

## · 综述 ·

# 胸腰椎骨折后方韧带复合体损伤评估的影像学研究进展

王昕, 黄凯\*

上海市静安区闸北中心医院骨科, 上海 200070

【关键词】胸椎; 腰椎; 纵韧带; 脊柱骨折; 诊断显像; 综述文献

【中图分类号】R 681.533 【文献标志码】A 【文章编号】1672-2957(2021)01-0062-06

【DOI】10.3969/j.issn.1672-2957.2021.01.0011

## Imaging progress of posterior ligamentous complex injury in thoracolumbar fractures

Wang Xin, Huang Kai\*

Department of Orthopaedics, Jing'an District Zhabei Central Hospital, Shanghai 200070, China

【Key Words】Thoracic vertebrae; Lumbar vertebrae; Longitudinal ligaments; Spinal fracture; Diagnostic imaging; Review literature

J Spinal Surg, 2021, 19(1): 62-67

胸腰段骨折是最常见的脊柱损伤, 约60%脊柱骨折发生在胸腰段, 其中爆裂性骨折占10%~20%, AO-B型骨折占20%<sup>[1-2]</sup>。在此类骨折中, 由于受牵张暴力的作用, 除前方椎体常见压缩、爆裂外, 后方的韧带结构也受到牵拉损伤。Holdsworth<sup>[3]</sup>首次提出后方韧带复合体(PLC)的概念, 并指出创伤后脊柱的稳定性与PLC完整与否密切相关。PLC是指由棘上韧带(SSL)、棘间韧带(ISL)、黄韧带及小关节囊组成的韧带复合结构。根据AOspine分型系统, 合并张力带损伤的B型骨折多数建议手术治疗, 因此, 明确是否有PLC损伤是指导治疗的关键, 准确判断PLC的完整程度可最大程度降低后凸畸形、神经损伤及慢性腰痛等并发症的风险<sup>[4-5]</sup>。一直以来, 对于胸腰椎骨折的分型(Denis分型、Magerl分型)关注点多数集中于骨性结构的破坏, 而忽视PLC的变化, 2005年, Vaccaro等<sup>[6]</sup>提出TLICS分型, 首次将PLC的状况纳入评分系统。TLICS分型中有3个主要指标: 椎体形态、神经功能及PLC损伤程度。其中前两者可通过X线、CT及体格检查作出明确评分, 而PLC损伤程度评估的结果判定为“完整”“断裂”及“不确定”, 可见其判定在客观上存在不确定性<sup>[7]</sup>。美国脊柱创伤研究学组一致认为PLC损伤是

脊柱不稳的标志, 并建议行手术治疗, 但合理地运用TLICS分型指导手术的关键即在于PLC损伤程度评估的准确度<sup>[8-10]</sup>。然而, 目前国际上对于PLC的损伤程度评估尚无统一论, 在现有检查技术的基础上形成一种统一的诊断共识显得尤为重要, 本文对胸腰椎骨折中PLC损伤程度的影像学评估进行综述, 希望对临床手术方案的制订有指导意义。

### 1 MRI及CT/X线检查的准确性

MRI是公认的胸腰椎骨折中诊断PLC损伤的“金标准”, 但也存在一定的局限性。首先, MRI检查费用相对较高, 患者就医成本增加; 其次, 某些禁忌证(如装有心脏起搏器、血管支架)患者无法行MRI检查。McArdle等<sup>[11]</sup>的研究最早提出利用MRI诊断PLC损伤, 并指出由于可直接观察韧带形态, MRI较CT具有更高的准确度。Petersilge等<sup>[12]</sup>的研究发现, 爆裂性骨折在X线或CT检查中往往无明显PLC损伤征象, 但通过MRI常可找到相应的证据。因此, 早期许多学者认为MRI诊断PLC损伤的灵敏度和特异度可达100%<sup>[13-14]</sup>。但是, 实际临床应用时受制于阅片医师的经验及PLC各结构辨识困难等原因, MRI的诊断意义逐渐受到质疑。Vaccaro等<sup>[15]</sup>通过一项前瞻性研究发现, MRI的灵敏度为79%~90%, 特异度为53%~65%。Rihs等<sup>[16]</sup>发现, 虽然MRI具有很高的灵敏度, 但是阳性预测值过

\*通信作者(Corresponding author)

