

# 硼及其化合物(boron and its compounds)引起之中毒及其續發症

## 參考指引

撰寫者：陳俊宏醫師

### 一、導論

硼(boron，化學符號是 B，CAS # 7440-42-8)是一種類金屬，是一種存在自然界的化合物。土耳其及美國是硼的主產地。硼常被發現與其它的物質結合，像是形成硼酸(boric acid)、硼酸鹽 (salts of boric acid) 和氧化硼(boron oxide)。硼酸有時也會以礦物的形式存在，常存在溶解於某些礦物、火山湖水或溫泉中。硼重要的化合物大致分為硼的氫化物和硼的含氧酸及其鹽。硼酸鹽礦物有硼砂( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ )、方硼石( $2\text{Mg}_3\text{B}_8\text{O}_{15} \cdot \text{MgCl}_2$ )、斜方硼砂( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) 等。

#### (一) 硼的氫化物

硼可以形成一系列的共價氫化物，其物理性質類似於烷類，稱為乙硼烷( $\text{B}_2\text{H}_6$ )。乙硼烷在常溫下是無色具有難聞臭味的氣體。乙硼烷有劇毒，在空氣中容許濃度為 0.1ppm (ACGIH, 2000 年標準)。硼烷具有很強的還原性，在有機還原反應中，它有很好的選擇性，只還原醛酮和醯氯類等特定官能基，對其他官能基則無反應。廣泛應用於藥物、染料、精細化工產品等的生產中。乙硼烷可以作為火箭的高能燃料。

#### (二) 硼的含氧酸及其鹽

$\text{B}_2\text{O}_3$  是硼酸的酸酐。 $\text{B}_2\text{O}_3$ 在熱的水蒸氣中形成揮發性偏硼酸( $\text{HBO}_2$ )；在水中形成硼酸 ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )。除正硼酸和偏硼酸外，還有焦硼酸 ( $\text{H}_4\text{B}_2\text{O}_5$ )、四硼酸 ( $\text{H}_2\text{B}_5\text{O}_7$ )。硼酸大量用於玻璃和陶瓷工業。也因為它是弱酸，對人體的受傷組織有緩和的防腐消毒作用，可使用於醫藥方面以及食物的防腐，如作消毒殺菌劑：1%~4% 的硼酸溶液用於沖洗眼睛、漱口和洗滌傷口。重要的硼酸鹽是四硼酸鈉 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4$ )

·  $8H_2O$  或  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$  )，俗稱硼砂(borax)。硼砂是白色易風化的晶體，易溶于水。硼砂可以和鹼性氧化物反應，生成相應的偏硼酸鹽： $2NaBO_2 \cdot M(BO_2)_2$ ，當M為Ni時，則呈深綠色；當M為Co時，則呈藍寶石色；利用這種特徵的顏色，可鑑定一些金屬陽離子稱為硼砂珠實驗。在焊接工業上常用它去除金屬表面的氧化物。硼砂可作為保鮮防腐劑、軟水劑、肥皂添加劑、陶瓷的釉料、半導體作為摻雜物(硼化鎂在一定程度的低溫會變成超導體)、核反應控制系統、殺蟲劑(控制蟑螂)、木材防腐劑、化妝品、化學合成試劑、工程材料和玻璃原料等，在工業生產中硼砂也有著重要的作用。氮化硼可以作為工業上的固體潤滑劑，被稱為「白色石墨」。氮化硼和石墨類似，具有一種堅硬的同素異形體，其硬度僅次於鑽石。

暴露的常見職業與來源(Main occupational uses and sources of exposure)：

硼會經由自然來源進入環境中，像是海洋、火山以及地熱蒸汽；硼也會經由使用 硼的工業而釋放到環境中。硼在自然環境中不會被分解，會藉由與土壤、沈澱物或水的粒子結合成化合物。硼是植物的必需營養元素，因此食用植物就可能暴露 到硼，主要是蔬菜以及水果，成年人每天攝取的硼平均為1-1.28mg；硼也廣泛地 分佈在地表水及地下水中和土壤中，飲用水中的硼含量約每公升為1mg到3mg。大部分的人不太可能因為空氣中含有硼而暴露到硼，而空氣中平均濃度約為  $2 \times 10^{-5}$  mg boron/ $m^3$ 。但是如果是硼礦開採、精煉廠、玻璃纖維工廠、化學肥料工廠及硼酸鹽的製造作，才可能會有硼的暴露，其空氣中濃度約為0.45 to 2.43 mg boron/ $m^3$ 。消費者使用含硼的產品，像是殺蟲劑、木材防腐劑、保鮮防腐劑、軟水劑、肥皂添加劑、化妝品及洗衣產品、阻燃劑、琺瑯、釉料、醫療用品，就可能會有硼的暴露。因此一般的消費者於日常生活中也可能會暴露到硼。

