

某鹼氯工廠原作業員職業性暴露及其血、尿、髮中汞濃度之關係

葉錦瑩¹ 王榮德²

以往我國進口的汞原料主要用在鹼氯工業上，而鹼氯工廠排放之含汞廢水也造成台灣農漁業環境之污染。本研究特針對某一鹼氯工廠員工工作尿液、血液及頭髮等含汞量之測定，並評估其作業史與汞暴露之關係。40位原作業員檢體中之汞濃度是以冷蒸氣原子吸收光譜法測定，其測定值之範圍及算術平均數(±標準誤)分別是在尿液中為1.6-105.5 $\mu\text{g/l}$ 及 $25.5 \pm 3.5 \mu\text{g/l}$ ，在血液中為1.2-4.4 $\mu\text{g/dl}$ 及 $2.7 \pm 0.12 \mu\text{g/dl}$ ，以及在頭髮中為2.0-258.5 $\mu\text{g/g}$ 及 $24.2 \pm 8.0 \mu\text{g/g}$ 等，其中工作時直接暴露於汞蒸氣之電解槽作業員14名，其血中汞含量平均值 $3.0 \pm 0.15 \mu\text{g/l}$ 與其餘作業員比較並無明顯差別，而其尿液及頭髮中汞含量都較高，以無母數分析結果均呈統計上顯著差異(Mann-Whitney Test, $P < 0.05$)，其平均值分別為 $42.6 \pm 6.7 \mu\text{g/l}$ ， $64.4 \pm 11.5 \mu\text{g/day}$ 及 $57.4 \pm 19.6 \mu\text{g/g}$ 。此外，並可發現尿汞值與髮汞值呈統計上之正相關(Kendall correlation coefficient = 0.38, $P < 0.05$)。在本研究中，該40名作業員在完全停工四十天後才被採得之檢體，猶能呈現上述之結果，顯示尿中及髮中汞含量均可能適用為中長期汞暴露之指標。為預防進一步症狀的發生，該工廠作業員工最少應再接受追蹤檢查至尿汞10 $\mu\text{g/l}$ 以下為宜。(中華衛誌 1991; 10(5): 313-320)

關鍵詞：鹼氯工廠作業員，汞，血液，尿液，頭髮

前言

汞是唯一液態的重金屬，常被用來製造溫度計、燈管、電池、電器及電解槽；也應用於農藥、殺菌劑、消毒劑、保存劑、牙科填充劑。在常溫下汞有明顯蒸氣壓，空氣中的汞濃度在20℃時可達13 mg/m^3 ，而在40℃時則更達其四倍[1]，故鹼氯工廠作業

員長期處於30℃以上高溫空氣的電解場中，則難免暴露於高濃度的汞蒸氣中而可能有中毒的危險。

我國早年即禁止有機汞劑之製造及農業上使用殺蟲劑，但每年仍由國外進口50-90餘噸元素態汞，除部分使用於燈管、電池、血壓計、醫藥及溫度計等外，約40-50餘噸則使用於鹼氯工業上，民國63年經濟部開始管制汞進口，至民國73年資料顯示已降為9噸，其中鹼氯工業使用量為1噸[2]。以往該類工廠對台灣環境及農漁業之汞污染已有許多報告[3-5]，近年來也有鹼氯工廠作業員汞暴露的報導[6-7]，但是多偏在單一檢體測定方法之發展，未有實際按現場作業方式來探討各種生物檢體之汞含量者。一般而言，汞

¹ 臺北醫學院公共衛生學科

² 國立臺灣大學公共衛生研究所

職業病防治中心

聯絡人：葉錦瑩 台北市吳興街250號

所造成之生理障礙如胃腸道症狀或輕微之震顫可能因離開暴露而得以改善[8]，但精神上異常或神經系統較嚴重的病變較難以復原，而且由於汞蒸氣蓄積於腦部，並可能在數年後才出現症狀，因此鹼氯工廠作業員確有追蹤之必要。

本研究之目的在確定作業員汞暴露及其作業史之關係，決定追蹤對象的優先次序，以減少工人與雇主間之爭議。

材料與方法

某鹼氯工廠所有員工共40名於停業後第40天時，接受問卷訪視及各項檢查。問卷內容除特別針對作業史詳細記錄外，並包括性別、年齡、煙酒習慣、既往病歷、服藥情形、家屬疾病及自覺症狀等。檢查項目包括血液、尿液及頭髮等之汞含量測定。

