

# 弹性弧形骨钻对小牛椎体骨质疏松模型 PVP 术中骨水泥分布的影响

王新虎<sup>1\*</sup> 张军<sup>1</sup> 刘夏君<sup>1</sup> 姚福东<sup>1</sup> 杜伟<sup>1</sup> 谢恩<sup>2</sup>

1. 宝鸡市中心医院脊柱外科, 陕西 宝鸡 721008

2. 西安市红十字会医院脊柱外科, 西安 710054

中图分类号: R681.5 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2014) 09-1062-04

**摘要:** **目的** 探讨自制弹性弧形骨钻在小牛椎体骨质疏松模型上行 PVP 术的可行性, 并观察其对骨水泥分布的影响。 **方法**

采用乙二胺四乙酸二钠盐(EDTA-Na<sub>2</sub>)浸泡法制备小牛体外骨质疏松椎体, 将 40 个骨质疏松椎体随机分为 A、B 两组, 每组各 20 个椎体行椎体成形术, A 组行常规直钻穿刺, B 组采用自制弹性弧形骨钻穿刺, 弧形方向朝向穿刺对侧, 深度达到椎体中前三分之一终止, 对两组穿刺骨钻及骨水泥是否达到或越过椎体矢状中线进行统计分析。 **结果** EDTA-Na<sub>2</sub> 浸泡法脱钙 9 d 时成功制备出体外骨质疏松椎体, 直钻穿刺组钻头达到或越过椎体矢状中线有 7 个椎体, 骨水泥分布达到或越过椎体矢状中线 11 个; 弹性弧形骨钻组穿刺钻头达到或越过椎体矢状中线有 18 个椎体, 骨水泥分布达到或越过椎体矢状中线 19 个, 两组骨钻穿刺效果及骨水泥分布上的差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。 A 组 9 个椎体发生骨水泥椎管内渗漏, B 组 4 个椎体发生骨水泥椎管内渗漏, 两组间在骨水泥渗漏上无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。 **结论** 采用自制弹性弧形骨钻在小牛骨质疏松模型上可以顺利实施 PVP 术, 且能实现单侧椎弓根穿刺, 骨水泥双侧分布的效果。

**关键词:** 椎体成形术; 骨质疏松; 压缩骨折; 骨钻; 动物实验; 小牛椎体

## Effect of elastic curved bone drill unit on the distribution of bone cement during percutaneous vertebroplasty in the calf osteoporotic vertebral model

WANG Xinhui<sup>1</sup>, ZHANG Jun<sup>1</sup>, LIU Xiajun<sup>1</sup>, YAO Fudong<sup>1</sup>, DU Wei<sup>1</sup>, XIE En<sup>2</sup>

1. Department of Orthopedics, Baoji Municipal Central Hospital, Baoji 721008

2. Department of Orthopedics, Xi'an Honghui Hospital, Xi'an 710054, China

Corresponding author: WANG Xinhui, Email: wxhdoct@163.com

**Abstract:** **Objective** To explore the practicable value of elastic curved bone drill unit performing percutaneous vertebroplasty in calf osteoporotic vertebral model, and to observe its effect on the distribution of bone cement. **Methods** The calf osteoporotic vertebral model was established using EDTA-Na<sub>2</sub> immersion method. Forty osteoporotic vertebrae were randomly divided into 2 groups: group A and group B. Each group had 20 vertebrae for vertebroplasty. Vertebrae in group A underwent routine straight bone drill puncture, while vertebrae in group B underwent puncture using self made elastic curved bone drill unit. The puncture arc direction was toward the other side, with the depth of the first 1/3 termination of the vertebral body. Whether the puncture bone drill and bone cement achieved or crossed over the sagittal midline in two groups was analyzed. **Results** After 9-day immersion and decalcification with EDTA-Na<sub>2</sub>, the osteoporotic vertebral model was successfully established *in vitro*. In group A, the drill bit reached or crossed over vertebral sagittal midline in 7 vertebral bodies, and the bone cement distributed beyond the vertebral sagittal midline in 11 vertebral bodies. In group B, the drill bit reached or crossed over vertebral sagittal midline in 18 vertebral bodies, and the bone cement distributed beyond the vertebral sagittal midline in 19 vertebral bodies. The effect of drilling and distribution of bone cement between the 2 groups had statistical significance ( $P < 0.05$ ). Nine vertebral bodies in group A had intraspinal bone cement leakage, while 4 had in group B, and no significant difference between group A and B was observed ( $P > 0.05$ ). **Conclusion** The self made elastic curved bone drill unit can build an osseous channel that reaches or beyond the vertebral sagittal midline through only one side transpedicular puncture, then guiding bone cement to distribute to the other lateral pedicle, which can avoid the disadvantage of bilateral pedicle puncture.

