

# 骨质疏松性胸腰椎压缩性骨折的治疗研究进展

安 昆, 钱致衡, 呼星谷, 李红富, 吴佳铭, 向家乾, 刘俊飞, 赵 刚\*

云南大学附属医院老年骨科, 云南 昆明

收稿日期: 2026年2月11日; 录用日期: 2026年3月4日; 发布日期: 2026年3月12日

## 摘 要

该综述系统阐述了骨质疏松性胸腰椎压缩性骨折(OVCF)的治疗进展。治疗分为保守与手术两大类。保守治疗以系统性抗骨质疏松为基础, 包括基础补充(钙剂、维生素D)、药物干预(双膦酸盐、地舒单抗、降钙素等)、疼痛管理、支具固定及康复训练, 强调早期、联合与长期规范治疗。手术治疗主要针对保守无效或伴有严重畸形、神经受损的患者, 以微创椎体成形术(PVP/PKP)及其改良术式为主, 具有快速缓解疼痛、恢复椎体高度、减少卧床时间等优点; 少数复杂病例需行开放手术。加强骨质疏松的早期防治与规律监测, 并优化手术策略可降低术后再骨折风险。

## 关键词

骨质疏松性椎体压缩性骨折, 抗骨质疏松治疗, 椎体成形术, 微创手术, 治疗进展

# Research Progress in the Treatment of Osteoporotic Thoracolumbar Compression Fractures

Kun An, Zhiheng Qian, Xinggu Hu, Hongfu Li, Jiaming Wu, Jiaqian Xiang, Junfei Liu, Gang Zhao\*

Department of Geriatric Orthopedics, Affiliated Hospital of Yunnan University, Kunming Yunnan

Received: February 11, 2026; accepted: March 4, 2026; published: March 12, 2026

## Abstract

This review systematically elucidates the advances in the treatment of osteoporotic thoracolumbar vertebral compression fractures (OVCF). Treatment is divided into two major categories:

\*通讯作者。

文章引用: 安昆, 钱致衡, 呼星谷, 李红富, 吴佳铭, 向家乾, 刘俊飞, 赵刚. 骨质疏松性胸腰椎压缩性骨折的治疗研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(3): 2052-2061. DOI: 10.12677/acm.2026.163994

conservative and surgical. Conservative treatment is based on systematic anti-osteoporosis management, encompassing foundational supplementation (calcium, vitamin D), pharmacological intervention (bisphosphonates, denosumab, calcitonin, etc.), pain management, orthotic bracing, and rehabilitation training, emphasizing the principles of early, combined, long-term, and standardized therapy. Surgical treatment is primarily indicated for patients who are unresponsive to conservative measures or present with severe deformity and neurological impairment. Minimally invasive vertebroplasty (PVP/PKP) and its modified techniques serve as the mainstay, offering advantages such as rapid pain relief, restoration of vertebral height, and reduced bed rest time. A minority of complex cases require open surgery. Strengthening early prevention, regular monitoring of osteoporosis, and optimizing surgical strategies can mitigate the risk of postoperative recurrent fractures.

## Keywords

Osteoporotic Vertebral Compression Fracture, Anti-Osteoporosis Treatment, Vertebroplasty, Minimally Invasive Surgery, Therapeutic Advances

Copyright © 2026 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. 引言

近年来,随着老龄化加剧,老年人群基数递增,绝经后及老年性骨质疏松症高风险人群随之增加,给我国公共卫生健康带来巨大挑战和负担,骨质疏松症即一种骨矿盐物质下降,导致骨脆性骨折风险增加易发骨折为特点的全身性骨病,骨质疏松性骨折是指在轻微损伤情况下发生的骨折,即骨质疏松导致的严重结果[1],其常见部位包括:椎体、肱骨近端、髌部、腕部等,骨质疏松性椎体压缩性骨折(Osteoporotic Vertebral Compression Fracture, OVCF)是其中最常见骨折之一,其治疗目前可分为保守治疗和手术治疗,当初次发生 OVCF 后,椎体再次发生骨折概率增加,而如何防治骨折后再次骨折成为了现在骨代谢领域即骨科领域的讨论焦点,现已有众多学者在保守药物治疗及手术治疗对 OVCF 愈后恢复、并发症、再发率等进行了大量研究,本文旨在回顾相关领域文献,综述对 OVCF 的治疗研究进展,以期为临床实践与科研方向提供参考。

## 2. 保守治疗

OVCF 患者,对于脊柱稳定、无神经功能损害及脊神经根受压,且椎体高度压缩  $\leq 20\%$  (或  $\leq 4\text{ mm}$ ),此类患者可选择保守治疗,具有安全、经济、有效等优点,但需要较高依从性才可获得满意治疗效果,约 80% 的患者可获得满意疗效[2]。其目标不仅是缓解急性疼痛、促进骨折愈合,防止脊柱后凸的进展和高度的压缩,更重要的是稳定骨骼代谢、恢复功能、预防继发性并发症及再骨折。现代保守治疗已形成一个多维度、阶梯式的系统工程。

## 3. 抗骨质疏松治疗

在我国,抗骨质疏松治疗现在面临知晓率、诊断率、治疗率低(“一高三低”)的严峻挑战现状,且地区之间诊疗水平差异巨大[3],更加显得规律抗骨质疏松的难度大和其重要性,抗骨质疏松药物治疗是 OVCF 所有治疗方案的基石,无论是否需要手术治疗。治疗需遵循“早期、长期、规范、联合”原则,旨在抑制骨吸收、促进骨形成或双重调节,从而增加骨密度,改善骨微结构,降低骨折风险。

