

· 临床研究 ·

基于 3D 打印技术改良单边经皮穿刺椎体成形术治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折

蒋维利, 刘涛, 张青波, 陈辉, 白建中, 王帅, 程嘉伟, 郭亚龙, 周功, 牛国旗
(蚌埠医学院第二附属医院脊柱外科, 安徽 蚌埠 233002)

【摘要】 目的: 探讨结合 3D 打印技术改良单边经皮穿刺椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)治疗胸腰椎压缩性骨折的临床疗效。方法: 自 2020 年 10 月至 2022 年 4 月收治 77 例骨质疏松性胸腰椎压缩性骨折患者, 均为外伤导致的椎体压缩性骨折。根据治疗方法不同分为试验组和对照组。试验组 32 例采用 3D 打印技术改良单边经椎弓根穿刺椎体成形术, 男 5 例, 女 27 例, 年龄 63~91(77.59±8.75)岁; 对照组 45 例采用传统双边经椎弓根穿刺椎体成形术治疗, 男 7 例, 女 38 例, 年龄 60~88(74.89±7.37)岁。记录并比较两组手术时间, 术中 C 形臂 X 线机透视次数, 麻醉药用量, 骨水泥注入量, 骨水泥的弥散优良率, 并发症, 术前及术后 1、6 个月椎体高度, 脊柱后凸角度(Cobb 角), 疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)等指标。结果: 所有患者获得随访, 时间 6~23 个月。术前影像学检查, 均证实为胸腰椎骨质疏松性压缩性骨折, 两组骨水泥注入量、骨水泥弥散率、术前及术后椎体高度、Cobb 角、VAS、ODI 比较, 差异均无统计学意义($P>0.05$)。两组手术时间、术中透视次数、麻醉药用量比较, 差异有统计学意义($P<0.05$)。两组术后各时间点患椎椎体前缘高度、Cobb 角、VAS、ODI 与术前比较, 差异有统计学意义($P<0.05$)。结论: 骨质疏松性胸腰椎压缩性骨折采用 3D 打印技术改良单边穿刺 PVP 治疗, 穿刺方便简单, 创伤更小, 手术时间短, 透视次数较少, 骨水泥分布满意, 椎体高度恢复及后凸角度矫正较好, 功能改善良好。

【关键词】 椎体成形术; 3D 打印技术; 骨质疏松性骨折

中图分类号: R683.2

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20221151

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Improved unilateral puncture PVP based on 3D printing technology for the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture

JIANG Wei-li, LIU Tao, ZHANG Qing-bo, CHEN Hui, BAI Jian-zhong, WANG Shuai, CHENG Jia-wei, GUO Ya-long, ZHOU Gong, NIU Guo-qi (Department of Spinal Surgery, the Second Affiliated Hospital to Bengbu Medical College, Bengbu 233002, Anhui, China)

ABSTRACT Objective To investigate the clinical effect of unilateral percutaneous vertebroplasty (PVP) combined with 3D printing technology for the treatment of thoracolumbar osteoporotic compression fracture. **Methods** A total of 77 patients with thoracolumbar osteoporotic compression fractures from October 2020 to April 2022 were included in the study, all of which were vertebral body compression fractures caused by trauma. According to different treatment methods, they were divided into experimental group and control group. Thirty-two patients used 3D printing technology to improve unilateral transpedicle puncture vertebroplasty in the experimental group, there were 5 males and 27 females, aged from 63 to 91 years old with an average of (77.59±8.75) years old. Forty-five patients were treated with traditional bilateral pedicle puncture vertebroplasty, including 7 males and 38 females, aged from 60 to 88 years old with an average of (74.89±7.37) years old. Operation time, intraoperative C-arm X-ray times, anesthetic dosage, bone cement injection amount, bone cement diffusion good and good rate, complications, vertebral height, kyphotic angle (Cobb angle), visual analogue scale (VAS), Oswestry disability index (ODI) and other indicators were recorded before and after surgery, and statistically analyzed. **Results** All patients were followed up for 6 to 23 months, with preoperative imaging studies, confirmed for thoracolumbar osteoporosis compression fractures, two groups of patients with postoperative complications, no special two groups of patients' age, gender, body mass index (BMI), time were injured, the injured vertebral distribution had no statistical difference ($P>0.05$), comparable data.

基金项目: 蚌埠医学院自然科学基金(编号: 2021byzd199); 蚌埠医学院科研创新团队项目(编号: BYKC201911); 蚌埠医学院第二附属医院数字骨科重点实验室立项建设项目[编号: 校字(2019)160号]

Fund program: Natural Science Foundation of Bengbu Medical College (No. 2021byzd199)

通讯作者: 牛国旗 E-mail: ssngq@163.com

Corresponding author: NIU Guo-qi E-mail: ssngq@163.com

Two groups of patients with bone cement injection, bone cement dispersion rate, preoperative and postoperative vertebral body height, protruding after spine angle (Cobb angle), VAS, ODI had no statistical difference ($P>0.05$). The operative time, intraoperative fluoroscopy times and anesthetic dosage were statistically different between the two groups ($P<0.05$). Compared with the traditional bilateral puncture group, the modified unilateral puncture group combined with 3D printing technology had shorter operation time, fewer intraoperative fluoroscopy times and less anesthetic dosage. The height of anterior vertebral edge, kyphosis angle (Cobb angle), VAS score and ODI of the affected vertebrae were statistically different between two groups at each time point after surgery ($P<0.05$). **Conclusion** In the treatment of thoracolumbar osteoporotic compression fractures, 3D printing technology is used to improve unilateral puncture PVP, which is convenient and simple, less trauma, short operation time, fewer fluoroscopy times, satisfactory distribution of bone cement, vertebral height recovery and kyphotic Angle correction, and good functional improvement.

