

Tox in the News

มารู้จัก Cadmium กันเถอะ



ศูนย์พิษวิทยารามธิบดี
Ramathibodi Poison Center



Cadmium

- เป็นแร่โลหะที่เป็นส่วนประกอบของเปลือกโลก
- พบได้ในน้ำ ดิน ถ่านหิน ชั้หิน
- สิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ รวมถึงกลุ่มที่เป็นอาหารสามารถสะสมแคดเมียมได้เป็นปกติ ทั้งนี้จะมีเกณฑ์แนะนำให้ไม่เกินค่าที่จะนำไปสู่การสะสมที่มากเกินไปในระยะยาว

TABLE I-1 Cadmium (Cd) Burdens and Residence Times in the Principal Global Compartments as Reported by Nriagu (1980)

Compartment	Cadmium Concentration	Total Cadmium in Compartment (g)	Residence Time (d) ^a
Atmosphere	0.03 mg/m ³	1.5 x 10 ⁸	7
Hydrosphere:			
Ocean	0.06 µg/kg	9 x 10 ¹³	9 x 10 ⁶
Surface fresh water	0.05 µg/kg	2 x 10 ⁹	na
Fresh water			
Sediment layer	0.16 µg/g	1 x 10 ¹¹	1,300
Groundwater	0.1 µg/kg	4 x 10 ¹³	na
Sediment-pore	0.2 µg/kg	6 x 10 ¹³	na
water	0.005 µg/kg	8 x 10 ¹⁰	na
Glaciers			
Biosphere:			
Marine biota	2 µg/g	1 x 10 ¹⁰	20
Land plants	0.3 µg/g	7 x 10 ¹¹	20
Land animals	0.3 µg/g	6 x 10 ⁹	na
Fresh-water biota	3.5 µg/g	7 x 10 ⁹	4
Soil			
Surface-soil litter			
and detritus to 1 cm	0.6 µg/g	1 x 10 ¹²	15,000
Root soil to 1 m	0.2 µg/g	7 x 10 ¹³	1 x 10 ⁶
Lithosphere— sedimentary rock to 45 km	0.5 µg/g	3 x 10 ¹⁹	1 x 10 ⁹

a na = not available.

Cadmium

การนำไปใช้

- ชุบโลหะและทำโลหะผสม
- แบตเตอรี่
- เม็ดสี
- สารฆ่าเชื้อรา
- การผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์
- เต้าปฏิกิริยาปรมาณู

แหล่งการสัมผัส

- การปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมจาก
 - เหมือง
 - โรงงานอุตสาหกรรม
 - การเผาไหม้ถ่านหินและ วัสดุที่มีแคดเมียมเป็นส่วนประกอบ
- อาหารและน้ำที่ปนเปื้อน
- สัตว์น้ำในแหล่งน้ำที่ปนเปื้อนเช่น หอย กุ้ง ปู
- พืชที่ดูดซึมแคดเมียมจากสิ่งแวดล้อมเช่น ยาสูบ ข้าว ถั่ว โกโก้ กาแฟ มะเขือเทศ ผักโขม มันฝรั่ง
- การสูบบุหรี่และบุหรี่ไฟฟ้า

Cadmium

การดูดซึม

- การดูดซึม ร้อยละ 40-50
- การกิน/ดื่ม ร้อยละ 5-20
- การสัมผัสทางผิวหนัง ไม่ดูดซึม

การกระจายในร่างกาย

- กระจายเข้าสู่ตับ และไต

การขับออก

- ขับออกทางปัสสาวะ

Cadmium

- Cd จับกับโปรตีน **metallothionein** ทำให้ Cd ไม่ออกฤทธิ์
สะสมในตับและพาไปขับออกทางปัสสาวะ
การได้รับในปริมาณน้อยร่างกายสามารถขับออกได้เอง
(ทุกอย่างเป็นพิษที่ขนาดเหมาะสม)
- รบกวนการทำงานของเอนไซม์ โปรตีน และไมโทคอนเดรีย
 - Oxidative stress
 - การบาดเจ็บของปอด ไต ตับ ไชกระดูก

