

· 综述 ·

# 骨质疏松性椎体压缩骨折椎体成形术后非手术椎体再骨折危险因素探讨

邓强<sup>1</sup> 乔小万<sup>2\*</sup> 李中锋<sup>1</sup> 彭冉东<sup>1</sup> 王雨榕<sup>2</sup> 杜凯然<sup>2</sup> 张凯东<sup>2</sup> 罗林钊<sup>2</sup>

1. 甘肃省中医院, 甘肃 兰州 730050;

2. 甘肃中医药大学, 甘肃 兰州 730000

中图分类号: R681.5 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2021) 04-0613-06

**摘要:** 骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporosis vertebral compression fracture, OVCF)是老年性及绝经后骨质疏松症患者最常见的严重并发症,骨折患者常有骨性疼痛、椎体高度下降、脊柱后凸畸形等临床表现,严重影响患者生活质量。经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)、经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)及网袋加压椎体成形术(vesselplasty)是治疗 OVCF 的常用术式,在恢复椎体高度、预防后凸畸形、减轻疼痛症状等方面优势突出。但 OVCF 患者椎体成形术后存在非手术椎体再发骨折的可能性,在影响手术质量的同时,对患者术后康复、生活质量、经济负担均有较大影响。椎体成形术后非手术椎体再发骨折与骨质疏松进程、初始骨折部位及数量等自身客观因素相关,也与术后椎体高度的过度恢复、骨水泥渗漏、骨水泥过度填充等手术因素密切相关。本文通过查阅近年来关于 OVCF 患者椎体成形术后非手术椎体再发骨折危险因素及原因文献报道,综述经过统计学方法验证的,具有统计学意义的危险因素,通过患者自身因素、手术因素等方面展开探讨,以期能够为临床降低 OVCF 患者椎体成形术后非手术椎体再发骨折的发生率提供相关参考。

**关键词:** 骨质疏松性椎体压缩骨折;椎体成形术;再骨折;因素;综述

## Research progress on the risk factors of non-operative vertebral refracture after vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures

DENG Qiang<sup>1</sup>, QIAO Xiaowan<sup>2</sup>, LI Zhongfeng<sup>1</sup>, PENG Randong<sup>1</sup>, WANG Yurong<sup>2</sup>, DU Kairan<sup>2</sup>, ZHANG Kaidong<sup>2</sup>, LUO Linzhao<sup>2</sup>

1. Gansu Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730050, China

2. Gansu University of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China

\* Corresponding author: QIAO Xiaowan, Email: 1391247180@qq.com

**Abstract:** Osteoporosis vertebral compression fracture (OVCF) is the most common serious complication of senile and postmenopausal osteoporosis patients. Fracture patients often have bone pain, vertebral body height reduction, and kyphosis Malformation and other clinical manifestations seriously affect the patient's quality of life. Percutaneous vertebroplasty (PVP), percutaneous kyphoplasty (PKP) and mesh plasty (vesselplasty) are commonly used procedures for the treatment of OVCF. It has outstanding advantages in terms of body height, prevention of kyphosis, and relief of pain symptoms. However, there is the possibility of non-surgical vertebral fractures after vertebral plasty in OVCF patients, which not only affects the quality of surgery, but also has a great impact on patients' postoperative rehabilitation, quality of life, and economic burden. The recurrent fracture of the adjacent vertebrae after vertebroplasty is related to its own objective factors such as the process of osteoporosis, the initial fracture site and the number of fractures, as well as the surgical factors such as excessive recovery of postoperative vertebral body height, bone cement leakage, and excessive bone cement filling. In this paper, through reviewing recent literature reports on the risk factors and causes of non-surgical vertebral fractures after vertebral plasty in OVCF patients, we review the statistically validated risk factors that have statistical significance. Discussions are conducted in order to provide relevant references for clinically reducing the

基金项目: 国家自然科学基金(地区)基金项目(81860860);兰州市科技局社会发展项目(2017-RC-44);白求恩·脊柱病理性骨折椎体强化治疗专项基金项目(BK-JP2018004)

\* 通信作者: 乔小万, Email: 1391247180@qq.com

incidence of recurrent fractures after vertebroplasty in OVCF patients.

