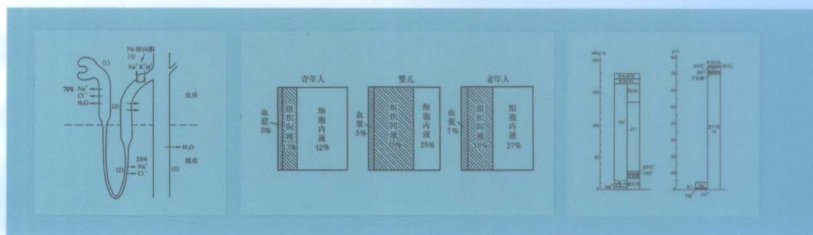


METABOLIC BALANCE AND
DISORDER OF BODY FLUID

体液代谢的 平衡与紊乱



主编 朱 蕾
主审 于润江



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

体液代谢的平衡与紊乱

metabolic balance and disorder of body fluid

主 编 朱 蕾

主 审 于润江

副主编 沈勤军 胡莉娟

编写者 (按汉语拼音排序)

方智野	深圳市红十字会医院
侯静静	同济医科大学附属同济医院
胡莉娟	复旦大学附属中山医院
李光新	山东省千佛山医院
李燕芹	上海交通大学附属仁济医院
连宁芳	福建医科大学附属第一医院
钮善福	复旦大学附属中山医院
任卫英	复旦大学附属中山医院
沈勤军	复旦大学附属中山医院
王燕英	复旦大学附属中山医院
于润江	中国医科大学呼吸病研究所
朱 蕾	复旦大学附属中山医院

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

体液代谢的平衡与紊乱/朱蕾主编. —北京:
人民卫生出版社, 2011. 10

ISBN 978 - 7 - 117 - 14757 - 6

I. ①体… II. ①朱… III. ①人体 - 体液 - 调节
(生理) IV. ①R331. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 176038 号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com	护士、医师、药师、中医师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

体液代谢的平衡与紊乱

主 编: 朱 蕾

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010 - 59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010 - 67605754 010 - 65264830

010 - 59787586 010 - 59787592

印 刷: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 22

字 数: 535 千字

版 次: 2011 年 10 月第 1 版 2011 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978 - 7 - 117 - 14757 - 6/R · 14758

定 价: 45.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

前言

体液平衡是维持生命活动的基本条件,一旦紊乱将容易导致多种代谢异常、器官功能障碍,甚至死亡。近年来,水、电解质和酸碱紊乱的发生率呈明显的上升趋势,且严重、复杂、顽固性紊乱屡见不鲜。其主要原因可能与疾病种类和医疗手段的显著改变有关,如社会老龄化,老年人基础疾病多,复杂手术和危重病患者增加;现代生命支持技术使危重病患者的生存时间延长,发生各种紊乱的机会增多;重视程度不足,基础理论和临床实践严重脱节,临床医生对如何预防和处理严重水、电解质、酸碱紊乱的知识缺乏。我们在2003年曾出版《水、电解质与酸碱平衡紊乱》一书,共14章、30.7万字,但内容太简单,有较多不足之处,已远不能满足现代需要,故完成本书。

本书主要包括三大部分内容:体液平衡的基础知识;不同类型的体液紊乱与处理;不同疾病或病理状态的体液紊乱与处理。具体有水、电解质、酸碱离子的正常代谢;水、电解质、酸碱平衡紊乱的基础知识和进展;老年人和特定病理生理状态的紊乱特点,如心功能不全、创伤、肝硬化腹水、肾脏疾病、应用利尿剂、机械通气等。针对危重病和手术患者增多的特点,将液体复苏、反应性高血糖、围手术期肺水肿单独成章。在内容上,该书还重点阐述理论和实践脱节的部分,对临床上容易忽视或争议较大的问题进行更合理的分析和评价,如系统纠正和阐述了可交换钠的概念、肾小管代偿功能的即刻作用和延迟作用、隐匿性肾小管功能减退在电解质紊乱中的作用及处理对策;提出危重症患者治疗的核心是改善组织的供氧,包括改善动脉血氧运输量、改善微循环和改善组织对氧的利用,机械通气治疗、液体复苏、反应性高血糖的处理等皆以此为目的;提出吸收性碱中毒是代谢性碱中毒的最常见类型,氯离子在其中发挥决定性作用。在写作方式上,也避免单纯“罗列”不同离子紊乱的经典写作方法,强调离子紊乱的病因与病理生理之间、离子与离子之间、离子与不同的疾病和病理生理综合征之间的内在联系,强调预防和治疗并重,还有一定数量的病例分析和讨论,使理论知识具体化,更具有可读性。

由于作者水平有限,不足之处在所难免,敬请各位同道和读者批评指正。

朱蕾

2011年10月

目 录

第一章 体液平衡	1
第一节 体液的进化特点	1
第二节 体液成分的表示单位	2
第三节 体液的基本特性	4
第四节 体液的含量与分布特点	6
第五节 体液的电解质离子的含量与分布特点	8
第六节 人体电解质的含量与需要量	13
第七节 体液的动态平衡及其调节	16
第八节 血浆白蛋白	25
第二章 水代谢的平衡与紊乱	28
第一节 水的代谢	28
第二节 脱水	31
第三节 水肿	34
第四节 水中毒	36
第五节 组织器官血供和氧供的维持	37
第六节 体液代谢紊乱的病例分析	45
第三章 与电解质紊乱有关的基本规律	56
第四章 钾代谢的平衡与紊乱	59
第一节 钾的代谢	59
第二节 与钾代谢紊乱有关的基本规律	66
第三节 低钾血症	67
第四节 高钾血症	75
第五节 钾代谢紊乱的病例分析	82
第五章 钠代谢的平衡与紊乱	84
第一节 钠的代谢	84
第二节 与钠代谢紊乱有关的基本规律	92
第三节 低钠血症	93
第四节 高钠血症	107

