

临床麻醉 与疼痛医学

(下) 刘铁军等◎主编

临床麻醉与疼痛医学

(下)

刘铁军等◎主编

第十四章 小儿患者的麻醉

第十四章 小儿患者的麻醉

第一节 与麻醉有关的小儿生理解剖特点

小儿处于一个不断发育成长的移行过程，其解剖生理在不断地向成人方向发展、转变，新生儿、婴幼儿解剖生理特点最为突出，其他年龄段则介于新生儿与成人之间，年龄越大越接近成人。

(一) 呼吸系统

胎儿一旦娩出，其呼吸器官必须在1~2分钟内接替胎盘功能，以保证组织的正常氧供，为此需排出肺内液体。经阴道分娩时产道压力达到70cmH₂O，胎儿肺内液体2/3已被挤出，其余液体将在24小时之内经肺内淋巴系统吸收。剖宫产时缺少这一挤压过程，肺内液体吸收时间延长，因而常有短时间的呼吸功能不足。出生时由于缺氧、CO₂蓄积以及寒冷、钳夹脐带等刺激，第一次吸气肺泡张开，需要较大的压力(40~80cmH₂O)。呼吸数次后产生的功能残气量(FRC，正常35~60ml)可以减少随后呼吸道开放所需压力。肺表面活性物质在维持功能残气量方面有重要作用，肺表面活性物质不足，如早产儿，则容易发生急性呼吸窘迫综合征(ARDS)。虽然在妊娠16周，终末支气管已发育完成，但大部分肺泡是生后形成的，最初几年肺泡数迅速增加，约在4~6岁达到成人水平，而肺功能的发育完成则需15~18岁。婴儿肺弹性回缩压低，由于胸壁骨架部分未发育成熟，顺应性高，随年龄增长可逐步下降，15~18岁肺功能完全成熟时降至最低，弹性回缩力增加，使二者达到最佳平衡。由于小呼吸道通畅的维持部分地取决于肺的弹性回缩，故婴幼儿小气道疾患较多。

小儿肺泡通气量与FRC之比为5:1，而成人3:2，亦即肺内氧储备少，但耗氧量高，新生儿耗氧量[6~8ml/(kg·min)]较成人[3ml/(kg·min)]高2~3倍，特别在1~2岁时最高，故对缺氧的耐受能力远不如成人，一旦供氧减少，将迅速出现低氧血症。由于FRC少，吸入麻醉诱导及苏醒均较快。婴幼儿呼吸调节功能与成人相似，对CO₂反应正常，但新生儿PaCO₂常保持在较低水平(35mmHg)，此点可能与对代谢性酸血症的代偿有关。新生儿生后1~2周，对缺氧的反应是双相的，继短暂的呼吸增强之后，迅速转为抑制，且抑制CO₂使呼吸增强的反应，常出现呼吸节律紊乱，进而呼吸停止(respiratory arrest)。新生儿血红蛋白(Hb)约180~200g/L，出生时胎儿Hb(fetal hemoglobin, HbF)占75%~84%，3~6个月逐步减少至正常水平，因HbF与O₂亲和力强，2,3-DPG含量少，故氧离解曲线左移，半饱和氧分压(P₅₀)约19mmHg，向组织释O₂量较少。

P₅₀于出生后迅速增加，4~6个月时达成人水平(27.0mmHg)，6~8个月2,3-DPG则保持在较高水平，以代偿因红细胞生成素少所致的Hb偏低(小儿生理性贫血)，保证8个月~18岁期间血液向组织的释氧量不变。P₅₀为27mmHg的成人Hb100g/L相当于P₅₀为

30mmHg 的婴儿 Hb82g/L 和 P_{50} 为 24.4mmHg 新生儿 Hb136g/L 的释氧量, 而拟手术的新生儿为满足氧运输需要, Hb 最少需 100 ~ 120g/L。

术中动脉血氧分压 (PaO_2) 必须维持在正常范围。应用脉搏血氧计监测 SpO_2 , 可以随时发现动脉血氧的变化。但由于 Hb 的氧亲和力、 P_{50} 随年龄而变化, 如新生儿亲和力高, 生后 3 ~ 6 个月迅速下降, 所以, SpO_2 与 PO_2 关系也因年龄而异。小儿麻醉中保证不发生低氧血症和组织缺氧是完全必要的, 但据最近报道, 新生儿尤其是早产儿一般不宜吸入高浓度氧, 氧供可以满足代谢需要即可, 超需吸入即使是低浓度的氧, 在新生儿期也会引起氧中毒。过量的氧通过氧化应激 (oxydantstress) 可以破坏膜、蛋白、DNA, 对一些发育中的器官造成严重的病理改变, 如早产儿视网膜病 (premature newborn retinopathy)、支气管肺发育不良、儿童癌症等。因此, 术中、术后以及新生儿复苏时首先是改善通气, 使肺泡得到充分扩张, 如 SpO_2 仍达不到需要水平, 可在吸入空气中添加适当比例的氧, 维持 SpO_2 在 85% ~ 88% 到 94% ~ 95% 之间即可。只有严重缺氧、发绀不能改善时才吸入纯氧。

(二) 心血管系统

新生儿出生后由于卵圆孔和动脉导管闭合, 循环走行由平行转为序列, 心室做功明显增加, 尤以左室最为明显, 约增加到 2.5 倍, 6 周后开始逐渐达到正常水平。所以, 生后短时间内左心处于超负荷状态, 即使正常新生儿也面临着心衰的威胁, 先天性心脏病患儿在此期间麻醉手术死亡率高。新生儿和早产儿心肌收缩力均较成人低, 主要由于心肌肌原纤维排列顺序杂乱, 数目少 50%, 可收缩体积明显小, 导致心室顺应性低下, 使心脏舒张期容积和心每搏量均少, 心排血量 (CO) 的增加主要靠心跳次数的增加。小儿麻醉中心率波动范围大, 虽然对心率增快耐受较好, 但仍有一定限度, 过快将使心肌氧耗增加, 甚而导致心衰。反之, 心动过缓将会直接导致 CO 降低, 在婴幼儿, 心率 < 100 ~ 120 次/分即属心动过缓, 表明心肌受抑制。小儿心脏每搏量少, 动脉口径相对较大, 管壁柔软, 故年龄越小, 动脉压越低。按年龄计算血压公式: 年龄 $\times 2 + 80$ = 收缩压。此值的 1/3 ~ 2/3 为舒张压。

由延髓血管运动中枢和心脏抑制兴奋神经单位形成的调节血压和心率的反射弧, 虽在新生儿出生后已初具功能, 但其代偿常不充分, 如咽喉反射引起的呼吸停止、心率减慢, 持续时间稍久, 即可因中枢缺氧而不能启动呼吸, 甚而导致心跳停止 (cardiac arrest), 突然死亡。所有各种吸入麻醉药及静脉麻醉药对心血管均有抑制作用, 且所需浓度较中枢抑制浓度为小, 容易出现血压下降。出生时的血容量个体差异较大, 例如, 延迟夹脐带可使之增加 25%, 与此相反, 在宫内, 胎儿缺氧, 常导致血管收缩, 故窒息的新生儿多有血容量不足。由于出生时交感神经尚未发育成熟, 使其血容量对动脉压的影响非常突出, 故在临床上新生儿血压是反映其血容量的良好指标。出生后的低氧血症可使肺动脉阻力增加, 有使动脉导管和卵圆孔重新开放, 恢复胎儿型循环的危险。

