



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
全国卫生职业院校规划教材

供中职护理、助产、检验、药剂、卫生保健、康复、口腔工艺、
影像技术、中医、中西医结合等专业使用

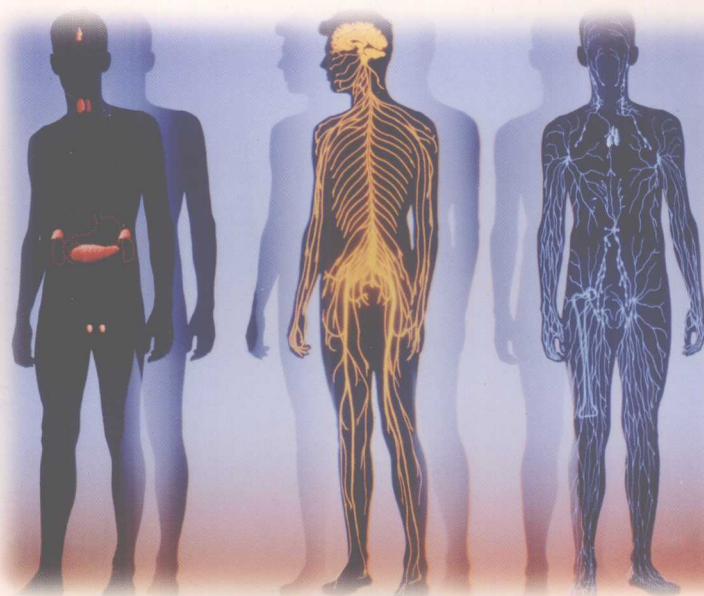


正常人体学基础

(下册)

(第二版)

宋永春 蒋劲涛 主编



 科学出版社
www.sciencepress.com

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
全国卫生职业院校规划教材

供中职护理、助产、检验、药剂、卫生保健、康复、口腔工艺、
影像技术、中医、中西医结合等专业使用

正常人体学基础

(下册)

(第二版)

主 编 宋永春 蒋劲涛
副主编 陈国英 陈明玉 颜盛鉴
于新亚 刘俊超 韩爱国

编 者 (按姓氏汉语拼音排序)

陈国英(临沂卫生学校)
陈明玉(大连铁路卫生学校)
陈桃荣(南昌市卫生学校)
董 博(四川省卫生学校)
傅廷熙(南昌市卫生学校)
韩爱国(潍坊卫生学校)
洪雪梅(珠海市卫生学校)
蒋劲涛(桂林市卫生学校)
李建勋(西安市卫生学校)
林秋红(营口市卫生学校)
刘俊超(佛山市南海区卫生职业技术学校)
柳玉霞(朝阳市卫生学校)
卢 兵(镇江卫生学校)
宋永春(珠海市卫生学校)
王若菲(酒泉市卫生学校)
颜盛鉴(玉林市卫生学校)
于新亚(包头市卫生学校)

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是教育部职业教育与成人教育司推荐教材和全国卫生职业院校规划教材之一,根据教育部、卫生部关于卫生职业教育最新文件精神编写,内容包括水、无机盐代谢与酸碱平衡,生殖系统,感觉器官,神经系统,内分泌系统,人体胚胎学概要,护理应用解剖学等。教材编写坚持“贴近学生、贴近社会、贴近岗位”,以及必学、够用的基本原则,保证教材的科学性、思想性,同时体现其实用性、可读性和创新性。

本书可作为中等卫生职业学校教学用书,也可供其他有关人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

正常人体学基础·下册/宋永春,蒋劲涛主编.—2版.—北京:科学出版社,2008.1

教育部职业教育与成人教育司推荐教材·全国卫生职业院校规划教材
ISBN 978-7-03-020841-5

I. 正… II. ①宋…②蒋… III. 人体学-专业学校-教材 IV. R32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 002546 号

责任编辑:魏雪峰 李 君/ 责任校对:李奕莹

责任印制:刘士平 / 封面设计:黄 超

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年8月第 一 版 开本:850×1168 1/16

2008年1月第 二 版 印张:10

2008年1月第九次印刷 字数:268 000

印数:57 001—67 000

定价:18.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈明辉〉)

技能型紧缺人才培养培训教材 全国卫生职业院校规划教材

中职教材建设指导委员会委员名单

主任委员 刘 晨

委 员 (按姓氏汉语拼音排序)

白洪海 深圳职业技术学院

陈雪艳 潍坊卫生学校

刁振明 聊城职业技术学院

杜国香 廊坊卫生学校

冯建疆 石河子卫生学校

傅一明 玉林市卫生学校

贺平泽 吕梁市卫生学校

黄爱松 玉林市卫生学校

黄怀宇 广州医学院护理学院

纪 霖 辽源市卫生学校

江 乙 桂东卫生学校

蒋劲涛 桂林市卫生学校

蒋 琪 佛山市南海卫生学校

巨守仁 咸阳市卫生学校

李培远 桂东卫生学校

梁 益 柳州市卫生学校

米振生 聊城职业技术学院

彭兰地 岳阳职业技术学院

戚 林 玉林市卫生学校

沈蓉滨 成都铁路卫生学校

沈曙红 三峡大学护理学院

宋永春 珠海市卫生学校

苏盛通 玉林市卫生学校

孙青霞 咸阳市卫生学校

王冬梅 兴安职业技术学院

王建中 上海欧华学院医学院

王之一 吕梁市卫生学校

吴 明 巴州卫生学校

吴 萍 惠州卫生学校

伍利民 桂林市卫生学校

徐正田 潍坊卫生学校

薛 花 贵阳护理职业学院

余剑珍 上海职工医学院

张宝恩 北京护士学校

张薇薇 太原市卫生学校

张新平 柳州市卫生学校

赵 斌 四川省卫生学校

第二版前言

本教材根据《国务院关于大力发展职业教育的决定》、卫生部《关于加强卫生职业教育的指导意见》和教育部《中等职业学校重点建设专业教学指导方案》等相关文件的精神编写。编写中按照 21 世纪全国卫生职业院校系列教改教材的编写要求,坚持“贴近学生、贴近社会、贴近岗位”的思路和“以学生为中心,教师是指导者”的教育观以及“必学、够用”原则,保证本教材的科学性、思想性,同时体现实用性、可读性和创新性,即体现社会对卫生职业教育的需求和专业人才能力的要求,体现与学生的心理取向和知识、方法、情感前提的有效连接,体现开放发展的观念及专业思维、行为的方式,调动学生主动学,学了能用。编者从卫生职业教育培养目标出发,以提高学生的综合素质和职业能力为基础,以培养学生能力为重点,形成体系,注重实用。本册主要介绍人体的分子结构、形态与功能、物质代谢及其在生命活动过程中的作用,在此基础上重点阐述各组织、器官的功能活动,包括生命活动现象、过程、规律及影响因素等。

