

经皮椎体后凸成形术与联合内固定治疗老年胸腰椎骨质疏松性 A3 型骨折

何登伟 盛孝永 朱烨 俞伟杨 刘飞俊 黄文君 朱科军 吴立军

【摘要】 目的 比较单纯经皮椎体后凸成形术和经皮内固定联合椎体后凸成形术治疗老年胸腰椎骨质疏松性 A3 型骨折的疗效。**方法** 2007 年 1 月至 2008 年 12 月, 43 例年龄大于 65 岁的无神经损伤的胸腰椎骨质疏松性 A3 型骨折患者随机分为两组, 分别采用经皮椎体后凸成形术及经皮内固定联合椎体后凸成形术治疗。术前两组患者的年龄、性别、体重指数、骨折节段和骨密度等指标的差异均无统计学意义。术后 1 周及末次随访时采用疼痛视觉模拟评分和 Oswestry 功能障碍指数问卷进行疗效评价, 摄 X 线片评估 Cobb 后凸角矫正度丢失情况。**结果** 全部病例随访 24~59 个月, 平均 34.1 个月。术后 1 周及末次随访时疼痛视觉模拟评分: 经皮椎体后凸成形术组分别为 (2.9±0.8)、(1.4±1.2) 分, 经皮内固定联合椎体后凸成形术组分别为 (0.9±0.6)、(0.4±0.6) 分; Oswestry 功能障碍指数: 经皮椎体后凸成形术组分别为 29.2%±8.1%、14.6%±8.4%, 经皮内固定联合椎体后凸成形术组分别为 17.9%±4.7%、8.1%±5.0%; Cobb 角: 经皮椎体后凸成形术组分别为 7.7°±4.5°、10.4°±4.7°, 经皮内固定联合椎体后凸成形术组分别为 3.0°±5.8°、4.7°±6.4°。两组差异均有统计学意义。术后经皮椎体后凸成形术组 1 例发生邻椎骨折, 2 例发生伤椎再骨折。**结论** 对老年胸腰椎骨质疏松性 A3 型骨折, 经皮内固定联合椎体后凸成形术相对于单纯经皮椎体后凸成形术能更加有效地矫正畸形、缓解疼痛症状、维持伤椎高度及恢复脊柱稳定。

【关键词】 老年人; 胸椎; 腰椎; 骨折; 骨折固定术

【证据等级】 治疗性研究 III 级

A comparative study of percutaneous kyphoplasty alone and percutaneous pedicle instrumentation combined with percutaneous kyphoplasty for osteoporotic type-A3 thoracolumbar fractures in elderly patients HE Deng-wei, SHENG Xiao-yong, ZHU Ye, YU Wei-yang, LIU Fei-jun, HUANG Wen-jun, ZHU Ke-jun, WU Li-jun. Department of Orthopaedics, Lishui City Central Hospital, the 5th Affiliated Hospital of Wenzhou Medical College, Lishui 323000, China

【Abstract】 Objective To compare the therapeutic effect of percutaneous kyphoplasty alone and percutaneous pedicle instrumentation combined with percutaneous kyphoplasty for osteoporotic type-A3 thoracolumbar fractures in elderly patients. **Methods** From January 2007 to December 2008, 43 patients older than 65 years with osteoporotic type-A3 thoracolumbar fracture without nerve damage were randomly divided into two groups: percutaneous kyphoplasty alone group(1) and percutaneous pedicle instrumentation combined with percutaneous kyphoplasty group(2). Then percutaneous kyphoplasty and percutaneous pedicle instrumentation combined with percutaneous kyphoplasty were performed in patients of each group, respectively. Before operation, there were no statistical differences in many parameters between two groups, such as age, gender, body mass index, affected segments and bone density. **Results** All patients were followed up for 24 to 59 months (average, 34.1 months). One week after operation, visual analogue scales (VAS), Oswestry disability index (ODI) and Cobb angle were respectively 2.9±0.8, 29.2%±8.1% and 7.7°±4.5° in group 1, and 0.9±0.6, 17.9%±4.7% and 3.0°±5.8° in group 2. At final follow-up, VAS score, ODI and Cobb angle were respectively 1.4±1.2, 14.6%±8.4% and 10.4°±4.7° in group 1, and 0.4±0.6, 8.1%±5.0% and 4.7°±6.4° in group 2. There were significant differences between two groups at two time points. In percutaneous kyphoplasty alone group, adjacent vertebral fracture occurred in 1 patient, and vertebral refracture in 2 patients. **Conclusion** For elderly patients with osteoporotic type-A3 thoracolumbar fracture, compared with percutaneous kyphoplasty alone, percutaneous pedicle instrumentation combined with percutaneous kyphoplasty is more effective in correcting deformity, relieving pain, maintaining vertebral height and restoring spinal stability.