(三) 肾脏发育及功能

足月儿出生后肾小球滤过率 (GFR) 迅速增加, 而早产儿 GFR 低且增速缓慢, 可能与血管阻力高, 滤过面积小和超滤压低等有关。由于 GFR、肾血流 (RBF) 低, 对水的排除能力受限, 出生时由于肾小管发育不成熟而皮质肾单位较长, 排钠较多, 而肾小管钠再吸收能力差, 尿钠排泄率高, 胎龄越小越明显。出生后钠排泄率迅速下降, 成熟儿生后约 3 天降至 1% 以下, 如胎龄不足 37 周的早产儿, 同期继续维持在 3% ~ 9% 高值。远位肾小管再吸

收率低,可能与对醛固酮反应差以及心钠素(ANP)高等有关。为此,应适量补钠,但若输钠过多,又可招致高钠血症和浮肿。新生儿尿排钾少,此点与近位小管 $\text{Na}^+ - \text{K}^+ - \text{ATP}$ 酶活性低,远位肾小管对醛固酮反应差有关。因此,患病新生儿与未成熟儿出生后,由于酸中毒、低血压、肾灌注少等原因,易致钾潴留。新生儿尿浓缩功能差,尿渗透浓度最高仅 $700\text{mOsm}/(\text{kg} \cdot \text{H}_2\text{O})$,未成熟儿更低,而成人可高达 $1200\text{mOsm}/(\text{kg} \cdot \text{H}_2\text{O})$ 。其机制与肾髓质解剖学上发育不成熟,渗透压差小,集合管对醛固酮(ADH)反应差,前列腺素对尿浓缩的抑制有关。新生儿肾调节酸碱平衡能力较差,由于近位小管对 HCO_3^- 再吸收差,细胞外液多,导致 HCO_3^- 浓度相对较低,有机酸排泄少,而伴随发育及蛋白异化所产生的有机酸较多,以及骨代谢产生 H^+ 等原因,容易发生酸中毒。

(四) 神经系统

出生时脑被数片颅骨包围,前囟通常在出生后20个月闭合,闭合前阶段前囟张力对判断脱水及颅内压有重要参考价值。新生儿脑与成人比较相对较大,新生儿脑重约占体重的 $1/10$,而成人占 $1/50$ 。生后增长迅速,6个月时脑重量增长1倍,1岁时增长2倍。小儿脑氧代谢率(CMRO_2)高,儿童平均需氧 $5.2\text{ml}/(\text{min} \cdot 100\text{g})$,明显高于成人 $[3.5\text{ml}/(\text{min} \cdot 100\text{g})]$,任何原因所致的氧供不足,均易造成脑缺氧。成人脑血流量为 $50 \sim 60\text{ml}/(\text{min} \cdot 100\text{g})$,早产儿及新生儿约为 $40\text{ml}/(\text{min} \cdot 100\text{g})$,而年长儿可达 $100\text{ml}/(\text{min} \cdot 100\text{g})$ 。小儿脑血流的自动调节范围也低于成人,麻醉中脑血流量易受血压剧烈波动的影响,早产儿和足月新生儿在急性窘迫时,其脑部自动调节机制会进一步受到损害,脑血流量可随动脉压变化而变化,导致脑室内或周围出血。小儿出生时神经细胞只有正常的 $1/4$,1岁时皮质及脑干接近发育完全。而髓鞘的形成及树突的完善过程要持续到3岁,所以,婴儿常具有各种原始反射。与中枢神经不同,自主神经发育相对较好,出生时支配心血管的副交感神经功能发育已经完成,而交感神经则需到生后4~6个月。维持血压和心率的压力反射及延髓血管运动中枢(加压和减压)在出生时已具有功能,但未成熟,麻醉状态下易受抑制。由于传导通路的发育尚未完善及缺乏神经肌肉协调动作的训练,神经系统功能不够稳定,调节功能也较差,如呼吸、肌肉运动及体温调节等。新生儿出生时,血-脑屏障未发育成熟,再加上脑血流量丰富,许多药物在婴儿脑内浓度较成人高,如硫喷妥钠即容易通过血-脑屏障产生中枢抑制。脊髓末端出生时相当于椎管内第3腰椎水平,1岁以后才位于第1腰椎水平。

(五) 体温调节(thermoregulation)

体温的产生是机体产生热和向环境散热之间平衡的结果,在低于体温的环境中,机体通过消耗氧和能量来保持正常体温。新生儿容易受周围环境影响,成人调节下限为环境温度 0°C ,而新生儿为 22°C 。其原因是体格小,产热不足,体表面积相对大,体表面积与体重之比是成人的3~5倍,单位体积的散热量约为成人的4倍,再加上传导快,散热容易,早产儿更明显。较大儿童能借寒战反应产生热量,而新生儿的产热全靠褐色脂肪(brown fat)的氧化,足月新生儿褐色脂肪占体重的5%,而早产儿只占1%,所以,正常新生儿应置于与皮肤温差 $2 \sim 4^\circ\text{C}$ 的环境,在该温度下,代谢速度最慢,温度调节仅靠蒸发即中性环境温度(neutral thermal environment)。安静状态下腹部皮肤温度 36°C ,环境温度 $32 \sim 34^\circ\text{C}$,婴儿能耗最少。体温越低,所需环境温度越高。通常在寒冷环境下,由于环境和皮肤温度差大,必

然导致氧耗增加,若环境温度持续过低,极易造成低体温(hypothermia)。体温下降到35℃以下时,除对中枢及心血管的直接抑制外,还可因外周血管收缩,影响组织氧供,导致细胞缺氧,发生代谢性酸中毒,硬肿症,呼吸抑制,甚而由于增加肺动脉阻力导致恢复胎儿循环,加重低氧血症的危害。全身麻醉可使体温中枢调节阈值增加,尤其是低温阈值下降及末梢血管扩张,散热增加,体温下降。低体温对静脉及吸入麻醉药的药动学及药效学均有影响,可使吸入麻醉药MAC降低,组织可溶性增加,非去极化肌松药用量减少,作用时间延长,所以,小婴儿手术中保温极为重要。6个月以上小儿代谢旺盛,若手术室环境温度偏高,再加上覆盖敷料,体温容易升高而引发高热。

(六) 药理学的影响

小儿出生后早期因身体组成、蛋白结合、体温、心排血量的分配、心脏功能的发育程度、血-脑屏障的成熟情况、肝和肾的大小与功能,以及有无先天畸形等诸多因素,均影响其药代学和药动学。新生儿总含水量高,且随年龄增加而减少,而肌肉、脂肪则随年龄增加而增加,因而新生儿水溶性药物分布容积大,通常需要给予更大的首剂方能达到预期的血药浓度(如琥珀胆碱),而需要依赖脂肪再分布消除的药物药效将延长(如硫喷妥钠),在肌肉中再分布的药物药效也将延长(如芬太尼)。由于肝脏功能未发育完善,一些通过肝脏代谢为无活性产物的麻醉用药代谢较慢,作用时间较长。药物代谢大部分经两个途径:第Ⅰ相或降解反应(氧化、还原及水解),第Ⅱ相或合成反应(结合)。Ⅰ相反应大部分在肝微粒体酶进行,新生儿体内与药物代谢有关的酶系统发育不全,氧化药物的能力最差,而水解药物的能力与成人相仿。新生儿药物蛋白结合率低(白蛋白较少, α_1 酸性糖蛋白生成不足)而影响药物的血药浓度,以及由于血气分配系数、肺泡通气以及心脏排血分布的差异,影响吸入麻醉药的摄取和分布。由于各脏器系统的迅速发育,使麻醉及有关药物的摄取、分布、蛋白结合、代谢、排出在不断变化,从而导致小儿不同年龄段对麻醉药物等效剂量、起效时间、吸收、排出时间均有所不同,婴幼儿阶段以前最为明显。总体而言,早产儿(prenatal)、新生儿大多数药物清除半衰期延长,2~10岁儿童缩短,进入成年再度延长。此外,婴儿如患有脓毒症、充血性心衰、腹内压增加、营养不良和机械通气,均会影响其药代学及药效学,使个体差异更为明显。

