

· 专家共识 ·

增强与混合现实技术在腹腔镜复杂性肝切除术中应用的中国专家共识

中华医学会外科学分会肝脏外科学组 中华医学会数字医学分会 中国医师协会肝癌专业委员会 中国研究型医院学会数字智能化外科专业委员会 中国医师协会外科医师分会微创外科医师委员会

通信作者:方驰华,南方医科大学附属珠江医院肝胆一科,广州 510282, Email: fangch_dr@126.com; 张志伟:华中科技大学同济医学院附属同济医院肝脏外科中心,武汉 430030, Email: zwzhang@tjh.timu.edu.cn

【摘要】 数字医学在我国已走过 20 余年历程,虚拟现实、增强与混合现实等数字智能化技术逐步在临床得到了推广和应用,使传统手术方式逐步向数字智能化手术转变,由此带来了数字智能化外科的新时代。由中华医学会外科学分会肝脏外科学组、中华医学会数字医学分会等,组织国内从事该领域的专家制定了本共识,详细地介绍了增强与混合现实导航肝切除术的原理、流程及关键点,以更好地规范和推广该技术在临床的应用。

【关键词】 肝切除术; 腹腔镜; 增强与混合现实; 导航; 复杂性肝切除; 专家共识

基金项目: 国家自然科学基金天元数学重点专项(12026602); 国家重点研发计划项目(2016YFC0106500800); 国家重大科研仪器研制项目(81627805)

Chinese expert consensus on the application of augmented and mixed reality navigation in laparoscopic complex hepatectomy

Branch of Hepatic Surgery, Chinese Society of Surgery, Chinese Medical Association, Digital Medical Association of Chinese Medical Association, Liver Cancer Professional Committee of Chinese Medical Doctor Association, Digital Intelligent Surgery Professional Committee of Chinese Research Hospital Association, Chinese Society of Minimally Invasive Surgery of Chinese Medical Doctor Association

Corresponding authors: Fang Chihua, First Department of Hepatobiliary Surgery, Zhujiang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510282, Email: fangch_dr@126.com; Hepatic Surgery Center, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China, Email: zwzhang@tjh.timu.edu.cn

【Abstract】 Digital medicine has gone through more than 20 years in China. Digital intelligent technologies such as virtual reality, augmented reality and mixed reality have been gradually promoted and applied in clinical practice, constantly affecting and changing the transformation from traditional surgical methods to digital intelligent surgery, thus bringing a new era of digital intelligent surgery. Branch of Hepatic Surgery, Chinese Society of Surgery, Chinese Medical Association and Digital Medical Association of Chinese Medical Association, et al, organized domestic experts in this field to formulate this expert consensus, which detailed the principle, process, and key points of augmented and mixed reality guided hepatectomy, so as to better standardize and promote the clinical application of this technology.

【Key words】 Hepatectomy; Laparoscopes; Augmented and mixed reality;

DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20220328-00127

收稿日期 2022-03-28 本文编辑 李静

引用本文: 中华医学会外科学分会肝脏外科学组, 中华医学会数字医学分会, 中国医师协会肝癌专业委员会, 等. 增强与混合现实技术在腹腔镜复杂性肝切除术中应用的中国专家共识[J]. 中华外科杂志, 2022, 60(6): 517-523. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20220328-00127.



中华医学会杂志社
Chinese Medical Association Publishing House

版权所有 违者必究



Navigation; Complex hepatectomy; Expert consensus

Fund program: National Natural Science Foundation of China Mathematics Tianyuan Foundation (12026602); National Key Research and Development Program (2016YFC0106500); National Major Scientific Instruments and Equipments Development Project of National Natural Science Foundation of China (81627805)

数字智能化微创是肝脏外科发展的新理念,精准化手术导航对腹腔镜肝切除术治疗肝脏外科疾病至关重要^[1]。数字医学技术在我国肝胆胰外科应用的 20 年间,通过腹部医学图像三维可视化系统,实现了术前肝脏肿瘤和血管形态学诊断可视化^[2];借助数字智能联合吲哚菁绿(indocyanine green, ICG)分子荧光影像,实现了术中肿瘤边界可视化^[3];通过三维腹腔镜肝切除术导航系统(three-dimensional laparoscopic hepatectomy navigation system, 3D-LHNS),实现了增强与混合现实导航腹腔镜肝切除术可视化^[4-5]。这些技术在提高术前诊断的准确率和手术成功率、降低术后并发症发生率方面发挥了重要作用。

