

Clinical Significance of Health Surveillance among Workers Exposed to Heavy Metal- Examples from Regulations of the Labor Health Protection

蔡瑞元 醫師

環境及職業醫學部

環境及職業醫學中心

Dr. Jui-Yuan Tsai, MD.

Dept. of Environmental and Occupational Medicine

Center of Environmental and Occupational Medicine



職業活動中對健康的危害 (Occupational Hazards)

- 化學性危害因子 (**Chemical** stresses)
- 物理性危害因子 (Physical stresses)
- 生物性危害因子 (Biological stresses)
- 人體工學性危害因子
(Ergonomic stresses)
- 壓力 (Psychological stress)

化學性危害因子

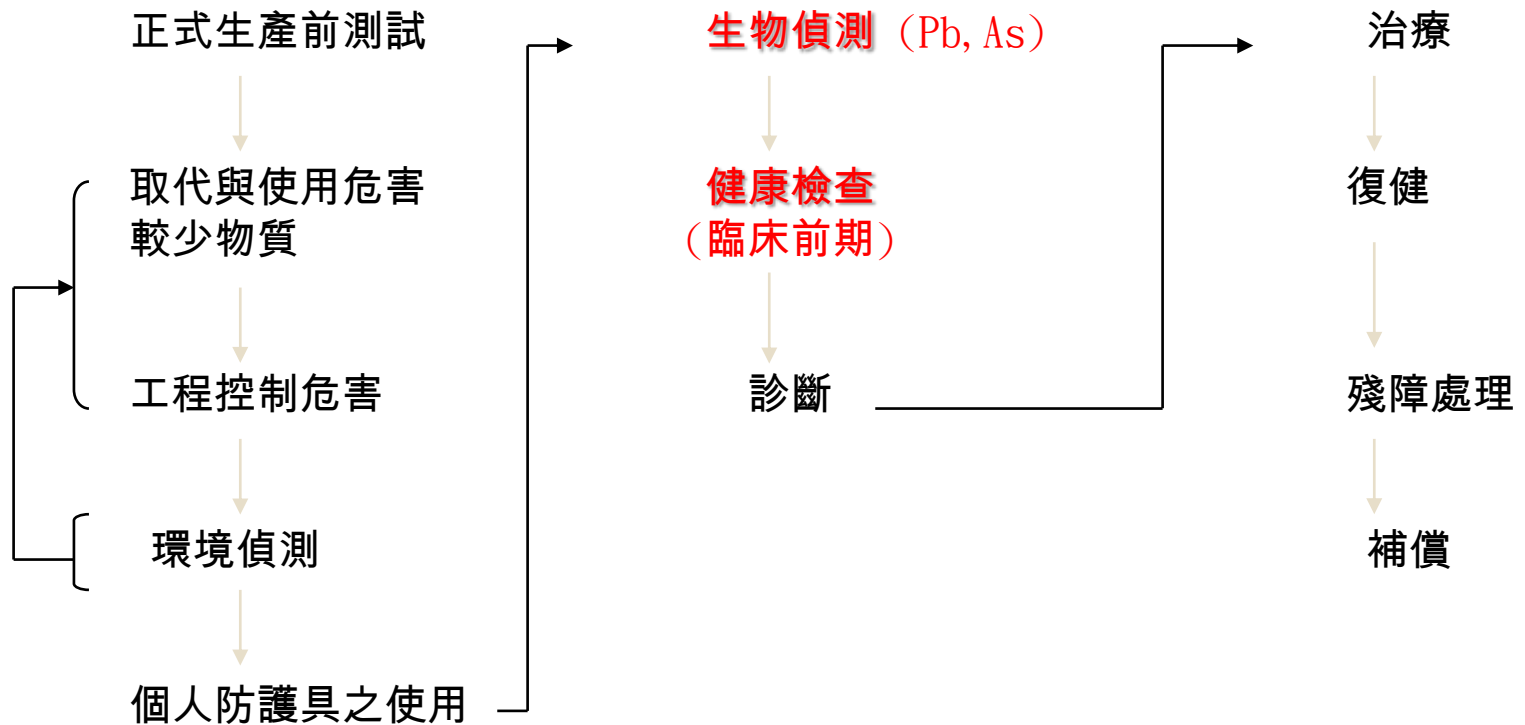
Chemical hazards in regulation

- 鉛 (Lead)、四烷基鉛、粉塵、黃磷、聯吡啶、巴拉刈
- 有機溶劑：
 1. 1. 2. 2-四氯乙烷、四氯化碳、二硫化碳、三氯乙烯、四氯乙烯、二甲基甲醯胺、正己烷
- 特定化學物質或重量比超過1%之化合物：