Cadmium รบกวนการดูดกลับแคลเซียมที่ไต
(proximal tubule)

ร่างกายดึงแคลเซียมออกจากกระดูก

กระดูกนิ่ม **osteomalacia**

ปวดกระดูก

กระดูกโค้งงอ

กระดูกหัก

แคลเซียมในปัสสาวะเพิ่มขึ้น

นิ่วในทางเดินปัสสาวะ

Cadmium ครอบคลุมการดูดกลับแคลเซียมที่ไต
(proximal tubule)

ร่างกายดึงแคลเซียมออกจากกระดูก

แคลเซียมในปัสสาวะเพิ่มขึ้น

Itai-itai disease

กระดูกนิ่ม **osteomalacia**

นิ่วในทางเดินปัสสาวะ

ปวดกระดูก

กระดูกโค้งงอ

กระดูกหัก

Cadmium: ค่ามาตรฐาน

- Tolerable intake
 - Provisional Tolerable Monthly Intake (PTMI): 25 mcg/ kg body weight /month (FAO/WHO 2021)
 - If BW 60 kg, PTMI = 1500 mcg in 30d -> 50 mcg/d
- Drinking water
 - Maximum Contaminated Level 5 mcg/L (5 ppb) (US EPA 2024, กรมควบคุมมลพิษ)
 - Guideline value 3 mcg/L (WHO 2011)
- Polished rice
 - 0.4 mg/kg dry weight (PPM) (FAO/WHO)
 - 0.2 mg/kg dry weight (PPM) (European and China)
- Soil: critical limit of cadmium
 - Light textured soils: 5.33 mg/kg
 - Medium textured soils: 6.33 mg/kg
 - Heavy textured soils: 9.29 mg/kg

ตารางแสดงเกณฑ์กำหนดสูงสุดของโลหะในน้ำดื่มที่อนุญาตให้มี จากหน่วยงานต่างๆ ของประเทศไทย



ประเภท	น้ำบริโภค ในภาชนะบรรจุ ที่ปิดสนิท	น้ำบริโภค ทั้งที่บรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิท และไม่บรรจุในภาชนะบรรจุ	น้ำบาดาล ที่จะใช้ บริโภคได้	น้ำประปา ดื่มได้
	หน่วย	หน่วย	หน่วย	หน่วย
	มิลลิกรัม/ลิตร	มิลลิกรัม/ลบ.เดซิเมตร	มิลลิกรัม/ลิตร	มิลลิกรัม/ลิตร
โลหะทั่วไป				
เงิน (Silver, Ag)	0.05	-	-	-
ทองแดง (Copper, Cu)	1.0	1.0	1.5	1
แมงกานีส (Manganese, Mn)	0.05	0.05	0.5	0.3
สังกะสี (Zinc, Zn)	5.0	3	15	3
เหล็ก (Iron, Fe)	0.3	0.3	1.0	0.3
อะลูมิเนียม (Aluminum, Al)	0.2	-	-	-
โลหะที่เป็นพิษ				
แคดเมียม (Cadmium, Cd)	0.005	0.003	0.01	0.003
โครเมียม (Chromium, Cr)	0.05	0.05	-	0.05
ซีลีเนียม (Selenium, Se)	0.01	0.01	0.01	-
ตะกั่ว (Lead, Pb)	0.05	0.01	0.05	0.01
แบเรียม (Barium, Ba)	1.0	0.7	-	-
ปรอท (Mercury, Hg)	0.002	0.001	0.001	0.001
สารหนู (Arsenic, As)	0.05	0.01	0.05	0.01
หน่วยงาน ที่ออกประกาศ	กระทรวง สาธารณสุข ^[1]	กระทรวงอุตสาหกรรม ^[4]	กระทรวงทรัพยากร ธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม ^[5]	กรมอนามัย ^[6]

