



# 儿童铅中毒

沈晓明 主编

人 民 卫 生 出 版 社

97  
E595.2  
2  
2

# 儿童铅中毒

沈晓明 主编

编者

颜崇淮 敖黎明 赵薇

Jane S. Lin-Fu 吴圣楣

洪昭毅 孙爱贞

1415457



人民卫生出版社

C

385730

# 儿童铅中毒

沈晓明 主编

人民卫生出版社出版

(北京市崇文区天坛西里10号)

北京市卫顺印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

850×1168毫米 32开本 7 $\frac{1}{4}$ 印张 195千字

1996年8月第1版 1996年8月第1版第1次印刷

印数: 00 001—9 070

ISBN 7-117-02499-2/R·2500 定价: 14.00元

---

## 序

---

《儿童铅中毒》这本书的出版是重要的和及时的，它将引起我国广大儿科临床及预防工作者对儿童铅中毒问题的应有重视。

在工业发达国家，儿童铅中毒问题受到重视和多方面研究已经 20 余年。这些研究涉及铅接触的来源，儿童铅吸收、排泄及体内储留的特点，铅对血红素、羟化维生素 D<sub>3</sub> 及中枢神经某些物质代谢过程和 Ca<sup>++</sup> 等第二信号系统的干扰，铅对儿童体格生长、心理发育及行为、听觉及神经传导的损害，对妊娠过程及结局的消极影响，以及诊断方法、防治措施等丰富的理论和实践知识。1994 年在美国举行的儿童铅中毒预防国际大会反映了铅中毒发生的全球普遍性和与会国家对此问题的重视。

本书将阐述以上提及的诸方面知识，包括上海市儿科医学研究所和我国其他一些单位的调查研究结果。上海市儿科医学研究所的部分工作是在纽约 Montefiore 医学中心环境科学部主任 John F. Rosen 教授启发和鼓励下在研究所开展的，另一部分是主编者近年在 Montefiore 医学中心进行的。Montefiore 医学中心已与上海市儿科医学研究所、新华医院结成儿童铅中毒防治研究合作中心，使此重大课题今后的跨国研究有了国际协作的基础。

鉴于改革开放以来我国工业化和城市化的迅速发展和基于几个城市的初步调查,可以推断我国儿童铅中毒的发生率必定很高。因此,《儿童铅中毒》作为此问题在国内首先问世的专著必会受到儿科医生和保健工作者的欢迎,并将推动关心下一代的学者们对儿童铅中毒进行更深入、广泛的研究。不仅如此,它还可能带动在更大范围内关于环境健康的研究。

郭 迪  
1995 年 12 月

# 序

---

## CHINA MUST RECOGNIZE CHILDHOOD LEAD POISONING AS A CRITICAL PUBLIC HEALTH PROBLEM THAT THREATENS ITS NATIONAL DEVELOPMENT

During the past 6—7 years, an extensive database has been published providing a direct link between low level lead (Pb) exposure in young children and deficits in neurobehavioral — cognitive performance manifested later in childhood through adolescence. These deficits include loss of IQ points coupled to deficits in learning, comprehension, abstract thinking, language development, memory, math, spelling, reading, writing, attention and impulse control. Ultimately, the most severely affected children are learning disabled and unable to cope and understand daily living skills involving judgement and responsibility. These irreversible adverse health effects of lead have been demonstrated at least to blood lead (BPb) levels of  $0.483\mu\text{mol/L}$ ; and no specific blood lead threshold of these

effects has been discerned. Thus, federal agencies in the United States and other advisory groups have redefined childhood lead poisoning as a BPb level equal to or greater than  $0.483\mu\text{mol/L}$ . These agencies and advisory groups arrived at this definition of childhood lead poisoning through consensus of informed lead experts and through preparation of scientific documents assessed by the peer review system.

