

论著·临床研究

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2022.12.005

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20220328.1356.016.html\(2022-03-28\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20220328.1356.016.html(2022-03-28))

混合现实技术与 X 射线透视引导椎间孔镜治疗 腰椎间盘突出症的比较研究*

陈重罡^{1,2}, 朱希田², 陈荣生², 张晓波², 王长昇^{2△}

(1. 福建医科大学第一临床医学院, 福州 350004; 2. 福建医科大学附属第一医院脊柱外科, 福州 350005)

[摘要] **目的** 比较混合现实(MR)技术导航与传统 X 射线透视引导经皮椎间孔镜腰椎间盘突出术(PTED)治疗腰椎间盘突出症(LDH)的临床疗效。**方法** 选择 2018 年 6 月至 2020 年 9 月福建医科大学附属第一医院收治的单节段 LDH 患者 39 例,根据手术辅助设备不同分为两组:MR 技术导航 PTED 组(导航组)18 例, X 射线透视引导 PTED 组(透视组)21 例。记录两组患者围手术期相关资料。采用腰、腿痛视觉模拟评分法(VAS)、Oswestry 功能障碍指数(ODI)和日本骨科协会(JOA)腰椎功能评分评估手术疗效。**结果** 随访 12~18 个月,平均(14.5±1.2)个月。所有患者均无中转开放手术,无大出血、神经根损伤、椎间隙感染和硬脊膜撕裂等严重并发症发生。穿刺满意度:导航组优 15 例,良 2 例,可 1 例,优良率 94.44%,透视组优良率 90.48%。与透视组比较,导航组穿刺及透视次数减少,穿刺及手术时间缩短,患者术中穿刺疼痛 VAS 评分更低($P < 0.05$);两组手术切口长度、术中出血量、术后下地及术后住院时间无明显差异($P > 0.05$)。两组患者术后 1 d、术后 3、12 个月的腰、腿痛 VAS 评分、ODI 均较术前明显降低,腰椎 JOA 评分均较术前明显升高($P < 0.05$),两组间术后各时间点上述指标无明显差异($P > 0.05$)。**结论** MR 技术导航下经椎间孔定位穿刺准确、有效,MR 技术导航与 X 射线透视引导经椎间孔入路 PTED 治疗 LDH 均可取得满意的结果,导航手术具有更高的安全性和微创性。

[关键词] 腰椎间盘突出症;混合现实;X 射线透视;经皮椎间孔镜腰椎间盘突出术;微创手术**[中图分类号]** R687.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2022)12-2004-05

Comparative study on mixed reality navigation and fluoroscopic guidance combined with percutaneous transforaminal endoscopic discectomy in the treatment of lumbar disc herniation*

CHEN Yonggang^{1,2}, ZHU Xitian², CHEN Rongsheng², ZHANG Xiaobo², WANG Changsheng^{2△}

(1. The First Clinical Medical College, Fujian Medical University, Fujian 350004, China; 2. Department of Spine Surgery, the First Affiliated Hospital of Fujian Medical University, Fuzhou, Fujian 350005, China)

[Abstract] **Objective** To compare the clinical efficacy of mixed reality (MR) navigation and traditional fluoroscopic guidance combined with percutaneous transforaminal endoscopic discectomy (PTED) in the treatment of lumbar disc herniation (LDH). **Methods** From June 2018 to September 2020, a total of 39 patients with single-level LDH admitted to the First Affiliated Hospital of Fujian Medical University were selected and divided into two groups according to different surgical auxiliary equipment. Among them, 18 patients were treated with PTED guided by MR navigation (the navigation group), and 21 patients were treated with PTED guided by X-ray fluoroscopy (the fluoroscopy group). The perioperative data of the two groups were recorded. The surgical efficacy were evaluated by using visual analogue scale (VAS) for low back pain and leg pain, Oswestry disability index (ODI) and Japanese Orthopaedic Association (JOA) lumbar function score. **Results** The patients were followed up for 12–18 months, with an average of (14.5±1.2) months. There were no serious complications, such as hematorrhea, nerve root injuries, intervertebral disc space infection and dural tear in both groups. The puncture satisfaction was graded as excellent in 15 cases, good in two cases, and fair in one case, with an excellent and good rate of 94.44% in the navigation group. And the excellent and good

