
人 体 生 物 材 料 中 的 重 金 属

中国预防医学中心环境卫生监测所

一 九 八 五 年

人体生物材料中的重金属

金属广泛存在于自然环境和人体中，其中有的是人体必需的（铁、铜、锌、钴……等），有些则是有毒的（镉、铅、汞……等）。因此人体内有毒金属的含量分析是很有意义的。一般来讲人体生物材料中骨骼与牙齿代表人体重金属的长期蓄积状态，而血液与尿中含量则代表近期的接触情况。头发中的元素含量不仅有助于诊断疾病，还可以作为环境污染的监测指标。

人体的重金属一般沉积在骨骼与牙齿中，世界卫生组织1980年报导90%的铅负荷是积存在骨骼和牙齿中。从采样的可能性考虑，牙齿比骨骼更容易收集。除尸检外，一般用牙齿做为人体生物样品代表机体的金属蓄积。

Barry测定了英国城市居民尸检样品，其中铅的含量在骨骼与头发中比较高（表1）⁽¹⁾。Stack测定了英国儿童牙齿中的铅含量为

表1 非职业接触的人体生物材料中铅含量 (PPm)

样品	男		女	
	样品数	均值 (范围)	样品数	均值 (范围)
股骨	36	21.03 (0.21~49.50)	24	16.05 (0.62~48.00)
肋骨	39	8.66 (0.01~28.50)	26	6.43 (0.01~22.60)
血液	30	0.22 (0.01~0.79)	19	0.14 (0.01~0.33)
尿	12	0.05 (0.01~0.13)	4	0.03 (0.01~0.09)
粪*	28	0.21 (0.01~0.59)	17	0.21 (0.02~0.80)
指甲	4	9.40 (1.80~15.00)	/	/
头发	8	18.44 (4.30~83.00)	4	19.07 (2.57~43.00)

*以灰分中含量计

60 PPM⁽²⁾ Irving 等 (1972) 测定了牙组织各部分的铅含量 (表2、3)⁽²⁾。1982年英国曼彻斯特市的调查表明儿童牙齿中的金属含量高于成人 (表4)⁽⁸⁾。

表2 恒齿中铅含量 (ug/g)

样 品	表面珐琅质	牙 冠	牙 根	次生齿
前臼齿	13	26	81	233
臼 齿	31	59	15	176
臼 齿	58	27	50	/
臼 齿	70	80	30	128
前臼齿	34	97	50	175
前臼齿	24	46	34	320
臼 齿	23	32	38	122

表3 乳齿中铅含量 (ug/g)

样 品	珐 琅 质	牙 冠	次 生 齿
臼 齿	35	14	349
臼 齿	45	36	92
门 齿	44	23	115
门 齿	51	27	70
臼 齿	33	17	69
臼 齿	36	48	379
门 齿	23	21	245

表4 人体牙齿金属含量 (ug/g, 干重)

		成 人	儿 童	合 计
铅	n	96	45	141
	M±SD	2.54±0.17	2.82±0.33	2.63±0.22
	R	0.16~20.38	0.42~11.02	0.16~20.38
镉	n	96	45	141
	M±SD	0.16±0.03	0.28±0.12	0.2±0.05
	R	0~0.7	0~1.56	0~1.56
镍	n	96	45	141
	M±SD	0.68±0.25	2.57±0.85	1.28±0.44
	R	0~4.61	0.04~7.53	0~7.53
铜	n	92	44	136
	M±SD	0.66±0.17	1.56±0.18	0.95±0.18
	R	0~3.16	0~14.4	0~14.0
铬	n	96	45	141
	M±SD	7.12±1.19	23.24±2.15	12.67±1.50
	R	0~42.22	0~49.93	0~49.93

