

汞與汞齊

鍾國雄

一、前言

在十一月十三日星期二國內某報章的醫藥新聞版曾以「補牙用銀粉，可能持續釋汞」作為頭條新聞，渲染一個在牙醫界經歷多次爭議的「老問題」，由於「汞齊」一直是牙醫師的「最愛」材料之一，為了讓大家能對汞和汞齊有一份認識和資料作為參考，筆者將手邊的文獻整理，期望能與牙醫界同仁共享。

二、汞

汞是一種在室溫呈現銀白色的液態金屬，原子序為 80、密度為 13.6、原子量為 200.59、飽和蒸氣壓為每立方米 18 毫克汞、熔點為攝氏 -38.87 度、沸點為攝氏 356.58 度，在低於其熔點溫度環境內為白色固體，高於沸點為一種無色的蒸氣，化學符號為 Hg，乃源自拉丁文之 hydrargyrum 意謂液態銀，西文用辭方面常稱之為 quicksilver。綜合而言，汞的特徵是在常溫呈液態，高氣化壓力（在攝氏 37 度時為 0.005 毫克汞）、高表面張力和易與其他金屬作用合成汞齊合金；物理性質方面更是具有均勻的體膨脹現象和導電性，因此，在溫度測量儀器和電池工業製造上扮演重要的角色。

同時，由於汞金屬在常溫環境裏呈現液態且易揮發成蒸氣，而汞蒸氣具有劇毒，因此，在操作使用汞金屬時，必須特別注意安全和衛生，錯誤的處理將造成環境的嚴重污染和汞蒸氣的過量存在，對於工作人員在吸入過量的汞蒸氣後，將造成急性吸入中毒的症狀，文獻中更有死亡病例的報導。在長期吸收高濃度汞金屬將造成慢性中毒的現象，其毒性機轉主要源於汞金屬可與細胞和組織結構內不同功能基組產生親和作用，特別是組織成份中含 $-C1$ 、 $-NH_2$ 、 $-SH$ 等分子結構最易發生結合，而影響細胞的正常生理功能，例如：細胞膜的滲透性、酶分子的活性等等，最終導致細胞的死亡。身體各部位組織，由於汞離子在體內細胞中可透過細胞膜而擴散至全身，例如存在於紅血球、漿細胞等，結果造成腎、肝、肺、腦和神經細胞等組織都有汞的含量，而受影響的身體組織以神經組織的受害程度較明顯和嚴重。在慢性中毒的臨床特徵以神經組織病變徵狀為主，其中以意向性顫抖最明顯，除了呼吸道的吸入過量的汞蒸氣造成急性中毒現象外，經由皮膚和口腔腸胃道也是汞金屬進入體內的可能途徑。但是，一般情況下吸收的量較呼吸經肺臟吸收為低。在吸收率的比較下，誤吞由於咬用溫度計破裂而溢出的汞進入腸胃道時，醫師通常須做特別的治療處理，只須觀察和進行保守性的治療，原因是腸胃道對汞金屬的吸收祇有萬分之一，此乃表示幾乎同量的汞金屬將會伴隨腸胃道排泄物出體外。

三、汞齊

牙科用汞齊主要是由銀、錫、銅為主的合金粉與金屬汞混合研磨而成之合金。汞用於汞齊的調配乃由於合金成份銀、銅、錫均能溶解於汞金屬內，並能因為過飽和現象而析出結晶化合物，此過程的進行使汞齊自研磨後至充填入牙齒窩洞，最後硬化成填物，汞齊反應也近於完成。迄今，經過百年以來的臨床使用經驗和研究顯示，汞齊乃具備安全、耐久而

作者／國防醫學院牙醫學士／美國芝加哥西北大學牙醫學院生物材料學系碩士／美國芝加哥西北大學牙醫學院生物材料學系博士／台北榮民總醫院牙科部主治醫師／國立陽明醫學院牙醫系副教授

本低廉等優點，是牙體復形工作上最廣被應用的牙科充填材料。

四、汞齊反應作用

目前汞齊材料分類方法之一，乃根據汞齊合金中銅的含量，可分為低銅汞齊合金和高銅汞齊合金兩大類型材料。前者依據美國牙醫協會所訂的規範，銅於汞齊合金成份中含量為少於百分之六重量比；而高銅類材料，合金中銅的含量約在百分之十二至三十重量比之範圍。現有的國際標準組織和我國國家標準所制定之牙科用汞齊合金化學組成中，其中含量：銀含量比百分之四十以上、錫為百分之卅二以下和銅為百分之三十以下。