**Key words:** osteoporotic vertebral compression fractures; vertebroplasty; re-fracture; factors; summary

老年性及绝经后骨质疏松症患者由于椎体骨量丢失、椎体强度及承重能力大幅下降,极易因轻微外力导致骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporosis vertebral compression fracture, OVCF),是绝经后骨质疏松症(postmenopausal osteoporosis, PMOP)和老年性骨质疏松症(senile osteoporosis)最常见的并发症,其主要临床表现有骨折部位疼痛、活动受限、脊柱后凸畸形,严重者可导致残疾<sup>[1]</sup>。针对 OVCF 的治疗,应根据骨折程度及症状轻重制定不同的诊疗方案,常见处理措施有卧床休息、支具固定、药物镇痛等保守治疗以及不同层次的手术干预。PVP、PKP、网袋加压椎体成形术经过不断的应用与改良,在恢复椎体高度、减轻疼痛症状、改善脊柱生物力学功能等方面优势突出,并能有效避免长期卧床所导致的压疮、肺部感染等严重并发症的发生<sup>[2-4]</sup>。但临床上部分 OVCF 患者椎体成形术后非手术椎体再发骨折则可能对脊柱造成更大程度的损伤,给患者造成严重的二次创伤。因此防止椎体成形术后非手术椎体再发骨折是临床上治疗 OVCF 亟待解决的问题,对于提高椎体成形术的安全性、普及率,降低医疗成本及医源性损伤均具有重要意义。在这种背景之下,对椎体成形术后非手术椎体再发骨折的危险因素进行探讨和分析就显得尤为必要。基于此,本文着重从影响椎体再骨折发生的自身因素及手术因素等角度出发做一综述,以期能够为临床医生提供相关参考。

## 1 非手术因素

### 1.1 骨质疏松进程

骨密度(bone mineral density, BMD)是反映骨质疏松程度的重要指标,对评价骨骼质量具有较好的参考意义。椎体强化术在减轻骨折后疼痛、提高椎体强度、恢复椎体高度等方面优势明显,但无法干预骨质疏松进程,因此术后规律抗骨质疏松治疗就显得尤为重要。吴铮<sup>[5]</sup>通过多因素 Logistic 回归分析发现 PKP 术后服用抗骨质疏松药物及补肾活血中药可明显降低非手术椎体再骨折的发生率。在梅治等<sup>[6]</sup>的回顾性研究中,非手术椎体继发骨折患者的 BMD 值明显低于未骨折患者( $P < 0.05$ ),意味着 BMD 值过低是导致 PKP 术后非手术椎体继发骨折的独立危险因素之一。Kaufman 等<sup>[7]</sup>发现 BMD 值的高低与 OVCF 的发生关系密切,骨质疏松症患者

BMD 值每提高 1% 则发生 OVCF 的风险下降 3%。大量研究证实,术后高质量抗骨质疏松治疗可以显著降低非手术椎体继发骨折的发生率,因此健康的生活管理、合理补充钙剂、规律服用抗骨质疏松药物等有利于改善骨代谢的措施,应纳入术后常规的治疗方案。

### 1.2 年龄与性别

高龄同样是诱发椎体强化术后再发骨折的重要因素, Li 等<sup>[8]</sup>通过研究表明 PVP 术后邻椎非骨折组的年龄 $[(69.5 \pm 7.2)$ 岁]显著低于骨折组 $[(71.8 \pm 6.7)$ 岁]。对高龄患者的术后护理往往是治疗过程中的薄弱环节,加之高龄患者基础疾病增多、生活自理能力不足均可成为诱发椎体骨折的危险因素。同时, OVCF 作为脆性骨折之一,有学者<sup>[9]</sup>统计脆性骨折群体 60 岁以上患者占比约为 90%, 且绝大多数脆性骨折与跌倒有关,因此对高龄患者进行跌倒风险评估对术后预防继发椎体骨折也具有重要意义。性别差异同样是导致椎体成形术后继发骨折的因素,成骨细胞分泌类骨质通过性激素的作用发挥成骨作用,性激素类别和水平的不同对骨骼代谢产生差异性影响。赵利涛等<sup>[10]</sup>通过探讨雌激素对绝经后妇女骨转换生化指标的影响发现雌激素水平的下降是骨代谢失调的首要因素,与 PMOP 的发生高度相关,意味着女性绝经后由于雌激素水平的急剧下降而发生 OVCF 的几率要高于男性。已有研究证实男性骨骼峰值较女性高,其腰椎平均骨峰值较女性高 11%<sup>[11]</sup>, PMOP 患者术后在应力集中的情况下继发骨折的危险就会增加。陆奇峰等<sup>[12]</sup>通过应用 Logistic 回归多因素分析得出女性 OVCF 患者 PVP 术后更容易发生相邻椎体再骨折( $b' = 1.018$ ),再骨折概率约为男性患者的 2.9 倍。

