

临床论著

经伤椎短节段内固定治疗单节段胸腰椎爆裂骨折术后再发后凸畸形的危险因素分析

孙祥耀¹, 鲁世保¹, 张庆明¹, 孔超¹, 海涌², 洪毅³, 李放⁴, 陈学明⁵

(1 首都医科大学宣武医院骨科 国家老年疾病临床医学研究中心 100053 北京市;

2 首都医科大学附属北京朝阳医院骨科 100020; 3 中国康复研究中心北京博爱医院骨科 100068;

4 中国人民解放军陆军总医院骨科 100700 北京市; 5 首都医科大学附属北京潞河医院骨科 101149)

【摘要】目的:分析单节段胸腰椎爆裂骨折患者后路经伤椎短节段内固定术(SSPI-f)治疗后内固定取出前及内固定取出后再发后凸畸形(kyphosis recurrence, KR)的危险因素。**方法:**收集 2014 年 1 月~2016 年 1 月在本研究合作单位行 SSPI-f 治疗的单节段胸腰椎爆裂骨折患者的资料, 获取患者年龄、骨折节段后凸 Cobb 角(Cobb angle, CA)、局部 Cobb 角(regional angle, RA)、椎体楔形角(vertebral wedge angle, VWA)、椎体前缘高度比值(anterior vertebra height ratio, AVH)、椎体后缘高度比值(posterior vertebra height ratio, PVH)、椎体前后缘高度比值(anteroposterior ratio, A/P)、上位椎间盘角(upper intervertebral angle, UIVA)、下位椎间盘角(lower intervertebral angle, LIVA)、体重指数(body mass index, BMI)、视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、胸腰椎损伤分类及损伤程度评分系统(thoracolumbar injury classification and severity score, TLICS)评分、载荷评分(load-sharing classification, LSC)、糖尿病病史。将术后矫正度丢失 $>10^\circ$ 定义为术后 KR。按照术后有无 KR 将其分为 KR 组与无 KR 组(NKR 组), 并将其按照取出内固定前以及取出内固定后分别进行分析。采用 Logistic 回归分析筛选危险因素, 通过 ROC 曲线分析计算阈值。**结果:**共纳入 5 个研究中心的 196 例患者, 内固定取出前发生 KR 14 例(KR 组), 将 KR 组与 NKR 组进行比较后发现, 年龄($P<0.001$)、BMI($P<0.001$)为取出内固定前发生 KR 的危险因素; 年龄临界值为 58.5 岁[曲线下面积(AUC)=0.885], BMI 临界值为 29.1kg/m^2 (AUC=0.962)。内固定取出后总体矫正度丢失 $7.5^\circ\pm 4.4^\circ$, 其中 65 例(33.2%)患者出现 KR; 将 KR 组与 NKR 组进行比较后发现, 女性($P<0.001$)、年龄($P<0.001$)、BMI($P<0.001$)、L1 骨折($P<0.001$)、A3.3 型骨折($P=0.001$)、术前 UIVA($P=0.014$)为取出内固定后发生 KR 的危险因素; T12 骨折($P<0.001$)、A3.1 型骨折($P<0.001$)、术前 AVH 大($P<0.001$)为保护因素; 年龄临界值为 50.5 岁(AUC=0.789), BMI 临界值为 26.6kg/m^2 (AUC=0.740), 术前 UIVA 临界值为 -4.2° (AUC=0.650), 术前 AVH 临界值为 60.5% (AUC=0.254)。**结论:**年龄 >58.5 岁、BMI $>29.1\text{kg/m}^2$ 为单节段胸腰椎爆裂骨折经伤椎短节段内固定术后内固定取出前发生 KR 的危险因素; 女性、年龄 >50.5 岁、BMI $>26.6\text{kg/m}^2$ 、L1 骨折、A3.3 型骨折、术前 UIVA $>-4.2^\circ$ 为取出内固定后发生 KR 的危险因素, T12 骨折、A3.1 型骨折、术前 AVH $>60.5\%$ 为保护因素。

【关键词】胸腰椎骨折; 爆裂骨折; 内固定术; 再发后凸畸形; 危险因素

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2018.08.04

中图分类号: R683.2, R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2018)-08-0690-08

The risk factor analysis of kyphosis recurrence in single level thoracolumbar burst fracture after short-segment instrumentation in fractured vertebra/SUN Xiangyao, LU Shibao, ZHANG Qingming, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2018, 28(8): 690-697

【Abstract】 Objectives: To analyze the risk factors of kyphosis recurrence in thoracolumbar burst fracture before or after implant removal after short-segment instrumentation in fractured vertebra. **Methods:** From January 2014 to January 2016, patients with thoracolumbar burst fracture who underwent posterior short-segment

基金项目:国家自然科学基金面上项目(81672201);首都卫生发展科研课题(首发 2014-2-2032);北京市卫生和计划生育委员会“老年重大疾病关键技术研究”(PXM2017 026283 000002)

第一作者简介:男(1990-),博士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(010)83198641 E-mail:sun.xiang.yao@163.com

