



儿童铅中毒 防治手册

ERTONG QIANZHONGDU
FANGZHI SHOUC

徐 龙 编著



人民军医出版社
People's Military Medical Press

儿童铅中毒防治手册

ERTONG QIAN ZHONGDU FANGZHI SHOUCHE

徐 龙 编 著



人 民 军 医 出 版 社

People's Military Medical Press

北 京

图书在版编目(CIP)数据

儿童铅中毒防治手册/徐龙编著. —北京:人民军医出版社,
2005. 6

ISBN 7-80194-715-0

I. 儿… II. 徐… III. 小儿疾病-铅中毒-防治 IV. R725.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 038417 号

策划编辑:杨德胜 加工编辑:陈晓平 责任审读:余满松

出 版 人:齐学进

出版发行:人民军医出版社 经销:新华书店

通信地址:北京市复兴路 22 号甲 3 号 邮编:100842

电话:(010)66882586(发行部) 51927290(总编室)

传真:(010)68222916(发行部) 66882583(办公室)

网址:www.pmmp.com.cn

印刷:北京国马印刷厂 装订:京兰装订有限公司

开本:850mm×1168mm 1/32

印张:10.75 字数:302 千字

版次:2005 年 6 月第 1 版 印次:2005 年 6 月第 1 次印刷

印数:0001~4500

定价:23.00 元

版权所有 侵权必究

购买本社图书,凡有缺、倒、脱页者,本社负责调换

电话:(010)66882585 51927252

内 容 提 要

铅对人类健康的危害已经受到全世界的关注,消除我国环境污染,保护儿童免受铅毒危害的问题已迫在眉睫。本书旨在呼吁社会各界,特别是医药卫生、环境保护及政府有关部门都来关注铅中毒的防治。全书共分六章,介绍了铅元素的基本知识;儿童智力发育与铅中毒的关系;铅中毒的原因及危害;儿童铅中毒的诊断;儿童铅中毒的治疗及预防策略。内容丰富,深入浅出,科学实用,可供广大儿科医师、科研人员,环保人士,家长和教师阅读参考。

责任编辑 杨德胜 陈晓平

前言

铅是一种重金属元素,在体内的血浓度应为零,它不仅对人体没有任何生理作用,而且还有致病作用。人类虽然很早就认识到铅中毒的危害,但如何防护铅中毒却一直未得到应有的重视。例如:引起古罗马帝国衰败的原因虽然很多,而历史学家研究认为铅中毒可能是其最重要的原因之一。

随着社会发展的需要,铅的开发和应用,早就深入现代人的日常生活之中,因此,铅也成为威胁人类健康,尤其是严重威胁儿童身体健康的一个重要根源。现代医学研究证实,铅是一种已知毒性最大、累积性极强的毒性物质,对人体神经系统、血液系统、消化系统、心血管系统、泌尿系统、生殖系统、骨骼系统、免疫系统、酶系统、基因遗传等均可产生危害,尤其是中枢神经系统损害更为明显。对胎儿发育、儿童及青少年脑发育能产生不可逆的进行性损害,对儿童智力、行为发育的损伤和潜能发挥的阻抑作用难以估量。据美国医学研究报告,儿童体内含铅量过高,会使他们进入青春期后的犯罪率增高!所以说,儿童期铅中毒对其智力发育的损伤,远远超出了人们目前的想像。

本书介绍了铅元素的基本知识,儿童铅中毒的

认识历程,中国儿童铅中毒状况,铅在人体内的代谢,儿童铅中毒的原因及危害,儿童铅中毒的诊断,儿童铅中毒的治疗,如何进行食疗驱铅,儿童铅中毒如何预防等。由于医学模式的转变,人们不但注重临床状态的影响,更看到亚临床状态的危害。在科技高度发展的现代社会,许多有识之士都有一个共识:21 世纪国家与国家、民族与民族、人与人之间的竞争,归根到底是智力的竞争,任何有损于个体智力发育的因素不仅影响个人的健康水平,甚至关系到国家发展和民族兴亡。在这种背景下,作者呼吁将儿童铅中毒的防治列为政府及医学界关注的重要课题。

本书编著过程中,参考了较多的医学文献资料,并得到深圳市盐田区科技局的大力支持,在此表示衷心感谢!

