Level 並無顯著性差異，對於暴露時間長短具有顯著差異( $p = 0.02$ )，但在 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = 0.00$ )的  $\text{isoPGF}_{2\alpha}$  (EBC) 含量，因此  $\text{isoPGF}_{2\alpha}$  並不會隨著暴露時間增加而上升，其原因可能為在暴露於 Risk Level 環境中，工作人員有配戴適當的安全護具，如：口罩、防護衣等，使吸入奈米粒子的機率下降，進而降低其影響。

表 145  $\text{isoPGF}_{2\alpha}$ (pg/mL)(EBC)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.01	0.03	0.84
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.03	0.39
Risk Level	0.01	0.04	0.75
Time	0.05	0.02	0.02
Risk Level* Time	0.00	0.02	0.97

依變項:  $\log \text{isoPGF}_{2\alpha}$ (EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 72 在奈米級二氧化鈦重覆測量分布情形 (四次比較) 部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 不過可以更加地確定, 第三次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, EBC 中的 isoPGF<sub>2α</sub> 會隨著時間增長而提高; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

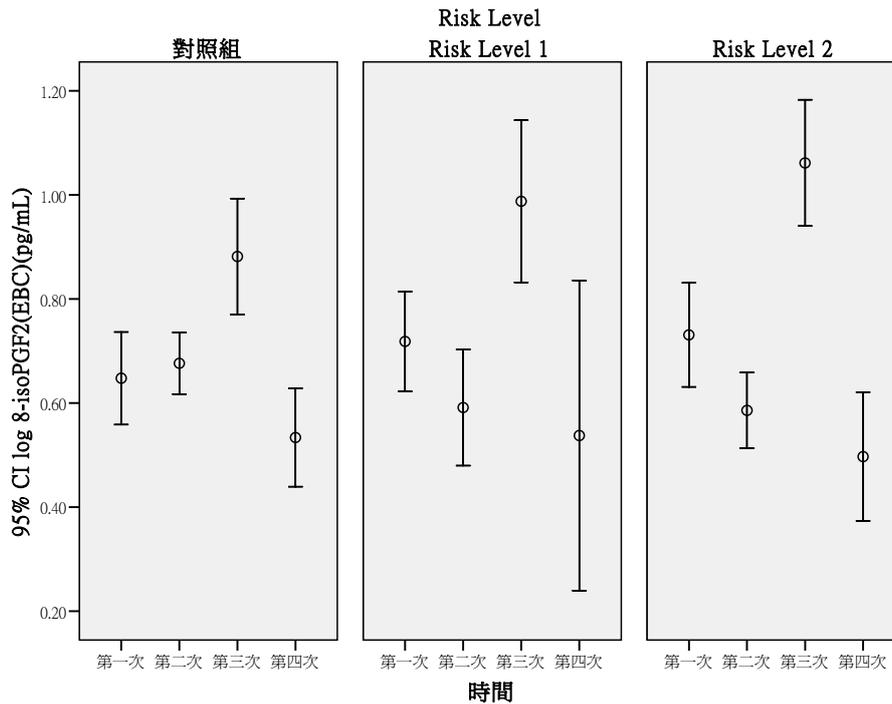


圖 72 奈米級二氧化鈦處置者之 isoPGF<sub>2α</sub>(pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形

表 146 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析, 性別和抽煙習慣與並無顯著性差異, 且 RL1 和 RL2 與對照組方面無顯著性差異。對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p = 0.02$ ), 但在 RL1 與 RL2 和時間的相互作用項皆為負值( $B = -0.01, -0.01$ )的 isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)含量, 因此 isoPGF<sub>2α</sub> 並不會隨著暴露時間增加而上升, 其原因可能為在暴露於 RL1 和 RL2 環境中, 工作人員有配戴適當的安全護具, 如: 口罩、防護衣等, 使吸入奈米粒子的機率下降, 進而降低其影響。

表 146 isoPGF<sub>2α</sub>(pg/mL)(EBC)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.01	0.03	0.81
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.04	0.24
RL2vs 對照組	0.04	0.08	0.62
RL1vs 對照組	0.03	0.09	0.72
Time	0.05	0.02	0.02
RL2*Time	-0.01	0.03	0.65
RL1*Time	-0.01	0.03	0.67

依變項: log isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 147 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析，性別、抽煙習慣與 Risk Level 並無顯著性差異，對於暴露時間長短具有顯著差異( $p = 0.01$ )，但在 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = -0.01$ )的 isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)含量，因此 isoPGF<sub>2α</sub>並不會隨著暴露時間增加而上升，其原因可能為在暴露於 Risk Level 環境中，工作人員有配戴適當的安全護具，如：口罩、防護衣等，使吸入奈米粒子的機率下降，進而降低其影響。

表 147 isoPGF<sub>2α</sub>(pg/mL)(EBC)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.01	0.03	0.82
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.04	0.23
Risk Level	0.02	0.04	0.60
Time	0.05	0.02	0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.02	0.62

依變項: log isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 73 在奈米級二氧化矽重覆測量分布情形 (四次比較)部分，RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢，但是仍然沒有差異性，不過可以更加地確定，第三次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久，EBC 中的 isoPGF<sub>2α</sub>會隨著時間增長而提高；

因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

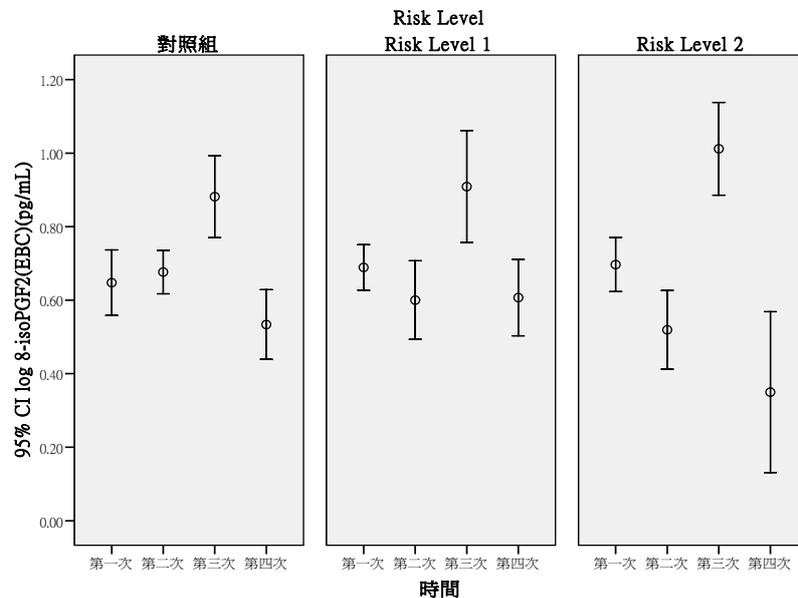


圖 73 奈米級二氧化矽處置者之 isoPGF<sub>2α</sub>(pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形

表 148 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析,性別和 RL1 和 RL2 與對照組方面無顯著性差異。但抽煙習慣有顯著性差異( $p = 0.04$ ), 且對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p = 0.01$ ), 但在 RL1 與 RL2 和時間的相互作用項皆為負值( $B = -0.01, -0.02$ )的 isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)含量, 因此 isoPGF<sub>2α</sub>並不會隨著暴露時間增加而上升, 其原因可能為在暴露於 RL1 和 RL2 環境中, 工作人員有配戴適當的安全護具, 如: 口罩、防護衣等, 使吸入奈米粒子的機率下降, 進而降低其影響。

表 148 isoPGF<sub>2α</sub>(pg/mL)(EBC)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.03	0.87
抽菸習慣(有 vs 無)	0.07	0.03	0.04
RL2vs 對照組	0.00	0.08	0.96
RL1vs 對照組	0.01	0.07	0.87
Time	0.05	0.02	0.01
RL2*Time	-0.02	0.03	0.50
RL1*Time	-0.01	0.03	0.63

依變項: log isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 149 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析，性別與 Risk Level 並無顯著性差異，但抽煙習慣具有顯著差異( $p = 0.04$ )，對於暴露時間長短具有顯著差異( $p = 0.01$ )，但在 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = -0.01$ )的 isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)含量，因此 isoPGF<sub>2α</sub>並不會隨著暴露時間增加而上升，其原因可能為在暴露於 Risk Level 環境中，工作人員有配戴適當的安全護具，如：口罩、防護衣等，使吸入奈米粒子的機率下降，進而降低其影響。

表 149 isoPGF<sub>2α</sub>(pg/mL)(EBC)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.01	0.03	0.86
抽菸習慣(有 vs 無)	0.07	0.03	0.04
Risk Level	0.00	0.04	0.94
Time	0.05	0.02	0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.02	0.49

依變項: log isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 74 在奈米銀重覆測量分布情形(四次比較)部分，RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢，但是仍然沒有差異性，不過可以更加地確定，第三次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久，EBC 中的 isoPGF<sub>2α</sub>會隨著時間增長而提高；因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

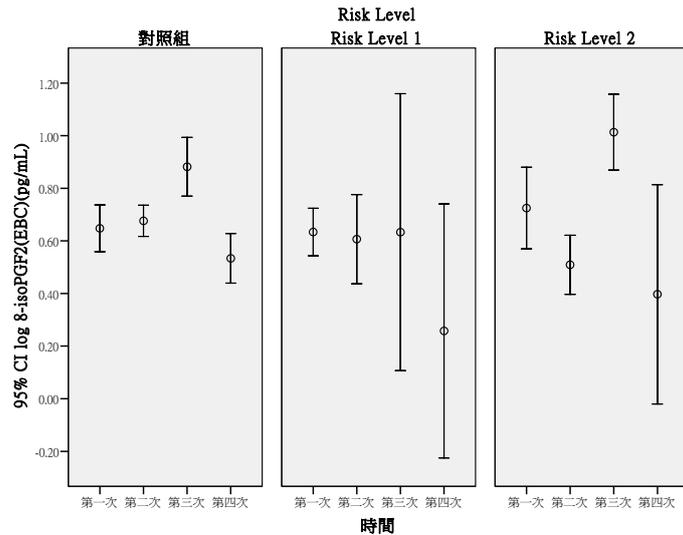


圖 74 奈米銀處置者之 isoPGF<sub>2α</sub>(pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形

表 150 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析，性別、抽煙習慣和 RL1 和 RL2 與對照組方面無顯著性差異。且對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p = 0.02$ )，但在 RL1 和時間的相互作用項為負值( $B = -0.11, p = 0.03$ )且有顯著差異，其原因可能為在暴露於 RL1 環境中，工作人員有配戴適當的安全護具，如：口罩、防護衣等，使吸入奈米粒子的機率下降，進而降低其影響。

表 150 isoPGF<sub>2α</sub>(pg/mL)(EBC)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.03	0.65
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.04	0.22
RL2vs 對照組	0.04	0.10	0.70
RL1vs 對照組	0.10	0.08	0.23
Time	0.05	0.02	0.02
RL2*Time	-0.04	0.04	0.39
RL1*Time	-0.11	0.05	0.03

依變項: log isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 151 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析，性別、抽煙習慣與 Risk Level 並無顯著性差異，對於暴露時間長短具有顯著差異( $p = 0.03$ )，但在 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = -0.04$ )的 isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)含量，因此 isoPGF<sub>2α</sub> 並不會隨著暴露時間增加

而上升，其原因可能為在暴露於 Risk Level 環境中，工作人員有配戴適當的安全護具，如：口罩、防護衣等，使吸入奈米粒子的機率下降，進而降低其影響。

表 151 isoPGF<sub>2α</sub>(pg/mL)(EBC)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.01	0.03	0.70
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.04	0.22
Risk Level	0.04	0.05	0.46
Time	0.04	0.02	0.03
Risk Level* Time	-0.04	0.02	0.12

依變項: log isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

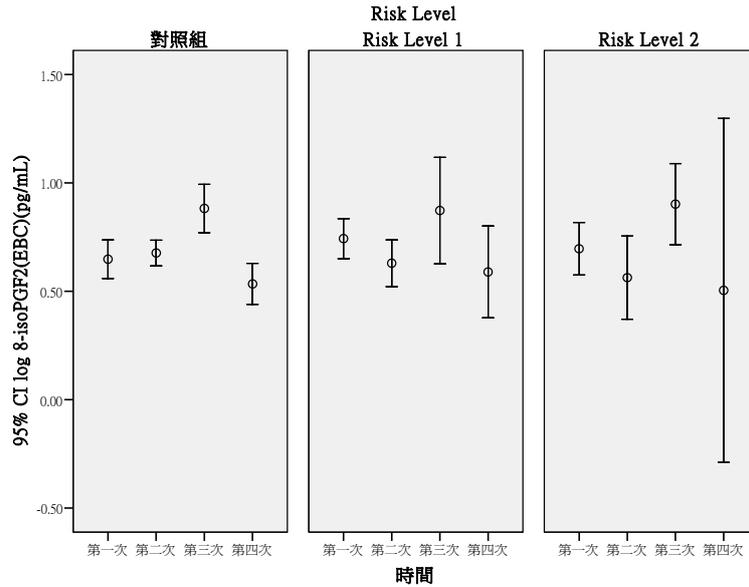


圖 75 其他奈米物質處置者之 isoPGF<sub>2α</sub>(pg/mL)(EBC)重覆測量分布情形

表 152 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析，性別、抽煙習慣和 RL1 和 RL2 與對照組方面無顯著性差異。且對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p = 0.04$ )，但在 RL1 和 RL2 與時間的相互作用項為負值( $B = -0.02$ ,  $B = -0.02$ )且無顯著差異，其原因可能為在暴露於 RL1 和 RL2 環境中，工作人員有配戴適當的安全護具，如：口罩、防護衣等，使吸入奈米粒子的機率下降，進而降低其影響。

表 152 isoPGF<sub>2α</sub>(pg/mL)(EBC)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.03	0.03	0.46
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.05	0.29
RL2vs 對照組	0.01	0.12	0.96
RL1vs 對照組	0.05	0.09	0.52
Time	0.04	0.02	0.04
RL2*Time	-0.02	0.05	0.69
RL1*Time	-0.02	0.04	0.57

校正變項: log isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 153 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析，性別、抽煙習慣與 Risk Level 並無顯著性差異，對於暴露時間長短具有顯著差異( $p = 0.04$ )，但在 Risk Level 和時間的相互作用項

( $B = -0.01$ )的 isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)含量，因此 isoPGF<sub>2α</sub>並不會隨著暴露時間增加而上升，其原因可能為在暴露於 Risk Level 環境中，工作人員有配戴適當的安全護具，如：口罩、防護衣等，使吸入奈米粒子的機率下降，進而降低其影響。

表 153 isoPGF<sub>2α</sub>(pg/mL)(EBC)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.03	0.03	0.43
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.05	0.31
Risk Level	0.01	0.05	0.82
Time	0.04	0.02	0.04
Risk Level* Time	-0.01	0.02	0.60

校正變項: log isoPGF<sub>2α</sub>(EBC)(pg/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

## (9) N7-MeG

### A. 尿中 N7-MeG

實驗結果的分析上，尿液中的 N7-MeG 以生活習慣的分群來說，嚼檳榔有顯著性的差異( $p<0.01$ )，有嚼檳榔的比沒有嚼檳榔的數值來的高，而在其他生活習慣的分群上，則沒有太大的顯著性差異，也沒有呈現相關性的趨勢；而以疾病來分群的話，N7-MeG 與疾病沒有呈現顯著性的差異，但與慢性支氣管炎具有相關性(表 154、155)。

表 154 N7-MeG (ug/mL)(urine)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	159	2.02	±	1.88	0.03
	>40，40 歲以上	80	2.73	±	2.64	
性別	女	77	1.95	±	1.89	0.09
	男	162	2.40	±	2.30	
抽菸習慣	無	214	2.18	±	2.16	0.1
	有	24	2.97	±	2.34	
喝酒習慣	無	218	2.25	±	2.18	0.86
	有	21	2.30	±	2.26	
嚼檳榔習慣	無	233	2.17	±	2.13	<0.01
	有	6	5.62	±	1.52	
籍貫	台閩	183	2.02	±	2.15	0.01
	客家	34	3.05	±	2.18	
	其它(原住民與外省籍)	21	2.98	±	2.14	
教育程度	高中職以下	41	2.90	±	2.16	0.08
	大專/大學	108	2.27	±	2.46	
	研究所以上	89	1.95	±	1.76	

*p* 值使用無母數分析

表 155 N7- MeG (ug/mL)(urine)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	224	2.33	±	2.22	0.02
	有	14	1.11	±	1.08	
氣喘	無	232	2.26	±	2.20	0.95
	有	5	1.86	±	1.33	
鼻炎	無	196	2.23	±	2.01	0.91
	有	43	2.37	±	2.87	
心律不整	無	228	2.28	±	2.22	0.84
	有	11	1.73	±	1.04	
心絞痛	無	237	2.27	±	2.19	0.51
	有	2	0.97	±	0.32	
心臟瓣膜疾病	無	234	2.28	±	2.20	0.13
	有	5	0.99	±	0.79	
高血脂	無	220	2.26	±	2.20	0.84
	有	19	2.26	±	2.03	
高血壓	無	216	2.22	±	2.21	0.18
	有	23	2.60	±	1.94	
異位性皮膚炎	無	222	2.22	±	2.14	0.71
	有	17	2.74	±	2.72	
過敏性皮膚炎	無	211	2.27	±	2.21	0.91
	有	28	2.12	±	1.98	
色素沉澱	無	233	2.30	±	2.20	0.04
	有	6	0.72	±	0.51	
毛囊炎	無	228	2.29	±	2.19	0.09
	有	11	1.48	±	2.03	

*p* 值使用無母數分析

圖 76 在重覆測量分布情形 (二次比較) 部分，RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢，但是仍然沒有差異性，不過可以更加地確定，第二次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久，尿中的 N7-MeG 會隨著時間增長而提高；因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

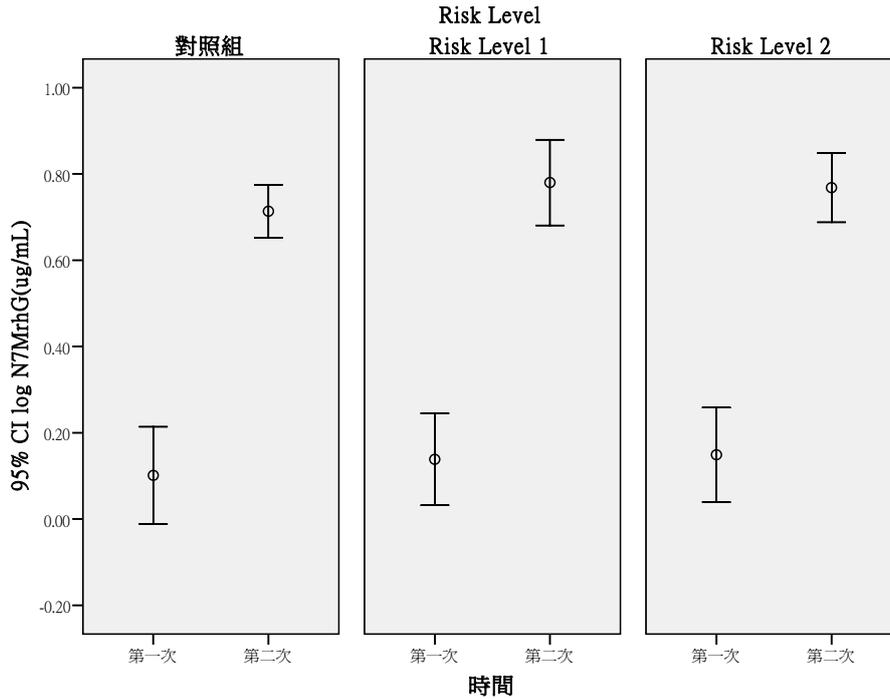


圖 76 N7-MeG (ug/mL)(urine)之重覆測量分布情形

表 156 在重覆測量之 GEE 分析 RL1 和 RL2 與對照組方面，年齡、抽煙習慣、其它籍貫 vs 台閩和慢性支氣管炎等並無顯著性差異，但性別 ( $p < 0.01$ )、嚼檳榔習慣( $p < 0.01$ )、客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )與色素沉澱 ( $p = 0.02$ )等因素具有顯著性差異，總括我們得知不同的家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響。而檳榔因其中的檳榔素及食用時所添加的石灰等等，皆會對 DNA 造成傷害，使得 N7-MeG 的量大於一般平均值。從各種疾病對 N7-MeG 的相關性來看，色素沉澱 ( $p = 0.01$ )與 N7-MeG 有顯著的相關性。還需要日後的研究去做進一步的證實與探討。

且 RL1 和 RL2 與對照組方面無顯著性差異。對於暴露時間長短造成其明顯差異 ( $p < 0.01$ )，但在 RL1 與 RL2 和時間的相互作用項( $B = 0.02, -0.03$ )的 N7-MeG 含量，並不會隨著暴露時間增加而上升。

表 156 N7-MeG(ug/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.07	0.04	0.11
性別(男 vs 女)	0.16	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.07	0.81
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.31	0.10	<0.01
其它籍貫 vs 台閩	0.13	0.07	0.08
客家 vs 台閩	0.16	0.05	<0.01
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-0.12	0.07	0.08
色素沉澱(有 vs 無)	-0.16	0.07	0.02
RL2vs 對照組	0.06	0.16	0.72
RL1vs 對照組	0.01	0.16	0.94
Time	0.62	0.06	<0.01
RL2*Time	-0.03	0.10	0.72
RL1*Time	0.02	0.09	0.84

依變項: log N7-MeG(ug/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 慢性支氣管炎, 色素沉澱, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 157 在重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析, 年齡、抽煙習慣、其它籍貫 vs 台閩和慢性支氣管炎等並無顯著性差異, 但性別 ( $p < 0.01$ )、嚼檳榔習慣( $p < 0.01$ )、客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )與色素沉澱 ( $p = 0.01$ )等因素具有顯著性差異, 總括我們得知不同的家族習性, 如飲食、生活作息等, 對 N7-MeG 的生成皆有影響, 還需要日後的研究去做進一步的證實與探討。對於暴露時間長短具有顯著差異( $p < 0.01$ ), 但在 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = -0.01$ )並無顯著性差異。

表 157 N7-MeG(ug/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.07	0.04	0.11
性別(男 vs 女)	0.16	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.07	0.85
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.30	0.10	<0.01
其它籍貫 vs 台閩	0.13	0.07	0.08
客家 vs 台閩	0.16	0.05	<0.01
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-0.12	0.07	0.07
色素沉澱(有 vs 無)	-0.17	0.07	0.01
Risk Level	0.03	0.08	0.74
Time	0.63	0.06	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.05	0.76

依變項: log N7-MeG(ug/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 慢性支氣管炎, 色素沉澱, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 77 在奈米碳管處置者重覆測量分布情形 (二次比較) 部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 不過可以更加地確定, 第二次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, 尿中的 N7-MeG 會隨著時間增長而提高; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

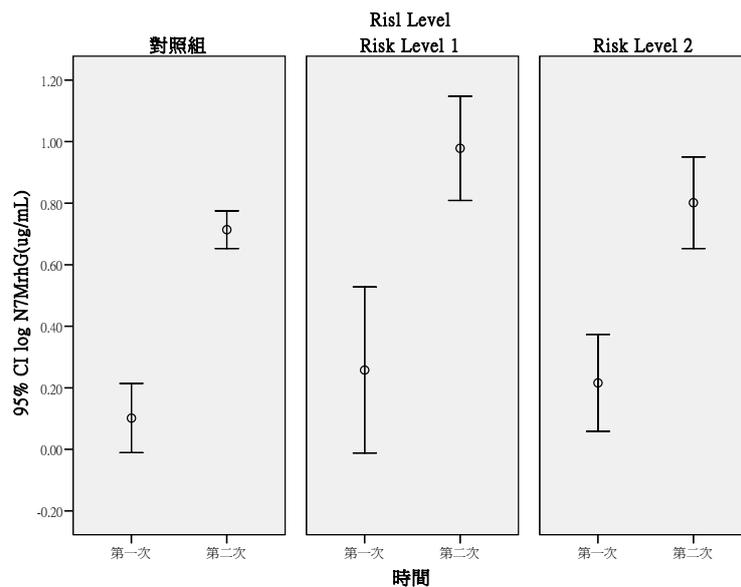


圖 77 奈米碳管處置者之 N7-MeG (ug/mL)(urine)重覆測量分布情形

表 158 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析，年齡、抽煙習慣、其它籍貫 vs 台閩和慢性支氣管炎等並無顯著性差異，但性別 ( $p < 0.01$ )、嚼檳榔習慣( $p < 0.01$ )、客家 vs 台閩( $p = 0.01$ )與色素沉澱( $p < 0.01$ )等因素具有顯著性差異，總括我們得知不同的家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響。而檳榔因其中的檳榔素及食用時所添加的石灰等等，皆會對 DNA 造成傷害，使得 N7-MeG 的量大於一般平均值。從各種疾病對 N7-MeG 的相關性來看，色素沉澱 ( $p = 0.01$ ) 與 N7-MeG 有顯著的相關性。還需要日後的研究去做進一步的證實與探討。

且 RL1 和 RL2 與對照組方面無顯著性差異。對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p < 0.01$ )，但在 RL1 與 RL2 和時間的相互作用項( $B = 0.06, -0.06$ )的 N7-MeG 含量，並不會隨著暴露時間增加而上升。

表 158 N7-MeG(ug/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.03	0.06	0.59
性別(男 vs 女)	0.19	0.06	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.06	0.15	0.66
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.31	0.12	0.01
其它籍貫 vs 台閩	0.09	0.10	0.36
客家 vs 台閩	0.17	0.07	0.01
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-0.09	0.08	0.23
色素沉澱(有 vs 無)	-0.18	0.06	<0.01
RL2vs 對照組	0.13	0.20	0.50
RL1vs 對照組	0.04	0.30	0.90
Time	0.62	0.06	<0.01
RL2*Time	-0.06	0.12	0.63
RL1*Time	0.06	0.17	0.71

依變項: log N7-MeG(ug/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 慢性支氣管炎, 色素沉澱, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 159 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析，年齡、抽煙習慣、其它籍貫 vs 台閩和慢性支氣管炎等並無顯著性差異，但性別 ( $p < 0.01$ )、嚼檳榔習慣( $p = 0.01$ )、客家 vs 台閩( $p <$

0.01)與色素沉澱( $p < 0.01$ )等因素具有顯著性差異，總括我們得知不同的家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響，還需要日後的研究去做進一步的證實與探討。對於暴露時間長短具有顯著差異 ( $p < 0.01$ )，但在 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = -0.01$ )並無顯著性差異。

表 159 N7-MeG(ug/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.04	0.06	0.45
性別(男 vs 女)	0.20	0.06	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.06	0.15	0.67
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.29	0.12	0.01
其它籍貫 vs 台閩	0.09	0.10	0.35
客家 vs 台閩	0.18	0.06	<0.01
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-0.10	0.08	0.21
色素沉澱(有 vs 無)	-0.18	0.06	<0.01
Risk Level	0.05	0.10	0.61
Time	0.63	0.06	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.06	0.91

依變項: log N7-MeG(ug/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 慢性支氣管炎, 色素沉澱, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 78 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量分布情形 (二次比較) 部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 不過可以更加地確定, 第二次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, 尿中的 N7-MeG 會隨著時間增長而提高; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

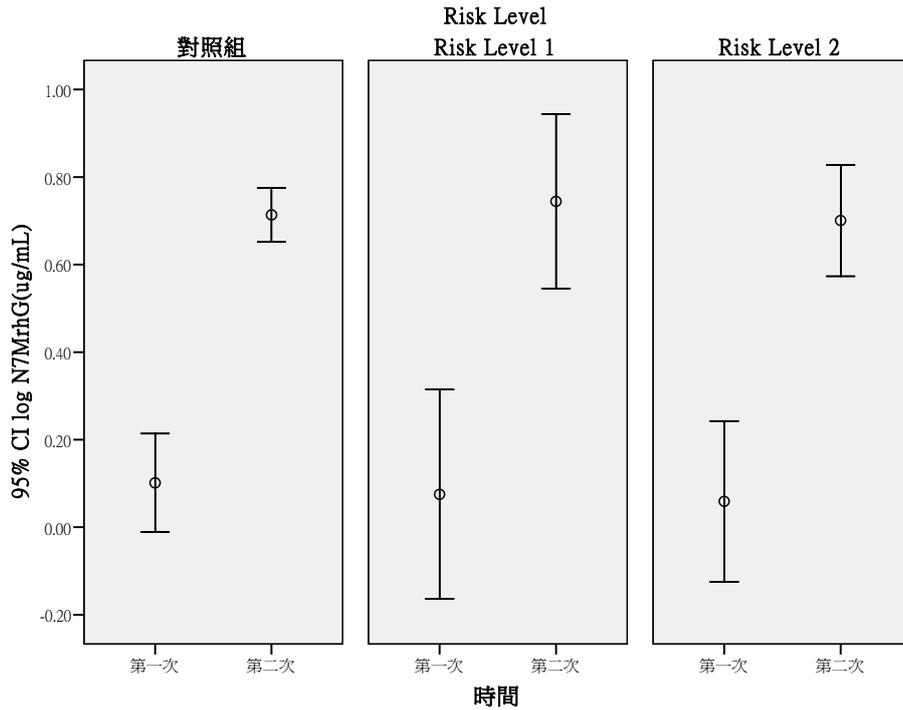


圖 78 奈米級二氧化鈦處置者之 N7-MeG (ug/mL)(urine)重覆測量分布情形

表 160 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析，年齡、抽煙習慣、其它籍貫 vs 台閩、嚼檳榔習慣、慢性支氣管炎和色素沉澱等並無顯著性差異，但性別( $p < 0.01$ ) 與客家 vs 台閩( $p = 0.01$ )具有顯著性差異，總括我們得知性別與客家 vs 台閩不同的家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響。

且 RL1 和 RL2 與對照組方面無顯著性差異。對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p < 0.01$ )，但在 RL1 與 RL2 和時間的相互作用項( $B = 0.05, 0.01$ )的 N7-MeG 含量，並不會隨著暴露時間增加而上升。

表 160 N7-MeG(ug/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.06	0.06	0.30
性別(男 vs 女)	0.20	0.06	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.10	0.69
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.21	0.11	0.07
其它籍貫 vs 台閩	0.14	0.08	0.11
客家 vs 台閩	0.25	0.06	<0.01
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-0.06	0.11	0.59
色素沉澱(有 vs 無)	-0.04	0.10	0.65
RL2vs 對照組	-0.12	0.23	0.61
RL1vs 對照組	-0.14	0.23	0.56
Time	0.62	0.06	<0.01
RL2*Time	0.01	0.14	0.97
RL1*Time	0.05	0.13	0.71

依變項: log N7MeG(ug/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 慢性支氣管炎, 色素沉澱, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 161 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析, 只有但性別 ( $p < 0.01$ ) 和客家 vs 台閩 ( $p < 0.01$ ) 等因素具有顯著性差異, 總括我們得知不同的家族習性, 如飲食、生活作息等, 對 N7-MeG 的生成皆有影響, 還需要日後的研究去做進一步的證實與探討。對於暴露時間長短具有顯著差異 ( $p < 0.01$ ), 但在 Risk Level 和時間的相互作用項 ( $B = 0.01$ ) 並無顯著性差異。

表 161 N7-MeG(ug/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.06	0.06	0.30
性別(男 vs 女)	0.20	0.06	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.10	0.67
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.20	0.12	0.08
其它籍貫 vs 台閩	0.14	0.08	0.10
客家 vs 台閩	0.25	0.06	<0.01
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-0.06	0.11	0.59
色素沉澱(有 vs 無)	-0.04	0.10	0.65
Risk Level	-0.07	0.11	0.55
Time	0.63	0.06	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.07	0.91

依變項: log N7-MeG(ug/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 慢性支氣管

炎, 色素沉澱, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 79 在奈米級二氧化矽重覆測量分布情形 (二次比較) 部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 不過可以更加地確定, 第二次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, 尿中的 N7-MeG 會隨著時間增長而提高; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

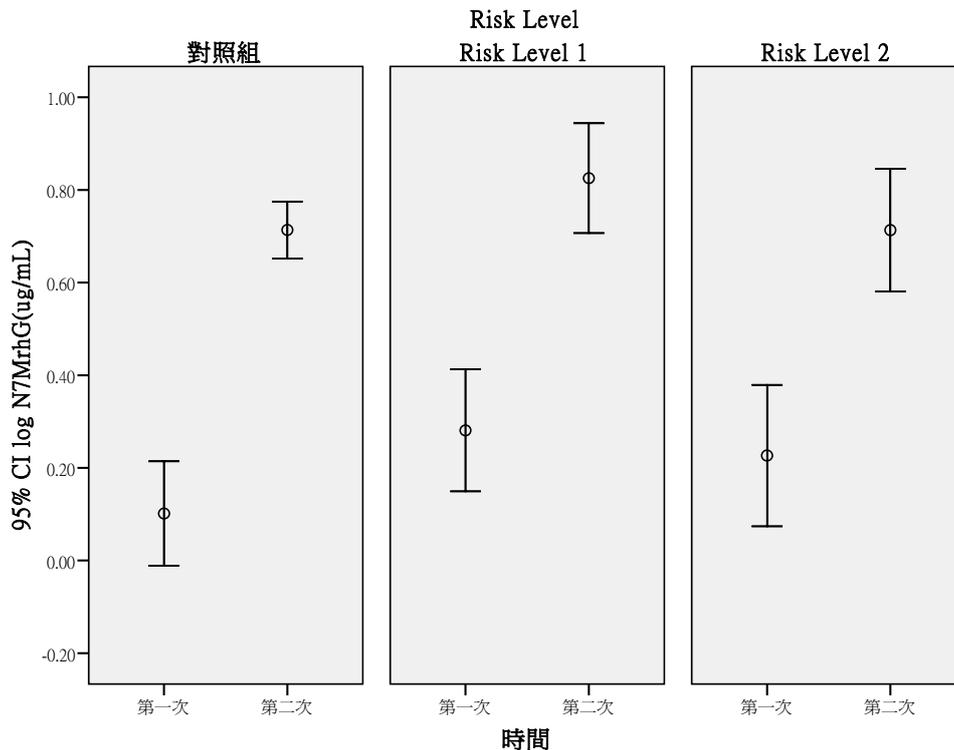


圖 79 奈米級二氧化矽處置者之 N7-MeG (ug/mL)(urine)重覆測量分布情形

表 162 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析, 年齡、抽煙習慣、其它籍貫 vs 台閩、慢性支氣管炎和色素沉澱等並無顯著性差異, 但性別( $p = 0.03$ )、嚼檳榔習慣( $p < 0.01$ )與客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )具有顯著性差異, 總括我們得知性別、嚼檳榔習慣與客家 vs 台閩不同的家族習性, 如飲食、生活作息等, 對 N7-MeG 的生成皆有影響。

且 RL1 和 RL2 與對照組方面無顯著性差異。對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p < 0.01$ ), 但在 RL1 與 RL2 和時間的相互作用項( $B = -0.09, -0.14$ )的 N7-MeG 含量, 並不會隨著暴露時間增加而上升。

表 162 N7-MeG(ug/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.06	0.05	0.30
性別(男 vs 女)	0.12	0.05	0.03
抽菸習慣(有 vs 無)	0.07	0.10	0.46
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.37	0.11	<0.01
其它籍貫 vs 台閩	0.08	0.09	0.35
客家 vs 台閩	0.18	0.06	<0.01
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-0.08	0.08	0.33
色素沉澱(有 vs 無)	-0.06	0.08	0.47
RL2vs 對照組	0.21	0.19	0.28
RL1vs 對照組	0.28	0.17	0.10
Time	0.62	0.06	<0.01
RL2*Time	-0.14	0.12	0.21
RL1*Time	-0.09	0.10	0.39

依變項: log N7-MeG(ug/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 慢性支氣管炎, 色素沉澱, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 163 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析, 只有但性別 ( $p = 0.02$ )、嚼檳榔習慣( $p < 0.01$ )和客家 vs 台閩( $p = 0.02$ )等因素具有顯著性差異, 總括我們得知不同的家族習性, 如飲食、生活作息等, 對 N7-MeG 的生成皆有影響, 還需要日後的研究去做進一步的證實與探討。對於暴露時間長短具有顯著差異( $p < 0.01$ ), 但在 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = -0.07$ )並無顯著性差異。

表 163 N7-MeG(ug/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.05	0.06	0.35
性別(男 vs 女)	0.13	0.06	0.02
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.10	0.67
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.34	0.11	<0.01
其它籍貫 vs 台閩	0.09	0.09	0.31
客家 vs 台閩	0.15	0.06	0.02
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-0.12	0.08	0.16
色素沉澱(有 vs 無)	-0.08	0.07	0.22
Risk Level	0.12	0.10	0.19
Time	0.61	0.06	<0.01
Risk Level* Time	-0.07	0.06	0.20

依變項: log N7-MeG(ug/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 慢性支氣管炎, 色素沉澱, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 80 在奈米銀重覆測量分布情形 (二次比較) 部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 不過可以更加地確定, 第二次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, 尿中的 N<sup>7</sup>-MeG 會隨著時間增長而提高; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

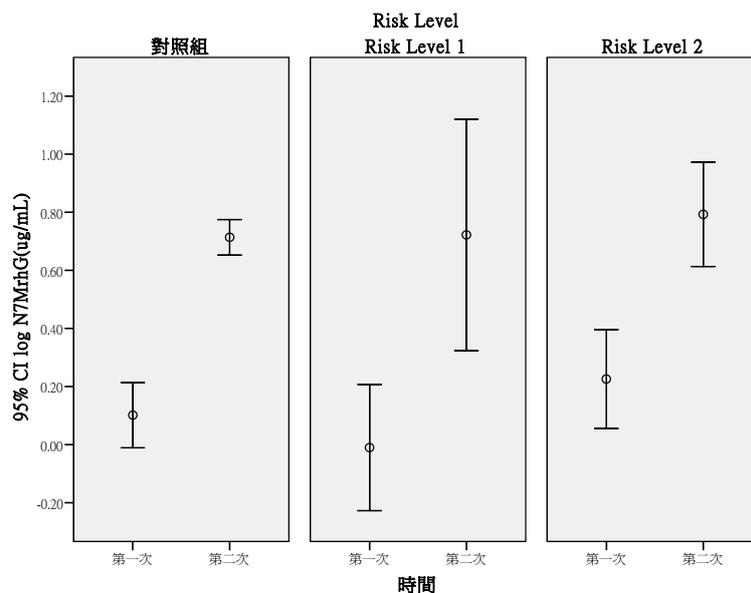


圖 80 奈米銀處置者之 N7-MeG (ug/mL)(urine)重覆測量分布情形

表 164 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析，年齡、抽煙習慣、其它籍貫 vs 台閩、慢性支氣管炎和色素沉澱等並無顯著性差異，但性別( $p < 0.01$ )、嚼檳榔習慣( $p = 0.02$ )與客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )具有顯著性差異，總括我們得知性別、嚼檳榔習慣與客家 vs 台閩不同的家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響。

且 RL1 和 RL2 與對照組方面無顯著性差異。對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p < 0.01$ )，但在 RL1 與 RL2 和時間的相互作用項( $B = 0.14, -0.02$ )的 N7-MeG 含量，並不會隨著暴露時間增加而上升。

表 164 N7-MeG(ug/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.04	0.06	0.56
性別(男 vs 女)	0.18	0.06	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.10	0.13	0.42
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.26	0.11	0.02
其它籍貫 vs 台閩	0.11	0.09	0.21
客家 vs 台閩	0.25	0.07	<0.01
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-0.05	0.10	0.63
色素沉澱(有 vs 無)	-0.06	0.09	0.47
RL2vs 對照組	0.06	0.21	0.77
RL1vs 對照組	-0.27	0.30	0.36
Time	0.62	0.06	<0.01
RL2*Time	-0.02	0.13	0.87
RL1*Time	0.14	0.22	0.51

依變項: log N7MeG(ug/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 慢性支氣管炎, 色素沉澱, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 165 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析，只有但性別 ( $p < 0.01$ )、嚼檳榔習慣( $p = 0.01$ )和客家 vs 台閩( $p = 0.02$ )等因素具有顯著性差異，總括我們得知不同的家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響，還需要日後的研究去做進一步的證實與探討。對於暴露時間長短具有顯著差異( $p < 0.01$ )，但在 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = 0.01$ )並無顯著性差異。

表 165 N7-MeG(ug/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.04	0.06	0.54
性別(男 vs 女)	0.18	0.06	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.09	0.13	0.46
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.28	0.11	0.01
其它籍貫 vs 台閩	0.10	0.09	0.26
客家 vs 台閩	0.26	0.06	<0.01
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-0.06	0.10	0.58
色素沉澱(有 vs 無)	-0.06	0.10	0.54
Risk Level	-0.02	0.11	0.88
Time	0.63	0.06	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.07	0.84

依變項: log N7-MeG(ug/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 慢性支氣管炎, 色素沉澱, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 81 在其他奈米物質重覆測量分布情形 (二次比較) 部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 不過可以更加地確定, 第二次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, 尿中的 N7-MeG 會隨著時間增長而提高; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

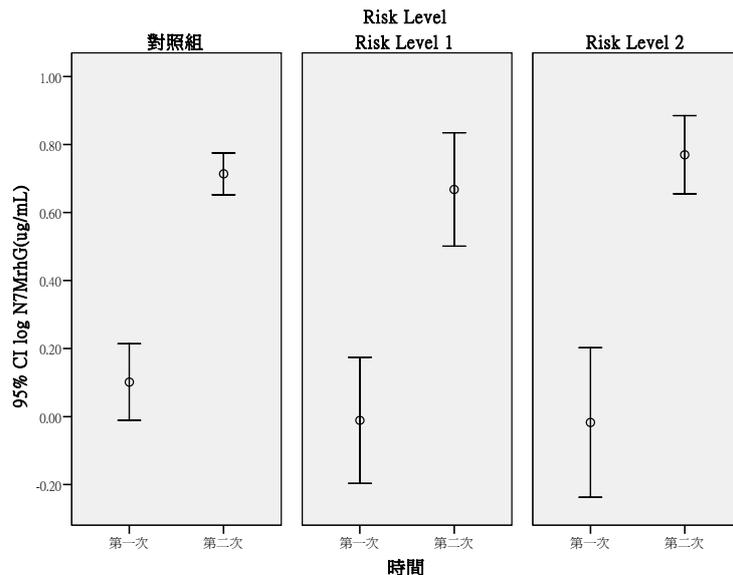


圖 81 其他奈米物質處置者之 N7-MeG (ug/mL)(urine)重覆測量分布情形

表 166 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析，年齡、抽煙習慣、其它籍貫 vs 台閩、嚼檳榔習慣、慢性支氣管炎和色素沉澱等並無顯著性差異，但性別( $p = 0.03$ )與客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )具有顯著性差異，總括我們得知性別、嚼檳榔習慣與客家 vs 台閩不同的家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響。

且 RL1 和 RL2 與對照組方面無顯著性差異。對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p < 0.01$ )，但在 RL1 與 RL2 和時間的相互作用項( $B = 0.07, 0.16$ )的 N7-MeG 含量，隨著暴露時間增加而上升但無顯著差異。

表 166 N7-MeG(ug/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.02	0.06	0.70
性別(男 vs 女)	0.14	0.06	0.03
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.11	0.84
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.18	0.13	0.18
其它籍貫 vs 台閩	0.13	0.10	0.18
客家 vs 台閩	0.27	0.07	<0.01
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-0.08	0.08	0.36
色素沉澱(有 vs 無)	-0.10	0.09	0.27
RL2vs 對照組	-0.28	0.25	0.27
RL1vs 對照組	-0.20	0.21	0.35
Time	0.62	0.06	<0.01
RL2*Time	0.16	0.15	0.28
RL1*Time	0.07	0.12	0.59

校正變項: log N7-MeG(ug/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 慢性支氣管炎, 色素沉澱, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 167 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析，只有但性別 ( $p = 0.03$ )和客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )等因素具有顯著性差異，總括我們得知不同的家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響，還需要日後的研究去做進一步的證實與探討。對於暴露時間長短具有顯著差異( $p < 0.01$ )，但在 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = 0.08$ )並無顯著性差異。

表 167 N7-MeG(ug/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.03	0.06	0.64
性別(男 vs 女)	0.13	0.06	0.03
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.11	0.85
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.19	0.13	0.14
其它籍貫 vs 台閩	0.13	0.10	0.19
客家 vs 台閩	0.27	0.07	<0.01
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-0.07	0.09	0.40
色素沉澱(有 vs 無)	-0.10	0.10	0.31
Risk Level	-0.15	0.12	0.21
Time	0.62	0.06	<0.01
Risk Level* Time	0.08	0.07	0.28

校正變項: log N7-MeG(ug/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 慢性支氣管炎, 色素沉澱, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

## B. 尿中 N7-MeG/ creatinine

N7-MeG 校正 Creatinine 之後，在不同生活習慣分群上，年齡分組和籍貫都有顯著性上的差異( $p < 0.01$ )，其中大於 40 歲的數值比小於 40 歲的數值還要來的高，而在疾病的分群上，則沒有顯著性的差異和相關性的趨勢(表 168、169)。

表 168 N7-MeG/ creatinine (ug/mg)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	159	2.08	±	1.60	<0.01
	>40, 40 歲以上	80	2.76	±	1.96	
性別	女	77	2.46	±	1.73	0.11
	男	162	2.23	±	1.77	
抽菸習慣	無	214	2.29	±	1.75	0.88
	有	24	2.41	±	1.89	
喝酒習慣	無	218	2.29	±	1.73	0.91
	有	21	2.44	±	2.10	
嚼檳榔習慣	無	233	2.27	±	1.74	0.04
	有	6	3.85	±	1.72	
籍貫	台閩	183	2.00	±	1.66	<0.01
	客家	34	3.16	±	1.56	
	其它(原住民與外省籍)	21	3.48	±	1.98	
教育程度	高中職以下	41	2.81	±	1.75	0.13
	大專/大學	108	2.21	±	1.91	
	研究所以上	89	2.18	±	1.53	

*p* 值使用無母數分析

表 169 N7-MeG/ creatinine (ug/mg)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	224	2.32	±	1.75	0.44
	有	14	1.84	±	1.50	
氣喘	無	232	2.28	±	1.73	0.99
	有	5	2.25	±	1.96	
鼻炎	無	196	2.26	±	1.66	0.52
	有	43	2.53	±	2.14	
心律不整	無	228	2.30	±	1.78	0.83
	有	11	2.36	±	1.22	
心絞痛	無	237	2.30	±	1.76	0.28
	有	2	3.38	±	0.68	
心臟瓣膜疾病	無	234	2.32	±	1.76	0.53
	有	5	1.64	±	1.42	
高血脂	無	220	2.27	±	1.75	0.56
	有	19	2.68	±	1.87	
高血壓	無	216	2.26	±	1.78	0.14
	有	23	2.75	±	1.47	
異位性皮膚炎	無	222	2.32	±	1.78	0.74
	有	17	2.09	±	1.49	
過敏性皮膚炎	無	211	2.28	±	1.80	0.42
	有	28	2.50	±	1.43	
色素沉澱	無	233	2.32	±	1.76	0.42
	有	6	1.75	±	1.72	
毛囊炎	無	228	2.31	±	1.76	0.81
	有	11	2.17	±	1.65	

*p* 值使用無母數分析

圖 82 在重覆測量分布情形 (二次比較) 部分，RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢，但是仍然沒有差異性，不過可以更加地確定，第二次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久，尿中的 N7-MeG 會隨著時間增長而提高；因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

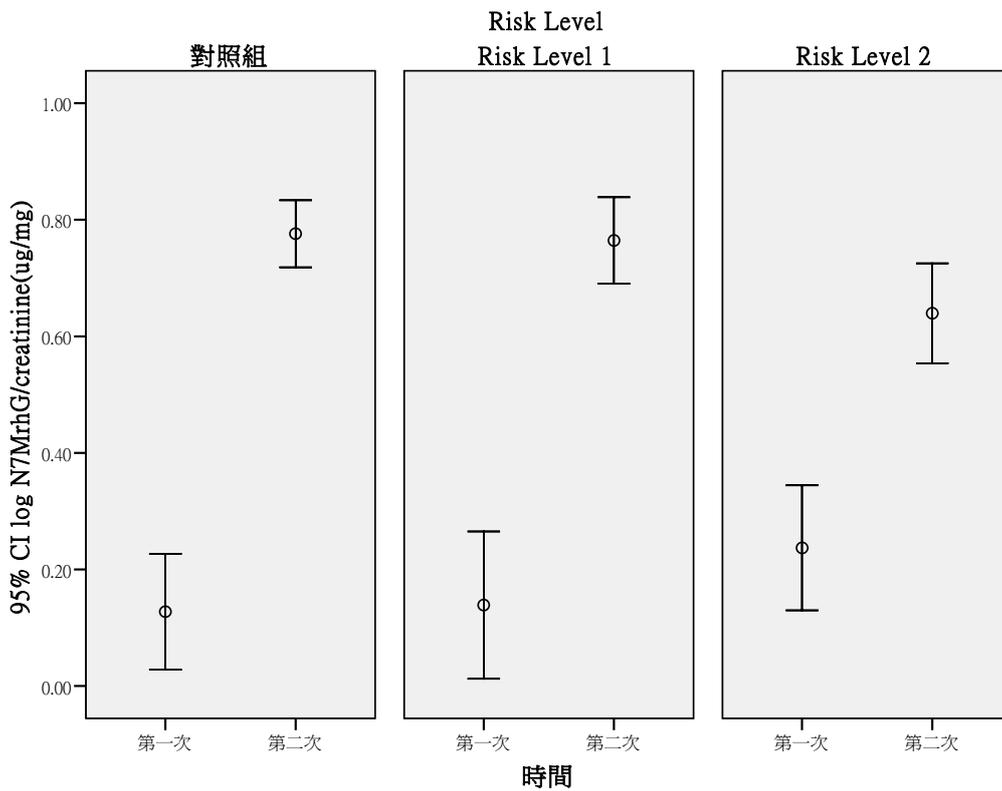


圖 82 N7-MeG/ creatinine 之重覆測量分布情形

表 170 在重覆測量之 GEE 分析 RL1 和 RL2 與對照組方面，年齡 ( $p = 0.01$ )、其它籍貫 vs 台閩 ( $p < 0.01$ ) 和客家 vs 台閩 ( $p < 0.01$ ) 等因素具有顯著性差異，可知不同的家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響。

且 RL2 與對照組方面有顯著性差異 ( $p = 0.01$ )，暴露風險高與未暴露確實造成 DNA 損傷。對於暴露時間長短造成其明顯差異 ( $p < 0.01$ )，但在 RL2 和時間的相互作用項 ( $B = -0.26$ ) 的 N7-MeG 含量，並不會隨著暴露時間增加而上升，且具顯著性差異，其原因可能為在暴露於 Risk Level 環境中，工作人員有配戴適當的安全護具，如：口罩、防護衣等，使吸入奈米粒子的機率下降，進而降低其影響。

表 170 N7-MeG/creatinine(ug/mg)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs < 40 歲	0.10	0.04	0.01
性別(男 vs 女)	-0.04	0.04	0.26
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.07	0.78
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.15	0.10	0.13
其它籍貫 vs 台閩	0.22	0.07	<0.01
客家 vs 台閩	0.22	0.05	<0.01
RL2vs 對照組	0.40	0.15	0.01
RL1vs 對照組	0.05	0.16	0.75
Time	0.64	0.05	<0.01
RL2*Time	-0.26	0.09	0.01
RL1*Time	-0.01	0.09	0.91

依變項: log N7-MeG/creatinine(ug/mg)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 171 在重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析, 年齡( $p = 0.01$ )、其它籍貫 vs 台閩( $p < 0.01$ )和客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )有顯著性差異, 在不同的家族習性, 如飲食、生活作息等, 對 N7-MeG 的生成皆有影響, 還需要日後的研究去做進一步的證實與探討。但在 Risk Level( $p < 0.01$ )與暴露時間長短具有顯著差異( $p < 0.01$ ), 但在 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = -0.12$ )有顯著性差異。所以 N7-MeG 可為一個良好的生物性指標物。

表 171 N7-MeG/creatinine(ug/mg)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs < 40 歲	0.10	0.04	0.01
性別(男 vs 女)	-0.04	0.04	0.30
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.07	0.73
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.14	0.10	0.15
其它籍貫 vs 台閩	0.22	0.06	<0.01
客家 vs 台閩	0.21	0.05	<0.01
Risk Level	0.19	0.08	0.01
Time	0.67	0.05	<0.01
Risk Level* Time	-0.12	0.05	0.01

依變項: log N7-MeG/creatinine(ug/mg)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 83 在奈米碳管處置重覆測量分布情形 (二次比較) 部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 不過可以更加地確定, 第二次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, 尿中的 N7-MeG 會隨著時間增長而提高; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

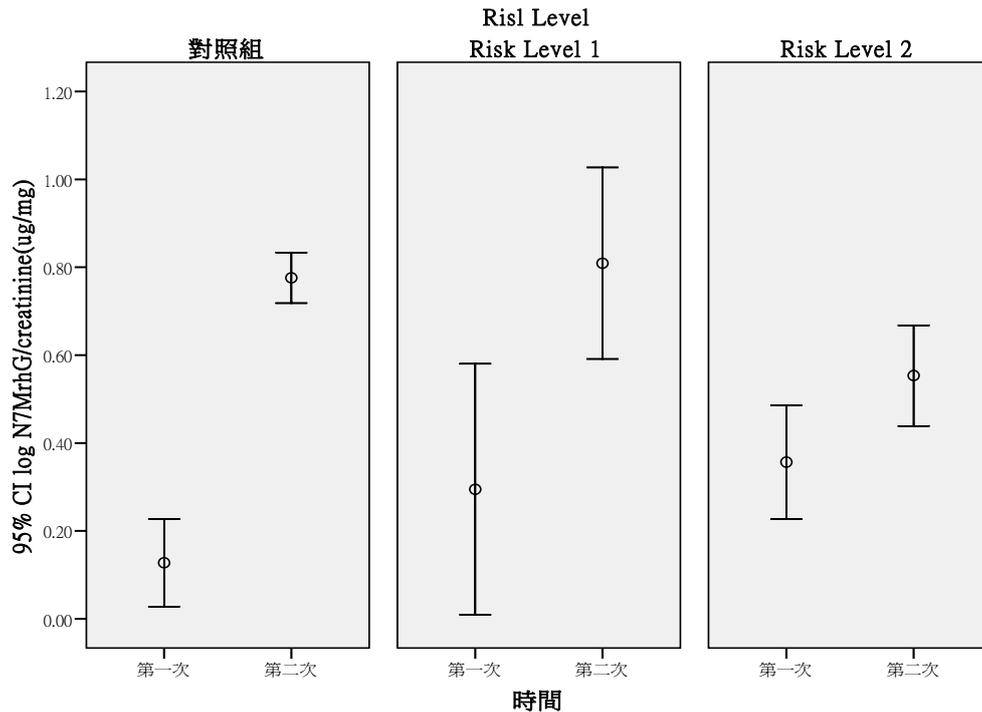


圖 83 奈米碳管處置者之 N7-MeG/ creatinine 重覆測量分布情形

表 172 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 RL1 和 RL2 與對照組方面, 其它籍貫 vs 台閩( $p < 0.01$ )和客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )等因素具有顯著性差異, 可知不同的籍貫之家族習性, 如飲食、生活作息等, 對 N7-MeG 的生成皆有影響。

且 RL2 與對照組方面有顯著性差異( $p < 0.01$ ), 暴露風險高與未暴露確實造成 DNA 損傷。對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p < 0.01$ ), 但在 RL2 和時間的相互作用項( $B = -0.44$ )的 N7-MeG 含量, 會隨著暴露時間增加而下降, 且具顯著性差異, 其原因可能為在暴露於 Risk Level 環境中, 工作人員有配戴適當的安全護具, 如: 口罩、防護衣等, 使吸入奈米粒子的機率下降, 進而降低其影響。

表 172 N7-MeG/creatinine(ug/mg)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.07	0.05	0.20
性別(男 vs 女)	0.04	0.05	0.41
抽菸習慣(有 vs 無)	0.06	0.16	0.70
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.08	0.14	0.56
其它籍貫 vs 台閩	0.22	0.09	0.01
客家 vs 台閩	0.19	0.07	0.01
RL2vs 對照組	0.69	0.18	<0.01
RL1vs 對照組	0.27	0.28	0.35
Time	0.65	0.05	<0.01
RL2*Time	-0.44	0.11	<0.01
RL1*Time	-0.14	0.17	0.39

依變項: log N7-MeG/creatinine(ug/mg)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 173 在重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析, 性別( $p < 0.01$ )、嚼檳榔習慣( $p < 0.01$ )、客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )和色素沉澱( $p < 0.01$ )有顯著性差異, 在不同的家族習性, 如飲食、生活作息等, 對 N7-MeG 的生成皆有影響。但在暴露時間長短具有顯著差異( $p < 0.01$ ), 而 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = -0.01$ )也無顯著性差異。

表 173 N7-MeG(ug/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.04	0.06	0.45
性別(男 vs 女)	0.20	0.06	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.06	0.15	0.67
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.29	0.12	0.01
其它籍貫 vs 台閩	0.09	0.10	0.35
客家 vs 台閩	0.18	0.06	<0.01
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-0.10	0.08	0.21
色素沉澱(有 vs 無)	-0.18	0.06	<0.01
Risk Level	0.05	0.10	0.61
Time	0.63	0.06	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.06	0.91

依變項: log N7-MeG(ug/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 慢性支氣管炎, 色素沉澱, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 84 在奈米級二氧化鈦處置重覆測量分布情形 (二次比較) 部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 不過可以更加地確定, 第二次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, 尿中的 N7-MeG 會隨著時間增長而提高; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

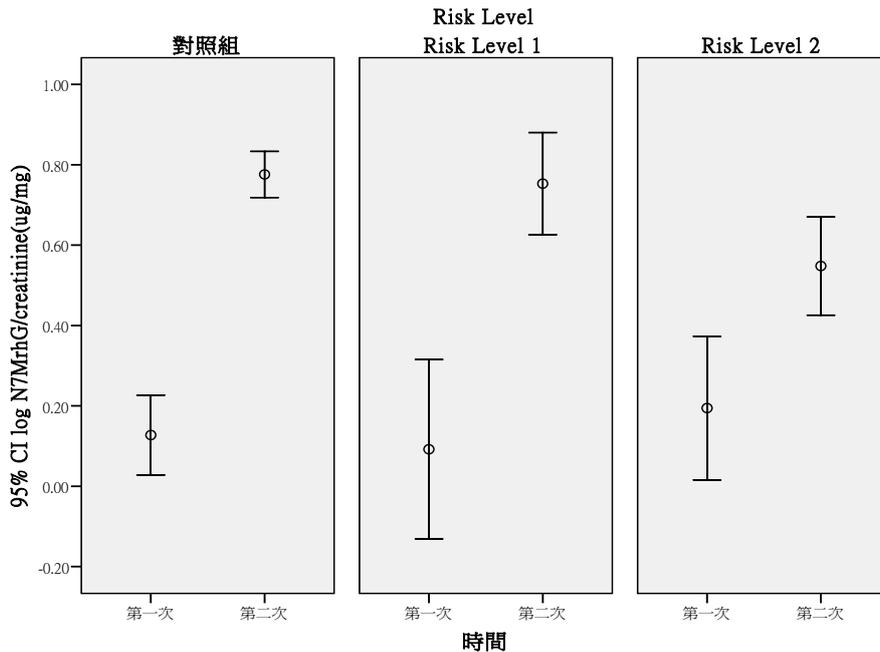


圖 84 奈米級二氧化鈦處置者之 N7-MeG/ creatinine 重覆測量分布情形

表 174 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 RL1 和 RL2 與對照組方面, 年齡( $p = 0.03$ )、其它籍貫 vs 台閩( $p = 0.03$ )和客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )等因素具有顯著性差異, 可知不同的籍貫之家族習性, 如飲食、生活作息等, 對 N7-MeG 的生成皆有影響。

且 RL2 與對照組方面並無顯著性差異( $p = 0.09$ ), 暴露風險高與未暴露確實造成 DNA 損傷。對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p < 0.01$ ), 但在 RL2 和時間的相互作用項( $B = -0.31$ )的 N7-MeG 含量, 會隨著暴露時間增加而下降, 且具顯著性差異( $p = 0.02$ ), 其原因可能為在暴露於 Risk Level 環境中, 工作人員有配戴適當的安全護具, 如: 口罩、防護衣等, 使吸入奈米粒子的機率下降, 進而降低其影響。

表 174 N7-MeG/creatinine(ug/mg)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.11	0.05	0.03
性別(男 vs 女)	0.01	0.05	0.80
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.10	0.75
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.00	0.10	0.99
其它籍貫 vs 台閩	0.17	0.08	0.03
客家 vs 台閩	0.20	0.06	<0.01
RL2vs 對照組	0.37	0.22	0.09
RL1vs 對照組	-0.05	0.25	0.83
Time	0.64	0.05	<0.01
RL2*Time	-0.31	0.13	0.02
RL1*Time	0.02	0.14	0.91

依變項: log N7-MeG/creatinine(ug/mg)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 175 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析, 年齡( $p = 0.04$ )、其它籍貫 vs 台閩( $p = 0.03$ )和客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )等因素具有顯著性差異, 可知不同的籍貫之家族習性, 如飲食、生活作息等, 對 N7-MeG 的生成皆有影響。在不同的家族習性, 如飲食、生活作息等, 對 N7-MeG 的生成皆有影響。但在暴露時間長短具有顯著差異( $p < 0.01$ ), 而 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = -0.14$ )有顯著性差異。其原因可能為在暴露於 Risk Level 環境中, 工作人員有配戴適當的安全護具, 如: 口罩、防護衣等, 使吸入奈米粒子的機率下降, 進而降低其影響。

表 175 N7-MeG/creatinine(ug/mg)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.10	0.05	0.04
性別(男 vs 女)	0.01	0.05	0.80
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.10	0.76
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.01	0.10	0.96
其它籍貫 vs 台閩	0.18	0.08	0.03
客家 vs 台閩	0.20	0.06	<0.01
Risk Level	0.16	0.11	0.13
Time	0.66	0.05	<0.01
Risk Level* Time	-0.14	0.06	0.03

依變項: log N7-MeG/creatinine(ug/mg)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 85 在奈米級二氧化矽處置重覆測量分布情形 (二次比較) 部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 不過可以更加地確定, 第二次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, 尿中的 N7-MeG 會隨著時間增長而提高; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

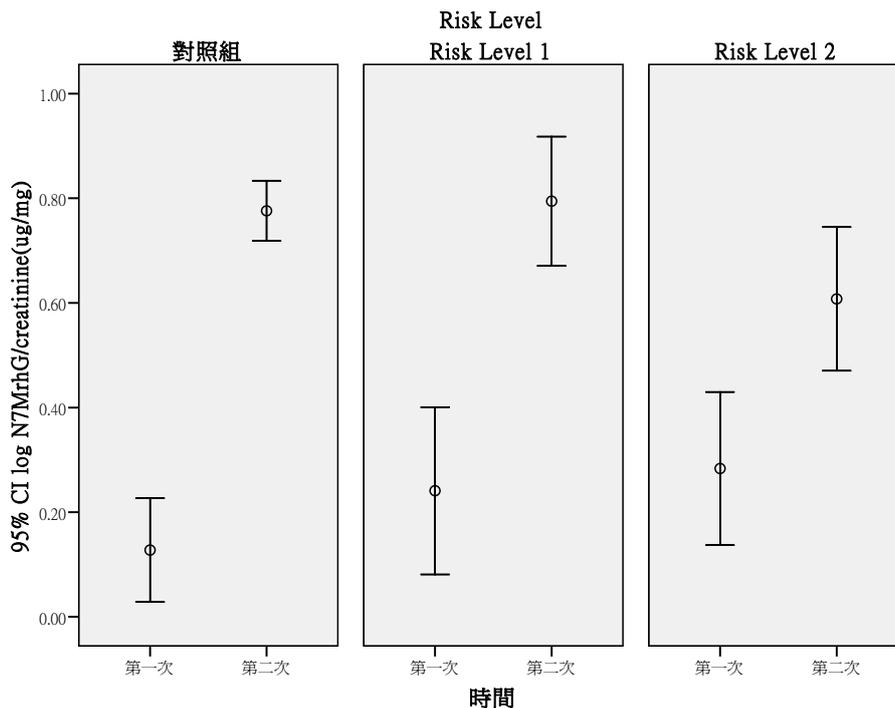


圖 85 奈米級二氧化矽處置者之 N7-MeG/ creatinine 重覆測量分布情形

表 176 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 RL1 和 RL2 與對照組方面, 年齡( $p = 0.01$ )、其它籍貫 vs 台閩( $p = 0.03$ )和客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )等因素具有顯著性差異, 可知不同的籍貫之家族習性, 如飲食、生活作息等, 對 N7-MeG 的生成皆有影響。

且 RL2 與對照組方面有顯著性差異( $p = 0.02$ ), 暴露風險高與未暴露確實造成 DNA 損傷。對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p < 0.01$ ), 但在 RL2 和時間的相互作用項( $B = -0.33$ )的 N7-MeG 含量, 會隨著暴露時間增加而下降, 且具顯著性差異( $p = 0.02$ ), 其原因可能為在暴露於 Risk Level 環境中, 工作人員有配戴適當的安全護具, 如: 口罩、防護衣等, 使吸入奈米粒子的機率下降, 進而降低其影響。

表 176 N7MeG/creatinine(ug/mg)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.12	0.05	0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.05	0.78
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.10	0.61
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.10	0.11	0.37
其它籍貫 vs 台閩	0.19	0.09	0.03
客家 vs 台閩	0.20	0.06	<0.01
RL2vs 對照組	0.46	0.20	0.02
RL1vs 對照組	0.21	0.19	0.26
Time	0.64	0.05	<0.01
RL2*Time	-0.33	0.12	0.01
RL1*Time	-0.08	0.11	0.46

依變項: log N7-MeG/creatinine(ug/mg)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 177 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析，年齡( $p = 0.01$ )、其它籍貫 vs 台閩( $p = 0.01$ )和客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )等因素具有顯著性差異，可知不同的籍貫之家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響。在不同的家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響。其原因可能為在暴露於 Risk Level 環境中，Risk Level 趨勢有呈現正相關與顯著性差異。在暴露時間長短也同樣具有顯著差異( $p < 0.01$ )，而 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = -0.16$ )有顯著性差異。其原因可能為在暴露於 Risk Level 環境中，工作人員有配戴適當的安全護具，如：口罩、防護衣等，使吸入奈米粒子的機率下降，進而降低其影響。

表 177 N7-MeG/creatinine(ug/mg)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.12	0.05	0.01
性別(男 vs 女)	0.02	0.05	0.64
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.10	0.75
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.09	0.11	0.44
其它籍貫 vs 台閩	0.19	0.08	0.02
客家 vs 台閩	0.19	0.06	<0.01
Risk Level	0.23	0.09	0.02
Time	0.65	0.05	<0.01
Risk Level* Time	-0.16	0.06	0.01

依變項: log N7-MeG/creatinine(ug/mg)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 86 在奈米銀處置重覆測量分布情形 (二次比較) 部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 不過可以更加地確定, 第二次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, 尿中的 N7-MeG 會隨著時間增長而提高; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

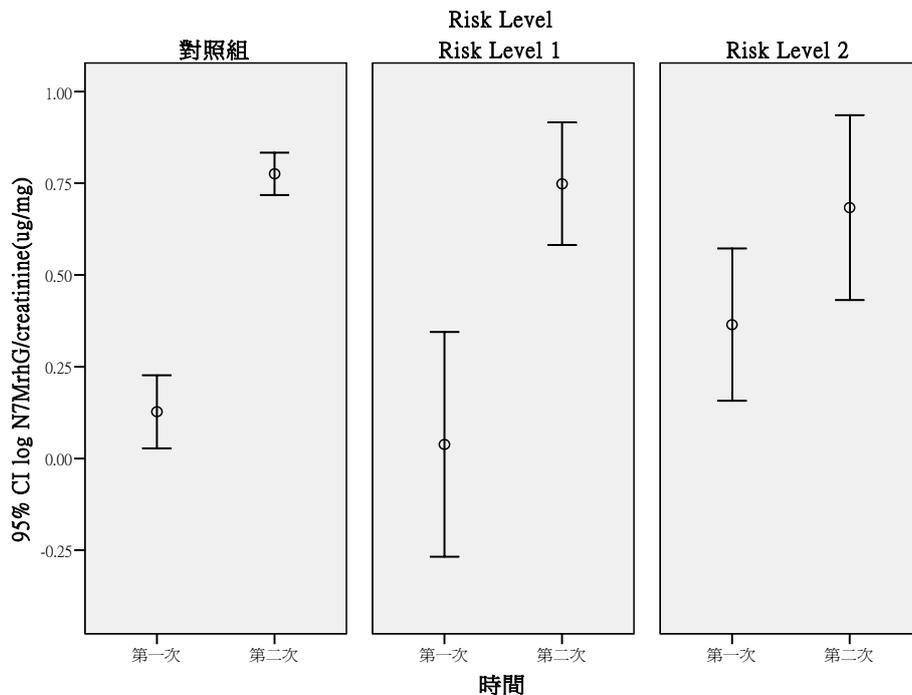


圖 86 奈米銀處置者之 N7-MeG/ creatinine 重覆測量分布情形

表 178 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析 RL1 和 RL2 與對照組方面，其它籍貫 vs 台閩( $p = 0.03$ )和客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )等因素具有顯著性差異，可知不同的籍貫之家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響。

且 RL2 與對照組方面有顯著性差異( $p = 0.03$ )，暴露風險高與未暴露確實造成 DNA 損傷。對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p < 0.01$ )，但在 RL2 和時間的相互作用項( $B = -0.30$ )的 N7-MeG 含量，會隨著暴露時間增加而下降，且具顯著性差異( $p = 0.03$ )，其原因可能為在暴露於 Risk Level 環境中，工作人員有配戴適當的安全護具，如：口罩、防護衣等，使吸入奈米粒子的機率下降，進而降低其影響。

表 178 N7-MeG/creatinine(ug/mg)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.08	0.06	0.16
性別(男 vs 女)	0.03	0.05	0.59
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.13	0.78
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.02	0.11	0.90
其它籍貫 vs 台閩	0.26	0.09	<0.01
客家 vs 台閩	0.26	0.08	<0.01
RL2vs 對照組	0.50	0.23	0.03
RL1vs 對照組	-0.23	0.32	0.47
Time	0.65	0.05	<0.01
RL2*Time	-0.30	0.14	0.03
RL1*Time	0.11	0.19	0.58

依變項: log N7-MeG/creatinine(ug/mg)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 179 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析，其它籍貫 vs 台閩( $p = 0.01$ )和客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )等因素具有顯著性差異，可知不同的籍貫之家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響。在不同的家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響。在暴露時間長短樣具有顯著差異( $p < 0.01$ )，而 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = -0.11$ )並無顯著性差異。

表 179 N7-MeG/creatinine(ug/mg)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.08	0.06	0.16
性別(男 vs 女)	0.03	0.05	0.58
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.13	0.85
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.01	0.12	0.92
其它籍貫 vs 台閩	0.24	0.08	0.01
客家 vs 台閩	0.28	0.08	<0.01
Risk Level	0.17	0.12	0.14
Time	0.67	0.05	<0.01
Risk Level* Time	-0.11	0.07	0.12

依變項: log N7-MeG/creatinine(ug/mg)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 87 在其他奈米物質處置重覆測量分布情形 (二次比較) 部分, RL1 與 RL2 (暴露風險因子) 和時間的交互作用變項有提升的趨勢, 但是仍然沒有差異性, 不過可以更加地確定, 第二次暴露確實提升暴露於 RL1、RL2 環境的時間越久, 尿中的 N7-MeG 會隨著時間增長而提高; 因此我們必須對長時間暴露於奈米環境的職場工作人員進行妥當與完善的安全性防護。

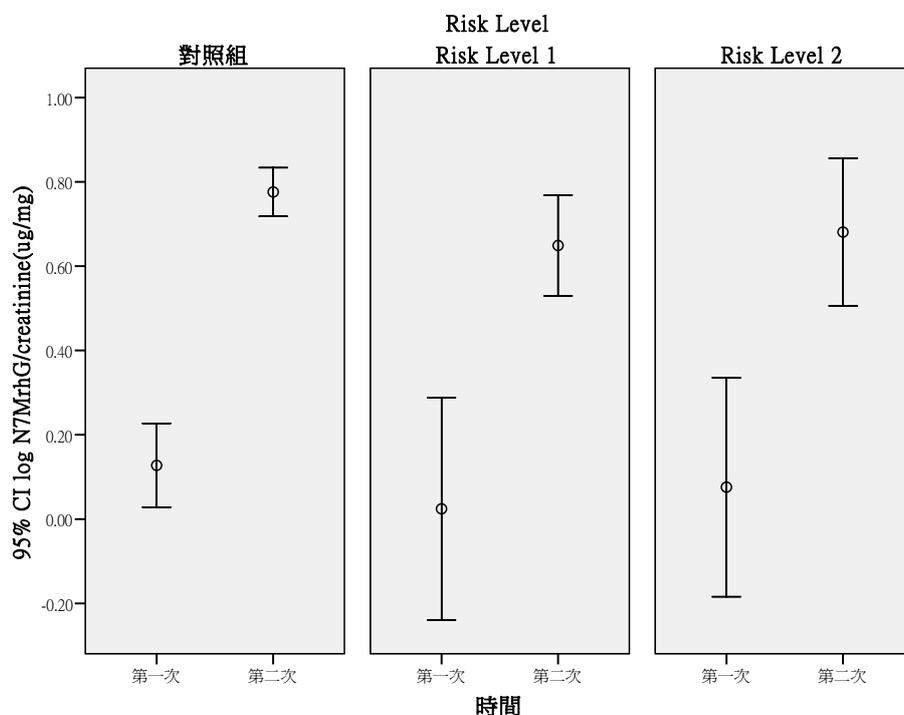


圖 87 其他奈米物質處置者之 N7-MeG/ creatinine 重覆測量分布情形

表 180 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 RL1 和 RL2 與對照組方面，其它籍貫 vs 台閩( $p = 0.01$ )和客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )等因素具有顯著性差異，可知不同的籍貫之家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響。

對於暴露時間長短造成其明顯差異( $p < 0.01$ )，但在 RL2 和時間的相互作用項( $B = 0.03$ )的 N7-MeG 含量，無顯著性差異( $p = 0.87$ )。

表 180 N7-MeG/creatinine(ug/mg)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.09	0.06	0.10
性別(男 vs 女)	-0.04	0.05	0.44
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.13	0.81
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.01	0.11	0.96
其它籍貫 vs 台閩	0.24	0.10	0.01
客家 vs 台閩	0.32	0.07	<0.01
RL2vs 對照組	-0.05	0.26	0.85
RL1vs 對照組	-0.09	0.26	0.73
Time	0.65	0.05	<0.01
RL2*Time	0.03	0.15	0.87
RL1*Time	0.01	0.14	0.94

校正變項: log N7-MeG/creatinine(ug/mg)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 181 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析按照 Risk Level 之趨勢分析，其它籍貫 vs 台閩( $p = 0.01$ )和客家 vs 台閩( $p < 0.01$ )等因素具有顯著性差異，可知不同的籍貫之家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響。在不同的家族習性，如飲食、生活作息等，對 N7-MeG 的生成皆有影響。在暴露時間長短樣具有顯著差異( $p < 0.01$ )，而 Risk Level 和時間的相互作用項( $B = 0.01$ )並無顯著性差異。

表 181 N7-MeG/creatinine(ug/mg)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.09	0.06	0.09
性別(男 vs 女)	-0.04	0.05	0.40
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.14	0.81
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.02	0.11	0.87
其它籍貫 vs 台閩	0.23	0.09	0.01
客家 vs 台閩	0.32	0.07	<0.01
Risk Level	-0.04	0.12	0.77
Time	0.65	0.05	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.07	0.87

校正變項: log N7-MeG/creatinine(ug/mg)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

## 2. 酵素活性指標

### (1) MPO

在不同生活習慣下受試者之血漿中 MPO 濃度的分布情形(表 182)。受試者年齡 40 歲以下者血漿中 MPO 濃度為  $96.92 \pm 57.46$  ng/mL, 且顯著的高於 40 歲以上者( $77.80 \pm 40.78$  ng/mL)。男性與女性受試者之血漿中 MPO 濃度則分別為  $94.04 \pm 57.81$  與  $82.58 \pm 39.87$  ng/mL, 但於統計上皆無顯著的差異。受試者有抽菸( $p=0.04$ )與喝酒( $p=0.02$ )習慣者, MPO 濃度為  $114.76 \pm 76.12$  與  $108.42 \pm 42.88$  ng/mL 分別高於沒有抽菸與喝酒習慣者(值為  $87.53 \pm 49.29$  與  $88.79 \pm 53.84$  ng/mL)。目前的文獻顯示, 抽菸者其血漿中 MPO 濃度為  $156 \pm 20$  ng/mL 顯著的( $p < 0.05$ )高於從未抽菸者( $78 \pm 10$  ng/mL), 同時也高於過去有抽菸者( $103 \pm 12$  ng/mL) [181]。在不同疾病狀況下受試者血漿中 MPO 濃度的分布情形(表 182)。受試者有氣喘疾病者, MPO 濃度為  $117.44 \pm 60.28$  ng/mL 顯著的( $p=0.09$ )高於健康的受試者(值為  $89.90 \pm 52.97$  ng/mL)。文獻指出以 13 位有氣喘病患與 31 位健康的受試者進行血漿中 MPO 濃度之分析, 結果顯示氣喘病患與控制組血漿中的 MPO 濃度並無顯著差異, 其平均值分別為  $35.9 \pm 5.2$  與  $37.6 \pm 3.2$  U, 然而 MPO 酵素活性與氣喘間的機制亦尚未明確[175]。在本研究中罹患心律不整( $p=0.04$ )與高血壓 ( $p=0.03$ )之受試者, 其 MPO 濃度為  $115.14 \pm 43.63$  與  $111.10 \pm 52.09$  ng/mL 分別高於沒有者(值為

89.54±53.37 與 88.70±52.99 ng/mL)。Baldus 等於 2003 年利用 1090 名急性冠狀動脈症的病人，以血清中 MPO 的濃度作 6 個月的追蹤，結果發現 MPO 的濃度與病人將來發生心肌梗塞或死亡的危險性成正向關係[165]。此外，針對於 40 位急性心肌梗塞病患與 40 位控制組進行健檢結果顯示，病患組血漿中的 MPO 濃度明顯較控制組高，平均值分別為 149.7±103.7 ng/mL (MPO 含量分布範圍: 7.3-358.4 ng/mL)與 14.0±7.0 ng/mL (MPO 含量分布範圍:4.5-29.8 ng/mL)[176]。受試者血漿中 MPO 濃度於其他不同疾病狀況下之分布情形在統計上皆無顯著的相關性。

表 182 MPO (ng/mL)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	186	96.92	±	57.46	<0.01
	>40, 40 歲以上	93	77.80	±	40.78	
性別	女	85	82.58	±	39.87	0.38
	男	194	94.04	±	57.81	
抽菸習慣	無	249	87.53	±	49.29	0.04
	有	29	114.76	±	76.12	
喝酒習慣	無	254	88.79	±	53.84	0.02
	有	25	108.42	±	42.88	
嚼檳榔習慣	無	271	89.77	±	49.87	0.99
	有	8	116.71	±	124.95	
籍貫	台閩	216	89.65	±	54.00	0.67
	客家	38	91.34	±	50.77	
	其它(原住民與外省籍)	24	99.54	±	50.65	
教育程度	高中職以下	46	96.96	±	68.73	0.11
	大專/大學	124	82.56	±	44.11	
	研究所以上	108	96.53	±	54.55	

*p* 值使用無母數分析

表 183 MPO (ng/mL)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	262	89.91	±	53.07	0.24
	有	16	104.25	±	55.00	
氣喘	無	269	89.90	±	52.97	0.09
	有	8	117.44	±	60.28	
鼻炎	無	229	89.67	±	54.61	0.30
	有	50	94.54	±	46.37	
心律不整	無	268	89.54	±	53.37	0.04
	有	11	115.14	±	43.63	
心絞痛	無	276	90.15	±	52.64	0.57
	有	3	126.52	±	100.85	
心臟瓣膜疾病	無	274	90.72	±	53.48	0.82
	有	5	81.15	±	35.33	
高血脂	無	258	91.38	±	53.65	0.36
	有	21	80.23	±	47.07	
高血壓	無	256	88.70	±	52.99	0.03
	有	23	111.10	±	52.09	
異位性皮膚炎	無	257	91.03	±	54.09	0.61
	有	22	84.94	±	41.82	
過敏性皮膚炎	無	245	89.88	±	54.38	0.35
	有	34	95.33	±	44.01	
色素沉澱	無	271	90.88	±	53.59	0.63
	有	8	79.30	±	37.79	
毛囊炎	無	267	90.42	±	53.53	0.71
	有	12	93.25	±	46.67	

*p* 值使用無母數分析

以 GEE 檢視奈米廠、基準點及追蹤後等變項與血漿中 MPO 濃度之關係。在控制年齡、性別與抽菸習慣、喝酒、心律不整及高血壓等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.09, *p*=0.04)之血漿中 MPO 的濃度顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的正相關(B=0.10, *p*=0.01)。然而 RL=2 (B=-0.04, *p*=0.03)在四次測量間間距相較於對照組之間距則呈顯著的差異 (表 184)。在趨勢分析模式中控制年齡、性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米物質暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 MPO 濃度與 Risk

level\*Time 則呈現顯著的負相關性 ( $B=-0.02, p=0.04$ ) (表 185)。

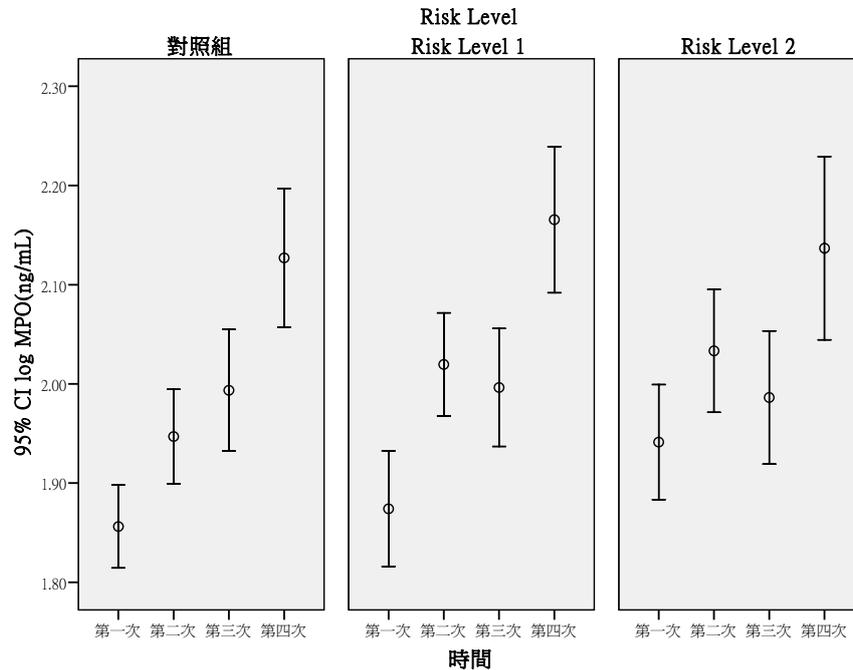


圖 88 MPO (ng/mL)之重覆測量分布情形

表 184 MPO(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.09	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.75
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.05	0.26
喝酒習慣(有 vs 無)	0.09	0.04	0.03
心律不整(有 vs 無)	0.08	0.06	0.18
高血壓(有 vs 無)	0.06	0.04	0.09
RL2vs 對照組	0.09	0.04	0.04
RL1vs 對照組	0.01	0.05	0.88
Time	0.10	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.04	0.02	0.03
RL1*Time	0.00	0.02	0.82

依變項: log MPO(ng/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 心律不整, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 185 MPO(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.09	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.72
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.05	0.27
喝酒習慣(有 vs 無)	0.09	0.04	0.03
心律不整(有 vs 無)	0.07	0.06	0.19
高血壓(有 vs 無)	0.06	0.04	0.08
Risk Level	0.05	0.02	0.04
Time	0.10	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.02	0.01	0.04

依變項: log MPO(ng/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 心律不整, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米碳管、基準點及追蹤後等變項與血漿中 MPO 濃度之關係。在控制年齡、性別與抽菸習慣、喝酒、心律不整及高血壓等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.06,  $p=0.46$ )與 RL=1 組(B=-0.09,  $p=0.29$ )之血漿中 MPO 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的正相關(B=0.09,  $p=0.01$ )。然而 RL=2 (B=-0.02,  $p=0.48$ )與 RL=1 (B=0.06,  $p=0.10$ )四次測量間的時間較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 186)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米碳管物質暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 MPO 濃度與 Risk level\*Time 並無顯著的相關性 (B=0.00,  $p=0.92$ ) (表 187)。

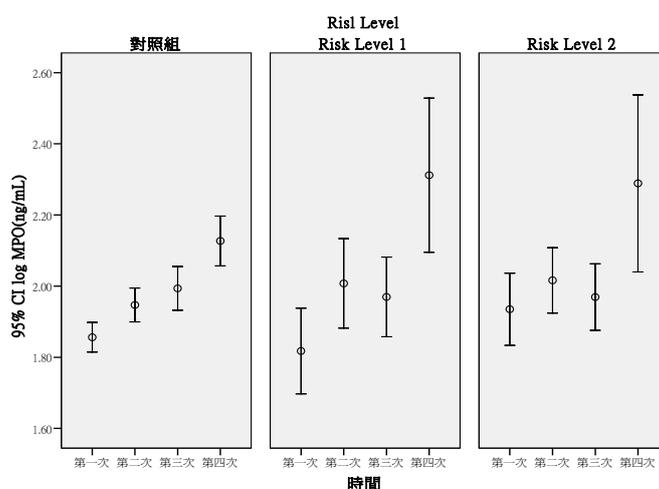


圖 89 奈米碳管處置者之 MPO (ng/mL)重覆測量分布情形

表 186 MPO(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.06	0.03	0.03
性別(男 vs 女)	0.01	0.03	0.84
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.06	0.97
喝酒習慣(有 vs 無)	0.14	0.05	<0.01
心律不整(有 vs 無)	0.13	0.05	0.01
高血壓(有 vs 無)	0.13	0.04	<0.01
RL2vs 對照組	0.06	0.08	0.46
RL1vs 對照組	-0.09	0.08	0.29
Time	0.09	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.02	0.03	0.48
RL1*Time	0.06	0.03	0.10

依變項: log MPO(ng/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 心律不整, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 187 MPO(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.06	0.03	0.03
性別(男 vs 女)	0.01	0.03	0.75
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.06	0.95
喝酒習慣(有 vs 無)	0.14	0.05	0.01
心律不整(有 vs 無)	0.12	0.05	0.01
高血壓(有 vs 無)	0.13	0.04	<0.01
Risk Level	0.01	0.04	0.74
Time	0.10	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.92

依變項: log MPO(ng/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 心律不整, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米二氧化鈦處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 MPO 濃度之關係。在控制年齡、性別與抽菸習慣、喝酒、心律不整及高血壓等干擾因子變項後，重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.04,  $p=0.52$ )與 RL=1 組(B=-0.01,  $p=0.89$ )之血漿中 MPO 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的正相關(B=0.09,  $p=0.01$ )。然而 RL=2 (B=-0.03,  $p=0.12$ )與 RL=1 (B=-0.02,  $p=0.39$ )在四次測量間的時間距相較於對照組之間距則均無顯著的

差異 (表 188)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米二氧化鈦暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 MPO 濃度與 Risk level\*Time 並無呈現顯著的相關性 ( $B=-0.01, p=0.17$ ) (表 189)。

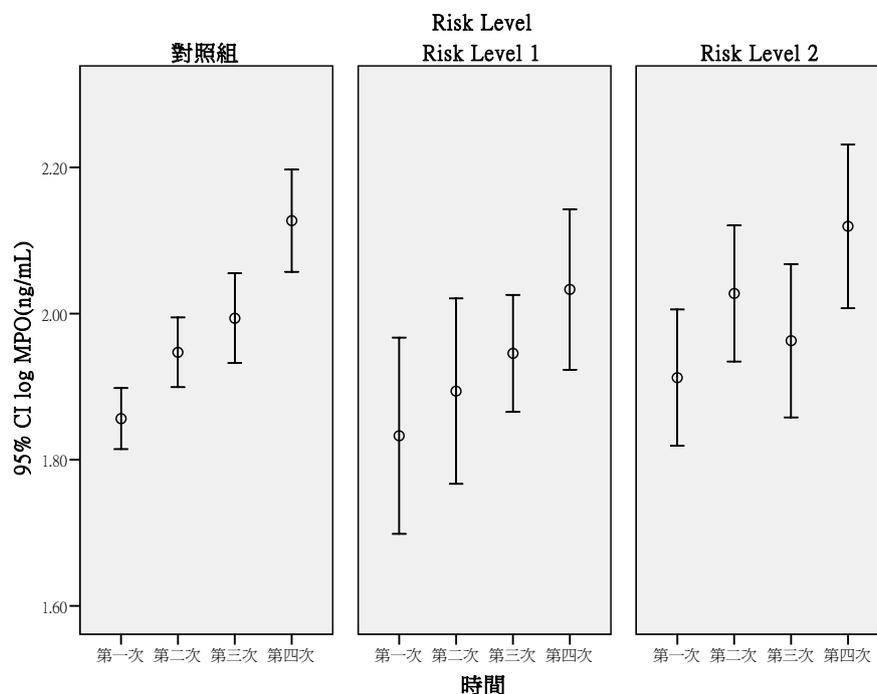


圖 90 奈米級二氧化鈦處置者之 MPO (ng/mL)重覆測量分布情形

表 188 MPO(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.08	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	0.02	0.03	0.59
抽菸習慣(有 vs 無)	0.09	0.05	0.06
喝酒習慣(有 vs 無)	0.11	0.05	0.02
心律不整(有 vs 無)	0.10	0.06	0.11
高血壓(有 vs 無)	0.05	0.05	0.33
RL2vs 對照組	0.04	0.06	0.52
RL1vs 對照組	-0.01	0.09	0.89
Time	0.09	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.03	0.02	0.21
RL1*Time	-0.02	0.03	0.39

依變項: log MPO(ng/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 心律不整, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 189 MPO(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.08	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.03	0.70
抽菸習慣(有 vs 無)	0.10	0.05	0.05
喝酒習慣(有 vs 無)	0.12	0.05	0.01
心律不整(有 vs 無)	0.11	0.06	0.08
高血壓(有 vs 無)	0.04	0.05	0.47
Risk Level	0.02	0.03	0.58
Time	0.09	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.17

依變項: log MPO(ng/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 心律不整, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米二氧化矽處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 MPO 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.13,  $p=0.04$ ) 之血漿中 MPO 的濃度顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的正相關(B=0.10,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=-0.05,  $p=0.02$ )在四次測量間的時間距離相較於對照組之間距則呈顯著的差異 (表 190)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米二氧化矽暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 MPO 濃度與 Risk level\*Time 則呈現顯著的負相關性 (B=-0.02,  $p=0.02$ ) (表 191)。

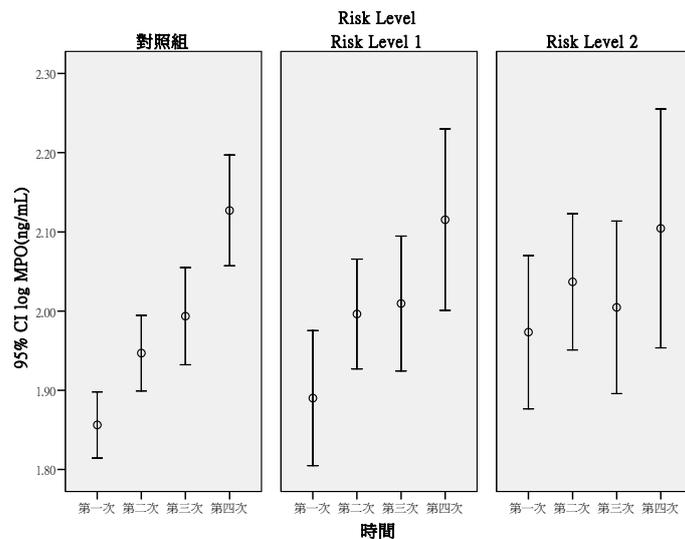


圖 91 奈米級二氧化矽處置者之 MPO (ng/mL)重覆測量分布情形

表 190 MPO(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.09	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	0.02	0.03	0.44
抽菸習慣(有 vs 無)	0.08	0.06	0.17
喝酒習慣(有 vs 無)	0.13	0.04	<0.01
心律不整(有 vs 無)	0.05	0.08	0.52
高血壓(有 vs 無)	0.05	0.04	0.31
RL2vs 對照組	0.13	0.06	0.04
RL1vs 對照組	0.06	0.05	0.27
Time	0.10	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.05	0.02	0.02
RL1*Time	-0.02	0.02	0.28

依變項: log MPO(ng/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 心律不整, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 191 MPO(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.09	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	0.02	0.03	0.42
抽菸習慣(有 vs 無)	0.08	0.06	0.17
喝酒習慣(有 vs 無)	0.13	0.04	<0.01
心律不整(有 vs 無)	0.05	0.07	0.52
高血壓(有 vs 無)	0.05	0.04	0.31
Risk Level	0.06	0.03	0.03
Time	0.10	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.02	0.01	0.02

依變項: log MPO(ng/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 心律不整, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米銀處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 MPO 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.09,  $p=0.32$ )與 RL=1 組(B=-0.16,  $p=0.09$ )之血漿中 MPO 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的正相關(B=0.09,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=0.00,  $p=0.90$ )與 RL=1 (B=0.06,  $p=0.10$ )之四次測量間的時間距相較

於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 192)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米銀暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 MPO 濃度與 Risk level\*Time 並無呈現顯著的相關性 ( $B=0.01$ ,  $p=0.54$ )(表 193)。

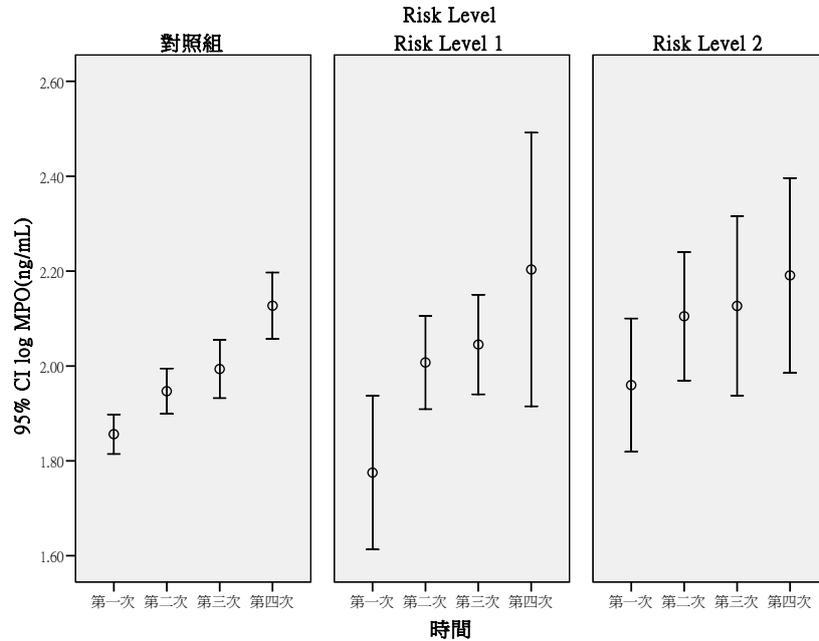


圖 92 奈米銀處置者之 MPO (ng/mL)重覆測量分布情形

表 192 MPO(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.08	0.03	0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.03	0.87
抽菸習慣(有 vs 無)	0.08	0.05	0.15
喝酒習慣(有 vs 無)	0.15	0.04	<0.01
心律不整(有 vs 無)	0.19	0.04	<0.01
高血壓(有 vs 無)	0.10	0.04	0.02
RL2vs 對照組	0.09	0.09	0.32
RL1vs 對照組	-0.16	0.10	0.09
Time	0.09	0.01	<0.01
RL2*Time	0.00	0.03	0.90
RL1*Time	0.06	0.04	0.10

依變項: log MPO(ng/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 心律不整, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 193 MPO(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.08	0.03	0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.03	0.83
抽菸習慣(有 vs 無)	0.06	0.05	0.20
喝酒習慣(有 vs 無)	0.15	0.04	<0.01
心律不整(有 vs 無)	0.17	0.04	<0.01
高血壓(有 vs 無)	0.10	0.04	0.02
Risk Level	0.01	0.04	0.81
Time	0.10	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.02	0.54

依變項: log MPO(ng/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 心律不整, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米其他奈米物質處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 MPO 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.08,  $p=0.16$ )與 RL=1 組(B=0.04,  $p=0.55$ )之血漿中 MPO 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的正相關(B=0.09,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=-0.04,  $p=0.14$ )與 RL=1 (B=0.00,  $p=0.85$ )四次測量間的時間相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 194)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著其他奈米物質暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 MPO 濃度與 Risk level\*Time 並無呈現顯著的相關性 (B=-0.02,  $p=0.19$ ) (表 195)。

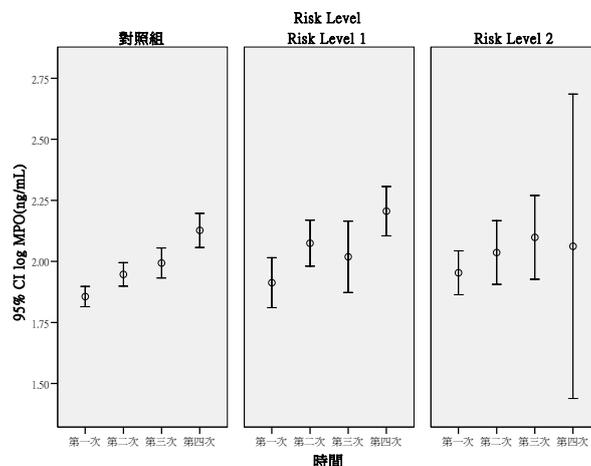


圖 93 其他奈米物質處置者之 MPO (ng/mL)重覆測量分布情形

表 194 MPO(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.09	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	0.02	0.03	0.54
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.05	0.49
喝酒習慣(有 vs 無)	0.19	0.04	<0.01
心律不整(有 vs 無)	0.19	0.06	<0.01
高血壓(有 vs 無)	0.05	0.05	0.35
RL2vs 對照組	0.08	0.06	0.16
RL1vs 對照組	0.04	0.06	0.55
Time	0.09	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.04	0.03	0.14
RL1*Time	0.00	0.02	0.85

校正變項: log MPO(ng/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 心律不整, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 195 MPO(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.09	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	0.02	0.03	0.52
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.05	0.51
喝酒習慣(有 vs 無)	0.19	0.04	<0.01
心律不整(有 vs 無)	0.18	0.06	<0.01
高血壓(有 vs 無)	0.05	0.05	0.31
Risk Level	0.04	0.03	0.16
Time	0.10	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.02	0.01	0.19

校正變項: log MPO(ng/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 心律不整, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

## (2) SOD

在 SOD 活性測定結果統計分析資料看到, 在表 196 中將學歷區分為研究所以上、大專/大學、高中職以下, 其中學歷越高者的酵素活性越高, 達顯著差別( $p < 0.01$ )。在表 198(重覆測量之 GEE 分析, 校正年齡、性別、抽菸習慣、嚼檳榔習慣、教育程度、Risk Level、Time、Risk Level\*Time 後)有嚼食檳榔習慣者的 SOD 活性顯著低於無嚼食檳榔習慣者( $p = 0.05$ )。以上兩個結果與 99 年度的結果相同。而在表 196 在不同生活習慣下之分布情形

中還可發現年齡在 40 歲以下者之 SOD 活性顯著( $p=0.02$ )高於年齡超過 40 歲之受試者；表 204(RL1、RL2 與對照組之差異)及表 205(按照 Risk Level 之趨勢分析)中(在奈米級二氧化矽處置者重複測量 GEE 分析，校正年齡、性別、抽菸習慣、嚼檳榔習慣、教育程度、Risk Level、Time、Risk Level\*Time 後)都看到年齡在 40 歲以下者之 SOD 活性顯著( $p=0.03$ )高於年齡超過 40 歲之受試者。其餘項目則沒有顯著差異。

表 196 SOD 活性(U/ml)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	190	11.65	±	6.26	0.02
	>40，40 歲以上	95	10.15	±	5.53	
性別	女	87	10.24	±	5.75	0.08
	男	198	11.55	±	6.16	
抽菸習慣	無	254	10.93	±	5.61	0.39
	有	30	13.17	±	8.86	
喝酒習慣	無	259	11.08	±	5.96	0.84
	有	26	11.88	±	7.00	
嚼檳榔習慣	無	277	11.26	±	6.08	0.045
	有	8	7.42	±	3.71	
籍貫	台閩	220	11.44	±	6.06	0.43
	客家	40	10.30	±	5.84	
	其它(原住民與外省籍)	24	10.16	±	6.30	
教育程度	高中職以下	47	8.61	±	5.16	<0.01
	大專/大學	126	10.78	±	6.29	
	研究所以上	111	12.70	±	5.74	

*p* 值使用無母數分析

表 197 SOD 活性(U/ml)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	11.14	±	5.98	0.66
	有	17	11.45	±	7.42	
氣喘	無	275	11.17	±	6.04	0.44
	有	8	10.50	±	7.44	
鼻炎	無	234	11.20	±	5.85	0.12
	有	51	10.90	±	6.98	
心律不整	無	274	11.12	±	5.99	0.82
	有	11	11.95	±	7.96	
心絞痛	無	282	11.13	±	6.08	0.23
	有	3	12.76	±	2.98	
心臟瓣膜疾病	無	280	11.12	±	6.05	0.59
	有	5	12.59	±	7.22	
高血脂	無	263	11.10	±	6.13	0.35
	有	22	11.70	±	5.26	
高血壓	無	261	11.09	±	5.97	0.65
	有	24	11.83	±	7.05	
異位性皮膚炎	無	262	11.15	±	6.11	0.95
	有	23	11.18	±	5.51	
過敏性皮膚炎	無	250	11.21	±	6.09	0.63
	有	35	10.68	±	5.86	
色素沉澱	無	277	11.15	±	6.05	0.92
	有	8	11.29	±	6.62	
毛囊炎	無	273	11.03	±	5.96	0.29
	有	12	13.78	±	7.82	

*p* 值使用無母數分析

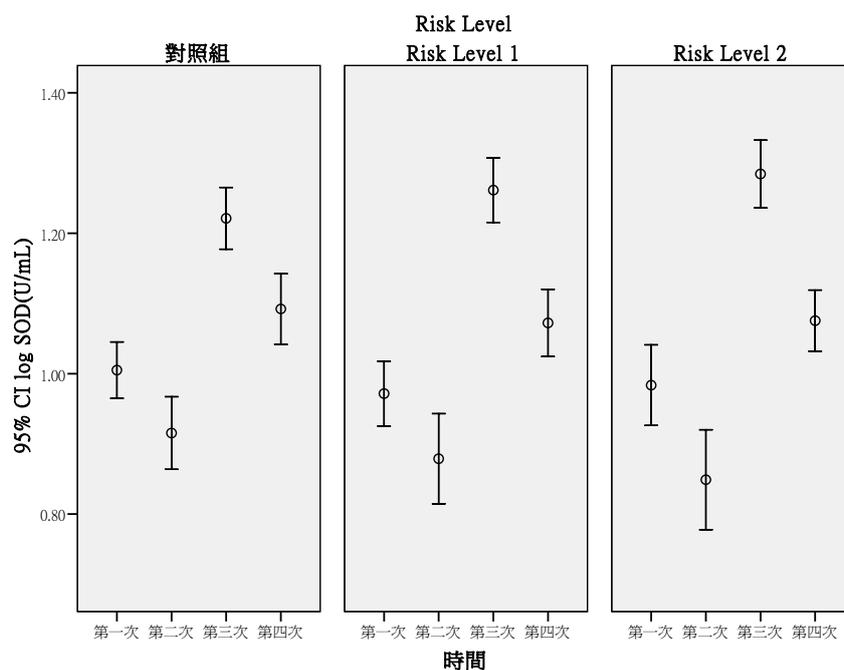


圖 94 SOD(U/ml)之重覆測量分布情形

表 198 SOD(U/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.02	0.02	0.32
性別(男 vs 女)	0.02	0.02	0.33
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.04	0.44
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.11	0.06	0.05
研究所以上 vs 高中職以下	0.04	0.03	0.12
大專/大學 vs 高中職以下	0.02	0.03	0.54
RL2vs 對照組	-0.08	0.05	0.08
RL1vs 對照組	-0.07	0.04	0.10
Time	0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	0.02	0.02	0.19
RL1*Time	0.01	0.02	0.39

依變項: log SOD(U/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 199 SOD(U/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.02	0.02	0.32
性別(男 vs 女)	0.02	0.02	0.39
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.04	0.45
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.11	0.06	0.07
研究所以上 vs 高中職以下	0.04	0.03	0.13
大專/大學 vs 高中職以下	0.02	0.03	0.53
Risk Level	-0.04	0.02	0.07
Time	0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.01	0.19

依變項: log SOD(U/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

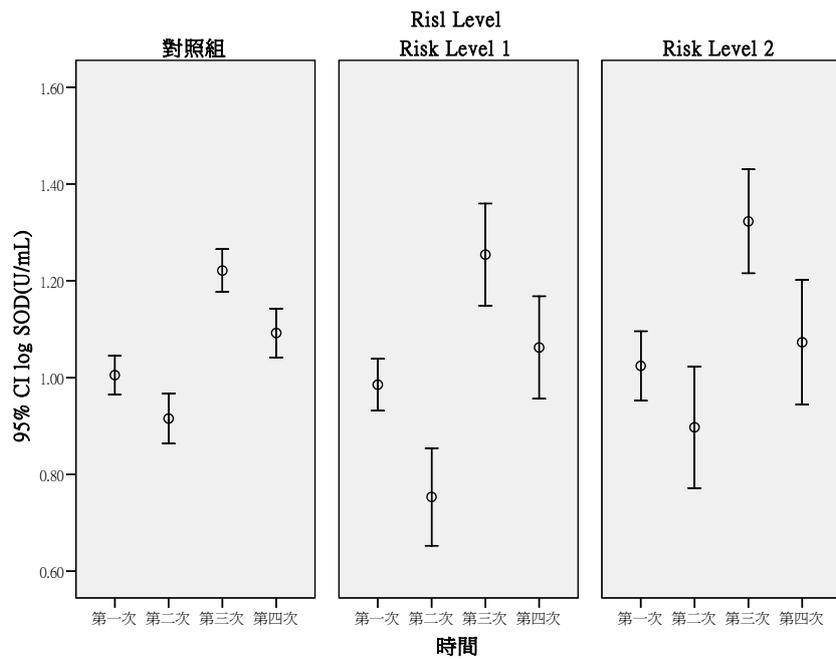


圖 95 奈米碳管處置者之 SOD(U/ml)重覆測量分布情形

表 200 SOD(U/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.01	0.03	0.69
性別(男 vs 女)	0.02	0.03	0.50
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.06	0.66
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.04	0.05	0.49
研究所以上 vs 高中職以下	-0.03	0.04	0.44
大專/大學 vs 高中職以下	-0.03	0.04	0.48
RL2vs 對照組	-0.02	0.05	0.69
RL1vs 對照組	-0.08	0.05	0.14
Time	0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	0.02	0.02	0.40
RL1*Time	0.00	0.02	0.92

依變項: log SOD(U/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 201 SOD(U/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.02	0.03	0.48
性別(男 vs 女)	0.01	0.03	0.69
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.06	0.78
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.02	0.06	0.71
研究所以上 vs 高中職以下	-0.04	0.04	0.32
大專/大學 vs 高中職以下	-0.03	0.04	0.36
Risk Level	-0.02	0.03	0.51
Time	0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.01	0.42

依變項: log SOD(U/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

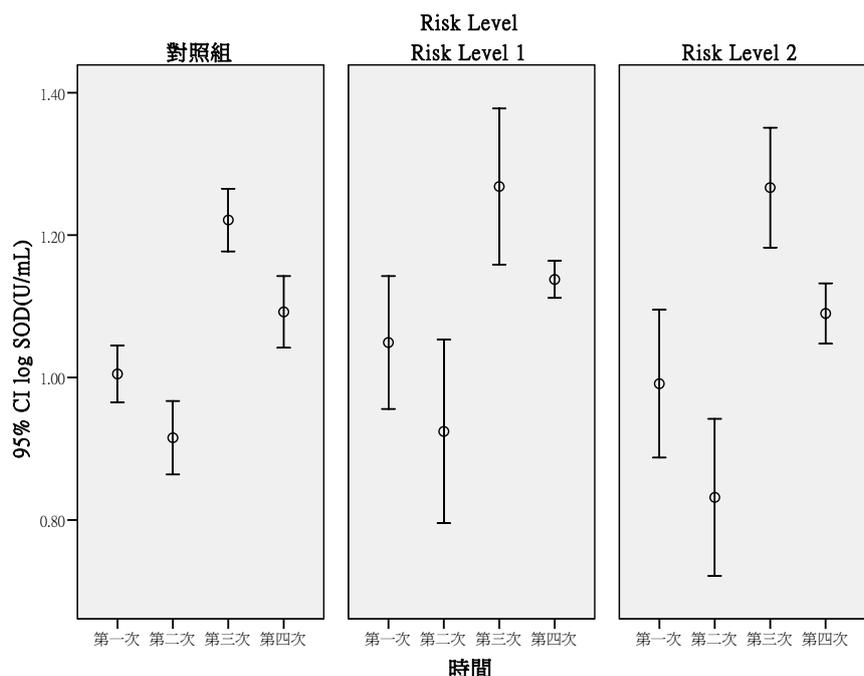


圖 96 奈米級二氧化鈦處置者之 SOD(U/ml)重覆測量分布情形

表 202 SOD(U/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.03	0.03	0.25
性別(男 vs 女)	0.00	0.03	0.98
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.05	0.58
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.11	0.08	0.17
研究所以上 vs 高中職以下	0.05	0.04	0.17
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.03	0.56
RL2vs 對照組	-0.09	0.07	0.20
RL1vs 對照組	0.01	0.07	0.89
Time	0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	0.02	0.02	0.43
RL1*Time	-0.001	0.02	0.97

依變項: log SOD(U/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 203 SOD(U/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.03	0.03	0.25
性別(男 vs 女)	0.00	0.03	0.89
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.05	0.64
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.11	0.08	0.16
研究所以上 vs 高中職以下	0.05	0.04	0.17
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.03	0.55
Risk Level	-0.04	0.03	0.24
Time	0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.01	0.46

依變項: log SOD(U/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

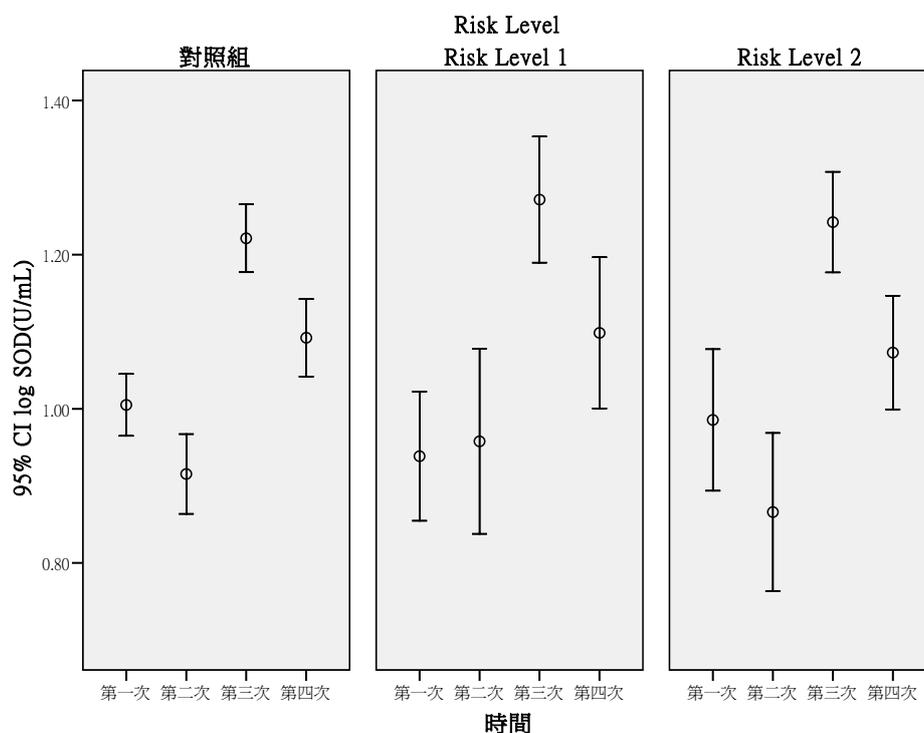


圖 97 奈米級二氧化矽處置者之 SOD(U/ml)重覆測量分布情形

表 204 SOD(U/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.06	0.03	0.03
性別(男 vs 女)	0.02	0.03	0.43
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.05	0.84
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.07	0.05	0.16
研究所以上 vs 高中職以下	0.04	0.03	0.18
大專/大學 vs 高中職以下	-0.03	0.03	0.36
RL2vs 對照組	-0.09	0.06	0.18
RL1vs 對照組	-0.10	0.06	0.08
Time	0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	0.02	0.02	0.34
RL1*Time	0.03	0.02	0.10

依變項: log SOD(U/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 205 SOD(U/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.06	0.03	0.03
性別(男 vs 女)	0.02	0.03	0.42
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.05	0.82
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.07	0.05	0.16
研究所以上 vs 高中職以下	0.04	0.03	0.17
大專/大學 vs 高中職以下	-0.03	0.03	0.38
Risk Level	-0.05	0.03	0.11
Time	0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.01	0.21

依變項: log SOD(U/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

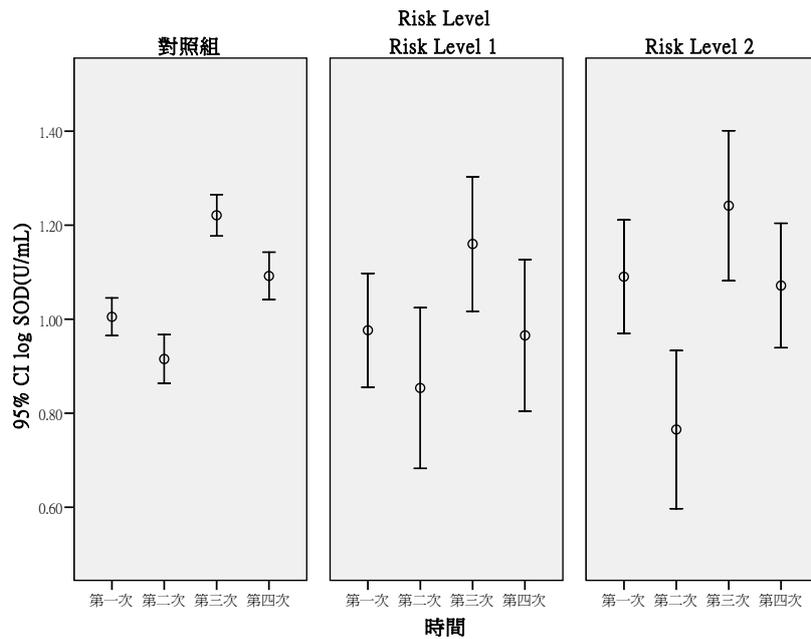


圖 98 奈米銀處置者之 SOD(U/ml)重覆測量分布情形

表 206 SOD(U/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.01	0.03	0.66
性別(男 vs 女)	-0.01	0.03	0.73
抽菸習慣(有 vs 無)	0.07	0.06	0.25
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.06	0.06	0.33
研究所以上 vs 高中職以下	0.04	0.04	0.31
大專/大學 vs 高中職以下	-0.03	0.04	0.38
RL2vs 對照組	0.02	0.10	0.81
RL1vs 對照組	-0.03	0.09	0.76
Time	0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.04	0.03	0.20
RL1*Time	-0.03	0.03	0.32

依變項: log SOD(U/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 207 SOD(U/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.01	0.03	0.66
性別(男 vs 女)	-0.01	0.03	0.78
抽菸習慣(有 vs 無)	0.06	0.06	0.32
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.05	0.06	0.38
研究所以上 vs 高中職以下	0.03	0.04	0.39
大專/大學 vs 高中職以下	-0.03	0.04	0.39
Risk Level	0.01	0.05	0.84
Time	0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.03	0.02	0.14

依變項: log SOD(U/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

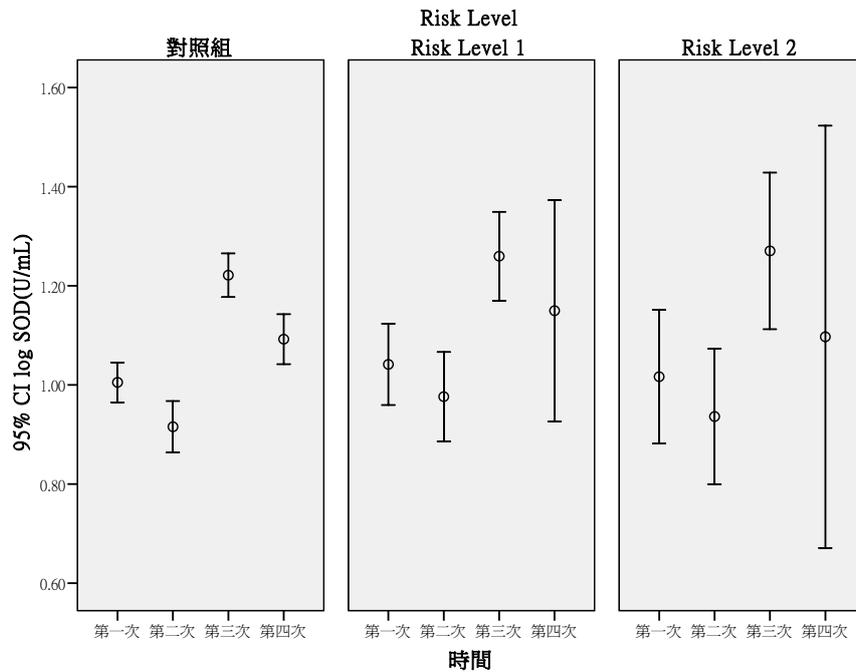


圖 99 其他奈米物質處置者之 SOD(U/ml)重覆測量分布情形

表 208 SOD(U/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.02	0.03	0.56
性別(男 vs 女)	0.02	0.03	0.48
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.06	0.43
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.12	0.07	0.11
研究所以上 vs 高中職以下	0.01	0.04	0.88
大專/大學 vs 高中職以下	-0.04	0.03	0.22
RL2vs 對照組	-0.02	0.09	0.81
RL1vs 對照組	0.01	0.06	0.86
Time	0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	0.01	0.04	0.75
RL1*Time	0.01	0.02	0.76

校正變項: log SOD(U/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 209 SOD(U/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.02	0.03	0.56
性別(男 vs 女)	0.02	0.03	0.47
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.06	0.44
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.12	0.08	0.11
研究所以上 vs 高中職以下	0.01	0.04	0.79
大專/大學 vs 高中職以下	-0.04	0.03	0.24
Risk Level	-0.01	0.04	0.83
Time	0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.02	0.66

校正變項: log SOD(U/mL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

### (3) GPx

GPx 活性測定結果統計分析資料則顯示，男性之 GPx 活性顯著高於女性(表 210、212、213、216、217、218、219)。不同生活習慣(表 210)中有喝酒習慣者的 GPx 活性顯著高於無喝酒習慣者( $p < 0.01$ )。RL1 vs 對照組在表 212 (RL1、RL2 與對照組之差異)及表 218(在奈米級二氧化矽處置者重複測量 GEE 分析)中(校正性別、抽菸習慣、喝酒習慣、高血壓、異位性皮膚炎、Risk Level、Time、Risk Level\*Time 後)都看到歸類在 RL1 之受試者的 GPx 活性顯著低於對照組之受試者。以上三個結果與 99 年度的結果相同。另外在不同疾病狀況下之分布情形則是高血壓患者之 GPx 活性顯著低於無高血壓者( $p = 0.04$ )。其餘項目則沒有顯著差異。

表 210 GPx 活性(nmol/min/ml)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	122.21	±	35.01	0.17
	>40, 40 歲以上	95	115.66	±	28.58	
性別	女	87	107.79	±	27.64	<0.01
	男	198	125.40	±	33.92	
抽菸習慣	無	254	118.93	±	32.93	0.11
	有	30	130.61	±	32.95	
喝酒習慣	無	259	117.96	±	32.26	<0.01
	有	26	140.60	±	34.91	
嚼檳榔習慣	無	277	119.55	±	32.98	0.19
	有	8	136.41	±	35.49	
籍貫	台閩	220	119.16	±	32.18	0.52
	客家	40	125.35	±	38.28	
	其它(原住民與外省籍)	24	118.57	±	33.40	
教育程度	高中職以下	47	117.62	±	35.29	0.34
	大專/大學	126	117.73	±	28.64	
	研究所以上	111	124.00	±	36.57	

*p* 值使用無母數分析

表 211 GPx 活性(nmol/min/ml)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	119.99	±	32.59	0.82
	有	17	120.78	±	42.31	
氣喘	無	275	119.46	±	32.68	0.24
	有	8	130.08	±	41.17	
鼻炎	無	234	119.82	±	33.12	0.85
	有	51	120.95	±	33.29	
心律不整	無	274	120.25	±	33.15	0.69
	有	11	114.33	±	32.90	
心絞痛	無	282	119.84	±	32.47	0.63
	有	3	137.74	±	83.61	
心臟瓣膜疾病	無	280	120.24	±	32.81	0.34
	有	5	107.93	±	50.16	
高血脂	無	263	120.35	±	33.49	0.51
	有	22	116.16	±	28.45	
高血壓	無	261	121.08	±	33.58	0.04
	有	24	108.54	±	25.03	
異位性皮膚炎	無	262	121.11	±	33.53	0.049
	有	23	107.71	±	25.14	
過敏性皮膚炎	無	250	119.24	±	30.46	0.84
	有	35	125.62	±	48.16	
色素沉澱	無	277	119.82	±	33.40	0.29
	有	8	127.04	±	20.14	
毛囊炎	無	273	120.24	±	33.34	0.91
	有	12	115.22	±	27.81	

*p* 值使用無母數分析

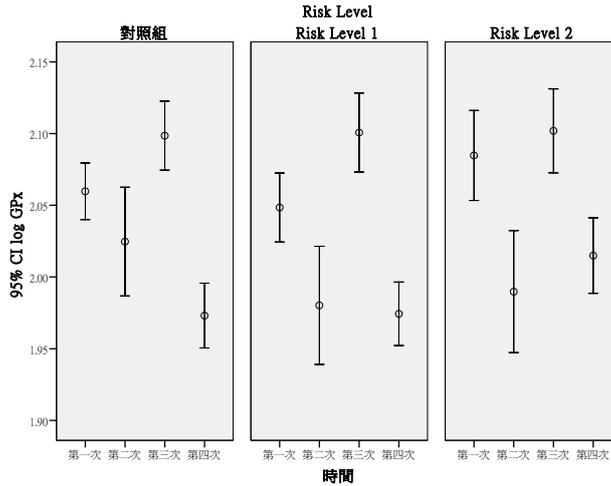


圖 100 GPx (nmol/min/ml)之重覆測量分布情形

表 212 GPx 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.03	0.01	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.02	0.69
喝酒習慣(有 vs 無)	0.03	0.02	0.15
高血壓(有 vs 無)	0.02	0.02	0.21
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.00	0.02	0.99
RL2vs 對照組	-0.01	0.02	0.53
RL1vs 對照組	-0.04	0.02	0.05
Time	0.00	0.00	0.51
RL2*Time	0.00	0.01	0.95
RL1*Time	0.00	0.01	0.50

依變項: log GPx

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血壓, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 213 GPx 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.02	0.01	0.02
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.02	0.71
喝酒習慣(有 vs 無)	0.03	0.02	0.09
高血壓(有 vs 無)	0.02	0.02	0.19
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.00	0.02	0.93
Risk Level	-0.01	0.01	0.46
Time	0.00	0.00	0.68
Risk Level* Time	0.00	0.00	0.90

依變項: log GPx

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血壓, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

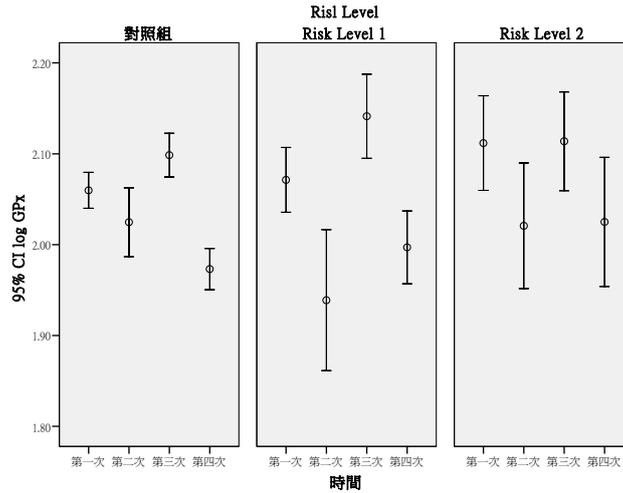


圖 101 奈米碳管處置者之 GPx (nmol/min/ml)重覆測量分布情形

表 214 GPx 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.02	0.01	0.15
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.03	1.00
喝酒習慣(有 vs 無)	0.03	0.03	0.25
高血壓(有 vs 無)	0.01	0.03	0.80
異位性皮膚炎(有 vs 無)	-0.02	0.02	0.32
RL2vs 對照組	0.02	0.03	0.40
RL1vs 對照組	-0.05	0.03	0.08
Time	0.00	0.00	0.44
RL2*Time	0.00	0.01	0.85
RL1*Time	0.01	0.01	0.23

依變項: log GPx

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血壓, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 215 GPx 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.02	0.01	0.21
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.03	0.90
喝酒習慣(有 vs 無)	0.03	0.03	0.21
高血壓(有 vs 無)	0.01	0.03	0.74
異位性皮膚炎(有 vs 無)	-0.03	0.02	0.16
Risk Level	0.00	0.01	0.71
Time	0.00	0.00	0.59
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.91

依變項: log GPx

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血壓, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

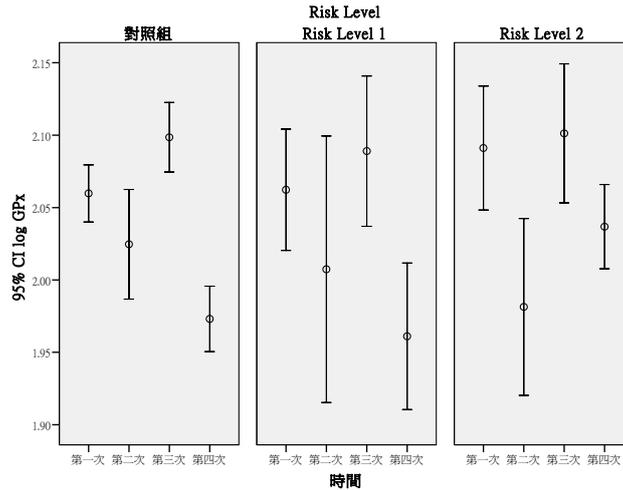


圖 102 奈米級二氧化鈦處置者之 GPx (nmol/min/ml)重覆測量分布情形

表 216 GPx 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.03	0.01	0.03
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.02	0.27
喝酒習慣(有 vs 無)	0.02	0.02	0.34
高血壓(有 vs 無)	0.01	0.03	0.66
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.01	0.02	0.61
RL2vs 對照組	-0.02	0.03	0.43
RL1vs 對照組	-0.01	0.03	0.79
Time	0.00	0.00	0.54
RL2*Time	0.01	0.01	0.51
RL1*Time	-0.01	0.01	0.55

依變項: log GPx

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血壓, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 217 GPx 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.03	0.01	0.03
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.02	0.30
喝酒習慣(有 vs 無)	0.02	0.02	0.27
高血壓(有 vs 無)	0.01	0.03	0.68
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.01	0.02	0.59
Risk Level	-0.01	0.01	0.43
Time	0.00	0.00	0.40
Risk Level* Time	0.002	0.004	0.62

依變項: log GPx

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血壓, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

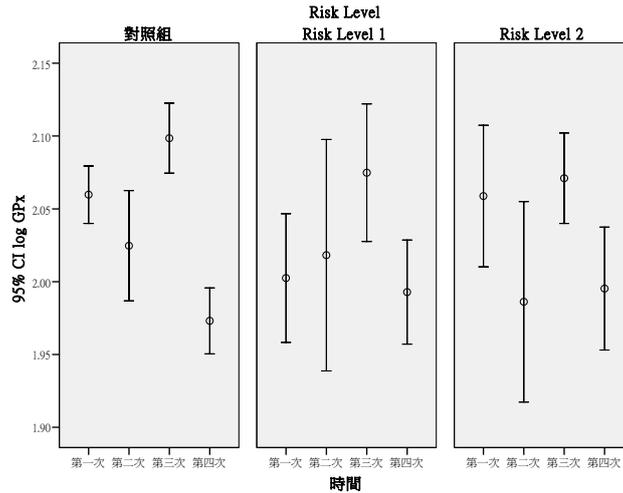


圖 103 奈米級二氧化矽處置者之 GPx (nmol/min/ml)重覆測量分布情形

表 218 GPx 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.03	0.01	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.02	0.14
喝酒習慣(有 vs 無)	0.03	0.02	0.24
高血壓(有 vs 無)	0.02	0.02	0.32
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.00	0.02	0.84
RL2vs 對照組	-0.03	0.03	0.28
RL1vs 對照組	-0.07	0.03	0.02
Time	0.00	0.00	0.52
RL2*Time	0.00	0.01	0.82
RL1*Time	0.01	0.01	0.11

依變項: log GPx

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血壓, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 219 GPx 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.03	0.01	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.02	0.20
喝酒習慣(有 vs 無)	0.03	0.02	0.17
高血壓(有 vs 無)	0.02	0.02	0.32
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.01	0.02	0.69
Risk Level	-0.02	0.01	0.13
Time	0.00	0.00	0.76
Risk Level* Time	0.00	0.00	0.59

依變項: log GPx

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血壓, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

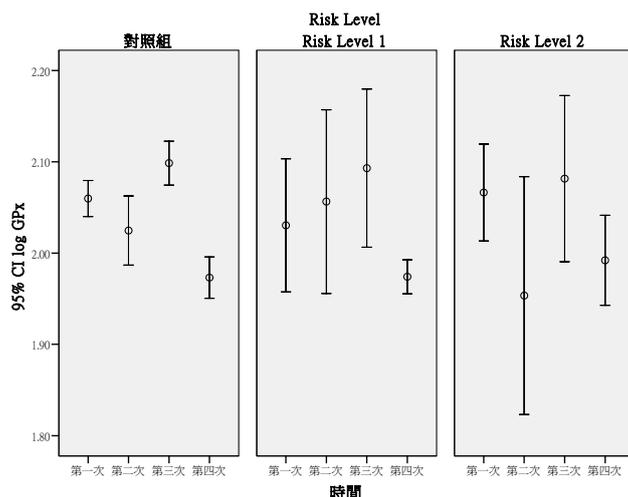


圖 104 奈米銀處置者之 GPx (nmol/min/ml)重覆測量分布情形

表 220 GPx 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.02	0.22
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.03	0.75
喝酒習慣(有 vs 無)	0.03	0.03	0.34
高血壓(有 vs 無)	0.01	0.04	0.89
異位性皮膚炎(有 vs 無)	-0.02	0.02	0.15
RL2vs 對照組	-0.03	0.04	0.54
RL1vs 對照組	0.00	0.04	0.99
Time	0.00	0.00	0.34
RL2*Time	0.00	0.01	0.81
RL1*Time	0.00	0.01	0.99

依變項: log GPx

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血壓, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 221 GPx 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.02	0.23
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.03	0.80
喝酒習慣(有 vs 無)	0.02	0.03	0.37
高血壓(有 vs 無)	0.01	0.04	0.86
異位性皮膚炎(有 vs 無)	-0.02	0.02	0.19
Risk Level	-0.01	0.02	0.55
Time	0.00	0.00	0.34
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.85

依變項: log GPx

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血壓, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

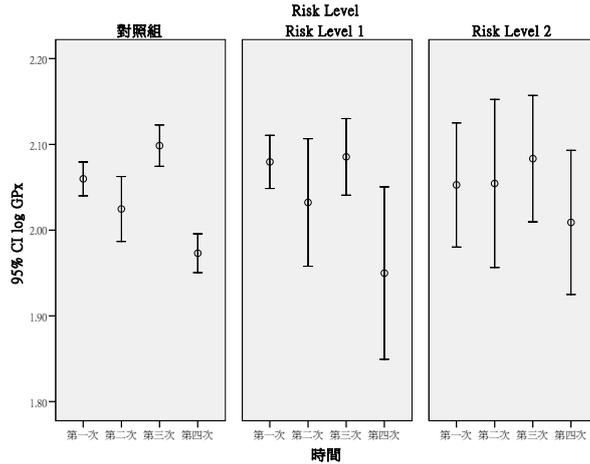


圖 105 其他奈米物質處置者之 GPx (nmol/min/ml)重覆測量分布情形

表 222 GPx 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.02	0.01	0.11
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.03	0.67
喝酒習慣(有 vs 無)	0.02	0.02	0.46
高血壓(有 vs 無)	0.00	0.03	0.86
異位性皮膚炎(有 vs 無)	-0.01	0.02	0.50
RL2vs 對照組	0.00	0.04	0.98
RL1vs 對照組	0.03	0.03	0.33
Time	0.00	0.00	0.37
RL2*Time	0.00	0.02	0.99
RL1*Time	-0.01	0.01	0.14