通讯作者:鲁世保 E-mail:spinelu@163.com

pedicle screw instrumentation in the cooperation units were carefully reviewed. The followings were obtained: age, Cobb angle of the fractured segment(CA), regional angle(RA), vertebral wedge angle(VWA), anterior vertebra height ratio(AVH), posterior vertebra height ratio(PVH), anteroposterior ratio(A/P), upper intervertebral angle(UIVA), lower intervertebral angle(LIVA), body mass index(BMI), visual analogue scale(VAS), thoracolumbar injury classification and severity score (TLICS), load-sharing classification (LSC), history of diabetes. Posterior kyphosis recurrence was defined as posterior correction loss $>10^\circ$. The patients were divided into kyphosis recurrence(KR) group and none kyphosis recurrence(NKR) group. The parameters were analyzed according to before or after implant removal. Logistic regression was used to analyze the risk factors. The threshold value was calculated by ROC curve analysis. **Results:** A total of 196 patients from 5 cooperation units were included in this study. When KR group was compared with NKR group before implant removal, age($P<0.001$) and BMI($P<0.001$) were risk factors of kyphosis recurrence; age >58.5 years[area under curve(AUC)=0.885], BMI $>29.1\text{kg/m}^2$ (AUC=0.962) were the thresholds. When KR group was compared with NKR group after implant removal, female($P<0.001$), age($P<0.001$), BMI($P<0.001$), L1 fracture($P<0.001$), AO classification of A3.3 ($P=0.001$), preoperative UIVA ($P=0.014$) were the risk factors of kyphosis recurrence after implant removal; T12 fracture($P<0.001$), AO classification of A3.1($P<0.001$), preoperative AVH($P<0.001$) were the protective factors; age >50.5 years(AUC=0.789), BMI $>26.6\text{kg/m}^2$ (AUC=0.740), preoperative UIVA $>-4.2^\circ$ (AUC=0.650), preoperative AVH $>60.5\%$ were the thresholds. **Conclusions:** Before implant removal, age >58.5 years and BMI $>29.1\text{kg/m}^2$ are the risk factors of kyphosis recurrence in single level thoracolumbar burst fracture after short-segment instrumentation. After implant removal, age >50.5 years(AUC=0.789), BMI $>26.6\text{kg/m}^2$ (AUC=0.740), preoperative UIVA $>-4.2^\circ$ (AUC=0.650), L1 fracture, AO classification of A3.3 are the risk factors of kyphosis recurrence; T12 fracture, AO classification of A3.1 and preoperative AVH $>60.5\%$ are the protective factors of kyphosis recurrence.

【Key words】 Thoracolumbar fracture; Burst fracture; Internal fixation; Kyphosis recurrence; Risk factor

【Author's address】 Department of Orthopedics, Xuanwu Hospital Capital Medical University, Beijing, 100053, China

胸腰椎处于活动度较小的胸椎与活动度较大的腰椎的过渡区,为生物力学结构最为薄弱的部位^[1]。因此,脊柱骨折中 50%~60%发生在胸腰椎(T10~L2)^[2]。胸腰椎爆裂骨折患者中大约 50%会出现神经功能损伤合并后凸畸形,合理治疗极为重要^[3]。后路经伤椎短节段内固定术(short-segment pedicle instrumentation with screw insertion in the fractured vertebra,SSPI-f)能够增加内固定系统的结构强度以及稳定性,降低内固定相关并发症的发生率,为最常用的手术治疗方法^[4]。SSPI-f 治疗后骨折节段再发后凸畸形(kyphosis recurrence, KR)为潜在的不良事件,可导致再发骨折、严重的矢状位失平衡、内固定失败,甚至需要行翻修手术^[5,6]。胸腰椎所受压缩载荷随着后凸畸形的增大而逐渐增大,在姿势调整无法代偿时,情况更加严重;胸腰椎后凸畸形严重者因为重心前移而出现行走不稳,并易于摔倒,从而进一步增加了椎体骨折的发生率^[7]。根据患者术前情况对患者行 SSPI-f 治疗后再发后凸畸形风险进行预测具有重要临床意义。本研究对多个中心的患者

进行回顾性总结。旨在分析 SSPI-f 治疗单节段胸腰椎爆裂骨折后内固定取出前及内固定取出后 KR 的危险因素,明确危险因素的准确阈值,为预测 KR 的可能性提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

病例纳入标准:(1)2014 年 1 月~2016 年 1 月于本研究合作单位行 SSPI-f 治疗的单节段胸腰椎爆裂骨折患者;(2)胸腰椎爆裂骨折后 3d 之内进行手术治疗;(3)术前年龄 ≥ 18 岁;(4)如下情况至少出现一项,骨折节段后凸 $>15^\circ$,椎体前缘高度比值(AVH) $<50\%$,胸腰椎损伤分型及严重程度评分(thoracolumbar injury classification and severity score, TLICS 评分) >4 分;(5)载荷评分(lord sharing classification score, LSC 评分) <7 分;(6)随访至少 2 年;(7)内固定系统已经取出;(8)椎弓根完整。排除标准:(1)多节段骨折;(2)病理性骨折,如强直性脊柱炎、脊柱肿瘤、类风湿性关节炎;(3)骨密度较正常健康成年人降低 2.5SD

