

接受放疗婴幼儿反复多次麻醉暴露相关问题探讨

王雅楠, 霍许花, 李梦瑶, 张亚晴, 高金贵*

河北医科大学第二医院麻醉科, 河北 石家庄

收稿日期: 2025年8月15日; 录用日期: 2025年9月8日; 发布日期: 2025年9月18日

摘要

放射治疗在婴幼儿癌症治疗中起着至关重要的作用。然而, 为确保放射治疗的疗效以及治疗过程中的安全性与舒适性, 需要采用深度镇静或全身麻醉。全身麻醉下进行放疗存在神经认知、生理以及情绪心理创伤等风险。为实现麻醉安全与放疗效果的平衡, 需从麻醉前评估与准备、药物选择、维持与监测、术中护理与管理、术后管理与随访以及多学科协作等方面着手。本文对放射治疗时婴幼儿多次暴露于全身麻醉的潜在风险、诊疗过程中可能出现的相关并发症以及防治措施进行综述, 旨在为提高婴幼儿放射治疗中麻醉的安全性提供参考建议。

关键词

放射治疗, 全麻, 婴幼儿

Exploration of Related Problems on Repeated Exposure to General Anesthesia during Radiotherapy in Infants and Young Children

Yanan Wang, Xuhua Huo, Mengyao Li, Yaqing Zhang, Jingui Gao*

Department of Anesthesiology, The Second Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang Hebei

Received: Aug. 15th, 2025; accepted: Sep. 8th, 2025; published: Sep. 18th, 2025

Abstract

Radiotherapy plays a crucial role in the treatment of childhood cancers. However, to ensure both

*通讯作者。

文章引用: 王雅楠, 霍许花, 李梦瑶, 张亚晴, 高金贵. 接受放疗婴幼儿反复多次麻醉暴露相关问题探讨[J]. 临床医学进展, 2025, 15(9): 1058-1065. DOI: 10.12677/acm.2025.1592592

the efficacy of radiotherapy and the safety and comfort during the procedure, general anesthesia or deep sedation is required. Administering radiotherapy under general anesthesia carries risks such as neurocognitive, physiological, and emotional-psychological trauma. To achieve a balance between anesthesia safety and radiotherapy effectiveness, it is essential to focus on pre-anesthesia evaluation and preparation, drug selection, maintenance and monitoring, intraoperative care and management, postoperative management and follow-up, as well as multidisciplinary collaboration. This article reviews the potential risks of repeated exposure to general anesthesia during radiotherapy in infants and young children, possible related complications during diagnosis and treatment, and preventive measures, aiming to provide reference suggestions for enhancing anesthesia safety in pediatric radiotherapy.

Keywords

Radiotherapy, General Anesthesia, Infants and Young Children

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来, 儿童恶性肿瘤的发病率呈现逐渐上升的态势, 已成为导致儿童死亡的首要疾病因素之一, 这或许与环境的日益恶化以及食品安全问题存在一定的关联。在儿童恶性肿瘤的治疗方式中, 放射治疗占据着关键的地位[1]。随着放疗技术的不断进步, 其在临床治疗中的作用愈发凸显。先进的放疗技术能够精准地优化靶区剂量分布, 同时有效地保护周围的毗邻器官。在儿童肿瘤的综合治疗体系里, 放疗与手术、化疗等治疗方法相互配合、协同发力, 发挥着举足轻重的作用。

放射治疗(Radiotherapy, RT)是一种利用高剂量辐射杀死癌细胞并缩小肿瘤的癌症治疗方法。其作用机制是利用高能光子辐射(如 X 射线、 γ 射线等)直接和间接作用于癌细胞以摧毁癌细胞和肿瘤组织。在直接作用中, 辐射会直接诱导 DNA 发生单链断裂(SSB)和双链断裂(DSB), 导致细胞分裂与增殖终止, 甚至引发细胞坏死和凋亡。而在间接作用中, 辐射诱导活性氧(ROS)的产生, 这些活性氧会引发细胞应激反应、损伤生物分子, 最终改变细胞信号传导通路[2]。