作者简介 王昕(1992—), 硕士, 医师; walsheim@163.com

通信作者 黄凯 13817784210@163.com

低, 仅仅依赖MRI可能会增加非必要手术率<sup>[17]</sup>。总体来说, MRI对PLC的诊断具有高阴性预测值、低阳性预测值的特点, 这意味着MRI对PLC损伤不容易漏诊, 却容易造成误诊, 导致临床过度治疗<sup>[18]</sup>。

对于显示骨性结构更具优势的CT和X线检查在PLC损伤的诊断中也并非完全没有参考意义。Barcelos等<sup>[19]</sup>发现, 使用CT检查作为单一的诊断依据可在大多数情况下识别PLC损伤, 并具备满意的可靠性。Khuranna等<sup>[20]</sup>发现, 通过多个阳性表现联合诊断可提高CT的灵敏度和特异度, 并且认为不需要再进行MRI检查, 尤其适用于不适合MRI检查的患者。但是, CT和X线检查无法直观显示韧带状况, 仅通过骨性参数间接诊断, 不可避免地存在一定程度的不准确性。Hartmann等<sup>[7]</sup>结合314例患者临床资料发现, 借助CT或X线检查诊断PLC损伤的误诊率达43.8%; Leferink等<sup>[21]</sup>也发现, 30%的AO-B型骨折在CT或X线片上可被漏诊。综上, 条件允许的情况下建议结合多种影像学检查手段进行综合评估。

## 2 MRI的诊断意义

PLC损伤在MRI上的直接征象: 矢状位T1或T2加权像上韧带所在位置黑色条状信号带连续性中断或不可见, 或矢状位T2加权像上高信号影<sup>[22-24]</sup>。具体征象: 棘突后方黑色条纹带连续性中断提示SSL断裂; T2加权像棘突间高亮信号提示ISL撕裂; 关节突之间横断面T2加权像高信号积液提示关节囊撕裂; 黄韧带连续性中断提示黄韧带断裂。此外, MRI不同序列具有不同的优势, 由于韧带损伤后在MRI上形成的高信号易与脂肪信号混淆, Lee等<sup>[25]</sup>建议使用T2抑脂序列(FAT-SAT)观察韧带水肿情况, 其研究发现, 矢状位T2抑脂像具有最佳灵敏度(>85%)和特异度(>75%)。Vaccaro等<sup>[15]</sup>也得出T2抑脂像具备更高辨识度的结论, 但进一步提出短时翻转恢复序列(STIR)相较于FAT-SAT具有更好的抑脂效果, 可提高T2加权像上韧带损伤的可视度。Haba等<sup>[23]</sup>通过回顾性分析35例胸腰椎骨折患者MRI数据后发现, MRI对于SSL和ISL损伤评估的准确度分别为90.5%和94.3%, 且T1加权像比T2加权像更具优势, 因为骨折引起的血肿或出血在T2序列容易造成假阳性。综上, 笔者建议使用T1加权像评估SSL, T2(FAT-SAT或STIR)加权像评估SSL、黄韧带和关节囊损伤。

事实上, PLC由4个结构组成, 但并非其中任

一结构损伤均会导致脊柱不稳, 即损伤并不等同于失稳。Li等<sup>[26]</sup>通过尸体解剖发现, SSL和黄韧带是影响脊柱屈伸度最主要的结构, 进一步的有限元分析提示SSL发挥更为关键的作用<sup>[27]</sup>。Pizones等<sup>[28]</sup>发现PLC损伤是按照一定顺序发生的, 关节囊最先损伤, 随后从ISL后上方开始, 进而撕破SSL, 转而斜向前上方最终撕裂黄韧带, 而SSL撕裂与否是决定PLC稳定与否的关键。有研究发现, 若存在SSL断裂应认定为不稳定, 而仅仅是关节突积液或ISL水肿, 无SSL断裂, 则应认定为稳定<sup>[29]</sup>。基于此观点, Pizones等<sup>[29-30]</sup>发现, 利用MRI评估PLC稳定性时其灵敏度和特异度都得到了提高。

