

胸腰椎压缩性骨折的研究进展

李卓朋, 苏义拉图, 李家祺, 刘亚欧

内蒙古医科大学附属医院骨科A区, 内蒙古 呼和浩特

收稿日期: 2025年2月21日; 录用日期: 2025年3月14日; 发布日期: 2025年3月24日

摘要

随着人口老龄化, 骨质疏松性椎体压缩性骨折(OVCF)的发生率正在逐渐增加。尤其位于胸腰交界区的椎体, 作为胸腰椎的连接点, 躯体的负重应力集中于此, 而且由于其活动度较大及其特殊的解剖结构从而使其间的椎体容易发生骨折。OVCF也正在成为一个日益严重的公共卫生问题, 具有重大的社会经济影响。根据美国国家骨质疏松症基金会(美国)的数据, 美国约有1000万人患有骨质疏松症, 每年约有75万例OVCF, 中国的骨质疏松症发病率与西方国家没有太大区别。急性和慢性疼痛以及进行性脊柱畸形的患者人数也在逐渐增加。目前有几种不同的治疗策略: 保守治疗、传统手术和微创手术。治疗的选择取决于骨折的类型和治疗的目的。虽然2/3的患者会通过保守治疗逐渐好转, 1/3的骨折患者会出现慢性疼痛。此外, 椎体压缩性骨折还可能导致身高下降、脊柱后凸、肺功能下降、活动能力和平衡受损。在胸腰椎压缩性骨折的患者中, 由于骨折的椎体仍然处于持续的压迫状态, 导致周围的神经持续刺激, 并导致长期疼痛。因此, 对于胸腰椎压缩性骨折的患者, 医生应选择合理的治疗方法, 以避免进一步压迫骨折的脊椎, 还应解决疼痛, 恢复椎体高度并改善脊柱后凸、纠正脊柱后凸, 并避免神经损伤, 这一点十分重要。

关键词

胸腰椎, 压缩性骨折, 骨质疏松, 椎体成形术

Research Progress of Thoracolumbar Compression Fractures

Zhuopeng Li, Suyilatu, Jiaqi Li, Ya'ou Liu

Department of Orthopedic Area A, The Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Hohhot Inner Mongolia

Received: Feb. 21st, 2025; accepted: Mar. 14th, 2025; published: Mar. 24th, 2025

Abstract

With the aging of the population, the incidence of osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF) is gradually increasing. In particular, the vertebral bodies at the thoracolumbar junction, as the

connection point between the thoracic and lumbar spine, bear the concentrated weight-bearing stress of the body. Moreover, due to their large range of motion and special anatomical structure, the vertebral bodies in this area are prone to fractures. OVCF is also becoming an increasingly serious public health problem with significant socioeconomic impacts. According to data from the National Osteoporosis Foundation (USA), approximately 10 million people in the United States suffer from osteoporosis, with about 750,000 cases of OVCF each year. The incidence of osteoporosis in China is not much different from that in Western countries. The number of patients with acute and chronic pain, as well as progressive spinal deformities, is also gradually increasing. Currently, there are several different treatment strategies: conservative treatment, traditional surgery, and minimally invasive surgery. The choice of treatment depends on the type of fracture and the treatment objective. Although two-thirds of patients will gradually improve through conservative treatment, one-third of fracture patients will experience chronic pain. In addition, vertebral compression fractures can also lead to a decrease in height, kyphosis, decline in lung function, and impairment of mobility and balance. In patients with thoracolumbar compression fractures, since the fractured vertebral body remains in a state of continuous compression, it causes continuous stimulation of the surrounding nerves and leads to long-term pain. Therefore, for patients with thoracolumbar compression fractures, it is very important that doctors should choose a reasonable treatment method to avoid further compression of the fractured vertebrae, relieve pain, restore vertebral height, improve the kyphosis, correct kyphosis, and avoid nerve damage.