【Key words】 elderly; thoracic; lumbar; fractures; fracture fixation

应用经皮椎体后凸成形术治疗老年胸腰椎压

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-2352.2013.12.003

基金项目: 国家自然科学基金(30970702, 81271663); 浙江省公益技术应用研究项目(2011C33026)

作者单位: 323000 温州医科大学附属第五医院、丽水市中心医院骨科(何登伟、盛孝永、朱烨、俞伟杨、刘飞俊、黄文君、朱科军); 温州医科大学数字化医学研究所(吴立军)

通信作者: 吴立军, E-mail: biomech@163.com

缩性骨折被证实安全有效, 但用于治疗老年胸腰椎骨质疏松性 A3 型骨折时却存在发生骨水泥渗漏及骨折复位不满意等缺陷^[1-2], 术后易发邻椎或伤椎再骨折等并发症, 导致较严重的疼痛症状和功能障碍^[3-4]。临床上单独应用椎弓钉内固定治疗胸腰椎骨质疏松性 A3 型骨折虽然复位满意, 但手术创伤大, 术

后容易出现因骨质疏松而导致的螺钉松动,远期后凸畸形的发生率较高^[5-7]。上述研究提示我们,对老年胸腰椎骨质疏松性A3型骨折的治疗方法目前尚存在争议。

既往一些学者采用短节段椎弓根螺钉复位联合伤椎成形术治疗青壮年胸腰椎A3型骨折^[8-10],取得了较好的临床效果。能否在治疗老年胸腰椎骨质疏松性A3型骨折时采用微创技术植入短节段椎弓根螺钉复位联合经皮伤椎椎体骨水泥灌注成形术?目前还没有相关的文献报道。

我们设计了前瞻性随机对照研究,应用经皮内固定联合椎体后凸成形术与单纯经皮椎体后凸成形术治疗老年胸腰椎骨质疏松性A3型骨折。我们假设对一些有选择性的老年胸腰椎骨质疏松性A3型骨折患者采用经皮技术植入短节段椎弓根螺钉复位联合经皮伤椎椎体后凸成形术治疗效果更好。研究目的:(1)比较经皮内固定联合椎体后凸成形术和椎体后凸成形术治疗老年胸腰椎骨质疏松性A3型骨折的优势与劣势;(2)分析经皮内固定联合椎体后凸成形术治疗老年胸腰椎骨折可能的并发症,评估其安全性;(3)探讨经皮内固定联合椎体后凸成形术治疗老年胸腰椎骨质疏松性A3型骨折的理论基础。

资料与方法

一、纳入与排除标准

纳入标准:(1)2007年1月至2008年12月在我院脊柱外科诊治的胸腰椎骨质疏松性A3型骨折(椎体完全或部分粉碎,骨块向周围爆散,椎体后壁骨折块向后进入椎管)患者;(2)患者年龄>65岁;(3)累及T₁₁~L₂单节段;(4)突入椎管的骨折块小于1/4椎管横径,患者无神经损伤症状,无须行椎板减压。

排除标准:(1)有全身脏器病变不能耐受手术者;(2)有肿瘤导致的病理性骨折者;(3)强直性脊柱炎伴发骨折者;(4)原有多发骨质疏松性骨折者。

研究获得本医学院伦理委员会批准。52例符合标准,其中4例不接受手术治疗、5例术后失随访(经皮椎体后凸成形术2例及经皮内固定联合椎体后凸成形术3例),共43例纳入本研究。男21例,女22例;年龄65~82岁,平均72.5岁。受伤机制:平地跌伤19例,骑自行车或电动自行车摔伤12例,行人机动车车祸伤9例,高处坠落伤2例,压砸伤1例。损伤节段:T₁₁ 4例,T₁₂ 11例,L₁ 20例,L₂ 8例。

43例均表现为腰背部疼痛和活动障碍,无下肢神经损伤症状。X线、CT及MRI提示为A3型骨折。

二、随机分组方法

将患者入院顺序进行编号,将编号输入计算机进行完全随机化分组,得到患者入院顺序编号的两组完全随机号码表。入院后患者及家属均签署书面同意书,根据入院顺序和计算机生成的随机号码表分组。因为手术方式不同,本研究未对术者设盲。而患者对手术方式不知情,经过培训的两位随访数据收集者对手术方式也不知情。

经皮椎体后凸成形术组22例,经皮内固定联合椎体后凸成形术组21例。两组患者年龄、性别、体重指数、骨折椎节段和骨密度等指标的差异无统计学意义(表1)。

三、手术方法

受伤后平均第3.8天(第3至7天)手术,所有手术均由同一术者实施。

(一)经皮椎体后凸成形术

患者全身麻醉6例、局部麻醉16例,俯卧位,骨盆和肩部垫高使胸腰段处于略过伸位。术者用手掌于伤椎棘突体表区域适度施压,使骨折尽量复位。于椎体一侧穿刺,当侧位X线透视确认穿刺针已通过椎弓根进入椎体时,此时加大穿刺针e角,穿刺完成后穿刺针尖尽量接近椎体中央区域。拔出穿刺针针芯,置入球囊管道。通过压力注射器用造影剂逐步扩张球囊(山东冠龙医疗器械公司,中国),当球囊扩张及复位满意后将其复原后撤出。

