doi:10.11659/jjssx.04E025065

·骨科专栏·

# 桡骨远端骨折钢板固定后用部分肱桡肌腱重建旋前方肌的临床研究

杨春园,卜繁旺,黄香庭,王 垚,沈兵洁,张瀚驰,马跃桐,金万通 (沈阳市骨科医院骨病矫形外科,辽宁 沈阳 110044)

[摘 要] **目的** 探讨桡骨远端骨折钢板固定后采用部分肱桡肌腱重建旋前方肌的临床疗效。**方法** 回顾性分析我院2021年1月至2024年1月收治的40例桡骨远端骨折患者的临床资料,患者均行掌侧钢板固定后,采用部分肱桡肌腱重建旋前方肌。统计并记录手术时间、术中出血量、骨折愈合时间、术后6个月患侧与健侧腕关节的关节活动度(ROM)、末次随访时腕关节Gartland-Werley功能评分。**结果** 所有患者均顺利完成手术,骨折复位满意,术中出血量为50~150 mL,平均(81.25±31.39)mL;手术时间为40~70 min,平均(57.13±9.05)min。术后随访6~13个月,平均(9.75±2.30)个月,骨折均顺利愈合,无患者出现血管、神经及屈肌腱损伤等医源性并发症。术后6个月,患者患侧与健侧腕关节ROM比较,差异均无统计学意义($P$>0.05)。末次随访时腕关节Gartland-Werley功能评分:优27例、良11例、中2例,优良率为95.00%。**结论** 桡骨远端骨折钢板固定后采用部分肱桡肌腱重建旋前方肌的临床疗效满意,可以在避免旋前方肌医源性损伤的前提下充分暴露骨折端,直视下复位固定,通过腱性组织牢靠缝合,修复重建旋前方肌解剖形态,充分发挥其生理功能,有利于患者早期进行腕关节功能锻炼。

[关键词] 桡骨远端骨折;肱桡肌腱;旋前方肌
[中图分类号] R683.41 [文献标志码] A [收稿日期] 2024-11-15

## Clinical study on pronator quadratus reconstruction using partial brachioradialis tendon graft after plate fixation of distal radius fractures

YANG Chun-yuan, BU Fan-wang, HUANG Xiang-ting, WANG Yao, SHEN Bing-jie, ZHANG Han-chi, MA Yue-tong, JIN Wan-tong (Department of Bone Diseases and Orthopaedic Surgery, Shenyang Orthopaedic Hospital, Shenyang Liaoning 110044, China)

**Abstract: Objective** To investigate the clinical efficacy of pronator quadratus reconstruction using a partial brachioradialis tendon graft after plate fixation in treatment of distal radius fractures. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 40 patients with distal radius fractures treated in our hospital from January 2021 to January 2024. All patients underwent volar plate fixation followed by pronator quadratus reconstruction using a partial brachioradialis tendon graft. The operation time, intraoperative blood loss, fracture healing time, range of motion (ROM) of the affected versus the healthy wrist at 6 months postoperatively, and the Gartland-Werley wrist joint function score at the final follow-up were recorded and analyzed. **Results** All surgeries were successfully completed with satisfactory fracture reduction. The intraoperative blood loss ranged from 50 to 150 mL, with an average of (81.25±31.39) mL. The operation time ranged from 40 to 70 minutes, with an average of (57.13±9.05) minutes. Patients were followed up for 6 to 13 months, with an average of (9.75±2.30) months. All fractures achieved union, and no iatrogenic complications, such as vascular, nerve, or flexor tendon injuries, were observed. At 6 months postoperatively, no statistically significant differences were found in wrist ROM between the affected and healthy sides ($P$>0.05). According to the Gartland-Werley wrist joint function score at the final follow-up, outcomes were rated as excellent in 27 cases, good in 11 cases, and fair in 2 cases, and the excellent-to-good rate was 95.00%. **Conclusion** Pronator quadratus reconstruction using a partial brachioradialis tendon graft after plate fixation for distal radius fractures achieves satisfactory clinical outcomes. This technique facilitates adequate exposure of the fracture site while avoiding iatrogenic injury to the pronator quadratus muscle, allows for direct visualization during reduction and fixation, enables secure suturing via the tendinous tissue to restore the anatomical morphology of the pronator quadratus, and effectively preserves its physiological function, thereby promoting early wrist joint functional exercise in patients.