徐 龙

2005 年 1 月于深圳

目 录

第一章 元素的基本知识.....	1
第一节 元素与微量元素.....	1
一、元素	1
二、人体元素的组成	1
三、人体非必需微量元素	2
四、元素与人体健康	2
五、对人体有害的微量元素	3
六、铅元素	3
第二节 铅的应用.....	5
一、铅与远古文明	5
二、铅与现代文明.....	13
三、人类接触铅机会日益增多.....	17
四、铅中毒原因分类.....	21
第二章 儿童智力发育与铅中毒的关系	23
第一节 儿童体格与智力发育	23
一、生长发育.....	23
二、智力发育.....	26
第二节 儿童智力与行为评价	34
一、智力测试.....	34
二、行为评定.....	37
三、反应时测定.....	39



四、注意力检查.....	40
第三节 儿童铅中毒认识历程	41
一、儿童铅中毒历史回顾.....	41
二、儿童铅中毒在全球流行.....	42
三、儿童铅中毒成为世界公共卫生问题.....	43
四、铅中毒给美国儿童带来的灾难.....	45
五、美国为儿童防铅立法.....	46
六、美国生产无铅子弹.....	48
七、美国专家建议再次调低儿童血铅标准.....	49
八、儿童铅中毒认识的转变.....	51
九、铅浓度过高增加个体死亡的危险.....	53
十、铅中毒研究四阶段.....	53
第四节 中国儿童铅中毒状况	53
一、对儿童铅中毒的认识不足.....	53
二、中国儿童铅中毒流行情况.....	55
三、中国儿童铅暴露正引起社会各界关注.....	58
四、儿科医师在儿童铅中毒防治和研究中的作用.....	59
五、铅对儿童身心健康影响难以估量.....	61
第三章 儿童铅中毒的原因及危害	62
第一节 环境铅暴露	62
一、环境问题的评价.....	62
二、孕妇低水平铅暴露的来源.....	63
三、儿童铅暴露的环境分析.....	65
四、影响儿童接触铅的社会因素.....	98
第二节 铅在人体内的代谢	99
一、铅的吸收.....	99
二、铅在人体内的分布	107
三、铅的排泄	110
第三节 儿童容易铅中毒的原因.....	112

一、儿童较成人更易吸收铅	112
二、儿童排泄铅的能力较成人弱	113
三、儿童体内储存池的铅流动性大	113
四、儿童接触铅的机会多	114
五、年龄越小对铅毒性易感性越高	114
六、铅毒性与性别	114
七、人体对铅毒性的敏感有种族差异	115
第四节 铅对人体的危害	115
一、神经系统	116
二、铅中毒引发儿童心理发育迟缓和心理行为异常	153
三、造血系统	160
四、消化系统	162
五、泌尿系统	164
六、心血管系统	166
七、生殖系统	177
八、骨骼系统	193
九、内分泌系统	197
十、免疫系统	200
十一、酶系统	205
十二、铅的致癌效应	206
第四章 儿童铅中毒的诊断	208
第一节 症状与体征	208
一、提高对儿童铅中毒的警觉	208
二、儿童期铅中毒特征不明显	208
三、儿童铅中毒的临床症状与体征	210
四、儿童铅中毒诊断依据	221
五、铅中毒的鉴别诊断	222
第二节 组织中铅含量测定	222
一、血铅测定	222



二、骨铅测定	226
三、齿铅测定	229
四、尿铅测定	229
五、发铅测定	231
六、胎粪、脐血、乳汁、唾液铅测定	232
七、婴儿出生前铅暴露的生物标志物	232
第三节 组织铅含量测定的常用方法	234
一、微量元素检测方法	235
二、检测的准备工作	248
三、油漆中的铅含量测定	249
第四节 与铅损伤相关的实验室检查	250
一、生化指标	250
二、血铅单位如何换算	255
三、其他指标	255
四、影像学改变	256
五、脑电图改变	256
六、驱铅试验	257
七、儿童铅中毒筛查	258
第五章 儿童铅中毒治疗	261
第一节 儿童铅中毒分级与治疗原则	261
一、儿童铅中毒处理的基本原则	261
二、儿童铅中毒分级	261
三、儿童血铅超标与排铅药物	262
四、各级铅中毒处理原则	264
五、特殊的铅中毒(儿童四乙基铅中毒)	266
第二节 药物驱铅	268
一、药物驱铅的机制	268
二、理想的驱铅药物的特征	270
三、螯合药物	271

