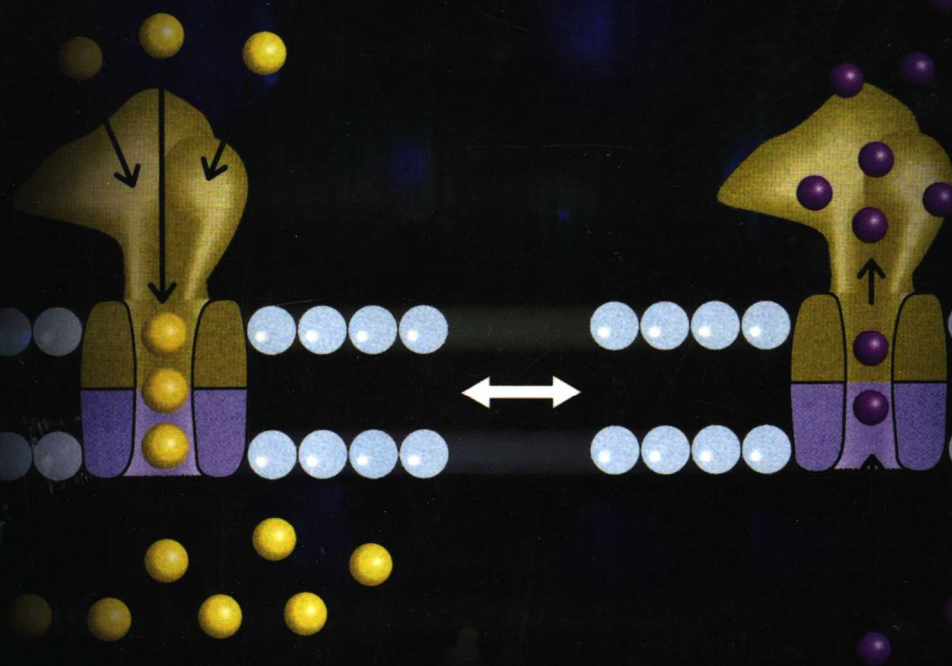


小儿水电解质 平衡与液体疗法

• 主编 唐典俊



中国医药科技出版社

小儿水电解质平衡与液体疗法

主 编	唐典俊		
副主编	关智勇	赵红雯	张丽萍
编 者	关智勇	吴剑辉	苏永龄
	赵红雯	张丽萍	唐典俊

中国医药科技出版社

内 容 提 要

本书深入浅出地论述了人体内液体和电解质代谢的基本原理,脱水补液的原则和方法,设计了适于临床应用的平衡盐、维持液、呕吐补充液、腹泻补充液及其简单配合法,使之能根据估计的水和电解质损失量给予合理补充。对各种水和电解质失调,酸、碱平衡失调,小儿常见病、危重病及新生儿疾病的液体疗法亦作了论述。末章为小儿液体疗法的监护,介绍了输液不当发生的各种症状和处理,使之能随时纠正,做到合理输液。这是一本对儿科医师、实习医师及临床各科医师均有价值的实用书。

图书在版编目(CIP)数据

小儿水电解质平衡与液体疗法/唐典俊主编. —北京:中国医药科技出版社, 2006.6

ISBN 7-5067-3447-8

I. 小... II. 唐... III. 小儿疾病—水—电解质代谢紊乱—输液疗法 IV. R725.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 066788 号

美术编辑 陈君杞

责任校对 张学军

版式设计 程 明

出版 中国医药科技出版社

地址 北京市海淀区文慧园北路甲 22 号

邮编 100082

电话 010-62244206

网址 www.cspyp.cn www.mpsky.com.cn

规格 787×1092mm $\frac{1}{16}$

印张 13 $\frac{3}{4}$

字数 320 千字

印数 1—3000

版次 2006 年 11 月第 1 版

印次 2006 年 11 月第 1 次印刷

印刷 北京市朝阳区小红门印刷厂

经销 全国各地新华书店

书号 ISBN 7-5067-3447-8/R·2864

定价 26.00 元

本社图书如存在印装质量问题请与本社联系调换

主 编 简 介

唐典俊，华中科技大学同济医学院附属协和医院儿科学教授、主任医师，广西玉林人，1955年广西医学院本科毕业。曾在山东省立医院、广州医学院、湖北医学院从事医疗教学工作。在我国首先发现特发性婴儿高钙血症，提倡避免滥用维生素D以保护儿童健康。曾发表学术论文46篇、综述36篇、译文28篇、科普文120多篇获武汉市医学科普奖，编有《新生儿体检与先天畸形诊断》一书，合编有《内科讲座、传染病分册》、《心血管疾病》二书，曾到北京、上海、南京、福州、宁波等17大城市讲解小儿液体疗法，并征询意见。亦在徐州主办小儿保健学习班。曾应江苏省卫生厅、福建省卫生厅聘为科技评审员，个人业绩已载入卫生部主编的《高级医师大全》《大陆名医大典》二书。谨以此书报答我的父母、祖母艰辛养育之恩。

