

## · 基础研究 ·

内侧副韧带与桡骨小头对肘外翻稳定性的作用<sup>△</sup>张磊<sup>1a</sup>, 何平平<sup>1b</sup>, 段晓东<sup>1a</sup>, 蔡长马<sup>1a</sup>, 郁诗阳<sup>3</sup>, 岳翰宇<sup>1a</sup>, 吕占辉<sup>1a</sup>, 沈忆新<sup>2\*</sup>

(1. 滨州医学院附属滨州市中心医院 a: 骨科, b: 药学部, 山东滨州 251700; 2. 苏州大学附属第二医院骨科, 江苏苏州 215006; 3. 上海交通大学附属第六人民医院骨科, 上海 200233)

**摘要:** [目的] 探讨内侧副韧带 (medial collateral ligament, MCL)、桡骨小头 (radial head, RH) 对肘外翻稳定性的影响, 评价单独或联合修复 MCL、固定 RH 骨折的效果。[方法] 6 具成人新鲜尸体肘关节骨-韧带标本, 依次给予: 完整肘关节, MCL 切断, MCL 修复, MCL 切断+RH 骨折, MCL 修复+RH 骨折, MCL 切断+RH 固定, MCL 修复+RH 固定和 MCL 修复+RH 切除 8 种处理, 在 0°~120° 屈肘位施加 1.5 N·m 的外翻载荷下测量外翻角位移。[结果] 在屈肘 0° 位标本 8 种处理状态下外翻角位移由小至大: 完整标本 < MCL 修复+RH 固定 < MCL 修复 < MCL 修复+RH 骨折 < MCL 修复+RH 切除 < MCL 切断 < MCL 切断+RH 固定 < MCL 切断+RH 骨折, 整体差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。两两比较, 完整标本、MCL 修复、MCL 修复+RH 固定、MCL 修复+RH 骨折和 MCL 修复+RH 切除间外翻角位移的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 但以上 5 组的外翻角位移均显著小于 MCL 切断、MCL 切断+RH 固定、MCL 切断+RH 骨折组 ( $P < 0.05$ )。资料的重复测量方差分析表明, 8 种标本处理状态间外翻角位移的差异有统计学意义 ( $F_{组间} = 227.670, P < 0.001$ ), 5 种不同屈肘角度间外翻角位移的差异有统计学意义 ( $F_{屈角} = 13.170, P < 0.001$ ), 标本处理状态与屈肘角度间存在显著交互作用 ( $F_{交互} = 6.143, P < 0.001$ )。[结论] MCL 损伤即可引起肘外翻不稳定, 合并 RH 骨折, 则导致严重外翻不稳定。单独修复 MCL 优于单独固定 RH 骨折, 足以恢复外翻稳定性。

**关键词:** 肘关节, 内侧副韧带, 桡骨小头, 生物力学, 外翻角位移

中图分类号: R683.42 文献标志码: A 文章编号: 1005-8478 (2022) 15-1401-05

**Roles of medial collateral ligament and radial head on valgus stability of the elbow // ZHANG Lei<sup>1a</sup>, HE Ping-ping<sup>1b</sup>, DUAN Xiao-dong<sup>1a</sup>, CAI Chang-ma<sup>1a</sup>, YU Shi-yang<sup>3</sup>, YUE Han-yu<sup>1a</sup>, LÜ Zhan-hui<sup>1a</sup>, SHEN Yi-xin<sup>2</sup>.** 1a. Department of Orthopaedics, 1b. Department of Clinical Pharmacy, Binzhou Central Hospital, Binzhou Medical University, Binzhou 251700, China; 2. Department of Orthopaedics, The Second Affiliated Hospital, Soochow University, Suzhou 215006, China; 3. Department of Orthopaedics, Shanghai Jiao Tong University Affiliated Sixth People's Hospital, Shanghai 200233, China

