

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2023.24.020

骨质疏松性椎体压缩骨折患者椎体成形术后 再发骨折风险预测模型的建立

黄河,熊志鹏,刘辉,汪逸博

江西省萍乡市第二人民医院骨科,江西萍乡 337000

摘要:目的 探讨骨质疏松性椎体压缩骨折(OVCF)患者经皮椎体成形术(PVP)术后再发骨折的相关因素,并以此构建风险预测模型。方法 回顾性分析 2017 年 1 月至 2020 年 11 月在该院接受治疗的 345 例 OVCF 患者,所选患者均接受 PVP 治疗,对患者随访至少 2 年,根据患者术后再发骨折情况将患者分为未骨折组 289 例和再骨折组 56 例。收集并比较两组患者的相关指标,包括年龄、性别、体质质量指数(BMI)、骨折节段、糖尿病史、骨密度、手术情况和术后抗骨质疏松治疗情况,采用多因素 Logistic 回归分析 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的独立影响因素,并以此构建风险预测模型。采用受试者工作特征(ROC)曲线检验风险预测模型对 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的预测效果,采用 Hosmer-Lemeshow 检验判断模型的拟合优度。结果 两组患者年龄、骨密度值、骨水泥渗漏情况、初次骨折椎体数、服用双膦酸盐药物情况比较,差异均有统计学意义($P<0.05$),而两组性别、BMI、骨折节段、糖尿病史、Cobb 角、穿刺方式、初次接受 PVP 情况及骨水泥注入量比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。多因素 Logistic 回归分析显示,骨密度值、骨水泥渗漏、初次骨折椎体数、服用双膦酸盐药物均是 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的独立影响因素($P<0.05$);风险预测模型:Logit(P)= $-21.635+2.697\times X_{\text{骨密度值}}+0.948\times X_{\text{骨水泥渗漏}}+2.419\times X_{\text{初次骨折椎体数}}+1.156\times X_{\text{服用双膦酸盐药物}}$ 。风险预警模型预测 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的曲线下面积(AUC)为 0.921(95%CI:0.874~0.967),灵敏度为 76.80%,特异度为 94.80%,Hosmer-Lemeshow 检验显示, $\chi^2=7.157$, $P=0.520$,模型拟合效度好,预测价值高。结论 骨密度值、骨水泥渗漏、初次骨折椎体数、服用双膦酸盐药物均是 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的独立影响因素,构建的 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的风险预测模型具有较好的预测效能,可对 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的风险进行评估,为临床制订术后再发骨折的干预措施提供依据。

关键词:骨质疏松性骨折; 压缩骨折; 再发骨折; 影响因素

中图法分类号:R683.2

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2023)24-3672-04

Establishment of risk predictive model of fracture recurrence after vertebroplasty in patients with osteoporotic vertebral compression fractures

HUANG He, XIONG Zhipeng, LIU Hui, WANG Yibo

Department of Orthopedics, Pingxiang Municipal Second People's Hospital,
Pingxiang, Jiangxi 337000, China

Abstract: **Objective** To explore the related factors of fracture recurrence after percutaneous vertebroplasty (PVP) in the patients with osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF), and to construct a risk predictive model. **Methods** A retrospective analysis was conducted on 345 cases of OVCF received the treatment in this hospital from January 2017 to November 2020. All selected patients underwent the PVP treatment and were followed up for at least 2 years. The patients were divided into the non-fracture group (289 cases) and re-fracture group (56 cases) according to the postoperative fracture recurrence. The related indicators were collected and compared between the two groups, including age, gender, body mass index (BMI), fracture segment, history of diabetes, bone mineral density, surgical conditions and postoperative anti-osteoporosis treatment situation. The multivariate Logistic regression was adopted to analyze the independent influencing factors for the recurrent fracture occurrence after PVP in the patients with OVCF and the risk predictive model was constructed on this basis. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to test the predictive effect of the risk predictive model on recurrent fractures after PVP treatment in OVCF patients, and the Hosmer-Lemeshow test was used to judge the goodness of fit of the model. **Results** There were statistically significant differences in the age, bone mineral density, bone cement leakage, number of vertebral bodies in initial fracture and bisphosphonates medication between the two groups ($P<0.05$), while there were no

