



水电解质平衡

朱晓峰 主编

中国环境科学出版社



水电解质平衡

（第2版）

中国医药出版社

水电解质平衡

主 编 朱晓峰
副主编 贾纪伟 朱晓颂
赵佩璐 朱建业

中国环境科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

水电解质平衡/朱晓峰主编. - 北京:中国环境科学出版社,2000.7

ISBN 7-80163-012-2

I. 水… H. 朱… III. 水… 电解质代谢紊乱-研究
IV. R589.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第45893号

中国环境科学出版社出版发行
(100036 北京海淀区普惠南里14号)
北京联华印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

2000年9月第一版 开本 787×1092 $1/_{32}$
2000年9月第一次印刷 印张 7 $3/8$
印数 1-1500 字数 165千字

定价:13.00元

前言

人体是一个完整的统一体,体液是机体的内环境。保持内环境的恒定,是机体生存的必要条件。任何疾病从发生、发展到转归的每个阶段,都伴有体液量和质的变化。水和电解质又是体液最重要的组成部分,水、电解质平衡失调,必然要影响到机体的新陈代谢、机能活动甚至生命的存在。临床工作,大量的的是解决水、电解质平衡这个普遍存在的问题。我们从临床实践中体会到,对水、电解质平衡失调和伴随而来的酸碱平衡失调处理的正确与否,从某种意义上来说是治疗成败的关键。为此,根据我们的实践经验,并参阅了大量有关资料,写成《水电解质平衡》一书,供中、下级医师在临床工作中作参考。全书共八章,前四章着重从理论上阐述了水平衡、电解质平衡、渗透压平衡和酸碱平衡的有关问题。第五章到第七章,系统地描述了水、电解质的代谢障碍和各种酸碱平衡失调的病因、病理改变、临床表现、实验室检查和治疗措施。第八章详细地介绍了临床上常用的各种电解质液、类晶体液和胶体液的性质、作用、用途、用法用量、不良反应和注意事项。

本书叙述简明扼要,通俗易懂,没有繁琐的理论,易于掌握和应用。

本书在编写过程中,得到了赵克然主任医师的具体指导,在此一并表示感谢。由于我们的知识和能力有限,书中难免有错误之处,恳请读者批评指正。

编者

1999.7

目 录

第一章 水平衡	(1)
第一节 人体内水的含量和分布	(1)
第二节 水的生理功能	(2)
第三节 水平衡	(3)
第四节 水在体内的移动	(5)
附:肾脏的组织结构和生理功能.....	(10)
第二章 电解质平衡	(17)
第一节 体液电解质浓度表示法	(18)
第二节 电解质的正常代谢与平衡	(23)
第三节 离子对神经肌肉应激性的影响	(50)
第四节 水电解质的调节	(53)
第三章 渗透压平衡	(54)
第一节 渗透压的概念	(54)
第二节 渗透压平衡	(57)
第三节 渗透压的调节	(58)
第四节 渗透压的临床意义	(60)
第四章 酸碱平衡	(62)

第一节	体内酸和碱的来源	(62)
第二节	酸碱平衡的生化指标及其临床意义	(66)
第三节	酸碱平衡的调节	(72)
第五章	水代谢障碍	(89)
第一节	脱水	(89)
第二节	急性水过多和水中毒	(122)
第六章	电解质代谢紊乱	(130)
第一节	钠代谢紊乱	(130)
第二节	钾代谢紊乱	(146)
第三节	钙代谢紊乱	(158)
第四节	磷代谢紊乱	(167)
第五节	镁代谢紊乱	(172)
第七章	酸碱平衡失调	(181)
第一节	代谢性酸中毒	(182)
第二节	呼吸性酸中毒	(191)
第三节	代谢性碱中毒	(197)
第四节	呼吸性碱中毒	(203)
第五节	混合型酸碱平衡失调	(206)
第八章	临床常用的液体简介	(212)
第一节	电解质液	(212)
第二节	类晶体液	(220)
第三节	胶体液	(225)

第一章 水平衡

水是人体的主要成分,它不仅是血液和其他组织、器官的重要组成部分,而且参与各种生理、生化过程。水代谢障碍,将会引起物质代谢的紊乱和机体的各种生理活动失常,甚至会导致生命的结束,即引起死亡。