**Key words:** Percutaneous kyphoplasty; Osteoporosis; Compression fracture; Bone drill unit; calf vertebral

椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)因其微创、止痛效果好、可早期下床等诸多优点在临床得到广泛应用,已逐渐成为治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折(OVCF)的重要方法之一<sup>[1-2]</sup>。PVP 的标准术式为双侧椎弓根穿刺,为减少对患者的损伤,缩短手术时间,目前多数临床医师倾向于单侧穿刺进行 PVP 术<sup>[3-4]</sup>。然而由于单侧穿刺较易出现骨水泥单侧分布,或为避免该现象出现而过度内倾穿刺针,易致椎弓根内壁上神经损伤。为确保单侧椎弓根穿刺达到骨水泥双侧分布的目的,又无需过度内倾穿刺针,我们设计了弹性弧形骨钻(专利 ZL201320596042.7)。通过与传统直骨钻在离体的小牛椎体骨质疏松模型上行 PVP 术的对比,探讨其在小牛骨质疏松模型上行 PVP 的可行性,并观察其对骨水泥分布的影响,为进一步的临床应用提供依据。

## 1 材料方法

### 1.1 实验材料

**1.1.1** 收集新鲜健康 6 月龄小牛 T10-L5 椎体 9 具共 72 个椎体,除去肌肉、韧带、椎间盘等软组织制备单椎体,清水冲洗后备用,随机分为 9 组,每组 8 个椎体。

**1.1.2** 双能 X 线吸收骨密度仪(NORLAND XR-36,美国制造)、自制弹性弧形骨钻(图 1)。

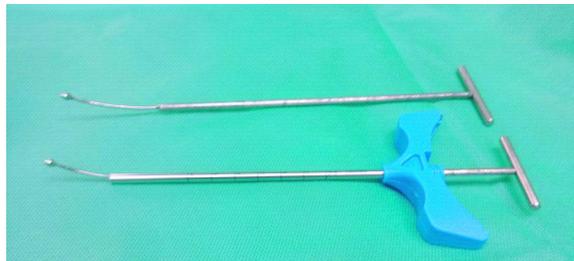
**1.1.3** 化学药品包括:乙二胺四乙酸二钠盐(EDTA- $\text{Na}_2$ , 国产分析纯,分子量 372.24)、氢氧化钠(NaOH, 国产分析纯,分子量为 40)、10% 甲醛溶液等。配制成 0.4916 mmol/L 的 EDTA- $\text{Na}_2$  溶液(称取 EDTA- $\text{Na}_2$  183g 与 NaOH 20 g 加入约 800 ml 的蒸馏水中剧烈搅拌至完全溶解,定容至 1000 ml,此时 PH 值 $\approx$ 7)。

### 1.2 实验方法

**1.2.1** 参照张智海等<sup>[5]</sup>建立的体外椎体骨质疏松模型方法,将清洗好的 72 枚椎体浸泡于 10% 甲醛溶液 24 h 防腐,然后浸泡于 0.4916 mmol/L 的 EDTA- $\text{Na}_2$  溶液中,每天更换浸泡液,以保持 EDTA- $\text{Na}_2$  的浓度恒定。分别在浸泡前、浸泡 3 d、6 d、9 d 任意取出一组进行骨密度(BMD)、病理切片及大体标本切开检查。参照 1998 年 WHO 人的骨质疏松诊断标准,骨量降低 $\geq$ 2.5 个标准差即确定为骨质疏松,从而确定体外骨质疏松椎体模型是否制作成功。

