

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2023.18.012

改良分次骨水泥推注治疗骨质疏松性椎体骨折的疗效分析*

占新华,孙 健[△],宋旺胜,张国桥,林耀发

上海市第一人民医院嘉定分院/上海市嘉定区江桥医院骨科,上海 201833

摘要:目的 探讨改良分次骨水泥推注在骨质疏松性腰椎压缩性骨折改良经皮椎体成形术中的应用效果。**方法** 选取 2020 年 3 月至 2022 年 3 月该院收治的 66 例骨质疏松性腰椎压缩性骨折患者为研究对象。根据治疗方法的不同,将患者分为对照组(32 例)与研究组(34 例)。所有患者均行经皮椎体成形术,其中对照组采取传统骨水泥注射治疗,研究组采取改良分次骨水泥推注治疗。对比 2 组手术耗时、骨水泥推注量及渗漏率。观察 2 组不同时间点的疼痛情况[视觉模拟评分法(VAS)]、伤椎椎体前缘高度、后凸 Cobb 角及 Oswestry 功能障碍指数(ODI)评分。**结果** 研究组手术耗时、骨水泥推注量与对照组比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。研究组骨水泥渗漏率低于对照组($P<0.05$)。VAS 评分、ODI 评分均存在时间效应及交互效应($P<0.05$);与术前相比,术后 3 d、末次随访时的 VAS 评分、ODI 评分均降低($P<0.05$),且末次随访时的 VAS 评分、ODI 评分均较术后 3 d 降低($P<0.05$);2 组间 VAS 评分、ODI 评分比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。伤椎椎体前缘高度和后凸 Cobb 角均存在时间效应及交互效应($P<0.05$);与术前相比,术后 3 d、末次随访时伤椎椎体前缘高度均升高($P<0.05$),后凸 Cobb 角均减小($P<0.05$);但末次随访时的伤椎椎体前缘高度、后凸 Cobb 角与术后 3 d 比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);2 组间伤椎椎体前缘高度、后凸 Cobb 角比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 骨质疏松性腰椎压缩性骨折应用改良分次骨水泥推注,能够减轻疼痛与肢体功能障碍、恢复椎体高度及降低 Cobb 角,且未延长手术时间及增加骨水泥注入量,可大幅度减少骨水泥渗漏的发生。

关键词:改良分次骨水泥推注; 骨质疏松症; 腰椎压缩性骨折; 经皮椎体成形术; 骨水泥渗漏

中图法分类号:R683.2 文献标志码:A 文章编号:1672-9455(2023)18-2682-05

Analysis on effect of modified fractional bone cement injection in treating osteoporotic vertebral fractures*

ZHAN Xinhua, SUN Jian[△], SONG Wangsheng, ZHANG Guoqiao, LIN Yaofa

Department of Orthopedics, Jiading Branch Hospital of Shanghai Municipal First People's Hospital/Jiangqiao Hospital of Jiading District, Shanghai 201833, China

Abstract: Objective To investigate the effect of modified fractional bone cement injection in modified percutaneous vertebroplasty for osteoporotic lumbar compression fracture. **Methods** Sixty-six patients with osteoporotic lumbar compression fractures treated in this hospital from March 2020 to March 2022 were selected as the study subjects and divided into the control group (32 cases) and study group (34 cases) according to different treatment methods. All patients underwent percutaneous vertebroplasty. The control group adopted the traditional bone cement injection, and the study group was treated with modified fractional bone cement injection. The operation time, bone cement injection amount and leakage rate were compared between the two groups. The pain situation [visual analogue scale (VAS)], height of the anterior edge of the injured vertebral body, the convex Cobb angle and the Oswestry dysfunction index (ODI) score at different time points in the two groups were observed. **Results** There was no statistically significant difference in the operation time and bone cement injection volume between the study group and control group ($P>0.05$). The bone cement leakage rate of the study group was lower than that of the control group ($P<0.05$). There was an interaction between the groups and time in the VAS score and ODI score ($P<0.05$). The VAS score and ODI score on 3 d after operation and at the last follow-up were significantly decreased compared with those before operation ($P<0.05$), moreover the VAS score and ODI score at the last follow-up were significantly decreased compared those on 3 d after operation ($P<0.05$). There were no statistically significant difference in VAS score