### 1.3 原始骨折椎体的平面和数量

原始椎体骨折数目越多对脊柱正常的生物力学平衡和承载力负荷的破坏就会更大,骨量丢失的程度越重,意味着骨质结构退化的程度越高,多阶段椎体骨水泥注入对整个脊柱正常力学传递、负荷传导均有较大影响,非手术椎体所承受的压力负荷与骨水泥注入量成正相关,成为术后非手术椎体继发骨折的危险因素。曹冬子等<sup>[13]</sup>通过研究 OVCF 患者 PKP 术后新发骨折的影响因素,骨折组的原始椎体骨折数量、手术椎体数与非骨折组比较,差异均具有

统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 与 Ren 等<sup>[14]</sup> 学者的研究结论一致。此外, 胸椎与腰椎交界处是整个脊柱应力最为集中的部位, 中胸段 T<sub>7</sub>-T<sub>9</sub> 和胸腰段存在相邻椎体骨折空间丛集现象, 且活动度相对较大, 加之此阶段缺乏胸廓和肋骨等骨性结构的支撑固定, 因此胸腰段 (T<sub>10</sub>-L<sub>2</sub>) 发生压缩性骨折的概率就更高, 胸腰段椎体骨折术后由于上述原因对周围椎体的活动也会产生不利影响, 从而增加骨折风险。

#### 1.4 骨水泥材料差异

目前临床上常见的骨水泥有生物活性类陶瓷骨水泥 (Orthocomp 型、Cortoss 型等)、聚甲基丙烯酸甲酯 (polymethyl methacrylate, PMMA)、磷酸钙骨水泥 (calcium phosphate cements, CPCs) 和硅酸钙骨水泥 (calcium silicate cements, CSCs)。PMMA 因价格低廉、高生物力学强度及刚度以及其固化产热具有止痛作用的优点<sup>[15]</sup>, 因此在临床上应用广泛。不同材料的骨水泥呈现出不同的生物学特性, 在强度、黏性、弥散能力等方面存在差异, 对术后椎体继发骨折的影响也呈现较大的差别。Dickey 等<sup>[16]</sup> 通过有限元模型分析发现无铅玻璃离子水门汀骨水泥注入骨折椎体后椎体应力的分布与正常椎体类似, 在满足正常生理负荷条件下对椎体应力的再分布产生的影响较 PMMA 骨水泥小, 意味着骨水泥材料的不同对术后椎体继发骨折也存在差异化影响。Gilula 等<sup>[17]</sup> 分别利用 PMMA、Cortoss 骨水泥对 256 例 OVCF 患者行椎体强化术, 多中心随机对照试验结果表明椎体继发骨折率: PMMA 组 (31.9%) 高于 Cortoss 组 (27.8%), 差异具有统计学意义, 其原因可能与 PMMA 材质及机械能力劣于 Cortoss 骨水泥有关, 已有研究证实 Cortoss 骨水泥更有利于术椎承载生理负荷传导。PMMA 骨水泥硬度过高使正常的应力分散系统失效, 其产生的热效应和纤维化也可对邻近椎体造成二次损伤, 成为诱发非手术椎体继发骨折的危险因素。

#### 1.5 骨折椎体的压缩程度及椎体内裂隙征

非手术椎体再骨折的发生率一般与原始骨折椎体的压缩程度成正比, 骨折椎体压缩程度越大, 对椎体终板、皮质、侧壁等屏障结构的破坏程度就越重, 骨水泥注入后呈非均匀弥散分布, 发生骨水泥渗漏的风险就会上升, 加之骨水泥弥散分布不均匀影响脊柱正常的力学传导<sup>[18]</sup>, 上述因素共同作用使椎体继发骨折的风险增高。椎体内裂隙征 (intravertebral vacuum clefts, IVC) 是指椎体压缩骨折并伴有骨缺血性坏死及椎体内不稳, 为了充分满足手术椎体的