Childhood lead poisoning is still widely pervasive in the United States today as a result of the widespread use of lead-based paint used over several decades in residential housing, until it was banned in 1978. Although lead-based paint was banned in 1978, the amount of this residual type of paint is substantial. It is currently estimated that about 3 million tons of lead-based paint still exist in American housing, where young children, through normal hand-to-mouth activity, ingest small particles of leaded paint when paint peels from the walls or when housing is repaired or renovated. This primary source of lead in North America, like virtually every source of lead that enters commerce and children's bodies, represents a widespread disease with irreversible neurobehavioral and cognitive deficits; and this disease is totally preventable. Although progress has been far too slow in the United States to eliminate this preventable disease, the 90% phaseout of Pb in gasoline in 1982 has led to a 4-fold decrease in the average BPb values of children one to five years of age over the past decade.

Countries, such as China, which are rapidly industrializing, face an immense challenge to prevent further environmental lead contamination through strict source control. It is reasonable to suggest that nothing is more basic to sustain national development than protection of young children, who are the most critical intellectual, economic and social resource for the future. Sustainable national development is directly linked to the protection of the intellectual and behavioral growth of young children today, who become the leaders

of future generations.

The International Covenant on the Rights of the Child was adopted by the U. N. General Assembly on November 19, 1989. This covenant stated the principle that children require safe-guards and care, including the highest attainable standard of health and access to facilities to ensure that no child is deprived of her or his right to such health services. Health services in the covenant included assurances of providing high quality preventive and primary health care to all children. One of China's major contributions in health care for its own children, and as an extraordinarily successful example for other developing countries, is its emphasis on prevention. Preventive health paradigms in China continue to be outstanding accomplishments for developing and so-called developed countries to follow.

Unfortunately, far too little attention has been directed to general preventive principles in the field of environmental health, particularly in children. In this regard, environmental lead exposure of young children is likely exacting an enormous toll on China's future development. Although there are no reliable national data on the prevalence of lead poisoning (BPb equal to or greater than  $0.483\mu\text{mol/L}$ ) in Chinese children one to six years of age, who are the most susceptible group to the toxic effects of lead, it is anticipated that the prevalence of childhood lead poisoning is considerably greater than 50%. Current data indicate that China ranks number 4 (world-wide) as a producer of lead ores and ranks number 5 (world-wide) in the refining of this metal for commercial uses. The marked increase in the number of automobiles in China, all of which consume leaded gasoline, is likely to yield a prevalence of childhood lead poisoning considerably above 50%, absent any exposure from industrial lead emissions and any other sources of lead, such as those in food, canning, toys, ceramics, water and other sources. In this regard, the singular public health advance in the United States over the past decade was the



almost total phase-out of lead in gasoline in 1982. In 1978—1980, the average BPb in young American children was  $0.627\mu\text{mol/L}$  and the prevalence of childhood lead poisoning approached 90%. In contrast, in 1988—1991, the average BPb in young children was  $0.145\mu\text{mol/L}$  and the overall prevalence was 8.9%.

The evidence of societal harm from lead exposure in infancy (and adulthood) is compelling. Lead exposure involves large numbers of young children, women of child bearing age and pregnant women, who are at particularly high risk for serious adverse health effects of lead. The developing fetus is at high risk to small amounts of lead exposure through maternal transfer of this toxic metal across the placenta. Higher exposure of young female children will yield more lead crossing the placenta during their future pregnancies. Three considerations must be emphasized; 1) Lead produces adverse health effects on a full spectrum of the population, as noted above, in addition to workers in lead industries, and on individuals, such as young children, at remarkably high prevalence rates; 2) Lead is a multimedia toxicant whose total intake by at risk populations is a function of all sources of exposure; 3) Lead production and uses invariably lead to environmental contamination and widespread dispersion, both of which perturb the health of the most susceptible populations. In the United States, it has been estimated that if every American's BPb value decreased by  $0.048\mu\text{mol/L}$  yearly, the net annual savings would be \$ 17.2 billion, which reflect societal losses in health care, education and productivity in the workplace.

It is virtually certain that childhood lead poisoning is a national disease in China of major dimensions that has a markedly negative effect on the competitiveness of Chinese society today and in the future. Until a meaningful national program is mounted in China, with a focus on local and national surveys to define the exact prevalence of this totally preventable disease and with a dedicated focus to control

environmental pollution from all sources of lead, the full growth potential of millions of Chinese children is likely to be irreversibly impaired.

