中国骨质疏松杂志 2021年3月第27卷第3期 Chin J Osteoporos, March 2021, Vol 27, No. 3
Published online www.wanfangdata.com.cn doi:10.3969/j.issn.1006-7108. 2021. 03.026

·综述·

椎体强化术后骨水泥弥散分布评价的研究进展

肖庆华 林晓生* 张震 王宏波
深圳市中西医结合医院骨质疏松科,广东 深圳 518104

中图分类号: R683.2;R445.4 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-7108(2021) 03-0440-06

摘要: 椎体强化术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折已在临床上广泛开展,评价手术是否成功,除了与临床疗效有关外,两项重要评价指标是伤椎椎体高度恢复和脊椎后凸Cobb角的矫正程度。但是,近年来研究发现骨水泥在伤椎的弥散分布会影响术后患者疼痛的缓解和脊柱功能的恢复,更有报道与术椎再骨折塌陷和临椎骨折相关,被认为是另外一项不可忽略的重要评价指标。然而由于现研究对骨水泥弥散分布的评价方法不一,尚未形成统一的评价标准。本研究从形态特征、弥散等级、位置分布及是否越过骨折线区域等不同角度,对现有有关椎体强化术后骨水泥弥散分布评价的研究进行系统性综述。综合分析后认为,骨水泥理想的弥散分布是呈现弥散型或混合型形态特征,广泛填充并充分覆盖骨折线区域,双侧均匀连续分布于椎体前柱,并同时接触上下椎板的中间部分。

关键词: 骨水泥分布;椎体强化术;骨质疏松性椎体压缩骨折;综述

Research progress in the evaluation of diffusion and distribution of bone cement after vertebral augmentation

XIAO Qinghua, LIN Xiaosheng*, ZHANG Zhen, WANG Hongbo
Department of Osteoporosis, Shenzhen Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Shenzhen 518104, China
* Corresponding author: LIN Xiaosheng, Email: lxshengtcm@126.com

Abstract: Vertebral augmentation has been widely used to treat osteoporotic vertebral compression fractures. In addition to evaluate the clinical efficacy, two important indexes for the evaluation of the success of the operation are the height recovery of the injured vertebrae and the correction degree of Cobb angle in kyphosis. However, recent studies have found that the diffusion and distribution of bone cement in the injured vertebrae can affect postoperative pain relief and the recovery of spinal function. Moreover, it has also been reported that they are related to the collapse and refracture of cemented vertebrae and adjacent vertebral fracture. The diffusion and distribution of bone cement is considered as another essential evaluation index that cannot be ignored. However, due to different evaluation method for the diffusion and distribution of bone cement, no unified evaluation standard has been formed. This study systematically reviews the existing studies on the evaluation of the diffusion and distribution of bone cement after vertebral augmentation from perspectives of morphological characteristics, dispersion grade, location distribution, and whether to cover the fracture line area etc. After comprehensive analysis, it is concluded that the ideal diffusion and distribution of bone cement is characterized by trabecular or mixed pattern with extensive dispersion and full coverage of the fracture line area, uniformly and continuously distributing in the anterior column of the vertebral body on both sides, and contacting the middle part of the upper and lower vertebral endplates at the same time.

Key words: cement distribution; vertebral augmentation; osteoporotic vertebral compression fracture; review

椎体强化技术(vertebral augmentation,VA)已成为骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral ompression fracture,OVCF)的常规治疗方法。相比较于保守治疗,VA能快速恢复和稳定椎体的高度和结构,显著缓解疼痛,并降低脊柱后凸畸形的退变几率,改善患者的生活质量[1]。目前常见的手术方式包括经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty,PVP)和经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty,PKP)。PKP由于球囊扩张作用使得脊

基金项目:广东省中医药局科研项目(20191292);深圳市科技计划项目(JCYJ20180302144355408)

