

计算机辅助手术系统在小儿外科临床中的应用及意义

陈胜男¹ 何静¹ 王菲菲² 王凤娇² 杨霞² 刘红¹ 夏楠² 郝希伟¹ 董蓓^{1,2}

(青岛大学附属医院,山东 青岛 266003 1 小儿外科; 2 数字医学与计算机辅助手术重点实验室)

[摘要] **目的** 探讨 Hisense 计算机辅助手术系统(CAS)在小儿外科疾病手术治疗中的应用价值。**方法** 回顾性分析 2016 年 3 月—2022 年 10 月于本院小儿外科行手术治疗患儿的临床资料,所收集的病例术前均采用 Hisense CAS 对病灶及周围组织进行三维重建,分别分析胸部、腹部及盆腔疾病三维重建图像、病灶模拟手术切除体积、患儿手术可行性及随访结果等,探讨 Hisense CAS 在小儿外科疾病手术治疗中的应用及意义。**结果** 经 Hisense CAS 三维重建后可清晰显示病灶周围脉管走行和分支情况,可从任意角度观察病灶与其周围脉管结构的解剖关系,准确对病变进行定位和评估。本研究中 323 例患儿术前进行了三维重建,重建例次达 372 例次,全部患儿均按术前模拟手术设计方案顺利进行了手术。323 例患儿术后有 287 例进行了随访,36 例失访,随访时间为 9(2,16)个月。286 例患儿均无明显术后并发症,生存良好;1 例肾母细胞瘤患儿术后出现肠梗阻,二次手术后患儿恢复良好。**结论** Hisense CAS 能够对肝肾等实质器官肿瘤进行准确术前评估,并辅助设计最优手术方案,使小儿外科手术更加精准、安全及有效,对外科手术精准实施具有重要指导意义。

[关键词] 外科手术,计算机辅助;成像,三维;儿童;治疗结果

[中图分类号] R726.1;R319.1 **[文献标志码]** A

APPLICATION AND SIGNIFICANCE OF COMPUTER-ASSISTED SURGERY SYSTEM IN PEDIATRIC SURGICAL DISEASES

CHEN Shengnan, HE Jing, WANG Feifei, WANG Fengjiao, YANG Xia, LIU Hong, XIA Nan, HAO Xiwei, DONG Qian

(Department of Pediatric Surgery, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao 266003, China)

[ABSTRACT] **Objective** To investigate the value of Hisense computer-assisted surgery (CAS) system in the surgical treatment of pediatric surgical diseases. **Methods** A retrospective analysis was performed for the clinical data of children who underwent surgical treatment in Department of Pediatric Surgery in our hospital from March 2016 to October 2022. Hisense CAS was used for three-dimensional reconstruction of lesions and surrounding tissue for all children before surgery, and the application and significance of Hisense CAS in the surgical treatment of pediatric surgical diseases were discussed by analyzing the 3D reconstructed images of thoracic, abdominal, and pelvic diseases, the simulated surgical resection volume of lesions, the feasibility of surgery in children, and follow-up results. **Results** After 3D reconstruction using Hisense CAS, the images clearly displayed the shape and branches of vessels around lesions, and the spatial anatomic relationship between the lesion and its surrounding vessels could be observed from any angle, thereby helping with the accurate localization and assessment of lesions. In this study, three-dimensional reconstruction was performed for 323 children before surgery, with 372 cases of reconstruction in total, and all 323 children underwent surgery according to the preoperative surgical plan. Among these 323 children, 287 were followed up after surgery and 36 were lost to follow-up, with a follow-up time of 9 (2, 16) months. Among the 287 children, 286 had no significant postoperative complications with good survival conditions, and 1 child with nephroblastoma had intestinal obstruction after surgery and achieved good survival conditions after the second surgery. **Conclusion** Hisense CAS can provide an accurate preoperative evaluation of tumors in parenchymal organs such as the liver and the kidney, assist in the design of optimal surgical plans, and help to achieve more accurate, safe, and effective surgery for infants and young children, which provides important guidance for precise implementation of surgical operation.

