

中國醫藥大學

碩士論文

編號：IEH-1809

探討年輕健康成人血中重金屬
(鉛,砷,鋅,銅,硒)濃度之參考值

*A Study on the Reference Values of the
Blood Concentrations of Heavy Metals
among Healthy Young Adults in Taiwan*

所別：環境醫學研究所

指導教授：吳聰能 陳秋瑩

學生：張吉慶 Chi-Ching Chang

學號：9565009

中華民國 97 年 7 月

誌 謝

寫了那麼多文字、看了那麼多的文獻，終於寫到了最簡單也最困難的誌謝！二年的研究所生活說長不長，說短不短，要告別「中國環醫」這個大家庭，心中總是有許多的不捨與感謝。

首先，我要感謝我的指導老師也是我的恩師-吳聰能 老師，老師就像我在學校的父親一般，跟老師說話大多也都以親切的台語表達，雖然老師職務眾多，除了上課或是 meeting 時才会有比較多的時間與老師討論與說話，但每當有疑問或是有難題時，老師總是會像「幸運之神」一般，適時的伸出援手，神來一筆將困難排除；感謝另外一位指導老師也是我的恩師-陳秋瑩 老師，從大學一直到研究所，無論是在學業上或是待人處事的一些原則與小細節，老師都給予莫大的教誨，並且忍受或溝通我的堅持；感謝李彩娟 老師，總是很細心的教導我，並且很有耐心的為我解惑，讓我的統計學觀念更加清楚；感謝吳錦景以及黃耀輝 老師數據的提供以及一些問題的解答，以助論文的順利完成；感謝劉紹興 老師對論文指教，使論文增色不少；還有感謝一些「寄養家庭」，在學業上以及日常生活的指教與照顧，包括何文照、周子傑、李郁芬以及陳錦華 老師，讓我感受到大家庭的感覺；感謝吳芳鶯 老師，在學業以及偏遠社區關懷服務隊上的協助，使研究生涯更加順利；感謝江舟峰 老師，總是忙裡抽空

的跟我討論，並且建議我的生涯規劃；感謝許惠棕 老師，在學業上以及日常生活的指教與照顧；最後感謝所有上過課的老師，包括李卓倫、郭憲文、梁文敏、陳世堅 等老師，感謝再感謝。

再來要感謝這篇論文的幕後功臣-威德以及偉祥學長的幫助，有了你們讓我的論文更加順利，並且也增色了不少。感謝辦公室內的同學以及學弟妹在課業的討論以及課餘之時的娛樂陪伴與聊天解悶，感謝則成、佩蓉、伶窈、冠婷、春霖、冠言、詠茜、宇翔、仕妮、厚吾、婷婷、雯萱、柏佐、GY 孟宏、宗霖，有了你們使我的苦悶研究生生活，增添許多色彩。

千言萬語，除了感謝還是感謝。最後我也要感謝我的家人對我的支持，讓我順利完成碩士學位，將來我也會繼續努力，讓大家以我為榮。

吉慶 謹誌 2008/7

中文摘要

背景：現行臨床上對於一般族群所使用的血中鉛參考值，大多是參考國內外文獻整理所訂定的參考值，由於近期較少這類文獻且因時間與區域的特異性，導致缺乏代表國人的參考值。因此，本研究使用後無鉛汽油年代的血中重金屬資料，來探討台灣地區族群血中鉛與其他重金屬（砷、鋅、銅、硒）的濃度與分佈狀況，以供臨床參考以及未來研究作為準則。

方法：本研究蒐集中國醫藥大學環境醫學研究所與台灣大學職業性微量金屬研究實驗室近年來分析血中重金屬的資料，蒐集期間為 2005~2007 年，挑選 423 位 20~29 歲年輕健康成人為研究對象，其中有 181 位男性(42.8%)與有 242 位女性(57.2%)，平均年齡 24.9 歲、標準差 2.6 歲。

結果：血中鉛的幾何平均濃度為 1.99 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 、標準差 2.06；砷的幾何平均濃度為 0.66 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 、標準差 2.55；鋅的幾何平均濃度為 7.83 mg/L 、標準差 1.78；銅的幾何平均濃度為 1.08 mg/L 、標準差 1.55；硒的平均濃度為幾何平均濃度為 0.19 mg/L 、標準差 1.93。並以年齡、性別以及區域別三個因子建立一個分辨血鉛的模式，發現有很高的預測能力，其 ROC curve (Receiver Operating Characteristic Curve)下的面積至少都在 0.68 以上。此外，以線性迴歸模式進行調整後，發現血鉛與身高有負向的趨勢，但是在統計上沒有顯著。

結論：根據這些資料所呈現的值與現行臨床參考值比較，顯示現行臨床血中鉛的參考值有重新修訂的必要。由於目前沒有統一的參考值可供參考，建議政府相關單位可以列出一般族群的各類重金屬參考值供臨床以及研究做參考。

關鍵字：參考值、血中鉛、重金屬、ROC curve、ICP-MS

Abstract

Background: The aim of this study was to provide health organizations possible reference data for the often exposed metals (Pb, As, Zn, Cu and Se), based on analyzing their distributions in a general population with the consideration of some demographic, geographic and biological factors.

Methods: In this study, the blood specimens for heavy metals determinations were collected from 423 young adults aged 20-29 years (181 men, 242 women) selected by two laboratories—the Institute of Environmental Health at China Medical University and the Occupational Trace Metals Lab at National Taiwan University. Anthropometric information of each participant was also obtained. ICP-MS was used to measure the concentrations of metals.

Results: The geometric means of blood Pb, As, Zn, Cu and Se levels were 1.99 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (SD=2.06), 0.66 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (SD=2.55), 7.83 mg/L (SD=1.78), 1.08 mg/L (SD=1.55) and 0.19 mg/L (SD=1.93), respectively. With the consideration of the age, sex, and residential area, the reference values of the often used trace metals were recommended. In addition, age, gender and residential area specific ROC curve were established to distinguish the low lead levels from high levels, and the obtained areas under all of the curves were above 0.68, indicating a high predictive ability. People living in the central Taiwan tended to have higher blood levels of the heavy metals than those in the Northern Taiwan. Gender differences were found in most of the trace metals except Cu for subjects living in the central Taiwan, and except As and Se for those in the Northern Taiwan, in where the average levels were in males higher than in females.

Conclusion: According to the above results, we recommended to establish much lower blood lead levels as safer reference values for the general population with the consideration of the age variation.

Key word : Reference value, Blood lead, Heavy metals, ROC curve, ICP-MS



目 錄

誌 謝	i
中文摘要	iii
英文摘要	iv
圖表目錄	viii
第一章 緒論	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的.....	4
第二章 文獻探討	5
第一節 鉛的暴露及危害之探討.....	6
第二節 砷的暴露及危害之探討.....	13
第三節 鋅的暴露及危害之探討.....	16
第四節 銅的暴露及危害之探討.....	19
第五節 有關硒的暴露及危害之探討.....	21
第六節 重金屬的特性.....	24
第三章 研究方法	28
第一節 研究對象.....	28
第二節 研究工具.....	29
第三節 資料的蒐集和統計分析.....	31
第四章 研究結果	33
第五章 討論	42
第六章 結論與建議	48

第一節 結論.....	48
第二節 研究限制.....	49
第三節 應用與建議.....	49
參考文獻	50



圖表目錄

表 4-1：地區別及血中重金屬濃度的分布狀況.....	57
表 4-2：性別、地區與年齡的血中重金屬濃度分佈情形.....	58
表 4-3：地區分層之性別、年齡和血中重金屬濃度(鉛、砷)分佈情形.....	59
表 4-4：地區分層之性別、年齡和血中重金屬濃度(鋅、銅、硒)分佈情形...	60
表 4-5：多變項迴歸模式評估相關因子對血中重金屬濃度的影響-中區.....	61
表 4-6：多變項迴歸模式評估相關因子對血中重金屬濃度的影響-北區.....	62
表 4-7：各重金屬分佈範圍 (90%、95%).....	63
表 4-8：性別、年齡、居住地、血鉛值與身高的簡單相關分析.....	66
表 4-9：多變項迴歸模式分析血鉛值、性別、年齡以及居住地與身高的關係.....	66
圖 4-1：以年齡、性別、居住地作為血中鉛的預測因子之 ROC curve (Receiver Operating Characteristic Curve).....	64

第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

重金屬暴露和人體的健康危害已經成為各個國家關注的公共衛生議題，在日常生活中，人們透過使用或接觸許多由不同金屬材料所製成的用品、工具或設施以及吸入受到重金屬元素污染的空氣等，使人們有許多的機會暴露在有毒的金屬元素當中，而且暴露的劑量不同亦具有不同程度的危害及潛在性的危險。許多的研究指出重金屬暴露會造成人體的傷害，例如鉛中毒可能會造成腹痛、噁心、便秘、關節或肌肉痛、記憶力衰退、睡眠困難、貧血、腎臟疾病等(Brodkin et al., 2007)，砷中毒會造成色素改變、烏腳病(Vahidnia et al., 2007)等。因此研究機構和政府組織乃根據各種研究的結果提出警戒或管制重金屬暴露量的參考值，但是這些參考值大多是針對勞工族群所訂定的，對一般族群則較少著墨。

過去的研究大多著重在大量鉛暴露所導致之影響，對於低劑量鉛暴露較少探討且較少針對一般族群訂定警戒閾值或參考值。但是近年來，有關低劑量的鉛中毒與再評估鉛的安全暴露範圍的研究越來越受重視(Kosnett et al., 2007)，並認為鉛濃度對人體的危害是沒有明顯的閾值(Muntner et al., 2005)。如研究發現無論身體的鉛總量是高或低，對腎功能都是有害的；平均每增加 100 微克(約為 0.1 毫克)會導致每年 0.3%的腎功

能損傷(Lin et al., 2003), 在人體生長的研究發現低劑量的鉛暴露會導致生長遲緩, 如身高(Min et al., 2008; Selevan et al., 2003)。美國疾病管制局(Centers for Disease Control, CDC)希望在 2010 年達到血鉛值大於或等於 25 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 的人數為 0 人的目標, 藉以降低造成鉛的暴露危害(CDC, 2004)。

世界衛生組織規定飲用水中砷的標準不可超過 1 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (WHO, 2001a), 美國國家科學研究委員會(U.S. National Research Council)研究指出砷暴露會對人體造成皮膚損傷、糖尿病、慢性支氣管炎、心血管疾病、血液系統、神經系統以及生殖系統上的危害(National Research Council, 2001), 且砷及其化合物在 1987 年已經被國際癌症研究署(International Agency for Research on Cancer, IARC) 確認為第一類致癌物質(IARC, 2008)。此外, 鋅、銅、硒皆為人體的必要元素, 研究指出缺乏鋅會造成人體發生生長遲緩、睪丸功能不足、營養吸收障礙症候群、慢性肝病、鐮刀型細胞疾病、糖尿病、惡性腫瘤等疾病(Prasad, 2003), 而適當的鋅補充可以治療腹瀉、對抗肝病、有助感染肺炎的小孩康復(Boran et al., 2006; Brooks et al., 2004; Stamoulis et al., 2007), 但暴露量過多時會造成噁心、嘔吐、腹痛、血便、發燒等症狀。銅是一個很重要維護神經系統結構與功能的金屬酵素(Kumar et al., 2004), 銅的缺乏可能會造成貧血、嗜中性白血球減少等症狀(Halfdanarson et al., 2008)。硒是一個存在有機體和無機體中的必要微量元素(Yoshizawa et al., 2003), 許多的研究發現硒對身體有

益處，預防許多疾病，例如：心肌梗塞以及降低癌症發生率，但是硒過量會造成硒中毒影響肝、皮膚、指甲、頭髮(Alexander, 2007)。

台灣的行政院衛生署於 1994 年起辦理國人血鉛值通報及監控系統，蒐集由合格之血中鉛檢查醫院測定的一般民眾體內之血鉛值資料，但因改制因素而停止了此項資料的蒐集，然血鉛值通報及監控系統仍針對勞工族群持續蒐集他們的血鉛值資料，目前臨床上對一般族群所使用的血中鉛參考值之界定，大多是參考國內外文獻加以整理後所訂定的參考範圍。然而血中鉛的參考值會因不同的時間和區域的特異性而有所不同(Gerhardsson et al., 1996)，如無鉛汽油的使用會減少大氣中的鉛含量，進而造成人體血鉛值的下降(Wang et al., 2006)，台灣近幾年來也有相似的現象，因政府自 2000 年以來全面禁止含鉛汽油的使用。

對高暴露作業環境下勞工的重金屬暴露之安全閾值早有界定參考值，然而對於不容忽視的低劑量金屬暴露之危害，建置適合一般族群之參考值是很重要的，因此，一般的健康族群體內之血中鉛及其他重要的重金屬如砷、鋅、銅、硒的濃度之分佈狀況是建置此一參考值的首要步驟，綜合上述，本研究乃欲探討台灣地區一般族群血中鉛和其他重金屬(砷、鋅、銅、硒)的濃度與分佈狀況，以供臨床參考並探討與一般族群血中重金屬濃度有關的因子以提供建置參考值時更多的資訊。

第二節 研究目的

1. 描述血中鉛與其他重金屬（砷、鋅、銅、硒）的分佈狀況
2. 探討血中鉛與人口學特質、居住地以及身高之關係
3. 列出現行臨床參考值作比較，以提供建置年輕的健康成人血中鉛之參考值



第二章 文獻探討

重金屬危害已成為全球性的公共衛生問題(WHO, 2001b)，重金屬存在於我們的周遭的生活環境，無論是空氣、食物、飲水都含有重金屬，微量重金屬進入人體後，蓄積在人體的標的器官中，會造成慢性的累積性中毒，最終導致人體健康的危害。

鉛、砷在工業上廣泛使用來製造各種日常生活用品或器物，而人類暴露在鉛或砷污染的環境中，所造成的身體危害在公共衛生上早受到重視；此外，鋅、銅、硒則為維持人體正常功能的必要元素，且許多食物來源也含有這些元素，過量或缺乏對身體皆有不同的不良影響。

本章將這五種常見的重金屬就元素本身的特性以及被人類使用的用途、暴露的來源、人體吸收的途徑、可能產生的健康危害及暴露量的安全閾值或參考值等部分進行文獻探討

第一節 鉛的暴露及危害之探討

一、鉛的特性和用途

鉛其化學符號為 Pb，是一種銀灰色軟性金屬，比重為 11.34，熔點為 327.4 °C，沸點 1740 °C，不溶於水，具有柔軟且高延展性、抗腐蝕不易導電等特性，鉛不可燃但鉛粉末為可燃粉塵。

