

临床论著

经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体
压缩骨折远期并发症的 Meta 分析

李惠民, 陈银河, 申才良

(安徽医科大学第一附属医院骨科 230032 合肥市)

【摘要】目的:应用 Meta 分析评价经皮椎体后凸成形术(PKP)治疗骨质疏松性椎体压缩骨折(OVCF)的远期并发症,为临床应用提供依据。**方法:**计算机检索 CNKI、CBM、PubMed、The Cochrane Library(2017 年第 2 期)、Wiley Online Library、ELSEVIER Science Direct(SDOS)数据库,检索时间均是从建库到 2017 年 2 月。收集 PKP 与保守治疗 OVCF 的相关随机对照试验(RCT)文献,经 X 线、CT 及 MRI 确定诊断为胸腰椎压缩骨折;骨密度测量仪测量确定存在胸腰椎骨质疏松($T \leq -2.5$);年龄 ≥ 50 岁,病程 < 6 个月;术后结局指标至少包括以下指标中的一项:新发椎体骨折、邻近节段椎体骨折、严重并发症、视觉模拟评分。参考 Cochrane 系统评价手册 5.0.1 提供的针对随机对照试验的评价标准对纳入文献质量进行评价。**结果:**共纳入 5 篇 RCT 研究,4 篇为英文文献,1 篇为中文文献,方法学质量评价 4 篇文献为 4 分及以上,1 篇文献为 3 分。PKP 组共计 417 例,保守治疗组共计 458 例。Meta 分析结果显示,PKP 组治疗后 3~6 个月视觉模拟评分(VAS)与保守治疗组相比有统计学意义[MD=-0.36, 95%CI(-0.65, -0.07), $P=0.02$];在新发椎体骨折、邻近节段椎体再发骨折、严重并发症三个方面 PKP 组与保守治疗组无统计学差异。**结论:**应用 PKP 治疗 OVCF 可以降低患者疼痛 VAS 评分,并且不会提高新发椎体骨折、邻近节段椎体再发骨折、严重并发症的发生风险。

【关键词】骨质疏松;椎体压缩骨折;经皮椎体后凸成形术;随机对照试验;Meta 分析

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2017.07.03

中图分类号:R683.2 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2017)-07-0592-07

Long-term complications of percutaneous kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures: a Meta-analysis/LI Huimin, CHEN Yinhe, SHEN Cailiang//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2017, 27(7): 592-598

【Abstract】Objectives: To evaluate the long-term complications of percutaneous kyphoplasty(PKP) for osteoporotic vertebral compression fractures (OVCF), and to provide evidence for clinical procedure. **Methods:** Databases including CNKI, CBM, PubMed, The Cochrane Library(Issue 2, 2017), Wiley Online Library, ELSEVIER Science Direct(SDOS) were used to collect the randomized controlled trials(RCTs) which compared PKP with conservative treatment in the treatment of OVCF from inception to February 2017. The diagnosis of thoracolumbar vertebral compression fracture was confirmed by X-ray, CT and MRI. The presence of thoracolumbar osteoporotic T which was less than or equal to -2.5, was confirmed by bone mineral density measurement. All the patients were 50 years or older, and disease duration was less than 6 months; postoperative outcomes included at least one of the following indicators: new vertebral fractures, adjacent fractures, serious adverse events, visual analogue score. Cochrane system evaluation manual 5.0.1 was referred to evaluate the quality of the included literatures. **Results:** Five RCT studies included four English literatures and one Chinese literature. Methodological quality assessment of 4 articles were more than or equal to 4 points, one article scored 3 points. PKP group consisted of 417 cases, conservative treatment group of 458 cases. The results of meta-analysis showed that there was statistical difference in VAS between the two groups after 3 to 6 months' treatment(mean difference=-0.36; 95%CI -0.07 to -0.65; $P=0.02$). However, there was no statistical difference in new vertebral fractures, adjacent fractures or serious adverse events. **Conclusions:** Application of

第一作者简介:男(1994-),研究生在读,研究方向:脊柱外科

电话:(0511)62922114 E-mail:1448782307@qq.com

通讯作者:申才良 E-mail:shencailiang1616@163.com

PKP in OVCF can reduce the patients' long-term (3–6 months) VAS pain score and does not increase the risks of new vertebral fractures, adjacent fractures and serious adverse events.