血和尿是常用的人体生物样, 用来代表近期接触情况。当接触量恒定时血中的铅和镉在一定程度上反映环境污染程度, 是具有生物监测意义的指标。1981年WHO/UNEP 开展全球监测规划活动。我国是参加国之一。按照统一的要求, 对北京市中学教师(240人)的血中铅、镉水平和非职业接触者的肾皮质中镉含量进行了分析。结果表明, 北京市中学教师的血铅含量与参加此规划活动的其他国家比较属低水平(表5)⁽⁴⁾。结果还表明性别、吸烟、饮酒、城市交通和家庭

燃煤等都能影响血铅含量，男性血铅含量显著高于女性 ($P < 0.001$)，这可能是由于男性血中含较多的红细胞和血红蛋白。吸烟者为不吸烟者血铅含量的 1.13 倍。饮酒者比不饮酒者血铅含量高 ($P < 0.01$)。北京市中学教师的血铅与其他国家比较属中等偏高水平 (表 5)。其原因尚有待进一步探索。我国同时还进行了尸体肾皮质镉含量测定 (表 6)⁽⁴⁾。

根据美国环保部门的调查表明，居民血中铅浓度与大气污染情况密切相关 (表 7)⁽⁵⁾。一般非职业接触者通过各种途径 (饮食、呼吸等) 摄入的金属除一部分属于人体必需元素外，还有污染金属，其在一定范围内对人体不产生有害作用。正常成人平均体内所含金属含量见表 8。

表 5 各国城市居民血中铅、镉浓度 ($\mu\text{g/l}$)

地 点	铅	镉
中国、北京	64	0.9
上海及浙江	430 (男) 350 (女)	22 男 20 女
四川	154	
广州	210	
比利时、布鲁塞尔	150	1.2
印度、邦加罗尔	179	0.8
艾哈迈达巴德	138	0.9
加尔各答	107	0.7
以色列、耶路撒冷	82	0.5
日本、东京	60	1.2

续表 5

地 点	铅	镉
墨西哥、墨西哥城	2 2 5	0 . 7
秘鲁、利马	9 6	0 . 9
瑞典、斯德哥尔摩	7 2	0 . 5
美国、巴的摩尔	7 5	0 . 6
南斯拉夫、扎格拉布	9 2	0 . 9

表 6 各国城市居民肾皮质镉含量及肾镉/血镉比值

地 点	样 品 数	肾皮质镉 (ug/g)		肾镉/血镉 ^{••}
		几何均数 (sg)	加权均值 *	
中国、北京	26	13.0(1.5)	14.6	16.2
比利时、列日	158	30.5(1.8)	26.2	
印度、艾哈迈达巴德	51	17.8(1.4)	17.3	19.2
邦加罗尔	42	9.0(2.1)	14.1	17.6
加尔各答	39	16.2(1.7)	16.6	23.7
以色列、耶路撒冷	51	15.1(2.0)	20.1	40.3
日本、东京	50	56.2(1.7)	51.0	42.5
瑞典、斯德哥尔摩	291	13.1(2.0)	15.6	31.3
美国、巴的摩尔	29	26.1(2.0)	27.7	46.1
南斯拉夫、扎格拉布	50	24.2(2.0)	21.4	23.8

* 按 1982 年北京各年龄组 (20~29, 30~39, 40~49, 50~59 和 60 岁以上) 人口构成比计算加权算术均值

•• 肾镉/血镉比值 = 肾皮质镉 (ug/g) ÷ 血镉 (ug/l)

表 7 居民血铅与大气铅浓度

地 区	大气铅浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	平均血铅浓度 ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)	
		男	女
山岳地带	0.12	1.2	0.9
海岸地带	0.34	1.6	1.0
农田地带	0.50	1.6	1.0
近郊地带	1.0	1.3	1.3
城市商业区	2.4	2.4	1.8
城市工业区	2.2	1.9	1.2
高速公路地带	2.5	2.3	1.7
交通民警	12.5	3.0	-
汽车工厂	21.1	3.1	-