**1.2.2** 取 40 个制作成功的骨质疏松椎体模型,随机分为 A、B 两组,每组 20 个椎体。采用 PVP 穿刺技术在透视下分别随机进行左、右单侧椎弓根穿刺。

穿刺点选择在横突与上关节突交界处,穿刺方向与椎弓根方向一致,将穿刺套管针置于椎体后缘前方约 5 mm 处,拔出针芯,保留工作套管。经工作通道, A 组采用常规直钻穿刺, B 组采用自制弹性弧形骨钻穿刺,弧形方向朝向穿刺对侧,深度达到椎体中前三分之一终止。(图 2)



**图 1** 弹性弧形骨钻 使用钛金属合金制成,直径与普通穿刺套管内径匹配,钻头穿出工作套管后骨钻即刻恢复弧度

**Fig. 1** Elastic curved bone drill unit is made by Titanium alloy, which diameter match with ordinary puncture cannula diameter, drill restore the radian immediately when drill out of the working casing

**1.2.3** A、B 两组拔出穿刺骨钻,保留工作套管,将调配好的聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥(PMMA)注入骨水泥推杆,待骨水泥处于团状期早期经工作通道缓慢推入椎体。两组骨水泥注入量均按照三维 CT 测算椎体体积的 16% 注入。

### 1.3 检测方法

**1.3.1** 骨质疏松模型通过椎体浸泡前后的大体标本肉眼观、X 线改变、显微镜下病理改变、双能 X 线骨密度变化确定骨质疏松模型制作成功。

**1.3.2** 骨钻穿刺成功后行 CT 平扫分别记录 A、B 两组骨钻尖端达到或越过椎体矢状中线的椎体数;骨水泥注入后行 CT 平扫及 X 线正位片确定两组骨水泥分布达到或超过椎体矢状中线的椎体数(图 3),以及骨水泥向椎管内发生渗漏的椎体数。

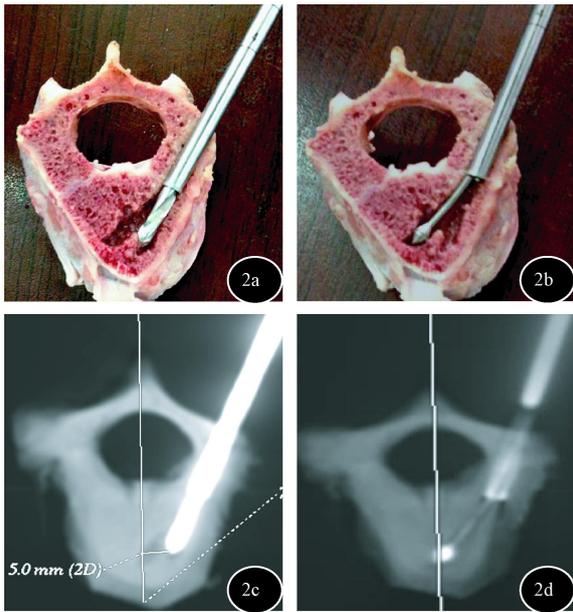
### 1.4 统计学分析

采用 SPSS 13.0 软件包进行统计学处理,计量资料以( $\bar{x} \pm s$ )表示,采用两样本均数  $t$  检验,计数资料以  $\chi^2$  检验, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 骨质疏松椎体模型的制作

