doi:10.11659/jjssx.10E020065

·临床研究·

3D 打印技术辅助 TESSYS 减压术治疗腰椎管狭窄的疗效分析

李 锐,张仁赞,刘正蓬,孙 贺,张义龙 (承德医学院附属医院脊柱外科,河北 承德 067000)

[摘 要] **目的** 探究 3D 打印技术辅助经皮椎间孔镜(TESSYS)减压术对腰椎管狭窄患者术后创伤应激、腰椎功能及并发症的影响。**方法** 选取 114 例腰椎管狭窄患者作为研究对象开展前瞻性研究,按照随机数字表法分为对照组和观察组,每组 57 例。对照组采取 TESSYS 减压术治疗,观察组采取 3D 打印技术辅助 TESSYS 减压术治疗。比较 2 组手术情况、术后恢复情况、手术前后创伤应激指标[C 反应蛋白(CRP)、单核细胞趋化蛋白(MCP-1)、肌酸激酶(CK)、前列腺素 E_2(PGE_2)]、腰腿痛视觉模拟量表(VAS)评分、腰椎功能[Oswestry 功能障碍指数(ODI)、日本骨科协会评估治疗(JOA)评分]、腰椎功能优良率及并发症发生情况。**结果** 观察组术中失血量少于对照组($P<0.05$),手术时间、术后下地时间、住院时间短于对照组($P<0.05$);观察组术后 1 d、3 d、7 d血清 CRP、MCP-1、CK、PGE_2水平均低于对照组($P<0.05$);观察组术后 1 个月、6 个月、12 个月腰部、腿部 VAS 评分均低于对照组($P<0.05$);观察组术后 1 个月、6 个月、12 个月 ODI 均低于对照组($P<0.05$),JOA 评分均高于对照组($P<0.05$);观察组腰椎功能优良率高于对照组($P<0.05$);观察组并发症发生率与对照组比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 采取 3D 打印技术辅助 TESSYS 减压术治疗腰椎管狭窄,能有效缩短手术时间,减少手术创伤,从而减轻术后创伤应激反应,促进患者术后恢复,且能进一步减轻患者腰腿疼痛,改善腰椎功能。

[关键词] 腰椎管狭窄;3D 打印技术;经皮椎间孔镜减压术;创伤应激;腰椎功能;并发症

[中图分类号] R687.3 [文献标识码] A [收稿日期] 2020-10-21

Analysis of the effect of 3D printing technology assisted TESSYS decompression in the treatment of lumbar spinalstenosis

LI Rui, ZHANG Ren-zan, LIU Zheng-peng, SUN He, ZHANG Yi-long (Deparment of Spinal Surgery, Affiliated Hospital of Chengde Medical College, Chengde Hebei 067000, China)

Abstract: Objective To explore the effect of 3D printing technology assisted transforaminal endoscopic spine system (TESSYS) decompression on postoperative traumatic stress, lumbar function and complications in patients with lumbar spinal stenosis. **Methods** A total of 114 patients with lumbar spinal stenosis were selected as the research objects for prospective research. According to the random number table method, they were divided into the control group and the observation group, with 57 cases in each group. The control group was treated with TESSYS decompression, and the observation group was treated with 3D printing technology assisted TESSYS decompression. The operation status, postoperative recovery status, trauma stress indicators [C reactive protein (CRP), monocyte chemoattractant protein (MCP-1), creatine kinase (CK), prostaglandin E_2(PGE_2)], visual analogue scale (VAS) score for low back and leg, lumbar spine function [Oswestry dysfunction index (ODI), Japanese Orthopedic Association (JOA) score] before and after operation, the excellent and good rate of lumbar spine function and the occurrence of complications were compared between the two groups. **Results** The amount of blood loss during operation in the observation group was less than that in the control group, and the operation time, postoperative time to the ground, and hospital stay in the observation group were shorter than those in the control group ($P<0.05$). Serum CRP, MCP-1, CK, and PGE_2 levels in the observation group were lower than those in the control group at 1 day, 3 days, and 7 days after operation ($P<0.05$). The VAS scores of low back and leg in the observation group were lower than those in the control group at 1 month, 6 months and 12 months after operation ($P<0.05$). At 1 month, 6 months, and 12 months after operation, the ODI of the observation group was lower than that of the control group ($P<0.05$), and the JOA score was higher than that of the control group ($P<0.05$). The excellent and good rate of lumbar function in the observation group was higher than that of the control group ($P<0.05$). There was no statistically significant difference in the complication rate between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion** Adopting 3D printing technology to assist TESSYS decompression in the treatment of lumbar spinal stenosis can effectively shorten the operation time and reduce the surgical trauma, thereby reducing the postoperative trauma stress response, promoting the patient's postoperative recovery, and further reducing the patient's low back and leg pain and improving the lumbar function.

