

X线片和 CT 影像对胸腰椎后方韧带复合体损伤的诊断意义

唐一村, 林本丹, 林慰光, 胡奕山, 郑干轩, 罗勤瑜, 洪笃开

(广东省汕头市中心医院骨外一科 515000)

【摘要】目的:评价 X 线片和 CT 影像在评估胸腰椎骨折中后方韧带复合体(PLC)损伤的应用价值。**方法:**回顾性分析 2012 年 1 月~2016 年 7 月期间我院脊柱外科诊治的胸腰椎骨折患者。纳入标准:(1)胸椎或腰椎骨折病例;(2)有明确外伤史;(3)5d 内完成 X 线片、CT 和 MRI 检查。排除标准:(1)病理性骨折;(2)陈旧性椎体骨折;(3)伤椎或其邻近椎体合并有棘突骨折;(4)典型或非典型 Chance 骨折;(5)骨折合并椎体明显脱位或旋转;(6)2 个及以上椎体骨折;(7)先天性或退变性脊柱侧凸。以 MRI 诊断作为参考标准,将 PLC 完整或部分损伤患者与 PLC 完全断裂患者的 X 线片或 CT 影像学征象进行比较,对有统计学显著性差异的参数进行组合,建立 Logistic 回归模型,以预测概率为分析指标,应用 ROC 曲线分析,评价不同组合对 PLC 损伤的诊断价值,找出诊断价值最高组合,在不同截止点上行平行、系列诊断试验。**结果:**共纳入符合标准的胸腰椎骨折患者 120 例,其中男 78 例,女 42 例;年龄 16~67 岁(43.4 ± 16.2 岁)。交通伤 62 例,高处坠落伤 40 例,压砸伤 18 例。骨折部位:胸椎 30 例,胸腰段 64 例,腰椎 26 例。X 线片上测量的上下终板角($SIEA_x$)、椎体高度下降百分比($LOVBH_x$)和 CT 影像上测量的棘突间距差值($ISDF_{CT}$)有统计学意义($P<0.01$)。两参数组合中, $SIEA_x+ISDF_{CT}$ 的组合诊断效能最好,ROC 曲线面积为 0.844(0.746~0.942),与三参数组合无显著性差异,其截止点处 Youden 指数为 0.675。选取该组合行平行诊断试验,在 X 线片上 $SIEA>20^\circ$ 或 CT 影像上 $ISDF$ 大于 2mm 时,其灵敏度为 95.3%,特异度为 62.8%,Youden 指数为 0.581。**结论:**X 线片上测量 $SIEA>20^\circ$ 或 CT 影像上测量 $ISDF>2mm$ 可作为 PLC 完全断裂的初筛标准。

【关键词】 后方韧带复合体;脊柱骨折;上下终板角;棘突间距;Logistic 模型;X 线

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2016.09.05

中图分类号:R814.4,R686.1 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2016)-09-0801-06

To evaluate the efficacy of X-ray plain film and computed tomography in detecting posterior ligamentous complex injury/TANG Yicun, LIN Bendan, LIN Weiguang, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2016, 26(9): 801-806

【Abstract】 Objectives: To evaluate the efficacy of X-ray plain film and computed tomography in detecting posterior ligamentous complex(PLC) complete rupture through the combination of different parameters by using magnetic resonance imaging(MRI) as a reference. **Methods:** This was a retrospective review of patients with thoracic or lumbar vertebral fracture treated in the spine surgery department during January 2012 to July 2016. The inclusion criteria included: (1)thoracic or lumbar vertebral fracture; (2)definite history of trauma; (3)performed X-ray plain film, computed tomography and magnetic resonance examination in 5 days after injury. The exclusion criteria included: (1)pathological fracture; (2)old vertebral fracture; (3)combined with spinous process fracture; (4)chance fracture; (5)combined with vertebra dislocation or rotation distinctly; (6)two or more vertebral fractures; (7)congenital or degenerative scoliosis. These patients were divided into two groups according to the appearance of PLC in MRI. Then, parameters with significant difference in two groups were found out and ROC curve was applied to evaluate the diagnostic capacity of different combined parameters. Parallel test and serial test were performed on the combined parameters with supreme diagnostic capacity. **Results:** 120 out of 600 patients with thoracic or lumbar vertebral fractures were included in this study. There were

