

导板引导椎板关节突螺钉结合腰椎 单边椎弓根钉棒系统的临床应用

朱凌¹ 谷艳超¹ 严浩¹ 王小阵¹ 郑胜东¹ 吴浙栋¹ 鲁齐林^{2△}

[摘要] **目的:**研究 3D 打印导板引导下椎板关节突螺钉置钉联合单边椎弓根螺钉置钉在腰椎融合术中应用的临床疗效。**方法:**选取 2019 年 2 月至 2022 年 4 月因腰椎退行性疾病,运用 3D 打印导板引导椎板关节突螺钉结合单边椎弓根钉棒系统腰椎融合手术且随访满 1 年患者,共 36 名,男 19 例,女 17 例,年龄为(48.98±11.84)岁。分别记录术前、术后第 7 天、第 3 个月、第 12 个月的功能障碍指数(ODI)评分、腰腿痛视觉模拟量表(VAS)评分及手术时间、术中出血量、术中透视次数、术后引流量并进行统计学分析。**结果:**所有患者均顺利完成手术,无术中更换手术方式情况;36 名患者均获得随访,随访时间为(14.71±1.26)个月,无椎间不融合案例。患者术后第 7 天、第 3 个月、第 12 个月 ODI 评分较术前均明显改善,差异有统计学意义($P<0.05$);患者术后第 7 天、第 3 个月、第 12 个月腰腿 VAS 评分较术前均明显改善,差异有统计学意义($P<0.05$);患者手术时间为(107.92±18.73)min。术中透视(4.65±0.91)次,术中出血量为(84.47±16.39)mL,术后引流量为(69.32±13.76)mL。**结论:**3D 打印导板引导椎板关节突螺钉结合单边椎弓根钉棒系统应用于腰椎融合术中疗效满意,手术时间、术中出血量、术中透视次数、术后引流量较少,软组织损伤小,符合微创理念,值得推广应用。

[关键词] 3D 打印;椎板关节突螺钉;导板;腰椎;微创

[中图分类号] R687.3 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1005-0205(2022)12-0061-05

Clinical Application of 3D Printed Guide Plate to Guide Lamina Articular Process Screw Placement Combined with Unilateral Pedicle Screw Placement

ZHU Ling¹ GU Yanchao¹ YAN Hao¹ WANG Xiaozhen¹
ZHENG Shengdong¹ WU Zhedong¹ LU Qilin^{2△}

¹ Hubei 672 Orthopedics Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Wuhan 430079, China;

² College of Sports Medicine, Wuhan Sports University, Wuhan 430079, China.

Abstract Objective: To study the clinical efficacy of lamina articular facet screw placement combined with unilateral pedicle screw placement guided by a self-made 3D printed guide. **Methods:** A total of 36 patients who underwent lumbar fusion surgery from February 2019 to April 2022 were selected, including 19 males and 17 females, with aged (48.98±11.84) years old. The Oswestry disability index (ODI) score, visual analogue scale (VAS) score of waist and leg, operation time, intraoperative blood loss, Intraoperative fluoroscopy times and postoperative drainage before operation, 7 d, 3 months and 12 months after operation were recorded respectively and statistically analyzed. **Results:** All patients successfully completed the operation, and there was no intraoperative change of surgical method; 36 patients were followed up, and the follow-up time was (14.71±1.26) months. There was no non-fusion case. The VAS scores of the waist and legs and VAS scores of the patients 7 d, 3 months and 12 months after the operation were significantly improved compared with those before the operation, which was statistically significant ($P<0.05$); the operation time of patients was (107.92±18.73) min; the intraoperative fluoroscopy was performed (4.65±0.91) times; the intraoperative blood loss was (84.47±16.39) mL, and postoperative drainage volume was (69.32±13.76) mL. **Conclusion:** The application of the self-made 3D printed guide plate to guide lamina articular facet screw placement combined with unilateral pedicle screw placement

can significantly shorten the operation time, reduce the number of intraoperative bleeding and fluoroscopy and postoperative bleeding, which has small soft tissue injury conforms to the concept of minimally invasive and is worth popularizing.