**Keywords:** distal radius fracture; brachioradialis tendon; pronator quadratus

桡骨远端骨折是上肢最常见的骨折,以老年患者最为多见。近年来,掌侧入路钢板固定已成为此类骨折的治疗首选,与其他治疗方法相比,其具有更好的临床疗效、更强的固定稳定性和更低的并发症发生率[1]。该手术为充分显露骨折端进行切开复位内固定,通常需切开旋前方肌,由于骨折水肿、肌纤维组织回缩及钢板占位效应,直接缝合修复切开的旋前方肌非常困难。因此,有研究提出,在保留肱桡肌腱连续

[通信作者] 卜繁旺,E-mail:Alang2001@126.com

性的前提下,利用部分肱桡肌腱修复重建旋前方肌,可恢复其正常解剖形态,覆盖掌侧钢板,保护神经、屈肌腱免受钢板刺激,同时肌腱组织可牢靠缝合,便于术后早期功能锻炼[2]。但目前临床绝大多数术者选择不缝合旋前方肌或简单间断缝合。基于此,本研究对桡骨远端骨折患者进行掌侧钢板固定后,利用部分肱桡肌腱重建旋前方肌,以探讨其临床疗效。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

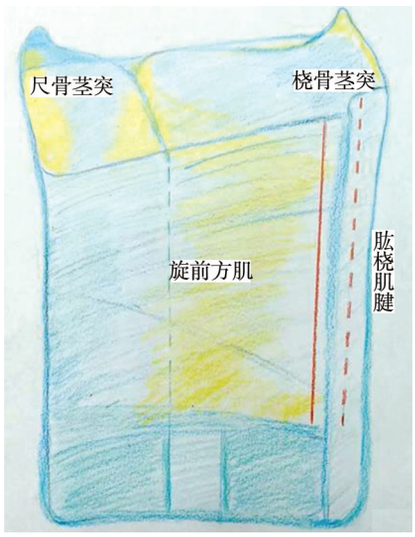
回顾性分析2021年1月至2024年1月我院收治的40例桡骨远端骨折患者的临床资料,患者均行掌侧钢板固定后,利用部分肱桡肌腱重建旋前方肌。其中男12例,女28例;年龄32~71岁,平均(52.98±11.37)岁;受伤机制:摔伤25例,交通事故伤7例,高处坠落伤8例,均为闭合性损伤且无神经血管损伤;术前予以制动、抬高消肿、内科疾病调控等对症治疗;受伤至手术时间4~7 d,平均(5.68±1.12) d。

### 1.2 手术方法

神经阻滞麻醉生效后,患者仰卧于附加可透视侧台手术床,上臂近端予止血带充气备用。采用标准的掌侧入路切口,依次切开皮肤、皮下和深筋膜,在桡动脉及桡侧腕屈肌之间进行锐性分离,并向桡侧牵开桡动脉,向尺侧牵开桡侧腕屈肌,显露旋前方肌。探查旋前方肌的完整性,显露旋前方肌的近侧缘、远侧缘及桡侧缘,注意保护旋前方肌表面的筋膜组织。于旋前方肌桡侧缘向桡背侧继续分离,显露肱桡肌肌腱,注意保护旋前方肌与肱桡肌肌腱之间的纤维结缔组织(图1)。取肱桡肌肌腱桡掌侧1/3~1/2部分,向远、近端分别切至旋前方肌的远侧、近侧缘处,并经骨膜下锐性剥离旋前方肌桡骨面止点直至桡骨尺侧缘,将其连同旋前方肌一同拉向尺侧,充分显露骨折端。复位干骺端及关节面骨折块,透视腕关节正侧位,确认骨折复位,桡骨的高度、宽度及掌倾角、尺偏角均合适。选取合适长度的掌侧锁定钢板置于桡骨掌侧,钢板远端不超过"分水岭"。依次置入合适长度的螺钉,C型臂透视腕关节正侧位,确认骨折复位位置良好,钢板位置合适,螺钉未进入关节。在腕关节旋前状态下,连续缝合肱桡肌腱,重建旋前方肌完整性(图2),留置引流,逐层关闭切口,无菌敷料包扎。