【Key words】 Osteoporosis; Vertebral compression fractures; Percutaneous kyphoplasty; Randomized controlled trial; Meta-analysis

【Author's address】 Department of Orthopedics, the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei, 230032, China

骨质疏松症是以骨量减少、骨组织显微结构退化为特征,导致骨的脆性增高、骨折危险性增加的全身性系统性疾病,其最主要的并发症是骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fractures, OVCF)。针对 OVCF 的治疗有椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)和保守治疗,而目前针对这两种治疗方法的远期临床效果以及安全性的差异仍缺少足够的证据。本研究旨在通过 Meta 分析方法,评价两种治疗方法的远期临床效果以及临床并发症,为临床抉择提供参考。

1 资料与方法

1.1 文献纳入与排除标准

1.1.1 纳入标准 国内外研究 PKP 与保守治疗 OVCF 的随机对照试验(randomized controlled trial, RCT);患者经 X 线、CT 及 MRI 诊断为胸腰椎压缩骨折;骨密度测量仪测量确定存在胸腰椎骨质疏松, $T \leq -2.5$;年龄 ≥ 50 岁,病程 < 6 个月;观察组采用 PKP,对照组采用保守治疗;随访时间 ≥ 12 个月;结局指标包括:新发椎体骨折、邻近节段椎体骨折、严重并发症(导致死亡,或危及生命,或永久性损害,或导致住院时间延长)和疼痛视觉模拟评分(visual analogue score, VAS)。

1.1.2 排除标准 (1)重复发表的文献;(2)回顾性研究、非随机对照研究及观察性研究;(3)椎体感染、肿瘤引发的骨折;(4)CT 或 MRI 证实椎体后壁骨折;(5)伴有严重的系统性疾病,如心肺疾病及凝血功能障碍;(6)资料无法提取的文献。

1.2 检索策略

计算机检索 CNKI、CBM、PubMed、The Cochrane Library、Wiley Online Library、ELSEVIER Science Direct(SDOS)数据库,检索时间均为从建库到 2017 年 2 月。搜集 PKP 与保守比较治疗 OVCF 的相关 RCT,中文检索词包括:骨质疏松;椎体压缩骨折;保守治疗;非手术治疗;经皮椎体后凸成形术;骨质疏松性椎体压缩骨折;英文检

索词包括:osteoporosis; vertebral compression fractures; percutaneous kyphoplasty; PKP; osteoporotic vertebral compression fractures; OVCF。

1.3 文献筛选及资料提取

由两位评价员独立筛选文献、提取资料并交叉核对,如遇分歧,则咨询第三方协助判断,缺乏的资料尽量与作者联系予以补充。文献筛选时首先阅读文题和摘要,在排除明显不相关的文献后,进一步阅读全文,以确定最终是否纳入。资料提取内容主要包括:题目、作者、分组方式、研究对象、疗程、结局指标等。

1.4 纳入研究的质量评价

参考 Cochrane 系统评价手册 5.0.1 提供的针对随机对照试验的评价标准对纳入文献质量进行评价,1~3 分视为低质量,4~7 分视为高质量。具体评价内容如下:(1)随机方法,正确(2分);不清楚(1分);不正确(0分)。(2)分配隐藏:恰当(2分);不清楚(1分);不恰当(0分)。(3)盲法:恰当(2分);不清楚(1分);不恰当(0分)。(4)有无失访及是否采用意向性分析:描述了(1分);未描述(0分)。

1.5 纳入研究的偏倚风险评价

由 2 位评价员按照 Cochrane 系统评价员手册 5.1.0^[4]针对 RCT 的偏倚风险评估工具进行评价。

1.6 统计分析方法

采用 RevMan 5.3 软件进行 Meta 分析。对单位及测量方法相同的计量资料采用均数差值(mean difference, MD),若测量方式不同或者单位不一致则采用标准化均数差(standardized mean difference, SMD)表示。计数资料采用相对危险度(RR)为效应指标,各效应量给出其点估计值和 95%CI。首先用卡方检验分析各研究结果间的异质性(检验水准设为 $\alpha=0.1$),并结合 I^2 定量判断异质性的程度。若各研究结果间无统计学异质性,则采用固定效应模型进行 Meta 分析;若各研究结果间存在统计学异质性,则进一步分析异质性来

源,在排除明显临床异质性的影响后,采用随机效应模型进行 Meta 分析。明显的临床异质性采用亚组分析或敏感性分析等方法进行处理,或只行描述性分析。发表偏倚采用 Egger 回归法和 Begg 秩相关法进行量化检测,分析软件采用 StataMP 14.0。Meta 分析的检验水准设为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 文献检索结果