(刘 涛)

第二节 麻醉前检查、评估及准备

(一) 麻醉前检查评估 (preanesthetic assesment)

1. 术前访视 麻醉前详细了解病情,对麻醉手术中可能出现的风险进行评估预测,并做好防治准备,是保护患儿平顺渡过围手术期的重要保证。小儿麻醉中所谓“意外”的多发,常常与术前评估的疏漏有关。

(1) 病史:除了了解手术、疾病等有关病史外,还应从家长或患儿处询问并存病史、过敏史及住院后治疗经过,曾否用过与麻醉有关的药物。对曾经施行过麻醉手术者,应了解当时麻醉情况及手术中、后有无异常经过及曾经采取的治疗措施。

(2) 体格检查:“小儿”不能抽象理解,应有“定量”概念。入院后体重、身高测定

应列为常规。应注意年龄与发育状况及是否与正常值相符。肥胖儿童应计算其体重指数 (BMI), 目前超重儿较多, 注意判断其程度是否已达病理性肥胖 ($BMI > 30 \sim 35$)。检查手术病变以外, 重点放在呼吸、心血管状况及合作程度上, 包括上呼吸道有无畸形、病变, 听诊心、肺, 测量血压、脉搏有无异常及代偿情况。较复杂的并存疾病应请相关科会诊共同评估。

(3) 实验室影像及其他辅助检查结果: 应熟悉小儿不同年龄各种实验室检查的正常值和影像学检查结果的意义, 以判断有无异常。手术前应常规检查 Hb 及 HCT, 小儿各年龄组间 Hb、HCT 正常值差异较大, 必须参照正常值, 确定患儿术中 Hb、HCT 的目标值, 作为输血的依据。

(4) 手术: 应了解手术部位、体位、手术方式、主要操作步骤及其对麻醉管理的要求。

2. 并存病 (preanesthetic morbidities) 一般较成人少, 以下几种并存病较为常见。

(1) 上呼吸道感染 (infection of upper respiratory tract): 上呼吸道感染使小儿呼吸道敏感, 麻醉时容易发生喉痉挛、支气管痉挛及低氧血症, 术后有可能病情加重, 尤其在长时间大手术和气管内麻醉之后。手术时机尚无统一的标准, 通常对急性上呼吸道感染, 有发热、咳嗽、脓性鼻涕的患儿, 应考虑推迟手术。体温不超过 38°C 的微热, 无其他症状且手术较小者可以进行麻醉。术后呼吸系统并发症发生或加重的可能性增加, 应得到家属的理解。尽可能选择用静脉麻醉或呼吸道刺激性小的吸入麻醉药, 并准备好应对并发症的防治措施, 如肌松药、气管插管、吸氧等。

(2) 哮喘: 有哮喘并应用支气管扩张药治疗病史者, 术前应用支气管扩张药给予充分控制, 插管前充分表面麻醉, 术中选用有支气管扩张作用的麻醉剂如氯胺酮或 (和) 七氟烷吸入辅以机械通气, 多数可以平稳渡过手术期。术后必须加强监测, 发作时给予支气管扩张药雾化吸入, 必要时给予呼吸支持。

(3) 先天性心脏病: 对并存先天性心脏病的患儿, 首先要确定手术疾病与先天性心脏病哪一个威胁生命或影响生活质量的主要问题。原则上对主要问题要优先解决。确定现手术疾病需要先进行治疗之后, 要明确先天性心脏病的诊断, 评估心脏功能及代偿情况。术前准备及术中管理原则同先天性心脏病手术, 注意保护心功能, 并做好应对心脏突发事件的准备, 术后应加强监测及治疗。

(4) 贫血: 贫血的诊断必须对应各年龄的正常值。出生后 $3 \sim 6$ 个月 Hb 可降至 $90 \sim 100\text{g/L}$, 此为生理性贫血。SvO₂ 也是贫血的敏感指标, $< 30\text{mmHg}$ 表明红细胞生成素增高, 红细胞生成不足。诊断为贫血的患儿, 择期手术, 术前应尽量予以纠正, 以增加对术中出血的耐力。对肾衰所致慢性贫血的年长患儿, 由于 $2, 3\text{-DPG}$ 的增加, 释氧增加, 对贫血耐受较好, 但术中 Hb 也不宜低于 60g/L 。切记在 Hb 低于 50g/L 时, 即使缺氧也不会出现发绀。

(5) 胃饱满: 小儿食管短, 括约肌发育不成熟, 屏障作用差, 咽喉反射不健全, 在麻醉状态下容易发生反流和误吸 (regurgitation and aspiration)。择期手术饱食者, 应在进食 6 小时后手术。急诊手术由于各种原因胃饱满者, 首先考虑在非全身麻醉下手术, 必须立即在全麻下手术者, 处理的基本原则是尽量排空消化道内容和保护好呼吸道。急腹症胃内容潴留, 饱食或少量进食 (奶) 后, 应下粗胃管, 尽可能吸净胃内容后再进行麻醉。对胃内容潴留量大, 腹内压高, 用胃管难以吸除者, 可用粗胃管或气管插管经鼻插入食管, 抽吸后保

留导管,以随时引流或(和)吸引胃内容,再进行麻醉。诱导行快速插管时,取头高位,面罩通气压力适当减小,并由助手压迫环状软骨,避免过多气体进入胃内使胃内压增加和防止胃内容反流。依笔者经验,在充分表面麻醉下行清醒气管内插管后进行麻醉,较为稳妥,尤其在重症婴幼儿。应用脊椎及硬膜外麻醉或区域阻滞麻醉时,如辅用较大剂量的镇静药,仍有发生反流误吸的可能,不可放松观察和管理。

3. 麻醉及手术风险(anesthetic risk&operative risk) 小儿年龄越小,发育成熟度越低,小儿特点越突出,风险也越大。麻醉是双刃剑,但以正面保护作用为主,体现在解除恐惧不安、疼痛,抑制创伤应激反应,抑制伤害性感受(noception)和麻醉药本身的保护作用等方面。负面作用与成人相比,则相对较大,安全界窄,与发育未成熟有关。呼吸系统问题最为多发,麻醉深浅把握困难,代偿机制不健全,病情变化快,突发不良事件多,麻醉管理是否到位与术中经过及预后有重要关系,“有小手术无小麻醉”这一论点,在小儿麻醉体现得最为突出。手术创伤是围手术期不能回避的风险源头,小儿各种应激反应均已存在,只是代偿能力和自身修复能力远不如成人。长时间大手术围手术期风险明显增加,如失血、失液相对较多,而代偿能力却绝对较小,监测比较困难,容量补充在量、速度、成分方面难以准确把握。手术造成的器官功能紊乱,如开腹手术时间长、创伤大会导致体液丢失量大,间质水肿,低体温及其一系列后果等,均增加围手术期风险。至于继发于创伤、缺血、感染等的全身炎症反应综合征(SIRS)及器官功能损害,在小儿围手术期同样发生,对患儿不利影响的严重程度可能超过成人。