1. 低銅合金之汞齊作用：

低銅汞齊合金與汞所發生之化學作用，可以下列方程式表示：



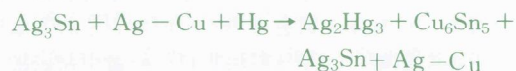
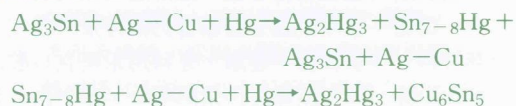
以上的作用方程式經實驗證明，在汞齊反應作用過程中，首先是合金中銀、錫成份經研磨作用而溶解在液態汞裏，然後形成結晶，直至過飽和，出現結晶沈澱，而最後硬化成為汞齊。在溶解過程中，銀在汞中的溶解度為 0.035 重量百分比，遠低於錫之 0.6 重量百分比。因此，在汞齊形成作用中，首先發生結晶析出沈澱而成為汞齊基質的是銀汞相化合物（ Ag_2Hg_3 又稱伽瑪一相合金），繼而沈積出現的是錫汞相化合物（ Sn_{7-8}Hg ，又稱伽瑪二相合金）。當伽瑪一相和二相合金晶體形成的初期，汞齊質地是柔軟的，臨床上正是可以便利牙醫師擠壓汞齊材料進入牙齒窩洞和進行復形的雕刻工作；此時汞齊的內部正繼續不停地進行反應作用，經過一段時間（此時間正是臨床之操作時間）之後，所使用與合金粉末進行作用之汞金屬完全將被耗盡，生成不同的合金成份；而每顆參與作用之合金粒子表面都被上述兩種新形成的合金化合物所覆蓋並相聯結在一起，而成為最後生成物：汞齊的基質；在汞金屬被耗盡的同時，整個汞齊形成作用和反應速率都驟減。一般而言，合金粉末與汞金屬以 1 比 1 的比例（重量比）混合作用成汞齊，從化學反應的平衡計算所得此重量比例的汞，是不足以完全消耗銀錫合金粉末，結果在生成物汞齊內仍有原先參與反應而未被作用的銀錫合金存在，經計算結果未被作用之銀錫合金，在硬化的汞齊內含量約為百分之卅一體積比。

成份中的銅，因為含量低且存在於銀錫合金之內

，迄今未有文獻報告此含量低的銅成份在汞齊內是否有合成新的銅化合物。

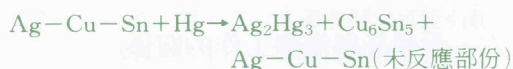
2. 高銅合金之汞齊作用：

市售之高銅汞齊合金，因顆粒的形態和成份可分為混成式（admixed type）和單一組成式（unicompositional type）兩類，前者粒子並不全是同一形狀和成份組成。當與汞混合時，銀和銅自銀銅合金粒子和銀與錫自銀錫合金粒子進入汞金屬內作用，如前述有關銀、錫金屬在汞內的溶解度，此時銅的溶解度經研究報告約為 0.002 至 0.003 重量百分比。換言之，在同重量金屬和環境條件中，銅祇與一毫克汞金屬相溶解，而銀則為 15 毫克和錫為 200 毫克的汞金屬。因此，含有銀錫合金為主要成份粒子的混成式汞齊合金，將在作用中與汞起主要的反應，餘下少量汞與高銅量的粒子起反應，相同於低銅合金汞作用裏的銀錫反應，形成伽瑪一相與伽瑪二相合金和未作用的銀錫粒子部份；然而，此時新形成的錫汞相化合物，將與銀銅合金粒子作進一步作用，合成銅錫相化合物（ Cu_6Sn_5 ）伴同伽瑪一相化合物環繞於銀銅粒子周圍，因此，混成式高銅汞齊在反應作用初期將有錫汞化合物形成，繼而被再反應成為銅錫化合物，反應方程式摘錄如下：