* 基金项目:福建省科技计划引导性项目(2019Y0016)。 作者简介:陈重罡(1994—),住院医师,在读博士研究生,主要从事骨外科研究。

△ 通信作者, E-mail: wangchangsheng10g@163.com。

rate was 90.48% in the fluoroscopy group. Compared with the fluoroscopy group, the navigation group consumed significantly shorter operation and puncture time, associated with lower VAS score of intraoperative pain, less frequent intraoperative puncture ($P < 0.05$). Between the two groups, there were no significant differences in the incision length, intraoperative blood loss, postoperative landing time, and hospitalization time ($P > 0.05$). The VAS scores and ODI of lumbar and leg pain at postoperative one day, three months and 12 months were significantly lower than those before surgery, and the JOA scores of lumbar spine were significantly higher than those before surgery ($P < 0.05$). There was no significant difference in the above indicators at each time point after operation between the two groups ($P < 0.05$). **Conclusion** The transforaminal positioning and puncture guided by MR navigation is accurate and effective. The PTED guided by MR navigation and X-ray fluoroscopy both achieves satisfactory results in the treatment of LDH, and MR navigation has higher safety and precision with minimally iatrogenic trauma.

[Key words] prolapse of lumbar intervertebral disc; mixed reality; fluoroscopy; percutaneous transforaminal endoscopic discectomy; minimally invasive surgery

经皮椎间孔镜腰椎间盘切除术(percutaneous transforaminal endoscopic discectomy, PTED)是近年来国内外微创治疗腰椎间盘突出症(lumbar intervertebral disc herniation, LDH)的热门技术,较传统后路开放性手术,具有创伤小、见效快、术后并发症少等优点。目前,PTED已在临床上得到广泛的推广及应用。但是如何选定准确的穿刺点、合适的穿刺角度和深度,从而安全、快速地建立工作通道仍是该技术的难点。良好的定位穿刺和满意的通道建立是决定术中镜下操作顺利与否及术后临床疗效的关键因素^[1-2]。本研究创新性地将混合现实(mixed reality, MR)技术应用于PTED中,为术中定位、穿刺及建立工作通道进行可视化导航,并将MR技术导航与传统C臂X射线透视引导辅助下PTED进行比较分析,探讨MR技术导航PTED治疗LDH的临床疗效,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究共纳入2018年6月至2020年9月福建医科大学附属第一医院脊柱外科收治的单间隙LDH患者39例,胡有谷水平位分区均为2区,矢状位未见明显脱垂,均只累及单侧神经根。纳入标准:(1)年龄20~50岁;(2)严重的单侧下肢放射性麻木、疼痛,有痛性跛行;(3)腰椎影像学显示单间隙椎间盘突出,累及一侧神经根,与症状体征相符;(4)规范保守治疗3个月以上,病情无改善。排除标准:(1)多节段病变;(2)责任间隙双侧神经根受累,表现为双下肢根性症状;(3)伴有马尾综合征、广泛性腰椎管狭窄症、明显的腰椎不稳等其他腰椎病变;(4)病变间隙既往有手术、外伤史。根据辅助设备不同分为两组:MR技术导航PTED组(导航组)18例,其中L_{4,5} 10例,L₅S₁ 8例;X射线透视引导PTED组(透视组)21例,其中L_{4,5} 11例,L₅S₁ 10例。两组患者一般资料(性别、年龄及病程)比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表1。本研究经伦理委员会审核批准[闽医大附一伦