[KEY WORDS] Surgery, computer-assisted; Imaging, three-dimensional; Child; Treatment outcome

Hisense 计算机辅助手术系统(CAS)由胸肺模块以及其他模块两个操作模块组成,其弥补了传统 CT、MRI 二维影像的不足,把传统增强 CT 图像导入系统,实现个体化的病灶与器官三维重建,可清晰立体显示病灶大小、位置及周围血管的空间毗邻关系,了解血管走行及解剖变异,通过虚拟病灶切除,确定最佳手术边界,制定相应的手术方案,以便尽可

能多的保留剩余功能性组织^[1-2]。本研究回顾性分析我院 2016 年 3 月—2022 年 10 月采用 Hisense CAS 进行三维重建并实施个体化手术的患儿,探讨该系统及三维重建技术在小儿外科疾病手术治疗中的应用及意义。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集 2016 年 3 月—2022 年 10 月间于我院使用 Hisense CAS 行术前三维重建的患儿的临床资

[收稿日期] 2023-01-07; [修订日期] 2023-03-09

[基金项目] 泰山学者工程专项经费资助项目

[通讯作者] 董蓓,Email:18661801885@163.com

料。患儿纳入标准:①病灶位置与周围组织、器官毗邻关系复杂者;②病灶紧邻主要血管,二维图像无法准确评估手术可行性者;③病灶体积较大,二维图像上与周围组织、器官分界不清者。排除标准:①病灶体积小,与周围组织界限清晰者;②依据传统二维图像可以进行术前评估者。

1.2 Hisense CAS 的应用

1.2.1 图像三维重建、规划手术方案设计及手术模拟

采用 CT 对病灶进行动脉期、延迟期及静脉期增强扫描,扫描数据以 DICOM 格式文件输出并刻盘存储。使用影像储存传输系统抓取患儿 DICOM 格式的增强 CT 影像数据,将数据加载至 Hisense CAS 后进行三维重建。三维重建大致分为以下几类:①胸部疾病:使用图像分割算法对患者的肺、支气管、肺动脉、肺静脉及病灶精准分割,通过系统提供的交互工具可实现局部分割结果的微调;重建后的图像可清晰地辨别肺结节所在位置(包括肺叶、肺段、亚段)及结节大小,以及肺动脉和肺静脉走行、肺部血管与结节的位置关系等。②腹部疾病:使用人工智能及图像分割算法实现对患者腹腔脏器(肝、胆、胰、脾、肾)、血管及病灶的精准分割,分割结果通过透明掩膜方式附加在原始影像数据上对比验证,并可进行局部微调;重建后可直观地观察病灶大小、所在位置及其与周围血管和脏器的关系;模拟切除后还可计算出剩余正常组织体积,从而判断手术可行性。③盆腔疾病:图像分割算法亦可实现对患儿骨盆及其内卵巢、输卵管、子宫、膀胱等脏器及血管和病灶的精准分割;分割结果结合像素间距、层间距等影像学扫描参数,确定血管生成范围,通过识别敏感度进行调整,将病灶的二维影像学资料重建为三维可视化模型。

1.2.2 依据 Hisense CAS 三维重建图像评估患儿治疗方案

由至少 2 位主治及以上级别医生,依据三维图像及模拟手术切除后正常组织剩余体积评估患儿能否行一期手术,可行一期手术患儿进一步规划手术方案。如遇神经母细胞瘤、肝母细胞瘤和肾母细胞瘤等化疗敏感肿瘤且不宜行一期手术的患儿,则化疗后再次评估。同时收集患儿性别、疾病类型、手术方式、三维重建图像资料及术后随访结果。