在消除錫汞化合物的反應作用，經估計合金粒子中含銅的成份至少為百分之十二重量比，才將可以獲得較理想的反應結果。

單一組成式汞齊合金在反應過程中，金屬成份在汞內的溶解度同樣扮演重要角色，因為各粒子本身都含有高銅量成份，所以混成式的各項反應仍在同一粒子表面同時發生，所產生的錫汞化合物將同時繼續作用直至耗盡消除為止，而與混合式汞齊合金內之高銅粒子（銀銅粒子）表面消失的轉機不同，反應方程式為：



以上汞齊形成作用反應過程中，結果生成物內將不會有剩餘的游離態金屬汞出現。

至於汞齊在口腔內複雜化學環境和受咬合力所引起的腐蝕作用，汞齊的化合物成份，將分解而可能產生金屬態離子。然而，多項歐美的研究報告在解釋

汞齊填補物邊緣失敗機轉時，認為由於腐蝕作用所釋放出的汞，將自填補物的外緣向汞齊內部滲透，並繼續以上汞齊形成作用反應。但是，當汞齊合金內銀的成份低於百分之四十二重量比時，實驗證明在填壓過程中，若操作不妥，將會造成游離態金屬汞的存在於汞齊內，無法完全消耗作用。然而，目前市售的汞齊合金含銀量均在百分之四十二以上。

雖然汞齊本身不含金屬態汞，但是，牙科從業人員包括牙醫師和助理人員，仍然可能會發生汞中毒的高度危險性。Jaselow 等學者指出，每天參與汞齊製配和操作牙科同仁，都有可能發生汞吸入身體的現象，原因是在汞齊合成作用操作過程中，在機械研磨和填壓作用中所擠出汞齊內過多的汞，及修磨工作時，均會產生汞蒸氣和汞齊微粒，繼而被工作人員和患者吸入體內，幾乎是無法避免的。再者，在汞金屬的儲存和用後處理方面，由於汞的氯化能力十分強，所以在使用汞的環境內，易有汞蒸氣量過高的污染現象發生，因此，牙科從業人員必須按照正確操作處理汞齊，才可維持清潔、健康和安全的工作環境。

五、汞齊之生物相容性

關於汞齊之生物相容性，雖然正反面的研究報導很多，但是，迄今美國牙醫協會仍堅持汞齊是安全的填補材料，多項報告中建議，牙科用汞齊在口腔內經腐蝕作用後，將可能釋放出汞的成份，但是由於量十分微少，因此對於患者將不致產生健康危害和造成病變發生，只有極少數患者個人可能會對汞起過敏反應。很多文獻報告汞和牙科用汞齊可能會引起過敏反應和症狀，典型的症狀很多出現於汞齊填補治療後數小時之內，疹塊多會發生在患者的臉部而甚少出現於口腔內，同時頸部和四肢彎屈皺褶部位，都會出現此類紅疹塊，繼而惡化成皮膚炎。典型的病灶將持續十到十四天，症狀的出現以婦女居多，發生率經估計為少於百分之一。處理方面，一般建議是磨除原先的汞齊填補材料，換以金合金嵌體或是非金屬填補材料，再作鑑別診斷。症狀方面，可予患者抗組織胺藥物作症狀治療。

六、汞與牙科治療工作的關係

最早可查關於牙科診療室內汞含量的研究文獻，是在 1949 年，爾後由於牙醫師和助理人員的重視，有關此類報告便不斷地出現。在研究牙科診療室汞蒸氣含量時，研究人員多以空氣中閾限值每立方公尺內含 0.05 毫克為基準，此值仍美國政府工業個人衛生

部門經 1984 年會議所訂立的，亦即代表汞的最高安全環境空氣中的含量，在此環境中，每天工作 8 小時，每週 40 小時，工作人員不會產生任何健康受損症狀，Jaselow 等學者，在 1968 年測量 50 家牙科診療室汞的含量，汞蒸氣的平均值，在診療室和候診室中分別為每立方公尺 0.02 和 0.018 毫克，箇中的範圍，由每立方公尺 0.002 至 0.1 毫克。Gronka 等學者，測量 59 間牙科診療室的結果：14 間含汞量為每立方公尺 0.05 至 0.009 毫克，33 間為每立方公尺 0.010 至 0.045 毫克，6 間為每立方公尺 0.05 至 0.095 毫克。Miller 等學者，在 1974 年調查 60 位牙醫師工作的時間長短、地板的型式、檢驗時取樣的地方、位置和時間與使用汞齊的治療範圍有關。Kantor 和 Woodcook 學者在其一項 58 間牙科診療室的測量調查後認為，診療室內空氣中汞含量與地板的型式沒有直接的關係；然而，事實上可能在汞金屬外溢到地板上的意外發生後，有地毯覆蓋或有裂縫的地板在清理去污過程中將加倍困難且不易達成，再者，汞滴落在地毯後其顆粒大小將因為地毯的絨毛和人為踐踏，改變顆粒的大小並增加表面積而升高其蒸發的程度。