Keywords

Thoracolumbar Spine, Compression Fracture, Osteoporosis, Vertebroplasty

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 胸腰椎压缩性骨折的原因

1.1. 骨质疏松

骨质疏松症是一种全身性疾病,其特征是骨量低、骨组织微结构恶化和骨骼脆弱[1][2]。骨质疏松症可以是原发性的,也可以是由各种继发性原因引起的[3]。原发性骨质疏松症是指与衰老相关的骨质流失导致的骨质疏松症。继发性骨质疏松症是指与潜在疾病或某些药物相关的骨质流失。继发性骨质疏松症最常见的原因是糖皮质激素诱导的骨质疏松症[4]。

全球估计表明,每3名女性中就有1名和每5名男性中就有1名,年龄超过50岁,随着年龄的增长,将患有骨质疏松性骨折。OVCF因其易骨折性,通常由低能量损伤引起,并被称为“脆性骨折”。骨质疏松症患者的脊椎和髋部骨折通常会导致畸形、功能丧失、各种疾病和过早死亡。正常人的椎体主要由小梁骨构成,它们纵横交错形成椎体的初级结构。当外力作用于脊柱时,产生的压缩力通过椎间盘传导到椎体,由骨小梁中心向四周扩散,在椎体内部形成应力,一旦应力超过骨小梁能承受的强度,骨小梁的结构就会破坏,失去稳定性,局部的裂隙进一步发展就会发生椎体压缩性骨折。随着衰老和骨质疏松的发生,骨小梁的表面密度逐步下降,骨小梁的形态结构也受到影响。在一定的压缩力作用下,骨小梁结构失稳,出现局部碎裂,继而发生骨折[5]。

1.2. 椎旁肌减少

OVCF以前被认为是一种骨骼疾病,之前的大多数研究都集中在骨密度,虽然椎旁肌和脊柱在解剖

学和功能层面都紧密相连,但椎旁肌退化和 OVCF 之间的联系长期以来一直被忽视,最近,几项研究报告称,OVCF 患者的肌肉减少率高于没有患 OVCF 的患者[6][7]。一些研究人员还发现,肌肉减少症患者的 OVCF 发病率更高。Lee 等人认为,保持脊柱旁肌肉的质量对于预防 OVCF 至关重要[8][9]。

Jeon 等人认为,脊柱旁肌肉在维持脊柱对齐和矢状平衡方面发挥着重要作用。在 OVCF 患者中,脊柱旁肌的脂肪退化是椎体骨折的高危因素[10][11]。

脊柱旁肌肉退化主要表现为脊柱旁肌肉脂肪浸润,其中肌肉纤维被脂肪组织代替,从而降低肌肉的物理功能[12][13],因此会有很大程度上的应力作用于脊柱椎体,从而发生 OVCF。所以笔者认为椎旁肌的减少会导致 OVCF 发生的概率增加。

2. 胸腰椎压缩性骨折的治疗

2.1. 保守治疗

现阶段,患者使用保守治疗的主要目的是缓解疼痛,维持脊柱的稳定性。而且一些患者由于身体情况,如高龄、一般状态差或难以耐受手术,或者由于对手术的恐惧而拒绝手术的患者,且椎体压缩程度较轻,且不伴有神经损害症状的患者可选择保守治疗方案。现在 OVCF 的常规保守治疗通常包括绝对卧床休息、使用口服或注射止痛药、支具固定和一些物理治疗以及后续长期的抗骨质疏松药物治疗。保守治疗需要患者长期绝对卧床休息,一般至少需要一个月的时间,一个月后可以在佩戴支具的保护下,下床行走,三个月骨折可基本愈合。但保守治疗的缺点是显而易见的,患者骨折的椎体高度恢复一般,远期疗效较差。还包括缓解疼痛缓慢,治疗时间长。长期卧床休息很容易导致血栓、褥疮、呼吸道和泌尿道感染以及便秘等并发症发生[14],使患者及家属的生活受到极大困扰。