¹ 湖北六七二中西医结合骨科医院骨科(武汉,430079)

² 武汉体育学院运动医学院

△通信作者 E-mail:gklulq@163.com

Keywords: 3D printing; laminar facet screw; guide plate; lumbar spine; minimally invasive

腰椎后路融合术在腰椎退行性变中运用较为广泛,双侧椎弓根钉棒(BPS)因强度高、生物力学性能好成为目前较为常用的辅助融合固定系统^[1]。后来有研究者亦尝试将单侧椎弓根螺钉内固定法(UPS)运用于临床,但单侧椎弓根螺钉内固定法固定强度低,生物力学性能弱,存在抗扭转能力差等问题^[2]。双侧椎弓根钉棒为腰椎融合术主要的辅助固定方式,但双侧椎弓根钉棒手术剥离范围大、上位关节囊损伤易导致邻近节段退变、术后残留顽固性腰痛情况亦有报道^[3]。1984年 Mager^[4]提出了经椎板关节突螺钉(Trans-laminar Facet Screw, TLFS)方法,可减少剥离范围,减少邻近节段退变和术后残留腰痛的发生,但经椎板关节突螺钉置钉难度大,透视次数多。为结合诸项技术的优点,摒弃相对不足,自2019年笔者运用3D打印技术制作导板,术中引导椎板关节突螺钉精准置钉结合单边椎弓根钉棒固定系统行腰椎融合术,现将临床应用报告如下。

1 临床资料

1.1 一般资料

收集2019年2月至2022年4月,因腰椎退行性疾病,在本院用3D打印导板引导椎板关节突螺钉结合单边椎弓根钉棒系统腰椎融合手术,且随访满1年的患者资料。共36名患者,其中男19例,女17例;年龄为 (48.98 ± 11.84) 岁。节段 $L_{3/4}$ 为4例, $L_{4/5}$ 为19例, L_5S_1 为13例。椎间盘突出23例,腰椎不稳9例,微创术后复发4例。所有患者均签署知情同意书,经医院伦理委员会审批同意(批号为672HREC2019010A)。本研究所有手术均由同一符合资质的医生完成。

1.2 纳入标准

1)因腰椎退行性疾病经系统性保守治疗无效的患者;2)单节段巨大腰椎间盘突出症患者;3)单节段腰椎不稳或滑脱不超过Ⅱ度和(或)合并单侧症状患者;4)微创术后复发患者。

1.3 排除标准

1)多节段病变患者;2)真性滑脱或滑脱超Ⅱ度或症状对侧关节突关节严重增生患者;3)重度骨质疏松患者;4)脊柱肿瘤、结核、感染患者;5)椎板发育不良患者;6)双侧病变需双侧减压或大量椎板切除患者;7)合并其他基础疾病,不能耐受手术患者;8)脊柱侧弯患者;9)需要对侧关节突关节切除的患者。

2 方法

2.1 术前准备

结合手术患者术前责任椎体CT平扫及三维图像

数字,运用3D打印技术规划患者椎体情况,制作椎板关节突螺钉3D导板(贵州福尔康医疗器械有限公司)并提前做好消毒工作。术前心理疏导,缓解患者焦虑。术前床上功能练习,提前适应床上大小便。

2.2 手术方法

全麻理想后取俯卧位,常规消毒铺巾。在责任节段取后正中纵切口,剥离一侧脊旁肌,显露该侧棘突、椎板及上下关节突,清理干净骨性结构上附着的软组织,将定制导板放置于病变节段的上位椎体的椎板表面,分别置入3枚短克氏针(1.0 mm)固定导板,再沿椎板关节突螺钉导向孔置入1枚克氏针(1.5 mm),达对侧下关节突且暂不突破关节间隙,但透视确定其远端延长线可通过下位椎体对侧上关节突抵达椎弓根部。取下固定针及导板,保留1.5 mm克氏针,常规置入该暴露侧椎弓根螺钉,切除部分上下关节突及椎板、椎管减压、椎间盘切除、椎间自体骨及融合器植入,上纵棒及拧紧螺帽。空心丝攻沿留置的1.5 mm克氏针攻丝进深钻入突破关节间隙、上关节突斜向抵达椎弓根,把控深度植入一枚带垫圈的空心椎板关节突螺钉;再次透视确定内固定位置后冲洗缝合伤口(典型病例影像资料见图1)。