聯苯胺及其鹽類、4-胺基聯苯及其鹽類、4-硝基聯苯及其鹽類、 β -萘胺及其鹽類、二氯聯苯胺及其鹽類、 α -萘胺及其鹽類、鈹 (Beryllium) 及其化合物、氯乙烯、二異氰酸甲苯、4, 4-二異氰酸二苯甲烷、二異氰酸異佛爾酮、苯、石棉、鉻酸 (Chromium) 或重鉻酸及其鹽類、砷 (Arsenic) 及其化合物、鎘 (Cadmium) 及其化合物、錳 (Manganese) 及其化合物、乙基汞化合物、汞 (Mercury) 及其無機化合物、鎳 (Nickel) 及其化合物、甲醛
- 化學物質或重量比超過5%之化合物：

溴丙烷、1, 3-丁二烯、銦 (Indium) 及其化合物

勞工健檢在職業醫學之角色



基本健康檢查

- **Preplacement assessment:** 職前健康評估
了解員工健康是否符合未來工作需求，工作是否會影響或惡化員工健康，作為未來健康狀況之比較基礎。職前健康檢查除了一般健康檢查項目外，也必須針對員工未來的職務需要(如噪音作業、游離輻射作業等)。
- **Periodic health monitoring:** 定期健康監測
透過定期健康檢查，早期發現員工可能出現之健康問題。
- **Health surveillance:** 健康監測
針對暴露在高危險族群舉辦之健康監測。

勞工健康保護規則

第12條

雇主使勞工從事第二條之**特別危害健康作業**，應於其受僱或變更作業時，依附表十規定，實施各該特定項目之**特殊體格檢查**。但距上次檢查未逾一年者，**不在此限**；對於**在職勞工**，應依附表十所定項目，實施**特殊健康檢查**。

雇主使勞工接受特殊健康檢查時，應將勞工**作業內容**、最近一次之**作業環境監測紀錄**及**危害暴露情形**等**作業經歷**資料交予醫師。

第一項之檢查應參照附表十一至三十七**記錄**，並保存**十年**以上。但游離輻射、粉塵、三氯乙烯、四氯乙烯作業之勞工及聯苯胺及其鹽類、4-胺基聯苯及其鹽類、4-硝基聯苯及其鹽類、 β -萘胺及其鹽類、二氯聯苯胺及其鹽類、 α -萘胺及其鹽類、鉍及其化合物、氯乙烯、苯、鉻酸及其鹽類、重鉻酸及其鹽類、砷及其化合物、鎳及其化合物、1,3-丁二烯、甲醛、銻及其化合物等之製造、處置或使用及石綿之處置或使用作業之勞工，其紀錄應保存**三十年**。

特別危害健康作業

30 Hazardous Works in regulation

10 related with heavy metals – Pb, Be, As, Mn, Cr, Cd, Ni, Hg, In
6 with biologic monitoring

