

脊柱和骨盆矢状位参数与椎体成形治疗胸腰椎骨质疏松性椎体压缩骨折预后的相关性

https://doi.org/10.12307/2022.438 遇呈祥, 刘乐洪, 李文博, 陈金石, 冉春雷, 王忠平

投稿日期: 2021-05-30

送审日期: 2021-06-02

采用日期: 2021-08-09

在线日期: 2021-09-27

中图分类号:

R459.9; R683.2; R319

文章编号:

2095-4344(2022)09-01412-06

文献标识码: A

文章快速阅读:

文章亮点—

△探讨脊柱和骨盆矢状位参数与胸腰椎椎体压缩骨折预后的相关性。

对象:

(1) 66例胸腰椎骨质疏松性椎体压缩骨折进行椎体成形治疗的患者;
(2) 纳入60名健康受试者。

测量脊柱和骨盆矢状位参数:

骨盆倾斜角、骨盆入射角、骶骨倾斜角、腰椎前凸角、胸椎后凸角、矢状位垂直轴。

结论:

椎体成形治疗椎体压缩性骨折具有较好的疗效, 可明显缓解疼痛, 改善骨盆倾斜角、骶骨倾斜角、腰椎前凸角、矢状位垂直轴、胸椎后凸角等参数, 纠正脊柱和骨盆病理性曲度, 脊柱矢状位平衡得到恢复。

文题释义:

矢状面轴向距离: 为C₇铅垂线同S₁后上角垂线的相对关系, 是常用于判断脊柱矢状位有无失平衡的一个重要指标, 当矢状面轴向距离超过4 cm时为矢状面失平衡, 矢状面轴向距离超过9.5 cm时为严重矢状面失平衡。

骨盆投射角: 双侧股骨头中心的连线称为髋轴, 髋轴中点与骶骨平台中点的连线和骶骨平台垂线所成的角即为骨盆投射角。

摘要

背景: 相关研究表明, 胸腰椎骨质疏松性压缩性骨折患者的脊柱和骨盆矢状位参数存在不同程度改变, 将导致胸腰椎矢状面失衡。

目的: 探讨脊柱和骨盆矢状位参数与椎体成形治疗胸腰椎椎体压缩骨折预后的相关性。

方法: 选择2017年5月到2019年6月重庆三博长安医院收治的椎体压缩性骨折患者66例(观察组), 年龄61-79岁, 接受椎体成形治疗, 术前及术后3个月, 通过目测类比分、Oswestry功能障碍指数评估患者疼痛与骨盆功能改善情况, 通过全脊柱正侧位X射线片测量脊柱和骨盆的矢状位参数、Cobb角与Beck指数; 选择同年龄段健康受试者60名(对照组), 通过全脊柱正侧位X射线片测量脊柱和骨盆的矢状位参数。试验已通过重庆三博长安医院医院的伦理审批(医院伦理批件号: [2017]52号文件, 审批时间 2017-04-26)。

结果与结论: ①观察组患者术后3个月的目测类比分、Oswestry功能障碍指数较术前明显改善($P < 0.05$), Cobb角及Beck指数都显著优于术前($P < 0.05$); ②观察组患者术前的骨盆倾斜角大于对照组($P < 0.05$), 术前的骶骨倾斜角、腰椎前凸角、矢状位垂直轴、胸椎后凸角均小于对照组($P < 0.05$); ③Pearson相关分析显示, 术前骨盆入射角、骨盆倾斜角、腰椎前凸角值与总有效率、术后目测类比分、Oswestry功能障碍指数、Cobb角及Beck指数具有相关性($P < 0.05$); ④结果表明, 椎体成形治疗椎体压缩性骨折具有较好的疗效, 可明显缓解疼痛, 纠正脊柱和骨盆病理性曲度, 恢复脊柱矢状位平衡。

关键词: 脊柱; 骨盆; 椎体成形; 矢状位参数; 椎体压缩骨折; 矢状位平衡; 椎体骨折预后; 骨盆倾斜角; 骶骨倾斜角

Correlation between spine-pelvic sagittal parameters and prognosis of vertebroplasty in the treatment of thoracolumbar osteoporotic vertebral compression fractures

Yu Chengxiang, Liu Lehong, Li Wenbo, Chen Jinshi, Ran Chunlei, Wang Zhongping

Section III, Department of Surgery, Chongqing Sanbo Chang'an Hospital, Chongqing 400020, China

Yu Chengxiang, Master, Associate chief physician, Section III, Department of surgery, Chongqing Sanbo Chang'an Hospital, Chongqing 400020, China

Abstract

BACKGROUND: Relevant studies have shown that the sagittal parameters of the spine and pelvis of patients with thoracolumbar osteoporotic compression fractures change to varying degrees, which can lead to an imbalance of the thoracolumbar spine.

OBJECTIVE: To investigate the correlation between the sagittal parameters of the spine and pelvis and the prognosis of vertebroplasty in the treatment of thoracolumbar vertebral compression fractures.

METHODS: Totally 66 patients with vertebral compression fractures undergoing vertebroplasty in the Chongqing Sanbo Chang'an Hospital from May 2017 to June 2019 at the age of 61-79 years were enrolled and included in the observation group. Before operation and 3 months after operation, the patient's pain and improvement of pelvic function were evaluated by visual analog scale score and Oswestry dysfunction index. The sagittal parameters, Cobb angle, and Beck index of the spine and pelvis were measured by X-rays of the whole spine. Sixty healthy subjects of the same age group (control group) were selected, and the sagittal parameters of the spine and pelvis were measured by X-rays of the spine and pelvis. This study was approved by the Ethics Committee of Chongqing Sanbo Chang'an Hospital (approval No. [2017]52; approval date: 2017-04-26).