校正變項: log GPx

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血壓, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 223 GPx 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.02	0.01	0.11
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.03	0.73
喝酒習慣(有 vs 無)	0.02	0.02	0.46
高血壓(有 vs 無)	0.01	0.03	0.85
異位性皮膚炎(有 vs 無)	-0.01	0.02	0.51
Risk Level	0.01	0.02	0.76
Time	-0.01	0.00	0.26
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.64

校正變項: log GPx

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血壓, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

在過去文獻中發現，奈米微粒暴露可能會引起氧化壓力，例如：反應性氧化物種（reactive oxygen species）的產生、GSSG/GSH 的比例改變以及脂質過氧化的情形發生[138]。也有研究顯示奈米微粒進入到肝臟後，會造成局部性地氧化壓力，不但肝臟中的GSH 和GSSG 會被消耗盡，且SOD 的活性會被抑制[177]。但Kim 等人卻發現奈米銀可提高細胞內GPX-1 和SOD-1 的基因表現量[178]。Yang 則用四種不同的傳統奈米物質以五種劑量進行處理，發現細胞中SOD 活性皆顯著低於未經處理之細胞。大鼠在暴露二氧化鈦7天之後，血液中的SOD 活性和腎臟中的GPx活性顯著降低[35]。本研究中有看到暴露危險性較高者SOD 活性則較低，或許可以認為是奈米暴露所引起的，而GPx 只有在RL1組有顯著低於對照組，而RL2 則也低於對照組雖未達統計上顯著，但仍傾向認為奈米暴露也可能造成GPX 活性下降。

### 3. 心血管早期反應指標

#### (1) Paraoxonase

PON1 活性最常以 Arylesterase 與 Paraoxonase 之活性做表示，研究中分析受試者的生活習慣與 PON1 活性之關係，本次呈現以 Paraoxonase 活性做代表。表 224 顯示 Paraoxonase 之活性在年齡、性別、抽菸習慣、喝酒習慣、嚼檳榔習慣、籍貫和教育程度之分布情形皆無統計上顯著差異。

表 225 中說明 Paraoxonase 之活性在各種疾病(慢性支氣管炎、氣喘、鼻炎、心律不整、心絞痛、心臟瓣膜疾病、高血脂、高血壓、異位性皮膚炎、過敏性皮膚炎、色素沉澱及毛囊炎)中之分布情形皆無統計上顯著差異。

本研究自 98-100 年總共追蹤了四次，使用 General Estimating Equation 去作統計分析，以整體來看，控制了可能的干擾因子(性別、抽菸習慣等)，Risk Level 2 者其 Paraoxonase 活性顯著高於對照組( $p=0.01$ )，Risk Level 1 則無統計上顯著意義。另外 Paraoxonase 活性隨著時間呈現顯著下降之情形 ( $p<0.01$ )(表 226)。Risk Level 與時間交互作用項對 Paraoxonase 活性之影響沒有統計上顯著意義。

表 227 中則顯示控制了性別、抽菸習慣等可能之干擾因子，隨 Risk Level 升高其 Paraoxonase 活性呈上升之情形，有達統計上顯著( $p=0.01$ )，另

外 Paraoxonase 活性隨著時間呈現顯著下降之情形( $p < 0.01$ )。

表 224 paraoxonase (unit/ml)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	186	1084.47	±	394.83	0.37
	>40, 40 歲以上	94	1047.02	±	423.38	
性別	女	86	1055.94	±	380.37	0.56
	男	194	1078.98	±	415.18	
抽菸習慣	無	250	1084.50	±	409.32	0.23
	有	29	983.63	±	341.51	
喝酒習慣	無	255	1072.42	±	404.83	0.88
	有	25	1066.59	±	406.68	
嚼檳榔習慣	無	272	1073.34	±	404.12	0.71
	有	8	1022.83	±	434.45	
籍貫	台閩	217	1060.73	±	391.43	0.62
	客家	38	1130.90	±	480.98	
	其它(原住民與外省籍)	24	1092.68	±	399.66	
教育程度	高中職以下	47	1067.72	±	416.80	0.50
	大專/大學	124	1048.19	±	399.61	
	研究所以上	108	1106.41	±	403.46	

*p* 值使用無母數分析

表 225 paraoxonase(unit/ml)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	263	1076.02	±	409.27	0.89
	有	16	1033.27	±	313.00	
氣喘	無	270	1075.45	±	402.61	0.95
	有	8	1024.55	±	499.34	
鼻炎	無	230	1073.38	±	403.79	0.44
	有	50	1065.08	±	410.51	
心律不整	無	269	1068.42	±	405.09	0.44
	有	11	1156.96	±	392.12	
心絞痛	無	277	1070.40	±	404.60	0.60
	有	3	1210.88	±	423.30	
心臟瓣膜疾病	無	275	1075.12	±	404.26	0.38
	有	5	894.84	±	405.87	
高血脂	無	259	1076.03	±	406.67	0.49
	有	21	1020.94	±	378.86	
高血壓	無	257	1075.79	±	406.36	0.63
	有	23	1028.44	±	385.99	
異位性皮膚炎	無	258	1070.67	±	403.23	0.94
	有	22	1086.36	±	425.75	
過敏性皮膚炎	無	246	1074.86	±	405.22	0.69
	有	34	1050.47	±	402.63	
色素沉澱	無	272	1074.63	±	402.09	0.59
	有	8	979.11	±	494.78	
毛囊炎	無	268	1065.94	±	405.99	0.12
	有	12	1205.09	±	352.38	

*p* 值使用無母數分析

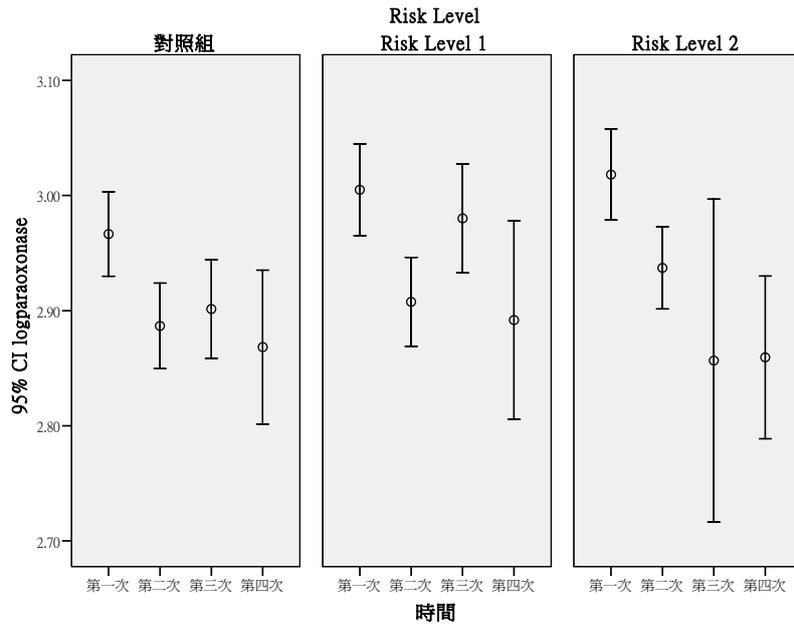


圖 106 paraoxonase(unit/ml)之重覆測量分布情形

表 226 paraoxonase 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.01	0.02	0.63
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.04	0.18
RL2vs 對照組	0.09	0.03	0.01
RL1vs 對照組	0.04	0.03	0.16
Time	-0.04	0.00	<0.01
RL2*Time	-0.03	0.02	0.15
RL1*Time	0.00	0.01	0.92

依變項: log paraoxonase

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 227 paraoxonase 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.01	0.02	0.72
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.04	0.16
Risk Level	0.04	0.02	0.01
Time	-0.03	0.00	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.15

依變項: log paraoxonase

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

研究對象中暴露奈米物質者總共分成五類，奈米碳管、奈米級二氧化鈦、奈米級二氧化矽、奈米銀與其他物質(奈米黏土、奈米金...等)，以下本研究也分成六類暴露狀況去進行分析探討各物質暴露情形對 Paraoxonase 活性之影響。

表 228 中以奈米碳管處置者來說，控制其他變項後，有抽菸者比沒有抽菸者的 Paraoxonase 活性低，有達統計上顯著( $p=0.01$ )，而隨時間變化其 Paraoxonase 活性隨之降低( $p<0.01$ )。而 Risk Level2 與 Risk Level1 之 Paraoxonase 活性隨時間變化，其下降的程度顯著高於對照組( $B=-0.02$ ,  $p=0.04$ ;  $B=-0.02$ ,  $p=0.08$ )。而 Risk Level 情形增加，隨時間變化之 Paraoxonase 活性下降情形越明顯( $B=-0.01$ ,  $p<0.01$ )(表 229)。

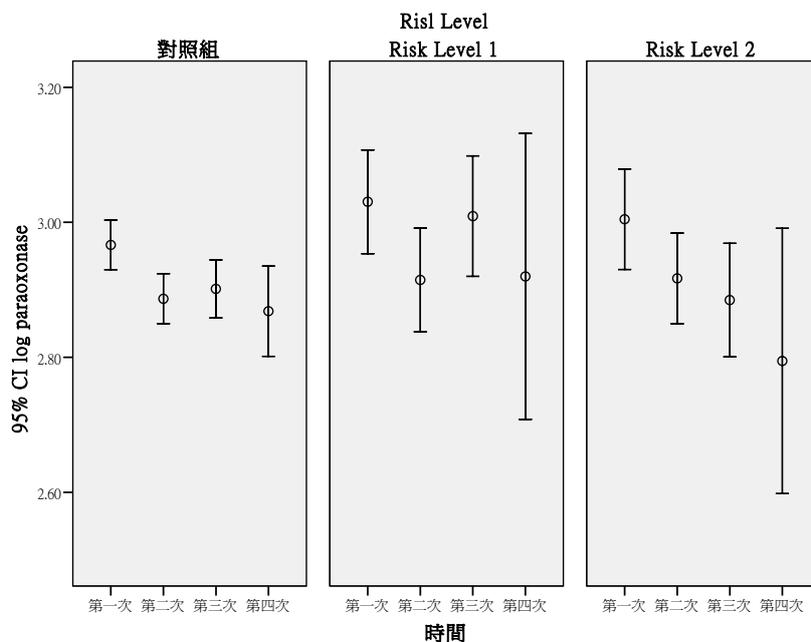


圖 107 奈米碳管處置者之 paraoxonase(unit/ml)重覆測量分布情形

表 228 paraoxonase 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.03	0.03	0.39
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.16	0.06	0.01
RL2vs 對照組	0.05	0.05	0.30
RL1vs 對照組	0.07	0.04	0.10
Time	-0.04	0.00	<0.01
RL2*Time	-0.02	0.01	0.04
RL1*Time	-0.02	0.01	0.08

依變項: log paraoxonase

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 229 paraoxonase 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.03	0.03	0.33
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.16	0.06	0.01
Risk Level	0.03	0.02	0.18
Time	-0.04	0.00	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.00	0.01

依變項: log paraoxonase

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

而以奈米級二氧化鈦處置者去進行分析探討的話，表 230 發現控制其他可能之干擾因子 Risk Level2 之 Paraoxonase 活性高於對照組( $p=0.02$ )，而隨時間之變化 Paraoxonase 活性則呈現下降之趨勢( $p<0.01$ )。在 Risk Level 進行趨勢分析下結果，顯示隨 Risk Level 程度增加 Paraoxonase 活性則顯著上升( $p=0.02$ )(表 231)。

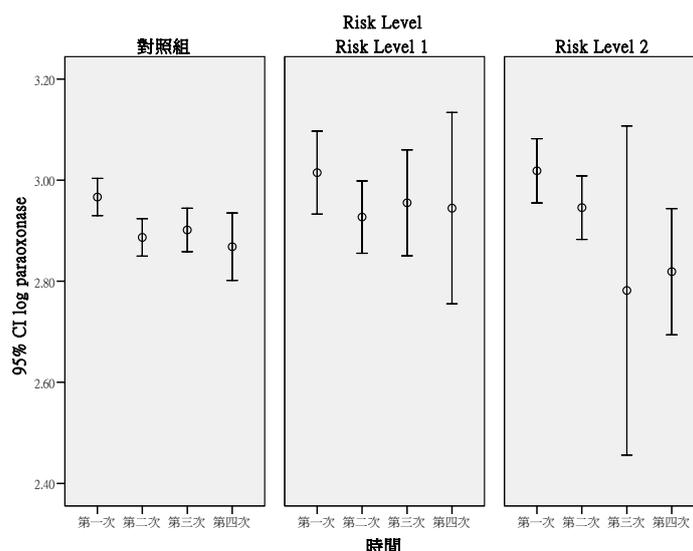


圖 108 奈米級二氧化鈦處置者之 paraoxonase(unit/ml)重覆測量分布情形

表 230 paraoxonase 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.02	0.03	0.60
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.06	0.44
RL2vs 對照組	0.12	0.05	0.02
RL1vs 對照組	0.04	0.04	0.40
Time	-0.04	0.00	<0.01
RL2*Time	-0.05	0.04	0.17
RL1*Time	0.01	0.01	0.29

依變項: logparaoxonase

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 231 paraoxonase 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.01	0.03	0.70
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.06	0.38
Risk Level	0.06	0.02	0.02
Time	-0.03	0.00	<0.01
Risk Level* Time	-0.02	0.02	0.19

依變項: logparaoxonase

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

在奈米級二氧化矽處置者之情形，Risk Level2 者其 Paraoxonase 活性比對照組高( $p=0.04$ )，而隨時間變化 Paraoxonase 活性隨之下降( $p<0.01$ )(表

232), 另外以 Risk Level 趨勢去分析發現 Risk 程度增加 Paraoxonase 活性隨之增加( $p=0.05$ )(表 233)。

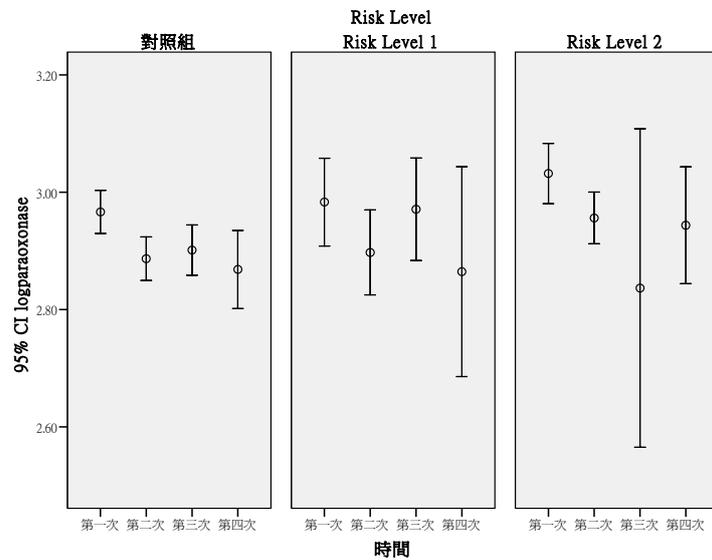


圖 109 奈米級二氧化矽處置者之 paraoxonase(unit/ml)重覆測量分布情形

表 232 paraoxonase 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.03	0.98
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.06	0.61
RL2vs 對照組	0.10	0.05	0.04
RL1vs 對照組	0.01	0.04	0.72
Time	-0.04	0.00	<0.01
RL2*Time	-0.03	0.04	0.38
RL1*Time	0.01	0.01	0.31

依變項: logparaoxonase

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 233 paraoxonase 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.03	0.94
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.06	0.57
Risk Level	0.05	0.02	0.05
Time	-0.03	0.00	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.02	0.41

依變項: logparaoxonase

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

若以奈米銀處置者來說，Risk Level2、Risk Level1 及對照組，其 Paraoxonase 活性並無統計上顯著差異，在時間變化下則 Paraoxonase 活性隨之下降，有達統計上顯著意義( $p<0.01$ )(表 234)。而在 Risk Level 趨勢分析上則無統計上顯著意義，所以以奈米銀暴露者來說 Risk Level 增加沒有影響到 Paraoxonase 活性(表 235)。

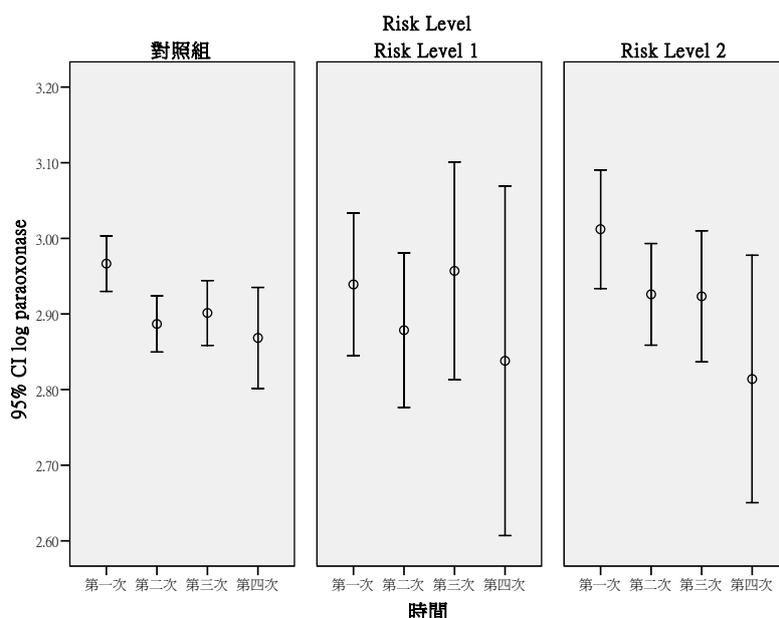


圖 110 奈米銀處置者之 paraoxonase(unit/ml)重覆測量分布情形

表 234 paraoxonase 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.01	0.03	0.74
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.07	0.67
RL2vs 對照組	0.05	0.05	0.34
RL1vs 對照組	-0.03	0.05	0.59
Time	-0.04	0.00	<0.01
RL2*Time	0.00	0.01	0.81
RL1*Time	0.00	0.01	0.68

依變項: logparaoxonase

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 235 paraoxonase 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析  
(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.01	0.03	0.72
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.06	0.61
Risk Level	0.01	0.02	0.51
Time	-0.04	0.00	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.94

依變項: logparaoxonase

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

最後除了上述五種暴露物質之外的暴露物質則歸為其他暴露物質進行分析，Risk Level2 其 Paraoxonase 活性比對照組高( $p=0.05$ )，而隨時間之變化 Paraoxonase 活性漸減( $p<0.01$ )(表 236)。而以 Risk Level 的趨勢分析下發現，隨著 Risk Level 程度增加 Paraoxonase 活性增加( $p<0.01$ )(表 237)。

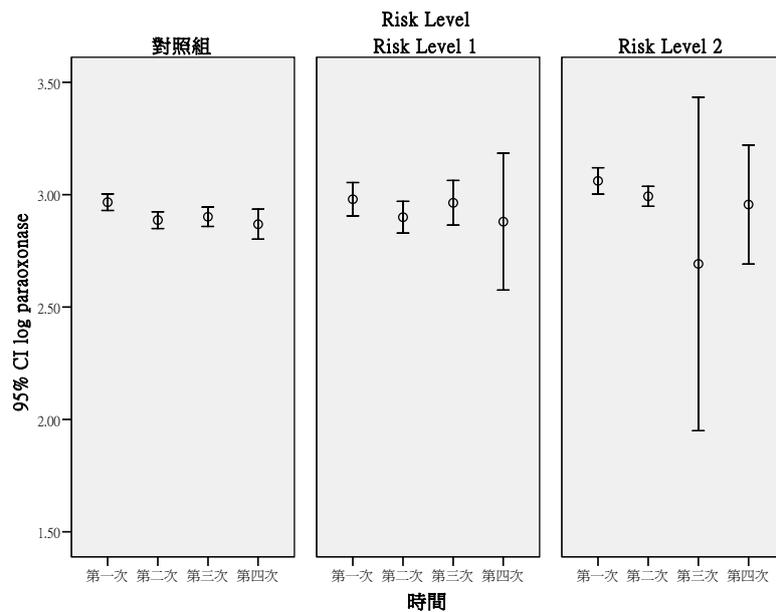


圖 111 其他奈米物質處置者之 paraoxonase(unit/ml)重覆測量分布情形

表 236 paraoxonase 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.01	0.03	0.79
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.06	0.06	0.30
RL2vs 對照組	0.18	0.09	0.05
RL1vs 對照組	0.01	0.04	0.77
Time	-0.04	0.00	<0.01
RL2*Time	-0.08	0.08	0.34
RL1*Time	0.01	0.01	0.60

校正變項: logparaoxonase

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 237 paraoxonase 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.01	0.03	0.79
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.07	0.06	0.24
Risk Level	0.08	0.04	0.05
Time	-0.03	0.00	<0.01
Risk Level* Time	-0.03	0.03	0.36

校正變項: logparaoxonase

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

研究中不將暴露物質進行分組的話發現 Risk Level2 比起對照組

Paraoxonase 活性有顯著較高，而分組後在奈米級二氧化鈦、奈米級二氧化矽以及其他暴露物質(奈米黏土、奈米金...等)也發現一樣的情形。而在奈米碳管者在 Risk Level1 與 Risk Level2 都比對照組之 Paraoxonase 活性高。奈米銀則沒有看到 Paraoxonase 活性在 Risk Level 上有差異。而將暴露物質分組或不分組皆可看到 Paraoxonase 活性隨時間變化而下降。有研究發現鉛暴露者其 Paraoxonase 活性較低[179]，但在我們研究中 Risk Level (暴露危害等級) 高者 Paraoxonase 活性則較高，可能是此資料為橫斷性，而發現在 Risk Level2 與 Risk Level1 的 Paraoxonase 活性從第一次 (Baseline) 測時就較高，而以 Risk Level 趨勢分析來看的話，發現 Risk Level 越高隨時間變化 Paraoxonase 活性下降之情形越明顯，其中以奈米碳管暴露者有達統計上顯著，動物實驗發現 PON1 活性對動脈硬化產生過程中有相當程度的保護作用，當 Paraoxonase 活性下降可能會與心血管發生危險性有關，但是目前

機制尚未清楚，在本研究中可說明 Risk Level 較高者累積暴露後，Paraoxonase 活性下降程度較明顯。

## (2) Fibrinogen

在不同生活習慣下受試者血漿中 FBG 濃度的分布情形(表 238)。受試者年齡 41 歲以上者血漿中 FBG 濃度為  $273.97 \pm 52.78$  mg/dL 且高於 ( $p=0.09$ )40 歲以下者( $256.15 \pm 57.01$  mg/dL)。女性受試者血漿中 FBG 濃度亦顯著的( $p<0.01$ )高於男性受試者，值分別為  $283.88 \pm 61.61$  與  $252.52 \pm 50.89$  mg/dL。有嚼檳榔習慣者血漿中 FBG 濃度亦顯著的( $p<0.03$ )高於未嚼檳榔者，值分別為  $316.33 \pm 73.63$  與  $260.52 \pm 54.97$  mg/dL。受試者學歷方面，高中職以下血漿中 FBG 濃度顯著的高於研究所以上及大學( $p<0.01$ )。在不同疾病狀況下受試者血漿中 FBG 濃度的分布情形(表 237)。本研究中受試者血漿中 FBG 的濃度除了與罹患心臟瓣膜疾病呈顯著相關外( $p<0.03$ )，其餘與是否罹患高血脂、高血壓、中風、心律不整、缺血性心臟病及心絞痛疾病等狀況於統計上並無顯著的差異 ( $p>0.05$ ) (表 239)。

表 238 Fibrinogen(mg/dL)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	256.15	±	57.01	<0.01
	>40, 40 歲以上	95	273.97	±	52.78	
性別	女	87	283.88	±	61.61	<0.01
	男	198	252.52	±	50.89	
抽菸習慣	無	254	261.56	±	55.34	0.85
	有	30	267.94	±	63.96	
喝酒習慣	無	259	261.87	±	55.64	0.88
	有	26	264.29	±	62.35	
嚼檳榔習慣	無	277	260.52	±	54.97	0.03
	有	8	316.33	±	73.63	
籍貫	台閩	220	258.46	±	52.72	0.09
	客家	40	271.84	±	58.30	
	其它(原住民與外省籍)	24	281.73	±	76.62	
教育程度	高中職以下	47	289.57	±	62.41	<0.01
	大專/大學	126	252.38	±	49.68	
	研究所以上	111	261.83	±	57.17	

*p* 值使用無母數分析

表 239 Fibrinogen(mg/dL)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	261.42	±	56.75	0.56
	有	17	269.72	±	47.44	
氣喘	無	275	261.53	±	56.68	0.23
	有	8	279.18	±	37.83	
鼻炎	無	234	264.11	±	58.43	0.35
	有	51	252.82	±	43.65	
心律不整	無	274	261.49	±	55.78	0.41
	有	11	277.05	±	66.40	
心絞痛	無	282	261.05	±	54.46	0.10
	有	3	360.27	±	129.41	
心臟瓣膜疾病	無	280	262.88	±	56.34	0.03
	有	5	218.12	±	13.35	
高血脂	無	263	261.21	±	56.89	0.24
	有	22	272.65	±	46.55	
高血壓	無	261	259.81	±	54.31	0.11
	有	24	286.87	±	70.15	
異位性皮膚炎	無	262	263.56	±	56.83	0.13
	有	23	245.40	±	45.83	
過敏性皮膚炎	無	250	262.77	±	57.70	0.67
	有	35	257.22	±	44.09	
色素沉澱	無	277	262.69	±	56.38	0.19
	有	8	241.25	±	46.66	
毛囊炎	無	273	262.69	±	56.47	0.36
	有	12	248.44	±	49.14	

*p* 值使用無母數分析

以 GEE 檢視奈米廠、基準點及追蹤後等變項與血漿中 FBG 濃度之關係(表 240)。在控制年齡、性別等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.04, *p*=0.06)之血漿中 FBG 的濃度則高於對照組，且呈 marginal 正相關。目前的文獻亦顯示，長期暴露於戶外與戶內之空氣污染 (PM<sub>2.5</sub>µm) 達 12 週，受試者血漿中血液凝固因子 Fibrinogen 之平均濃度為 354.2±120.0 mg/dL (min-max:50-914.9 mg/dL)[164]。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.03,

$p < 0.01$ )。然而 RL=2 ( $B=-0.01, p=0.31$ )與 RL=1 ( $B=0.00, p=0.55$ )在四次測量間的時間距相較於對照組之間距則無呈現顯著的差異(表 240)。在趨勢分析模式中控制年齡、性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米物質暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 FBG 濃度與 Risk level\*Time 則無呈現顯著的相關性 ( $B=0.00, p=0.36$ ) (表 241)。

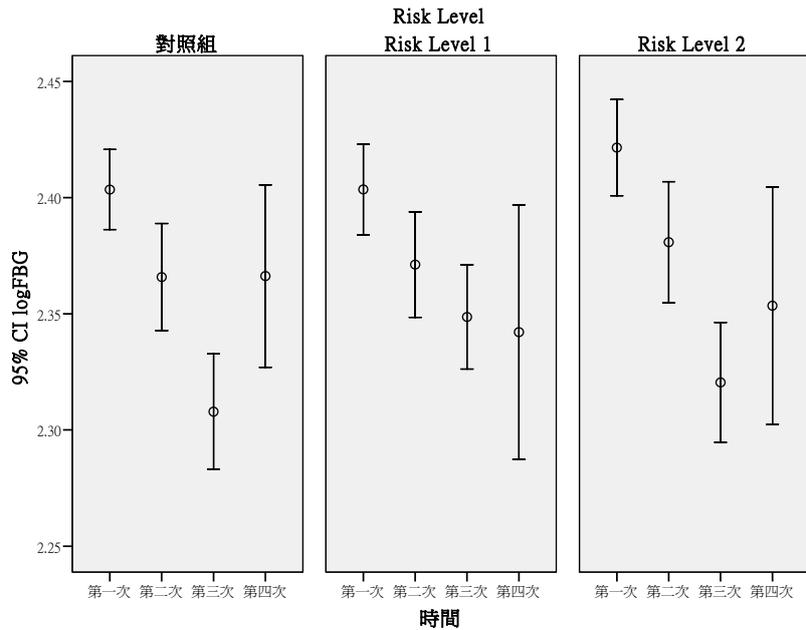


圖 112 Fibrinogen(mg/dL)之重覆測量分布情形

表 240 Fibrinogen(FBG)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.00	0.01	0.76
性別(男 vs 女)	-0.04	0.01	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.02	0.19
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.00	0.03	0.92
研究所以上 vs 高中職以下	-0.03	0.02	0.03
大專/大學 vs 高中職以下	-0.05	0.01	<0.01
RL2vs 對照組	0.04	0.02	0.06
RL1vs 對照組	0.01	0.02	0.67
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.01	0.01	0.31
RL1*Time	0.00	0.01	0.55

依變項: logFBG

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 241 Fibrinogen 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.00	0.01	0.77
性別(男 vs 女)	-0.04	0.01	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.02	0.19
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.00	0.03	1.00
研究所以上 vs 高中職以下	-0.03	0.02	0.03
大專/大學 vs 高中職以下	-0.05	0.01	<0.01
Risk Level	0.02	0.01	0.07
Time	-0.03	0.00	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.00	0.36

依變項: logFBG

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米碳管、基準點及追蹤後等變項與血漿中 FBG 濃度之關係。在控制年齡、性別等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.00,  $p=0.96$ )與 RL=1 組(B=0.03,  $p=0.21$ )之血漿中 FBG 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.03,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=0.01,  $p=0.34$  與 RL=1 (B=0.00,  $p=0.99$ )之四次測量間的時間距離相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 242)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米碳管物質暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 FBG 濃度與 Risk level\*Time 並無顯著的相關性 (B=0.00,  $p=0.42$ ) (表 243)。

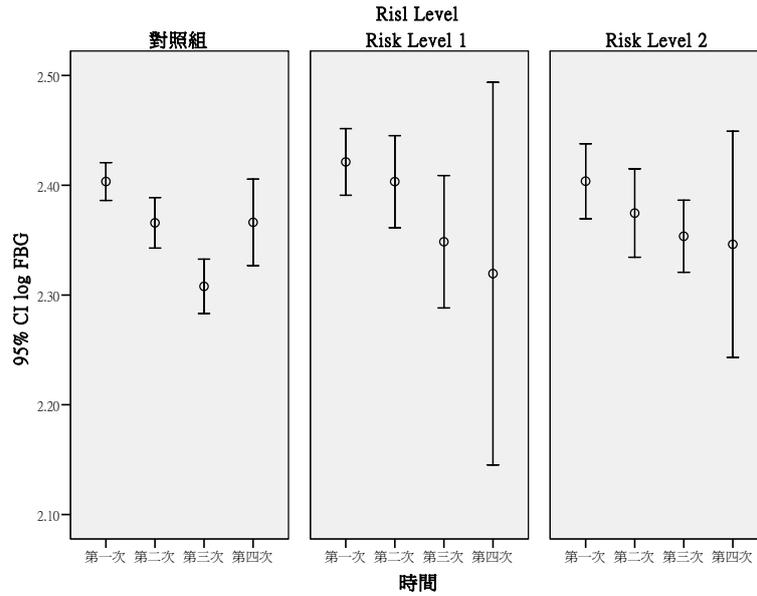


圖 113 奈米碳管處置者之 Fibrinogen(mg/dL)重覆測量分布情形

表 242 Fibrinogen 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.00	0.01	0.71
性別(男 vs 女)	-0.04	0.01	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.02	0.65
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.03	0.05	0.45
研究所以上 vs 高中職以下	0.01	0.02	0.81
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.02	0.21
RL2vs 對照組	0.00	0.03	0.96
RL1vs 對照組	0.03	0.03	0.21
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	0.01	0.01	0.34
RL1*Time	0.00	0.01	0.99

依變項: logFBG

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 243 Fibrinogen 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
(Intercept)	2.46	0.02	<0.01
≥40 歲 vs <40 歲	0.00	0.01	0.85
性別(男 vs 女)	-0.04	0.01	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.02	0.56
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.04	0.04	0.40
研究所以上 vs 高中職以下	0.01	0.02	0.73
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.02	0.25
Risk Level	0.00	0.01	0.72
Time	-0.03	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.00	0.42

依變項: logFBG

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米二氧化鈦處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 FBG 濃度之關係。在控制年齡、性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.04,  $p=0.10$ )與 RL=1 組(B=-0.01,  $p=0.84$ )之血漿中 FBG 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.03,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=-0.01,  $p=0.33$ )與 RL=1 (B=0.01,  $p=0.52$ )在四次測量間的時間距相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 244)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米二氧化鈦暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 FBG 濃度與 Risk level\*Time 並無呈現顯著的相關性 (B=-0.01,  $p=0.46$ ) (表 245)。

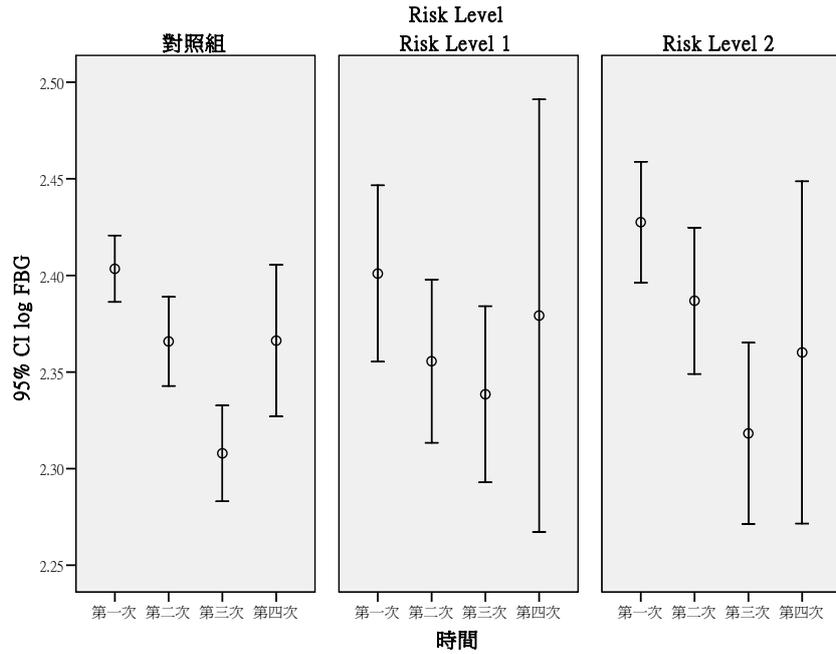


圖 114 奈米級二氧化鈦處置者之 Fibrinogen(mg/dL)重覆測量分布情形

表 244 Fibrinogen 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.01	0.01	0.61
性別(男 vs 女)	-0.03	0.02	0.04
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.02	0.37
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.06	0.05	0.28
研究所以上 vs 高中職以下	-0.03	0.02	0.24
大專/大學 vs 高中職以下	-0.05	0.02	0.01
RL2vs 對照組	0.04	0.02	0.10
RL1vs 對照組	-0.01	0.03	0.84
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.01	0.01	0.33
RL1*Time	0.01	0.011	0.52

依變項: logFBG

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 245 Fibrinogen 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.01	0.01	0.61
性別(男 vs 女)	-0.03	0.02	0.04
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.02	0.36
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.06	0.05	0.27
研究所以上 vs 高中職以下	-0.03	0.02	0.25
大專/大學 vs 高中職以下	-0.05	0.02	0.01
Risk Level	0.02	0.01	0.15
Time	-0.03	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.003	0.005	0.46

依變項: logFBG

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米二氧化矽處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 FBG 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.04,  $p=0.07$ ) 之血漿中 FBG 的濃度則高於對照組。心肌梗塞之患者暴露於空氣微粒 (PM<sub>10</sub>) 的環境下累積暴露約 5 天後，其血漿中 FBG 濃度顯明的提高 0.5% (% change of arithmetic mean) [180]。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.03,  $p=0.00$ )。然而 RL=2 (B=-0.01,  $p=0.43$ ) 與 RL=1 (B=0.00,  $p=0.76$ ) 在四次測量間的時間較於對照組之間距則無呈顯著的差異 (表 246)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米二氧化矽暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 FBG 濃度與 Risk level\*Time 則無顯著的相關性 (B=0.00,  $p=0.54$ ) (表 247)。

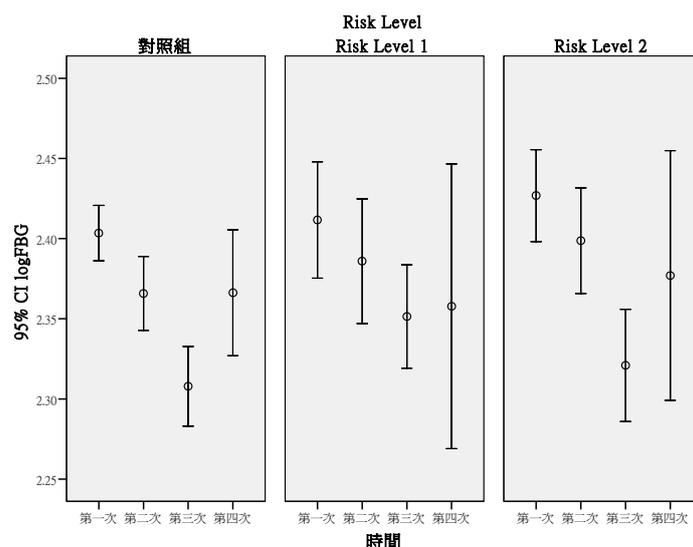


圖 115 奈米級二氧化矽處置者之 Fibrinogen(mg/dL)重覆測量分布情形

表 246 Fibrinogen 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.01	0.01	0.46
性別(男 vs 女)	-0.04	0.01	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.02	0.26
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.02	0.04	0.58
研究所以上 vs 高中職以下	-0.02	0.02	0.28
大專/大學 vs 高中職以下	-0.03	0.02	0.04
RL2vs 對照組	0.04	0.02	0.07
RL1vs 對照組	0.02	0.03	0.54
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.01	0.01	0.43
RL1*Time	0.00	0.01	0.76

依變項: logFBG

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 247 Fibrinogen 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.01	0.01	0.47
性別(男 vs 女)	-0.04	0.01	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.02	0.29
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.03	0.04	0.53
研究所以上 vs 高中職以下	-0.02	0.02	0.26
大專/大學 vs 高中職以下	-0.03	0.02	0.03
Risk Level	0.02	0.01	0.08
Time	-0.03	0.00	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.00	0.54

依變項: logFBG

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米銀處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 FBG 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.01,  $p=0.70$ )與 RL=1 組(B=0.00,  $p=0.87$ )之血漿中 FBG 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.03,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=-0.01,  $p=0.60$ )與 RL=1 (B=0.01,  $p=0.23$ )之四次測量間的時間距相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 248)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米銀暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 FBG 濃度與 Risk level\*Time 並無呈現顯著的相關性 (B=0.00,  $p=0.88$ )(表 249)。

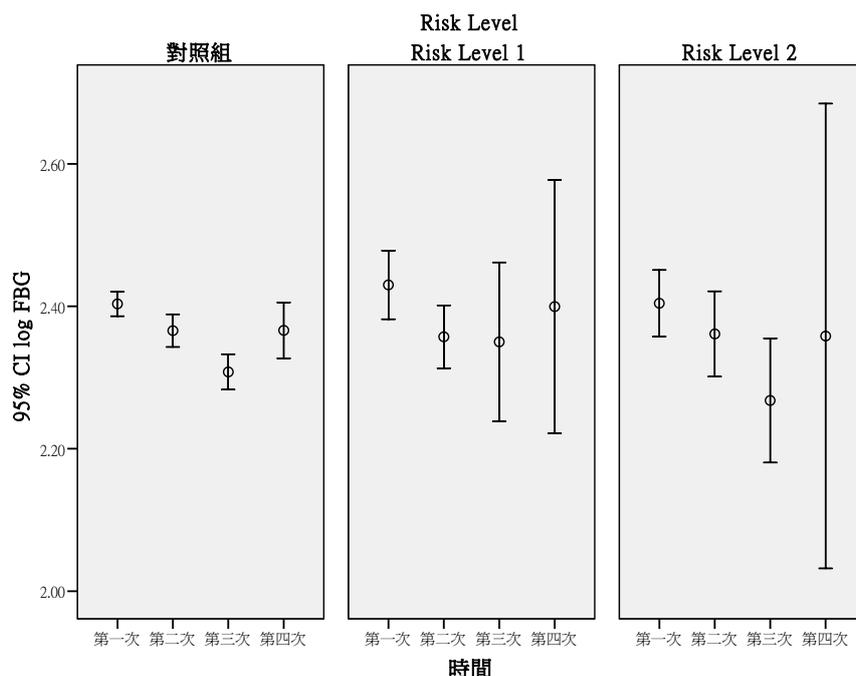


圖 116 奈米銀處置者之 Fibrinogen(mg/dL)重覆測量分布情形

表 248 Fibrinogen 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.00	0.01	0.92
性別(男 vs 女)	-0.03	0.02	0.08
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.03	0.93
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.08	0.05	0.11
研究所以上 vs 高中職以下	-0.03	0.02	0.28
大專/大學 vs 高中職以下	-0.04	0.02	0.05
RL2vs 對照組	0.01	0.04	0.70
RL1vs 對照組	0.00	0.02	0.87
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.01	0.02	0.60
RL1*Time	0.01	0.01	0.23

依變項: logFBG

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 249 Fibrinogen 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.00	0.01	0.89
性別(男 vs 女)	-0.03	0.02	0.07
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.03	0.84
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.08	0.05	0.11
研究所以上 vs 高中職以下	-0.03	0.02	0.31
大專/大學 vs 高中職以下	-0.04	0.02	0.05
Risk Level	0.00	0.02	0.83
Time	-0.03	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.88

依變項: logFBG

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米其他奈米物質處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 FBG 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.07,  $p=0.10$ )與 RL=1 組(B=-0.03,  $p=0.36$ )之血漿中 FBG 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.03,  $p<0.01$ )。然而 RL=1 (B=0.02,  $p=0.04$ )在四次測量間的時間距相較於對照組之間距則呈顯著的差異 (表 250)。目前的文獻亦顯示，長期暴露於戶外與戶內之空氣污染 (PM<sub>2.5</sub>)達 12 週，受試者血漿中血液凝固因子 Fibrinogen 之平均濃度為 354.2±120.0 mg/dL (min-max:50-914.9 mg/dL) [164]。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著其他奈米物質暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 FBG 濃度與 Risk level\*Time 並無呈現顯著的相關性 (B=-0.01,  $p=0.38$ ) (表 251)。

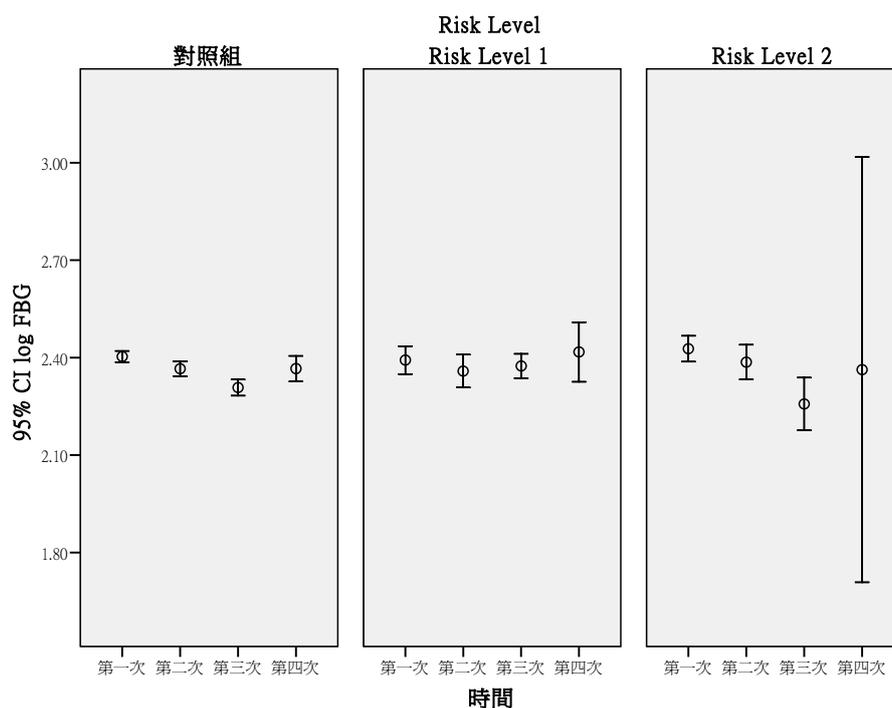


圖 117 其他奈米物質處置者之 Fibrinogen(mg/dL)重覆測量分布情形

表 250 Fibrinogen 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.01	0.01	0.65
性別(男 vs 女)	-0.04	0.01	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.04	0.60
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.03	0.06	0.57
研究所以上 vs 高中職以下	-0.01	0.02	0.59
大專/大學 vs 高中職以下	-0.03	0.02	0.14
RL2vs 對照組	0.07	0.04	0.10
RL1vs 對照組	-0.03	0.03	0.36
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.03	0.02	0.17
RL1*Time	0.02	0.01	0.04

校正變項: logFBG

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 251 Fibrinogen 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.01	0.01	0.65
性別(男 vs 女)	-0.04	0.01	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.03	0.68
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.03	0.05	0.53
研究所以上 vs 高中職以下	-0.01	0.02	0.61
大專/大學 vs 高中職以下	-0.03	0.02	0.15
Risk Level	0.02	0.02	0.24
Time	-0.03	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.38

校正變項: logFBG

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

### (3) VCAM

在不同生活習慣下受試者血漿中 sVCAM 濃度的分布情形(表 252)。

男性受試者血漿中 sVCAM 濃度顯著的( $p < 0.01$ )高於女性受試者, 值分別為  $530.80 \pm 211.57$  與  $470.77 \pm 152.16$  ng/mL。受試者長期暴露於戶外與戶內之空氣污染 ( $PM \leq 2.5 \mu m$ ) 達 12 週, 其血漿中的發炎反應物質 sVCAM 之平均濃度為  $787 \pm 252$  ng/mL (min-max: 203-1639 ng/mL) [164]。在不同疾病狀況下受試者血漿中 sVCAM 濃度的分布情形(表 253)。罹患鼻炎之受試者血漿中 sVCAM 濃度高於無罹患者, 值分別為  $556.89 \pm 212.12$  與  $502.80 \pm 192.73$  ng/mL, 且於統計上具有 marginal 的差異( $p = 0.07$ )。然而本研究之受試者血漿中 sVCAM 的濃度與是否罹患高血脂、高血壓、心律不整、心臟瓣膜疾病及心絞痛等心血管疾病之狀況於統計上並無顯著的差異 ( $p > 0.05$ ) (表 253)。

表 252 VCAM (ng/mL)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	518.85	±	200.78	0.67
	>40, 40 歲以上	95	499.73	±	189.75	
性別	女	87	470.77	±	152.16	0.03
	男	198	530.80	±	211.57	
抽菸習慣	無	254	512.99	±	198.42	0.92
	有	30	507.38	±	191.62	
喝酒習慣	無	259	515.24	±	197.00	0.28
	有	26	484.97	±	199.19	
嚼檳榔習慣	無	277	511.11	±	198.20	0.26
	有	8	559.87	±	153.94	
籍貫	台閩	220	514.44	±	207.19	0.91
	客家	40	507.42	±	153.18	
	其它(原住民與外省籍)	24	500.27	±	174.63	
教育程度	高中職以下	47	525.17	±	136.76	0.14
	大專/大學	126	534.80	±	227.11	
	研究所以上	111	481.57	±	179.45	

*p* 值使用無母數分析

表 253 VCAM (ng/mL)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	509.92	±	189.15	0.87
	有	17	565.41	±	297.17	
氣喘	無	275	511.54	±	197.52	0.10
	有	8	597.81	±	164.12	
鼻炎	無	234	502.80	±	192.73	0.07
	有	51	556.89	±	212.12	
心律不整	無	274	515.98	±	198.55	0.17
	有	11	425.25	±	133.39	
心絞痛	無	282	512.32	±	197.08	0.92
	有	3	526.79	±	235.96	
心臟瓣膜疾病	無	280	513.53	±	198.10	0.61
	有	5	453.56	±	122.23	
高血脂	無	263	514.65	±	195.82	0.27
	有	22	486.54	±	214.28	
高血壓	無	261	515.28	±	197.49	0.37
	有	24	481.94	±	193.54	
異位性皮膚炎	無	262	512.70	±	200.66	0.63
	有	23	509.88	±	153.43	
過敏性皮膚炎	無	250	511.92	±	195.37	0.92
	有	35	516.44	±	211.55	
色素沉澱	無	277	512.99	±	195.11	0.38
	有	8	494.62	±	271.98	
毛囊炎	無	273	514.84	±	199.50	0.51
	有	12	458.76	±	122.30	

*p* 值使用無母數分析

以 GEE 檢視奈米廠、基準點及追蹤後等變項與血漿中 sVCAM 濃度之關係(表 254)。在控制年齡、性別等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.04, *p*=0.17)與 RL=1 組(B=0.03, *p*=0.35)之血漿中 sVCAM 的濃度並無顯著高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.04, *p*<0.01)。然而 RL=2 (B=-0.01, *p*=0.29)與 RL=1 (B=0.00, *p*=0.66)在四次測量間的時間距相較於對照組之間距則無呈現顯著的差異 (表 254)。在趨勢分析模式中控制年齡、性

別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米物質暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 sVCAM 濃度與 Risk level\*Time 則無呈現顯著的相關性 ( $B=-0.01, p=0.30$ ) (表 255)。

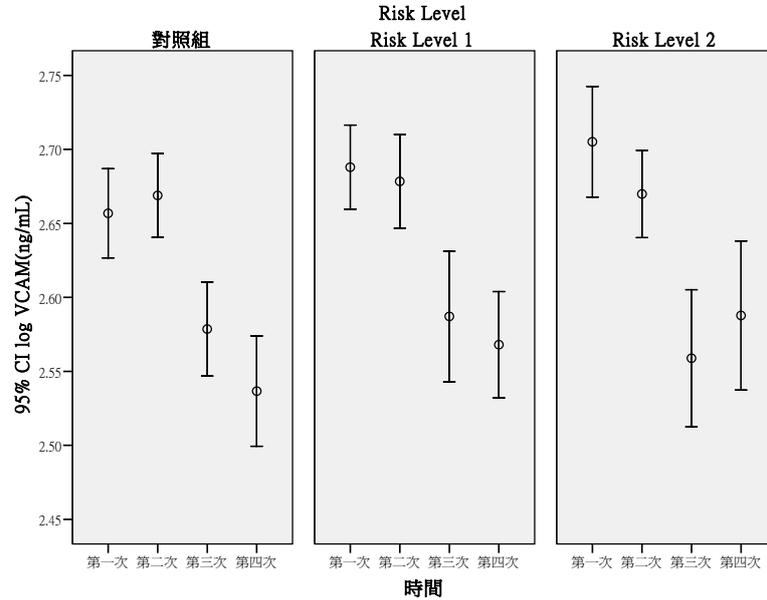


圖 118 VCAM (ng/mL)之重覆測量分布情形

表 254 VCAM(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.01	0.13
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.02	0.63
RL2vs 對照組	0.04	0.03	0.17
RL1vs 對照組	0.03	0.03	0.35
Time	-0.04	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.01	0.01	0.29
RL1*Time	0.00	0.01	0.66

依變項: log VCAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 255 VCAM(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.01	0.11
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.02	0.60
Risk Level	0.02	0.02	0.16
Time	-0.04	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.30

依變項: log VCAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米碳管、基準點及追蹤後等變項與血漿中 sVCAM 濃度之關係(表 256)。在控制年齡、性別等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.10,  $p=0.03$ )與 RL=1 組(B=0.10,  $p=0.01$ )之血漿中 sVCAM 的濃度皆顯著的高於對照組。自願受試者暴露於 PM<sub>10</sub> 濃度 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  下 1 小時，其支氣管內層液體與組織中 sVCAM 的表現量明顯上升[182]。此外受試者暴露於柴油引擎微粒下 2 小時，氣喘受試者之支氣管中血管內皮組織的 sVCAM 濃度明顯的高於健康受試者約 2 倍[183]。此外，小鼠經由呼吸暴露於奈米碳管時，會產生呼吸毒性、血管內皮細胞之損傷及可引起負面之動脈硬化有關之心血管疾病[184,185]。受試者暴露於黑碳(black carbon)環境下 1-6 天，血漿中 sVCAM 濃度明顯增加，其濃度上升約 4 到 28% [186]。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.04,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=-0.01,  $p=0.66$  與 RL=1 (B=-0.02,  $p=0.10$ )之四次測量間的時間距離相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 256)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米碳管物質暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 sVCAM 濃度與 Risk level\*Time 並無顯著的相關性 (B=-0.01,  $p=0.42$ ) (表 257)。

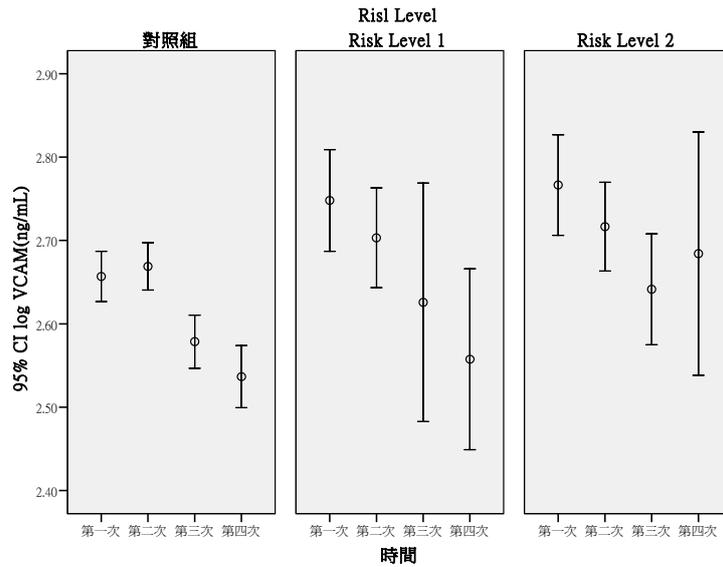


圖 119 奈米碳管處置者之 VCAM (ng/mL)重覆測量分布情形

表 256 VCAM(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.02	0.39
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.03	0.37
RL2vs 對照組	0.10	0.04	0.03
RL1vs 對照組	0.10	0.04	0.01
Time	-0.04	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.01	0.02	0.66
RL1*Time	-0.02	0.01	0.10

依變項: log VCAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 257 VCAM(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.02	0.36
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.03	0.44
Risk Level	0.06	0.02	0.01
Time	-0.04	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.42

依變項: log VCAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米二氧化鈦處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 sVCAM 濃度之關係。在控制年齡、性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組 (B=0.03,  $p=0.46$ )與 RL=1 組 (B=-0.03,  $p=0.45$ )血漿中 sVCAM 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關 (B=-0.04,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=-0.02,  $p=0.23$ )與 RL=1 (B=0.00,  $p=0.99$ )在四次測量間的時間相較於對照組之間距均無顯著的差異 (表 258)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米二氧化鈦暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 sVCAM 濃度與 Risk level\*Time 並無呈現顯著的相關性 (B=-0.01,  $p=0.26$ ) (表 259)。

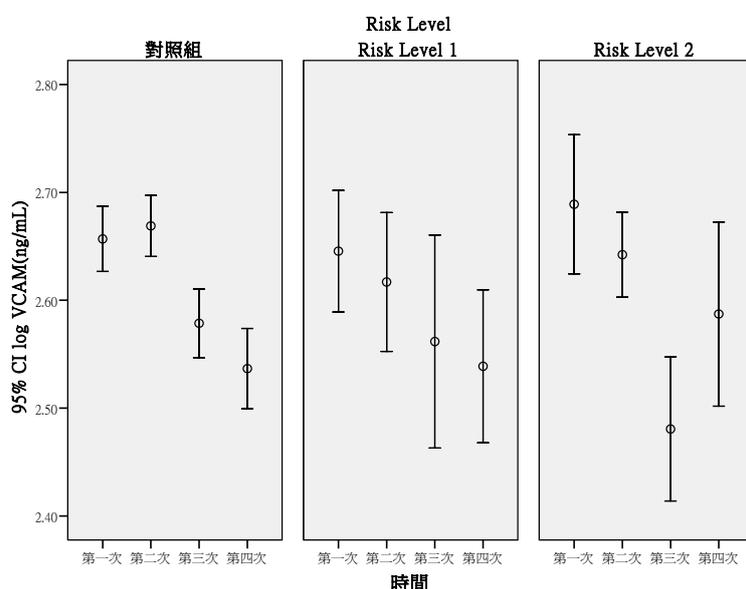


圖 120 奈米級二氧化鈦處置者之 VCAM (ng/mL)重覆測量分布情形

表 258 VCAM(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.02	0.29
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.03	0.20
RL2vs 對照組	0.03	0.04	0.46
RL1vs 對照組	-0.03	0.04	0.45
Time	-0.04	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.02	0.01	0.23
RL1*Time	0.00	0.01	0.99

依變項: log VCAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 259 VCAM(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.37
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.03	0.21
Risk Level	0.01	0.02	0.58
Time	-0.04	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.26

依變項: log VCAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米二氧化矽處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 sVCAM 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.03,  $p=0.41$ )與 RL=1 組(B=0.00,  $p=0.98$ )之血漿中 sVCAM 的濃度皆無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.04,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=-0.01,  $p=0.28$ )與 RL=1 (B=0.01,  $p=0.56$ )在四次測量間的時間相較於對照組之間距則無呈顯著的差異 (表 260)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米二氧化矽暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 sVCAM 濃度與 Risk level\*Time 則無顯著的相關性 (B=-0.01,  $p=0.39$ ) (表 261)。

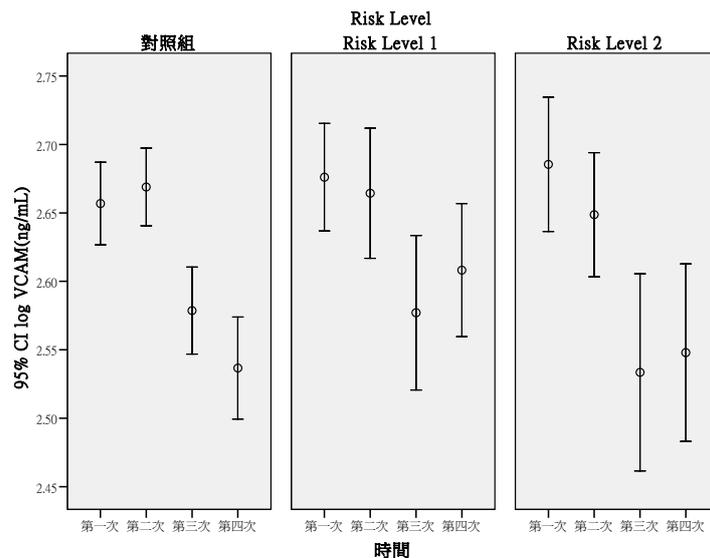


圖 121 奈米級二氧化矽處置者之 VCAM (ng/mL)重覆測量分布情形

表 260 VCAM(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.72
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.02	0.30
RL2vs 對照組	0.03	0.04	0.41
RL1vs 對照組	0.00	0.03	0.98
Time	-0.04	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.01	0.01	0.28
RL1*Time	0.01	0.01	0.56

依變項: log VCAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 261 VCAM(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.64
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.02	0.24
Risk Level	0.01	0.02	0.46
Time	-0.04	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.39

依變項: log VCAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米銀處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 sVCAM 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=-0.01,  $p=0.81$ )與 RL=1 組(B=-0.02,  $p=0.51$ )之血漿中 sVCAM 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.04,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=0.00,  $p=0.96$ )與 RL=1 (B=0.01,  $p=0.22$ )之四次測量間的時間相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 262)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米銀暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 sVCAM 濃度與 Risk level\*Time 並無呈現顯著的相關性 (B=0.00,  $p=0.72$ )(表 263)。

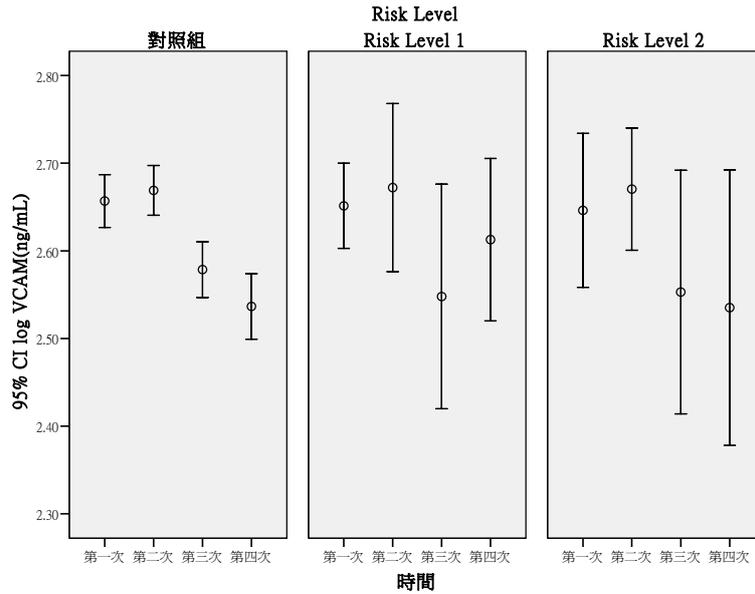


圖 122 奈米銀處置者之 VCAM (ng/mL)重覆測量分布情形

表 262 VCAM(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.02	0.22
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.03	0.65
RL2vs 對照組	-0.01	0.06	0.81
RL1vs 對照組	-0.02	0.04	0.51
Time	-0.04	0.01	<0.01
RL2*Time	0.00	0.02	0.96
RL1*Time	0.01	0.01	0.22

依變項: log VCAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 263 VCAM(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.02	0.21
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.04	0.68
Risk Level	-0.01	0.03	0.69
Time	-0.04	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.72

依變項: log VCAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米其他奈米物質處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 sVCAM 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=-0.01,  $p=0.89$ )與 RL=1 組(B=-0.04,  $p=0.31$ )之血漿中 sVCAM 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.04,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=-0.01,  $p=0.60$ )與 RL=1 (B=0.01,  $p=0.38$ )在四次測量間的時間相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 264)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著其他奈米物質暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 sVCAM 濃度與 Risk level\*Time 並無呈現顯著的相關性 (B=0.00,  $p=0.84$ ) (表 265)。

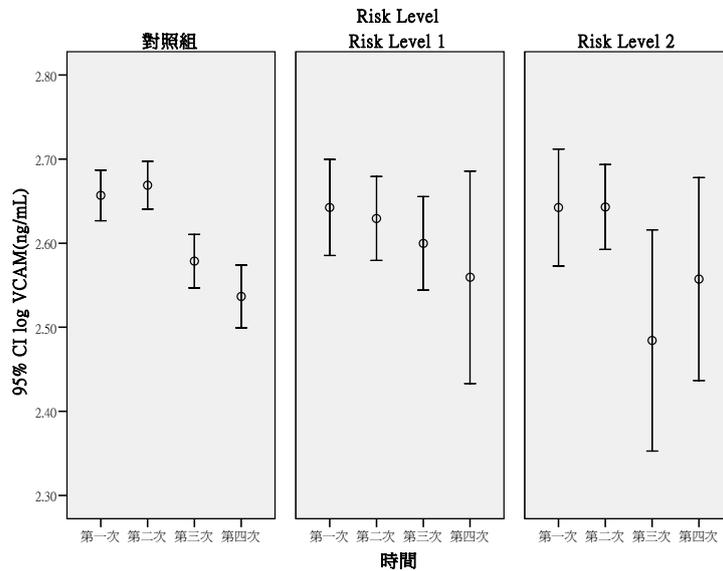


圖 123 其他奈米物質處置者之 VCAM (ng/mL)重覆測量分布情形

表 264 VCAM(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.02	0.24
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.03	0.23
RL2vs 對照組	-0.01	0.05	0.89
RL1vs 對照組	-0.04	0.04	0.31
Time	-0.04	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.01	0.02	0.60
RL1*Time	0.01	0.01	0.38

校正變項: log VCAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 265 VCAM(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.02	0.24
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.02	0.19
Risk Level	-0.01	0.02	0.65
Time	-0.04	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.84

校正變項: log VCAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

#### (4) ICAM

在不同生活習慣下受試者血漿中 sICAM 濃度的分布情形(表 266)。男性受試者血漿中 sICAM 濃度高於( $p=0.07$ )女性受試者, 值分別為  $486.93\pm 206.93$  與  $453.83\pm 162.52$  ng/mL。長期暴露於戶外與戶內之空氣污染 ( $PM\leq 2.5\mu m$ ) 達 12 週, 受試者血漿中的發炎反應物質 sICAM 之平均濃度為  $155\pm 52$  ng/mL (min-max:74-383 ng/mL) [164]。此外, 受試者之血漿中 sICAM 濃度於年齡、抽菸習慣、喝酒、嚼檳榔習慣、籍貫及教育程度等的分布情形皆無顯著的統計差異。在不同疾病狀況下受試者血漿中 sICAM 濃度的分布情形(表 266)。罹患氣喘之受試者血漿中 sICAM 濃度顯著的高於無罹患患者, 值分別為  $606.78\pm 105.85$  與  $473.96\pm 196.01$  ng/mL。然而本研究之受試者血漿中 sICAM 的濃度與是否罹患高血脂、高血壓、心律不整、心臟瓣膜疾病及心絞痛等心血管疾病之狀況於統計上並無顯著的差異 ( $p>0.05$ ) (表 267)。

表 266 ICAM(ng/mL)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	475.95	±	198.30	0.72
	>40, 40 歲以上	95	478.58	±	188.56	
性別	女	87	453.83	±	162.58	0.07
	男	198	486.93	±	206.93	
抽菸習慣	無	254	471.35	±	188.24	0.37
	有	30	508.25	±	232.86	
喝酒習慣	無	259	472.66	±	193.47	0.22
	有	26	518.36	±	206.74	
嚼檳榔習慣	無	277	475.93	±	193.54	0.96
	有	8	507.81	±	247.35	
籍貫	台閩	220	473.78	±	191.05	0.32
	客家	40	461.70	±	188.64	
	其它(原住民與外省籍)	24	534.03	±	237.21	
教育程度	高中職以下	47	484.04	±	177.73	0.20
	大專/大學	126	454.24	±	161.30	
	研究所以上	111	495.37	±	228.93	

*p* 值使用無母數分析

表 267 ICAM(ng/mL)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	478.83	±	198.63	0.69
	有	17	453.84	±	124.93	
氣喘	無	275	473.96	±	196.01	0.01
	有	8	606.78	±	105.85	
鼻炎	無	234	473.82	±	200.11	0.22
	有	51	490.64	±	169.32	
心律不整	無	274	476.41	±	195.03	0.91
	有	11	487.06	±	197.54	
心絞痛	無	282	476.32	±	195.22	0.66
	有	3	524.11	±	172.69	
心臟瓣膜疾病	無	280	475.00	±	194.54	0.22
	有	5	579.07	±	202.10	
高血脂	無	263	477.78	±	194.85	0.59
	有	22	465.44	±	198.17	
高血壓	無	261	470.02	±	190.40	0.12
	有	24	550.87	±	228.96	
異位性皮膚炎	無	262	477.88	±	196.77	0.90
	有	23	464.81	±	173.99	
過敏性皮膚炎	無	250	481.53	±	201.81	0.42
	有	35	443.19	±	131.65	
色素沉澱	無	277	478.68	±	196.63	0.26
	有	8	412.45	±	99.96	
毛囊炎	無	273	477.76	±	197.65	0.84
	有	12	455.50	±	114.34	

*p* 值使用無母數分析

以 GEE 檢視奈米廠、基準點及追蹤後等變項與血漿中 sICAM 濃度之關係(表 268)。在控制年齡、性別等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.09,  $p=0.04$ )之血漿中 sICAM 的濃度顯著高於對照組。自願受試者暴露於 PM<sub>10</sub> 濃度 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  下 1 小時，其支氣管內層液體與組織中 sICAM 的表現量明顯上升[182]。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.04,  $p<0.01$ )。然

而 RL=2 ( $B=-0.03, p=0.07$ )與 RL=1 ( $B=-0.01, p=0.64$ )在四次測量間的時間距相較於對照組之間距則無呈現顯著的差異 (表 268)。在趨勢分析模式中控制年齡、性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米物質暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 sICAM 濃度與 Risk level\*Time 則呈現負相關 ( $B=-0.02, p=0.08$ ) (表 269)。

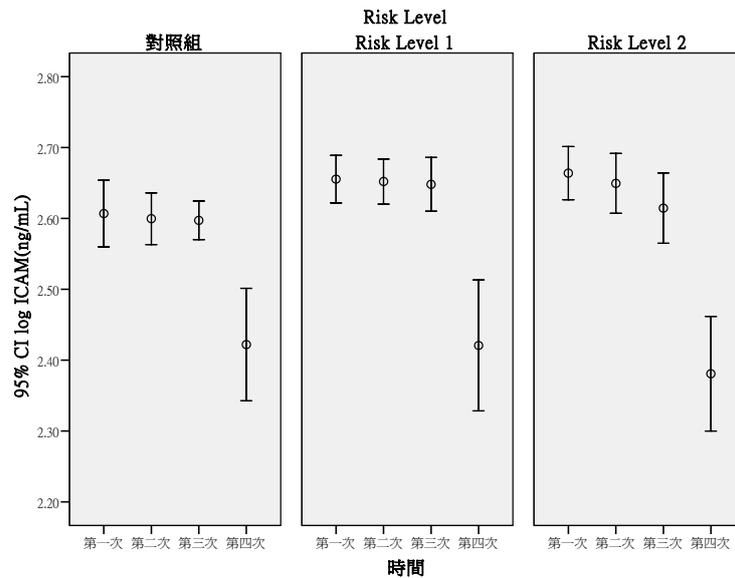


圖 124 ICAM(ng/mL)之重覆測量分布情形

表 268 ICAM(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.02	0.96
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.03	0.15
氣喘(有 vs 無)	0.08	0.02	<0.01
RL2vs 對照組	0.09	0.04	0.04
RL1vs 對照組	0.06	0.04	0.17
Time	-0.04	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.03	0.02	0.07
RL1*Time	-0.01	0.02	0.64

依變項: log ICAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 269 ICAM(ng/mL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.02	0.86
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.03	0.19
氣喘(有 vs 無)	0.08	0.02	<0.01
Risk Level	0.05	0.02	0.04
Time	-0.04	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.02	0.01	0.08

依變項: log ICAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米碳管、基準點及追蹤後等變項與血漿中 sICAM 濃度之關係(表 270)。在控制年齡、性別等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=1 組(B=0.15,  $p=0.02$ )之血漿中 sICAM 的濃度顯著的高於對照組。自願受試者暴露於 PM<sub>10</sub> 濃度 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  下 1 小時，其支氣管內層液體與組織中 sICAM 的表現量明顯上升 [182]。健康的受試者暴露於粒徑 $<2.5\mu\text{m}$  且濃度為 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  之環境下 4 小時，其靜脈血中 sICAM 顯明的增加 [183]。受試者暴露於黑碳(black carbon)環境下 1-6 天，血漿中 sICAM 濃度亦明顯上升 [186]。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.04,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=-0.02,  $p=0.34$  與 RL=1 (B=-0.04,  $p=0.19$ )之四次測量間的時間距離相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 270)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著其他奈米物質暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 sICAM 濃度與 Risk level\*Time 並無顯著的相關性 (B=-0.01,  $p=0.21$ ) (表 271)。

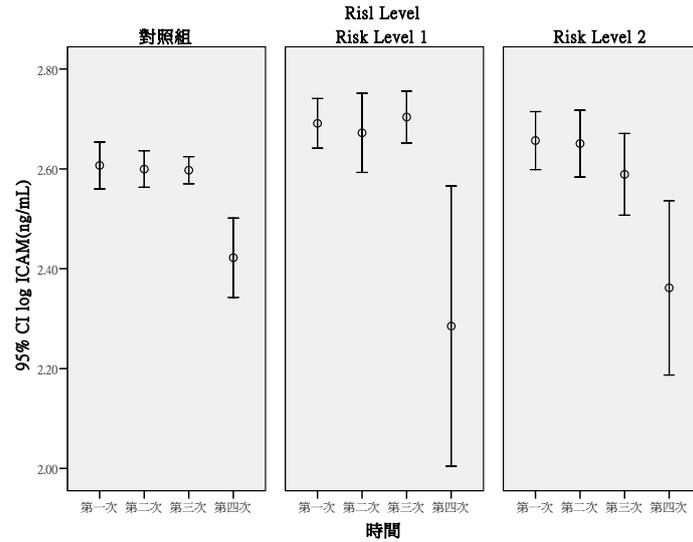


圖 125 奈米碳管處置者之 ICAM(ng/mL)重覆測量分布情形

表 270 ICAM(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.02	0.02	0.38
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.05	0.89
氣喘(有 vs 無)	0.07	0.03	0.02
RL2vs 對照組	0.08	0.06	0.15
RL1vs 對照組	0.15	0.06	0.02
Time	-0.04	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.02	0.02	0.34
RL1*Time	-0.04	0.03	0.19

依變項: log ICAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 271 ICAM(ng/mL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.01	0.02	0.50
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.06	0.80
氣喘(有 vs 無)	0.07	0.03	0.03
Risk Level	0.05	0.03	0.07
Time	-0.04	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.21

依變項: log ICAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米二氧化鈦處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 sICAM 濃度之關係。在控制年齡、性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組( $B=0.16$ ,  $p<0.01$ )之血漿中 sICAM 的濃度並極顯著的高於對照組。健康的受試者暴露於粒徑 $<2.5\mu\text{m}$  且濃度為  $200\mu\text{g}/\text{m}^3$  之環境下 4 小時，其靜脈血中 sICAM 顯明的增加[183]。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關 ( $B=-0.04$ ,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 ( $B=-0.05$ ,  $p=0.03$ )在四次測量間的時間相較於對照組之間距呈顯著的差異 (表 272)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米二氧化鈦暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 sICAM 濃度與 Risk level\*Time 則呈負相關性 ( $B=-0.02$ ,  $p=0.06$ ) (表 273)。

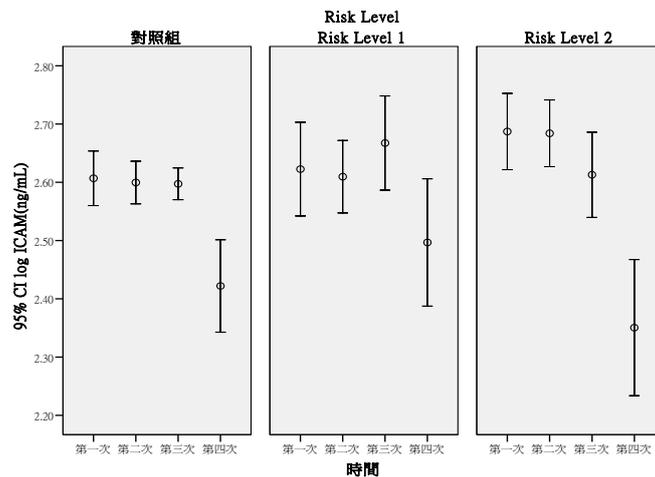


圖 126 奈米級二氧化鈦處置者之 ICAM(ng/mL)重覆測量分布情形

表 272 ICAM(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-0.01	0.02	0.80
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.04	0.46
氣喘(有 vs 無)	0.09	0.02	<0.01
RL2vs 對照組	0.16	0.06	<0.01
RL1vs 對照組	-0.01	0.06	0.88
Time	-0.04	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.05	0.02	0.03
RL1*Time	0.02	0.02	0.32

依變項: log ICAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 273 ICAM(ng/mL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
性別(男 vs 女)	0.00	0.02	0.85
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.04	0.46
氣喘(有 vs 無)	0.09	0.02	<0.01
Risk Level	0.07	0.03	0.01
Time	-0.04	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.02	0.01	0.06

依變項: log ICAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米二氧化矽處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 sICAM 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.12,  $p=0.02$ )之血漿中 sICAM 的濃度顯著的高於對照組。自願受試者暴露於 PM<sub>10</sub> 濃度 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  下 1 小時，其支氣管內層液體與組織中 sICAM 的表現量明顯上升 [182]。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關 (B=-0.04,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=-0.03,  $p=0.18$ )與 RL=1 (B=0.00,  $p=1.00$ )在四次測量間的時間較於對照組之間距則無呈顯著的差異 (表 274)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米二氧化矽暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 sICAM 濃度與 Risk level\*Time 則無顯著的相關性 (B=-0.01,  $p=0.22$ ) (表 275)。

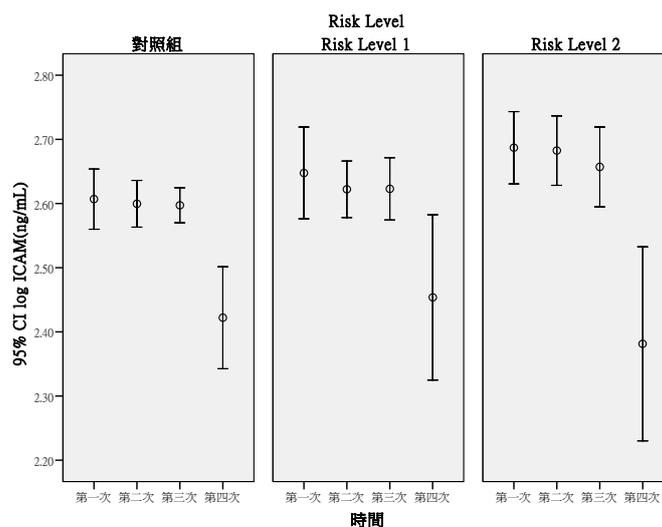


圖 127 奈米級二氧化矽處置者之 ICAM(ng/mL)重覆測量分布情形

表 274 ICAM(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.02	0.02	0.45
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.05	0.58
氣喘(有 vs 無)	0.08	0.02	<0.01
RL2vs 對照組	0.12	0.05	0.02
RL1vs 對照組	0.03	0.06	0.56
Time	-0.04	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.03	0.02	0.18
RL1*Time	0.00	0.02	1.00

依變項: log ICAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 275 ICAM(ng/mL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.01	0.02	0.47
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.05	0.59
氣喘(有 vs 無)	0.08	0.02	<0.01
Risk Level	0.06	0.03	0.03
Time	-0.04	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.22

依變項: log ICAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米銀處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 sICAM 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.13,  $p=0.09$ )與 RL=1 組(B=0.03,  $p=0.64$ )之血漿中 sICAM 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.04,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=-0.05,  $p=0.17$ )與 RL=1 (B=0.03,  $p=0.17$ )之四次測量間的時間距離相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 276)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著奈米銀暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 sICAM 濃度與 Risk level\*Time 並無呈現顯著的相關性 (B=-0.01,  $p=0.39$ )(表 277)。

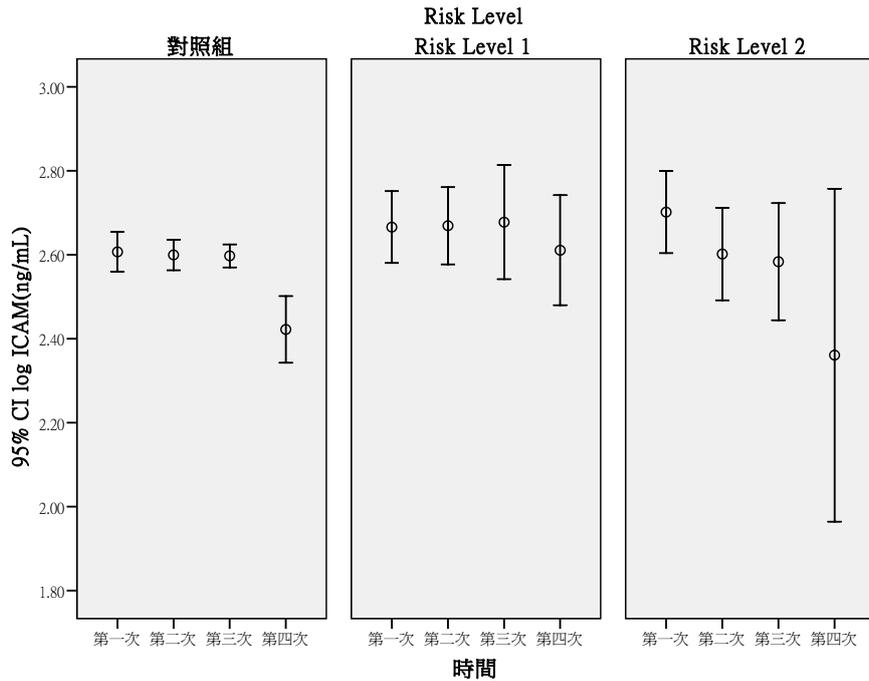


圖128 奈米銀處置者之 ICAM(ng/mL)重覆測量分布情形

表 276 ICAM(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.01	0.02	0.56
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.06	0.99
氣喘(有 vs 無)	0.09	0.02	<0.01
RL2vs 對照組	0.13	0.08	0.09
RL1vs 對照組	0.03	0.07	0.64
Time	-0.04	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.05	0.04	0.17
RL1*Time	0.03	0.02	0.17

依變項: log ICAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 277 ICAM(ng/mL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.01	0.02	0.60
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.06	0.90
氣喘(有 vs 無)	0.09	0.02	<0.01
Risk Level	0.06	0.04	0.12
Time	-0.04	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.02	0.39

依變項: log ICAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 GEE 檢視奈米其他奈米物質處置者、基準點及追蹤後等變項與血漿中 sICAM 濃度之關係。在控制性別與抽菸習慣等干擾因子變項後，在重複測量的結果中顯示，奈米微粒作業人員於奈米暴露程度 RL=2 組(B=0.00,  $p=0.94$ )與 RL=1 組(B=0.03,  $p=0.63$ )之血漿中 sICAM 的濃度並無顯著的高於對照組。在 Time 變項結果顯示，四次測量間呈顯著的負相關(B=-0.04,  $p<0.01$ )。然而 RL=2 (B=0.01,  $p=0.58$ )與 RL=1 (B=0.00,  $p=0.98$ )在四次測量間的時間距相較於對照組之間距則均無顯著的差異 (表 278)。在趨勢分析模式中控制性別與抽菸等相關因子後發現，隨著其他奈米物質暴露的時間與暴露危害的上升，血漿中 sICAM 濃度與 Risk level\*Time 並無呈現顯著的相關性 (B=0.01,  $p=0.64$ ) (表 279)。

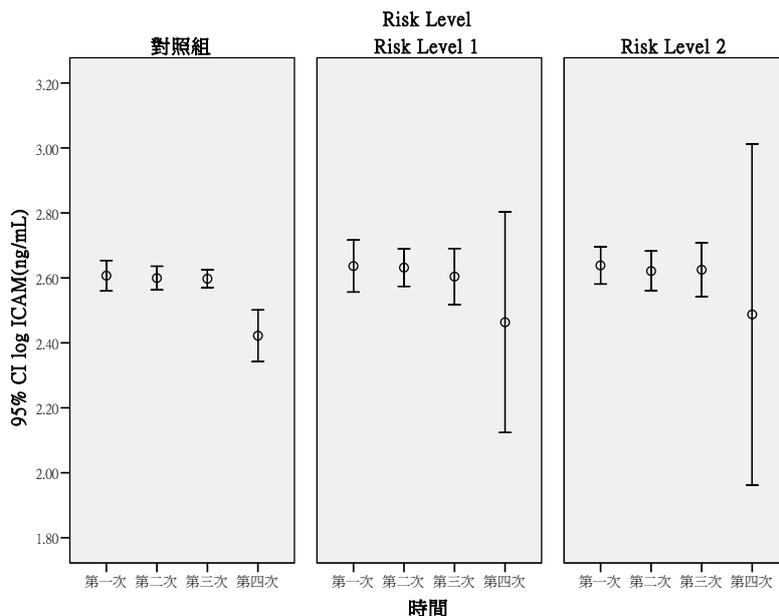


圖 129 其他奈米物質處置者之 ICAM(ng/mL)重覆測量分布情形

表 278 ICAM(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.02	0.83
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.05	0.74
氣喘(有 vs 無)	0.09	0.02	<0.01
RL2vs 對照組	0.00	0.06	0.94
RL1vs 對照組	0.03	0.06	0.63
Time	-0.04	0.01	<0.01
RL2*Time	0.01	0.03	0.58
RL1*Time	0.00	0.03	0.98

校正變項: log ICAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 279 ICAM(ng/mL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.02	0.87
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.05	0.74
氣喘(有 vs 無)	0.09	0.02	<0.01
Risk Level	0.01	0.03	0.80
Time	-0.04	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.01	0.64

校正變項: log ICAM(ng/mL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 氣喘, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

### (5) hs-CRP

表 280 顯示在以不同生活習慣為變項時對受測者之 hs-CRP 進行探討，由表中可得知僅具喝酒習慣的受測者，其 hs-CRP(1.73 ppm)有顯著高於對照組(1.27 ppm,  $p=0.02$ )，其餘均對 hs-CRP 測定無顯著的影響。另外在有嚼食檳榔習慣的受測者得到最高的平均值結果(2.40 ppm)，但仍未達統計上顯著的差異。表 281 則是以是否罹患不同疾病為變項，包括有慢性支氣管炎、氣喘、鼻炎、心律不整、心絞痛、心臟瓣膜疾病、高血脂、高血壓、異位性皮膚炎、過敏性皮膚炎、色素沈澱及毛囊炎，檢視是否對 hs-CRP 有所影響，由表中可以看出，在所探討的變項中，僅高血脂或高血壓患者的 hs-CRP 結果，呈顯著的高於各自的對照組( $p<0.05$ )。罹患慢性支氣管炎與氣喘的患者的 hs-CRP 亦高於相對對照組，但僅達邊緣不顯著的差異( $0.05<p<0.10$ )。而在心絞痛患者及色素沈澱患者的結果亦高於相對對照組，但不具統計顯著上的差異。在表 280 及表 281 中所顯示的不同變項探討下的 hs-CRP 結果，多半屬於濃度介於 1-3 ppm 的中等風險族群。

在將受試者進行不同危害程度的分組(包括對照組、RL1 及 RL2)後，分別探討其在不同收案時間/次數下 hs-CRP 的結果，則可得到如圖 129 之重複測量分布情形圖，由圖中可看出其三個危害分組在分別收案時間/次數增加時，並無一定的趨勢可言，且其變化的幅度多半落於其 error bar 內。另外，在考量將表 280 及 281 中具顯著性影響的變項來對數據校正後，並進行重複測量之 GEE 分析，則可由表 282 及表 283 中得知，不論是否考量危害分組、或是如何對危害程度分組，甚或是在各不同危害分組後隨時間變化的程度，其相對於各自對照組間，皆沒有呈現任何顯著性的影響。

若考量受試者所暴露的奈米物質種類來進行分類，則圖 130、圖 131、圖 132、圖 133 及圖 134 分別表示奈米碳管、奈米級二氧化鈦、奈米級二氧化矽、奈米銀及其它奈米物質處置者經危害程度分組後重複測量的分佈情形。其中除圖 130 奈米碳管及圖 132 奈米銀處置者分別在 RL1 危害分組下，其 hs-CRP 結果呈現一隨收案時間/次數增加而有增加的趨勢外，其餘不論處置者處在何種奈米物質的暴露，或對其進行何種危害程度的分組，其重複測量分布皆沒有一特定的趨勢可言。而在 GEE 的分析結果，僅奈米

銀於表 290 中之 RL1 分組及表 291 中之 RL 分組，其各別隨收案時間/次數的增加時，hs-CRP 會顯著地較各別對照組隨時間變化有較大的升幅外，其餘的數據在不論何種奈米物質暴露、是否進行危害程度分組、分組的程度以及考慮收案時間/次數所造成的影響下，皆不會與對照組數據間有一顯著的差異存在(表 284、表 285、表 286、表 287、表 288、表 289、表 290、表 291、表 292 及表 293)。

表 280 hs-CRP(mg/L)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	326	1.40	±	3.10	0.49
	>40，40 歲以上	128	1.08	±	2.05	
性別	女	138	1.01	±	1.90	0.14
	男	316	1.43	±	3.16	
抽菸習慣	無	385	1.35	±	3.03	0.73
	有	66	1.11	±	1.46	
喝酒習慣	無	412	1.27	±	2.81	0.02
	有	41	1.73	±	3.22	
嚼檳榔習慣	無	443	1.29	±	2.85	0.18
	有	10	2.40	±	2.35	
籍貫	台閩	220	1.42	±	3.53	0.99
	客家	40	1.36	±	2.70	
	其它(原住民與外省籍)	24	1.45	±	2.05	
教育程度	高中職以下	47	1.66	±	3.15	0.47
	大專/大學	126	1.15	±	2.30	
	研究所以上	111	1.60	±	4.24	

*p* 值使用無母數分析

表 281 hs-CRP(mg/L)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	428	1.27	±	2.79	0.09
	有	24	1.98	±	3.74	
氣喘	無	438	1.31	±	2.88	0.09
	有	13	1.35	±	1.45	
鼻炎	無	367	1.31	±	2.81	0.79
	有	85	1.33	±	3.02	
心律不整	無	439	1.32	±	2.88	0.46
	有	14	0.84	±	1.32	
心絞痛	無	448	1.30	±	2.84	0.31
	有	5	2.36	±	3.31	
心臟瓣膜疾病	無	445	1.33	±	2.87	0.53
	有	7	0.48	±	0.48	
高血脂	無	419	1.31	±	2.95	0.02
	有	33	1.35	±	0.99	
高血壓	無	419	1.23	±	2.34	0.01
	有	32	2.42	±	6.53	
異位性皮膚炎	無	424	1.30	±	2.83	0.36
	有	29	1.50	±	3.14	
過敏性皮膚炎	無	408	1.33	±	2.89	0.53
	有	45	1.08	±	2.47	
色素沉澱	無	443	1.27	±	2.78	0.89
	有	10	2.87	±	5.09	
毛囊炎	無	430	1.29	±	2.81	0.83
	有	23	1.60	±	3.58	

*p* 值使用無母數分析

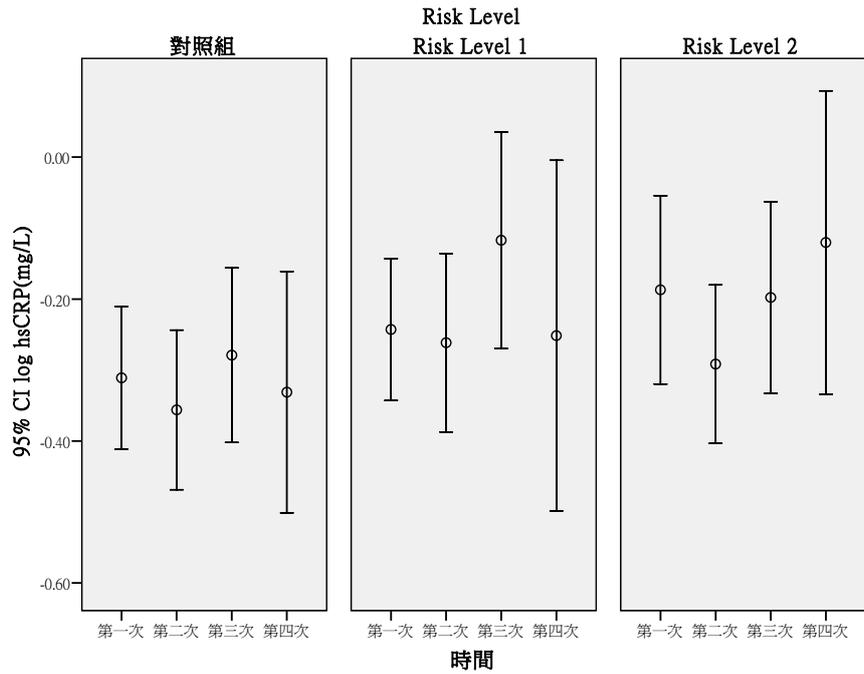


圖 130 hs-CRP(mg/L)之重覆測量分布情形

表 282 hsCRP(mg/L)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.07	0.06	0.23
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.09	0.87
喝酒習慣(有 vs 無)	0.17	0.09	0.07
高血脂(有 vs 無)	0.16	0.11	0.16
高血壓(有 vs 無)	0.20	0.11	0.08
RL2vs 對照組	0.04	0.10	0.70
RL1vs 對照組	0.02	0.09	0.85
Time	-0.01	0.02	0.72
RL2*Time	0.02	0.03	0.61
RL1*Time	0.03	0.03	0.41

依變項: log hsCRP(mg/L)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血脂, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 283 hsCRP(mg/L)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.08	0.06	0.21
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.09	0.86
喝酒習慣(有 vs 無)	0.16	0.09	0.08
高血脂(有 vs 無)	0.16	0.11	0.15
高血壓(有 vs 無)	0.20	0.11	0.08
Risk Level	0.02	0.05	0.71
Time	0.00	0.02	0.89
Risk Level* Time	0.01	0.02	0.57

依變項: log hsCRP(mg/L)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血脂, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

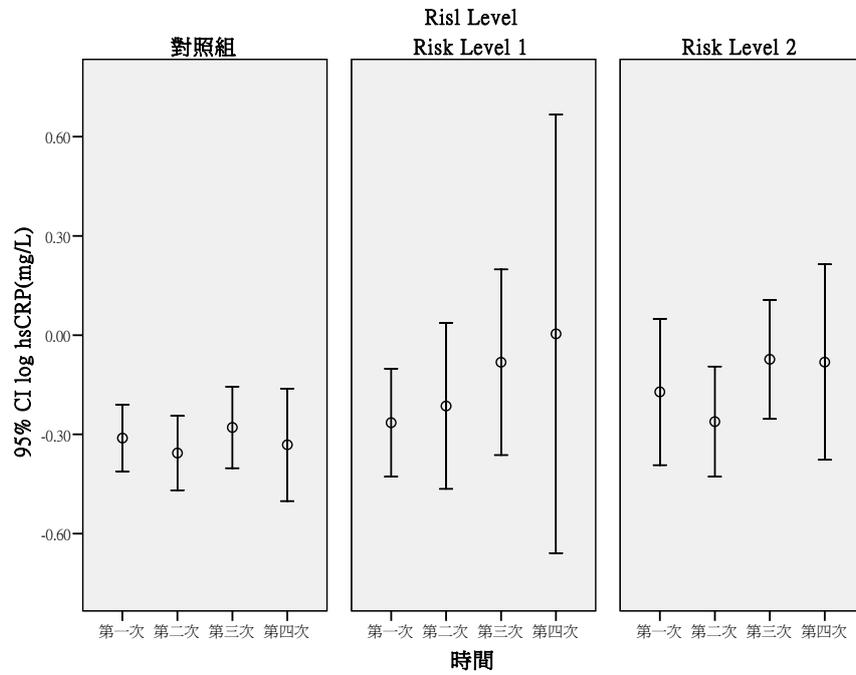


圖 131 奈米碳管處置者之 hs-CRP(mg/L)重覆測量分布情形

表 284 hsCRP(mg/L)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.10	0.08	0.20
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.12	0.65
喝酒習慣(有 vs 無)	0.06	0.13	0.65
高血脂(有 vs 無)	0.30	0.15	0.04
高血壓(有 vs 無)	0.00	0.13	1.00
RL2vs 對照組	0.04	0.15	0.78
RL1vs 對照組	-0.08	0.12	0.51
Time	-0.01	0.02	0.81
RL2*Time	0.03	0.05	0.58
RL1*Time	0.07	0.06	0.21

依變項: log hsCRP(mg/L)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血脂, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 285 hsCRP(mg/L)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.10	0.08	0.18
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.06	0.12	0.64
喝酒習慣(有 vs 無)	0.06	0.13	0.67
高血脂(有 vs 無)	0.30	0.15	0.04
高血壓(有 vs 無)	0.00	0.13	0.97
Risk Level	0.01	0.07	0.93
Time	0.00	0.02	1.00
Risk Level* Time	0.02	0.02	0.36

依變項: log hsCRP(mg/L)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血脂, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

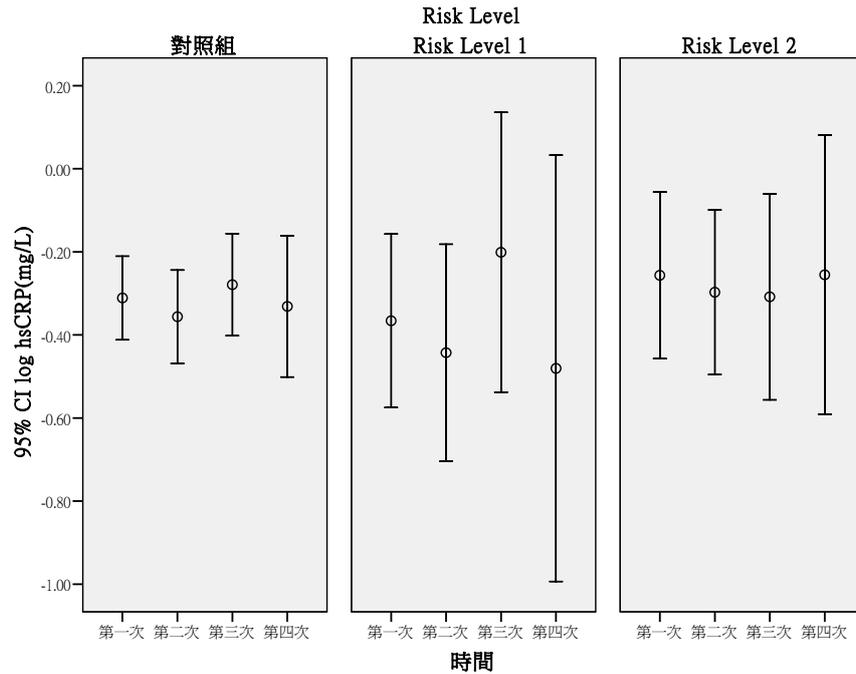


圖 132 奈米級二氧化鈦處置者之 hs-CRP(mg/L)重覆測量分布情形

表 286 hsCRP(mg/L)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.11	0.08	0.18
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.13	0.93
喝酒習慣(有 vs 無)	0.15	0.12	0.21
高血脂(有 vs 無)	0.15	0.17	0.39
高血壓(有 vs 無)	0.17	0.18	0.35
RL2vs 對照組	-0.02	0.14	0.89
RL1vs 對照組	-0.11	0.12	0.37
Time	-0.01	0.02	0.74
RL2*Time	0.01	0.04	0.81
RL1*Time	0.01	0.05	0.74

依變項: log hsCRP(mg/L)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血脂, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 287 hsCRP(mg/L)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.10	0.08	0.22
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.12	0.86
喝酒習慣(有 vs 無)	0.16	0.12	0.16
高血脂(有 vs 無)	0.15	0.17	0.38
高血壓(有 vs 無)	0.16	0.18	0.38
Risk Level	-0.02	0.07	0.78
Time	-0.01	0.02	0.76
Risk Level* Time	0.01	0.02	0.78

依變項: log hsCRP(mg/L)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血脂, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

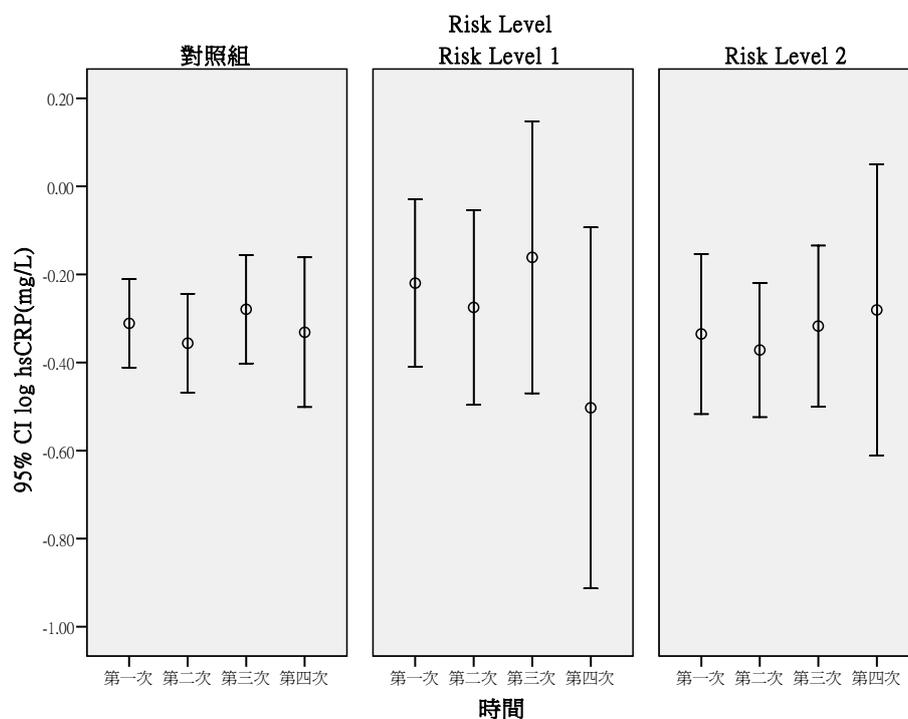


圖 133 奈米級二氧化矽處置者之 hs-CRP(mg/L)重覆測量分布情形

表 288 hsCRP(mg/L)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.05	0.07	0.47
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.12	0.85
喝酒習慣(有 vs 無)	0.10	0.11	0.38
高血脂(有 vs 無)	0.15	0.16	0.37
高血壓(有 vs 無)	0.24	0.15	0.10
RL2vs 對照組	-0.10	0.12	0.40
RL1vs 對照組	0.09	0.12	0.45
Time	-0.01	0.02	0.70
RL2*Time	0.02	0.04	0.57
RL1*Time	-0.01	0.04	0.85

依變項: log hsCRP(mg/L)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血脂, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 289 hsCRP(mg/L)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.06	0.07	0.41
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.12	0.73
喝酒習慣(有 vs 無)	0.08	0.11	0.47
高血脂(有 vs 無)	0.14	0.16	0.39
高血壓(有 vs 無)	0.25	0.15	0.09
Risk Level	-0.03	0.06	0.56
Time	-0.01	0.02	0.61
Risk Level* Time	0.01	0.02	0.62

依變項: log hsCRP(mg/L)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血脂, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

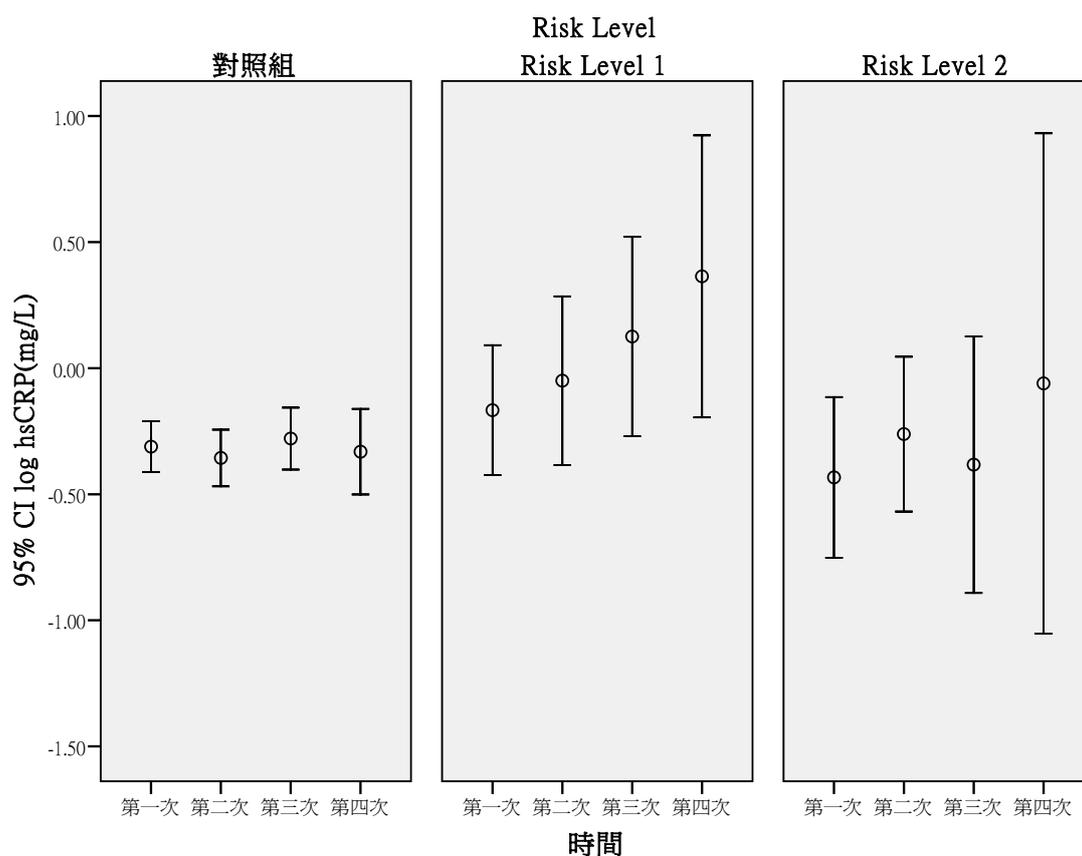


圖 134 奈米銀處置者之 hs-CRP(mg/L)重覆測量分布情形

表 290 hsCRP(mg/L)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.15	0.08	0.07
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.11	0.14	0.45
喝酒習慣(有 vs 無)	0.11	0.13	0.41
高血脂(有 vs 無)	0.10	0.20	0.63
高血壓(有 vs 無)	0.05	0.19	0.80
RL2vs 對照組	-0.26	0.20	0.18
RL1vs 對照組	-0.05	0.15	0.76
Time	-0.01	0.02	0.76
RL2*Time	0.12	0.08	0.11
RL1*Time	0.16	0.05	<0.01

依變項: log hsCRP(mg/L)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血脂, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 291 hsCRP(mg/L)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.15	0.08	0.08
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.07	0.13	0.62
喝酒習慣(有 vs 無)	0.07	0.13	0.58
高血脂(有 vs 無)	0.14	0.20	0.47
高血壓(有 vs 無)	0.06	0.19	0.75
Risk Level	-0.13	0.09	0.15
Time	0.00	0.02	0.97
Risk Level* Time	0.08	0.04	0.02

依變項: log hsCRP(mg/L)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血脂, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

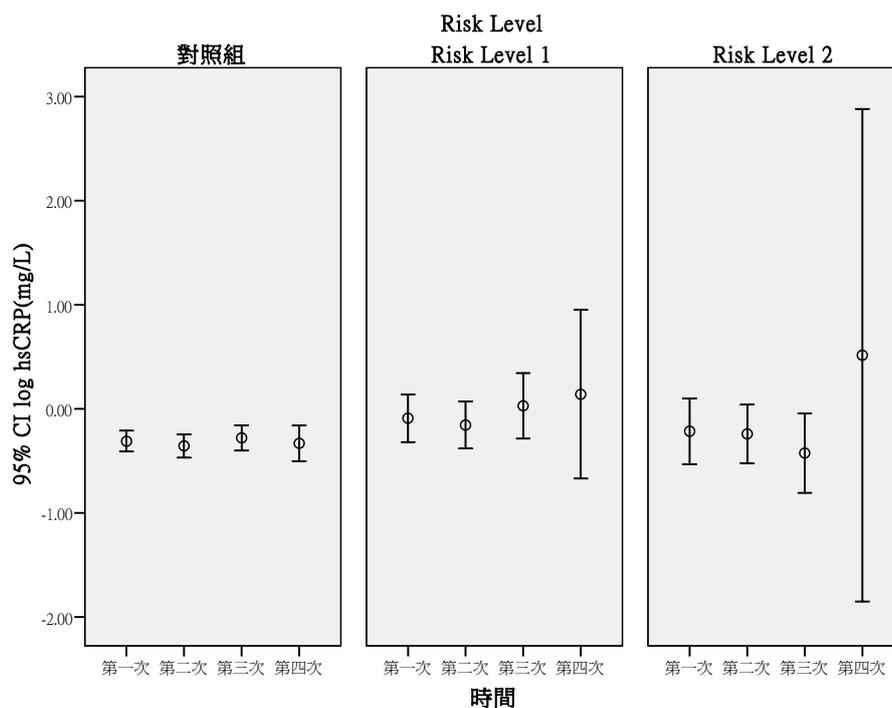


圖 135 其他奈米物質處置者之 hs-CRP(mg/L)重覆測量分布情形

表 292 hsCRP(mg/L)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.08	0.08	0.33
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.17	0.96
喝酒習慣(有 vs 無)	0.22	0.13	0.09
高血脂(有 vs 無)	0.20	0.19	0.30
高血壓(有 vs 無)	0.14	0.19	0.47
RL2vs 對照組	-0.03	0.18	0.87
RL1vs 對照組	0.14	0.15	0.35
Time	-0.01	0.02	0.73
RL2*Time	0.04	0.07	0.57
RL1*Time	0.03	0.05	0.55

依變項: log hsCRP(mg/L)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血脂, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 293 hsCRP(mg/L)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.09	0.08	0.28
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.16	0.95
喝酒習慣(有 vs 無)	0.21	0.13	0.10
高血脂(有 vs 無)	0.19	0.19	0.32
高血壓(有 vs 無)	0.15	0.19	0.41
Risk Level	0.01	0.08	0.90
Time	-0.01	0.02	0.72
Risk Level* Time	0.02	0.03	0.45

依變項: log hsCRP(mg/L)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 高血脂, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

## (6) 心率變異分析 (Heart Rate Variability Analysis-HRV)

### A. 時間域分析(Time Domain Analysis)-SDNN 與 RMSSD

心律變異檢測之原理是根據心電圖的數據做精密的統計以及計算出來的數值，其結果主要是自主神經系統對竇房結的影響，隨著體內或外部環境變化而時時刻刻改變。而其檢測分為兩種分析方法包括，時間域分析(Time Domain Analysis)以及頻率域分析(Frequency Domain

Analysis))，在時間域分析項目本研究中採用 SDNN (Standard Deviation of Normal to Normal beats interval)以及 RMSSD (square Root of the Mean Squared Difference of Successive NNs)；在頻率域分析項目則有 VLF(極低頻)、LF(低頻)、HF(高頻)、LF/HF 以及 Total Power(總能量)，另外包含了 PSI(壓力指數)。

先以時間域分析去探討，心臟功能指數 SDNN(ms)這個參數在不同生活習慣與不同疾病分布中，年齡小於等於 40 歲者其 SDNN 平均值顯著高於年齡大於 40 歲者( $p<0.01$ )，沒有抽菸習慣者其 SDNN 平均值大於有抽菸習慣者( $p=0.01$ )，沒有嚼檳榔者其 SDNN 平均值大於有嚼檳榔者( $p<0.01$ )，籍貫為客家人者其 SDNN 的平均較高( $p=0.02$ )，教育程度為研究所以上者其 SDNN 平均值較高( $p<0.01$ )(表 294)。在不同疾病分布下，SDNN 皆無達統計上顯著差異(表 295)。另一個時間域分析的參數為心臟負荷指數 RMSSD(ms)，RMSSD 在不同生活習慣下，年齡小於等於 40 歲者其平均值大於年齡大於 40 歲者( $p<0.01$ )，籍貫則以客家人的 RMSSD 平均值較高( $p=0.01$ )，在教育程度上，RMSSD 平均值則是三組中最高的，大專/大學次之，高中職以下最低( $p<0.01$ )(表 308)。RMSSD 在不同疾病下之分布上，則皆無統計上顯著差異(表 309)。

本研究目前共計追蹤了四次資料，將研究中收集到的心率變異性參數皆以 log 轉換後，進行重複性資料的分析，結果如下：

仍以時間域分析(SDNN、RMSSD)先進行討論，Risk Level 分成三組(對照組、Risk Level1、Risk Level2)，控制了可能的干擾因子後，發現 Risk Level1 其 SDNN 及 RMSSD 比對照組高且有統計上顯著( $p=0.05$ ,  $p=0.02$ )，而隨時間變化，SDNN、RMSSD 有下降之情形且有統計上顯著( $p<0.01$ ,  $p<0.01$ )(表 296、表 310)。表 297 及表 311 作 Risk Level 的趨勢分析，想看是否因 Risk Level 程度增加，SDNN、RMSSD 也會有影響，但未發現 SDNN、RMSSD 有隨 Risk Level 程度增加有所變化。

研究中將暴露物質進行分組分析，以奈米碳管暴露者來說，Risk Level 分成三組後，在控制其他可能之干擾因子後，Risk Level 分組與 SDNN、RMSSD 並未有統計上顯著相關，而隨時間變化 SDNN 與 RMSSD

會隨之下降( $p<0.01, p<0.01$ )(表 298、表 312)。在表 299、表 313 中 SDNN 與 RMSSD 並未隨 Risk Level 程度增加而有所變化。

而在奈米級二氧化鈦暴露者中，控制了其他可能的干擾因子後，Risk Level 分組，Risk Level2 的人之 SDNN 高於對照組( $p=0.07$ )，Risk Level1 之 RMSSD 高於對照組，為 borderline ( $p=0.06$ )，另外隨時間之變化 SDNN、RMSSD 皆為下降之趨勢( $p<0.01, p<0.01$ )(表 300、表 314)。表 301、表 315 進行 Risk Level 趨勢分析，顯示 Risk Level 程度與 SDNN、RMSSD 是呈正相關，但未達統計上顯著。

而在奈米級二氧化矽暴露者中，控制其他可能之干擾因子後，Risk Level2 者其 SDNN 高於對照組( $p=0.02$ )，但 Risk Level 分組與 RMSSD 並未有統計上顯著相關，而隨時間變化 SDNN、RMSSD 會隨之下降( $p<0.01$ )(表 302、表 316)。進行 Risk Level 趨勢分析，Risk Level 程度增加，SDNN 呈現上升之情形( $p=0.01$ )，RMSSD 則未隨 Risk Level 程度增加而有所變化(表 303、表 317)。

而在奈米銀暴露者中，控制了可能之干擾因子後，發現 Risk Level2 之 SDNN、RMSSD 顯著高於對照組( $p=0.01, p=0.03$ )，而兩個參數也隨時間變化呈現負相關( $p<0.01, p<0.01$ )(表 304、表 318)。表 305、表 319 說明控制了其他可能之干擾因子後，SDNN、RMSSD 兩者與 Risk Level 程度為正相關，也就是隨 Risk Level 程度增加，SDNN 與 RMSSD 是呈現增高之情形( $p=0.01, p=0.02$ )。

最後，在其他奈米物質暴露者中控制了可能之干擾因子後，發現 Risk Level2 之 SDNN 顯著高於對照組( $p=0.01$ )，Risk Level1 之 RMSSD 顯著高於對照組( $p=0.01$ )，而兩者也隨時間變化呈現負相關( $p<0.01, p<0.01$ )(表 306、表 320)。表 307、表 321 說明控制了其他可能之干擾因子後，SDNN、RMSSD 與 Risk Level 程度為正相關，也就是隨 Risk Level 程度增加，RMSSD 是呈現增加之情形( $p=0.03, p=0.03$ )。

表 294 SDNN(ms)(心臟功能指數)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	48.42	±	18.81	<0.01
	>40, 40 歲以上	95	40.77	±	17.80	
性別	女	87	44.27	±	19.14	0.19
	男	198	46.58	±	18.66	
抽菸習慣	無	254	46.86	±	18.87	0.01
	有	30	38.60	±	15.94	
喝酒習慣	無	259	46.13	±	18.16	0.13
	有	26	43.34	±	24.59	
嚼檳榔習慣	無	277	46.37	±	18.78	<0.01
	有	8	28.48	±	9.00	
籍貫	台閩	220	45.21	±	18.55	0.02
	客家	40	52.57	±	20.13	
	其它(原住民與外省籍)	24	40.51	±	17.00	
教育程度	高中職以下	47	38.78	±	17.19	<0.01
	大專/大學	126	44.10	±	18.74	
	研究所以上	111	51.19	±	18.06	

*p* 值使用無母數分析

表 295 SDNN(ms)(心臟功能指數)在不同疾病狀況下之分布情形

變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	267	46.02	±	19.00	0.89
無	17	43.80	±	16.30	
有	275	46.09	±	18.87	0.56
氣喘	8	42.32	±	16.67	
無	234	46.07	±	19.15	0.88
有	51	44.98	±	17.28	
鼻炎	274	45.40	±	17.66	0.33
無	11	57.53	±	36.95	
有	282	46.01	±	18.80	0.28
心絞痛	3	33.17	±	17.07	
無	280	45.77	±	18.25	0.65
心臟瓣膜疾病	5	51.65	±	42.81	
有	263	46.36	±	19.15	0.24
無	22	40.04	±	12.98	
有	261	46.17	±	18.90	0.59
高血壓	24	42.62	±	17.74	
無	262	46.11	±	19.15	0.59
異位性皮膚炎	23	43.15	±	14.27	
有	250	46.49	±	19.33	0.27
過敏性皮膚炎	35	41.47	±	13.93	
無	277	46.03	±	18.90	0.43
色素沉澱	8	40.27	±	14.82	
有	273	45.46	±	18.37	0.13
毛囊炎	12	55.34	±	26.03	
無					
有					

*p* 值使用無母數分析

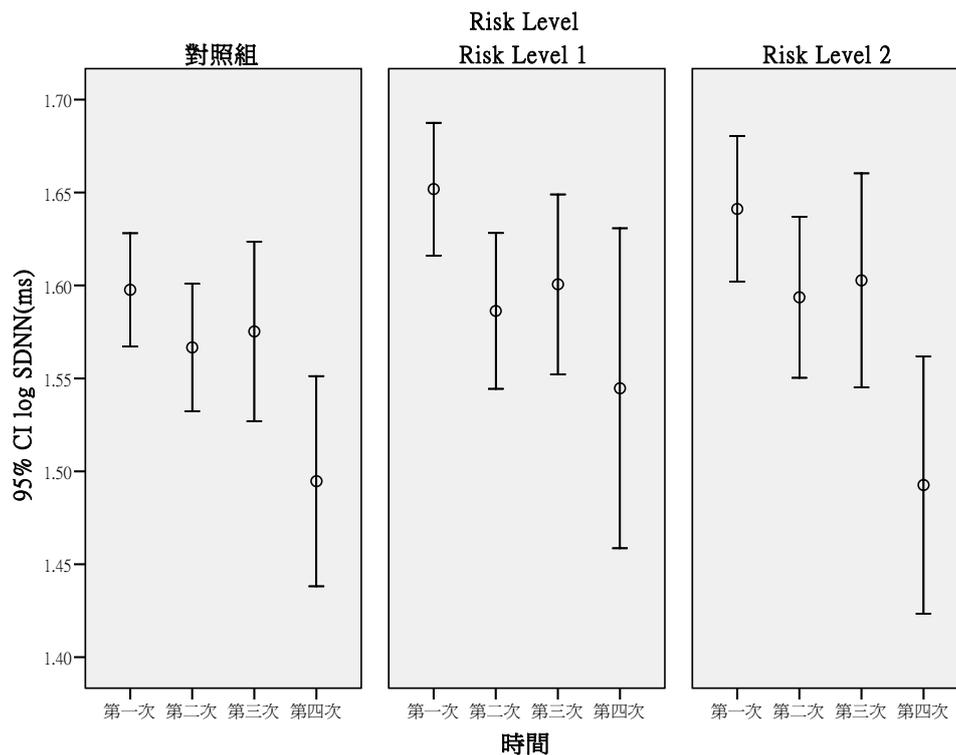


圖 136 SDNN(ms)之重覆測量分布情形

表 296 SDNN(ms)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.09	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.78
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.06	0.03	0.03
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.11	0.03	<0.01
其它籍貫 vs 台閩	-0.01	0.03	0.77
客家 vs 台閩	0.05	0.02	0.07
研究所以上 vs 高中職以下	0.04	0.03	0.18
大專/大學 vs 高中職以下	0.01	0.03	0.70
RL2vs 對照組	0.03	0.03	0.29
RL1vs 對照組	0.05	0.03	0.05
Time	-0.02	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.01	0.01	0.60
RL1*Time	-0.01	0.01	0.20

依變項: log SDNN(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 297 SDNN(ms)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.09	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.74
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.06	0.03	0.04
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.12	0.03	<0.01
其它籍貫 vs 台閩	-0.01	0.03	0.79
客家 vs 台閩	0.04	0.03	0.08
研究所以上 vs 高中職以下	0.04	0.03	0.17
大專/大學 vs 高中職以下	0.01	0.03	0.70
Risk Level	0.02	0.02	0.24
Time	-0.03	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.54

依變項: log SDNN(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

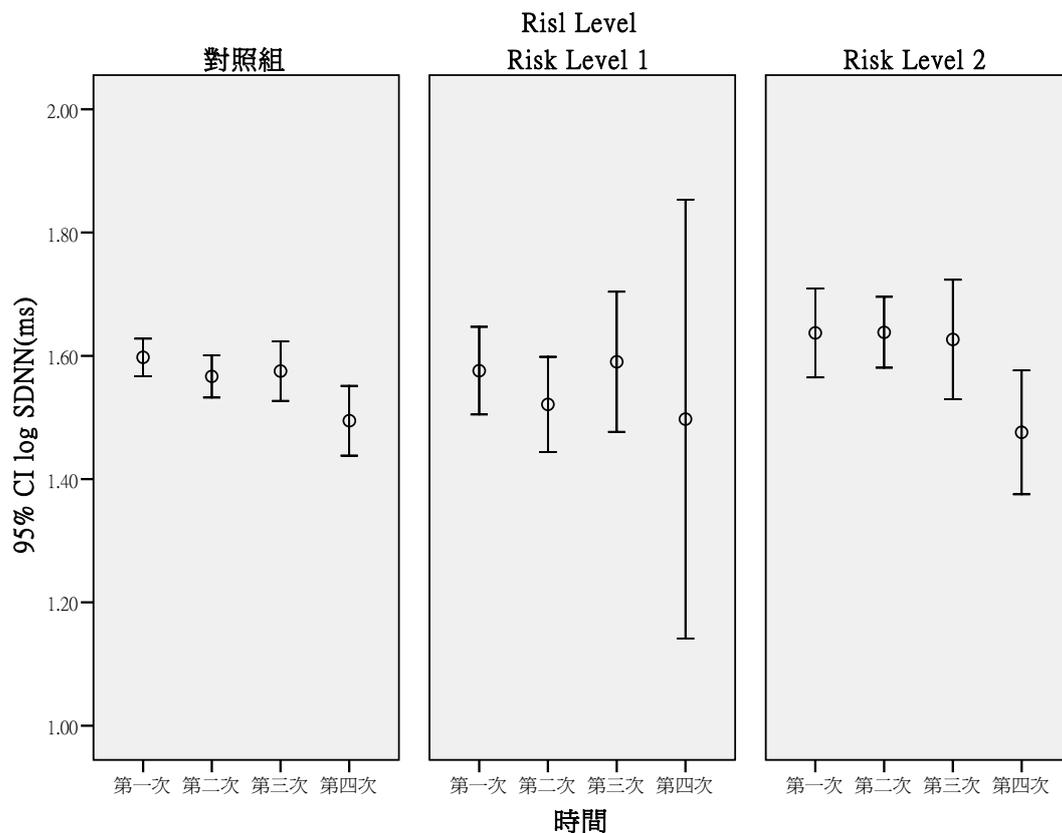


圖 137 奈米碳管處置者之 SDNN(ms)重覆測量分布情形

表 298 SDNN(ms)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.07	0.03	0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.03	0.86
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.04	0.20
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.10	0.04	0.02
其它籍貫 vs 台閩	-0.01	0.04	0.77
客家 vs 台閩	0.03	0.04	0.39
研究所以上 vs 高中職以下	0.08	0.05	0.10
大專/大學 vs 高中職以下	0.02	0.04	0.58
RL2vs 對照組	0.01	0.05	0.91
RL1vs 對照組	-0.03	0.04	0.50
Time	-0.02	0.01	<0.01
RL2*Time	0.00	0.02	0.92
RL1*Time	-0.01	0.02	0.73

依變項: log SDNN(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 299 SDNN(ms)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.07	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.03	0.99
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.06	0.04	0.15
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.08	0.04	0.04
其它籍貫 vs 台閩	-0.02	0.04	0.68
客家 vs 台閩	0.03	0.04	0.41
研究所以上 vs 高中職以下	0.07	0.05	0.12
大專/大學 vs 高中職以下	0.02	0.04	0.64
Risk Level	0.00	0.02	0.99
Time	-0.02	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.97

依變項: log SDNN(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

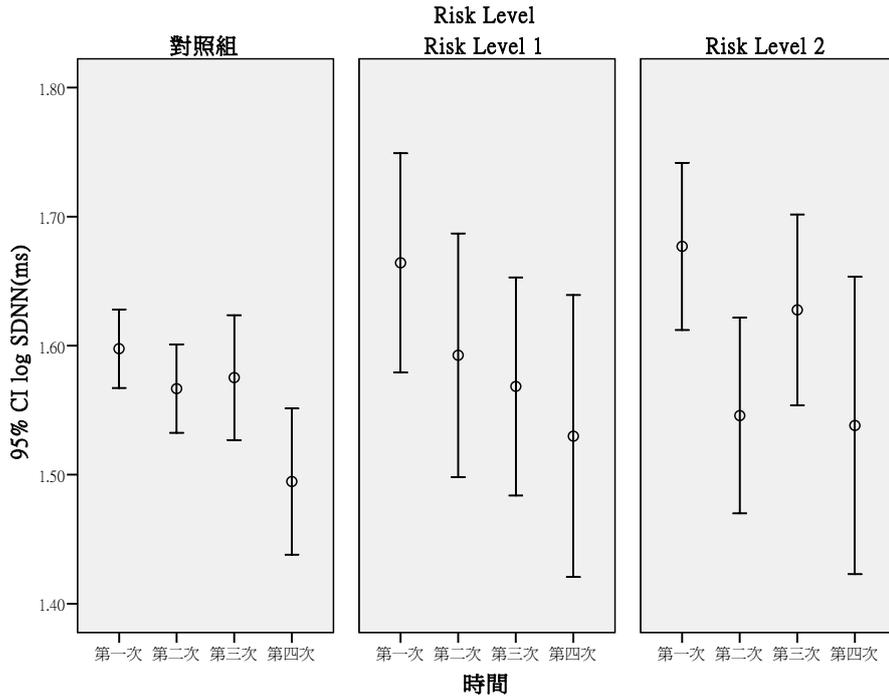


圖 138 奈米級二氧化鈦處置者之 SDNN(ms)重覆測量分布情形

表 300 SDNN(ms)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1·RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.08	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.02	0.91
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.13	0.04	<0.01
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.16	0.04	<0.01
其它籍貫 vs 台閩	0.01	0.03	0.65
客家 vs 台閩	0.01	0.03	0.83
研究所以上 vs 高中職以下	0.02	0.04	0.61
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.03	0.48
RL2vs 對照組	0.08	0.04	0.07
RL1vs 對照組	0.06	0.05	0.24
Time	-0.02	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.01	0.02	0.36
RL1*Time	-0.02	0.02	0.19

依變項: log SDNN(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\*Time

表 301 SDNN(ms)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.08	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.02	0.87
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.13	0.04	<0.01
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.16	0.04	<0.01
其它籍貫 vs 台閩	0.01	0.03	0.69
客家 vs 台閩	0.01	0.03	0.84
研究所以上 vs 高中職以下	0.02	0.04	0.61
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.03	0.48
Risk Level	0.02	0.01	0.08
Time	-0.03	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.02	0.01	0.08

依變項: log SDNN(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time

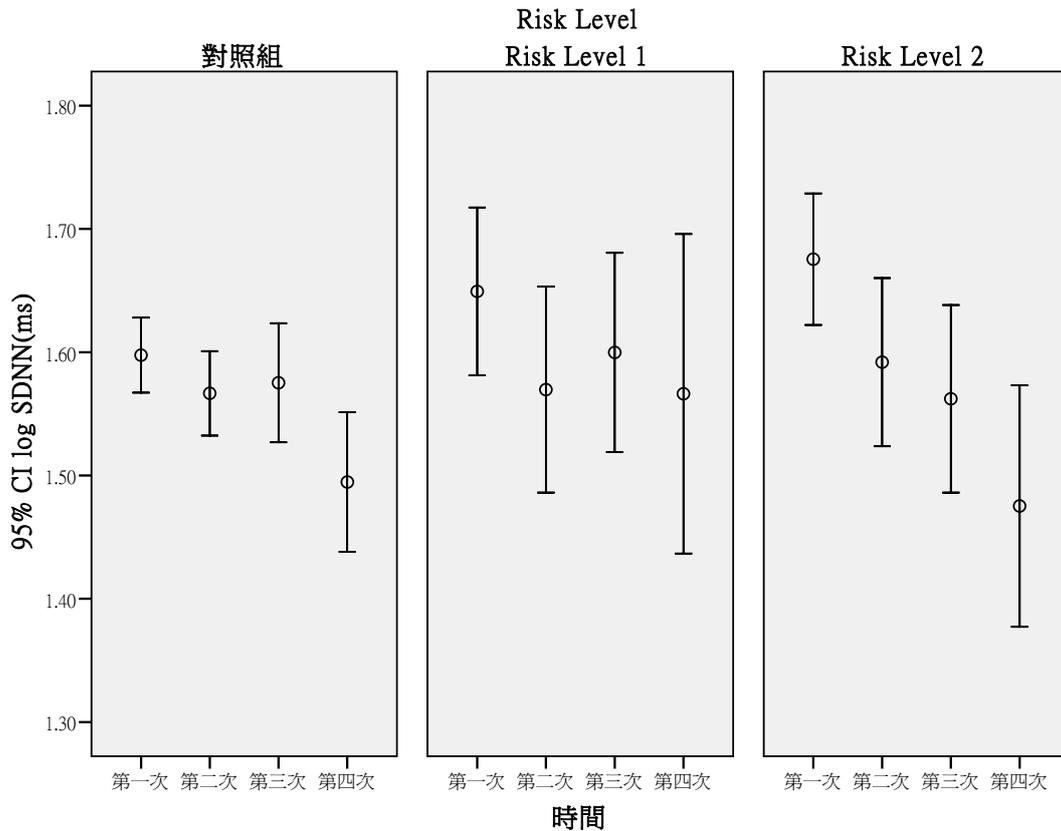


圖 139 奈米級二氧化矽處置者之 SDNN(ms)重覆測量分布情形

表 302 SDNN(ms)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.08	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.78
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.08	0.03	0.02
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.11	0.03	<0.01
其它籍貫 vs 台閩	0.02	0.03	0.58
客家 vs 台閩	0.01	0.03	0.79
研究所以上 vs 高中職以下	0.04	0.03	0.18
大專/大學 vs 高中職以下	0.01	0.03	0.80
RL2vs 對照組	0.09	0.04	0.02
RL1vs 對照組	0.06	0.04	0.17
Time	-0.02	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.02	0.01	0.08
RL1*Time	-0.02	0.02	0.29

依變項: log SDNN(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 303 SDNN(ms)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.08	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.78
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.08	0.03	0.02
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.11	0.03	<0.01
其它籍貫 vs 台閩	0.02	0.03	0.57
客家 vs 台閩	0.01	0.03	0.80
研究所以上 vs 高中職以下	0.04	0.03	0.18
大專/大學 vs 高中職以下	0.01	0.03	0.81
Time	-0.02	0.01	<0.01
Risk Level	0.05	0.02	0.01
Time * Risk Level	-0.01	0.01	0.06

依變項: log SDNN(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 教育程度, Time, Risk Level, Time \* Risk Level

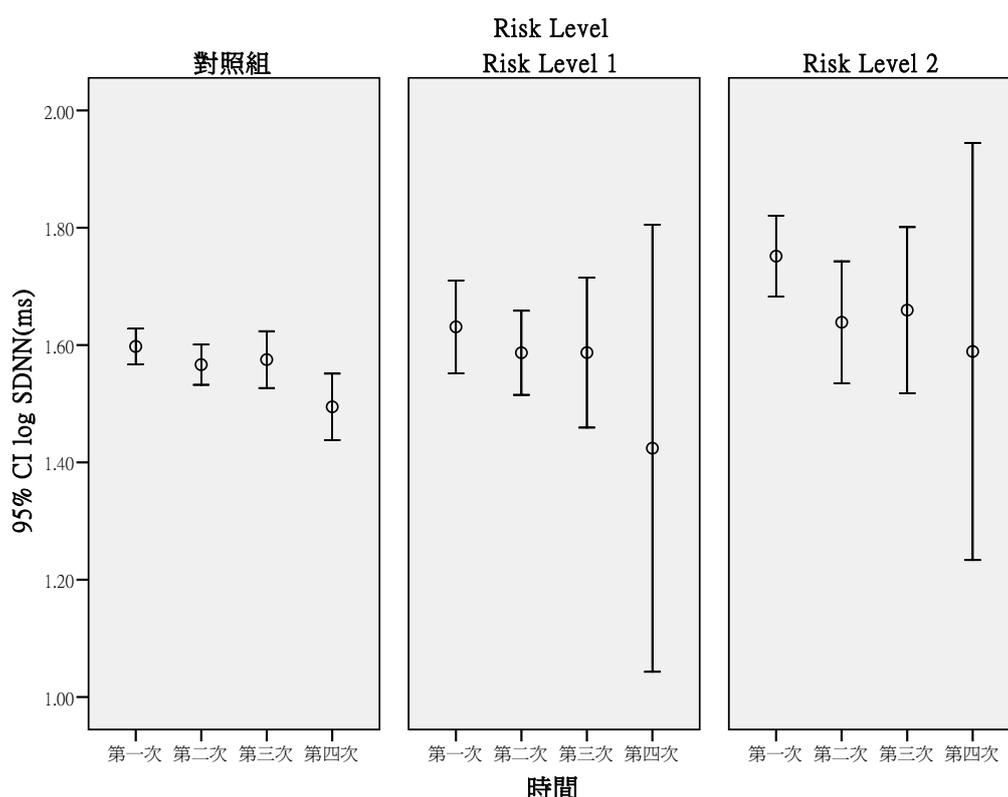


圖 140 奈米銀處置者之 SDNN(ms)重覆測量分布情形

表 304 SDNN(ms)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs < 40 歲	-0.10	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.02	0.02	0.37
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.06	0.04	0.13
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.13	0.05	0.01
其它籍貫 vs 台閩	0.04	0.03	0.15
客家 vs 台閩	-0.02	0.04	0.55
研究所以上 vs 高中職以下	0.08	0.04	0.06
大專/大學 vs 高中職以下	0.02	0.04	0.57
RL2vs 對照組	0.13	0.05	0.01
RL1vs 對照組	0.03	0.04	0.56
Time	-0.02	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.03	0.02	0.17
RL1*Time	-0.03	0.02	0.26

