

前路人工椎体重建技术在骨水泥强化手术失败翻修病例中的应用

周一峰¹, 赵兴²

(1. 浙江大学医学院, 浙江 杭州 310000; 2. 浙江大学医学院附属邵逸夫医院骨科, 浙江 杭州 310016)

【摘要】 目的: 探讨前路伤椎次全切除、骨水泥清除、人工椎体植入、前路或后路内固定在骨质疏松骨折经骨水泥强化治疗失败后需要翻修的病例中的应用及体会。方法: 从 2020 年 1 月至 2021 年 12 月, 应用前路手术翻修治疗 10 例骨水泥强化治疗失败的患者, 其中男 2 例, 女 8 例; 年龄 55~83 岁。翻修原因: 术后感染 2 例, 术后神经症状 3 例, 术后椎体塌陷导致后凸畸形 5 例。其中 L₁ 2 例, L₂ 4 例, L₃ 3 例, L₄ 1 例。初次经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP) 2 例, 经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP) 8 例。二次手术距离初次手术的时间为 1~13 个月。所有患者伴有不同程度的腰背部疼痛。翻修术前均行 X 线、CT 和 MRI 检查。记录手术时间、术中出血、手术并发症、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)和疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)。结果: 10 例均成功施行手术, 9 例行前路重建+后路经多裂肌最长肌间隙内固定术; 1 例患者行前路重建+前路钢板内固定术。前路手术时间 90~190 min, 前路术中出血 130~480 ml。所有患者未出现神经损伤、脑脊液漏、大血管损伤、腹腔脏器损伤、切口感染出血等术中及术后并发症。10 例获得随访, 时间 3~20 个月。随访期间, 所有患者未出现人工椎体移位、切割、松动等并发症。VAS 术前 4~8 分, 末次随访 2~3 分; ODI 评分术前 17%~37%, 末次随访 2%~16%。5 例后凸畸形翻修角度明显纠正。与手术前比较, VAS 和 ODI 改善。结论: 前路椎体次全切除、人工椎体植入, 不仅可清除骨水泥, 实现有效清创和直接减压; 而且重建前中柱支撑, 恢复椎体高度和局部曲度, 结合椎弓根螺钉内固定, 完成了手术节段的稳定性, 因此对于骨水泥强化术失败需要翻修的患者, 前路手术是一个理想的治疗选择。

【关键词】 前路重建; 人工椎体; 骨质疏松性骨折; 骨水泥强化; 翻修

中图分类号: R681.5

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.20230371

Anterior approach for the revision surgery following bone cement augmentation in osteoporotic vertebral compression fractures

ZHOU Yi-feng¹, ZHAO Xing² (1. Medical College of Zhejiang University, Hangzhou 310000, Zhejiang, China; 2. Department of Orthopaedics, Sir Run Run Shaw Hospital, Hangzhou 310016, Zhejiang, China)

ABSTRACT **Objective** To observe the clinical outcomes of anterior approach for the revision surgery following unsuccessful bone cement augmentation in osteoporotic vertebral compression fractures. **Methods** A total of 10 patients who experienced unsuccessful bone cement augmentation underwent anterior revision surgery between January 2020 and December 2021. There were 2 males and 8 females. The age ranged from 55 to 83 years old. The reasons for revision surgery were postoperative infection in 2 cases, postoperative neurological symptoms in 3 cases, and kyphosis resulting from postoperative vertebral collapse in 5 cases. The involved segments included 2 cases of L₁, 4 cases of L₂, 3 cases of L₃, and 1 case of L₄. Among them, 2 patients underwent primary percutaneous vertebroplasty (PVP), while eight patients underwent primary percutaneous kyphoplasty (PKP). The time interval between the first and second surgeries ranged from 1 to 13 months. All patients presented with varying degrees of lumbar pain. X-ray, CT, and MRI scans were conducted prior to the revision procedure. Surgical duration, intraoperative blood loss, and any complications were documented. **Results** The surgical procedures were successful in all 10 patients, with 9 cases undergoing anterior reconstruction and posterior internal fixation through the interspace of the multifidus longissimus muscle. One patient underwent anterior reconstruction and anterior plate internal fixation. The duration of the anterior approach surgery ranged from 90 to 190 minutes, with a blood loss volume ranging from 130 to 480 ml. None of the patients experienced any intraoperative or postoperative complications such as nerve injury, cerebrospinal fluid leakage, major vessel damage, abdominal organ injury, incision infection, or bleeding. The follow-up period for 10 patients ranged from 3 to 20 months. Throughout the follow-up, none of the patients experienced complications such as displacement, cutting, or loosening of

