

台灣地區新生兒臍帶血中元素濃度分佈初探

劉俊宏¹ 吳惠琇¹ 陳保中¹

郭育良^{1,2} 黃耀輝^{1,3,*}

目標：本研究利用臍帶血中金屬濃度作為環境暴露監測工具，初探國內新生兒臍帶血中各種金屬元素濃度分布常模值。**方法：**自2004年5月至2005年7月間，收集來自於不同層級醫療院所的1,526對產婦及其新生兒為研究對象。臍帶血樣本由醫護人員在產婦分娩時採集，之後以感應耦合電漿質譜儀進行分析，總共有1,407個臍帶血樣本完成十八種金屬含量分析。**結果：**鋅、銅、硒等濃度值最高，其中位數分別為2,296 µg/L，519 µg/L，204 µg/L。錳、鉛、汞、砷等濃度次之，中位數分別為47.6 µg/L，13.2 µg/L，9.4 µg/L，3.2 µg/L。鈹、鉑、鉍、鈦及鈾等金屬元素濃度在臍帶血中相對較低。臍帶血樣本中只有硒之原始濃度符合常態分布，鋅、砷及汞等元素濃度經對數轉換後，也符合常態分布條件。**結論：**目前台灣地區臍帶血中鉛濃度已降至與已開發國家相當，汞與鎘濃度在過去二十年間雖有明顯下降，但仍比其他已開發或開發中國家為高。建議國內未來應建立長期性臍帶血金屬濃度監測系統，作為行政決策或研究長期污染暴露變化趨勢之基礎。(台灣衛誌 2009；28(5)：420-434)

關鍵詞：臍帶血、金屬、鉛、汞、鎘

前 言

金屬元素遍佈於環境中，有些是天然環境中已存在的，但有些人為活動所產生釋出的。在開採、冶煉、原料製造、產品製造、使用或棄置的過程中，重金屬物質得以流佈於環境中。而人類在日常活動中，可能藉由呼吸、攝食、接觸暴露到這些金屬物質[1]。

在過去的研究中，重金屬對人體所造成的健康危害已經相當清楚，如鉛、汞會造成

神經系統發育受損[1,2]；鎘在長期暴露下，會導致肺、腎受到傷害[3]；錳是人體內必要元素之一，可啟動許多酵素物質，但過量錳暴露也會帶來不良的神經系統危害[4]。有些金屬元素是人體生長、發育所必要的元素，例如：銅、鋅、硒等體內必需元素，它們在人體內扮演重要的角色，是部分酵素或蛋白質的組成單元，若缺乏或過量也會造成健康影響或疾病[5-7]。

人體血液中的金屬元素濃度，可用來當作人體暴露於環境中該元素的生物性指標[8]，例如：可藉由測定血液中鉛或鎘的濃度，來了解職業或環境上的暴露情形。近年來，工業生產技術的日新月異，某些稀有元素的新原料、新元素，如：鎳、銻、銻等，已逐漸在工業生產製程上大量使用，但是這些稀有元素或新元素對於人體的暴露情形與健康效應仍不完全清楚[9]。

另一方面，隨著分析儀器科技的進步，

¹ 國立台灣大學公共衛生學院職業醫學與工業衛生研究所

² 國立台灣大學醫學院附設醫院環境職業醫學科部

³ 國立台灣大學公共衛生學院公共衛生學系

* 通訊作者：黃耀輝

聯絡地址：台北市徐州路17號735室

E-mail: yhhwang@ntu.edu.tw

投稿日期：98年7月16日

接受日期：98年9月30日

使得分析時所需要的樣本體積量減少、可分析的元素種類又更多，各種金屬元素的分析工作更加快速與便利。同時，相關的多元素標準參考物質(standard reference material)也不斷發展，大大地提升樣本分析的多元性與準確性。例如感應耦合電漿質譜儀(Inductive Coupled Plasma – Mass Spectrometry, ICP-MS)即適合於生物性液體、組織樣本之多元素金屬濃度分析[10]。

由於分析儀器可檢出的最低濃度持續降低，促使環境暴露研究可進一步地了解到人體內低濃度金屬元素的分佈變化情形。例如，有學者提到，過去三十年因為禁用有鉛汽油、油漆、焊料等相關製品，已使得環境中的鉛暴露都降低了，血中鉛濃度也隨之逐漸降低，關於鉛中毒的幅度已明顯改善[11]。但是儘管如此，長時間低濃度暴露所帶來的效應仍必須關注。此外，近年來，環境荷爾蒙議題受到不斷的重視，包含有機化合物、添加劑、金屬等相關物質的暴露。這些物質雖係以低濃度長期存在於環境中，但經過生物濃縮及累積作用，也會影響到生物的生殖、生長、發育。因此，就環境金屬物質暴露危害而言，對於人類受到金屬暴露之影響的探討，已從急性、高劑量暴露擴展到慢性、低劑量的暴露。特別是隨著時代的進步，由於職場上、抑或居家生活環境暴露情形的改善，使得高劑量污染物暴露情形較少發生。但許多的新物質引進到生產製程中或出現在日常生活中，也增加了人類暴露到新種類或多種微量有害金屬的機會。面臨這樣新暴露型態的健康風險影響，值得我們進一步了解與評估人類可能受到的特定金屬暴露程度。

胎兒時期是生長與發育的重要階段，此時期對污染物的暴露特別敏感，懷孕婦女和胎兒也因此被列為對於各種污染物質的易感受族群[12]。孕婦在懷孕期間可能經由各種途徑暴露到重金屬，不僅對孕婦可能產生危害，也有可能影響胎兒的生長發育與健康[13]。對於孕婦和其胎兒多元素金屬暴露，過去二、三十年來，包括義大利、新加坡、日本、瑞典、加拿大、荷蘭、波蘭、伊朗等

各國陸續有相關的研究調查，進行三至六項不等的臍帶血金屬元素濃度監測[14-22]。這些研究主要係針對產婦及其胎兒探討他們受到金屬或是其他物質暴露的情形，並嘗試研究孕婦和胎兒間相關金屬濃度的關係，監測或探討臍帶血中金屬濃度變化的趨勢、母體與胎兒間傳送的機制，以及相關的健康影響。至於更多種金屬元素的研究，直到最近在南非進行的一項先驅研究才有相關報告，以ICP-MS分析臍帶血中的九種金屬濃度[23]。國內在臍帶血中金屬的研究方面則多為單一金屬元素濃度的報告，多種金屬元素濃度分析的報告並不多，也侷限在某些特定區域[24]。因此有需要建立相關金屬暴露的基本資料，持續進行環境金屬暴露相關研究與探討。

現今，台灣各方面環境變化迅速，但環境暴露監測資料並不完整，特別是人體暴露資料相對缺乏，因此有必要進行相關環境金屬暴露監測方式的探討。本研究希望藉由分析台灣地區新生兒臍帶血樣本中多種金屬含量，推論國內臍帶血中各種金屬濃度分布常模，作為現階段環境金屬暴露監測資料的背景值，以及不同年代間比較的基礎。

材料與方法

本研究的收樣對象來自「台灣出生世代研究(Taiwan Birth Cohort Study, 簡稱TBCS)的前驅計畫「台灣出生世代(Taiwan Birth Panel Study, 簡稱TBPS)。第一部分在2004年5月至2005年1月間，收集來自於台北縣市不同層級的醫療院所(一家醫學中心、一家區域醫院、兩家診所)，共486對的產婦及其新生兒為研究對象。第二部份在2004年5月至2005年7月間，收集來自於台灣北部(台北市、新莊市、蘆洲市、三峽鎮)、中部(雲林縣)、南部(嘉義市、台南市、高雄縣市)、東部(台東市)等地不同層級的醫療院所(二家醫學中心、六家診所)，共1,040對產婦及其新生兒。兩部分合計總共1,526對產婦及其新生兒納入本研究，所有產婦在參與本計畫前，均已簽署同意書。