鉛是地球上很容易找到的一種金屬，常以有機鉛或無機鉛的形式存在，有機鉛包括四乙基鉛(tetraethyl lead)、四甲基鉛(tetramethyl lead)等；無機鉛包括醋酸鉛(lead acetate)、硝酸鉛(lead nitrate)等；其它化合物包括：氧化鉛(lead oxide)、硫化鉛(lead sulfate)、氯化鉛(lead chloride)、鉻酸鉛(lead chromate)，以及硬脂酸鉛(lead stearate)(莊弘毅、吳聰能, 2003)。

鉛在人類歷史已使用了千年之久，鉛一直在人們的生活中被廣泛的使用，過去的歲月人們從未重視鉛的危害，亦未對鉛的環保加以規範。早期古埃及人在化妝品中添加鉛；羅馬人則用鉛管來運輸飲用水而且使用鉛製器皿；希臘人提煉鉛金屬來製作許多物品，如容器、裝飾品等；中國人也是早期知道用鉛做鍋子、水晶杯的民族之一。

鉛可於油漆、電池、汽油，焊接劑、亮光漆、化學藥品、彈藥(Brodkin et al., 2007)、果汁的罐子、門、窗、嬰兒床、水管、水晶玻璃、粉筆、蠟筆、鉛錘、上釉的陶瓷、八寶粉(Liou et al., 1996)等物質暴露，亦即環境

中暴露到鉛的機會相當大。

二、鉛的主要暴露來源和吸收途徑

過去含鉛汽油是人類鉛暴露的主要來源(Thomas et al., 1999)，鉛被添加於汽油內以減少引擎的爆震，但汽油抗震劑四乙基鉛中的鉛，卻會造成嚴重的空氣污染危害人體的健康，各國已逐漸減少其添加量。近期研究發現含鉛汽油的淘汰會減少鉛在大氣的污染，進而減少人體內鉛的濃度，然而無鉛汽油的使用被認為是導致血鉛值下降的原因之一，特別是在發展中的國家(Duzgoren-Aydin, 2007)。

根據台灣行政院環保署統計，2000年鉛的污染量達1310公噸，雖然台灣含鉛汽油已經在2000年全面禁止使用，但是在環境中留存的鉛因半衰期較長，在土壤或沉澱，造成生物累積(Paoliello and De Capitani, 2007)，並經由食物鏈繼續危害人體的健康。

鉛會從攝食固體食物或接觸鉛製器具、攝食液體包括被鉛污染的飲水或飲料(Fukui et al., 2004)以及暴露於含鉛的空氣，經由呼吸道、皮膚及消化道進入人體。研究指出非職業的(一般族群)鉛暴露大多從飲食，職業的鉛暴露則是從肺、消化道、皮膚吸收進入到人體內，進入人體後，會進入血液或是沉澱於軟組織(例如：腦、肝、腎、骨髓等)，在血液中的半衰期約30天，有90-95%的鉛會累積儲存於骨骼中，其半衰期則是數

年至數十年，其排泄很緩慢，主要是經由腎臟排出(Brodkin et al., 2007)。

三、鉛的健康危害及暴露量的參考值

鉛是一個環境毒物，會影響神經、造血、骨骼、腎臟、內分泌、生殖系統(Soldin et al., 2003)，在流行病學和毒理學的研究發現鉛暴露和許多疾病有關，如學習和行為上的疾病、心血管疾病、腎臟病、減少生育力及癌症等(Lustberg and Silbergeld, 2002)。Lin 等人於 2001 年針對 110 位慢性腎功能不全的病人進行追蹤二年的世代研究，發現長期低濃度鉛暴露會造成慢性腎臟功能不全(Lin et al., 2001)；而追蹤 202 位慢性腎功能不全的病人二年後發現無論身體鉛總量高低，對腎功能都是有害的，平均每 100 微克(約為 0.1 毫克)會導致每年 0.3%的腎功能損傷(Lin et al., 2003)。除了 Lin 等人(2003)的研究外，Muntner 等人(2005)也認為鉛的暴露對人體的危害是沒有閾值的(Muntner et al., 2005)。在橫斷研究中發現血鉛和認知功能是有關聯的(Weisskopf et al., 2004)，Schaumberg 等人在 2004 年提出長期低濃度鉛暴露會增加白內障發生的危險性(Schaumberg et al., 2004)，研究指出血鉛值越高，得肌萎縮性脊髓側索硬化症(Amyotrophic Lateral Sclerosis)的風險越高，顯示鉛對神經危害的嚴重性(Kamel et al., 2002)。一項泰國的研究發現，在控制年齡、身體質量指數、酒精使用、香菸、運動後，血鉛值和血壓有顯著的相關(Kaewboonchoo et al., 2007)。

鉛對生殖系統也會產生危害，日本的研究發現鉛不只是會影響精蟲的數目而且也會對精蟲的構造、精蟲細胞膜的完整、精蟲的活動力造成危害(Naha and Chowdhury, 2006)；一項比較不孕的婦女與正常的婦女之病例對照研究中發現不孕的婦女血鉛值會比正常的婦女顯著較高(3.55 vs 2.78 $\mu\text{g/dL}$, $P=0.007$)(Chang et al., 2006)。美國全國健康與營養調查(National Health and Nutrition Examination Surveys, NHANES) (1999~2002)的相關研究發現高血鉛會造成慢性腎臟病以及週邊動脈疾病(Muntner et al., 2005)，過去研究指出鉛的暴露會造成生長遲緩的現象，如：身高等，美國全國健康與營養調查的研究發現血鉛值和身高有負相關，顯示鉛的暴露會影響生長發育(Ballew et al., 1999; Frisancho and Ryan, 1991; Schwartz et al., 1986; Selevan et al., 2003)，由於血鉛和生長遲緩的機制至今尚未有明確的原因，其可能解釋的原因有(1)營養缺乏造成生長遲緩並且增加鉛的吸收，例如：可能因為鐵鈣質的缺乏導致鉛的吸收增加，進而造成生長遲緩(Frisancho and Ryan, 1991)，(2)研究指出低濃度的鉛暴露會喪失器官的功能，影響內分泌器官的合成或是產生荷爾蒙影響骨骼的成長，並且改變骨骼細胞的功能，如細胞分裂、酵素功能、鈣質信使系統功能不全，導致生長遲緩等(Min et al., 2008)。

根據文獻(Staudinger and Roth, 1998; 林意凡、王榮德, 2002)以及美國聯邦毒性物質和疾病登記署(Agency for Toxic Substances & Disease

Registry, ATSDR) 2004 年的報告，整理出血鉛濃度高低可能對成人造成的不良影響如下圖 2-1-1：

圖 2-1-1：血鉛濃度與相對應可能對成人造成的不良影響



由上圖可知，即使處於低濃度的血鉛值中，鉛對人體能仍就會造成許多不良的影響，所以對其管理應該更加注意並加以評估，然而每個國家的參考值都不相同，在台灣的行政院勞委會勞工安全衛生研究所 (Institute of Occupational Safety and Health, IOSH)、醫院臨床建議參考值 (台北榮民總醫院、中國醫藥大學附設醫院、台中榮民總醫院)以及國際間的管理單位都有做出管理參考值，將管理參考值整理後如下表 2-1-1：

表 2-1-1：血鉛管理參考值

機 構	血鉛建議參考值	規 定
美國疾管局(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)	<10 µg/dL (小孩與孕婦)	一個社區若有超過 12% 的小孩超過標準則需做全區域的篩檢
美國職業安全衛生署 (Occupational Safety and Health Administration, OSHA)	男性：<50 µg/dL 女性：<40 µg/dL	注意環境以及人員訓練 應離開暴露環境
美國工業衛生師協會(American Conference of Industrial Hygienists, ACGIH)	<30 µg/dL	
巴西	<60 µg/dL	

台灣勞委會勞工安全衛生研究所	男性：≤40 μg/dL 女性：≤30 μg/dL	
臨床醫院(台北榮民總醫院、中國醫藥大學附設醫院、台中榮民總醫院)	<10 μg/dL (北榮、中國) <20 μg/dL (中榮)	北榮參考值：使用大約3~4年

[註] 資料來源：ATSDR 2006、Paoliello and De Capitani 2007、林意凡、王榮德, 2002、台灣行政院勞委會勞工安全衛生研究所、台北榮民總醫院、台中榮民總醫院及中國醫藥大學附設醫院

血鉛的參考值不容易建立且困難，參考值會因時間和區域的特異性不同而有所差異(Gerhardsson et al., 1996)，現今世界各國的血鉛值都在下降，而針對一般族群的參考值鮮少修正，大多採用過去參考值。美國研究指出在現行參考值下鉛濃度之鉛暴露會增加週邊動脈疾病的風險(Navas-Acien et al., 2004)；巴西研究也指出現行規定的參考值是較不適用的管制標準(Paoliello and De Capitani, 2007)，顯示參考值必須加以評估做修正。

第二節 砷的暴露及危害之探討

一、砷的特性和用途

砷其化學符號是 As，是一種類金屬，比重 5.727，熔點為 817 °C，沸點 613 °C，不溶於水，用於製造硬質合金，砷可燃燒，但並不容易著火。

砷以有機砷與無機砷的形式存在，其中無機砷的毒性強(Hughes, 2006)，有機砷的毒性較低，而且其代謝和無機砷不同，其有機砷或無機砷又分別有三價砷(As_2S_3)或五價砷(As_2O_5)，三價砷比五價砷毒。

砷是一個很古老的毒物(Vahidnia et al., 2007)，砷製劑在醫學上之應用於希臘、羅馬及中國都已有幾千年的歷史，人類最早使用砷的歷史，可追溯至古希臘及羅馬，希臘人及羅馬人最早使用砷的化合物是雄黃(As_2S_3)，中國人用來治療疾病，本草綱目記載砒石又名信石、砒霜(As_2O_3)可治爛肉、蝕瘡及腐瘰癧。

砷被廣泛的使用，它可用來製造光學玻璃、藝品玻璃、電視機映像管玻璃、除草劑、殺蟲劑、滅鼠藥、油漆、化妝品、木材防腐劑、砷化鎵偶極或其它電子裝置、鍍和矽固態產物的塗料、剝製術、製革、治療用途的砷化合物等(Vahidnia et al., 2007)，使得砷中毒的機會隨之增加。

二、砷的主要暴露來源及吸收途徑

砷可經由呼吸、飲食、皮膚接觸等方式進入人體內，進入人體後，無機砷有 90% 會被腸胃道吸收，有機砷有 75~85 % 會被腸胃道吸收(WHO, 2001a)，經由皮膚吸收的極少，然而一般族群的砷暴露主要從飲食與飲水，其中飲用水為最重要的砷暴露途徑(Hughes, 2006)，飲用水所造成的低劑量砷暴露在美國及世界各地普遍存在(Kaltreider et al., 2001)。

三、砷的健康危害及暴露量的管制參考值

慢性砷的暴露會對皮膚、肺、神經、血管、血液系統、生殖系統、黏膜、腸胃道、體重等造成影響，甚至容易造成遺傳疾病(Vahidnia et al., 2007; WHO, 2000)。在皮膚方面，國際研究慢性砷中毒的組織(International Tissue and Tumor Repository for Chronic Arseniasis, ITTRCA) 發現慢性砷暴露會導致皮膚發生病變，包括皮膚角化過度、色素改變、鮑恩氏症(Bowen disease)、鱗狀細胞癌、基底細胞癌(Centeno et al., 2002)；在神經方面，砷和無機砷都是神經毒，會影響神經傳導；在血管疾病方面，暴露空氣中含有高濃度的砷，會影響周圍血管疾病導致四肢壞死，如烏腳病；在造血功能方面，無機砷會抑制造血功能，導致貧血，嚴重的症狀如粒性白血球缺乏症、血栓性靜脈炎；在生殖方面，自發性流產、低出生體重與致畸胎性的機率都會較高(WHO, 2000)；在遺傳方面，動物試驗

發現在哺乳類動物中，砷會導致染色體變異、誘發姊妹染色體互換與型態變換(Vainio and Sorsa, 1981)，且病人若使用砷化合物治療與勞工作業環境下暴露砷都會使染色體異常的機率增加(IARC, 1998)。

美國國家科學研究委員會根據流行病學的研究指出無機砷會造成肺癌、膀胱癌、皮膚癌(National Research Council, 2001)。瑞典研究發現吸收空氣中的砷會造成肺癌(Lundstrom et al., 2006)；許多研究也發現飲水中含有砷會增加肺癌、腎臟癌、膀胱以及皮膚癌的風險，且有劑量反應關係(Hopenhayn-Rich et al., 1998; Smith et al., 1998; Wu et al., 1989)；台灣的研究追蹤 8102 人長期攝食含有砷的地下水，發現與膀胱癌、腎臟癌會有顯著的劑量反應關係(10.1~50.0 $\mu\text{g/L}$ 、50.1~100 $\mu\text{g/L}$ 、>100 $\mu\text{g/L}$ 相對水中砷<10 $\mu\text{g/L}$ 的，其 RR 值分別為 1.6、2.3、4.9)(Chiou et al., 2001)；追蹤了 2053 人長期攝食含有砷的地下水，發現與肺癌會有顯著的劑量反應關係(10~99 $\mu\text{g/L}$ 、100~299 $\mu\text{g/L}$ 、300~699 $\mu\text{g/L}$ 、 ≥ 700 $\mu\text{g/L}$ 相對水中砷<10 $\mu\text{g/L}$ 的，其 RR 值分別為 1.1、2.3、3.0、3.3)(Chen et al., 2004)，砷及其化合物在 1987 年已經被國際癌症研究署(IARC)確認為第一類致癌物質(IARC, 2008)。

第三節 鋅的暴露及危害之探討

一、鋅的特性及用途

鋅其化學符號為 Zn，灰色塵狀或有光澤粉末或錠狀之固體，比重為 7.14，熔點為 419.5 °C，沸點 907 °C，不溶於水可溶於酸，正常狀況下安定，化學性質活潑。

自古以來鋅就是熟知的元素之一，黃銅即銅鋅合金，在公元前 4000 年大概就已經出現了，鋅與銅可以用不同的比例製成不同性質的黃銅，希臘、羅馬、印度以及中國都知道使用黃銅，據考證，中國早在漢初就知煉製黃銅，明朝宋應星著《天工開物》一書，也有詳細記載黃銅的煉製方法，在金屬鋅方面，根據印度的古代文獻和發掘印度西北部煉鋅遺址後，認為印度為最早發明煉製鋅的國家，中國則是在明朝才開始煉製金屬鋅。

鋅廣泛的被使用，可用來鍍鋅於金屬外層、染色、工業使用以及合金，其中無機鋅化合物有多樣的應用，例如：汽車配備、儲存、乾電池、牙齒、醫學以及家庭使用，有機鋅化合物被用來作為殺菌劑、外用抗生素以及潤滑劑。

