

水:生命的液体

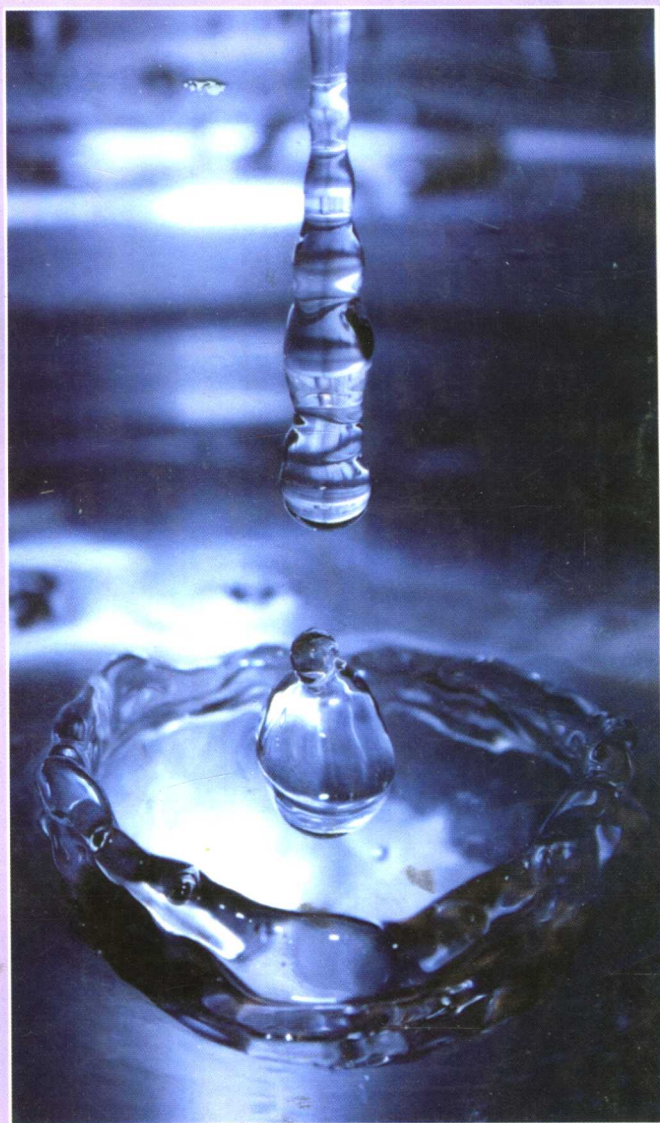
Hydration: Fluids for Life

国际生命科学学会
北美分部

专题系列

Ann C. Grandjean
Sheila M. Campbell

李可基 尹杰 赵文华 译
陈君石 审



北京大学医学出版社



国际生命科学学会中国办事处

ILSI 北美分部

水： 生命的液体

Hydration: Fluids for Life

国际生命科学学会北美分部

Ann Grandjean, EdD, FACN, CNS

Sheila Campbell, PhD, RD

李可基 尹 杰 赵文华 译

陈君石 审



北京大学医学出版社



国际生命科学学会中国办事处

Hydration: Fluids for Life

Ann Grandjean, EdD, FACN, CNS

Sheila Campbell, PhD, RD

© 2004 ILSI North America

ILSI North America

One Thomas Circle, NW, Ninth Floor

Washington, DC 20005

SHUI: SHENGMING DE YETI

图书在版编目 (CIP) 数据

水——生命的液体/ (美) 格兰德琼 (Grandjean, A.)
著; 李可基, 尹杰, 赵文华译. —北京: 北京大学医学
出版社, 2006

书名原文: Hydration: Fluids for Life

ISBN 7-81116-006-4

I. 水... II. ①格...②李...③尹...④赵...

III. 水—关系—健康—基本知识 IV. R123

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 158940 号

北京市版权局著作权合同登记号: 01—2006—1173 号

水: 生命的液体

译者: 李可基 尹杰 赵文华

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地址: (100083) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

