doi:10.11659/jjssx.12E023018

·临床研究·

# 单次灌注与温度梯度灌注在PKP治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折中的疗效对比

杨寒石,陆小庆,曹汉岐 (徐州医科大学附属淮安医院/淮安市第二人民医院骨科,江苏 淮安 223022)

[摘 要] **目的** 对比单次灌注技术和温度梯度灌注技术在球囊扩张经皮椎体后凸成形术(PKP)治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折中的应用效果。**方法** 选取我院行PKP的骨质疏松性椎体压缩性骨折患者116例,按照骨水泥灌注方法的不同将其分为单次灌注组($n$=57)和温度梯度灌注组($n$=59)。对比2组患者围术期指标、疼痛视觉模拟量表(VAS)评分、Oswestry功能障碍指数(ODI)评分、影像学指标和骨水泥渗漏发生率。**结果** 温度梯度灌注组患者的骨水泥注入量少于单次灌注组($P$<0.05);2组患者手术时间、术中出血量、术中透视次数比较,差异无统计学意义($P$>0.05)。温度梯度灌注组患者术后1周的VAS、ODI评分均低于单次灌注组($P$<0.05)。2组患者术后1周、末次随访时的伤椎前缘相对高度均较术前增加($P$<0.05),Cobb角均较术前减小($P$<0.05)。温度梯度灌注组骨水泥渗漏率低于单次灌注组($P$<0.05)。**结论** 温度梯度灌注技术应用于PKP治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折,可获得与单次灌注技术相当的手术治疗效果,同时温度梯度灌注技术可减少骨水泥注入量,降低骨水泥渗漏率,减轻术后疼痛。

[关键词] 温度梯度灌注;球囊扩张经皮椎体后凸成形术;单次灌注;骨质疏松性椎体压缩性骨折;疗效
[中图分类号] R683.2 [文献标志码] A [收稿日期] 2023-12-05

## Curative effect contrast of single perfusion and temperature gradient perfusion in PKP treatment of osteoporotic vertebral compression fractures

YANG Han-shi, LU Xiao-qing, CAO Han-qi (Department of Orthopaedics, the Affiliated Huai′an Hospital of Xuzhou Medical University/Huai′an Second People′s Hospital, Huai′an Jiangsu 223022, China)

**Abstract: Objective** To compare the application effect of single perfusion technique and temperature gradient perfusion technique in balloon dilatation percutaneous kyphoplasty (PKP) in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures. **Methods** A total of 116 patients with osteoporotic vertebral compression fracture who underwent PKP in our hospital were selected and divided into the single perfusion group ($n$=57) and the temperature gradient perfusion group ($n$=59) according to different bone cement perfusion methods. The perioperative indicators, pain visual analogue scale (VAS) scores, Oswestry dysfunction index (ODI) scores, imaging indicators and incidence of bone cement leakage were compared between the two groups. **Results** The amount of bone cement injection of patients in the temperature gradient perfusion group was less than that in the single perfusion group ($P$<0.05). There was no significant difference in operation time, intraoperative blood loss or intraoperative fluoroscopy times of patients between the two groups ($P$>0.05). The VAS and ODI scores of patients in the temperature gradient perfusion group were lower than those in the single perfusion group 1 week after operation ($P$<0.05). At 1 week after operation and the last follow-up, the relative height of the anterior edge of the injured vertebrae in both groups were higher than those before operation ($P$<0.05), and the Cobb angle were smaller than those before operation ($P$<0.05). The incidence of bone cement leakage in the temperature gradient perfusion group was lower than that in the single perfusion group ($P$<0.05). **Conclusion** The application of temperature gradient perfusion technique in PKP for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures can achieve the same surgical treatment effect as single perfusion technique, and temperature gradient perfusion technique can reduce the amount of bone cement injection, reduce the incidence of bone cement leakage, and alleviate postoperative pain.

**Keywords:** temperature gradient perfusion; balloon dilatation percutaneous kyphoplasty; single perfusion; osteoporotic vertebral compression fractures; curative effect

骨质疏松症是由多种原因引起的代谢性骨病,常表现为骨量减少、骨质下降[1]。骨质疏松性椎体压缩性骨折是其常见的并发症之一,患者骨折后骨愈合过程减缓,再次发生骨折的风险较大[2]。球囊扩张经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty,PKP)是临床治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折的常用术式,球囊扩张可帮助形成负压空腔,有助于骨水泥顺利注入,从而维持骨折部位稳定性[3]。但骨水泥渗漏一直是传统骨水泥单次灌注技术面临的一个非常棘手的问题,单次灌注的PKP后仍有不少患者存在骨水泥渗漏[4]。