然而, 在儿科患者中实现精准性与安全性的平衡尤为艰难, 这主要是因为治疗过程有着确保患儿绝对静止的特殊要求。为保证治疗效果, 儿童恶性肿瘤的放射治疗需实施持续全身麻醉, 而这会对儿童产生多方面的影响。如何在保障放疗安全与疗效的同时, 尽可能减少全麻对婴幼儿的潜在负面影响, 是我们尤为关注的问题。

2. 全麻放疗风险

2.1. 神经认知方面

在这种情况下, 发育中的大脑需要连续 5 周、每日暴露于全身麻醉药物之下。然而, 反复多次麻醉药物暴露是否会对未成熟的大脑造成累积的神经毒性仍是一个未确定的问题。啮齿动物和非人类灵长类动物在婴儿期接受长时间或反复麻醉后表现出记忆、任务学习和情绪调节受损[3]。在儿童, 多项观察性研究指出早期多次暴露于现代麻醉药物与学习和行为障碍风险增加相关[4][5]。一些研究还观察到任何麻醉药物暴露后都会产生轻微的负面神经发育影响, 但这些研究没有足够的统计效力来探讨多次暴露后的

影响[6]。

然而,另有一些研究持有不同观点,2017年发表的 Mayo Anesthesia Safety in Kids (MASK)研究表明,与未接受麻醉的儿童相比,多次接受全身麻醉的儿童在智力测试得分上并无显著差异。这意味着,在智力方面,多次暴露于全身麻醉可能不会对儿童造成明显影响。不过,该研究也指出,在某些特定的神经发育领域,如执行功能、阅读能力和行为学方面,多次暴露组的儿童可能会受到轻微影响。这提醒我们,尽管儿童的智力未受到显著影响,但在其他神经发育领域仍可能存在潜在问题[7]。

综上所述,单次、短时间的全身麻醉对婴幼儿的神经发育几乎不产生影响。然而,多次或长时间处于全身麻醉状态,或许会对婴幼儿的神经发育造成一定程度的影响。例如,可能会使儿童在执行功能、阅读能力和行为等方面出现细微的负面变化。不过,目前尚无充足证据表明这会引发明显的智力障碍[3]。

2.2. 生理方面

婴幼儿身体各系统器官功能尚不完善,对麻醉药物的耐受性和代谢能力相对较弱,多次接受全身麻醉会产生药物累积风险,该风险程度受患者个体特征以及临床环境复杂程度的影响。儿童的气道和呼吸功能尚未发育成熟,呼吸系统并发症最为常见。全身麻醉可能引发呼吸道梗阻、呼吸抑制、低氧血症和高碳酸血症等状况。长时间的麻醉会加剧这些风险,进而影响患儿的氧合与通气功能[8]。同时,全身麻醉药物可能致使心率减缓、血压下降,影响心输出量,甚至可能引发心血管系统衰竭。对于患有心血管基础疾病的患儿而言,全身麻醉后发生心律失常的风险会增加[9]。

婴幼儿的肝肾功能等相对成人较弱,多次全麻时,麻醉药物在体内的代谢和排泄可能会对肝肾等脏器造成一定负担,具体机制如下:① 婴幼儿肝脏的代谢酶活性较弱,例如肝脏的羟化、水解功能以及脂酶活性较差,葡萄糖醛酸转移酶也不足。这使得药物的代谢速率减慢,消除半衰期相对延长[10]。一些麻醉药物大剂量使用时可抑制肝功能。但也有研究表明,丙泊酚中长链脂肪乳用于婴幼儿短时间手术时,并不影响肝功能[11]。② 婴幼儿的肾血流量、肾小球滤过率以及肾功能均低于成人,导致经肾排泄的药物消除速率减慢,进一步延长药物的消除半衰期。一些吸入麻醉药(如七氟烷)的代谢产物对肾脏有潜在损害。但瑞马唑仑的药代动力学特征显示其清除率高、不依赖肝肾代谢,对肾脏影响较小[12]。