1. 硼礦開採工人。
2. 硼礦運輸工人。

3. 焊接工業。
4. 玻璃製造業。
5. 玻璃纖維工廠。
6. 化學肥料工廠。
7. 製造殺蟲劑工廠。
8. 製造消毒殺菌劑工廠。
9. 製造防腐劑工廠。
10. 製造肥皂工廠。
11. 洗衣產品工廠。
12. 化妝品工廠。
13. 精煉廠。
14. 陶瓷工業。
15. 半導體製造業。

## 二、醫學評估與鑑別診斷

### (一) 醫學評估

硼酸、氧化硼、硼砂及硼酸鹽類是最常見硼中毒的類型。硼能從腸胃道及有損傷的皮膚迅速吸收，或是吸入含有硼的粉塵、化妝品和醫療用品而進入身體。大部分的硼會從尿液代謝，超過 1/2 的硼會在 24 小時代謝出來，其餘的約4天 時間會由尿液排泄出去。硼對身體的影響主要是依據暴露的量、暴露方式以及暴露的時間。目前人類中毒的機轉並不是很清楚；但在動物實驗上觀察到主要會影響生殖和發育系統。在大鼠暴露到硼酸的實驗發現有延遲排精的現象，甚至是高劑量暴露下造成生殖上皮細胞萎縮剝落<sup>1</sup>。造成發育遲緩方面，目前的機轉不是很清楚，但大部分認為是因為硼酸會抑制組蛋白去乙酰酶(histone deacetylase)，而造成骨骼發育出問題<sup>2</sup>。

### (二) 鑑別診斷

#### 1. 作業經歷之調查

需確定為從事硼及其化合物之製造或處置作業之勞工，包括工作職稱、年資，由此確認硼可能暴露的程度。作業經歷調查中需問是否從事硼之製造或處置作業，包括硼礦開採工人、硼礦運輸工人、焊接工業、玻璃製造業、玻璃纖維工廠、化學肥料工廠、製造殺蟲劑工廠、製造消毒殺菌劑工廠、製造防腐劑工廠、製造肥皂工廠、洗衣產品工廠、化妝品工廠、精煉廠、陶瓷工業及半導體製造業等職業。

## 2. 過去既往歷之調查

急性硼中毒主要以眼睛、皮膚、呼吸道、肝膽腸胃道、貧血、腎臟、心臟以及腦的症狀為主。為了鑑別診斷需詢問病人有無其他藥物濫用，以及是否有其他感染、其他重金屬中毒(銅或鋅等)、或是肝病腎病、慢性貧血、抽菸、皮膚病、過敏等過去病史。

## 3. 理學及實驗室檢查

- (1) 血液中硼的濃度是診斷硼暴露最好的方法，正常小孩或嬰兒血液濃度範圍為0 至1.25  $\mu\text{g/mL}$ <sup>16-17</sup>。而血液濃度超過20至150  $\mu\text{g/mL}$ 以上，則會產生很嚴重全身中毒症狀<sup>8</sup>。而在大人身上血液濃度超過2320  $\mu\text{g/mL}$ 還不至於產生症狀<sup>18</sup>。
- (2) 尿液檢查部分，正常人的尿液中硼的量為0.04至0.66mg/100mL<sup>19-20</sup>；而超過93.9%的食入硼酸會在96小時內完全排出體外<sup>5</sup>。
- (3) 完整的理學檢查，檢查皮膚是否有紅腫、脫皮以及水泡等症狀。
- (4) 抽血檢測肝功能、血紅素、膽紅素、腎臟功能、神經學檢查、心臟以及肺功能等。
- (5) 會造成和硼中毒一樣類似症狀的物質是很少的，因此只要是工作上可能有暴露到硼，且出現有腦神經學症狀、貧血、肝膽腸胃道系統症狀及皮膚病灶即可診斷硼中毒，當然腎臟功能方面也可能影響到。
- (6) 調查日常生活用品(化妝品、消毒水、含有硼酸的爽身粉、硼酸粉或硼酸軟膏)是否可能暴露硼。

