

沉浸式虚拟现实技术在儿科择期手术全身麻醉护理中的应用进展

陈乐怡, 胡文静, 赵妍斐, 黄晓英, 廖春霞*

湖州学院生命健康学院, 浙江 湖州

收稿日期: 2026年3月25日; 录用日期: 2026年4月29日; 发布日期: 2026年5月9日

摘要

本文综述沉浸式虚拟现实(IVR)技术在儿科择期手术全身麻醉护理中的应用与研究进展。分析了患儿术前焦虑等问题及传统干预措施的局限性, 指出IVR在缓解负性情绪方面具有重要价值。系统归纳了IVR技术的理论基础、类型及临床评估方法, 比较了国外在机制研究、设备创新等方面的成果, 以及国内在可行性验证、本土化内容开发等方面的现状。研究指出当前存在设备成本与适配性、方案个性化与标准化、安全与伦理等关键问题, 并提出未来应加强本土化方案设计、多学科协作与长期效应研究, 以推动IVR技术在我国儿科麻醉护理中的深入应用。

关键词

沉浸式虚拟现实技术, 全身麻醉, 患儿, 围手术期护理, 术前焦虑

Application Progress of Immersive Virtual Reality Technology in General Anesthesia Nursing for Pediatric Elective Surgery

Leyi Chen, Wenjing Hu, Yanfei Zhao, Xiaoying Huang, Chunxia Liao*

School of Life and Health, Huzhou College, Huzhou Zhejiang

Received: March 25, 2026; accepted: April 29, 2026; published: May 9, 2026

Abstract

This article reviews the application and research progress of immersive virtual reality (IVR)

*通讯作者。

文章引用: 陈乐怡, 胡文静, 赵妍斐, 黄晓英, 廖春霞. 沉浸式虚拟现实技术在儿科择期手术全身麻醉护理中的应用进展[J]. 护理学, 2026, 15(5): 12-22. DOI: 10.12677/ns.2026.155138

technology in pediatric elective surgery general anesthesia nursing. It analyzes the problems of preoperative anxiety in children and the limitations of traditional interventions, and points out that IVR is of great value in alleviating negative emotions. This review systematically summarizes the theoretical basis, types and clinical evaluation methods of IVR technology, and compares the achievements of foreign countries in mechanism research, equipment innovation, etc., and the current situation in China in terms of feasibility verification and local content development. This review points out that there are key issues such as equipment cost and adaptability, program personalization and standardization, safety and ethics, and proposed that local scheme design, multidisciplinary collaboration and long-term effect research should be strengthened in the future to promote the in-depth application of IVR technology in pediatric anesthesia nursing in China.

Keywords

Immersive Virtual Reality Technology, General Anesthesia, Children, Perioperative Nursing, Preoperative Anxiety

Copyright © 2026 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, 需接受择期手术的全身麻醉患儿在进入手术室至麻醉诱导完成期间, 常因陌生环境、与父母分离及未知操作而出现强烈心理应激, 产生显著焦虑与恐惧。研究表明, 约 50%~60% 的患儿术前出现中重度焦虑[1]。这不仅导致麻醉诱导配合度下降、哭闹反抗增加, 还与术后苏醒期躁动、疼痛加剧及负面医疗记忆等不良结局密切相关[2]。然而, 传统的心理干预方式(如口头安慰、玩具分散或家长陪伴)因患儿认知能力有限且医疗环境压力大, 效果往往不理想。随着数字化与智能化技术的深度融合, 沉浸式虚拟现实(immersive virtual reality, IVR)技术在医疗领域的应用迅速拓展, 而 VR 硬件设备不断迭代、成本显著降低, 使其在临床复杂动态环境中的应用可行性大幅提升。多项随机对照试验和系统评价/Meta 分析探讨了 IVR 在缓解儿科手术患儿术前焦虑、降低术后疼痛评分及改善行为依从性方面的有效性与安全性, 已积累初步的积极证据[3] [4]。在此基础上, 本文系统梳理 IVR 技术在择期手术全身麻醉患儿中应用的研究现状与进展, 以期为临床实践及相关研究提供参考。

2. 概述

全身麻醉患儿围术期管理直接影响诊疗安全与患儿身心健康[5], 其面临术前焦虑高发与诱导配合度低、苏醒期躁动以及术后疼痛控制不足等主要挑战。术前焦虑常导致麻醉诱导和静脉穿刺困难[6]; 苏醒期躁动则增加坠床、切口裂开等意外风险; 而镇痛不足会延缓康复进程。传统药物干预如咪达唑仑存在呼吸抑制等风险, 非药物方式则因沉浸感有限而效果不足。在此背景下, 沉浸式虚拟现实(IVR)作为一种数字健康干预, 通过头戴设备使患儿沉浸于虚拟环境, 基于注意力分散理论缓解疼痛与焦虑[7] [8], 已应用于儿童疼痛管理[9]、烧伤换药[10]及结肠镜检查[11]等操作性疼痛缓解[12]。多项随机对照试验表明, IVR 不仅能显著减轻术前焦虑、降低术后疼痛并提高麻醉诱导依从性[13], 而且其非药物机制还有助于降低应激反应及苏醒期谵妄风险。美国洛杉矶儿童医院(CHLA) [4]的研究也证实, IVR 在静脉穿刺和麻醉诱导前能有效减少患儿疼痛与焦虑, 尤其对针头恐惧和高焦虑敏感患儿效果显著。