第一作者简介:男(1991-),在读硕士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(0754)88903109 E-mail:tyc561@126.com

通讯作者:林本丹 E-mail:yyililin@126.com

78 males and 42 females with an average age of 43.4 ± 16.2 years (range 16–67 years). The cause of injury included traffic accident injury in 62 cases, falling injury in 40 cases and crush injury in 18 cases. The lesion site included thoracic vertebral fracture in 30 cases, lumbar vertebral fracture in 26 cases and thoracolumbar vertebral fracture in 64 cases, among whom 29 cases were with L1 injury as the most frequent segments. There was significant difference in the superior and inferior endplate angle (SIEA) and loss of vertebral body height (LOVBH) on plain and inter-spinous distance difference (ISDF) on CT. The area under ROC curve of SIEA+ISDF was 0.844 and Youden index was 0.675, which showed the highest diagnostic capacity of two-parameter combinations. No significant difference of AUC was found between two-parameter combinations and three-parameter combinations. The sensitivity, specificity, Youden index of the combination of $SIEA > 20^\circ$ or $ISDF > 2\text{mm}$ were 95.3%, 62.8%, 0.581, respectively. **Conclusions:** The combination of $SIEA > 20^\circ$ on plain or $ISDF > 2\text{mm}$ on CT might be acted as a screening measure in detecting posterior ligamentous complex complete rupture.

[Key words] Posterior ligamentous complex; Vertebral fracture; Superior and inferior endplate angle; Inter-spinous distance; Logistic models; X-ray

[Author's address] Department of Orthopedics, Shantou Central Hospital, Guangdong, 515000, China

生物力学研究表明,后方韧带复合体 (posterior ligamentous complex, PLC) 在维持脊柱后柱的稳定性中起着至关重要的作用^[1,2]。随着对这一结构作用认识的逐步深入,在胸腰椎骨折中 PLC 的完整性已成为决定是否手术的重要因素^[3]。目前较理想的指导胸腰椎骨折治疗方案的胸腰椎损伤分类及损伤程度评分系统 (TLICS) 将 PLC 损伤与否作为是否需要手术干预的重要因素,得到了广泛的应用。对 PLC 损伤目前最主要的检查手段是 MRI^[4]。但在我国 MRI 普及率仍不足,基层医院对 PLC 损伤的漏诊和误诊严重影响胸腰椎骨折患者的预后;有些患者存在 MRI 检查禁忌证,无法进行 MRI 检查。本研究旨在探讨 X 线片和 CT 影像的结合能否作为 MRI 检查的替代手段或检查前的初筛方法,从而提高对胸腰椎骨折患者 PLC 损伤程度判断的准确率。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集 2012 年 1 月~2016 年 7 月在我院脊柱外科诊治的胸腰椎骨折患者,纳入标准:(1)胸椎或腰椎骨折病例;(2)有明确外伤史;(3)5d 内完成 X 线片、CT 和 MRI 检查。排除标准:(1)病理性骨折;(2)陈旧性椎体骨折;(3)伤椎或其邻近椎体合并有棘突骨折;(4)典型或非典型 Chance 骨折;(5)骨折合并椎体明显脱位或旋转;(6)2 个及以上椎体骨折;(7)先天性或退变性脊柱侧凸。经筛选后共有 120 例患者纳入研究。其中男 78 例,女 42 例;年龄 16~67 岁 (43.4 ± 16.2 岁)。交通伤 62

例,高处坠落伤 40 例,压砸伤 18 例。骨折部位:胸椎 30 例,胸腰段 64 例,腰椎 26 例。

1.2 PLC 判断标准

根据 Pizones 等^[5]的研究结果,参考标准为 1.5T MRI 检查并应用抑脂序列,抑脂像中 PLC 有高信号及黑色条带中断并且累及棘上韧带认为 PLC 完全断裂或几乎完全断裂,并将其定义为 PLC 完整性破坏。根据该标准将患者分为两组,一组 PLC 完整或部分损伤 (A 组),另一组 PLC 完全断裂 (B 组)。由一位影像科医师和一位骨科医师共同确定,一致性良好。