## (三) 流行病學證據

硼及其化合物引發中毒目前的文獻大多是個案報導，且大多是急性暴露而造成中毒的現象。很多急慢性中毒資料都來自於動物實驗，而根據動物實驗發現到，硼及其化合物影響最明顯的是生殖和發育兩部分，也因此推論到人類也可能會有相同的結果，但是最近的土耳其和中國所做的研究發現，即使是血液中濃度高達  $223.89 \pm 69.49$  (152.82-454.02) ng/g，也不會產生任何生殖或者發育方面的差異<sup>21-27</sup>。根據2004年研究發現工人和社區人每天所暴露到的硼濃度分別為 36.1mg/dL 和 4.13mg/dL<sup>28</sup>。而急性暴露方面，Wong在1964年報導在嬰幼兒配方誤加入2.5%硼酸(醫院常用的消毒用品)，有11位嬰兒(平均1.9公斤)吃了這嬰兒配方奶(暴露量 $\geq 184$  mg boron/kg/day 的硼酸)，9位出現了很典型的症狀，包括噁心、持續嘔吐、腹瀉、腸絞痛、焦慮不安、抽搐甚至昏迷等狀況，甚至其中一位嬰兒預估可能暴露了505mg boron/kg/day 持續了3到5天的時間，嬰兒出現了肺積水、肺出血、黃疸、寡尿、急蛋白尿、皮膚紅斑、皮膚水泡以及脫屑剝落等等症狀，其中有9位接受了緊急洗腎的處置，仍有5位嬰兒死亡，兩位有明顯腦水腫、腦出血和腦血管栓塞等現象<sup>8</sup>。另一位77歲男性吃了 85mg boron/kg (約30g硼酸)，出現嘔吐和腹瀉等症狀，但隨後就出現急性腎衰竭、低血壓，甚至死於心臟衰竭<sup>29</sup>。一位成年女性吃了殺菌劑含14克硼(80克硼酸)和另一位女性吃了52克的硼(297克硼酸)只有出現嘔吐的症狀<sup>18</sup>。Chao et al. 在1991年發現在馬來西亞發生兒童吃了中國進口的麵之後，裡面含有未知量的黃麴霉毒素(aflatoxin)和硼酸，造成肝臟的凝固性壞死，巨細胞形成，中心靜脈硬化，膽汁淤滯，增生上皮化生和脂肪肝等現象，而其中也有小朋友死於急性腎小管壞死<sup>30-31</sup>。嬰兒在4-10星期暴露了12-120克的硼砂<sup>16</sup>，或者在5-12星期暴露9-125克的硼砂<sup>14</sup>，都可能引發癲癇的發作。

