

骨皮质剥离术联合富血小板血浆治疗骨搬运会师端骨不愈合的临床疗效研究

李胜松¹ 黄立本² 吴均乐³ 陈建文³ 李绪松^{1△}

[摘要] **目的:**探讨骨皮质剥离术联合富血小板血浆(PRP)治疗骨搬运术后会师端骨不愈合的临床疗效。**方法:**选取2021年6月至2024年6月24例因骨搬运术后会师端骨不愈合手术治疗患者的临床资料,采用随机数字表法将患者分为对照组和观察组(各12例)。对照组患者采用开放断端清理联合髂骨取骨植骨治疗,观察组患者采用骨皮质剥离术联合富血小板血浆治疗。观察骨折愈合时间、手术时间、术中出血量、感染率、骨折愈合率并评估患者相关疗效。**结果:**24例患者均获得完整随访,随访时间为9~16个月,平均为(12.7±1.2)个月,24例患者均骨性愈合。观察组患者与对照组的手术时间、术中出血量、并发症发生率差异有统计学意义($P<0.05$),观察组均优于对照组。对照组患者出现1例伤口浅表感染,4例患者遗留髂骨取骨区疼痛。**结论:**骨皮质剥离术联合富血小板血浆是治疗骨搬运术后会师端骨不愈合的一种有效的方法,具有手术时间短、出血少、并发症少等优势。

[关键词] 骨皮质剥离术;富血小板血浆;骨搬运;骨不愈合

[中图分类号] R687.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2025)08-0050-06

DOI: 10.20085/j.cnki.issn1005-0205.250809

Clinical Efficacy of Cortical Peeling Combined with Platelet-Rich Plasma in the Treatment of Bone Nonunion at the Junction of Bone Transport

LI Shengsong¹ HUANG Liben² WU Junle³ CHEN Jianwen³ LI Xusong^{1△}

¹ Zhongshan Hospital of Traditional Chinese Medicine Affiliated to Guangzhou University of Chinese Medicine (Zhongshan Hospital of Traditional Chinese Medicine), Zhongshan 528401, Guangdong China;

² Guangzhou Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Guangzhou 510800, China;

³ Graduate School of Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510006, China.

Abstract Objective: To investigate the clinical efficacy of cortical peeling combined with platelet-rich plasma in the treatment of bone nonunion at the junction after bone transport. **Methods:** The clinical data of 24 patients who underwent surgery for nonunion at the junction after bone transport from June 2021 to June 2024 were selected. The patients were divided into control group and observation group by random number table method, 12 cases in each group. The control group was treated with open debridement combined with iliac bone grafting. The observation group was treated with cortical peeling combined with platelet-rich plasma. The fracture healing time, operation time, intraoperative blood loss, infection rate, fracture healing rate and related therapeutic effects were observed. **Results:** All 24 patients were followed up for 9–16 months, with an average of (12.7±1.2) months. All the 24 patients achieved bony union. There were significant differences in operation time, intraoperative blood loss and incidence of complications between the observation group and the control group ($P<0.05$), and the observation group was better than the control group. In the control group, 1 patient had superficial wound infection, and 4 patients had pain in the iliac bone harvesting area. **Conclusion:** Cortical peeling combined

with platelet-rich plasma is an effective method for the treatment of bone nonunion at the junction after bone transport, which has the advantages of shorter operation time, less bleeding, and fewer complications.

Keywords: osteoperiosteal decortication; platelet-rich plasma; bone transport; nonunion

基金项目:中山市社会公益与基础研究项目(210322223940647)

¹ 广州中医药大学附属中山中医院(中山市中医院)

(广东 中山, 528401)

