

金属元素 大探秘

Exploration of Metals

主编 田庆华 李 栋

主审 郭学益



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn

金属元素 大探秘

Exploration of Metals

主编 田庆华 李 栋

主审 郭学益

北 京

冶金工业出版社

2018

内 容 提 要

随着国民经济的发展和人民生活的日益丰富,金属元素以不同的形式走入我们的生活,多姿多态。本书系统地介绍了各金属(含半金属)元素的性质、来源、化合物及合金的应用、对人体健康的影响、元素有关小贴士等内容,旨在普及金属元素和半金属元素与人体的关系及其在生活中的应用与意义。

本书内容丰富,层次合理,通俗易懂,既可作为大专院校化学、材料类专业科学素质课程教材,也可作为科普类书籍供全民阅读。

图书在版编目(CIP)数据

金属元素大探秘 / 田庆华, 李栋主编. —北京: 冶金工业出版社, 2018.3

ISBN 978-7-5024-7710-3

I. ①金… II. ①田… ②李… III. ①金属—介绍
IV. ①O614

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 321577 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cn mip.com.cn 电子信箱 yjcb s@cn mip.com.cn

责任编辑 张熙莹 王 双 美术编辑 彭子赫 版式设计 彭子赫

责任校对 李 娜 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7710-3

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 北京博海升彩色印刷有限公司印刷
2018 年 3 月第 1 版, 2018 年 3 月第 1 次印刷

169mm×239mm; 12.5 印张; 242 千字; 191 页

46.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cn mip.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号 (100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题, 本社营销中心负责退换)

前 言

对比人体中所含金属元素与海水中金属元素，可以发现，海水中金属元素含量高者在人体中含量也高，这些金属元素几乎都是人体所必需的，这从侧面提示我们：人类生命起源于海洋。因此，从生物进化的角度看，金属元素与人体有密切关系，影响着人类的生存和发展。人体和地球一样，都是由各种化学元素组成，而化学元素中的金属元素虽然在人体内含量很少，但在人类生命活动和代谢过程中具有十分重要的作用。

本书力求内容丰富，通俗易懂，全书共涉及 69 种金属元素，涵盖了几乎所有与我们生活息息相关的金属元素。本书共分三篇。第一篇主要介绍人体内的常见金属元素，主要分为常量金属元素和微量金属元素两类进行介绍，并将其在人体结构和机能中发挥的重要作用一一向读者解读。第二篇按照金属元素的“好”与“坏”进行分类，分为主利金属、主弊金属和双面金属三类进行介绍，这些金属元素虽然不都是耳熟能详，但都会影响人体健康或生活质量。主利金属是在化工、医疗等领域被很好利用起来的金属元素。主弊金属是一些剧毒或强放射性的金属元素，可能会对人体产生毒性作用，人体接触后会产生不良反应。双面金属则是一种奇特的存在，正确使用可能会激发出巨大的价值，而不恰当使用可能会危及身体健康甚至生命安全。第三篇简要汇总了不常见金属元素在生活及社会生产各领域的应用，它们虽然不常见，但同样在国防、医药、化工等方面发挥着重要的作用。

编者致力于使金属元素生活化，尽可能详尽地介绍金属元素与人

类生活各方面的知识，让读者对各金属元素有更为直接的认识。本书编写过程中参阅了大量的文献，力求内容科学准确、通俗易懂，许多关于金属元素与人体健康的最新信息都包含在本书中^①，其中重要的资料都作为参考文献列于每种金属的介绍之后，对各位文献作者表示衷心的感谢。

本书是编者及团队集体劳动的结晶。先后有数十位大学生参与了本书的文献资料收集、整理和校对工作，特别值得提出的是：刘旻、张肖燕、王雁秋、龙书玉、操沁璇、靳昕、张立松、高泽、王怀宝、赵乙丁、孙怡晨、许越玥等为本书的出版做了大量的工作，对他们的辛勤劳动表示诚挚的谢意。同时，感谢中南大学资源循环研究院、冶金与环境学院为本书出版提供支持。

