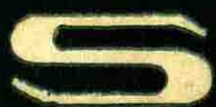


水与电解质平衡



HUIYUDIAN
JINZHIPINGHENG

浙江省金华县医药卫生科技情报组编

毛主席语录

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚，“这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。”

把医疗卫生工作的重点放到农村去。

应当积极地预防和医治人民的疾病，推广人民的医药卫生事业。

前 言

水与电解质平衡和临床各科有着广泛而密切的联系。许多疾病在其运动过程中常可出现水与电解质紊乱、酸碱失衡，有时并可上升为主要矛盾。故及时、正确地认识和处理水与电解质紊乱，在临床治疗和抢救时显得十分重要，也是各科医务人员的基本功之一。

在当前批林批孔运动和学习无产阶级专政理论的运动的推动下，为适应我县卫生革命形势的需要，我们勉力编成此书，希望能为基层医务人员在诊治水与电解质紊乱的临床工作中提供一些比较简明的参考资料，亦可供赤脚医生参考。

国内外在这方面的研究、诊治水平和临床经验不断地在提高，甚至有些概念也有了刷新，但是，由于我们的思想和业务水平有限，尤其在缺乏参考资料的情况下写成，不免挂一漏百，甚至有不少错误，恳切地希望读者批评、指正。

浙江省金华县医药卫生科技情报组

《水与电解质平衡》编写小组

一九七五年五月

目 录

第一章 名词解释.....	1
溶液 溶质 溶剂.....	1
电解质 非电解质.....	1
离子.....	2
当量.....	2
毫当量.....	3
渗透压.....	4
酸硷.....	6
酸硷度.....	7
二氧化碳张力.....	8
标准碳酸氢盐 实际碳酸氢盐.....	8
缓冲硷与硷剩余（或硷缺失）.....	8
二氧化碳结合力.....	9
第二章 水和电解质的生理平衡.....	10
体液量及其分布.....	12
体液的化学成分.....	13
细胞外液 胃肠道消化液 细胞内液	
体液的正常交流.....	17
水的来源 水的排出 细胞内外交流	
水平衡的调节.....	21
抗利尿激素 醛固酮	
第三章 水钠的代谢紊乱.....	24

脱水.....	26
原因 病理生理 临床表现 诊断 治疗	
缺钠.....	28
原因 病理生理 临床表现 诊断 治疗	
水过多（水中毒）.....	34
原因 病理生理 临床表现 诊断 治疗	
钠过多.....	38
原因 病理生理 临床表现 治疗	
混合型.....	39
缺钠合并缺水 缺钠合并水过多 钠过多合并缺水	
钠过多合并水过多	
第四章 钾代谢紊乱.....	41
钾的正常代谢.....	41
钾的含量和分布 钾的吸收和排泄 钾的生理功能	
缺钾与血钾过低.....	45
原因 临床表现 诊断 治疗	
钾过多与血钾过多.....	51
原因 临床表现 诊断 治疗	
第五章 酸碱平衡紊乱.....	56
酸碱平衡的生理.....	57
酸碱平衡的调节：一、缓冲系统 二、肺调节酸碱	
平衡 三、肾调节酸碱平衡 四、离子交换酸碱	
平衡紊乱的分类	
代谢性酸中毒.....	69
病因和病理生理 代偿机理 临床表现 诊断	
治疗	

代谢性硷中毒.....	78
病因和病理生理 代偿机理 临床表现 诊断	
治疗	
呼吸性酸中毒.....	81
病因和病理生理 代偿机理 临床表现 诊断	
治疗	
呼吸性硷中毒.....	86
病因和病理生理 代偿机理 临床表现 诊断 治疗	
混合型酸硷平衡紊乱.....	88
互相加重型混合性酸硷平衡紊乱	
互相抵消型混合性酸硷平衡紊乱	
三组以上复杂组合的酸硷平衡紊乱	
第六章 常见外科疾病的液体疗法.....	91
休克.....	91
休克时水、电解质和酸硷平衡的改变 休克时	
水、电解质和酸硷平衡紊乱的治疗原则	
幽门梗阻.....	95
幽门梗阻时水电解质和酸硷平衡的改变 治疗	
肠梗阻.....	97
肠梗阻时水、电解质和酸硷平衡的改变 肠梗	
阻时水、电解质和酸硷平衡紊乱的治疗	
急性肾功能衰竭.....	100
液体的控制 电解质平衡的维持	
第七章 儿科液体疗法.....	108
液疗计划的估计.....	112
旧欠的补充 新欠的补充 日需的补充	