麻醉与手术应激反应也可抑制儿童的免疫系统,削弱机体的抵抗力,使其更易遭受感染。首先,放射治疗可能会对儿童的免疫系统造成抑制,致使免疫细胞数量减少,例如淋巴细胞数量降低,进而削弱机体对外界病原体的抵抗能力,增加感染风险。放疗还可能影响免疫细胞的正常功能,抑制免疫系统的正常反应,从而降低机体对肿瘤的免疫监视与清除能力[13]。与此同时,全身麻醉可能会对儿童免疫系统产生短期、可逆的抑制作用,影响免疫细胞的活性与功能,使机体在术后一段时间内对外界病原体的抵抗能力下降,同样会增加感染风险[10]。

2.3. 情绪和心理创伤

尽管婴幼儿对疼痛和恐惧的认知与表达与成人存在差异,但反复多次的全麻放疗操作仍可能给他们造成较大的心理压力,进而引发焦虑、恐惧等情绪障碍,甚至可能对其未来的心理健康和行为发育产生影响。例如,婴幼儿可能会对医院环境以及医护人员产生恐惧心理,从而出现抗拒治疗、哭闹不停等行为[14]。

3. 如何平衡麻醉安全和放疗效果

放射治疗是医学领域中最精准的治疗手段之一,然而在癌症治疗方面,其安全治疗窗相对狭窄[15]

[16]。无论是由于辐射剂量不够,还是部分肿瘤区域未被辐射覆盖而造成的剂量不足,均会导致治疗失败。相反,若增加辐射剂量或者扩大治疗范围,则可能引发难以承受的并发症,而这些风险在儿童患者群体中表现得更为显著[16]。

为了减少并发症并提升治疗效果,众多患儿需要借助个性化塑形的塑料模具来进行体位固定。最常见的固定部位为头颈部(针对脑部或头颈部肿瘤),患者需保持仰卧位或俯卧位。对于年幼或容易焦虑的儿童来说,将头部或身体固定在模具中并保持 10~20 分钟是一种难以忍受的体验。因此,在儿科放疗治疗实践中,需要进行麻醉镇静,以此确保放疗疗效及安全[14]。为保障医护团队成员免受辐射影响,此类治疗一般于医院放疗科的专门隔离机房区域进行,由于采用远程监护方式,可能致使对患儿临床状态的识别与处理产生延迟,这给麻醉医师带来了极大挑战[17]。因此,对患儿开展全面的术前评估,以确保治疗效果尤为重要。在婴幼儿多次放疗过程中平衡麻醉安全与放疗效果,可从以下几个方面入手:

3.1. 麻醉前评估与准备

全面评估患儿身体状况:详细了解患儿的病史、既往麻醉史、过敏史等,重点评估心肺功能、肝肾功能等重要器官功能,以及是否存在可能影响麻醉安全的基础疾病,如先天性心脏病、支气管哮喘等[18]。

制定个体麻醉方案:根据患儿的年龄、体重、身体状况、放疗部位及预计放疗时间等因素,制定个性化的麻醉方案,包括麻醉方式、药物选择及剂量等[18]。

禁食水准备:儿童的胃排空时间相对较长,麻醉状态下吞咽和咳嗽反射会减弱或消失,胃内食物或液体容易发生反流和误吸,引发严重后果,因此术前需严格禁食禁水。通常婴儿(6个月以下)术前 4 小时停止母乳喂养,术前 6 小时停止配方奶粉和牛奶喂养;6 个月至 3 岁的幼儿,术前 6 小时停止固体食物摄入,术前 4 小时停止牛奶等乳制品摄入,术前 2 小时可饮用少量清水;3 岁以上的儿童,术前 8 小时停止固体食物摄入,术前 6 小时停止乳制品摄入,术前 2 小时可饮用少量清水[19]。