KEYWORDS Vertebroplasty; 3D printing technology; Osteoporotic fracture

随着社会经济及医学科技的快速发展，人口老龄化逐年加重，所以老年性胸腰椎骨质疏松症的发病率也越来越高，而骨质疏松性椎体压缩性骨折 (osteoporotic vertebral compressive fracture, OVCF) 临床多见于患有骨质疏松症的老年人^[1]。当前，对于 OVCF 的最佳治疗方案是经皮微创椎弓根穿刺椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty/percutaneous kyphoplasty, PVP/ PKP)，其具有手术时间短、创伤小、恢复快等优点，能明显降低保守治疗患者因长期卧床导致的压疮、坠积性肺炎、深静脉血栓等严重并发症，且符合外科快速康复医疗理念^[2-3]。但是传统的经皮椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty, PVP) 主要是采取经皮双边椎弓根穿刺技术，术中需要多人操作 (一般 2 人以上)，且具有手术操作时间较长、创伤大、术中透视次数较多、麻醉药用量大、患者俯卧位时间长等缺点。有学者^[4]提出单边单人操作技术进行椎弓根穿刺椎体成形术治疗 OVCF，但是该技术在穿刺操作上与传统双侧穿刺技术相似，容易出现穿刺位置不佳及骨水泥在椎体内弥散不佳甚至骨水泥渗漏等。本研究通过研究结合 3D 打印技术改良单边穿刺 PVP 治疗 OVCF，分析其临床疗效，现报告如下。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准：(1) 年龄 ≥ 60 岁。(2) 伴有骨质疏松症。(3) 均为外伤导致的胸腰椎压缩性骨折。(4) 伤椎均为胸腰交界区单个椎体。(5) 经 X 线及 MRI 等检

查证实有胸、腰椎压缩性骨折。(6) 无精神疾病者。(7) 不合并严重心脑血管疾病、凝血功能障碍等内科疾病。

排除标准：(1) 诊断、治疗等临床相关资料不全者。(2) 影像学表现不典型者。(3) 多个节段椎体压缩性骨折 (≥ 2 个节段)。(4) 其他原因导致胸腰椎压缩性骨折 (即非外伤性)。(5) 胸腰椎患有严重侧后凸畸形。(6) 患有严重心肺脑等其他严重内科疾病。(7) 无法参与研究或中途退出者。

1.2 一般资料

选取 2020 年 10 月至 2022 年 4 月收治的 OVCF 患者共 77 例，致病原因均为低能量摔伤或者扭伤。试验组采取结合 3D 打印技术改良单边经皮穿刺 PVP 治疗 32 例，男 5 例，女 27 例，年龄 63~91 (77.59 \pm 8.75) 岁；胸椎 14 例，腰椎 18 例。对照组采取传统常规双边经皮穿刺 PVP 治疗 45 例，男 7 例，女 38 例，年龄 60~88 (74.89 \pm 7.37) 岁；胸椎 19 例，腰椎 26 例。两组患者年龄、性别、身体质量指数 (body mass index, BMI)、受伤至手术时间、伤椎分布等方面对比，差异无统计学意义 ($P>0.05$)，具有可比性，见表 1。本研究通过医学伦理委员会的审核并获取审批号 [伦科批字 (2022) 第 84 号]。

1.3 治疗方法

1.3.1 试验组 采用 3D 打印技术改良单边经椎弓根穿刺椎体成形术。将 OVCF 患者伤椎采用 128 排螺旋 CT 连续断层扫描。扫描参数：电压 120 kV，电流 200 mA，层厚 0.625 mm，螺距 1.0 mm，512 \times 512 矩

表 1 两组骨质疏松性椎体压缩性骨折患者一般资料比较

Tab.1 Comparison of general data between the two groups of patients with osteoporotic vertebral compression fracture

组别	例数	性别/例		年龄 ($\bar{x}\pm s$)/岁	伤椎分布/例		BMI ($\bar{x}\pm s$)/(kg·m ⁻²)	受伤至手术时间 ($\bar{x}\pm s$)/d
		男	女		胸椎	腰椎		
试验组	32	5	27	77.59 \pm 8.75	14	18	22.62 \pm 2.99	3.63 \pm 5.01
对照组	45	7	38	74.89 \pm 7.37	19	26	22.79 \pm 3.25	4.42 \pm 6.15
检验值		$\chi^2=0.136$		$t=1.468$	$\chi^2=0.018$		$t=-0.231$	$t=-0.604$
P 值		0.770		0.146	0.894		0.818	0.548

阵,将 CT 扫描图像数据以 DICOM 格式保存,输入计算机。运用计算机三维重建软件 Mimics17.0 对 CT 连续断层扫描数据进行处理,并对骨组织及软组织进行分割处理,根据需要选取需要重建的脊柱节段,可重建出所需的胸腰椎模型,观察模拟设计伤椎椎体椎弓根变异程度小且相对完整的一侧最佳的穿刺点及穿刺角度(笔者采用计算机三维重建 Mimics 软件预先进行椎体成型术的穿刺点及穿刺角度设计,从伤椎椎体椎弓根相对变异程度小及较完整的立体解剖结构上设计出最佳的穿刺角度,再次于 3D 打印模型上进行实验性模型“手术”,确定最佳穿刺点及穿刺角度的合理性及安全性),见图 1。然后将胸腰椎模型数据以 STL 格式导出,并导入 IdeaMaker 软件,利用此软件进行切片,再导入打印机(Raise3D N2Plus)进行模型打印。

最后在 3D 打印模型上按照软件预设计的穿刺

点及穿刺角度模拟单边穿刺,进行体外试验性单边精准穿刺 PVP,规划设计出使骨水泥椎体内有效弥散的穿刺针最佳穿刺进针点及进针角度,一般穿刺点于正位 X 线透视像上更靠椎弓根影外缘的外侧,穿刺角度相对较大(图 2、图 3)。实际手术根据术前规划方案进行单人单边精准穿刺 PVP 手术操作。结合 3D 打印技术改良单边穿刺手术步骤,患者俯卧位于手术床上,胸部及腹部耻骨联合区垫软垫,使胸腰部自然悬空,在腹部重力作用下使伤椎椎体高度一定程度的恢复,可以配合胸腰段加压复位。然后术区消毒铺巾,C 形臂 X 线机透视定位,选取椎弓根 X 线投影较清楚的一侧。采用 20 ml 盐酸利多卡因注射液配 0.9%氯化钠注射液 20 ml 进行 1:1 稀释,将伤椎穿刺侧横突及突间关节处注入局麻药物,麻醉满意后进行定位及穿刺,按照术前规划最佳穿刺进针点(该精确进针点由术前 3D 打印模型试验性“手