液疗的实施.....	115
钾代谢紊乱的治疗.....	118
酸中毒.....	119
硷中毒.....	120
常见儿科疾病的补液原则.....	121
营养不良 新生儿 支气管肺炎 急性肾功能衰竭	
心力衰竭 肝昏迷 水中毒 钠过多	
第八章 关于儿科简易补液问题的商榷.....	126
旧欠补充的实施.....	127
简易补液常用液体.....	128
观察病情及时处理.....	128
第九章 中心静脉压测量和静脉内高营养.....	131
中心静脉压测量.....	131
中心静脉压的测量和方法 影响中心静脉压的因素	
静脉内高营养.....	134
基本原理及优点 适应症 方法 并发症及预防	
第十章 输液反应及其处理.....	142
发热 急性肺水肿 过敏反应	
附表 1 常用液体的配制、电解质含量与张力	
附表 2 八十种常用静脉滴注药物化学性配伍变化表	

第一章 名词解释

内容提要:

本章对水与电解质有关的常用名词的基本概念作了扼要的说明,使初读者易于入门;或者,亦可留待研读后文各章时查考参见之用。

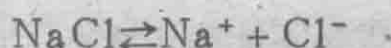
溶液 溶质 溶剂

某种固体溶解于某种液体,不能再以任何方式包括光学显微镜检查见到固体,亦不产生沉淀者,称为溶液。二种溶液可完全混和无间者,亦属溶液。溶液混和前原来的固体部分叫溶质,原来的液体部分称为溶剂;如混和不完全,显微镜下仍可见到固体颗粒者,则称为混悬液。

临床上常用的生理盐水、葡萄糖溶液等,皆属溶液。

电解质 非电解质

在溶液中能离解为带电离子的化合物,称为电解质,如氯化钠可在水溶液内离解为带阳电荷的钠离子和带阴电荷的氯离子。如公式:



有些化合物仅部分离解为离子,而大部分则仍以分子形式存在,如碳酸(H_2CO_3)。

完全不能在溶液中离解为离子的化合物,称为非电解质。人体体液中的非电解质可按其分子大小分为胶体物质和类晶体物质。

胶体物质因分子较大，通常不能穿过具有半透膜性质的毛细血管壁和细胞膜。白蛋白是人体血浆内的主要蛋白质，由于其胶体微粒对水产生一定的吸引力（称“渗透压”，详下），故能将水分保留于血管内。

类晶体物质因分子较小，故亦能自由通过毛细血管壁，并可选择性地透过某些细胞壁。葡萄糖、氨基酸、多肽、肌酸、尿素、肌酐、某些多糖以及某些酶和激素等均属之。

离子(阳离子、阴离子)

电解质在溶液中离解为离子后，半数荷阳电(阳离子)，半数荷阴电(阴离子)。当电流通过此电解质溶液时，基于“异性相吸，同性相斥”的物理学规律，阳离子移向阴极，阴离子移向阳极。

如 $\text{NaCl} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$

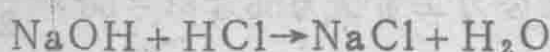
阳离子 阴离子

颇多医学文献记载或习惯沿称阳离子（如 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{++} 、 Ca^{++} ）为“硷”或“硷基”，阴离子（如 Cl^- 、 HCO_3^- ）为“酸”或“酸基”，实际上并不确切，且易引起混淆（详见下文：酸、硷的定义）。

当量

由于各种化学物质是根据化学活力（亦即原子价）进行反应或化学组成的，故物质的重量不能确切地表示它们在体液中所起的化学作用，但可以“当量”表示。假设有三种溶液： NaOH 、 KOH 和 HCl 。 NaOH 的分子量为40($\text{Na}=23$ ， $\text{OH}=17$)， KOH 的分子量为56($\text{K}=39$ ， $\text{OH}=17$)， HCl 为37($\text{H}=1$ ， $\text{Cl}=36$)。如这三种溶液的溶度为： NaOH 40克/升， KOH 56克/升， HCl 37克/升，则均各含1克分子物

质,称为克分子溶液。当1毫升NaOH与1毫升HCl混合时,二者完全中和,而取1毫升KOH与1毫升HCl混合时,结果亦完全相同。



这表明1克分子NaOH溶液和1克分子KOH溶液虽然单位容量内的重量不等,但其所含的活性微粒相等,故具有同等的化学结合力或活力,因此说它们是等位的或相当的。换言之,以上1克分子(M.)溶液即等1当量(N.)溶液。进一步说,1原子的Na相当于1原子的K或1原子的H;即1当量的Na为23克,1当量K为39克,1当量的H为1克。