第五节 钠代谢紊乱的病例分析	116
第六章 氯代谢的平衡与紊乱	126
第七章 镁代谢的平衡与紊乱	128
第一节 镁的代谢	128
第二节 低镁血症	131
第三节 高镁血症	135
第八章 钙磷代谢的平衡与紊乱	139
第一节 钙磷的代谢	139
第二节 高钙血症	144
第三节 低钙血症	147
第四节 低磷血症	150
第五节 高磷血症	153
第九章 体液的酸碱平衡与紊乱	155
第一节 酸碱的基本概念	155
第二节 人体的酸碱物质	156
第三节 酸碱平衡及其调节	162
第四节 酸碱代谢紊乱	179
第五节 慢性呼吸衰竭患者机械通气后碱中毒	192
第六节 吸收性碱中毒	194
第七节 酸碱代谢紊乱的判断	198
第十章 电解质代谢紊乱与酸碱代谢紊乱	202
第一节 电解质代谢紊乱与酸碱代谢紊乱的一般关系	202
第二节 电解质代谢紊乱导致酸碱代谢紊乱	205
第三节 酸碱代谢紊乱导致电解质代谢紊乱	207
第十一章 老年人的体液平衡与代谢紊乱	213
第十二章 呼吸衰竭患者的体液代谢紊乱	222
第一节 呼吸衰竭的病因和发病机制	222
第二节 呼吸衰竭患者的呼吸调节	225
第三节 呼吸衰竭患者常见的体液代谢紊乱及处理	226
第十三章 心功能不全患者的体液代谢紊乱	236
第一节 心功能不全的代偿机制	236
第二节 心功能不全患者的体液紊乱与治疗	237

第三节	心功能不全患者的电解质、酸碱代谢紊乱与治疗	239
第四节	急性心源性肺水肿	244
第十四章	肝硬化腹水患者的体液代谢紊乱	246
第十五章	肾脏疾病的体液代谢紊乱	250
第一节	肾脏对水、电解质、酸碱代谢的正常调节	250
第二节	急性肾衰竭患者的体液代谢紊乱与处理	256
第三节	慢性肾衰竭患者的体液代谢紊乱与处理	266
第四节	肾病综合征患者的体液代谢紊乱与处理	271
第五节	肾小管性酸中毒患者的体液代谢紊乱与处理	273
第十六章	肾上腺皮质激素与水、电解质代谢	277
第十七章	创伤后患者的体液代谢紊乱	282
第一节	创伤后与体液代谢紊乱有关的病理生理	282
第二节	创伤后体液代谢紊乱的病理生理与处理	287
第十八章	危重患者的液体复苏	292
第一节	液体复苏的内容	292
第二节	液体复苏的监测与实施	305
第十九章	围手术期肺水肿	310
第二十章	危重症患者的反应性高血糖与内环境紊乱	313
第一节	反应性高血糖的病因与发病机制	313
第二节	反应性高血糖对代谢功能及内环境的影响	315
第三节	反应性高血糖及相关问题的处理	318
第四节	反应性高血糖与糖尿病高血糖的异同	322
第二十一章	利尿剂所致的体液代谢紊乱	324
第二十二章	机械通气相关性体液代谢紊乱	331
第一节	机械通气相关性肺水肿	331
第二节	机械通气相关性酸碱代谢紊乱	335
第三节	机械通气相关性电解质代谢紊乱	337
参考文献		339

第一章

体液平衡

• 内容提要 •

①简述体液的进化;②介绍几种常用的表示体液粒子的功能单位(mmol/L 、 mEq/L 、 mOsmol/L)的特点、临床意义及相互关系;③介绍体液的分布,不同部位体液的含量、影响因素及临床意义;④介绍不同部位体液电解质含量、特点及临床意义,强调体液之间的内在关系;⑤介绍体内主要阴、阳离子的含量、分布、特点及临床意义;⑥介绍不同部位之间体液的交换,体液的神经-内分泌调节,以及皮肤、肺脏、肾脏等脏器的调节作用。

体液是机体的重要组成部分,含量约占机体总重量的60%,小儿体液较高,成人下降;女性含量高,男性较低;肥胖者常明显下降,这些因素对体液紊乱与调节的发生具有重要意义。体液包括细胞外液和细胞内液。细胞内液是细胞内各种生物化学反应进行的场所,细胞外液则是每一个细胞生活的具体环境,称为内环境。细胞外液又分为血浆和组织间液。各部分液体之间不断进行物质交换,但液体的含量、成分和酸碱度保持稳定,称为动态平衡或稳态。若各种体内外因素导致液体量的不稳定,则称为水平衡紊乱;若其中的电解质成分不稳定,则称为电解质紊乱;若酸碱度不稳定,则称为酸碱紊乱。各种紊乱之间存在一定的内在联系,互相影响。一般所说的水、电解质、酸碱紊乱是指细胞外液的变化,且主要是血浆的变化。但临床判断和治疗时必须考虑体液之间的相互关系,否则容易导致复杂性紊乱和治疗失败。