## 3 骨性参数在PLC损伤诊断中的意义

### 3.1 棘突间距离

手法触诊棘突间距离增大可作为判断PLC损伤的依据, 但是这种方法准确性过低。Vaccaro等<sup>[9]</sup>发现, 通过X线片测量损伤部位棘突间距离相比其上下部分增大的程度可提高诊断的准确度。Rajasekaran等<sup>[31]</sup>的研究认为, 棘突间距离较相邻节段超过2 mm可作为间接诊断依据, 诊断灵敏度和特异度分别为90%和60%, 当棘突间距离增大超过3 mm时特异度为83%, 增大超过4 mm时特异度超过90%。有研究提出棘突间距离比(ISDR)的概念, 指侧位X线片上损伤节段棘突间距离与其上下相邻节段棘突间距离之和的平均值的比值<sup>[32]</sup>; 当MRI无法明确是否存在PLC损伤, ISDR>120%时应高度怀疑PLC损伤, 其灵敏度、特异度及准确度分别为81.2%、76.2%和79.2%, 但是作者同时也指出, 单独利用ISDR作为评估指标漏诊率较高。

### 3.2 椎弓根间距(IPD)

正常情况下, 同一椎体两侧椎弓根的距离在上下椎体中相差不超过2 mm, 但是在严重爆裂性骨折中, 轴向或压缩暴力可导致椎弓根向外侧偏离, 进而导致这一距离增大<sup>[33]</sup>。为了减少绝对数值测量的误差, 可采用比值方法进行评估, 有研究者引入参数IPD的概念, 其定义为正位X线片上, 假设伤椎两侧椎弓根内侧缘距离为a, 上下位椎弓根内侧缘距离之和的平均值为b, 则IPD(%)=(a-b)/b×100%。Caffaro等<sup>[34]</sup>发现, 99%胸腰椎骨折患者IPD增大, 增大范围为5%~114%。Li等<sup>[35]</sup>通过回顾性分析103例胸腰椎骨折患者临床资料后发现, IPD只与小关节囊损伤具有相关性, 超过15%可高度怀疑后方小关节囊损伤, 超过20%可高度怀疑椎板骨折,

但对间接推断SSL和ISL的损伤意义不大。也有学者对该指标提出质疑,认为IPD增大不足以证明PLC损伤,但是可以反映后方椎管狭窄程度、神经损伤及椎板骨折情况<sup>[31, 34]</sup>。

### 3.3 椎体移位

椎体移位指下位椎体右上角切线与伤椎后缘切线之间的距离,PLC损伤时椎体会有不同程度的前后移位。Chen等<sup>[36]</sup>通过回顾性分析105例患者CT相关参数与MRI结果后发现,当ISL和SSL损伤时,椎体移位明显高于未受损者。2006年美国脊柱研究学组开展的一项研究,要求24位资深脊柱外科医师对包括椎体移位在内的14项X线、CT或MRI征象进行排序及权重分析,最终得出结论,椎体移位是评估PLC损伤的首选指标,临床认可度也最高<sup>[9]</sup>。Khurana等<sup>[20]</sup>通过分析CT上椎体移位、棘突间距离、小关节间隙宽度、椎弓根或椎板骨折、棘突骨折等参数与PLC损伤的关系发现,仅有椎体移位和棘突间距离2个指标与PLC损伤具有相关性,但是作者并未提供阳性意义的具体参考值。Panjabi等<sup>[37]</sup>通过解剖人脊柱标本并进行生物力学分析后发现,椎体移位超过1.5 cm即可造成脊柱不稳,但研究中的标本是在切除附着脊柱肌肉的前提下测量的,因此,作者提出临床应用时侧位X线片上椎体移位超过2.5 mm(放大倍数30%)是脊柱不稳的标志。然而,Radcliff等<sup>[38]</sup>随后通过回顾性分析46例患者各项CT测量参数与PLC损伤的关系后发现,椎体移位小于2.5 mm时并不足以推断PLC损伤,移位超过3.5 mm才与PLC损伤具有相关性( $R=0.323$ )。笔者推断造成差异的原因可能与X线和CT测量精度差异有关。综上所述,椎体移位可作为一个比较有力的评估指标,但移位程度的明确有待进一步商榷。

### 3.4 椎体高度丢失及椎体压缩程度

椎体受到压缩暴力时不可避免导致椎体高度丢失(尤其是前缘高度)以及椎体压缩。从理论上讲,遭受暴力越大则椎体高度丢失及压缩越严重,PLC损伤的可能性越大。因此,一直以来椎体高度丢失及压缩程度被许多学者认为可作为PLC损伤的间接指标,但是,这2个指标争议较大,甚至很多研究结论互相矛盾。首先,在相关性上存在争议。Hiyama等<sup>[39]</sup>利用MRI T2-STIR加权像评估PLC损伤时发现,楔形变超过20°与PLC损伤关系密切。也有研究认为,即便是楔形变超过20°或椎体高度丢失超过50%也并不能推断PLC损伤,因为存在这些征象的患者采取非手术治疗也并未出现严重并发症<sup>[38-40]</sup>。