3. 沉浸式虚拟现实技术的类型与应用特点

Table 1. Comparison of different types of immersive virtual reality technology
表 1. 沉浸式虚拟现实技术不同类型的比较

技术类型	主要特点	核心交互方式	适用对象/场景	应用效果	存在问题/限制	应用情况	验证程度
头戴式 VR 设备	通过头部佩戴装置呈现虚拟场景并隔离现实环境视听干扰, 实现注意力高度集中与转移。配备高分辨率显示屏与立体声耳机, 提供全景视频或动画内容[14]。	视、听觉沉浸, 被动接收	4~12 岁择期全身麻醉手术患儿; 术前等候区或麻醉诱导阶段[14]。	显著降低患儿焦虑水平并提高麻醉诱导配合度; 可为患儿创造积极医疗体验, 改变其对医院的恐惧心理[14]。	设备成本较高; 部分患儿可能出现眩晕等不适反应[17]	显著降低学龄期患儿在关键时间点的焦虑水平[14]; 在静脉穿刺和麻醉诱导前能有效减少患儿疼痛与焦虑。	研究较多, 效果明确[7][14]。
交互式 VR 系统	在视听觉沉浸基础上引入动作捕捉与实时反馈机制, 使患儿通过手势、头部运动或控制器与虚拟环境双向互动, 增强参与感[15]。	视、听觉沉浸 + 动作捕捉/控制器互动	儿科麻醉场景中, 设计符合儿童认知水平的虚拟任务(如点击虚拟物品、完成简单游戏)[15]。	通过任务导向型活动强化注意力分散效果; 改善患者认知功能和情绪状态[15]。	需考虑个体差异与安全性问题, 注意防控晕动症等不良反应[17]。	其范围正延伸至术后康复, 基于 VR 的主动运动训练在促进功能恢复和心理调节方面具有积极意义[18]。	已应用于认知训练与康复, 麻醉中处于探索阶段[15]
多感官 VR 环境	整合视听觉与触觉、运动感知等多种反馈, 构建更为真实的虚拟体验。通过震动反馈、风力模拟等技术可显著增强情境代入感与身体感知[16]。	视、听、触、动等多感官整合反馈	儿科麻醉领域: 通过模拟手术室场景、麻醉面罩佩戴过程及手术结束复苏环境, 帮助患儿提前适应医疗流程[16]。	被证实能有效缓解患者负性情绪和生理应激反应[16]; 可通过多感官刺激增强环境控制感, 减轻苏醒期躁动与疼痛体验[13][16]。	多感官 IVR 干预须考虑个体差异与安全性问题, 注意防控晕动症等不良反应[17]。	有效缓解患者负性情绪和生理应激反应[16]。	国外有相关应用, 国内缺乏系统研究[17]。

3.1. 基本情况比较

按照主要特点、核心交互方式、适用对象及场景、应用效果等对 3 种沉浸式虚拟现实技术进行比较, 见表 1。头戴式 VR 设备是目前临床最常用的形式, 通过视听沉浸式输入实现注意力转移, 技术成熟度高, 已获多项研究证实可有效降低术前焦虑并提升麻醉诱导配合度[7][14]。交互式 VR 系统在沉浸基础上集成动作捕捉与实时反馈机制, 强化用户主动参与, 其应用范围正由术前干预拓展至术后功能康复[8][19]。多感官 VR 环境进一步融合触觉、动觉等多重感官反馈, 通过构建高保真虚拟体验增强情境适应与情绪调节效能, 然其在国内儿科麻醉领域的系统性应用与研究仍较有限[16][17]。其相同之处在于三者均以构建虚拟环境为核心手段, 旨在通过注意力分散与情境预适应机制, 来达到缓解 4~12 岁择期手术患儿的围术期焦虑、疼痛并提升其行为配合度的效果[14]。同时, 各类技术在临床转化中均面临设备成本、个体适应性差异以及缺乏标准化应用方案等共通挑战[17]。

3.2. 内容比较

3 种 VR 技术在儿科围术期焦虑干预中的内容设计、作用机制及优势维度各具特点。头戴式 VR 设备以全景手术宣教视频和虚拟影院动画为核心内容, 通过注意力分散与情境预适应机制降低患儿对医疗环境的陌生感与恐惧感, 前者以第一人称视角呈现入院至苏醒全流程, 后者则借助趣味性情节实现广泛注意力转移[14]; 交互式 VR 系统侧重任务导向与主动参与, 借助符合儿童认知水平的虚拟游戏或角色扮演任务, 使患儿在互动中完成注意力转移并增强自我效能感与控制感[20], 多感官 VR 环境强调多通道感官

模拟与情境真实性,整合震动反馈、风力模拟等技术以在生理感知层面减轻应激反应[16],提升患儿对麻醉面罩佩戴等特定医疗流程的适应能力,其深度沉浸感与情绪安抚效果更显著,但对内容设计与设备要求更高,且需警惕运动错觉等不良反应[17]。

3.3. IVR 在儿科麻醉中的优势

3.3.1. 有效分散注意力,降低焦虑水平

IVR 通过构建虚拟环境主动占据患儿视听觉及认知通道,将注意力从医疗操作有效转移。这种基于注意力分散理论的干预方式能显著降低术前焦虑。采用第一人称视角 VR 360°全景视频进行术前宣教,可显著降低学龄期患儿在术前等待、进入手术室及麻醉诱导等关键时间点的焦虑水平[14],表明 IVR 是缓解围术期焦虑的有效方法。

