

• 综 述 •

膝关节内侧副韧带损伤的研究进展*

欧霞,王静宇,吕云云 综述,郭亮,李晓兰[△] 审校
(重庆医科大学附属大学城医院放射科,重庆 401331)

[摘要] 膝关节内侧副韧带(MCL)是膝关节内侧的主要静态稳定器,为膝关节抵抗外翻、旋转力提供重要支撑。MCL 在膝关节运动中最常受伤,损伤可导致膝关节内侧不稳定,严重者最终可能引起继发性骨关节炎,对患者预后产生不良影响。该文就 MCL 的解剖、功能、损伤分级、诊断和治疗方面进行综述,旨在为临床诊断和治疗 MCL 提供参考。

[关键词] 膝关节; 内侧副韧带损伤; 胫侧副韧带; 综述

DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2024.13.024

中图法分类号:R686.5;R322.7+2

文章编号:1009-5519(2024)13-2277-05

文献标识码:A

Research progress of medial collateral ligament injury of knee joint*

OU Xia, WANG Jingyu, LYU Yunyun, GUO Liang, LI Xiaolan[△]

(Department of Radiology, University-Town Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 401331, China)

[Abstract] The medial collateral ligament(MCL) of the knee joint is the main static stabilizer of the medial knee joint, which provides important support for the knee joint to resist valgus and rotational forces. MCL is the most common injury in knee joint movement. Injury can lead to medial instability of the knee joint, and severe cases may eventually cause secondary osteoarthritis, which has a negative impact on the prognosis of patients. This article reviewed the anatomy, function, injury grading, diagnosis and treatment of MCL, aiming to provide reference for clinical diagnosis and treatment of MCL.

[Key words] Knee joint; Medial collateral ligament injury; Tibial collateral ligament; Review

膝关节内侧副韧带(MCL)也称为胫侧副韧带,据报道,MCL 损伤占膝关节损伤的 40%,其年发生率为 0.024%~0.730%,男女比例约为 2:1,在足球和滑雪等膝关节外翻负荷运动中最为常见^[1-2]。大多数 MCL 损伤是孤立的^[3],但也可伴随其他结构损伤[如前交叉韧带(ACL)、后交叉韧带、内侧半月板等]而形成联合损伤。目前,临床上对于 MCL 损伤的最佳治疗方式仍具有争议,特别是对于 III 级 MCL 损伤和联合其他韧带结构的复合损伤。现就 MCL 的解剖和功能、损伤分级和诊断、治疗等方面进行综述。

1 MCL 的解剖和功能

MCL 是一根宽而坚固的韧带,起于股骨内侧髁止于胫骨,可分为浅层 MCL(sMCL)和深层 MCL(dMCL)。sMCL 和 dMCL 是膝关节内侧主要的静态稳定器,其解剖和功能各具特点。其中,sMCL 是膝关节内侧最大且最重要的结构,其起始附着于股骨内侧髁近端约 3.2 mm 向后约 4.8 mm 的骨面,向下延伸至胫骨,于胫骨有 2 个附着位置,近端止点与半膜肌前臂末端上方的软组织相连,远端止点直接附着于胫骨后内侧嵴,在 2 个胫骨附着点之间,膝内侧下动脉和静脉深入 sMCL^[4]。sMCL 是外翻的主要稳定器,由近端及远端 2 个分支组成,近端部分是膝关节

屈曲所有角度外翻运动的主要静态稳定剂;远端部分是膝关节屈曲 30°时外旋的主要约束,也是在膝关节屈曲所有角度抵抗内旋的主要静态稳定器^[4-5]。同时,sMCL 在膝关节外旋时对限制胫骨的前移也具有重要作用^[6]。dMCL 由半月板股骨韧带和半月板胫骨韧带组成,半月板股骨韧带的附着点在 MCL 浅层深面,位于股骨附着点约 12.6 mm 处,而半月板胫骨韧带较厚且短,其从内侧半月板行进到内侧胫骨平台关节软骨的远端边缘约 3.2 mm 处^[4]。其中,半月板股骨韧带是膝关节屈曲所有角度的次要外翻稳定器,而半月板胫骨韧带在膝关节屈曲 60°时作为次要外翻稳定器并在屈曲所有角度时提供次级内旋稳定性^[4-5]。此外,最近的研究表明,dMCL 的前部似乎类似于膝关节外侧的前外侧韧带,其在限制胫骨外旋方面也具有重要作用^[7]。后斜韧带(POL)是 MCL 后部的连续斜行纤维,起于股骨内侧髁近端,止于 dMCL 胫骨附着点后方,具有保持膝关节旋转及外翻的作用。因此,MCL 联合 POL 损伤时可导致膝关节严重的外翻不稳定和前内侧旋转不稳定(AMRI)^[8]。