Cr. pikisuperstar / Freepik.com

Maximum limit of cadmium (European)

Cocoa and chocolate products	Max (ppm, mg/kg)
< 30% total dry cocoa solids	0.10
30 <50% total dry cocoa solids	0.30
> 50% total dry cocoa solids	0.80
Cocoa powder sold to the final consumer or as an ingredient in sweetened cocoa powder	0.60

Table 4

Cadmium contents in soils affected by industrial activities ([Kabir et al., 2012](#)).

Source	Cadmium content	
	Mean (mg/kg)	Max (mg/kg)
Mining and metal industry	37.6	289
Fertilizers, chemicals, petroleum production	0.51	2.13
Textiles	42.0	83.6
Leathers	0.63	1.26
Nonmetallic mineral products	25.8	72.0

Cadmium: ค่ามาตรฐาน

- ACGIH: PEL 8-h TWA
 - Total particulates 0.01 mg/m³
 - Respirable fraction 0.002 mg/m³
- NIOSH IDLH: 9 mg/m³
- Biological exposure index
 - Cd in urine 5 mcg/gCr
 - Cd in blood 5 mcg/L



ประกาศกรมควบคุมโรค

เรื่อง ข้อมื่อนำการเฝ้าระวังสุขภาพจากพิษสารเคมี
กรณีดัชนีชี้วัดการได้รับ/สัมผัสทางชีวภาพสำหรับผู้ประกอบอาชีพ
ที่สัมผัสสารเคมีสำหรับประเทศไทย
(Thai Biological Exposure Indices: Thai BEIs)

ฉบับที่ ๑

ศูนย์พัฒนาวิชาการอาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จังหวัดระยอง
สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม
กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข

แคดเมียม (Cadmium: Cd) [แคดเมียมอนินทรีย์ (Cadmium and inorganic compounds)]	ปัสสาวะ	แคดเมียม ๕ ไมโครกรัม ต่อกรัมครีอะตินีน (Cadmium in urine 5 µg/g Cr)	เก็บเวลาใดก็ได้ ตามดุลยพินิจ ของผู้ตรวจ (Not critical)	๑ - ๔, ๙ - ๑๑
	เลือด	แคดเมียม ๕ ไมโครกรัม ต่อลิตรเลือด (Cadmium in blood 5 µg/L)	เก็บเวลาใดก็ได้ ตามดุลยพินิจ ของผู้ตรวจ (Not critical)	๑ - ๔, ๑๐ - ๑๑

๒. แคดเมียม (Cadmium: Cd) (ต่อ)

ปัจจัยรบกวน

(อาจได้รับ/สัมผัสสารนี้จากแหล่ง
อื่นๆ นอกเหนือจากการได้รับ/
สัมผัสจากการประกอบอาชีพ
ซึ่งอาจมีผลทำให้ตรวจพบสารนี้มาก
ในสิ่งส่งตรวจ)

สารนี้พบได้ทั่วไปตามธรรมชาติ เช่น ในใบ
ผักกาดหอม ผักโขม มันฝรั่ง ธัญพืช ถั่วลิสง
ถั่วเหลือง และเมล็ดทานตะวัน นอกจากนี้ยังพบ
ในชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ แบตเตอรี่ กิจกรรม
เผาขยะ เป็นต้น จึงควรงดการรับประทานอาหาร
ดังกล่าวล่วงหน้าก่อนการเก็บตัวอย่างส่งตรวจ
เป็นเวลาไม่น้อยกว่า ๔๘ ชั่วโมง