作業史除在問卷內詳細記錄每位員工之工作地點、職務調動、加班及汞暴露情形外，並由三位員工分別在不同場合加以確認，以區分每位員工汞暴露程度之真正狀況。依據現場觀察(見圖1)及訪視資料之分析，其汞暴露以電解槽為最多，機修人員次之，餘者依序為鹽水廠、供水處、成品廠及運輸與化驗工作等，因該廠員工經常需加班以便機修，故加入此因素則暴露程度可細分為七級，因顧及每級人數太少，難作統計，因此根據現場汞暴露之實際情況，將暴露程度較近似者合併成三級。其分類時特點如下：高暴露組為經常接觸到電解槽者；中暴露組為需接觸到含汞迴流鹽水或冷卻水者；

其餘為低暴露員工，如運輸或化驗人員因不必在廠內工作，較無機會直接接觸到汞，而成品廠者之汞暴露只可能在接觸到由密閉管路中偶而洩漏之成品，且成品中又帶有微量汞時才有機會遇上，故為低暴露組，見表1，而進行此項分類時，作者並不知道每一個人體內汞的測量值。

血液是以真空試管採全血，尿液則採24小時尿，均以高密度聚合塑膠瓶存放-20℃下，以待分析。頭髮是剪枕骨與頭骨附近離頭皮約五公分之內的頭髮為樣品，裝於乾淨塑膠袋中於室溫下保存，並記錄有否使用染髮劑、燙髮劑或髮油。毛髮之清洗是採用國際原子能總署所建議之方法[9]，取毛髮約500 mg，依序以水一次，丙酮三次及水三次，每次25 ml，攪拌浸洗10分鐘後，置於乾淨之層流氣櫃(laminar flow)中乾燥一天即可取樣。

檢體之消化是採迴流裝置，迴流管以水封法防止蒸氣之流失，除由硝酸及硫酸混合液消化基質外，更經硫酸高溫煮沸及加入高錳酸鉀加熱之步驟，反覆操作至完全消化後待冷，加 $(\text{NH}_2\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ 之食鹽溶液以還原殘留之高錳酸鉀，冷卻後以純水沖洗每一段玻管至少三次，最後移入定量瓶並以純水精確稀釋至50毫升[10]。

檢體中汞含量之測定是先精確量取各種檢體適量之消化液分別使用IL VIDEO 12型原子吸收光譜儀(Instrumental Laboratory, U.S.A.)測定之，其測定過程是在完全作用後，才用氮氣以每分鐘六公升的速度將汞沖流帶出，並於四秒內讀取吸光度，故其波形

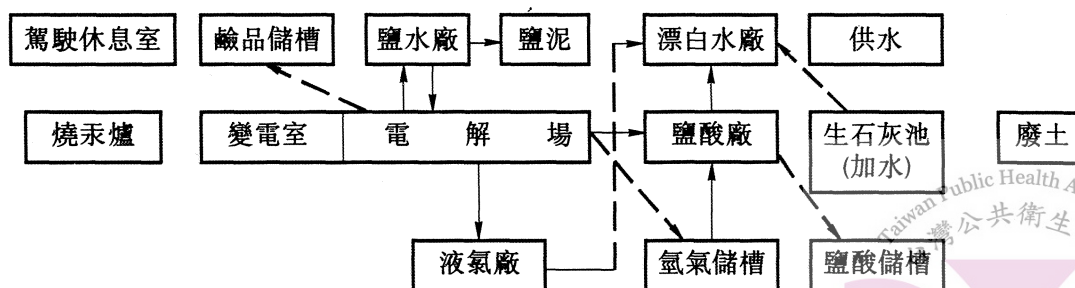


圖 1. 某鹼氯工廠現場配置圖

表1、 暴露程度指標之界定

原 指 標			合 併 指 標		
界定標準	代碼	人數	界定標準	代碼	人數
電解槽，加班	7	2	高暴露組	3	14
機修，加班	6	7			
鹽水廠，加班	5	5			
鹽水廠	4	3	中暴露組	2	6
供水廠	3	3			
成品廠	2	17	低暴露組	1	20
運輸工作	1	3			