二、鋅的主要暴露來源及吸收途徑

一般族群在環境中鋅的暴露有 95 % 以上是從食物，包括蔬菜、豆類、水果、堅果以及肉類等，特別是肉類、海鮮都含有高含量的鋅，如：牡蠣等(WHO, 2001c)。鋅可經由呼吸、飲食、皮膚接觸等方式進入人體內，人體主要從胃腸道和呼吸道吸收鋅，儲存於各器官組織內，研究發現人體內的鋅在肌肉中約含有 60 %、骨骼約含有 30 %、皮膚和頭髮約含有 8 %、肝臟中約含有 5 %、消化到與胰臟約含有 3 %、在其他器官系統約含有 1 % 以下的鋅(Aggett, 1994; Wastney et al., 1986)，然而一般族群鋅的暴露大多是由飲食，在攝食後，鋅在人體內主要會被傳送到肝臟以及遍佈身體，大多被食入的鋅會由尿及汗等排洩，大約每天 0.5 mg 會經由尿液(WHO, 2001c)。

三、鋅的健康危害及暴露量管制參考值

美國國家科學院食品營養委員會(Food and Nutrition Board of the US National Academy of Sciences)於 1974 年宣布鋅是一個人體必要的元素，並且建議飲食的標準，鋅的缺乏可能會造成神經功能損壞、精蟲不足、生長遲緩、生殖功能受損、免疫疾病、皮膚炎以及傷口不易修復，但是這些影響大多是可以治療的(WHO, 2001c)，研究發現鋅缺乏會造成生長遲緩、睪丸功能不足、營養吸收障礙症候群、慢性肝病、鐮刀型細胞疾

病、糖尿病、惡性腫瘤或其他慢性病(Prasad, 2003)。鋅的適量補充對人體也會帶來正面的反應，研究發現鋅的補充可以治療腹瀉，研究結果指出 14 天的鋅的口服治療會減少腹瀉的持續，而且也會減少腹瀉的嚴重度 (Bhutta et al., 2000)；鋅的補充常使用在抗氧化、抗發炎、抗細胞凋零上，研究發現鋅的濃度與淋巴細胞亞群及 T-淋巴細胞的活化呈現正相關的情形，顯示鋅會增強人體的免疫功能(Hodkinson et al., 2007)；研究發現鋅的補充可以對抗肝病，減少急性肝病及慢性肝病的發生並且可以協助肺炎病人康復(Brooks et al., 2004; Stamoulis et al., 2007)，鋅的補充在醫學和研究裡廣泛地被使用，且鋅缺乏的預防與治療也是公共衛生工作的目標之一。

雖然鋅是體內的必要元素，但過量的話是有毒的，鋅的過量可能會造成腸胃的影響，如腹部疼痛、嘔吐、腹瀉、貧血以及白血球減少，而且高劑量的鋅可能會影響體內其他必要元素的平衡，如可能會造成銅的缺乏(WHO, 2001c)，英國研究發現婦女在懷孕期間服用過量的鋅可能損害嬰兒早期的腦部發育(Hamadani et al., 2002)，且研究發現在補充過鋅後，低出生體重、早產和減少懷孕週數的發生率不會有顯著的不同 (Osendarp et al., 2000)，但普遍而言適量的鋅補充，可以維持體內正常的運作。

第四節 銅的暴露及危害之探討

一、銅的特性及用途

銅其化學符號為 Cu，是一種玫瑰紅色且延展性好導電性及導熱性優良的金屬，比重為 8.94，熔點為 1083 °C，沸點 2582 °C，可溶於硝酸和熱濃硫酸，略溶於鹽酸，會和空氣中氧形成氧化銅粉末。銅鍍層具有良好均勻性、緻密性、附著性及拋光性等所以可做其他電鍍金屬之底鍍層。

人類使用銅的歷史至少有五千年以上，西元前三千五百年的古代埃及，已經懂得使用青銅了，多用於鏡子、寶石或其他裝飾品上；中國夏商周以金屬銅礦的開採和冶煉為最早，用以製造生產工具、兵器、禮器等。

銅的使用大多以金屬、合金以及化合物形式呈現，其可用來製造成錢幣、裝飾品、電線、輸水管、黃銅、青銅、薄金屬管、治療植物病害以及木材、皮革防腐劑等等(ATSDR, 2004)。

二、銅的主要暴露來源和吸收途徑

人體暴露於銅元素除了上述藉接觸銅製成的用品外，許多的食物來源也含有銅，包括動物的肝臟、腎臟、肉類、蛋、蚌類、花生、果仁、

櫻桃等，顯示日常生活對銅的使用、接觸或依賴之頻繁。經由呼吸、飲食、皮膚接觸等方式進入人體內，暴露到銅的粉塵或是煙煙，銅會經由呼吸道進入到肺臟；攝食含有銅的物質，銅會很快速的進入血液循環系統，由於銅被用來製成輸水管，因此飲用由老舊水管輸送的水會成為主要銅的暴露來源，銅的排泄會經由尿液和糞便排出體外，並以經由糞便排出為主(ATSDR, 2004)。

三、銅的健康危害及暴露量的管制參考值

銅是體內必須的元素，為造血功能和維持神經系統正常的必要元素，也是人體內必要維持正常功能的酵素之一，包括細胞色素 C 氧化酵素、藍胞漿素、超氧化歧化酶(Halldanarson et al., 2008)。研究指出銅是一個很重要的金屬酵素，在粒腺體的代謝和神經系統的功能與組織扮演一個很重要的角色(Kumar et al., 2004)，銅的缺乏可能會造成貧血、嗜中性白血球減少、神經異常、骨髓發育障礙、緬克斯症候群(Menkes disease)、心血管系統的不良影響等症狀(Halldanarson et al., 2008; Huff et al., 2007; Williams, 1983)。

雖然銅是體內必須的元素，但是過量對人體仍會造成危害，會造成急性中毒或慢性中毒，其中急性中毒症狀包括噁心、腹瀉、黃疸、血色蛋白尿、血尿、無尿症、少尿等症狀，若喝下較高的劑量含有銅的水可

能會造成噁心、嘔吐、胃抽筋、腹瀉(Eife et al., 1999)，嚴重可能會造成肝臟和腎臟急性衰竭甚至死亡(ATSDR, 2004)。

然而慢性中毒是一個比較受到關心的議題，慢性暴露的銅可能會造成肝和腎的危害、貧血、免疫毒性等症狀。腸胃道方面，若喝下硫酸銅溶液或儲存在銅製容器內的飲料，會有腸胃不適、噁心、嘔吐以及不正常疼痛等症狀；在呼吸道方面，會造成打噴嚏、流鼻水、肺部纖維化以及鼻黏膜出血等症狀(ATSDR, 2004)。在肝臟方面，由於肝臟的銅累積而導致肝臟損傷，最後可能造成死亡(Bremner, 1998)。

第五節 有關硒的暴露及危害之探討

一、硒的特性及用途

硒其化學符號為 Se，是一種有灰色金屬光澤的非金屬，比重為 4.28，熔點為 217 °C，沸點 685 °C，不溶於水可溶於硫酸，是一種典型的半導體，室溫時在空氣中穩定。

於 1817 年由瑞典化學家 Jons Jakob Berzelius 發現並命名，硒的原文取自希臘月亮女神 Selene，它在地殼的分布很廣但不均衡，通常可以在岩石與土壤中發現。

二、硒主要暴露來源和吸收途徑

硒以有機或無機的形式存在，包括甲硒胺酸、硒胺酸、硒硫酸、亞硒硫酸等，常見的食物有洋蔥、綠花椰菜、芹菜、大蒜、甘藍、蛋黃、小麥、麵包、穀類製品、牛奶、動物肝臟、魚、家禽、螃蟹以及一些貝類等食物都含有硒元素(Rayman, 2005)，顯示飲食為人們主要硒的暴露來源，其主要由糞便與尿液排出(Finley, 2006)。

三、硒的健康危害及暴露量的管制參考值

硒是一個必要的元素，對人體的健康很重要，人類的硒蛋白質體由 25 種硒蛋白質組成-穀胱甘肽過氧化酶(glutathione peroxidase 1-5)、甲狀腺素脫碘酶(Iodothyronine Deiodinases 1-3)、硫氧化還原蛋白(Thioredoxin Reductase)、硒蛋白質 P(Selenoprotein P)和其他未知功能的蛋白質(Alexander, 2007)。研究指出硒蛋白產生的機制和抗癌有關聯(Rayman, 2005)；在免疫功能方面，硒的缺乏和免疫系統的功能喪失有關，硒元素在免疫組織裡顯著的被發現，例如肝、脾、淋巴結等。硒的缺乏與毒力或疾病進展的一些病毒感染有關，可用來發展對抗 HIV 病毒，研究發現硒的補充可以控制 T 淋巴球與免疫系統之間的調節(Rayman, 2000; Roy et al., 1994; Taylor et al., 1997)。在生殖系統方面，研究發現硒的濃度和精蟲的濃度會有顯著的正相關(Oldereid et al., 1998)。在精神情緒方面，臨床研

研究發現硒的飲食會顯著減少疲勞、困惑、沮喪以及焦慮的發生(Benton and Cook, 1990; Finley and Penland, 1998)。在心血管疾病方面，硒可以用來保護對抗心臟疾病，對心肌梗塞具有保護作用(Yoshizawa et al., 2003)，世代研究追蹤發現體內硒的濃度低於 79 $\mu\text{g/L}$ 有缺血性心臟病的機率會顯著增加(Suadicani et al., 1992)，病例對照研究發現體內硒的濃度低於 45 $\mu\text{g/L}$ 心血管疾病和心血管死亡會增加 2~3 倍(Salonen et al., 1982)。在癌症方面，許多流行病學研究發現硒可以減少癌症死亡率與發生率，特別是前列腺癌、結直腸癌、肺癌、肝癌等癌症，美國 NPC(Nutritional Prevention of Cancer)的多中心雙盲隨機試驗，比較 1312 位服用安慰劑或每日服用 200 μg 的硒，發現硒的補充會減少癌症發生的風險，可減少 50 %癌症的死亡率以及減少 37 %癌症的發生率，其中攝護腺癌可減少 63 %、結直腸癌可減少 58 %以及肺癌可減少 46%癌症的發生率(Clark et al., 1996)。前瞻性研究發現男性其體內有較低硒濃度比體內有高硒濃度會超過二倍以上的癌症發生風險(Kok et al., 1987)，在巢式病例對照研究發現高濃度的硒比起低濃度的硒對肺癌發生率會有保護作用($\text{RR}=0.41$)(Knekt et al., 1998)；硒也是一個抗氧化劑和抗發炎劑，在風濕性關節炎、胰臟炎以及氣喘都和硒的補充劑量有關(Rayman, 2000)。

雖然硒對身體是有益的，但硒的毒性在高硒攝入量和硒的補充是持續不斷被關注的議題(Navas-Acien et al., 2008; Rayman, 2000)，過量會造

成硒中毒影響肝、皮膚、指甲、頭髮。在美國第三次全國健康與營養調查的研究中，比較高硒濃度(≥ 137.66 ng/mL)與低硒濃度(< 111.62 ng/mL)與糖尿病的關係，發現高硒濃度會增加糖尿病的風險且高濃度的硒與糖尿病盛行率有正向相關(Bleys et al., 2007)，美國 NPC 比較 1202 位服用安慰劑或每日服用 200 μ g 的硒，追蹤 7.7 年發現硒的補充不能預防糖尿病的風險，且可能會增加糖尿病的風險(Stranges et al., 2007)，許多研究報告和機構包括世界衛生組織建議硒的攝取上限應該要小心而且不要過量，且建議每日攝取量的上限為 400~500 μ g(Press, 2000; WHO, 1996)。

第六節 重金屬的特性

根據以上文獻探討，歸納出重金屬(鉛、砷、鋅、銅、硒)的暴露途徑與可能產生的危害以及現行臨床建議的參考值，以供參考，如下表 2-6-1

表 2-6-1：重金屬的特性

	暴露途徑	危害	臨床建議參考值
鉛	呼吸、飲食、皮膚	<p>不良影響：</p> <p>慢性腎功能不全、高血壓、神經發展影響、高尿酸 貧血、蛋白尿</p> <p>生育力降低、甲狀腺荷爾蒙的改變、末梢神經病變 腦神經病變、意識昏迷、死亡</p>	10 µg /dL
砷	呼吸、飲食、皮膚	<p>影響：體重、皮膚、肺、腸胃道、黏膜、神經、血管、血液系統 生殖系統、染色體異常等造成影響</p> <p>致癌：如肺癌、膀胱癌、皮膚癌等癌症</p>	1.8 µg /dL

<p>鋅</p>	<p>呼吸、飲食、皮膚</p>	<p>缺乏：神經功能損壞、精蟲不足、生長遲緩、生殖功能受損、免疫疾病、皮膚炎以及傷口不易修復、生長遲緩、睪丸功能不足、營養吸收障礙症候群、慢性肝病、鐮刀型細胞疾病、糖尿病、惡性腫瘤或其他慢性病</p> <p>過量：造成腸胃的影響，如腹部疼痛、嘔吐、腹瀉、貧血以及白血球減少，且可能損害嬰兒早期的腦部發育</p>	<p>0.70~1.20 mg/L^a</p>
<p>銅</p>	<p>呼吸、飲食、皮膚</p>	<p>缺乏：貧血、嗜中性白血球減少、神經異常、骨髓發育障礙、緬克斯症候群（Menkes disease）、心血管系統的不良影響等症狀</p>	<p>0.70~1.55 mg/L^a</p>

		<p>過量：噁心、腹瀉、黃疸、血色蛋白尿、血尿、無尿症、少尿，且可能會造成肝臟和腎臟危害甚至死亡</p>	
<p>硒</p>	<p>主要經由飲食</p>	<p>缺乏：免疫系統的功能喪失有關</p> <p>過量：造成硒中毒影響肝、皮膚、指甲、頭髮，且會增加糖尿病的風險</p>	<p>0.46~1.43 mg/L^a</p>

[註] a：血清的值

第三章 研究方法

第一節 研究對象

台灣地區目前有在進行血中鉛測定並且使用感應耦合電漿質譜儀(Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, ICP-MS)分析的實驗室有以下醫藥學術單位分別為中國醫藥大學環境醫學研究所與台灣大學職業性微量金屬研究實驗室以及經過行政院勞委會分析能力比試合格的嘉義長庚紀念醫院臨床病理科。

本研究蒐集中國醫藥大學環境醫學研究所與台灣大學職業性微量金屬研究實驗室近年來分析血中重金屬的資料，蒐集期間為2005~2007年，經由上述二個單位分析血中重金屬濃度的對象中，挑選423位20~29歲健康的年輕成人為研究對象，其中有181位男性(42.8%)，242位女性(57.2%)，平均年齡24.9歲、標準差2.6歲。依地區別以及年齡而言，中區20~24歲的男性有125位而女性有49位，25~29歲的男性有37位而女性有32位；北區20~24歲的男性有2位而女性有50位，25~29歲的男性有17位而女性有111位。