网址: <http://www.pumpress.com.cn>

E-mail: booksale@bjmu.edu.cn

印刷: 莱芜市圣龙印务书刊有限责任公司

经销: 新华书店

责任编辑: 赵蔚 责任校对: 简一 责任印制: 张京生

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 3.25 字数: 50 千字

版次: 2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-81116-006-4/R·006

定价: 12.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

本书由

国际生命科学学会中国办事处

资助出版

前言

“多少人无爱生命犹
存，但没有人无水可
保全性命。”

W H Auden
(1907~1973)

诗人颂扬水是万灵的生命之液。科学家和医生们没有那样多幻想，更现实地将水称作营养素。事实上，诗人的描述更加恰当。对于生命，水是仅次于氧气的必需物质。古代的民谚有这样的叙述：一个人若没有食物，可以生存 3 周；没有水，可以生存 3 天；但若没有空气，则只能生存 3 分钟。

多年来，我们一直想当然地认为口渴感可以保证我们摄入足够的水。如今，我们开始重视体水的作用与平衡，我们已经认识到体水不足和电解质代谢紊乱的危害。健康年轻人的死亡，对疗养院老人脱水的进一步认识，以及近年来有关维持正常水合状态的体液类型和数量的新发现使这本书的内容更具价值。

刊载于 2003 年 8 月号的营养述评 (Nutrition Review) 上的首篇文章是由国际生命科学学会 (ILSI) 北美分部水合项目委员会发表的一篇有关水合的综述。这篇文章虽然短，但全面概括了有关问题，大部分内容也代表了现有的认识。然而，由于美国食物与营养委员会 (FNB) 在 2004 年发表了《水、钾、钠、氯和硫膳食参考摄入量》，使得该文章中推荐摄入量部分的内容变得陈旧。此外，由于篇幅的限制，文章中的部分内容，特别是基础生理学和不同人群的信息等方面内容相对简约。因此，国际生命科学学会 (ILSI) 北美分部水合项目委员会想借助这本小册子弥补这些不足。

本书为读者提供了有关的最新知识，包括水的功能，水合状态的测定方法，膳食水的来源以及婴儿、儿童、体力活动多者和老年人水代谢的有关考虑。也介绍了美国食物与营养委员会 (FNB) 2004 年发表的水膳食参考摄入量的有关内容。为了使读者能够获取相关的其他阅读材料和信息，本书还提供了有关参考文献的目录。

关于国际生命科学学会 (ILSI) 和国际生命科学学会北美分部

国际生命科学学会 (The International Life Sciences Institute, ILSI) 是一个世界范围的非营利性学术组织, 建立于 1978 年, 总部设在华盛顿。该学会的工作旨在提高营养、食品安全、毒理学、危险度评估和环境科学问题的有关认识。其分支机构设在阿根廷、巴西、欧洲、印度、日本、韩国、墨西哥、北非和海湾地区、北美、北安第斯地区、南非、南安第斯地区、东南亚地区、中国办事处和 ILSI 健康与环境科学院。ILSI 也通过 ILSI 的研究基金会 (由 ILSI 人类营养研究所和 ILSI 风险科学研究所组成) 和 ILSI 健康促进中心开展工作。

国际生命科学学会北美分部 (ILSI N. A.) 是一个公益性非盈利的学术组织。ILSI N. A. 旨在提高和推广对有关的科学问题的认识和应用, 包括食物供给的营养质量及安全问题、与消费者自我保健产品有关的健康问题。该组织的工作包括资助相关的研究项目、专业教育活动和研讨会、学术报告会以及出版物, 同时从中立的角度组织政府、学术界和工业界科学家论坛, 研讨解决普遍关注的大众健康的有关科学问题。ILSI N. A. 的项目主要得到其工业界成员的支持。

欲获取更多的信息, 请访问网址 www.ilsi.org

致 谢

这本书的出版得到国际生命科学学会北美分部 (ILSI N. A.) 水合项目委员会的支持。该委员会建立于 2001 年, 旨在研究水合有关的各种问题, 包括保持水合状态的适宜液体来源、液体与疾病的关系以及食物和饮料在维持正常水合状态中的作用等方面的科学探讨。