表 8 正常成人平均金属量

一日摄入量				平均浓度	
	从大气 ($\mu\text{g}/\text{日}$)	从水 ($\text{mg}/\text{日}$)	从食物 ($\text{mg}/\text{日}$)	血 ($\mu\text{g}/100\text{ml}$)	尿 ($\mu\text{g}/\text{日}$)
必需金属	铁	4.2	0.09	15	110(血清) 250
	铜	5.7	0.02	2.5	100(" ") 60
	锌	8.4	0.5	13	800 500
	钴	0.06	0.006	0.3	4.3 98
	锰	14.4	0.01	3	8~30 8~18
	铬	0.55	0.004	0.2	2.8 4~8
	钼	0.3	0.003	0.34	1.5 150
	砷	4.58	0.008	2	4.7 15
	硒	-	0.02	0.15	21 40

续表 8

污 染 金 属	镍	1.18	0.005	0.4	4.2	11
	钨	0.02	-	0.00001	-	1.3
	铜	3.7	0.005	0.06	0.85	1.6
	铅	30	0.007	0.3	0.5	15
	锡	0.3	0.002	4.0	-	23
	铈	0.85	-	<1.0	-	<70
	铋	0.38	-	0.002	-	
	汞	0.1	-	0.03	<5 (平均 1.5)	<25 (平均 2~3)

头发中的元素含量可以反映人体的健康状况。如患糖尿病的儿童发铬含量低，冠心病发钙比正常人少。精神分裂症和早年性痴呆患者发锡和锰较少、铅和铁多。头发的生长速度也比较恒定，生成率为 $0.3 \sim 0.5 \text{ mm/日}$ ⁽⁶⁾。分段测定发中成分时还可以追溯某时期、某种元素的摄入情况，从而有助于了解环境污染与人体健康的关系。头发中不仅含有组成蛋白质的近二十种氨基酸、丰富的微量元素，而且其含量比血液中高很多。Michael 测定了三位受检者的血和发中含铅量(表 9)⁽⁷⁾。头发中的元素含量还与受检者的种族、发色、居

表 9 人发与血中铅含量 (ug/g)

对 象	年 龄	血 液	头 发
1	53	0.25	15.1
2	49	0.18	13.2
3	25	0.20	16.0

住环境及饮食习惯等有关。Howard 报导了部分空军与海军学院的青年男子头发中的元素含量(表 10)⁽⁸⁾。

表 1 0 头发中元素平均含量 (ppm)

元 素	含 量	元 素	含 量
铝	4.4~5.5	碘	0.45~1.3
钙	360~850	汞	1.7~1.9
钪*	1.7~6.8	铅	4.1 (一组值)
钛	2.6~4.1	锰	0.14~0.45
砷*	20~41	铁	26~32
铬	1.3~1.7	钴*	30~45
硒	0.58~0.76	镍	2.8~3.2
银	0.15~0.33	铜	15~17
镉	0.47 (一组值)	锌	150~190
铈*	73~200	砷	0.12~0.17

*单位为 P P b

在环境流行病学研究中头发是比较适合的指标，因为它具有容易采样，便于运送和保存。但长期以来这方面存在的问题是如何区分头发的微量元素的体内外分布问题。也就是要区分由空气污染所致的头发外沾染和通过摄入所致的体内蓄积。这就需要选择适当的研究方法，特别是发样洗涤方法。一般认为头发是人体金属排泄的途径之一，其含量与体内蓄积存在一定关系。在一定的环境中人体通过摄入，特别是水产品摄入的关系特别密切。Yamaguchi 等汇总了一些国家人群发汞含量与吃鱼量的关系 (表 1 1)⁽⁹⁾。据调查，健康人各种金属元素的体内含量变化不同，所以当根据头发中金属含量评价人体接触问题时，对含量变动大的金属 (如锌、铅等) 要持慎重态度，而对变化小的金属 (汞、镉、铜、镍) 则完全可能用于评价。我国各地测定的发