第二節 研究工具

一、重金屬分析：ICP-MS 的特性

在元素分析的領域裏，一般常使用的方法：原子放射光譜法 (Atomic Emission Spectroscopy, AES)、原子吸收光譜法 (Atomic Absorption Spectroscopy, AAS)、石墨爐原子吸收光譜法 (Graphite Furnace Atomic Absorption Spectroscopy, GFAAS)、感應耦合電漿原子放射光譜法 (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy, ICP-AES) 及感應耦合電漿質譜法 (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, ICP-MS) 等。

在台灣元素分析大多使用石墨爐式原子吸收光譜法以及感應耦合電漿質譜法，在比較石墨爐式原子吸收光譜法與感應耦合電漿質譜法的研究指出感應耦合電漿質譜法會比石墨爐式原子吸收光譜法有較多的優點：1. 準確性較高 2. 簡單且快速省時，花費時間只需石墨爐式原子吸收光譜法的十分之一 3. 偵測極限較低 4. 可以同時偵測多個元素 (Zhang et al., 1997)，且感應耦合電漿質譜法是一種分析能力相當強的元素和同位素分析技術，它結合了 ICP 將樣品原子化和游離化的絕佳特性，與質譜儀的高靈敏度和分析同位素比的能力，ICP 有相當高的游離效率，但卻不會過度激烈的游離，因此只有少數離子會產生二次游離，這個特性使它成為無機質譜儀相當理想的離子源。

Houk 等學者於 1980 年發表首篇以 ICP 作為質譜儀離子源的文章，自該篇文章發表後十幾年間，這個技術即迅速地成長。會有如此成長的原因，主要是 ICP-MS 有幾個引人矚目的特性：

(1) ICP-MS 所使用的質譜偵測法具有絕佳的靈敏度，因而可以得到相當低的偵測極限，分析複雜的真實樣品時，大部分的元素都可以得到低於 0.1 ng/mL 的偵測極限，某些元素甚至可以得到 0.01 ng/mL 的偵測極限，特別是較重的元素(如稀土元素)。

(2) ICP-MS 可以迅速地由溶液樣品中測得同位素比，此項功能促進了穩定同位素追蹤研究和利用同位素稀釋法(Isotope Dilution)作為元素分析的迅速發展。

(3) ICP-MS 的背景質譜非常簡單，由分析物元素所得到的質譜圖也相當簡單(主要是元素的一價離子)，而由其它物質造成的重疊干擾可以很容易的預測。

(4) ICP-MS 具有一般分析儀器所共有的優點，如對多元素而言，可由單一操作狀況得到最佳的分析結果；有相當大的線性範圍(4-5 個級數)、輕微的元素間化學性干擾、分析快速及不錯的精確度和穩定性等。

第三節 資料的蒐集和統計分析

本研究除了欲描述研究對象的血中重金屬濃度之分佈情形外，為了探討人口學變項以及身高與血中重金屬濃度的關係，也蒐集了人口學變項如性別、年齡等資料。由於研究對象來自不同地區，在分析的過程中也會考慮地區別的因素。

本研究使用 SAS 9.1 等統計軟體進行資料處理與分析，主要統計方式有描述性統計以及推論性統計，包括平均值、標準差、t 檢定、皮爾森積差相關、線性迴歸分析以及 ROC Curve (Receiver Operating Characteristic Curve) 來探討血中鉛與其他重金屬的分佈狀況，由於血中重金屬的濃度皆為偏態分佈，所以血中重金屬濃度皆經過自然對數轉換後再加以進行統計檢定的分析。

1. 平均值、標準差以及百分比：分別以性別、地區別描述其人數分佈、百分比，並且描述年齡與血中重金屬之幾何平均值、標準差及範圍。
2. t 檢定：針對不同重金屬分別以性別以及地區別，分析二組人口血中重金屬及身高是否有差異。
3. 皮爾森積差相關：分析重金屬與年齡及身高的相關性。
4. 複迴歸分析：針對不同重金屬濃度為依變項與性別及年齡之線性關係，並且探討是否有交互作用；另外以身高為依變項控制年齡、

性別、居住地以探討血鉛與身高的關係。

5. 複邏輯斯迴歸：分別以血鉛值 1~8 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 為切點當作依變項，以年齡、性別、居住地作為分辨血鉛高低的預測因子，並且以 ROC curve 作為此模式分辨能力指標。



第四章 研究結果

本研究自 2005~2007 年收集了 423 位研究對象，平均年齡 24.9 歲、標準差 2.6；其中男性有 181 位(42.8%)，女性有 242 位(57.2%)；在區域別方面，北區有 180 位(42.5%)，中區有 243 位(57.5%)。血中鉛的幾何平均濃度為 1.99 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 、標準差 2.06，砷的幾何平均濃度為 0.66 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 、標準差 2.55，鋅的幾何平均濃度為 7.83 mg/L 、標準差 1.78，銅的幾何平均濃度為 1.08 mg/L 、標準差 1.55，硒的幾何平均濃度為 0.19 mg/L 、標準差 1.93 (表 4-1)。

表 4-2 是呈現以 t 檢定分析性別、地區別之經自然對數轉換後的重金屬濃度是否有差異，及以皮爾森積差相關分析年齡和重金屬濃度的關係之結果。本研究發現男性的血中鉛幾何平均值 2.95 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 顯著高於女性的 1.49 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ($P < 0.001$)，來自中區的研究對象血中鉛幾何平均值 2.42 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 顯著高於北區的 1.53 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ($P < 0.001$)，而且年齡與血中鉛有顯著的負相關 $r = -0.14$ ($P < 0.05$)。在砷方面，男性的血中砷幾何平均值 1.49 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 顯著高於女性的 0.37 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ($P < 0.001$)，中區的血中砷幾何平均值 1.06 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 顯著高於北區的 0.39 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ($P < 0.001$)，且年齡與血中砷有顯著的負相關 $r = -0.25$ ($P < 0.001$)。在鋅方面，男性的血中鋅幾何平均值 12.70 mg/L 顯著高於女性的 5.55 mg/L ($P < 0.001$)，

中區的血中鋅幾何平均值 11.15 mg/L 顯著高於北區的 5.36 mg/L ($P<0.001$)，且年齡與血中鋅有顯著的負相關 $r = -0.30$ ($P<0.001$)。在銅方面，男性的血中銅幾何平均值 0.79 mg/L 顯著低於女性的 1.35 mg/L ($P<0.001$)，中區的血中銅幾何平均值 0.86 mg/L 顯著低於北區的 1.38 mg/L ($P<0.001$)，且年齡與血中銅有顯著的正相關 $r = 0.40$ ($P<0.001$)。在硒方面，男性的血中硒幾何平均值 0.28 mg/L 顯著高於女性的 0.15 mg/L ($P<0.001$)，中區的血中硒幾何平均值 0.31 mg/dL 顯著高於北區的 0.12 mg/L ($P<0.001$)，且年齡與血中硒有顯著的負相關 $r = -0.34$ ($P<0.001$)，顯示性別、地區別以及年齡會顯著影響重金屬的濃度，而且除了銅之外，男性血中其他重金屬濃度皆高於女性，而且在年齡與血中重金屬濃度間的相關性，除了銅之外，血中其他重金屬的濃度皆與年齡呈現負相關。

由於地區別有顯著差異，所以再進一步將依地區來分別探討性別以及年齡之重金屬分佈情形，結果請見表 4-3 和 4-4。在鉛方面，中區男性的血中鉛幾何平均值 2.96 $\mu\text{g/dL}$ 顯著高於中區女性的 1.62 $\mu\text{g/dL}$ ($P<0.001$)，中區居民血中鉛值與年齡則是沒有顯著的相關，北區男性的血中鉛幾何平均值 2.88 $\mu\text{g/dL}$ 顯著高於北區女性的 1.42 $\mu\text{g/dL}$ ($P<0.001$)，北區居民血中鉛與年齡則是沒有顯著的相關；在砷方面，中區男性的血中砷幾何平均值 1.82 $\mu\text{g/dL}$ 顯著高於中區女性的 0.29 $\mu\text{g/dL}$ ($P<0.001$)，中區居民血中砷與年齡則是沒有顯著的相關，

北區男性與女性的血中砷幾何平均值沒有顯著的差異，但北區居民血中砷與年齡有顯著的正相關 $r=0.16$ ($P<0.05$)；在鋅方面，中區男性的血中鋅幾何平均值 13.70 mg/L 顯著高於中區女性的 6.83 mg/L ($P<0.001$)，中區居民血中鋅與年齡則是沒有顯著的相關，北區男性的血中鋅幾何平均值 7.40 mg/L 顯著高於北區女性的 5.16 mg/L ($P<0.001$)，北區居民血中鋅與年齡則是沒有顯著的相關；在銅方面，中區男性的血中銅幾何平均值 0.79 mg/L 顯著低於中區女性的 1.04 mg/L ($P<0.001$)，且中區居民血中銅與年齡則是有顯著的正相關 $r=0.25$ ($P<0.001$)，北區男性的血中銅幾何平均值 0.79 mg/L 顯著低於北區女性的 1.48 mg/L ($P<0.001$)，北區居民血中銅與年齡則是沒有顯著的相關；在硒方面，中區男性的血中硒幾何平均值 0.35 mg/dL 顯著高於中區女性的 0.23 mg/L ($P<0.001$)，中區居民血中硒與年齡則是沒有顯著的相關，北區男性的血中硒幾何平均值 0.05 mg/L 顯著低於北區女性的 0.13 mg/L ($P<0.001$)，且北區居民血中硒值與年齡也有顯著的正相關 $r=0.19$ ($P<0.05$) (上述結果詳見表 4-3 和表 4-4)。

根據上述分析的結果，雖然表 4-2 結果顯示大多的血中重金屬濃度呈現男性顯著高於女性的性別差異並且大多與年齡有負相關的情形，然而因本研究的樣本來自不同地區，根據資料顯示不同地區受到重金屬暴露的程度有所不同(行政院環保署, 2008)，且本研究在表 4-2 的分析結果也呈現除了銅之外，其他重金屬濃度是來自中區研究對象

顯著高於來自北區，在考慮此項因素分地區別分析後，發現性別的差異仍舊存在但年齡的影響大多消失，只除了來自中區研究對象體內的銅，以及來自北區者體內的砷與硒，且都是呈現顯著正相關($P < 0.05$)(如表 4-3 和表 4-4)。為了考慮不同性別體內重金屬濃度的差異會受到年齡的影響，因此在多變項的分析模式中，本研究乃進一步探討性別與年齡的交互作用對血中重金屬濃度的影響。

就中區來看，分別依序放入性別、年齡以及性別與年齡的交互作用項(結果請詳見表 4-5)。在鉛方面，控制年齡後，男性的血中鉛會顯著高於女性，男性血中鉛濃度為女性的 1.84 倍(即 $\exp^{0.61}$, $P < 0.001$)，且放入交互作用項後發現年齡與性別有顯著的交互作用。結果顯示：性別的差異會受年齡的影響，且年齡的效應也依性別而有所不同；即年齡每增加一歲，男女間的差距由 15.94 倍(即 $\exp^{2.74}$, $P < 0.001$)降至 14.15 倍(即 $\exp^{2.65}$)，即差距減小了，且小至原來的 0.91 倍(即 $\exp^{-0.09}$, $P < 0.001$)。年齡雖然與血中鉛濃度呈現顯著的正相關($b=0.07$, $P < 0.001$)，然而對男性而言，這個效應較女性小($b=-0.09$, $P < 0.001$)，因此造成男女差距因年齡的增加而減少。在砷方面，控制年齡及年齡和性別的交互作用後，男性血中砷顯著高於女性，男性血中砷濃度為女性的 17.81 倍(即 $\exp^{2.88}$, $P < 0.001$)，雖然年齡與性別無顯著的交互作用。在鋅方面，控制年齡後，男性的血中鋅會顯著高於女性，男性血中鋅濃度為女性的 2.01 倍(即 $\exp^{0.70}$, $P < 0.001$)，且放

入交互作用項後發現年齡與性別有顯著的交互作用。結果顯示：性別的差異會受年齡的影響，且年齡的效應也依性別而有所不同；即年齡每增加一歲，男女間的差距由 5.93 倍(即 $\exp^{1.78}$, $P < 0.001$)降至 5.64 倍(即 $\exp^{1.73}$)，即差距減小了，且小至原來的 0.95 倍(即 $\exp^{-0.05}$, $P < 0.05$)。年齡雖然與血中鋅濃度呈現顯著的正相關($b=0.04$, $P < 0.05$)，然而對男性而言，這個效應較女性小($b=-0.05$, $P < 0.05$)，因此造成男女差距因年齡的增加而減少。在銅方面，控制年齡後，男性的血中銅會顯著低於女性，男性血中銅濃度為女性的 0.77 倍(即 $\exp^{-0.26}$, $P < 0.001$)，且放入交互作用項後發現年齡與性別有顯著的交互作用。結果顯示：性別的差異會受年齡的影響，且年齡的效應也依性別而有所不同；即年齡每增加一歲，男女間的差距由 1.88 倍(即 $\exp^{0.63}$, $P < 0.05$)降至 1.80 倍(即 $\exp^{0.59}$)，即差距減小了，且小至原來的 0.96 倍(即 $\exp^{-0.04}$, $P < 0.05$)。年齡雖然與血中銅濃度呈現顯著的正相關($b=0.05$, $P < 0.001$)，然而對男性而言，這個效應較女性小($b=-0.04$, $P < 0.05$)，因此造成男女差距因年齡的增加而減少。在硒方面，控制年齡後，男性的血中硒會顯著高於女性，男性血中硒濃度為女性的 1.56 倍(即 $\exp^{0.44}$, $P < 0.001$)，且放入交互作用項後發現年齡與性別有顯著的交互作用。結果顯示：性別的差異會受年齡的影響，且年齡的效應也依性別而有所不同；即年齡每增加一歲，男女間的差距由 4.39 倍(即 $\exp^{1.48}$, $P < 0.001$)降至 4.18 倍(即 $\exp^{1.43}$)，即差距減小了，且小至原來的 0.95 倍(即

$\exp^{-0.05}$, $P < 0.05$)。年齡雖然與血中硒濃度呈現顯著的正相關($b=0.03$, $P < 0.05$)，然而對男性而言，這個效應較女性小($b=-0.05$, $P < 0.05$)，因此造成男女差距因年齡的增加而減少。

