

1575.16

微量元素与相关疾病

Trace Elements and Relative Diseases

主 编

苗 健 高 琦 许思来

河南医科大学出版社

• 郑 州 •

微量元素与相关疾病

Weiliang YuanSu Yu XiangGuan JiBing

主 编 苗 健 高 琦 许思来

责任编辑 苗 萱

责任监制 何 芹

河南医科大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

邮政编码 450052 电话 (0371)6988300

解放军测绘学院印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 24 字数 569 千字

1997 年 12 月第 1 版 1997 年 12 月第 1 次印刷

印数 1~2 000 册

ISBN 7-81048-231-9/R·222

定价: 52.00 元

以微量元素的研究
把医学推向一个新的高
度，为国争光

题赠

癸酉六月于若木南京

于若木

中国微量元素科学研究会理事长，著名营养学专家、教授，
《世界元素医学》主编。

微量元素,量微
作用大,生命攸关值
以研读。

吴旻

1997.7.17

于郑州

吴 旻

医学科学博士、教授,中国科学院院士,中国科学院生物学部副主任,中国医学科学院、中国协和医科大学肿瘤研究所细胞生物室主任,分子肿瘤学国家重点实验室主任。

前 言

微量元素与健康是现代生命科学的重要课题。尽管微量元素在人的机体内只占总质量的万分之一以下,但它们在整個生命活动中却发挥了巨大作用。微量元素参与机体各种酶及活性物质的代谢,维持机体内环境的平衡。离开了对微量元素的研究就不可能有现代生命科学。因此对微量元素与健康关系的研究,无论在实践上还是在理论上都具有深远意义。

人的机体从生命伊始到终结,每一年龄段的健康状况都与微量元素相关,都需要微量元素的调控,才能保持机体内环境的平衡。为此,以微量元素在机体的调控理论为中心,探讨微量元素与疾病的关系及其机制,提出微量元素对疾病诊断及防治的建议;探讨中草药中的微量元素对疾病的治疗和预防效果;探讨微量元素与保健、美容的关系;研究体内微量元素稳定平衡的规律和微量元素间的相互作用等,无疑对医学发展做出了贡献。《微量元素与相关疾病》就是基于上述认识编纂而成的。

《微量元素与相关疾病》共分 28 章,分别论述 14 种人体必需微量元素与相关疾病的关系,以及稀土元素、金属硫蛋白在工、农业的应用,有害元素与职业病,微量元素与眼科、儿科,中医药、矿泉浴和微量元素测试等。

本书重点论述了人体必需微量元素与疾病的关系,微量元素的生物活性、生理作用。从生物细胞、电子传递水平阐述微量元素在人体代谢平衡的调控作用、信息传递作用,微量元素之间的协同和拮抗作用以及中医药与微量元素的关系。

编者查阅了国内外大量文献,并结合编者多年来科学研究和临床实践的成果,力求内容新颖,理论与实践应用并重。为了尽快普及微量元素与人体健康的关系,服务于当前国家优化自然环境的需要,编者将以本书为教材举办微量元素学习班。为了更好地开班教学,本书参阅、节录了顾天爵教授主编的《生物化学》,孔祥瑞教授主编的《必需微量元素的营养及临床意义》,曹治教授主编的《微量元素与中医药》,秦俊法教授主编的《微量元素与脑功能》,周济桂教授主编的《临床微量元素学》,颜世铭教授等主编的《微量元素导论》等书的有关章节及图表,在此表示真挚的感谢。

本书适合于临床医学、生物化学、中医学、食品营养保健科学等领域的工作者以及研究生、本科生参考阅读。由于编者水平所限,错误、不妥之处,敬请广大读者批评指正。陈万东先生等参与本书第四章编写,特此致谢。

编者

1997 年 6 月

目 录

第一章 绪论

- 第一节 微量元素的基本概念..... (1)
- 第二节 必需微量元素的生物学特性及其在人体内的代谢..... (5)
- 第三节 微量元素研究的目的及发展史 (18)

