

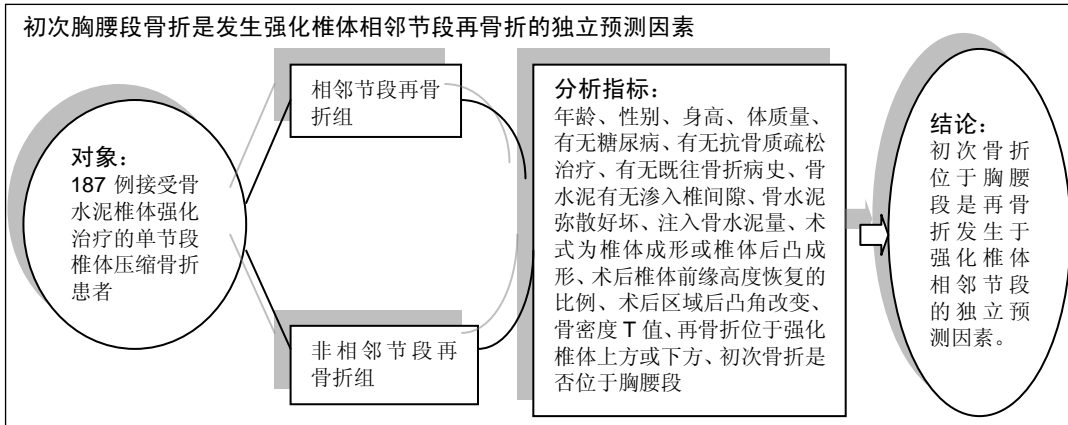
# 骨水泥灌注椎体强化后相邻节段再发骨折的预测因素

黄天霖, 张施洋, 鲁超(重庆医科大学附属第一医院骨科, 重庆市 400016)

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.0350

ORCID: 0000-0002-7638-8553(黄天霖)

文章快速阅读:



黄天霖, 男, 1989年生, 四川省泸州市人, 汉族, 2016年北京大学毕业, 博士, 医师, 主要从事骨科的临床和基础研究。

通讯作者: 鲁超, 博士, 主治医师, 重庆医科大学附属第一医院骨科, 重庆市 400016

中图分类号:R318

文献标识码:A

稿件接受: 2018-06-12



## 文题释义:

**椎体强化:** 包括经皮椎体成形和经皮椎体后凸成形, 通过微创通道向骨折椎体内灌注骨水泥进行强化, 是治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的效果良好的微创手术方法。

**骨质疏松性椎体压缩骨折:** 是骨质疏松症的严重并发症, 常见于老年女性, 表现为轻微外伤或没有明显外伤即发生腰背部疼痛, 可通过 X 射线、CT、MRI、骨扫描等确诊。保守治疗方法包括卧床休息、支具固定、止痛药物、抗骨质疏松药物、物理康复、中医药治疗等。近年来, 椎体强化成为治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的效果良好的微创手术方法。

## 摘要

**背景:** 椎体强化是治疗骨质疏松性椎体压缩骨折应用普及的有效方法, 但有研究认为椎体强化会导致强化椎体相邻节段发生再骨折。

**目的:** 分析骨质疏松性骨折行椎体强化后, 再发相邻椎体骨折和非相邻椎体骨折的临床特点和预测因素。

**方法:** 回顾性分析 187 例接受骨水泥椎体强化治疗单节段椎体压缩骨折患者的临床资料, 记录患者的病历信息和手术相关数据, 使用卡方检验、独立样本 *t* 检验、Mann Whitney *U* 检验进行单因素分析, 将  $P < 0.2$  的变量纳入多因素 logistic 回归分析。

**结果与结论:** ①187 例患者中, 共 41 例患者发生其他节段的再次骨折, 再骨折发生率 21.9%; 41 例再骨折患者中, 相邻椎体再骨折 23 例, 占 56.1%; 非相邻椎体再骨折 18 例, 占 43.9%; ②初次骨折为胸腰段骨折是强化椎体相邻节段再骨折发生的独立预测因素( $P=0.017$ ); 年龄、性别、身高、体质量、有无糖尿病、有无抗骨质疏松治疗、有无既往骨折病史、有无骨水泥渗入椎间隙、骨水泥弥散好坏、注入骨水泥量、术式为椎体成形或椎体后凸成形、术后椎体前缘高度恢复的比例、术后区域后凸角改变、骨密度 *T* 值、再骨折位于强化椎体上方或下方, 这些因素均不能预测再骨折发生在强化椎体的相邻节段或非相邻节段。

## 关键词:

骨折, 压缩性; 脊柱骨折; 相邻椎体; 再骨折; 骨质疏松; 生物材料

## 主题词:

骨折, 压缩性; 骨质疏松性骨折; 椎体成形术; 组织工程

## Predictive factors of refractures located in adjacent vertebrae after bone cement augmentation

Huang Tian-ji, Zhang Shi-yang, Lu Chao (Department of Orthopedics, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

## Abstract

**BACKGROUND:** Percutaneous kyphoplasty (PKP) and percutaneous vertebroplasty (PVP) are effective treatments for osteoporotic vertebral compression fractures (OVCF), but studies have suggested that augmented vertebrae may lead to refracture located in adjacent vertebrae.