### 3.1. 基础措施

适合的生活方式和骨健康基础补充剂, 健康生活方式包括: 规律生活习惯、合理搭配饮食(高蛋白类、富含高钙低盐类、肉类等)、对于日常抗阻训练人群加强蛋白食用量[4] [5], 充足日照时间[6], 基础补充剂包括: 钙剂、维生素 D; 根据《原发性骨质疏松症诊疗指南 2022》[1], 对于国内青年人群推荐: 每日钙摄入量为 800 mg (元素钙), 50 岁以上中老年、妊娠中晚期及哺乳期人群推荐每日摄入量为 1000~1200 mg, 不可超过 2000 mg, 建议膳食补充为主, 钙剂补充为辅; 维生素 D: 维生素 D 缺乏在我国普遍存在, 纠正不足有助于优化肠钙吸收、改善肌力、降低跌倒风险, 对于维持骨健康为目的, 建议血清 25OHD 水平保持在 20 ng/mL (50 nmol/L) 以上[7], 对抗骨质疏松治疗期间患者, 推荐血清 25OHD 水平如能长期维持在 30 ng/mL 以上较为理想, 补充过程规律检测 25OHD 水平, 高于 150 ng/mL 可能引起高钙血症。对于维生素 D 缺乏者可尝试每日口服维生素 D<sub>3</sub> 1000~2000 IU [8], 依从性差者或胃肠道吸收差者可选用通过注射制剂[9]补充, D<sub>2</sub>、D<sub>3</sub> 补剂均可同效提高体内 25OHD 水平[10], 检测间隔时间不应超过 3 个月, 对于严重肥胖者、严重消耗性慢性疾病者, 可适当加大剂量, 具体个例更需要依靠临床医师丰富的经验和规律检测下补充。活性维生素 D 及其类似物(如骨化三醇、阿法骨化醇): 适用于肾功能减退、1 $\alpha$  羟化酶缺乏或减少者及老年患者, 能更有效地促进肠钙吸收, 能提高骨密度、并对肌肉功能产生积极影响从而降低摔倒风险[11]。

### 3.2. 抗骨质疏松药物

抗骨质疏松药物不仅能减缓骨质破坏吸收的速度, 还可促进骨形成、提高骨密度, 降低骨折风险; 抗骨质疏松药物按照作用机理可分为: 抑制骨吸收类、促进骨形成类、促进成骨同时抑制破骨类作用药物、以及其他机制类药物, 抑制骨吸收类包括: 双膦酸盐类、RANKL 单克隆抗体(地舒单抗)、降钙素、雌激素、SERMs (选择性雌激素受体调节剂类药物); 促进骨形成类包括: 甲状旁腺素类似物, 促进成骨同时抑制破骨类药物包括: 硬骨抑素单克隆抗体(罗莫佐单抗), 其他类药物包括: 中成药等。

#### 3.2.1. 双膦酸盐类(如阿仑膦酸钠、唑来膦酸、利塞膦酸钠等)

抗骨质疏松症一线用药、适用于高骨折风险绝经后女性[12], 其中阿仑膦酸钠临床使用最多, 降低骨折风险过程中安全性高[13], 其特点为含有 P-C-P 基团, 能够特异性结合骨重建活跃部分, 影响破骨细胞功能来抑制骨吸收, 但是其长期使用可能存在发生非典型股骨骨折(atypical femoral fracture, AFF)和颌骨坏死(osteonecrosis of jaw, ONJ)的风险, 现对于导致 ONJ 的发病机制尚无定论, 争议涉及骨重建抑制、炎症感染、微生物以及血管生成抑制等[14], 且还存在胃肠道不适、急性期反应[15]、肾功能损害等不良反应。

#### 3.2.2. RANKL 单克隆抗体(地舒单抗)

作为一种全人源化单克隆抗体, 地舒单抗通过高亲和力、特异性结合核因子  $\kappa$ B 受体活化体配体(RANKL), 从而抑制 RANKL 与其受体 RANK 结合, 影响破骨细胞功能, 从而增加骨密度, 进而降低骨折风险[16], 因其给药便利性, 每 6 个月皮下注射一次, 极大地解决了长期口服药物的依从性难题, 该药总体安全性良好, 但使用后会增加 AFF、ONJ 发生风险, 要注意地舒单抗停用期间应序贯双膦酸盐或其他药物治疗, 可防止停药期间骨折风险增加[17]。

#### 3.2.3. 降钙素

作为一种钙调节激素, 目前应用主要有鳗鱼降钙素类似物依降钙素(elcatonin)和鲑降钙素(salmon calcitonin), 降钙素通过直接作用于破骨细胞上的降钙素受体, 以此影响其活性, 减少破骨细胞数量, 减少骨丢失[18] [19], 与其他抗骨质疏松药物不同之处在于其降低骨吸收活性同时兼具镇痛[20]作用,

Barrionuevo P, Kapoor E 等人在一项研究中利用 meta 分析显示, 降钙素不仅能降低绝经后女性骨质疏松症患者椎体骨折的风险[21], 还有效缓解骨折后的急性疼痛, 为骨折愈合创造更稳定的局部骨代谢环境。降钙素为短效用药, 其最佳角色被视为急性疼痛管理的有效辅助[22], 以及作为不能耐受一线强效药物患者的过渡或替代选择, 通常不作为单一主力药物, 但可作为围手术期疼痛控制和骨代谢调节的组成部分。