2.2. 骨质疏松治疗

患者无论是选择保守治疗或者手术治疗,均应该进行抗骨质疏松治疗。目前美国食品药品监督管理局批准的预防和/或治疗绝经后骨质疏松症的药理疗法包括双膦酸盐(阿伦膦酸盐、伊班膦酸和唑来膦酸)、雌激素(雌激素和/或激素治疗)、雌激素激动剂/拮抗剂(拉洛昔芬)、组织选择性雌激素复合物(共轭雌激素/巴多昔芬)、甲状旁腺激素(PTH [1-34]、特立帕肽)、甲状旁腺激素相关肽的类似物(PTHrP [1-34]、阿巴洛肽)、RANKL 抑制剂(denosumab)、全人类单克隆抗体(罗莫单抗)和降钙素。甲状旁腺激素(如特立帕肽)和 RANKL 抑制剂(如地诺单抗)的组合/顺序使用已被证明比任何一种药物的单药治疗都能更有效地增加骨密度,改善骨骼微结构和强度。在非常高风险的环境中,如脊椎骨折,同时服用甲状旁腺激素和 RANKL 抑制剂的联合疗法可能是合适的[15]。除此之外,对于患者还可以进行五点支撑法进行腰背肌的锻炼,使患者疼痛症状缓解[16]。物理疗法,如红光照射治疗等。物理治疗对于患者无副损伤,且有研究表明,物理治疗可加速血液循环,减轻患者疼痛。

2.3. 开放手术治疗

开放手术治疗的适应症是不稳定的骨折,脊柱后凸 $> 35^\circ$, 有神经和脊髓压迫症状[17]。开放手术治疗通常是以完全释放脊髓和神经压迫为目标;恢复脊柱的正常曲度和最大程度地纠正脊柱后凸;恢复脊柱的稳定性,减少骨折部位疼痛和术后并发症[18]。这些都是开放手术的优势之处。青壮年发生椎体压缩性骨折一般来自于高能量创伤。老年人发生椎体压缩性骨折一般都为低能量损伤。但 OVCF 患者多为老年人,且有不同程度的骨质疏松。可能发生椎弓根内螺钉松动,造成螺钉切割现象,从而发生内固定物失效、术后椎体高度再丢失等风险。故手术疗效欠佳。若青壮年人发生压缩性骨折,一般建议行开放手术治疗。骨水泥本身硬度、刚度极大且不可吸收,随着年龄的不断增加,人体骨密度减少,而骨水泥强

度不变,所以易破坏本身脊柱力学结构,发生邻椎的骨折。所以青壮年发生压缩性骨折后,需手术治疗则建议行开放手术而不是微创手术。

2.4. 微创手术治疗

2.4.1. 经皮椎弓根螺钉术(PPSF)

PPS 最早由 Magerl [19]提出,如今已成为胸腰椎骨折治疗的重要手段之一。与传统后路广泛开放性手术相比,PPSF 优势显著。其手术时间短,能有效减少患者在麻醉和手术过程中的风险;创伤小、出血少,这不仅降低了术中失血过多的风险,还减轻了患者术后疼痛,极大地促进了术后恢复进程[20] [21]。

在精准度方面,图像导航系统的应用是 PPSF 的一大助力。它能够实时引导椎弓根螺钉的置入,将螺钉置入错误率降到最低,确保手术效果的稳定性和可靠性[22]。同时,PPSF 对神经肌肉的干扰极小,特别适用于无神经症状的患者,在保障治疗效果的同时,最大程度地减少了对患者身体机能的影响[23]。诸多研究证实,在许多病例中,PPSF 可作为后路广泛开放性手术的有效替代方案,为患者提供更优质的治疗选择[24]。