就北區來看，分別依序放入性別、年齡以及性別與年齡的交互作用項(結果請詳見表 4-6)。在鉛方面，控制年齡後，男性的血中鉛會顯著高於女性，男性血中鉛濃度為女性的 2.03 倍(即 $\exp^{0.71}$, $P < 0.001$)，但年齡與性別則是沒有顯著的交互作用。在砷方面，分別控制性別、年齡及性別與年齡的交互作用項後(見表 4-6 模式 1, 2, 3)，發現：性別無顯著性差異，然年齡有($b=0.04$, $P < 0.05$)，顯示年齡每增一歲，血中砷增至 1.04 倍(即 $\exp^{0.04}$)。在鋅方面，控制年齡後，男性的血中鋅會顯著高於女性，男性血中鋅濃度為女性的 1.43 倍(即 $\exp^{0.36}$, $P < 0.005$)，且放入交互作用項後發現年齡與性別無顯著的交互作用。在銅方面，控制年齡後，男性的血中銅會顯著低於女性，男性血中銅濃度為女性的 0.53 倍(即 $\exp^{-0.63}$, $P < 0.001$)，且放入交互作用項後發現年齡與性別是沒有顯著的交互作用。在硒方面，控制年齡後，男性的血中硒會顯著低於女性，男性血中硒濃度為女性的 0.40 倍(即 $\exp^{-0.92}$, $P < 0.001$)，且年齡對硒呈現正相關的效應($b=0.05$, $P < 0.005$)且年齡每增加一歲，血中硒濃度變增高 1.05 倍(即 $\exp^{0.05}$, $P < 0.05$)。然放入交互作用項後發現年齡與性別並無顯著的交互作用，模式 3 的解釋係數小於模式 2，因此以模式 2 為本研究呈現的結果。

根據理論機率分佈推估母群體 90%以及 95%的重金屬分佈範圍，在鉛方面，中區 90%的男性血中鉛值位於 1.94~4.51 $\mu\text{g/dL}$ 之間、90%的女性血中鉛值位於 0.49~5.39 $\mu\text{g/dL}$ 之間，95%的男性血中鉛值位於 1.79~4.89 $\mu\text{g/dL}$ 之間、95%的女性血中鉛值位於 0.39~6.78 $\mu\text{g/dL}$ 之間，北區 90%的男性血中鉛值位於 1.02~8.16 $\mu\text{g/dL}$ 之間、90%的女性血中鉛值位於 0.36~5.54 $\mu\text{g/dL}$ 之間，95%的男性血中鉛值位於 0.83~9.96 $\mu\text{g/dL}$ 之間、95%的女性血中鉛值位於 0.28~7.19 $\mu\text{g/dL}$ 之間；在砷方面，中區 90%的男性血中砷值位於 1.11~2.98 $\mu\text{g/dL}$ 之間、90%的女性血中砷值位於 0.08~1.05 $\mu\text{g/dL}$ 之間，95%的男性血中砷值位於 1.01~3.27 $\mu\text{g/dL}$ 之間、95%的女性血中砷值位於 0.06~1.34 $\mu\text{g/dL}$ 之間，北區 90%的男性血中砷值位於 0.16~0.80 $\mu\text{g/dL}$ 之間、90%的女性血中砷值位於 0.16~0.98 $\mu\text{g/dL}$ 之間，95%的男性血中砷值位於 0.14~0.93 $\mu\text{g/dL}$ 之間、95%的女性血中砷值位於 0.13~1.17 $\mu\text{g/dL}$ 之間；在鋅方面，中區 90%的男性血中鋅值位於 9.87~19.00 mg/L 之間、90%的女性血中鋅值位於 3.78~12.32 mg/L 之間，95%的男性血中鋅值位於 9.27~20.23 mg/L 之間、95%的女性血中鋅值位於 3.38~13.79 mg/L 之間，北區 90%的男性血中鋅值位於 5.58~9.82 mg/L 之間、90%的女性血中鋅值位於 2.27~11.72 mg/L 之間，95%的男性血中鋅值位於 5.29~10.36 mg/L 之間、95%的女性血中鋅值位於 1.94~13.72 mg/L 之間；在銅方面，中區 90%的男性血中銅值位於 0.66~0.95 mg/L 之間、

90%的女性血中銅值位於 0.65~1.65 mg/L 之間，95%的男性血中銅值位於 0.64~0.98 mg/L 之間、95%的女性血中銅值位於 0.60~1.80 mg/L 之間，北區 90%的男性血中銅值位於 0.57~1.08 mg/L 之間、90%的女性血中銅值位於 0.69~3.14 mg/L 之間，95%的男性血中銅值位於 0.54~1.15 mg/L 之間、95%的女性血中銅值位於 0.06~3.62 mg/L 之間；在硒方面，中區 90%的男性血中硒值位於 0.25~0.49 mg/L 之間、90%的女性血中硒值位於 0.14~0.37 mg/L 之間，95%的男性血中硒值位於 0.23~0.52mg/L 之間、95%的女性血中硒值位於 0.13~0.40 mg/L 之間，北區 90%的男性血中硒值位於 0.03~0.08 mg/L 之間、90%的女性血中硒值位於 0.06~0.30 mg/L 之間，95%的男性血中硒值位於 0.03~0.08 mg/L 之間、95%的女性血中硒值位於 0.05~0.35 mg/L 之間 (表 4-7)。

利用邏輯斯迴歸以年齡、性別、居住地作為分辨血鉛高低的預測因子之模式，並使用 ROC curve 的方法。由於 423 位研究對象的血中鉛測量值範圍為 0.05~8.85 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ，因此，分別以血鉛 1~8 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 為切點，其中以血鉛值 1 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 為切點，其 ROC curve 下的面積分別為 0.78(圖 4-1a)；以 2 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 為切點，其 ROC curve 下的面積分別為 0.80(圖 4-1b)；以 3 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 為切點，其 ROC curve 下的面積分別為 0.71(圖 4-1c)；以 4 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 為切點，其 ROC curve 下的面積分別為 0.68(圖 4-1d)；以 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 為切點，其 ROC curve 下的面積分別為

0.75(圖 4-1e)；以 6 $\mu\text{g/dL}$ 為切點，其 ROC curve 下的面積分別為 0.74(圖 4-1f)；以 7 或 8 $\mu\text{g/dL}$ 為切點，其 ROC curve 下的面積分別為 0.90(圖 4-1g~h)。

表 4-8 是呈現以 t 檢定分析性別、地區別的身高是否有差異，及以皮爾森積差相關分析年齡以及血鉛值與身高的關係之結果。

本研究發現男性的身高平均 171.04 公分顯著高於女性的 161.39 公分 ($P < 0.0001$)，中區居民身高平均 168.10 公分顯著高於北區的 165.41 公分，血鉛值與身高呈現顯著的正相關 $r = 0.24$ ($P < 0.001$)

表 4-9 控制年齡、性別、居住地以探討血鉛與身高的關係，模式 1 顯示血鉛與身高有負向的趨勢，但是在統計上沒有顯著；模式 2 顯示高血鉛濃度與身高的減少是有關聯的(幾何平均值 1.99 $\mu\text{g/dL}$ vs. 1 $\mu\text{g/dL}$)，但是在統計上沒有顯著；模式 3 顯示高血鉛濃度與身高的減少是有關聯的(算術平均值 2.40 $\mu\text{g/dL}$ vs. 1 $\mu\text{g/dL}$)，但是在統計上沒有顯著。

第五章 討論

從 1980~1994 年有超過 1000 篇的論文初步探討非職業暴露危害的人口中之血中鉛參考值，但這些文獻所呈現出的血鉛值範圍卻很廣泛(Gerhardsson et al., 1996)。根據過去的文獻來看：1983 年 WHO 調查了數十個國家並從各個國家選取一個都市中的 200 位老師為樣本以評估鉛暴露，發現北京和東京之樣本血中鉛的幾何平均值為 6 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ，墨西哥之樣本血中鉛的幾何平均值為 22.5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ，美國馬里蘭州、耶路撒冷、祕魯、斯德哥爾摩以及克羅埃西亞之樣本血中鉛的幾何平均值都低於 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ，比利時以及印度血中鉛的幾何平均值則是介於 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ~20 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (Friberg and Vahter, 1983)。1991 年義大利研究 720 位沒有特殊暴露的人，發現血中鉛的算術平均值為 8.4 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (L'Abbate et al., 1991)。美國全國健康與營養調查(NHANES)發現 1976~1980 年血中鉛的幾何平均值為 13.1 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ，1988~1994 年調查 16609 人血中鉛的幾何平均值為 2.76 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (Muntner et al., 2005)。這些研究呈現出廣泛的血鉛值範圍可能是因為時間與區域的特異性所導致。

本研究收集了 423 位 2005~2007 年間被測定的血中重金屬之數值，其血中鉛的算術平均值為 2.40 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ，取對數後的幾何平均值為

1.99 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ，男性其血中鉛的幾何平均值為 2.95 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ，女性其血中鉛的幾何平均值為 1.49 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 。將本研究的結果與 1996 年 Liou 等人的全國性大規模調查(Liou et al., 1996)結果做比較，該調查的樣本是以分層抽樣的方式抽出 5913 位樣本，樣本血中鉛算術平均值為 8.28 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ，取對數後的幾何平均值為 6.89 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ，男性其血中鉛的幾何平均值為 7.85 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ，女性其血中鉛的幾何平均值為 5.99 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ，顯示台灣血鉛值無論在整體或是性別分層來看這十年來有下降的趨勢，這個下降的趨勢，吾人以為與在 2000 年台灣含鉛汽油已經全面禁止使用有很大的關係，如文獻指出移除汽油中的鉛是減少人們血鉛值一項很重要的貢獻(Thomas et al., 1999)，近年來從汽油中去除鉛是在亞洲的一個趨勢，例如泰國曼谷(Zhang et al., 2000)，因此無鉛汽油的使用會減少鉛在大氣中的污染，使人體減少鉛的暴露，進而造成血鉛值下降。

本研究樣本之血中鉛算術平均值為 2.40 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ，取對數後的幾何平均值為 1.99 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 與近年來國際上使用無鉛汽油的國家之研究樣本的血鉛值有相似的結果，例如：1998 年英國調查 224 位樣本，其血中鉛的算術平均值為 3.9 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (White and Sabbioni, 1998)；1998 年西班牙巴塞隆納調查沒有職業暴露的 254 位樣本，其平均年齡 22.1 歲，其血中鉛的算術平均值為 4.55 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (Sole et al., 1998)；2000 年日本研究 588 位沒抽菸的女性其血中鉛的幾何平均值為 2.02 $\mu\text{g}/\text{dL}$

(Zhang et al., 2000); 2002 年義大利研究其血中鉛的算術平均值為 3.85 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (Apostoli et al., 2002) ; 2002 年德國研究其血中鉛的幾何平均值 3.1 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (Becker et al., 2002) ; 2002 年美國研究其血中鉛的算術平均值 3 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (Korrick et al., 2002) ; 2006 年捷克評估一般族群血鉛參考值發現血中鉛的幾何平均值為 3.3 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (Batariova et al., 2006) 。

本研究根據理論機率分佈推估母群體 90 %和 95 % C.I.的重金屬分佈範圍，並與現行的臨床建議參考值比較，在鉛方面，發現無論是中區或北區的男性或女性 90 %和 95 % C.I.的血鉛值範圍都低於現行的臨床建議參考值，顯示現行的臨床建議參考值有過高的趨勢，有向下修正之必要，雖然本研究北區男性樣本的血鉛值可能因為樣本數太小，標準差因此變大而造成統計檢定之效力不足，所以推估出來的統計值較不穩定，導致北區男性的血鉛值上限較中區的居民以及北區女性的血鉛值都還要高出許多。

以年齡、性別、居住地作為分辨血鉛高低的預測因子之模式，發現無論血鉛值的切點為何，其 ROC curve 下的面積至少都在 0.68 以上，顯示年齡、性別、居住地有高度分辨血鉛的能力，將來的研究若能蒐集到更多的變項，建議可以依循此法建立一個更完整的模式。

根據理論機率分佈推估母群體的重金屬分佈範圍，顯示包括 90 % C.I.母群體的血鉛上限值最高為 5.54 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ，放寬標準至包括 95 % C.I.的母群體，其血鉛上限值仍未超過 7.19 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ，且以血鉛值 6 或 8

$\mu\text{g/dL}$ 為切點時，其模式的預測能力高達 0.75 以及 0.90，因此本研究建議臨床建議參考值可以調降至較寬鬆的標準 8 $\mu\text{g/dL}$ ，或是較嚴格的標準 6 $\mu\text{g/dL}$ 。

美國全國健康與營養調查的不同研究中有發現相似的結果，其中在美國第三次全國健康與營養調查發現 8~18 歲的 2186 位的少女中，控制年齡、種族、家庭收入、飲食等因素後，高血鉛(>3 $\mu\text{g/dL}$)的樣本其身高會顯著低於低血鉛濃度(<1 $\mu\text{g/dL}$)(Selevan et al., 2003)；其他年度的美國全國健康與營養調查之相關研究以及近期韓國的研究也發現血鉛值和身高會有顯著的負相關(Ballew et al., 1999; Frisancho and Ryan, 1991; Min et al., 2008; Schwartz et al., 1986)。本研究控制年齡、性別、居住地以探討血鉛與身高的關係，結果呈現一個負相關的趨勢雖然在統計上沒有顯著，但與上述研究的趨勢一致，且過去國內的研究鮮少討論這樣的關係，由於本研究的樣本數較少使得統計檢力較小，且樣本的年齡性別分佈不均，以致在統計上沒有顯著的現象。

就重金屬的分佈上來看，在砷方面，中區男性體內的血中砷濃度顯著的高於女性體內的血中砷濃度；在鋅方面，無論是中區或北區男性體內的血中鋅濃度顯著的高於女性體內的血中鋅濃度；在銅方面，無論是中區或北區男性體內的血中銅濃度顯著的低於女性體內的血中銅濃度；在硒方面，中區男性體內的血中硒濃度顯著的高於女性體內的血中硒濃度，但北區則是男性體內的血中硒濃度顯著的低於女性

體內的血中硒濃度。

許多的人口學變項會影響血鉛值的差異，在性別方面，男性會顯著高於女性，過去的許多研究也有相同的結果：捷克評估一般族群血鉛參考值發現男性其血鉛值為 3.7 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 顯著高於女性的 2.5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (Batariova et al., 2006)；在一項義大利的研究評估一般族群血鉛參考值發現男性其血鉛值為 4.51 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 顯著高於女性的 3.06 $\mu\text{g}/\text{dL}$ (Apostoli et al., 2002)，顯示男女血鉛值會有顯著的差異，可能歸因於體內儲存鉛的器官組織不同所導致，例如：男性的骨骼含量比女性多，女性的紅血球濃度也比男性較低，然而骨骼與紅血球都是人體內儲存鉛的重要器官組織 (Iyengar and Wolttlez, 1988; White and Sabbioni, 1998)，這樣的性別差異乃造成男性血鉛值顯著的高於女性。

在年齡方面，不分區探討年齡與血鉛值的關係發現呈現顯著的負相關，與過去的研究結果不一致 (Apostoli et al., 2002; Navas-Acien et al., 2004)，但在分區分析後，年齡與血鉛的關係轉而變成沒有顯著的統計關係，可能因為二區的性別與年齡在分佈上有差異所導致，因此，在進一步以多變項分析模式探討性別與年齡的交互作用對血中重金屬濃度的影響，在中區的樣本中，發現年齡和性別的交互作用結果對鉛、砷、鋅、銅、硒在男女的差異上會因年齡的增加而減小。北區的樣本分析之結果發現只有鉛和鋅是呈現男性顯著高於女性的情形，而銅和硒卻是男性顯著低於女性的情形，砷則是無性別上的差

