

〔美〕 H. A. 施罗德 著

痕量元素与人

科学出版社

痕 量 元 素 与 人

〔美〕H. A. 施罗德 著

陈荣三 张祖暄 译

裘家奎 林哲甫 校

科 学 出 版 社

1 9 7 9

内 容 简 介

本书著者通过调查研究和实验室工作,积累了各种痕量元素(特别是必需的痕量元素)在生物体内含量的大量数据。详述了动物和人体对它们的需要、摄入和排泄,以及它们在体内的作用。对于目前世界上引人注目的疾病,如动脉粥样硬化、高血压、糖尿病等的起因和防治,对于环境污染、地区性公害及其对人类健康的影响,作了颇有创见的探讨。

本书深入浅出,是一本中级科普读物,可供医学、药理学、生物学、生物化学、化学、环境保护等领域的科学工作者及大专院校师生阅读。对于冠心病、高血压等常见病患者及铅、镉和汞等有毒金属的职业病患者也有一定参考价值。

H. A. Schroeder

THE TRACE ELEMENTS AND MAN

The Devin-Adair Company, 1973

痕 量 元 素 与 人

[美] H. A. 施罗德 著

陈荣三 张祖暄 译

袁家奎 林哲甫 校

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1979年9月第一版 开本: 787×1092 1/32

1979年9月第一次印刷 印张: 5 插页: 1

印数: 0001—31,490 字数: 108,000

统一书号: 13031·1070

本社书号: 1501·13—4

定价: 0.45 元

译 序

随着现代生产和科学技术的发展,痕量元素的测定方法日新月异,生物体内痕量元素不断被发现,数据的精确度不断提高。这些来自人体及其生存环境中的化学元素的数据,能为我们预防疾病、消除公害和确保身体健康提供强有力的科学依据。

人体是由化学元素所组成的。有些元素对我们来说是必需的,有些是非必需的、可有可无的。人体内任何一种化学元素过量都是有毒的;缺乏必需的痕量元素能使人生病,或者会缩短寿命;完全缺乏则能导致死亡。那么保证人体健康的是哪一些痕量元素呢?其最适量是多少?如何调节我们的饮食来维持这些最适量元素的供应?某些常见疾病诸如动脉粥样硬化、高血压等与痕量元素有何关系?如何调节这些元素来防治疾病?工业金属污染及其与健康的关系如何?目前国内还缺少系统地阐明上述问题的参考书。

美国医学博士 H. A. 施罗德 (Schroeder) 著的《痕量元素与人》一书扼要地总结了著者调查研究的结果,较详细地论述了上面提到的一些问题。

施罗德是一位著名的科学家,从 1937 年到 1956 年他研究了高血压病的起因,首创了有效的药物处理法。他曾在东方和中东进行过大量有关人体的痕量元素的分析工作。1960 年他在美国佛蒙特州的一个偏僻小山上建立了一个不用金属的、控制环境的痕量元素实验室。在 1966 年举行的美国心脏病协会上,他提出的关于心脏病起因的新探讨,曾引起有关方

面的重视。现在美国心脏病患者所广泛应用的低钠饮食也是他所拟订的。他写过七本书并发表了几百篇论文。《痕量元素与人》是其中之一，现翻译出来供读者参考。

对于原书中个别明显错误的地方已作了删改，有若干处加了译者注。但由于书中涉及的学科领域较广，限于译者水平，译文中不妥或错误之处在所难免，希望读者批评指正。

原 序

我写这本书是想要履行一项义务。……人们既然支持了生物学和医学的研究，他们就有权利希望增长对生命过程的认识或对某种疾病的防治的知识。即使我们还没有什么新发现，我们也应该把已经知道了的告诉人们。