3.3.2. 显著增强麻醉诱导期合作度

麻醉诱导是患儿最易产生恐惧和抵抗行为的关键环节。IVR 通过沉浸式体验使患儿更易保持平静,提升配合度。研究表明,医疗叙事角色扮演联合 IVR 干预能有效稳定患儿麻醉诱导期情绪和行为[20]。类似地,在操作性疼痛场景中,VR 也能提高患儿配合度。试验组患儿换药时长从干预前 460 秒降至 364 秒[21],证明 IVR 能有效提高患儿配合度,减轻临床工作阻力。

3.3.3. 具有减少麻醉药物使用的潜力

通过非药物手段稳定患儿生理与心理状态,IVR 为减少辅助镇静药物用量提供了可能。研究提供了生理学证据,显示 VR 干预后试验组患儿心率从 179 次/分降至 165 次/分,而对照组心率上升至 185 次/分($P < 0.001$) [13],这一生理指标的改善为 IVR 在麻醉管理中减少药物依赖提供了实践依据,说明其在减轻疼痛应激反应方面具有明确效果。

3.3.4. 全面提升患儿及家属满意度

研究表明,使用沉浸式虚拟现实技术观看全景手术宣教视频有助于减轻患儿苏醒期躁动度[14]。IVR 干预为患儿创造积极医疗体验,改变患儿对医院的恐惧心理,显著提升就医满意度。同时,VR 干预组患儿及家属满意度达 96%,显著高于对照组 88% ($P < 0.001$) [18]。家属目睹孩子平静配合地完成麻醉,自身焦虑情绪也得到有效缓解,对医疗服务整体满意度随之提高。这种满意度改善不仅优化就医体验,也促进医患关系和谐发展。

4. 沉浸式虚拟现实技术在择期手术全身麻醉患儿中的应用方法

4.1. 应用条件

适用人群: 4~12 岁择期全身麻醉手术患儿,须具备正常认知及语言表达能力以理解并配合 VR 干预流程。手术类型涵盖普外科、泌尿外科及骨科等择期非急诊手术,应排除合并严重心肺疾病、神经系统异常、癫痫病史或头部外伤致设备佩戴受限者。相关研究证实了该年龄段患儿具备接受多感官虚拟环境引导的能力,因此可有效通过沉浸式体验缓解围手术期负性情绪[14]。此外,术前未使用镇静药物且无手术史者,方可纳入干预,以避免混杂因素影响效果评价。适用阶段: 麻醉诱导前、术中维持及苏醒期恢复全过程。具体而言,干预始于术前 1 日设备适应与内容说明,手术当日进入手术间前 5~10 分钟启动正式 VR 干预,持续至麻醉诱导完成,而麻醉苏醒期同样适用 VR 内容实施情绪安抚与行为引导。研究表明,各阶段 VR 干预作用机制与临床重点侧重点不同: 麻醉前侧重于分散注意力与情境预适应,诱导期旨在提高配合度,苏醒期则聚焦于降低躁动发生率[22]。鉴于患儿在麻醉诱导前及苏醒初期心理应激水平较高,于此阶段实施 VR 干预可获得最佳时效性与效益。

4.2. 应用方式

不论哪种类型的沉浸式虚拟现实干预,其应用流程通常都包括内容呈现与互动引导两部分① 内容呈现:指通过 VR 技术为患儿提供的视听沉浸式体验,主要包括全景手术宣教视频与虚拟影院动画影片两类形式。全景视频涵盖入院核对、等候、入室、麻醉诱导至恢复室苏醒的全流程,采用第一人称视角拍摄,配以柔和背景音乐与童趣化配音,旨在建立患儿对手术环境的熟悉感与可控感[14]。动画内容则通过卡通角色、自然景观或游戏化情节转移患儿对医疗操作的注意力。此类内容遵循多感官同步刺激原则,融合视觉、听觉与情境模拟,以缓解患儿因陌生环境及父母分离所致的焦虑情绪[22]。② 互动引导:强调 VR 使用过程中护理人员的参与及患儿的反应反馈。护理人员应于干预前指导患儿熟悉设备佩戴,并在观看过程中通过语言鼓励、行为示范等方式增强其安全感与配合意愿。部分研究于 VR 干预后采用行为观察量表(如 mYPAS-SF、PAED、ICC 等)评估患儿焦虑水平、麻醉配合度及苏醒期躁动,据此判断干预效果并动态调整内容策略[13]。值得注意的是,沉浸式虚拟现实干预其重点应是在通过沉浸式体验分散注意力、提升患儿对医疗流程的认知与接受度,而非要求其独立完成操作任务。干预全程中,医护人员应作为引导者与支持者,与患儿保持积极互动,并在关键环节(如麻醉面罩佩戴)提供行为辅助与情绪安抚,以提升整体干预的可行性与有效性[22]。

4.3. 应用的注意事项

尽管沉浸式虚拟现实技术在缓解患儿围手术期焦虑方面优势显著,其临床应用仍需谨慎推进。该技术适用于 4~12 岁、认知功能正常、接受择期手术的患儿,干预可覆盖麻醉诱导前至苏醒期全过程[14]。但由于应用过程中部分患儿可能出现眩晕等不适反应,因此,应密切观察并及时调整干预方案[17]。同时应明确其辅助干预定位,不能替代常规术前沟通与心理护理,而需与医护人员专业引导相结合,形成完整干预体系。此外,内容设计需严格遵循儿童心理发展规律,采用温暖明亮的视觉风格,尽可能规避引发恐惧的元素,确保沉浸体验的安全性与其有效性。因此,在临床应用中须基于患儿特征评估、操作流程规范、内容设计优化及支持系统完善,为患儿提供最佳围手术期心理支持体验。

