

水、電解質 與 酸鹼平衡 症候羣概論

WATER, ELECTROLYTE AND ACID-BASE
SYNDROMES

著者 GOLDBERGER

吳友和醫師譯

合記圖書出版社發行

局版台業字第0698號
著作權註冊內版著字號

中華民國70年11月初版

水、電解質與酸鹼平衡 症候群概論

譯 者：吳 友 和

發 行 所：合 記 圖 書 出 版 社

發 行 人：吳 富 章

總 經 銷：合 記 書 局

地 址：臺 北 市 吳 興 街 249 號

郵政匯款：劃撥 6919 號 電話 7019404 號

印 刷 廠：三 文 印 書 館

地 址：臺 北 市 和 平 西 路三段二巷十九號

目 錄

第一部分	細胞外液 (THE EXTRACELLULAR WATER)	1
1.	身體的水分 (The Body Water)	3
2.	細胞外液的滲透壓和容積 (The Osmotic Pressure and the Volume of the Extracellular Water) ..	20
第二部分	關於體液不平衡的症候群 (SYNDROMES ASSOCIATED WITH WATER DISTURBANCES)	31
3.	水分喪失症候群 (Water Loss Syndromes)	33
4.	水分喪失症候群 (續) 。由於溶質過多引起的水分喪失 (Water Loss Syndromes (Continued) 。 Water Loss Due to Solute Excess)	54
5.	水分喪失症候群 (續) 。由於滲透度過高引起的水分 喪失 (Water Loss Syndromes (Continued) 。 Water Loss Due to Hyphosmolality)	59
6.	水分過多症候群 (Water Excess Syndromes)	66
7.	水分過多症候群 (續) 。抗利尿荷爾蒙分泌不適當症 候群 (Water Excess Syndromes (Continued) 。 Inappropriate ADH Seretion Syndromes)	76
第三部分	關於鈉不平衡的症候群 (SYNDROMES ASSOCI - ATED WITH SODIUM DISTURBANCES) ...	83
8.	鈉喪失症候群 (Sodium Loss Syndromes)	85
9.	鈉喪失症候群 (續) 。燒傷 (Sodium Loss Syndromes (Contiuned))	109
10.	鈉過多症候群 (水腫) (Sodium Excess Syndromes	

	(Edema))	118
11.	關於滲透異常的症候群 (Syndromes Associated With Disturbed Osmolality)	133
第 四 部 分	酸—鹼平衡失調的症候群 (SYNDROMES DUE TO DISTURBANCES IN ACID- BASE BALANCE)	143
12.	酸—鹼化學和生理學的原則 (The Principles of Acid-Base Chemistry and Physiology)	145
13.	酸中毒和鹼中毒 (Acidosis and Alkalosis)	160
14.	酸—鹼平衡的臨床測量 (Clinical Measurement of Acid-Base Balance)	167
15.	酸—鹼平衡的臨床測量 (續) 。 Astrup 法 (Clinical Measurement of Acid-Base Balance (Continued) 。 Astrup Method)	177
16.	原發性呼吸性酸中毒 (Primary Respiratory Acidosis)	191
17.	代謝性酸中毒症候群 (Metabolic Acidosis Syndromes)	206
18.	代謝性酸中毒症候群 (續) 。由輸尿管—腸道造口術引起的代謝性酸中毒 (Metabolic Acidosis Due to Uretero-Enterostomy)	226
19.	代謝性酸中毒症候群 (續) 。腎小管性酸中毒。 (Renal Tubular Acidosis)	232
20.	代謝性酸中毒症候群 (續) 。乳酸中毒 (Lactic Acidosis)	242
21.	代謝性酸中毒症候群 (續) 。高氮血症和酸中毒 (Azotemia and Acidosis)	249
22.	代謝性酸中毒症候群 (續) 。急性腎臟衰竭 (Acute	