第一节 体液的进化特点

生命起源于海洋,海水对生命的维持具有极为微妙的作用:①海水不仅是电解质的溶剂,而且亦为生命所必需的氧气(O_2)及其代谢产物二氧化碳(CO_2)的溶剂;②海洋面积巨大,它可以吸收或丢失大量热能,而温度变化不明显,所以海水的温度保持相对稳定;③海水的成分极为稳定;④海水具有恒定的氢离子浓度(H^+)和渗透压。以上这些特点都是维持生命所必需的条件。

尽管在亿万年的发展过程中,自然的演变使地球发生了无数的变化,但推测脊椎动物和

人类的细胞外液所含电解质的组成仍近似于有记录以前的海水。生命从广阔的海洋移至狭小的体液环境后,使细胞外液(原来的海水成分)有所改变,主要有碳酸-碳酸氢盐缓冲系统较前扩大,蛋白质出现,而氯离子(Cl^-)则相对地减少,以适应碳酸氢根离子(HCO_3^-)和蛋白质阴离子的增加。其他成分也有较大的改变,现代海水所含的电解质浓度比细胞外液高出几倍,这是由于亿万年来地球上的陆地被江河冲蚀,把大量无机盐冲洗入海,以致海水电解质的浓度增加。虽然如此,海水的各化学成分的比例仍然与细胞外液相似,而且保持相当稳定。这种简单的盐溶液对生命的维护具有特别重要的意义。

第二节 体液成分的表达单位

内容简介 研究体液的化学组成时,质量单位(mg/L , mg/ml)不能正确估计每一成分的相对比例及相互之间的关系,也不能表明各种物质在体液中所起的化学作用或物理作用,故目前多用功能单位。

mmol/L 是表示体液中粒子浓度最常用的功能单位,即可以表示电解质离子,也可以表示非电解质粒子, $1\text{mol} = 1000\text{mmol}$, 1mol 的任何物质所含的粒子数相等,皆为 6.02×10^{23} 个。 mmol/L 可以客观地表示体液中粒子的组成及每一成分的相对比例。 $1\text{mmol/L} = 1\text{mg/L}$ /原子量(或分子量)。

mEq/L 也是常用的功能单位,表示溶液中电解质离子进行化学反应的活力、维持电中性和电解质平衡的等效性。 $1\text{Eq} = 1000\text{mEq}$, mEq 是指液体中离子电荷的数量,因此与 mmol/L 不同, mEq/L 仅能表示电解质离子,而不能表示非电解质粒子。对单一电解质离子而言, $1\text{mEq/L} \times \text{化合价} = 1\text{mmol/L}$ 。

mOsmol/L 是用来表示渗透压大小的功能单位。 $1\text{Osmol} = 1000\text{mOsmol}$, 渗透压大小与溶液中的粒子的数目成正比,与粒子的大小无关。对单个粒子而言, $1\text{mOsmol/L} = 1\text{mmol/L}$ 。

在研究体液的化学组成时,可以用多种单位。早期多用质量单位表示,如 g/L 、 mg/L 等,但物质的质量不能表明它们在体液中所起的化学作用或物理作用,也不能正确估计每一成分相对的比例及相互之间的关系,故目前使用较少。功能单位是按照各种化学物质的活力来计算,而不考虑其质量,故可以反映各种物质在体液中的生理意义。本章重点叙述表示含量的几种功能单位。

一、摩尔和毫摩尔

摩尔数(mol)是表示粒子的个数的功能单位, 1mol 的任何物质所含的粒子数为 6.02×10^{23} 个,称为阿伏加德罗常数。 1 摩尔的 $1/1000$ 称为 1 毫摩尔(mmol)。单位液体容积(一般用 L)所含粒子的摩尔数用 mol/L 表示,同样单位液体容积所含粒子的毫摩尔数用 mmol/L 表示,由于体液电解质和其他非电解质离子的浓度较低,一般用后者表示。 mmol/L 是表示体液中粒子浓度的最常用功能单位,即可以表示电解质离子,也可以表示非电解质粒子。比如 1mmol/L 的氯化钠(NaCl)表示 1 升氯化钠溶液中含氯化钠分子 1mmol ;由于 1 个氯化钠分子含 1 个氯离子和 1 个钠离子,故氯离子和钠离子的含量也皆为 1mmol/L 。再比如 1mmol/L 的氯化钙(CaCl_2)表示 1 升氯化钙溶液中含氯化钙分子 1mmol/L ,氯离子 2mmol ,钙

离子 1mmol。

二、当量和毫当量

当量(Eq)是指液体中离子电荷的数量。1 当量的 1/1000 等于 1 毫当量(mEq),单位液体容积所含离子电荷数常用 mEq/L 表示。与 mol/L 不同,mEq/L 仅能表示电解质离子,而不能表示非电解质粒子。mEq/L 表示溶液中电解质离子进行化学反应的活力,可用以下三种物质溶液说明:1mol 的氢氧化钠(NaOH)、氢氧化钾(KOH)和盐酸(HCl),各溶于 1 升水中。这三种物质的分子量有很大的差异,其中 NaOH 的分子量为 $23+17=40$,KOH 为 $39+17=56$,HCl 为 $1+35.5=36.5$;相应 1mol 的上述物质的质量明显不同,分别为 NaOH 40 克、KOH 56 克、HCl 36.5 克。当以 1 毫升 NaOH 和 1 毫升 HCl 混合时,二者互相中和;而 1 毫升 KOH 和 1 毫升 HCl 相混合时,结果亦完全相同。这表明上述同一容量的两种碱性溶液具有同等的化学活力;也表明这两种物质每一单位容量的质量虽然不同,但所含的活性微粒数相等。1mol 的 NaOH 与 1mol 的 KOH 具有相同的化学结合力,所以说它们是当量的。若分别按上述三种单位来表示上述化学物质的量,则有 $1\text{Eq NaOH}=1\text{mol NaOH}=40\text{g NaOH}$, $1\text{Eq KOH}=1\text{mol KOH}=56\text{g KOH}$, $1\text{Eq HCl}=1\text{mol HCl}=35.5\text{g HCl}$ 。