本教材的内容是按中等职业教育护理专业领域技能型人才培养培训工程人才培养方案以及岗位执业标准的基本要求,结合护理及其相关专业特性、岗位需求,组织长期从事正常人体学教学的教师,经过反复研讨而精心选定的。课程教学目标定位准确,体现了新时期对应用型人才培养的新要求。

本教材的宗旨是提供教学内容的平台性模块,供中等卫生职业教学各专业共同使用,在此基础上相关专业可以进一步学习模块。本教材内容的设置分为三个模块:即基础模块、实践模块和选学模块。基础模块和实践模块是必学内容,是基本标准和共同要求。选学模块的内容由各学校根据学时、学分等具体情况选择掌握。对选学模块内容,教材中加注“△”符号以示区别和选择。教材后附有实验指导、教学基本要求和学时分配建议。与此同时,通过“链接”和“案例”,使课程内容得到了必要的引申和扩展,满足各层面教学的需要。

本教材的编写始终在“全国卫生职业教学新模式研究”课题组指导下进行的,同时也得到了珠海市卫生学校、桂林市卫生学校、临沂卫生学校、大连铁路卫生学校、包头市卫生学校、佛山市南海区卫生职业技术学校、玉林市卫生学校、潍坊卫生学校、南昌市卫生学校、四川省卫生学校、朝阳市卫生学校、营口市卫生学校、酒泉市卫生学校、西安市卫生学校、镇江卫生学校等学校的大力支持,并特别感谢本书第一版主编王之一老师给予的大量指导和支持。在此,向所有关心和支持本教材出版的同志致以深切的谢意!

由于编者水平有限,编写时间较短,书中欠妥之处在所难免,衷心欢迎使用本教材的师生提出批评与改进意见。

宋永春

2007 年 11 月 15 日

第一版前言

《正常人体学基础》教材是以 2001 年教育部颁布的《中等职业学校重点建设专业教学指导方案》(教职成司[2001]5 号)为依据,按照面向 21 世纪全国卫生职业学校系列教改教材的编写要求,坚持“贴近学生、贴近社会、贴近岗位”的基本原则,保证教材的科学性、思想性,同时体现实用性、可读性和创新性,即体现社会对卫生职业教育的需求和专业人才能力的要求、体现与学生的心理取向和知识、方法、情感前提的有效连接、体现开放发展的观念及专业思维、行为的方式。考虑到本教材读者的年龄、心理特点,我们试图在创新上有所突破,从学生的视角出发,紧紧围绕学习目标,采用正文与非正文的编写方案,结合具体内容设计了精致的超级链接插入到相关正文中。

通过“链接”与“接口”的“手拉手”互动,为学生搭建了学习的“通畅、高速、立交”的课程体系。正文部分保证了模块在课程系统中的定位,链接等非正文系统对课程内容做了必要的引申和扩展。进而,学生的学习和老师的指导能在专业目标系统与各学科知识系统之间准确地互动整合,从而提高教学的有效性。

本教材宗旨是提供教学内容的平台性模块,供中等卫生职业教学各专业共同使用,在此基础上相关专业可以进一步学习。本教材内容的设置分为三个模块:即基础模块、实践模块和选学模块。基础模块和实践模块是必学内容,是基本标准和共同要求。选学模块的内容由各学校根据学时、学分等具体情况选择掌握。对选学模块内容,教材中加注“△”符号以示区别和选择。教材后附有实验指导、《正常人体学基础》教学基本要求和学时分配建议。

本教材的编写是在“全国卫生职业教学新模式研究”课题组指导下进行的,得到了山西省吕梁市卫生学校、新疆石河子卫生学校、广东省嘉应学院医学院、四川省卫生学校、山东省青岛卫生学校、北京市中医学校、安徽省黄山卫生学校和陕西省西安市卫生学校的大力支持,并得到了吉林大学白求恩医学部王根本教授的热诚、具体的指导与帮助,并在专业理念与内容上严谨把关。此外,还得到了山西省吕梁市卫生学校谢世珍高级讲师的热情帮助。在此,向所有关心和支持本教材出版的同志致以深切的谢意!

由于编者水平有限,编写时间较短,书中欠妥之处在所难免,衷心欢迎使用本教材的师生提出批评与改进意见。

王之一

2003 年 7 月

目 录

第二版前言

第一版前言

第 10 章 水、无机盐代谢与酸碱平衡	1
第 1 节 水与无机盐代谢	1
第 2 节 酸碱平衡	8
第 11 章 生殖系统	16
第 1 节 男性生殖器	16
第 2 节 女性生殖器	21
第 12 章 感觉器官	31
第 1 节 眼	31
第 2 节 耳	39
第 3 节 皮肤	43
第 13 章 神经系统	48
第 1 节 概述	48
第 2 节 中枢神经系统	51
第 3 节 周围神经系统	66
第 4 节 脑和脊髓的传导通路	76
第 5 节 神经系统对内脏活动的调节	83
第 6 节 脑的高级功能	86
第 14 章 内分泌系统	94
第 1 节 概述	94
第 2 节 下丘脑与垂体	96
第 3 节 甲状腺和甲状旁腺	99
第 4 节 肾上腺	103
第 5 节 胰岛	106
第 6 节 其他的内分泌腺和激素 [△]	107
第 15 章 人体胚胎学概要 [△]	111
第 1 节 生殖细胞的成熟	111
第 2 节 受精与卵裂	113
第 3 节 植入与蜕膜	115
第 4 节 三胚层的形成及其分化	116
第 5 节 胎膜与胎盘	119
第 6 节 胎儿血液循环及其出生后的变化	122
第 7 节 双胎、多胎与畸形	123



第16章 护理应用解剖学 [△]	126
第1节 体表标志及压疮好发部位	126
第2节 注射技术的应用解剖	129
第3节 血管穿刺技术的应用解剖	131
第4节 插管技术的应用解剖	136
第5节 部分临床护理和急救护理技术的应用解剖	138
正常人体学基础(下册)实验指导	143
参考文献	148
正常人体学基础(下册)教学基本要求	149
目标检测选择题参考答案	152

第10章

水、无机盐代谢与酸碱平衡



学习目标

1. 列出体液的含量、组成及分布
2. 比较细胞内、外液主要电解质含量及分布特点
3. 叙述水、无机盐的主要生理功能以及水的来源与去路
4. 说出血钙的存在形式及钙磷浓度乘积的意义,并描述钙、磷代谢的调节