問卷資料由研究人員與醫護人員在產婦分娩後留院恢復期間收集，內容包括研究對象的相關資料：(1)基本資料：包括產婦年齡、職業、教育程度、家庭年收入等，(2)胎兒出生前後資料：包括產婦疾病史，新生兒出生時的健康資料，如懷孕週數、出生體重、身長、頭圍等。臍帶血樣本採血步驟為先抽取臍帶血10 mL置於EDTA管中，存放在-80°C冰箱中，直到進行下一步血中金屬濃度定量分析處理時，才將血液樣本從冰箱中取出。顧及儀器分析金屬含量時所需之最低血液樣本量，進行臍帶血中金屬濃度分析時，若全血樣本血量少於0.3 mL，則不進行分析。金屬濃度分析前的臍帶血樣本前處理包括，取基質修飾劑2.25 mL (去離子水中含ammonia 1.25 g/L, Triton X-100 0.5 g/L及EDTA 0.5 g/L)，加上血液樣本0.225 mL，再加上去離子水0.025 mL，然後將上述臍帶血樣本混合液充分均勻混合。之後再以10 mL大小之針筒套上針頭過濾器，將臍帶血樣本均勻稀釋混合液倒入空針筒內過濾，並收集於分析小管內，以待ICP-MS分析。

考慮檢量線樣本與待測樣本間基質的匹配性，本研究使用數名父母無特殊金屬暴露之新生兒的混合臍帶血來配製檢量線標準溶液樣本，以校正檢量線樣本的基質效應。配製方法同臍帶血液樣本之前處理方式，但以特定配製濃度之標準溶液取代去離子水。配製檢量線之標準溶液的濃度範圍依各待測元素量測濃度決定，自1 $\mu\text{g/L}$ 至10,000 $\mu\text{g/L}$ 不等。首先選用定量具有多種待測元素的標準品溶液(ICP-MS standards, Agilent technologies)以二次去離子水稀釋，配製成濃度為10,000 $\mu\text{g/L}$ 之標準溶液。其後再以已配製之10,000 $\mu\text{g/L}$ 標準溶液逐次以一定比例之二次去離子水稀釋，配製成濃度為1,000~7,500 $\mu\text{g/L}$ 不等的標準溶液。依此類推，分別再以濃度為1,000 $\mu\text{g/L}$ 、100 $\mu\text{g/L}$ 、10 $\mu\text{g/L}$ 之已配製標準溶液，逐次用一定比例之二次去離子水稀釋，配製成各種更低濃度等級的標準溶液。

臍帶血樣本金屬濃度分析係以感應耦合電漿質譜儀(ICP-MS, 7500C, Agilent Technol-

ogies, Japan)進行分析，測定樣本中鉍(Be)、鉻(Cr)、錳(Mn)、鈷(Co)、鎳(Ni)、銅(Cu)、鋅(Zn)、砷(As)、硒(Se)、鉬(Mo)、鎘(Cd)、銻(Sb)、鉑(Pt)、汞(Hg)、銻(Tl)、鉛(Pb)、釷(Th)、鈾(U)等18種元素。

本研究之實驗室分析品質管制措施包括各金屬元素的檢量線最佳線性迴歸方程式之 r^2 值必須達到 ≥ 0.995 。進行空白樣本分析，確認所分析的測量值未受到實驗室環境或作業流程污染。另外，待測之臍帶血樣本與標準溶液樣本皆進行二重複分析，並在每分析十個樣本後進行一次已知濃度樣本(spike sample)分析，以確定分析過程中儀器穩定性。為比對本研究之分析準確度，本研究另以市售已知濃度參考標準品Seronorm™ Trace Elements Whole Blood L-1及L-3 (SERO, Norway)進行濃度分析，量測所得到之濃度值與已知參考濃度比較，其誤差百分比必須在可接受範圍內($|\text{誤差百分比}| < 10\%$)。同時，本研究也檢定ICP-MS對十八種臍帶血中元素濃度檢測的方法偵測極限。其方法為將七個經臍帶血液基質匹配過，且濃度與標準溶液最低濃度相當的樣本，以臍帶血樣本前處理方法相同步驟處理過後，再以ICP-MS檢測各待測元素之濃度值。此七個樣本所測得之各元素濃度分布的三倍標準差，即用做為本研究分析方法對該元素之偵測極限。各元素之偵測極限值分別為：鉍(Be) – 0.022 $\mu\text{g/L}$ 、鉻(Cr) – 0.35 $\mu\text{g/L}$ 、錳(Mn) – 1.5 $\mu\text{g/L}$ 、鈷(Co) – 0.05 $\mu\text{g/L}$ 、鎳(Ni) – 0.10 $\mu\text{g/L}$ 、銅(Cu) – 8.0 $\mu\text{g/L}$ 、鋅(Zn) – 34.0 $\mu\text{g/L}$ 、砷(As) – 0.07 $\mu\text{g/L}$ 、硒(Se) – 4.0 $\mu\text{g/L}$ 、鉬(Mo) – 0.12 $\mu\text{g/L}$ 、鎘(Cd) – 0.06 $\mu\text{g/L}$ 、銻(Sb) – 0.05 $\mu\text{g/L}$ 、鉑(Pt) – 0.042 $\mu\text{g/L}$ 、汞(Hg) – 0.28 $\mu\text{g/L}$ 、銻(Tl) – 0.014 $\mu\text{g/L}$ 、鉛(Pb) – 0.35 $\mu\text{g/L}$ 、釷(Th) – 0.016 $\mu\text{g/L}$ 、鈾(U) – 0.032 $\mu\text{g/L}$ 。

使用統計軟體SAS 9.1，針對18種臍帶血中金屬元素濃度進行描述性統計分析，檢定18種元素濃度分布是否符合常態分布情形，包括偏度(skewness)值是否顯著偏離0，峰度(kurtosis)檢測值是否顯著偏離3。另外，為初步探討國內臍帶血中各金屬濃度的常模值，選定懷孕37~42週後足月出生、體

重在2500~4000公克範圍內之正常出生新生兒的臍帶血樣本之金屬濃度來建構常模值。

結 果

本研究分析方法對十八種臍帶血中元素濃度的方法偵測極限值，以鉍、鉑、鉈、釷等元素的偵測極限值較小，低於0.05 µg/L，鋅的偵測極限值最大，達34 µg/L。至於分析準確度方面，對各種金屬元素高、低不同濃度標準品的量測誤差百分比均在可接受範圍內，只有鉍元素高濃度標準品之量測誤差稍大(-10.3%) (表一)。

本研究的總收樣產婦及新生兒數共1,526對。其中臍帶血樣本血量足夠，並完成金屬濃度定量分析的共有1,407個臍帶血樣本，其中第一部份有450個樣本，第二部份有957個樣本。完成臍帶血中金屬濃度分析之個案中，具有完整有效問卷者共有1,370對產婦及新生兒(97.4%)。圖一為研究

對象之住所分布圖，其中北部區域共有491對產婦及新生兒，中部區域共有479對，南部區域共有265對，東部區域共有172對。產婦年齡平均28.4±5.3歲。教育程度方面，約有39%以上產婦具有專科/大學以上之學歷。家庭年收入以40~60萬及60~100萬等級最多，共占53.1%。同時，有2.3%的產婦在懷孕期間有抽菸習慣(表二)。

符合足月出生、出生體重在正常範圍內條件的新生兒，其臍帶血樣本中18種金屬元素濃度用於推估常模值。但金屬濃度量測值若大於該金屬元素平均值加上三倍標準差之和，則視為偏離值，也不列入推估常模值分佈之計算。臍帶血樣本各金屬元素濃度的常模百分位分佈情形請參見表三。樣本中各種臍帶血金屬濃度值分布，鉍的量測值之75百分位仍低於偵測極限，而鉍及釷的50百分位量測值也仍低於偵測極限。銅、鋅、鎘等三種金屬元素的濃度值最高，各元素50百分位(中位數)濃度為鋅2,296 µg/L，銅519 µg/L，