上述化学物质的离子价皆为 1 价,故化学结合力相等。不同物质的化学价可以不同,化学结合力也相应不同,如钙离子为 2 价,其化学结合力为 1mol 的 2 倍,即 $1\text{mol Ca}^{2+}=2\text{Eq Ca}^{2+}=40\text{g Ca}^{2+}$, $1\text{Eq Ca}^{2+}=0.5\text{mmol Ca}^{2+}=20\text{g Ca}^{2+}$ 。这说明用当量来表示化学反应比用质量或摩尔更为明确。

$1\text{mEq/L}=1/1000\text{Eq/L}$ 。由于体液电解质的浓度少限,一般用 mEq 和 mEq/L 表示离子的化学效能。

三、渗量和毫渗量

渗透压的功能单位是渗透摩尔量(Osmol),简称渗量。单价元素 1mol 或 1Eq,如 Na^+ 23g 具有 1Osmol 的压力;双价元素 1mol 或 2Eq,如 Ca^{2+} 40g 具有 1Osmol 的压力。 $1/1000\text{Osmol}=1$ 毫渗透摩尔量,简称毫渗量(mOsmol)。单位体积(一般为 L)溶液所含溶质的渗量(Osmol/L)或毫渗量(mOsmol/L)用来表示渗透压的大小。由于体液中粒子的含量很少,一般用 mOsmol/L 表示渗透压的大小。电解质离子或非电解质分子、胶体或晶体都可以产生渗透压。

单一的电解质离子或非电解质分子的 mOsmol/L 可表示为: $1\text{mOsmol/L}=1\text{mg/L}/\text{原子量}$ (或分子量);但电解质分子表示为: $1\text{mOsmol/L}=1\text{mg/L}/\text{或分子量}\times\text{离子的个数}$ 。非电解质分子,如葡萄糖,其 1mmol/L 具有 1mOsmol/L 的渗透压;电解质,如氯化钠在溶液中解离成两个离子: Na^+ 和 Cl^- ,故 1mmol/L 氯化钠能产生 2mOsmol/L 的渗透压;一个比较复杂的分子,例如磷酸氢二钠(Na_2HPO_4)解离成 2 个 Na^+ 和 1 个 HPO_4^{2-} ,则 1mmol/L 的磷酸氢二钠产生 3mOsmol/L 的渗透压。

血浆或其他体液中所含蛋白质浓度一般仍用 g/L 表示,其所产生的胶体渗透压则用毫米汞柱(mmHg)表示,血浆的正常值分别为 60~80g/L 和 25~27mmHg。若用 mOsmol/L 表示,则不同体液的数值分别约为血浆 16、组织间液小于 1、细胞内液 47。

对单个离子而言,不同单位的换算公式如下:

$1\text{mmol/L} = 1\text{mg/L} / \text{原子量}$; $1\text{mEq/L} = 1\text{mmol/L} \times \text{化合价}$; $1\text{mOsmol/L} = 1\text{mmol/L}$ 。如: 钙的化合价为 2, 血清钙 $100\text{mg/L} = 100/40\text{mmol/L} = 2.5\text{mmol/L} = 5\text{mEq/L} = 2.5\text{mOsmol/L}$ 。钾的原子价为 1, 血清钾 $195\text{mg/L} = 195/39\text{mmol/L} = 5\text{mmol/L} = 5\text{mEq/L} = 5\text{mOsmol/L}$ 。

血浆中不同电解质离子单位的关系如下:

Na^+ : $1\text{mmol/L} = 1\text{mEq/L} = 1\text{mOsmol/L} = 23\text{mg/L}$

K^+ : $1\text{mmol/L} = 1\text{mEq/L} = 1\text{mOsmol/L} = 39\text{mg/L}$

Ca^{2+} : $1\text{mmol/L} = 2\text{mEq/L} = 1\text{mOsmol/L} = 40\text{mg/L}$

Mg^{2+} : $1\text{mmol/L} = 2\text{mEq/L} = 1\text{mOsmol/L} = 24\text{mg/L}$

Cl^- : $1\text{mmol/L} = 1\text{mEq/L} = 1\text{mOsmol/L} = 35.5\text{mg/L}$

HCO_3^- : $1\text{mmol/L} = 1\text{mEq/L} = 1\text{mOsmol/L} = 61\text{mg/L}$

HPO_4^{2-} : $1\text{mmol/L} = 1.8\text{mEq/L} = 1\text{mOsmol/L} = 93\text{mg/L} *$

SO_4^{2-} : $1\text{mmol/L} = 0.5\text{mEq/L} = 1\text{mOsmol/L} = 92\text{mg/L}$

其中 * 表示 HPO_4^{2-} 的离子价按 1.8 计算, 这是因为细胞外液的 pH 正常时, 离子中有 20% 以单价的形式 BH_2PO_4 存在, 80% 以双价的形式 B_2HPO_4 存在 (B 代表单价的碱基), 因此每单位 HPO_4^{2-} 的离子价应为 $0.2 \times 1 + 0.8 \times 2 = 1.8$, 双价的符号有时并不能真正代表离子价为二价。根据上述三种功能单位之间比较简单的换算关系就可准确判断不同物质的效能。其中 mEq/L 反映在血清或其他体液中, 两种电解质离子在维持电中性和电解质平衡方面是否有相等的效能; mmol/L 判断血清或其他体液中电解质离子或非电解质分子数是否相等; mOsmol/L 判断各种粒子在维持渗透平衡方面的效能。以质量单位 mg/L 来表示时, 就很难体会到不同粒子的作用是否具有可比性, 如上述钙 100mg/L 和钾 195mg/L 在维持电中性和电解质平衡方面的等效性就无法理解。