**Abstract: [Objective]** To explore the role of medial collateral ligament (MCL) and radial head (RH) on elbow valgus stability, and to evaluate the outcomes of MCL repair and RH fracture fixation alone or in combination. **[Methods]** Six adult cadaveric bone-ligament specimens were treated and measured successively as follows: intact specimens, MCL cutting, MCL repair, MCL cutting +RH fracture, MCL repair +RH fracture, MCL cutting +RH fixation, MCL repair +RH fixation and MCL repair +RH resection. The valgus angular displacement (VAD) was measured under 1.5 N·m valgus loading at 0°~120° flexions of the elbow. **[Results]** The VAD at 0° of elbow flexion ranked down-up as follows: intact specimen < MCL repair +RH fixation < MCL repair < MCL repair +RH fracture < MCL repair +RH resection < MCL cutting < MCL cutting +RH fixation < MCL cutting +RH fracture, with statistically significant overall difference ( $P < 0.05$ ). In term of pairwise comparison, there was no significant difference in VAD between intact specimens, MCL repair, MCL repair +RH fixation, MCL repair +RH fracture, MCL repair +RH resection ( $P > 0.05$ ), but the above 5 groups had significantly less VAD than MCL cutting, MCL cutting +RH fixation and MCL cutting +RH fracture group ( $P < 0.05$ ). As results of factorial design analysis of variance, there were statistically significant differences in VAD among the 8 specimen treatments ( $F_{treat} = 227.670, P < 0.01$ ), statistically significant differences in VAD among 5 degrees of elbow flexions ( $F_{flexion} = 13.170, P < 0.01$ ), and significant interaction between specimen treatments and flexions of the elbow ( $F_{inter} = 6.143, P < 0.01$ ). **[Conclusion]** MCL injury does lead to elbow valgus instability, which is considerably deteriorated by accompanied RH fracture. MCL repair alone is superior to RH fracture fixation alone to restore valgus stability.

**Key words:** elbow, medial collateral ligament, radial head, biomechanics, valgus angular displacement

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2022.15.12

△基金项目: 山东省医药卫生科技发展计划项目 (编号: 202004071166)

作者简介: 张磊, 主治医师, 医学博士, 研究方向: 骨与关节损伤, (电话) 13793887756, (电子信箱) 806704406@qq.com

\* 通信作者: 沈忆新, (电话) 13962105266, (电子信箱) allenfever@163.com

桡骨小头 (radial head, RH) 骨折是常见的肘部损伤, 约占所有肘关节骨折的 1/3<sup>[1, 2]</sup>。对于 Mason IV型和部分 III型 RH 骨折, 常因骨折块粉碎复位固定无法完成而被迫行 RH 切除<sup>[3, 4]</sup>。尽管 RH 有对抗肘关节外翻负荷的作用, 但实验研究表明, 在其他结构完整的情况下, 单纯切除 RH 并不影响外翻稳定性<sup>[5]</sup>。

当 RH 骨折由于肘关节承受外翻应力或发生关节脱位所致时, 肘内侧副韧带 (medial collateral ligament, MCL) 同时受到牵拉、撕裂, 此种合并损伤临床发生率较高, 常导致创伤性肘外翻不稳定, 影响患者生活质量及功能需求<sup>[6-8]</sup>。当前实验研究表明, 在肘关节 MCL 断裂的情况下, RH 即成为重要的维持外翻稳定性的结构<sup>[9, 10]</sup>, 由此推测 RH 骨折或切除可能会进一步加剧由于 MCL 功能缺失导致的肘外翻不稳定。肘关节单纯脱位复位后, 通常不建议行韧带修复, 但当由于 RH 骨折或切除而削减骨性结构的约束作用时, 肘关节不稳定就变得更复杂, 这种情况下韧带修复可能具有指征<sup>[11-14]</sup>。目前国内外尚无在 MCL 断裂、RH 骨折或切除的情况下行韧带修复的有效性研究。由于 RH 抵抗外翻应力的作用次于 MCL, 因此推断 MCL 修复可能比骨折重建更能恢复肘关节稳定性。

本实验研究目标: 明确 MCL 断裂的情况下, RH 骨折增加的肘关节外翻不稳定的严重程度; 评价单独或联合修复 MCL、固定骨折的相对效果; 明确在 RH 缺失的情况下 MCL 修复能否有效恢复肘关节外翻稳定性。