稳定锚合常需注入足量的骨水泥以填充椎体裂隙。伴有 IVC 的病椎术后由于骨水泥弥散困难常呈团块状分布, 影响非手术椎体的应力分布和脊柱力线平衡, 从而成为诱发椎体继发骨折的危险因素。Wang 等<sup>[19]</sup> 通过 Logistic 回归分析评估椎体成形术后邻椎继发骨折 (AVF) 的风险因素, 发现 AVF 组与非 AVF 组在是否伴有 IVC 差异具有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。为了防止此类患者骨水泥发生渗漏, 使骨水泥在椎体内均匀充分弥散锚合, 可采用骨水泥二次调制灌注封堵技术及骨水泥-骨锚合技术等新兴手段<sup>[20]</sup>。虽然 IVC 与术后邻近椎体继发骨折的机制尚不完全明确, 但 IVC 是椎体成形术后邻椎继发骨折的独立危险因素已是公认的事实。

## 2 手术因素

### 2.1 骨水泥注入量与骨水泥分布形态

Liebschner 等<sup>[21]</sup> 研究发现骨水泥注入量与原始椎体的体积比约为 15% 时即可使骨折椎体强度恢复如常, 过量的骨水泥填充使骨折椎体强度远高于正常椎体, 并能促使单边负荷转移导致骨水泥不对称分布, 使脊柱生物力学配置丧失调控, 相邻椎体终板应力升高、椎体之间承受压力差过大从而增加非手术椎体继发骨折的风险, 国内有研究称骨水泥注入量每增加 1 mL, 邻椎术后发生继发骨折的概率将会升高 4.245 倍<sup>[12]</sup>。Rotter 等<sup>[22]</sup> 借助生物力学实验表明 PVP 术后邻椎继发骨折的原因主要是骨水泥椎体硬度过高, 使周围椎体承载极限负荷下降 8%~30%, 骨水泥注入量过多使松质骨承受的应力升高, 加上骨质疏松、外力损伤等因素大大增加了椎体继发骨折的风险。另外, 骨水泥分布形态同样是造成椎体继发骨折的危险因素, 若骨水泥分布不均则会导致应力在椎体间的传导失衡, 加速椎间盘等组织的退变。国外有学者证实骨水泥海绵状分布相邻椎体继发骨折概率低于骨水泥团块状分布, 同时也有研究表明椎体强度与骨水泥接触上下终板的接触率成正相关, 且证实骨水泥注入后充分弥散可降低术后椎体继发骨折几率<sup>[23-24]</sup>。

### 2.2 骨水泥渗漏与手术方式

骨水泥渗漏是椎体强化术后常见的并发症, 在导致椎体继发骨折的渗漏类型又以骨水泥椎间盘渗漏最为常见。Sun 等<sup>[25]</sup> 通过回顾性研究发现, 若骨水泥局限于骨小梁范围内, 邻椎继发骨折的风险是 7%; 而当骨水泥发生椎间盘渗漏时, 相应的再骨折风险剧增至 44%, 表明骨水泥发生椎间盘渗漏会

使邻近椎体继发骨折的风险明显增高。骨水泥椎间盘渗漏导致椎体继发骨折的机制尚需进一步探讨,有学者认为其机制与骨水泥椎间盘渗漏加速了椎间盘等结构的退变,很大程度削弱了椎间盘的力学缓冲作用,导致力学传导及分布不均匀,加之渗漏骨水泥能够对邻近椎体终板起到机械性损伤作用,以上因素共同作用导致椎体再骨折的发生。同时,骨水泥椎间盘渗漏可产生明显的“柱墩效应”,使椎间盘对不良应力的缓冲作用大打折扣,因此避免骨水泥椎间盘渗漏对降低椎体继发骨折具有重要意义,可通过明胶海绵预注射、温度梯度灌注等新兴技术进行预防<sup>[20,26-28]</sup>。关于不同手术方式是否与椎体继发骨折有关,其结论尚有争议。Lee 等<sup>[29]</sup>对 OVCF 术后的相关并发症进行了 Meta 分析研究发现,PKP 术后邻椎继发骨折率为 17.5%,而 PVP 这一数据则是 18%,其差异无统计学意义,说明手术方式差异并不是造成术后椎体再骨折的危险因素。但也有学者得出了不同结论,仇志学等<sup>[30]</sup>通过对 28 例 PKP 术后邻近椎体骨折临床观察发现,PVP 术后邻椎继发骨折率(25%)显著高于 PKP 组(8.3%),差异具有统计学意义。不同手术方式对椎体再骨折的影响尚需进一步研究,在这方面进行大样本的临床对比观察并进行统计学分析应是以后研究的方向。