### 3.2.4. SERMs (选择性雌激素受体调节剂)

选择性雌激素受体调节剂类药物是与雌激素受体(estrogen receptor, ER)结合后, 使 ER 空间构象发生改变, 从而发挥类似雌激素的生物效应作用, 在骨骼, 如雷洛昔芬(raloxifene), 适用于绝经后妇女, 抑制骨吸收, 可降低椎体及非椎体骨折风险[23]。而在乳腺, 药物则发挥拮抗雌激素的作用, 在子宫则表现为中性作用[24], 该药总体安全性可, 但需注意该药有增加静脉血栓栓塞的风险, 国外鲜有报道, 对于血栓形成高风险患者及血栓病史者禁用, 且该药有研究表明在治疗乳腺癌中逐渐成为重要治疗手段[25]。

### 3.2.5. 甲状旁腺素类似物(Parathyroid Hormone Analogue, PTHa)

国内上市的是特立帕肽(TPTD), 是目前唯一能促进骨合成代谢并且修复骨质疏松性骨结构缺陷的药物, 该药通过刺激骨活跃部位进行骨重建, 使成骨细胞数量增加促进骨形成, 也通过增加重塑环境的启动来共同增加骨密度[26], 目前我国限制其疗程在 24 个月内, 长期疗效仍待更多的临床观察以验证, 其不良反应包括恶心、肢体疼痛和肌肉痉挛、眩晕等[27], 注意该药停药后建议序贯药物治疗, 以持续增加骨密度, 降低骨折风险。

### 3.2.6. 硬骨抑素单克隆抗体(罗莫佐单抗 Romosozumab)

罗莫佐单抗, 该药目前未在我国上市, 该药通过抑制硬骨抑素(sclerostin)的活性, 颀颀其对骨代谢的负向调节作用, 促进骨形成的同时也抑制骨吸收, 可增加椎体及髌部骨密度, 降低骨折风险[28], 服用过程中需检测心脏不良反应和过敏反应[29]。

### 3.2.7. 其他机制类药物包括

中成药; 按照西医骨质疏松概念, 与之相近的中医概念有骨痿或骨痹, 意指腰背部酸软无力, 且全身多处、腰背部疼痛, 四肢沉重感, 中医上辩证后予以补肾、补肝、健脾基本治疗方法, 所用药物目前明确抗骨质疏松药物成分的包括骨碎补总黄酮[30]、淫羊藿总黄酮[31]等, 用药同样需掌握严格适应症。

## 4. 镇痛制动管理

药物镇痛与制动: 对于轻度 OVCF 患者, 骨折后腰背部剧烈疼痛严重影响日常生活, 而早期卧床制动、镇痛治疗, 尽早康复介入对功能恢复至关重要, 目前普遍认为卧床制动时间 7 d, 但是最佳卧床制动时间被认为是 3 d, 因为其并发症发生率更低, 更为安全[32], 而临床中中、重度 OVCF 则需要卧床制动时间各不相同, 制动目的在于防止椎体高度降低, 减少骨折部位疼痛, 鼓励患者进行床上非负重活动(如踝泵运动、股四头肌等长收缩), 以预防肌肉萎缩、深静脉血栓和骨量进一步丢失, 配合抗骨质疏松药物、镇痛药物尽早下地活动以降低并发症的发生率, 临床应用中, 最常见的镇痛药物是阿片类或非甾体抗炎药(NSAID), NSAID 类药物常作为 OVCF 镇痛首选, 并可联合降钙素使用[22], 但需注意后者对胃肠道、肾脏及心血管的潜在风险, 老年患者应短期、低剂量使用。对于中重度疼痛, 可短期使用弱阿片类药物(如曲马多)或低剂量强阿片类药物。

## 5. 康复治疗

### 5.1. 支具治疗

目前支具根据材质及结构功能分为: 软性支具、半刚性和刚性支具, 常见包括“胸腰矫形支具

(thoracolumbar orthosis, TLO)、三点式矫形支具(three-point orthosis, 3-PO)、Taylor 支具、胸腰骶骨矫形支具(thoracolumbar sacral orthosis, TLSO)等[33][34]”，3-PO 又包括 CASH 支具和 Jewett 支具，CASH 支具效果更好[35]，半刚性或负重式矫形器在改善胸椎后凸、背部肌力及平衡方面展现显著效果，尤其适用于非急性期患者[36]，注意患者发生 OVCF 后，活动需要在佩戴脊柱支具下活动，支具的支撑性可以为骨折提供稳定的愈合条件及减轻椎体局部微动来有效减轻疼痛，防止后凸畸形增加并增加脊柱稳定性[37]，长期依赖支具可能导致核心肌群失用性萎缩[38]，因此引入了“动态支具”这一概念。

## 5.2. 功能锻炼

OVCF 患者康复训练注意以加强躯干核心肌群为主，一项研究表明加强背部伸肌的功能锻炼可有效改善疼痛，并增强背部伸肌力量和躯干耐力[39]，要注意腹横肌减少激活缓慢也会引起腰疼，收腹运动训练可以改善慢性腰痛患者深层躯干肌肉激活模式从而减缓疼痛，但其有效性还待更多的研究明确，康复训练可以增加脊椎稳定性、增加平衡性、减少骨折风险、减缓疼痛，对于年龄较大或刚开始康复训练的 OVCF 患者，推荐从低强度的功能锻炼开始，以循序渐进为原则，根据个人情况，逐渐增加训练的频率和强度。