委员会感谢科学顾问 UNMC 人类营养中心 Ann Grandjean 博士和 ILSI 人类营养研究所 Suzie Harris 博士十分宝贵的支持。委员会向 Sheila Campbell 博士为本书撰写所做的宝贵贡献表示诚挚的谢意。委员会也向作为本书主要作者的 Ann Grandjean 博士转达由衷的感谢。委员会还要向委员会主席可口可乐公司的 Maxime Buyckx 博士和委员会干事 Heather Harland Steele 女士为本书所做的贡献致谢。

ILSI North America Project Committee on Hydration

Cadbury Adams USA, LLC

Campbell Soup Company

The Coca-Cola Company

Danisco USA

Kraft Foods, Inc.

Nestlé, USA, Inc.

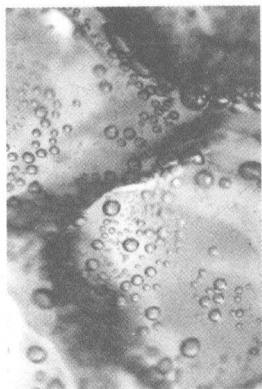
The Gatorade Company

Unilever Bestfoods NA

目 录

前 言	I
关于国际生命科学学会和国际生命科学学会北美分部	II
致 谢	III
水——生命之液	(1)
附录 A	(29)
附录 B	(30)
参考文献	(32)

水——生命之液



水是目前所知地球上和我们体内最丰富的物质。例如，一个8磅重的婴儿体内有近6磅重量是水。水不仅仅在人体内含量丰富，由于所有代谢反应都发生在水介质中，因此水也是生命所必需的物质。这本小册子将综述有关水在体内的功能与分布，描述体内发生的水平衡失调，介绍现行的水推荐摄入量，描述特定年龄的相关问题。

体水的功能和分布

水的各种不同理化性质使其承担着多种关键的机体功能。水维系生命的作用包括：

- 水将营养素运至细胞，又将代谢废物运出细胞，水还转运着各种生物活性物质，如激素、酶、血小板、血细胞等。因此，水使细胞的代谢过程和化学功能顺利进行。
- 水是非常好的溶剂和悬浮介质。许多物质溶解或悬浮在水中，并可以通过各种反应形成新的物质。水的这种性质还可以使体内的代谢废物和毒物通过尿排出。
- 水作为溶剂与各种粘性分子一起形成润滑关节的润滑液、润滑消化道和泌尿道的粘性液体、润滑内脏的浆液以及形成在食物通过消化道时起润滑作用的唾液和其他消化道分泌液。
- 水吸收热量以后自身的温度变化相对较小，由于这种容热能力，水通过吸收热量、产生和蒸发汗液释放热量以帮助机体调节体温。
- 水是机体结构的重要成分，它参与维持细胞的形状和完整细胞膜的组成，它还通过其缓冲作用保护各个脏器，机体结构的维持也需要它的帮助。

人体内的水分总量通常称作体水总量 (TBW)。年龄、性别、肌肉和脂肪组织的数量可以造成个体间体水总量的差异。生长发育、体重增加或降低、妊娠和哺乳等情况也可以引起体水总量的变化。除了这些情况，健康人体水总量的变化应该很小。但是个体间体水总量存在着很大的差异，这是由于多种因素造成的。成年人的去脂体重约有 70%~75% 为水，而脂肪组织约有 10%~40% 的成分为水。因此，由于女性体内脂肪成分的相对比例更高，其体内水的相对比例比男性低。随着肥胖程度的增加，脂肪组织中水的比例降低 (Laaksonen 2003)。

随着年龄的增加，体水总量降低，其原因主要是肌肉组织的丢失 (Rose 2001)。例如，出生时的水分含量大约是 74%，女性到 51 岁时，水分就只占体重的 47% 了；而同一年龄的男性，水分所占的重量约为体重的 56%。表 1 显示了不同年龄和性别的总体水。