### 1.3 术后处理[3]

术后常规给予抗生素静脉点滴预防感染、患肢抬高冰敷消肿、非甾体药物镇痛对症治疗。术后1 d开始行各手指功能锻炼:屈指、伸指、分指、拢指、握拳、对掌;术后7 d开始酌情行腕关节主动及被动屈伸功能锻炼;术后3周,在骨科门诊指导下行腕关节主动旋前、旋后功能锻炼;术后4周逐渐增大旋前、旋后活动度;术后6周逐渐开始增加手指及腕关节肌肉力量训练。于术后1、2、3个月及之后每隔2个月复查腕关节X射线片,并检查腕关节功能。




红色实线:常规切开旋前方肌;红色虚线:切开部分肱桡肌腱,避免直接切开旋前方肌

**图1 掌侧入路示意图**

### 1.4 评价指标

记录手术时间、术中出血量、骨折愈合时间。统计术后6个月患者患侧与健侧腕关节的关节活动度(range of motion,ROM),包括掌屈、背伸、旋前、旋后、桡偏和尺偏;末次随访时,评估腕关节Gartland-Werley功能评分。

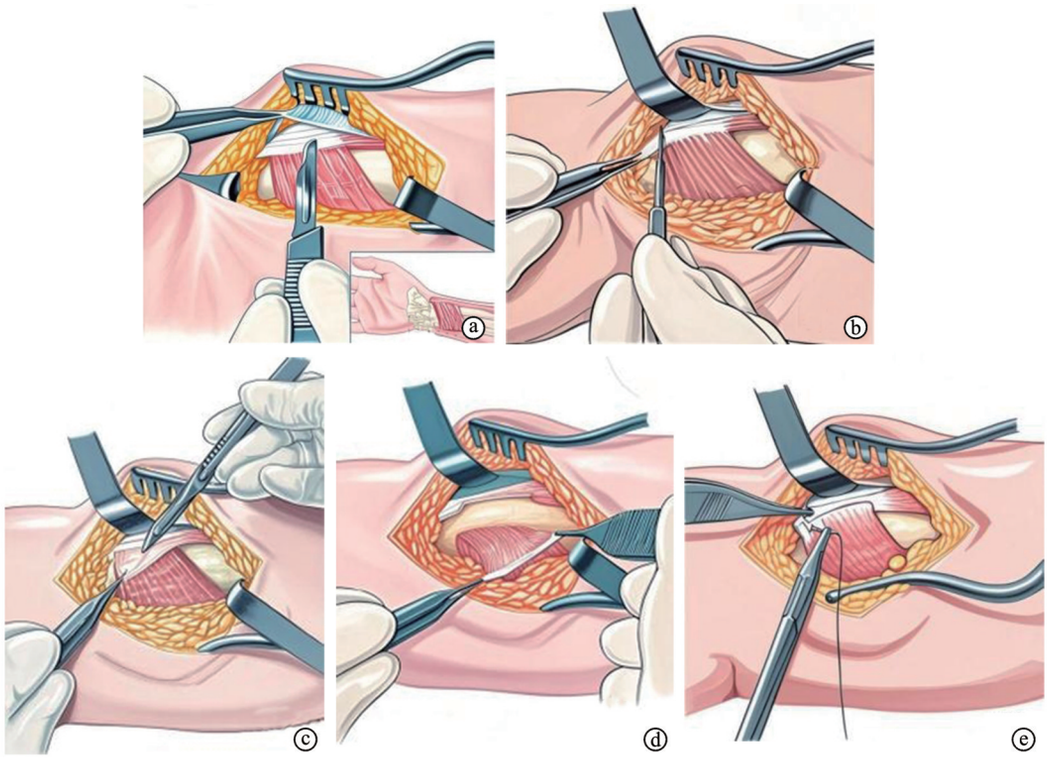
### 1.5 统计学方法

采用SPSS 22.0统计软件分析并处理数据。患者年龄、术中出血量、手术时间、腕关节Gartland-Werley功能评分、腕关节ROM、骨折愈合时间等计量资料均呈正态分布,且经方差齐性检验,以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,其中术后6个月患侧与健侧腕关节ROM比较采用配对$t$检验,以$P<0.05$为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 手术相关情况