2 MCL 损伤分级与诊断

2.1 临床损伤分级与诊断 目前,在临床领域及科学论文中并没有描述 MCL 损伤程度的标准化分类系

* 基金项目:重庆市自然科学基金面上项目(cstc2021jcyj-msxmX0334)。

[△] 通信作者,E-mail:283783653@qq.com。

统,文献中常用的是 Hughston 分类方法^[9],将 MCL 损伤分为 3 级:Ⅰ级(轻度)损伤涉及 MCL 少量纤维的撕裂,膝关节内侧有局部压痛,没有关节不稳定;Ⅱ级(中度)损伤涉及 MCL 部分纤维的断裂,通常是浅层 MCL 纤维有广泛的压痛,没有或仅存在轻微的关节不稳定,MCL 松弛度增加但存在明确的终点;Ⅲ级(重度)损伤是 MCL 的完全撕裂,包括深部和浅表两部分,有明显的压痛,同时存在膝关节不稳定,MCL 松弛且无明确终点。其中,Ⅲ级损伤又可根据膝关节屈曲至 30°时外翻应力期间观察到的松弛程度再进行细分:1+、2+级和 3+级对应的内侧间隙值分别为 3~5、6~10 mm 和 >10 mm。此外,Fetto 和 Marshall 描述了一种分类系统,该系统评估膝关节屈曲 0°和 30°时膝关节内侧松弛度,将损伤分为Ⅰ级(无外翻松弛)、Ⅱ级(膝关节屈曲 30°时外翻松弛)和Ⅲ级(膝关节屈曲 0°和 30°时外翻松弛)。

临床医生可依靠患者明确的外伤病史及体格检查进行诊断,临床评估是确定膝关节损伤具体位置和程度的重要步骤。(1)基础检查。①视诊:对皮肤和软组织进行肉眼检查,查看肿胀、擦伤、瘀斑、关节积血或积液的存在及位置。②触诊:沿 MCL 仔细触诊,可以获得有关损伤位置的重要信息,多数情况下可有损伤部位的压痛。有研究指出,水肿和压痛的位置分别准确定位了 64%和 76%的 sMCL 损伤部位,而 dMCL 的临床检查具有挑战性,因为其位于膝关节内侧深部,其确切位置已被证明难以触诊^[10]。(2)特殊检查。①外翻应力试验:该试验用于评估外翻稳定性,在膝关节完全伸展和 30°屈曲的情况下进行,并与健侧对比。患者仰卧放松、膝盖微屈,检查者手分别放在患膝关节线外侧和脚踝内侧,然后施加温和的外翻应力,同时检查者触诊内侧关节线以确定存在的间隙量。主观内侧间隙 3~5 mm 提示孤立性 sMCL 损伤,>5~7 mm 提示 dMCL 和 POL 损伤,>7 mm 提示可能合并 ACL 损伤;屈曲 30°时外翻松弛提示 sMCL 损伤;不屈曲时韧带松弛提示 dMCL 损伤,同时也可能存在交叉韧带的损伤;而屈曲 0°和 30°时松弛提示内侧结构的完全损伤,同时应注意伴随交叉韧带的损伤。②Slocum 试验:该试验用于评估旋转稳定性,在膝关节屈曲 80°~90°的情况下进行,脚向外旋转 10°~15°,然后对胫骨近端施加前后旋转力,评估胫骨前内侧旋转的程度。当膝关节向外旋转 15°和屈曲 90°时有胫骨内侧髁的前半脱位,特异性提示 AMRI^[2]。③Dial 试验:该试验作用同 Slocum 试验,在膝关节屈曲 30°和 90°下进行,对比患者处于仰卧位或俯卧位时患侧与健侧的足部外旋量。在 15°和 30°膝关节屈曲的情况下,足部外旋至少比另一侧多 90°并伴胫骨内侧平台前半脱位,提示 MCL 后内侧结构损伤。