第二章 微量元素与医药保健

- 第一节 相关疾病与诊断 (21)
- 第二节 医药保健作用 (24)

第三章 元素平衡与调控

- 第一节 元素(宏量、微量)与神经及酶效应..... (45)
- 第二节 细胞间信息传递的两条途径 (64)
- 第三节 受体 (66)
- 第四节 主要的信息传递途径 (69)

第四章 金属硫蛋白

- 第一节 金属硫蛋白的理化特性及纯化测定 (83)
- 第二节 金属硫蛋白的生物学特性及其作用 (85)
- 第三节 金属硫蛋白的医学研究和运用 (92)
- 第四节 脑金属硫蛋白样蛋白质 (99)

第五章 碘与相关疾病

- 第一节 碘的生物学作用和生理功能..... (103)
- 第二节 碘的分布、吸收和排泄 (103)
- 第三节 缺碘引起的疾病..... (104)

第六章 铁与相关疾病

- 第一节 铁的生物学作用和生理功能..... (106)
- 第二节 铁在人体内的吸收、分布及排泄 (107)
- 第三节 缺铁引起的疾病..... (107)
- 第四节 铁中毒..... (109)

第七章 锌与相关疾病

- 第一节 锌的生物学作用和生理功能..... (111)

第二节	锌在人体内的吸收、分布和排泄	(112)
第三节	缺锌引起的疾病	(113)
第四节	锌中毒	(114)
第五节	锌中毒的防治	(114)

第八章 铜与相关疾病

第一节	铜的生物学作用和生理功能	(115)
第二节	铜的吸收、分布和排泄	(116)
第三节	缺铜引起的疾病	(116)
第四节	铜中毒	(117)
第五节	铜中毒的防治	(118)

第九章 硒与相关疾病

第一节	硒的生物学作用和生理功能	(119)
第二节	硒在人体内的吸收、分布和排泄	(120)
第三节	缺硒引起的疾病	(120)
第四节	硒中毒	(121)
第五节	硒中毒的防治	(121)

第十章 钴与相关疾病

第一节	钴的生物学作用和生理功能	(123)
第二节	钴的吸收、分布和排泄	(124)
第三节	缺钴引起的疾病	(124)
第四节	钴中毒	(125)

第十一章 锰与相关疾病

第一节	锰的生物学作用和生理功能	(127)
第二节	锰的吸收、分布和排泄	(128)
第三节	缺锰引起的疾病	(128)
第四节	锰中毒	(129)

第十二章 铬与相关疾病

第一节	铬的生物学作用和生理功能	(131)
第二节	铬的吸收、分布和排泄	(132)
第三节	缺铬引起的疾病	(132)
第四节	铬中毒	(133)
第五节	铬与葡萄糖耐量因子	(134)

第十三章 钼与相关疾病

第一节 钼的生物学作用和生理功能·····	(138)
第二节 钼的吸收、分布和排泄·····	(139)
第三节 缺钼引起的疾病·····	(139)
第四节 钼中毒·····	(140)

第十四章 氟与相关疾病

第一节 氟的生物学作用和生理功能·····	(141)
第二节 氟的吸收、分布和排泄·····	(141)
第三节 缺氟引起的疾病·····	(142)
第四节 氟中毒·····	(142)

第十五章 镍与相关疾病

第一节 镍的生物学作用和生理功能·····	(144)
第二节 镍的吸收、分布和排泄·····	(144)
第三节 缺镍引起的疾病·····	(145)
第四节 镍中毒·····	(145)

第十六章 钒与相关疾病

第一节 钒的生物学作用和生理功能·····	(147)
第二节 钒的吸收、分布和排泄·····	(147)
第三节 缺钒引起的疾病·····	(148)
第四节 钒中毒·····	(148)