其次,在楔形变程度上存在争议。Mi等<sup>[22]</sup>认为CT上椎体楔形变超过14°即可推断PLC损伤,而Chen等<sup>[36]</sup>认为楔形变超过25°才有意义。Nagel等<sup>[41]</sup>通过尸体标本生物力学测量发现,椎体压缩角超过20°时所有后方韧带结构即完全断裂。Chen等<sup>[36]</sup>发现,ISL和SSL损伤患者其伤椎压缩程度明显较未受损者严重( $23.98^\circ \pm 5.88^\circ$  vs.  $15.55^\circ \pm 5.28^\circ$ ),并提出压缩角超过25°可作为PLC损伤的高危因素。Vaccaro等<sup>[9]</sup>则认为,椎体压缩需超过50%才具有诊断意义。鉴于此, Rajasekaran等<sup>[31]</sup>提出楔形变的测量方式需要改变,其认为伤椎楔形变与PLC损伤无关,而伤椎上下相邻椎体间Cobb角超过20°可认为PLC损伤可能性大(灵敏度85%,特异度33%);若Cobb角超过30°则应高度怀疑PLC损伤(灵敏度97%,特异度35%)。这种测量方式将伤椎上下椎间盘也纳入考察范围,可能更加符合实际情况,但理论上来说,椎间盘损伤后相应的Cobb角应更大,而其结论中Cobb角参考值与前述研究中测量伤椎上下终板角度差异不大甚至更小,可能提示在爆裂性骨折中椎间盘损伤并不十分严重。最后,在椎体高度相关参数上也存在争议。McAfee等<sup>[42]</sup>认为伤椎前缘高度丢失超过50%与PLC损伤具有相关性,但Radcliff等<sup>[38]</sup>的研究则认为,伤椎前缘高度丢失超过50%并不能推断出PLC损伤的结论。这些研究结论的相悖可能与参照对象的选择有关,但笔者更倾向于椎体纵向骨性参数(椎体压缩程度、椎体高度丢失程度)对于PLC损伤的判定价值有限,原因在于,严重压缩暴力胸腰椎骨折中,椎体轴向压缩虽然很严重,但这时往往意味着暴力主要由椎体分担,而后方韧带承受暴力反而减少,PLC可能并未遭受严重损伤。

### 3.5 其他相关骨性参数

Gehweiler等<sup>[43]</sup>认为,椎板间宽度、关节突关节宽度、椎管宽度增加可作为预测指标。Chen等<sup>[36]</sup>发现,伤椎前缘延线与下终板之间的夹角<70°以及椎体前缘存在游离骨赘是ISL和SSL损伤的高危因素。有研究显示,小关节囊分离也具有预测意义,其在牵张损伤中最先被破坏,在CT上最先表现为关节突距离增大<sup>[25]</sup>。除MRI外,超声也可直接显示韧带情况,尤其对韧带的纤维样结构显像较好,并且超声具有易获取、快捷、无损伤的优点,其诊断灵敏度达89%,特异度达100%<sup>[44]</sup>。但是,  $T_{10-12}$ 棘突重叠较多,超声对该部位的损伤诊断相对困难,且超声对于深部组织,如黄韧带、小关节囊等无法