* 通信作者:林晓生,Email:lxshengtcm@126.com

椎重建效果优于 PVP[2]，相比较于 PVP，PKP 临床运用更为广泛。评价 VA 是否成功，除与临床疗效有关之外，两项重要评价指标是术后伤椎椎体高度恢复情况和脊椎后凸 Cobb 角的矫正程度。但是，近年来研究发现骨水泥在伤椎的弥散分布会影响术后患者疼痛的缓解[3]和脊柱功能的恢复[4]，更有报道与术椎再骨折塌陷[5]和临椎骨折[6]相关，被认为是另外一项不可忽略的重要评价指标。研究者们开始探究何种骨水泥弥散分布类型能获得更好的手术疗效，能降低术椎再骨折塌陷和邻椎骨折的发生风险。然而，当前骨水泥弥散分布的评价方法不一，尚未形成统一的评价标准。在此通过系统梳理现有评价 OVCF 强化术后骨水泥弥散分布的研究，综合分析其实用性和局限性，以期能找到理想的骨水泥弥散分布类型，进而用于指导临床和学术交流。

本研究分别在 Pubmed、Embase、Cochrane Library 和中国知网、万方等数据库中检索所有有关评价 OVCF 强化术后骨水泥弥散分布的文献。检索的英文关键词是“spine fractures”、“osteoporotic fractures”、“vertebroplasty”、“kyphoplasty”、“cement distribution”、“cement diffusion”；中文关键词是“骨质疏松椎体压缩骨折”、“椎体成形术”、“椎体后凸成形术”、“椎体强化术”、“骨水泥分布”、“骨水泥弥散”。检索时间从 1987 至 2020 年 1 月。文献的纳入标准：①VA 治疗 OVCF 的临床研究；②VA 有关的生物力学研究；③含有骨水泥弥散分布的相关信息。排除标准：①没有具体的骨水泥弥散分布评价方法；②类似骨水泥弥散分布评价方法中文献质量较低者，或者刊出时间较后者；③无法获得全文的文献。去除重复文献后，共检索出英文文献 183 篇，中文文献 327 篇。根据文献纳入和排除标准，最终纳入中文文献 20 篇，英文文献 8 篇，其中生物力学研究 4 篇（图 1）。

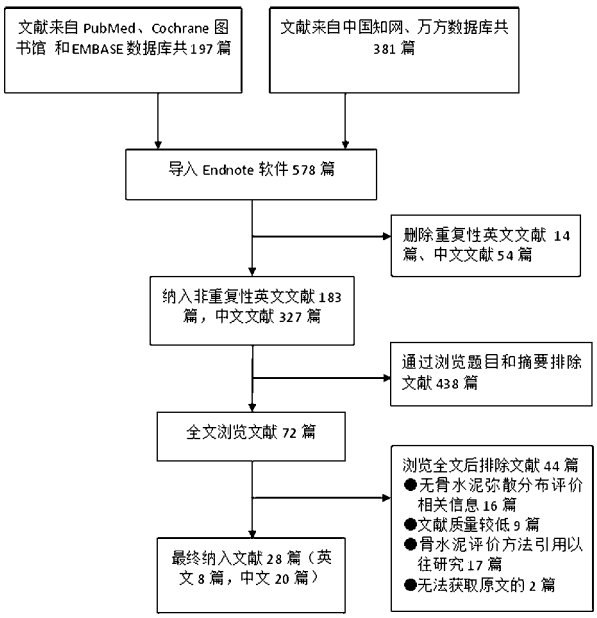

图 1 文献刷选流程图

Fig.1 The flow chart of literature screening

1 现状

从 1984 年法国 Galibert 和 Deramond 运用经皮椎体内注射丙烯酸骨水泥治疗颈 2 椎体血管瘤开始，到 1994 年美国 Wong 发明一种新型球囊扩张椎体装置，VA 现已成熟用于 OVCF 的治疗。聚甲基丙烯酸甲酯（polymethyl methacrylate，PMMA）是常规使用的骨水泥剂型，由于 PMMA 的刚度和强度显著高于已发生骨质疏松的椎体骨质，如果骨水泥弥散分布不够理想，将会影响手术疗效，也会打破脊椎的生物力学平衡，导致术椎再骨折塌陷和邻椎骨折的发生风险升高。在此主要从骨水泥影像的形态特征、弥散等级、位置分布及是否越过骨折线区域等评价角度，系统地梳理和总结骨水泥弥散分布评价的研究进展。

