

·脊柱专题·

3D打印数字技术辅助改良交叉PVP对重度骨质疏松性椎体压缩骨折脊柱-骨盆矢状面平衡状态的影响

金浪¹ 石洁² 黄正¹ 贾永伟¹ 张建坡¹ 魏礼成¹ 金昊雷³

【摘要】 目的 探究3D打印数字技术辅助改良交叉经皮穿刺椎体成形术(PVP)对重度骨质疏松性椎体压缩骨折(SOVCF)患者脊柱-骨盆矢状面平衡状态的影响。方法 回顾性分析2017年3月至2020年5月上海中医药大学附属光华医院收治的SOVCF患者(166例),根据治疗方案,将患者分为改良PVP组(83例)和PVP组(83例)。通过对比法分析3D打印数字技术辅助改良交叉PVP的疗效及其对患者脊柱-骨盆矢状面平衡状态的影响。结果 改良PVP组患者的手术时间、穿刺定位时间以及透视次数均较PVP组更小($P<0.05$);改良PVP组患者的总有效概率较PVP组更大($P<0.05$);与术前相比,两组患者术后12个月VAS评分以及ODI评分均显著减小($P<0.05$);与术前相比,两组患者术后12个月JOA评分均显著增大($P<0.05$);术后12个月,与PVP组相比,改良PVP组患者的TK、C₇-S₁SVA以及PT均更小($P<0.05$),SS更大($P<0.05$);术后12个月,与PVP组相比,改良PVP组患者的PF、PR、GH、VT以及SF均更大($P<0.05$),BP更小($P<0.05$);改良PVP组骨水泥向锥旁及锥前少量渗漏的患者比例较PVP组更小($P<0.05$)。结论 3D打印数字技术辅助改良交叉PVP治疗SOVCF患者,可缩短手术以及穿刺定位时间、减少透视次数,显著减轻疼痛,腰椎功能恢复良好,显著改善脊柱-骨盆矢状面平衡状态以及生存质量,降低骨水泥渗漏概率。

【关键词】 3D打印; 数字技术; 经皮穿刺椎体成形术; 重度骨质疏松性椎体压缩骨折; 脊柱-骨盆矢状面平衡状态

3D printing digital technology assists the modified cross-PVP on the effect of spine-pelvic sagittal balance in severe osteoporotic vertebral compression fractures

Jin Lang¹, Shi Jie², Huang Zheng¹, Jia Yongwei¹, Zhang Jianpo¹, Wei Licheng¹, Jin Haolei³. ¹Department of Spine, ²Department of Radiology, Guanghua Hospital affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine (Institute of Arthritis of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Shanghai Academy of Traditional Chinese Medicine), Shanghai 200052, China; ³General Department of Western Medicine, Jiangwan Town Community Health Service Center, Hongkou District, Shanghai 200052, China

Corresponding author: Huang Zheng, Email: 13501772762@126.com

【Abstract】 Objective To explore the effects of 3D printing digital technology-assisted modified cross percutaneous vertebroplasty (PVP) on the spine-pelvic sagittal balance of patients with severe osteoporotic vertebral compressive fracture (SOVCF). **Methods** The patients with SOVCF (166 cases) admitted to Guanghua Hospital Affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine from March 2017 to May 2020 were retrospectively analyzed, and according to the treatment protocol, the patients were divided into modified PVP group (83 cases) and PVP group (83 cases). The effect of 3D printing digital technology-assisted modified cross-PVP and its effect on the patient's spine-pelvic sagittal balance state were analyzed by the contrast method. **Results** The operation time, puncture positioning time and times of fluoroscopy in the modified PVP group were shorter than those in the PVP group ($P<0.05$); The total effective probability of patients in the modified PVP group was greater than that in the PVP group ($P<0.05$). Compared with before

DOI: 10.3877/ema.j.issn.2096-0263.2023.05.002

基金项目: 上海市长宁区科学技术委员会项目(项目编号: NKW2018Y13); 上海市科学委员会项目(项目编号: 20Y21903200)

作者单位: 200052 上海中医药大学附属光华医院脊柱外科(上海市中医药研究院中西医结合关节炎研究所)¹, 放射科²; 200052 上海市虹口区江湾镇街道社区卫生服务中心西医全科³