Cadmium: พิษจากการสัมผัสเฉียบพลัน

การสูดดม **cadmium oxide fume**

- Delay pneumonitis; onset 4-72 h
- ไอ หอบ อาจมีไข้และหนาวสั่นได้
- ในรายที่รุนแรงสามารถเกิด **ARDS** อาจเสียชีวิต มีพังผืดในปอดหลังจากหายปอดอักเสบ มี **restrictive or obstructive lung** ได้
- Observe O2 sat at least
 - Asx: 8 h then F/U at 24, 48, 72 h
 - Mild Sx: 24 h then F/U at 24, 48, 72 h

การกิน **cadmium salts**

- การบวมและบาดเจ็บของทางเดินอาหาร มีเลือดออกจากทางเดินอาหารได้
- ในรายที่รุนแรงมี **multiorgan failure** ได้
- Serial Hct, Cr, LFT at least 24 h

Fume VS Dust

Fume

- Airborne fine solid particles suspended in the air



Dust

- Solid particles need not be suspended in the air

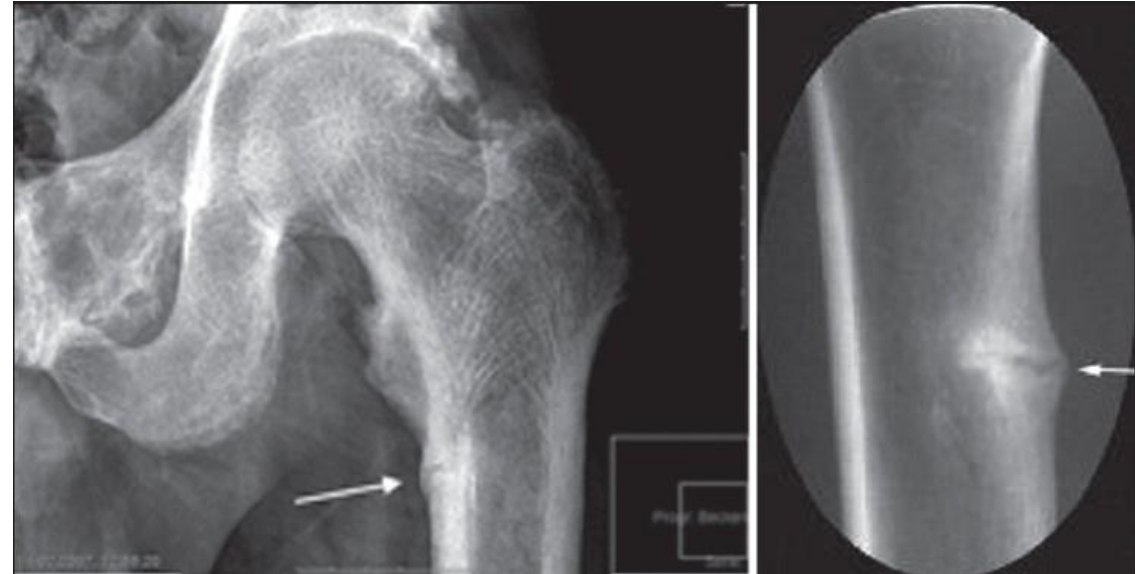


Cadmium: พิษจากการสัมผัสเรื้อรัง

- การทำงานของปอดแย่งทั้งแบบ restrictive และ obstructive
- Bone (Osteomalacia): Itai-itai disease กระดูกโค้งงอ ปวด หัก เนื่องจากความผิดปกติของไต
- ไตเสื่อม
- โปรตีนรั่วทางปัสสาวะ
- นิ่วทางเดินปัสสาวะ
- เพิ่มความเสี่ยงการเป็นมะเร็ง Lung (1), Kidney (2A), Prostate (2A)

Cadmium poisoning: osteomalacia

- Bone pain
- Fracture
- Compression fracture of vertebra
- Bending bone
- Muscle weakness
 - Nerve compression
 - Vitamin D deficiency associated myopathy