1.1 基于骨水泥形态特征的评价方法

VA 是将骨水泥经椎弓根注入塌陷的椎体内，沿着骨折线及裂隙进行填充，起到稳定骨折，为椎体提供机械支撑的作用。Tanigawa 等[7]根据骨水泥的形态特征分为紧致团块型和海绵分散型，发现骨水泥形态与临床症状改善无关，但紧致团块型的新发椎体骨折发生率，尤其是邻椎骨折的发生率显著高于海绵弥散型。乐军等[8]在 Tanigawa 的基础上增加了混合型分组，发现弥散型、混合型多见于 PVP，而 PKP 以团块型、混合型为主；并认为弥散型和混合型骨水泥是术椎再骨折塌陷的保护因素。赵永生等[9]借助 AutoCAD 图形处理软件，分别计算 X 线正侧位骨水泥弥散面积和团块面积的平均值，定义弥散区与团块区平均面积的比值 K<50 %为团块型，K>100 %为弥散型，介于两者之间为混合型。该方法避免了分型中的主观性偏倚，但需借助特殊工具，不方便临床使用。

1.2 基于骨水泥弥散等级的评价方法

早期建议在不发生渗漏的情况下，骨水泥注入越多，越有利于骨水泥的弥散分布。赵玉波等[10]根据骨水泥投影面积与椎体面积的比值来区分骨水泥的弥散等级，发现骨水泥的弥散等级与其注入量不

成正比，认为与骨水泥的黏稠度、椎体疏松压缩程度、穿刺尖嘴位置及注入骨水泥时的压力和速度有关。王芳芳等[11]应用该分型方法比较后发现，骨水泥弥散等级越高，PVP 术后疼痛缓解及脊柱功能恢复就越好，且并发症少。然而骨水泥凝固之后最终形成的是一个立体的不规则物体，仅仅通过骨水泥投影面积来评价骨水泥的弥散等级可能会存在偏差。何保玉等[12]利用 CT 中 Calculate 3D 功能计算骨水泥弥散容积率 v（骨水泥弥散体积与伤椎体积的比值），认为较小的骨水泥容积率（v<0.2）即可达到满意的治疗效果，超过 25 %并不能增加临床收益，反而会提高骨水泥渗漏和临椎骨折的发生风险。

1.3 基于骨水泥位置分布的评价方法

骨水泥弥散容积率虽能准确的反映骨水泥弥散等级，但骨水泥在椎体的位置分布不容忽视。既往研究认为脊椎的生物力学稳定性受到骨水泥位置分布的影响，矢状位受力不均衡是术椎再骨折塌陷和临椎骨折的重要影响因素[5,13]。在此从冠状位、矢状位及横断位等不同维度，对骨水泥位置分布评价的有关研究分别论述。

1.3.1 从冠状位评价骨水泥分布：贺双军等[4]将骨水泥冠状位分布分为“O”和“H”型，比较后认为“H”平台型受力方式优于“O”型的单点支撑。然而该分型简单，不能反映“O”型骨水泥椎体两侧的分布情况。Nam 等[14]将骨水泥分布分为单侧、双侧不均匀和双侧均匀等 3 种分布类型。Chu 等[15]根据骨水泥占两侧椎弓根长度比例的不同，由高到低均等的分为 I~IV 等级。谢华等[16]根据骨水泥是否弥散过椎体中线和对侧椎体分为偏一侧组、近中线组和双侧组。Lin 等[17]针对单侧 PKP，根据骨水泥是否过棘突中线和对侧椎弓根分为四组，前三组与谢华的分组类似，并增加了穿刺侧骨水泥渗漏组。张大鹏等[18]在前者基础上，以棘突中线、双侧椎弓根内缘垂线将椎体分为 4 个区，根据骨水泥在 4 个区的分布情况分为 I~V 型。从以上评价分类方法的演变中可以发现，分型逐步细化和清晰，且临床适用性更强。以上研究均一致认为骨水泥冠状位分布是影响 VA 术后临床疗效和脊椎重建效果的潜在影响因素，临床上应追求双侧连续且均匀的骨水泥分布类型。李世梁等[19]试图应用骨水泥分布系数（-1~1 之间）对其进行量化，认为骨水泥分布系数越接近于 1，分布就越理想。然而该评价方法只针对单侧穿刺术，是否适用于双侧穿刺术有待研究。