第一节 人体内水的含量和分布

水是人体的重要组成部分。成年男子,含水量约占人体的 55%~65%,平均 60%。妇女含水量约占体重的 50%~60%,平均为 55%。幼儿占体重的 70%~75%。新生儿和婴儿占体重的 75%~85%。年龄愈小,含水量愈高。儿童在 3~4 岁后,含水量接近成人水平。

水在身体不同的器官、组织内的含量也不同。组织间液(间质液)含水量最多,为 94%~95%。血浆含水量为 93%。肌肉和内脏平均含水量为 70%,其中肾脏含水量占其重量的 85%,心脏为 79%,肝脏为 68%。骨骼含水量为 15%~25%。脂肪组织含水量最少,不足 10%。可以认为,脂肪组织为机体唯一不含水分的组织。

由于中性脂肪不含水分,所以肥胖者含水量较消瘦者为

低。胖人在失水时,脱水体征往往不明显,但脱水症状则很突出,机体的机能失调也出现较早。因此,对肥胖病人的脱水应特别提高警惕。但肥胖者对饥饿的耐受性较强,瘦人则相反。

妇女的皮下脂肪丰富,所以含水量较男子为少。

水在体内分布于三个区相:即细胞内液,组织间液(包括淋巴液)和血浆。组织间液和血浆又合称细胞外液。消化液、脑脊液、汗、尿、渗出液、漏出液等也认为是细胞外液的特殊部分,其含量仅占体液总量的 2.5%。若成年人身体含水量以占体重的 60% 计算,则细胞内液占体重的 40%,组织间液占 15%,血浆占 5%。儿童体内含水量较高,主要为组织间液含水比例较大,细胞内液和血浆含水量并不比成人多。

第二节 水的生理功能

1. 水是转运生命活动所必需的氧气、养料及排除代谢废物和毒物的运载工具。

2. 水的溶解力强,是各种有机物和无机物的溶剂。水能将多种物质变成溶液和胶体液以利于更有效地进行代谢。

3. 糖、蛋白质和脂肪的代谢,均有水直接参与。同时,代谢的结果都有水生成。

4. 水的介电常数高,能促使体内的物质电离,电离后易参与生化反应。

5. 水的比热高,温度不易改变,能保持体温的恒定。同时,水的蒸发热也高,即使有微量的蒸发(出汗),也会带出较多的热量,有利于降温。

6. 水能协助维持体液的渗透压和酸碱平衡。
7. 水有润滑作用,以防止器官、关节等之间的磨擦损伤。

第三节 水平衡

正常成年人,每天需摄入水分 2500ml,排出水分亦为 2500ml,这样就保持了水在体内的平衡(见表 1-1)。

表 1-1 每天水的摄入量与排出量

摄入项目	摄入量(ml)	排出项目	排出量(ml)
饮 水	1300	尿	1500
固体食物	900	皮肤汗	500
生物氧化水	300	肺呼出	400
		粪便	100
合计	2500	合计	2500

在摄入的水中,饮水的多少与生活条件、食物品种、工作性质、工作条件和劳动强度等有关。进食干食、咸食、重体力劳动、剧烈运动和高温作业时,饮水量增加,甚至每天超过 3000ml。在一般情况下,每天水的需要量与消耗的热量成正比,即每消耗 1cal 热量就需要水 1ml。水的需要量也与年龄有关,成年人每日每千克体重需水 30~40ml,儿童每日每千克体重需水 50~90ml,婴儿每日每千克体重则需要 100~150ml 的水。

水的需要量还与食物的品种有密切关系。醣与脂肪代谢后产生的二氧化碳经肺呼出,不需多量的水分帮助排泄,而蛋

水电解质平衡

白质代谢产生的尿素氮,每克则需要 15ml 的水帮助排泄。每天经肾脏排出约 30~35g 尿素氮,则需水约 400~500ml。食盐排泄需水更多,每排出 1mmol 的氯化钠需水 6.5ml。正常成年人,每天排出氯化钠约 70~140mmol,共需水 400~800ml。多食糖类食物,每天只需水 200ml 即可。

组织代谢产生的氧化水(内生水)不多,但相对地恒定。氧化水产生的量与食物种类有关。1g 脂肪、糖和蛋白质氧化后所产生的水分别为 1.05ml、0.56ml 和 0.34ml,即脂肪产生的水最多,蛋白质产生的水最少。混合食物氧化时每产生 100cal 热量可产生 12g 水。