註：加班者通常需要直接參與電解槽之工作，故定為高暴露組

較高狹，波底寬度較一致，其讀數之變異則會較少。

使用冷蒸氣原子吸收光譜儀測定汞含量時，少量已消化之基底物質(matrix)及不同體積濃硝酸已被證實不影響汞之測定，而硫酸及高錳酸鉀之加入均會導致空白值之增加，但此種過程確能使檢體消化更完全，提高汞之回收率且保持穩定[10]。故本次檢體汞含量測定乃採此種濕式高溫消化方式，其測定極限為每毫升尿液或血液3.3 ng (n=8)，回收率為94%-106%，對挪威NYCOMED出售之標準參考物質作測定的結果，其尿中汞含量測定值為 $49.4 \pm 3.8 \mu\text{g/l}$ ，與其含汞量原建議值51 $\mu\text{g/l}$ 甚為接近，顯示本研究採用之冷蒸氣原子吸光測定法具有相當之可靠性。

汞測定過程中所使用試藥均為E. Merck特級試藥且為特低汞試藥，所使用之水為18M Ω (百萬歐姆)超純度水，所使用容器均為惰性器材，如pyrex、石英、鐵氟龍或聚丙烯瓶，且經特別清洗後才予使用，清洗過程依序為清潔劑浸洗、清水沖洗、6M硝酸浸一天、清水沖洗、EDTA溶液浸至少四小時、清水沖洗及純水沖洗才算完成。

數據之分析採用BMDP電腦統計軟體[11]作線性迴歸、複迴歸、變異數分析及無

母數分析等，以瞭解作業史與生物檢體中汞含量之關係。

結 果

檢體汞含量測定值族群之年齡、年資等特性與暴露指標之關係作Kruskal-Wallis檢定的結果，見表2。顯示年齡及年資在各組間均不呈統計上之差異；而檢體中只有血中汞不呈統計上之差異，頭髮及尿中汞含量則均隨暴露嚴重度之增加而增加，由Mann-Whitney檢定三組之檢體汞含量中位數是否有差別，顯示直接參與電解槽工作之高暴露組之其尿汞及髮汞均比其它員工為高；但尿汞似乎最明顯，見表3。又以無母數Kendall rank correlation coefficient分析檢體汞含量與各變項之相關，則結果也是顯示，其尿汞及髮汞均與暴露程度、暴露總量或是否受到最後一次暴露等三種暴露指標呈統計上有意義的相關，而血汞則只與最後一次暴露有關。以檢體汞含量為應變項分別與暴露程度或暴露總量(暴露程度*暴露月數)作簡單直線迴歸，則頭髮及尿中汞含量仍可與兩種暴露情形表示法呈統計上之顯著相關，見表4；暴露總量是指作業員在其服務期間所有擔任過

表2、不同暴露合併指標之各變項值之Kruskal-Wallis檢定

變 項	低暴露 (18) [@]	中暴露 (5)	高暴露 (14)	k-w 統計值	p值
髮汞($\mu\text{g/g}$)**	4.7 [#] (0.39)	9.0 (3.40)	57.4 (19.55)	13.65	0.0011
平均尿汞($\mu\text{g/l}$)***	15.0 (2.19)	15.9 (4.39)	42.6 (6.70)	15.01	0.0005
日尿汞($\mu\text{g/day}$)***	18.8 (2.99)	22.9 (5.60)	64.4 (11.51)	16.02	0.0003
血汞($\mu\text{g/dl}$)	2.6 (0.21)	2.5 (0.40)	3.0 (0.15)	2.08	0.3530
年齡(歲)	46.6 (1.64)	40.6 (3.52)	43.2 (1.85)	3.28	0.1940
年資(年)	17.8 (1.33)	13.7 (3.92)	15.0 (1.91)	1.81	0.4043
暴露總量*** (暴露程度一月)	431.2 (48.70)	684.4 (210.20)	891.9 (128.00)	9.45	0.0089

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ *** $P < 0.001$ [@]：表人數[#]：表平均值(標準誤)