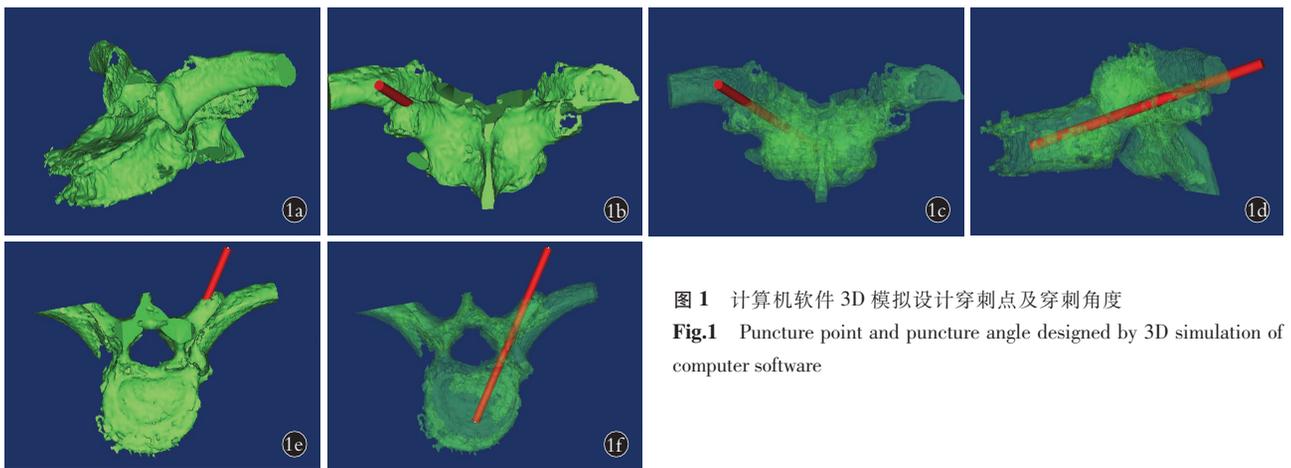


图 1 计算机软件 3D 模拟设计穿刺点及穿刺角度

Fig.1 Puncture point and puncture angle designed by 3D simulation of computer software

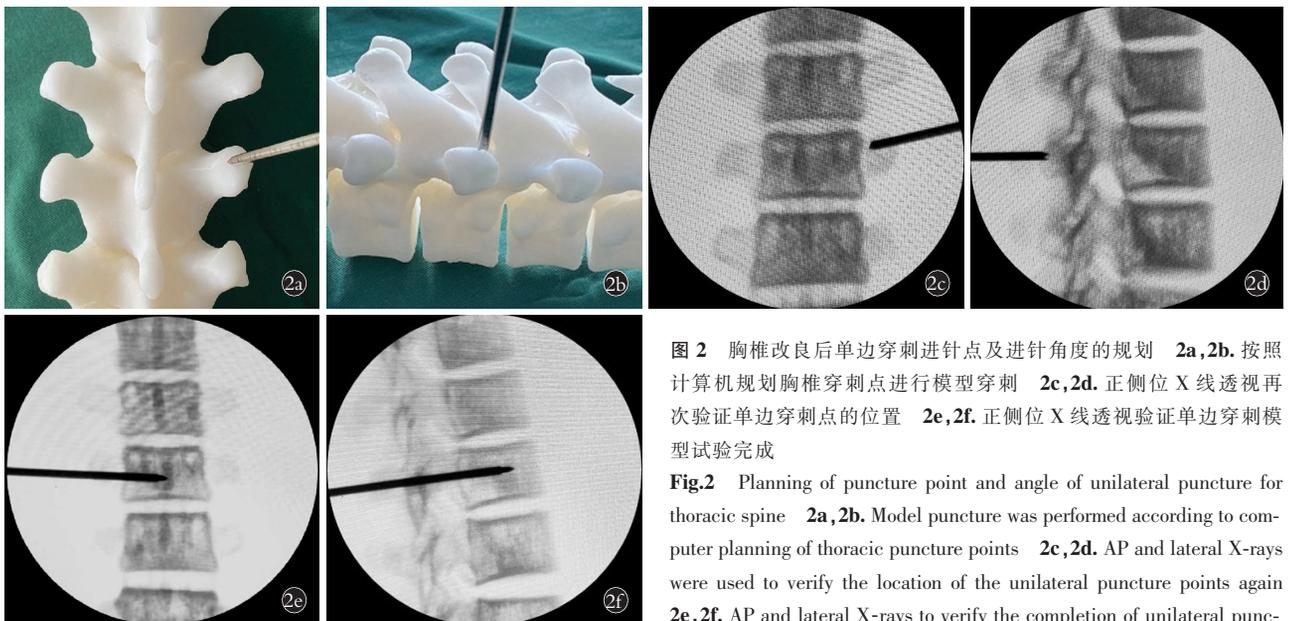


图 2 胸椎改良后单边穿刺进针点及进针角度的规划 2a,2b. 按照计算机规划胸椎穿刺点进行模型穿刺 2c,2d. 正侧位 X 线透视再次验证单边穿刺点的位置 2e,2f. 正侧位 X 线透视验证单边穿刺模型试验完成

Fig.2 Planning of puncture point and angle of unilateral puncture for thoracic spine 2a,2b. Model puncture was performed according to computer planning of thoracic puncture points 2c,2d. AP and lateral X-rays were used to verify the location of the unilateral puncture points again 2e,2f. AP and lateral X-rays to verify the completion of unilateral puncture model experiment

术”规划时 C 形臂 X 线机透视验证所得以及计算机三维重建 Mimics 软件预先设计所得)及最佳穿刺角度进针(穿刺外展角度由 Mimics 软件预先设计所得,该软件可以精准显示穿刺针与中线的角度,术者按照术前软件及模型设计角度进行进针,若是阻力较大,可用 C 形臂 X 线机透视进一步确认进针的精确通道,进一步确保实际手术的精确性及安全性),透视见导针头端位于椎体后 1/3 处放置工作套管,空心骨钻钻取一定骨质送病理检验,再换实心钻钻至椎体前 3/4 处。然后正位透视见钻头超过椎体中线,调适骨水泥至拉丝感后拔除导针内芯,经导针套管将骨水泥缓慢注入椎体内,边向伤椎内注入骨