体水总量在体内成两室分布。所有存在于细胞外的液体总称为细胞外液 (ECF)，而存在于细胞内的水称为细胞内液 (ICF)。细胞外液可以进一步分为 3 个部分，其中比例最大的一个部分是组织间液，约占细胞外液的 3/4。其余的 1/4 几乎全部是血浆，只有很少一部分是跨细胞液，如关节液、腹腔液、心包液、脑脊液和眼房水，它们合起来的体积仅有 1~2L。

表 1 不同年龄性别人群总体水总量占体重百分比

人 群	体水总量的体重百分比，均值 (范围)
0~6 个月	74 (64~84)
6 个月~1 岁	60 (57~64)
1 ~ 12 岁	60 (49~75)
12 ~ 18 岁 男性	59 (52~66)
12 ~ 18 岁 女性	56 (49~63)
19 ~ 50 岁 男性	59 (43~73)
19 ~ 50 岁 女性	50 (41~60)
51 岁以上，男性	56 (47~67)
51 岁以上，女性	47 (39~57)

引自：FNB (2004)，原始文献自 Altman (1961)

存在于体内上万亿个细胞中的液体总称为细胞内液，所以细胞内液并不是实际意义上的一室。这里的室只是一个泛指体内具有同一化学成分或生物学行为的功能区的非特定术语。不同组织的细胞，溶质的成分和含量也不同，但钠和氯的浓度均是细胞外液中高，而细胞内液中钾的分布则不同，细胞内液中高，而细胞外液中低或没有。由于这一共性，所以将各种不同细胞的液体一起视作一个大的体液室。细胞内液是主要细胞活动的介质，包括酶促反应，因此机体必须尽力维持一个稳定的离子环境。

细胞外液起着细胞与器官之间的管道作用，并且能调节细胞内液的体积和离子强度。细胞外液可以进一步分为血浆和组织间液，体内所有细胞都浸浴在组织间液中。细胞外液的较小部分是跨细胞室，包括脑脊液、眼房水、胸腔液、腹腔液、关节滑膜液和消化液。

组织间液充盈在细胞之间的间隙之中，连接着细胞内液和血液这两个体水代谢室。总体水约有 15% 存在于骨和致密的结缔组织中，但是这种水的动员明显慢于其他室的水。跨细胞液的总量很少，由细胞转运活动中产生的体液所构成（例如尿液、脑脊液、胃肠液等）。有关这些水代谢室的大小和特殊成分、维持其特性的因素将在后面的章节里论述，同时后面的内容还将讨论水代谢异常及其原因和影响。

一个水代谢室中溶质的量决定其体积或容量。水在两个室之间的移动不仅决定于二者之间渗透压的差别，同时也受到胶体平衡和两个室净水压的影响。胶体渗透压由体液中的胶体成分（主要为血浆蛋白）形成，后者一般存在于血管系统。胶体渗透压与净水压基本相抵，所以仅有很少量的液体穿过血管壁的屏障。在稳态的情况下，每个水代谢室的容量是恒定的。各个水代谢室的成分见表 2。

细胞水合状态和体积的调节对于维持细胞正常功能具有关键作用 (Lang and Waldegger 1997)。细胞通过增加其内部的低分子量无机分子和有机渗透溶质来适应外部渗透压的增加 (Häussinger 1996)。

体液中关键的无机离子是钠、钾、氯和碳酸氢根。钠离子是细胞外液中的主要离子，也是维持体液总量和细胞内外液容量的基本渗透压溶质。由于构成细胞外液渗透压的活性颗粒中有 90%~95% 是钠及其对应负离子氯和碳酸氢根，因此血浆和组织间液这两个细胞外液主要部分的容量的维持主要依赖体内的总钠、氯和碳酸氢根 (Valtin and Schafer 1995)。已经证明，体内总钠量受细胞外液容量变化的影响，而总体水的分布则受到血清钠浓度的影响。虽然从重量上讲，血浆蛋白质是血浆中的主要成分 (约 70g/L)，但是它们对血浆总渗透压的贡献不足 1%。由于水可以自由穿过细胞膜，所以水在细胞内液和细胞外液之间的移动受两个室的渗透压差控制。