第三节 体液的基本特性

内容简介 体液有两种最基本的特性: 电离和产生渗透压。

能够电离的物质称为电解质, 电解质离子分为阴、阳离子。不同电解质的电离程度可能不同, 有些可完全电离为离子, 有些仅能部分电离为离子。

渗透压是体液中溶质粒子对水的吸引力。渗透压的大小与体液中的粒子数目成正比, 与粒子的大小无关。血浆渗透压有晶体渗透压、有效晶体渗透压、胶体渗透压等概念。组织间液、细胞内液的晶体渗透压、胶体渗透压与血浆有较大的不同, 从而决定体液的分布、血容量的多少和细胞的形态。

一、电离

当不同电位差的电极进入氯化钠溶液时, Na 离子通过溶液移向阴极, 称为阳离子; 而 Cl 离子移向阳极, 称为阴离子。“+”号代表阳离子, “-”代表阴离子。某些分子溶解时完全分解为离子, 如 NaCl 溶解时完全分解为 Na^+ 、 Cl^- ; 某些分子, 如 H_2CO_3 仅部分分解为 H^+ 和 HCO_3^- , 大部分仍以分子形式存在; 葡萄糖则完全以分子形式存在。广义上讲, 一切能离解的分子都可称为电解质。

水本身仅微量离解为氢离子(H^+)和羟离子(OH^-)。这两种离子在水中是以相等数目存在而呈中性状态。当溶液中的 H^+ 多于 OH^- 时呈酸性,反之则呈碱性。纯水所含氢离子浓度 $[H^+]$ 为 10^{-7} mol/L ,当然羟离子浓度 $[OH^-]$ 也为 10^{-7} mol/L 。由于氢离子浓度太低,习惯上以其负对数(pH)表示,即纯水 $pH = -\lg [H^+] = -\lg 10^{-7} = 7$,称为中性溶液。若 $[H^+] = 10^{-8} \text{ mol/L}$,则 $pH = 8$,即 $[H^+]$ 降低, $[OH^-]$ 相对地增加,溶液呈碱性;反之则溶液呈酸性。

二、渗透压

1. 渗透压 渗透压是溶剂中溶质粒子对水的吸引力。可简单理解为当水和溶液用透析膜隔开时,由于溶液含有一定数目的溶质粒子,对水产生一定的吸引力,水即透过透析膜进入溶液,这种促使水流动的吸引力称为渗透压。渗透压与溶液中的粒子数目成正比,而与粒子的大小无关。

2. 血浆的渗透压 就1升血浆所含的蛋白质而言,其质量比钠高出许多倍,但由于其分子量很大,它的渗透压大约为 16 mOsmol/L ,而钠则高达 142 mOsmol/L ;血浆中与钠中和的负离子也具有等量的毫渗量,钠的化合物(绝大部分是氯化钠,少部分是碳酸氢钠,还有极少量的钠的磷酸盐、硫酸钠等)的渗透压有 282 mOsmol/L ,远较蛋白质和其他化合物高得多,因此钠的化合物是血浆渗透压的最重要的组成部分。血浆的总渗透压为 $280 \sim 320 \text{ mOsmol/L}$,其中绝大部分是由电解质,主要是 NaCl 产生。一般小分子的非电解质,如尿素和葡萄糖,在正常血浆浓度时,仅供给大约 10 mOsmol/L 的渗透压,可以忽略不计,但当尿素或葡萄糖在血浆浓度中显著增高时,也可以导致血浆渗透压明显升高。

3. 晶体渗透压与胶体渗透压 在血浆中由小分子晶体物质,如电解质离子、葡萄糖分子产生的渗透压称为晶体渗透压,由大分子胶体物质,如白蛋白、球蛋白产生的渗透压称为胶体渗透压。

(1) 晶体渗透压的计算:一般根据血浆电解质、葡萄糖(GL)、尿素氮(BUN)的浓度计算。因为电解质阴、阳离子的离子数相等,而阳离子中主要以钠、钾离子为主,其他离子的含量极少,故常用钠、钾离子的2倍计算电解质的渗透压,即:

$$\text{血浆晶体渗透压}(\text{mOsmol/L}) = 2(\text{Na}^+ \text{ mmol/L} + \text{K}^+ \text{ mmol/L}) + \text{GL}(\text{mmol/L}) + \text{BUN}(\text{mmol/L})$$

因葡萄糖和尿素氮的含量皆非常低,且可自由通过细胞膜,对细胞内外液体分布的影响不大,故可不计算;其余的电解质离子产生的渗透压非常大,且显著影响细胞内外液体的分布,称为有效晶体渗透压。

(2) 胶体渗透压的计算:根据血浆蛋白的浓度,可计算出胶体渗透压。因血浆蛋白的浓度以 g/L 表示,且不同蛋白的分子量不同,故计算稍复杂,计算公式也较多,一般选择 Govaert 于1927年提出的下述计算公式,即:

$$\text{血浆胶体渗透压} = \text{白蛋白}(\text{g/L}) \times 0.554 + \text{球蛋白}(\text{g/L}) \times 0.143$$

