骨科学

DOI:10.13406/j.cnki.cyxb.001104

PKP术后新发椎体骨折危险因素分析

雷　飞[1],何　雯[2],杨　函[1],冯大雄[1],康建平[1],叶　飞[1],周庆忠[1],杨　剑[1]
(西南医科大学 1. 附属医院脊柱外科;2. 图书馆,泸州　646000)

【摘　要】目的:探讨经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty,PKP)治疗骨质疏松压缩骨折(osteoporosis vertebral compression fracture,OVCF)术后新发椎体骨折的危险因素。**方法**:回顾性分析 2011 年 7 月至 2013 年 7 月我科采用 PKP 治疗的 86 例 OVCF 患者,根据是否有非手术椎体新发骨折分为新发骨折组(A 组)及未骨折组(B 组)。采用 t 检验、方差分析、logistic 回归分析新发椎体骨折的危险因素:年龄、性别、骨密度(bone mineral density,BMD)、骨水泥注入量、骨折椎体压缩程度、骨水泥椎间盘漏、骨折椎体数量。**结果**:21 例患者(24.4%)新发骨折,15 例发生在术后 3 个月内,6 例发生在 3 个月后,16 例为邻近椎体骨折,5 例为非邻近椎体骨折;A 组 BMD(-3.43 ± 0.42)低于 B 组(-2.91 ± 0.20)(P=0.000);A 组骨水泥椎间盘漏发生率大于 B 组(P=0.031);A 组术前多椎体骨折发生率(≥2 个)大于 B 组(P=0.000)。2 组患者的年龄(P=0.453)、性别(P=0.841)、骨水泥注入量(P=0.081)、骨折椎体压缩程度无差别(P=0.717)。logistic 回归分析结果:骨密度 OR=36 277.255、95%CI=60.057~21 913 095.13、P=0.001,术前存在 2 个及 2 个以上椎体骨折 OR=13.275、95%CI=1.746~100.938、P=0.012,术中骨水泥发生椎间盘漏 OR=26.785、95%CI=1.355~529.551、P=0.031。**结论**:骨密度低、术前存在 2 个及 2 个以上椎体骨折、术中骨水泥发生椎间盘漏是 PKP 术后新发椎体骨折的危险因素。

【关键词】骨质疏松压缩骨折;经皮椎体后凸成形术;骨密度;椎间盘漏;新发椎体骨折
【中图分类号】R683.2　　**【文献标志码】**A　　**【收稿日期】**2015-08-10

Risk factors of new vertebral fractures after percutaneous kyphoplasty

Lei Fei[1],He Wen[2],Yang Han[1],Feng Daxiong[1],Kang Jianping[1],Ye Fei[1],Zhou Qingzhong[1],Yang Jian[1]
(1. Department of Spine Surgery,the Affiliated Hospital of Southwest Medical University;
2. Department of Library,Southwest Medical University)

【Abstract】*Objective*:To investigate the risk factors of new fracture after percutaneous kyphoplasty(PKP) in the treatment of osteoporosis vertebral compression fracture(OVCF). ***Methods***:Clinical data of 86 patients with OVCF who were treated with PKP from July 2011 to July 2013 in our department were retrospectively analyzed. The following characteristics were compared in patients with new VCFs(group A) after PKP versus patients without new VCFs(group B):patient age,sex,bone mineral density,number of preexisting VCFs,grade of VCFs,volume of injected cement,and cement leakage in intervertebral disc spaces. T test,analysis of variance,and logistic regression analysis were used for statistical analysis. ***Results***:Twenty-one(24.4%) of 86 patients had new VCFs during 1 year of follow-up after PKP. Fifteen cases of new VCFs occurred within 3 months of PKP;sixteen cases of new VCFs appeared in levels adjacent to treated levels,while the other five cases not. BMD of group A(-3.43 ± 0.42) was lower than that of group B(-2.91 ± 0.20) (P=0.000). The incidence of cement leakage to intervertebral disc of group A was higher than that of group B(P=0.031). Incidence of multi-level vertebral fractures was higher in group A than in group B(P=0.000). There was no difference in patient's age(P=0.453),gender(P=0.841),bone cement injection(P=0.081),degree of vertebral body compression between two groups(P=0.717). Logistic regression analysis results indicated lower bone mineral density (OR=36 277.255,95%CI=60.057 to 21 913 095.13,P=0.001), more than two preexisting VCFs(OR=13.275,95%CI=1.746 to 100.938,P=0.012),and cement leakage to adjacent intervertebral disc (OR=26.785,95%CI=1.355 to 529.551,P=0.031). ***Conclusion***:Lower bone mineral density,more than two preexisting VCFs and cement leakage to adjacent intervertebral disc are the risk factors for the development of new VCF.