以上;(4)术中采用椎板切除减压;(5)术中采用植骨融合术;(6)陈旧性骨折。

采用伤椎上位椎体上终板及伤椎下位椎体下终板之间 Cobb 角(Cobb angle, CA)对胸腰椎骨折后凸情况及矫正度进行评估。参照 PJK 定义,将术后矫正度丢失 $>10^{\circ}$ 定义为术后 KR[®]。按照有无术后 KR 将其分为 KR 组与无 KR 组(NKR 组),并将其按照取出内固定前以及取出内固定后分别进行分析。

1.2 影像学指标

通过站立位 X 线片对骨折节段整体情况进行评估,测量指标包括:(1)骨折节段后凸 Cobb 角,即 CA;(2)局部 Cobb 角(regional angle, RA),伤椎上位椎体下终板与下位椎体上终板之间的 Cobb 角;(3)椎体楔形角(vertebral wedge angle, VWA),伤椎上终板与下终板之间的 Cobb 角;(4)椎体前缘高度比值(anterior vertebra height ratio, AVH),伤椎前缘高度(anterior vertebra height, AVH0)与上位椎体及下位椎体高度平均值[average anterior height of upper and lower adjacent vertebra, (AVH1+AVH2)/2]的百分比;(5)椎体后缘高度比值(posterior vertebra height ratio, PVH),伤椎后缘高度(posterior vertebra height, PVH0)与伤椎上位椎体及下位椎体高度的平均值[average posterior height of upper and lower adjacent vertebra, (PVH1+PVH2)/2]的百分比;(6)椎体前后缘高度比值(anteroposterior ratio, A/P), AVH0 与 PVH0 的百分比;(7)上位椎间盘角(upper intervertebral angle, UIVA),即伤椎上终板与上位椎体下终板之间的 Cobb 角;(8)下位椎间盘角(lower intervertebral angle, LIVA),伤椎下终板与下位椎体上终板之间的 Cobb 角。根据仰卧位 CT 检查结果判断上终板骨折情况,记录骨折椎体 AO 分型。

1.3 临床指标

采用体重指数(body mass index, BMI)对患者体型进行评估;采用视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)对患者局部疼痛程度进行评估。采用 TLICS 对患者伤椎形态学、神经功能障碍程度、后方韧带完整性进行评估。通过 LSC 评估伤椎粉碎程度、伤椎后壁移位程度以及后凸畸形理论矫正程度。记录患者有无糖尿病史。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 17.0 软件对数据进行统计学分析。连续变量使用 $\bar{x}\pm s$ 表示,分类变量用比率表示。使用 Kolmogorov-Smirnov 检验连续变量是否符合正态分布,符合正态分布的变量使用 t 检验进行比较,偏态分布变量采用 Kruskal-Wallis 检验进行分析。分类变量使用 χ^2 检验进行比较。将有组间差异的变量进行 Logistic 回归分析(进入方法),筛选取出内固定前与取出内固定后发生 KR 的危险因素。将危险因素进行 ROC 曲线分析,通过 ROC 曲线分析曲线下面积(area under the curve, AUC)确定连续性变量的临界值。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 总体情况

本研究从 5 个合作单位共纳入 196 例患者。其中男 105 例(53.6%),女 91 例(46.4%);年龄 24~66 岁(48.4 ± 11.0 岁)。7 例(3.6%)患者有糖尿病,91 例(46.4%)患者出现伤椎上终板损伤。骨折节段:T11 7 例(3.6%);T12 77 例(39.3%),L1 84 例(42.8%),L2 28 例(14.3%)。AO 分型:A3.1 型 133 例(67.9%),A3.2 型 7 例(3.6%),A3.3 型 56 例(28.6%)。术前 BMI 为 $21.0\sim 30.4\text{kg/m}^2$ ($24.8\pm 2.9\text{kg/m}^2$),TLICS 评分为 4~10 分(6.5 ± 1.0 分),LSC 评分为 4~8 分(5.9 ± 1.1 分)。术后随访 25~30 个月(27.5 ± 1.7 个月),内固定取出时间为 11~16 个月(12.4 ± 2.0 个月)。所有患者均未行翻修手术治疗。

2.2 内固定取出前发生 KR 危险因素分析

取出内固定之前总体矫正度丢失为 $4.3^{\circ}\pm 3.0^{\circ}$,其中 14(7.1%)例患者出现 KR。将 KR 组与 NKR 组进行比较后发现,两组之间女性例数($P<0.001$)、年龄($P<0.001$)、BMI($P<0.001$)、上终板损伤($P<0.001$)、T11 骨折($P<0.001$)、T12 骨折($P=0.001$)、术前 VWA ($P<0.001$)、术前 UIVA ($P<0.001$)、术前 LIVA ($P<0.001$)、术前 TLICS ($P<0.001$)、术前 LSC($P<0.001$)有显著性差异(表 1)。

