

临床水与电解质平衡

陈敏章 蒋朱明 主编

中国医学科学院 首都医院

曾宪九	陈德昌	陈敏章	华俊东	蒋朱明	
陈兰英	朱德清	游凯	方圻	毕增琪	
刘国振	潘孝仁	潘国宗	周华康	徐乐天	编
孙成孚	朱予	吴蔚然	王爱霞	朱元珏	
林友华	孙念怙	王维钧	尹昭炎	周前	

人 民 卫 生 出 版 社

临床水与电解质平衡

陈敏章 蒋朱明 主编

人民卫生出版社出版

北京印刷二厂印刷

新华书店北京发行所发行

850×1168 毫米 32 开本 19 $\frac{1}{2}$ 印张 4 插页 525 千字

1980年4月第1版第1次印刷

1981年8月第1版第2次印刷

印数: 50,101—61,500

统一书号: 14048·3809 定价: 1.95 元

目 录

第一章 水与电解质平衡生理概论·····曾宪九 陈德昌	(1)
水和电解质是生命不可缺少的物质·····	(1)
基本概念与常用名词·····	(4)
一、电子·····	(4)
二、离子·····	(4)
三、原子价·····	(4)
四、离解作用·····	(5)
五、电解质·····	(5)
六、克分子·····	(6)
七、当量·····	(7)
八、渗透压·····	(9)
九、渗量或渗透克分子·····	(10)
十、渗透压与溶液的冰点·····	(11)
十一、多南氏平衡·····	(12)
正常人体组成·····	(13)
一、机体细胞总体·····	(14)
二、细胞外组织·····	(16)
三、总体水·····	(18)
四、人体的主要电解质·····	(19)
五、体液的电解质·····	(22)
组织内的体液交流·····	(23)
一、渗毛细血管膜的交流·····	(23)
二、渗细胞膜的交流·····	(24)
体液与外界的交流·····	(26)
一、胃肠道·····	(27)
二、肾脏·····	(27)
三、皮肤·····	(31)
四、肺·····	(31)
人体对水与电解质的调节·····	(32)

一、“内环境恒定”概念	(32)
二、下丘脑口渴中枢	(32)
三、肾脏的调节	(33)
四、抗利尿激素	(33)
五、醛固酮	(35)
第二章 水和钠的正常和异常代谢	
.....陈敏章 华俊东 蒋朱明	(37)
水和钠的正常代谢	(37)
一、水的正常代谢	(37)
二、钠的正常代谢	(44)
水的代谢紊乱	(48)
一、失水性脱水	(48)
二、水中毒	(53)
钠的异常代谢	(58)
一、低钠血症	(58)
二、高钠血症	(67)
第三章 钾的正常和异常代谢	陈敏章 (69)
钾的正常代谢	(69)
一、钾的含量及分布	(69)
二、钾的生理作用	(72)
三、钾的吸收和排泄	(73)
钾缺乏症	(77)
一、发病因素	(78)
二、病理生理	(83)
三、临床表现	(86)
四、钾缺乏症的治疗	(89)
高钾血症	(93)
一、发病因素	(94)
二、临床表现	(98)
三、实验室诊断	(100)
四、高钾血症的治疗	(100)
第四章 镁的生理平衡和病理失衡	蒋朱明 (105)
镁的测量	(105)

镁的生理平衡	(107)
一、镁在体内的分布	(107)
二、吸收与排泄	(107)
三、镁的生理作用	(108)
镁的病理失衡	(109)
一、镁缺乏症	(109)
二、镁过多症	(110)
临床处理原则	(111)
一、缺镁症的诊断及处理	(111)
二、多镁症的诊断及处理	(112)
第五章 酸硷平衡的生理与酸硷失衡的处理	
..... 蒋朱明 陈敏章	(113)
常用名词的含义及正常值	(113)
一、pH	(113)
二、二氧化碳结合力 ($\text{CO}_2\text{C.P.}$)	(114)
三、二氧化碳总量 (T-CO_2)	(114)
四、标准碳酸氢 (S.B.) 和真实 (实际) 碳酸氢 (A.B.)	(114)
五、缓冲硷 (B.B.)	(115)
六、硷过剩 (B.E.)	(116)
七、二氧化碳分压 (Pco_2)	(119)
八、血气	(119)
细胞外液的正常酸硷度	(121)
调节酸硷平衡的主要机理	(126)
一、缓冲系统	(126)
二、呼吸功能的调节	(128)
三、肾脏功能的调节	(129)
临床测量技术的进展	(134)
一、血样采取	(135)
二、pH 测量	(135)
三、二氧化碳分压 (Pco_2) 的测量	(135)
四、硷过剩 (B.E.) 的推算	(137)
酸硷失衡的处理	(139)
代谢性酸中毒	(141)