### 三、暴露的準則 (Exposure criteria)

#### (一)急性暴露

1. 吸入暴露：工人可能開採硼礦或是在硼酸鹽製造的地方工作時，呼吸道暴露到硼酸鹽會造成鼻子、喉嚨及眼睛的刺激，造成咳嗽以及喘不過來的感覺，通常離開工作的地方後，這些刺激並不會存在太久的時間 3-4。長期追蹤發現也不會影響到肺功能。而乙硼烷(B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>)是相當毒的氣體，根據動物實驗，大鼠連續暴露5ppm (1.7mg boron/m<sup>3</sup>)兩星期後，造成肺部嚴重損傷，像是肺水腫、出血及肺瘀血。但乙硼烷氣體在環境中半衰期很短，且是難聞臭味的氣體，因此很少造成嚴重中毒事件。
2. 食入暴露：經由腸胃道暴露到硼酸或硼砂，約有81-93%的量都會被吸收進入身體裡面<sup>5-6</sup>。如果是食入大量的硼（大約30克的硼酸）短時間內就會影響胃、小腸、肝、腎及腦，甚至會造成死亡。人類食入硼（像是硼酸）最小的致死劑量(minimal lethal dose)，嬰兒為2-3克，小孩為5-6克，大人為15-20克。一篇回顧784人硼酸(10至88克)中毒的研究，無人因此死亡，甚至高達88%的個案沒有任何的症狀<sup>7</sup>。在其他致死的個案發現肝臟、腎臟、中樞神經系統、皮膚以及腸胃道都會受到影響，而致死的原因大部分是因為呼吸系統衰竭導致<sup>8</sup>。如果食入硼砂或硼酸，可能會造成嘴唇附近、手掌、臀部皮膚出現紅疹、脫屑的症狀，叫做“boiled lobster”<sup>9-10</sup>。動物實驗中指出，短時間或是長時間內食入大量的硼，會影響男性的生殖器官，以及生長中的胎兒。但研究土耳其和中國人每天飲用水中有較高的硼酸鹽 (9-25mg boron/L)，慢性暴露後發現並不會影響人類生殖器官。長期硼化物的暴露下，動物除了生殖和胚胎發育會受影響外，也發現到血液系統方面也會受影響；長期暴露在大於60mg boron/kg/day 的情形下，造成血紅素下降，脾臟造血能力增加<sup>11-12</sup>，和手掌皮膚脫落。如果老鼠(mice)連續兩年暴露到 79mg boron/kg/day，則會發現肝臟慢性發炎及凝固性壞死<sup>12</sup>。
3. 皮膚暴露：皮膚暴露可能會造成眼睛的刺痛和皮膚的病變；曾有 3 位個案報導因職業暴露到硼砂(borax)而導致禿頭<sup>13</sup>

## (二) 致癌的可能性

動物實驗中，在終生暴露於含有硼酸的食物中，並沒發現致癌的證據；也沒有人類的研究發現有致癌的結果。國際癌症研究中心(IARC)以及美國環保署(U.S EPA)並未將硼列為人類致癌物。

而一般民眾中毒常見原因如下：用含有硼酸的爽身粉、硼酸粉或硼酸軟膏等塗在大面積創傷皮膚、濕疹及尿布疹上。媽媽多次使用硼酸溶液洗擦乳頭而被嬰兒吮吸。幼兒誤飲硼酸水或誤食多量殺蟑螂丸(含硼酸)。

### (三)慢性暴露

Gordon 在 1973 年報導兩位嬰兒在 5-12 星期暴露 9-125 克的硼砂，引發癲癇的發作，其中一位曾經歷了嚴重的貧血和頭皮、軀幹及四肢出現皮膚紅腫現象<sup>14</sup>。但是這些個案停止暴露後所有的症狀都恢復且不再發生。McWalter 在 1907 年曾報導一位嬰兒在 8-16 周暴露含有硼砂的蜂蜜後，出現噁心嘔吐，以及嚴重的皮膚紅腫及潰瘍等現象<sup>15</sup>。

1. 硼酸中毒:立即以生理鹽水或微溫清水等洗胃。其他部位沾染的硼酸亦需用生理鹽水、清水或肥皂水等洗淨。靜脈滴注生理食鹽水和血漿對治療休克及加速毒物排泄均有助益。亦可使用碳酸氫鈉溶液來鹼化尿液，以利硼酸排出。嚴重病人可考慮換血、血液透析或腹膜透析等療法。其他為症狀治療。
2. 硼砂中毒:硼砂中毒的治療和硼酸類似。對癲癇發作除應用鎮靜劑外，並可酌用10%葡萄糖酸鈣 10~20ml，加入葡萄糖液 20~40ml 內緩慢靜注。因硼酸鹽會使維他命 B2 缺乏，且維他命 B2 可與硼酸鹽形成水溶性複合物，減少其細胞毒性，並協助排除，因此在治療方面，應靜脈或肌肉注射補充維他命 B2 1mg/Kg。至於皮膚、眼睛或吸入暴露的處理，因硼砂刺激性很低，通常僅以水沖洗乾淨或將患者移至空氣新鮮處即可。但對於皮膚多次或大量暴露者，仍應小心產生全身性中毒的可能。