水泥边回退推杆外套管,防止骨水泥渗漏(图 4)。

1.3.2 对照组

传统双边穿刺手术步骤,患者手术体位及术区准备相同。传统手术采用双侧椎弓根外缘(“猫眼”外缘),左侧 10 点钟方向,右侧 2 点钟方向。采用 20 ml 盐酸利多卡因注射液配 0.9%氯化钠注射液 20 ml 进行 1:1 稀释,将伤椎双侧横突及突间关节处分别注入稀释后的局麻药物,麻醉满意后进行穿刺进针,透视见导针头端位于椎体后 1/3 处放置工作套管,调适骨水泥至拉丝感后拔除导针内芯,经导针套管将骨水泥缓慢注入椎体内,边向伤椎内注入骨水泥边回退推杆外套管,防止骨水泥渗漏。

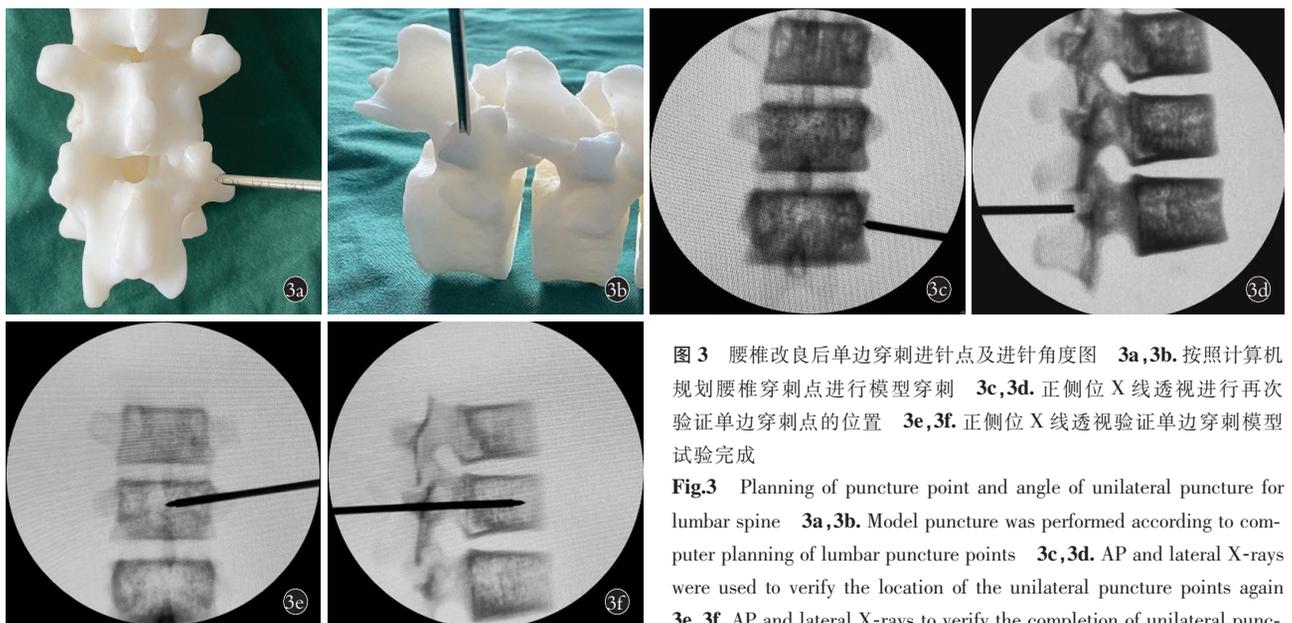


图 3 腰椎改良后单边穿刺进针点及进针角度图 3a,3b. 按照计算机规划腰椎穿刺点进行模型穿刺 3c,3d. 正侧位 X 线透视进行再次验证单边穿刺点的位置 3e,3f. 正侧位 X 线透视验证单边穿刺模型试验完成

Fig.3 Planning of puncture point and angle of unilateral puncture for lumbar spine 3a,3b. Model puncture was performed according to computer planning of lumbar puncture points 3c,3d. AP and lateral X-rays were used to verify the location of the unilateral puncture points again 3e,3f. AP and lateral X-rays to verify the completion of unilateral puncture model experiment