2.3 术后处理

患者术后常规预防感染、镇痛,观察患者下肢运动情况,常规床上功能锻炼。术后第2天引流量小于50 mL拔出引流管,术后7 d记录患者此时视觉模拟量表(VAS)及Oswestry功能障碍指数(ODI)评分,复查患者腰椎正侧位X线及腰椎CT,查看内固定位置后指导佩戴腰椎支具下床活动。术后10~12 d酌情拆线出院。

2.4 疗效评定指标及随访

围手术期及随访期记录手术时间、术中出血量、术中透视次数、并发症;记录术前、术后第7天、第3个月及第12个月的VAS和ODI评分,了解不同阶段患者功能情况及腰腿疼痛变化。

2.5 统计学分析

运用SPSS 21软件对数据进行统计学分析。计量数据以 $\bar{x} \pm s$ 形式表示,术前与术后各阶段对比用配对 t 检验, $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

3 结果

36名患者均顺利完成手术,术中未更改手术方式,术中及术后均无严重并发症。36名患者均完成随访(时间 ≥ 1 年),随访时间为 (14.71 ± 1.26) 个月。手术后第7天、第3个月及第12个月患者ODI评分与术前比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$),说明手术

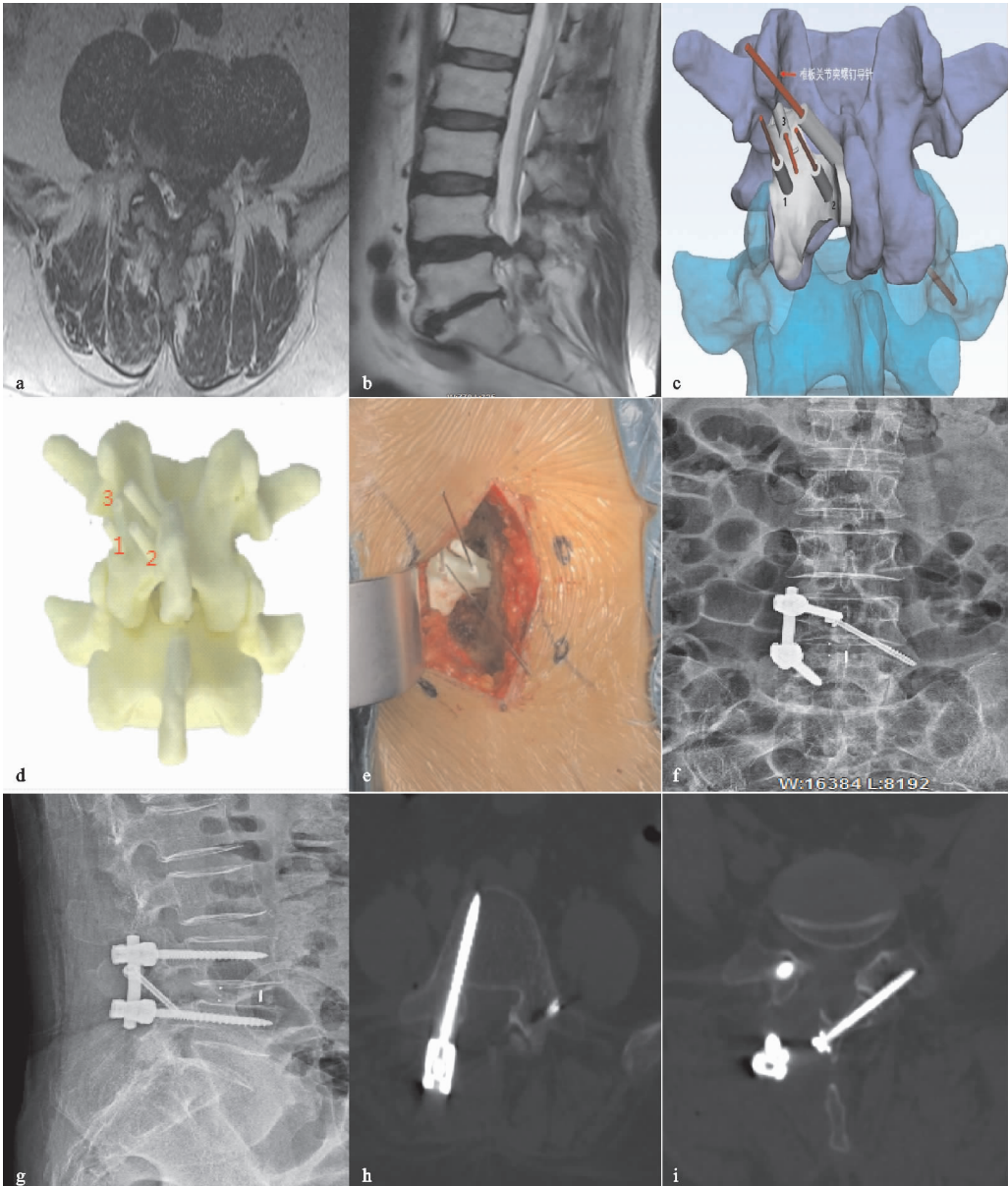
具有良好的术后效果(见表 1)。术后第 7 天、第 3 个月及第 12 个月患者腰腿 VAS 评分较术前差异均有统计学意义($P<0.05$),说明手术对患者腰腿疼痛改善效果明显。手术时间为(107.92 ± 18.73)min,术中透