理医研(2018)146号]。

表1 两组患者一般资料比较

组别	<i>n</i>	性别 (男/女, <i>n/n</i>)	年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	病程($\bar{x} \pm s$, 年)
导航组	18	8/10	32.56 ± 7.16	1.07 ± 0.35
透视组	21	11/10	31.87 ± 6.07	1.11 ± 0.40
<i>t</i> / χ^2		0.244	0.289	-0.301
<i>P</i>		0.621	0.774	0.712

1.2 方法

导航组手术方法:术前通过放射影像科的医学影像存储与传输系统(PACS)获取患者的磁共振成像(MRI)及CT三维影像数据(DICOM格式文件),导入到Mimics软件(Materialise公司,mimics 21.0版本)进行三维建模,生成STL格式文件后导入MR平台生成MR应用程序(APP),将三维重建模型载入全息影像眼镜中,个体化定制经椎间孔入路的精准靶向手术路径。患者取俯卧位,标定骨性标志点(与术前影像检查时为同一标志点),在骨性标志点上粘贴单一可溯源的二维码,术者佩戴MR眼镜(微软hololens2,开发者版本),通过全息眼镜图像识别技术,扫描二维码作为空间定位坐标,将MR图像的即时空间定位点与骨性标志点配点吻合固定,经微调使MR图像与实体腰椎完全融合重叠;MR技术导航下,进针点逐层浸润麻醉,根据术前设计的穿刺路线(MR眼镜中呈现的图像路线)使用18G穿刺针经患侧椎间孔进行穿刺,C型臂X射线机透视观察穿刺针位置满意后,放置导丝,做一7~8mm切口,逐级置入导杆、环锯,行椎间孔成形,安放工作通道,术中透视观察通道位置满意,连接内窥镜系统,镜下摘除髓核组织。透视组手术方法:取俯卧体位,局部麻醉,应用椎间孔镜TESSYS技术行PTED,C臂X射线透视描记标志线并确定进针点,透视引导下经患侧椎间孔应用18G穿刺针进行穿刺,导丝引导下各级导棒逐级进行软组织

扩张,环锯椎间孔成形,最后置入工作通道并经透视证实位置满意,连接内窥镜系统并进行椎间盘切除术。

1.3 观察指标

1.3.1 穿刺针位置满意度

依据术中透视情况进行评定,优:正位透视下穿刺针尖位于 2 区,侧位透视下针尖位于上下两相邻椎体后缘连线上;良:正位透视下穿刺针尖位于患侧上下椎弓根中点连线与棘突连线之间,2 区外的区域,侧位透视同前;可:正位透视下穿刺针尖在 3 区内,位于上下椎弓根中点连线外的区域,侧位透视同前或稍向腹侧偏移;差:穿刺针尖位于优良可区域外。优良率=(穿刺针位置满意度优+穿刺针位置满意度良)/患者总例数 $\times 100\%$ 。

1.3.2 疗效评价指标

(1)比较分析两组患者的穿刺次数、穿刺时间、透视次数、术中穿刺疼痛视觉模拟评分法(VAS)评分、手术切口长度、术中出血量、手术时间、术后下地及术后住院时间等围手术期指标;(2)观察手术并发症;(3)术前及术后 1 d、术后 3、12 个月采用 VAS 对两组患者的腰、腿痛进行评估,利用 Oswestry 功能障碍指数(ODI)及腰椎日本骨科协会(JOA)腰椎功能评分(JOA 评分)对患者腰椎功能改善情况进行评价,定期复查腰椎 X 射线、CT 及 MRI 评估腰椎术后稳定性及椎间盘复发情况,综合评定手术疗效。

1.4 统计学处理

采用 SPSS22.0 统计学软件进行数据的统计分析,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用两独立样本

t 检验,不同时间点比较采用重复测量方差分析和 t 检验;以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 围手术期情况

