

水电解質及酸鹼平衡

胡紹譽 張慰祖 吳民偉 譯

上海科学技术出版社

水、電解質及酸鹼平衡

正常及病理生理學作為治療之基礎

胡紹譽 張慰祖 吳民偉 譯

王以敬 校閱

上海科學技術出版社

內 容 提 要

原书是根据水、電解質和酸鹼平衡等基本知识，從生理學、病理學和治療學方面，分別作全面性說明；並充分利用圖表，幫助讀者理解。可供初學者研習；亦適合臨床各科醫師日常之參考。

Water, Electrolyte & Acid-base Balance
normal & pathologic physiology
as a basis for therapy
H. F. Weisberg, M. D.
The Williams & Wilkins Co.
1953

水、電解質及酸鹼平衡

正常及病理生理學作為治療之基礎

胡紹鑒 張慰祖 吳民偉 譯

王以敬 校閱

上海科學技術出版社出版

(上海南京西路2004號)

上海市書刊出版業營業登記證出093號

新华書店上海發行所發行 各地新华書店經售

上海市印刷五厂印刷

開本 850×1168 1/32 印張 4 30/32 插頁 1 字數 119,000

(原英文、法文版共印11,900冊 1955年10月第1版)

1959年5月第1版 1960年2月第2次印刷

印數 2,531—5,000

統一書號：14119 · 146

定 價：(十二)0.72元

原 序 (節譯)

不論醫科學生或醫師對水及電解質的平衡均應熟悉其基本原則及其最新的發展，因為這個與臨床醫學的每一部份皆有密切關係。書中有些『已被接受』的事實恐在最近將來尚有變動；同時關於體內水份間隔的平均『標準』數值已經因應用了更新的技術測定而有所改變。關於這個題目在草率地一看之下恐不易領會。

吾人常常感到沒有適當的教科書，又無適當的時間來溫習這些早經忘掉了的基本原則。這本書可作為溫習及查考之用，而使讀者能在一書中得到所有的主要題材。書中各圖表在閱讀後對全書可作為一快捷之總結。

魏斯保

序 言

書刊用這樣一個命名“水、電解質及酸-鹼平衡”，確是一個嶄新的題目。書中材料豐富，內容新穎，且富有系統性，前後一貫，有條不紊，作者在每一個環節裏面，均自生化基本問題說起。再就近年來有關的文獻加以綜合性的論述，最後引申到治療上去，使讀者一目了然。

近年來，水、電解質及酸-鹼平衡在生理上、病理上及治療上，各方面的發展和進步，可稱是一日千里。無論在那一項科目的書籍裏面，特別是關於內外科，在討論症狀，診斷及治療時，多少都要牽涉到這一個題目上去。但是在那些書本裏面，它所論述的往往是零零碎碎，東鱗西爪，難得有一個全面性的概論。本書的優點，恰是彌補了那些不足，使讀者能夠掌握重心，從全面看問題，因而能作出一個頗為理想的治療。

正如作者所說：本書不獨可以使臨床各科醫師們溫習一下基本原理，並可以使他們進一步了解在實際應用上的意義。本書對於在校的同學們也將是一份極好的學習資料。

本書經胡紹魯、張慰祖、吳民偉三醫師譯出後，雖經校閱，錯誤仍屬難免，願盼國內先進專家不吝賜教俾三醫師繼續研究，使本書今後獲得更進一步的充實。幸甚。

王 以 敬

一九五五年十月

前 言

本書爲魏斯保醫師根據其教學經驗及有關文獻編寫而成，此書優點有三：其一、爲便利教學起見，內容極其精簡；其二、本書體材及敘述方式最適合於一般繁忙臨床醫師之閱讀及需要；其三、一切理論，均能配合實際。譯者有見於此，不揣譾陋，爰迻譯之，以供同道參考之用。