異，另外在年齡方面，只有砷和硒的濃度與年齡有顯著正相關。北區和中區結果的差異，主要可能是來自於北區的男性樣本數太少以及二區的年齡分佈不均所致。



第六章 結論與建議

第一節 結論

1. 根據這些資料發現血鉛值有下降的趨勢，所呈現的值與現行臨床建議參考值比較，顯示現行臨床血中鉛建議參考值有重新修訂的必要。
2. 居住的區域別對人體重金屬濃度的影響是建立參考值時應注意的變項，因不同地區受到重金屬污染的程度或許不同，造成居住於不同地區的人體內重金屬濃度和分佈範圍可能不同，建議未來在建立參考值時需考慮地區別的差異。
3. 本研究以年齡、性別以及區域別三個因子建立分辨血鉛濃度分佈的模式，在選擇 1~8 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 各個切點時皆有頗高的預測能力，倘若將來有大量樣本數且變項充分的研究，建議可以依循此法建立一個更完整且預測能力更佳的模式。
4. 身高與血鉛的關係以及機轉至今尚未明確，本研究亦呈現出一個負的趨勢，與其他研究一致，明確的定論仍需未來的研究更進一步探討。

第二節 研究限制

1. 本研究只取得中區與北區居民的資料且樣本數太小，無法取得可代表台灣全區且性別與年齡分佈均勻的所有年齡層之大量樣本數，代表性會較不充足，且在統計分析上會因樣本數不足以及性別與年齡分佈不均勻受到限制。若將來政策、經費以及個案來源許可的情況下，可增加其樣本數，以增加統計檢力以及其代表性。
2. 本研究為實驗室的二手資料，取得的變項不充分，導致建立分辨血鉛的模式較不完整，並且無法深入探討影響重金屬的因素。

第三節 應用與建議

1. 由於國內目前沒有統一的參考值可供參考，本研究已蒐集目前現有健康年輕成年人之血鉛值，可供臨床以及未來研究參考，建議政府相關單位可以列出一般族群的各類重金屬之參考值供臨床以及未來研究深入探討。
2. 身高與血鉛的關係以及機轉至今尚未明確，本研究雖有看出有負的相關趨勢，但本研究為二手資料無法確認其因果關係，建議將來的研究可以深入探討其因果關係。

參考文獻

(英文部分)

- Aggett PJ. Aspects of neonatal metabolism of trace metals. *Acta Paediatr Suppl* 1994; 402: 75-82.
- Alexander J. Selenium. *Novartis Found Symp* 2007; 282: 143-9; discussion 149-53, 212-8.
- Apostoli P, Baj A, Bavazzano P, Ganzi A, Neri G, Ronchi A, et al. Blood lead reference values: the results of an Italian polycentric study. *Sci Total Environ* 2002; 287: 1-11.
- ATSDR. Public health statement - Copper. 2004.
- ATSDR. Toxicological profile for lead.. 2006
- Ballew C, Khan LK, Kaufmann R, Mokdad A, Miller DT, Gunter EW. Blood lead concentration and children's anthropometric dimensions in the Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III), 1988-1994. *J Pediatr* 1999; 134: 623-30.
- Batariova A, Spevackova V, Benes B, Cejchanova M, Smid J, Cerna M. Blood and urine levels of Pb, Cd and Hg in the general population of the Czech Republic and proposed reference values. *Int J Hyg Environ Health* 2006; 209: 359-66.
- Becker K, Kaus S, Krause C, Lepom P, Schulz C, Seiwert M, et al. German Environmental Survey 1998 (GerES III): environmental pollutants in blood of the German population. *Int J Hyg Environ Health* 2002; 205: 297-308.
- Benton D, Cook R. Selenium supplementation improves mood in a double-blind crossover trial. *Psychopharmacology (Berl)* 1990; 102: 549-50.
- Bhutta ZA, Bird SM, Black RE, Brown KH, Gardner JM, Hidayat A, et al. Therapeutic effects of oral zinc in acute and persistent diarrhea in children in developing countries: pooled analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 1516-22.
- Bleys J, Navas-Acien A, Guallar E. Serum selenium and diabetes in U.S. adults. *Diabetes Care* 2007; 30: 829-34.
- Boran P, Tokuc G, Vagas E, Oktem S, Gokduman MK. Impact of zinc supplementation in children with acute diarrhoea in Turkey. *Arch Dis Child* 2006; 91: 296-9.
- Bremner I. Manifestations of copper excess. *Am J Clin Nutr* 1998; 67: 1069S-1073S.
- Brodkin E, Copes R, Mattman A, Kennedy J, Kling R, Yassi A. Lead and mercury exposures: interpretation and action. *CMAJ* 2007; 176: 59-63.
- Brooks WA, Yunus M, Santosham M, Wahed MA, Nahar K, Yeasmin S, et al. Zinc

- for severe pneumonia in very young children: double-blind placebo-controlled trial. *Lancet* 2004; 363: 1683-8.
- CDC. Adult blood lead epidemiology and surveillance--United States, 2002. *MMWR* 2004; 53: 578-82.
- Centeno JA, Mullick FG, Martinez L, Page NP, Gibb H, Longfellow D, et al. Pathology related to chronic arsenic exposure. *Environ Health Perspect* 2002; 110 Suppl 5: 883-6.
- Chang SH, Cheng BH, Lee SL, Chuang HY, Yang CY, Sung FC, et al. Low blood lead concentration in association with infertility in women. *Environ Res* 2006; 101: 380-6.
- Chen CL, Hsu LI, Chiou HY, Hsueh YM, Chen SY, Wu MM, et al. Ingested arsenic, cigarette smoking, and lung cancer risk: a follow-up study in arseniasis-endemic areas in Taiwan. *JAMA* 2004; 292: 2984-90.
- Chiou HY, Chiou ST, Hsu YH, Chou YL, Tseng CH, Wei ML, et al. Incidence of transitional cell carcinoma and arsenic in drinking water: a follow-up study of 8,102 residents in an arseniasis-endemic area in northeastern Taiwan. *Am J Epidemiol* 2001; 153: 411-8.
- Clark LC, Combs GF, Jr., Turnbull BW, Slate EH, Chalker DK, Chow J, et al. Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin. A randomized controlled trial. Nutritional Prevention of Cancer Study Group. *JAMA* 1996; 276: 1957-63.
- Duzgoren-Aydin NS. Sources and characteristics of lead pollution in the urban environment of Guangzhou. *Sci Total Environ* 2007; 385: 182-95.
- Eife R, Weiss M, Barros V, Sigmund B, Goriup U, Komb D, et al. Chronic poisoning by copper in tap water: I. Copper intoxications with predominantly gastrointestinal symptoms. *Eur J Med Res* 1999; 4: 219-23.
- Finley JW. Bioavailability of selenium from foods. *Nutr Rev* 2006; 64: 146-51.
- Finley JW, Penland JG. Adequacy or deprivation of dietary selenium in healthy men: clinical and psychological findings. *J Trace Elem Exp Med* 1998; 11-27.
- Friberg L, Vahter M. Assessment of exposure to lead and cadmium through biological monitoring: results of a UNEP/WHO global study. *Environ Res* 1983; 30: 95-128.
- Frisancho AR, Ryan AS. Decreased stature associated with moderate blood lead concentrations in Mexican-American children. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 516-9.
- Fukui Y, Ezaki T, Tsukahara T, Moriguchi J, Furuki K, Okamoto S, et al. Lead levels in urine of never-smoking adult women in non-polluted areas in Japan, with references to cadmium levels in urine. *Ind Health* 2004; 42: 415-23.
- Gerhardsson L, Kazantzis G, Schutz A. Evaluation of selected publications on reference values for lead in blood. *Scand J Work Environ Health* 1996; 22:

325-31.

- Halfdanarson TR, Kumar N, Li CY, Phyliky RL, Hogan WJ. Hematological manifestations of copper deficiency: a retrospective review. *Eur J Haematol* 2008; 80: 523-31.
- Hamadani JD, Fuchs GJ, Osendarp SJ, Huda SN, Grantham-McGregor SM. Zinc supplementation during pregnancy and effects on mental development and behaviour of infants: a follow-up study. *Lancet* 2002; 360: 290-4.
- Hodkinson CF, Kelly M, Alexander HD, Bradbury I, Robson PJ, Bonham MP, et al. Effect of zinc supplementation on the immune status of healthy older individuals aged 55-70 years: the ZENITH Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2007; 62: 598-608.
- Hopenhayn-Rich C, Biggs ML, Smith AH. Lung and kidney cancer mortality associated with arsenic in drinking water in Cordoba, Argentina. *Int J Epidemiol* 1998; 27: 561-9.
- Huff JD, Keung YK, Thakuri M, Beaty MW, Hurd DD, Owen J, et al. Copper deficiency causes reversible myelodysplasia. *Am J Hematol* 2007; 82: 625-30.
- Hughes MF. Biomarkers of exposure: a case study with inorganic arsenic. *Environ Health Perspect* 2006; 114: 1790-6.
- IARC. Some metals and metallic compounds. 1998.
- IARC. Overall Evaluations of Carcinogenicity to Humans. 2008.
- Iyengar V, Wolttlez J. Trace elements in human clinical specimens: evaluation of literature data to identify reference values. *Clinical Chemistry* 1988; 34.
- Kaewboonchoo O, Saleekul S, Powwattana A, Kawai T. Blood lead level and blood pressure of bus drivers in Bangkok, Thailand. *Ind Health* 2007; 45: 590-4.
- Kaltreider RC, Davis AM, Lariviere JP, Hamilton JW. Arsenic alters the function of the glucocorticoid receptor as a transcription factor. *Environ Health Perspect* 2001; 109: 245-51.
- Kamel F, Umbach DM, Munsat TL, Shefner JM, Hu H, Sandler DP. Lead exposure and amyotrophic lateral sclerosis. *Epidemiology* 2002; 13: 311-9.
- Knekt P, Marniemi J, Teppo L, Heliövaara M, Aromaa A. Is low selenium status a risk factor for lung cancer? *Am J Epidemiol* 1998; 148: 975-82.
- Kok FJ, de Bruijn AM, Hofman A, Vermeeren R, Valkenburg HA. Is serum selenium a risk factor for cancer in men only? *Am J Epidemiol* 1987; 125: 12-6.
- Korrick SA, Schwartz J, Tsaih SW, Hunter DJ, Aro A, Rosner B, et al. Correlates of bone and blood lead levels among middle-aged and elderly women. *Am J Epidemiol* 2002; 156: 335-43.
- Kosnett MJ, Wedeen RP, Rothenberg SJ, Hipkins KL, Materna BL, Schwartz BS, et al. Recommendations for medical management of adult lead exposure. *Environ Health Perspect* 2007; 115: 463-71.
- Kumar N, Crum B, Petersen RC, Vernino SA, Ahlskog JE. Copper deficiency

- myelopathy. *Arch Neurol* 2004; 61: 762-6.
- L'Abbate N, Cassano F, Rana F, Gagliardi T, Giacomantonio A. Blood lead and erythrocyte protoporphyrin levels in the general population of an area in southern Italy. *Med Lav* 1991; 82: 336-40.
- Lin JL, Lin-Tan DT, Hsu KH, Yu CC. Environmental lead exposure and progression of chronic renal diseases in patients without diabetes. *N Engl J Med* 2003; 348: 277-86.
- Lin JL, Tan DT, Hsu KH, Yu CC. Environmental lead exposure and progressive renal insufficiency. *Arch Intern Med* 2001; 161: 264-71.
- Liou SH, Wu TN, Chiang HC, Yang GY, Yang T, Wu YQ, et al. Blood lead levels in Taiwanese adults: distribution and influencing factors. *Sci Total Environ* 1996; 180: 211-9.
- Lundstrom NG, Englyst V, Gerhardsson L, Jin T, Nordberg G. Lung cancer development in primary smelter workers: a nested case-referent study. *J Occup Environ Med* 2006; 48: 376-80.
- Lustberg M, Silbergeld E. Blood lead levels and mortality. *Arch Intern Med* 2002; 162: 2443-9.
- Min KB, Min JY, Cho SI, Kim R, Kim H, Paek D. Relationship between low blood lead levels and growth in children of white-collar civil servants in Korea. *Int J Hyg Environ Health* 2008; 211: 82-7.
- Muntner P, Menke A, DeSalvo KB, Rabito FA, Batuman V. Continued decline in blood lead levels among adults in the United States: the National Health and Nutrition Examination Surveys. *Arch Intern Med* 2005; 165: 2155-61.
- Naha N, Chowdhury AR. Inorganic lead exposure in battery and paint factory: effect on human sperm structure and functional activity. *J UOEH* 2006; 28: 157-71.
- National Research Council. *Arsenic in Drinking Water: 2001 Update*. Washington, DC:National Academy Press 2001.
- Navas-Acien A, Bleyts J, Guallar E. Selenium intake and cardiovascular risk: what is new? *Curr Opin Lipidol* 2008; 19: 43-9.
- Navas-Acien A, Selvin E, Sharrett AR, Calderon-Aranda E, Silbergeld E, Guallar E. Lead, cadmium, smoking, and increased risk of peripheral arterial disease. *Circulation* 2004; 109: 3196-201.
- Oldereid NB, Thomassen Y, Purvis K. Selenium in human male reproductive organs. *Hum Reprod* 1998; 13: 2172-6.
- Osendarp SJ, van Raaij JM, Arifeen SE, Wahed M, Baqui AH, Fuchs GJ. A randomized, placebo-controlled trial of the effect of zinc supplementation during pregnancy on pregnancy outcome in Bangladeshi urban poor. *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 114-9.
- Paoliello MM, De Capitani EM. Occupational and environmental human lead exposure in Brazil. *Environ Res* 2007; 103: 288-97.