表1 经皮椎体后凸成形术组与经皮内固定联合椎体后凸成形术组的基本情况

组别	例数	年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	性别(男/女,例)	体重指数($\bar{x}\pm s$,kg/m ²)	节段(T ₁₁ /T ₁₂ /L ₁ /L ₂ ,例)	L _{3,4} 骨密度T值*($\bar{x}\pm s$)
经皮椎体后凸成形术组	22	73.18±4.90 (65~82)	11/11	25.27±2.05 (22~30)	3/6/9/4	-3.57±1.12 (-5.1~-1.5)
经皮内固定联合椎体后凸成形术组	21	71.76±5.42 (65~81)	10/11	25.29±1.68 (23~29)	1/5/11/4	-3.23±1.00 (-5.3~-1.9)
统计值	-	t=0.90, P=0.372	$\chi^2=0.02, P=0.876$	t=0.06, P=0.814	$\chi^2=1.27, P=0.737$	t=-1.06, P=0.294

注:括号内为数值范围。*采用Lunar Prodigy DF303116(GE,美国)测量并根据中国人数据库分析所得T值。年龄、体重指数、L_{3,4}骨密度T值的比较采用成组设计资料t检验,性别、节段的比较采用卡方检验

调配聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥(天津合成材料公司,中国),在面团期早期低压推入伤椎体内。术中有3例骨水泥对侧弥散不充分,行对侧穿刺椎体成形术。骨水泥注入量为3.1~5.4 ml。

(二)经皮内固定联合椎体后凸成形术

患者全身麻醉,俯卧位,骨盆和肩部垫高使胸腰段处于略过伸位。用特制金属网格定位,在体表标记伤椎椎弓根及相邻上、下节段的椎弓根投影位置。于体表标记处做四个长约1.8 cm的小切口(图1)。在“C”型臂X线机监视下经皮置入四枚椎弓根螺钉,预弯纵向连接杆,经棘旁肌下方置入两侧椎弓根螺钉尾部“U”形槽内,撑开复位骨折椎体,固定

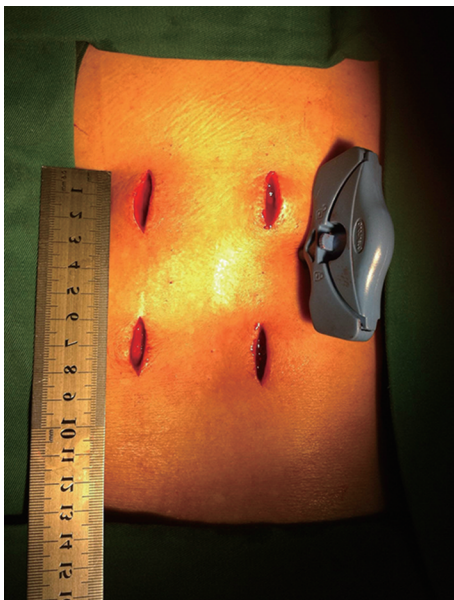


图1 经皮内固定联合椎体后凸成形术手术切口。切口位于伤椎椎弓根及相邻上、下节段的椎弓根体表投影处,每个切口长约1.8 cm

螺钉。内固定器械由浙江科惠医疗器械公司(中国)生产。

避开纵向连接杆,于伤椎椎弓根外侧进入并保持较大的 ϵ 角,向伤椎插入直径5 mm套管针。其他操作同经皮椎体后凸成形术组。骨水泥注入量为

3.8~6.8 ml。

(三)术后处理及康复

两组术后处理方法相同,未放置引流,无特别用药。鼓励患者早期下床站立和行走,无须佩戴支具。

四、随访方法与评估指标

于术后1周内、3个月、6个月及以后每半年随访一次。由两名独立的观察者根据疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)和Oswestry功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)问卷表进行功能评估。摄X线和CT片,由两名独立的观察者评估矢状面Cobb角(伤椎头侧椎体下终板与伤椎尾侧椎体上终板的夹角)矫正及丢失情况^[11],有无伤椎再骨折或邻椎再骨折,有无内固定松动。

五、统计学处理

采用SPSS 15.0统计软件(SPSS,美国)进行统计分析,数据用均数 \pm 标准差表示。两组受伤至手术时间、手术时间、住院时间、开始下地时间、随访时间、疼痛VAS评分的比较采用Wilcoxon秩和检验;骨水泥注入量、Cobb角的比较采用成组设计资料 t 检验;术后1周ODI的比较采用校正 t 检验,其余时间点采用秩和检验。检验水准 α 值取双侧0.05。

结 果

一、手术一般情况

经皮内固定联合椎体后凸成形术组的手术时间较经皮椎体后凸成形术组长,差异有统计学意义。围手术期出血量较经皮椎体后凸成形术组多。两组患者术后开始下地时间、住院时间的差异无统计学意义。经皮内固定联合椎体后凸成形术组骨水泥注入量大于经皮椎体后凸成形术组,差异有统计学意义。14例发生骨水泥周围渗漏,其中经皮椎体后凸成形术组10例,经皮内固定联合椎体后凸成形术组4例。均为椎旁渗漏,未渗漏至椎管内,未行特别处理(表2)。