## 1 材料与方法

### 1.1 尸体标本

新鲜成人上肢完整标本 6 具, 冰冻条件下保存, 由滨州医学院解剖教研室提供。其中, 男 5 例, 女 1 例; 左侧 4 例, 右侧 2 例; 年龄 41~79 岁, 平均 (68.33±12.68) 岁。所有标本无明显畸形, 无外伤及手术史, 肘关节活动范围正常。

### 1.2 模型的建立

于标本处理 16 h 的室温解冻。分别在肱骨内、外上髁连线水平近、远端各 15 cm 平面处截断肱骨干及尺桡骨干, 除肘关节囊、内外侧副韧带复合体和前臂骨间膜外, 切除全部软组织结构, 制成肘关节骨-韧带标本 (图 1a)。所有标本按以下顺序处理并进行力学检测: (1) 完整标本, 肘关节骨-韧带标本不进行任何处理; (2) MCL 切断, 将 MCL 前、后束自肱骨内上髁附着处一并切断; (3) MCL 修复, 缝线编织缝合前束断端后, 经内上髁韧带附着点到肱骨外侧近端的骨通道固定于对侧。这一设计允许韧带反复的切断 (松开缝线) 和修复 (系紧缝线) (图 1b); (4) MCL 切断+RH 骨折, 松开 MCL 缝线, 选择 RH 外侧 30%~50% 的部分用摆锯进行纵向切割, 使骨折线在 RH 直径的 30%~50% 穿过关节面, 从关节中取出外侧骨折块, 模拟两部分 RH 骨折模型; (5) MCL 修复+RH 骨折, 收紧 MCL 缝线, 保持 RH 骨折状态; (6) MCL 切断+RH 固定, 再次松开 MCL 缝线, 且保持不再收紧, 将外侧骨折块复位, 后用 2 枚克氏针 (直径 2.0 mm) 交叉固定; (7) MCL 修复+RH 固定: 再次收紧 MCL 缝线, 保持骨折固定状态; (8) MCL 修复+RH 切除: 保持缝线收紧状态, 于桡骨头和颈连接处完全切除 RH。每次处理 RH 时均采用 2~3 根 1 号丝线间断缝合修复环状韧带 (图 1c)。

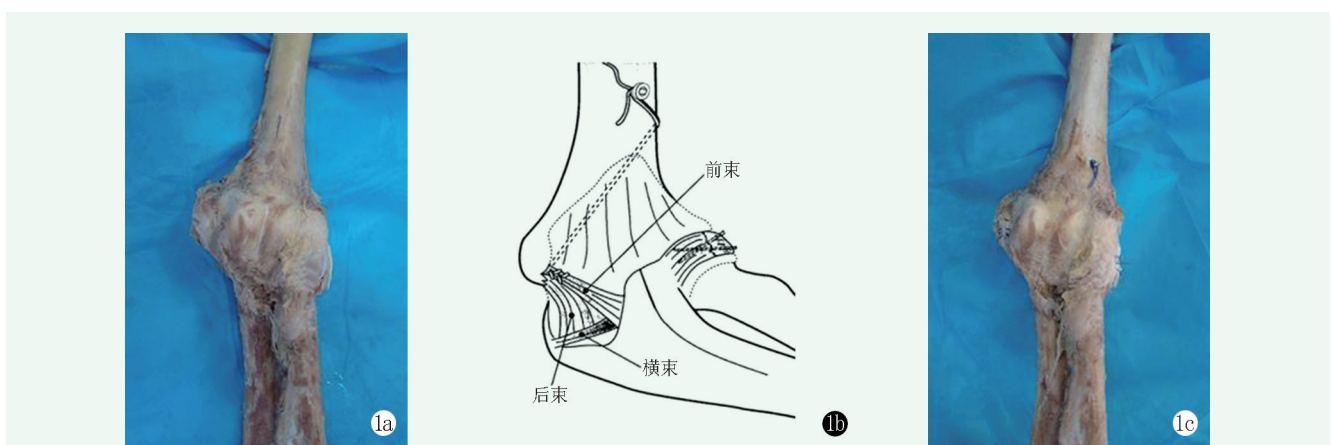


图 1 内侧副韧带与桡骨小头对肘外翻稳定性作用的力学测试 1a: 肘关节骨-韧带标本 1b: 绘制肘关节标本的损伤/修复模型内侧副韧带, 包括前束、后束和横束, 在前后束肱骨内上髁附着部切断韧带, 缝线编织前束经骨通道固定于对侧; 造成桡骨小头骨折, 用克氏针固定骨折断端, 后在关节软骨以远、桡骨头和颈连接处切除桡骨小头 1c: 肘关节标本的损伤/修复实物模型