* 基金项目:上海市嘉定区自然科学研究课题(JDKW-2020-0039)。
作者简介:占新华,男,主治医师,主要从事脊柱外科方面的研究。 [△] 通信作者, E-mail: drsunjian@163.com。

and ODI score between the two groups ($P>0.05$). There was an interaction between the groups and time for the height of the anterior edge of the injured vertebrae and the Cobb angle of kyphosis ($P<0.05$). Compared with before operation, the anterior margin height of the injured vertebrae on 3 d after surgery and at the last follow-up was increased ($P<0.05$), and the kyphotic Cobb angle was decreased ($P<0.05$). However, there were no statistically significant differences in the vertebral anterior margin height and kyphotic statistically Cobb Angle in the two groups between the last follow-up and on postoperative 3 d ($P>0.05$). There were no significant differences in the height of anterior vertebral margin and the kyphotic Cobb Angle between the two groups ($P>0.05$). **Conclusion** The application of modified fractional bone cement injection in treating osteoporotic lumbar compression fracture could reduce pain and limb dysfunction, restore the vertebral height and lower the Cobb angle, which can significantly reduce the occurrence of bone cement leakage without prolonging the operation time and increasing the amount of bone cement injection.

Key words: modified graded bone cement injection; osteoporosis; lumbar vertebral compression fractures; percutaneous vertebroplasty; leakage of bone cement

骨质疏松症多见于中老年人群,中老年人由于脆性增加、骨组织量减少、骨密度下降等原因容易发生骨折,在此类骨折患者中尤以骨质疏松性腰椎压缩性骨折在临床中较为常见^[1]。经皮椎体成形术是临床治疗此类患者的重要手段,但单一治疗对伤椎高度恢复和脊柱后凸的改善作用有限,且随着患者年龄的增长,增加了术后相邻节段再骨折与后凸畸形的风险。椎体内骨水泥填充,可稳固和加强椎体复位,维持术后矫形,避免发生远期椎体高度丢失,可改善预后,但在椎体成形术过程中,可出现骨水泥渗漏的情况,引发骨水泥栓塞或压迫脊髓、神经根等,危害极大^[2-3]。因此,积极探寻有效防止骨水泥渗漏的方法尤为重要。目前,虽有研究指出球囊扩张技术在降低骨水泥渗透发生风险方面具有一定的优势^[4],但该技术要求高和治疗费用高,加上在注射骨水泥时仍可发生渗透,限制了该技术在临床的广泛应用。灌注骨水泥时需要给予一定的压力以便将骨水泥推注到伤椎体内,传统单次骨水泥注射时容易向骨折裂缝、骨缺损处等渗漏^[5]。鉴于此,本研究采用改良分次骨水泥推注对骨质疏松性腰椎压缩性骨折患者进行治疗,现将结果报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择 2020 年 3 月至 2022 年 3 月在本院诊治的 66 例骨质疏松性腰椎压缩性骨折患者为研究对象,根据治疗方法的不同将患者分为对照组(32 例)与研究组(34 例)。本研究已获得本院医学伦理委员会批准。所有患者对本研究均知情同意。纳入标准:均符合骨质疏松性腰椎压缩性骨折诊断标准^[6],且经骨密度、X 线、CT 等检查确诊;新鲜骨折,无脊髓或神经压迫;无椎间盘病变。排除标准:陈旧性或病理性骨折;已骨折过的椎体再次骨折;有椎体骨髓炎;有肿瘤性疾病;有神经系统疾病;有严重心、肝、肺、肾等重要脏器疾病;有血液系统疾病;有精神