表一 低濃度L-1與高濃度L-3標準品金屬濃度值與本研究量測值之比較

	L-1參考標準品, µg/L		誤差 ^a , %	L-3參考標準品, µg/L		誤差 ^a , %
	參考值	量測值		參考值	量測值	
Be	<0.01	ND ^b	-	10.6	10.2	-4.12
Cr	0.60	0.61	1.33	10.8	10.7	-0.54
Mn	10.6	10.7	0.68	20.9	19.9	-4.81
Co	0.15	0.15	-1.52	11.0	9.86	-10.3
Ni	1.60	1.60	0.10	10.1	10.2	0.66
Cu	564	565	0.15	1740	1725	-0.86
Zn	5500	5542	0.76	8157	7708	-5.51
As	1.80	1.83	1.55	25.0	25.0	0.15
Se	79.8	79.9	0.09	146	149	1.82
Mo	0.50	0.50	-0.16	21.5	20.4	-5.21
Cd	0.74	0.73	-0.82	10.8	10.1	-6.21
Sb	1.60	1.58	-1.27	82.7	80.0	-3.28
Pt	<0.001	ND	-	0.004	ND	-
Hg	2.2	2.2	0.03	17.9	17.6	-1.50
Tl	<0.01	ND	-	10.1	9.7	-4.50
Pb	27.6	27.5	-0.31	503	500	-0.60
Th	<0.01	ND	-	0.0050	ND	-
U	0.1700	0.170	0.12	0.0510	0.0494	-3.12

^a 誤差, % = [(量測值 - 參考值) / 參考值] × 100%

^b ND: 低於偵測極限值。



圖一 1,407對產婦—新生兒住所地理位置分布圖

硒 $204\text{ }\mu\text{g/L}$ 。錳、鉛、汞、砷四個金屬元素的濃度分布其次，其50百分位分別為 $47.6\text{ }\mu\text{g/L}$ ， $13.2\text{ }\mu\text{g/L}$ ， $9.4\text{ }\mu\text{g/L}$ ，及 $3.18\text{ }\mu\text{g/L}$ 。鈹、鉑、銻、釷及鈾元素在臍帶血中濃度則相對較低。

為比較臍帶血樣本中金屬元素濃度值是否為常態分布(Normal Distribution)，分別以臍帶血金屬元素原始濃度值，及經對數轉換後的濃度值進行常態分布檢驗。在原始數值的分布中，經檢定後只有硒元素符合常態分布。濃度值經對數轉換後，也只有鋅、砷等元素符合常態分布條件(表四)。

討 論

本研究係由兩部份的研究整合而成。第一部份係以台灣北部地區為主，收樣醫院包括醫學中心、地區醫院與診所等不同層級醫療院所；第二部分則在北部、中部、南部及東部都有收案，研究個案來源以鄰近空氣污

染監測站的醫學中心、診所等為主。為了彌補原始樣本代表性可能不足，本研究也另行將所有新生兒臍帶血中金屬濃度依據2005年台灣地區產婦教育程度及年齡加權，計算出全台新生兒臍帶血中金屬元素濃度分布情形。結果顯示，經加權計算後之臍帶血中各金屬濃度與原始計算所得之濃度差異不大(表五)，顯示本研究個案原始臍帶血中金屬濃度分布，足以代表全體台灣地區新生兒的臍帶血中金屬濃度分佈情形。但另一方面，臍帶血中金屬濃度分布之常態分佈檢驗結果也顯示，除硒元素之原始濃度值，或是經對數轉換之鋅、砷等金屬元素濃度值符合常態分佈之要求外，其它十五種元素之分布均未達檢驗要求。因此在引用本研究之臍帶血中金屬元素濃度值時，應慎用相關濃度平均值(幾何平均值)及標準差(幾何標準差)。若要推估各金屬元素濃度其實際分布情形，建議可以表三之不同百分位分布來推估各臍帶血中金屬元素濃度的分布情形。

表二 產婦、新生兒及其家庭基本人口學資料

變項	人數(百分比)
產婦人數	1,407(100)
年齡，歲 (平均值±標準差)	28.4±5.3
新生兒性別	
男	689 (49.0)
女	652 (46.3)
遺漏值	66 (4.7)
產婦教育程度	
不識字	15 (1.0)
小學	42 (3.0)
國中	156 (11.1)
高中	583 (41.4)
專科	262 (18.6)
大學	215 (15.3)
碩/博士	72 (5.1)
遺漏值	62 (4.4)
家庭年收入 (新台幣)	
低於40萬	323 (23.0)
40~60萬	402 (28.6)
60~100萬	345 (24.5)
100~150萬	160 (11.4)
150~200萬	62 (4.4)
200~300萬	11 (0.8)
大於300萬	10 (0.7)
遺漏值	94 (6.7)
懷孕期間抽煙	
是	32 (2.3)
否	1,288 (91.5)
遺漏值	87 (6.2)

新生兒臍帶血中金屬濃度監測是很好的綜合性環境污染暴露的指標工具[8]，作為受測對象受環境金屬暴露的綜合性暴露之反應。利用此一指標可進行各地區人類受金屬暴露程度的比較或不同年代間趨勢之對照參考。然不同地區或年代的研究，仍可能因研究對象選擇、樣本介質、分析方法、分析儀器不同，而使得可比較性略為受到影響，因此在資料解讀或比較時必須謹慎為之。例如表六所列舉的國內外各研究的臍帶血中元素濃度，即註明其使用之分析儀器未盡相同。一般而言，新近儀器其靈敏度、偵測極限較佳，對低濃度元素分析較好，像是感應耦合

電漿質譜儀(ICP-MS)。但若元素濃度相對稍高，石墨爐式原子吸收光譜儀(GFAAS)，也是一項適當的分析儀器。但整體而言，各研究結果間的比較若能就各報告中選定相同的研究對象特性，例如無特殊職業性金屬暴露之對照組，以及樣本介質，如全血樣本，並能確定該研究的實驗分析工作有適當的品質管制措施，則不同研究或不同年代的分析結果之可能誤差應屬有限。依此分析結果進行不同區域、不同年代間各相關金屬濃度變化趨勢的比較時，仍有其參考價值，特別是有關長期臍帶血中金屬濃度的變化趨勢與空間分布變化關係的比較。

表三 臍帶血中18種元素濃度的常模值主要百分位分布情形^a, $\mu\text{g/L}$

元素別	1- 百分位	5- 百分位	25- 百分位	50- 百分位	75 - 百分位	95 - 百分位	99 - 百分位	背景濃度 ^b
Be	ND ^c	ND	ND	ND	ND	0.039	0.050	-
Cr	ND	ND	0.50	0.82	1.17	1.94	2.65	20-30 [35]
Mn	17.2	25.2	38.1	47.3	58.3	78.2	92.4	-
Co	ND	0.11	0.18	0.27	0.50	0.93	1.28	0.18 [35]
Ni	0.19	0.55	1.25	1.70	2.20	3.27	5.60	<4 [36]
Cu	289	387	465	518	598	726	801	-
Zn	884	1071	1689	2305	3012	4397	5382	-
As	0.86	1.32	2.22	3.20	4.60	7.45	10.43	1-4 [35]
Se	92	122	175	206	235	279	315	<180 [36]
Mo	0.32	0.59	0.92	1.14	1.41	2.13	3.20	-
Cd	ND	ND	0.10	0.19	0.38	0.92	1.27	<0.5 [36]
Sb	ND	ND	0.10	1.27	2.65	5.53	6.97	-
Pt	ND	ND	ND	ND	0.151	0.405	0.790	-
Hg	1.6	3.3	6.2	9.3	13.4	24.5	31.9	-
Tl	ND	ND	ND	0.0150	0.0256	0.0470	0.0584	-
Pb	2.3	5.5	9.8	13.0	17.1	25.1	32.0	<20 [36]
Th	ND	ND	ND	ND	0.0314	0.0665	0.0755	-
U	ND	ND	ND	ND	0.0395	0.0680	0.0901	-