(二) 麻醉前准备

1. 麻醉前禁食(preoperative fasting) 小儿麻醉前既要保持胃排空,又要尽可能缩短禁食、禁水时间,所以,必须取得患儿双亲的理解与合作,在规定时限内按时禁食与禁水。因小儿代谢旺盛,体液丧失较快,禁食、禁水时间稍长,容易造成脱水和代谢性酸中毒,如新生儿禁食12小时就相当于成人禁食24小时。婴幼儿禁水时间允许缩短到2~3小时。禁食、禁水前尽量按时喂牛奶或糖水,以免脱水。万一手术延迟,应补充饮水或静脉输液。事实上,由于麻醉开始时间,尤其是第二台手术,常难以准确预定,在实际执行方面常遇到困难,有待与手术科室共同商讨改进。

2. 麻醉前用药(premedication) 基本目的与成人类似。由于小儿心理发育不成熟,0~6个月尚不知恐惧,麻醉前不需镇静。6个月~6岁因怕与父母分开,以及对手术室环境的生疏、恐惧,而导致哭闹挣扎,麻醉前必须给予镇静或催眠。学龄以后虽能理解和沟通,但大部仍心存恐惧和不安,应耐心解释麻醉过程、手术室环境和可能存在的不适或疼痛(如注射),亲切交流,以获得患儿的信任,必要时仍需给予镇静、催眠。使家长安心常是消除儿童恐惧和焦虑的另一重要途径,应予以重视。家长陪伴进行麻醉诱导,可减少患儿的焦虑和不安,有利于小儿的心理保护,但也给麻醉工作带来不便,国内尚未见推广应用的经验报道。对术前剧痛的小儿,应给予适当剂量的镇痛药,包括吗啡类药物如哌替啶肌内注射。关于镇静药物的选择,苯二氮草类药物非常适合于麻醉前给药。地西洋毒性小、口服吸收完全而迅速,至今广为应用。但由于起效较慢及肌内注射给药的吸收不稳定,正在逐渐被咪达唑仑(DMC)所替代。DMC可经口服、肌内注射或静脉注射用于诱导,是比较理想的手术前用药,但不能用于新生儿。巴比妥类药物除经直肠给药(硫喷妥钠、戊巴比妥、美索比妥)外已很少使用。吩噻嗪类药物如氯丙嗪+异丙嗪肌内注射具有镇静、强化麻醉、减轻

气道不良反射的作用，并能对抗氯胺酮及羟丁酸钠等药物的不良反应。但作用时间偏长，往往苏醒延迟，且咽喉反射的恢复较意识恢复为晚，术后容易发生反流、误吸。用神经安定药氟哌利多代替氯丙嗪，其镇静作用、抗呕吐作用作为麻醉前给药非常有利，且只需很小剂量，这一性能在眼科手术尤其需要。可乐定也可用于小儿术前给药。

抗胆碱能药物中以阿托品最为常用。其目的主要是为了减轻迷走神经反射及保持呼吸道干燥。需避免术中心跳增快的患儿，可用东莨菪碱或长托宁。关于给药途径，习惯上多采取肌肉注射的方法，其优点是剂量准确，效果稳定（地西洋除外），但患儿常因扎针而引起恐惧、哭闹。现在提倡采用口服、直肠灌注、鼻腔点滴等非注射途径，而肌肉注射是最后的选择。如氯胺酮口服，美索比妥 $20 \sim 25\text{mg/kg}$ 或硫喷妥钠 $20 \sim 25\text{mg/kg}$ 直肠灌注，咪达唑仑 $0.5 \sim 1.0\text{mg/kg}$ 口服，多数患儿可进入睡眠状态而直接开始诱导。非注射给药的缺点是无标准配方，药液需自行配制，给药还需小儿配合，给药过程中还会有药物的损失，导致很难确定准确的剂量和起效时间。最近有学者研制三种药物混合液配方，每毫升含氯胺酮 25mg 、咪达唑仑 2.5mg 、阿托品 0.15mg ，再加调味剂制成口服混合液，小儿比较容易接受，用量 0.2ml/kg ，临床试用效果比较满意，可供进一步研制参考。

3. 麻醉选择 由于小儿不能合作，以全麻应用最为普遍，气管阻滞、神经干阻滞的应用也日趋增加，但多辅以全身或镇静麻醉。由于麻醉药种类繁多，即使同一方法，也有多种作用相近又有不同特点的药物可供选择。尤其是复合麻醉的推广应用，麻醉药物的选择空间更大，目前尚无统一的最佳配伍模式，通常根据病情、个人经验和其他条件决定。

（刘 涛）

第三节 小儿的呼吸道管理

一、上呼吸道有关解剖的特点

婴儿头大、颈短、舌体肥大、咽腔狭窄、声门裂高，会厌短呈“V”形，位于声门中间，气管插管暴露声门比较困难。新生儿气管软骨非常柔软，早产儿尤其突出，头过度前屈即可导致软骨塌陷窒息。颈部肌肉较软弱，不能支持头部重量，婴儿仰卧位时，下颌明显内收，正常呼吸时舌肌及其他上呼吸道肌肉与膈肌同步收缩，上呼吸道内径扩大，麻醉状态下颊舌肌受抑制，易引起舌后坠，肩下垫以薄枕使肩部抬高，多可改善。提下颌时，婴儿无牙齿支持，舌体又大，咽部易为舌所阻，遇此情况，将下颌放松，略张开嘴或放牙垫或插入通气道，可使气道通畅。婴幼儿主要靠鼻呼吸，麻醉时不应压迫鼻部，麻醉前如有鼻塞现象，应清理鼻腔，或用3%麻黄碱溶液滴鼻。婴幼儿喉头组织脆弱、疏松，血管及淋巴管较丰富，喉头呈漏斗状，最狭部位在声门裂下方，环状软骨水平，由于内径较小，如水肿 1mm ，在婴幼儿就可造成较严重的呼吸道梗阻。所以，插管时必须注意导管内、外径的选择。婴幼儿肩窄、胸小、腹部膨隆致使膈肌上升，肋骨排列几近水平，且未与胸骨固定，所以，呼吸时胸廓运动幅度很小，主要靠腹式呼吸，致肺活量较小，当需要增加通气时，只能靠增加呼吸频率来代偿。因此，呼吸做功增加，而膈肌和肋间肌的I型肌纤维比例小，在2岁以后才达成人水平，容易引起呼吸肌疲劳（fatigue of respiratory muscle），甚者可导致呼吸衰竭。长时间麻醉时均应给予扶助或控制呼吸，以减少呼吸肌做功和克服因麻醉装置增加的负担。术

