

# 水、电解质与酸碱平衡紊乱的 临床诊断和治疗

请指导 请交换



天津医学院附属医院

内科心肾组

# 前 言

本资料是对我院内科进修医生的讲稿，系结合我们的临床实践经验，整理编写而成。可供临床医师参考。因时间仓促，思想水平低，故错误之处在所难免，恳请同志们批评指正。

承蒙大港油田报社工人同志们在百忙中为我们赶印成册，在此表示十分感谢之意。

天津医学院附属医院内科心肾组

于1974年5月

# 目 录

第一章 体液平衡概述	(1)
第二章 水与钠平衡紊乱	(13)
第一节 体液缺乏的诊断与治疗	(13)
第二节 高血钠与低血钠	(29)
第三章 钾离子平衡紊乱	(32)
第一节 钾离子的代谢特点	(32)
第二节 低血钾和/或钾缺乏症	(36)
第三节 高血钾	(45)
第四章 镁离子代谢紊乱	(50)
第一节 高血镁症	(51)
第二节 低血镁症	(51)
第五章 酸硷平衡紊乱概述	(52)
第六章 酸硷平衡紊乱的诊断与处理	(76)
第一节 代谢性酸中毒	(76)
第二节 代谢性硷中毒	(89)
第三节 呼吸性酸中毒	(93)
第四节 呼吸性酸中毒合并代谢性酸中毒或硷中毒	(99)
第五节 原发性呼吸性硷中毒	(99)
附：“脱水、酸中毒及低血钾”的3:6:9补液 原则	(100)
第七章 肾脏疾病与钾离子代谢紊乱	(103)
第一节 缺钾性肾病	(105)
第二节 失钾性肾病	(108)

# 水、电解质与酸碱平衡紊乱 的临床诊断和治疗

正常的体液为维持正常代谢所必需，所以对依靠输液的危重病人的水、电解质及酸碱平衡的维持成为临床工作中的重大问题。如对体液疗法包括水、Na、K、Mg、Ca、 $\text{HCO}_3$ 、Cl、磷酸根、蛋白质、葡萄糖及血液等没有全面的考虑及正确的安排，则不论其它治疗如何也不能取得满意的效果、甚至导致死亡。因此，体液失去平衡的诊断及处理已经逐渐受到大家的重视。

## 第一章 体液平衡概述

### 正常成年人水的分布（表1）

健康男性青壮年的总体液量平均为体重的60%，其中细胞内约占体重的40%，细胞外约占体重的20%（组织间液占15%，血管内液占5%）。人体各种组织含水量不同，例如肌肉含水可达75—80%，而脂肪则仅有10—30%。所以肥胖、矮短病人，由于脂肪可占体重的35%，一旦发生呕吐、腹泻或大量出汗而丢失3—4升体液则可危及生命。随年龄增长、妇女含脂肪量相对更多，因而含水量则更少，故人体含水量与肥胖成反比。

### 体液的电解质含量（表2）

细胞内液和细胞外液保持正常的电解质浓度是维持生命所必需的。细胞内外液所含电解质成分很不相同，但其渗透压则相等。

表1 正常成年人水的分布（以体重60公斤计算）

部 位	占体重 (%)	容 积 (升)
细胞外液	20	12
血 浆	5	3
组织间液	15	9
细胞内液	40	24
总体液	男 60(44-70)	36
	女 50(44-60)	30

表2 体液的电解质含量

	细胞外液		细胞内液
阳离子	Na <sup>+</sup>	142	13
	K <sup>+</sup>	5	140
	Ca <sup>++</sup>	5	0
	Mg <sup>++</sup>	3	45
	总 量	155	198
阴离子	HCO <sub>3</sub>	27	10
	Cl	103	3
	HPO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	2	100
	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1	20
	有机酸	6	60
	蛋白质盐	16	65
总 量	155	198	