为了更好地推广和规范增强与混合现实技术导航腹腔镜复杂性肝切除术的临床应用,尤其是培训从事腹腔镜肝脏外科的中青年医师,由中华医学会外科学分会肝脏外科学组、中华医学会数字医学分会、中国医师协会肝癌专业委员会、中国研究型医院学会数字智能化外科专业委员会和中国医师协会外科医师分会微创外科医师委员会组织国内相关领域的专家,共同制定本共识。

一、增强与混合现实技术导航腹腔镜肝切除术 (一)原理

肝脏肿瘤、肝内血管等关键信息在腹腔镜视野下无法直接呈现。外科医师需根据术前重建的三维模型可视化信息,结合相关解剖知识,在脑海中构建出肿瘤和血管的位置。这个过程对外科医师的经验要求很高,且手术操作具有不确定性。增强与混合现实技术将腹腔镜下的视频图像、肿瘤和血管三维可视化模型及术中 ICG 分子荧光影像等进行实时融合,可从多个角度、不同层面显示肝内复杂的血管解剖结构与肿瘤之间的关系,从而达到增强现实的视觉效果,实现术中导航腹腔镜肝切除术^[6-7]。

首先,从术前薄层 CT 或 MRI 图像中建立的肝脏三维可视化模型,获取术前图像坐标空间的三维信息;术中基于腹腔镜相机中的左右图像,利用图像语义分割和立体视觉重建算法,建立术中腹腔镜

视频图像坐标空间的肝脏三维表面信息;基于点云配准算法,计算出术前图像坐标空间与术中腹腔镜图像空间之间的变换矩阵,完成两个坐标系的统一;最后将术前三维可视化模型经点云配准的空间变换矩阵和腹腔镜相机的内外参数,实现三维可视化模型与腹腔镜视频的融合。

建议 1: 有条件的单位,对需实施肝切除术患者,建议使用增强与混合现实导航腹腔镜肝切除术。

(二)增强与混合现实术中多模图像实时融合与交互操作

腹腔镜多模图像实时融合与交互指术者或系统的操作者可通过 3D-LHNS 操作界面对术前制作的三维模型与腹腔镜或荧光腹腔镜实时传输的视频图像以 1:1 的比例配准和叠加,显示在同一个界面上,通过交互操作实时更新图像配准的位置和精度^[8-9],并根据术中具体情况将三维模型以解剖结构为标记配准点进行配准,包括对三维模型颜色、大小和位置进行调整,以获得精确的配准。

基于视频的 3D-LHNS 融合了术前的三维可视化医学图像信息和术中手术场景的腹腔镜视频,在手术视频上使器官内部的关键解剖结构可视化^[4-5]。三维模型导入手术导航系统后,先进行肝脏、肿瘤、胆囊、门静脉、肝动脉和肝静脉三维模型的可视化及渲染,分别赋予不同颜色以示区别,使手术医师更易识别器官和血管,提高三维模型之间的区分度,有利于术者准确认识操作区域的各个解剖结构^[9-10]。此外,增强现实投影可将术前手术规划的肝切除范围和个体化肝脏分段直接投影至肝脏表面,通过融合图像确定肝切除界线和范围。

将术前的三维重建模型和手术规划模型导入混合现实系统中,在真实空间环境中映射还原全息化和立体化的三维解剖结构^[11]。将生成的全息三维解剖结构影像与腹腔镜显示屏上的手术图像进行融合配准,通过多模图像的实时识别与交互,对比手术关键部位的血管走行及肝实质离断平面血管断端的三维信息,进行实时导航腹腔镜肝切除^[12-14]。



建议 2: 增强与混合现实导航腹腔镜肝切除时, 将术前三维重建模型和个体化肝段模型与腹腔镜场景进行多模图像实时融合与交互, 以更好地了解血管走行和判断肝切除的范围。

(三) 增强与混合现实导航肝切除术设备

采用基于视频的增强与混合现实导航仅需将腹腔镜或荧光腹腔镜视频通过视频采集工作站连接至装载了 3D-LHNS 的便携式计算机, 解决了以往仪器体积较大、连接复杂、空间受限和系统安装时间长等问题^[15]。导航腹腔镜肝切除术的视频解析器、视频采集卡等设备和便携式计算机、腹腔镜手术系统并排放置在患者头侧(图 1)。



图 1 基于视频的增强与混合现实技术导航设备照片

二、三维重建和术前规划

三维重建主要包括 CT 数据获取、图像处理、模型重建、图像配准、融合和可视化分析^[2]。目前临床上通用的三维可视化软件重建的三维模型均可导入 3D-LHNS 进行手术导航。