^a 量測值若大於該元素平均值加上三倍標準差之和，則視為偏離值，不列入常模值分佈之計算。

^b 背景濃度：無特定職業性金屬暴露之成人血中背景金屬濃度。

^c ND：低於偵測極限值。

本研究即嘗試利用分析所得的臍帶血中金屬元素濃度橫斷性研究資料，與國內外其他相關研究結果作綜合性的比較與討論。表六即分別列出不同年代國內及國外開發中國家與已開發國家有關臍帶血中金屬元素濃度研究的量測結果。台灣地區臍帶血中鉛的濃度值由1987年測得的74.8 $\mu\text{g/L}$ 、1992年32.8 $\mu\text{g/L}$ 到2005年本研究測得14.0 $\mu\text{g/L}$ ，呈現逐年明顯下降的趨勢。比較目前各已開發國家的臍帶血中鉛濃度值，本研究測得之臍帶血中鉛濃度值與之相當或略高，而比開發中國家則普遍較低。在國內臍帶血中砷濃度方面，自1991年到2005年之間，量測濃度值由7.4 $\mu\text{g/L}$ 對半降到3.6 $\mu\text{g/L}$ 。錳濃度在本研究結果則顯示比已開發國家或開發中國家的量測值均略高。至於臍帶血中鎘濃度，國內研究自1988年的0.78 $\mu\text{g/L}$ 至本研究所觀察到的0.28 $\mu\text{g/L}$ ，仍明顯比大多數國外研究的量測值高。臍帶血中汞元素部份，國

內1991年的一項研究測得28.8 $\mu\text{g/L}$ ，至2005年前後的三項研究均測得10 $\mu\text{g/L}$ 左右的平均值，有明顯的下降。近年來國內臍帶血中汞濃度的量測結果雖與日本、香港，西班牙等國相仿，但卻高於美、加等已開發國家，以及伊朗、土耳其等開發中國家。本研究臍帶血中銅元素濃度量測值略低於新加坡、日本等國外的研究。硒元素方面，本研究的量測值較國外研究，如塞爾維亞、西班牙、日本及烏茲別克等國，濃度高出許多。鋅元素方面，本研究量測濃度普遍高於新加坡、伊朗、烏茲別克等國的研究量測值，但低於日本、印度的研究。至於臍帶血中鎘和鈷兩元素濃度值，本研究結果皆低於伊朗的研究量測值，但鈷濃度值與英國的研究相當。

表六的綜合比較顯示，若有適當的長期臍帶血金屬濃度監測資料，可用於有效評估暴露原因或防治成效。例如表六的數據資料顯示，歷年來國內臍帶血中鉛、汞濃度出現

表四 臍帶血中18種元素原始濃度與對數轉換濃度之常態分布檢定^a

元素	樣本數	原始數值				對數轉換值			
		平均值 ^b ±標準差	偏度 skewness	峰度 kurtosis	p值 ^c	幾何平均值±幾何標準差	偏度 skewness	峰度 kurtosis	p值 ^c
Be	1,159	0.015±0.010	1.91	2.95	<0.010	0.013±1.68	1.02	0.49	<0.010
Cr	776	0.88±0.54	1.06	1.63	<0.010	0.72±2.05	-0.61	-0.17	<0.010
Mn	1,163	48.9±15.7	0.49	0.26	<0.010	47.2±1.39	-0.17	0.12	<0.010
Co	1,158	0.38±0.28	1.44	2.01	<0.010	0.30±2.04	0.04	0.30	<0.010
Ni	778	1.79±0.95	2.43	14.1	<0.010	1.60±1.68	-0.65	1.55	<0.010
Cu	1,159	534±105	0.50	0.53	<0.010	526±1.21	0.01	0.31	<0.010
Zn	1,157	2452±1018	0.77	0.36	<0.010	2285±1.56	-0.03	-0.21	NS
As	1,153	3.64±2.00	0.45	0.41	<0.010	3.24±1.72	0.12	0.02	NS
Se	1,153	204±47	1.37	2.29	NS ^d	201±1.27	-0.58	0.44	<0.010
Mo	1,174	1.23±0.66	-0.09	0.13	<0.010	1.14±1.45	-0.03	1.13	<0.010
Cd	1,141	0.28±0.27	9.80	196	<0.010	0.18±2.75	-0.17	-0.46	<0.010
Sb	1,164	1.67±1.85	1.83	3.54	<0.010	0.53±6.88	-0.40	-1.30	<0.010
Pt	1,155	0.106±0.155	1.09	0.38	<0.010	0.042±5.31	-0.13	-0.34	<0.010
Hg	1,150	10.8±6.5	0.86	-0.67	<0.010	9.51±1.87	0.04	0.11	0.019
Tl	768	0.0180±0.0135	0.90	-0.64	<0.010	0.01431±2.12	0.39	-1.16	<0.010
Pb	1,155	13.9±6.0	3.02	12.6	<0.010	13.0±1.59	-0.31	0.91	<0.010
Th	1,166	0.0226±0.0205	1.26	1.48	<0.010	0.0161±2.28	0.64	-1.05	<0.010
U	1,161	0.0278±0.0203	1.15	0.63	<0.010	0.0225±2.02	0.11	0.22	<0.010

^a 量測值若大於該元素平均值加上三倍標準差之和，則視為偏離值，不列入常模值分佈之計算。^b 個案量測值若低於偵測極限，則以偵測極限值(MDL)之一半代入作為該個案之量測值，用於平均值之計算。^c p值：統計常態分佈檢定。^d NS：not significant。

表五 臍帶血中金屬濃度以產婦年齡及教育程度加權後之濃度分布情形

元素	樣本數	原始濃度, µg/L	產婦年齡加權濃度 ^a		產婦教育程度加權濃度 ^a	
			加權後濃度, µg/L	差異百分比 ^b , %	加權後濃度, µg/L	差異百分比 ^b , %
Be	1,406	0.016	0.016	0.00	0.016	0.00
Cr	957	0.96	0.97	-1.44	0.97	-1.14
Mn	1,407	49.9	49.9	0.00	49.9	-0.10
Co	1,400	0.44	0.43	1.15	0.44	0.23
Ni	957	1.93	1.91	1.05	1.93	-0.36
Cu	1,407	549	551	-0.43	550	-0.30
Zn	1,407	2561	2533	1.10	2543	0.71
As	1,400	3.88	3.90	-0.49	3.90	-0.56
Se	1,387	204	204	-0.08	204	0.05
Mo	1,407	1.43	1.44	-0.63	1.41	1.20
Cd	1,384	0.31	0.31	-1.29	0.31	0.00
Sb	1,407	1.78	1.78	0.06	1.79	-0.56
Pt	1,407	0.146	0.142	2.82	0.143	2.10
Hg	1,407	11.6	11.6	-0.24	11.4	1.68
Tl	957	0.0196	0.019	5.26	0.019	5.26
Pb	1,402	14.5	14.4	0.45	14.5	0.13
Th	1,407	0.024	0.024	0.00	0.024	0.00
U	1,407	0.030	0.031	-3.23	0.031	-3.23

^a 產婦年齡加權濃度及產婦教育程度加權濃度分別以內政部94年產婦年齡與教育程度組成分布為加權比較基準[37]。^b 差異百分比 = [(原始濃度 - 加權後濃度) / 加權後濃度] × 100%。