RESULTS AND CONCLUSION: (1) The visual analog scale score and Oswestry dysfunction index of the observation group were significantly improved 3 months after operation ($P < 0.05$), and the Cobb angle and Beck index were significantly better than those before the operation ($P < 0.05$). (2) The pelvic tilt was greater in the observation group than that of the control group ($P < 0.05$), and the pelvic incidence, sacral slope, lumbar lordosis, thoracic kyphosis, vertical misalignment axis were all smaller in the observation group than those of the control group ($P < 0.05$). In the observation group, the pelvic tilt was smaller

重庆三博长安医院外三科, 重庆市 400020

第一作者: 遇呈祥, 男, 1982年生, 重庆市人, 蒙古族, 硕士, 副主任医师, 主要从事脊柱微创外科及老年医学研究。

https://orcid.org/0000-0002-4919-9052 (遇呈祥)

引用本文: 遇呈祥, 刘乐洪, 李文博, 陈金石, 冉春雷, 王忠平. 脊柱和骨盆矢状位参数与椎体成形治疗胸腰椎骨质疏松性椎体压缩骨折预后的相关性 [J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(9):1412-1417.



at 3 months after operation than that before operation ($P < 0.05$), and the pelvic incidence, sacral slope, lumbar lordosis, thoracic kyphosis, and vertical misalignment axis were all greater than those before operation ($P < 0.05$). (3) Pearson correlation analysis showed that preoperative pelvic incidence angle, pelvic tilt, lumbar lordosis and total effective rate, postoperative visual analogue scale score, Oswestry dysfunction index, Cobb angle and Beck index were correlated ($P < 0.05$). There was no significant difference between the above-mentioned indicators and the control group at 3 months after operation ($P > 0.05$). (4) Results indicate that vertebroplasty has a good curative effect in the treatment of vertebral compression fractures. It can significantly relieve pain, correct the pathological curvature of the spine and pelvis, and restore the balance of the spinal column.

Key words: spine; pelvis; vertebroplasty; sagittal parameters; vertebral compression fracture; sagittal balance; vertebral fracture prognosis; pelvic tilt angle; sacral tilt angle

How to cite this article: YU CX, LIU LH, LI WB, CHEN JS, RAN CL, WANG ZP. Correlation between spine-pelvic sagittal parameters and prognosis of vertebroplasty in the treatment of thoracolumbar osteoporotic vertebral compression fractures. *Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu*. 2022;26(9):1412-1417.

0 引言 Introduction

随着人口老龄化,骨质疏松患者逐年增加,据统计,55-70岁女性骨质疏松的发生率高达70%,男性为30%^[1],椎体压缩骨折是骨质疏松患者的最严重后果。由于脊柱解剖的特殊性,胸腰结合段是最容易发生骨质疏松性椎体压缩骨折的部位^[2]。根据骨折程度不同可选择不同治疗方式,保守治疗卧床时间久、骨质疏松加重、合并症多^[3],传统手术创伤大、术后恢复慢^[4],目前经皮椎体成形治疗以微创、治愈迅速、安全性高、恢复脊柱稳定性等优点被临床广泛应用^[5]。相关研究表明,胸腰椎骨质疏松性压缩骨折患者的脊柱和骨盆矢状位参数存在不同程度改变,将导致胸腰椎矢状面失衡^[6-7]。张相等^[8]的研究发现,通过经皮球囊扩张脊柱后凸成形治疗后椎体压缩骨折患者的骨盆和脊柱失衡症状往往会明显改善。该文具体探讨了椎体成形治疗胸腰段骨质疏松性压缩骨折后脊柱和骨盆矢状位参数变化情况,并对椎体压缩骨折预后的相关性进行了初步研究。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 回顾性病例-对照分析,组间比较采用独立样本t检验或 χ^2 检验。

1.2 时间及地点 试验于2017年5月到2019年6月在重庆三博长安医院外三科完成。

1.3 对象 选择在2017年5月到2019年6月在重庆三博长安医院外三科诊治的椎体压缩性骨折患者66例(观察组),其中男21例,女45例;年龄61-79岁,平均(66.3±2.5)岁;平均体质量指数(22.09±3.15) kg/m²;骨折后至手术时间(4.24±0.55) d;骨折部位: T₁₁区10例, T₁₂区25例, L₁区12例, L₂区13例, T₁₂、L₁区2例, L₁、L₂区3例, T₁₁、L₁、L₂区1例。对照组是同年齡阶段健康人群,其中男19名,女41名;年龄60-79岁,平均(66.2±2.9)岁,平均体质量指数(22.19±2.98) kg/m²。两组受试者对试验知情同意,并均签署了知情同意书。试验已通过重庆三博长安医院医院的伦理审批(医院伦理批件号: [2017]52号文件,审批时间2017-04-26)。

观察组患者纳入标准: 患者在自愿条件下签署了知情同意书(意识清晰,无精神疾病);患者年龄61-79岁;经双能X射线骨密度测定仪(GE公司,美国)对腰椎和髌部进行骨密度的测定, T值-3.8至-2.2 SD, 平均(-3.30±0.41) SD, 符合《中国骨质疏松性骨折诊疗指南(骨质疏松性骨折诊断及治疗原则)》诊断为骨质疏松症;同时具有椎体成形手术