表3、Mann-Whitney test比較不同暴露程度下各生物檢體汞含量之中位值

不同暴露程度 之比較配對	髮汞 ($\mu\text{g/g}$)	平均尿汞 ($\mu\text{g/l}$)	日尿汞 ($\mu\text{g/day}$)	血汞 ($\mu\text{g/dl}$)
中(5)*** —低(18)	1.6* (0.2043)**	-1.6 (0.7370)	5.2 (0.6018)	2.0 (1.0000)
高(14) —中(5)	15.1 (0.0786)	27.0 (0.0124)	45.0 (0.0206)	3.1 (0.3299)
高(14) —低(18)	16.7 (0.0004)	25.5 (0.0002)	50.2 (0.0001)	5.1 (0.1767)

*：表兩組生物檢體汞含量中位值之差

**：表P值

***：表人數

之職務暴露程度乘以該職務服務月數的總累積值。其中檢體與最後職位暴露程度之線性相關似乎比暴露總量更明顯。這可能與該廠員工現職年資平均已有12年，而其廠內工作相當固定之故，更前段的職業暴露顯得似乎較不重要。另有13名員工在採樣前一週回廠清理3天，其中七名是清理電解槽，這最後

一次之暴露，與檢體汞測定值亦呈統計上顯著相關，故再經多變數迴歸作調整後如表5。根據表5所作之各種模式，似乎仍以最後暴露為主要之預測變項，而髮汞與尿汞均可被考慮作暴露指標。至於血汞與各種暴露指標間並無統計上之相關，可見血汞似乎只能反應一週內之暴露劑量。

表4、生物檢體汞含量與暴露指標之線性關係(n=37)

應變數	自變數	迴歸係數	R-Square	P值
髮汞($\mu\text{g/g}$)*	暴露程度a	24.39	0.21	0.0021
髮汞($\mu\text{g/g}$)*	暴露總量b	0.07	0.31	0.0000
平均尿汞($\mu\text{g/l}$)*	暴露程度	13.58	0.36	0.0000
平均尿汞($\mu\text{g/l}$)*	暴露總量	0.02	0.14	0.0164
日尿汞($\mu\text{g/day}$)*	暴露程度	22.49	0.36	0.0000
日尿汞($\mu\text{g/day}$)	暴露總量	0.02	0.08	0.0810
血汞($\mu\text{g/dl}$)	暴露程度	1.85	0.04	0.1629
血汞($\mu\text{g/dl}$)	暴露總量	0.00	0.00	0.8629

*：表示呈統計上之意義性

a：低暴露=1，中暴露=2，高暴露=3

b：暴露程度×服務月數

表5、生物檢體汞含量與各自變項之複迴歸線(n=37)

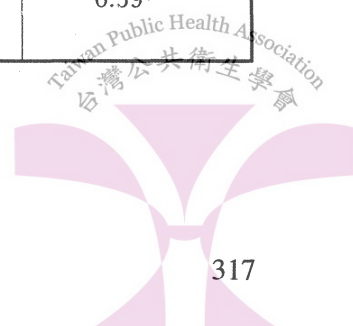
編號	應變數	自變數	迴歸係數	複迴歸 R-Square
1	髮汞 ($\mu\text{g/g}$)	常數項 暴露程度a 最後暴露	-19.13 17.28* 22.72*	0.33**
2	髮汞 ($\mu\text{g/g}$)	常數項 暴露總量b 最後暴露c	-30.50 0.06*** 27.83***	0.53***
3	平均尿汞 ($\mu\text{g/l}$)	常數項 暴露程度 最後暴露	2.18 9.28** 11.26**	0.49***
4	平均尿汞 ($\mu\text{g/l}$)	常數項 暴露總量 最後暴露	7.41 0.02* 15.11***	0.46***
5	日尿汞 ($\mu\text{g/day}$)	常數項 暴露程度 最後暴露	-2.27 15.79** 17.56**	0.48***
6	日尿汞 ($\mu\text{g/day}$)	常數項 暴露總量 最後暴露	12.11 0.02 24.65***	0.39***