- Prasad AS. Zinc deficiency. *BMJ* 2003; 326: 409-10.
- Press NA. Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. . 2000.
- Rayman MP. The importance of selenium to human health. *Lancet* 2000; 356: 233-41.
- Rayman MP. Selenium in cancer prevention: a review of the evidence and mechanism of action. *Proc Nutr Soc* 2005; 64: 527-42.
- Roy M, Kiremidjian-Schumacher L, Wishe HI, Cohen MW, Stotzky G. Supplementation with selenium and human immune cell functions. I. Effect on lymphocyte proliferation and interleukin 2 receptor expression. *Biol Trace Elem Res* 1994; 41: 103-14.
- Salonen JT, Alfthan G, Huttunen JK, Pikkarainen J, Puska P. Association between cardiovascular death and myocardial infarction and serum selenium in a matched-pair longitudinal study. *Lancet* 1982; 2: 175-9.
- Schaumberg DA, Mendes F, Balaram M, Dana MR, Sparrow D, Hu H. Accumulated lead exposure and risk of age-related cataract in men. *JAMA* 2004; 292: 2750-4.
- Schwartz J, Angle C, Pitcher H. Relationship between childhood blood lead levels and stature. *Pediatrics* 1986; 77: 281-8.
- Selevan SG, Rice DC, Hogan KA, Euling SY, Pfahles-Hutchens A, Bethel J. Blood lead concentration and delayed puberty in girls. *N Engl J Med* 2003; 348: 1527-36.
- Smith AH, Goycolea M, Haque R, Biggs ML. Marked increase in bladder and lung cancer mortality in a region of Northern Chile due to arsenic in drinking water. *Am J Epidemiol* 1998; 147: 660-9.
- Soldin OP, Hanak B, Soldin SJ. Blood lead concentrations in children: new ranges. *Clin Chim Acta* 2003; 327: 109-13.
- Sole E, Ballabriga A, Dominguez C. Lead exposure in the general population of the Metropolitan Area of Barcelona: blood levels and related factors. *Sci Total Environ* 1998; 224: 19-27.
- Stamoulis I, Kouraklis G, Theocharis S. Zinc and the liver: an active interaction. *Dig Dis Sci* 2007; 52: 1595-612.
- Staudinger KC, Roth VS. Occupational lead poisoning. *Am Fam Physician* 1998; 57: 719-26, 731-2.
- Stranges S, Marshall JR, Natarajan R, Donahue RP, Trevisan M, Combs GF, et al. Effects of long-term selenium supplementation on the incidence of type 2 diabetes: a randomized trial. *Ann Intern Med* 2007; 147: 217-23.
- Suadicani P, Hein HO, Gyntelberg F. Serum selenium concentration and risk of ischaemic heart disease in a prospective cohort study of 3000 males. *Atherosclerosis* 1992; 96: 33-42.
- Taylor EW, Nadimpalli RG, Ramanathan CS. Genomic structures of viral agents in

- relation to the biosynthesis of selenoproteins. *Biol Trace Elem Res* 1997; 56: 63-91.
- Thomas, Socolow RH, Fanelli JJ, TG. S. Effects of reducing lead in gasoline: An analysis of the international experience. *Environ Sci Technol* 1999; 33.
- Vahidnia A, van der Voet GB, de Wolff FA. Arsenic neurotoxicity--a review. *Hum Exp Toxicol* 2007; 26: 823-32.
- Vainio H, Sorsa M. Chromosome aberrations and their relevance to metal carcinogenesis. *Environ Health Perspect* 1981; 40: 173-80.
- Wang W, Liu X, Zhao L, Guo D, Tian X, Adams F. Effectiveness of leaded petrol phase-out in Tianjin, China based on the aerosol lead concentration and isotope abundance ratio. *Sci Total Environ* 2006; 364: 175-87.
- Wastney ME, Aamodt RL, Rumble WF, Henkin RI. Kinetic analysis of zinc metabolism and its regulation in normal humans. *Am J Physiol* 1986; 251: R398-408.
- Weisskopf MG, Wright RO, Schwartz J, Spiro A, 3rd, Sparrow D, Aro A, et al. Cumulative lead exposure and prospective change in cognition among elderly men: the VA Normative Aging Study. *Am J Epidemiol* 2004; 160: 1184-93.
- White MA, Sabbioni E. Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European Union. X. A study of 13 elements in blood and urine of a United Kingdom population. *Sci Total Environ* 1998; 216: 253-70.
- WHO. Trace elements in human nutrition and health. WHO, Food and Agriculture Organisation, International Atomic Energy Agency expert group. 1996.
- WHO. Arsenic Air Quality Guidelines Second Edition. 2000.
- WHO. Arsenic and Arsenic Compounds. 2nd ed. Environmental Health Criteria 224. Geneva:World Health Organization. 2001a.
- WHO. Health in the Context of Sustainable Development. 2001b.
- WHO. Zinc. Environmental Health Criteria 221 World Health Organization 2001c.
- Williams DM. Copper deficiency in humans. *Semin Hematol* 1983; 20: 118-28.
- Wu MM, Kuo TL, Hwang YH, Chen CJ. Dose-response relation between arsenic concentration in well water and mortality from cancers and vascular diseases. *Am J Epidemiol* 1989; 130: 1123-32.
- Yoshizawa K, Ascherio A, Morris JS, Stampfer MJ, Giovannucci E, Baskett CK, et al. Prospective study of selenium levels in toenails and risk of coronary heart disease in men. *Am J Epidemiol* 2003; 158: 852-60.
- Zhang ZW, Moon CS, Shimbo S, Watanabe T, Nakatsuka H, Matsuda-Inoguchi N, et al. Further reduction in lead exposure in women in general populations in Japan in the 1990s, and comparison with levels in east and south-east Asia. *Int Arch Occup Environ Health* 2000; 73: 91-7.
- Zhang ZW, Shimbo S, Ochi N, Eguchi M, Watanabe T, Moon CS, et al. Determination of lead and cadmium in food and blood by inductively coupled

plasma mass spectrometry: a comparison with graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Sci Total Environ* 1997; 205: 179-87.

(中文部分)

行政院環保署.環境資料庫.<http://edb.epa.gov.tw/envdb2/>.引用 2008/06/22

林意凡、王榮德. 2002. 鉛危害之防治. *健康世界* 202 期.

莊弘毅、吳聰能. 2003. 不同國籍鉛作業勞工血壓與血鉛值之相關性探討：三年追蹤研究.

吳威德、吳聰能. 2007. 新移民女性 DNA 損傷與血中重金屬之相關因子探討

張偉翔、吳聰能、楊俊毓. 2006. 餐飲學校學生廚房實作課程與齲齒、聽力損失之相關性探討



表 4-1：地區別及血中重金屬濃度的分布狀況(個數=423)

變項	個數(%)		測量值範圍	臨床建議參考值
	/平均值 (標準差)	幾何平均值 (標準差)		
年齡(歲)	24.9(2.6)		20.0~29.0	
性別				
男	181(42.8)			
女	242(57.2)			
地區別				
中區	243(57.5)			
北區	180(42.5)			
血中重金屬濃度				
鉛 (µg /dL) n=423	2.40(1.27)	1.99(2.06)	0.05~8.85	10 µg /dL
砷 (µg /dL) n=373	0.98(0.86)	0.66(2.55)	0.07~5.30	1.8 µg /dL
鋅 (mg/L) n=373	9.02(4.43)	7.83(1.78)	0.27~27.19	0.70~1.20 mg/L ^a
銅 (mg/L) n=372	1.22(0.98)	1.08(1.55)	0.36~14.59	0.70~1.55 mg/L ^a
硒 (mg/L) n=373	0.23(0.12)	0.19(1.93)	0.03~ 0.72	0.46~1.43 mg/L ^a

[註] a：血清的值

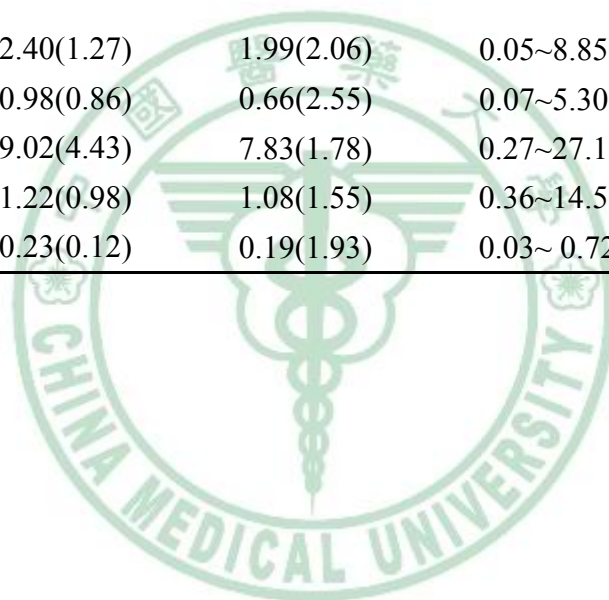


表 4-2：性別、地區與年齡的血中重金屬濃度分佈情形

變項	鉛		砷		鋅		銅		硒	
	幾何平均值 (標準差) / 相關係數	<i>P</i> value.	幾何平均值 (標準差) / 相關係數	<i>P</i> value.	幾何平均值 (標準差) / 相關係數	<i>P</i> value.	幾何平均值 (標準差) / 相關係數	<i>P</i> value.	幾何平均值 (標準差) / 相關係數	<i>P</i> value.
性別										
男	2.95 (1.37)	<0.001	1.49 (1.87)	<0.001	12.70 (1.32)	<0.001	0.79 (1.13)	<0.001	0.28 (1.94)	<0.001
女	1.49 (2.22)		0.37 (1.88)		5.55 (1.62)		1.35 (1.56)		0.15 (1.69)	
地區別										
中區	2.42 (1.73)	<0.001	1.06 (2.63)	<0.001	11.15 (1.50)	<0.001	0.86 (1.24)	<0.001	0.31 (1.36)	<0.001
北區	1.53 (2.31)		0.39 (1.73)		5.36 (1.63)		1.38 (1.61)		0.12 (1.75)	
年齡(年)	-0.14	<0.05	-0.25	<0.001	-0.30	<0.001	0.40	<0.001	-0.34	<0.001

註：1. 濃度單位：Pb、As 為 $\mu\text{g}/\text{dL}$ ；Zn、Cu、Se 為 mg/L

2. t 檢定或皮爾森積差相關使用經自然對數轉換後的重金屬濃度

表 4-3：地區分層之性別、年齡和血中重金屬濃度(鉛、砷)分佈情形

變項	幾何平均值(標準差) / 相關係數	測量值範圍	P value.
鉛($\mu\text{g}/\text{dL}$)			
中區			
男(n=162)	2.96 (1.29)	1.29~8.85	<0.001
女(n=81)	1.62 (2.07)	0.05~4.62	
年齡	0.07		0.29
北區			
男(n=19)	2.88 (1.88)	0.80~8.64	<0.001
女(n=161)	1.42 (2.29)	0.05~6.36	
年齡(年)	-0.07		0.37
砷($\mu\text{g}/\text{dL}$)			
中區			
男(n=136)	1.82 (1.35)	0.78~5.30	<0.001
女(n=57)	0.29 (2.17)	0.13~4.60	
年齡	0.02		0.76
北區			
男(n=19)	0.36 (1.63)	0.16~1.00	0.48
女(n=161)	0.39 (1.7)	0.07~1.51	
年齡(年)	0.16		<0.05

註：t 檢定或皮爾森積差相關使用經自然對數轉換後的重金屬濃度

表 4-4：地區分層之性別、年齡和血中重金屬濃度(鋅、銅、硒)分佈情形

變項	幾何平均值(標準差) / 相關係數	測量值範圍	P value.
鋅(mg /L)			
中區			
男(n=136)	13.70 (1.22)	4.38~27.19	<0.001
女(n=57)	6.83 (1.43)	1.72~11.67	
年齡(年)	0.05		0.50
北區			
男(n=19)	7.40 (1.19)	4.40~9.68	<0.001
女(n=161)	5.16 (1.65)	0.27~11.85	
年齡(年)	0.13		0.09
銅(mg /L)			
中區			
男(n=136)	0.79 (1.11)	0.63~1.05	<0.001
女(n=56)	1.04 (1.32)	0.61~2.27	
年齡(年)	0.25		<0.001
北區			
男(n=19)	0.79 (1.21)	0.46~1.13	<0.001
女(n=161)	1.48 (1.58)	0.36~14.59	
年齡(年)	0.11		0.16
硒(mg /L)			
中區			
男(n=136)	0.35 (1.23)	0.22~0.72	<0.001
女(n=57)	0.23 (1.34)	0.08~0.39	
年齡(年)	0.02		0.74
北區			
男(n=19)	0.05 (1.29)	0.03~0.07	<0.001
女(n=161)	0.13 (1.66)	0.03~0.40	
年齡(年)	0.19		<0.05

註：t 檢定或皮爾森積差相關使用經自然對數轉換後的重金屬濃度

表 4-5：多變項迴歸模式評估相關因子對血中重金屬濃度的影響-中區

變項	模式 1		模式 2		模式 3	
	b (S.E)	P value.	b (S.E)	P value.	b (S.E)	P value.
依變項-鉛						
常數	0.48 (0.05)	<.0001	-0.04 (0.32)	0.89	-1.28 (0.47)	<0.001
性別	0.60 (0.06)	<.0001	0.61 (0.06)	<.0001	2.74 (0.62)	<0.001
年齡(年)			0.02 (0.01)	0.09	0.07 (0.02)	<0.001
性別×年齡					-0.09 (0.03)	<0.001
模式 Adj R ² (%)	26.58	***	27.14	***	30.32	***
依變項-砷						
常數	-1.22 (0.06)	<.0001	-2.08 (0.46)	<.0001	-2.60 (0.64)	<0.001
性別	1.82 (0.08)	<.0001	1.83 (0.08)	<.0001	2.88 (0.91)	<0.05
年齡(年)			0.04 (0.02)	0.06	0.06 (0.03)	<0.05
性別×年齡					-0.05 (0.04)	0.25
模式 Adj R ² (%)	74.34	***	74.68	***	74.72	***
依變項-鋅						
常數	1.92 (0.03)	<.0001	1.44 (0.24)	<.0001	0.91 (0.33)	<0.05
性別	0.70 (0.04)	<.0001	0.70 (0.04)	<.0001	1.78 (0.47)	<0.001
年齡(年)			0.02 (0.01)	0.05	0.04 (0.01)	<0.05
性別×年齡					-0.05 (0.02)	<0.05
模式 Adj R ² (%)	60.61	***	61.22	***	63.07	***
依變項-銅						
常數	0.04 (0.02)	0.12	-0.57 (0.16)	<.0005	-1.01 (0.22)	<0.001
性別	-0.27 (0.03)	<.0001	-0.26 (0.03)	<.0001	0.63 (0.31)	<0.05
年齡(年)			0.03 (0.01)	<.0005	0.05 (0.01)	<0.001
性別×年齡					-0.04 (0.01)	<0.05
模式 Adj R ² (%)	31.87	***	36.34	***	38.68	***
依變項-硒						
常數	-1.49 (0.03)	<.0001	-1.72 (0.22)	<.0001	-2.24 (0.31)	<0.001
性別	0.43 (0.04)	<.0001	0.44 (0.04)	<.0001	1.48 (0.44)	<0.001
年齡(年)			0.01 (0.01)	0.29	0.03 (0.01)	<0.05
性別×年齡					-0.05 (0.02)	<0.05
模式 Adj R ² (%)	41.25	***	41.28	***	42.74	***