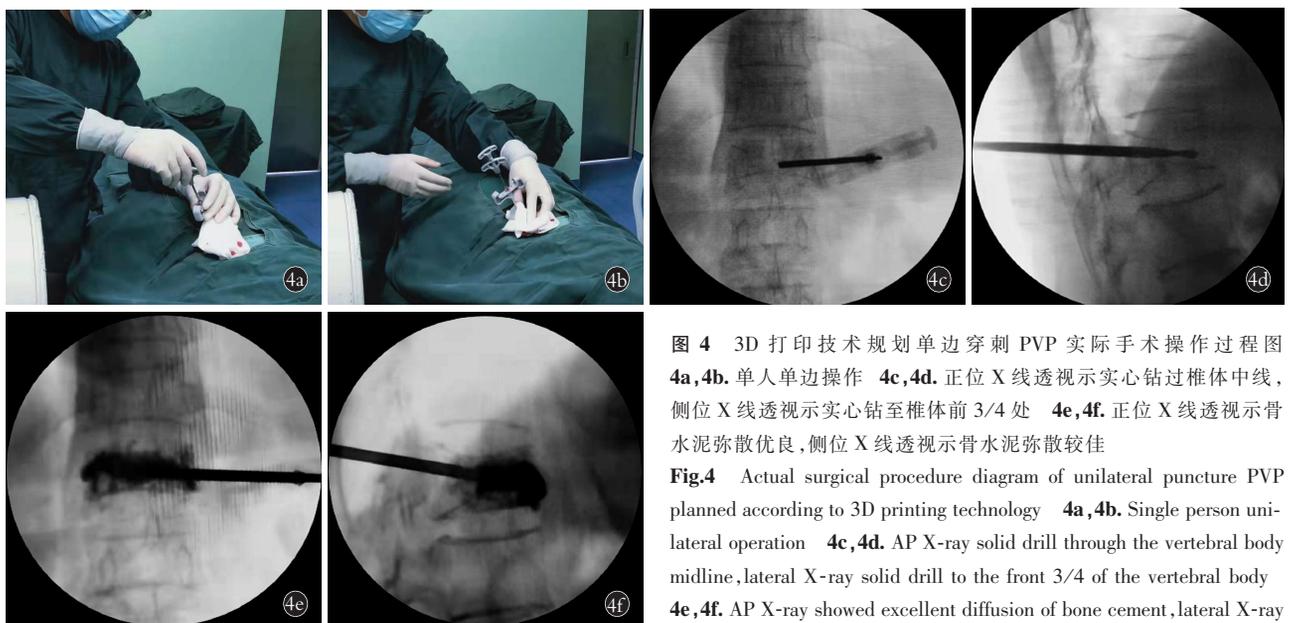


图 4 3D 打印技术规划单边穿刺 PVP 实际手术操作过程图 4a,4b. 单人单边操作 4c,4d. 正位 X 线透视示实心钻过椎体中线,侧位 X 线透视示实心钻至椎体前 3/4 处 4e,4f. 正位 X 线透视示骨水泥弥散优良,侧位 X 线透视示骨水泥弥散较佳

Fig.4 Actual surgical procedure diagram of unilateral puncture PVP planned according to 3D printing technology 4a,4b. Single person unilateral operation 4c,4d. AP X-ray solid drill through the vertebral body midline,lateral X-ray solid drill to the front 3/4 of the vertebral body 4e,4f. AP X-ray showed excellent diffusion of bone cement ,lateral X-ray showed good diffusion of bone cement

1.4 观察项目与方法

(1)围手术期指标。比较两组手术时间、术中 X 线透视次数、局麻药物使用量、骨水泥注入量、骨水泥弥散、并发症等。骨水泥注入量以实际推注量表示;骨水泥弥散情况以术后正位 X 线片骨水泥于椎体内分布占比表示,骨水泥弥散超过椎体面积 75% 以上为优,50%~75%为良好,25%~50%为可,0~25%为差^[5]。

(2)临床疗效评价。分别在术前及术后 1、6 个月比较两组椎体高度恢复情况、Cobb 角、疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)^[6]、功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)^[7]等指标。椎体高度用伤椎椎体前缘高度测量值表示,Cobb 角用伤椎椎体后凸角表示。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 23.0 软件进行统计学分析。手术时间、术中 X 线透视次数、局麻药用量、骨水泥注入量、椎体高度恢复情况、Cobb 角、VAS、ODI 评分等符合正态分布的定量资料,以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用独立样本 *t* 检验;骨水泥弥散情况、性别、并发症定性资料,比较采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

所有患者获得随访,时间 6~23 个月,术后未发现并发症。两组手术时间、术中 X 线透视次数、麻醉药用量比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 2。两组骨水泥注入量、术前及术后各时间点椎体高度恢复情况、Cobb 角、VAS、ODI、骨水泥弥散情况比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。试验组骨水泥弥散优 21 例,良 8 例,可 3 例;对照组优 27 例,良 16 例,可 2 例。两组比较差异无统计学意义($\chi^2 = 0.749, P = 0.387$)。两组术后各时间点椎体高度恢复情况、Cobb 角、VAS 及 ODI 与术前比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 3、表 4。典型病例图片见图 5。

表 2 两组骨质疏松性椎体压缩性骨折患者手术时间、X 线透视次数、麻药用量进骨水泥注入量比较($\bar{x} \pm s$)

Tab.2 Comparison of operation time, times of X-ray fluoroscopy, anesthetic dosage and bone cement injection amount between the two groups of patients with osteoporotic vertebral compression fracture($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	手术时间/ min	透视次数/ 次	麻药用量/ ml	骨水泥注 入量/ml
试验组	32	35.78±13.92	18.56±6.91	8.72±1.75	4.72±0.92
对照组	45	49.00±18.36	29.87±8.50	14.41±3.07	5.09±1.08
<i>t</i> 值		-4.430	-6.202	-9.444	-1.568
<i>P</i> 值		0.001	0.000	0.000	0.121

3 讨论

3.1 传统双边穿刺的相对缺点

PVP 或 PKP 是通过特制的穿刺器械经皮椎弓根穿刺向椎体内高压注入骨水泥,达到快速增强椎体内在刚性强度,恢复椎体高度,防止椎体塌陷,提升了椎体的稳定性,治疗老年 OVCF 能够显著、迅速地缓解早期疼痛,从而改善患者的生活自理能力,为其提供早期功能锻炼创造良好条件^[8]。而传统 PVP (PKP)技术需采用双边椎弓根入路,需要多人(2 人以上)同时操作,而且需要保证两人同步定位及穿刺成功,有任何 1 位操作者未完成或者定位穿刺不理想,需要等待助手也完成同样的手术操作才能继续接下来的操作,这就直接增加医患双方术中所受 C 形臂 X 线机辐射剂量,且直接延长手术时间。另外,双侧胸腰椎椎弓根在操作套管穿刺过程中都有一定程度的损伤及出血,给病患带来一定的医源性损伤。并且双边穿刺需要向双侧关节突及横突穿刺点周围注射局麻药物,故局麻药物用量较大,尤其肥胖患者。相关文献^[9-11]也报道,传统的双边穿刺具有多次操作手术用时较长,医患所受 X 线辐射较多,骨水泥用量大甚至渗漏,患者俯卧时间长,部分患者

表 3 两组骨质疏松性椎体压缩性骨折患者不同时间点椎体高度恢复情况及 Cobb 角比较($\bar{x} \pm s$)