依變項: log SDNN(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 305 SDNN(ms)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.10	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.02	0.02	0.38
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.06	0.04	0.08
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.12	0.05	0.02
其它籍貫 vs 台閩	0.03	0.03	0.28
客家 vs 台閩	-0.01	0.04	0.72
研究所以上 vs 高中職以下	0.07	0.04	0.08
大專/大學 vs 高中職以下	0.02	0.04	0.58
Risk Level	0.06	0.02	0.01
Time	-0.02	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.02	0.01	0.10

依變項: log SDNN(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

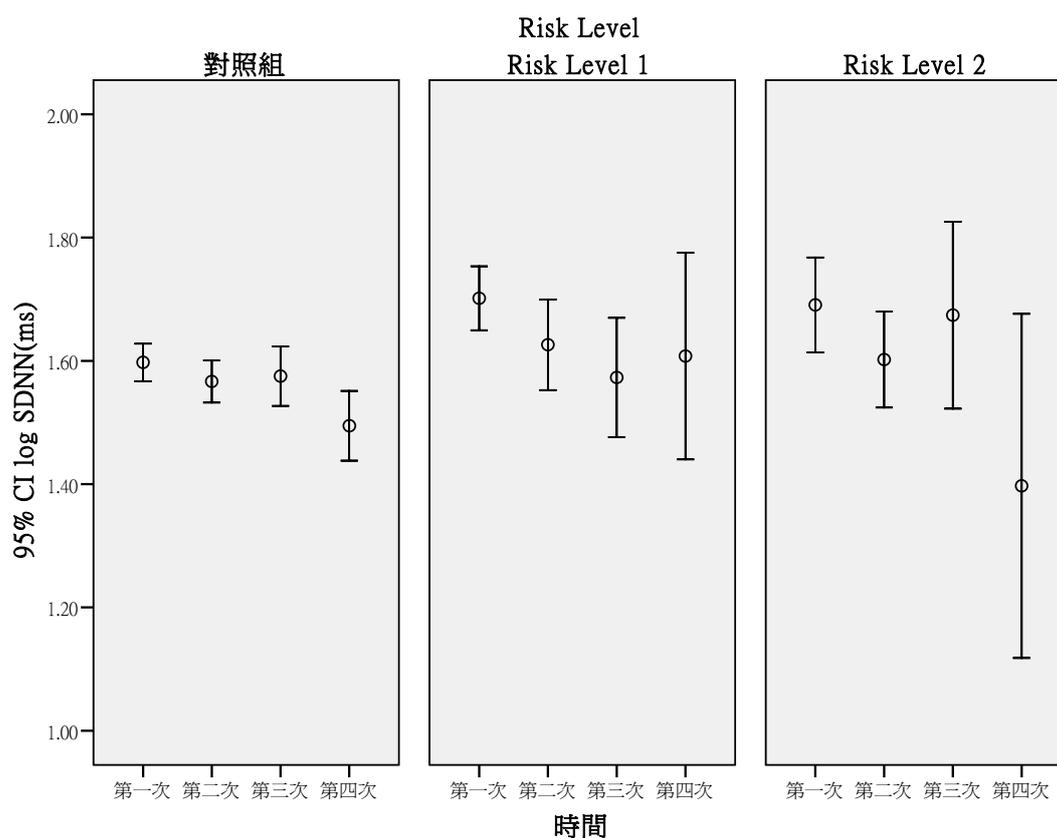


圖 141 其他奈米物質處置者之 SDNN(ms)重覆測量分布情形

表 306 SDNN(ms)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.09	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.02	0.89
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.09	0.04	0.01
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.11	0.04	0.01
其它籍貫 vs 台閩	0.02	0.03	0.54
客家 vs 台閩	0.01	0.03	0.68
研究所以上 vs 高中職以下	0.02	0.04	0.57
大專/大學 vs 高中職以下	0.00	0.04	0.97
RL2vs 對照組	0.10	0.06	0.08
RL1vs 對照組	0.10	0.04	0.01
Time	-0.02	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.03	0.03	0.24
RL1*Time	-0.03	0.02	0.13

校正變項: log SDNN(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 307 SDNN(ms)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.09	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.02	0.85
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.09	0.04	0.02
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.11	0.04	<0.01
其它籍貫 vs 台閩	0.02	0.03	0.45
客家 vs 台閩	0.01	0.03	0.71
研究所以上 vs 高中職以下	0.03	0.04	0.49
大專/大學 vs 高中職以下	0.00	0.04	0.94
Risk Level	0.06	0.03	0.03
Time	-0.02	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.02	0.01	0.12

校正變項: log SDNN(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 308 RMSSD(ms)(心臟負荷指數)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	34.61	±	18.89	<0.01
	>40, 40 歲以上	95	29.26	±	16.75	
性別	女	87	33.16	±	17.88	0.71
	男	198	32.68	±	18.60	
抽菸習慣	無	254	33.26	±	18.46	0.26
	有	30	30.00	±	17.14	
喝酒習慣	無	259	32.70	±	17.29	0.60
	有	26	34.10	±	27.17	
嚼檳榔習慣	無	277	33.09	±	18.41	0.11
	有	8	23.58	±	14.06	
籍貫	台閩	220	31.55	±	17.50	0.01
	客家	40	41.04	±	21.79	
	其它(原住民與外省籍)	24	30.64	±	17.29	
教育程度	高中職以下	47	27.41	±	13.19	<0.01
	大專/大學	126	31.01	±	19.12	
	研究所以上	111	37.41	±	18.39	

*p* 值使用無母數分析

表 309 RMSSD(ms)(心臟負荷指數)在不同疾病狀況下之分布情形

變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎 無	267	32.89	±	18.58	0.94
有	17	31.21	±	15.10	
氣喘 無	275	32.93	±	18.47	0.55
有	8	29.46	±	16.13	
鼻炎 無	234	33.20	±	19.19	0.92
有	51	31.12	±	13.88	
心律不整 無	274	32.43	±	17.39	0.41
有	11	42.75	±	34.61	
心絞痛 無	282	32.99	±	18.37	0.06
有	3	17.64	±	7.57	
心臟瓣膜疾病 無	280	32.82	±	18.26	0.73
有	5	32.97	±	25.59	
高血脂 無	263	33.13	±	18.55	0.40
有	22	29.25	±	15.72	
高血壓 無	261	32.99	±	18.65	0.98
有	24	31.10	±	14.89	
異位性皮膚炎 無	262	33.12	±	18.58	0.46
有	23	29.43	±	15.52	
過敏性皮膚炎 無	250	33.41	±	19.00	0.31
有	35	28.66	±	12.23	
色素沉澱 無	277	32.96	±	18.44	0.51
有	8	28.32	±	15.33	
毛囊炎 無	273	32.45	±	18.13	0.15
有	12	41.37	±	22.04	

*p* 值使用無母數分析

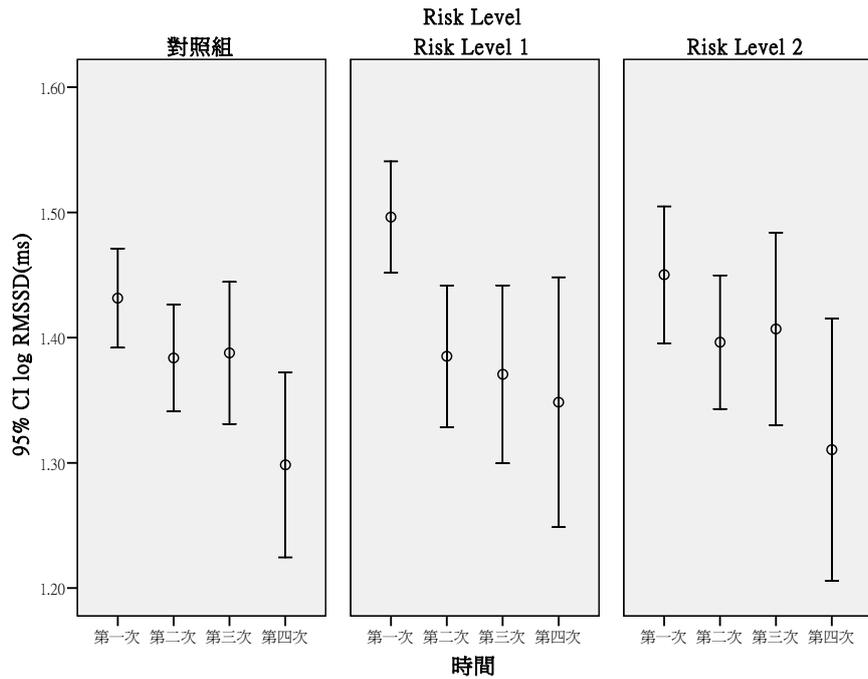


圖 142 RMSSD(ms)(心臟負荷指數)之重覆測量分布情形

表 310 RMSSD(ms)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.09	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.06	0.02	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.04	0.39
其它籍貫 vs 台閩	-0.02	0.04	0.61
客家 vs 台閩	0.08	0.03	0.01
研究所以上 vs 高中職以下	0.05	0.04	0.16
大專/大學 vs 高中職以下	-0.01	0.03	0.87
RL2vs 對照組	0.01	0.04	0.89
RL1vs 對照組	0.09	0.04	0.02
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	0.00	0.02	0.96
RL1*Time	-0.03	0.02	0.10

依變項: log RMSSD(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 311 RMSSD(ms)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.09	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.06	0.02	0.02
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.04	0.40
其它籍貫 vs 台閩	-0.02	0.04	0.63
客家 vs 台閩	0.08	0.03	0.02
研究所以上 vs 高中職以下	0.05	0.04	0.14
大專/大學 vs 高中職以下	0.00	0.03	0.89
Risk Level	0.01	0.02	0.76
Time	-0.04	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.84

依變項: log RMSSD(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

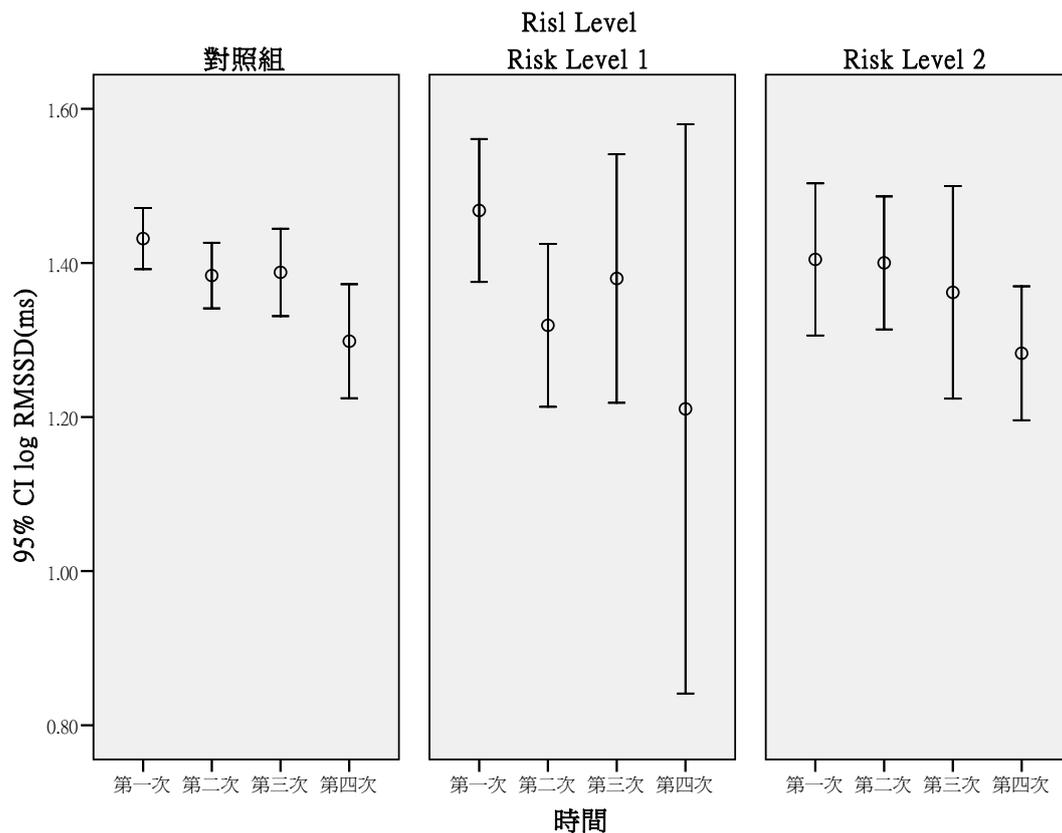


圖 143 奈米碳管處置者之 RMSSD(ms)(心臟負荷指數)重覆測量分布情形

表 312 RMSSD(ms)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.07	0.03	0.04
性別(男 vs 女)	-0.06	0.03	0.05
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.04	0.28
其它籍貫 vs 台閩	-0.02	0.05	0.60
客家 vs 台閩	0.06	0.05	0.25
研究所以上 vs 高中職以下	0.08	0.05	0.10
大專/大學 vs 高中職以下	0.00	0.04	0.96
RL2vs 對照組	-0.06	0.06	0.30
RL1vs 對照組	0.09	0.06	0.13
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	0.02	0.02	0.41
RL1*Time	-0.05	0.03	0.06

依變項: log RMSSD(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 313 RMSSD(ms)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.07	0.03	0.04
性別(男 vs 女)	-0.06	0.03	0.04
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.04	0.31
其它籍貫 vs 台閩	-0.02	0.05	0.59
客家 vs 台閩	0.06	0.05	0.29
研究所以上 vs 高中職以下	0.08	0.05	0.08
大專/大學 vs 高中職以下	0.00	0.04	1.00
Risk Level	-0.01	0.03	0.62
Time	-0.04	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.98

依變項: log RMSSD(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

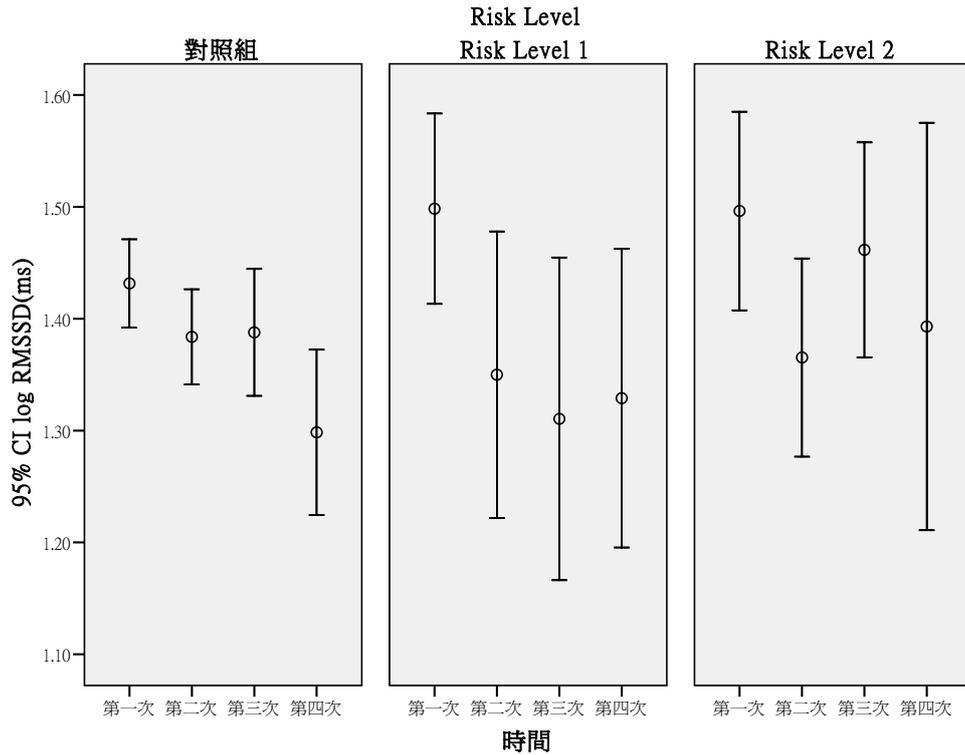


圖 144 奈米級二氧化鈦處置者之 RMSSD(ms)(心臟負荷指數)重覆測量分布情形

表 314 RMSSD(ms)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.08	0.03	0.01
性別(男 vs 女)	-0.09	0.03	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.08	0.05	0.16
其它籍貫 vs 台閩	-0.01	0.05	0.86
客家 vs 台閩	0.04	0.04	0.40
研究所以上 vs 高中職以下	0.06	0.05	0.28
大專/大學 vs 高中職以下	-0.03	0.04	0.50
RL2vs 對照組	0.06	0.06	0.29
RL1vs 對照組	0.10	0.05	0.06
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	0.00	0.02	0.84
RL1*Time	-0.04	0.02	0.04

依變項: log RMSSD(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 315 RMSSD(ms)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.08	0.03	0.01
性別(男 vs 女)	-0.09	0.03	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.07	0.05	0.16
其它籍貫 vs 台閩	-0.01	0.05	0.83
客家 vs 台閩	0.04	0.04	0.39
研究所以上 vs 高中職以下	0.05	0.05	0.30
大專/大學 vs 高中職以下	-0.03	0.04	0.47
Risk Level	0.04	0.03	0.19
Time	-0.04	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.58

依變項: log RMSSD(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

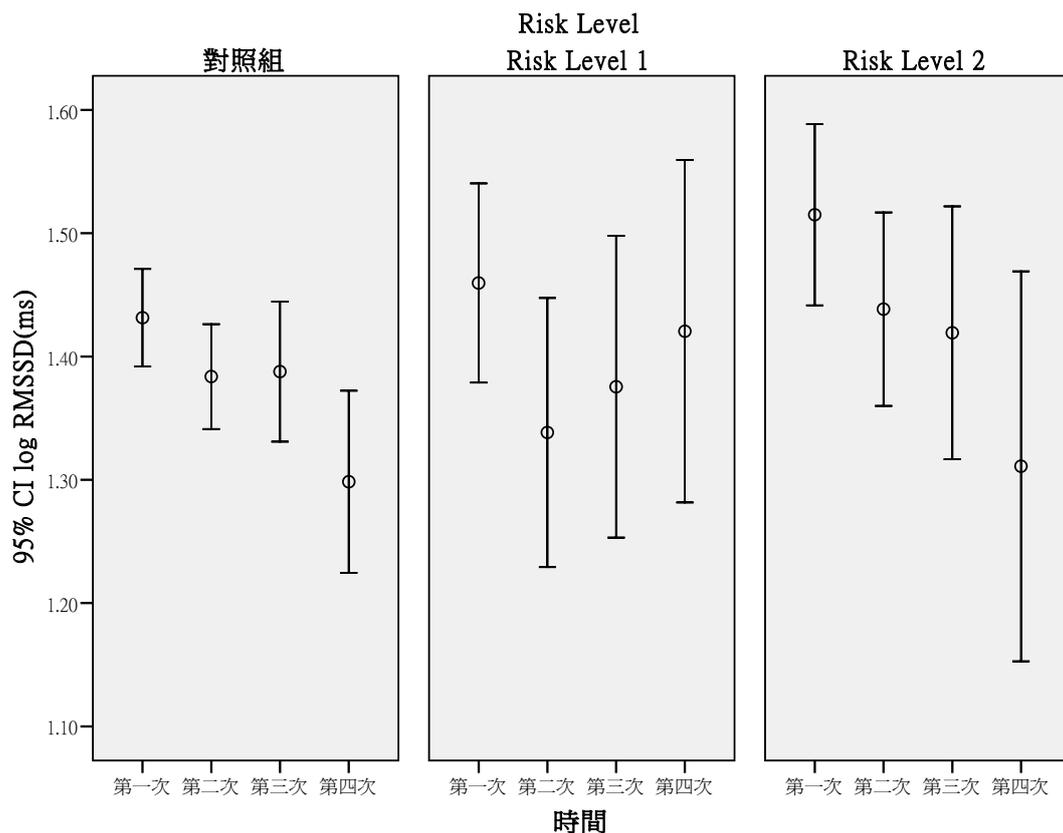


圖 145 奈米級二氧化矽處置者之 RMSSD(ms)(心臟負荷指數)重覆測量分布情形

表 316 RMSSD(ms)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs < 40 歲	-0.08	0.03	0.01
性別(男 vs 女)	-0.07	0.03	0.02
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.04	0.62
其它籍貫 vs 台閩	-0.01	0.04	0.74
客家 vs 台閩	0.03	0.04	0.49
研究所以上 vs 高中職以下	0.07	0.04	0.10
大專/大學 vs 高中職以下	0.00	0.04	0.93
RL2vs 對照組	0.09	0.06	0.09
RL1vs 對照組	0.04	0.05	0.49
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.02	0.02	0.35
RL1*Time	-0.01	0.02	0.74

依變項: log RMSSD(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 317 RMSSD(ms)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs < 40 歲	-0.08	0.03	0.01
性別(男 vs 女)	-0.07	0.03	0.02
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.04	0.64
其它籍貫 vs 台閩	-0.01	0.04	0.74
客家 vs 台閩	0.03	0.04	0.47
研究所以上 vs 高中職以下	0.07	0.04	0.10
大專/大學 vs 高中職以下	0.00	0.04	0.92
Time	-0.03	0.01	<0.01
Risk Level	0.05	0.03	0.09
Time * Risk Level	-0.01	0.01	0.35

依變項: log RMSSD(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 教育程度, Time, Risk Level, Time \* Risk Level

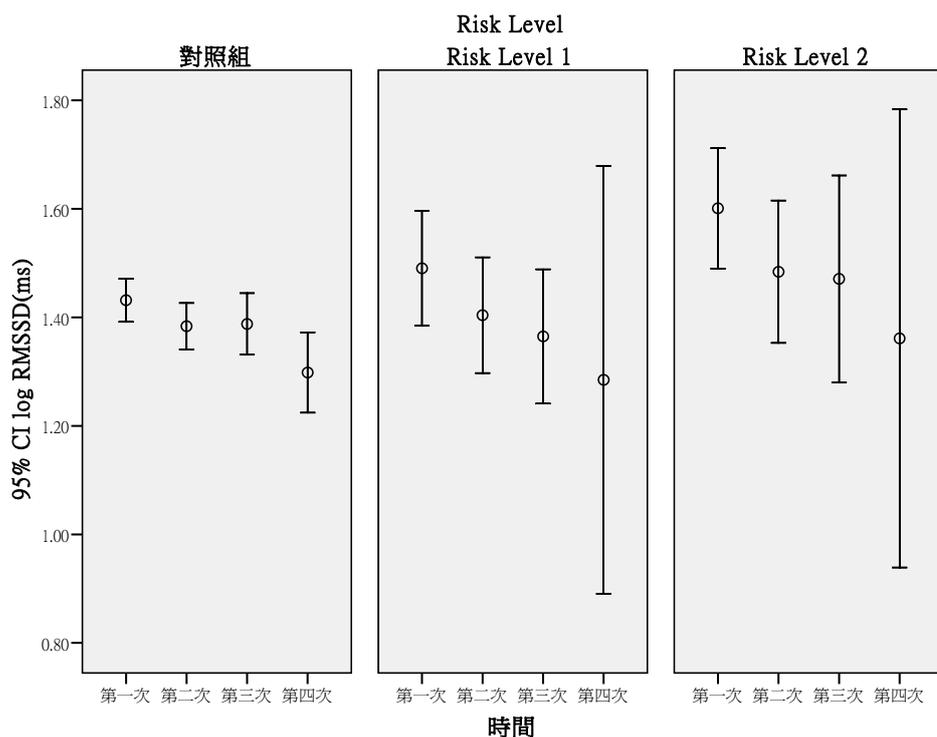


圖 146 奈米銀處置者之 RMSSD(ms)(心臟負荷指數)重覆測量分布情形

表 318 RMSSD(ms)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.09	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.09	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.05	0.89
其它籍貫 vs 台閩	0.01	0.04	0.84
客家 vs 台閩	-0.01	0.05	0.83
研究所以上 vs 高中職以下	0.09	0.04	0.04
大專/大學 vs 高中職以下	0.01	0.04	0.85
RL2vs 對照組	0.18	0.08	0.03
RL1vs 對照組	0.04	0.07	0.57
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.05	0.03	0.15
RL1*Time	-0.02	0.03	0.52

依變項: log RMSSD(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 319 RMSSD(ms)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.09	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.09	0.03	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.05	0.96
其它籍貫 vs 台閩	0.00	0.04	0.99
客家 vs 台閩	0.00	0.05	0.92
研究所以上 vs 高中職以下	0.09	0.05	0.06
大專/大學 vs 高中職以下	0.01	0.04	0.87
Risk Level	0.08	0.04	0.02
Time	-0.03	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.02	0.01	0.12

依變項: log RMSSD(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

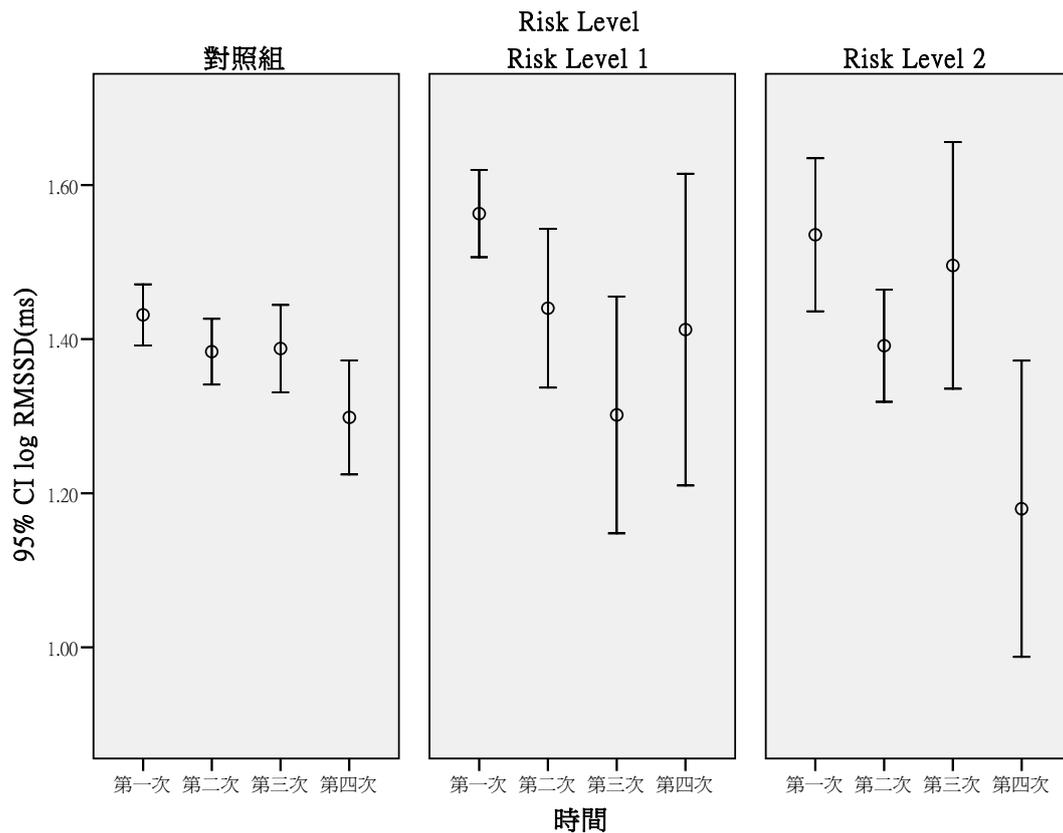


圖 147 其他奈米物質處置者之 RMSSD(ms)(心臟負荷指數)重覆測量分布情形

表 320 RMSSD(ms)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs < 40 歲	-0.09	0.03	0.01
性別(男 vs 女)	-0.07	0.03	0.02
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.06	0.04	0.12
其它籍貫 vs 台閩	-0.01	0.05	0.80
客家 vs 台閩	0.04	0.04	0.38
研究所以上 vs 高中職以下	0.03	0.04	0.46
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.04	0.57
RL2vs 對照組	0.11	0.07	0.15
RL1vs 對照組	0.17	0.05	<0.01
Time	-0.03	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.04	0.03	0.17
RL1*Time	-0.06	0.03	0.02

校正變項: log RMSSD(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 321 RMSSD(ms)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs < 40 歲	-0.09	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.07	0.03	0.03
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.06	0.04	0.15
其它籍貫 vs 台閩	-0.01	0.05	0.89
客家 vs 台閩	0.04	0.04	0.41
研究所以上 vs 高中職以下	0.04	0.04	0.37
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.04	0.61
Risk Level	0.07	0.03	0.03
Time	-0.04	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.03	0.01	0.04

校正變項: log RMSSD(ms)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

B. 頻率域分析(Frequency Domain Analysis)-VLF、LF、HF、LF/HF 以及 TP

心率變異性除了時域分析外，還有頻域分析包含了 VLF(極低頻)、LF(低頻)、HF(高頻)、LF/HF 以及 Total Power(總能量)五種項目，在不同的生活習慣及不同疾病狀況針對 VLF、LF、HF、LF/HF 以及 Total Power(TP)進行分析，看這些項目在不同的生活習慣及不同疾病狀況下的分布情形是否有差異。

年齡小於等於 40 歲者其 LF、HF 顯著大於年齡大於 40 歲者( $p < 0.01$ ,  $p < 0.01$ )，TP 則年齡大於 40 歲者顯著低於年齡小於 40 歲者( $p < 0.01$ )，而男性其 LF 與 LF/HF 皆高於女性( $p = 0.01$ ,  $p < 0.01$ )，有嚼檳榔習慣其 TP 顯著低於沒有嚼檳榔習慣者( $p = 0.02$ )，在教育程度中則以研究所之 LF 最高，大專/大學者次之，高中職者最低( $p < 0.01$ )，而學歷為高中職者 TP 最低，大學/大專者次之，研究所最高( $p < 0.01$ )，VLF 則與不同生活習慣無統計上顯著相關(表 322、表 336、表 350、表 364、表 392)。

另外表 323、表 337、表 351、表 365、表 393 則說明 VLF、LF、HF、LF/HF 以及 Total Power 在不同疾病狀況下之情形，發現只有在 LF 中，無高血脂者其 LF 顯著高於有高血脂者( $p = 0.02$ )，其餘 VLF、HF、LF/HF 及 TP 則與疾病狀況無統計上顯著相關。

心率變異分析之中的壓力指數(PSI)是由 SDNN 反應出來的，在不同的生活習慣及人口學變項中，發現年齡大於 40 歲者其 PSI 顯著高於年齡小於 40 歲者( $p < 0.01$ )，有抽菸習慣者其 PSI 顯著高於沒有抽菸習慣者( $p < 0.01$ )，有嚼檳榔習慣其 PSI 顯著高於沒有嚼檳榔習慣者( $p < 0.01$ )，在教育程度上則以學歷為高中職者 PSI 最高，大學/大專者次之，研究所最低( $p < 0.01$ )(表 378)。表 379 顯示在不同疾病狀況下 PSI 分布沒有統計上差異。

最後一個 Total Power 之情形則是在不同的生活習慣及人口學變項中，發現年齡大於 40 歲者其 TP 顯著低於年齡小於 40 歲者( $p < 0.01$ )，有嚼檳榔習慣其 TP 顯著低於沒有嚼檳榔習慣者( $p = 0.02$ )，在教育程度上則以學歷為高中職者 TP 最低，大學/大專者次之，研究所最高( $p < 0.01$ )(表 392)。表 393 顯示在不同疾病狀況下 TP 分布沒有統計上差異。

將所有參數進行 Log 轉換後進行 GEE 分析，將 Risk Level 分成對照組、Risk Level1、Risk Level2 三組進行比較，表 324 中顯示控制了其他可能的干擾因子後，Risk Level1、Risk Level2 之 VLF 皆與對照組無統計上之差異，而 VLF 隨時間之變化而呈現下降之情形( $p=0.02$ )。而進行 Risk Level 趨勢分析後，VLF 沒有隨 Risk Level 程度增加而有所變化(表 325)。

表 338 中則說明 Risk Level2 與 Risk Level1 之 LF 皆與對照組沒有統計上顯著差異，而 LF 隨時間變化而降低( $p<0.01$ )。在 Risk Level 趨勢分析中則沒有看到有隨 Risk Level 程度增加而 LF 有統計上顯著變化(表 339)。

表 352 中以總體來說，Risk Level2 與 Risk Level1 之 HF 皆與對照組沒有統計上顯著差異，而 HF 隨時間變化而降低( $p=0.02$ )。在 Risk Level 趨勢分析中則沒有看到有隨 Risk Level 程度增加而 HF 有統計上顯著變化(表 353)。

LF/HF 這個參數則是在控制其他可能之干擾因子後，Risk Level2 與 Risk Level1 之 LF/HF 皆與對照組沒有統計上顯著差異(表 366)。在 Risk Level 趨勢分析中則沒有看到有隨 Risk Level 程度增加而 LF/HF 有統計上顯著變化(表 367)。

Total Power(TP)也以總體來看 Risk Level 分組並控制其他可能之干擾因子後，Risk Level2、Risk Level1 皆與對照組沒有統計上顯著差異，但是以時間來看，發現 TP 隨著時間變化而下降( $p<0.01$ )(表 394)。表 395 以 Risk Level 作趨勢分析，則沒有看到 TP 有隨 Risk Level 程度增加有變化之情形。

依照奈米暴露物質進行分組討論，以下針對奈米碳管暴露者進行分析，表 326 說明控制了其他可能的干擾因子後，Risk Level1、Risk Level2 之 VLF 皆與對照組無統計上之差異，而 VLF 隨時間之變化而呈現下降之情形( $p=0.01$ )。而進行 Risk Level 趨勢分析後，VLF 沒有隨 Risk Level 程度增加而有所變化(表 327)。

而 Risk Level2 與 Risk Level1 之 LF 皆與對照組沒有統計上顯著差

異，而 LF 隨時間變化而降低( $p<0.01$ )(表 340)。在 Risk Level 趨勢分析中則沒有看到有隨 Risk Level 程度增加而 LF 有統計上顯著變化(表 341)。

表 353 說明在奈米碳管暴露之下控制了其他可能的干擾因子後，Risk Level1、Risk Level2 之 HF 皆與對照組無統計上之差異，而 HF 隨時間之變化而呈現下降之情形( $p=0.02$ )。而進行 Risk Level 趨勢分析後，HF 沒有隨 Risk Level 程度增加而有所變化(表 355)。

表 368 說明控制了其他可能的干擾因子後，Risk Level1、Risk Level2 之 LF/HF 皆與對照組無統計上之差異。而進行 Risk Level 趨勢分析後，LF/HF 沒有隨 Risk Level 程度增加而有所變化(表 369)。

暴露奈米碳管者進行 Risk Level 分組並控制其他可能之干擾因子後，Risk Level2、Risk Level1 之 TP 皆與對照組沒有統計上顯著差異，但是以時間來看，發現 TP 隨著時間變化而下降( $p<0.01$ )(表 396)。表 397 以 Risk Level 作趨勢分析，則沒有看到 TP 有隨 Risk Level 程度增加有變化之情形。

在奈米級二氧化鈦暴露者中控制了其他可能的干擾因子後，Risk Level1、Risk Level2 之 VLF 皆與對照組無統計上之差異，而 VLF 隨時間之變化而呈現下降之情形( $p=0.01$ )(表 328)。而進行 Risk Level 趨勢分析後，VLF 沒有隨 Risk Level 程度增加而有所變化(表 329)。

以奈米級二氧化鈦暴露者來看，Risk Level2 與 Risk Level1 之 LF 皆與對照組沒有統計上顯著差異，而 LF 隨時間變化而降低( $p<0.01$ )(表 342)。在 Risk Level 趨勢分析中則沒有看到有隨 Risk Level 程度增加而 LF 有統計上顯著變化(表 343)。

表 356 說明在奈米級二氧化鈦暴露之下控制了其他可能的干擾因子後，Risk Level1、Risk Level2 之 HF 皆與對照組無統計上之差異，而 HF 隨時間之變化而呈現下降之情形( $p=0.02$ )。而進行 Risk Level 趨勢分析後，HF 沒有隨 Risk Level 程度增加而有所變化(表 357)。

表 370 說明在奈米級二氧化鈦暴露之下控制了其他可能的干擾因子後，Risk Level1、Risk Level2 之 LF/HF 皆與對照組無統計上之差異。而進行 Risk Level 趨勢分析後，LF/HF 沒有隨 Risk Level 程度增加而有所

變化(表 371)。

暴露奈米級二氧化鈦者進行 Risk Level 分組並控制其他可能之干擾因子後，Risk Level2、Risk Level1 皆與對照組沒有統計上顯著差異，但是以時間來看，發現 TP 隨著時間變化而下降( $p<0.01$ )(表 400)。表 399 以 Risk Level 作趨勢分析，則沒有看到 TP 有隨 Risk Level 程度增加有變化之情形。

在奈米級二氧化矽暴露者中控制了其他可能的干擾因子後，Risk Level1、Risk Level2 之 VLF 皆與對照組無統計上之差異，而 VLF 隨時間之變化而呈現下降之情形( $p=0.01$ )(表 330)。而進行 Risk Level 趨勢分析後，VLF 沒有隨 Risk Level 程度增加而有所變化(表 331)。

以奈米級二氧化矽暴露者來看，Risk Level2 與 Risk Level1 之 LF 皆與對照組沒有統計上顯著差異，而 LF 隨時間變化而降低( $p<0.01$ )(表 344)。在 Risk Level 趨勢分析中則沒有看到有隨 Risk Level 程度增加而 LF 有統計上顯著變化(表 345)。

表 357 說明在奈米級二氧化矽暴露之下控制了其他可能的干擾因子後，Risk Level1、Risk Level2 之 HF 皆與對照組無統計上之差異，而 HF 隨時間之變化而呈現下降之情形( $p=0.02$ )。而進行 Risk Level 趨勢分析後，HF 沒有隨 Risk Level 程度增加而有所變化(表 359)。

表 372 說明在奈米級二氧化矽暴露之下控制了其他可能的干擾因子後，Risk Level1、Risk Level2 之 LF/HF 皆與對照組無統計上之差異。而進行 Risk Level 趨勢分析後，LF/HF 沒有隨 Risk Level 程度增加而有所變化(表 373)。

暴露奈米級二氧化矽者進行 Risk Level 分組後，控制其他可能之干擾因子後，Risk Level2、Risk Level1 皆與對照組沒有統計上顯著差異，但是以時間來看，發現 TP 隨著時間變化而下降( $p<0.01$ )(表 400)。表 401 以 Risk Level 作趨勢分析，則沒有看到 TP 有隨 Risk Level 程度增加有變化之情形。

而在奈米銀暴露下，控制了其他可能之干擾因子後，發現 Risk Level1 其 VLF 高於對照組為 borderline ( $p=0.06$ )，而 VLF 隨時間之變化

而呈現下降之情形( $p=0.01$ )(表 332)。而進行 Risk Level 趨勢分析後，VLF 沒有隨 Risk Level 程度增加而有所變化(表 333)。

以奈米銀暴露者來看，Risk Level2 與 Risk Level1 之 LF 皆與對照組沒有統計上顯著差異，而 LF 隨時間變化而降低( $p<0.01$ )(表 345)。在 Risk Level 趨勢分析中則沒有看到有隨 Risk Level 程度增加而 LF 有統計上顯著變化(表 347)。

表 360 說明在奈米銀暴露之下控制了其他可能的干擾因子後，Risk Level2 之 HF 高於對照組有統計上顯著意義( $p=0.02$ )，而 HF 隨時間之變化而呈現下降之情形( $p=0.02$ )。而進行 Risk Level 趨勢分析後，HF 隨 Risk Level 程度增加而升高( $p=0.01$ ) (表 361)。

表 373 說明在奈米銀暴露之情形下，控制了其他可能的干擾因子後，Risk Level1、Risk Level2 之 LF/HF 皆與對照組無統計上之差異。而進行 Risk Level 趨勢分析後，LF/HF 沒有隨 Risk Level 程度增加而有所變化(表 375)。

暴露奈米銀者進行 Risk Level 分組後，控制其他可能之干擾因子後，Risk Level2、Risk Level1 皆與對照組沒有統計上顯著差異，但是以時間來看，發現 TP 隨著時間變化而下降( $p<0.01$ )(表 402)。表 343 以 Risk Level 作趨勢分析，則沒有看到 TP 有隨 Risk Level 程度增加有變化之情形。

除了上面所提到的奈米暴露物質以外，其餘的暴露物質我們歸納在一起進行分析，發現 Risk Level1 之 VLF 顯著高於對照組( $p=0.02$ )，VLF 隨時間之變化而呈現下降之情形( $p=0.01$ )(表 334)。表 335 中沒有看到 VLF 隨 Risk Level 程度增加而有統計上顯著之變化。

在其他奈米物質暴露下 Risk Level2 與 Risk Level1 之 LF 皆與對照組沒有統計上顯著差異，而 LF 隨時間變化而降低( $p<0.01$ ) (表 348)。表 349 中沒有看到 LF 隨 Risk Level 程度增加而有統計上顯著之變化。

表 362 說明在暴露其他奈米物質者，控制了其他可能的干擾因子後，Risk Level1 之 HF 高於對照組有統計上顯著意義( $p=0.02$ )，而 HF 隨時間之變化而呈現下降之情形( $p=0.02$ )。而進行 Risk Level 趨勢分析後，HF

隨 Risk Level 程度增加而升高，但未達統計上顯著( $p=0.09$ )(表 363)。

表 376 說明在其他奈米物質暴露下，控制了其他可能的干擾因子後，Risk Level1、Risk Level2 之 LF/HF 皆與對照組無統計上之差異。而進行 Risk Level 趨勢分析後，LF/HF 沒有隨 Risk Level 程度增加而有所變化(表 377)。

在其他奈米物質暴露下，發現控制了其他變項後，Risk Level1 的 TP 高於對照組，為 borderline ( $p=0.06$ )，而隨著時間變化，TP 有逐漸下降之情形( $p<0.01$ )(表 404)。表 405 則以 Risk Level 作趨勢分析，則沒有看到 TP 有隨 Risk Level 程度增加有變化之情形。

表 380 中顯示將 PSI 進行 Log 轉換後進行 GEE 分析，總體上看來 Risk Level 分組後，Risk Level2、Risk Level1 皆與對照組沒有統計上顯著差異，但是以時間來看，發現 PSI 隨著時間變化而上升( $p<0.01$ )。表 381 以 Risk Level 作趨勢分析，則沒有看到 PSI 有隨 Risk Level 程度增加有變化之情形。

再以暴露物質進行分組討論，暴露奈米碳管者進行 Risk Level 分組後，Risk Level2、Risk Level1 皆與對照組沒有統計上顯著差異，但是以時間來看，發現 PSI 隨著時間變化而上升( $p<0.01$ )(表 382)。表 383 以 Risk Level 作趨勢分析，則沒有看到 PSI 有隨 Risk Level 程度增加有變化之情形。

暴露奈米級二氧化鈦者進行 Risk Level 分組後，Risk Level2、Risk Level1 皆與對照組沒有統計上顯著差異，但是以時間來看，發現 PSI 隨著時間變化而上升( $p<0.01$ )(表 384)。表 385 以 Risk Level 作趨勢分析，則沒有看到 PSI 有隨 Risk Level 程度增加有變化之情形。

暴露奈米級二氧化矽者進行 Risk Level 分組後，Risk Level2 顯著低於對照組( $p=0.03$ )，以時間來看，發現 PSI 隨著時間變化而上升( $p<0.01$ )(表 386)。表 387 以 Risk Level 作趨勢分析，PSI 隨 Risk Level 程度增加而呈現下降之趨勢( $p=0.03$ )。

暴露奈米銀者進行 Risk Level 分組後，Risk Level2 顯著低於對照組( $p=0.01$ )，以時間來看，發現 PSI 隨著時間變化而上升( $p<0.01$ )(表 388)。

表 389 以 Risk Level 作趨勢分析，PSI 隨 Risk Level 程度增加而呈現下降之趨勢( $p=0.01$ )。

暴露其他奈米物質者，控制其他可能之干擾因子，Risk Level1 與 Risk Level2 之 PSI 皆低於對照組( $p=0.02, p=0.09$ )，以時間來看，發現 PSI 隨著時間變化而上升( $p<0.01$ )(表 390)。表 391 以 Risk Level 作趨勢分析，PSI 隨 Risk Level 程度增加而呈現下降之趨勢( $p=0.03$ )。

表 322 VLF(ms<sup>2</sup>)(極低頻)在不同生活習慣下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	<=40，40 歲以下	190	873.15	±	1049.21	0.23
	>40，40 歲以上	95	788.40	±	1071.23	
性別	女	87	829.58	±	982.34	0.71
	男	198	851.64	±	1088.39	
抽菸習慣	無	254	851.99	±	994.90	0.33
	有	30	812.25	±	1499.87	
喝酒習慣	無	259	819.46	±	946.71	0.49
	有	26	1098.31	±	1825.46	
嚼檳榔習慣	無	277	859.56	±	1066.79	0.06
	有	8	337.18	±	151.58	
籍貫	台閩	220	812.51	±	946.88	0.06
	客家	40	1189.25	±	1639.35	
	其它(原住民與外省籍)	24	583.15	±	606.77	
教育程度	高中職以下	47	709.60	±	828.21	0.23
	大專/大學	126	792.48	±	1038.69	
	研究所以上	111	969.09	±	1153.57	

*p* 值使用無母數分析

表 323 VLF(ms2)(極低頻)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	857.32	±	1083.34	0.81
	有	17	639.60	±	461.48	
氣喘	無	275	847.63	±	1057.20	0.39
	有	8	822.66	±	1167.80	
鼻炎	無	234	852.82	±	1082.46	0.60
	有	51	808.57	±	930.48	
心律不整	無	274	836.73	±	1058.65	0.29
	有	11	1048.36	±	997.26	
心絞痛	無	282	845.93	±	1059.06	0.98
	有	3	748.09	±	767.75	
心臟瓣膜疾病	無	280	843.37	±	1051.21	0.45
	有	5	930.70	±	1417.36	
高血脂	無	263	870.38	±	1089.53	0.27
	有	22	540.33	±	387.69	
高血壓	無	261	854.23	±	1070.12	0.63
	有	24	743.48	±	893.73	
異位性皮膚炎	無	262	840.18	±	1063.09	0.38
	有	23	898.68	±	984.79	
過敏性皮膚炎	無	250	871.83	±	1092.72	0.29
	有	35	652.58	±	719.32	
色素沉澱	無	277	848.08	±	1068.52	0.49
	有	8	734.71	±	408.08	
毛囊炎	無	273	828.99	±	1046.41	0.14
	有	12	1206.78	±	1239.78	

*p* 值使用無母數分析

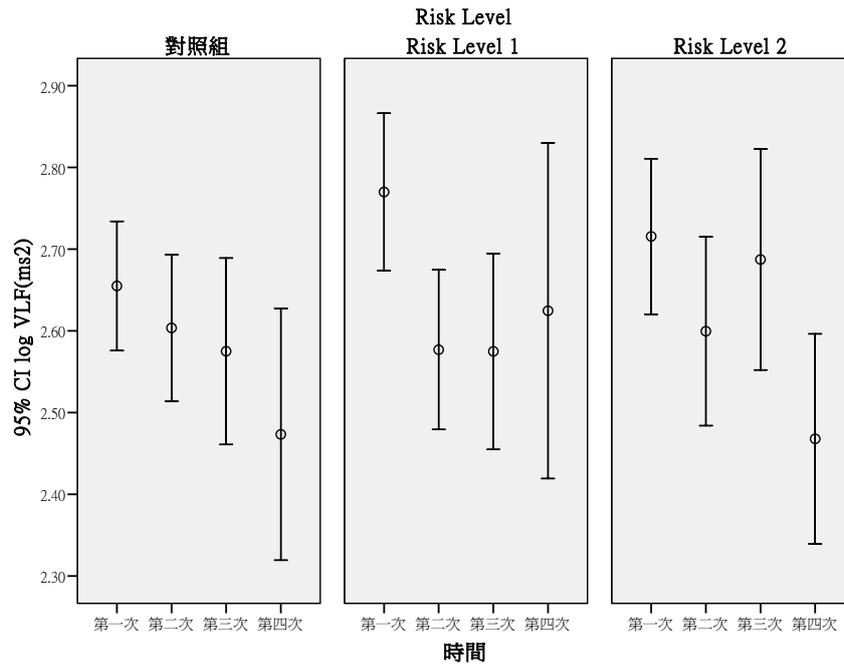


圖 148 VLF(ms<sup>2</sup>) (極低頻)之重覆測量分布情形

表 324 VLF(ms<sup>2</sup>)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.04	0.69
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.17	0.07	0.01
RL2vs 對照組	0.05	0.08	0.51
RL1vs 對照組	0.12	0.08	0.15
Time	-0.05	0.02	0.02
RL2*Time	0.01	0.03	0.86
RL1*Time	-0.03	0.04	0.47

依變項: log VLF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 325 VLF(ms<sup>2</sup>)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.02	0.04	0.63
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.17	0.07	0.01
Risk Level	0.03	0.04	0.45
Time	-0.06	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.02	0.94

依變項: log VLF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

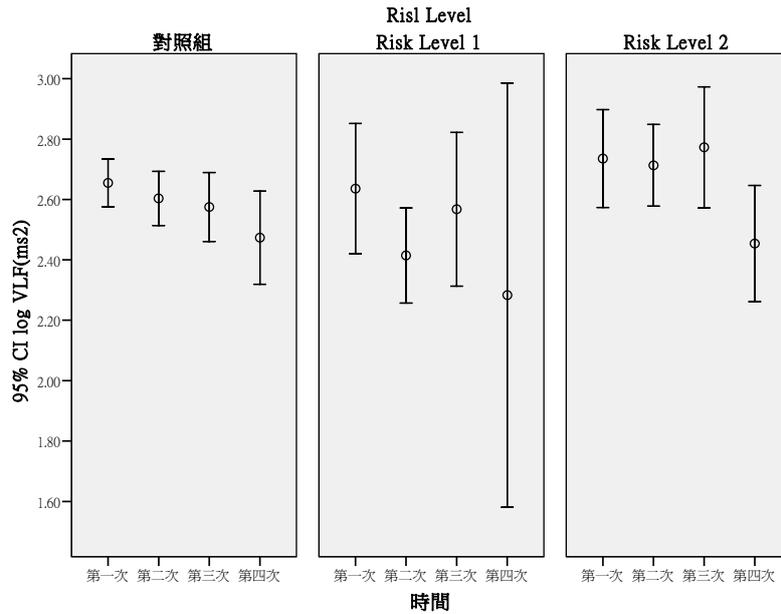


圖 149 奈米碳管處置者之 VLF(ms<sup>2</sup>) (極低頻)重覆測量分布情形

表 326 VLF(ms<sup>2</sup>)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.04	0.06	0.50
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.14	0.10	0.16
RL2vs 對照組	0.10	0.11	0.39
RL1vs 對照組	0.06	0.15	0.70
Time	-0.05	0.02	0.01
RL2*Time	0.01	0.04	0.78
RL1*Time	-0.07	0.07	0.32

依變項: log VLF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 327 VLF(ms<sup>2</sup>)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.06	0.06	0.34
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.15	0.10	0.13
Risk Level	0.05	0.06	0.35
Time	-0.06	0.02	0.01
Risk Level* Time	0.00	0.02	0.84

依變項: log VLF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

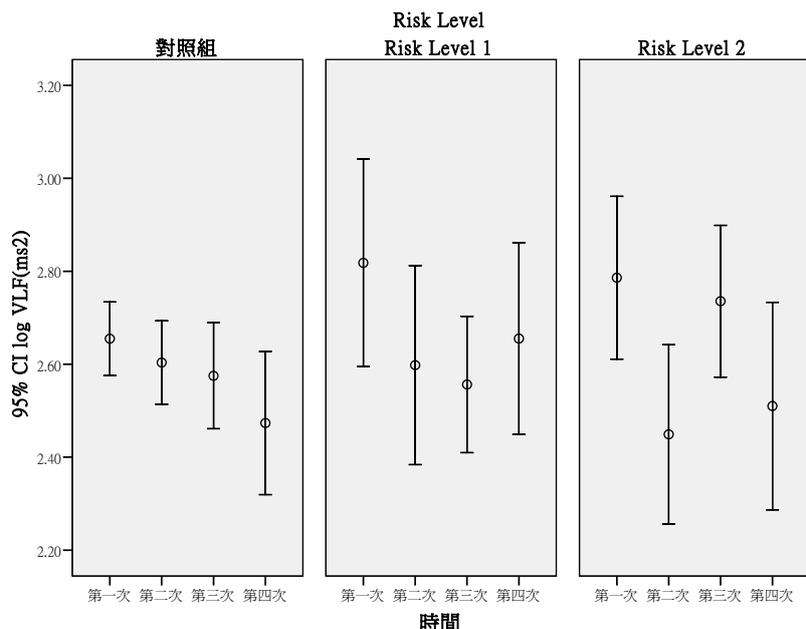


圖 150 奈米級二氧化鈦處置者之 VLF(ms<sup>2</sup>) (極低頻)重覆測量分布情形

表 328 VLF(ms<sup>2</sup>)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.01	0.06	0.84
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.26	0.09	0.01
RL2vs 對照組	0.11	0.12	0.35
RL1vs 對照組	0.12	0.15	0.45
Time	-0.05	0.02	0.01
RL2*Time	-0.01	0.05	0.81
RL1*Time	-0.02	0.05	0.75

依變項: log VLF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 329 VLF(ms<sup>2</sup>)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.01	0.05	0.89
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.26	0.09	0.01
Risk Level	0.06	0.06	0.30
Time	-0.05	0.02	0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.021	0.77

依變項: log VLF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

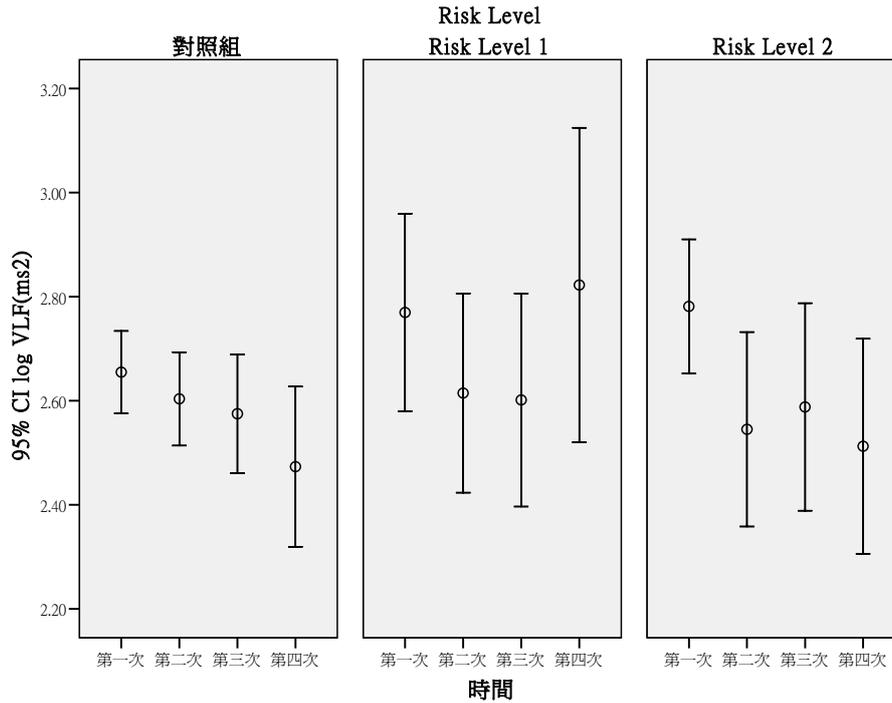


圖 151 奈米級二氧化矽處置者之 VLF(ms<sup>2</sup>) (極低頻)重覆測量分布情形

表 330 VLF(ms<sup>2</sup>)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.00	0.05	0.93
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.19	0.09	0.04
RL2vs 對照組	0.11	0.10	0.28
RL1vs 對照組	0.08	0.13	0.52
Time	-0.05	0.02	0.01
RL2*Time	-0.01	0.04	0.71
RL1*Time	0.01	0.06	0.81

依變項: log VLF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 331 VLF(ms<sup>2</sup>)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.01	0.05	0.81
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.21	0.09	0.03
Risk Level	0.06	0.05	0.25
Time	-0.05	0.02	0.02
Risk Level* Time	0.00	0.02	0.81

依變項: log VLF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

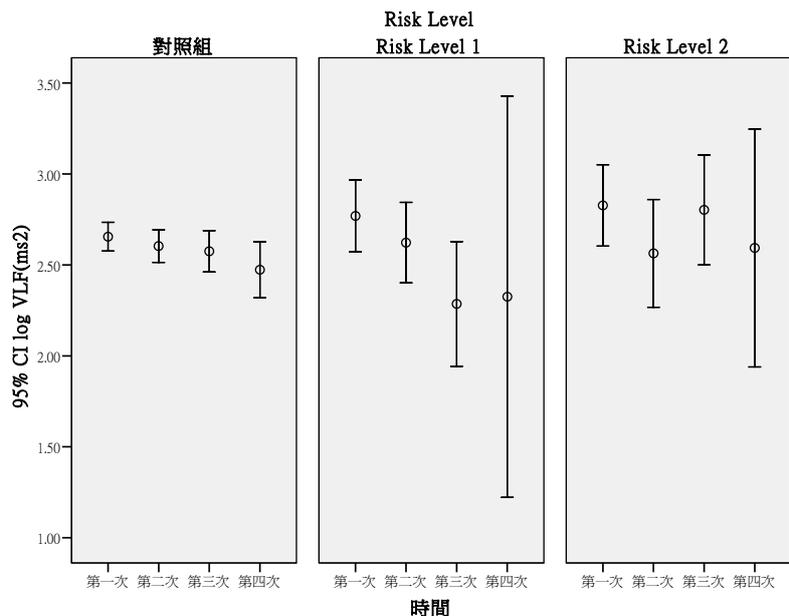


圖 152 奈米銀處置者之 VLF(ms<sup>2</sup>) (極低頻)重覆測量分布情形

表 332 VLF(ms<sup>2</sup>)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.09	0.06	0.13
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.08	0.12	0.47
RL2vs 對照組	0.12	0.16	0.43
RL1vs 對照組	0.24	0.13	0.06
Time	-0.05	0.02	0.01
RL2*Time	0.01	0.07	0.88
RL1*Time	-0.12	0.08	0.15

依變項: log VLF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 333 VLF(ms<sup>2</sup>)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.09	0.06	0.12
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.09	0.11	0.44
Risk Level	0.10	0.07	0.19
Time	-0.06	0.02	<0.01
Risk Level* Time	-0.02	0.04	0.62

依變項: log VLF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

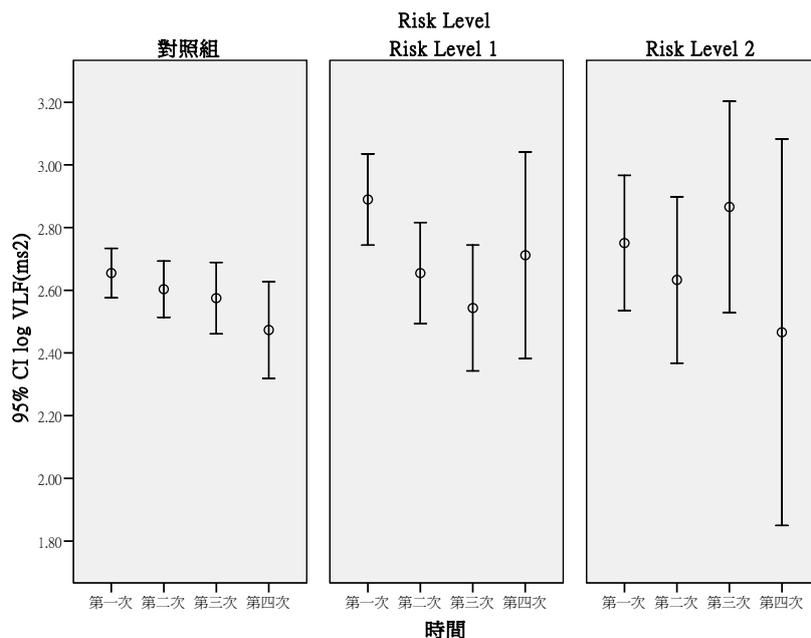


圖 153 其他奈米物質處置者之 VLF(ms<sup>2</sup>) (極低頻)重覆測量分布情形

表 334 VLF(ms<sup>2</sup>)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.03	0.05	0.53
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.17	0.10	0.10
RL2vs 對照組	0.03	0.15	0.85
RL1vs 對照組	0.28	0.12	0.02
Time	-0.05	0.02	0.01
RL2*Time	0.05	0.07	0.51
RL1*Time	-0.07	0.05	0.18

校正變項: log VLF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 335 VLF(ms<sup>2</sup>)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.03	0.05	0.61
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.16	0.10	0.12
Risk Level	0.06	0.07	0.35
Time	-0.06	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.03	0.89

校正變項: log VLF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 336 LF(ms2)(低頻)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	873.54	±	983.91	<0.01
	>40, 40 歲以上	95	547.52	±	817.29	
性別	女	87	520.52	±	465.77	0.01
	男	198	872.24	±	1071.92	
抽菸習慣	無	254	786.87	±	979.21	0.57
	有	30	603.25	±	539.75	
喝酒習慣	無	259	759.54	±	917.85	0.36
	有	26	817.99	±	1184.14	
嚼檳榔習慣	無	277	778.55	±	952.45	0.06
	有	8	291.16	±	193.52	
籍貫	台閩	220	773.15	±	1026.08	0.41
	客家	40	851.53	±	621.35	
	其它(原住民與外省籍)	24	548.78	±	485.06	
教育程度	高中職以下	47	533.47	±	534.82	<0.01
	大專/大學	126	591.60	±	584.19	
	研究所以上	111	1066.19	±	1278.30	

*p* 值使用無母數分析

表 337 LF(ms2)(低頻)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	768.28	±	944.46	0.68
	有	17	685.58	±	965.45	
氣喘	無	275	764.45	±	949.70	0.88
	有	8	815.03	±	812.71	
鼻炎	無	234	753.62	±	947.23	0.65
	有	51	816.49	±	930.21	
心律不整	無	274	741.97	±	878.59	0.77
	有	11	1335.25	±	1950.19	
心絞痛	無	282	769.82	±	946.52	0.31
	有	3	299.89	±	202.86	
心臟瓣膜疾病	無	280	742.26	±	881.68	0.92
	有	5	2031.02	±	2619.41	
高血脂	無	263	794.68	±	969.87	0.02
	有	22	408.47	±	378.49	
高血壓	無	261	772.47	±	955.89	0.45
	有	24	682.25	±	800.54	
異位性皮膚炎	無	262	793.44	±	974.58	0.11
	有	23	439.38	±	296.73	
過敏性皮膚炎	無	250	806.22	±	992.65	0.10
	有	35	469.54	±	327.84	
色素沉澱	無	277	773.37	±	952.96	0.45
	有	8	470.63	±	401.70	
毛囊炎	無	273	758.80	±	916.24	0.96
	有	12	902.92	±	1474.19	

*p* 值使用無母數分析

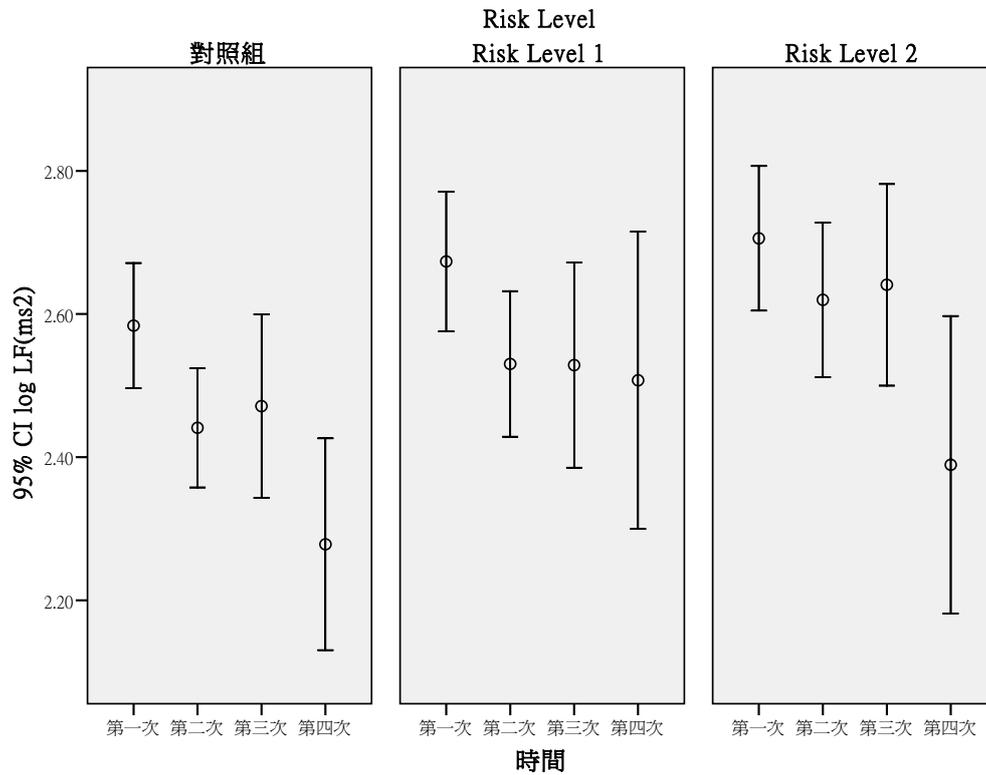


圖 154 LF(ms<sup>2</sup>) (低頻)之重覆測量分布情形

表 338 LF(ms<sup>2</sup>)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.26	0.05	<0.01
性別(男 vs 女)	0.11	0.05	0.02
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.18	0.09	0.04
研究所以上 vs 高中職以下	0.11	0.07	0.13
大專/大學 vs 高中職以下	0.05	0.07	0.44
高血脂(有 vs 無)	-0.17	0.10	0.10
RL2vs 對照組	0.04	0.08	0.59
RL1vs 對照組	0.02	0.08	0.78
Time	-0.08	0.02	<0.01
RL2*Time	0.02	0.03	0.45
RL1*Time	0.01	0.03	0.77

依變項: log LF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 339 LF(ms<sup>2</sup>)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.26	0.05	<0.01
性別(男 vs 女)	0.11	0.05	0.02
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.18	0.08	0.03
研究所以上 vs 高中職以下	0.11	0.07	0.13
大專/大學 vs 高中職以下	0.05	0.07	0.44
高血脂(有 vs 無)	-0.17	0.10	0.10
Risk Level	0.02	0.04	0.58
Time	-0.08	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.02	0.45

依變項: log LF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

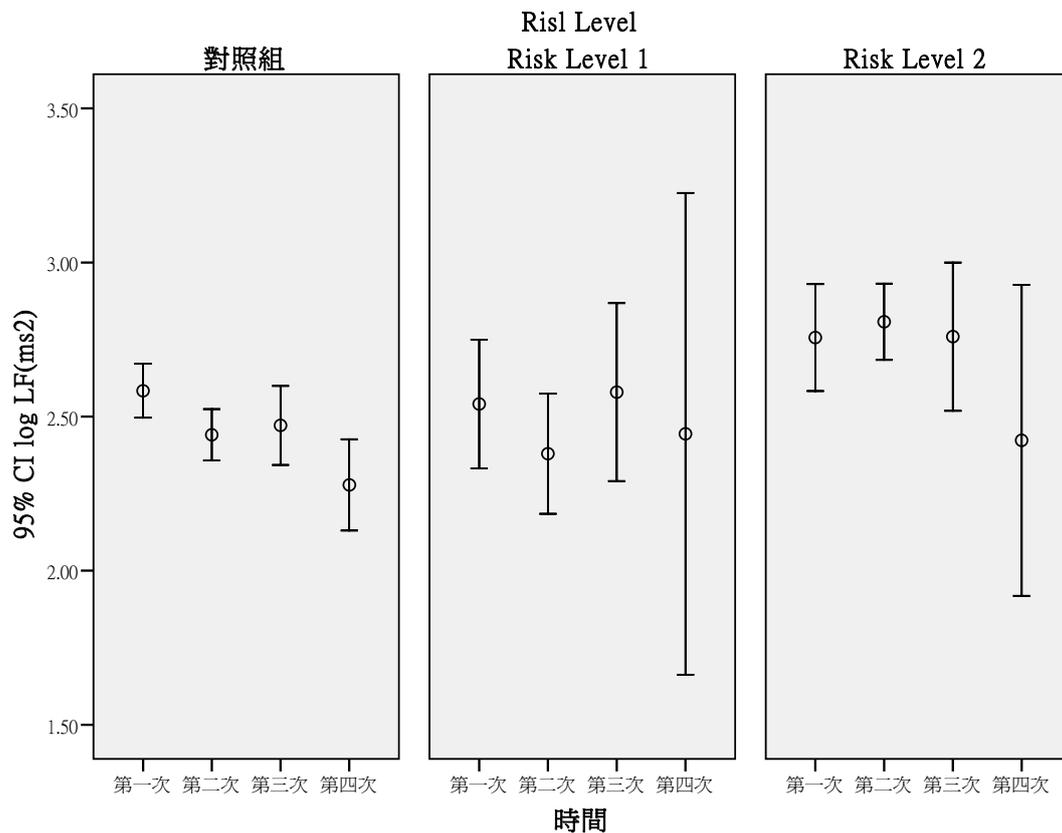


圖 155 奈米碳管處置者之 LF(ms<sup>2</sup>) (低頻)重覆測量分布情形

表 340 LF(ms2)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.23	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	0.13	0.06	0.03
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.14	0.13	0.28
研究所以上 vs 高中職以下	0.14	0.11	0.22
大專/大學 vs 高中職以下	0.02	0.11	0.84
高血脂(有 vs 無)	-0.09	0.13	0.46
RL2vs 對照組	0.03	0.12	0.79
RL1vs 對照組	-0.13	0.13	0.33
Time	-0.08	0.02	<0.01
RL2*Time	0.05	0.05	0.33
RL1*Time	0.02	0.06	0.70

依變項: log LF(ms2)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 341 LF(ms2)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.24	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	0.12	0.06	0.05
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.15	0.12	0.22
研究所以上 vs 高中職以下	0.12	0.11	0.29
大專/大學 vs 高中職以下	0.01	0.11	0.96
高血脂(有 vs 無)	-0.10	0.13	0.44
Risk Level	0.00	0.06	1.00
Time	-0.08	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.02	0.02	0.31

依變項: log LF(ms2)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

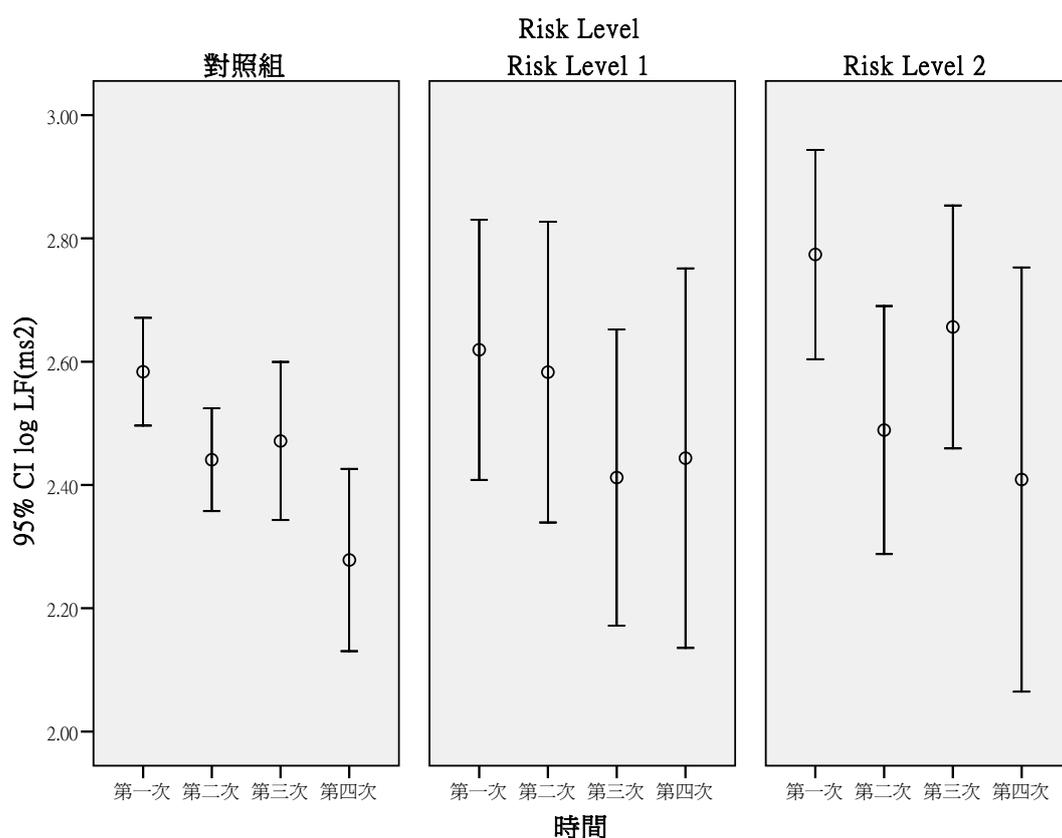


圖 156 奈米級二氧化鈦處置者之 LF(ms<sup>2</sup>) (低頻)重覆測量分布情形

表 342 LF(ms<sup>2</sup>)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.24	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	0.12	0.06	0.03
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.35	0.11	<0.01
研究所以上 vs 高中職以下	0.05	0.09	0.57
大專/大學 vs 高中職以下	-0.08	0.08	0.31
高血脂(有 vs 無)	-0.22	0.09	0.01
RL2vs 對照組	0.13	0.11	0.25
RL1vs 對照組	-0.07	0.13	0.61
Time	-0.08	0.02	<0.01
RL2*Time	0.00	0.04	0.95
RL1*Time	0.02	0.05	0.69

依變項: log LF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 343 LF(ms<sup>2</sup>)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.24	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	0.12	0.06	0.04
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.34	0.11	<0.01
研究所以上 vs 高中職以下	0.05	0.09	0.57
大專/大學 vs 高中職以下	-0.08	0.08	0.31
高血脂(有 vs 無)	-0.22	0.09	0.01
Risk Level	0.05	0.05	0.34
Time	-0.08	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.0004	0.02	0.98

依變項: log LF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

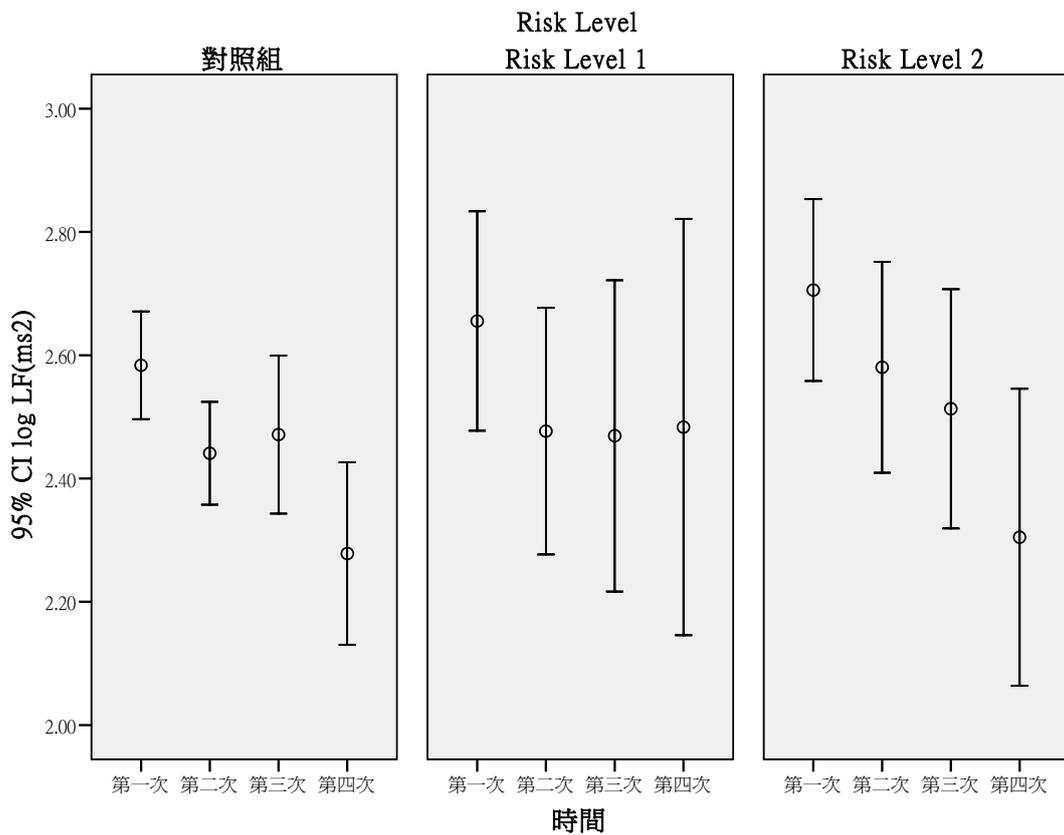


圖 157 奈米級二氧化矽處置者之 LF(ms<sup>2</sup>) (低頻)重覆測量分布情形

表 344 LF(ms<sup>2</sup>)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.25	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	0.10	0.05	0.08
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.21	0.10	0.04
研究所以上 vs 高中職以下	0.11	0.08	0.16
大專/大學 vs 高中職以下	0.00	0.08	0.97
高血脂(有 vs 無)	-0.20	0.11	0.07
RL2vs 對照組	0.08	0.10	0.43
RL1vs 對照組	0.02	0.11	0.87
Time	-0.08	0.02	<0.01
RL2*Time	0.01	0.04	0.82
RL1*Time	0.00	0.05	0.99

依變項: log LF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 345 LF(ms<sup>2</sup>)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.25	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	0.09	0.05	0.09
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.20	0.10	0.04
研究所以上 vs 高中職以下	0.11	0.08	0.15
大專/大學 vs 高中職以下	0.01	0.07	0.94
高血脂(有 vs 無)	-0.20	0.11	0.07
Risk Level	0.04	0.05	0.45
Time	-0.08	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.02	0.84

依變項: log LF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

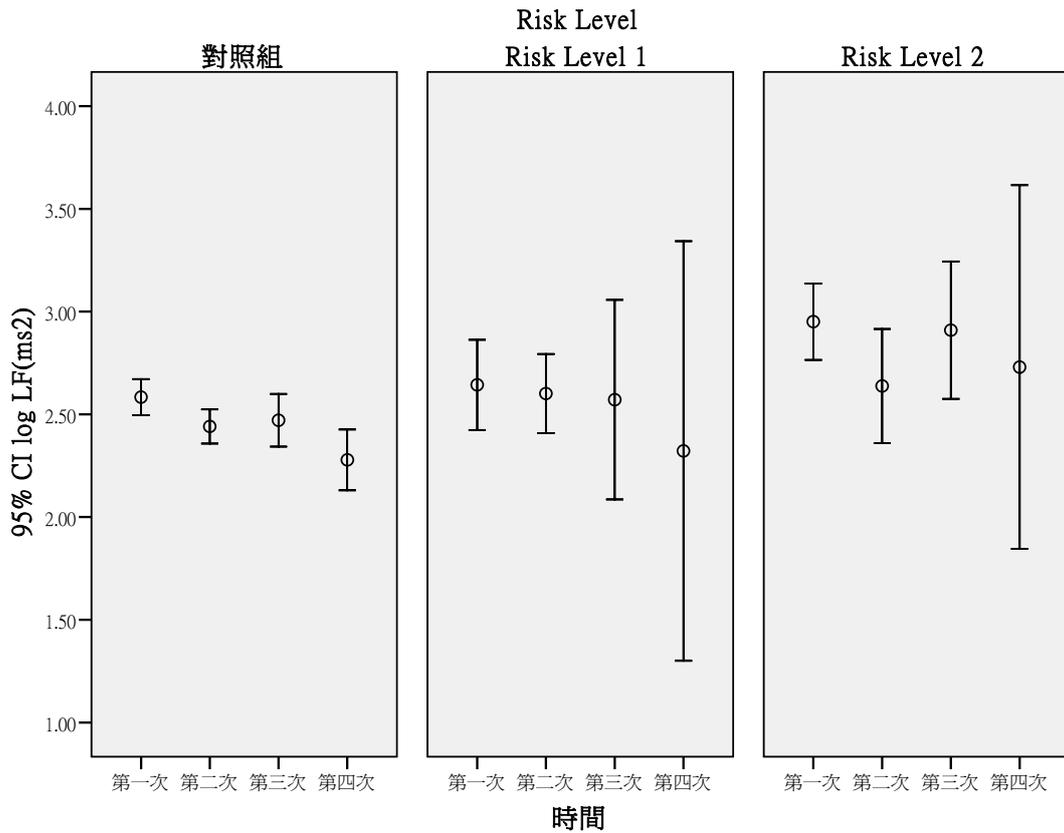


圖 158 奈米銀處置者之 LF(ms<sup>2</sup>) (低頻)重覆測量分布情形

表 346 LF(ms<sup>2</sup>)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.30	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	0.06	0.06	0.35
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.18	0.11	0.11
研究所以上 vs 高中職以下	0.12	0.10	0.23
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.09	0.86
高血脂(有 vs 無)	-0.16	0.14	0.26
RL2vs 對照組	0.17	0.11	0.13
RL1vs 對照組	0.05	0.12	0.65
Time	-0.08	0.02	<0.01
RL2*Time	0.02	0.05	0.68
RL1*Time	-0.01	0.06	0.82

依變項: log LF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 347 LF(ms<sup>2</sup>)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.30	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	0.06	0.06	0.32
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.19	0.11	0.08
研究所以上 vs 高中職以下	0.12	0.10	0.25
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.10	0.87
高血脂(有 vs 無)	-0.17	0.14	0.23
Risk Level	0.08	0.05	0.12
Time	-0.08	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.02	0.84

依變項: log LF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

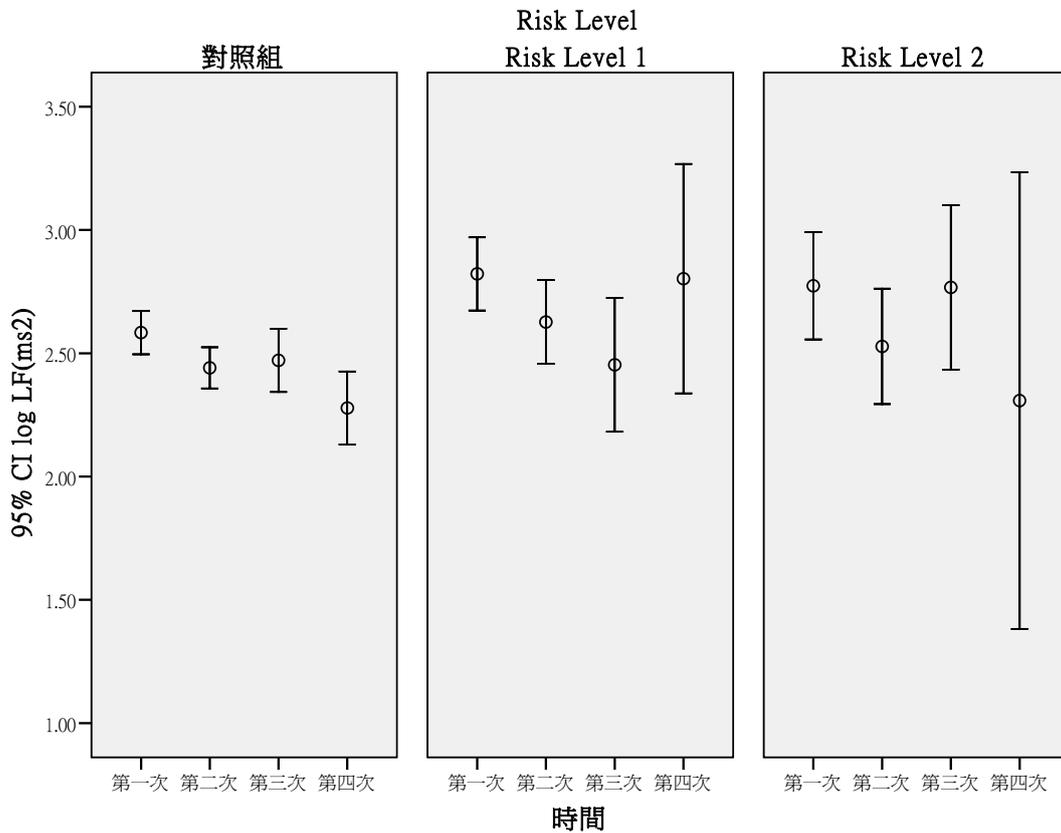


圖 159 其他奈米物質處置者之 LF(ms<sup>2</sup>) (低頻)重覆測量分布情形

表 348 LF(ms2)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs < 40 歲	-0.23	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	0.13	0.06	0.02
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.26	0.11	0.03
研究所以上 vs 高中職以下	0.05	0.09	0.60
大專/大學 vs 高中職以下	-0.03	0.09	0.75
高血脂(有 vs 無)	-0.27	0.11	0.02
RL2vs 對照組	0.13	0.14	0.36
RL1vs 對照組	0.18	0.11	0.11
Time	-0.08	0.02	<0.01
RL2*Time	-0.02	0.06	0.76
RL1*Time	-0.04	0.06	0.50

校正變項: log LF(ms2)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 349 LF(ms2)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs < 40 歲	-0.23	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	0.13	0.06	0.02
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.25	0.12	0.03
研究所以上 vs 高中職以下	0.06	0.09	0.52
大專/大學 vs 高中職以下	-0.03	0.09	0.78
高血脂(有 vs 無)	-0.27	0.11	0.01
Risk Level	0.08	0.06	0.20
Time	-0.08	0.02	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.03	0.60

校正變項: log LF(ms2)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 350 HF(ms2)(高頻)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	384.96	±	436.99	<0.01
	>40, 40 歲以上	95	233.20	±	292.35	
性別	女	87	372.07	±	484.31	0.50
	男	198	317.81	±	357.90	
抽菸習慣	無	254	345.35	±	410.72	0.07
	有	30	251.18	±	298.40	
喝酒習慣	無	259	330.76	±	386.12	0.63
	有	26	370.32	±	532.31	
嚼檳榔習慣	無	277	338.28	±	403.75	0.09
	有	8	199.25	±	251.52	
籍貫	台閩	220	321.66	±	402.17	0.49
	客家	40	405.54	±	342.97	
	其它(原住民與外省籍)	24	332.12	±	481.73	
教育程度	高中職以下	47	239.24	±	229.22	0.12
	大專/大學	126	331.45	±	452.74	
	研究所以上	111	380.60	±	390.78	

*p* 值使用無母數分析

表 351 HF(ms2)(高頻)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	337.99	±	410.84	0.99
	有	17	276.92	±	197.89	
氣喘	無	275	334.84	±	405.25	0.65
	有	8	342.71	±	278.49	
鼻炎	無	234	346.73	±	431.05	0.98
	有	51	277.65	±	204.62	
心律不整	無	274	330.12	±	397.85	0.46
	有	11	440.31	±	473.78	
心絞痛	無	282	336.75	±	402.03	0.13
	有	3	110.78	±	88.80	
心臟瓣膜疾病	無	280	336.59	±	402.71	0.24
	有	5	209.99	±	254.20	
高血脂	無	263	331.17	±	391.50	0.83
	有	22	372.63	±	506.75	
高血壓	無	261	339.93	±	411.30	0.50
	有	24	273.94	±	255.85	
異位性皮膚炎	無	262	338.63	±	407.25	0.56
	有	23	285.85	±	319.05	
過敏性皮膚炎	無	250	340.06	±	414.20	0.81
	有	35	293.73	±	287.02	
色素沉澱	無	277	336.68	±	404.31	0.58
	有	8	254.40	±	243.49	
毛囊炎	無	273	328.61	±	400.35	0.10
	有	12	465.51	±	401.59	

*p* 值使用無母數分析

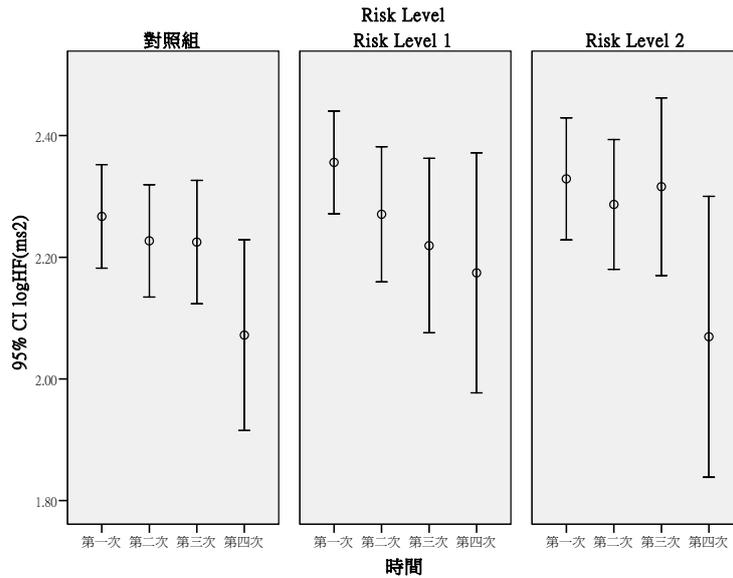


圖 160. HF(ms<sup>2</sup>) (高頻)之重覆測量分布情形

表 352 HF(ms<sup>2</sup>)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.31	0.05	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.10	0.05	0.05
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.16	0.07	0.03
RL2vs 對照組	0.03	0.08	0.68
RL1vs 對照組	0.09	0.07	0.20
Time	-0.04	0.02	0.02
RL2*Time	0.01	0.03	0.72
RL1*Time	-0.02	0.03	0.60

依變項: logHF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 353 HF(ms<sup>2</sup>)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.31	0.05	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.09	0.05	0.07
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.16	0.07	0.03
Risk Level	0.02	0.04	0.62
Time	-0.05	0.02	0.01
Risk Level* Time	0.00	0.02	0.77

依變項: logHF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

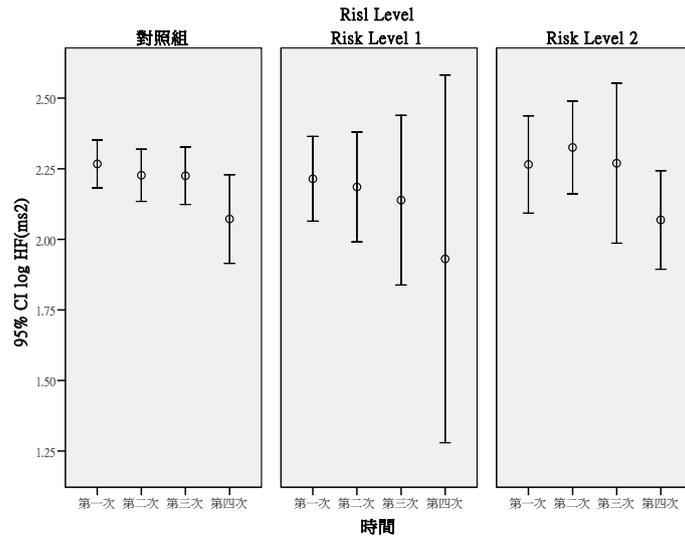


圖 161 奈米碳管處置者之 HF(ms<sup>2</sup>) (高頻)重覆測量分布情形

表 354 HF(ms<sup>2</sup>)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1·RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.27	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.06	0.06	0.37
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.13	0.09	0.13
RL2vs 對照組	-0.10	0.12	0.40
RL1vs 對照組	0.02	0.11	0.87
Time	-0.04	0.02	0.02
RL2*Time	0.05	0.04	0.16
RL1*Time	-0.03	0.05	0.63

依變項: logHF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 355 HF(ms<sup>2</sup>)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.27	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.06	0.06	0.32
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.13	0.09	0.13
Risk Level	-0.04	0.06	0.49
Time	-0.05	0.02	0.01
Risk Level* Time	0.02	0.02	0.31

依變項: logHF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

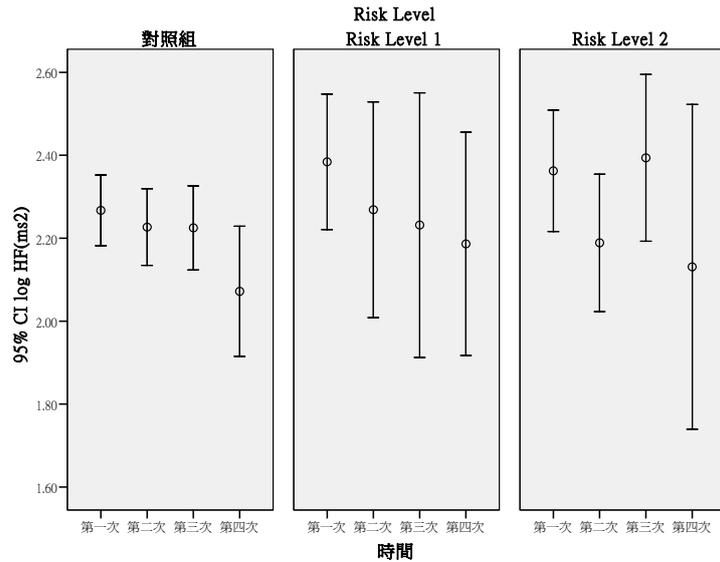


圖 162 奈米級二氧化鈦處置者之 HF(ms<sup>2</sup>) (高頻)重覆測量分布情形

表 356 HF(ms<sup>2</sup>)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.30	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.11	0.07	0.09
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.21	0.09	0.02
RL2vs 對照組	0.11	0.09	0.23
RL1vs 對照組	0.12	0.11	0.24
Time	-0.04	0.02	0.02
RL2*Time	0.00	0.04	0.95
RL1*Time	-0.02	0.05	0.64

依變項: logHF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 357 HF(ms<sup>2</sup>)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.30	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.11	0.06	0.09
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.22	0.09	0.02
Risk Level	0.06	0.05	0.18
Time	-0.04	0.02	0.02
Risk Level* Time	-0.003	0.02	0.87

依變項: logHF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

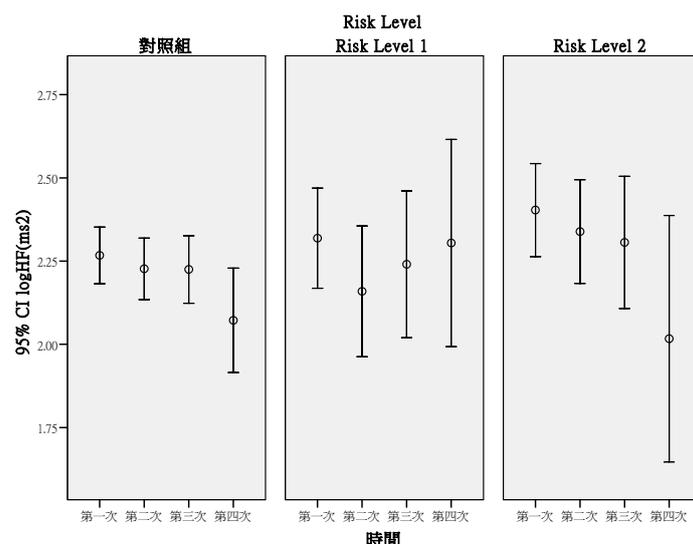


圖 163 奈米級二氧化矽處置者之 HF(ms<sup>2</sup>) (高頻)重覆測量分布情形

表 358 HF(ms<sup>2</sup>)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.30	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.08	0.06	0.15
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.14	0.09	0.11
RL2vs 對照組	0.17	0.10	0.11
RL1vs 對照組	0.01	0.09	0.94
Time	-0.04	0.02	0.02
RL2*Time	-0.02	0.04	0.64
RL1*Time	0.02	0.04	0.63

依變項: logHF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 359 HF(ms<sup>2</sup>)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.30	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.09	0.06	0.15
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.14	0.08	0.11
Risk Level	0.08	0.05	0.13
Time	-0.04	0.02	0.04
Risk Level* Time	-0.01	0.02	0.74

依變項: logHF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

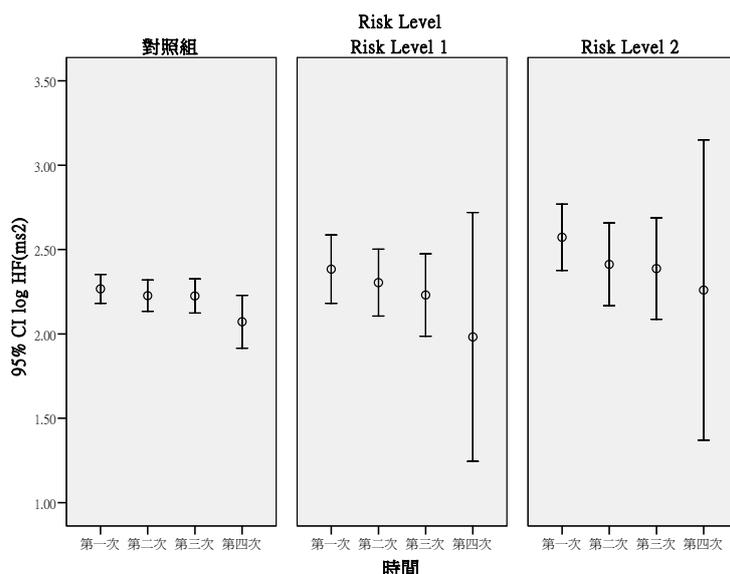


圖 164 奈米銀處置者之 HF(ms<sup>2</sup>) (高頻)重覆測量分布情形

表 360 HF(ms<sup>2</sup>)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.27	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.11	0.06	0.09
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.08	0.61
RL2vs 對照組	0.32	0.13	0.02
RL1vs 對照組	0.16	0.13	0.23
Time	-0.04	0.02	0.02
RL2*Time	-0.06	0.06	0.28
RL1*Time	-0.04	0.06	0.43

依變項: logHF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 361 HF(ms<sup>2</sup>)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.27	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.11	0.06	0.09
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.08	0.60
Risk Level	0.16	0.06	0.01
Time	-0.04	0.02	0.02
Risk Level* Time	-0.03	0.03	0.21

依變項: logHF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

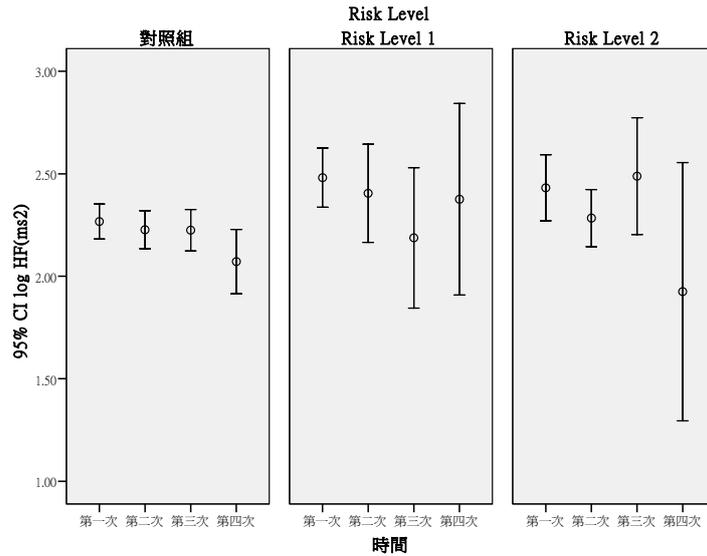


圖 165 其他奈米物質處置者之 HF(ms<sup>2</sup>) (高頻)重覆測量分布情形

表 362 HF(ms<sup>2</sup>)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.28	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.09	0.06	0.14
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.17	0.09	0.06
RL2vs 對照組	0.15	0.14	0.28
RL1vs 對照組	0.24	0.10	0.02
Time	-0.04	0.02	0.02
RL2*Time	-0.03	0.06	0.60
RL1*Time	-0.06	0.05	0.25

校正變項: logHF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 363 HF(ms<sup>2</sup>)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.28	0.06	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.09	0.06	0.17
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.16	0.08	0.05
Risk Level	0.10	0.06	0.09
Time	-0.05	0.02	0.01
Risk Level* Time	-0.02	0.03	0.37

校正變項: logHF(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 364 LF/HF(低高頻功率比)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	3.51	±	3.89	0.36
	>40, 40 歲以上	95	3.29	±	3.74	
性別	女	87	2.60	±	3.60	<0.01
	男	198	3.81	±	3.89	
抽菸習慣	無	254	3.39	±	3.85	0.35
	有	30	3.95	±	3.80	
喝酒習慣	無	259	3.41	±	3.90	0.83
	有	26	3.68	±	3.26	
嚼檳榔習慣	無	277	3.40	±	3.77	0.96
	有	8	4.83	±	5.87	
籍貫	台閩	210	2.79	±	2.79	0.72
	客家	39	2.89	±	4.41	
	其它(原住民與外省籍)	24	3.75	±	4.71	
教育程度	高中職以下	44	3.38	±	3.03	0.77
	大專/大學	123	2.72	±	3.52	
	研究所以上	106	2.90	±	3.04	

*p* 值使用無母數分析

表 365 LF/HF(低高頻功率比)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	3.42	±	3.76	0.45
	有	17	3.65	±	5.15	
氣喘	無	275	3.47	±	3.89	0.89
	有	8	2.67	±	1.69	
鼻炎	無	234	3.28	±	3.62	0.75
	有	51	4.15	±	4.69	
心律不整	無	274	3.46	±	3.86	0.37
	有	11	2.97	±	3.41	
心絞痛	無	282	3.44	±	3.86	0.60
	有	3	3.08	±	1.72	
心臟瓣膜疾病	無	280	3.37	±	3.71	0.36
	有	5	7.52	±	8.12	
高血脂	無	263	3.53	±	3.94	0.08
	有	22	2.30	±	2.16	
高血壓	無	261	3.41	±	3.71	0.52
	有	24	3.78	±	5.16	
異位性皮膚炎	無	262	3.51	±	3.93	0.17
	有	23	2.60	±	2.53	
過敏性皮膚炎	無	250	3.58	±	3.99	0.06
	有	35	2.43	±	2.34	
色素沉澱	無	277	3.47	±	3.88	0.87
	有	8	2.37	±	1.27	
毛囊炎	無	273	3.48	±	3.89	0.27
	有	12	2.41	±	2.37	

*p* 值使用無母數分析

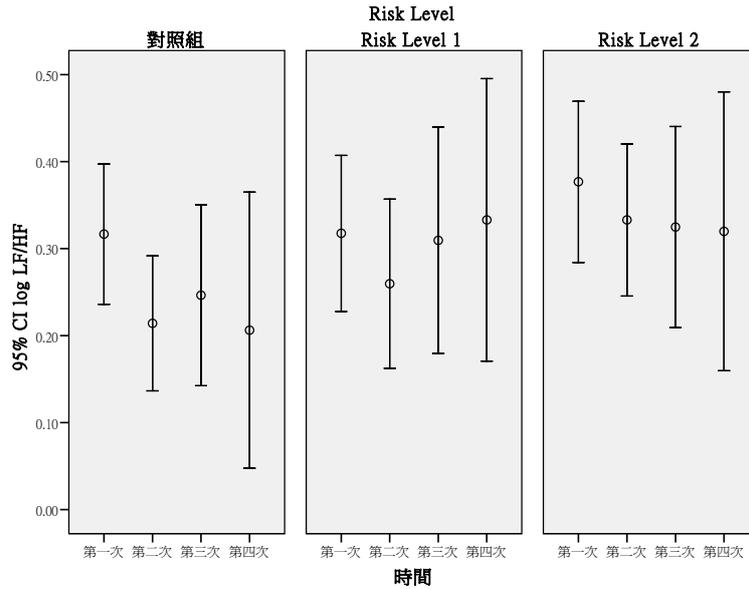


圖 166 LF/HF(低高頻功率比)之重覆測量分布情形

表 366 LF/HF 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.22	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.06	0.44
RL2vs 對照組	0.01	0.08	0.87
RL1vs 對照組	-0.07	0.08	0.39
Time	-0.03	0.02	0.09
RL2*Time	0.01	0.03	0.75
RL1*Time	0.02	0.03	0.43

依變項: log LF/HF

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 367 LF/HF 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.21	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.06	0.44
Risk Level	0.00	0.04	0.94
Time	-0.03	0.02	0.14
Risk Level* Time	0.01	0.02	0.70

依變項: log LF/HF

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

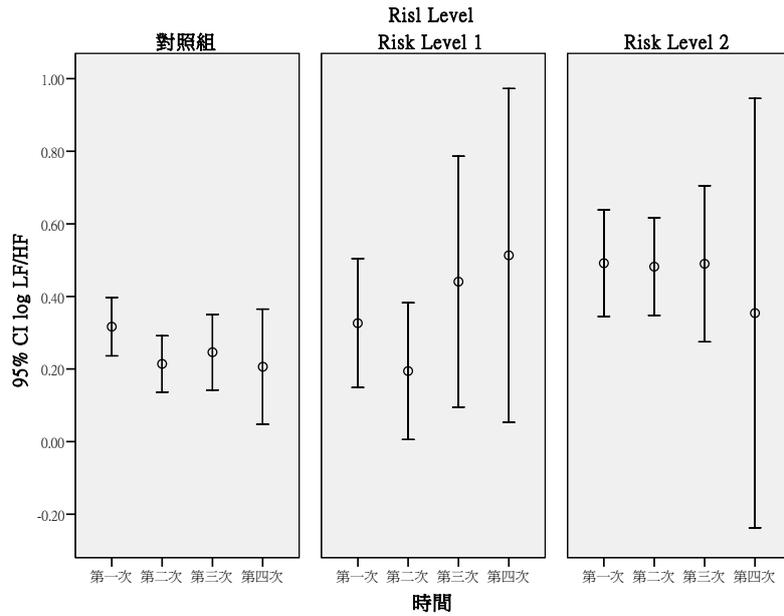


圖 167 奈米碳管處置者之 LF/HF(低高頻功率比)重覆測量分布情形

表 368 LF/HF 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.21	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.09	0.67
RL2vs 對照組	0.14	0.11	0.20
RL1vs 對照組	-0.14	0.12	0.26
Time	-0.03	0.02	0.10
RL2*Time	0.00	0.05	0.98
RL1*Time	0.06	0.05	0.29

依變項: log LF/HF

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 369 LF/HF 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.20	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.08	0.56
Risk Level	0.04	0.05	0.41
Time	-0.03	0.02	0.17
Risk Level* Time	0.01	0.02	0.74

依變項: log LF/HF

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

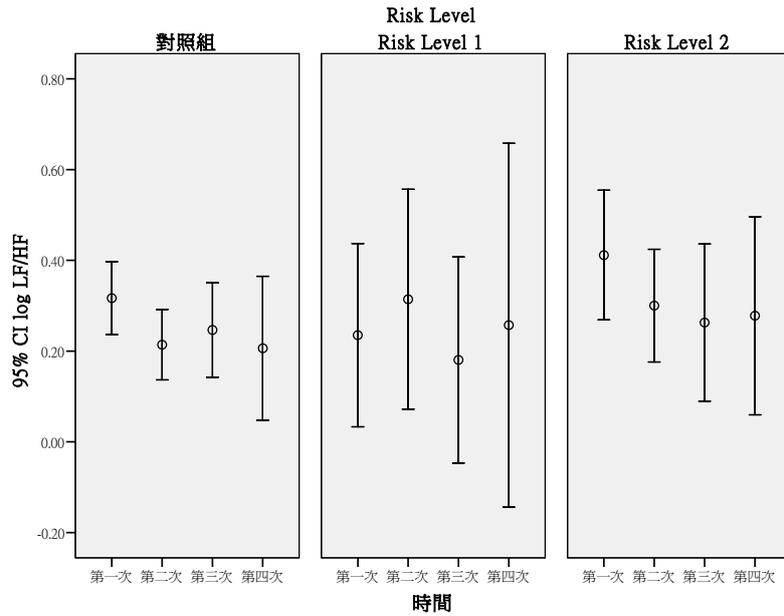


圖 168 奈米級二氧化鈦處置者之 LF/HF(低高頻功率比)重覆測量分布情形

表 370 LF/HF 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.24	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.14	0.07	0.05
RL2vs 對照組	0.06	0.10	0.58
RL1vs 對照組	-0.16	0.13	0.23
Time	-0.03	0.02	0.10
RL2*Time	-0.01	0.04	0.77
RL1*Time	0.04	0.06	0.52

依變項: log LF/HF

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 371 LF/HF 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.23	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.12	0.07	0.08
Risk Level	0.01	0.05	0.81
Time	-0.03	0.02	0.14
Risk Level* Time	-0.002	0.02	0.91

依變項: log LF/HF

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

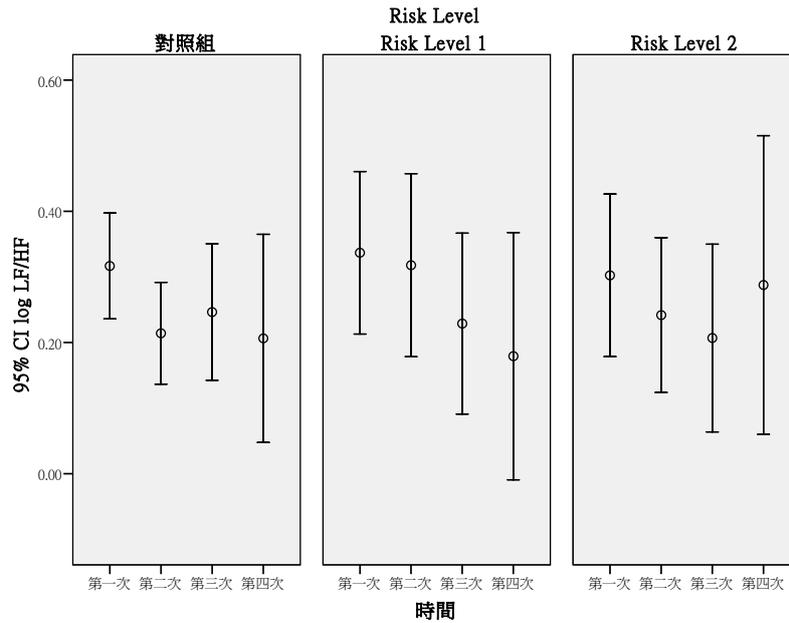


圖 169 奈米級二氧化矽處置者之 LF/HF(低高頻功率比)重覆測量分布情形

表 372 LF/HF 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.19	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.09	0.06	0.15
RL2vs 對照組	-0.07	0.10	0.50
RL1vs 對照組	0.05	0.09	0.56
Time	-0.03	0.02	0.10
RL2*Time	0.02	0.04	0.58
RL1*Time	-0.03	0.04	0.42

依變項: log LF/HF

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 373 LF/HF 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.19	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.09	0.06	0.15
Risk Level	-0.02	0.05	0.62
Time	-0.04	0.02	0.05
Risk Level* Time	0.01	0.02	0.72

依變項: log LF/HF

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

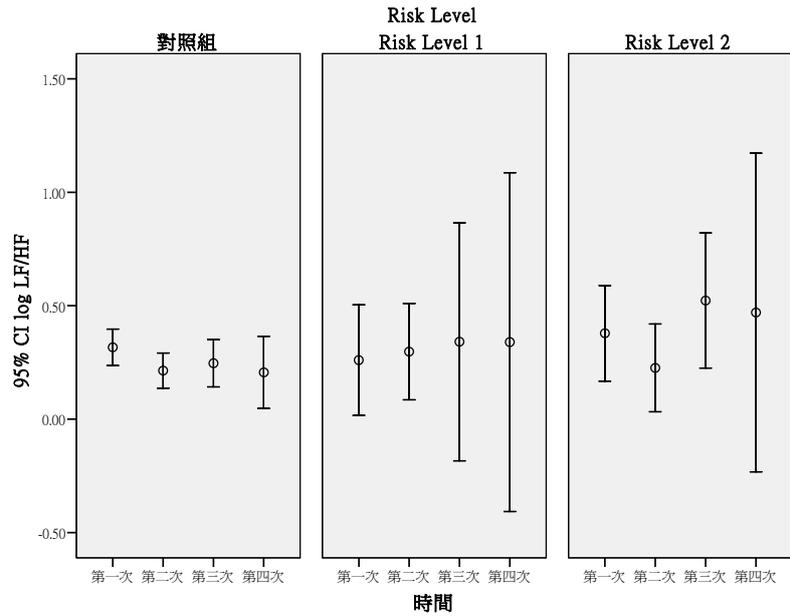


圖 170 奈米銀處置者之 LF/HF(低高頻功率比)重覆測量分布情形

表 374 LF/HF 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.19	0.06	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.18	0.10	0.07
RL2vs 對照組	-0.07	0.12	0.54
RL1vs 對照組	-0.07	0.16	0.68
Time	-0.03	0.02	0.08
RL2*Time	0.07	0.05	0.19
RL1*Time	0.04	0.06	0.53

依變項: log LF/HF

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 375 LF/HF 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.19	0.06	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.18	0.10	0.07
Risk Level	-0.04	0.06	0.49
Time	-0.03	0.02	0.08
Risk Level* Time	0.04	0.03	0.17

依變項: log LF/HF

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

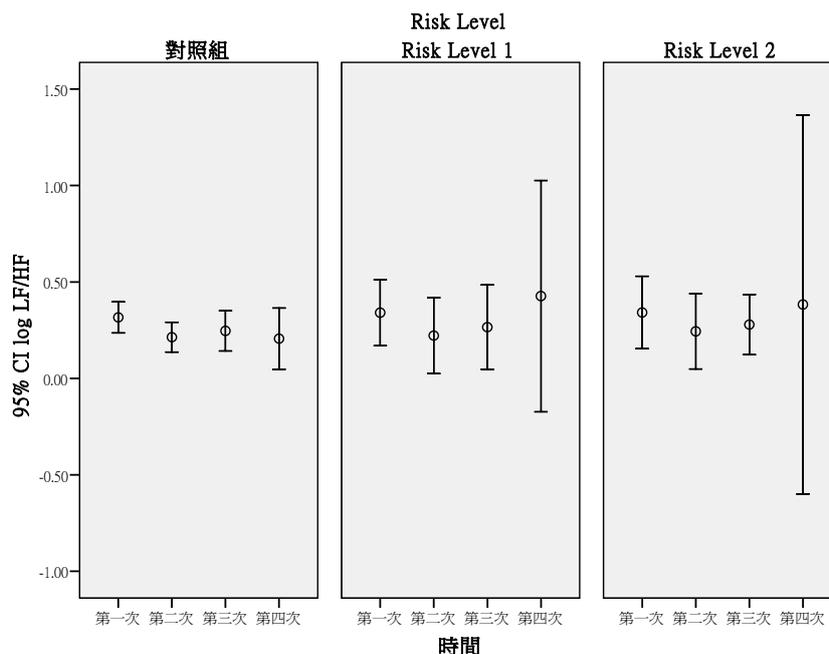


圖 171 其他奈米物質處置者之 LF/HF(低高頻功率比)重覆測量分布情形

表 376 LF/HF 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.22	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.09	0.09	0.33
RL2vs 對照組	-0.01	0.14	0.97
RL1vs 對照組	-0.06	0.11	0.62
Time	-0.03	0.02	0.10
RL2*Time	0.00	0.05	0.97
RL1*Time	0.02	0.05	0.70

校正變項: log LF/HF

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 377 LF/HF 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.22	0.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.09	0.09	0.32
Risk Level	-0.01	0.06	0.84
Time	-0.03	0.02	0.11
Risk Level* Time	0.00	0.03	0.85

校正變項: log LF/HF

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 378 PSI(壓力指數)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	38.02	±	39.64	<0.01
	>40, 40 歲以上	95	55.53	±	51.42	
性別	女	87	47.53	±	48.85	0.25
	男	198	42.24	±	42.63	
抽菸習慣	無	254	40.87	±	38.84	<0.01
	有	30	57.01	±	38.79	
喝酒習慣	無	259	42.06	±	43.46	0.07
	有	26	61.74	±	52.36	
嚼檳榔習慣	無	277	42.35	±	43.05	<0.01
	有	8	95.97	±	66.52	
籍貫	台閩	220	44.55	±	44.79	0.06
	客家	40	31.64	±	23.20	
	其它(原住民與外省籍)	24	58.94	±	63.33	
教育程度	高中職以下	47	62.05	±	52.51	<0.01
	大專/大學	126	43.83	±	34.96	
	研究所以上	111	32.90	±	33.62	

*p* 值使用無母數分析

表 379 PSI(壓力指數)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	43.15	±	43.21	0.56
	有	17	56.29	±	63.80	
氣喘	無	275	43.44	±	44.68	0.35
	有	8	48.15	±	30.51	
鼻炎	無	234	42.76	±	40.79	0.58
	有	51	48.89	±	59.27	
心律不整	無	274	43.14	±	39.46	0.25
	有	11	61.61	±	116.73	
心絞痛	無	282	43.03	±	42.27	0.25
	有	3	121.73	±	149.13	
心臟瓣膜疾病	無	280	42.63	±	39.19	0.65
	有	5	112.49	±	167.71	
高血脂	無	263	42.77	±	43.40	0.13
	有	22	56.81	±	56.65	
高血壓	無	261	41.87	±	37.22	0.50
	有	24	65.47	±	91.51	
異位性皮膚炎	無	262	44.09	±	45.85	0.94
	有	23	41.15	±	26.94	
過敏性皮膚炎	無	250	42.89	±	43.87	0.31
	有	35	50.76	±	49.64	
色素沉澱	無	277	43.66	±	44.45	0.76
	有	8	50.58	±	52.56	
毛囊炎	無	273	44.41	±	45.10	0.06
	有	12	31.29	±	29.80	

*p* 值使用無母數分析

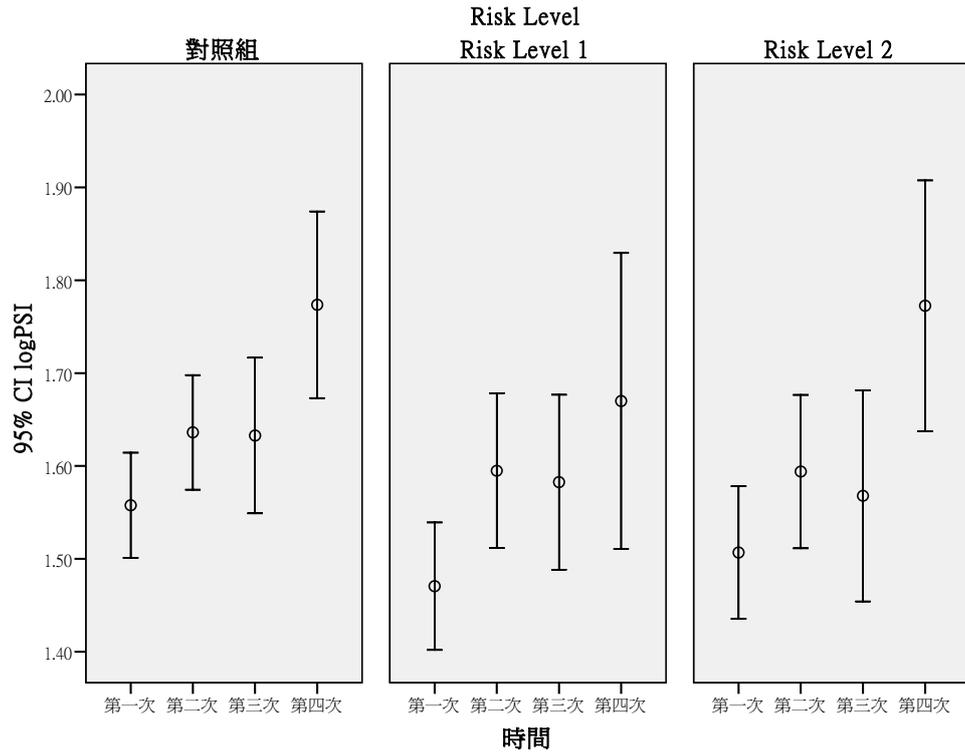


圖 172 PSI(壓力指數)之重覆測量分布情形

表 380 PSI 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.15	0.04	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.02	0.04	0.63
抽菸習慣(有 vs 無)	0.12	0.06	0.04
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.20	0.07	<0.01
研究所以上 vs 高中職以下	-0.08	0.06	0.14
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.05	0.66
RL2vs 對照組	-0.03	0.06	0.65
RL1vs 對照組	-0.07	0.05	0.19
Time	0.05	0.01	<0.01
RL2*Time	0.00	0.02	0.95
RL1*Time	0.02	0.02	0.46

依變項: logPSI

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 381 PSI 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.15	0.04	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.02	0.04	0.60
抽菸習慣(有 vs 無)	0.11	0.06	0.04
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.21	0.07	<0.01
研究所以上 vs 高中職以下	-0.08	0.05	0.13
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.05	0.67
Risk Level	-0.02	0.03	0.59
Time	0.05	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.90

依變項: logPSI

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

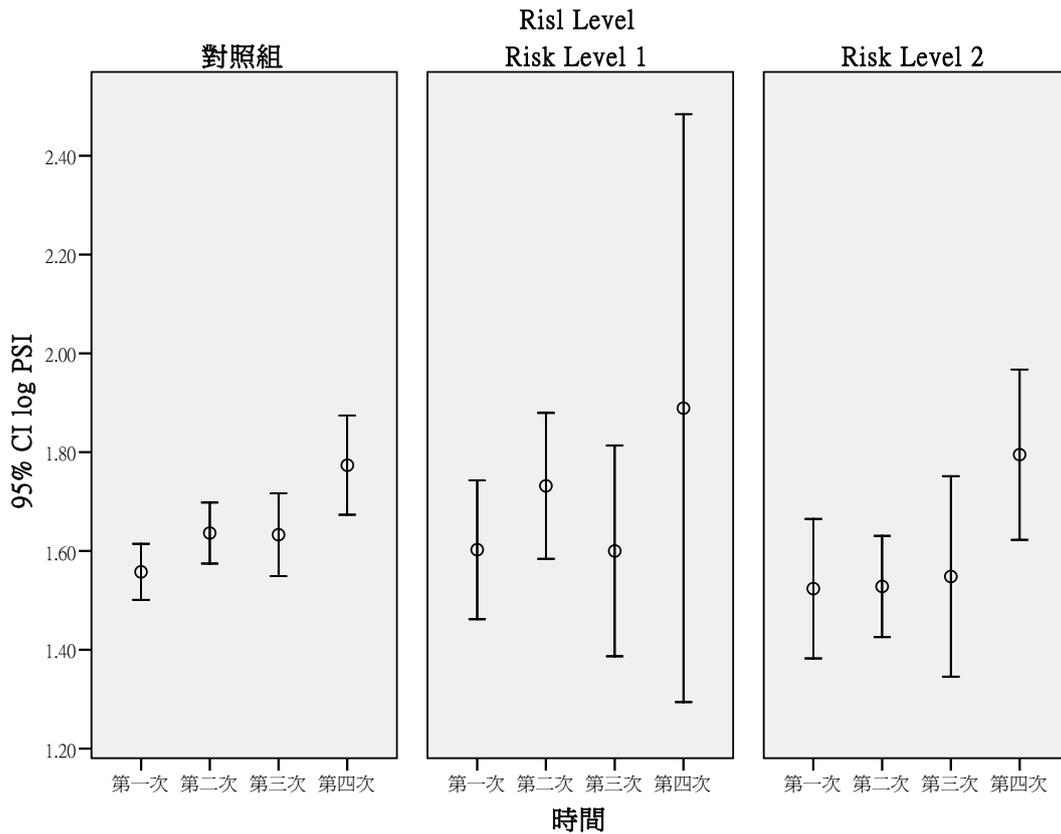


圖 173 奈米碳管處置者之 PSI(壓力指數)重覆測量分布情形

表 382 PSI 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.11	0.05	0.02
性別(男 vs 女)	-0.01	0.05	0.78
抽菸習慣(有 vs 無)	0.10	0.07	0.18
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.15	0.07	0.03
研究所以上 vs 高中職以下	-0.18	0.08	0.03
大專/大學 vs 高中職以下	-0.07	0.07	0.34
RL2vs 對照組	0.05	0.09	0.62
RL1vs 對照組	0.05	0.08	0.52
Time	0.05	0.01	<0.01
RL2*Time	-0.01	0.03	0.67
RL1*Time	0.02	0.04	0.54

依變項: logPSI

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 383 PSI 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.12	0.05	0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.05	0.93
抽菸習慣(有 vs 無)	0.11	0.07	0.13
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.13	0.07	0.06
研究所以上 vs 高中職以下	-0.17	0.08	0.03
大專/大學 vs 高中職以下	-0.06	0.08	0.39
Risk Level	0.02	0.04	0.57
Time	0.05	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.02	0.87

依變項: logPSI

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

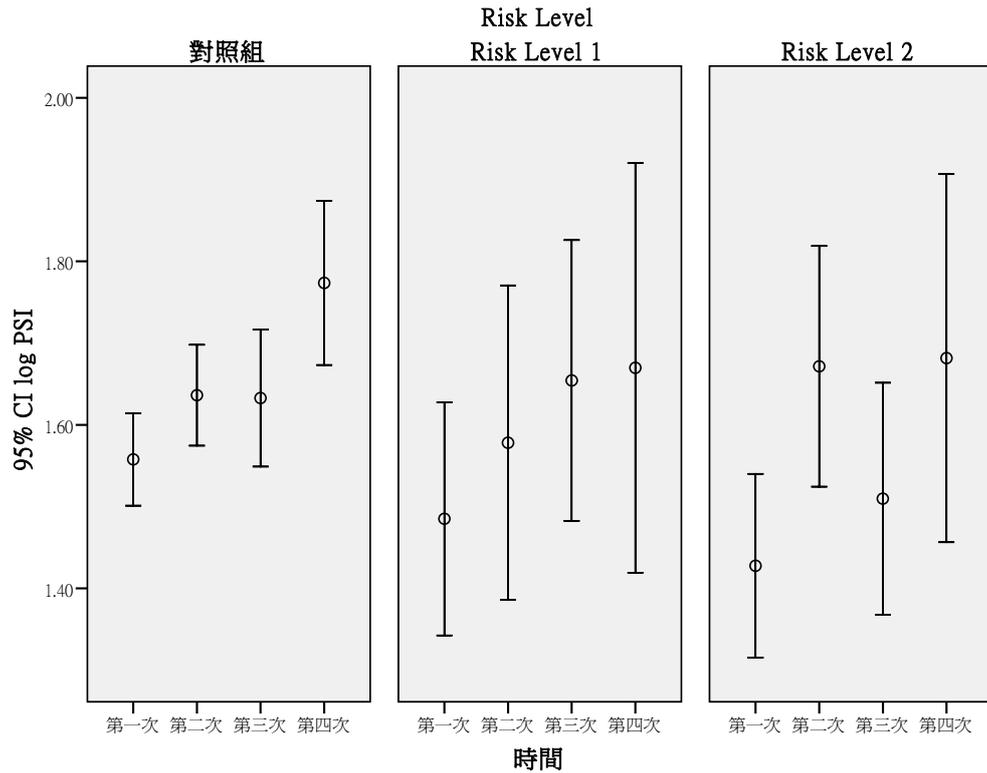


圖 174 奈米級二氧化鈦處置者之 PSI(壓力指數)重覆測量分布情形

表 384 PSI 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.12	0.04	<0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.04	0.97
抽菸習慣(有 vs 無)	0.22	0.07	<0.01
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.30	0.10	<0.01
研究所以上 vs 高中職以下	-0.06	0.07	0.42
大專/大學 vs 高中職以下	0.04	0.06	0.56
RL2vs 對照組	-0.11	0.07	0.10
RL1vs 對照組	-0.04	0.08	0.66
Time	0.05	0.01	<0.01
RL2*Time	0.02	0.03	0.54
RL1*Time	0.02	0.03	0.60

依變項: logPSI

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 385 PSI 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.12	0.04	<0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.04	0.91
抽菸習慣(有 vs 無)	0.22	0.07	<0.01
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.30	0.10	<0.01
研究所以上 vs 高中職以下	-0.06	0.07	0.42
大專/大學 vs 高中職以下	0.04	0.06	0.56
Risk Level	-0.06	0.03	0.11
Time	0.05	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.01	0.50

依變項: logPSI

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

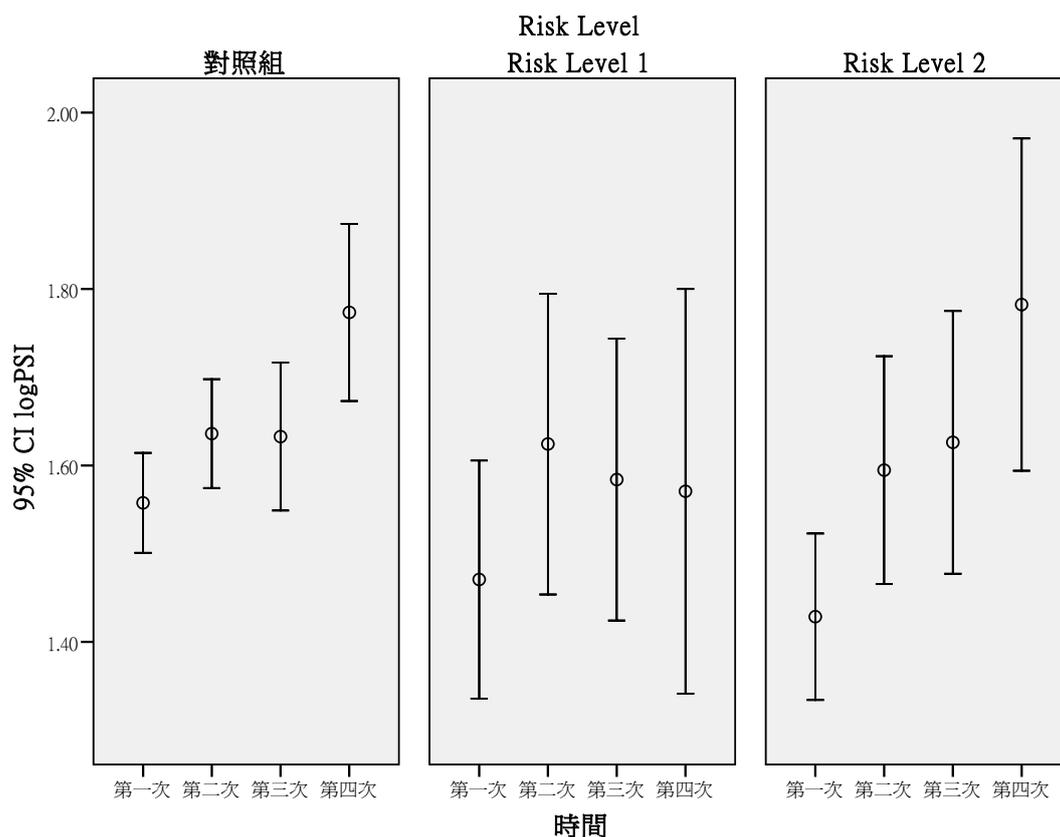


圖 175 奈米級二氧化矽處置者之 PSI(壓力指數)重覆測量分布情形

表 386 PSI 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.13	0.04	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.01	0.04	0.83
抽菸習慣(有 vs 無)	0.13	0.06	0.03
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.16	0.06	<0.01
研究所以上 vs 高中職以下	-0.09	0.06	0.15
大專/大學 vs 高中職以下	-0.03	0.06	0.62
RL2vs 對照組	-0.14	0.07	0.03
RL1vs 對照組	-0.09	0.08	0.29
Time	0.05	0.01	<0.01
RL2*Time	0.03	0.03	0.23
RL1*Time	0.01	0.03	0.64

依變項: logPSI

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 387 PSI 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.13	0.04	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.01	0.04	0.80
抽菸習慣(有 vs 無)	0.14	0.06	0.02
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.16	0.06	<0.01
研究所以上 vs 高中職以下	-0.09	0.06	0.16
大專/大學 vs 高中職以下	-0.03	0.06	0.64
Risk Level	-0.07	0.03	0.03
Time	0.05	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.02	0.01	0.23