疾病;有传染性疾病;有感染。对照组:男 11 例,女 21 例;年龄 47~80 岁,平均 (64.52 ± 7.38) 岁;病程 1~7 d,平均 (3.31 ± 0.45) d;骨密度 T 值 $-4.19\sim-2.62$,平均 -3.42 ± 0.55 ;涉及椎体, L_1 10 个, L_2 7 个, L_3 7 个, L_4 8 个, L_5 6 个;压缩程度,Ⅱ度 26 例,Ⅲ度 6 例。研究组:男 9 例,女 25 例;年龄 45~80 岁,平均 (63.85 ± 8.19) 岁;病程 1~6 d,平均 (3.12 ± 0.49) d;骨密度 T 值 $-4.29\sim-2.57$,平均 -3.44 ± 0.57 ;涉及椎体, L_1 11 个, L_2 8 个, L_3 6 个, L_4 10 个, L_5 7 个;压缩程度,Ⅱ度 27 例,Ⅲ度 7 例。2 组一般临床资料比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

1.2 方法

1.2.1 手术治疗方法 (1)对照组给予传统经皮椎体成形术。在 C 型臂透视下,利用穿刺针沿椎弓根外侧穿刺至伤椎前 3/4 处停止,建立工作通道。置入骨水泥注射套管,拔出管芯,常规单次注入已经调制好的骨水泥,透视下观察骨水泥弥散情况,若出现骨水泥流入椎管内,则立即停止,待骨水泥凝固后,将工作通道拔出。(2)研究组给予改良经皮椎体成形术。置入骨水泥推注套管,拔出管芯,分次注入骨水泥。第 1 次调制 2 推杆骨水泥,于拉丝期晚期或团状期早期将其缓慢推入椎体,待骨水泥堵住伤椎椎体前缘破裂口,则停止;第 2 次调制骨水泥,并于拉丝期早期或中期将其缓慢推入椎体,待骨水泥弥散满意,则停止。

1.2.2 其他治疗 2 组均给予抗骨质疏松治疗;术后 24 h 给予抗菌药物预防感染,鼓励患者早期下床活动,指导患者肢体功能锻炼(由轻至重),且嘱患者出院后逐渐恢复日常活动,并定期至医院复查。2 组术后均随访 6 个月。

1.3 观察指标 (1)手术耗时、骨水泥推注量及渗漏发生情况。(2)疼痛情况:在所有患者术前、术后 3 d 及末次随访时进行疼痛评估,参照视觉模拟评分法(VAS)^[7],用一约 10 cm 标尺,其中一面标有 0~10

分,分数越高,表示疼痛越剧烈。(3)伤椎椎体前缘高度、后凸 Cobb 角:均于术前、术后 3 d 及末次随访时对患者进行腰椎 X 线检测,测量伤椎椎体前缘高度及后凸 Cobb 角。(4)Oswestry 功能障碍指数(ODI)^[8]评分:在所有患者术前、术后 3 d 及末次随访时进行 ODI 测评,其包含疼痛、站立、行走、提物、生活自理等 10 个问题,均按 0~5 分评分,总分为 0~50 分,分数越高,说明患者存在越严重的功能障碍。

1.4 统计学处理 采用 SPSS21.0 软件对数据进行分析。呈正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 t 检验,重复测量资料采用重复测量方差分析,组内两两比较采用配对 t 检验;计数资料以例数、百分率表示,比较采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 2 组手术耗时、骨水泥推注量及骨水泥渗漏发生情况对比 研究组手术耗时、骨水泥推注量与对照组比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$);研究组骨水泥渗漏发生率低于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 2 组手术时间、骨水泥推注量及骨水泥渗漏发生情况对比[$\bar{x} \pm s$ 或 $n(\%)$]				
组别	n	手术耗时(min)	骨水泥推注量(mL)	发生骨水泥渗漏
研究组	34	30.73±6.20	6.33±0.82	1(2.94)
对照组	32	29.52±5.48	6.07±0.72	7(21.88)
t 或 χ^2		0.986	1.674	4.438
P		0.345	0.091	0.041