两组病例术中均无神经损伤发生。围手术期

表2 经皮椎体后凸成形术组与经皮内固定联合椎体后凸成形术组手术及术后一般情况比较

组别	例数	受伤至手术时间 ($\bar{x}\pm s, d$)	手术时间 ($\bar{x}\pm s, min$)	围手术期出血量 ($\bar{x}\pm s, ml$)	住院时间 ($\bar{x}\pm s, d$)	骨水泥注入量 ($\bar{x}\pm s, ml$)	骨水泥渗漏(例)	开始下地时间 ($\bar{x}\pm s, h$)	随访时间 ($\bar{x}\pm s, 月$)
经皮椎体后凸成形术组	22	3.91 \pm 1.34 (2~7)	33.36 \pm 8.97 (20~55)	极少	5.86 \pm 2.25 (3~12)	4.20 \pm 0.73 (3.1~5.4)	10	12.23 \pm 4.80 (6~23)	34.00 \pm 9.41 (24~59)
经皮内固定联合椎体后凸成形术组	21	3.71 \pm 1.15 (3~7)	99.48 \pm 11.94 (80~120)	53.48 \pm 19.83 (30~95)	5.67 \pm 1.62 (4~10)	4.65 \pm 0.73 (3.8~6.8)	4	13.05 \pm 3.68 (8~19)	34.24 \pm 8.99 (24~55)
统计值	-	$\chi^2=0.17$ $P=0.677$	$\chi^2=31.53$ $P=0.000$	-	$\chi^2=0.00$ $P=0.990$	$t=-2.03$ $P=0.049$	-	$\chi^2=0.77$ $P=0.380$	$\chi^2=0.04$ $P=0.846$

注:括号内为数值范围

未出现重大并发症,未发生伤口感染。经皮椎体后凸成形术组有1例术后出现原有慢性支气管炎急性发作,经敏感抗生素治疗10 d后好转出院。

二、临床疗效

术后患者疼痛症状均明显缓解。术前两组腰痛VAS评分的差异无统计学意义,而术后各随访时点经皮内固定联合椎体后凸成形术组的VAS评分均较经皮椎体后凸成形术组低,差异有统计学意义(图2)。伤前两组患者ODI指数的差异无统计学意义,而术后各随访时点经皮内固定联合椎体后凸成

形术组的ODI指数均较经皮椎体后凸成形术组低,差异有统计学意义(图3)。

影像学结果显示两组患者矢状面Cobb角均得到一定程度的矫正(图4~6)。经皮内固定联合椎体后凸成形术组矢状面Cobb角矫正效果更好。两组术前矢状面Cobb角的差异无统计学意义,而术后各随访时点经皮内固定联合椎体后凸成形术组的矢状面Cobb角均小于经皮椎体后凸成形术组,差异有统计学意义(图7)。

经皮椎体后凸成形术组1例于术后9个月出现

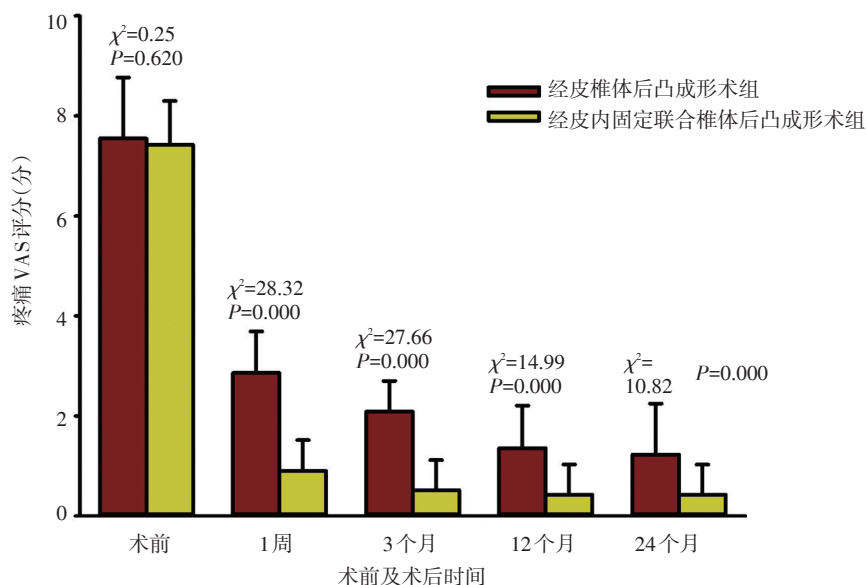


图2 两组术前及术后各随访时点的疼痛VAS评分。术前疼痛评分的差异无统计学意义。术后1周两组疼痛VAS评分均明显下降,经皮内固定联合椎体后凸成形术组下降更为明显。随时间延长疼痛VAS评分缓慢下降,各随访时间点经皮内固定联合椎体后凸成形术组均较经皮椎体后凸成形术组低