随着随脱钙时间延长,肉眼及病理切片观察可见各组标本骨小梁逐渐变细,间隙增宽。X 线见骨小梁稀疏透亮,骨量减少。骨密度检测:脱钙前  $0.69 \pm$



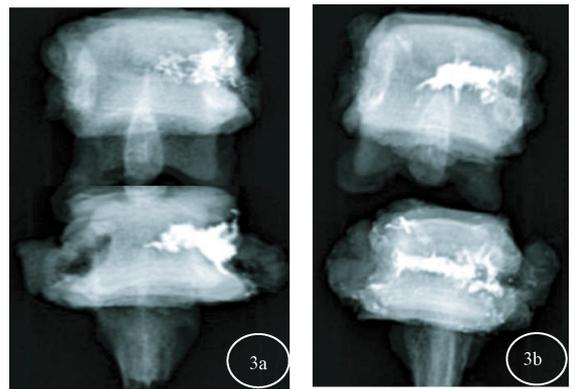
**图 2** 2a、2b 分别为直骨钻与弹性弧形骨钻在体外小牛骨质疏松椎体内的穿刺剖面图,可见相同角度下单侧椎弓根穿刺后,弧形骨钻的钻头可以更好的越过椎体矢状中线。2c、2d 显示在 CT 平扫下,经过同一工作穿刺通道时,直钻钻头距离椎体矢状中线 5mm,而弧形骨钻可以达到并越过椎体矢状中线

**Fig. 2** Figure 2a and 2b show the straight bone drill and the elastic curved bone drill puncture profile in calf osteoporotic vertebral body in vitro, showing that at the same angle puncture, curved bone drill bit can better cross the sagittal midline. Figure 2c and 2d are images in plain scan CT, showing that after the same puncture channel, straight drill bit is still 5mm from the sagittal midline, but the elastic curved bone drill can reach and cross the sagittal midline.

0.05 g/cm<sup>2</sup>, 脱钙 3 d 0.67 ± 0.03 g/cm<sup>2</sup> ( $t = 1.067, P > 0.05$ ), 脱钙 6 d 0.63 ± 0.04 g/cm<sup>2</sup> ( $t = 2.13, P > 0.05$ ), 脱钙 9 d 0.51 ± 0.03 g/cm<sup>2</sup> ( $t = 8.62, P < 0.05$ )。脱钙 9 d 时 BMD 较脱钙前降低 26.0%, 符合 1998 年 WHO 制订的骨质疏松诊断标准。

## 2.2 骨钻在椎体内穿刺及骨水泥分布结果

A 组直钻穿刺: 穿刺 20 个椎体, 其中钻头达到或越过椎体矢状中线有 7 个椎体, 骨水泥分布达到或越过椎体矢状中线有 11 个椎体。B 组弹性弧形骨钻: 穿刺 20 个椎体, 其中钻头达到或越过椎体矢状中线有 18 个椎体, 骨水泥分布达到或越过椎体矢状中线有 19 个椎体。两组间骨钻穿刺效果及骨水泥分布差异具有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。骨水泥渗漏: A 组 9 个椎体发生骨水泥椎管内渗漏, B 组 4 个椎体发生骨水泥椎管内渗漏, 两组间骨水泥渗漏率



**图 3** 3a 为直骨钻单侧椎弓根穿刺后注入骨水泥的正位 X 线片, 显示骨水泥呈单侧分布; 3b 为弹性弧形骨钻单侧椎弓根穿刺后注入骨水泥的正位 X 线片, 显示骨水泥可以越过椎体矢状中线分布甚至在穿刺对侧椎体内分布

**Fig. 3** Figure 3a shows after straight bone drill unilateral pedicle puncture, the bone cement distributes in unilateral vertebral body. Figure 3b shows after elastic curved bone drill puncture, bone cement can across the sagittal midline, and even distributes in the lateral vertebral body.

无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。(表 1)。

**表 1** 两组穿刺骨钻、骨水泥分布过椎体矢状中线椎体数及骨水泥渗漏率

**Table 1** The number of the vertebral bodies in which the puncture bone drill and bone cement achieved or crossed over the vertebral sagittal midline and the occurrence of bone cement leakage in two groups

组别 Group	椎体数 Vertebral	穿刺达到 或过中线 Puncture achieved or over sagittal midline	骨水泥分布 达到或过中线 Bone cement achieved or over sagittal midline	渗漏率 Leakage of bone cement
A 组 Group A	20	7	11	45%
B 组 Group B	20	18 <sup>①</sup>	19 <sup>②</sup>	20% <sup>③</sup>

