

WEILIANGYUANSU

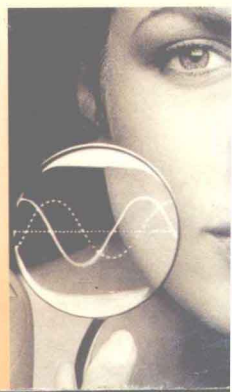
HUAXUEYU

RENTIJIANKANG

微量化学 与人体健康

颜自喜 编著

江西高校出版社



微量元素化学与人体健康

颜自喜 编著

江西高校出版社

图书在版编目(CIP)数据

微量元素化学与人体健康/颜自喜编著. —南昌:江西高校出版社, 2000.5

ISBN 7-81075-090-9

I. 微… II. 颜… III. 人体-微量元素-食品营养分析
IV. R151.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 21901 号

江西高校出版社出版发行

(江西省南昌市洪都北大道 96 号)

邮编:330046 电话:(0791)8512093、8504319

南昌市红星印刷厂印刷

各地新华书店经销

2000 年 5 月第 1 版 2000 年 5 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/32 6 印张 131 千字

印数:1 ~ 1200 册

定价:12.50 元

(江西高校版图书如有印刷、装订错误,请随时向承印厂调换)

内 容 提 要

本书系统地介绍了微量元素在自然界的分布,在人体内的代谢和平衡,生物利用率,微量元素药物的开发以及必需微量元素铁、锌、铜、钴、铬、锰、碘、氟、硒、钼、钒在人体内的含量、分布、生理生化功能、缺乏病症、食物来源等,既有理论阐述,又有与人体健康密切相关的实际应用知识的介绍。

本书可作为化学、生物、食品、营养、医药、环保、农牧等专业的师生和相关领域工作者的参考书,也可作为大学高年级和成人继续教育的选修课教材。

前 言

近代科学发展的进程表明,边缘科学的崛起对推动科学的发展起着十分重要的作用。微量元素化学作为生物无机化学学科的重要分支,正以崭新的活力向生命科学各个领域交叉、渗透并迅速发展,并在我国某些地方病防治和农作物增产等方面取得了举世公认的成就。近些年来,在我国高等院校中,微量元素化学的教学和科研已有一定的规模,开设了诸如“微量元素化学与人体健康”、“微量元素化学与营养”、“微量元素导论”、“生命科学中的微量元素”等课程。为了适应高等院校教学和有关工作者的需要,本人在收集了国内外有关文献资料的基础上,结合多年讲授“生物无机化学”和“微量元素化学与人体健康”的经验,试编了本书。

本书在编写过程中得到了不少同事的热情鼓励和支持,在此谨向他们表示真挚的谢忱!

该书的出版,如能对读者有所裨益,将感到无比喜悦。但本人学识浅薄,不足和错误之处在所难免,恳望专家和读者多方予以批评指正。

编 著 者

1999年11月6日

目 录

第一章 绪论	(1)
§ 1-1 关于微量元素的基本概念	(2)
§ 1-2 微量元素营养与健康的关系	(4)
§ 1-3 微量元素化学与人体健康的主要研究内容	(5)
§ 1-4 微量元素化学与人体健康的一般研究方法	(6)
§ 1-5 必需微量元素发现简史	(7)
第二章 自然环境中的微量元素	(9)
§ 2-1 环境与人的关系	(9)
§ 2-2 微量元素在自然环境中的含量与分布	(11)
§ 2-3 工业金属污染	(17)
第三章 微量元素在人体内的化学作用	(22)
§ 3-1 人体内微量元素在周期表中的位置和电子结构	(22)
§ 3-2 金属的水解与羟桥化作用	(24)
§ 3-3 金属离子的氧化还原性质	(25)
§ 3-4 金属离子与人体内大分子的配位作用	(26)
§ 3-5 人体内微量元素之间的相互作用	(34)
§ 3-6 人体内的生物催化剂——酶	(38)
§ 3-7 最适营养浓度定律	(41)
第四章 微量元素在人体内的代谢和平衡	(44)
§ 4-1 微量元素的吸收	(44)
§ 4-2 微量元素的转运、转化和分布	(47)
§ 4-3 微量元素的排泄	(56)
§ 4-4 微量元素在人体内的平衡	(59)

