

骨质疏松性胸腰椎骨折治疗的研究进展

田野^{1,2} 郑博隆² 陈浩² 丁柯元² 郝定均²

【摘要】 骨质疏松性胸腰椎骨折(osteoporotic thoracolumbar fracture, OTF),正逐渐成为困扰中老年人的严重问题,影响着中老年人的生活质量。虽然OTF的相关研究较多,但其分型及治疗尚无统一的标准,存在着较多争议。2013年,郝定均团队综合考虑了伤椎形态学改变、伤椎MRI信号改变、骨密度和临床表现(疼痛),提出了胸腰段骨质疏松性骨折严重程度评分评估系统(thoracolumbar osteoporotic fracture score assessment system, TLOFSAS),根据评估分值采取不同的手术方式,完善了以往分型的不足,可较为准确地判断骨折的严重程度,对于临床指导意义较大。本文旨在分析以往OTF分型的优缺点,围绕TLOFSAS分型总结相关文献,对OTF治疗的研究进展作一综述。

【关键词】 骨质疏松;胸腰椎;骨折;分型;治疗

随着人口老龄化问题的加重,骨质疏松性骨折已经成为一个严重问题^[1]。脊柱骨折是骨质疏松性骨折中较常见的类型^[2],严重影响中老年人的生活质量;又因胸腰段为生物力学的薄弱点,约90%的脊柱骨折发生于胸腰段^[3]。对于骨质疏松性胸腰椎骨折(osteoporotic thoracolumbar fracture, OTF),治疗的主要目的是:①减轻病人疼痛;②恢复病人脊柱力学稳定性和神经稳定性;③尽早恢复功能锻炼,防止压力性损伤、下肢深静脉血栓等并发症的发生。近年来,随着脊柱外科的发展,OTF的治疗也在不断提升,因此,了解OTF的分型,并通过骨折分型选择正确的治疗方法十分重要。

本文以“骨质疏松”“胸腰椎”“骨折”“分型”“治疗”为中文关键词,在中国知网和万方数据库中进行检索;以“osteoporotic”“thoracolumbar”“fracture”“classification”“treatment”为英文关键词,在PubMed、Web of Science中进行检索;重点检索近10年、证据等级较高的文献。

本文共检索文献246篇,最终纳入43篇(图1),其中中文文献6篇,英文文献37篇。

一、OTF的分型

(一)Genant半定量法分型

1993年,Genant等^[4]根据标准侧位X线片椎体前缘高度和椎体投影面积,提出了Genant半定量法分型。0型:椎体形态及大小正常;I型:椎体前缘高度降低20%~25%和椎体投影面积降低10%~20%;II型,椎体前缘高度降低25%~40%和椎体投影面积降低20%~40%;III型,椎体前缘高度和椎体投影面积降低大于40%。

Genant分型已被广泛用于流行病学研究,但在外科领域还没有得到实质性的重视^[5],因为只是单纯的通过X线片表

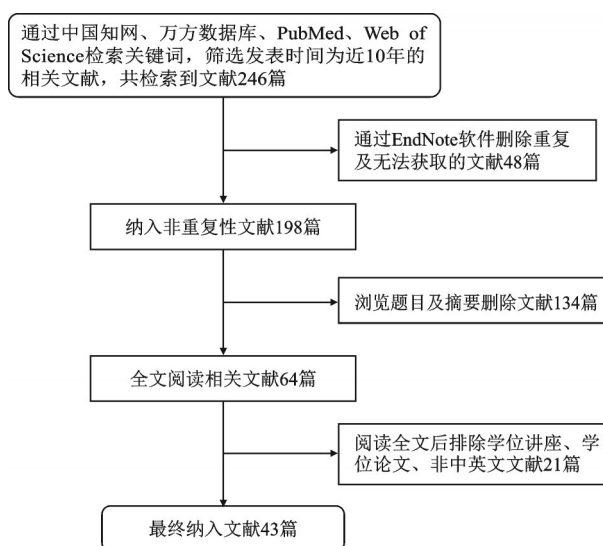


图1 文献选择流程图

现分类,由于X线片不容易发现一些程度、范围较小的骨折,因此诊断的准确率较低。同时,高度损失的百分比估计比较主观,尤其是退行性脊柱疾病。另外,没有结合CT、MRI影像结果及病人的临床症状,每种分型也没有相应的治疗方法,局限性较大。