**OBJECTIVE:** To identify the characteristics and predictive factors of the adjacent and non-adjacent refractures after PKP and PVP.

**METHODS:** A retrospective analysis of 187 single-segment OVCF patients undergoing PKP or PVP was

Huang Tian-ji, M.D., Physician, Department of Orthopedics, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China

Corresponding author: Lu Chao, M.D., Attending physician, Department of Orthopedics, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China

conducted. Clinical, imaging and surgical data were recorded and analyzed by *chi-square*, *t* test and Mann Whitney *U* test. The variants with *P* value < 0.2 were used for multiple logistic regression analysis.

**RESULTS AND CONCLUSION:** (1) Among 187 cases, 41 patients suffered refractures, and the total refracture rate was 21.9%. Twenty-three patients (56.1%) had refractures in the adjacent vertebrae, and 18 patients (43.9%) had refractures in the non-adjacent vertebrae. (2) The first fracture in thoracolumbar segment was the independent predictive factor for adjacent refractures in augmented vertebrae ( $P=0.017$ ). Others (age, sex, height, body mass, presence or absence of diabetes mellitus, anti-osteoporosis treatment, history of fractures, cement leakage into interbody, cement diffusion, the bone cement volume injected, performed PKP or PVP, the percentage of anterior vertebral height restoration, the correction of the Cobb angle, bone mineral density, above or below of the refractured vertebrae compared to the augmented one) are not associated with the adjacent or non-adjacent refractures.

**Subject headings:** Fractures, Compression; Osteoporotic Fractures; Vertebroplasty; Tissue Engineering

## 0 引言 Introduction

骨质疏松性椎体压缩骨折是骨质疏松症的严重并发症,极大影响了患者生活质量,保守治疗包括卧床休息、支具固定、止痛药物、抗骨质疏松药物、物理康复、中医药治疗等方法<sup>[1-6]</sup>。随着脊柱微创外科技术的发展,椎体强化(包括经皮椎体成形和经皮椎体后凸成形)已成为治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的有效方法<sup>[7-8]</sup>。文献发现骨质疏松性椎体压缩骨折患者经过椎体强化治疗后,仍有发生非强化椎体再次骨折的现象<sup>[9-12]</sup>。许多作者对再骨折现象进行了研究,但对于再骨折的机制、危险因素、临床特点等尚有争议<sup>[13-15]</sup>。普遍认为,椎体强化术后发生再骨折是骨质疏松症自然病程和椎体强化术导致局部生物力学改变共同作用的结果,但究竟哪种原因起到更为重要的作用尚有争议。既往文献多通过比较再骨折病例和无再骨折病例来分析再骨折的危险因素,从而推测再骨折的发生机制,但是比较强化椎体相邻节段再骨折病例和非相邻节段再骨折病例的文献较少<sup>[16]</sup>。强化椎体相邻节段再骨折和非相邻节段再骨折的发生机制是否相同也尚无定论。研究通过比较椎体强化术后相邻椎体再骨折和非相邻椎体再骨折的病例,描述其临床特点,通过统计学分析椎体强化术后再骨折发生于相邻椎体的影响因素,从而进一步推测椎体强化术后再骨折的发生机制。

## 1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性病例对照分析。

1.2 时间及地点 试验于2009年3月至2016年5月在重庆医科大学附属第一医院骨科完成。

1.3 对象 纳入2009年3月至2016年5月诊断为单节段椎体压缩骨折,接受椎体成形或椎体后凸成形治疗,并获得完整随访的患者187例。

**纳入标准:** 诊断为单节段骨质疏松性椎体压缩骨折,并行椎体强化治疗者。除外脊柱爆裂骨折,病理性骨折,存在脊髓、马尾或神经根受损者,临床及影像学资料不完整者。除外既往因椎体压缩骨折曾行椎体成形者,但既往存在椎体压缩骨折行保守治疗者符合纳入标准。

1.4 方法 通过查阅病历资料及随访,记录患者的年龄、性别、身高、体质量、有无糖尿病、有无抗骨质疏松治疗、有无既往骨折病史、有无骨水泥渗入椎间隙、骨水泥弥散好坏、注入骨水泥量、术式为椎体成形或椎体后凸成形、