### 2.3 术后椎体恢复高度

随着人们对椎体强化术的认识不断深入,越来越多的学者认为椎体高度的过度恢复会增加非手术椎体再骨折的风险,因此过度追求椎体恢复高度的理念应加以修正。Kim 等<sup>[31]</sup>通过对已行 PVP 的 106 例椎体压缩性骨折患者随访追踪发现,邻近椎体继发骨折的患者平均病椎前柱高度恢复率显著高于未骨折组。Yang 等<sup>[32]</sup>通过研究发现,139 名 OVCF 患者 PKP 术后继发骨折组的病椎椎体高度恢复率 $[(47.67 \pm 4.69)\%]$ 明显高于未骨折组 $[(38.04 \pm 3.62)\%]$ ,进一步佐证了病椎椎体高度的过度恢复为造成非手术椎体再骨折的危险因素。椎体高度的过度恢复同时意味着矢状面局部后凸 Cobb's 角的过度纠正,Lin 等<sup>[33]</sup>通过研究发现矢状面后凸角纠正每增加 $1^\circ$ ,邻椎继发骨折的风险就会上升 9%。一方面椎体高度的过度恢复使周围组织的张力剧增,增加了邻近非手术椎体的承载负荷;另一方面椎体高度过度恢复同样会加大骨水泥渗漏的风险,两种因素综合作用使术后椎体继发骨折的风险增高。综上,行骨水泥强化术时不可过度追求椎体高度的恢复,应在保证手术疗效及手术安全的前

提下,将塌陷椎体的高度恢复至适当水平。但椎体高度的恢复比例至今仍缺乏具有参考价值的研究结论,尚需进行更深层次的探讨。

### 3 其他因素

椎体强化术后非手术椎体继发骨折的致病机理较为复杂,往往是多种因素共同作用的结果。除了上述危险因素以外,影响椎体继发骨折的因素还有长期激素服用史、体质指数(BMI)、术后活动、支具佩戴等。长期服用激素造成体内雌激素的水平进一步下降,且对成骨细胞的生成具有抑制作用,椎体承载负荷能力进一步减弱。Sun 等<sup>[34]</sup>研究发现服用激素患者的椎体再发骨折率 23.8%显著高于对照组 6.0%,差异具有统计学意义。贾小林等<sup>[35]</sup>通过回顾性研究分析得出 BMI 指数过低是造成 PKP 术后椎体再发骨折的独立危险因素。唐政杰等<sup>[36]</sup>发现规范佩戴支具对预防椎体再发骨折具有重要作用,椎体强化术后腰围等保护性支具的佩戴时间过短或佩戴措施缺失是造成非手术椎体继发骨折的重要危险因素。术后为了保证椎体的正常愈合,在进行适当功能锻炼的同时,应尽可能佩戴保护性支具。综上,影响椎体继发骨折的因素是多方面的,医生在规范诊疗过程、完善手术程序的同时,患者更应该加强自身保护,如规律抗骨质疏松治疗、适度活动、佩戴腰围、预防跌倒、饮食调控等,只有医患协作、综合治疗才能对椎体继发骨折起到良好的预防作用。

### 4 总结与展望

非手术椎体继发骨折是骨水泥强化术治疗 OVCF 常见的术后并发症,是影响手术质量的重要因素,严重的继发骨折给患者带来严重的二次创伤与沉重的经济负担。影响椎体再骨折的因素是多方面的,这就要求临床医生应从这些危险因素出发进行科学的预防,在保证恢复骨折椎体强度和临床疗效的前提下,从完善术前检查、规范手术操作、探索及应用新技术、加强健康宣教等角度出发降低椎体继发骨折的概率。患者也应进行规范化抗骨质疏松、功能恢复等基础治疗,加强自身保护和自我护理。关于非手术椎体继发骨折的处理,应根据患者的症状轻重、体征、影像学检查,采取阶梯化的治疗方案,将二次骨折对患者的损伤降到最低。随着治疗理念的改进、新材料和新技术的问世、手术技术与操作流程的不断完善,椎体继发骨折率将会进一步降低,从源头防控此类并发症将会成为临床共识,骨