[基金项目] 江苏省卫生健康委员会医学科研立项项目(M2021119)
[通信作者] 杨寒石,E-mail:HanshiYang87@163.com

据统计,PKP的骨水泥渗漏率为7.0%~10.6%,骨水泥可渗漏至椎管内压迫脊髓或神经根,影响患者预后[5]。因此,仍需寻找更有效的骨水泥灌注方法,以降低骨水泥渗漏发生率。有研究提出通过温度梯度灌注进行PKP,但该方式需要尽可能快速地完成手术,对手术技术及助手配合要求较高,且其疗效尚无统一定论。本研究通过对比温度梯度灌注技术与单次灌注技术在PKP治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折中的应用效果,旨在为临床术式选择提供相关参考。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

选取2022年4月至2023年12月于淮安市第二人民医院行PKP的骨质疏松性椎体压缩性骨折患者116例,按照骨水泥灌注方法的不同将其分为单次灌注组($n$=57)和温度梯度灌注组($n$=59)。单次灌注组男24例,女33例;年龄55~81岁,平均(64.59±6.18)岁;受伤至手术时间1~14 d,平均(7.69±1.28)d;致伤原因:跌伤28例、无明显诱因20例、扭伤9例。温度梯度灌注组男25例,女34例;年龄58~80岁,平均(64.16±6.94)岁;受伤至手术时间2~12 d,平均(7.63±0.94)d;致伤原因:跌伤30例、无明显诱因21例、扭伤8例。2组患者一般资料对比,差异无统计学意义($P$>0.05),具有可比性。本研究经淮安市第二人民医院伦理委员会审核批准(伦理批号:第2022083号)。

纳入标准:①参考《中国老年骨质疏松症诊疗指南(2018)》[6],骨密度T值小于-2.5 SD,符合骨质疏松的诊断标准;②经CT或MRI检查确诊为骨质疏松性椎体压缩性骨折;③新鲜骨折,受伤至手术时间在2周内;④单节段椎体骨折;⑤首次进行相关手术;⑥符合手术指征;⑦无手术禁忌证。排除标准:①合并其他部位骨折;②临床资料不完整;③合并凝血功能障碍;④合并心、肝、肾等脏器功能障碍;⑤合并严重内科疾病或精神疾病;⑥无法耐受手术。

### 1.2 方法

2组患者均取俯卧位,全身麻醉,以C型臂X射线机透视定位并准确标记后,经双侧穿刺行PKP。穿刺成功后,抽出内芯,依次置入导丝、工作套管,随后移除导丝,置入球囊。球囊扩张复位满意后,取出球囊,在15 min内注入骨水泥。单次灌注组采用单次灌注技术:将骨水泥在连续透视低压下缓慢注入椎体内。温度梯度灌注组则采用温度梯度灌注技术:术前手术室温度设置为20 ℃,使人体与外部环境形成温度差,骨水泥调制成拉丝期后期、团状期早期状态,然后在连续透视低压下缓慢注入椎体内。2组手术操作由同一组医师完成。

### 1.3 观察指标

观察2组患者围术期指标,包括手术时间、术中出血量、术中透视次数、骨水泥注入量。采用门诊复查的方式进行随访,随访时间1年。观察2组患者术前、术后1周及末次随访时疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale,VAS)[7]和Oswestry功能障碍指数(Oswestry dysfunction index,ODI)评分[8]。VAS评分总分10分,0分表示无痛,10分表示剧烈疼痛,分数越高,疼痛感越强。ODI包括疼痛的强度、性生活、干扰睡眠、社会生活、步行、提物、生活自理、站立、坐位、旅游等10个问题,每个问题评分0~5分,总分50分,分数越高,表明功能障碍越严重。术前、术后1周及末次随访时根据X射线片测量2组患者椎体后凸角(Cobb角)、伤椎前缘相对高度,比较2组患者影像学指标的变化;观察2组患者术后骨水泥渗漏发生情况。

### 1.4 统计学方法

数据采用SPSS 26.0软件进行统计学分析。围术期指标、量表评分等计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)描述,采用独立样本$t$检验;并发症发生率等计数资料以率(%)描述,两组间比较采用$\chi^2$检验。以$P$<0.05为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 2组患者围术期指标对比

温度梯度灌注组患者的骨水泥注入量少于单次灌注组($P$<0.05),2组患者手术时间、术中出血量、术中透视次数比较,差异无统计学意义($P$>0.05),见表1。