由上式可见, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的化学结合力为NaOH或KOH的二倍。这是因为各种化学反应是根据其原子价进行的。Na、K、H均为1价, Ca为2价; 故1克分子(40克)钙的化学结合力相当于Na、K、H的2倍, 亦即1克分子钙含2当量, 或1当量Ca的重量为20克。这就说明, 化学反应用当量比用重量更为明确。

毫当量

毫当量等于当量的千分之一, 为临床上表示血液电解质浓度的常用单位。由毫克%折算成毫当量/升, 可按下列公式求得:

$$\text{毫当量/升(mEq/L)} = \text{毫克}\% \times \frac{\text{原子价}}{\text{原子量}} \times 10$$

$$\begin{aligned} \text{例: 血清钾正常浓度为} 19.5 \text{毫克}\% &= 19.5 \times 10 \times \frac{1}{39.1} \\ &= 5 \text{毫当量/升} \end{aligned}$$

表示碳酸和碳酸氢盐浓度的习惯单位是每 100 毫升血液内的 CO_2 容积数，可除以 2.24 即得毫当量/升的数值。

$$\begin{aligned}\text{例：二氧化碳结合力正常值为 } 56 \text{ 容积} &= 56 \times \frac{1}{2.24} \\ &= 25 \text{ 毫当量/升。}\end{aligned}$$

渗透压

渗透压（亦即张力）是指溶液中电解质和非电解质类溶质微粒对水的吸引力。当二种不同浓度溶液为一半透性膜隔开时，水（溶剂）即籍此种渗透压的驱使自低浓度一方透过半透膜流向高浓度的一方，以求达到双方浓度的平衡。

人的细胞膜即是一种半透膜，因此，体液有渗透平衡现象。

渗透压高低和溶液中微粒（分子和离子）的数目成正比而与其大小无关。分子量愈小，单位容积内的微粒愈多，所产生的渗透压愈大。1 升血浆所含的蛋白质其重量是钠的 20 倍，但因其分子量很大（白蛋白为 70,000；球蛋白为 14,000），其渗透压仅有 0.8 毫渗量，而钠则有 142 毫渗量之多，且与钠中和的阴离子也具有等量的毫渗量，故钠是组成血浆渗透压的最主要的组成部分（表 1）。

临床上以毫渗透分子量/升（简称毫渗量/升， mOsm/L ）作为渗透压的单位，即每升溶液中含有 1/1,000 克分子量的溶质（即 1 毫分子）所产生的张力。1,000 毫渗量等于 1 渗量（ Osm ）。

非电解质，如葡萄糖，则 1 毫分子（180 毫克/升）水溶液的渗透压为 1 毫渗量。

离解成二个离子的电解质，如氯化钠，其渗透压为阴阳

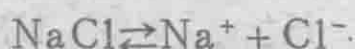
表1 正常血浆中各种离子成份的渗透压

阳离子	正常浓度 (毫当量/升)	渗透压 (毫渗量/升)	阴离子	正常浓度 (毫当量/升)	渗透压 (毫渗量/升)
Na ⁺	142	142	HCO ₃ ⁻	27	27
K ⁺	5	5	Cl ⁻	103	103
Ca ⁺⁺	5	2.5	HPO ₄ ⁻	2	1
Mg ⁺⁺	3	1.5	SO ₄ ⁻	1	0.5
			有机酸	6	6
			蛋白质	16	0.8
共计	155*	151**	共计	155*	138.3**

* 阳离子和阴离子的毫当量/升均为155，二者相等说明呈电中性。

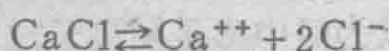
** 正常血浆总离子的渗透压为 $151 + 138.3 = 289.3$ (毫渗量/升)。