## 5.3. 理疗

目前理疗主要是指通过声、光、电、磁等物理刺激，促进 OVCF 患者局部循环、减轻疼痛并加速骨折愈合。ESWT 和 PEMF 作为核心疗法[40]，可激活成骨细胞、改善骨密度；新兴技术如 BPNS 光热疗法和 LLLT 展现靶向治疗潜力[41]。临床需结合患者分期，联合多种疗法实现个体化康复。

## 6. 手术治疗

当保守治疗无效(剧烈疼痛持续 4~6 周)、骨折进行性压缩导致严重后凸畸形、或出现神经压迫症状时，需考虑手术干预。手术目标在于稳定椎体、恢复承重能力、矫正畸形(部分)和解除神经压迫。

### 6.1. 微创手术治疗

1987 年 Galiber 等人首先报道经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)后，1994 年 Reiley 等首次报道椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)，1998 年在临床中推广应用。直至目前仍是症状性 OVCF 的主流外科选择，因其创伤小、镇痛效果迅速而确切。

#### 6.1.1. 经皮椎体成形术(PKP)

患者选择俯卧位。局部麻醉满意后，在 C 臂机透视引导下沿椎弓根影外上缘进行穿刺，穿刺针到达椎弓根中线时，在侧位透视下继续钻入直至达到患者椎体后壁，当正位透视下穿刺针达到椎体前中的 1/3 处，扩孔、植入球囊并扩张，骨折复位后，注入约 2~6 ml 拉丝期骨水泥，扩充椎体，进行椎体复位，一项荟萃分析认为：单侧 PKP 手术时间更短，水泥泄漏发生率较低，水泥量更少，且对患者和作者的辐射剂量较低，单侧对 OVCF 患者来说是更好的选择[42]。

#### 6.1.2. 经皮椎体成形术(PVP)

在患者局部麻醉满意后，穿刺与骨水泥注射方法同 PKP 组，但无球囊扩张，穿刺可选择单双侧穿刺。

### 6.2. 椎体成形术改良术式

#### 6.2.1. 骨填充网袋经皮椎体成形术

此区别之处在于经扩张器扩张后，注入拉丝状骨水泥前植入合适大小填充网袋，当骨水泥填充至网

袋渗入椎体时停止注入，体外水泥硬化后拔出套管[43]，一项研究表明骨填充网袋经皮椎体成形术组的手术时间比 PKP 组长，但能更好地改善受伤椎骨的高度和驼背，骨水泥分布更合理，渗漏率更低[44]，因此较适用于涉及椎体后壁骨折的 OVCF 患者。

### 6.2.2. 经皮椎体支架成形术

此技术区别在于应用一种类似于血管支架的金属支架，类似于 PKP 球囊撑开至一定空腔，空腔捏取出球囊后留置金属支架，以此维持椎体高度，之后注入骨水泥填充，该术式在恢复椎体高度及后凸畸形方面优于 PKP，在遇到一些粉碎性或双凹状骨折的椎体，VBS 对于椎体高度的恢复有较好效果[45]。

### 6.2.3. 靶向经皮椎体成形术

该术式需要将患者椎体 CT 影像导入 Mimics 软件中进行建模，根据模型，计算出穿刺进针点、头倾和外展度数等关键参数，依据这些参数进行 PVP 治疗，明显提高了穿刺的精确性、骨水泥渗漏发生率低、也可有效减少术中透视次数[46]，实用于退变严重、高度旋转椎体等复杂 OVCF 患者，但局限性在于其依靠完整配套设备及熟练掌握 Mimics 软件，但在人工智能高速发展时代存在巨大潜力。

### 6.2.4. 锚桩式经皮椎体成形术

此术式主要适用于 Kummell 病，因该病椎体存在中空间隙，这影响了椎体内的骨水泥弥散，加大了骨水泥漏风险，所以有学者提出锚桩式灌注骨水泥，穿刺针精准进入到间隙中，注入高黏度状态骨水泥，由此向骨折裂隙弥散，后缓慢注入低黏度状态的骨水泥，低黏度锚定在周围椎体时适当拖尾拔出，以此防止高黏度水泥块松动[47]，尤其注意骨水泥注入时机及穿刺精准度。

### 6.2.5. 液压输送式椎体成形术

该术式主要不同在于推注骨水泥时可知晓骨水泥注射量和压力，可在推注过程中精准控制量与力，可有效减少骨水泥渗漏，透视次数少、恢复椎体高度等优势[48]，临床应用中需要个体化考虑选择合适的治疗术式。

## 6.3. 脊神经根阻滞联合射频消融术

当腰椎压缩骨折时，可能波及到关节突、周围肌肉、软组织导致腰背部疼痛，上述部位由该节段及上下相邻节段脊神经后支的支配，射频消融利用两种纤维对温度的耐受性差异，选择性的毁损痛觉纤维的传入功能从而达到止痛效果，神经阻滞常用利多卡因、地塞米松、B 族维生素，可快速镇痛、抑制无菌性炎症、营养修复神经，射频消融主要缓解后期疼痛，神经阻滞主要缓解短期疼痛，疗效确切[49]，该手术时间短、损伤小、相对经济，适用于多阶段压缩性骨折患者，但不能恢复椎体高度。

## 6.4. 开放手术治疗

虽然微创能解决绝大部分问题，但是开放手术仍是少数复杂病例的选择，包括：伴有椎体后缘骨块突入椎管导致中重度神经功能损害；严重后凸畸形伴持续性疼痛，且微创手术无法纠正；骨折不愈合（Kummell 病）；脊柱严重不稳者。