2.2 影像损伤分级与诊断

2.2.1 X 线检查

在过去 10 年中,外翻应力 X 线检查因其在 MCL 损伤情况下能够量化内侧关节间隙开口的能力而在临床实践中得以广泛应用,该方法经济、便捷、评估可靠性高。最近,一项专家共识也强调

了外翻应力 X 线检查对于 MCL 损伤的重要性,通过屈膝 20°外翻应力 X 线检查测量内侧关节间隙开口可以判断内侧结构损伤程度,这对于临床治疗方式的选择具有重要意义^[11]。虽然目前临床上对于如何测量内侧间隙值尚无统一论(国内一般采用测量双侧内侧间隙最宽处的直线距离,然后计算两侧差值的方法,而国外也有学者提出测量胫骨内侧髁顶点至股骨内外侧髁连线垂直距离的方式),且一些研究设计、测量方法和成像选择可能会导致视角不同而产生不同的测量结果,但是内侧关节间隙开口增加的趋势仍然与最终诊断 MCL 损伤的分级高度相关^[1,12]。MCL 损伤传统的 X 线分级主要有以下 3 种:(1)通过比较同侧膝关节内外间隙的差值,分为 3 级,Ⅰ级小于 4 mm,Ⅱ级 4~12 mm,Ⅲ级大于 12 mm;(2)通过测量患膝内侧关节间隙的宽度,分为 4 级,Ⅰ级 0~5 mm,Ⅱ级 >5~10 mm,Ⅲ级 >10~15 mm,Ⅳ级 >15~20 mm;(3)通过测量双侧膝关节内侧关节间隙最宽差值的分布规律,分为 3 级,Ⅰ级差值小于 4 mm,Ⅱ级差值 4~6 mm,Ⅲ级差值大于 6 mm^[13]。但有学者认为以上方式均存在由于先天变异或关节增生而导致测量不准确的问题,遂提出用间隙差比值(R)进行分级的方式,即(患侧应力下间隙-患侧无应力下间隙)/(健侧应力下间隙-健侧无应力下间隙),其诊断准确率较高,为 85%~94%^[12]。另外,全长站立 X 线片可用于评估慢性 MCL 损伤肢体整体外翻对齐和关节间隙狭窄情况,这对监测和判断 MCL 损伤治疗效果有重要意义。

2.2.2 磁共振成像(MRI)

MRI 是用于评估膝关节 MCL 损伤的重要辅助手段,其可以直接确定 MCL 损伤程度、位置、移位和其他伴随的韧带损伤情况,并且在测量内侧间隙值方面可靠性很高^[14]。对于 MCL 损伤的 MRI 分级系统目前缺乏共识,常用的是将 MCL 损伤分为 3 级:Ⅰ级为 MCL 纤维完整,伴周围水肿;Ⅱ级为 MCL 部分纤维的破坏;Ⅲ级为 MCL 的完全纤维破坏或撕脱。MCL 损伤Ⅰ级在影像上表现为韧带纤维完整伴周围水肿,但其形状、厚度、长度无改变;Ⅱ级表现为韧带增厚及内部高信号改变,韧带外形和纤维不规则或部分不连续;Ⅲ级表现为韧带信号明显增高、不连续,甚至断端回缩,周围结构可有大量积液。关于 MRI 的分级与临床分级一致性的相关研究较少且颇具争议,LUNDBLAD 等^[15]研究结果呈现较高的一致性,高达 92%,而 BROWN 等^[16]和 WATURA 等^[17]研究结果只有中等的一致性,分别为 48%和 56%。这 2 项研究认为该种差异或许与研究人群的身体质量指数、体力劳动强度未控制有关。最近,MORGAN 等^[10]研究表明,多达 47%的孤立性 MCL 损伤患者出现骨挫伤,其主要位于股骨内侧髁和股骨外侧髁,并且表示骨挫伤的模式可以为临床提供潜在损伤机制。综上所述,dMCL 损伤临床检查难以触及,但是,现多项研究表明股骨内侧髁的骨挫伤可能作为 dMCL 损伤的间接体征,这可能有助于临床检查^[18-20]。