正常值为 $25 \sim 27 \text{ mmHg}$ 。

白蛋白是产生胶体渗透压的主要成分,其渗透压约占血浆胶体渗透压的80%,因此血容量不足应补充白蛋白,而不是球蛋白。更应避免出现白蛋白和球蛋白比例倒置,否则会导致血沉(ESR)增快。细胞成分、纤维蛋白原等在微血管内沉积,在创伤和危重症患者容易导致

凝血功能紊乱。

不同性质渗透压的作用不同,相同性质渗透压的作用强度与压力大小有关。尽管体液各部位的胶体渗透压水平不高,但由于蛋白质不能透过毛细血管膜和细胞膜,因此对维持局部的液体量有非常重要的作用。胶体渗透压在组织间液非常低,一般不超过 1mOsmol/L ,在血浆则高得多,而细胞内液中的含量又超过血浆近 2 倍(表 1-4),因此其对维持血浆容量和细胞形态有重要作用。总体上讲,在体内各部分水的转移与渗透压有密切关系。对血管而言,胶体不通透,但水和晶体粒子可自由通透,其在血管内外的转移与胶体渗透压有密切关系。对细胞而言,细胞内胶体渗透压更高,水在细胞内外的转移应与胶体渗透压有更密切的关系,但因细胞膜对晶体粒子是半透膜,且细胞外液的晶体渗透压特别高(与血浆相似)。因此细胞内、外液体的转移与晶体渗透压的关系更密切,当然若出现细胞膜的损伤,细胞膜对电解质的通透性显著增强,此时细胞内胶体渗透压将发挥更大的作用。

第四节 体液的含量与分布特点

内容简介 总液体约占体重的 60%,但具体比例与年龄、性别、体重等有关。不同状态下(如肥胖、消瘦)的体液含量也有明显的变化,并影响患者对体液紊乱的耐受性和预后。

体液分为细胞外液和细胞内液,细胞外液又分为血浆和组织间液。一般情况下,细胞外液和血浆含量皆比较恒定;病理状态下,体液紊乱多首先是细胞外液,尤其是血浆的紊乱。

组织间液的作用不如血浆和细胞内液显著,但其对其他部位的调节作用,特别是对血浆缓冲和调节作用非常重要,间接影响血浆和细胞内液的功能,临床上容易忽视。水肿主要是组织间液的增多,常伴随有效血浆容量的下降。

细胞外液的水是游离水,流动性大;细胞内水多是结合水,流动性小。不同器官、组织的含水量有较大差异。

由于细胞膜的半透膜作用和细胞内外液电解质分布的不同,体液一般分为细胞内液和细胞外液两大部分,细胞外液又分为血浆和组织间液两部分。胃肠消化液、尿液、汗液、渗出液和漏出液也认为是细胞外液的特殊部分,因为这些体液的大量丢失均将降低细胞外液的容量。该划分法是主要取决于体液的特点,且行之有效,早为大多数学者所接受。

也有学者主张把细胞外液分为五个部分:①血浆;②组织间液和淋巴液;③结缔组织和软骨内的水;④骨质结合水;⑤细胞分泌液。但此种复杂的划分似无实际意义,临床应用极少。

一、总体液

正常成人的体液总量约占体重的 50%~60%,但个体之间的差异相当大,主要取决于体内脂肪的含量。因为脂肪含水量很少,据估计肥胖的人体中,脂肪量可占其体重的 35%以上,这在临床上具有重要意义。假如某肥胖者有 35% 的脂肪,其体重的 65% 为肌肉(含水量占 75%~80%)和其他非脂肪性组织所构成;研究表明,此种非脂肪性组织的成分相当稳定,大致含水 75%,作为整体而言,其含水量大约为 $65\% \times 75\% \approx 49\%$,考虑脂肪中的少量水分(含水量占 10%~30%),仅大约为 50%,因此对 70kg 体重的肥胖者而言,其总体液估计

只有 35L,此人一旦发生呕吐、腹泻或大量出汗,丢失体液 3~4L 时,他的生命就会受到威胁。另一方面,一个非肥胖的成人(假如脂肪为 20%),体重亦为 70kg,却有体液 42L,他能耐受更多的体液丢失而不至于对身体产生显著的影响。

体液的多少也与年龄和性别有关,新生儿的总体液约占体重的 77%,大约 3~4 岁降至成人的正常水平,即大约占体重的 60%。在青春期以前总体液无性别差异;此后则出现不同,男性的体液比女性多,在成人时期此种差异一直存在;至中年时期男性和女性的体液都有所下降,此后随着机体的衰老,体液的减少更明显,因此老年人发生水、电解质紊乱时对机体的影响更大。

综上所述,总体液量的个体差异明显,主要受脂肪、性别和年龄的影响,临床处理水与电解质平衡时应加以注意。

临床上所见慢性消耗性疾病,一般主要是消耗脂肪,而急性失水性疾病如腹泻、肠梗阻等则主要消耗体液。因此一个肥胖的人对急性失水性疾病常难以耐受,而能较好地耐受慢性消耗性疾病;另一方面,一个肌肉发达而非肥胖的人,则比较能耐受失水性疾病,而不容易耐受慢性消耗性疾病;当然,一个瘦削而肌肉也不发达的女人,脂肪和水都缺乏,则既不能耐受脱水,又难以耐受慢性消耗,因此出现任何急、慢性疾病,或创伤时,它都处于非常不利的地位。这种情况对疾病的发展和预后都具有重要意义。

二、细胞外液

在功能上,细胞外液可以认为是一个独立的系统。它代替了原始生物的外在环境(海水),构成了机体细胞的内在环境。MacCallum 认为体内建立了封闭水溶液的内在环境是动物演化史上的最大进步,在这一过程中,肾脏的调节功能具有特别重要的意义。细胞外液量比较恒定,约为体重的 20%。