## 6.5. 手术方式

主要术式各有特点：前路脊柱融合术可直接减压并保留后柱，但需追加手术、且评分改善率低，严重 OP 或多节段修复患者需谨慎；前后路联合融合术矫形效果好、并发症少，但手术时间长、出血多，老年体弱患者需慎用[50]；后路融合术无需减压即可缓解症状，却内固定失效风险高、矫形有限[51]；后路融合联合三柱截骨术矫形优异，但创伤大、风险高，需依后凸角度选术式[52][53]；后路融合联合椎体成

形术创伤小、并发症少,适用范围广,短节段融合更具优势,且可通过改进材料弥补单纯后路矫形不足[54][55]。开放手术创伤大、出血多、并发症风险高(如内固定失败、邻近节段退变),对老年患者的全身状况是严峻考验。因此,必须严格掌握适应证。围手术期管理至关重要,包括优化营养状态、在可能的情况下术前即开始抗骨质疏松治疗(如使用特立帕肽促进骨愈合与螺钉锚定)、以及精细的麻醉与多学科团队协作。

## 7. 总结与展望

OVCF 是老年人群常见骨折,随着老年人群增加,为我国增加巨大的医疗负担,需加大宣传提高人群的骨质疏松症知晓率,增加治疗率,治疗以保守治疗和手术治疗为主。保守治疗以抗骨质疏松为核心,基础补充钙与维生素 D,结合双膦酸盐类、地舒单抗等药物,配合镇痛制动(短期卧床、NSAID 类药物)、支具治疗及康复训练,还可借助理疗辅助。手术治疗分微创与开放,微创以 PVP、PKP 为主,目前临床上存在单双侧术式,单侧相对双侧时间更短、出血更少,双侧填充效果更好、填充面积更广泛,但两种术式具体优点的发挥需依赖术者的手术技巧与熟练度,临床上需根据个人的技术特点与患者的伤椎及椎弓根退变情况选择最合适的手术方式,改良术式如骨填充网袋椎体成形术等能改善疗效、降低骨水泥漏漏风险;开放手术使用范围小,创伤较大,需系统评估患者条件,根据个体化选择合适治疗术式,老年人病情变化快、基础疾病多、营养差,需严格把控适应证与加强围手术期管理。

对于主流治疗 OVCF 患者的 PKP/PVP 手术,一项前瞻性研究[56]随访 250 名 OVCF 患者得出结论接受 PKP/PVP 后新发椎骨骨折的风险会增加,而 Takano H [57]等研究中认为早期成形术可减少邻椎骨折发生,患者二次椎体骨折增加的原因目前尚无定论,但是对于高龄患者来说,综合考虑椎体早期骨折手术治疗不仅能减少卧床时间,降低患者长期卧床所导致的肺部感染、胸腔积液、下肢血栓形成等严重并发症,且微创手术具有创伤小、时间短、出血少等优点,在排除手术禁忌症情况下,椎体骨折后推荐首选手术治疗,骨折后手术如何防止初次术后的相邻椎体或者非相邻椎体骨折已是现在共同研究的方向,短期使用药物依降钙素辅以抗骨质疏松治疗在骨折急性期可减少骨丢失、改善骨密度及镇痛作用,但是长期使用情况下,骨密度改善较地舒单抗较弱,而未来希望生产出经济、有效的抗骨质疏松药物并搭配钙剂、维生素 D 在骨质疏松症前期提前干预,规律监测、立体化防治 OVCF,为老年患者的生活质量和生命健康提高重要保障。

## 参考文献

- [1] 原发性骨质疏松症诊疗指南(2022) [J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2022, 15(6): 573-611.
- [2] Zhong, R., Liu, J., Wang, R., Liu, Y., Chen, B., Jiang, W., *et al.* (2019) Unilateral Curved versus Bipedicular Vertebroplasty in the Treatment of Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *BMC Surgery*, **19**, Article No. 193. <https://doi.org/10.1186/s12893-019-0653-y>
- [3] 《中国老年骨质疏松症诊疗指南》工作组,中国老年学和老年医学学会骨质疏松分会,中国医疗保健国际交流促进会骨质疏松病学分会,等. 中国老年骨质疏松症诊疗指南(2023) [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2023, 16(10): 865-885.
- [4] 《中国居民膳食指南(2022)》在京发布[J]. 营养学报, 2022, 44(6): 521-522.
- [5] 《中国居民膳食指南科学研究报告(2021)》简本[J]. 营养学报, 2021, 43(2): 102.
- [6] Religi, A., Backes, C., Chatelan, A., Bulliard, J., Vuilleumier, L., Mocozet, L., *et al.* (2019) Estimation of Exposure Durations for Vitamin D Production and Sunburn Risk in Switzerland. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, **29**, 742-752. <https://doi.org/10.1038/s41370-019-0137-2>
- [7] Camacho, P.M., Petak, S.M., Binkley, N., *et al.* (2020) American Association of Clinical Endocrinologists/American College of Endocrinology Clinical Practice Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Postmenopausal Osteoporosis-2020 Update. *Endocrine Practice: Official Journal of the American College of Endocrinology and the American Association*