	Renal Failure)	277
23.	代謝性酸中毒症候群(續)。糖尿病酸中毒(Diabetic Acidosis)	294
24.	代謝性酸中毒症候群(續)。水楊酸中毒(Salicylate Poisoning)	312
25.	代謝性酸中毒症候群(續)。高鉀血症(Hyperkalemia)	318
26.	呼吸性鹼中毒(Respiratory Alkalosis)	332
27.	代謝性鹼中毒症候群(Metabolic Alkalosis Syndromes)	338
28.	代謝性鹼中毒症候群(續)。低鉀血症(Hypokalemia)	352
29.	代謝性鹼中毒症候群(續)。原發性留鹽激素分泌過多症(Aldosteronism)	369
30.	酸—鹼平衡中併存的呼吸性和代謝性症候群。(Simultaneous Respiratory and Metabolic Syndromes of Acid-Base Balance)	384
31.	鈣與磷酸鹽不平衡症候群(Syndromes Associated With Calcium and Phosphate Disturbances)	392
32.	鈣與磷酸鹽不平衡症候群(續)。高鈣血症(Hypercalcemia)	411
33.	關於低鎂血症和高鎂血症的症候群(Syndromes Associated With Hypomagnesemia and Hypermagnesemia)	436
第五部分	液體治療的原則(THE PRINCIPLES OF FLUID THERAPY)	445
34.	水和電解質治療的一般性原則(General Principles of Water and Electrolyte Therapy)	447

35.	外科病人的注射治療 (Parenteral Therapy in Surgical Patients)	454
36.	液體治療所間的溶液 (Solutions Available for Fluid Therapy)	462
37.	完全注射營養法 (靜脈高度營養法) (Total Parenteral Nutrition) (Intravenous Hyperalimentation)	509
38.	腹膜透析 (Peritoneal Dialysis)	533
附錄 I	計算水的滲透轉移的方法 (Method of Calculating Osmotic Shifts of Water)	550
附錄 II	由於水分喪失所造成水的滲透轉移的計算 (Calculation of the Osmotic Shift of Water Which Occurs as a Result of Water Loss)	552
附錄 III	使血清鈉的濃度升高 10 mEq/L 所需氯化鈉的量 (The Amount of Sodium Chloride Needed to Raise the Serum Sodium Concentration By 10 mEq/L)	555
附錄 IV	高血糖症對於血清鈉濃度的影響 (The Effect of Hyperglycemia on the Serum Sodium Concentration)	558
附錄 V	BUN 濃度升高對於血清鈉濃度的影響 (The Effect of an Elevated BUN Concentration on the Serum Sodium Concentration)	560

第一部分
細胞外的水份

THE EXTRACELLULAR WATER

力和其它的物理性質對於維持和保護生命也都具有重要性。

結果，在脊椎動物和人類細胞週圍的水份，即細胞外液（Extracellular water）雖然經過無數次進化的改變，但仍然具有與起初海洋相類似的成份。多年來由於河川不斷的衝刷陸地，再流至海洋。這使得海中電解質的濃度更增加。但是海洋中各種成份的比率仍然和細胞外液相同。這由圖 1 — 1 可顯示出來。

全身的水份（TOTAL BODY WATER）：

要測量全身水份的量可以將一已知量的物質輸入身體中，待其均勻地擴散在細胞外液和細胞內之後，再測其濃度便可得知全身水量。作此檢驗可以用Antipyrine，尿素（Urea），硫脲（Thiourea），和最近所用的重水（Heavy Water）（氧化氘〔Deuterium oxide〕或氧化氚〔Tritium oxide〕）。

細胞外液（THE EXTRACELLULAR WATER）：

體內的水份可以分為兩大部份：細胞外液（Extracellular Fluid）和細胞內液（Intracellular Fluid）。細胞外液包括血漿的水份和組織間質水份（Interstitial Water）在組織間空腔以及在細胞之間的液體）。胃腸分泌液，尿液，汗水，滲出液，和滲出液也可以視為細胞外液的特殊部份，因為若由於這些液體喪失將會使細胞外液發生厲害的減少。（詳見下頁附表）

此圖表示的平均值，將在本書以後章節中計算水份和電解質時使用到。身體內全部的水份各人都不同。主要是與體內脂肪的含量和性別有關。脂肪所含的水份較少。所以肥胖的人所含有的水份相對的要