註：1. 性別：0=女 1=男

2. 依變項經過自然對數的轉換

3. *：P<0.05；**：P<0.01；***：P<0.001

4. Adjusted R²：Adj R²

表 4-6：多變項迴歸模式評估相關因子對血中重金屬濃度的影響-北區

變項	模式 1		模式 2		模式 3	
	b (S.E)	P value.	b (S.E)	P value.	b (S.E)	P value.
依變項-鉛						
常數	0.35 (0.06)	<.0001	1.06 (0.67)	0.12	0.95 (0.69)	0.17
性別	0.71 (0.20)	<.001	0.71 (0.20)	<.001	3.13 (3.34)	0.35
年齡(年)			-0.03 (0.03)	0.30	-0.02 (0.03)	0.38
性別×年齡					-0.09 (0.13)	0.47
模式 Adj R ² (%)	6.25	**	6.30	**	6.05	**
依變項-砷						
常數	-0.93 (0.04)	<.0001	-1.94 (0.45)	<.0001	-1.86 (0.46)	<.0001
性別	-0.09 (0.13)	0.48	-0.10 (0.13)	0.43	-2.02 (2.23)	0.36
年齡(年)			0.04 (0.02)	0.03	0.04 (0.02)	<.05
性別×年齡					0.07 (0.09)	0.39
模式 Adj R ² (%)	0.00		1.97		1.83	
依變項-鋅						
常數	1.64 (0.04)	<.0001	1.00 (0.40)	<.05	0.98 (0.41)	<.05
性別	0.36 (0.12)	<.005	0.36 (0.12)	<.005	0.62 (1.96)	0.75
年齡(年)			0.02 (0.02)	0.10	0.03 (0.02)	0.11
性別×年齡					-0.01 (0.07)	0.89
模式 Adj R ² (%)	4.69	**	5.58	**	5.05	**
依變項-銅						
常數	0.39 (0.03)	<.0001	-0.24 (0.36)	0.51	-0.26 (0.37)	0.49
性別	-0.63 (0.11)	<.0001	-0.63 (0.11)	<.0001	-0.22 (1.80)	0.90
年齡(年)			0.02 (0.01)	0.08	0.03 (0.01)	0.08
性別×年齡					-0.02 (0.07)	0.82
模式 Adj R ² (%)	15.90	***	16.85	***	16.40	***
依變項-硒						
常數	-2.05(0.04)	<.0001	-3.37 (0.40)	<.0001	-3.39 (0.40)	<.0001
性別	-0.91(0.12)	<.0001	-0.92 (0.12)	<.0001	-0.44 (1.95)	0.82
年齡(年)			0.05 (0.02)	<.005	0.05 (0.02)	<.05
性別×年齡					-0.02 (0.07)	0.81
模式 Adj R ² (%)	24.54	***	28.63	***	28.25	***

註：1. 性別：0=女 1=男

2. 依變項經過自然對數的轉換

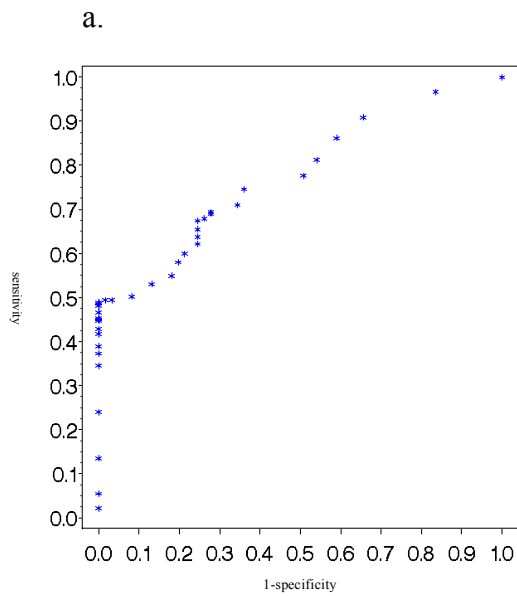
3. *：P<0.05；**：P<0.01；***：P<0.001

4. Adjusted R²：Adj R²

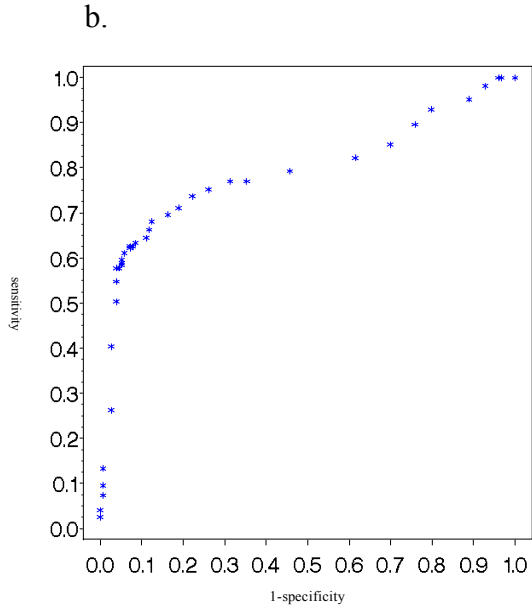
表 4-7：推估母群體各重金屬 90%和 95%的分佈

變項	90%	95%	臨床建議參考值
鉛 ($\mu\text{g}/\text{dL}$)			10 $\mu\text{g}/\text{dl}$
中區			
男	1.94~4.51	1.79~4.89	
女	0.49~5.39	0.39~6.78	
北區			
男	1.02~8.16	0.83~9.96	
女	0.36~5.54	0.28~7.19	
砷 ($\mu\text{g}/\text{dL}$)			1.8 $\mu\text{g}/\text{dl}$
中區			
男	1.11~2.98	1.01~3.27	
女	0.08~1.05	0.06~1.34	
北區			
男	0.16~0.80	0.14~0.93	
女	0.16~0.98	0.13~1.17	
鋅 (mg/L)			0.70~1.20 $\text{mg}/\text{l}^{\text{a}}$
中區			
男	9.87~19.00	9.27~20.23	
女	3.78~12.32	3.38~13.79	
北區			
男	5.58~9.82	5.29~10.36	
女	2.27~11.72	1.94~13.72	
銅 (mg/L)			0.70~1.55 $\text{mg}/\text{l}^{\text{a}}$
中區			
男	0.66~0.95	0.64~0.98	
女	0.65~1.65	0.60~1.80	
北區			
男	0.57~1.08	0.54~1.15	
女	0.69~3.14	0.06~3.62	
硒 (mg/L)			0.46~1.43 $\text{mg}/\text{l}^{\text{a}}$
中區			
男	0.25~0.49	0.23~0.52	
女	0.14~0.37	0.13~0.40	
北區			
男	0.03~0.08	0.03~0.08	
女	0.06~0.30	0.05~0.35	

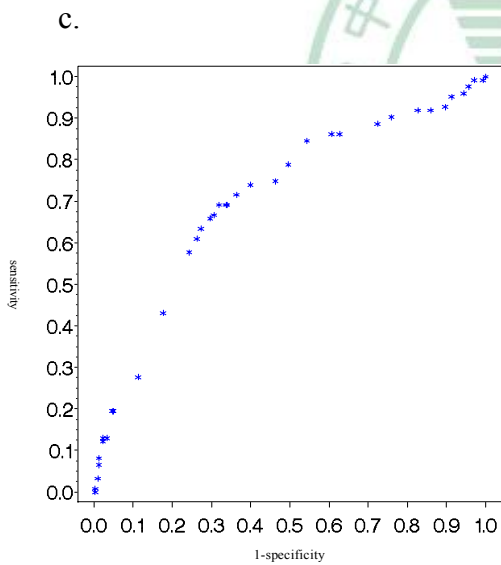
註：a. 血清的值



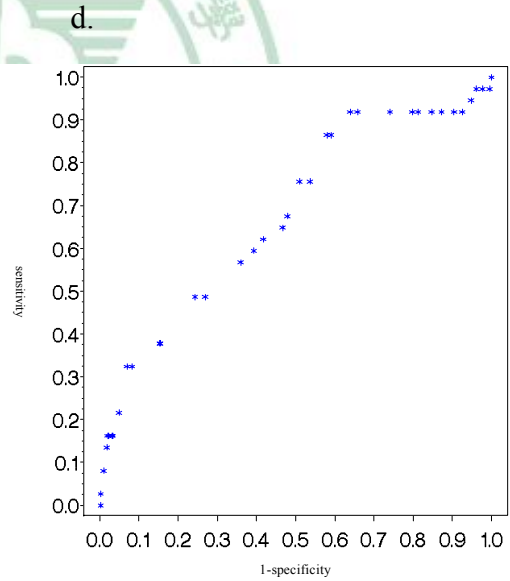
曲線下面積 0.78



曲線下面積 0.80



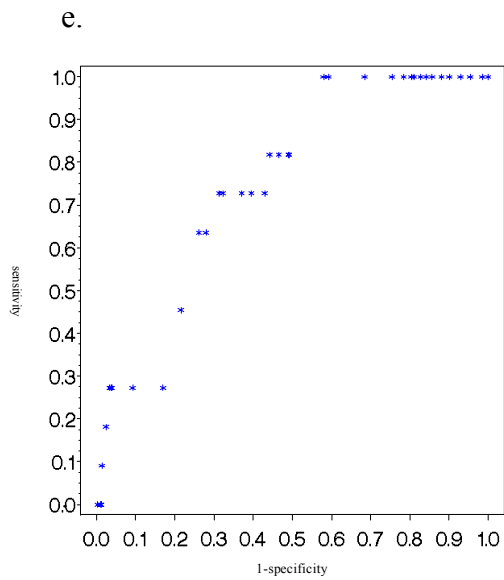
曲線下面積 0.71



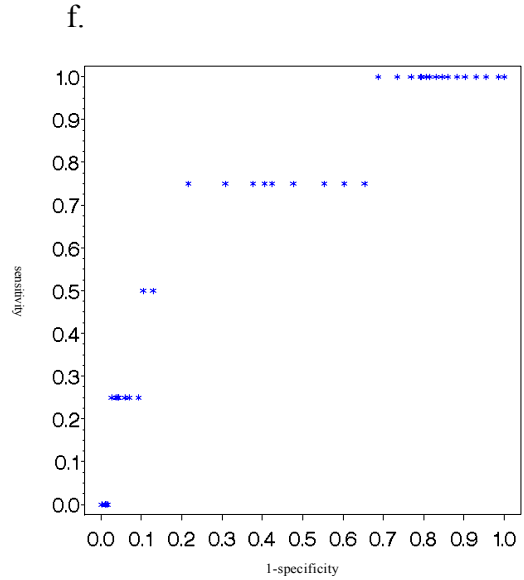
曲線下面積 0.68

4-1：以年齡、性別、居住地作為血中鉛的預測因子之 ROC curve
(Receiver Operating Characteristic Curve)

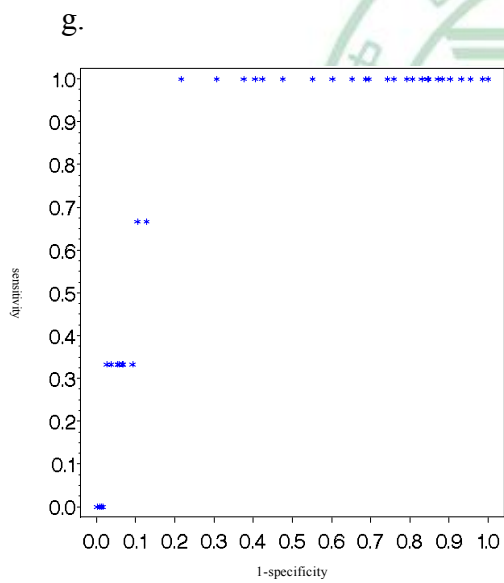
- 註：
- a. 血鉛值以 1 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 為切點
 - b. 血鉛值以 2 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 為切點
 - c. 血鉛值以 3 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 為切點
 - d. 血鉛值以 4 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 為切點



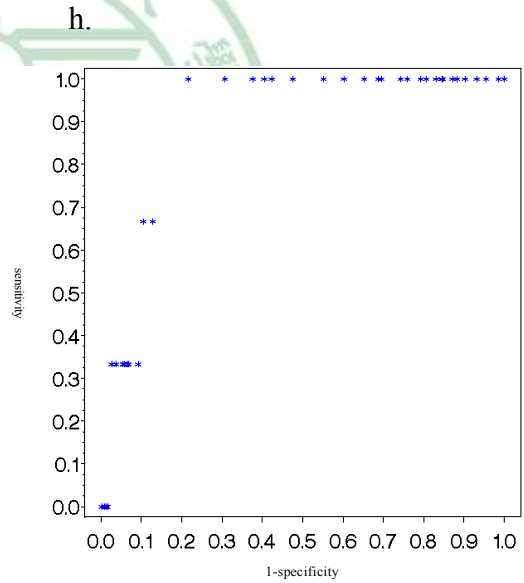
曲線下面積 0.75



曲線下面積 0.74



曲線下面積 0.90



曲線下面積 0.90

4-1 續：以年齡、性別、居住地作為血中鉛的預測因子之 ROC curve
(Receiver Operating Characteristic Curve)

- 註：e. 血鉛值以 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 為切點
 f. 血鉛值以 6 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 為切點
 g. 血鉛值以 7 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 為切點
 h. 血鉛值以 8 $\mu\text{g}/\text{dL}$ 為切點

表 4-8：性別、年齡、居住地、血鉛值與身高的簡單相關分析

	相關係數/ 平均值 (標準差)	P value.
血鉛值	0.24	<0.001
年齡	-0.08	0.21
性別		
男	171.04 (5.38)	<0.0001
女	161.39 (6.07)	
居住地		
中區	168.1(7.15)	<0.05
北區	165.41(7.55)	

表 4-9：多變項迴歸模式分析血鉛值、性別、年齡以及居住地與身高的關係

依變項	自變項	b (S.E)	P value.
模式 1(個數=243)			<0.0001
身高	血鉛值	-0.02 (0.32)	0.96
	年齡	-0.15 (0.21)	0.47
	性別	男 9.80 (0.86)	<0.0001
		女 參考組	
	居住地	中區 -0.84 (1.07)	0.43
		北區 參考組	
模式 2(個數=207)			<0.0001
身高	高血鉛/低血鉛 ^a	-1.78 (1.58)	0.26
	年齡	-0.13 (0.24)	0.60
	性別	男 10.35 (1.04)	<0.0001
		女 參考組	
	居住地	中區 -0.59 (1.26)	0.64
		北區 參考組	
模式 3(個數=182)			<0.0001
身高	高血鉛/低血鉛 ^b	-1.92 (1.65)	0.25
	年齡	-0.13 (0.25)	0.62
	性別	男 10.44 (1.13)	<0.0001
		女 參考組	
	居住地	中區 -0.28 (1.35)	0.83
		北區 參考組	

註：a 高血鉛(大等於幾何平均值 1.99 µg/dL)/低血鉛(小於 1 µg/dL)

b 高血鉛(大等於算術平均值 2.40µg/dL)/低血鉛(小於 1 µg/dL)