编者力求为读者奉献一本科学而系统的作品，但由于水平及时间所限，书中不完善之处，敬请读者谅解并不吝赐教。

田庆华 李栋

2017年12月

^① 书中所有涉及金属元素引起的不良反应及应对措施纯属客观描述，不能作为自我诊断和治疗的直接依据，如有书中所描述的症状请及时就医。

目 录

第一篇 人体内的常见金属元素

常量金属元素	3	铬 (Cr)	32
钠 (Na)	3	锰 (Mn)	37
镁 (Mg)	8	铁 (Fe)	42
钾 (K)	13	钴 (Co)	47
钙 (Ca)	19	镍 (Ni)	50
微量金属元素	24	铜 (Cu)	54
锂 (Li)	24	锌 (Zn)	59
钒 (V)	28	钼 (Mo)	63
		锡 (Sn)	67
		硅 (Si)	70
		硒 (Se)	74

第二篇 金属元素的“好”与“坏”

主利金属元素	81	钽 (Ta)	106
钛 (Ti)	81	铼 (Re)	109
锆 (Zr)	85	铂 (Pt)	112
钌 (Ru)	88	金 (Au)	115
铑 (Rh)	91	主弊金属元素	118
银 (Ag)	93	钷 (Pm)	118
铈 (Ce)	96	钇 (Y)	121
钕 (Nd)	99	钯 (Pd)	124
钆 (Gd)	102	镉 (Cd)	26
镱 (Yb)	104		

铟 (In)	130	镓 (Ga)	157
铥 (Ho)	133	锆 (Zr)	160
钨 (W)	136	铯 (Cs)	163
锇 (Os)	139	钡 (Ba)	166
汞 (Hg)	142	镧 (La)	169
铊 (Tl)	145	铱 (Ir)	172
铅 (Pb)	149	铋 (Bi)	175
双面金属元素	153	镭 (Ra)	179
铍 (Be)	153	铀 (U)	181
		钚 (Pu)	184

第三篇 不常见的金属元素

锝 (Tc)	189	镱 (Lu)	190
锗 (Pr)	189	铪 (Hf)	190
铈 (Pm)	189	钋 (Po)	190
钐 (Sm)	189	钫 (Fr)	190
铕 (Eu)	189	锕 (Ac)	190
铽 (Tb)	189	钍 (Th)	191
镝 (Dy)	189	镤 (Pa)	191
铒 (Er)	190	镎 (Np)	191
铥 (Tm)	190		

第一篇

人体内的常见金属元素

人体内的常见金属元素分为常量金属元素与微量金属元素，约 20 种。其主要生理功能是构成人体的组成部分，也是酶和维生素的组成部分；保持血液的酸碱度和电解平衡；参与内分泌，促进性腺发育、生育能力及糖代谢；协助人体器官、组织把营养物质运往全身等，在人类的生命生活中起到了至关重要的作用。

常量元素是指在有机体内含量占体重 0.01% 以上的元素，按需要量多少的顺序排列为：氧、碳、氢、氮、钙、磷、钾、硫、钠、氯、镁。这类元素在体内所占比例大，有机体维持正常生命活动时需求量较多，是构成有机体的必备元素。本篇要认识到的常量金属元素，顾名思义，就是这些常量元素中的金属元素。

人体内的常量金属元素钠、镁、钾、钙从生活的各个方面都能找到它们的踪迹。比如，钠作为盐的主要成分，是我们必须每天都要摄入的；而钙，自孩提时代各种各样的补钙广告就充斥着我们的生活。对于这些金属元素，相信我们每个人都不陌生。

而微量金属元素，它们在人体内含量不及体重的万分之一，这些微量金属元素在体内含量虽然微乎其微，但却能起到重要的生理作用，如人体必需的微量元素锌、铜、钼、铬、钴、铁等，都肩负着维护人体生理健康的大任。

那么，接下来，就让我们进一步了解一下常量金属元素和微量金属元素与人体的关系吧。

常量金属元素

食盐中就含有钠。盐是人体所必需摄入的，是人体中钠的主要来源。小小的盐看上去平淡无奇，但在古代却是决定人们生死和国家富强的关键。盐对农业社会的价值不亚于石油对工业社会的价值。因此，古今中外有许多关于盐的故事和寓言，如驮盐的驴子、悟空盗盐、呆子吃盐等。