文献筛选流程及结果见图 1。共检出相关文献 933 篇,删去重复文献后余下 806 篇文献,删去综述、信件、个案报道等余下 22 篇文献,按照排除标准再次筛选,最终纳入 5 篇 RCT^[2-6],4 篇为英文文献,1 篇为中文文献;PKP 组 417 例,保守治疗组 458 例。

2.2 纳入研究的基本特征、文献质量评价和偏倚风险评价

纳入研究的基本特征和文献质量评价见表 1,方法学质量评价 4 篇文献为 4 分及以上,1 篇文献为 3 分,整体质量较高。偏倚风险评价结果见表 2。

2.3 Meta 分析结果

2.3.1 新发椎体骨折 3 篇文献^[2,5,6]报道了治疗后新发椎体骨折,共计 143 例,其中 PKP 组 73 例,保守治疗组 70 例。各研究间无明显异质性 ($P=0.21, I^2=36\%$),故采用固定效应模型。结果显示两种方法比较新发椎体骨折无统计学差异 [$RR=0.97, 95\%CI(0.74, 1.26), P=0.79$](图 2)。

2.3.2 邻近节段椎体再发骨折 2 篇文献^[2,5]比较了治疗后邻近节段椎体骨折,共计 52 例,其中 PKP 组 30 例,保守治疗组 22 例。各研究间无明显异质性 ($P=0.33, I^2=0\%$),故采用固定效应模型。结果显示两种方法比较邻近节段椎体再发骨折无统计学差异 [$RR=1.28, 95\%CI(0.77, 2.13), P=0.34$](图 3)。

2.3.3 严重并发症 3 篇文献^[4-6]比较了治疗后严重并发症,共计 203 例,其中 PKP 组 122 例,保守治疗组 81 例。各研究间有明显异质性 ($P=0.01, I^2=76\%$),故采用随机效应模型。结果显示两种方法治疗后发生严重并发症无统计学差异 [$RR=1.63, 95\%CI(0.70, 3.77), P=0.26$](图 4)。

2.3.4 疼痛视觉模拟评分(VAS) 2 篇文献^[3,4]比较了治疗后 3~6 个月 VAS 评分,共计 234 例,其中 PKP 组 112 例,保守治疗组 122 例。各研究间

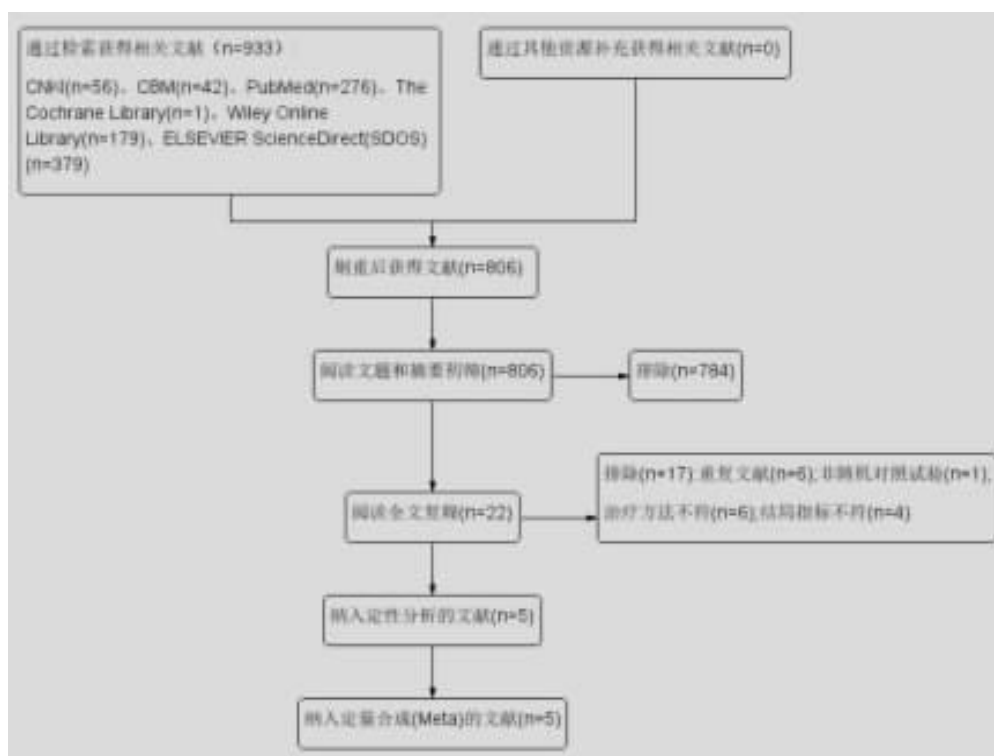


图 1 文献筛选流程及结果

Figure 1 Summary of the study selection and results

无明显异质性 ($P=0.74, I^2=0\%$), 故采用固定效应模型。两种方法治疗后 VAS 评分变化有统计学差异 [$MD=-0.36, 95\%CI(-0.65, -0.07), P=0.02$] (图 5)。