1.3 影像学参数测量方法

所有 X 线片、CT 的影像学结果在图像归档和通讯系统 (PACS) 工作站中测量,由 2 位骨科医师进行测量,取平均值。(1)在 X 线片和 CT 矢状位图像上对以下参数进行测量 (图 1):①上下终板角 (superior and inferior endplate angle, SIEA): 伤椎上终板延长线及下终板延长线的夹角;②局部后凸角 (local kyphosis, LK): 伤椎上一椎体上终板延长线与下一椎体下终板延长线的夹角;③椎体高度下降百分比 (loss of vertebral body height, LOVBH): 伤椎椎体前缘下降高度占椎体后缘高度百分比;④椎体平移距离: 伤椎后上角顶点到上一椎体后下缘切线的垂直距离。(2)在 CT 矢状位图像上测量:①椎板距离 (laminar distance, LD): 伤椎椎板上缘至上一椎体椎板上缘的距离;②椎板间距离 (inter-laminar distance, ILD): 伤椎椎板上缘至上一椎体椎板下缘之间的距离;③棘突间距 (inter-spinous distance, ISD):

伤椎棘突至上一椎体棘突间的距离;④棘突间距差值(inter-spinous distance difference, ISDF):伤椎棘突间距与正常椎体棘突间距之差。

1.3 统计学方法

对测量参数进行统计分析,以 MRI 诊断作为参考标准,判断 PLC 完全断裂与完整或部分损伤状态下各参数是否存在显著性差异。应用 SPSS 20.0 软件,对各测量参数进行正态性检验,对满足正态性的数据进行 t 检验,不满足正态性数据采用秩和检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。对有意义参数绘制 ROC 曲线,确定最佳临界值。对有意义参数的组合建立多因素非条件 Logistic 回归

模型(采用基于偏最大似然估计的前进法)。将形成的预测概率作为分析指标,应用 SPSS 20.0 软件构造受试者工作特征(ROC)曲线,确定最佳临界值,计算各组合相应的敏感度、特异度及 Youden 指数,并进行曲线下面积(AUC)比较。对有意义参数行平行或系列诊断试验。计算各组合相应的敏感度、特异度、Youden 指数,进行进一步比较。