通信作者: 赵兴 E-mail: zhaox@zju.edu.cn

Corresponding author: ZHAO Xing E-mail: zhaox@zju.edu.cn

the artificial vertebral body. Prior to the operation, the visual analogue scale (VAS) ranged from 4 to 8 points, the final follow-up assessment ranged from 2 to 3 points. The Oswestry disability index (ODI) score a preoperative ranged from 17% to 37%, the latest follow-up evaluation ranged from 2% to 16%. Notably, significant correction in kyphosis angle was observed in 5 cases. Furthermore, there was notable improvement in VAS and ODI compared to preoperative values. **Conclusion** Anterior corpectomy and artificial vertebral body implantation not only facilitate the removal of bone cement but also enable effective debridement and direct decompression. Moreover, by reconstructing anterior and middle column support, restoring vertebral height and local curvature, in combination with pedicle screw internal fixation, surgical segment stability can be achieved. Therefore, for patients requiring revision following failed bone cement augmentation, anterior surgery represents an ideal treatment option.

KEYWORDS Anterior approach reconstruction; Artificial vertebral body; Osteoporotic vertebral compression fractures; Bone cement augmentation; Revision surgery

目前,经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)和经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)已经成为治疗骨质疏松性骨折、椎体转移性肿瘤、骨髓瘤、淋巴瘤等常用的微创治疗方法^[1-3]。它通过向椎体内注射骨水泥,实现稳定骨折、恢复椎体机械强度的目的;同时,利用骨水泥的机械、化学、毒性和热作用等破坏椎体的神经末梢,实现抗炎止痛的目的^[1,4-5]。据报道,在骨质疏松性骨折中,PVP的疼痛缓解率高达70%~100%,已成为1个最有效的脊柱外科手术之一^[1,4,6]。随着PVP和PKP的广泛应用,骨水泥渗漏、神经损伤、肺栓塞、感染、血管损伤、伤椎进行性后凸畸形、肋骨骨折等手术并发症逐渐引起关注^[7]。文献报道,PVP和PKP的并发症发生率为1.3%^[8]。对于轻微并发症,如肋骨骨折、骨水泥少量渗漏等,通过对症治疗症状往往可获得缓解。然而,对于严重的并发症,则可能需要翻修手术进行治疗。常见的翻修手术原因,包括手术区域感染、迟发性神经损伤、伤椎后凸畸形、伤椎再次骨折等^[9]。根据PVP和PKP手术失败的原因不同,翻修策略也相应不同,包括清除炎性组织和骨水泥块、重建椎体稳定性、恢复椎体高度和曲度等。入路可选择前路、后路和前后路联合手术等。自2020年1月至2021年12月,应用前路伤椎次全切除减压、骨水泥清除、人工椎体重建、前路或后路内固定治疗10例外院PKP或PVP手术失败的患者,取得了良好的手术效果。

1 临床资料

1.1 纳入及排除标准

纳入标准:(1)初次手术术前诊断为骨质疏松性椎体骨折。(2)行椎体强化手术失败经保守治疗无效。(3)应用前路人工椎体植入手术行翻修治疗。排除标准:伴有重要器官严重疾病;临床资料不完整;无法配合随访。

1.2 临床资料

本组10例,男2例,女8例;年龄55~83岁。翻修原因:术后感染2例,术后神经症状3例,术后椎体塌陷导致后凸畸形5例。其中L₁2例,L₂4例,L₃

3例,L₄1例。初次手术PVP术2例,PKP术8例。二次手术距离初次手术的时间为1~13个月。见表1。所有患者伴有不同程度的腰背部疼痛。翻修术前均行X线、CT和MRI检查。本研究通过邵逸夫医院伦理委员会审批(批号:邵逸夫医院伦审2023研第0445号)。

表1 骨水泥强化手术失败10例患者临床资料

Tab.1 Clinical data of 10 patients with failure of bone cement augmentation surgery