指征,无手术禁忌证;病史为摔伤或低能量外伤史;临床表现均有严重腰背部疼痛伴活动困难、伴或不伴后凸畸形、临床资料完整;患者近期没有外科手术史。

观察组患者排除标准: 既往脊柱手术史患者;精神性疾病患者;合并脊柱其他疾病(感染、神经损害、滑脱、髌关节畸形、脊柱侧凸、强直性脊柱炎)患者;临床资料缺乏者;合并严重的全身系统疾病患者;全身状况差不能耐受手术者。

1.4 材料 骨水泥材料介绍,见表1。

表1 | 骨水泥材料介绍
Table 1 | Introduction of bone cement materials

项目	骨水泥
生产厂家	Tecres S.P.A.
批准文号	国械注进20173657165
组成及成分	粉体组分: 聚甲基丙烯酸甲酯, 硫酸钡, 过氧化苯甲酰; 液体组分: 甲基丙烯酸甲酯, N, N二甲基对甲苯胺, 对苯二酚
适应证	适用于椎体主间隙的填充
不良反应	一过性低血压、低氧血症、心律失常、心搏骤停、心肺功能障碍、死亡

1.5 方法

1.5.1 椎体成形手术操作 所有患者都给予椎体成形治疗,手术均由同一组外科医生完成。采取经双侧椎弓根入路椎体成形治疗,过程如下:患者取俯卧位、胸部及双侧髌前上棘垫高腹部悬空, C臂X射线透视定位穿刺椎体,标记后予以消毒铺巾;于双侧椎弓根投影处行1%利多卡因局部浸润麻醉;在C臂透视引导下进行穿刺,确保穿刺针尖于正位上位于双侧椎弓根内侧缘、侧位上位于椎体后缘处,继续穿刺至椎体后1/3,拔除穿刺针芯、更换导针、置入工作套管,调配骨水泥,固化4 min,待骨水泥处于牙膏器时缓慢灌注骨折椎体内,注射骨水泥期间、需反复C臂透视确保骨水泥无渗漏,骨水泥弥散满意后拔除工作套管,无菌敷料局部覆盖。

记录所有患者常规围术期指标,包括骨水泥注射量、术后下床时间、手术时间、术中出血量、术后住院时间等,记录骨水泥渗漏、肺栓塞、邻近椎体骨折等并发症情况。

1.5.2 脊柱和骨盆矢状位参数测定 所有患者均在术前及术后3个月行全脊柱正侧位X射线片检查,测量脊柱和骨盆的矢状位参数,由2名X射线放射科医生进行测量,取均值。

骨盆倾斜角: 双侧股骨头中心和骶骨终板中点的连线与重力垂直线间的夹角。

骨盆入射角: 双侧股骨头中心和骶骨终板中点的连线与垂直于骶骨终板并穿过骶骨终板中点的垂线间的夹角,如双

侧股骨头不重合，可取 2 个股骨头中心连线的中点作为双侧股骨头中心。

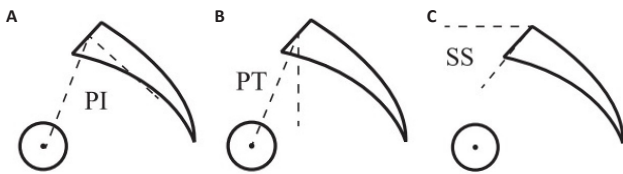
骶骨倾斜角：是由骶骨上终板线与水平线所形成的夹角，直接影响 L₅ 的方向和脊椎曲度。

腰椎前凸角：L₁ 上终板与 S₁ 上终板延长线间的夹角。

胸椎后凸角：T₁ 上终板与 L₁ 上终板延长线间的夹角；

矢状位垂直轴：C₇ 中心铅垂线距 S₁ 后上角的距离，若铅垂线位于 S₁ 后上角前方为正值，否则为负值，矢状位垂直轴值在 -5~5 cm 范围内定义为脊柱矢状位平衡，否则认为脊柱矢状位失衡。

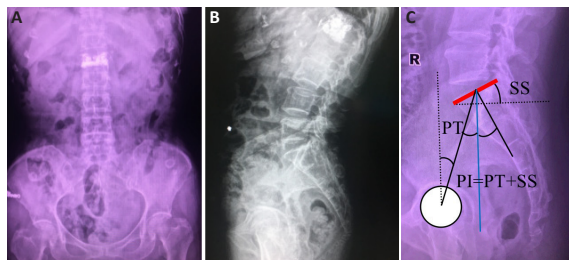
脊柱和骨盆矢状位参数测定示意图，见图 1。



图注：A 为骨盆倾斜角 (PI)，B 为骨盆入射角 (PT)，C 为骶骨倾斜角 (SS)
图 1 | 脊柱和骨盆矢状位参数测定示意图

Figure 1 | Schematic diagram of spine and pelvis sagittal parameter determination