1.3.2 从矢状位评价骨水泥分布：田伟等[20]研究认为骨水泥同时接触上下椎板比不同时接触的伤椎再骨折几率低，但由于压缩椎体前后缘高度不一致，冠状位视角无法准确评估骨水泥上下椎板的接触情况，因此评价骨水泥矢状位分布不可或缺。Zhang 等[21]将骨水泥矢状位分布分为同时接触上下椎板组、接触上椎板组、接触下椎板组和中间组，所得研究结论与田伟等一致。Hou 等[22]回顾性观察 281 名 OVCF 强化术后患者的 X 线侧位影像，发现 106 名患者发生术椎再塌陷。分别测量椎体前缘、中线及后缘等三条线上骨水泥边缘与上下椎板的距离，并计算三条线上骨水泥高度与椎体高度的比值，比较后发现伤椎再塌陷组与未塌陷组在椎体中线上的数据有统计学差异，因此推断骨水泥同时接触椎体上下椎板的中间部分有助于降低伤椎再塌陷的发生几率。

1.3.3 从横断位评价骨水泥分布：根据脊柱三柱理论，椎体的前 1/3 是承受压力最高的区域，又是骨小梁稀疏的锥形区域，受力相对薄弱，理论上认为骨水泥分布于椎体前柱能获得良好的力学支撑。贺宝荣等[23]根据三柱理论建立了椎体六分法，对不同骨水泥灌注组进行骨折复位后力学测试发现，骨水泥分布于椎体双侧前 2/3 即能够较好的恢复伤椎的刚度和强度，比单侧灌注能获得更好的生物力学效应。周权发等[24]在椎体六分法基础上设计了椎体二十四分区法，认为骨水泥理想的分布是覆盖椎体前柱的中间部分。文坤树等[25]取骨水泥弥散最大的 CT 横断面，将椎体分为中央前柱区和两侧中柱区，根据骨水泥在三大区面积的占比情况分为优、中、良、差等 4 个等级，比较后认为均匀、对称的骨水泥分布能缓解早期疼痛，获得更好的重建效果。陈齐勇等[26]研究发现单侧 PVP 中，骨水泥在 4 个 CT 横断层面上均是以穿刺通道为中心的勺子样分布，认为增加最底层的骨水泥填充率可以更好的缓解疼痛。

1.4 基于是否越过骨折线区域的评价方法

VA 是通过骨水泥类似“内固定”的黏合作用将发生断裂的骨小梁进行重塑，进而起到恢复椎体形态结构和强度的治疗作用。江晓兵等[27]通过手术前后影像判断骨折线区域骨水泥弥散情况，发现骨水泥弥散良好组的 VAS 疼痛评分、Oswestry 功能障碍指数和后凸 Cobb 角的矫正程度均显著优于弥散不佳组，认为骨水泥是否弥散至骨折线区域是影响手术疗效的因素之一。俞武良等[28]通过类似方法，发现未弥散至骨折线组的即时疼痛缓解率和功能改善情况比弥散骨折线区域组和弥散整个椎体组较

差,差异有统计学意义。由此可见,骨水泥弥散至骨折线区域是保证手术疗效的关键[29]。

1.5 其他评价方法

针对部分研究报道的骨水泥弥散分布评价方法无法根据以上评价角度进行归类,在此作一并叙述。黎一兵等[30]利用三维 CT 将骨水泥形态分布分为点式支撑型,平面支撑型和立体支撑型,认为平面支撑型骨水泥能获得更好的力学分配特性。钟远鸣等[31]根据骨水泥是否弥散至上下椎板和是否越过椎体中线分为弥散充分、弥散一般、弥散不佳 3 组。付兆宗等[32]的骨水泥分布指数评价方法综合了 Tanigawa[7]和赵玉波[10]的评价方法,根据骨水泥形态特征和弥散等级差异分为 5 个分布指数等级。该研究发现临椎再骨折组与未骨折组的骨水泥分布指数等级有统计学差异,经过定量 Logistic 回归分析后认为,骨水泥分布指数每提高一级,邻椎骨折发生风险降低 80 %。He 等[33]根据骨水泥形态特征和冠状位分布分为连锁、不连锁团块型和连续、不连续弥散型,认为术椎再塌陷与骨水泥不连续分布存在显著相关性,建议术后针对不连续分布类型的患者进行密切随访,加强抗骨质疏松治疗。我们认为组合不同角度的骨水泥弥散分布评价方法,没有生物力学研究论证,没有大样本数据支撑,简单的拼凑并不能带来多少临床参考的价值。