患者序号	性别	年龄/岁	翻修原因	伤椎	初次术式	二次距初次手术时间/月
1	女	55	神经症状	L ₂	PVP	2
2	女	70	后凸畸形	L ₄	PKP	5
3	女	77	后凸畸形	L ₂	PKP	9
4	女	83	神经症状	L ₃	PKP	4
5	女	74	后凸畸形	L ₂	PKP	5
6	女	75	后凸畸形	L ₁	PKP	13
7	男	76	感染	L ₁	PKP	3
8	男	65	感染	L ₃	PKP	3
9	女	68	后凸畸形	L ₂	PKP	4
10	女	66	神经症状	L ₃	PVP	1

注:PVP,经皮椎体成形术;PKP,经皮椎体后凸成形术

2 治疗方法

翻修方案:术后感染的患者,前路彻底清除骨水泥和炎性肉芽组织、伤椎次全切除、人工椎体植入、后路椎弓根螺钉内固定;术后神经症状的患者,前路彻底减压、伤椎次全切除、人工椎体植入、前路或后路椎弓根螺钉内固定。

2.1 手术方法

以L₂椎体PKP术后感染翻修手术为例^[10-11]。全身静脉麻醉后,取标准右侧卧位,左侧入路。适当折床,扩大髂脊和肋弓的距离。X线透视,确定伤椎中心的体表位置,沿肋弓方向,从腋后线向腋前线延伸,做1个长约15cm切口,跨越伤椎中心体表位置,切口通常位于第11、12肋骨之间。12肋骨较长

的患者,切除部分肋骨。向腹侧推开腹膜外脂肪后,暴露 L₁ 椎体中上部分、完整的 L₂ 椎体和 L₃ 椎体中下部分。安装圆盘拉钩,4 个拉钩支点分别位于 L₁ 和 L₃ 椎体的前后缘。对于前路内固定的患者,圆盘拉钩放置时充分预留前路内固定放置所需的空间。前后游离 L₂ 节段动脉后切断,近心端予以双重缝扎,远心端予以结扎或电凝止血。直视下全切除病椎、彻底清除椎体内部的骨水泥组织和周围的炎性肉芽组织,切除上下相邻椎间盘及软骨终板,适当撑开后取长短合适充填自体髂骨的人工椎体植入。放置 1 个 200 ml 引流管,关闭切口。改俯卧位,经多裂肌和最

长肌间隙行 T₁₂、L₁、L₃ 和 L₄ 椎弓根螺钉内固定。记录手术时间、术中出血、术中并发症等。取所有患者的伤椎及周围软组织行常规病理检查和细菌培养+药敏试验。典型病例图片见图 1。

2.2 术后处理和随访

术后 48 h 拔除前路引流管。所有患者术后 3 d 及术后 3、6、12 个月门诊随访,以病变节段为中心摄 X 线或薄层 CT 扫描。应用视觉模拟评分法 (visual analogue scale, VAS)^[12] 和 Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI)^[13] 对术前、术后 3 个月和末次随访进行疼痛和功能评分;通过随访 X 线



图 1 患者,女,55 岁,L₂ 椎体成形术后 2 个月,双下肢痛 1 月余 1a,1b,1c. 术前正侧位 X 线和 CT 矢状位重建,提示 L₂ 椎体成形术后,图中可见骨水泥渗漏进入椎管 1d,1e,1f. 术前增强 MR,见 L₂ 椎体异常信号,明显强化,提示炎症 1g,1h,1i. 前路 L₂ 椎体次全切除、人工椎体重建术后正侧位 X 线和 CT 矢状位重建:L₂ 椎体骨水泥彻底清除,人工椎体位置理想。术后病理提示:G+杆菌感染 1j,1k. 术后 6 个月正侧位 X 线片示人工椎体位置理想