表 3 2 组伤椎椎体前缘高度、后凸 Cobb 角对比($\bar{x} \pm s$)							
组别	n	伤椎椎体前缘高度(mm)			后凸 Cobb 角(°)		
		术前	术后 3 d	末次随访时	术前	术后 3 d	末次随访时
研究组	34	14.78±2.51	23.20±2.19 [*]	22.25±1.89 [*]	26.45±3.24	11.32±2.28 [*]	12.11±2.37 [*]
对照组	32	15.13±2.32	23.71±2.22 [*]	23.20±1.96 [*]	25.67±3.41	10.46±2.10 [*]	11.36±2.28 [*]
F		$F_{\text{组间}}=1.875, F_{\text{时间}}=5.924, F_{\text{交互}}=4.866$			$F_{\text{组间}}=1.941, F_{\text{时间}}=5.667, F_{\text{交互}}=4.429$		
P		$P_{\text{组间}}=0.091, P_{\text{时间}}<0.001, P_{\text{交互}}<0.001$			$P_{\text{组间}}=0.084, P_{\text{时间}}<0.001, P_{\text{交互}}<0.001$		

注:与同组术前对比,^{*} $P < 0.05$ 。

表 4 2 组 ODI 评分对比($\bar{x} \pm s$, 分)				
组别	n	术前	术后 3 d	末次随访时
研究组	34	38.45±4.21	21.30±3.74 [*]	14.18±2.54 ^{*#}
对照组	32	38.66±4.41	20.75±3.56 [*]	14.95±2.89 ^{*#}
F		$F_{\text{组间}}=1.520, F_{\text{时间}}=9.363, F_{\text{交互}}=6.024$		
P		$P_{\text{组间}}=0.151, P_{\text{时间}}<0.001, P_{\text{交互}}<0.001$		

注:与同组术前对比,^{*} $P < 0.05$;与同组术后 3 d 对比,[#] $P < 0.05$ 。

3 讨 论

骨质疏松性腰椎压缩性骨折患者临床常表现为

2.2 2 组疼痛情况对比 重复测量方差分析显示,VAS 评分存在时间效应及交互效应($P < 0.05$)。术后 3 d、末次随访时的 VAS 评分均低于术前,且末次随访时的 VAS 评分均低于术后 3 d,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。2 组间 VAS 评分比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 2。

表 2 2 组 VAS 评分对比($\bar{x} \pm s$, 分)				
组别	n	术前	术后 3 d	末次随访时
研究组	34	7.45±1.36	2.60±0.41 [*]	1.42±0.25 ^{*#}
对照组	32	7.32±1.47	2.52±0.42 [*]	1.50±0.31 ^{*#}
F		$F_{\text{组间}}=1.703, F_{\text{时间}}=6.739, F_{\text{交互}}=6.897$		
P		$P_{\text{组间}}=0.097, P_{\text{时间}}<0.001, P_{\text{交互}}<0.001$		

注:与同组术前对比,^{*} $P < 0.05$;与同组术后 3 d 对比,[#] $P < 0.05$ 。

2.3 2 组伤椎椎体前缘高度、后凸 Cobb 角对比 重复测量方差分析显示,伤椎椎体前缘高度及后凸 Cobb 角存在时间效应及交互效应($P < 0.05$)。与术前相比,术后 3 d 和末次随访时伤椎椎体前缘高度均升高($P < 0.05$),后凸 Cobb 角均减小($P < 0.05$);但伤椎椎体前缘高度及后凸 Cobb 角在末次随访时与术后 3 d 比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。2 组间伤椎椎体前缘高度、后凸 Cobb 角比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 3。

2.4 2 组 ODI 评分对比 重复测量方差分析显示,ODI 评分存在时间效应及交互效应($P < 0.05$),术后 3 d、末次随访时的 ODI 评分均低于术前,末次随访时均低于术后 3 d,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。2 组间 ODI 评分差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 4。

