

牙醫師之尿液和頭髮中汞濃度與其工作環境相關因子的研究

梁玲郁¹ 藍忠孚² 毛義方²

本研究之目的乃調查台北市牙醫師尿液、頭髮中的汞濃度，是否與對照組有明顯差異，及其與工作環境因子是否相關。以台北市牙醫師(=1898)為研究對象，採分層比例系統抽樣，抽出92名牙醫師以及80名銀行工作人員為對照組，經由實地採樣並配合問卷，收集尿液、頭髮及資料。以冷蒸氣原子吸收光譜法(CVAAS)，及特為本研究所建立的實驗方法，測定總汞量，並以creatinine濃度為參考表示汞含量。研究結果顯示，牙醫師尿中、髮中汞濃度之幾何平均數分別為 $5.54 \times \div 1.88 \mu\text{g/g creatinine}$ 及 $6.31 \times \div 1.85 \mu\text{g/g}$ ，顯著的比對照組尿中、髮中汞濃度之幾何數 $1.90 \times \div 3.41 \mu\text{g/g creatinine}$ 及 $4.14 \times \div 1.53 \mu\text{g/g}$ 高($P < 0.0001$)，然而其值仍在正常值範圍內。迴歸分析的結果顯示：髮中汞濃度與大理石地板(包括磨石地板)、排唾管及工作經驗時數有相關。本研究建議牙醫師工作環境中的汞濃度宜每年定期測試，以確保良好通風的環境；地板最好採用連續無縫的塑膠地板，或打過腊的光滑木製地板；在去除舊的汞合金(old amalgam removed)或汞合金打亮時，應使用高速磨牙機加噴水系統及加力抽吸器，以避免造成意外及不必要的職業病。(中華衛誌 1991；10(5)：296-303)

關鍵詞：牙醫師，尿、髮中汞濃度，工作環境相關因子

前言

汞是一種用途極廣的重金屬[1]。全世界每年產量超過一萬公噸，其中3%的汞被使用於牙科的填補材料[2]—汞合金(amalgam)—汞在常溫下與銀、錫、銅、鋅形成可塑性之合金，因為容易操作、抗壓強度大、且與齒質有良好的適合性，又便宜，所以廣為牙醫界所使用。據美國統計資料顯示每年每位牙醫師平均使用量約為1公斤[3]。

由於牙醫師經年累月暴露於汞，因此牙醫師不禁想問，汞合金是否對我們造成危害

呢？根據文獻報導：最早是1949年Grossman及Dannerberg首次報告牙科診所空氣中水銀含量[4]，而首宗中毒案例則是1969年Cook及Yate報告，一名42歲的女性牙科助手，在牙科診所工作二十多年後，因腎臟症候群而死亡。經解剖屍體後，証實其死因為汞中毒[5]。1988年，美國牙醫界曾召開國際會議，揭櫫要特別注意汞合金的貯存、混汞方式、填塞方式、丟棄方式，以降低汞危害[6,7]。而在台灣則ROAN及ROU等人針對高雄地區牙醫師做過調查，發現對照組與牙醫師組確有尿中汞濃度的明顯差異現象[8]。

本研究之研究目的即是調查台北市執業牙醫師尿液、頭髮中的汞濃度是否與對照組有明顯差異現象及探討在不同的工作環境

¹ 私立中山醫學院

² 國立陽明醫學院公共衛生研究所

中，尿中及頭髮中汞濃度與環境之關係。

上方枕區(occipital area)近頭皮2公分處剪取一小撮頭髮為本研究之檢體。

研究材料與方法

一、研究之方法架構：

(一) 依變項：尿中汞濃度，髮中汞濃度。

(二) 自變項：

1. 牙醫師特性：包括年齡、執業年數、工作時數、執業形態、本人口中是否有汞合金充填、本人是否住在診所。
2. 汞使用情況：平均充填數量／週、目前貯存量、平均去除汞合金量／週。
3. 操作技巧：充填方式、多餘汞合金丟棄方式、器械處理方式、操作時是否戴手套、充填時使用器械的習慣。
4. 工作環境：通風情況、地板性質、地板平滑狀況。

二、研究對象與取樣方法

(一) 實驗組：

以1989年6月底登記在台北市牙醫師公會的牙醫師為母群體，共計1898人。先以年齡及行政地區為分層抽樣的標準，再以百分率系統抽樣，抽出95名牙醫師為本研究之樣本。