三维可视化手术规划主要包括以下方面: (1) 进行数字化、个体化肝脏分段, 以肝段为独立单位进行体积计算^[2, 16]; (2) 以血管为轴心进行三维可视化量化分析, 根据肿瘤对血管的压迫程度、侵犯范围进行数字化评估和分级^[17-18]; (3) 通过虚拟仿真手术功能模块制定不同的手术切除平面, 模拟手术操作, 评价切除效果, 确定手术方式和切除范围, 计算和评估余肝体积^[16, 19]。最后, 保存虚拟仿真手术的三维模型, 在手术时导入 3D-LHNS 进行手术导航。

建议 3: 对拟行增强与混合现实导航腹腔镜肝切除术的患者, 临床医师与影像科医师协同建立规范的个体化三维重建模型, 进行详细的三维可视化分析和手术规划。

三、ICG 分子荧光影像的使用

具体方法见文献^[20]。

建议 4: 行导航肝切除的患者, 建议术中使用 ICG 分子荧光成像, 确定肿瘤边缘和肝切除界线, 可视化导航肝切除术。

四、增强与混合现实技术导航腹腔镜肝切除术 (一) 适用范围

根据感知难度将腹腔镜肝切除分为低复杂性、中复杂性、高复杂性三个级别^[21]。低复杂性如楔形切除、左外区切除, 由于这两类手术解剖标志明显, 且涉及的血管多为末梢血管, 可不使用导航技术; 左半肝切除、右半肝切除、右后区切除等中复杂性手术, 可使用该技术; 半肝联合尾状叶、孤立尾状叶切除、左三肝切除、右三肝切除术、中央型肝癌切除、缩小右半肝切除、肝段切除等高复杂性手术, 增强与混合现实技术在术中可提供更好的空间感知, 便于识别可视化解剖结构及可视化导航肝切除术, 对提高手术成功率及减少意外损伤有重要意义。

(二) 关键点

1. 增强与混合现实技术导航腹腔镜解剖性右半肝切除术(视频 1): (1) 进行图像融合和配准; (2) 以门静脉主干和左右分支分叉点、肝固有动脉和腹主动脉作为配准标志点进行实时图像融合导航, 将第一肝门肝蒂内的肝固有动脉和门静脉主干的位置关系可视化; (3) 结合三维重建模型, 导航解剖肝固有动脉、肝右动脉; (4) 解剖门静脉主干、门静脉右支, 结扎并离断肝右动脉及门静脉右支; (5) 采用正染法或负染法荧光成像技术标记肝切除线; (6) 沿荧光光线进行肝实质离断, 实时融合与交互导航肝中静脉、肝右静脉及其属支, 完成原位解剖性右半肝切除术。



扫描二维码
观看文中视频1

建议 5: 对增强与混合现实技术导航解剖性原位右半肝切除术, 采用正染法或负染法显示左右半肝分界线; 将腹腔镜术中场景、肿瘤和血管三维重建模型及 ICG 分子荧光图像进行实时融合与交互, 配合术中超声, 导航手术。

2. 增强与混合现实技术导航腹腔镜解剖性左半肝切除术: 进行 3D-LHNS 的图像融合和配准。目标血管为门静脉左支、肝左动脉, 在导航第一肝



门解剖过程中,重点关注门静脉和肝动脉是否存在变异,尤其是替代肝左动脉起源于肠系膜上动脉、副肝左动脉起源于胃左动脉等肝动脉变异和门静脉变异;结扎并离断门静脉左支、肝左动脉;切除过程中实时融合与交互导航肝中静脉及其4段属支。

建议 6:对于术前三维评估已发现血管变异的患者,术中应仔细结合导航识别和结扎目标血管,以免误伤。

3. 增强与混合现实导航缩小右半肝切除术:随着三维可视化的问世和临床需求,缩小右半肝切除术应运而生^[22]。当肿瘤位于右肝区、需行右半肝切除时,若预计余肝体积不能有效保证足够肝脏储备功能,可选择缩小右半肝切除术。缩小右半肝切除术分为 I、II、III、IV 型。(1) 增强与混合现实技术导航 I 型缩小右半肝切除术(视频 2):肿瘤位于肝脏右后区,并侵犯肝右静脉时,可行肝脏右后区联合部分 5、8 段切除术,即 I 型缩小右半肝切除术。