第五章 微量元素的生物利用率	(65)
§ 5-1 不同种类食物的利用率	(65)
§ 5-2 食物中微量元素存在形式不同的利用率	(66)
§ 5-3 蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素对利用率的影响	(68)
§ 5-4 化学元素对利用率的影响	(69)
§ 5-5 食物中其他成分对利用率的影响	(72)
第六章 必需微量元素铁	(74)
§ 6-1 人体内铁的代谢	(74)
§ 6-2 血红蛋白	(76)
§ 6-3 肌红蛋白	(83)
§ 6-4 细胞色素类	(86)
§ 6-5 贮铁蛋白和铁传递蛋白	(92)
§ 6-6 缺铁病症与防治	(94)
第七章 必需微量元素锌	(98)
§ 7-1 锌在人体内的含量、分布及存在形式	(98)
§ 7-2 锌酶	(99)
§ 7-3 缺锌病症与防治	(109)
第八章 必需微量元素铜	(113)
§ 8-1 铜在体内的含量、分布及存在形式	(113)
§ 8-2 铜的生物化学功能	(113)
§ 8-3 缺铜病症与防治	(121)
第九章 必需微量元素钴、钼	(123)
§ 9-1 钴	(123)
§ 9-2 钼	(128)
第十章 必需微量元素锰、铬、钒	(131)
§ 10-1 锰	(131)

§ 10-2	铬	(133)
§ 10-3	钒	(134)
第十一章	必需微量元素硒	(137)
§ 11-1	硒的分布	(137)
§ 11-2	硒的有益功能	(139)
§ 11-3	硒的生物化学及其防病机理的探讨	(144)
§ 11-4	含硒药剂	(149)
第十二章	必需微量元素碘、氟	(152)
§ 12-1	碘	(152)
§ 12-2	氟	(155)
第十三章	有害元素铅、汞	(157)
§ 13-1	铅	(157)
§ 13-2	汞	(161)
第十四章	微量元素药物	(163)
§ 14-1	抗癌药物	(164)
§ 14-2	抗炎症药物	(169)
§ 14-3	抗微生物药物	(170)
§ 14-4	抗血凝药物	(172)
§ 14-5	降血糖药物	(172)
§ 14-6	解毒药物	(173)
§ 14-7	抗贫血药物	(176)
§ 14-8	中草药内微量元素的药物效应	(178)
主要参考文献		(180)

第一章 绪 论

生命科学中的微量元素化学是一门新兴的、由多学科相互渗透的边缘学科,它与化学、生物学、医药学、环境科学、地学、食品营养学等有着密切的关系,是当今国际科学界引人瞩目的崭新领域。

人的生、老、病、死是与生物分子如蛋白质、肽、脂类、多糖、核酸、激素和维生素等联系在一起的。随着生命科学的发展,尤其是痕量分析技术的提高和生物医学成果的涌现,发现微量元素与上述生物分子的有机联系,它起着关键步骤的调控作用;其次,微量元素不像某些维生素能在人体内自行合成。从这种意义上说,在人体所需的营养中,它们甚至比维生素更为重要。微量元素主要来自饮食、空气和各种外源性物质,因此容易产生缺乏或过量积累。

人们希望,通过对微量元素与健康相关性及其内在联系的探索,在某些疾病,特别是微量元素缺乏、过量积累及失控等造成的疾病(包括某些地方病)的防治方面有所发现和改善。在研究元素的化学形态、大分子结构和生化、生理机制的基础上,既注意它的营养,又避免其毒性,并与动物、植物、土壤、水源等周围环境统一起来进行考察。人们相信,有朝一日能通过合理的食物组成维持生命的有机平衡和健康,从而使微量元素的研究给人类社会带来重大的效益。显然,它展示着当代生命科学活跃的前沿和趋向。