(二)欧洲骨质疏松脊柱研究组(European vertebral osteoporosis study group, EVOSG)分型

1999年,Ismail研究团队与EVOSG^[6]根据伤椎椎体的形态学改变提出EVOSG分型,将OTF分为:楔形变型、双凹型、塌陷型。该分型早期临床应用较多,但是评估指标单一,没有结合病人临床表现及MRI影像结果,不能区分是新鲜骨折还是陈旧性骨折,也不能判断是否有神经损伤,因此该分型不能很好地指导临床治疗。

(三)Heini分型

2005年,Heini^[7]结合了病人的临床症状及影像学结果,

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2019.05.023

基金项目:国家自然科学基金(81772357)

作者单位:1. 西安医学院,西安 710021;2. 西安交通大学附属红会医院脊柱外科,西安 710054

通信作者:郝定均,E-mail:haodingju123@126.com

提出Heini分型。I型:急性或亚急性椎体压缩性骨折;II型:骨折后持续椎体不稳、骨折不愈合;III型:多节段椎体压缩骨折合并进行性脊柱序列性改变;IV型:骨折致椎管狭窄并伴有神经症状。Heini分型相较于以往的分型更为全面,也提出了相应的治疗方法,但存在不同类型间的交叉重合和缺乏影像学参数,不利于明确指导临床治疗。

(四)中华医学会骨科学分会OTF分类

2008年,中华医学会骨科学分会的《骨质疏松骨折诊疗指南》指出,OTF主要包括椎体压缩性骨折和椎体爆裂性骨折。主要依据病人的年龄、病史和影像学检查,如外伤后胸背部疼痛、身高降低、脊柱侧凸或脊柱后凸、X线片显示骨小梁稀疏、骨皮质变薄、椎体楔形变或双凹变形等进行诊断。2017年,中华医学会骨科学分会对该指南进行了更新,进一步完善了骨质疏松脊柱骨折的诊断和治疗方式^[3]。虽然简单易接受,但较为单一,不能全面评估OTF的严重程度。

(五)胸腰段骨质疏松性骨折严重程度评分评估系统(thoracolumbar osteoporotic fracture score assessment system, TLOFSAS)分型

2013年,郝定均等^[8]综合考虑伤椎形态学改变、伤椎MRI信号改变、骨密度和临床表现(疼痛)四个方面提出的TLOFSAS分型,根据评估分值(0~8分)确定临床治疗策略。该分型简单、实用,评估指标全面,完善了其他分型的不足,可较为准确地判断骨折的严重程度,临床指导意义较大。许正伟等^[9]通过回顾性分析320例OTF病人,检验TLOFSAS分型的可信度和可重复性,证实该分型具有较高的一致性和可重复性信度,其准确率为95.7%,敏感度为87.6%,特异度为96.5%,可以较为准确地判断OTF的严重程度,为病人临床治疗的选择提供依据。

(六)骨质疏松性骨折分型(osteoporotic fractures, OF)分型

2018年,Schnake等^[5]对707例骨质疏松性骨折病人进行了一项前瞻性多中心试验,提出了以考虑骨折典型形态和生物力学稳定性的OF分型:OF1,无椎体变形(MRI仅提示椎体水肿);OF2,无或仅有后壁轻微受累变形($<1/5$);OF3,椎体后壁明显受累变形($>1/5$);OF4,椎体结构丧失、椎体塌陷或钳形骨折;OF5,牵张或旋转损伤。OF分型从临床角度对最常见的骨质疏松性骨折类型进行分型,并且均有对应治疗的基础建议,能更好地鉴别典型骨质疏松性骨折的形态,但其临床指导意义还需进一步地研究。

二、OTF的治疗

目前,仍有很多脊柱外科医师根据胸腰椎损伤分类及损伤程度评分系统(thoracolumbar injury classification and severity score, TLICS)来判定OTF是否需要手术治疗,但OTF属于低能量损伤,骨折的形态及转归并不同于高能量损伤的“胸腰椎骨折”,所以TLICS并不适用。因此,对于OTF的治疗尚无统一标准,其治疗方案也争议较大。郝定均等^[8]通过对381例OTF病人按照TLOFSAS评分后给予对应治疗,取得良好的临床效果,术后病人的疼痛视觉模拟量表(visual ana-

logue scale, VAS)评分和Oswestry功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)评分均获得了明显改善,生活质量获得了较大改善。宋海涛等^[10]采用TLOFSAS分型对206例OTF病人进行治疗评估,发现TLOFSAS评分能较好地量化OTF损伤程度,与VAS评分和ODI评分有较好的相关性,能够指导临床合理选择治疗策略及有效评估治疗效果。