表六 歷年各國臍帶血中金屬濃度研究結果之比較

元素	國內研究		已開發國家研究		開發中國家研究	
	濃度, µg/L	研究地區、年代	濃度, µg/L	研究地區、年代	濃度, µg/L	研究地區、年代
鉛	40.9, B ^c	高雄、台北、基隆 1988 [24]	84.0, C ^c	Nagoya, Japan 1974-1978 [38]	114.0 (0.55 µmol/L), B	Malaysia, 1983-1984 [42]
	74.8, B	台北 1985-1987 [25]	33.6, B	Singapore, 1989 [18]	38.3 (38.31 ng/mL), B	Poland, 1995 [43]
	32.8, B	台北 1990-1992 [25]	10.4 (0.05 µmol/L, Norway), 20.8 (0.10 µmol/L, Russia), B	Kola Peninsula, Russia, Arctic area of Norway, 1993-1994 [39]	114.0, B	Lucknow, India [44]
	23.5, B	台北 2001-2002 [25]	11.2 (54, nmole/L, medium) A	Solna, Sweden 1994-1996 [19]	47.8, B ^c	Nukus, Karakalpakstan, Uzbekistan [45]
	14.0, A ^c	2004-2005 (本研究)	17 (1.7 µg/dL), 32 (3.2 µg/dL)	Montreal, Canada 1992-1995 [40]	69.0, C	Middle part of China, 1997-1999 [46]
砷			39.4 (0.19 µmol/L), B	Paris, France 1992-1995 [40]	35.2, A	Tehran, Iran, 2003-2004 [20]
			21.8, B	Nunavik, Quebec, Canada, 1993-1996 [41]	22.1, B	Al-Kharj, Saudi Arabia 2004 [12]
			28.0 (AM ^a)	Maastricht and Heerlen, Netherlands, [15]	24 (median), A	Johannesburg, South Africa 2005-2006 [23]
			21.0 (GM ^b), B	Arctic, Canada [21]		
			6.7 (6.7 ng/g, median), A	Tokyo 2005 [17]		
錳	7.9, A	高雄、台北、基隆 1988 [24]			15.7, A	Matlat, Bangladesh 2004-2005 [47]
	3.64, A	2004-2005 (本研究)	28.0, C	Nagoya, Japan 1974-1978 [38]	0.41 (median), A	Johannesburg, South Africa 2005-2006 [23]
	49.2, A	2004-2005 (本研究)	45.0	Montreal, Canada 1992-1995 [40]	40.3, A	Tehran, Iran, 2003-2004 [20]
			42.0	Paris, France 1992-1995 [40]	3.6 (serum), A	Maribor, Slovenia 1996-1997, [48]
			38.5 (GM), B	Paris, France [49]	19.7 (median), A	Johannesburg, South Africa 2005-2006 [23]
銅			34.3 (AM)	Southwest Quebec, Canada [50]		
	0.78, B	高雄、台北、基隆 1988 [24]	32.3 (GM), B			
	0.28, A	2004-2005 (本研究)	9.0, C	Nagoya, Japan 1974-1978 [38]	1.13 (1.13 ng/mole), B	Poland [43]
			0.58, B	Singapore, 1989 [18]	0.12, B	Nukus, Karakalpakstan, Uzbekistan [45]
			0.056 (0.5 nmole/L, Norway) 0.056 (0.5 nmole/L, Russia), A	Kola Peninsula, Russia, Arctic area of Norway, 1993-1994 [39]	0.73 (serum)	Cairo and Giza, Egypt [51]
汞			0.021 (0.19, median, nmole/L), A	Solna, Sweden, 1994-1996 [19]	0.02-1.48, A	Da-Ye City, China 2002-2003 [52]
			0.06, B	Maastricht and Heerlen, Netherlands, [15]	0.35, A	Tehran, Iran, 2003-2004 [20]
			0.20 (AM)	Arctic, Canada [21]	0.04 (median), A	Johannesburg, South Africa 2005-2006 [23]
			0.08 (GM), B			
			0.20 (0.20 ng/g, median), A	Tokyo 2005 [17]		
汞			0.3, B	Belgrade, Serbia [53]	1.7, A	Tehran, Iran, 2003-2004 [20]
	28.8, B	高雄、台北、基隆 1988 [24]	26.7 (North)	Northern Saskatchewan, 1973 [54]		
	10.0, D	台北 2004-2005 [26]	7.5 (South)			
	10.9, A	2004-2005 (本研究)	6.8, D ^c	Seville, Spain [55]	0.88 (GM), B	Krakow, Poland, 2001-2003 [16]
			18.8, D	Singapore, 1989 [18]	1.1, B	Krakow, Poland, 2001-2003 [58]
錄			30, C	Nagoya, Japan 1974-1978 [38]	0.5, D	Istanbul, Turkey, 2004-2006 [59]
			35.6	Greenland, Denmark 1994-1996 [56]	5.6, D	Zhoushan City, China 2004 [60]
			5.8 (AM)	Arctic, Canada [21]	0.5 (median), A	Johannesburg, South Africa 2005-2006 [23]
			2.7 (GM), B			

表六 歷年各國臍帶血中金屬濃度研究結果之比較(續)

元素	國內研究		已開發國家研究	
	濃度, $\mu\text{g/L}$	研究地區、年代	濃度, $\mu\text{g/L}$	研究地區、年代
銅	535, A	2004-2005 (本研究)	4.8	Hololulu, Hawaii 2004-2005 [57]
			9.8 (9.8 ng/g, GM), D	Tsushima Islands, Fukuoka City, Tokyo, Japan, 1996 [61]
			8.8 (44.0 nmol/L, median)	Hong Kong, 2000-2001 [62]
			9.9 (GM), B	Valencia, Spain 2005-2006 [63]
			660 (0.66 ppm wet sample), C	Nagoya, Japan 1974-1978 [38]
			1090	Singapore, 1989 [18]
			400 (serum), A	Maribor, Slovenia 1996-1997 [48]
			449 (Serum, Greek)	Greece, 24-month period [22]
			229 (Serum, Albanian), B	Arctic, Canada [21]
			408 (plasma, AM)	
硒	203, A	2004-2005 (本研究)	357 (plasma, GM), B	
			52.9 (0.67 $\mu\text{mole/L}$, median, serum), A	Solna, Sweden, 1994-1996 [19]
			51.9, B	Belgrade, Serbia [65]
			37.0 (Serum, Greek)	Greece, 24-month period [22]
			34.3 (Serum, Albanian), B	
			76.3, B	Spain [66]
			79.0 (plasma, AM)	Arctic, Canada [21]
			78.0 (plasma, GM), B	
			191 (191 ng/g, median), A	Tokyo 2005 [17]
			3300 (3.3 ppm wet sample), C	Nagoya, Japan 1974-1978 [38]
鋅	2477, A	2004-2005 (本研究)	1580 (1.58 ng/L)	Singapore, 1989 [18]
			930 (serum), A	Maribor, Slovenia 1996-1997 [48]
			915 (14 $\mu\text{mole/L}$, median, serum), A	Solna, Sweden, 1994-1996 [19]
			1097 (plasma, AM)	Arctic, Canada [21]
			986 (plasma, GM), B	
			260, B	Maastricht and Heerlen, Netherlands [15]
鎘	1.7, A	2004-2005 (本研究)		
鈷	0.39, A	2004-2005 (本研究)		
錳	2477, A	2004-2005 (本研究)	2000, A	Nikus, Karakalpakstan, Uzbekistan [45]
			11026, B	Lucknow, India [44]
			1140 (serum)	Amman, Jordan [64]
			11026, B	Lucknow, India [44]
			1955, A	Tehran, Iran, 2003-2004 [20]
鉍	1.7, A	2004-2005 (本研究)	930 (serum), A	Maribor, Slovenia, Tehran, Iran 1996-1997 [48]
			2338 (median), A	Johannesburg, South Africa 2005-2006 [23]
			3.2, A	Tehran, Iran, 2003-2004 [20]
鈷	0.39, A	2004-2005 (本研究)	0.8 (serum), A	Maribor, Slovenia, Tehran, Iran 1996-1997 [48]
			0.48, A	Tehran, Iran, 2003-2004 [20]
			0.34 (median), A	Johannesburg, South Africa 2005-2006 [23]

註：^a AM : arithmetic mean.^b GM : geometric mean.^c 元素分析方法：A : ICP-MS , B : GFAAS , C : FAAS , D : CVAAS , E : Mercury analyzer.