### 1.3 力学检测方法

同标本处理的顺序, (1) 完整肘关节; (2) MCL 切断; (3) MCL 修复; (4) MCL 切断+RH 骨折; (5) MCL 修复+RH 骨折; (6) MCL 切断+RH 固定; (7) MCL 修复+RH 固定; (8) MCL 修复+RH 切除, 依次进行力学检测。每次测试中, 肘关节被动地经过 3 个周期全范围的屈伸运动, 记录测得的数据集。

标本的尺桡骨保持旋转中立位, 用牙托粉(上海新世纪齿科材料有限公司)包埋固定标本的肱骨与尺桡骨端, 固定于 MTS 858 Bionix 测试系统(MTS 系统公司, 美国)的夹具。6 具标本依次调整至屈肘 0°、30°、60°、90°、120°, 对标本前臂部分施加 1.5 N·m 的外翻扭矩, 应用图像采集系统(JAI CV-A2 CCD 工业数字相机和 PC2-Vision 图像采集卡)记录载荷施加前后肘关节标本的图像变化, 后采取数字散斑相关技术测量冠状面上肱尺关节的外翻角位移(松弛度)。

### 1.4 统计学方法

应用 SPSS 23.0 统计软件进行数据处理, 计量数据以  $\bar{x} \pm s$  表示, 资料呈正态分布时, 整体资料采用重复测量设计的方差分析, 组间采用单因素方差分析, 两两比较采用 LSD 法。P<0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

力学检测结果见表 1、图 2。在屈肘 0° 位时标本 8 种处理状态下的外翻角位移由小至大: 完整标本<MCL 修复+RH 固定<MCL 修复<MCL 修复+RH 骨折<MCL 修复+RH 切除<MCL 切断<MCL 切断+RH 固定<MCL 切断+RH 骨折, 整体差异有统计学意义 (P<0.05)。两两比较, 完整标本、MCL 修复、MCL 修复+RH 固定、MCL 修复+RH 骨折和 MCL 修复+RH 切除间外翻角位移的差异无统计学意义 (P>0.05), 但以上 5 组的外翻角位移均显著小于 MCL 切断、MCL 切断+RH 固定、MCL 切断+RH 骨折组 (P<0.05)。

在屈肘 30° 位时标本 8 种处理状态下的外翻角位移由小至大: MCL 修复+RH 固定<完整标本<MCL 修复<MCL 修复+RH 骨折<MCL 修复+RH 切除<MCL 切断<MCL 切断+RH 固定<MCL 切断+RH 骨折, 整体差异有统计学意义 (P<0.05)。两两比较, MCL 修复+RH 固定、完整标本、MCL 修复、MCL 修复+RH 骨折 4 组间外翻角位移的差异无统计学意义 (P>

0.05), 但以上 4 组的外翻角位移均显著小于 MCL 修复+RH 切除、MCL 切断、MCL 切断+RH 固定、MCL 切断+RH 骨折组 (P<0.05)。

在屈肘 60°~120° 位时标本 8 种处理状态下的外翻角位移由小至大: MCL 修复+RH 固定<MCL 修复<MCL 修复+RH 骨折<完整标本<MCL 修复+RH 切除<MCL 切断<MCL 切断+RH 固定<MCL 切断+RH 骨折, 整体差异有统计学意义 (P<0.05)。两两比较, MCL 修复+RH 固定、MCL 修复、MCL 修复+RH 骨折、完整标本、MCL 修复+RH 切除 5 组间外翻角位移的差异无统计学意义 (P>0.05), 但以上 5 组的外翻角位移均显著小于 MCL 切断、MCL 切断+RH 固定、MCL 切断+RH 骨折 (P<0.05)。