术后椎体前缘高度恢复的比例、术后区域后凸角改变、骨密度T值、再骨折时间与节段。存在既往骨折病史定义为首次压缩骨折行椎体强化术前,因高能量或低能量暴力、无明显外伤造成的脊柱或四肢非病理性骨折病史。骨水泥是否渗入椎间隙、骨水泥弥散好坏、椎体前缘高度恢复的比例、术后区域后凸角的改变均从术后正侧位X射线片上读片认定。

椎体前缘高度恢复比例的测量方法:在术前侧位X射线片上,测量骨折椎体前缘高度为a,其上下相邻椎体前缘高度分别为c和d;在术后侧位X射线片上,测量骨折椎体前缘高度为b,则椎体前缘高度纠正的百分比定义为 $(b-a)/[(c+d)/2] \times 100\%$ 。

术后区域后凸角改变定义为术前与术后骨折椎体相邻上、下椎体上、下缘为界的矢状位Cobb角度差值<sup>[17]</sup>。

再骨折定义为首次椎体强化术后疼痛明显减轻一段时间后再次腰背部疼痛加重,并经影像学对比证实有非强化椎体的新发骨折。

1.5 主要观察指标 患者的年龄、性别、身高、体质量、有无糖尿病、有无抗骨质疏松治疗、有无既往骨折病史、有无骨水泥渗入椎间隙、骨水泥弥散好坏、注入骨水泥量、术式为椎体成形或椎体后凸成形、术后椎体前缘高度恢复的比例、术后区域后凸角改变、骨密度T值、再骨折时间与节段。

1.6 统计学分析 将再骨折的患者分为相邻节段再骨折组和非相邻节段再骨折组。应用SPSS 21.0统计软件进行分析,将分类变量如性别、骨水泥是否渗入椎间隙、骨水泥弥散好坏、有无抗骨质疏松药物治疗、术式、有无糖尿病、有无既往骨折病史、再骨折位于强化椎体上方或下方、初次骨折是否位于胸腰段采用 $\chi^2$ 检验。将数值变量如年龄、身高、体质量、骨水泥量、术后椎体前缘高度恢复比例、术后区域后凸角改变、骨密度、再骨折距首次椎体强化术间隔时间先采用KS检验,符合正态分布者采用独立样本t检验,不符合正态分布者采用Mann Whitney U检验。将单因素分析中 $P < 0.2$ 者纳入多因素logistic回归分析,采用进入法,显著性水平设为0.05。

## 2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 187例患者均进入结果分析。

2.2 试验流程图 见图1。

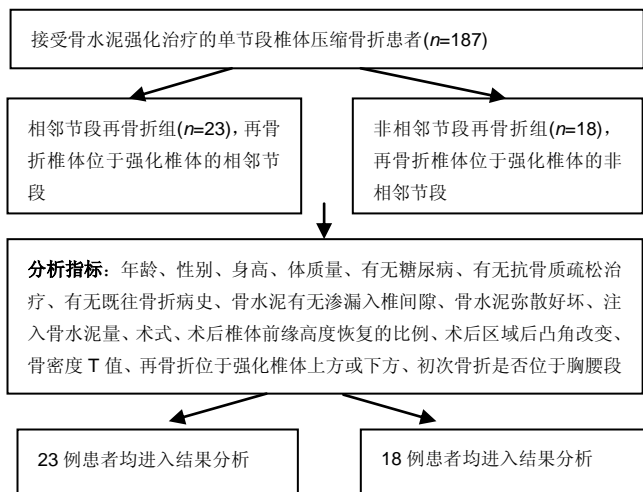


图1 试验流程图  
Figure 1 Trial flow chart

2.3 再骨折发生情况 187例患者中,共41例患者发生其他节段的再次骨折,再骨折发生率为21.9%(41/187),其中相邻椎体再骨折23例,占56.1%(23/41);非相邻椎体再骨折18例,占43.9%(18/41)。

41例再发骨折患者首次压缩骨折节段分布为:胸段(T<sub>10</sub>及以上)10例,占24.4%(10/41);胸腰段(T<sub>11</sub>至L<sub>2</sub>)22例,占53.7%(22/41);腰段(L<sub>3</sub>及以下)9例,占22.0%(9/41)。对于多次再骨折患者,仅统计首次再骨折的节段,以便进行统计学分析。

41例再骨折节段分布为:胸段(T<sub>10</sub>及以上)8例,占19.5%(8/41);胸腰段(T<sub>11</sub>-L<sub>2</sub>)25例,占61.0%(25/41);腰段(L<sub>3</sub>及以下)8例,占19.5%(8/41)。