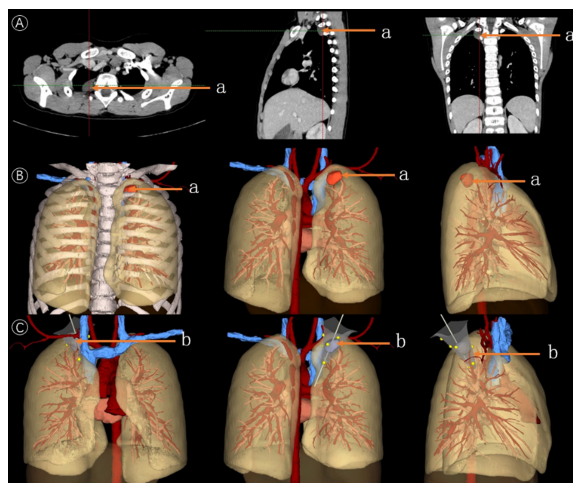
2 结 果

2.1 Hisense CAS 在胸部疾病外科手术治疗中的应用

323 例患儿中,病灶位于胸部者 28 例,其中男、

女各 14 例。纵隔肿瘤 9 例,神经母细胞瘤 8 例,畸胎瘤 7 例,间叶肿瘤 4 例。通过 Hisense CAS 术前研判 11 例行开放手术,17 例行胸腔镜手术。25 例患儿可行一期手术,包括神经母细胞瘤 5 例[模拟切除肿瘤体积 $59.23(33.62, 69.25) \text{mm}^3$],畸胎瘤 7 例[模拟切除肿瘤体积 $61.34(49.46, 78.62) \text{mm}^3$],胸腔间叶肿瘤 4 例[模拟切除肿瘤体积 $48.47(31.32, 52.86) \text{mm}^3$],纵隔肿瘤 9 例[模拟切除肿瘤体积为 $64.62(51.27, 69.63) \text{mm}^3$]。3 例神经母细胞瘤患儿需化疗后再评估手术可行性。28 例患儿中 6 例失访,22 例患儿生存良好,无明显术后并发症。

其中 1 例胸腔肿瘤患儿,肿瘤位于左肺上叶尖后段,术中所见与术前三维重建图像一致,肿瘤与所在肺段的肺动脉紧密相连,依据术前规划的手术方案,对肿瘤进行精准切除,未损伤毗邻血管及组织,患儿随访至今预后良好。见图 1、视频 1(见文末二维码)。



A: 胸腔肿瘤二维图像, B: 胸腔肿瘤三维重建图像, C: 胸腔肿瘤模拟切除图像; a: 胸腔肿瘤组织, b: 模拟切除肿瘤组织

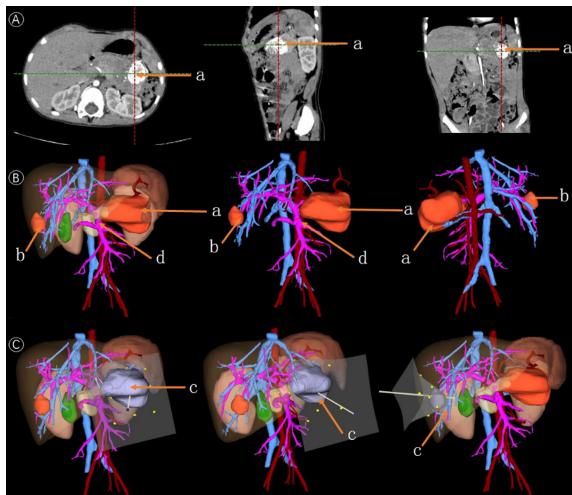
图 1 胸腔肿瘤患儿肺组织二维及三维重建图像

2.2 Hisense CAS 在腹部疾病外科手术治疗中的应用

323 例患儿中,病灶位于腹部者 282 例,其中男 125 例,女 157 例。先天性胆总管扩张 87 例[模拟切除病灶体积 $194.25(185.32, 202.92) \text{mm}^3$],肝母细胞瘤 62 例[模拟切除肿瘤体积为 $52.54(48.34, 57.52) \text{mm}^3$],神经母细胞瘤 36 例[模拟切除肿瘤体积 $47.32(43.62, 52.85) \text{mm}^3$],畸胎瘤 23 例[模拟切除肿瘤体积 $43.65(38.36, 47.68) \text{mm}^3$],腹膜后肿物 20 例[模拟切除肿瘤体积为 $36.23(33.42, 39.28) \text{mm}^3$],肾母细胞瘤 16 例[模拟切除肿瘤体积 $36.45(33.68, 39.84) \text{mm}^3$],肾上腺肿物 10 例[模拟切除病灶体积 $21.26(18.38, 24.26) \text{mm}^3$],肾积水 9 例