者术中操作尽量不压胸、腹部，以减少呼吸肌负担。

二、小儿气管插管术的特点

小儿咽腔及总气管内径狭窄，容易发生梗阻，且因全身麻醉的广泛应用，适用气管内插管的病例较多。年龄越小，病情越重，加强呼吸管理的必要性越大，插管的适应证也就越多。

1. 器材准备 小儿因年龄、体格大小不同，所用器材的规格与类型也较成人繁杂，必须选择适当，包括面罩、呼吸囊、口咽导气管、喉镜片、气管内导管、接头以及吸痰管等，均应准备与患儿身高、年龄相适应的规格、型号。因小儿发育及个体差异较大，至少应准备相邻号导管3支供选用。新生儿、小婴儿还应准备同号导管2支，以备发生管腔堵塞时更换用。

2. 插管方法 途径与成人相同，但视野小且舌根容易向两侧滑动。经口明视插管时选用规格合适的喉镜片，右手稍推患儿前额，头稍后仰（此点与成人不同），使口张开，推开下唇，左手持喉镜沿右口角近垂直方向置入镜片，轻柔地将舌体推向左侧，使喉镜片移至正中，2岁以下小儿用直镜片比较容易压住舌根，将会厌挑起，看清声门，轻轻插入。新生儿、早产儿或危重婴儿也可在充分表面麻醉下清醒插管，由助手双手固定头部在合适位置，用直镜片，窥喉时操作者以小指下按并固定喉节。如遇有先天性气管狭窄，表现为导管通过声门后不能前进，此时切不可贸然用暴力前插，可改用喉罩（laryngeal mask）或推迟手术。通过影像学或气管镜检查确定狭窄部位及性质，再根据手术需要决定呼吸道管理策略。如狭窄部位靠近总气管远端，可将导管插到管口紧对狭窄部上端进行麻醉。术前已诊断有气管狭窄者，处理原则相同。对于小儿困难呼吸道的处理，由于小儿不耐受缺氧，必须在具备保证插管过程中不发生严重缺氧条件下进行。插管困难主要见于颌面部先天畸形、小颌症（Pierre-Robin综合征和Treacher-Collins综合征），缺少适用的设备是难点之一。对术前已诊断者，应准备好导管插不进时的第二和第三套备用方案，底线是遇有导管插不进而又出现明显缺氧的危急场面，保证随时能恢复自主呼吸和纠正缺氧。无插管成功的把握和保证条件下不得用肌松药。如适用喉罩，可能比较容易。若必须气管插管，可根据个人经验试插，用喉罩引导，逆行插管等方法解决。目前已有可用于内径2.5~3.0mm的气管导管的细光棒或纤维支气管镜做引导，可惜尚未能普遍应用。对诱导中临时发现插管困难，应立即停止操作，面罩供氧，请示上级医师，共谋对策。可视喉镜的问世，使大儿童的插管成功率获得改善，希望不久会研制出适用于婴幼儿的镜片。对于因急性会厌炎（Acute epiglottitis）、咽后壁脓肿等引起呼吸困难的患儿，则应尽量保持患儿安静，吸入无刺激性的麻醉气体，在患儿呼吸道梗阻不加重的条件下加深麻醉后行气管内插管。危急情况下导管不能插入，喉罩、通气道均未能使呼吸改善，且患儿缺氧进行性加重时，为挽救生命，可直接用环甲膜穿刺造口器置管或用气管造口器行气管造口置管。用粗穿刺针经环甲膜穿刺，吹入氧气，虽不能完全解决问题，但操作容易，可缓解缺氧，争取寻求救助的时间。气管切开应慎用，因小儿拔管后容易发生气管狭窄。

3. 导管选择及定位 关键问题有深、浅、粗、细四个方面。插入深度：小儿主气管短，新生儿声门至隆突的距离仅4cm，通常以导管前端超过胸骨上缘（主气管中段）为宜。导管前端粗黑色标记线平声门为最适插管深度，插管后再常规听诊对比两侧呼吸音，确认与插

管前相同即可，导管所标距尖端距离的刻度，是重要参照依据。①插入过深：导管前端如触及隆突，有类似喘鸣样杂音，呼吸道不畅；或进入一侧支气管，与成人同样易入右支气管，造成严重通气不足，均应立即缓缓退出至听到清晰呼吸音处再稍退（不超 2cm）即可；②插入过浅：易致导管脱出和由于导管在口外部分的移动，使管口斜面与气管壁紧密接触，出现呼吸道梗阻，有怀疑时，观察管壁的刻度可立即判明。参考公式：插管深度（cm）= 12 + 年龄/2。管径：导管内、外径在管壁均有标明。①内径偏细：增加呼吸阻力和呼吸肌做功，根据泊肃叶定律，半径减至原有的 1/2，阻力增加 16 倍，自主呼吸时用指腹堵管口、控制呼吸时加压（ $<30\text{cmH}_2\text{O}$ ）呼吸囊，导管周围即出现明显的漏气，导管内径选择的参考公式：导管内径（mm）= $(16 + \text{年龄})/4$ ，应用带套囊的小儿气管导管时，切不可因无须担心漏气而忽视导管内径；②导管过粗：是术后并发喉水肿的主要原因，插管时可感到通过声门裂较紧，试提插导管有紧涩感，试堵管口或呼吸囊加压 $30 \sim 40\text{cmH}_2\text{O}$ ，导管周围无漏气，即属过粗。不论偏细、偏粗，一旦判明，必须立即更换合适的导管。小儿导管内径细，所以，吸痰管应稍细于导管半径，如偏粗，吸引时间稍长，容易造成缺氧，吸力过强，还可能造成肺萎陷。导管的插入深、浅，管径粗、细确认合适后，用两条胶布交叉牢固固定，以避免滑脱。

（三）小儿喉罩的应用

喉罩是小儿麻醉中新开发的一种保持呼吸道通畅的工具，小儿上呼吸道狭窄似乎更适合应用喉罩以保持其通畅，临床应用日益增加。

1. 适应证 ①替代口咽通道；②替代气管导管，如日间手术、镇静及其他短小手术麻醉时；③困难气道的维持或引导气管插管；④主气管狭窄，正常气管导管不能通过。

2. 禁忌证 ①胃饱满，反流、误吸危险大；②咽喉部存在感染或其他病变，如肿瘤、脓肿、血肿等；③必须持续正压通气的手术，胸-肺顺应性小，通气压力需大于 $25\text{cmH}_2\text{O}$ 和开胸手术；④呼吸道出血；⑤扁桃体异常肥大；⑥有潜在的呼吸道梗阻，如气管受压、气管软化；⑦术中需频繁变换头部位置。

3. 喉罩置入法 小儿基本上都在全身麻醉下实施。插入方法很多。①标准（正中）置入法：全麻至眼睑反射消失，嚼肌松弛，咽反射抑制（也可辅用表面麻醉），头轻度后仰，插前完全抽瘪气囊，罩口朝向下颌，沿口腔中线向下插入，贴咽后壁下插直至不能推进，气囊注气；②逆转法：先将喉罩口朝向硬腭置入至咽喉部后，旋转 180° （喉罩口对向喉头），再继续往下插直至不能推进；③部分充气侧入法：插前气囊按半量充气，按正中法插入至气囊全部进入口内，向外旋转 45° ，罩口向舌，将舌推向一侧，用拇、示指持喉罩管深插至受阻，然后向回旋转 45° 转回到中线，套囊充气，固定在右口角。接麻醉机验证喉罩位置，通气顺畅，无漏气，置入成功。据 Kundra 报道，此法用于 4 个月 ~ 6 岁小儿，从位置正确、咽部损伤率和耗用时间三方面比较均优于正中法；④喉镜直视下（用或不用探条引导；充气或不充气）置入法：如非困难呼吸道，均易顺利成功。喉罩置入最佳位置是喉罩进入咽腔，罩的下端进入食管上口，罩的上端紧贴会厌腹面的底部，罩内的通气口正对声门。罩套囊充气后，即在喉头部形成封闭圈，保证通气效果， <10 岁的患儿置入喉罩的平均深度 = $10\text{cm} + 0.3 \times \text{年龄（岁）}$ 。置入喉罩后正压通气，观察胸廓起伏，听诊两侧呼吸音，听诊颈前区是否有漏气音，纤维光导喉镜检查可看到会厌和声门。关于气囊充气量，根据最近一份对不同厂家小儿喉罩气囊充气量的研究指出，不同品牌、型号喉罩标明的最大气囊容量，按