比瘦的人要少。而女人的身體含水量要比男人少。身體的含水量隨着年齡增加而減少。

男人的平均含水量約為 60 %。女人的平均含水量約為 50 %。

身體水份和體重的關係如下所示：

水份的組成	體重的百分比	容積的公升數（男人，70 公斤）
血漿的水分	4	2.8
（加上）		
間質水份	16	11.2
全部細胞外液	= 20	= 14
（加上）		
細胞內液	40	28
男人的平均全部		
身體水份	= 60	= 42
體重 70 公斤女人的		
平均全部身體水份	50	35。

細胞外液中的電解質 （ The Electrolytes in the Extracellular Water ）：

以化學方法可以測定在細胞外液和細胞內的電解質的性質和濃度。然而測定細胞內電解質的濃度需要特殊的檢查方法。因此醫師在治療病人時，必需依據細胞外液，尤其是血漿或血清內電解質濃度的變化來判斷。細胞外液與細胞內液電解質的比較如圖 1 — 2 所示。注意鈉(Na)和氯(Cl)為細胞外液的主要電解質。而鉀(K)和磷酸塩(PO₄)為細胞內的主要電解質。

造成鈉主要在細胞外和鉀主要在細胞內的原因並不是由於細胞膜

對於鈉的不透性，因為近年來用同位素鈉研究的結果，發現鈉可以迅速的通過細胞膜。這表示，有一個機轉能主動的將鈉送出細胞外。鈉主要在細胞外和鉀主要在細胞內的原因，是由於有一個要消耗能量（ATP）的細胞膜“幫浦”來進行交換鈉和鉀。

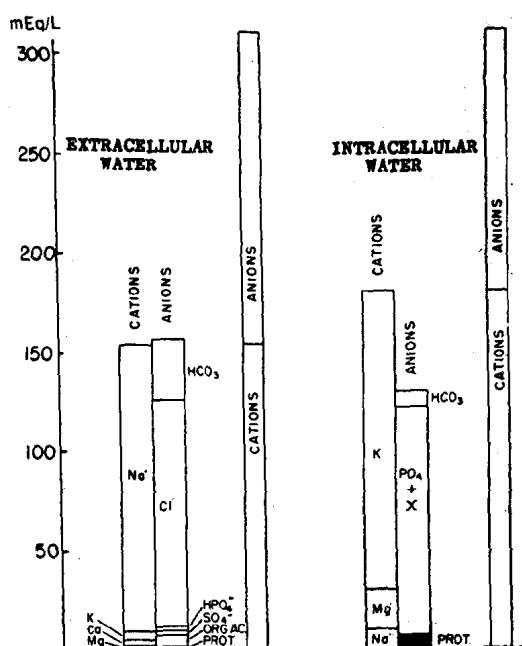


圖 1 - 2 細胞外液與細胞內液的比較

圖 1 - 1 顯示出血漿（或血清）中電解質的濃度和間質部份細胞外液電解質的濃度略有不同。主要的不同在於血漿蛋白質的濃度要比細胞外液間質部份所含的量多。這是由於微血管壁阻止了幾乎所有蛋白質往血管外移動。結果，也使血漿中鈉的濃度略比間質液鈉的濃度高。相反的，血漿中氯的濃度要略比間質液氯的濃度低。這種差異可由道南平衡（Donnan Equilibrium）來解釋。

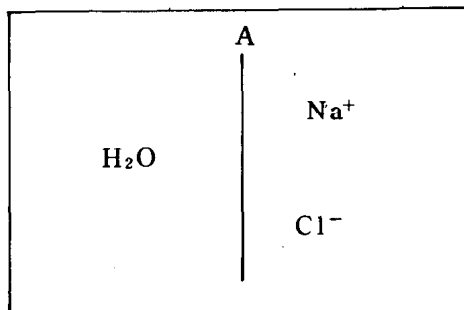


圖 1 - 3A 道南平衡

道南平衡 (The Dorman Equilibrium)

一片膜的一邊為水，而另一邊為氯化鈉溶液（圖 1 - 3 A）。若這片膜對鈉和氯離子為可透性，則鈉和氯將會通過膜至對側直到兩側的濃度相等為應（圖 1 - 3 B）。