钠 (Na)
原子序数 11

近年来，亚硝酸钠中毒的新闻屡见不鲜，商贩用亚硝酸钠腌制烧烤导致 14 名大学生中毒；江西安义县 13 人因食物中毒住进了医院，患者均属于亚硝酸钠中毒；米粉店老板误把亚硝酸钠当味精致 6 人中毒获刑 1 年……人们越来越重视食品安全，掌握其中的关键知识对我们日常生活非常有必要。

钠是什么？

钠是碱金属元素的代表。金属钠质软，可以用小刀切割，切开外皮后，具有银白色的金属光泽；熔点是 97.81°C ，沸点是 882.9°C ，易熔；易导电、导热；钠的密度比水的密度小。

钠的化学性质非常活泼，常温就能与氧气化合；也能和水剧烈反应，量大时容易发生爆炸；和低元醇（如甲醇、乙醇等）反应产生氢气；和电离能力很弱的液氨也能反应，形成蓝色溶液。

钠从哪来？

钠常以化合物的形态存在于自然界，在地壳中的含量为 2.83%，占金属元素在地壳中含量的第六位。最重要的资源是海洋、盐湖和盐井中的氯化钠，含量极为丰富，矿物则有岩盐（氯化钠）、天然碱（碳酸钠）、硼砂（硼酸钠）、硝石（硝酸钠）、芒硝（硫



天然盐湖

酸钠)。此外,在海水中以钠离子的形式存在,在海水中含量约为 2.7%。

金属钠是在 1807 年通过电解氢氧化钠制得的,这个原理应用于工业生产约在 1891 年才获得成功。1921 年电解氯化钠制钠的工业方法实现了。目前,世界上钠的工业生产多数采用电解氯化钠的方法,少数仍沿用电解氢氧化钠的方法。



钠在身边

在人类生活中,钠是不可或缺的,在饮食、卫生、医疗等各个方面都如影随行。

氯化钠 (NaCl),食盐的主要成分,医疗上用来配置生理盐水;生活上可用于调味品;工业上经常用于制造纯碱和烧碱等,此外,人类通过出汗分泌大量的氯化钠。

碳酸钠 (Na_2CO_3),可用作食品工业发酵剂,也广泛用于医药(医疗上用于治疗胃酸过多)、造纸、冶金、玻璃、纺织、染料等工业。

碳酸氢钠 (NaHCO_3),俗称小苏打,是发酵粉的有效成分,也可用于治疗胃酸过多。

氢氧化钠 (NaOH),俗名是烧碱、火碱。用于生产纸、肥皂、染料、人造丝、冶炼金属、石油精制、棉织品整理、煤焦油产物的提纯、食品加工、木材加工及机械工业等方面。

次氯酸钠 (NaClO),84 消毒液的有效成分。

氨基钠 (NaNH_2),是合成维生素 A 的原料。

过氧化钠 (Na_2O_2),常用作漂白剂和潜水艇中的供氧剂。

钠有何用?

正常人体内钠的总量一般认为每千克体重含 1 克左右,其中 44% 在细胞外液,9% 在细胞内液,47% 存在于骨骼之中。正常成人每日摄入的钠全部经胃肠道吸收。钠由尿排出量约占 90%,其余经粪便和汗液排出^[1]。

钠的生理功能

1. 调节细胞外液的容量与渗透压

若体内钠含量过多,就会形成水肿,并造成心脏负荷过重。当机体丢失钠过多时,可能促使血压下降。

2. 维持酸碱平衡

钠在肾脏重吸收时与氢离子交换以排出体内的酸性代谢产物，从而保持体液酸碱度的恒定。

3. 维持正常血压

人群膳食调查与干预研究表明，膳食中钠过多，钾过少，可引起血压升高，反之，血压下降。

4. 其他功能

钠离子的正常浓度是维持神经肌肉应激性所必需的重要因素。钠还与能量代谢、三磷酸腺苷的生成和利用有关^[2]。

钠失衡的负面影响及改善方法

1. 缺乏

原因：禁食、少食、膳食中钠盐限制过严、钠的摄入量极低时；或由于高温、重体力劳动而过量出汗却未补钠盐时；或胃肠道疾患、反复呕吐、腹泻时；或慢性肾脏疾病、肾上腺皮质功能不全、抗利尿激素分泌异常综合征、糖尿病酸中毒等而导致肾性失钠时，均可引起机体缺钠。