脊柱和骨盆矢状位参数测定图，见图 2。



图注：A 为脊柱骨盆正位片；B 为脊柱骨盆侧位片；C 为测量方法，PT 为骨盆倾斜角，PI 为骨盆入射角，SS 为骶骨倾斜角

图 2 | 脊柱和骨盆矢状位参数测定图

Figure 2 | Sagittal parameters of the spine and pelvis

1.5.3 疗效评估 术前 1 d 及术后 3 个月，对观察组患者均进行目测类比评分 (由轻到重记 0~10 分，0 分无疼痛，< 3 分为轻微疼痛，4~6 分疼痛影响睡眠，7~10 分疼痛剧烈，分值越高表示疼痛程度越重) 与 Oswestry 功能障碍指数评估 (共计 10 个问题，每个问题记 0~6 分，得分值为实际得分 / 最高分 × 100%，分值越低表示腰椎功能越好)。术前及术后 3 个月行 X 射线片检查，测量骨折椎体上下椎体上下终板垂线的交角即为 Cobb 角，Cobb 角度越大提示骨折越严重、椎体高度丢失越多，后凸畸形重；Beck 指数是侧位 X 射线片上椎体前缘高度与椎体后缘高度比值，Beck 指数增高提示椎体前缘高度增加。

术后 3 个月进行疗效判定，显效：椎体恢复正常，骨折基本恢复正常和愈合；有效：椎体症状显著改善、骨折具有显著改善；无效：未达到上述标准甚至恶化。总有效率 (%) = (显效 + 有效) / 总例数 × 100%。

1.6 主要观察指标 观察组患者手术前后目测类比评分、

Oswestry 功能障碍指数、Cobb 角与 Beck 指数，以及两组脊柱和骨盆矢状位参数测量结果。

1.7 统计学分析 计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示，组间比较采用独立样本 *t* 检验，手术前后数据比较采用配对 *t* 检验；计数资料以百分比表示，组间比较采用 χ^2 检验等，相关性分析采用 Pearson 相关分析，检验水准 $\alpha=0.05$ ，采用 SPSS 21.00 软件进行统计分析。

2 结果 Results

2.1 参与者数量分析 观察组 66 例患者与对照组 60 名受试者全部进入结果分析。

2.2 两组基线资料比较 两组性别构成、年龄与平均体质量指数比较差异无显著性意义 ($P > 0.05$)，见表 2，具有可比性。

表 2 | 两组基线基线资料比较

Table 2 | Comparison of data baseline of the two groups

组别	<i>n</i>	男 / 女 (<i>n</i>)	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	平均体质量指数 ($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)
对照组	60	19/41	66.2 ± 2.9	22.19 ± 2.98
观察组	66	21/45	66.3 ± 2.5	22.09 ± 3.15
检验统计量		$\chi^2=0.000$	$t=0.21$	$t=0.183$
<i>P</i> 值		0.985	0.836	0.855

2.3 试验分组流程图 见图 3。

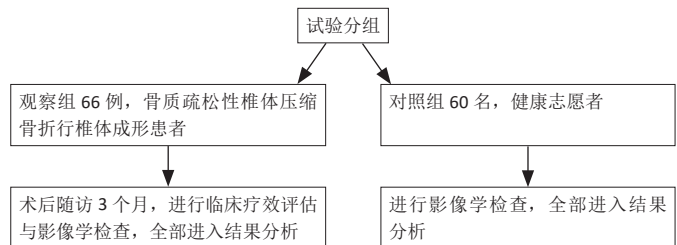


图 3 | 试验分组流程图

Figure 3 | Trial flow chart of group assignment

2.4 观察组患者围术期指标 66 例患者都顺利完成手术，手术时间 (28.26 ± 2.23) min，术中出血量 (5.31 ± 2.49) mL，骨水泥注射量 (4.51 ± 1.22) mL。术中无并发症发生。

2.5 观察组材料宿主反应与并发症 术后发生并发症 13 例，发生率为 9%，其中骨水泥渗漏 2 例，邻近椎体骨折 2 例，肺栓塞 1 例，压疮 4 例，下肢静脉血栓 4 例。试验中未发生与骨水泥材料相关的不良反应。

2.6 两组受试者脊柱和骨盆矢状位参数测量结果 观察组术前的骨盆入射角与对照组比较差异无显著性意义 ($P > 0.05$)，观察组术前与术后 3 个月的骨盆入射角比较差异无显著性意义 ($P > 0.05$)；观察组患者术前的骨盆倾斜角大于对照组 ($P < 0.05$)，术前的骶骨倾斜角、腰椎前凸角、矢状位垂直轴、胸椎后凸角均小于对照组 ($P < 0.05$)；观察组患者术后 3 个月的骨盆倾斜角小于术前 ($P < 0.05$)，骶骨倾斜角、腰椎前凸角、矢状位垂直轴、胸椎后凸角均大于术前 ($P < 0.05$)；观察组术后 3 个月的上述指标与对照组比较差异均无显著性意义 ($P > 0.05$)，见表 3。

表3 | 两组受试者脊柱骨盆矢状位参数比较 (x̄±s)

项目	对照组 (n=60)	观察组 (n=66)	
		术前	术后3个月
骨盆入射角 (°)	54.26±4.32	55.66±5.42	54.36±6.01
骨盆倾斜角 (°)	12.56±2.31	17.11±3.45 ^a	13.05±3.5 ^b
骶骨倾斜角 (°)	42.58±4.26	37.53±6.38 ^a	41.68±4.57 ^b
腰椎前凸角 (°)	53.66±5.41	50.24±7.15 ^a	53.05±5.63 ^b
矢状位垂直轴 (cm)	-1.12±0.33	-0.46±1.03 ^a	-0.86±1.05 ^b
胸椎后凸角 (°)	36.15±7.42	31.47±5.25 ^a	35.71±7.33 ^b

表注: 与对照组相比较, ^aP<0.05; 与术前比较, ^bP<0.05

2.7 观察组临床疗效 66例患者术后3个月的目测类比评分、Oswestry功能障碍指数较术前明显改善 (P<0.05), Cobb角及Beck指数都显著优于术前 (P<0.05), 见表4。术后3个月疗效判定显示, 无效5例, 有效18例, 显效43例, 总有效率为92%。