5 种屈肘角度下, 8 种肘关节标本处理状态的外翻角位移(松弛度)均呈曲线改变(图 2)。完整标本、MCL 切断、MCL 修复、MCL 切断+RH 骨折、MCL 修复+RH 骨折、MCL 切断+RH 固定、MCL 修复+RH 固定和 MCL 修复+RH 切除各组在 5 种屈肘角度下的外翻角位移变化差异均有统计学意义 (P<0.05)。在相同屈肘角度下, 以上 8 种标本处理状态的外翻角位移变化差异均有统计学意义 (P<0.05) (表 1)。

资料的重复测量方差分析表明, 8 种肘关节标本处理状态间外翻角位移的差异有统计学意义 ( $F_{组间}=227.670, P<0.001$ ), 5 种不同屈肘角度间外翻角位移的差异有统计学意义 ( $F_{屈角}=13.170, P<0.001$ ), 标本处理状态与屈肘角度间存在显著交互作用 ( $F_{交互}=6.143, P<0.001$ )。

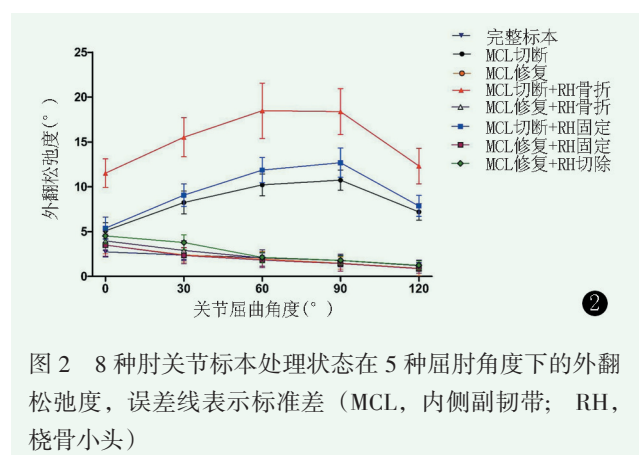


图 2 8 种肘关节标本处理状态在 5 种屈肘角度下的外翻松弛度, 误差线表示标准差 (MCL, 内侧副韧带; RH, 桡骨小头)

## 3 讨论

Morrey 等<sup>[15]</sup>将 MCL 和 RH 分别定义为对抗肘关节外翻移位的首要 and 次要静力稳定结构, 因此 MCL 断裂可能在其他稳定结构完整的情况下增加肘外翻松

弛度，然而 RH 骨折或切除只有在 MCL 功能缺失的情况下才可能增加外翻松弛度。本实验研究的重要发现之一是单独切断 MCL，即可引起肘关节外翻不稳定，而在 MCL 切断后再造成 RH 骨折，肘关节外翻松弛度将大幅度增加，导致严重的肘外翻不稳定。因

此，若将 MCL 断裂定义为肘外翻不稳定的“始作俑者”，RH 骨折则是其不稳定程度加重的“催化剂”。首要和次要静态稳定结构同时破坏，势必会导致严重的肘关节不稳定和功能障碍<sup>[13]</sup>。

表1 标本的8种状态5个屈肘角度外翻应力下角位移测量结果 (n=6, °,  $\bar{x} \pm s$ ) 与比较

关节屈曲角度	0°	30°	60°	90°	120°	P 值
完整标本	2.74±0.97	2.39±0.87	2.10±0.91	1.79±0.96	1.22±0.61	<0.001
MCL 切断	5.10±0.89	8.25±1.28	10.22±1.21	10.74±1.13	7.21±0.94	<0.001
MCL 修复	3.51±1.00	2.41±0.80	1.95±0.84	1.49±0.67	0.92±0.82	0.010
MCL 切断+RH 骨折	11.53±1.59	15.53±2.19	18.48±3.09	18.39±2.57	12.33±1.98	<0.001
MCL 修复+RH 骨折	3.98±1.08	2.90±1.10	2.07±0.92	1.78±0.71	1.20±0.63	0.008
MCL 切断+RH 固定	5.39±1.24	9.06±1.24	11.86±1.40	12.68±1.63	7.86±1.18	0.002
MCL 修复+RH 固定	3.50±1.24	2.34±0.90	1.83±0.84	1.44±0.84	0.88±0.50	0.011
MCL 修复+RH 切除	4.53±1.51	3.80±1.45	2.13±1.03	1.81±0.83	1.25±0.8	0.012
P 值	0.001	0.011	0.027	0.033	0.034	