食物是人们最关心的问题之一。人们关心健康，深信食物和健康紧密相关。近年来由于营养学家的宣传，使公众感到“平衡”饮食的必要（其实自然饮食是自然“平衡”的，除了人和人所饲养的动物之外，在其它动物中不存在平衡饮食的问题）。有一些“快餐”是不平衡的，还有一些人对饮食怀有奇怪的曲解，他们想加速减轻体重，而把食物作了各种可能的搭配：有全碳水化合物的食谱；有含蛋白质、烈性酒-蛋白质和脂肪，但没有碳水化合物的食谱；有含各种高碳水化合物、低脂肪和蛋白质的食谱；各种素食；各种荤食；此外还有其它一些奇怪的和不可思议的养身法之类。所有怀有曲解的人们都忽视了人是作为一个杂食者发展起来的事实。他们之所以能接受这类饮食而一时不至受到损害，仅是因为人体具有惊人的节约能力和适应能力。此外并没有什么魔力。

许多人都相信，在食物的成批生产和必需的精制、加工和贮藏过程中，会在食物内混入微量的毒物或除去一些必需的要害。所以，在美国和其它一些国家中虽然平均营养水平并不高，人们，尤其是较年长的人，却有很多疾病是直接或间接地由食物所引起的。这种想法有一定的道理。

随着人类社会的发展，人的自然环境也发生了变化，其中

之一,是人与某些元素的接触增加了,这些元素对于人类的健康来说是不必要的,甚至是有害的。它们的大多数是从地下开采出来而进入食物、水和空气中的。在另一种情况下,某些为健康所必需的、甚至为生命本身所必需的微量营养物,则往往在食物精制过程中部分地被除去了。因为痕量元素对于健康是这样重要,所以本书将探讨由于它们的缺乏或过量而引起疾病的可能性。

痕量元素在营养中比维生素更重要,因为它们不象维生素那样能够在生物体内合成。在生命的化学过程中,痕量元素的作用好比火花塞。在食物消化过程中能量的转换和活组织的构成中都要依赖它们。自然食物都含有人体代谢所必需的微量营养物。但当食物被人加工改造时——例如,烹调、分割、保存、冷冻、装罐、干燥、加工或包装时——往往会丢失某些微量营养物或获得某些毒物。长期食用这些食物就要影响人们的健康。

人体究竟需要哪些元素?每种需要多少?家畜需要和得到多少?每种元素的作用是什么?自从青铜时代以来,一直增长着的、大量进入人类生活环境的“新”痕量元素是些什么?它们对人体是否有难以捉摸的损害?如有,它们能引起什么损害?对于这些问题,本书将尽可能加以回答。

(以下致谢部分从略)

H. A. 施罗德

目 录

译序.....	iii
原序.....	v
第一章 元素周期表.....	1
第二章 生命的起源及其发展到人.....	8
第三章 哺乳动物体内的痕量元素.....	20
第四章 必需的痕量元素.....	27
第五章 必需的痕量元素的需要量、摄入和排泄.....	40
第六章 缺铬和动脉粥样硬化.....	57
第七章 非必需的痕量元素.....	76
第八章 镉, 高血压和水.....	86
第九章 铅: 一个增长着的潜在危害.....	102
第十章 平衡你的食物, 调整食物配比.....	110
第十一章 工业金属所造成的污染.....	123
第十二章 金属所造成的严重地区性污染和它对健康的 影响.....	135
附: 元素周期表.....	文后

第一章 元素周期表

一百年前,俄国化学家 Д. И. 门捷列夫研究了当时已经发现的所有元素的原子量,并且根据这些元素在溶液中的一些性质,把它们排成一定的次序,因为他相信自然界是有规律性的,他终于发现了元素性质和原子量有周期性,经过多次尝试和修订之后,他排出了一张表示这些周期性重复变化的表,这张表是服从他的所谓“自然律”的。由于门捷列夫深信元素是有顺序的,他在表中留下了一些空位,并认为这些空位都应占有元素。他确信这些元素尚未发现,而没有理由说它们不存在。门捷列夫的这一发现是现代科学中最重要的一个发现,因为它开辟了合理研究化学和物理学的领域,并且证实了在宇宙中乃至在原子结构中都存在着物质的绝妙的简单秩序(参见书末元素周期表)。