2.4 敏感性分析

采用逐一剔除纳入研究进行敏感性分析, 结果显示 Meta 分析的结果稳定, 提示纳入研究对结果影响较小。

2.5 发表偏倚

对新发椎体骨折、邻近节段椎体再发骨折、严重不良事件和 VAS 评分 4 个结局采用 Egger 回

归法和 Begg 秩相关法进行发表偏倚检测, 结果见表 3, 提示各结局没有发表偏倚。

3 讨论

随着我国老龄人群的增多, 特别是绝经后妇女容易发生骨质疏松, 局部力学强度降低, 轻微外力甚至无明确外伤史即可引发椎体压缩骨折^[7]。OVCF 除严重损害脊柱本身的生物力学性能与生理功能, 导致椎体高度丢失, 出现后凸畸形、产生顽固性腰背痛外, 还导致其他并发症如肺功能受限、胃肠功能障碍等, 严重影响患者生活质量^[8]。

表 1 纳入研究的基本特征和文献质量评价

Table 1 The basic characteristics of the study and literature quality evaluation

文献 Study	国家 Country	研究 设计 Stud y de- sign	研究例数 Cases		年龄(岁) Age(years)		性别 Sex				随访 时间 (月) Fol- low- up (mo)	失访 人数 Lost to follow- up (person)	随机方法 Random se- quence genera- tion	分配 隐藏 Allo- cation con- ceal- ment	盲法 Blind ing	失访 Lost to fol- low- up	总分 Score
			PKP	保守 Con- serva- tive treat- ment	PKP	保守 Conser- vative treat- ment	PKP		保守 Conserva- tive treatment								
							男 M	女 F	男 M	女 F							
Yi等 ^[2] Yi, et al	中国 China	RCT	79	121	70.9± 10.04	63.9± 15.51	25	54	63	58	49.4	0	1	2	1	1	5
Huang 等 ^[3] Huang, et al	中国 China	RCT	35	35	72±18	72	10	25	13	22	12	未交代 Not reported	1	1	1	0	3
谢恩 等 ^[4] Xie, et al	中国 China	RCT	77	87	67±10	67±7	47	30	43	44	12	9	1	1	2	1	5
Boonen 等 ^[5] Boonen, et al	多国 ^① Multi- center	RCT	149	151	72.2 (44.5- 95.2)	74.1 (52.8- 89.1)	34	11 5	34	11 7	24	68	2	1	0	1	4
Berenson 等 ^[6] Berenson, et al	多国 ^② Multi- center	RCT	77	64	64.8 (37.6- 88.0)	63.0 (39.5- 83.4)	37	40	29	35	12	60	2	1	1	1	5

注: ①澳大利亚、比利时、法国、德国、意大利、瑞典、英国、荷兰; ②澳大利亚、加拿大、欧洲、美国

Note: ① Australia, Belgium, France, Germany, Italy, Sweden, the United Kingdom, Holland; ② Australia, Canada, Europe, the United States

表 2 纳入研究的偏倚风险评价

Table 2 Risk of bias assessment of the study

文献 RCT	随机方法 Random sequence generation	分配隐藏 Allocation concealment	盲法 Blinding		结果数据的完整性 Incomplete outcome data	选择性报告 研究结果 Selective reporting	其他偏倚来源 Other bias
			患者 Patients	研究者 Researcher			
Yi 等 ^[2] Yi, et al	不清楚 Unclear	是 Yes	不清楚 Unclear	是 Yes	完整 Yes	不清楚 Unclear	不清楚 Unclear
Huang 等 ^[3] Huang, et al	不清楚 Unclear	不清楚 Unclear	不清楚 Unclear	不清楚 Unclear	完整 Yes	不清楚 Unclear	不清楚 Unclear
谢恩等 ^[4] Xie, et al	不清楚 Unclear	不清楚 Unclear	是 Yes	是 Yes	完整 Yes	不清楚 Unclear	不清楚 Unclear
Boonen 等 ^[5] Boonen, et al	随机数字表法 Random number table method	不清楚 Unclear	否 No	否 No	完整 Yes	不清楚 Unclear	不清楚 Unclear
Berenson 等 ^[6] Berenson, et al	随机数字表法 Random number table method	不清楚 Unclear	不清楚 Unclear	不清楚 Unclear	完整 Yes	不清楚 Unclear	不清楚 Unclear