水和无机盐(电解质)是机体的重要组成成分,也是体液的重要组成成分。体液是细胞生命活动的内环境,其恒定的容量、渗透压、酸碱度和合适的各种离子浓度,对细胞的正常代谢起着重要的保证作用。体液即存在于机体内的水溶液,由水及溶于水中的无机盐和有机物构成。因体液中的各种无机盐及有机物常以离子形式存在(故又称电解质),所以水与无机盐代谢常又被称为水、电解质平衡。葡萄糖、尿素等不能解离的有机物称为非电解质。

机体内的一切代谢活动均在体液中进行,维持体液一定的容量、一定的分布、一定的浓度和一定的 pH 是内环境恒定的四个基本要素,是保证生命正常活动的重要条件。疾病及外环境的剧烈变化,超出机体的调控范围时都有可能引起水、电解质及酸碱的平衡失调,将对机体产生种种不利的影响,重者可危及生命。因此,掌握好体液平衡的基本理论,对疾病的分析诊断以及疾病的治疗和护理都具有重要的指导意义。

第1节 水与无机盐代谢

水和无机盐是人体重要的组成成分,也是人体必需的营养素。人体内的水及溶于水中的无机盐、小分子有机物和蛋白质等构成的液体称为体液。体内的一切代谢活

动均在体液中进行,并依赖于体液容量、分布和无机盐浓度的动态平衡。疾病和内、外环境的剧烈变化都可能破坏这种平衡,而导致水、无机盐代谢紊乱,这种紊乱如得不到及时纠正,将对机体产生各种不利的影响,甚至危及生命。因此,掌握水、无机盐代谢的基础理论对疾病的分析诊断、治疗和护理都具有重要的指导意义。



案例 10-1

患者,女性,30岁,患慢性肾小球肾炎8年,近年来尿量增多,夜间尤甚。本次妊娠反应严重,呕吐频繁,进食困难。急诊入院,入院检查血清 K^+ 3.3mmol/L,内生肌酐清除率为正常值的24%,pH 7.47, PCO_2 43.8mmHg, HCO_3^- 27.8mmol/L, Na^+ 148mmol/L, Cl^- 93mmol/L

试分析:

1. 血清 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 HCO_3^- 正常值。
2. 该患者是否有离子紊乱及酸碱失衡?

一、体 液

(一) 体液的分布与含量

1. 体液的分布 以细胞膜为界,将体液分为细胞外液和细胞内液两部分。细胞内液是体内大多数酶促反应进行的场所,细胞外液是细胞直接生活的场所即内环境。细胞外液又分为血浆和细胞间液(又称组织间液)两部分。淋巴液、脑脊液、渗出液和漏出液被认为是特殊的细胞外液。

2. 体液的含量 正常成年人中体液总量占体重60%,其中细胞内液占体重40%,细胞外液占20%,细胞外液中,细胞间液占15%,血浆占5%。人体体液分布和含量随年龄、性别、身体胖瘦不同而异。





体液总量 (约占体重 60%)	细胞内液 (约占体重 40%)	
	细胞外液 (约占体重 20%)	血浆(约占体 重 5%)
		细胞间液(约占 体重 15%)

人体体液的含量与分布随性别和年龄不同而有所差异。一般成人男性比女性多,年龄越小含量越高,瘦者比胖者多。新生儿体液总量约占体重的 80%,婴儿期为 70%~75%,学龄期儿童约占 65%,小儿的新陈代谢率高,体液更新快,每日同外界交换的体液量占体液总量的比例较成人高,而小儿的

神经系统、内分泌系统和某些参与水盐代谢调节的器官发育不完善,故小儿较成人易发生水盐代谢紊乱。老年人的体液总量相对减少。由于脂肪具有疏水性,所以同体重体形相对肥胖者体液含量少于瘦者。亦即胖人急性缺水的耐受性较差。

(二) 体液中电解质分布与含量的特点

1. 体液中的电解质含量 体液中的无机盐、一些有机物和蛋白质常以离子形式存在,又称电解质,它们在细胞内、外液的分布与含量见表 10-1。

表 10-1 体液中电解质的含量

电解质	血浆 (mmol/L)		细胞间液 (mmol/L)		细胞内液 (mmol/L)	
	离子	电荷	离子	电荷	离子	电荷
Na ⁺	145	145	139	139	10	10
K ⁺	4.5	4.5	4	4	158	158
Mg ²⁺	0.8	1.6	0.5	1	15.5	31
Ca ²⁺	2.5	5	2	4	3	6
合计	152.8	156	145.5	148	186.5	205

电解质	血浆 (mmol/L)		细胞间液 (mmol/L)		细胞内液 (mmol/L)	
	离子	电荷	离子	电荷	离子	电荷
Cl ⁻	103	103	112	112	1	1
HCO ₃ ⁻	27	27	25	25	10	10
HPO ₄ ²⁻	1	2	1	2	12	24
SO ₄ ²⁻	0.5	1	0.5	1	9.5	19
蛋白质	2.25	18	0.25	2	8.1	65
有机酸	5	5	6	6	16	16
有机磷酸		—		—	23.3	70
合计	138.75	156	144.75	148	79.9	205

2. 体液中电解质分布与特点 从表 10-1 中可以看出,人体各部分体液中电解质含量不尽相同,各具特点。

(1) 各部分体液中阳离子与阴离子摩尔电荷总量相等,而呈电中性。

(2) 细胞内外液电解质分布差异很大,即离子分布的不均一性。细胞外液的主要阳离子是 Na⁺,主要阴离子是 Cl⁻ 和 HCO₃⁻;而细胞内液的主要阳离子是 K⁺,其次是 Mg²⁺,主要阴离子是 HPO₄²⁻ 和蛋白质阴离子(Pr⁻)。

(3) 细胞内液电解质总量多于细胞外液,但两者渗透压相等。这是因为细胞内液含蛋白质阴离子和二价离子较多,而这些电解质产生的渗透压却较小的缘故。

(4) 同属于细胞外液的血浆与细胞间液

大部分电解质的含量基本接近,但血浆中蛋白质含量远高于组织间液。血浆蛋白质含量为 60~70g/L,组织间液蛋白质含量为 0.5~3.5g/L。这对于维持血浆与组织间液之间水的交换具有重要作用。

水 肿

组织间隙或体腔内过量的体液滞留称为水肿,然而通常所称的水肿乃指组织间隙内的体液增多。皮下组织的水肿又称为浮肿,体腔内体液增多则称积水。水肿可表现为局部性或全身性,全身性水肿时往往同时有浆膜腔积水,如腹水、胸腔积水和心包腔积水。