I 型缩小右半肝切除术的目标血管是肝右静脉、肝动脉右后支、门静脉右后支,以及门静脉肝脏 5、8 段背侧支。关键点:首先通过荧光成像和增强现实技术确定缩小右半肝切除线,以门静脉主干和左右支分叉点、肝固有动脉或腹主动脉作为配准标志点进行实时图像融合导航,将第一肝门肝蒂内的肝固有动脉和门静脉主干的位置关系可视化;分别解剖门静脉右后支、肝动脉右后支并结扎离断;使用血管夹暂时阻断肝动脉右支及门静脉右支,采用负染法荧光成像,标记左右半肝分界线。然后解除肝右动脉及门静脉右支的暂时阻断,再通过荧光观察右前区与右后区分界线并标记;通过增强现实技术实时融合,并结合术中超声导航定位门静脉肝脏 5、8 段背侧支;以肝右静脉根部、肝脏 5、8 段门静脉背侧分支起点在肝脏膈面的投影点连线,即为缩小右半肝切除的切线。最后离断肝实质,实时融合与交互导航定位肝右静脉,距根部约 1.5 cm 处结扎并离断。(2) 增强与混合现实技术导航 II 型缩小右半肝切除术:肿瘤大部分位于肝脏右后区、并累及肝脏 8 段时,可行右后区联合肝脏 8 段切除术,即 II 型缩小右半肝切除术。II 型缩小右半肝切除术的目标血管是肝右静脉、肝右动脉右后支、门静脉右后支及肝脏 8 段门静脉背侧支。该术式方法基本同 I 型缩小右半肝切除术,不同的是有可能保留肝脏 5 段。(3) 增强与混合现实技术导航 III 型缩小右半肝切除术:肿瘤主要位于肝脏右前区肝蒂与右后区肝蒂分叉处,更贴近右后区肝蒂,肿瘤主要累及肝



扫描二维码
观看文中视频2

脏 5 段时,可行右后区联合肝脏 5 段背侧段切除术,保留肝脏 8 段,即 III 型缩小右半肝切除术。III 型缩小右半肝切除术的目标血管是肝右静脉、肝动脉右后支、门静脉右后支及门静脉肝脏 5 段背侧分支。该术式方法基本同 I 型缩小右半肝切除术,不同的是保留肝脏 8 段。(4) 增强与混合现实技术导航 IV 型缩小右半肝切除术:肿瘤位于肝脏右前区并累及肝脏 7 段的部分门静脉,有粗大的肝右后下静脉引流肝脏 6 段血流时,可行保留肝脏 6 段的肝脏 5、8 段联合 7 段切除术,即 IV 型缩小右半肝切除术。IV 型缩小右半肝切除术的目标血管是肝右静脉主干、肝动脉右前支、门静脉右前支及门静脉肝脏 7 段分支。按照 I 型缩小右半肝切除术的方法,导航确定 IV 型缩小右半肝切除线,运用肝脏三维模型、ICG 分子荧光、术中超声,导航定位门静脉肝脏 7 段分支走行,结扎并离断肝动脉右前支、门静脉右前支、Glisson 蒂肝脏 7 段分支,进行荧光负染,按照荧光界线进行肝实质离断;于肝内距根部约 1.5 cm 处结扎并离断肝右静脉,保留粗大肝右后下静脉。

建议 7:对于 I 型缩小右半肝切除术,使用荧光腹腔镜检查肝脏,将三维重建模型、ICG 分子荧光影像和腹腔镜场景进行融合,配合术中超声定位门静脉肝脏 5、8 段背侧支,可视化导航 I 型缩小右半肝切除。

建议 8:对于 II 型缩小右半肝切除术,使用荧光腹腔镜检查肝脏,将三维重建模型、ICG 分子荧光影像和腹腔镜场景进行融合,配合术中超声定位门静脉肝脏 8 段背侧支,导航 II 型缩小右半肝切除。

建议 9:对于 III 型缩小右半肝切除术,使用荧光腹腔镜检测肝脏,将三维重建模型、ICG 分子荧光影像和腹腔镜场景进行融合,配合术中超声定位门静脉肝脏 5 段背侧支,导航 III 型缩小右半肝切除。