作者介绍:雷　飞,Email:bonelei@163.com,
研究方向:脊柱创伤、退变。
通信作者:冯大雄,Email:fdxlz2002@163.com。

优先出版:http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1046.r.20161215.1555.074.html
(2016-12-15)

【Key words】osteoporosis vertebral compression fracture;percutaneous kyphoplasty;bone mineral density;cement leakage;new vertebral fracture

经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)是一种安全而有效的椎体强化技术，它能够迅速缓解由骨质疏松压缩骨折(osteoporosis vertebral compression fracture, OVCF)导致的疼痛[1-2]，1987年，Galibert 等首次报道经皮注射骨水泥治疗 1 例 C2 椎体侵袭性海绵状血管瘤患者，此后，PKP 广泛用于治疗各种原因引起的椎体压缩骨折[3-4]，该技术虽然能够迅速缓解疼痛，减少椎体压缩骨折后长期卧床引起的并发症，但同时也有自身相应的并发症产生[2,5-6]，如非手术椎体新发骨折、骨水泥漏、肺栓塞等。关于非手术椎体新发骨折的危险因素报道不多，本文回顾性分析 2011 年 7 月至 2013 年 7 月我科采用 PKP 术后新发椎体骨折情况，报告如下。

1 材料与方法

1.1 一般资料

收集 2011 年 7 月至 2013 年 7 月，我科采用 PKP 治疗的 129 例 OVCF 患者，纳入标准：X 片显示椎体压缩骨折，MRI 显示为急性或亚急性骨折(T1 相低信号，T2 相和去脂相显示骨髓水肿的高信号)，BMD 测定 T≤-2.5，骨扫描和肿瘤标志物排除转移肿瘤，行 PKP 术后随访时间至少 1 年。排除标准：随访时间小于 1 年(32 例)，病理性骨折(转移性肿瘤、多发性骨髓瘤共 11 例)。共 86 例患者(106 个椎体)符合以上标准，其中男 37 例，女 49 例，年龄 58~89 岁(平均 74 岁)，单节段 56 例，2 个节段 13 例，3 个节段及其以上 7 例，T11~L2 共 64 例，T6~T10 共 10 例，L3~L5 共 12 例，79 例患者采用单侧椎弓根途径穿刺，7 例患者采用双侧椎弓根外途径穿刺，平均注入骨水泥上胸椎 2.5~3.0 mL，胸腰段 3.0~4.5 mL，下腰椎 4.5~6.0 mL。根据是否有新发椎体骨折分为新发骨折组(A 组，21 例)及未骨折组(B 组，85 例)。

1.2 手术方法

所有患者均选择局麻，按常规方法进行 PKP 治疗。术后给予抗骨质疏松、止痛等处理，术后 6 h 内鼓励患者下地行走。

1.3 观察指标

观察指标包括年龄、性别、BMD、骨折椎体的位置、骨水泥注入量、骨折椎体压缩程度、骨水泥椎间盘漏、骨折椎体数量。术后 1 d 复查 X 片，术后 3、6、12 个月门诊随访，常规作 X 正侧位片，并记录 VAS 评分，若患者出现症状，作全脊柱 MRI，若 T1 相低信号，T2 相和去脂相显示骨髓水肿的高信号，则提示有新发骨折。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 21.0 统计软件进行分析。数据以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示，计量资料两样本之间采用独立样本 t 检验，两组等级资料采用秩和检验，计数资料采用卡方检验，多因素分析采用多因素 logistic 回归分析，模型中有不显著的变量，所有因素均采用逐步回归的方法筛选变量，检验水准 α=0.05。