心理疏导:手术和麻醉带来的陌生环境与未知体验会让孩子感到恐惧和不安,家长应在术前注重对孩子的心理疏导与沟通,缓解其焦虑情绪[19][20]。

信息告知:医护人员需向家长详细说明麻醉的风险、注意事项、可能的并发症及替代方案等,并签署麻醉知情同意书[20]。

3.2. 麻醉药物选择

咪达唑仑:具有良好的抗焦虑和遗忘作用,可用于术前焦虑缓解。静脉注射起效快,半衰期较短,适用于短时间的放射治疗,但可能引起呼吸抑制等不良反应。静脉注射,初始剂量一般为 0.05~0.1 mg/kg,根据患儿的反应可追加剂量,但总量不宜过多,以免引起过度镇静和呼吸抑制[21]。

右美托咪定:是一种 α_2 肾上腺素能受体激动剂,具有镇静、镇痛和抗焦虑作用,对呼吸抑制作用轻,适合用于儿童放疗的深度镇静,但起效相对较慢。在儿童肿瘤放射治疗中,联合丙泊酚静脉麻醉时,右美托咪定的剂量为 0.2 $\mu\text{g/kg}$ [22]。

丙泊酚:起效快、作用时间短、恢复迅速,是儿童放疗麻醉的常用药物,可维持自主呼吸,减少气道管理需求。但可能影响心血管和呼吸系统,需注意剂量控制。通常以 1~2 mg/kg 的剂量开始,根据患儿反应调整剂量,后续可通过输注泵持续输注,如 2~8 mg/kg/h [9]。

艾斯氯胺酮:起效快速,进入人体后能迅速发挥其药理作用,让患儿在短时间内进入适宜的麻醉状态,缩短放疗前的准备时间,提高放疗的整体效率。同时,其代谢也较快,药物在体内的清除较为迅速,有利于患儿术后的快速苏醒和恢复,减少了患儿在麻醉恢复期的不适和风险。一般静脉注射剂量为 0.15~0.3 mg/kg,可用于放疗前的镇静诱导等[23]。

七氟醚：诱导和恢复迅速，对呼吸道刺激小，血气分配系数低，适合儿童麻醉，常与氧气混合吸入，但成本较高。一般先用较低浓度诱导，然后逐步增加浓度，维持麻醉深度[24]。

瑞马唑仑：瑞马唑仑是一种新型超短效苯二氮草类药物，通过作用于 γ -氨基丁酸 A 型(GABAA)受体而产生镇静作用。具有起效快、半衰期短、清除率高、长期使用无药物蓄积、无明显注射痛、不依赖肝肾代谢，对呼吸及循环影响小的优点，且可被氟马西尼迅速拮抗。对于儿童放疗的麻醉诱导，可以考虑使用 0.2~0.4 mg/kg 的剂量，具体需根据患儿的年龄、体重和手术需求调整[12]。

舒芬太尼：舒芬太尼属于阿片受体激动剂，其镇痛作用明显强于芬太尼，具有镇静、催眠作用，使用的安全范围也大于吗啡和芬太尼。与 2.5 mg/kg 丙泊酚联用于儿童麻醉诱导时，舒芬太尼 0.2 μ g/kg 是理想的单次冲击剂量[25]。

昂丹司琼：是一种 5-HT₃ 受体拮抗剂，可有效预防和治疗化疗或放疗引起的恶心呕吐，不良反应少。6 个月及以上儿童，0.15 mg/kg，30 分钟内缓慢注射，首次给药后 4 小时和 8 小时重复给药，每剂最大 16 mg [21]。

盐酸戊乙奎醚：选择性作用于气道和肺组织中的 M₁、M₃ 受体，对 M₂ 受体作用不明显，不仅能有效减少黏液分泌及血管渗出、松弛气道平滑肌、扩张支气管、增加肺顺应性，而且不会出现乙酰胆碱过多释放而引起气道反常性收缩，从而降低气道高反应性，改善肺通气，预防围术期肺部并发症。在儿童放疗中的使用剂量为 0.01 mg/kg，主要用于术前用药，以抑制腺体分泌[26]。