腰背剧烈疼痛,活动障碍,严重影响患者日常生活^[9-10]。目前,临床主要采用经皮椎体成形术治疗,但单纯经皮椎体成形术矫正后凸畸形及恢复伤椎椎体高度的力量存在一定的不足,患者术后可因应力集中而出现伤椎或邻近椎体的再次骨折。为防止术后椎体高度丢失以及再发后凸畸形,有研究表明实施经皮椎体成形术时,需向椎体内灌注骨水泥^[11]。但此过程可发生骨水泥渗漏,严重影响治疗效果,甚至危害患者生命安全^[12-13]。因此,积极探寻能够有效减少骨水

泥渗漏发生的方法具有重要意义。

本研究结果显示:研究组手术耗时、骨水泥推注量与对照组相近,提示在骨质疏松性腰椎压缩性骨折应用改良分次骨水泥推注套管,并未延长手术时间,且未增加骨水泥使用量。另外,本研究中,VAS 评分、ODI 评分在术前、术后 3 d、末次随访时均依次降低;术后 3 d、末次随访时的伤椎椎体前缘高度均较术前升高,而后凸 Cobb 角均较术前减小,但末次随访时与术后 3 d 伤椎椎体前缘高度及后凸 Cobb 角均接近。而 2 组间 VAS 评分、ODI 评分、伤椎椎体前缘高度、后凸 Cobb 角比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。以上提示在骨质疏松性腰椎压缩性骨折应用改良分次骨水泥推注,在有效缓解患者疼痛、恢复椎体高度、降低 Cobb 角及功能障碍改善等方面可取得与传统骨水泥推注套管相同的效果^[14]。究其原因在于在椎体成形术中,应用改良分次骨水泥推注,虽然灌注骨水泥分次开展,但因第 1 次推注是在骨水泥黏度比较高的时候,且推杆靠近椎体前缘裂隙,可有效封堵椎体前缘破损处;第 2 次推注是在骨水泥黏度比较低的时候,骨水泥可较好地弥散在椎体内。待两次注入后,骨水泥仍可形成一体,从而可对椎体有效填充,增加了椎体稳定性,减少了椎体刺激,消除了骨折块微动,起到与一次性骨水泥灌注相同的效果^[15-16]。

此外,本研究结果显示:研究组发生率低对照组,提示在骨质疏松性腰椎压缩性骨折患者应用改良分次骨水泥推注,可减少骨水泥渗漏的发生。分析其原因在于进行椎体成形术的患者,在传统单次向椎体内注入骨水泥时,可出现骨水泥向椎体周围渗漏的情况,从而损伤周围组织,严重者可进入血液循环,造成骨水泥栓塞^[17-18]。分次灌注处于不同期的骨水泥,不仅能够保证其填充范围,且能够较好地弥散于椎体,可降低渗漏的风险^[19]。本研究采用骨水泥分期、分次推注法,第 1 次推注黏度比较高(拉丝期晚期或团状期早期)的骨水泥,可快速封闭椎体前缘破裂处,在保证骨水泥填充范围(很好弥散)的同时,亦能够减少骨水泥从椎体破裂处渗漏;另控制骨水泥注入量对降低骨水泥渗漏的发生起着重要作用,一次性注入全部剂量的骨水泥时容易出现骨水泥从椎体破损处渗漏,而分次注入小剂量的骨水泥则可降低此类风险。有研究表明,在应用经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体骨折中,采取分次调制灌注骨水泥法可减少骨水泥渗漏的发生^[5]。需要注意的是对于椎体后方破裂的患者,骨水泥可经破裂的椎体后壁而流入椎管内,骨水泥渗漏风险高,此时需选用处于拉丝后期的骨水泥分次缓慢注入,两侧同时交替,每次约 0.5 mL,等待 10~20 s,当其弥散至椎体后 1/4 时,则停止。在临床工作中,需准确把握骨水泥注入时机,根据骨水