建议 10:对于 IV 型缩小右半肝切除术,术中采用多模实时融合与交互导航确定肝右静脉主干、肝



动脉右前支、门静脉右前支以及门静脉肝脏 7 段分支,保留门静脉肝脏 6 段分支,并注意保护肝右后下静脉。

4. 增强与混合现实技术导航中央型肝癌切除术:根据中央型肝癌三维可视化方氏分型,导航中央型肝癌切除术^[23-24]。(1)增强与混合现实技术导航 I 型中央型肝癌切除术(右前区肝切除术)(视频 3):肿瘤位于肝脏右前区时,若肿瘤靠近或侵犯一些门静脉的分支,但并不黏附或侵犯门静脉右支主干,手术方式为肝脏 5、8 段切除。首先以门静脉主干和左右分叉点、肝固有动脉或腹主动脉作为配准标志点进行实时图像融合导航,将第一肝门肝蒂内的肝固有动脉和门静脉主干的位置关系可视化。分别解剖门静脉右前支、肝动脉右前支并结扎离断;采用负染法荧光成像,标记右前区与右后区、右前区与左内区肝分界线;将三维重建模型、ICG 分子荧光影像和腹腔镜场景进行融合,结合术中超声识别肝中静脉主干及右前区 Glisson 蒂。在导航视频与腹腔镜场景之间交互确认关键血管,显露肝中静脉主干。分别结扎并离断肝中静脉肝脏 5、8 段分支及前裂静脉;增强现实显露肝右静脉根部,导航解剖离断肝右静脉肝脏 5、8 段分支。(2)增强与混合现实技术导航 II 型中央型肝癌切除术(左内区肝切除术):II 型中央型肝癌指肿瘤位于肝脏 4a、4b 或 4 段,肿瘤靠近或侵犯一些门静脉分支,但不黏附或侵犯门静脉左支主干;手术方式为肝脏 4 段切除术。进行 3D-LHNS 的图像融合和配准。增强与混合现实技术导航结合荧光成像,标记左右半肝分界线,并应用超声的多模融合导航定位肝中静脉的走行,标记肝切除线;导航定位肝脏 4 段肝静脉,并识别其来源;在增强与混合现实技术导航下,离断肝中静脉肝脏 4 段分支;沿肝圆韧带及矢状部右侧逐步解剖肝脏 4 段的 Glisson 蒂,完成 II 型中央型肝癌切除术。(3)增强与混合现实技术导航 III 型中央型肝癌切除术(中央区肝切除术)(视屏 4):III 型中央型肝癌指肿瘤位于肝脏 4、5 和 8 段,肿瘤范围较大、在肝实质的位置较深,或贴近肝中静脉的主干。III 型中央型肝癌的手术方式为肝脏 4、5、8 段切除术。首先进行 3D-LHNS 的图像融合和配准,导航解剖并结扎肝动脉右前支、肝中动脉、门静脉右前支;沿肝圆韧带及矢状部右侧逐步解剖肝脏 4 段的 Glisson 蒂,结扎离断肝脏 4 段 Glisson 蒂及其属支;然后通过 ICG 负染法荧光成像,标记右前区与右后区界线;最后结合术前三维重建图像与荧光成像了



扫描二维码
观看文中视频3

扫描二维码
观看文中视频4

解胆道走行,导航识别并保护右后肝管;在导航视频与腹腔镜场景之间交互,结扎、离断肝右静脉发向肝脏 5、8 段的分支;妥善处理肝中静脉。(4)增强与混合现实技术导航 IV 型中央型肝癌切除术:IV 型中央型肝癌指肿瘤位于肝脏 4、5、8 段,在肝实质的位置较深,往往贴近或侵犯门静脉右支、门静脉左支主干、肝右静脉或肝左静脉主干。若患者术前肝功能正常,余肝体积足够,则行右三区或左三区切除;若余肝体积不足,可行缩小右三区或缩小左三区切除;亦可行联合肝脏分隔和门静脉结扎的二步肝切除术。增强与混合现实技术导航肝切除术的方法基本与 III 型中央型肝癌肝切除术相同,但 IV 型中央型肝癌往往侵犯肝中静脉主干根部,需反复地将三维重建模型与腹腔镜场景进行融合与交互,同时降低中心静脉压,充分显露下腔静脉,妥善处理相关静脉。(5)增强与混合现实技术导航 V 型中央型肝癌切除术:V 型中央型肝癌指肿瘤位于肝脏 4、5、8 段的表浅或边缘,肿瘤未贴近或未直接侵犯门静脉或肝静脉主干,因此,V 型中央型肝癌的手术治疗方式为保证切缘阴性的局部肝切除术。

建议 11:对于 I 型中央型肝癌,右前区切除涉及两个肝实质断面,且实质离断过程中涉及肝中静脉、肝右静脉的多条分支。在肝切除过程中实时融合与交互导航肝中静脉、肝右静脉可有效降低误伤血管的概率。

建议 12:对于 II 型中央型肝癌,结合肝段投影和超声的多模影像可快速定位肝脏 4 段切除线,在离断至肝中静脉根部时,应关注导航定位的肝中静脉位置,避免损伤肝中静脉根部。