本書由譯者三人分段譯出，文筆自難一致，在這一方面，難免要使讀者在語句上前後發生晦澀不暢情況，請讀者原諒。

本書共分三篇，對原文意義，處處求其真實，但在第三篇中刪去了涉及國外成藥的部份，惟其中列有成份者仍予譯出，以供參攷。

本書的譯名儘量根據英中醫學辭彙，有的採用醫學院教學講義；近年來譯名多有變更，或有與一般不統一處，希同道先進予以指正。

辱承 王以敬教授對全書詳爲校閱，又蒙 朱寶麟醫師在百忙中給予本書協助，謹於此表示感謝。惟因限於譯者的學識，錯誤在所難免，尚祈同道先進者，不吝指教。

譯 者

一九五五年十月

目 錄

第一編 正常生理學

第一章 導 言	1
第二章 毫克當量/公升作為濃度的單位	3
轉換計算法	4
血清與全血相比較	7
第三章 體內水份	9
組織水份	9
體液間隔	9
正常之水份交換	11
不顯性出汗	13
尿容量——溶質之關係	14
腎臟之調節功能	16
內分泌對腎臟之管理	18
腦垂體後葉	18
腎上腺皮質	19
甲狀腺及腦垂體前葉	20
每日水份的需要量	22
第四章 體內之電解質	24
一般性功能	24

水份之分配	24
滲透壓力	24
神經肌肉應激能	25
酸鹼平衡	25
質子-贈與者-接受者系統	27
陽離子(鹼)	28
鈉	28
鉀	30
鈣	31
鎂	33
陰離子(酸)	34
氯化物	34
重碳酸鹽	36
磷	36
第五章 酸-鹼(陰離子-陽離子)之調節作用	38
概論	38
血液緩衝物	39
重碳酸鹽:碳酸	40
二氧化碳容量或二氧化碳結合力	43
二氧化碳含量或二氧化碳總量	48
全血之鹼性緩衝物	46
呼吸機轉	46
氧及二氧化碳之輸送	48
腎臟調節作用	50

第二編 病理生理學

第 六 章 水及電解質之異常交換	53
第 七 章 脫水	63
單純性缺水	63
單純性缺鹽	64
『混合型』喪失	68
第 八 章 電解質之變更	70
陽離子(鹼)	70
鈉	70
水腫	72
鉀	73
血鉀過高症	74
血鉀過低症	75
鈣及鎂	78
陰離子(酸)	79
氯化物	79
重碳酸鹽	80
其他陰離子	80
第 九 章 酸中毒及鹼中毒	81
代謝性酸中毒	82
酮中毒	85
休克	91
其他情況	92
代謝性鹼中毒	94
呼吸性酸中毒	98

呼吸性鹼中毒	102
混合性臨床變化	104

第三編 治療方針

第十章 診斷的協助	108
第十一章 營養狀況	115
碳水化合物	115
葡萄糖(右旋糖)	115
轉化糖與果糖	118
醇	119
蛋白質	119
脂肪乳劑	120
維生素	120
第十二章 液體	121
等滲性	121
水份需要	122
第十三章 電解質補充溶液	124
等滲性鹽水	125
低滲性鹽水	125
高滲性鹽水	125
Ringer 氏溶液	126
等滲性重碳酸鈉	126
乳酸鈉, $\frac{1}{3}$ M	127
乳酸鹽鹽水	128
Ringer 氏乳酸鹽溶液	128
Darrow 氏溶液(乳酸鉀)	128

氯化銨	130
多種電解質溶液	131
特製的電解質溶液	134
第十四章 輔助治療	135
酮中毒	135
休克	136
呼吸性酸中毒	138
呼吸性鹼中毒	139
水腫	140
第十五章 要領	141

第一編

正常生理學

第一章 導言

水及電解質之新陳代謝，是醫學及生物學內每一部門的一個主要部份。活的機體不能夠沒有水及電解質（鹽）而生存。身體內之水份並不是「蒸餾水」，而為一普通之溶劑，它與各種溶質形成不同之溶液。這些溶質或為電解質（鈉、鉀、氯化物等），或為非電解質（葡萄糖、尿素等）。水及電解質之生理是互相有密切關係的，雖然如此，將分章討論之。舊法用每 100 毫升內所含毫克為單位 (mg/100mL) 來記錄血液中電解質之濃度是不夠瞭解酸性或鹼性電解質之平衡的。

當某化合物之溶液內有一電流通過時，有些元素聚集在陽極，其他則聚集在陰極。祇有能離解為帶電之微粒或離子之化合物（電解質），才能產生這一現象。基於異性相吸、同性相斥之原理，負離子（酸）移往陽極，稱之為陰離子；正離子（鹼）移往陰極，稱之為陽離子。