Professor John F. Rosen  
Head, Division of Environmental Sciences,  
Albert Einstein College of Medicine,  
Montefiore Medical Center, Bronx, New York 10467, USA  
Chairperson, Centers for Disease Control,  
Advisory Committee on Preventing Lead Poisoning  
in Young Children, 1985 and 1991.

## 前 言

---

工业化和城市化在给人类带来现代生活的同时,也带来一系列社会和健康问题,儿童铅中毒即是其中之一。其实,早在100年前,儿童铅中毒已经作为一种独立的儿科疾病为临床儿科学家所认识,之所以在近一个世纪后重新受到重视和关注是因为3个原因。其一,现代生物医学技术的发展,使既往严重威胁儿童健康的营养和感染性疾病逐渐减少。与此同时,交通和工业发展所产生的环境问题却日益突出,成为儿童健康的新隐患。其二,生物医学模式的转变使人们不但注重致病因素对躯体健康的影响,也重视对心理健康的危害;不但注重临床状态的影响,也重视在亚临床状态的危害。其三,在20世纪,人们得到一个共识:21世纪国家与国家、民族与民族、人与人之间的竞争主要是智力的竞争,任何有损于群体和个体智能发育的因素不仅影响人类健康水平,更是攸关国家和民族的前途。在这样的时代背景下,儿童铅中毒再次成为医学界众所关注的重要课题。

国内的研究虽刚起步,但现有资料足以证明,儿童铅中毒正威胁广大儿童的健康,其普遍性和严重性远远超过我们的预料,亟待引起全社会的关注。本书旨在通过对国内外儿童铅中毒研究的历史回顾和现状分析,对关于儿童铅中毒新知识、新概念、临床和研究新方法的系统介绍,使正在或将要从事儿童铅中毒工作的专业人员对这一危害全球儿童的疾病有一个全面的、新的认识,并希望通过该书的出版吸引更多的专业人员从事这项造福后代的事

业。

全书分 10 章,内容涵盖历史与现状、环境中铅的来源、机体内铅的代谢、铅毒性对机体的影响以及儿童铅中毒的预防和处理等各个方面。每个方面的问题均述及临床和研究两个层面。临床医学方面的内容主要沿着病因、病理生理、临床表现、诊断、治疗和预防这条主线展开。这部分内容可望有助于临床儿科医生和儿童保健工作者掌握识别和处理儿童铅中毒的方法。在研究方面,着重介绍近年来环境医学、毒理学、流行病学和儿科学方面的研究成果,并刻意介绍目前研究方法学上存在的一些问题和今后的研究方向,希望能够对从事公共卫生、毒理、流行病学和儿科学基础、临床研究的专业人员有所帮助。

本书主要由上海第二医科大学儿童铅中毒防治研究中心的研究人员编写,上海市儿科医学研究所吴圣楣教授、上海第二医科大学新华医院洪昭毅教授、上海中医药大学孙爱贞教授参加了部分章节的编写工作。特别要感谢美籍华人、儿童铅中毒研究的先驱者、美国联邦政府儿童铅中毒预防计划主任 Jane S. Lin-Fu 博士,他在百忙之中抽时间完成了“国际儿童铅中毒研究的历史与现状”一节。

我在博士研究生期间的导师、我国著名的儿科医学家和教育家郭迪教授以及我在美国从事博士后研究期间的导师、儿童铅中毒研究权威、美国爱因斯坦医学院环境科学部主任 John F. Rosen 教授分别为本书作了序,谨致谢意。

沈晓明

1995 年圣诞节于美国纽约

# 目 录

---

<b>第一章 儿童铅中毒的历史和现状</b> .....	(1)
第一节 国际儿童铅中毒的历史和现状.....	(2)
第二节 国内儿童铅中毒及其研究的现状 .....	(16)
<b>第二章 环境中铅的来源</b> .....	(31)
第一节 环境铅污染的历史变迁 .....	(31)
第二节 环境中的铅 .....	(34)
第三节 我国儿童铅中毒的原因 .....	(42)
<b>第三章 铅在体内的代谢</b> .....	(49)
第一节 铅在体内的代谢过程 .....	(49)
第二节 儿童铅代谢的特点 .....	(53)
<b>第四章 临床表现和病理生理</b> .....	(58)
第一节 铅对神经系统的影响 .....	(60)
第二节 铅对血液系统的影响 .....	(67)
第三节 铅对泌尿系统的影响 .....	(71)
第四节 铅对心血管系统的影响 .....	(75)
第五节 铅对免疫功能的影响 .....	(79)
第六节 铅对内分泌系统的影响 .....	(82)
<b>第五章 铅对儿童生长发育的影响</b> .....	(98)
第一节 铅对儿童发育的影响 .....	(98)
第二节 铅对儿童生长的影响.....	(120)
第三节 铅对听觉和视觉发育的影响.....	(122)