遞減情形，這表示環境中的鉛、汞暴露量已有結構性的改善，才能獲致相當程度的血中金屬濃度降低。以鉛濃度變遷為例，台灣地區汽油中有機鉛抗震劑含量自1990年開始減量，至2000年完全停止使用有機鉛為抗震劑，其間臍帶血中鉛濃度明顯大幅度下降，達到與歐美先進國家相當的等級[25]。此後至2005年本研究的臍帶血樣本分析結果顯示，臍帶血中鉛濃度仍持續降低，只是幅度明顯減小。至於臍帶血中汞的部分，在過去二、三十年間所呈現的趨勢也是明顯下降趨勢。由民國1980年代的20~30 $\mu\text{g/L}$ [24]降至近年來的10 $\mu\text{g/L}$ 左右(表六)[26]，但仍比歐美先進國家的1~3 $\mu\text{g/L}$ 明顯高出一段。造成臍帶血中汞濃度昇高的主因一般認為與海產飲食[26,27]、補牙用之汞齊的暴露有關[27-29]。在台灣，使用品質未認證的中草藥也被認為是重金屬暴露增加的可能原因之一[30]。另外，種族差異也是一項可能的影響因素，其背後所代表的因素為各種族在飲食文化、區域特性差異上的影響[31]。然而，在過去一、二十年間，國人使用海產食物的習慣並未明顯改變，因而臍帶血中汞濃度降低可能與汞齊使用量的減少有關，抑或是與環保署自九十一年起推動的廢棄燈管(廢照明光源)稽核認證回收制度有關[32]，值得進一步探討。

由上述臍帶血中鉛、汞濃度等的變化案例來看，以臍帶血作為環境綜合暴露指標監測的素材，確實是項可靠的觀察工具。未來，由於甲基環戊二烯三羰基錳(methylcyclopenta-dienyl manganese tricarbonyl, MMT)已成為汽油中代替有機鉛的抗震劑，它在環境中流布累積，是否會造成人類錳暴露的增加，也是以後可藉助血中錳濃度變化趨勢作為觀察的重點。另外，國內臍帶血中鎘濃度明顯較諸已開發國家偏高，甚至比大多數開發中國家都還高一些。未來若進行鎘暴露防治，也可藉重血中鎘濃度變化趨勢來進行改善成效評估。除了上述鉛、汞、錳、鎘等重金屬濃度暴露監測資料外，對於其它鈹、鉬、鉑、鈾、釷等環境背景值低之微量元素的長期監測也應予重視，可作為歷

年背景值變遷比較的基礎。這些環境微量元素雖非傳統產業所常見使用的金屬原料，但在新興科技產業持續擴大發展的情況下，使用含這些微量元素之原物料進行生產的可能性越來越高，因此職業性或環境性微量元素的暴露監測更顯得重要，可作為長期性環境綜合暴露指標，特別是針對相關新興科技產業附近地區居民或這些行業從業人員的暴露監測。

鑑於臍帶血中金屬元素監測是有效的長期環境暴露監測工具，國內未來可以規劃結合各醫療院所現有進行之相關監測工作，以利國內人體污染暴露之長期監控。例如行政院衛生署疾病管制局新生兒愛滋篩檢計畫規定新生兒出生後，需將臍帶血血清樣本集中送驗，進行早期疾病篩檢[33]。未來若要執行定期臍帶血中金屬元素篩檢，可與類似現有篩檢體系結合，以收事半功倍之效。甚至可進一步參考類似美國疾病管制局國家健康與營養調查計劃(NHANES)中環境監測的部分，建立系統採樣策略，定期評估民眾所暴露到的環境中各種化學物質[34]。讓台灣地區新生兒臍帶血監測體系也融入其中，藉由定期背景值的監測，瞭解環境污染與人體暴露的程度，作為行政策略或研究長期污染暴露變化趨勢之基礎。

致 謝

本計畫由行政院國家科學委員會資助(NSC 96-2314-B-002 -113 -MY2)，特此致謝。

參考文獻

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for lead, 2007. Available at: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.html>. Accessed June 2, 2009.
2. ATSDR. Toxicological profile for mercury, 1999. Available at: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp46.html>. Accessed June 2, 2009.
3. ATSDR. Toxicological profile for cadmium, 2008a. Available at: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.html>. Accessed June 2, 2009.

4. ATSDR. Toxicological profile for manganese, 2008b. Available at: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp151.html>. Accessed June 2, 2009.
5. ATSDR. Toxicological profile for selenium, 2003. Available at: <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts92.html>. Accessed June 2, 2009.
6. ATSDR. Toxicological profile for copper, 2004. Available at: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp132.html>. Accessed June 2, 2009.
7. ATSDR. Toxicological profile for zinc, 2005. Available at: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp60.html>. Accessed June 2, 2009.
8. Hulka BS, Wilcosky TC, Griffith JD, eds. *Biological Markers in Epidemiology*. New York: Oxford University Press, 1990.
9. Hnizdo E, Esterhuizen TM, Rees D, Lalloo UG. Occupational asthma as identified by the Surveillance of Work-related and Occupational Respiratory Diseases programme in South Africa. *Clin Exp Allergy* 2001;**31**:32-9.
10. Ammann AA. Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP MS): a versatile tool. *J Mass Spectrom* 2007;**42**:419-27.
11. Lanphear BP. The conquest of lead poisoning: a pyrrhic victory. *Environ Health Perspect* 2007;**115**:A484-5.
12. Al-Saleh I, Shinwari N, Nester M, et al. Longitudinal study of prenatal and postnatal lead exposure and early cognitive development in Al-Kharj, Saudi Arabia: a preliminary results of cord blood lead levels. *J Trop Pediatr* 2008;**54**:300-7.
13. Srivastava S, Mehrotra PK, Srivastava SP, Siddiqui MK, Siddiqui MKJ. Some essential elements in maternal and cord blood in relation to birth weight and gestational age of the baby. *Biol Trace Elem Res* 2002;**86**:97-105.
14. Alimonti A, Petrucci F, Laurenti F, Papoff P, Caroli S. Reference values for selected trace elements in serum of term newborns from the urban area of Rome. *Clin Chim Acta* 2000;**292**:163-73.
15. Godschalk R, Hogervorst J, Albering H, et al. Interaction between cadmium and aromatic DNA adducts in hprt mutagenesis during foetal development. *Mutagenesis* 2005;**20**:181-5.
16. Jedrychowski W, Jankowski J, Flak E, et al. Effects of prenatal exposure to mercury on cognitive and psychomotor function in one-year-old infants: epidemiologic cohort study in Poland. *Ann Epidemiol* 2006;**16**:439-47.
17. Iijima K, Otake T, Yoshinaga J, et al. Cadmium, lead, and selenium in cord blood and thyroid hormone status of newborns. *Biol Trace Elem Res* 2007;**119**:10-8.
18. Ong CN, Chia SE, Foo SC, Ong HY, Tsakok M, Liou P. Concentrations of heavy metals in maternal and umbilical cord blood. *BioMetals* 1993;**6**:61-6.
19. Osman K, Akesson A, Berglund M, et al. Toxic and essential elements in placentas of Swedish women. *Clin Biochem* 2000;**33**:131-8.
20. Vigeh M, Yokoyama K, Ramezanzadeh F, et al. Lead and other trace metals in preeclampsia: a case-control study in Tehran, Iran. *Environ Res* 2006;**100**:268-75.
21. Butler Walker J, Houseman J, Seddon L, et al. Maternal and umbilical cord blood levels of mercury, lead, cadmium, and essential trace elements in Arctic Canada. *Environ Res* 2006 Mar;**100**:295-318.
22. Schulpis KH, Karakonstantakis T, Gavrilis S, et al. Maternal--neonatal serum selenium and copper levels in Greeks and Albanians. *Eur J Clin Nutr* 2004;**58**:1314-8.
23. Röllin HB, Rudge CVC, Thomassen Y, Mathee A, Odland JØ. Levels of toxic and essential metals in maternal and umbilical cord blood from selected areas of South Africa—results of a pilot study. *J Environ Monit* 2009;**11**:618-27.
24. Soong YK, Tseng R, Liu C, Lin PW. Lead, cadmium, arsenic, and mercury levels in maternal and fetal cord blood. *J Formos Med Assoc* 1991;**90**:59-65.
25. Hwang YH, Ko Y, Chiang CD, et al. Transition of cord blood lead level, 1985-2002, in the Taipei area and its determinants after the cease of leaded gasoline use. *Environ Res* 2004;**96**:274-82.
26. Hsu CS, Liu PL, Chien LC, Chou SY, Han BC. Mercury concentration and fish consumption in Taiwanese pregnant women. *BJOG* 2007;**114**:81-5.
27. Björnberg KA, Vahter M, Petersson-Grawé K, et al. Methyl mercury and inorganic mercury in Swedish pregnant women and in cord blood: influence of fish consumption. *Environ Health Perspect* 2003;**111**:637-41.
28. Palkovicova L, Ursinyova M, Masanova V, Yu Z, Hertz-Picciotto I. Maternal amalgam dental fillings as the source of mercury exposure in developing fetus and newborn. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2008;**18**:326-31.
29. Vahter M, Akesson A, Lind B, Björs U, Schütz A, Berglund M. Longitudinal study of methylmercury and inorganic mercury in blood and urine of pregnant and lactating women, as well as in umbilical cord blood. *Environ Res* 2000;**84**:186-94.
30. 元允文、陳順隆、楊末雄、黃若屈、朱夢麟：八寶