2 结果

两组患者 X 线片和 CT 影像学参数测量结果见表 1、2。X 线片上测量椎体高度下降百分比、CT

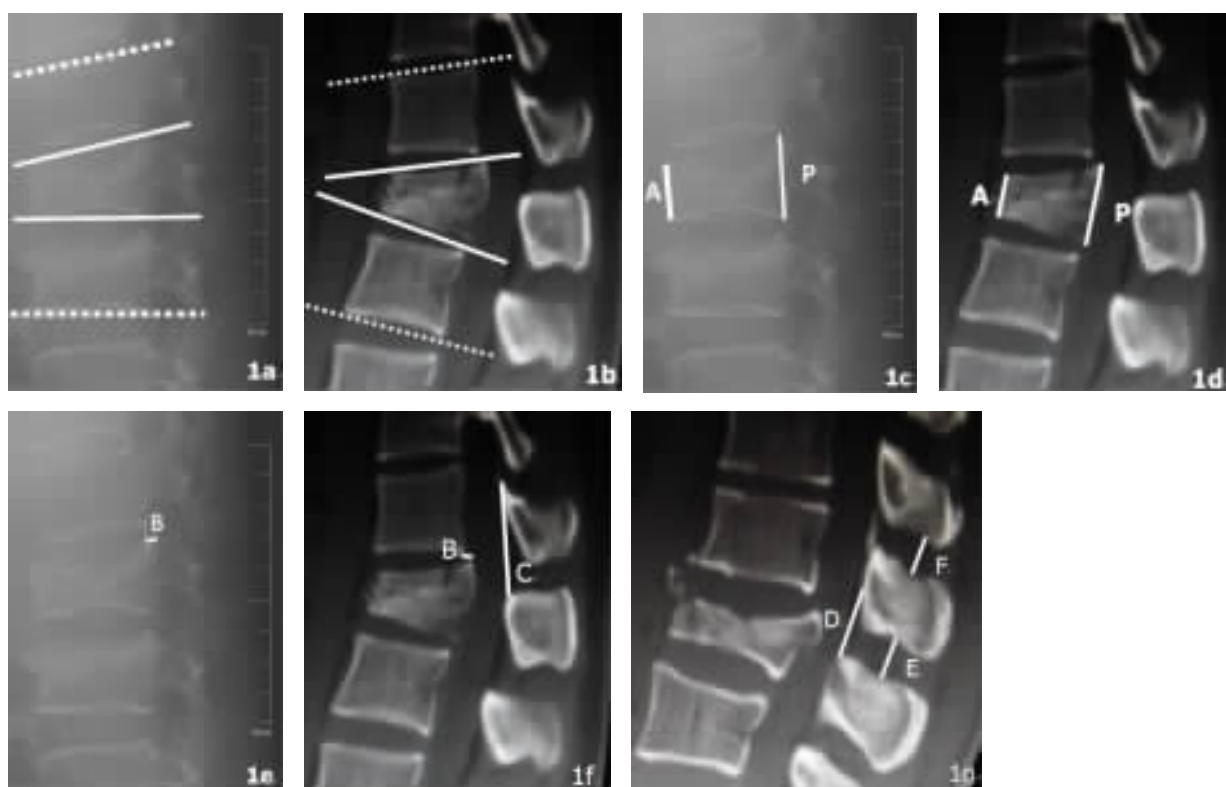


图 1 a、b 在 X 线片和 CT 片上测量上下终板角(SIEA)和局部后凸角(LK)(实线延长线形成的夹角为 SIEA,虚线延长线形成的夹角为 LK) c、d 在 X 线片和 CT 片上测量椎体前缘高度(线段 A 为椎体前缘高度,线段 P 为椎体后缘高度),椎体高度下降百分比(LOVBH)=(P-A)/P×100% e、f 在 X 线片和 CT 片上测量椎体平移距离和椎板距离(线段 B 为椎体平移距离,线段 C 为椎板距离) g 在 CT 片上测量椎板间距离、棘突间距(ILD)[线段 D 为椎板间距离,线段 E 为棘突间距(ILD)],线段 E 与线段 F 的差值为棘突间距差值(ISDF)

Figure 1 a, b X-ray and computed tomography images show the superior and inferior angle(SIEA) subtended between solid lines and local kyphosis (LK) angle subtended between dotted lines c, d X-ray and computed tomography images show anterior body height measured by segment A and posterior body height measured by segment P. Loss of vertebral body height (LOVBH)=(P-A)/P×100% e, f The translation distance of vertebral body was measured by segment B; The distance from superior border of cephalic normal vertebra laminar and superior border of the fractured vertebra was measured by segment C g Computed tomography images, inter-laminar distance(ILD) was measured by segment D; inter-spinous distance (ISD) was measured by segment E; inter-laminar distance difference (ISDF) was measured by the difference between segment E and segment F

影像上测量局部后凸角、椎体高度下降百分比、棘突间距满足正态性,行 t 检验,其余指标进行秩和检验。两组 X 线片上测量上下终板角($SIEA_X$)、椎体高度下降百分比($LOVBH_X$)及 CT 影像上棘突间距差值($ISDF_{CT}$)有统计学意义($P<0.05$)。对有意义参数绘制 ROC 曲线,确定最佳临界值。各个参数所作诊断价值见表 3。对有统计学意义的三个变量所作的 Logistic 回归分析自变量均有统计学意义($P<0.05$),且三个参数不同组合形成的预测概率具有统计学意义($P<0.05$)。不同组合方案诊断价值见表 4。利用 Medcalc 15.10 软件对 AUC 互相比,经 z 检验, $SIEA_X+ISDF_{CT}$ 与 $LOVBH_X+ISDF_{CT}$ 、 $LOVBH_X+SIEA_X$ 组合比较,差异有统计学意义($z=1.966, z=2.051$);而 $SIEA_X+ISDF_{CT}$ 与 $LOVBH_X+SIEA_X+ISDF_{CT}$ 组合比较($z=0.518$),无统计学差异。将 $SIEA_X+ISDF_{CT}$ 组合及 $SIEA_X$ 、 $LOVBH_X$ 、 $ISDF_{CT}$ 作 ROC 曲线,结果见图 2。选取 $SIEA_X+ISDF_{CT}$ 组合进行平行、系列诊断,结果见表 5。