序

体液约占人体体重 60% ~ 70%，存在于全身细胞内外。体液所含的水和电解质经常出入于人体，但又必须保持在狭小的生理范围内，这对人体健康十分重要。

在许多疾病都可出现体液平衡紊乱，轻者影响健康，重者甚至威胁生命。与成人相比，小儿体液平衡紊乱发生较多，情况较重，这主要是由于小儿体液代谢比较旺盛，体液丢失情况比较多见，机体调节机制不够健全。及时而且正确的液体疗法是综合治疗的重要组成部分，对恢复健康很有帮助。不正确的液体疗法则有危害。因此，儿科临床工作者都必须熟悉小儿液体疗法，不断学习这方面的新知识、新进展。

本书作者从事儿科临床工作数十年，实践经验丰富，对液体疗法深入钻研，并结合国内外文献，写了一本小儿液体疗法书。本书有必要的基本理论和具体补液方法，使读者能知其然又知其所以然，既有方案可循，又能灵活应用，内容深入浅出，文字简明扼要，对指导儿科临床实践，很有帮助，值得阅读和参考。

周华康

前 言

体液是人体的内环境，人体由无数有生命的细胞组成，每个细胞都生活在体液的环境中。体液由水、电解质及有机物质组成，其电解质成分、浓度与海水相似。现在已认识到原始生命起源于海洋，细胞生活在像海水一样的体液环境中，说明人体仍保留着生命起源的足迹。所以体液是最适于细胞生活的环境。体液靠渗透压作用出入于细胞内外，供给细胞氧和营养物质，运走新陈代谢产生的废物。体液依靠心脏、血压和渗透压作用在体内循环不息，是生命存在的特征。所以体液量、成分和分布的相对稳定是维持健康的必要条件。系统论认为人体是一大生态系统，在这个系统内还有许许多多亚系统，体液是人体内各生命系统的生态环境，就像自然环境对人生存的重要性一样。自然环境的恶劣改变可使人生致病。人体如果由于疾病、外伤、中毒、外界环境变化、饮食和喂养不当等原因使体内水、电解质紊乱，造成体内生态环境失调，在这个环境生活内的各个系统、组织、器官、细胞和活性物质的机能就会受到影响，轻则发生疾病、重则危及生命。

静脉输液是纠正人体内环境失调的重要手段。自 1628 年 Harvey 发现血液循环后，1658 年天文学家及建筑师 Christof wren 以鸦片注入狗的静脉观察其作用，6 年后 Major 第一次成功地注射于人体，但这还不算正式的输液。直到 19 世纪许多学者对霍乱患者血液及其生化成分分析，发表了不少有价值的论文，使静脉输入水和盐有了坚实的基础。如 1931 年 Shaughnessy 描述了霍乱患者血液中水、盐及碱的缺乏；1832 年 Thomas Latta 根据霍乱患者血清生化改变，给 16 例患者输入氯化钠和碳酸氢钠组成的溶液，有 8 例得以治愈，使病死率下降 50%。1883 年 Ringer 首先配制成了一种保存冷血动物离体器官的溶液，即 Ringer 液。1883 年 Stadelman 应用碳酸氢钠溶液治疗酸中毒。1912 年 Hartwell 和 Houget 开始用皮下输液治疗外科脱水病人。1924 年 Rudolph Matas 设计了静脉输液用的玻璃滴管，实现了静脉滴注输液法。1925 年开始应用生理盐水，同时做成了等张葡萄糖液供静脉注射。1932 年 Hartman 认识到婴儿严重腹泻需大量输液，其液体钠含量应多于氯，因而产生了乳酸钠林格液。虽然输液疗法已获得了很大疗效，但由于消毒不够、液体组成不佳或适应证错误等原因，这种疗法未能推广。直到 1950 年以后，由于医学各科的发展和对输液的改进，使静脉输液疗效显著提高，才广泛应用于临床。1955 年 Finberg 对婴儿脱水进行分类。根据体液等张、低张、高张的不同输以含钠量不同的液体，使此疗法推进了一大步。现代静脉输液已广泛用于休克的抢救、脱水的补充、电解质与酸碱平衡失调的纠正、静脉注射药物、营养的维持和胃肠外全营养等方面。近年来随着医疗技术的发展和一次性输液器的应用，使静脉输液的应用更加普遍。

静脉输液由于能直接纠正内环境的失调，迅速改善全身状况，增强机体抗病能力，有利于疾病的恢复，所以在许多疾病都可采用，因而也出现了一些滥用现象。或由于输液成分、输液量、输液速度不当而造成不良后果，引起所谓“医源性疾病”。如有人以静脉输液作为退热手段，由于发热并非脱水引起，结果血容量过多增加了心脏负担，产生心血管