## 四、暴露證據收集之方法

### (一)個人工作史、工作時間、作業名稱

## (二)實驗室檢測

根據NIOSH公告使用感應耦合電漿-原子放射光譜 ICP-AES (Inductively Coupled Plasma with Atomic Emission Spectroscopy) 監測污染空氣、塵土以及食物中硼元素的量，來推算所暴露硼酸、硼砂的濃度<sup>32</sup>。而生物偵測則可以利用 ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) 來監測所有的生物檢體<sup>33</sup>。

## (三)個人採樣

配合工作地點、時間，以個人採樣器，收集樣本，來分析不同個體所受暴露量。目前我國勞動部尚未公告採樣分析方法及勞工容許暴露濃度。

(四)急性硼及其化合物中毒之個案，抽血檢測。或者收集四天內尿液中硼濃度總量做為暴露之證據較為可靠<sup>33</sup>。

## 五、總結

硼及其化合物之急慢性中毒

### (一)主要基準

下列條件均符合者。

#### 1. 暴露證據：

從事可能接觸之作業。

#### 2. 疾病的證據：

有神經、貧血、皮膚、肝膽腸胃、腎臟以及呼吸道系統等任何一系統問題。合理的排除其它可能造成上述之原因。

#### 3. 合理排除其他原因之中毒。

### (二)輔助基準

1. 生物監測：血液及尿液確定硼濃度上升。

2. 同作業場所或相同作業內容之其他同事也出現相同症狀的案例。

3. 沒有接觸的情況下或離開工作場所後症狀得到緩解。



## 六、參考文獻

- (一) Treinen KA, Chapin RE. Development of testicular lesions in F344 rats after treatment with boric acid. *Toxicol Appl Pharmacol*. Feb 1991;107(2):325-335。
- (二) Fail PA, Chapin RE, Price CJ, Heindel JJ. General, reproductive, developmental, and endocrine toxicity of boronated compounds. *Reprod Toxicol*. Jan-Feb 1998;12(1):1-18。
- (三) Cain WS, Jalowayski AA, Kleinman M, et al. Sensory and associated reactions to mineral dusts: sodium borate, calcium oxide, and calcium sulfate. *J Occup Environ Hyg*. 2004;1(4):222-236。
- (四) Cain WS, Jalowayski AA, Schmidt R, et al. Chemesthetic responses to airborne mineral dusts: boric acid compared to alkaline materials. *Int Arch Occup Environ Health*. 2008;81(3):337-345。
- (五) Jansen JA, Schou JS, Aggerbeck B. Gastro-intestinal absorption and in vitro release of boric acid from water-emulsifying ointments. *Food Chem Toxicol*. 1984;22(1):49-53。
- (六) Dourson M, Maier A, Meek B, Renwick A, Ohanian E, Poirier K. Boron tolerable intake: re-evaluation of toxicokinetics for data-derived uncertainty factors. *Biol Trace Elem Res*. 1998;66(1-3):453-463。
- (七) Litovitz TL, Klein-Schwartz W, Oderda GM, Schmitz BF. Clinical manifestations of toxicity in a series of 784 boric acid ingestions. *Am J Emerg Med*. 1988;6(3):209-213。
- (八) Wong LC, Heimbach MD, Truscott DR, Duncan BD. Boric Acid Poisoning: Report of 11 Cases. *Can Med Assoc J*.