通信作者: 黄正, Email: 13501772762@126.com

operation, the VAS score and ODI score of the two groups decreased significantly 12 months after operation ($P<0.05$). Compared with before operation, the JOA score of the two groups increased significantly 12 months after operation ($P<0.05$); At 12 months after operation, compared with the PVP group, the TK, C7-S1SVA and PT of the modified PVP group were smaller ($P<0.05$), and the SS was larger ($P<0.05$); At 12 months after operation, compared with the PVP group, the PF, PR, GH, VT and SF of the modified PVP group were all larger ($P<0.05$), and the BP was smaller ($P<0.05$); The proportion of patients with a small amount of bone cement leaking to the paracone and anterior cone in the modified PVP group was smaller than that in the PVP group ($P<0.05$). **Conclusions** 3D printing digital technology assists the improvement of cross PVP in the treatment of SOVCF patients, which can shorten the operation and puncture positioning time, reduce the number of fluoroscopy, significantly reduce pain, restore lumbar spine function well, significantly improve the spine-pelvic sagittal balance and the quality of life, and reduce the probability of bone cement leakage.

【Key words】 3D printing; Digital technology; Percutaneous vertebroplasty; Severe osteoporotic vertebral compression fracture; Spine-pelvic sagittal balance

骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF),是指由于骨质疏松症,造成患者椎体的骨密度、骨质量以及骨强度均下降,在轻微或无显著外力作用时仍会发生骨折,这是一种最常见的骨质疏松性骨折^[1-2]。临床上,OVCF患者主要表现为胸、腰、背部疼痛,伴或不伴下肢神经症状^[3]。治疗OVCF患者的主要方法包括经皮穿刺椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP),其具有止痛效果佳、创伤小、恢复快、术后并发症少等优势^[4-5]。重度OVCF(severe OVCF, SOVCF)又称为扁平椎,其椎体压缩后高度不及原来高度的1/3,多伴有椎体周壁的破损,部分合并椎体内裂隙或椎体坏死。严重者可出现脊髓神经损伤、严重的后凸畸形,严重影响患者肺功能及生活质量。有研究认为,对于SOVCF患者,PVP的治疗效果欠佳,其具有操作难度大、并发症发生概率高的缺点^[6]。但随着医疗技术的发展,也常有医生通过PVP来治疗SOVCF患者^[7-8]。在辅助治疗中,3D打印数字技术作为一种新技术,在诸多领域具有广泛应用^[9-10],但目前采用该技术辅助PVP治疗SOVCF的报道仍较少^[11-12]。本研究,回顾性分析166例SOVCF患者,分析3D打印数字技术辅助改良交叉PVP的疗效,及其对SOVCF患者脊柱-骨盆矢状面平衡状态的影响,旨在为临床治疗SOVCF时对手术方案的选择提供参考,现报道如下。

资料与方法

一、一般资料

选择166例2017年3月至2020年5月于我院治疗的SOVCF患者,根据治疗方案,将患者分为改良

PVP组(83例)和PVP组(83例)。改良PVP组中男性29例,女性54例;患者年龄60~85岁,平均(71.01 ± 5.14)岁;伤椎为L₁13例,L₂18例,T₁₀11例,T₁₁18例,T₁₂23例;致伤原因为摔伤42例,扭伤31例,其他10例。PVP组中男性31例,女性52例;患者年龄61~84岁,平均(72.27 ± 4.36)岁;伤椎为L₁16例,L₂21例,T₁₀8例,T₁₁18例,T₁₂20例;致伤原因为摔伤47例,扭伤29例,其他7例。本研究经我院医学伦理委员会审批(批准号:20190216),患者或家属均知情同意并签署知情同意书。

纳入标准:(1)重度OVCF患者;(2)患者无神经功能性损害症状;(3)经CT以及MRI检查,患者均无大骨折块突入椎管;(4)患者临床资料完整;(5)两周以内的单节段新鲜骨折患者。排除标准:(1)有严重内科疾病的患者;(2)有严重凝血功能障碍的患者;(3)手术不耐受的患者;(4)患者长期服用激素。