所有患者均顺利完成手术,手术时间为40~70 min,平均(57.13±9.05)min;术中出血量50~150 mL,平均(81.25±31.39)mL。术中未出现神经、血管损伤,骨折均复位满意。术后38例患者切口一期愈合,2例患者出现局部切口脂肪液化,给予间断拆除缝线、清洁换




a:解剖暴露旋前方肌及肱桡肌腱,旋前方肌完整,无局部破损,旋前方肌与肱桡肌腱之间存在结缔组织连接;b~d:纵行劈开1/3肱桡肌腱,并切断其远端,完整掀开肱桡肌腱-旋前方肌结缔组织,桡骨远端显露清晰;e:完成复位固定后,连续锁边缝合肱桡肌腱,修复旋前方肌侧缘,旋前方肌解剖形态完整,无撕裂

**图2　采用部分肱桡肌腱重建旋前方肌完整性的示意图**

药和二期缝合治疗,切口顺利愈合。

2.2　随访情况

40例患者均获得随访,随访时间6~13个月,平均(9.75±2.30)个月,骨折均顺利愈合,无患者出现神经及肌腱激惹症状。术后6个月,患者患侧与健侧腕关节ROM比较,差异无统计学意义($P$>0.05),见表1。末次随访时的腕关节Gartland-Werley功能评分:优27例、良11例、中2例,优良率为95.00%。

**表1　术后6个月患者患侧与健侧腕关节ROM比较($n$=40)**

| 侧别 | 掌屈 | 背伸 | 旋前 | 旋后 | 桡偏 | 尺偏 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 患侧 | 69.25±4.10 | 70.60±2.06 | 74.85±3.11 | 76.23±3.09 | 16.58±4.13 | 31.53±3.45 |
| 健侧 | 70.40±3.19 | 71.25±1.66 | 76.08±2.98 | 77.08±1.98 | 18.08±4.25 | 32.90±3.65 |
| $t$ | 1.459 | 1.526 | 1.843 | 1.563 | 1.415 | 1.737 |
| $P$ | 0.153 | 0.135 | 0.073 | 0.126 | 0.165 | 0.090 |

2.3　典型病例

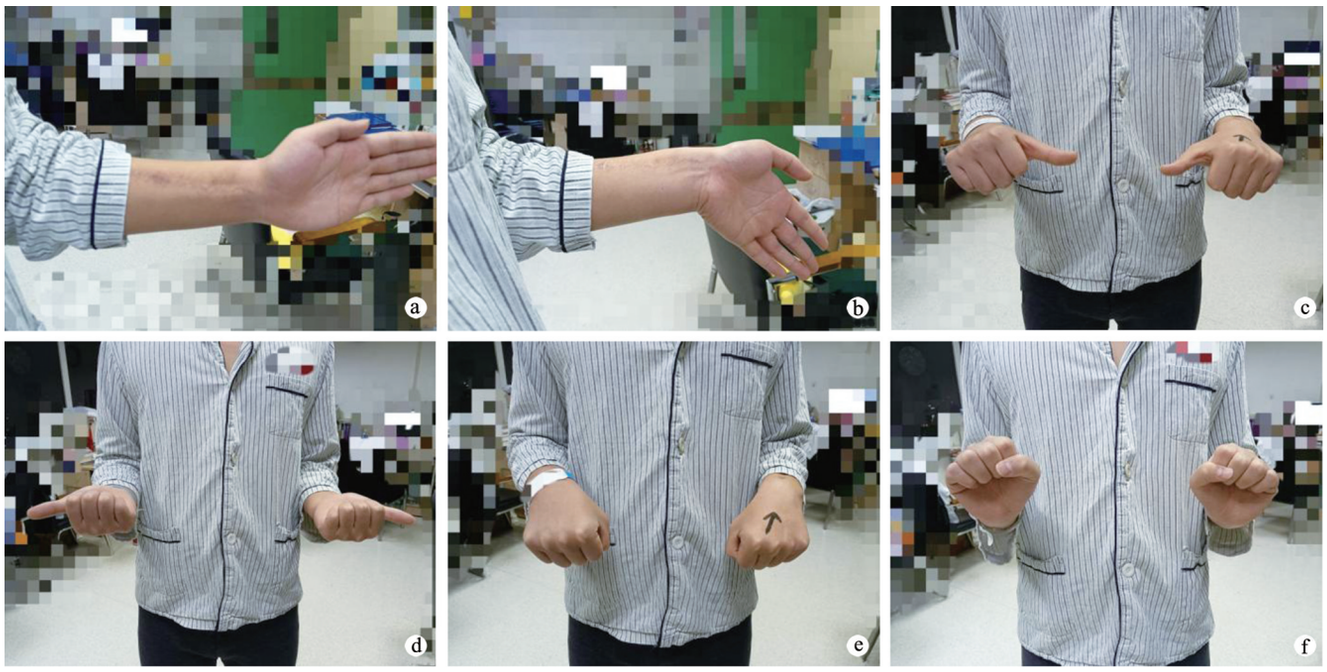
患者,男,39岁,左侧桡骨远端骨折,术中采取部分肱桡肌腱重建旋前方肌,术后恢复良好,见图3。