作者简介:黄河,男,主治医师,主要从事临床骨科疾病方面的研究。

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1167.R.20231116.1606.010\(2023-11-17\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1167.R.20231116.1606.010(2023-11-17))

statistically significant differences in the gender, BMI, fracture segment, history of diabetes, Cobb angle, puncture mode, PVP for the first time and the amount of bone cement injection between the two groups ($P > 0.05$). The multivariate Logistic regression analysis showed that the bone mineral density value, cement leakage, number of first fractured vertebrae and administration of bisphosphonates were the independent influencing factors for postoperative fracture recurrence of the patients ($P < 0.05$); the risk predictive model: $\text{Logit}(P) = -21.635 + 2.697 \times X_{\text{bone density}} + 0.948 \times X_{\text{leakage of bone cement}} + 2.419 \times X_{\text{number of vertebral bodies in initial fracture}} + 1.156 \times X_{\text{bisphosphonate medication}}$. The area under the curve (AUC) of the risk predictive model for predicting recurrent fracture after PVP in OVCF patients was 0.921 (95%CI: 0.874–0.967), with a sensitivity of 76.80% and a specificity of 94.80%. The Hosmer-Lemeshow test showed that $\chi^2 = 7.157, P = 0.520$, the model had the good fitting validity and high predictive value. **Conclusion** The BMD value, bone cement leakage, number of vertebra in primary fracture and bisphosphonates medication all are the independent influencing factors for the recurrence of fractures after PVP in OVCF patients. The constructed risk predictive model for postoperative recurrence fracture after PVP in OVCF patients has good predictive efficacy, which can evaluate the risk of postoperative recurrence fracture recurrence after PVP in OVCF patients, could be used to evaluate the fracture recurrence risk after PVP in OVCF patients and provide the guidance for clinically formulating the interventional measures in postoperative fracture recurrence.

Key words: osteoporotic fracture; compression fracture; recurrent fracture; influencing factor

骨质疏松性椎体压缩骨折(OVCF)经常发生在老年人群中。老年人因椎体部位钙质异常流失,导致椎体部位的骨质出现异常的骨量流失,进而引起骨质疏松。而椎体压缩性骨折是因为骨质疏松引起椎体的牢固性减弱^[1-2]。随着人口老龄化进程加深,OVCF的发病率将逐年升高,越来越多老年骨质疏松患者出现胸腰椎骨折,导致背部疼痛,严重影响日常生活^[3-4]。经皮椎体成形术(PVP)是一种可以防止塌陷、缓解疼痛,甚至部分恢复椎体高度的术式^[5]。PVP因其止痛效果迅速且明显,逐渐成为治疗 OVCF 的常用方法^[6]。但有研究表明 PVP 治疗 OVCF 的效果与安慰剂差异不大,分析其原因,可能是由于临床疗效会受到术后同椎体再发骨折的影响^[7-8]。然而 PVP 术后再发骨折并不少见,对于 PVP 术后再发骨折的影响因素尚未达成统一意见。鉴于此,本研究拟探讨 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的相关因素,并以此构建风险预测模型,旨在降低术后再发骨折的发生率,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析 2017 年 1 月至 2020 年 11 月于本院接受治疗的 345 例 OVCF 患者,所选患者均接受 PVP 治疗,对患者随访至少 2 年,根据患者术后是否再发骨折将患者分为未骨折组 289 例和再骨折组 56 例。纳入标准:(1)经影像学检查,患者确

诊为 OVCF^[9];(2)均接受 PVP 治疗;(3)年龄 > 60 岁;(4)临床资料完整。排除标准:(1)免疫系统障碍者;(2)伴有手术禁忌证者;(3)精神疾病者;(4)椎体感染性病变者。

1.2 方法 收集并比较两组患者的相关指标,包括年龄、性别、体质量指数(BMI)、骨折节段、糖尿病史、骨密度、手术情况和术后抗骨质疏松治疗情况。

1.3 统计学处理 采用 SPSS25.0 软件进行数据处理。呈正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料以例数、百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用多因素 Logistic 回归分析 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的影响因素。利用 Logistic 回归方程构建风险预测模型,并采用受试者工作特征(ROC)曲线检验风险预测模型模型对 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的预测效果,采用 Hosmer-Lemeshow 检验判断模型的拟合优度。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组临床资料比较 两组患者间年龄、骨密度值、骨水泥渗漏情况、初次骨折椎体数、服用双膦酸盐药物情况比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$);而两组性别、BMI、骨折节段、糖尿病史、Cobb 角、穿刺方式、初次接受 PVP 情况及骨水泥注入量比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 两组临床资料比较[$\bar{x} \pm s$ 或 $n(\%)$]