2 分析

以上主要是从骨水泥的形态特征、弥散等级、位置分布和是否越过骨折线区域等评价角度,对现有骨水泥弥散分布评价方法进行了系统梳理,并总结和分析了骨水泥弥散分布与手术疗效、伤椎再骨折塌陷和临椎骨折的关系。由于以上研究结论多数是基于回顾性临床研究,基线一致性较差,各种研究因素与非研究因素之间可能造成混合型偏倚,但总结可得出以下四点结论:①骨水泥形态特征与手术疗效无显著关系,团块型骨水泥的伤椎再骨折塌陷和临椎骨折的发生率高于弥散型和混合型。②骨水泥注入量与其弥散等级不成正比,在不发生渗漏的情况下,骨水泥弥散等级越高,术椎再骨折塌陷的风险越低,但同时也会增加邻椎骨折的风险。③理想的骨水泥位置分布应该是双侧均匀、连续分布于椎体前柱,并同时接触上下椎板的中间部分。④骨水泥是否弥散至骨折线区域是影响临床疗效的一个主要因素。

2.1 骨水泥弥散分布对手术疗效的影响

目前 VA 治疗 OVCF 的镇痛机制有三种假说:一是骨水泥的化学神经毒性;二是骨水泥凝固时产生的热效应;三是骨水泥的“内固定”作用限制了骨折微动对痛觉神经末梢的刺激。所以骨水泥弥散分布的越好,尤其是覆盖了骨折线区域,越能获得可靠的镇痛效果。研究发现骨水泥弥散分布与椎体高度的恢复和脊柱后凸 Cobb 角的矫正程度无显著相关性,但能显著影响椎体高度丢失和脊柱退变的发生几率。然而追求理想的弥散分布效果,必然会增加骨水泥渗漏的风险,临床上应准确把握骨水泥注入量、注入时机及推注骨水泥时的压力和速度,必要时双侧穿刺或增加透视的次数,以保证手术安全。目前应用的弯角穿刺和骨水泥定向注射技术,一定程度上改善了骨水泥弥散分布不佳的问题。

2.2 骨水泥弥散分布对术椎再骨折塌陷的影响

近年来,VA 术后并发术椎再骨折塌陷越来越被临床所关注,除与年龄、骨密度、椎体前缘高度和脊柱序列恢复情况等因素有关外,骨水泥不对称、不充分、不均匀的弥散分布是术椎再骨折塌陷的根本原因。尹自龙等[34]研究认为骨水泥弥散程度越好,与椎体上下椎板接触,强化椎体再骨折的发生率越低。有限元力学分析也证实,不匀称的骨水泥分布能增加骨水泥周围松质骨和皮质骨的最大 Von Mises 应力,使得术椎再骨折塌陷的风险升高[35]。除此之外,骨水泥的弥散形态对其刚度和强度的影响显著,弥散性、混合型骨水泥可降低术椎再骨折塌陷的风险。PVP 是骨水泥从穿刺尖嘴的位置向周围均匀渗透,以弥散型和混合型形态为主;而 PKP 由于扩张球囊的撑开作用,将稀疏的骨小梁组织移位、填实,周围形成一个骨质硬化的边缘带,中间形成一个大空腔,因此以团块型、混合型形态多见[8]。近年来体位复位联合 PVP 治疗新鲜 OVCF 备受推崇,相比较于 PKP,在获得椎体高度和脊柱序列恢复的同时降低了团块型骨水泥的形成几率。

2.3 骨水泥弥散分布对邻椎骨折的影响

目前骨水泥弥散分布对邻椎骨折的影响存在争议,可以明确的是骨水泥椎间隙渗漏能显著增加邻椎骨折的发生风险[36]。以上研究认为骨水泥团块型形态、偏侧分布和高容积率是邻椎骨折发生的危险因素。究其可能原因,一方面是骨水泥较高的弹性模量和抗压强度;另外一方面是骨水泥偏侧分布,尤其是终板下分布不均,“应力阶梯”效应使邻椎更容易骨折。然而部分学者认为临椎与术椎之间隔着椎间盘,由于椎间盘的缓冲作用,骨水泥弥散分布差