表4 | 观察组患者的临床疗效 (x̄±s, n=66)

时间点	目测类比评分 (分)	Oswestry功能障碍指数 (分)	Cobb角 (°)	Beck指数
术前	7.78±2.45	53.26±6.33	18.23±3.14	0.50±0.05
术后3个月	2.41±0.65	22.01±3.47	15.14±2.55	0.80±0.07
t值	0.236	1.575	3.194	9.881
P值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

2.8 相关性分析结果 Pearson相关分析显示, 观察组术前的骨盆入射角、骨盆倾斜角、腰椎前凸角值与术后总有效率、目测类比评分、Oswestry功能障碍指数、Cobb角及Beck指数具有相关性 (P<0.05), 见表5。

表5 | 脊柱和骨盆矢状位参数与椎体压缩骨折预后的相关性

指标	术后目测类比评分	术后Oswestry功能障碍指数	术后Cobb角	术后Beck指数	总有效率
骨盆入射角	0.453 ^a	0.589 ^a	0.563 ^a	0.572 ^a	0.582 ^a
骨盆倾斜角	0.398 ^a	0.489 ^a	0.415 ^a	0.481 ^a	0.486 ^a
腰椎前凸角值	0.503 ^a	0.553 ^a	0.602 ^a	0.511 ^a	0.551 ^a

表注: a代表P<0.05

3 讨论 Discussion

脊柱退变老化的具体量化表现在脊柱和骨盆矢状位参数上^[9]。脊柱矢状位失衡的病因包含: 脊柱退行性病变、感染、肿瘤、侧弯和骨质疏松性椎体压缩性骨折等^[10-11], 其中骨质疏松性椎体压缩性骨折临床多见, 此病可导致持续疼痛、脊柱后凸畸形, 严重影响中老年人生活质量^[12]。骨质疏松、椎体骨密度降低, 脊柱力线发生改变, 导致负荷增大、肌肉疲劳、肌力不平衡, 脊柱和骨盆矢状位参数发生变化^[13]。

3.1 脊柱和骨盆结构的特点 脊柱胸腰段有以下特点^[14-16]:

①此处为胸椎后凸与腰椎前凸移行处, 活动度较脊柱其他部位大, 上方的胸椎及颈椎的质量均需要经过此处向腰椎及下肢传导, 整个躯干的应力相对集中^[17], 躯体负重通过此处

进行传导时极易造成局部损伤^[18]; ②关节突关节的关节面形态于此处进行过渡转换, 由胸椎的冠状面形态向腰椎的矢状面形态转换, 机体运动时很容易造成局部受力不均衡, 出现轴向及侧向损伤^[19]; ③此处存在生理性后凸, 相邻的胸椎节段及腰椎节段不易代偿, 容易出现前后位的损伤^[20]。有研究表明, 胸腰段为椎体压缩性骨折的好发部位, 58.7%的椎体压缩性骨折集中分布于T₁₂、L₁椎体^[21]。胸腰段椎体压缩性骨折可导致椎体高度降低, 致使脊柱受力不均衡^[22], 早期相邻节段及骨盆相互代偿, 随着病变进展, 相邻节段及骨盆不能代偿时脊柱将出现矢状位失衡^[23]。

3.2 脊柱和骨盆矢状位平衡的特点 椎体压缩性骨折是造成中老年性腰背部疼痛的主要病因^[24]。近期研究表明, 椎体压缩性骨折可导致脊柱和骨盆矢状位参数变化, 脊柱和骨盆矢状位参数与脊柱矢状面平衡紧密相关^[25], STAUDE等^[26]认为脊柱和骨盆矢状位参数的纠正有助于恢复脊柱矢状位平衡。了解椎体压缩性骨折患者手术前后脊柱骨盆矢状位参数的变化更有助于指导手术, 评价手术疗效。

正常成人健康状态下脊柱具有良好曲度, 当骨质疏松患者出现椎体压缩性骨折时, 脊柱稳定状态和脊柱的筋骨动态平衡就会被打破, 脊柱的矢状面就会出现失衡, 进而发生脊柱曲度改变^[27]。此次研究结果显示, 椎体压缩性骨折患者术前的骨盆倾斜角大于对照组, 而骶骨倾斜角、腰椎前凸角和胸椎后凸角、矢状位垂直轴小于对照组, 表明脊柱矢状位失衡将导致骶骨后倾来维持站立姿势, 此时L₅和骶椎的相互作用便会减弱, L₅对骶椎的限制减少, 进而导致骨盆通过增加后倾来适应腰椎前凸的代偿, 进而出现骨盆倾斜角增加、骶骨倾斜角减低; 与此同时, 骶椎后倾加剧了L₅/S₁节段后凸, 腰骶角度增大, 使身体中心前移以达到脊柱病理性平衡。术后3个月时, 观察组患者目测类比评分、术后Oswestry功能障碍指数评分均显著改善, 测量Cobb角及Beck指数均较术前明显恢复, 证实椎体成形可通过铰刀及逐级推注技术恢复椎体高度、抬高终板, 是治疗椎体压缩性骨折的有效手术方式, 同时脊柱后凸畸形得到纠正。研究中观察组术后测量的脊柱骨盆矢状位相关参数与对照组无明显差异, 提示椎体成形术后患者的脊柱矢状位平衡得到纠正, 患者疼痛缓解、骨盆后倾代偿消失, 使得人体回归正常生物力学状态。