**表1 2组患者围术期指标对比($\bar{x}\pm s$)**

| 组别 | $n$ | 手术时间(min) | 术中出血量(mL) | 术中透视次数(次) | 骨水泥注入量(mL) |
|---|---|---|---|---|---|
| 单次灌注组 | 57 | 45.79±4.09 | 29.95±3.49 | 16.35±2.26 | 4.78±0.31 |
| 温度梯度灌注组 | 59 | 45.65±3.86 | 29.21±3.37 | 15.91±1.94 | 4.23±0.26 |
| $t$ | | 0.190 | 1.162 | 1.126 | 10.367 |
| $P$ | | 0.850 | 0.248 | 0.262 | <0.001 |

### 2.2 2组患者VAS、ODI评分对比

与术前比较,2组患者术后1周、末次随访时的VAS、ODI评分均逐渐下降($P$<0.05);术前、末次随访时2组患者VAS、ODI评分组间对比差异无统计学意义($P$>0.05),术后1周温度梯度灌注组VAS、ODI评分均低于单次灌注组($P$<0.05),见表2。

### 2.3 2组患者影像学指标对比

2组患者术后1周、末次随访时的伤椎前缘相对高

度均较术前增加($P$<0.05),Cobb角均较术前减小($P$<0.05);2组患者术前、术后1周、末次随访时的伤椎前缘相对高度、Cobb角组间对比,差异均无统计学意义($P$>0.05),见表3。

**表2 2组患者VAS、ODI评分对比($\bar{x}\pm s$,分)**

| 组别 | $n$ | VAS | | | ODI | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 术前 | 术后1周 | 末次随访 | 术前 | 术后1周 | 末次随访 |
| 单次灌注组 | 57 | 7.11±0.58 | 3.05±0.46* | 1.61±0.34*# | 35.46±5.92 | 27.26±4.24* | 15.57±4.78*# |
| 温度梯度灌注组 | 59 | 7.17±0.47 | 2.28±0.39* | 1.53±0.28*# | 34.51±6.07 | 20.53±2.16* | 14.97±2.69*# |
| $t$ | | −0.440 | 9.736 | 1.468 | 0.853 | 10.825 | 0.837 |
| $P$ | | 0.661 | <0.001 | 0.145 | 0.395 | <0.001 | 0.404 |

*:与术前对比,$P$<0.05;#:与术后1周对比,$P$<0.05

**表3 2组患者影像学指标对比($\bar{x}\pm s$)**

| 组别 | $n$ | 伤椎前缘相对高度(%) | | | Cobb角(°) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 术前 | 术后1周 | 末次随访 | 术前 | 术后1周 | 末次随访 |
| 单次灌注组 | 57 | 58.31±6.73 | 86.41±5.02* | 85.37±8.17* | 17.26±2.68 | 12.15±1.63* | 12.26±1.82* |
| 温度梯度灌注组 | 59 | 58.92±5.98 | 86.95±6.97* | 85.52±7.46* | 17.37±2.76 | 12.16±1.59* | 12.31±1.77* |
| $t$ | | −0.516 | −0.477 | −0.103 | −0.218 | −0.033 | −0.150 |
| $P$ | | 0.607 | 0.634 | 0.918 | 0.828 | 0.973 | 0.881 |

*:与术前对比,$P$<0.05

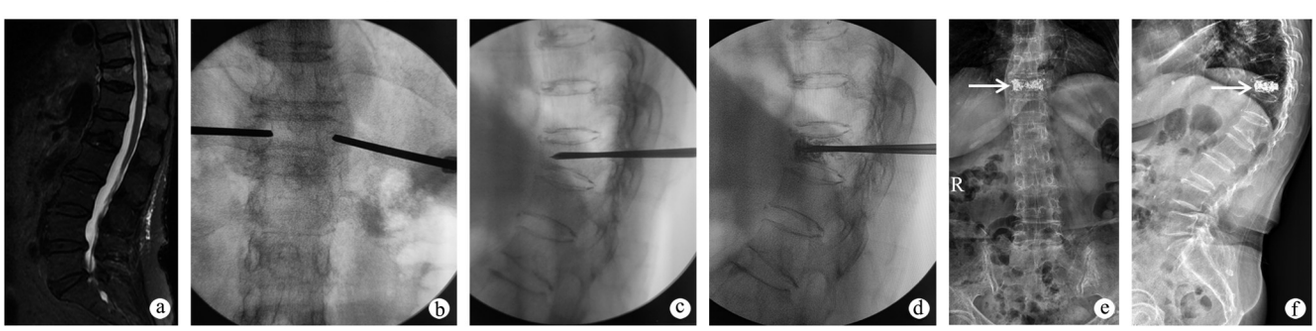
2.4 2组患者术后骨水泥渗漏发生率对比

单次灌注组有10例患者发生骨水泥渗漏(4例椎间隙渗漏,6例椎体周壁渗漏,无明显临床症状),渗漏率17.54%;温度梯度灌注组有2例患者发生骨水泥渗漏(1例椎间隙渗漏,1例椎体侧方渗漏,无明显临床症状),渗漏率3.39%。温度梯度灌注组骨水泥渗漏率低于单次灌注组($P$<0.05)。