第十七章 锶与相关疾病

第一节 锶的生物学作用和生理功能·····	(150)
第二节 锶的吸收、分布和排泄·····	(150)
第三节 缺锶引起的疾病·····	(151)
第四节 锶中毒·····	(151)

第十八章 锡与相关疾病

第一节 锡的生物学作用和生理功能·····	(152)
第二节 锡的吸收、分布及排泄·····	(152)
第三节 缺锡引起的疾病·····	(152)
第四节 锡中毒·····	(152)

第十九章 锗与相关疾病

- 第一节 锗的生物学作用和生理功能..... (154)
- 第二节 锗的吸收、分布和排泄..... (155)
- 第三节 缺锗引起的疾病..... (156)
- 第四节 有机锗的营养保健作用..... (157)
- 第五节 锗的毒性..... (157)

第二十章 稀土元素的医学作用

- 第一节 稀土元素的概念及分组..... (159)
- 第二节 稀土元素的生物学作用..... (160)
- 第三节 稀土化合物的医药作用..... (164)

第二十一章 有害元素与职业病

- 第一节 铅元素..... (168)
- 第二节 汞元素..... (169)
- 第三节 镉元素..... (171)
- 第四节 砷元素..... (173)

第二十二章 微量元素与相关眼病

- 第一节 微量元素在眼内的分布及与眼病的关系..... (176)
- 第二节 微量元素的生物学作用及与眼病的关系..... (178)
- 第三节 微量元素与角膜病..... (181)
- 第四节 微量元素与葡萄膜炎..... (185)
- 第五节 微量元素与晶体病..... (187)
- 第六节 微量元素与玻璃体..... (193)
- 第七节 微量元素与视网膜病变..... (195)
- 第八节 微量元素与视神经病变..... (202)
- 第九节 微量元素与近视..... (206)
- 第十节 微量元素与青光眼..... (207)

第二十三章 微量元素与儿科疾病

- 第一节 缺铁性贫血及铁中毒..... (209)
- 第二节 锌缺乏症及锌中毒..... (214)
- 第三节 碘缺乏症..... (217)
- 第四节 铅中毒..... (219)
- 第五节 铜缺乏症及铜中毒..... (220)

第二十四章 微量元素与老年性疾病	
第一节 高血压·····	(224)
第二节 冠心病·····	(226)
第三节 肺心病·····	(228)
第四节 老年性痴呆·····	(229)
第五节 糖尿病·····	(231)
第二十五章 微量元素与病毒性肝炎	
第一节 硒与病毒性肝炎·····	(234)
第二节 铁与病毒性肝炎·····	(236)
第三节 铜、锌、锰、钼与病毒性肝炎·····	(237)
第二十六章 微量元素与中医药	
第一节 微量元素与中医理论的关系·····	(239)
第二节 微量元素与中医辨证的关系·····	(240)
第三节 微量元素与中药学·····	(241)
第四节 存在问题及发展意义·····	(243)
第二十七章 矿泉疗法的保健和医疗价值	
第一节 概述·····	(244)
第二节 矿泉的形成·····	(244)
第三节 矿泉的成分·····	(247)
第四节 矿泉的保健作用·····	(250)
第五节 矿泉的医疗价值·····	(252)
第六节 矿泉疗法的注意事项·····	(259)
第七节 我国著名的矿泉疗养地·····	(260)
第八节 河南省的著名矿泉·····	(263)
第二十八章 微量元素测试技术与方法	
第一节 临床微量元素检测概述·····	(266)
第二节 人体样品的采集·····	(267)
第三节 样品的预处理方法·····	(270)
第四节 临床微量元素测定方法·····	(275)
第五节 临床微量元素检测的评价·····	(282)
参考文献 ·····	(283)
附 录 ·····	(1~78)