注: ①与 A 组比较,  $\chi^2 = 12.91, P < 0.05$ ; ②与 A 组比较,  $\chi^2 = 8.53, P < 0.05$ ; ③与 A 组比较,  $\chi^2 = 2.85, P > 0.05$

Note: ①Compared with Group A,  $\chi^2 = 12.91, P < 0.05$ ; ②Compared with Group A,  $\chi^2 = 8.53, P < 0.05$ ; ③Compared with Group A,  $\chi^2 = 2.85, P > 0.05$

## 3 讨论

采用 PVP 术治疗椎体血管瘤在临床上得到广泛应用。标准的 PVP 手术采用双侧穿刺, 双侧注入骨水泥。然而在临床实践中, 多数学者更倾向于单侧穿刺注入骨水泥, 可减少穿刺并发症, 减少手术时

间<sup>[3]</sup>。但单侧穿刺较易出现骨水泥单侧分布,必要时需增加对侧穿刺,增加了创伤及手术时间,或为避免骨水泥单侧分布而过度内倾穿刺针,易致椎弓根内壁及神经损伤。

关于骨水泥单、双侧穿刺对椎体刚度影响的对比力学实验结果及观点目前并不一致。Tohmeh等<sup>[6]</sup>通过体外力学对比实验发现,单侧穿刺与双侧穿刺行 PVP 或 PKP,在重建伤椎刚度和强度方面并无明显的差异。该实验只强调穿刺方式对结果的影响,未考虑骨水泥分布不同的影响。且该研究采用单一的轴向压缩试验,而未考虑到椎体两侧情况(boundary condition)<sup>[7]</sup>,因此结果存在一定的片面性。而 Liebschner 等<sup>[8]</sup>通过有限元模型的研究认为单侧穿刺的 PVP 在恢复椎体稳定性方面并不如双侧穿刺,其原因在于单侧穿刺骨水泥填充的不均衡性及可能导致的力学偏转(toggle)。国内陈柏龄等<sup>[9]</sup>通过对压缩椎体中部及两侧载荷试验研究发现,单侧穿刺和双侧穿刺均可显著提高压缩椎体的整体刚度,当单侧穿刺骨水泥超过中线分布时,椎体两侧的刚度能得到均衡提高,否则单侧穿刺骨水泥单侧分布时,未分布骨水泥侧椎体刚度无法恢复到正常椎体水平。因此影响 PKP 或 PVP 术骨折椎体刚度的决定因素并非是穿刺方式的差异,而与骨水泥在椎体中是否能均衡分布密切相关。临床上我们也观察到部分骨水泥单侧分布的病例 PVP 或 PKP 术后发生再次骨折。这从实践上说明了骨水泥单侧分布将影响 PVP 的疗效。

在临床实践中,由于接受 PVP 术的患者大部分为高龄患者,合并多种内科疾病,难以耐受较长时间俯卧体位。因此,能单侧穿刺完成手术对患者是有利的。单侧椎弓根穿刺不仅手术时间短,损伤小,而且医患射线辐射量少。因此单侧穿刺完成 PVP 手术已成为大多数学者的共识。但在临床实践中,由于穿刺角度及穿刺点选择的误差,单侧穿刺无法达到骨水泥在椎体棘突两侧分布的情况时有发生,这时就得增加对侧椎弓根穿刺,延长了手术时间,增加了患者的损伤,部分患者难以很好配合,增加了手术风险及并发症的发生。为此,我们自行设计并制作了弹性弧形骨钻(已申请专利)这一工具,利用其弹性弧形的前端改变椎体内骨通道的方向,从而引导骨水泥或球囊到达椎体内理想的位置,实现一侧椎弓根穿刺骨水泥椎体两侧都分布的目的,避免两侧穿刺的弊端。同时弹性弧形骨钻的前端可以在 360°锥形范围内改变穿刺骨通道的方向,能定向引