探测, 检查时倾斜探头可部分减弱棘突重叠对探查的影响<sup>[45]</sup>。

综上所述, 虽然MRI是显示软组织最佳的影像学检测手段, 但鉴于PLC的复杂性以及损伤后血肿在MRI上造成的假阳性, 不同阅片者的结论可能差异较大, 目前MRI作为PLC损伤评估“金标准”的准确性逐渐受到质疑。而对于骨性结构显影更佳的X线和CT检查, 在不同阅片者之间差异性小, 重复性可靠, 但骨性参数只能作为PLC损伤的间接推断指标, 单一指标诊断的可靠性有限, 实际临床应用还需联合多个指标进行综合评估。笔者建议对于PLC损伤的评估仍然首选MRI, 其抑脂序列更佳, 并且仅当SSL断裂时才判定为PLC不稳定, 单纯关节囊积液或ISL断裂不足以判断PLC损伤。骨性参数则首选椎体移位超过2 mm、棘突间距增大超过20%作为间接指标, 而椎弓根间距增大、椎体压缩角超过20°、椎体前缘高度丢失超过50%则作为次选指标。此外, 超声检查也不失为一种简便、精确的方式, 可用于快速评判SSL和ISL的状况。然而, 当前的研究普遍存在的问题是仅关注各项参数的准确性和精确性, 而极少关注这些参数对于临床疗效的预测效度, 实际上临床医师更需要了解相关参数与疾病预后的临床相关性, 相关参数反映损伤真实水平的程度则是其次, 因此, 目前这些间接参数对于临床治疗的指导意义有限, 需要更加有针对性地对各项参数与临床疗效的相关性开展深入研究。

## 参考文献

- [1] Reinhold M, Audigé L, Schnake KJ, et al. AO spine injury classification system: a revision proposal for the thoracic and lumbar spine [J]. Eur Spine J, 2013, 22(10): 2184-2201.
- [2] Rosenthal BD, Boody BS, Jenkins TJ, et al. Thoracolumbar burst fractures [J]. Clin Spine Surg, 2018, 31(4): 143-151.
- [3] Holdsworth F. Fractures, dislocations, and fracture-dislocations of the spine [J]. J Bone Joint Surg Am, 1970, 52(8): 1534-1551.
- [4] Vaccaro AR, Schroeder GD, Kepler CK, et al. The surgical algorithm for the AOspine thoracolumbar spine injury classification system [J]. Eur Spine J, 2016, 25(4): 1087-1094.
- [5] 任大江, 孙天胜, 张志成. 胸腰椎损伤的分型进展 [J]. 脊柱外科杂志, 2011, 9(1): 62-64.
- [6] Vaccaro AR, Lehman RA Jr, Hurlbert RJ, et al. A new classification of thoracolumbar injuries: the importance of injury morphology, the integrity of the posterior ligamentous complex, and neurologic status [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2005, 30(20): 2325-2333.
- [7] Hartmann F, Nusselt T, Mattyasovszky S, et al. Misdiagnosis of thoracolumbar posterior ligamentous complex injuries and use of radiographic parameter correlations to improve detection accuracy [J]. Asian Spine J, 2019, 13(1): 29-34.
- [8] Machino M, Yukawa Y, Ito K, et al. Posterior ligamentous complex injuries are related to fracture severity and neurological damage in patients with acute thoracic and lumbar burst fractures [J]. Yonsei Med J, 2013, 54(4): 1020-1025.
- [9] Vaccaro AR, Lee JY, Schweitzer KM, et al. Assessment of injury to the posterior ligamentous complex in thoracolumbar spine trauma [J]. Spine J, 2006, 6(5): 524-528.
- [10] 曾忠友, 孙德弢, 吴鹏, 等. 下腰椎骨折的损伤特点与改良胸腰椎损伤分类及损伤程度评分系统的应用 [J]. 脊柱外科杂志, 2015, 13(5): 294-298.
- [11] McArdle CB, Croxford MJ, Mirfakhraee M, et al. Surface coil MR of spinal trauma: preliminary experience [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 1986, 7(5): 885-893.
- [12] Petersilge CA, Emery SE. Thoracolumbar burst fracture: evaluating stability [J]. Semin Ultrasound CT MR, 1996, 17(2): 105-113.
- [13] Petersilge CA, Pathria MN, Emery SE, et al. Thoracolumbar burst fractures: evaluation with MR imaging [J]. Radiology, 1995, 194(1): 49-54.
- [14] Terk MR, Hume-Neal M, Fraipont M, et al. Injury of the posterior ligament complex in patients with acute spinal trauma: evaluation by MR imaging [J]. AJR Am J Roentgenol, 1997, 168(6): 1481-1486.
- [15] Vaccaro AR, Rihn JA, Saravanta D, et al. Injury of the posterior ligamentous complex of the thoracolumbar spine: a prospective evaluation of the diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2009, 34(23): E841-E847.
- [16] 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.
- [17] 张杰. 胸腰椎骨折后方韧带复合体损伤的MRI诊断 [J]. 临床医药文献电子杂志, 2019, 6(5): 134.
- [18] van Middendorp JJ, Patel AA, Schuetz M, et al. The