[模拟切除病灶体积 24.63(15.94, 27.62)mm³], 胰腺肿瘤共 6 例[模拟切除病灶体积 43.16(39.75, 46.34)mm³], 肾脏肿瘤共 5 例[模拟切除病灶体积 33.67(30.14, 35.36)mm³], 腹部间叶肿瘤为 4 例[模拟切除肿瘤体积 31.34(29.68, 33.86)mm³], 肝脏良性肿瘤 4 例[模拟切除肿瘤体积为 45.46(42.16, 48.58)mm³]. 据术前 Hisense CAS 图像, 248 例患儿可行一期手术, 34 例患儿需化疗后再次评估手术可行性. 282 例患儿中, 有 132 例行开放手术, 139 例行腹腔镜手术, 8 例腹腔镜手术中转开放手术, 3 例行达芬奇机器人手术. 282 例患儿中 28 例失访, 1 例肾母细胞瘤患儿术后出现肠梗阻, 二次手术后患儿恢复良好, 其余 253 例患儿无明显术后并发症, 预后良好.

其中 1 例胰母细胞瘤患儿, 术前评估后拟行胰体尾及肿瘤切除+脾切除自体移植+右肝转移瘤切除术. 术中所见与术前三维重建基本一致, 肿瘤与脾脏、胃、横结肠、空肠、大网膜粘连紧密, 脾血管被肿瘤包绕, 原位肿瘤及转移瘤完整切除, 手术顺利. 患儿术后随访至今预后良好. 见图 2、视频 2(见文后二维码).



A: 为胰母细胞瘤二维图像, B: 为三维重建图像, C 为模拟切除图像; a: 肿瘤, b: 右肝转移灶, c: 模拟切除肿瘤, d: 门静脉

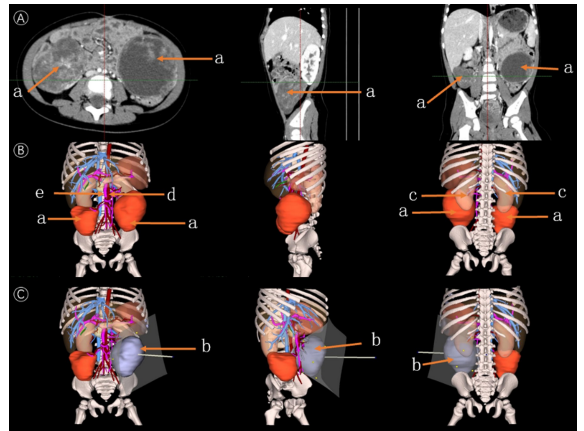
图 2 胰母细胞瘤伴肺部转移患儿腹腔器官二维及三维重建图像

2.3 Hisense CAS 在盆腔疾病外科手术中的应用

所有患儿中病灶位于盆腔者 13 例, 男 7 例, 女 6 例. 其中卵巢肿瘤 5 例[模拟切除肿瘤体积 48.64(39.25, 53.62)mm³], 畸胎瘤 3 例[模拟切除肿瘤体积 49.52(41.27, 57.82)mm³], 盆腔间叶肿瘤为 3 例[模拟切除肿瘤体积 37.87(28.92, 42.69)mm³], 神经母细胞瘤 2 例(模拟切除肿瘤体积 62.34 mm³).

通过 Hisense CAS 术前研判, 13 例患儿均可行一期手术切除. 最终行开放手术切除病灶者 5 例, 行腹腔镜手术者 8 例. 13 例患儿中 2 例失访, 其余 11 例患儿无明显术后并发症, 生存良好.

其中 1 例患儿为双侧卵巢畸胎瘤, 肿瘤位于双侧卵巢, 由于瘤体巨大, 已超出盆腔范围, 与膀胱、肾脏及脾脏毗邻, 与腹主动脉及肠系膜上静脉位置关系紧密. 术前依据三维重建图像进行了全面的评估, 按照术前规划方案手术成功实施, 患儿术后恢复良好, 无术后并发症发生. 见图 3、视频 3(见文后二维码).