การตรวจเพิ่มเติม

- ยืนยันการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม
 - **Cadmium** ในอากาศ น้ำ ดิน
- ตรวจวัดค่าการสัมผัสสาร **biological exposure index**
(งดบุหรี่ อาหารทะเล ถั่ว อย่างน้อย 48 ชม.)
 - **Blood cadmium**
 - **Urine cadmium**
- ตรวจผลทางคลินิก
 - **Urine beta2 macroglobulin, Urinalysis, Creatinine, BUN**
 - **CBC**
 - **Pulmonary function test**

Table 1. Medical Removal Actions Triggered by Initial Medical Surveillance (1910.1027(I))¹

Biological Measurement	Normal Levels	Elevated Levels, Non-Mandatory Removal	Highly Elevated Levels, Non-Mandatory Removal	Highly Elevated Levels, Mandatory Removal
Cadmium in urine (CdU) ²	≤ 3	> 3 and ≤ 7	> 7	> 7
Cadmium in blood (CdB) ³	≤ 5	> 5 and ≤ 10	> 10	> 10
Beta-2 (β ₂ MU) ⁴	≤ 300	> 300 and ≤ 750	> 750	> 750
Trigger level	All three measurements at normal levels.	Any one measurement at an elevated level.	Any one measurement at a highly elevated level.	After confirmed follow-up testing within 90 days, either CdU or CdB remain at a highly elevated level, or β ₂ MU remains at a highly elevated level and either CdU or CdB is at an elevated level.
Risk at this level	Negligible or relatively low risk of renal tubular proteinuria (i.e., consistent with the background rate among the general population).	Elevated risk of renal tubular proteinuria (i.e., above the background level experienced by the general population).	Elevated, and perhaps highly elevated, risk of renal tubular proteinuria (i.e., above the background level experienced by the general population). Risk may not be abnormal if β ₂ MU is highly elevated and CdU and CdB are at normal levels. ⁵	Highly elevated risk of renal tubular proteinuria.

¹This table addresses only medical removal actions specified by the Cadmium standard; other requirements may apply based on the results of the other medical examinations.

²CdU = CdU μg per grCr

³β₂MU = β₂MU μg per grCrU

⁴CdB = CdB μg per lwb

⁵In cases in which the β₂MU is highly elevated and CdU and CdB are at normal levels, the physician should check to determine that the β₂MU levels accurately reflect the true β₂MU levels. If they do, then the physician must determine the cause of the highly elevated levels of proteins in urine (e.g., presence of end-stage renal disease or immune-deficiency diseases).

Table 1. Medical Removal Actions Triggered by Initial Medical Surveillance (1910.1027(l))¹

Biological Measurement	Normal Levels	Elevated Levels, Non-Mandatory Removal	Highly Elevated Levels, Non-Mandatory Removal	Highly Elevated Levels, Mandatory Removal
Cadmium in urine (CdU) ²	≤ 3	> 3 and ≤ 7	> 7	> 7
Cadmium in blood (CdB) ³	≤ 5	> 5 and ≤ 10	> 10	> 10
Beta-2 (β ₂ MU) ⁴	≤ 300	> 300 and ≤ 750	> 750	> 750
Trigger level	All three measurements at normal levels.	Any one measurement at an elevated level.	Any one measurement at a highly elevated level.	After confirmed follow-up testing within 90 days, either CdU or CdB remain at a highly elevated level, or β ₂ MU remains at a highly elevated level and either CdU or CdB is at an elevated level.
Actions	Provide annual biological monitoring and biennial medical examinations.	Provide semi-annual biological monitoring and annual medical examinations until all measurements return to normal levels.	If medically removed from job: Provide quarterly biological monitoring and semiannual medical examinations until physician decides to return employee to job or permanently remove the employee from job. If not medically removed from job: Provide quarterly biological monitoring and semiannual medical examinations until all measurements return to normal levels.	Mandatory medical removal required. Provide quarterly biological monitoring and semiannual medical examinations until physician decides to return employee to job or permanently remove the employee from job.