(二) 對照組：

以台灣中小企業銀行儲蓄部忠孝分行職員及陽明醫學院行政部門教職員，均為非牙科執業人員且皆非從事汞作業的人，以年齡、性別為基準共選取80名。

三、採樣

(一) 問卷過程：

問卷調查與採樣工作於1989年9月上旬至1990年3月下旬完成實地觀察訪視，詳填問卷並採得檢體。

(二) 檢體的採集方法：

尿液：以無菌50cc之聚乙烯瓶收集隨意尿液。頭髮：以不銹鋼刀，由頸部

四、儀器

汞的分析方法，一般需先將樣品分解，使其所含汞(有機汞或無機汞)轉變為離子態汞後，再利用氯化亞錫，將其還原，最後再以原子吸收光譜法測定其總汞量[9]。

(一) 裝置：採原子吸收光譜儀(atomic absorption spectrophotometer)中的冷蒸氣(cold vapor)原子吸收光譜裝置的汞—氫化物發生系統(hydride formation system)及汞陰極射線燈管(hollow cathode lamp)。

(二) 冷蒸氣原子吸收光譜之儀器最佳的測定條件：

Light Source	Hg hollow cathode lamp
Wave length	253.7 nm
Slit width	2.6 nm
Lamp current	6.0 mA
Ar velocity	100 ml/min
Sampling time	30 second
Reaction time	45 second

五、試藥

本研究所使用的水，皆為純水(16MΩ以上)，而所使用之 H_2SO_4 、 HNO_3 、 KMnO_4 、 $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、 CH_3COCH_3 、 $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ 皆Merk出品的超級試藥級。

另配製

(一) 0.1% W/V 氯化亞錫溶液：本溶液為還原劑

(二) 6% W/V 高錳酸鉀溶液：為頭髮之消化液

(三) 20% W/V Hydroxylammonium chloride ($\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$)溶液：本溶液用以還原消化後剩餘的高錳酸鉀溶液。

(四) SRM (standard reference material)：採Norway, Nycomed AS. 公司出售的Seronom, 為尿液之標準參考物質。

六、樣本處理程序

消化方式有很多種方式，不同的消化方式亦會影響到不同的吸光值。本研究是參考Arnold [10]及Lindsted [11]之消化方式。

(一)尿：

1. 尿中creatinine測定：
以Folin Wu方法檢定尿液的creatinine。
2. 消化方式：
取澄清尿液5cc加5cc之濃硝酸，水浴三分鐘以上。
3. 汞濃度標準分析曲線：
取100PPB之標準貯存液，各取2、5、10 ml置於pyrex之量瓶中，再各加10CC之硝酸消化後，輕輕振盪後，靜置水浴三分鐘以上，再稀釋至100CC。

(二)頭髮：

1. 清洗方式：
採國際原子能總署(International Atomic Energy Association簡稱IAEA)所推薦之方法，依序丙酮一次，清水三次，再丙酮一次，每次25cc並攪拌清洗10分鐘，完成清洗。
2. 消化方式：
本研究頭髮的消化方式，參考McMullin [12]之方法。稱取80.0 mg的試樣，加入5cc的濃硫酸及2cc的濃硝酸，置於消化裝置中110℃，加熱消化，保持45分鐘後，再徐徐加入6% W/V的高錳酸鉀溶液，最後再加入20%之 $\text{HN}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ 溶液還原過量的 KMnO_4 。
3. 頭髮濃度標準分析曲線：
取100PPB之標準貯存液，各取2、5、10 ml置於量瓶中，再各加1CC之1%濃硝酸消化後，輕輕振盪後再稀釋至100CC。充分搖動後，再以原子吸收光譜分析總汞量。

七、統計分析方法

採SAS套裝軟體及LOTUS 1-2-3及HARVARD GRAPHIC分析，以T-test及

ANOVA作單變項分析，並以Pearson's correlation analysis檢定汞濃度與各變項間的相關程度，再依各變項與汞濃度之關係，建立最佳迴歸模式。

結果與討論

一、問卷回收率：

自1989年9月上旬起至1990年3月下旬，由筆者完親自完成實地觀察訪視，並詳填問卷，共計完成92名，完成率97%。其個人基本資料背景之調查結果中，77.9%為男性，22.1%為女性，年齡以31歲到40歲最多共佔57%，平均年齡是38.4歲。牙醫師的工作環境分佈，以一般私人開業診所最多，佔74.3%，每週工作時數由18小時到96小時，其平均值為49.9小時。

二、樣品消化步驟的探討

樣本經過消化過程後，分析結果的正確與否，全然受到儀器分析的可信度影響。其中最可靠、最方便的檢驗準確度(accuracy)的方法是使用標準參考物質(standard reference material)，本研究以SRM進行定期測試，平均值 5.29 ± 0.2 ，得RSD (relative standard deviation)為4.7%，與SRM之確定值甚為接近，其所得數據如表1：