Keywords: lumbar spinal stenosis; 3D printing technology; transforaminal endoscopic spine system decompression; traumatic stress; lumbar spine function; complications

---

[基金项目] 承德市科学技术研究与发展计划(201904A031)

[通信作者] 孙 贺,E-mail:sunhespine@163.com

腰椎管狭窄为中老年群体常见疾病,主要症状为腰腿疼痛,可引起神经性间歇性跛行,对患者日常生活及工作造成严重影响[1-2]。目前,减压术为临床治疗腰椎管狭窄的首选手术方法,既往多采用开放式手术,虽能取得良好疗效,但创伤性大、术后恢复缓慢[3]。随着微创技术的发展和普及,经皮椎间孔镜(transforaminal endoscopic spine system,TESSYS)减压术逐渐应用于临床,其能有效减轻手术创伤、降低术后并发症发生率、促进患者术后康复,备受脊柱外科医生青睐[4-5]。新近研究发现,3D 打印技术在脊柱外科领域已得到初步的应用,通过建造脊柱模型,可于术前直观分析脊柱结构,有助于提高手术准确度[6-7],但其在腰椎管狭窄手术中的应用效果尚不明确。本研究将 3D 打印技术应用于辅助 TESSYS 减压术,并探究其对患者术后创伤应激、腰椎功能及并发症的影响,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料

选取我院 2017 年 1 月至 2019 年 5 月收治的腰椎管狭窄患者 114 例作为研究对象,开展前瞻性研究,按照随机数字表法分为对照组和观察组,每组 57 例。2 组患者性别、年龄、病程、BMI、病变节段、合并症比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,见表 1。纳入标准:①经 CT、MRI 等影像学检查确诊为腰椎管狭窄;②保守治疗效果不佳或无效;③美国麻醉医师协会分级[8]为Ⅰ~Ⅱ级;④无腰椎手术史;⑤自主行为能力良好,能配合完成研究;⑥能耐受手术。排除标准:①合并腰椎间盘突出、腰椎滑脱、腰椎不稳等其他腰椎退行性病变;②患有恶性肿瘤;③近 3 个月内有严重感染性疾病史;④患有骨质疏松症;⑤患有自身免疫性疾病、代谢性疾病;⑥患有严重心脑血管疾病;⑦患有血液系统疾病;⑧患有感觉障碍。本研究经我院伦理委员会批准,所有患者均知晓本研究并签署同意书。

表 1 患者临床资料比较($n=57$)

组别	性别/例		年龄/岁	病程/年	BMI/(kg·m^{-2})	病变节段/例(%)			合并症/例(%)		
	女	男				$L_3\sim L_4$	$L_4\sim L_5$	$L_5\sim S_1$	高血压	冠心病	高血脂
观察组	32	25	57.84±4.91	11.28±2.61	25.23±1.18	20(35.09)	26(45.61)	11(19.30)	12(21.05)	7(12.28)	5(8.77)
对照组	30	27	56.52±5.25	10.75±2.37	24.89±1.30	18(31.58)	30(52.63)	9(15.79)	10(17.54)	9(15.79)	6(10.53)
t/χ^2	0.141		1.386	1.521	1.462	0.591			0.225	0.291	0.101
P	0.707		0.168	0.131	0.147	0.744			0.635	0.59	0.751