Tab.3 Comparison of vertebral height recovery and Cobb angle at different time points between two groups of patients with osteoporotic vertebral compression fracture($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	椎体高度情况/cm			Cobb 角/°		
		术前	术后 1 个月	术后 6 个月	术前	术后 1 个月	术后 6 个月
试验组	32	1.60±0.56	1.94±0.45 ^{a1}	1.90±0.44 ^{a2}	21.63±8.30	13.79±6.95 ^{b1}	14.28±7.28 ^{b3}
对照组	45	1.51±0.52	1.78±0.50 ^{a3}	1.77±0.49 ^{a4}	20.09±7.44	15.05±7.25 ^{b2}	15.56±7.43 ^{b4}
<i>t</i> 值		0.753	1.441	1.261	0.853	-0.764	-0.755
<i>P</i> 值		0.454	0.154	0.211	0.396	0.447	0.452

注:椎体高度情况,与术前比较,^{a1} $t = -6.956, P < 0.05$; ^{a2} $t = -6.365, P < 0.05$; ^{a3} $t = -7.219, P < 0.05$; ^{a4} $t = -7.192, P < 0.05$; Cobb 角与术前比较,^{b1} $t = 8.402, P < 0.05$; ^{b2} $t = 8.597, P < 0.05$; ^{b3} $t = 10.906, P < 0.05$; ^{b4} $t = 10.316, P < 0.05$

表 4 两组骨质疏松性椎体压缩性骨折患者不同时间点 VAS 及 ODI 比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.4 Comparison of VAS and ODI scores at different time points between two groups of patients with osteoporotic vertebral compression fracture($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	VAS/分			ODI/%		
		术前	术后 1 个月	术后 6 个月	术前	术后 1 个月	术后 6 个月
试验组	32	6.18±1.23	1.31±0.82 ^{c1}	1.03±0.82 ^{c2}	63.87±12.49	15.00±8.94 ^{d1}	12.44±8.63 ^{d2}
对照组	45	6.38±1.34	1.11±0.75 ^{c3}	0.89±0.86 ^{c4}	66.89±12.42	13.80±8.52 ^{d3}	12.22±10.23 ^{d4}
t 值		-0.636	1.120	0.730	-1.001	0.593	0.097
P 值		0.527	0.266	0.468	0.320	0.555	0.923

注:VAS, 与术前比较,^{c1}t=22.763, P<0.05;^{c2}t=23.888, P<0.05;^{c3}t=26.071, P<0.05;^{c4}t=29.784, P<0.05。ODI, 与术前比较,^{d1}t=23.212, P<0.05;^{d2}t=25.223, P<0.05;^{d3}t=24.928, P<0.05;^{d4}t=26.673, P<0.05



图 5 患者,女,74 岁,老年性骨质疏松性腰椎压缩性骨折(L₁椎体),行结合 3D 打印技术改良单边穿刺 PVP 术 5a,5b。术前腰椎正侧位 X 线片 5c,5d。术前腰椎 MRI T1WI 及 T2WI 抑脂像 5e,5f。术后 1 个月腰椎正侧位 X 线片示骨水泥弥散良好,伤椎椎体高度恢复较好,腰椎后凸角(Cobb 角)恢复良好 5g,5h。术后 6 个月腰椎正侧位 X 线片

Fig.5 A 74-year-old female patient, senile osteoporosis compression fracture (L₁ vertebra) 5a,5b. Preoperative AP and lateral lumbar radiographs 5c,5d. Preoperative lumbar MRI T1WI and T2WI liposuppressive images 5e,5f. At 1 month after surgery, AP and lateral lumbar X-rays showed good bone cement diffusion, good recovery of the injured vertebral body height, and good recovery of the lumbar kyphosis angle (Cobb angle) 5g,5h. AP and lateral X-rays of the lumbar spine at 6 months after surgery

recovery of the injured vertebral body height, and good recovery of the lumbar kyphosis angle (Cobb angle) 5g,5h. AP and lateral X-rays of the lumbar spine at 6 months after surgery

因不能耐受长时间俯卧,不能很好地配合手术等缺点。另外,该类疾病多发于高龄老年患者,部分患者合并有慢性心肺功能不全等疾病,采用俯卧位时间越长,手术风险也就越大。

3.2 传统单边穿刺的局限性

近年来单侧经椎弓根穿刺入路椎体成形术开始应用于临床,采用单侧入路,仅需要术中单人单侧操作,穿刺注射方法得当,骨水泥同样可以跨越中线,弥散到整个椎体,缩短手术时间,降低手术风险,减少术中辐射^[4,10]。但是传统的单侧经椎弓根入路 PVP

穿刺点及穿刺角度确定临床更具有难度,因外展角度较小,且受椎弓根内外径限制,术中骨水泥充盈多只局限于单侧,很少可扩散至椎体对侧,导致椎体双侧刚度及强度不对称,远期可能出现邻近椎体病变、椎体倾斜、脊柱侧弯、椎体再骨折及局部 Cobb 角改变等并发症。为了使骨水泥能更好地弥散到椎体对侧,术中强行加大穿刺角度时,椎弓根内壁有损伤风险存在,从而增加神经、脊髓损伤及骨水泥渗漏可能^[12-15]。近年来,有学者开始采用经皮弯角椎体成形术(percutaneous curved vertebroplasty, PCVP)应用于

临床治疗 OVCF,其穿刺针套管的远端为弯角形,单侧穿刺即可达对侧,进行多点连续低压注入骨水泥,使骨水泥均匀地分布于伤椎椎体^[16-17],但是,PCVP 操作繁琐,手术时间较长,且有脊髓神经根损伤、骨水泥渗漏等并发症的可能,内套弯管在回退过程中有折弯、折断甚至无法回退等严重风险,此外,该技术价格昂贵,临床应用相对有限^[18-19]。

