小儿围术期液体和输血管理指南（2017 版）

左云霞、朱波、庄蕾、连庆泉（负责人/共同执笔人）、肖玮、宋兴荣、张马忠、张建敏、周期、姜丽华、倪诚、康荣田、曾睿峰（共同执笔人）、潘志英

扫一扫下载指南原文

一、概述

小儿围术期液体管理不当，液体输入过多或不足，未及时纠正水与电解质紊乱，均可引起诸多问题，较成人更易危及生命。本指南在中华医学会麻醉学分会《小儿围术期液体和输血管理指南（2014 版）》的基础上，吸纳近年该领域最新临床证据与研究成果，予以修订和补充。

本指南将主要涉及以下内容：各年龄组小儿液体生理需要量的计算方法、小儿围术期液体缺乏的评价和纠正、各年龄组小儿术中液体治疗的推荐意见和围术期血容量评估及输血的建议。

二、小儿液体管理特点

要实现小儿液体的正确管理，须首先了解小儿的生理特点以及伴随其生长发育所发生的变化。

（一）体液总量和分布

体液占人体体重的一半以上，胎儿期到儿童期的生长发育过程中，机体体液的比例发生着巨大的变化。年龄越小，体液所占体重比例越大，主要是间质液量的比例较高，而血浆和细胞内液量的比例与成人相近（表 1）。

表 1 不同年龄的体液分布（占体重的%）

体液分布	新生儿	1 岁	2～14 岁	成人
体液总量	80	70	65	55～65
细胞内液	35	40	40	40～45
细胞外液	45	30	25	15～20
间质液	40	25	20	10～15
血浆	5	5	5	5

（二）体液成分

小儿体液成分与成人相似，新生儿在出生后数日内血钾、氯、磷和乳酸偏高，血钠、钙和碳酸氢盐偏低，细胞内、外液的化学成分见表 2。

（三）各年龄组体液代谢的特点

1.新生儿

出生后的最初几天内，水的丢失可使体重下降 5%～15%。出生第 1 天的液体需要量相对较低，数天后液体丢失及需求相对增加，每日水转换率（100ml/kg）亦明显高于成人（35ml/kg），体液总量、细胞外液和血容量与体重之比均大于成人。

新生儿心血管代偿能力差，两侧心室厚度相近，液体过负荷易出现全心衰。如体液丢失过多，易致低血容量、低血压，严重者可使肺血流量减少，引起低氧血症和酸中毒，致使动脉导管开放并可能恢复胎儿循环。

新生儿肾脏发育尚未完善，肾小球滤过率仅为成人的 15%～30%，肾小管未充分发育，肾脏维持水和电解质正常的能力比成人差。

表 2 小儿体液成分

体液成分	细胞外液	细胞内液
渗透浓度（mmol/L）	290～310	290～310
阳离子（mmol/L）	155	155
Na^{+}10	138～142	10
K^{+}	4.0～4.5	110
Ca^{2+}	2.3～2.5	
Mg^{2+}	1.5	20
阴离子（mmol/L）155	155	155
Cl^{-}	103	
HCO^{3-}	27	10
$SO4^{2-}$		55
$PO4^{2-}$		
有机酸	6	
蛋白质(mEq/L)	16	40

2.婴儿期

对容量过多的耐受性仍然较差，虽然发生全心衰的几率比新生儿低，但仍易发生心衰。肾脏对水、电解质的调节能力较差。婴儿体内液体不足时，易致代谢性酸中毒和高渗性脱水。

3.幼儿期

机体各器官的功能逐步接近成人水平，在不同前、后负荷情况下，维持正常心排出量的能力以及肾小球的滤过率和肾小管的浓缩功能已接近成人，对液体的管理与成人相似。正常小儿每日失水量见表 3。