5. 沉浸式虚拟现实技术在患儿全身麻醉中的应用效果

Table 2. Basic characteristics of applied research on immersive virtual reality technology in pediatric general anesthesia

表 2. 沉浸式虚拟现实技术在儿科全身麻醉中应用研究的基本特征

实验名称	样本量 (IVR/对照)	干预细节	主要结局指标	主要结论	研究局限性
沉浸式 VR 术前宣教与动画分散对比研究[14]	120 例 (40/40/40)	内容: 全景手术宣教视频 vs. 虚拟影院动画片 时长: 麻醉诱导前约 5~10 分钟 设备: 头戴式 VR	改良耶鲁术前焦虑量表(mYPAS-SF)、麻醉诱导合作量表(ICC)、儿童苏醒期躁动评分(PAED)	IVR 组(尤其全景视频组)显著降低术前焦虑、提高麻醉诱导合作度、减轻苏醒期躁动。	单中心研究; 未评估远期心理行为影响; 未比较不同类型 VR 内容对特定年龄段患儿的差异化效果。
全景视频术前宣教对学龄期患儿焦虑干预研究[18]	120 例 (60/60)	内容: 第一人称视角 360° 全景手术宣教视频 时长: 术前等待、入手术室、麻醉诱导前分阶段播放, 总计约 15~20 分钟 设备: 头戴式 VR	mYPAS-SF、患儿及家属满意度	IVR 组在术前等待、进入手术室及麻醉诱导三个关键时间点的 mYPAS-SF 评分均显著低于对照组; 满意度达 96%, 显著高于对照组 (88%)。	未对患儿进行长期随访; 未报告设备相关不良反应; 未纳入低龄 (<4 岁) 患儿。

续表

医疗叙事角色扮演联合 VR 分散注意力干预研究[20]	90 例 (45/45)	内容: 医疗叙事角色扮演 联合沉浸式 VR 分散注意力 时长: 麻醉诱导前 20 分钟 设备: 未明确	mYPAS-SF、 ICC、心率、 血压	联合干预组患儿麻醉诱导期情绪和行为更稳定, mYPAS-SF 和 ICC 评分均显著优于对照组。	联合干预难以区分单一 IVR 的独立效应; 未报告 VR 内容的标准化脚本。
VR 游戏麻醉诱导分散注意力随机对照试验[13]	82 例 (41/41)	内容: 交互式 VR 游戏 (“Ocean Rift”或“Henry the Penguin”) 时长: 麻醉诱导前及诱导期间持续使用 设备: 头戴式 VR	mYPAS-SF、 ICC、诱导期间 患儿合作度	IVR 组患儿麻醉诱导期间焦虑水平更低, 合作度更高; 父母陪同并未在对照组中表现出同等优势。	单中心研究; 样本量较小; 未评估苏醒期及术后远期行为。
术前 VR 手术室暴露降低儿童焦虑随机对照试验	194 例 (97/97)	内容: 基于医院环境的交互式 VR 游戏 (“Tour to the Operating Room”) 时长: 术前 1 天进行约 15 分钟 VR 暴露 设备: 头戴式 VR	mYPAS-SF、 术后疼痛评分 (FLACC)、 诱导合作度	IVR 组术前焦虑显著降低, 但对术后疼痛与合作度改善未达统计学显著性。	干预与手术间隔时间较长(术前 1 天); VR 内容侧重认知预适应, 而非即时注意力分散。

近年来, 多项随机对照试验探讨了 IVR 在儿科围术期的应用效果, 其研究设计、干预方案及主要结论汇总见表 2。

5.1. 减轻术前焦虑

沉浸式虚拟现实技术的使用构建了多感官虚拟环境, 可有效转移患儿对现实手术场景的注意力, 降低术前焦虑水平。使用 IVR 技术的患儿观看全景手术宣教视频或动画片后, 改良耶鲁术前焦虑量表评分显著低于常规护理对照组, 且麻醉诱导前关键时段效果尤为突出[14]。此外, 与传统药物镇静相比, IVR 作为非药物干预可规避呼吸抑制等不良反应, 并通过场景预适应增强患儿对手术流程的熟悉感, 减少未知因素引发的恐惧[13]。动画片在即时吸引注意力方面优势显著, 但全景视频对缓解手术直接相关焦虑更具针对性, 故教育性与趣味性内容相结合可成为未来沉浸式虚拟现实技术的优化方向。

5.2. 降低苏醒期疼痛与躁动

儿童苏醒期躁动是指有轻微的躁动和精神应激状态, 通常有自限性, 在术后不久发生并在 5~15 min 内自行缓解, 但有 2%~3% 的患儿可持续更长时间, 有高达 10%~50% 的患儿(成人为 5%)表现出苏醒期行为改变并在术后出现新的适应不良行为如噩梦、哭泣、尿床、分离性焦虑和发脾气[23]。而且还没有单一的病因能够完全解释小儿全麻后会出现躁动, 病人的个体差异、麻醉药物以及手术因素等都与术后躁动的发生相关[24]。因此, 全身麻醉患儿苏醒期躁动的缓解应予以重视, 以减少后期对健康、心理就医行为的影响。IVR 技术可以有效缓解全身麻醉患儿苏醒期疼痛与躁动。研究表明, 接受全景手术宣教视频干预者, 其儿童苏醒期躁动评分量表得分显著低于对照组, 疼痛评分亦获改善[14]。IVR 通过分散患儿对疼痛信号的注意力、借助多感官刺激增强环境控制感, 进而减轻苏醒期躁动与疼痛体验[16]。相较于阿片类药物镇痛, IVR 无恶心、呼吸抑制等不良反应, 尤适用于儿科人群。此外, 干预内容的真实性与沉浸感是关键因素。全景视频中嵌入恢复室环境录音等设计, 可进一步提升干预效果, 为患儿提供心理准备, 降低苏醒期负面行为发生率。综上所述, 使用 IVR 技术可以缓解苏醒期疼痛与躁动从而提高患者及其家属的术后的康复质量。