3 讨论

关于 PLC 的生物力学研究表明,完整的 PLC 能一定程度保护脊柱和脊髓。目前较广泛用于指导胸腰椎骨折治疗的 TLICS 评分将 PLC 完整性纳入评分项目,PLC 完整时为 0 分,可疑损伤为 2 分,断裂为 3 分,当总分达到 4 分时就应该考虑手术治疗。因此在决定胸腰椎骨折患者治疗方案中,PLC 的完整性扮演了重要角色。

目前,PLC 损伤的诊断主要依靠 MRI,因为其对于软组织损伤分辨力最好。Rihn 等^[6]的研究中,MRI 的灵敏度最高,为 98.5%,其他研究中,MRI 的灵敏度为 80.8%~91%^[7,8]。Rihn 等^[6]认为 PLC 在抑脂像中存在高信号即为损伤,尽管灵敏度高,但特异度只有 68.4%。Pizones 等^[9]应用了新的标准,他们认为 MRI 抑脂像中 PLC 有高信号及黑色条带中断累及棘上韧带时才考虑存在不稳,并将其定义为 PLC 完整性破坏,其前瞻性研究表明,MRI 对 PLC 损伤检测的灵敏度高达 91%,特异度达 100%。本研究参考了 Pizones 等^[9]的研究结果制定 MRI 参考标准。但是,MRI 有其不可忽视的缺点:(1)在我国普及率仍不足,一些县医院、镇医院尚无 MRI 或成像质量差,难以对 PLC 损伤进行准确判断;检查预约时间较长,患者若不能在 5d 内行

MRI 检查,有可能因信号强度降低造成假阴性^[10];(2)有些患者病情较重或存在 MRI 检查禁忌证,无法进行 MRI 检查。如果早期能进行快速有效的初筛诊断,将为早期诊断和干预策略制定提供可靠依据,进而改善患者预后。

X 线片和 CT 作为快速、便宜、易得的检查手段,最早被应用于 PLC 损伤的预测。不同学者研究的结论也不同。早期的人尸体标本生物力学研究表明, $SIEA>20^\circ$ 提示 PLC 韧带断裂和纤维环破裂^[2]。Vaccaro 等^[3]认为 $SIEA>30^\circ$ 提示 PLC 韧带断

表 1 X 线片上参数测量结果 ($\bar{x}\pm s$)
Table 1 Radiological data of X-ray

	PLC 完全断裂组 ($n=43$) PLC complete rupture group	PLC 完整或部分损伤 组($n=77$) PLC intact or partial injuries group
后凸角($^\circ$) The local kyphotic angle	21.31 $\pm$ 10.07	18.86 $\pm$ 7.55
上下终板角($^\circ$) The superior and inferior endplate angle(SIEA)	24.14 $\pm$ 8.53	16.43 $\pm$ 6.30 ^①
椎体高度下降百分比 Loss of vertebral body height(LOVBH)	49.35 $\pm$ 19.82	32.37 $\pm$ 13.90 ^①
椎体平移距离(mm) Translation distance	0.21 $\pm$ 0.77	0.14 $\pm$ 0.40

注:①与 PLC 完全断裂组比较 $P<0.01$

Note: ①Compared with PLC complete rupture group, $P<0.01$

表 2 CT 影像上参数测量结果 ($\bar{x}\pm s$)
Table 2 Radiological data of computed tomography

	PLC 完全断裂组 ($n=43$) PLC complete rupture group	PLC 完整或部分 损伤组($n=77$) PLC intact or partial injuries group
后凸角($^\circ$) Kyphotic angle	19.34 $\pm$ 9.59	16.67 $\pm$ 8.41
上下终板角($^\circ$) The superior and inferior endplate angle(SIEA)	18.52 $\pm$ 10.01	16.05 $\pm$ 7.29
椎体高度下降百分比 Loss of vertebral body height(LOVBH)	40.52 $\pm$ 18.87	35.45 $\pm$ 15.86
椎体平移距离(mm) Translation distance	0.24 $\pm$ 0.86	0.13 $\pm$ 0.45
椎板距离(mm) Laminar distance	31.25 $\pm$ 3.04	30.29 $\pm$ 3.68
椎板间距离(mm) Inter-laminar distance	17.81 $\pm$ 9.51	16.67 $\pm$ 10.23
棘突间距(mm) Inter-spinous distance	11.34 $\pm$ 3.30	10.68 $\pm$ 2.30
棘突间距差值(mm) Inter-spinous distance difference(ISDF)	3.27 $\pm$ 2.12	1.32 $\pm$ 1.91 ^①