症状：人体缺钠的临床表现可分为三个等级^[2]。

缺失量 程度	轻度缺钠约 0.5 克 / 千克	中度缺钠约 0.5~0.75 克 / 千克	重度至极重度缺钠约 0.75~1.25 克 / 千克
症状	尿中氯化物含量减少，其主要症状有淡漠、倦怠、无神	尿中无氯化物，可出现恶心、呕吐、脉细弱、血压降低及痛性肌肉痉挛等症状	表情淡漠、昏迷、外周循环衰竭，严重时可导致休克及急性肾衰而死亡

改善方法：当体内钠含量过低时，补钠最简单的方法是饮用淡盐开水。

含钠的食物有^[3]：

谷类	全谷类、小麦胚芽
奶类	各类调味乳
肉类	鹅肉、沙丁鱼
豆类	红豆、绿豆
蔬菜类	深色蔬菜类（尤其是红苋菜、绿苋菜、空心菜含量高）、紫菜、海带、胡萝卜、香菇
水果类	香蕉、蕃茄、硬柿、番石榴、龙眼、香瓜、枣、橙子、芒果
其他	巧克力、可可、花生、瓜子、养乐多、坚果类及罐头类腌制品



含钠食物

2. 过量

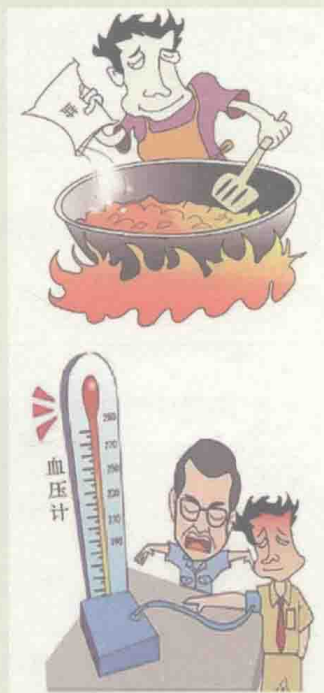
原因：正常情况下，钠摄入过多并不会在体内蓄积，但某些疾病，如心源性水肿、肝硬化腹水期、肾病综合征、肾上腺皮质功能亢进、蛛网膜下腔出血、脑肿瘤等可引起体内钠过多。

症状：钠过多可能患高钠血症。临床表现可出现水肿、体重增加、血容量增大、血压偏高、脉搏加快、心音增强等症状。

急性过量食用食盐（每天 35~40 克）可引起急性中毒，导致水肿、血压上升、血浆胆固醇升高、脂肪清除率下降及胃黏膜上皮细胞破裂等。

长期摄入较高量的食盐，可增高血压、增加心血管疾病和肿瘤发生的危险性^[2]。

改善方法：当体内钠含量过高时，应注意低盐低脂优质蛋白饮食。初期不严重的高血压患者主要饮食应以高钙、高钾、高纤维及少钠为主，可先通过循环运动、充足睡眠及饮食调整来控制，若无起色，建议寻求治疗^[4]。对于潴钠性高钠血症，应积极治疗原发病，建议限制氯化钠溶液的输入，并给予速尿、利尿酸钠等促使钠、水由肾排出，有肺水肿及心力衰竭时应予强心、利尿治疗；对于浓缩性高血钠，建议科学地补充水分，并采取措施制止水分继续丢失，以使过高血渗透压得以下降，如果能口服，尽量口服为宜。静脉注射等渗糖水可快速使血渗透压下降，但过快纠正严重高钠血症也可能导致严重并发症，一般希望在 48 小时以内将血钠降至接近正常水平。



盐的摄入和影响

小贴士

制盐的小历史

传说，炎帝时就教化民众“煮海为盐”，后来，福建考古发掘出土多件煮盐工具，证明早在公元前 5000 年至公元前 3000 年（仰韶文化时期）人们就利用海水煮盐。至明朝永乐年间（1403~1424 年），有文字记载我国开始废锅灶、建盐田，改蒸煮为日晒，使得制盐工艺不断向前发展。