Fig.1 A 55-year-old female patient, presented with bilateral lower limb pain persisting for over 1 month following L₂ vertebroplasty 1a,1b,1c. Preoperative AP and lateral X-ray films, as well as sagittal CT reconstruction, indicate evidence of bone cement leakage into the spinal canal after L₂ vertebroplasty 1d,1e,1f. Preoperative contrast-enhanced MR revealed a conspicuously enhanced abnormal signal in the L₂ vertebral body, indicative of inflammation 1g,1h,1i. AP and lateral X-ray films and CT sagittal reconstruction following anterior subtotal resection of the L₂ vertebral body and artificial vertebral body reconstruction, revealed complete removal of bone cement from the L₂ vertebral body and ideal positioning of the artificial vertebral body. Postoperative pathology indicated a G+ bacilli infection 1j,1k. The AP and lateral X-ray films at 6 months post-operation demonstrated an optimal positioning of the artificial vertebral body

或 CT 矢状位重建图像观察植骨愈合情况。对于感染翻修的患者,根据培养结果选择敏感抗生素治疗,并通过血常规、红细胞沉降率、C 反应蛋白等监测炎症控制情况。

3 结果

10 例均顺利完成翻修手术。9 例行前路重建+后路经多裂肌最长肌间隙内固定术;1 例行前路重建+前路钢板内固定术。10 例前路手术的时间为 90~190 min,术中出血 130~480 ml。1 例 83 岁的患者术后输血 4 单位红细胞,其余患者术中、术后均未输血。所有患者未出现神经损伤、脑脊液漏、大血管损伤、腹腔脏器损伤、切口感染出血等术中及术后并发症。

10 例患者获得随访,随访时间 3~20 个月。随访期间,所有患者未出现人工椎体移位、切割、松动等并发症。VAS 术前 4~8 分,术后 3 个月 2~3 分,末次随访 2~3 分;ODI 评分术前 17%~37%,术后 3 个月 3%~20%,末次随访 2%~16%。5 例后凸畸形翻修患者术前后凸角度分别为-21.2°、-13.4°、-15.6°、-9.6°和-13.7°;末次随访 9.3°、8.7°、10.3°、8.4°、9.7°,5 例均得到明显改善。见表 2。

表 2 骨水泥强化手术失败 10 例患者手术前后 VAS 和 ODI 结果

Tab.2 Results of VAS and ODI of 10 patients with failure of bone cement augmentation surgery

患者 序号	VAS/分			ODI/%		
	术前	术后 3 个月	末次随访	术前	术后 3 个月	末次随访
1	4	2	2	26	9	8
2	7	3	3	32	4	4
3	5	2	2	17	3	2
4	6	2	2	41	20	16
5	6	3	2	35	7	9
6	7	2	2	34	9	9
7	7	3	3	22	3	6
8	8	3	3	37	15	13
9	6	3	2	35	16	14
10	6	3	2	28	6	9

4 讨论

4.1 椎体强化术后并发症

PKP 和 PVP 已广泛应用于骨质疏松性骨折、血管瘤、转移性肿瘤、骨髓瘤等,并取得良好的手术效果,尤其是术后即刻止痛效果,得到大量文献的支持^[1,4-5]。本组 10 例患者,在外院初次 PKP 和 PVP 手术的术前诊断均为骨质疏松性骨折^[14],患者对术后的即刻手术效果均表示满意。随着 PKP 和 PVP 的广

泛影响,手术相关的并发症亦被逐渐报道,包括骨水泥渗漏、神经损伤、肺栓塞、感染、血管损伤、伤椎进行性后凸畸形、肋骨骨折等^[15-18]。其中,骨水泥渗漏被认为是最常见的手术并发症和技术缺点^[4,19-20]。在一项 2 872 例患者的综合性研究中,PVP 及 PKP 术后骨水泥渗漏概率分别为 54.7%及 18.4%^[21]。虽然大部分患者能够很好耐受骨水泥渗漏而不致发生临床症状,但是,骨水泥渗漏的确是临床手术并发症的主要原因,并可能需要手术进行减压^[22-23]。美国食品和药物管理局 (Food and Drug Administration, FDA) 在评估 PVP 骨水泥渗漏时,特别关注了骨水泥渗漏对周围软组织和神经的损伤^[24]。据报道,在骨水泥渗漏的病例中,有 2%~8%发生了椎间孔神经根压迫,而约有 0.3%的患者发生了瘫痪^[24]。本组 10 例翻修患者中,术前 CT 证实 5 例存在不同程度的骨水泥渗漏,其中渗漏至椎间盘 2 例,至椎管 3 例。其中 2 例椎管渗漏的患者,骨水泥与后凸的骨折块一并压迫硬脊膜,导致相应神经症状。