一、病因	(141)
二、临床表现	(143)
三、生理效应	(143)
四、治疗原则	(143)
五、病例介绍	(146)
代谢性硷中毒	(147)
一、病因	(147)
二、临床表现	(149)
三、生理效应	(149)
四、治疗原则	(149)
五、病例介绍	(150)
呼吸性酸中毒	(151)
一、病因	(151)
二、临床表现	(153)
三、实验室检查	(153)
四、生理效应	(154)
五、治疗原则	(154)
六、病例介绍	(155)
呼吸性硷中毒	(157)
一、病因	(157)
二、临床表现	(157)
三、生理效应	(158)
四、治疗原则	(158)
五、病例介绍	(158)
复合型酸硷失衡	(159)
一、呼吸性酸中毒合并代谢性硷中毒	(159)
二、呼吸性硷中毒合并代谢性酸中毒	(160)
三、代谢性酸中毒合并呼吸性酸中毒	(160)
四、代谢性硷中毒合并呼吸性硷中毒	(160)
第六章 “必需”微量元素与其临床意义	
.....陈兰英 朱德清 蒋朱明	(162)
概论	(162)
一、锌	(165)

二、铜	(166)
三、铁	(168)
四、碘	(172)
五、铬	(174)
六、硒	(175)
七、钴	(176)
八、铜	(177)
九、锰	(178)
十、钒	(179)

第七章 创伤后水、电解质等全身性反应

曾宪九 蒋朱明(181)

- 一、人类对创伤后全身性反应的认识过程 (181)
- 二、刺激性反应的六种类型 (182)
- 三、创伤后恢复过程的分期 (189)

第八章 充血性心力衰竭与水、电解质代谢

游凯 方圻(194)

充血性心力衰竭的水与电解质代谢紊乱及其发生机制 (195)

- 一、心力衰竭时的水、电解质紊乱 (195)
 - (一) 体液滞留及分布异常 (195)
 - (二) 电解质的变化——钠滞留与钾耗减 (195)
- 二、心源性水肿的发生机制 (196)
- 三、左心衰竭肺水肿时的液体交换障碍 (200)

心力衰竭治疗与水、电解质代谢问题 (204)

- 一、强心甙的应用与电解质的关系 (204)
- 二、利尿剂的应用与水、电解质紊乱 (211)
- 三、心力衰竭时水、电解质紊乱的临床表现与处理 (219)
 - (一) 低钠血症 (220)
 - (二) 低钾血症 (223)
 - (三) 低镁血症 (225)
 - (四) 酸硷失衡 (227)

第九章 肾脏疾病的水与电解质代谢

毕增琪 华俊东 刘国振(230)

肾脏与水、电解质代谢 (230)

- 一、肾脏的血液供应 (230)

二、肾单位的构成	(231)
三、肾单位各部分的生理功能	(233)
四、肾脏疾病的水、电解质代谢障碍	(241)
急性肾功能衰竭	(245)
一、前言	(245)
二、致病因素	(245)
三、发病机制	(246)
四、临床和生化表现	(249)
五、预防和治疗	(252)
慢性肾功能衰竭	(258)
一、慢性肾功能衰竭水、电解质紊乱	(260)
二、慢性肾功能衰竭的治疗	(263)
第十章 肾上腺疾病与水与电解质代谢	
..... 刘国振 潘孝仁	(274)
肾上腺皮质激素的生理作用	(274)
一、对钠钾代谢的调节	(274)
二、对水代谢的调节	(276)
三、对糖、蛋白质、脂肪代谢的调节	(276)
四、其他方面的作用	(276)
肾上腺皮质激素分泌的调节	(277)
一、皮质醇分泌的调节	(277)
二、醛固酮分泌的调节	(277)
肾上腺皮质机能亢进	(278)
一、原发性醛固酮增多症	(278)
二、柯兴氏综合征	(283)
肾上腺性综合征	(286)
肾上腺髓质激素的生理作用	(288)
肾上腺髓质激素分泌的调节	(290)
嗜铬细胞瘤	(291)
第十一章 糖尿病的水、电解质代谢	
..... 潘孝仁	(295)
糖尿病酮症酸中毒	(295)
一、影响水与电解质紊乱的因素	(295)
二、水与电解质代谢紊乱的病理生理	(297)