建议 13:对于 III 型中央型肝癌,根据术前三维可视化分析及术前规划,明确肿瘤与门静脉、肝右



静脉、肝中静脉和肝左静脉的关系;利用增强与混合现实技术导航门静脉右前支、肝动脉右前支、肝脏4段门静脉分支、肝右静脉发向肝脏5、8段分支,通过结扎和离断以上分支实现解剖性Ⅲ型中央型肝癌切除术。

建议 14:Ⅳ型中央型肝癌切除术大致同Ⅲ型中央型肝癌切除术,关键是显露肝右静脉和肝左静脉并妥善保护。若余肝体积充足,可通过增强与混合现实技术导航解剖性右三区肝或左三区肝切除术。

建议 15:Ⅴ型中央型肝癌切除为不涉及第一肝门的局部切除,应遵循肝实质优先的理念,在 ICG 荧光成像下定位肿瘤位置和边缘,导航肝切除术。

5. 左三区肝切除:对于侵犯门静脉左支的Ⅳ型中央型肝癌,左三区切除是手术选择之一。肝右前区和右后区平面较大,无明确的解剖标志,难以确定切除平面,因此,左三区切除是极具挑战性的复杂性肝切除术。增强与混合现实导航结合术前三维重建模型、术中荧光成像等多模融合导航技术,可实现导航手术的可视化。

建议 16:对于左三区肝切除,具体要点参照左半肝和右前区肝切除方法。

6. 右三区肝切除:对于侵犯门静脉右支的Ⅳ型中央型肝癌,右三区切除是其手术方式之一。目标血管为门静脉右支、肝右动脉、肝中动脉、肝脏4段的 Glisson 蒂。对于右三区肝切除,可参照右半肝和左内区肝切除方法进行,增强与混合现实技术导航的重点在于保护肝脏2、3段的 Glisson 蒂。

建议 17:对于右三区肝切除,具体要点参照右半肝和左内区肝切除方法。

综上所述,增强与混合现实技术导航腹腔镜肝切除术,实现了术前肝脏肿瘤和血管形态学诊断可视化、术中肿瘤边界可视化和导航腹腔镜肝切除术可视化。但目前导航系统为非自动化,需要研发人工智能导航系统;且肝切除手术过程复杂,个体差异大,在临床应用中需根据患者实际情况进行个体化诊疗,以获得最佳疗效。

《增强与混合现实技术在腹腔镜复杂性肝切除术中应用的中国专家共识》编写委员会成员

编写组组长:陈孝平(华中科技大学同济医学院附属同济医院)、方驰华(南方医科大学珠江医院)

编写组成员(按姓氏汉语拼音排序):别平(重庆医科大学附

属第三医院)、蔡建强(中国医学科学院肿瘤医院)、蔡秀军(浙江大学医学院附属邵逸夫医院)、陈敏山(中山大学附属肿瘤医院)、陈孝平(华中科技大学同济医学院附属同济医院)、陈亚进(中山大学孙逸仙纪念医院)、程树群(海军军医大学附属东方肝胆外科医院)、崔云甫(哈尔滨医科大学附属第二医院)、戴朝六(中国医科大学附属盛京医院)、樊海宁(青海大学附属医院)、方驰华(南方医科大学珠江医院)、巩鹏(深圳大学总医院)、郭伟(首都医科大学附属北京友谊医院)、何松青(广西医科大学第一附属医院)、何宇(陆军军医大学西南医院)、洪德飞(浙江大学医学院附属邵逸夫医院)、黄志勇(华中科技大学同济医学院附属同济医院)、姜卫东(中国科学技术大学附属第一医院)、贾富仓(中国科学院深圳先进技术研究院)、简志祥(广东省人民医院)、姜洪池(哈尔滨医科大学附属第一医院)、李德宇(河南省人民医院)、李强(天津医科大学附属肿瘤医院)、李晓武(深圳大学总医院)、李汛(兰州大学附属第一医院)、李玉民(兰州大学第二医院)、李宗芳(西安交通大学第二附属医院)、梁力建(中山大学附属第一医院)、梁霄(浙江大学医学院附属邵逸夫医院)、刘昌(西安交通大学第一附属医院)、刘超(中山大学孙逸仙纪念医院)、刘景丰(福建省肿瘤医院)、刘连新(中国科学技术大学附属第一医院)、刘青光(西安交通大学第一附属医院)、刘荣(中国解放军总医院)、刘颖斌(上海交通大学医学院附属仁济医院)、卢鹏(中国人民解放军总医院)、卢绮萍(中部战区总医院)、卢倩(清华大学附属北京清华长庚医院)、卢实春(中国人民解放军总医院)、吕国悦(吉林大学第一医院)、吕毅(西安交通大学第一附属医院)、彭宝岗(中山大学附属第一医院)、钦伦秀(复旦大学附属华山医院)、尚东(大连医科大学附属第一医院)、沈锋(海军军医大学附属东方肝胆外科医院)、时军(南昌大学第一附属医院)、孙诚谊(贵阳医学院附属医院)、孙世杰(烟台毓璜顶医院)、汤朝晖(上海交通大学附属新华医院)、万钧(香港大学李嘉诚医学院)、王宏光(中国医学科学院肿瘤医院)、王槐志(中国科学院附属重庆医院)、王坚(上海市第六人民医院)、王剑明(华中科技大学同济医学院附属同济医院)、王鲁(复旦大学附属肿瘤医院)、王晓颖(复旦大学附属中山医院)、温浩(新疆医科大学第一附属医院)、文天夫(四川大学华西医院)、吴德全(哈尔滨医科大学附属第二医院)、吴泓(四川大学华西医院)、吴育连(浙江大学医学院附属邵逸夫医院)、项楠(南方医科大学珠江医院)、邢雪(青岛市市立医院)、徐钧(山西医科大学第一医院)、杨剑(南方医科大学珠江医院)、杨扬(中山大学附属第三医院)、杨尹默(北京大学第一医院)、殷晓煜(中山大学附属第一医院)、尹新民(湖南省人民医院)、袁玉峰(武汉大学中南医院)、曾宁(南方医科大学珠江医院)、曾永毅(福建医科大学孟超肝胆医院)、曾勇(四川大学华西医院)、张必翔(华中科技大学同济医学院附属同济医院)、张平(吉林大学第一医院)、张水军(郑州大学第一附属医院)、张学文(吉林大学第二医院)、张雅敏(天津市第一中心医院)、张占国(华中科技大学