所有手术均顺利完成,导航组在 MR 眼镜中呈现的术前规划路线导航下,穿刺顺利。所有患者均无中转开放手术,术后即刻腰腿痛得到明显改善,无大出血、椎间隙感染、神经根损伤和硬脊膜撕裂等术后并发症发生。两组患者术后早期即可佩戴腰围下地活动,术后 6 周基本恢复正常工作和学习。穿刺满意度:导航组优 15 例,良 2 例,可 1 例,优良率 94.44%(17/18);透视组优 16 例,良 3 例,可 2 例,优良率 90.48%(19/21)。与透视组比较,导航组术中穿刺及透视次数减少,患者术中穿刺疼痛 VAS 评分减小,穿刺及手术时间缩短,差异均有统计学意义($P < 0.05$);两组手术切口长度、术中出血量、术后下地及术后住院时间比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 2。

2.2 随访结果

所有患者术后均获随访,随访时间 12~18 个月,平均(14.5 \pm 1.2)个月。两组患者术后 1 d、术后 3、12 个月的腰、腿痛 VAS 评分、ODI 均较术前降低,腰椎 JOA 评分均较术前升高,差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组间术后各时间点的腰、腿痛 VAS 评分、ODI 和腰椎 JOA 评分比较均无明显差异($P > 0.05$),见表 3。术后 1 d 检查腰椎 MRI 和 CT:突出的椎间盘组织完整切除,神经压迫解除,椎管容积恢复正常;随访 3、12 个月影像学复查未见椎间盘突出症复发。

表 2 两组患者围手术期指标比较($\bar{x} \pm s$)

项目	导航组($n=18$)	透视组($n=21$)	t	P
穿刺次数(次)	2.56 \pm 1.03	6.12 \pm 1.57	-9.154	<0.001
穿刺时间(min)	8.52 \pm 0.95	18.05 \pm 1.78	-10.072	<0.001
透视次数(次)	3.25 \pm 1.22	9.65 \pm 1.85	-17.355	<0.001
术中穿刺疼痛 VAS 评分(分)	4.12 \pm 1.02	5.88 \pm 1.42	-3.627	0.001
切口长度(mm)	7.06 \pm 0.82	7.55 \pm 0.78	-1.449	0.156
术中出血量(mL)	7.03 \pm 0.87	6.90 \pm 0.75	0.489	0.628
手术时间(min)	85.30 \pm 13.15	115.60 \pm 24.10	-3.995	<0.001
术后下地时间(h)	9.53 \pm 0.73	8.49 \pm 0.66	1.462	0.152
术后住院时间(d)	1.70 \pm 0.22	1.68 \pm 0.35	0.784	0.438

表 3 两组患者 ODI、VAS 及 JOA 评分比较($\bar{x} \pm s$)

项目	时间	导航组($n=18$)	透视组($n=21$)	t	P
腰痛 VAS 评分(分)	术前	7.37 \pm 1.04	7.28 \pm 1.10	0.299	0.766
	术后 1 d	2.22 \pm 0.72 ^a	1.99 \pm 0.84 ^a	0.905	0.371
	术后 3 个月	1.11 \pm 0.33 ^a	1.08 \pm 0.21 ^a	0.331	0.743
	术后 12 个月	0.60 \pm 0.19 ^a	0.51 \pm 0.21 ^a	1.417	0.165

续表 3 两组患者 ODI、VAS 及 JOA 评分比较($\bar{x} \pm s$)