01 高溫作業

02 噪音作業

03 游離輻射線作業

04 異常氣壓作業

05 鉛作業

06 四烷基鉛作業

07 四氯乙烷作業

08 四氯化碳作業

09 二硫化碳作業

10 三、四氯乙烯作業

11 二甲基甲醯胺作業

12 正己烷作業

13 聯苯胺及其鹽類作業

14 鉍及其化合物作業

15 氯乙烯作業

16 苯作業

17 二異氰酸甲苯作業

18 石棉作業

19 砷作業

20 錳作業

21 黃磷作業

22 聯吡啶或巴拉刈作業

23 粉塵作業

24 鉻酸、重鉻酸作業

25 鎘及其化合物作業

26 鎳及其化合物作業

27 乙基汞、汞化合物作業

28 溴丙烷作業

29 1,3-丁二烯作業

30 甲醛作業

31 鈾及其化合物作業

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
sugar ac	v																																
BUN	v																																
Cr	v		v																							v	v						
Na	v																																
K	v																																
Cl	v																																
Hb	v		v		v											v			v		v					v	v	v	v				
RBC			v		v											v			v		v					v	v	v	v				
Hct			v		v											v			v		v					v	v	v	v				
WBC			v													v			v		v					v	v	v	v				
D/C			v																		v									v			
PLT			v													v													v	v			
U_pro	v		v		v	v	v	v	v	v			v						v						v	v	v						
U_OB	v		v		v	v	v	v	v	v			v						v							v	v						
U_sugar			v																														
U_sedi			v										v						v							v	v						
U_cyto													Q																				
EKG	v			Q					v																								
PFT	v		v	v										v			v	v						v		Q	v				v	v	
PTA(Hearing)		v																															
CXR			v	v										v	v			N	v	v	v			v	v		v	v	v		N	v	
X-ray(joint)				Q																													
T3			v																														
T4			v																														
TSH			v																														
ALT			v				v	v	v	v	v				v				v		v								v				
GGT							v	v	v	v	v				v				v		v								v				
抗壓力檢查				v																													
耐氧測試				v																													
Pb_b					v																												
Pb_U						A																											
As_U																			A														
Cd_U																									A								
Ni_U																										A							
Hg_U																												A					
Hg_b																													A				

勞工健康保護規則

第十三條 雇主使勞工從事第二條之特別危害健康作業時，應建立健康管理資料，並依下列規定分級實施健康管理：

- 一、第一級管理：特殊健康檢查或健康追蹤檢查結果，全部項目正常，或部分項目異常，而經醫師綜合判定為無異常者。
- 二、第二級管理：特殊健康檢查或健康追蹤檢查結果，部分或全部項目異常，經醫師綜合判定為異常，而與工作無關者。
- 三、**第三級管理**：特殊健康檢查或健康追蹤檢查結果，部分或全部項目異常，經醫師綜合判定為異常，而無法確定此異常與**工作之相關性**，應進一步請職業醫學科專科醫師評估者。
- 四、**第四級管理**：特殊健康檢查或健康追蹤檢查結果，部分或全部項目異常，經醫師綜合判定為異常，且與**工作有關者**。

前項健康管理，屬於第二級管理以上者，應由醫師註明其不適宜從事之作業與其他應處理及注意事項；屬於第三級管理或第四級管理者，並應由醫師註明臨床診斷。

雇主對於第一項屬於第二級管理者，應提供勞工個人健康指導；第三級管理以上者，應請職業醫學科專科醫師實施健康追蹤檢查，必要時應實施疑似工作相關疾病之現場評估，且應依評估結果重新分級，並將分級結果及採行措施依中央主管機關公告之方式通報；屬於第四級管理者，經醫師評估現場仍有工作危害因子之暴露者，應採取危害控制及相關管理措施。

前項健康追蹤檢查之紀錄及保存，依前條第三項辦理。

第三、四級健康管理 by 中華民國環境職業醫學會

- 鉛 Pb：血中鉛濃度男性 $\geq 40\mu\text{g}/\text{dL}$ 、女性 $\geq 30\mu\text{g}/\text{dL}$ 。
- 四烷基鉛 Tetraalkyl lead：尿中鉛濃度 $\geq 150\mu\text{g}/\text{L}$
- *鉍 Be：尿中鉍濃度 $\geq 2\mu\text{g}/\text{g Creatinine}$
- 砷 As：尿中砷及其代謝物檢驗值合計數 $\geq 30\mu\text{g}/\text{g Creatinine}$ (或 $\geq 35\mu\text{g}/\text{L}$)，且三價與五價砷離子濃度 $\geq 10\mu\text{g}/\text{L}$
- *錳 Mn：血中錳濃度 $\geq 1\mu\text{g}/\text{dL}$ 或尿中錳濃度 $\geq 3\mu\text{g}/\text{g Creatinine}$
- *鉻：尿中鉻(可溶性化合物)在工作結束後 $\geq 30\mu\text{g}/\text{g Creatinine}$ ，或在工作中增加 $\geq 10\mu\text{g}/\text{g Creatinine}$
- 鎘 Cd：尿中鎘濃度 $\geq 5\mu\text{g}/\text{g creatinine}$
- 鎳 Ni：尿中鎳濃度 $\geq 30\mu\text{g}/\text{g Creatinine}$ (或 $45\mu\text{g}/\text{L}$)
- 乙基汞 Organic Hg：血中汞濃度 $\geq 10.0\mu\text{g}/\text{dL}$
- 汞 Hg：尿中汞濃度 $\geq 35\mu\text{g}/\text{g creatinine}$ (上班前)或 $35\mu\text{g}/\text{g creatinine}$ (下班時)。