全量充气时囊内压均过高，达 120cmH₂O 以上。过高的气囊内压可造成咽喉部疼痛、吞咽困难等并发症。因此，临床应试用最小充气量达到密封呼吸道和消化道即可，实际只需最大量的 1/3 ~ 2/3 已完全可以达到要求，以减少并发症的发生。若能监测气囊内压（< 40cmH₂O）最为合适。

4. 小儿口咽通气道 其应用概率远较成人为多，小儿咽腔狭窄，侧壁无骨性支撑，麻醉后咽肌松弛，容易塌陷造成梗阻，常需通气道维持。最近又在喉罩基础上研制出新型的喉围通气道（perilaryngeal airway）和咽导管（pharyngeal tube），用以维持呼吸道通畅。前者由远端带多个裂隙样开口的柔软尖端通气，近侧靠套囊固定导管位置，置入方法与喉罩类似。后者是会厌上通气装置，带两个气囊，前端为卵圆形开口，远侧气囊封闭气道远端，以防误吸，近侧气囊封闭通气部上方口咽部，插入方法与喉罩相同。

（刘 涛）

第四节 全身麻醉及并发症

（一）吸入麻醉（inhalation anesthesia）

1. 小儿与成人吸入麻醉药药理的不同点

（1）血气分配系数：新生儿血气分配系数低于成人，因而诱导及苏醒皆快。常用吸入麻醉药新生儿的分配系数见表 14-1。

表 14-1 新生儿吸入麻醉药分配系数与成人比较

	氟烷	恩氟烷	异氟烷	七氟烷	地氟烷
新生儿	2.14	1.79	1.19	0.59	0.51
成人	2.3	1.9	1.4	0.72	0.62

（2）肺泡最低有效浓度（minimum alveolar concentration, MAC）：MAC 因年龄而改变，不同年龄小儿 MAC 见表 14-2。

表 14-2 不同年龄小儿吸入麻醉药的 MAC

	氟烷	恩氟烷	异氟烷	七氟烷	地氟烷
新生儿	0.87	-	1.6	3.3	9.16
16 个月	1.2	2.4	1.87	3.2	9.42
612 个月	0.97	-	1.8	2.5	9.92
35 岁	0.91	2.0	1.6	2.5	8.62
成人	0.75	1.68	1.15	2.05	6.0

一般新生儿、早产儿的 MAC 随月龄增加而增大，1~6 个月最高，新生儿恩氟烷 MAC 较 1~6 个月婴儿小 25%，异氟烷、氟烷小 15%。此后，随年龄增长 MAC 逐渐下降，每 10 岁约下降 6%。

小儿心血管容易受麻醉药抑制，应用等量麻醉药浓度，新生儿低血压发生率为 1~6 个月婴儿的 2 倍多，而应用等效浓度氟烷（1MAC）其心率减慢及血压下降程度相同，地氟烷情况相似。各类麻醉药随吸入浓度（麻醉深度）之增加，均对小儿心血管及呼吸有相应程

度的抑制作用，但大于成人，对新生儿、早产儿的影响可能更为严重。小儿吸入全麻诱导及苏醒的快，其原因与下列因素有关：①肺泡通气量与功能残气量的比值较大；②小儿心排血量大部分分布到血管丰富的组织，包括脑、肾、内脏及内分泌腺等；③小儿血/气分配系数较成人低。基于上述原因，新生儿达到与成人相等的脑内麻醉药水平所需时间仅为成人的1/4。

2. 吸入全身麻醉的方法

(1) 诱导

1) 面罩吸入诱导：由于七氟烷的无刺激性香味，明显增加了其在吸入诱导中的应用。吸入8%七氟烷的患儿可在1分钟左右迅速入睡，小于6个月的婴儿MAC小，且循环容易遭受抑制，没特殊需要不必追求此高速度，加入50%~70% N₂O适当减低七氟烷浓度，至嚼肌松弛窥喉表麻后插管，肌松药的应用可根据需要。对已进入基础麻醉状态的小儿，亦可直接吸入刺激性较小的麻醉剂诱导。婴幼儿诱导后应妥善固定和保护四肢。

2) 静脉诱导：等效剂量的各种短效静脉麻醉药和肌松药皆可用于诱导，加用芬太尼类（如芬太尼2μg/kg）可减轻插管应激反应。此类药物种类繁多，尚无固定的最佳组合方案，应根据具体情况酌定。一般入室后先开放静脉，缓慢静脉注射诱导药（如丙泊酚、硫喷妥钠或氯胺酮等），入睡后注入琥珀胆碱，或其他插管剂量的非去极化肌松药，选择合适的面罩给氧去氮后插管。如无合适的麻醉机，婴儿可用供氧管直接连接婴儿面罩，将氧流量调到4L/min左右，间断紧扣在小儿口鼻上以进行通气、供氧和去氮。面罩正压吸氧时要注意保持呼吸道通畅，尤其是无牙小儿。婴幼儿也可用羟丁酸钠稀释至12.5%浓度后缓慢静脉注射，全量（100~125mg/kg）5分钟左右注完，过3~5分钟进入深睡后，咽喉反射抑制，再以2%利多卡因溶液表面麻醉后，不用肌松药直接插管。

3) 肌肉注射诱导：对不能合作的患儿，难以用通常方法诱导时，可在臀肌注射氯胺酮5~8mg/kg，入睡后接用其他麻醉药诱导插管及维持。

(2) 维持：小儿常用的麻醉装置有“T”形管法和紧闭法。Mapleson环路系统及其改良型均属半开放法，麻醉气体浪费较大，环境污染较严重，操作管理也无特殊优点，国内少有应用。Bain环路虽曾一度试用，并未得到推广，各种环路系统产品市场也少有供应。近来新型小儿与成人通用的麻醉机，潮气量最小可调至20~30ml。配有多种呼吸参数及呼吸功能监测装置，可自动补偿通气系统因各种因素造成的死腔，使实际通气量与设置潮气量基本一致，适用于成人及各年龄小儿的紧闭法麻醉（closed circuit anesthesia），正在推广。随科技的进步，新机型会不断出现，但一切改进都是根据临床的需要。设计更加精确，使设定值与实际值更加接近，功能更全面，不仅附有监测部分，且监测指标可以随意扩展，使用更安全、方便，但不能代替管理者的决策。