表 1.1 周期表中的自然元素 (稀土元素除外)

原子序数	符号	名称	存在状态	原子序数	符号	名称	存在状态
1	H	氢	G	13	Al	铝	M
2	He	氦	G	14	Si	硅	C
3	Li	锂	M	15	P	磷	C
4	Be	铍	M	16	S	硫	C
5	B	硼	C	17	Cl	氯	C
6	C	碳	C	18	Ar	氩	G
7	N	氮	G	19	K	钾	M
8	O	氧	G	20	Ca	钙	M
9	F	氟	C	21	Sc	钪	M
10	Ne	氖	G	22	Ti	钛	TM
11	Na	钠	M	23	V	钒	TM
12	Mg	镁	M	24	Cr	铬	TM

续表 1.1

原子序数	符号	名称	存在状态	原子序数	符号	名称	存在状态
25	Mn	锰	TM	49	In	铟	M
26	Fe	铁	TM	50	Sn	锡	M
27	Co	钴	TM	51	Sb	锑	M
28	Ni	镍	TM	52	Te	碲	C
29	Cu	铜	TM	53	I	碘	C
30	Zn	锌	M	54	Xe	氙	G
31	Ga	镓	M	55	Cs	铯	M
32	Ge	锗	M	56	Ba	钡	M
33	As	砷	C	57	La	镧	M
34	Se	硒	C	72	Hf	铪	TM
35	Br	溴	C	73	Ta	钽	TM
36	Kr	氪	G	74	W	钨	TM
37	Rb	铷	M	75	Re	铼	TM
38	Sr	锶	M	76	Os	锇	TM
39	Y	钇	M	77	Ir	铱	TM
40	Zr	锆	TM	78	Pt	铂	TM
41	Nb	铌	TM	79	Au	金	TM
42	Mo	钼	TM	80	Hg	汞	M
43	Tc	锝	TMR	81	Tl	铊	M
44	Ru	钌	TM	82	Pb	铅	M
45	Rh	铑	TM	83	Bi	铋	M
46	Pa	钷	TM	84	Po	钋	MR
47	Ag	银	TM	90	Th	钍	MR
48	Cd	镉	M	92	U	铀	M

G 气体。“惰性”气体仅是相对的惰性，见周期表的右方。氟和氯在它们的分子或非化合物状态皆为气体，但它们在自然界常以化合物存在。

M 金属。在 IA 族中为碱金属，在 IIA 族中为碱土族。在自然界，它们除少数几个，如银、金和汞之外，常以化合物存在。

C 非金属。以化合物存在，常为氧化物，VIIA 族的以简单的钠盐存在。

TM 过渡金属。具有未填满的外电子壳层，因此是活泼的。

R 放射性元素，在某种程度上是不稳定的。原子序数为 84—92 的元素：钋、砒、钋、钋、钋、钋、钋、钋是放射性的，铀在它的自然状态中几乎没有放射性。它们中的大多数未列在表中。

在周期表中，原子序数从 1 到 92 之间，门捷列夫所留下的所有空位，后来都被填满了。这些新元素都具有他预言过的性质，其中有几个还是在他活着的时候就被发现了。它们之被发现，是因为他相信它们是应该在那些空位上的，否则宇宙中就没有真正的规律了。后来，随着原子物理学的发展，发现了元素具有周期性的原因。原来，电子(或负电荷)、质子(或正电荷)和不带电荷的中子的性质和结构，使得各个原子有所不同。放射性元素(它们中有些寿命很短)，在周期表中也有它们的位置。表 1.1 是根据元素的原子量、结构和化学性质而排列起来的次序。

裂变现象的发现对科学研究起了促进作用，导致了原子弹和一些全新元素的产生。门捷列夫在镧系的第 92 号元素铀之后留下了 11 个空位。后来，这些空位全部被填满了，从 93 号镎、94 号钚到最后的 103 号铪。人们是否还能再排下去是一个问题，因为这样就要开始一个新的系列。再说，这些元素中的大部分是很短命的，极不稳定的——这也是它们为什么不能在自然界存在的原因。