再骨折距离首次椎体强化时间最短为7 d,最长为1 580 d;3个月内再骨折15例,占36.6%(15/41);1年内再骨折28例,占68.3%(28/41);再骨折椎体位于强化椎体上方19例,位于强化椎体下方22例。

2.4 统计学分析 使用卡方检验、独立样本t检验、Mann Whitney U 检验进行单因素分析,将P<0.2的变量,即骨水泥是否渗入椎间隙、初始骨折是否为胸腰段、骨水泥用量、术后椎体前缘高度恢复比例纳入多因素logistic回归分析,结果显示:初次骨折为胸腰段骨折是再骨折发生于强化椎体相邻节段的独立预测因素(P=0.017),年龄、性别、身高、体质量、有无糖尿病、有无抗骨质疏松治疗、有无既往骨折病史、有无骨水泥渗入椎间隙、骨水泥弥散好坏、注入骨水泥量、术式为椎体成形或椎体后凸成形、术后椎体前缘高度恢复的比例、术后区域后凸角改变、骨密度T值、再骨折位于强化椎体上方或下方均不能预测再骨折发生在强化椎体的相邻节段或非相邻节段,见表1-3。

### 3 讨论 Discussion

椎体压缩骨折是老年人群中常见的骨质疏松性骨折。很多作者报道了椎体强化术后非强化椎体发生再骨折,并

深入探讨了其危险因素和发生机制。文献认为,椎体强化术后发生再骨折是骨质疏松症的自然病程和椎体强化术导致局部生物力学改变共同作用的结果,但究竟哪种原因起到更为重要的作用尚有争议。既往文献多通过比较再骨折病例和无再骨折病例来分析再骨折的危险因素,从而推测再骨折的发生机制。比较强化椎体相邻节段再骨折病例和非相邻节段再骨折病例的文献较少<sup>[16, 18-19]</sup>。研究通过分析再骨折出现于强化椎体相邻节段或非相邻节段的预测因素,进一步探讨再骨折的发生机制。

研究结果显示,相邻椎体再骨折占总的再骨折比例高于非相邻椎体再骨折,这与多数作者报道结果一致<sup>[16, 18]</sup>。研究数据显示,相邻椎体和非相邻椎体再骨折距离首次椎体强化术的间隔时间上无显著差异,这与Lin等<sup>[16, 20]</sup>的报道一致,但也有文献认为相邻椎体再骨折发生时间早于非相邻椎体再骨折<sup>[21]</sup>。

很多作者对椎体强化术后发生再骨折的危险因素进行了研究,但分析椎体强化术后相邻节段和非相邻节段再骨折危险因素的研究较少<sup>[22-29]</sup>。Li等<sup>[18]</sup>通过比较相邻椎体再骨折和非相邻椎体再骨折病例发现,骨水泥注入量多和椎体高度恢复比例更大者再骨折更易发生于相邻节段。Movrin等<sup>[30]</sup>认为,术后后凸角 $\geq 9^\circ$ 是相邻椎体发生再骨折的危险因素。有文献研究认为相对于椎体成形,椎体后凸成形是术后相邻椎体再骨折的危险因素<sup>[31-32]</sup>。有研究认为骨水泥渗漏至椎间盘是相邻椎体再骨折的危险因素<sup>[33]</sup>,但也有研究持相反意见<sup>[34]</sup>。Wang等<sup>[35]</sup>研究发现高龄、低骨密度、椎体裂隙征是椎体强化术后相邻节段再骨折的危险因素。文献发现低体质指数是相邻椎体再骨折的危险因素<sup>[33, 36]</sup>。分析椎体强化术后非相邻椎体再骨折的危险因素的文献较少。Yoo等<sup>[37]</sup>研究发现低骨密度、椎体高度恢复过多和骨水泥渗漏是非相邻椎体再骨折的危险因素。Ahn等<sup>[33]</sup>认为临椎相对活动度较小是非相邻椎体容易发生再骨折的危险因素。

椎体强化术后发生再骨折是骨质疏松症自然病程和椎体强化术导致局部生物力学改变共同作用的结果,但究竟哪种原因起到更为重要的作用尚有争议。Ahn等<sup>[33]</sup>认为椎体成形术后强化椎体相邻节段再骨折和非相邻节段再骨折的发生机制不同。相邻椎体再骨折是由于“支柱效应”,即当强化椎体与邻近椎体的刚度差距较大时,则起到如同“鸡蛋碰石头”的作用,引起相邻椎体发生再骨折;非相邻椎体再骨折是由于“动力锤效应”,即当强化椎体与相邻椎体之间的活动度较小且相邻椎体的刚度较强,则应力会像远处传递,导致非相邻椎体骨折,此种情况下,可将强化椎体和刚度较强且相对活动度较差的临椎看成一个统一的“石头”,活动度较好且刚度较差的临椎成为了容易骨折的“鸡蛋”,理论上,当临椎相对活动度仍然较差且刚度较好,这种效应会继续再向远节段传递,导致远节段的骨折,但尚未见再骨折节段与强化椎距离、再骨折椎体骨密度、再