电解质具有三种功能：

- 一、水平衡的调节功能
- 二、酸碱平衡的调节功能
- 三、神经肌肉的活动功能

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

从细胞内外液电解质成分可知细胞内外的电解质是完全不同的，阳离子钠，阴离子氯及 $\text{HCO}_3^-$ 是细胞外液的主要成分、阳离子钾与镁及阴离子有机磷酸盐与蛋白质是细胞内液的主要成分。这些特点的了解，对临床治疗具有很重要的意义。由于测定血清或血浆电解质的可能，常作为治疗的重要依据。

细胞内、外液Na、K含量的区别有二种学说：

(一) 钠排出学说 靠三磷酸腺苷 (ATP) 的能主动把Na从细胞内排出 (细胞外高浓度Na弥散入细胞内)，K为被动的进入。

(二) 钾固定学说 钾固定于带有阴电荷的离子即细胞蛋白质的三磷酸腺苷 (ATP)，K离子与细胞蛋白ATP依靠电吸引更牢固的结合。消耗性疾病或应激反应的结果，使细胞内的ATP消失因而钾固定及钠排出能力减低。

### 毫当量及其有关问题

#### 一、当量 (N) 及毫当量 (mEq)

表3 常见化学元素的原子量，原子价及当量

元 素	氢	氧	钠	钾	镁	钙	氯	碳酸氢根	磷酸根	硫酸根
原子量	1	16	23	39	24	40	35.5	61 ( $\text{HCO}_3$ )	31 (P)	32 (S)
原子价	1	2	1	1	2	2	1	1	1.8*	2
当 量	1	8	23	39	12	20	35.5	61	17.2	16

• 于正常 $P_H$ 时, 20%为 $H_2PO_4^-$ , 而80%为 $HP_2O_7^-$ , 故其总的原子价为 $0.2 \times 1 + 0.8 \times 2 = 1.8$ 。

化学元素的原子量, 原子价及当量的关系为:

$$\text{原子量} \div \text{原子价} = \text{当量 (N)}$$

当量是参加化学反应的功能单位, 即: 1个(克)当量的Na (23克), 能与1个(克)当量的Cl (35.5克) 结合成一个克分子的NaCl (58.5克)。1个当量的H (1克) 能与1个当量的Cl (35.5克) 结合成1个克分子HCl (36.5克)。

当量溶液 即1000毫升溶液中含有某化学物质1个当量(克为单位)的溶液。如1000毫升含有HCl 36.5克, 则此溶液为1当量(N)的HCl。

毫当量 =  $\frac{1}{1000}$  当量。因人的体液中所含电解质量很小, 所以均以毫当量为单位, 也是生物化学反应的功能单位。

## 二、克分子(M)及毫分子(mM)

1克分子(1M) = 一化学物质的分子量, 以克为单位。葡萄糖( $C_6H_{12}O_6$ )的分子量为180克, 故1M的葡萄糖 = 180克。NaCl的分子量为58.5克, 故1M的NaCl = 58.5克。乳酸钠的分子量为112克, 故1M的乳酸钠 = 112克。

克分子溶液 即1000毫升溶液中含有1克分子的化学物质, 为1克分子溶液(1M)。如1000毫升溶液中含乳酸钠112克, 称为1克分子(1M)的乳酸钠溶液。

1毫分子(1mM) = 1克分子(1M)的  $\frac{1}{1000}$ 。例如:  
1毫分子NaCl = 58.5毫克。

气体的单位 1克分子(1M)的理想气体于标准温度 $0^\circ C$ 及760毫米汞柱的大气压力的情况下, 占22.4升。1毫分子气体占22.4毫升。但1克分子 $CO_2$ 占22.26升, 1毫分子

CO<sub>2</sub>占22.26毫升。

### 三、毫当量与毫分子量的关系

若离子为单价者  $1 \text{ mEq} = 1 \text{ mM}$

例如  $\text{Na}$  23毫克为  $1 \text{ mEq} = 1 \text{ mM}$

若离子为二价者  $2 \text{ mEq} = 1 \text{ mM}$

例如  $\text{Ca}$  40毫克为  $2 \text{ mEq} = 1 \text{ mM}$

### 四、阳离子与阴离子的平衡

血清（或血浆）的阳离子总和为155毫当量/升，阴离子总和亦为155毫当量/升。丢失水时，阳和阴离子浓度均升高；丢失 $\text{Na}$ 时，阳和阴离子浓度均降低。