为便于临床一线能够迅速做出决策，依据国内外指南，在评估丙泊酚(P)、右美托咪定(D)与瑞马唑仑(R)在维持患儿自主呼吸方面的效果时，需从“保留自主呼吸的成功率、呼吸抑制/循环波动发生率、苏醒质量”这三个维度进行量化。综合最新的循证证据表明：

① 单药比较

瑞马唑仑：起效 < 5 min，半衰期 37~53 min，呼吸抑制最低，血流动力学稳定，可氟马西尼逆转。

右美托咪定：起效 5~10 min，呼吸抑制极少，但可致明显心动过缓；苏醒时间偏长(>20 min)。

丙泊酚：起效最快，但呼吸抑制与低血压显著，需严格剂量控制。

② 联合策略

“R + P 低剂量”方案(R 0.2 mg/kg + P 0.5 mg/kg 诱导，维持 R 0.3 mg/kg/h + P 3 mg/kg/h)在多项小样本研究中显示：丙泊酚总用量下降 25%~40%，呼吸抑制率降至 6%以下，苏醒时间缩短 30% [27]。

③ 场景化选择

头颈部放疗、需绝对静止：首选 R 或 R + P，减少气道干预。

合并先天性心脏病：避免大剂量 P，推荐 R 为主，必要时加小剂量 D 0.2 μ g/kg 提供镇痛和稳定心率。

俯卧位或预计时间 > 30 min：D + R 组合，利用 D 的“可唤醒镇静”特质，便于术中神经监测。

当前证据提示：瑞马唑仑单用或联合低剂量丙泊酚在“维持自主呼吸”这一维度上具有优势；右美托咪定适用于需较深度镇静且循环风险低的场景；丙泊酚单药仅推荐在极短操作且严密监测下使用[27]。

3.3. 麻醉维持与监测

维持适宜的麻醉深度：在放疗过程中，应根据患儿的呼吸频率、呼气末二氧化碳、心率、血压、脉搏血氧饱和度等监测参数，以及体动、眼睑反射等体征，实时调整麻醉药物的用量和输入速度，维持适宜的麻醉深度，避免麻醉过深或过浅[24]。

加强监测：在整个麻醉过程中，应密切监测患儿的生命体征，包括心电图、血压、脉搏血氧饱和度、呼气末二氧化碳浓度等，及时发现并处理可能出现的异常情况，如低氧血症、低血压、心律失常等[24]。

保持呼吸道通畅：婴幼儿的气道相对较窄，易发生气道梗阻，因此在麻醉过程中应加强呼吸道管理，

确保气道通畅。必要时可进行气管插管或使用喉罩等气道管理工具。喉罩(LMA)因其置入简便且较气管插管并发症更少而被广泛应用[28] [29]，气管插管多用于复杂病例或气道梗阻高风险的患儿[30]。