注:①与 PLC 完全断裂组比较 $P<0.01$

Note: ①Compared with PLC complete rupture group, $P<0.01$

表 3 3 种方法对 PLC 损伤的诊断价值

Table 3 Diagnosis capability of three methods in detecting PLC injury

测量参数 Measured parameters	界值点 Cut off points	灵敏度(%) Sensitivity	特异度(%) Specificity	曲线下面积(95%CI) Area under ROC curve(95%CI)	Youden 指数 Youden index
SIEA _x	20	80.3	79.4	0.784(0.663~0.904)	0.577
LOVBH _x	45%	62.2	83.3	0.723(0.598~0.849)	0.464
ISDF _{CT}	2mm	76.1	79.1	0.757(0.643~0.871)	0.543

注:SIEA_x为X线片上测量参数,LOVBH_x为X线片上测量参数,ISDF_{CT}为CT上测量参数

Note:SIEA_x and LOVBH_x are measured on X-ray plain film and ISDF_{CT} are measured on computed tomograph

表 4 不同方法组合方案对 PLC 损伤的诊断价值

Table 4 ROC curve based on logistic regression to compare different combined parameters

	界值点 Cut off points of prediction probability	灵敏度(%) Sensitivity	特异度(%) Specificity	曲线下面积(95%CI) Area under ROC curve(95%CI)	Youden 指数 Youden index
SIEA _x +LOVBH _x	0.384	75.9	82.4	0.792(0.675~0.909)	0.582
SIEA _x +ISDF _{CT}	0.412	79.3	88.2	0.844(0.746~0.942)	0.675
LOVBH _x +ISDF _{CT}	0.346	75.9	78.4	0.816(0.732~0.919)	0.543
SIEA _x +LOVBH _x +ISDF _{CT}	0.435	75.9	90.2	0.849(0.751~0.946)	0.660

注:SIEA_x为X线片上测量参数,LOVBH_x为X线片上测量参数,ISDF_{CT}为CT上测量参数

Note: SIEA_x and LOVBH_x are measured on X-ray plain film and ISDF_{CT} are measured on computed tomograph

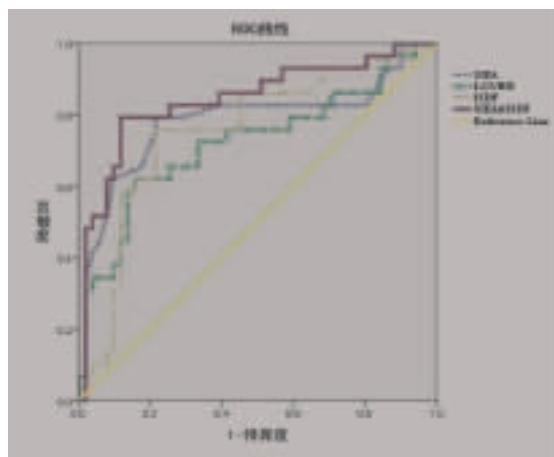


图 2 SIEA_x、LOVBH_x、ISDF_{CT} 及 SIEA_x+ISDF_{CT} 的基于 Logistic 回归的 ROC 曲线。Logistic 回归方程为 $\text{Logit}(P) = -4.21 + 0.144 \times \text{SIEA}_x + 0.366 \times \text{ISDF}_{CT}$

Figure 2 ROC curve based on logistic regression contains SIEA_x, LOVBH_x, ISDF_{CT} and SIEA_x+ISDF_{CT}. Logistic regression equation: $\text{Logit}(P) = -4.21 + 0.144 \times \text{SIEA}_x + 0.366 \times \text{ISDF}_{CT}$

表 5 SIEA_x>20°与 ISDF_{CT}>2mm 组合的诊断能力Table 5 Diagnosis capability of different combination of SIEA_x>20° and ISDF_{CT}>2mm