(一)保守治疗

如果TLOFSAS评分 <4 分,建议先采用抗骨质疏松、卧床休息和支具保护等保守治疗。根据骨折损伤程度,一般卧床休息2~3个月,腰背部垫软枕。对于疼痛明显者可给予镇痛药,降钙素可以有效地减轻急性椎体骨折的疼痛。2005年,Knopp等^[11]对5项共264例骨质疏松性骨折疼痛病人应用降钙素的随机对照研究进行了荟萃分析,发现在急性骨质疏松性椎体骨折中,降钙素可显著降低疼痛的严重程度。此外,双膦酸盐也广泛应用于骨质疏松症及疼痛的治疗。2006年,Armingeat等^[12]在一项静脉注射帕米膦酸盐的随机、双盲、对照临床研究发现,与安慰剂相比,帕米膦酸盐能够快速、持续地缓解急性骨质疏松性椎体骨折病人疼痛。病人急性疼痛一旦有所缓解,应进行早期的功能锻炼,通过腰背肌的锻炼能提高骨强度和骨密度,也能降低再骨折的发生率。

(二)椎体成形术

经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)最初由Galibert等^[13]用于椎体血管瘤的治疗,取得了良好的效果,经过不断地发展,逐渐成为OTF的有效治疗手段。PVP具有操作简单、创伤小、疼痛缓解迅速、下地活动早、费用少等优点。但是,PVP对于恢复椎体高度及纠正椎体后凸畸形方面成效甚微。经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)是在PVP的基础上发展而来的,可通过球囊扩张,更好地恢复伤椎的高度、矫正后凸;同时,因为球囊扩张形成一个腔隙,减少了骨水泥的渗漏率。Akbar等^[14]研究结果显示,PVP术后骨水泥渗漏率明显高于PKP术后(40%比8%),其中PVP组中有3%的水泥渗漏是有症状的,而PKP的渗漏均无明显症状。Wang等^[15]研究发现PVP和PKP均能明显减轻OTF病人的疼痛,但PKP对恢复椎体高度和改善局部后凸角的效果优于PVP。此外,Sun等^[16]研究表明,PVP术后椎体再骨折的发生率为26.2%,且1年内再骨折发生率与骨密度值和胸腰段骨折位置显著相关,必要时可考虑通过预防性PVP来预防椎体再骨折。而Yang等^[17]认为对于OTF,早期行PVP可降低邻近椎体再骨折发生率,超过30d行PVP可能会导致后凸增加、疼痛加重以及邻近椎体再骨折发生率增加。两种手术方式虽都能增强椎体的强度和脊柱的稳定性,减少病人疼痛,改善病人生活质量,但相比而言,PKP在恢复椎体高度、纠正脊柱后凸、减少骨水泥渗漏方面有较大优势。

因此,对于TLOFSAS评分=4分的病人,建议早期行PVP或PKP。同时,在进行PKP手术时应注意,减缓疼痛为手术主要目的,不能过分追求复位,因为球囊扩张过程中会挤压疏松的骨质,过度扩张会导致松质骨骨折甚至终板骨折,并不会得到满意复位和矫形效果^[18]。