- precision, accuracy and validity of detecting posterior ligamentous complex injuries of the thoracic and lumbar spine: a critical appraisal of the literature [J]. Eur Spine J, 2013, 22(3): 461-474.
- [19] Barcelos ACES, Joaquim AF, Botelho RV. Reliability of the evaluation of posterior ligamentous complex injury in thoracolumbar spine trauma with the use of computed tomography scan [J]. Eur Spine J, 2016, 25(4): 1135-1143.
- [20] Khurana B, Prevedello LM, Bono CM, et al. CT for thoracic and lumbar spine fractures: can CT findings accurately predict posterior ligament complex injury? [J]. Eur Spine J, 2018, 27(12): 3007-3015.
- [21] Leferink VJM, Veldhuis EFM, Zimmerman KW, et al. Classificational problems in ligamentary distraction type vertebral fractures: 30% of all B-type fractures are initially unrecognised [J]. Eur Spine J, 2002, 11(3): 246-250.
- [22] Mi J, Sun XJ, Zhang K, et al. Prediction of MRI findings including disc injury and posterior ligamentous complex injury in neurologically intact thoracolumbar burst fractures by the parameters of vertebral body damage on CT scan [J]. Injury, 2018, 49(2): 272-278.
- [23] Haba H, Taneichi H, Kotani Y, et al. Diagnostic accuracy of magnetic resonance imaging for detecting posterior ligamentous complex injury associated with thoracic and lumbar fractures [J]. J Neurosurg, 2003, 99(1 Suppl): 20-26.
- [24] Emery SE, Pathria MN, Wilber RG, et al. Magnetic resonance imaging of posttraumatic spinal ligament injury [J]. J Spinal Disord, 1989, 2(4): 229-233.
- [25] Lee JY, Vaccaro AR, Schweitzer KM, 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.
- [26] Li Y, Shen Z, Huang M, et al. Stepwise resection of the posterior ligamentous complex for stability of a thoracolumbar compression fracture: an *in vitro* biomechanical investigation [J]. Medicine (Baltimore), 2017, 96(35): e7873.
- [27] Wu CC, Jin HM, Yan YZ, et al. Biomechanical role of the thoracolumbar ligaments of the posterior ligamentous complex: a finite element study [J]. World Neurosurg, 2018, 112: e125-e133.
- [28] Pizones J, Izquierdo E, Sánchez-Mariscal F, et al. Sequential damage assessment of the different components of the posterior ligamentous complex after magnetic resonance imaging interpretation: prospective study 74 traumatic fractures [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2012, 37(11): E662-E667.
- [29] Pizones J, Zúñiga L, Sánchez-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.
- [30] Pizones J, Sánchez-Mariscal F, Zúñiga 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 (Phila Pa 1976), 2013, 38(9): 745-751.
- [31] 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.
- [32] Kwon KY, Park HJ, Shin JS, et al. Another diagnostic tool in thoracolumbar posterior ligament complex injury: interspinous distance ratio [J]. Eur Spine J, 2017, 26(5): 1447-1453.
- [33] Daffner RH, Daffner SD. Vertebral injuries: detection and implications [J]. Eur J Radiol, 2002, 42(2): 100-116.
- [34] Caffaro MFS, Avanzi O. Can the interpedicular distance reliably assess the severity of thoracolumbar burst fractures? [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2012, 37(4): E231-E236.
- [35] Li Y, Huang M, Xiang J, et al. Correlation of interpedicular distance with radiographic parameters, neurologic deficit, and posterior structures injury in thoracolumbar burst fractures [J]. World Neurosurg, 2018, 118: e72-e78.
- [36] Chen JX, Goswami A, Xu DL, et al. The radiologic assessment of posterior ligamentous complex injury in patients with thoracolumbar fracture [J]. Eur Spine J, 2017, 26(5): 1454-1462.
- [37] Panjabi MM, Hausfeld JN, White 3rd AA, et al. A biomechanical study of the ligamentous stability of the thoracic spine in man [J]. Acta Orthop Scand, 1981, 52(3): 315-326.
- [38] 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 (Phila Pa 1976), 2012, 37(13): 1142-1150.
- [39] 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.
- [40] Hitchon PW, From AM, Brenton MD, et al. Fractures of the thoracolumbar spine complicating ankylosing spondylitis [J]. J Neurosurg, 2002, 97(2 Suppl): 218-222.
- [41] 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.
- [42] McAfee PC, Yuan HA, Lasda NA. The unstable burst fracture [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1982, 7(4): 365-373.