已有临床研究证实对于伴有 MCL 撕裂的 RH 骨折，行切开复位内固定术后肘关节稳定性及功能明显优于 RH 切除<sup>[16]</sup>。Charalambous 等<sup>[17]</sup>对两部分 RH 骨折合并 MCL 断裂的肘关节尸体损伤模型进行骨折固定、RH 切除和假体置换等 3 种不同方式的生物力学比较，认为骨折固定在恢复关节稳定性方面优于 RH 切除和假体置换。故对于伴有 MCL 撕裂的 RH 骨折，应首先尝试重建 RH 骨性结构，这是本实验选择制作 RH 骨折固定模型而非假体置换模型的原因。

近年来，有学者报告对于肘关节严重外翻不稳定的患者，可重建的 RH 骨折给予 ORIF，不可重建者进行金属假体置换<sup>[18-20]</sup>。这些研究特别提到目前尚未就 RH 骨折固定或假体置换是否需要与 MCL 撕裂修复联合进行达成一致，韧带修复往往被视为“额外”的稳定手段。本实验研究结果表明，MCL 断裂后的肘关节外翻稳定性的恢复可通过修复前束来实现，这证实了在肘关节 MCL 复合体内，前束是维持外翻稳定性最主要的解剖结构，而后束和横束是次要的稳定结构<sup>[21-23]</sup>。本实验还发现 MCL 断裂合并 RH 骨折，没有其他影响关节稳定性结构损伤的情况下，MCL 前束的修复不但有效，并且单独修复韧带优于单独固定骨折，足以恢复肘关节外翻稳定性。修复 MCL 前束后，RH 无论骨折、固定抑或切除，均不会影响肘关节的外翻稳定性，切除 RH 组仅在接近肘关节伸直位（屈曲 0°~30°）时遗留轻度的外翻松弛，分析是因为屈曲<30°时，肘关节外侧的骨性结构维持外翻稳定性的作用相对较明显，但整体外翻松弛度与

完整标本无明显差异。而 MCL 切断、MCL 切断+RH 骨折、MCL 切断+RH 固定 3 组在屈肘 0°~120°全范围内的外翻松弛度均显著大于完整标本及 MCL 修复组，表明：（1）在恢复肘外翻稳定性方面，MCL 修复比 RH 骨折重建更重要；（2）MCL 前束纤维在屈肘 0°~120°时均呈紧张状态，全程维持外翻稳定。由此推测对于临床上 MCL 损伤合并 RH 粉碎骨折无法重建的患者，修复 MCL 前束、切除 RH 可能是一种相对安全、有效的手术方式。

本实验研究具有一定的局限性：首先，本实验制作的 RH 骨折模型涉及 RH 最大直径的 30%~50%，并未进一步评估骨折块的确切大小。本实验选择两部分，而不是粉碎性的三部分及以上的 RH 骨折，因为操作上更容易获得。未来研究粉碎性 RH 骨折的生物力学实验将很有价值；其次，实验评估了静态稳定结构的作用，并没有研究动态稳定结构可能产生的任何潜在影响。当然，还需要进行创伤性肘外翻不稳定相关的临床研究以探讨本实验结果的适用性。

参考文献

[1] Ruchelsman DE, Christoforou D, Jupiter JB. Current concepts review: fracture of the radial head and neck [J]. J Bone Joint Surg Am, 2013, 95 (5): 469-478.

[2] 吴加东, 周敦, 赵剑, 等. 桡骨头骨折的治疗研究进展 [J]. 中国矫形外科杂志, 2011, 19 (6): 475-478.

[3] Al-Tawil K, Arya A. Radial head fractures [J]. J Clin Orthop Trauma, 2021, 20 (3): 101497.