接 链





二、水 代 谢

(一) 水的生理功能

水是生物体内含量最多,生命活动不可缺少的重要营养物质之一。人若无水供应只能存活几天,但若不进食而只喝水可以存活十几天,可见水对生命的重要性。

1. 促进和参与物质代谢 机体内的所有生化反应都是在水溶液中进行的,反应物在水溶液中的溶解或解离是其发生化学反应的前提条件。水还直接参与代谢反应如水解反应、加水反应、加水脱氢反应等。

2. 调节体温 水的比热大,1ml 水从15℃升至16℃时需要吸收4.2J(1cal)的热量,比同量其他物质所需要的热量多,因而水能吸收较多的热量而本身的温度升高不多。水蒸发所需热量大,1ml 水在37℃时完全蒸发需要吸收2.4kJ(575 cal)热量,所以蒸发少量的汗就能散发大量的热。这一性质有利于人体在炎热季节或环境温度高时通过蒸发散热来维持体温的正常。此外,水的流动性大,能随血液迅速分布于全身,使物质代谢过程中产生的热量在体内均匀分布,并通过体表散发到环境中去。

3. 运输作用 水不仅是良好的溶剂,而且黏度小、流动速度快。体内的各种营养物质和代谢产物大多数都是通过血液循环被输送到全身各个部位。血液的主要成分是水。

4. 润滑作用 泪液可防止眼球干燥,有助于眼球的转动;唾液可使食团润滑,有利于吞咽;关节滑液有利于关节活动;胸腔、腹腔和心包腔液等有利于器官的运动。

5. 维持组织的形态与功能 水在体内有两种存在形式:一是自由水,多分布于体液;二是结合水,多与蛋白质、磷脂、黏多糖等生物分子相结合,无流动性,赋予各组织器官以一定的形态、硬度和弹性,以保证这些组织的特殊生理功能。如心肌含水约79%,比血液的含水量仅少4%,但心肌主要含结合水。因此,心肌能进行强有力的收缩,推动血液循环。

(二) 水的动态平衡

1. 水的来源 正常成人每日摄入总水量约2500ml,途经有三条。

(1) 饮水:正常成人每日饮水约1200ml。饮水量因人而异,与气候、劳动强度、运动和生活习惯有关。

(2) 食物水:各种食物含水量不同,成人每日从食物中摄入的水大约1000ml。

(3) 代谢水:又称内生水,是糖、脂类和蛋白质在体内氧化分解时产生的水。人体每日产生的代谢水大约为300ml。

2. 水的代谢去路 正常成人每日排出总水量约2500ml。其途经有四条。

(1) 呼吸蒸发:人在呼吸时以水蒸气的形式排出水分。正常成人每天通过呼吸排出的水分约为350ml。

(2) 皮肤蒸发:皮肤排汗有两种方式,一是通过皮肤黏膜以非显性汗的方式,排出的水约500ml,非显性出汗的汗液主要是水,其中电解质含量极少;另一种是显性出汗,即由汗腺分泌排出的水,出汗的多少与环境温度及劳动强度有关,显性汗液为低渗溶液,含NaCl约为0.2%,还有少量的K⁺。故大量出汗时,在给补水的同时应注意适当补充钠盐和钾盐。

(3) 粪便排水:正常成人每日由粪便排出的水约为150ml。但在腹泻、呕吐等病理情况下,则是一条重要的失水途径。

(4) 肾脏排水:肾脏是人体排水的主要器官,对体内水的平衡起着重要的调节作用。正常成人每日排出的尿量平均约为1500ml。每日尿量可分为两部分:一部分是用于排泄代谢终产物如尿素、尿酸、肌酐等非蛋白氮和无机盐。一般情况下,每天代谢产生的固体终产物为35~40g,每溶解1克固体成分至少需要15ml水,要排出这些代谢废物,至少需要500ml尿量。否则代谢废物会在体内堆积,引起不良后果。故临床上称每昼夜500ml排尿量为最低尿量;若每昼夜排尿量小于500ml,称为少尿;小于100ml则称为无尿。另一部分则是体内过多的水,每日尿量的变化主要是这一部分。如饮水较多时,排尿量增多。正常成人每日水的出入量及途经归纳于表10-2。





表 10-2 正常成人每日水的出入量及途经

水的摄入 (ml/24h)		水的排出 (ml/24h)	
饮水	1200	呼吸蒸发	350
食物水	1000	皮肤蒸发	500
代谢水	300	粪便排出	150
		肾脏排出	1500
总量	2500	总量	2500

3. 水的动态平衡 由表 10-2 可知,正常成人每日水的出入量基本相等,处于动态平衡。人在不能进水的情况下,每天仍由皮肤、呼吸、粪便和肾(按每天最低尿量 500ml 计算)排水约 1500ml,这就是每天水的必然丢失量,即每日最低生理需水量。因此,对于禁食、昏迷等不能进食的患者,每日最低补液量应为 1500~2000ml,若有水的额外丢失,还应酌情增加补液量。

**案例 10-2**

患者,男性,20 个月,因呕吐、腹泻 3 天入院。患病以来,每天腹泻 6~7 次,水样便,呕吐 4 次,不能进食,每日补 5% 葡萄糖溶液 1000ml,尿量减少,腹胀。

体检:精神萎靡,体温 37.5℃(肛),脉搏虚弱,150 次/分,呼吸浅快,55 次/分,血压 86/50mmHg,皮肤弹性减退,两眼凹陷,前囟下陷,腹胀,肠鸣音减弱,腹壁反射消失,膝反射迟钝,四肢凉。检验:血清 Na⁺ 134mmol/L,血清 K⁺ 3.2mmol/L。

试分析:

1. 血清 K⁺、Na⁺ 正常值是多少
2. 该患儿发生了何种水、电解质紊乱

三、无机盐代谢**(一) 无机盐的生理功能**

1. 维持体液的渗透压及酸碱平衡 Na⁺ 和 Cl⁻ 是维持细胞外液渗透压的主要离子;K⁺ 和 HPO₄²⁻ 是维持细胞内液渗透压的主要离子。体液中的电解质可组成许多缓冲体系,如碳酸氢盐缓冲系、磷酸氢盐缓冲系等,以维持和调节酸碱平衡。

2. 维持神经和肌肉的正常应激性 神

经、肌肉的正常应激性与体液中的多种离子的浓度及比例有关,其关系式为:

$$\text{神经肌肉应激性} \propto \frac{[\text{Na}^+] + [\text{K}^+]}{[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{H}^+]}$$