研究中所测量的脊柱骨盆矢状位参数, 骨盆入射角不会因脊柱的曲度变化而改变, 能间接反映骨盆状态, 同时与骶骨倾斜角和腰椎前凸角存在相关性, 研究证实正常成人腰椎前凸角=骨盆入射角+9°, 且腰椎前凸角与腰背痛密切相关, 在评价脊柱骨盆矢状位平衡中具有重要作用^[28]。一般情况下、骨盆可通过改变骨盆倾斜角达到重塑人体重心, 或改变骶骨倾斜角来适应腰椎的前凸, 进而达到调节脊柱矢状位平衡的目的^[29-30]。椎体压缩性骨折术前及术后3个月检测结果均提示骨盆入射角与骨盆倾斜角、骶骨倾斜角、腰椎前凸角、胸椎后凸角呈正向相关, 随着骨盆入射角的增大其他参数也相应增大。椎体成形术后椎体高度得到恢复, 脊柱的力学稳定

得到纠正, 重塑了脊柱骨盆生物力学平衡^[31-32]。

3.3 脊柱骨盆矢状位平衡的判定及临床意义 个体的脊柱和骨盆矢状位参数受多种因素的影响, 包括性别、体质量、年龄、创伤、骨盆形态等^[33-35]。正常人群的脊柱和骨盆矢状位参数保持平衡, 但椎体压缩骨折患者的脊柱和骨盆矢状位参数会出现异常情况^[7, 36-37]。研究显示, 依据骨盆入射角、骨盆倾斜角与腰椎前凸角值可判断脊柱矢状位平衡状态^[38]; 椎体成形治疗骨质疏松性椎体压缩骨折后, 如果骨盆入射角、骨盆倾斜角与腰椎前凸角值均在正常范围内, 说明脊柱骨盆平衡得到很好解决, 如果没在正常范围内其术后疼痛和不适感、并发症较多^[38]。

此次研究发现, 胸腰椎骨质疏松性骨折患者腰背部疼痛明显, Oswestry 功能障碍指数评分较健康人群显著高, 生活质量明显降低。对于椎体压缩性骨折患者, 早期及时采取手术治疗可避免椎体骨折部位出现不愈合或延期愈合、慢性腰痛发生及脊柱矢状位失衡^[4]。老年患者因合并慢性疾病, 伴随不同程度脊柱退变, 手术风险及难度明显提高, 术后康复及围术期处理难度均不同程度增加, 术前积极的围术期处理、积极稳定患者病情, 结合患者具体情况设计恰当的手术方案及选择适合患者本人的手术方式较为重要^[39]。对于胸腰椎骨质疏松性骨折患者, 选择手术治疗方案时应同时考虑到脊柱矢状位平衡情况及患者自身身体状况, 以选择适合患者的手术措施。对于胸腰椎骨质疏松性骨折矢状位平衡患者, 若 MRI 检测骨折部位为新发椎体骨折, 同时患者疼痛难耐受、影像学及专科检查未发现脊髓及神经根压迫, 可只行微创的椎体成形或椎体后凸成形, 达到快速止痛及增强骨折椎体骨质、平衡病变椎体负重、改善局部曲度改变、避免发生后凸畸形及矢状位失衡的目的^[40-41]。若胸腰椎骨质疏松性骨折矢状位失衡得同时伴随神经压迫症状, 椎体的生物力学研究证实, 当其高度丢失超过 50% 时应采取开放内固定手术, 术中采取不同的截骨方式进行腰椎曲度的重建及矢状位平衡恢复^[31]; 若机体矢状位失衡不严重, 相邻节段及骨盆可以部分代偿, 可考虑采取短节段减压内固定, 若矢状位严重失衡, 相邻弯曲及骨盆的相关性完全丧失, 则多考虑采取长节段矫形内固定手术; 对于矢状位严重失衡并伴新鲜椎体压缩性骨折的患者, 术中行截骨矫形构建合适曲度治疗的同时, 可同时椎体成形术治疗^[42]。

观察组中双节段及多节段骨折患者术前的目测类比评分及术后 Oswestry 功能障碍指数评分更高, 所侧 Beck 指数相对更低, Cobb 角较单节段骨折患者更大, 椎体高度丢失更多, 椎体成形过程所需时间较单节段椎体骨折多, 术后患者疼痛恢复程度同单节段骨折患者相比无明显差异。同时与单节段椎体骨折相比, 多节段骨折患者更易出现矢状位失衡, 术后 3 个月随访结果同单节段椎体骨折患者相比无明显差异。因研究中双节段及多节段骨折患者病例有限, 术后并发症发生率仍需大宗病例进一步研究。

Pearson 相关分析显示, 椎体压缩骨折患者的术前骨盆

入射角、骨盆倾斜角、腰椎前凸角值与总有效率、术后目测类比评分、Oswestry 功能障碍指数评分、Cobb 角、Beck 指数都有相关性 ($P < 0.05$), 表明脊柱和骨盆矢状位参数可预测椎体压缩性患者椎体成形术后预后情况。研究也存在一些不足, 比如随访时间短、机制分析不够深入、病例数量偏少, 将在下一步的研究中进行明确的结论分析。