依變項: logPSI

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

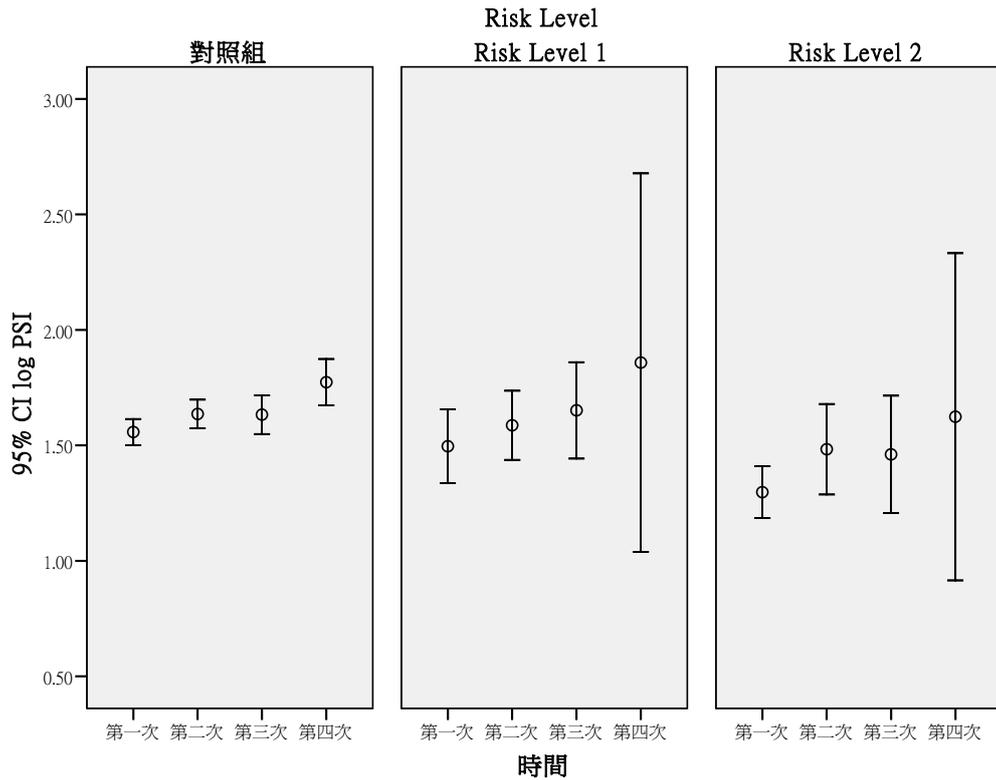


圖 176 奈米銀處置者之 PSI(壓力指數)重覆測量分布情形

表 388 PSI 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
≥40 歲 vs <40 歲	0.16	0.04	<0.01
性別(男 vs 女)	0.04	0.04	0.36
抽菸習慣(有 vs 無)	0.06	0.07	0.40
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.15	0.09	0.11
研究所以上 vs 高中職以下	-0.18	0.07	0.02
大專/大學 vs 高中職以下	-0.06	0.07	0.37
RL2vs 對照組	-0.21	0.07	0.01
RL1vs 對照組	-0.05	0.08	0.54
Time	0.05	0.01	<0.01
RL2*Time	0.05	0.04	0.17
RL1*Time	0.04	0.05	0.36

依變項: logPSI

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 389 PSI 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.16	0.04	<0.01
性別(男 vs 女)	0.04	0.04	0.40
抽菸習慣(有 vs 無)	0.07	0.07	0.28
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.14	0.09	0.13
研究所以上 vs 高中職以下	-0.17	0.07	0.02
大專/大學 vs 高中職以下	-0.06	0.07	0.37
Risk Level	-0.10	0.04	0.01
Time	0.05	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.03	0.02	0.11

依變項: logPSI

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

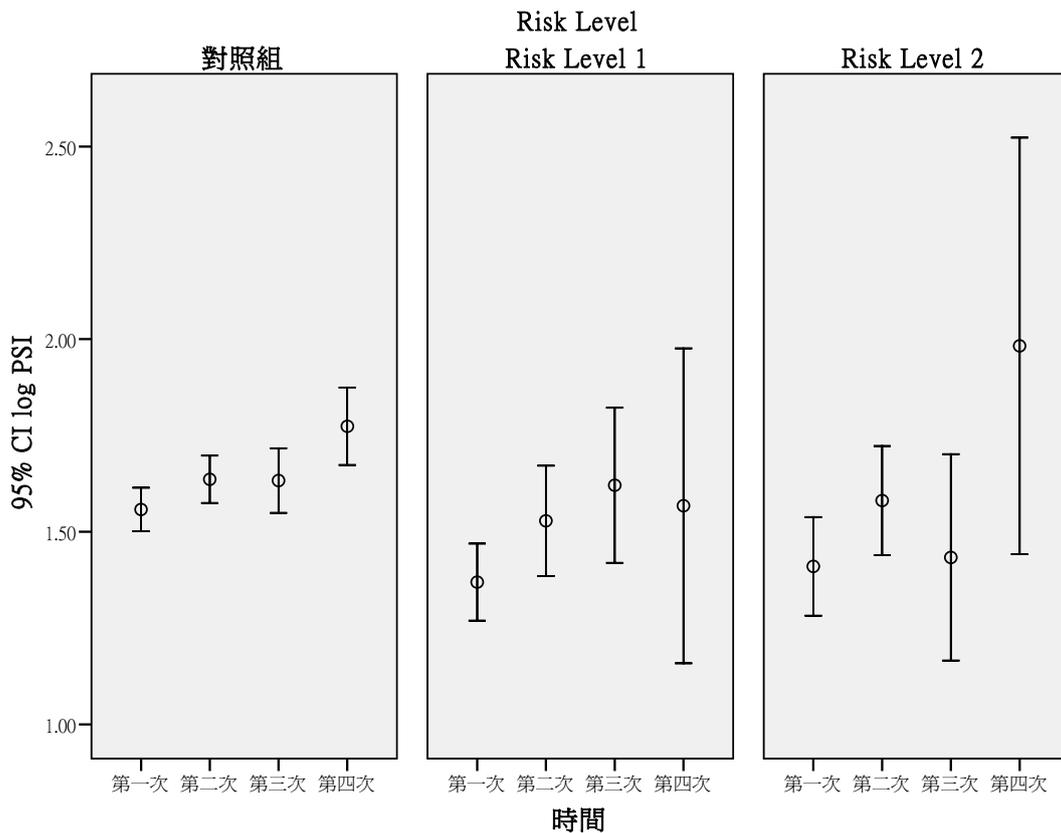


圖 177 其他奈米物質處置者之 PSI(壓力指數)重覆測量分布情形

表 390 PSI 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs < 40 歲	0.15	0.04	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.01	0.04	0.74
抽菸習慣(有 vs 無)	0.17	0.07	0.01
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.15	0.07	0.03
研究所以上 vs 高中職以下	-0.06	0.06	0.33
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.06	0.74
RL2vs 對照組	-0.16	0.09	0.09
RL1vs 對照組	-0.17	0.07	0.02
Time	0.05	0.01	<0.01
RL2*Time	0.05	0.04	0.22
RL1*Time	0.05	0.04	0.21

校正變項: logPSI

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 391 PSI 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs < 40 歲	0.15	0.04	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.02	0.04	0.71
抽菸習慣(有 vs 無)	0.16	0.07	0.02
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	0.15	0.07	0.02
研究所以上 vs 高中職以下	-0.07	0.06	0.26
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.06	0.71
Risk Level	-0.09	0.04	0.03
Time	0.05	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.03	0.02	0.13

校正變項: logPSI

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

C. TP(ms<sup>2</sup>)(總能量)

表 392 TP(ms<sup>2</sup>)(總能量)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean ± SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	2131.65 ± 1905.84	<0.01
	>40, 40 歲以上	95	1569.12 ± 1678.45	
性別	女	87	1722.16 ± 1499.14	0.32
	男	198	2041.68 ± 1979.46	
抽菸習慣	無	254	1984.20 ± 1840.87	0.23
	有	30	1666.67 ± 1928.42	
喝酒習慣	無	259	1909.76 ± 1682.07	0.33
	有	26	2286.62 ± 3085.58	
嚼檳榔習慣	無	277	1976.39 ± 1864.77	0.02
	有	8	827.58 ± 436.42	
籍貫	台閩	220	1907.33 ± 1852.97	0.09
	客家	40	2446.32 ± 2079.63	
	其它(原住民與外省籍)	24	1464.04 ± 1226.67	
教育程度	高中職以下	47	1482.31 ± 1373.54	<0.01
	大專/大學	126	1715.52 ± 1622.39	
	研究所以上	111	2415.88 ± 2154.93	

*p* 值使用無母數分析

表 393 TP(ms<sup>2</sup>)(總能量)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	1963.59	±	1885.98	0.81
	有	17	1602.09	±	1191.92	
氣喘	無	275	1946.92	±	1849.45	0.77
	有	8	1980.40	±	2101.96	
鼻炎	無	234	1953.17	±	1868.53	0.98
	有	51	1902.71	±	1776.21	
心律不整	無	274	1908.82	±	1776.78	0.44
	有	11	2823.91	±	3172.52	
心絞痛	無	282	1952.50	±	1855.64	0.46
	有	3	1158.76	±	971.43	
心臟瓣膜疾病	無	280	1922.22	±	1791.71	0.64
	有	5	3171.71	±	4123.86	
高血脂	無	263	1996.23	±	1897.18	0.13
	有	22	1321.44	±	953.34	
高血壓	無	261	1966.62	±	1885.26	0.83
	有	24	1699.67	±	1409.37	
異位性皮膚炎	無	262	1972.25	±	1892.50	0.68
	有	23	1623.91	±	1243.02	
過敏性皮膚炎	無	250	2018.10	±	1926.82	0.14
	有	35	1415.85	±	1025.67	
色素沉澱	無	277	1958.13	±	1868.93	0.80
	有	8	1459.74	±	876.68	
毛囊炎	無	273	1916.40	±	1813.91	0.24
	有	12	2575.20	±	2547.80	

*p* 值使用無母數分析

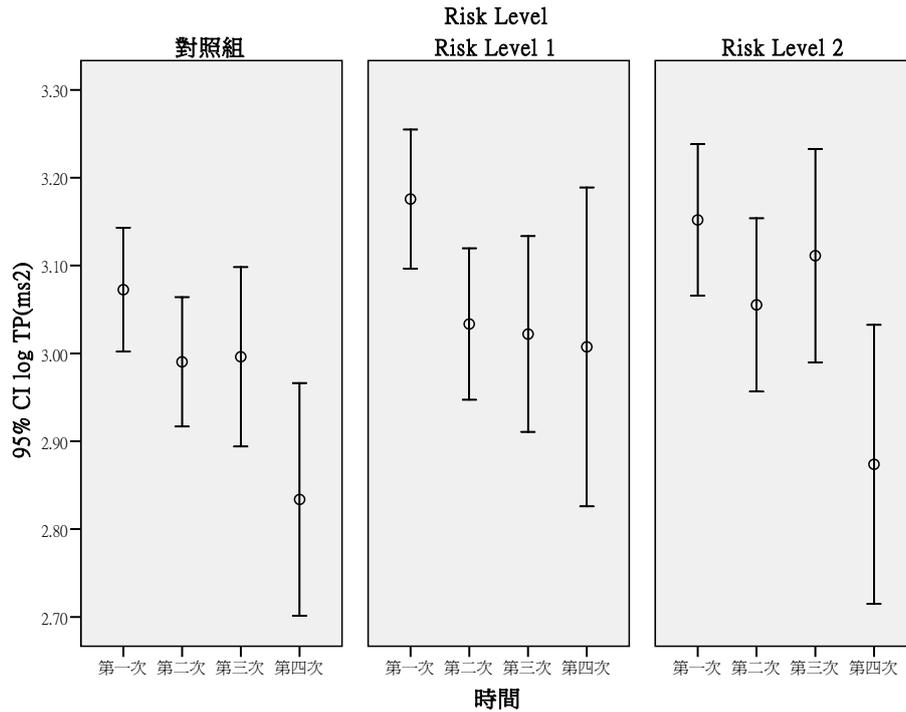


圖 178 TP(ms<sup>2</sup>)(總能量)之重覆測量分布情形

表 394 TP(ms<sup>2</sup>)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.19	0.04	<0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.04	0.91
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.10	0.07	0.16
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.19	0.08	0.02
研究所以上 vs 高中職以下	0.11	0.06	0.08
大專/大學 vs 高中職以下	0.04	0.06	0.43
RL2vs 對照組	0.02	0.07	0.76
RL1vs 對照組	0.06	0.07	0.34
Time	-0.06	0.02	<0.01
RL2*Time	0.02	0.03	0.49
RL1*Time	-0.01	0.03	0.76

依變項: log TP(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 395 TP(ms<sup>2</sup>)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.19	0.04	<0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.04	0.94
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.10	0.07	0.17
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.19	0.08	0.01
研究所以上 vs 高中職以下	0.11	0.06	0.07
大專/大學 vs 高中職以下	0.04	0.06	0.44
Risk Level	0.01	0.03	0.71
Time	-0.06	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.01	0.53

依變項: log TP(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

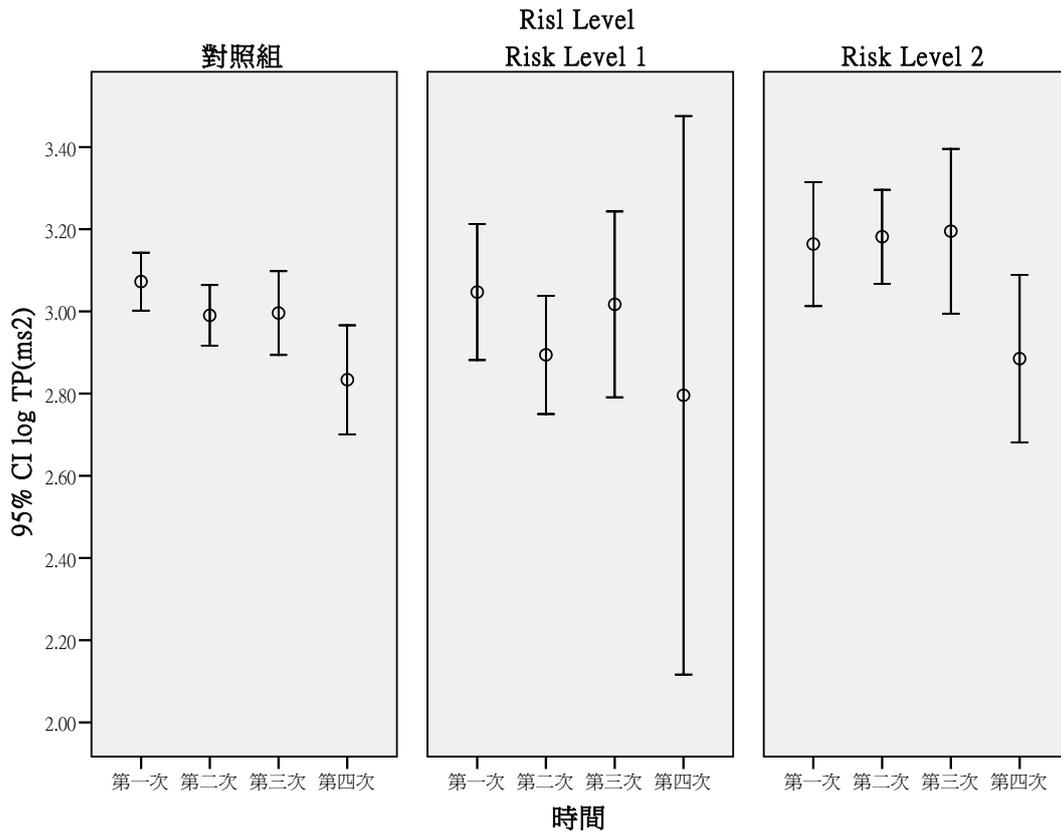


圖 179 奈米碳管處置者之 TP(ms<sup>2</sup>)(總能量)重覆測量分布情形

表 396 TP(ms2)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
(Intercept)	3.14	0.10	<0.01
≥40 歲 vs <40 歲	-0.16	0.05	<0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.05	1.00
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.09	0.10	0.37
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.14	0.09	0.13
研究所以上 vs 高中職以下	0.17	0.10	0.09
大專/大學 vs 高中職以下	0.04	0.09	0.67
RL2vs 對照組	-0.02	0.10	0.88
RL1vs 對照組	-0.03	0.11	0.77
Time	-0.06	0.02	<0.01
RL2*Time	0.04	0.04	0.31
RL1*Time	-0.03	0.05	0.58

依變項: log TP(ms2)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 397 TP(ms2)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
(Intercept)	3.16	0.10	<0.01
≥40 歲 vs <40 歲	-0.17	0.05	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.01	0.05	0.83
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.10	0.10	0.29
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.11	0.09	0.22
研究所以上 vs 高中職以下	0.15	0.10	0.11
大專/大學 vs 高中職以下	0.03	0.09	0.74
Risk Level	-0.01	0.05	0.87
Time	-0.06	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.02	0.49

依變項: log TP(ms2)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

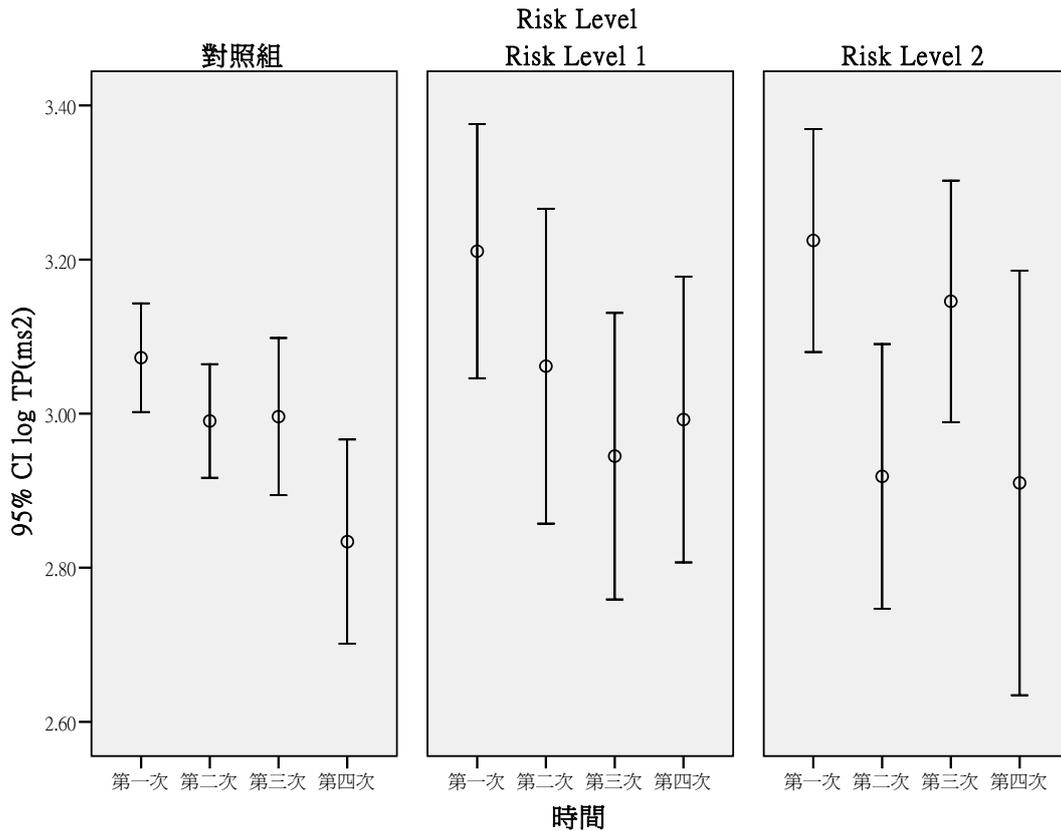


圖 180 奈米級二氧化鈦處置者之 TP(ms<sup>2</sup>)(總能量)重覆測量分布情形

表 398 TP(ms<sup>2</sup>)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.18	0.05	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.02	0.05	0.71
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.22	0.10	0.02
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.26	0.10	0.01
研究所以上 vs 高中職以下	0.06	0.08	0.44
大專/大學 vs 高中職以下	-0.06	0.07	0.39
RL2vs 對照組	0.10	0.09	0.31
RL1vs 對照組	0.08	0.11	0.46
Time	-0.06	0.02	<0.01
RL2*Time	-0.01	0.04	0.82
RL1*Time	-0.02	0.04	0.58

依變項: log TP(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 399 TP(ms<sup>2</sup>)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.18	0.05	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.02	0.05	0.70
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.22	0.10	0.02
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.26	0.10	0.01
研究所以上 vs 高中職以下	0.06	0.08	0.45
大專/大學 vs 高中職以下	-0.06	0.07	0.38
Risk Level	0.05	0.05	0.27
Time	-0.06	0.02	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.02	0.75

依變項: log TP(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

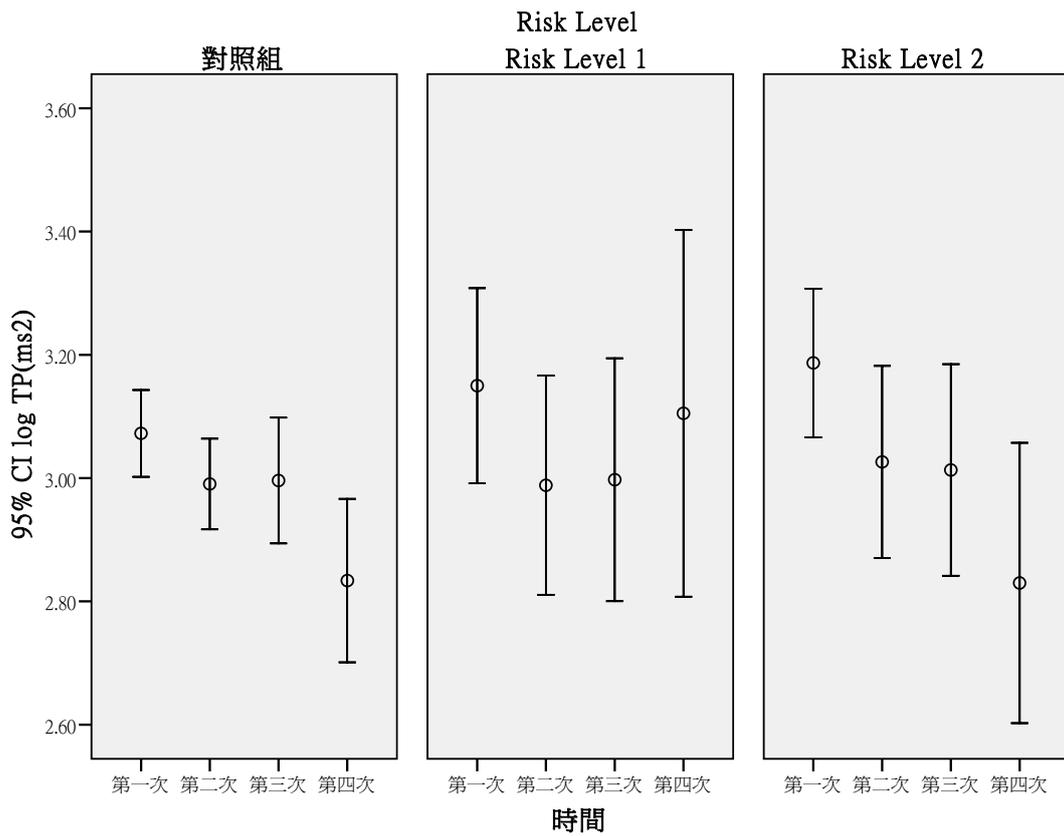


圖 181 奈米級二氧化矽處置者之 TP(ms<sup>2</sup>)(總能量)重覆測量分布情形

表 400 TP(ms2)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs < 40 歲	-0.18	0.05	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.02	0.05	0.66
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.10	0.08	0.22
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.16	0.08	0.06
研究所以上 vs 高中職以下	0.13	0.07	0.05
大專/大學 vs 高中職以下	0.02	0.07	0.80
RL2vs 對照組	0.07	0.09	0.40
RL1vs 對照組	0.03	0.11	0.79
Time	-0.06	0.02	<0.01
RL2*Time	0.00	0.03	0.93
RL1*Time	0.01	0.05	0.85

依變項: log TP(ms2)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 401 TP(ms2)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE分析(按照Risk Level之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs < 40 歲	-0.18	0.05	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.02	0.05	0.69
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.11	0.08	0.21
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.16	0.08	0.05
研究所以上 vs 高中職以下	0.13	0.07	0.05
大專/大學 vs 高中職以下	0.02	0.07	0.81
Risk Level	0.03	0.04	0.42
Time	-0.06	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.02	0.99

依變項: log TP(ms2)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

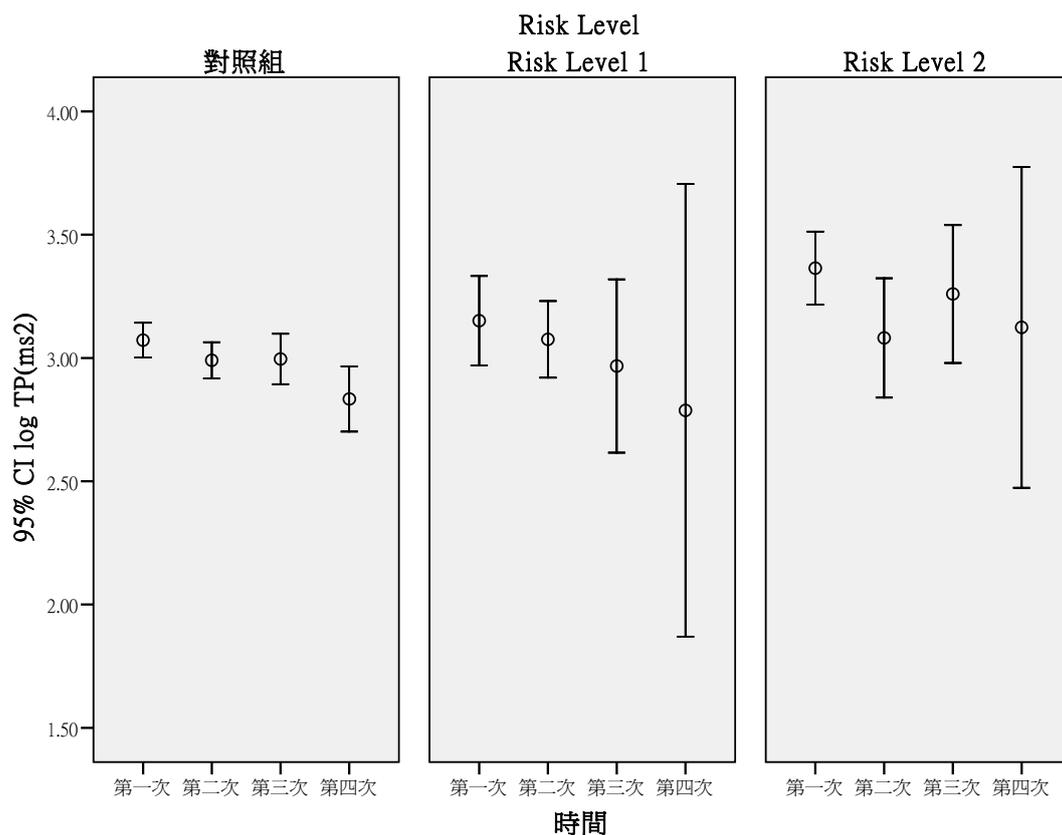


圖 182 奈米銀處置者之 TP(ms<sup>2</sup>)(總能量)重覆測量分布情形

表 402 TP(ms<sup>2</sup>)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.21	0.05	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.07	0.05	0.14
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.10	0.60
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.14	0.13	0.26
研究所以上 vs 高中職以下	0.15	0.09	0.09
大專/大學 vs 高中職以下	0.02	0.09	0.82
RL2vs 對照組	0.16	0.11	0.15
RL1vs 對照組	0.07	0.10	0.50
Time	-0.06	0.02	<0.01
RL2*Time	-0.01	0.05	0.86
RL1*Time	-0.04	0.06	0.47

依變項: log TP(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 403 TP(ms<sup>2</sup>)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.21	0.05	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.07	0.05	0.15
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.06	0.09	0.50
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.13	0.12	0.28
研究所以上 vs 高中職以下	0.15	0.09	0.10
大專/大學 vs 高中職以下	0.02	0.09	0.80
Risk Level	0.08	0.05	0.11
Time	-0.06	0.02	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.03	0.62

依變項: log TP(ms<sup>2</sup>)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

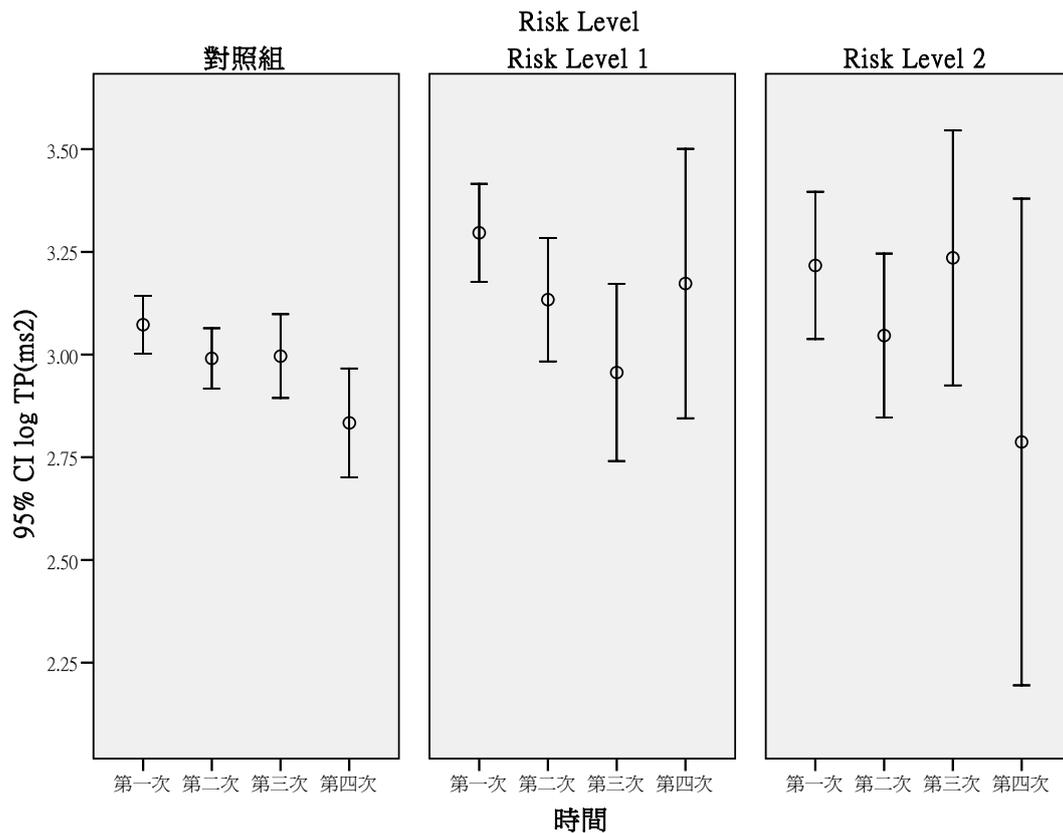


圖 183 其他奈米物質處置者之 TP(ms<sup>2</sup>)(總能量)重覆測量分布情形

表 404 TP(ms2)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.18	0.05	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.01	0.05	0.76
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.14	0.09	0.13
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.14	0.09	0.12
研究所以上 vs 高中職以下	0.07	0.08	0.40
大專/大學 vs 高中職以下	-0.01	0.08	0.93
RL2vs 對照組	0.07	0.13	0.57
RL1vs 對照組	0.20	0.10	0.06
Time	-0.06	0.02	<0.01
RL2*Time	0.00	0.06	0.94
RL1*Time	-0.06	0.05	0.26

校正變項: log TP(ms2)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 405 TP(ms2)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.18	0.05	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.01	0.05	0.79
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.13	0.09	0.16
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.15	0.09	0.10
研究所以上 vs 高中職以下	0.08	0.08	0.34
大專/大學 vs 高中職以下	0.00	0.08	0.95
Risk Level	0.06	0.06	0.27
Time	-0.06	0.02	<0.01
Risk Level* Time	-0.01	0.03	0.63

校正變項: log TP(ms2)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

心率變異性分析(Heart Rate Analysis)為一種用來評估自律神經系統功能之方法，研究中發現以時間域分析來說，SDNN 為整體心率變異性之指標，RMSSD 則為短程心率變異性之指標。若未將暴露物質分組，則 Risk Level1 的 SDNN 與 RMSSD 皆高於對照組，而進行暴露物質分組後皆顯示 Risk Level1 或 Risk Level2 之 SDNN 與 RMSSD 有高於對照組之情形。但總體都隨著時間增加而 SDNN 與 RMSSD 都有下降之情形。

而以頻率分析來看，在未進行暴露物質分組時，Risk Level 高低與

總功率(Total Power)、VLF(極低頻)、LF(低頻)、HF(高頻)無統計上顯著相關，但隨時間變化而下降。

在進行暴露物質分組後，暴露其他物質中發現 Risk Level1 之 VLF 與 HF 顯著高於對照組，暴露奈米銀者則可以看到 Risk Level1 之 VLF 顯著高於對照組，Risk Level2 之 HF 顯著高於對照組。

而 PSI(壓力指數)則是在進行暴露物質分組中，奈米級二氧化矽與奈米銀之暴露者 Risk Level2 低於對照組，在其他奈米物質暴露下則是 Risk Level1 低於對照組。

自律神經可以分為交感神經與副交感神經，通常這兩個系統是互相拮抗。HF 是表示副交感神經之活性，LF 則表示交感神經之活性，LF/HF 就表示交感、副交感是否平衡之情形。臨床上發現心肌梗塞時 HF 明顯消失或下降，而糖尿病者 LF 與 HF 都降低，也有研究說 SDNN 可預測心肌梗塞後的死亡[187]。

然而影響心率變異之原因可能如下；心跳速率、年齡、心理壓力等，也有研究顯示 particle matter 會藉由中樞神經系統干擾心臟的作用進而使心臟方面疾病發生，這類的心率不整之情形可能說明了 Heart Rate(心跳數)及 Heart Rate Variability(心率變異)之重要[188]。2005 年 Harder 等人之研究顯示以 Ultra Carbon Partucles 去暴露 24 小時，發現暴露組老鼠的 Heart rate 比對照組高而 SDNN 則比對照組低[189]。FAN 等人在 2011 年有一篇研究進行 24 小時個人 PM2.5 暴露監測並作 HRV 的監測結果發現，在前六個小時 PM2.5 升高與較低的 HF、LF 及 SDNN 有統計上顯著相關[190]。

但在我們研究中發現 Risk Level2 及 Risk Level1 中的 SDNN 與 RMSSD 比對照組高，暴露物質分組後之情形也是 Risk Level1 或 Risk Level2 的時間域分析參數(SDNN、RMSSD)與頻域分析(VLF、HF)顯著高於對照組，但 PSI 則低於對照組。若依照我們所研究的因素(奈米暴露之情形)想要去看是否影響心率變異，與我們預期之方向不同，或許有其他原因影響到研究對象的心率變異情形或是進入體內後的奈米微粒大小也會影響，故目前無法去推論奈米物質進入人體後對心率變異影響，

可能要探討不同的 Risk Level 之可能引起壓力的因素或是其他可能影響心率變異的因素之情形。

(7) APG (Acceleration Plethysmograph)

APG 測量項目包含有 Vessel Status Score (血管狀態得分) , DPI(Differential Pulsewave Index 微分化脈搏指數), SP (Stress Power, P1, 搏出強度) , BVT(Blood Vessel Tension, P2, 血管的彈性度), RBV( Remained Blood Volume, P3, 殘有血量) , 及返流持續時間 (VCT)

Vessel Status Score、DPI、SP、BVT、RBV 及 VCT 等指標在奈米暴露組均無顯著較對照組惡化或較差, RL1 與 RL2 也均無顯著較對照組惡化或較差, 也沒有隨 risk levels 呈現顯著劑量效應關係。

再根據暴露之奈米物質來分層分析, 無論是奈米碳管、奈米二氧化鈦、奈米二氧化矽、奈米銀、或其它奈米物質, Vessel Status Score、DPI、SP、BVT、RBV 及 VCT 等指標在奈米暴露組均無顯著較對照組惡化或較差, RL1 與 RL2 也均無顯著較對照組惡化或較差, 也沒有隨 risk levels 呈現顯著劑量效應關係。

表 406 Vessel Status Score 在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	64.33	±	13.49	<0.01
	>40, 40 歲以上	95	48.76	±	18.52	
性別	女	87	50.34	±	16.20	<0.01
	男	198	63.00	±	15.90	
抽菸習慣	無	254	59.19	±	16.92	0.95
	有	30	59.20	±	18.01	
喝酒習慣	無	259	59.40	±	16.75	0.57
	有	26	56.50	±	19.46	
嚼檳榔習慣	無	277	59.48	±	16.85	0.05
	有	8	47.13	±	18.90	
籍貫	台閩	358	60.55	±	16.96	0.25
	客家	56	58.50	±	15.84	
	其它(原住民與外省籍)	42	57.67	±	15.32	
教育程度	高中職以下	76	48.54	±	18.21	<0.01
	大專/大學	213	59.44	±	16.58	
	研究所以上	165	65.89	±	13.06	

*p* 值使用無母數分析

表 407 Vessel Status Score 在不同疾病狀況下之分布情形

變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎 無	267	59.50	±	16.89	0.26
有	17	54.00	±	18.58	
氣喘 無	275	59.20	±	16.82	0.75
有	8	58.88	±	25.03	
鼻炎 無	234	59.22	±	17.06	0.81
有	51	58.75	±	16.85	
心律不整 無	274	59.28	±	16.93	0.56
有	11	55.55	±	18.97	
心絞痛 無	282	59.29	±	17.00	0.07
有	3	44.67	±	9.29	
心臟瓣膜疾病 無	280	59.24	±	16.81	0.72
有	5	53.40	±	27.59	
高血脂 無	263	58.88	±	17.16	0.35
有	22	62.23	±	14.84	
高血壓 無	261	59.56	±	16.64	0.30
有	24	54.50	±	20.31	
異位性皮膚炎 無	262	58.74	±	17.36	0.21
有	23	63.70	±	11.44	
過敏性皮膚炎 無	250	58.74	±	17.32	0.31
有	35	61.94	±	14.36	
色素沉澱 無	277	59.10	±	17.00	0.79
有	8	60.50	±	17.82	
毛囊炎 無	273	59.09	±	17.14	0.94
有	12	60.25	±	13.66	

*p* 值使用無母數分析

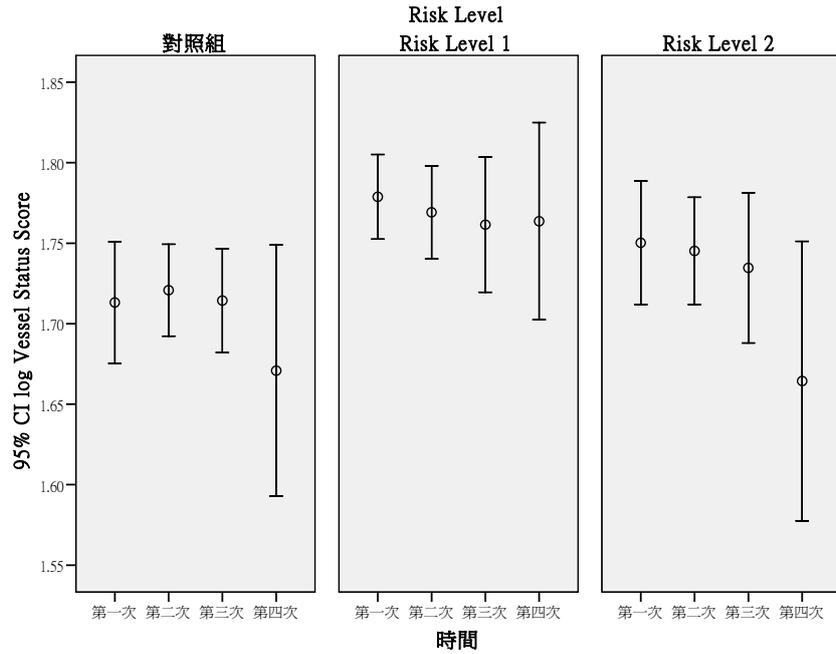


圖 184 Vessel Status Score 之重覆測量分布情形

表 408 Vessel Status Score 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.11	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.09	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.03	0.63
研究所以上 vs 高中職以下	0.09	0.03	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.06	0.03	0.03
RL2vs 對照組	-0.01	0.03	0.75
RL1vs 對照組	0.02	0.03	0.44
Time	0.00	0.01	0.98
RL2*Time	0.00	0.01	0.76
RL1*Time	0.00	0.01	0.91

依變項: log Vessel Status Score

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 409 Vessel Status Score 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.11	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.09	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.03	0.61
研究所以上 vs 高中職以下	0.09	0.03	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.06	0.03	0.03
Risk Level	0.00	0.01	0.79
Time	0.00	0.01	0.99
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.77

依變項: log Vessel Status Score

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

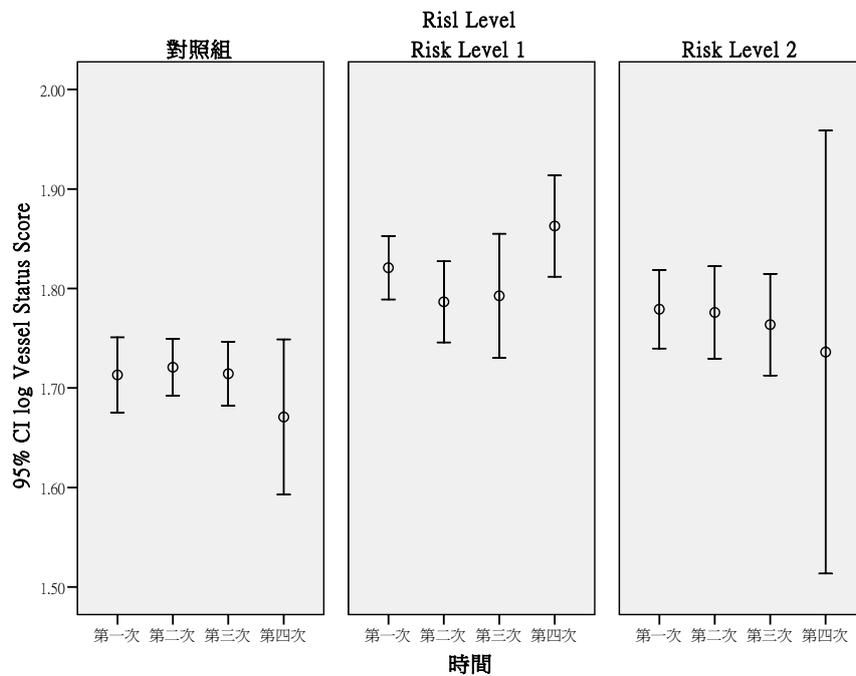


圖 185 奈米碳管處置者之 Vessel Status Score 重覆測量分布情形

表 410 Vessel Status Score 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.12	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.11	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.02	0.10
研究所以上 vs 高中職以下	0.02	0.04	0.55
大專/大學 vs 高中職以下	0.01	0.04	0.83
RL2vs 對照組	-0.02	0.03	0.59
RL1vs 對照組	0.06	0.03	0.06
Time	0.00	0.01	0.94
RL2*Time	0.01	0.01	0.69
RL1*Time	0.00	0.01	0.73

依變項: log Vessel Status Score

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 411 Vessel Status Score 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.11	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.11	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.02	0.04
研究所以上 vs 高中職以下	0.03	0.04	0.43
大專/大學 vs 高中職以下	0.01	0.04	0.71
Risk Level	0.00	0.02	0.99
Time	0.00	0.01	0.87
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.82

依變項: log Vessel Status Score

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

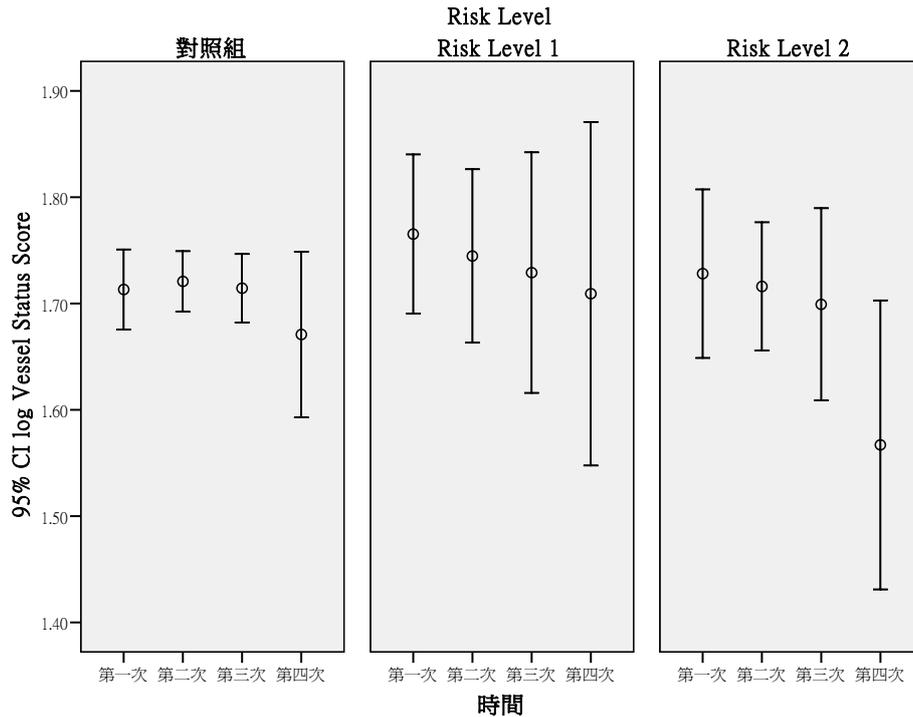


圖 186 奈米級二氧化鈦處置者之 Vessel Status Score 重覆測量分布情形

表 412 Vessel Status Score 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.11	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	0.09	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.05	0.99
研究所以上 vs 高中職以下	0.12	0.05	0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.08	0.04	0.06
RL2vs 對照組	-0.02	0.04	0.53
RL1vs 對照組	0.00	0.04	0.99
Time	0.00	0.01	0.97
RL2*Time	-0.01	0.01	0.30
RL1*Time	-0.01	0.01	0.60

依變項: log Vessel Status Score

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 413 Vessel Status Score 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.11	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	0.09	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.05	0.97
研究所以上 vs 高中職以下	0.12	0.05	0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.08	0.04	0.06
Risk Level	-0.01	0.02	0.56
Time	0.00	0.01	0.96
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.30

依變項: log Vessel Status Score

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

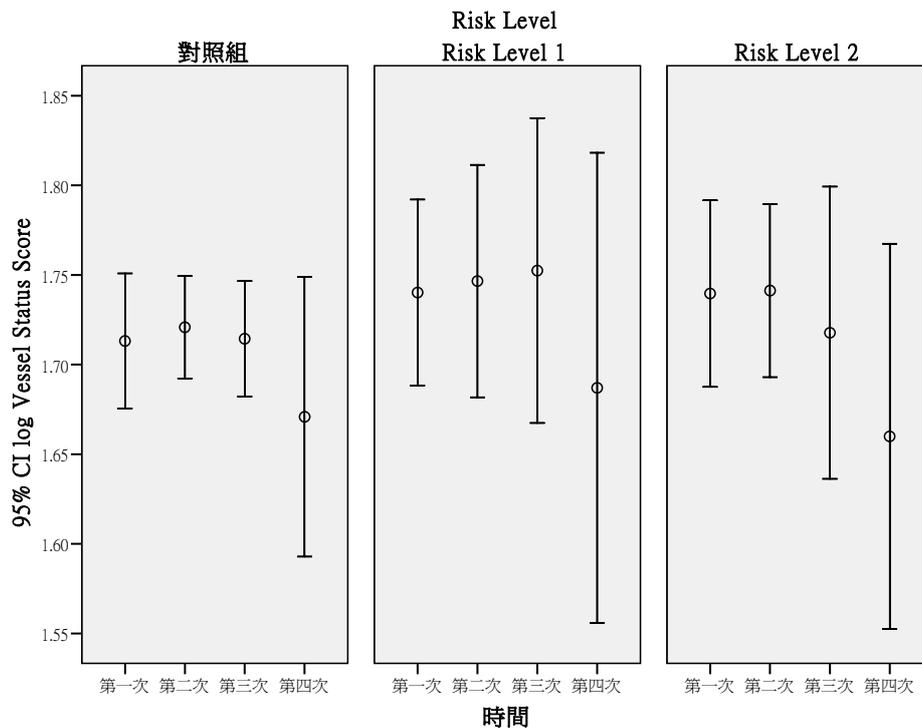


圖 187 奈米級二氧化矽處置者之 Vessel Status Score 重覆測量分布情形

表 414 Vessel Status Score 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.12	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.09	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.03	0.10
研究所以上 vs 高中職以下	0.08	0.03	0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.03	0.03	0.40
RL2vs 對照組	-0.02	0.03	0.51
RL1vs 對照組	-0.01	0.03	0.70
Time	0.00	0.01	0.96
RL2*Time	0.00	0.01	0.87
RL1*Time	0.01	0.01	0.57

依變項: log Vessel Status Score

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 415 Vessel Status Score 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.12	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.09	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.03	0.13
研究所以上 vs 高中職以下	0.08	0.03	0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.02	0.03	0.42
Risk Level	-0.01	0.02	0.50
Time	0.00	0.01	0.90
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.80

依變項: log Vessel Status Score

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

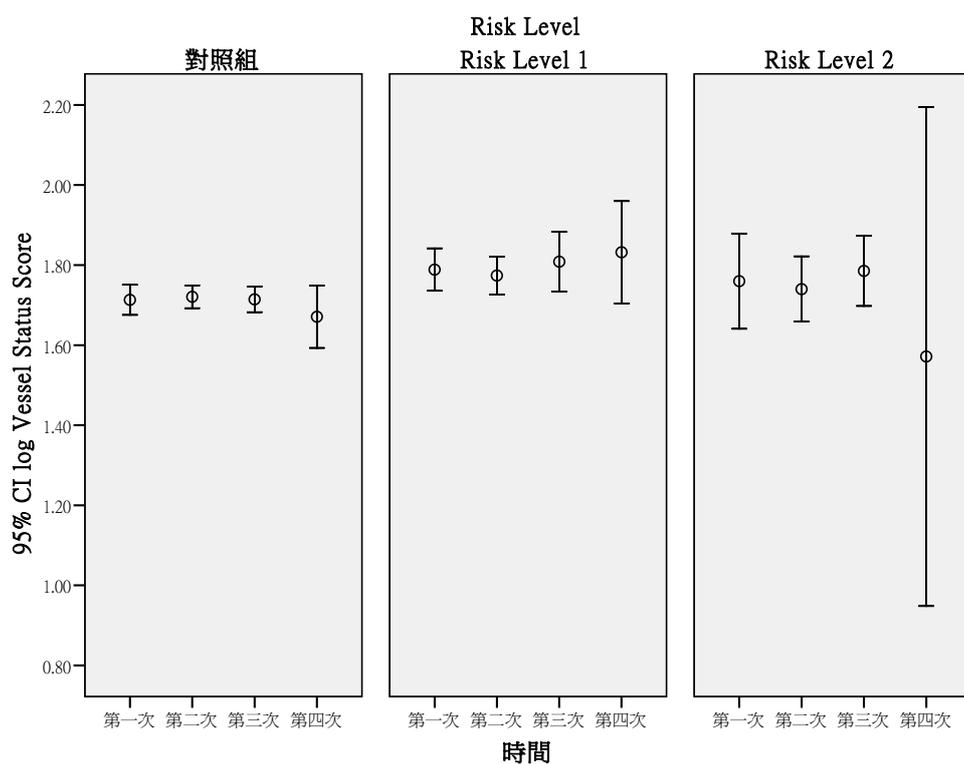


圖 188 奈米銀處置者之 Vessel Status Score 重覆測量分布情形

表 416 Vessel Status Score 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.09	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	0.09	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.06	0.67
研究所以上 vs 高中職以下	0.08	0.05	0.09
大專/大學 vs 高中職以下	0.05	0.04	0.27
RL2vs 對照組	0.02	0.05	0.76
RL1vs 對照組	0.04	0.04	0.27
Time	0.00	0.01	0.94
RL2*Time	-0.03	0.02	0.21
RL1*Time	0.00	0.01	0.88

依變項: log Vessel Status Score

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 417 Vessel Status Score 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.09	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	0.09	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.06	0.76
研究所以上 vs 高中職以下	0.09	0.05	0.09
大專/大學 vs 高中職以下	0.05	0.05	0.28
Risk Level	0.01	0.02	0.66
Time	0.00	0.01	1.00
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.25

依變項: log Vessel Status Score

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

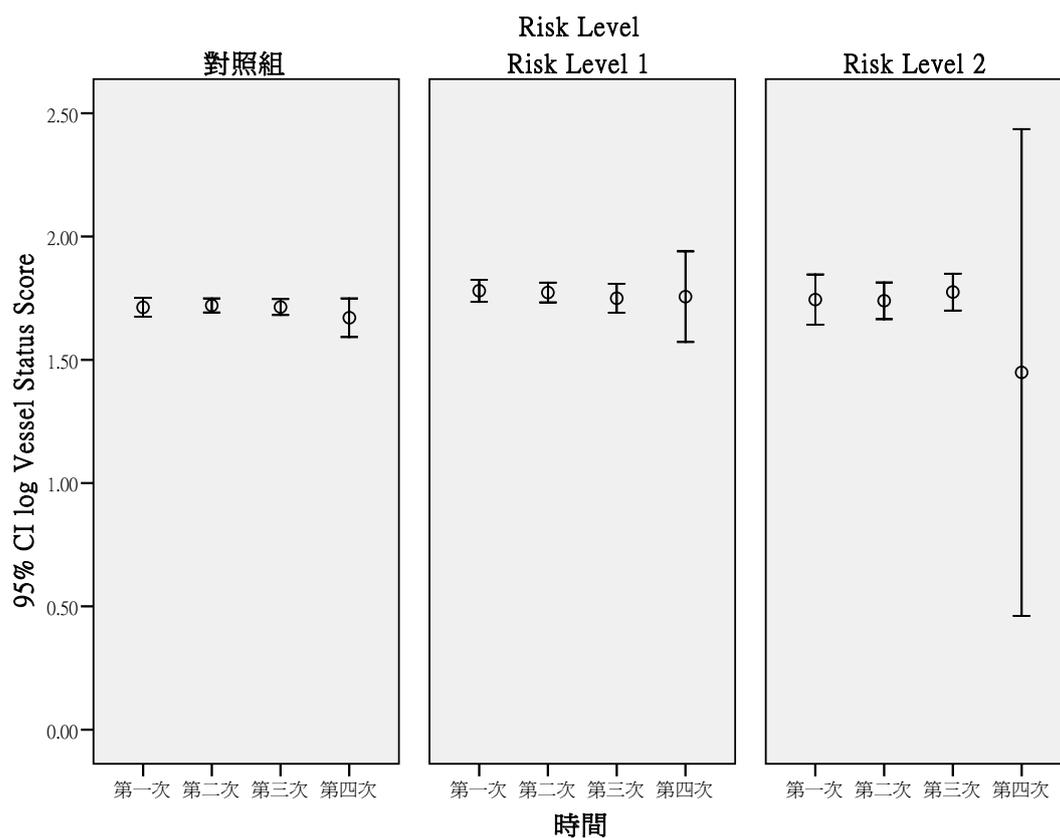


圖 189 其他奈米物質處置者之 Vessel Status Score 重覆測量分布情形

表 418 Vessel Status Score 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.10	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	0.08	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.06	0.94
研究所以上 vs 高中職以下	0.11	0.04	0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.06	0.04	0.16
RL2vs 對照組	0.01	0.05	0.81
RL1vs 對照組	0.00	0.03	1.00
Time	0.00	0.01	0.98
RL2*Time	-0.03	0.02	0.10
RL1*Time	0.00	0.01	0.76

校正變項: log Vessel Status Score

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 419 Vessel Status Score 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.10	0.03	<0.01
性別(男 vs 女)	0.08	0.02	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.06	0.94
研究所以上 vs 高中職以下	0.11	0.05	0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.06	0.04	0.16
Risk Level	0.00	0.02	0.86
Time	0.00	0.01	0.95
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.14

校正變項: log Vessel Status Score

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 420 DPI(血管老化評估)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	-88.02	±	33.48	<0.01
	>40, 40 歲以上	95	-50.64	±	46.97	
性別	女	87	-55.38	±	37.87	<0.01
	男	198	-84.42	±	41.14	
抽菸習慣	無	254	-75.78	±	42.20	0.95
	有	30	-74.77	±	43.99	
喝酒習慣	無	259	-76.29	±	41.77	0.53
	有	26	-68.26	±	47.38	
嚼檳榔習慣	無	277	-76.37	±	42.05	0.05
	有	8	-47.60	±	43.71	
籍貫	台閩	220	-77.51	±	43.65	0.34
	客家	40	-72.44	±	40.42	
	其它(原住民與外省籍)	24	-65.56	±	28.66	
教育程度	高中職以下	47	-45.29	±	43.62	<0.01
	大專/大學	126	-73.70	±	43.91	
	研究所以上	111	-90.77	±	31.46	

*p* 值使用無母數分析

表 421 DPI(血管老化評估)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	-76.44	±	42.26	0.23
	有	17	-63.08	±	42.79	
氣喘	無	275	-75.72	±	42.00	0.79
	有	8	-74.72	±	58.03	
鼻炎	無	234	-75.88	±	40.55	0.83
	有	51	-74.07	±	49.91	
心律不整	無	274	-75.91	±	42.28	0.52
	有	11	-66.85	±	43.54	
心絞痛	無	282	-75.92	±	42.32	0.07
	有	3	-41.79	±	21.76	
心臟瓣膜疾病	無	280	-75.80	±	41.92	0.68
	有	5	-61.82	±	64.05	
高血脂	無	263	-74.97	±	42.88	0.37
	有	22	-82.60	±	34.38	
高血壓	無	261	-76.56	±	41.78	0.28
	有	24	-64.70	±	47.01	
異位性皮膚炎	無	262	-74.61	±	43.23	0.22
	有	23	-86.41	±	27.78	
過敏性皮膚炎	無	250	-74.64	±	43.34	0.34
	有	35	-82.13	±	33.57	
色素沉澱	無	277	-75.42	±	42.31	0.80
	有	8	-80.30	±	43.72	
毛囊炎	無	273	-75.45	±	42.73	0.97
	有	12	-77.91	±	31.57	

*p* 值使用無母數分析

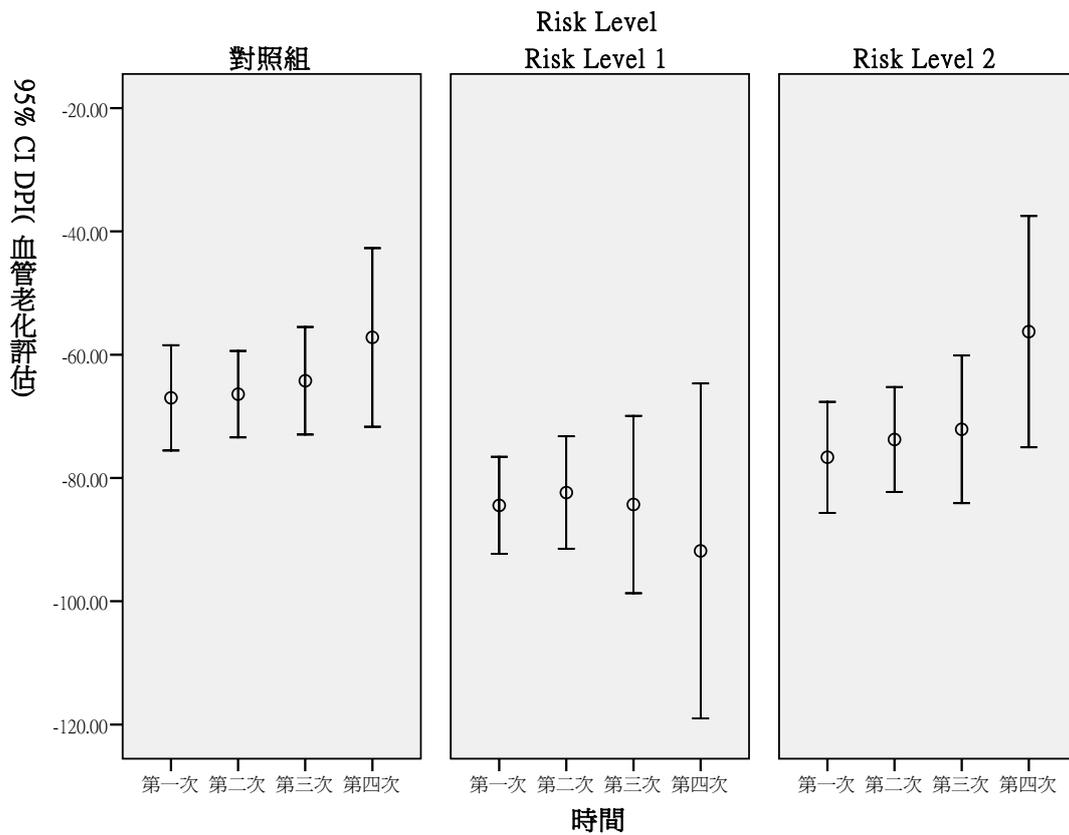


圖 190 DPI(血管老化評估)之重覆測量分布情形

表 422 DPI(血管老化評估)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	27.24	4.37	<0.01
性別(男 vs 女)	-25.35	3.99	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	5.02	6.66	0.45
研究所以上 vs 高中職以下	-18.96	6.59	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	-14.48	6.17	0.02
RL2vs 對照組	2.80	6.62	0.67
RL1vs 對照組	-3.30	6.43	0.61
Time	0.94	1.70	0.58
RL2*Time	0.05	2.54	0.99
RL1*Time	-2.38	2.74	0.39

依變項: DPI(血管老化評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 423 DPI(血管老化評估)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	27.33	4.42	<0.01
性別(男 vs 女)	-26.44	4.13	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	5.58	6.76	0.41
研究所以上 vs 高中職以下	-19.69	6.50	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	-14.64	6.16	0.02
Risk Level	1.37	3.32	0.68
Time	0.29	1.60	0.85
Risk Level* Time	-0.11	1.26	0.93

依變項: DPI(血管老化評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

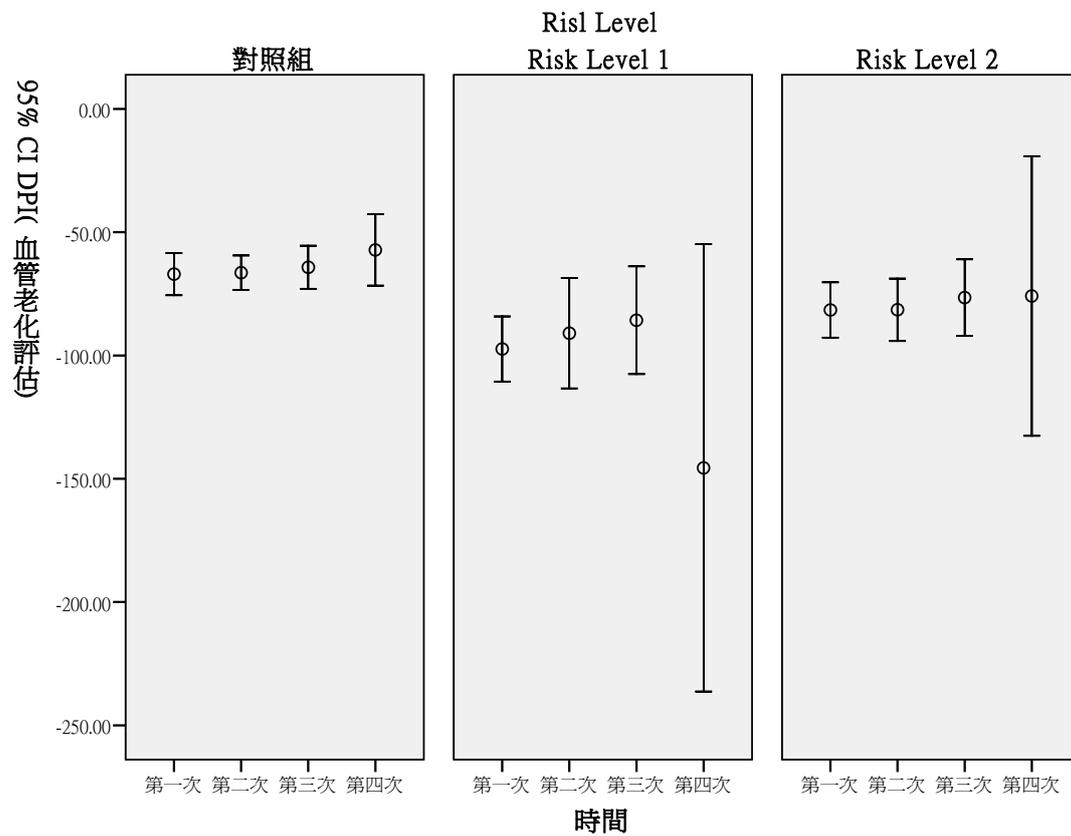


圖 191 奈米碳管處置者之 DPI(血管老化評估)重覆測量分布情形

表 424 DPI(血管老化評估)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	31.10	5.46	<0.01
性別(男 vs 女)	-30.48	4.81	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-5.54	6.86	0.42
研究所以上 vs 高中職以下	-0.59	8.30	0.94
大專/大學 vs 高中職以下	-0.97	7.39	0.90
RL2vs 對照組	7.28	7.77	0.35
RL1vs 對照組	-10.52	9.46	0.27
Time	1.02	1.69	0.55
RL2*Time	-2.82	3.63	0.44
RL1*Time	-5.33	6.09	0.38

依變項: DPI(血管老化評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 425 DPI(血管老化評估)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	29.11	5.26	<0.01
性別(男 vs 女)	-32.42	5.24	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-7.64	6.55	0.24
研究所以上 vs 高中職以下	-3.17	8.31	0.70
大專/大學 vs 高中職以下	-3.14	7.59	0.68
Risk Level	2.25	4.00	0.57
Time	0.76	1.71	0.66
Risk Level* Time	-1.88	1.87	0.31

依變項: DPI(血管老化評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

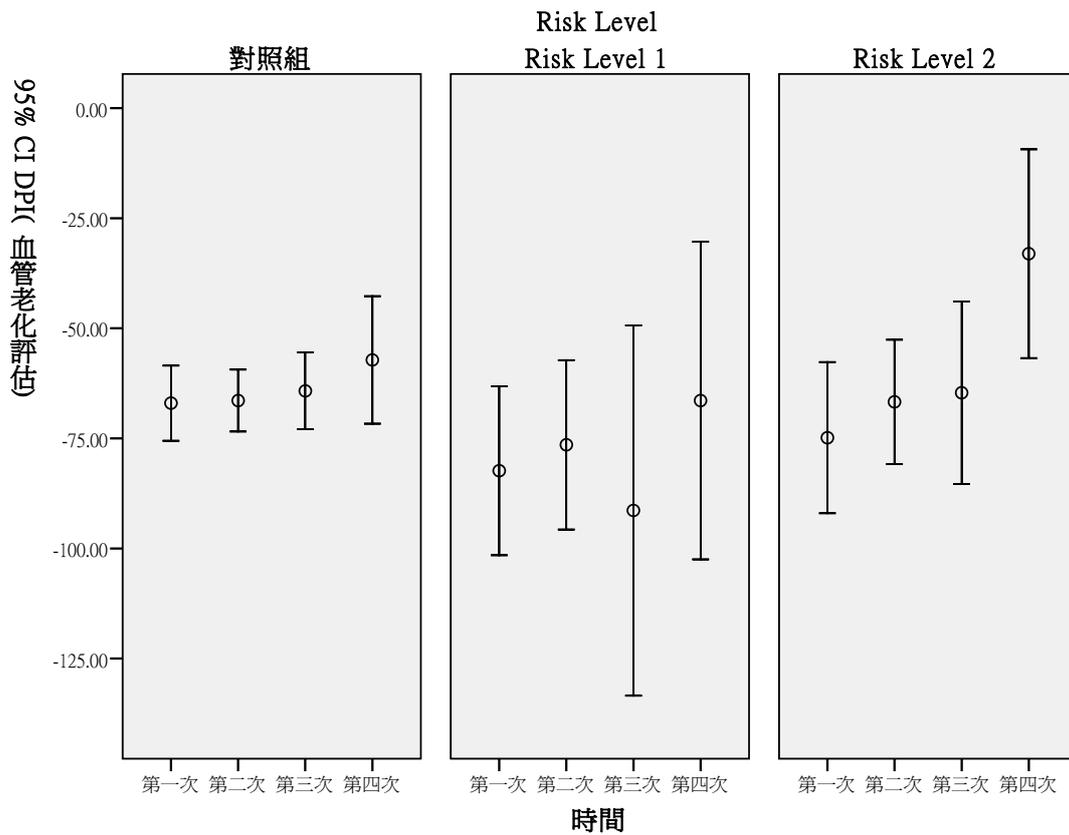


圖 192 奈米級二氧化鈦處置者之 DPI(血管老化評估)重覆測量分布情形

表 426 DPI(血管老化評估)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	27.29	5.74	<0.01
性別(男 vs 女)	-23.06	5.38	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.84	9.70	0.93
研究所以上 vs 高中職以下	-25.63	8.88	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	-15.70	7.84	0.05
RL2vs 對照組	1.43	9.04	0.87
RL1vs 對照組	-3.25	9.05	0.72
Time	0.81	1.70	0.63
RL2*Time	3.90	3.13	0.21
RL1*Time	0.50	3.04	0.87

依變項: DPI(血管老化評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 427 DPI(血管老化評估)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	27.37	5.76	<0.01
性別(男 vs 女)	-23.71	5.43	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.11	9.98	0.99
研究所以上 vs 高中職以下	-25.77	8.84	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	-15.70	7.85	0.05
Risk Level	0.40	4.44	0.93
Time	0.66	1.64	0.69
Risk Level* Time	1.82	1.52	0.23

依變項: DPI(血管老化評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

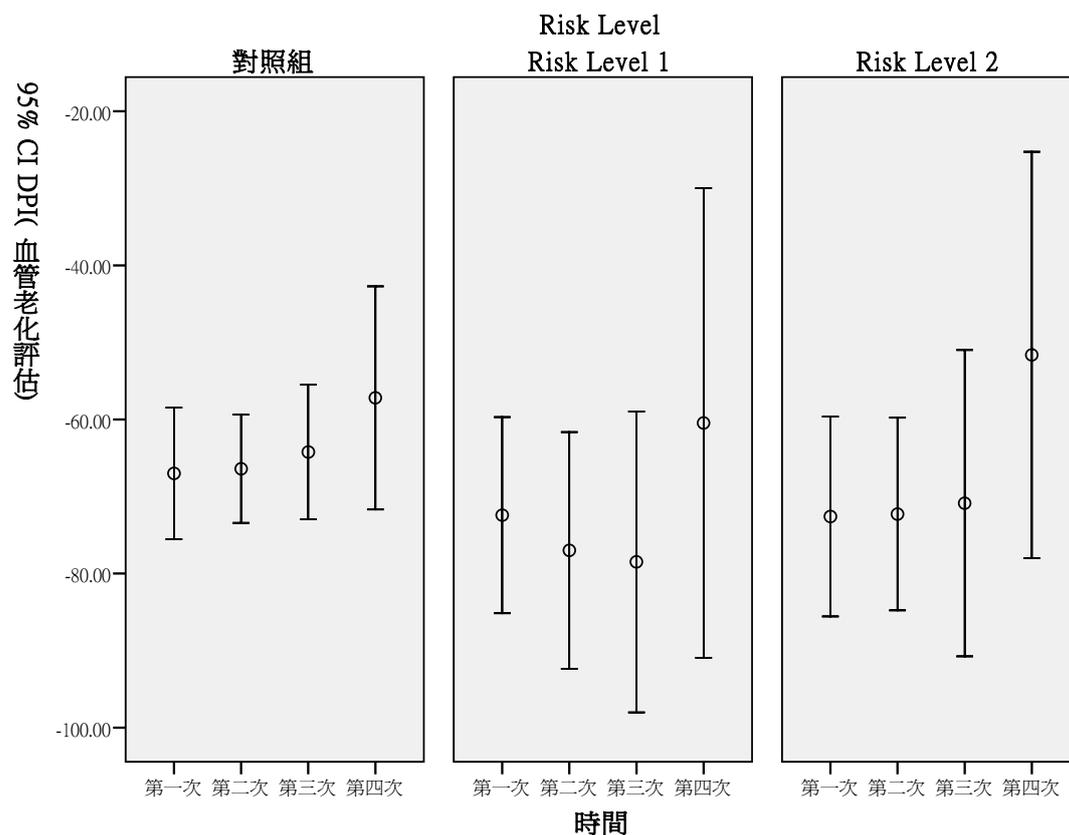


圖 193 奈米級二氧化矽處置者之 DPI(血管老化評估)重覆測量分布情形

表 428 DPI(血管老化評估)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	29.30	5.15	<0.01
性別(男 vs 女)	-25.23	4.82	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-9.93	7.70	0.20
研究所以上 vs 高中職以下	-18.52	6.55	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	-4.40	6.32	0.49
RL2vs 對照組	7.74	7.95	0.33
RL1vs 對照組	5.14	7.00	0.46
Time	0.80	1.74	0.65
RL2*Time	-1.59	3.01	0.60
RL1*Time	-2.60	2.47	0.29

依變項: DPI(血管老化評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 429 DPI(血管老化評估)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	29.34	5.16	<0.01
性別(男 vs 女)	-25.51	4.82	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-9.41	7.75	0.22
研究所以上 vs 高中職以下	-18.40	6.54	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	-4.21	6.38	0.51
Risk Level	4.05	3.92	0.30
Time	0.58	1.66	0.73
Risk Level* Time	-1.01	1.46	0.49

依變項: DPI(血管老化評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

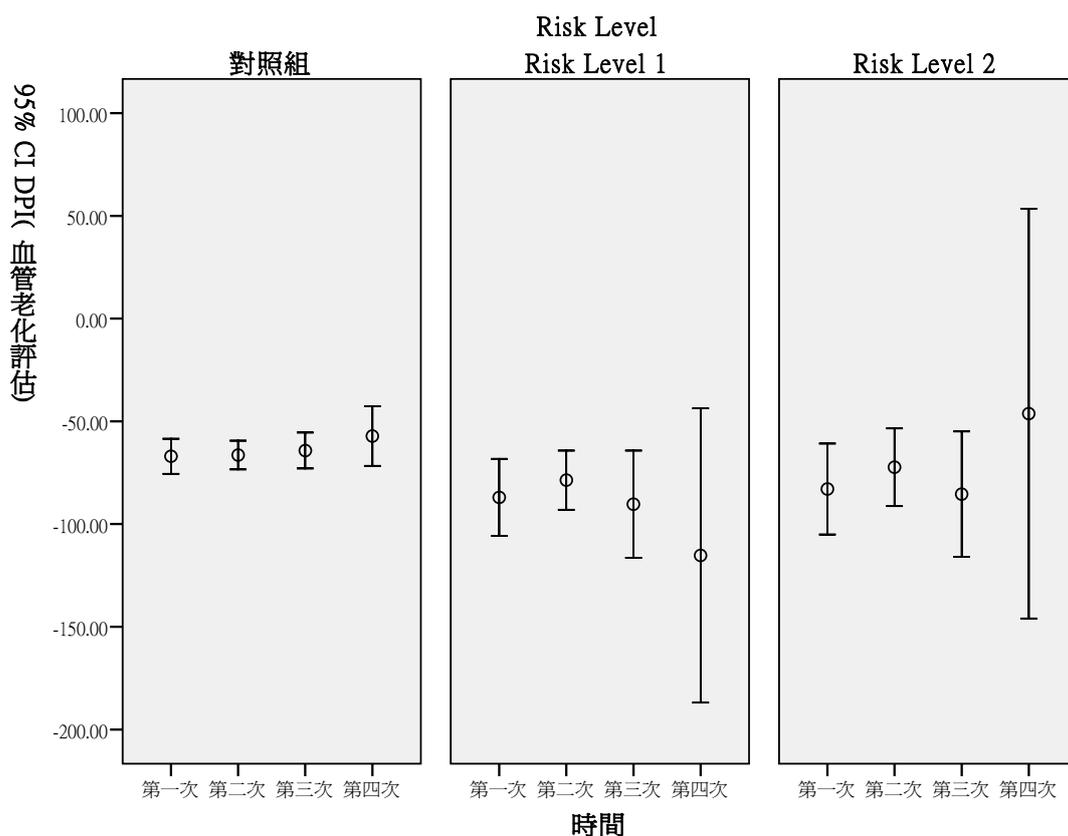


圖 194 奈米銀處置者之 DPI(血管老化評估)重覆測量分布情形

表 430 DPI(血管老化評估)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
≥40 歲 vs <40 歲	22.88	5.88	<0.01
性別(男 vs 女)	-25.58	5.30	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	4.29	12.35	0.73
研究所以上 vs 高中職以下	-16.78	9.70	0.08
大專/大學 vs 高中職以下	-9.99	8.67	0.25
RL2vs 對照組	-5.82	13.56	0.67
RL1vs 對照組	-7.64	12.32	0.54
Time	0.98	1.72	0.57
RL2*Time	5.07	5.85	0.39
RL1*Time	-2.33	5.68	0.68

依變項: DPI(血管老化評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 431 DPI(血管老化評估)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	22.89	5.86	<0.01
性別(男 vs 女)	-25.17	5.33	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	2.37	11.84	0.84
研究所以上 vs 高中職以下	-17.97	10.29	0.08
大專/大學 vs 高中職以下	-9.81	8.90	0.27
Risk Level	-2.89	6.30	0.65
Time	0.69	1.71	0.68
Risk Level* Time	1.51	2.69	0.57

依變項: DPI(血管老化評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

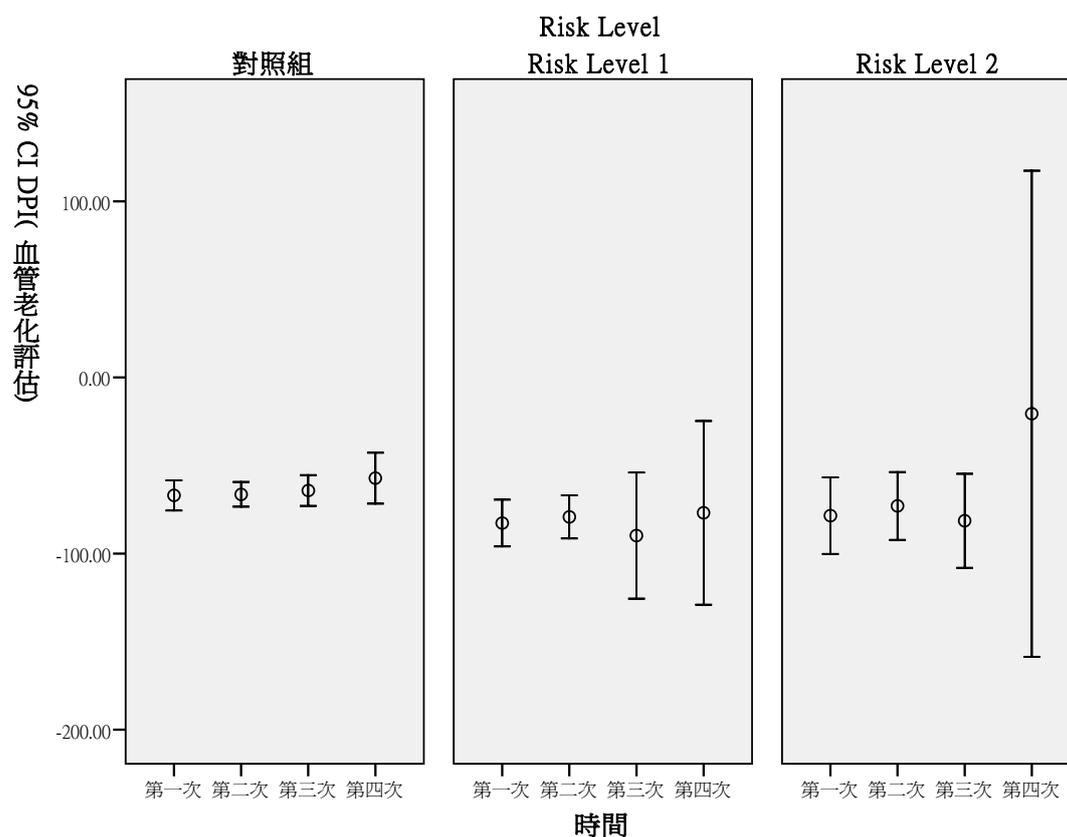


圖 195 其他奈米物質處置者之 DPI(血管老化評估)重覆測量分布情形

表 432 DPI(血管老化評估)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	22.24	5.65	<0.01
性別(男 vs 女)	-21.02	5.14	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-2.10	11.65	0.86
研究所以上 vs 高中職以下	-25.54	8.75	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	-14.66	8.21	0.07
RL2vs 對照組	-5.49	12.62	0.66
RL1vs 對照組	0.97	8.89	0.91
Time	0.88	1.70	0.61
RL2*Time	5.98	4.61	0.20
RL1*Time	-0.74	3.40	0.83

校正變項: DPI(血管老化評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 433 DPI(血管老化評估)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	22.29	5.64	<0.01
性別(男 vs 女)	-21.10	5.13	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.80	11.68	0.88
研究所以上 vs 高中職以下	-26.09	8.87	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	-14.93	8.31	0.07
Risk Level	-1.81	5.72	0.75
Time	0.61	1.66	0.71
Risk Level* Time	2.16	2.09	0.30

校正變項: DPI(血管老化評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 434 SP(心室功能評估)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	-87.54	±	14.24	<0.01
	>40, 40 歲以上	95	-74.96	±	18.99	
性別	女	87	-74.05	±	14.56	<0.01
	男	198	-87.43	±	16.43	
抽菸習慣	無	254	-83.53	±	16.48	0.72
	有	30	-82.11	±	21.52	
喝酒習慣	無	259	-83.61	±	16.33	0.98
	有	26	-80.74	±	23.06	
嚼檳榔習慣	無	277	-83.53	±	17.11	0.14
	有	8	-77.09	±	12.86	
籍貫	台閩	220	-84.24	±	17.66	0.31
	客家	40	-80.25	±	15.95	
	其它(原住民與外省籍)	24	-81.49	±	10.77	
教育程度	高中職以下	47	-74.19	±	19.36	<0.01
	大專/大學	126	-82.70	±	17.90	
	研究所以上	111	-88.03	±	12.96	

*p* 值使用無母數分析

表 435 SP(心室功能評估)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	-83.68	±	16.95	0.33
	有	17	-79.02	±	18.17	
氣喘	無	275	-83.26	±	17.05	0.48
	有	8	-87.99	±	17.85	
鼻炎	無	234	-83.35	±	16.27	0.87
	有	51	-83.36	±	20.29	
心律不整	無	274	-83.48	±	17.11	0.45
	有	11	-80.16	±	14.97	
心絞痛	無	282	-83.38	±	17.09	0.48
	有	3	-80.28	±	8.45	
心臟瓣膜疾病	無	280	-83.48	±	16.91	0.52
	有	5	-76.01	±	23.63	
高血脂	無	263	-83.08	±	17.37	0.40
	有	22	-86.58	±	11.84	
高血壓	無	261	-83.64	±	16.90	0.41
	有	24	-80.14	±	18.29	
異位性皮膚炎	無	262	-82.99	±	17.38	0.35
	有	23	-87.42	±	11.62	
過敏性皮膚炎	無	250	-82.94	±	17.54	0.45
	有	35	-86.30	±	12.51	
色素沉澱	無	277	-83.29	±	17.04	0.94
	有	8	-85.31	±	17.27	
毛囊炎	無	273	-83.36	±	17.24	0.74
	有	12	-83.18	±	11.28	

*p* 值使用無母數分析

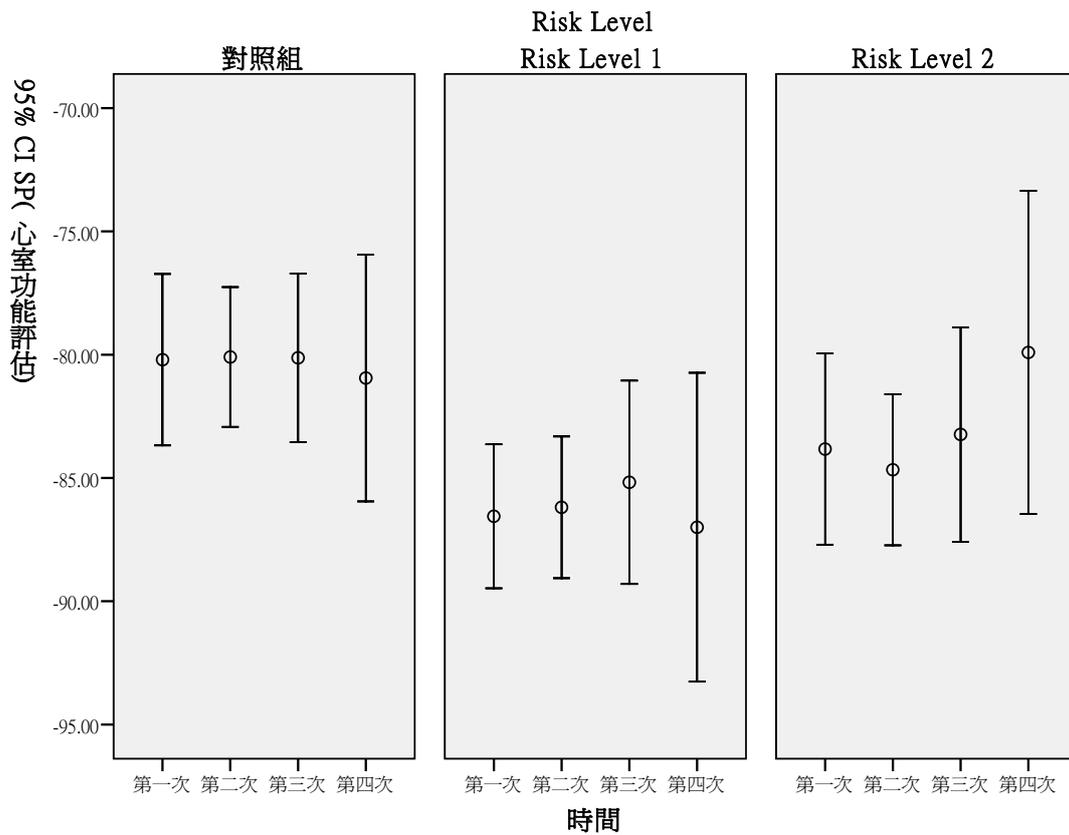


圖 196 SP(心室功能評估)之重覆測量分布情形

表 436 SP(心室功能評估)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	8.91	1.58	<0.01
性別(男 vs 女)	-12.46	1.47	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	2.60	2.47	0.29
研究所以上 vs 高中職以下	-3.85	2.56	0.13
大專/大學 vs 高中職以下	-2.87	2.38	0.23
RL2vs 對照組	0.65	2.92	0.82
RL1vs 對照組	-3.10	2.79	0.27
Time	-0.61	0.73	0.41
RL2*Time	0.06	1.06	0.95
RL1*Time	0.75	1.02	0.46

依變項: SP(心室功能評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 437 SP(心室功能評估)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	8.93	1.58	<0.01
性別(男 vs 女)	-12.66	1.48	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	2.62	2.47	0.29
研究所以上 vs 高中職以下	-4.00	2.54	0.12
大專/大學 vs 高中職以下	-2.91	2.38	0.22
Risk Level	0.20	1.47	0.89
Time	-0.40	0.67	0.55
Risk Level* Time	0.07	0.53	0.90

依變項: SP(心室功能評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

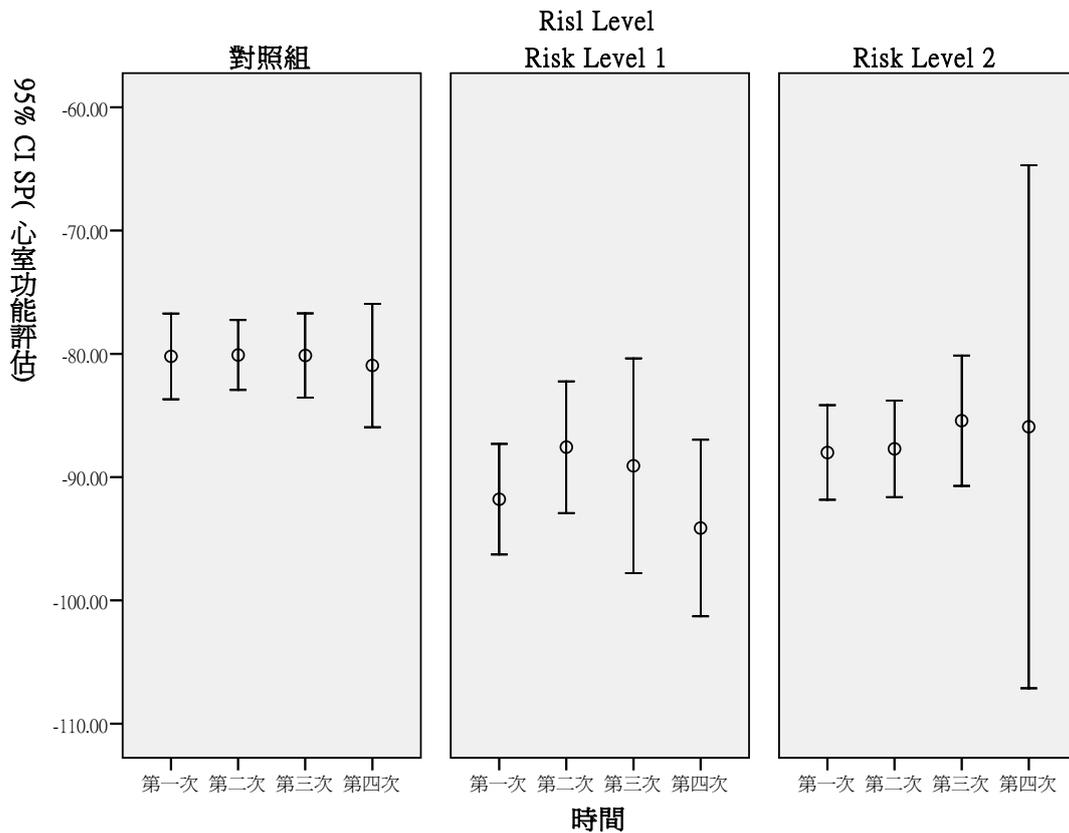


圖 197 奈米碳管處置者之 SP(心室功能評估)重覆測量分布情形

表 438 SP(心室功能評估)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	9.61	1.89	<0.01
性別(男 vs 女)	-13.61	1.85	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.16	2.16	0.59
研究所以上 vs 高中職以下	2.73	3.12	0.38
大專/大學 vs 高中職以下	1.60	2.95	0.59
RL2vs 對照組	-1.64	3.17	0.61
RL1vs 對照組	-9.46	3.92	0.02
Time	-0.56	0.72	0.44
RL2*Time	0.13	1.43	0.93
RL1*Time	2.13	1.61	0.19

依變項: SP(心室功能評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 439 SP(心室功能評估)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	9.15	1.85	<0.01
性別(男 vs 女)	-13.92	1.86	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.81	2.07	0.38
研究所以上 vs 高中職以下	2.09	3.12	0.50
大專/大學 vs 高中職以下	1.06	2.94	0.72
Risk Level	-1.90	1.67	0.26
Time	-0.36	0.71	0.61
Risk Level* Time	0.37	0.70	0.60

依變項: SP(心室功能評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

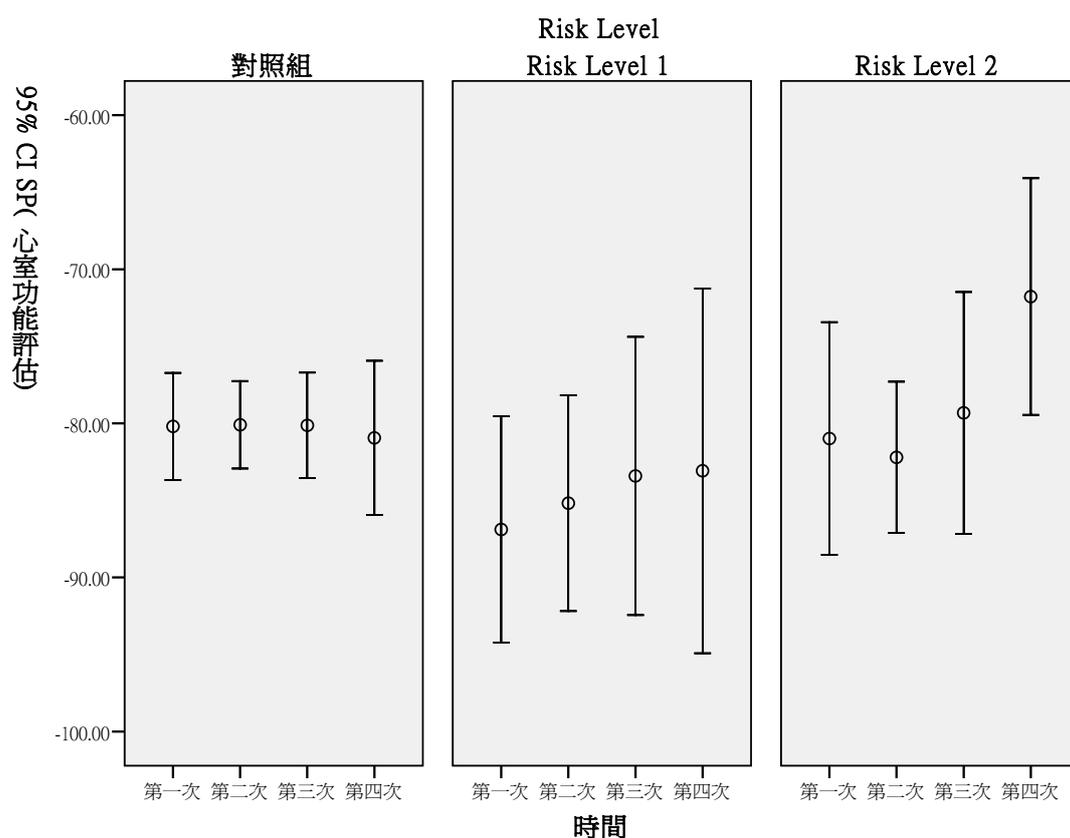


圖 198 奈米級二氧化鈦處置者之 SP(心室功能評估)重覆測量分布情形

表 440 SP(心室功能評估)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	9.56	2.27	<0.01
性別(男 vs 女)	-12.55	2.08	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	1.03	3.85	0.79
研究所以上 vs 高中職以下	-4.90	3.71	0.19
大專/大學 vs 高中職以下	-2.73	3.19	0.39
RL2vs 對照組	2.91	4.22	0.49
RL1vs 對照組	-2.48	4.02	0.54
Time	-0.64	0.73	0.38
RL2*Time	0.68	1.36	0.61
RL1*Time	1.19	1.23	0.33

依變項: SP(心室功能評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 441 SP(心室功能評估)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	9.58	2.27	<0.01
性別(男 vs 女)	-12.76	2.10	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	1.41	3.96	0.72
研究所以上 vs 高中職以下	-4.87	3.72	0.19
大專/大學 vs 高中職以下	-2.71	3.19	0.40
Risk Level	1.10	2.06	0.59
Time	-0.57	0.70	0.42
Risk Level* Time	0.42	0.66	0.53

依變項: SP(心室功能評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

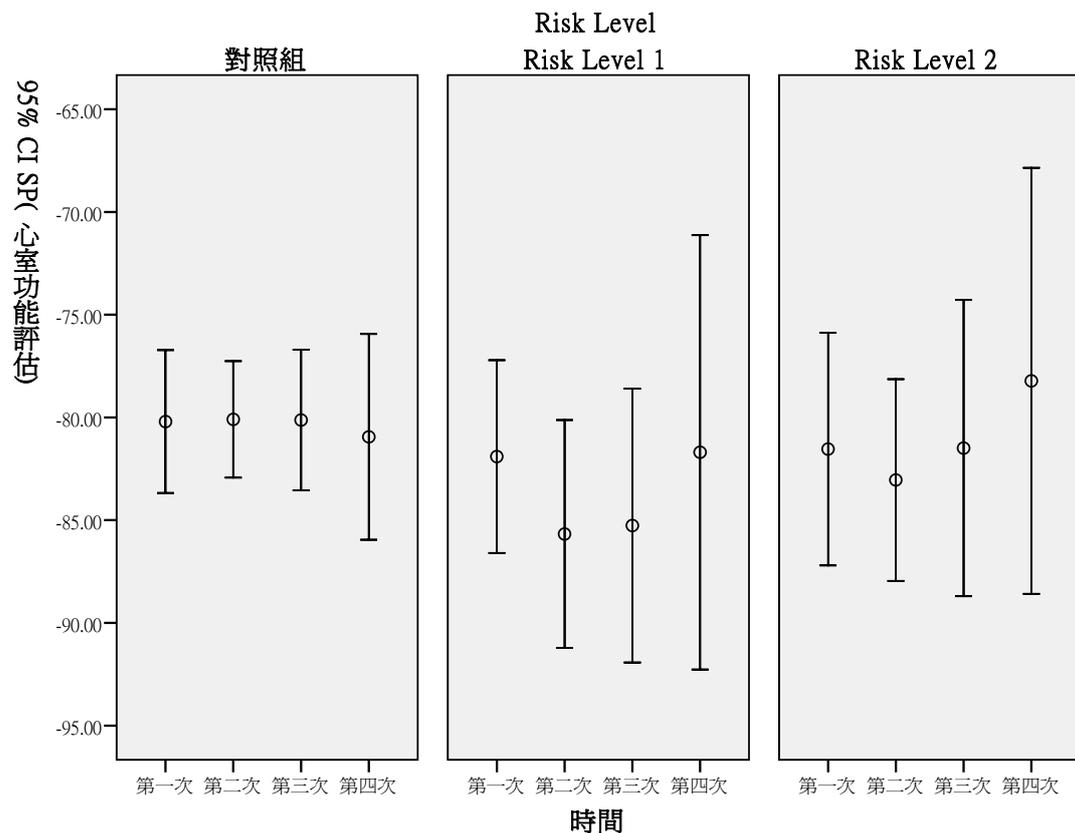


圖 199 奈米級二氧化矽處置者之 SP(心室功能評估)重覆測量分布情形

表 442 SP(心室功能評估)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	9.89	1.95	<0.01
性別(男 vs 女)	-12.64	1.89	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.98	2.73	0.47
研究所以上 vs 高中職以下	-2.50	2.57	0.33
大專/大學 vs 高中職以下	1.07	2.44	0.66
RL2vs 對照組	3.34	3.77	0.37
RL1vs 對照組	2.44	2.96	0.41
Time	-0.64	0.74	0.39
RL2*Time	-0.51	1.34	0.70
RL1*Time	-0.96	0.98	0.33

依變項: SP(心室功能評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 443 SP(心室功能評估)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	9.89	1.95	<0.01
性別(男 vs 女)	-12.73	1.89	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.84	2.72	0.50
研究所以上 vs 高中職以下	-2.48	2.57	0.34
大專/大學 vs 高中職以下	1.12	2.46	0.65
Risk Level	1.77	1.83	0.33
Time	-0.72	0.70	0.30
Risk Level* Time	-0.34	0.65	0.61

依變項: SP(心室功能評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

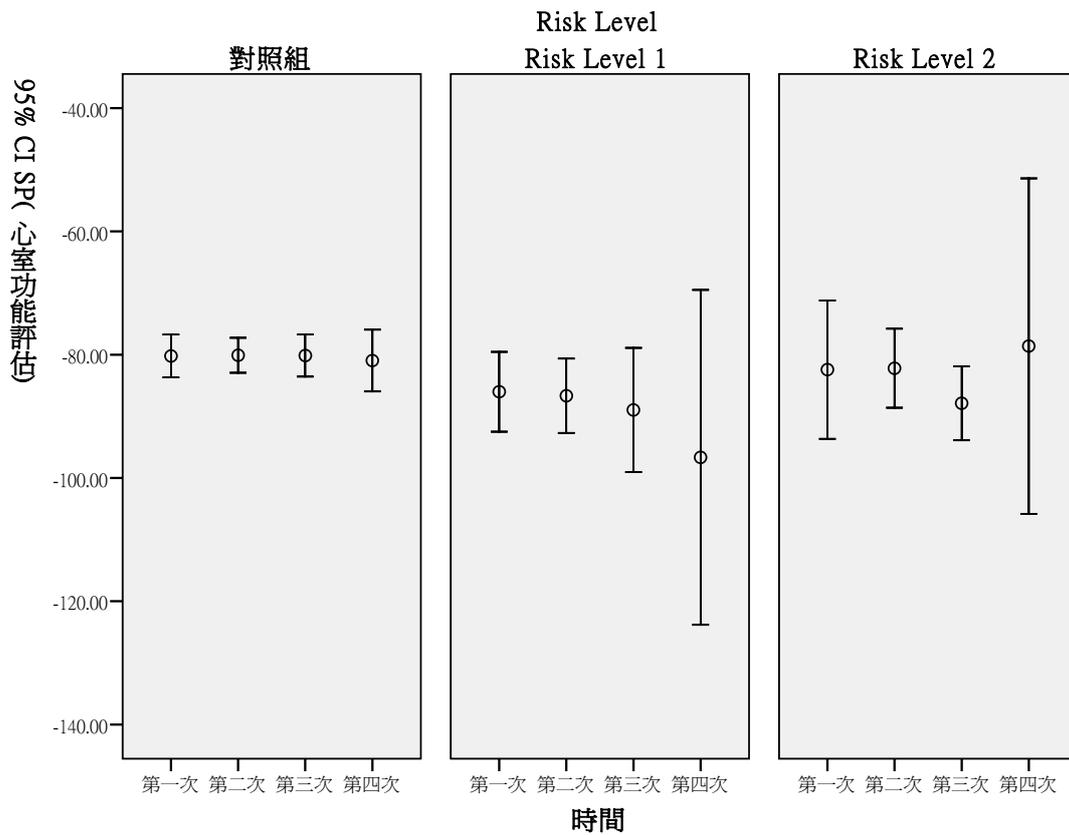


圖 200 奈米銀處置者之 SP(心室功能評估)重覆測量分布情形

表 444 SP(心室功能評估)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
≥40 歲 vs <40 歲	8.18	2.32	<0.01
性別(男 vs 女)	-12.33	2.07	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	3.44	4.79	0.47
研究所以上 vs 高中職以下	-2.52	3.96	0.52
大專/大學 vs 高中職以下	-1.25	3.52	0.72
RL2vs 對照組	2.20	6.28	0.73
RL1vs 對照組	-4.65	4.70	0.32
Time	-0.59	0.72	0.41
RL2*Time	0.23	1.86	0.90
RL1*Time	0.27	2.24	0.90

依變項: SP(心室功能評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 445 SP(心室功能評估)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	8.11	2.32	<0.01
性別(男 vs 女)	-12.11	2.08	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	2.62	4.53	0.56
研究所以上 vs 高中職以下	-3.09	4.19	0.46
大專/大學 vs 高中職以下	-1.25	3.59	0.73
Risk Level	0.41	2.92	0.89
Time	-0.58	0.71	0.42
Risk Level* Time	0.10	0.91	0.91

依變項: SP(心室功能評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

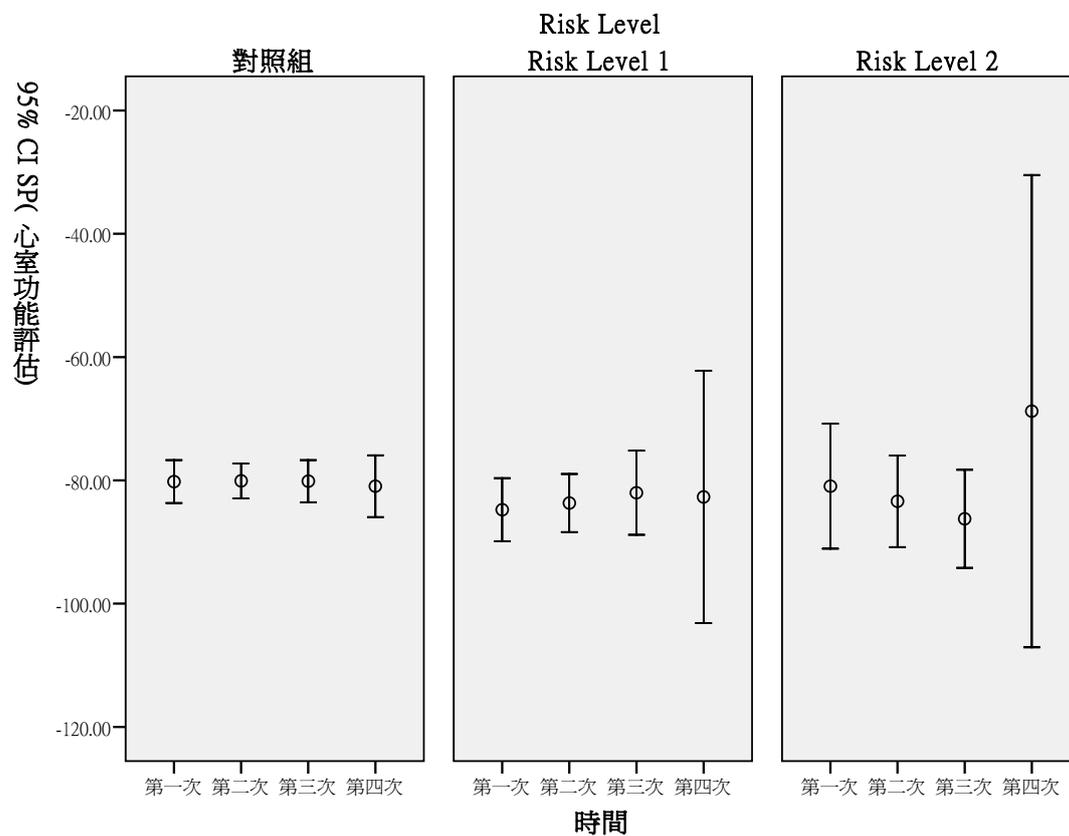


圖 201 其他奈米物質處置者之 SP(心室功能評估)重覆測量分布情形

表 446 SP(心室功能評估)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析  
(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	8.04	2.25	<0.01
性別(男 vs 女)	-10.98	2.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	1.18	4.78	0.81
研究所以上 vs 高中職以下	-5.57	3.84	0.15
大專/大學 vs 高中職以下	-2.90	3.51	0.41
RL2vs 對照組	1.78	6.03	0.77
RL1vs 對照組	-0.26	3.81	0.95
Time	-0.61	0.73	0.40
RL2*Time	0.69	1.90	0.72
RL1*Time	1.05	1.41	0.46

校正變項: SP(心室功能評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 447 SP(心室功能評估)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照  
Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	8.04	2.25	<0.01
性別(男 vs 女)	-10.98	2.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	1.10	4.65	0.81
研究所以上 vs 高中職以下	-5.54	3.89	0.15
大專/大學 vs 高中職以下	-2.87	3.52	0.42
Risk Level	0.65	2.72	0.81
Time	-0.56	0.72	0.44
Risk Level* Time	0.50	0.86	0.57

校正變項: SP(心室功能評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 448 BVT(血管結構評估)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	-3.61	±	18.95	<0.01
	>40, 40 歲以上	95	-14.53	±	20.81	
性別	女	87	-8.52	±	18.74	0.38
	男	198	-6.69	±	20.86	
抽菸習慣	無	254	-7.25	±	20.14	0.91
	有	30	-6.46	±	21.09	
喝酒習慣	無	259	-7.23	±	19.68	0.97
	有	26	-7.43	±	25.44	
嚼檳榔習慣	無	277	-6.92	±	20.01	0.24
	有	8	-18.61	±	25.31	
籍貫	台閩	220	-7.17	±	19.87	0.05
	客家	40	-2.46	±	23.09	
	其它(原住民與外省籍)	24	-15.27	±	16.36	
教育程度	高中職以下	47	-19.46	±	17.43	<0.01
	大專/大學	126	-8.26	±	21.18	
	研究所以上	111	-0.72	±	17.51	

*p* 值使用無母數分析

表 449 BVT(血管結構評估)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	-6.83	±	20.13	0.11
	有	17	-13.24	±	21.71	
氣喘	無	275	-6.87	±	19.95	0.32
	有	8	-16.20	±	28.60	
鼻炎	無	234	-6.25	±	20.21	0.03
	有	51	-11.85	±	19.81	
心律不整	無	274	-7.34	±	20.13	0.71
	有	11	-4.98	±	23.37	
心絞痛	無	282	-6.94	±	20.09	0.01
	有	3	-36.01	±	10.55	
心臟瓣膜疾病	無	280	-7.19	±	20.26	0.73
	有	5	-10.64	±	19.37	
高血脂	無	263	-7.33	±	20.32	0.85
	有	22	-6.25	±	19.44	
高血壓	無	261	-7.10	±	20.15	0.55
	有	24	-8.82	±	21.35	
異位性皮膚炎	無	262	-7.54	±	20.48	0.26
	有	23	-3.90	±	17.00	
過敏性皮膚炎	無	250	-7.38	±	20.38	0.73
	有	35	-6.31	±	19.28	
色素沉澱	無	277	-7.38	±	20.26	0.52
	有	8	-2.85	±	19.34	
毛囊炎	無	273	-7.39	±	20.45	0.40
	有	12	-4.01	±	14.13	

*p* 值使用無母數分析

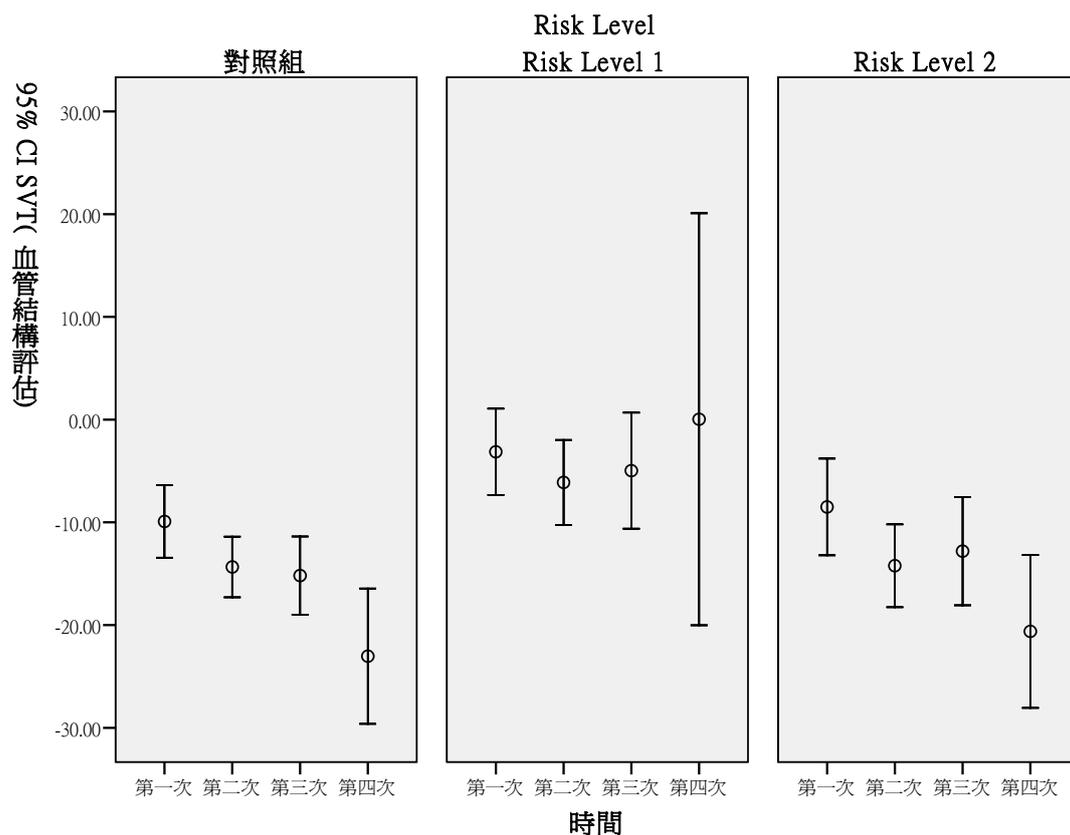


圖 202 BVT(血管結構評估)之重覆測量分布情形

表 450 BVT(血管結構評估)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-9.76	2.19	<0.01
性別(男 vs 女)	0.77	1.86	0.68
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.06	2.84	0.98
研究所以上 vs 高中職以下	9.39	2.79	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	6.06	2.43	0.01
鼻炎(有 vs 無)	0.14	3.13	0.96
心絞痛(有 vs 無)	-16.50	7.33	0.02
RL2vs 對照組	-2.54	3.61	0.48
RL1vs 對照組	-0.82	3.65	0.82
Time	-3.38	0.81	<0.01
RL2*Time	0.92	1.43	0.52
RL1*Time	4.01	1.93	0.04

依變項: SVT(血管結構評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 鼻炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 451 BVT(血管結構評估)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-9.85	2.23	<0.01
性別(男 vs 女)	1.60	1.99	0.42
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.67	2.96	0.82
研究所以上 vs 高中職以下	10.01	2.80	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	6.19	2.46	0.01
鼻炎(有 vs 無)	0.64	3.37	0.85
心絞痛(有 vs 無)	-18.76	7.67	0.01
Risk Level	-1.32	1.79	0.46
Time	-2.41	0.88	0.01
Risk Level* Time	0.62	0.70	0.38

依變項: SVT(血管結構評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 鼻炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

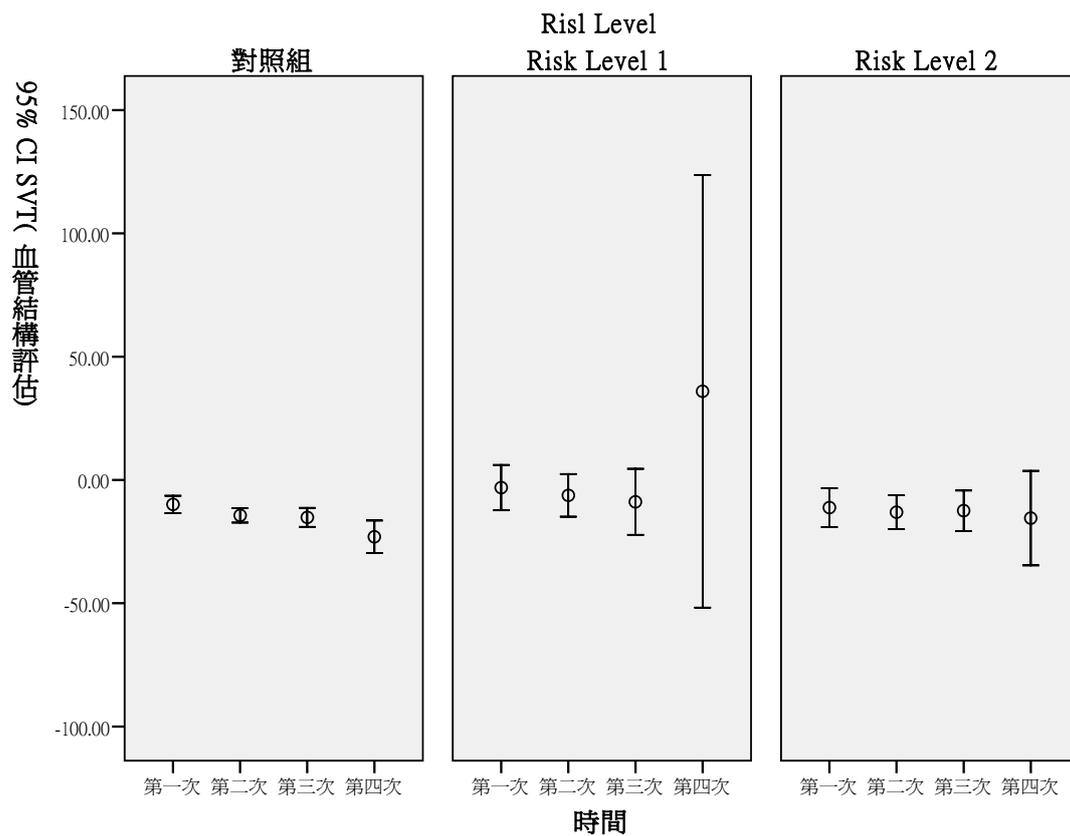


圖 203 奈米碳管處置者之 BVT(血管結構評估)重覆測量分布情形

表 452 BVT(血管結構評估)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-10.47	2.99	<0.01
性別(男 vs 女)	3.11	2.28	0.17
抽菸習慣(有 vs 無)	2.10	3.74	0.57
研究所以上 vs 高中職以下	4.62	4.35	0.29
大專/大學 vs 高中職以下	1.87	3.24	0.56
鼻炎(有 vs 無)	-0.93	4.04	0.82
心絞痛(有 vs 無)	-21.96	2.96	<0.01
RL2vs 對照組	-8.12	5.16	0.12
RL1vs 對照組	-9.31	8.39	0.27
Time	-3.37	0.82	<0.01
RL2*Time	2.96	2.00	0.14
RL1*Time	10.08	5.86	0.09

依變項: SVT(血管結構評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 鼻炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 453 BVT(血管結構評估)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-9.53	2.88	<0.01
性別(男 vs 女)	4.30	2.60	0.10
抽菸習慣(有 vs 無)	2.64	3.34	0.43
研究所以上 vs 高中職以下	5.82	4.39	0.19
大專/大學 vs 高中職以下	2.72	3.40	0.42
鼻炎(有 vs 無)	0.82	5.00	0.87
心絞痛(有 vs 無)	-24.60	2.87	<0.01
Risk Level	-4.96	2.67	0.06
Time	-2.66	0.95	0.01
Risk Level* Time	2.55	1.23	0.04

依變項: SVT(血管結構評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 鼻炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

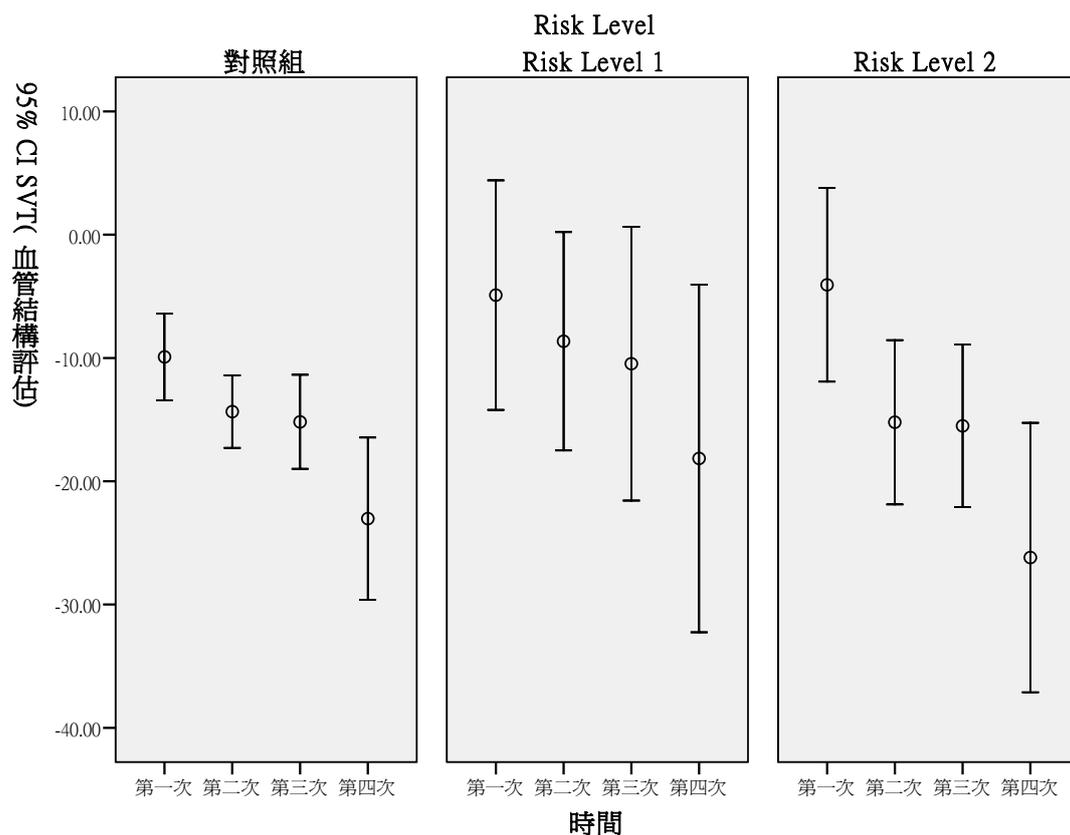


圖 204 奈米級二氧化鈦處置者之 BVT(血管結構評估)重覆測量分布情形

表 454 BVT(血管結構評估)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-7.91	2.26	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.46	2.29	0.84
抽菸習慣(有 vs 無)	1.74	3.53	0.62
研究所以上 vs 高中職以下	12.95	3.23	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	6.17	2.61	0.02
鼻炎(有 vs 無)	-2.20	2.75	0.42
RL2vs 對照組	3.15	5.18	0.54
RL1vs 對照組	2.30	4.93	0.64
Time	-3.40	0.81	<0.01
RL2*Time	-1.89	2.09	0.36
RL1*Time	0.21	1.56	0.89

依變項: SVT(血管結構評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 鼻炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 455 BVT(血管結構評估)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-7.93	2.26	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.16	2.31	0.94
抽菸習慣(有 vs 無)	1.34	3.62	0.71
研究所以上 vs 高中職以下	13.06	3.20	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	6.19	2.59	0.02
鼻炎(有 vs 無)	-2.22	2.79	0.43
Risk Level	1.62	2.47	0.51
Time	-3.28	0.79	<0.01
Risk Level* Time	-0.84	0.98	0.39

依變項: SVT(血管結構評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 鼻炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

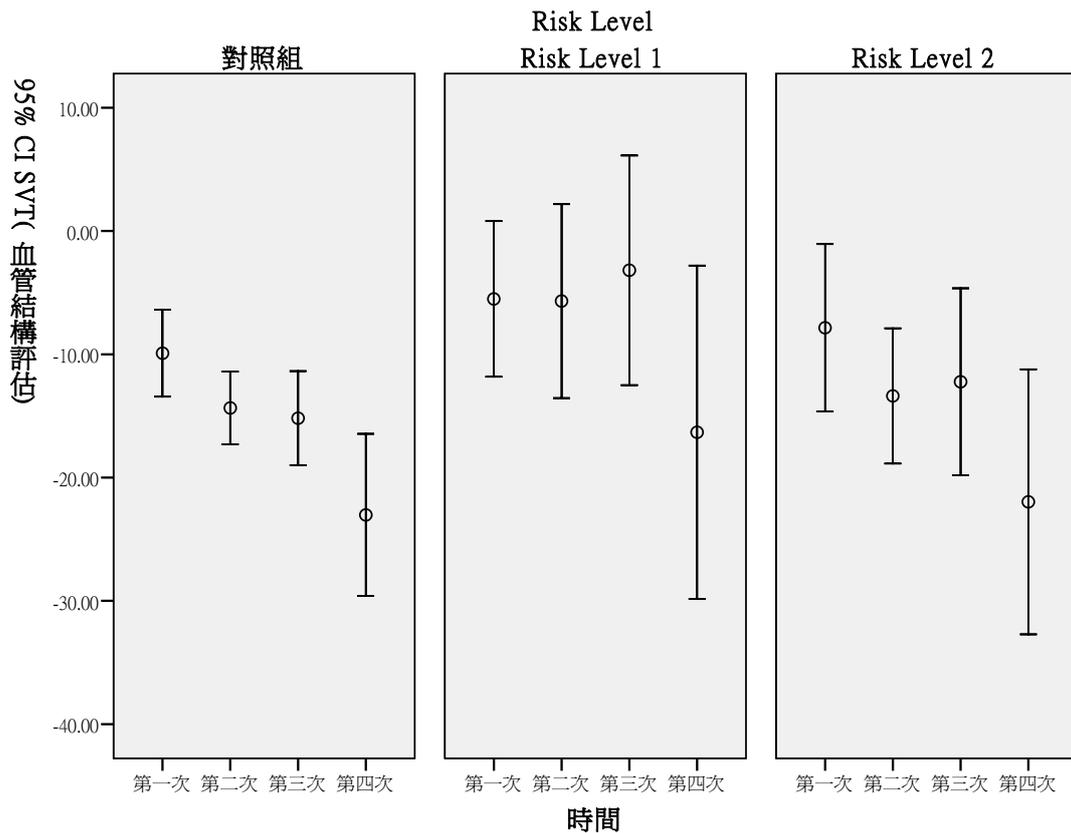


圖 205 奈米級二氧化矽處置者之 BVT(血管結構評估)重覆測量分布情形

表 456 BVT(血管結構評估)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-8.52	2.28	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.09	2.08	0.96
抽菸習慣(有 vs 無)	5.18	3.79	0.17
研究所以上 vs 高中職以下	13.54	2.99	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	5.70	2.63	0.03
鼻炎(有 vs 無)	-3.34	2.78	0.23
心絞痛(有 vs 無)	2.46	3.21	0.44
RL2vs 對照組	-2.57	4.35	0.55
RL1vs 對照組	1.34	3.77	0.72
Time	-3.40	0.81	<0.01
RL2*Time	1.11	1.79	0.53
RL1*Time	2.42	1.56	0.12

依變項: SVT(血管結構評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 鼻炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 457 BVT(血管結構評估)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-8.65	2.31	<0.01
性別(男 vs 女)	0.56	2.11	0.79
抽菸習慣(有 vs 無)	3.79	4.05	0.35
研究所以上 vs 高中職以下	13.19	3.07	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	5.14	2.70	0.06
鼻炎(有 vs 無)	-3.51	2.87	0.22
心絞痛(有 vs 無)	1.21	3.10	0.70
Risk Level	-1.06	2.09	0.61
Time	-3.17	0.78	<0.01
Risk Level* Time	0.78	0.84	0.36

依變項: SVT(血管結構評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 鼻炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

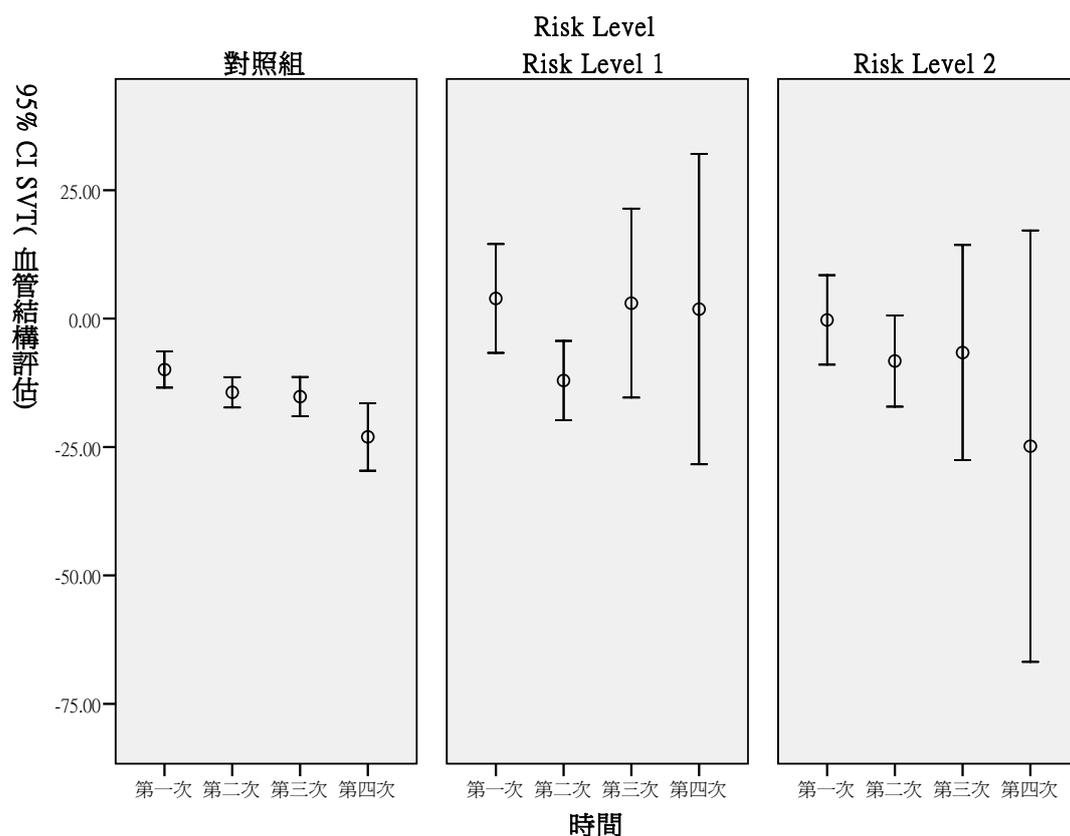


圖 206 奈米銀處置者之 BVT(血管結構評估)重覆測量分布情形

表 458 BVT(血管結構評估)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-5.27	2.37	0.03
性別(男 vs 女)	1.39	2.42	0.57
抽菸習慣(有 vs 無)	1.35	4.11	0.74
研究所以上 vs 高中職以下	10.77	3.97	0.01
大專/大學 vs 高中職以下	4.50	3.10	0.15
鼻炎(有 vs 無)	-0.62	3.37	0.85
RL2vs 對照組	7.34	7.33	0.32
RL1vs 對照組	4.56	6.98	0.51
Time	-3.40	0.81	<0.01
RL2*Time	-2.78	3.88	0.47
RL1*Time	1.67	2.81	0.55

依變項: SVT(血管結構評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 鼻炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 459 BVT(血管結構評估)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-5.32	2.34	0.02
性別(男 vs 女)	1.22	2.41	0.61
抽菸習慣(有 vs 無)	2.17	4.02	0.59
研究所以上 vs 高中職以下	11.35	4.02	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	4.43	3.22	0.17
鼻炎(有 vs 無)	-1.13	3.38	0.74
Risk Level	3.37	3.39	0.32
Time	-3.24	0.81	<0.01
Risk Level* Time	-0.75	1.73	0.67

依變項: SVT(血管結構評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 鼻炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

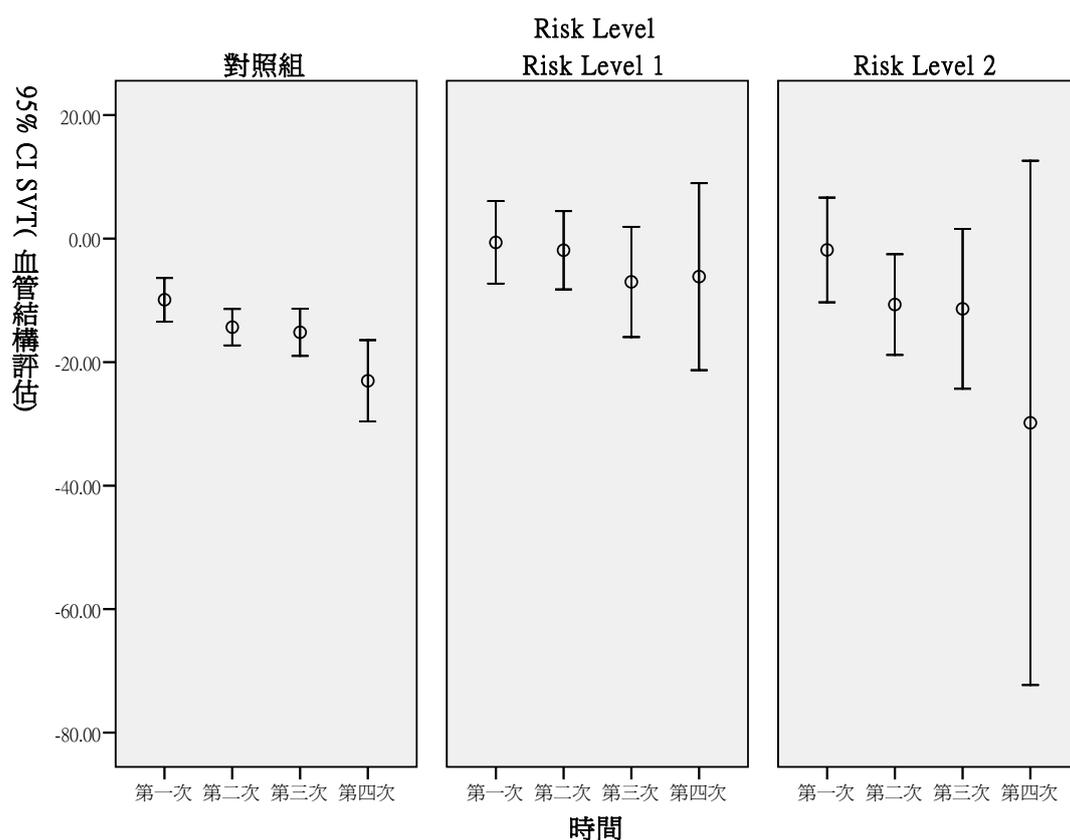


圖 207 其他奈米物質處置者之 BVT(血管結構評估)重覆測量分布情形

表 460 BVT(血管結構評估)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-6.82	2.20	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.02	2.21	0.99
抽菸習慣(有 vs 無)	1.74	3.86	0.65
研究所以上 vs 高中職以下	12.22	3.03	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	5.07	2.65	0.06
鼻炎(有 vs 無)	-3.79	2.96	0.20
心絞痛(有 vs 無)	-0.72	4.09	0.86
RL2vs 對照組	6.39	6.84	0.35
RL1vs 對照組	2.48	4.59	0.59
Time	-3.45	0.81	<0.01
RL2*Time	-3.59	2.89	0.21
RL1*Time	1.68	1.92	0.38