² 广州市中西医结合医院

³ 广州中医药大学研究生院

△通信作者 E-mail: xusongli@163.com

Ilizarov 骨搬运技术是目前大段骨缺损治疗的一种有效方法^[1],但骨搬运术后会师端骨不愈合及骨不连现象是遗留给骨科医师的棘手问题,可能与骨搬运时间过长、骨折间隙软组织嵌顿、血液供应差、缺乏应力刺激、轴线偏移等因素相关^[2-3]。目前较为常用的处理方法为手风琴技术、开放断端清理联合髂骨取骨植骨术等。传统的骨皮质剥离法已广泛应用在骨不连治疗领域中^[4],将骨折端新鲜化后,能够逐步激发机体自身修复级联。但是骨搬运术后因长期炎症刺激,患肢多伴有组织水肿,局部瘢痕化,血供较正常组织差,如果能在尽量减少血供破坏的情况下,进一步营造适宜的微环境,那么对于骨折愈合是有帮助的。本研究对比了传统开放断端清理联合髂骨取骨植骨术与骨皮质剥离联合富血小板血浆(Platelet-Rich Plasma, PRP)断端注射治疗骨搬运术后会师端骨不愈合的临床疗效,现报告如下。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

纳入 2021 年 6 月至 2024 年 6 月中山市中医院创伤骨科收治入院的骨搬运术后骨不愈合患者 24 例,采用随机数字表法将患者分为对照组和观察组(各 12 例)。对照组采用开放断端清理联合髂骨取骨植骨治疗,观察组采用骨皮质剥离术联合富血小板血浆治疗。

1.2 诊断标准

1)医学影像学检查确诊骨折不愈合。2)骨折治疗至少 9 个月,且已有 3 个月无进一步愈合的倾向。

1.3 纳入标准

1)符合骨折延迟愈合或不愈合的诊断标准;2)X 线片显示采用 Ilizarov 骨搬运技术搬运到位后 6 个月会师端明显不愈合征象;3)术前复查感染指标无明显异常,排除感染性不愈合可能;4)保守治疗(包括体外冲击波、手风琴技术等)3 个月后仍未见愈合迹象;5)年龄为 18~65 岁。

1.4 排除标准

1)明显的力线偏移、骨折断端严重营养不良等需早期术后干预者;2)既往有严重代谢性骨病;3)明确的血管闭塞性疾病(如下肢动静脉血管血栓栓塞等);4)依从性差(如合并严重认知障碍和精神疾病及治疗期间仍然吸烟、饮酒的患者);5)伴有严重心、肺、肝、肾等内科疾病及其他内分泌疾病。

1.5 方法

1.5.1 手术方法 患者均取仰卧位,腰硬联合麻醉下手术治疗。

观察组:透视下定位骨搬运会师端骨不愈合区,以骨不愈合区为中心,胫骨取 3~5 cm(股骨为 6~8 cm),切开皮肤、皮下筋膜,显露会师端骨不愈合区,不剥离骨膜,直视下用锋利骨刀于会师端及远近端约 2~3 cm 范围行环形骨皮质剥离术,剥离骨皮质厚度约 1~3 mm,注意剥离出的骨皮质应与骨膜及周围软组织相连,以保证骨皮质血供。术前按富血小板血浆和激活剂 10:1 的比例混合,制得激活的富血小板血浆,然后用注射器于断端周围注射 10 mL 富血小板血浆,注射后拔出针头,充分止血后缝合术口,用敷料覆盖。

对照组:以骨不愈合断端为中心取纵行切口,清除骨折端疤痕组织及硬化骨,髓腔开槽,取髂骨植骨,修剪成火柴状骨条,植入断端。

术后常规应用抗生素预防感染,常规镇痛及伤口换药,术后第 2 天开始指导患者行下肢功能锻炼,但严禁剧烈运动。常规换药,预防感染。术后 2 周根据伤口情况拆线,开始部分负重行走,若患者能耐受,则可正常负重行走。

1.5.2 疗效评定方法 记录两组患者手术时间、术中出血量、并发症发生率及骨折愈合时间;术后患者定期复查并进行随访,骨折愈合时间自本次手术后重新计算,并通过影像学资料结合临床资料判断。骨折临床愈合标准:1)局部无压痛及纵向叩击痛;2)局部无异常活动;3)X 线片显示会师端有连续性骨痂通过;4)患者完全负重活动,对合处不变形,记录骨折愈合时间及愈合率。

1.6 统计学方法

应用 SPSS 25.0 统计软件进行分析。计数资料比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法,计量资料对比采用独立样本 *t* 检验。 $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

两组患者性别、年龄、损伤类型、损伤部位等一般基线资料比较差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性,见表 1。