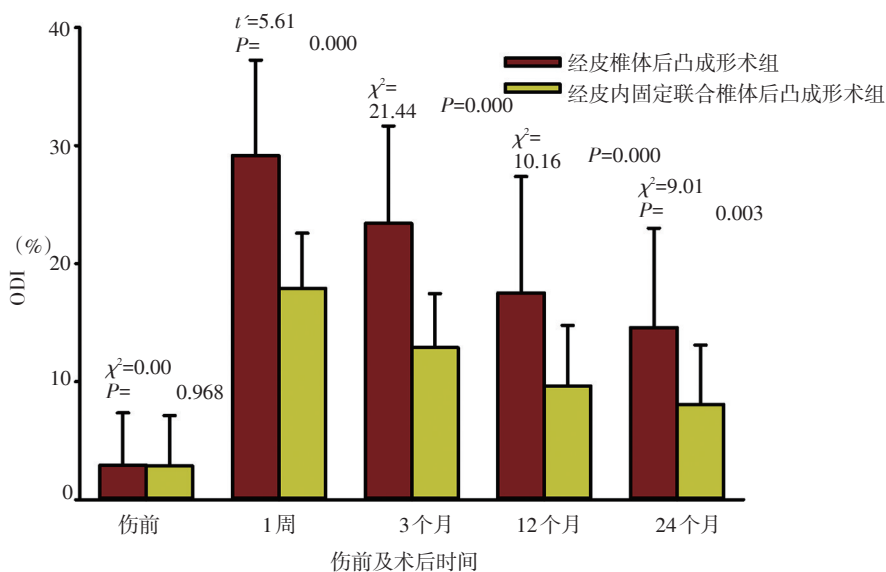


图3 两组伤前及术后各随访时点的ODI。伤前两组差异无统计学意义。术后ODI指数逐渐下降,其中各时点经皮内固定联合椎体后凸成形术组均较经皮椎体后凸成形术组低

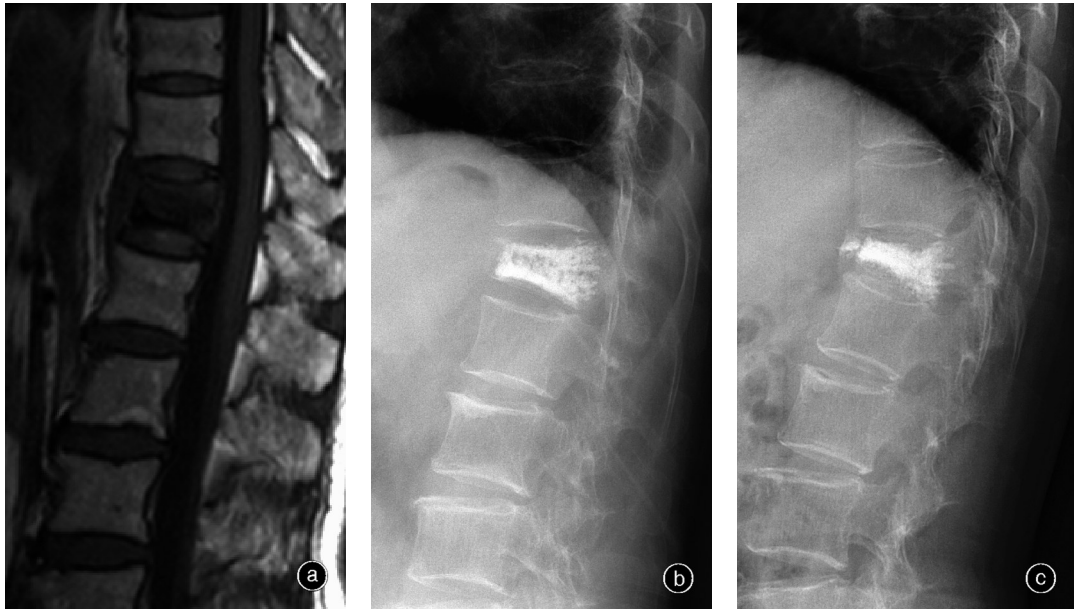


图4 女,66岁,高处坠落伤后T₁₂椎体A3型骨折 a 术前矢状面T₁WI示T₁₂椎体前、中柱不均匀低信号,部分累及椎管 b 经皮椎体后凸成形术后1周侧位X线片示骨水泥填充满意,无明显渗漏 c 术后28个月侧位X线片示伤椎前缘高度下降,后凸畸形加重