3.4. 术中护理与管理

保持适宜的环境温度：婴幼儿体温调节功能尚未发育完善，麻醉状态下更容易出现体温波动，因此应保持治疗机房的温度适宜，避免患儿体温过低[24]。

预防术中低血糖：婴幼儿肝糖原储备有限，长时间放疗可能增加低血糖的风险，因此在麻醉前应适当给予葡萄糖溶液，并在麻醉过程中密切监测血糖水平，及时补充葡萄糖[24]。

3.5. 术后管理与随访

加强术后镇痛：术后疼痛可能导致患儿烦躁不安、呼吸心跳加快等，影响恢复和后续放疗的进行，因此应根据患儿的疼痛程度，合理选择镇痛药物和镇痛方式[24]。

密切观察术后反应：术后应密切观察患儿的生命体征、意识状态、呼吸情况等，及时发现并处理可能出现的并发症，如恶心呕吐、呼吸道感染、肺炎等[24]。

定期随访评估：对于需要多次放疗的婴幼儿，应定期进行随访评估，了解患儿的身体状况、生长发育情况以及放疗的疗效和不良反应等，及时调整治疗方案和麻醉方案[24]。

3.6. 多学科协作

与放疗科医生紧密合作：麻醉医生应与放疗科医生密切沟通，了解放疗计划、剂量、时间等信息，以便更好地制定麻醉方案，确保放疗的准确性和安全性[19]。

与儿科医生共同管理患儿：在患儿的整个治疗过程中，儿科医生可提供专业的儿科医学知识和技能，协助处理患儿可能出现的各种身体问题，共同保障患儿的健康[19]。

与心理医生或心理咨询师合作：婴幼儿多次放疗可能会对其心理造成一定的影响，因此必要时可与心理医生或心理咨询师合作，对患儿进行心理评估和干预，缓解其心理压力，提高治疗依从性[19]。

为将“心理疏导”落地，河北医科大学第二医院自 2023 年 6 月起引入儿童医疗辅导师(Child Life Specialist, CLS)并建立“放疗乐园”模型，流程如下：

① T-7 天(首次定位前)：

CLS 与患儿进行 30 min 游戏化角色扮演(“太空人戴面罩”)，降低面罩恐惧；家长同步参加 15 min 心理支持工作坊，学习“3F 话术”(Fact-Feeling-Future)，避免传递焦虑。

② T-1 天(模拟机房)：

使用 VR 眼镜预演机房场景，平均降低焦虑评分(m-YPAS)。

③ 放疗当日：

等候区设置“医疗游戏箱”，允许患儿为玩偶实施“麻醉→放疗”流程，实现最后 10 min 的脱敏；家长穿戴同款“太空服”陪同入室，直至麻醉诱导完成，显著减少分离焦虑。

④ 出院后：

建立“向日葵微信群”，CLS 每日推送 1 条 60 秒语音故事。

该方案在 2024 年 5 月通过医院品管圈评比，下一步将开发微信小程序，实现远程 CLS 咨询与家庭自助干预。

4. 结论与展望

放射治疗在儿童癌症治疗中起着至关重要的作用。然而，治疗过程对绝对制动的要求，使得全身麻

醉或深度镇静成为了必要。为确保体位固定,儿童在放疗过程中通常需接受全身麻醉或深度镇静。婴幼儿多次在全麻下进行放疗总体上是安全的,但必须严格遵循医疗规范和指南,确保每次麻醉的药物剂量、时间以及药物选择。大多数并发症短暂且可耐受,未出现严重不良事件(SAE) [31]。未来应致力于研发更加安全、短效且对神经发育影响更小的麻醉药物,同时改进麻醉技术和设备。例如,开发能够更精准评估婴幼儿气道通畅性的工具以提升麻醉的安全性。此外,要进一步强化麻醉科、放疗科、儿科等多学科之间的协作,共同制定婴幼儿多次全麻下放疗的标准化流程和指南,从而确保每个患儿都能获得最佳的治疗和护理。