## 3　讨论

目前掌侧入路锁定钢板固定因具有较好的临床功能结果、更强的骨折固定稳定性和更低的并发症发生率已成为治疗桡骨远端骨折的首选,术中为缩短手术时间,会选择在直视下进行骨折端复位固定,往往需要从桡骨远端的桡侧缘切开旋前方肌或者直接劈开旋前方肌,然而关于固定后旋前方肌是否修复、如何修复仍存在争议[4-7]。

旋前方肌是前臂旋前的原发运动肌,辅助肌为旋前圆肌、桡侧腕屈肌,形状类似于四边形,其起自尺骨下1/5前面及内侧面,止于桡骨下1/5掌面及前侧面,整块肌的体积平均为5.5 cm×5.0 cm×1.0 cm。旋前方肌分为浅头、深头,浅头的主要功能是使前臂旋前,可提供16.7%~23.2%的旋前力量;深头止点位于浅头掌侧,止于桡骨远端的尺侧缘及骨间膜,约占90%,其主要作用是维持下尺桡关节的动态稳定[8-9]。

桡骨远端发生骨折后,由于骨折端刺激卡压,旋前方肌水肿增粗,术中旋前方肌离断后,断端通常回缩,完成内固定后,由于内固定占位效应,缝合修复时旋前方肌承受较大张力,非常容易撕裂,导致断端难



a、b:患侧桡偏、尺偏活动度接近正常;c、d:患侧旋前、旋后活动度无明显受限;e、f:患侧掌屈、背伸活动度良好

**图3 典型病例术后6个月恢复情况**

以修复。因此,在临床上,Tosti等[10]和Fan等[11]主张没有必要对切开的旋前方肌进行修复,并认为即使术中修复了旋前方肌,患者术后腕关节活动度相对于未修复患者并没有明显差异[10-11]。然而,其他学者则认为需尽可能保持旋前方肌原始解剖形态,为了避免桡骨远端骨折术中医源性离断旋前方肌,选择通过旋前方肌下骨膜外置入钢板,这种术式对旋前方肌的损伤较小,术后旋前功能恢复快[12-15]。但由于旋前方肌与桡骨之间是一个封闭的间室且无明显肌间隔,骨折端的暴露不彻底,解剖复位及固定存在一定难度,且无法有效判断桡骨远端"分水岭",需要反复透视确认钢板位置及复位情况,导致手术时间延长。

恢复旋前方肌正常的解剖结构是促使其发挥正常功能的基石[16]。李当科等[17]通过CT扫描软组织发现旋前方肌单纯缝合后肌肉瘢痕化、萎缩并与周围软组织粘连明显,导致其丧失正常解剖结构,功能减退。究其原因:桡骨远端骨折后,旋前方肌水肿,肌肉组织较脆,断端缝合困难,缝合不可靠,缝合质量差;旋前方肌切断、剥离及缝合等操作对旋前方肌造成医源性不可逆损伤;旋前方肌行医源性离断后只能瘢痕修复,且桡侧缘切断肌肉破坏了来自桡动脉的血供,影响了肌肉自身修复;桡骨远端骨折患者术后前臂旋转功能锻炼一般在术后1个月开始,肌肉与周围组织容易发生粘连,可导致旋前方肌废用性萎缩;为暴露桡骨远端掌侧骨面及尺侧骨折线,旋前方肌需向尺侧充分牵开,骨间前神经进入肌肉处因受到骨间膜及周围组织限制,活动度小,容易受到损伤。Nho等[18]研究证实桡骨远端骨折术后取出内固定钢板时旋前方肌基本都是萎缩的,其肌肉体积仅达正常解剖形态的50%,这也提示旋前方肌缝合后可能导致其功能丧失,因旋前方肌功能丧失后通过旋前圆肌代偿,前臂旋转功能才得以保留。土耳其安卡拉大学Armangil等[19]认为旋前方肌缝合修复后,患者存在旋前力量18.5%降低,旋前耐力12.9%降低。这与McConkey等[20]行旋前方肌麻醉后的测量结果相符合,他们认为这可能与旋前方肌初始损伤、缝合不确切、缝合后张力改变及远期肌肉萎缩等因素相关。