同济医学院附属同济医院)、张志伟(华中科技大学同济医学院附属同济医院)、赵浩亮(山西医科大学第一医院)、郑树国(陆军军医大学西南医院)、智绪亭(山东大学齐鲁医院)、钟林(上海交通大学附属第一人民医院)、周俭(复旦大学附属中山医院)、周杰(南方医科大学南方医院)、周树勤(南方医科大学珠江医院)、周伟平(海军军医大学附属东方肝胆外科医院)、朱鹏(华中科技大学同济医学院附属同济医院)

执笔专家:方驰华、杨剑

录像剪辑:胡浩宇(南方医科大学珠江医院)

利益冲突 所有参与编写人员声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 方驰华,田捷,张鹏,等. 数字医学技术在肝胆胰外科的应用: 20 年历史回顾与未来展望[J]. 中华外科杂志, 2021, 59(10): 807-811. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20210405-00159.
- [2] Fang C, An J, Bruno A, et al. Consensus recommendations of three-dimensional visualization for diagnosis and management of liver diseases[J]. Hepatol Int, 2020, 14(4): 437-453. DOI: 10.1007/s12072-020-10052-y.
- [3] 中华医学会数字医学分会, 中国医师协会肝癌专业委员会, 中国医师协会外科医师分会微创外科医师委员会, 等. 数字智能联合吲哚菁绿分子荧光导航肝切除术中国专家共识(2021 年版)[J]. 中国实用外科杂志, 2022, 42(3): 274-284.
- [4] Chen R, Wang Z, Zhu W, et al. Laparoscopic in situ anatomical mesohepatectomy for solitary massive HCC using combined intrafascial and extrafascial approaches with indocyanine green navigation (with video) [J]. Ann Surg Oncol, 2022, 29(3): 2034-2040. DOI: 10.1245/s10434-021-10886-2.
- [5] Lin J, Luo W, Fang C, et al. Laparoscopic anatomic combined subsegmentectomy of segment 8 via the tailored strategy using digital intelligent technology[J]. Surg Oncol, 2021, 38: 101622. DOI: 10.1016/j.suronc.2021.101622.
- [6] Lang H, Huber T. Virtual and augmented reality in liver surgery[J]. Ann Surg, 2020, 271(1): e8. DOI: 10.1097/SLA.0000000000003601.
- [7] Saito Y, Sugimoto M, Imura S, et al. Intraoperative 3D hologram support with mixed reality techniques in liver surgery[J]. Ann Surg, 2020, 271(1): e4-e7. DOI: 10.1097/SLA.0000000000003552.
- [8] Luo H, Yin D, Zhang S, et al. Augmented reality navigation for liver resection with a stereoscopic laparoscope[J]. Comput Methods Programs Biomed, 2020, 187: 105099. DOI: 10.1016/j.cmpb.2019.105099.
- [9] Zhang P, Luo H, Zhu W, et al. Real-time navigation for laparoscopic hepatectomy using image fusion of preoperative 3D surgical plan and intraoperative indocyanine green fluorescence imaging[J]. Surg Endosc, 2020, 34(8): 3449-3459. DOI: 10.1007/s00464-019-07121-1.
- [10] 方驰华,张鹏,罗火灵,等. 增强现实导航技术联合吲哚菁绿分子荧光影像在三维腹腔镜肝切除术中的应用[J]. 中华外科杂志, 2019, 57(8): 578-584. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2019.08.004.
- [11] Pelanis E, Kumar RP, Aghayan DL, et al. Use of mixed reality for improved spatial understanding of liver anatomy[J]. Minim Invasive Ther Allied Technol, 2020, 29(3): 154-160. DOI: 10.1080/13645706.2019.1616558.