汞的污染可從牙科治療工作的步驟中造成，例如：裝配汞齊成份的膠囊有外洩或滲漏現象；當填補工作使用汞齊時，目前雖然已經從過去污染情況甚高的手研磨，改進為機械性預裝配型的汞齊研磨操作，然而，汞與合金在高速機械性研磨時，若膠囊的封閉性有缺陷，囊內的合金粉末會隨振動而洩漏散播開來，強大的振動力量也會使汞齊合金在膠囊內產生摩擦熱量，當研磨完畢，牙科助理員將膠囊打開以取出磨好的汞齊時，會發生短時間性的高汞蒸氣污染。

在磨除汞齊填補物過程中，也可能發生汞污染的現象；Brune 等學者曾作詳細的報告，如不採用噴水的冷卻作用時，短時間之內汞含量的值將遠超過閾限值。使用碳鋼針而無噴水冷卻下切割時，汞蒸氣濃度達每立方公尺 0.05 至 0.19 毫克，而汞齊固體顆粒為每立方公尺 0.27 至 0.52 毫克。在 1983 年 Reinhardt 等學者，測量 5 位患者在置入和磨除汞齊填補物時呼出空氣中汞的含量，在 4 種不同保護，磨除和置入操作情況下比較，結果顯示只有在乾燥磨除的情形才會發生短暫時間（約 10 分鐘）的高汞蒸氣含量情況出現，而此情形可以在操作步驟中使用濕切磨，高效率吸除器和橡皮障防護而避免發生。

Svare 等學者測量在室溫中硬化汞齊表面汞蒸氣的濃度，結果發現在 100 分鐘之內，汞的濃度自每平方厘米 0.068 微克降至零。經咀嚼後汞的釋放情形，

Gay 等學者研究 5 個患者報告，顯示咀嚼前呼吸濃度為每十次呼吸有 0.014 至 0.022 微克汞量，咀嚼後每十次呼吸為 0.064 至 0.244 微克汞量，而控制組在咀嚼前後均為十次呼吸 0.001 至 0.006 微克。在最近的一次研究報告中，經 40 位患者的研究測定，咀嚼前呼氣內有和無汞齊填補患者的值，分別為每立方公尺含 0.88 和 0.26 微克，咀嚼後含量每立方公尺分別含 13.74 和 0.03 微克。Svare 和 Vimy 認為，汞含量的高低與汞齊填補數目成正比。Vimy 和 Larscheider 在連續測量口腔內空氣含量時，發現在口腔內有汞齊填補物其計算之汞量每天平均為 19.85 微克；此數字結果與 Brune 計算個人每天從食物和飲水所吸收汞的量約為 20 微克相近。

因此，大家擔心使用汞齊填補後，是否會有長期汞侵犯的問題出現，根據以上各項最新的報告，資料和數據顯示如學者 Brune 的數字計算，以汞齊補牙後可能產生汞蒸氣的量比每天在飲水和食物所吸收的量還低，數量之微少，不足以構成健康的危害。

有關汞蒸氣吸入人體內其代謝過程，經同位素追蹤研究結果，大約百分之七十四吸收汞金屬將暫時留在體內，平均百分之七存留在體內的汞將從呼吸中呼出的，半衰期為 18 小時，身體其他部份對汞清除的情況，可從其平均存在的半衰期而了解：頭部組織為 21 天、腎臟 64 天、胸腔 43 天和全身估計約 58 天。