异对临椎应力的影响可忽略不计。由此可见，骨水泥弥散分布对邻椎骨折的影响有待进一步研究。

3 总结

理想的骨水泥弥散分布是有助于患者疼痛缓解、脊柱功能恢复和生活质量改善，且能降低术椎再骨折塌陷和临椎骨折等不良并发症的发生风险。临床上可从骨水泥的形态特征、弥散等级、位置分布和是否越过骨折线区域等方面，来获得更全面、更准确的骨水泥弥散分布评价结果。

综上所述，VA 术后骨水泥理想分布是呈现弥散型或混合型形态特征，广泛填充并充分覆盖骨折线区域，双侧均匀连续分布于椎体前柱，并同时接触上下椎板中间部分。

【参考文献】

[1] Marcia S, Muto M, Hirsch J A, et al. What is the role of vertebral augmentation for osteoporotic fractures? A review of the recent literature[J]. Neuroradiology, 2018, 60(8): 777-783.

[2] 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.

[3] 邵珂，吉立新. 不同程度椎体压缩骨折行经皮穿刺椎体成形术后骨水泥的弥散分布规律[J]. 创伤外科杂志，2019，21(7)：508-512.

[4] 贺双军，吕南宁，刘昊，等. 经皮椎体后凸成形术骨水泥分布形态对术后早期疗效的影响[J]. 中华骨科杂志，2019，39(3)：137-143.

[5] Yu WB, Jiang XB, Liang D, et al. Risk factors and score for recollapse of the augmented vertebrae after percutaneous vertebroplasty in osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Osteoporos Int, 2019, 30(2): 423-430.

[6] 李业成，张巍，张成亮，等. 经皮椎体成形术后骨水泥弥散类型不同与相邻椎体再骨折的关系[J]. 创伤外科杂志，2019，21(8)：591-594.

[7] Tanigawa N, Komemushi A, Kariya S, et al. Relationship between cement distribution pattern and new compression fracture after percutaneous vertebroplasty[J]. AJR Am J Roentgenol, 2007, 189(6): W348-W352.

[8] 乐军，董刚，周辉，等. 椎体内部强化术后术椎塌陷的危险因素分析[J]. 中国骨伤，2016，29(7)：625-629.

[9] 赵永生，李强，历强，等. 骨水泥弥散类型对治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的影响[J]. 中国骨伤，2017，30(5)：446-452.

[10] 赵玉波，张庆明. 椎体成形术中骨水泥弥散分布等级的量效关系[J]. 中国骨与关节损伤杂志，2015，30(1)：63-65.

[11] 王芳芳，郜顺兴，王拴池，等. 骨水泥弥散分布等级与骨质疏松压缩性骨折 PVP 手术临床疗效的关系研究[J]. 实用骨科杂志，2019，25(9)：822-826.

[12] 何保玉，刘宝戈，李学民，等. 骨水泥弥散容积率在骨质疏松性椎体压缩骨折 PKP 术后疗效评价中的应用[J]. 中国骨与关节杂志，2016，5(1)：68-73.

[13] 蔡凯文，卢斌，罗科锋，等. 骨质疏松椎体压缩性骨折椎体强化术后邻椎骨折危险因素的研究进展[J]. 中华骨科杂志，2019，39(17)：1087-1095.

[14] Nam HG, Jeong JH, Shin IY, et al. Clinical effects and radiological results of vertebroplasty: over a 2-year follow-up period[J]. Korean J Spine, 2012, 9(4): 334-9.

[15] Chu W, Tsuei YC, Liao PH, et al. Decompressed percutaneous vertebroplasty: a secured bone cement delivery procedure for vertebral augmentation in osteoporotic compression fractures[J]. Injury, 2013, 44(6): 813-818.

[16] 谢华，李继春，何劲，等. 骨水泥分布对椎体成形手术后疗效影响的研究[J]. 中华骨科杂志，2017，37(22)：1400-1406.

[17] Lin J, Qian L, Jiang C, et al. Bone cement distribution is a potential predictor to the reconstructive effects of unilateral percutaneous kyphoplasty in OVCFs: a retrospective study[J]. J Orthop Surg Res, 2018, 13(1): 140.

[18] 张大鹏，毛克亚，强晓军，等. 椎体增强术后骨水泥分布形态分型及其临床意义[J]. 中华创伤杂志，2018，34(2)：130-137.