- 1964;90:1018-1023 ◦
- (九) Schillinger BM, Berstein M, Goldberg LA, Shalita AR. Boric acid poisoning. *J Am Acad Dermatol*. 1982;7(5):667-673 ◦
- (十) Lung D, Clancy C. "Boiled lobster" rash of acute boric acid toxicity. *Clin Toxicol (Phila)*. 2009;47(5):432 ◦
- (十一) NTP Toxicology and Carcinogenesis Studies of Boric Acid (CAS No. 10043-35-3) in B6C3F1 Mice (Feed Studies). *Natl Toxicol Program Tech Rep Ser*. 1987;324:1-126 ◦
- (十二) Weir RJ, Jr., Fisher RS. Toxicologic studies on borax and boric acid. *Toxicol Appl Pharmacol*. 1972;23(3):351-364 ◦
- (十三) Beckett WS, Oskvig R, Gaynor ME, Goldgeier MH. Association of reversible alopecia with occupational topical exposure to common borax-containing solutions. *J Am Acad Dermatol*. 2001;44(4):599-602 ◦
- (十四) Gordon AS, Prichard JS, Freedman MH. Seizure disorders and anemia associated with chronic borax intoxication. *Can Med Assoc J*. 1973;108(6):719-721 passim ◦
- (十五) McWalter, JamesCharles. Note on the effects of borax on infants. *The Lancet* 1907;ii:369 ◦
- (十六) O'Sullivan K, Taylor M. Chronic boric acid poisoning in infants. *Arch Dis Child*. 1983;58(9):737-739 ◦
- (十七) Fisher RS, Freimuth HC. Blood boron levels in human infants. *J Invest Dermatol*. 1958;30(2):85-86 ◦
- (十八) Linden CH, Hall AH, Kulig KW, Rumack BH. Acute ingestions of boric acid. *J Toxicol Clin Toxicol*. 1986;24(4):269-279 ◦
- (十九) Vignec AJ, Ellis R. Inabsorbability of boric acid in infant powder. *Am J Dis Child*. 1954;88(1):72-80 ◦
- (二十) Imbus HR, Cholak J, Miller LH, Sterling T. Boron, cadmium, chromium, and nickel in blood and urine. A survey of American

- working men. *Arch Environ Health*. 1963;6:286-295。
- (二一) Basaran N, Duydu Y, Bolt HM. Reproductive toxicity in boron exposed workers in Bandirma, Turkey. *J Trace Elem Med Biol*. 2012;26(2-3):165-167。
- (二二) Duydu Y, Basaran N, Bolt HM. Exposure assessment of boron in Bandirma boric acid production plant. *J Trace Elem Med Biol*. 2012;26(2-3):161-164。
- (二三) Bolt HM, Basaran N, Duydu Y. Human environmental and occupational exposures to boric acid: reconciliation with experimental reproductive toxicity data. *J Toxicol Environ Health A*. 2012;75(8-10):508-514。
- (二四) Bonde JP. Occupational causes of male infertility. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*. 2013;20(3):234-239。
- (二五) Pizent A, Tariba B, Zivkovic T. Reproductive toxicity of metals in men. *Arh Hig Rada Toksikol*. 2012;63 Suppl 1:35-46。
- (二六) Duydu Y, Basaran N, Ustundag A, et al. Reproductive toxicity parameters and biological monitoring in occupationally and environmentally boron-exposed persons in Bandirma, Turkey. *Arch Toxicol*. 2011;85(6):589-600。
- (二七) Scialli AR, Bonde JP, Bruske-Hohlfeld I, Culver BD, Li Y, Sullivan FM. An overview of male reproductive studies of boron with an emphasis on studies of highly exposed Chinese workers. *Reprod Toxicol*. 2010;29(1):10-24。
- (二八) Xing XR, Wei FS, Hu W, Wu GP, Wang CL. [Prediction human daily boron exposure by urine boron concentration]. *Huan Jing Ke Xue*. 2006;27(6):1208-1211。
- (二九) Ishii Y, Fujizuka N, Takahashi T, et al. A fatal case of acute boric acid poisoning. *J Toxicol Clin Toxicol*.

1993;31(2):345-352。

- (三十)Chao TC, Maxwell SM, Lyen K, Wang D, Chia HK. Mass poisoning in Perak, Malaysia or the Tale of the Nine Emperor Gods and rat tail noodles. *J Forensic Sci Soc.*1991;31(2):283-288。
- (三一)Chao TC, Maxwell SM, Wong SY. An outbreak of aflatoxicosis and boric acid poisoning in Malaysia: a clinicopathological study. *J Pathol.*1991;164(3):225-233。
- (三二)Ding CG, Zhang J, Yan HF. [Determination of diborane in the air of workplace by ICP-AES]. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi.* 2011;29(6):452-454。
- (三三)Culver BD, Shen PT, Taylor TH, Lee-Feldstein A, Anton-Culver H, Strong PL. The relationship of blood- and urine-boron to boron exposure in borax-workers and usefulness of urine-boron as an exposure marker. *Environ Health Perspect.* 1994;102 Suppl 7:133-137。