然而,任何微创手术都并非完美无缺,PPSF 也不例外。该手术对医师的解剖知识储备和临床经验要求极高,术者需精准把握椎弓根的解剖结构,才能确保手术顺利进行。此外,若患者存在椎体后上方骨块反转的情况,单纯采用 PPSF 不但难以实现骨块复位,还可能进一步加重脊髓神经的压迫,对患者造成严重伤害。

针对骨质疏松性胸腰椎压缩骨折,经皮椎弓根螺钉联合骨水泥强化术应运而生,这是对 PPSF 的重要补充。在完成椎弓根螺钉打入后,向伤椎插入带芯金属套管,拔出管芯并置入工作通道,随后打入骨水泥,尽可能将病变椎体充填饱满。这种方式能显著增强椎体强度与硬度,为骨质疏松患者提供更稳固的支撑,有效改善患者预后。

2.4.2. 经皮椎体成形术(PVP)、经皮后凸椎体成形术(PKP)

在全球范围内,有超过 1 亿人正遭受着骨质疏松性脊柱骨折的潜在威胁,这一数据来自权威的研究[25] [26]。不难发现,骨质疏松性胸腰椎压缩骨折已然成为危害人类健康的一大劲敌。该病症在中老年人中尤为高发,特别是 60 岁以上群体,女性患病几率远超男性[27]。针对这一棘手病症,经皮椎体成形术(PVP)和经皮后凸椎体成形术(PKP)成为了主要的手术应对方案。

PVP 手术的操作核心是向骨折的椎体注入骨水泥,通过这种方式增强椎体强度,从而有效缓解患者疼痛。然而,该方法存在一定局限性,对于伤椎高度的恢复效果并不理想。反观 PKP 手术,整个流程更加精细复杂。在 C 型臂机的精准透视引导下,医生首先将导针精准旋转至椎体中心位置,随后小心取出导针,利用特制钻头对小孔进行扩大处理,紧接着置入球囊。在这个过程中,医生会缓慢向球囊内注入造影剂,使球囊逐步扩张。当球囊扩张到与终板贴合,或者达到理想的高度时,便取出球囊,进入拔管期,此时缓慢注入骨水泥。这一系列操作不仅能稳固椎体,还能显著恢复椎体原本高度。

在 PVP 和 PKP 手术注入骨水泥时,稍有不慎就可能引发骨水泥渗漏,所以全程必须高度集中注意力,密切观察。相比之下,PKP 手术在这方面表现更优,骨水泥渗漏概率更低,安全性大幅提升。另外,这两种手术方式在操作路径选择上,都存在单侧与双侧两种选项。从短期治疗效果对比,单侧和双侧手术并无明显差异。但单侧手术耗时更短,能有效降低患者麻醉风险;费用成本更低,减轻患者经济负担;对身体造成的创伤更小,术后恢复更快;术中拍摄 X 线片次数少,减少患者辐射暴露;骨水泥使用量也更少。所以,就现在而言,单侧手术更有优势。不过,天下没有十全十美的方案,单侧手术也存在隐患,术后邻近椎体发生骨折的风险会有所增加[28]。当下,一种新兴的联合治疗方案——椎体成形术联合后路椎弓根螺钉术,在骨质疏松性胸腰椎骨折治疗中崭露头角,临床反馈疗效颇佳。

2.4.3. 微创椎弓根螺钉术联合经皮椎体成形术(PVP)

在胸腰椎骨质疏松性骨折的治疗领域,微创椎弓根螺钉术联合经皮椎体成形术(PVP)是一种备受关注的治疗方案。具体操作过程如下:

首先,运用微创技术,通过棘旁骶棘肌裂(Wiltse)入路,显露上关节突和横突根部,进而将非空心椎弓根螺钉置入骨折椎体附近。在确定椎弓根位置后,利用椎弓根探针或手持刮匙进入椎弓根。术前需仔细研究经椎弓根获取的前后位和侧位 X 线片以及 CT 扫描结果,以此精准确定冠状面和矢状面的正确入路角度。在操作过程中,要对椎弓根的四个象限界进行完整性验证,确保椎弓根为实心骨管,且未出现侵犯椎管或神经孔的情况。随后,将长度适配的椎弓根螺钉准确置入椎弓根,再选取两根尺寸合适的连接棒,维持腰椎的前凸形态,并通过皮下软组织和肌肉将其放置在椎弓根螺钉上。必要时,通过安装及在两颗螺钉间施加牵张的方式,实现对骨折的复位。