泥类型选取分次调配间隔时间,并需控制骨水泥推注压力,合适的压力以推注结束后推杆能够自由回弹 1 cm 左右为宜。

综上所述,在骨质疏松性腰椎压缩性骨折使用改良分次骨水泥推注,可明显减轻患者疼痛及肢体功能障碍,恢复椎体高度,降低 Cobb 角,更好地起到预防骨水泥渗漏的作用。

参考文献

- [1] LEE B G, CHOI J H, KIM D Y, et al. Risk factors for newly developed osteoporotic vertebral compression fractures following treatment for osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Spine J, 2019, 19(2):301-305.
- [2] 梁本高, 王国辉. 椎弓根螺钉内固定配合经皮椎体成形术治疗骨质疏松性胸腰椎骨折的临床疗效及术后再骨折的影响[J]. 实用医院临床杂志, 2019, 16(5):212-215.
- [3] GAO C, ZONG M, WANG W T, et al. Analysis of risk factors causing short-term cement leakages and long-term complications after percutaneous kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Acta Radiol, 2018, 59(5):577-585.
- [4] 高俊, 胡继红, 张曦, 等. 分次球囊扩张技术在治疗骨质疏松性椎体骨折骨水泥渗漏中的应用[J]. 广东医学, 2019, 40(19):2763-2768.
- [5] 刘冰山, 阮昆鹏. PKP 分次调制灌注骨水泥治疗骨质疏松性椎体爆裂骨折[J]. 颈腰痛杂志, 2019, 40(5):696-697.
- [6] 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.
- [7] THONG I S, JENSEN M P, MIRÓ J, et al. The validity of pain intensity measures: what do the NRS, VAS, VRS, and FPS-R measure? [J]. Scand J Pain, 2018, 18(1):99-107.
- [8] ARPINAR V E, GLIEDT J A, KING J A, et al. Oswestry Disability Index scores correlate with MRI measurements in degenerating intervertebral discs and endplates[J]. Eur J Pain, 2020, 24(2):346-353.
- [9] HYUN S E, KO J Y, LEE E, et al. The prognostic significance of pedicle enhancement from contrast-enhanced MRI for the further collapse in osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2018, 43(22):1586-1594.
- [10] HEGAZY R, EL-MOWAFI H, HADHOOD M, et al. The outcome of radiofrequency kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures in osteoporotic patients[J]. Asian Spine J, 2019, 13(3):459-467.
- [11] 韦庆申, 张相伟. PVP 联合椎弓根螺钉内固定治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折效果观察[J]. 山东医药, 2018, 58(32):71-73.
- [12] ALHASHASH M, SHOUSA M, BARAKAT A S, et al. Effects of polymethylmethacrylate cement viscosity and bone porosity on cement leakage and(下转第 2692 页)

[J]. Med Sci Sports Exerc, 2015, 47(7): 1512-1518.

[12] HOSHIKAWA M, UCHIDA S, GANEKO M, et al. Sleep quality under mild hypoxia in men with low hypoxic ventilatory response[J]. Eur J Sport Sci, 2014, 14 Suppl 1: S205-S212.

[13] HOSHIKAWA M, UCHIDA S, SUGO T, et al. Changes in sleep quality of athletes under normobaric hypoxia equivalent to 2,000-m altitude: a polysomnographic study [J]. J Appl Physiol (1985), 2007, 103(6): 2005-2011.

[14] KINSMAN T A, TOWNSEND N E, GORE C J, et al. Sleep disturbance at simulated altitude indicated by stratified respiratory disturbance index but not hypoxic ventilatory response[J]. Eur J Appl Physiol, 2005, 94 (5/6): 569-575.

[15] SARGENT C, SCHMIDT W F, AUGHEY R J, et al. The impact of altitude on the sleep of young elite soccer players (ISA3600) [J]. Br J Sports Med, 2013, 47 Suppl 1 (Suppl 1): i86-i92.

[16] ANDERSON P J, WISTE H J, OSTBY S A, et al. Sleep disordered breathing and acute mountain sickness in workers rapidly transported to the South Pole (2835 m) [J]. Respir Physiol Neurobiol, 2015, 210: 38-43.

[17] LATSHANG T D, LO CASCIO C M, STÖWHAS A C, et al. Are nocturnal breathing, sleep, and cognitive performance impaired at moderate altitude (1 630—2 590 m)? [J]. Sleep, 2013, 36(12): 1969-1976.