A: 为双侧卵巢畸胎瘤二维图像; B: 为三维重建图像; C 为模拟切除图像; a: 肿瘤, b: 模拟切除肿瘤, c: 肾脏, d: 腹主动脉, e: 肠系膜上静脉

图 3 双侧卵巢畸胎瘤患儿盆腔二维及三维重建图像

3 讨论

影像学早期评估疾病病灶的方法主要有彩色超声、CT 及 MRI 等, 这些影像均为二维图像. 近年来, 高分辨 CT 三维重建及三维打印技术逐渐在临床上得到广泛应用. Hisense CAS 是在国家十二五支撑计划课题支持下, 以增强 CT 影像为基础进行深度数据挖掘, 精确还原胸、腹、盆腔内器官及周围脉管等情况的手术系统, 是辅助医生术前判断手术可行性、术中参考及术后评估的精准外科手术解决方案^[1-2]. 三维重建后的影像图像清晰, 能够精确还原肿瘤与内脏、血管等结构的三维立体关系, 了解血管走行及解剖变异. 通过病灶的虚拟切除, 可以在术前确定最佳的手术边界并制定最合理的手术方案, 以确保最大化保留功能性组织, 促进患者更快恢复^[3-4]. 此技术在儿童^[5-7]及成人^[8-10]外科手术中均应用, 使各类疾病的术前诊断及手术规划较之前更为直观科学.

本研究中 8 例胸部神经母细胞瘤患儿分别根据

二维 CT 检查图像和三维重建图像判断是否可行一期切除,其中 2 例患儿因肿瘤较大,增强 CT 结果显示肿瘤紧邻胸主动脉,但三维重建结果显示肿瘤并未完全侵犯胸主动脉或其他重要血管,具有手术可行性^[11]。本团队之前研究结果显示,瘤体距离主要血管<1 cm 也可积极行根治术治疗^[12]。现代医学发展使得外科手术迎来了从依靠二维影像规划手术到三维立体研判、精准进行术前模拟及术中导航的新时代^[13-15]。

近 30 年来,尽管儿童恶性肿瘤的预后已得到极大改善,但肿瘤仍是除意外伤害以外导致儿童死亡的第 2 大常见原因^[16]。肿瘤是否突出包膜,邻近血管、器官和组织是否被浸润,有无局部及区域性淋巴结肿大等问题在三维重建技术出现以前大多只能在术中明确^[17]。本研究中,多例病例因瘤体巨大导致肿瘤与周围组织紧密相连或包绕重要血管,术前精准判断肿瘤与周围组织及重要血管的位置关系可以为术中血管剥离提供保障,并确保肿瘤的完整切除。国外的相关研究与本研究的结论一致,CHAUSSY 等^[18]研究显示,三维重建图像可帮助小儿外科医生进行精准术前规划,但使用 3D Slicer 软件进行自动或半自动图像分割,操作较复杂,因此难以推广使用。GRAY 等^[19]的研究亦证实,基于三维重建图像进行术前规划可以在复杂的儿科病例中安全精确地进行颅面重建,同时减少了手术时间。手术规划和术前模拟是三维图像的重要优势,基于三维图像和模型的手术规划已经彻底改变了外科实践,越来越多的医学专业学科正在将这些新兴技术资源纳入常规实践中^[20-22]。XIU 等^[23]先前的研究还提出,应用 Hisense CAS 进行三维重建,可自动、准确地计算出儿童肝血管瘤病例的肿瘤体积、肝脏体积和肿瘤肝脏体积比,且在治疗早期阶段,传统二维图像上未观察到肿瘤直径显著变化,而三维图像甚至可观察到肿瘤组织轻微增加的情况。通过计算机辅助手术系统三维重建图像进行术前评估及手术规划,能够使肿瘤切除更加精准,减少组织损伤,患儿整体预后较好。本研究中 323 例患儿术后有 287 例获得随访,36 例失访,随访时间为 9(2,16)个月。286 例患儿均无明显术后并发症,生存良好,仅 1 例肾母细胞瘤患儿术后出现肠梗阻,二次手术后患儿恢复良好。

另外本研究存在一定局限性。首先,本研究使用回顾性研究的方法,数据获取的机构以及方式相对较为单一;其次,本研究随访时间较短,未能从远期疗效方面评估三维重建技术在小儿外科手术中的

优势;最后,本研究行手术治疗的患儿解剖结构存在明显个体差异,较难分辨解剖结构差异对研究结果产生的影响。

综上所述,Hisense CAS 三维重建技术的应用,可在术前为医生提供包括病灶与周围组织毗邻关系、重要血管变异等有效信息,使得手术可在相对精准条件下施行。Hisense CAS 在术前规划、术中操作中具有重要的辅助作用,具有一定临床应用价值。