对有显著性差异的指标进行二元 Logistic 回归分析,结果表明年龄($P<0.001$)、BMI($P<0.001$)为内固定取出前发生 KR 的危险因素(表 2)。ROC 曲线分析结果显示,年龄临界值为 58.5 岁(AUC=0.885),BMI 临界值为 29.1kg/m^2 (AUC=0.962),为相对较好的预测指标(表 3)。

表 1 取出内固定前 KR 组与 NKR 组术前指标比较

Table 1 Comparison of preoperative parameters between KR Group and NKR Group before implant removal

	KR组 (n=14) KR Group	NKR组 (n=182) NKR Group	t/ χ^2 值 t/ χ^2 value
女性(例) Female (n)	14(7.1%)	77(39.3%)	17.396 ^①
年龄(岁) Age (year)	61.0±2.1	47.5±10.8	13.937 ^①
体重指数(kg/m ²) BMI	29.3±0.0	24.5±2.7	24.206 ^①
糖尿病(例) Diabetes (n)	0	7	0.558
上终板损伤(例) Upper endplate injury	0	14	13.067 ^①
骨折节段 Fracture level			
T11	7	0	94.370 ^①
T12	0	77	9.756 ^①
L1	7	77	0.314
L2	0	28	2.513
AO分型 AO classification			
A3.1	7	126	2.204
A3.2	0	7	0.558
A3.3	7	49	3.392
CA(°)	21.0±4.9	19.9±8.2	0.490
RA(°)	9.1±0.3	9.3±5.3	-0.699
VWA(°)	12.4±5.4	18.6±5.4	-4.139 ^①
UIVA(°)	-1.4±1.1	-3.9±3.0	6.643 ^①
LIVA(°)	-3.2±0.3	-5.4±2.5	11.414 ^①
AVH(%)	62.5±4.7	59.4±12.3	2.029
PVH(%)	85.0±5.2	85.2±4.6	-0.108
A/P(%)	56.0±3.1	56.0±10.9	0.000
VAS	6.5±0.5	6.3±0.8	1.137
TLICS	7.0±0.0	6.4±1.0	7.434 ^①
LSC	5.5±0.5	6.0±1.2	-2.827 ^①

注:CA,术前骨折节段 Cobb 角;RA,术前局部 Cobb 角;VWA,术前椎体楔形角;UIVA,术上位椎间盘角;LIVA,术下位椎间盘角;AVH,术前椎体前缘高度比值;PVH,术前椎体后缘高度比值;A/P,术前椎体前后缘高度比值;VAS,术前视觉模拟评分;TLICS,术前胸腰椎损伤分类及损伤程度评分系统;LSC,术前载荷评分;① $P<0.05$

Note: BMI, body mass index; CA, Cobb angle; RA, regional angle; VWA, vertebral wedge angle; UIVA, upper intervertebral angle; LIVA, lower intervertebral angle; AVH, anterior vertebra height ratio; PVH, posterior vertebra height ratio; A/P, antero-posterior ratio; VAS, visual analogue scale; TLICS, thoracolumbar injury classification and severity score; LSC, load-sharing classification; ① $P<0.05$

2.3 内固定取出后发生 KR 的危险因素分析

内固定取出后总体矫正度丢失为 $7.5^\circ \pm 4.4^\circ$, 其中 65 例(33.2%)患者出现 KR(图 1)。将 KR 组与 NKR 组进行比较, 两组之间女性例数 ($P<0.001$)、年龄($P<0.001$)、BMI($P<0.001$)、糖尿病例数 ($P<0.001$)、T11 骨折 ($P<0.001$)、T12 骨折 ($P<0.001$)、L1 骨折 ($P<0.001$)、A3.1 型骨折 ($P<0.001$)、A3.2 型骨折 ($P<0.001$)、A3.3 型骨折 ($P=0.001$)、术前 CA ($P=0.003$)、术前 RA ($P=0.002$)、术前 UIVA ($P=0.002$)、术前 AVH ($P<0.001$)、术前 A/P ($P<0.001$)、术前 VAS ($P<0.001$)、术前 TLICS 评分 ($P=0.015$) 有显著性差异(表 4)。

二元 Logistic 回归分析结果表明, 女性 ($P<0.001$)、年龄 ($P<0.001$)、BMI ($P<0.001$)、L1 骨折 ($P<0.001$)、A3.3 型骨折 ($P=0.001$)、术前 UIVA 大 ($P=0.014$) 为内固定取出后发生 KR 的危险因素; T12 骨折 ($P<0.001$)、A3.1 型骨折 ($P<0.001$)、术前 AVH ($P<0.001$) 为保护因素(表 5)。ROC 曲线分析结果显示, 年龄临界值为 50.5 岁 ($AUC=0.789$), BMI 临界值为 26.6 ($AUC=0.740$), 术前 UIVA 临界值为 -4.2° ($AUC=0.650$) 为相对较好的预测指标; 而术前 AVH 临界值为 60.5% ($AUC=0.254$) 并非理想的预测指标(表 6)。