第一章 绪论

微量元素与健康是生命科学的重要课题。微量元素学是现代生命科学和现代医学的前沿学科之一,属较活跃的领域。1983年在瑞典召开了“微量元素对健康的影响”的国际会议。美国密苏里大学“微量元素与人体健康”学术会议已历经17届。国际研究机构还出版了《微量元素研究》和《生物无机化学研究》等专业性刊物。微量元素与临床医学、预防医学、环境医学、营养学的关系,已受到科学家的广泛关注。据日本野见山一生报道(1985年),日本有关人体微量元素的研究报告每年有8000余篇,发表的科学论文占全部医学科学论文的40%左右。各种国际学术刊物发表的学术论文也愈来愈广泛、深入。在国际上,每年召开的有关微量元素国际学术会议达8~10次以上。我国微量元素与健康的研究差不多与世界同步进行。继1979年我国著名化学家裘家奎教授编著《元素与人》之后,1982年著名的微量元素研究专家孔祥瑞研究员编著《必需微量元素的营养、生理及临床意义》一书出版,成为我国此方面的主要学术著作之一。1991年著名的化学家王夔等教授主编的大型专著《生命科学中的微量元素》一书的出版,进一步促进了这一领域的研究。1994年著名专家周济桂研究员等主编的《临床微量元素学》更进一步推动了临床微量元素的研究和应用。以著名营养学家于若木教授等为主创办的“中国微量元素与健康研究会”(即中国微量元素科学研究会)经10余年的工作,促进了全国微量元素与健康学的蓬勃发展,使微量元素的研究应用于国民经济,把人民医疗保健事业推向了一个新阶段。

第一节 微量元素的基本概念

一、常量元素和微量元素

在自然界中,目前已知天然存在的化学元素有92种,在人体内已发现81种(图1-1)。人体必需的常量元素有11种,在人体的含量比例见表1-1。这11种元素共占人体总质量的99.95%,是人体不可缺少的造体元素,因此,又被称为人体必需的常量元素。人体中其余70余种元素是微量元素,仅占人体总质量的0.05%。

微量元素这一术语在不同的学科中,其含义稍有差别。从人体生理学角度,微量元素的概念有几种不同提法,大多侧重于其所占重量。其中一种为与铁等量或等量以下的极少量元素为微量元素。但Schroeder以占人体总量的比例来确定,如占人体总重量的0.01%以下者为微量元素。营养学的研究者常用“微量营养素”这一术语,包括元素以外的一切营养物。但是,微量元素并不完全都是有营养价值的。除了质以外甚至在量的变化后,还可出现毒性,因此又出现“毒性”问题。

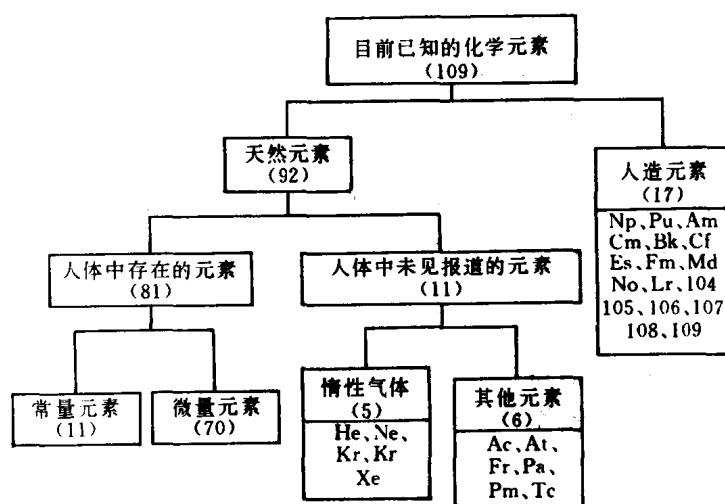


图 1-1 化学元素的分类

随着科学研究的进展,在人体功能不同的某些器官中,其组织的微量元素含量和元素种类也可能有特殊性。

表 1-1 人体必需的常量元素

元素	占人体组成的百分比(%)
O	65.5
C	18.0
H	10.0
N	3.0
Ca	2.0
P	1.0
K	0.35
S	0.25
Na	0.15
Cl	0.15
Mg	0.05