参考文献

- [1] Zhang, D.M. and Cheng, L.P. (2018) Application of Radiotherapy in the Treatment of Childhood Cancer. *World Journal of Cancer Research*, **8**, 87-94.
- [2] Gong, L., Zhang, Y., Liu, C., Zhang, M. and Han, S. (2021) Application of Radiosensitizers in Cancer Radiotherapy. *International Journal of Nanomedicine*, **16**, 1083-1102. <https://doi.org/10.2147/ijn.s290438>
- [3] Robinson, E.J., Lyne, T.C. and Blaise, B.J. (2022) Safety of General Anaesthetics on the Developing Brain: Are We There Yet? *BJA Open*, **2**, Article 100012. <https://doi.org/10.1016/j.bjao.2022.100012>
- [4] Wilder, R.T., Flick, R.P., Sprung, J., Katusic, S.K., Barbaresi, W.J., Mickelson, C., *et al.* (2009) Early Exposure to Anesthesia and Learning Disabilities in a Population-Based Birth Cohort. *Anesthesiology*, **110**, 796-804. <https://doi.org/10.1097/01.anes.0000344728.34332.5d>
- [5] Graham, M.R., Brownell, M., Chateau, D.G., Dragan, R.D., Burchill, C. and Fransoo, R.R. (2016) Neurodevelopmental Assessment in Kindergarten in Children Exposed to General Anesthesia before the Age of 4 Years. *Anesthesiology*, **125**, 667-677. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000001245>
- [6] Sprung, J., Flick, R.P., Katusic, S.K., Colligan, R.C., Barbaresi, W.J., Bojanić, K., *et al.* (2012) Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder after Early Exposure to Procedures Requiring General Anesthesia. *Mayo Clinic Proceedings*, **87**, 120-129. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2011.11.008>
- [7] Warner, D.O., Zaccariello, M.J., Katusic, S.K., Schroeder, D.R., Hanson, A.C., Schulte, P.J., *et al.* (2018) Neuropsychological and Behavioral Outcomes after Exposure of Young Children to Procedures Requiring General Anesthesia. *Anesthesiology*, **129**, 89-105. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000002232>
- [8] Buchsbaum, J.C., McMullen, K.P., Douglas, J.G., Jackson, J.L., Simoneaux, R.V., Hines, M., *et al.* (2013) Repetitive Pediatric Anesthesia in a Non-Hospital Setting. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, **85**, 1296-1300. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2012.10.006>
- [9] Verma, V., Beethe, A.B., LeRiger, M., *et al.* (2015) Anesthesia Complications of Pediatric Radiotherapy. *Practical Radiation Oncology*, **6**, 143-154.
- [10] 赵文. 小儿全身麻醉药的合理应用[J]. 药学实践杂志, 2005, 23(3): 158-160.
- [11] 王静, 李晓红. 丙泊酚中长链脂肪乳在婴幼儿麻醉中的应用效果观察[J]. 蚌埠医学院学报, 2018, 43(3): 292-295.
- [12] 马文慧, 王思, 龚德慧. 瑞马唑仑应用于儿童麻醉中的最新研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(3): 832-837.
- [13] Zhai, D., An, D., Wan, C. and Yang, K. (2022) Radiotherapy: Brightness and Darkness in the Era of Immunotherapy. *Translational Oncology*, **19**, Article 101366. <https://doi.org/10.1016/j.tranon.2022.101366>
- [14] Seiler, G., De Vol, E., Khafaga, Y., Gregory, B., Al-Shabanah, M., Valmores, A., *et al.* (2001) Evaluation of the Safety and Efficacy of Repeated Sedations for the Radiotherapy of Young Children with Cancer: A Prospective Study of 1033 Consecutive Sedations. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, **49**, 771-783. [https://doi.org/10.1016/s0360-3016\(00\)01357-2](https://doi.org/10.1016/s0360-3016(00)01357-2)
- [15] Oeffinger, K.C., Eshelman, D.A., Tomlinson, G.E., Buchanan, G.R. and Foster, B.M. (2000) Grading of Late Effects in Young Adult Survivors of Childhood Cancer Followed in an Ambulatory Adult Setting. *Cancer*, **88**, 1687-1695. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0142\(20000401\)88:7<1687::aid-cnrcr24>3.3.co;2-d](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0142(20000401)88:7<1687::aid-cnrcr24>3.3.co;2-d)
- [16] Carrie, C., Hoffstetter, S., Gomez, F., Moncho, V., Doz, F., Alapetite, C., *et al.* (1999) Impact of Targeting Deviations on Outcome in Medulloblastoma Study of the French Society of Pediatric Oncology (SFOP). *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, **45**, 435-439.
- [17] Li, L.W., Chua, G.W., Wenjun, K. and Bong, C.L. (2021) Anaesthesia for Radiotherapy in Paediatric Oncology—A Retrospective Observational Study in an Asian Population. *Chinese Clinical Oncology*, **10**, Article 24. <https://doi.org/10.21037/cco-20-3>