	灵敏度(%) Sensitivity	特异度(%) Specificity	Youden 指数 Youden index
Logistic+ROC	79.3	88.2	0.675
平行诊断试验 Parallel test	95.3	62.8	0.581
系列诊断试验 Serial test	61.1	95.7	0.568

裂和纤维环破裂,可作为手术指征。Hiyama 等^[11]的回顾性研究表明,CT 影像上 SIEA>20°才是 PLC 损伤唯一相关危险因素。Radeliff 等^[12]对胸腰椎爆裂骨折患者进行回顾性研究发现,SIEA>20°,LOVBH>50%并不能预测 PLC 损伤和神经功能损伤,而椎体平移超过 3.5mm 与 PLC 损伤有联系。其诊断的灵敏度、特异度不高,在 60%~80%。由此可见,既往对 PLC 损伤的 X 线片和 CT 研究较多,结论也不尽相同。本研究对所有 PLC 损伤相关的 X 线片和 CT 影像学征象进行研究,发现 PLC 完全断裂以后,X 线片上测量 SIEA、LOVBH 及 CT 影像下测量 ISDF 的改变有统计学差异,即上述三个影像学征象最有可能提示 PLC 完全断裂。对比以往相关研究,本研究仅关注 PLC 断裂且累及棘上韧带状态,提示 PLC 完全断裂,或近乎完全断裂。另外,尽管 CT 影像显示骨性结构较 X 线片优,可以清晰显示每一薄层结构,每一薄层都可以获得一个 SIEA,但角度最大的 SIEA 上下缘可能无法存在同一薄层。X 线片可以将椎体投影在平片上,获得最大的 SIEA,这也能解释 SIEA 在 X 线平片上有统计学差异,而在 CT 上却无统计学差异。SIEA、LOVBH 和 ISDF 都反映了脊柱前柱压缩、后柱张开的程度,因此对于后柱损伤、前柱只有轻微压缩的胸腰椎骨折,本研究很难准确反映 PLC 完全断裂。同时,对于前中柱同时明显压缩的胸腰椎骨折,上述参数亦无法准确反映

前中柱压缩表现。

由于单独依靠某一征象诊断 PLC 损伤的灵敏度或特异度均较低, 因此对不同影像学征象进行组合, 以提高诊断效能。本研究采用 Logistic 回归模型得到各征象的预测概率, 通过预测概率变量构建 ROC 曲线, 实现多指标联合降维分析^[13, 14]。由于该模型是根据最大似然法获得的, 可以保证不同组合的线性要求, 同时提高各指标组合的灵敏度和特异度。本研究以基于 Logistic 回归的 ROC 曲线方法评判不同组合方案, 其中 $SIEA_x + ISDF_{CT}$ 的组合在界值点 Youden 指数最大, 为 0.675, 其曲线下面积最大, 为 0.844, 有中等偏上的诊断意义, 与三指标结果相比无统计学差异。对该组合进行平行、系列诊断试验, 当满足 $SIEA_x > 20^\circ$ 或 $ISDF_{CT} > 2mm$ 条件时, 诊断 PLC 完全断裂的灵敏度为 95.3%, 特异度为 62.8%; 当 $SIEA_x > 20^\circ$ 且 $ISDF_{CT} > 2mm$ 影像学征象同时出现时, 诊断 PLC 完全断裂的灵敏度为 61.1%, 特异度为 95.7%。即当患者影像学检查提示 $SIEA_x > 20^\circ$ 或 $ISDF_{CT} > 2mm$ 时, 可能更需积极处理, 早期行 MRI 检查以排除 PLC 损伤。当同时满足 $SIEA_x > 20^\circ$ 且 $ISDF_{CT} > 2mm$ 时, 提示 PLC 完全断裂的可能性非常大, TLICS 评分 > 3 分, 提示需要手术治疗。Rajasekaran 等^[15]的研究结果表明, X 线片上的 $LK > 20^\circ$ 灵敏度较高, 为 85%, 但其特异度仅为 33%, 他认为此参数能作为 PLC 部分损伤初筛试验。相比之下, 本研究 $SIEA_x > 20^\circ$ 或 $ISDF_{CT} > 2mm$ 的灵敏度为 95.3%, 特异度为 62.8%, 作为 PLC 损伤的初筛试验更合适。