三、临床表现·····	(299)
四、治疗·····	(300)
高渗高血糖无酮症性糖尿病昏迷·····	(303)
一、发病机理·····	(303)
二、临床表现·····	(304)
三、诊断·····	(305)
四、治疗·····	(305)
五、病例介绍·····	(306)
糖尿病乳酸性酸中毒·····	(309)
第十二章 肝硬变的水与电解质代谢 ·····	
·····	潘国宗 陈敏章(310)
腹水的成因·····	(310)
一、肝血流输出道受阻·····	(310)
二、门脉高压、肝细胞功能损害、血浆蛋白降低·····	(311)
腹水时水与电解质代谢的紊乱·····	(311)
一、有效细胞外液容量的减少·····	(311)
二、醛固酮与抗利尿激素分泌增多·····	(312)
三、肾脏调节机能的紊乱·····	(312)
四、肝硬变的电解质代谢紊乱·····	(314)
腹水的治疗·····	(316)
一、治疗原则与方法·····	(316)
二、重度腹水的治疗·····	(321)
三、腹水治疗中的并发症·····	(324)
肝性昏迷·····	(327)
肝肾综合征·····	(330)
一、临床特点·····	(330)
二、病理·····	(330)
三、病因及发病机理·····	(330)
四、预后和防治·····	(332)
第十三章 小儿体液的特点及液体疗法 ·····	周华康(334)
小儿体液的特点·····	(334)
一、体液的组成·····	(335)
二、热能、水和电解质的代谢·····	(336)

三、体液的调节机理·····	(337)
儿科的液体疗法·····	(338)
一、液体疗法应该注意的几个基本原则·····	(338)
二、新生儿时期的液体疗法·····	(339)
三、婴儿腹泻和呕吐的液体疗法·····	(343)
四、急性感染的液体疗法·····	(351)
五、肾脏疾病的液体疗法·····	(355)
六、中枢神经系统疾病的液体疗法·····	(361)
七、小儿外科的液体疗法·····	(362)
八、长期静脉营养·····	(365)
(一) 适应症·····	(365)
(二) 方法·····	(366)
(三) 并发症·····	(367)
第十四章 心脏手术的水、电解质平衡 ···徐乐天 孙成孚	(369)
一、低温和水、电解质平衡·····	(369)
二、体外循环和水、电解质平衡·····	(370)
三、体外循环时电解质的变化·····	(372)
四、血液稀释和水、电解质平衡·····	(374)
第十五章 胃肠外科的水和电解质代谢 ·····朱予	(377)
消化道的正常分泌·····	(377)
水和电解质在小肠的吸收·····	(379)
胃肠疾病和手术所致的水和电解质失调·····	(381)
一、胃肠道梗阻影响“胃肠道循环”·····	(381)
二、消化道瘘·····	(388)
三、消化道炎症·····	(394)
四、消化道特殊肿瘤所致的腹泻·····	(397)
五、小肠有效吸收面积不足·····	(402)
腹部大手术前后水、电解质的平衡问题和补液原则·····	(405)
第十六章 创伤性休克 ·····吴蔚然	(408)
创伤性休克的病理生理·····	(409)
一、心血管反应·····	(409)
二、微循环的变化·····	(409)
三、弥散性血管内凝血·····	(410)

休克病人的临床观测项目	(411)
休克的治疗	(413)
一、补充血容量	(414)
二、维持酸碱平衡	(417)
三、心血管药物的应用	(417)
第十七章 感染性休克的水和电解质代谢	王爱霞(420)
感染性休克的分型	(420)
感染性休克时的微循环改变	(420)
一、低排高阻型	(420)
二、高排低阻型	(422)
感染性休克时水和电解质的变化	(423)
感染性休克重要脏器的病变	(424)
一、肺	(424)
二、心	(424)
三、肾	(424)
四、脑	(425)
感染性休克中有关水、电解质、酸碱失衡的治疗问题	(425)
一、应用抗菌素问题	(425)
二、补充血容量问题	(425)
三、纠正酸中毒	(426)
四、血管活性药物的选择和应用	(426)
五、肾上腺皮质激素	(428)
六、中药	(429)
第十八章 呼吸衰竭与水、电解质平衡	
徐乐天 朱元珏 林友华	(430)
肺的功能解剖学	(430)
一、气道	(430)
二、肺泡	(432)
三、肺血管及血流	(435)
四、肺内水分的代谢	(436)
肺的生理功能	(437)
一、通气	(437)
二、分流	(439)