Na⁺、K⁺ 可升高神经肌肉的应激性, Ca²⁺、Mg²⁺、H⁺ 可降低神经肌肉的应激性。当血浆 Na⁺、K⁺ 浓度降低时,神经肌肉应激性下降,可出现四肢软弱无力,腱反射减弱甚至消失,肠蠕动减弱甚至出现肠麻痹。而血浆中 Ca²⁺ 浓度降低或碱中毒时神经肌肉应激性增高。小儿缺钙常出现手足抽搐,其原因就在于此。

3. 对心肌的作用 无机盐离子对心肌细胞的应激性也有影响,其关系式为

$$\text{心肌细胞的应激性} \propto \frac{[\text{Na}^+] + [\text{Ca}^{2+}]}{[\text{K}^+] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{H}^+]}$$

K⁺ 对心肌有抑制作用。当血浆 K⁺ 浓度升高时,可出现心动过缓、传导阻滞和收缩力减弱,严重时可使心跳停止于舒张期;当血浆 K⁺ 浓度降低时,可出现心动过速,节律紊乱,重者可使心跳停止于收缩期。Na⁺、Ca²⁺ 对 K⁺ 有拮抗作用。因此,临床上可静脉注射含 Na⁺ 或 Ca²⁺ 的溶液纠正高血钾对心肌的不利影响。

4. 维持细胞正常的新陈代谢 许多酶、激素中都含有钾、锌、铁、铜等元素,它们在代谢中发挥重要作用。如碳酸酐酶中含锌、甲状腺素中含碘等。

(二) 钠、氯代谢

1. 含量与分布 正常人体内钠含量为 1g/kg 体重,其中 50% 存在于细胞外液,10% 分布于细胞内液,40% 存在于骨骼中。正常成人血清 Na⁺ 浓度为 135~145 mmol/L,平均为 142mmol/L。氯主要分布于细胞外液,血清 Cl⁻ 浓度为 98~106 mmol/L,平均为 103mmol/L。

2. 吸收与排泄 成人每天需 NaCl 4.5~9g,儿童适量减少。主要来自食物,尤其是调味品食盐。日摄入量随食品不同尤其是饮食习惯不同而异,一般成人普通膳食日摄入量为 7~15g,摄入的 NaCl 以离子形式全部被消化道吸收。中国人饮食中食盐摄入量普遍偏高,尤其一些地区嗜好较咸的食物。长期高盐饮食与高血压发病





有关,会引发高血压,肾病病人会出现浮肿,所以不宜过多摄入食盐。

钠、氯主要经肾随尿排出。肾对钠的排泄有很强的调节能力,可概括为“多吃多排、少吃少排、不吃不排”。少量的钠和氯可随汗液和粪便排出。因此,大量出汗和腹泻时,应适当补充 NaCl。



案例 10-3

患儿,1周岁,平素健康,以呕吐、腹泻5天,伴尿少入院,查体:神清、口唇干燥,眼窝、前囟凹陷,皮肤弹性差,四肢温,化验血清 Na^+ 浓度 136mmol/L 。

试分析:

1. 血清 Na^+ 正常值是多少
2. 试判定脱水性质及脱水程度?

(三) 钾的代谢

1. 含量与分布 正常成人体内钾的含量约为 2g/kg 体重。其中 98% 分布于细胞内液, 2% 存在于细胞外液。正常成人血清 K^+ 浓度为 $3.5\sim 4.5\text{mmol/L}$, 细胞内液 K^+ 浓度却高达 150mmol/L , 因此,测定血钾时要注意防止溶血。

血钾浓度的相对恒定,除与钾的摄入和排出平衡有关外,还依赖于 K^+ 在细胞内、外液的分布来维持。实验证明, K^+ 透过细胞膜的速度比水慢得多, K^+ 在细胞内外达到平衡大约需要 15h , 而水只需 2h , 在心功能不全等病理情况下, K^+ 在膜内外达到平衡需 45h 左右。故临床上安全补钾应严格遵循“一尽四不宜”原则: 即尽量口服, 速度不宜太快, 浓度不宜过高, 日入量不宜过多, 时间不宜过早(即见尿补钾)。

2. 物质代谢与钾的转移 物质代谢可影响钾在细胞内外的分布。例如每合成 1g 蛋白质或 1g 糖原, 分别有 0.45mmol 或 0.15mmol 的 K^+ 进入细胞内, 而分解 1g 蛋白质或 1g 糖原又有等量的 K^+ 逸出到细胞外。即一般合成代谢均伴有 K^+ 进入细胞, 分解代谢则伴有 K^+ 移出细胞。因此, 严重创伤、高热、大面积烧伤及缺氧的患者, 其蛋白质分解增强, 细胞释出更多的钾, 可能会引起高血钾。当组织生长或创伤恢复期, 蛋白质合成代谢增强, 钾进入细胞内,

可使血钾浓度降低, 应注意钾的适当补充。

此外, 钾在细胞内外的分布尚与酸碱平衡密切相关。酸中毒时, 血浆 H^+ 浓度增高, 部分 H^+ 进入细胞内与细胞内的 K^+ 交换, 使血浆中 K^+ 浓度增高; 当细胞外液 K^+ 浓度增高时, K^+ 进入细胞内 H^+ 则移出。因此, 酸中毒时可引起高血钾, 高血钾可导致酸中毒, 两者互为因果关系。同理碱中毒可引起低血钾, 低血钾也可导致碱中毒。

3. 吸收与排泄 正常成人每天钾的需要量为 $2\sim 4$ 克。人体内的钾主要来自食物, 水果、蔬菜和肉类中均含有丰富的钾, 因此, 正常膳食即可满足机体对钾的需要。食物中的钾约 90% 在小肠内被吸收。正常情况下, 体内的钾约有 90% 经肾随尿排出, 其余则随汗液和粪便排出。肾脏对钾排泄的控制能力不如对钠的强, 其规律为“多吃多排, 少吃少排, 不吃也排”。因此, 临床上低钾血症较高钾血症多见, 对于长期不能进食的病人, 应根据血钾水平注意补钾。

低血钾和高血钾

低血钾和高血钾对人体的损害都是很严重的, 轻者可导致疲倦、烦躁, 严重的可造成心律失常, 甚至突然死亡。

高血钾

当血清钾浓度高于 5.5mmol/L 时, 称高血钾。钾输入过多、排泄障碍、或细胞内的钾转移至细胞均可引起高血钾。高血钾的主要表现是极度疲乏、肌肉酸痛、肢体湿冷、面色苍白、嗜睡、心动过缓等。严重时心跳可停止于舒张状态。