水泥椎体强化术的手术安全性及有效性将会不断提高,广大椎体压缩性骨折患者的术后生活质量也会随之改善。目前,我们的研究应更加注重多中心、大样本、规范化的循证医学模式研究,为新技术、新材料、新理念的普及与应用提供前瞻性的基础支撑,将椎体继发骨折的发生率降到最低,从而真正造福于广大椎体压缩性骨折患者。

### 【参 考 文 献】

- [1] 孙力.探讨经皮椎体成形术治疗老年骨质疏松性胸腰椎压缩性骨折的疗效[J].中国现代药物应用,2020,14(2):65-67.
- [2] 刘刚,石展英,彭小忠,等.经皮椎体成形术治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折的临床效果分析[J].中国临床新医学,2020,13(1):75-78.
- [3] 李虎星.经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折的疗效分析[J].河南外科学杂志,2020,26(1):53-54.
- [4] 王孝林,权正学,王南,等.网袋加压椎体成形术治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折[J].中国微创外科杂志,2017,17(9):822-826.
- [5] 吴铮.经皮椎体后凸成形术后非手术椎体再发骨折相关危险因素分析[J].中国医学前沿杂志(电子版),2016,8(3):75-78.
- [6] 梅治,李青,赵成毅,等.经皮椎体成形术后非手术椎体再发骨折的危险因素分析[J].中国医刊,2018,53(4):397-400.
- [7] Kaufman JM, Palacios S, Silverman S, et al. An evaluation of the Fracture Risk Assessment Tool (FRAX<sup>®</sup>) as an indicator of treatment efficacy: the effects of bazedoxifene and raloxifene on vertebral, nonvertebral, and all clinical fractures as a function of baseline fracture risk assessed by FRAX<sup>®</sup> [J]. Osteoporos Int, 2013, 24(10):2561-2569.
- [8] Li H, Yang DL, Ma L, et al. Risk factors associated with adjacent vertebral compression fracture following percutaneous vertebroplasty after menopause: a retrospective study [J]. Med Sci Monit, 2017, 23:5271-5276.
- [9] Kim SH, Choi HS, Rhee Y, et al. Prevalent vertebral fractures predict subsequent radiographic vertebral fractures in postmenopausal Korean women receiving antiresorptive agent [J]. Osteoporos Int, 2011, 22(3):781-787.
- [10] 赵利涛,吕海文,薛鹏举.年龄和雌激素对绝经后妇女骨转换生化指标的影响[J].中国骨质疏松杂志,2019,25(3):334-338.
- [11] Vicente G, Arzu K, Gertrude C, et al. Differential effect of gender on the sizes of the bones in the axial and appendicular skeletons [J]. J Clin Endocrinol Metabol, 1997, 82(5):1603-1607.
- [12] 陆奇峰,唐根林,张文捷,等.骨质疏松性椎体压缩骨折经皮椎体后凸成形术后伤椎相邻椎体骨折的影响因素[J].实用医学杂志,2012,28(18):3116-3118.
- [13] 曹冬子,许正伟,王存良,等.老年骨质疏松性椎体压缩骨折经皮椎体后凸成形术后新发骨折的危险因素分析[J].空军医学杂志,2018,34(1):41-44.
- [14] Ren HL, Jiang JM, Chen JT, et al. Risk factors of new symptomatic vertebral compression fractures in osteoporotic patients undergone percutaneous vertebroplasty [J]. Eur Spine J, 2015, 24(4):750-758.
- [15] 冯庆裕,谢文伟,王志坤,等.椎体成形术中骨填充物的研究进展[J].广东医学,2019,40(20):2967-2969,2973.
- [16] Dickey BT, Tyndyk MA, Doman DA, et al. In silico evaluation of stress distribution after vertebral body augmentation with conventional acrylics, composites and glass polyalkenoate cements [J]. J Mech Behav Biomed Mater, 2012, 5(1):283-290.
- [17] Gilula L, Persenaire M. Subsequent fractures post-vertebral augmentation: analysis of a prospective randomized trial in osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Am J Neuroradiol, 2013, 34(1):221-227.
- [18] 席新华,吴强,包拥政,等.骨质疏松性椎体压缩性骨折程度及骨水泥黏度对骨水泥在椎体内弥散的影响[J].河南医学研究,2016,25(8):1425-1426.
- [19] Wang YT, Wu XT, Chen H, et al. Adjacent-level symptomatic fracture after percutaneous vertebral augmentation of osteoporotic vertebral compression fracture: a retrospective analysis [J]. J Orthopaed Sci, 2014, 19(6):868-876.
- [20] 杨惠林,刘强,唐海.经皮椎体后凸成形术的规范化操作及相关问题的专家共识 [J]. 中华医学杂志, 2018, 98(11):808-812.
- [21] Liebschner MAK, Rosenberg WS, Keaveny TM. Effects of bone cement volume and distribution on vertebral stiffness after vertebroplasty [J]. Spine, 2001, 26(14):1547-1554.
- [22] Rotter R, Pflugmacher R, Kandziora F, et al. Biomechanical in vitro testing of human osteoporotic lumbar vertebrae following prophylactic kyphoplasty with different candidate materials [J]. Spine, 2007, 32(13):1400-1405.
- [23] Noboru Tanigawa, Atsushi Komemushi, Shuji Kariya, et al. Relationship between cement distribution pattern and new compression fracture after percutaneous vertebroplasty [J]. AJR Am J Roentgenol, 2007, 189(6):W348-W352.
- [24] Chevalier Y, Pahr D, Charlebois M, et al. Cement distribution, volume, and compliance in vertebroplasty [J]. Spine, 2008, 33(16):1722-1730.
- [25] Sun Ying-Chou, Michael Mu Huo Teng, Yuan Wei-Shin, et al. Risk of post-vertebroplasty fracture in adjacent vertebral bodies appears correlated with the morphologic extent of bone cement [J]. J Chin Med Associat, 2011, 74(8):357-362.
- [26] 杜亚雷,何保,滕涛.骨水泥疏松性椎体压缩骨折 PVP 或 PKP 术后邻近椎体再骨折的危险因素研究进展 [J]. 实用医学杂志,2016,32(9):1379-1381.
- [27] 田保磊,姚啸生,戚晓楠,等.椎体强化术后邻椎再发骨折影响因素及预防研究进展 [J]. 中国中医骨伤科杂志,2019,27(1):82-85.