表 1 使用卡方检验分析相邻骨折组与非相邻骨折组之间的分类变量

(n)

Table 1 Analysis of categorical variables of refractures located in adjacent vertebrae and non-adjacent vertebrae by *chi-square* test

影响因素		n	相邻节段再骨折组	非相邻节段再骨折组	$\chi^2$ 值	P 值
性别	男	9	5	4	0.000	1.000
	女	32	18	14		
有无糖尿病	有	9	4	5	0.174	0.677
	无	32	19	13		
有无抗骨质疏松药物治疗	有	17	9	8	0.117	0.732
	无	24	14	10		
有无合并其他骨折病史	有	16	9	7	0.000	0.987
	无	25	14	11		
术式	椎体成形	19	12	7	0.717	0.397
	椎体后凸成形	22	11	11		
骨水泥是否渗入椎间隙	是	12	9	3	2.461	0.117
	否	29	14	15		
骨水泥弥散好坏	好	28	14	14	1.333	0.248
	差	13	9	4		
初次骨折是否为胸腰段	是	22	16	6	5.331	0.021
	否	19	7	12		
再骨折相对于强化椎体的位置	上	19	12	7	0.717	0.397
	下	22	11	11		

表 2 使用 *t* 检验或 Mann Whitney *U* 检验分析相邻骨折组与非相邻骨折组之间的数值变量

( $\bar{x} \pm s$ )

Table 2 Analysis of numerical variables of refractures located in adjacent vertebrae and non-adjacent vertebrae by *t* test or Mann Whitney *U* test

影响因素	相邻节段再骨折组	非相邻节段再骨折组	<i>t</i> 值	P 值
年龄(岁)	76.3±8.2	75.4±10.8	0.294	0.770
身高(cm)	161.5±8.7	163.4±6.1	-0.792	0.433
体质量(kg)	56.8±11.2	59.8±9.3	-0.914	0.366
骨水泥量(mL)	4.0±1.0	3.5±1.0	1.630	0.111
术后前缘高度恢复比例(%)	19.3±9.3	15.5±6.0	1.512	0.139
术后区域后凸角改变(°)	7.6±6.2	6.0±3.6		0.554#
腰椎骨密度(T 值)	-3.2±0.8	-3.1±0.6	-0.780	0.440
再骨折距离首次手术时间(d)	331.4±380.1	304.7±298.0	0.244	0.808
随访时间(月)	40.6±23.3	42.3±23.8	-0.226	0.822

表注: #经过 KS 检验不符合正态分布, 故采用 Mann Whitney *U* 检验。

表 3 多因素 logistic 回归分析结果

Table 3 Results of multiple logistic regression analysis

项目	B	S.E	Wals	df	P 值	Exp(B)
骨水泥是否渗漏入椎间隙	-1.726	0.987	3.059	1	0.080	0.178
初次骨折是否为胸腰段	-1.987	0.832	5.705	1	0.017	0.137
骨水泥量	0.724	0.435	2.767	1	0.096	2.063
术后前缘高度恢复比例	0.088	0.060	2.154	1	0.142	1.092

骨折椎体相对活动度三者关系的研究<sup>[33]</sup>。有研究支持动力锤效应并发现腰椎平均骨密度低、椎体高度恢复过多和骨水泥渗漏容易发生非相邻节段再骨折, 但均不是相邻节段再骨折的危险因素, 不过此文献未分析强化椎体相邻节段的相对活动度<sup>[37]</sup>。

理论上, “支柱效应”可能发生于首次行椎体强化中骨水泥发生椎间隙内渗漏、骨水泥注入过多和相邻椎体骨密度较低时, 此种情况下强化椎体和临椎刚度差较大。但有研究只发现骨水泥椎间隙内渗漏与相邻椎体再骨折有相关