國內近年來，曾陸續就有關牙醫師和助理人員體內是否有汞含量之調查發表：楊正焰等學者在研究頭髮及手指甲中汞和汞含量作為暴露指標之可行性時，發現牙醫師頭髮的汞濃度稍有偏高的變化，同期，阮榮泰和羅文智醫師在調查高雄市牙科執業人員尿中汞含量的報告上，發現平均值高於對照組，但仍在正常值範圍之內。連集賢等學者在一項新竹市牙科診所醫事人員的調查中，也得到與前者相近的結果，然而，林美賢學者的研究報告中發現，在 32 位牙醫師頭髮中汞含量之數值遠高於對照組，但是汞含量仍比可能引起中毒濃度低甚多。

陽明醫學院公衛所梁玲郁醫師曾在去年發表研究 92 名國內牙醫師和 80 名銀行等其他行業的工作人員其頭髮和尿液，分析其含汞的濃度，並作比較，結果顯示牙醫師組較高，但含量十分微小，比正常安全容許量低很多，不足以影響健康。

在國內，有關汞中毒或是汞齊過敏的個案甚稀少，至今仍未發現有牙科工作人員發生汞中毒的個案報告。而牙科執業人員之汞中毒事件，曾見載於國外文獻，如 1969 年，Cook 和 Yates 等學者所報告的一

位工作超過 20 年的女性牙科助理人員，由於工作上的疏忽，導致吸收大量汞蒸氣個案，因急性腎衰竭而死亡，經屍體解剖和特殊組織染色顯微鏡觀察發現，其腎臟中積有大量的汞顆粒，證實了死亡誘因乃是疏忽造成之中毒意外事件。1974 年 Merfield 等學者報導，有關由於牙科助理人員在牙科診所內，將汞金屬誤溢出，又無進行有效徹底清除，而造成 4 位牙科同仁因吸入汞蒸氣而發生中毒的現象。然而，根據前述有限的國內外資料顯示和少數牙科診所環境的現況，汞金屬和汞齊的處理操作和個人衛生所需注意的事項，實在有加強宣導的必要。

七、汞與汞齊個人衛生注意事項

美國牙醫協會牙科材料和儀器委員會，於 1976 年曾公佈牙科汞金屬衛生注意事項，現列述如下：

1. 將汞儲存在不易破碎而緊密的容器內。
2. 在不滲漏或無裂縫的地板環境內，進行與汞有關的各種操作，則可容易清理或回收可能誤溢出的汞和汞齊。
3. 儘量徹底清理任何誤溢出的汞，汞滴可用牙科治療椅的低容積吸收器接上可換清洗之空瓶裝置吸收乾淨。
4. 在調配汞齊時，採用緊密閉鎖之膠囊。
5. 處理汞齊時，採與身體或皮膚不直接接觸的技術。
6. 雕刻後和剩餘的殘汞與汞齊應儲存在水裏或去污之化學溶液內。
7. 在空氣暢通之空間內工作。
8. 因為去污方法不易徹底進行，應避免在治療室使用地毯佈置。
9. 避免使用含有汞金屬的其他溶液作治療用。
10. 避免將汞和汞齊加熱。
11. 修磨汞齊填補物時，使用噴水和強力抽吸裝置。
12. 不採用高速振動之汞齊擠壓器具，使用一般的機器和手工具進行復形工作。
13. 每年應作定期進行牙科工作人員身體汞含量的體檢。
14. 牙科診療室應作定期汞蒸氣的鑑定。
15. 對牙科工作人員，進行宣導有關汞可能引起的危險和毒性，及如何才能獲得良好的汞操作和衛生步驟。

處理殘餘的汞和汞齊時，在儲存瓶內可加入有效的去污藥品，以減低汞的污染。除了市售的專門藥品之外，最簡便的方法是採用沖洗 X 光照片的固定液（內含硫代硫酸鈉），可與汞發生化學作用而大大減

低其蒸氣的發生機會，同時在收集並去除誤溢的汞滴時，可先於污染地區灑上硫磺粉末，硫將與汞作用成硫化物存在於汞滴表面，而抑制汞的蒸氣發生。在調配汞齊時，目前市售膠囊預配包裝十分普遍，臨床上，為避免汞的外溢而造成環境污染，應採用良好的預先裝好的膠囊包裝材料，文獻報告，此舉幾乎可完全避免汞經皮膚吸收之可能，在使用此類汞齊膠囊時，應選擇在研磨前膠囊是完全封閉式的。在高速機械性混成時，便不會因為膠囊的滲漏而造成汞蒸氣外洩污染的發生。此外，如膠囊是屬於可套回式的，倒出混成的汞齊後應立刻套回膠囊，以免膠囊內殘餘汞滴造成污染，並作正當的拋棄處理。一般而言，此類膠囊是屬於使用完畢拋棄式的，不應回收再次使用，造成環境污染現象。工作環境的通風設備要良好，不採用封閉式回流空調系統，應採開放式換氣系統，使診療室內的空氣能與外界交換，減低室內汞蒸氣量積聚升高的可能。