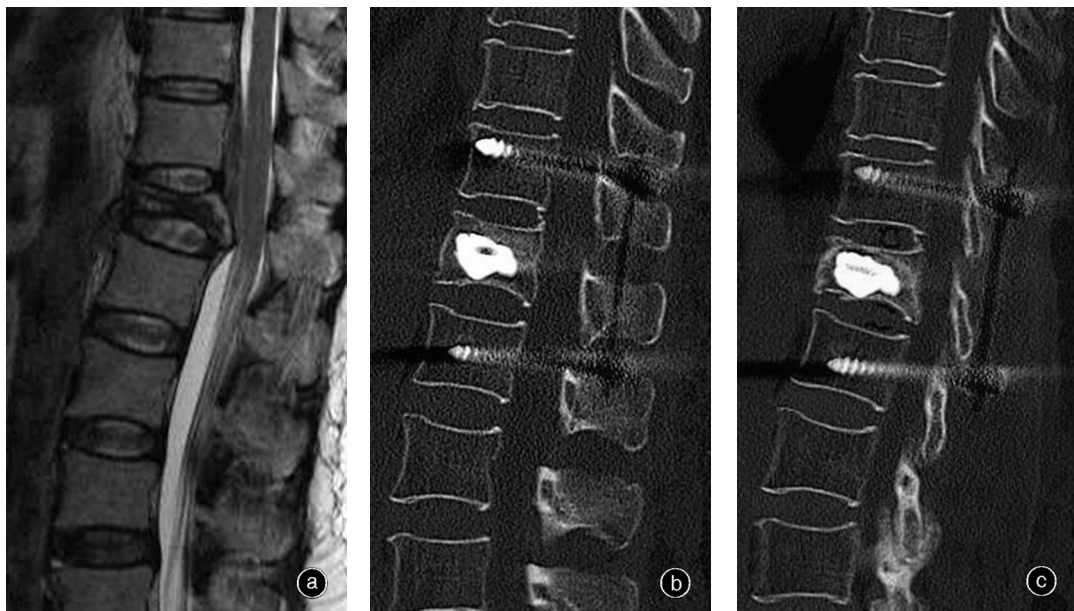


图5 女,68岁,骑电动自行车摔伤后T₁₂椎体A3型骨折 a 术前矢状面T₁WI示T₁₂椎体前、中柱高低信号混杂,椎体后缘骨折块轻度突入椎管 b 经皮内固定复位联合椎体后凸成形术后1周矢状面CT片示骨折复位满意,内固定位置良好,骨水泥充填好 c 术后31个月矢状面CT片示伤椎高度轻微丢失,但无明显矫正丢失及内固定松动

邻椎骨折,2例分别于术后6周和3个月出现伤椎再骨折。经皮内固定联合椎体后凸成形术组未发现再骨折病例。经皮内固定联合椎体后凸成形术组随访期间未发现植入物移位、螺钉松动、弯曲、断裂,无一例需行再次翻修或取出内固定手术。

讨 论

一、经皮内固定联合椎体后凸成形术治疗老年胸腰椎骨质疏松性A3型骨折的优势

本研究比较了经皮内固定联合椎体后凸成形

术和经皮椎体后凸成形术治疗老年胸腰椎骨质疏松性A3型骨折的术后影像学改善和临床功能恢复情况。经过2年以上随访,与单纯经皮椎体后凸成形术组比较,经皮内固定联合椎体后凸成形术组的术后疼痛VAS评分更低、Oswestry功能障碍指数更低,其临床疗效更好;后凸Cobb角的矫正度数更大且术后矫正丢失度较小。随访过程中经皮椎体后凸成形术组2例出现伤椎再骨折、1例出现邻椎骨折,经皮内固定联合椎体后凸成形术组未发现再骨