2.2.3 超声检查

超声检查是一种使用动态实时成

像诊断 MCL 病变经济高效的方法,可以在有或没有明确的外翻力和不同的屈曲角度的情况下使用:(1)用于直接检测 MCL 病变的特征,损伤的 MCL 回声不均匀,回声减低、增厚及韧带走行异常;(2)用于分析内侧间隙等 MCL 功能参数,超声探头垂直于 MCL 的内侧关节线,股骨内侧髁关节缘与胫骨内侧平台之间的距离及内侧间隙。超声检查中 MCL 病变检测与临床检查结果之间存在高度相关性且无分级鉴别,且与 X 线测量内侧间隙的方法相比,两者并无显著差异,但超声检查具有更高的观察者间可靠性^[1]。因此,超声检查或许是检测内侧间隙的一种可靠、无辐射的替代方法。

3 MCL 的治疗

3.1 非手术治疗 MCL 血供丰富,在膝关节主要的 4 条韧带中自愈性最强,所以目前对于临床分级为孤立性 I 级、II 级 MCL 损伤多采用保守治疗的方式。一项研究显示, I 级和 II 级 MCL 损伤接受保守治疗的患者,经过 4 年的随访,所有患者的 Lysholm 评分均可达 95 分或更高,且基本上所有患者都能够恢复到损伤前的活动水平^[21]。保守治疗的方式一般包括用石膏及支具等将膝关节进行固定,同时避免足部外旋并控制关节活动度,在早期进行股四头肌和腘绳肌的强化和调理及进行渐进式强化锻炼,鼓励患者在疼痛消退后立即进行早期活动和负重。此外,使用铰链式、3D 打印个性化支具进行功能性支撑可用于防止韧带进一步外翻损伤。但是,对于部分行保守治疗的患者,由于韧带撕裂位置瘢痕组织的产生,患者存在远期膝关节疼痛和失稳的情况,甚至有可能导致继发性的关节炎^[5,13]。类固醇注射和非甾体抗炎药等药物可以有效减少韧带损伤引起的炎症和疼痛,但其对韧带愈合有抑制作用,可能导致韧带的组织学、生化和生物力学性能受损,因此,特别是对于运动员,现许多专家已不建议将其用于治疗韧带损伤^[9]。ZOU 等^[22]研究表明对于轻度 MCL 损伤后存在难治性膝关节疼痛的患者,关节内注射自体富血小板血浆是缓解疼痛的有效治疗方式。

3.2 争议要点 对于临床分级为 III 级 MCL 损伤的治疗方案一直存在争议,多数学者认为在仔细排除其伴随损伤及可能需要手术治疗的情况下,非手术治疗仍然是大多数孤立性急性 III 级 MCL 损伤首选的治疗方式^[5]。但是, III 级 MCL 损伤常伴 ACL 的损伤^[21]。对于 III 级 MCL 损伤联合 ACL 损伤,目前主要存在 2 点争议。(1)是否需要 MCL 的手术治疗,临床上统一认为应当行 ACL 重建手术,而对于 MCL 的治疗方式则众说纷纭,包括以下 3 种:①保守治疗 MCL,持该观点的学者认为 MCL 损伤无须手术治疗即可愈合良好,患者没有手术治疗也获得了较为理想的 Lysholm 评分,且多数患者在随访过程中没有发现膝关节的不稳定和外侧松弛^[23];②MCL 修复手术,持该观点的学者认为虽然在 6 周左右时患者膝关节屈曲和伸展活动有所受限,但是患者最终可以获得较好的屈伸功能^[24];③MCL 重建手术,持该观点的学者认为

MCL 手术重建在恢复膝关节外翻稳定性的同时还可以改善膝关节前内侧旋转稳定性,且术后患者复发率低,患者关节活动度的恢复速率也更快^[25]。(2)ACL 重建手术时间的选择,延迟 ACL 重建支持者认为延迟手术可以减少手术过程中的炎症、肿胀及降低术后关节纤维病的发生率,且患者膝关节功能恢复结局也更好,而急性 ACL 重建支持者认为,ACL 功能不全会损害 MCL 愈合,延迟手术也意味着该区域会生长更多的纤维、瘢痕组织而增加手术难度。