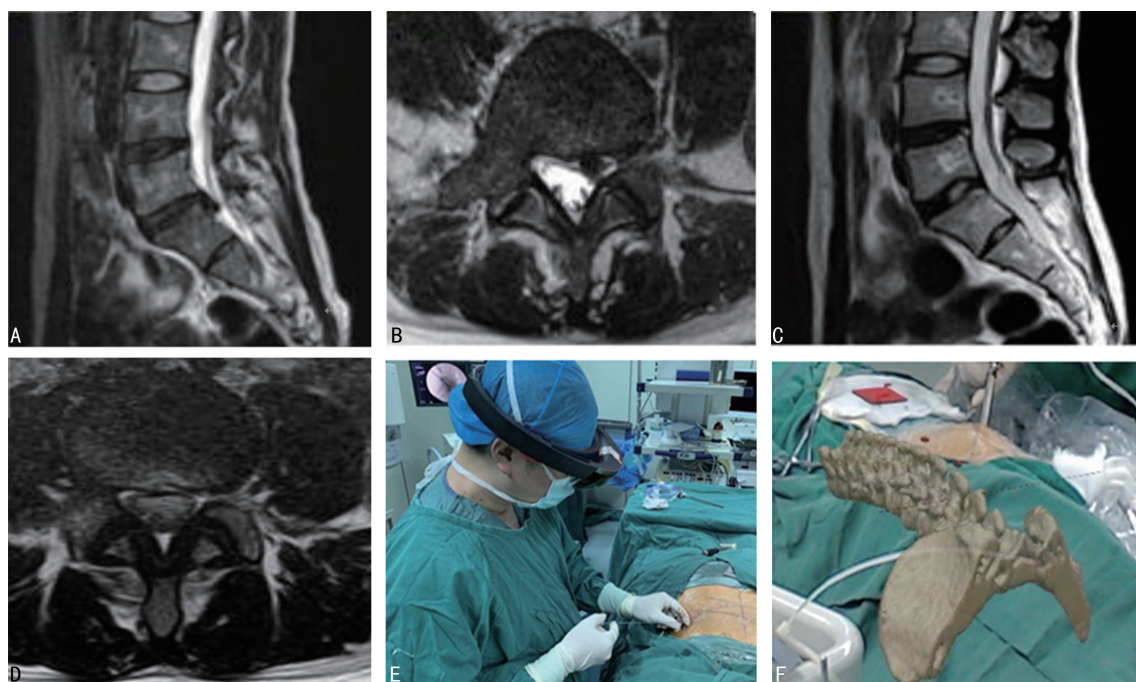
项目	时间	导航组(n=18)	透视组(n=21)	t	P
腿痛 VAS 评分(分)	术前	7.38±1.10	7.43±1.24	0.168	0.868
	术后 1 d	1.11±0.42 ^a	1.05±0.48 ^a	0.379	0.707
	术后 3 个月	0.68±0.25 ^a	0.71±0.20 ^a	-0.463	0.646
	术后 12 个月	0.41±0.24 ^a	0.37±0.17 ^a	0.847	0.402
ODI	术前	49.26±1.50	48.80±1.36	0.996	0.326
	术后 1 d	21.61±2.30 ^a	22.15±1.52 ^a	-0.876	0.387
	术后 3 个月	17.91±1.02 ^a	18.01±0.85 ^a	-0.338	0.737
	术后 12 个月	7.81±0.50 ^a	7.58±0.48 ^a	1.478	0.148
JOA 评分(分)	术前	11.67±1.46	11.24±1.70	0.838	0.407
	术后 1 d	20.33±1.53 ^a	20.67±1.49 ^a	-0.686	0.497
	术后 3 个月	23.17±1.76 ^a	23.57±1.84 ^a	-0.640	0.526
	术后 12 个月	27.17±1.47 ^a	27.29±1.35 ^a	-0.264	0.793