因此,在引用人体生理学原则时,进一步提出了“组织器官微量元素学”的新课题,在眼部组织中的微量元素概念,引伸上面这个总的人体生理学观点,并尝试与正常眼部组织微量元素含量的特殊点结合起来考虑。如钙、磷、镁等在人体总重量中为(宏量元素)常量元素,而在眼部晶体中可能成为微量元素。当患者有白内障、角膜钙化等症时,钙增多。

二、微量元素分类

按微量元素在人体的不同生物作用,可分为必需、可能必需及非必需几类。如果按照微量元素在人体生物作用过程中的影响也可分为必需的、无害的及有害的3类。人体内微量元素的分类和含量见表 1-2,1-3。

表 1-2 人体内各种元素的标准含量

元 素	人体含量(g)	所占体重(%)	元 素	人体含量(g)	所占体重(%)
氧	45 000.0	65.00	砷	<0.100	$<1.4 \times 10^{-4}$
碳	12 600.0	18.00	铈	<0.090	$<1.3 \times 10^{-4}$
氢	7 000.0	10.00	镉	<0.050	$<7.0 \times 10^{-5}$
氮	2 100.0	3.00	铈	<0.050	$<7.0 \times 10^{-5}$
钙	1 050.0	1.50	钛	<0.015	$<2.1 \times 10^{-5}$
磷	700.0	1.00	镍	<0.010	$<1.4 \times 10^{-5}$
硫	175.0	0.25	硼	<0.010	$<1.4 \times 10^{-5}$
钾	140.0	0.20	铬	<0.006	$<8.6 \times 10^{-5}$
钠	105.0	0.15	钒	<0.006	$<8.6 \times 10^{-5}$
氯	105.0	0.15	铊	<0.006	$<8.6 \times 10^{-5}$
镁	35.0	0.05	锆	<0.006	$<8.6 \times 10^{-5}$
铁	4.0	0.005 7	钼	<0.005	$<7.0 \times 10^{-6}$
锌	2.300	0.003 3	钴	<0.003	$<4.3 \times 10^{-6}$
铷	1.200	0.001 7	铍	<0.002	$<3.0 \times 10^{-6}$
锶	0.140	2×10^{-4}	金	<0.001	$<1.4 \times 10^{-6}$
铜	0.100	1.4×10^{-4}	银	<0.001	1.4×10^{-6}
铝	0.100	1.4×10^{-4}	锂	$<9.0 \times 10^{-4}$	1.3×10^{-6}
铅	0.080	1.1×10^{-4}	铋	$<3.0 \times 10^{-4}$	4.3×10^{-7}
锡	0.030	4.3×10^{-5}	钷	$<10.0 \times 10^{-4}$	1.4×10^{-7}
碘	0.030	4.3×10^{-5}	铀	$<2.0 \times 10^{-5}$	3.0×10^{-7}
镉	0.030	4.3×10^{-5}	铯	$<1.0 \times 10^{-5}$	1.4×10^{-7}
锰	0.020	3.0×10^{-5}	镓	$<2.0 \times 10^{-6}$	3.0×10^{-7}
钡	0.016	2.3×10^{-5}	镭	$<10.0 \times 10^{-10}$	1.4×10^{-7}