离子之总和，故1毫分子可产生2毫渗量的渗透压：



58.5毫克 = 1毫分子 1毫离子Na⁺ + 1毫离子Cl⁻
= 2毫离子 = 2毫渗量

同理，解离成三个离子的电解质，如氯化钙，1毫分子可产生3毫渗量的渗透压：



111毫克 = 1毫分子 1毫离子(=2毫当量)Ca⁺⁺ + 2毫
离子Cl⁻ = 3毫离子 = 3毫渗量

二价离子，如Ca⁺⁺，因二个当量相当于1克分子量，故1毫当量等于1/2毫渗量。

电解质的毫渗量可从下列公式计算：

$$\text{毫渗量/升} = \frac{\text{毫克}\% \times 10}{\text{原子量}}$$

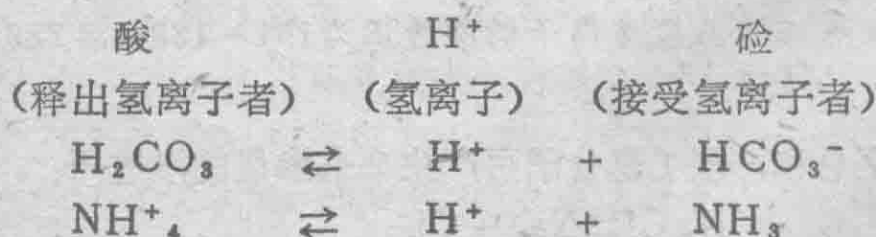
临床上，血浆渗透压可从下式估计：

$$\begin{aligned} \text{渗透压(毫渗量/升)} = & 2 \times (\text{Na}^+ + \text{K}^+) \text{毫当量/升} \\ & + \frac{\text{葡萄糖(毫克}\%) }{18} + \frac{\text{血尿素氮(毫克}\%) }{1.4} \end{aligned}$$

其正常范围为 280~310 毫渗量/升，其数值主要取决于钠。在此范围内时，称为等渗（等张）；超过310毫渗量/升时，为高渗（高张）；低于280毫渗量/升，为低渗（低张）。

酸 硷

物质在溶液中能释出氢离子(H^+)者，称为酸；能接受氢离子者，称为硷。



由上述定义可知，文献上习惯将体液电解质的阴离子称为“酸基”或“酸”，而将阳离子称为“硷基”或“硷”，是不确切的。而且这种说法容易给人以错误的概念，以为“酸基”和“硷基”总量的不平衡是体液酸硷平衡紊乱的直接原因。换言之，即以为酸中毒是阴离子过多或阳离子减少，硷中毒则是阳离子过多或阴离子减少。另一些作者将阴离子氯称为“酸”、而将同样是阴离子的碳酸氢却称为“硷”，和上述命名又发生了矛盾。

事实上，阴、阳离子的总量经常是平衡的，以保持体液

的电中性和适当的渗透压，而与体液酸硷度没有直接的关系。至于因某些离子的丧失或潴留引起的酸硷平衡紊乱，如缺钠引起的代谢性酸中毒，氯过多引致的高血氯性酸中毒，并非因为钠是“硷”，或氯是“酸”，而是在失钠或潴氯的同时，引致了离子组成部分的改变，间接影响碳酸氢含量，因而影响体液酸硷度（pH）的缘故。前已述及，阴、阳离子总量在体液内经常保持平衡，如一方的总量改变，即由具有伸缩性碳酸氢离子（ HCO_3^- ）相应增减以恢复阴阳离子的平衡。碳酸氢所以具有这样的灵活性是因为它容易从体内不断产生的碳酸形成，又可转变为碳酸，从呼吸中排出（详见第五章，《酸硷平衡的生理》节）。

钠是细胞外液中的主要阳离子（占阳离子总量的90%以上），其含量改变对阴离子总量有决定性影响，而后者的改变则又进而左右碳酸氢的增减，例如因腹泻丧失大量钠时，造成阳离子总量减少，为求阴、阳离子总量平衡，碳酸氢即相应减少（部分也因腹泻而丢失），遂降低它和碳酸的比例，使pH下降而形成酸中毒。当体液中氯离子增多时，为不使阴离子总量超过阳离子，碳酸氢亦作相应减少，遂引起酸中毒。反之，如氯离子减少，碳酸氢即相应增多以不使阴离子总量减少，于是引起硷中毒。

酸硷度（氢离子浓度，pH）

为表示血中氢离子浓度的指标。血中pH为呼吸性和代谢性因素共同作用的结果。通常采取动脉血测定pH，正常值为7.35—7.45，平均7.40，动静脉血pH差在0.03左右。

pH升高，说明硷中毒。

pH降低，说明酸中毒。

pH正常，说明：（1）正常酸硷平衡，或（2）有酸硷平衡紊乱而代偿良好，或（3）同时存在强度相等的酸中毒和硷中毒而其作用相互抵消（参见第五章）。

二氧化碳张力(PCO_2)

为液体中物理溶解的二氧化碳分子所产生的压力。由于二氧化碳具有很大的肺泡膜弥散力，动脉血 PCO_2 基本上反映了肺泡气的 PCO_2 ，二者数值基本相等，故 PCO_2 能反映酸硷平衡中的呼吸性因素。正常动脉血 PCO_2 值为34—45毫米汞柱，平均40毫米汞柱。