[18] LATSHANG T D, FURIAN M, AESCHBACHER S S, et al. Association between sleep apnoea and pulmonary hypertension in Kyrgyz highlanders[J]. Eur Respir J, 2017, 49(2): 1601530.

[19] NUSSBAUMER-OCHSNER Y, SCHUEPFER N, ULRICH S, et al. Exacerbation of sleep apnoea by frequent central events in patients with the obstructive sleep apnoea syndrome at altitude: a randomised trial[J]. Thorax, 2010, 65(5): 429-435.

[20] NUSSBAUMER-OCHSNER Y, SCHUEPFER N, SIEBENMANN C, et al. High altitude sleep disturbances monitored by actigraphy and polysomnography[J]. High Alt Med Biol, 2011, 12(3): 229-236.

[21] NUSSBAUMER-OCHSNER Y, SCHUEPFER N, URSPRUNG J, et al. Sleep and breathing in high altitude pulmonary edema susceptible subjects at 4,559 meters[J]. Sleep, 2012, 35(10): 1413-1421.

[22] NUSSBAUMER-OCHSNER Y, URSPRUNG J, SIEBENMANN C, et al. Effect of short-term acclimatization to high altitude on sleep and nocturnal breathing [J]. Sleep, 2012, 35(3): 419-423.

[23] 罗现科, 庞冉, 迟晨雨, 等. 针灸对慢性失眠病人睡眠进程、睡眠结构及 N2 期睡眠梭形波的影响[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2020, 18(1): 160-162.

[24] 丁锦红, 张钦, 郭春彦. 眼睛运动如何与记忆相关? [J]. 心理科学进展, 2006, 24(1): 1-6.

[25] 李玉红, 格日力. 高原睡眠呼吸紊乱与急性高原病的相关性研究进展[J]. 生理科学进展, 2014, 45(2): 154-158.

[26] WAN X, WANG W, LIU J, et al. Estimating the sample mean and standard deviation from the sample size, median, range and/or interquartile range[J]. BMC Med Res Methodol, 2014, 14: 135.

(收稿日期: 2023-02-27 修回日期: 2023-07-12)

(上接第 2685 页)

new vertebral fractures after percutaneous vertebroplasty: a prospective study[J]. Global Spine J, 2019, 9(7): 754-760.

[13] BOISSON M, RANNOU F, NGUYEN C. Polymethylmethacrylate-induced Modic 1 changes following percutaneous vertebroplasty and intradiscal cement leakage: a case report[J]. Joint Bone Spine, 2019, 86(2): 267-268.

[14] 高贵营, 夏庆福, 黄立军, 等. 椎弓根螺钉结合骨水泥椎体成形术对骨质疏松性胸腰椎骨折患者远期疗效的前瞻性研究[J]. 中国骨与关节杂志, 2018, 7(7): 494-498.

[15] GONZÁLEZ S G, BASTIDA G C, VLAD M D, et al. Analysis of bone cement distribution around fenestrated pedicle screws in low bone quality lumbosacral vertebrae [J]. Int Orthop, 2019, 43(8): 1873-1882.

[16] 张庆峰, 刘士懂, 张震, 等. 单侧分步穿刺骨质疏松性椎体

压缩骨折的疗效分析[J]. 实用骨科杂志, 2019, 25(12): 1110-1114.

[17] ZHANG T Y, ZHANG P X, XUE F, et al. Risk factors for cement leakage and nomogram for predicting the intradiscal cement leakage after the vertebra augmented surgery[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2020, 21(1): 792.

[18] HERSHKOVICH O, LUCANTONI C, KAPOOR S, et al. Bone marrow washout for multilevel vertebroplasty in multiple myeloma spinal involvement. Technical note[J]. Eur Spine J, 2019, 28(6): 1455-1460.

[19] 吴国勇, 张景俊, 肖睿. 经椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体骨坏死疗效分析[J]. 医学研究杂志, 2019, 48(9): 127-130.

(收稿日期: 2023-02-20 修回日期: 2023-07-13)