视次数为(4.65 ± 0.91)次,术中出血量为(84.47 ± 16.39)mL,术后引流量为(69.32 ± 13.76)mL,说明手术方便、快捷、射线暴露少、出血少,更加微创。典型病例影像资料见图 1。

表 1 手术前后腰腿 VAS 评分及 ODI 评分情况($\bar{x}\pm s$,分)

指标	术前第 1 天	术后第 7 天	术后第 3 个月	术后第 12 个月
VAS 评分	6.4 ± 1.1	$3.2\pm0.8^{1)}$	$1.5\pm0.3^{1)}$	$1.3\pm0.4^{2)}$
ODI 评分	54.7 ± 15.9	$31.2\pm10.3^{2)}$	$17.4\pm4.6^{1)}$	$15.3\pm3.2^{2)}$

注:术后第 12 个月与术后第 3 个月,术后第 3 个月与术后第 7 天,术后第 7 天与术前第 1 天比较,1) $P<0.05$;2) $P<0.001$ 。



(a)(b) 术前磁共振情况,患者L_{4/5}椎间盘退变伴脱出;(c)(d) 术前规划3D建模及打印假体和对应导板;(e)(f) 术中克氏针固定导板,确定椎板关节突螺钉方向;(g) 术后X线片正侧位情况;(h)(i) 术后CT情况

图 1 患者,男,56 岁,腰及左下肢痛 6 个月入院

4 讨论

4.1 椎板关节突螺钉固定可靠性分析

腰椎后柱的载荷力主要通过关节突关节,关节突关节主要功能为抗压力,防止椎体压缩,抗剪切力防止椎体旋转,抗张力防止椎体分离^[5]。目前临床及试验

提示双侧椎弓根钉棒具有较强的生物稳定性^[6],但应用双侧椎弓根钉棒后,手术剥离范围大,上位关节囊损伤易导致邻近节段退变,术后残留顽固性腰痛情况亦有报道^[3,7]。单侧椎弓根螺钉内固定法只固定一边,虽然另一半关节突关节没有变化,但其固定强度不足,