反射,周围血管收缩,体热不能外散,热度反而更高。如每天连续输液则发热可持续不退,在夏季可成为某些小儿长期发热的原因。由于长期输液过量,周围血管持续痉挛收缩,在冬季可引起肢端缺血坏死。严重的输液过量可引起心力衰竭和肺水肿,甚至造成死亡。如输入液体张力过低,又可引起脑水肿、头痛、呕吐和惊厥。

小儿正处于生长发育阶段,新陈代谢旺盛,水的转换率大,很易由于疾病、气候、喂养等原因引起水、电解质失调,故液体疗法在儿科应用更广泛。但由于小儿神经、内分泌和肾脏对水、盐的调节功能较差,水平衡和水过量之间范围较窄,静脉输液的安全范围较小,故对小儿液体疗法要求更精细、更合理。为了确保输液的疗效和避免副作用的产生,需要全面了解和掌握体液生理学的基本知识,有一套对制订输液方案具有指导意义的理论,并对各种输注液体的特点、适应证、配合方法、输液发生的症状和处理等有正确的了解,故编写了这本书。输液疗法是针对某些疾病时发生的水、电解质和酸碱平衡失调,通过胃肠道或胃肠道外的途径输注一定量的液体来纠正这种紊乱,消除症状,达到治愈目的。因此输液应以缺什么补什么、缺多少补多少为原则。目前各种书籍杂志上介绍的液体疗法多种多样、莫衷一是,而且很难掌握。过去采用的3:2:1液、4:3:2液,4:5:6:7液均为低张液,而腹泻、呕吐引起的脱水多为等张性甚至为低张性。由于这些液体与脱水所需的电解质液不一致,故不易准确计算所需的液体量。而且等张性或低张性脱水输入低张液,可使细胞外液渗透压进一步降低,液体不能在血管和组织内保留,脱水不易纠正。腹泻病人输入低张液,液体可自胃肠道渗出,加重腹泻。呕吐病人输入低张液,血液渗透压进一步降低,可引起细胞水肿、颅内压增高、呕吐加重、脱水症状加重。本书介绍了四种合理液体:平衡盐溶液、维持液、呕吐补充液、腹泻补充液。等张性脱水用平衡盐溶液、低张脱水用高张液、高张脱水用低张液,合理计算输液量,达到缺什么补什么,缺多少补多少的目的。同时介绍应用10%氯化钠配成这四种液体的方法,方便临床应用。

理论是实践的指南,没有理论的实践是盲目的实践。本书在编写过程中本着循序渐进、深入浅出的原则,既注重理论的介绍,又注意实际的应用,使读者通过本书能掌握液体疗法的原理和方法。本书在介绍各种疾病的液体疗法时,均对该病作全面论述,并注意介绍新进展,使读者能深入了解该病的发病机理,做到合理输液。

实践是检验真理的标准,由于疾病的发生和发展复杂多变,特别是危重病人,最初的输液方案不一定符合病人新的要求,须要根据病情变化调整输液量和成分。本书最后一章为静脉输液的监护,介绍输液发生的症状和处理,只要密切观察病情,根据病情变化及时调整输液,就可避免输液不当的危险。

人体结构精细而微妙,水和电解质的代谢更是深奥而复杂,尚有许多未知之处,作者因学识有限,错误及不足之处在所难免,欢迎读者给予指正。本书完稿后蒙儿科老前辈中华医学会儿科学会名誉主任委员周华康教授赐序,对本书作者给予热情支持与鼓励,在此一并表示衷心感谢!

唐典俊

2006.7.15

目 录

第一章 体液的含量、分布及其电解质成分	(1)
一、体液的含量	(1)
二、体液的分布	(1)
三、体液的电解质成分	(2)
第二章 渗透压平衡与体液交流	(7)
一、渗透压平衡概念	(7)
二、血浆与细胞间液的交流	(9)
三、细胞内液与细胞外液的交流	(10)
第三章 细胞外液的调节	(11)
一、渴觉中枢	(11)
二、血量的神经体液调节	(11)
三、肾脏对体液的调节	(12)
第四章 体液的酸、碱平衡	(17)
一、氢离子浓度与 pH	(17)
二、血液 pH	(18)
三、缓冲系统	(20)
四、酸、碱平衡的呼吸调节	(23)
五、肾脏对酸、碱平衡的调节	(24)
第五章 脱水概述	(27)
一、脱水病史	(27)
二、脱水的病理生理	(27)
三、脱水的症状和体征	(28)
四、脱水的实验室检查	(29)
五、脱水的诊断	(30)
第六章 酸、碱平衡失调的估计	(36)
一、病史方面	(36)
二、血气分析	(36)
三、Siggaard - Andersen 联线计算图	(38)
四、Siggaard - Andersen 酸、碱诊断图的应用	(39)