<b>第六章 妊娠期铅暴露对母婴健康的危害</b> .....	(133)
第一节 妊娠期铅暴露对妊娠过程的影响.....	(133)
第二节 妊娠期低水平铅暴露的远期危害.....	(140)
第三节 铅对未成熟脑发育毒性的可能机制.....	(143)
第四节 妊娠期铅暴露对子代危害可能的 预防性保护措施.....	(144)
<b>第七章 影响铅毒性作用的因素</b> .....	(149)
第一节 年龄对铅毒性作用的影响.....	(149)
第二节 性别对铅毒性作用的影响.....	(153)
第三节 家庭社会环境对铅毒性作用的影响.....	(155)
第四节 遗传因素对铅毒性作用的影响.....	(157)
第五节 饮食和营养因素对铅毒性作用的影响.....	(158)
<b>第八章 儿童铅中毒的诊断</b> .....	(168)
第一节 儿童体内铅负荷状况的评价.....	(168)
第二节 儿童铅中毒的分级.....	(178)
<b>第九章 儿童铅中毒的处理</b> .....	(182)
第一节 不同血铅水平儿童铅中毒的处理原则.....	(182)
第二节 健康教育.....	(184)
第三节 环境干预.....	(187)
第四节 驱铅治疗.....	(190)
第五节 中医治疗.....	(199)
<b>第十章 儿童铅中毒的预防</b> .....	(203)
第一节 儿童铅中毒预防的经济效益.....	(203)
第二节 儿童铅中毒预防的方法和原则.....	(207)

# 第一章

---

## 儿童铅中毒的历史和现状

改革开放以来，随着国民经济的发展，我国儿童的整体健康水平正在逐步改善，新生儿死亡率逐年下降，既往严重威胁儿童健康的感染性疾病和营养不良也有所控制。但与此同时，工业和交通业的迅猛发展，使工业化和城市化而致的儿童健康问题逐渐突出且日显严重，目前了解和研究最多的是环境铅污染引起的儿童铅中毒。

铅是一种具有神经毒性的重金属元素，在人体内无任何生理功用，其理想的血浓度为零。然而，由于环境中铅的普遍存在，绝大多数个体中均或多或少存在一定量的铅，铅在体内的量超过一定水平就会引起对健康的危害。儿童由于代谢和发育方面的特点，对铅毒性特别敏感。60年代以前对儿童铅中毒的认识停留在临床阶段，只有出现抽搐、惊厥和昏迷时才考虑铅中毒的诊断。此后的研究发现，铅中毒对机体的损害早在出现临床症状以前已经存在，从而提出了亚临床性铅中毒的概念。以后不断有研究证实，血铅水平在 $0.483\mu\text{mol/L}$ 左右时，虽尚不足以产生特异性的临床表现，但已能对儿童的智能发育、体格生长、学习能力和听力产生不利影响。1991年美国国家疾病控制中心（centers for disease control, CDC）制订新的儿童铅中毒诊断标准为血铅水平超过或等于 $0.483\mu\text{mol/L}$ ，不管是否有相应的临床症状，体征和其他血液生化

变化。这一标准已在 1993 年得到美国儿科学会 (American academy of pediatrics, APA) 的承认, 并在 1994 年举行的第一届全球儿童铅中毒预防大会上为来自 30 个国家和地区的官员和学者进一步认定。在最近修订的第 15 版《Nelson 氏儿科学》中, 也根据这一标准对儿童铅中毒作了重新定义<sup>[1]</sup>。