Arsine 砷化氫

- AsH_3
- 無色，密度高於空氣(空氣的2.5倍)，可溶於水 (200 mL/L) 及多種有機溶劑的有毒氣體，可燃、能自燃，其沸點為： -62.5°C ，氣體用於半導體工業中，為製程中的摻雜氣體(dopant gas)，也可以用於合成各種有機砷化合物。
- 可用於合成與微電子學及固態雷射有關的半導體材料，像是砷化鎵 (GaAs) 是以砷化氫為原料(摻雜氣)，在 $700-900^\circ\text{C}$ 通過化學氣相沉積來製造 ($\text{Ga}(\text{CH}_3)_3 + \text{AsH}_3 \rightarrow \text{GaAs} + 3\text{CH}_4$)，砷化鎵取代氧化矽，可以被用來控制薄膜層導電與阻抗的類型

Arsine 代謝

- 砷化氫主要是透過吸入方式進入身體，在體內轉化為三價砷。三價砷(3+)極易與氫硫基(-SH)結合而干擾許多酵素系統之運作，如呼吸鏈、麩胺基硫(glutathione)代謝及DNA之修補。大部分被人體吸收的三價砷會被代謝成較不具毒性的單甲基砷酸(monomethylarsinic acid, MMA)及二甲基砷酸(dimethylarsinic acid, DMA)，由尿液排出體外，其半衰期約十小時。

砷暴露的生物偵測

- 生物偵測是了解工人砷暴露的方法:血液、尿液、頭髮、指甲可以用來監控是否有砷化物中毒，但沒辦法很有效得監控是否是砷化氫中毒。因為所有的無機砷及其代謝產物主要還是從腎臟代謝，因此**尿液**是適當的檢體。
- Landrigan等人觀察鉛電池工廠工人，尿液中砷的含量和砷化氫暴露成正相關，如果尿液中砷的濃度超過 $50\mu\text{g/L}$ ($0.67\mu\text{mol/L}$)，則暴露到砷化氫的濃度應該是超過 $15.6\mu\text{g/m}^3$ 。正常尿液中砷的含量少於 0.01mg/L 。
- 對於砷化氫的暴露，目前美國ACGIH(American Conference of Governmental Industrial Hygienists)並沒有規定最高暴露的劑量。
- 砷化氫進入人體後很快代謝掉，因此抽血檢驗血液中砷的濃度並不能代表是否砷化氫中毒。而砷化氫慢性暴露，可檢驗毛髮、指甲等，在黃銅冶金的工廠，空氣監測砷化氫濃度為 0.08mg/m^3 ，其工人的頭髮檢測砷濃度為 $10.8-76.1\text{mg/kg}$ ，陰毛為 $8.6-63.1\text{mg/kg}$ ，而指甲為 $15-188\text{mg/kg}$ ，腳趾甲為 $37.1-60.9\text{mg/kg}$ 。但是ACGIH並不建議檢驗毛髮、指甲，因為到目前為止沒有很強的流行病學資料來支持。

銦及其化合物

- 銦(Indium)是元素週期表的第三主族元素，原子序數49，原子量114.82，
- 銦是一種銀白色略帶淡藍色的稀散金屬，**質地柔軟**，能用指甲刻痕，其**延展性良好**，可塑性強。
- 自然界中從未曾發現過游離態的銦單質，銦一般以很低的濃度(0.1ppm)分布在自然界中，最近才確證了獨立的稀有的銦礦物(如 InFeS_4 和 InCuS_2)存在。
- 銦具有獨特的物理和化學性能，如熔點低、沸點高、低電阻、常溫中可與氧緩慢反應形成氧化膜，具有抗腐蝕性，在光學上**可通過可見光而反射紅外光**。