※ 引自孔祥瑞, 1982

表 1-3 人体内微量元素的分类和含量

作 用	金 属	从食物及水内的 摄入量(mg/d)	从空气吸入的数 量($\mu\text{g}/20\text{ m}^3$)	每日排泄量 (mg/d)	平衡结果
必需的	铁	15.0(6.5%)*	266.00(1.74%)*	接近吸收量	=
	锌	14.5(31~51)	33.80(0.23)	接近吸收量	=
	铜	1.325(32~60)	23.00(1.74)	接近吸收量	=
	锰	4.400(3~4)	28.80(0.65)	接近吸收量	=
	铬	0.245(10)	3.60(1.44)	接近吸收量	-
	钼	0.335(40~60)	0.60(0.18)	接近吸收量	=
	钴	0.390(63~97)	0.12(0.33)	接近吸收量	=
	硒	0.068(60)	0.07(0.1)	接近吸收量	=
	镍	0.600(5)	2.40(0.4)	接近吸收量	=
	钒	0.116(5)	40.00(25.6)	接近吸收量	=
	锡	7.300(2)	0.60(0.008)	接近吸收量	=
	氮	2.400(80~90)		2.380	+
	碘	0.205(100)		接近吸收量	=
	锶	1.900(17~38)		接近吸收量	=
可能必需的	钾	1.500(90)		接近吸收量	=
	砷	1.000(5?)		<1.000	+
	硅				
	硼	1.300(99)		接近吸收量	=
非必需的 无害的	铝	17.0(0.1)	50.00(0.29)	接近吸收量	+
	钡	0.735(1~15)	30.00(3.90)	接近吸收量	+
	钛	1.375(1~2)	3.80(0.27)	接近吸收量	?
	铈	0.620(40~60)		接近吸收量	=
	锆	4.200(0.01)		接近吸收量	=
有毒害的	铋	0.02(80)	0.76(3.66)	接近吸收量	?
	铊	<0.150(少量)	1.76(<1.67)	接近吸收量	+
	铍	0.012(0.01)	0.04(0.33)	接近吸收量	+
	镉	0.160(25.0)	7.40(4.40)	<0.160	+
	汞	0.20(5~10)	14.80(42.5)	<0.020	+
	铅	0.300(5~10)	144.00(32.50)	0.293	+

* 括号内的数字系指吸收的百分率。平衡结果: =表示有能力保持平衡, -表示随年龄增加含量减少, +表示有蓄积倾向。

※引自孔祥瑞, 1982

根据定量分类,反映微量元素对人体全部各器官的生物学意义,按其生物性质可分必需、可能必需、非必需或有害微量元素四大类。但这种分类方法,其实际意义不大。原因是所有微量元素,当人体摄取过多、时间过长、体内蓄存过多时,都会出现过剩或毒副反应。因此也可以说,必需微量元素的生物效应与其剂量及临床应用时间长短密切相关。此外,随着科学技术的发展,相信有些微量元素在人体的生物效应中,可能是必需或有益元素,成为目前确定为人体必需微量元素中的新成员。

第二节 必需微量元素的生物学特性及其在人体内的代谢

所谓必需微量元素(essential element),就是正常人体生命过程中必不可少的微量元素,是机体绝对必需的微量元素。如果摄取不足,或排泄过多,就会导致生理功能或形态结构的异常改变,使体内失去平衡,出现异常。必需微量元素也就是人体代谢和健康生存绝对不可缺少的微量元素。根据天地人合的整体元素平衡系统,提高人的生存质量,微量元素的需要还会扩大,必需微量元素会更多些。Schwarz 曾预言:所有元素可能最终都会显示出生物学作用。

一、必需微量元素的生物特性

人们在认识人体必需微量元素的过程中,逐步探索到必需微量元素有其共性,必需微量元素中大多数为金属过渡元素,在已知 14 种必需微量元素中,金属元素占 10 种,半金属 2 种。基于金属的这种特性,在体内易于形成多种化合物、结合物及配价复合物,构成机体内发挥生物学作用的生化及药理基础。