三、围术期输液

小儿围术期液体治疗的目的在于提供基础代谢的需要（生理需要量），补充术前禁食和围手术期的损失量，维持电解质、血容量、器官灌注和组织氧合正常。

表 3 正常小儿每日失水量（ml/100kcal）

失水形式	失水途径	失水量
非显性失水	肺	14
	皮肤	28
显性失水	皮肤出汗	20
	大便	8
	排尿	50～80
合计		120～150

（一）术前评估

择期手术的患儿，因术前禁食多有轻度液体不足。对于正常健康的患儿，缩短术前禁食时间，术前 2 小时饮用清饮料，可以让患儿更舒适并改善机体容量，这对于婴幼儿更为重要【详见《成人与小儿手术麻醉前禁食和减少肺误吸风险药物应用指南（2017）》】。

严重创伤、肠梗阻、伴有胸、腹水的患儿可能存在进行性的血容量丢失和第三间隙的液体转移。术前有发热、呕吐和腹泻等临床情况者可伴有不同程度的脱水。婴幼儿可通过观察黏膜、眼球张力和前囟饱满度对失水程度进行粗略评估（表 4）。儿童体重减轻是判断脱水的良好指征。尿量是评估和治疗脱水的重要指标。进一步的生化检查有助于确定脱水的性质：低渗性（血浆渗透浓度<280mOsm/L，血钠<130mmol/L）、等渗性（血浆渗透浓度 280～310mOsm/L，血钠 130～150mmol/L）或高渗性（血浆渗透浓度>310mOsm/L，血钠>150mmol/L）。

（二）输液量的确定

1.维持性输液

补充生理需要量，可根据体重、热卡消耗和体表面积计算。手术期间根据患儿体重按小时计算（表 5）。

表 4 新生儿和婴幼儿脱水程度的评估			
体征与症状	轻度	中度	重度
失水量占体重比例	3%～5%	6%～9%	>10%
全身情况	激惹，不安	口渴，嗜睡	冷，虚汗，虚弱
脉搏	正常	快，细弱	快，微弱
呼吸	正常	深，快	深，快
囟门	正常	凹陷	极度凹陷
收缩压	正常	正常或降低	降低，难于测定
皮肤张力	正常	减弱	明显减弱
眼睛	正常	凹陷，干燥	交叉性凹陷
黏膜	潮湿	干燥	极度干燥
尿量	正常	减少,	色暗少尿，无尿
毛细血管充盈时间	正常	<2 秒	>3 秒
估计失水量	30～50ml/kg	60～90ml/kg	100ml/kg

表 5 小儿维持液需要量		
体重(kg)	每小时液体需要量	每日液体需要量
0～10	4ml/kg	100ml/kg
10～20	40ml+2ml/kg*	1000ml+50ml/kg*
>20	60ml+1ml/kg**	1500ml+25ml/kg**

*（体重－10）部分，每 kg 增加量；**（体重－20）部分，每 kg 增加量

例如：15kg 小儿每小时水需要量＝(4×10)+(2×5)＝50ml/h

每日水需要量＝(100×10)+(50×5)＝1250ml/24h

正常条件下每代谢 1kcal 热量需 1ml 水。因此，清醒儿童的热卡和水消耗是相等的。10kg 以下婴儿对于热卡的生理需要量为 100cal/(kg d)，其中 50%用于维持基础代谢，另 50%用于生长发育。10kg 以上婴儿生长发育减缓，热卡需要相应减少为 50cal/(kg d)，即 1000cal+50cal/(kg d)。20kg 以上幼儿生长进一步减缓，热卡需要减至 25cal/(kg d)，即 1500cal+25cal/(kg d)。临床治疗时须参考计算结果并根据患儿对液体治疗的反应决定治疗方案：

（1）足月新生儿（胎龄＞36 周）出生后最初几天会正常丢失占体重 10%～15%的水分，液体的维持需要量减少（表 6）；

表 6 出生最初几天的维持液需要量		
年龄（天）	每小时液体需要量 (ml/kg)	每日液体需要量 (ml)
1	2～3	20～40
2	3～4	40～60
3	4～6	60～80
4	6～8	80～100