- [43] Gehweiler Jr JA, Daffner RH, Osborne Jr RL. Relevant signs of stable and unstable thoracolumbar vertebral column trauma [J]. Skeletal Radiol, 1981, 7(3): 179-183.
- [44] Gabriel AC, Angel JPC, Juan JGP, et al. Diagnostic accuracy of ultrasound for detecting posterior ligamentous complex injuries of the thoracic and lumbar spine: a systematic review and meta-analysis [J]. J Craniovertebr Junction Spine, 2013, 4(1): 25-31.
- [45] Vordemvenne T, Hartensuer R, Löhrer L, et al. Is there a way to diagnose spinal instability in acute burst fractures by performing ultrasound? [J]. Eur Spine J, 2009, 18(7): 964-971.

(收稿日期: 2020-03-20)

(本文编辑: 刘映梅)

(上接第 57 页)

- [2] 徐峰, 徐彬, 李涛, 等. 三维导航与传统C型臂X线机辅助经皮椎弓根螺钉内固定治疗胸腰椎骨折对比研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2017, 27(8): 727-732.
- [3] 华兴. 肌骨超声的应用现状与发展趋势[J]. 第三军医大学学报, 2015, 37(20): 2005-2010.
- [4] Huskisson EC. Measurement of pain[J]. Lancet, 1974, 2(7889): 1127-1131.
- [5] Fukui M, Chiba K, Kawakami M, et al. Japanese Orthopaedic Association back pain evaluation questionnaire. Part 2. Verification of its reliability: the subcommittee on low back pain and cervical myelopathy evaluation of the clinical outcome committee of the Japanese Orthopaedic Association[J]. J Orthop Sci, 2007, 12(6): 526-532.
- [6] Fairbank JC, Couper J, Davies JB, et al. The Oswestry low back pain disability questionnaire[J]. Physiotherapy, 1980, 66(8): 271-273.
- [7] MacNab I. Negative disc exploration. An analysis of the causes of nerve-root involvement in sixty-eight patients[J]. J Bone Joint Surg Am, 1971, 53(5): 891-903.
- [8] 张红鹤, 赵柳絮, 邓丽, 等. 经皮椎间孔镜椎间盘切除术与椎板开窗髓核摘除术对脊柱运动单位影响的对比研究[J]. 脊柱外科杂志, 2015, 13(4): 223-227.

- [9] Ding ZM, Tao YQ. Clinical outcomes of percutaneous transforaminal endoscopic discectomy versus fenestration discectomy in patients with lumbar disc herniation[J]. J Internation Trans Med, 2017, 5(1): 29-33.
- [10] 时宗庭, 刘恒平, 于栋, 等. 肌骨超声引导下精准针刀治疗腰椎关节突关节源性腰痛35例[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2018, 26(4): 69-71.
- [11] 朱慧阳, 叶斌, 段伟, 等. 术前三维影像测量结合激光导航器辅助穿刺行经椎间孔入路经皮内窥镜下椎间盘切除术[J]. 脊柱外科杂志, 2019, 17(1): 11-17.
- [12] 全荣薰. 超声在腰椎介入治疗中的应用[J]. 实用疼痛学杂志, 2018, 14(6): 407-409.
- [13] 韩磊, 赵平, 郭蕾, 等. 腰椎间盘突出症患侧多裂肌厚度及弹性不同姿势变化观察[J]. 人民军医, 2017, 60(6): 563-566.
- [14] 马骥, 马苏亚. 肌骨超声的临床应用价值和进展[J]. 现代实用医学, 2017, 29(11): 1408-1410.
- [15] 潘略韬, 刘剑芬, 梁国滔, 等. 经皮椎间孔镜联合超声介入技术在腰椎间盘突出症的应用[J]. 广东医学, 2018, 39(7): 1036-1039.
- [16] 张明博, 黄鹏, 武成志, 等. 单纯超声引导下经皮椎间孔镜腰椎间盘切除术一例[J]. 中华腔镜外科杂志(电子版), 2019, 12(2): 111-114.

(收稿日期: 2020-06-10)

(本文编辑: 刘映梅)