Any Role of Chelation

- การศึกษาสารขับโลหะหนัก **chelator** ต่างๆ พบว่าเพิ่มปริมาณ **cadmium** ในปัสสาวะ แต่ขณะนี้ไม่มีหลักฐานสนับสนุนเพียงพอว่าการทำคีเลชั่นจะเปลี่ยนแปลงผลทางคลินิก หรือค่า **urine cadmium** ในระยะยาวได้

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3846962/>

- **Micromedex:**
ไม่แนะนำการให้ **British anti-Lewisite (BAL; Dimercaprol)**, **EDTA**, และ **penicillamine** เพราะทำให้เกิด **cadmium-induced renal damage**
- **Goldfrank Toxicologic Emergency:**
Benefit of chelation in cadmium exposure is unproven.
Chelation for chronic cadmium toxicity is not currently recommended.

Lack of reversal effect of EDTA treatment on cadmium induced renal dysfunction: a fourteen-year follow-up

Xunwei Wu ¹, Suhua Su, Rihong Zhai, Kekuan Chen, Taiyi Jin, Bo Huang, Yuanfen Zhou, Xianmin Ge, Guoming Wei, Ruiqing Liao

- 17 workers with Cd induced renal dysfunction
- Receive periodic EDTA therapy
- The prevalence of renal dysfunction increased during the follow up period, indicating a progressive renal dysfunction despite removal from Cd exposure.

Table 1. Mean pre-treatment and post-treatment UCd levels.

Group	n	Age (year) and range	Total Cd exposure duration (year)	Years since cessation of Cd exposure	Mean UCd ($\mu\text{g/g Cr}$) ^a of Pre EDTA-treatments	Mean UCd ($\mu\text{g/g Cr}$) of Post EDTA-treatments
A	3	51 ^a (44–60) ^b	9.3 (7–12)	5.7 (0–12)	6.7 (2–9.8)	8.8 (2–23.2)
B	5	61 (48–75)	15.0 (10–18)	10.4 (0–27)	5.8 (2.2–9.6)	6.8 (2.6–16)
C	7	58 (37–71)	18.4 (12–26)	5.7 (0–14)	9.9 (1.8–32)	11.9 (3.4–35.0)
D	2	71 (70–72)	28 (17–39)	16 (15–17)	15.3 (4.8–29.0)	19.9 (4.9–39.5)

^aThe average level of UCd of pre and post EDTA treatment in 14 year follow-up.

Group A (renal dysfunction recovered);

group B (renal function remained normal);

group C (renal dysfunction developed during follow-up period);

group D (renal function was always abnormal)