容易出现离轴运动,因此稳定性较差^[8]。经椎板关节突螺钉是应用一枚长空心螺钉,从脊柱一侧棘突的基底位穿入,通过对侧椎板和上下关节突关节,甚至到达对侧椎弓根或横突。Burton 等^[9]通过力学试验研究证明,经椎板关节突螺钉的固定方式是坚实有效的。Deguchi 等^[10]通过经椎板关节突螺钉固定羊的标本 L_{4/5} 节段后发现,该节段的活动度减少到未固定前的 9%,后伸时固定性能较弱,术后均未出现固定失效或因固定不强导致术后不融合等并发症。在经椎板关节突螺钉和单侧椎弓根螺钉内固定法结合方面有研究者进行过探索,Schleicher 等^[11]研究了 6 种腰椎固定方案,通过固定后腰椎进行左右侧弯、左右旋转、前后屈伸进行生物力学研究,最终也证实经椎板关节突螺钉联合单侧椎弓根螺钉内固定法固定方式和双侧椎弓根钉棒固定方式理论上都有较满意的强度。Gong 等^[12]应用三维有限元分析方法,模拟 L_{3~5} 不同固定方法后的受力情况,研究结果也提示经椎板关节突螺钉联合单侧椎弓根螺钉内固定法固定方式脊柱最大受力在所有模型中最小。因此,经椎板关节突螺钉联合单侧椎弓根螺钉内固定法具有良好的固定强度和稳定的生物力学特性。本研究将经椎板关节突螺钉和单侧椎弓根螺钉内固定法相结合,一侧剥离暴露减压、减少软组织损伤的同时,实现对侧固定。术中出血量为(84.47±16.39)mL,术后引流量为(69.32±13.76)mL,根据本实验结果,临床效果满意。经过该手术方式后患者术前的腰腿 VAS 评分及 ODI 评分在术后改善满意,并且在 1 年后得到维持。

4.2 3D 打印导板在椎板关节突螺钉植入过程中的优势

椎板关节突螺钉植入过程中需要螺钉从一侧棘突根部置入,通过对侧椎板,关节突关节,最终到达对侧椎弓根或横突,在植入过程中需综合考虑椎板的宽度、厚度、高度及椎管横径等问题。通过临床研究^[13]得知 L_{1~5} 的椎板宽度逐渐增加,宽度从 12.6 mm 增大至 15.4 mm,但椎板厚度逐渐变薄,从最厚的 6.56 mm 下降至 4.71 mm,椎板高度逐渐降低,从 21.54 mm 逐渐下降至 17.09 mm,椎管横径逐渐增加,由 23.71 mm 至 29.65 mm,因此螺钉置入过程中,非常容易突破椎板骨质,甚至进入椎管,造成神经损伤。以往徒手置钉需要术者在术前根据患者腰椎 CT 片及 X 线片提前测量好螺钉置入的长度、角度等参数,术中需要反复透视观察置钉的位置,因此置钉不仅需要术者具有丰富的临床经验,而且手术时间较长,根据文献报道^[14]徒手置钉时间需要(152.37±13.45)min,术中辐射量较大,需透视(6.52±1.21)次,而且风险性较高。为避免上述风险,国内研究者利用“两点一线”的原理自行设

计了椎板关节突瞄准器,并应用于临床,但此种瞄准器也存在一些问题,如使用过程中不够稳定,容易晃动;患者个体解剖结构不尽相同,应用过程中存在一定误差;瞄准器一般为金属材质,术中容易遮挡正常解剖标志等问题。随着科技的发展,导航技术逐渐应用于临床,通过模拟技术可以很好地观察术中螺钉的位置,因此可以很大程度上提高手术的安全性和手术效率,但导航设备一般操作难度较大,学习曲线较长,而且价格普遍昂贵,因此很难普及。本研究自行设计的 3D 打印导板具有以下优势:首先,临床上各大医院一般都配备了高精度 CT 断层扫描机,可以比较真实收集患者数据,只需通过 Unigraphics NX、Mimics software3D、Geomagics Spark 等软件对数据进行建模,就能得到较为真实的脊柱模型,方便、简单、费用较低且因人而异、精准匹配。其次,根据得到的脊柱模型,可以比较真实地得到个性化导板,再利用 3D 打印技术进行实物等比例打印,精度可控,更加准确、更个性化,为医师在制定术前、术后计划提供便利,置钉安全性更高^[15]。再次,导板应用方便、简单、快捷,容易上手,学习曲线相对平缓,术中只需固定,无须多次透视便可置钉,透视次数仅为(4.65±0.91)次,本实验手术时间仅为(107.92±18.73)min,较 Hu^[14]报道更节省手术时间且减少射线暴露。