5.3. 提升患儿合作度与家属满意度

沉浸式虚拟现实技术的使用显著提升了患儿麻醉诱导期配合度及家属对医疗过程的满意度。研究数据显示, IVR 组患儿麻醉诱导合作量表表现优于常规护理组, 全景视频组与虚拟影院组“优”级配合率分别达 73.33%和 86.67% [14]。患儿合作度提升减少了术中约束需求, 优化了护理流程并且缩短术前准备与恢复时间[20]。同时家属因目睹患儿情绪稳定、配合度提高而对护理质量的评价显著提升, 医患信任随之增强。综上所述, IVR 技术通过改善患儿行为反应与家属心理体验, 实现围手术期护理质量与效率的双重提升, 体现了以家庭为中心护理理念的实际应用价值。

6. IVR 在应用中面临的问题与挑战

6.1. 技术设备限制与生理不适反应

IVR 技术的临床转化首要面临硬件设备的制约。尽管 VR 技术可创造深度沉浸体验, 但其高昂的硬件成本与有限的移动性构成显著局限[25]。临床应用, 设备的有线连接与价格门槛持续制约患者体验。此外, VR 使用过程中的晕动症(表现为头痛、胃部不适、疲劳及眩晕等不良反应) [26]不仅影响患儿使用体验, 更可能导致干预中断, 降低治疗依从性。

6.2. 个体差异影响干预效果

患儿的年龄、认知发展水平及性格特质显著影响 IVR 干预效果, 这种影响是多层次和动态的。为深入理解这一现象的认知机制, 可引入皮亚杰的认知发展阶段理论解释其差异: 儿童依次经历感知运动(0~2岁)、前运算(2~7岁)、具体运算(7~11岁)和形式运算(11岁后)四个阶段, 各阶段认知结构存在质的差异 [27]。IVR 的核心目标人群为 4~12 岁患儿, 跨越前运算与具体运算阶段, 其对 VR 内容的接受与反应模式截然不同。在前运算阶段(2~7岁), 儿童思维具有典型的“自我中心性”特征, 难以区分主观世界与客观现实, 容易将虚拟情境中的内容感知为真实存在。神经影像学证据显示, 儿童前额叶皮层未成熟, 导致其对 VR 临场感的抑制能力弱于成人[28]。这既是 IVR 发挥分散注意力作用的认知基础, 也带来风险: 患儿可能混淆虚拟场景与现实医疗环境, 甚至产生虚构记忆。因此, 针对该年龄段的内容设计应避免高度逼真的恐怖场景, 优先采用风格化卡通动画, 并以明确提示帮助其建立“虚拟-现实”边界。动画片在即时吸引注意力方面优势显著, 特别适用于低龄儿童的术前焦虑缓解[14]。进入具体运算阶段(7~11岁)后, 儿童逻辑思维与去自我中心化能力显著提升, 能理解复杂的时间顺序与因果关系。这为全景手术宣教视频的应用提供了理论依据——该年龄段患儿可通过第一人称 VR 内容预演从入院核对到苏醒恢复的全流程, 借助情境预适应降低对未知的恐惧。然而, 内容单一、重复播放的视频易引发厌倦, 削弱干预效果[14]。因此, 应在保证教育性的前提下增强互动性与游戏化元素, 通过任务导向型设计维持参与动机。此外, 个体性格特质(如焦虑敏感性、感觉寻求倾向)同样调节干预效果, 高焦虑患儿需更细致的引导与更短的干预时长。

6.3. 缺乏标准化的应用指南与培训体系

当前, 我国尚缺乏统一的 IVR 技术儿科围手术期应用标准, 涵盖操作规范、内容选择及效果评价体系[29]。在临床实践中, 护理人员往往依赖个人经验或临时方案进行决策, 例如干预的最佳时机、持续时长、内容选择以及如何与患儿及家属沟通解释 VR 体验, 这致使干预过程难以标准化, 效果异质性显著且评估困难。与此相应, 护理人员 IVR 技术培训体系的不完善, 进一步制约了其在临床中的有效应用与技术推广。

6.4. 潜在的伦理与安全问题

IVR 在儿科麻醉中的应用面临多重伦理考量,较传统干预更为复杂。首先,患者隐私存在数据泄露风险:设备可能收集儿童的生物识别信息、行为轨迹及反应数据,而存储、传输与使用缺乏统一监管标准。针对扩展现实(XR)技术伦理框架的范围综述指出,隐私、知情同意、责任归属、透明度与自由是最突出的伦理原则,并归纳出尊重人、福祉、安全、诚信与信任、正义、回应性七项核心价值[30]。针对早期儿童教育中 XR 应用的分析发现,当前隐私保护多聚焦于程序性同意,而对儿童生物识别信息等数据安全关注严重不足。其次,VR 内容适宜性需严格把控:过度刺激或恐怖内容可能诱发儿童负面情绪甚至心理创伤。儿童对虚拟环境的敏感性高于成人,其长期影响尤需关注[31]。