五、负离子隙 (AG)	(40)
六、酸、碱失衡代偿程度的预测	(41)
七、混合性酸、碱失衡的诊断	(42)
八、酸、碱失衡的诊断步骤	(44)
第七章 脱水输液的估计、配方和步骤	(47)
一、液体需要的估计	(47)
二、常用液体的性质	(50)
三、常用输液配方	(51)
四、脱水输液步骤	(52)
五、输液速度	(53)
第八章 各种水和电解质失调	(55)
一、等张性脱水	(55)
二、低张性脱水	(56)
三、水中毒	(57)
四、无症状性低钠血症	(59)
五、抗利尿激素分泌不当综合征	(61)
六、脑病引起的水、电解质失调	(62)
七、高张性脱水	(63)
八、高钠血症、盐中毒	(65)
九、低钾血症	(66)
十、高钾血症	(68)
十一、低钙血症	(70)
十二、高钙血症	(73)
十三、低磷血症	(77)
十四、高磷血症	(80)
十五、低镁血症	(81)
十六、高镁血症	(82)
十七、低氯血症	(83)
十八、高氯血症	(85)
第九章 各种酸、碱平衡失调	(86)
一、代谢性酸中毒	(86)
二、乳酸酸中毒	(90)
三、代谢性碱中毒	(93)
四、呼吸性酸中毒	(96)
五、呼吸性碱中毒	(99)

六、混合性酸、碱失调·····	(100)
第十章 小儿常见疾病的液体疗法·····	(106)
一、急性腹泻·····	(106)
二、营养不良合并腹泻·····	(111)
三、复发性呕吐·····	(112)
四、食物中毒·····	(114)
五、上呼吸道感染·····	(115)
六、支气管肺炎·····	(118)
七、支气管哮喘·····	(120)
八、暑热症·····	(122)
九、蛔虫性肠梗阻·····	(124)
十、尿崩症·····	(125)
第十一章 小儿危重病液体疗法·····	(128)
一、感染性休克·····	(128)
二、过敏性休克·····	(133)
三、发热惊厥·····	(135)
四、中毒性痢疾·····	(136)
五、癫痫持续状态·····	(138)
六、急性肝功能衰竭·····	(140)
七、急性肾功能衰竭·····	(144)
八、急性呼吸衰竭·····	(149)
九、心力衰竭·····	(152)
十、急性脑水肿·····	(157)
十一、糖尿病性昏迷·····	(160)
十二、播散性血管内凝血·····	(162)
十三、急性白血病·····	(165)
第十二章 新生儿液体疗法·····	(170)
一、新生儿液体疗法概述·····	(170)
二、新生儿窒息·····	(175)
三、新生儿呼吸窘迫综合征·····	(177)
四、新生儿低血糖·····	(180)
五、新生儿肺炎·····	(182)
六、新生儿颅内出血·····	(183)
七、新生儿脱水热·····	(185)
八、新生儿流行性腹泻·····	(185)

九、新生儿硬肿症·····	(187)
十、新生儿破伤风·····	(189)
十一、先天性肥大性幽门狭窄·····	(191)
第十三章 小儿周围静脉营养·····	(193)
一、静脉营养液的成分·····	(193)
二、周围静脉营养的实施·····	(195)
三、静脉营养的并发症和监护·····	(196)
第十四章 小儿静脉输液的监护·····	(197)
一、输液治疗效果观察·····	(197)
二、输液时发生的症状和处理·····	(197)
附录一：小儿血液化验参考值·····	(201)
附录二：尿液检查参考值·····	(205)
附录三：体重与体表面积换算表·····	(206)
主要参考资料·····	(207)

第一章 体液的含量、分布及其电解质成分

一、体液的含量

人体由水和固体物质组成，固体物质包括细胞内的蛋白质、矿物质、脂肪和糖类。通过同位素示踪原子的研究可以测出人体内水的含量。各个人之间水的含量不尽相同，特别由于年龄和性别不同，体液量也不同。早期胚胎含水量最高。在子宫内，胎儿发育使蛋白质、脂肪和矿物质增加。故随着胎龄增加体液的含量比例下降。足月新生儿总体液量约占体重的 78%，生后数天经肺和皮肤的不显性失水较大，加上喂养尚未充分，失水量可达 5%，随后由于对环境的适应和喂养的供给而得到恢复。婴幼儿体液量约占体重 70% ~ 75%，儿童占 65%，成人占 60%。

脂肪不含水分，所以肥胖者体液量占体重的比例较低。成年男子肌肉发育较好，脂肪较少，其体液量占体重 60%。成年女子脂肪较丰富，故其体液量仅占体重 50%。肥胖小儿的体液总量占体重的比例也较低，如正常小儿总体液量占体重 70%，而肥胖儿仅占 50%。若失水量相同，肥胖儿失水占体重的比例更大。例如一个 20kg 体重的正常小儿，其体液总量为 1400ml，而肥胖儿的体液总量仅 1000ml，如果失水 140ml，正常小儿失水占体液量 10%，为中度脱水；而肥胖儿则占体液量 14%，为重度脱水。但由于肥胖儿皮下脂肪丰富，可使皮肤失水征不很明显，故对肥胖小儿的失水程度应有足够的估计。