- of *Clinical Endocrinologists*, **26**, 1-46.
- [8] Sacheck, J.M., Van Rompay, M.I., Chomitz, V.R., Economos, C.D., Eliasziw, M., Goodman, E., *et al.* (2017) Impact of Three Doses of Vitamin D3 on Serum 25(OH)D Deficiency and Insufficiency in At-Risk Schoolchildren. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **102**, 4496-4505. <https://doi.org/10.1210/jc.2017-01179>
- [9] Xu, F., Dai, D., Sun, R., Liu, Z., Lin, X., Li, L., *et al.* (2020) Long-Term Bioavailability of Single Doses of Intramuscular Vitamin D2. *Endocrine Practice*, **26**, 1244-1254. <https://doi.org/10.4158/ep-2020-0124>
- [10] Holick, M.F., Biancuzzo, R.M., Chen, T.C., Klein, E.K., Young, A., Bibuld, D., *et al.* (2008) Vitamin D2 Is as Effective as Vitamin D3 in Maintaining Circulating Concentrations of 25-Hydroxyvitamin D. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **93**, 677-681. <https://doi.org/10.1210/jc.2007-2308>
- [11] Bischoff-Ferrari, H.A., Dawson-Hughes, B., Staehelin, H.B., Orav, J.E., Stuck, A.E., Theiler, R., *et al.* (2009) Fall Prevention with Supplemental and Active Forms of Vitamin D: A Meta-Analysis of Randomised Controlled Trials. *BMJ*, **339**, b3692. <https://doi.org/10.1136/bmj.b3692>
- [12] Dearthoff, W.J., Cenzer, I., Nguyen, B. and Lee, S.J. (2022) Time to Benefit of Bisphosphonate Therapy for the Prevention of Fractures among Postmenopausal Women with Osteoporosis: A Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *JAMA Internal Medicine*, **182**, 33-41. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2021.6745>
- [13] 陈鑫飞, 戴雅惠, 谢冰颖, 等. 阿仑膦酸钠干预去卵巢大鼠骨质疏松的腰椎代谢组学分析[J]. *中国组织工程研究*, 2025, 29(11): 2277-2284.
- [14] Wang, M., Wu, Y. and Girgis, C.M. (2022) Bisphosphonate Drug Holidays: Evidence from Clinical Trials and Real-world Studies. *JBMR Plus*, **6**, e10629. <https://doi.org/10.1002/jbm4.10629>
- [15] Ding, Y., Zeng, J., Yin, F., Zhang, C., Zhang, Y., Li, S., *et al.* (2017) Multicenter Study on Observation of Acute-Phase Responses after Infusion of Zoledronic Acid 5 mg in Chinese Women with Postmenopausal Osteoporosis. *Orthopaedic Surgery*, **9**, 284-289. <https://doi.org/10.1111/os.12338>
- [16] Cummings, S.R., Martin, J.S., McClung, M.R., Siris, E.S., Eastell, R., Reid, I.R., *et al.* (2009) Denosumab for Prevention of Fractures in Postmenopausal Women with Osteoporosis. *New England Journal of Medicine*, **361**, 756-765. <https://doi.org/10.1056/nejmoa0809493>
- [17] Watts, N.B., Camacho, P.M., Lewiecki, E.M. and Petak, S.M. (2021) American Association of Clinical Endocrinologists/American College of Endocrinology Clinical Practice Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Postmenopausal Osteoporosis—2020 Update. *Endocrine Practice*, **27**, 379-380. <https://doi.org/10.1016/j.eprac.2021.02.001>
- [18] Chesnut, C.H., Silverman, S., Andriano, K., Genant, H., Gimona, A., Harris, S., *et al.* (2000) A Randomized Trial of Nasal Spray Salmon Calcitonin in Postmenopausal Women with Established Osteoporosis: The Prevent Recurrence of Osteoporotic Fractures Study. *The American Journal of Medicine*, **109**, 267-276. [https://doi.org/10.1016/s0002-9343\(00\)00490-3](https://doi.org/10.1016/s0002-9343(00)00490-3)
- [19] Karachalios, T., Lyritis, G.P., Kaloudis, J., Roidis, N. and Katsiri, M. (2004) The Effects of Calcitonin on Acute Bone Loss after Pertrochanteric Fractures: A Prospective, Randomised Trial. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, **86**, 350-358. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.86b3.14300>
- [20] Knopp, J.A., Diner, B.M., Blitz, M., Lyritis, G.P. and Rowe, B.H. (2004) Calcitonin for Treating Acute Pain of Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: A Systematic Review of Randomized, Controlled Trials. *Osteoporosis International*, **16**, 1281-1290. <https://doi.org/10.1007/s00198-004-1798-8>
- [21] Barrionuevo, P., Kapoor, E., Asi, N., Alahdab, F., Mohammed, K., Benkhadra, K., *et al.* (2019) Efficacy of Pharmacological Therapies for the Prevention of Fractures in Postmenopausal Women: A Network Meta-Analysis. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **104**, 1623-1630. <https://doi.org/10.1210/jc.2019-00192>
- [22] Boucher, E., Rosgen, B. and Lang, E. (2020) Efficacy of Calcitonin for Treating Acute Pain Associated with Osteoporotic Vertebral Compression Fracture: An Updated Systematic Review. *CJEM*, **22**, 359-367. <https://doi.org/10.1017/cem.2019.490>
- [23] Eastell, R., Rosen, C.J., Black, D.M., Cheung, A.M., Murad, M.H. and Shoback, D. (2019) Pharmacological Management of Osteoporosis in Postmenopausal Women: An Endocrine Society Clinical Practice Guideline. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **104**, 1595-1622. <https://doi.org/10.1210/jc.2019-00221>
- [24] Y. Maximov, P., M. Lee, T. and Craig Jordan, V. (2013) The Discovery and Development of Selective Estrogen Receptor Modulators (SERMs) for Clinical Practice. *Current Clinical Pharmacology*, **8**, 135-155. <https://doi.org/10.2174/1574884711308020006>
- [25] Patel, H.K. and Bihani, T. (2018) Selective Estrogen Receptor Modulators (SERMs) and Selective Estrogen Receptor Degradors (SERDs) in Cancer Treatment. *Pharmacology & Therapeutics*, **186**, 1-24. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2017.12.012>
- [26] Lindsay, R., Krege, J.H., Marin, F., Jin, L. and Stepan, J.J. (2016) Teriparatide for Osteoporosis: Importance of the Full