§ 1-1 关于微量元素的基本概念

微量元素这一术语,究竟是谁何时首先提出来的并不清楚。但微量元素这一术语沿用至今,已有很明确的概念,它是指在机体体内其含量不及万分之一的元素。也有人给微量元素下这样的定义:在人与动物体内其含量与铁相等及低于铁含量的元素。微量元素的同义词:小元素(minor element)、痕量元素(trace element)、寡量元素(oligo element)和微量营养元素(micronutrient element)。

宇宙万物,包括人体都是由化学元素组成的,存在于地壳表层的化学元素有九十多种,在人体中也几乎都存在这些元素。但是不是人的生命和健康都必需要这些元素呢?或者说哪些元素是维持人的生命和健康所必需的呢?虽然生命科学之谜还没彻底揭开,但目前已认定二十多种元素是人体必需元素。

维持人体正常生命活动不可缺少的元素叫必需元素。由于必需元素在体内的含量差异很大,可将其划分为必需宏量(或常量)元素与必需微量元素。含量占人体重量的万分之一以上的元素叫必需常量元素。它们是氧、碳、氢、氮、硫、磷、钙、钾、钠、氯和镁等 11 种化学元素。必需常量元素总量占健康人体重的 99.95% 以上。前 6 种是蛋白质、脂肪、糖和核酸的重要成分,构成生物体的基本元素;后 5 种则是体液和血液以及许多重要生化、代谢过程的必需组分。

必需微量元素有多少种?目前不能武断下结论,但国内外学者比较一致的看法认定铁(Fe)、锌(Zn)、铜(Cu)、锰(Mn)、碘(I)、氟(F)、铬(Cr)、钼(Mo)、钴(Co)、镍(Ni)、硒(Se)、钒(V)、硅(Si)、溴(Br)、锡(Sn)等 15 种为人体必需微量元素,应该说,随着生命科学研究的深入,还会发现新的必需微量元素。虽然必需

微量元素在体内的总量还不及人体重量的 0.05%，但它们对人体健康和生长发育的作用却不能低估，决不能用这一数学上的“数”来衡量。表 1-1 列出了必需常量元素和必需微量元素在人体内的平均含量。

表 1-1 人体内必需常量元素和必需微量元素的平均含量

元 素	含 量(%)	元 素	含 量(%)
常量 O	65	Zn	0.0033
C	18	Cu	0.0001
H	10	Br	0.00001
N	3.0	V	0.00003
Ca	1.40	Cr	0.00002
P	1.20	Mn	0.00002
S	0.23	I	0.00002
K	0.20	Ni	0.00001
Na	0.16	Se	0.00002
Cl	0.14	Sn	0.00002
Mg	0.029	Mo	0.00001
微量 Fe	0.006	Co	0.000002
F	0.0037	Si	0.004

必需元素与非必需元素判断的标准是什么？Schroeder、Cotziasous 和 Davies 分别提出过判断必需元素的标准应包括以下几项：1. 广泛存在于自然界，海水中含量丰富，能被动植物吸收利用；2. 是形成正常组织结构的组成部分，存在于一些健康机体的所有组织之中且浓度相当恒定；3. 一旦缺乏这种元素，无论是何种生物，都会产生相似的结构及生理功能异常和生物

化学改变;充分供应该元素可预防此类异常;给缺乏者补充该元素则可使异常得到纠正;4. 能透过半透膜即能通过胎盘和乳房屏障供给胎儿和婴儿;5. 以其天然形态适当剂量给人或动物服用,无毒害作用或毒性极低。此外,机体对该类元素有平衡调节能力。

有些化学元素,目前未发现其生物学功能,但在体内浓度很低时便显示其毒性,叫有毒或有害微量元素。目前公认的有害元素有铅(Pb)、汞(Hg)、镉(Cd)、铊(Tl)、铍(Be)、放射性核素等。