- [18] Tan, A. and Nolan, J.A. (2021) Anesthesia for Children with Anterior Mediastinal Masses. *Pediatric Anesthesia*, **32**, 4-9. <https://doi.org/10.1111/pan.14319>
- [19] Gaze, M.N. (2018) Good Practice Guide for Paediatric Radiotherapy. *Clinical Oncology*, **31**, 139-141. <https://doi.org/10.1016/j.clon.2018.12.003>
- [20] 中华口腔医学会镇静镇痛专业委员会. 儿童口腔门诊全身麻醉操作指南[J]. 中华口腔医学杂志, 2021, 56(3): 231-237.
- [21] Harris, E.A. (2010) Sedation and Anesthesia Options for Pediatric Patients in the Radiation Oncology Suite. *International Journal of Pediatrics*, **2010**, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2010/870921>
- [22] 王书君, 陈公安, 张伟, 王贺玲, 王刚, 郑晓. 右美托咪定联合丙泊酚静脉麻醉在儿童肿瘤患者放射治疗中的安全性研究[J]. 中国现代医药杂志, 2024, 26(9): 21-25.
- [23] 曹天彪, 宋文学. 艾司氯胺酮在小儿围术期应用进展[J]. 临床麻醉学杂志, 2024, 40(4): 416-420.
- [24] Palmese, S., Secondulfo, C., Caterino, V., Santaniello, G., Siglioccolo, A., Cascella, M., et al. (2025) Standardized Anesthetic Protocol in Pediatric Radiotherapy: A Retrospective Analysis of Clinical Efficacy and Outcomes. *Radiotherapy and Oncology*, **209**, Article 110952. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2025.110952>
- [25] Li, N., Chen, Y., Ouyang, B., Li, G., Lin, G., Li, Y., et al. (2019) The Optimal Bolus Dose of Sufentanil for Satisfactory Laryngeal Mask Airway (LMA) Insertion Conditions in Chinese Pediatric Patients. *Medicine*, **98**, e14711. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000014711>
- [26] 陶一江, 陈建荣, 朱杰, 姚坚, 李凯述, 张杨. 盐酸戊乙奎醚在慢性阻塞性肺病中的临床应用[J]. 中华急诊医学杂志, 2006, 15(3): 255-259.
- [27] Fang, Y.B., Wang, C.Y., Gao, Y.Q., Cai, Y.H., et al. (2023) The Safety and Efficacy of Remimazolam Tosylate for Induction and Maintenance of General Anesthesia in Pediatric Patients Undergoing Elective Surgery: Study Protocol for a Multicenter, Randomized, Single-Blind, Positive-Controlled Clinical Trial. *Frontiers in Pharmacology*, **14**, Article 1090608. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1090608>
- [28] Stevanovic, A., Rossaint, R., Fritz, H.G., Froeba, G., Heine, J., Puehringer, F.K., et al. (2015) Airway Reactions and Emergence Times in General Laryngeal Mask Airway Anaesthesia. *European Journal of Anaesthesiology*, **32**, 106-116. <https://doi.org/10.1097/eja.0000000000000183>
- [29] Stevanovic, A., Rossaint, R., Keszei, A.P., Fritz, H., Fröba, G., Pühringer, F., et al. (2015) Emergence Times and Airway Reactions in General Laryngeal Mask Airway Anesthesia: Study Protocol for a Randomized Controlled Trial. *Trials*, **16**, Article No. 316. <https://doi.org/10.1186/s13063-015-0855-2>
- [30] Wojcieszek, E., Rembielak, A., Bialas, B. and Wojcieszek, A. (2010) Anaesthesia for Radiation Therapy—Gliwice Experience. *Neoplasma*, **57**, 156-160. https://doi.org/10.4149/neo_2010_02_155
- [31] Shimazu, Y., Otsuki, R., Murakami, M., Konishi, A., Kan, K., Seto, I., et al. (2020) Age as a Decisive Factor in General Anaesthesia Use in Paediatric Proton Beam Therapy. *Scientific Reports*, **10**, Article No. 15096. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72223-z>