二、研究方法

(一)一般资料收集

确定研究对象后,对患者均进行临床特征的收集,包括年龄、性别、病程、随访时间、手术时间、伤椎部位、骨密度、骨折类型、穿刺定位时间、术中透视次数、治疗效果、视觉模拟评分量表(visual analoguescale, VAS)、Oswestry功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)、日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)、脊柱-骨盆矢状位平衡参数[包括C₇-S₁的矢状面轴向距离(sagittal vertical axis, SVA)、胸椎后凸角(thoracic kyphosis, TK)、腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)、骨盆入射角(pelvic incidence, PI)、骨盆倾斜角(pelvic tilt, PT)、骶骨倾斜角(sacral slope, SS)]、术前及术后12个月的生存质量评分^[13][包括生理功能(physiological function, PF)、

生理职能(physiological role, PR)、躯体疼痛(body pain, BP)、总体健康(general health, GH)、活力(vitality, VT)、社会功能(social function, SF)、情感职能(emotional role, ER)、精神健康(mental health, MH)]以及并发症发生情况。

术后3个月治疗效果:显效:骨折愈合良好,无疼痛,可正常行走;有效:愈合较好,疼痛显著缓解或有轻微疼痛,行走需要帮助;无效:愈合较差,疼痛显著甚至影响睡眠,出行需坐轮椅。

(二)治疗方法

改良PVP组患者均进行3D打印数字技术辅助改良交叉PVP治疗。为患者建立伤椎的3D模型,数字化测量以确定穿刺进针点、外展角度、头倾角度以及穿刺深度等一系列参数。通过3D打印机(美国Formlabs公司的Form 1+型)打印伤椎,ABS光敏树脂,打印方式为立体光固化。确定病灶位置,通过模型进行预手术以优化穿刺路径。根据术前计划确定的穿刺点和角度进行术中穿刺,达到目标点后置入工作套管,采用控向灌注骨水泥注入器,动态纠正骨水泥注入方向,满意后撤出套管,结束手术,见图1~4。

PVP组患者均进行PVP治疗。CT检测与透视相结合,确定进针点。患者取俯卧位,局部浸润麻醉

(利多卡因10 g/L)。进针点处沿骨折椎体椎弓根外入路单侧穿刺,建立工作通道,置入骨水泥注入器。术后,患者取俯卧位并保持10 min。

三、统计学处理

数据统计学分析采用SPSS 23.0软件(IBM公司,美国)进行,均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示正态分布的连续变量,组间比较采用两独立样本 t 检验; $M(P_{25}, P_{75})$ 表示非正态分布计量资料,组间比较采用Mann-Whitney U检验;用频数(%)表示计数资料,组间比较采用 χ^2 检验。差异具有统计学意义以 $P < 0.05$ 表示。

结 果

一、两组患者临床资料比较

通过比较两组患者的临床资料发现,两组年龄、性别、病程、随访时间、伤椎部位、骨密度以及骨折类型差异均无统计学意义($P > 0.05$);改良PVP组患者的手术时间、穿刺定位时间以及透视次数均小于PVP组($P < 0.05$),见表1。

二、两组患者治疗效果比较

通过比较两组患者的治疗效果发现,改良PVP组患者的总有效概率较PVP组更大,差异具有统计学意义($P < 0.05$),见表2。

三、两组患者的VAS评分、ODI评分以及JOA评分比较

通过比较两组患者的VAS评分、ODI评分以及JOA评分发现,术前VAS评分、ODI评分以及JOA评分差异均无统计学意义($P > 0.05$);两组患者的术后12个月VAS评分、ODI评分以及JOA评分差异均无统计学意义($P > 0.05$);两组患者的术后12个月VAS评分以及ODI评分均小于术前($P < 0.05$);两组患者的术后12个月JOA评分均大于术前($P < 0.05$),见表3。