传统晒盐方法

第一步是晒盐泥，用带齿的木耙纵横交错耙地，使泥松软充分暴晒 3 天。

第二步是收盐泥，用木板耙将晒好的泥放入盐池。所谓盐池也就是在盐田上开挖的一个 2 米宽、3 米长、1 米深水池，下面垫着竹片（半年换一次）和茅草（2 个月换一次），起到过滤作用。

第三步是过滤，盐泥进入盐池后，盐工需要用脚踩踏实，再注入海水，过滤一天得到卤水（饱和盐水），此时盐工会折下一种长在盐田边的植物黄鱼茨的茎秆放进卤水池，只有黄鱼茨茎秆漂在水面才是真正的饱和盐水，否则还要太阳反复暴晒才行。

第四步是收盐，清晨 6 点将卤水倒入盐槽，暴晒一天后，下午 5 点就可以用铁板刮盐，收入竹筐了^[5]。

有关钠的小故事

在古代，作为身披重甲执兵戈的军人，什么调味品都可以没有，无非是口味问题，但没盐就没力气，就没法干活打仗。盐对于古代家家户户来说，是必需品、硬通货。所以罗马军队的工资一度直接发盐。英语“salary”（薪水）就来自于“salt”（盐）。

参 考 文 献

- [1] 秦占林. 钠元素与人体健康 [J]. 新课程, 2010(3): 63.
- [2] 郭红卫. 钠 [J]. 营养学报, 2014, 36(1): 5~8.
- [3] 补钠的食物有哪些 [EB/OL]. 中国健康网, 2012-10-18 [2015-7-20]. <http://www.69jk.cn/yinshi/yyzd/356768.html>.
- [4] 含钾蔬菜可改善钠过量 [EB/OL]. 中国新闻网, 2014-9-18 [2015-7-20]. <http://www.chinanews.com/hb/2014/09-18/6606774.shtml>.
- [5] 黄晶, 李关平. 代代相传的日晒制盐 [N/OL]. 海南日报, 2008-10-20 [2015-7-20]. http://hnrh.hinews.cn/html/2008-10/20/content_74585.ht.

镁 (Mg)

原子序数 12

镁在生命体中发挥着不可替代的作用。绿色植物是地球上生命的摇篮，它们通过光合作用将二氧化碳转化为氧气，从而维持了大气圈的平衡稳定。植物能进行光合作用的关键在于绿叶中含有叶绿素，而只有结合了镁离子的叶绿素才能够发挥它的作用。可以说没有镁，植物就无法为生物进化提供环境条件，地球上也就不会有如今物种的多样性。



镁条燃烧

由内而“镁”

金属镁密度较小，属于轻金属，并具有银白色光泽，有延展性。在空气中，镁的表面会生成一层很薄的氧化膜，使空气很难与它反应。镁具有较强的还原性，和醇、酸、热水反应能够生成氢气。粉末或带状的镁在空气中燃烧时会发出强烈的白光（就是早期相机的闪光灯哟）。在氮气中进行高温加热，镁会生成氮化镁；镁也可以和卤素发生强烈反应；镁也能直接与硫化合。烟火中仍在使使用镁粉^[1]。

“镁”从何来？

镁是地壳中含量较多的元素之一，按质量排序为第八位。目前世界上炼镁的原料主要为菱镁矿、白云石、光卤石、蛇纹石、海水和盐湖水。

我国的镁储量占世界第一，各种类型的镁资源都十分丰富，已探明的菱镁矿资源主要分布在辽宁、山东两省，其余则分布在河北省（邢台）等多个省份。白云石是一种重要而分布很广的含镁工业矿物，是制取各种镁化合物的重要原料。我国的白云石主要产自台湾省。盐湖镁资源矿是另一种富含镁的矿产资源。我国的盐湖主要集中在青海察尔汗、昆特依、大浪滩、马海、一里坪和东、西台吉乃尔等盐湖群。除此之外，海洋也是镁的巨大仓库，且是一种可持续开发利用的资源。



天然镁矿石



青海茶卡盐湖

1808年英国化学家汉弗莱·戴维受到朋友的启发利用汞从苦土（主要成分为氧化镁）中分离出了镁。1941年，美国陶氏化学公司首创从海水中提取镁的工业方法^[2]。

“镁”的踪迹

镁合金应用广泛，用于交通运输领域、电子工业、医疗领域和军事工业等，尤其在3C（计算机类、消费类电子产品、通信类）、高铁、汽车、建筑装饰、医疗康复器械等领域应用前景好，已成为未来新型材料的发展方向之一。