當用每一公升中所含毫克當量 (mEq/L) 來記錄濃度時，電解質平衡就有其一定之意義。開始應用毫克當量時，似乎甚覺困難；但一經克服後，則覺得甚為簡單。電解質之測定不應用全血，而應用血清。全血為血球及血漿不同種類構成之混合物。血球計數隨各種不同情況及個人而變異。此外，血球及血漿內之含水量不同。這些因素將在以後詳細討論。

血漿爲一均勻之溶液，它經過毛細管而與組織液相平衡。它又爲組織液，腦脊液及尿之基層物。測定血清電解質時，應不用抗凝血劑；如應用之抗凝血劑爲鈉鹽、鉀鹽或肝素（通常爲鈉鹽），則此種血漿內所得之鈉或鉀之數值將較實際爲高。血清及組織液組成細胞外體液；因此，血清電解質濃度能反映出細胞外水份之電解質濃度。

第二章 以毫克當量/公升作為 濃度的單位

表1 為血清或血漿電解質用毫克/100毫升(濃度之關係為重量/容量)及毫克當量/公升(濃度之關係為反應小體/容量)之比較。當用毫克當量/公升來計算時,陽離子(鹼)之總濃度相等於陰離子(酸)之總濃度;但用毫克/100毫升時,則兩者之數值並不[相等]。陰離子重量之最大部份為血漿或血清蛋白。然而,在酸-鹼平衡方面,血漿蛋白所起之作用並不大於氯化物。從前,計算氯化物濃度時,皆用氯化鈉。這是錯誤的,因為血內鈉及氯化物之濃度並不相等。雖然在重量方面,鈉比氯化物較小;但是,鈉可以平衡所有的氯化物、重碳酸鹽、磷酸鹽、硫酸鹽、有機酸及一小部分蛋白質(表1)。

各物質間之互相反應並非是一克與一克或一毫克與一毫克,而是根據它們之間當量之比例而起反應。一物質當量之化學定義為能替代或引起與1.008克(一克原子量)氫的反應之重量;或能與8.00克(半克原子量)的氧相結合之重量。物質之原子量被原子價除則得當量(在反應中)。鈉之原子量為23,氯為35.5;即23克鈉能與35.5克氯起作用,產生58.5克氯化鈉。這是基於各物質有不同之克分子量;但在化學反應中,它們之單位微粒數則相等 [6.06×10^{23} (亞佛加特羅常數)]。因之,23克鈉與35.5克氯之反應亦可簡寫作1當量鈉(23克)與1當量氯(35.5克)之反應。在生物之體液內,電解質之濃度甚微,故用毫克當量較為合適。1毫克當量相等於千分之一當量;故1毫克當量鈉(23毫

克)將與1毫克當量氯(35.5毫克)起反應。

表 1. 血清或血漿內正常之電解質

電 解 質	單 位	
	毫克/100毫升	毫克當量/公升
陽離子(鹼)		
鈉	326.0	142
鉀	20.0	5
鈣	10.0	5
鎂	2.4	2
酸總量	358.4	154
陰離子(酸)		
重碳酸鹽	60.5*	27
氯化物	365.7	103
磷酸鹽	3.4	2
硫酸鹽	1.6	1
有機酸	17.5	5
蛋白質	6,500.0	16
酸總量	6,948.7	154

* 容量百分率(每一百毫升內二氧化碳之毫升數)。

正常標準血清鈉濃度為142毫克當量/公升或326毫克/100毫升(表1)。正常血清氯化物濃度(氯離子)為103毫克當量/公升或366毫克/100毫升。鈉與氯的反應並不是以1毫克對1毫克的,而是3660毫克氯化物(在1000毫升血清內)與2370毫克鈉(在1000毫升血清內)起反應(或平衡);用 Cl^- 參加反應之微粒數 Cl^- 表示,則103毫克當量氯(在1公升內)將與103毫克當量鈉(在1公升內)起反應(平衡)。而餘剩之39毫克當量鈉(或890毫克)將與其他陰離子(重碳酸鹽、蛋白質等)起反應(平衡)。