（2）足月新生儿在出生后 48h 内应给予 10%葡萄糖 2～3ml/(kg ·h)或 40～80ml/(kg.d)；

（3）＜2kg 的早产儿液体治疗推荐至少 4ml/(kg ·h)或 100ml/(kg ·d)，并应每日监测体重和电解质，及时确定治疗方案；

（4）儿童出现以下情况时液体维持需要量增加：发热（体温每升高 1℃，热卡消耗增加 10%～12%）、多汗、呼吸急促、代谢亢进（如烧伤）、处于暖箱中或光照治疗中的儿童，失水量将明显增加，在计算需求量时应考虑；

（5）PICU 中处于镇静状态和吸入加湿气体的患儿，液体维持量是否需减少，目前意见尚不统一，多数认为不会影响液体的维持量。

2.补充性输液

补充不正常的失水，包括禁食、消化液丢失（腹泻、呕吐、胃肠引流等）、手术创伤等导致的局部液体丢失或失血。

（1）补充因术前禁食引起的缺失量

按禁饮时间计算需补充的缺失量，即生理需要量×禁饮时间。计算得出缺失量，在手术第 1 个小时补充半量，余下液量在随后 2 小时内输完；

（2）补充不同手术创伤引起的液体丢失（如体腔开放、浆膜下液体积聚等），一般小手术 2ml/(kg ·h)、中等手术 4ml/(kg ·h)和大手术 6ml/(kg ·h)，腹腔大手术和大面积创伤时失液量可高达 15ml/(kg ·h)。

（三）输液种类的确定

围术期可供选择的液体包括晶体液和胶体液，应根据患儿的需要，并考虑液体的电解质、含糖量和渗透浓度进行选择（表 7）。通常，小儿围术期使用无糖等张平衡盐溶液(Balancedelectrolytesolutions,BEL)是比较理想的，而较小的婴幼儿可以酌情使用含 1%～2.5%葡萄糖的平衡盐溶液。当手术中失液、失血较多时应增补胶体液，可视具体情况选用白蛋白等血液制品或羟乙基淀粉、明胶类等血浆代用品。羟乙基淀粉不推荐用于脓毒症、肾功能损害等重症患者。

1.低张性液体

原则上维持性补液可选用轻度低张液，如 0.25%～0.5%氯化钠溶液。但大量输注容易导致术后低钠血症，甚至引起脑损伤，对小儿是非常危险的。术中、术后不推荐使用低张性液体，应加强对血浆电解质的监测。

2.等张性液体

等渗液的丢失继发于创伤、烧伤、腹膜炎、出血和消化道的液体丢失，术中所有的体液丢失都应以等张溶液（平衡盐溶液、林格液或生理盐水）补充。

3.葡萄糖液

大多数儿童对手术刺激有高血糖反应，而输入含糖溶液将加重血糖的升高。小儿手术过程中不建议常规输注葡萄糖液，但要注意以下几点：

（1）多数患儿术中给予无糖溶液，注意监测血糖；

（2）低体重儿、新生儿或长时间手术的患儿应采用含糖（1%～2.5%葡萄糖）维持液，并应监测血糖；

（3）早产儿、脓毒症新生儿、糖尿病母亲的婴儿及接受全肠道外营养的儿童，术中可用 2.5%～5%葡萄糖溶液，应监测血糖水平，并监测电解质，应用过程可能导致高糖血症和低钠血症，避免单次静注高渗葡萄糖；

（4）术前已输注含糖液的早产儿和新生儿术中应继续输注含糖液。

（四）输液注意事项

1.小儿输液的安全范围小，婴幼儿更为明显，计算补液总量时应包括稀释药物（包括抗生素）在内的液体量。建议婴幼儿术中补液使用输液泵控制或选用带有计量的输液器。

2.补液速度取决于失水的严重程度，根据患儿病情缓急、严重程度等具体情况，强调个体化输液，根据患儿对补液的反应及时对补液量和速度作出调整。比如休克患儿，可以给予每次 10ml/kg 的冲击量，以加快液体复苏。