PKP 和 PVP 术后感染是少见的并发症。YU 等^[25]回顾了 200 例 PVP 的患者,1 例发生感染;而 SHIN 等^[26]报道骨水泥强化后感染的发生率为 1.9%。高龄、全身情况不佳、免疫抑制以及伴发躯体疾病是术后感染的危险因素。本组 2 例患者,其中 1 例长期口服激素;另 1 例伴有糖尿病等基础疾病。但是由于骨水泥作为异物,一旦感染,通过抗生素保守治疗效果往往不佳。本组 2 例因感染翻修的患者,术前均长期使用广谱抗生素对症治疗效果不佳。PKP 和 PVP 远期神经并发症往往由于骨水泥向椎管移位、骨折块后凸、继发感染、进行性后凸畸形等引起。HA 等^[9]认为,进行性后凸畸形伴随的相应节段椎管狭窄可能是术后迟发神经症状的原因。本组 3 例因神经症状翻修的患者,其中 2 例因骨水泥渗漏和骨折块后凸共同压迫硬脊膜;1 例因进行性后凸畸形,导致骨折块后移压迫硬脊膜。骨水泥强化后椎体塌陷并继发后凸畸形已被大量报道。MA 等^[27]回顾文献后发现,骨折位于胸腰段、术前存在裂隙症和骨水泥弥散不佳是椎体塌陷的 3 个危险因素。其他的危险因素还包括高龄、女性、严重的后凸畸形等。本组 5 例椎体塌陷的患者,均为女性;2 例术前存在裂隙症;1 例术前存在明显后凸畸形;3 例患者骨水泥弥散不佳;4 例位于 L₁ 和 L₂。

4.2 前路手术在椎体强化术后翻修中的应用和技术要点

进行性后凸畸形、不能控制的感染、存在明显神经症状是 PKP 和 PVP 术后常见的 3 个翻修原因。翻修手术入路包括前路、后路和前后路。前路手术具有

直视下完成减压、结构性植骨和联合应用内固定,重建脊柱前中柱生物力学稳定性以及融合率高等优点,已成为脊柱骨折、创伤性后凸畸形、结核、肿瘤等疾病的常用手术方法^[28-30]。骨水泥强化术后,无论何种原因需要翻修,充填在椎体内部的骨水泥均需要进行不同程度的处理。而前路手术可以直接显露椎体,直视下去除骨水泥,因此较后路手术优势更加明显。针对不同的病因,笔者的处理原则是:对于因感染翻修的患者,骨水泥作为异物,需要彻底清除。存在神经压迫的患者,需要去除致压的骨水泥。因为椎体塌陷导致后凸畸形的患者,在保证人工椎体植入和曲度恢复不受影响的前提下,并不刻意追求完全清除骨水泥。10 例接受翻修的患者,均获得了满意的治疗效果。

与其他胸腰椎前路手术比较,骨水泥强化术后的翻修手术有其特殊性。首先,病例往往为老年患者,骨质疏松虽然为椎体次全切除提供了便利,但是椎体更容易出血;处理上下椎间隙时容易损伤终板。为避免手术时出现终板损伤,继发人工椎体塌陷,笔者选择先切除上下相邻椎间盘,但保留上位椎体下和下位椎体上软骨终板,在完成椎体切除,骨水泥清除,椎管减压后,在视野良好的前提下,平行于椎间隙小心去除软骨终板,保留完整的骨性终板。术前测量上下椎体的高度,预估人工椎体需要撑开的高度,避免过度撑开导致骨性终板。本组 10 例,术中和术后随访,均未出现植入物塌陷。而且由于骨质疏松导致骨性终板支撑不足,单纯前路人工椎体植入往往稳定性不佳,需要辅助内固定。前路钢板固定于疏松的椎体上,稳定性不及后路椎弓根螺钉,因此本组 10 例,除 1 例选择了前路钢板,其余 9 例均选择了 3 组或 4 组椎弓根螺钉固定。其次,对于椎体塌陷后凸畸形的患者,次全切除椎体植入人工椎体后,由于骨性终板支撑不足,通过撑开器实现后凸矫形可能导致撑开叶片陷入椎体。而人工椎体与终板接触面积更大,通过旋转撑开,可获得更好的后凸矫正和生理曲度恢复。再次,骨水泥弥散在椎体内部,彻底清除骨水泥较为困难,增加手术风险。因此,对于非感染原因翻修的患者,并不刻意要求去除所有骨水泥。对于骨水泥渗入椎管的患者,由于存在后纵韧带和硬膜外膜的解剖结构遮挡,骨水泥往往并未与硬脊膜直接接触。笔者用神经剥离器或长柄刮匙小心将骨水泥与后方软组织分离后,再清除椎管内骨水泥。本组患者均未出现硬脊膜破损。