基于上述分析,本研究提出适用于儿科 IVR 应用的七维度伦理审查框架:

(1) 知情同意:向监护人充分披露短期风险(晕动症、眩晕、视觉疲劳等)与预期获益,确保自愿决定;对有语言能力的患儿同时征得其口头同意。知情同意是 XR 伦理框架中识别度最高的原则之一[30]。

(2) 风险-获益评估:由多学科团队(麻醉科、儿科、护理部)综合评估,确保风险最小化且获益大于风险。XR 对儿童神经心理发育的长期影响尚不明确,应遵循审慎原则[31]。

(3) 内容适宜性审查:内容须符合患儿年龄与认知水平,避免暴力、恐怖或过度刺激元素,并经儿童心理学专家审核。

(4) 数据隐私与安全:明确界定数据采集范围、用途与保存期限,采用匿名化处理。当前数据安全实践在儿童 XR 应用中关注度最低,亟需加强[31]。

(5) 监督与退出机制:干预全程由培训后的医护人员在场监督,密切观察眩晕、恶心等不适反应;预设明确的退出标准与流程,确保患儿可随时中断而不影响后续医疗权益。

(6) 设备适配与安全:审查设备是否符合儿童人体工学(头戴设备重量、瞳距调节范围),评估长时间使用对视觉及姿势控制的影响。

(7) 长期效应追踪:建立使用 IVR 患儿的长期随访机制,评估对心理行为发展的远期影响。

现有文献明确将 XR 对儿童的长期效应列为未来研究重点方向[31]。通过上述七维度清单的规范实施,可在保障患儿权益与安全的前提下,推动 IVR 技术在儿科麻醉护理中的负责任应用与可持续发展。该框架可为后续研究提供伦理审查参考。

7. 启示与建议

7.1. 开发本土化、个性化的 IVR 干预方案

尽管 IVR 技术在国外已被证实能有效缓解患儿术前焦虑,但直接引进的内容往往因文化差异、语言障碍及情境陌生而难以引起中国儿童的情感共鸣与认知认同。目前国内临床实践中仍缺乏针对中国儿童文化背景、认知发展阶段与审美偏好系统设计的本土化 IVR 方案。针对此现象,未来研究可以结合中国儿童的文化背景、认知特征与审美偏好,开发本土化 IVR 场景与内容。例如,融入广受喜爱的动漫元素以提升患儿兴趣与代入感[22]。将动画元素纳入全景宣教视频,或在宣教后增设娱乐性内容以维持患儿参与度[14]。类似地,童趣化情境认知干预已被证实能有效降低学龄期眼科手术患儿的术前焦虑,为 IVR 内容的童趣化设计提供了实践参考[19]。同时,需建立 VR 内容的动态审核与更新机制,确保其科学性、安全性与趣味性,并适应不同年龄层需求。

为进一步推动本土化、个性化 IVR 方案的临床转化,建议遵循以下四个阶段的系统化研发流程,将前述理念转化为可操作、可复制的实践路径。

7.1.1. 第一阶段：文化元素筛选与内容定位

组建由儿童心理学、护理学、学前教育及视觉设计专家构成的跨学科团队，系统梳理中国儿童熟悉且喜爱的文化符号。可优先考虑国产动画 IP (如《熊出没》《超级飞侠》《哪吒》等)、传统童话故事或具有东方美学特征的自然场景(如竹林、星空、海底世界)，以提升患儿兴趣与代入感。基于儿童认知发展规律，结合临床需求将 4~12 岁患儿分为三组：4~6 岁以具象思维为主，适合视觉化、游戏化内容、7~9 岁逻辑思维开始发展，可接受简单任务导向内容、10~12 岁抽象思维能力增强，可理解更复杂的手术流程信息。需注意的是，认知发展阶段存在个体差异，临床应用时应灵活调整。明确两个内容方向：情境预适应型(以全景视频模拟手术流程)和注意力分散型(以交互式游戏或动画转移注意力)。

7.1.2. 第二阶段：内容脚本开发与原型设计

护理专家与麻醉医师共同撰写脚本，确保医疗场景准确温和，参考张聚等采用第一人称视角拍摄并嵌入真实环境录音[14]。交互式系统设计符合儿童认知水平的任务逻辑，任务难度随年龄动态调整。多感官环境可尝试融入触觉反馈或嗅觉提示，但需严格控制刺激强度，避免引发晕动症。

7.1.3. 第三阶段：多学科专家评审与迭代优化

邀请儿童心理专家、麻醉医生、手术室护士、游戏治疗师及家长代表组成评审组，评估医学准确性、心理适应性、交互便捷性等。根据评审意见对内容分级，形成针对不同年龄段、不同焦虑水平患儿的“内容池”，每版本进行至少两轮“开发-评审-修改”迭代。

7.1.4. 第四阶段：小样本可行性测试与方案标准化

在单一医疗中心选取 30 至 50 例患儿按年龄分层预实验，观察可行性、可接受性、安全性及初步效果。基于预实验结果形成标准化方案：内容选择指引、操作流程规范、人员培训要求、效果评估表单。