低血钾

当血清钾浓度低于 3.5mmol/L 时, 称低血钾。钾的摄入量不足; 排出量增加; 或钾自细胞外液大量移入细胞内液, 均可导致低血钾。低血钾的主要表现是四肢软弱无力、倦怠、腹胀、尿潴留、呼吸困难、心律失常等。严重时心跳可停止收缩状态。

接 链

(四) 钙磷代谢

1. 含量与分布 钙、磷是体内含量最多的无机盐。正常成人体内钙总量为 $700\sim 1400\text{g}$, 磷为 $400\sim 800\text{g}$ 。约有 99.7% 的钙和 87.6% 的磷以羟磷灰石 $[\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6]$





的形式存在于骨骼和牙齿中,其余的钙和磷分布于体液和软组织中。钙、磷在细胞内、外的分布明显不同,细胞外钙浓度远高于细胞内,而细胞外磷浓度则低于细胞内。

2. 钙、磷的生理功能

(1) 钙的生理功能:①构成骨盐;② Ca^{2+} 是凝血因子之一,参与血液凝固过程;③ Ca^{2+} 降低毛细血管壁及细胞膜的通透性,减少渗出;④ Ca^{2+} 增强心肌收缩力,降低神经、骨骼肌的兴奋性;⑤ Ca^{2+} 是许多酶的激活剂或抑制剂,广泛参与细胞代谢的调节作用;⑥ Ca^{2+} 是激素的第二信使,参与一系列的生理反应。

(2) 磷的生理功能:①与钙一起构成骨盐;②组成血液中缓冲体系,维持血液的酸碱平衡;③以磷酸根形式参与物质和能量代谢;④参与磷脂、核酸和辅酶类核苷酸的组成,在生物遗传、基因表达等方面发挥重要作用。

3. 钙的吸收与排泄 正常成人钙的日需要量约为0.5~1.0g,生长发育期的儿童、妊娠和哺乳期妇女需要量增加,约为1.5~2.0g。

钙的吸收部位主要在十二指肠和空肠。影响钙吸收的因素:①1,25-二羟维生素 D_3 :可促进小肠对钙的吸收,是影响钙吸收的主要因素。②食物成分和肠道pH的影响:钙盐在酸性环境中易溶解,故凡能使消化道pH降低的食物如乳酸、枸橼酸等都有利于钙的吸收;胃酸缺乏,钙的吸收率降低。但食物中的草酸、植酸及鞣酸等易与钙形成不溶性钙盐而影响钙的吸收。③年龄的影响:钙的吸收与年龄成反比,婴幼儿可吸收食物钙的50%以上,儿童为40%,成人为20%左右。40岁以后钙吸收率下降,平均每增龄10年,吸收率约减少5%~10%。因此,老年人易患骨质疏松症。

正常成人约80%的钙由肠道随粪便排出,20%由肾排出。肾脏对钙的排泄受甲状旁腺素和1,25-二羟维生素 D_3 的调控。

4. 磷的吸收与排泄 正常成人每日需磷量为1.0~1.5g,食物中普遍含磷,多以无机磷酸盐、有机磷酸酯和磷脂形式存在,主要以无机磷酸盐形式吸收。吸收部位主要在空肠,吸收率为70%,低磷时可达90%。因此,临床上缺磷极为罕见。凡能影响钙吸收的因素也能影响磷的吸收。

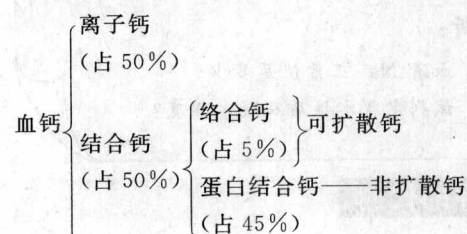
磷的排泄途径与钙相反,每日由粪便排出

的磷占总排出量的20%~40%,经肾排出的磷占60%~80%。

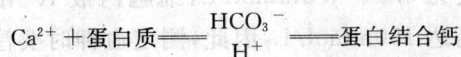
5. 血钙与血磷

(1) 血钙:血液中的钙几乎全部存在于血浆中,即血浆中的钙,称为血钙。因制备血浆时钙多已被去除,故临床上常测定血清中钙。正常成人血清钙含量为2.25~2.75mmol/L。

血浆中的钙以结合钙和离子钙(Ca^{2+})两种形式存在,约各占50%。其中45%的钙与血浆蛋白质(主要是清蛋白)结合,这部分钙不能透过毛细血管壁而被称为非扩散钙。5%的钙与枸橼酸、乳酸等阴离子结合形成络合钙,离子钙和络合钙均可透过毛细血管壁,又称可扩散钙。



血浆中只有 Ca^{2+} 直接发挥生理作用。正常情况下 Ca^{2+} 浓度与蛋白结合钙之间处于动态平衡,并受血浆pH等多种因素的影响。



可见,当血液pH下降(即 H^+ 浓度升高)时,促进蛋白结合钙解离,血浆 Ca^{2+} 浓度增高;血液pH增高(即 HCO_3^- 浓度升高)时, Ca^{2+} 与蛋白质结合增强,此时血钙总量可能正常,但 Ca^{2+} 浓度降低。因此,临床上碱中毒的患者,常因血浆 Ca^{2+} 浓度降低而发生抽搐。

(2) 血磷:指存在于血浆无机磷酸盐中的磷,正常成人1.0~1.6mmol/L,儿童稍高。血浆中钙、磷浓度保持着一定的数量关系,二者浓度以mmol/L表示,其乘积相当稳定,即 $[\text{Ca}] \times [\text{P}] = 2.5 \sim 3.5$ 。当乘积大于3.5时,促进钙磷在骨盐中沉积;乘积小于2.5时,骨组织钙化障碍,甚至骨盐溶解,影响正常的成骨作用。

6. 钙磷代谢的调节 机体对钙磷代谢有精确调节,调节钙磷代谢的激素主要有1,25-二羟维生素 D_3 、甲状旁腺素和降钙素,三者既相互制约又相互协同,从而维持血钙、血磷水平的恒定及骨的正常代谢。骨、肾、小肠是参与三种激素调节活动的主要靶器官。



(1) 1,25-二羟维生素 D₃: 维生素 D₃ 在体内须先后在肝、肾两次羟化转变为 1,25-二羟维生素 D₃, 才有生理活性。其作用: ①促进小肠对钙磷的吸收; ②促进肾小管对钙磷的重吸收; ③维持骨盐溶解与骨盐沉积的动态平衡, 有利于骨的生长与更新。总的结果使血钙、血磷均增高。