2 结 果

2.1 发生新发椎体骨折的情况

术后疼痛明显缓解，VAS 评分由术前 A 组的(8.4 ± 0.8)下降到末次随访的(2.0 ± 0.6)，B 组的(8.3 ± 0.6)下降到末次随访的(1.9 ± 0.4)。86 例患者中 21 例患者(24.4%)新发有症状骨折，15 例发生在术后 3 个月内，6 例发生在 3 个月后；15 例无明显诱因，4 例跌倒伤，2 例为交通事故；16 例为邻近椎体再骨折，5 例为非邻近椎体再骨折(表 1)。

表 1 新发椎体骨折情况(n)

Tab.1 Condition of new fractures(n)

PKP术后时间	新发骨折	新发骨折椎体总数	有症状患者	邻椎骨折数量
3个月	15	21	15	13(18)
6个月	4	6	4	2(4)
12个月	2	3	2	1(1)

2.2 2 组之间各个指标结果

A 组 BMD(-3.43 ± 0.42)低于 B 组(-2.91 ± 0.20)(P=0.000)。A 组 6 例术中发生椎间盘漏，B 组 3 例术中发生椎间盘漏，A 组术后骨水泥椎间盘漏发生率大于 B 组(P=0.031)。A 组多椎体骨折发生率(≥2 个)大于 B 组(P=0.000)。首次骨折以及新发骨折的大部分均位于胸腰段(T11~L2)；2 组患者的年龄(P=0.453)、性别(P=0.841)、骨水泥注入量(P=0.081)、骨折椎体压缩程度无差别(P=0.717)，见表 2。对上述所有因素进行 logistic 回归分析后发现：骨密度低，术前存在 2 个及 2 个以上椎体骨折、术中骨水泥发生椎间盘漏是 PKP 术后新发椎体骨折的危险因素，其 P 值分别是：0.001、0.012、0.031，见表 3、4。

表 2 2 组患者各项观察指标比较

Tab.2 Comparison of indexes of two groups

观察指标	A组(n=21)	B组(n=65)	统计量值	P 值
平均年龄(岁)	71.00 ± 7.87	73.40 ± 8.84	t=0.569	0.453
性别(男/女)	9/12	28/37	χ^2=0.041	0.841
BMD	-3.43 ± 0.42	-2.91 ± 0.20	t=15.468	0.000
术前骨折椎体总数			H=55.502	0.000
1个	7	60		
2个	9	3		
≥3个	5	2		
骨折椎体压缩程度			H=33.193	0.717
轻度(15%~25%)	7	28		
中度(26%~40%)	8	20		
重度(>40%)	6	17		
骨水泥注入量(mL)	3.3 ± 0.6	3.1 ± 1.1	t=3.123	0.081
骨水泥椎间盘漏	6	3	χ^2=9.721	0.031

表 3 PKP 术后新发骨折影响因素 logistics 回归结果

Tab.3 Logistics results of risk factors of new vertebral fractures after percutaneous kyphoplasty

变量	*B*	*S.E*	*Wald* χ^2	*df*	*P* 值	*OR*值	95%*CI*	
							下限	上限
骨密度(mg/cm³)	−10.499	3.267	10.326	1	0.001	0.000	0.000	0.017
骨折椎体数量	2.586	1.035	6.242	1	0.012	13.275	1.746	100.938
有无骨水泥椎间盘漏	3.288	1.523	4.663	1	0.031	26.785	1.355	529.551
常量	−22.446	6.324	6.324	1	0.012	0.000		