3.判断输液量是否合适最重要的目标是，持续监测心血管指标和尿量，尽可能维持血流动力学稳定，必要时可建立有创血压和中心静脉压监测。大手术时建议加强监测做到目标导向液体治疗（GDT），比如达到以下指标，维持有效血压（参考收缩压=80+年龄×2（mmHg），舒张压=2/3 收缩压，平均动脉压（MAP）=7/9 收缩压）、中心静脉压（CVP）=8~12cmH_2O、尿量≥0.5ml/(kg·h)、中心静脉氧饱和度（$SvcO_2$）≥70%、动脉血氧饱和度（SaO_2）≥93%以及血细胞比容（Hct）≥30%等。

4.胶体液也是药物。对胶体的选择，尤其是羟乙基淀粉的使用要慎重，对于早产儿、新生儿及婴儿，5%白蛋白仍是较好的选择。

表 7 人体血浆及儿童常用静脉输液的成分								
电解质(mmol/L)	人体血浆	生理盐水	乳酸林格液	醋酸林格液	葡萄糖（5%）	白蛋白（5%）	羟乙基淀粉（6%）	琥珀酰明胶（4%）
Na^+	142	154	140	130	-	145±15	154	154
K^+	4.2	-	4.5	-	-	<2.5	-	-
Cl^-	103	154	109	98	-	100	154	120
Ca^{2+}	5	-	3	-	-	-	-	-
Mg^{2+}	3	-	-	3	-	-	-	-
醋酸盐	-	-	-	27	-	-	-	-
乳酸盐	1.2	-	28	-	-	-	-	-
葡萄糖	-	-	-	-	5	-	-	-
pH	7.4	5.0	6.5	7.4			4.0～5.5	7.4
渗透浓度(mOsm/L)	290	308	274	295	252	330	308	250~300

四、围术期输血

（一）术前估计

择期手术患儿要求血红蛋白＞100g/L（新生儿 140g/L），低于此标准时患儿麻醉危险性可能增加。贫血患儿应在纠正贫血后进行择期手术，某些贫血患儿需行急症手术时，术前可输浓缩红细胞。输注 4ml/kg 的浓缩红细胞可大约增高血红蛋白 5g/L。当伴有先天性或获得性出凝血异常（如 vW 因子缺乏症），预计术中出血量可能达血容量 10%以上者，术前应查血型并充分备血。对低血容量或术中可能需大量输血者，应预先置入中心静脉导管。

（二）血容量估计（EBV）

了解血容量以及失血量对小儿尤为重要，同样容量的失血对小儿的影响明显高于成人。例如，1000g 的早产儿，失血 45ml 已相当于其循环血容量的 50%。

最大允许失血量（MABL），术前测定患儿 Hct 和估计血容量(EBV)，MABL=EBV×(术前 Hct－可接受 Hct)/术前 Hct。如失血量<1/3MABL，用平衡液补充；如 1/3MABL<失血量<1MABL，用胶体液；如失血量>1MABL，需要输血制品。

（三）估计失血量

小儿术中应尽量精确估计失血量，但小儿失血量的精确估计较困难，可采用纱布称量法、手术野失血估计法（注意防止低估失血量）等估计失血量，应使用小型吸引瓶，以便于精确计量，术中可使用简易 Hct 和血红蛋白测定，确定丢失红细胞的情况；心动过速、毛细血管再充盈时间和中心-外周温度差是较可靠的参考体征。

应注意可能存在的体腔内（腹腔、胸腔）积血。小婴儿的某些诊断性抽血，可能会造成明显的失血，应限量。

表 8 与年龄相关的血容量及血红蛋白含量		
年龄	血容量（ml/kg）	血红蛋白（g/L）
早产儿	90～100	130～200
足月新生儿	80～90	150～230
<1 岁	75～80	110～180
1～6 岁	70～75	120～140
>6 岁和成人	65～70	120～160