完成上述操作后,进行 PVP 手术。在透视引导下,将聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥经前方放置的穿刺针注入目标椎体,直至骨水泥接近目标椎体后部,或出现向骨外空间(如椎间盘等)渗漏迹象时,立即停止注射。

这种将两种微创手术有机结合的治疗方法,有效克服了单纯 PVP 手术易导致椎体再骨折等问题,在临床实践中已得到广泛认可,为胸腰椎骨质疏松性骨折患者带来了更优的治疗选择[29]。

3. 总结与展望

胸腰椎骨折作为临床常见的脊柱损伤类型,其治疗手段正不断发展。目前,手术方法丰富多样且针对性渐强,但由于胸腰椎骨折分类繁杂,不同医师的治疗方案存在显著差异,尚未形成统一的手术治疗规范。

后路开放手术是当下治疗胸腰椎骨折的主要方式,多数胸腰椎骨折都适用。这种手术固定牢固,但要求椎体具备足够的支撑力,对于骨质条件良好、耐受力强的年轻患者,能取得理想的远期疗效。然而,其创伤较大、恢复周期长的缺点也较为明显。

随着医疗技术的进步,微创手术愈发受到重视。与传统开放手术相比,微创手术具有手术时间短、创伤小、恢复快等优势,尤其适用于耐受力较差的中老年人,像 PKP 与 PVP 已成为中老年骨质疏松性压缩骨折的首选治疗方法。不过,微创手术也存在手术视野受限、需更多 X 线透视以及对医生技术要求高,后续会导致邻近椎体发生压缩骨折等问题,在严重胸腰椎骨折的治疗中,仍需进一步改进创新以提升疗效。

从当前各种手术方式的特点来看,微创手术虽不会完全取代传统开放手术,但必然是未来重点突破和广泛开展的方向。未来,需要持续创新,使微创手术在满足手术需求的同时,进一步降低风险、提高精准度。同时,将微创手术与开放手术相结合,根据患者的具体情况选择合适的手术方式,既能减少创伤,又能达到更满意的治疗效果。

此外,手术切口的选择也在不断优化,如后路 Wiltse 切口等新型切口,以减少患者损伤、促进恢复为目标,符合患者对治疗的需求,值得在传统开放手术的基础上深入探索和广泛应用。

在治疗胸腰椎骨折患者时,医生不仅要考虑骨折类型和程度,更要综合患者的实际情况,选择最适宜的手术方案,实现个性化精准治疗。随着临床实践的不断积累和技术的持续创新,相信未来会探索出更全面、有效、便捷的手术治疗方案,为患者带来更大福祉。

参考文献

- [1] Wood, K.B., Li, W., Lebl, D.S. and Ploumis, A. (2014) Management of Thoracolumbar Spine Fractures. *The Spine Journal*,