3 讨论

既往研究发现, 术前伤椎 A/P 以及 AVH $< 50\%$ 与内固定取出后发生 KR 有相关性^[9]。然而, 该研究中未对内固定取出前发生 KR 的影响因素进行讨论, 并且没有给出危险因素的准确阈值, 因此参考价值有限。本研究重点对 KR 发生的危险因素进行了分析, 并发现年龄 > 58.5 岁、BMI $> 29.1 \text{ kg/m}^2$ 为内固定取出前发生 KR 的危险因素; 女性、年龄 > 50.5 岁、BMI $> 26.6 \text{ kg/m}^2$ 、L1 骨折、A3.3 型骨折、术前 UIVA $> -4.2^\circ$ 为取出内固定后发生 KR 的危险因素, T12 骨折、A3.1 型骨折、术前 AVH $> 60.5\%$ 为保护因素。

Alanay 等^[10]指出年龄 > 40 岁的患者会出现年龄相关的骨质流失, 能够达到总骨质的 1/4。随着年龄的增加, 骨质代谢方式由骨质合成代谢为主向骨质溶解代谢为主转变^[11]。本研究发现年龄 > 58.5 岁为内固定取出前发生 KR 的危险因素, 可能与年龄较大者骨质合成代谢能力下降有关。针对 BMI 与 KR 相关性的研究较少, 本研究中

表 2 取出内固定前再发后凸畸形危险因素 Logistic 回归分析结果

	B 值 B value	Wals 值 Wals value	P 值 P value	Exp(B) 值 Exp (B) value	Nagelkerke R ² 值 Nagelkerke R ² value	总计百分比 Total percent
年龄 Age	0.193	15.141	<0.001	1.213	0.316	92.9
体重指数 Body mass index	1.233	16.434	<0.001	3.432	0.542	89.3

表 3 取出内固定前再发后凸畸形危险因素 ROC 曲线分析结果

	曲线下面积 Area under the curve	临界值 Cut-off value	敏感度 Sensitivity	1-特异度 1-specificity	约登指数 Youden index
年龄 Age	0.885	58.5	1.000	0.154	0.846
体重指数 Body mass index	0.962	29.1	1.000	0.038	0.962

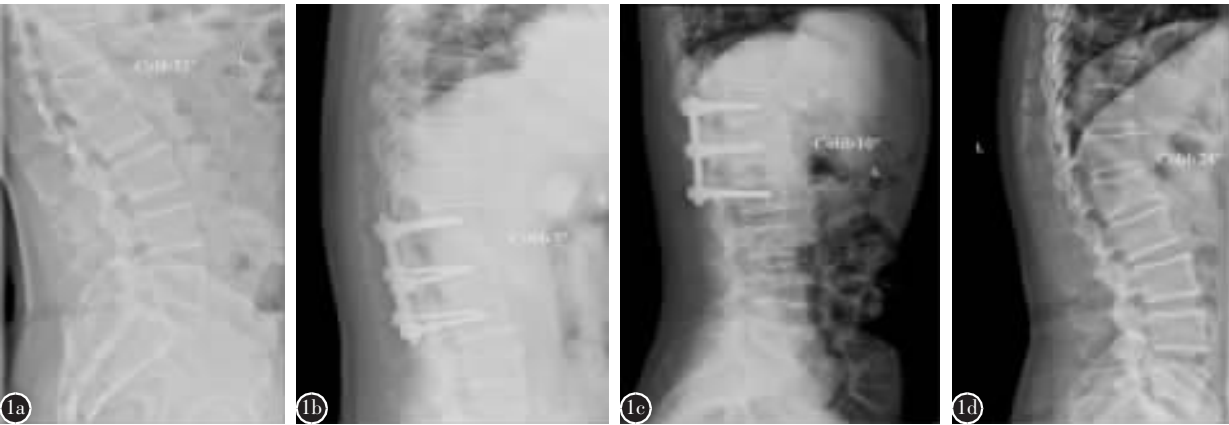


图 1 患者男,39 岁 a 术前 X 线片示骨折节段局部后凸 Cobb 角(Cobb angle,CA)为 32° b 术后 1 周 CA 为 7° c 内固定取出前 CA 为 10° d 内固定取出后 CA 为 24°(1d)

Figure 1 39 years old male patient a The preoperative Cobb angle (CA) of fractured segments was 32° b One week after operation, CA was 7° c CA was 10° before the operation d CA was 24° after implant removal