7.1.5. 持续更新机制

每半年至一年根据临床反馈、新技术进展及循证证据对内容库与操作流程进行系统性修订。鼓励多中心合作，逐步形成行业共识。

7.2. 加强护理人员 VR 技术的能力建设

护理人员是围手术期 IVR 干预的主要实施者与患儿互动的关键引导者，其专业能力直接关系到干预效果。应将 IVR 相关理论知识与实践操作纳入护理继续教育及专科培训体系。通过系统化培训，提升护理人员在设备操作、内容引导、情境沟通及不良反应处理等方面的综合能力，使其不仅能熟练使用技术，更能成为患儿在虚拟体验中的支持者和共情者，从而最大化优化患儿围手术期体验，确保干预的安全性与连贯性。

7.3. 构建多学科协作的标准化应用模式

IVR 技术在临床的成功落地并非单一科室的任务，它需要护理、麻醉、儿科、心理、康复治疗乃至软件工程、视觉设计等多学科专业力量的深度融合与协同创新。在这一协作框架中，护理人员因其与患儿及家属接触最频繁、最连续，故应共同制定适用于中国患儿的标准化 IVR 护理操作流程(SOP) [29]。该流程应明确适用人群的筛选标准(如年龄、心理状态、手术类型)、干预的具体时机与场景(如入院时、术前等待区)、基于证据的内容选择指引、标准化的操作步骤(包括设备消毒、患儿准备、体验引导、过程观察、结束反馈)、以及统一的效果评估工具与记录表单。通过构建这样的 SOP，可以推动 IVR 技术从探索性研究迈向规范化临床实践，提升干预的有效性、安全性与在不同医疗机构间的可推广性。

7.4. 深化循证研究并推动临床转化

鼓励开展设计严谨、多中心、大样本的随机对照试验(RCT),重点探讨 IVR 对不同类型手术、不同年龄段患儿的长期干预效果(如对远期心理行为的影响)[14]。在此基础上,应着手构建基于高质量证据的临床实践指南,探索建立符合中国国情的 IVR 技术标准化临床转化路径与评价体系,为该技术的普及推广提供系统性的解决办法和坚实依据[29]。

8. 结语

沉浸式虚拟现实技术作为一种前沿的非药物干预手段,在缓解择期手术全身麻醉患儿术前焦虑、提升麻醉诱导配合度方面展现出明确且积极的应用价值,尤以情景模拟式全景宣教视频在减轻苏醒期躁动方面效果更为显著[14]。尽管当前技术推广仍面临设备可及性、个体适应性、标准化建设及伦理安全等多维度挑战,但其在优化儿童围手术期护理体验、践行“以患儿为中心”理念方面的潜力巨大。未来,通过开发本土化内容体系、加强护理人员能力建设、构建多学科协作模式并深化循证研究,IVR 技术有望在我国儿科麻醉护理领域实现突破性进展。这不仅将为患儿提供更安全、舒适、人性化的手术体验,也将推动我国儿科围手术期护理向精准化、智慧化方向转型升级,为构建符合中国国情的儿童友好型医疗模式提供创新范式与实践路径。

基金项目

2024 年浙江省级大学生创新创业训练计划项目(编号: 2024CXC60)。

参考文献

- [1] Kain, Z.N., Mayes, L.C., Caldwell-Andrews, A.A., Karas, D.E. and McClain, B.C. (2006) Preoperative Anxiety, Post-operative Pain, and Behavioral Recovery in Young Children Undergoing Surgery. *Pediatrics*, **118**, 651-658. <https://doi.org/10.1542/peds.2005-2920>
- [2] Manyande, A., Cyna, A.M., Yip, P., Chooi, C. and Middleton, P. (2015) Non-Pharmacological Interventions for Assisting the Induction of Anaesthesia in Children. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **2015**, CD006447. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd006447.pub3>
- [3] Eijlers, R., Utens, E.M.W.J., Staals, L.M., de Nijs, P.F.A., Berghmans, J.M., Wijnen, R.M.H., et al. (2019) Systematic Review and Meta-Analysis of Virtual Reality in Pediatrics: Effects on Pain and Anxiety. *Anesthesia & Analgesia*, **129**, 1344-1353. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000004165>
- [4] Gold, J.I., SooHoo, M., Laikin, A.M., Lane, A.S. and Klein, M.J. (2021) Effect of an Immersive Virtual Reality Intervention on Pain and Anxiety Associated with Peripheral Intravenous Catheter Placement in the Pediatric Setting: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Network Open*, **4**, e2122569. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.22569>
- [5] 杨敏, 钟海燕. 小儿全身麻醉苏醒期躁动研究进展[J]. 内蒙古医科大学学报, 2021, 43(2): 221-224.
- [6] 马彦利. 七氟醚吸入麻醉诱导对小儿术前焦虑及术后行为的影响[J]. 实用中西医结合临床, 2018, 18(10): 97-98.
- [7] Zuo, G., Wang, R., Wan, C., Zhang, Z., Zhang, S. and Yang, W. (2024) Unveiling the Evolution of Virtual Reality in Medicine: A Bibliometric Analysis of Research Hotspots and Trends over the Past 12 Years. *Healthcare (Basel)*, **12**, Article No. 1266. <https://doi.org/10.3390/healthcare12131266>
- [8] Gupta, A., Scott, K. and Dukewich, M. (2018) Innovative Technology Using Virtual Reality in the Treatment of Pain: Does It Reduce Pain via Distraction, or Is There More to It? *Pain Medicine*, **19**, 151-159. <https://doi.org/10.1093/pm/pnx109>
- [9] 李晓庆, 李德丽, 殷欣, 等. 虚拟现实技术在减轻儿童操作性疼痛中的应用进展[J]. 中华护理杂志, 2021, 56(10): 1589-1594.
- [10] 陈婧婧, 傅巧美. 虚拟现实技术减轻成人烧伤病人创面换药操作性疼痛的效果[J]. 护理研究, 2019, 33(12): 2120-2122.
- [11] 贾利军, 屈清荣, 王文田, 等. 虚拟现实技术对结肠镜检查患者疼痛和焦虑的影响[J]. 护理学杂志, 2020, 35(21): 22-25.