§ 1-2 微量元素营养与健康的关系

健康的现代科学定义是身体与自然环境和社会环境的动态平衡,是一种身体上、精神上和社会上的完满状态。

营养与健康的关系甚为密切,合理的营养将增进健康;营养失调则可引起疾病。可以说健康依赖于营养,人体需要的营养素约有几十种,概括为七大类,即蛋白质、脂类、碳水化合物、维生素、无机盐(即钾、钠、镁、钙及必需微量元素等)、水和食物纤维。由于各种营养素对人体都有它特殊的生物功能,所以任何一种营养素都是不可缺少的。讲究营养,绝不意味着提倡多吃鱼、肉,而且应对“只有吃鱼、肉和山珍海味等滋补品才是营养”的错误观念进行纠正。

目前我国人民膳食结构和市场销售的已加工制作的食品,都存在一个共同缺陷,即忽视无机盐中微量元素这一大营养素。例如人们只注意到蛋白质营养与人的生长发育,而忽视了微量元素锌与人的生长发育关系密切;只注意到动物性食品过多,热能过剩而并发高血压、冠心病、动脉粥样硬化症和糖尿病等,而忽视了微量元素铬对防治动脉粥样硬化和糖尿病有明显效果;

人们认为吃“王八”等可以防治癌症,而对微量元素硒有抗癌防癌功能没有认识。同时,市场上销售的加工制作食品的食品中,铁强化食品、铜强化食品、锌强化食品等微量元素强化食品很少见。

因此,加强微量元素营养与人体健康的教育与宣传是很有必要的,它既是一门科学,也是广大人民群众需要了解的卫生保健知识。

§ 1-3 微量元素化学与人体健康的主要研究内容

化学在 19 世纪分为无机化学、有机化学和生物化学。这样持续了近百年,各有其特点。近 20 年来化学各科分支的进展,包括物理化学、有机化学、无机化学和分析化学都对生物化学发生了很大的兴趣,并在各个领域取得迅速的发展,为未来的化学开拓了新的前景。从 60 年代后期起逐渐形成的新学科——生物无机化学是发展起来的一个分支。

在生物无机化学和营养学、医学、环境学、地学等学科的研究领域中,人们越来越重视必需微量元素在人体内的组成、分布、化学反应、代谢和生物功能等的研究,从而逐渐形成微量元素化学与人体健康之间的相互关系的研究领域。微量元素化学与人体健康关系的形成是化学和生命科学发展的必然趋势。由于它还处于萌芽期,因而要给它下一个严格的定义,无疑是困难的,对它的研究内容,也只能作一大致的概括。主要是:

第一,研究人体需要哪些微量元素,它们在各种组织器官中的分布状况、存在状态、作用机理和生理功能以及最合适的摄取量等。为维持人体的正常生命活动和健康状态,研究怎样去补充这些元素和如何防止这些元素的过量。

第二,研究地球化学环境,特别是工业金属元素的污染对人类健康的影响,阐明污染元素使人体中毒和致病的机理,指出减少污染、防止疾病和增进健康的途径。

第三,探讨一些常见疾病(如动脉粥样硬化、高血压、癌症等)的发病与某些金属元素之间的关系,以及调节和控制这些元素以防止病变的发生。

第四,合成新的药物和研究药理,从目前国内外的动态来看,在这些方面比较活跃的课题有:合成抗癌药物和研究其抗癌机理;合成载氧人造血液及研究其载氧机理;合成某些用来消除人体过量的和有害的金属元素的配合剂(解毒剂),并探讨其作用机理,合成旨在能络合细菌体内金属离子,破坏其体内酶系的抗菌剂等。

第五,研究金属离子与生物配体(如氨基酸、小肽、多肽、蛋白质、核酸、卟啉等)所组成的配位化合物或人工合成其中某些模拟化合物,揭示其结构、性质与生物功能之间的关系,以期对人类尽可能多地积累有关生命本质的信息,并最终汇同其他学科共同阐明生命的本质问题。

§ 1-4 微量元素化学与人体健康的一般研究方法

微量元素化学与人体健康虽然是化学或生命科学或生物无机化学的一个分支,但从 § 1-3 节可知其研究内容是比较广泛的,而且同一研究内容也可以从不同角度进行探索,因而并无固定不变的研究方法。例如,在研究微量金属元素在人体器官组织中的分布及其含量时,会较多地沿用分析化学的一般研究方法。若研究酶反应机理及其动力学,则会较偏重于沿用物理化学和配位化学的一般研究方法。