儿童铅中毒主要影响儿童的智能发育和体格生长, 直接关系到 21 世纪国民的素质和国家民族的未来, 世界各国对儿童铅中毒研究和预防均十分重视, 在美国等发达国家已视之为头号儿童环境健康问题, 不但每年投以巨资进行研究, 还以法律的形式来保证相应预防措施的实施。相比之下国内对此尚未给予足够的重视, 远不适应于严峻的现实状况。

## 第一节 国际儿童铅中毒的历史和现状

儿童铅中毒问题的出现是近代预防医学历史上一个极其矛盾的现象。在这一时期, 预防医学成为公共卫生的基础, 使脊髓灰质炎、麻疹等儿童常见传染病和坏血病、佝偻病等常见营养性疾病的发病率大为下降; 但儿童铅中毒却被忽视。其实早在 20 世纪初, 医学界已认定儿童铅中毒是可预防的疾病; 但在本世纪的前 70 年中, 当婴儿和儿童的发病率和死亡率急剧下降, 儿童铅中毒这一人为的疾病却大为盛行。根据 1976 年至 1980 年在全美国各地通过多阶段分层抽样的全国第 2 次健康和营养调查 (the second national health and nutrition examination survey, NHANES I), 有 77.9% 的 6~74 岁人口和 87.8% 的 6 月~5 岁儿童血铅水平超过目前所接受的安全界限 ( $0.483\mu\text{mol/L}$ ); 2% 的 6~74 岁人口和 4% 的 6 月~5 岁儿童其血铅水平超过  $1.448\mu\text{mol/L}$ <sup>[2]</sup>。在其他国家, 虽然尚未见到类似大规模的研究调查报道, 但零星的文献报道足以证明儿童铅中毒并非美国特有, 而是一个全球性的问题。

本节就儿童铅中毒这一公共卫生问题作历史性的回顾和现状的综述。由于美国在儿童铅中毒的研究和预防中起着关键的作用, 本节对美国所进行的工作做了较详细的介绍。



## 一、铅——一种古老的金属

大约在 6000 年以前，铅作为一种金属已经为人们所认识。在公元前 2500 年，大量的铅在西南亚和欧洲被开采出来<sup>[3]</sup>。由于铅的柔韧和抗腐蚀等良好的物理特性，其在古代文化中有非常广泛的应用，而且，有些自古已有的应用至今仍然是造成儿童铅中毒的原因。

在古埃及和印度，铅曾作为治疗疾病的药物，如氧化铅和硫酸铅用作制造治疗眼疾的软膏。在那些地区，铅还作为化妆品广为应用。铅的毒性作用也就是在此时开始被人们所认识。在中国，早在远古时期，就有人使用含铅和汞的“万应灵药”（金丹），在后汉时期，这种制剂已被非常普遍地应用。据传，这种“万应灵药”可以治疗癫痫，也可使人长命百岁。

在古文明的早期，含铅或铅制的水管、锡制器皿、铅铜容器、釉彩陶器和颜料等的应用也引起危险的人体铅暴露。铅制的水管早在古文明时代的早期已经开始使用。这种水管在西南亚的美索不达米亚、古埃及、古希腊和庞贝遗址均能被发现。著名的罗马水管引水系统更使得铅名声卓著。据记载，仅建造里昂的一个泵站就用了 12 000 吨铅<sup>[3]</sup>。

另一古代重要的铅暴露源是含铅的餐具和厨具。中国古代在汉朝（甚至可能是周朝）之前，在制作餐具时用含铅的釉彩作为装饰。中国古代特有的青铜器含铅量可能超过 30%。铅质厨具最早起源于印度、波斯湾地区、埃及和美索不达米亚<sup>[4]</sup>。古罗马王朝盛行使用这种器具，并用以作为酿酒的容器，以致于有不少历史学家推测铅中毒可能是罗马王朝毁灭的原因之一<sup>[3~5]</sup>。

尽管如此，目前含铅的厨具，特别是釉彩陶器仍然在发达国家和发展中国家造成铅暴露的危害。从古代民间疗法和化妆品，到旧的铅质水管和餐具、厨具，这些古时候即已开始的铅在日常生活中的应用在 20 世纪即将过去的今天依然在全球范围内造成威胁。在最近几十年来，仍然有使用中国、墨西哥、阿联酋的传统民间疗法，印度、科威特、尼日利亚的化妆品，墨西哥和其他地