1.2 方法

对照组采取 TESSYS 减压术治疗:患者取俯卧位,局部麻醉,C 型臂 X 射线机透视明确病变椎体节段,做好体表标记,16G 穿刺针穿刺,将导丝送至硬膜外前间隙,以导丝为中心做 8 mm 左右的切口,随后置入各级扩张管、保护套管,切除上关节突部分骨质后逐级扩大椎间孔;将导丝、保护套管撤除,沿 5.1 mm 导管插入工作套管,通过套管置入椎间孔镜,于椎间孔镜下切除病变关节囊、黄韧带,摘除游离或突出髓核,采用双极射频行纤维环撕裂口皱缩成形术和椎间盘消融减压术,完成后进行止血、冲洗,留置负压引流管,缝合切口,术毕。

观察组采取 3D 打印技术辅助 TESSYS 减压术治疗:术前均行薄层 CT 扫描,保存数据,以 DICOM 格式将数据导入 Mimics 16.0 进行重建,重建后以 STL 格式导入至 Geomagic 13.0,采用 PLA 材料打印出个体化的腰椎管狭窄模型实体。根据 3D 腰椎管狭窄模型实体,对病变节段局部关节突骨质增生、椎管狭窄、神经受压等进行分析,于模型上模拟手术操作,明确减压部位、减压范围,以提高椎管减压效果、保障手术安全性。结合术前 3D 打印实物模块及 MRI 影像资料制定手术计划,并按照计划进行 TESSYS 减压术,后续步骤与对照组相同。

1.3 观察指标

记录 2 组患者手术情况、术后恢复情况,包括手术时间、术中失血量、术后下地时间、住院时间。

记录 2 组患者术前及术后 1 d、3 d、7 d 创伤应激指标,包括 C 反应蛋白(creactive protein,CRP)、单核细胞趋化蛋白(monocyte chemotactic protein-1,MCP-1)、肌酸激酶(creatine kinase,CK)、前列腺素 E_2(prostaglandin,PGE_2),采集患者各时间段空腹静脉血 5 mL,以 3 000 r/min离心 10 min(离心半径 r=8 cm),取血清,采用酶联免疫吸附试验测定上述指标水平,试剂盒购自北京百奥莱博科技有限公司。

2 组患者术前及术后 1 个月、6 个月、12 个月腰腿痛采用视觉模拟量表(visual analogue scales,VAS)评分[9]进行评估,分值 0~10 分,0 分为无痛,10 分为剧烈疼痛,得分越高疼痛越严重。

2 组患者术前及术后 1 个月、6 个月、12 个月腰椎功能采用 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry dysfunction

index,ODI)[10]、日本骨科协会评估治疗(Japanese orthopaedic association,JOA)评分[11]进行评估,ODI 分值0~50分,分值越高腰椎功能障碍越严重,JOA 分值0~29分,分值越高腰椎功能越好。

术后12个月参照 Nakai 标准[12]对2组患者腰椎功能进行评估,优:腰腿痛、间歇性跛行消失,恢复正常工作生活;良:腰腿痛、间歇性跛行消失,劳累后有腰腿痛,但不影响工作;可:腰腿痛明显减轻,对工作造成一定影响;差:腰腿痛无明显缓解。优良率=(优例数+良例数)/总例数×100%。

统计2组患者术后并发症发生情况,包括术后即刻至术后3个月内发生的切口感染、健侧肢体疼痛、骨纤维增生、硬膜粘连。

1.4 统计学方法

数据处理采用 SPSS 22.0 软件,计数资料以率(%)描述,采用χ^2检验,计量资料采取 *Bartlett* 方差齐性检验与 *Kolmogorov-Smirnov* 正态性检验,均确认具备方差齐性且近似服从正态分布,以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)描述,2组间比较采用独立样本 t 检验,$\alpha=0.05$,以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 手术及术后恢复情况

观察组术中失血量较对照组少,手术时间、术后下地时间、住院时间较对照组短,差异均具有统计学意义($P<0.05$),见表2。

表2 患者手术及术后恢复情况比较($\bar{x}\pm s$,$n=57$)

组别	手术时间/min	术中失血量/mL	术后下地时间/d	住院时间/d
观察组	72.13±4.28	68.49±7.39	1.67±0.33	8.05±1.22
对照组	98.26±6.11	106.74±11.15	2.81±0.42	10.94±1.37
t	26.445	21.589	16.114	11.894
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