三、气体的运送	(442)
(一) 氧的运送	(442)
(二) 二氧化碳的运送	(444)
四、肺对机体酸碱平衡的调节	(446)
急性呼吸窘迫综合征	(449)
一、定义	(449)
二、病因学	(451)
三、肺水平衡	(452)
四、病理学变化	(454)
五、临床表现	(455)
六、处理	(457)
慢性呼吸衰竭	(459)
一、病因	(459)
二、发病机理	(460)
三、临床表现	(460)
四、酸碱失衡及电解质变化	(462)
五、病例介绍	(466)
六、治疗原则	(467)
第十九章 烧伤后水与电解质代谢	陈德昌 (469)
烧伤的病理生理	(470)
一、毛细血管壁通透性改变——创面渗出与第三间隙的形成	(470)
二、电解质的丢失和转移	(471)
三、水的丢失和体内再分布	(472)
烧伤的输液治疗	(473)
一、最常用的输液公式	(474)
二、输液公式的选择	(476)
三、主要临床观测指标	(476)
四、难治性与不可逆性烧伤休克	(477)
五、问题和展望	(477)
第二十章 妇产科疾病与水盐代谢	孙念怙 (478)
月经期及经前期紧张症	(478)
妊娠期	(478)
一、早妊及妊娠呕吐	(478)

二、妊娠期循环生理的改变·····	(479)
三、妊娠期水和电解质代谢的改变·····	(479)
四、妊娠期的酸碱平衡改变·····	(481)
妊娠中毒症的水盐代谢·····	(481)
妊娠合并心脏病的水盐代谢问题·····	(486)
羊水的水与电解质平衡·····	(487)
羊水过多和羊水过少·····	(490)
第二十一章 神经外科与水、电解质平衡 ·····	
····· 王维钧 尹昭炎	(492)
神经解剖特点简介·····	(492)
脑脊液的组成和血脑屏障·····	(495)
脑血液循环和脑血流量·····	(496)
一、自动调节·····	(498)
二、化学管制·····	(498)
三、神经管制·····	(499)
四、颈交感神经切除术·····	(499)
五、药物交感神经刺激·····	(499)
六、药物交感神经阻滞·····	(500)
七、其他血管运动药物·····	(500)
脑的营养代谢·····	(500)
脑组织水、电解质代谢·····	(501)
颅脑创伤后代谢反应变化·····	(503)
一、下视丘损伤·····	(504)
二、渗透过高·····	(504)
三、渗透减低·····	(505)
四、弥散性脑缺氧·····	(505)
五、脑水肿和颅内压增高·····	(506)
神经外科手术前后的代谢特点·····	(508)
一、手术前·····	(508)
二、手术中和手术后·····	(509)
颅脑创伤或手术后的处理原则·····	(510)
一、一般处理原则·····	(511)

二、特殊治疗	(514)
第二十二章 输液治疗的几个问题与进展	蒋朱明 (514)
输液在医疗工作中的位置	(514)
输液治疗时的临床观察项目	(514)
一、病史	(514)
二、体格检查	(514)
三、体重	(514)
四、出入量记录	(515)
五、酸硷记录	(517)
六、血容量等体液测量及中心静脉压(CVP)等动力学指标测量 ..	(518)
电子计算机在输液治疗上的应用	(519)
常用液体的成分与用途	(521)
一、常用的盐类中电解质含量的换算	(521)
二、常用溶液的电解质含量及其他特点	(522)
输液途径	(526)
一、周围静脉途径	(527)
二、腔静脉途径	(527)
(一) 下腔静脉插管	(527)
(二) 上腔静脉插管	(528)
(三) 腔静脉插管的严重并发症	(540)
输液速率的控制	(540)
第二十三章 完全胃肠外营养	蒋朱明 朱予 曾宪九 (542)
一、发展概况	(542)
二、适应症	(543)
三、静脉营养的几个基本问题	(544)
四、应用方法	(552)
五、并发症	(561)
六、临床治疗情况	(568)
第二十四章 体液测定的方法	
.....周前 蒋朱明 曾宪九	(576)
一、电解质等溶质测定技术的发展	(576)
二、体液(体水)测定的基本原理	(578)
三、总体水的测定	(581)

四、细胞外水测定	(588)
五、血浆容量和红细胞容量的测定	(589)
六、各种体水(体液)的测定结果	(596)
七、电解质总量的测定及各种体水(体液)电解质同时测定 法	(596)
(一) 可交换性钠的测定	(596)
(二) 可交换性钾的测定	(597)
(三) 总体水、细胞外液、可交换性钠及可交换性钾同时测 定法	(599)
第二十五章 平衡监测	陈敏章 蒋朱明(601)
一、对常规住院病人的方法	(601)
二、对禁食的危重病人的方法	(602)
三、常规平衡监测病人粪便的测定	(603)
四、尿的测定	(604)
五、食物的测定	(605)
六、材料的整理和解释	(605)
附录一 平衡盐液的配制	吴蔚然(607)
一、乳酸钠林格氏液	(607)
二、临时配制处方	(607)
附录二 静脉营养临床使用常规	曾宪九 蒋朱明(607)
一、静脉营养治疗必须有明确的适应症	(607)
二、静脉营养治疗前的准备和观察	(608)
三、静脉营养治疗过程中注意事项	(608)
附录三 国际制单位(SI Units)	蒋朱明 陈敏章(611)
单位标准化问题的提出	(611)