表 1 两组患者基线资料比较

组别	性别		年龄/岁 ($\bar{x} \pm s$)	损伤类型		损伤部位		骨搬运前缺损长度/cm ($\bar{x} \pm s$)
	男/例	女/例		开放/例	闭合/例	胫骨/例	股骨/例	
对照组	6	6	41.50 ± 12.37	9	3	8	4	7.20 ± 2.46
观察组	7	5	40.75 ± 13.73	10	2	10	2	7.42 ± 2.32
<i>P</i>	>0.05		0.89	>0.05		>0.05		0.83

2.2 临床评价指标

24 例患者均完成随访,随访时间为 9~16 个月,平均为(12.7±1.2)个月,24 例患者均骨性愈合;观察组患者与对照组的手术时间、术中出血量、并发症发生率差异有统计学意义($P < 0.05$),观察组均优于对照

组;骨折愈合时间两组患者差异无统计学意义($P > 0.05$);其中,对照组患者出现 1 例浅表感染,4 例患者遗留髌骨取骨区疼痛,见表 2。

2.3 典型病例

典型病例影像资料见图 1-图 4。

表 2 临床评价指标

组别	手术时间/min ($\bar{x} \pm s$)	术中出血量/mL ($\bar{x} \pm s$)	愈合时间/月 ($\bar{x} \pm s$)	并发症/例	浅表感染/例	髌骨疼痛/例
对照组	95.55±18.60	116.50±30.58	5.50±1.09	5	1	4
观察组	72.64±13.36	50.56±12.50	5.75±1.36	0	0	0
<i>P</i>	0.002	<0.001	0.623	0.037		



图 1 观察组病例 1 影像资料
(a) 骨搬运术后 9 个月会师端无连续性骨痂通过,骨不愈合;(b) 骨皮质剥离及富血小板血浆注射术后第 1 天复查;(c) 骨皮质剥离及富血小板血浆注射术后 2 个月,见骨痂形成;(d) 骨皮质剥离及富血小板血浆注射术后 4 个月,骨痂增密;(e)(f) 骨皮质剥离及富血小板血浆注射术后 6 个月,连续性骨痂通过,骨折愈合

图 1 观察组病例 1 影像资料

3 讨论

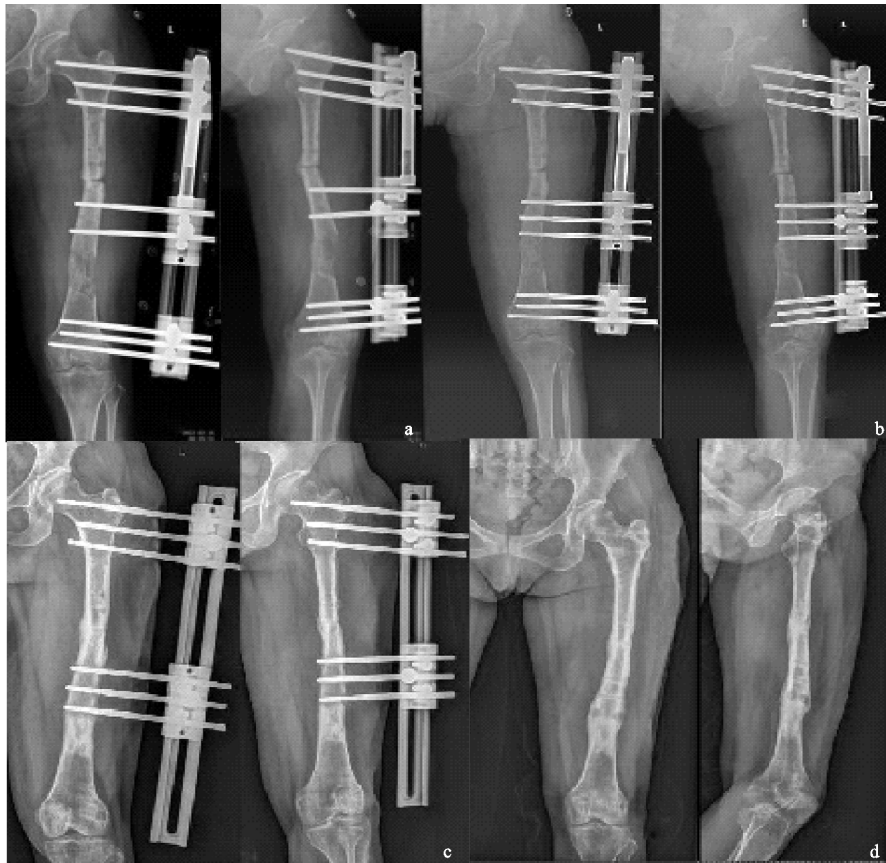
目前对于会师端的管理仍有争议^[2],在经典的骨搬运技术中,会师端的自发愈合往往是不可预测的,在保守技术无效的情况下,可能需要手术干预^[5]。但通常情况下,开放手术意味着骨折端血运被再次干扰^[6]。Judet 团队在 1962 年首次报道采用骨皮质剥离术治疗骨不连^[4],其原理为通过薄层剥离骨不连处的骨皮质,在保护如骨膜、肌肉等周围组织的情况下,启动骨折的级联修复。在一系列临床研究中,骨皮质剥离术治疗长骨骨不愈合的有效率为 88.2%~100%^[6-11]。