2.2 创伤应激指标

术前2组患者血清 CRP、MCP-1、CK、PGE_2水平比较,差异无统计学意义($P>0.05$);术后1 d、3 d,2组血清 CRP、MCP-1、CK、PGE_2水平均高于术前,且观察组血清 CRP、MCP-1、CK、PGE_2水平较对照组低($P<0.05$);术后7 d,观察组血清 CRP、MCP-1、CK、PEG_2与术前比较差异无统计学意义($P>0.05$),但观察组术后7 d各指标均低于对照组($P<0.05$),见表3。

表3 患者创伤应激指标比较($\bar{x}\pm s$,$n=57$)

组别	CRP/(mg·L^{-1}) 术前	术后1 d	术后3 d	术后7 d	MCP-1/(pg·mL^{-1}) 术前	术后1 d	术后3 d	术后7 d
观察组	6.79±1.05	11.59±2.08*	8.93±1.57*	7.15±1.17	157.64±24.37	229.46±29.05*	201.87±25.58*	162.44±22.47
对照组	6.91±1.10	14.06±2.41*	12.02±2.12*	9.38±1.60*	156.96±26.18	264.52±33.24*	232.69±28.72*	203.31±24.28*
t	0.596	5.858	8.843	8.494	0.144	5.996	6.050	9.327
P	0.553	<0.001	<0.001	<0.001	0.886	<0.001	<0.001	<0.001

组别	CK/(IU·L^{-1}) 术前	术后1 d	术后3 d	术后7 d	PGE_2/(μg·mL^{-1}) 术前	术后1 d	术后3 d	术后7 d
观察组	164.41±18.77	221.27±30.29*	203.48±29.91*	167.52±26.13	76.69±12.24	112.29±17.66*	98.85±15.50*	80.20±12.39
对照组	165.02±20.13	270.06±34.51*	242.59±32.18*	219.34±28.28*	77.01±13.08	138.75±20.19*	113.40±18.02*	103.44±16.47*
t	0.140	8.022	6.721	10.161	0.135	7.448	4.622	8.513
P	0.889	<0.001	<0.001	<0.001	0.893	<0.001	<0.001	<0.001

*:与同组术前比较,$P<0.05$

2.3 腰腿部 VAS 评分、ODI、JOA 评分

随访12个月,观察组失访3例,对照组失访4例。术前2组患者腰部、腿部 VAS 评分比较,差异无统计学意义($P>0.05$);术后1个月、6个月、12个月,2组患者腰部、腿部 VAS 评分较术前降低,且观察组低于对照组($P<0.05$),见表4。术前2组患者 ODI、JOA 评分比较,差异无统计学意义($P>0.05$);术后1个月、6个月、12个月,2组患者 ODI 较术前降低,且观察组低于对照组,JOA 评分较术前升高,且观察组高于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$),见表5。

表4 患者手术前后腰腿部 VAS 评分比较($\bar{x}\pm s$,分)

组别	n	腰部 VAS 评分 术前	术后1个月	术后6个月	术后12个月	腿部 VAS 评分 术前	术后1个月	术后6个月	术后12个月
观察组	54	6.81±1.20	2.51±0.35*	2.10±0.31*	1.62±0.27*	6.30±1.13	2.22±0.29*	1.89±0.26*	1.32±0.23*
对照组	53	6.78±1.14	3.06±0.41*	2.74±0.36*	2.03±0.32*	6.24±1.08	2.83±0.31*	2.37±0.28*	1.85±0.25*
t		0.133	7.468	9.860	7.168	0.281	10.514	9.191	11.416
P		0.895	<0.001	<0.001	<0.001	0.780	<0.001	<0.001	<0.001

*:与同组术前比较,$P<0.05$

表5 患者手术前后 ODI、JOA 评分比较($\bar{x} \pm s$,分)

组别	n	ODI				JOA			
		术前	术后 1 个月	术后 6 个月	术后 12 个月	术前	术后 1 个月	术后 6 个月	术后 12 个月
观察组	54	32.31 ± 3.73	25.42 ± 3.02 *	19.79 ± 2.21 *	17.25 ± 2.16 *	14.37 ± 2.02	19.04 ± 1.86 *	22.17 ± 2.08 *	24.37 ± 2.13 *
对照组	53	32.62 ± 3.25	28.86 ± 3.17 *	23.34 ± 2.30 *	21.09 ± 2.55 *	14.18 ± 2.10	16.17 ± 2.03 *	19.36 ± 2.10 *	22.05 ± 2.07 *
t		0.461	5.774	8.142	8.411	0.477	7.627	6.954	5.712
P		0.646	<0.001	<0.001	<0.001	0.634	<0.001	<0.001	<0.001