1. 元素的生物学作用与元素在周期表中位置的关系

人体必需微量元素除氟、钼、碘外(其原子序数分别为 9,42,53),其余原子序数为 23~34。到现在为止,人体必需微量元素都处在周期表前部 53 种之中,在Ⅱ族的元素都能影响胰岛素的作用;ⅡA 族对骨骼有较特殊的亲和力;Ⅰ族及ⅥB 族对肾和肝组织有亲和力;ⅦA 族对甲状腺有亲和力;Ⅳ族全部元素都有不同程度的止血刺激作用。对人体有害的微量元素大多数位于周期表的右边,如ⅡB 族中镉、汞,ⅢA 族中的镓、铟、铊,ⅣA 族中的锡、铅,ⅤA 族中的锑、铋,ⅥA 族中的钋等。根据这种位置关系,我们可以预测有关元素的生物效应,分析其对人体的必需性或有害性。属同一族的微量元素,常能互相置换,从而改变元素的生物效应。如镉能置换组织结构及酶中的锌,引起生化紊乱、病理变化及种种病变。食物中锌、镉比值大于 40 时,通过锌与镉置换,镉的毒性反应可被缓解,从而表现出竞争性拮抗作用。微量元素在周期表中的位置见图 1-2。

2. 相互影响、拮抗和协同作用

人体中微量元素的生物效应主要是微量元素之间与机体之间相互依存影响的结果。机体中各种微量元素之间按一定比例存在,以维持各自的生理功能,如果比例平衡失调,疾病就可能发生或发展。田中幸夫报道,恶性肿瘤患者,尿排锌比正常人高 3 倍,而尿钼则减少。因此,他建议以锌、钼比值大于 300 作为进展性癌症的指征。测定冠心病患者血清

铜和锌含量及其比值时发现,铜、锌比值高于正常人。因此,有人主张利用铜/锌的变化作为诊断冠心病的指征之一。血硒、钴增高可降低心肌中的铜,缺铜可导致铜蓝蛋白减少,致使 Fe^{2+} 氧化为 Fe^{3+} 的催化作用减弱,引起铁代谢障碍,吸收铁的能力降低,总铁量减少,使骨髓制造红细胞的功能受到损害。铜-钴平衡失调是膝外翻症的基本原因。

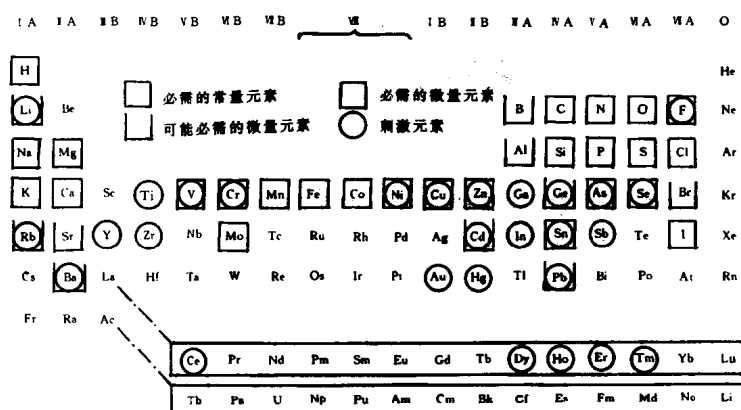


图 1-2 必需元素、可能必需微量元素和刺激元素在周期表中的位置

硒能拮抗镉的毒性,砷能减弱硒的毒性,而钴能增强硒的毒性,铁、铜、锰、钴有生血协同作用,促进砷发挥生血效果。疾病发生的“隔室封闭”论认为微量元素锌的参与可能调节锌的含量和代谢,防止催化“自由基反应”,这将对疾病防治及保健有深远影响。

3. 必需微量元素的判断和认识

人们对“必需微量元素”中的“必需”二字的含义理解不同,各家提出的具体标准也不一致。

(1)Schroeder 的标准 任何一种参与生命物质组成的元素,必须具备如下条件:①在生命起源地——海水中含量丰富。②性质活泼,能与其他元素结合或键合。③能形成正常组织结构的组成成分。④如为金属,应该能溶于水,能与氧起反应,并能与含碳、氢、氧、氮、硫、磷的有机化合物键合。