(2) 甲状旁腺素(PTH): 甲状旁腺主细胞分泌的单链多肽类激素, 其作用: ①促进骨盐溶解, 抑制骨的钙化, 使骨组织中钙盐释放入

血增多; ②促进肾小管对钙的重吸收, 抑制对磷的重吸收, 具有保钙排磷的作用; ③间接促进小肠对钙、磷的吸收。PTH 总的作用是升高血钙、降低血磷。

(3) 降钙素(CT): 甲状腺滤泡旁细胞分泌的一种多肽类激素, 其作用: ①促进骨盐沉积于骨组织, 抑制骨盐溶解; ②抑制肾小管对钙、磷的吸收; ③间接抑制小肠对钙、磷的吸收。CT 总的作用结果使血钙、血磷均下降。三种激素对钙磷代谢的调节作用见表 10-3

表 10-3 三种激素对钙磷代谢的调节作用

	小肠钙磷吸收	溶骨	成骨	尿钙	尿磷	血钙	血磷
1,25-二羟维生素 D ₃	↑ ↑	↑	↑	↓	↓	↑	↑
甲状旁腺素	↑	↑ ↑	↓	↓	↑	↑	↓
降钙素	↓	↓	↑ ↑	↑	↑	↓	↓

注: 表中“↑”表示增加, “↓”表示减少, “↑ ↑”表示大量增加。

四、微量元素(阅读资料)

微量元素指体内含量占体重 0.01% 以下的元素。目前确认维持生命活动所必需的微量元素有 14 种, 即铁、锌、铜、锰、钴、钼、镍、锡、钒、铬、硒、硅、碘、氟。

(一) 铁的代谢

1. 含量与分布 铁是体内含量最多的微量元素, 其含量受年龄、性别及血容量的影响。成年男性体内铁的含量约为 50mg/kg 体重, 女性略低, 约为 30mg/kg 体重。人体中约 75% 的铁存在于血红蛋白、肌红蛋白、细胞色素等铁卟啉化合物中, 其余 25% 的铁以铁蛋白和含铁血黄素的形式储存于肝、脾、骨髓中。

2. 吸收与排泄 体内的铁主要来源于食物中的铁和血红蛋白降解释放出的铁, 以后者为主。因此, 正常人对铁的需要量很少, 成年男性与绝经后妇女, 每日铁的需要量约为 1mg, 儿童和育龄期妇女每日铁需要量略多。

铁的吸收部位主要在十二指肠和空肠上段。只有溶解状态的铁才能被吸收, Fe²⁺ 较 Fe³⁺ 溶解度大, 易于吸收。因此, 凡能使 Fe³⁺ 还原为 Fe²⁺ 的物质如胃酸、谷胱甘肽、维生素 C 等均有利于铁的吸收; 磷酸盐、草酸、植酸、鞣酸等可与铁形成不溶性盐, 碱性药物也能降低铁的溶解度, 从而妨碍铁的吸收。

正常情况下, 人体每天排出铁约 1mg, 其中

约 0.6mg 随粪便排出, 主要来自胃肠道黏膜的脱落。另外, 约 0.1mg 铁经肾排出, 皮肤脱屑失铁约 0.2mg。经期妇女每天失铁约 1mg。

3. 运输与储存 由小肠黏膜吸收入血的 Fe²⁺, 在铜蓝蛋白的催化下, 氧化成 Fe³⁺, 然后与转铁蛋白结合而运输。转铁蛋白将大部分铁运至骨髓, 用于合成血红蛋白, 小部分运输至肝、脾等组织器官内储存, 其形式有铁蛋白和含铁血黄素两种, 但前者较后者以动员。

4. 铁的生理功能 铁的主要功能是造血。也是肌红蛋白、细胞色素等的组成成分, 参与体内氧的运输、储存及氧化磷酸化过程。铁还是过氧化氢酶、过氧化物酶的组成成分。

(二) 其他几种必需微量元素(表 10-4)

表 10-4 几种必需微量元素的主要生理功能

微量元素	主要生理功能
锌	参与多种酶的组成, 增强胰岛素的活性, 促进机体生长发育
铜	为多种酶的组成成分, 参与造血及铁代谢过程
碘	参与甲状腺素的合成
硒	具有抗氧化、保护生物膜的作用, 并具有抗癌作用
氟	参与骨、牙组织的组成, 增加骨硬度及牙的耐蚀能力
钴	为维生素 B ₁₂ 的组成成分, 并通过维生素 B ₁₂ 促进核酸和蛋白质合成
锰	为多种酶的组成成分, 参与骨的生成和造血过程
铬	构成葡萄糖耐量因子, 调节血糖, 参与造血过程





1. 水的平衡

(1) 水的来源: 饮水、食物、物质代谢。其中饮水是主要途径。

(2) 水的排出途径: 肾脏、皮肤、肺和大肠, 其中肾脏是主要途径。

2. 水平衡的调节:

(1) 渗透压: 若细胞外液浓度增大, 则千万细胞外液渗透压升高。

(2) 抗利尿激素: 又称升压素, 是一种肽类激素, 其作用是增加肾小管和集合管对水的通透性, 促进水的重吸收, 使尿液浓缩, 尿量减少。

(3) 调节机制

1) 感觉调节: 口渴感觉是机体对水需要的一种极为重要的保护性生理机制。当机体缺水时, 血浆和细胞间液的渗透压升高, 下丘脑视前区渗透压感受器受到刺激, 兴奋传到大脑皮质, 引起口渴反射而思饮水。

2) 激素调节: ①抗利尿激素(ADH): ADH 为下丘脑视上核神经细胞分泌, 又称为血管升压素, 主要作用是增加肾远曲小管及集合管对水的重吸收作用, 所以对肾脏浓缩功能有很大的影响。体液渗透压、血容量和血压等因素的改变, 都可以影响 ADH 的分泌。②醛固酮: 是一种类固醇激素, 由肾上腺皮质的球状带分泌。醛固酮的生理功能是促进肾远曲小管上皮细胞的排 H^+ 保 Na^+ 作用, 使 Na^+ 重吸收, 保留 Na^+ (同时保留水) 并促进 K^+ 的排出。

3. 无机盐的平衡

(1) 钠和钾的摄入是通过饮食、排出主要通过肾脏。

(2) 钠的排出特点: 多吃多排、少吃少排, 不吃不排。

(3) 钾的排出特点: 多吃多排、少吃少排, 不吃也排。

机体内最易缺乏的是钠。

4. 无机盐平衡的调节

(1) 细胞外液渗透压主要与无机盐有关, 其中以钠盐为主, 所以钠的平衡调节直接影响到水的调节。

(2) 醛固酮是由肾上腺皮质分泌的固醇类激素, 其重要作用是“保钠排钾”。

5. 水和无机盐平衡的意义

若水、无机盐丢失使细胞外液渗透压下降并出现血压下降、心率加快、四肢发冷、昏迷等症状应补充生理盐水。

K^+ 对于维持细胞内渗透压起决定性作用, 且对于维持心肌舒张、保持心肌兴奋性等起重要作用。

人体每昼夜代谢废物 35~50g, 最低尿量 500ml 需排出体外, 否则引起中毒。

小 结



(柳玉霞)