四、两组患者脊柱-骨盆矢状位平衡参数比较

通过比较两组患者的脊柱-骨盆矢状位平衡参数发现,两组患者的术前各脊柱-骨盆矢状位平衡参数差异均无统计学意义($P > 0.05$);改良PVP组患者的术后12个月TK、 C_7-S_1 SVA以及PT均小于PVP组($P < 0.05$);改良PVP组患者的术后12个月SS大于PVP组($P < 0.05$);改良PVP组患者的术后12个月LL以及SS均大于术前($P < 0.05$);改良PVP组患者的术后12个月TK、 C_7-S_1 SVA以及PT均小于术前($P < 0.05$);PVP组患者的术后12个月LL大于术前($P < 0.05$);PVP组患者的术后12个月TK以及 C_7-



图1~4 患者行3D打印数字技术辅助改良交叉PVP治疗前后的X线片。图1~2 术前X线片,L₂椎体压缩性骨折;图3~4 术后X线片,椎体高度恢复良好,无骨水泥渗漏

S₁SVA 均小于术前($P<0.05$),见表4。

五、两组患者生存质量评分比较

通过比较两组患者的生存质量评分,发现两组患者的术前各生存质量评分差异无统计学意义;改良PVP组患者的术后12个月PF、PR、GH、VT以及SF均较PVP组更大($P<0.05$);改良PVP组患者的术后12个月BP小于PVP组($P<0.05$);改良PVP组患者的术后12个月PF、PR、GH、VT、SF、ER以及MH均大于术前($P<0.05$);改良PVP组患者的术后12个月BP小于术前($P<0.05$);PVP组患者的术后12个月BP小于术前

($P<0.05$),见表5。

六、两组患者并发症发生情况的比较

通过比较两组患者的并发症发生情况发现,患者均未发生脊髓、神经性损伤、肺栓塞、过敏等严重并发症。改良PVP组骨水泥向锥旁及锥前少量渗漏的患者比例[8(9.64%)]小于PVP组[28(33.73%)]($\chi^2=14.188, P<0.05$)。

讨 论

每年全球范围,大约890万的骨质疏松症患者会发生骨折,超过50岁的女性中大约1/3以及超过

表1 两组重度骨质疏松性椎体压缩骨折患者临床资料比较

组别	例数	年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	性别[例(%)]		病程(年, $\bar{x}\pm s$)	随访时间 (月, $\bar{x}\pm s$)	手术时间 (min, $\bar{x}\pm s$)
			男性	女性			
改良PVP组	83	71.01 \pm 5.14	29(34.94)	54(65.06)	10.52 \pm 2.76	13.61 \pm 2.04	26.89 \pm 3.25
PVP组	83	72.27 \pm 4.36	31(37.35)	52(62.65)	10.89 \pm 3.04	13.80 \pm 2.12	30.97 \pm 3.38
统计值		$t=1.703$	$\chi^2=0.104$		$t=0.821$	$t=0.588$	$t=7.927$
P值		0.090	0.747		0.413	0.557	<0.001

组别	例数	伤椎部位[例(%)]			骨密度 (g/cm ² , $\bar{x}\pm s$)	骨折类型[例(%)]			穿刺定位 时间(min, $\bar{x}\pm s$)	术中透视 次数(次, $\bar{x}\pm s$)
		L ₁ ~L ₂	T ₁₀	T ₁₁ ~T ₁₂		楔形	双凹形	扁平型		
改良PVP组	83	31(37.35)	11(13.25)	41(49.40)	0.59 \pm 0.08	19(22.89)	30(36.14)	33(39.76)	7.89 \pm 1.07	8.67 \pm 1.30
PVP组	83	37(44.58)	8(9.64)	38(45.78)	0.58 \pm 0.05	17(20.48)	36(43.37)	30(36.14)	15.72 \pm 1.83	13.61 \pm 1.85
统计值		$\chi^2=1.117$			$t=0.966$	$\chi^2=0.793$			$t=33.651$	$t=19.904$
P值		0.572			0.336	0.673			<0.001	<0.001

表2 两组重度骨质疏松性椎体压缩骨折患者治疗效果比较[例(%)]

组别	例数	疗效			总有效
		显效	有效	无效	
改良PVP组	83	50(60.24)	30(36.14)	3(3.61)	80(96.39)
PVP组	83	42(50.60)	24(28.92)	17(20.48)	66(79.52)
χ^2 值		1.561	0.988	11.142	11.142
P值		0.212	0.32	0.001	0.001