二、体液的分布

体液除存在于细胞外可见的液体外，还有大量存在于细胞内的液体。由于细胞膜的特殊功能，使细胞内的液体和细胞外的液体在成分上有很大差别，故体液可分为细胞内液（intracellular fluid, ICF）和细胞外液（extracellular fluid, ECF）两大部分。细胞外液又分为血浆和细胞间液（Interstitial fluid, IF）两部分。实际上细胞外液的含义更广泛，除血浆和细胞间液外，凡存在于细胞外的一切液体，如胃肠道分泌的消化液、脑脊液、尿液、汗液及病理情况下胸腔、腹腔、肠腔渗出的液体，均属于细胞外液，这些液体的大量损失，也影响细胞外液的容量和成分，引起体内水和电解质紊乱。

细胞内液比较固定，约占体重的 40%，而细胞外液则根据年龄而不同。可以说身体总液量的变化与细胞外液变化有关，年龄愈小，细胞外液量相对愈大。胎儿随着其胎龄增加细胞外液量减少，在足月新生儿细胞外液量约占体重 35% ~ 40%，周岁小儿占体重 30%，儿童期占 25%，成人占 20%。在细胞外液中，血浆部分比较恒定，约占体重 5%（表 1-1）。所以细胞外液的变化主要是组织间液的变化。细胞外液量按体重计算变化较大。年龄愈小，每公斤体重的细胞外液量愈大，但如按体表面积计算则较恒定，不论年龄

大小均为 $6000\text{ml}/\text{m}^2$ ，这主要因细胞间区的大小与体表面积成正比，而皮肤含的细胞间液较多。

表 1-1 不同年龄体内水的分布

年龄	平均体重 (kg)	总体液 (L)	总 ICF (L)	总 ECF (L)	液体占体重 (%)	ICF 占体重 (%)	ECF 占体重 (%)
婴儿 1~12 月 (如 6 个月)	6.8	4.8	2.8	20	70	40	30
儿童 1~6 岁 (如 5 岁)	18	11.7	7.2	4.5	65	40	25
儿童 7~17 岁 (如 14 岁)	41	24.6	16.4	8.2	60	40	20
成人 (男)	70	45	30	15	60	40	20
成人 (女)	60	30	18	12	50	30	20

三、体液的电解质成分

现代人们已认识到生命最初起源于海洋，是海水孕育了生命。大约在 40 亿年前，在海水中开始孕育形成了一种有活性的蛋白质，即原生质，再由原生质形成细胞。所以，最原始的单细胞生物就是在海水中形成的。那时候海水是最适于细胞生活的环境，与现在人类的细胞外液的电解质成分十分相似，只是现代海水电解质浓度比人类细胞外液高得多，这是因为经过 40 亿年，陆地上的矿物质被冲刷到海洋中去，使其浓度增加了，同时增加了镁。而人类的细胞外液由于维持生命的需要，增加了蛋白质和碳酸氢盐使氯离子相对减少了一些。此外体液中还含有其他维持生命的物质如糖、脂肪、酶、激素、维生素、氧和二氧化碳，中间代谢产物有机酸、尿酸等。这些物质在体液部分的分布不同见图 1-1。

(一) 测量溶质浓度的单位

过去应用的溶质浓度单位是每 100ml 溶液中含有多少克或多少毫克溶质，如 0.9% 氯化钠溶液、血钙浓度为 $10\text{mg}/\text{dl}$ ，这种单位不能反映各溶质间结合的彼此关系。在体内电解质与非电解质是以分子微粒或离子微粒的形式存在和起作用的，所以单纯以克或毫克来表示不能反映它们在体液中所起的化学作用和生理意义，故需有一个合理的功能单位。

在化学反应中，各种物质是以一定数量的分子、原子或离子进行反应的，而这些微粒的质量都很小，单个微粒难以称量，必须是微粒的集体才能称量，故用克分子 (mol) 为单位。某物质 1 克分子量就是该物质的分子量以克为单位表示，毫克分子量就是其分子量以毫克为单位表示。如钠的分子量是 23，1mol 钠等于 23g 钠，1mmol 钠等于 23mg 钠；氯化钠的分子量是 58.5，1mol 氯化钠为 58.5g，1mmol 氯化钠为 58.5mg。

根据阿伏加德罗定律，任何物质 1mol 所含的微粒数相等即 6.023×10^{23} ，任何物质 1mmol 所含的微粒数也相等即 6.023×10^{20} 。所以 23g 钠、35.5g 氯，58.5 克氯化钠重量虽不同，其所含化学微粒数相等即 6.023×10^{23} 。故 1 克分子 Na 和 1 克分子 Cl 能结合成 1 克分子 NaCl，可见以克分子或毫克分子为质量单位能反映各物质的化学结合能力。