应当指出,无论研究内容或方法多么不同,总都是要通过实验来进行探索的。同时,由于课题来源于人类生命现象,往往还需要先通过动物的实验,作为通向接受人体检验的桥梁。

研究时,可有两种途径。其一是:直接从生物体中提取所需研究的物质,经必要的分离和提纯等手续处理后,对其进行诸如结构的测定、功能的探索以及其他目的的研究。其二是:先用人工合成的方法来制备所要研究的物质,然后对其进行预定目的的研究。但是,由于人体中具有生物功能的化合物,如酶及某些生物配体的配合物等,往往都是一些结构十分复杂的化合物。目前要人工合成这些化合物,还存在不少的困难,研究起来有时也是很复杂的,因而在很多的研究中,例如,在生物大分子配体配合物的性质、反应机理及其生物功能的研究中,往往并不直接合成复制品,而是根据已有的事实,通过思维、综合、判断和推理,以人工的方法合成一种经过有意识加以简化的模拟化合物,然后对它进行预定目的的研究。如此反复进行,以期所合成的模拟化合物的功能,以及利用该模拟化合物作研究而得出的结论,能逐渐接近并最后能符合人体的真实情况。

这样的研究过程使人们有可能由浅入深,从简到繁,并有可能从复杂的因素中抓住主要矛盾,进而找出其规律性的东西。

§ 1-5 必需微量元素发现简史

人类对必需微量元素的¹认识经历了一个相当漫长但在逐步加快的历程。

铁是最早发现的必需微量元素,距今已有两百多年的历史。1850年人们就已认识到碘的生理功能。而第三个必需微量元素铜的发现是在20世纪的1928年,随后发现的速度明显加快,不到半个世纪陆续论证了锰、锌、钴、钼、硒、铬、氟等十来个元素

为人体必需微量元素。现将已知的必需微量元素发现年代列于表 1-2 中。

表 1-2 必需微量元素发现年代

元素	发现年代	元素	发现年代
Fe	1800 年	Se	1957
I	1850 年	Cr	1970 年
Cu	1928 年	V	1971 年
Mn	1931 年	F	1971 年
Zn	1934 年	Si	1971 年
Co	1935 年	Ni	1974 年
Mo	1953 年	Sn	1970 年

第二章 自然环境中的微量元素

§ 2-1 环境与人的关系

人类生活在地球表面上,必然受到周围环境的影响,因此要考虑人与环境间物质和能量交换的关系。

为方便起见,一般把地球分为四个部分:大气圈、水圈、岩石圈和生物圈。大气圈是围绕地球的气体层,它主要是由 N_2 、 O_2 、Ar、Ne、He、 CO_2 和水盐气组成的。水圈是由江、河、湖、海构成的。其主要成分是水。当然也存在大量的无机化合物(见 § 2-2)。岩石圈是地球的固态部分。生物圈是各种生物栖息的地带,除了生物体固有的成分外,其周围环境的所有成分基本上都是无机的。因此,生物经常与各种有机物和无机物接触,并利用它们或受其影响。图 2-1 显示出生物环境中金属离子与其他成分之间的交换。由图 2-1 可见,人体存在多种无机元素是必然的。自然界的 92 种天然元素中,有 81 种在人体内测出。

人体内所含的元素与人所处的自然环境息息相关。由于人类长期的生产活动,向自然界排放污水、烟尘、固体废物等,造成环境污染,使某一种或某几种元素在该地区的含量增加,将直接、间接地给当地人群的生活带来影响。图 2-2 显示出大气污染对人的影响。

在漫长的地球演变过程中,生物作为一个整体已适应利用太阳光作为基本能源,将周围环境中丰富的无机物作为自己的结构物质,以维持它们的生命。

生物分为两类:自养生物和异养生物。自养生物由 CO_2 、