表3 两组重度骨质疏松性椎体压缩骨折患者的VAS评分、ODI评分以及JOA评分比较(分, $\bar{x}\pm s$)

评分	例数	VAS评分		ODI评分		JOA评分	
		术前	术后12个月	术前	术后12个月	术前	术后12个月
改良PVP组	83	6.32 \pm 1.73	0.74 \pm 0.30*	38.75 \pm 3.81	10.53 \pm 2.80*	13.67 \pm 2.28	24.31 \pm 2.34*
PVP组	83	6.25 \pm 1.77	0.78 \pm 0.39*	38.89 \pm 4.06	11.06 \pm 3.18*	13.59 \pm 2.21	24.64 \pm 2.29*
t 值		0.258	0.741	0.229	1.14	0.23	0.918
P值		0.797	0.46	0.819	0.256	0.819	0.36

注: *为与术前相比, $P<0.05$

50岁的男性大约1/5将会发生骨质疏松性骨折^[13-14]。骨质疏松性骨折大约有超过50%发生于椎体,多发于胸、腰段^[15]。OVCF发生后,会导致患者的椎体压缩,造成其身高变矮、脊柱后凸、侧弯、畸形、驼背等,进而引发背痛以及心肺功能显著下降、肠胃功能紊乱等症状,对患者的生活质量产生严重影响。OVCF老年患者发生骨折后,骨痂形成缓慢,易发生骨折延迟愈合甚至不愈合^[16]。骨折后,长期卧床会加速患者骨量流失,加重骨质疏松症,并引发各种并发症,致残概率以及致死概率升高^[17]。OVCF发生后,患者骨折再发生的概率会显著升高。国内研究表明^[18],首次发生椎体骨折后,患者骨折再发生的概率可达到大约20%;国外研究表明^[19],患者发生椎体骨折后其椎体骨折的再发生风险相较于未发生过骨

折的患者会增加大约4.4倍。随着人口老龄化进程的发展,OVCF的发病概率逐年增加。大多数OVCF患者,其病情较为隐匿,多数无明显外伤或只有轻微外伤^[20],如扭伤、滑倒等,甚至仅仅是咳嗽、喷嚏、弯腰等,也可引发骨折。给患者的生活及其家属均造成严重影响和负担。手术是治疗OVCF患者的首选方案,其中PVP术由于其优势在临床上被广泛应用。而SOVCF患者由于伤椎严重塌陷且多伴有上、下终板损坏以及术中骨水泥渗漏概率高等症状,曾被视为PVP治疗的禁忌证^[21]。在医学领域,随着3D打印数字技术的广泛应用,医生逐渐采用PVP术治疗SOVCF患者。3D打印的模型可辅助医生在术前进行诊断以及评估手术风险;此外,3D打印模型可模拟术中操作,使手术的安全性和准确性得到提高。

表4 两组重度骨质疏松性椎体压缩骨折患者脊柱-骨盆矢状位平衡参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	LL(°)		TK(°)		C7-S1SVA(mm)	
		术前	术后12个月	术前	术后12个月	术前	术后12个月
改良PVP组	83	46.37±6.19	50.59±4.51*	46.35±7.61	34.43±3.20*	6.69±1.26	3.67±0.89*
PVP组	83	46.32±6.10	50.13±5.54*	46.70±7.84	39.98±5.56*	6.52±1.12	4.31±1.05*
t值		0.052	0.587	0.292	7.882	0.919	4.236
P值		0.958	0.558	0.771	<0.001	0.36	<0.001

组别	例数	PI(°)		PT(°)		SS(°)	
		术前	术后12个月	术前	术后12个月	术前	术后12个月
改良PVP组	83	50.64±5.79	51.32±6.08	28.03±4.05	24.89±5.31*	23.80±0.64	24.30±0.88*
PVP组	83	50.79±5.93	51.04±6.06	28.84±3.98	27.77±5.42	23.86±0.57	24.04±0.65
t值		0.165	0.297	1.3	3.458	0.638	2.165
P值		0.869	0.767	0.196	0.001	0.524	0.032