1) “T”形管法：构造简单，在气源输出导管远端接一内径合适的“T”形管，纵臂一端接气管导管，一端开放，横臂接气源，需扶助或控制呼吸时，横臂与气源间加一小气囊（通常用乳胶手套可代替），属开放法，适用于婴幼儿手术。新生儿及小婴儿不必加气囊，自主呼吸时，吸入空气和氧的混合气体，做扶助或控制呼吸时，可以用拇指腹轻按呼出端口，根据听诊呼吸音（略强于正常呼吸音）及目测胸廓运动幅度，决定按管口时间及氧流量（通常3~4L/min），控制呼吸时呼吸次数20~30次/分。2~3岁以上需扶助或控制呼吸时，可在横臂加呼吸囊，但需双手同步操作，吸气时左拇指按呼出端口，右手握挤气囊，呼

气时双手同时松开，供氧流量以加压时能维持气囊充盈为度，婴幼儿约需 3~5L/min。控制呼吸次数稍少于正常呼吸次数，可参照不同年龄正常呼吸次数（表 14-3）。

表 14-3 不同年龄小儿呼吸次数

年龄	0~24 小时	1~7 天	8~30 天	3~12 个月	1~3 岁	3~5 岁	8~12 岁	12~16 岁
呼吸（次/分）	40~50	30~50	30~50	25~35	25~35	25~30	20~25	16~25

缺点是需两手同时操作（加囊“T”形管），且麻醉药浪费较多，空气污染较重，操作不当易致通气不足或过度 and 肺损伤。在暂无新型麻醉机的基层医院，对 6 岁以内小儿，尤其婴幼儿，即使较大手术，因可做扶助及控制呼吸，在 SpO₂ 监测下麻醉，仍不失为一种可供选择的方法。

2) 循环紧闭法：新型小儿和成人通用的紧闭法麻醉机，控制呼吸操作方便，有空一氧混合器，F_IO₂ 可随意调控，性能稳定，节省麻醉气体，减少环境污染，调控性好，备有定容、定压两种通气模式，可以根据需要选择和随时转换应用。配有多种呼吸参数及气体监测系统，可以实时监测呼吸情况。①定容法：设置潮气量 7~10ml/kg，呼吸次数可略少于正常，婴儿、新生儿在 20~30 次/分之间，开机后在保持气道压 ≤20cmH₂O 的前提下，通过调整使 P_{ET}CO₂ 保持在 35~40mmHg，P_{ET}CO₂ < 35mmHg 表明通气过度，应减少呼吸次数；P_{ET}CO₂ > 45mmHg，表明通气不足，应增加呼吸次数。如气道压明显低于 20cmH₂O，且呼吸次数已在正常范围，则应增加潮气量；②定压法：设置气道压 ≤20cmH₂O，呼吸次数参照正常值，开机后根据 P_{ET}CO₂ 判断，通气过度，减少呼吸次数，通气不足，增加呼吸次数，直至 P_{ET}CO₂ 稳定在 40mmHg 左右。由于小儿氧耗大，分钟通气量远大于成人，据笔者观察，成人约 100ml/kg，而婴幼儿可达到 150~200ml/kg。笔者所在单位对体重 3.0kg 的新生儿，应用这两种方式均顺利完成麻醉，初步体会定压法似比较容易调控。尽管国外在阻力、死腔等问题上还存在异议，但国内某家医院已应用 10 余年，均顺利完成麻醉，现已常规使用。但毕竟价格昂贵，暂未购置时，在能监测 P_{ET}CO₂ 和气道压的条件下，将成人麻醉机更换成小儿风箱和细螺纹管，以减少膨胀死腔影响，细心管理仍可替代使用。根据笔者所在单位以往的经验，在 10kg 以上小儿，均曾安全使用。吸气阻力靠机械或手法控制或扶助呼吸克服，呼出阻力（PEEP）在 3.0cmH₂O 以下，对小儿无明显不利影响。一般只能用定容法，呼吸参数设定、调整的原则及方法同上，只是机器显示各值不够精确，误差较大，P_{ET}CO₂ 与气道峰压的监测与调整是最关键的环节。尤其是手法操作更需要细心和经验，努力保持压力均衡和节律规整。由于患儿个体间差异，术中必须根据 P_{ET}CO₂ 值调整呼吸参数。Gadgwell 报告的死腔补偿公式，如不是固定使用一台麻醉机，因各台机间死腔差异明显，实际应用困难。

(3) 麻醉用药：可用一种或数种吸入药复合吸入或吸入与静脉麻醉药复合。

(二) 静脉麻醉（intravenous anesthesia）及静脉复合麻醉

由于小儿药代动力学的进展和新短效药物如丙泊酚和瑞芬太尼进入临床，使小儿全麻包括婴儿和儿童静脉麻醉已跨入一个全新阶段。新生儿和婴儿的分布容积大，清除率低，在生后早期各种药物受体的密度、血-脑屏障的通透性都未发育成熟，不同年龄间药效学有很大的差异，但都可以安全、有效地应用于婴儿和儿童。由于这些新药的开发，可以根据患儿需要在大范围内进行药物的选择和复合应用，明显地提高了麻醉效果和安全水平。

1. 硫喷妥钠麻醉 新生儿脑组织血流供应相对较高,脑摄取量远超过成人。一项研究报告,新生儿诱导 ED_{50} 为 (3.4 ± 0.2) mg/kg, <6 个月为 (6.3 ± 0.7) mg/kg,新生儿诱导量少的另一原因是因为血浆中与蛋白结合率低,游离部分较多,为成人的 1.5 ~ 2.0 倍,故对硫喷妥钠特别敏感。1 个月后逐渐增加,但小儿清除较慢,不宜持续静脉滴入。其主要用于全麻诱导、基础麻醉(肌内注射或直肠灌注)、局麻药中毒(local anesthetic intoxication)和破伤风患儿的抗痉挛治疗以及单次剂量作用时间内能完成的小手术和处置。新生儿和婴幼儿用 1% ~ 1.25%,较大儿童用 2% ~ 2.5% 溶液静脉缓慢注射 4 ~ 6mg/kg (新生儿 3 ~ 5mg/kg),可使患儿在短时间内意识消失,进行预定的操作。注射过快可引起明显的呼吸抑制和血压下降。

2. 氯胺酮麻醉(ketamine anesthesia) 由于其强效的镇痛和麻醉作用,成为小儿最常用的静脉麻醉药之一,也常用于手术室外的麻醉。可静脉注射、肌内注射和口服,后两种方法多用于手术前给药,术后幻觉、噩梦等副作用较少见。由于药代学的差别,等效剂量因年龄而异,按 mg/kg 计算,控制体动剂量不同,小于 6 个月婴儿为 6 岁儿童的 4 倍。适用于小儿诱导、各种短小的体表手术及诊断性检查,可与其他麻醉药复合应用于创伤刺激较强手术的麻醉维持,麻醉前需用抗胆碱能药物抑制呼吸道分泌。年长儿伍用苯二氮革类药物,以减少麻醉后的噩梦、幻觉等精神症状。精神分裂症、血压高、颅内高压的患儿禁用。静脉注射首次量 1 ~ 2mg/kg, 30 ~ 90 秒显效,维持 5 ~ 10 分钟后可追加 1 ~ 1.5mg/kg。哭闹的患儿可肌内注射 5 ~ 8mg/kg, 3 ~ 5 分钟入睡,维持 10 ~ 20 分钟,镇痛效果可维持 20 ~ 40 分钟。追加时经静脉通路,剂量为 1 ~ 1.5mg/kg。用药后血压上升,心率增快。有时出现与手术刺激无关的无意识的体动,肌张力增强。剂量偏大或注药速度快时可出现呼吸抑制,要做好吸氧和辅助通气的准备。单独应用氯胺酮,苏醒时常有精神异常兴奋现象,如哭闹、躁动、呕吐等,可给予适量镇静剂。随着对氯胺酮药理学研究的深入,最近发现其对成人有抗痛觉敏化和抗前炎性因子作用 anti-proinflammatory effect,在小儿是否存在还有待证实,其对大脑组织发育的促凋亡性质也尚需确定,大剂量应用于小儿的安全性有待进一步研究,所以不建议长时间持续滴注使用。