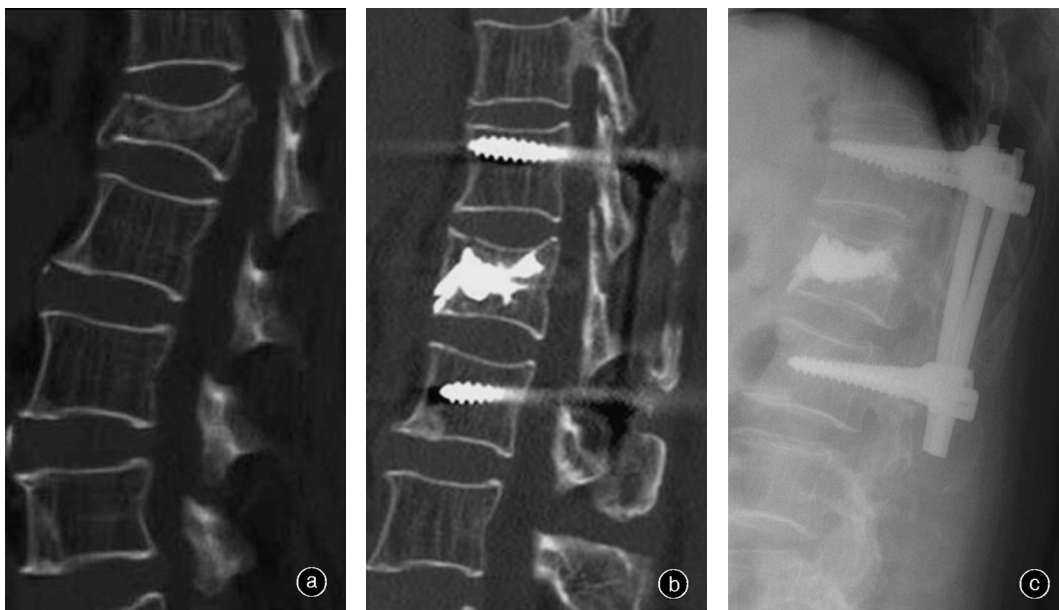


图6 女,66岁,平地跌伤致L₄椎体A3型骨折 a 术前矢状面CT示L₄椎体A3型骨折,累及前、中柱 b 经皮内固定复位联合椎体后凸成形术后1周矢状面CT示骨折复位满意,内固定位置良好,椎体内骨水泥充填好,无椎旁渗漏 c 术后25个月侧位X线片示伤椎高度未见明显丢失,内固定无明显松动

折病例。这一结果表明经皮内固定联合椎体后凸成形术在术后腰背部疼痛缓解和运动功能恢复方面具有明显优势。且该术式手术时间可以控制在1.5 h左右,术中出血量控制在100 ml以内,不会增加手术相关并发症的风险。本研究随访结果也证实了其安全性。

二、经皮内固定联合椎体后凸成形术治疗胸腰椎骨质疏松性A3型骨折的理论基础

目前,脊柱外科领域对老年胸腰椎骨质疏松性A3型骨折的治疗方法争议较大。临床应用较广泛

的经皮椎体后凸成形术治疗在理论上能够矫正后凸畸形,主要通过体位复位来完成^[12-14],但在实际操作中并不具备很大的矫正力量^[15],术后容易残留脊柱后凸畸形。而脊柱力线矫正不够导致椎体负荷力线前移使应力集中于伤椎及邻近椎体前方是造成老年胸腰椎骨折患者术后腰背部疼痛的主要原因,也是造成伤椎或者邻近椎体再骨折的主要原因之一^[16]。经皮内固定联合椎体后凸成形术既能通过内固定复位矫正后凸畸形,也能通过椎体骨水泥强化得到即刻的前中柱支撑。而良好的复位和坚

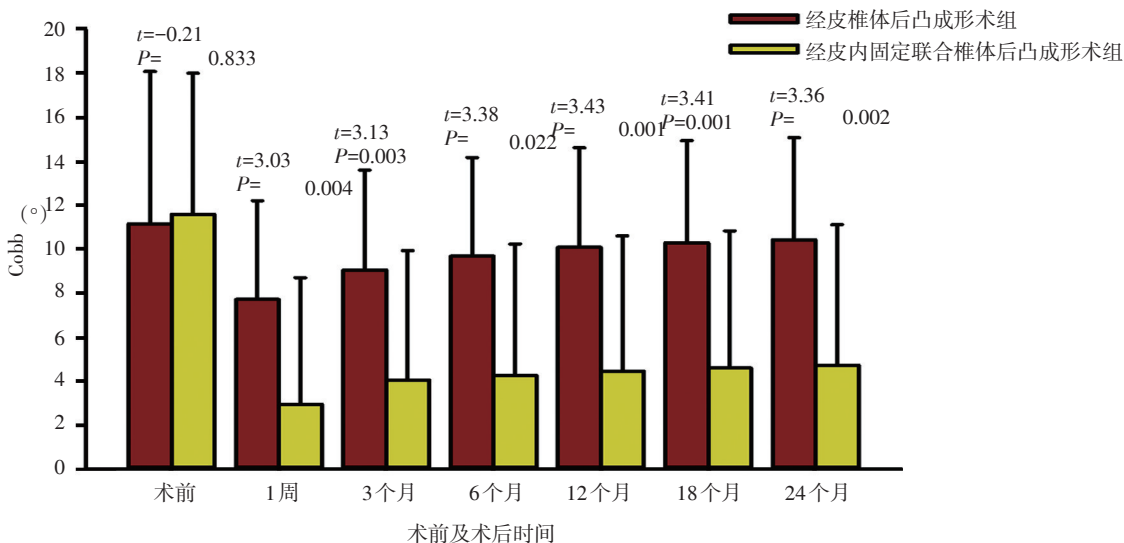


图7 两组Cobb角比较。术前矢状面Cobb角的差异无统计学意义。术后1周Cobb角均明显下降,以后逐渐增加。经皮内固定联合椎体后凸成形术组均较经皮椎体后凸成形术组低

强的支持是保障术后康复的关键。这一理论依据也得到其他生物力学研究的证实^[17]。

骨水泥渗漏是经皮椎体成形术的常见并发症之一。骨水泥渗入椎管内可损伤神经,在A3型骨折椎体后壁不完整的病例更容易发生。一旦发生脊髓和马尾神经损伤,则可能导致截瘫等严重后果。我们在应用经皮内固定联合后凸成形术的过程中发现,内固定器械复位后伤椎出现“蛋壳样”改变,使椎体内暂时出现一种类似“负压”的状态,此时可以注入较稠的面团样早期的骨水泥。骨水泥渗漏的风险明显降低,伤椎强化过程更加安全。但其具体机制还需进一步研究。