表 2 细胞外液和细胞内液的电解质浓度

	血 浆		组织间液		血浆水		肌肉细胞水	
	(mEq/L)	(mmol/L)	(mEq/L)	(mmol/L)	(mEq/L)	(mmol/L)	(mEq/L)	(mmol/L)
Na ⁺	140	140	145.3	145.3	149.8	149.8	13	13
K ⁺	4.5	4.5	4.7	4.7	4.8	4.8	140	140
Ca ²⁺	5.0	2.5	2.8	2.8	5.3	5.3	1 × 10 ⁻⁷	0.5 × 10 ⁻⁷
Mg ²⁺	1.7	0.85	1.0	0.5	1.8	0.9	7.0	3.5
Cl ⁻	104	104	14.7	114.7	111.4	111.4	3	3
HCO ⁻	24	24	6.5	26.5	25.7	25.7	10	10
SO ₄ ²⁻	1	0.5	1.2	0.6	1.1	0.55	—	—
磷酸	2	1.1 ^a	2.3	1.3 ^a	2.2	1.2 ^a	107	57 ^b
蛋白质	15	1	8	0.5	16	1	40	2.5 ^c
有机离子	5	5 ^d	5.6	5.6 ^d	5.3	5.3 ^d	—	—

^a 计算时假设细胞外液的 pH 为 7.4，H₂PO₄ 的 pK 值为 6.8。

^b 细胞内磷酸的质量摩尔浓度根据有机磷酸的 pK 值为 6.1 和细胞内液 pH 为 7.0 的假设计算。

^c 计算时假设每毫摩尔细胞内液蛋白质的平均毫克当量为 15，但实际上细胞蛋白质的性质并不完全清楚。

^d 假设所有有机负离子为单价。

引自: Oh and Uribarri (1999)

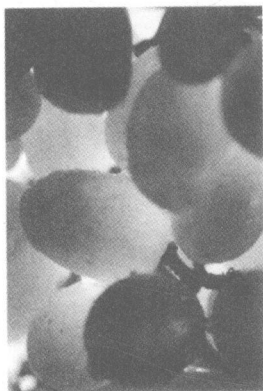
除了无机离子以外，有些细胞在肿胀或皱缩时还蓄积或释放一些有机化合物 (Häussinger 1996; Lang and Waldegger 1997)。这些有机化合物只是很少的几类有机多元醇类渗透溶质和甲胺类物质，前者有肌醇和山梨醇，后者有甜菜碱和 α-磷酸甘油胆碱，此外，还有某些氨基酸，如牛磺酸。即使在浓度较高的情况下，这些物质通常也不影响细胞的代谢。

由于生命活动需要维持血液的正常渗透压 (280mOsm/kg

H₂O), 因此, 机体有几个机制来保证水的平衡。血浆渗透压即使有 1% 到 2% 的升高, 都会刺激下丘脑分泌加压素。加压素产生强烈的口渴干, 刺激水的摄取。与此同时, 垂体分泌抗利尿激素, 作用于肾脏, 浓缩尿液, 减少尿量。机体的水合状态和脱水的分级, 部分地取决于水在尿液和血浆中的分布。

水的平衡、交换和失衡

体水的平衡指水摄入和水丢失之间的最终结果 (Mudge and Weiner 1990)。当二者的净差相等时, 体水维持一个平衡状态。假定水的供应充足, 口渴刺激饮水, 没有异常因素影响主要的水丢失途径, 那么体水的平衡则得以保持。通常用“水合”和“正常水合”描述这种水平衡状态。



水合状态的微小波动难以检测, 这是因为机体不断地通过各种调控机制努力保持血浆容量并恢复内环境的稳定, 而反映这种波动的生物标志物在脱水和再水合过程中的任一点都是不稳定的 (Shirreffs 2000; Speedy 2001)。同时, 一个已知的生物标志物的敏感性会随脱水的程度及其持续的时间而变化 (Francesconi et al. 1987; Walsh et al. 1994)。研究者们不断地在寻找能够反映脱水的生化指标 (Francesconi et al. 1987; Armstrong et al. 1994; Walsh et al. 1994; Bergeron et al. 1995; Gorelick et al. 1997; Pollock et al. 1997; Armstrong et al. 1998; Shirreffs and Maughan 1998; Grandjean et al. 2000; Popowski et al. 2001), 但到目前为止, 还没有找到一个与急性、微小的体重变化明确相关的指标。