校正變項: SVT(血管結構評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 鼻炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 461 BVT(血管結構評估)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-6.86	2.18	<0.01
性別(男 vs 女)	0.09	2.23	0.97
抽菸習慣(有 vs 無)	1.59	3.80	0.68
研究所以上 vs 高中職以下	13.20	3.05	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	5.56	2.66	0.04
鼻炎(有 vs 無)	-3.35	2.97	0.26
心絞痛(有 vs 無)	-2.45	3.74	0.51
Risk Level	2.73	3.07	0.37
Time	-3.21	0.80	<0.01
Risk Level* Time	-0.98	1.29	0.45

校正變項: SVT(血管結構評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 鼻炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 462 RBV(血量配置評估)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	-16.83	±	14.50	<0.01
	>40, 40 歲以上	95	-30.00	±	17.02	
性別	女	87	-29.06	±	13.59	<0.01
	男	198	-17.78	±	16.61	
抽菸習慣	無	254	-20.88	±	15.26	0.98
	有	30	-24.17	±	25.41	
喝酒習慣	無	259	-20.50	±	15.22	0.13
	有	26	-28.44	±	25.85	
嚼檳榔習慣	無	277	-20.84	±	16.38	0.02
	有	8	-34.37	±	18.81	
籍貫	台閩	220	-20.03	±	15.55	0.10
	客家	40	-25.38	±	21.43	
	其它(原住民與外省籍)	24	-24.17	±	15.20	
教育程度	高中職以下	47	-29.34	±	16.11	<0.01
	大專/大學	126	-21.72	±	18.85	
	研究所以上	111	-17.24	±	12.32	

*p* 值使用無母數分析

表 463 RBV(血量配置評估)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	-20.99	±	16.53	0.37
	有	17	-24.65	±	17.73	
氣喘	無	275	-21.21	±	16.57	0.93
	有	8	-21.99	±	19.41	
鼻炎	無	234	-21.69	±	16.46	0.19
	有	51	-19.09	±	17.06	
心律不整	無	274	-20.92	±	16.49	0.10
	有	11	-28.68	±	17.54	
心絞痛	無	282	-21.19	±	16.61	0.56
	有	3	-23.83	±	13.32	
心臟瓣膜疾病	無	280	-21.24	±	16.56	0.77
	有	5	-20.19	±	19.02	
高血脂	無	263	-21.52	±	16.88	0.43
	有	22	-17.59	±	11.92	
高血壓	無	261	-20.81	±	16.42	0.15
	有	24	-25.71	±	17.85	
異位性皮膚炎	無	262	-21.47	±	16.95	0.62
	有	23	-18.34	±	11.13	
過敏性皮膚炎	無	250	-21.59	±	17.13	0.62
	有	35	-18.60	±	11.67	
色素沉澱	無	277	-21.26	±	16.72	0.88
	有	8	-19.98	±	10.23	
毛囊炎	無	273	-21.25	±	16.75	0.87
	有	12	-20.62	±	12.28	

*p* 值使用無母數分析

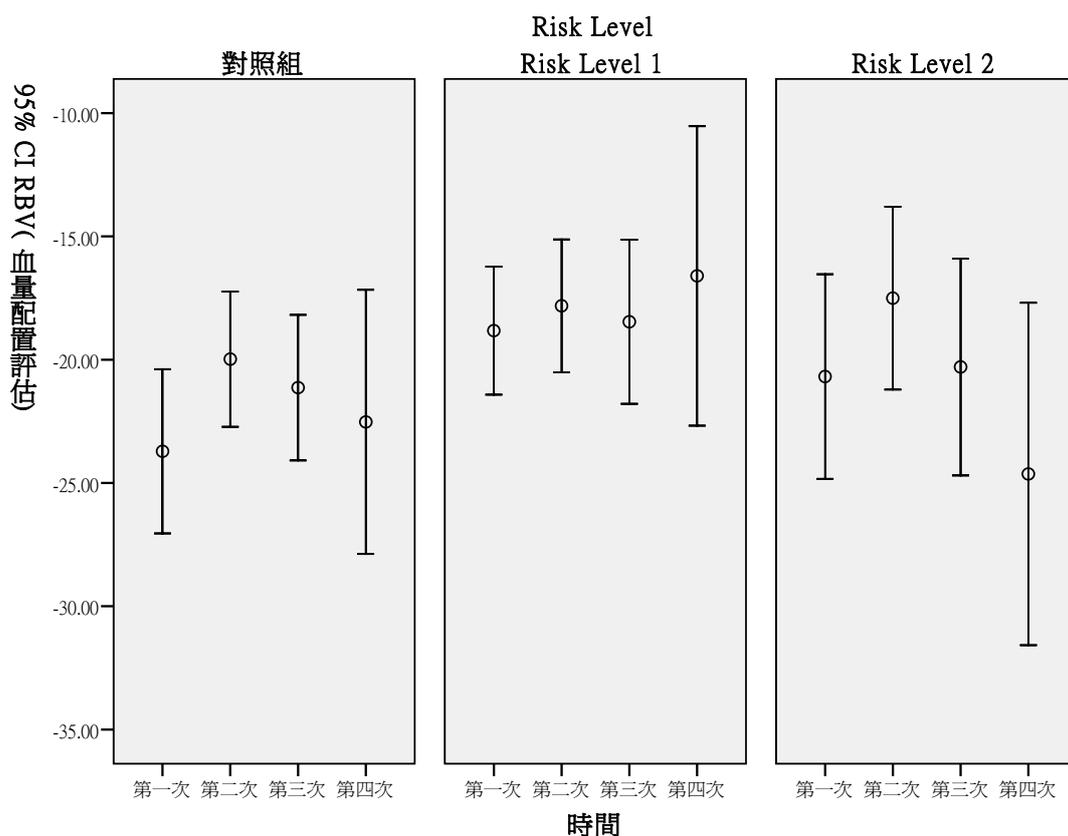


圖 208 RBV(血量配置評估)之重覆測量分布情形

表 464 RBV(血量配置評估)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-9.88	1.54	<0.01
性別(男 vs 女)	10.07	1.38	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-3.27	2.92	0.26
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-1.23	5.62	0.83
研究所以上 vs 高中職以下	6.40	2.31	0.01
大專/大學 vs 高中職以下	4.97	2.11	0.02
RL2vs 對照組	-1.00	2.98	0.74
RL1vs 對照組	0.78	2.42	0.75
Time	1.59	0.66	0.02
RL2*Time	-0.42	1.06	0.69
RL1*Time	-0.62	0.86	0.47

依變項: RBV(血量配置評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 465 RBV(血量配置評估)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-9.88	1.55	<0.01
性別(男 vs 女)	10.11	1.37	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-3.24	2.90	0.26
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-1.35	5.56	0.81
研究所以上 vs 高中職以下	6.42	2.32	0.01
大專/大學 vs 高中職以下	4.97	2.11	0.02
Risk Level	-0.44	1.48	0.76
Time	1.47	0.60	0.01
Risk Level* Time	-0.23	0.53	0.66

依變項: RBV(血量配置評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

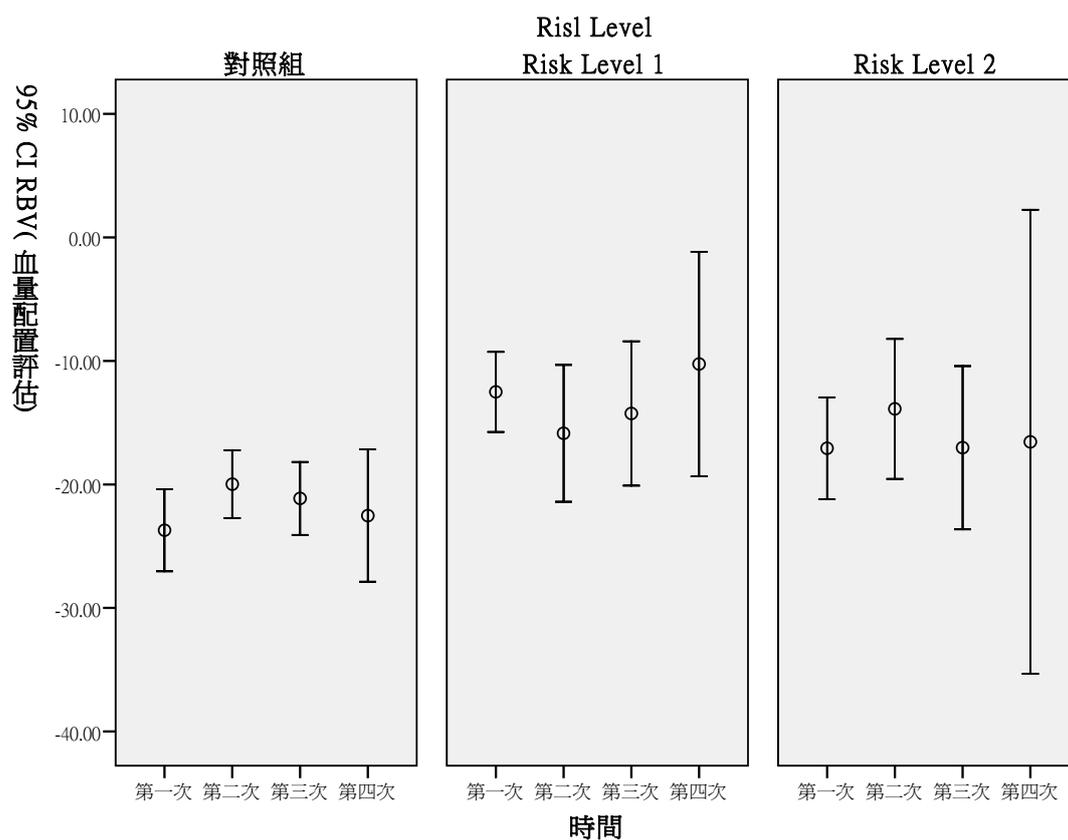


圖 209 奈米碳管處置者之 RBV(血量配置評估)重覆測量分布情形

表 466 RBV(血量配置評估)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-11.11	1.92	<0.01
性別(男 vs 女)	10.21	1.75	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	2.88	2.24	0.20
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-4.27	6.89	0.54
研究所以上 vs 高中職以下	1.84	3.02	0.54
大專/大學 vs 高中職以下	1.65	2.61	0.53
RL2vs 對照組	-1.10	2.86	0.70
RL1vs 對照組	7.90	2.54	<0.01
Time	1.58	0.66	0.02
RL2*Time	0.64	1.22	0.60
RL1*Time	-2.15	1.16	0.07

依變項: RBV(血量配置評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 467 RBV(血量配置評估)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-10.74	1.90	<0.01
性別(男 vs 女)	10.42	1.75	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	3.53	2.20	0.11
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-4.87	7.04	0.49
研究所以上 vs 高中職以下	2.29	3.01	0.45
大專/大學 vs 高中職以下	2.02	2.61	0.44
Time	1.35	0.64	0.03
Risk Level	0.53	1.50	0.72
Time * Risk Level	-0.03	0.60	0.96

依變項: RBV(血量配置評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Time, Risk Level, Time \* Risk Level

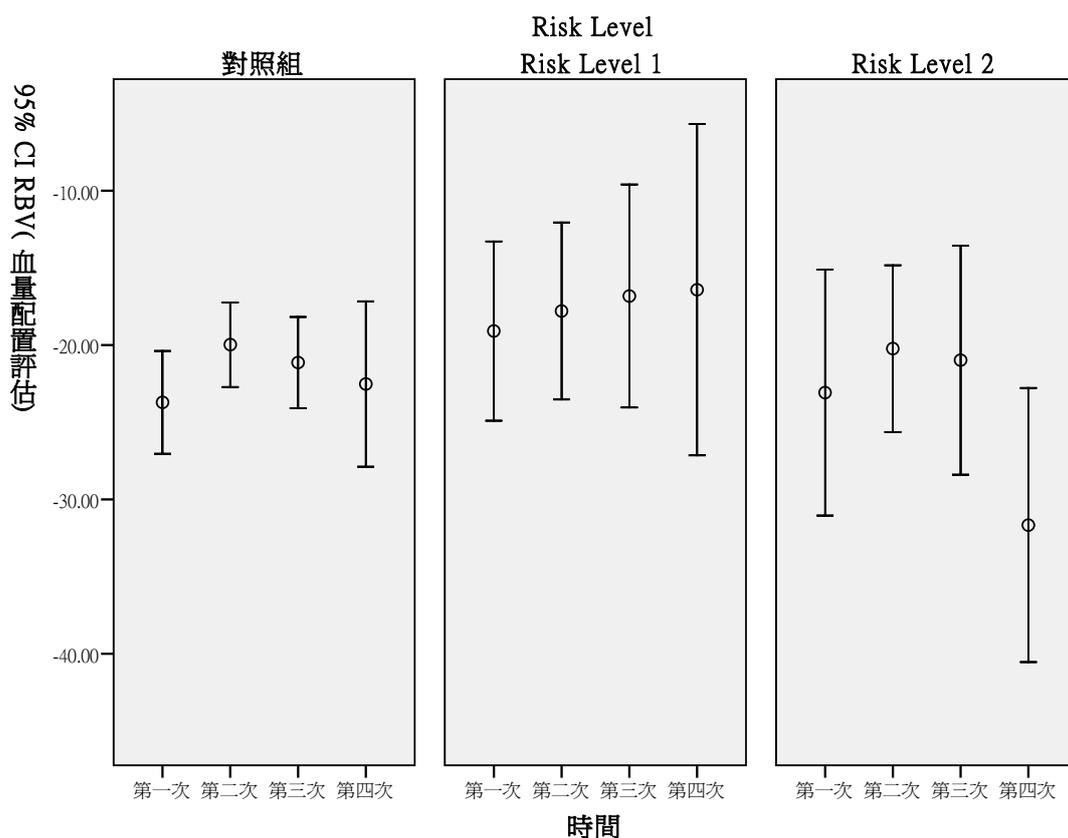


圖 210 奈米級二氧化鈦處置者之 RBV(血暈配置評估)重覆測量分布情形

表 468 RBV(血暈配置評估)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-11.54	2.07	<0.01
性別(男 vs 女)	9.66	1.86	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-3.04	3.99	0.45
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	4.46	6.50	0.49
研究所以上 vs 高中職以下	7.09	3.05	0.02
大專/大學 vs 高中職以下	5.96	2.57	0.02
RL2vs 對照組	-2.55	4.50	0.57
RL1vs 對照組	-1.00	3.12	0.75
Time	1.58	0.65	0.02
RL2*Time	-0.65	1.60	0.69
RL1*Time	0.20	0.96	0.83

依變項: RBV(血暈配置評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 469 RBV(血量配置評估)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-11.55	2.07	<0.01
性別(男 vs 女)	9.78	1.84	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-3.20	4.07	0.43
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	4.35	6.54	0.51
研究所以上 vs 高中職以下	7.13	3.05	0.02
大專/大學 vs 高中職以下	5.95	2.57	0.02
Risk Level	-1.26	2.15	0.56
Time	1.63	0.63	0.01
Risk Level* Time	-0.28	0.76	0.72

依變項: RBV(血量配置評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

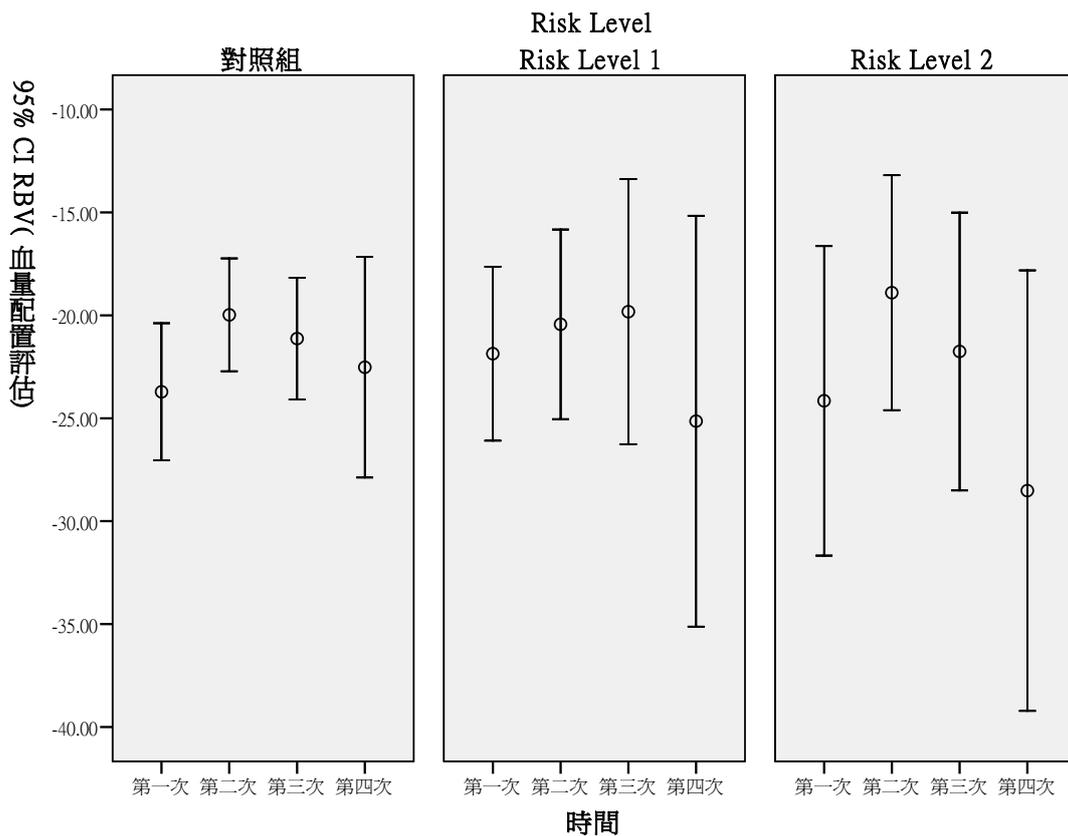


圖 211 奈米級二氧化矽處置者之 RBV(血量配置評估)重覆測量分布情形

表 470 RBV(血量配置評估)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-11.68	1.93	<0.01
性別(男 vs 女)	10.51	1.77	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.69	4.01	0.86
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	2.99	6.48	0.64
研究所以上 vs 高中職以下	4.18	2.45	0.09
大專/大學 vs 高中職以下	1.79	2.25	0.43
RL2vs 對照組	-3.81	4.68	0.41
RL1vs 對照組	-0.85	2.87	0.77
Time	1.61	0.66	0.01
RL2*Time	0.20	1.69	0.90
RL1*Time	-0.95	1.00	0.34

依變項: RBV(血量配置評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 471 RBV(血量配置評估)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-11.67	1.94	<0.01
性別(男 vs 女)	10.38	1.75	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.50	3.94	0.90
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	3.25	6.45	0.61
研究所以上 vs 高中職以下	4.25	2.45	0.08
大專/大學 vs 高中職以下	1.90	2.25	0.40
Risk Level	-1.77	2.21	0.42
Time	1.48	0.63	0.02
Risk Level* Time	-0.02	0.79	0.98

依變項: RBV(血量配置評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

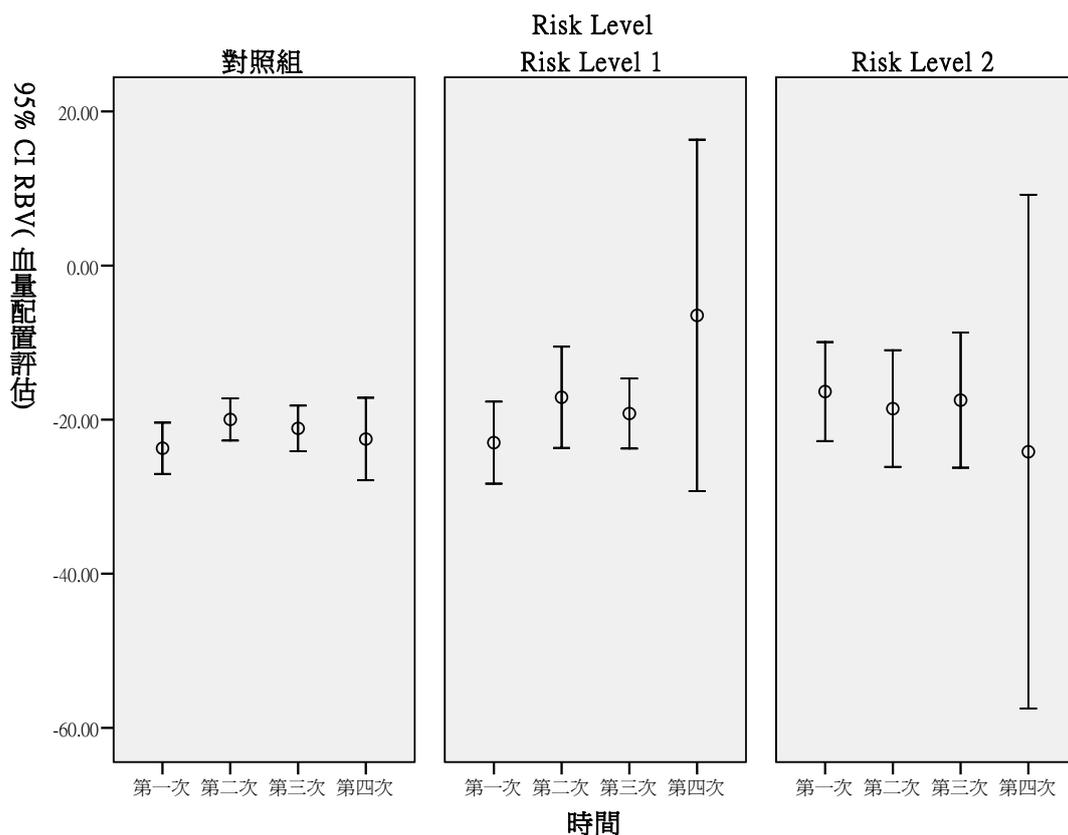


圖 212 奈米銀處置者之 RBV(血暈配置評估)重覆測量分布情形

表 472 RBV(血暈配置評估)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-10.42	2.10	<0.01
性別(男 vs 女)	9.58	1.91	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-2.30	4.13	0.58
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	5.61	7.94	0.48
研究所以上 vs 高中職以下	5.02	3.52	0.15
大專/大學 vs 高中職以下	5.54	3.01	0.07
RL2vs 對照組	4.25	3.76	0.26
RL1vs 對照組	-1.96	4.00	0.62
Time	1.55	0.66	0.02
RL2*Time	-2.40	1.65	0.15
RL1*Time	1.26	1.73	0.47

依變項: RBV(血暈配置評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 473 RBV(血量配置評估)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-10.51	2.10	<0.01
性別(男 vs 女)	9.62	1.90	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-2.30	4.07	0.57
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	5.54	7.94	0.49
研究所以上 vs 高中職以下	4.95	3.61	0.17
大專/大學 vs 高中職以下	5.45	3.03	0.07
Risk Level	1.36	1.86	0.47
Time	1.70	0.65	0.01
Risk Level* Time	-0.73	0.78	0.35

依變項: RBV(血量配置評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

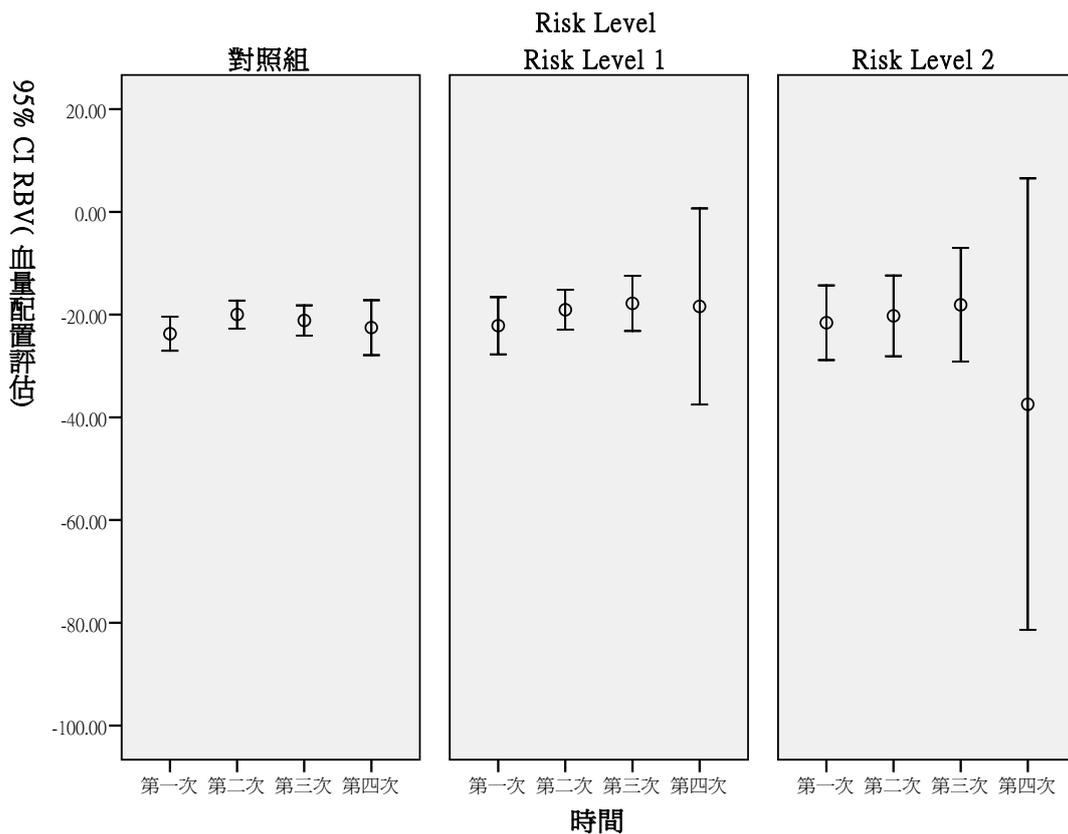


圖 213 其他奈米物質處置者之 RBV(血量配置評估)重覆測量分布情形

表 474 RBV(血量配置評估)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-10.10	2.08	<0.01
性別(男 vs 女)	8.20	1.88	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.83	4.13	0.84
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.55	7.66	0.94
研究所以上 vs 高中職以下	8.02	3.53	0.02
大專/大學 vs 高中職以下	6.46	3.12	0.04
RL2vs 對照組	-0.82	4.14	0.84
RL1vs 對照組	-4.91	3.66	0.18
Time	1.64	0.67	0.01
RL2*Time	-1.53	1.65	0.36
RL1*Time	0.74	1.29	0.57

校正變項: RBV(血量配置評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 475 RBV(血量配置評估)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-10.06	2.09	<0.01
性別(男 vs 女)	8.15	1.88	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.54	4.09	0.90
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	-0.38	7.58	0.96
研究所以上 vs 高中職以下	7.75	3.55	0.03
大專/大學 vs 高中職以下	6.40	3.13	0.04
Risk Level	-1.19	1.98	0.55
Time	1.76	0.66	0.01
Risk Level* Time	-0.47	0.75	0.53

校正變項: RBV(血量配置評估)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 476 VCT 在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	190	294.46	±	24.32	0.02
	>40, 40 歲以上	95	300.24	±	23.21	
性別	女	87	303.38	±	18.40	<0.01
	男	198	293.31	±	25.62	
抽菸習慣	無	254	296.98	±	24.47	0.26
	有	30	292.13	±	20.22	
喝酒習慣	無	259	296.28	±	24.56	0.49
	有	26	297.42	±	18.84	
嚼檳榔習慣	無	277	296.34	±	24.17	0.91
	有	8	297.88	±	21.63	
籍貫	台閩	220	296.31	±	24.98	0.69
	客家	40	298.03	±	20.38	
	其它(原住民與外省籍)	24	292.67	±	20.53	
教育程度	高中職以下	47	299.43	±	25.05	0.61
	大專/大學	126	296.67	±	28.68	
	研究所以上	111	294.99	±	16.94	

*p* 值使用無母數分析

表 477 VCT 在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	296.16	±	23.46	0.90
	有	17	300.29	±	33.43	
氣喘	無	275	295.97	±	21.36	0.89
	有	8	313.50	±	72.55	
鼻炎	無	234	297.03	±	23.84	0.17
	有	51	293.43	±	25.12	
心律不整	無	274	296.27	±	24.13	0.68
	有	11	299.36	±	23.36	
心絞痛	無	282	296.68	±	24.00	0.02
	有	3	269.00	±	14.73	
心臟瓣膜疾病	無	280	296.37	±	24.14	0.90
	有	5	297.40	±	21.72	
高血脂	無	263	296.02	±	23.72	0.71
	有	22	300.77	±	28.22	
高血壓	無	261	296.02	±	23.37	0.80
	有	24	300.42	±	31.03	
異位性皮膚炎	無	262	296.20	±	24.31	0.35
	有	23	298.52	±	21.46	
過敏性皮膚炎	無	250	295.86	±	23.66	
	有	35	300.17	±	26.87	
色素沉澱	無	277	296.04	±	24.03	0.45
	有	8	308.38	±	23.84	
毛囊炎	無	273	296.23	±	24.15	0.63
	有	12	300.00	±	22.71	

*p* 值使用無母數分析

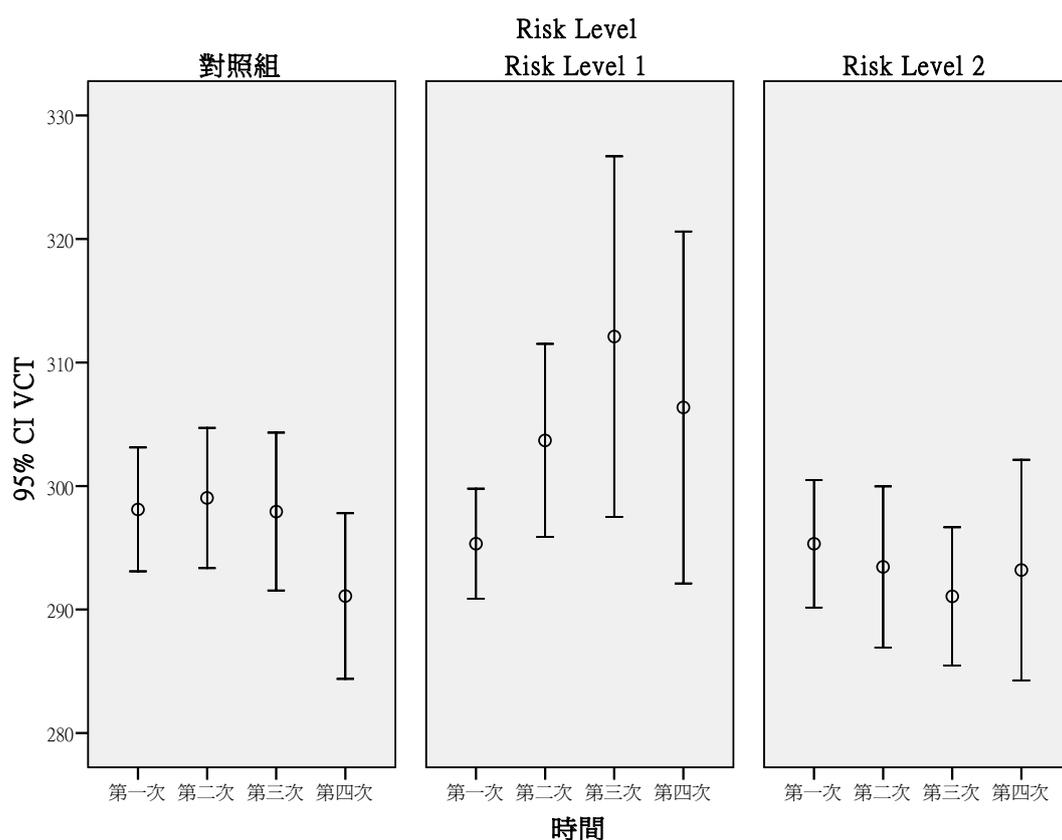


圖 214 VCT 之重覆測量分布情形

表 478 VCT 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.23	2.41	0.92
性別(男 vs 女)	-10.60	2.40	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-4.28	3.08	0.17
心絞痛(有 vs 無)	-20.32	9.13	0.03
RL2vs 對照組	-1.19	4.76	0.80
RL1vs 對照組	-6.76	4.30	0.12
Time	-1.86	0.92	0.04
RL2*Time	0.52	1.61	0.75
RL1*Time	6.86	1.76	<0.01

依變項: VCT

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 479 VCT 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.41	2.44	0.87
性別(男 vs 女)	-9.53	2.44	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-5.33	3.15	0.09
心絞痛(有 vs 無)	-21.95	9.12	0.02
Risk Level	-0.91	2.42	0.71
Time	-0.05	0.97	0.96
Risk Level* Time	0.55	0.84	0.51

依變項: VCT

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

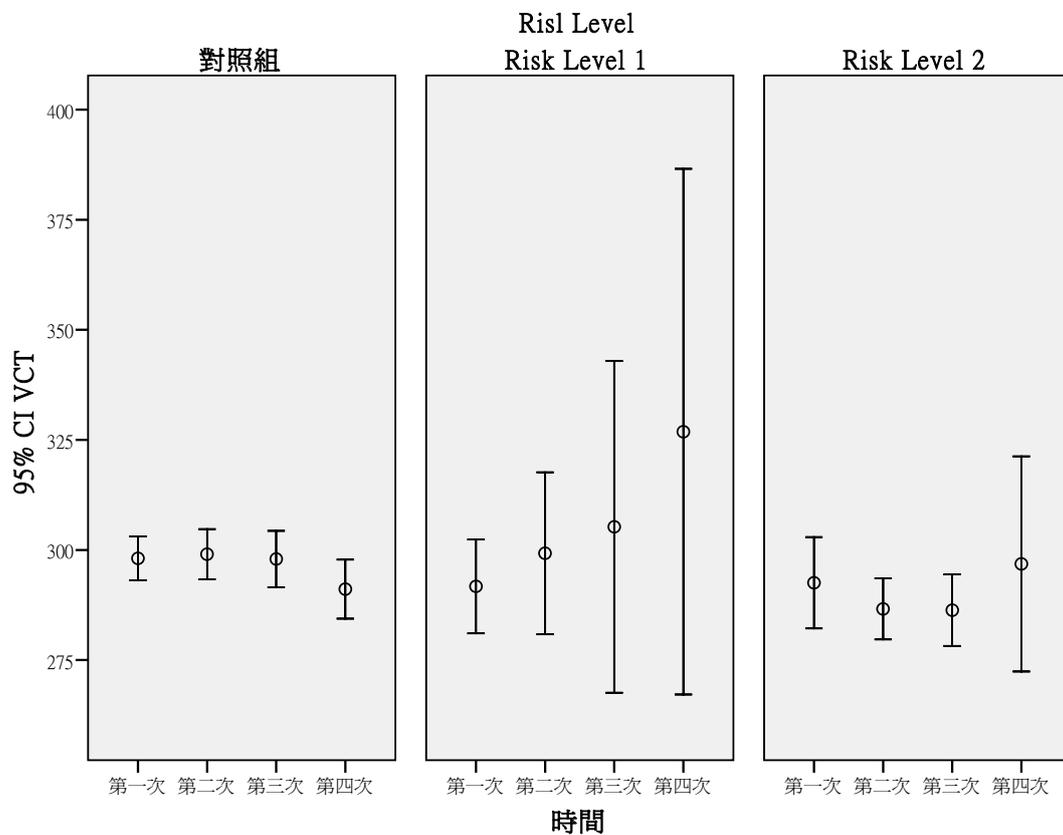


圖 215 奈米碳管處置者之 VCT 重覆測量分布情形

表 480 VCT 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-1.04	3.32	0.75
性別(男 vs 女)	-9.98	3.30	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.86	4.36	0.67
心絞痛(有 vs 無)	-25.55	8.81	<0.01
RL2vs 對照組	-4.17	7.61	0.58
RL1vs 對照組	-17.17	6.89	0.01
Time	-1.79	0.93	0.05
RL2*Time	0.29	2.77	0.92
RL1*Time	11.86	3.88	<0.01

依變項: VCT

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 481 VCT 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.59	3.37	0.86
性別(男 vs 女)	-8.76	3.33	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-2.15	4.22	0.61
心絞痛(有 vs 無)	-26.99	7.77	<0.01
Risk Level	-4.31	3.69	0.24
Time	-0.80	0.99	0.42
Risk Level* Time	1.70	1.39	0.22

依變項: VCT

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

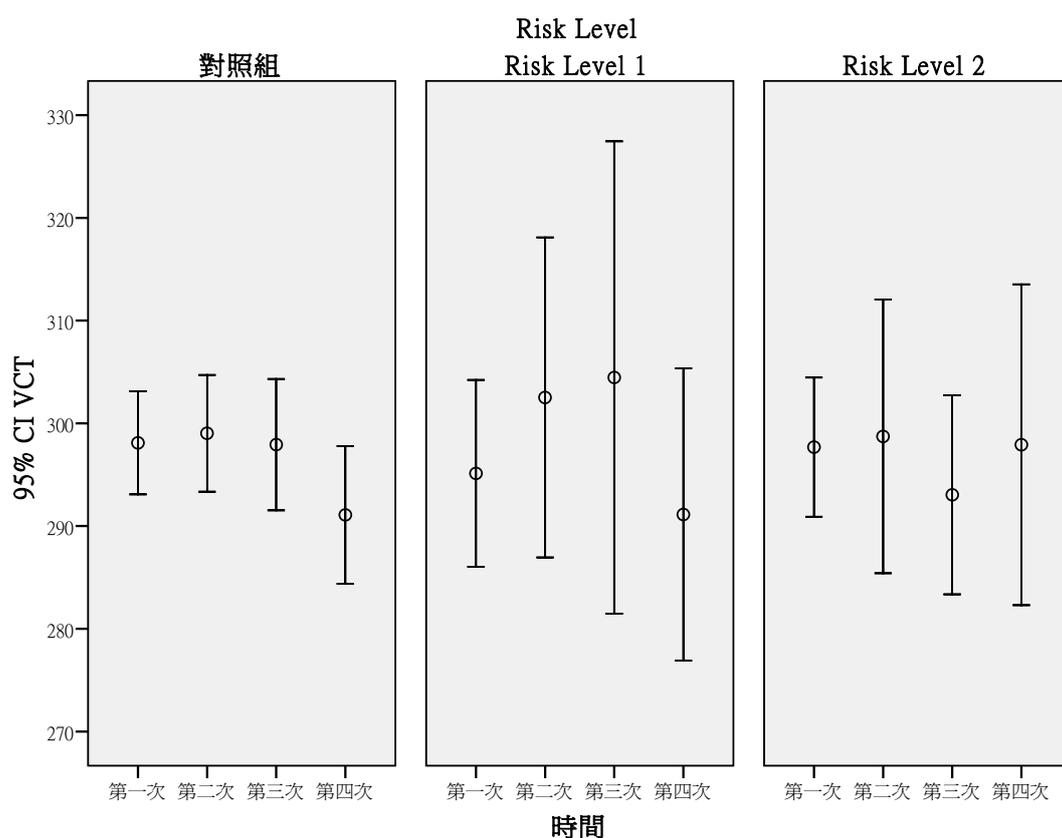


圖 216 奈米級二氧化鈦處置者之 VCT 重覆測量分布情形

表 482 VCT 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.36	2.74	0.90
性別(男 vs 女)	-12.59	3.14	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-7.40	4.33	0.09
RL2vs 對照組	2.74	5.85	0.64
RL1vs 對照組	-0.05	6.09	0.99
Time	-1.96	0.92	0.03
RL2*Time	0.64	2.09	0.76
RL1*Time	2.50	2.11	0.24

依變項: VCT

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 483 VCT 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.42	2.75	0.88
性別(男 vs 女)	-12.25	3.09	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-7.79	4.24	0.07
Risk Level	1.23	2.90	0.67
Time	-1.74	0.90	0.05
Risk Level* Time	0.51	1.02	0.62

依變項: VCT

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

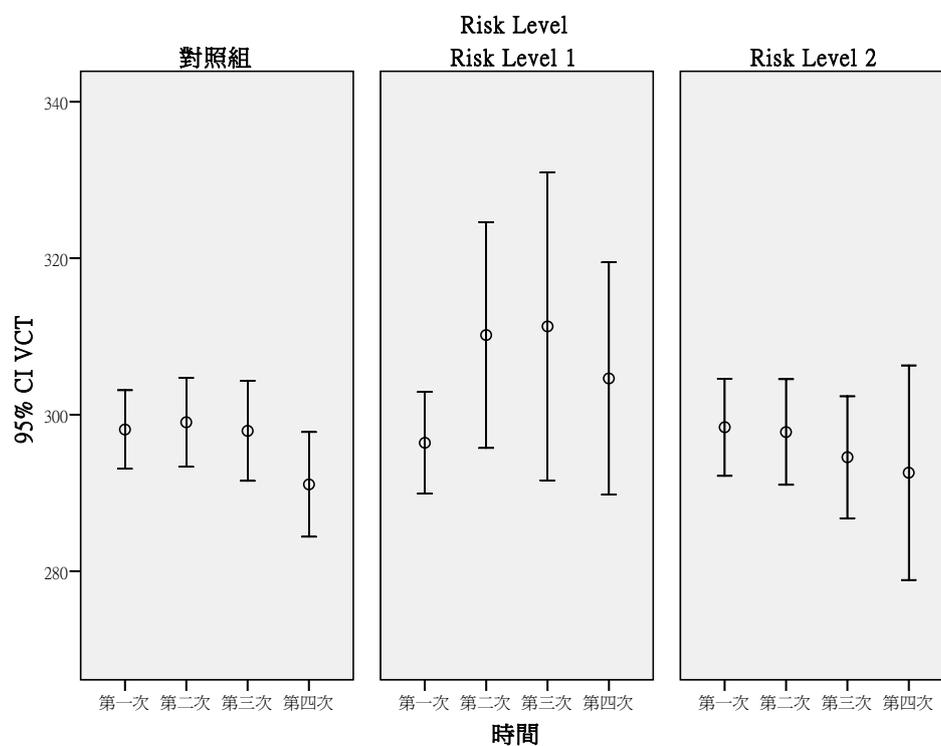


圖 217 奈米級二氧化矽處置者之 VCT 重覆測量分布情形

表 484 VCT 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-1.76	2.56	0.49
性別(男 vs 女)	-12.95	2.78	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-3.24	4.39	0.46
心絞痛(有 vs 無)	-2.92	3.77	0.44
RL2vs 對照組	2.67	5.04	0.60
RL1vs 對照組	-3.37	5.23	0.52
Time	-1.85	0.95	0.05
RL2*Time	-0.23	1.83	0.90
RL1*Time	6.03	2.37	0.01

依變項: VCT

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 485 VCT 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-1.70	2.62	0.52
性別(男 vs 女)	-11.98	2.77	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-4.97	4.63	0.28
心絞痛(有 vs 無)	-4.00	3.79	0.29
Risk Level	0.77	2.58	0.76
Time	-1.08	0.96	0.26
Risk Level* Time	0.58	0.95	0.54

依變項: VCT

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

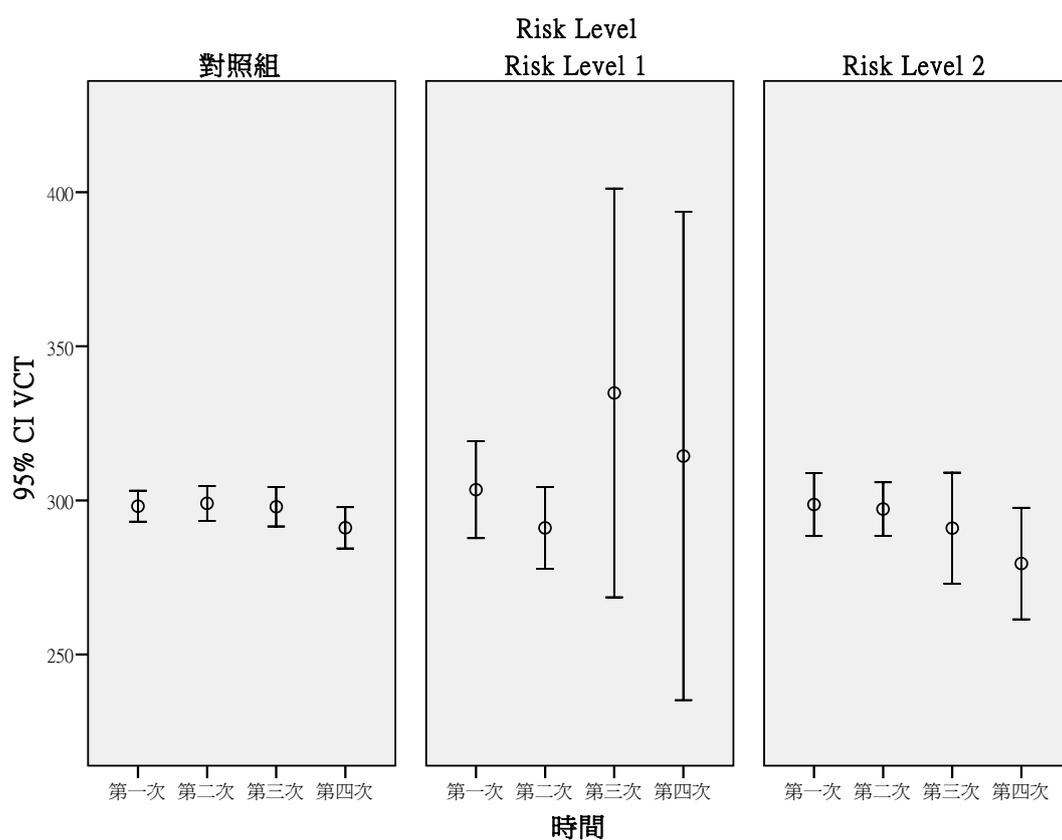


圖 218 奈米銀處置者之 VCT 重覆測量分布情形

表 486 VCT 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.11	3.61	0.98
性別(男 vs 女)	-9.91	3.49	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.86	5.82	0.88
RL2vs 對照組	5.64	7.69	0.46
RL1vs 對照組	-7.96	6.05	0.19
Time	-1.78	0.93	0.05
RL2*Time	-2.78	2.87	0.33
RL1*Time	8.58	3.06	0.01

依變項: VCT

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 487 VCT 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.18	3.62	0.96
性別(男 vs 女)	-9.76	3.50	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.08	5.69	0.99
Risk Level	0.67	3.89	0.86
Time	-1.23	0.95	0.20
Risk Level* Time	0.44	1.74	0.80

依變項: VCT

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

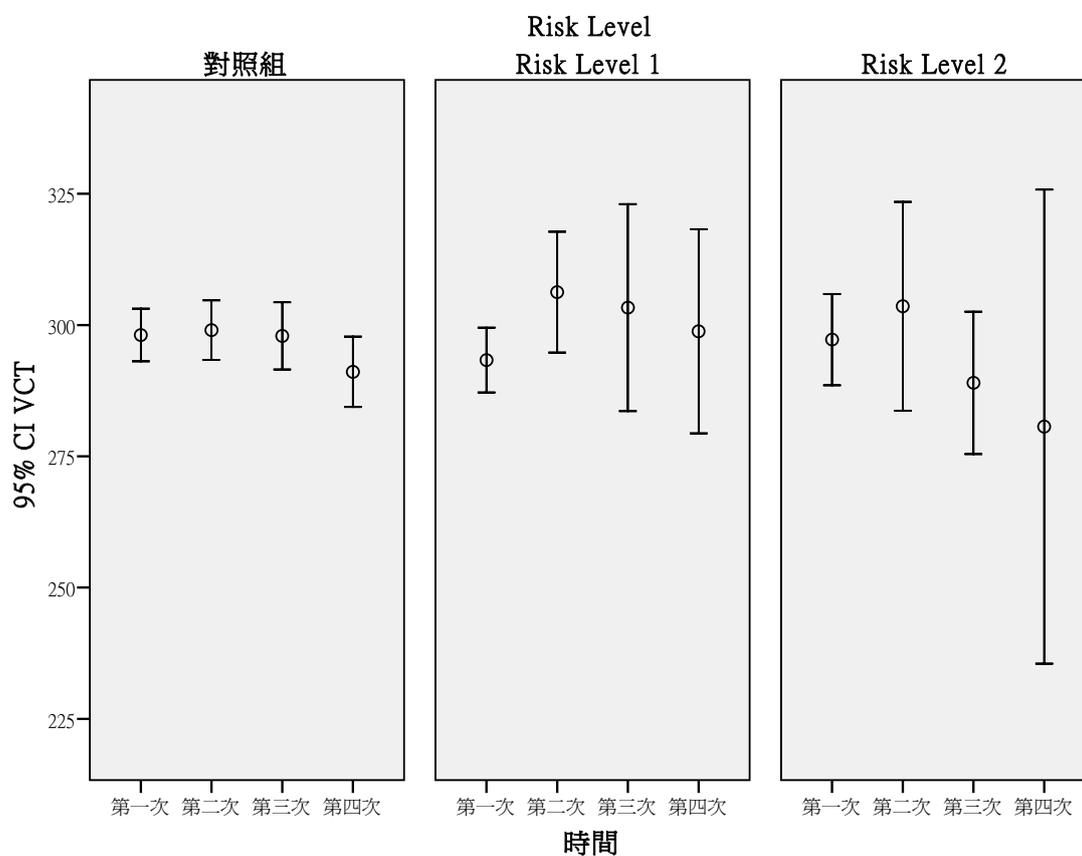


圖 219 其他奈米物質處置者之 VCT 重覆測量分布情形

表 488 VCT 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-1.48	2.89	0.61
性別(男 vs 女)	-11.08	3.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-3.33	4.75	0.48
心絞痛(有 vs 無)	-1.12	5.37	0.84
RL2vs 對照組	2.91	7.48	0.70
RL1vs 對照組	-6.05	6.06	0.32
Time	-1.79	0.95	0.06
RL2*Time	-1.03	2.69	0.70
RL1*Time	5.24	3.44	0.13

校正變項: VCT

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 489 VCT 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-1.60	2.90	0.58
性別(男 vs 女)	-10.94	3.05	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-4.18	4.87	0.39
心絞痛(有 vs 無)	-1.62	5.08	0.75
Risk Level	-0.28	3.68	0.94
Time	-1.40	0.96	0.14
Risk Level* Time	0.81	1.49	0.59

校正變項: VCT

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

(8) 血管彈性

生理年齡(BA)，血管硬化指數(SI)，血氧飽和狀態(SPO<sub>2</sub>)，血管彈性指數(RI)等指標在奈米暴露組均無顯著較對照組惡化或較差，RL1 與 RL2 也均無顯著較對照組惡化或較差，也沒有隨 risk levels 呈現顯著劑量效應關係。

再根據暴露之奈米物質來分層分析，無論是奈米碳管、奈米二氧化鈦、奈米二氧化矽、奈米銀、或其它奈米物質，BA、SI、SPO<sub>2</sub>、RI 等指標在奈米暴露組均無顯著較對照組惡化或較差，RL1 與 RL2 也均無顯著較對照組惡化或較差，也沒有隨 risk levels 呈現顯著劑量效應關係。

表 490 BA(生理年齡)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	160	44.00	±	12.20	<0.01
	>40，40 歲以上	82	54.88	±	13.64	
性別	女	80	48.04	±	14.90	0.61
	男	162	47.51	±	13.10	
抽菸習慣	無	217	47.40	±	13.61	0.33
	有	24	50.51	±	14.64	
喝酒習慣	無	221	47.68	±	13.65	0.95
	有	21	47.79	±	14.47	
嚼檳榔習慣	無	236	47.58	±	13.59	0.55
	有	6	51.83	±	18.24	
籍貫	台閩	186	47.11	±	13.70	0.43
	客家	34	48.21	±	13.10	
	其它(原住民與外省籍)	21	50.92	±	14.26	
教育程度	高中職以下	42	54.35	±	14.53	<0.01
	大專/大學	109	47.60	±	12.84	
	研究所以上	90	44.74	±	13.42	

*p* 值使用無母數分析

表 491 BA(生理年齡)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	227	47.67	±	13.77	0.94
	有	14	47.68	±	13.22	
氣喘	無	235	47.79	±	13.71	0.45
	有	5	43.73	±	16.03	
鼻炎	無	198	47.69	±	13.79	0.95
	有	44	47.69	±	13.37	
心律不整	無	231	47.53	±	13.73	0.38
	有	11	50.94	±	13.09	
心絞痛	無	240	47.63	±	13.73	0.35
	有	2	54.67	±	1.89	
心臟瓣膜疾病	無	237	47.63	±	13.68	0.71
	有	5	50.40	±	15.32	
高血脂	無	223	48.04	±	13.77	0.17
	有	19	43.54	±	12.24	
高血壓	無	219	47.11	±	13.67	0.04
	有	23	53.19	±	12.92	
異位性皮膚炎	無	224	47.26	±	13.68	0.09
	有	18	52.94	±	13.05	
過敏性皮膚炎	無	212	47.75	±	13.64	0.89
	有	30	47.26	±	14.30	
色素沉澱	無	235	47.70	±	13.77	0.97
	有	7	47.38	±	11.74	
毛囊炎	無	231	47.69	±	13.81	0.90
	有	11	47.55	±	11.41	

*p* 值使用無母數分析

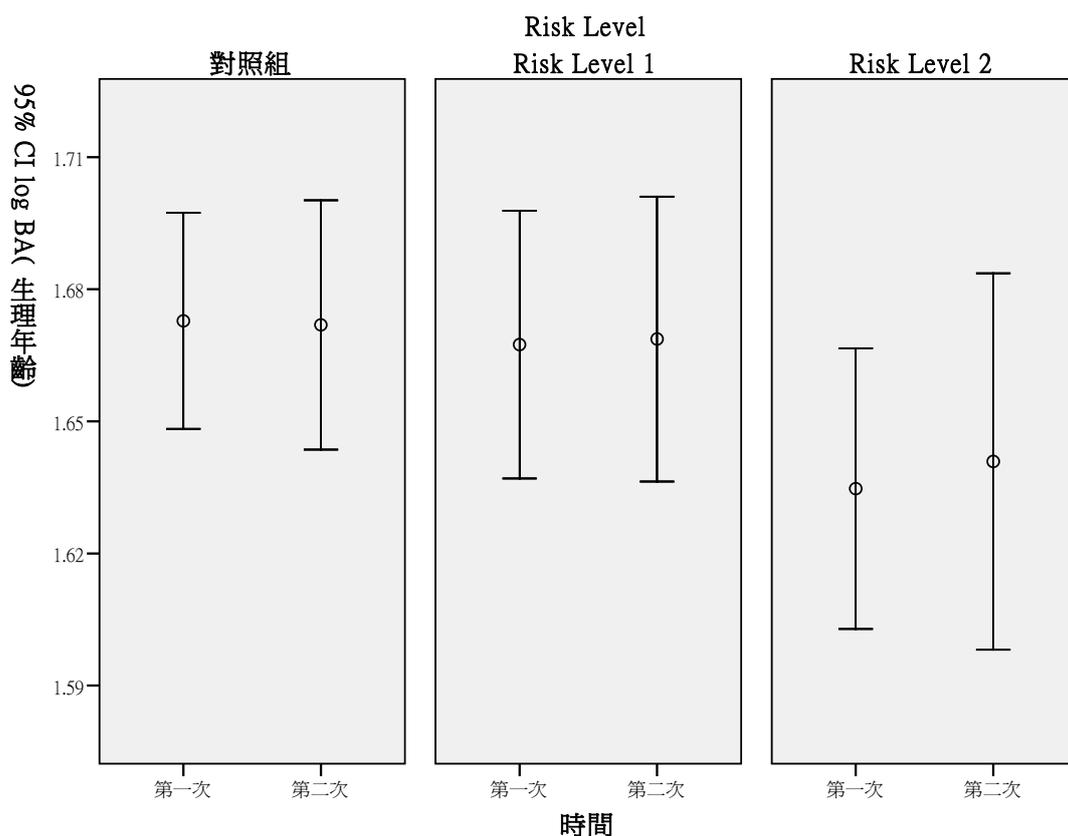


圖 220 BA(生理年齡)之重覆測量分布情形

表 492 BA(生理年齡)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.09	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.03	0.02	0.11
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.03	0.39
研究所以上 vs 高中職以下	-0.05	0.02	0.05
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.02	0.34
高血壓(有 vs 無)	0.02	0.02	0.35
RL2vs 對照組	-0.01	0.03	0.81
RL1vs 對照組	0.01	0.03	0.77
Time	0.00	0.01	0.84
RL2*Time	-0.02	0.02	0.41
RL1*Time	0.00	0.02	0.81

依變項: log BA(生理年齡)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 493 BA(生理年齡)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.09	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.03	0.02	0.09
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.03	0.43
研究所以上 vs 高中職以下	-0.04	0.02	0.06
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.02	0.35
高血壓(有 vs 無)	0.02	0.02	0.33
Risk Level	0.00	0.02	0.81
Time	0.00	0.01	0.90
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.42

依變項: log BA(生理年齡)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

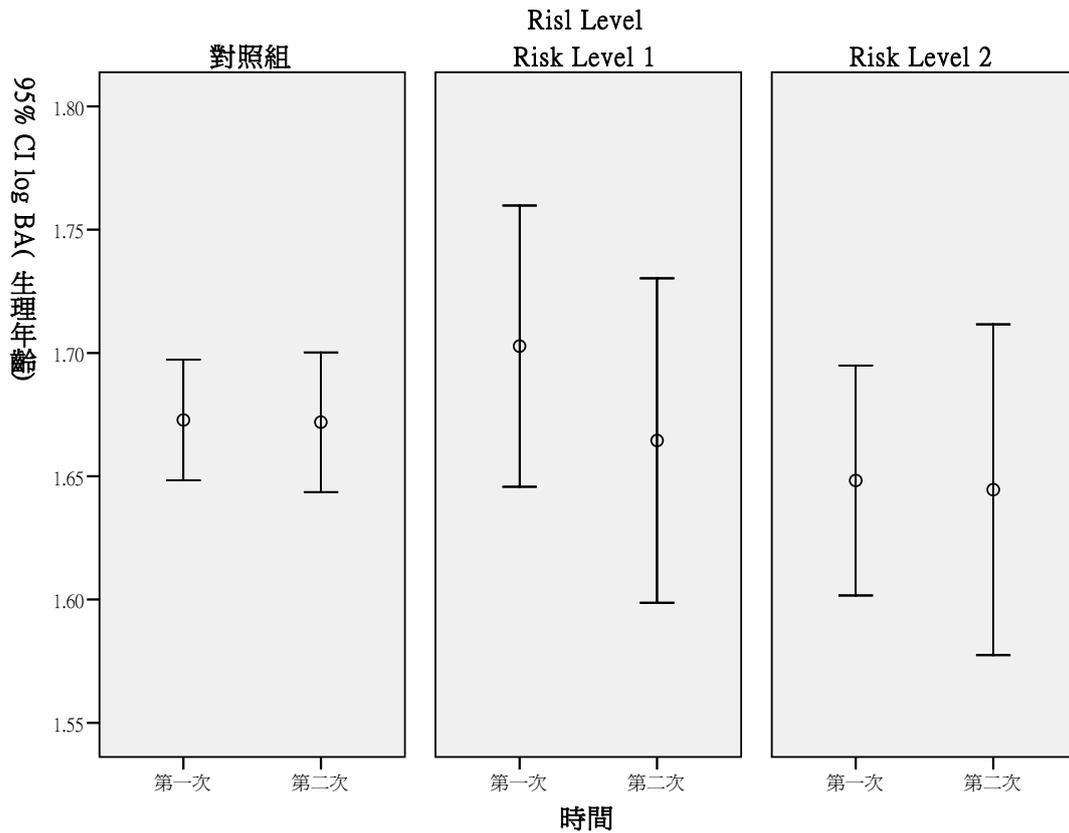


圖 221 奈米碳管處置者之 BA(生理年齡)重覆測量分布情形

表 494 BA(生理年齡)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.13	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.02	0.90
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.04	0.25
研究所以上 vs 高中職以下	0.03	0.03	0.30
大專/大學 vs 高中職以下	0.03	0.02	0.22
高血壓(有 vs 無)	0.00	0.03	0.92
RL2vs 對照組	0.04	0.05	0.40
RL1vs 對照組	0.02	0.04	0.55
Time	0.00	0.01	0.83
RL2*Time	-0.04	0.03	0.20
RL1*Time	-0.02	0.03	0.39

依變項: log BA(生理年齡)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 495 BA(生理年齡)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.13	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.00	0.02	0.89
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.05	0.04	0.25
研究所以上 vs 高中職以下	0.03	0.03	0.31
大專/大學 vs 高中職以下	0.03	0.02	0.22
高血壓(有 vs 無)	0.00	0.03	0.92
Risk Level	0.02	0.02	0.36
Time	0.00	0.01	0.81
Risk Level* Time	-0.02	0.02	0.16

依變項: log BA(生理年齡)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

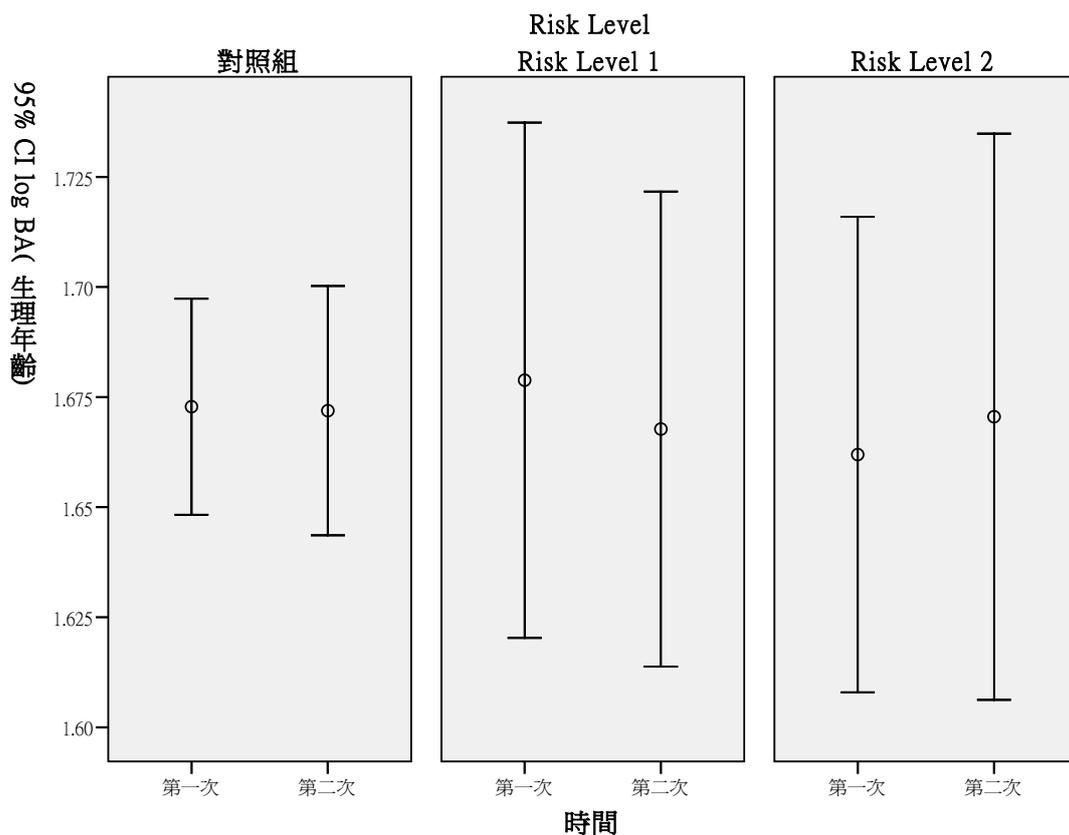


圖 222 奈米級二氧化鈦處置者之 BA(生理年齡)重覆測量分布情形

表 496 BA(生理年齡)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.10	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.60
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.04	0.92
研究所以上 vs 高中職以下	-0.04	0.03	0.19
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.02	0.37
高血壓(有 vs 無)	0.06	0.03	0.04
RL2vs 對照組	0.01	0.05	0.85
RL1vs 對照組	0.01	0.06	0.92
Time	0.00	0.01	0.85
RL2*Time	-0.01	0.03	0.77
RL1*Time	0.004	0.03	0.88

依變項: log BA(生理年齡)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 497 BA(生理年齡)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	0.09	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.02	0.56
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.04	0.86
研究所以上 vs 高中職以下	-0.04	0.03	0.20
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.02	0.37
高血壓(有 vs 無)	0.06	0.03	0.04
Risk Level	0.00	0.02	0.85
Time	0.00	0.01	0.91
Risk Level* Time	-0.003	0.01	0.81

依變項: log BA(生理年齡)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

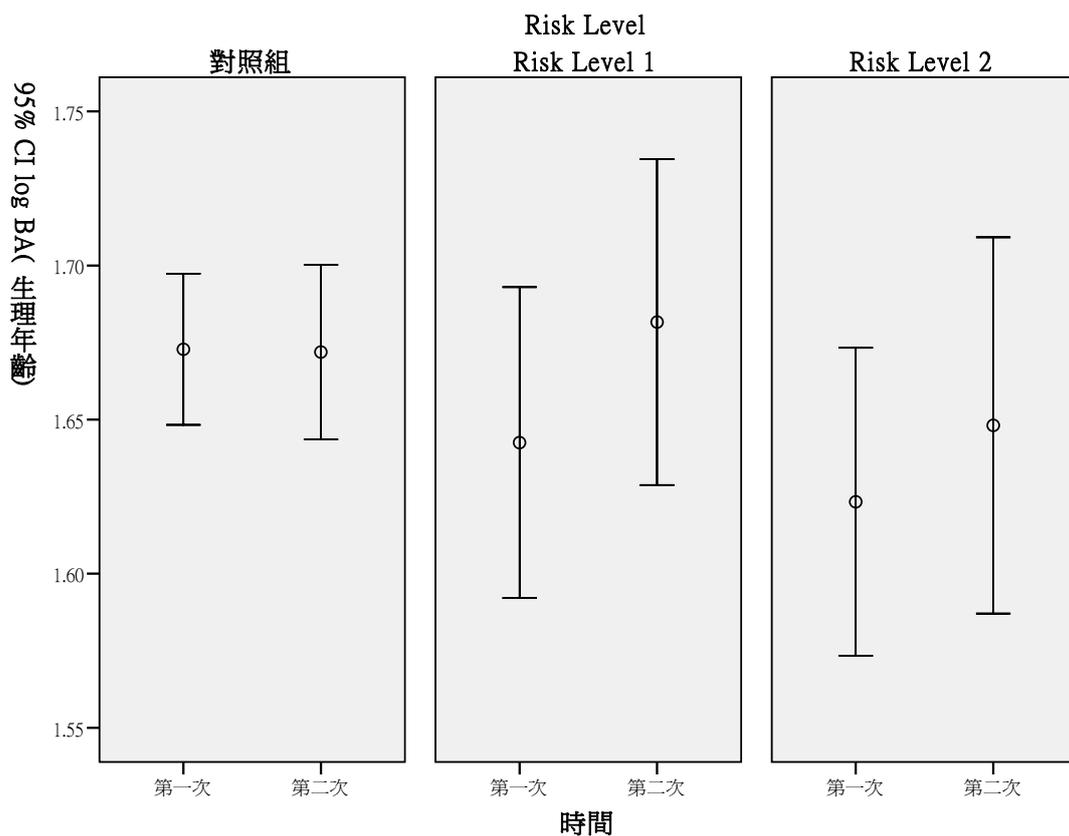


圖 223 奈米級二氧化矽處置者之 BA(生理年齡)重覆測量分布情形

表 498 BA(生理年齡)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.10	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.02	0.02	0.21
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.04	0.68
研究所以上 vs 高中職以下	-0.05	0.03	0.07
大專/大學 vs 高中職以下	0.00	0.02	0.90
高血壓(有 vs 無)	0.04	0.03	0.08
RL2vs 對照組	-0.04	0.05	0.37
RL1vs 對照組	-0.02	0.04	0.65
Time	0.00	0.01	0.84
RL2*Time	0.00	0.03	0.98
RL1*Time	0.00	0.02	0.91

依變項: log BA(生理年齡)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 499 BA(生理年齡)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.10	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.03	0.02	0.19
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.04	0.65
研究所以上 vs 高中職以下	-0.05	0.03	0.06
大專/大學 vs 高中職以下	0.00	0.02	0.88
高血壓(有 vs 無)	0.04	0.03	0.08
Risk Level	-0.02	0.02	0.35
Time	0.00	0.01	0.85
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.96

依變項: log BA(生理年齡)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

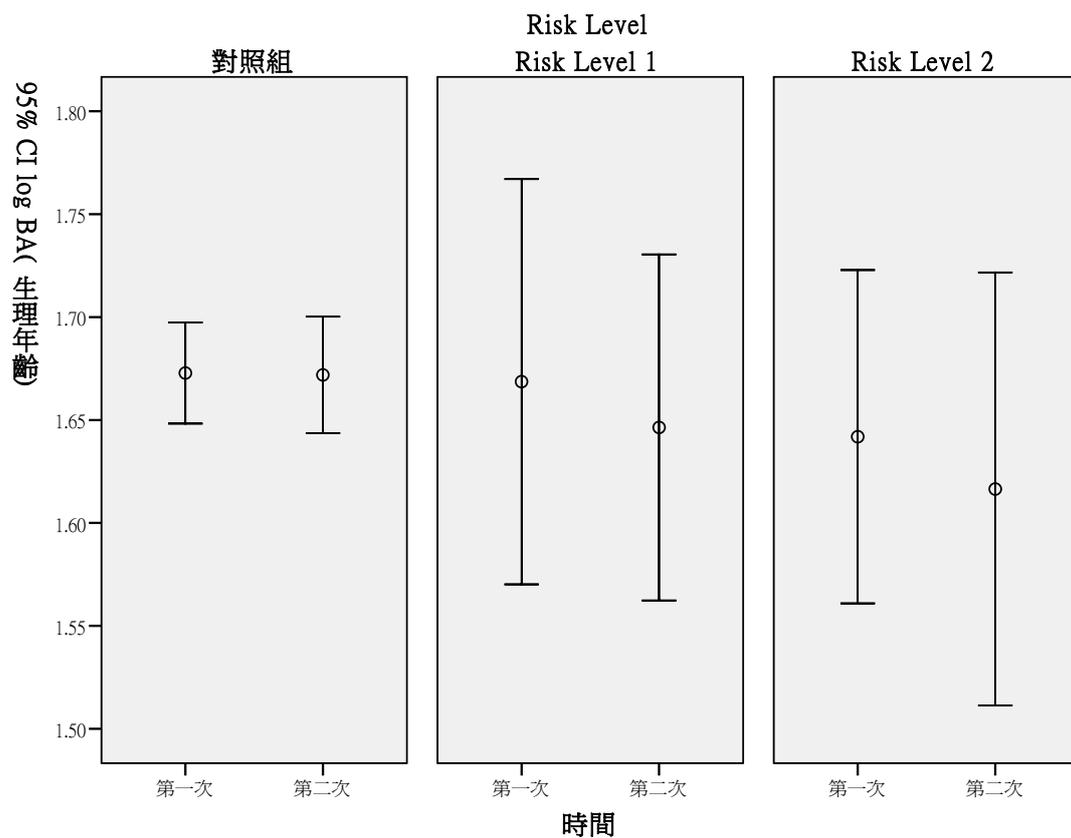


圖 224 奈米銀處置者之 BA(生理年齡)重覆測量分布情形

表 500 BA(生理年齡)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.10	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.03	0.02	0.22
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.05	0.83
研究所以上 vs 高中職以下	-0.02	0.04	0.64
大專/大學 vs 高中職以下	-0.01	0.03	0.82
高血壓(有 vs 無)	0.04	0.04	0.29
RL2vs 對照組	0.03	0.06	0.65
RL1vs 對照組	0.02	0.07	0.77
Time	0.00	0.01	0.87
RL2*Time	-0.04	0.04	0.27
RL1*Time	-0.02	0.04	0.63

依變項: log BA(生理年齡)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 501 BA(生理年齡)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.10	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.02	0.02	0.23
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.05	0.85
研究所以上 vs 高中職以下	-0.02	0.04	0.67
大專/大學 vs 高中職以下	-0.01	0.03	0.82
高血壓(有 vs 無)	0.04	0.04	0.27
Risk Level	0.01	0.03	0.62
Time	0.00	0.01	0.87
Risk Level* Time	-0.02	0.02	0.24

依變項: log BA(生理年齡)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

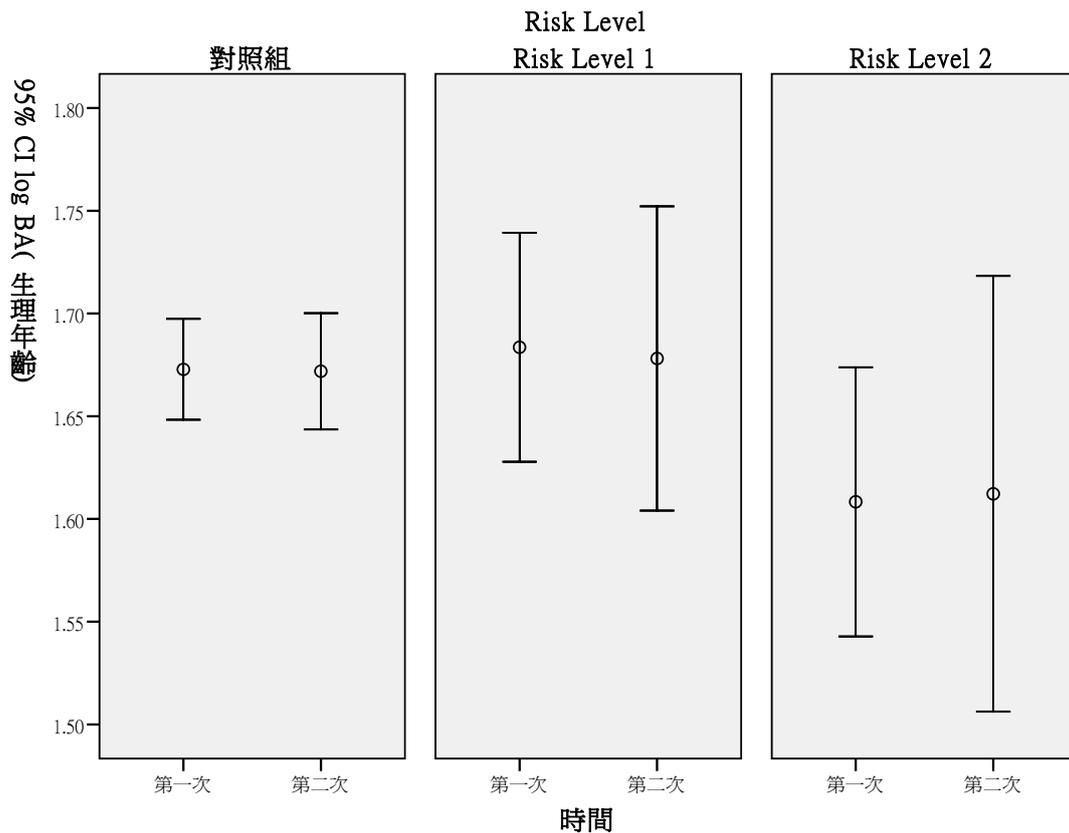


圖 225 其他奈米物質處置者之 BA(生理年齡)重覆測量分布情形

表 502 BA(生理年齡)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.09	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.03	0.02	0.15
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.03	0.05	0.58
研究所以上 vs 高中職以下	-0.06	0.03	0.09
大專/大學 vs 高中職以下	-0.02	0.03	0.57
高血壓(有 vs 無)	0.00	0.03	0.89
RL2vs 對照組	-0.02	0.06	0.79
RL1vs 對照組	0.04	0.07	0.52
Time	0.00	0.01	0.79
RL2*Time	-0.01	0.04	0.74
RL1*Time	0.00	0.04	0.96

校正變項: log BA(生理年齡)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 503 BA(生理年齡)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.08	0.02	<0.01
性別(男 vs 女)	0.03	0.02	0.13
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.05	0.62
研究所以上 vs 高中職以下	-0.05	0.03	0.15
大專/大學 vs 高中職以下	-0.01	0.03	0.66
高血壓(有 vs 無)	0.01	0.03	0.79
Risk Level	0.00	0.03	0.98
Time	0.00	0.01	0.81
Risk Level* Time	-0.01	0.02	0.78

校正變項: log BA(生理年齡)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 504 SI(血管硬化)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	160	8.60	±	1.50	<0.01
	>40, 40 歲以上	82	9.22	±	2.60	
性別	女	80	8.74	±	2.18	0.85
	男	162	8.85	±	1.85	
抽菸習慣	無	217	8.81	±	1.90	0.61
	有	24	8.85	±	2.53	
喝酒習慣	無	221	8.79	±	1.98	0.85
	有	21	9.04	±	1.75	
嚼檳榔習慣	無	236	8.79	±	1.96	0.47
	有	6	9.41	±	2.00	
籍貫	台閩	186	8.67	±	1.99	0.16
	客家	34	9.16	±	1.92	
	其它(原住民與外省籍)	21	9.33	±	1.60	
教育程度	高中職以下	42	9.18	±	2.64	0.39
	大專/大學	109	8.73	±	1.80	
	研究所以上	90	8.74	±	1.79	

*p* 值使用無母數分析

表 505 SI(血管硬化)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	227	8.79	±	1.97	0.76
	有	14	9.16	±	2.00	
氣喘	無	235	8.82	±	1.98	0.52
	有	5	8.52	±	1.75	
鼻炎	無	198	8.77	±	2.05	0.61
	有	44	8.98	±	1.51	
心律不整	無	231	8.78	±	1.97	0.26
	有	11	9.42	±	1.63	
心絞痛	無	240	8.80	±	1.97	0.31
	有	2	9.71	±	0.22	
心臟瓣膜疾病	無	237	8.85	±	1.89	0.3
	有	5	6.86	±	3.91	
高血脂	無	223	8.83	±	2.00	0.27
	有	19	8.53	±	1.43	
高血壓	無	219	8.78	±	1.91	0.11
	有	23	9.09	±	2.44	
異位性皮膚炎	無	224	8.80	±	1.91	0.24
	有	18	8.90	±	2.59	
過敏性皮膚炎	無	212	8.85	±	1.93	0.67
	有	30	8.54	±	2.20	
色素沉澱	無	235	8.81	±	1.98	0.89
	有	7	8.93	±	1.27	
毛囊炎	無	231	8.80	±	1.99	0.73
	有	11	8.94	±	1.25	

*p* 值使用無母數分析

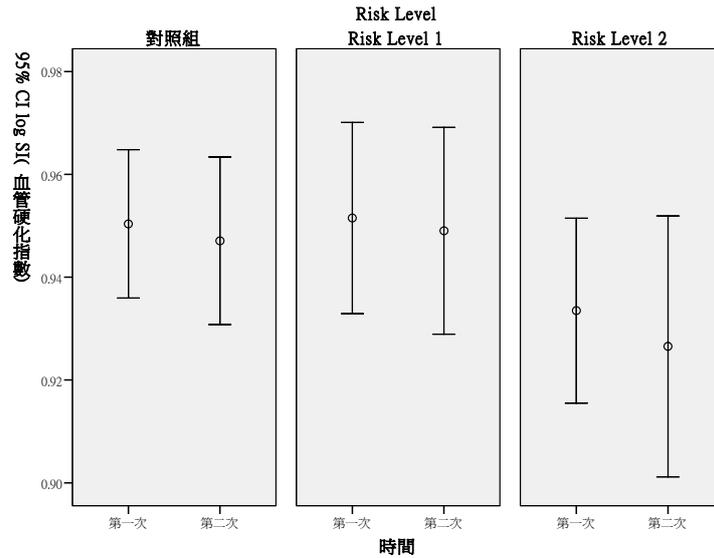


圖 226 SI(血管硬化)之重覆測量分布情形

表 506 SI(血管硬化指數)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.06	0.01	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.01	0.14
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.02	0.22
RL2vs 對照組	0.00	0.02	0.98
RL1vs 對照組	0.01	0.02	0.74
Time	0.00	0.01	0.69
RL2*Time	-0.01	0.01	0.26
RL1*Time	0.00	0.01	0.81

依變項: log SI(血管硬化指數)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 507 SI(血管硬化指數)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.06	0.01	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.01	0.11
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.02	0.25
Risk Level	0.00	0.01	0.99
Time	0.00	0.01	0.80
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.28

依變項: log SI(血管硬化指數)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

圖 227 奈米碳管處置者之 SI(血管硬化)重覆測量分布情形

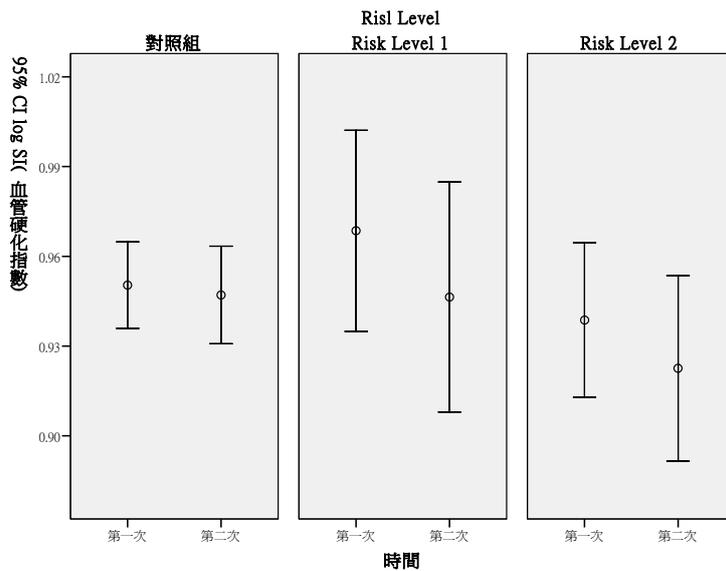


表 508 SI(血管硬化指數)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.06	0.01	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.01	0.62
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.02	0.11
RL2vs 對照組	0.03	0.03	0.26
RL1vs 對照組	0.02	0.02	0.46
Time	0.00	0.01	0.67
RL2*Time	-0.03	0.02	0.09
RL1*Time	-0.01	0.02	0.38

依變項: log SI(血管硬化指數)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 509 SI(血管硬化指數)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.07	0.01	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.01	0.60
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.04	0.02	0.10
Risk Level	0.02	0.01	0.24
Time	0.00	0.01	0.66
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.08

依變項: log SI(血管硬化指數)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

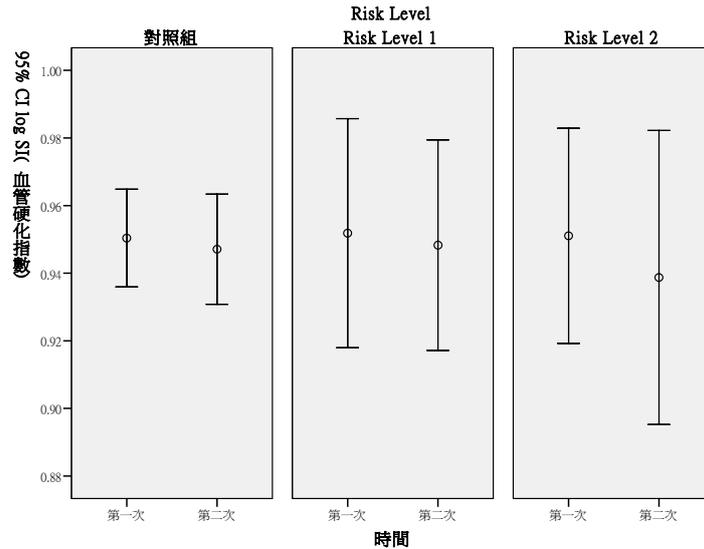


圖 228 奈米級二氧化鈦處置者之 SI(血管硬化)重覆測量分布情形

表 510 SI(血管硬化指數)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.06	0.01	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.01	0.50
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.02	0.99
RL2vs 對照組	0.02	0.03	0.49
RL1vs 對照組	0.00	0.03	0.93
Time	0.00	0.01	0.71
RL2*Time	-0.02	0.02	0.40
RL1*Time	0.004	0.02	0.85

依變項: log SI(血管硬化指數)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 511 SI(血管硬化指數)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.06	0.01	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.01	0.45
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.02	0.95
Risk Level	0.01	0.01	0.51
Time	0.00	0.01	0.81
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.45

依變項: log SI(血管硬化指數)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

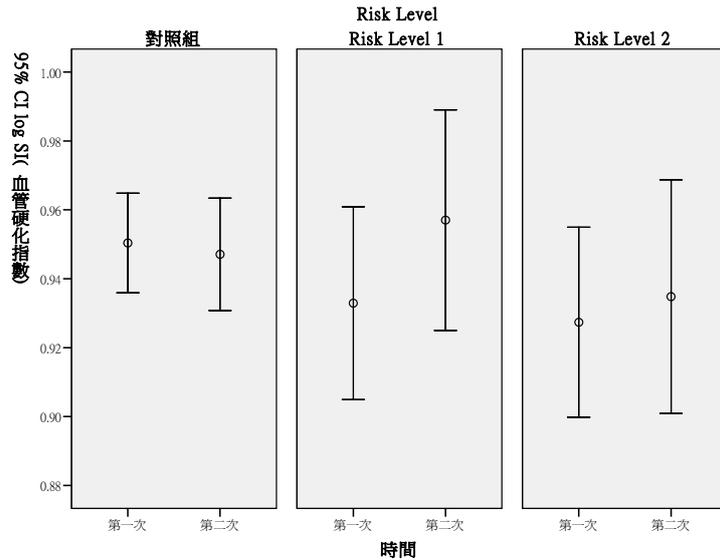


圖 229 奈米級二氧化矽處置者之 SI(血管硬化)重覆測量分布情形

表 512 SI(血管硬化指數)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.06	0.01	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.01	0.34
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.02	0.97
RL2vs 對照組	-0.02	0.03	0.43
RL1vs 對照組	-0.01	0.02	0.55
Time	0.00	0.01	0.73
RL2*Time	0.00	0.02	0.88
RL1*Time	0.00	0.01	0.78

依變項: log SI(血管硬化指數)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 513 SI(血管硬化指數)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.06	0.01	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.01	0.32
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.02	0.95
Risk Level	-0.01	0.01	0.39
Time	0.00	0.01	0.78
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.94

依變項: log SI(血管硬化指數)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

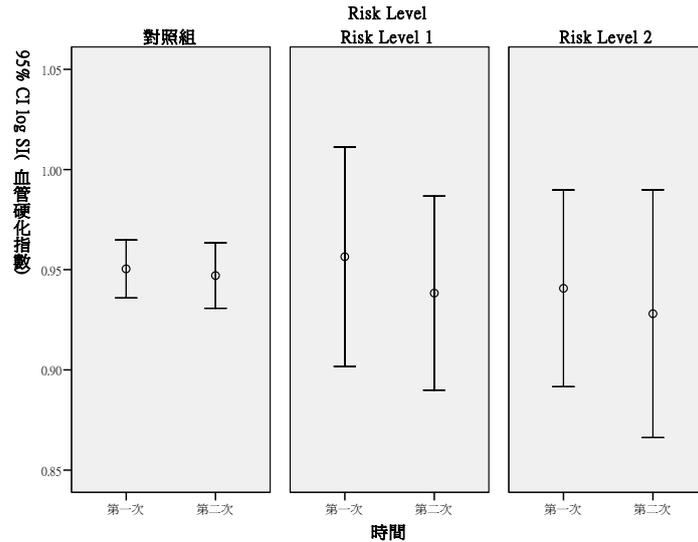


圖 230 奈米銀處置者之 SI(血管硬化)重覆測量分布情形

表 514 SI(血管硬化指數)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.06	0.01	<0.01
性別(男 vs 女)	0.02	0.01	0.11
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.03	0.87
RL2vs 對照組	0.02	0.03	0.60
RL1vs 對照組	0.02	0.04	0.67
Time	0.00	0.01	0.72
RL2*Time	-0.02	0.02	0.28
RL1*Time	-0.01	0.02	0.58

依變項: log SI(血管硬化指數)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 515 SI(血管硬化指數)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.06	0.01	<0.01
性別(男 vs 女)	0.02	0.01	0.11
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.03	0.90
Risk Level	0.01	0.02	0.53
Time	0.00	0.01	0.71
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.25

依變項: log SI(血管硬化指數)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

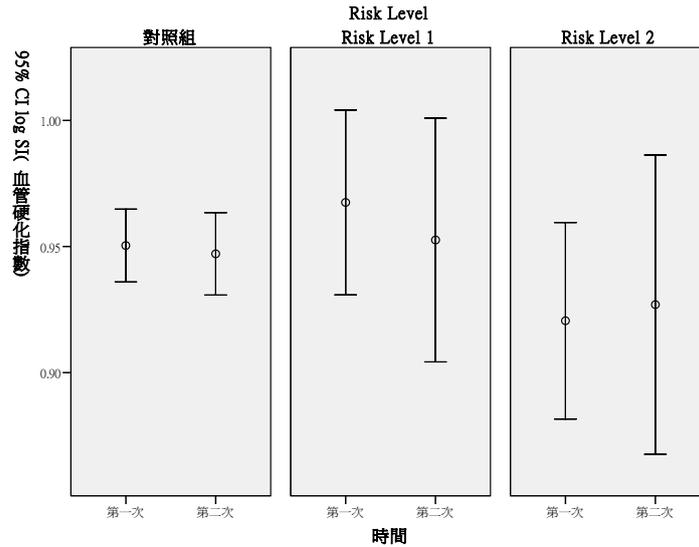


圖 231 其他奈米物質處置者之 SI(血管硬化)重覆測量分布情形

表 516 SI(血管硬化指數)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.05	0.01	<0.01
性別(男 vs 女)	0.01	0.01	0.18
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.03	0.93
RL2vs 對照組	-0.02	0.03	0.54
RL1vs 對照組	0.03	0.04	0.45
Time	0.00	0.01	0.67
RL2*Time	0.00	0.02	0.91
RL1*Time	-0.01	0.03	0.79

校正變項: log SI(血管硬化指數)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 517 SI(血管硬化指數)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.05	0.01	<0.01
性別(男 vs 女)	0.02	0.01	0.13
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.03	0.93
Risk Level	0.00	0.02	0.89
Time	0.00	0.01	0.60
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.83

校正變項: log SI(血管硬化指數)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 518 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	160	97.39	±	1.13	0.56
	>40, 40 歲以上	82	97.20	±	1.39	
性別	女	80	97.58	±	1.28	<0.01
	男	162	97.20	±	1.18	
抽菸習慣	無	217	97.34	±	1.25	0.36
	有	24	97.25	±	0.92	
喝酒習慣	無	221	97.31	±	1.23	0.32
	有	21	97.53	±	1.09	
嚼檳榔習慣	無	236	97.33	±	1.23	0.96
	有	6	97.40	±	0.83	
籍貫	台閩	186	97.32	±	1.21	0.86
	客家	34	97.41	±	1.30	
	其它(原住民與外省籍)	21	97.22	±	1.26	
教育程度	高中職以下	42	97.20	±	1.34	0.11
	大專/大學	109	97.51	±	1.05	
	研究所以上	90	97.16	±	1.34	

*p* 值使用無母數分析

表 519 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	227	97.32	±	1.24	0.6
	有	14	97.26	±	0.91	
氣喘	無	235	97.30	±	1.23	0.29
	有	5	97.87	±	0.77	
鼻炎	無	198	97.29	±	1.25	0.58
	有	44	97.48	±	1.07	
心律不整	無	231	97.35	±	1.21	0.11
	有	11	96.84	±	1.45	
心絞痛	無	240	97.33	±	1.23	0.84
	有	2	97.43	±	0.44	
心臟瓣膜疾病	無	237	97.32	±	1.23	0.53
	有	5	97.74	±	0.79	
高血脂	無	223	97.34	±	1.23	0.6
	有	19	97.19	±	1.13	
高血壓	無	219	97.38	±	1.22	0.02
	有	23	96.86	±	1.17	
異位性皮膚炎	無	224	97.33	±	1.24	0.6
	有	18	97.25	±	1.05	
過敏性皮膚炎	無	212	97.31	±	1.26	0.97
	有	30	97.43	±	0.94	
色素沉澱	無	235	97.33	±	1.24	0.7
	有	7	97.39	±	0.62	
毛囊炎	無	231	97.33	±	1.23	0.87
	有	11	97.31	±	1.17	

*p* 值使用無母數分析

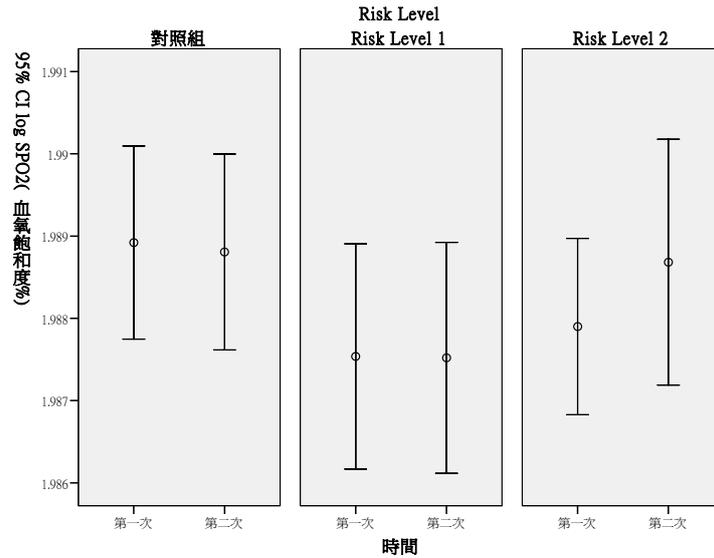


圖 232 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度)之重覆測量分布情形

表 520 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.00	0.02
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.00	0.67
高血壓(有 vs 無)	0.00	0.00	0.05
RL2vs 對照組	0.00	0.00	0.30
RL1vs 對照組	0.00	0.00	0.39
Time	0.00	0.00	0.74
RL2*Time	0.00	0.00	0.23
RL1*Time	0.00	0.00	0.63

依變項: log SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 521 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.00	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.00	0.60
高血壓(有 vs 無)	0.00	0.00	0.04
Risk Level	0.00	0.00	0.30
Time	0.00	0.00	0.69
Risk Level* Time	0.00	0.00	0.24

依變項: log SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

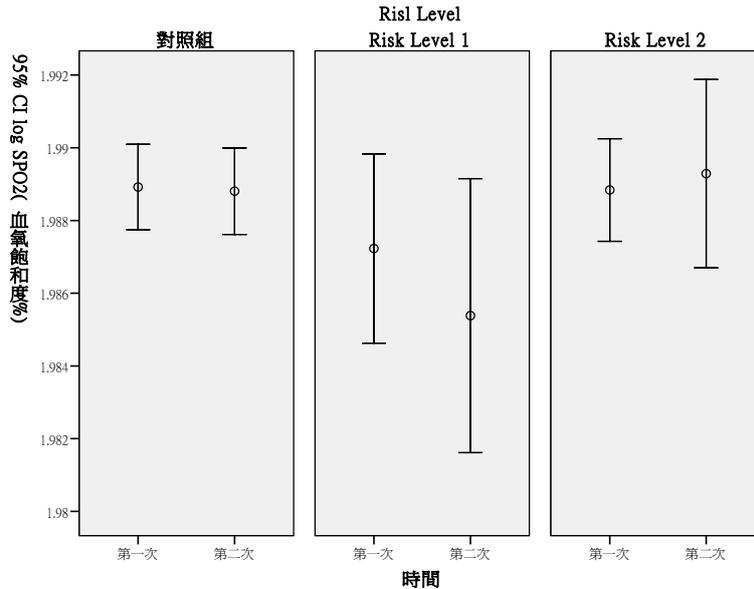


圖 233 奈米碳管處置者之 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度)重覆測量分布情形

表 522 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.00	0.45
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.00	0.23
高血壓(有 vs 無)	0.00	0.00	0.08
RL2vs 對照組	0.00	0.00	0.81
RL1vs 對照組	0.00	0.00	0.58
Time	0.00	0.00	0.74
RL2*Time	0.00	0.00	0.44
RL1*Time	0.00	0.00	0.72

依變項: log SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 523 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.00	0.34
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.00	0.19
高血壓(有 vs 無)	0.00	0.00	0.07
Risk Level	0.00	0.00	0.93
Time	0.00	0.00	0.67
Risk Level* Time	0.00	0.00	0.75

依變項: log SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

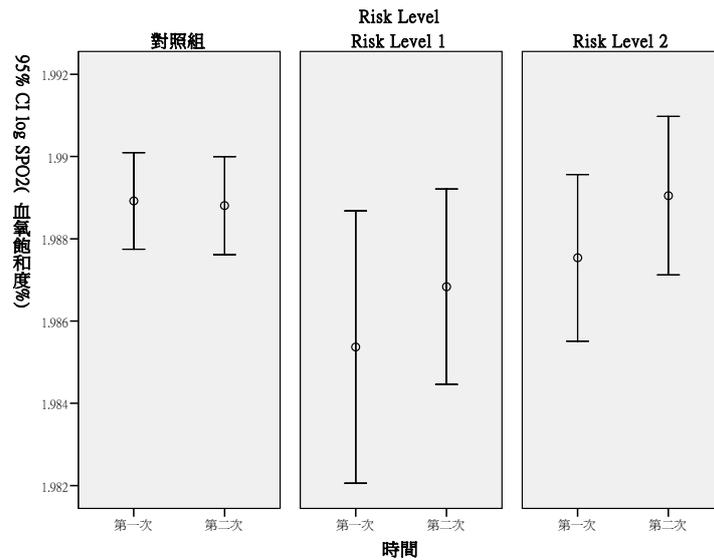


圖 234 奈米級二氧化鈦處置者之 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度)重覆測量分布情形

表 524 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.00	0.32
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.00	0.57
高血壓(有 vs 無)	0.00	0.00	0.03
RL2vs 對照組	0.00	0.00	0.24
RL1vs 對照組	0.00	0.00	0.20
Time	0.00	0.00	0.75
RL2*Time	0.00	0.00	0.22
RL1*Time	0.002	0.002	0.42

依變項: log SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 525 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.00	0.21
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.00	0.38
高血壓(有 vs 無)	0.00	0.00	0.02
Risk Level	0.00	0.00	0.15
Time	0.00	0.00	0.81
Risk Level* Time	0.001	0.001	0.18

依變項: log SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

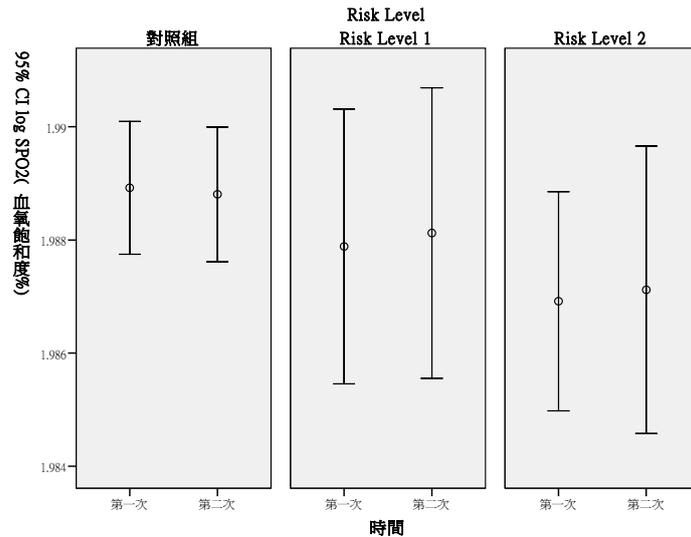


圖 235 奈米級二氧化矽處置者之 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度)重覆測量分布情形

表 526 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.00	0.09
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.00	0.92
高血壓(有 vs 無)	0.00	0.00	0.02
RL2vs 對照組	0.00	0.00	0.38
RL1vs 對照組	0.00	0.00	0.59
Time	0.00	0.00	0.73
RL2*Time	0.00	0.00	0.59
RL1*Time	0.00	0.00	0.58

依變項: log SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 527 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.00	0.10
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.00	0.88
高血壓(有 vs 無)	0.00	0.00	0.02
Risk Level	0.00	0.00	0.34
Time	0.00	0.00	0.78
Risk Level* Time	0.00	0.00	0.53

依變項: log SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

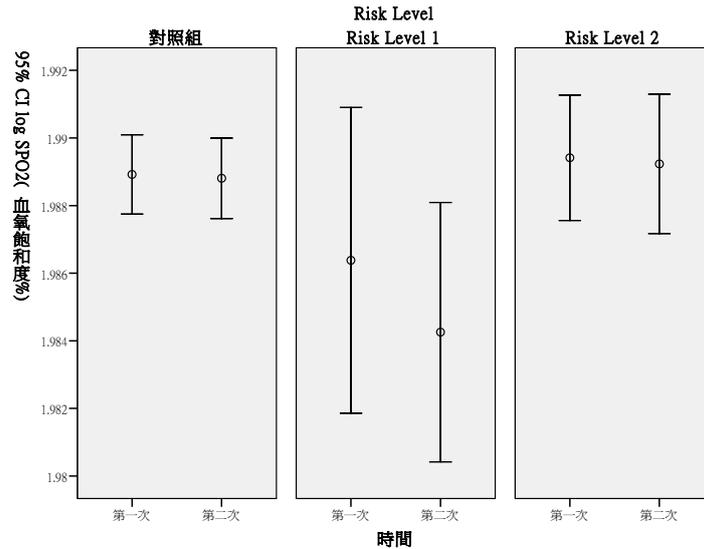


圖 236 奈米銀處置者之 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度)重覆測量分布情形

表 528 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.00	0.23
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.00	0.14
高血壓(有 vs 無)	-0.01	0.00	0.03
RL2vs 對照組	0.00	0.00	0.70
RL1vs 對照組	0.00	0.00	0.71
Time	0.00	0.00	0.73
RL2*Time	0.00	0.00	0.90
RL1*Time	0.00	0.00	0.70

依變項: log SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 529 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.00	0.24
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.00	0.25
高血壓(有 vs 無)	-0.01	0.00	0.02
Risk Level	0.00	0.00	0.92
Time	0.00	0.00	0.69
Risk Level* Time	0.00	0.00	0.81

依變項: log SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

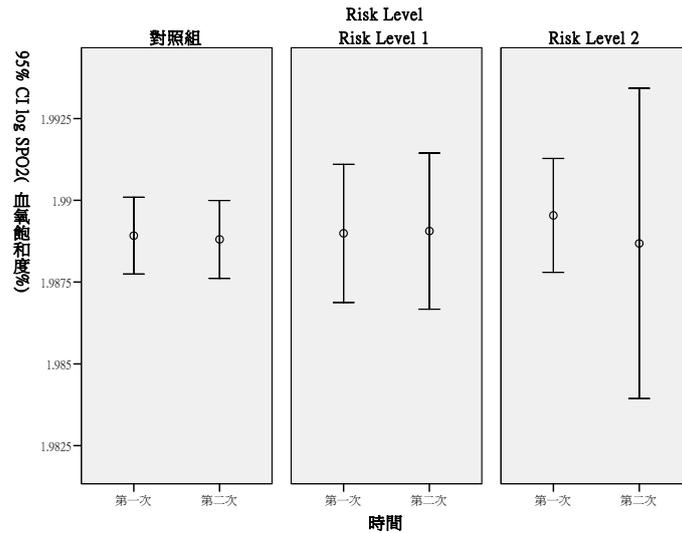


圖 237 其他奈米物質處置者之 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度)重覆測量分布情形

表 530 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.00	0.17
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.00	0.36
高血壓(有 vs 無)	0.00	0.00	0.02
RL2vs 對照組	0.00	0.00	0.37
RL1vs 對照組	0.00	0.00	0.84
Time	0.00	0.00	0.72
RL2*Time	0.00	0.00	0.79
RL1*Time	0.00	0.00	0.85

依正變項: log SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 531 SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.00	0.18
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.00	0.35
高血壓(有 vs 無)	0.00	0.00	0.02
Risk Level	0.00	0.00	0.44
Time	0.00	0.00	0.76
Risk Level* Time	0.00	0.00	0.87

依變項: log SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 高血壓, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 532 RI(血管彈性指數)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	160	71.14	±	11.49	0.32
	>40, 40 歲以上	82	68.44	±	17.59	
性別	女	80	69.84	±	15.08	0.89
	男	162	70.42	±	13.30	
抽菸習慣	無	217	70.62	±	13.51	0.25
	有	24	67.52	±	16.63	
喝酒習慣	無	221	70.24	±	14.13	0.89
	有	21	70.14	±	11.23	
嚼檳榔習慣	無	236	70.30	±	13.90	0.68
	有	6	67.33	±	14.22	
籍貫	台閩	186	68.97	±	14.90	0.01
	客家	34	77.10	±	6.80	
	其它(原住民與外省籍)	21	69.53	±	9.16	
教育程度	高中職以下	42	67.10	±	18.59	0.09
	大專/大學	109	69.65	±	13.57	
	研究所以上	90	72.62	±	11.10	

*p* 值使用無母數分析

表 533 RI(血管彈性指數)在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	227	70.29	±	14.04	0.26
	有	14	68.98	±	11.92	
氣喘	無	235	70.33	±	13.95	0.47
	有	5	67.13	±	12.86	
鼻炎	無	198	70.27	±	14.29	0.67
	有	44	70.06	±	12.02	
心律不整	無	231	70.08	±	14.01	0.55
	有	11	73.24	±	10.85	
心絞痛	無	240	70.17	±	13.92	0.36
	有	2	77.33	±	2.36	
心臟瓣膜疾病	無	237	70.57	±	13.11	0.27
	有	5	54.13	±	33.77	
高血脂	無	223	70.50	±	14.15	0.04
	有	19	67.07	±	9.92	
高血壓	無	219	70.46	±	13.41	0.85
	有	23	68.03	±	18.00	
異位性皮膚炎	無	224	70.20	±	13.37	0.51
	有	18	70.60	±	19.67	
過敏性皮膚炎	無	212	70.35	±	13.62	0.55
	有	30	69.34	±	15.83	
色素沉澱	無	235	70.19	±	14.04	0.56
	有	7	71.40	±	7.40	
毛囊炎	無	231	69.95	±	13.92	0.07
	有	11	76.12	±	12.14	

*p* 值使用無母數分析

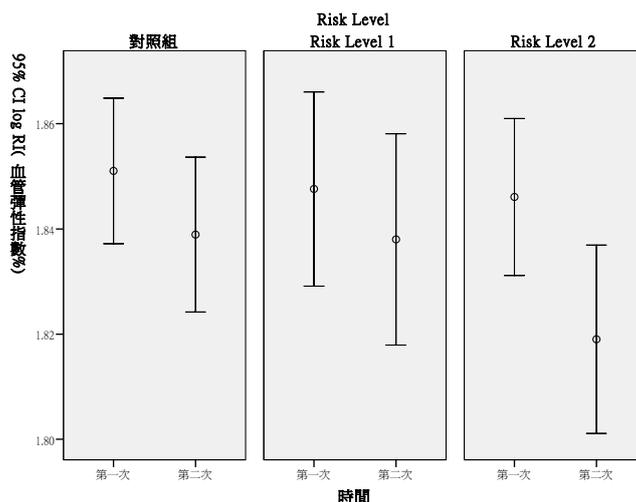


圖 238 RI(血管彈性指數)之重覆測量分布情形

表 534 RI(血管彈性指數%)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.01	0.93
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.01	0.69
其它籍貫 vs 台閩	0.00	0.01	0.81
客家 vs 台閩	0.04	0.01	<0.01
高血脂(有 vs 無)	-0.04	0.02	0.02
RL2vs 對照組	0.01	0.02	0.45
RL1vs 對照組	0.01	0.02	0.58
Time	-0.01	0.01	0.15
RL2*Time	-0.02	0.01	0.09
RL1*Time	-0.01	0.01	0.48

依變項: log RI(血管彈性指數%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 535 RI(血管彈性指數%)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.01	0.98
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.01	0.73
其它籍貫 vs 台閩	0.00	0.01	0.82
客家 vs 台閩	0.04	0.01	<0.01
高血脂(有 vs 無)	-0.04	0.02	0.02
Risk Level	0.01	0.01	0.45
Time	-0.01	0.01	0.14
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.09

依變項: log RI(血管彈性指數%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

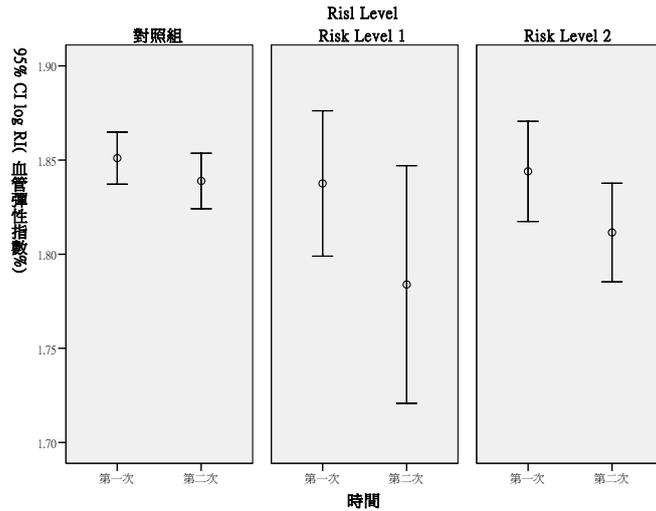


圖 239 奈米碳管處置者之 RI(血管彈性指數)重覆測量分布情形

表 536 RI(血管彈性指數%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.01	0.72
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.02	0.45
其它籍貫 vs 台閩	0.00	0.02	0.81
客家 vs 台閩	0.05	0.01	<0.01
高血脂(有 vs 無)	-0.03	0.02	0.04
RL2vs 對照組	0.02	0.02	0.38
RL1vs 對照組	0.03	0.03	0.40
Time	-0.01	0.01	0.14
RL2*Time	-0.02	0.01	0.08
RL1*Time	-0.04	0.02	0.02

依變項: log RI(血管彈性指數%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 537 RI(血管彈性指數%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.01	0.01	0.60
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.02	0.51
其它籍貫 vs 台閩	0.00	0.02	0.91
客家 vs 台閩	0.05	0.01	<0.01
高血脂(有 vs 無)	-0.03	0.02	0.06
Risk Level	0.01	0.01	0.21
Time	-0.01	0.01	0.08
Risk Level* Time	-0.02	0.01	0.02

依變項: log RI(血管彈性指數%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

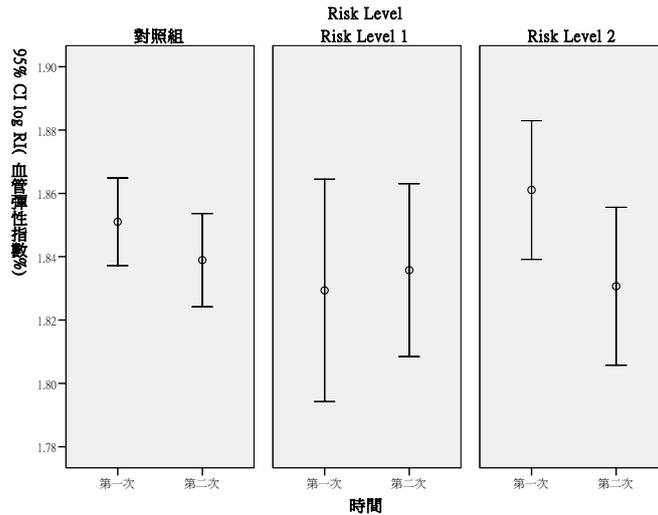


圖 240 奈米級二氧化鈦處置者之 RI(血管彈性指數)重覆測量分布情形

表 538 RI(血管彈性指數%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.01	0.80
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.02	0.59
其它籍貫 vs 台閩	0.00	0.02	0.99
客家 vs 台閩	0.04	0.01	<0.01
高血脂(有 vs 無)	-0.02	0.02	0.37
RL2vs 對照組	0.02	0.02	0.25
RL1vs 對照組	-0.03	0.03	0.38
Time	-0.01	0.01	0.14
RL2*Time	-0.02	0.01	0.19
RL1*Time	0.01	0.01	0.64

依變項: log RI(血管彈性指數%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 539 RI(血管彈性指數%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.01	0.68
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.02	0.72
其它籍貫 vs 台閩	0.00	0.02	0.95
客家 vs 台閩	0.04	0.01	<0.01
高血脂(有 vs 無)	-0.02	0.02	0.32
Risk Level	0.01	0.01	0.41
Time	-0.01	0.01	0.19
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.27

依變項: log RI(血管彈性指數%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

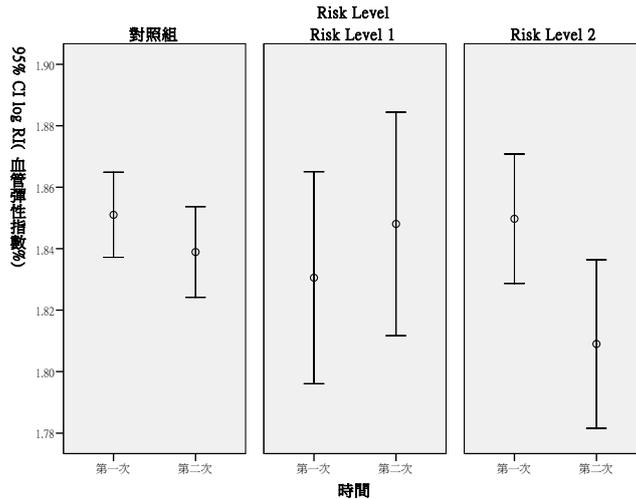


圖 241 奈米級二氧化矽處置者之 RI(血管彈性指數)重覆測量分布情形

表 540 RI(血管彈性指數%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.01	0.83
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.01	0.25
其它籍貫 vs 台閩	0.00	0.02	0.93
客家 vs 台閩	0.04	0.01	<0.01
高血脂(有 vs 無)	-0.05	0.02	0.01
RL2vs 對照組	0.02	0.02	0.41
RL1vs 對照組	-0.01	0.02	0.58
Time	-0.01	0.01	0.14
RL2*Time	-0.02	0.01	0.13
RL1*Time	0.01	0.01	0.67

依變項: log RI(血管彈性指數%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 541 RI(血管彈性指數%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.01	0.82
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.02	0.01	0.25
其它籍貫 vs 台閩	0.00	0.02	0.95
客家 vs 台閩	0.04	0.01	<0.01
高血脂(有 vs 無)	-0.05	0.02	0.01
Risk Level	0.01	0.01	0.53
Time	-0.01	0.01	0.21
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.18

依變項: log RI(血管彈性指數%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

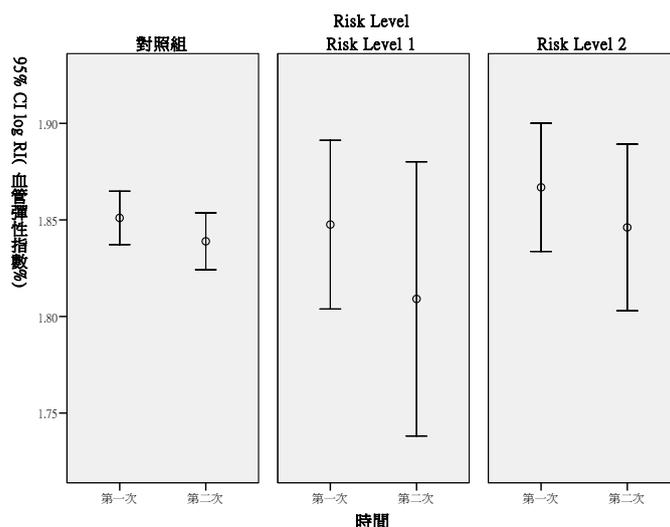


圖 242 奈米銀處置者之 RI(血管彈性指數)重覆測量分布情形

表 542 RI(血管彈性指數%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.00	0.01	0.70
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.02	0.81
其它籍貫 vs 台閩	0.00	0.02	0.98
客家 vs 台閩	0.04	0.01	<0.01
高血脂(有 vs 無)	-0.02	0.02	0.37
RL2vs 對照組	0.01	0.02	0.82
RL1vs 對照組	0.01	0.04	0.81
Time	-0.01	0.01	0.16
RL2*Time	0.00	0.01	0.99
RL1*Time	-0.01	0.02	0.64

依變項: log RI(血管彈性指數%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 543 RI(血管彈性指數%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.00	0.01	0.71
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.02	0.79
其它籍貫 vs 台閩	0.00	0.02	0.95
客家 vs 台閩	0.04	0.01	<0.01
高血脂(有 vs 無)	-0.02	0.02	0.37
Risk Level	0.00	0.01	0.77
Time	-0.01	0.01	0.13
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.82

依變項: log RI(血管彈性指數%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

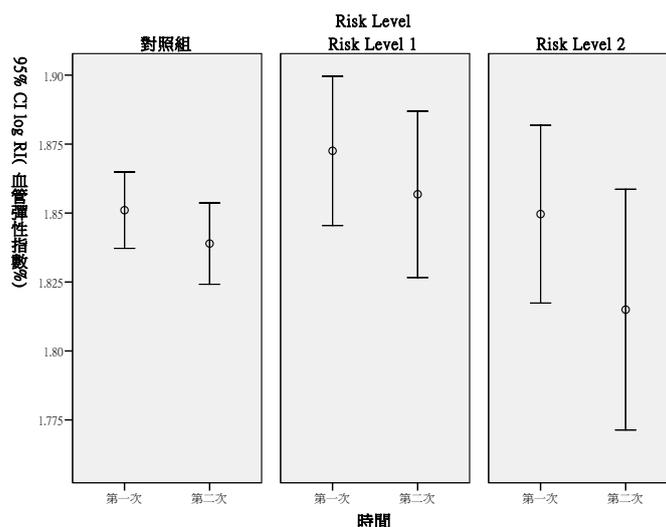


圖 243 其他奈米物質處置者之 RI(血管彈性指數)重覆測量分布情形

表 544 RI(血管彈性指數%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.01	0.96
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.02	0.68
其它籍貫 vs 台閩	-0.01	0.02	0.63
客家 vs 台閩	0.05	0.01	<0.01
高血脂(有 vs 無)	-0.04	0.02	0.09
RL2vs 對照組	0.03	0.03	0.37
RL1vs 對照組	0.03	0.02	0.11
Time	-0.01	0.01	0.16
RL2*Time	-0.03	0.02	0.17
RL1*Time	-0.01	0.01	0.37

依變項: log RI(血管彈性指數%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 545 RI(血管彈性指數%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.00	0.01	0.81
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.02	0.67
其它籍貫 vs 台閩	-0.01	0.02	0.72
客家 vs 台閩	0.04	0.01	<0.01
高血脂(有 vs 無)	-0.04	0.02	0.09
Risk Level	0.02	0.01	0.19
Time	-0.01	0.01	0.15
Risk Level* Time	-0.01	0.01	0.13

依變項: log RI(血管彈性指數%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 高血脂, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

#### 4. 基因傷害指標

研究中針對奈米暴露情形對 DNA 造成之傷害以彗星試驗進行，本研究選取了%DNA in Tail、Tail Moment、Olive Moment、L/H 頭尾比例等四個參數進行結果分析。當外在因素引起細胞 DNA 損傷時會影響 DNA 的結構，使其鬆散；細胞經過裂解、解旋後，電泳時會使損傷的 DNA 從核中溢出，並朝正極方向泳動，產生一尾的狀態，尾端拉得越高表示 DNA 損害情形越嚴重。

以%DNA in Tail 來看在不同生活習慣及不同疾病狀況下的分布情形。年齡小於 40 歲者其%DNA in Tail 平均值大於年齡大於 40 歲者( $p=0.02$ )，學歷高者其%DNA in Tail 平均值高於較低者有達統計上顯著( $p=0.03$ )(表 546)。若以不同疾病分布情形來說，皆無統計上顯著差異 (表 547)。

表 546 %DNA in Tail 在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	190	26.39	±	18.72	0.02
	>40，40 歲以上	95	22.24	±	18.27	
性別	女	87	22.60	±	15.26	0.41
	男	198	26.07	±	19.89	
抽菸習慣	無	254	24.98	±	18.11	0.42
	有	30	25.57	±	23.23	
喝酒習慣	無	259	24.50	±	18.14	0.50
	有	26	30.09	±	22.89	
嚼檳榔習慣	無	277	25.22	±	18.65	0.09
	有	8	17.72	±	18.27	
籍貫	台閩	220	26.26	±	20.12	0.11
	客家	40	20.03	±	10.75	
	其它(原住民與外省籍)	24	22.10	±	13.11	
教育程度	高中職以下	47	18.46	±	17.12	0.03
	大專/大學	126	25.80	±	21.18	
	研究所以上	111	26.97	±	15.53	

*p* 值使用無母數分析

表 547 %DNA in Tail 在不同疾病狀況下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	25.13	±	18.73	0.56
	有	17	22.63	±	18.19	
氣喘	無	275	25.04	±	18.76	0.97
	有	8	24.14	±	17.49	
鼻炎	無	234	25.41	±	18.48	0.13
	有	51	23.18	±	19.47	
心律不整	無	274	25.03	±	18.63	0.71
	有	11	24.46	±	20.01	
心臟瓣膜疾病	無	280	24.98	±	18.50	0.68
	有	5	26.88	±	28.20	
高血脂	無	263	25.04	±	18.75	0.87
	有	22	24.58	±	17.71	
高血壓	無	261	25.00	±	18.58	0.82
	有	24	25.11	±	19.72	
異位性皮膚炎	無	262	24.72	±	18.39	0.80
	有	23	28.26	±	21.50	
過敏性皮膚炎	無	250	25.10	±	18.78	0.77
	有	35	24.35	±	17.89	
色素沉澱	無	277	24.70	±	18.39	0.20
	有	8	35.77	±	25.21	
毛囊炎	無	273	24.87	±	18.67	0.43
	有	12	28.16	±	18.61	

*p* 值使用無母數分析

本研究進行四次追蹤後之%DNA in Tail 情形以 GEE 進行統計分析，結果顯示控制其他變項後，教育程度與%DNA in Tail 有統計上顯著相關，研究所以以上與大專/大學者%DNA in Tail 分別皆高於高中職以下者 ( $p < 0.01$ ,  $p < 0.01$ ) (表 548)。

表 549 將 Risk Level 作趨勢分析則發現 Risk Level 的程度與%DNA in Tail 沒有達統計上顯著相關。

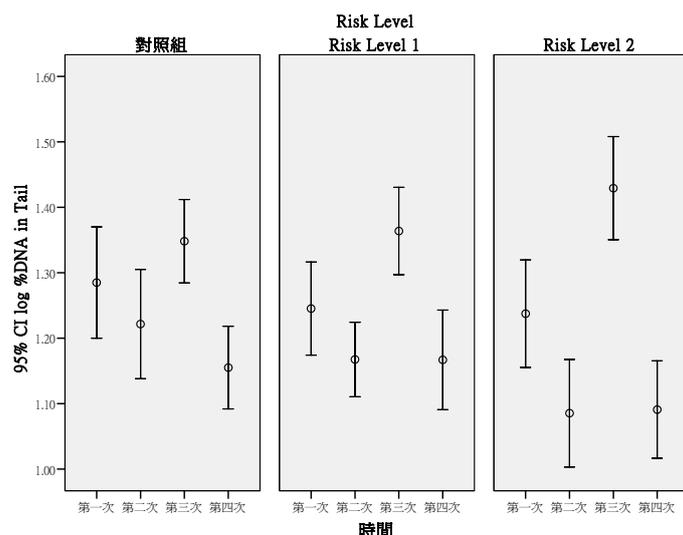


圖 244 %DNA in Tail 之重覆測量分布情形

表 548 %DNA in Tail 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.02	0.02	0.30
性別(男 vs 女)	0.04	0.02	0.06
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.04	0.73
研究所以上 vs 高中職以下	0.10	0.04	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.14	0.04	<0.01
RL2vs 對照組	-0.12	0.07	0.09
RL1vs 對照組	-0.08	0.07	0.26
Time	0.00	0.02	0.86
RL2*Time	0.03	0.03	0.37
RL1*Time	0.02	0.03	0.57

依變項: log %DNA in Tail

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 549 %DNA in Tail 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.02	0.02	0.30
性別(男 vs 女)	0.04	0.02	0.07
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.04	0.72
研究所以上 vs 高中職以下	0.10	0.04	0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.14	0.04	<0.01
Risk Level	-0.06	0.04	0.09
Time	0.00	0.02	0.88
Risk Level* Time	0.01	0.02	0.37

依變項: log %DNA in Tail

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

若將暴露物質分類討論，結果顯示奈米碳管暴露者中，有抽菸習慣者之%DNA in Tail 大於沒有抽菸習慣者 ( $p=0.02$ )，教育程度為大專/大學者之%DNA in Tail 大於高中職以下者 ( $p=0.02$ ) (表 550)，但 Risk Level 之程度與 %DNA in Tail 無統計上相關，且 Risk Level 之趨勢分析也未發現與%DNA in Tail 有統計上相關 (表 551)。

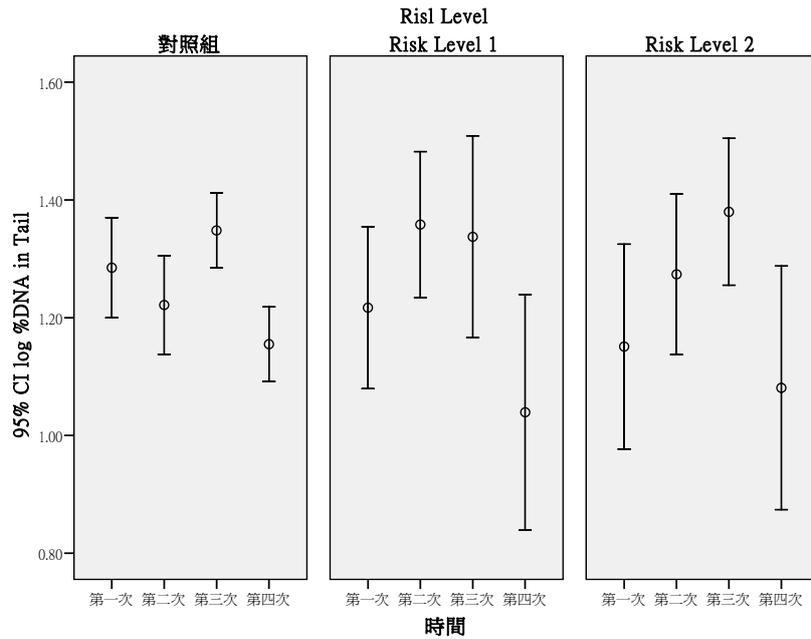


圖 245 奈米碳管處置者之%DNA in Tail 重覆測量分布情形

表 550 %DNA in Tail 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.03	0.03	0.28
性別(男 vs 女)	0.04	0.03	0.25
抽菸習慣(有 vs 無)	0.11	0.04	0.02
研究所以上 vs 高中職以下	0.08	0.06	0.21
大專/大學 vs 高中職以下	0.14	0.06	0.02
RL2vs 對照組	-0.16	0.11	0.17
RL1vs 對照組	-0.02	0.11	0.86
Time	-0.01	0.02	0.79
RL2*Time	0.05	0.05	0.33
RL1*Time	0.00	0.05	0.93

依變項: log %DNA in Tail

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 551 %DNA in Tail 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.03	0.03	0.28
性別(男 vs 女)	0.04	0.03	0.26
抽菸習慣(有 vs 無)	0.11	0.04	0.01
研究所以上 vs 高中職以下	0.08	0.06	0.20
大專/大學 vs 高中職以下	0.14	0.06	0.02
Risk Level	-0.07	0.06	0.20
Time	-0.01	0.02	0.70
Risk Level* Time	0.02	0.02	0.39

依變項: log %DNA in Tail

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

而在奈米級二氧化鈦暴露者中，教育程度為大專/大學者之 %DNA in Tail 大於高中職以下者 ( $p=0.02$ )，而在 Risk Level 分組上 Risk Level1 之 %DNA in Tail 低於對照組，為 borderline ( $p=0.05$ ) (表 552)。而在 Risk Level 之趨勢分析，Risk Level 也未發現與 %DNA in Tail 有統計上相關 (表 553)。

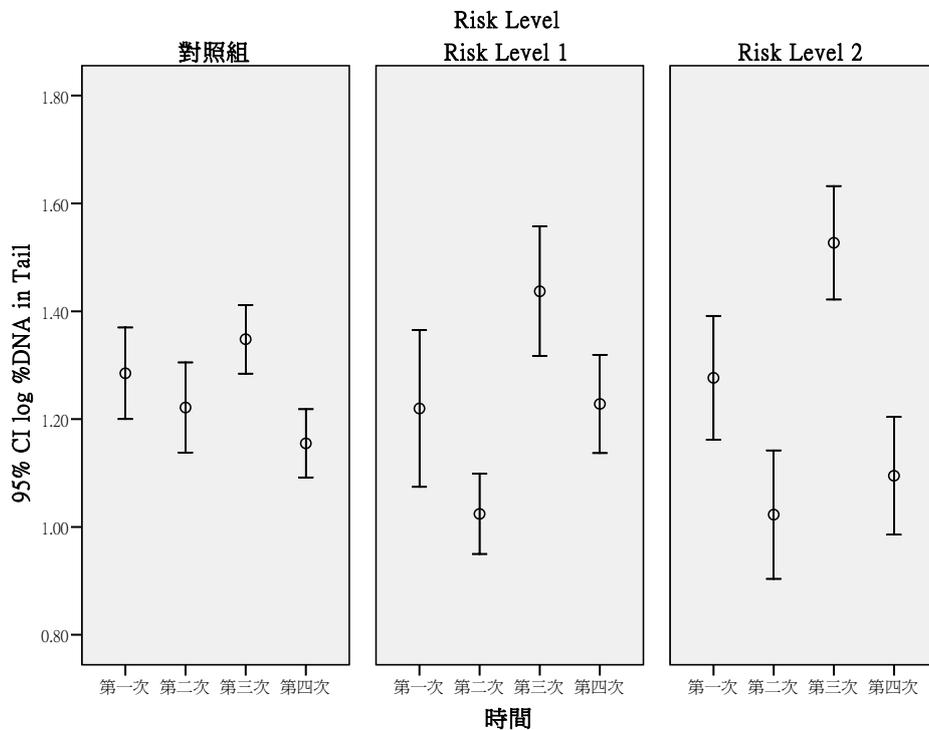


圖 246 奈米級二氧化鈦處置者之 %DNA in Tail 重覆測量分布情形

表 552 %DNA in Tail 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.01	0.03	0.78
性別(男 vs 女)	0.04	0.03	0.17
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.05	0.34
研究所以上 vs 高中職以下	0.09	0.05	0.09
大專/大學 vs 高中職以下	0.14	0.05	<0.01
RL2vs 對照組	-0.12	0.08	0.17
RL1vs 對照組	-0.21	0.11	0.05
Time	0.00	0.02	0.83
RL2*Time	0.03	0.03	0.34
RL1*Time	0.06	0.04	0.14

依變項: log %DNA in Tail

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 553 %DNA in Tail 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.01	0.03	0.79
性別(男 vs 女)	0.04	0.03	0.22
抽菸習慣(有 vs 無)	0.06	0.05	0.24
研究所以上 vs 高中職以下	0.09	0.05	0.09
大專/大學 vs 高中職以下	0.14	0.05	<0.01
Risk Level	-0.07	0.04	0.10
Time	0.00	0.02	0.97
Risk Level* Time	0.02	0.02	0.24

依變項: log %DNA in Tail

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

而在奈米級二氧化矽暴露者中，教育程度為研究所以上與大專/大學者之%DNA in Tail 皆大於高中職以下者 ( $p=0.02$ ,  $p<0.01$ )，而在 Risk Level 分組上 Risk Level2 之%DNA in Tail 低於對照組 ( $p=0.02$ ) (表 554)。而在 Risk Level 之趨勢分析，Risk Level 程度越大其%DNA in Tai 會越小有統計上相關 ( $p=0.02$ ) (表 555)。