由于本书是专谈生命和生物的，所以我们不去考虑放射性元素，除非它们自然地、或由于人工放射性照射而积聚于生物体中。为生物所需要的一切元素都包含在地球表面上 92 个天然元素的前 53 个之中；如果我们不把碘计算在内的话，它们都出现于前 42 个之中，若碘和钼都不计算在内的话，它们都出现于前 34 个之中*。

在宇宙中，随着原子量和原子序数的增加，有一个元素丰度的自然次序。元素越重，丰度越少。而且原子序数为偶数的元素比原子序数为奇数的元素更丰富。目前这个次序对于

* 人体重量的 99.954% 是由周期表中前 12 个元素所组成。——译者注

氢和氦可能已经不是正确的了，但毕竟在太阳和其它恒星中将是正确的。在太阳上进行着这样的反应，四个氢原子聚变而成一个氦原子，同时以光和热的形式释放出巨大的能量来。人们可以根据太阳上存在着的氢和氦的比例来测量太阳的年龄。氢弹就是根据这个反应而设计的，而这个反应在恒星中却是自然发生的。

还没有人知道原子序数为奇数的元素比原子序数为偶数的元素丰度少的原因。除非我们掌握了更多的宇宙中物质结构的奥秘，否则我们就无法加以猜测。在宇宙中，元素丰度按原子序数的增加而递减，但我们不知道为什么这个丰度次序在地球上却并不完全正确。如果这个丰度次序对的话，那么锂和铍将是地球上最丰富的固体物质，而实际上又不然。我们所能猜测的理由是：一个行星不能代表我们所知道的整个宇宙，并且也许这些轻金属不象较重金属那样容易形成。但一般说来，在地球上元素相对丰度的次序是有一定规律的，也有许多例外，当然包括所谓“惰性气体”（它们现在已经不能再称为惰性的了，因为在特殊的条件下它们能和氟反应*）在内。

一种参与生活物质组成的元素，它必须具备如下一些特点：（1）在生命发源的海水中它是丰富的；（2）是活泼的，即它能和其它元素结合或键合；（3）能形成一个结构中的组成部分；（4）如为金属，应能溶于水，能和氧反应，且能和有机物质（含碳、氢、氧、氮、硫、磷的化合物）键合。在周期表中前 42 个元素中我们可以找到 23 个（或许 27 个）具有这些特点的元素。

我自己二十多年的经验告诉我，每当我仔细研究周期表

* 目前已能制得氮、氦和氩的氟化物、氧化物和其它类型的化合物数百种。
——译者注

的时候，我总会得到一些新的认识。若将周期表横看，注意原子序数为 22 到 30 的元素，这些元素称为第一列过渡元素。它们每个原子的次外层电子均未填满。一个原子很象一个太阳系，外层的电子象行星，它们以极快的速度围绕着含有质子的核旋转着，从原子序数为 22 的钛开始到原子序数为 30 的锌，它们的未填满的轨道依次增加一个电子，到锌全部填满。这种变化改变着每个金属元素的性质（即改变了它们的反应性能）。原子序数 40—48，72—80 的元素也有类似的变化规律*。

若将周期表竖看，在同一纵行的元素中，在下面的元素除比较重之外，其余性质是和排在上面的元素相似。下面的元素其最外电子壳层除较大外，它和上面元素的最外电子壳层完全相同。因此，它们具有基本相同的化学和物理性质，仅因为体积大小不同而微有差别。它们的反应都是相同的。在自然界里，位于周期表同一竖行下面的元素很可能而且常常确是和其上面的元素一起存在的。例如铜、银和金常在同类的矿石中存在。此外，锌和镉，镍、钯和铂，钒、铌和钽，铬、钼和钨等等也有这种情况。