### 五、E值的意义

$R$ （磷酸根、硫酸根、有机酸及蛋白质） $= \text{Na} + \text{K} + 8 - (\text{HCO}_3 + \text{Cl})$ ，正常值为 $\leq 25$ 。（浓缩或稀释为例外）。如大于25则表示代谢性酸中毒如饥饿（酮症）、糖尿病（酮症），或尿毒症（酸中毒）。

### 六、血清 $\text{Na}$ 与 $\text{HCO}_3$ 及 $\text{Cl}$ 的关系

$\text{Na}^+ = \text{HCO}_3^- + \text{Cl}^- + 12$ （大多数情况下）

注：糖尿病酸中毒及尿毒症例外，因酮酸及其它有机无机酸离子一般未被测定。呼吸性酸中毒使计算出 $\text{Na}$ 过低，高氯使计算出 $\text{Na}$ 过高。

### 七、换算为毫当量

毫当量的意义 从参加人体生物化学反应功能单位的观点，采用毫当量/升为单位，便于对机体电解质的阳离子和阴离子互相关系的了解，所以最好一律采用毫当量/升为单位。

换算为毫当量的公式 只要记得化学元素的原子量、原子价及标准状况下一毫分子气体(CO<sub>2</sub>)占22.2毫升，则可换算。



例 1：血清K19.5毫克%，则  $\frac{19.5 \times 10 \times 1}{39} = 5$  毫当量  
/升。

例 2：二氧化碳结合力44.4毫升%，则  $\frac{44.4 \times 10 \times 1}{22.2}$   
= 20毫当量/升。

### 渗透压及渗透压原理

(一) 渗透压 溶质是一种物质，如氯化钠、磷酸钾、葡萄糖、蛋白质等。

溶媒如水。

溶液 溶质溶于溶媒中，例如水溶有蛋白质、葡萄糖或氯化钠。溶液与水之间用一透析膜隔开，如图 1 所示，透析膜只允许水自由地通过，而不能让蛋白质、葡萄糖或氯化钠通过。

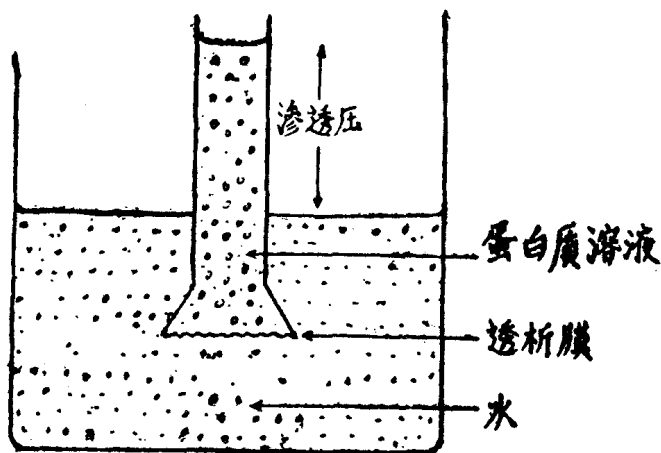


图 1 蛋白质溶液超出水平面的高度为渗透压  
由于溶液中含有一定数量的溶质微粒（蛋白质）或离子

(氯化钠)，对水具有一定的吸引力，水则流入倒置的漏斗中，超高水面达一定高度。这液体的高度则为溶液的渗透压。渗透压的大小与溶液微粒或离子数量成正比。

(二) 毫渗量 (mOsm) 毫渗量为体液中渗透压的功能单位。不电离的非电解质，如葡萄糖  $1\text{mM} = 1\text{mOsm}$ 。能电离的电解质若为一价元素，如  $\text{Na}^+$  或  $\text{Cl}^-$ ， $1\text{mEq}$  的  $\text{Na}$  或  $\text{Cl} = 1\text{mOsm}$ 。 $1\text{mM}$  的  $\text{NaCl} = 2\text{mOsm}$ 。若为二价元素，如  $\text{Ca}^{++}$ ， $2\text{mEq}$  的  $\text{Ca} = 1\text{mOsm}$ 。