对于TLOFSAS评分>4分且不伴神经损伤的胸腰椎压缩骨折病人,亦建议首选PVP或PKP。但是,对于行PVP(PKP)病人是否也可以行保守治疗,两者治疗效果是否一致,目前尚存争议。2009年Buchbinder等^[19]通过一项随机、双盲对照研究表明,与假手术相比,PVP治疗伴有疼痛的OTF病人1周或者1、3、6个月后并没有明显改善。同年Kallmes等^[20]也通过随机对照研究表明,PVP与空白对照组相比,并没有在疼痛缓解、生活质量改善等方面带来较大的改善。但Boszczyk等^[21]质疑了这两项研究的细节,特别是关于注射聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)的体积,平均填充体积为(2.8±1.2) ml,他指出要获得恢复椎体强度的适当生物力学效果,填充体积至少为椎体体积的13%~16%,而对于任何胸腰椎,PMMA填充体积至少为4 ml。同时,近期一项随访超过2年的对照研究^[22]发现:从临床角度看,保守治疗和PVP在改善疼痛程度和总体生活质量方面没有差异,但在末次随访中发现保守治疗的病人胸腰椎后凸角小于PVP。然而,通过文献阅读发现,大多数研究是支持进行PKP(PVP)治疗的。Yang等^[23]在一项前瞻性、随机、对照临床研究发现,PVP术后1年止痛效果显著,满意度较高,并发症发生率较低。2016年,Clark等^[24]通过一项多中心、随机、双盲、安慰剂对照研究发现,PVP在减少急性OTF病人疼痛方面具有明显的临床效果。而Zhang等^[25]通过Logistic回归分析了骨质疏松性椎体骨折保守治疗失败的高危因素,其研究表明年龄<73.5岁、骨密度>-3.45、身体质量指数<23.65 kg/m²、改良虚弱指数(mFI)<2.5的无椎体内真空裂隙(IVC)病人适合保守治疗。胸腰椎是整个脊柱承载负荷最大的部位,更容易发生骨折不愈合,单纯的保守治疗可能会出现骨不连、假关节形成、骨折椎体再塌陷、脊柱后凸畸形甚至肺部感染、压力性损伤等严重并发症,而PKP(PVP)可迅速缓解病人疼痛,尽早下地恢复功能锻炼,有效地改善病人生活质量。因此,治疗方式的选择应根据病人的身体情况、病人的自身意愿及骨折的严重程度综合评估。另外,PKP(PVP)术后一般建议病人佩戴支具2~3个月,但近期一项研究^[26]表明PVP术后佩戴支具并没有改善预后,有无支具固定并不能减轻病人术后残留的疼痛,且术后3周佩戴支具在短期内降低了病人的生活质量。因此,对于PKP(PVP)术后是否应该佩戴支具,佩戴支具的时间还需进一步研究。

同时,对于重度压缩骨折是否可以选PKP(PVP)目前也存有争议。因为操作困难、骨水泥渗漏风险高,许多学者将骨质疏松性胸腰椎重度压缩骨折视为PKP(PVP)的相对禁忌证^[27]。但有研究^[28]报道PKP(PVP)治疗骨质疏松性胸腰椎重度压缩骨折是有益的。此外,Landham等^[29]通过尸体研究发现对于严重的骨质疏松性压缩骨折,PVP和PKP在恢复机械功能方面效果相同,但PKP能更好地恢复椎体高度和矫正畸形。对于重度压缩骨折,由于椎体压缩过扁、容积小,极易发生骨水泥的渗漏,若行PKP(PVP),应术前设计好穿刺路径,术中选取合适的进针点及进针方向,达到一个理想的位置;术中应多次透视,严密观察骨水泥分布情况,以减轻

病人症状为目的,不过分追求复位。

(三)椎弓根螺钉内固定结合椎体强化术

后路椎弓根螺钉固定是目前治疗胸腰椎爆裂骨折最常用的方法^[30]。但对于骨质疏松性胸腰椎爆裂骨折,单纯的螺钉固定有很大的局限性,而椎弓根螺钉内固定结合椎体强化术弥补了单纯螺钉固定的不足。He等^[31]研究表明椎弓根螺钉结合椎体成形术是治疗骨质疏松性胸腰椎爆裂骨折的一种有效方法。虽然,PVP是一种缓解疼痛的方法,但也应作为一种基于基本生物力学原理提供前路负荷分担的有效方法,在内固定基础上结合骨水泥强化可更好地维持前柱稳定。有研究^[32]认为椎弓根螺钉结合骨水泥强化是提高螺钉在骨内把持力的最有效、最实用的方法。同样的,Uchida等^[33]研究表明后路椎弓根螺钉内固定结合椎体成形术可为OTF病人提供即时的脊柱稳定性,如不提供椎体成形术的额外强化,可能增加内固定失败或后凸畸形的风险。