视频 1



视频 2



视频 3

扫描二维码观看本文相关视频

视频 1:胸腔肿瘤患儿肺组织三维重建视频,视频 2:胰母细胞瘤患儿腹腔器官三维重建视频,视频 3:双侧卵巢畸胎瘤患儿盆腔三维重建视频

伦理批准和知情同意:本研究涉及的所有试验均已通过青岛大学附属医院医学伦理委员会的审核批准(文件号 QYFYWZLL27783)。所有试验过程均遵照《赫尔辛基宣言》的条例进行。受试对象或其亲属已经签署知情同意书。

作者声明:陈胜男、何静、王菲菲、王凤娇、杨霞、刘红及董蓓参与了研究设计;陈胜男、王菲菲、王凤娇、夏楠、郝希伟及董蓓参与了论文的写作和修改。所有作者均阅读并同意发表该论文。所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

[1] 范煦,鹿洪亭,周显军,等. Hisense 计算机辅助系统辅助腹腔镜精准手术治疗儿童肾上腺区巨大肿瘤[J]. 临床小儿外科杂志, 2020,19(1):50-53,58.

[2] 赵静. 计算机辅助手术系统(Hisense CAS)在小儿肝脏外科的应用[D]. 青岛:青岛大学, 2018.

[3] 崔楷悦,董蓓,苏南,等. Hisense CAS 在儿童第二肝门区肿瘤手术切除中的应用[J]. 中华小儿外科杂志, 2018,39(5):329-334.

[4] 孙凌云. 腹腔镜结合计算机辅助手术系统(Hisense CAS)在儿童肾上腺区肿瘤精准切除中的应用研究[D]. 青岛:青岛大学, 2021.

[5] PRABHU S P. 3D modeling and advanced visualization of the pediatric brain, neck, and spine[J]. Magn Reson Imaging Clin N Am, 2021, 29(4):655-666.

[6] BALCI D, BINGOL-KOLOGLU M, KIRIMKER E O, et al. 3D-reconstruction and heterotopic implantation of reduced size monosegment or left lateral segment grafts in small infants: A new technique in pediatric living donor liver transplantation to overcome large-for-size syndrome[J]. Surgery, 2021, 170(2): 617-622.

effects of the mirror illusion on motor and somatosensory processing[J]. *Restor Neurol Neurosci*, 2014, 32(2):269-280.

- [22] 贾杰. “中枢-外周-中枢”闭环康复:脑卒中后手功能康复新理念[J]. *中国康复医学杂志*, 2016, 31(11):1180-1182.
- [23] SAMUELKAMALESHKUMAR S, REETHAJANETSUREKA S, PAULJEBARAJ P, et al. Mirror therapy enhances motor performance in the paretic upper limb after stroke: A pilot randomized controlled trial[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2014, 95(11):2000-2005.
- [24] PARK J Y, CHANG M, KIM K M, et al. The effect of mirror therapy on upper-extremity function and activities of daily living in stroke patients[J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(6):1681-1683.
- [25] GREFKES C, FINK G R. Reorganization of cerebral networks after stroke: New insights from neuroimaging with connectivity approaches[J]. *Brain*, 2011, 134(Pt 5):1264-1276.
- [26] VOLZ L J, REHME A K, MICHELY J, et al. Shaping early reorganization of neural networks promotes motor function after stroke[J]. *Cereb Cortex*, 2016, 26(6):2882-2894.
- [27] MADHOUN H Y, TAN B T, FENG Y L, et al. Task-based mirror therapy enhances the upper limb motor function in su-

bacute stroke patients: A randomized control trial[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2020, 56(3):265-271.

- [28] GONZALEZ-SANTOS J, SOTO-CAMARA R, RODRIGUEZ-FERNÁNDEZ P, et al. Effects of home-based mirror therapy and cognitive therapeutic exercise on the improvement of the upper extremity functions in patients with severe hemiparesis after a stroke: A protocol for a pilot randomised clinical trial[J]. *BMJ Open*, 2020, 10(9):e035768.
- [29] 杨剑, 孟殿怀, 邵中洋, 等. 高频经颅磁刺激联合镜像治疗对男性脑卒中患者上肢功能恢复的影响[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2018, 40(2):91-95.
- [30] BRANCO J P, OLIVEIRA S, PÁSCOA PINHEIRO J, et al. Assessing upper limb function: Transcultural adaptation and validation of the Portuguese version of the Stroke Upper Limb Capacity Scale[J]. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, 2017, 9:15.
- [31] FUJITA T, SATO A, TOGASHI Y, et al. Identification of the affected lower limb and unaffected side motor functions as determinants of activities of daily living performance in stroke patients using partial correlation analysis[J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27(7):2217-2220.