* P<0.05 ** P<0.01 *** P<0.001

a：低暴露=1，中暴露=2，高暴露=3

b：暴露程度×服務月數

c：清理電解槽=1，其它=0



討 論

有些研究指出在離開暴露後至少一年內，血液中之汞含量均能與原暴露程度呈線性相關[12]，但由本次結果顯示，血汞含量則無此特性，這可能與血中汞之半衰期只有3-4天有關；反觀髮汞及尿汞在作業員離開暴露40天後似乎仍可反映原來汞暴露之程度，可見蓄積體內之汞可能仍大致上會按其在不同組織及體液之半衰期而存留。一般認為汞的生物半衰期在血液內只有3-4天，肺1.7天、腎64天、胸43天、腦1年，故血汞含量只反映當時之暴露，而尿汞才是長期暴露之指標[8,13,14]，本次測得之髮汞及尿汞在排除年齡、年資及最後一次暴露的影響後，似乎可以為體內汞蓄積量追蹤之指標(表2及表5)。而其中髮汞與尿汞值之間也呈顯著相關，可見兩者均可能作為體內汞暴露程度的指標。但髮汞因清洗方法仍有爭議，其對暴露量之代表性或因此仍受質疑，但在同一樣本群中則可能不致影響相對濃度關係的推論。

尿汞的代表性則常被以 $\mu\text{g/l}$ 、 $\mu\text{g/day}$ 或 $\mu\text{g/g creatinine}$ 方式來討論，近年來研究比較傾向後兩者[15]，但因以往文獻對尿汞的討論以 $\mu\text{g/l}$ 作單位者為多，本文沿用為平均尿汞之單位，乃為了比較上之方便。而以檢體性質而言，每日尿中總汞量比平均尿汞應更具代表性，但本研究由於數目不多，似乎尿中每日總汞量與平均濃度均可作為暴露指標(見表5)。由於平均濃度被較廣泛用於探討各種汞中毒症狀，故未來似乎仍需三者同時考量。

追蹤檢查的指標雖以尿汞為最適當，但應追蹤至何種程度方為適當，至今猶無定論，沒有研究可以指出何者是腦部汞蓄積量之最佳指標。1969年最大容許濃度的被認定[16]，以非暴露人口檢體測定值的95%百分位值為標準，個人尿汞值應在 $20\ \mu\text{g/l}$ 以下，血汞在 $3\ \mu\text{g/dl}$ 以下，而WHO的叢書中提出，汞非特異性症狀之出現則在相當於血汞 $3.5\ \mu\text{g/dl}$ ，尿汞 $150\ \mu\text{g/l}$ 以上[17]，近

年來有些研究認為尿汞 $50\ \mu\text{g/l}$ 為出現症狀時合理的臨界值[18-20]，但接著也有尿汞約在 $50\ \mu\text{g/l}$ 就有精神症狀出現的報告[21,22]，因此提議 $25\ \mu\text{g/l}$ 似乎是較合理之數值[23,24]，而有的研究則顯出尿汞值約在 $20\ \mu\text{g/l}$ 以下也有會輕微降低心臟血管反射作用及記憶障礙的現象[25,26]，因為汞中毒其他可能干擾因素多，其個體差性大[8]及尚有許多未能察覺的臨床前期障礙[27]，實應降低標準較安全，故Knight [28]建議無機汞暴露之正常值應在尿汞 $10\ \mu\text{g/l}$ 以下，而此值只反應沒有病變之正常值，至於與腦內已蓄積之汞含量有否關連，是否能夠推測腦汞也排出，還有待探討。

至於血汞因只能反映短期內之暴露，故在長期暴露之評估中，並不具太大意義，僅能供輔助參考之用，且因測定上之方便，一般仍以 $3\ \mu\text{g/dl}$ 為標準即可。頭髮若能分段測量其含汞量，則可依生長速度進一步推測受污染的時間，再配合血液、尿液測定值及臨床觀察診斷，則對職業病的判定更有助益[9]。

本研究中尿汞達 $20\ \mu\text{g/l}$ 者有18名，其中達 $50\ \mu\text{g/l}$ 以上者佔5名，最高達 $105\ \mu\text{g/l}$ ；而血汞在 $3.5\ \mu\text{g/dl}$ 以上者僅4名；其中只有一名血汞為 $2.0\ \mu\text{g/dl}$ 、尿汞為 $32.2\ \mu\text{g/l}$ 者有輕微之視野縮小及手部顫抖的現象，被視為汞中毒之可疑案例外，其餘均無明顯症狀，但因未知腦汞之實際含量，其後續影響仍需追蹤。