四、金属整合剂	272
五、中医药驱铅治疗	284
六、口服排铅保健品	286
七、驱铅治疗后的随访	288
八、对症治疗	289
第三节 食疗驱铅	295
一、合理营养	295
二、食物驱铅的原理	295
三、防治儿童铅中毒的食物	296
第六章 儿童铅中毒预防策略	310
第一节 儿童铅中毒的预防措施	310
一、预防重于治疗	310
二、儿童铅中毒的预防原则	313
三、健康教育	314
四、发现环境铅源	316
五、定期检测血铅	320
第二节 儿童铅中毒防治策略	320
一、寻找突破途径	320
二、全社会动员,积极开展儿童铅中毒防治	324
参考文献	328

第一章 元素的基本知识

第一节 元素与微量元素

一、元 素

世界万物都是由元素所构成。目前已经发现的元素有 109 种,其中 92 种是自然产物,其余 17 种是人工核聚变的产物。

二、人体元素的组成

人体也是由各种化学元素组成的,组成人体的化学元素在质和量上都与地壳的元素组成相似。根据元素在人体内的含量,可将其划分为宏量元素和微量元素两类。宏量元素又称常量元素,其含量占人体总质量的 1/10 000 以上;所谓微量元素是指在人体内,其含量不及体重 1/10 000 的元素。

92 种自然元素中,人体内已发现 81 种,其中 25 种是构成人体所必需的元素,常量必需元素占 11 种,构成人体总重量的 99.95%,它们是人体不可缺少的造体元素,这类元素包括氧(O)、碳(C)、氢(H)、氮(N)、钙(Ca)、硫(S)、磷(P)、钠(Na)、钾(K)、镁(Mg)、氯(Cl)。

人体其余的 70 种元素是微量元素,仅占人体总重量的 0.05%,其中微量必需元素 14 种,即铁(Fe)、铜(Cu)、锌(Zn)、钴



(Co)、锰(Mn)、铬(Cr)、钼(Mo)、镍(Ni)、钒(V)、锡(Sn)、硅(Si)、硒(Se)、碘(I)、氟(F)。它们虽然量微,但参与机体各种酶及活性物质的代谢,维持着机体内环境的平衡,是整个生命活动中不可缺少的元素。据目前研究,可能还有锶(Sr)、铷(Rb)、砷(As)、硼(B)等4种元素为人体必需元素。

这些元素,作为构成人类生存环境的基本物质单元,在人的整个生命活动中发挥着巨大的作用,其中必需元素:如 Cu、Zn、Ca、Mg、Fe 等多种元素是人体代谢和健康生存绝对不可缺少的元素。

三、人体非必需微量元素

在众多的微量元素中,除了人体必需的14种微量元素和可能必需的4种元素外,对那些目前尚未明确其生物学作用,亦未发现有毒性的元素称之为非必需微量元素。这是相对的,随着生命科学的不断进步,非必需微量元素的生物学作用将进一步得到揭示,为人们所认识。

四、元素与人体健康

在过去,由于认识水平的局限,人们对于元素和人体健康的关系重视不够;而如今,随着人们对于自身生存质量的日益关注,亚健康概念日益突出,元素学作为现代生命科学和现代医学的前沿学科之一得到了蓬勃发展。多年以来,临床医学和预防医学工作者进行了大量的人群流行病学调查,广泛深入地研究了元素与疾病发生、发展、预后和转归的关系,元素在预防疾病、诊断疾病、维持健康等方面得到广泛应用,并取得了丰硕成果。当然,把人体内的微量元素分为必需和非必需,有害和无害,只是相对而言的。它们在人体中的理想含量只是达到一个相对的平衡,因为就一种微量元素而言,在低浓度时对人体是有益的,而在高浓度时可能就会对人体造成危害,如氟、硒、砷等。元素若摄入太多或排泄过量,都会导致人体生理功能或形态结构的异常改变,疾病就可能产生或

发展,并可能导致人体中毒,甚至危及生命。

五、对人体有害的微量元素

目前已确定对人体有害的微量元素有 6 种,它们是铅(Pb)、汞(Hg)、铋(Bi)、锑(Sb)、铍(Be)、镉(Cd),它们在人体中的理想含量是零,即完全没有是最好的,目前认为铅对人体的毒害最广、最深、最重、最危险!