八、結論：

汞是汞齊的主要成份，雖然汞金屬對人體可能會產生毒害，特別是在牙科診療環境中，倘若使用不妥、衛生處理不當，便可能引起汞蒸氣的產生，導致汞吸入性中毒。然而，在正確汞齊使用和操作下，牙醫師、助理人員和患者都不會遭受汞的威脅和毒害。唯一可能發生於患者的問題，是個人對汞或汞齊產生過敏症狀，根據文獻統計結果顯示，發生率低於百分之一。汞齊作為填補材料，已經歷一世紀以上的臨床考驗，證實為堅固耐久的填補材料，在操作使用汞和汞齊時，牙醫師與助理人員有責任防止污染和毒害發生。

參考資料

1. Mark HF, et al: Encyclopedia of chemical technology. 3rd ed. John Wiley & Sons, N.Y. pp. 143-155, 1981.
2. Turner FM: The condensed chemical dictionary. 5th ed. Reinhold Pub. Co. N.Y. pp. 700, 1956.
3. Windholz M: The merck index. 9th ed. 大學圖書公司，台北，p. 5732-5733, 1976.
4. Lien DC, et al: Accidental inhalation of mercury vapor: respiratory and toxicologic consequences. Can Med Assoc J 129: 591-595, 1983.
5. Janus C and Klein B: Aspiration of metallic mercury: Clinical significance. Br J Radiology 55: 675-676, 1982.

6. Matthes FT, Kirschner R, Yow MD and Brennan JC: Acute poisoning associated with inhalation of mercury vapor. Pediatrics 22: 675-688, 1963.
7. Vroom FO and Green M: Mercury vapor intoxication. Brain 95: 305-307, 1972.
8. Kary RAP, Poskanzer DC, Bullock JD and Boylen G: Mercury poisoning and its treatment with N-acetyl-D, L-penicillamine. N Engl J Med 285: 10-16, 1971.
9. Deichmann WB and Geroide HW: Toxicology of drugs and chemicals. Academic Press, New York, pp. 372-375, 1969.
10. Chung KH: Effects of Palladium on the properties of blended copper-enriched amalgams. Ph.D. Dissertation, Northwestern University, Chicago, pp. 16-21, 1987.
11. Council on dental materials, instruments and equipment: Addendum to American National Standards Institute/American Dental Association. Specification No. 1 for alloy for dental amalgam. JADA 100: 246 1980.
12. Graig RG: Restorative dental materials. 7th ed. C.V. Mosby Co., St Louis, p. 203, 1985.
13. Hansen M and Anderko K: Constitution of binary alloys. 2nd ed. McGraw-Hill book Co., New York, 1985.
14. Phillips RW: Skinner's science of dental materials. 8th ed. W.B. Saunders Co., Philadelphia, pp. 302-334, 1982.
15. Humphreys WJ: The solubility of copper in mercury. J Chem Soc 69: 243-253, 1896.
16. Irvin NM and Runsell AS: The solubilities of copper, maganese and some sparingly soluble metals in mercury. J Chem Soc 891-898, 1932.
17. Okabe T, et al: Analysis of Asgar-Mahler reaction zone in Dispersalloy amalgam by electron diffraction. J Dent Res 56: 1037-1043, 1977.
18. Marshall GW and Marshall SJ: Characterization of the reaction zones of some Cu-rich amalgams. In Biomaterials, edited by Winter GD, et al. John Wiley and Sons Ltd. New York, pp. 335-340, 1982.
19. Marshall GW and Marshall SJ: X-ray diffraction and SEM/EDS analysis of phases in new dental