第一章 水与电解质平衡生理概论

水和电解质是生命不可缺少的物质

人体进行新陈代谢的过程实质上是一系列复杂的、相互关联的生化反应的过程，而且主要是在细胞内进行的。这些生化反应都离不开水。体内水的容量和分布以及溶解于水中的电解质浓度都由人体的调节功能加以控制，使细胞内和细胞外体液的容量、电解质浓度、渗透压等能够经常维持在一定的范围内。这就是水与电解质平衡。

这种平衡是细胞正常代谢所必需的条件，是维持人体生命、维持各脏器生理功能所必需的条件。但是这种平衡可能由于疾病、创伤、感染等侵袭或不正确的治疗措施而遭到破坏；如果机体无能力进行调节或超过了机体可能代偿的程度，便会发生水与电解质紊乱。当然，水与电解质平衡紊乱不等于疾病的本身，它是疾病引起的后果或同时伴有的现象。讨论和处理水与电解质平衡紊乱问题，不能脱离原发疾病的诊断和治疗。不过，当疾病发展到一定阶段，水与电解质平衡紊乱甚至可以成为威胁生命的主要因素。

因此，对于每一个临床医生来说，正确理解水与电解质平衡的基本概念和生理原则，对提高医疗质量，特别是救治危重病人都十分重要。

人体的组织由内部含有体液的细胞组成，而细胞又浸浴在体液之中，于是构成了两大体液间隙：细胞内液间隙和细胞外液间隙。细胞外液成为细胞的“体内环境”。这两种体液固然有着明显的差异，各种电解质的浓度截然不同，但两者之间却维持着相应的平衡。人体内水和电解质如此组成和平衡，在生理上有重要意义；它的由来，应该追溯到生命的起源。

大家知道，地壳年龄约40亿年，海洋的形成约15~20亿年。早期海洋沉积物少，几乎是淡水。由于陆地上各种各样矿物质，

或多或少溶在水里，由河流灌入海洋，海水的成分发生了改变。按地质年代划分，寒武纪以前远古的海洋内，钾的含量远较现代海洋为高（每升100毫克分子以上）而钠盐的含量较少。到了7亿年前，海水的钠盐含量才到达现在的60%。

生命起源于海洋。海水具有维持生命的微妙性能：①海水不仅是电解质的溶剂，也是氧和二氧化碳的溶剂。但二氧化碳易于挥发，很容易从海面逸散。②海洋容量很大，海水的温度、氢离子浓度和渗透压都较稳定。③海水的成分改变极为缓慢，以亿年计，才显示其变化。海洋的上述性能，为生命的维持和发展，提供了理想的环境。

人类以及其他脊椎动物的细胞内液具有普遍的共性，即钾的含量较高，与细胞外液不同。根据推测人类细胞内液的电解质组成近似寒武纪以前远古时期的海水，与现代海水不同。这是生命起源于海洋的一种遗迹，也是一个佐证。

亿万年过去了，自然的演变使地球经历了无数的变化。海水的组成变了，海内生物也相继适应于这种环境的变化。随后，有的生物脱离了广阔的海洋，向陆地迁移。这些生物在迁移的过程中，在他们的体内带上了个“小海洋”，把海水环境封闭在一个狭小的细胞外间隙中，成为体液的一个组成部分。这样，生物生存的外环境变了，但细胞的“内环境”仍然未变，昔日海水相当于今天的细胞外液；细胞依然浸浴在海水之中。这是生物进化中耐人寻味的演变。

图1-1显示细胞内液与细胞外液的电解质组成。细胞内液作为一种较为古老的生物体液，仍然保留着远古时期海水的特色，而细胞外液则可与现代海水相比拟。不过，现代海水所含的电解质浓度要比细胞外液的高出好几倍。这是由于生物脱离海洋以后的几亿年中，海水的盐分又有显著的增加。生命细胞从广阔的海洋移至狭小的体液环境中，使细胞外液的原来海水成分不得不有所变更：碳酸-碳酸氢缓冲系统较前扩大；出现了新的成分蛋白质；氯离子相对地减少以适应碳酸氢和蛋白质的增加。

尽管在细胞膜的内外，电解质的分布如此悬殊，但是细胞内