有人认为在晚白垩纪中晚期,由于恐龙出现铅中毒大暴发而导致灭绝。研究表明:晚白垩纪两头塘早期恐龙出现在天台盆地时已处于铅元素高含量环境中,恐龙吃草喝水,摄取铅量较多,久而久之,引发慢性铅中毒,至晚白垩纪中晚期出现铅中毒大暴发。其症状表现在两个方面:一方面是恐龙蛋表面普遍出现病变;另一方面是富集的成窝产出的保存完好的恐龙蛋,证明蛋壳内胚胎已有病变,难以孵化,与铅中毒妇女死产率较高的现象非常相似。虽然“恐龙”灭绝的原因目前还没有定论,但天台山恐龙遗骨中含有大量的铅是不容置疑的事实。我们姑且相信:也许真是铅中毒造成了恐龙的大灭绝,但基本可以肯定铅是导致古罗马帝国消亡的重要原因之一。在揭示铅对人体的危害之前,让我们首先了解铅的理化特性。

六、铅 元 素

1. 铅的物理与化学特性 铅是一种重金属元素,它在元素周期表中列为第六周期Ⅳ_A族元素,铅化学元素符号 Pb (Plumbum),英文名称 Lead,为柔软略带银灰色的重金属。原子序数 82,相对原子质量 207.21,比重 11.34,体积质量(密度)11.35g/cm³,氧化态 4.2,质量热容(比热容)0.13J/(kg·K),蒸发热 177.7kJ/mol,熔化热 4.799kJ/mol,导热系数 0.353W/(cm·K)。

铅的延展性很大,易冶炼,耐腐蚀,常温下即可扎铅皮、铅箔。



熔点 327.6°C , 沸点 1740°C , 加热至 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 时即有大量铅蒸气逸出, 铅蒸气在空气中迅速形成高分散度的气溶胶, 并能迅速氧化成氧化亚铅 (Pb_2O), 凝集为铅尘, Pb_2O 随着温度的升高可进一步氧化为氧化铅 (PbO); 温度升高到接近 450°C 时则氧化成三氧化二铅 (樟丹, Pb_2O_3), 至 450°C 以上时, 形成四氧化三铅 (Pb_3O_4)。铅尘遇湿和接触二氧化碳 (CO_2) 时变为碳酸铅 (PbCO_3)。金属铅不溶于水, 但溶于稀盐酸、碳酸和有机酸, 这一特性特别重要。

2. 自然界铅的分布 自然界铅常以方铅矿存在于地矿中, 自然界铅的分布情况: 地壳 (14×10^{-6}), 大西洋表面水为 30×10^{-12} , 大西洋深水: 4×10^{-12} , 人体中含量以 70kg 体重计算, 平均人体内总量约 120mg , 主要分布于: 肝脏 $3/100$ 万 $\sim 12/100$ 万 ($3\sim 12\times 10^{-6}$), 肌肉 $0.23/100$ 万 $\sim 3.3/100$ 万 ($0.23\sim 3.3\times 10^{-6}$), 骨骼 $3.6/100$ 万 $\sim 30/100$ 万 ($3.6\sim 30\times 10^{-6}$)。

3. 铅与人体关系 铅没有任何生理意义, 在体内的血铅浓度应为零, 铅是对人体有害的微量元素。体内存在的铅主要来源于外界, 因此, 人体内铅的含量能客观反映环境的铅污染情况。绝大多数人体中或多或少存在铅, 铅在人体内的量超过一定水平时就会对人体各系统产生不同程度的损害, 儿童尤其敏感。在初中化学课里, 我们大家都记得金属活性顺序表: K (钾)、 Ca (钙)、 Na (钠)、 Mg (镁)、 Al (铝)、 Zn (锌)、 Fe (铁)、 Sn (锡)、 Pb (铅), 在这个活性顺序表里, 从钾到铅其金属活动性越来越弱, 其离子的氧化性却是越来越强, 它们的活性比较为: $\text{Pb}^{2+} > \text{Sn}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Al}^{3+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^{+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^{+}$ 。在人体内, 钙、铁、锌、铅都是以离子状态存在的, 比较它们的活性也即是比较它们的氧化性, 从离子的氧化性顺序得知, 在人体内离子铅的活性远比钙、铁、锌的活性高, 因此铅元素进入人体就会干扰人体必需的铁、锌、钙等金属离子的正常生理代谢 (置换出去) 过程, 从而使人体表现缺铁、缺钙、缺锌的症状, 因此, 铅中毒的儿童, 如不采取驱铅治疗, 很难实