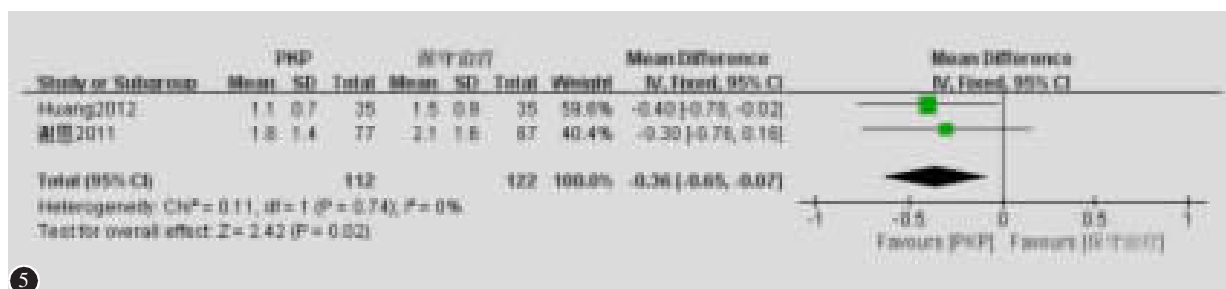
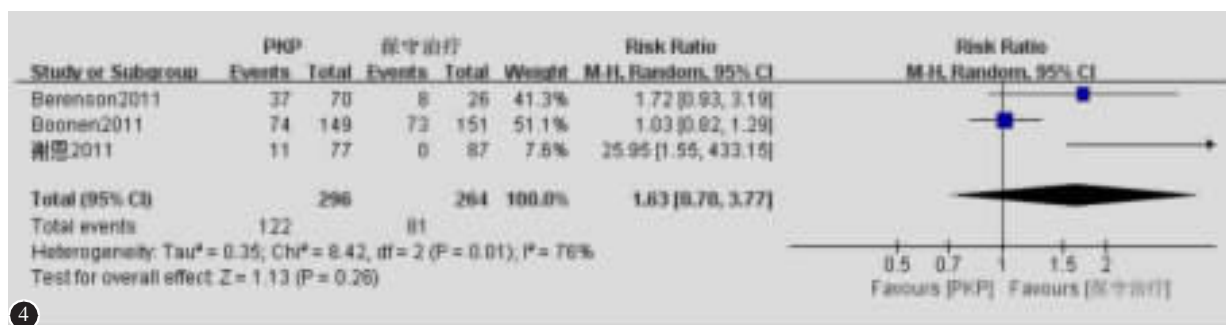
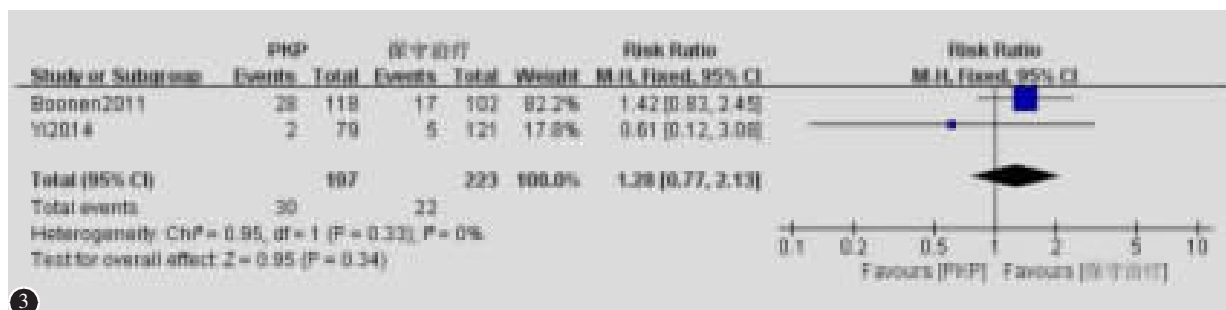
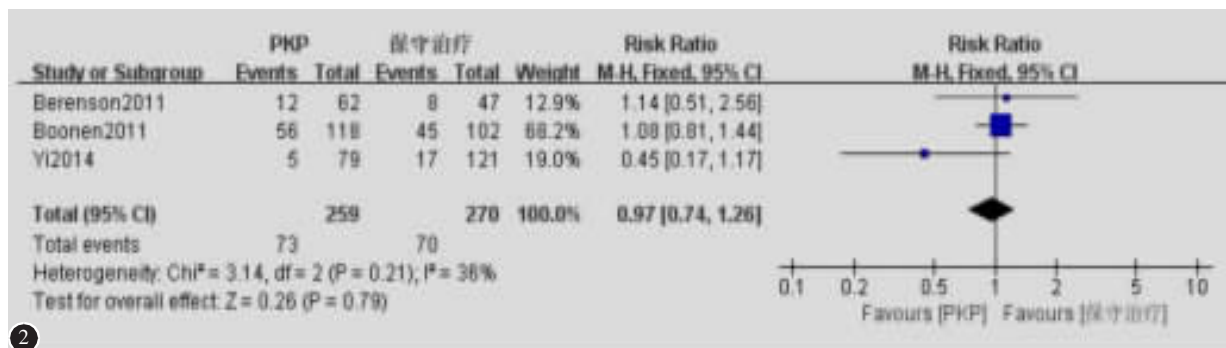