氢氧化镁（ $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ），广泛用作阻燃剂、抗酸剂和胃酸中和剂。氢氧化镁在水中的悬浊液称为氢氧化镁乳剂，简称镁乳，用于中和过多的胃酸和治疗便秘。

氧化镁（ MgO ），用途广泛且差别较大。高纯氧化镁用于医药、电子、油漆、橡胶、硅钢、耐火材料等方面；原料矿煅烧氧化镁用于建筑、水处理和农业等方面。

溴化镁（ MgBr_2 ），通常在治疗神经紊乱中用作镇静剂或抗痉挛药物。

氯化镁（ MgCl_2 ），工业上生产镁的原料，在海水和盐卤中能找到；水合氯化镁是口服镁补充剂中通常使用的物质。

硫酸镁（ MgSO_4 ），是一种在有机合成中很常见的干燥剂；因为镁是叶绿素的主要成分之一，硫酸镁在农业中被用作肥料；医药中，硫酸镁可被用来治疗指甲向内生长，也可用作泻药、抗惊厥药等。

生命之“镁”

镁是维持人体生命活动的必需元素，具有调节神经和肌肉活动、增强耐久力的神奇功能。此外，镁能减少血液中胆固醇的含量，防止动脉硬化、高血压和心肌梗塞，镁还可以防止药物或环境对心血管系统的损伤，提高心血管的抗病毒能力。国外医学专家还发现镁有降低癌症发病率的功效^[3]。

镁的生理功能

1. 作为酶的激活剂

镁是许多酶重要的激活因子，参与300种以上的酶促反应。在生物遗传、细胞代谢过程中起到了非常重要的作用。

2. 促进骨的形成

镁是骨细胞维持正常结构和功能所必需的元素，对促进骨形成和骨再生，及维持骨骼和牙齿的强度和密度具有重要作用。

3. 调节神经肌肉的兴奋性

镁离子参与肌肉的收缩，过多的镁会降低肌肉的神经反应，甚至会导致局部甚至全身麻痹，更严重的会引起瘫痪。

4. 维护胃肠道和激素的功能

氧化镁具有帮助肠道蠕动的功能，被广泛应用于便秘治疗^[4]。

5. 重要的神经传导物质

镁可以让肌肉放松下来；与含钙食品一同补充，能促进钙的吸收。

镁失衡的负面影响及改善方法

1. 缺乏

原因：一般情况下，饮食不足和利尿是导致低镁血症的最主要的因素。

摄入不足	急危重症患者则容易发生长期摄入不足的情况，由此导致出现明显的低镁血症。哺乳期或怀孕期的妇女、婴幼儿由于对镁的需求量增加，若不注意增加镁的摄入，也会出现轻度低镁血症
吸收不良	因胃肠道疾病而发生低镁血症，临床上并不少见，但容易被忽视
排泄过多	肾脏是调节镁代谢的主要器官，肾脏排泄镁增加是发生低镁血症的常见原因
体内重新分布	细胞外液的镁进入细胞内液，可引起转移性低镁血症

症状：由于轻度镁缺乏可无症状，有症状者，症状也无特异性，且常伴有其他电解质紊乱，故临床上难于识别，主要临床表现如下：

肌肉	肌肉软弱无力、痉挛、抽搐、眩晕，这些症状与缺钙相似。此外还可有眼球震颤、吞咽障碍、惊厥和昏迷。精神方面可表现为抑郁、妄想、不安、焦躁、易激动、幻觉、神志错乱和定向力丧失
心脏	可有心律失常，如频发房性或室性期前收缩、多源性房性心动过速、室性心动过速和心室纤颤。缺镁还可诱发心衰发生，使心衰病人用洋地黄治疗时易发生洋地黄中毒
代谢	镁对碳水化合物代谢中的能量产生过程起着重要作用，缺镁可引起代谢方面的改变并可导致动脉粥样硬化。在实验中已证明缺镁可引起高三酰甘油和高胆固醇血症
骨骼	持久缺镁者可发生骨质疏松和骨质软化