尽管尿液和血液的分析测定始终是水合状态临床评估的基础, 但体重变化仍旧是反映体水变化的最通用、有效、经济可行的代用指标。电阻抗和同位素稀释技术为新的研究提供了机会, 但实际应用受到限制。然而不论采用什么方法, 综合使用多个指标评估水合状态可以增加评定结果的可靠性。下面将就现有技术做一个简短的介绍。

电阻抗和同位素稀释技术。理论上, 通过重复测量, 同位素稀释技术测定体水总量为直接评估机体的水合状态变化提供了一个机会。但一次测定并不能表明水合状态的变化。虽然通过重复测量体水总量来评估水合状态的变化可以确定水合状

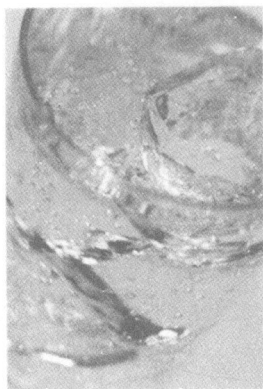
态,但是技术条件、费用以及对受试个体的要求使同位素稀释技术的应用受到限制,将其作为一项常规检测方法并不实际。同位素稀释技术使用安替比林、重水(D_2O)和氚化水(HTO)等作为标记物。生物电阻抗分析(BIA)和生物电阻抗谱(BIS)利用电流测定电导率。

通常测定体液总量并不是检测的目的。例如,在生物电阻抗分析时通常用体液总量的测定来预测去脂体重,或者在使用重水稀释法时体液总量的测定结合 ^{18}O 来预测总能量消耗。就电阻抗法和同位素稀释法而言,除了方法的复杂性和费用高以外,它们有一定的测量误差,也缺乏全人群的效度评估(Zappe et al. 1993; Valtin 1995; Koulmann et al. 2000; FNB 2004)。据估计,同位素稀释法检验误差的范围大约在1%到2%之间(Thomas et al. 1999)。还有学者报道电阻抗法及生物电阻抗谱法与同位素稀释法的检测结果可以相差2到3升(Schoeller 1996; Ellis and Wong 1998)。此外电阻抗分析(BIA)不能分辨等渗性失水引起的体液变化(FNB 2004)。电阻抗法和同位素稀释法为研究机体的水合状态提供了新的途径,但它们的实际应用也有局限性。

血浆指标。血浆渗透压受机体稳态调节系统的严密控制,同时也是机体调节水平衡的主要生理信号。血浆渗透压水平的生理变化很小,基本在 $\pm 2\%$ 的范围内。 $280\sim 290\text{mOsm/kg}$ 是其“调定点(set-point)”。但是,这一“调定点”随年龄增长有所增加,而血浆渗透压的个体差异范围也随年龄有所增加。在严重脱水的情况下,血清渗透压增加。但是作为一个常用指标,血浆渗透压反映脱水的变化比血清渗透压更为敏感(Shirreffs and Maughan 1998)。

除了血浆渗透压以外,还有若干其他血液指标用于评估水合状态,如睾酮、肾上腺素、去甲肾上腺素、皮质醇、心房肽、醛固酮、血尿素氮(BUN)、血尿素氮/肌酐比值、钠、钾、红细胞压积和血浆蛋白(Lavizzo-Mourey et al. 1988; Dauterman et al. 1995; Hackeny et al. 1995; O'Brien et al. 1996; Shirreffs and Maughan 1998; Speedy et al. 2001)。这些血液指标的选择需要根据具体情况,结合体重和临床症状体征,可以增加有关血液指标诊断的可靠性。