鹼氣工廠作業員之汞暴露，以與電解槽直接接觸者為最嚴重，故追蹤檢查對象應以其為第一優先，而接觸迴流水之鹽水廠及供水廠員工之汞暴露為中度，成品廠之運輸及化驗人員為低暴露群。至於追蹤檢查之指標，髮汞及尿汞皆可行，但以尿汞更佳。其追蹤檢查的期間至少要使其尿汞值降至 $10\ \mu\text{g/l}$ 以下，血汞 $3\ \mu\text{g/dl}$ 以下，較為安全，但仍不能保證腦汞已降低或不再有汞中毒相關症狀之發生。故對於已暴露者之追蹤而言，腦汞指標之探討相當重要，尚待努力。

誌 謝

本研究之完成蒙清大楊末雄教授指導汞含量測定及國防醫學院劉紹興教授、師大吳家成教授及臺北醫學院許東榮教授對論文之指正；也感謝衛生署環境病及職業病防治中心經費上的支援及藥物食品檢驗局儀器上的支援。

參考文獻

- Bernard A, Lauwerys R. Epidemiological application of early markers of nephrotoxicity. *Toxicol Lett* 1989; **46**: 293-306.
- 林志森·鹼氣工廠水銀污染防治。工業污染防治 1985；**13**：58-54。
- 李錦地、張嵩林、王松賓、洪正中、易國楨·台灣農漁業環境汞污染之調查研究。台灣：台灣省水污染防治所，1982：52。
- 呂世宗、張嵩林、洪正中、楊末雄、羅健苗·鹼氣工廠環境汞污染之調查研究。工業污染防治 1985；**14**：21-39。
- 台灣地區牡蠣中多氯聯苯、碳氫化合物、有毒重金屬及農藥含量研究調查報告。台北：行政院衛生署環境保護局，1986：22。
- 黃金旺、呂進榮·頭髮中Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Zn等金屬元素含量分析。環境保護學會雜誌 1978；**2**：34-41。
- 潘登昌、林賢美、蔡錦蓮·以冷蒸氣原子吸收光譜法測定鹼氣工廠作業員工尿中汞濃度之研究。Kaosiung J Med Sci 1985；**1**：667-674。
- Enwonwu CO. Potential health hazard of use of mercury in dentistry: critical review of the literature. *Environ Res* 1987; **42**: 257-274.
- 楊正焰、林賢美、江季勛、楊末雄·以儀器中子活化分析法探討頭髮及手指甲中砷汞含量作為暴露指標之可行性的研究。核子科學 1985；**22**：97-103。
- 陳榮顯、王念夏、柯景南、魏如津、黃美華、楊末雄·利用中子活性分析及原子吸收光譜法測定環境及生物試樣中汞含量。化學 1982；**40**：45-51。
- BMDP Statistical Software Inc. BMDP Statistical Software PC User's Guide. Losangeles, California: BMDP Statistical Software Inc. 1987.
- Lauwerys R. Industrial chemical exposure: guidelines for biological monitoring. California: Biomed. 1983; 40-44.
- Tslev DL, Zaprianov ZK. Biological and toxicological characteristics of individual elements. In: Atomic absorption spectrometry in occupational and environmental health practice (vol I) analytical aspects and health significance. Florida: CRC press. 1983: 158-169.
- Cherian MG, Hursh JB, Clarkson TW. Radioactive mercury distribution in biological fluids and excretion in human subjects after inhalation of mercury vapor. *Arch Environ Health* 1978; **109**: 114.
- Barber TE and Wallis G. Correction of urinary mercury concentration by specific gravity, osmolality, and creatinine. *J Occup Med* 1986; **28**: 354-359.
- Berlin MH, Clarkson TW, Friberg LT, et al. Maximum allowable concentration of mercury compounds. *Arch Environ Health* 1969; **19**: 891-905.
- Marsh DO. The neurotoxicity of mercury and lead. In: O'Donoghue JL, eds. Neurotoxicity of Industrial and Commercial Chemicals. Florida: CRC press. 1985; 160-169.
- Buchet JP, Roels H, Bernard A, Lauwerys R. Assessment of renal function of workers exposed to inorganic lead, cadmium or mercury vapor. *J Occup Med* 1980; **22**: 741-750.
- Roels H, Gennart JP, Lauwerys R, Buchet JP, Malchair J, Bernard A. Surveillance of workers exposed to mercury vapor: validation of a previously proposed biological threshold limit value for mercury concentration in urine. *Am J Ind Med* 1985; **7**: 45-71.
- Barregard L, Hultberg B, Schutz A, Sallsten G. Enzymuria in workers exposed to inorganic mercury. *Int Arch Occup Environ Health* 1988; **61**: 65-69.
- Piikivi L, Hanninen H, Martelin T, Mantere P. Psychological performance and long-term exposure to mercury vapors. *Scand J Work Environ Health* 1984; **10**: 35-41.
- Taskinen H, Kinnunen E, Riihimaki V. A possible case of Mercury-related toxicity resulting from the grinding of old amalgam restoration. *Scand J Work Environ Health* 1989; **15**: 302-304.
- Hudson PJ, Vogt RL, Brondum J, Witherell L, Myers G, Paschal DC. Elemental mercury exposure among children of thermometer plant workers. *Pediatr* 1987; **79**: 935-938.
- Soleo L, Urbano ML, Petrera V, Ambrosi L. Effects of low exposure to inorganic mercury on psychological performance. *Br J Ind Med* 1990; **47**: 105-109.
- Piikivi L. Cardiovascular reflexes and long-term exposure to mercury vapour. *Int Arch Occup Environ Health* 1989; **61**: 391-395.
- Piikivi L, Hanninen H. Subjective symptoms and