一溶液的总渗透压 = 溶液中的离子的总数，例如一溶液含

$$1\text{mM}\text{CaCl}_2 = \left. \begin{array}{l} \text{Ca}^{++} = 1\text{mOsm} \\ 2\text{Cl}^- = 2\text{mOsm} \end{array} \right\} \text{共} 3\text{mOsm}.$$

(三) 渗透压原理 人类(及动物)细胞外及细胞内的渗透压被假定是相等的，各为  $300\text{mOsm}$  左右。一旦渗透压发生变化，水则从低渗透压的部位流向高渗透压的部位，直至达到细胞外与细胞内的毫渗量相等为止，称为渗透压平衡。图 2 为失水 3 升渗透压平衡前后毫渗量的变化过程。

计算渗透压平衡的方法为：

$$\text{总渗透压 (总毫渗量)} = \text{毫渗量/升} \times \text{容量 (升)}$$

$$\text{或毫渗量 / 升} = \frac{\text{总渗透压}}{\text{容量(升)}}$$

	细 胞 外 液	细 胞 内 液
平 常 时	NaCl 14升 310毫渗量/升 4340毫渗量 血清钠142毫当量/升	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 28升 310毫渗量/升 8680毫渗量
失水 三升 渗透压 平衡前	NaCl 14 - 3 = 11升 394毫渗量/升 4340毫渗量 血清钠180毫当量/升	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 28升 310毫渗量/升 8680毫渗量
失水 三升 渗透压 平衡后	NaCl 11 + 2 = 13升 ↑ 334毫渗量/升 4340毫渗量 血清钠152毫当量/升	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 28 - 2 = 26升   334毫渗量/升 8680毫渗量

图2 失水3升渗透压平衡前后的毫渗量变化

(四) 血清钠意义 血浆(或血清)及细胞外液钠平均为142毫当量/升,是最主要的阳离子。实际上细胞外渗透压主要由于单价盐类的存在,因为1个mM的单价盐就可以离解为二个离子,即具有二个毫渗量。所以血浆(血清)钠浓度基本能反映细胞外液的渗透压。

**水平衡** 居住温带地区的正常成年人,24小时摄入和排出的水量如表4。

表4 正常成年人24小时水平衡

摄入量 (毫升)		排出量 (毫升)	
饮 水	1000—1500	尿	1000—1500
固体食物含水	700	肺呼出	400
氧化产生水	300	皮肤蒸发	500
	} 1000	粪排出	100
			} 1000

正常情况下,多余水从尿中排出。肾外失水约相当于固体食物含水及氧化水。故健康人尿量的多少决定于饮水或流质食物的多少。

注:氧化产生水 碳水化合物 1克=0.6毫升  
 蛋白质 1克=0.4毫升  
 脂肪 1克=1.0毫升

应增加水摄入量之情况:

(一) 体温增高 肉眼可见出汗及呼吸加快时平均约需增加500~1000毫升。

(二) 消化道体外丢失或体内潴留。

(三) 尿量增加 见于感染,糖尿病、年老、肾脏实质损

害不能浓缩时。

应限制水摄入量之情况：

(一) 手术后24~48小时，由于抗利尿激素分泌增多而尿少。

(二) 急性肾小管坏死，少尿无尿期。

### 电解质平衡

#### 一、钠平衡（表5）

表5 正常成年人钠平衡

正常摄入量		尿排出		最低需要量
毫当量	NaCl	毫当量	NaCl	NaCl
80~100	5~6克	70~90	4.5~5.5克	4.5克

成年人钠约为50~60毫当量/公斤体重，其中约50%在细胞外，10%在细胞内，40%在骨骼中。骨骼中约有不到一半属于可交换性。故总体钠的70%为可交换的。

肾脏对钠调节能力很好。摄入量锐减后2—3日左右，尿钠则降至最低水平，可降至小于25毫当量/升，甚至小于1毫当量/升。

#### 二、钾平衡（表6）

表6 正常成年人钾平衡

正常摄入量		尿排出		最低需要量
毫当量	KCl	毫当量	KCl	KCl
60~80	4~6克	50~70	4~6克	3-4克

成年人体钾约50~55毫当量/公斤体重，其中2%在细胞外，90%在细胞内，8%在骨骼中。总体钾的85%属于可换性。机体代谢消耗30克肌肉（含6克蛋白质），分解产生1克氮和3毫当量钾。肾必须不断地排出钾，才能维持细胞外钾在正常范围内。