3.3 手术治疗方式 手术治疗的方式大致可以分为以下几种。(1)急性修复:适用于孤立 III 级 MCL 损伤伴严重外翻对齐、MCL 卡压在鹅足或关节内或骨撕脱的情况,初次修复通常在韧带损伤 7~10 d 内^[26],可用带线锚钉或缝线缝合修复受损的韧带结构,其具有重建解剖结构和本体感觉的优点,但是抵抗负荷的能力不如重建手术^[27]。(2)重建手术:适用于亚急性或慢性 MCL 损伤、膝关节多韧带损伤及存在 AMRI 的情况。该手术通过使用自体或异体移植肌腱重建 MCL,用于 MCL 重建的移植物包括胫骨前肌、跟腱、髂胫束和腘绳肌腱等^[25]。主要术式有以下 3 种。①单束重建:只重建 sMCL,在 sMCL 起止解剖位置使用自体或异体肌腱重建 sMCL,其操作简单、组织暴露较少、手术时间也较其他重建方式短,能够恢复胫骨前平移和外旋,但并不能恢复膝关节内翻和外翻旋转稳定性。②解剖双束重建:在股骨及胫骨解剖附着点用双股骨侧隧道和胫骨侧隧道分别重建 sMCL 和 POL,其可以恢复膝关节的外翻及旋转稳定性,但无法改善膝关节外旋运动。最近,MIYAJI 等^[28]对解剖三束(sMCL、dMCL、POL)重建与解剖双束重建进行体外生物力学对比研究,表示三束重建可以恢复膝关节的外旋运动,相较于双束重建能更彻底地恢复膝关节稳定性,但这是一项体外研究且手术技术复杂,需要的隧道及移植物也更多。③三角矢量技术:该技术也需要重建 sMCL 和 POL,将 sMCL 与 POL 的近端止点合并为一条股骨隧道,在 sMCL 与 POL 远端止点间做一骨隧道,移植物从股骨前下方至后下方固定于股骨隧道而形似三角形。该技术临床实用性较好、侵入性小、操作简单,可以有效恢复膝关节前内侧旋转不稳,但是恢复膝关节生物力学稳定性不如解剖双束重建^[2,29]。不难看出,虽然目前 MCL 重建手术方式不一,但是其主要原理都是靠近自然的解剖结构和恢复前内侧和后内侧膝关节不稳定的主要约束结构,以尽可能达到最理想的临床效果。

3.4 辅助治疗方式 (1)增强修复或重建技术:当原生韧带组织质量差、修复能力弱时通常进行 sMCL 增强,该技术于 1952 年由 BOSWORTH 提出,通过使用移植物或缝合胶带来增强修复或重建的韧带,现临床上较为广泛应用的是改良的 Bosworth 自体移植增强技术^[30],该技术在解剖学上保持膝关节活动的等距,选择半腱肌肌腱作为自体移植物,将其从近端肌腱附着物中释放出来,远端仍保留于鹅足,并在股骨近端 sMCL 处重新连接移植物,必要时重建 POL,以

此来恢复旋转和外翻应力的稳定性。(2)内支架增强韧带技术(IBLA);近年来,IBLA 在临床上得到推广,该技术通过使用超高分子聚乙烯或聚酯合成胶带增强韧带修复和重建,不仅可以保护移植物或自体韧带、促进韧带早期愈合,还能有效避免韧带再次破裂、降低手术失败率,但是这要求将胶带放置在等距的位置,否则可能会影响韧带的松弛程度和限制膝关节运动范围^[31]。(3)生物增强剂:基因疗法、生长因子和生物制剂、以间充质干细胞作为细胞疗法等治疗方式可能在提高韧带愈合质量、促进韧带愈合速度、恢复韧带的生物力学特性等方面具有优势,使用这些方式有望成为促进韧带愈合的替代手段,不过,这些研究尚处在起步阶段。

总之,临床医生在选择 MCL 损伤治疗方式时需要到韧带损伤严重程度、时间、位置等情况进行综合评估,而无论选择何种治疗方式的最终目的都是为了尽可能地恢复膝关节功能和稳定性,延长关节使用寿命,减慢关节的退变,预防和避免骨性关节炎的发生。

3.5 康复 MCL 损伤部位、严重程度及制动的时间等都是影响预后的重要因素。许多基础科学和临床研究表明,制动对损伤后韧带愈合和结局都有不良影响,生物学上固定化导致 MCL 胶原合成减少、质量减少、降解增加,相反,损伤后的活动有利于韧带愈合^[4]。因此,康复的主要概念集中在早期关节运动方面,大家普遍认为康复分为组织保护、恢复神经肌肉控制和优化功能 3 个阶段^[27,32]。在组织保护阶段,建议等长激活股四头肌、使用支架限制屈曲和过度伸展、限制负重和旋转运动。多数学者建议在 90°内进行关节活动 2 周,之后在 6 周内逐渐增加关节活动度直至完全^[27]。经过早期康复阶段后,目标是尽快恢复完整的活动范围和正常步态,分阶段增加练习频率和强度、提高力量和本体感觉,但当患者持续存在 12~24 h 5 级以上的疼痛或运动后积液时必须减少负荷。患者在评估疼痛、关节积液及膝关节活动特异性功能测试后,才允许恢复运动。