因此,对于TLOFSAS评分>4分且不伴神经损伤的胸腰椎爆裂骨折病人,建议可行椎弓根螺钉内固定结合椎体强化术。伤椎有椎体强化、置入椎弓根螺钉以及不加处理等方法;有研究表明,伤椎置钉可更好地纠正后凸,提高生物力学稳定性^[34]。上、下椎体骨水泥强化后的椎体-椎弓根钉系统可以为骨伤椎提供良好的应力遮挡,为伤椎的愈合创造了条件^[35]。骨水泥强化椎弓根螺钉是力学性能较好的固定方式,在骨质疏松性胸腰椎爆裂骨折中应用广泛。骨质疏松性胸腰椎爆裂骨折曾被认为是PKP和PVP的相对禁忌证,因为骨水泥会沿椎体裂隙、椎体静脉系统渗漏,会引起脊髓神经损伤、邻近椎体骨折和肺栓塞等严重并发症。但是,Shin等^[36]通过对25例骨质疏松性胸腰椎爆裂骨折病人行PVP,术后随访6个月以上发现所有病人疼痛缓解均满意。王新虎等^[37]报道,PKP也能有效应用于骨质疏松性胸腰椎爆裂骨折。

对于轻度骨质疏松性胸腰椎爆裂骨折、后壁破损不严重、椎管占位<30%的病人,可谨慎选择行PVP或PKP,重点预防骨水泥渗漏:①使用中高粘度骨水泥能有效降低骨水泥渗漏率;②注入明胶海绵填塞可降低骨水泥的流动性,增加其粘度;③椎体内静脉造影了解静脉引流速度,并预测骨水泥经静脉渗漏的方向,能有效预防骨水泥渗漏。而对于中、重度骨质疏松性胸腰椎爆裂骨折,应首选椎弓根螺钉内固定结合椎体强化术。同时,近年来随着脊柱微创手术的发展,经皮椎弓根钉内固定结合椎体成形术也被应用于骨质疏松性胸腰椎爆裂骨折。许多研究^[38,39]发现,微创内固定结合椎体成形术治疗骨质疏松性胸腰椎爆裂性骨折也可获得较好的临床效果。

(四)减压植骨融合内固定术结合椎体强化术

OTF伴神经功能损伤的外科治疗面临着椎体非常脆弱、病人年龄偏大、常伴有严重的合并症等问题。因此,外科医师在选择手术方案时必须考虑:①病人的一般健康状况;②骨折类型、水平、数量;③骨质疏松程度;④最好的减压和矫正后凸畸形的方法。OTF伴有神经症状的病人常合并脊髓

神经损伤及椎管内占位,因此手术减压非常必要。所以,对于 TLOFSAS 评分 >4 分且伴有神经损伤病人,建议手术治疗,可行减压植骨融合内固定术结合椎体强化术;可根据脊柱载荷评分系统(LSC)选择手术入路,总分≤6 分行后路手术,总分≥7 分行前路手术。

后路减压可通过韧带牵拉间接复位或者直接椎板减压完成,一般受伤后 3 d 内采用韧带牵拉复位可获得较理想的减压效果。但间接复位后的椎管容积增加常 <20%,有时也可在 50% 以上^[40]。对于椎管狭窄 >67%,间接复位困难或手术延迟则可直接行椎板减压。Lin 等^[41]研究发现短节段减压固定是治疗骨质疏松性椎体骨折合并神经功能损伤的有效方法;而在年龄较大的骨质疏松性椎体骨折病人中使用长节段固定,可能会增加邻近节段退变的可能性。后路减压植骨融合内固定术结合椎体强化术可以有效解除骨折块对脊髓神经的压迫,恢复椎管容积,增加脊柱的稳定性,促进骨折的愈合,同时后外侧植骨融合也可以减轻内固定的应力负荷,降低螺钉的断裂、松动和后凸畸形的发生率。但 Ataka 等^[42]认为骨折部位的不稳定是导致 OTF 病人神经功能损伤的主要因素,与普遍认为的骨折碎片压迫神经的观点相反;他们对 14 例骨质疏松性骨折后神经功能不全的病人,在未行椎管减压的情况下进行了长节段后路固定融合,并进行了长期随访,平均随访 25 个月后未发生植入物失败,且神经功能获得改善。后路手术操作简单、创伤小、失血少、成本效益高、神经功能恢复较好,可以更好地行椎管减压。但后路手术不能有效重建前中柱,应力无法有效传导,后期易出现椎体塌陷、后凸角度丢失。