肾对钾的调节能力不好。当钾摄入减少时，短时间内（约二周内）尿钾仍较高，停止钾的摄入后每日尿钾仍高达20~40毫当量/升。停止钾摄入二周后尿钾开始降低，此时机体已相当缺钾。

### 细胞外液及血容量的调节

垂体后叶的抗利尿激素控制细胞外液的渗透压，肾上腺皮质的醛固酮控制细胞外液的容量在生理范围内。

一、渗透压的调节 抗利尿激素有调节渗透压作用。渗透压调节中枢是下视丘（可能在视上核及室旁核）。当细胞外渗透压大于细胞内时，刺激脑垂体后叶分泌抗利尿激素增加，后者作用于肾远曲小管及集合管使水再吸收增加，尿量减少，使细胞外液渗透压趋于恢复，例如停止饮水，大量出汗，或输入高张葡萄糖等。当细胞外渗透压小于细胞内时，抗利尿激素的分泌停止，结果尿量增多，例如大量饮水之后的利尿作用。

二、容量的调节 醛固酮的作用是调节血容量及细胞外液容量。容量感受器是肾小球的入球小动脉。当肾动脉压力及血流量降低时球旁细胞分泌肾素增加，使血中形成血管紧张素Ⅰ，并刺激肾上腺皮质分泌醛固酮。后者作用于远曲小管使钠、水再吸收增加，因而血容量及细胞外液容量增加。当肾动脉压力及血流量升高时，则抑制球旁细胞分泌肾素因而醛固酮分泌亦停止。