4.3 3D 打印导板引导椎板关节突螺钉置钉的技术要点

应用 3D 打印导板引导椎板关节突螺钉置钉过程中应注意以下几点:1)患者手术时采用俯卧位,为了能够更真实反映患者术中脊柱情况,患者在进行术前 CT 扫描时,应采取俯卧位扫描。2)术前要预估椎体间撑开的高度,根据撑开的间隙确定导针的方向,导板接触椎板及关节突的面积尽量大,以减小导向孔的误差。3)在固定导板时,为了更准确置钉,在剥离椎板时应尽可能将软组织剥离干净,使导板能更准确地贴敷于椎板上,提高精准度。4)依次于棘突根部、关节突下端及椎弓根峡部置入 3 枚不同方向固定针,从而保证导向板的稳定性。5)导针先穿入椎板及下关节突后,暂不穿入对侧上关节突,待椎间撑开,放入融合器后再钻入,避免导针被折弯或钻孔远端方向发生改变。6)根据导板规划的螺钉深度进行钻孔攻丝,可以穿破上关节突的外侧骨皮质,从而使关节突螺钉达到 4 层骨皮质固定,减少退钉的风险。7)特别注意在进空心椎板关节突螺钉时防止克氏针一起进深,造成对侧神经血管等软组织医源性损伤。

以上研究可以得出:3D 打印导板引导椎板关节突螺钉结合单边椎弓根钉棒系统,应用于腰椎融合术中疗效满意,手术时间、术中出血量、术中透视次数、术后引流量

均减少,软组织损伤小,符合微创理念,值得推广应用。

参考文献

- [1] 刘俊,熊熠,罗政,等.椎弓根钉结合 Cage 治疗腰椎间盘突出症临床疗效观察[J].中国中医骨伤科杂志,2016,24(1):65-67.
- [2] BADIKILLAYA V,AKBARI K K. Comparative analysis of unilateral versus bilateral instrumentation in TLIF for lumbar degenerative disorder;single center large series[J].Int J Spine Surg,2021,15(5):929-936.
- [3] KAHAEER A,ZHOU Z,MAITIROUZI J,et al. Biomechanical investigation of the posterior pedicle screw fixation system at level L₄/L₅ lumbar segment with traditional and cortical trajectories;a finite element study[J].J Healthc Eng,2022,28:4826507.
- [3] FERRARA L A,SECOR J L,JIN B H,et al. A biomechanical comparison of facet screw fixation and pedicle screw fixation:effects of short-term and long-term repetitive cycling[J].Spine (Phila Pa 1976),2003,28(12):1226-1234.
- [4] MAGERL F P. Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation[J].Clin Orthop Relat Res,1984,189:125-141.
- [5] GAWA D,KAYANJA M M,REINHARDT M K,et al. Bone-mounted miniature robotic guidance for pedicle screw and translaminar facet screw placement;part 2-evaluation of system accuracy[J].Neurosurgery,2007,60(2 suppl 1):129-139.
- [6] KIM T H,LEE B H,MOON S H,et al. Comparison of adjacent segment degeneration after successful posterolateral fusion with unilateral or bilateral pedicle screw instrumentation;a minimum 10-years follow-up[J].Spine J,2013,13(10):1208-1216.
- [7] CAO Y,CHEN Z,JIANG C,et al. The combined use of unilateral pedicle screw and contralateral facet joint screw