在饥饿时组织分解,体重每减轻 1kg 就产生水 1000ml。

在排出的水中,粪便中的水也较恒定。肺呼出、皮肤出汗和粪便中所排出的水为“必须用水”,它不受摄入量的影响。排尿的多少,受饮水量和出汗情况影响极大。饮水多,排尿也多,饮水少,排尿也少;出汗少,排尿就多,出汗多,排尿就少。但是正常人每日最低尿量不得少于 500ml,低于此量时称为“少尿”,此时代谢废物就不能全部排出而形成氮质血症。由此可见,每日最低尿量和“必须用水”之和共 1500ml 水分为机体每日所必需摄入之水分量。

除去生物氧化每天产生 300ml 水分外,还需经消化道供给水分 1200ml,低于此量时,代谢就不能正常进行。

肺呼出和皮肤汗所排出的水分共 900ml,由于肉眼看不见,故称之为“无形消耗”。

第四节 水在体内的移动

每天进入人体的水分,并非静止不动地存在于某一特定的部位,而是处于动态平衡状态。这种水在体内的移动,包括以下几个方面:

一、消化道的自身循环

经口进入消化道的水分,由胃、肠粘膜吸收进入血液,同时各消化腺每天又分泌约 8200ml 的消化液进入消化道,在完成消化任务后,大部分在回肠和升结肠又被吸收入血液,只有 100~150ml 的水分随粪便排出体外。各种消化液的电解质含量、pH 值和每天的分泌量见表 1-2。

表 1-2 消化液的电解质含量(mmol/L)、pH 值和每天分泌量(ml)

消化液	分泌量	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
唾液	1500	6.3~7.1	10~30	15~25	3~8	10~30	10~20
胃液	2500	0.9~1.5	20~60	6~7	-	145	-
肠液	3000	7.1~8.0	100~142	10~50	-	80~105	30~75
胆汁	500	7.0~7.6	130~140	7~10	7~15	110	40
胰液	700	7.3~8.7	148	7	6	40~80	80~110
合计	8200						

从表 1-2 可以看出,各种消化液虽都富含电解质,但它们的化学成分和含量、pH 值、渗透压等均不同。上述消化液中,唾液呈弱酸性,胃液呈强酸性,其他三种消化液呈碱性。唾液

和胃液是低渗液,其他三种消化液的总渗透压均与血浆大致相等。胃液中的主要阳离子是 H^+ , 其次是 Na^+ 和 K^+ , 阴离子是 Cl^- 。其他消化液的主要阳离子是 Na^+ , 阴离子是 HCO_3^- , 其次是 Cl^- 。在频繁呕吐时,由于酸性胃液的丢失,易发生代谢性碱中毒。而在严重腹泄时,因肠道碱性液体的丧失,易导致代谢性酸中毒。

二、血浆和组织间液之交流

这种交流在毛细血管部位进行,其动力为血浆胶体渗透压。毛细血管壁为半透膜,它将血浆与组织间液分开,电解质、水、葡萄糖、氨基酸、尿素和其他小分子有机物可以自由通过,相互交换,维持动态平衡。而蛋白质不能自由通过毛细血管壁,故组织间液蛋白质浓度低于血浆蛋白质浓度,因而组织间液的胶体渗透压低于血浆胶体渗透压,前者为 $2.00kPa$ 。后者为 $3.33kPa$ 。血浆与组织间液的交流的动力,由以下因素所决定(见图 1-1):

1. 毛细血管压:压力的方向是远离血管。在毛细血管动脉端为 $4.26kPa$, 毛细血管静脉端为 $1.61kPa$ 。

2. 组织液胶体渗透压:压力的方向也是远离毛细血管。它和毛细血管压共同组成了使液体由毛细血管内滤向组织间液的动力。组织液的胶体渗透压为 $2kPa$ 。

3. 组织液的静水压:压力的方向是向着毛细血管。其数值为 $1.33kPa$ 。

4. 血浆胶体渗透压:压力的方向也是向着毛细血管。它和组织液的静水压共同组成了使液体自组织间液滤向毛细血

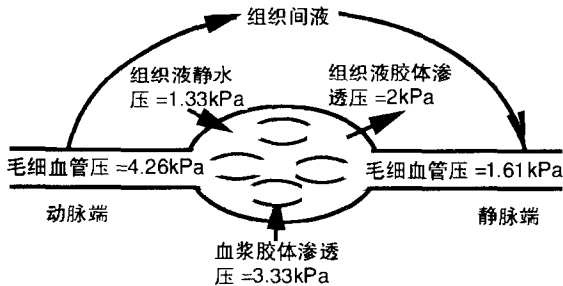


图 1-1 血浆和组织间液交流示意图

管的动力。正常值为 3.33kPa 。

前述两组力量的对比,决定着液体流动的方向和流量。这两组力量之差,称为有效滤过压。

即有效滤过压 = (毛细血管压 + 组织液胶体渗透压) - (血浆胶体渗透压 + 组织液静水压)