- amalgams. *J Oral Rehab.* 8: 34-53, 1981.
20. Lin J, Marshall SJ, Chung KH and Greener EH: Structural changes in blending amalgam compositions with Pd additions. AADR Abstract No. 201, 1986.
21. Jorgensen KD: Mechanism of marginal fracture of amalgam fillings, *Acta Odontol Scand* 23: 349-389, 1965.
22. Jensen SJ: Maximum contents of mercury in dental silver amalgams. *Scand J Dent Res* 93: 84-88, 1985.
23. Jaselow M, et al: Absorption and excretion of mercury in man, XV. Occupational exposure among dentists. *Arch Environ Health* 17: 39-43, 1968.
24. National Institute of Dental Research: Workshop biocompatibility of metals in dentistry. *JADA* 109: 469-471, 1984.
25. Thomson J and Russell JA: Dermatitis due to mercury following amalgam dental restorations. *Br J Derm* 82: 292-297, 1970.
26. Duxbury AJ, Watto DC and Ead RD: Allergy to dental amalgam. *Br Dent J* 152: 344-345, 1982.
27. American conference of government industrial hygienists, threshold limit values for chemical substances and physical agents in the workroom environment with intended changes for 1982, ACGIH Publishing office, Cincinnati, 1984.
28. Gronka PA, et al: Mercury vapor exposures in dental offices. *JADA* 81: 923-925, 1970.
29. Miller SL, et al: Mercury vapor levels in the dental office: a survey. *JADA* 89: 1084-1091, 1974.
30. Kantor ML and Woodcock RC: Mercury vapor exposure in the dental office-does carpeting make a difference? *JADA* 103: 402-407, 1981.
31. Brune D, et al: Exposure to mercury and silver during removal of amalgam restorations. *Scand J Dent Res* 88: 460-463, 1980.
32. Reinhardt JW, et al: Exhaled mercury following removal and insertion of amalgam restorations. *J Prosthet Dent* 49: 652-656, 1983.
33. Svare CW, Frank CW and Chan KC: Quantitative measure of mercury vapor emission from setting dental amalgam. *J Dent Res* 52: 740-743, 1973.
34. Gay DD, Cox RD and Reinhardt JW: Chewing releases mercury from fillings. *Lancet* 1 (8123): 985-986, 1979.
35. Svare CW, et al: The effect of dental amalgams on mercury levels in expired air. *J Dent Res* 60: 1668-1671, 1981.
36. Vimy MJ and Larscheider FL: Intra-oral air mercury released from dental amalgam. 64: 1069-1071, 1985.
37. Vimy MJ and Larscheider FL: Serial measurements of intra-oral air mercury: Estimation of daily dose from dental amalgam. 64: 1072-1075, 1985.
38. Brune D: Metal release from biomaterials. *Biomaterials* 7: 163-175, 1985.
39. Hursh JB, et al: Clearance of mercury vapor inhaled by human subjects. *Arch Environ Health* 31: 302-308, 1976.
40. Yang JY, et al: Arsenic and mercury levels in head hair and fingernail as exposure indicators studied by instrumental neutron activation analysis. *Nucl Sci J* 22: 97-103, 1985.
41. 阮榮泰和羅文智：高雄市牙科診斷人員尿中汞含量之調查。高雄醫學雜誌，1：219-225，1985。
42. 連集賢、簡英俊和林文燦：新竹市牙科診斷醫事人員頭髮、指甲、血液及尿中汞含量之研究：台灣省立新竹醫院牙科報告。1986。
43. 林賢美：微量元素之實驗診斷方法論及其臨床應用。高雄醫學院，博士論文，第362-385頁，1985。
44. Cook TA and Yates PO: Fatal mercury intoxication in a dental surgery assistant. *Br Dent J* 127: 553-555, 1969.
45. Merfield DP, et al: Mercury intoxication in a dental surgery following uncrupted spillage. *Br Dent J* 141: 179-186, 1976.
46. Council on dental materials and devices: Recommendations in mercury hygiene. *JADA* 92: 1217, 1976.
47. Council on dental materials instruments and equipment: Recommendations in dental mercury hygiene, 1984. *JADA* 109: 617-619, 1984.
48. 梁玲郁：牙醫師之尿液和頭髮中汞濃度與其工作環境相關因子研究，碩士論文，June 1990。
(部份內容曾刊登於臨床牙醫學 7：25-32 1987。)