综上所述, 在 X 线片上测量 $SIEA > 20^\circ$ 或 CT 影像上测量 $ISDF > 2mm$ 可作为 PLC 完全断裂的初筛标准。但是, 本研究纳入病例数不足; 参考标准为 MRI, 而非术中所见, 而 MRI 也存在漏诊和误诊率, 结果存在一定的局限性, 需要进一步扩大样本量验证。另外, 本研究未排除 60 岁以上患者, 也未测定骨密度。因此, 在病例选择上, 要求患者有明确外伤史, 并排除 2 个以上椎体骨折患者, 以尽可能减少因骨质疏松引起的椎体骨折对本研究结果的干扰。

4 参考文献

- Panjabi MM, Hausfeld JN, White AR. A biomechanical study of the ligamentous stability of the thoracic spine in man [J]. Acta Orthop Scand, 1981, 52(3): 315-326.
- Nagel DA, Koogle TA, Piziali RL, et al. Stability of the upper lumbar spine following progressive disruptions and the application of individual internal and external fixation devices [J]. J Bone Joint Surg Am, 1981, 63(1): 62-70.
- Vaccaro AR, Lee JY, Schweitzer KM Jr, et al. Assessment of injury to the posterior ligamentous complex in thoracolumbar spine trauma [J]. Spine J, 2006, 6(5): 524-528.
- Pneumatics SG, Karampinas PK, Triantafilopoulos G, et al. Evaluation of TLICS for thoracolumbar fractures [J]. European Spine Journal, 2016, 25(4): 1123-1127.
- Pizones J, Zuniga L, Sanchez-Mariscal F, et al. MRI study of post-traumatic incompetence of posterior ligamentous complex: importance of the supraspinous ligament. Prospective study of 74 traumatic fractures [J]. Eur Spine J, 2012, 21(11): 2222-2231.
- Rihn JA, Yang N, Fisher C, et al. Using magnetic resonance imaging to accurately assess injury to the posterior ligamentous complex of the spine: a prospective comparison of the surgeon and radiologist [J]. J Neurosurg Spine, 2010, 12(4): 391-396.
- Lee JY, Vaccaro AR, Schweitzer KM Jr, et al. Assessment of injury to the thoracolumbar posterior ligamentous complex in the setting of normal-appearing plain radiography [J]. Spine J, 2007, 7(4): 422-427.
- Crosby CG, Even JL, Song Y, et al. Diagnostic abilities of magnetic resonance imaging in traumatic injury to the posterior ligamentous complex: the effect of years in training [J]. Spine J, 2011, 11(8): 747-753.
- Pizones J, Sanchez-Mariscal F, Zuniga L, et al. Prospective analysis of magnetic resonance imaging accuracy in diagnosing traumatic injuries of the posterior ligamentous complex of the thoracolumbar spine [J]. Spine, 2013, 38(9): 745-751.
- 虞建浩, 徐建桥, 周维锋, 等. 胸腰椎骨折后方韧带复合体损伤顺序及其意义 [J]. 中华创伤杂志, 2015, 31(1): 20-25.
- Hiyama A, Watanabe M, Katoh H, et al. Relationships between posterior ligamentous complex injury and radiographic parameters in patients with thoracolumbar burst fractures [J]. Injury, 2015, 46(2): 392-398.
- Radcliff K, Su BW, Kepler CK, et al. Correlation of posterior ligamentous complex injury and neurological injury to loss of vertebral body height, kyphosis, and canal compromise [J]. Spine, 2012, 37(13): 1142-1150.
- 潘清, 陈卉, 马宇晶, 等. 影像学诊断评价中的参数法 ROC 曲线分析 [J]. 中国医学影像技术, 2011, 27(8): 1693-1697.
- 陈卫中, 潘晓平, 倪宗瓚. Logistic 回归模型在 ROC 分析中的应用 [J]. 中国卫生统计, 2007, 24(1): 22-24.
- Rajasekaran S, Maheswaran A, Aiyer SN, et al. Prediction of posterior ligamentous complex injury in thoracolumbar fractures using non-MRI imaging techniques [J]. Int Orthop, 2016, 40(6): 1075-1081.

(收稿日期: 2016-07-03 末次修回日期: 2016-08-13)

(英文编审 唐翔宇/贾丹彤)

(本文编辑 卢庆霞)