前路减压植骨融合内固定术可在直视下保证椎管得到彻底减压,有效重建前柱稳定性。前中柱承载脊柱约 70% 的压力载荷,而前路手术则直接固定于前中柱,与脊柱的生物力学线一致,能够有效地承载负荷。前路内固定融合术不仅可以减压脊髓神经,也可以提供更强的力学稳定。Hitchon 等^[43]研究认为前路手术较后路手术在矫正后凸畸形并维持脊柱稳定方面更有优势。虽然前路内固定手术具有其独特的优势,但由于前路手术创伤大、出血多、操作复杂、手术时间长和并发症多,目前临床上应用较少。

三、总结及展望

对于 OTF,可选择保守治疗或手术治疗,手术治疗包括微创与开放。但无论哪种治疗方式,均是以减轻病人疼痛,恢复病人脊柱力学稳定性及神经稳定性,提高病人生活质量为目标。笔者建议结合 TLOFSAS 分型,通过对骨折严重程度评分来选择合适的治疗方式,但 TLOFSAS 分型主要用于指导单节段 OTF 的治疗,对于多节段 OTF 治疗方式的选择还有待进一步研究。

目前对于 OTF 治疗的文献大多是回顾性分析,其研究方法缺乏高级别的循证医学依据。很多问题目前尚无国际认可的治疗方案,比如骨质疏松性胸腰椎压缩骨折是否可用保守治疗、骨质疏松性胸腰椎爆裂骨折是否可行 PKP(PVP)、TLOFSAS 分型的有效性等,需要更多随机对照研究,并对研

究疗效进行系统评价,以总结出最佳的治疗方案。

参 考 文 献

- [1] Cummings SR, Melton LJ. Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures[J]. Lancet, 2002, 359(9319): 1761-1767.
- [2] Cauley JA, Hochberg MC, Lui LY, et al. Long-term risk of incident vertebral fractures[J]. JAMA, 2007, 298(23): 2761-2767.
- [3] 中华医学会骨科学分会骨质疏松学组. 骨质疏松性骨折诊疗指南[J]. 中华骨科杂志, 2017, 37(1): 1-10.
- [4] Genant HK, Wu CY, van Kuijk C, et al. Vertebral fracture assessment using a semiquantitative technique[J]. J Bone Miner Res, 1993, 8(9):1137-1148.
- [5] Schnake KJ, Blattner TR, Hahn P, et al. Classification of osteoporotic thoracolumbar spine fractures: recommendations of the spine section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU)[J]. Global Spine J, 2018, 8(2 Suppl): 46S-49S.
- [6] Ismail AA, Cooper C, Felsenberg D, et al. Number and type of vertebral deformities: epidemiological characteristics and relation to back pain and height loss[J]. Osteoporos Int, 1999, 9(3): 206-213.
- [7] Heini PF. The current treatment—a survey of osteoporotic fracture treatment. Osteoporotic spine fractures: the spine surgeon's perspective[J]. Osteoporos Int, 2005, 16 Suppl 2: S85-S92.
- [8] 郝定均, 贺宝荣, 郭华, 等. 胸腰段骨质疏松性骨折严重程度评分评估及临床应用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2013, 23(8): 730-733.
- [9] 许正伟, 贺宝荣, 刘团江, 等. 胸腰椎骨质疏松性压缩骨折严重程度评分分型系统的可靠性研究[J]. 中华创伤杂志, 2016, 32(9): 772-776.
- [10] 宋海涛, 张伟, 李民, 等. ASTLOF 评分对胸腰椎骨质疏松骨折治疗的意义[J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 27(2): 116-121.
- [11] Knopp JA, Diner BM, Blitz M, et al. Calcitonin for treating acute pain of osteoporotic vertebral compression fractures: a systematic review of randomized, controlled trials[J]. Osteoporos Int, 2005, 16(10): 1281-1290.
- [12] Armingeat T, Brondino R, Pham T, et al. Intravenous pamidronate for pain relief in recent osteoporotic vertebral compression fracture: a randomized double-blind controlled study[J]. Osteoporos Int, 2006, 17(11): 1659-1665.
- [13] Galibert P, Deramond H, Rosat P, et al. [Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty][J]. Neurochirurgie, 1987, 33(2): 166-168.
- [14] Akbar M, Eichler M, Hagmann S, et al. [Role and limitations of vertebroplasty and kyphoplasty in the management of spinal metastases][J]. Orthopade, 2012, 41(8): 640-646.
- [15] Wang F, Wang LF, Miao DC, et al. Which one is more effective for the treatment of very severe osteoporotic vertebral compression fractures: PVP or PKP?[J]. J Pain Res, 2018, 11: 2625-2631.
- [16] Sun G, Tang H, Li M. Analysis of risk factors of subsequent fractures after vertebroplasty[J]. Eur Spine J, 2014, 23(6): 1339-1345.
- [17] Yang CC, Chien JT, Tsai TY, et al. Earlier vertebroplasty for osteoporotic thoracolumbar compression fracture may minimize the subsequent development of adjacent fractures: a retrospective study[J]. Pain Physician 2018;21:E483-E491.
- [18] Wardlaw D, van Meirhaeghe J, Ranstam J, et al. Balloon kyphoplasty in patients with osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Expert Rev Med Devices, 2012, 9(4): 423-436.
- [19] Buchbinder R, Osborne RH, Ebeling PR, et al. A randomized trial of vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral fractures[J]. N Engl J Med, 2009, 361(6): 557-568.
- [20] Kallmes DF, Comstock BA, Heagerty PJ, et al. A randomized con-