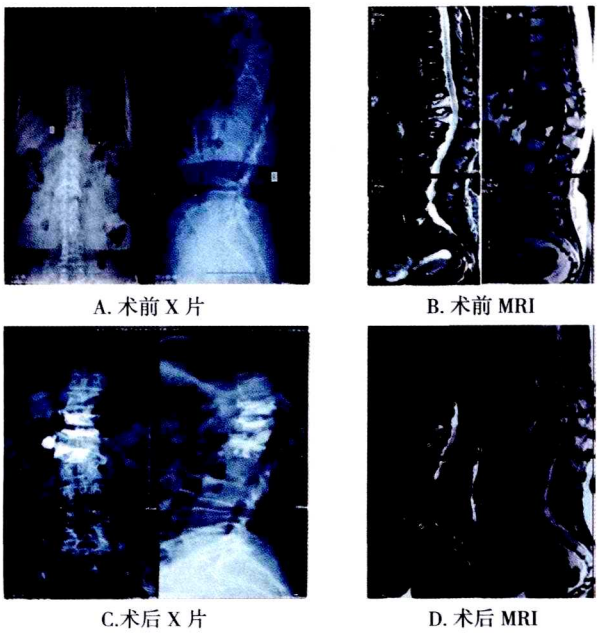
注：*B* 为解释系数，*S.E* 为标准误，*Wald* χ^2 为检验统计量

表 4 logistic 回归赋值情况

Tab.4 Logistic regression assignment

变量	赋值
骨折	是 =1，否 =0
性别	男 =1，女 =2
骨水泥漏	有 =1，无 =0
骨折椎体压缩程度	轻度 =1，中度 =2，重度 =3

患者，女，61 岁。术前 X 片（图 1A）和 MRI（图 1B）提示 T11、T12、L1 椎体 OVCF，BMD：T11 为 −3.5、T12 为 −3.3、L1 为 −3.6，行 PKP 术。PKP 术后 17 d 出现腰背痛，X 片（图 1C）和 MRI（图 1D）显示 L2 椎体新发 OVCF，患者拒绝再次行PKP 术，采取保守治疗。



A. 术前 X 片　B. 术前 MRI

C. 术后 X 片　D. 术后 MRI

图 1 OVCF 行 PKP 治疗后发生再骨折

Fig.1 New vertebral fractures after PKP treated by OVCF

3 讨 论

3.1 PKP 术后新发椎体骨折的原因

PKP 通过球囊扩张，恢复椎体高度，注入骨水泥达到稳定骨折椎体，从而起到缓解疼痛的作用。Deramond[7]、Gangi[8]、Jensen[9]、Centenera[10]等提出 OVCF 患者顽固性、无法忍受的疼痛是 PKP 的适应证。90%的患者在接受 PKP 术后 24 h 内能够迅速缓解疼痛，并且能够恢复患者的活动功能。Deramond 等[7]同时提出 PKP 的并发症包括骨水泥漏、感染、脊髓和神经损伤、肺栓塞等，并提出骨折椎体注入骨水泥后邻近椎体存在骨折的危险性，但此风险很低，而且是 OVCF 患者椎体本身固有的风险，与注入骨水泥无关。而 Grados 等[11]则在一组临床病例随访中发现，注入骨水泥后有 13 例（52%）患者邻近椎体至少出现一次新发骨折，其邻近椎体新发骨折的发生率明显上升。Lindsay 等[12]在女性骨质疏松患者的临床表现中发现，1 年内高达 20%的患者出现 2 次甚至 3 次骨折。Barr 等[13]和 Wasnich[14]认为，OVCF 后导致后凸畸形，改变了整个脊柱的受力情况，应力重新分布到其他正常椎体，尤其是邻近骨折的椎体。正常人群脊柱对应力的改变有很好的适应能力，而骨质疏松患者脊柱的适应能力则明显减弱。Grados[11]、Barr[13]、Tohmeh[15]等提出 PKP 通过强化和稳定塌陷的椎体，从而恢复椎体负重与支撑的功能，强化椎体的同时增加该椎体的硬度，椎体硬度的改变引起邻近椎体应力重新分布，因而增加骨折风险。Baroud 等[16]提出椎体强化后其硬度是正常椎体的 36 倍。Wasnich[14]、Jensen 和 Dion[17]提出假设，认为骨折椎体的邻近椎体骨质流失，PKP 术后患者临床症状迅速缓解，患者正常活动的能力较之前增强，此时，新的轴向负荷可能会导致邻近节段发生骨折。McKiernan 等[18]认为坚硬的骨水泥漏入椎间盘导致应力集中或邻近终板力学行为减弱，从而增加再骨折的概率。