现补钙、补铁、补锌的目的。

第二节 铅 的 应 用

一、铅与远古文明

铅是一种古老的金属,是人类最早使用的金属之一。由于铅具有良好的柔韧性和抗腐蚀等优良的物理、化学特性,远在古代就被开采、利用,对远古人类生活有着非常广泛的用途,为人类文明进步做出了巨大的贡献。

(一)中国古代对铅的认识

1. 中国古代早期铅、锡混淆 铅和锡都是柔软的白色金属,熔点都比较低,因此中国古代早期总是铅、锡不分。如《管子》一书中说:“上有陵石者下有铅锡。”《博物志》中说:“烧铅锡成胡粉。”(胡粉即氧化铅)《尔雅》说:“锡之善者曰铅。”从这些书籍记述中可以认为,我国古人一般都是把铅和锡混在一起来谈论的。古人并不知道,这两个貌似“弟兄俩”的金属脾气却大不相同,锡对人体似乎危害不大,因为在自然界中,金属锡很少以游离状态存在,如果将锡石与木炭放在一起燃烧,它就会还原成金属锡。人们在实践中发现,锡具有良好的延展性,可以展成极薄的薄片,而且在常温下,锡不氧化,由于具有这种性质,所以锡常用来包裹器具。我国殷墟出土的数具虎面铜盃,其中有一具很完整,内部红铜外镀锡,不仅美观,还可以防腐蚀,看来我国当时已掌握了镀锡技术。纯锡可铸成种种生活器具和礼具,据分析这些东西在古代肯定是有的,但因锡对寒冷非常灵敏, -13°C 以下会发生相变,这时锡由银白色逐渐变成灰色,体积逐渐增大,同时开始散碎。特别是在 -33°C 时,这种变化的速度大大加快,一把好端端的锡壶,会自动变成一堆碎末。由于锡有这种性质,我国许多有艺术和历史价值的古锡



器都没有保存下来。

2. 中国古代铅的应用

(1) 西安秦兵马俑:称为世界第九大奇迹的西安秦兵马俑,其出土时绚丽的光彩,令人啧啧称奇。据考古研究,兵马俑身上的彩色就是含有铅的各种颜料。张志军曾在秦兵马俑彩绘颜料的相关问题研究一文中写道:秦俑彩绘中使用的铅丹颜料可能是人工制造的。

公元前 2 世纪的淮南子一书中记载:“铅之与丹异类殊色,而可以为丹者,得其数也”。文献上,在汉代就已使用铅丹这个术语,表明这一颜料是人工用铅制备的。因此,在这个时期或较早以前,这种制造的产品—铅丹,肯定已被人们所熟知。

在古代,由铅制备铅丹有两种工艺:一种是在敞开的盘中,烘烤黑铅,以获得铅丹;另一种是用醋处理金属铅,然后加热,由此形成铅白而获得的。我国古代由铅矿石生产金属铅的历史起源很早,早在公元前 12 世纪—公元前 11 世纪的殷代,已有铅制的酒器和铅戈。公元前 11 世纪—公元前 8 世纪的西周,有一件铅戈的含铅量达到 97.5%,说明当时冶炼铅技术已达一定水平。从那时至秦代这一漫长的实践过程中,人们发现并掌握铅丹的工艺过程是完全可能的,况且由铅生产铅丹的工艺过程并不复杂,那时人们的知识、经验和物质条件是可以达到的。综上所述,秦俑彩绘中使用的铅丹颜料可以认为是一种人造颜料。

(2) 铅与疾病治疗:在中国古代,铅曾用于治疗多种疾病。早在远古时期,就有人使用含铅和汞的“万应灵药”(金丹),古人有“太阳者铅,太阳者丹也,二物成药,服之成仙。”据传,这种“万应灵药”可以治疗癫痫,也可使人长命百岁。中国最早的药学专著《神农本草经》就有以铅丹与粉锡(铅粉)治病的记载。其后随着药学的发展,铅类药物的品种渐增多。在后汉时期,这种制品已被非常普遍地应用。明代李时珍的《本草纲目》收载铅类药物就有金属铅、铅粉、铅霜、铅丹及密陀僧等 5 种。现在,某些地方仍在滥用含