三、血容量和血浆容量

血管内血液的总量称为血容量,是血浆容量和血细胞量的总和,但是除红细胞外,其他细胞的数量非常少,可忽略不计;血浆中水分约占 90%~91%,蛋白约占 6%~8%,其他小分子约占 2%。血容量约占体重的 7%~8%。也可根据体表面积计算血容量,但应注意不同生理时期的差异,其中婴儿的血管容积比成人约少 1/3;随着年龄的增大,血管容量即适应体表面积而逐渐增加,直至达到成人容量时为止。妇女在妊娠时期,血容量明显增加,血浆容量亦相应扩大。

临床上引起血容量增加的因素较少,但由于失血、脱水、毛细血管通透性增大等因素引起血容量降低更为多见。引起血容量增加的常见病理情况有充血性心力衰竭、红细胞增多症、早期白血病和大量氯化钠溶液的输入等。在大量出血后,由于血浆、电解质和血细胞的丢失,血容量迅速降低;但随着水分从组织间液移入血管时,血浆容量可有一定程度的恢复。

四、组织间液

组织间液是连接血浆和细胞内液的纽带,是细胞生存的主要内环境。组织间液还有重要的调节和缓冲作用,如血容量增加时,血浆内液体进入组织间液,从而防止心功能不全和肺水肿的发生;相反,脱水时组织间液迅速进入血浆,从而维持循环功能的相对稳定。一般

情况下,组织间液量大约占体重的5%,但显著受年龄、体重、疾病等影响。机体脂肪量等主要是通过影响组织间液的含量影响机体的含水量和调节功能,如肥胖主要是组织细胞间的脂肪增多,组织间液的含量必然减少,对脱水和血容量增加的耐受能力都将显著减退。需特别强调:在住院患者,脱水并不多见,但补液过多、血浆白蛋白过低导致的水肿、浆膜腔积液显著增多,尤其是危重患者和老年患者,并成为影响患者预后的重要因素。

组织水肿是组织间液的增多,并不代表血浆的增多;相反该部分患者常有低白蛋白(而不是球蛋白)血症和血容量不足。水肿的加重压迫毛细血管,增加毛细血管和细胞之间氧的弥散距离,进一步恶化组织的供血、供氧,容易导致多脏器损伤。

五、人体各种组织含水量的比较

人体各种组织具有不同的功能,其含水量和电解质成分亦有所不同。如表1-1所示,脑脊液所含的水分最多,而牙齿含水最少,血浆含水91%~93%,红细胞含水60%~65%。据估计大约50%的总体液或70%的细胞内液存在于人体的肌肉组织中。

表1-1 人体各种组织所含水分的比较

组织名称	水分(%)	组织名称	水分(%)
脑脊液	99	肌肉	75~80
血液		皮肤	72
血浆或血清	91~93	肝脏	70~75
红细胞	60~65	结缔组织	60
神经组织		骨骼(无骨髓)	20~25
灰质	85	脂肪组织	10~30
白质	70	齿釉质	3
脊髓	75		

细胞外液的水是游离水,流动性大,尽管其含量低,仅占20%,却是机体调节和病理改变的主要部分;细胞内水含量高,占40%,但多是结合水,流动性小,主要是维持细胞结构和形态的作用,在机体的代谢调节中发挥的作用较小。

第五节 体液的电解质离子的含量与分布特点

内容简介 血浆、组织间液、细胞内液的电解质含量有较大差异,但各部位阴阳离子的电荷数(mEq/L,而不是mmol/L)相等。

血浆和组织间液的阳离子以钠离子为主,阴离子则以氯离子和碳酸氢根离子为主,但两个部位略有差异,这主要与血浆蛋白阴离子较高、组织间液蛋白阴离子几乎为零有关。

细胞内液的阳离子以钾离子为主,阴离子以磷酸根离子和蛋白阴离子为主。

组织间液的胶体含量特别低,大约仅为1mEq/L,而血浆和细胞内的含量分别高达16mEq/L和47mEq/L,这对水、电解质的分布有重要影响。

消化液是细胞外液的一个特殊部分,但不同部位消化液的电解质离子(包括酸碱离子)

的含量有较大差异,在不同生理或病理状态下,同一部位分泌的量和质也有较大差异,因此电解质和酸碱紊乱的表现差异较大。

一、细胞外液的电解质

电解质在细胞外液的浓度可以通过化学方法来测定,但细胞内液的电解质浓度则需用特殊研究方法才能测定,因此临床上一般以细胞外液(血浆或血清)的电解质数值作为临床处理的依据。正常血浆或血清的电解质含量见表 1-2,以 mEq/L 表示,血浆阳离子总量与阴离子总量相等,表示电中性;以 mg/L 表示,则差异极大。阳离子以 Na^+ 占绝大部分,阴离子以 Cl^- 和 HCO_3^- 为主要成分。血浆所含水分约为 92%,所以每升血浆水中所含的电解质比每升血浆略高。电解质浓度以血浆中每升水表示更为正确,因为同一容积或重量的不同体液所含的水分不同,为了便于比较,必须用同一容积或重量的水分来表示电解质的浓度。但是欲求水分的确切数值,必须同时测定血浆的比重,即便求其近似数值也需测定血浆蛋白质的浓度,故临床上一般选择比较简便的方法,以 mEq/L 血浆计算,而不以 mEq/L 水表示,这对于一般临床研究都很适合。表 1-2 和图 1-1 的数据显示:尽管阴离子质量比阳离子高得多,但两者的当量数相同,从而保持血液中阴阳离子有相当的活性,并保持电中性。尽管经常有作者用 mmol/L 表示阴阳离子是否有相当的活性,但并不合适,因为 mmol/L 仅能表示浓度,不能代表活性。同理,尽管血浆中的阴阳离子皆以 1 价为主(即 $1\text{mmol/L} = 1\text{mEq/L}$),但也部分以 2 价(此时 $1\text{mmol/L} = 2\text{mEq/L}$)或多价为主,因此从该方面讲,用 mmol/L 表示也不合适。