[4] Martín Fuentes AM, Ramos Pascua LR, Cecilia López D. Correlación

- tion between radiographic findings and clinical failure in monopolar radial head replacement [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2020, 140 (5) : 51-58.
- [5] Jensen SL, Olsen BS, Sojbjerg JO. Elbow joint kinematics after excision of the radial head [J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 1999, 8 (3) : 238-241.
- [6] 张殿英, 付中国, 党育, 等. 桡骨头骨折合并尺侧副韧带损伤的手术治疗 [J]. *中华创伤杂志*, 2012, 28 (2) : 104-108.
- [7] 张磊, 何平平, 吕占辉, 等. 桡骨头骨折合并肘内侧副韧带前束损伤的临床解剖和功能研究 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2015, 23 (2) : 106-113.
- [8] Wapler C, Fontaine C, Mesnil P, et al. Medial collateral ligament healing after posttraumatic radial head arthroplasty: a retrospective study of 33 cases with a mean follow-up of 73 months [J]. *Hand Surg Rehabil*, 2016, 35 (1) : 44-50.
- [9] Petersen KA, Siesel C, Miller ET. Radial head replacement through a Kocher approach [J]. *J Orthop Trauma*, 2019, 33 (Suppl 1) : S11-S12.
- [10] Cho CH, Bae KC, Ye HU, et al. Acute severe valgus instability without elbow dislocation [J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 2015, 24 (8) : e212-e217.
- [11] Karbach LE, Elfar J. Elbow instability: anatomy, biomechanics, diagnostic maneuvers, and testing [J]. *J Hand Surg Am*, 2017, 42 (2) : 118-126.
- [12] Portabella MG, Jansana JP, Albareda JM, et al. Acute complex instability of the elbow: aetiopathogenesis, diagnosis and reasoned surgical strategy [J]. *Revista Española De Cirugía Ortopédica Y Traumatología*, 2010, 54 (1) : 77-85.
- [13] Tarassoli P, Mccann P, Amirfeyz R. Complex instability of the elbow [J]. *Injury*, 2017, 48 (3) : 568-577.
- [14] Tarallo L, Porcellini G, Merolla G, et al. Isolated displaced type II partial articular radial head fracture: correlation of preoperative imaging with intraoperative findings of lateral ulnar collateral ligament tear [J]. *J Shoulder Elbow Surg*, 2020, 29 (1) : 132-138.
- [15] Morrey BF, Tanaka S, An KN. Valgus stability of the elbow: a definition of primary and secondary constraints [J]. *Clin Orthop*, 1991, 265 (265) : 187-195.
- [16] Ikeda M, Sugiyama K, Kang C, et al. Comminuted fractures of the radial head. Comparison of resection and internal fixation [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2005, 87 (1) : 76-84.
- [17] Charalambous CP, Stanley JK, Siddique I, et al. Radial head fracture in the medial collateral ligament deficient elbow: biomechanical comparison of fixation, replacement and excision in human cadavers [J]. *Injury*, 2007, 38 (2) : 849-853.
- [18] Pomianowski S, Morrey BF, Neale PG, et al. Contribution of monoblock and bipolar radial head prostheses to valgus stability of the elbow [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2001, 83-A (12) : 1829-1834.
- [19] Harrington IJ, Sekyi-Otu A, Barrington TW, et al. The functional outcome with metallic radial head implants in the treatment of unstable elbow fractures: a long-term review [J]. *J Trauma*, 2001, 50 (1) : 46-52.
- [20] Moro JK, Werier J, MacDermid JC, et al. Arthroplasty with a metal radial head for unreconstructible fractures of the radial head [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2001, 83-A (8) : 1201-1211.
- [21] Labott JR, Aibinder WR, Dines JS, et al. Understanding the medial ulnar collateral ligament of the elbow: review of native ligament anatomy and function [J]. *World J Orthop*, 2018, 9 (6) : 78-84.
- [22] Cinque ME, Schickendantz M, Frangiamore S. Review of anatomy of the medial ulnar collateral ligament complex of the elbow [J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2020, 13 (1) : 96-102.
- [23] 张军威, 高石军, 杨新明, 等. 肘关节内侧副韧带前束损伤的生物力学研究 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2012, 20 (16) : 1480-1483.

(收稿:2021-11-01 修回:2022-05-09)  
(同行评议专家: 廉永云 刘方铭)  
(本文编辑: 宁 桦)