常用容量单位为立方米 (m^3)， 1m^3 为 1 升 (L)，故常用浓度单位为 mol/L 、 mmol/L 、 $\mu\text{mol}/\text{L}$ ，这就是目前世界通用的国际制单位 (SI 单位)，应用此单位不仅能显示物质之间的化学关系，且使各国医疗机构报告一致，有利于国际医学交流。

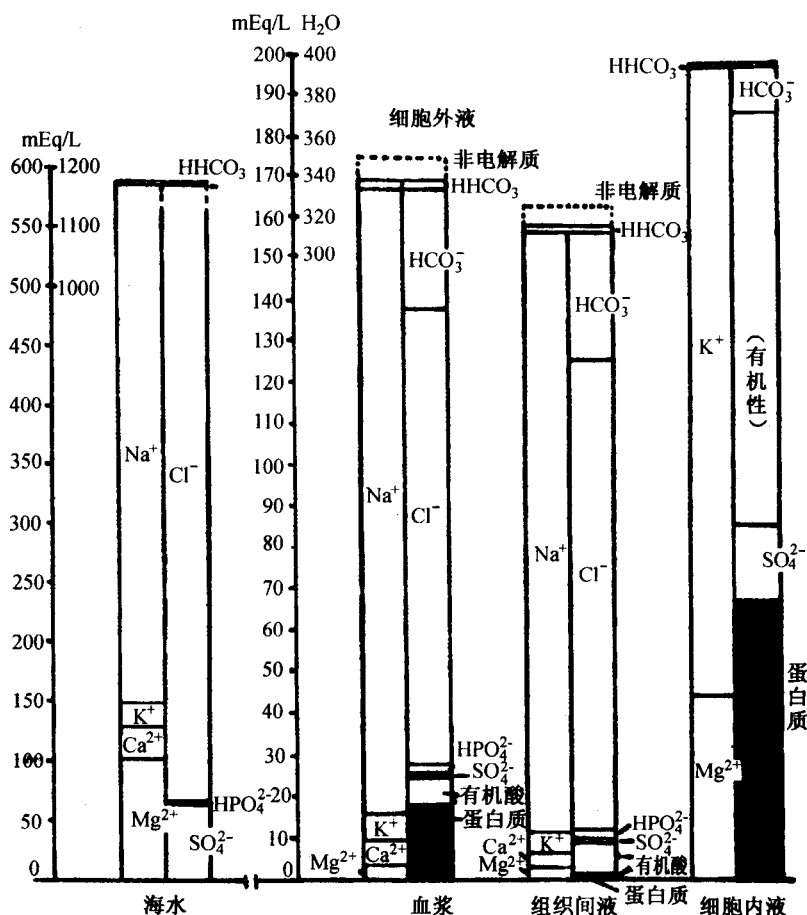


图 1-1 海水电解质与人类体液电解质比较

某物质 1 克分子溶解于 1L 水中，此物质在溶液中的浓度为 1mol/L，如以 58.5g 氯化钠溶解于 1L 水中，其浓度为 1mol/L，故 5.85% 氯化钠为 1 克分子溶液，而 0.9% 氯化钠为 1/6 克分子溶液。如以 58.5mg 氯化钠溶解于 1L 水中，其浓度为 1mmol/L。某物质的 mg/dl 欲换算成 mmol/L，可以该物质的分子量去除后乘 10 即得 ($\frac{\text{mg/dl} \times 10}{\text{分子量}} = \text{mmol/L}$)。

例如：0.9% NaCl 的浓度为 $\frac{900 \times 10}{58.5} = 154 \text{mmol/L}$ 。

化学物质必须比较其活性和结合力才能反映其生理学意义，这个比较单位即当量 (equivalent, Eq)。如上所述 23mg Na⁺ 和 35.5mg Cl⁻，尽管其重量不同，其所含的微粒数相等即 6.023×10^{20} ，故能结合成 58.5mg NaCl。所以 1 原子 Na⁺ 相当于 1 原子 Cl⁻，即 1 当量，如当量以毫克表示即毫当量 (milliequivalent, mEq)，所以 1mEq Na⁺ = 23mg、1mEq Cl⁻ = 35.5mg。但化学物质的结合也与原子价有关，Ca²⁺、Mg²⁺ 是二价原子，CaCl₂ 为 1 离子 Ca²⁺ 和 2 离子 Cl⁻ 结合，即 Ca²⁺ 的结合能力为 Cl⁻ 的 2 倍，因 1mmolCl⁻ = 1mEq 故 1mmolCa²⁺ = 2mEq。

公式: 某原素的当量 = $\frac{\text{原子量}}{\text{原子价}}$ 。

例如钙的原子量是 40, 其当量 = $\frac{40}{2} = 20$, 1mEq 钙 = 20mg。氯的原子量是 35.5, 其当量 = $\frac{35.5}{1} = 35.5$, 1mEq 氯 = 35.5mg。溶液中某物质的 mg/dl 欲换算成 mEq/L 可用以下公式:

$$\frac{\text{mg/dl} \times 10}{\text{原子量或分子量}} \times \text{原子价} = \text{mEq/L}$$