而頭髮含汞的標準參考品，在市面上尚未見出售。故本研究採用簡單標準添加法(simple standard addition method)，所得結果為表2。其方法為各取80.0 mg之頭髮試樣，各加入濃硫酸5CC及濃硝酸2CC，再分別加入400ppb汞濃準液0.5CC、1.25CC、2.5CC於頭髮試樣之溶液中加水至100CC，在110℃下加熱熔化45分鐘後，再以原子吸收光譜分析本實驗之回收率。其回收率可達85.75%~112.78%。

三、尿樣中汞濃度與頭髮中汞濃度之測量結果

微量元素於人體中之含量，並非常態分佈，而是一種相當陡峭的偏態(skew)分佈，

表一、汞分析的準確度

本實驗分析結果	SRM確實值(certified value)	準確度(relative error)
5.62 ± 0.43 (N=3)	5.1	10.2%
5.36 ± 0.53 (N=3)	5.1	5.1%
5.18 ± 0.04 (N=3)	5.1	1.6%
5.03 ± 0.24 (N=3)	5.1	1.4%
mean ± SD		
5.29 ± 0.25		3.8%

表二、頭髮中汞濃度的回收率

添加值 (added value) ppb	本實驗分析之觀察值 (observe value) ppb	回收率 (recovery) %
2.00	2.147	107.35%
2.00	1.715	85.75%
5.00	5.027	98.57%
5.00	5.752	112.78%
10.00	8.992	89.92%
10.00	10.998	109.98%

根據Davies's Test (1929)牙醫師及其助手，汞濃度分佈狀態成對數的常態分佈，故本研究將所有數據經過對數(log)轉換，再根據此數據作各種統計分析資料。一般常態分佈(Gaussian distribution)約68%落在平均值加減一個標準偏差，而偏態分佈(skew distribu-

tion)約68%落在幾何平均數乘除一個幾何標準偏差，而其平均值亦以幾何平均數表示較為合宜[13]。

尿中汞很久以來即被用來當做汞暴露的指標，基於每個個體排尿量及尿的濃稀不一致，故本研究尿中汞濃度以 $\mu\text{g/g creatinine}$ 表示之較 $\mu\text{g/l}$ 表示為精確。

本研究樣本中有6名為口腔外科專科醫師，從不操作汞合金，故除去六名口腔外科專科醫師，以86名牙醫師與80名對照組來比較，其結果如下：

四、牙醫師體內汞濃度與其相關因子的探討及討論

(一)操作技巧

根據過去的研究，牙醫師在去除汞合金時，採用不同的操作方式，會造成空氣中不同的汞濃度。本研究中使用排唾管(saliva ejector)者，其髮中汞濃度與使用高速抽吸器

表三、牙醫師組與對照組尿中、髮中汞濃度之比較

尿中汞濃度				髮中汞濃度			
	樣本數	幾何平均數 × ÷ 幾何標準差 $\mu\text{g/g creatinine}$	P值		樣本數	幾何平均數 × ÷ 幾何標準差 $\mu\text{g/g}$	P值
牙醫師	86	$5.54 \times \div 1.88$	0.0001*	牙醫師	86	$6.31 \times \div 1.85$	0.0001*
對照組	80	$1.90 \times \div 3.41$		對照組	80	$4.14 \times \div 1.53$	

*表顯著差異

者，在統計學上達顯著差異如表4

而多餘汞合金處理方式，經由ANOVA分析，尿中汞濃度與多餘汞合金處理方式達統計上顯著差異。其結果如下表5：棄之於定影液者之汞濃度為最低，而其他項者為最高，其他項包括棄之於甘油、橄欖油、機油中。多餘汞合金的任意丟棄、不但對整個診所工作人員健康有礙，而且可能造成環境污染。多餘汞合金處理得當，對防止汞污染最具積極效果。

(二)環境狀態

根據Harris及Schneider [14,15]等研究報告指出，地板性質的不同，汞濃度亦呈差異現象。本研究中顯示，大多數牙醫門診處之地板都為平滑狀況，故此變項與尿中汞濃度無統計上相關意義。但與髮中汞濃度，則達

統計上顯著差異如表6

(三)相關係數分析結果如表7:

根據表7相關係數分析顯示年齡、每週工作時數、工作經驗時數與髮中汞濃度呈顯著相關，而與尿中汞濃度無顯著相關。此處工作經驗時數是指實際工作年數乘以平均每週工作時數。而工作經驗時數與髮中汞濃度呈最強的相關，年齡與髮中汞濃度成正相關性，而頭髮中汞濃度與尿中汞濃度亦有相關性。

(四)迴歸分析：

由以上單變項分析及相關係數分析發現年齡、每週工作時數、工作經驗數、大理石地板(包括磨石地板)、抽吸狀況與髮中汞濃度呈顯著相關，經逐步迴歸分析結果如表8。經過標準化後，上述三因子共具30.35%

表四、抽吸形態與尿中、髮中汞濃度的分佈情況

	數量百分比 %	尿中汞濃度		髮中汞濃度	
		幾何平均數 × ÷ 幾何標準差 μ g/g creatinine	P值	幾何平均數 × ÷ 幾何標準差 μ g/g	P值
高速抽吸器	25.6	4.90 × ÷ 1.70	0.22	5.18 × ÷ 1.60	0.04*
排唾管 (N=86)	74.4	5.75 × ÷ 1.95		6.75 × ÷ 1.91	

*代表達統計學上之顯著意義

表五、多餘汞處理方式與尿中、髮中汞濃度的分佈情況

	百分比 %	尿中汞濃度		髮中汞濃度	
		幾何平均數 × ÷ 幾何標準差 μ g/g creatinine	P值	幾何平均數 × ÷ 幾何標準差 μ g/g	P值
垃圾桶	47.7	5.60 × ÷ 1.84	0.0001*	6.8 × ÷ 1.96	0.22
玻璃瓶上覆蓋水	44.2	5.07 × ÷ 1.67		5.74 × ÷ 1.75	
定影液	5.8	4.60 × ÷ 1.47		5.31 × ÷ 1.30	
其他	2.3	41.59 × ÷ 1.10		12.55 × ÷ 1.81	

*代表達統計學上之顯著意義

表六、地板性質與尿中、髮中汞濃度的分佈情況

地板狀況	尿中汞濃度			髮中汞濃度	
	%	幾何平均數 × ÷ 幾何標準差 μ g/g creatinine	P值	幾何平均數 × ÷ 幾何標準差 μ g/g	P值
大理石、 磨石地	30.2	5.47 × ÷ 2.02	0.78	8.41 × ÷ 1.56	0.023*
磁磚	19.8	6.00 × ÷ 1.82		5.54 × ÷ 1.50	
木製地板	3.5	7.47 × ÷ 1.50		8.60 × ÷ 1.58	
塑膠地板 (N=86)	46.5	5.31 × ÷ 1.86		5.43 × ÷ 2.06	

*代表達統計學上之顯著意義

表七、重要變項與汞濃度相關係數

	年齡	每週工作時數	工作經驗時數	尿汞濃度	髮汞濃度
年齡	1.00000 0.0				
每週 工作時數	0.07247 0.5073	1.00000 0.0			
工作經驗 時數	0.90400 0.0005*	0.29910 0.0051*	1.00000 0.0		
尿汞濃度	0.08913 0.4145	-0.00488 0.9644	0.10186 0.3507	1.00000 0.0	
髮汞濃度	0.36559 0.0005*	0.21052 0.0517*	0.42440 0.00001*	0.22209 0.0399*	1.00000 0.0

*代表達統計學上之顯著意義

表八、髮中汞濃度與各變項之迴歸分析

	β 係數	標準誤	P值
工作經驗時數	0.414	0.000043	0.0001*
大理石地板	0.317	0.054	0.0001*
排唾管 (saliva ejector)	0.158	0.057	0.0009*

*代表達統計學上之顯著意義

的解釋力。

其迴歸方程式為：

$$\text{Log (髮中汞濃度)} = 0.414* (\text{工作經驗時數}) + 0.317* (\text{大理石地板}) + 0.158* (\text{排唾管})$$

結 論

本研究成果的牙醫師尿中、髮中汞含

量，雖都離中毒劑量相去甚遠，但其平均值高於對照組，且具統計學上意義。這樣的結果較之日本學者所稱“日本目前的牙醫師已無汞污染現象存在”來比較[16]，我們在牙科醫療過程中，對汞污染的防治仍不可輕忽，以下是幾點建議：