前路椎体次全切除、人工椎体植入,不仅可以清除骨水泥,实现有效清创,而且重建了前中柱支撑,恢复了椎体高度和局部曲度,实现了直接减压,结合

椎弓根螺钉内固定,完成了手术节段的稳定性,因此对于骨水泥强化术后需要翻修的患者,前路手术是一个理想的治疗选择。

利益冲突:不存在利益冲突。

参考文献

- [1] PHILLIPS F M. Minimally invasive treatments of osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Spine, 2003, 28(15 Suppl):S45-S53.
- [2] AFZAL S, DHAR S, VASAVADA N B, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic fractures[J]. Pain Physician, 2007, 10(4): 559-563.
- [3] 李锋涛, 贺西京. 经皮椎体成形术临床治疗的优势以及有待研究的问题[J]. 中国骨伤, 2020, 33(9): 793-796.
LI F T, HE X J. Advantages of clinical treatment of percutaneous vertebroplasty and problems to be studied[J]. China J Orthop Traumatol, 2020, 33(9): 793-796. Chinese.
- [4] BUCHBINDER R, JOHNSTON R V, RISCHIN K J, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2018, 4(4): CD006349.
- [5] GARFIN S R, YUAN H A, REILEY M A. New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures[J]. Spine, 2001, 26(14): 1511-1515.
- [6] TOGAWA D, KOVACIC J J, BAUER T W, et al. Radiographic and histologic findings of vertebral augmentation using polymethylmethacrylate in the primate spine: percutaneous vertebroplasty versus kyphoplasty[J]. Spine, 2006, 31(1): E4-E10.
- [7] SALIOU G, KOICHEIDA E L M, LEHMANN P, et al. Percutaneous vertebroplasty for pain management in malignant fractures of the spine with epidural involvement[J]. Radiology, 2010, 254(3): 882-890.
- [8] CHIRAS J, DEPRIESTER C, WEILL A, et al. Percutaneous vertebral surgery. Techniques and indications[J]. J De Neuroradiol, 1997, 24(1): 45-59.
- [9] HA K Y, KIM Y H, CHANG D G, et al. Causes of late revision surgery after bone cement augmentation in osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Asian Spine J, 2013, 7(4): 294-300.
- [10] 赵兴, 朱刃, 徐文斌, 等. I 期后前路内固定治疗严重胸腰椎骨折的疗效[J]. 中华创伤杂志, 2017, 33(3): 208-212.
ZHAO X, ZHU R, XU W B, et al. Efficacy of one-stage posterior-anterior approach for treatment of severe thoracolumbar fractures[J]. Chin J Trauma, 2017, 33(3): 208-212. Chinese.
- [11] 祁海鸥, 沈潘洋, 胡子昂, 等. 胸腰椎骨折后路手术失败后前路人工椎体重建内固定的临床效果[J]. 中华创伤杂志, 2019(4): 308-313.
QI H O, SHEN P Y, HU Z A, et al. Clinical efficacy of anterior artificial vertebral body reconstruction and internal fixation after failed posterior thoracolumbar fracture surgery[J]. Chin J Trauma, 2019(4): 308-313. Chinese.
- [12] 孙秀民, 徐宏光, 肖良, 等. 斜外侧腰椎椎间融合术后脊柱-骨盆矢状位参数变化与临床疗效的相关性研究[J]. 中国骨伤, 2020, 33(7): 609-614.
SUN X M, XU H G, XIAO L, et al. Relationship between alterations of spine-pelvic sagittal parameters and clinical outcomes after oblique lumbar interbody fusion[J]. China J Orthop Trau-