*:与同组术前比较,$P<0.05$

2.4 腰椎功能优良率

接受随访的病例中观察组优 31 例,良 20 例,可 2 例,差 1 例,优良率为 94.44%(51/54);对照组优 22 例,良 21 例,可 6 例,差 4 例,优良率为 81.13%(43/53);观察组腰椎功能优良率高于对照组(χ^2 = 4.441,P = 0.035)。

2.5 并发症

术后即刻至术后 3 个月内,观察组并发症发生率为 7.02%,对照组为 17.54%,组间比较差异无统计学意义($P>0.05$),见表 6。

表6 患者并发症比较[例(%)]

组别	n	切口感染	健侧肢体疼痛	骨纤维增生	硬膜粘连	总发生
观察组	57	1(1.75)	1(1.75)	2(3.51)	0(0.00)	4(7.02)
对照组	57	3(5.26)	2(3.51)	3(5.26)	2(3.51)	10(17.54)
χ^2						2.931
P						0.087

3 讨论

腰椎管狭窄是由黄韧带肥厚增生、小关节增生内聚、椎间盘膨隆突出等引起的神经功能障碍性疾病,是引起腰痛或腰腿痛的主要病因,大多数腰椎管狭窄患者经过保守治疗后症状可以得到明显缓解[13-14]。若保守治疗 3 个月无效,自觉症状明显且持续性加重,或出现明显的神经根痛和明确的神经功能损害,尤其是出现严重的马尾神经损害,则需积极给予外科手术治疗[15-16]。

目前,腰椎管狭窄的外科治疗逐渐趋于微创化,最常用的微创手术为 TESSYS 减压术。TESSYS 减压术可对受压的神经直接进行良好减压,国内已有多项研究证实其能显著改善腰椎管狭窄患者的临床症状[17-18]。有研究显示,TESSYS 减压术操作精细,对术者有较高的技术要求,且腰椎管狭窄往往存在局部小关节及椎板明显骨质增生、黄韧带肥厚等问题,并伴有神经根管骨性狭窄及侧隐窝狭窄,解剖标志不清,术中遇到的困难较多,易导致手术时间长,减压不够充分,甚至出现神经损伤,最终影响患者症状改善及腰椎功能恢复[19]。既往多通过 X 射线、CT、MRI 等影像学技术对腰椎管狭窄病变情况进行术前评估,以指导医生制定合理的手术方案。若术前对病变情况的判断不准确,可能会影响手术的开展,但手术的顺利完成仍需依靠医生的临床经验。

近年来,随着 3D 打印技术的长足进步,3D 打印已被广泛应用于各个领域,在医学领域的应用也越来越广泛,其通过 CT 扫描技术提取患者影像学数据,并根据影像学数据制作个体化实体模型,满足临床个性化制作人工假体及内置物、制作药物载体、复制人体组织器官等需求,已在整形外科[20]、神经外科[21]、泌尿外科[22]、眼科[23]得到良好应用。黄勇兄等[24]研究指出,采用 3D 打印技术构建腰椎管狭窄症个体化模型,术前可对腰椎管狭窄病情进行直观、立体、精准分析,可有效提高 TESSYS 的临床疗效及安全性。基于此,本研究尝试将 3D 打印技术应用于腰椎管狭窄患者 TESSYS 减压术中,结果发现其能明显缩短手术操作时间,减少术中出血量,同时能缩短患者术后下地时间、住院时间,且 3D 打印技术辅助 TESSYS 减压术能进一步减轻腰椎管狭窄患者术后疼痛程度,显著提高患者腰椎功能,提示其具有更强的有效性及可行性。本研究认为,在 3D 打印技术的辅助下,医生对腰椎管狭窄的认识已从二维层面进入三维空间,通过个体化 3D 腰椎管狭窄模型实体,术前能更精确、立体、直观地评估椎管结构、腰椎管狭窄立体位置及神经血管等重要结构,能预知手术操作难点,从而可以更全面、科学地指导手术设计,有助于促进手术顺利进行,缩短手术时间。通过个体化 3D 腰椎管狭窄模型实体,可对椎管、小关节解剖及病变情况进行更准确的观测,在模型上进行术前练习,可实现开放手术、内镜手术的有机结合,能准确标示进针点,且能准确测量穿刺角度、深度及环锯磨除小关节时的进入深度,达到精准穿刺、磨除的效果,可尽最大可能保证脊柱的完整性及稳定性,同时能避免神经根损伤、硬膜破裂,提高手术安全性,减少手术创伤,且能减轻术后疼痛程度,从而促进患者术后康复。相关研究指出,手术作为一种特殊形式的应激源,可引起局部肌肉损伤及全身应激反应[25]。本研究发现,腰椎管狭窄患者术后血清 CRP、MCP-1、CK、PGE_2 等应激因子水平均明显高于术前,提示 TESSYS