尿液指标。尿液常用于水合状态的诊断 (Francesconi et al. 1987; Armstrong et al. 1994; Walsh et al. 1994; Wilmore and Costill 1994; Weinberg and Minaker 1995; Arant 1996; Pollock et al. 1997; Shirreffs and Maughan 1998; Yankanich et al. 1998; Popowski et al. 2001)。与红细胞压积、血清渗透压和血钠相比,有报道认为尿比重和渗透压反映中等水平非急性水丢失和急性脱水更为敏感 (Walsh et al. 1994; Armstrong et al. 1998; Popowski et al. 2001)。在现场检测条件下,尿色与尿比重和渗透压相关 (Armstrong et al. 1994; Popowski et al. 2001)。而在急性 (<4 小时) 脱水 (5% 体重) 情况下,尿比重和渗透压的变化慢于血浆渗透压的变化 (Francesconi et al. 1987)。因此,尿液指标的可靠性取决于临床或实验条件。此外,肾功能随年龄增长而降低,因此尿量和尿浓度的有关指标不能很好地反映老年人的水合状态。



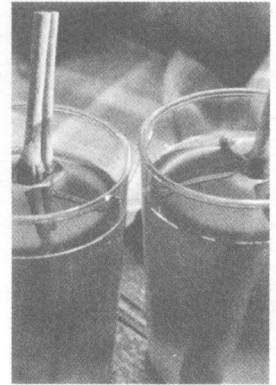
尿量的变化与机体水合状态呈相反的趋势,因此常用作反映水合状态的一个指标。正常水合状态下,尿液的产生大约为每小时 100ml,尿量过多 (300~600ml/h) 表明液体的摄入量很可能过多,而在脱水时,尿量通常少于 30ml/h。24 小时尿量能够更好地反映水合状态,但是由于收集尿液的难度,存在尿液收集不全的可能性,这个指标并不常用。像血液指标一样,尿液指标的选择需要根据具体情况,结合体重和临床症状体征,可以增加有关尿液指标诊断的可靠性。

体重变化。尽管尿液和血液的分析测定始终是水合状态临床评估的基础,但体重改变仍旧是最普及、最有效、经济可行、能够间接反映体水变化的代用指标。不过必须认识到,体重受到多种因素的影响。如果能够有效地控制这些影响因素,体重能比同位素稀释法的重复测定结果更有效地反映体水总量的变化 (Gudivaka et al. 1999)。当然,不论选择什么方法,使用一系列指标评估水合状态可以增加评估结果的可靠性。

如前所述,水平衡是水摄入与水丢失之间的最终结果。通常,健康成人对负水平衡的反应包括增加液体的摄入和浓缩尿液减少液体的排出。因此,水的负平衡通常持续时间很短并且是自限性的。但是,水的丢失和摄入受到各种因素的影响,这些因素也可能对水合状态产生负面影响。

水分丢失

在温和的气候条件下，从久坐少动到中等体力活动水平的个体通过尿液、粪便、呼吸和蒸发途径丢失水。机体每天有一个最低量的水丢失，称作必需丢失量。必需丢失量受到多种因素影响。例如，为了通过泌尿系统排出体内的各种代谢产物，必须保证一定的尿量。保证这一必需尿量所需要的最低水量取决于每天需要排出的代谢产物的数量（主要决定于膳食）和最大的尿浓缩能力（Howard 1998; Singer and Brenner 1998）。尿的浓缩能力随年龄增加而降低（Bergmann et al. 1974; Phillips et al. 1984），肾病也可以降低尿的浓缩能力。正常情况下，由粪便丢失的水很少，一般只有约 100ml/d（Alper 1968; FNB 1989）。下面简要概述各种水丢失。



隐性水分丢失和出汗。体内水分可透过皮肤（经皮扩散）并蒸发丢失，也可通过呼吸道排出体外，两者丢失的水分被称为隐性失水。隐性水分丢失与机体代谢产热的逸散有关（Benedict and Root 1926; Johnston and Newburgh 1930）。即使在热能消耗和体表面积相等的情况下，不同个体通过皮肤和隐性丢失的水分量也不同。环境的温度和湿度、气压、海拔、吸氧量、气流速度、着装、皮肤血流量以及体内水分含量都可以对隐性失水量产生影响（Newburgh and Johnston 1942）。例如，通过呼吸道排出的水量会受到体力活动、缺氧和高碳酸血症的影响。体力活动对隐性失水量和出汗量的影响均比环境条件明显（见图 1）。