- fixation in transforaminal lumbar interbody fusion[J].Eur Spine J,2015,24(11):2607-2613.
- [8] LI X H,SHE L J,ZHANG W,et al. Biomechanics of extreme lateral interbody fusion with different internal fixation methods;a finite element analysis[J].BMC Musculoskelet Disord,2022,23(1):134.
- [9] BURTON D,MCIFF T,FOX T,et al. Biomechanical analysis of posterior fixation techniques in a 360° arthrodesis model[J].Spine (Phila Pa 1976),2005,30(24):2765-2771.
- [10] DEGUCHI M,CHENG B C,SATO K,et al. Biomechanical evaluation of translaminar facet joint fixation. A comparative study of poly-L-lactide pins,screws,and pedicle fixation[J].Spine(Phila Pa 1976),1998,23(12):1307-1312.
- [11] SCHLEICHER P,BETH P,OTTENBACHER A,et al. Biomechanical evaluation of different asymmetrical posterior stabilization methods for minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion[J].J Neurosurg Spine,2008,9(4):363-371.
- [12] GONG Z,CHEN Z,FENG Z,et al. Finite element analysis of 3 posterior fixation techniques in the lumbar spine[J].Orthopedics,2014,37(5):441-448.
- [13] KMÜRCÜ E,KAYMAZ B,ADAM G,et al. Safety and feasibility of lumbar spine for intralaminar screw fixation;a computed tomography-based morphometric study[J].Acta Orthop Traumatol Turc,2015,49(5):522-529.
- [14] HU Y,ZHU B K,KEPLER C K,et al. A comparison study of three posterior fixation strategies in transforaminal lumbar interbody fusion lumbar for the treatment of degenerative diseases[J].Indian J Orthop,2019,53(4):542-547.
- [15] 陈毅,赵亮,王利民.3D 打印辅助四级截骨术治疗创伤性脊柱后凸畸形 30 例[J].中国中医骨伤科杂志,2021,29(2):41-44.

(收稿日期:2022-06-13)

(上接第 60 页)

- [5] 孙轶韬,朱兴涛,孙一夫,等.基于一种新的桡骨短缩分级评估吴门派正骨手法复位联合可塑性夹板外固定治疗中老年桡骨远端骨折[J].中国骨与关节损伤杂志,2021,36(11):1212-1214.
- [6] 中华医学会.临床诊疗指南:骨科分册[M].北京:人民卫生出版社,2009:94.
- [7] 张安桢.中医骨伤学[M].上海:上海科学技术出版社,1997:113.
- [8] 谭远超.骨伤整复术[M].北京:人民卫生出版社,2008:209.
- [9] 任明明,许少刚.治疗桡骨远端骨折手法整复小夹板固定后早期肿痛的临床疗效分析[J].中国医学工程,2021,29(12):115-117.
- [10] 汪志炯,李国栋,华臻.消肿膏联合中医正骨手法治疗老年桡骨远端骨折疗效观察[J].中国中医急症,2020,29(4):698-699.
- [11] 陈耀宗,孟祥奇,朱金琨,等.吴门派正骨手法复位塑形纸夹板固定治疗儿童尺桡骨远端干骺端双骨折[J].中医

- 正骨,2019,31(11):67-71.
- [12] 张杰,齐越峰,倪前伟,等.中医正骨手法闭合复位结合 Orthofix 外固定支架治疗不稳定性桡骨远端骨折 45 例[J].中国乡村医药,2019,26(19):23-24.
- [13] 曾明贵.手法复位联合口服双龙接骨丸对老年 C 型桡骨远端骨折患者腕关节功能及生存质量的影响[J].福建中医药,2021,52(11):23-25.
- [14] 刘盼,马勇,刘德明,等.“一牵二折三尺偏”正骨手法复位治疗老年桡骨远端骨折 65 例[J].中国中医骨伤科杂志,2018,26(9):69-72.
- [15] 刘锦涛,戴宇祥,姜宏,等.吴门派正骨手法复位加小夹板外固定联合骨折合剂内服治疗老年桡骨远端骨折的临床观察[J].中国中医骨伤科杂志,2020,28(12):30-35.
- [16] 唐付林,蒲超,王甸平,等.切开复位钢板内固定治疗桡骨远端骨折合并尺骨头骨折的疗效观察[J].中国骨与关节损伤杂志,2021,36(12):1271-1272.

(收稿日期:2022-05-02)