图2 PKP与保守治疗后新发椎体骨折比较的森林图 图3 PKP与保守治疗后邻近节段椎体再发骨折比较的森林图
图4 PKP与保守治疗后严重并发症比较的森林图 图5 PKP与保守治疗后3~6个月疼痛视觉模拟评分(VAS)变化比较的森林图

Figure 2 Forest plot and tabulated data illustrating the risk ratio for new vertebral fractures between PKP and conservative treatment **Figure 3** Forest plot and tabulated data illustrating the risk ratio for adjacent fractures between PKP and conservative treatment **Figure 4** Forest plot and tabulated data illustrating the risk ratio for serious adverse events between PKP and conservative treatment **Figure 5** Forest plot and tabulated data illustrating the mean difference(MD) in the visual analog scale(VAS) scores after 3 to 6 months between PKP and conservative treatment

针对 OVCF,保守治疗需要达到四个目标:缓解疼痛、降低骨折风险、增加骨密度和调节骨代谢。主要方法包括支具保护、卧床休息和药物治疗^[9]。然

而保守治疗最大的缺陷是不能即刻恢复骨折椎体的负重功能;长时间卧床休息不但无法恢复脊柱正常序列,活动量减少还会进一步导致骨量丢失,

表 3 Meta 分析各结局的发表偏倚检测结果
Table 3 Publication bias test results of this Meta-analysis

结局指标 Results	Begg's Test		Egger's Test	
	z	Pr> z	t	P
新发椎体骨折 New vertebral fractures	1.04	0.296	-0.84	0.556
邻近节段椎体再发骨折 Adjacent fractures	0.00	1.000	—	—
严重并发症 Serious adverse events	1.04	0.296	9.71	0.065
VAS评分 VAS score	0.00	1.000	—	—

加重骨质疏松;无法迅速缓解疼痛,打断恶性循环,尽可能恢复椎体高度和矫正后凸畸形,提高患者的生活质量。PKP 可以迅速止痛,矫正脊柱畸形,进而改善肺功能,使患者可早期活动和功能锻炼,减少了长期卧床的并发症,为后继骨质疏松的药物提供了可能^[10]。

本研究共纳入 5 个 RCT^[2-6],5 篇研究中两组人数、年龄、性别均无统计学差异,4 篇^[2-5]研究中两组骨密度无统计学差异,而 1 篇^[6]研究中未直接说明骨密度有无统计学差异。2 篇研究^[5,6]中 PKP 组和保守治疗组相同比例的人数都使用了抗骨质疏松药物及镇痛药物,并且持续到随访结束。Yi 等^[2]的研究中 PKP 组和保守治疗组都使用了抗骨质疏松药物至少 2 年,而只有保守治疗组使用镇痛药物。另外 2 篇研究^[3,4]未说明抗骨质疏松药物及镇痛药物的使用情况。