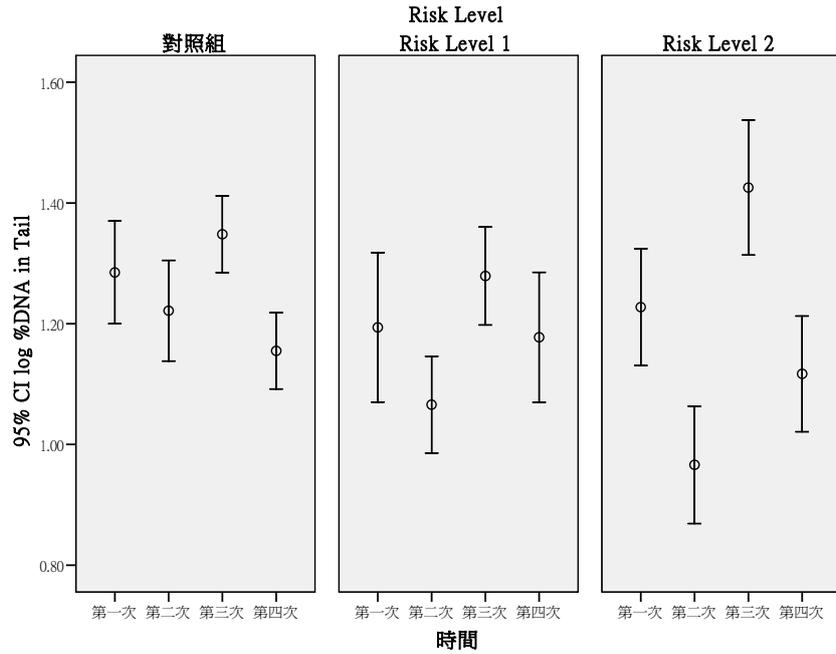


圖 247 奈米級二氧化矽處置者之%DNA in Tail 重覆測量分布情形

表 554 %DNA in Tail 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	0.00	0.03	0.96
性別(男 vs 女)	0.04	0.03	0.15
抽菸習慣(有 vs 無)	0.00	0.05	0.96
研究所以上 vs 高中職以下	0.10	0.04	0.02
大專/大學 vs 高中職以下	0.12	0.04	<0.01
RL2vs 對照組	-0.18	0.08	0.02
RL1vs 對照組	-0.14	0.10	0.15
Time	-0.01	0.02	0.79
RL2*Time	0.05	0.03	0.12
RL1*Time	0.03	0.04	0.49

依變項: log %DNA in Tail

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 555 %DNA in Tail 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
≥40 歲 vs <40 歲	0.00	0.03	0.93
性別(男 vs 女)	0.04	0.03	0.21
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.05	0.80
研究所以上 vs 高中職以下	0.10	0.04	0.01
大專/大學 vs 高中職以下	0.13	0.04	<0.01
Risk Level	-0.10	0.04	0.02
Time	-0.01	0.02	0.78
Risk Level* Time	0.02	0.02	0.14

依變項: log %DNA in Tail

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

而在奈米銀暴露者中，有抽菸習慣者其%DNA in Tail 大於未抽菸者 ( $p=0.03$ )，教育程度為研究所以上與大專/大學者之%DNA in Tail 皆大於高中職以下者 ( $p=0.05, p=0.01$ )，而%DNA in Tail 在 Risk Level 分組上沒有統計上顯著差異 (表 556)。而在 Risk Level 之趨勢分析，%DNA in Tail 並無隨著 Risk Level 程度增加而有變化 (表 557)。

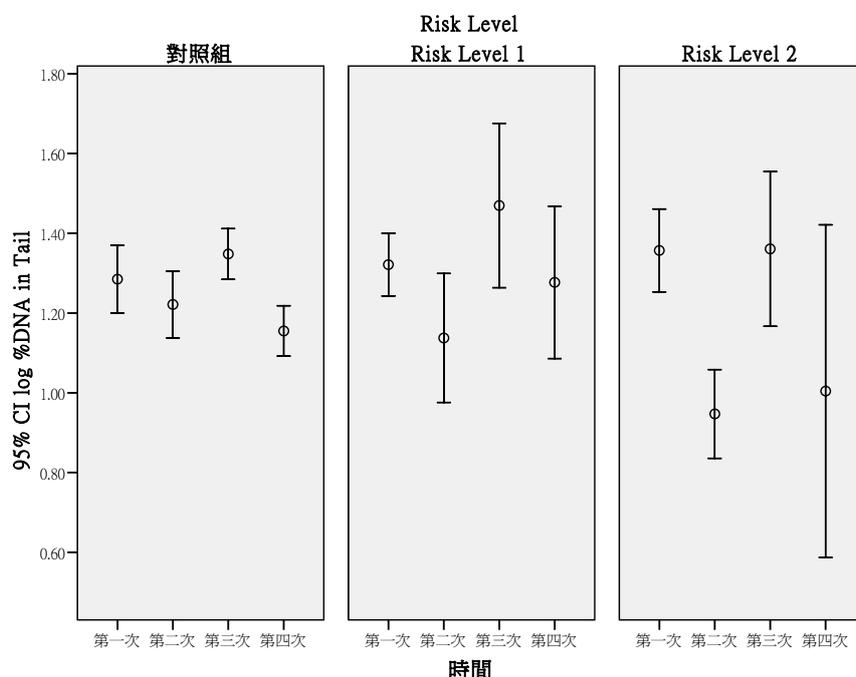


圖 248 奈米銀處置者之%DNA in Tail 重覆測量分布情形

表 556 %DNA in Tail 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.01	0.03	0.87
性別(男 vs 女)	0.04	0.03	0.26
抽菸習慣(有 vs 無)	0.12	0.05	0.03
研究所以上 vs 高中職以下	0.12	0.06	0.05
大專/大學 vs 高中職以下	0.15	0.06	0.01
RL2vs 對照組	0.02	0.09	0.86
RL1vs 對照組	-0.07	0.07	0.36
Time	0.00	0.02	0.84
RL2*Time	-0.06	0.04	0.13
RL1*Time	0.03	0.04	0.40

依變項: log %DNA in Tail

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 557 %DNA in Tail 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.01	0.03	0.82
性別(男 vs 女)	0.04	0.03	0.26
抽菸習慣(有 vs 無)	0.12	0.05	0.02
研究所以上 vs 高中職以下	0.12	0.06	0.04
大專/大學 vs 高中職以下	0.15	0.06	0.01
Risk Level	-0.01	0.04	0.88
Time	0.00	0.02	0.96
Risk Level* Time	-0.02	0.02	0.30

依變項: log %DNA in Tail

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

而在其他奈米物質暴露者中，有抽菸習慣者其%DNA in Tail 大於未抽菸者 ( $p=0.01$ )，教育程度為研究所以上與大專/大學者之%DNA in Tail 皆大於高中職以下者 ( $p=0.02$ ,  $p=0.01$ )，而%DNA in Tail 在 Risk Level 分組上沒有統計上顯著差異 (表 558)。而在 Risk Level 之趨勢分析，%DNA in Tail 並無隨著 Risk Level 程度增加而有變化 (表 559)。

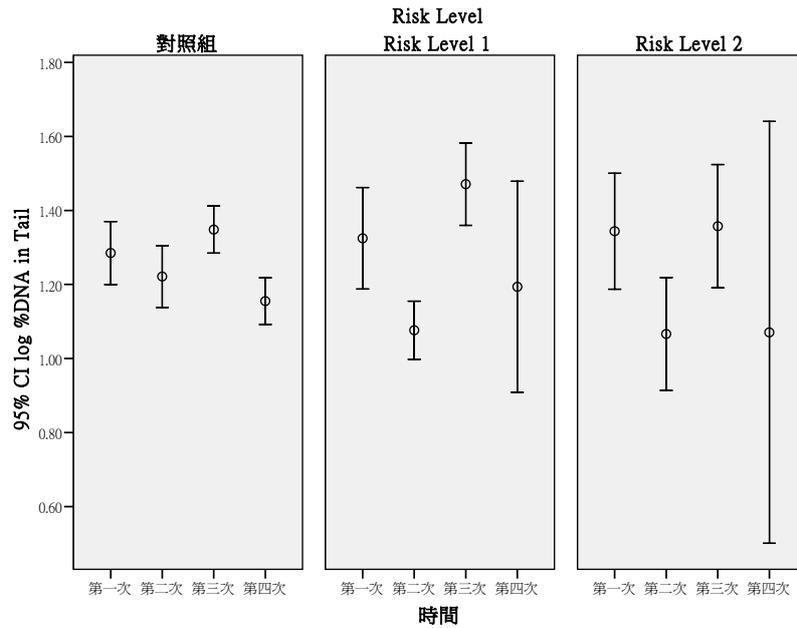


圖 249 其他奈米物質處置者之%DNA in Tail 重覆測量分布情形

表 558 %DNA in Tail 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.01	0.03	0.70
性別(男 vs 女)	0.06	0.03	0.08
抽菸習慣(有 vs 無)	0.15	0.06	0.01
研究所以上 vs 高中職以下	0.14	0.06	0.02
大專/大學 vs 高中職以下	0.15	0.06	0.01
RL2vs 對照組	0.03	0.12	0.80
RL1vs 對照組	-0.11	0.11	0.32
Time	0.00	0.02	0.92
RL2*Time	-0.05	0.05	0.29
RL1*Time	0.03	0.04	0.47

校正變項: log %DNA in Tail

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 559 %DNA in Tail 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.01	0.03	0.71
性別(男 vs 女)	0.05	0.03	0.08
抽菸習慣(有 vs 無)	0.15	0.06	0.01
研究所以上 vs 高中職以下	0.13	0.06	0.03
大專/大學 vs 高中職以下	0.15	0.06	0.01
Risk Level	-0.01	0.05	0.85
Time	0.00	0.02	0.94
Risk Level* Time	-0.01	0.02	0.57

校正變項: log %DNA in Tail

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

以 Tail Moment 來看在不同生活習慣及不同疾病狀況下的分布情形。

只有在籍貫上, 台閩人其 Tail Moment 顯著高於其他兩個籍貫的人( $p=0.03$ )

(表 560)。若以不同疾病分布情形來說, Tail Moment 之情形皆無統計上顯著差異 (表 561)。

表 560 Tail Moment 在不同生活習慣下之分布情形

變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	<=40, 40 歲以下	190	82.97	± 117.16	0.14
	>40, 40 歲以上	95	75.87	± 124.41	
性別	女	87	79.13	± 110.24	0.59
	男	198	81.25	± 123.55	
抽菸習慣	無	254	79.01	± 114.76	0.61
	有	30	95.65	± 156.58	
喝酒習慣	無	259	78.31	± 117.88	0.40
	有	26	103.43	± 134.55	
嚼檳榔習慣	無	277	81.50	± 120.11	0.22
	有	8	49.46	± 94.67	
籍貫	台閩	220	90.78	± 131.19	0.03
	客家	40	43.27	± 57.33	
	其它(原住民與外省籍)	24	50.98	± 48.62	
教育程度	高中職以下	47	59.24	± 123.37	0.13
	大專/大學	126	95.86	± 136.51	
	研究所以上	111	72.75	± 93.57	

*p* 值使用無母數分析

表 561 Tail Moment 在不同疾病狀況下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	80.70	±	120.35	0.61
	有	17	76.91	±	111.20	
氣喘	無	275	80.47	±	119.52	0.52
	有	8	85.67	±	139.08	
鼻炎	無	234	80.86	±	115.97	0.13
	有	51	79.44	±	135.56	
心律不整	無	274	80.62	±	119.85	0.79
	有	11	80.33	±	114.59	
心臟瓣膜疾病	無	280	79.88	±	119.08	0.89
	有	5	121.36	±	147.95	
高血脂	無	263	81.11	±	120.63	0.71
	有	22	74.56	±	106.65	
高血壓	無	261	80.92	±	120.09	0.78
	有	24	77.21	±	114.68	
異位性皮膚炎	無	262	79.49	±	118.51	0.70
	有	23	93.29	±	131.87	
過敏性皮膚炎	無	250	82.13	±	122.22	0.78
	有	35	69.73	±	98.27	
色素沉澱	無	277	79.31	±	118.95	0.38
	有	8	125.42	±	136.51	
毛囊炎	無	273	79.75	±	119.52	0.42
	有	12	100.10	±	121.42	

*p* 值使用無母數分析

在 Tail Moment 經過追蹤之結果，顯示控制其他變項後，Tail Moment 在 Risk Level 分組上並無統計上顯著差異(表 562)。另外 Risk Level 之趨勢分析後結果也顯示 Tail Moment 並無隨著 Risk Level 程度增加而有增加之情形(表 563)。

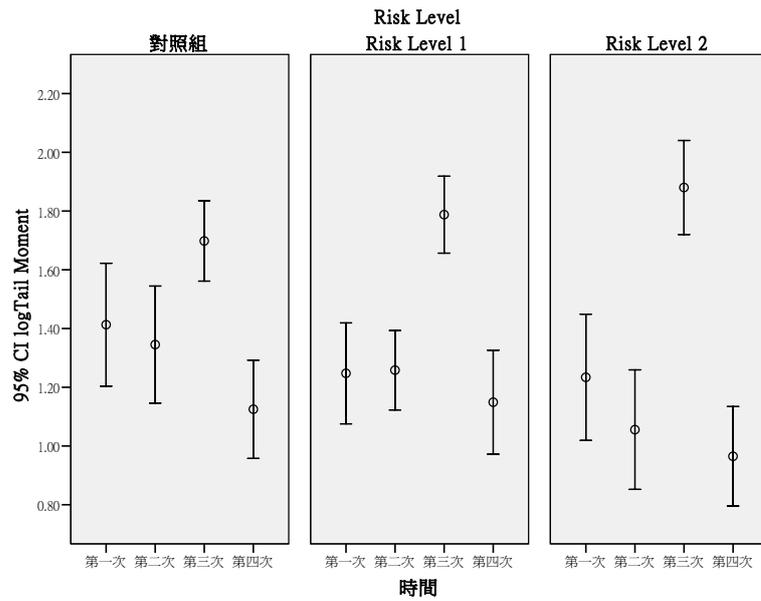


圖 250 Tail Moment 之重覆測量分布情形

表 562 Tail Moment 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.07	0.06	0.26
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.09	0.89
其它籍貫 vs 台閩	-0.19	0.10	0.07
客家 vs 台閩	-0.09	0.06	0.16
RL2vs 對照組	-0.31	0.18	0.08
RL1vs 對照組	-0.25	0.17	0.15
Time	0.01	0.05	0.79
RL2*Time	0.07	0.07	0.30
RL1*Time	0.07	0.07	0.28

依變項: logTail Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 563 Tail Moment 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.07	0.06	0.27
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.01	0.09	0.89
其它籍貫 vs 台閩	-0.19	0.10	0.07
客家 vs 台閩	-0.08	0.06	0.17
Risk Level	-0.16	0.09	0.08
Time	0.02	0.05	0.60
Risk Level* Time	0.04	0.04	0.28

依變項: logTail Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

將暴露物質進行分類再做分析，在奈米碳管暴露者中，有抽菸習慣者其 Tail Moment 程度顯著大於沒有抽菸習慣者( $p=0.03$ )，而 Tail Moment 在 Risk Level 分組上沒有統計上顯著差異(表 564)。但將 Risk Level 作趨勢分析，結果顯示出隨著 Risk Level 程度增加，Tail Moment 會下降，為 borderline ( $p=0.05$ )。

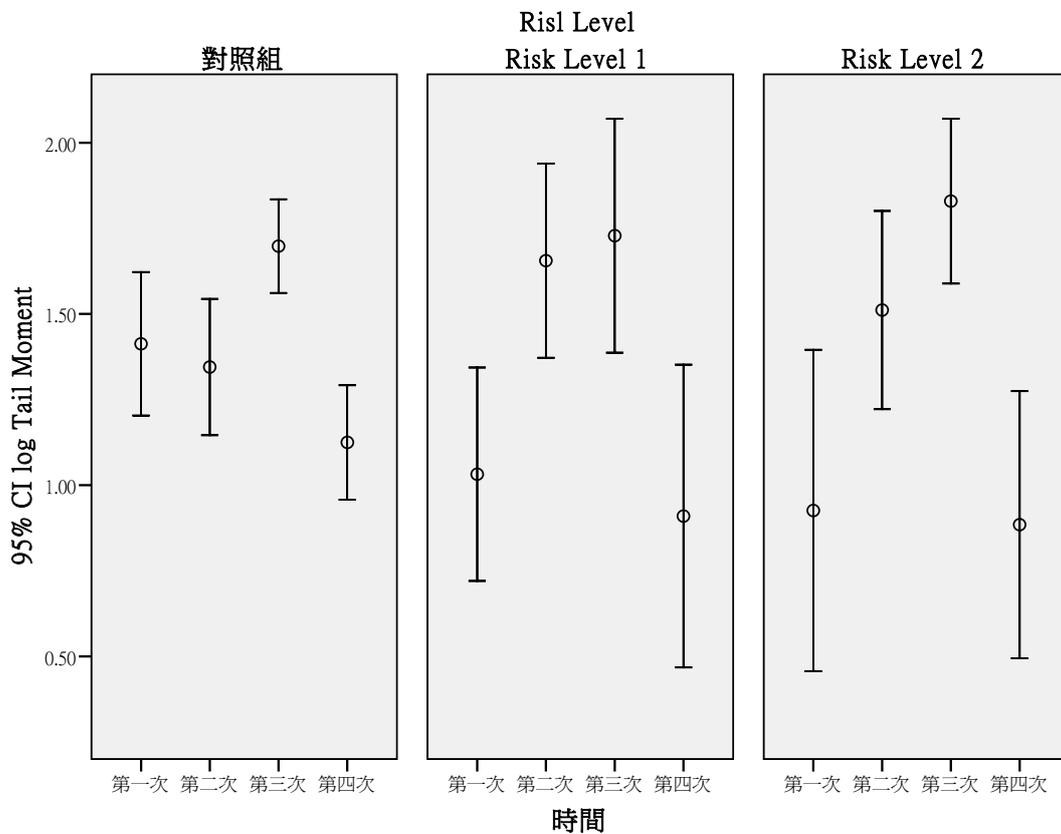


圖 251 奈米碳管處置者之 Tail Moment 重覆測量分布情形

表 564 Tail Moment 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.04	0.09	0.67
抽菸習慣(有 vs 無)	0.20	0.09	0.03
其它籍貫 vs 台閩	-0.23	0.15	0.14
客家 vs 台閩	-0.12	0.08	0.13
RL2vs 對照組	-0.54	0.30	0.07
RL1vs 對照組	-0.31	0.25	0.22
Time	0.01	0.05	0.81
RL2*Time	0.21	0.12	0.08
RL1*Time	0.12	0.11	0.29

依變項: logTail Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 565 Tail Moment 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.04	0.09	0.68
抽菸習慣(有 vs 無)	0.20	0.10	0.03
其它籍貫 vs 台閩	-0.23	0.15	0.13
客家 vs 台閩	-0.12	0.08	0.12
Time	0.01	0.05	0.79
Risk Level	-0.27	0.14	0.05
Time * Risk Level	0.11	0.06	0.06

依變項: logTail Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Time, Risk Level, Time \* Risk Level

在奈米級二氧化鈦暴露者中, 則 Tail Moment 在 Risk Level 分組之分布無統計上顯著差異(表 566), 且在 Risk Level 趨勢分析下, 隨 Risk Level 增加 Tail Moment 並無隨之變化(表 567)。

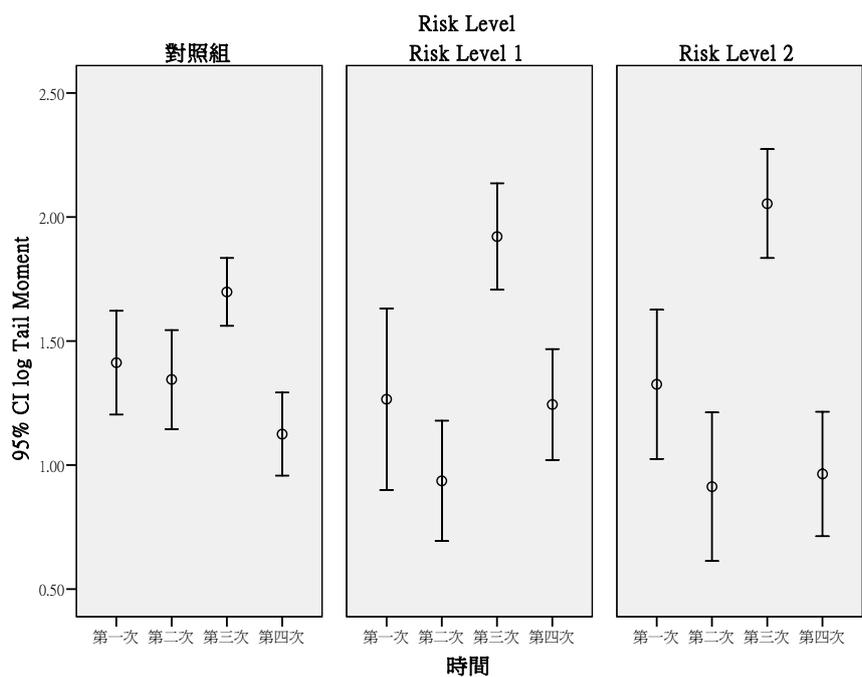


圖 252 奈米級二氧化鈦處置者之 Tail Moment 重覆測量分布情形

表 566 Tail Moment 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.06	0.08	0.48
抽菸習慣(有 vs 無)	0.14	0.11	0.19
其它籍貫 vs 台閩	-0.25	0.15	0.09
客家 vs 台閩	-0.04	0.08	0.58
RL2vs 對照組	-0.31	0.22	0.16
RL1vs 對照組	-0.42	0.27	0.11
Time	0.01	0.05	0.80
RL2*Time	0.07	0.08	0.40
RL1*Time	0.13	0.10	0.18

依變項: logTail Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 567 Tail Moment 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.05	0.08	0.52
抽菸習慣(有 vs 無)	0.15	0.10	0.14
其它籍貫 vs 台閩	-0.25	0.15	0.09
客家 vs 台閩	-0.04	0.08	0.60
Risk Level	-0.18	0.11	0.10
Time	0.02	0.05	0.66
Risk Level* Time	0.04	0.04	0.29

依變項: logTail Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

在奈米級二氧化矽暴露者中，Risk Level2 者之 Tail Moment 比對照組低( $p=0.05$ )(表 568)。以 Risk Level 之趨勢分析結果顯示，隨著 Risk Level 增加，Tail Moment 的程度會隨之下降( $p=0.04$ ) (表 569)。

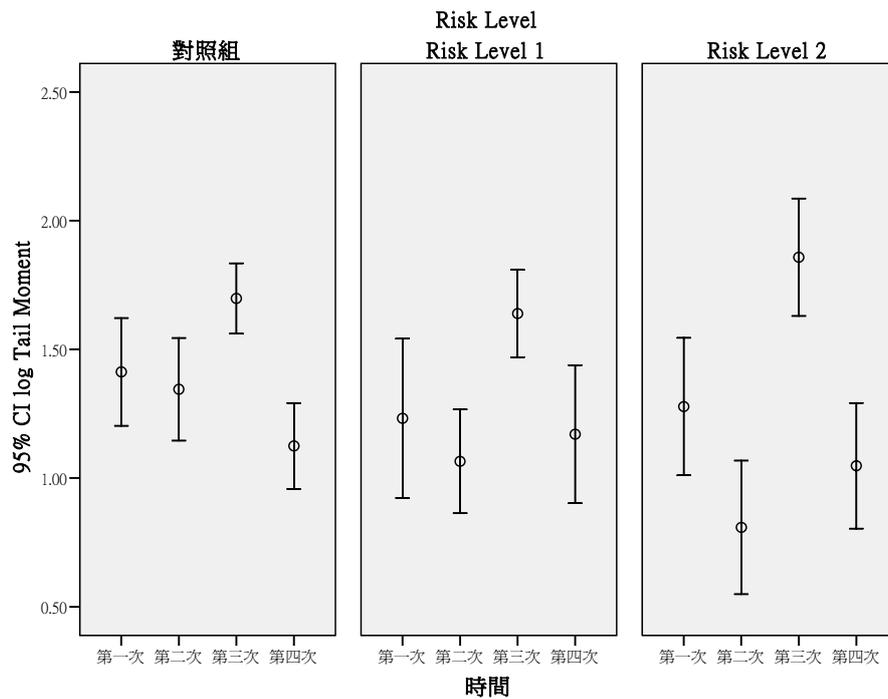


圖 253 奈米級二氧化矽處置者之 Tail Moment 重覆測量分布情形

表 568 Tail Moment 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.07	0.07	0.37
抽菸習慣(有 vs 無)	0.01	0.12	0.95
其它籍貫 vs 台閩	-0.25	0.16	0.11
客家 vs 台閩	-0.01	0.08	0.86
RL2vs 對照組	-0.42	0.22	0.05
RL1vs 對照組	-0.32	0.24	0.19
Time	0.01	0.05	0.83
RL2*Time	0.10	0.08	0.21
RL1*Time	0.06	0.09	0.51

依變項: logTail Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 569 Tail Moment 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.06	0.07	0.44
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.12	0.81
其它籍貫 vs 台閩	-0.25	0.15	0.11
客家 vs 台閩	0.00	0.07	0.95
Risk Level	-0.22	0.11	0.04
Time	0.01	0.05	0.81
Risk Level* Time	0.05	0.04	0.21

依變項: logTail Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

在奈米銀暴露者中，有抽菸習慣者其 Tail Moment 顯著高於沒有抽菸習慣者( $p=0.05$ )，但是 Tail Moment 在 Risk Level 分組上無統計上顯著差異(表 570)。以 Risk Level 趨勢分析去看，也未發現有隨 Risk Level 之增加，Tail Moment 有所變化之情形(表 571)。

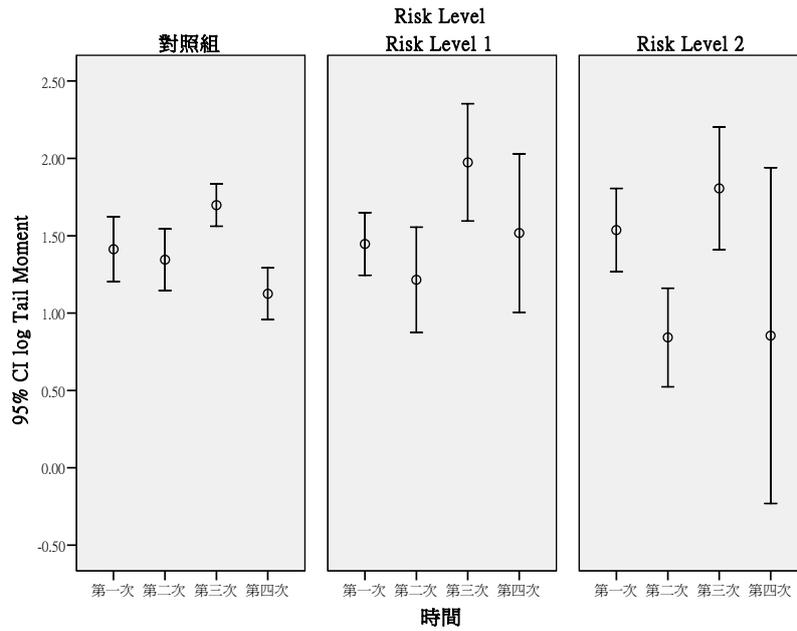


圖 254 奈米銀處置者之 Tail Moment 重覆測量分布情形

表 570 Tail Moment 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.04	0.08	0.62
抽菸習慣(有 vs 無)	0.21	0.11	0.05
其它籍貫 vs 台閩	-0.25	0.15	0.10
客家 vs 台閩	-0.09	0.09	0.31
RL2vs 對照組	0.04	0.23	0.87
RL1vs 對照組	-0.14	0.21	0.50
Time	0.01	0.05	0.82
RL2*Time	-0.11	0.11	0.31
RL1*Time	0.09	0.09	0.28

依變項: logTail Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 571 Tail Moment 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.05	0.08	0.58
抽菸習慣(有 vs 無)	0.21	0.11	0.04
其它籍貫 vs 台閩	-0.23	0.15	0.12
客家 vs 台閩	-0.11	0.08	0.20
Risk Level	-0.01	0.11	0.92
Time	0.02	0.05	0.69
Risk Level* Time	-0.03	0.05	0.59

依變項: logTail Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

最後在其他物質暴露下的研究對象，統計分析後發現 Tail Moment 在 Risk Level 分組上無統計上顯著差異(表 572)。以 Risk Level 趨勢分析去看，也未發現有隨 Risk Level 之增加，Tail Moment 有所變化之情形 (表 573)。

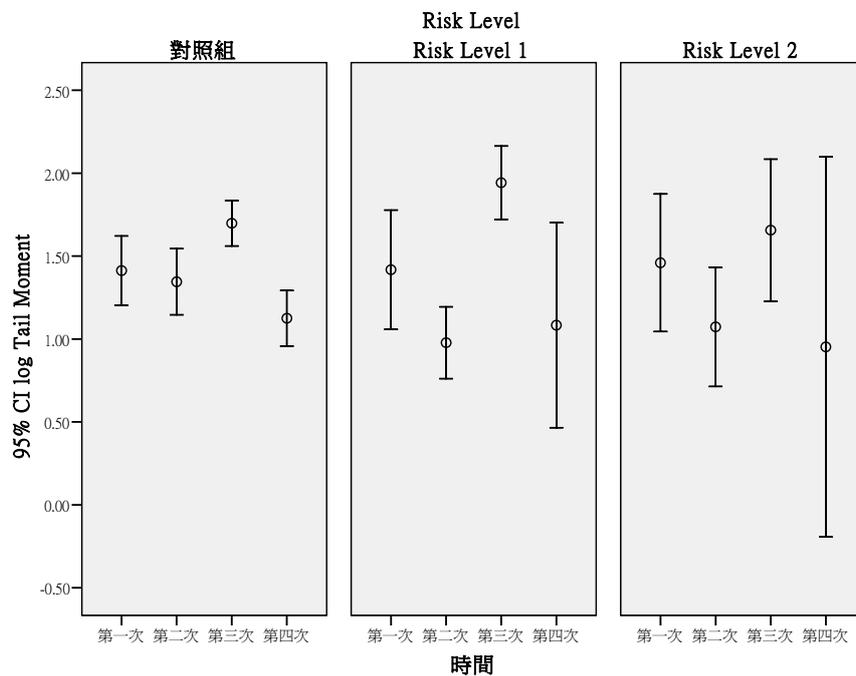


圖 255 其他奈米物質處置者之 Tail Moment 重覆測量分布情形

表 572 Tail Moment 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析  
(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.08	0.08	0.34
抽菸習慣(有 vs 無)	0.23	0.14	0.10
其它籍貫 vs 台閩	-0.22	0.17	0.21
客家 vs 台閩	-0.16	0.09	0.07
RL2vs 對照組	0.03	0.31	0.92
RL1vs 對照組	-0.25	0.27	0.35
Time	0.01	0.05	0.79
RL2*Time	-0.09	0.13	0.48
RL1*Time	0.08	0.10	0.44

校正變項: logTail Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 573 Tail Moment 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照  
Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.07	0.08	0.36
抽菸習慣(有 vs 無)	0.22	0.14	0.13
其它籍貫 vs 台閩	-0.23	0.17	0.19
客家 vs 台閩	-0.15	0.09	0.08
Risk Level	-0.04	0.14	0.78
Time	0.02	0.05	0.66
Risk Level* Time	-0.02	0.06	0.77

校正變項: logTail Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

另外一個彗星試驗的指標參數 Olive Moment，不同籍貫者之分布情形有所不同，其中台閩人平均值較高，其他（原住民與外省籍）次之而客家人最低，有達統計上顯著差異( $p=0.02$ )(表 574)。另外在不同疾病情形下分布皆無達統計上顯著相關(表 575)。

表 574 Olive Moment 在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	190	42.84	±	64.37	0.06
	>40，40 歲以上	95	36.76	±	65.79	
性別	女	87	36.06	±	52.73	0.79
	男	198	42.90	±	69.46	
抽菸習慣	無	254	39.33	±	61.41	0.73
	有	30	54.09	±	89.42	
喝酒習慣	無	259	39.23	±	63.16	0.35
	有	26	56.55	±	79.00	
嚼檳榔習慣	無	277	41.22	±	65.15	0.23
	有	8	26.71	±	52.41	
籍貫	台閩	220	46.73	±	71.64	0.02
	客家	40	18.98	±	24.00	
	其它(原住民與外省籍)	24	23.73	±	22.60	
教育程度	高中職以下	47	30.21	±	65.50	0.18
	大專/大學	126	48.56	±	73.95	
	研究所以上	111	36.69	±	51.89	

*p* 值使用無母數分析

表 575 Olive Moment 在不同疾病狀況下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	40.85	±	65.45	0.61
	有	17	39.70	±	57.46	
氣喘	無	275	40.73	±	64.95	0.54
	有	8	45.33	±	71.43	
鼻炎	無	234	40.58	±	62.55	0.19
	有	51	41.88	±	74.93	
心律不整	無	274	40.83	±	64.93	0.74
	有	11	40.37	±	64.32	
心臟瓣膜疾病	無	280	40.42	±	64.68	0.87
	有	5	62.65	±	75.21	
高血脂	無	263	41.25	±	65.29	0.95
	有	22	35.54	±	59.63	
高血壓	無	261	40.91	±	64.89	0.80
	有	24	39.71	±	65.12	
異位性皮膚炎	無	262	39.97	±	63.83	0.59
	有	23	50.40	±	75.90	
過敏性皮膚炎	無	250	41.57	±	66.08	0.79
	有	35	35.38	±	55.30	
色素沉澱	無	277	40.16	±	64.47	0.41
	有	8	63.27	±	76.70	
毛囊炎	無	273	40.45	±	65.05	0.38
	有	12	48.96	±	60.73	

*p* 值使用無母數分析

以追蹤四次的資料進行統計分析發現 Olive Moment 在不同籍貫上分布之情形不同，其他籍貫者與客家人皆比台閩人低，有達統計上顯著( $p=0.03$ ,  $p=0.02$ )，在 Risk Level 程度上，Risk Level2 與 Risk Level1 皆比對照組低 ( $p=0.05$ ,  $p=0.05$ ) (表 576)。表 577 中將 Risk Level 作趨勢分析，發現隨著 Risk Level 程度越大，Olive Moment 隨之下降( $p=0.05$ )。

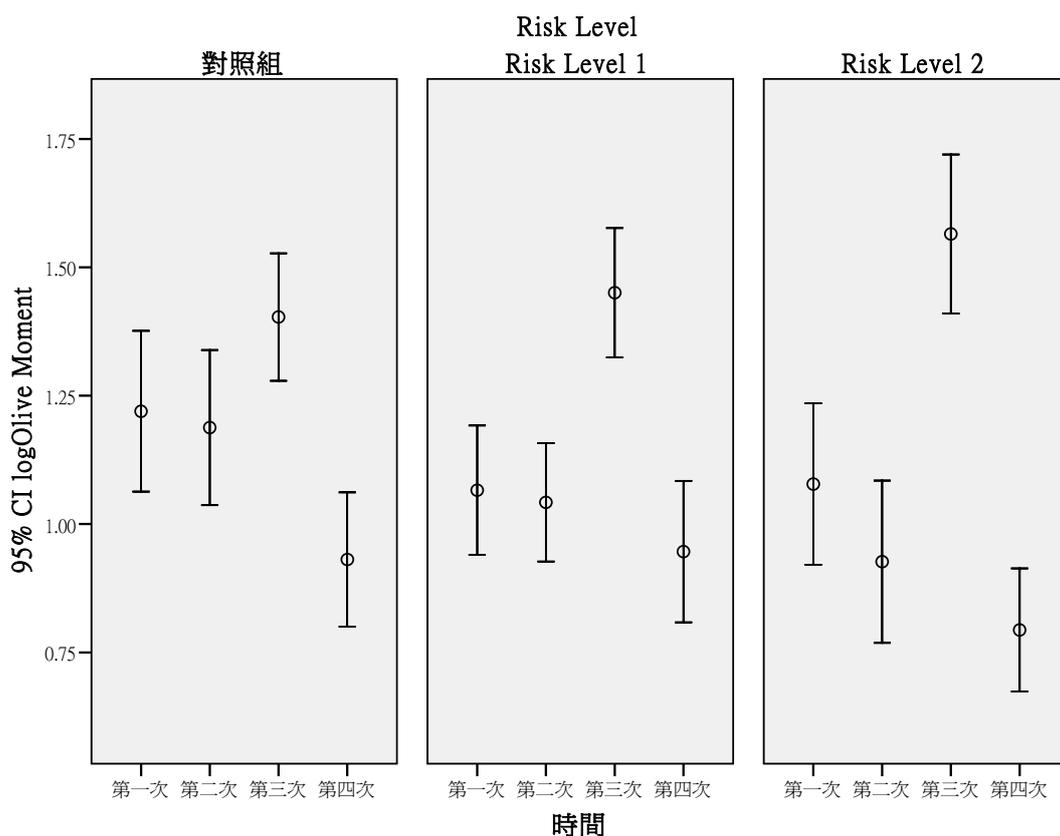


圖 256 Olive Moment 之重覆測量分布情形

表 576 Olive Moment 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.06	0.05	0.20
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.07	0.80
其它籍貫 vs 台閩	-0.17	0.08	0.03
客家 vs 台閩	-0.11	0.05	0.02
RL2vs 對照組	-0.26	0.14	0.05
RL1vs 對照組	-0.26	0.13	0.05
Time	-0.01	0.04	0.78
RL2*Time	0.06	0.05	0.28
RL1*Time	0.06	0.05	0.22

依變項: logOlive Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 577 Olive Moment 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.05	0.05	0.25
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.07	0.77
其它籍貫 vs 台閩	-0.17	0.08	0.03
客家 vs 台閩	-0.11	0.05	0.03
Risk Level	-0.14	0.07	0.05
Time	0.00	0.04	0.97
Risk Level* Time	0.03	0.03	0.26

依變項: logOlive Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

若將暴露物質做分組，在奈米碳管暴露者中，發現抽菸習慣者其 Olive Moment 比無抽菸習慣者高( $p=0.02$ )，在籍貫上則台閩人 Olive Moment 顯著高於客家人( $p=0.01$ )(表 578)。在 Risk Level 作趨勢分析後，發現 Olive Moment 隨著 Risk Level 增加而下降( $p=0.05$ )(表 579)。

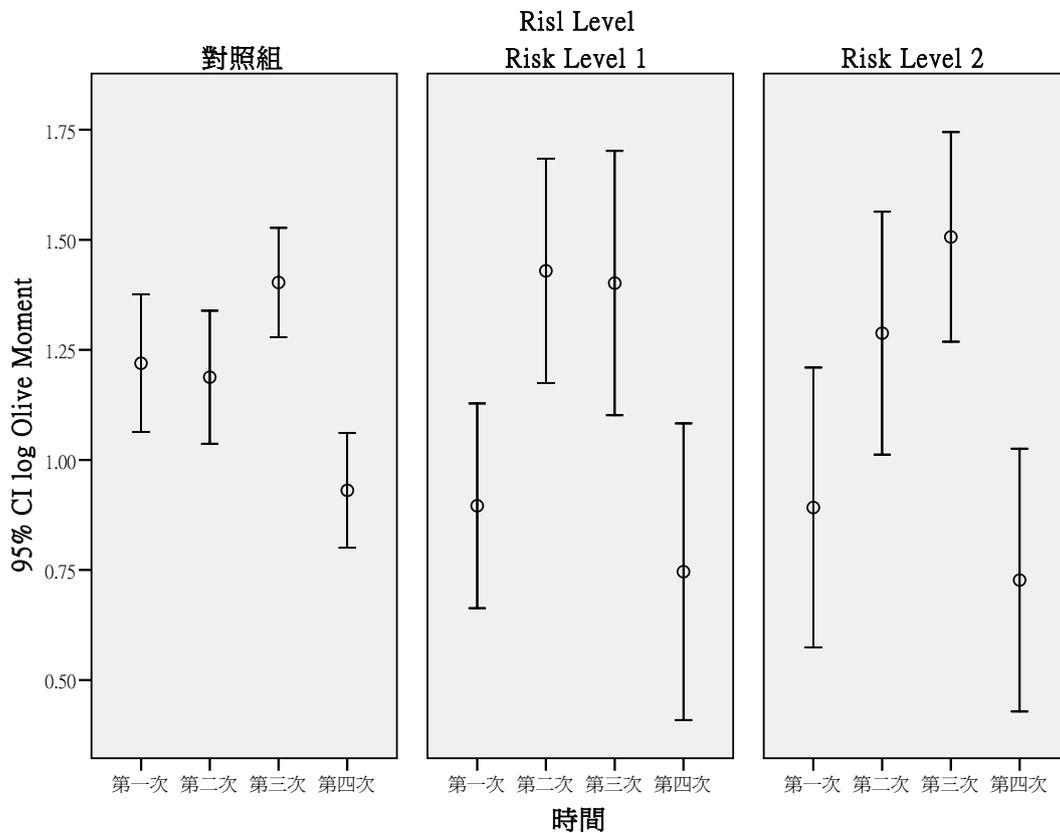


圖 257 奈米碳管處置者之 Olive Moment 重覆測量分布情形

表 578 Olive Moment 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.03	0.07	0.67
抽菸習慣(有 vs 無)	0.19	0.08	0.02
其它籍貫 vs 台閩	-0.21	0.11	0.06
客家 vs 台閩	-0.16	0.06	0.01
RL2vs 對照組	-0.37	0.21	0.07
RL1vs 對照組	-0.28	0.20	0.15
Time	-0.01	0.04	0.73
RL2*Time	0.14	0.09	0.12
RL1*Time	0.10	0.09	0.24

依變項: logOlive Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 579 Olive Moment 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.03	0.07	0.69
抽菸習慣(有 vs 無)	0.19	0.08	0.02
其它籍貫 vs 台閩	-0.22	0.11	0.06
客家 vs 台閩	-0.16	0.06	0.01
Time	-0.01	0.04	0.78
Risk Level	-0.20	0.10	0.05
Time * Risk Level	0.08	0.04	0.08

依變項: logOlive Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Time, Risk Level, Time \* Risk Level

在奈米級二氧化鈦暴露者中，籍貫為台閩者其 Olive Moment 顯著高於其他籍貫者( $p=0.03$ )，在 Risk Level 分組後，Risk Level1 者 Olive Moment 顯著低於對照組( $p=0.02$ )(表 580)。在 Risk Level 作趨勢分析後，發現 Olive Moment 隨著 Risk Level 增加而下降( $p=0.03$ )(表 581)。

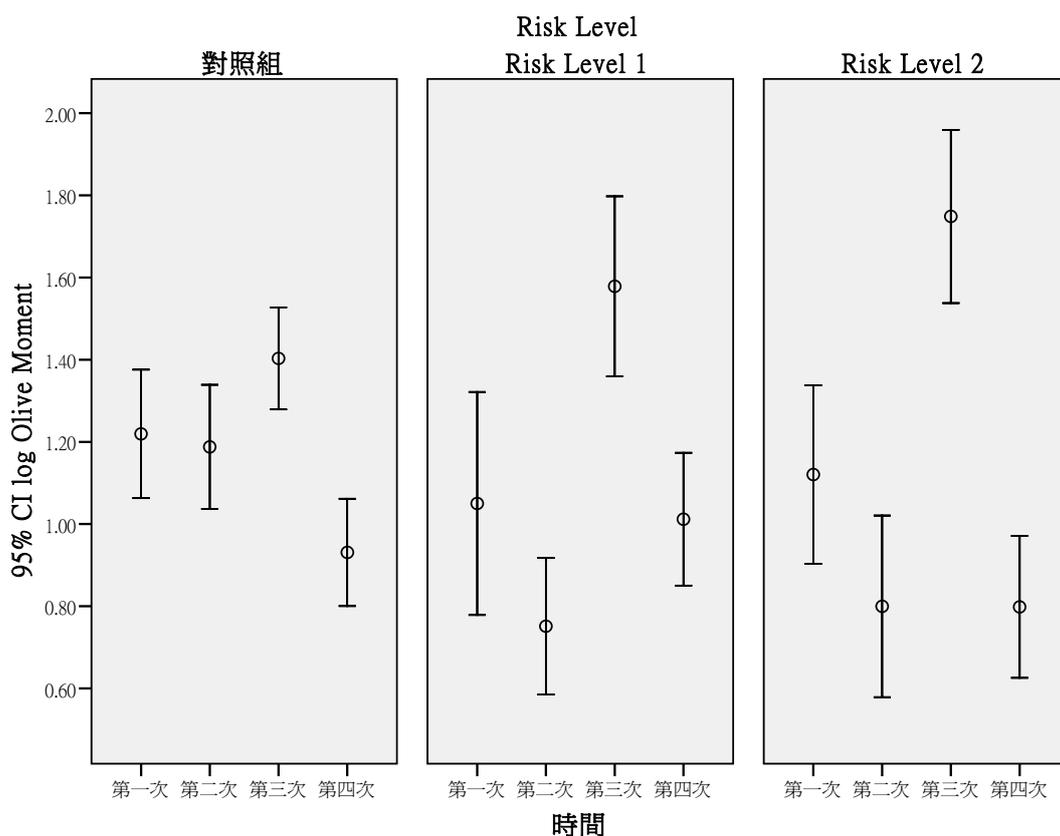


圖 258 奈米級二氧化鈦處置者之 Olive Moment 重覆測量分布情形

表 580 Olive Moment 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.05	0.06	0.39
抽菸習慣(有 vs 無)	0.10	0.09	0.25
其它籍貫 vs 台閩	-0.23	0.11	0.03
客家 vs 台閩	-0.08	0.06	0.16
RL2vs 對照組	-0.31	0.16	0.06
RL1vs 對照組	-0.44	0.20	0.02
Time	-0.01	0.04	0.76
RL2*Time	0.08	0.06	0.21
RL1*Time	0.13	0.08	0.10

依變項: logOlive Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 581 Olive Moment 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析  
(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.04	0.06	0.49
抽菸習慣(有 vs 無)	0.12	0.09	0.16
其它籍貫 vs 台閩	-0.23	0.11	0.03
客家 vs 台閩	-0.08	0.06	0.18
Risk Level	-0.18	0.08	0.03
Time	0.00	0.04	0.90
Risk Level* Time	0.05	0.03	0.14

依變項: logOlive Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

在奈米級二氧化矽暴露者中，籍貫為台閩者其 Olive Moment 顯著高於其他籍貫者( $p=0.04$ )，在 Risk Level 分組後，Risk Level2 者 Olive Moment 顯著低於對照組( $p=0.02$ )(表 582)。在 Risk Level 作趨勢分析後，發現 Olive Moment 隨著 Risk Level 增加而下降( $p=0.01$ )(表 583)。

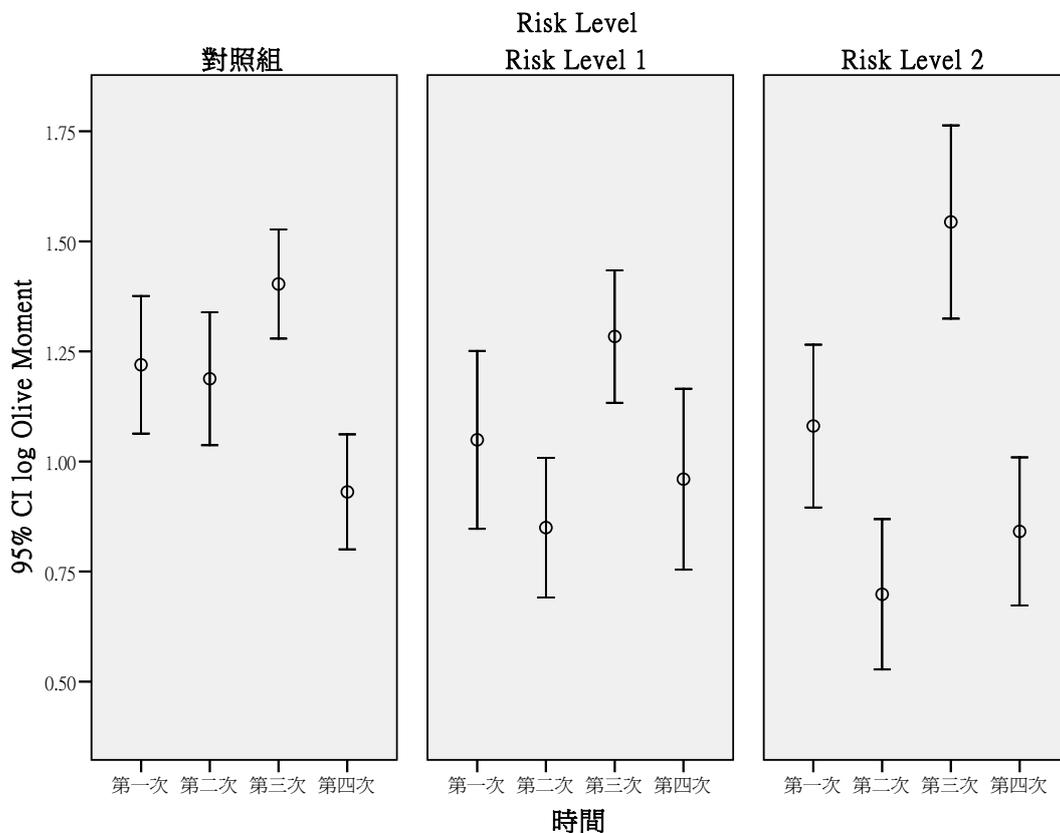


圖 259 奈米級二氧化矽處置者之 Olive Moment 重覆測量分布情形

表 582 Olive Moment 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.05	0.05	0.38
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.09	0.55
其它籍貫 vs 台閩	-0.22	0.11	0.04
客家 vs 台閩	-0.05	0.06	0.36
RL2vs 對照組	-0.38	0.16	0.02
RL1vs 對照組	-0.31	0.17	0.07
Time	-0.01	0.04	0.72
RL2*Time	0.08	0.06	0.15
RL1*Time	0.04	0.07	0.51

依變項: logOlive Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 583 Olive Moment 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.04	0.05	0.51
抽菸習慣(有 vs 無)	0.08	0.09	0.36
其它籍貫 vs 台閩	-0.22	0.11	0.04
客家 vs 台閩	-0.03	0.06	0.61
Risk Level	-0.20	0.08	0.01
Time	-0.01	0.04	0.70
Risk Level* Time	0.04	0.03	0.17

依變項: logOlive Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

在奈米銀暴露者中, 籍貫為台閩者其 Olive Moment 顯著高於其他籍貫者( $p=0.03$ ), 而台閩者之 Olive Moment 也高於客家者( $p=0.05$ ), 在 Risk Level 分組後, Risk Level2 者 Olive Moment 顯著低於對照組( $p=0.02$ )(表 584)。在 Risk Level 作趨勢分析後, Olive Moment 未隨著 Risk Level 增加而有變化之情形(表 585)。

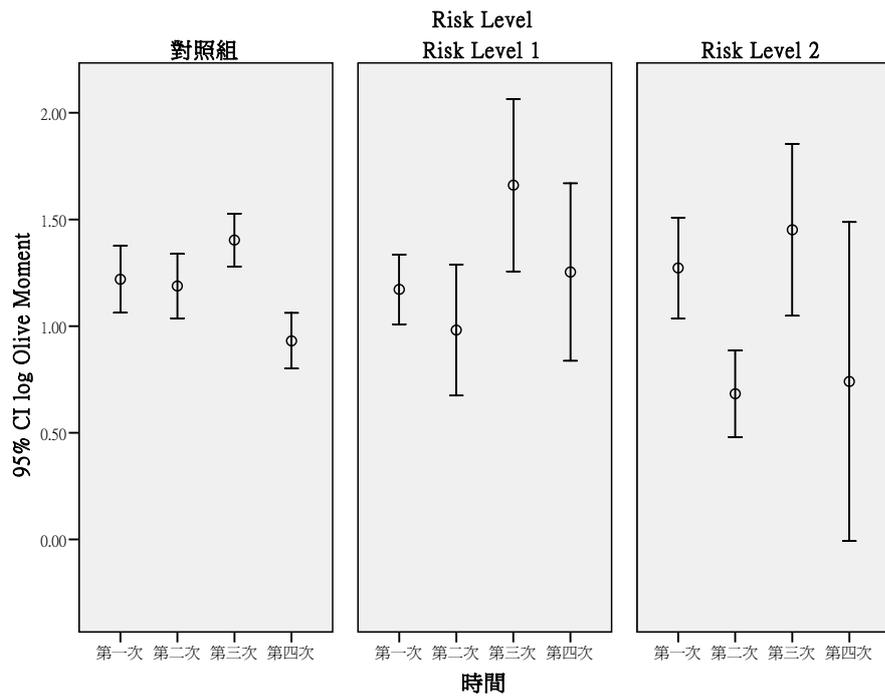


圖 260 奈米銀處置者之 Olive Moment 重覆測量分布情形

表 584 Olive Moment 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.03	0.06	0.62
抽菸習慣(有 vs 無)	0.18	0.09	0.06
其它籍貫 vs 台閩	-0.25	0.11	0.03
客家 vs 台閩	-0.13	0.07	0.05
RL2vs 對照組	-0.04	0.19	0.83
RL1vs 對照組	-0.24	0.17	0.15
Time	-0.01	0.04	0.71
RL2*Time	-0.07	0.09	0.39
RL1*Time	0.11	0.07	0.12

依變項: logOlive Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 585 Olive Moment 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.04	0.06	0.57
抽菸習慣(有 vs 無)	0.18	0.09	0.06
其它籍貫 vs 台閩	-0.24	0.11	0.03
客家 vs 台閩	-0.14	0.06	0.03
Risk Level	-0.06	0.09	0.50
Time	-0.01	0.04	0.87
Risk Level* Time	-0.01	0.04	0.80

依變項: logOlive Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

在其他奈米物質暴露者中，只有籍貫為台閩者其 Olive Moment 顯著高於籍貫為客家者( $p=0.01$ )(表 586)。Risk Level 分組後與對照組進行比較未發現 Olive Moment 有統計上顯著差異，另以 Risk Level 作趨勢分析後，發現也沒有看到 Olive Moment 有隨 Risk Level 程度增加而有所變化(表 587)。

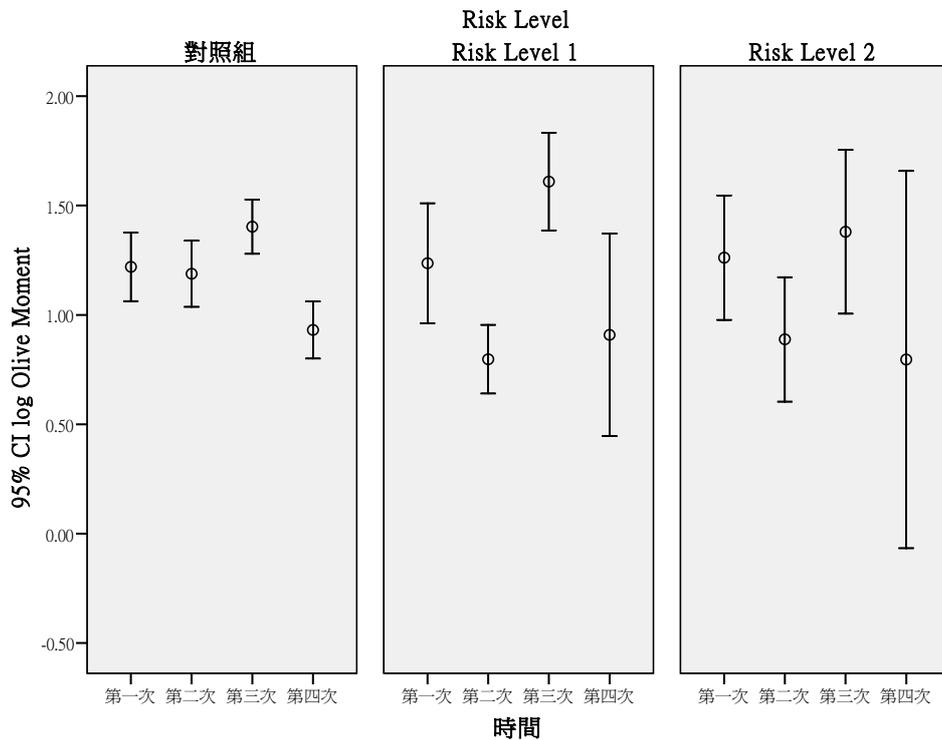


圖 261 其他奈米物質處置者之 Olive Moment 重覆測量分布情形

表 586 Olive Moment 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.07	0.06	0.23
抽菸習慣(有 vs 無)	0.21	0.11	0.07
其它籍貫 vs 台閩	-0.23	0.12	0.06
客家 vs 台閩	-0.17	0.07	0.01
RL2vs 對照組	0.00	0.22	0.99
RL1vs 對照組	-0.23	0.20	0.26
Time	-0.01	0.04	0.78
RL2*Time	-0.07	0.09	0.42
RL1*Time	0.06	0.08	0.44

校正變項: logOlive Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 587 Olive Moment 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.07	0.06	0.25
抽菸習慣(有 vs 無)	0.20	0.11	0.08
其它籍貫 vs 台閩	-0.24	0.12	0.05
客家 vs 台閩	-0.17	0.06	0.01
Risk Level	-0.05	0.10	0.66
Time	0.00	0.04	0.92
Risk Level* Time	-0.02	0.04	0.72

校正變項: logOlive Moment

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

本研究中最後一個作為彗星試驗結果之參數為 L/H 頭尾比例，在不同生活習慣與不同疾病狀況下 L/H 頭尾比例之程度，在研究對象為女性其 L/H 頭尾比例低於男性( $p=0.03$ )(表 588)。而在疾病狀況下，發現有異位性皮膚炎者其 L/H 頭尾比例高於沒有異位性皮膚炎者( $p=0.03$ )(表 589)。

表 588 L/H 頭尾比例在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	190	0.99	±	0.82	0.23
	>40，40 歲以上	95	0.90	±	0.88	
性別	女	87	0.78	±	0.67	0.03
	男	198	1.04	±	0.90	
抽菸習慣	無	254	0.94	±	0.83	0.45
	有	30	1.12	±	0.94	
喝酒習慣	無	259	0.95	±	0.83	0.59
	有	26	1.08	±	0.94	
嚼檳榔習慣	無	277	0.96	±	0.84	0.90
	有	8	0.92	±	0.86	
籍貫	台閩	220	0.98	±	0.85	0.77
	客家	40	0.89	±	0.79	
	其它(原住民與外省籍)	24	0.92	±	0.85	
教育程度	高中職以下	47	1.13	±	1.01	0.22
	大專/大學	126	0.99	±	0.92	
	研究所以上	111	0.87	±	0.65	

*p* 值使用無母數分析

表 589 L/H 頭尾比例在不同疾病狀況下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	267	0.98	±	0.85	0.28
	有	17	0.71	±	0.59	
氣喘	無	275	0.97	±	0.85	0.89
	有	8	0.82	±	0.44	
鼻炎	無	234	0.96	±	0.81	0.98
	有	51	1.00	±	0.97	
心律不整	無	274	0.97	±	0.85	0.60
	有	11	0.81	±	0.66	
心臟瓣膜疾病	無	280	0.97	±	0.84	0.94
	有	5	0.86	±	0.68	
高血脂	無	263	0.98	±	0.84	0.18
	有	22	0.81	±	0.86	
高血壓	無	261	0.96	±	0.83	0.70
	有	24	1.05	±	0.92	
異位性皮膚炎	無	262	0.94	±	0.84	0.03
	有	23	1.23	±	0.77	
過敏性皮膚炎	無	250	0.97	±	0.85	0.95
	有	35	0.94	±	0.76	
色素沉澱	無	277	0.95	±	0.84	0.18
	有	8	1.30	±	0.85	
毛囊炎	無	273	0.97	±	0.85	0.69
	有	12	0.93	±	0.60	

*p* 值使用無母數分析

以 L/H 頭尾比例來說，控制了其他可能干擾之變項後，Risk Level 各組(對照組、RL1、RL2) 的 L/H 頭尾比例並無統計上顯著差異，但隨時間變化有下降之情形( $p < 0.01$ )(表 590)。Risk Level 之趨勢分析下，也沒有看到 L/H 頭尾比例有隨 Risk Level 增加有所變化(表 591)。

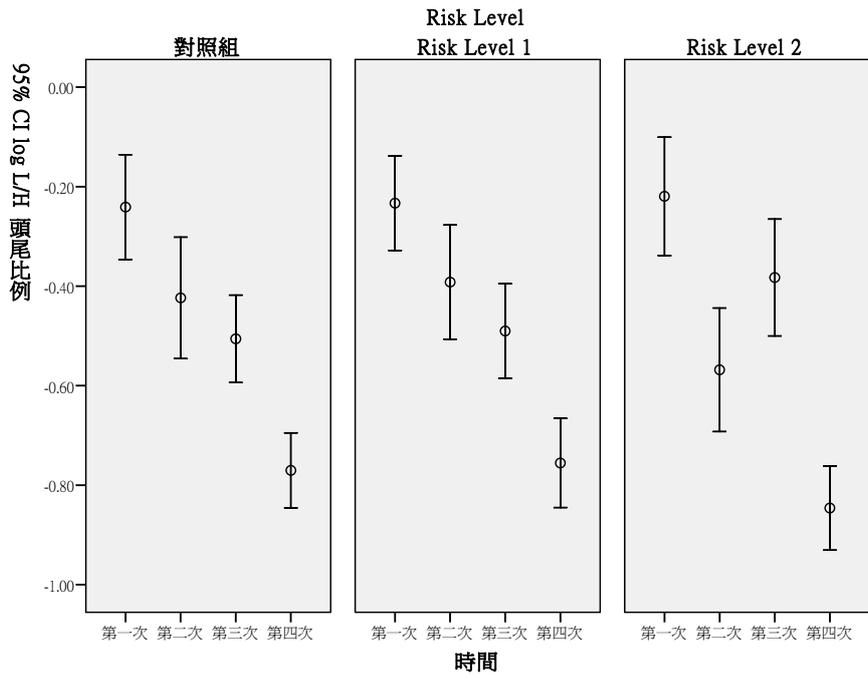


圖 262 L/H 頭尾比例之重覆測量分布情形

表 590 L/H 頭尾比例重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.11	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.05	0.69
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.14	0.06	0.03
RL2vs 對照組	-0.05	0.10	0.65
RL1vs 對照組	-0.02	0.10	0.86
Time	-0.16	0.03	<0.01
RL2*Time	-0.01	0.04	0.84
RL1*Time	0.00	0.04	0.96

依變項: log L/H 頭尾比例

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 591 L/H 頭尾比例重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.11	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.02	0.05	0.72
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.14	0.06	0.03
Risk Level	-0.02	0.05	0.65
Time	-0.15	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.02	0.85

依變項: log L/H 頭尾比例

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

而將暴露物質做分組，在奈米碳管暴露者中，發現抽菸習慣者其 L/H 頭尾比例比無抽菸習慣者高( $p=0.02$ )，而隨時間變化有下降之情形 ( $p<0.01$ )，但 Risk Level 各組的 L/H 頭尾比例並無統計上顯著差異(表 592)。在 Risk Level 作趨勢分析後，發現控制了其他變項後 L/H 頭尾比例沒有隨著 Risk Level 增加而有變化(表 593)。

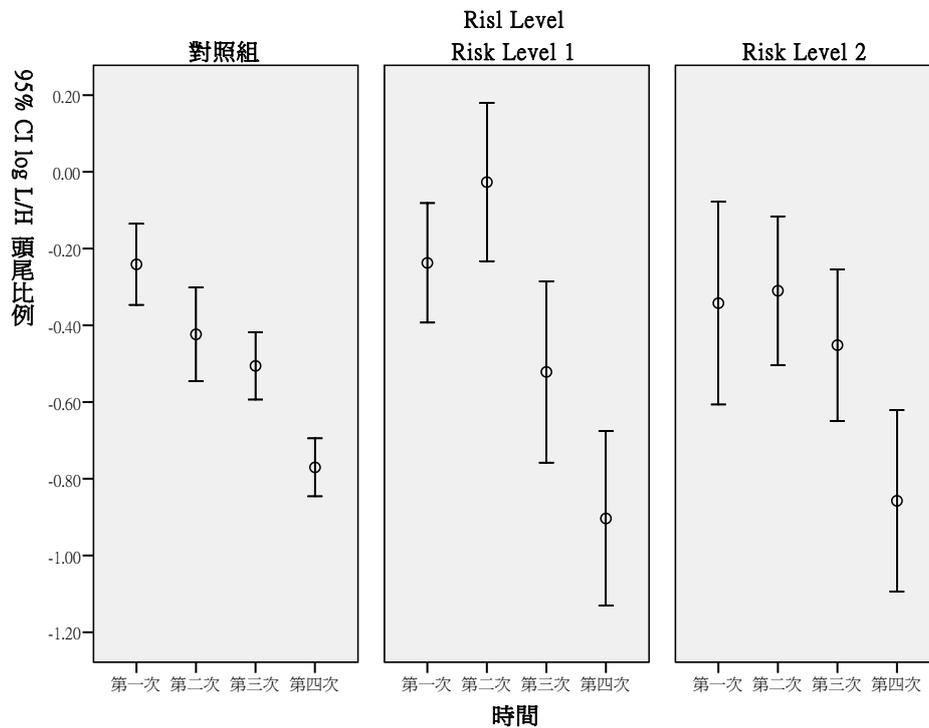


圖 263 奈米碳管處置者之 L/H 頭尾比例重覆測量分布情形

表 592 L/H 頭尾比例在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.07	0.05	0.15
抽菸習慣(有 vs 無)	0.19	0.08	0.02
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.11	0.08	0.21
RL2vs 對照組	-0.11	0.18	0.55
RL1vs 對照組	0.11	0.15	0.47
Time	-0.16	0.03	<0.01
RL2*Time	0.04	0.07	0.56
RL1*Time	-0.02	0.06	0.78

依變項: log L/H 頭尾比例

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 593 L/H 頭尾比例在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.08	0.05	0.11
抽菸習慣(有 vs 無)	0.20	0.08	0.01
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.12	0.08	0.14
Risk Level	-0.04	0.08	0.67
Time	-0.16	0.03	<0.01
Risk Level* Time	0.02	0.03	0.64

依變項: log L/H 頭尾比例

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

在奈米級二氧化鈦暴露下，發現控制其他變項 L/H 頭尾比例隨時間變化有下降之情形( $p < 0.01$ )，但 Risk Level 各組的 L/H 頭尾比例並無統計上顯著差異(表 594)。在 Risk Level 作趨勢分析後，發現控制了其他變項後 L/H 頭尾比例沒有隨著 Risk Level 增加而有變化(表 595)。

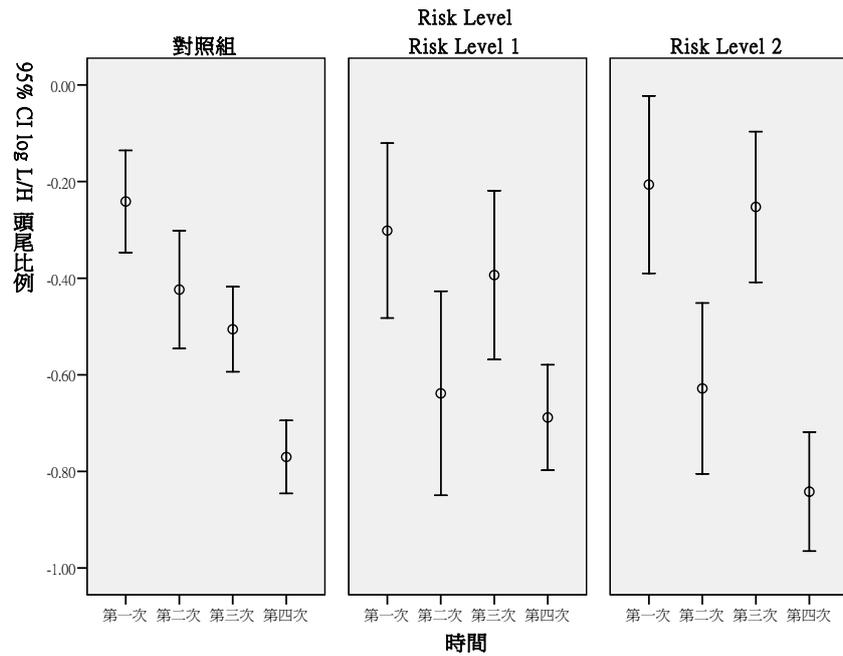


圖 264 奈米級二氧化鈦處置者之 L/H 頭尾比例重覆測量分布情形

表 594 L/H 頭尾比例在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
性別(男 vs 女)	0.07	0.05	0.16
抽菸習慣(有 vs 無)	0.09	0.08	0.25
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.10	0.10	0.32
RL2vs 對照組	-0.07	0.13	0.58
RL1vs 對照組	-0.21	0.15	0.17
Time	-0.16	0.03	<0.01
RL2*Time	0.01	0.05	0.81
RL1*Time	0.06	0.06	0.26

依變項: log L/H 頭尾比例

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 595 L/H 頭尾比例在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
性別(男 vs 女)	0.06	0.05	0.19
抽菸習慣(有 vs 無)	0.10	0.08	0.20
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.10	0.10	0.31
Risk Level	-0.05	0.07	0.43
Time	-0.15	0.03	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.02	0.65

依變項: log L/H 頭尾比例

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

在奈米級二氧化矽暴露下，發現控制其他變項 L/H 頭尾比例隨時間變化有下降之情形( $p < 0.01$ )，但 Risk Level 各組的 L/H 頭尾比例並無統計上顯著差異(表 596)。在 Risk Level 作趨勢分析後，發現控制了其他變項後 L/H 頭尾比例沒有隨著 Risk Level 增加而有變化(表 597)。

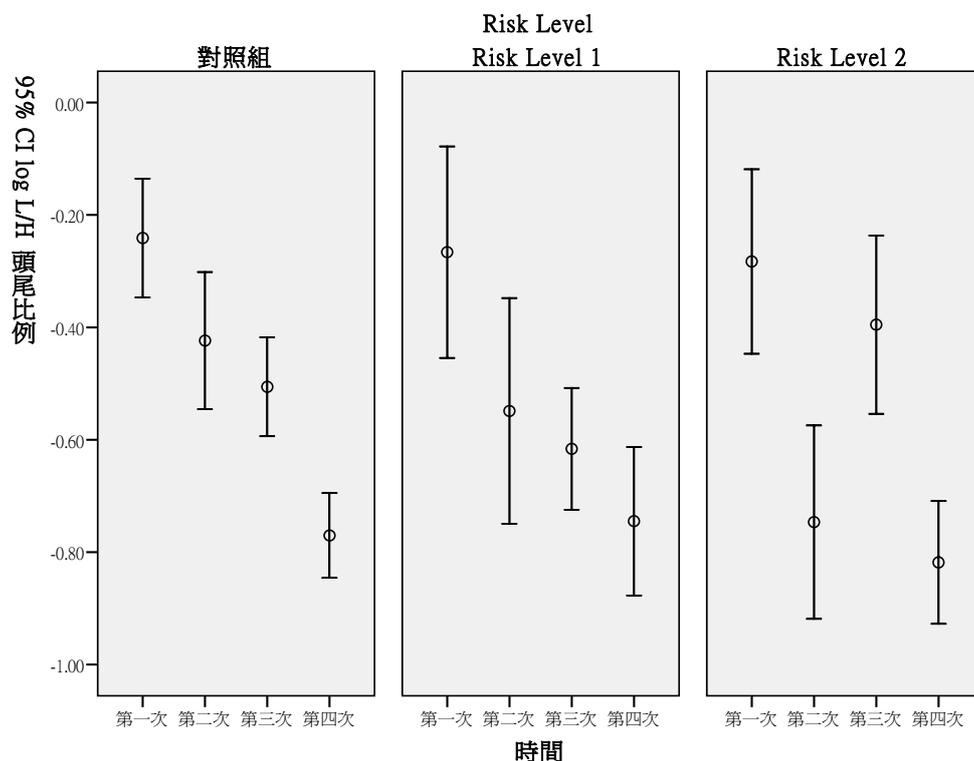


圖 265 奈米級二氧化矽處置者之 L/H 頭尾比例重覆測量分布情形

表 596 L/H 頭尾比例在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.07	0.05	0.12
抽菸習慣(有 vs 無)	0.07	0.08	0.38
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.03	0.11	0.77
RL2vs 對照組	-0.19	0.12	0.13
RL1vs 對照組	-0.07	0.15	0.65
Time	-0.16	0.03	<0.01
RL2*Time	0.03	0.04	0.50
RL1*Time	-0.01	0.05	0.91

依變項: log L/H 頭尾比例

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 597 L/H 頭尾比例在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.07	0.05	0.13
抽菸習慣(有 vs 無)	0.07	0.08	0.35
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.04	0.11	0.75
Risk Level	-0.09	0.06	0.14
Time	-0.16	0.03	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.02	0.58

依變項: log L/H 頭尾比例

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

在奈米銀暴露下，發現研究者中男性 L/H 頭尾比例比女性高( $p=0.04$ )，有異位性皮膚炎者比無異位性皮膚炎者 L/H 頭尾比例較高( $p=0.04$ )。控制其他變項後 L/H 頭尾比例隨時間變化有下降之情形( $p<0.01$ )，而 Risk Level 各組的 L/H 頭尾比例並無統計上顯著差異，但是 Risk Level2 隨時間變化，L/H 頭尾比例下降之程度比對照組下降程度大( $B=-0.09$ ,  $p=0.05$ )(表 598)。在 Risk Level 作趨勢分析後，發現控制了其他變項後 L/H 頭尾比例沒有隨著 Risk Level 增加而有變化(表 599)。

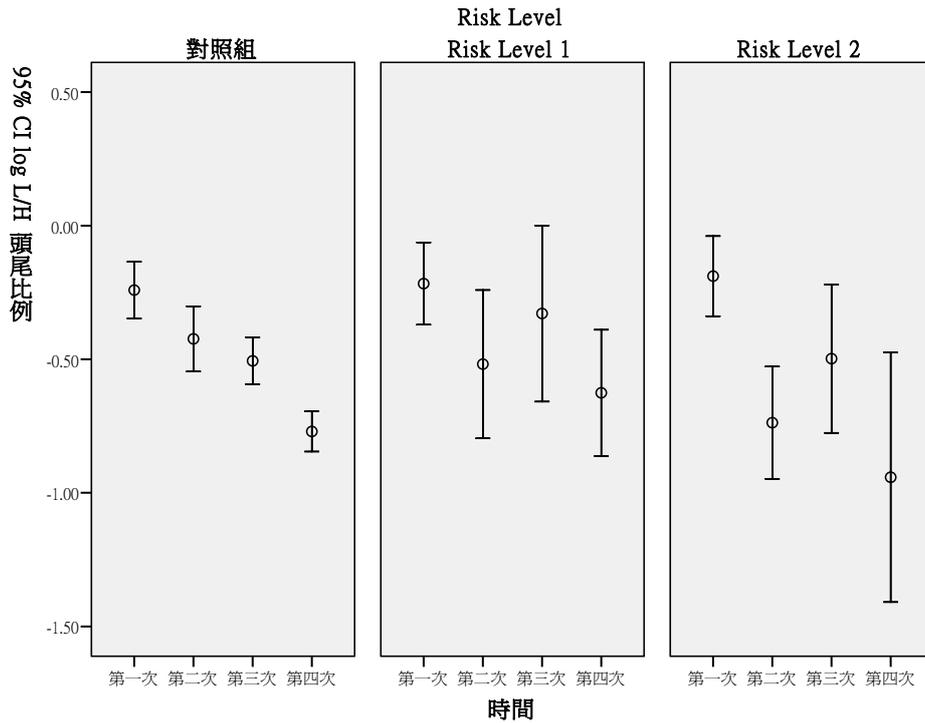


圖 266 奈米銀處置者之 L/H 頭尾比例重覆測量分布情形

表 598 L/H 頭尾比例在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.10	0.05	0.04
抽菸習慣(有 vs 無)	0.13	0.09	0.15
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.20	0.10	0.04
RL2vs 對照組	0.01	0.12	0.95
RL1vs 對照組	-0.12	0.13	0.39
Time	-0.16	0.03	<0.01
RL2*Time	-0.09	0.05	0.05
RL1*Time	0.03	0.05	0.51

依變項: log L/H 頭尾比例

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 599 L/H 頭尾比例在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.10	0.05	0.04
抽菸習慣(有 vs 無)	0.13	0.09	0.14
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.20	0.10	0.04
Risk Level	-0.02	0.06	0.76
Time	-0.15	0.03	<0.01
Risk Level* Time	-0.03	0.02	0.19

依變項: log L/H 頭尾比例

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

在其他奈米物質暴露下，發現研究對象為男性其 L/H 頭尾比例顯著高於女性( $p=0.01$ )，有抽菸習慣者也顯著高於沒有抽菸習慣者( $p<0.01$ )。L/H 頭尾比例隨時間變化有下降之情形( $p<0.01$ )，且 Risk Level1 者其 L/H 頭尾比例顯著低於對照組(表 600)。在 Risk Level 作趨勢分析後，發現控制了其他變項後 L/H 頭尾比例沒有隨著 Risk Level 增加而有變化(表 601)。

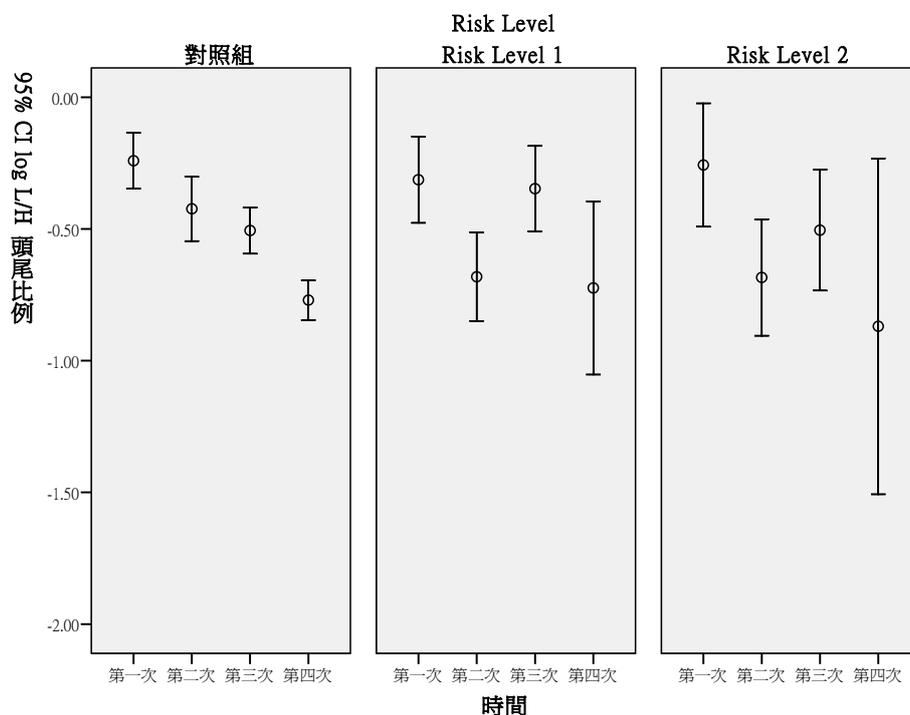


圖 267 其他奈米物質處置者之 L/H 頭尾比例重覆測量分布情形

表 600 L/H 頭尾比例在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.12	0.05	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.26	0.08	<0.01
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.08	0.10	0.44
RL2vs 對照組	-0.04	0.16	0.81
RL1vs 對照組	-0.28	0.12	0.03
Time	-0.15	0.03	<0.01
RL2*Time	-0.06	0.07	0.39
RL1*Time	0.09	0.05	0.09

校正變項: log L/H 頭尾比例

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 601 L/H 頭尾比例在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.11	0.05	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.25	0.07	<0.01
異位性皮膚炎(有 vs 無)	0.08	0.10	0.44
Risk Level	-0.07	0.08	0.34
Time	-0.15	0.03	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.03	0.89

校正變項: log L/H 頭尾比例

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 異位性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

針對有機會暴露到奈米物質之工廠進行研究，探討奈米暴露危險性高低與 DNA 傷害之程度相關性，並追蹤四次藉以了解，隨著時間累積暴露是否有可能會增加 DNA 傷害之嚴重性。彗星試驗我們使用了四個參數分別為%DNA tail、Tail Moment、Olive Moment、L/H 頭尾比例當作 DNA 傷害之結果呈現。

本研究結果顯示 DNA 傷害的情形，Risk Level 組(Risk Level1、Risk Level2)比對照組低，且未將 Risk Level 分組隨著時間的變化，DNA 傷害的情形也有隨之下降。另外我們又將暴露物質進行分組去探討，其中以暴露奈米二氧化矽者情形較為明顯，有達統計上意義。在奈米銀暴露者中有發

現 Risk Level2 者隨時間變化 DNA 傷害下降之程度顯著大於對照組下降之程度。Danielsen 等人進行一項人體實驗暴露木材燻煙，發現暴露木材燻煙後其 SB (strand break)顯著低於暴露過濾後之空氣[146]。

但在 2009 年，Yang 等人以細胞實驗結果發現以四種不同的傳統奈米物質進行暴露其彗星試驗結果比對照組嚴重[191]，人體內有許多的機制作用，或許因人體在暴露奈米微粒後引發體內對 DNA 修復之作用，而我們在收集研究對象之樣本時已經為修復之後的情形，導致我們的 Risk Level 高者其 DNA 受損情形較小，這些需再進一步對修復作用進行探討才可以較為了解，並進一步做推論。

另依照受試者所暴露之奈米物質以及操作頻率..等狀況，進行暴露危害層級(Risk level)分級，本研究之暴露物質分為奈米碳管、奈米級二氧化鈦、奈米級二氧化矽、奈米銀及其他(奈米黏土、奈米金...等)，但不同奈米物質對人體影響會不同，且雖皆為奈米微粒但進入體內或是原先暴露到的粒徑大小還是有差異，也可能對人體會有不同之影響，其中的影響目前尚未有更充分的資料可以說明。

## 5. 荷爾蒙

本研究在荷爾蒙的部分，僅探討 cortisol 與 testosterone。

### (1) cortisol(ug/dL)

血清中皮質醇(cortisol)含量顯然男女有別(表 602)，但與疾病關係不明顯(表 603)。四次測量值有逐步下滑之趨勢，但每次測量，風險組(RL1、RL2)與對照組間皆無顯著差異(圖 268)，GEE 分析亦顯示風險組(RL1、RL2)與對照組無不同(表 606)，細分暴露奈米類別，結論不變。

表 602 cortisol(ug/dL)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	182	50.36	±	519.20	0.63
	>40，40 歲以上	92	10.79	±	4.08	
性別	女	84	9.26	±	3.83	<0.01
	男	190	49.37	±	508.10	
抽菸習慣	無	244	39.99	±	448.45	0.01
	有	29	13.59	±	4.33	
喝酒習慣	無	249	39.57	±	443.92	0.27
	有	25	12.24	±	3.29	
嚼檳榔習慣	無	266	37.84	±	429.50	0.60
	有	8	11.85	±	2.46	
籍貫	台閩	211	44.89	±	482.21	0.86
	客家	38	10.75	±	4.38	
	其它(原住民與外省籍)	24	11.22	±	4.97	
教育程度	高中職以下	45	11.34	±	4.43	0.56
	大專/大學	124	67.79	±	629.05	
	研究所以上	104	11.89	±	4.50	

*p* 值使用無母數分析

表 603 cortisol(ug/dL)在不同疾病狀況下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	257	38.78	±	436.95	0.94
	有	16	11.68	±	4.88	
氣喘	無	264	38.08	±	431.12	0.65
	有	8	10.68	±	2.77	
鼻炎	無	225	42.77	±	466.98	0.28
	有	49	10.94	±	3.91	
心律不整	無	263	38.19	±	431.93	0.51
	有	11	10.51	±	3.67	
心絞痛	無	271	37.38	±	425.51	0.47
	有	3	9.71	±	4.10	
心臟瓣膜疾病	無	269	37.60	±	427.09	0.11
	有	5	8.67	±	3.31	
高血脂	無	254	38.99	±	439.53	0.29
	有	20	12.76	±	4.77	
高血壓	無	251	39.39	±	442.14	0.75
	有	23	11.85	±	5.24	
異位性皮膚炎	無	252	39.27	±	441.27	0.57
	有	22	11.90	±	3.54	
過敏性皮膚炎	無	242	40.36	±	450.29	0.26
	有	32	12.27	±	4.08	
色素沉澱	無	266	37.82	±	429.50	0.50
	有	8	12.27	±	3.24	
毛囊炎	無	262	38.23	±	432.76	0.68
	有	12	11.89	±	3.95	

*p* 值使用無母數分析

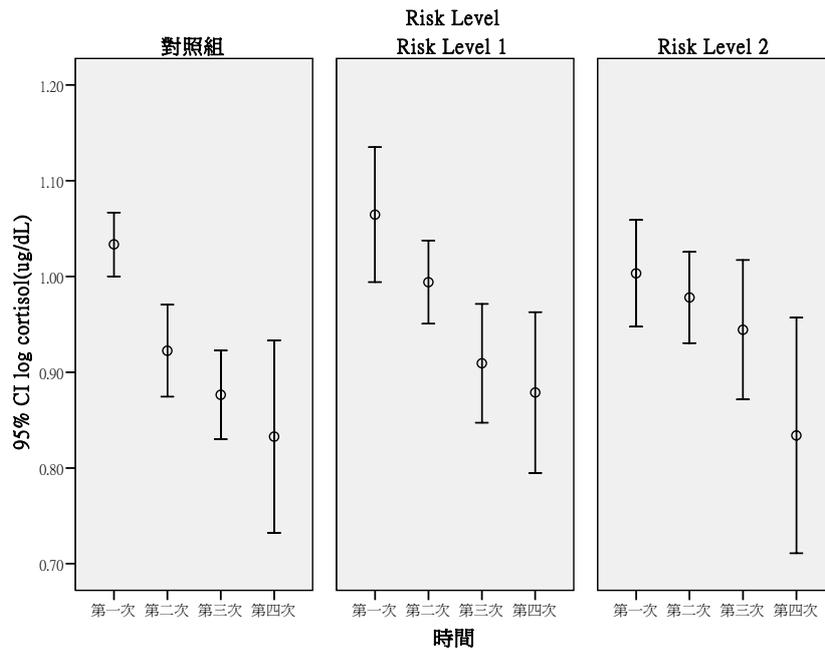


圖 268 cortisol(ug/dL)頭尾比例之重覆測量分布情形

表 604 cortisol(ug/dL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.14	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.03	0.10
RL2vs 對照組	-0.06	0.03	0.07
RL1vs 對照組	0.01	0.05	0.78
Time	-0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	0.02	0.02	0.27
RL1*Time	0.00	0.02	0.99

依變項: log cortisol(ug/dL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 605 cortisol(ug/dL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.15	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.03	0.11
Risk Level	-0.03	0.02	0.09
Time	-0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.01	0.30

依變項: log cortisol(ug/dL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

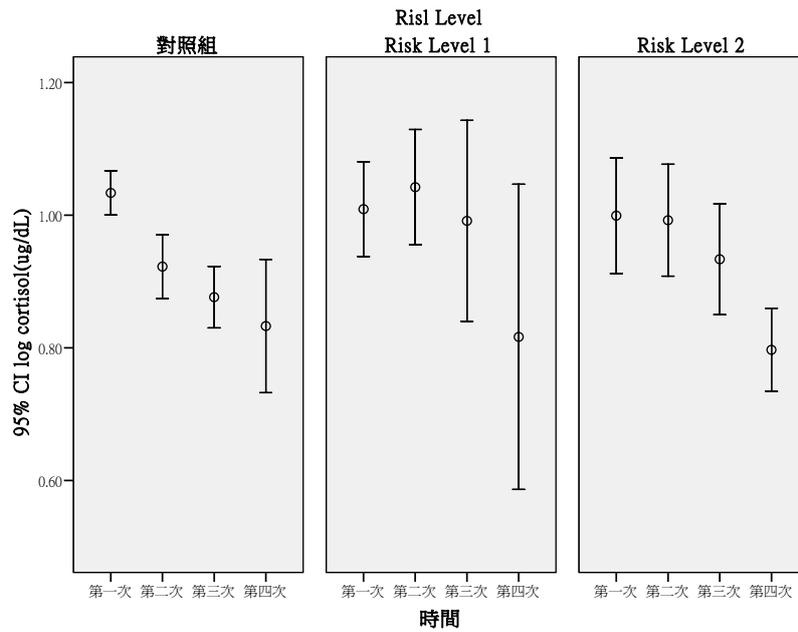


圖 269 奈米碳管處置者之 cortisol(ug/dL)重覆測量分布情形

表 606 cortisol(ug/dL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.11	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.10	0.03	<0.01
RL2vs 對照組	-0.06	0.06	0.28
RL1vs 對照組	-0.06	0.05	0.24
Time	-0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	0.02	0.02	0.42
RL1*Time	0.03	0.03	0.24

依變項: log cortisol(ug/dL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 607 cortisol(ug/dL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.12	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.10	0.03	<0.01
Risk Level	-0.03	0.03	0.20
Time	-0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.01	0.28

依變項: log cortisol(ug/dL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

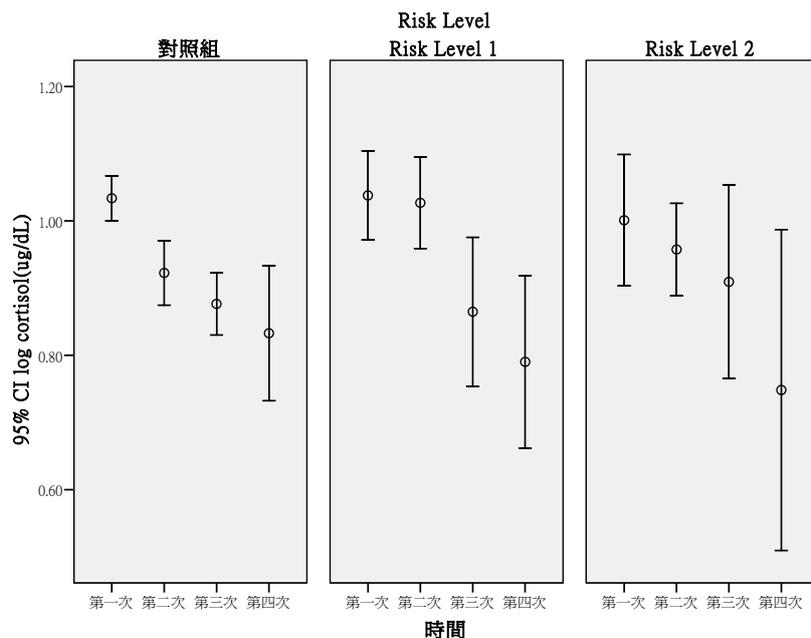


圖 270 奈米級二氧化鈦處置者之 cortisol(ug/dL)重覆測量分布情形

表 608 cortisol(ug/dL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.13	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.06	0.04	0.17
RL2vs 對照組	-0.06	0.05	0.22
RL1vs 對照組	0.01	0.05	0.76
Time	-0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	0.00	0.02	1.00
RL1*Time	-0.01	0.02	0.58

依變項: log cortisol(ug/dL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 609 cortisol(ug/dL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.14	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.04	0.19
Risk Level	-0.02	0.02	0.28
Time	-0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	-0.001	0.01	0.90

依變項: log cortisol(ug/dL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

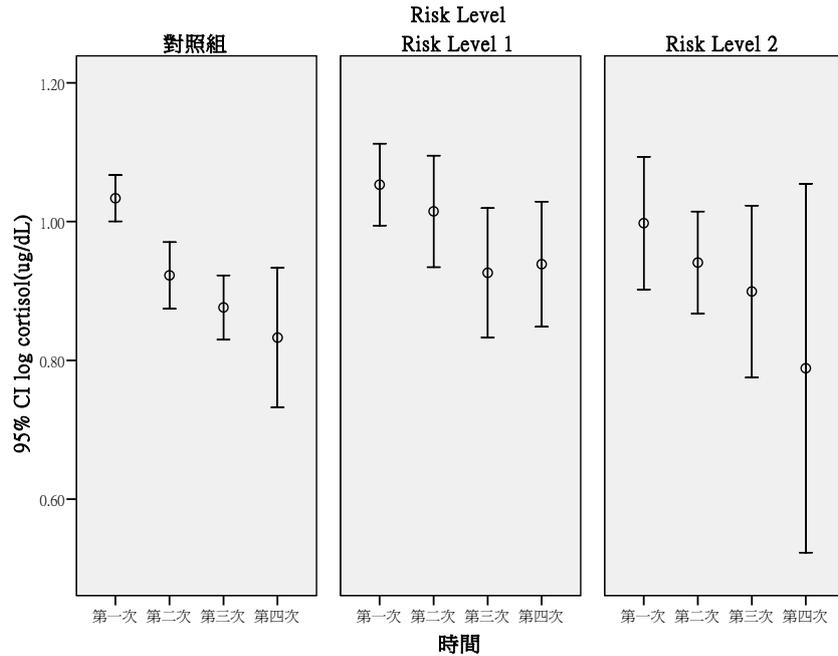


圖 271 奈米級二氧化矽處置者之 cortisol(ug/dL)重覆測量分布情形

表 610 cortisol(ug/dL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.13	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.07	0.04	0.08
RL2vs 對照組	-0.06	0.04	0.18
RL1vs 對照組	0.01	0.04	0.76
Time	-0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	0.01	0.02	0.69
RL1*Time	0.01	0.02	0.55

依變項: log cortisol(ug/dL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 611 cortisol(ug/dL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.13	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.06	0.04	0.12
Risk Level	-0.02	0.02	0.25
Time	-0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.01	0.62

依變項: log cortisol(ug/dL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

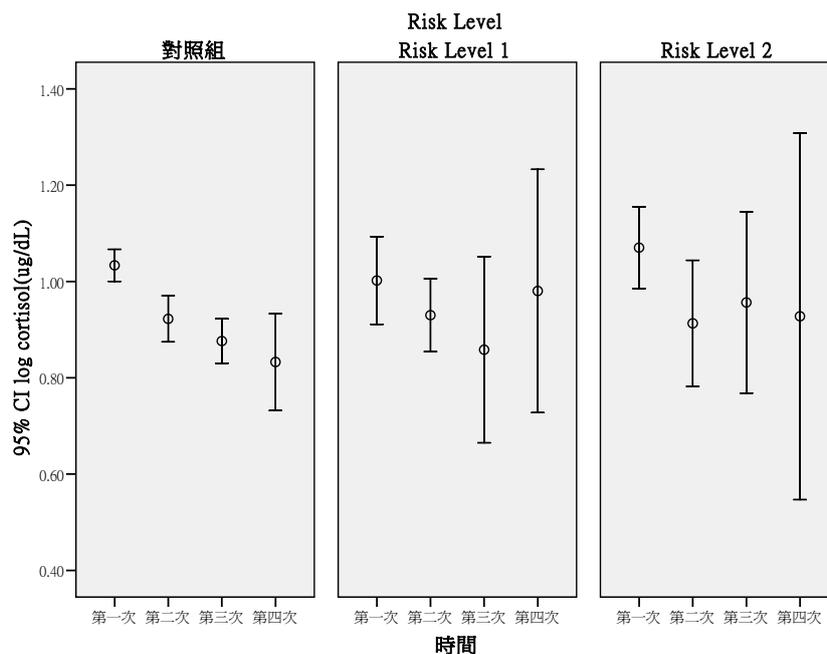


圖 272 奈米銀處置者之 cortisol(ug/dL)重覆測量分布情形

表 612 cortisol(ug/dL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.12	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.11	0.04	<0.01
RL2vs 對照組	0.00	0.05	0.97
RL1vs 對照組	-0.10	0.06	0.09
Time	-0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	0.00	0.03	0.90
RL1*Time	0.04	0.03	0.29

依變項: log cortisol(ug/dL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 613 cortisol(ug/dL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析 (按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.12	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.11	0.04	<0.01
Risk Level	-0.02	0.02	0.49
Time	-0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.01	0.72

依變項: log cortisol(ug/dL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

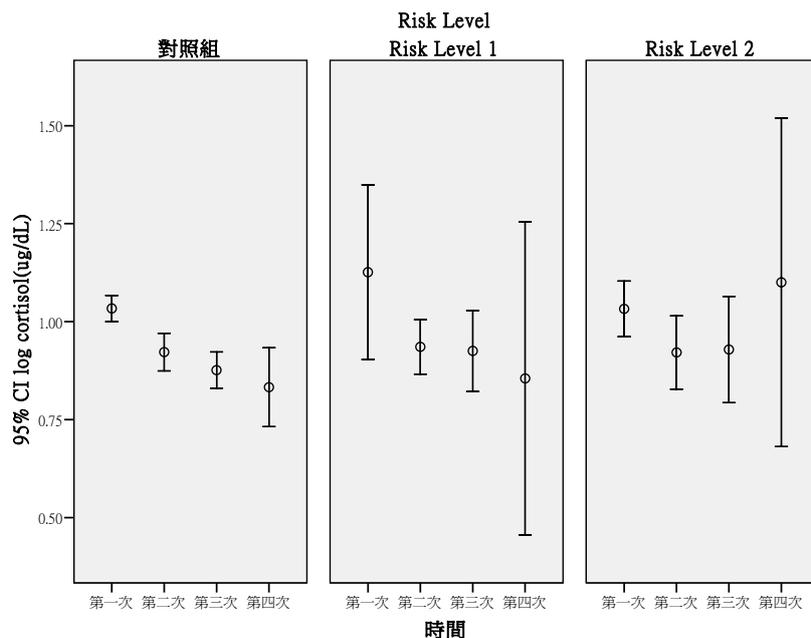


圖 273 其他奈米物質處置者之 cortisol(ug/dL)重覆測量分布情形

表 614 cortisol(ug/dL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.14	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.09	0.04	0.03
RL2vs 對照組	-0.04	0.05	0.34
RL1vs 對照組	0.08	0.13	0.56
Time	-0.07	0.01	<0.01
RL2*Time	0.02	0.03	0.51
RL1*Time	-0.03	0.05	0.57

校正變項: log cortisol(ug/dL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 615 cortisol(ug/dL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	0.14	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.10	0.04	0.02
Risk Level	0.00	0.03	0.94
Time	-0.07	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.02	0.98

校正變項: log cortisol(ug/dL)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

## (2) testosterone

雄性激素(testosterone)男高女低無庸置疑，男性雄性激素分泌隨年齡增長漸減，亦屬正常老化現象，抽菸習慣是否真會刺激雄性激素分泌，因案例比例懸殊(244 : 29)，需進一步確認(表 616)。風險組(RL)血清中之雄性激素含量略高於對照組(圖 274)，但無統計意義(表 618、619)，疾病與暴露奈米類別與血清中之雄性激素含量無顯著相關，雖然第四次測量，奈米銀暴露似略有影響(圖 273、表 626)。

表 616 testosterone(ng/dL)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	182	382.10	±	244.55	<0.01
	>40，40 歲以上	92	271.97	±	221.45	
性別	女	84	33.14	±	47.21	<0.01
	男	190	483.05	±	146.44	
抽菸習慣	無	244	329.69	±	244.59	<0.01
	有	29	477.77	±	180.80	
喝酒習慣	無	249	341.47	±	242.22	0.53
	有	25	381.47	±	245.02	
嚼檳榔習慣	無	266	347.16	±	242.60	0.29
	有	8	277.36	±	237.05	
籍貫	台閩	211	353.44	±	239.56	0.43
	客家	38	345.07	±	249.24	
	其它(原住民與外省籍)	24	284.81	±	253.88	
教育程度	高中職以下	45	260.21	±	229.54	<0.01
	大專/大學	124	328.22	±	257.42	
	研究所以上	104	402.79	±	216.93	

*p* 值使用無母數分析

表 617 testosterone(ng/dL)在不同疾病狀況下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	257	351.86	±	240.63	0.14
	有	16	255.83	±	254.62	
氣喘	無	264	346.92	±	242.34	0.77
	有	8	364.66	±	232.66	
鼻炎	無	225	338.91	±	244.22	0.24
	有	49	373.61	±	233.61	
心律不整	無	263	344.60	±	242.35	0.88
	有	11	357.51	±	252.66	
心絞痛	無	271	347.12	±	241.99	0.20
	有	3	164.56	±	242.78	
心臟瓣膜疾病	無	269	346.47	±	242.21	0.50
	有	5	272.26	±	263.88	
高血脂	無	254	348.44	±	245.94	0.33
	有	20	302.99	±	190.03	
高血壓	無	251	344.89	±	243.38	0.47
	有	23	347.59	±	235.40	
異位性皮膚炎	無	252	349.19	±	246.04	0.30
	有	22	298.46	±	192.96	
過敏性皮膚炎	無	242	352.54	±	242.46	0.14
	有	32	289.00	±	237.34	
色素沉澱	無	266	348.76	±	242.16	0.17
	有	8	224.23	±	229.08	
毛囊炎	無	262	342.97	±	242.93	0.37
	有	12	391.98	±	233.16	

*p* 值使用無母數分析

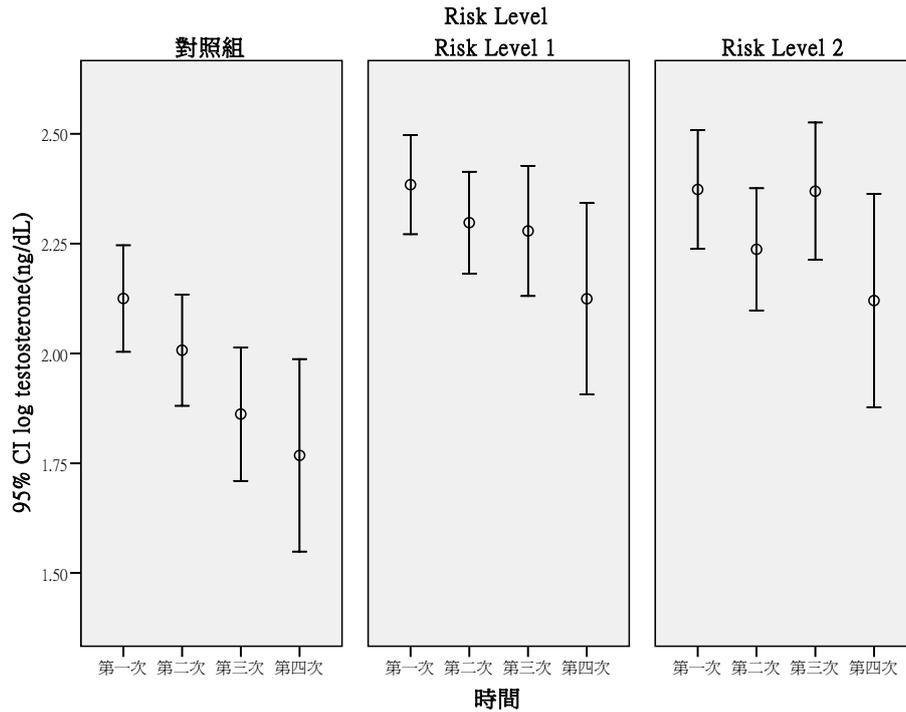


圖 274 testosterone(ng/dL)頭尾比例之重覆測量分布情形

表 618 testosterone(ng/dL)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.07	0.03	0.02
性別(男 vs 女)	1.13	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.06	0.04	0.15
研究所以上 vs 高中職以下	0.04	0.04	0.37
大專/大學 vs 高中職以下	0.03	0.04	0.48
RL2vs 對照組	-0.05	0.04	0.23
RL1vs 對照組	-0.01	0.04	0.78
Time	-0.08	0.02	<0.01
RL2*Time	0.01	0.02	0.56
RL1*Time	0.01	0.02	0.51

依變項: log testosterone(ng/dL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 619 testosterone(ng/dL)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.07	0.03	0.02
性別(男 vs 女)	1.13	0.03	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.05	0.04	0.17
研究所以上 vs 高中職以下	0.04	0.04	0.35
大專/大學 vs 高中職以下	0.03	0.04	0.47
Risk Level	-0.03	0.02	0.24
Time	-0.08	0.01	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.01	0.54

依變項: log testosterone(ng/dL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

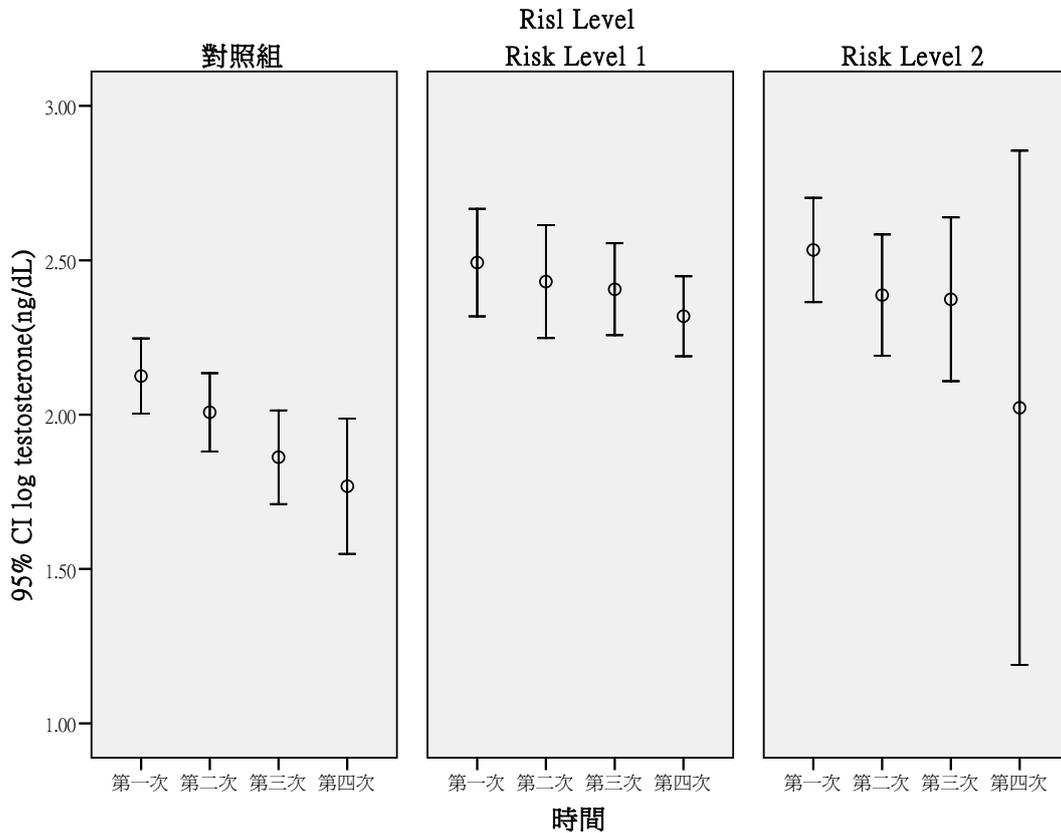


圖 275 奈米碳管處置者之 testosterone(ng/dL)重覆測量分布情形

表 620 testosterone(ng/dL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.08	0.04	0.07
性別(男 vs 女)	1.10	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.07	0.05	0.14
研究所以上 vs 高中職以下	0.03	0.06	0.62
大專/大學 vs 高中職以下	0.07	0.06	0.29
RL2vs 對照組	0.11	0.06	0.07
RL1vs 對照組	0.06	0.05	0.24
Time	-0.09	0.02	<0.01
RL2*Time	-0.05	0.04	0.15
RL1*Time	-0.01	0.02	0.72

依變項: log testosterone(ng/dL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 621 testosterone(ng/dL)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.07	0.04	0.08
性別(男 vs 女)	1.10	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.07	0.05	0.13
研究所以上 vs 高中職以下	0.04	0.06	0.55
大專/大學 vs 高中職以下	0.07	0.06	0.26
Risk Level	0.05	0.03	0.06
Time	-0.08	0.02	<0.01
Risk Level* Time	-0.02	0.02	0.16

依變項: log testosterone(ng/dL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

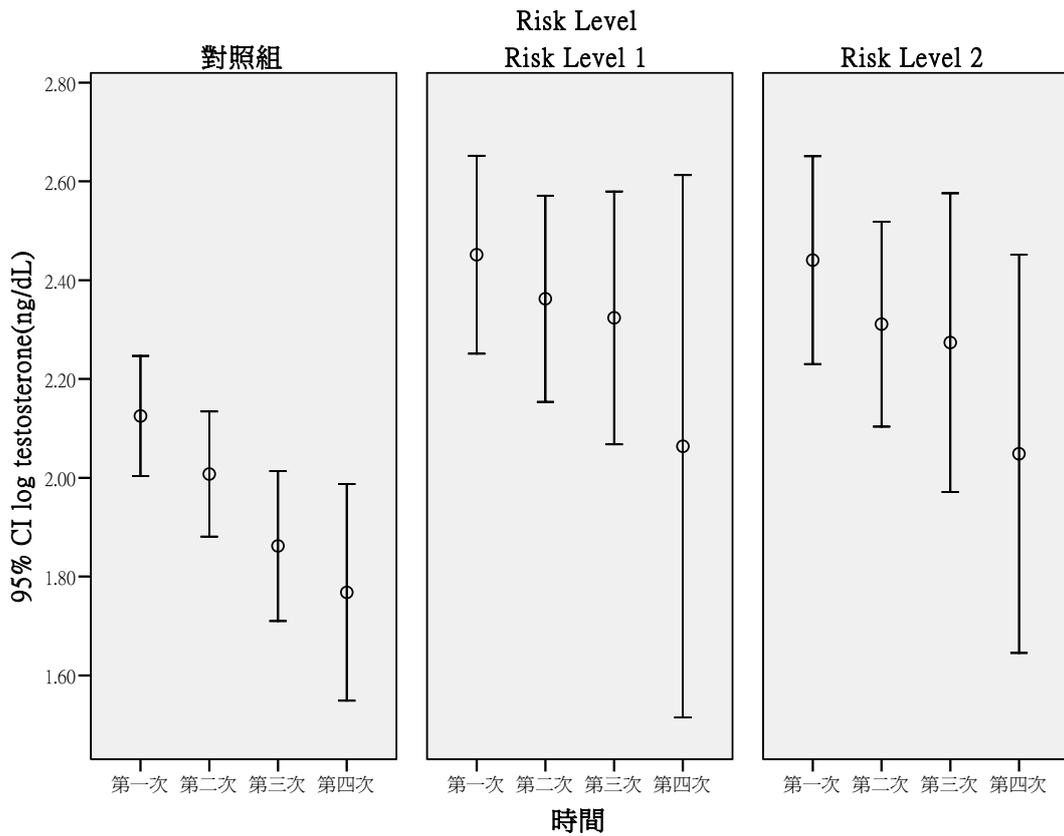


圖 276 奈米級二氧化鈦處置者之 testosterone(ng/dL)重覆測量分布情形

表 622 testosterone(ng/dL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.05	0.04	0.20
性別(男 vs 女)	1.10	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.04	0.06	0.52
研究所以上 vs 高中職以下	0.06	0.06	0.31
大專/大學 vs 高中職以下	0.05	0.06	0.41
RL2vs 對照組	-0.02	0.05	0.65
RL1vs 對照組	0.06	0.05	0.29
Time	-0.09	0.02	<0.01
RL2*Time	0.02	0.03	0.58
RL1*Time	-0.02	0.03	0.47

依變項: log testosterone(ng/dL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 623 testosterone(ng/dL)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.05	0.04	0.20
性別(男 vs 女)	1.10	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.06	0.56
研究所以上 vs 高中職以下	0.06	0.06	0.32
大專/大學 vs 高中職以下	0.04	0.06	0.42
Risk Level	-0.01	0.03	0.83
Time	-0.09	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.01	0.70

依變項: log testosterone(ng/dL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

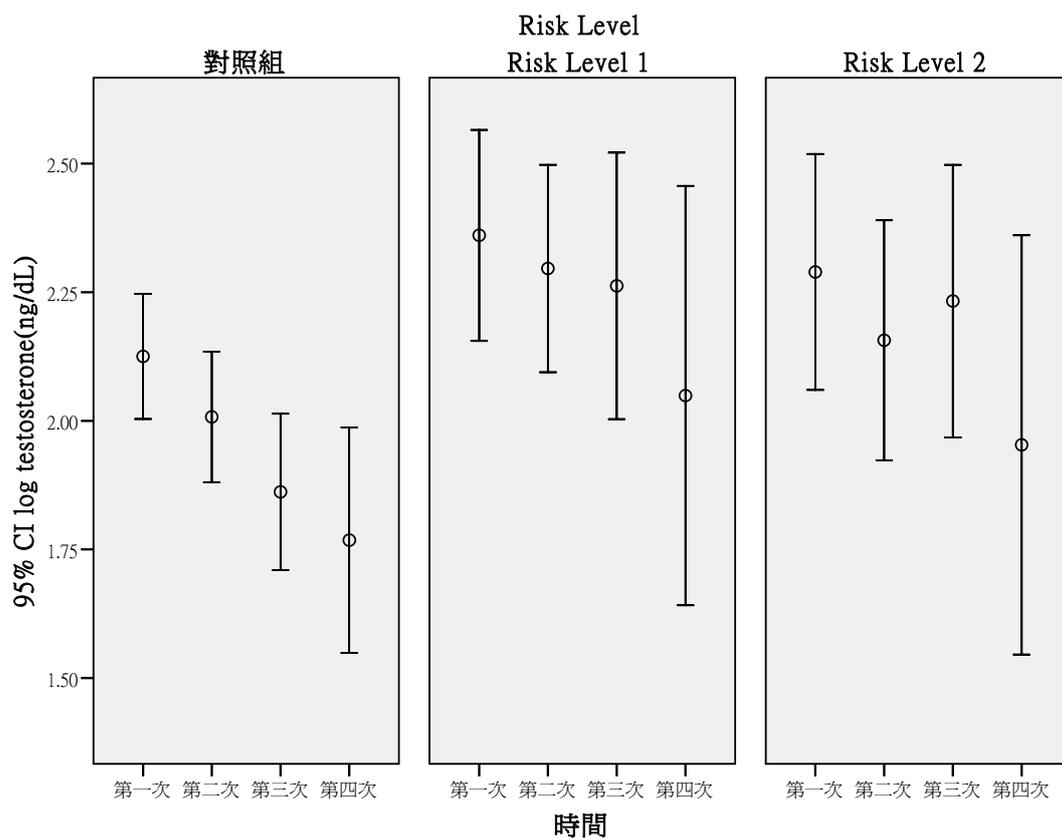


圖 277 奈米級二氧化矽處置者之 testosterone(ng/dL)重覆測量分布情形

表 624 testosterone(ng/dL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析 (RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.04	0.04	0.30
性別(男 vs 女)	1.11	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.07	0.06	0.23
研究所以上 vs 高中職以下	0.06	0.06	0.31
大專/大學 vs 高中職以下	0.05	0.05	0.32
RL2vs 對照組	-0.07	0.07	0.35
RL1vs 對照組	0.04	0.06	0.49
Time	-0.09	0.02	<0.01
RL2*Time	0.02	0.04	0.62
RL1*Time	-0.01	0.02	0.78

依變項: log testosterone(ng/dL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 625 testosterone(ng/dL)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.04	0.04	0.29
性別(男 vs 女)	1.11	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.07	0.06	0.28
研究所以上 vs 高中職以下	0.05	0.06	0.34
大專/大學 vs 高中職以下	0.05	0.05	0.36
Risk Level	-0.02	0.03	0.45
Time	-0.09	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.01	0.02	0.67

依變項: log testosterone(ng/dL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

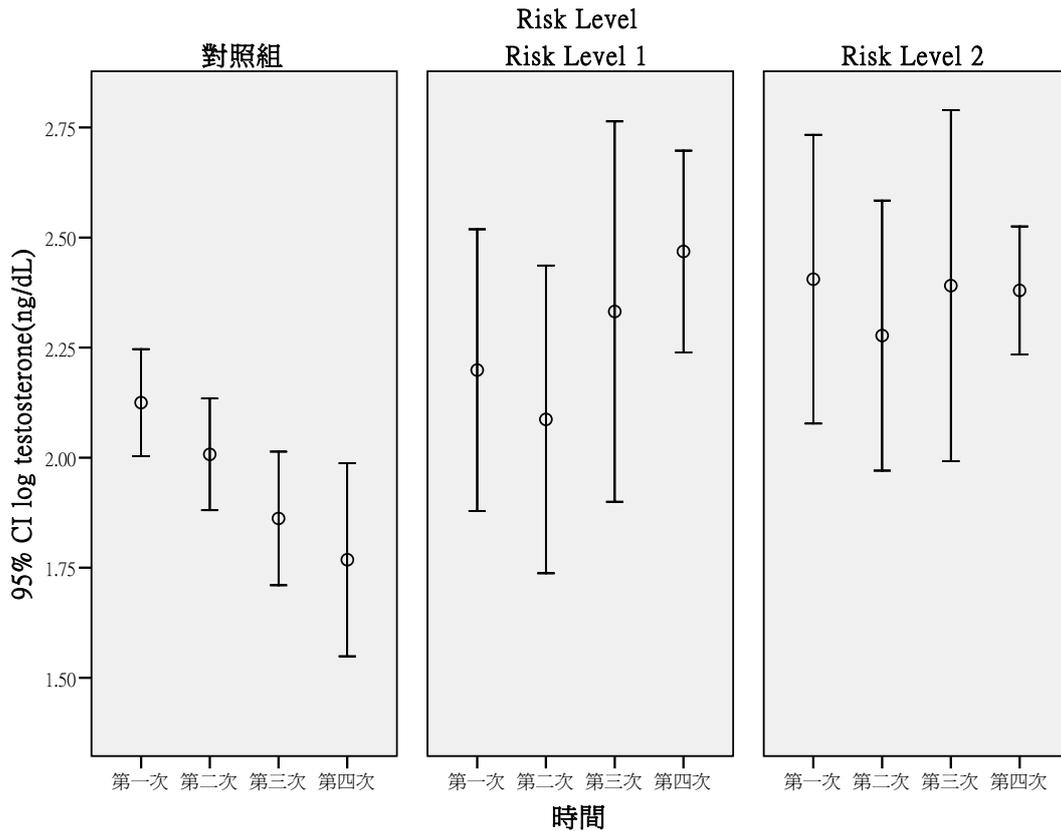


圖 278 奈米銀處置者之 testosterone(ng/dL)重覆測量分布情形

表 626 testosterone(ng/dL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.07	0.05	0.12
性別(男 vs 女)	1.07	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.08	0.05	0.12
研究所以上 vs 高中職以下	0.06	0.06	0.29
大專/大學 vs 高中職以下	0.06	0.06	0.28
RL2vs 對照組	0.02	0.09	0.79
RL1vs 對照組	-0.13	0.07	0.04
Time	-0.08	0.02	<0.01
RL2*Time	0.00	0.06	0.99
RL1*Time	0.08	0.03	0.02

依變項: log testosterone(ng/dL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 627 testosterone(ng/dL)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
≥40 歲 vs <40 歲	-0.07	0.05	0.11
性別(男 vs 女)	1.07	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.08	0.05	0.13
研究所以上 vs 高中職以下	0.06	0.06	0.31
大專/大學 vs 高中職以下	0.06	0.06	0.30
Risk Level	-0.01	0.04	0.73
Time	-0.08	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.02	0.03	0.54

依變項: log testosterone(ng/dL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

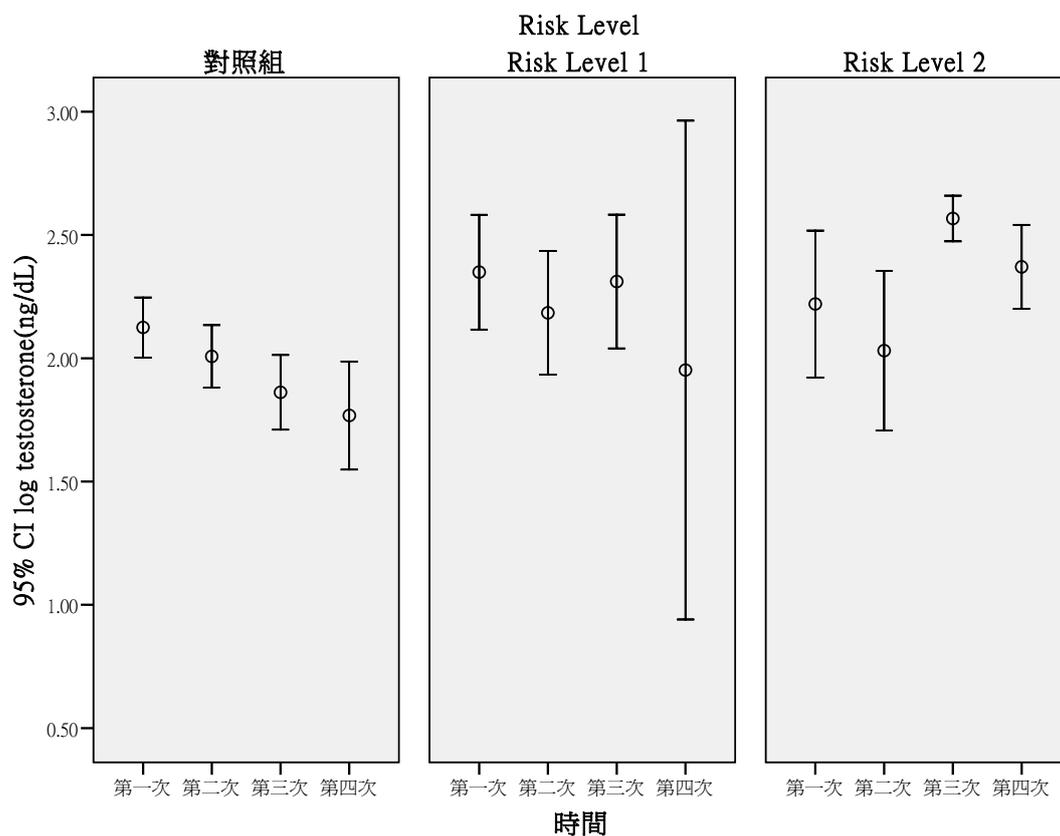


圖 279 其他奈米物質處置者之 testosterone(ng/dL)重覆測量分布情形

表 628 testosterone(ng/dL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析  
(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.08	0.04	0.07
性別(男 vs 女)	1.11	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.05	0.49
研究所以上 vs 高中職以下	0.04	0.06	0.46
大專/大學 vs 高中職以下	0.04	0.06	0.47
RL2vs 對照組	-0.13	0.07	0.06
RL1vs 對照組	-0.06	0.06	0.33
Time	-0.08	0.02	<0.01
RL2*Time	0.05	0.04	0.24
RL1*Time	0.03	0.03	0.38

校正變項: log testosterone(ng/dL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 629 testosterone(ng/dL)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照  
Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-0.08	0.04	0.07
性別(男 vs 女)	1.11	0.04	<0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	0.03	0.05	0.49
研究所以上 vs 高中職以下	0.04	0.06	0.42
大專/大學 vs 高中職以下	0.04	0.06	0.45
Risk Level	-0.06	0.03	0.05
Time	-0.08	0.02	<0.01
Risk Level* Time	0.03	0.02	0.18

校正變項: log testosterone(ng/dL)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

## 6. 肺功能

肺功能能量計(spirometry)由於操作簡單，因此常被用於流行病學研究中對肺功能是否呈現異常，與其異常程度的檢定。受測者於操作開始時於深吸氣後快速用力吐氣，並盡可能的延長吐氣時間或使吐氣的容積達到一個平原期，過程須一氣呵成，不能中斷、漏氣、阻塞、咳嗽或閉住聲門，才能得到一完整的最大呼氣流速容積圖(Maximal expiratory flow volume curve, MEFV)。由圖形可使檢測人員得到用力呼氣肺活量(Forced vital capacity, FVC)、第一秒吐出量(Forced expiratory volume in one second, FEV<sub>1</sub>)、尖峰呼氣流速(Peak expiratory flow rate, PEFR 或 FEFmax)、最大呼氣中段流量(Maximum mid-expiratory flow, MMEF 或 MMF)、用力呼氣肺活量於 25%、50%與 75%的氣流流速(FEF25%、FEF50%及 FEF75%)等資訊。所得數據的品質取決於受測者是否有盡力配合檢測、判讀者本身的經驗與是否有適當基準值的知識相關。其結果與受測者的身高、體重、年齡、性別、種族及姿勢相關，並可由性別、年齡、身高的資料來推算一正常的預估值，一般皆藉由測定值與正常預估值的百分率(Percent)來評估受測者的肺功能檢查(Pulmonary function test, PFT)是否正常；但肺功能在正常範圍內，僅只表示肺臟的能力還良好，並不代表肺部完全正常而沒有疾病。而在肺功能異常部分，肺功能檢查可用以鑑別兩種常見的肺功能障礙：阻塞型通氣障礙(Obstructive ventilatory impairment)，例如肺氣腫(Emphysema)、慢性支氣管炎(Chronic bronchitis)、支氣管哮喘(asthmatic bronchitis)與支氣管擴張症等疾病，與侷限性通氣障礙(Restrictive ventilatory impairment)，例如肺臟過度充氣(hyperinflation)與肺纖維化等疾病。

本研究是以 Microspiro HI-295 (Japan)手提式肺功能機，對參與的受測者進行 FVC、FEV<sub>1</sub> 與 FVC 比值(FEV<sub>1</sub>/FVC)、PEFR、MMF(FEF25-75)、FEF25、FEF50 與 FEF75 進行測定。

### (1) FVC(%)

用力呼氣肺活量(Forced vital capacity, FVC)為在最大吸氣後快速吐氣(且盡可能吐完)的測值，其大小決定於肺的彈性、呼吸道的口徑大小及其阻抗、且隨胸廓大小、性別及年齡，可視為是肺容積的指標。測得之 FVC(%)

若大於正常預估值之 80%以上，則視為無明顯異常的現象；如果小於正常預估值之 80%以下，則表示受測者有可能為阻塞型的肺部疾病。

在本研究中，在不同生活習慣變項對 FVC(%)的影響(表 630)中發現，當不進行任何變項的校正時，僅教育程度對所測之 FVC(%)呈顯著性的影響( $p < 0.01$ )，且其比值會隨受測者教育程度提升而有顯著的增加，推測其原因可能在於受測者教育程度越高，除有可能處於較佳的工作環境外，其遵循指示完成肺功能能量計指示的完成度亦可能較高。其餘變項，除是否有嚼食檳榔習慣對 FVC(%)呈現一邊緣不顯著效應外( $0.05 < p < 0.10$ )，包括年齡(以 40 歲為基準)、性別、是否有抽煙習慣、是否有喝酒習慣及籍貫，對於 FVC(%)均無顯著之影響，且其平均值皆高於正常預估值之 80%以上。而在以是否罹患不同疾病為變項進行的探討結果顯示(表 631)，僅罹患過敏性皮膚炎之受測者結果顯著高於其對照組( $p < 0.03$ )，但和其它變項分類結果一樣皆在高於正常預估值之 80%以上。

圖 280 為 FVC(%)之重複測量分布情形，可看出不論是對照組、RL1 或是 RL2 組，皆呈現隨時間先下降後上升的趨勢；而其中 RL1 組上升或下降的變化，皆小於對照組或 RL2 組。再進一步分別對各變項進行校正後，由表 632 GEE 分析的結果顯示，RL1 及 RL2 相對於對照組而言，皆得到較低的 FVC(%)結果，且 RL2 下降的程度大於 RL1，顯示 RL2 對 FVC(%)的影響大於 RL1，但其結果因  $p > 0.05$  而不具顯著意義。而在僅考慮時間變項時，則可發現其結果呈現顯著下降( $p < 0.05$ )的情形，顯示整體受試者的結果在四次採樣中，所得結果有逐次遞減的現象。表 633 為 GEE 分析按照 RL 之趨勢分析結果，顯示 risk level 相較於對照組呈現下降的趨勢，但仍不具顯著性的影響。

其次則是依據本研究今年度的分析要點，依受試者所暴露的五種主要物質，包括奈米碳管、奈米級二氧化鈦、奈米級二氧化矽、奈米銀及其它奈米物質(奈米黏土、奈米金..等)，在 RL 分組後，使用 GEE 分析方法進行更進一步的分析。首先在各別的重複測量分布情形結果顯示，在奈米碳管、奈米級二氧化鈦及奈米銀的結果較為類似(圖 281、圖 282 及圖 284)，皆呈現先減少再增加的現象，唯其各別的濃度分布與訊號由減少轉為增加的時

間點有所差異；在奈米二氧化矽的結果中(圖 283)，對照組與前述結果類似，但在 RL1 與 RL2 分組結果中則呈現隨著時間而不斷遞減的情形；而在其它奈米物質處置者之結果(圖 285)，不論是對照組或是不同的 RL 分組結果，似乎並不會因時間而有顯著的變化。在 GEE 分析中在不同 RL 與對照組的差異探討中，具研究所以上學歷之受測者在不同的暴露物質下，皆顯著性的呈現較高的結果；而大專/大學學歷相對於高中職以下的學歷受測者，僅在二氧化鈦造成顯著性差異，在奈米二氧化矽及其它奈米物質中呈現邊緣不顯著效應。有過敏性皮膚炎的患者除在奈米銀的討論中為邊緣不顯著效應外( $p=0.06$ ，表 640)，在其餘的討論組別中皆呈現了顯著的影響效果，使得其 FVC(%)測值皆高於對照組(表 632、表 634、表 636 及表 642)。而在僅考慮時間為變項時，則除奈米銀與其他奈米物質呈現邊緣不顯著效應外，其餘的暴露物質皆表現出隨顯著時間下降的情形。而所有討論的物質在對於 FVC(%)測定結果的影響中，在各別考慮 RL1 或 RL2 相對於對照組及分別考慮 RL1 及 RL2 在時間影響下相對於對照組的影響，或是考慮不同的 RL 相對於對照組及不同的 RL 在時間的影響下相對於對照組的影響，除奈米銀處置者在 RL1 相對於對照組呈現一邊緣不顯著的減少現象外，其餘各組皆沒有呈現任何顯著性的效應(表 634-表 643)。

表 630 FVC(%)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	189	110.19	±	15.83	0.47
	>40, 40 歲以上	95	109.13	±	17.28	
性別	女	86	110.84	±	18.97	0.99
	男	198	109.40	±	15.04	
抽菸習慣	無	253	110.33	±	16.44	0.21
	有	30	105.85	±	15.09	
喝酒習慣	無	258	109.99	±	15.98	0.33
	有	26	108.28	±	19.56	
嚼檳榔習慣	無	276	110.18	±	16.15	0.05
	有	8	97.94	±	18.48	
籍貫	台閩	219	110.04	±	16.15	0.94
	客家	40	108.88	±	18.75	
	其它(原住民與外省籍)	24	109.64	±	14.20	
教育程度	高中職以下	47	101.50	±	12.84	<0.01
	大專/大學	125	110.04	±	17.36	
	研究所以上	111	113.19	±	15.30	

*p* 值使用無母數分析

表 631 FVC(%)在不同疾病狀況下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	266	110.02	±	16.36	0.56
	有	17	107.26	±	16.17	
氣喘	無	274	110.12	±	16.46	0.11
	有	8	100.88	±	9.19	
鼻炎	無	233	110.28	±	16.65	0.23
	有	51	107.78	±	14.61	
心律不整	無	273	109.74	±	16.27	0.71
	有	11	112.16	±	17.89	
心絞痛	無	281	109.73	±	16.36	0.15
	有	3	119.17	±	5.86	
心臟瓣膜疾病	無	279	109.81	±	16.38	0.76
	有	5	111.06	±	12.83	
高血脂	無	262	109.63	±	16.33	0.39
	有	22	112.31	±	16.23	
高血壓	無	260	110.01	±	16.22	0.69
	有	24	107.95	±	17.50	
異位性皮膚炎	無	261	109.64	±	16.36	0.68
	有	23	112.03	±	15.96	
過敏性皮膚炎	無	249	109.06	±	16.39	0.03
	有	35	115.35	±	14.81	
色素沉澱	無	276	109.67	±	16.21	0.43
	有	8	115.61	±	19.95	
毛囊炎	無	272	109.83	±	16.31	0.76
	有	12	109.93	±	17.09	

*p* 值使用無母數分析

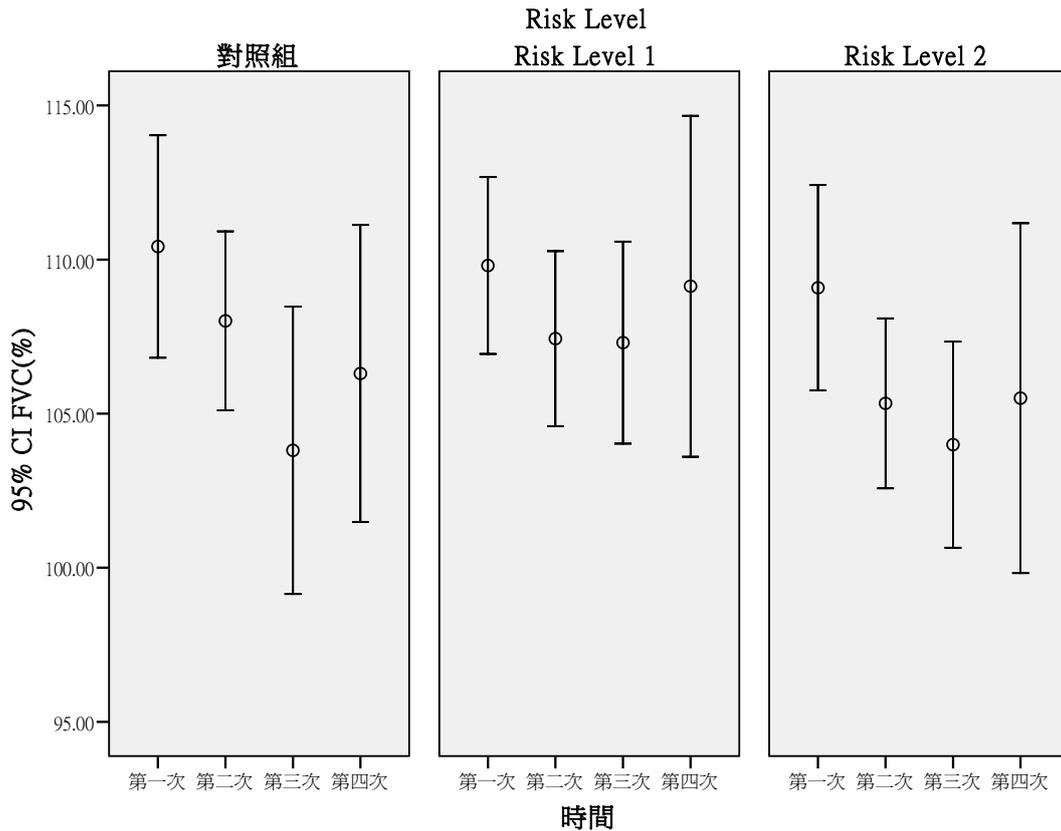


圖 280 FVC(%)之重覆測量分布情形

表 632 FVC(%)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-0.11	1.99	0.96
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.55	2.70	0.57
研究所以上 vs 高中職以下	7.30	2.35	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	6.14	2.22	0.01
過敏性皮膚炎(有 vs 無)	6.12	2.01	<0.01
RL2vs 對照組	-2.52	2.89	0.38
RL1vs 對照組	-1.79	2.79	0.52
Time	-1.53	0.73	0.03
RL2*Time	0.11	0.96	0.91
RL1*Time	0.86	0.91	0.34