2.5 典型病例

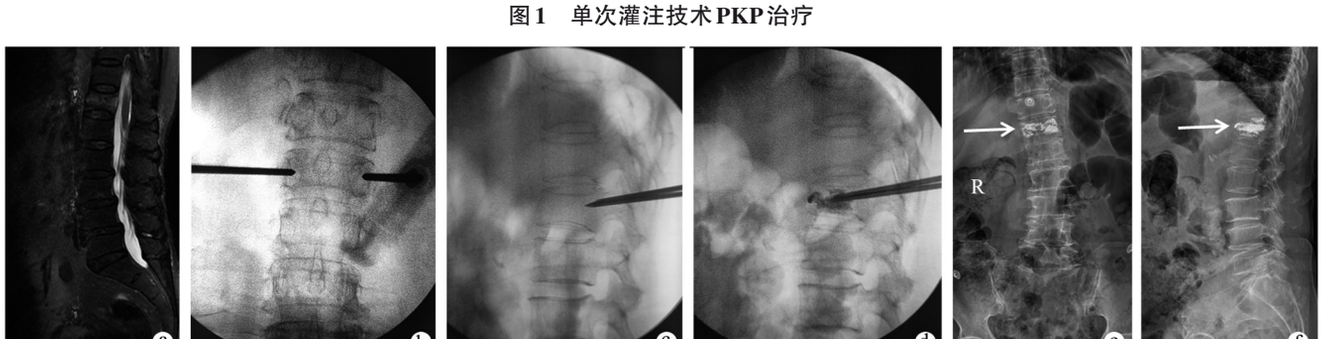
患者1,女,79岁,因跌伤致$T_{11}$椎体压缩性骨折入院,术前MRI提示$T_{11}$椎体新鲜压缩性骨折,行单次灌注PKP治疗,术中X射线透视显示穿刺位置良好,骨水泥分布良好,术后X射线显示骨水泥弥散良好(图1)。

患者2,女,72岁,因跌伤致$T_{12}$椎体压缩性骨折入院,术前MRI提示$T_{12}$椎体新鲜压缩性骨折,行温度梯度灌注PKP治疗,术中X射线透视显示穿刺位置良好,骨水泥分布良好,术后X射线显示骨水泥弥散良好(图2)。




a:术前MRI;b~d:术中穿刺X射线片正、侧位;e、f:术后X射线片正、侧位(箭头处可见骨水泥弥散良好)

**图1 单次灌注技术PKP治疗**




a:术前MRI;b~d:术中穿刺X射线片正、侧位;e、f:术后X射线片正、侧位(箭头处可见骨水泥弥散良好)

**图2 温度梯度灌注技术PKP治疗**

## 3 讨论

骨水泥渗漏是PKP治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折常见的并发症之一,严重的骨质疏松使患者椎体的脆性增大,生物力学强度下降,即使轻微外伤也容易使骨折椎体承受较大应力,从而导致周壁破裂,增加骨水泥渗漏风险[9]。引起骨水泥渗漏的相关因素较多,包括骨水泥灌注方法、病变椎体本身因素、其他因素(如拔针时针芯未安装好、注射完毕后拔针过快)等,其中以骨水泥灌注方法较为可控,成为临床学者研究的热点之一[10]。传统PKP注入骨水泥的方式为单次灌注,但在注射过程中会不可避免地产生一定压力,容易导致骨水泥渗漏[11]。由于骨水泥的凝固速度受温度影响较为明显,温度越高则凝固速度越快,可供注射操作的时间窗也就越窄[12]。因此,学者们提出在PKP治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折时采用温度梯度灌注的形式进行骨水泥注射。