BMI>29.1kg/m²为内固定取出前 KR 的危险因素, BMI>26.6kg/m²为内固定取出后 KR 的危险因素, 表明 BMI 在术后不同阶段作用原理不同。内固定取出之前,伤椎尚未完全达到骨性愈合,因此 BMI 过高会使内固定负担增加,甚至发生变形,进而使伤椎矫正度丢失;而内固定取出后伤椎已经骨性愈合,矫正度丢失主要是上位椎间盘角度变化引起,需要更大的 BMI 长期作用下才会引起伤椎上位椎间盘的高度下降,缓冲能力降低,进而出现退变、塌陷^[12,13]。Chung 等^[14]指出糖尿病患者发生脆性骨折的风险增加,并且往往出现骨质疏松。本研究中糖尿病并非 KR 的危险因素,其原因为糖尿病患者胸腰椎骨折通常累及多个椎体,并且往往伴有骨质疏松,大多被本研究排除,因此本研究中纳入糖尿病患者数量较少,会对结果产生影响。

在 SSPI-f 复位的过程中,塌陷椎间盘的纤维环受到牵拉,随后通过纤维环与终板连接部分的牵拉作用实现对骨折椎体的复位;但由于椎体上部碎裂,椎间盘与终板中部无法紧密贴合,因此会出现伤椎复位不良;且矫正度丢失与复位程度呈正相关,术后椎体塌陷与矫正程度呈负相关^[15]。与之相似,本研究中术前 AVH>60.5%为内固定取出后 KR 的保护因素,这是因为 AVH 较小通常表示椎体压缩较为严重,在复位后容易出现椎体骨质缺损,前柱压缩情况对骨折治疗的效果有长期影响,据报道此为内固定失败、KR 的重要原因^[4,16]。本研究中术前 CA、术前 RA、术前 VWA 并非 KR 的危险因素,其原因为胸腰椎爆裂骨折往往同时累及前柱和后柱结构,椎体前壁及后壁均会受压碎裂,角度等衡量椎体楔形变化程度的指标与高

表 4 取出内固定后 KR 组与 NKR 组术前指标比较

Table 4 Comparison of preoperative parameters between KR Group and NKR Group after internal fixation removal

	KR组 (n=14) KR Group	NKR组 (n=182) NKR Group	t/ χ^2 值 t/ χ^2 value
女性(例) Female (n)	58	33	71.633 ^①
年龄(岁) Age (year)	55.5±8.2	44.9±10.5	7.107 ^①
体重指数(kg/m ²) BMI	26.4±2.6	24.1±2.7	5.662 ^①
糖尿病(例) Diabetes (n)	7	0	14.630 ^①
上终板损伤(例) Upper endplate injury(n)	29	62	0.129
骨折节段 Fracture level			
T11	7	0	14.630 ^①
T12	7	70	33.156 ^①
L1	43	41	21.553 ^①
L2	8	20	0.311
AO分型 AO classification			
A3.1	29	104	24.086 ^①
A3.2	7	0	14.630 ^①
A3.3	29	27	12.266 ^①
CA(°)	22.4±6.0	18.8±8.6	2.989 ^①
RA(°)	10.7±3.4	8.6±5.7	3.075 ^①
VWA(°)	17.5±5.7	18.5±5.6	-1.084
UIVA(°)	-3.0±1.5	-4.1±3.5	3.163 ^①
LIVA(°)	-4.9±2.9	-5.4±2.2	1.244
AVH(%)	52.8±10.4	63.0±11.1	-6.184 ^①
PVH(%)	84.1±6.4	85.7±3.3	-1.898
A/P(%)	50.4±7.5	58.8±10.7	-5.644 ^①
VAS	6.8±0.6	6.0±0.7	7.223 ^①
TLICS	6.7±0.5	6.4±1.2	2.466 ^①
LSC	6.0±1.0	5.9±1.2	0.809

注:CA,术前骨折节段 Cobb 角;RA,术前局部 Cobb 角;VWA,术前椎体楔形角;UIVA,术上位椎间盘角;LIVA,术下位椎间盘角;AVH,术前椎体前缘高度比值;PVH,术前椎体后缘高度比值;A/P,术前椎体前后缘高度比值;VAS,术前视觉模拟评分;TLICS,术前胸腰椎损伤分类及损伤程度评分系统;LSC,术前载荷评分;①P<0.05

Note: BMI, body mass index; CA, Cobb angle; RA, regional angle; VWA, vertebral wedge angle; UIVA, upper intervertebral angle; LIVA, lower intervertebral angle; AVH, anterior vertebra height ratio; PVH, posterior vertebra height ratio; A/P, anteroposterior ratio; VAS, visual analogue scale; TLICS, thoracolumbar injury classification and severity score; LSC, load-sharing classification; ①P<0.05

度指标相比,无法准确反应爆裂骨折的严重程度^[2,17]。

在爆裂骨折中,髓核以及骨折的终板会被挤压入骨折的椎体,引起椎体骨松质结构的塌陷^[18]。Muller 等^[19]认为矫正度丢失 KR 主要是因为上位椎间盘塌陷而引起;即使伤椎上终板骨折,大部分患者上位椎间盘仍然完好。本研究发现术前 LIVA 前凸减小为内固定取出后 KR 的危险因素,表明上位椎间盘塌陷引起的矫正度丢失是一个缓慢退变的过程,并非直接暴力损伤椎间盘所致。A3.3 型骨折椎体破坏程度较重,损伤暴力较大,因此三柱可能均有不同程度损伤,与 A3.1 型骨折相比有更大的不稳定性;内固定的置入对维持骨折节段的稳定至关重要,本研究中内固定取出后 A3.3 型骨折为 KR 的危险因素,表明不同类型骨折对骨折治疗的预后有长期的影响^[20]。本研究中发现 T12 与 L1 骨折较为多发,而在内固定取出后 T12 骨折为 KR 的保护因素,L1 骨折为 KR 的危险因素,其原因可能为与 L1 相比 T12 椎体相连的肋骨以及周围肌群对维持骨折节段的长期稳定有重要作用^[21]。