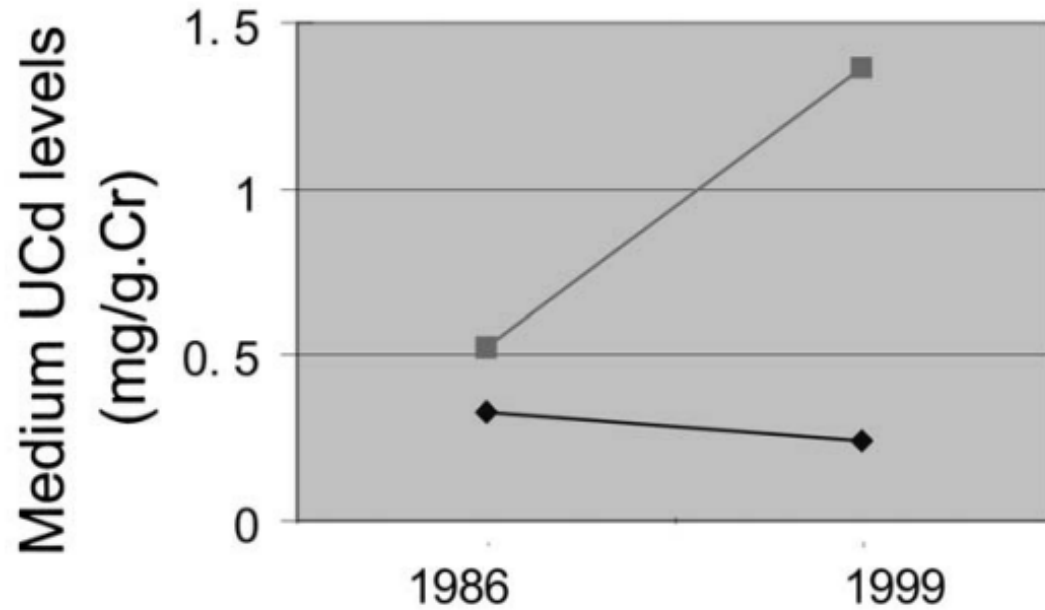


Fig 1. Changes in mean urinary B2M between 1986 and 1999 in subjects with UCd < 10 $\mu\text{g/g Cr}$ in 1986 (\blacklozenge , $n = 9$), and in subjects with UCd > 10 $\mu\text{g/g Cr}$ in 1986 (\blacksquare , $n = 8$).

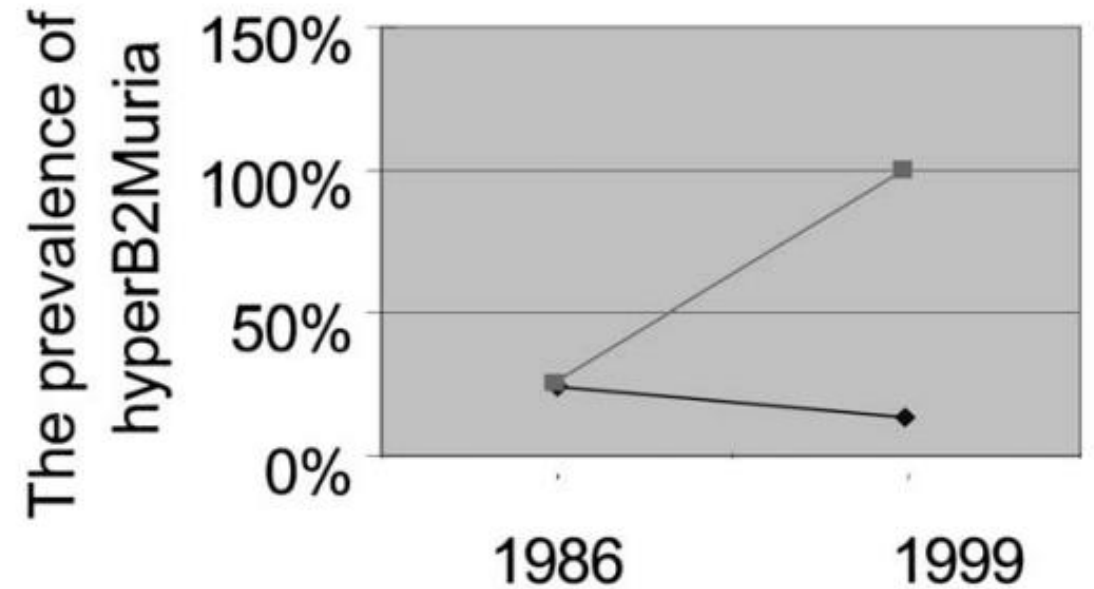


Fig 2. Changes in prevalence of hyper B2Muria between 1986 and 1999 in group1 (\blacklozenge , $n = 9$, mean UCd < 10 $\mu\text{g/g Cr}$ in 1986), and in group 2 (\blacksquare , $n = 8$, mean UCd > 10 $\mu\text{g/g Cr}$ in 1986).

Summary: Cadmium

- Common in environment, food chain, tobacco products
- Acute Cd fume exposure: pneumonitis
- Acute ingestion: GI bleed and multi organ injury
- Chronic: kidney injury, Itai-itai disease, CA risk
- Stop further exposure is the main management
- Not enough evidence to support chelation