(2)Cotzias 的标准 ①这种元素存在于一切健康机体的所有组织之中。②在组织中的浓度相当恒定。③缺乏该元素时,能在不同组织中产生相似的结构及生理功能性异常。④补充该元素能够防止此类异常变化。⑤补充该元素可使失常的功能及结构恢复正常状态。

(3)Davies 的指标 他对必需微量元素的含义提出 7 条指标:①该微量元素必须以不同含量广泛地存在于自然界,并能够被动物、植物有效地吸收。②化学性质必须与某些已知的生理功能相适应。③原子序数应当排列在已知人体必需的那些元素之间。④必须能透过半透膜,即胎盘和乳房屏障供应胎儿和婴儿。⑤在组织内的浓度必须维持不变,其含量应随年龄增长而逐渐改变。⑥以天然形态的该物质给动物或人类服用后,毒性必须极低或

无毒害作用。⑦机体对该物质具有平衡和调节机制。

以上为孔氏提出的3家比较标准,较早的是1982年。1992年颜氏把3家意见归纳为5条判断标准。1994年秦氏等相继提出3条具体相关的标准,周氏提出4个“需要的必需性”的基本特点。之后, Henning 等提出6条标准:①缺乏时,生长和繁殖受阻;②最理想的要求是能证明该元素为何种酶、激素或生物活性物质的组成成分;③能使酶或激素的活性或免疫反应发生明显的变化;④缺乏时,可产生病理变化;⑤补充所缺元素可以消除症状;⑥依赖于剂量反应。

根据各家学者对必需微量元素的条件判断,其标准必须符合生物学、医学及健康生存质量的原则。随着生物的进化,环境的变化,科学技术的进步,生物微量元素分子水平研究的发展,将会出现更多的必需微量元素。

4. 微量元素的生物效应与量和状态有密切关系

可由图1-3表示。

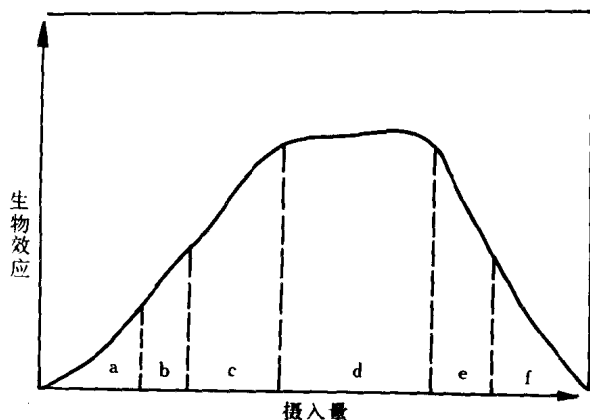


图1-3 必需微量元素剂量-效应曲线

a. 严重缺乏 b. 显著缺乏 c. 边缘性缺乏 d. 安全与适宜摄入量(量)
e. 边缘性中毒 f. 严重中毒

评价必需微量元素生物效应,必须依据某一微量元素的量效范围大小加以确定。人体中的微量元素都有一个安全和适宜摄入的范围(量),在此范围以外,都会对机体产生不利的影响。

对必需微量元素而言,摄入不足会出现缺乏症状,摄入过多又会出现中毒反应(图1-3)。图曲线左半部分(即有关某一必需微量元素缺乏效应)研究时,因其难度较大(包括测试手段和模拟试验等),对其所需适宜浓度(范围)不易发现而加以证实,目前研究尚不完全充分。对曲线的右半部分(即有关毒性反应)的毒性问题目前研究较多。不同元素的安全适宜范围是不同的,如硒的最佳摄入范围为 $50\sim 200\mu\text{g}/\text{d}$,而氟的最佳摄入范围为 $2\sim 10\text{mg}/\text{d}$ 。长期超剂量或大剂量服用必需微量元素制剂必然会产生中毒反应甚至