组别	n	年龄(岁)	性别		BMI(kg/m ²)	骨折节段		糖尿病史	
			男	女		胸段	腰段	有	无
再骨折组	56	72.53±5.49	21(37.50)	35(62.50)	21.68±2.69	30(53.57)	26(46.43)	32(57.14)	24(42.86)
未骨折组	289	70.21±4.85	136(47.06)	153(52.94)	21.37±2.52	151(52.25)	138(47.75)	125(43.25)	164(56.75)
t 或 χ^2		3.205	1.728		0.833	0.033		3.650	
P		0.002	0.189		0.405	0.856		0.056	

续表 1 两组临床资料比较 $[\bar{x} \pm s$ 或 $n(\%)$]

组别	<i>n</i>	骨密度值(T-score)	骨水泥渗漏		初次骨折椎体数(个)	服用双膦酸盐药物	
			有	无		是	否
再骨折组	56	-3.84±0.43	31(55.36)	25(44.64)	2.69±0.92	19(33.93)	37(66.07)
未骨折组	289	-3.29±0.46	25(8.65)	264(91.35)	1.57±0.48	184(63.67)	105(36.33)
<i>t</i> 或 χ^2		8.273	15.981		13.370	17.131	
<i>P</i>		<0.001	<0.001		<0.001	<0.001	

组别	<i>n</i>	Cobb 角(°)	穿刺方式		初次接受 PVP		骨水泥注入量(mL)
			单侧	双侧	是	否	
再骨折组	56	16.95±0.94	15(26.79)	41(73.21)	22(39.29)	34(60.71)	3.16±0.94
未骨折组	289	17.18±0.96	84(29.07)	205(70.93)	121(41.87)	168(58.13)	3.08±0.78
<i>t</i> 或 χ^2		-1.646	0.119		0.129		0.678
<i>P</i>		0.101	0.730		0.720		0.498

2.2 多因素分析 以术后是否再发骨折作为因变量(否=0,是=1),以年龄(原始值输入)、骨密度值(原始值输入)、骨水泥渗漏(无=0,有=1)、初次骨折椎体数(原始值输入)、服用双膦酸盐药物(是=0,否=1)作为自变量,进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示,骨密度值、骨水泥渗漏、初次骨折椎体数、服用双膦酸盐药物均是 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的独立影响因素($P<0.05$);风险预测模型:Logit(P)=-21.635+2.697× $X_{\text{骨密度值}}$ +0.948×

$X_{\text{骨水泥渗漏}}$ +2.419× $X_{\text{初次骨折椎体数}}$ +1.156× $X_{\text{服用双膦酸盐药物}}$ 。见表 2。
2.3 风险预测模型对 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的预测效果 风险预警模型预测 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的曲线下面积(AUC)为 0.921(95%CI:0.874~0.967),灵敏度为 76.80%,特异度为 94.80%,见图 1。Hosmer-Lemeshow 拟合检验显示, $\chi^2=7.157,P=0.520$,模型拟合效度好,预测价值高。

表 2 影响 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的多因素 Logistic 回归分析

因素	β	SE	Wald χ^2	<i>P</i>	OR	OR 的 95%CI
年龄	0.064	0.052	1.534	0.215	1.066	0.963~1.180
骨密度值	2.697	0.603	19.983	<0.001	14.830	4.546~48.376
骨水泥渗漏	0.948	0.340	7.767	0.005	2.581	1.325~5.029
初次骨折椎体数	2.419	0.405	35.638	<0.001	11.235	5.078~24.864
服用双膦酸盐药物	1.156	0.451	6.564	0.010	3.177	1.312~7.700
常数项	-21.635	4.098	27.875	<0.001	0.000	—