^a: P<0.05, 与同组术前比较。

2.3 导航组典型病例

患者女, 34 岁, 术前腰椎 MRI 显示 L₅/S₁ 椎间盘突出, 伴左侧神经根受压(图 1A、B); 术后复查腰椎

MRI 显示 L₅/S₁ 突出髓核已摘除, 左侧神经根无受压(图 1C、D)。



A、B: 术前腰椎 MRI; C、D: 术后复查腰椎 MRI; E、F: 术者佩戴全息影像眼镜操作。

图 1 导航组典型病例影像及手术操作图像

3 讨论

近年来, 随着人工智能基础科学和应用技术不断进步, 与虚拟现实(virtual reality, VR)和增强现实(augmented reality, AR)技术密切相关的研究已经被广泛应用于各医疗领域^[3]。MR 技术是一种全新数字全息影像技术, 它通过现实场景来呈现虚拟场景信息, 将现实世界与虚拟世界重叠融合, 从而产生新的可视化的环境, 在医学范畴中是 AR、VR 技术使用的发展和延伸。目前, 随着数字医学和微创技术的飞速

发展, MR 技术已经应用于经皮肾镜手术^[4]、胸腔镜手术^[5]、髋关节手术^[6]、颈椎手术^[7]、病理分析及远程会诊等领域, 在 PELD 中也有了初步探索^[8]。MR 技术在手术中应用的关键是将术中的真实组织和术前图像数据进行相互匹配与融合, 实现实时三维视觉定位和手术导航^[9-10]。

PTED 是目前微创治疗 LDH 的经典术式, 被广大的临床医师认可。传统的 LDH 后路开放性手术创伤较大^[11], 需要不同程度剥离椎旁肌, 咬除椎板、关节

突等骨性组织,破坏腰椎后方结构,容易发生腰椎不稳或其他并发症,术后恢复时间长,部分患者甚至存在长期慢性腰痛。相比传统后路开放手术,PTED是在局部麻醉下操作,具有保留正常椎旁组织结构、术后疼痛轻、并发症少及恢复快等优点,对脊柱的生理曲度和稳定性均无明显影响^[12-13]。

安全准确的定位穿刺并快速建立满意的工作通道是经椎间孔入路脊柱内窥镜手术的核心步骤。目前临床上多采用术中C型或O型臂X射线机透视引导下进行操作,这对术者的三维立体定位、空间感觉和手术经验均提出较高的要求。如何快速、精准地经椎间孔进行定位穿刺并建立良好的工作通道是当前PTED亟待解决的重点和难点。近年来,国内外学者提出了一些穿刺定位的新方法及辅助设备,如手术机器人^[14]、椎间孔镜穿刺辅助定位器^[15]、超声容积影像系统^[16]、X射线及MRI组合式影像系统等,但存在需要额外采购昂贵的相关辅助设备、多科室辅助人员共同参与、操作繁琐、辐射量大、辅助设备携带不方便等问题,因此临床上无法广泛地推广应用。基于上述原因,本研究将MR技术导航应用于PTED中,同时比较MR技术导航与传统X射线透视引导PTED治疗LDH的临床疗效,探讨该技术治疗LDH的安全性、精确性及微创性。

在本研究中,两组患者术后腰腿痛症状都得到明显改善,未见明显术中及术后并发症发生,术后1d、术后3、12个月腰腿痛VAS评分、ODI均低于术前,腰椎JOA评分均高于术前,两组术后各时间点上述指标无明显差异,随访复查未见手术节段椎间盘突出复发。结果表明:MR技术导航辅助PTED治疗LDH安全、有效,与传统X射线透视辅助下PTED疗效相当。

本研究中导航组遵循MR眼镜中呈现的三维可视化手术路线进行导航穿刺,直达靶点,穿刺针位置采用术中X射线透视进行评估,结果显示:导航组穿刺优良率为94.44%,透视组为90.48%,两组穿刺优良率均达到90%以上,表明MR技术导航下经椎间孔定位穿刺准确、有效。此外,与透视组比较,导航组穿刺及透视次数减少、穿刺及手术时间缩短、患者术中穿刺疼痛VAS评分更低($P < 0.05$),表明MR技术导航PTED不仅具备精准性、有效性,而且较传统X射线透视引导下手术在安全性、微创性方面更具优势。分析原因:X射线透视引导下穿刺定位,术者往往依靠手术经验而不是精确的穿刺点、穿刺角度及深度等客观指标,术中常常反复多次调整穿刺针的角度和深度,因此需要频繁的术中透视进行引导,无形中增加了患者的疼痛不适及辐射暴露,延长了手术时间。相比之下,MR技术导航PTED,术前通过收集患者的影像数据进行三维建模,可个体化设计精准的靶向手术路线;术中佩戴MR眼镜,通过全息眼镜图像识别技术,实现三维模型图像与实体腰椎配对吻合,