PCO_2 增高，说明肺换气不足，二氧化碳蓄积。

PCO_2 降低，说明肺换气过度，二氧化碳排出过多。

标准碳酸氢盐、实际碳酸氢盐

标准碳酸氢盐(S.B.)，是指在血液 PCO_2 40毫米汞柱，血红蛋白100%饱和以及38℃条件下测定的碳酸氢盐浓度。正常值为21—25毫当量/升。实际碳酸氢盐则是在实际条件下测定的碳酸氢盐浓度。

标准碳酸氢盐不受呼吸的影响，其增减反映体内碳酸氢(盐)储备量的多寡，因此是衡量酸硷平衡中代谢性因素的指标。

如实际碳酸氢盐>标准碳酸氢盐，说明有二氧化碳蓄积(肺换气不足)。

如标准碳酸氢盐>实际碳酸氢盐，说明二氧化碳排出增多(肺换气过度)。

缓冲硷与硷剩余(或硷缺失)

缓冲硷(B.B.)包括血中起缓冲作用的全部硷量，包括碳酸氢盐、血红蛋白、磷酸盐和血浆蛋白，正常时此四部

分的量分别为20、15、7、8毫当量/升，故正常血中缓冲硷数值为50毫当量/升，正常范围为45—55毫当量/升。测定时用氧饱和后的全血。动静脉血所得数值相当。

硷剩余 (B.E.) 或硷丢失 (B.D.) 指在 PCO_2 为40毫米汞柱、 $38^\circ C$ 和完全氧合条件下的全血滴定至 $pH 7.4$ 时所需的滴定酸或硷的量。用酸滴定的量为硷剩余，以正值表示；用硷滴定的量为硷缺失，以负值表示，均用毫当量/升为单位。正常值为0，正常范围为 ± 2.3 毫当量/升。

缓冲硷为衡量酸硷平衡中代谢性因素的指标，呼吸对其无明显影响。缓冲硷增多，说明有代谢性硷中毒，减少则说明有代谢性酸中毒。硷剩余（或硷缺失）完全不受呼吸因素的影响，可反映血中硷量的增减，为治疗提供计算或估计的基础。

二氧化碳结合力

二氧化碳结合力 ($CO_2 - CP$) 为临床上了解酸硷平衡紊乱的常用的简便方法。在空气隔绝条件下采静脉血，于室温中分离出血浆，与测定操作者的肺泡 CO_2 分压相平衡，然后测血浆中所含的 CO_2 量。正常值为25毫当量/升。正常范围为22—28毫当量/升。二氧化碳结合力表示来自碳酸氢盐和碳酸的二氧化碳的总量，故受代谢性和呼吸性二方面因素的影响，其数值的减少可能是代谢性酸中毒或代偿后的呼吸性硷中毒，增多可能是代谢性硷中毒或代偿后的呼吸性酸中毒。如临床上可以除外原发性的呼吸性因素的存在，则其数值的增减可以表示碳酸氢盐的增减而反映代谢性酸硷平衡失调的程度。

第二章 水和电解质的生理平衡

内容提要:

一、体液是人体细胞的内环境，对机体的代谢和功能具有十分重要的影响。体液的主要成分是水，其中含有电解质及水溶性有机物，水和电解质有不可分割的联系，故二者常相提并论。

二、体液可划分为细胞外液和细胞内液二大部分，细胞外液又可分为血浆和组织间液，彼此间不停地进行交流并互相影响。

三、电解质的分布依细胞外液和细胞内液而异：细胞外液的阳离子以钠(Na^+)为主，阴离子以氯(Cl^-)和碳酸氢(HCO_3^-)为主；细胞内液的主要阳离子为钾(K^+)，阴离子则以蛋白质和有机磷酸为主。

四、体液的流动性很大，水和电解质的出入量必须相等，才能保持体液平衡。水和电解质出入人体的门户是胃肠道、肾脏、皮肤和肺。故充分了解上述四个器官的功能，对正确处理水和电解质紊乱具有重要意义。

五、任何疾病、任何系统或器官的病变均可影响或引起水和电解质代谢紊乱，反之，水和电解质代谢紊乱也可影响各器官的功能，在许多疾病的发生和发展过程中，特别当处理不当时可转化为主要矛盾。故正确认识并处理水和电解质紊乱，在临床日常工作中显得十分重要，各科医务人员均应