注:—表示无数据。

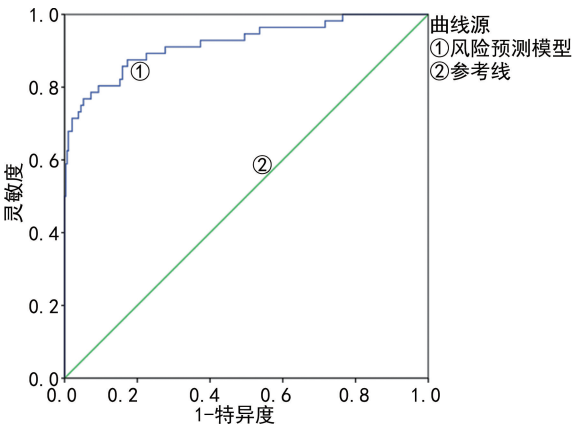


图 1 风险预测模型预测 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的 ROC 曲线

3 讨论

OVCF 患者 PVP 术后再发骨折严重影响患者的

生活质量,因此,了解术后再发骨折的影响因素并对这些影响因素进行干预显得尤为重要。本研究采用 Hosmer-Lemeshow 检验构建的 PVP 术后再发骨折的预测模型的拟合程度,最终模型 Hosmer-Lemeshow 检验 $\chi^2=7.157,P=0.520$,模型拟合效度好,预测价值高;AUC 为 0.921(95%CI:0.874~0.967),灵敏度为 76.80%,特异度为 94.80%,表明该模型有着较好的区分度和校准度,且该预测模型对 PVP 术后再发骨折有较好的预警作用,可为临床制订干预措施提供指导,降低术后再发骨折的发生率。
蒋荣莉等^[10]研究表明,骨密度、骨水泥渗漏、初次骨折椎体数均为 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的危险因素。韦伟等^[11]研究表明,术后服用双膦酸盐药物可以有效降低 OVCF 患者术后再发骨折的风险。本研究结果显示:年龄、骨密度值、骨水泥渗漏情况、初

次骨折椎体数、服用双膦酸盐药物情况在两组患者间比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$),而两组性别、BMI、骨折节段、糖尿病史、Cobb 角、穿刺方式、初次接受 PVP 情况及骨水泥注入量比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$);多因素 Logistic 回归分析显示,骨密度值、骨水泥渗漏、初次骨折椎体数、服用双膦酸盐药物均是 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的独立影响因素($P < 0.05$)。骨密度常用于检查骨质疏松的程度,并预测骨质疏松导致的病理骨折风险,以及在骨质疏松治疗过程中监测治疗效果。骨密度与内部骨组织相关,其越低,内部骨组织结构就越差,从而导致可以承担的应力越小,只需轻微外力便会发生塌陷^[12-13]。曾有研究表明,发生骨水泥渗漏会增加患者骨折的发生率^[14]。发生骨水泥渗漏导致术后再发骨折的原因是当骨水泥发生椎间隙渗漏时,会加大近节段中板的压力,进而导致邻近椎体结节发生骨折^[14-15]。骨质疏松程度与初次骨折椎体数量相关,当椎体骨折发生数量越多,表明患者骨质疏松程度越重。骨水泥填充骨折椎体与再发骨折相关,骨水泥填充越多,脊柱术后的力学平衡及承载力转移功能越差,进而导致再发骨折的风险增加^[16-17]。随着病情的发展,患者由于在术后没有接受长期且规律的骨质疏松治疗,极易出现再骨折的情况^[18]。双膦酸盐类药物可特异地与骨质中的羟基磷灰石结合,抑制破骨细胞活性,而减少骨质吸收,并有效降低椎体、非椎体和髌部骨折风险。亦有研究表明,服用双膦酸盐药物不仅可以缓解因骨质疏松带来的疼痛,还可以降低因骨质疏松带来的二次骨折发生率^[19-20]。

综上所述,骨密度值、骨水泥渗漏、初次骨折椎体数、服用双膦酸盐药物均是 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的独立影响因素,本研究构建的 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的风险预测模型具有较好的预测效能,可对 OVCF 患者 PVP 术后再发骨折的风险进行评估,为临床制订术后再发骨折干预措施提供依据。