轉換計算法:表2內列出血清電解質之正常範圍,是用毫克/100毫升及毫克當量/公升來表示的。公式(1)或(1')可用來將毫克/100毫

升轉換為毫克當量/公升；所需之資料可見表 2。

$$\text{毫克當量/公升} = \frac{\text{毫克/100毫升} \times 10 \times \text{原子價}}{\text{原子量}} \dots\dots(1)$$

$$\text{毫克當量/公升} = \frac{\text{毫克/100毫升} \times 10}{\text{當量}} \dots\dots(1')$$

舉例：欲以 326 毫克/100 毫升之鈉，轉換至毫克當量/公升時，可代入公式(1)：

$$\begin{aligned} \text{毫克當量/公升} &= \frac{326 \text{ 毫克/100 毫升} \times 10 \times 1}{23} \\ &= 142 \text{ 毫克當量/公升} \end{aligned}$$

為避免不必要之計算以及尋找原子量或當量，我們得出一個轉換因數(表 2)；只須用此因數乘毫克/100 毫升，則得毫克當量/公升。例如鈉的蛋白鹽，其濃度毫克/100 毫升乘以因數，即 $326 \times 0.435 = 142$ 毫克當量/公升鈉。

表 2. 血清或血漿內電解質之正常範圍，及毫克/100 毫升轉換至毫克當量/公升所需之數值。

電解質	計算物	原子量 或 (分子量)	原子 價	當量 或 (當容量)	轉換 因數	正 常 範 圍	
						毫克/100 毫升	毫克當量/ 公升
陽離子(鹼)	Na	23	1	23	0.435	315-338	137-147
	K	39	1	39	0.256	16-22	4.0-5.6
	總 Ca	40	2	20	0.500	9-11.5	4.5-5.8
	游離 Ca	40	2	20	0.500	4.25-5.25	2.1-2.6
	Mg	24	2	12	0.833	1.6-2.9	1.4-2.4
陰離子(酸)	重碳酸鹽	CO ₂ 容量 或 CO ₂ 結合力	-	(22.4)	0.446	55-65 ⁺	25-29
	氯化物	Cl	35.5	1	0.282	45-558 ⁺	20-258
	NaCl	(58.5)	-	58.5	0.171	348-375	98-106
	磷酸鹽 (無機)	P	31	1.8 ⁺	0.580	573-620	98-106
	硫酸鹽 (無機)	S.	32	2	0.580	3.0-4.5	1.7-2.6
有機酸 蛋白鹽	乳酸等等 血漿蛋白	-	-	-	0.625	4-7	2.3-4.1
		-	-	-	2.43	0.3-2.0	0.2-1.3
		-	-	-	-	14-28	4-8
		-	-	-	-	6-8	14.6-19.4

† 容量百分率

‡ 原子價等於1.8較2.0更為準確，因細胞外體液含有20%之單鹼基磷酸鹽，80%雙鹼基磷酸鹽。因此， $(0.2 \times 1) + (0.8 \times 2) = 1.8$ 。原子價為1.8時，當量為17.2，並非15.5。

§ 專為嬰兒

|| 專為兒童

||| 克/100毫升

公式(2)或(2')可用來將毫克當量/公升轉換至毫克/100毫升；或被轉換因數除毫克當量/公升。這一計算並不需，蓋因目前表示電解質濃度時，皆用毫克當量/公升。

$$\text{毫克/100毫升} = \frac{\text{毫克當量/公升} \times \text{原子量}}{10 \times \text{原子價}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{毫克/100毫升} = \frac{\text{毫克當量/公升} \times \text{當量}}{10} \quad \dots\dots\dots(2')$$

在標準溫度與壓力下，每1克分子量之氣體（氧、二氧化碳、氮等）所佔之容量為一常數，即22.4公升。在化學方面，1克分子(mol, M)之任何氣體，其容量為22.4公升，或1毫克分子(millimol)為22.4毫升。在醫學方面有關之主要氣體為二氧化碳；可用毫克分子/公升或毫克當量/公升來表示。以上兩名稱可交替應用，因二氧化碳結合力反映出血液內重碳酸鹽之濃度。每1毫克當量之重碳酸鹽將產生1毫克分子之二氧化碳；所以二氧化碳結合力亦可用毫克當量/公升來記錄。公式(3)可用來將二氧化碳容量百分率轉換為毫克當量/公升；或可用轉換因數(表2)。

$$\text{毫克當量/公升} = \frac{\text{容量百分率} \times 10}{22.4} \quad \dots\dots\dots(3)$$

若欲將毫克當量/公升轉換至容量百分率，則可用公式(4)：

$$\text{容量百分率} = \frac{\text{毫克當量/公升} \times 22.4}{10} \quad \dots\dots\dots(4)$$