[19] 李世梁，连育才，孙海东，等. 骨水泥分布系数及骨水泥量与经皮椎体后凸成形术早期疗效相关性分析[J]. 重庆医学，2019，48(5)：870-872+877.

[20] 田伟，韩骁，刘波，等. 经皮椎体后凸成形术后骨水泥分布与手术椎体再骨折的关系[J]. 中华创伤骨科杂志，2012，14(3)：211-215.

[21] Zhang L, Wang Q, Wang L, et al. Bone cement distribution in the vertebral body affects chances of recompression after percutaneous vertebroplasty treatment in elderly patients with osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Clin Interv Aging, 2017, 12: 431-436.

[22] Hou Y, Yao Q, Zhang G, et al. Polymethylmethacrylate distribution is associated with recompression after vertebroplasty or kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures: A retrospective study[J]. PLoS One, 2018, 13(6): e0198407.

[23] 贺宝荣，许正伟，郝定均，等. 骨水泥在骨质疏松性骨折椎体内分布状态与生物力学性能的关系[J]. 中华骨科杂志，2012，32(8)：768-773.

[24] 周权发，刘宏建，寇红伟，等. 弯角椎体成形装置的早期疗效评估及对骨水泥分布的影响[J]. 中国矫形外科杂志，2017，25(10)：892-897.

[25] 文坤树，蔡勇平，张家金，等. PKP 术中骨水泥的灌注量与分布对 OVCF 早期疗效的影响[J]. 重庆医学，2016，45(1)：62-65.

[26] 陈齐勇，刘泊龄，梁珪清，等. 单侧穿刺 PVP 骨水泥纵向多平面分布特点及其对疗效的影响[J]. 中国骨与关节损伤杂志，2017，32(9)：960-962.

[27] 江晓兵，莫凌，梁德，等. 骨水泥在椎体骨折线内弥散情况

对椎体成形术治疗效果的影响[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(2): 144-149.

[28] 俞武良, 陆建猛, 韦勇力, 等. 经皮椎体成形术中椎体内骨水泥分布范围对疗效的影响[J]. 中国矫形外科杂志, 2015, 23(20): 1836-1840.

[29] 陈同林, 雍宜民, 彭银平, 等. 骨折线内骨水泥弥散状况对经皮椎体成形治疗的影响[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(21): 3287-3291.

[30] 黎一兵, 郝定均, 贺宝荣, 等. PKP 术后骨水泥形态分布对临床效果影响分析[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2012, 27(11): 996-998.

[31] 钟远鸣, 苏之盟, 覃海飚, 等. 椎体成形术骨水泥弥散情况对再发骨折的影响[J]. 重庆医学, 2016, 45(6): 752-755+759.

[32] 付兆宗, 陈忠羡, 秦英, 等. 骨水泥分布指数对椎体成形术后症状性邻近节段骨折的影响[J]. 南方医科大学学报, 2017, 37(7): 947-951.

[33] He D, Lou C, Yu W, et al. Cement distribution patterns are associated with recompression in cemented vertebrae after percutaneous vertebroplasty: a retrospective study[J]. World Neurosurg, 2018, 120: e1-e7.

[34] 尹自龙,张啓维,王晓滨,等.骨水泥强化椎体再压缩骨折的相关因素研究[J].中国骨质疏松杂志, 2019, 25(11): 1580-1584.

[35] Liang D, Ye LQ, Jiang XB, et al. Biomechanical effects of cement distribution in the fractured area on osteoporotic vertebral compression fractures: a three-dimensional finite element analysis[J]. J Surg Res, 2015, 195(1): 246-56.

[36] 蔡凯文, 蒋国强, 卢斌, 等. 椎间隙骨水泥渗漏的不同分型对邻椎相邻终板应力分布的影响:三维有限元研究[J]. 中华骨科杂志, 2019, 39(6): 364-373.

(收稿日期: 2020-04-06;修回日期: 2020-08-05)

(上接第 434 页)

[22] Toloza SM, Cole DE, Gladman DD, et al. Vitamin D insufficiency in a large female SLE cohort[J]. Lupus, 2010, 19(1): 13-19.