参考文献

- LEE S K, JUN D S, LEE D K, et al. Clinical characteristics of elderly people with osteoporotic vertebral compression fracture based on a 12-year single-center experience in Korea[J]. *Geriatrics (Basel)*, 2022, 7(6): 123-127.
- 邓强, 乔小万, 李中峰, 等. 骨质疏松性椎体压缩骨折椎体成形术后非手术椎体再骨折危险因素探讨[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2021, 27(4): 613-617.
- 林书, 谭科, 胡豈, 等. 改良骨科机器人辅助椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折疗效分析[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2022, 36(9): 1119-1125.
- 刘小雷, 张锦飙, 孙中仪, 等. 胸腰重度骨质疏松性骨折短节段固定椎体成形[J]. *中国矫形外科杂志*, 2023, 31(18): 1720-1723.
- 李正, 付军. 唑来膦酸和特立帕肽对预防椎体成形术后再发骨折的疗效比较[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2019, 25(7): 1002-1005.
- 吴丽, 梁治平, 熊玉超, 等. 基于影像学特征对骨质疏松性椎体压缩骨折病人经皮椎体成形术后同椎体再发骨折的预测研究[J]. *国际医学放射学杂志*, 2022, 45(4): 407-413.
- 刘世欢, 梁晖, 张意侗, 等. 中药穴位贴敷联合椎体成形术对高龄骨质疏松性胸腰椎压缩骨折的疗效观察[J]. *河北医药*, 2023, 45(10): 1526-1528.
- 王徐龙, 魏建全, 要鹏. 老年骨质疏松性椎体压缩性骨折 PVP 术后再骨折风险的列线图预测模型构建[J]. *中国老年学杂志*, 2023, 43(8): 1836-1839.
- 丁悦, 张嘉, 岳华, 等. 骨质疏松性椎体压缩性骨折诊疗与管理专家共识[J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2018, 11(5): 425-437.
- 蒋茉莉, 殷安康, 赵翔宇, 等. 骨质疏松性椎体压缩骨折术后再发骨折的相关危险因素分析[J]. *临床骨科杂志*, 2022, 25(2): 171-174.
- 韦祎, 李兴, 赵经纬, 等. 骨质疏松性椎体压缩骨折经皮椎体后凸成形术后两年椎体再骨折危险因素 Logistic 分析研究[J]. *中国骨与关节杂志*, 2022, 11(11): 820-824.
- 史卫东, 邓亚军, 解琪琪, 等. 经皮椎体成形术结合补肾壮骨汤治疗骨质疏松性胸腰椎压缩骨折的 Meta 分析[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2019, 25(3): 351-357.
- 张子龙, 井齐明, 乔瑞, 等. 骨质疏松性椎体压缩骨折经皮椎体成形术后邻近椎体新发骨折的危险因素分析[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2021, 35(1): 20-25.
- 李鹏来, 丁冬, 李涛. 骨质疏松性椎体压缩骨折经皮椎体成形术后再手术的影响因素分析[J]. *山西医药杂志*, 2022, 51(20): 2307-2310.
- 宋戈, 程永德, 王涛, 等. 双针双平面法和单针法治疗伴有致密带形成的骨质疏松性椎体压缩骨折疗效比较[J]. *介入放射学杂志*, 2018, 27(5): 437-442.
- 田保磊, 姚啸生, 戚晓楠, 等. 椎体强化术后邻椎再发骨折影响因素及预防研究进展[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2019, 27(1): 82-85.
- 田烨, 袁秋文, 胡梁深. 骨质疏松椎体压缩性骨折患者术后再骨折的风险列阵图构建与验证[J]. *实用医学杂志*, 2023, 39(18): 2294-2299.
- 陈善堂. 老年骨质疏松性椎体压缩性骨折椎体成形术后继发骨折的影响因素[J]. *中国老年学杂志*, 2020, 40(8): 1654-1657.
- 李通宪, 高峰, 杨建波, 等. 骨折联络服务在骨质疏松性椎体压缩骨折经皮椎体成形术后的应用[J]. *河北医药*, 2022, 44(10): 1512-1515.
- 张艳杰, 顾珊菱, 赫子懿, 等. 治疗骨质疏松的药物对骨折愈合的影响[J]. *中国老年学杂志*, 2023, 43(18): 4596-4599.

(收稿日期: 2023-02-03 修回日期: 2023-10-23)