例如: 血钙浓度 (10mg/dl) 为 $\frac{10 \times 10}{40} \times 2 = 5\text{mEq/L}$

5% 碳酸氢钠浓度为 $\frac{5000 \times 10}{84} \times 1 = 595\text{mEq/L}$

10% 氯化钾浓度为 $\frac{10000 \times 10}{74.56} \times 1 = 1340\text{mEq/L}$

3% 氯化钠浓度为 $\frac{3000 \times 10}{58.5} \times 1 = 513\text{mEq/L}$

10% 氯化钠浓度为 $\frac{10000 \times 10}{58.5} \times 1 = 1710\text{mEq/L}$

表 1-2 常见的元素符号及其原子量

名称	符号	原子量	原子价	摩尔质量 (g/mol)
钠	Na	23	1	23
钾	K	39.1	1	39.1
钙	Ca	40.08	2	40.08
镁	Mg	24.32	2	24.32
氮	N	14.008	3, 5	14.008
氯	Cl	35.457	1	35.457
氧	O	16	2, 3, 4, 8	16
氢	H	1.008	1	1.008
硫	S	32.06	2, 4, 6	32.06
磷	P	31.02	3, 5	31.02
碳	C	12.011	2, 4	12.011

表 1-3 常见电解质的分子量

名称	分子式	分子量	摩尔质量 (g/mol)
氯化钠	NaCl	58.45	58.45
氯化钾	KCl	74.56	74.56
氯化钙	CaCl ₂ ·2H ₂ O	147.03	147.03
碳酸氢钠	NaHCO ₃	84.01	84.01
乳酸钠	C ₃ H ₅ O ₃ Na	112.06	112.06
谷氨酸钠	C ₅ H ₈ O ₄ NNa	169.12	169.12
谷氨酸钾	C ₅ H ₈ O ₄ NK	158.23	158.23
葡萄糖酸钙	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₄ Ca·H ₂ O	448.4	448.4
葡萄糖	C ₆ H ₁₂ O ₆	180	180

由毫当量/升换成毫分子/升时,如电解质是1价(如钠、钾、氯),其毫当量/升与毫分子/升值相同;而2价物质(钙、镁)则需以其化学价去除,例如上述血 Ca^{2+} 5mEq/L 换算成 mmol/L, $5\text{mEq/L} \div 2 = 2.5\text{mmol/L}$ 。

溶解于液体中的气体,用毫分子/升或毫当量/升表示,可根据阿伏加德罗定律来换算,其定律:在标准状态下(温度 0°C , 气压 101.08kPa、即 760mmHg), 1mol 的任何气体其容积为 22.4L, 因此要将 CO_2 单位由 ml% 换成 mmol/L 或 mEq/L 可用下公式:

$$\frac{\text{CO}_2\text{ml}\% \times 10}{22.4} = \text{mmol/L} = \text{mEq/L}$$

如血浆 CO_2 结合力为 60ml%, 则 $\frac{60 \times 10}{22.4} = 27\text{mmol/L}$ 。

因 $\text{CO}_2 + \text{H}^+(\text{OH})^- \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$, 故 $1\text{mmolCO}_2 = 1\text{mEq/L}$ 。

(二) 血浆电解质成分

血浆是最容易取得的细胞外液,其电解质成分可以测定。为了表示其中正负离子的平衡关系,需用毫当量/升表示其浓度。血浆中正离子有 Na^+ , 其浓度在 137~143mEq/L 之间,平均为 142mEq/L; K^+ 浓度为 3.8~5.5mEq/L, 平均为 5mEq/L; Ca^{2+} 浓度为 5mEq/L; Mg^{2+} 浓度为 3mEq/L, 全部正离子为 155mEq/L。血浆中负离子有 Cl^- 浓度为 104mEq/L、 HCO_3^- 浓度为 27mEq/L, 蛋白质浓度为 16mEq/L, 此外还有一部分负离子在一般临床实验室没有测定称为未测定的负离子(undetermined anion, UA)约 8mEq/L, 其中包括无机磷 2mEq/L、无机硫约 1mEq/L 和其他有机负离子如乳酸、酮体等约 5mEq/L。总计也是 155mEq/L。故正、负离子维持平衡(表 1-4)。

表 1-4 血浆电解质组成

正离子	mEq/L	mmol/L	负离子	mEq/L	mmol/L
[Na^+]	142	142	[Cl^-]	104	104
[K^+]	5	5	[HCO_3^-]	27	27
[Ca^{2+}]	5	2.5	[pr $^-$]	16	16
[Mg^{2+}]	3	1.5	[UA]	8	
总量	155			155	