- psychological performance of chlorine-alkali workers. *Scand J Work Environ Health* 1989; **15**: 69-74.
27. Bernard A, Lauwerys R. Epidemiological application of early markers of nephrotoxicity. *Toxicol Lett* 1989; **46**: 293-306.
28. Knight AL. Mercury and Its Compounds. In: Zenz C, eds. *Occupational Medicine: principle and practical applications*. 2nd ed. Chicago: Year Book Med. 1988: 590-596.

OCCUPATIONAL EXPOSURE AND MERCURY CONCENTRATIONS IN BLOOD, URINE AND HAIR AMONG CHLORALKALI EX-WORKERS

CHING-YING YEH¹, JUNG-DER WANG²

The mercury pollution of the agricultural and marine environment in Taiwan by chloralkali plant waste was reported before. The purpose of this study is to determine the relationship between the history of occupational mercury exposure and mercury levels in various biological material of chloralkali ex-workers. Mercury concentrations in urine, blood and scalp hair of 40 workers in a chloralkali plant were determined by cold vapor atomic absorption spectrophotometry. The employment history of workers was collected with a questionnaire. The range and arithmetic mean (\pm standard error of mean) of mercury levels were 1.6-105.5 $\mu\text{g/l}$ and 25.5 (± 3.5) $\mu\text{g/l}$ in urine, 1.2-4.4 $\mu\text{g/dl}$ and 2.7 (± 0.12) $\mu\text{g/dl}$ in blood, and 2.0-258.5 $\mu\text{g/g}$ and 24.2 (± 8.0) $\mu\text{g/g}$ in

hair. For 14 of the workers who were working in the electrolysis tank area and directly exposed to mercury vapor, the blood levels were not different from others. However, the urine and hair levels were significantly elevated in high exposure group (Mann-Whitney test, $p < 0.05$): 42.6 (± 6.7) $\mu\text{g/l}$, 64.4 (± 11.5) $\mu\text{g/day}$ in urine and 57.4 (± 19.6) $\mu\text{g/g}$ in hair. Moreover, the hair and urine mercury levels was positively correlated (Kendall correlation coefficient = 0.38, $P < 0.05$). These results suggest that urine and hair mercury levels may be used as indices of long-term exposure to mercury, even though these workers have not been working in chloralkali plant for 40 days before this examination. (*J Natl Public Health Assoc (ROC)*: 1991; **10**(5): 313-320)

Key words: *Chloralkali Workers, Mercury, Blood, Urine, Hair*

¹ Department of Public Health, Taipei Medical College, Taipei, Taiwan, R.O.C.

² Center for Research of Environmental and Occupational diseases, Institute of Public Health, College of Medicine, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.