术中修复重建旋前方肌解剖形态,可以有效减少腕关节旋前力量的丢失,充分改善腕关节ROM,维持下尺桡关节的稳定性;此外,有研究指出,术中修复重建旋前方肌有助于提供钢板和屈肌腱之间的肌肉软组织缓冲,避免肌腱与钢板反复摩擦而断裂;同时修复重建的旋前方肌也可以作为一个保护屏障,隔离浅表软组织感染向深部蔓延[3,21-23]。由此可见,修复重建旋前方肌至关重要。

本研究中,基于Ries等[24]的解剖学研究,利用肱桡肌腱与旋前方肌之间所连接的结缔组织,在保证肱桡肌腱连续性的前提下,取肱桡肌肌腱桡掌侧1/3~1/2部分,向远、近端分别切至旋前方肌的远侧、近侧缘处,并经骨膜下锐性剥离旋前方肌桡骨止点直至桡骨尺侧缘,将其连同旋前方肌一同拉向尺侧,避免直接离断旋前方肌肌纤维组织,骨折端显露充分,解剖复位

钢板内固定后,将部分肱桡肌腱插入旋前方肌边缘结缔组织[2,6-7,25-26],通过肌腱间连续缝合,修复重建旋前方肌解剖形态,对旋前方肌损伤非常小,术后无患者出现感染症状及屈肌腱刺激症状。本研究术后6个月随访时发现,患侧与健侧腕关节ROM(掌屈、背伸、旋前、旋后、桡偏和尺偏)比较并无统计学差异,表明采用部分肱桡肌腱重建旋前方肌解剖形态对腕关节旋转功能影响较小,这可能是因为相比于肌纤维之间直接缝合,肌腱与肌腱间的连续缝合稳定性更佳,可适应张力更大,允许腕关节早期功能锻炼。本研究中,患者早期即行腕关节功能锻炼,并逐步增加腕关节功能锻炼的强度,促进腕关节功能恢复,末次随访时采用Gartland-Werley功能评分评估患侧腕关节功能,优良率达95.00%。本研究治疗体会如下:①离断部分肱桡肌腱,避免直接离断旋前方肌肌纤维组织,骨折端显露充分。②复位固定后,部分肱桡肌腱插入旋前方肌边缘结缔组织,通过肌腱间连续缝合,编织修复肱桡肌,恢复旋前方肌解剖形态。③肌腱与肌腱间缝合修复相比于肌纤维与肌纤维间缝合修复更加牢固。④充分发挥旋前方肌屏障作用,避免对神经肌腱激惹,同时有效预防感染。⑤术后有效固定及合理康复锻炼对保证远期疗效至关重要,需指导并督促患者进行合理有效的康复训练。

综上所述,桡骨远端骨折钢板固定后采用部分肱桡肌腱重建旋前方肌的临床疗效满意,可以避免在旋前方肌医源性损伤的前提下充分暴露骨折断端,直视下复位固定,通过腱性组织牢靠缝合,修复重建旋前方肌解剖形态,充分发挥其生理功能,有利于患者早期进行腕关节功能锻炼。然而本研究属于回顾性研究,且未设置对照组,样本量较少,有待后期大样本前瞻性随机对照研究来进一步证实其临床疗效。

## [参考文献]


[1] Mauck BM, Swigler CW. Evidence-based review of distal radius fractures[J]. Orthop Clin North Am, 2018, 49(2): 211-222. doi: 10.1016/j.ocl.2017.12.001.

[2] Hohendorff B, Unglaub F, Spies CK, et al. Repair of the pronator quadratus muscle with a part of the brachioradialis muscle insertion in volar plate fixation of a distal radius fracture[J]. Oper Orthop Traumatol, 2020,32(1):82-86. doi:10.1007/s00064-019-0601-0.