本研究显示,PKP 与保守治疗后新发椎体骨折和邻近节段椎体再发骨折无统计学意义。Kasperk 等^[11]的研究发现,随访 24 个月后,与保守治疗组相比,PKP 并不会提高新发椎体骨折的风险。Cooper 等^[12]的研究中大约 40% 的患者由于再次疼痛才发现新发椎体骨折。骨水泥强化^[13]是否会导致新发相邻椎体骨折的发生率增加仍存在争议。Hulme 等^[13]的系统综述中报道与已经发生椎体骨折的骨质疏松人群相比,邻近节段椎体再发骨折的风险并没有提高。Berlemann 等^[14]认为最大程度的使用骨水泥来恢复椎体的强度可能会引起邻近椎体骨折。Lin 等^[15]的研究中,邻近椎体骨折组中骨水泥注射体积分数在 31.0~34.1 之间发生邻近椎体骨折的风险会增加。

严重并发症中,Boonen 等^[5]的研究中 PKP 组有 13 例导致死亡,对照组有 11 例导致死亡。

Berenson 等^[6]的研究中 PKP 组有 21 例导致死亡,对照组有 5 例导致死亡。而谢恩等^[4]的研究中 PKP 组发生骨水泥渗漏 11 例,文献中没有报道死亡人数。有学者^[16]认为骨水泥的渗漏会导致不同程度的运动功能障碍。此外骨水泥可能会引发肺栓塞^[17]。Yang 等^[18]认为 PKP 组并发症的发生与术前骨密度值、骨水泥体积和骨水泥渗漏率密切相关。

Huang 等^[3]的研究中报道了 PKP 组和保守治疗组治疗后 1 周、1 个月、3 个月的 VAS 评分,结果显示两组组治疗后各时间点均有统计学差异。谢恩等^[4]的研究中报道了两组治疗后 1d、6 个月的 VAS 评分,结果显示两组治疗后 1d 有统计学差异,而 6 个月无统计学差异。目前大多数研究提示应用 PKP 可以即刻缓解疼痛^[19],并且认为疼痛缓解的原因是 PKP 通过骨水泥固化过程中产生的热效应,达到迅速止痛的作用。Togawa 等^[20]则认为 PMMA 并没有产生明确的热效应减轻疼痛。

PKP 可迅速缓解 OVCF 患者的疼痛,打断卧床休息造成的恶性循环,尽可能地恢复椎体高度和矫正后凸畸形,提高患者的生存质量^[21]。Huang 等^[3]认为 PKP 组椎体高度和 Cobb 角与术前相比均有统计学意义,但是 3 个月后 PKP 组与保守治疗组在椎体高度和 Cobb 角上均无统计学意义。谢恩等^[4]认为与术前相比,PKP 组椎体前缘高度平均恢复 27.9%,椎体后凸角平均矫正 12.6°,但是 PKP 矫正后凸畸形并不能成比例的减轻腰背疼痛。Xing 等^[22]指出椎体后凸角度的测量与术后患者疼痛、焦虑、患者在床上的体位、不同的随访时间有关。由于本研究中椎体高度和 Cobb 角未能就所纳入文献进行分析比较,仍需大量资料进一步研究。

本研究的局限性:(1)3 篇文献未描述具体的随机方法,4 篇文献隐藏分组不清楚,因此存在选择偏倚可能。3 篇文献未说明使用盲法,存在实施及测量偏倚可能;(2)VAS 评分时间存在差异,早期 PKP 组对 VAS 评分影响更大。(3)研究时间长短不一。以上诸多因素降低了本研究的论证强度。尚需大样本、随机方法正确、隐藏分组、双盲、具有严格的纳入排除标准、对照组实施方案明确的研究进一步论证。