- 牛黃散重金屬含量調查與研究。中華民國小兒科醫學會雜誌1993；**34**：181-90。
31. McKelvey W, Gwynn RC, Jeffery N, et al. A biomonitoring study of lead, cadmium, and mercury in the blood of New York City adults. *Environ Health Perspect* 2007;**115**:1435-41.
32. 行政院環境保護署資源回收基管會：廢物品及容器稽核認證回收量統計表。http://recycle.epa.gov.tw/epa/menu/index.asp?sNo=12。引用2009/06/15。
33. 行政院衛生署疾病管制局：「免費孕婦全面篩檢愛滋計畫」，愛滋母子垂直感染防治政策自94年1月1日執行。台北：行政院衛生署疾病管制局，2009。
34. Centers for Disease Control and Prevention (USCDC). Third National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, July 2005. Atlanta, GA: Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention, 2005.
35. Klaassen CD. Casarett & Doull's Toxicology – The Basic Science of Poisons. 6th ed., New York: McGraw-Hill, 2001.
36. LaDou J. Current Occupational & Environmental Medicine. 4th ed., New York: McGraw-Hill, 2007.
37. 行政院衛生署：內政統計通報98年第22週。台北：行政院內政署，2009。
38. Tsuchiya H, Mitani K, Kodama K, Nakata T. Placental transfer of heavy metals in normal pregnant Japanese women. *Arch Environ Health* 1984;**39**:11-7.
39. Odland JO, Nieboer E, Romanova N, Thomassen Y, Lund E. Blood lead and cadmium and birth weight among sub-arctic and arctic populations of Norway and Russia. *Acta Obstet Gynecol Scand* 1999;**78**:852-60.
40. Audrey S, Takser L, Andre M, et al. A comparative study of manganese and lead levels in human umbilical cords and maternal blood from two urban centers exposed to different gasoline additives. *Sci Total Environ* 2002;**290**:157-64.
41. Levesque B, Duchesne JF, Gariépy C, et al. Monitoring of umbilical cord blood lead levels and sources assessment among the Inuit. *Occup Environ Med* 2003;**60**:693-5.
42. Ong CN, Phoon WO, Law HY, Tye CY, Lim HH. Concentrations of lead in maternal blood, cord blood, and breast milk. *Arch Dis Child* 1985;**60**:756-9.
43. Baranowska I. Lead and cadmium in human placentas and maternal and neonatal blood (in a heavily polluted area) measured by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Occup Environ Med* 1995;**52**:229-32.
44. Srivastava S, Mehrotra PK, Srivastava SP, Tandon I, Siddiqui MK. Blood lead and zinc in pregnant women and their offspring in intrauterine growth retardation cases. *J Anal Toxicol* 2001;**25**:461-5.
45. Ataniyazova OA, Baumann RA, Liem AK, Mukhopadhyay UA, Vogelaar EF, Boersma ER. Levels of certain metals, organochlorine pesticides and dioxins in cord blood, maternal blood, human milk and some commonly used nutrients in the surroundings of the Aral Sea (Karakalpakstan, Republic of Uzbekistan). *Acta Paediatr* 2001;**90**:801-8.
46. Wang C, Huang L, Zhou X, et al. Blood lead levels of both mothers and their newborn infants in the middle part of China. *Int J Hyg Environ Health* 2004;**207**:431-6.
47. Hall M, Gamble M, Slavkovich V. Determinants of arsenic metabolism: blood arsenic metabolites, plasma folate, cobalamin, and homocysteine concentrations in maternal-newborn pairs. *Environ Health Perspect* 2007;**115**:1503-9.
48. Krachler M, Rossipal E, Micetic-Turk D. Trace element transfer from the mother to the newborn--investigations on triplets of colostrum, maternal and umbilical cord sera. *Eur J Clin Nutr* 1999;**53**:486-94.
49. Takser L, Mergler D, Hellier G, Sahuquillo J, Huel G. Manganese, monoamine metabolite levels at birth, and child psychomotor development. *Neurotoxicology* 2003;**24**:667-74.
50. Takser L, Lafond J, Bouchard M, et al. Manganese levels during pregnancy and at birth: relation to environmental factors and smoking in a Southwest Quebec population. *Environ Res* 2004;**95**:119-25.
51. Mokhtar G, Hossny E, El-Awady M, Zekry M. In utero exposure to cadmium pollution in Cairo and Giza governorates of Egypt. *East Mediterr Health J* 2002;**8**:254-60.
52. Zhang Y, Zhao Y, Wang J. Effects of zinc, copper, and selenium on placental cadmium transport. *Biol Trace Elem Res* 2004;**102**:39-49.
53. Kosanovic M, Jokanovic M, Jevremovic M, Dobric S, Bokonic D. Maternal and fetal cadmium and selenium status in normotensive and hypertensive pregnancy. *Biol Trace Elem Res* 2002;**89**:97-103.
54. Dennis CA, Fehr F. The relationship between mercury levels in maternal and cord blood. *Sci Total Environ* 1975;**3**:275-7.
55. Soria ML, Sanz P, Martinez D, et al. Total mercury and methylmercury in hair, maternal and umbilical blood, and placenta from women in the Seville area. *Bull Environ Contam Toxicol* 1992;**48**:494-501.
56. Bjerregaard P, Hansen JC. Organochlorines and heavy metals in pregnant women from the Disko Bay area in