[3] 廖明新,曾卡斌,陈小杰. 经肱桡肌腱-旋前方肌入路钢板固定治疗不稳定性桡骨远端骨折[J]. 中国矫形外科杂志,2019,27(2):5. doi:10.3977/j.issn.1005-8478.2019.02.08.

[4] Huang HK, Wang JP, Chang MC. Repair of pronator quadratus with partial muscle split and distal transfer for volar plating of distal radius fractures[J]. J Hand Surg, 2017, 42(11): 935.e1-935.e5. doi: 10.1016/j.jhsa.2017.08.018.

[5] Hershman SH, Immerman I, Bechtel C, et al. The effects of pronator quadratus repair on outcomes after volar plating of distal radius fractures[J]. J Orthop Trauma, 2013, 27(3): 130-133. doi: 10.1097/BOT.0b013e3182539333.

[6] 吴世桐,宁仁德,方 闰,等. 掌侧入路内固定治疗桡骨远端粉碎性骨折合并尺背侧骨折块的临床研究[J]. 创伤外科杂志,2021,23(5):4. doi:10.3969/j.issn.1009-4237.2021.05.004.

[7] 黄晓夏,彭 聪,艾科拜尔·喀迪尔,等. 三种入路掌侧钢板置入治疗不稳定桡骨远端骨折的比较[J]. 中国组织工程研究,2024,28(24):3867-3872. doi:10.12307/2024.603.

[8] Stuart PR. Pronator quadratus revisited[J]. J Hand Surg Br, 1996, 21(6):714-722. doi:10.1016/S0266-7681(96)80175-6.

[9] Carlson TL, Bhandari L, Chang J, et al. Pronator quadratus muscle flap: a preliminary cadaveric study[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2020,30(1):103-107. doi:10.1007/s00590-019-02534-z.

[10] Tosti R, Ilyas AM. Prospective evaluation of pronator quadratus repair following volar plate fixation of distal radius fractures[J]. J Hand Surg Am, 2013, 38(9): 1678-1684. doi: 10.1016/j.jhsa.2013.06.006.

[11] Fan J, Chen K, Zhu H, et al. Effect of fixing distal radius fracture with volar locking palmar plates while preserving pronator quadratus[J]. Chin Med J (Engl), 2014, 127(16): 2929-2933.

[12] Itoh S, Yumoto M, Kanai M, et al. Significance of a pronator quadratus-sparing approach for volar locking plate fixation of comminuted intra-articular fractures of the distal radius[J]. Hand (NY), 2016, 11(1): 83-87. doi: 10.1177/1558944715617460.

[13] 方 盛,余伟林,孙晓亮. 不切开旋前方肌对桡骨远端骨折掌侧接骨板内固定术后疗效的影响[J]. 中国骨与关节外科,2016,9(2):153-156. doi:10.3969/j.issn.2095-9958.2016.02-13.

[14] Sotereanos DG, McCarthy DM, Towers JD, et al. The pronator quadratus: a distinct forearm space?[J]. J Hand Surg Am, 1995, 20(3): 496-499. doi: 10.1016/S0363-5023(05)80116-9.

[15] 叶友友,林焱斌,庄 研,等. 两种经皮微创保留旋前方肌钢板内固定治疗桡骨远端骨折的疗效比较[J]. 中华创伤骨科杂志,2020,22(11):7. doi:10.3760/cma.j.cn115530-20200914-00596.

[16] Vivekanantha P, Soeder J, Kruse C, et al. Pronator quadratus preserving versus pronator quadratus dissecting approaches in volar plate fixation of distal radius fractures: a systematic review of comparative studies[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2024, 34(5): 2289-2302. doi:10.1007/s00590-024-03967-x.

[17] 李当科,吕夫新,孙正考,等. 探讨旋前方肌缝合与否对腕关节功能无明显影响的原因[J]. 中华创伤骨科杂志,2015,17(6):3. doi:10.3760/cma.j.issn.1671-7600.2015.06.017.

[18] Nho JH, Gong HS, Song CH, et al. Examination of the pronator quadratus muscle during hardware removal procedures after volar plating for distal radius fractures[J]. Clin Orthop Surg, 2014, 6(3): 267-272. doi:10.4055/cios.2014.6.3.267.

[19] Armangil M, Bezirgan UU, Baarr K, et al. The pronator quadratus muscle after plating of distal radius fractures: is the muscle still working?[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2014, 24(3): 335-339. doi: 10.1007/s00590-013-1193-2.