导骨水泥到达椎体内理想的位置,大大提高了 PVP 手术的操控性。特别对椎体重度压缩骨折患者而言,以往的工具对穿刺精度的要求极高,矢状位角度稍有偏差就可能造成穿刺失败,无法顺利进行手术,如果使用弹性弧形骨钻,则对穿刺精度的要求就要小很多,它可以根据穿刺套管的方向调整骨通道的方向,容易实现成功穿刺及骨水泥的理想分布。该工具改变了以往在 PVP 手术中穿刺通道一旦建立好后,使用直骨钻只能到达椎体内某一固定的位置,无法改变骨通道的方向,无法引导骨水泥达到理想位置。通过该试验证明弹性弧形骨钻可以改变穿刺通道的方向,且能引导骨水泥的流注位置,实现单侧穿刺骨水泥椎体两侧都能均衡分布的目的,为以后的临床应用提供了可靠的依据。

本研究选用的小牛骨质疏松模型与活体骨质疏松在组织结构及形态方面存在一定差异,且对该模型未进一步进行处理制作成压缩骨折模型,因此存在一定误差,我们将在后期实验中将进一步改进。

#### 【参 考 文 献】

- [ 1 ] WANG Jingcheng, LIU Zhendong, YANG Jiandong, et al. Improved percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Chinese Journal of Orthopaedic Trauma, 2012, 14(3): 216-219.
- [ 2 ] CHENG Shaodan, MO Wen, SHI Qi, et al. Research progress in percutaneous vertebroplasty curing vertebral compression fracture [J]. Chinese Journal of Osteoporosis, 2007, 13(12): 879-883.
- [ 3 ] SHEN Yong, LIU Fajing, ZHANG Yingze, et al. Outcomes of unilateral or bilateral percutaneous kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2011, 21(3): 202-206.
- [ 4 ] YANG Xiaosheng, LIANG Jiangbin, LI Maoting, et al. PKP unilateral puncture kyphosis in the treatment of vertebral compression fractures in elderly Application [J]. Chinese Journal of Gerontology, 2011, 31(16): 3181-3182.
- [ 5 ] ZHANG Zhihai, SHEN Jianxiang, WU Zhihong, et al. Rapid development of an animal model of osteoporotic vertebral fracture. Chinese Journal of Osteoporosis, 2005, 11(1): 19-21.
- [ 6 ] Tohmeh AG, Mathis JM, Fenton DC, et al. Biomechanical efficacy of unipedicular vers bipedicular vertebroplasty for the management of osteoporotic compression fractures [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1999, 24: 1772-1776.
- [ 7 ] Molly S. Mathis JM, Belkoff SM. The effect of vertebral body percentage fill on mechanical behavior during percutaneous vertebroplasty [J]. Spine, 2003, 28(14): 1549-1554.
- [ 8 ] Liebschner MA, Bosenberg WS, Keaveny TM. Effects of bone cement volume and distribution on vertebral stiffness after vertebroplasty. Spine(Phila Pa 1976), 2001, 26: 1547-1554.
- [ 9 ] CHEN Bailing, LI Yiqiang, XIE Denghui, et al. Effects of unipedicular and bipedicular kyphoplasties on stiffness and biomechanical balance of the compression-fractured vertebral bodies [J]. Chinese Journal of Orthopaedic Trauma, 2011, 13(3): 251-255.

# 弹性弧形骨钻对小牛椎体骨质疏松模型 PVP 术中骨水泥分布的影响

作者: [王新虎](#), [张军](#), [刘夏君](#), [姚福东](#), [杜伟](#), [谢恩](#), [WANG Xihu](#), [ZHANG Jun](#), [LIU Xiajun](#), [YAO Fudong](#), [DU Wei](#), [XIE En](#)

作者单位: [王新虎, 张军, 刘夏君, 姚福东, 杜伟, WANG Xihu, ZHANG Jun, LIU Xiajun, YAO Fudong, DU Wei \(宝鸡市中心医院脊柱外科, 陕西宝鸡, 721008\)](#), [谢恩, XIE En \(西安市红十字会医院脊柱外科, 西安, 710054\)](#)

刊名: [中国骨质疏松杂志](#) 

英文刊名: [Chinese Journal of Osteoporosis](#)

年, 卷(期): 2014(9)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zggzsszz201409007.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zggzsszz201409007.aspx)