3.2 PKP 术后新发椎体骨折的危险因素

本组病例接受 PKP 治疗后，有 24.4%的患者在 1 年随访中发生新骨折，大部分新骨折发生在术后

3个月内，其中大部分新骨折为邻椎骨折（图 1）。此后，非邻椎逐渐产生新骨折。文献等[11,19-22]报道 PKP 术后新发椎体骨折的发生率为 8%~52%。然而，大部分报道都不是前瞻性的，且多数患者是在有症状的情况下进行影像学检查，从而证实有新骨折的发生。Grados[11]、Uppin[20]、Kim[21]等也报道术后 3 个月内大部分新骨折为邻椎，与本组病例相似。本组新骨折患者有 10 例术前存在 2 个椎体骨折（图 1），4 例存在 3 个椎体骨折，1 例存在 4 个椎体骨折。Voormolen 等[23]报道，OVCF 患者接受 PKP 治疗前存在 2 个或更多椎体骨折是术后发生再骨折的危险因素。Lin[22]、Baroud[24]、Berlemann 等[25]报道骨水泥的注入量是诱发再骨折的危险因素。而本组病例中，A 组和 B 组注入骨水泥的量无差异（P=0.081），2 组骨水泥注入量低于 Grados 等[11]报道的骨水泥注入量。该报道认为骨水泥注入量越小，再骨折的发生率就越小。Lin 等[22]同时报道术中若发生骨水泥漏入椎间盘，术后邻近椎体发生骨折的风险将增加。本组病例中 A 组 6 例术中发生椎间盘漏，B 组 3 例术中发生椎间盘漏，差异有统计学意义。Movrin 等[26]报道术前患者 BMD≥-3.0，术后邻椎发生骨折的风险明显增加。本组病例中 A 组 BMD 为（-3.43 ± 0.42），B 组 BMD 为（-2.91 ± 0.20），差异有统计学意义（P< 0.05）。通过本组病例分析，本研究认为术前存在 2 个或更多椎体骨折，BMD 低和术中发生骨水泥漏是新发椎体骨折的危险因素；而患者的年龄、性别、骨折椎体的位置、骨水泥注入量、骨折椎体压缩程度不是新发椎体骨折的危险因素。

然而，Lindsay 等[12]报道 OVCF 患者采取保守治疗，在 1 年随访中仍然有 20%的新发椎体骨折，术前若存在 2 个或更多椎体骨折，其风险上升为24%。Lindsay[12]、Black[27]、Delmas[28]等认为 PKP 术后新发椎体骨折的发生率似乎与骨质疏松的自然发展过程相似。PKP 并不能改变骨质疏松的自然病程，PKP 术后常规监测有无新发椎体骨折发生是不必要的。此外，Lin 等[29]报道过度恢复椎体前柱高度是出现再骨折的危险因素，而本文并没有将椎体前柱高度恢复程度与新发椎体骨折之间进行相关性分析，这也是本文的不足之处。

参 考 文 献

[1] Cohen JE, Lylyk P, Ceratto R, et al. Percutaneous vertebroplasty: technique and results in 192 procedures[J]. Neurological Research, 2004, 26(1): 41-49(9).

[2] Peh WCG, Gilula LA, Peck DD. Percutaneous vertebroplasty for severe osteoporotic vertebral body compression fractures[J]. Radiology, 2002, 223(1): 121-126.