减压术虽为微创手术,但仍会引起机体产生明显应激反应,而3D打印技术辅助治疗可有效降低术后血清CRP、MCP-1、CK、PGE_2水平,这可能与3D打印技术辅助能有效减轻手术创伤,从而减轻术后应激反应有关。本研究还发现,观察组并发症发生率仅为7.02%,对照组为17.54%,但组间比较差异无统计学意义,这可能与本研究样本量较少有关。3D打印技术辅助是否能有效降低腰椎管狭窄患者TESSYS减压术后并发症发生率,仍需通过多中心、大样本研究证实。

综上,3D打印技术辅助能明显缩短腰椎管狭窄患者TESSYS减压术手术时间,且能减少手术创伤,减轻术后创伤应激反应,促进患者术后恢复,同时能减轻术后腰腿疼痛,提高患者腰椎功能,具有较高推广应用价值。

[参考文献]

[1] Arabmotlagh M,Sellei RM,Vinas-Rios JM,et al. Classification and diagnosis of lumbar spinal stenosis[J]. Orthopade,2019,48(10):816-823. doi:10.1007/s00132-019-03746-1.

[2] 谢 瑞,于 杰,梁 龙,等. 腰椎管狭窄患者的手术和非手术治疗:丹麦国家临床指南解读[J]. 天津中医药,2020,37(1):33-37. doi:10.11656/j.issn.1672-1519.2020.01.08.

[3] 毛海青,周非非,蔡思逸,等. 经皮腰椎内镜手术加速康复外科实施流程专家共识[J]. 中华骨与关节外科杂志,2019,12(9):641-651. doi:10.3969/j.issn.2095-9958.2019.09.01.

[4] 陈 科,潘汉升,周先明,等. 经皮椎间孔镜与开放手术治疗腰椎管狭窄症的Meta分析[J]. 微创医学,2018,13(1):34-38. doi:10.11864/j.issn.1673.2018.01.10.

[5] 杨智洋. 经皮椎间孔镜减压治疗腰椎管狭窄症疗效分析[J]. 中国伤残医学,2018,26(1):22-23. doi:10.13214/j.cnki.cjotadm.2018.01.013.

[6] 余城墙,韦建勋. 3D打印技术在脊柱外科围手术期应用的研究进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志,2019,29(3):275-278. doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2019.03.12.

[7] 邓亚军,解琪琪,李文洲,等. 3D打印技术在脊柱外科的应用进展[J]. 中国医学物理学杂志,2019,36(3):360-363. doi:10.3969/j.issn.1005-202X.2019.03.023.

[8] 赵以林,罗爱林. 2018版美国麻醉医师协会适度镇静和镇痛指南解读[J]. 临床外科杂志,2019,27(1):24-28. doi:10.3969/j.issn.1005-6483.2019.01.006.

[9] 唐华军,胡孔和,刘建平. 椎体成形术治疗老年骨质疏松性脊柱骨折的近期疗效及VAS评分研究[J]. 中国实用医药,2019,14(2):31-32. doi:10.14163/j.cnki.11-5547/r.2019.02.015.