骨折治疗 6 个月以上仍未愈合一般认为是骨延迟愈合,9 个月以上则认为是骨不愈合,通常可根据断端血供情况分成“肥大型”及“萎缩型”,治疗方法包括解剖复位、坚固固定及恢复其成骨能力,目前临床上对该病的治疗以手术为主^[12]。而会师端骨不连与寻常骨

不连稍有不同,会师端的局部环境因创伤、手术和某些情况下的感染而受到严重破坏。这将导致局部血液供应减少,不利于愈合,而纤维结缔组织帽的形成,也被认为对骨愈合有不利影响^[13]。

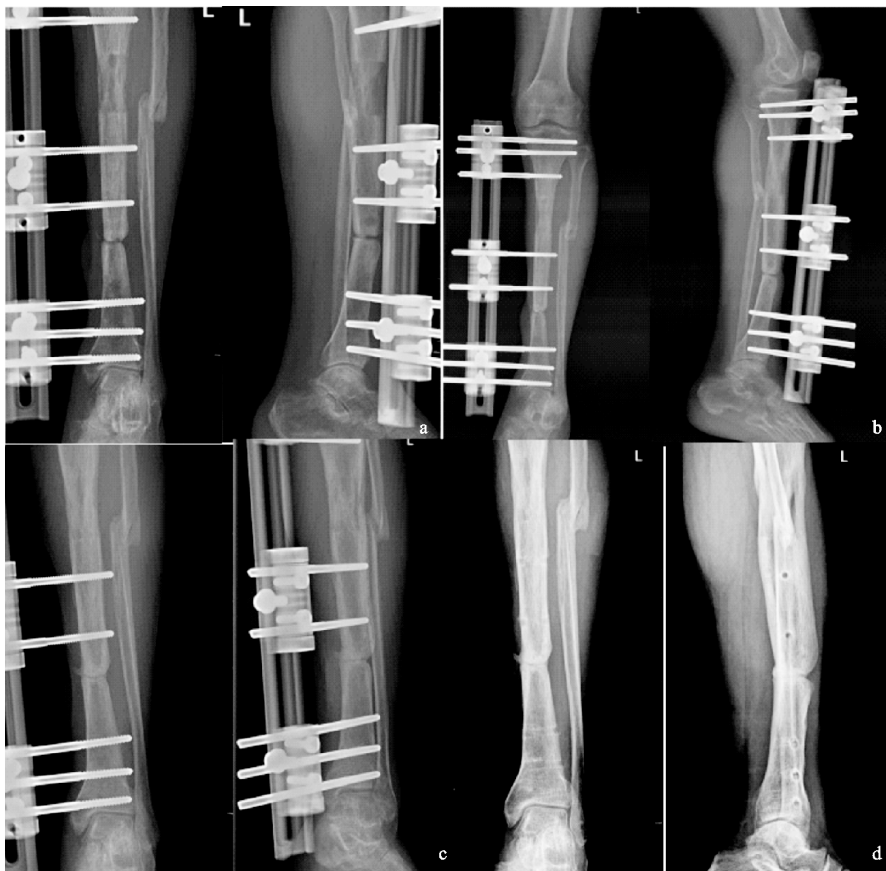
在本研究病例中,24 例患者在发现其存在会师端不愈合临床及影像学证据后,首先全部接受包括体外冲击波及手风琴技术等干预,在长达 3 个月治疗中未见明显效果情况下,可以认为手术治疗是必需的,而采用骨皮质剥离术是具有优势的。