性, 并未发现骨水泥注入量与相邻椎体再骨折有相关性, 未分析单个椎体骨密度与相邻椎体再骨折的相关性。如果椎体强化导致的局部生物力学改变是再骨折的主要原因, 那么手术相关因素则是导致再骨折、(或)相邻节段再骨折和(或)非相邻节段再骨折的危险因素, 但此次研究未发现其相关性。Wang等<sup>[35]</sup>研究也认为相邻节段再骨折是骨质疏松症自然病程的体现。有研究发现进行抗骨质疏松治疗可减少椎体强化后再骨折的风险<sup>[22]</sup>。Han等<sup>[38]</sup>通过荟萃分析认为相对于保守治疗, 椎体强化不会增加相邻椎体再骨折的风险。有作者通过建立T<sub>12</sub>-L<sub>1</sub>的有限元模型分析得出, 椎体后凸成形术后相邻节段的应力改变小于正常皮质骨和松质骨的损伤阈值, 故认为相邻节段椎体再骨折与手术本身无关<sup>[39]</sup>。有Meta分析认为, 椎体强化治疗并不会导致相邻阶段椎体再骨折的概率增加<sup>[40]</sup>。有研究比较了椎体强化术后相邻椎体再骨折和非相邻椎体再骨折的病例, 发现是否吸烟、体质指数、是否长期应用激素均不能预测再骨折

位于强化椎体相邻节段或非相邻节段<sup>[16]</sup>。

研究中, 相邻节段再骨折组、非相邻节段再骨折组手术相关因素(如骨水泥有无渗入椎间隙、骨水泥弥散好坏、注入骨水泥量、术式为椎体成形或椎体后凸成形、术后椎体前缘高度恢复比例、术后区域后凸角改变)均无明显差异, 也不支持椎体强化术后再骨折主要是手术相关因素导致这一观点。故根据此次研究推测, 椎体强化术后再发椎体骨折可能主要是骨质疏松症的自然病程导致。

研究结果显示, 初次骨折为胸腰段骨折是再骨折发生于强化椎体相邻节段的独立预测因素( $P=0.017$ ), 而其他因素均不能预测再骨折发生于相邻节段还是非相邻节段, 这与文献报道相符<sup>[21, 34]</sup>。原因可能为胸腰段活动度大, 为整个脊柱应力集中的部位, 本身即为骨质疏松性压缩骨折的最常见部位<sup>[41-43]</sup>, 再骨折位于胸腰段的可能性也是最大的, 故跟初次骨折椎体成为相邻的可能性也更大。对于初次骨质疏松性压缩性骨折位于胸腰段的患者, 除了进行椎体强化术治疗外, 务必进行规律的抗骨质疏松药物治疗, 最大限度地减少其发生再次骨折的可能, 对此类患者进行密切随访, 以便更早期发现再次压缩骨折<sup>[44]</sup>。

研究的不足之处在于病例数有限, 未纳入多节段骨折的患者, 未分析临椎相对活动度。有研究发现, 对于椎体强化术后再骨折的患者行二次椎体强化治疗, 能起到与首次手术相同的疗效, 相邻椎体再骨折组行二次椎体强化术后再次发生骨折的发生率远高于非相邻再骨折组<sup>[45]</sup>。研究未纳入曾经行椎体强化治疗的患者, 今后的研究中可进行二次椎体强化方面的研究, 有助于进一步解压缩骨折的发生机制。

总的来说, 初次骨折位于胸腰段是再骨折发生于强化椎体相邻节段的独立预测因素, 其他因素均不能预测再骨折发生于相邻节段或非相邻节段。对于初次骨折位于胸腰段的患者, 术后需进行规律抗骨质疏松药物治疗和更密切的随访。

**作者贡献:** 第一作者进行试验设计, 试验实施为第一、二、三作者, 试验评估为第一、二、三作者, 资料收集为第一、二作者, 第一作者成文, 第三作者审校, 第一、二、三作者对文章负责。

**经费支持:** 该文章没有接受任何经费支持。

**利益冲突:** 文章的全部作者声明, 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

**机构伦理问题:** 临床试验研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和医院对人体研究的相关伦理要求。文章的撰写与编辑修改后文章遵守了《随机对照临床试验研究报告指南》(CONSORT 指南)、非随机对照临床试验研究报告指南》(TREND 声明)。参与实验的患病个体及其家属为自愿参加, 均对实验过程完全知情同意, 在充分了解本治疗方案的前提下签署“知情同意书”。

**写作指南:** 该研究遵守《观察性临床研究报告指南》(STROBE 指南)。

**文章查重:** 文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。

**文章外审:** 文章经小同行外审专家双盲外审, 同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

**生物统计学声明:** 本文统计学方法已经重庆医科大学附属第一医院生物统计学专家审核。

**文章版权:** 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

**开放获取声明:** 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享4.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