- [12] 王晶晶, 张文瑾, 吴志萍, 等. 沉浸式虚拟现实技术减轻膀胱镜检查患者操作性疼痛的应用研究[J]. 医药前沿, 2025, 15(28): 112-116.
- [13] Jung, M.J., Libaw, J.S., Ma, K., Whitlock, E.L., Feiner, J.R. and Sinskey, J.L. (2020) Pediatric Distraction on Induction of Anesthesia with Virtual Reality and Perioperative Anxiolysis: A Randomized Controlled Trial. *Anesthesia & Analgesia*, **132**, 798-806. <https://doi.org/10.1213/ane.0000000000005004>
- [14] 张聚, 魏丽丽, 辛晨, 王静, 韩艳, 杨岩岩, 孙梦竹. 沉浸式虚拟现实技术在择期手术全身麻醉患儿中的应用研究[J]. 中华护理杂志, 2025, 60(6): 671-676.
- [15] 黄梅珍, 朱开彦, 何炳蔚, 林榕, 王晓霞, 李红. 基于沉浸式虚拟现实认知训练对社区轻度认知障碍患者的干预效果[J]. 军事护理, 2025, 42(8): 85-89.
- [16] 刘春梅, 吴琼, 韩琳, 李静, 白美然, 强万敏, 魏婷婷, 王盈. 虚拟现实技术在乳腺癌患者 PICC 置管中的应用[J]. 护理学杂志, 2025, 40(14): 11-14.
- [17] 闫文洁, 翟天好, 李焱, 江文庆, 陈静, 孙智信, 林裕雄, 张喜燕, 杜亚松. 虚拟现实技术干预孤独谱系障碍儿童青少年的可行性与安全性初探[J]. 中国儿童保健杂志, 2025, 33(7): 738-742+770.
- [18] 汤雅, 陈清雯, 卜平元, 等. 虚拟现实技术在学龄期患儿术前焦虑中的应用研究[J]. 临床医学进展, 2025, 15(6): 1808-1815.
- [19] 韩赛, 任永霞, 刘旭垚, 等. 童趣化情境认知干预在眼科学龄期全麻手术患儿中的应用[J]. 中华护理杂志, 2021, 56(4): 539-544.
- [20] 姚玲丽, 朱燕, 胡素芳, 等. 医疗叙事角色扮演联合沉浸式虚拟现实技术分散注意力干预对患儿术前焦虑的影响[J]. 护理实践与研究, 2025, 22(8): 1114-1120.
- [21] 孙悦. 自主研发的虚拟现实技术软件对烧伤患儿换药疼痛的干预研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2025.
- [22] 尹静, 张俊丽, 李媛媛. 视频动画片对全身麻醉患儿术后不良行为改变的影响[J]. 蚌埠医学院学报, 2024, 49(8): 1048-1051+1056.
- [23] Malarbi, S., Stargatt, R., Howard, K. and Davidson, A. (2011) Characterizing the Behavior of Children Emerging with Delirium from General Anesthesia. *Pediatric Anesthesia*, **21**, 942-950. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9592.2011.03646.x>
- [24] 卢桢楠, 许冬妮, 周嘉嘉, 等. 小儿全身麻醉苏醒期躁动的危险因素分析[J]. 中山大学学报(医学科学版), 2013, 34(2): 240-243.
- [25] 郑童, 冯薪硕, 张帆, 等. 虚拟现实技术在交互设计中的创新研究[J]. 鞋类工艺与设计, 2025, 5(2): 24-26.
- [26] 顾展滔, 丁玎, 陈亦婷, 等. 面向虚拟现实晕动症的评估与缓解方法[J]. 浙江大学学报(理学版), 2025, 52(1): 30-37.
- [27] 陈尚珺. 基于儿童的 VR 动画认知数据采集与可视化研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉纺织大学, 2021.
- [28] Baumgartner, T. (2008) Feeling Present in Arousing Virtual Reality Worlds: Prefrontal Brain Regions Differentially Orchestrate Presence Experience in Adults and Children. *Frontiers in Human Neuroscience*, **2**, Article No. 8. <https://doi.org/10.3389/neuro.09.008.2008>
- [29] 居馨星, 冯竞, 葛玲, 等. 虚拟漫游在患者术前健康教育中应用的范围综述[J]. 中华护理杂志, 2023, 58(14): 1766-1772.
- [30] Cox, S., Kadlubsky, A., Svarverud, E., Adams, J., Baraas, R.C. and Bernabe, R.D.L.C. (2025) A Scoping Review of the Ethics Frameworks Describing Issues Related to the Use of Extended Reality. *Open Research Europe*, **4**, Article No. 74. <https://doi.org/10.12688/openreseurope.17283.2>
- [31] Bexson, C., Oldham, G. and Wray, J. (2024) Safety of Virtual Reality Use in Children: A Systematic Review. *European Journal of Pediatrics*, **183**, 2071-2090. <https://doi.org/10.1007/s00431-024-05488-5>