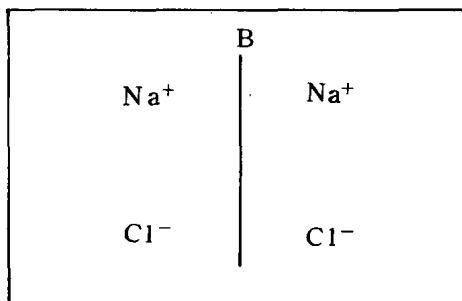


圖 1 - 3B 道南平衡

現在，若將膜的一側裝氯化鈉溶液，而另一側裝鈉的蛋白質鹽， Na R （ R 表示蛋白質離子）（圖 1 - 4 A）。再假設這片膜對於蛋白質離子 R 為不透性，但是對其它的離子都為可透性。

道南醫師顯示出，在這種情況下在膜右側的氯離子將會透過膜進入左側的溶液中（圖 1 - 4 B）。最後達到平衡時，在膜兩側的鈉和

氯離子的乘積將相等。

$$Na_1 \times Cl_1 = Na_2 \times Cl_2 \quad (\text{圖 1-4 B})$$

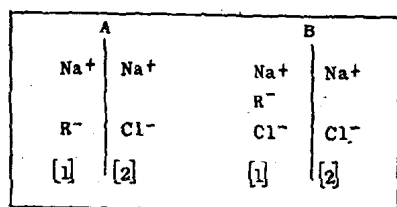


圖 1-4 道南平衡

在容器(1)內，鈉的濃度將等於其它離子的總合，亦即等於R加上Cl。在膜的另一側容器(2)內，鈉(Na)的濃度將等於氯(Cl)的濃度。因為兩側的鈉和氯的乘積相同，所以容器(1)的鈉離子濃度將比右側容器(2)的高。相反的容器(1)的氯離子濃度要比容器(2)的低。

細胞外電解質的濃度 (The Concentration of Electrolytes in the Extracellular Water)

圖 1-5 顯示出細胞外液的陽離子和陰離子數值。所謂的離子為一個帶電的原子或是一群帶電的原子。當帶正電荷的稱為陽離子 (Cation)，當帶負電荷則稱為陰離子 (Anion)。

記憶如何分別 (Cation) 和 (Anion)，可將 Cation 中的 T 字看成表示正電荷的符號十，所以 Cation 即為陽離子。

電解質濃度的單位表示法為每公升血漿或血清的毫當量數 (mEq/L) (milliequivalents per liter of plasma or serum)。毫當量 (Milliequivalents)。在 200 年前，當近代化學開始發展後，有人發現能夠相結合的兩種元素的重量，通常有一個或是幾種固定的比率。例如：1 公克的氫將和 7,937 公克的氧結合成水，或是和

35.5 公克的氮結合成鹽酸。以後，化學家確定實際上是二個原子的氮和一個氧原子結合。換言之，與氮相比，氧為二價（Valence of 2）。並且，氮原子與氧原子重量之比為 1 : (2 × 7,937)，- 或是 1 : 15,873 。

為了明確化，以後化學家以人為的方式訂定氧的原子量（Atomic Weight）為 16。氧的結合量或是當量（Combining or Equivalent Weight）為 $\frac{16}{2}$ 或是 8；而氮的原子量，以及結合量或當量均為

$$\frac{1}{15,873} \times 16, \text{ 或 } 1,008。$$

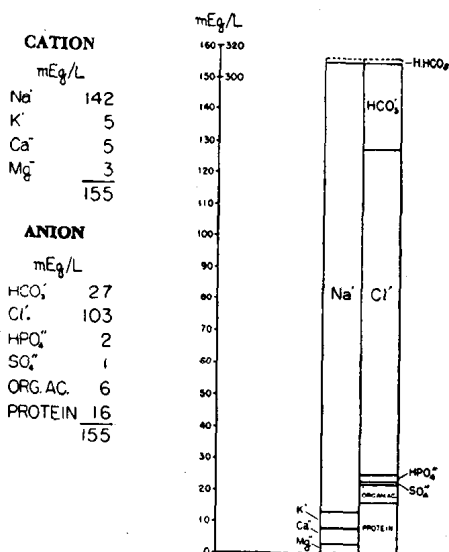


圖 1 — 5 細胞外液的陽離子和陰離子的濃度。

這種結合量和當量的觀念很有用處。藉此，化學家可以預測 1 公克的氮（原子量 1，一價）將和 35.5 公克氮（原子量 35.5，一價）相結合，2 公克氮將會和 16 公克氧（原子量 16，二價）相結合。同樣的，23 公克的鈉（原子量 23，一價）或 39 公克鉀（原子量 39，