表 1-2 正常血清或血浆的电解质的质量浓度和当量浓度

电解质	单 位	
	mg/L	mEq/L
阳离子		
Na^+	3260	142
K^+	200	4
Ca^{2+}	100	5
Mg^{2+}	24	2
阳离子总量	3584	153
阴离子		
Cl^-	3692	104
HCO_3^-	61	24
HPO_4^{2-}	34	2
SO_4^{2-}	16	1
有机酸	175	5
蛋白质	70 000	17
阴离子总量	73 978	153

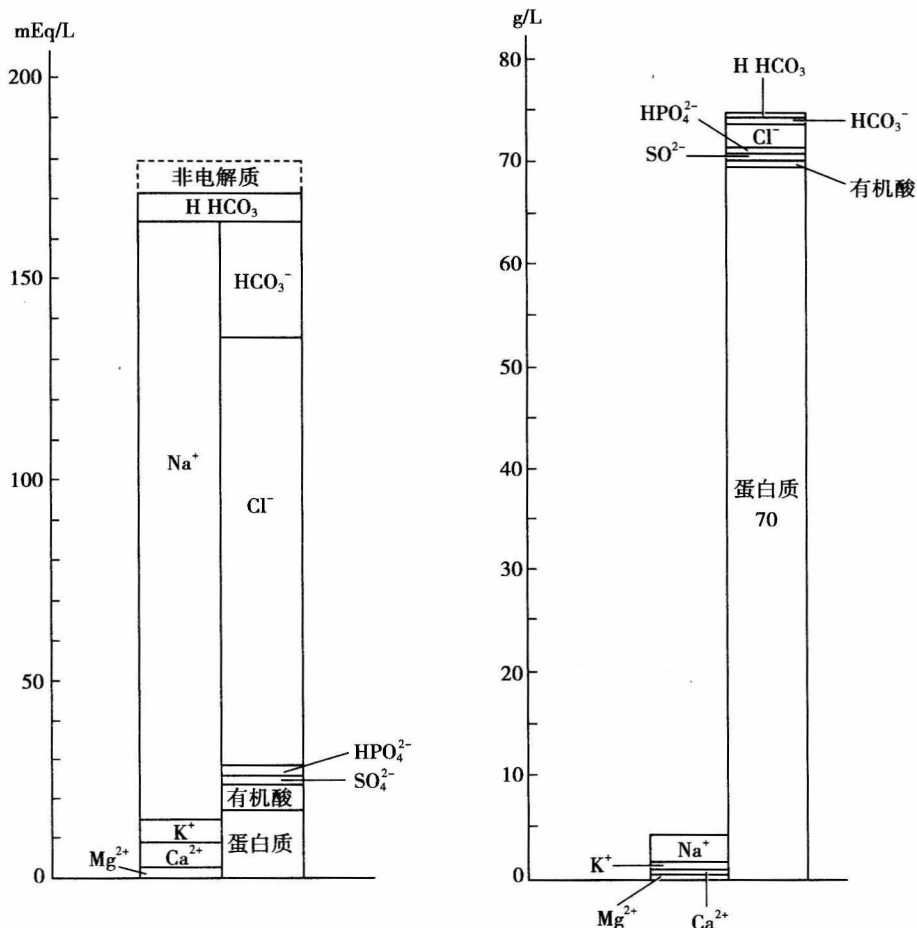


图 1-1 血浆电解质浓度用 mEq/L 和 g/L 表示时的比较

图中所示蛋白质用 mEq/L 表示,只有 16,而用 g/L 表示则高达 70 之多,表明电解质的生理意义不能根据质量,而应根据化学结合力计算

组织间液的电解质浓度,若以每升水来计算则和以血浆每升水来计算的结果极为相似。唯一重要的区别就是血浆所含的蛋白质约为 60 ~ 80g/L,而组织间液仅有 0.5 ~ 3.5g/L。由于蛋白质不易透过毛细血管膜,而电解质和其他非电解质的晶体物质都可自由地透过,这样就必然影响膜内外两侧离子的分布,使膜内外的电解质浓度并非完全相同,而是有所差异,如血浆中的钠离子浓度稍高于组织间液,而氯离子浓度则稍低。

二、胃肠分泌液的电解质

胃肠道各段分泌液所含电解质浓度也有较大差异(表 1-3)。在胃液中,氢离子(H⁺)为主要阳离子,Cl⁻为主要阴离子。但在不同的生理状态下差别极大,如进食等导致胃酸分泌增加时,不仅胃液量明显增加,H⁺浓度、Cl⁻浓度也显著升高,反之则显著降低;用制酸剂亦如此;在发生电解质紊乱和酸碱紊乱的情况下也明显不同。在小肠液中,以 Na⁺为主要阳离子,HCO₃⁻为主要阴离子。胃肠道各段的分泌液都含有一定量的 K⁺,一般胃液中的 K⁺浓度比血清高 2 ~ 5 倍,小肠液则大致相等。与胃相似,肠道的各个部分在不同生理状态下分泌