注:“*”表示与术前相比, $P<0.05$ 表5 两组重度骨质疏松性椎体压缩骨折患者生存质量评分比较(分, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	PF		PR		BP		GH	
		术前	术后12个月	术前	术后12个月	术前	术后12个月	术前	术后12个月
改良PVP组		19.37±7.65	45.46±11.21*	9.31±2.99	54.25±10.03*	22.07±5.86	10.89±2.90*	28.21±8.14	65.74±9.75*
PVP组		19.55±7.82	41.75±10.73*	9.42±3.04	51.18±9.79*	22.64±6.01	11.93±3.15*	28.47±8.56	62.78±9.23*
t值		0.15	2.178	0.235	1.996	0.619	2.213	0.201	2.009
P值		0.881	0.031	0.814	0.048	0.537	0.028	0.841	0.046

组别	例数	VT		SF		ER		MH	
		术前	术后12个月	术前	术后12个月	术前	术后12个月	术前	术后12个月
改良PVP组		25.98±5.10	41.23±7.53*	27.65±8.11	63.40±7.52*	30.17±5.89	32.06±6.26*	28.51±5.74	44.89±17.30*
PVP组		25.35±5.21	38.82±7.04*	27.96±8.20	61.04±7.38*	29.90±5.75	30.38±5.91	28.03±5.69	41.67±16.84*
t值		0.787	2.13	0.245	2.041	0.299	1.778	0.541	1.215
P值		0.432	0.035	0.807	0.043	0.765	0.077	0.589	0.226

注:“*”表示与术前相比, $P<0.05$

本研究筛选166例SOVCF患者,通过对比分析3D打印数字技术辅助改良交叉PVP的疗效,及其对SOVCF脊柱-骨盆矢状面平衡状态的影响。本研究结果显示,与PVP组相比,改良PVP组患者的手术时间以及穿刺定位时间显著缩短,透视次数显著减少,治疗的总有效概率显著增大。这一结果与常丽鹏等^[12]的报道类似。与术前相比,改良PVP组患者术后12个月的VAS评分以及ODI评分均显著减小,JOA评分显著增大。表明经3D打印数字技术辅助改良交叉PVP治疗的患者疼痛显著减轻,腰椎功能恢复良好。术后12个月,与PVP组相比,改良PVP组患者的TK、C₇-S₁SVA、PT以及BP均显著减小,SS、PF、PR、GH、VT以及SF均显著增大。表明经3D打印数字技术辅助改良交叉PVP治疗的患者脊柱-骨盆矢状面平衡状态以及生存质量均得到显著改善。另外,改良PVP组骨水泥向椎旁及椎前少量渗漏的患者比例显著小于对照组。表明3D打印数字技术辅助改良交叉PVP治疗可有效降低骨水泥渗漏概率。

综上所述,3D打印数字技术辅助改良交叉PVP治疗SOVCF患者疗效尚可,可显著缩短手术以及穿刺定位时间、减少透视次数,患者疼痛明显减轻,使患者腰椎功能恢复良好,显著改善患者脊柱-骨盆矢状面平衡状态以及生存质量,有效降低骨水泥渗漏概率。