当辐射方式不足以散出机体产生的过多热量时，人体则开始出汗。当机体处于高温和/或重体力负荷时，汗液的蒸发成为机体最主要的散热方式，以此来维持人体的理想体温。炎热气候下的体力活动者每天损失的汗液可达几升之多。（见“运动的儿童和成人”部分）

尿液丢失。肾脏是整个机体水平衡的主要决定器官，当水供给不足时可以保存水分，而在水摄入过量时可以排出多余的水分。同时，由于体内主要溶质的排泄取决于肾脏，因此肾脏在维持溶质平衡方面也起着关键性作用。正是这种溶质与水摄入及溶质与排泄之间的平衡决定了机体不同水代谢室的渗透压。

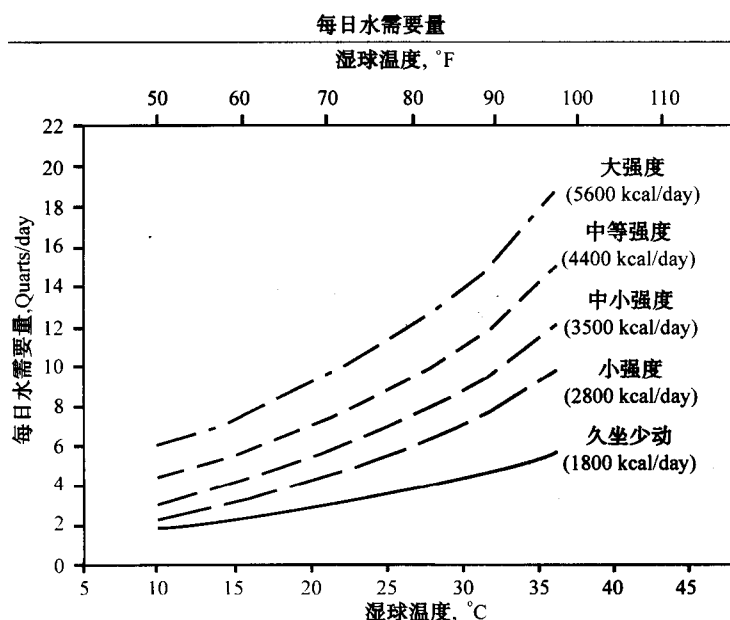


图1 每日水需要量估计值是环境温度和总能量消耗的函数。经 Sawka 和 Montain (2001) 许可引用。版权 2001 属于国际生命科学学会 (ILSI)

经肾脏丢失的最小水量是肾脏溶质负荷 (RSL) 所需要的水量。肾脏溶质负荷指所有必须通过肾脏进行排泄的溶质，这些物质主要来源于膳食。在稳定状态下，机体每天的溶质排泄量与每日溶质负荷量必须相等。在肾脏溶质负荷排泄的同时需要一定量的水分以尿液的形式排泄掉，因此，最低尿量所需的水量取决于溶质负荷量和肾脏对尿的浓缩能力。对成人来说，肾脏溶质负荷主要来自于尿素、钠离子、氯离子和钾离子。当膳食成分已知时，成人的肾脏溶质负荷可以根据如下公式计算：

$$\text{肾脏溶质负荷 (mOsm)} = [\text{蛋白质 (g)} \times 5.7] + [\text{钠 (mEq)}] + [\text{钾 (mEq)}] + [\text{氯 (mEq)}] \quad (\text{Fomon and Ziegler 1999}).$$

成人每日需排泄的溶质量一般为 600~900 毫渗透分子 (mOsm)。而肾脏的最大浓缩能力约为 1200 mOsm/kg H₂O。因此，机体的最小排尿量约为 500ml/d。相比之下，如果一个个体完全不能对尿液进行浓缩，那么每日 600 mOsm 的溶质负荷则需要 8L 的尿液来进行排泄。由于肾脏的浓缩能力不是固