- [12] Bertrand LR, Abdallah M, Espinel Y, et al. A case series study of augmented reality in laparoscopic liver resection with a deformable preoperative model[J]. Surg Endosc, 2020, 34(12): 5642-5648. DOI: 10.1007/s00464-020-07815-x.
- [13] 冷超,朱鹏,张必翔. 混合现实全息影像重建技术在肝切除术中的初步应用[J]. 腹部外科, 2020, 33(4): 311-313, 封 2. DOI: 10.3969/j.issn.1003-5591.2020.04.014.
- [14] 杨威,汤睿,童翊,等. 混合现实技术在精准肝胆外科手术中应用研究[J]. 中国实用外科杂志, 2021, 41(3): 298-305. DOI: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2021.03.13.
- [15] Nishino H, Hatano E, Seo S, et al. Real-time navigation for liver surgery using projection mapping with indocyanine green fluorescence: development of the novel medical imaging projection system[J]. Ann Surg, 2018, 267(6): 1134-1140. DOI: 10.1097/SLA.0000000000002172.
- [16] Alirri OI, Rahni A. Survey on liver tumour resection planning system: steps, techniques, and parameters[J]. J Digit Imaging, 2020, 33(2): 304-323. DOI: 10.1007/s10278-019-00262-8.
- [17] 祝文,何松盛,曾思略,等. 以血管为轴心的中央型肝癌三维可视化评估及虚拟现实的研究[J]. 中华外科杂志, 2019, 57(5): 358-365. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2019.05.008.
- [18] 曾思略,祝文,方驰华,等. 以血管为轴心的巨块型肝癌三维可视化评估及虚拟现实技术研究[J]. 中华普通外科杂志, 2019, 34(4): 323-327. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-631X.2019.04.009.
- [19] Boedecker C, Huettl F, Saalfeld P, et al. Using virtual 3D-models in surgical planning: workflow of an immersive virtual reality application in liver surgery[J]. Langenbecks Arch Surg, 2021, 406(3): 911-915. DOI: 10.1007/s00423-021-02127-7.
- [20] 中华医学会数字医学分会, 中国医师协会肝癌专业委员会, 中国医师协会精准医学专业委员会, 等. 吲哚菁绿分子荧光影像技术诊断原发性肝癌与术中导航操作诊疗规范(2021 版)[J]. 中国实用外科杂志, 2021, 41(9): 1002-1013, 1032. DOI: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2021.09.04.
- [21] Lee MK 4th, Gao F, Strasberg SM. Perceived complexity of various liver resections: results of a survey of experts with development of a complexity score and classification [J]. J Am Coll Surg, 2015, 220(1): 64-69. DOI: 10.1016/j.jamcollsurg.2014.09.017.
- [22] 祝文,曾小军,项楠,等. 增强现实与混合现实导航技术在三维腹腔镜缩小右半肝切除术中的应用[J]. 中华外科杂志, 2022, 60(3): 249-256. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20210918-00447.
- [23] 中华医学会数字医学分会, 中国研究型医院学会数字智能化外科专业委员会, 中国医师协会肝癌专业委员会. 中央型肝癌三维可视化精准诊疗中国专家共识(2020 版)[J]. 中国实用外科杂志, 2020, 40(4): 361-368. DOI: 10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2020.04.01.
- [24] 中华医学会数字医学分会, 中国医师协会肝癌专业委员会, 中国医师协会精准医学专业委员会, 等. 原发性肝癌三维可视化技术操作及诊疗规范(2020 版)[J]. 中华消化外科杂志, 2020, 19(9): 897-918. DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20200720-00499.