[10] 杨 波,梁智林,唐 杰,等. 腰椎管狭窄症患者椎旁肌形态与其Oswestry功能障碍指数的相关性分析[J]. 颈腰痛杂志,2020,41(2):218-220. doi:10.3969/j.issn.1005-7234.2020.02.027.

[11] Hosono N,Takenaka S,Mukai Y,et al. Conventional JOA score for cervical myelopathy has a rater's bias:in comparison with JOACMEQ[J]. J Orthop Sci,2018,23(3):477-482. doi:10.1016/j.jos.2018.02.014.

[12] 吴习威,王 军,费勤勇. 后路椎间盘镜下多节段有限减压治疗腰椎管狭窄症的疗效观察[J]. 颈腰痛杂志,2018,39(5):108-110. doi:10.3969/j.issn.1005-7234.2018.05.003.

[13] Fornari M,Robertson SC,Pereira P,et al. Conservative treatment and percutaneous pain relief techniques in patients with lumbar spinal stenosis:WFNS Spine Committee Recommendations[J]. World Neurosurg X,2020,7(1):100079. doi:10.1016/j.wnsx.2020.100079.

[14] Rousing R,Jensen RK,Fruensgaard S,et al. Danish national clinical guidelines for surgical and nonsurgical treatment of patients with lumbar spinal stenosis[J]. Eur Spine J,2019,28(6):1386-1396. doi:10.1007/s00586-019-05987-2.

[15] 鲁学良,孙天宇,王丰耀,等. 斜外侧入路与传统后路手术行腰椎椎体间融合术治疗腰椎管狭窄症的疗效比较及组织创伤定量分析[J]. 颈腰痛杂志,2020,41(2):205-207. doi:10.3969/j.issn.1005-7234.2020.02.022.

[16] 张东平. 减压融合内固定术联合椎间融合器治疗退变性腰椎管狭窄的临床分析[J]. 国际医药卫生导报,2019,25(15):2470-2472. doi:10.3760/cma.j.issn.1007-1245.2019.15.021.

[17] 安树康,武明鑫,孙 进,等. 经皮椎间孔镜下选择性减压与切开减压内固定术治疗老年性腰椎管狭窄的临床分析[J]. 生物医学工程与临床,2018,22(6):638-642. doi:10.13339/j.cnki.sglc.20181112.007.

[18] 区杰雄,李启中,林顺鑫. 38例高龄LSS患者采用椎间孔镜选择性减压术治疗的效果探析[J]. 中国医药科学,2018,8(8):221-223. doi:10.3969/j.issn.2095-0616.2018.08.066.

[19] 高乾坤. 改良TESSYS技术治疗老年性退变性腰椎管狭窄症的效果观察[J]. 中国疗养医学,2020,29(2):190-192. doi:10.13517/j.cnki.ccm.2020.02.033.

[20] Skelley NW,Smith MJ,Ma R,et al. Three-dimensional printing technology in orthopaedics[J]. J Am Acad Orthop Surg,2019,27(24):918-925. doi:10.5435/JAAOS-D-18-00746.

[21] Hespel AM. Three-dimensional printing role in neurologic disease[J]. Vet Clin North Am Small Anim Pract,2018,48(1):221-229. doi:10.1016/j.cvsm.2017.08.013.

[22] Chen MY,Skewes J,Desselle M,et al. Current applications of three-dimensional printing in urology[J]. BJU Int,2020,125(1):17-27. doi:10.1111/bju.14928.

[23] Ruiters S,Mombaerts I. Applications of three-dimensional printing in orbital diseases and disorders[J]. Curr Opin Ophthalmol,2019,30(5):372-379. doi:10.1097/ICU.0000000000000586.

[24] 黄勇兄,郑晓青,庄见雄,等. 3D打印技术在经皮椎间孔镜手术治疗腰椎管狭窄症中的应用[J]. 中国骨与关节损伤杂志,2019,34(1):89-91. doi:10.7531/j.issn.1672-9935.2019.01.031.

[25] 陈 杰. 经皮微创脊柱内固定系统治疗创伤性胸腰段骨折的疗效及炎症应激反应观察[J]. 临床外科杂志,2018,26(8):21-25. doi:10.3969/j.issn.1005-6483.2018.08.007.

(编辑:魏 源)