根据规划好的可视化穿刺路线进行导航操作,可以安全规避神经、血管等重要组织,提高手术安全,实现精准操作,节省手术时间。此外,MR导航术中可以随时使用X射线透视进行术中穿刺操作安全性的验证,进一步提升了手术安全性。

综上所述,MR技术导航与传统X射线透视引导下PTED治疗LDH均能取得满意的临床疗效,且MR技术导航下经椎间孔定位穿刺准确、有效,手术具有更高的安全性和微创性,可以获得更高的手术效率和患者满意度。此外,MR技术还可进行术前教学、手术规划及培训,在一定程度上缩短了经皮椎间孔镜技术的学习曲线,降低了初学者的学习难度,具有广阔的发展空间。

参考文献

- [1] SAIRYO K, EGAWA H, MATSUURA T, et al. State of the art: transforaminal approach for percutaneous endoscopic lumbar discectomy under local anesthesia[J]. J Med Invest, 2014, 61(3/4): 217-225.
- [2] BIRKENMAIER C, KOMP M, LEU H F, et al. The current state of endoscopic disc surgery: review of controlled studies comparing full-endoscopic procedures for disc herniations to standard procedures[J]. Pain physician, 2013, 16(4): 335-344.
- [3] 朱佳伟, 潘周娴, 陈适, 等. 虚拟现实技术在医学领域的应用及展望[J]. 基础医学与临床, 2018, 38(3): 422-425.
- [4] 朱鹤, 李宁忱, 赵子臣, 等. 基于混合现实引导的经皮肾穿刺肾脏模型的验证[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(24): 1962-1964.
- [5] PERKINS S L, KRAJANCICH B, JEFFREY Y C, et al. A patientspecific mixed-reality visualization tool for thoracic surgical planning[J]. Ann Thorac Surg, 2020, 110(1): 290-295.
- [6] 王雪彦, 王兆杰. 增强/混合现实技术在髋关节手术的应用现状[J]. 世界最新医学信息文摘, 2019, 19(74): 37-40.
- [7] WU X, LIU R, XU S, et al. Feasibility of mixed reality-based intraoperative three-dimensional image-guided navigation for atlanto-axial pedicle screw placement[J]. Proc Inst Mech Eng H, 2019, 233(12): 1310-1317.
- [8] 周建伟, 李矛, 迟成, 等. 混合现实技术引导的经皮内窥镜下腰椎椎间盘切除术的初步探索与应用[J]. 脊柱外科杂志, 2020, 18(6): 410-413.
- [9] BRIGHAM T J. Reality check: (下转第 2014 页)