注: [] 表示该电解质的浓度。

(三) 细胞间液的电解质成分

细胞间液是血浆的超滤液,故两者的成分相似,但又有所不同。因毛细血管内皮相当于半透膜,不让分子量高的蛋白质透过,只让水、可弥散的离子和小分子的非电解质进行交换,故毛细血管内有不渗透的蛋白质阴离子,而细胞间液极微。在这种情况下,各种离子分布将遵守二个规律:①正负离子平衡规律,即不论是细胞间区或血浆区,负离子数必等于正离子数以保持电中性;②渗透压平衡规律,细胞间液的渗透压应等于血浆渗透压。细胞间液因缺乏蛋白质,故其渗透压全由正、负离子组成,毛细血管内可渗透的负离子如 Cl^- 、 HCO_3^- 等渗出增加,而毛细血管内正离子如 Na^+ 则被带负电荷的蛋白质吸引在血管内,故 Na^+ 渗出减少,结果细胞间液的 [Cl^-]、[HCO_3^-] 比血浆高,而 [Na^+] 则比血浆

低, $[\text{Ca}^{2+}]$ 、 $[\text{Mg}^{2+}]$ 亦比血浆低, 可能因这些正离子在血浆内与蛋白质结合之故。在细胞间液正离子总浓度比血浆低些。在临床上两区离子成分的微小差别并无实际意义, 但蛋白质的显著差别则有很大生理学意义。如毛细血管内蛋白质渗透压降低, 细胞间液的水不能渗透回血管内, 将造成组织水肿。因血浆和细胞间液的电解质成分相似, 由渗透作用细胞间液成分的改变可以在血浆中迅速反映, 反之亦然。所以通过血浆电解质检查, 可了解细胞间液电解质改变, 也可通过静脉输液纠正细胞间液水和电解质紊乱。

(四) 细胞内液的电解质成分

细胞内液的电解质组成不如细胞外液了解透彻。因全身细胞种类繁多, 其组成不一致, 细胞内结构复杂, 蛋白质多, 电解质离子可与蛋白质结合而不易确定等因素, 各个报告结果不一。但总的来说, 细胞内液主要正离子是 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Na^+ , 主要负离子是 HPO_4^{2-} 、蛋白质、 HCO_3^- 和 SO_4^{2-} , 有些组织中也有 Cl^- 。肌肉细胞内液电解质平衡见表 1-5。

表 1-5 肌肉细胞内液电解质成分

正离子	mEq/L	mmol/L	负离子	mEq/L	mmol/L
$[\text{Na}^+]$	10	10	$[\text{HCO}_3^-]$	10	10
$[\text{K}^+]$	150	150	$[\text{Cl}^-]$	-	-
$[\text{Ca}^{2+}]$	-	-	$[\text{HPO}_4^{2-}]$	140	70
$[\text{Mg}^{2+}]$	40	20	$[\text{SO}_4^{2-}]$	10	5
			$[\text{pr}^-]$	40	40
总量	200			200	

细胞内液正、负离子总和超过血浆中正、负离子的总和, 由于一部分细胞内离子和蛋白质或其他成分相结合, 不参与渗透压作用, 故细胞内、外液的渗透压仍相等。例如 30% 的 Mg^{2+} 和核蛋白、核糖核酸的 ATP 及脂蛋白结合。这些离子称为结合离子。

细胞内液与细胞外液电解质浓度不同, 主要由于细胞内有耗能的钠—钾泵, 即细胞代谢产生的能量能将 Na^+ 不断运出细胞外, 将 K^+ 运入细胞内, 使细胞内 K^+ 高于细胞外 25 ~ 30 倍, 而细胞外 Na^+ 、 Cl^- 则大大高于细胞内。细胞膜是半透膜, K^+ 的直径为 $3.96\text{\AA}$ 、 Na^+ 的直径为 $5.12\text{\AA}$, 故对 K^+ 、 Cl^- 具有通透性, 对 Na^+ 的通透性较差, 有机阴离子则完全不能透过。由于细胞内、外离子的浓度差, 使细胞内的 K^+ 渗出于细胞外, 少量 Cl^- 则自细胞外渗入细胞内, 故细胞膜外带正电, 细胞膜内带负电, 形成细胞膜电位差, 成为人体生物电来源。

细胞内 K^+ 浓度高, 主要维持细胞内液渗透压, 另一部分与蛋白质结合形成细胞原浆。 Mg^{2+} 在细胞内含量也不少, 主要与蛋白质结合, 起能量代谢的重要作用。 Na^+ 在细胞内含量较少, 而在细胞外液含量极高, 其渗透压作用可抵消细胞内蛋白质吸收水分的能力。保护细胞不致膨胀。 HPO_4^{2-} 为细胞内的主要负离子, 对能量代谢、葡萄糖代谢起重要作用。负离子蛋白质是细胞原浆的重要部分, 故含量高于血浆蛋白质。由于细胞内液 HCO_3^- 较少, 故细胞内液呈酸性, pH 6.8 ~ 7.0, 而细胞外液为 7.4。细胞内液的 HCO_3^- 对酸、碱平衡调节起次要作用。

(关智勇)