三、应用经皮内固定联合椎体后凸成形术治疗老年胸腰椎骨折的并发症和安全性评估

在老年患者的胸腰椎植入椎弓根螺钉很容易出现松动,这是一个较常见的并发症。本研究中内固定组随访过程中未发现内固定松动迹象,与既往研究结果不同^[5-7]。分析其主要原因可能有:(1)在椎体前、中柱复位内固定后即得到早期的椎体强化;(2)术中选用长螺钉,且随访时间不够长,术后进行了系统的抗骨质疏松治疗等。也许随着随访时间延长会出现内固定松动现象,一旦发生内固定松动我们认为及时拆除即可。如果遇到非常严重的老年骨质疏松患者,可能需要长节段的固定方式或骨水泥增强螺钉固定,才能避免内固定松动。

经皮内固定联合椎体后凸成形术原是为无神经症状的青壮年胸腰椎A3型骨折设计的,但我们认为它同样适用于一些老年骨质疏松患者。该术式创伤小,老年患者可以较快地恢复日常活动,避免长期卧床带来的并发症。但值得注意的是,经皮内固定联合椎体后凸成形术手术并非适用于所有老年胸腰椎骨质疏松性A3型骨折患者。因此对老年胸腰椎骨质疏松性A3型骨折患者仍需要进行详细的术前评估,明确其手术耐受能力,排除老年人常见的循环、呼吸等系统的严重疾病从而保证手术的安全实施。

参 考 文 献

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

[2] Patel AA, Vaccaro AR, Martyak GG, et al. Neurologic deficit following percutaneous vertebral stabilization. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2007, 32(16): 1728-1734.

[3] Rho YJ, Choe WJ, Chun YI. Risk factors predicting the new symptomatic vertebral compression fractures after percutaneous

vertebroplasty or kyphoplasty. *Eur Spine J*, 2012, 21(5): 905-911.

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

[5] Knop C, Fabian HF, Bastian L, et al. Late results of thoracolumbar fractures after posterior instrumentation and transpedicular bone grafting. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2001, 26(1): 88-89.

[6] Sudo H, Ito M, Abumi K, et al. One-stage posterior instrumentation surgery for the treatment of osteoporotic vertebral collapse with neurological deficits. *Eur Spine J*, 2010, 19(6): 907-915.

[7] Ito M, Harada A, Nakano T, et al. Retrospective multicenter study of surgical treatments for osteoporotic vertebral fractures. *J Orthop Sci*, 2010, 15(3): 289-293.

[8] Marco RA, Meyer BC, Kushwaha VP. Thoracolumbar burst fractures treated with posterior decompression and pedicle screw instrumentation supplemented with balloon-assisted vertebroplasty and calcium phosphate reconstruction. *Surgical technique. J Bone Joint Surg Am*, 2010, 92 Suppl 1 Pt 1: S67-76.

[9] Fuentes S, Blondel B, Metellus P, et al. Percutaneous kyphoplasty and pedicle screw fixation for the management of thoracolumbar burst fractures. *Eur Spine J*, 2010, 19(8): 1281-1287.

[10] Bironneau A, Bouquet C, Millet-Barbe B, et al. Percutaneous internal fixation combined with kyphoplasty for neurologically intact thoracolumbar fractures: a prospective cohort study of 24 patients with one year of follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2011, 97(4): 389-395.

[11] He D, Wu L, Chi Y, et al. Facet joint plus interspinous process graft fusion to prevent postoperative late correction loss in thoracolumbar fractures with disc damage: finite element analysis and small clinical trials. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 2011, 26(3): 229-237.

[12] Chin DK, Kim YS, Cho YE, et al. Efficacy of postural reduction in osteoporotic vertebral compression fractures followed by percutaneous vertebroplasty. *Neurosurgery*, 2006, 58(4): 695-700.

[13] Shin JJ, Chin DK, Yoon YS. Percutaneous vertebroplasty for the treatment of osteoporotic burst fractures. *Acta Neurochir (Wien)*, 2009, 151(2): 141-148.

[14] 黄洪斌, 范顺武, 鲍丰, 等. 椎体成形术结合体位复位治疗创伤性胸腰椎骨折. *中华骨科杂志*, 2008, 28(1): 20-24.

[15] 徐宝山, 胡永成, 闫广辉, 等. 经皮椎体成形术和后凸成形术的相关问题探讨. *中华骨科杂志*, 2009, 29(5): 430-435.

[16] Gaitanis IN, Garandang G, Phillips FM, et al. Restoring geometric and loading alignment of the thoracic spine with a vertebral compression fracture: effects of balloon (bone tamp) inflation and spinal extension. *Spine J*, 2005, 5(1): 45-54.

[17] Mermelstein LE, McLain RF, Yerby SA. Reinforcement of thoracolumbar burst fractures with calcium phosphate cement: a biomechanical study. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1998, 23(3): 664-670.

(收稿日期:2013-07-05)

(本文编辑:万瑜)