总之, 椎体成形治疗椎体压缩骨折具有良好的有效性与安全性, 能有效改善患者的疼痛、Beck 指数、Cobb 角, 重塑脊柱力线、纠正脊柱矢状位平衡, 改善骨盆倾斜角、骶骨倾斜角、腰椎前凸角、矢状位垂直轴、胸椎后凸角等参数, 改善脊柱和骨盆病理性曲度。通过术前骨盆倾斜角、骶骨倾斜角、腰椎前凸角等参数预估、指导手术, 为基础研究提供数据参考。

作者贡献: 试验设计为通讯作者, 试验实施为第一作者和第四作者, 试验评估为第二作者, 资料收集为第三作者。

经费支持: 该文章未接受任何经费支持。

利益冲突: 文章的全部作者声明, 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

机构伦理问题: 该研究的实施符合《赫尔辛基宣言》和重庆三博长安医院医院对研究的相关伦理要求 (医院伦理批件号: [2017]52 号文件, 审批时间 2017-04-26)。实施手术 / 治疗的医生 / 医疗机构符合医学实验资质要求。

知情同意问题: 参与试验的患病个体及其家属为自愿参加, 均对试验过程完全知情同意, 在充分了解治疗方案的前提下签署了“知情同意书”。

写作指南: 该研究遵守《观察性临床研究报告指南》(STROBE 指南)。

文章查重: 文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审: 文章经小同行外审专家双盲外审, 同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

生物统计学声明: 该文统计学方法已经重庆医科大学公共卫生与管理学院统计学教研室审核。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

- [1] MILLER PD. Clinical Management of Vertebral Compression Fractures. J Clin Densitom. 2016;19(1):97-101.
- [2] KOSUKE S, TOSHINORI S, KEISUKE A, et al. Complete Fracture-Dislocation of the Thoracolumbar Spine with No Critical Neurological Deficit: A Case Report. J Med Invest. 2016;63(12):122.
- [3] CAMACHO JE, USMANI MF, STRICKLAND AR, et al. The use of minimally invasive surgery in spine trauma: a review of concepts. J Spine Surg. 2019;5(51):91-100.
- [4] 秦琦, 史晨辉, 王维山, 等. 经皮椎体后凸成形和椎弓根螺钉内固定治疗老年骨质疏松胸腰椎压缩性骨折的 Meta 分析 [J]. 中国组织工程研究, 2018, 22(23):3766-3772.
- [5] 邹向南. 高粘度骨水泥椎体成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的椎体高度恢复情况及相关影响因素 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017, 11(27):38-43.