在毛细血管动脉端:

有效滤过压 = $(4.26 + 2) - (3.33 + 1.33) = 1.60(\text{kPa})$

液体应由血浆流向组织间液。

在毛细血管静脉端:

有效滤过压 = $(1.61 + 2.0) - (3.33 + 1.33) = -1.05(\text{kPa})$ 。液体应由组织间液流向血浆。

血浆和组织间液就是以上述方式进行着交流。这种交流对于气体的交换,养料的供应和代谢废物的运转十分重要。由于毛细血管分布广泛,而且组成了巨大的滤过面和吸收面(约有 6300m^2),故能迅速而频繁地进行着水的交流,其结果,保证了血浆与组织间液的容量与渗透压的恒定。在心功能不

全时,静脉回流受阻,导致毛细血管压升高,组织间液回流障碍而发生水肿。在低蛋白血症时,血浆胶体渗透压降低,也可导致组织间液向毛细血管静脉端回流受阻而发生水肿。

此外,在病理情况下,毛细血管通透性增加,水分向血管外转移增多。如在烧伤、过敏等情况下,毛细血管上皮细胞受损,通透性增加,大量的水分甚至血浆蛋白进入组织间液,也引起组织水肿。

从前面的计算可以看出,水自毛细血管动脉端进入组织间液的压力为 1.60kPa ,而由静脉端回到毛细血管内的压力为 1.05kPa ,外移与内移相差 0.55kPa 。因外移的压力大于内移的压力,故可有少量的水存留于组织间液。这一部分水可通过淋巴管,又回到循环中,因为淋巴管内的压力为 -0.84kPa 。这就是组织间液与淋巴管内也经常进行着的水的交流。

三、细胞内外水的交流

水在细胞内、外的转移,决定于细胞外液的晶体渗透压。细胞膜也是一种半透膜,在正常情况下,只允许水、葡萄糖、氨基酸、尿素、肌酐、 CO_2 、 O_2 、 Cl^- 和 HCO_3^- 等通过,而蛋白质、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等不易通过,所以细胞内、外液的化学成分和含量相差很大。当细胞外液晶体渗透压发生改变时,主要靠水的移动来维持平衡。在正常情况下,细胞内、外液的渗透压基本相等,当组织间液晶体渗透压增高时,水由细胞内移至细胞外在组织间隙储存起来,结果细胞脱水。当组织间液晶体渗透压降低时,水由组织间液进入细胞内,结果细胞膨

胀水肿。

四、水在体内的移动(见图 1-2)

在体液的三个区相中,组织间液的弹性最大。它既可大量地容纳和储存水,又可在需要的时候放出水分供细胞内和血浆使用。当饮水和食物中的水在消化道被吸收进入血液之后,血容量增加,血浆渗透压降低,血浆中的水分可随尿排

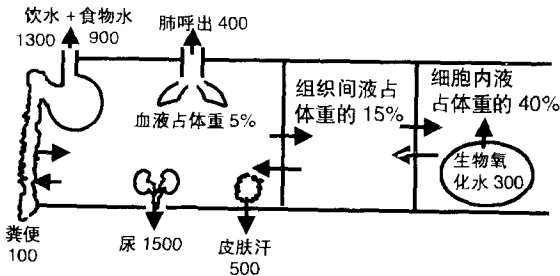


图 1-2 水的平衡和移动示意图(单位:ml)

出,也可进入组织间液储存起来,此时组织间液的渗透压也随之降低,水又从组织间液进入细胞内。生物氧化水可暂存于细胞内。当组织间液较细胞内的渗透压高时,细胞内的水分进入组织间液储存起来,组织间液的渗透压也随之降低,水分又可进入血浆,然后经肾脏排出体外。由此可知,血浆是调节体内水的枢纽,组织间液是储存水、调节血容量的水库,细胞外液的渗透压,尤其是钠离子的浓度和钠离子的渗透压则是引起水移动的动力。