本研究发现术前 VAS 评分不能预测 KR 的风险,与既往研究结果一致,其原因为 VAS 评分主观性较强,并且影响因素较多,准确性有限^[19]。Pellise 等^[22]指出 LSC 评分与矫正度丢失呈正相关,而本研究发现 LSC 评分增高并非 KR 的危险因素。Parker 等^[9]指出 LSC 评分为 6 分以下的患者采用跨伤椎内固定术疗效较好,而大于 7 分者跨伤椎内固定术疗效较差。既往研究均评估跨伤椎内固定术的疗效,但疗效受椎体粉碎程度的影响,而本研究采用经伤椎内固定术,整体结构的稳定性较强,从而使疗效受 LSC 评分的影响较小。TLICS 评分在评估骨折整体稳定性、指导治疗方式的选择方面有重要意义;但是,本研究发现 TLICS 评分并非 KR 的危险因素,可能与本研究纳入患者 TLICS 评分均>4 分,而 TLICS 评分较高的患者骨折高度不稳定,因采用长节段固定而被本研究排除所致^[23]。

综上所述,单节段胸腰椎爆裂骨折后路经伤椎短节段内固定术后不同阶段出现 KR 的危险因素不同,年龄>58.5 岁、BMI>29.1kg/m² 为内固定取出前 KR 的危险因素;女性、年龄>50.5 岁、BMI>26.6kg/m²、L1 骨折、A3.3 型骨折、术前

表 5 取出内固定后再发后凸畸形危险因素 Logistic 回归分析结果

Table 5 Results of Logistic regression analyzing risk factors of kyphosis recurrence after internal fixation removal

	B 值 B value	Wals 值 Wals value	P 值 P value	Exp(B) 值 Exp (B) value	Nagelkerke R ² 值 Nagelkerke R ² value	总计百分比 Total percent
女性 Female	3.203	51.141	<0.001	24.606	0.458	79.6
年龄 Age	0.121	33.630	<0.001	1.128	0.300	75.0
体重指数 Body mass index	0.299	24.869	<0.001	1.348	0.189	70.4
T12 骨折 Thoracic vertebra 12	-2.252	26.587	<0.001	0.105	0.241	0.105
L1 骨折 Lumbar vertebra 1	1.456	20.354	<0.001	4.290	0.146	67.9
AO 分型 A3.1 AO classification A3.1	-1.565	22.482	<0.001	0.209	0.157	71.4
AO 分型 A3.3 AO classification A3.3	1.132	11.772	0.001	3.103	0.082	67.9
术前上位椎间盘角 Preoperative UIVA	0.126	5.977	0.014	1.135	0.043	59.7
术前椎体前缘高度比值 Preoperative AVH	-0.083	27.495	<0.001	0.921	0.222	74.0

表 6 取出内固定后再发后凸畸形危险因素 ROC 曲线分析结果

Table 6 Results of ROC curve analyzing risk factors of kyphosis recurrence after implant removal

	曲线下面积 Area under the curve	临界值 Cut-off value	敏感度 Sensitivity	1-特异度 1-specificity	约登指数 Youden index
年龄 Age	0.789	50.5	0.769	0.260	0.510
体重指数 Body mass index	0.740	26.6	0.646	0.160	0.486
术前上位椎间盘角 Preoperative UIVA	0.650	-4.2	0.877	0.420	0.457
术前椎体前缘高度比值 Preoperative AVH	0.254	60.5	0.246	0.679	-0.433

UIVA>-4.2°为取出内固定后 KR 的危险因素,T12 骨折、A3.1 型骨折、术前 AVH>60.5%为保护因素。其中,年龄与 BMI 为最为准确的预测指标。但本研究尚存在以下不足:(1)虽然本研究为多中心回顾性研究,为保证纳入患者基本情况的一致性,排除了大量患者,会造成选择偏倚。但因本研究采用了严格的统计学分析,其结果仍有较大的参考价值。(2)本研究对患者进行随访时没有进行 MRI 检查,因此无法评估骨折节段周围软组织的变化情况,可能遗漏有重要意义的危险因素。研究结果仍需要多中心前瞻性队列研究进一步证实。