第2节 酸碱平衡



学习目标

1. 解释酸碱平衡的基本概念

2. 总结酸性和碱性物质的主要来源

3. 概述血液缓冲体系、肺和肾对酸碱平衡的影响

血液酸碱度的相对恒定是机体进行正常生理活动的基本条件之一。正常人血液的酸碱度即 pH 始终保持在一定的水平, 其变动范

围很小。尽管机体每天在代谢过程中, 均会产生一定量的酸性或碱性物质并不断地进入血液, 都可能影响到血液的酸碱度, 但是血液酸碱度仍恒定在 pH 7.35~7.45。之所以能使血液酸碱度如此稳定, 是因为人体有一整套调节酸碱平衡的机制, 首先依赖于血液内一些酸性或碱性物质并以一定的比例形成的缓冲体系来完成, 而这种比例的恒定, 却又有赖于肺和肾等脏器的调节作用, 把过剩的酸或碱给予消除, 使体内酸碱度保持相对平衡状态。机体这种调节酸碱物质含量及其比例, 使动脉血 pH 维持在正常范围内的过程, 称为酸碱平衡。





案例 10-4

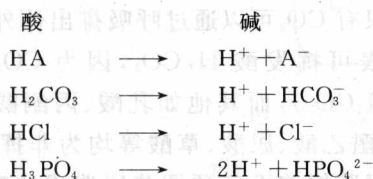
男性, 46岁, 因满腹疼痛以急性腹膜炎入院。入院后作血液分析、尿液分析粪常规、血气分析、肾功能检查确诊为急性弥漫性腹膜炎。急诊开腹探查, 术中发现弥漫性腹膜炎是阑尾脓肿破裂所致, 手术中切除阑尾, 并作腹腔引流。术后病人胃肠减压五天后, 又出现手麻、神志不清楚、血压下降、呼吸 28 次/分。化验检查血 pH 7.54。

试分析:

1. 血清 pH 正常值是多少?
2. 该患者出现了何种中毒?

一、体内酸、碱性物质的来源

所谓酸是 H^+ 供给者, 碱是接受者或 OH^- 供给者, 即在体内能解离生成 H^+ 者为酸, 能接受 H^+ 者为碱。



(一) 体内酸性物质的来源

人类除从食物(主要是动物性食物)、饮料、水果及某些酸性药物中摄取一些外源性酸性物质外, 体内酸性物质的主要来源是由细胞内糖类、脂类及蛋白质代谢产生的内源性酸。体内代谢产生的内源性酸性物质可分为挥发性酸(主要是 H_2CO_3) 和非挥发性酸(固定酸如丙酮酸、乳酸、乙酰乙酸、尿酸、草酸等)。由于体内酸性物质主要来自糖、脂肪及蛋白质的分解代谢, 故称它们为产酸食物。

(二) 体内碱性物质的来源

体内代谢过程中也能产生碱性物质, 如氨基酸脱氨基产生的氨, 但氨经过肝代谢后合成尿素, 是正常时碱性物质的主要来源。体内的碱性物质主要来自外界食物, 比如蔬菜、瓜果类食物的摄入。同时蔬菜、瓜果类食物含有大量的有机酸盐, 如枸橼酸盐、苹果酸盐、乳酸盐等, 有机酸盐中的酸根与 H^+ 结合成有机酸后, 再进一步被氧化成 CO_2 和水而排出体外, 余下的 K^+ 或 Na^+ 则与 HCO_3^- 结合成碳酸氢盐,

使体内碱性物质的含量增加。故蔬菜、瓜果类食物为成碱食物。

正常情况下, 体内酸性物质的产生远多于碱性物质的产生。因此, 机体对酸碱平衡的调节以对酸的调节为主。

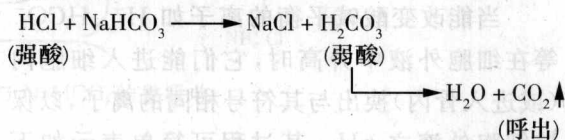
二、酸碱平衡的正常调节

在正常状态下, 机体每日代谢产生大量的酸性和碱性物质, 尤其产酸量是很大的。例如, 每日产生的非挥发酸就多达 50~100mmol, 挥发酸分解后的 CO_2 可达 400L。这些酸性物质必须及时处理, 否则血浆 pH 不能保持正常。因此, 机体需靠一整套调节机构来协同调节酸碱平衡。机体主要通过四个方面进行调节。

(一) 血液缓冲系统的调节

血液中有一系列缓冲物质。根据缓冲原理, 构成了四个主要的缓冲对, 即 $NaHCO_3/H_2CO_3$, Na_2HPO_4/NaH_2PO_4 , B·血浆蛋白/ H ·血浆蛋白, $B \cdot Hb/H \cdot Hb$ 。它们具有很强且很迅速地缓冲酸碱度的能力。每一对缓冲物质既能缓冲酸又能缓冲碱, 其中以 $NaHCO_3/H_2CO_3$ 这一缓冲对最为重要, 因为它的量最大。进入血液的固定酸或碱主要被它所缓冲, 挥发酸则主要由血红蛋白缓冲体系缓冲, 这里不做详述。

(1) 对固定酸的缓冲: 当血液中固定酸(HA)增多时, 主要通过血浆中 $NaHCO_3$ 、 Na_2HPO_4 等对其进行缓冲, 如碳酸氢钠对盐酸的缓冲。



上面的反应可以看出, 经 $NaHCO_3$ 缓冲, 解离度大的强酸 HCl 转变为解离度小的弱酸 H_2CO_3 , 后者在体液中的解离度仅约为前者的 1/1500。因此, 使 $[H^+]$ 大为减小, 而且 H_2CO_3 还能分解为 H_2O 和 CO_2 , CO_2 又能呼出体外。血浆中的 $NaHCO_3$ 主要用来缓冲固定酸, 在一定程度上它可代表血浆对固定酸的缓冲能力, 故习惯上把血浆中的 $NaHCO_3$ 称为碱储, 碱储的含量可用血浆 CO_2 的结合力来表示。

(2) 对碱性物质的缓冲: 当碱性物质进入血液后, 主要由血浆中 H_2CO_3 、 NaH_2PO_4 等对其进行缓冲, 使较强的碱转变为较弱的碱。如