4 小 结

MCL 是膝关节中最常受伤的韧带,通过临床检查及适当的影像学检查对于评估其损伤至关重要。目前,早期关节活动、功能性支具等保守治疗方式仍然是大多数 I 级和 II 级 MCL 损伤首选的治疗方式。但是孤立性 III 级 MCL 损伤和联合损伤的治疗比较复杂,临床上对于其治疗方式及治疗时机的选择都存在争议。临床研究的未来方向包括关于手术干预时机、手术技术比较的研究,以此来确定最佳的治疗方式。此外,超声或许是检测 MCL 损伤的一种经济、可靠的方式,但是,迄今为止,尚未就超声检查和 MCL 病变分类的标准方案达成共识,后续需要利用超声检查进行更进一步标准化、高质量的研究。

参考文献

[1] MEYER P, REITER A, AKOTO R, et al. Imaging of the medial collateral ligament of the

knee: A systematic review [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2022, 142(12): 3721-3736.

- [2] VOSOUGHI F, REZAEI DOGAHE R, NURI A, et al. Medial collateral ligament injury of the knee: A review on current concept and management [J]. Arch Bone Jt Surg, 2021, 9(3): 255-262.
- [3] MEMARZADEH AMELTON J T. Medial collateral ligament of the knee: Anatomy, management and surgical techniques for reconstruction [J]. Orthop Trauma, 2019, 33(2): 91-99.
- [4] CHAPMAN G, VIJ N, LAPRADE R, et al. Medial-sided ligamentous injuries of the athlete's knee: Evaluation and management [J]. Cureus, 2023, 15(3): e36360.
- [5] BRAATEN J A, BANOVTZ M T, RODRIGUEZ A N, et al. From anatomy to complex reconstruction: A modern review on the medial collateral ligament of the knee [J]. Arch Bone Jt Surg, 2022, 10(10): 818-826.
- [6] JUNEJA P, HUBBARD J B. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Knee Medial Collateral Ligament [M]. In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023-08-14.
- [7] ABERMANN E, WIERER G, HERBERT M, et al. MCL reconstruction using a flat tendon graft for anteromedial and posteromedial instability [J]. Arthrosc Tech, 2022, 11(3): e291-e300.
- [8] BORQUE K A, BALL S, SIJ E, et al. A "short isometric construct" reconstruction technique for the medial collateral ligament of the knee [J]. Arthrosc Tech, 2023, 12(2): e167-e71.
- [9] LEE C S, JEON O H, HAN S B, et al. Mesenchymal stem cells for enhanced healing of the medial collateral ligament of the knee joint [J]. Medicina (Kaunas), 2023, 59(4): 725.
- [10] MORGAN C, WATURA C, FLAHERTY D, et al. The association of bone bruising and grade of MCL injury in patients sustaining isolated MCL injuries [J]. Skeletal Radiol, 2022, 51(5): 1073-1080.
- [11] CHAHLA J, MURRAY I R, ROBINSON J, et al. Posterolateral corner of the knee: An expert consensus statement on diagnosis, classification, treatment, and rehabilitation [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2019, 27(8): 2520-2529.
- [12] 王磊, 吴静泽. 内侧副韧带损伤侧方应力摄片测量和 MRI 检查的临床分析 [J]. 医学影像学杂志, 2018, 28(2): 343-344.
- [13] 孙铁成, 吕松岑. 膝内侧副韧带损伤诊断与手术治疗进展 [J]. 中国骨与关节杂志, 2017, 6(6): 469-475.