- trolled trial of vertebroplasty for osteoporotic spine fractures[J]. *N Engl J Med*, 2009, 361(6): 569-579.
- [21] Boszczyk B. Volume matters: a review of procedural details of two randomised controlled vertebroplasty trials of 2009[J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(11): 1837-1840.
- [22] Martikos K, Gregg T, Faldini C, et al. Osteoporotic thoracolumbar compression fractures: long - term retrospective comparison between vertebroplasty and conservative treatment [J]. *Eur Spine J*, 2018, 27(Suppl 2): 244-247.
- [23] Yang EZ, Xu JG, Huang GZ, et al. Percutaneous vertebroplasty versus conservative treatment in aged patients with acute osteoporotic vertebral compression fractures: a prospective randomized controlled clinical study[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2016, 41(8):653.
- [24] Clark W, Bird P, Gonski P, et al. Safety and efficacy of vertebroplasty for acute painful osteoporotic fractures (VAPOUR): a multicentre, randomised, double-blind, placebo-controlled trial[J]. *Lancet*, 2016, 389(10069): 602.
- [25] Zhang J, He X, Fan Y, et al. Risk factors for conservative treatment failure in acute osteoporotic vertebral compression fractures (OVCFs)[J]. *Arch Osteoporos*, 2019, 14(1): 24.
- [26] Zhang J, Fan Y, He X, et al. Bracing after percutaneous vertebroplasty for thoracolumbar osteoporotic vertebral compression fractures was not effective[J]. *Clin Interv Aging*, 2019, 14: 265-270.
- [27] Peh WC, Gilula LA. Percutaneous vertebroplasty: indications, contraindications, and technique [J]. *Br J Radiol*, 2003, 76(901): 69-75.
- [28] Nieuwenhuijse MJ, van Erkel AR, Dijkstra PD. Percutaneous vertebroplasty in very severe osteoporotic vertebral compression fractures: feasible and beneficial[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2011, 22(7): 1017-1023.
- [29] Landham PR, Baker-Rand HL, Gilbert SJ, et al. Is kyphoplasty better than vertebroplasty at restoring form and function after severe vertebral wedge fractures? [J]. *Spine J*, 2015, 15(4): 721-732.
- [30] Alpantaki K, Bano A, Pasku D, et al. Thoracolumbar burst fractures: a systematic review of management [J]. *Orthopedics*, 2010, 33(6): 422-429.
- [31] He S, Lin L, Tang X, et al. The treatment of osteoporotic thoracolumbar severe burst fractures with short pedicle screw fixation and vertebroplasty [J]. *Acta Orthop Belg*, 2014, 80(4): 493-500.
- [32] Rajasekaran S, Kanna RM, Schnake KJ, et al. Osteoporotic thoracolumbar fractures — How are they different? — Classification and treatment algorithm [J]. *J Orthop Trauma*, 2017, 31 Suppl 4: S49-S56.
- [33] Uchida K, Nakajima H, Yayama T, et al. Vertebroplasty - augmented short - segment posterior fixation of osteoporotic vertebral collapse with neurological deficit in the thoracolumbar spine: comparisons with posterior surgery without vertebroplasty and anterior surgery [J]. *J Neurosurg Spine*, 2010, 13(5): 612-621.
- [34] 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.
- [35] 崔冠宇, 田伟, 刘波, 等. PKP与椎体强化后椎弓根钉内固定治疗骨质疏松性胸腰椎爆裂骨折的比较研究[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2015, 30(7): 690-693.
- [36] Shin JJ, Chin DK, Yoon YS. Percutaneous vertebroplasty for the treatment of osteoporotic burst fractures [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2009, 151(2): 141-148.
- [37] 王新虎, 左春光, 黄袁迟. 经椎体后凸成形术治疗老年骨质疏松性椎体爆裂骨折[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2013, 28(9): 856-857.
- [38] Korovessis P, Hadjipavlou A, Repantis T. Minimal invasive short posterior instrumentation plus balloon kyphoplasty with calcium phosphate for burst and severe compression lumbar fractures [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2008, 33(6): 658-667.
- [39] Fuentes S, Blondel B, Metellus P, et al. Percutaneous kyphoplasty and pedicle screw fixation for the management of thoraco-lumbar burst fractures [J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(8): 1281-1287.
- [40] Wood KB, Buttermann GR, Phukan R, et al. Operative compared with nonoperative treatment of a thoracolumbar burst fracture without neurological deficit: a prospective randomized study with follow-up at sixteen to twenty-two years [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2015, 97(1): 3-9.
- [41] Lin CL, Chou PH, Fang JJ, et al. Short-segment decompression and fixation for thoracolumbar osteoporotic fractures with neurological deficits [J]. *J Int Med Res*, 2018, 46(8): 3104-3113.
- [42] Ataka H, Tanno T, Yamazaki M. Posterior instrumented fusion without neural decompression for incomplete neurological deficits following vertebral collapse in the osteoporotic thoracolumbar spine [J]. *Eur Spine J*, 2009, 18(1): 69-76.
- [43] Hitchon PW, Torner J, Eichholz KM, et al. Comparison of anterolateral and posterior approaches in the management of thoracolumbar burst fractures [J]. *J Neurosurg Spine*, 2006, 5(2): 117-125.