这一性质在生物学上，尤其就一些反应及其引起疾病的可能性而言是重要的。因为，相当大量的一种比较重的金属能取代生物组织中属于同一族的一个较轻的金属，从而就会改变这个较轻原子的反应。此外，当生物组织对某一元素具有亲合力或者生物组织的结构需要这种元素时，则它们往往对该族的其它元素皆有亲合力。例如骨骼对所有 IIA 族元素都有特殊的亲合力，甲状腺对所有 VIIA 族元素都有亲合力，

* 这段原文未把 21 号钪、39 号钇和 57 号镧列入过渡元素是不妥当的。——译者注

肝和肾对所有 IIB 和 VIB 族元素都有亲合力等等。看来在这些器官中有追求某类元素的特殊的有机化合物存在着。化学家已经制造出许多这样的化合物来，这些有机化合物称为螯合剂。虽然我们还不全知道这些组织的化合物是什么，但在这些特殊的组织中确实发现了各类金属，尤其在这些组织接触了大量的异常或非自然的金属的时候。

我们可以把生物系统简单地看成是一套由两个相互啮合的齿轮组成的装置，一个齿轮是一种有机化合物，通常是一种蛋白质，而更通常的是一种酶(酶是一种催化剂，它能够在体温条件下发动或加速一个化学反应——这个反应在没有这种酶时是不能进行的。例如，在酶的催化下糖和脂肪能在体温下燃烧，消耗氧，放出二氧化碳和水，正像木头和油在高温下燃烧那样。这类能发动一切生物化学反应的催化剂，都能使物质在水中和低温下燃烧)。另一个使生物系统运转的齿轮是一种金属，我们可以说，它和上面说的有机齿轮是精确地啮合着的。

现在假使我们把这个金属齿轮换上一个大一些的，但不变其齿的大小。显然，这个系统就要运转得快一点，它也有可能转动太快，以致破裂。无论怎么说，它是改变了，它再也不能完成它该完成的任务。又如果我们再换入一个比第二个大一倍的齿轮，它和第一个齿轮之间就会变得完全不能啮合，齿轮就会停止不转了。这种解释似乎牵强，但说明了金属齿轮和有机齿轮应完全配合，只要大小稍有不适合，就将干扰一个正常的生物系统并使其出现紊乱。这样，在周期表中同属一族的金属能相互干扰，尤其当同族中较重的金属比较轻的金属多的时候，这种干扰就会很显著。

这也像一把钥匙开一把锁的情况一样。一把合适的钥匙能插进钥匙孔，将锁打开；一把相似的钥匙虽能插进钥匙孔但

却不能将锁打开；至于一把不同的钥匙却连钥匙孔都放不进去。

这样，铈能置换钒；钨能置换钼（我们不知道钼能否置换铬）；如果有谁能大量制得得的话，锝将能置换锰（但锝是存在时间很短的放射性元素）；钨能置换铁；铈能置换钴；钡将能置换镍；银确能置换铜，而在某种条件下金也能置换铜；镉能强烈地置换锌并使含锌的酶失活而致病；砷置换磷并致病；硒置换硫并致病；溴置换氯；铍置换镁；镁和钙能相互作用；镉能置换钙；锂能置换钠；钠和钾相互作用；象铯在细菌中能置换钾一样，铷也能置换钾；而在化学上，硅能取代碳，生成硅橡胶或“油泥”——一种没有多大用处的有趣玩物。

如果有人说，在遥远的某一个极热的行星上，也许存在着以硅、磷、硫、氟取代碳、氮、氧、氢作为组成原料的生物。那么我个人对此表示怀疑，因为在那里发生的化学反应一定是很缓慢的，而且其它必需的元素将会以气体状态存在。当我们深入了解了生物所含元素的性质以及它们在生物体内的地位和功能时，我们不能不深信这些元素正是自然界专为合成能表现生命活动的东西而设计的，它们之间发生的相互作用的方式也正是生命赖以在宇宙中存在的唯一的方式。我们这样说，是因为宇宙中所有的物质都是由周期表中所列的元素所组成的。这个周期律是一百年前（即 1871 年）门捷列夫的杰出发现。