3.3 3D 打印技术辅助单边穿刺技术

3D 打印技术通过全新的方式去解决目前骨科手术的微创化、精准化、个体化难题,改变现有的手术模式^[20-22]。3D 技术打印模型有利于观察骨骼的形态结构并进行术前评估和疾病类型的分型,模拟规划手术方案,可达到有效缩短手术时间、减少术中出血、提高手术质量,间接降低患者医疗费用等目的^[23-25]。而关于 3D 打印技术在老年 OVCF 当中的临床应用相关报道较少^[26-28],笔者通过结合 3D 打印技术进行单边穿刺 PVP 技术改良,术前规划发现单边穿刺点正位 X 线投影位于椎弓根投影线的更靠外侧,穿刺内倾角度相对较大(笔者的研究方案与传统的单边穿刺椎体成形术具有不同之处,笔者是按照术前三维重建软件及 3D 打印模型上进行规划设计的穿刺点及穿刺角度,且对于一侧椎弓根内倾较小或者有压缩损伤的,选用相对完整的一侧进行预先设计,故该手术方案相对是安全可行的)。术中实际操作正侧位 X 线穿刺点及穿刺角度按照术前计算机软件 and 模型规划选择得当,单边穿刺可以穿越中线,达到椎体的对侧,推注骨水泥时缓慢回退内套管,可以获得优良的骨水泥弥散效果(按照预先设计的穿刺角度,穿刺针可以越过椎体中线达到对侧,穿刺完成后会进行术中 C 形臂 X 线机正侧位透视证实正位像上实心骨钻头端越过中线到达对侧椎体,侧位像上到达椎体前 3/4。把握好骨水泥推注时期,骨水泥边推注骨水泥套杆逐步缓慢后退,使骨水泥很好地在椎体骨小梁内弥散。临床效果与双边穿刺椎体成形术相当)。而传统的经皮穿刺 PVP 技术正位像 X 线穿刺点位于椎弓根投影外侧缘上(左侧 10 点钟位置,右侧 2 点钟位置),因为椎弓根与实际穿刺点还有关节突及横突骨质间隔,穿刺针穿透关节突及横突平椎弓根后缘时已穿过椎弓根外缘内侧一部分,容易造成穿刺角度过小,骨水泥多数弥漫在一侧椎体甚至向椎体侧方渗漏。本研究结果发现两种手术方式虽然具有相同的临床疗效,但前者只需要单人单边穿刺,减少了操作步骤,间接节省穿刺时间,且穿刺入路为一侧椎弓根,创伤相对较小,相对于双边穿刺 PVP 技术,单边穿刺只需要一侧关节突、横突周围注射局麻药物,所以麻醉药物使用量

只有传统双边穿刺的一半剂量,故结合 3D 打印技术改良单边穿刺 PVP 具有手术操作人员少、患者创伤小、手术时间短、X 线透视次数少、麻醉药用量少等优点。

综上所述,经皮椎弓根微创穿刺椎体成形术是治疗老年性 OVCF 的有效治疗方案,传统双边穿刺 PVP 及结合 3D 打印技术改良单边穿刺 PVP 均能达到优良的手术效果,但是结合 3D 打印技术改良单边穿刺 PVP 技术可以术者单人单边操作,能有效降低医疗成本及手术风险,穿刺方便简单,具有创伤小、手术时间短、X 线透视次数少、麻药用量少,骨水泥分布满意、椎体高度恢复及后凸角度矫正较好、功能改善良好等优点。

参考文献

- [1] 印平,马远征,马迅,等.骨质疏松性椎体压缩性骨折的治疗指南[J].中国骨质疏松杂志,2015,21(6):643-648.
YIN P,MA Y Z,MA X,et al. The clinical guideline for osteoporotic compression fractures[J]. Chin J Osteoporos,2015,21(6):643-648. Chinese.
- [2] QI Y M,ZENG Y W,JIANG C Z,et al. Comparison of percutaneous kyphoplasty versus modified percutaneous kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral compression fractures[J]. World Neurosurg,2019,122:e1020-e1027.
- [3] GENG Z H,ZHOU Q F,SHANG G W,et al. Short-term efficacy of the percutaneous vertebroplasty using a curved versus straight vertebroplasty needle in osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Orthopedics,2021,44(1):e131-e138.
- [4] 方良勤,杨雷,范国涛,等.双侧与单侧入路经皮椎体成形术治疗老年多节段骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效比较[J].中国骨与关节损伤杂志,2021,36(1):52-54.
FANG L Q,YANG L,FAN G T,et al. Comparison of curative effects of bilateral and unilateral percutaneous vertebroplasty in the treatment of senile multi-level osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Chin J Bone Jt Inj,2021,36(1):52-54. Chinese.
- [5] 张大鹏,毛克亚,强晓军,等.弯角经皮椎体成形术治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折术后的骨水泥分布[J].脊柱外科杂志,2022,20(2):121-124.
ZHANG D P,MAO K Y,QIANG X J,et al. Distribution of bone cement after percutaneous curved vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures[J]. J Spinal Surg,2022,20(2):121-124. Chinese.
- [6] WOODFORD J M,MERSKEY H. Some relationships between subjective measures of pain[J]. J Psychosom Res,1972,15(3):173-178.
- [7] FIBANK J,PYNSSENT D. The Oswestry disability index[J]. Spine,2000,25:2940-2953.
- [8] 刘军,郭飞,胡传亮,等.经皮椎体成形术治疗胸腰段骨质疏松性椎体压缩骨折伴远隔部位疼痛[J].中国骨与关节损伤杂志,2020,35(5):491-493.
LIU J,GUO F,HU C L,et al. Percutaneous vertebroplasty for the treatment of thoracolumbar osteoporotic vertebral compression fracture with distal pain[J]. Chin J Bone Jt Inj,2020,35(5):491-493. Chinese.