- 14, 145-164. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2012.10.041>
- [2] Imamudeen, N., Basheer, A., Iqbal, A.M., Manjila, N., Haroon, N.N. and Manjila, S. (2022) Management of Osteoporosis and Spinal Fractures: Contemporary Guidelines and Evolving Paradigms. *Clinical Medicine & Research*, **20**, 95-106. <https://doi.org/10.3121/cmr.2021.1612>
- [3] Shi, L., Ge, Q., Cheng, Y., Lin, L., Yu, Q., Cheng, S., *et al.* (2023) Posterior Unilateral Approach with 270° Spinal Canal Decompression and Three-Column Reconstruction Using Double Titanium Mesh Cage for Thoracic and Lumbar Burst Fractures. *Frontiers in Surgery*, **9**, Article 1089697. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.1089697>
- [4] Amin, U., McPartland, A., O'Sullivan, M. and Silke, C. (2023) An Overview of the Management of Osteoporosis in the Aging Female Population. *Women's Health*, **19**, 1-11. <https://doi.org/10.1177/17455057231176655>
- [5] 印平, 马远征, 马迅, 等. 骨质疏松性椎体压缩性骨折的治疗指南[J]. 中国骨质疏松杂志, 2015, 21(6): 643-648.
- [6] Smorgick, Y., Pelleg-Kallevag, R., Lindner, D., Anekstein, Y., Goldstein, S. and May, H. (2024) Vertebral Body Density Role in Determining Vertebral Osteoporotic Fracture Type and Its Progression. *Clinical Anatomy*, **38**, 97-104. <https://doi.org/10.1002/ca.24219>
- [7] Oppenheimer, J., Lüken, S., Geveshausen, S., Hamm, B. and Niehues, S.M. (2024) An Overview of the Performance of AI in Fracture Detection in Lumbar and Thoracic Spine Radiographs on a per Vertebra Basis. *Skeletal Radiology*, **53**, 1563-1571. <https://doi.org/10.1007/s00256-024-04626-2>
- [8] Cao, D., Gu, W., Zhao, H., Hu, J. and Yuan, H. (2024) Advantages of Unilateral Percutaneous Kyphoplasty for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures—A Systematic Review and Meta-Analysis. *Archives of Osteoporosis*, **19**, Article No. 38. <https://doi.org/10.1007/s11657-024-01400-8>
- [9] Lee, D.G. and Bae, J.H. (2023) Fatty Infiltration of the Multifidus Muscle Independently Increases Osteoporotic Vertebral Compression Fracture Risk. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **24**, Article No. 508. <https://doi.org/10.1186/s12891-023-06640-2>
- [10] Jeon, I., Kim, S.W. and Yu, D. (2021) Paraspinal Muscle Fatty Degeneration as a Predictor of Progressive Vertebral Collapse in Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *The Spine Journal*, **22**, 313-320.
- [11] Takahashi, S., Hoshino, M., Ohyama, S., Hori, Y., Yabu, A., Kobayashi, A., *et al.* (2021) Relationship of Back Muscle and Knee Extensors with the Compensatory Mechanism of Sagittal Alignment in a Community-Dwelling Elderly Population. *Scientific Reports*, **11**, Article No. 2179. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82015-8>
- [12] Pastor, F.M., Amaral, C.I., de Melo Ocarino, N., Dias, L.A., da Silveira Xavier, A.B., Castelo Branco, E.C., *et al.* (2024) Thyroid Dysgenesis Associated with Dwarfism, Osteoporosis and Spontaneous Fractures in a Goat. *Journal of Comparative Pathology*, **213**, 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2024.06.005>
- [13] Xiong, X., Chen, W., Zhou, W., Liu, Z., Liu, J., Chen, J., *et al.* (2024) A Prediction Nomogram for Fractured Vertebra Recollapse after Posterior Reduction and Pedicle Screw Fixation in Thoracolumbar Fractures. *World Neurosurgery*, **189**, e807-e813. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2024.07.009>
- [14] Chang, M., Zhang, C., Shi, J., Liang, J., Yuan, X., Huang, H., *et al.* (2021) Comparison between 7 Osteoporotic Vertebral Compression Fractures Treatments: Systematic Review and Network Meta-Analysis. *World Neurosurgery*, **145**, 462-470.E1. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.08.216>
- [15] LeBoff, M.S., Greenspan, S.L., Insogna, K.L., Lewiecki, E.M., Saag, K.G., Singer, A.J., *et al.* (2022) The Clinician's Guide to Prevention and Treatment of Osteoporosis. *Osteoporosis International*, **33**, 2049-2102. <https://doi.org/10.1007/s00198-021-05900-y>
- [16] 陆琪莲. 康复护理联合保守治疗对老年轻度脊柱压缩性骨折患者健康结局的影响分析[J]. 中国医药指南, 2024, 22(10): 128-130.
- [17] Li, J., Xu, L., Liu, Y., Sun, Z., Wang, Y., Yu, M., *et al.* (2023) Open Surgical Treatments of Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *Orthopaedic Surgery*, **15**, 2743-2748. <https://doi.org/10.1111/os.13822>
- [18] 赵慧博. 不同年龄段胸腰椎压缩性骨折手术治疗方式选择的回顾性研究[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北医科大学, 2021.
- [19] Magerl, F.P. (1984) Stabilization of the Lower Thoracic and Lumbar Spine with External Skeletal Fixation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, **189**, 125-141. <https://doi.org/10.1097/00003086-198410000-00014>
- [20] Gong, Y., Fu, G., Li, B., Li, Y. and Yang, X. (2017) Comparison of the Effects of Minimally Invasive Percutaneous Pedicle Screws Osteosynthesis and Open Surgery on Repairing the Pain, Inflammation and Recovery of Thoracolumbar Vertebra Fracture. *Experimental and Therapeutic Medicine*, **14**, 4091-4096. <https://doi.org/10.3892/etm.2017.5036>
- [21] Sun, X., Zhang, X. and Hai, Y. (2016) Percutaneous versus Traditional and Paraspinal Posterior Open Approaches for Treatment of Thoracolumbar Fractures without Neurologic Deficit: A Meta-Analysis. *European Spine Journal*, **26**, 1418-1431. <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4818-4>
- [22] Youkilis, A.S., Quint, D.J., McGillicuddy, J.E. and Papadopoulos, S.M. (2001) Stereotactic Navigation for Placement of