其一,血供对于骨折愈合重要性毋庸置疑。Judet 认为只要骨片能保持与血液供应相连,就可以通过将未愈合的骨片包裹在骨折部位,从而实现更快、更牢固的愈合^[8]。在新鲜化骨折端的同时,保护骨膜及部分肌肉组织以保护骨骼的营养来源便显得十分重要。



(a) 骨搬移术后9个月会师端无连续性骨痂通过，骨不愈合；(b) 骨皮质剥离及富血小板血浆注射术后第1天复查；(c) 骨皮质剥离及富血小板血浆注射术后6个月，连续性骨痂通过，骨折基本愈合；(d) 骨皮质剥离及富血小板血浆注射术后8个月，拆除外固定支架后

图 2 观察组病例 2 影像资料



(a) 骨搬移术后9个月会师端无明显愈合；(b) 骨皮质剥离及富血小板血浆注射术后第1天复查；(c) 骨皮质剥离及富血小板血浆注射术后3个月，骨痂形成；(d) 骨皮质剥离及富血小板血浆注射术后7个月，连续性骨痂通过，骨折愈合

图 3 观察组病例 3 影像资料



图4 对照组病例1影像资料
(a)(b) 骨搬运术后6个月会师端无明显愈合；(c)(d) 骨搬运术后9个月拆除外固定架后会师端无连续性骨痂通过，骨不愈合；(e)(f) 会师端断端清理髂骨取骨植骨术后第1天复查；(g)(h) 会师端断端清理髂骨取骨植骨术后3个月，骨痂形成；(i)(j) 会师端断端清理髂骨取骨植骨术后6个月，连续性骨痂通过，骨折愈合

图4 对照组病例1影像资料

其二，在进行骨皮质剥离术中，笔者非常直观地发现，24例患者会师端或多或少遍布增生的疤痕组织，阻碍骨与骨两端接触，开放手术有利于解决这个问题。但与长骨骨不连治疗不同，出于保护血供及骨搬运节段长度、稳定性的考虑，笔者仅在远近端2~3 cm范围内行环形骨皮质剥离术。得益于更加微创的手术理念，与对照组相比，观察组手术时间及出血量显著下降，这有利于降低感染风险及保护血供。

其三，Giannoudis等^[14]描述了骨折愈合的“菱形”概念，其将机械环境添加到骨折愈合的三角形概念中。根据Perren的经典应变理论，多碎片形态较简单骨折线承受更少的应力，采用骨皮质剥离术更有利于达成这一目的。

宏观来讲，骨愈合的成功取决于机械稳定性及有利的生物微环境。当生物微环境受损时，骨折将无法及时愈合或根本无法愈合。自体骨移植存在供区并发症、材料数量有限等劣势，而富血小板血浆是一种良好的代替策略^[15-16]。对照组患者中有4例遗留髂骨取骨区疼痛，但在后续治疗中逐渐缓解。

富血小板血浆是通过离心从新鲜全血中分离出的含有高浓度血小板的血浆，激活后可释放多种高浓度生长因子，包括血小板源性生长因子(Platelet-Derived Growth Factor, PDGF)、转化生长因子 β (Transfor-

ming Growth Factor- β , TGF- β)、类胰岛素生长因子(Insulin-Like Growth Factor, IGF)等，在骨缺损部位诱导复杂的炎症反应，刺激调节细胞的增殖、分化、趋化、附着及血管生成，从而促进骨折愈合^[16]。目前的荟萃分析表明，应用富血小板血浆能提高骨不愈合及骨延迟愈合的治疗成功率、缩短骨折愈合时间并提高总体功能^[17]。Guzel等^[18]研究表明，添加富血小板血浆干预后，大鼠的骨愈合程度和骨强度显著增加。骨愈合程度与骨强度的上升，可能减少术后再骨折的发生。