（四）术中输血

1.术中应根据患儿年龄、术前血红蛋白、手术出血量及患儿的心血管反应等决定是否输血。一般来说，对全身状况良好的小儿，当失血量达到估计血容量（EBV）的 15%以上应给予输血。Hct 对指导输血具有非常大的临床意义，通常将 25%作为 Hct 可接受的下限，新生儿、早产儿以及伴有明显心肺疾病的患儿（如发绀型先心病

患儿），Hct 应维持在 30%以上。此外，一岁以上患儿血红蛋白值低于 70g/L 时应给予输血，目标是让血红蛋白值达到 70~90g/L。

表 9 小儿正常 Hct 和可接受的 Hct

年龄	正常 Hct（%）		可接受的 Hct（%）
	均值	范围	
早产儿	45	40~45	35
足月新生儿	54	45~65	30~35
3 月	36	30~42	25
1 岁	38	34~42	20~25
6 岁	38	35~43	20~25

2.婴幼儿术中少量出血，已丢失其相当大部分的血容量。因此，失血操作一开始就必须积极、快速、等量地输血或适量胶体液（如 5%白蛋白或羟乙基淀粉）。

3.小儿输血过程中一般没有必要使用钙剂，除非在容量补足的基础上仍然存在低血压或大量输注血制品时应给予钙剂（10%葡萄糖酸钙 0.2～0.3ml/kg 或 10%氯化钙 0.1～0.2ml/kg）。维持正常的钙离子水平（≥0.9mmol/L）有助于术中止血。

参考文献

1.Holliday M, Segar W. The maintenance need for water in parenteral fluid therapy Pediatrics.1957; 19: 823–32.

2.Lindahl SG. Energy expenditure and fluid and electrolyte requirements in anesthetized infants and children. Anesthesiology. 1988; 69: 377–82.

3.Standl T, Lochbuehlery H, Galliz C, et al. HES 130/0.4 (Voluven) or human albumin in children younger than 2 yr undergoing non-cardiac surgery. A prospective, randomized, open label, multicentre trial. Eur J Anaesthesiol. 2008;25:437–45.

4.Bailey AG, McNaull PP, Jooste E, et al. Perioperative crystalloid and colloid fluid management in children: where are we and how did we get here? . Anesth Analg. 2010; 110:375–90.

5.Osthaus WA, Witt L, Johanning K, et al. Equal effects of gelatin and hydroxyethyl starch (6% HES 130/0.42) on modified thrombelastography in children. Acta Anaesthesiol Scand. 2009 Mar;53(3):305-10.

6.Sümpelmann R, Becke K, Crean P, et al. The European Consensus Statementon intraoperative fluid therapy in children: a step in the right direction. Eur J Anaesthesiol. 2011;28(9):618-19.

7.Choong K, Arora S, Cheng J, et al. Hypotonic versus isotonic fluids after surgery for children. Pediatrics. 2011;128(5):857-66.

8.Perner A, Haase N, GuttormsenAB, et al. Hydroxyethyl starch 130/0.42 versus Ringer's acetate in severe sepsis. N Engl J Med. 2012;367(2):124-34.

9.Myburgh JA, Finfer S, Bellomo R, et al. Hydroxyethyl starch or saline for fluid resuscitation in intensive care. N Engl J Med. 2012;367(20):1901-11.

10.Annane D, Siami S, Jaber S, et al. Effects of fluid resuscitation with colloids vs crystalloids on mortality in critically ill patients presenting with hypovolemic shock: the CRISTAL randomized trial. JAMA . 2013;310(17):1809-17.

11.Mierzewska-Schmidt M.Intraoperative fluid management in children -a comparison of three fluid regimens. Anaesthesiol Intensive Ther. 2015;47(2):125-30.

12.Blood transfusion. NICE guideline NG 24. Published: 18 November 2015.

13.Sümpelmann R, Becke K, Brenner S, Breschan C, Eich C, Höhne C, Jöhr M, Kretz FJ, Marx G, Pape L, Schreiber M, Strauss J, Weiss M. Perioperative intravenous fluid therapy in children: guidelines from the Association of the Scientific Medical Societies in Germany. Paediatr Anaesth. 2017;27(1):10-18.

来源：中华麻醉在线