#### 4 参考文献 References

- [1] 董平, 麻春杰, 李舒扬, 等. 高龄老人骨质疏松骨折的中医保守疗法及护理[J]. 世界最新医学信息文摘, 2018, 18(28):181-182, 185.
- [2] 才久波. 口服金天格胶囊联合可塑形胸腰支具治疗老年骨质疏松椎体压缩骨折的临床研究[J]. 中国医药指南, 2017, 15(26): 196-197.
- [3] 全尊, 张晓刚, 赵永利, 等. 手法复位治疗老年骨质疏松性椎体压缩骨折研究进展[J]. 亚太传统医药, 2017, 13(14):71-73.
- [4] 于前进, 唐家广, 杨泉雄, 等. 3种方法治疗老年骨质疏松性椎体压缩骨折的效果对比[J]. 中国老年学杂志, 2018, 38(7): 1633-1636.
- [5] 于江涛, 杨鹤祥. 保守治疗老年骨质疏松椎体压缩性骨折研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报, 2017, 19(10):103-105.
- [6] 姚松. 中医综合保守治疗单纯性胸腰椎压缩骨折的疗效[J]. 内蒙古中医药, 2016, 35(15):68.
- [7] Yu W, Xu W, Jiang X, et al. Risk Factors for Recollapse of the Augmented Vertebrae After Percutaneous Vertebral Augmentation: A Systematic Review and Meta-Analysis. World Neurosurg. 2018; 111:119-129.
- [8] Muratore M, Ferrera A, Masse A, et al. Osteoporotic vertebral fractures: predictive factors for conservative treatment failure. A systematic review. Eur Spine J. 2017. doi: 10.1007/s00586-017-5340-z. [Epub ahead of print]
- [9] Zhang H, Xu C, Zhang T, et al. Does Percutaneous Vertebroplasty or Balloon Kyphoplasty for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures Increase the Incidence of New Vertebral Fractures? A Meta-Analysis. Pain Physician. 2017; 20(1):E13-E18.
- [10] Schousboe JT. Epidemiology of vertebral fractures. J Clin Densitom. 2016; 19(1):8-22.
- [11] Sebaaly A, Nabhane L, Issa EI, et al. Vertebral augmentation: state of the art. Asian Spine J. 2016; 10(2):370-376.
- [12] Petersen A, Hartwig E, Koch EM, et al. Clinical comparison of postoperative results of balloon kyphoplasty (BKP) versus radiofrequency-targeted vertebral augmentation (RF-TVA): a prospective clinical study. Eur J Orthop Surg Traumatol. 2016; 26(1):67-75.
- [13] Chen X, Ren J, Zhang J, et al. Impact of cement placement and leakage in osteoporotic vertebral compression fractures followed by percutaneous vertebroplasty. Clin Spine Surg. 2016; 29(7):E365-370.
- [14] Karlsson MK, Kherad M, Hasseri R, et al. Characteristics of prevalent vertebral fractures predict new fractures in elderly men. J Bone Joint Surg Am. 2016; 98(5):379-385.
- [15] Kim HS, Ju CI. Spinal instability predictive scoring system for subsequent fracture after bone cement augmentation in patients with osteoporotic vertebral compression fracture. World Neurosurg. 2017; 106:736-745.