(收稿日期: 2019-02-20)

(本文编辑: 孙琴)

(上接第479页)

- [4] Hamilton SC, Stern PJ, Fassler PR, et al. Mini-screw fixation for the treatment of proximal interphalangeal joint dorsal fracture dislocations [J]. *J Hand Surg Am*, 2006, 31(8): 1349-1354.
- [5] Schaefer M, Siebert HR. Finger and metacarpal fractures: surgical and nonsurgical treatment procedures. I [J]. *Unfallchirurg*, 2000, 103(6): 482-494.
- [6] Miclau T, Remiger A, Tepic S, et al. A mechanical comparison of the dynamic compression plate, limited contact dynamic compression plate, and point contact fixator [J]. *J Orthop Trauma*, 1995, 9(1): 17-22.
- [7] Cordey J, Borgeaud M, Perren SM. Force transfer between the plate and the bone: relative importance of the bending stiffness of the screws friction between plate and bone [J]. *Injury*, 2000, 31(Suppl3): 21-28.
- [8] Gardner MJ, Brophy RH, Campbell D, et al. The mechanical behavior of locking compression plates compared with dynamic compression plates in a cadaver radius model [J]. *J Orthop Trauma*, 2005, 19(9): 597-603.
- [9] Perren SM. Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology [J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2002, 84(8): 1093-1110.
- [10] 娄玉健, 王秀会, 苏日宝. 微型锁定钢板与普通钢板内固定治疗掌指骨骨干骨折的疗效比较[J]. *骨科*, 2016, 7(4): 233-236.
- [11] 陈轲, 韩健, 殷振华, 等. 切开复位微型钢板内固定术治疗掌指关节周围部位创伤骨折效果观察[J]. *陕西医学杂志*, 2017, 46(1): 84-85.

(收稿日期: 2019-03-13)

(本文编辑: 龚哲妮)