因人体生物化学反应单位均以毫当量或毫分子计算，故应

了解这二种功能单位与毫克、克或毫升的关系。

附常用药物毫当量或毫分子与毫克、克或毫升的关系：

1 毫分子 $K^+$  = 39毫克

1 毫分子 $Na^+$  = 23毫克

1 毫分子 $Ca^{++}$  = 40毫克

1 毫分子 $Mg^{++}$  = 24毫克

1 毫分子 $Cl^-$  = 35.5毫克

1 毫分子 $SO_4^-$  = 96毫克

1 毫分子 $HCO_3^-$  = 61毫克

1 毫分子葡萄糖 = 180毫克

1 毫分子乳酸根 = 89毫克

1 毫分子醋酸根 = 59毫克

1 毫分子 $CO_2$  = 22.2毫升

1 毫当量的 $Na^+$ 或 $Cl^-$  =  $NaCl$  58.5毫克

1 毫当量的 $Na^+$ 或 $HCO_3^-$  =  $NaHCO_3$  84毫克

1 毫当量的 $Na^+$ 或乳酸根 = 乳酸钠112毫克

1 毫当量 $K^+$ 或 $Cl^-$  =  $KCl$  74.5毫克

1 毫当量 $K^+$  = 枸橼酸钾120毫克

1 毫当量 $Ca^{++}$ 或 $Cl^-$  =  $CaCl_2$  55毫克

1 毫当量 $K^+$  = 74毫克 $K_2HPO_4$  + 16毫克 $KH_2PO_4$

1 毫当量钙 = 葡萄糖酸钙224毫克

1 毫当量 $NH_4^+$ 或 $Cl^-$  =  $NH_4Cl$  53.5毫克

1 毫当量 $Na^+$ 或谷氨酸根 = 谷氨酸钠287.5毫克

1 毫当量 $K^+$ 或 $HCO_3^-$  =  $KHCO_3$  100毫克

1 毫当量 $K^+$ 或醋酸根 = 醋酸钾98毫克

1 毫当量 $Mg^{++}$  =  $MgSO_4$  120毫克

1 克 $KCl$  = 13.4毫当量 $K^+$ 或 $Cl^-$

1 克 $\text{NaHCO}_3 = 12$ 毫当量 $\text{Na}^+$ 或 $\text{HCO}_3^-$

1 克醋酸钾 = 10毫当量 $\text{K}^+$

1 克枸橼酸钾 = 8.3毫当量 $\text{K}^+$

1 克乳酸钠 = 9毫当量 $\text{Na}^+$ 或乳酸根

1 克 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 8.3$ 毫当量 $\text{Mg}^{++}$

1 克葡萄糖酸钙 = 5毫当量 $\text{Ca}^{++}$

1 克氯化钙 = 18毫当量 $\text{Ca}^{++}$

1 克氯化钠 = 17毫当量钠或氯

0.92克 $\text{K}_2\text{HPO}_4 + 0.2$ 克 $\text{KH}_2\text{PO}_4 = 12.5$ 毫当量钾

## 第二章 水与钠平衡紊乱

### 第一节 体液缺乏的诊断与治疗

体液缺乏是水、电解质与酸碱平衡紊乱中最普通的综合征。大多数病人从开始则有水和钠的同时丢失，唯其中之一可比较突出地缺乏；也可导致钾缺乏及酸碱平衡紊乱。临床上单纯的缺水（高胀脱水），或单纯的缺钠（低胀脱水）是不存在的。但是仍先介绍单纯缺水及单纯缺钠作为对体液缺乏（水盐混合缺乏）进行了解的基础。

#### 原因

##### 一、单纯缺水的原因：

（一）饮水不足 饮水缺乏，如沙漠中行军；不能吞咽，如昏迷或口腔、咽或食管病；无口渴感觉，如脑外伤或脑动脉粥样硬化。

（二）丢失水过多 高热或高温环境下大量出汗；呼吸增快，气管切开术后；大量排尿，如应用溶质性利尿剂（高渗葡



葡萄糖、甘露醇等)，尿崩症或失水性肾炎而没有及时补充液体。经皮肤及肺不断丢失不可知觉的水为高张脱水的基本因素。

## 二、单纯缺钠的原因：

(一) 胃肠道消化液的丢失，是最常见的原因，大多因呕吐及腹泻而引起，部分经瘘管或吸引管丢失。除胃液的钠略低外，肠液的含钠量近似血浆。肠液钾含量略高于血清，呕吐及腹泻者更高，甚至可高达80毫当量/升。婴儿及成人腹泻是严重缺钾的重要原因。

(二) 大量出汗时钠与氯含量可达30—70毫当量/升；大量渗出性皮肤病丢失钠与氯亦多。

(三) 经肾脏丢失，如应用利尿剂，失盐性肾炎，阿狄森氏病，糖尿病酸中毒及引起失盐的大脑病变。

(四) 潴留于体内死腔中，如小肠梗阻，严重烧伤，广泛性腹膜炎，葡萄糖水输入皮下。

## 三、体液缺乏（钠水混合缺乏）的原因：

于大多数情况下，钠水混合缺乏的主要原因是丢失胃肠液包括呕吐、胃引流、腹泻、胆瘘，胰瘘、肠瘘、小肠引流、机械性肠梗阻及肠麻痹，其次为经肾脏或皮肤丢失。

### 病理生理

一、单纯缺水的病理生理为：失水后细胞外液的渗透压增高并超过了细胞内液的渗透压。按渗透压原理水从相对低渗透压的细胞内液流向高渗透压的细胞外液中。由于抗利尿激素以及醛固酮的分泌使排尿减少（在肾小管及内分泌功能必须正常的情况下）并使细胞外液渗透压及血容量趋于正常。理论上的单纯缺水，细胞内外液的水均属于成比例地丢失，即细胞外占丢失水量的 $\frac{1}{3}$ ，而细胞内占 $\frac{2}{3}$ 。

二、单纯缺钠的病理生理为：在丢失液体后，若患者能饮较