- [6] BAEK SW, KIM C, CHANG H. The relationship between the spinopelvic balance and the incidence of adjacent vertebral fractures following percutaneous vertebroplasty. *Osteoporos Int.* 2015;26(5):1507-1513.
- [7] CHAU L, HU Z, KO K, et al. Global sagittal alignment of the spine, pelvis, lower limb after vertebral compression fracture and its effect on quality of life. *BMC Musculoskelet Disord.* 2021;22(1):476.
- [8] 张相伟, 孙建民, 崔新刚, 等. 骨质疏松椎体压缩性骨折患者脊柱矢状面的失平衡 [J]. *中国组织工程研究*, 2014, 18(26):4224-4228.
- [9] 郭新虎, 李危石, 郭昭庆, 等. 高度发育不良性腰椎滑脱复位程度与脊柱-骨盆矢状位参数变化的关系 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2020, 12(28):345-348.
- [10] ZHANG YL, SHI LT, TANG PF, et al. Correlation analysis of osteoporotic vertebral compression fractures and spinal sagittal imbalance. *Orthopade.* 2017;46(3):249.
- [11] HUSSAIN S, ZARKAR A, ELMODIR A, et al. Vertebral compression fracture rate following stereotactic ablative body radiotherapy for spine oligometastases: a UK experience. *J Radiother Pract.* 2021;22(2):1-5.
- [12] 王福兵, 张夏琦, 彭庆辉, 等. L5~S1 椎间融合术对腰椎矢状位参数和邻近节段退变的影响 [J]. *南京医科大学学报 (自然科学版)*, 2019, 39(7): 1028-1033.
- [13] 邢润麟, 张顺聪, 江晓兵, 等. 脊柱矢状面失衡对骨质疏松性椎体压缩性骨折椎体成形术疗效的影响 [J]. *脊柱外科杂志*, 2017, 15(2): 106-110.
- [14] OH HS, KIM TW, KIM HG, et al. Gradual Height Decrease of Augmented Vertebrae after Vertebroplasty at the Thoracolumbar Junction. *Korean J Neurotrauma.* 2016;12(1):18-21.
- [15] DU PLESSIS AM, GREYLING LM, et al. Differentiation and classification of thoracolumbar transitional vertebrae. *J Anat.* 2018;232(5): 850-856.
- [16] PARK SK, PARK JG, KIM BS, et al. Thoracolumbar junction: morphologic characteristics, various variants and significance. *Br J Radiol.* 2016; 89(64):766-784.
- [17] ANWAR HA, BUTLER JS, YARASHI T, et al. Segmental Pelvic Correlation (SPeC): a novel approach to understanding sagittal plane spinal alignment. *Spine J.* 2015;15(12):2518-2523.
- [18] SHARIFNEZHAD A, RAISSI GR, FOROGH B, et al. The Validity and Reliability of Kinovea Software in Measuring Thoracic Kyphosis and Lumbar Lordosis. *Iran Rehabil J.* 2021;19(2):129-136.
- [19] NASTO LA, PEREZ-ROMERA AB, SHALABI ST, et al. Correlation between preoperative spinopelvic alignment and risk of proximal junctional kyphosis after posterior-only surgical correction of Scheuermann kyphosis. *Spine J.* 2016;15(12):21-26.
- [20] PORTO AB, OKAZAKI VHA. Thoracic Kyphosis and Lumbar Lordosis Assessment by Radiography and Photogrammetry: A Review of Normative Values and Reliability. *J Manipulative Physiol Ther.* 2018; 41(8):712-723.
- [21] RABEI R, PATEL K, GINSBURG M, et al. Percutaneous Vertebral Augmentation for Vertebral Compression Fractures: National Trends in the Medicare Population (2005–2015). *Spine (Phila Pa 1976).* 2019; 44(2):123-133.
- [22] HONG JY, CHOI SW, KIM GD, et al. Reliability Analyses of Radiographic Measures of Vertebral Body Height Loss in Thoracolumbar Burst Fractures. *World Neurosurg.* 2019;129:e191-e198.
- [23] 许九生, 王俊魁, 刘宏建, 等. T1 骨盆角与胸腰椎骨质疏松性椎体压缩骨折脊柱-骨盆矢状位平衡的研究 [J]. *中华实验外科杂志*, 2017, 34(4):697-699.
- [24] FARUQI S, TSENG CL, WHYNE C, et al. Vertebral Compression Fracture After Spine Stereotactic Body Radiation Therapy: A Review of the Pathophysiology and Risk Factor. *Neurosurgery.* 2018;83(3):314-322.
- [25] WEI X, GENGWU L, CHAO C, et al. Correlations between the sagittal plane parameters of the spine and pelvis and lumbar disc degeneration. *J Orthop Surg Res.* 2018;13(1):137-139.
- [26] STAUDE V, RADZISHEVSKA Y, ZLATNYK R. Radiometric parameters of the sacrum and pelvis, affecting the spine and pelvic balance in the frontal plane, in healthy volunteers. *Ortop Travmatol Protez.* 2017;(2):52-61.
- [27] KOTELNIKOV AO, RYABYKH SO, BURTSEV AV. Postural changes of the vertebral-pelvic balance in patients with Hip-Spine syndrom. *Genij Ortop.* 2020;26(1):206-211.
- [28] DREISCHARF M, PRIES E, BASHKUEV M, et al. Differences between clinical “snap-shot” and “real-life” assessments of lumbar spine alignment and motion – What is the “real” lumbar lordosis of a human being? *J Biomech.* 2016;49(5):638-644.
- [29] LE HUEC JC, GILLE O, FABRE T. Sagittal balance and spine-pelvis relation: A French speciality? *Ortop Traumatol Surg Res.* 2018;104(5):551-554.
- [30] LAOUISSAT F, SEBAALY A, GEHRCHEN M, et al. Classification of normal sagittal spine alignment: refounding the Roussouly classification. *Eur Spine J.* 2018;27(8):2002-2011.
- [31] HAN F, WEISHI L, ZHUORAN S, et al. Sagittal plane analysis of the spine and pelvis in degenerative lumbar scoliosis. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2017;25(1):4741-4746.
- [32] HAFFER H, ADL AMINI D, PERKA C, et al. The Impact of Spinopelvic Mobility on Arthroplasty: Implications for Hip and Spine Surgeons. *J Clin Med.* 2020;9(8):552-556.
- [33] MERRILL RK, KIM JS, LEVEN DM, et al. Differences in Fundamental Sagittal Pelvic Parameters Based on Age, Sex, and Race. *Clin Spine Surg.* 2018;31(2):109-114.
- [34] ARIMA H, DIMAR JR, GLASSMAN SD, et al. Differences in lumbar and pelvic parameters among African American, Caucasian and Asian populations. *Eur Spine J.* 2018;27(12):2990-2998.
- [35] YOSHIKI A, SHUNJI T, HIROYUKI O, et al. Sagittal spino-pelvic alignment in adults: The Wakayama Spine Study. *PLoS One.* 2017;12(6):e0178697.
- [36] ZHOU S, SUN Z, LI W, et al. The standing and sitting sagittal spinopelvic alignment of Chinese young and elderly population: does age influence the differences between the two positions? *Eur Spine J.* 2020;29(3): 405-412.
- [37] LI Y, SHEN Z, HUANG M, et al. Stepwise resection of the posterior ligamentous complex for stability of a thoracolumbar compression fracture. *Medicine (Baltimore).* 2017;96(35):342-346.
- [38] FILARDI V, SIMONA P, CACCIOLA G, et al. Finite element analysis of sagittal balance in different morphotype: Forces and resulting strain in pelvis and spine. *J Orthop.* 2017;14(2):268-275.
- [39] RADCHENKO V, SKIDANOV A. Changes in the paravertebral muscles in patients with degenerative diseases of the lumbar spine. *Ortop Travmatol Protez.* 2018;10(3):50-56.
- [40] LONG Y, YI W, YANG D. Advances in Vertebral Augmentation Systems for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *Pain Res Manag.* 2020;12(7):3947-3954.
- [41] HU KZ, CHEN SC, XU L. Comparison of percutaneous balloon dilation kyphoplasty and percutaneous vertebroplasty in treatment for thoracolumbar vertebral compression fractures. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2018;22(1 Suppl):96-102.
- [42] CHANG DG, HA KY, KIM YH, et al. Spinopelvic Alignment by Different Surgical Methods in the Treatment of Degenerative Sagittal Imbalance of the Lumbar Spin. *Clin Spine Surg.* 2017;30(4):390-397.

(责任编辑: GW, ZN, ZH)