依變項: FVC(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 過敏性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 633 FVC(%)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.01	2.01	1.00
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.63	2.69	0.55
研究所以上 vs 高中職以下	7.40	2.34	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	6.17	2.23	0.01
過敏性皮膚炎(有 vs 無)	5.99	1.97	<0.01
Risk Level	-1.30	1.46	0.37
Time	-1.30	0.65	0.04
Risk Level* Time	0.10	0.48	0.84

依變項: FVC(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 過敏性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

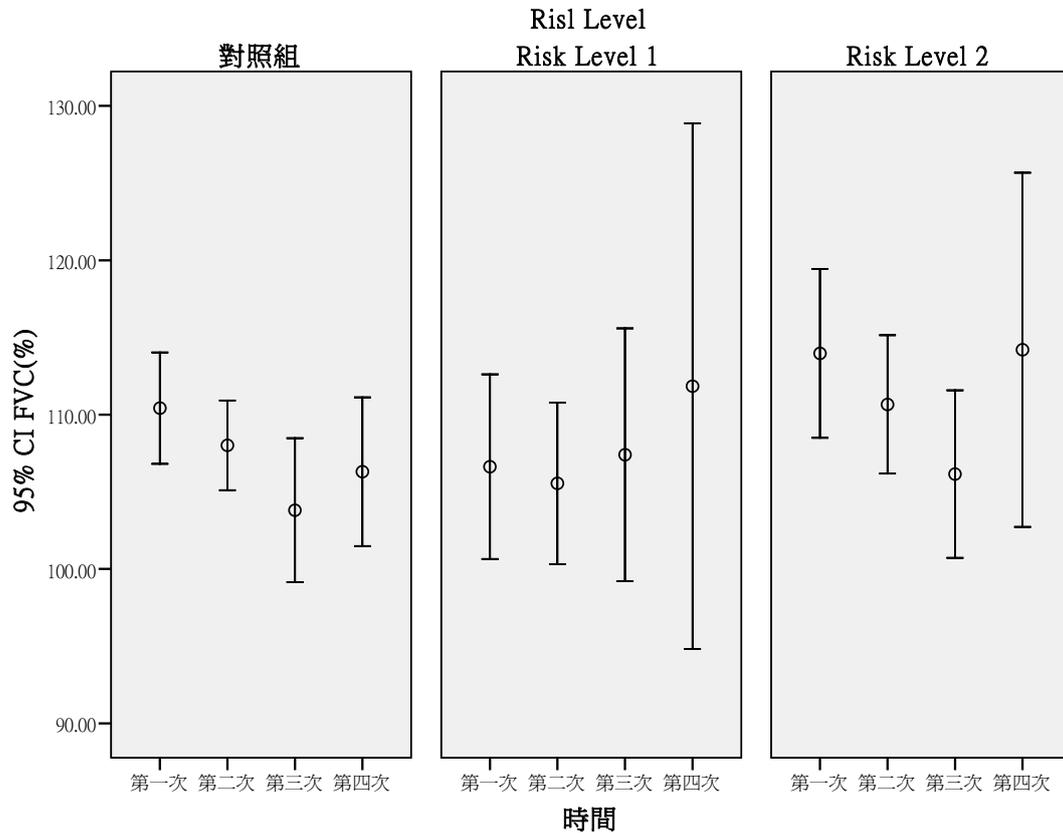


圖 281 奈米碳管處置者之 FVC(%)重覆測量分布情形

表 634 FVC(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.08	2.78	0.98
抽菸習慣(有 vs 無)	1.75	4.30	0.68
研究所以上 vs 高中職以下	8.41	3.86	0.03
大專/大學 vs 高中職以下	5.57	3.60	0.12
過敏性皮膚炎(有 vs 無)	6.01	2.90	0.04
RL2vs 對照組	1.85	4.04	0.65
RL1vs 對照組	-6.44	4.26	0.13
Time	-1.49	0.72	0.04
RL2*Time	-1.17	1.33	0.38
RL1*Time	1.51	1.48	0.31

依變項: FVC(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 過敏性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 635 FVC(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-0.24	2.78	0.93
抽菸習慣(有 vs 無)	1.19	4.58	0.79
研究所以上 vs 高中職以下	8.13	3.92	0.04
大專/大學 vs 高中職以下	5.36	3.61	0.14
過敏性皮膚炎(有 vs 無)	6.52	2.92	0.03
Risk Level	-0.02	2.02	0.99
Time	-1.29	0.71	0.07
Risk Level* Time	-0.29	0.65	0.65

依變項: FVC(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 過敏性皮膚炎, Risk Level, Time

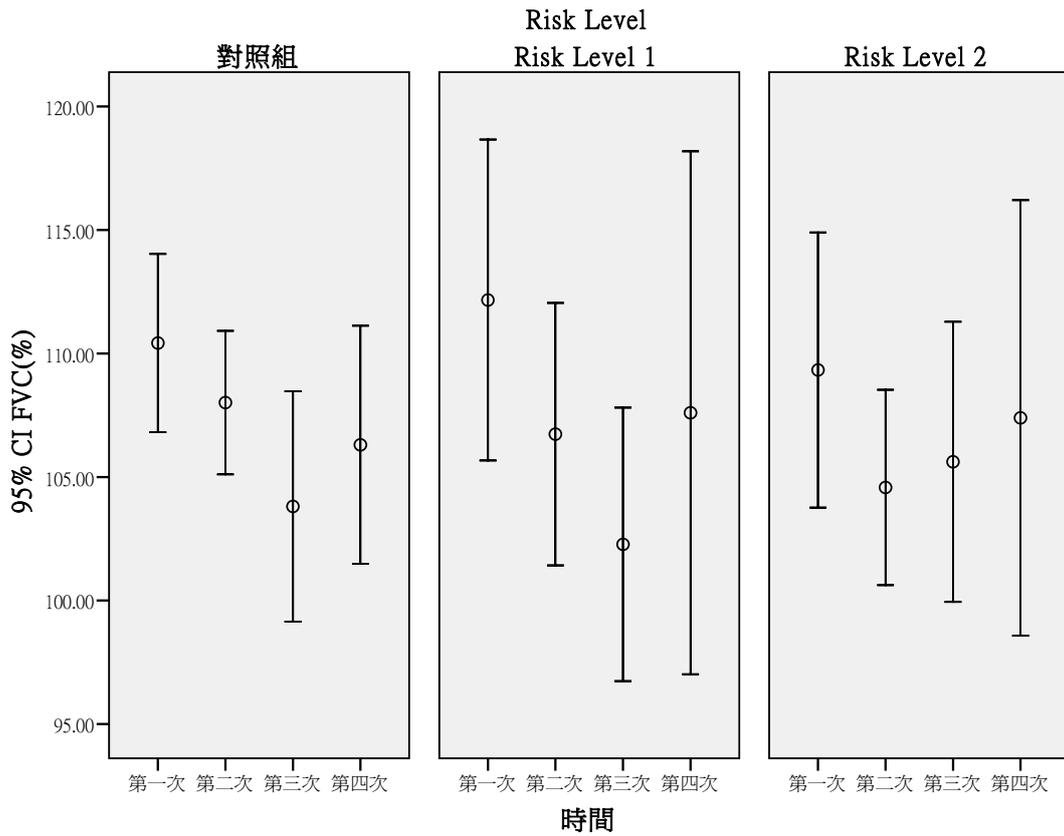


圖 282 奈米級二氧化鈦處置者之 FVC(%)重覆測量分布情形

表 636 FVC(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-2.97	2.69	0.27
抽菸習慣(有 vs 無)	4.60	3.87	0.24
研究所以上 vs 高中職以下	11.79	3.38	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	6.94	2.98	0.02
過敏性皮膚炎(有 vs 無)	7.99	2.90	0.01
RL2vs 對照組	-3.82	3.60	0.29
RL1vs 對照組	1.60	4.48	0.72
Time	-1.49	0.73	0.04
RL2*Time	0.32	1.24	0.80
RL1*Time	-0.91	1.51	0.55

依變項: FVC(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 過敏性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 637 FVC(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-2.85	2.70	0.29
抽菸習慣(有 vs 無)	4.35	3.85	0.26
研究所以上 vs 高中職以下	11.75	3.38	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	6.92	2.99	0.02
過敏性皮膚炎(有 vs 無)	7.96	2.86	0.01
Risk Level	-1.59	1.81	0.38
Time	-1.59	0.71	0.03
Risk Level* Time	0.07	0.62	0.91

依變項: FVC(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 過敏性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

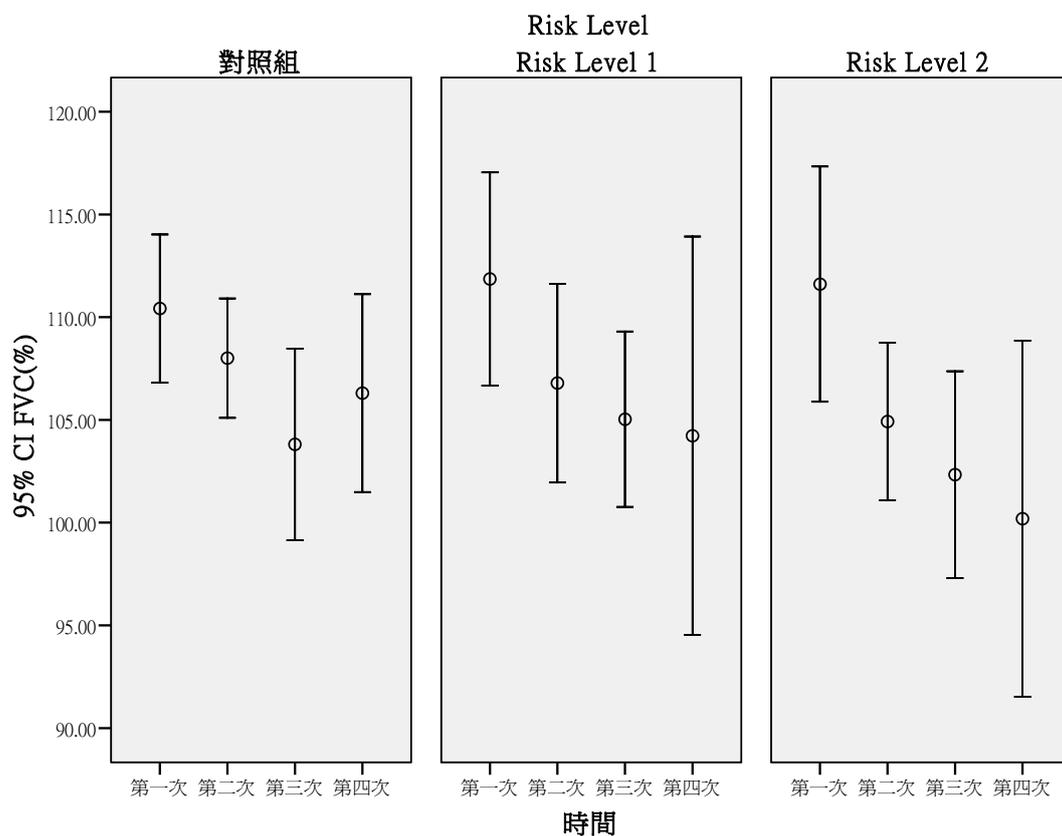


圖 283 奈米級二氧化矽處置者之 FVC(%)重覆測量分布情形

表 638 FVC(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-2.13	2.50	0.39
抽菸習慣(有 vs 無)	3.02	3.79	0.43
研究所以上 vs 高中職以下	9.27	2.77	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	4.99	2.75	0.07
過敏性皮膚炎(有 vs 無)	6.43	2.85	0.02
RL2vs 對照組	0.81	3.94	0.84
RL1vs 對照組	3.28	3.80	0.39
Time	-1.52	0.73	0.04
RL2*Time	-1.47	1.32	0.27
RL1*Time	-1.01	1.13	0.37

依變項: FVC(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 過敏性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 639 FVC(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-1.97	2.54	0.44
抽菸習慣(有 vs 無)	2.62	3.86	0.50
研究所以上 vs 高中職以下	9.24	2.77	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	4.78	2.73	0.08
過敏性皮膚炎(有 vs 無)	5.87	2.74	0.03
Risk Level	0.72	1.93	0.71
Time	-1.55	0.70	0.03
Risk Level* Time	-0.77	0.64	0.23

依變項: FVC(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 過敏性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

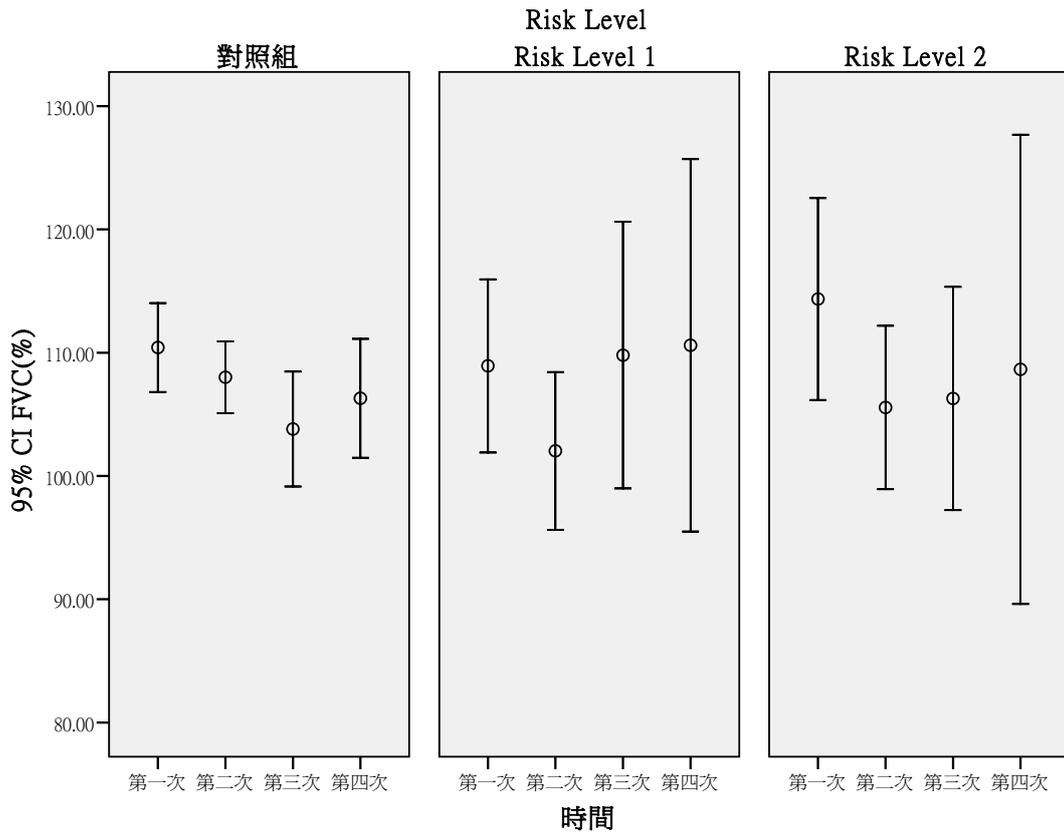


圖 284 奈米銀處置者之 FVC(%)重覆測量分布情形

表 640 FVC(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-1.45	2.71	0.59
抽菸習慣(有 vs 無)	7.68	3.76	0.04
研究所以上 vs 高中職以下	12.47	3.52	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	5.11	3.30	0.12
過敏性皮膚炎(有 vs 無)	5.85	3.09	0.06
RL2vs 對照組	0.83	5.03	0.87
RL1vs 對照組	-8.09	4.27	0.06
Time	-1.44	0.73	0.05
RL2*Time	-1.69	1.95	0.39
RL1*Time	0.68	1.61	0.67

依變項: FVC(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 過敏性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 641 FVC(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-1.21	2.76	0.66
抽菸習慣(有 vs 無)	6.87	3.78	0.07
研究所以上 vs 高中職以下	11.87	3.55	<0.01
大專/大學 vs 高中職以下	5.07	3.32	0.13
過敏性皮膚炎(有 vs 無)	5.46	3.20	0.09
Risk Level	-0.78	2.42	0.75
Time	-1.35	0.71	0.06
Risk Level* Time	-0.58	0.90	0.52

依變項: FVC(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 過敏性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

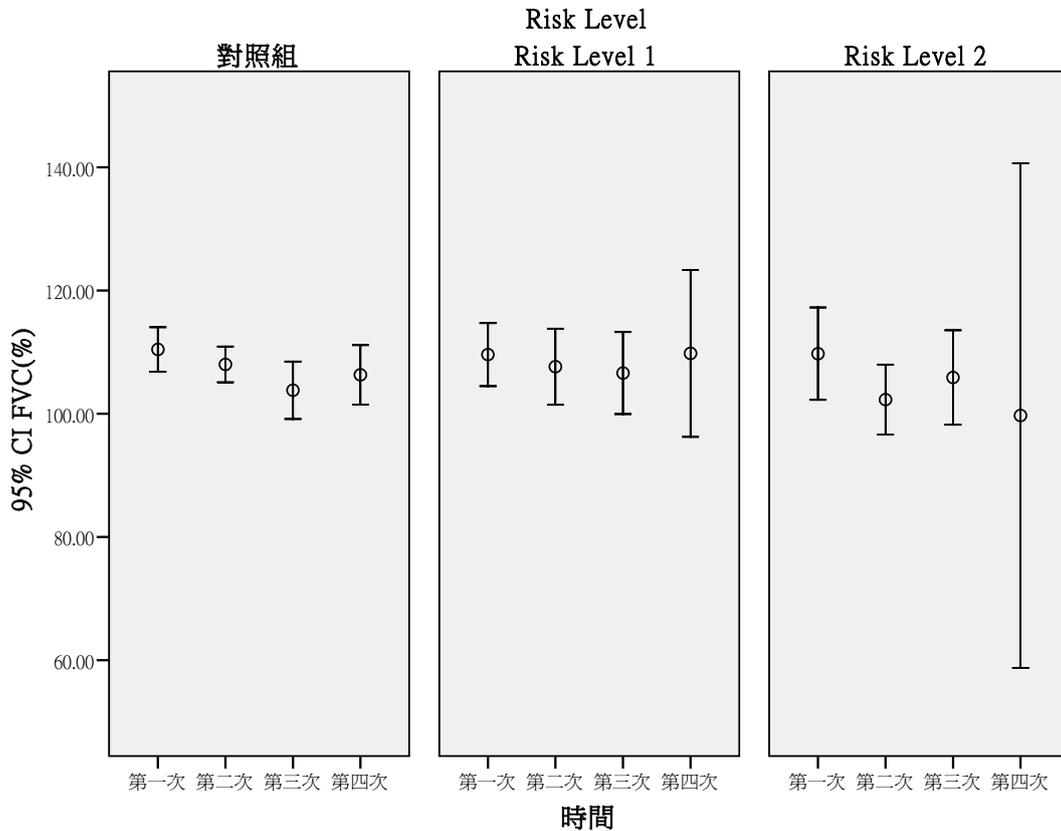


圖 285 其他奈米物質處置者之 FVC(%)重覆測量分布情形

表 642 FVC(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-1.74	2.69	0.52
抽菸習慣(有 vs 無)	3.75	4.50	0.40
研究所以上 vs 高中職以下	9.89	3.66	0.01
大專/大學 vs 高中職以下	5.85	3.29	0.07
過敏性皮膚炎(有 vs 無)	7.21	2.86	0.01
RL2vs 對照組	-3.40	4.80	0.48
RL1vs 對照組	-4.11	3.89	0.29
Time	-1.50	0.73	0.04
RL2*Time	-0.89	1.71	0.60
RL1*Time	0.86	1.32	0.51

校正變項: FVC(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 過敏性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 643 FVC(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-1.74	2.70	0.52
抽菸習慣(有 vs 無)	3.59	4.48	0.42
研究所以上 vs 高中職以下	9.89	3.61	0.01
大專/大學 vs 高中職以下	5.87	3.29	0.07
過敏性皮膚炎(有 vs 無)	7.25	2.84	0.01
Risk Level	-2.17	2.27	0.34
Time	-1.40	0.71	0.05
Risk Level* Time	-0.18	0.79	0.82

校正變項: FVC(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 教育程度, 過敏性皮膚炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

## (2) FEV<sub>1</sub>/FVC

本研究去年以第一秒呼出的氣體量(Forced expiratory volume in one second, FEV<sub>1</sub>)為評估肺功能之影響因子之一。FEV<sub>1</sub> 其值正常時，可排除受測者有阻塞型或限制型通氣障礙的可能，但是相對在不正常時，由於不能確認是由其中何者造成，因此本研究今年改以第一秒呼氣量相對於用力呼氣肺活量的比值(FEV<sub>1</sub>/FVC)，來進行影響評估。FEV<sub>1</sub>/FVC 以絕對數值表示，正常人 FEV<sub>1</sub>/ FVC 大於 80%，若是數值降低，則表示有阻塞型通氣障礙；若是正常或是增加，則表示可能為純粹的侷限型通氣障礙；通常數值在 60-70%時顯示為輕度阻塞、50-60%時則為中度、小於 50%則為重度，一般通常以 70%(或 75%)以上為正常的下限值。

首先在描述性統計中分別在不同生活習慣下探討了年齡(以 40 歲為分界)、性別、是否有抽煙的習慣、是否有喝酒的習慣、是否有嚼檳榔的習慣、籍貫與教育程度(包括高中職以下、大專/大學及研究所以上)為變項時之分布情形。由表 644 可知僅年齡具顯著的影響效果，年齡在 40 歲以上之族群其所得之 FEV<sub>1</sub>/ FVC 略低於 40 歲以下之族群，但仍高於前述的正常下限值。而女性的 FEV<sub>1</sub>/ FVC 則是略高於男性，但僅呈現邊緣不顯著之差異( $p=0.06$ )。而在不同疾病狀況的部分，則是探討分別以慢性支氣管炎、氣喘、鼻炎、心律不整、心絞痛、心臟瓣膜疾病、高血脂、高血壓、異位性皮膚炎、過敏性皮膚炎、色素沈澱及毛囊炎為變項時之影響。由表 645 可知，僅氣喘和心律不整的患者其 FEV<sub>1</sub>/ FVC 是顯著低於對照組，但其仍然略高於以 70%為下限值之要求(分別為 74 及 77%)。過敏性皮膚炎的患者亦低於其對照組，唯其結果屬於邊緣不顯著之差異，且其各別平均值仍屬正常人的範圍(>80%)。

圖 286 為重複測量分布情形，顯示整體而言，不論是對照組、RL1 或是 RL2 皆有隨著時間而呈現下降的現象，而在 RL2 第四次之結果，或許由於有受測者顯著的偏低，使得其平均值顯著的較低，這或許可由其相對較大的 error bar 來推論。在以 GEE 分析進行 RL1 和 RL2 與對照組間差異的探討時，表 646 顯示 RL2 與 RL1 分別在獨立整體與對照組進行比較或在考量了採樣時間點後與對照組進行的比較，其結果皆不具顯著的統計意義。

另外在性別的探討上，當對其他的變項進行校正後，其男性測值低於女性的結果，由邊緣不顯著的現象，變成顯著低於女性。而在表 647 中，以 GEE 來進行按照 RL 的趨勢分析顯示與前述類似，RL 與對照組間，或是在進一步考量不同的時間因子後，皆沒有得到顯著性的差別與意義。

而在進一步依不同的奈米物質處置者來進行分類時，首先在重複測量分布情形中，圖 287、圖 288、圖 289、圖 290 及圖 291 分別代表在奈米碳管、奈米級二氧化鈦、奈米級二氧化矽、奈米銀及其它奈米物質的處置者的結果。除奈米級二氧化矽處置者的 RL1 分類其 FEV<sub>1</sub>/FVC 結果呈現不隨時間變化外，其餘各奈米物質處置者在不同 RL 和時間下的 FEV<sub>1</sub>/FVC 結果似乎都呈現不同程度的下降情形。且 RL2 在各奈米物質處置者的第四次結果除顯示了較大的下降程度外，其數據跳動的幅度也明顯的大於其它的資料。而在對各奈米物質進行的 GEE 分析顯示，僅表 652 中奈米級二氧化矽處置者的 RL1 在同時考慮時間的影響時相對於對照組有呈現顯著的差別 ( $p=0.03$ )，和表 654 中奈米銀處置者其 RL2 相對於對照組呈現邊緣不顯著的差別外( $p=0.05$ )，其餘結果顯示不論是否考慮 RL 分類，或是是否同時考慮時間的影響，皆未能呈現與對照組有顯著性的差別(表 648-表 657)。

表 644 FEV<sub>1</sub>/FVC 在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	189	82.94	±	5.70	<0.01
	>40，40 歲以上	95	79.78	±	6.46	
性別	女	86	82.96	±	6.09	0.06
	男	198	81.41	±	6.11	
抽菸習慣	無	253	81.96	±	6.20	0.69
	有	30	81.34	±	5.71	
喝酒習慣	無	258	81.86	±	6.28	0.89
	有	26	82.06	±	4.59	
嚼檳榔習慣	無	276	81.90	±	6.16	0.67
	有	8	81.36	±	5.40	
籍貫	台閩	219	64.65	±	23.45	0.10
	客家	40	73.95	±	28.26	
	其它(原住民與外省籍)	24	55.28	±	15.75	
教育程度	高中職以下	47	58.41	±	26.88	0.35
	大專/大學	125	65.79	±	22.79	
	研究所以上	111	67.56	±	23.56	

*p* 值使用無母數分析

表 645 FEV<sub>1</sub>/FVC 在不同疾病狀況下之分布情形

變項		N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	266	82.05	±	6.05	0.19
	有	17	79.43	±	7.21	
氣喘	無	274	82.12	±	6.07	<0.01
	有	8	74.75	±	4.68	
鼻炎	無	233	81.94	±	6.13	0.80
	有	51	81.60	±	6.21	
心律不整	無	273	82.07	±	6.07	0.01
	有	11	77.13	±	6.12	
心絞痛	無	281	81.89	±	6.16	0.57
	有	3	80.64	±	3.43	
心臟瓣膜疾病	無	279	81.92	±	6.18	0.27
	有	5	80.01	±	2.49	
高血脂	無	262	82.07	±	6.09	0.10
	有	22	79.67	±	6.40	
高血壓	無	260	81.97	±	6.28	0.19
	有	24	80.89	±	4.29	
異位性皮膚炎	無	261	81.83	±	6.27	0.61
	有	23	82.42	±	4.36	
過敏性皮膚炎	無	249	82.14	±	6.14	0.06
	有	35	80.02	±	5.82	
色素沉澱	無	276	81.86	±	6.16	0.53
	有	8	82.71	±	5.29	
毛囊炎	無	272	81.87	±	6.10	0.76
	有	12	82.14	±	7.07	

*p* 值使用無母數分析

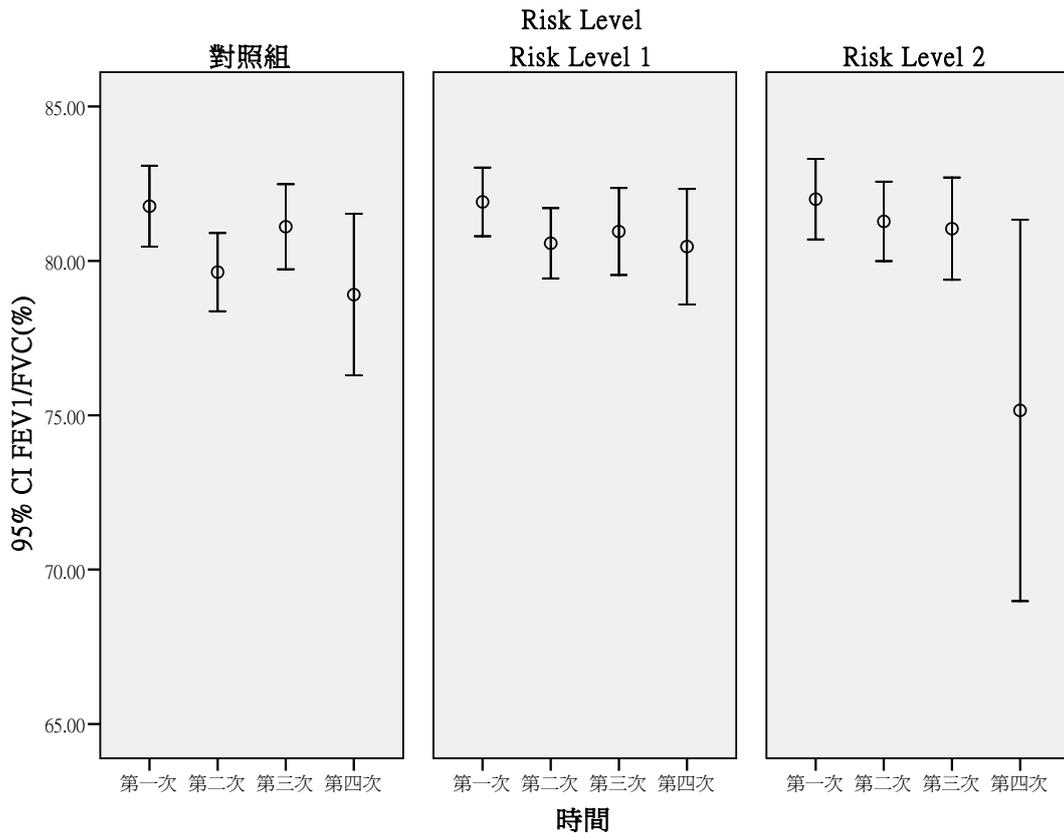


圖 286 FEV<sub>1</sub>/FVC 之重覆測量分布情形

表 646 FEV<sub>1</sub>/FVC 重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-3.50	0.75	<0.01
性別(男 vs 女)	-1.81	0.66	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.55	1.34	0.25
氣喘(有 vs 無)	-9.37	1.55	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-4.05	1.51	0.01
RL2vs 對照組	0.95	1.24	0.44
RL1vs 對照組	-0.36	1.03	0.73
Time	-1.01	0.29	<0.01
RL2*Time	-0.26	0.60	0.67
RL1*Time	0.46	0.36	0.21

依變項: FEV<sub>1</sub>/FVC

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 647 FEV<sub>1</sub>/FVC 重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-3.51	0.75	<0.01
性別(男 vs 女)	-1.75	0.65	0.01
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.61	1.37	0.24
氣喘(有 vs 無)	-9.37	1.57	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-4.08	1.50	0.01
Risk Level	0.43	0.62	0.48
Time	-0.84	0.27	<0.01
Risk Level* Time	-0.10	0.30	0.73

依變項: FEV<sub>1</sub>/FVC

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

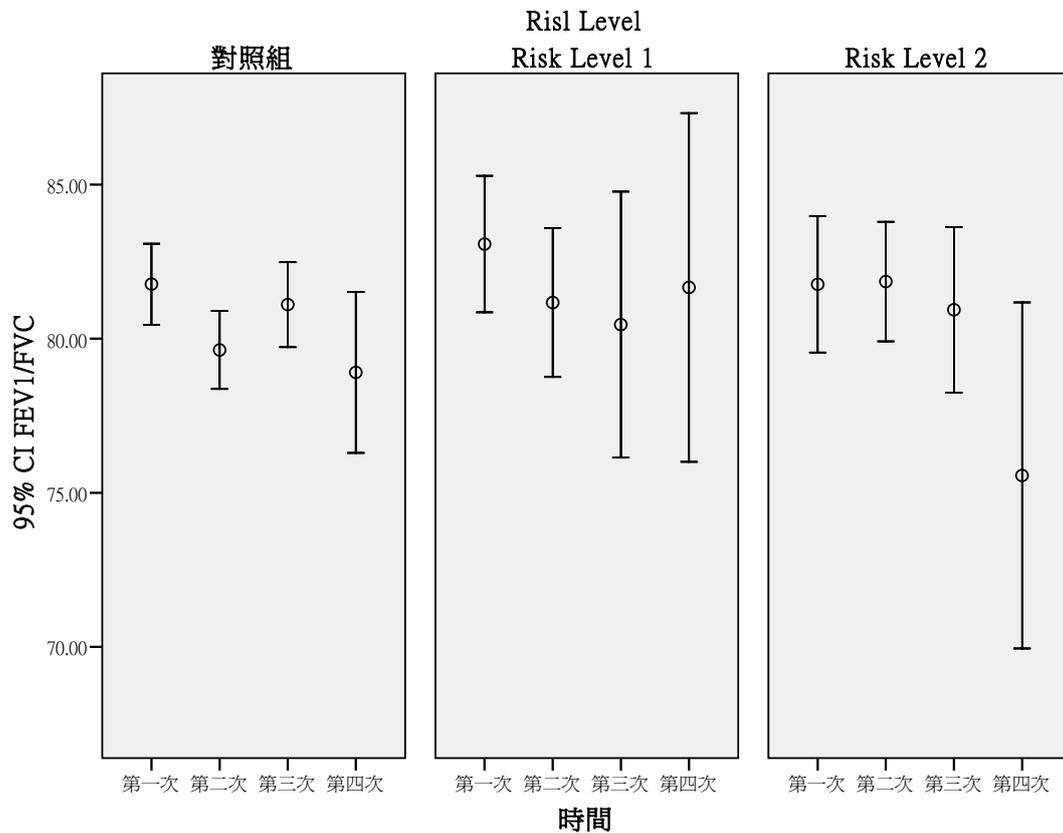


圖 287 奈米碳管處置者之 FEV<sub>1</sub>/FVC 重覆測量分布情形

表 648 FEV<sub>1</sub>/FVC 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-3.04	0.90	<0.01
性別(男 vs 女)	-1.94	0.95	0.04
抽菸習慣(有 vs 無)	0.26	1.41	0.85
氣喘(有 vs 無)	-8.95	1.97	<0.01
心律不整(有 vs 無)	1.03	2.36	0.66
RL2vs 對照組	-0.37	1.61	0.82
RL1vs 對照組	1.74	1.47	0.24
Time	-1.07	0.29	<0.01
RL2*Time	0.38	0.55	0.48
RL1*Time	0.00	0.56	1.00

依變項: FEV<sub>1</sub>/FVC

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 649 FEV<sub>1</sub>/FVC 在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-2.93	0.89	<0.01
性別(男 vs 女)	-1.76	0.92	0.06
抽菸習慣(有 vs 無)	0.43	1.42	0.76
氣喘(有 vs 無)	-8.96	2.09	<0.01
心律不整(有 vs 無)	0.55	2.25	0.81
Risk Level	0.05	0.78	0.95
Time	-1.10	0.28	<0.01
Risk Level* Time	0.16	0.27	0.55

依變項: FEV<sub>1</sub>/FVC

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

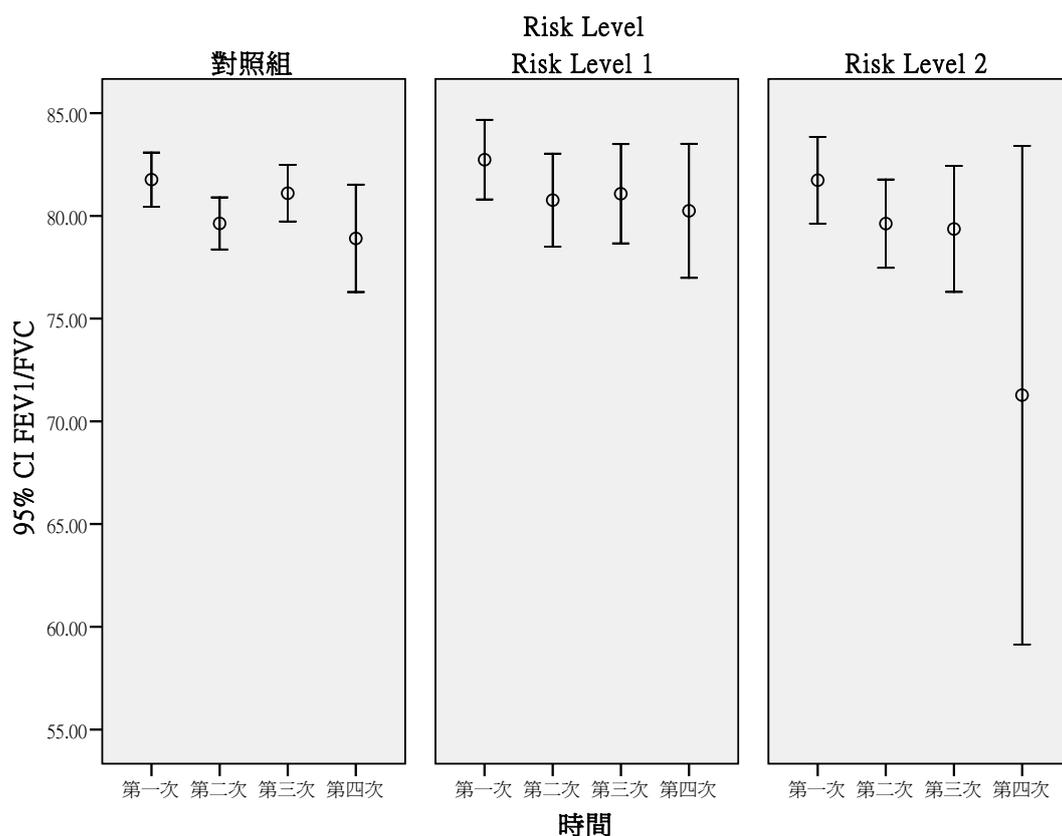


圖 288 奈米級二氧化鈦處置者之 FEV<sub>1</sub>/FVC 重覆測量分布情形

表 650 FEV<sub>1</sub>/FVC 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
≥40 歲 vs <40 歲	-3.44	0.98	<0.01
性別(男 vs 女)	-1.82	0.88	0.04
抽菸習慣(有 vs 無)	-2.20	2.26	0.33
氣喘(有 vs 無)	-11.75	1.73	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-4.34	1.84	0.02
RL2vs 對照組	2.19	1.93	0.26
RL1vs 對照組	0.53	1.33	0.69
Time	-0.99	0.29	<0.01
RL2*Time	-1.28	1.11	0.25
RL1*Time	0.15	0.43	0.73

依變項: FEV<sub>1</sub>/FVC

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 651 FEV<sub>1</sub>/FVC 在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-3.45	0.98	<0.01
性別(男 vs 女)	-1.70	0.87	0.05
抽菸習慣(有 vs 無)	-2.35	2.31	0.31
氣喘(有 vs 無)	-11.89	1.72	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-4.53	1.79	0.01
Risk Level	1.05	0.92	0.25
Time	-0.92	0.28	<0.01
Risk Level* Time	-0.57	0.51	0.27

依變項: FEV<sub>1</sub>/FVC

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

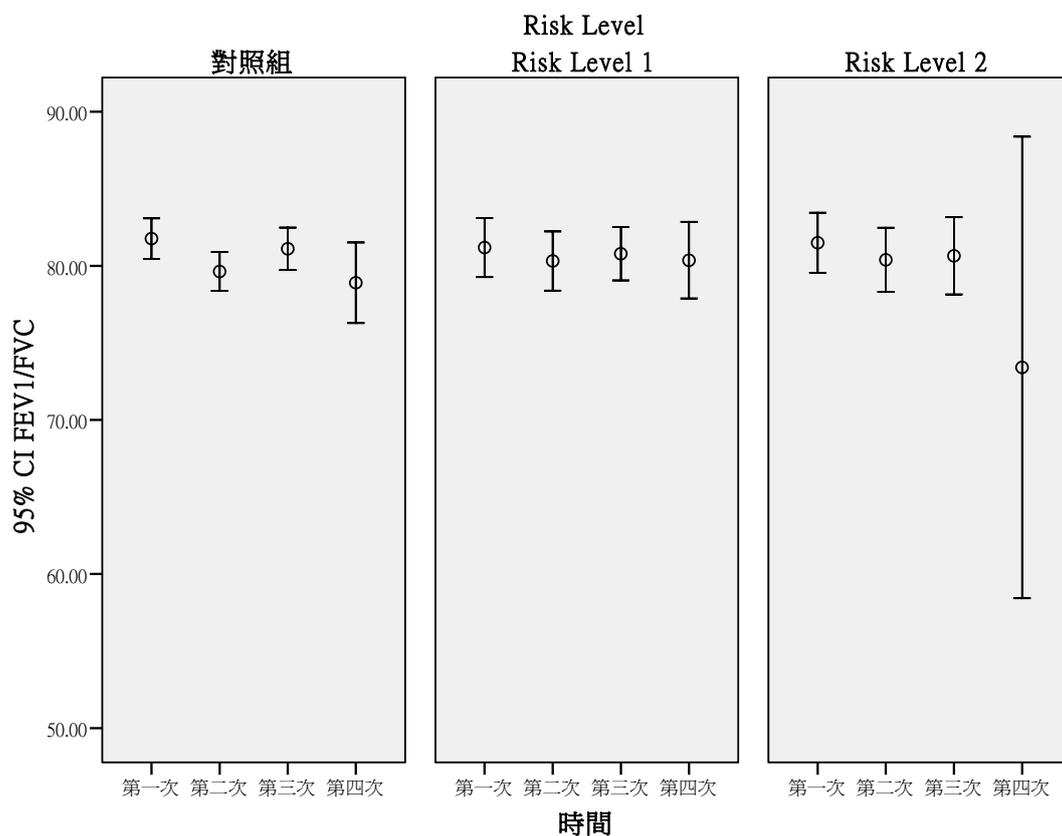


圖 289 奈米級二氧化矽處置者之 FEV<sub>1</sub>/FVC 重覆測量分布情形

表 652 FEV<sub>1</sub>/FVC 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-3.15	0.90	<0.01
性別(男 vs 女)	-1.53	0.80	0.06
抽菸習慣(有 vs 無)	-3.14	2.28	0.17
氣喘(有 vs 無)	-12.17	1.49	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-3.90	1.92	0.04
RL2vs 對照組	1.36	1.82	0.46
RL1vs 對照組	-1.99	1.35	0.14
Time	-0.98	0.29	<0.01
RL2*Time	-0.44	1.10	0.69
RL1*Time	0.96	0.43	0.03

依變項: FEV<sub>1</sub>/FVC

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 653 FEV<sub>1</sub>/FVC 在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-3.14	0.90	<0.01
性別(男 vs 女)	-1.53	0.79	0.05
抽菸習慣(有 vs 無)	-3.09	2.33	0.18
氣喘(有 vs 無)	-12.09	1.47	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-3.91	1.92	0.04
Risk Level	0.37	0.85	0.66
Time	-0.83	0.28	<0.01
Risk Level* Time	-0.08	0.50	0.87

依變項: FEV<sub>1</sub>/FVC

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

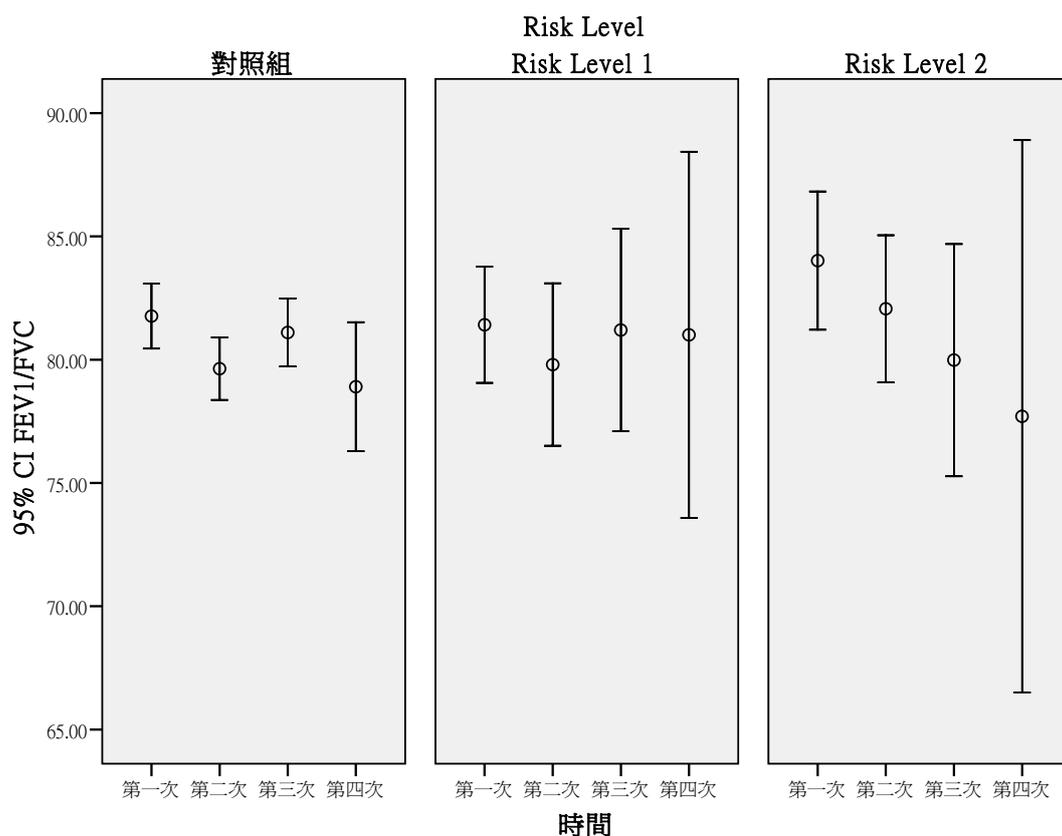


圖 290 奈米銀處置者之 FEV<sub>1</sub>/FVC 重覆測量分布情形

表 654 FEV<sub>1</sub>/FVC 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
≥40 歲 vs <40 歲	-2.12	0.90	0.02
性別(男 vs 女)	-1.47	0.92	0.11
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.38	1.42	0.79
氣喘(有 vs 無)	-12.06	1.97	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-6.39	1.90	<0.01
RL2vs 對照組	2.90	1.47	0.05
RL1vs 對照組	-0.36	1.70	0.83
Time	-1.05	0.29	<0.01
RL2*Time	-0.83	0.59	0.16
RL1*Time	0.27	0.72	0.71

依變項: FEV<sub>1</sub>/FVC

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 655 FEV<sub>1</sub>/FVC 在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-2.12	0.90	0.02
性別(男 vs 女)	-1.45	0.92	0.12
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.47	1.39	0.74
氣喘(有 vs 無)	-12.05	1.97	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-6.59	1.75	<0.01
Risk Level	1.16	0.75	0.12
Time	-1.00	0.28	<0.01
Risk Level* Time	-0.29	0.30	0.33

依變項: FEV<sub>1</sub>/FVC

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

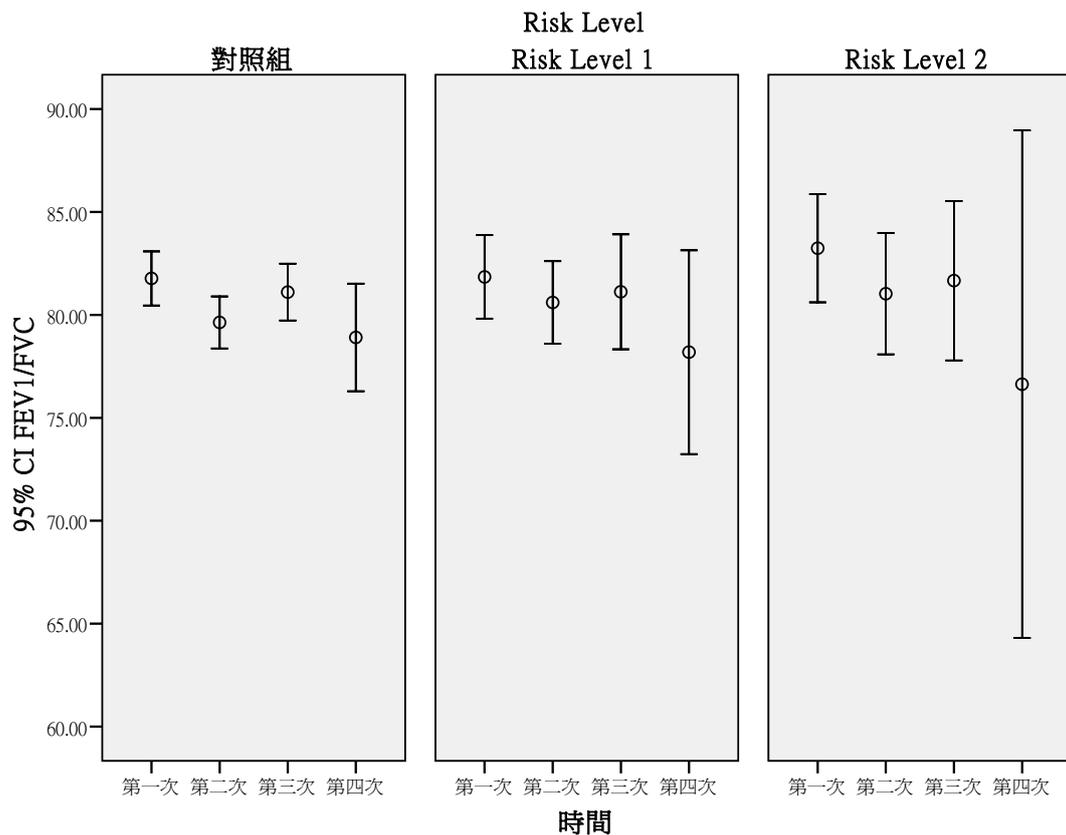


圖 291 其他奈米物質處置者之 FEV<sub>1</sub>/FVC 重覆測量分布情形

表 656 FEV<sub>1</sub>/FVC 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-2.27	0.89	0.01
性別(男 vs 女)	-1.71	0.91	0.06
抽菸習慣(有 vs 無)	0.38	1.28	0.77
氣喘(有 vs 無)	-11.32	1.51	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-2.82	1.96	0.15
RL2vs 對照組	2.13	1.47	0.15
RL1vs 對照組	-0.35	1.39	0.80
Time	-1.06	0.29	<0.01
RL2*Time	-0.44	0.55	0.43
RL1*Time	0.41	0.49	0.41

校正變項: FEV<sub>1</sub>/FVC

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 657 FEV<sub>1</sub>/FVC 在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-2.25	0.89	0.01
性別(男 vs 女)	-1.73	0.91	0.06
抽菸習慣(有 vs 無)	0.30	1.28	0.82
氣喘(有 vs 無)	-11.26	1.51	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-2.88	1.98	0.15
Risk Level	0.81	0.73	0.26
Time	-1.01	0.28	<0.01
Risk Level* Time	-0.10	0.27	0.72

校正變項: FEV<sub>1</sub>/FVC

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

### (3) PEFr(%)

尖端吐氣流量流速(Peak expiratory flow rate, PEFr) 代表著用力呼氣時的最高速度，與 FEV<sub>1</sub> 可視為是呼吸流速指標，反應著氣道通暢與呼吸肌力量的狀況，對大部份的氣喘病人而言與 FEV<sub>1</sub> 呈高度線性相關，當兩數值皆正常時，受測者之通氣功能大致是正常的。一般而言，PEFr 在早上剛睡醒的時候最低，而在中午十二點及下午兩點間最高。可藉由其結果來評估氣喘病的嚴重性，評估氣喘病急性惡化時對治療的反應，而 PEFr 的每日測值不得小於最佳值的 80%，僅為預估正常值 80%時，為輕度哮喘；60-80%時，為中度哮喘，而小於 60%時，則可視為是重度的哮喘患者。且若在兒童測定時其變異度大於 30%或成人大於 20%時，即可診斷為氣喘 [177]。在測定值為哮喘急性期時，PEFr 對預測病情發展的價值較 FEV<sub>1</sub> 為佳。

表 658 顯示當以不同的生活習慣為變項時，僅具嚼食檳榔習慣的受測者，其 PEFr 呈現邊緣不顯著的小於未有嚼食檳榔習慣的結果( $p=0.07$ )，其餘皆為無顯著性的差異，且測定值之結果顯示約略在正常預估值相當。表 659 顯示在考慮是否罹患不同疾病為變項時，有罹患心絞痛、慢性支氣管炎或氣喘的受測者，其測得之 PEFr 與各別的對照組呈現顯著性的差異，唯在心絞痛部分，是罹病者的結果高於對照組(129%與 103%)，氣喘與慢性支氣管炎的結果中，則符合預期的是罹病者會有較低的 PEFr 結果，但皆仍高於正常值之 80%，顯示其症狀應屬輕微。

圖 292 為對不同的 RL 分組其重複測量的分佈情形，其中對照組與 RL2 似乎隨著時間呈現減少的情形，但 RL1 則卻是略微遞增的現象，但在考量其變化幅度小(均小於 10%)與數據跳動明顯，因此 PEFr 在各組隨時間之變化的趨勢並不明顯。而在以 GEE 分析 PEFr 與受測者的關係時，由於氣喘與慢性支氣管炎之生理現象較為相似，因此僅考慮其一作為校正變項，由表 660 及表 661 可發現當不考慮危害層級時，受測者之 PEFr 測值有隨時間增加而呈現遞減的現象。但若考慮危險層級和對照組進行比較時，則不論是否對危險層級細分為 RL1 及 RL2 或是進一步考慮測定時間對各別或整體危害層級的影響時，其與對照組間皆無呈現顯著性的影響或差異。

在進一步對處置者所暴露的不同奈米物質做分類探討，首先在重複測量分布情形中，圖 293 顯示對奈米碳管處置者而言，除 RL2 在第四次之結果呈現顯著下降，其餘不論危險層級或是取樣時間似乎皆不對分析結果造成影響。在圖 294 的奈米二氧化鈦結果中，則是除了對照組的結果呈現不隨收案時間而有所變化外，在 RL1 和 RL2 兩個危害層級皆有隨著(收案)時間的增加，而呈現下降的現象，但變化的程度皆小於其各別 error bar 的範圍。圖 295 顯示奈米級二氧化矽重複測量分布情形，其結果與前述圖 294 奈米級二氧化鈦的結果相似，數據變化的程度一樣皆小於其 error bar 的範圍。圖 296 則是奈米銀重複測量分布情形，其結果顯示不論是在不同的危害層級中其隨時間變化的現象，皆是呈現先減少在逐漸增加的結果，而 RL1 與 RL2 在任何一次採樣的結果都高於相對的對照組結果。最後在圖 297 則是其他奈米物質處置者之結果，似乎在不同危害層級或是不同的採樣時間下，其結果均無呈現一明顯的變化。而在使用 GEE 的分析中顯示，若不考慮危害層級僅考慮時間因素，則顯示除表 669 及表 671 分別對奈米銀和其它奈米物質的結果呈現邊緣不顯著的減少現象外，在其餘的結果中則皆呈現了 PEFR 會顯著隨時間而呈現減少(表 662、表 663、表 664、表 665、表 666、表 667、表 668 及表 670)。在其它的數據中，除在表 664 中奈米級二氧化鈦處置者在單獨考慮 RL1 對對照組呈現邊緣不顯著( $p=0.08$ )的增加現象外，其餘不論是考量何種奈米物質處置者、何種危險層級或考慮時間因素與否，皆對所測得的 PEFR 結果無顯著性的影響。

表 658 PEFR(%)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	<=40, 40 歲以下	189	102.75	±	17.60	0.55
	>40, 40 歲以上	95	104.61	±	19.02	
性別	女	86	104.51	±	19.70	0.41
	男	198	102.88	±	17.35	
抽菸習慣	無	253	103.92	±	18.51	0.13
	有	30	99.20	±	13.52	
喝酒習慣	無	258	103.65	±	17.94	0.67
	有	26	100.58	±	19.49	
嚼檳榔習慣	無	276	103.64	±	18.06	0.07
	有	8	94.16	±	17.09	
籍貫	台閩	219	103.97	±	17.49	0.61
	客家	40	101.36	±	21.92	
	其它(原住民與外省籍)	24	101.25	±	16.98	
教育程度	高中職以下	47	100.87	±	15.49	0.23
	大專/大學	125	102.33	±	18.17	
	研究所以上	111	105.73	±	18.89	

*p* 值使用無母數分析

表 659 PEFr(%)在不同疾病狀況下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	266	104.06	±	17.97	0.03
	有	17	92.78	±	17.27	
氣喘	無	274	104.00	±	17.85	0.01
	有	8	85.06	±	17.37	
鼻炎	無	233	103.84	±	18.12	0.38
	有	51	101.21	±	17.86	
心律不整	無	273	103.48	±	17.94	0.51
	有	11	100.75	±	22.02	
心絞痛	無	281	103.09	±	17.94	0.02
	有	3	129.30	±	12.58	
心臟瓣膜疾病	無	279	103.44	±	18.13	0.43
	有	5	99.40	±	15.53	
高血脂	無	262	103.03	±	17.91	0.14
	有	22	107.40	±	19.94	
高血壓	無	260	103.37	±	18.03	0.89
	有	24	103.43	±	18.91	
異位性皮膚炎	無	261	103.02	±	18.07	0.26
	有	23	107.36	±	18.05	
過敏性皮膚炎	無	249	103.26	±	18.18	0.89
	有	35	104.16	±	17.51	
色素沉澱	無	276	103.30	±	18.01	0.63
	有	8	105.96	±	21.27	
毛囊炎	無	272	103.46	±	18.18	0.65
	有	12	101.29	±	16.04	

*p* 值使用無母數分析

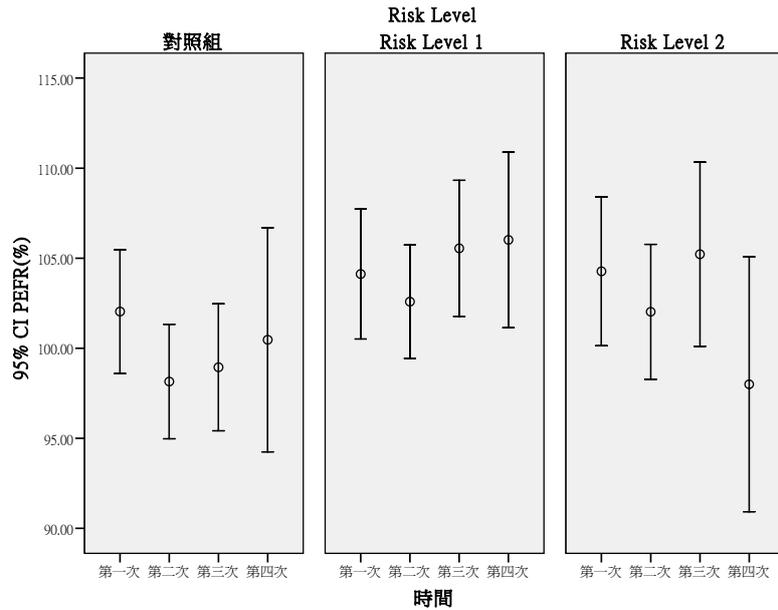


圖 292 PEFR(%)之重覆測量分布情形

表 660 PEFR(%)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.43	2.14	0.84
抽菸習慣(有 vs 無)	-5.05	2.29	0.03
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-7.64	3.13	0.01
心絞痛(有 vs 無)	13.91	5.83	0.02
RL2vs 對照組	2.00	3.45	0.56
RL1vs 對照組	1.33	3.24	0.68
Time	-1.54	0.72	0.03
RL2*Time	0.67	1.24	0.59
RL1*Time	1.41	1.03	0.17

依變項: PEFR(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 661 PEFR(%)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	0.76	2.09	0.71
抽菸習慣(有 vs 無)	-5.28	2.32	0.02
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-7.59	3.12	0.02
心絞痛(有 vs 無)	13.21	5.70	0.02
Risk Level	0.99	1.72	0.56
Time	-1.24	0.67	0.06
Risk Level* Time	0.39	0.61	0.53

依變項: PEFR(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

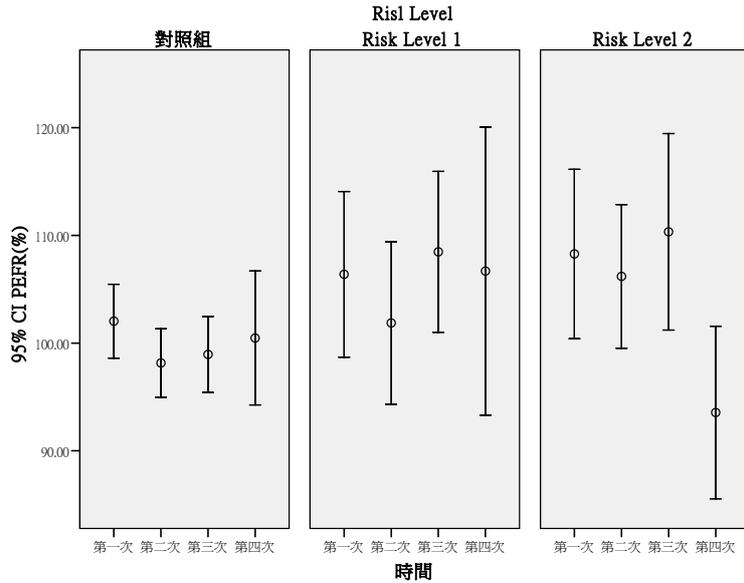


圖 293 奈米碳管處置者之 PEFR(%)重覆測量分布情形

表 662 PEFR(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-0.31	3.02	0.92
抽菸習慣(有 vs 無)	-3.96	3.49	0.26
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-7.76	3.59	0.03
心絞痛(有 vs 無)	10.21	8.97	0.26
RL2vs 對照組	7.00	5.33	0.19
RL1vs 對照組	5.05	5.36	0.35
Time	-1.57	0.72	0.03
RL2*Time	-0.03	1.93	0.99
RL1*Time	0.35	1.26	0.78

依變項: PEFR(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 663 PEFR(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-0.06	2.91	0.98
抽菸習慣(有 vs 無)	-3.77	3.44	0.27
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-7.75	3.61	0.03
心絞痛(有 vs 無)	9.55	8.88	0.28
Risk Level	3.66	2.59	0.16
Time	-1.54	0.70	0.03
Risk Level* Time	0.03	0.88	0.98

依變項: PEFR(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

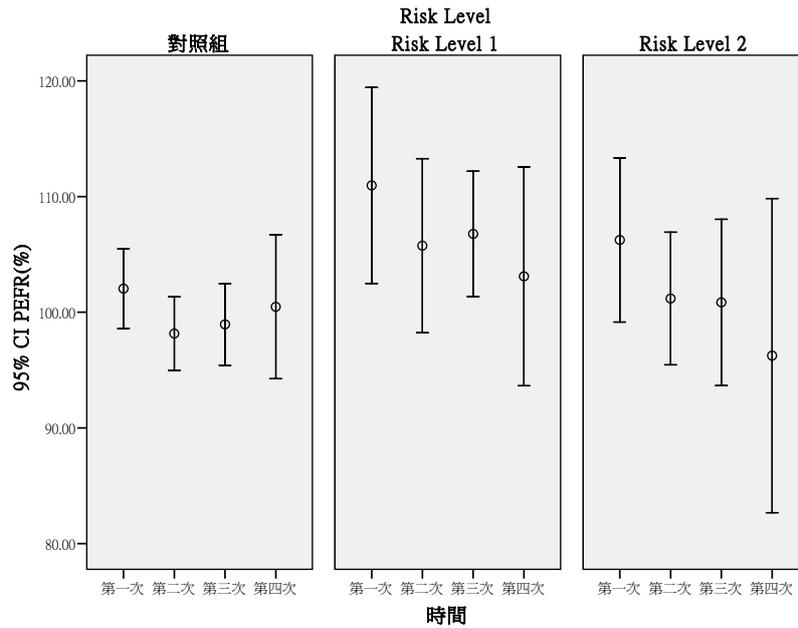


圖 294 奈米級二氧化鈦處置者之 PEFR(%)重覆測量分布情形

表 664 PEFR(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-2.94	2.72	0.28
抽菸習慣(有 vs 無)	-3.44	3.81	0.37
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-5.70	2.55	0.03
RL2vs 對照組	7.19	5.22	0.17
RL1vs 對照組	9.60	5.50	0.08
Time	-1.59	0.72	0.03
RL2*Time	-1.50	1.90	0.43
RL1*Time	-0.31	1.48	0.83

依變項: PEFR(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 665 PEFR(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-2.27	2.68	0.40
抽菸習慣(有 vs 無)	-4.50	3.77	0.23
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-5.57	3.03	0.07
Risk Level	4.13	2.53	0.10
Time	-1.54	0.71	0.03
Risk Level* Time	-0.71	0.89	0.43

依變項: PEFR(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

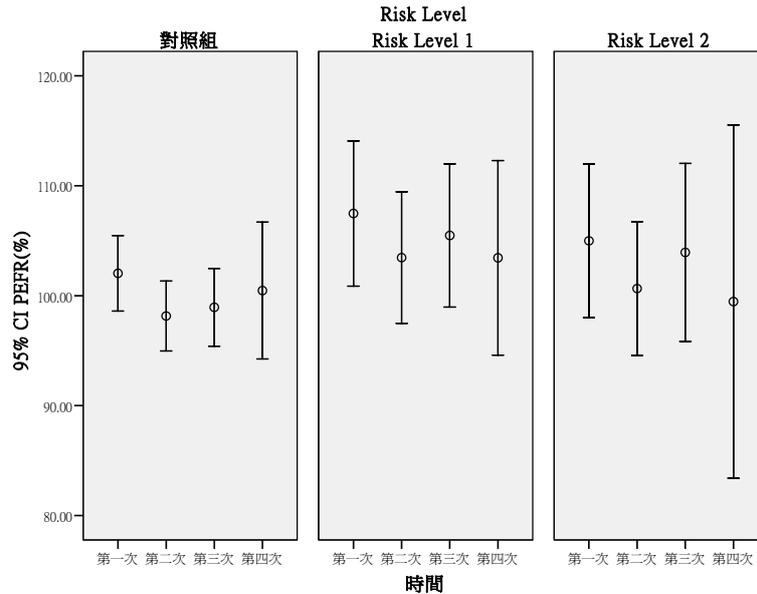


圖 295 奈米級二氧化矽處置者之 PEFR(%)重覆測量分布情形

表 666 PEFR(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-0.96	2.51	0.70
抽菸習慣(有 vs 無)	-4.91	3.75	0.19
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-6.89	3.39	0.04
心絞痛(有 vs 無)	12.45	3.55	<0.01
RL2vs 對照組	2.91	5.24	0.58
RL1vs 對照組	5.61	4.90	0.25
Time	-1.58	0.72	0.03
RL2*Time	0.53	2.01	0.79
RL1*Time	0.02	1.59	0.99

依變項: PEFR(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 667 PEFR(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-0.69	2.49	0.78
抽菸習慣(有 vs 無)	-5.67	3.75	0.13
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-7.61	3.37	0.02
心絞痛(有 vs 無)	11.19	3.53	<0.01
Risk Level	1.93	2.49	0.44
Time	-1.61	0.71	0.02
Risk Level* Time	0.24	0.93	0.80

依變項: PEFR(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

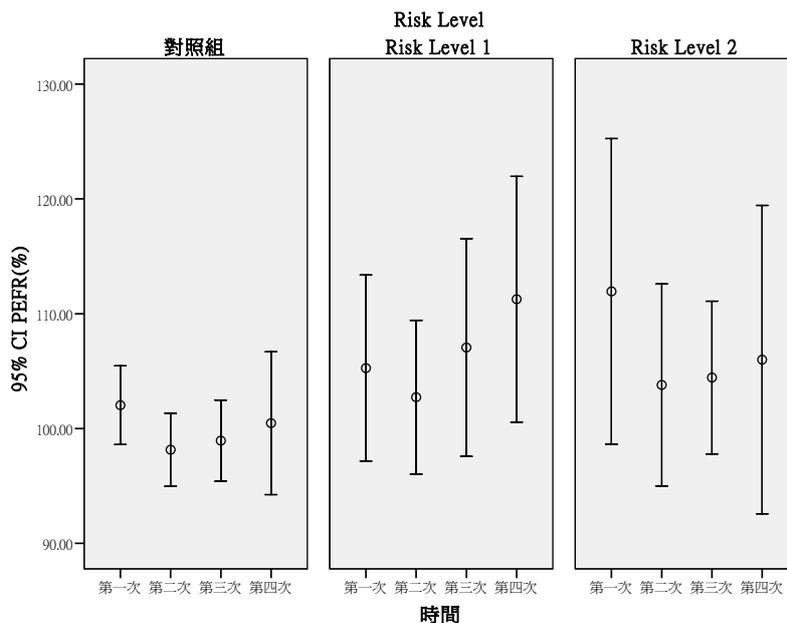


圖 296 奈米銀處置者之 PEFR(%)重覆測量分布情形

表 668 PEFR(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-1.26	2.59	0.63
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.63	3.36	0.63
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-9.14	3.15	<0.01
RL2vs 對照組	11.84	8.72	0.17
RL1vs 對照組	1.75	5.16	0.73
Time	-1.54	0.72	0.03
RL2*Time	-2.32	3.03	0.44
RL1*Time	2.55	1.73	0.14

依變項: PEFR(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 669 PEFR(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-1.10	2.59	0.67
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.37	3.35	0.68
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-8.20	3.00	0.01
Risk Level	5.07	3.83	0.19
Time	-1.32	0.71	0.06
Risk Level* Time	-0.47	1.30	0.72

依變項: PEFR(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

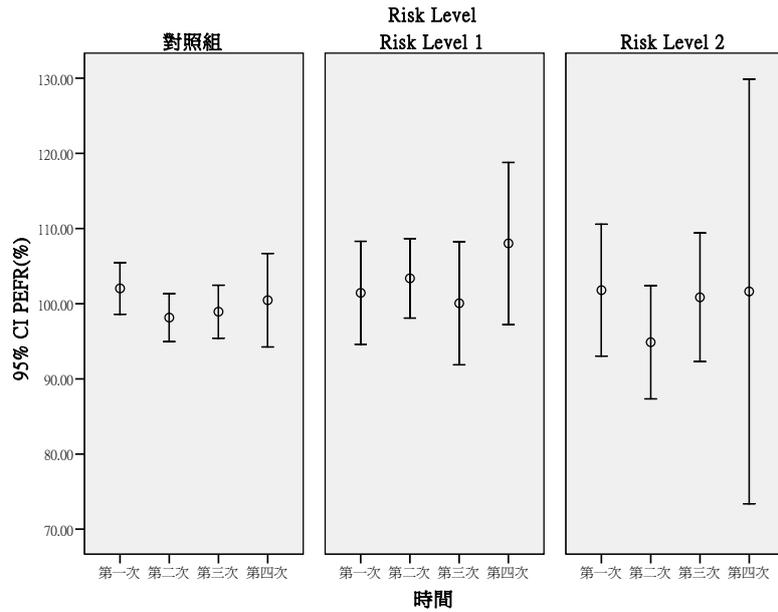


圖 297 其他奈米物質處置者之 PEFR(%)重覆測量分布情形

表 670 PEFR(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-0.61	2.55	0.81
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.16	3.34	0.73
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-5.54	3.67	0.13
心絞痛(有 vs 無)	17.54	3.95	<0.01
RL2vs 對照組	-1.18	6.14	0.85
RL1vs 對照組	-1.19	4.90	0.81
Time	-1.53	0.72	0.03
RL2*Time	0.19	2.11	0.93
RL1*Time	1.77	1.69	0.30

校正變項: PEFR(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 671 PEFR(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-0.45	2.50	0.86
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.37	3.34	0.68
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-5.45	3.70	0.14
心絞痛(有 vs 無)	16.71	3.69	<0.01
Risk Level	-0.75	2.80	0.79
Time	-1.41	0.71	0.05
Risk Level* Time	0.45	0.95	0.63

校正變項: PEFR(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

#### (4) MMF(%)

最大呼氣中段流量(Maximal mid-expiratory flow, MMF, MMEF 或 FEF25-75)為肺活量總體積 25-75%(即中間一半部分)的氣體被呼出時的平均流量，或是藉由計算 FVC25%與 FVC75%兩點連線間的斜率來求得。MMF 通常與 FEV<sub>1</sub>的變化相同，但是與 FEV<sub>1</sub>比較時其較少用力依賴，比 FEV<sub>1</sub> 更早能偵測出呼吸道阻塞病變，甚至在 FEV<sub>1</sub>、FEV<sub>1</sub>/FVC(%)和氣道阻力均正常時，MMF 卻可呈現降低的現象，因此其在小呼吸道氣流的觀察上更具意義，這些小氣道在吸氣狀態下內徑小於 2 mm，包括全部細支氣管和終末細支氣管，為許多慢性肺部疾病早期易受影響的部位。而另外 FVC 起始呼氣流速快，因此也受到主觀用力的影響程度大而不易掌控，而到了呼氣末期，由於處於低肺部容量，肺的彈力及回縮力皆降低，使得氣道口徑縮小，氣流量低，對於已有呼吸困難者，因此便有可能無法正確完成。如前所述，MMF 取決於 FVC 非用力依賴部分，此時儘管再用力，呼出流量固定與用力無關。一般以實測值大於預估值之 75%以上作為正常結果。

表 672 顯示在以不同生活習慣為變項時對 MMF(%)之影響，結果顯示僅在性別變項中呈現顯著性差異，且女性之平均 MMF(%)顯著高於男性之平均測值。另外則是在籍貫的變項中呈現了邊緣不顯著之影響( $p=0.06$ )。而表 673 則顯示在已是否罹患不同疾病為變項時，其對測得之 MMF(%)的結果，顯示對於罹患慢性支氣管炎、氣喘及心律不整的患者，其 MMF(%)測值顯著低於其各別對照組，其中罹患慢性支氣管炎患者的平均值僅略大於正常下限值 75%，罹患心律不整的患者則是略低於正常下限值(73.8%)，而罹患氣喘之患者則明顯的遠低於正常下限值(56.3%)。

圖 298 則是顯示 MMF(%)在不同危害層級下分別對時間之重複測量分布情形，可看出除 RL2 之 MMF(%)結果呈現明顯隨時間減少情形外，在對照組與 RL1 之危害層級，似乎皆沒有較明顯的趨勢。而在以 GEE 進行分析時，表 674 及表 675 皆顯示在不考慮危害層級的劃分時，所得到之 MMF(%)數據會有隨時間而呈現明顯下降的趨勢。而不論是單獨的考量 RL1 或 RL2 各別與對照組比較，或是僅考慮具危害風險層級對對照組間的比較皆顯示並無顯著的影響。而若將時間納入考量，則表 675 顯示若僅對有危害與對

照組的比較，則不同時間的取樣似乎無明顯的效應。而在當將危害程度分為 RL1 及 RL2 時，表 674 則顯示，RL2 相對於對照組，在考慮時間的影響時，同時參照圖 298 對照組本身在時間的影響下所呈現略微下降的現象，似乎表示 RL2 其呈現明顯的較對照組小的下降幅度。

進一步對處置者所暴露的物質進行不同的分類討論時，首先在圖 299 中顯示奈米碳管處置者之 MMF(%)重複測量分佈的情形，在對照組中呈現在第二次採樣後的值下降後呈現平緩的現象，而對於 RL1 程度則呈現先減少再增加的現象，至於在 RL2 中則是呈現隨著時間而持續下降的情形。而具有類似現象的還包括有圖 301 的奈米級二氧化矽和圖 302 的奈米銀。而圖 300 則是奈米級二氧化鈦處置者 MMF(%)重複測量分布情形，其對照組與 RL1 在不同時間收案後則是呈現下降後持平的現象，不若 RL2 則似乎呈現持續下降的情形。其它奈米物質處置者的 MMF(%)重複測量分布情形則顯示於圖 303，對照組仍呈現先下降後持平的現象，但 RL1 及 RL2 之整體趨勢則是隨著時間有持續遞減的情形。而在考慮將性別、是否有抽煙習慣、是否罹患支氣管炎及是否罹患心律不整作為校正變項進行數據校正後，對於處置者在不同奈米物質暴露下，可看出當完全不考慮危害層級分組時，僅考慮收案時間/次數時，受試者會呈現隨時間/次數的增加，其 MMF(%)有呈現下降的現象(表 676 - 表 685)。而危害層級的分組，不論分組的程度是只區分為 RL 與對照組或是再細分為 RL1 及 RL2 與對照組，可看出不論是否考慮收案時間/次數的影響，多半與所測之 MMF(%)間無明顯相關性。表 680 中的奈米二氧化矽處置者其 RL1 在不同時間點相對於對照組與表 682 中奈米銀處置者其 RL2 在不同時間點相對於對照組的結果，則是少數呈現對 MMF(%)有顯著影響的結果，但前者顯示其隨時間的變化相對於對照組而言，呈現一顯著增加的現象，而後者則剛好呈現一相反的結果。

表 672 MMF(%)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	189	90.33	±	22.46	0.77
	>40, 40 歲以上	95	91.18	±	28.12	
性別	女	86	95.42	±	24.68	0.03
	男	198	88.52	±	24.12	
抽菸習慣	無	253	91.00	±	24.69	0.89
	有	30	88.10	±	22.54	
喝酒習慣	無	258	90.72	±	24.89	0.71
	有	26	89.55	±	19.93	
嚼檳榔習慣	無	276	90.59	±	24.55	0.88
	有	8	91.25	±	22.12	
籍貫	台閩	219	90.39	±	23.72	0.06
	客家	40	96.93	±	30.07	
	其它(原住民與外省籍)	24	81.85	±	18.35	
教育程度	高中職以下	47	88.24	±	27.02	0.64
	大專/大學	125	92.02	±	24.83	
	研究所以上	111	90.24	±	22.98	

*p* 值使用無母數分析

表 673 MMF(%)在不同疾病狀況下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	266	91.50	±	24.43	0.02
	有	17	77.64	±	21.98	
氣喘	無	274	91.76	±	24.03	<0.01
	有	8	56.29	±	11.45	
鼻炎	無	233	91.22	±	24.56	0.44
	有	51	87.85	±	24.01	
心律不整	無	273	91.29	±	24.36	0.02
	有	11	73.80	±	21.44	
心絞痛	無	281	90.51	±	24.36	0.74
	有	3	100.40	±	36.96	
心臟瓣膜疾病	無	279	90.87	±	24.57	0.11
	有	5	76.42	±	9.99	
高血脂	無	262	90.97	±	24.12	0.29
	有	22	86.41	±	28.42	
高血壓	無	260	90.13	±	24.51	0.23
	有	24	95.80	±	23.65	
異位性皮膚炎	無	261	90.39	±	24.80	0.76
	有	23	93.15	±	20.41	
過敏性皮膚炎	無	249	91.31	±	24.48	0.14
	有	35	85.68	±	24.03	
色素沉澱	無	276	90.59	±	24.73	0.80
	有	8	91.38	±	12.33	
毛囊炎	無	272	90.78	±	24.59	0.86
	有	12	86.78	±	21.60	

*p* 值使用無母數分析

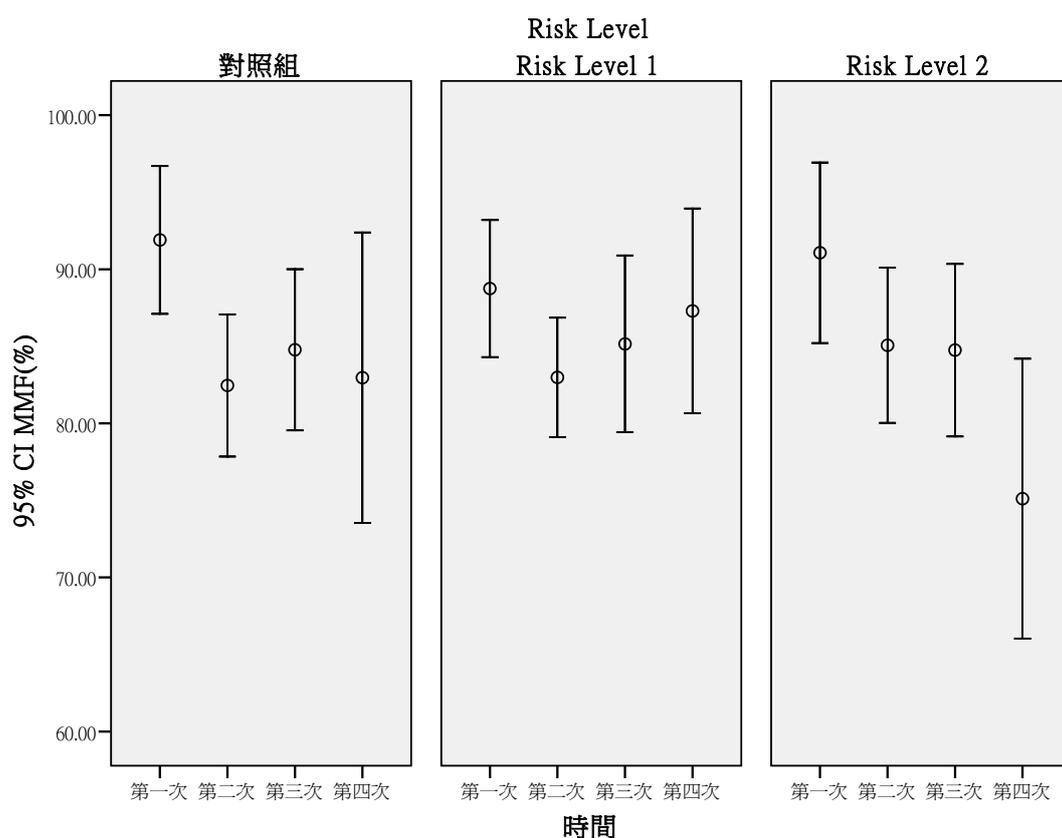


圖 298 MMF(%)之重覆測量分布情形

表 674 MMF(%)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-5.84	2.78	0.04
抽菸習慣(有 vs 無)	-2.29	3.58	0.52
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-10.06	5.23	0.05
心律不整(有 vs 無)	-16.00	5.55	<0.01
RL2vs 對照組	2.34	4.47	0.60
RL1vs 對照組	-3.48	3.96	0.38
Time	-4.65	0.83	<0.01
RL2*Time	0.39	1.34	0.77
RL1*Time	2.70	1.21	0.03

依變項: MMF(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 675 MMF(%)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-5.76	2.75	0.04
抽菸習慣(有 vs 無)	-2.48	3.59	0.49
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-10.05	5.21	0.05
心律不整(有 vs 無)	-16.19	5.57	<0.01
Risk Level	0.94	2.22	0.67
Time	-3.93	0.77	<0.01
Risk Level* Time	0.32	0.66	0.63

依變項: MMF(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

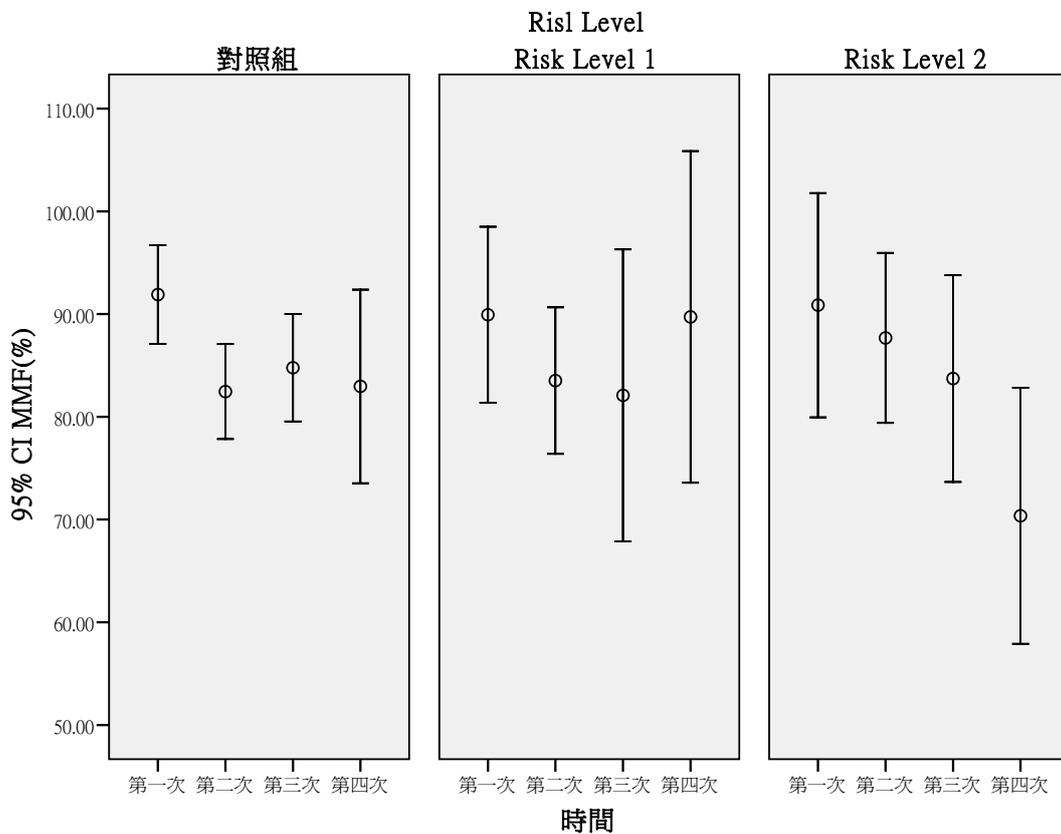


圖 299 奈米碳管處置者之 MMF(%)重覆測量分布情形

表 676 MMF(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-4.32	3.96	0.27
抽菸習慣(有 vs 無)	1.92	5.37	0.72
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-10.64	5.83	0.07
心律不整(有 vs 無)	0.29	11.57	0.98
RL2vs 對照組	2.44	7.40	0.74
RL1vs 對照組	-1.64	6.29	0.79
Time	-4.70	0.83	<0.01
RL2*Time	0.20	2.27	0.93
RL1*Time	1.86	2.15	0.39

依變項: MMF(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 677 MMF(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-4.21	3.81	0.27
抽菸習慣(有 vs 無)	1.85	5.39	0.73
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-10.63	5.83	0.07
心律不整(有 vs 無)	0.20	11.55	0.99
Risk Level	0.81	3.50	0.82
Time	-4.53	0.82	<0.01
Risk Level* Time	0.34	1.07	0.75

依變項: MMF(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

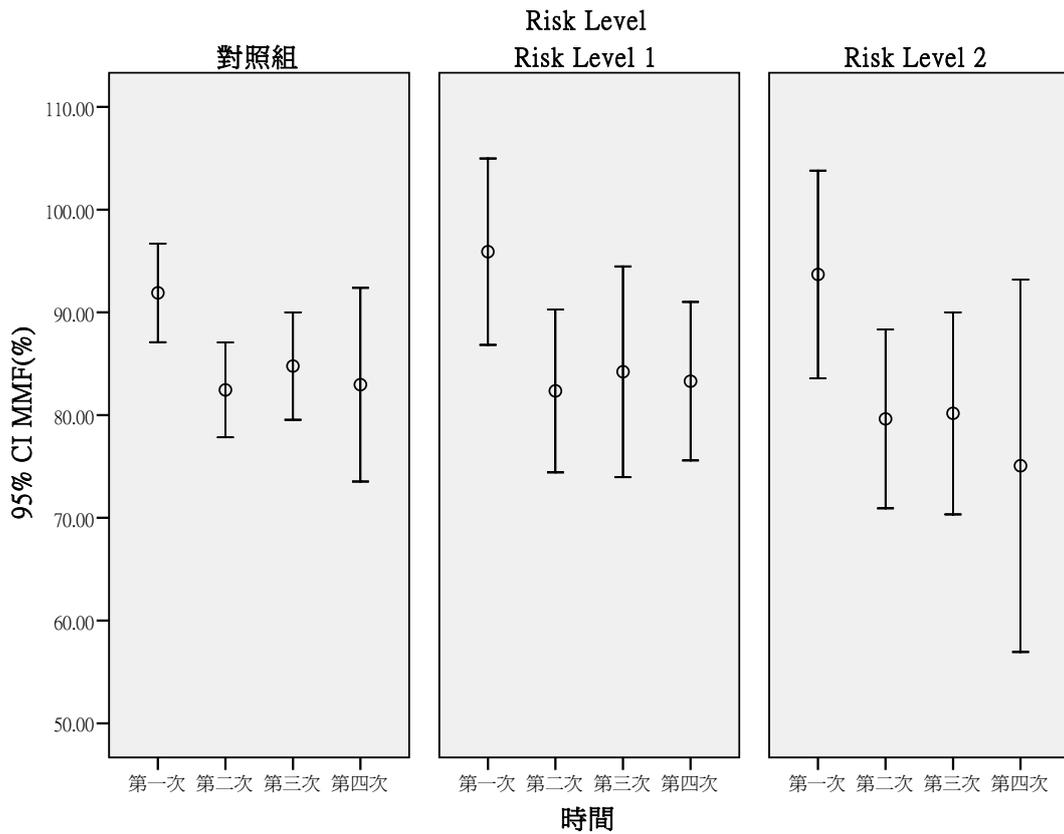


圖 300 奈米級二氧化鈦處置者之 MMF(%)重覆測量分布情形

表 678 MMF(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-6.07	3.64	0.10
抽菸習慣(有 vs 無)	-2.84	5.53	0.61
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-15.43	9.16	0.09
心律不整(有 vs 無)	-23.97	6.37	<0.01
RL2vs 對照組	7.74	6.48	0.23
RL1vs 對照組	7.31	5.98	0.22
Time	-4.75	0.83	<0.01
RL2*Time	-1.44	1.86	0.44
RL1*Time	-1.04	1.67	0.53

依變項: MMF(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 679 MMF(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-5.81	3.63	0.11
抽菸習慣(有 vs 無)	-3.29	5.48	0.55
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-15.36	9.37	0.10
心律不整(有 vs 無)	-24.14	6.38	<0.01
Risk Level	4.18	3.12	0.18
Time	-4.77	0.81	<0.01
Risk Level* Time	-0.75	0.89	0.40

依變項: MMF(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

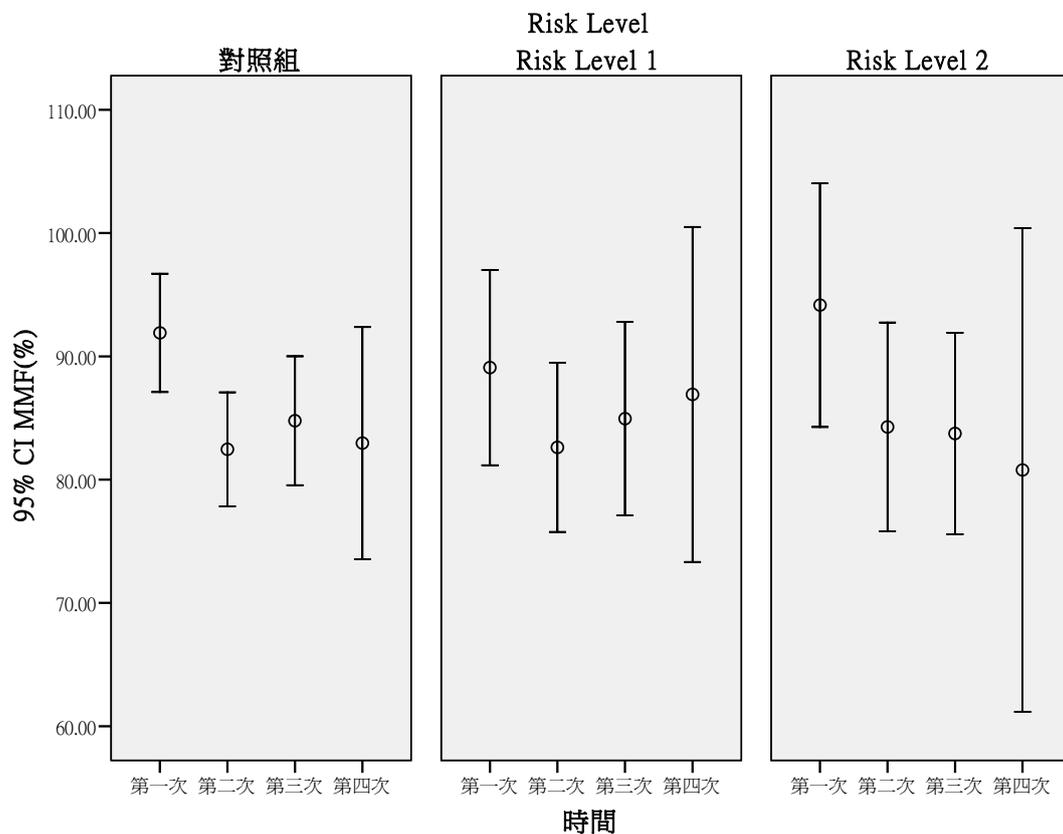


圖 301 奈米級二氧化矽處置者之 MMF(%)重覆測量分布情形

表 680 MMF(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-5.70	3.30	0.08
抽菸習慣(有 vs 無)	-4.57	5.64	0.42
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-13.66	10.65	0.20
心律不整(有 vs 無)	-18.83	7.86	0.02
RL2vs 對照組	5.57	6.05	0.36
RL1vs 對照組	-5.92	5.31	0.26
Time	-4.70	0.83	<0.01
RL2*Time	0.64	1.55	0.68
RL1*Time	3.66	1.67	0.03

依變項: MMF(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 681 MMF(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-5.75	3.29	0.08
抽菸習慣(有 vs 無)	-4.17	5.59	0.46
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-12.99	10.59	0.22
心律不整(有 vs 無)	-18.71	7.87	0.02
Risk Level	1.75	2.90	0.55
Time	-4.28	0.81	<0.01
Risk Level* Time	0.72	0.76	0.34

依變項: MMF(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

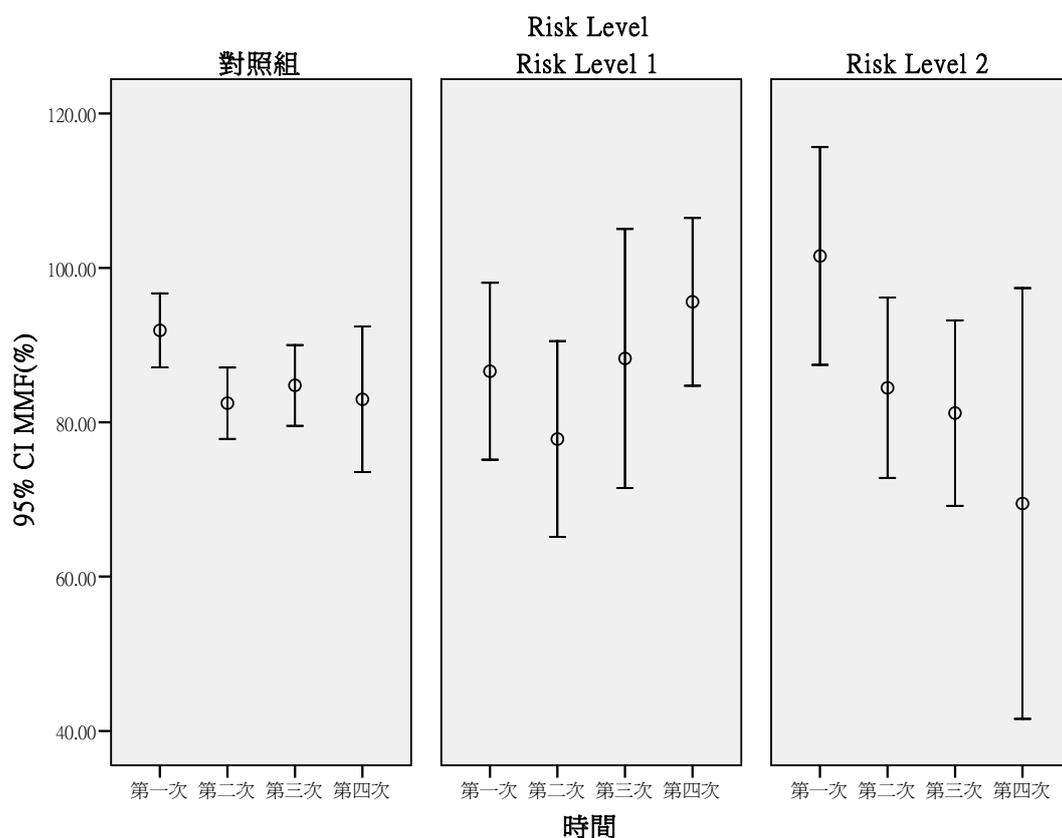


圖 302 奈米銀處置者之 MMF(%)重覆測量分布情形

表 682 MMF(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-3.34	3.87	0.39
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.52	5.61	0.79
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-13.29	8.56	0.12
心律不整(有 vs 無)	-15.88	6.75	0.02
RL2vs 對照組	15.58	8.67	0.07
RL1vs 對照組	-6.04	7.61	0.43
Time	-4.73	0.83	<0.01
RL2*Time	-5.35	2.62	0.04
RL1*Time	3.67	2.38	0.12

依變項: MMF(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 683 MMF(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-3.16	3.87	0.41
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.94	5.56	0.73
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-12.92	8.40	0.12
心律不整(有 vs 無)	-17.01	6.48	0.01
Risk Level	5.44	4.03	0.18
Time	-4.33	0.83	<0.01
Risk Level* Time	-1.50	1.23	0.22

依變項: MMF(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

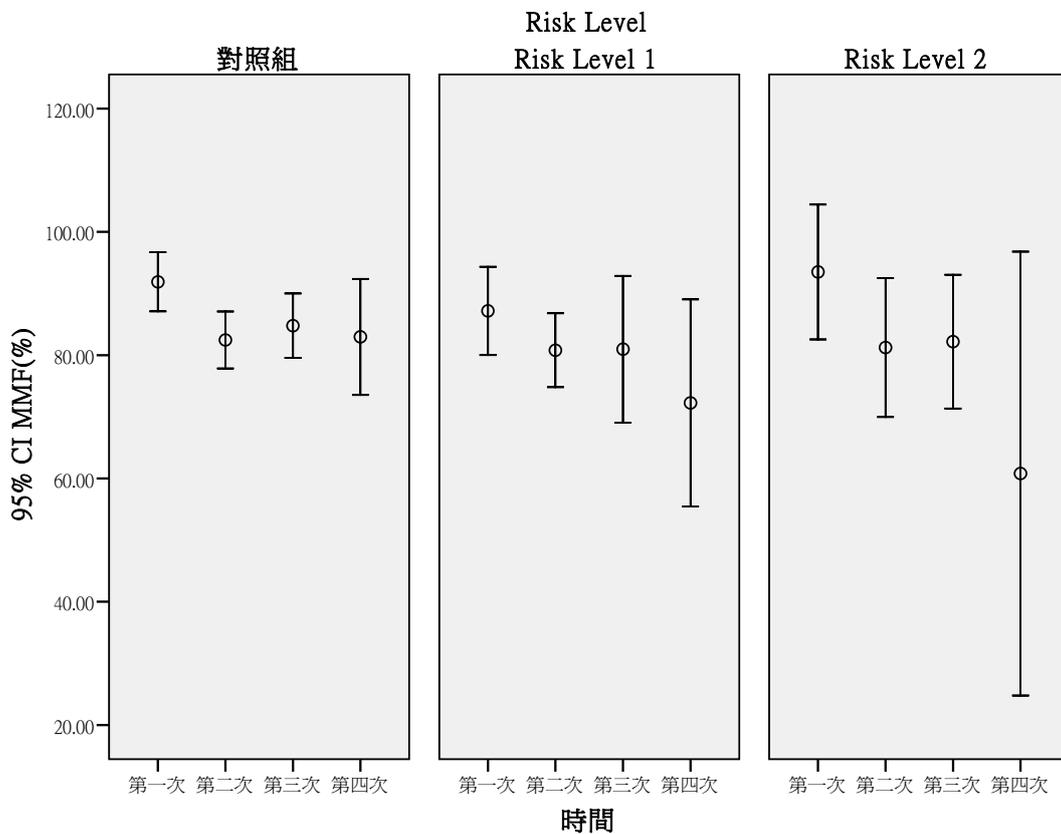


圖 303 其他奈米物質處置者之 MMF(%)重覆測量分布情形

表 684 MMF(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-6.04	3.64	0.10
抽菸習慣(有 vs 無)	1.39	5.75	0.81
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-9.50	8.57	0.27
心律不整(有 vs 無)	-6.64	7.11	0.35
RL2vs 對照組	5.58	6.36	0.38
RL1vs 對照組	-2.84	5.35	0.60
Time	-4.77	0.83	<0.01
RL2*Time	-1.94	1.77	0.27
RL1*Time	0.72	1.67	0.67

校正變項: MMF(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 685 MMF(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-6.25	3.65	0.09
抽菸習慣(有 vs 無)	1.15	5.67	0.84
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-9.55	8.48	0.26
心律不整(有 vs 無)	-6.73	7.17	0.35
Risk Level	1.81	3.01	0.55
Time	-4.63	0.81	<0.01
Risk Level* Time	-0.66	0.84	0.44

校正變項: MMF(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

#### (5) FEF25%

FEF 為用力呼氣流量(Forced expiratory flow, FEF)，而 FEF25 用力呼氣肺活量於 25%的氣流流速(FEF at 25% of volume, FEF25%)，或肺活量總體積 25%被呼出時的瞬間流量，可視為呼吸道早期的流量指標，在大呼吸道阻塞時其值會明顯下降。

由表 686 顯示在不同生活習慣為變項進行討論時，不論是年齡(以 40 歲為分組)、性別、是否有抽煙習慣、是否有喝酒習慣、是否有嚼檳榔習慣、籍貫以及教育程度，皆不會對所測定之 FEF25 造成顯著性影響。僅有嚼食檳榔習慣的受測者其 FEF25%略低於其他討論變項結果(97.1%)，但由於  $p>0.05$ ，所以此現象不具顯著性意義。而表 687 則進行對是否罹患不同疾病作為變項進行探討，結果顯示除與肺部疾病相關之慢性支氣管炎與氣喘患者呈現顯著相關性外，罹患心絞痛之患者其 FEF25%結果亦和相對對照組有顯著性差異。而在兩肺部相關疾病之患者其結果是低於各別的對照組，而心絞痛患者則是高於其對照組。

圖 304 為將受測者進行不同危害層級分組後，其 FEF25%之重複測量分布情形，結果顯示對照組、RL1 及 RL2 的分別隨時間而呈現不同的變化，似乎僅在 RL2 分組中有隨時間呈現遞減的現象。表 688 及表 689 則是以性別、抽煙習慣、慢性支氣管炎與心絞痛為校正變項進行校正，結果顯示在不進行危害層級分組的情形下，整體而言，受測族群的 FEF25%結果有隨時間而呈現顯著下降的趨勢。而若對風險層級進行分組時，不論是僅分為具風險考量或是細分為對照組、RL1 及 RL2 時，可看出經變項校正後，RL、RL1 或 RL2 所得之 FEF25%皆比對照組來得低，且  $RL1>RL>RL2$ ，但此三組數據皆未達顯著意義。而在考量時間的影響時，僅 RL1 在不同時間下對對照組於各別對應時間點之結果呈現顯著性的意義，表示雖然相對於對照組整體而言，呈現隨時間下降的現象，但是其斜率則有變小的趨勢。

若對處置者進行危害分組，來探討在不同暴露的奈米物質下，其各組的重複分布情形，則由圖 305 為奈米碳管處置者在不同危害分組中，其所測得 FEF25%隨時間變化的結果。在對照組中呈現一開始下降後持平的現象，RL1 則呈現下降後上升的情形，至於 RL2 則是呈現持續且幅度較大的

下降現象。圖 306 的奈米級二氧化鈦處置者與圖 308 的奈米銀處置者，其所呈現的 FEF25%重複分布情形結果，雖然在測值與變化的幅度有所差異，但個別危害分組隨時間變化的整體趨勢則與上述奈米碳管處置者結果類似。圖 307 的奈米級二氧化矽結果則顯示其 RL1 的結果並非呈現先下降後上升的現象，而是與其 RL2 分組類似呈現一隨時間緩慢減少的情形。其餘的奈米物質處置者的重複測量分布結果則顯示於圖 309，僅 RL2 分組呈現一隨時間緩慢下降的結果，而 RL1 與對照組的 FEF25%結果似乎並未有隨採樣次數/時間的增加，而有所產生變化。若進一步對性別、是否有抽煙習慣、是否罹患慢性支氣管炎與是否罹患心絞痛為校正變項對數據進行校正，則可發現當不考慮危害分組時，受測者整體在不同的暴露物質下，其 FEF25%測值，均呈現隨採樣時間/次數而有顯著的較低的結果。而在此校正前提之下，除奈米銀處置者的結果外(表 696 及表 697)，包括奈米碳管(表 690 及表 691)、奈米級二氧化鈦(表 692 及表 693)、奈米級二氧化矽(表 694 及表 695)及其它奈米物質處置者(表 698 及表 699)，其餘的 FEF25%數據顯示，不論是考慮將危害分組區分為僅 RL 或是細分為 RL1 與 RL2，則其各別與對照組間的結果比較，皆未呈現有顯著的差異存在。表 696 顯示在奈米銀的結果中，RL2 分組不論考慮取樣的時間/次數與否，其皆顯示與對照組結果有顯著差異存在，而 RL1 僅在考量取樣時間/次數時，才可看出其變化程度會顯著的大於對照組隨時間的變化。但由表 697 顯示，在未將危害分組細分的情形時，暴露在奈米銀下的處置者僅顯現了邊緣不顯著的影響，而其考量取樣時間/次數的變項時，則顯現了其與對照組結果無顯著的差異與影響。

表 686 FEF25%在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	189	103.48	±	20.36	0.45
	>40, 40 歲以上	95	104.95	±	22.47	
性別	女	86	105.66	±	20.47	0.25
	男	198	103.24	±	21.32	
抽菸習慣	無	253	104.37	±	21.23	0.45
	有	30	101.08	±	19.86	
喝酒習慣	無	258	104.19	±	21.14	0.39
	有	26	101.85	±	20.48	
嚼檳榔習慣	無	276	104.17	±	21.18	0.26
	有	8	97.10	±	15.84	
籍貫	台閩	219	104.47	±	20.06	0.71
	客家	40	102.85	±	27.40	
	其它(原住民與外省籍)	24	100.99	±	18.75	
教育程度	高中職以下	47	100.41	±	16.87	0.21
	大專/大學	125	103.12	±	21.84	
	研究所以上	111	106.57	±	21.67	

*p* 值使用無母數分析

表 687 FEF25%在不同疾病狀況下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	266	104.73	±	20.93	0.03
	有	17	91.86	±	20.61	
氣喘	無	274	104.98	±	20.47	<0.01
	有	8	72.33	±	17.16	
鼻炎	無	233	104.63	±	20.63	0.18
	有	51	100.95	±	22.87	
心律不整	無	273	104.29	±	21.03	0.18
	有	11	95.95	±	21.19	
心絞痛	無	281	103.74	±	21.05	0.03
	有	3	125.67	±	1.86	
心臟瓣膜疾病	無	279	104.09	±	21.20	0.43
	有	5	97.44	±	9.91	
高血脂	無	262	103.67	±	20.97	0.34
	有	22	107.59	±	22.27	
高血壓	無	260	103.73	±	21.00	0.66
	有	24	106.62	±	21.95	
異位性皮膚炎	無	261	103.64	±	21.39	0.32
	有	23	107.67	±	16.78	
過敏性皮膚炎	無	249	104.41	±	21.24	0.39
	有	35	100.83	±	19.71	
色素沉澱	無	276	103.86	±	21.10	0.58
	有	8	107.83	±	20.40	
毛囊炎	無	272	104.06	±	21.00	0.72
	有	12	102.06	±	23.14	

*p* 值使用無母數分析

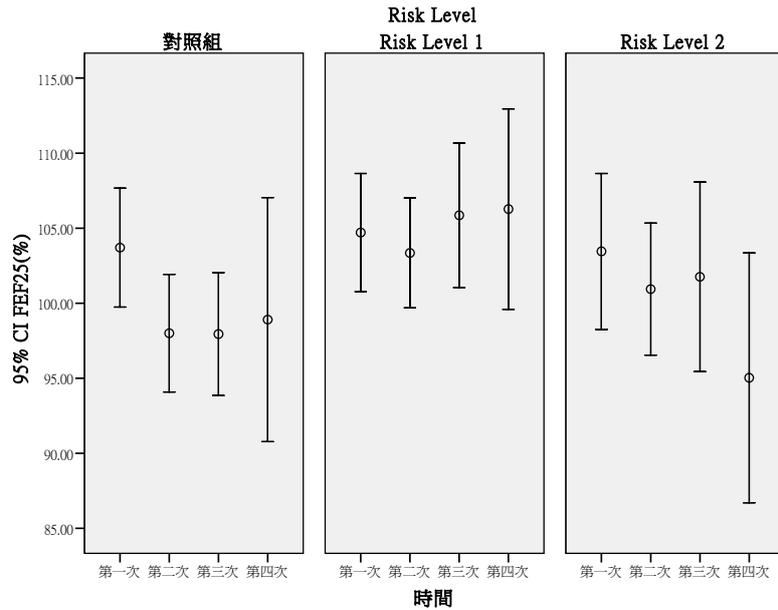


圖 304 FEF25%之重覆測量分布情形

表 688 FEF25(%)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-0.96	2.54	0.70
抽菸習慣(有 vs 無)	-3.59	3.19	0.26
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-9.62	4.22	0.02
心絞痛(有 vs 無)	12.88	5.17	0.01
RL2vs 對照組	-0.48	4.04	0.90
RL1vs 對照組	-0.10	3.47	0.98
Time	-2.58	0.74	<0.01
RL2*Time	1.07	1.30	0.41
RL1*Time	2.15	1.03	0.04

依變項: FEF25(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 689 FEF25(%)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-0.52	2.47	0.83
抽菸習慣(有 vs 無)	-3.90	3.25	0.23
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-9.54	4.29	0.03
心絞痛(有 vs 無)	11.96	5.04	0.02
Risk Level	-0.27	2.00	0.89
Time	-2.13	0.68	<0.01
Risk Level* Time	0.62	0.64	0.33

依變項: FEF25(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

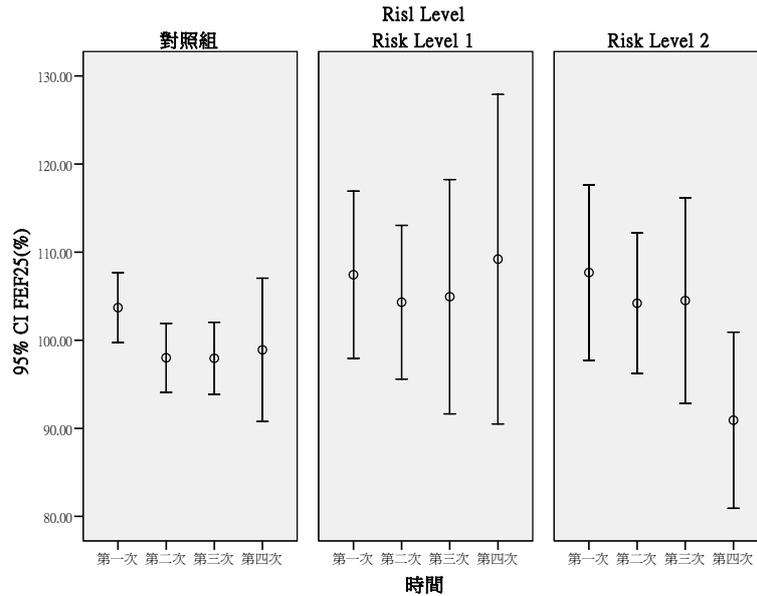


圖 305 奈米碳管處置者之 FEV25%重覆測量分布情形

表 690 FEV25(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-1.67	3.65	0.65
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.50	4.65	0.75
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-10.05	5.01	0.04
心絞痛(有 vs 無)	6.64	7.85	0.40
RL2vs 對照組	5.59	6.59	0.40
RL1vs 對照組	3.83	6.35	0.55
Time	-2.60	0.74	<0.01
RL2*Time	-0.16	2.07	0.94
RL1*Time	1.31	1.47	0.37

依變項: FEV25(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 691 FEV25(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-1.23	3.51	0.73
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.23	4.51	0.79
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-10.03	5.11	0.05
心絞痛(有 vs 無)	5.62	7.63	0.46
Risk Level	2.85	3.16	0.37
Time	-2.48	0.72	<0.01
Risk Level* Time	0.10	0.94	0.92

依變項: FEV25(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

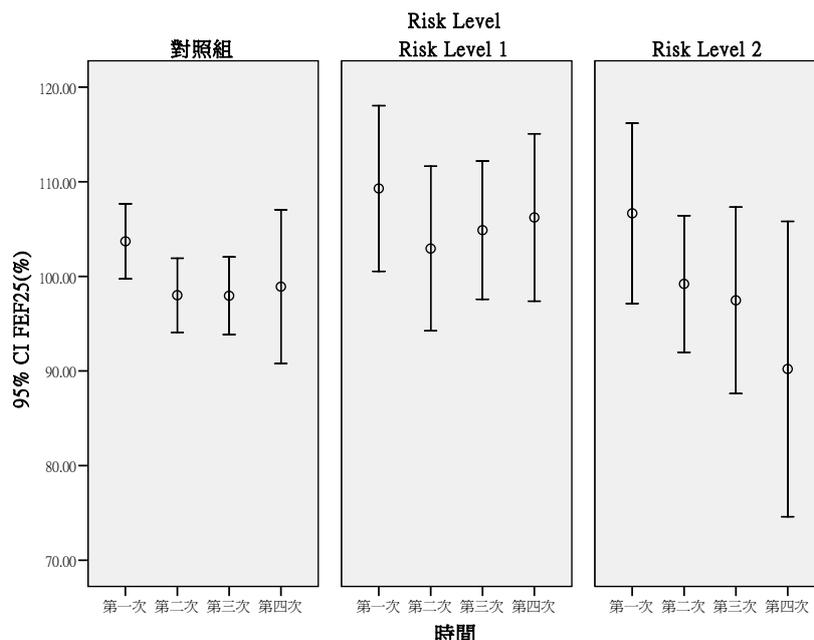


圖 306 奈米級二氧化鈦處置者之 FEF25%重覆測量分布情形

表 692 FEF25(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-4.31	3.29	0.19
抽菸習慣(有 vs 無)	-3.97	5.26	0.45
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-11.86	5.30	0.03
RL2vs 對照組	6.18	6.38	0.33
RL1vs 對照組	4.71	5.54	0.39
Time	-2.64	0.74	<0.01
RL2*Time	-1.44	2.07	0.49
RL1*Time	1.50	1.32	0.26

依變項: FEF25(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 693 FEF25(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-3.70	3.20	0.25
抽菸習慣(有 vs 無)	-4.87	5.32	0.36
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-11.75	5.91	0.05
Risk Level	3.23	3.05	0.29
Time	-2.43	0.72	<0.01
Risk Level* Time	-0.53	0.96	0.58

依變項: FEF25(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

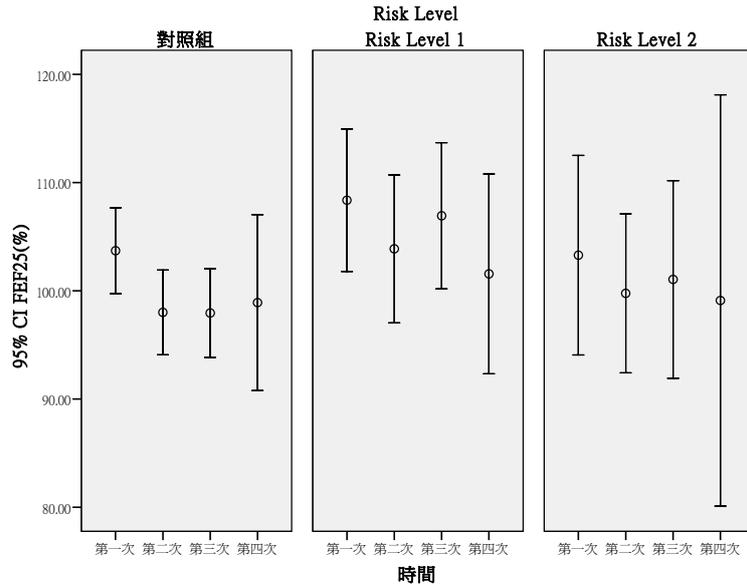


圖 307 奈米級二氧化矽處置者之 FEF25%重覆測量分布情形

表 694 FEF25(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-1.98	2.92	0.50
抽菸習慣(有 vs 無)	-4.27	5.25	0.42
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-10.03	4.44	0.02
心絞痛(有 vs 無)	17.66	4.28	<0.01
RL2vs 對照組	-0.79	6.34	0.90
RL1vs 對照組	4.82	4.83	0.32
Time	-2.60	0.74	<0.01
RL2*Time	1.22	2.15	0.57
RL1*Time	0.45	1.42	0.75

依變項: FEF25(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 695 FEF25(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-1.62	2.89	0.57
抽菸習慣(有 vs 無)	-5.29	5.26	0.31
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-10.98	4.42	0.01
心絞痛(有 vs 無)	16.00	4.12	<0.01
Risk Level	0.21	2.96	0.94
Time	-2.63	0.72	<0.01
Risk Level* Time	0.59	0.99	0.55

依變項: FEF25(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

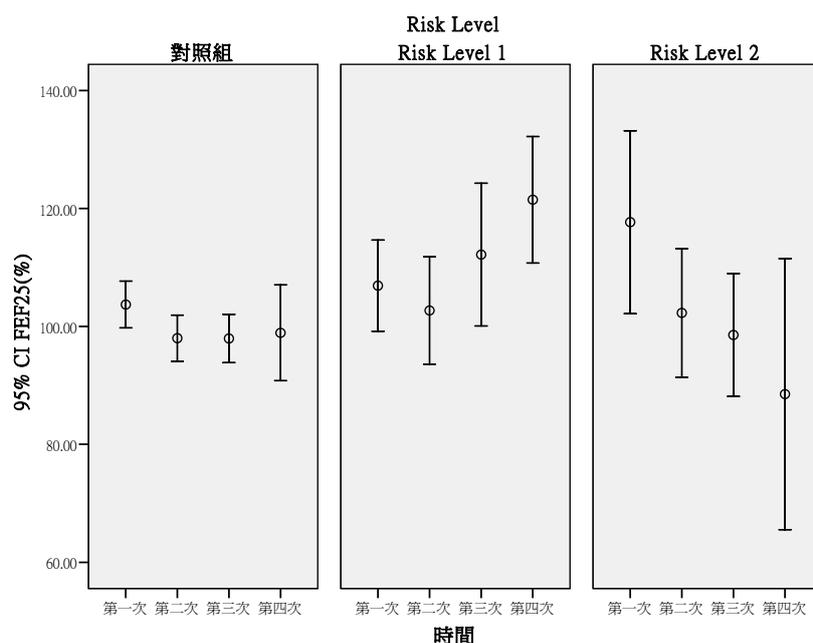


圖 308 奈米銀處置者之 FEF25%重覆測量分布情形

表 696 FEF25(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-1.83	3.17	0.56
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.78	4.92	0.87
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-9.53	3.58	0.01
RL2vs 對照組	20.08	9.64	0.04
RL1vs 對照組	-0.37	4.84	0.94
Time	-2.60	0.74	<0.01
RL2*Time	-6.43	2.92	0.03
RL1*Time	4.02	1.45	0.01

依變項: FEF25(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 697 FEF25(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
性別(男 vs 女)	-1.56	3.19	0.62
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.56	5.02	0.91
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-8.16	3.64	0.02
Risk Level	8.05	4.21	0.06
Time	-2.16	0.73	<0.01
Risk Level* Time	-1.86	1.29	0.15

依變項: FEF25(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

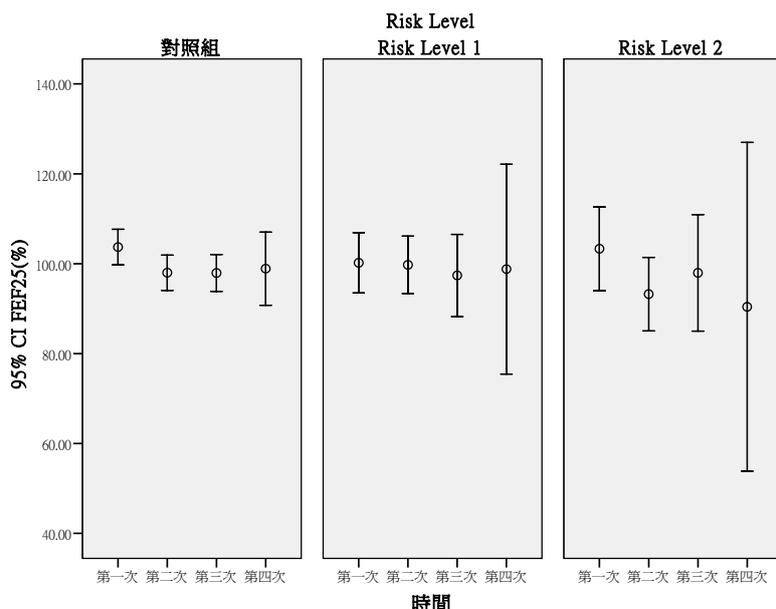


圖 309 其他奈米物質處置者之 FEV25%重覆測量分布情形

表 698 FEV25(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-2.03	3.08	0.51
抽菸習慣(有 vs 無)	1.17	4.68	0.80
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-7.41	4.60	0.11
心絞痛(有 vs 無)	20.58	4.54	<0.01
RL2vs 對照組	0.31	5.94	0.96
RL1vs 對照組	-4.25	4.68	0.36
Time	-2.58	0.74	<0.01
RL2*Time	-1.17	1.67	0.48
RL1*Time	1.55	1.61	0.34

校正變項: FEV25(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 699 FEV25(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-2.07	3.02	0.49
抽菸習慣(有 vs 無)	0.90	4.68	0.85
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-7.39	4.62	0.11
心絞痛(有 vs 無)	21.04	4.29	<0.01
Risk Level	-0.66	2.76	0.81
Time	-2.41	0.72	<0.01
Risk Level* Time	-0.17	0.81	0.84

校正變項: FEV25(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, 心絞痛, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

## (6) FEF50%

FEF50%為用力呼氣肺活量於 50%的氣流流速(FEF at 50% of volume, FEF50%)，或肺活量總體積 50%被呼出時的瞬間流量，可視為呼吸道中期的流量指標，其值與 FEF25-75%相近。

表 700 顯示在以不同生活習慣為變項時對 FEF50%的影響，顯示僅在以性別為變項探討時呈現邊緣不顯著的差異，並且男性的測值低於女性的測值。而在表 701 中則是以是否罹患不同疾病為變項進行探討，包括慢性支氣管炎、氣喘、鼻炎、心律不整、心絞痛、心臟瓣膜疾病、高血脂、高血壓、異位性皮膚炎、過敏性皮膚炎、色素沈澱及毛囊炎。其結果顯示對於生理現象較為類似的慢性支氣管炎與氣喘，其患者皆呈現顯著低於對照組之結果，其中氣喘患者之平均值更僅只達到 54%的正常預估值。而罹患心律不整的患者，其相對於對照組之結果則呈現邊緣非顯著性的減少的現象。此外罹患心臟瓣膜疾病的患者其 FEF50%平均值為 74.9%，亦低於其相對對照組 90.0%的結果，但仍未達統計性顯著的差別。

其次考量將受測者進行危害分組後，觀察其 FEF50%重複測量分布的情形，由圖 310 顯示對照組與 RL1 之結果皆有隨著收案次數/時間，而呈現先下降再上升的情形；而 RL2 則是呈現隨著收案的次數/時間的增加，而有持續且較明顯幅度的下降。表 702 及表 703 則是在以性別、抽煙習慣、是否具慢性支氣管炎為校正變相後所得之 GEE 分析結果，顯示在不考慮危害分組時，受測族群之整體 FEF50%的結果有顯著地隨著收案時間/次數增加而有減少的趨勢。而其他的數據僅 RL1 分組顯示其在考量不同時間點的影響時，相對於對照組會呈現較少減少的結果。

若將受測者依其暴露的奈米物質進行分類，來探討不同危害分群相對於取樣/收案時間的重複測量分布情形，則結果則分別表示於圖 311 至圖 315。圖 312 顯示對奈米碳管處置者而言，其對照組與 RL1 分組其 FEF50%在於不同收案/採樣時間下呈現先減少後增加的現象，而 RL2 分組則是呈現持續下降的現象。圖 312、圖 313 及圖 314 分別為在奈米級二氧化鈦、奈米級二氧化矽及奈米銀分組的結果，其趨勢大致與奈米碳管處置者相似，為結果變化的振幅有所不同。而其它奈米物質處置者之重複測量分布情形

有所不同的在於其 RL1 分組並非呈現先減少再增加的現象，而是類似於 RL2 分組一樣，呈現持續下降的現象(圖 315)。其次再以性別、抽煙習慣和是否罹患慢性支氣管炎為校正變項校正各數據後進行 GEE 分析，其結果顯示不論考慮何種奈米物質的暴露，其在不進行危害分組時，受測者的 FEF50%結果是呈現一隨採樣/收案時間，而呈現一顯著減少的情形。而當進行危害分組的考量時，僅銀的 RL2 分組在不不論是考量整體的結果或是其隨時間變化的趨勢，皆呈現與對照組有邊緣不顯著的相關外(表 710)；其餘不論是否考慮何種奈米物質的暴露、何種危害分組模式及是否考量其隨時間變化的現象，皆沒有與 FEF50%結果呈現顯著相關(表 704、表 705、表 706、表 707、表 708、表 709、表 710 的 RL1 部分、表 711、表 712 及表 713)。

表 700 FEF50%在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40，40 歲以下	189	89.74	±	22.49	1.00
	>40，40 歲以上	95	89.81	±	27.43	
性別	女	86	94.05	±	25.63	0.07
	男	198	87.91	±	23.39	
抽菸習慣	無	253	89.82	±	24.38	0.60
	有	30	89.89	±	23.36	
喝酒習慣	無	258	89.75	±	24.64	0.92
	有	26	89.87	±	19.84	
嚼檳榔習慣	無	276	89.57	±	24.29	0.31
	有	8	96.40	±	21.28	
籍貫	台閩	219	89.68	±	23.27	0.13
	客家	40	94.67	±	30.72	
	其它(原住民與外省籍)	24	81.98	±	19.23	
教育程度	高中職以下	47	87.23	±	24.49	0.64
	大專/大學	125	91.05	±	25.40	
	研究所以上	111	89.54	±	22.85	

*p* 值使用無母數分析

表 701 FEF50%在不同疾病狀況下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	266	90.67	±	24.17	0.02
	有	17	76.68	±	21.69	
氣喘	無	274	90.96	±	23.74	<0.01
	有	8	54.33	±	8.89	
鼻炎	無	233	90.33	±	24.25	0.48
	有	51	87.19	±	24.09	
心律不整	無	273	90.32	±	24.22	0.06
	有	11	76.10	±	20.35	
心絞痛	無	281	89.52	±	23.88	0.39
	有	3	112.57	±	47.55	
心臟瓣膜疾病	無	279	90.03	±	24.31	0.11
	有	5	74.90	±	9.49	
高血脂	無	262	90.24	±	24.16	0.21
	有	22	84.16	±	24.60	
高血壓	無	260	89.23	±	23.95	0.27
	有	24	95.52	±	26.74	
異位性皮膚炎	無	261	89.51	±	24.56	0.62
	有	23	92.69	±	19.93	
過敏性皮膚炎	無	249	90.32	±	24.16	0.15
	有	35	85.79	±	24.55	
色素沉澱	無	276	89.77	±	24.46	0.88
	有	8	89.48	±	13.61	
毛囊炎	無	272	89.88	±	24.38	0.94
	有	12	87.11	±	20.70	

*p* 值使用無母數分析

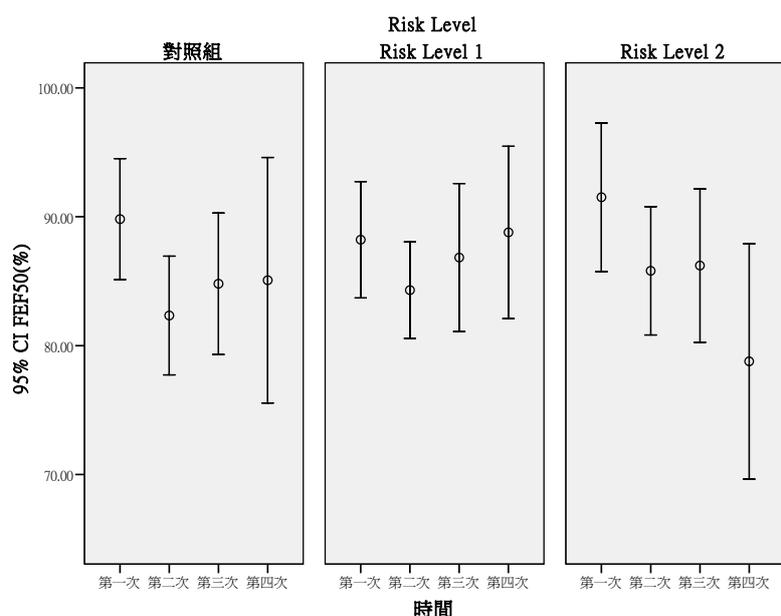


圖 310 FEV50%之重覆測量分布情形

表 702 FEV50(%)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-5.72	2.90	0.05
抽菸習慣(有 vs 無)	0.91	4.04	0.82
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-10.87	5.24	0.04
RL2vs 對照組	3.78	4.34	0.38
RL1vs 對照組	-2.08	3.91	0.60
Time	-3.39	0.84	<0.01
RL2*Time	-0.05	1.24	0.97
RL1*Time	2.24	1.18	0.06

依變項: FEV50(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 703 FEV50(%)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-5.62	2.87	0.05
抽菸習慣(有 vs 無)	0.72	4.06	0.86
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-10.86	5.21	0.04
Risk Level	1.68	2.16	0.44
Time	-2.74	0.77	<0.01
Risk Level* Time	0.09	0.62	0.88

依變項: FEV50(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

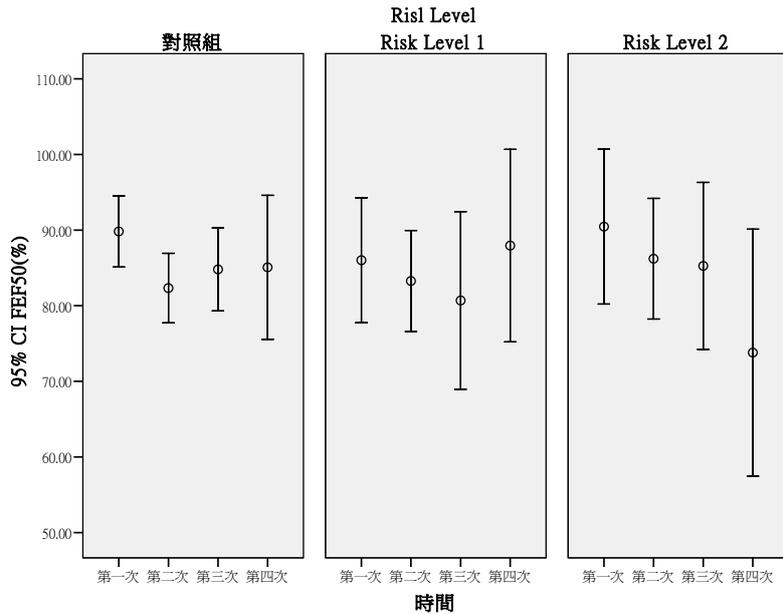


圖 311 奈米碳管處置者之 FEF50%重覆測量分布情形

表 704 FEF50(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-3.64	3.91	0.35
抽菸習慣(有 vs 無)	5.53	5.68	0.33
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-8.42	6.49	0.19
RL2vs 對照組	4.01	6.78	0.55
RL1vs 對照組	-4.48	5.85	0.44
Time	-3.40	0.84	<0.01
RL2*Time	-0.57	1.92	0.77
RL1*Time	2.51	1.75	0.15

依變項: FEF50(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 705 FEF50(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-3.67	3.79	0.33
抽菸習慣(有 vs 無)	5.22	5.72	0.36
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-8.45	6.48	0.19
Risk Level	1.16	3.24	0.72
Time	-3.14	0.82	<0.01
Risk Level* Time	0.09	0.92	0.92