本研究结果显示,2组患者手术时间、术中出血量、术中透视次数对比无统计学差异,末次随访时2组患者伤椎前缘相对高度、Cobb角组间对比,差异亦无统计学意义。其中Cobb角是测量侧弯曲角度的方法,用于评估脊柱侧弯的严重程度,伤椎前缘相对高度主要是用于评估复位情况,上述指标未见明显差异,提示单次灌注技术和温度梯度灌注技术均可保证手术的顺利进行,骨折椎体复位效果相当。本研究还发现,与单次灌注技术相比,温度梯度灌注技术可减少骨水泥注入量,降低骨水泥渗漏率。本研究中温度梯度灌注组通过刻意将室内温度调整到20 ℃,与人体内部的37 ℃形成温度差,可使椎体内部的骨水泥先凝固,而外部推杆中的骨水泥尚未凝固,仍处于可注射的状态,人为创造出1~2 min的时间差,实现“缓慢-低压-间隔”式的安全注射,进而减少了骨水泥注入量,降低了骨水泥渗漏率;同时,温度梯度灌注技术还能通过控制骨水泥注射速度获得良好的骨水泥分布效果,从而加速骨水泥硬化,降低骨水泥渗漏率[13-15]。本研究结果还显示,术后1周温度梯度灌注组患者VAS、ODI评分均低于单次灌注组,提示在PKP治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折时采用温度梯度灌注技术,可减轻术后早期疼痛,有助于患者术后早期功能恢复。分析原因主要为骨水泥在椎体内的凝固速度与在体外不同,利用椎体内温度高于室温可加速骨水泥凝固,降低骨水泥渗漏率,改善骨水泥分布效果,而良好的骨水泥分布有利于增加伤椎稳定性,更好地减轻机体的疼痛,进而有利于术后早期进行相关的康复训练,使患者尽早恢复正常的功能状况[16-18]。

需注意的是,温度梯度灌注技术在实际操作中应注意以下技巧:①注射过程中,应严格遵循“缓慢-低压”的方式;②若伤椎的周壁骨折处缺损较多,可采用骨水泥分次调制的方法,从而减少渗漏情况[19-20]。

综上所述,温度梯度灌注技术用于PKP治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折,可获得与单次灌注技术相当的治疗效果,且温度梯度灌注可减少骨水泥注入量,降低骨水泥渗漏率,减轻术后疼痛,有助于患者术后功能恢复。

## [参考文献]


[1] Ayers C, Kansagara D, Lazur B, et al. Effectiveness and safety of treatments to prevent fractures in people with low bone mass or primary osteoporosis: a living systematic review and network meta-analysis for the American College of Physicians[J]. Ann Intern Med, 2023, 176(2):182-195. doi:10.7326/M22-0684.

[2] Kutsal FY, Ergin Ergani GO. Vertebral compression fractures: still an unpredictable aspect of osteoporosis[J]. Turk J Med Sci, 2021, 51(2): 393-399. doi:10.3906/sag-2005-315.

[3] Xiang QQ, Chu B, Lu MQ, et al. Risk-benefit ratio of percutaneous kyphoplasty and percutaneous vertebroplasty in patients with newly diagnosed multiple myeloma with vertebral fracture: a single-center retrospective study[J]. Ann Hematol, 2023, 102(6):1513-1522. doi: 10.1007/s00277-023-05202-9.

[4] 蔡进奎,许海甲,李伟康,等. α-氰基丙烯酸正丁酯黏合剂预防经皮椎体后凸成形术中骨水泥渗漏的效果[J]. 局解手术学杂志,2023, 32(10):876-881. doi:10.11659/jjssx.03E023070.

[5] 崔 维,刘宝戈,王 磊,等. 经皮椎体后凸成形术中球囊扩张体积与骨水泥注射量的相关性分析[J]. 中华外科杂志,2015,53(4): 289-293. doi:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2015.04.012.

[6]《中国老年骨质疏松症诊疗指南》(2018)工作组,马远征,王以朋,等. 中国老年骨质疏松症诊疗指南(2018)[J]. 中国骨质疏松杂志, 2018, 24(12): 1541-1567. doi: 10.3969/j.issn.1006-7108.2018.12.001.

[7] Faiz KW. VAS: visual analog scale[J]. Tidsskr Nor Laegeforen, 2014, 134(3):323. doi:10.4045/tidsskr.13.1145.

[8] Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry disability index[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2000, 25(22):2940-2952. doi:10.1097/00007632-200011150-00017.

[9] 冯世波,王 蔚,张 力,等. 骨水泥弥散、分布及渗漏对PKP术后伤椎再塌陷的影响[J]. 颈腰痛杂志,2023,44(3):469-471. doi: 10.3969/j.issn.1005-7234.2023.03.045.

[10] 乔 俊,李 松,李 刚,等. 单侧与双侧PVP治疗骨质疏松性椎体压缩骨折临床疗效比较及骨水泥渗漏的危险因素分析[J]. 现代生物医学进展,2023,23(14):2709-2713. doi:10.13241/j.cnki.pmb.2023.14.020.