(本文编辑 范睿心 厉建强)

(上接第 119 页)

- [7] IRTAN S, HERVIEUX E, BOUTROUX H, et al. Preoperative 3D reconstruction images for paediatric tumours: Advantages and drawbacks[J]. *Pediatr Blood Cancer*, 2021, 68(1):e28670.
- [8] POLAT A, KUMRULAR R K. A realistic breast phantom proposal for 3D image reconstruction in digital breast tomosynthesis [J]. *Technol Cancer Res Treat*, 2022, 21:15330338221104567.
- [9] CHEN J, WAN Z C, ZHANG J C, et al. Medical image segmentation and reconstruction of prostate tumor based on 3D AlexNet[J]. *Comput Methods Programs Biomed*, 2021, 200:105878.
- [10] YIN Z Y, LU X, COHEN COHEN S, et al. A new method for quantification and 3D visualization of brain tumor adhesion using slip interface imaging in patients with meningiomas[J]. *Eur Radiol*, 2021, 31(8):5554-5564.
- [11] CHEN H, HE Y C, JIA W D. Precise hepatectomy in the intelligent digital era[J]. *Int J Biol Sci*, 2020, 16(3):365-373.
- [12] SHEN G, WU L L, ZHAO J, et al. Imaging and pathology study of the chemotherapy regression area of hepatoblastoma—A prospective single-center study[J]. *Fetal Pediatr Pathol*, 2020, 39(4):307-316.
- [13] YANG S Z, ZENG J P, CAI S W, et al. Precision in liver surgery[J]. *Semin Liver Dis*, 2013, 33(3):189-203.
- [14] 方驰华, 张鹏, 刘允怡, 等. 肝胆外科从数字虚拟人、三维可视化到数字智能化发展的现状[J]. *中华外科杂志*, 2020, 58(1):17-21.
- [15] 赵鹏翔, 邢雪. 三维重建技术在肝癌切除术中应用价值的 Meta

分析[J]. *中国现代普通外科进展*, 2019, 22(4):284-90, 95.

- [16] 袁晓军. 婴儿恶性实体肿瘤的流行病学及预后相关因素[J]. *中华实用儿科临床杂志*, 2020, 35(3):178-183.
- [17] 施诚仁. 小儿实体肿瘤外科治疗的要点[J]. *临床外科杂志*, 2005, 13(5):270-1.
- [18] CHAUSSY Y, VIEILLE L, LACROIX E, et al. 3D reconstruction of Wilms' tumor and kidneys in children: Variability, usefulness and constraints[J]. *J Pediatr Urol*, 2020, 16(6):830.e1-830830.e8.
- [19] GRAY R, GOUGOUTAS A, NGUYEN V, et al. Use of three-dimensional, CAD/CAM-assisted, virtual surgical simulation and planning in the pediatric craniofacial population[J]. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2017, 97:163-169.
- [20] AIMAR A, PALERMO A, INNOCENTI B. The role of 3D printing in medical applications: A state of the art [J]. *J Healthc Eng*, 2019, 2019:5340616.
- [21] KURENOV S N, IONITA C, SAMMONS D, et al. Three-dimensional printing to facilitate anatomic study, device development, simulation, and planning in thoracic surgery[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2015, 149(4):973-979.e1.
- [22] GILLASPIE E A, MATSUMOTO J S, MORRIS N E, et al. From 3-dimensional printing to 5-dimensional printing: Enhancing thoracic surgical planning and resection of complex tumors[J]. *Ann Thorac Surg*, 2016, 101(5):1958-1962.
- [23] XIU W L, LIU J, LI T, et al. Application value of computer-assisted surgery system in pediatric hepatic hemangioma[J]. *Pediatr Surg Int*, 2021, 37(11):1575-1583.

(本文编辑 范睿心 厉建强)