参 考 文 献

- Weber A, Huysmans SMD, van Kuijk SMJ, et al. Effectiveness and cost-effectiveness of dynamic bracing versus standard care alone in patients suffering from osteoporotic vertebral compression fractures: protocol for a multicentre, two-armed, parallel-group randomised controlled trial with 12 months of follow-up [J]. *BMJ Open*, 2022, 12(5): e054315.
- Yonezawa Y, Yonezawa N, Kanazawa Y, et al. Revision balloon kyphoplasty and vertebra-pediculoplasty using cannulated screws for osteoporotic vertebral fractures with cement dislodgement following conventional balloon kyphoplasty [J]. *J Neurointerv Surg*, 2022, 14(8): 844-846.
- 李耀, 吴爱桐, 林焱, 等. 骨质疏松性胸腰椎压缩骨折椎体成形术后残余背痛影响因素的研究进展 [J]. *中华创伤杂志*, 2021, 37(10): 955-960.
- Zhai GW, Li A, Liu BF, et al. A meta-analysis of the secondary fractures for osteoporotic vertebral compression fractures after percutaneous vertebroplasty [J]. *Medicine (Madr)*, 2021, 100(16): e25396.
- Lou S, Shi X, Zhang X, et al. Percutaneous vertebroplasty versus non-operative treatment for osteoporotic vertebral compression fractures: a meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Osteoporos Int*, 2019, 30(12): 2369-2380.
- 郑博隆, 郝定均, 林斌, 等. 天玑"骨科手术机器人辅助与徒手穿刺椎体成形术治疗上胸椎骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效比较 [J]. *中华创伤骨科杂志*, 2021, 23(1): 20-26.
- 刘小雷, 张锦飙, 孙中仪, 等. 骨水泥分布对老年人骨质疏松性椎体压缩骨折经皮椎体成形术疗效的影响 [J]. *中华解剖与临床杂志*, 2023, 28(5): 301-307.
- 张翼, 寇红伟, 尚国伟, 等. 骨质疏松性椎体压缩骨折行经皮椎体成形术后骨水泥渗漏危险因素分析 [J]. *中华创伤杂志*, 2022, 38(5): 396-400.
- Barabás JI, Ghimesy ÁK, Rényi-Vámos F, et al. [Innovation in medicine: opportunities of 3D modeling and printing for perioperative care of cardio and thoracic surgical patients. Experiences in Hungary] [J]. *Orv Hetil*, 2019, 160(50): 1967-1975.
- 卞琳杰, 陈义钢, 巫丹萍, 等. 3D打印技术在腹腔镜右半结肠癌根治术前评估中的应用价值 [J]. *中华消化外科杂志*, 2020, 19(7): 785-791.
- 张志强, 孙立民, 张凯, 等. 3D数字打印技术在胸椎重度骨质疏松骨折中的临床分析研究 [J]. *中华全科医学*, 2020, 18(4): 529-532, 546.
- 常丽鹏, 申军, 赵敏, 等. 3D打印数字技术辅助经皮穿刺椎体成形术治疗重度骨质疏松性椎体压缩骨折的临床效果 [J]. *安徽医学*, 2019, 40(12): 1327-1331.
- 赵铁夫, 王盛宇, 张春晓, 等. 运动干预对非体外冠状动脉旁路移植术后中年患者健康相关生存质量的影响研究 [J]. *中国全科医学*, 2021, 24(14): 1752-1757.
- Breuil V. Making sure the first osteoporotic fracture is also the last [J]. *J Bone Spine*, 2020, 87(1): 9-11.
- Abtahi S, Burden AM, Geusens P, et al. The association of oral bisphosphonate use with mortality risk following a major osteoporotic fracture in the United Kingdom: Population-based cohort study [J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2020, 21(6): 811-816.
- 蒋建美, 包英华, 章柯杰, 等. 改良Wiltse入路椎弓根钉内固定联合经椎弓根植骨对老年骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效观察 [J]. *中华内分泌外科杂志*, 2021, 15(5): 526-530.
- 范东伟, 陈仲强. 骨质疏松症与痴呆关系的研究进展 [J]. *中国现代医学杂志*, 2021, 31(20): 1-5.
- 潘洪, 陈宏, 林宗阳, 等. 骨质疏松性椎体骨折术后血钙、骨代谢状态变化及再骨折风险分析 [J]. *中华内分泌外科杂志*, 2022, 16(1): 108-112.
- Svensson J, Ohlsson C, Karlsson MK, et al. Subclinical hyperthyroidism is associated with increased risk of vertebral fractures in older men [J]. *Osteoporos Int*, 2021, 32(11): 2257-2265.
- Lee BG, Choi JH, Kim DY, et al. Risk factors for newly developed osteoporotic vertebral compression fractures following treatment for osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *Spine J*, 2019, 19(2): 301-305.
- Yang EZ, Xu JG, Huang GZ, et al. Percutaneous vertebroplasty versus conservative treatment in aged patients with acute osteoporotic vertebral compression fractures: a prospective randomized controlled clinical study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41(8): 653-660.

(收稿日期:2023-01-27)

(本文编辑:吕红芝)

金浪, 石洁, 黄正, 等. 3D打印数字技术辅助改良交叉PVP对重度骨质疏松性椎体压缩骨折脊柱-骨盆矢状面平衡状态影响 [J/CD]. *中华老年骨科与康复电子杂志*, 2023, 9(5): 263-268.