[3] Huwart L, Foti P, Andreani O, et al. Vertebral split fractures: technical feasibility of percutaneous vertebroplasty[J]. Eur J Radiol, 2014, 83(1): 173-178.

[4] Chang X, Lv YF, Chen B, et al. Vertebroplasty versus kyphoplasty in osteoporotic vertebral compression fracture: ameta-analysis of prospective comparative studies[J]. Int Orthop 2015, 39(3): 491-500.

[5] Baumann C, Fuchs H, Kiwit J, et al. Complications in percutaneous vertebroplasty associated with puncture or cement leakage[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2007, 30(2): 161-168.

[6] Potet J, Weber-Donat G, Curis E, et al. Incidence of pulmonary cement embolism after real-time CT fluoroscopy-guided vertebroplasty [J]. J Vasc Interv Radiol 2013, 24(12): 1853-1860.

[7] Deramond H, Depriester C, Galibert P, et al. Percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate. Technique, indications, and results[J]. Radiol Clin North Am, 1998, 36(3): 533-546.

[8] Gangi A, Kastler BA, Dietemann JL. Percutaneous vertebroplasty guided by acombination of CT and fluoroscopy[J]. Ajnr Am J Neuroradiol, 1994, 15(1): 83-86.

[9] Jensen ME, Evans AJ, Mathis JM, et al. Percutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral body compression fractures: technical aspects[J]. Ajnr Am J Neuroradiol, 1997, 18(10): 1897-1904.

[10] Centenera LV, Choi S, Hirsch JA. Percutaneous vertebroplasty treats compression fractures[J]. Diagnostic Imaging, 2000, 22(11): 147-148, 153.

[11] Grados F, Depriester C, Cayrolle G, et al. Long-term observations of vertebral osteoporotic fractures treated by percutaneous vertebroplasty [J]. Rheumatology, 2000, 39(12): 1410-1414.

[12] Lindsay R, Silverman SL, Cooper C, et al. Risk of new vertebral fracture in the year following a fracture[J]. JAMA, 2001, 285(3): 320-323.

[13] Barr JD, Barr MS, Lemley TJ, et al. Percutaneous vertebroplasty for pain relief and spinal stabilization[J]. Spine, 2000, 25(8): 923-928.

[14] Wasnich RD. Vertebral fracture epidemiology[J]. Bone, 1996, 18 (3S): 179-183.

[15] Tohmeh AG, Mathis JM, Fenton DC, et al. Biomechanical efficacy of unipedicular versus bipedicular vertebroplasty for the management of osteoporotic compression fractures[J]. Spine, 1999, 24(17): 1772-1776.

[16] Baroud G, Nemes J, Heini P, et al. Load shift of the intervertebral disc after a vertebroplasty: a finite-element study[J]. European Spine Journal, 2003, 12(4): 421-426.

[17] Jensen ME, Dion JE. Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic compression fractures[J]. Neuroimaging Clin N Am, 2000, 10(3): 547-568.

骨科学

DOI:10.13406/j.cnki.cyxb.001135

闭合复位经皮空心钉内固定治疗儿童内踝 Salter-HarrisⅢ型骨骺骨折的疗效观察

瞿向阳，刘　星，罗　聪，刘传康，曹豫江，李　明
（重庆医科大学附属儿童医院骨科、儿童发育疾病研究教育部重点实验室、儿科学重庆市重点实验室、儿童发育重大疾病国家国际科技合作基地，重庆　400014）