[23] Tedeschi SK, Aranow C, Kamen DL, et al. Effect of vitamin D on serum markers of bone turnover in SLE in a randomised controlled trial[J]. Lupus Sci Med, 2019, 6(1): e000352.

[24] Nordqvist J, Lagerquist M, Grahnemo L, et al. Osteoporosis in a murine model of postmenopausal lupus[J]. Lupus, 2020, 29(1): 58-66.

[25] Formiga F, Moga I, Nolla J M, et al. The association of dehydroepiandrosterone sulphate levels with bone mineral density in systemic lupus erythematosus[J]. Clinical & Experimental Rheumatology, 1997, 15(4): 387-392. doi: 10.1002/1529-0131(199707)40:7<1370::AID-ART30>3.0.CO;2-P.

[26] Talsania M, Scofield R H. Menopause and Rheumatic Disease.[J]. Rheumatic Disease Clinics of North America, 2017, 43(2): 287-302. doi: 10.1016/j.rdc.2016.12.011.

[27] Mok C, Mak A, Ma K. Bone mineral density in postmenopausal Chinese patients with systemic lupus erythematosus[J]. Lupus, 2005, 14(2): 106-112. doi: 10.1191/0961203305lu2039oa.

[28] Carvalho J F, Blank M, Kiss E, et al. Anti-Vitamin D, Vitamin D in SLE: Preliminary Results[J]. Annals of the New York Academy of Sciences, 2007, 1109: 550-557. doi: 10.1196/annals.1398.061.

[29] Monticielo OA, Brenol JC, Chies JA, et al. The role of BsmI and FokI vitamin D receptor gene polymorphisms and serum 25-hydroxyvitamin D in Brazilian patients with systemic lupus erythematosus[J]. Lupus, 2012, 21(1): 43-52. doi: 10.1177/0961203311421798.

[30] Jacobs J, Korswagen L A, Tervaert J W C, et al. FRI0405 The Association between FOK-I Vitamin D Receptor Gene Polymorphisms and Bone Mineral Density in Patients with Systemic Lupus Erythematosus[J]. Clinical & Experimental Rheumatology, 2015, 73(Suppl 2): 533-534. doi: 10.1136/annrheumdis-2014-eular.3553.

[31] 沈凌汛, 刘巧红, 余立凯, et al. 影响系统性红斑狼疮患者骨质疏松的多因素分析[J]. 中华风湿病学杂志, 2004, 8(2). doi: 10.3760/j:issn:1007-7480.2004.02.008.

[32] Zhu T Y, Griffith J F, Au S K, et al. Bone Mineral Density Change in Systemic Lupus Erythematosus: A 5-year Followup Study[J]. The Journal of Rheumatology, 2014, 41(10): 1990-1997. doi: 10.3899/jrheum.131190.

[33] 王钢, 李向培, 厉小梅, et al. 系统性红斑狼疮缓解期患者长期服用小剂量泼尼松对骨密度的影响[J]. 中华内科杂志, 2017, 56(3): 179. doi: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2017.03.006.

[34] Huisman A M, White K P, Algra A, et al. Vitamin D levels in women with systemic lupus erythematosus and fibromyalgia[J]. Journal of Rheumatology, 2001, 28(11): 2535-2539. doi: 10.1016/j.neunet.2006.12.002.

[35] Lee C T, Ng H Y, Lien Y H, et al. Effects of Cyclosporine, Tacrolimus and Rapamycin on Renal Calcium Transport and Vitamin D Metabolism[J]. American Journal of Nephrology, 2011, 34(1): 87-94. doi: 10.1159/000328874.

[36] Tuin J, Sanders JS, van Beek AP, et al. Brief Report: Menopause and Primary Ovarian Insufficiency in Women Treated for Antineutrophil Cytoplasmic Antibody-Associated Vasculitides[J]. Arthritis Rheumatol. 2016, 68(4): 986-992. doi: 10.1002/art.39522.

[37] Fürnrohr B G, Rhodes B, Munoz L E, et al. Osteoclast Differentiation Is Impaired in a Subgroup of SLE Patients and Correlates Inversely with Mycophenolate Mofetil Treatment[J]. Int J Mol Sci. 2015, 16(8): 18825-18835. doi: 10.3390/ijms160818825.

(收稿日期: 2020-03-16;修回日期: 2020-06-18)