总之,从本研究中可以看出:相对于保守治疗,应用 PKP 可以降低患者远期(3~6 个月)VAS

评分,并且不会提高新发椎体骨折,邻近节段椎体再发骨折,严重并发症的风险。但是临床应用时,应严格把握适应证以及进行风险评估,同时不能忽视抗骨质疏松症的全身治疗。

4 参考文献

1. Higgins JPT, Green S. Editors. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0[updated March 2011]. The Cochrane Collaboration, 2011. Available from www.handbook.cochrane.org.
2. Yi X, Lu H, Tian F, et al. Recompression in new levels after percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty compared with conservative treatment [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2014, 134(1): 21-30.
3. Huang Z, Zhang L. Treatment of osteoporotic vertebral compressive fractures with percutaneous kyphoplasty and oral Zishengukang[J]. J Tradit Chin Med, 2012, 32(4): 561-564.
4. 谢恩, 郝定均, 杨团民, 等. 经皮椎体后凸成形术与非手术治疗急性及亚急性骨质疏松性椎体压缩性骨折临床研究[J]. 创伤外科杂志, 2011, 13(6): 510-514.
5. Boonen S, Van Meirhaeghe J, Bastian L, et al. Balloon kyphoplasty for the treatment of acute vertebral compression fractures: 2-year results from a randomized trial [J]. J Bone Miner Res, 2011, 26(7): 1627-1637.
6. Berenson J, Pflugmacher R, Jarzem P, et al. Balloon kyphoplasty versus non-surgical fracture management for treatment of painful vertebral body compression fractures in patients with cancer: a multicentre, randomised controlled trial [J]. Lancet Oncol, 2011, 12(3): 225-235.
7. Liang L, Chen X, Jiang W, et al. Balloon kyphoplasty or percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture? an updated systematic review and Meta-analysis [J]. Ann Saudi Med, 2016, 36(3): 165-174.
8. Zhai W, Jia Y, Wang J, et al. The clinical effect of percutaneous kyphoplasty for the treatment of multiple osteoporotic vertebral compression fractures and the prevention of new vertebral fractures[J]. Int J Clin Exp Med, 2015, 8(8): 13473-13481.
9. Kan SL, Yuan ZF, Chen LX, et al. Which is best for osteoporotic vertebral compression fractures: balloon kyphoplasty, percutaneous vertebroplasty or non-surgical treatment? a study protocol for a Bayesian Network meta-analysis[J]. BMJ Open, 2017, 7(1): E012937.
10. Cheng X, Long HQ, Xu JH, et al. Comparison of unilateral versus bilateral percutaneous kyphoplasty for the treatment of patients with osteoporosis vertebral compression fracture (OVCF): a systematic review and meta-analysis[J]. Eur Spine J, 2016, 25(11): 3439-3449.
11. Kasperk C, Grafe IA, Schmitt S, et al. Three-year outcomes after kyphoplasty in patients with steoporosis with painful vertebral fractures[J]. J Vasc Interv Radiol, 2010, 21(5): 701-709.
12. Cooper C, Melton LJ. Vertebral fractures[J]. BMJ, 1992, 304(6830): 793-794.
13. Hulme PA, Krebs J, Ferguson SJ, et al. Vertebroplasty and kyphoplasty: a systematic review of 69 clinical studies [J]. Spine(Phila Pa 1976), 2006, 31(17): 1983-2001.
14. Berlemann U, Ferguson SJ, Nolte LP, et al. Adjacent vertebral failure after vertebroplasty: biomechanical investigation [J]. J Bone Joint Surg Br, 2002, 84(5): 748-752.
15. Lin D, Hao J, Li L, et al. Effect of bone cement volume fraction on adjacent vertebral fractures after unilateral percutaneous kyphoplasty [J]. Clin Spine Surg, 2017, 30(3): E270-E275.
16. Hohegger M, Radl R, Leithner A, et al. Spinal canal stenosis after vertebroplasty [J]. Clin Radiol, 2005, 60(3): 397-400.
17. Yoo KY, Jeong SW, Yoon W, et al. Acute respiratory distress syndrome associated with pulmonary cement embolism following percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2004, 29(14): E294-297.
18. Yang S, Liu Y, Yang H, et al. Risk factors and correlation of secondary adjacent vertebral compression fracture in percutaneous kyphoplasty[J]. Int J Surg, 2016, 36(Pt A): 138-142.
19. Sun ZY, Li XF, Zhao H, et al. Percutaneous balloon kyphoplasty in treatment of painful osteoporotic occult vertebral fracture: a retrospective study of 89 cases[J]. Med Sci Monit, 2017, 23: 1682-1690.
20. Togawa D, Bauer TW, Lieberman IH, et al. Histologic evaluation of human vertebral bodies after vertebral augmentation with polymethyl methacrylate[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2003, 28(14): 1521-1527.
21. Alvarez L, Alcaraz M, Perez-Higueras A, et al. Percutaneous vertebroplasty: functional improvement in patients with osteoporotic compression fractures[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2006, 31(10): 1113-1118.
22. Xing D, Ma JX, Ma XL, et al. A meta-analysis of balloon kyphoplasty compared to percutaneous vertebroplasty for treating osteoporotic vertebral compression fractures[J]. J Clin Neurosci, 2013, 20(6): 795-803.

(收稿日期:2017-02-20 末次修回日期:2017-05-03)

(英文编审 唐翔宇/贾丹彤)

(本文编辑 卢庆霞)