4 参考文献

1. Wood KB, Li W, Lebl DR, et al. Management of thoracolumbar spine fractures[J]. Spine J, 2014, 14(1): 145-164.
2. Rajasekaran S, Kanna RM, Shetty AP. Management of thoracolumbar spine trauma: an overview[J]. Indian J Orthop, 2015, 49(1): 72-82.
3. Wilcox RK, Boerger TO, Allen DJ, et al. A dynamic study of

thoracolumbar burst fractures[J]. J Bone Joint Surg Am, 2003, 85(11): 2184-2189.
4. Mahar A, Kim C, Wedemeyer M, et al. Short-segment fixation of lumbar burst fractures using pedicle fixation at the level of the fracture [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2007, 32 (14): 1503-1507.
5. Parker JW, Lane JR, Karaikovic EE, et al. Successful short-segment instrumentation and fusion for thoracolumbar spine fractures: a consecutive 41/2-year series[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2000, 25(9): 1157-1170.
6. 黄国忠, 黄爱珍, 陈满华, 等. 胸腰段骨折术后后凸畸形再手术治疗[J]. 现代诊断与治疗, 2015, 20(1): 13-15.
7. Bruno AG, Anderson DE, D'Agostino J, et al. The effect of thoracic kyphosis and sagittal plane alignment on vertebral compressive loading [J]. J Bone Miner Res, 2012, 27 (10): 2144-2151.
8. Fu X, Sun XL, Harris JA, et al. Long fusion correction of degenerative adult spinal deformity and the selection of the upper or lower thoracic region as the site of proximal instrumentation: a systematic review and meta-analysis [J]. BMJ Open, 2016, 6(11): e12103.

9. Chen JX, Xu DL, Sheng SR, et al. Risk factors of kyphosis recurrence after implant removal in thoracolumbar burst fractures following posterior short-segment fixation[J]. *Int Orthop*, 2016, 40(6): 1253-1260.
10. Alanay A, Acaroglu E, Yazici M, et al. Short-segment pedicle instrumentation of thoracolumbar burst fractures: does transpedicular intracorporeal grafting prevent early failure [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2001, 26(2): 213-217.
11. Cummings SR, Melton LJ. Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures[J]. *Lancet*, 2002, 359(9319): 1761-1767.
12. Kim JY, Ryu DS, Paik HK, et al. Paraspinal muscle, facet joint, and disc problems: risk factors for adjacent segment degeneration after lumbar fusion[J]. *Spine J*, 2016, 16(7): 867-875.
13. Ong T, Sahota O, Tan W, et al. A United Kingdom perspective on the relationship between body mass index (BMI) and bone health: a cross sectional analysis of data from the Nottingham Fracture Liaison Service [J]. *Bone*, 2014, 59: 207-210.
14. Chung DJ, Choi HJ, Chung YS, et al. The prevalence and risk factors of vertebral fractures in Korean patients with type 2 diabetes [J]. *J Bone Miner Metab*, 2013, 31 (2): 161-168.
15. Xu BS, Tang TS, Yang HL. Long-term results of thoracolumbar and lumbar burst fractures after short-segment pedicle instrumentation, with special reference to implant failure and correction loss [J]. *Orthop Surg*, 2009, 1 (2): 85-93.
16. 孙祥耀, 张希诺, 海涌. 后路短节段内固定治疗胸腰段骨折取出内固定后再发后凸的危险因素分析[J]. *中国骨与关节杂志*, 2017, 6(9): 702-708.
17. 张志成, 任大江, 李放, 等. MRI 在胸腰段损伤 AO 分类评估中的价值[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2016, 26(3): 249-253.
18. Reinhold M, Knop C, Beisse R, et al. Operative treatment of 733 patients with acute thoracolumbar spinal injuries: comprehensive results from the second, prospective, internet-based multicenter study of the Spine Study Group of the German Association of Trauma Surgery [J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(10): 1657-1676.
19. Muller U, Berlemann U, Sledge J, et al. Treatment of thoracolumbar burst fractures without neurologic deficit by indirect reduction and posterior instrumentation: bisegmental stabilization with monosegmental fusion[J]. *Eur Spine J*, 1999, 8(4): 284-289.
20. Vanek P, Bradac O, Konopkova R, et al. Treatment of thoracolumbar trauma by short-segment percutaneous transpedicular screw instrumentation: prospective comparative study with a minimum 2-year follow-up[J]. *J Neurosurg Spine*, 2014, 20(2): 150-156.
21. Wang H, Zhou Y, Li C, et al. Comparison of open versus percutaneous pedicle screw fixation using the sextant system in the treatment of traumatic thoracolumbar fractures[J]. *Clin Spine Surg*, 2017, 30(3): E239-E246.
22. Pellise F, Barastegui D, Hernandez-Fernandez A, et al. Viability and long-term survival of short-segment posterior fixation in thoracolumbar burst fractures[J]. *Spine J*, 2015, 15(8): 1796-1803.
23. Whang PG, Vaccaro AR, Poelstra KA, et al. The influence of fracture mechanism and morphology on the reliability and validity of two novel thoracolumbar injury classification systems[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2007, 32(7): 791-795.

(收稿日期:2018-03-29 末次修回日期:2018-06-24)

(英文编审 唐翔宇/贾丹彤)

(本文编辑 卢庆霞)