- Pedicle Screws in the Thoracic Spine. *Neurosurgery*, **48**, 771-779. <https://doi.org/10.1227/00006123-200104000-00015>
- [23] 韩雷, 全仁夫, 孙观容, 等. 经皮椎弓根螺钉结合经伤椎置钉与骨水泥强化治疗中老年胸腰椎骨质疏松性压缩骨折的疗效比较[J]. 中华创伤杂志, 2017, 33(3): 213-218.
- [24] Mao, Y., Wu, W., Zhang, J. and Ye, Z. (2023) Prediction Model of Adjacent Vertebral Compression Fractures after Percutaneous Kyphoplasty: A Retrospective Study. *BMJ Open*, **13**, e064825. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-064825>
- [25] Ma, X., Zhao, Y., Zhao, J., Wu, H. and Feng, H. (2023) Percutaneous Pedicle Screw Fixation Combined with Percutaneous Vertebroplasty for the Treatment of Thoracic and Lumbar Metastatic Tumors. *Journal of Clinical and Translational Research*, **9**, 93-100.
- [26] National Osteoporosis Foundation (2002) America's Bone Health: The State of Osteoporosis and Low Bone Mass in Our Nation. Report of National Osteoporosis Foundation.
- [27] Asahi, R., Kamo, T., Yuguchi, S., Azami, M., Ogiwara, H. and Momosaki, R. (2023) Effects of Weekend Rehabilitation on Vertebral Compression Fractures in the Elderly. *Physiotherapy Research International*, **29**, e2049. <https://doi.org/10.1002/pri.2049>
- [28] Tang, J., Guo, W., Hu, J. and Yu, L. (2019) Unilateral and Bilateral Percutaneous Kyphoplasty for Thoracolumbar Osteoporotic Compression Fractures. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*, **29**, 946-950. <https://doi.org/10.29271/jcpsp.2019.10.946>
- [29] ompression Fractures in Population over 65 Years Old. *Aging Clinical and Experimental Research*, **35**, 1609-1617. <https://doi.org/10.1007/s40520-023-02445-4>