銦及其化合物

- 目前廣泛應用於**電子、能源、國防軍事**等高科技領域。例如，
 - 硫酸銦、氯化銦、氫氧化銦等可用於電池材料、鍍銦液的配製
 - 銦鎳鈹合金是核能工業中吸收中子的材料
 - 銀鉛銦合金可用於製造高速航空發動機的軸承
 - 磷化銦是微波通訊、光纖通訊中的鐳射光源和太陽能電池材料
 - 銻化銦和砷化銦在紅外線探測和光磁器件方面也有重要用途
 - 銦也是新型無鉛焊錫的重要添加元素
 - **氧化銦錫 (ITO，或者摻錫氧化銦)**
 - 主要用於製作液晶顯示器、平板顯示器、電漿顯示器、觸控式顯示器、電子紙等應用、有機發光二極體、以及太陽能電池、和抗靜電鍍膜還有EMI屏蔽的透明電傳導鍍膜。
 - 氧化銦錫薄膜通常是用電子束蒸發、物理氣相沉積、或者真空濺鍍的方法沉積到表面。
 - 其他用途包括：車輛及飛機軸承、低溫合金和鋸料、核子反應器控制棒。

銦及其化合物

- 根據日本病例及調查報告，推論我國可能銦暴露為氧化銦錫**濺鍍靶製造廠**、氧化銦錫**回收廠**和廢棄物回收廠（CRT和TFT-LCD螢幕含有氧化銦錫）。
- 其中TFT-LCD螢幕製造廠中使用氧化銦錫多在密閉的機器中進行，人員直接暴露的可能性並不高，但是在進行預防性維護（PM），**維修人員**進行氧化銦錫濺鍍靶表面修整研磨作業時，可能會暴露到氧化銦錫粉塵。

銇及其化合物

- 銇對人體來說並不是必須元素。
- 銇化合物
 - 可藉由**攝入**或是**吸入**進入人體中，
 - 主要**儲存**位置於**肌肉**、**皮膚**和**骨頭**內，
 - 人體經由**尿液**及**糞便**來排泄銇的方式主要取決於其化學形式，
 - 銇的生物性半衰期大約兩週。3-6年？
- 就環境值和暴露方面來看，食用的植物和動物組織中的銇含量範圍從低於檢測每一千克的牛肉和火腿中有0.01毫克，到於**冶煉廠**排污口附近所收集的藻類、魚和貝類內含有濃度範圍0.4-7毫克/千克(藻類)至高達10-15毫克/公斤(魚和貝類)。平均每天人體攝入據估計約為銇每天8-10微克(Smith, 1978)[5]。

銦及其化合物

臨床表現

1. 急性暴露(Acute exposure)：

- 以吸入或攝入暴露到含銦的化合物會**刺激**眼睛、皮膚、黏膜、呼吸系統，
- 可能會有的症狀包括灼燒刺激感、咳嗽、呼吸困難、頭痛、噁心、嘔吐等。

2. 慢性暴露(Chronic exposure)：

經由**呼吸道**接觸到各種含銦的化合物包括氯化銦(indium chloride, InCl_3)、磷化銦(indium phosphide, InP)、砷化銦(indium arsenide, InAs)、三氧化二砷(indium trioxide, In_2O_3)、氧化銦錫(indium tin oxide)會造成**肺部發炎**及**增生**。長期吸入在老鼠會造成致癌(Lung cancer in rat)。

銻及其化合物

3 1	從事銻及其化合物(Indium& its compounds)之製造、置或使用作業	(1)作業經歷、生活習慣及自覺症狀之調查。 (2)呼吸系統既往病史之調查。 (3)呼吸系統及皮膚黏膜之理學檢查。 (4)胸部X光(大片)攝影檢查。 (5)肺功能檢查(包括用力肺活量(FVC)、一秒最大呼氣量(FEV _{1.0})及FEV _{1.0} /FVC)。	一年	(1)作業經歷、生活習慣及自覺症狀之調查。 (2)呼吸系統既往病史之調查。 (3)呼吸系統及皮膚黏膜之理學檢查。 (4)胸部X光(大片)攝影檢查。 (5)肺功能檢查(包括用力肺活量(FVC)、一秒最大呼氣量(FEV _{1.0})及FEV _{1.0} /FVC)。
--------	---	--	----	--

生物偵測：可利用感應耦合電漿質譜分析儀(Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer, ICP-MS)方法分析**血中銻**及**尿中銻**



**Thanks for your
attention**