- Course. *Osteoporosis International*, **27**, 2395-2410. <https://doi.org/10.1007/s00198-016-3534-6>
- [27] Andrews, E.B., Gilson, A.W., Midkiff, K., Sherrill, B., Wu, Y., Mann, B.H., *et al.* (2012) The US Postmarketing Surveillance Study of Adult Osteosarcoma and Teriparatide: Study Design and Findings from the First 7 Years. *Journal of Bone and Mineral Research*, **27**, 2429-2437. <https://doi.org/10.1002/jbmr.1768>
- [28] Cosman, F., Crittenden, D.B., Adachi, J.D., Binkley, N., Czerwinski, E., Ferrari, S., *et al.* (2016) Romosozumab Treatment in Postmenopausal Women with Osteoporosis. *New England Journal of Medicine*, **375**, 1532-1543. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1607948>
- [29] Fixen, C. and Tunoa, J. (2021) Romosozumab: A Review of Efficacy, Safety, and Cardiovascular Risk. *Current Osteoporosis Reports*, **19**, 15-22. <https://doi.org/10.1007/s11914-020-00652-w>
- [30] 季晶俊, 陈晓宏, 庞辉群, 等. 强骨胶囊干预老年低骨量患者的临床疗效[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2015, 23(9): 30-32+6.
- [31] 寿折星, 沈霖, 杨艳萍, 等. 淫羊藿总黄酮治疗原发性骨质疏松症患者骨密度和骨代谢指标的变化(英文) [J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2009, 13(11): 2191-2195.
- [32] Cho, S.T., Kim, S.J., Nam, B.J., Kim, K.W., Lee, G.H. and Kim, J.H. (2022) Absolute Bed Rest Duration of 3 Days for Osteoporotic Vertebral Fractures: A Retrospective Study. *Asian Spine Journal*, **16**, 898-905. <https://doi.org/10.31616/asj.2021.0396>
- [33] Kweh, B.T.S., Lee, H.Q., Tan, T., Rutges, J., Marion, T., Tew, K.S., *et al.* (2020) The Role of Spinal Orthoses in Osteoporotic Vertebral Fractures of the Elderly Population (Age 60 Years or Older): Systematic Review. *Global Spine Journal*, **11**, 975-987. <https://doi.org/10.1177/2192568220948036>
- [34] Gutierrez-Gonzalez, R., Ortega, C., Royuela, A. and Zamarron, A. (2023) Vertebral Compression Fractures Managed with Brace: Risk Factors for Progression. *European Spine Journal*, **32**, 3885-3891. <https://doi.org/10.1007/s00586-023-07905-z>
- [35] Donato, Z., Gonzalez, D., Markowitz, M. and Gjolaj, J. (2023) Postoperative Spinal Orthoses: Types and Outcomes. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, **32**, 211-219. <https://doi.org/10.5435/jaaos-d-23-00498>
- [36] Keshavarzi, F. and Arazpour, M. (2024) Effect of Spinal Orthoses on Osteoporotic Elderly Patients Kyphosis, Back Muscles Strength, Balance and Osteoporotic Vertebral Fractures: (A Systematic Review and Meta-Analysis). *Journal of Rehabilitation and Assistive Technologies Engineering*, **11**. <https://doi.org/10.1177/20556683241268605>
- [37] Weber, A., Huysmans, S.M.D., van Kuijk, S.M.J., Evers, S.M.A.A., Jutten, E.M.C., Senden, R., *et al.* (2022) Effectiveness and Cost-Effectiveness of Dynamic Bracing versus Standard Care Alone in Patients Suffering from Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: Protocol for a Multicentre, Two-Armed, Parallel-Group Randomised Controlled Trial with 12 Months of Follow-Up. *BMJ Open*, **12**, e054315. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-054315>
- [38] Pieroh, P., Spiegl, U.J.A., Völker, A., Märdian, S., von der Höh, N.H., Osterhoff, G., *et al.* (2023) Spinal Orthoses in the Treatment of Osteoporotic Thoracolumbar Vertebral Fractures in the Elderly: A Systematic Review with Quantitative Quality Assessment. *Global Spine Journal*, **13**, 59S-72S. <https://doi.org/10.1177/21925682221130048>
- [39] Çergel, Y., Topuz, O., Alkan, H., Sarsan, A. and Sabir Akkoyunlu, N. (2019) The Effects of Short-Term Back Extensor Strength Training in Postmenopausal Osteoporotic Women with Vertebral Fractures: Comparison of Supervised and Home Exercise Program. *Archives of Osteoporosis*, **14**, Article No. 82. <https://doi.org/10.1007/s11657-019-0632-z>
- [40] Shan, H., Zhou, X., Tian, B., Zhou, C., Gao, X., Bai, C., *et al.* (2022) Gold Nanorods Modified by Endogenous Protein with Light-Irradiation Enhance Bone Repair via Multiple Osteogenic Signal Pathways. *Biomaterials*, **284**, Article ID: 121482. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2022.121482>
- [41] Arjmand, B., Khodadost, M., Jahani Sherafat, S., Rezaei Tavirani, M., Ahmadi, N., Hamzeloo Moghadam, M., *et al.* (2021) Low-Level Laser Therapy: Potential and Complications. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, **12**, e42. <https://doi.org/10.34172/jlms.2021.42>
- [42] 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>
- [43] 周建, 周恒才, 戴维亭, 等. 单侧椎弓根旁入路骨填充网袋椎体成形术治疗骨质疏松性胸腰椎压缩骨折的疗效观察[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2020, 35(1): 40-43.
- [44] Zhou, L., Gu, J., Xu, F., Li, P., He, S. and Zhang, P. (2025) Efficacy Analysis of PKP and PMCP in Treatment of Osteoporotic Vertebral Compression Fracture. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, **28**, 641-647. <https://doi.org/10.4103/njcp.njcp.22.24>
- [45] Diel, P., Röder, C., Perler, G., Vordemvenne, T., Scholz, M., Kandziora, F., *et al.* (2013) Radiographic and Safety Details of Vertebral Body Stenting: Results from a Multicenter Chart Review. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **14**, Article No. 233. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-14-233>