- [14] STUDLER U, WHITE L M, DESLANDES M, et al. Feasibility study of simultaneous physical examination and dynamic Mr imaging of medial collateral ligament knee injuries in a 1.5-T large-bore magnet[J]. *Skeletal Radiol*, 2011, 40(3):335-343.
- [15] LUNDBLAD M, HÄGGLUND M, THOMÉÉ C, et al. Medial collateral ligament injuries of the knee in male professional football players: A prospective three-season study of 130 cases from the UEFA Elite Club Injury Study[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2019, 27(11):3692-3698.
- [16] BROWN J S, OLSSON O, ISACSSON A, et al. Clinical versus MRI grading of the medial collateral ligament in acute knee injury[J]. *Res Sports Med*, 2024, 32(1):12-16.
- [17] WATURA C, MORGAN C, FLAHERTY D, et al. Medial collateral ligament injury of the knee: Correlations between MRI features and clinical gradings[J]. *Skeletal Radiol*, 2022, 51(6):1225-1233.
- [18] CRISTIANI R, VAN DE BUNT F, KVIST J, et al. High prevalence of superficial and deep medial collateral ligament injuries on magnetic resonance imaging in patients with anterior cruciate ligament tears[J]. *Arthroscopy*, 2024, 40(1):103-110.
- [19] MORAN J, KATZ L D, SCHNEBLE C A, et al. Injury to the meniscomfemoral portion of the deep MCL is associated with medial femoral condyle bone marrow edema in ACL ruptures[J]. *JB JS Open Access*, 2021, 6(4):e21.00069.
- [20] WILLINGER L, BALENDRA G, PAI V, et al. High incidence of superficial and deep medial collateral ligament injuries in “isolated” anterior cruciate ligament ruptures: A long overlooked injury[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2022, 30(1):167-175.
- [21] LIND M, JACOBSEN K, NIELSEN T. Medial collateral ligament (MCL) reconstruction results in improved medial stability: Results from the Danish knee ligament reconstruction registry(DKRR)[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2020, 28(3):881-887.
- [22] ZOU G Y, ZHENG M Q, CHEN W, et al. Autologous platelet-rich plasma therapy for refractory pain after low-grade medial collateral ligament injury[J]. *J Int Med Res*, 2020, 48(2):300060520903636.
- [23] ELKIN J L, ZAMORA E, GALLO R A. Combined anterior cruciate ligament and medial collateral ligament knee injuries: Anatomy, diagnosis, management recommendations, and return to sport[J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2019, 12(2):239-244.
- [24] 徐斌. 膝关节内侧副韧带Ⅲ度损伤保守治疗与手术治疗的对比研究[D]. 长春: 吉林大学, 2021.
- [25] WRIGHT M L, COLADONATO C, CICCOTI M G, et al. Combined anterior cruciate ligament and medial collateral ligament reconstruction shows high rates of return to activity and low rates of recurrent valgus instability: An updated systematic review [J]. *Arthrosc Sports Med Rehabil*, 2023, 5(3):e867-e879.
- [26] ENCINAS U C A, RODRIGUEZ-MERCHAN E C. Isolated medial collateral ligament tears: An update on management[J]. *EFORT Open Rev*, 2018, 3(7):398-407.
- [27] REQUICHA F, COMLEY A. Medial soft-tissue complex of the knee: Current concepts, controversies, and future directions of the forgotten unit[J]. *Orthop Rev (Pavia)*, 2021, 13(2):24463.
- [28] MIYAJI N, HOLTHOF S R, BASTOS R P S, et al. A Triple-strand anatomic medial collateral ligament reconstruction restores knee stability more completely than a double-strand reconstruction: A biomechanical study in vitro[J]. *Am J Sports Med*, 2022, 50(7):1832-1842.
- [29] ZHU W M, ZHU J J, MARSHALL B, et al. Single-bundle MCL reconstruction with anatomic single-bundle ACL reconstruction does not restore knee kinematics[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2020, 28(8):2687-2696.
- [30] OHLIGER J 3rd, HAUS A, FONG R, et al. Modified bosworth technique for medial collateral ligament reconstruction of the knee using semitendinosus tendon autograft[J]. *Arthrosc Tech*, 2022, 11(11):e1903-e1909.
- [31] LU W H, DENG Z H, ESSIEN A E, et al. Clinical research progress of internal brace ligament augmentation technique in knee ligament injury repair and reconstruction: A narrative review [J]. *J Clin Med*, 2023, 12(5):1999.
- [32] MADI S, ACHARYA K, PANDEY V. Current concepts on management of medial and posteromedial knee injuries[J]. *J Clin Orthop Trauma*, 2022, 27:101807.