- Her-2 amplification and c-MET amplification; a case report[J]. *Int J Surg Oncol*, 2021, 100(36): e27017.
- [7] JIN T. LncRNA DRAIR is a novel prognostic and diagnostic biomarker for gastric cancer[J]. *Mamm Genome*, 2021, 32(6): 503-507.
- [8] XIAO L, YUAN W J, HUANG C H, et al. LncRNA PCAT19 induced by SP1 and acted as oncogene in gastric cancer competitively binding to miR429 and upregulating DHX9[J]. *J Cancer*, 2022, 13(1): 102-111.
- [9] REN J, XU N, ZHOU R, et al. Long non-coding RNA PCED1B antisense RNA 1 promotes gastric cancer progression via modulating microRNA-215-3p/C-X-C motif chemokine receptor 1 axis[J]. *Bioengineered*, 2021, 12(1): 6083-6095.
- [10] LIU L, DAI A, ZHANG Z, et al. LncRNA PIT-PNA-AS1 promotes gastric cancer by increasing SOX4 expression via inhibition of miR-92a-3p[J]. *Aging (Albany NY)*, 2021, 13(17): 21191-21201.
- [11] GUO X, LV X, RU Y, et al. Circulating exosomal gastric cancer-associated long noncoding RNA1 as a biomarker for early detection and monitoring progression of gastric cancer: a multiphase study[J]. *JAMA Surg*, 2020, 155(7): 572-579.
- [12] 顾秀玉, 梁炜. Linc00462 在胃癌患者组织及血清中的表达及临床意义[J]. *临床检验杂志*, 2020, 38(5): 338-343.
- [13] 韩涵, 喻鑫, 周波, 等. 长非编码 RNA-SNHG4 促进胃癌细胞增殖生长并介导对化疗药物顺铂耐药性的研究[J]. *安徽医科大学学报*, 2021, 56(7): 1047-1051.
- [14] GUO L, MA H, KONG Y, et al. LncRNA TNK2-AS1/miR-125a-5p axis promotes tumor growth and modulated PI3K/AKT pathway[J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2022, 37: 124-133.
- [15] ZHAO Z, LIU X. LncRNA SNHG7 regulates gastric cancer progression by miR-485-5p[J]. *J Oncol*, 2021, 2021: 6147962.
- [16] ZHANG P P, CHEN C Y, ZHANG J J, et al. LncRNA CRYM-AS1 inhibits gastric cancer progression via epigenetically regulating CRYM[J]. *Ann Clin Lab Sci*, 2022, 52(2): 249-259.
- [17] QIN H H, LI X, ZHANG W, et al. LncRNA OG-FRP1 promotes cell proliferation and suppresses cell radiosensitivity in gastric cancer by targeting the miR-149-5p/MAP3K3 axis[J]. *J Mol Histol*, 2022, 53(2): 257-271.

(收稿日期: 2021-11-02 修回日期: 2022-02-08)

(上接第 2008 页)

- basics of augmented, virtual, and mixed reality[J]. *Med Ref Serv Q*, 2017, 36(2): 171-178.
- [10] NICOLA S, STOICU-TIVADAR L. Mixed reality supporting modern medical education[J]. *Stud Health Technol Inform*, 2018, 255: 242-246.
- [11] ZHANG L M, CHEN R Q, LIU B, et al. The nerve root sedimentation sign for differential diagnosis of lumbar spinal stenosis: a retrospective, consecutive cohort study[J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(10): 2512-2519.
- [12] LEE S G. Why should we perform endoscopic spine surgery? [J]. *Neurospine*, 2020, 17(Suppl 1): S13-14.
- [13] 古伟文, 徐峰, 蔡贤华, 等. 经皮椎间孔镜靶向穿刺技术治疗腰椎椎间盘突出症的疗效分析[J]. *脊柱外科杂志*, 2013, 11(3): 149-153.
- [14] 刘维克, 夏乐, 杨同岗, 等. 骨科手术机器人在个体化椎间孔镜穿刺导向中的应用[J]. *颈腰痛杂志*, 2020, 41(4): 389-391.
- [15] 曾月东, 苏建成, 谢伟, 等. 椎间孔镜靶向穿刺新技术治疗腰椎椎间盘突出症[J]. *实用骨科杂志*, 2016, 22(3): 201-204, 241.
- [16] JUNG E M, FRIEDRICH C, HOFFSTETTER P, et al. Volume navigation with contrast enhanced ultrasound and image fusion for percutaneous interventions: first results [J]. *PLoS One*, 2012, 7(3): e33956.

(收稿日期: 2021-11-23 修回日期: 2022-03-22)