- matol, 2020, 33(7):609-614. Chinese.
- [13] FAIRBANK J C, PYNSENT P B. The Oswestry disability index[J]. Spine, 2000, 25(22):2940-2952; discussion 2952.
- [14] SIRIS E S, ADLER R, BILEZIKIAN J, et al. The clinical diagnosis of osteoporosis: a position statement from the National Bone Health Alliance Working Group[J]. Osteoporos Int, 2014, 25(5):1439-1443.
- [15] 王刚祥, 潘科良, 陈其昕. 骨质疏松性骨折椎体成形术后迟发性神经损伤 1 例报告[J]. 中国骨伤, 2022, 35(5):491-494. WANG G X, PAN K L, CHEN Q X. Delayed nerve injury after vertebroplasty for osteoporotic fractures: a case report[J]. China J Orthop Traumatol, 2022, 35(5):491-494. Chinese.
- [16] BAEK I H, PARK H Y, KIM K W, et al. Paraplegia due to intradural cement leakage after vertebroplasty: a case report and literature review[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2021, 22(1):741.
- [17] ABDELRAHMAN H, SIAM A E, SHAWKY A, et al. Infection after vertebroplasty or kyphoplasty. A series of nine cases and review of literature[J]. Spine J, 2013, 13(12):1809-1817.
- [18] HUANG C N. Life-threatening intracardiac cement embolisms after percutaneous kyphoplasty: a case report and literature review[J]. J Int Med Res, 2022, 50(5):3000605221102088.
- [19] SARZIER J S, EVANS A J. Intrathecal injection of contrast medium to prevent polymethylmethacrylate leakage during percutaneous vertebroplasty[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2003, 24(5):1001-1002.
- [20] BECKER S, MEISSNER J, TUSCHEL A, et al. Cement leakage into the posterior spinal canal during balloon kyphoplasty: a case report[J]. J Orthop Surg, 2007, 15(2):222-225.
- [21] ZHAN Y, JIANG J Z, LIAO H F, et al. Risk factors for cement leakage after vertebroplasty or kyphoplasty: a meta-analysis of published evidence[J]. World Neurosurg, 2017, 101:633-642.
- [22] GAUGHEN J R Jr, JENSEN M E, SCHWEICKERT P A, et al. Relevance of antecedent venography in percutaneous vertebroplasty for the treatment of osteoporotic compression fractures[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2002, 23(4):594-600.
- [23] BENNEKER L M, HEINI P F, SUHM N, et al. The effect of pulsed jet lavage in vertebroplasty on injection forces of polymethylmethacrylate bone cement, material distribution, and potential fat embolism: a cadaver study[J]. Spine, 2008, 33(23):E906-E910.
- [24] LAREDO J D, HAMZE B. Complications of percutaneous vertebroplasty and their prevention[J]. Skeletal Radiol, 2004, 33(9):493-505.
- [25] YU S W, CHEN W J, LIN W C, et al. Serious pyogenic spondylitis following vertebroplasty: a case report[J]. Spine, 2004, 29(10):E209-E211.
- [26] SHIN D A, KIM K N, SHIN H C, et al. Progressive collapse of PMMA-augmented vertebra: a report of three cases[J]. Zentralbl Neurochir, 2008, 69(1):43-46.
- [27] MA Y H, TIAN Z S, LIU H C, et al. Predictive risk factors for recollapse of cemented vertebrae after percutaneous vertebroplasty: a meta-analysis[J]. World J Clin Cases, 2021, 9(12):2778-2790.
- [28] 范顺武, 方向前, 赵兴. 胸腰椎骨折前路手术技术改良[J]. 中华骨科杂志, 2008, 28(5):433-437. FAN S W, FANG X Q, ZHAO X. Improvement of anterior surgical technique for thoracolumbar fractures[J]. Chin J Orthop, 2008, 28(5):433-437. Chinese.
- [29] BUCHOWSKI J M, KUHNS C A, BRIDWELL K H, et al. Surgical management of posttraumatic thoracolumbar kyphosis[J]. Spine J, 2008, 8(4):666-677.
- [30] KIRKPATRICK J S. Thoracolumbar fracture management: anterior approach[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2003, 11(5):355-363.

(收稿日期:2023-07-18 本文编辑:朱嘉)