1. 工作環境中的汞濃度宜每年定期測試以確保良好通風的工作環境。良好的通氣設備，應包括空氣的交換及廢氣的排出(非循環式的通氣裝置)；若有空氣過濾裝置則定期替換過濾裝置，且汞合金操作台儘可能接近局部排氣之氣罩。
2. 地板最好採用連續無縫的塑膠地板，或打過腊的光滑木製地板。磁磚地板，大理石地板(包括磨石地板)儘量少用，地毯要完全避免。
3. 在去除舊的汞合金(old amalgam removed)或汞合金打亮(amalgam polishing)時，應使用高速磨牙機加噴水系統及加力抽吸器(water spray and high-volume evacuation)。

牙科常用的汞合金充填物，仍隱藏著導致職業病的致病因子——水銀，適當的汞合金衛生知識及定期環境檢查測試，才可避免造成意外及不必要的職業病。

參考文獻

1. Jones DE. Mercury: a review of the literature. *British Dental J* 1981; **151**: 145-8.
2. Tamashiro H, Arakaki H, Futatsuka M and Rokt LHL. Causes of death in Minamata disease: analysis of death certificates. *Int Arch Occup Environ Health* 1984; **54**: 135-40.
3. Rupp NW, Paffengarger GC. Significance to health of mercury used in dental practice: a review. *JADA* 1976; **92** June: 1401-7.
4. Grossman, Dannernberg. Amount of mercury vapor in the air of dental offices and laboratories. *J Dent Res* 1949; **28** Oct: 435.
5. Cook TA, Yate PO. Fatal mercury intoxication in a dental surgery assistant; *Brit. Dent. J.* 1969; **127** Dec: 16 P553.
6. Beech DR, Atkinson AS, Baron HJ, et al. Recommendations on dental mercury hygiene; *Int. Den J* 1988; Vol **38**: 191-2.
7. Block P, Shapiro M. Summary of the international conference on mercury hazards in dental practice. *JADA*, 198; **104**: 489-90.
8. Roan RT, Rou WJ. A study of urinary levels among the dental professions in Kaohsiung city. *Kaohsiung J Med Sci* 1985; **1**: P219-25.
9. Tsalev DL. Atomic absorption spectrometry in occupational and environmental health practice Vol 1. Florida: CRC Press Inc Boca Raton 1986; 51-9, 158-69
10. Arnold O. Rathje; A rapid ultraviolet absorption methods for the determination of mercury in urine. *AIHA J*; 1969; P126-32.
11. Lindstedt G. A rapid method for the determination of mercury in urine. *Analyst* 1970; **95**: P264-71.
12. McMullin JF, Pritchard JG, Sikondari AH. Accuracy and precision of the determination of mercury in human: scalp hair by cold vapor atomic absorption spectrophotometer. *Analyst* 1982; **107**: 803-14.
13. Lenihan JMA, Smith H, Harrey W. Mercury hazards in dental practice: assessment and control by activation analysis; *Brit Dent J* 1973; **15**: 365-9.
14. Harris David, Nicol JJ, Stark Hill K. The dental working environment and the risk of mercury exposure. *JADA* 1978; **97**: 811-5.
15. Schneider M. An environmental study of mercury contamination in dental office. *JADA* 1974; **89**: 1092-8.
16. K. Noguchi, M. Schimimzu, E. Sirenji, Neutron activation analysis of mercury contents in head hair of dentists in Japan; *J of radioanalytical and nuclear Chem Articles* 1985; **90/1**: 217-23.

A STUDY ON THE RELATIONSHIP OF MERCURY LEVELS OF DENTISTS' URINE AND HAIR AND CONDITIONS OF PRACTICE

LING-YUH LIANG¹, CHUNG-FU LAN², I-FANG MAO²

The mercury levels of urine and hair in 92 dentists and 80 bank staffs were determined by the cold vapor atomic absorption spectrophotometer and hydride formation system. The dentists were sampled by stratified proportional systematic method from the dentist practicing in Taipei city, and the bank staffs as control group.

The results indicated the geometric mean of dentists' mercury levels in urine and hair were $5.54 \times \pm 1.88 \mu\text{g/g}$ creatinine, and

$6.31 \times \pm 1.85 \mu\text{g/g}$. Those levels of the dentists were significantly higher than those of control, ($p < 0.0001$) $1.90 \times \pm 3.40 \mu\text{g/g}$ creatinine in urine and $4.14 \times \pm 1.53 \mu\text{g/g}$ in hair.

And the results showed the hair mercury concentration is related to the floor type of dental clinic, suction type of old amalgam removed and working experience hours. (*J Natl Public Health Assoc (ROC): 1991; 10(5): 296-303*)

Key words: *dentist, mercury level in hair and urine, working condition*

¹ Department of Public Health, Chung-Shan Medical and Dental College.

² Institute of Public Health National Yang-Ming Medical College.