- [46] Xu, J., Lin, J., Li, J., Yang, Y. and Fei, Q. (2019) “Targeted Percutaneous Vertebroplasty” versus Traditional Percutaneous Vertebroplasty for Osteoporotic Vertebral Compression Fracture. *Surgical Innovation*, **26**, 551-559. <https://doi.org/10.1177/1553350619853134>
- [47] Qin, R., Zhang, X., Liu, H., Zhou, B., Zhou, P. and Hu, C. (2020) Application of Anchoring Technique in Unilateral Percutaneous Vertebroplasty for Neurologically Intact Kümmell’s Disease. *Pain Research and Management*, **2020**, Article ID: 4145096. <https://doi.org/10.1155/2020/4145096>
- [48] 张平, 余灏涛, 钟志宏. 液压输送式椎体成形术与扩张球囊椎体后凸成形术治疗单节段骨质疏松性脊柱骨折的疗效比较[J]. 中国矫形外科杂志, 2015, 23(16): 1471-1475.
- [49] Zhou, L. and Zhou, J. (2021) Spinal Dorsal Rami Injection and Radiofrequency Neurolysis for Low Back Pain Caused by Osteoporosis-Induced Thoracolumbar Vertebral Compression Fractures. *Journal of Rehabilitation Medicine-Clinical Communications*, **4**, Article ID: 1000056. <https://doi.org/10.2340/20030711-1000056>
- [50] Nakashima, H., Imagama, S., Yukawa, Y., Kanemura, T., Kamiya, M., Deguchi, M., *et al.* (2015) Comparative Study of 2 Surgical Procedures for Osteoporotic Delayed Vertebral Collapse. *Spine*, **40**, E120-E126. <https://doi.org/10.1097/brs.0000000000000661>
- [51] Nakano, A., Ryu, C., Baba, I., Fujishiro, T., Nakaya, Y. and Neo, M. (2017) Posterior Short Fusion without Neural Decompression Using Pedicle Screws and Spinous Process Plates: A Simple and Effective Treatment for Neurological Deficits Following Osteoporotic Vertebral Collapse. *Journal of Orthopaedic Science*, **22**, 622-629. <https://doi.org/10.1016/j.jos.2017.03.004>
- [52] Watanabe, K., Katsumi, K., Ohashi, M., *et al.* (2019) Surgical Outcomes of Spinal Fusion for Osteoporotic Vertebral Fracture in the Thoracolumbar Spine: Comprehensive Evaluations of 5 Typical Surgical Fusion Techniques. *Journal of Orthopaedic Science: Official Journal of the Japanese Orthopaedic Association*, **24**, 1020-1026.
- [53] 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>
- [54] Masuda, S., Onishi, E., Ota, S., Fujita, S., Sueyoshi, T., Hashimura, T., *et al.* (2019) Vertebroplasty Using Allograft Bone Chips with Posterior Instrumented Fusion in the Treatment of Osteoporotic Vertebral Fractures with Neurological Deficits. *Spine Surgery and Related Research*, **3**, 249-254. <https://doi.org/10.22603/ssrr.2018-0102>
- [55] Changjun, C., Donghai, L., Xin, Z., Liyile, C., Qiuru, W. and Pengde, K. (2020) Mid- to Long-Term Results of Modified Non-Vascularized Allogeneic Fibula Grafting Combined with Core Decompression and Bone Grafting for Early Femoral Head Necrosis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **15**, Article No. 116. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-1565-3>
- [56] Yang, W., Zou, K., Lin, X., Yang, Y., Chen, T., Wu, X., *et al.* (2025) Risk Factors for New Vertebral Fractures after Percutaneous Vertebroplasty or Percutaneous Kyphoplasty in the Treatment of Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *Frontiers in Medicine*, **12**, Article ID: 1514894. <https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1514894>
- [57] Takano, H., Nojiri, H., Shimura, A., Teramoto, J., Sugawara, Y. and Ishijima, M. (2024) Early Balloon Kyphoplasty Treatment for Osteoporotic Vertebral Fracture Reduces Adjacent Vertebral Fractures. *Medicina*, **60**, Article No. 1097. <https://doi.org/10.3390/medicina60071097>