汞值与其他国家的比较见表 12⁽¹⁰⁾。

表 11 人群发汞平均含量 (总汞, ppm)

采 样 点	性 别	例 数	发汞 (均值±标准差)	食 鱼 情 况
日本、九州 精神病院 收容院	男	210	4.35±4.83	平均食鱼量 84 g/人/日
	女	67	3.25±2.02	
	男	12	2.09±0.92	病人比一般居民食鱼少
	女	21	2.02±0.61	
	男	17	2.02±1.27	贫民比居民食鱼少
	女	10	1.63±1.02	
美国、九州 克利夫兰	男	14	1.89±1.04	平均食鱼量 17 g/人/日
	男	3	2.41±1.32	
	女	4	1.61±0.32	
尼泊尔	男	31	0.163±0.187	很少吃鱼
	女	14	0.457±0.484	
印度、非素食者 素食者	男	19	2.10±2.19	
	男	23	0.83±0.85	

注: 水俣病患者平均发汞甲基汞/总汞为 22.0/23.6 ppm (男) 总汞 18.3 ppm (女)

表 1 2 国内外发汞值 (ug/g)

国 内		国 外	
长 春	0 . 7 5	日 本	4 . 0
新 疆	0 . 4 4 7	英 国	0.48~5.52
北 京	0 . 4 6	法 国	0.05~2.7
吉 林	1 . 2 4	加 拿 大	1 . 8
杭 州	1 . 4 3	瑞 典	6 . 0
上 海	1 . 5 0	保加利亚	0 . 3 6
广 东	2 . 2 3	瑞 士	0 . 7 8
长 沙	1 . 9 6	美 国	2 . 5

总之，近年来世界各国对重金属，特别是有毒金属的污染与危害问题已逐渐重视。1972年FAO/WHO联合专家委员会食品添加剂会议将镉列为第三位要优先研究的食品污染物。1974年UNEP和国际劳动卫生重金属委员会也将镉列为重点污染物。有些国家（美国、英国）还专门成立了铅、镉委员会。1981年WHO开展的全球生物监测也把铅和镉列为重点研究对象。重金属的环境污染不仅通过食物链危害人体健康，更重要的是其在环境中累积还将遗传子孙后代，因此，必需采取有效措施，控制污染，保护人民健康。

参 考 文 献

- (1) Barry P, S, I 等: Brit. J. Indust. Med. 27:339, 1970
- (2) Stack 和 Irving: Environ. Research 5:467, 469,
1972
- (3) 岳麟: 人体牙齿中五种金属含量分析 1982 (未发表资料)
- (4) 郑星泉等: 卫生研究 13.5:21~22, 1984
- (5) 和田攻: 公害引起的疾病 1974
- (6) 人间机能データブック: 人们——环境系下卷: 1050,
1977
- (7) Michael R: Arch Environ Health 31(4):220, 1976
- (8) Howard CH: Tra Subs in Environ Health 4:59
1974
- (9) Yamaguchi, S: Am Pub Health 65(5):484, 1975
- (10) 尹春晃等: 卫生研究 3:13, 1981

中国预防医学中心环境卫生监测所

岳 麟

人体生物材料中的重金属（摘要）

体内的重金属有的是人体必需的，有的是有毒的。因此人体生物材料中有毒金属含量测定是很有意义的，骨骼与牙齿代表人体重金属的长期蓄积状态，而血液与尿中含量则反映近期机体的蓄积情况。头发中的元素含量也与环境污染与人体健康密切相关。

调查表明，儿童牙齿中金属含量高于成人。以北京市中学教师为代表的我国城市居民血铅含量与其它国家比较属低水平，但血镉则属中等偏高水平。分段测定头发中的金属含量可以追溯某时期，某种元素的摄入情况，同时还有助于了解环境污染与人体健康情况。

中国预防医学中心环境卫生监测所

岳 麟