(下转第 624 页)

- [J]. *Mol Immunol*, 2017, 87: 249-257.
- [56] Armagan O, Serin DK, Calisir C, et al. Inhalation therapy of calcitonin relieves osteoarthritis of the knee[J]. *J Korean Med Sci*, 2012, 27(11): 1405-1410.
- [57] Karsdal MA, Byrjalsen I, Henriksen K, et al. The effect of oral salmon calcitonin delivered with 5-CNAC on bone and cartilage degradation in osteoarthritic patients: a 14-day randomized study [J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2010, 18(2): 150-159.
- [58] Bagger YZ, Tankó LB, Alexandersen P, et al. Oral salmon calcitonin induced suppression of urinary collagen type II degradation in postmenopausal women: a new potential treatment of osteoarthritis[J]. *Bone*, 2005, 37(3): 425-430.
- [59] Karsdal MA, Byrjalsen I, Alexandersen P, et al. Treatment of symptomatic knee osteoarthritis with oral salmon calcitonin: results from two phase 3 trials [J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2015, 23(4): 532-543.
- [60] Karsdal MA, Bihlet A, Byrjalsen I, et al. OA phenotypes, rather than disease stage, drive structural progression--identification of structural progressors from 2 phase III randomized clinical studies with symptomatic knee OA [J]. *Osteoarthritis Cartilage*, 2015, 23(4): 550-558.