3. 羟丁酸钠(γ -OH)麻醉[sodiumhydroxybutyrate(γ -OH)anesthesia] γ -OH 是 GABA 的中间代谢物,主要作用于大脑皮质的灰质、海马回和边缘系统。抑制经中枢和末梢突触的冲动传导,而无镇痛作用,是一种催眠性全麻药。通过血-脑屏障较慢,起效较慢,静脉注射 20 ~ 30 分钟后达作用高峰,作用持续 60 ~ 90 分钟。对脑血流量无影响,不增加颅内压。静脉注射后常出现心率减慢,收缩压轻度升高,脉压变大,心排血量无变化或略有增加。呼吸频率略减慢,潮气量增大,每分钟通气量略有增加。对肝、肾功能无影响。适用于婴幼儿和稍大儿童全麻的诱导和维持,尤其在危重患儿以及心脏手术患儿,优点比较突出。癫痫、惊厥患儿禁忌;心动过缓、低血钾症、房室传导阻滞者应慎用。诱导剂量 100 ~ 125mg/kg,缓慢静脉注射后 5 ~ 10 分钟左右意识消失,下颌松弛,咽喉反射抑制,咽喉、气管黏膜表面麻醉后,进行气管内插管,年长儿常需复合其他麻醉药和(或)肌松药。麻醉后血压稍增高,心率减慢。首次用药后 1 小时左右,根据需要可补充首次剂量的 1/2 维持麻醉。本药无镇痛作用,常与氯胺酮复合应用。由于能抑制呼吸道反射,且维持时间较长,又常用于气管异物的取出。副作用是诱导和苏醒期可出现锥体外系症状,表现为四肢肌肉不自主的颤动,随麻醉加深或其他复合药的作用可自行消退;还可促使钾离子进入细胞内,血

钾稍有降低,但在正常范围,一般不需处理。

4. 依托咪酯(乙咪酯)麻醉 依托咪酯主要加强 GABA 对中枢神经的抑制作用。作用方式与对呼吸的影响与巴比妥类相似,能降低呼吸频率和潮气量。依托咪酯主要被肝脏和血浆中的酯酶水解,分布半衰期(2.6 ± 1.3)分钟,消除半衰期略小于成人。静脉注射后约 30 秒,患者即可意识消失,一分钟时脑内浓度最高。在临床剂量范围内($0.1 \sim 0.4\text{mg/kg}$)7~14 分钟自然苏醒。依托咪酯无镇痛作用,可降低脑血流及代谢率,并与剂量相关。该药对心血管系统的影响很小,适合于心脏病及危重患儿的全麻诱导。其副作用为抑制肾上腺皮质醇的合成,不论是长时间持续滴注或单次注射,均可产生。小儿诱导剂量(0.3mg/kg)即可明显抑制手术应激引起的皮质醇增加。单次给药抑制作用短暂,但在儿童静脉滴注输入后,可持续数小时之久,故不建议持续滴注。

5. 丙泊酚麻醉(propofol anesthesia) 根据国内、外药代动力学和药效学方面的研究,尽管结果并不完全一致,但与成人比较,小儿丙泊酚的分布容积较大(小儿 0.52L/kg ,成人 0.27L/kg)、中央室较大和清除率较高,这一认识结论是一致的,没有理论依据提示应该限制丙泊酚用于 3 岁以下小儿。由于丙泊酚诱导起效快,苏醒迅速,且功能恢复完善,术后恶心、呕吐发生率低等特点和越来越受瞩目的对机体的保护作用,包括抗氧化作用,保护脑血流自身调节功能,麻醉中婴儿体温随环境温度下降时氧耗并不增加以及能降低颅内压、眼内压和 CMRO_2 ,对脑可能产生的保护效应,胸壁顺应性增加等,使其在小儿全麻诱导、镇静麻醉、手术室外麻醉、复合麻醉和 PICU 镇静中的应用日益增加。按体重计算小儿丙泊酚的诱导剂量较大,但存在个体差异,一般 10~15 岁的儿童 $1.5 \sim 2.0\text{mg/kg}$,3~9 岁的儿童 2.5mg/kg ,而 3 岁以下者则需 $3 \sim 3.5\text{mg/kg}$ 。由于小儿静脉注射后蓄积现象不明显,可反复静脉注射或静脉持续滴注用药,维持期的输注速率也较成人高,小儿年龄越小,按体重计算所需丙泊酚的剂量越大。适用于小儿麻醉诱导、镇静麻醉及复合麻醉中的辅助用药。诱导剂量 $2 \sim 3\text{mg/kg}$ (<2 岁小儿诱导用量可超过 3mg),缓慢静脉注射($>30 \sim 60$ 秒)2~3 分钟左右加用肌松药,可顺利进行气管插管。注药快时血压下降,心率减慢,停药后多能自行恢复,必要时静脉注射麻黄碱。持续静脉滴注用于镇静麻醉、手术室外麻醉和复合麻醉,有两种给药方式:①静脉滴注或用输液泵持续静脉注射,大儿童诱导后,先以 $10\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 的速度输入,10 分钟后减为 $8\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$,然后根据各项临床指标调整输注速度,逐步减至 $6\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 左右。婴儿剂量可适当增加,参照 $15 \sim 13 \sim 11 \sim 10 \sim 9\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 原则递减至预期浓度。一般认为,用丙泊酚后意识恢复时的血药浓度为 $1\mu\text{g/ml}$,术中应维持大于该浓度,调整输注速度时应以血药浓度 $2.5 \sim 3\mu\text{g/ml}$ 为目标。如果与其他麻醉药合用或出现循环抑制时,应减少丙泊酚剂量,手术后 ICU 镇静用量应 $\leq 3\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$;②靶控输注时,输入患儿的年龄、性别和体重,即可输入相应靶浓度的丙泊酚。丙泊酚的副作用除与注射速度有关的呼吸,循环抑制外,与小儿关系密切的是注射痛,静脉越细越明显,可以利用利多卡因 0.1mg/kg 给药前静脉注射,或与丙泊酚混合后静脉注射,都可以缓解注射痛。还应引起注意的是,静脉滴注速度 $>4 \sim 5\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 持续 48 小时以上,有可能发生罕见的致死性丙泊酚输注综合征。据现有报道,此征小儿多于成人,高脂血症是主要病理生理改变,心力衰竭是最终死因,乳酸酸中毒是早期临床征象。急性感染和呼吸道感染者禁用。

6. 咪达唑仑麻醉 在小儿,除静脉注射外,肌内注射、口服及直肠给药都有研究报道。后三种途径给药后,血浆浓度达峰值时间分别为 15、30 和 53 分钟,其清除和生物利用率分