- Greenland. *Sci Total Environ* 2000;**245**:195-202.
57. Sato RL, Li GG, Shaha S, Sato RL, Li GG, Shaha S. Antepartum seafood consumption and mercury levels in newborn cord blood. *Am J Obstet Gynecol* 2006;**194**:1683-8.
58. Jedrychowski W, Perera F, Rauh V, et al. Fish intake during pregnancy and mercury level in cord and maternal blood at delivery: an environmental study in Poland. *Int J Occup Med Environ Health* 2007;**20**:31-7.
59. Unuvar E, Ahmadov H, Kiziler AR, et al. Mercury levels in cord blood and meconium of healthy newborns and venous blood of their mothers: clinical, prospective cohort study. *Sci Total Environ* 2007;**374**:60-70.
60. Gao Y, Yan CH, Tian Y, et al. Prenatal exposure to mercury and neurobehavioral development of neonates in Zhoushan City, China. *Environ Res* 2007;**105**:390-9.
61. Sakamoto M, Kaneoka T, Murata K, et al. Correlations between mercury concentrations in umbilical cord tissue and other biomarkers of fetal exposure to methylmercury in the Japanese population. *Environ Res* 2007;**103**:106-11.
62. Fok TF, Lam HS, Ng PC, et al. Fetal methylmercury exposure as measured by cord blood mercury concentrations in a mother-infant cohort in Hong Kong. *Environ Int* 2007;**33**:84-92.
63. Ramon R, Murcia M, Ballester F, et al. Prenatal exposure to mercury in a prospective mother-infant cohort study in a Mediterranean area, Valencia, Spain. *Sci Total Environ* 2008;**392**:69-78.
64. Awadallah SM, Abu-Elteen KH, Elkarmi AZ, Qaraein SH, Salem NM, Mubarak MS. Maternal and cord blood serum levels of zinc, copper, and iron in healthy pregnant Jordanian women. *Trace Elem Exp Med* 2004;**17**:1-8.
65. Kosanovic M, Jokanovic M, Jevremovic M, Dobric S, Bokonic D. Maternal and fetal cadmium and selenium status in normotensive and hypertensive pregnancy. *Biol Trace Elem Res* 2002;**89**:97-103.
66. Lorenzo Alonso MJ, Bermejo Barrera A, Cocho de Juan JA, Fraga Bermudez JM, Bermejo Barrera P. Selenium levels in related biological samples: human placenta, maternal and umbilical cord blood, hair and nails. *J Trace Elem Med Biol* 2005;**19**:49-54.
67. Ziaee H, Daniel J, Datta AK, Blunt S, McMinn DJ. Transplacental transfer of cobalt and chromium in patients with metal-on-metal hip arthroplasty: a controlled study. *J Bone Joint Surg Br* 2007;**89**:301-5.

Concentration distributions of elements in umbilical cord blood in Taiwan

JYUNG-HUNG LIU,¹ HUI-CHEN WU,¹ PAU-CHENG CHEN¹,
YUE-LIANG LEON GUO^{1,2}, YAW-HUEI HWANG^{1,3,*}

Objectives: In this study, a survey of background multi-element exposure levels was conducted to establish exposure norms in Taiwan through the monitoring of levels of metals in umbilical cord blood. **Methods:** In total, 1,526 pairs of pregnant women and newborns were recruited between May 2004 and July 2005 at different levels of medical facilities. Cord blood samples were collected by nurses after delivery and 1,407 samples were successfully analyzed for 18 metals with inductively coupled plasma mass spectrometry. **Results:** The highest concentrations were found for zinc, copper, and selenium with medians of 2,296 µg/L, 519 µg/L, and 204 µg/L, respectively. These were followed by concentrations of manganese, lead, mercury, and arsenic with medians of 47.6 µg/L, 13.2 µg/L, 9.4 µg/L, and 3.2 µg/L, respectively. The lowest levels were observed for beryllium, platinum, thallium, thorium, and uranium. Only the original selenium level and the log-transformed zinc, arsenic and mercury levels were normally distributed. **Conclusions:** Currently, the cord blood lead level in Taiwan is comparable to those in developed countries. However, although significantly decreased in the past two decades, cord blood mercury and cadmium levels in Taiwan are still higher than those of either developing or developed countries. In the future, a longitudinal monitoring system for cord blood metals should be established to serve as the basis for policy decisions or research on the trend of long-term exposure to pollutants. (*Taiwan J Public Health*. 2009;28(5):420-434)

Key words: Cord blood, Metal, Lead, Mercury, Cadmium

¹ Institute of Occupational Medicine and Industrial Hygiene, College of Public Health, National Taiwan University, Room 735, No. 17, Xu-Zhou Rd., Taipei, Taiwan, R.O.C.

² Department of Environmental and Occupational Medicine, National Taiwan University Hospital and National Taiwan University College of Medicine, Taipei, Taiwan, R.O.C.

³ Department of Public Health, College of Public Health, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

* Correspondence author. E-mail: yhhwang@ntu.edu.tw

Received: Jul 16, 2009

Accepted: Sep 30, 2009



評論：新生兒臍帶血中元素濃度是否可為環境污染探針？

(評論者：中國醫藥大學副校長/中國醫藥大學環境醫學研究所 吳聰能教授)

金屬元素遍佈於環境中，並以各種方式進入人體，如此一來，當環境中的某種元素濃度增加，生活或工作其中之人體內濃度亦會增加。所以一直以來，希望利用新生兒臍帶血中各種金屬元素濃度做為探針來監測環境品質，甚至是環境突發事件。這種構想過去已運用於職場暴露監視系統[1-3]，其成效也相當顯著[4-5]。

由於監視系統的建立需要有常值(norms)為基礎，才能掌握異常值，不論是以三個標準差或以系統處理異常承載量來設定監視管制值。但過去，勞工安全衛生法規要求勞動人口需要實施各種體格與健康檢查，常值得以求得。僅以國人血鉛通報系統為例，經由劉紹興等人[6-8]三年抽樣調查建立常值，再經專家學者會議討論決定國人血鉛管制值，國人血鉛通報系統於焉得以建構。

近些年來，國內污染事件頻傳，當然相關單位都會本乎職權進行改善與補救工作。但是由於事過境遷的環境檢測有時無法反應出污染的嚴重程度，更且，危害已成，健康戕害，財物損失，民眾淒然。例如，中石化台碱安順廠環境污染即是。如果能有一機制，在污染的早期即能檢測出事件的發生，而非等到病例出現(而且不只一位)再以指標案例追溯與處理，將有助國民健康維護與生活環境保護。

而今，國立台灣大學公共衛生學院職業醫學與工業衛生研究所工作團隊經過幾年努力完成台灣地區新生兒臍帶血中元素濃度分

佈，建立國內新生兒臍帶血中各種金屬元素濃度分布常模值[9]，咸認為已完成基線資料的蒐集，建議隨即發展「新生兒臍帶血中各種金屬元素監視系統」早期偵測生活環境污染事件，以維護全民健康福祉。

參考文獻

1. Wu TN, Shen CY, Yang GY, et al. Establishment of an occupational diseases surveillance system to monitor blood lead levels in Taiwan. *Prev Med* 1995;**24**:85-8.
2. Wu TN, Liou SH, Wang JD, et al. Establishment of a work-related diseases surveillance system in Taiwan, Republic of China. *Prev Med* 1996;**25**:725-9.
3. Wu TN, Liou SH, Shen CY, et al. Surveillance of noise-induced hearing loss in Taiwan, ROC: a report of the PRESS-NIHL results. *Prev Med* 1998;**27**:65-9.
4. Wu TN, Shen CY, Liou SH, et al. Reducing lead exposure by surveillance system: the Taiwan experience. *Arch Environ Health* 1998;**53**:75-8.
5. Kuo YL, Wu TN, Liou SH, et al. Occupational medicine in Taiwan. *Int Arch Occup Environ Health* 1999;**72**:419-28.
6. Liou SH, Wu TN, Chiang HC, et al. Blood lead levels in the general population of Taiwan, Republic of China. *Int Arch Occup Environ Health* 1994;**66**:225-60.
7. Liou SH, Wu TN, Chiang HC, et al. Blood lead levels in Taiwanese adults: distribution and influenced factors. *Sci Total Environ* 1996;**180**:211-9.
8. Liou SH, Wu TN, Chiang HC, et al. Three-year survey of blood lead levels in 8828 Taiwanese adults. *Int Arch Occup Environ Health* 1996;**68**:80-7.
9. 劉俊宏、吳惠琇、陳保中、郭育良、黃耀輝。台灣地區新生兒臍帶血中元素濃度分佈初探。台灣衛誌 2009；**28**：420-435。