- [16] Deibert CP, Gandhoke GS, Paschel EE, et al. A longitudinal cohort investigation of the development of symptomatic adjacent level compression fractures following balloon-assisted kyphoplasty in a series of 726 patients. *Pain Physician*. 2016;19(8):E1167-E1172.
- [17] 黄天霖, 寇玉辉, 殷晓峰, 等. 椎体强化术后再发椎体骨折的临床特点和危险因素[J]. *北京大学学报(医学版)*, 2015, 47(2): 237-241.
- [18] Li YA, Lin CL, Chang MC, et al. Subsequent vertebral fracture after vertebroplasty. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;7(3): 179-183.
- [19] Rho YJ, Choe WJ, Chun Y. Risk factors predicting the new symptomatic vertebral compression fractures after percutaneous vertebroplasty or kyphoplasty. *Eur Spine J*. 2012;21(5):905-911.
- [20] Lin WC, Cheng TT, Lee YC, et al. New vertebral osteoporotic compression fractures after percutaneous vertebroplasty: retrospective analysis of risk factors. *J Vasc Interv Radiol*. 2008;19(2 Pt 1):225-231.
- [21] Kim SH, Kang HS, Choi JA, et al. Risk factors of new compression fractures in adjacent vertebrae after percutaneous vertebroplasty. *Acta Radiol*. 2004;45(4):440-445.
- [22] Chen YC, Lin WC. Can anti-osteoporotic therapy reduce adjacent fracture in magnetic resonance image-proven acute osteoporotic vertebral fractures? *BMC Musculoskelet Disord*. 2016;6(17):151.
- [23] Bae JS, Park JH, Kim KJ, et al. Analysis of risk factors for secondary new vertebral compression fracture following percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporosis. *World Neurosurg*. 2017;99:387-394.
- [24] Jacobson RE, Palea O, Granville M. Progression of vertebral compression fractures after previous vertebral augmentation: technical reasons for recurrent fractures in a previously treated vertebra. *Cureus*. 2017;9(10):e1776
- [25] 王吉博. 有限元法评估经皮椎体成形和后凸成形治疗脊柱三明治骨折的生物力学变化[J]. *中国组织工程研究*, 2017, 21(35): 5703-5708.
- [26] 李贵星. 骨水泥椎体强化术后再发邻椎骨折的综合治疗[J]. *颈腰痛杂志*, 2017, 38(5): 424-427.
- [27] 罗琦, 刘凯. 胸腰段骨质疏松性压缩骨折再次骨折的相关因素分析[J]. *陕西医学杂志*, 2017, 46(9): 1215-1216.
- [28] 唐勇涛, 魏思奇, 吴长军, 等. PKP不同增强方式对相邻椎体结构生物力学影响的有限元分析[J]. *中国骨科临床与基础研究杂志*, 2017, 9(3): 167-174.
- [29] 王化明. 经皮椎体成形术后椎体压缩性骨折患者再骨折的危险因素分析[J]. *中国矫形外科杂志*, 2016, 24(4): 300-303.
- [30] Movrin I, Vengust R, Komadina R. Adjacent vertebral fractures after percutaneous vertebral augmentation of osteoporotic vertebral compression fracture: a comparison of balloon kyphoplasty and vertebroplasty. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2010;130(9):1157-1166.
- [31] Frankel BM, Monroe T, Wang C. Percutaneous vertebral augmentation: an elevation in adjacent-level fracture risk in kyphoplasty as compared with vertebroplasty. *Spine J*. 2007; 7(5):575-582.
- [32] 张湛金, 王煜巍, 陈浩, 等. 经皮椎体成形术与经皮椎体后凸成形术后手术椎体再发骨折比较[J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2017, 10(1): 20-26.
- [33] Ahn Y, Lee JH, Lee HY, et al. Predictive factors for subsequent vertebral fracture after percutaneous vertebroplasty. *J Neurosurg Spine*. 2008;9(2):129-136.
- [34] Lee KA, Hong SJ, Lee S, et al. Analysis of adjacent fracture after percutaneous vertebroplasty: does intradiscal cement leakage really increase the risk of adjacent vertebral fracture. *Skeletal Radiol*. 2011;40(12):1537-1542.
- [35] Wang YT, Wu XT, Chen H, et al. Adjacent-level symptomatic fracture after percutaneous vertebral augmentation of osteoporotic vertebral compression fracture: a retrospective analysis. *J Orthop Sci*. 2014;19(6):868-876.
- [36] Zhang Z, Fan J, Ding Q, et al. Risk factors for new osteoporotic vertebral compression fractures after vertebroplasty: a systematic review and meta-analysis. *J Spinal Disord Tech*. 2013;26(4):E150-157.
- [37] Yoo CM, Park KB, Hwang SH, et al. The analysis of patterns and risk factors of newly developed vertebral compression fractures after percutaneous vertebroplasty. *J Korean Neurosurg Soc*. 2012;52(4):339-345.
- [38] Han SL, Wan SL, Li QT, et al. Is vertebroplasty a risk factor for subsequent vertebral fracture, meta-analysis of published evidence? *Osteoporos Int*. 2015;26(1):113-122.
- [39] Villarraga ML, Bellezza AJ, Harrigan TP, et al. The biomechanical effects of kyphoplasty on treated and adjacent nontreated vertebral bodies. *J Spinal Disord Tech*. 2005;18(1): 84-91.
- [40] Fan B, Wei Z, Zhou X, et al. Does vertebral augmentation lead to an increasing incidence of adjacent vertebral failure? A systematic review and meta-analysis. *Int J Surg*. 2016;36(Pt A):369-376.
- [41] 王强. 椎体强化治疗骨质疏松椎体压缩骨折[J]. *中国组织工程研究*, 2015, 19(53): 8661.
- [42] 罗晓彬. 胸腰段骨折经皮骨水泥强化复位疗效分析[J]. *湖南师范大学学报(医学版)*, 2018, 15(1): 181-183.
- [43] 梁得华, 鲁世保. 有限元分析法在胸腰段脊柱骨折的应用进展[J]. *北京医学*, 2016, 38(7): 706-708.
- [44] 程真, 陈贵月, 郭家斌, 等. 唑来膦酸对骨质疏松性压缩骨折患者经皮椎体成形术后骨密度及临床症状的影响[J]. *山西医药杂志*, 2017, 46(2): 167-170.
- [45] Yokoyama K, Kawanishi M, Yamada M, et al. Safety and therapeutic efficacy of the second treatment for new fractures developed after initial vertebroplasty performed for painful vertebral compression fractures. *Neurol Res*. 2013;35(6): 608-613.