- [9] 罗同青,胡朝晖,谢湘涛.单侧椎弓根旁入路经皮椎体成形术治疗重度椎体压缩骨折 42 例[J].中国微创外科杂志,2020,20(2):133-137.
LUO T Q,HU Z H,XIE X T. Percutaneous vertebroplasty for severe osteoporotic vertebral compression fractures via unilateral papapedicular approach;report of 42 cases[J]. Chin J Minim Invasive Surg,2020,20(2):133-137. Chinese.
- [10] 蒋维利,牛国旗,周功,等.同步单侧穿刺经皮椎体后凸成形术治疗胸腰椎跳跃型双节段骨质疏松性椎体压缩骨折[J].中国修复重建外科杂志,2021,35(9):1155-1160.
JIANG W L,NIU G Q,ZHOU G,et al. Effectiveness of synchronous unilateral percutaneous kyphoplasty in the treatment of double noncontiguous thoracolumbar osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Chin J Reparative Reconstr Surg,2021,35(9):1155-1160. Chinese.
- [11] 王兆红,吴德慧,马超,等.双侧经椎弓根入路与单侧经椎弓根外极外侧入路在椎体成形术中的应用比较[J].中国骨伤,2012,25(12):975-978.
WANG Z H,WU D H,MA C,et al. Comparison between bipedicular approach and uni extrapedicular approach in application of vertebroplasty[J]. China J Orthop Traumatol,2012,25(12):975-978. Chinese.
- [12] 孙志峰,曹晓建.单侧穿刺经皮椎体成形术的影像学研究及临床应用[J].中国骨伤,2016,29(12):1135-1139.
SUN Z F,CAO X J. Imaging study and applied research of the puncture angle in unilateral percutaneous vertebroplasty[J]. China J Orthop Traumatol,2016,29(12):1135-1139. Chinese.
- [13] 潘洪,丁舒晨,赵新华,等.经横突-椎弓根外侧入路单侧穿刺双侧球囊扩张椎体成形术治疗腰椎骨质疏松性椎体压缩骨折[J].中国修复重建外科杂志,2021,35(8):1007-1013.
PAN H,DING S C,ZHAO X H,et al. Bilateral percutaneous balloon kyphoplasty through unilateral transverse process-extrapedicular approach for osteoporotic vertebral compression fracture of lumbar[J]. Chin J Reparative Reconstr Surg,2021,35(8):1007-1013. Chinese.
- [14] 金成浩,蔡迎,钟杰林,等.单侧与双侧经皮后凸成形治疗骨质疏松性胸腰椎骨折[J].中国矫形外科杂志,2020,28(18):1712-1715.
JIN C H,CAI Y,ZHONG J L,et al. Unilateral and bilateral percutaneous kyphoplasty for osteoporotic thoracolumbar fractures[J]. Orthop J China,2020,28(18):1712-1715. Chinese.
- [15] JACOBSON R E,NENOV A,DUONG H D. Re-expansion of osteoporotic compression fractures using bilateral SpineJack implants;early clinical experience and biomechanical considerations[J]. Cureus,2019,11(4):e4572.
- [16] 曹强,段明明,周煜虎,等.弯角椎体成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折疗效分析[J].疑难病杂志,2020,19(1):53-56.
CAO Q,DUAN M M,ZHOU Y H,et al. Analysis of the curative effect of the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture with angle vertebroplasty[J]. Chin J Difficult Complicat Cases,2020,19(1):53-56. Chinese.
- [17] 李洪珂,郝申申,董胜利,等.弯角经皮椎体成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效分析[J].中国骨与关节损伤杂志,2020,35(3):258-260.
LI H K,HAO S S,DONG S L,et al. Clinical analysis of corner percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture[J]. Chin J Bone Jt Inj,2020,35(3):258-260. Chinese.
- [18] CHENG Y H,LIU Y M. Percutaneous curved vertebroplasty in the treatment of thoracolumbar osteoporotic vertebral compression fractures[J]. J Int Med Res,2019,47(6):2424-2433.
- [19] 刘涛,牛国旗,周功,等.经皮弯角椎体成形与经皮椎体成形治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的比较[J].中国微创外科杂志,2020,20(5):436-440.
LIU T,NIU G Q,ZHOU G,et al. Comparison between percutaneous curved vertebroplasty and percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compressive fractures[J]. Chin J Minim Invasive Surg,2020,20(5):436-440. Chinese.
- [20] NIKURA T,SUGIMOTO M,LEE S Y,et al. Tactile surgical navigation system for complex acetabular fracture surgery[J]. Orthopedics,2014,37(4):237-242.
- [21] GAO T,RIVLIN M,ABRAHAM J A. Three-dimensional printing technology and role for custom implants in orthopedic oncology[J]. Tech Orthop,2018,33(3):166-174.
- [22] HENNESSY D,ANDERSON M,LOZANO-CALDERÓN S. Complex pelvic reconstruction using patient-specific instrumentation and a 3D-printed custom implant following tumor resection[J]. J Hip Surg,2018,2(2):61-67.
- [23] RAEDT S D,MECHLENBURG I,STILLING M,et al. Reliability of computer-assisted periacetabular osteotomy using a minimally invasive approach[J]. Int J Comput Assist Radiol Surg,2018,13(12):2021-2028.
- [24] NWANKWO E C,CHEN F Y,NETTLES D L,et al. Five-year follow-up of distal Tibia bone and foot and ankle trauma treated with a 3D-printed titanium cage[J]. Case Rep Orthop,2019,2019:7571013.
- [25] 黄幼怡,袁伟.3D打印技术在足踝外科骨折及畸形类疾病中的应用[J].中国组织工程研究,2021,25(3):438-442.
HUANG Y Y,YUAN W. Application of 3D printing technology in fracture and deformity of foot and ankle[J]. Chin J Tissue Eng Res,2021,25(3):438-442. Chinese.
- [26] MORGAN C,KHATRI C,HANNA S A,et al. Use of three-dimensional printing in preoperative planning in orthopaedic trauma surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. World J Orthop,2020,11(1):57-67.
- [27] 袁伶俐,徐文弟,白建中,等.3D打印精确穿刺椎体成形在新发椎体压缩性骨折中的应用[J].中国组织工程研究,2021,25(30):4757-4761.
YUAN L L,XU W D,BAI J Z,et al. Application of three-dimensional printing in accurate puncture vertebroplasty in fresh vertebral compression fractures[J]. Chin J Tissue Eng Res,2021,25(30):4757-4761. Chinese.
- [28] 李鹏飞,康小彪,邢政伟,等.3D打印技术辅助PVP治疗老年骨质疏松性椎体压缩骨折[J].中国骨与关节损伤杂志,2020,35(11):1173-1175.
LI P F,KANG X B,XING Z W,et al. Treatment of senile osteoporotic vertebral compression fracture with 3D printing technology assisted PVP[J]. Chin J Bone Jt Inj,2020,35(11):1173-1175. Chinese.