【摘　要】目的：探讨闭合复位经皮空心钉内固定治疗儿童内踝 Salter-HarrisⅢ型骨骺骨折的临床疗效。**方法**：自 2011 年 1 月至 2015 年 8 月共收治的儿童内踝 Salter-HarrisⅢ型骨骺骨折患儿 28 例，其中男 20 例，女 8 例，年龄 9~13 岁，平均年龄为 11 岁 3 个月。采用 C 臂 X 线机透视下闭合手法复位，经皮空心螺钉内固定，术后应用石膏或支具外固定 3~4 周，去除外固定后逐渐下地负重、行走。**结果**：28 例患儿均获得随访，平均随访时间 25 个月。术后 3 个月所有患儿均获得骨性愈合，2 年左右的随访中未发现踝关节内外翻畸形、疼痛及不稳定等症状，无骺板早闭、骺板骨桥形成及关节面不平整现象，所有患儿均能参加正常的体育活动。按 Baird-Jackson 踝关节功能评分标准：优 24 例，良 4 例，获得优良率 100%。**结论**：闭合复位经皮空心钉固定治疗儿童内踝 Salter-HarrisⅢ型骨骺骨折，创伤小，内固定稳定可靠，疗效满意。

【关键词】闭合复位；空心钉；内踝骨骺骨折；内固定
【中图分类号】R687.42　　**【文献标志码】**A　　**【收稿日期】**2016-10-29

作者介绍：瞿向阳，Email：drqxy04090@126.com，研究方向：小儿骨科，新型骨再生重建材料。
通信作者：李　明，Email：lm3180@163.com。
基金项目：国家临床重点专科建设经费资助项目（编号：国卫办医函[2013]554）。
优先出版：http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1046.r.20170103.1628.022.html（2017-01-03）

[18] McKiernan F, Jensen R, Faciszewski T. The dynamic mobility of vertebral compression fractures[J]. J Bone Miner Res, 2003, 18(1): 24-29.

[19] Pérez-Higueras A, Alvarez L, Rossi RE, et al. Percutaneous vertebroplasty: long-term clinical and radiological outcome[J]. Neuroradiology, 2002, 44(11): 950-954.

[20] Uppin AA, Hirsch JA, Centenera LV, et al. Occurrence of new vertebral body fracture after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporosis[J]. Radiology, 2003, 226(1): 119-124.

[21] Kim SH, Kang HS, Choi JA, et al. Risk factors of new compression fractures in adjacent vertebrae after percutaneous vertebroplasty[J]. Acta Radiol, 2004, 45(4): 440-445.

[22] Lin EP, Ekholm S, Hiwatashi A, et al. Vertebroplasty: cement leakage into the disc increases the risk of new fracture of adjacent vertebral body[J]. Ajnr Am J Neuroradiol, 2004, 25(2): 175-180.

[23] Voormolen MH, Lohle PN, Juttmann JR, et al. The risk of new osteoporotic vertebral compression fractures in the year after percutaneous vertebroplasty[J]. J Vasc Interv Radiol, 2006, 17(1): 71-76.

[24] Baroud G, Heini P, Nemes J, et al. Biomechanical explanation of adjacent fractures following vertebroplasty[J]. Radiology, 2003, 229(2): 606-607.

[25] Berlemann U, Ferguson SJ, Nolte LP, et al. Adjacent vertebral failure after vertebroplasty. A biomechanical investigation[J]. Journal of Bone & Joint Surgery British Volume, 2002, 84(5): 748-752.

[26] Movrin I, Vengust R, Komadina R. Adjacent vertebral fractures after percutaneous vertebral augmentation of osteoporotic vertebral compressionfracture: a comparison of balloon kyphoplasty and vertebroplasty[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2010, 130(9): 1157-1166

[27] Black DM, Arden NK, Palermo L, et al. Prevalent vertebral deformities predict hip fractures and new vertebral deformities but not wrist fractures. Study of Osteoporotic Fractures Research Group[J]. Journal of Bone & Mineral Research, 1999, 14(5): 821-828.

[28] Delmas PD, Genant HK, Crans GG, et al. Severity of prevalent vertebral fractures and the risk of subsequent vertebral and nonvertebral fractures: results from the MORE trial[J]. Bone, 2003, 33(4): 522-532.

[29] Lin WC, Lee YC, Lee CH, et al. Refractures in cemented vertebrae after percutaneous vertebroplasty: a retrospective analysis[J]. European Spine Journal, 2008, 17(4): 592-599.

（责任编辑：冉明会）