目前关于Ilizarov骨搬运术后会师端骨不连研究较少，暂未形成统一共识。本研究采用骨皮质剥离术联合富血小板血浆的方法治疗会师端骨不连，具有手术时间短、出血少、并发症少等优势。但本研究随访时间较短，样本量较少，且双盲实验难以执行，后续将进一步深入研究探索。

参考文献

- [1] 谭新欢,王凯君,初海滨,等.改良牵拉成骨技术促进胫骨延长区骨质矿化41例[J].中国中医骨伤科杂志,2024,32(8):55-59.
- [2] LIODAKIS E, GIANNOUDIS V P, HARWOOD P J, et al. Docking site interventions following bone transport using external fixation: a systematic review of the literature[J]. Int Orthop, 2024, 48(2):365-388.

- [3] FENG D, ZHANG Y, WU W, et al. Docking site complications analysis of Ilizarov bone transport technique in the treatment of tibial bone defects[J]. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 2023, 18(1): 889.
- [4] CATAGNI M A, GUERRESCHI F, LOVISETTI L. Distraction osteogenesis for bone repair in the 21st century: lessons learned[J]. *Injury*, 2011, 42(6): 580-586.
- [5] GIOTAKIS N, NARAYAN B, NAYAGAM S. Distraction osteogenesis and nonunion of the docking site: is there an ideal treatment option? [J]. *Injury*, 2007, 38(1): S100-S107.
- [6] KUMAR V, WALIULLAH S, AVASTHI S, et al. Functional and radiological outcome analysis of osteoperiosteal decortication flap in nonunion of tibia[J]. *Adv Orthop*, 2021; 7980602.
- [7] JUDET P R, PATEL A. Muscle pedicle bone grafting of long bones by osteoperiosteal decortication[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1972, 87: 74-80.
- [8] GUYVER P, WAKELING C, NAIK K, et al. Judet osteoperiosteal decortication for treatment of non-union: the cornwall experience [J]. *Injury*, 2012, 43(7): 1187-1192.
- [9] CHO Y, BYUN Y S, SUH J D, et al. Osteoperiosteal decortication and autogenous cancellous bone graft combined with bridge plating for non-hypertrophic diaphyseal nonunion[J]. *Clin Orthop Surg*, 2021, 13(3): 301-306.
- [10] RAMOUTAR D N, RODRIGUES J, QUAH C, et al. Judet decortication and compression plate fixation of long bone non-union: is bone graft necessary? [J]. *Injury*, 2011, 42(12): 1430-1434.
- [11] BINOD B, NAGMANI S, BIGYAN B, et al. Aseptic, tibial nonunion: how effective is modified Judet's osteoperiosteal decortication technique and buttress plating? [J]. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 2016, 136(8): 1069-1076.
- [12] 卢承印, 王朋涛, 张来福, 等. 骨髓间充质干细胞结合自体骨植骨治疗四肢骨折术后骨不连 28 例[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2021, 29(9): 50-54.
- [13] GARCIA F L, PICADO C H F, GARCIA S B. Histology of the regenerate and docking site in bone transport[J]. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 2009, 129(4): 549-558.
- [14] GIANNOUDIS P V, EINHORN T A, MARSH D. Fracture healing: the diamond concept [J]. *Injury*, 2007, 38(Suppl 4): S3-S6.
- [15] JAMAL M S, HURLEY E T, ASAD H, et al. The role of platelet rich plasma and other orthobiologics in bone healing and fracture management: a systematic review [J]. *J Clin Orthop Trauma*, 2022, 25: 101759.
- [16] ZHOU Z Y, HUANG J H, CAO J Q, et al. Treatment of chronic lower extremity wound and non-union using autologous platelet-rich plasma [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Nankaiensis*, 2020, 53(6): 50-58.
- [17] LI S, XING F, LUO R, et al. Clinical effectiveness of platelet-rich plasma for long-bone delayed union and non-union: a systematic review and meta-analysis [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2022, 8: 771252.
- [18] GUZEL Y, KARALEZLI N, BILGE O, et al. The biomechanical and histological effects of platelet-rich plasma on fracture healing [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2015, 23(5): 1378-1383.

(收稿日期: 2025-03-03)