(收稿日期: 2020-05-13;修回日期: 2020-07-16)

#### (上接第 612 页)

- [7] 陈红霞,李双蕾,陈文辉. “骨肉不相亲”与骨质疏松症关系的探讨[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2016, 22(6): 781-785.
- [8] 王政月,姚明,时悦,等. 成人骨骼肌减少症与骨质疏松症相关性调查研究[J]. *陕西医学杂志*, 2018, 47(9): 1207-1209.
- [9] 黄宏兴,吴青,李跃华,等. 肌肉、骨骼与骨质疏松专家共识[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2016, 22(10): 1221-1229.
- [10] 徐帅,徐道明,吴文忠,等. 肌少症和骨质疏松症关联调控的运动干预[J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2019, 12(4): 413-420.
- [11] 陈士铎. 辨证录[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2016. 242-243.
- [12] 姚荷生等编著. 脏象学说与诊断应用的文献探讨——脾脏、肝脏、肺脏[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2014. 34.
- [13] 阳波,杨静,黄茂对绝经后骨质疏松症患者影响的临床研究[J]. *四川医学*, 2007, 28(3): 291-293.
- [14] 戴娟秀,吴铁,崔燎. 人参须水提液对 D-半乳糖致雄性大鼠骨质疏松骨量的影响[J]. *中国老年学杂志*, 2010, 30(6): 784-785.
- [15] 贾朝娟,刘红,潘静华,等. 山药对卵巢切除大鼠骨质疏松症的治疗作用及其机理探讨[J]. *中国中医基础医学杂志*, 2009, 15(4): 268-271.
- [16] 朱晓峰,孙珂焕,莫枢,等. “过咸伤骨”的中医理论基础与现代医学内涵[J]. *中国中西医结合杂志*, 2018, 38(8): 1011-1013.
- [17] Burger EH, Klein-Nulend J. Mechanotransduction in bone--role of the lacuno-canalicular network[J]. *FASEB J*, 1999, 13 Suppl: S101-S112.
- [18] Price C, Zhou X, Li W, et al. Real-time measurement of solute transport within the lacunar-canalicular system of mechanically loaded bone: direct evidence for load-induced fluid flow[J]. *J Bone Miner Res*, 2011, 26(2): 277-285.
- [19] Aisha MD, Nor-Ashikin MN, Sharaniza AB, et al. Orbital fluid shear stress promotes osteoblast metabolism, proliferation and alkaline phosphates activity in vitro[J]. *Exp Cell Res*, 2015, 337(1): 87-93.
- [20] 刘功稳,陈斌,高焱,等. 不同年龄髋部、腰部肌肉含量与对应骨密度相关性分析[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2019, 25(8): 1045-1051.

(收稿日期: 2020-04-06;修回日期: 2020-07-28)

#### (上接第 617 页)

- [28] 徐林飞,胡侦明,江维,等. 明胶海绵预注射在椎体成形术中预防骨水泥渗漏的体外研究[J]. *重庆医科大学学报*, 2015, 40(2): 207-211.
- [29] Lee MJ, Dumonski M, Cahill P, et al. Percutaneous treatment of vertebral compression fractures: a meta-analysis of complications [J]. *Spine*, 2009, 34(11): 1228-1232.
- [30] 仇志学,单中书. 28 例椎体后凸成形术后邻近椎体骨折的治疗观察[J]. *创伤外科杂志*, 2017, 19(3): 203-206.
- [31] Kim SH, Kang HS, Choi JA, et al. Risk factors of new compression fractures in adjacent vertebrae after percutaneous vertebroplasty[J]. *Acta Radiol*, 2004, 45(4): 440-445.
- [32] Yang S, Liu Y, Yang H, et al. Risk factors and correlation of secondary adjacent vertebral compression fracture in percutaneous kyphoplasty[J]. *Int J Surg*, 2016, 36(Pt A): 138-142.
- [33] Lin WC, Cheng TT, Lee YC, et al. New vertebral osteoporotic compression fractures after percutaneous vertebroplasty: retrospective analysis of risk factors[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2008, 19(2Pt 1): 225-231.
- [34] Sun HL, Li CD, Zhu JL, et al. Clinical research of percutaneous vertebroplasty or percutaneous kyphoplasty for treating osteoporotic vertebral compression fractures induced by glucocorticosteroid[J]. *J Peking Univers (Health Sci)*, 2015, 47(2): 242-247.
- [35] 贾小林,谭祖键,杨阜滨,等. 椎体后凸成形术与邻近椎体继发骨折的关系[J]. *中国矫形外科杂志*, 2012, 20(2): 101-104.
- [36] 唐政杰,侯宇,张亘媛,等. 椎体后凸成形术后再发骨折的相关危险因素分析[J]. *中国矫形外科杂志*, 2015, 23(2): 124-131.

(收稿日期: 2020-05-03;修回日期: 2020-07-18)