依變項: FEF50(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

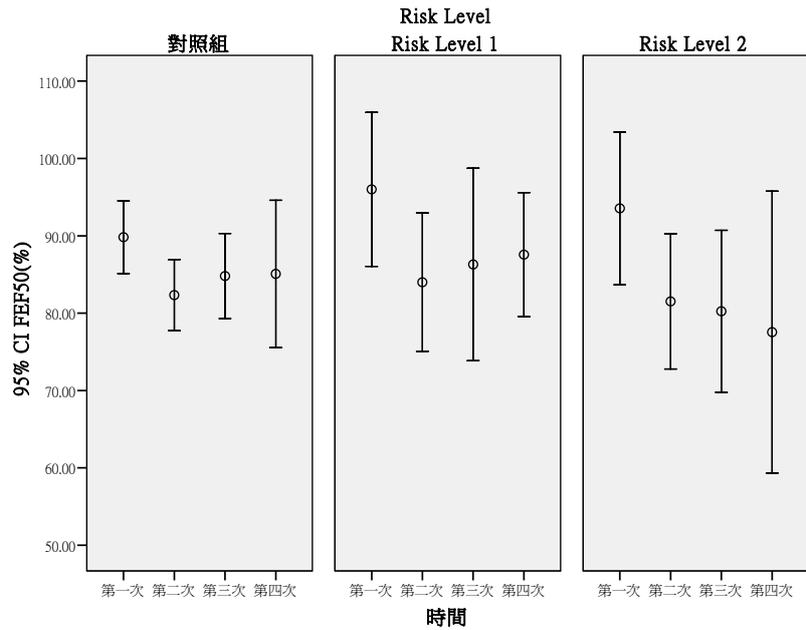


圖 312 奈米級二氧化鈦處置者之 FEF50%重覆測量分布情形

表 706 FEF50(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
性別(男 vs 女)	-5.75	3.78	0.13
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.32	6.23	0.83
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-16.47	8.82	0.06
RL2vs 對照組	6.70	6.08	0.27
RL1vs 對照組	9.50	6.17	0.12
Time	-3.51	0.84	<0.01
RL2*Time	-1.60	1.58	0.31
RL1*Time	-1.80	1.63	0.27

依變項: FEF50(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 707 FEF50(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
性別(男 vs 女)	-5.37	3.76	0.15
抽菸習慣(有 vs 無)	-2.01	6.22	0.75
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-16.37	8.99	0.07
Risk Level	3.90	2.95	0.19
Time	-3.59	0.82	<0.01
Risk Level* Time	-0.89	0.78	0.25

依變項: FEF50(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

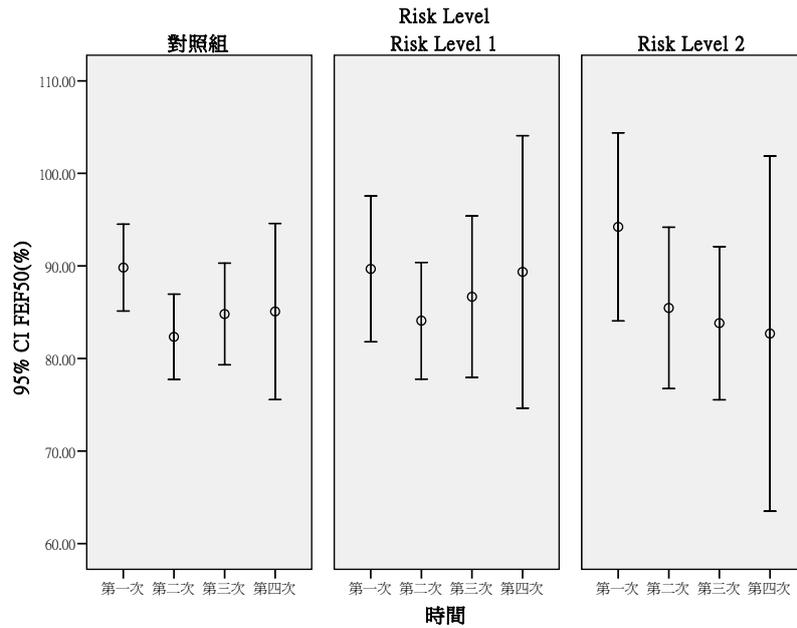


圖 313 奈米級二氧化矽處置者之 FEF50%重覆測量分布情形

表 708 FEF50(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
性別(男 vs 女)	-6.18	3.44	0.07
抽菸習慣(有 vs 無)	0.22	6.38	0.97
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-14.22	9.78	0.15
RL2vs 對照組	6.00	6.41	0.35
RL1vs 對照組	-2.16	5.24	0.68
Time	-3.43	0.84	<0.01
RL2*Time	-0.48	1.73	0.78
RL1*Time	2.55	1.58	0.11

依變項: FEF50(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 709 FEF50(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p</i> -value
性別(男 vs 女)	-6.06	3.45	0.08
抽菸習慣(有 vs 無)	0.13	6.35	0.98
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-14.05	9.67	0.15
Risk Level	2.37	3.02	0.43
Time	-3.07	0.81	<0.01
Risk Level* Time	0.09	0.83	0.91

依變項: FEF50(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

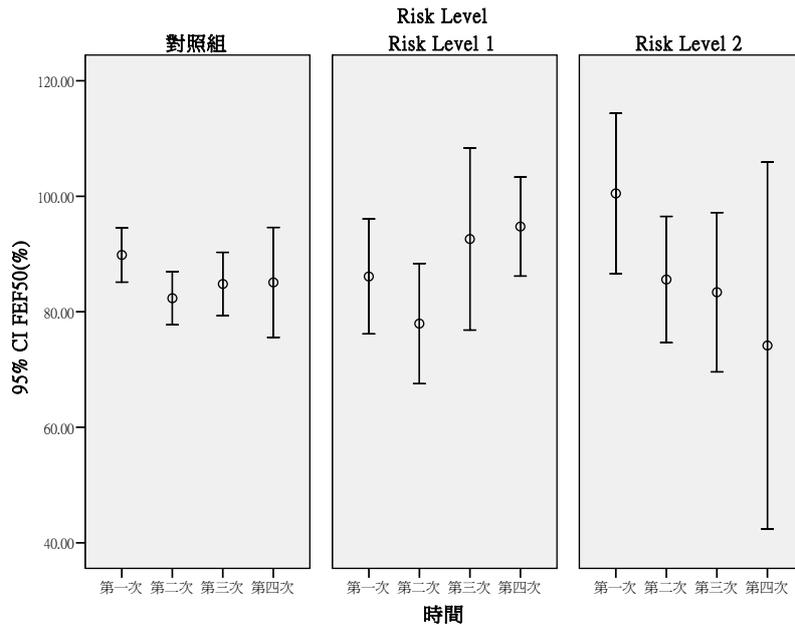


圖 314 奈米銀處置者之 FEF50%重覆測量分布情形

表 710 FEF50(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-2.72	3.81	0.48
抽菸習慣(有 vs 無)	0.61	5.80	0.92
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-13.16	8.71	0.13
RL2vs 對照組	14.73	8.75	0.09
RL1vs 對照組	-5.87	6.41	0.36
Time	-3.43	0.84	<0.01
RL2*Time	-4.56	2.64	0.08
RL1*Time	3.05	2.16	0.16

依變項: FEF50(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 711 FEF50(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-2.57	3.82	0.50
抽菸習慣(有 vs 無)	0.09	5.70	0.99
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-13.30	8.44	0.11
Risk Level	5.12	3.96	0.20
Time	-3.09	0.84	<0.01
Risk Level* Time	-1.30	1.21	0.28

依變項: FEF50(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

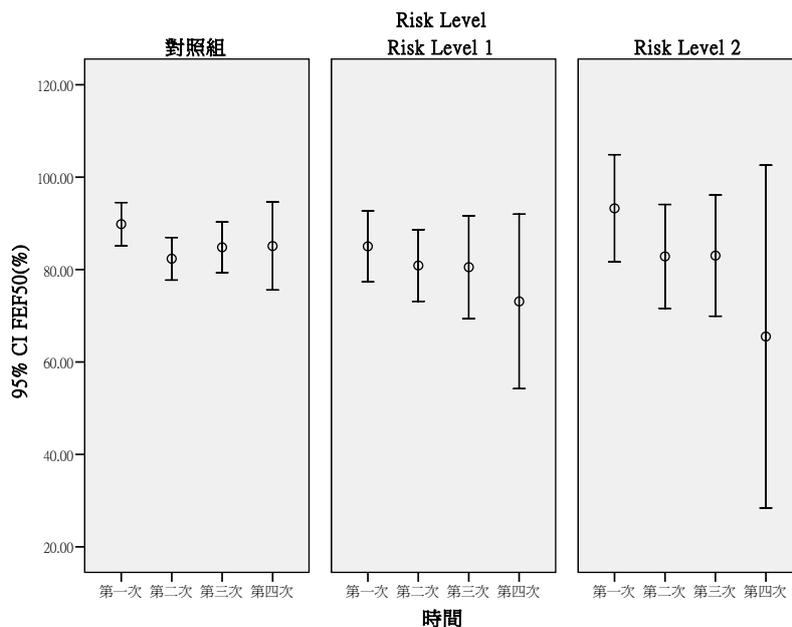


圖 315 其他奈米物質處置者之 FEV50%重覆測量分布情形

表 712 FEV50(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-5.60	3.73	0.13
抽菸習慣(有 vs 無)	3.80	6.00	0.53
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-10.60	7.86	0.18
RL2vs 對照組	6.35	6.89	0.36
RL1vs 對照組	-2.74	5.59	0.62
Time	-3.47	0.84	<0.01
RL2*Time	-1.85	1.83	0.31
RL1*Time	0.13	1.83	0.94

校正變項: FEV50(%)

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 713 FEV50(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
性別(男 vs 女)	-5.92	3.74	0.11
抽菸習慣(有 vs 無)	3.61	5.87	0.54
慢性支氣管炎(有 vs 無)	-10.71	7.76	0.17
Risk Level	2.16	3.22	0.50
Time	-3.38	0.82	<0.01
Risk Level* Time	-0.74	0.88	0.40

校正變項: FEV50(%)\_p

校正變項: 性別, 抽菸習慣, 慢性支氣管炎, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

## (7) FEF75%

用力呼氣肺活量於 75%的氣流流速(FEF at 75% of volume, FEF75%)，或肺活量總體積 75%被呼出時的瞬間流量，可視為呼吸道後期的流量指標，為 FEF25-75%的 1/2，臨床意義與 FEF25-75%或 FEF50%相近。FEF25-75%、FEF50%及 FEF75%三者可共同判斷小呼吸道的功能障礙，若三個中有兩個以上下降(<65%正常預估值)，代表有小呼吸道阻塞或病變。

當以不同生活習慣為變項來進行 FEF75%的探討時，由表 714 可看出在以年齡(以 40 歲為分界)和籍貫為變項時，會對 FEF75%的測定結果有顯著的影響。其中對於大於 40 歲以上的族群其平均值會顯著的低於小於 40 歲的族群；而在籍貫的討論中，數據結果為客家人大於台閩，其他族群(包括原住民與外省籍)則是三者中較低的結果。另外教育程度越高，似乎可得到較高的 FEF75%，但是僅呈現邊緣不顯著相關性。同時對嚼食檳榔、抽煙及喝酒習慣上而言，具不良習慣的受測者亦反應了較低的 FEF75%結果，唯此現象並不具顯著性意義( $p>0.05$ )。表 715 則是以是否罹患不同的疾病為變項來進行探討，結果顯示僅罹患氣喘與心律不整的患者其結果顯示了顯著較非患者為低的結果，其餘結果即使如罹患慢性支氣管炎、鼻炎、心絞痛、心臟瓣膜疾病、高血脂、過敏性皮膚炎及毛囊炎患者皆顯示較各別正常對照組為低之 FEF75%，但是皆不具顯著意義( $p>0.05$ )。

圖 316 顯示在進行危害分組後，各分組隨收案次數/時間的變異程度，除 RL1 在下降後似乎呈現持平的現象外，對照組與 RL2 皆呈現隨收案次數的增加而有持續下降的現象。表 716 及表 717 則是選取在前述敘述性統計中呈現顯著性影響的變項，包括年齡、性別、抽煙習慣、籍貫、氣喘及心律不整，作為校正因子後，對數據校正後 GEE 分析結果。可以看出僅在不考慮任何危害分組時，受測者整體的結果顯現隨收案時間/次數的增加，而有顯著減少的現象；其餘不論考慮何種危害分組的模式，或各組是否考量隨時間變化的趨勢，均顯示與對照組的結果無明顯的相關性( $p>0.05$ )。

若考慮將受測者依其暴露的奈米物質與不同的危害分組程度進行分組，則在其各別隨收案時間/次數的增加，其重複測量分布的情形則顯示於圖 317、圖 318、圖 319、圖 320 及圖 321。對於奈米碳管處置者而言，圖

317 顯示其對照組與 RL2 分組呈現隨時間而有持續下降的情形，而 RL1 則是隨著時間呈現先減少再增加的現象，其餘險是類似現象的有圖 319 的奈米銀處置者。圖 318 及圖 319 則分別顯示奈米級二氧化鈦與奈米級二氧化矽的處置者，其不同分組則皆呈現隨收案時間/次數的增加而持續下降的現象，另外在圖 321 的其它奈米物質處置者結果中，亦是呈現持續下降的情形。另在重複測量的 GEE 分析的結果中，其結果顯示在不考慮任何的危險分組時，受測者 FEF75%對於收案時間/次數整體而言，是呈現一持續減少的趨勢。而當考慮不同的危險分組與對照間的比較結果時，可發現僅在表 724 及表 726 分別是奈米銀及其它奈米物質處置者 RL2 分組相較於各別對照組，會呈現隨收案時間/次數的增加分別有一顯著性及邊緣不顯著的減小的變化外，其餘不論是考量何種奈米物質、是否考量危害程度分組，及是考量各危害分組相對於對照組之整體或是隨收案時間/次數的趨勢變化，皆無顯著性的相關存在(表 718、表 719、表 720、表 721、表 722、表 723、表 724、表 725、表 726 及表 727)。

表 714 FEF75%在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	189	66.97	±	22.97	0.04
	>40, 40 歲以上	95	61.60	±	25.50	
性別	女	86	64.35	±	22.32	0.91
	男	198	65.53	±	24.65	
抽菸習慣	無	253	65.62	±	24.22	0.53
	有	30	62.19	±	21.53	
喝酒習慣	無	258	65.28	±	24.37	0.68
	有	26	64.15	±	19.46	
嚼檳榔習慣	無	276	65.31	±	23.94	0.50
	有	8	60.41	±	24.86	
籍貫	台閩	219	64.65	±	23.45	0.01
	客家	40	73.95	±	28.26	
	其它(原住民與外省籍)	24	55.28	±	15.75	
教育程度	高中職以下	47	58.41	±	26.88	0.08
	大專/大學	125	65.79	±	22.79	
	研究所以上	111	67.56	±	23.56	

*p* 值使用無母數分析

表 715 FEF75%在不同疾病狀況下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	266	65.76	±	23.71	0.16
	有	17	56.71	±	27.10	
氣喘	無	274	66.01	±	23.83	<0.01
	有	8	40.99	±	14.86	
鼻炎	無	233	65.68	±	24.06	0.51
	有	51	62.85	±	23.46	
心律不整	無	273	65.69	±	23.67	0.04
	有	11	52.35	±	28.07	
心絞痛	無	281	65.23	±	23.96	0.63
	有	3	60.23	±	26.40	
心臟瓣膜疾病	無	279	65.38	±	24.06	0.22
	有	5	53.64	±	11.62	
高血脂	無	262	65.39	±	23.52	0.37
	有	22	62.63	±	29.00	
高血壓	無	260	64.92	±	24.13	0.16
	有	24	67.86	±	21.99	
異位性皮膚炎	無	261	64.81	±	23.91	0.66
	有	23	69.25	±	24.42	
過敏性皮膚炎	無	249	65.69	±	23.68	0.25
	有	35	61.51	±	25.76	
色素沉澱	無	276	65.07	±	24.11	0.47
	有	8	68.88	±	17.89	
毛囊炎	無	272	65.27	±	24.13	0.98
	有	12	62.88	±	19.94	

*p* 值使用無母數分析

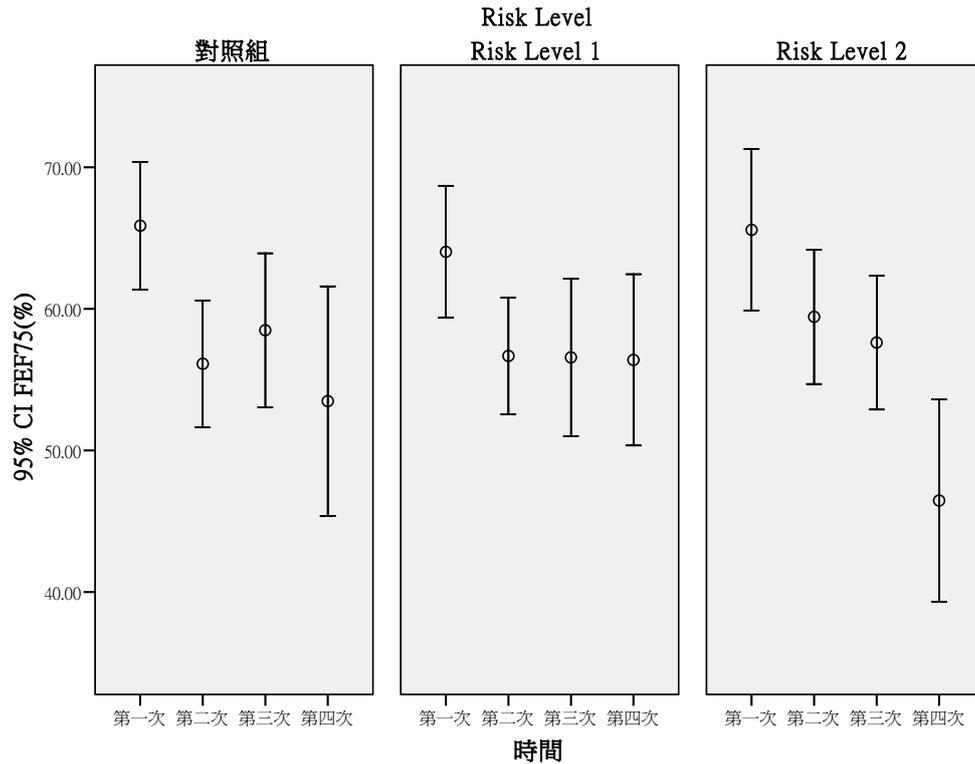


圖 316 FEF75%之重覆測量分布情形

表 716 FEF75(%)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-4.56	2.48	0.07
性別(男 vs 女)	1.01	2.56	0.69
抽菸習慣(有 vs 無)	-4.52	3.16	0.15
其它籍貫 vs 台閩	-4.67	3.28	0.16
客家 vs 台閩	3.66	3.38	0.28
氣喘(有 vs 無)	-26.79	3.53	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-13.62	5.45	0.01
RL2vs 對照組	0.52	4.45	0.91
RL1vs 對照組	-3.67	3.96	0.35
Time	-4.77	0.92	<0.01
RL2*Time	-0.32	1.47	0.83
RL1*Time	1.45	1.37	0.29

依變項: FEF75(%)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 717 FEF75(%)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-4.53	2.49	0.07
性別(男 vs 女)	0.94	2.55	0.71
抽菸習慣(有 vs 無)	-4.58	3.16	0.15
其它籍貫 vs 台閩	-4.70	3.29	0.15
客家 vs 台閩	3.78	3.40	0.27
氣喘(有 vs 無)	-26.66	3.50	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-13.77	5.47	0.01
Risk Level	0.09	2.21	0.97
Time	-4.31	0.85	<0.01
Risk Level* Time	-0.08	0.73	0.91

依變項: FEF75(%)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

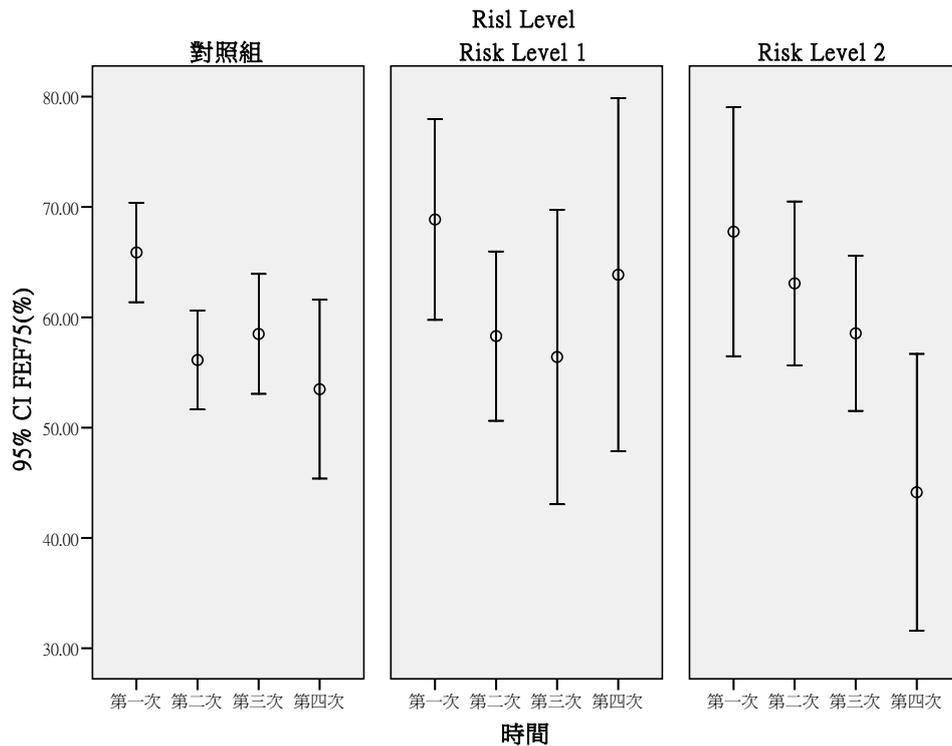


圖 317 奈米碳管處置者之 FEF75%重覆測量分布情形

表 718 FEF75(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-2.66	3.26	0.41
性別(男 vs 女)	0.86	3.58	0.81
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.45	4.95	0.77
其它籍貫 vs 台閩	-7.44	4.98	0.14
客家 vs 台閩	0.58	4.53	0.90
氣喘(有 vs 無)	-25.38	4.24	<0.01
心律不整(有 vs 無)	3.43	10.55	0.75
RL2vs 對照組	2.10	7.75	0.79
RL1vs 對照組	2.88	6.63	0.66
Time	-4.85	0.92	<0.01
RL2*Time	-0.62	2.52	0.81
RL1*Time	-0.47	2.56	0.85

依變項: FEF75(%)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 719 FEF75(%)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-2.55	3.20	0.42
性別(男 vs 女)	1.03	3.47	0.77
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.28	4.92	0.80
其它籍貫 vs 台閩	-7.42	5.03	0.14
客家 vs 台閩	0.62	4.55	0.89
氣喘(有 vs 無)	-25.41	4.29	<0.01
心律不整(有 vs 無)	2.95	10.38	0.78
Risk Level	1.28	3.60	0.72
Time	-4.86	0.91	<0.01
Risk Level* Time	-0.34	1.19	0.77

依變項: FEF75(%)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

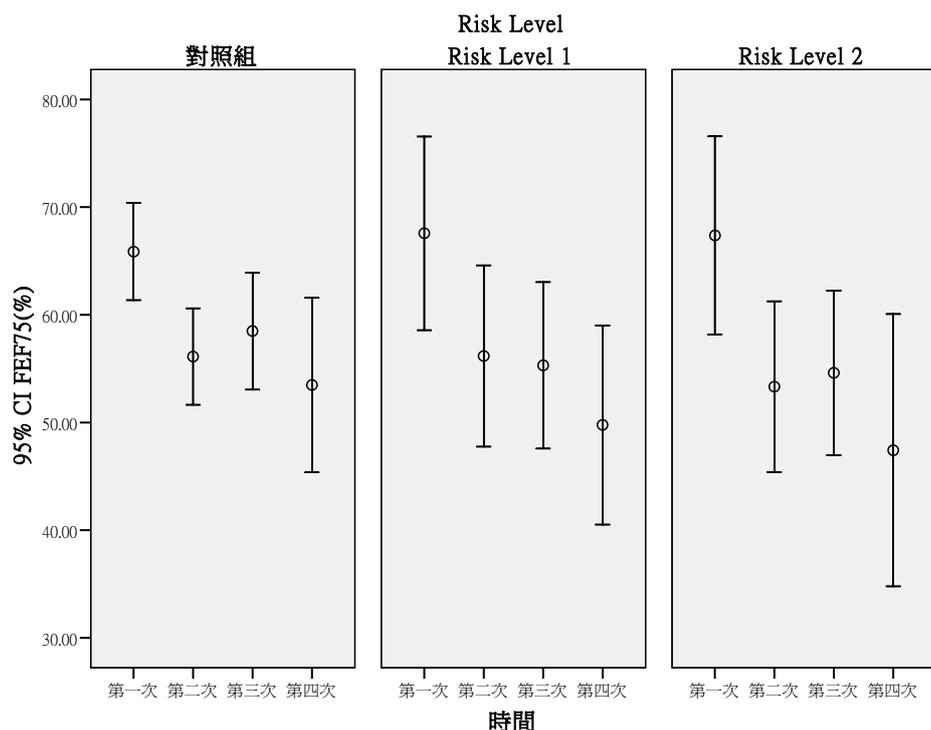


圖 318 奈米級二氧化鈦處置者之 FEF75%重覆測量分布情形

表 720 FEF75(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-3.84	3.30	0.24
性別(男 vs 女)	2.03	3.37	0.55
抽菸習慣(有 vs 無)	-2.08	4.46	0.64
其它籍貫 vs 台閩	-6.76	4.53	0.14
客家 vs 台閩	3.13	4.09	0.44
氣喘(有 vs 無)	-31.76	4.29	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-16.92	4.36	<0.01
RL2vs 對照組	2.13	6.04	0.72
RL1vs 對照組	0.73	5.98	0.90
Time	-4.84	0.92	<0.01
RL2*Time	-1.42	1.97	0.47
RL1*Time	-0.82	1.77	0.65

依變項: FEF75(%)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 721 FEF75(%)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-3.83	3.30	0.25
性別(男 vs 女)	1.97	3.36	0.56
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.99	4.39	0.65
其它籍貫 vs 台閩	-6.78	4.51	0.13
客家 vs 台閩	3.14	4.11	0.44
氣喘(有 vs 無)	-31.69	4.21	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-16.87	4.32	<0.01
Risk Level	1.03	2.91	0.72
Time	-4.85	0.90	<0.01
Risk Level* Time	-0.72	0.95	0.45

依變項: FEF75(%)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

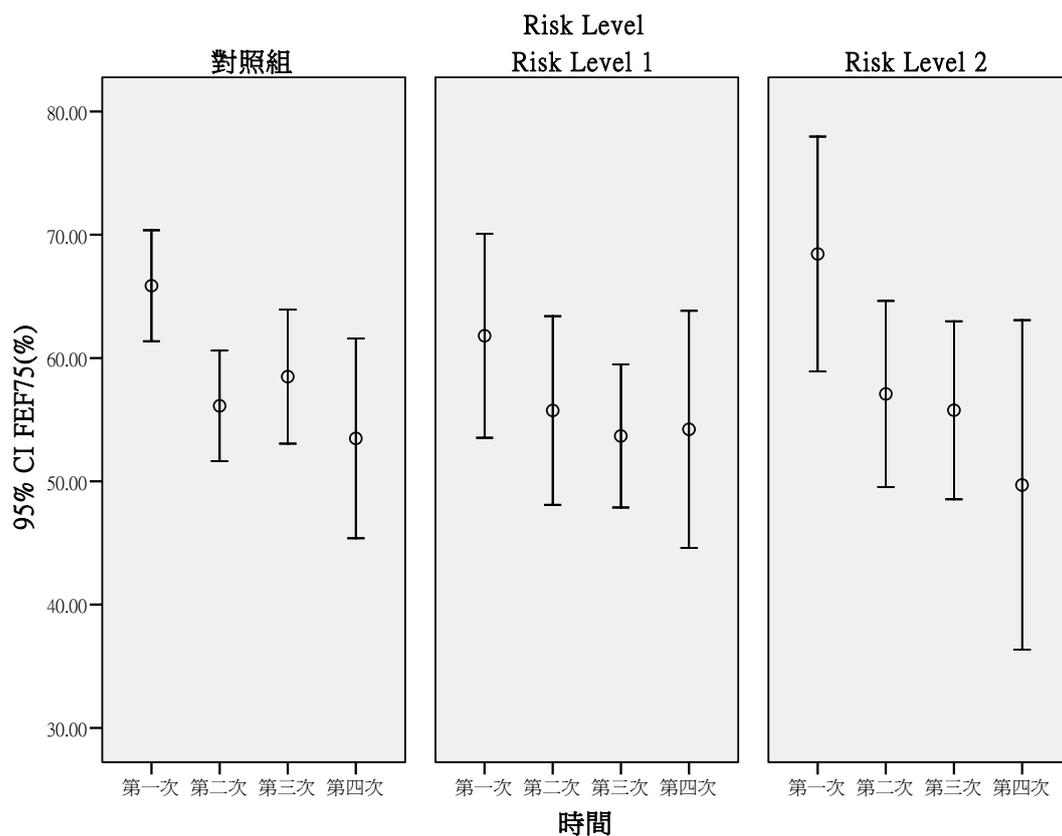


圖 319 奈米級二氧化矽處置者之 FEF75%重覆測量分布情形

表 722 FEF75(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-2.84	3.20	0.38
性別(男 vs 女)	2.06	3.19	0.52
抽菸習慣(有 vs 無)	-6.68	4.57	0.14
其它籍貫 vs 台閩	-8.52	4.31	0.05
客家 vs 台閩	3.57	4.13	0.39
氣喘(有 vs 無)	-32.45	3.74	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-15.60	6.45	0.02
RL2vs 對照組	3.66	5.64	0.52
RL1vs 對照組	-7.29	5.62	0.19
Time	-4.81	0.92	<0.01
RL2*Time	-0.54	1.69	0.75
RL1*Time	2.07	1.78	0.24

依變項: FEF75(%)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 723 FEF75(%)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-2.79	3.24	0.39
性別(男 vs 女)	1.68	3.21	0.60
抽菸習慣(有 vs 無)	-5.60	4.50	0.21
其它籍貫 vs 台閩	-8.80	4.25	0.04
客家 vs 台閩	4.41	4.10	0.28
氣喘(有 vs 無)	-31.67	3.75	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-14.89	6.60	0.02
Risk Level	0.69	2.70	0.80
Time	-4.52	0.89	<0.01
Risk Level* Time	0.00	0.82	1.00

依變項: FEF75(%)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

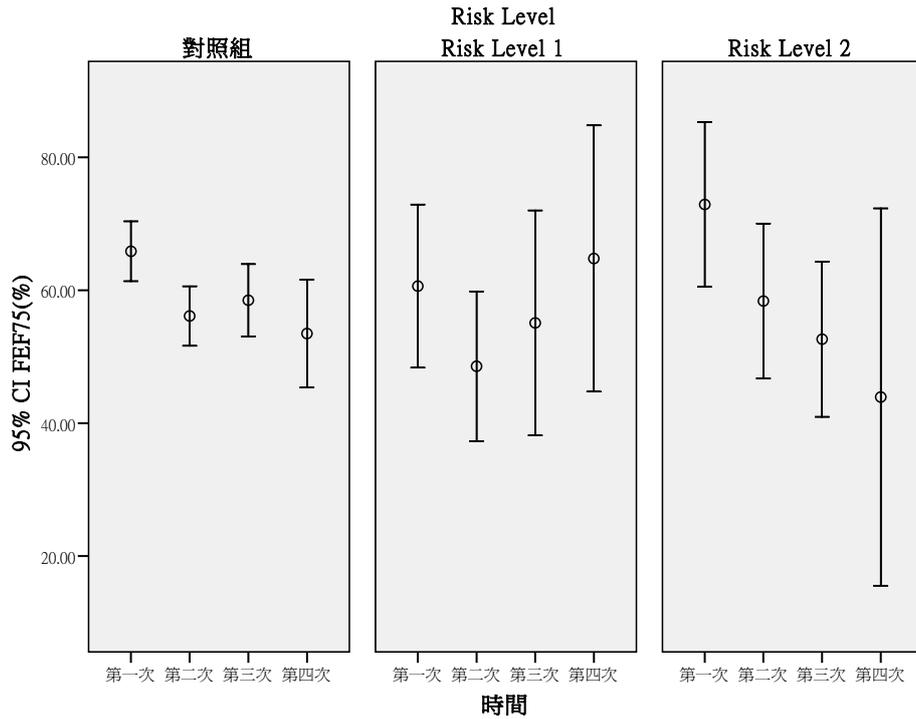


圖 320 奈米銀處置者之 FEF75%重覆測量分布情形

表 724 FEF75(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-1.75	3.50	0.62
性別(男 vs 女)	3.26	3.47	0.35
抽菸習慣(有 vs 無)	-2.29	5.08	0.65
其它籍貫 vs 台閩	-7.73	4.67	0.10
客家 vs 台閩	-0.38	4.33	0.93
氣喘(有 vs 無)	-31.34	4.10	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-18.88	6.32	<0.01
RL2vs 對照組	10.89	7.35	0.14
RL1vs 對照組	-6.47	8.41	0.44
Time	-4.85	0.93	<0.01
RL2*Time	-5.42	2.52	0.03
RL1*Time	1.92	2.72	0.48

依變項: FEF75(%)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 725 FEF75(%)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	-1.74	3.51	0.62
性別(男 vs 女)	3.34	3.48	0.34
抽菸習慣(有 vs 無)	-2.76	5.05	0.58
其它籍貫 vs 台閩	-8.20	4.39	0.06
客家 vs 台閩	-0.10	4.45	0.98
氣喘(有 vs 無)	-31.29	4.13	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-20.16	5.93	<0.01
Risk Level	3.52	3.57	0.32
Time	-4.56	0.92	<0.01
Risk Level* Time	-1.88	1.21	0.12

依變項: FEF75(%)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

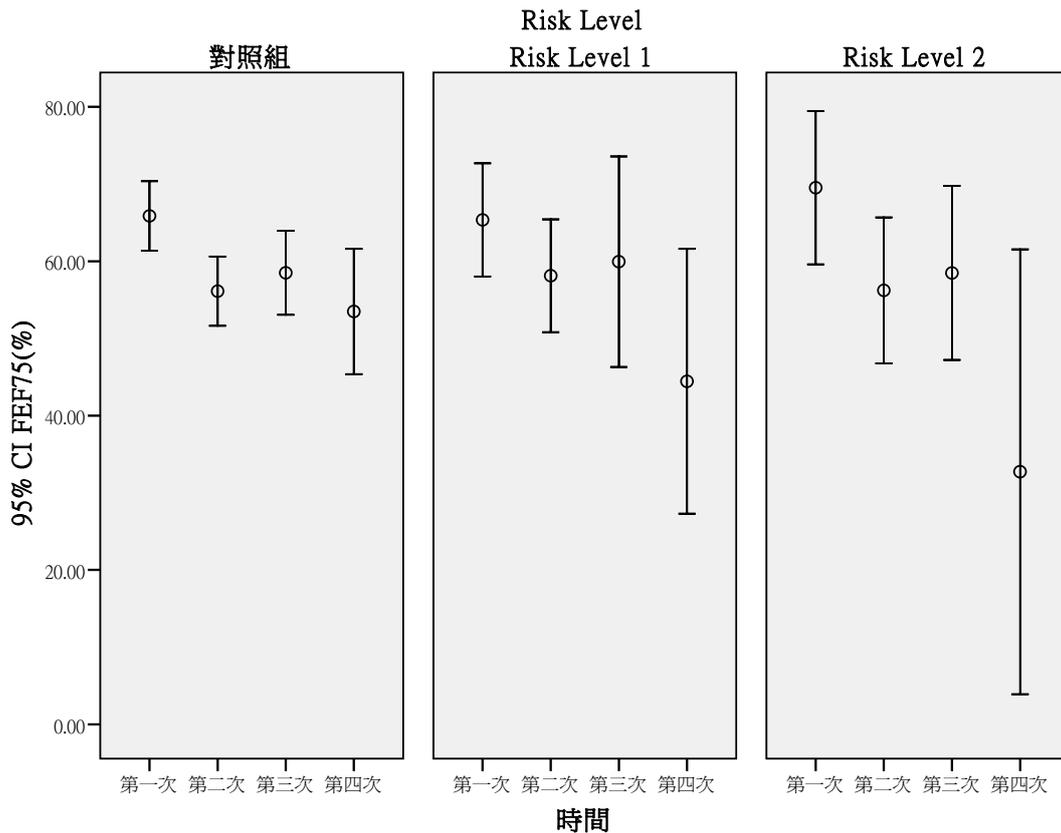


圖 321 其他奈米物質處置者之 FEF75%重覆測量分布情形

表 726 FEF75(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-1.24	3.61	0.73
性別(男 vs 女)	0.54	3.33	0.87
抽菸習慣(有 vs 無)	-0.88	5.33	0.87
其它籍貫 vs 台閩	-10.02	5.20	0.05
客家 vs 台閩	0.90	3.72	0.81
氣喘(有 vs 無)	-30.72	2.98	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-5.14	6.92	0.46
RL2vs 對照組	7.29	6.08	0.23
RL1vs 對照組	-1.55	5.29	0.77
Time	-4.91	0.93	<0.01
RL2*Time	-3.90	2.11	0.06
RL1*Time	1.21	2.26	0.59

校正變項: FEF75(%)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 727 FEF75(%)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	-1.25	3.60	0.73
性別(男 vs 女)	0.57	3.36	0.87
抽菸習慣(有 vs 無)	-1.30	5.41	0.81
其它籍貫 vs 台閩	-10.10	5.17	0.05
客家 vs 台閩	0.87	3.76	0.82
氣喘(有 vs 無)	-30.40	2.97	<0.01
心律不整(有 vs 無)	-5.48	6.99	0.43
Risk Level	2.69	2.83	0.34
Time	-4.65	0.91	<0.01
Risk Level* Time	-1.32	1.01	0.19

校正變項: FEF75(%)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 籍貫分組, 氣喘, 心律不整, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

## 7. 神經測試

受試者於職場中所接受到的刺激，不論是物理性或是化學性的因子，除有可能對受試者的生理層面造成影響外，亦有可能在其心理層次上造成影響。由文獻中可得知，奈米粒子據信會經由鼻腔的嗅球神經細胞(olfactory nerve cell)進入腦部，進而有可能對大腦神經元(neuron)產生影響或傷害。本研究因此於去年收案時，開始嘗試以由 Letz & Baker 所設計並改寫為中文化界面的電腦化行為評估系統(Neurobehavioral evaluation system 2, NES2)進行受試者之神經行為的研究。NES2 可根據目的，設計測試的內容包括有：手指敲擊、連續性操作、聯想性學習、符號數字配對、圖像比對、圖像記憶、視覺數字反應、交替性注意力、數字學習、延遲性聯想記憶、情緒狀態問答及同義字彙共十一項，研究時因考量收案時限與受測者應試意願，僅選擇連續性操作與視覺數字反應兩項進行測定。在連續性操作測試中，電腦螢幕會出現多種不同幾何圖形，但僅在三角形出現時，受測者須儘快的按鍵一次。反應時間以毫秒計，且反應時間越短，顯示受測者注意力越好。而在視覺數字反應測試中，電腦螢幕中會出現一連串由四個漸增到七個數字的數字串，受測者在第一部分須在顯示結束後，儘速的以正向的方式將數字串依序鍵入；在第二部分，則是將需鍵入的數字，依反向的順序鍵入。所能記住的數字越多及錯誤越少，顯示受測者的記憶能力越好。但由於 GEE 分析時的參數設定，僅將連續性操作的結果在本研究報告中呈現。

表 728 顯示以不同生活習慣為變項下，在不對任何變項進行校正時，可發現年齡較大者(大於 40 歲以上)反應顯著較慢。而具有喝酒或是嚼食檳榔習慣的受測者，其反應時間也顯著慢於各別相對的對照組。另外，在不同教育程度中的受測者，具研究所學歷的受測者反應時間較大專/大學學歷者為快，也較高中職以下學歷的受測者為快。數據中亦顯示具抽煙習慣的受測者其反應速率亦慢於不具抽煙習慣的受試者，但其結果並不具顯著性意義( $p>0.05$ )。表 729 則是考以是否罹患不同疾病為變項探討神經反應秒速的分佈情形，可以由表中看出在所列出的多項疾病中，並沒有任何疾病是會顯著影響受測者的神經行為的( $p>0.05$ )。

圖 322 為截至目前所得之神經功能測試數據(兩年)之重複測量分布情形，

可以由圖中看出在不同的危害分組中，由去年至今年在各組中皆呈現下降的現象。表 730 及 731 則是在考量對前述有顯著影響之變項，包括年齡、是否具喝酒習慣、是否具嚼檳榔習慣及教育程度，及不具顯著影響之性別和是否具抽煙習慣兩變項，對數據校正後的結果。可看出僅在不考量危害分組時，受測族群整體有隨收案時間/次數的增加，其反應秒數呈現有顯著的增加現象。其餘不論是如何的危害分組，或是分組後是否考量時間的影響，皆顯示與對照組間的反應時間無顯著差異。

若將受測者依其暴露的奈米物質進行分類後，並以危害程度進行分組，可得各組之神經反應重複測量分布情形。在奈米碳管處置者的討論中，可以由圖 323 看出，對照組呈現一隨收案次數/時間增加，反應秒數下降的現象，或許與受測者對測試項目的熟悉度或是再次實驗使受測者已經有預期的心理相關，因此得到受試時間減少的現象；RL1 組呈現不變；而 RL2 的測定時間則有變長的現象。暴露在奈米級二氧化鈦(圖 324)與奈米級二氧化矽(圖 325)物質的結果相似，在對照組與 RL1 組的結果皆呈現反應秒數減少的現象，但是在 RL2 分組則兩次測試的反應時間並無明顯的趨勢變化。圖 326 則是奈米銀處置者的結果，顯現三組結果皆隨收案時間/次數而下降，但 RL1 與 RL2 組的下降程度均較其對照組來得小。其它奈米物質處置者的結果則顯示於圖 327，並和奈米級二氧化鈦與奈米級二氧化矽的結果相似。而進一步進行 GEE 的分析時可發現，不論是暴露於何種物質下，僅在未進行危害分組時，受測者整體神經反應秒數呈現一隨收案時間/次數而有顯著下降的趨勢。其餘不論何種危害程度分組或是是否考慮時間的影響，均未顯示有顯著的差異存在(表 732、表 733、表 734、表 735、表 736、表 737、表 738、表 739、表 740、表 741)，似乎表示神經反應時間(毫秒)，與受測者暴露於何種奈米物質較不相關，而與年齡、教育、是否有喝酒習慣與是否有嚼檳榔的習慣較為相關。

表 728 神經反應(微秒)在不同生活習慣下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
年齡分組	≤40, 40 歲以下	159	420.37	±	56.04	<0.01
	>40, 40 歲以上	82	463.38	±	61.06	
性別	女	80	441.69	±	58.93	0.18
	男	161	431.68	±	62.17	
抽菸習慣	無	216	434.39	±	62.85	0.55
	有	24	440.41	±	45.76	
喝酒習慣	無	220	432.13	±	59.71	0.03
	有	21	465.08	±	69.45	
嚼檳榔習慣	無	235	433.52	±	60.43	0.04
	有	6	493.14	±	67.74	
籍貫	台閩	186	436.20	±	60.17	0.42
	客家	33	423.90	±	62.34	
	其它(原住民與外省籍)	21	445.44	±	67.71	
教育程度	高中職以下	42	472.36	±	74.34	<0.01
	大專/大學	109	438.38	±	56.47	
	研究所以上	89	413.22	±	50.57	

*p* 值使用無母數分析

表 729 神經反應(微秒)在不同疾病狀況下之分布情形

	變項	N	Mean	±	SD	<i>p-value</i>
慢性支氣管炎	無	226	435.02	±	61.55	0.95
	有	14	433.47	±	59.10	
氣喘	無	234	433.87	±	60.02	0.62
	有	5	454.10	±	91.54	
鼻炎	無	198	436.27	±	60.72	0.39
	有	43	429.17	±	63.62	
心律不整	無	230	435.67	±	61.81	0.50
	有	11	421.09	±	45.86	
心絞痛	無	239	435.04	±	61.43	1.00
	有	2	431.17	±	8.49	
心臟瓣膜疾病	無	236	435.21	±	61.46	0.84
	有	5	425.47	±	50.45	
高血脂	無	222	435.14	±	60.43	0.68
	有	19	433.39	±	71.08	
高血壓	無	218	434.55	±	61.16	0.81
	有	23	439.33	±	62.54	
異位性皮膚炎	無	223	435.78	±	61.91	0.43
	有	18	425.39	±	51.67	
過敏性皮膚炎	無	211	434.62	±	61.67	0.64
	有	30	437.70	±	58.49	
色素沉澱	無	234	435.02	±	61.20	0.80
	有	7	434.38	±	65.06	
毛囊炎	無	230	435.97	±	62.02	0.24
	有	11	414.76	±	35.40	

*p* 值使用無母數分析

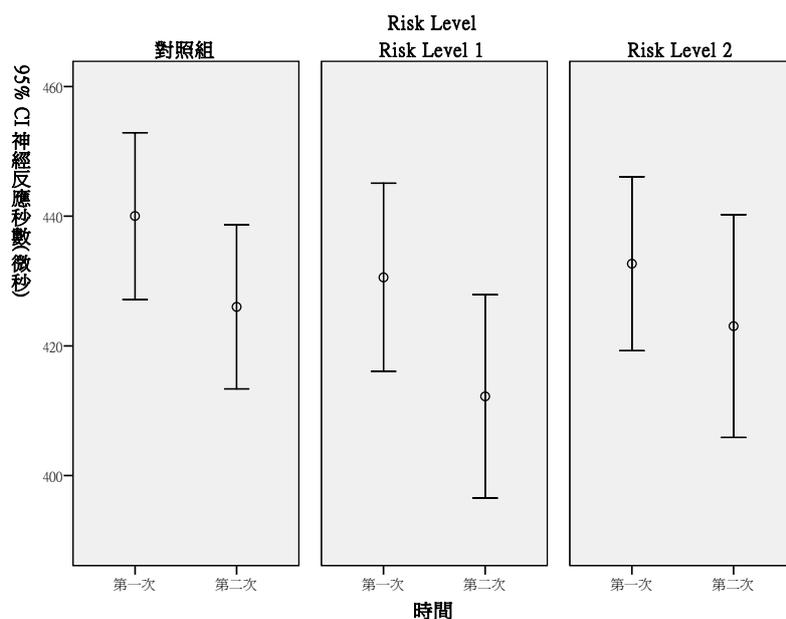


圖 322 神經反應(微秒頭尾比例之重覆測量分布情形

表 730 神經反應秒數(微秒)重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	34.75	7.07	<0.01
性別(男 vs 女)	1.73	7.16	0.81
抽菸習慣(有 vs 無)	-13.09	9.57	0.17
喝酒習慣(有 vs 無)	22.16	14.68	0.13
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	7.96	20.49	0.70
研究所以上 vs 高中職以下	-28.43	11.86	0.02
大專/大學 vs 高中職以下	-10.40	10.74	0.33
RL2vs 對照組	0.72	16.50	0.97
RL1vs 對照組	4.24	16.36	0.80
Time	-19.92	5.58	<0.01
RL2*Time	2.62	10.28	0.80
RL1*Time	-2.81	9.74	0.77

依變項: 神經反應秒數(微秒)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 731 神經反應秒數(微秒)重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	34.77	7.08	<0.01
性別(男 vs 女)	1.52	7.17	0.83
抽菸習慣(有 vs 無)	-12.96	9.50	0.17
喝酒習慣(有 vs 無)	22.72	14.69	0.12
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	8.39	20.28	0.68
研究所以上 vs 高中職以下	-28.43	11.80	0.02
大專/大學 vs 高中職以下	-10.38	10.70	0.33
Risk Level	0.66	8.17	0.94
Time	-20.92	5.37	<0.01
Risk Level* Time	1.02	5.03	0.84

依變項: 神經反應秒數(微秒)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

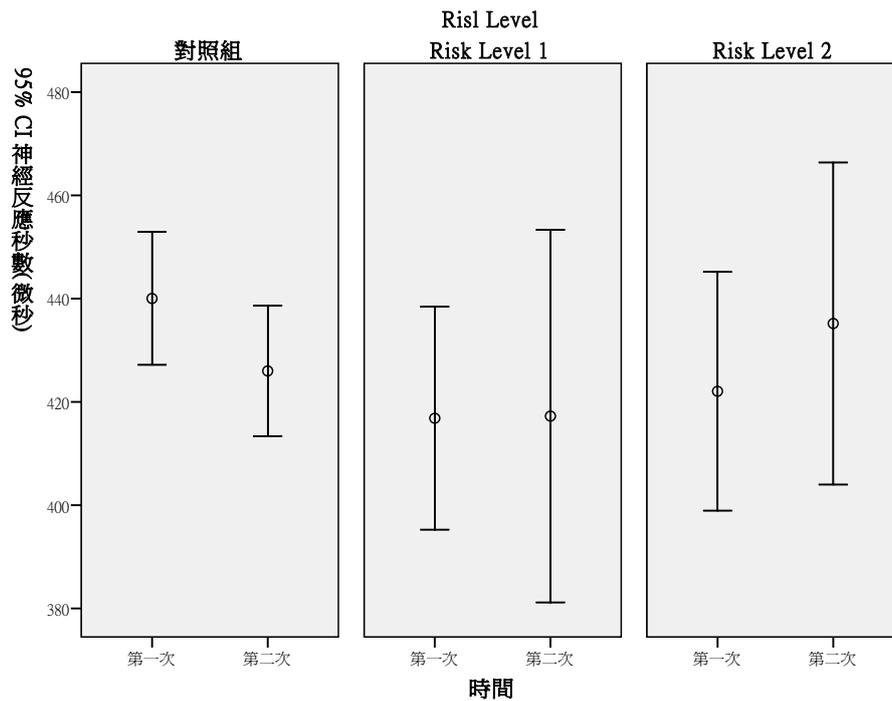


圖 323 奈米碳管處置者之神經反應(微秒重覆測量分布情形)

表 732 神經反應秒數(微秒)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	27.42	9.59	<0.01
性別(男 vs 女)	7.22	9.36	0.44
抽菸習慣(有 vs 無)	-20.77	13.79	0.13
喝酒習慣(有 vs 無)	29.06	19.73	0.14
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	51.76	28.33	0.07
研究所以上 vs 高中職以下	-18.49	17.43	0.29
大專/大學 vs 高中職以下	4.29	15.51	0.78
RL2vs 對照組	-26.18	22.62	0.25
RL1vs 對照組	-36.42	22.12	0.10
Time	-20.70	5.57	<0.01
RL2*Time	17.89	15.62	0.25
RL1*Time	16.70	14.18	0.24

依變項: 神經反應秒數(微秒)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 733 神經反應秒數(微秒)在奈米碳管處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	25.27	9.15	0.01
性別(男 vs 女)	6.71	9.33	0.47
抽菸習慣(有 vs 無)	-21.10	13.82	0.13
喝酒習慣(有 vs 無)	30.14	19.39	0.12
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	52.06	28.00	0.06
研究所以上 vs 高中職以下	-19.68	17.26	0.25
大專/大學 vs 高中職以下	2.88	15.33	0.85
Risk Level	-15.01	10.82	0.17
Time	-20.28	5.49	<0.01
Risk Level* Time	9.61	7.26	0.19

依變項: 神經反應秒數(微秒)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

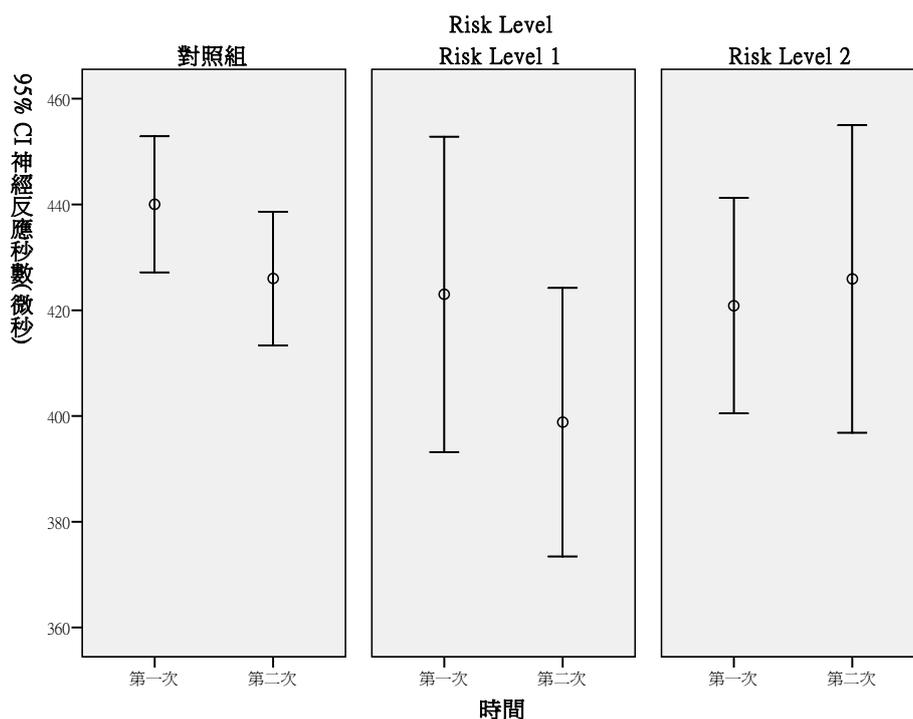


圖 324 奈米級二氧化鈦處置者之神經反應(微秒重覆測量分布情形)

表 734 神經反應秒數(微秒)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	35.34	9.66	<0.01
性別(男 vs 女)	0.27	9.75	0.98
抽菸習慣(有 vs 無)	-7.69	12.21	0.53
喝酒習慣(有 vs 無)	27.44	19.44	0.16
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	54.70	25.83	0.03
研究所以上 vs 高中職以下	-4.96	15.43	0.75
大專/大學 vs 高中職以下	10.30	13.25	0.44
RL2vs 對照組	-23.18	20.72	0.26
RL1vs 對照組	-2.27	23.87	0.92
Time	-20.60	5.58	<0.01
RL2*Time	13.11	13.66	0.34
RL1*Time	-3.04	12.81	0.81

依變項: 神經反應秒數(微秒)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 735 神經反應秒數(微秒)在奈米級二氧化鈦處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	35.52	9.68	<0.01
性別(男 vs 女)	-0.13	9.70	0.99
抽菸習慣(有 vs 無)	-7.15	12.10	0.55
喝酒習慣(有 vs 無)	28.60	19.39	0.14
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	54.23	25.60	0.03
研究所以上 vs 高中職以下	-5.04	15.45	0.74
大專/大學 vs 高中職以下	10.36	13.21	0.43
Risk Level	-10.71	10.15	0.29
Time	-21.39	5.46	<0.01
Risk Level* Time	5.64	6.51	0.39

依變項: 神經反應秒數(微秒)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

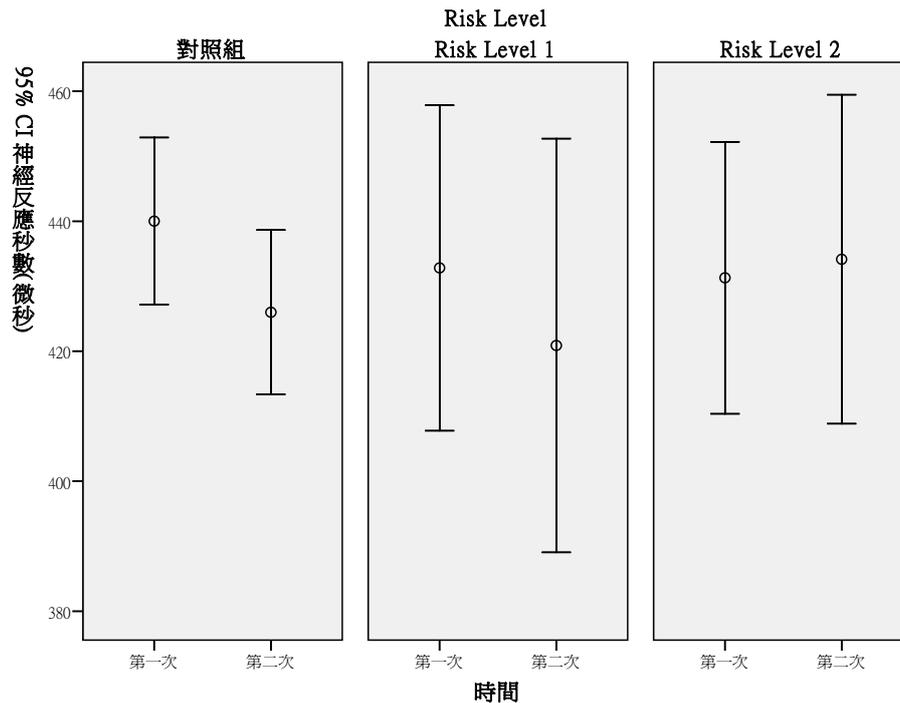


圖 325 奈米級二氧化矽處置者之神經反應(微秒重覆測量分布情形)

表 736 神經反應秒數(微秒)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	33.77	9.46	<0.01
性別(男 vs 女)	0.45	9.19	0.96
抽菸習慣(有 vs 無)	-4.95	12.50	0.69
喝酒習慣(有 vs 無)	16.92	17.78	0.34
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	24.70	26.68	0.35
研究所以上 vs 高中職以下	-26.94	14.51	0.06
大專/大學 vs 高中職以下	-10.66	13.33	0.42
RL2vs 對照組	-15.05	20.75	0.47
RL1vs 對照組	-6.08	18.15	0.74
Time	-20.98	5.60	<0.01
RL2*Time	12.79	12.68	0.31
RL1*Time	4.49	10.88	0.68

依變項: 神經反應秒數(微秒)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 737 神經反應秒數(微秒)在奈米級二氧化矽處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	33.77	9.47	<0.01
性別(男 vs 女)	0.31	9.21	0.97
抽菸習慣(有 vs 無)	-4.79	12.40	0.70
喝酒習慣(有 vs 無)	17.23	17.74	0.33
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	24.70	26.57	0.35
研究所以上 vs 高中職以下	-26.88	14.55	0.06
大專/大學 vs 高中職以下	-10.55	13.33	0.43
Risk Level	-7.35	10.03	0.46
Time	-21.11	5.41	<0.01
Risk Level* Time	6.17	6.03	0.31

依變項: 神經反應秒數(微秒)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

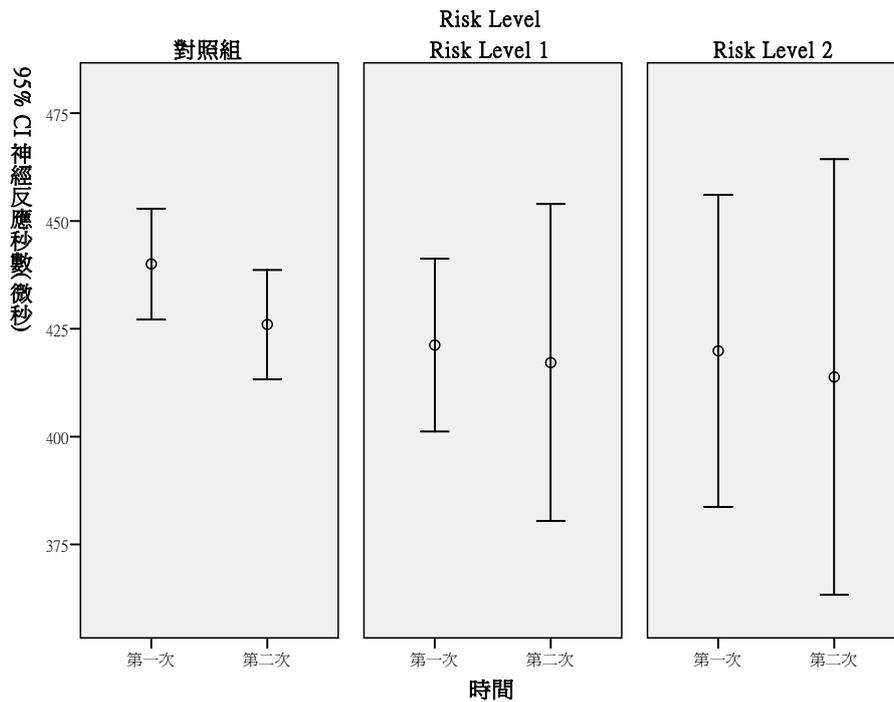


圖 326 奈米銀處置者之神經反應(微秒重覆測量分布情形)

表 738 神經反應秒數(微秒)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	p-value
≥40 歲 vs <40 歲	26.72	9.81	0.01
性別(男 vs 女)	3.62	9.68	0.71
抽菸習慣(有 vs 無)	-15.81	13.59	0.24
喝酒習慣(有 vs 無)	37.08	19.63	0.06
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	67.44	25.92	0.01
研究所以上 vs 高中職以下	-11.91	16.42	0.47
大專/大學 vs 高中職以下	9.66	14.68	0.51
RL2vs 對照組	-3.22	38.65	0.93
RL1vs 對照組	-10.46	26.67	0.69
Time	-20.58	5.57	<0.01
RL2*Time	3.66	25.65	0.89
RL1*Time	9.68	18.48	0.60

依變項: 神經反應秒數(微秒)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 739 神經反應秒數(微秒)在奈米銀處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	26.57	9.76	0.01
性別(男 vs 女)	3.78	9.62	0.69
抽菸習慣(有 vs 無)	-15.88	13.52	0.24
喝酒習慣(有 vs 無)	36.31	19.44	0.06
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	67.80	25.90	0.01
研究所以上 vs 高中職以下	-12.39	16.18	0.44
大專/大學 vs 高中職以下	9.31	14.67	0.53
Risk Level	-3.03	17.47	0.86
Time	-20.13	5.54	<0.01
Risk Level* Time	3.13	11.37	0.78

依變項: 神經反應秒數(微秒)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

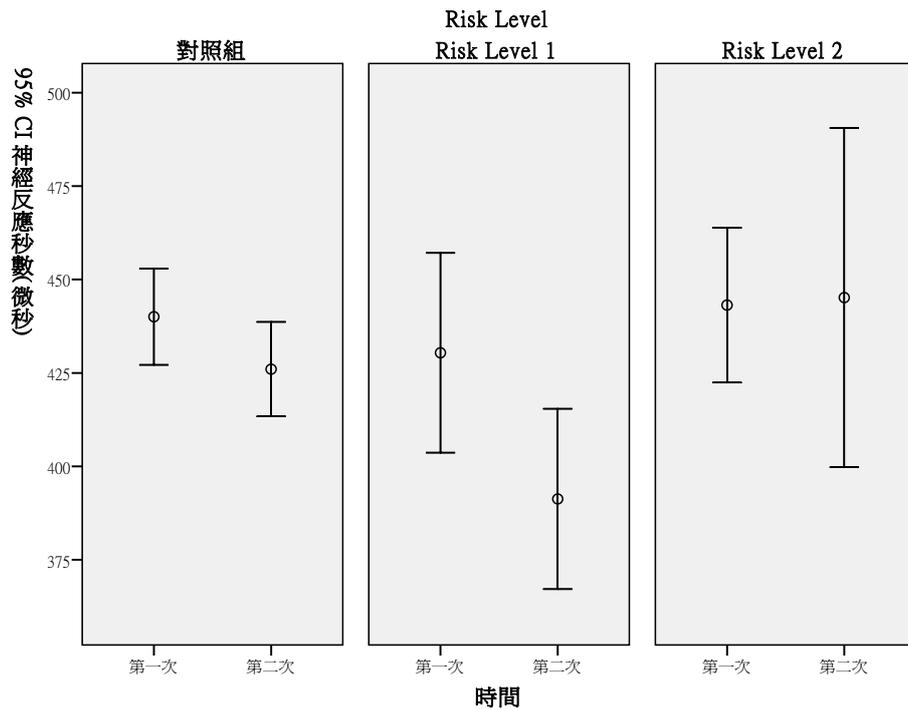


圖 327 其他奈米物質處置者之神經反應(微秒)重覆測量分布情形

表 740 神經反應秒數(微秒)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(RL1、RL2 與對照組之差異)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	28.57	9.39	<0.01
性別(男 vs 女)	4.14	9.02	0.65
抽菸習慣(有 vs 無)	-28.80	16.41	0.08
喝酒習慣(有 vs 無)	39.62	18.12	0.03
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	39.96	34.27	0.24
研究所以上 vs 高中職以下	-4.10	17.19	0.81
大專/大學 vs 高中職以下	8.94	15.06	0.55
RL2vs 對照組	-6.79	23.41	0.77
RL1vs 對照組	16.54	29.56	0.58
Time	-20.49	5.57	<0.01
RL2*Time	18.13	17.94	0.31
RL1*Time	-16.62	17.27	0.34

校正變項: 神經反應秒數(微秒)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

表 741 神經反應秒數(微秒)在其他奈米物質處置者重覆測量之 GEE 分析(按照 Risk Level 之趨勢分析)

變項	B	SE	<i>p-value</i>
≥40 歲 vs <40 歲	29.23	9.46	<0.01
性別(男 vs 女)	3.68	9.19	0.69
抽菸習慣(有 vs 無)	-29.77	15.88	0.06
喝酒習慣(有 vs 無)	41.40	18.68	0.03
嚼檳榔習慣(有 vs 無)	42.41	32.34	0.19
研究所以上 vs 高中職以下	-5.21	16.50	0.75
大專/大學 vs 高中職以下	8.04	14.82	0.59
Risk Level	2.09	12.06	0.86
Time	-22.58	5.56	<0.01
Risk Level* Time	2.98	8.56	0.73

校正變項: 神經反應秒數(微秒)

校正變項: 年齡, 性別, 抽菸習慣, 喝酒習慣, 嚼檳榔習慣, 教育程度, Risk Level, Time, Risk Level\* Time

## 8. 縱貫性研究總整理

此部分將重覆測量之 GEE 分析結果做一整合性之整理，了解發炎反應指標、抗氧化酵素指標、心血管早期反應指標、細胞傷害、肺功能、荷爾蒙以及神經測試之測量值是否隨著時間累積而造成較多的傷害。(表 742-表 748)

本計劃之發炎反應指標包含有 NO、CC16、NF-kB、IL-6、IL-6sR 以及氧化性傷害指標 8-OHdG、isoPGF2 $\alpha$  以及 N7-MeG，結果顯示(表 742)，NO 在奈米銀接觸者中 RL2 下降(斜率是上升的)的情形明顯較對照組少，且隨著接觸時間與風險的上升，NO 下降(斜率是上升的)的越少，可能與其接受的刺激較多有關，因而引起 NO 居高不下，此結果符合預期。

CC16 在奈米碳管之接觸者中發現隨著 RL 的上升，CC16 的上升程度越高，且 RL2 之上升情形顯著多於對照組，與預期相符。

血液中 NF-kB 的數值，隨著時間都遞減，但是接觸於奈米碳管之人員，隨著風險的上升，NF-kB 下降的情形越小，在趨勢分析上有顯著結果，且 RL1 之下降程度顯著的小於對照組。

IL-6sR 在奈米碳管接觸者之 GEE 分析結果顯示，隨著 RL 之上升，其下降之程度越小。而 8-OHdG 在暴露組之 RL1 中的下降程度低於對照組，且奈米碳管接觸者之 8-OHdG 隨著風險的增加，其下降幅度越小，RL2 之下降程度也明顯小於對照組。

表 742 發炎反應之 GEE 分析總整理

variables	Expected direction	Time	Exposure Levels			Exposed Nano-materials														
	disadvantageous		RL1 vs Control	RL2 vs Control	Trend	carbon nanotube			TiO2			SiO2			nano-Ag			Others		
						RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend
NO	↑	↓														★★	★★			
CC16(ng/mL)	↑(acute)↓(chronic)	↑					★★	★★												
NF-kB(serum)(pg/mL)	↑	↓	★	★	★	★★	★	★★												
NF-kB(EBC)(pg/mL)	↑	↓																		

★★GEE 分析統計顯示  $p < 0.05$ ; ★GEE 分析統計顯示  $0.05 < p < 0.10$ (與預期相符)

☆☆GEE 分析統計顯示  $p < 0.05$ ; ☆GEE 分析統計顯示  $0.05 < p < 0.10$ (與預期相反)

表 742 發炎反應之 GEE 分析總整理(續)

variables	Expected direction	Time	Exposure Levels			Exposed Nano-materials														
	disadvantageous		RL1 vs Control	RL2 vs Control	Trend	carbon nanotube			TiO2			SiO2			nano-Ag			Others		
						RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend
IL-6(pg/mL)	↑	↓					☆☆	☆☆												
IL-6sR(pg/mL)	↑	↓					★	★★												
8-OHdG(ng/mL) (urine)	↑	↓					☆													
8-OHdG/cre(ng/mL) (urine)	↑	↓		☆☆	☆☆	☆	☆☆	☆☆				☆☆	☆☆							
8-OHdG (pg/mg) (plasma)	↑	↓	★★		★	★	★★	★★												
IsoPGF2α(pg/mL)(EBC)	↑	↑														☆☆				
N7-MeG	↑	↑																		
N7-MeG/creatinine	↑	↑		☆☆	☆☆		☆☆			☆☆	☆☆		☆☆	☆☆		☆☆				

★★GEE 分析統計顯示  $p<0.05$ ; ★GEE 分析統計顯示  $0.05<p<0.10$ (與預期相符)

☆☆GEE 分析統計顯示  $p<0.05$ ; ☆GEE 分析統計顯示  $0.05<p<0.10$ (與預期相反)

本計劃所探討之抗氧化酵素指標包含有 MPO、SOD 以及 GPx，結果並無發現抗氧化酵素在奈米接觸者有符合預期之傷害(表 743)。

表 743 抗氧化酵素之 GEE 分析總整理

變項	Expected direction	Time	Exposure Levels			Exposed Nano-materials														
	disadvantageous		RL1 vs Control	RL2 vs Control	Trend	carbon nanotube			TiO2			SiO2			nano-Ag			Others		
						RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend
MPO(ng/mL)	↑	↑		☆☆	☆☆								☆☆	☆☆						
SOD activity	↓	↑																		
GPx activity	↓	↑																		

★★GEE 分析統計顯示  $p<0.05$ ; ★GEE 分析統計顯示  $0.05<p<0.10$ (與預期相符)

☆☆GEE 分析統計顯示  $p<0.05$ ; ☆GEE 分析統計顯示  $0.05<p<0.10$ (與預期相反)

心血管早期反應指標在文獻中較常被探討與奈米物質有關，因此在本計畫中有較多的測量指標，藉以了解受試者在接觸於奈米物質後是否於心血管相關測量方面會有所影響，在此測量的項目有 paraoxonase、Fibrinogen、VCAM、ICAM、hs-CRP、HRV(Heart rate variability)、APG(Acceleration Plethysmograph)以及血管彈性；而 HRV 中包含有 SDNN(心臟功能指數)、RMSSD(心臟負荷指數)、VLF(極低頻)、LF(低頻)、HF(高頻)、LF/HF(低高頻功率比)、PSI(壓力指數)以及 TP(總能量)；APG 包含有 Vessel Status Score、DPI(血管老化)、SP(心室功能評估)、SVT(血管結構)、RBV(血量配置)、VCT；血管彈性則包含有 BA(生理年齡)、SI(血管硬化指數)、SPO<sub>2</sub>(血氧飽和度)以及 RI(血管彈性指數)等。

GEE 分析結果顯示(表 744)，隨著 Risk Level 的上升，paraoxonase 在奈米碳管接觸者的下降程度顯著增加，且 RL2 之下降程度顯著的多於對照組，而 hs-CRP 在奈米銀接觸者中，亦可發現，隨著風險的增加，hs-CRP 的上升程度越多，其中 RL1 的上升程度顯著多於對照組。

在 HRV 測量項目中，僅發現接觸其他奈米物質者之 RMSSD 在 RL1 之下降程度顯著多於對照組，且隨著風險的增加，RMSSD 下降的程度越多。

在 APG 測量項目中，僅 VCT 在暴露組、奈米碳管接觸者、奈米級二氧化矽接觸者以及奈米銀接觸者之 RL1 族群中的下降程度顯著的小於對照組。

表 744 心血管早期反應指標之 GEE 分析總整理

變項	Expected direction	Time	Exposure Levels			Exposed Nano-materials														
			RL1 vs Control	RL2 vs Control	Trend	carbon nanotube			TiO2			SiO2			nano-Ag			Others		
	disadvantageous					RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend
paraoxonase	↓	↓			★	★★	★★													
Fibrinogen(mg/dL)	↑	↓															★★			
VCAM(ng/mL)	↑	↓																		
ICAM(ng/mL)	↑	↓	☆	☆					☆☆	☆										
hsCRP(mg/L)	↑	↓												★★		★★				
HRV																				
SDNN(ms)	↓	↓								☆		★	★							
RMSSD(ms)	↓	↓			★			★									★★		★★	
VLF(ms2)	↑	↓																		
LF(ms2)	↑	↓																		
HF(ms2)	↓	↓																		
LF/HF	↑	↓																		
PSI(壓力指數)	↑	↑																		
TP(ms)(總能量)	↓	↓																		

表 744 心血管早期反應指標之 GEE 分析總整理(續)

變項	Expected direction	Time	Exposure Levels			Exposed Nano-materials														
	disadvantageous		RL1 vs Control	RL2 vs Control	Trend	carbon nanotube			TiO2			SiO2			nano-Ag			Others		
APG						RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend
Vessel Status Score	↓	↑																		
DPI(血管老化評估)	↑	↑																		
SP(心室功能評估)	↑	↓																		
BVT(血管結構評估)	↓	↓	☆☆			☆		☆☆												
RBV(血量配置評估)	↓	↑				★														
VCT	↑	↓	★★			★★						★★			★★					
血管彈性																				
BA(生理年齡)	↑	↑																		
SI(血管硬化指數)	↑	↑					☆	☆												
SPO <sub>2</sub> (血氧飽和度(%))	↓	↑																		
RI(血管彈性指數(%))	↑	↓		☆	☆	☆☆	☆	☆☆												

★★GEE 分析統計顯示  $p < 0.05$ ; ★GEE 分析統計顯示  $0.05 < p < 0.10$ (與預期相符)

☆☆GEE 分析統計顯示  $p < 0.05$ ; ☆GEE 分析統計顯示  $0.05 < p < 0.10$ (與預期相反)

在細胞傷害的指標中，本計劃測量了%DNA in tail、Tail Moment、Olive Moment 以及 L/H 頭尾比例，但在 GEE 分析結果中並無發現隨著風險的增加而傷害程度顯著的變化(表 745)。

表 745 細胞傷害之 GEE 分析總整理

變項	Expected direction	Time	Exposure Levels			Exposed Nano-materials														
	disadvantageous		RL1 vs Control	RL2 vs Control	Trend	carbon nanotube			TiO2			SiO2			nano-Ag			Others		
			RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend
%DNA in tail	↑	↑																		
Tail Moment	↑	↑					★	★												
Olive Moment	↑	↓						★												
L/H 頭尾比例	↑	↓													☆		★			

★★GEE 分析統計顯示  $p < 0.05$ ; ★GEE 分析統計顯示  $0.05 < p < 0.10$ (與預期相符)  
 ☆☆GEE 分析統計顯示  $p < 0.05$ ; ☆GEE 分析統計顯示  $0.05 < p < 0.10$ (與預期相反)

肺功能的分析項目中包含了 FEV<sub>1</sub>/FVC、FVC、MMF、PEFR 以及 FEF25(%)、FEF50(%)與 FEF75(%)，結果顯示，奈米碳管接觸者之 FVC 隨著風險的上升，下降的情形越多，而接觸於奈米銀之 RL2 受試者族群，其 MMF、FEF25(%)以及 FEF75(%)的下降程度皆顯著多於對照組(表 746)，與預期相符。

表 746 肺功能之 GEE 分析總整理

變項	Expected direction	Time	Exposure Levels			Exposed Nano-materials														
	disadvantageous		RL1 vs Control	RL2 vs Control	Trend	carbon nanotube			TiO <sub>2</sub>			SiO <sub>2</sub>			nano-Ag			Others		
			RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend
FVC(%)	↓	↓																		
FEV <sub>1</sub> /FVC	↓	↓										☆☆								
PEFR(%)	↓	↓																		
MMF(%)	↓	↓	☆☆									☆☆					★★			
FEF25(%)	↓	↓	☆☆											☆☆			★★			
FEF50(%)	↓	↓	☆														★			
FEF75(%)	↓	↓															★★			★

★★GEE 分析統計顯示  $p < 0.05$ ; ★GEE 分析統計顯示  $0.05 < p < 0.10$ (與預期相符)

☆☆GEE 分析統計顯示  $p < 0.05$ ; ☆GEE 分析統計顯示  $0.05 < p < 0.10$ (與預期相反)

在荷爾蒙與神經測試之 GEE 分析結果中，並無發現隨著風險的增加，其接觸奈米物質之組別的測量值改變多於對照組，亦無發現隨著風險的增加，測量值的變化有任何的趨勢(表 747)。

表 747 荷爾蒙與神經反應之 GEE 分析總整理

變項	Expected direction	Time	Exposure Levels			Exposed Nano-materials														
	disadvantageous		RL1 vs Control	RL2 vs Control	Trend	carbon nanotube			TiO2			SiO2			nano-Ag			Others		
						RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend	RL1	RL2	Trend
Cortisol	↑	↓																		
Testosterone	↓	↓													☆☆					
Reaction time (μs, 微秒)	↓	↓																		

★★GEE 分析統計顯示  $p < 0.05$ ; ★GEE 分析統計顯示  $0.05 < p < 0.10$ (與預期相符)

☆☆GEE 分析統計顯示  $p < 0.05$ ; ☆GEE 分析統計顯示  $0.05 < p < 0.10$ (與預期相反)

## 第六章 結論與建議

### 第一節 結論

本研究九十八年成果的主要焦點在於受測族群的關係建立與多種試驗橫斷性結果分析，並建議對受測者進行持續的追蹤監測；九十九年成果則是由於無法取得各廠使用的奈米物質其詳細的化學特性，因此引用 Control banding 分組的觀念，並以 GEE 的分析方法對多次(n=2-3)重複參與的受測者進行追蹤探討，結果顯示所見到的整體性的危害現象，可能是由微米級微粒所造成。今年(100 年度)除了以九十九年的 Control banding 分類觀念進行分組外(對照組、RL1 及 RL2)，更進一步探討受測者在操作不同的奈米物質種類後，可能的健康影響，而本研究利用接觸的物質將人員歸為五大類，包含：(1)接觸奈米碳管人員、(2)接觸奈米級二氧化鈦人員、(3)接觸奈米級二氧化矽人員、(4)接觸奈米銀人員以及(5)接觸其他奈米物質人員(包含奈米金、奈米鋁、奈米樹脂..等)後，再進行 GEE 分析。參與本研究的受試者，其追蹤分析次數最多多達四次，使得雖然依此進行的 GEE 分析結果更為複雜而難以解釋，但是相信所呈現的趨勢與相關性應更具參考價值。而將受試者按照所接觸之奈米物質進行分類後，所顯現出的歧異性或許是源由於：不僅不同的奈米物質其物理及化學性質各有所異，即便是同一化學物質，在不同的製程與應用過程中所進行的化學處置或是其所處的作業環境亦有所差距，導致若粗略地將所有的接觸物質僅考量分組為有接觸與無接觸奈米物質的對照組，將會使很多細節資訊在平均的過程中被忽視，此亦使得本研究在今年所進行的奈米物質分組探討，將更有機會能釐清奈米從業員工是否真的受到有害的影響。本研究主要結論有：

- 一、本研究若不進行接觸物質分項，而僅將受試者分類為對照組、RL1、RL2 來討論時，在所有的測試項目中，結果變化情形符合預期的試驗包括有以下：
  1. 發炎反應中的 NF-kB(serum)與 8-OH-dG(plasma)。
  2. 心血管早期反應指標 APG 測試中的 VCT。
- 二、而在抗氧化酵素、細胞傷害指標、肺功能、荷爾蒙與神經反應測試的結果，皆沒有呈現任何的趨勢。但在進一步以受試者所接觸的奈米物質進行分類後，可

由原先的結果看出更多且更詳盡的資訊：

1. 部分整體趨勢沒有變化的測量指標，在以接觸物質種類細分後，其結果的趨勢變化呈現符合預期的情形，包括有：
  - (1) 發炎反應中的 NO(奈米銀)、CC16(CNT)及 IL-6sR(CNT)。
  - (2) 心血管早期反應指標的 Paraoxonase(CNT)、Fibrinogen(Others)、hs-CRP(奈米銀)、HRV 測試中的 SDNN(SiO<sub>2</sub>)與 RMSSD(CNT、TiO<sub>2</sub>與 Others)、血量配置評估(CNT)。
  - (3) 細胞傷害指標中的 Tail moment(CNT)、Olive moment(CNT)以及 L/H 頭尾比例(Others)。
  - (4) 肺功能分析項目中的 FVC(CNT)、MMF(奈米銀)、FEF25(奈米銀)、FEF50(奈米銀)及 FEF75(奈米銀及 Others)。
2. 未考量接觸物質而整體則呈現顯著之差異，而在分類後仍呈現有趨勢變化的結果，推測可能是源自於某些特定暴露物質的貢獻，包括有：
  - (1) 發炎反應中的 NF-kB(serum)可能是源自於 CNT 作業員工的影響。
  - (2) 發炎反應中的 8-OHdG(plasma)可能是源自於 CNT 作業員工的影響。
  - (3) 心血管早期反應指標 APG 測試中的 VCT 可能是源自於奈米碳管(CNT)、奈米級二氧化矽(SiO<sub>2</sub>)與奈米銀作業員工的影響。

三、荷爾蒙與神經反應測試的結果方面，不論是否對接觸奈米物質進行分組，皆顯示無任何變化的趨勢。

四、在本研究的受試族群中：

1. 奈米級二氧化鈦(TiO<sub>2</sub>)的接觸人員，僅心血管早期反應指標中的 RMSSD 於 RL1 分組中呈現符合預期的影響外(邊緣顯著)，其餘所有的測試中皆未有顯著的影響，顯示奈米級二氧化鈦接觸者在本研究中相對於其他的奈米物質接觸人員而言，是處於相對較低風險的環境。
2. 奈米級二氧化矽(SiO<sub>2</sub>) 接觸人員在抗氧化酵素指標中 MPO 測試的 RL2 組與 Trend 皆呈現顯著的符合預期趨勢變化；在心血管早期反應指標 HRV 測試中的 SDNN 結果顯示其 RL2 與 Trend 呈現邊緣不顯著的相關性，而在 APG 測試中的 VCT 結果顯示 RL1 呈顯著的符合預期變化。
3. 奈米銀接觸人員的結果在肺部相關功能(肺功能與 NO)多項測試中，呈現與

預期符合的顯著相關，且顯示其在 RL2 分組的族群中，受試者的大呼吸道 (EFE25)與小呼吸道(MMF、EFE50 及 EFE75)有阻塞或病變發生的趨勢。其餘包括有 hsCRP 與心血管早期反應指標中的 VCT 亦皆有符合預期的趨勢，唯其皆僅發生在 RL1 分組，而 RL2 分組與 Trend 則沒有此現象。

4. **奈米碳管(CNT)**接觸人員的結果在不同的指標上皆有所發現，包括發炎反應 (CC16、血清中的 NF-kB、IL6-sR 及血漿中的 8-OHdG)、心血管早期反應指標中的 paraoxonase、HRV 測試中的 RMSSD(RL1 分組)、APG 測試中的 RBV 與 VCT、細胞傷害指標中的 Tail moment(RL2 分組與 Trend)及 Olive moment(Trend)及肺功能的 FVC(Trend)。
5. **其它奈米物質**接觸人員則是在心血管早期指標中的 Fibrinogen(RL1 分組)及 HRV 測試中的 RMSSD(RL1 分組與 Trend)、細胞傷害的 L/H 頭尾比例(RL1 分組)、肺功能的 EFE75(RL2 分組)呈現與預期符合的結果，但由於此部分是將人數較少的其它接觸族群，包括奈米金、奈米鋁、奈米粘土..等，累計於同一族群，因此除非各接觸物質的人數增加成一獨立的組別，否則不易了解其指標之變化由何種物質造成。

## 第二節 建議

本研究若摒除測試結果在危害分組中僅 RL1 有影響，但 RL2 與 Trend 沒有影響的族群，則進一步可以發現五類奈米物質的接觸族群中，TiO<sub>2</sub>的接觸者在本研究中是相對低風險的，此結果僅表示在本研究中參與的受試者，其 TiO<sub>2</sub>接觸族群所處的暴露環境並未達到引起作業員工不良影響的範疇，而非論述 TiO<sub>2</sub>的作業較不具毒性，因為曾有文獻提出，即使顆粒之毒性低（如二氧化鈦），祇要具足夠高的粒子表面積劑量亦被證明會導致肺部炎症，組織損傷和纖維化。而 CNT 和奈米銀的作業員工在本研究中的結果顯示，其似乎主要貢獻了發炎反應與肺部功能的影響，此一結果或許與暴露物質相關，但也或許與受測者在暴露當下的整體環境、頻率、劑量與時間相關。

本研究中 Control Banding 分類的較高風險族群，確實在追蹤分析中呈現了較不良的健康結果，建議後續應針對這些暴露族群持續進行健康追蹤；且其詳細的機轉與原因未清楚，建議後續進行細胞實驗或是相關的動物實驗，予以釐清。

## 誌謝

本研究計畫參與人員除勞研所勞動醫學組何俊傑組長以及林洺秀副研究員以及國家衛生研究院環境衛生與職業醫學研究組劉紹興主任共同執行，另包括國家衛生研究院環境衛生與職業醫學研究組鄒粹軍、李慧玲、李立安、江宏哲以及王淑麗研究員以及博士後研究員鍾禹德、黃鈺芳；研究助理李維津、劉婉燕、王昭晴、楊雅婷、梁韡茹、黃欣儀、賴振儀、郭雅婷、鄭逸婷、許競允、廖慧儀等人之計畫協助，並感謝所有參予本計畫之所有奈米工廠的參與者，謹此敬表謝忱。

## 參考文獻

- [1] Bräuner EV, Forchhammer L, Møller P, Simonsen J, Glasius M, Wåhlin P, Raaschou-Nielsen O, and Loft S. Exposure to Ultrafine Particles from Ambient Air and Oxidative Stress-induced DNA Damage. *Environ Health Perspect* 2007 (In press)
- [2] Sørensen M, Autrup H, Hertel O, Wallin H, Knudsen LE, Loft S. Personal exposure to pm2.5 and biomarkers of dna damage. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2003; 12: 191-196.
- [3] Osornio-Vargas AR, Bonner JC, Alfaro-Moreno E, Martínez L, García-Cuellar C, Ponce-de-León Rosales S, et al. Proinflammatory and cytotoxic effects of Mexico City air pollution particulate matter in vitro are dependent on particle size and composition. *Environ Health Perspect* 2003; 111: 1289-1293.
- [4] Nightingale JA, Maggs R, Cullinan P, Donnelly LE, Rogers DF, Kinnersley R, et al. Airway inflammation after controlled exposure to diesel exhaust particulates. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2000; 162: 161-166.
- [5] Dockery DW, Pope CA 3rd, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *The New England Journal of Medicine* 1993; 329: 1753-1759.
- [6] Schwartz J, Norris G, Larson T, Sheppard L, Claiborne C, Koenig J. Episodes of high coarse particle concentrations are not associated with increased mortality. *Environ Health Perspect* 1999; 107: 339-342.
- [7] Castillejos M, Borja-Aburto VH, Dockery DW, Gold DR, Loomis D. Airborne coarse particles and mortality. *Inhalation Toxicology* 2000; 12: 61-72.
- [8] Alfaro-Moreno E, Martínez L, García-Cuellar C, Bonner JC, Murray JC, Rosas I, et al. Biologic effects induced in vitro by pm10 from three different zones of Mexico City. *Environ Health Perspect* 2002; 110: 715-720.
- [9] Krishna NK, Campbell S, Vogt VM, Wills JW. Genetic determinants of Rous sarcoma virus particle size. *Journal of virology* 1998;72(1):564-77.
- [10] Li J, Ng HT, Cassell A, Fan W, Chen H, Ye Q, Koehne J, Han J, Meyyappan M. Carbon Nanotube Nanoelectrode Array for Ultrasensitive DNA Detection. *Nano Letters* 2003; 3(5):597-602.

- [11] 尹邦躍：奈米時代 nano，五南出版社；2002。
- [12] Lei YC, Chen MC, Chan CC, Wang PY, Lee CT, Cheng TJ. Effects of concentrated ambient particles on airway responsiveness and pulmonary inflammation in pulmonary hypertensive rats. *Inhalation Toxicology* 2004; 16(11-12): 785-792.
- [13] Pietropaoli AP, Frampton MW, Hyde RW, Morrow PE, Oberdorster G, Cox C, Speers DM, Frasier LM, Chalupa DC, Huang LS, Utell MJ. Pulmonary function, diffusing capacity, and inflammation in healthy and asthmatic subjects exposed to ultrafine particles. *Inhalation Toxicology* 2004; 16: 59-72.
- [14] Card JW, Zeldin DC, Bonner JC and Nestmann ER. Pulmonary applications and toxicity of engineered nanoparticles. *American Journal of Physiology - Lung Cellular and Molecular Physiology* 2008; 295: 400-411.
- [15] Bermudez E, Mangum JB, Wong BA, Asgharian B, Hext PM, Warheit DB, Everitt JI. Pulmonary responses of mice, rats, and hamsters to subchronic inhalation of ultrafine titanium dioxide particles. *Toxicological Sciences* 2004; 77: 347-357.
- [16] Grassian VH, O'shaughnessy PT, Adamcakova-Dodd A, Pettibone JM, Thorne PS. Inhalation exposure study of titanium dioxide nanoparticles with a primary particle size of 2 to 5 nm. *Environ Health Perspect* 2007; 115(3): 397-402.
- [17] Warheit DB, Webb TR, Sayes CM, Colvin VL, Reed KL. Pulmonary instillation studies with nanoscale TiO<sub>2</sub> rods and dots in rats: toxicity is not dependent upon particle size and surface area. *Toxicological Sciences* 2006; 91: 227-236,
- [18] Warheit DB, Webb TR, Reed KL, Frerichs S, Sayes CM. Pulmonary toxicity study in rats with three forms of ultrafine-TiO<sub>2</sub> particles: differential responses related to surface properties. *Toxicology* 2007; 230: 90-104,
- [19] Geiser M, Rothen-Rutishauser B, Kapp N, Schurch S, Kreyling W, Schulz H, Semmler M, Im Hof V, Heyder J, Gehr P. Ultrafine particles cross cellular membranes by nonphagocytic mechanisms in lungs and in cultured cells. *Environmental Health Perspectives* 2005; 113: 1555-1560.
- [20] Lam CW, James JT McCluskey R, Arepalli S, Hunter RL. A review of carbon nanotube toxicity and assessment of potential occupational and environmental health risks. *Critical Reviews in Toxicology* 2006; 36: 189-217.

- [21] Chou CC, Hsiao HY, Hong QS, Chen CH, Peng YW, Chen HW, Yang PC. Single-walled carbon nanotubes can induce pulmonary injury in mouse model. *Nano Letters* 2008; 8: 437-445.
- [22] Takagi A, Hirose A, Nishimura T, Fukumori N, Ogata A, Ohashi N, Kitajima S, Kanno J. Induction of mesothelioma in p53<sup>+/-</sup> mouse by intraperitoneal application of multi-wall carbon nanotube. *Journal of Toxicological Sciences* 2008; 33: 105-116.
- [23] Shvedova AA, Fabisiak JP, Kisin ER, Murray AR, Roberts JR, Tyurina YY, et al. Sequential exposure to carbon nanotubes and bacteria enhances pulmonary inflammation and infectivity. *American journal of respiratory cell and molecular biology* 2008; 38(5): 579-590.
- [24] Ji JH, Jung JH, Kim SS, Yoon JU, Park JD, Choi BS, Chung YH, Kwon IH, Jeong J, Han BS, Shin JH, Sung JH, Song KS, Yu IJ. Twenty-eight-day inhalation toxicity study of silver nanoparticles in Sprague-Dawley rats. *Inhalation Toxicology* 2007; 19: 857-871.
- [25] Lakind JS, Holgate ST, Ownby DR, Mansur AH, Helms PJ, Pyatt D, Hays SM. A critical review of the use of Clara cell secretory protein (CC16) as a biomarker of acute or chronic pulmonary effects. *Biomarkers* 2007; 12: 445-467.
- [26] Broeckaert F, Arsalane K, Hermans C, Bergamaschi E, Brustolin A, Mutti A, Bernard A. Serum clara cell protein: a sensitive biomarker of increased lung epithelium permeability caused by ambient ozone. *Environmental Health Perspectives* 2000; 108: 533-537.
- [27] Lillienberg L, ZOCK J-P, Kromhout H, Plana E, Jarvis D, Toren K, Kogevinas M. A Population-Based Study on Welding Exposures at Work and Respiratory Symptoms. *Annals of Occupational Hygiene* 2008; 52: 107-115.
- [28] Botta C, Iarmarcovai G, Chaspoul F, Sari-Minodier I, Pompili J, Orsière T, Bergé-Lefranc J-L, Botta A, Gallice P, De Méo M. Assessment of occupational exposure to welding fumes by inductively coupled plasma-mass spectroscopy and by the alkaline Comet assay. *Environmental and Molecular Mutagenesis* 2006; 47: 284-295.

- [29] Cesp' on-Romero RM, Yebra-Biurrun MC. Determination of trace metals in urine with an on-line ultrasound-assisted digestion system combined with a flow-injection preconcentration manifold coupled to flame atomic absorption spectrometry. *Analytica Chimica Acta* 2008; 609: 184-191.
- [30] Li N, Xia T, Nel AE. The role of oxidative stress in ambient particulate matter-induced lung diseases and its implications in the toxicity of engineered. *Free Radical Biology & Medicine* 2008; 44(9): 1689-1699.
- [31] Pilger A, Germadnik D, Schaffer A, Theiler A, Pils P, Sluka F, et al. 8-hydroxydeoxyguanosine in leukocyte DNA and urine of quartz-exposed workers and patients with silicosis. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 2000; 73:305-310.
- [32] Delanty N, Reilly M, Pratico D, Fitzgerald DJ, Lawson JA and Fitzgerald GA. 8-Epi PGF<sub>2α</sub>: specific analysis of an isoecosanoid as an index of oxidant stress in vivo. *British Journal of Clinical Pharmacology* 1996; 42: 15-19.
- [33] Chace DH, Sherwin JE, Hillman SL, Lorey F and Cunningham GC. Use of phenylalanine-to-tyrosine ratio determined by tandem mass spectrometry to improve newborn screening for phenylketonuria of early discharge specimens collected in the first 24 hours. *Clinical Chemistry* 1998; 44: 2405-2409.
- [34] Rossner P, Svecova V, Milcova A, Lnenickova Z, Solansky I, Sram RJ. Seasonal variability of oxidative stress markers in city bus drivers. Part I. Oxidative damage to DNA. *Mutation Research* 2008; 642: 14-20.
- [35] The Royal Society & The Royal Academy of Engineering (UK). *Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties*. London; 2004.
- [36] Trentler TJ, Denler TE, Bertone JF, Agrawal A, and Vicki L. Colvin, Synthesis of TiO<sub>2</sub> Nanocrystals by Nonhydrolytic Solution-Based Reactions. *Journal of American Chemical Society* 1999; 121 (7): 1613-1614.
- [37] Oberdörster G, Ferin J, Gelein R, Soderholm SC, Finkelstein J. Role of the alveolar macrophage in lung injury—studies with ultrafine particles. *Environmental Health Perspect* 1992; 97: 193-199.
- [38] Oberdörster G, Ferin J, Lehnert BE. Correlation between particle-size, in-vivo particle persistence, and lung injury. *Environmental Health Perspect* 1994a; 102(S5): 173-179.

- [39] Oberdorster G, Ferin J, Lehnert BE. Correlation between particle size, in vivo particle persistence, and lung injury. *Environmental health perspectives* 1994; 102 Suppl 5: 173-179.
- [40] Lison D, Lardot C, Huaux F, Zanetti G, Fubini B. Influence of particle surface area on the toxicity of insoluble manganese dioxide dusts. *Archives of Toxicology* 1997; 71(12): 725-729.
- [41] Tran CL, Jones AD, Cullen RT, Donaldson K. Mathematical modeling of the retention and clearance of low-toxicity particles in the lung. *Inhalation Toxicology* 1999; 11(12): 1059-1076.
- [42] Tran CL, Buchanan D, Cullen RT, Searl A, Jones AD, Donaldson K. Inhalation of poorly soluble particles. II. Influence Of particle surface area on inflammation and clearance. *Inhalation Toxicology* 2000; 12(12): 1113-1126.
- [43] Brown DM, Wilson MR, MacNee W, Stone V, Donaldson K . Size-dependent proinflammatory effects of ultrafine polystyrene particles: a role for surface area and oxidative stress in the enhanced activity of ultrafines. *Toxicology and Applied Pharmacology* 2001; 175(3): 191-199.
- [44] Barlow PG, Donaldson K, MacCallum J, Clouter A, Stone V. Serum exposed to nanoparticle carbon black displays increased potential to induce macrophage migration. *Toxicology Letters* 2005; 155 (3) : 397-401.
- [45] Duffin R, Tran L, Brown D, Stone V, Donaldson K. Proinflammogenic effects of low-toxicity and metal nanoparticles in vivo and in vitro: highlighting the role of particle surface area and surface reactivity. *Inhalation Toxicology* 2007; 19(10): 849-856.
- [46] Duffin R, Tran CL, Clouter A, Brown DM, MacNee W, Stone V and Donaldson K. The Importance of Surface Area and Specific Reactivity in the Acute Pulmonary Inflammatory Response to Particles. *The Annals of Occupational Hygiene* 2002; 46: 242-245.
- [47] Oberdörster G, Oberdörster E, Oberdörster J. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environmental Health Perspect* 2005a; 113(7): 823-839.
- [48] Maynard AD and Kuempel ED. Airborne Nanostructured Particles and Occupational Health. *Journal of Nanoparticle Research* 2005; 7 : 587-614.

- [49] Donaldson K, Aitken R, Tran L, Stone V, Duffin R, Forrest G, et al. Carbon nanotubes: a review of their properties in relation to pulmonary toxicology and workplace safety. *Toxicological Sciences* 2006; 92(1): 5-22.
- [50] Shvedova AA, Kisin ER, Murray AR, Gorelik O, Arepalli S, Castranova V, et al. Vitamin E deficiency enhances pulmonary inflammatory response and oxidative stress induced by single-walled carbon nanotubes in C57Bl/6 mice. *Toxicology and Applied Pharmacology* 2007; 221:339-348.
- [51] ICRP. Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection. ICRP Publication 1994; 66: 1-3.
- [52] Jaques PA, Kim CS. Measurement of total lung deposition of inhaled ultrafine particles in healthy men and women. *Inhalation Toxicology* 2000; 12: 715-731.
- [53] Daigle CC, Chalupa DC, Gibb FR, Morrow PE, Oberdörster G, Utell MJ. Ultrafine particle deposition in humans during rest and exercise. *Inhalation Toxicology* 2003; 15: 539-552.
- [54] Donaldson K, Brown D, Clouter A, Duffin R, MacNee W, Renwick L, et al. The pulmonary toxicology of ultrafine particles. *Journal of Aerosol Medicine* 2002; 15(2): 213-220.
- [55] Takenaka S, Karg E, Roth C, Schulz H, Ziesenis A, Heinzmann U, Schramel P, Heyder J. Pulmonary and systemic distribution of inhaled ultrafine silver particles in rats. *Environmental Health Perspectives* 2001; 109(4): 547-551.
- [56] Nemmar A, Hoet PHM, Vanquickenborne B, Dinsdale D, Thomeer M, Hoylaerts MF, Vanbilloen H, Mortelmans L, Nemery B. Passage of Inhaled Particles Into the Blood Circulation in Humans. *Circulation* 2002; 105: 411-414.
- [57] Oberdörster G, Sharp Z, Atudorei V, Elder A, Gelein R, Lunts A, Kreyling W, Cox C. Extrapulmonary translocation of ultrafine carbon particles following whole-body inhalation exposure of rats. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 2002; 65 Part A (20): 1531-1543.
- [58] Oberdörster G, Sharp Z, Atudorei V, Elder A, Gelein R, Kreyling W, Cox C. Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain. *Inhalation Toxicology* 2004; 16(6-7): 437-445.

- [59] Elder GA, De Gasperi R, Gama Sosa MA. Research update: neurogenesis in adult brain and neuropsychiatric disorders. *The Mount Sinai Journal of Medicine* 2006; 73(7): 931-940.
- [60] Lorenzo D, Velluti JC, Crispino L, Velluti R. Cerebellar sensory functions: rat auditory evoked potentials. *Experimental Neurology* 1977; 55(3 PT. 1): 629-636.
- [61] Adams RJ, Bray D. Rapid transport of foreign particles microinjected into crab axons. *Nature* 1983; 303(5919): 718-720.
- [62] Hunter DD, Dey RD. Identification and neuropeptide content of trigeminal neurons innervating the rat nasal epithelium. *Neuroscience* 1998; 83(2): 591-599.
- [63] Tinkle SS, Antonini JM, Rich BA, Roberts JR, Salmen R, DePree K, et al. Skin as a route of exposure and sensitization in chronic beryllium disease. *Environmental Health Perspectives* 2003; 111(9): 1202-1208.
- [64] Ryman-Rasmussen JP, Riviere JE, Monteiro-Riviere NA. Penetration of intact skin by quantum dots with diverse physicochemical properties. *Toxicological Sciences* 2006; 91(1): 159-165.
- [65] Murray AR, Kisin ER, Kommineni C, Vallyathan V, Castranova V, Shvedova AA. Pro/antioxidant status and AP-1 transcription factor in murine skin following topical exposure to cumene hydroperoxide. *Carcinogenesis* 2007; 28(7): 1582-1588.
- [66] Muhammad F, Monteiro-Riviere NA, Baynes RE, Riviere JE. Effect of in vivo jet fuel exposure on subsequent in vitro dermal absorption of individual aromatic and aliphatic hydrocarbon fuel constituents. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A* 2005; 68(9): 719-737.
- [67] Shvedova AA, Castranova V, Kisin ER, Schwegler-Berry D, Murray AR, Gandelsman VZ, et al. Exposure to carbon nanotube material: assessment of nanotube cytotoxicity using human keratinocyte cells. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A* 2003; 66(20): 1909-1926.
- [68] Lee KP, Trochimowicz HJ, Reinhardt CF. Transmigration of titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) particles in rats after inhalation exposure. *Experimental and Molecular Pathology* 1985; 42(3): 331-343.

- [69] Oberdorster G and Yu CP. The carcinogenic potential of inhaled diesel exhaust, a particle effect. *Journal of Aerosol Science* 1990; 21: 397-401.
- [70] Heinrich JN, Bravo R. The orphan mouse receptor interleukin (IL)-8R beta binds N51. Structure-function analysis using N51/IL-8 chimeric molecules. *The Journal of Biological Chemistry* 1995; 270(10): 4987-4989.
- [71] Driscoll KE. Role of inflammation in the development of rat lung tumors in response to chronic particle exposure. In: Mauderly JL, McCunney RJ, eds. *Particle overload in the rat lung and lung cancer: implications for human risk assessment*. Philadelphia 1996; PA: Taylor & Francis, pp. 139-152.
- [72] Renwick LC, Brown D, Clouter A, Donaldson K. Increased inflammation and altered macrophage chemotactic responses caused by two ultrafine particle types. *Occupational and Environmental Medicine* 2004; 61: 442-447.
- [73] Jiang J, Oberdorster G, Elder A, Gelein R, Mercer P, Biswas P. Does nanoparticle activity depend upon size and crystal phase? *Nanotoxicology* 2008; 2(1): 33-42.
- [74] Sager TM, Komminenil C and Castranova V. Pulmonary response to intratracheal instillation of ultrafine versus fine titanium dioxide: role of particle surface area. *Particle and Fibre Toxicology* 2008; 5: 17.
- [75] Oberdorster G, Gelein RM, Ferin J, Weiss B. Association of particulate air pollution and acute mortality: involvement of ultrafine particles? *Inhalation Toxicology* 1995; 7(1): 111-124.
- [76] Johnston CJ, Finkelstein JN, Mercer P, Corson N, Gelein R, Oberdörster G. Pulmonary Effects Induced by Ultrafine PTFE Particles. *Toxicology and Applied Pharmacology* 2000 ; 168 : 208-215.
- [77] Goldstein B, Shulman A, Kisiel D. Electrical high-frequency audiometry. Preliminary medical audiologic experience. *Audiology* 1987; 26(6): 321-331.
- [78] Lee CH, Guo YL, Tsai PJ, Chang HY, Chen CR, Chen CW, et al. Fatal acute pulmonary oedema after inhalation of fumes from polytetrafluoroethylene (PTFE). *The European Respiratory Journal* 1997; 10(6): 1408-1411.
- [79] Shvedova AA, Kisin ER, Mercer R, Murray AR, Johnson VJ, Potapovich AI, et al. Unusual inflammatory and fibrogenic pulmonary responses to single-walled carbon nanotubes in mice. *American Journal of Physiology Lung Cellular and Molecular Physiology* 2005; 289(5): L698-708.

- [80] Lam P, Cowen JP, Jones RD. Autotrophic ammonia oxidation in a deep-sea hydrothermal plume. *FEMS Microbiology Ecology* 2004; 47(2): 191-206.
- [81] Wang WH, Giebisch G. Regulation of potassium (K) handling in the renal collecting duct. *Pflugers Archiv* 2009; 458(1): 157-168.
- [82] Warheit DB, Laurence BR, Reed KL, Roach DH, Reynolds GA, Webb TR. Comparative pulmonary toxicity assessment of single-wall carbon nanotubes in rats. *Toxicological Sciences* 2004; 77(1): 117-125.
- [83] Mercer RR, Scabilloni J, Wang L, Kisin E, Murray AR, Schwegler-Berry D, et al. Alteration of deposition pattern and pulmonary response as a result of improved dispersion of aspirated single-walled carbon nanotubes in a mouse model. *American Journal of Physiology Lung Cellular and Molecular Physiology* 2008; 294(1): L87-97.
- [84] Baron PA, Deye GJ, Chen BT, Schwegler-Berry DE, Shvedova AA, Castranova V. Aerosolization of single-walled carbon nanotubes for an inhalation study. *Inhalation Toxicology* 2008; 20(8): 751-760.
- [85] Shvedova AA, Kisin E, Keshava N, Murray AR, Gorelik O, Arepalli S, Gandelsman VZ, Castranova V. Proceedings of the 227th American Chemical Society National Meeting; 2004 March 27- April 1; Anaheim, CA. Washington, DC: American Chemical Society; 2004.
- [86] Li L, Li B, Yang G, Li CY. Polymer decoration on carbon nanotubes via physical vapor deposition. *Langmuir* 2007; 23(16): 8522-8525.
- [87] Muller J, Huaux F, Moreau N, Misson P, Heilier JF, Delos M, et al. Respiratory toxicity of multi-wall carbon nanotubes. *Toxicology and Applied Pharmacology* 2005; 207(3): 221-231.
- [88] Sriram K, Kekre NS, Gopalakrishnan G. Primary hyperoxaluria and systemic oxalosis. *Indian Journal of Urology* 2007; 23(1): 79-80.
- [89] Poland CA, Duffin R, Kinloch I, Maynard A, Wallace WA, Seaton A, et al. Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study. *Nature Nanotechnology* 2008; 3(7): 423-428.

- [90] Maynard AD, Baron PA, Foley M, Shvedova AA, Kisin ER, Castranova V. Exposure to carbon nanotube material: aerosol release during the handling of unrefined single-walled carbon nanotube material. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A* 2004; 67(1): 87-107.
- [91] Han JH, Lee EJ, Lee JH, So KP, Lee YH, Bae GN, et al. Monitoring multiwalled carbon nanotube exposure in carbon nanotube research facility. *Inhalation Toxicology* 2008; 20(8): 741-749.
- [92] Kreiss K, Mroz M M, Zhen B, Wiedemann H, Barna B. Risks of beryllium disease related to work processes at a metal, alloy, and oxide production plant. *Occupational Environmental Medicine* 1997; 54: 605-612.
- [93] Gardiner K, Tongeren M, Harrington M. Respiratory health effects from exposure to carbon black: results of the phase 2 and 3 cross sectional studies in the European carbon black manufacturing industry. *Occupational Environmental Medicine* 2001; 58: 496-503.
- [94] Antonini JM. Health effects of welding. *Critical Reviews in Toxicology* 2003; 33(1): 61-103.
- [95] Steenland K, Deddens J, Stayner L. Diesel exhaust and lung cancer in the trucking industry: Exposure–response analyses and risk assessmen. *American Journal of Industrial Medicine* 1998; 34(3): 220-228.
- [96] Garshick E, Laden F, Hart JE, Rosner B, Smith TJ, Dockery DW, Speizer FE. Lung Cancer in Railroad Workers Exposed to Diesel Exhaust. *Environmental Health Perspectives* 2004; 112(15): 1539-1543.
- [97] Garshick E, Laden F, Hart JE, Smith TJ, Rosner B. Smoking imputation and lung cancer in railroad workers exposed to diesel exhaust. *American Journal of Industrial Medicine* 2006; 49(9): 709-718.
- [98] Hart JE, Laden F, Schenker MB, Garshick E. Chronic Obstructive Pulmonary Disease Mortality in Diesel-Exposed Railroad Workers. *Environmental Health Perspectives* 2006; 114(7): 1013-1017.
- [99] Park RM, Bowler RM, Eggerth DE, Diamond E, Spencer KJ, Smith D, Gwiazda R. Issues in neurological risk assessment for occupational exposures: The Bay Bridge welders. *NeuroToxicology* 2006; 27(3): 373-384.

- [100] Bowler RM, Nakagawa S, Drezgic M, Roels HA, Park RM, Diamond E, Mergler D, Bouchard M, Bowler RP, Koller W. Sequelae of fume exposure in confined space welding: A neurological and neuropsychological case series. *NeuroToxicology* 2007; 28(2): 298-311.
- [101] Ambroise J, Pera J. Immobilization of calcium sulfate contained in demolition waste. *Journal of Hazardous Materials* 2008; 151(2-3): 840-846.
- [102] Health Effects Institute. Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and the American Cancer Society Study of particulate air pollution and mortality. Special Report Boston, MA: Health Effects Institute 2000. Available: <http://www.healtheffects.org/>
- [103] Pope CA III, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, et al. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association* 2002; 287(9): 1132-1141.
- [104] Pope CA III, Burnett RT, Thurston GD, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Godleski JJ. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution : epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation* 2004; 109: 71-77.
- [105] Peters A, Wichmann HE, Tuch T, Heinrich J, Heyder J. Respiratory effects are associated with the number of ultrafine particles. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 1997; 155: 1376-1383.
- [106] Peters K, Unger RE, Kirkpatrick CJ, Gatti AM, Monari E. Effects of nano-scaled particles on endothelial cell function in vitro: studies on viability, proliferation and inflammation. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine* 2004; 15(4): 321-325.
- [107] Penttinen P, Timonen KL, Tiittanen P, Mirme A, Ruuskanen J, Pekkanene J. Ultrafine particles in urban air and respiratory health among adult asthmatics. *European Respiratory Journal* 2001; 17(3): 428-435.
- [108] Ibaldo-Mulli A, Wichmann HE, Kreyling W, Peters A. Epidemiological Evidence on Health Effects of Ultrafine Particles. *Journal of Aerosol Medicine* 2002; 15(2): 189-201.

- [109] Timonen KL, Hoek G, Heinrich J, et al. Daily variation in fine and ultrafine particulate air pollution and urinary concentrations of lung Clara cell protein CC16. *Occupational Environmental Medicine* 2004; 61: 908-914.
- [110] Ruckerl R, Ibaldo-Mulli A, Koenig W, Schneider A, Woelke G, Cyrys J, et al. Air pollution and markers of inflammation and coagulation in patients with coronary heart disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2006; 173: 432-441.
- [111] Frampton MW, Stewart JC, Oberdörster G, Morrow PE, Chalupa D, Pietropaoli AP, et al. Inhalation of ultrafine particles alters blood leukocyte expression of adhesion molecules in humans. *Environmental Health Perspectives* 2006; 114(1): 51-58.
- [112] Törnqvist H, Mills NL, Gonzalez M, Miller MR, Robinson SD, Megson IL, MacNee W, Donaldson K, Söderberg S, Newby DE, Sandström T, Blomberg A. Persistent Endothelial Dysfunction in Humans after Diesel Exhaust Inhalation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2007; 176: 395-400.
- [113] Kim CS and Jaques PA. Analysis of Total Respiratory Deposition of Inhaled Ultrafine Particles in Adult Subjects at Various Breathing Patterns. *Aerosol Science and Technology* 2004; 38: 525-540.
- [114] Kreyling WG, Semmler M, Erbe F, Mayer P, Takenaka S, Schultz H, et al. Ultrafine insoluble iridium particles are negligibly translocated from lung epithelium to extrapulmonary organs. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 2002; 65(20): 1513-1530.
- [115] Semmler M, Seitz J, Erbe F, Mayer P, Heyder J, Oberdörster G, et al. Long-term clearance kinetics of inhaled ultrafine insoluble iridium particles from the rat lung, including transient translocation into secondary organs. *Inhalation Toxicology* 2004; 16: 453-459.
- [116] Möller R, Powell RD, Hainfeld JF, Fritzsche W. Enzymatic Control of Metal Deposition as Key Step for a Low-Background Electrical Detection for DNA Chips. *Nano Letters* 2005; 5(7): 1475-1482.
- [117] Moller W, Hofer T, Ziesenis A, Karg E, Heyder J. Ultrafine particles cause cytoskeletal dysfunctions in macrophages. *Toxicology and applied pharmacology* 2002; 182(3): 197-207.

- [118] Porter AE, Gass M, Muller K, Skepper JN, Midgley PA, Welland M. Direct imaging of single-walled carbon nanotubes in cells. *Nature Nanotechnology* 2007; 2: 713-717.
- [119] Porter AE, Gass M, Muller K, Skepper JN, Midgley PA, Welland M. Direct imaging of single-walled carbon nanotubes in cells. *Nature nanotechnology* 2007; 2(11): 713-717.
- [120] Donaldson K, Tran L, Jimenez LA, Duffin R, Newby DE, Mills N, et al. Combustion-derived nanoparticles: a review of their toxicology following inhalation exposure. *Particle and Fibre Toxicology* 2005; 2: 10.
- [121] Kreyling WG, Semmler-Behnke M, Moller W. Ultrafine particle-lung interactions: does size matter? *Journal of Aerosol Medicine* 2006;19(1):74-83.
- [122] Oberdorster G, Oberdorster E, Oberdorster J. Nanotoxicology: an emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles. *Environmental Health Perspectives* 2005;113(7):823-839.
- [123] Thomas CE, Zhu W, Van Dam CN, Davis NL, Johnston RE, Sparling PF. Vaccination of mice with gonococcal TbpB expressed in vivo from Venezuelan equine encephalitis viral replicon particles. *Infection and Immunity* 2006; 74(3): 1612-1620.
- [124] Mossman BT, Churg A. Mechanisms in the pathogenesis of asbestosis and silicosis. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 1998; 157(5 Pt 1): 1666-1680.
- [125] Castranova V, Vallyathan V. Silicosis and coal workers' pneumoconiosis. *Environmental Health Perspectives* 2000; 108 Suppl 4: 675-684.
- [126] Donaldson K, Tran CL. Inflammation caused by particles and fibers. *Inhalation Toxicology* 2002; 14(1): 5-27.
- [127] Donaldson L, Grant IS, Naysmith MR, Thomas JS. Acute amiodarone-induced lung toxicity. *Intensive Care Medicine* 1998; 24(6): 626-630.
- [128] Donaldson K, Stone V. Current hypotheses on the mechanisms of toxicity of ultrafine particles. *Annali dell'Istituto superiore di sanita* 2003; 39(3): 405-410.
- [129] Nel A, Xia T, Madler L, Li N. Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science* 2006; 311(5761): 622-627.

- [130] Moshhammer H, Neuberger M. The active surface of suspended particles as a predictor of lung function and pulmonary symptoms in Austrian school children. *Atmospheric Environment* 2003; 37: 1737-1744.
- [131] Sayes C, Fortner J, Guo W, Lyon D, Boyd AM, Ausman KD, et al. The differential cytotoxicity of water-soluble fullerenes. *Nano letters* 2004; 4(10): 1881-1887.
- [132] Sayes CM, Gobin AM, Ausman KD, Mendez J, West JL, Colvin VL. Nano-C60 cytotoxicity is due to lipid peroxidation. *Biomaterials* 2005; 25: 7587-7595.
- [133] Hoshino A, Fujioka K, Oku T, Suga M, Sasaki YF, Ohta T, et al. Physicochemical Properties and Cellular Toxicity of Nanocrystal Quantum Dots Depend on Their Surface Modification. *Nano Letters* 2004; 4(11): 2163-2169.
- [134] Shiohara A, Hoshino A, Hanaki K, Suzuki K, Yamamoto K. On the cytotoxicity caused by quantum dots. *Microbiology and Immunology* 2004; 48(9): 669-675.
- [135] Lovric J, Bazzi HS, Cuie Y, Fortin GRA, Winnik M, Maysinger D. Differences in subcellular distribution and toxicity of green and red emitting CdTe quantum dots. *Journal of Molecular Medicine* 2005; 83: 377-385.
- [136] Sayes CM, Liang F, Hudson JL, Mendez J, Guo W, Beach JM, et al. Functionalization Density Dependence of Single-Walled Carbon Nanotubes Cytotoxicity in Vitro. *Toxicology Letters* 2006; 161: 135-142.
- [137] Long TC, Saleh N, Tilton RD, Lowry GV, Veronesi B. Titanium Dioxide (P25) Produces Reactive Oxygen Species in Immortalized Brain Microglia (BV2): Implications for Nanoparticle Neurotoxicity. *Environmental Science & Technology* 2006; 40(14): 4346-4352.
- [138] 林洺秀、賴錦皇：從事奈米微粒人員其環境暴露之初步調查。勞工安全衛生簡訊 2008；89：14-15。
- [139] Zhang R, Brennan ML, Fu X, Aviles RJ, Pearce GL, Penn MS, et al. Association between myeloperoxidase levels and risk of coronary artery disease. *Journal of the American Medical Association*. 2001; 286(17): 2136-2142.

- [140] Fine JM, Gordon T, Chen LC, Kinney P, Falcone G, Beckett WS. Metal fume fever: characterization of clinical and plasma IL-6 responses in controlled human exposures to zinc oxide fume at and below the threshold limit value. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 1997; 39(8): 722-726.
- [141] Mills NL, Amin N, Robinson SD, Anand A, Davies J, Patel D, et al. Do inhaled carbon nanoparticles translocate directly into the circulation in humans? *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2006; 173(4): 426-431.
- [142] Barregard L, Sallsten G, Gustafson P, Andersson L, Johansson L, Basu S, et al. Experimental exposure to wood-smoke particles in healthy humans: effects on markers of inflammation, coagulation, and lipid peroxidation. *Inhalation Toxicology* 2006; 18(11): 845-853.
- [143] Peretz A, Peck EC, Bammler TK, Beyer RP, Sullivan JH, Trenga CA, et al. Diesel exhaust inhalation and assessment of peripheral blood mononuclear cell gene transcription effects: an exploratory study of healthy human volunteers. *Inhalation Toxicology* 2007; 19(14): 1107-1119.
- [144] Tornqvist H, Mills NL, Gonzalez M, Miller MR, Robinson SD, Megson IL, et al. Persistent endothelial dysfunction in humans after diesel exhaust inhalation. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2007; 176(4): 395-400.
- [145] Barregard L, Sallsten G, Andersson L, Almstrand AC, Gustafson P, Andersson M, et al. Experimental exposure to wood smoke: effects on airway inflammation and oxidative stress. *Occupational and Environmental Medicine* 2008; 65(5): 319-324.
- [146] Danielsen PH, Brauner EV, Barregard L, Sallsten G, Wallin M, Olinski R, et al. Oxidatively damaged DNA and its repair after experimental exposure to wood smoke in healthy humans. *Mutation Research* 2008; 642(1-2): 37-42.
- [147] Shah KR, Hussain MA, Hubert M, Farag Badawy SI. Form conversion of anhydrous lactose during wet granulation and its effect on compactibility. *International Journal of Pharmaceutics* 2008; 357(1-2): 228-234.
- [148] Lucking AJ, Lundback M, Mills NL, Faratian D, Barath SL, Pourazar J, et al. Diesel exhaust inhalation increases thrombus formation in man. *European Heart Journal* 2008; 29(24): 3043-3051.

- [149] Cruts B, van Etten L, Tornqvist H, Blomberg A, Sandstrom T, Mills NL, et al. Exposure to diesel exhaust induces changes in EEG in human volunteers. *Particle and Fibre Toxicology* 2008; 5: 4.
- [150] Lundback M, Mills NL, Lucking A, Barath S, Donaldson K, Newby DE, et al. Experimental exposure to diesel exhaust increases arterial stiffness in man. *Particle and Fibre Toxicology* 2009; 6: 7.
- [151] Samet JM, Rappold A, Graff D, Cascio WE, Berntsen JH, Huang YC, et al. Concentrated ambient ultrafine particle exposure induces cardiac changes in young healthy volunteers. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2009; 179(11): 1034-1042.
- [152] Langrish JP, Lundback M, Mills NL, Johnston NR, Webb DJ, Sandstrom T, et al. Contribution of endothelin 1 to the vascular effects of diesel exhaust inhalation in humans. *Hypertension* 2009; 54(4): 910-915.
- [153] Kuschner WG, Wong H, D'Alessandro A, Quinlan P, Blanc PD. Human pulmonary responses to experimental inhalation of high concentration fine and ultrafine magnesium oxide particles. *Environmental Health Perspectives* 1997; 105(11): 1234-1237.
- [154] Frampton MW. Systemic and cardiovascular effects of airway injury and inflammation: ultrafine particle exposure in humans. *Environmental Health Perspectives* 2001; 109 Suppl 4: 529-532.
- [155] Beckett WS, Chalupa DF, Pauly-Brown A, Speers DM, Stewart JC, Frampton MW, et al. Comparing inhaled ultrafine versus fine zinc oxide particles in healthy adults: a human inhalation study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2005; 171: 1129-1135.
- [156] Carlsten C, de Roos AJ, Kaufman JD, Checkoway H, Wener MN. Seixas Cell markers, cytokines, and immune parameters in cement mason apprentices. *Arthritis & Rheumatism* 2007; 57(1): 147-153.
- [157] Peretz A, Kaufman JD, Trenga CA, Allen J, Carlsten C, Aulet MR, et al. Effects of diesel exhaust inhalation on heart rate variability in human volunteers. *Environmental Research* 2008; 107(2): 178-184.
- [158] Zareba W, Couderc JP, Oberdorster G, Chalupa D, Cox C, Huang LS, et al. ECG parameters and exposure to carbon ultrafine particles in young healthy subjects. *Inhalation Toxicology* 2009; 21(3): 223-233.

- [159] Bigger JT, Fleiss JL, Steinman RC, Rolnitzky LM, Kleiger RE and Rottman JN. Frequency domain measures of heart period variability and mortality after myocardial infarction. *Circulation* 1992; 85: 164-171.
- [160] Osornio-Vargas AR, Bonner JC, Alfaro-Moreno E, Martínez L, García-Cuellar C, Ponce-de-León Rosales S, et al. Proinflammatory and cytotoxic effects of Mexico City air pollution particulate matter in vitro are dependent on particle size and composition. *Environ Health Perspect* 2003; 111: 1289-1293.
- [161] Pilger A, Germadnik d, Schaffer A, Theiler A, Pils p, Sluka F, Winker N, Rüdiger HW. 8-Hydroxydeoxyguanosine in leukocyte DNA and urine of quartz-exposed workers and patients with silicosis. *International Archives of Occupational Environmental Health* 2000; 73: 305-310.
- [162] Delanty N, Reilly M, Pratico D, Fitzgerald DJ, Lawson JA and Fitzgerald GA. 8-Epi PGF<sub>2α</sub>: specific analysis of an isoeicosanoid as an index of oxidant stress in vivo. *British Journal of Clinical Pharmacology* 1996; 42: 15-19
- [163] Chace DH, Sherwin JE, Hillman SL, Lorey F and Cunningham GC. Use of phenylalanine-to-tyrosine ratio determined by tandem mass spectrometry to improve newborn screening for phenylketonuria of early discharge specimens collected in the first 24 hours. *Clinical Chemistry* 1998; 44: 2405-2409.
- [164] Delfino RJ, Staimer N, Tjoa T, Polidori A, Arhami M, Gillen DL, et al. Circulating Biomarkers of Inflammation, Antioxidant Activity, and Platelet Activation Are Associated with Primary Combustion Aerosols in Subjects with Coronary Artery Disease. *Environmental Health Perspect* 2008; 116(7): 898-906.
- [165] Baldus S, Heeschen C, Meinertz T, Zeiher AM, Eiserich JP, Munzel T, et al. Myeloperoxidase serum levels predict risk in patients with acute coronary syndromes. *Circulation* 2003; 108(12): 1440-1445.
- [166] Zhang C, Yang J, Jacobs JD, Jennings LK. Interaction of myeloperoxidase with vascular NAD(P)H oxidase-derived reactive oxygen species in vasculature: implications for vascular diseases. *American Journal of Physiology Heart and Circulatory Physiology* 2003; 285(6): H2563-2572.

- [167] Liang Y, Wei P, Duke RW, Reaven PD, Harman SM, Cutler RG, et al. Quantification of 8-iso-prostaglandin-F (2alpha) and ,3-dinor-8-iso-prostaglandin-F (2alpha) in human urine using liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Free Radical Biology & Medicine* 2003; 34(4): 409-418.
- [168] Hermans C, Dong P, Robin M, Jadoul M, Bernard A, Bersten AD, et al. Determinants of serum levels of surfactant proteins A and B and Clara cell protein CC16. *Biomarkers* 2003; 8(6): 461-471.
- [169] Van Miert E, Dumont X, Bernard A. CC16 as a marker of lung epithelial hyperpermeability in an acute model of rats exposed to mainstream cigarette smoke. *Toxicology Letters* 2005; 159(2): 115-123.
- [170] Benson M, Jansson L, Adner M, Luts A, Uddman R, Cardell LO. Gene profiling reveals decreased expression of uteroglobin and other anti-inflammatory genes in nasal fluid cells from patients with intermittent allergic rhinitis. *Clinical and Experimental Allergy* 2005; 35(4): 473-478.
- [171] Shijubo N, Itoh Y, Shigehara K, Yamaguchi T, Itoh K, Shibuya Y, et al. Association of Clara cell 10-kDa protein, spontaneous regression and sarcoidosis. *The European Respiratory Journal* 2000; 16(3): 414-419.
- [172] Shijubo N, Itoh Y, Yamaguchi T, Imada A, Hirasawa M, Yamada T, et al. Clara cell protein-positive epithelial cells are reduced in small airways of asthmatics. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 1999; 160(3): 930-933.
- [173] Erdely A, Liston A, Salmen-Muniz R, Hulderman T, Young SH, Zeidler-Erdely PC, et al. Identification of systemic markers from a pulmonary carbon nanotube exposure. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2011; 53(6 Suppl): S80-86.
- [174] Pai JK, Pischon T, Ma J, et al. Inflammatory markers and the risk of coronary heart disease in men and women. *New England Journal of Medicine* 2004; 351: 2599-2610.
- [175] Vargas PA, Magee JS, Bushmiaer M, Simpson PM, Jones CA, Feild CR, et al. School-based asthma case finding: the Arkansas experience. *The Journal of School Health* 2006; 76(6): 223-226.

- [176] Gu PW, Cheng ML, Ning HC, et al. Plasma myeloperoxidase as a marker for the evaluation and prevention of acute myocardial infarction. *Journal of Biomedical and Laboratory Sciences* 2001; 19: 76-83.
- [177] Lee SC, Tang SM. The regulation of the potential risks to nanotechnology in Taiwan. *Asian Journal of Management and Humanity Sciences* 2006; 1: 293-308.
- [178] 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所（台灣）。奈米微粒作業人員健康危害流行病學調查。台北：勞工安全衛生研究所；2007。
- [179] Manal El-Batch, Azza M. Hassan, and Heba A. Mahmoud. Taurine Is More Effective than Melatonin on Cytochrome P450 2E1 and Some Oxidative Stress Markers in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2011; 59 (9): 4995-5000.
- [180] Ruckerl R, Phipps RP, Schneider A, Frampton M, Cyrus J, Oberdorster G, et al. Ultrafine particles and platelet activation in patients with coronary heart disease--results from a prospective panel study. *Particle and Fibre Toxicology* 2007; 4: 1.
- [181] Lavi S, Prasad A, Yang EH, Mathew V, Simari RD, Rihal CS, et al. Smoking is associated with epicardial coronary endothelial dysfunction and elevated white blood cell count in patients with chest pain and early coronary artery disease. *Circulation* 2007;115(20):2621-2627.
- [182] Salvi S, Blomberg A, Rudell B, Kelly F, Sandstrom T, Holgate ST, et al. Acute inflammatory responses in the airways and peripheral blood after short-term exposure to diesel exhaust in healthy human volunteers. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 1999; 159(3): 702-709.
- [183] Holgate ST, Sandstrom T, Frew AJ, Stenfors N, Nordenhall C, Salvi S, et al. Health effects of acute exposure to air pollution. Part I: Healthy and asthmatic subjects exposed to diesel exhaust. *Research Report Health Effects Institute* 2003(112): 1-30; discussion 51-67.
- [184] Erdely A, Hulderman T, Salmen R, et al.. Cross-talk between lung and systemic circulation during carbon nanotube respiratory exposure. *Potential Biomarker Nano Letters* 2009; 9: 36-43.

- [185] Walker VG, Li Z, Hulderman T, et al.. Potential in vitro effects of carbon nanotubes on human aortic endothelial cells. *Toxicology and Applied Pharmacology* 2009; 236: 319-328.
- [186] O'Neill MS, Veves A, Sarnat JA, Zanobetti A, Gold DR, Economides PA, et al. Air pollution and inflammation in type 2 diabetes: a mechanism for susceptibility, *Occupational and Environmental Medicine* 2007; 64: 373-379.
- [187] Schwartz ES and Torous WN. Prepayment and the Valuation of Mortgage-Backed Securities. *The Journal of Finance* 1989; 44: 375-392.
- [188] Pope SE, Stinson EB, Daughters GT, Schroeder JS, Ingels NB, Alderman EL. Exercise response of the denervated heart in long-term cardiac transplant recipients. *The American Journal of Cardiology* 1980; 46(2): 213-218.
- [189] Harder V, Gilmour P, Lentner B, Karg E, Takenaka S, Ziesenis A, et al. Cardiovascular responses in unrestrained WKY rats to inhaled ultrafine carbon particles. *Inhalation Toxicology* 2005; 17(1): 29-42.
- [190] Fann N, Lamson AD, Anenberg SC, Wesson K, Risley D, Hubbell BJ. Estimating the national public health burden associated with exposure to ambient PM<sub>2.5</sub> and ozone. *Risk Analysis* 2012; 32(1): 81-95.
- [191] Yang H, Liu C, Yang D, Zhang H, Xi Z. Comparative study of cytotoxicity, oxidative stress and genotoxicity induced by four typical nanomaterials: the role of particle size, shape and composition. *Journal of Applied Toxicology* 2009; 29(1): 69-78.
- [192] Carrero-Sánchez JC, Elías AL, Mancilla R, Arrellín G, Terrones H, Laclette JP, et al. Biocompatibility and Toxicological Studies of Carbon Nanotubes Doped with Nitrogen. *Nano Letter* 2006, 6 (8), pp 1609–1616.
- [193] Huczko A, Lange H. Carbon nanotubes: experimental evidence for a null risk of skin irritation and allergy. *Fullerene Science and Technology* 2001; 9(2): 247-250.
- [194] Huczko A, Bystrzejewski M, Lange H, Fabianowska A, Cudzito S, Panas A and Szala M. Combustion synthesis as a novel method for production of 1-D nanostructures. *Journal of Physical Chemistry B* 2005; 109(34): 16244-16251.

- [195] Li L and Moore PK. An overview of the biological significance of endogenous gases: new roles for old molecules. *Biochemical Society Transactions* 2007; 35(Pt5): 1138-1141.
- [196] NObreath® Quick start guide. [cited 2010 10/14]; Available from: <http://www.bedfont.com/cn/nobreath>
- [197] Luo J, Deng ZL, Luo X, Tang N, Song WX, Chen J, et al. A protocol for rapid generation of recombinant adenoviruses using the AdEasy system. *Nature Protocols* 2007; 2(5): 1236-1247.

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

奈米微粒作業人員健康危害流行病學研究. III /  
何俊傑, 劉紹興研究主持. -- 1版. -- 新北市 :  
勞委會勞安所, 民101.03  
面 ; 公分  
ISBN 978-986-03-2135-7(平裝)

1. 勞工衛生

412.53

101005152

奈米微粒作業人員健康危害流行病學研究(III)

著(編、譯)者:何俊傑、劉紹興

出版機關:行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

22143 新北市汐止區橫科路 407 巷 99 號

電話:02-26607600 <http://www.iosh.gov.tw/>

出版年月:中華民國 101 年 3 月

版(刷)次:1 版 1 刷

定價:500 元

展售處:

國家書店

台北市松江路 209 號 1 樓

電話:02-25180207

五南文化廣場

台中市中區中山路 6 號

電話:04-22260330

- 本書同時登載於本所網站之「出版中心」,網址為  
[http://www.iosh.gov.tw/Book/Report\\_Publish.aspx](http://www.iosh.gov.tw/Book/Report_Publish.aspx)。
- 本所保留所有權利。欲利用本書全部或部分內容者,須徵求行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所同意或書面授權。

【版權所有,翻印必究】

ISBN:978-986-03-2135-7

GPN:1010100615