一價) 將和 35.5 公克氯相結合。所以當量 (Equivalent Weight or Equivalent) 即表示一個原子 (或為具一個單位化學性質的一群原子, 如 NH_4 , 或一個分子的原子量, 除以其價數 (Valence))。如同毫米 (millimeter) 為一米的 1/1000, 一毫當量 (Milliequivalent Weight or Milliequivalent) 為一當量 (Equivalent) 的 1/1000。

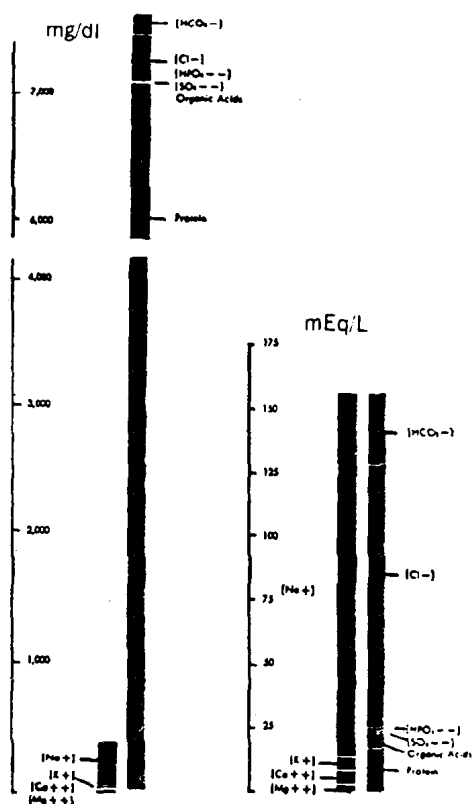


圖 1-6 以 mEq/L 和以 mg/dl 來表示電解質濃度單位的比較

在體內溶液中的電解質, 主要是成離子狀。其濃度可以用重量單位來表示, 例如每一分升 (Deciliter) (dl) 血液含有毫克數 (Milligrams) (mg), (mg/dl; 一分升為 1 公升的十分之一, 與 100

毫升相同)。因為電解質的濃度都很小，所以用每公升的毫當量數(mEq/L)來表示。

電解質的濃度值顯示在圖 1 — 5。注意，血清或血漿中陽離子和陰離子的毫當量數是相同的，每公升血液含有 155 mEq 陽離子(Na, K, Ca, Mg)和 155 mEq 的陰離子(重碳酸鹽，氯，硫酸鹽，磷酸鹽，有機酸陰離子，和蛋白質陰離子)。然而，若用mg/100ml (mg/dl)來表示血中電解質濃度，則陰離子和陽離子之間將不再有明顯的關係。如圖 1 — 6 所示。

毫當量與毫克之間的關係 (The Relationship Between Milliequivalent and Milligrams)。毫當量與毫克之間的關係可由以下表示：鹽的重量毫克數，若除以分子量 (Molecular Weight) 再乘以價數 (Valence) 則成為毫當量數。

舉例：1 公克 (1000 毫克) NaCl = 17.1 mEq。

證明：

Na (原子量 23，一價) Cl (原子量 35.5，一價)

Na + Cl = 58.5

$$\frac{1000}{58.5} = 17.1 \text{ mEq}。$$

因為血清中電解質的濃度通常都是以mEq/L 來表示，所以可用下列公式來轉換mg/dl 與mEq/L：

$$\text{mEq/L} = \frac{\text{mg/dl} \times 10 \times \text{價數}}{\text{原子量}}$$

$$\text{mg/dl} = \frac{\text{mEq/L} \times \text{原子量}}{10 \times \text{價數}}$$

摩爾與毫摩爾 (Moles and Millimoles)：化學上還有另外的表示重量的方法。一個物質的摩爾數為該物質分子量的公克數。例如，葡萄糖的分子式為C₆H₁₂O₆。碳的原子量為12，氫為1，氧為16，所以葡萄糖的分子量為12 × 6 + 1 × 12 + 16 × 6 = 180。因此一摩爾