第二章 生命的起源及其发展到人

在宇宙中已经发生过三次巨大的革命性事件，它们根本地改变了宇宙的性质。第一次是物质的形成，广布于空间的薄薄的氢云一直在重力作用之下凝聚，变得越来越稠密，并产生足够大的压力使四个氢原子聚变成氦，放出巨量的能，然后用这些能去造成愈来愈大的原子，直到形成了周期表上所有的元素*。今天这种自我形成过程还在继续进行着，因为同样的条件还在起作用，虽然游离氢是较少了，但是同样的作用力却仍存在着。地球不过是被一个小而旋转着的太阳所掷出来的无限小的一小块物质，它在一个不很完全的轨道上，在尚属稳定的平衡中围绕着太阳旋转。

第二次革命事件是生命的起源。要有生命必须有水，幸好地球并不是一个光滑的圆球，所以当两个氢原子和一个氧原子反应并发生爆炸而生成水时，地球上已有足够的高山和深谷去积聚所生成的水，这样就形成了原始的海洋。这些海洋把地球冷却并帮助抑制日常温度的剧烈波动，使不至于白天沸烫，而晚上冰冻。这样，生命就有了一个可以开始形成的稳定的环境——海洋。

还没有人能够满意地解释过生命起源的奇迹。只是由于我们知道了生物的结构，至少是知道了它们的组成，所以我们才知道在生命开始时所必需的东西是水。然后是需要有一种自己会连接成为长链的元素。碳和硅是我们仅知道的两种自

* 原子量 7—100 的元素(锂到钼)主要是由氢和氦的聚变所形成；比较重的元素大部分是由较轻的元素俘获中子所形成的。

已会连成长链的元素，而硅对于生命是不适合的，这点我们在前面已讨论过了。接着需要的是：碳和氧，氢和氮，氧和氮，碳和氢相结合。以后，当需要形成更复杂的分子时，更需要溶液中含有磷和硫的化合物以及钾和钠、镁和钙等金属。这些元素都在原始海洋中存在着，而当时的大气可能是二氧化碳（能溶于水）、甲烷和氧的混合物。氢已全部化合成水、甲烷和氨。因为氢太轻，所以不能存在于下层的大气中。

碳和氢原子组成的短链与氨、二氧化碳化合形成氨基酸，而这些氨基酸又可以化合成长链而形成蛋白质。这一过程可以由海水中含量较多的金属镁，或痕量存在的金属锰或锌所催化。这些过程一步一步地进行着，但效力却很差，有巨大的浪费。合成出来的蛋白质是多种多样的，其中一些依靠着金属而获得了自身作为催化剂（或酶）的能力。当某种蛋白质把锌引入到它自己的大分子中去以后，它就能和其它分子结合而生长。生命的第一个必要条件是生长，第二是繁殖。也许是由于机会，或者由于自然的大变动，象病毒那样简单的有机体，形成了并繁殖起来——此中的经过情况我们不得而知——忽然，用了那些在环境中可以利用的元素，海洋里都长满了生物。在这一段拙劣的叙述中，我们仅仅提到发生了的事情，而没有提到这些事情是怎样发生的和为什么会发生的。

在原始海洋中含有我们今天发现的那些元素，但和今天海水中的元素相比，含量要稀得多。在三十三亿年前当原始海洋出现时，它所含的元素非常稀且海水很热，生命是无法生存于其中的。大量雨水从陆地上把易溶元素冲洗到海中，水又被太阳蒸发，成雨落在陆地上，再带走了易溶元素流入海中。这些过程和今天所见的一样，不过现在的规模要小些。海洋积聚了元素，尤其是钠和氯化物、镁、钙、钾、硫酸盐和磷酸盐。当浓度适当时，植物生命就开始了。在地球历史的前三分之