

内侧髌股韧带的解剖及重建方式的研究进展

汤家骏¹, 陈 蓓²

¹暨南大学第二临床医学院, 广东 深圳

²深圳市人民医院(暨南大学附属第二临床医学院、南方科技大学第一附属医院)骨关节科, 广东 深圳

收稿日期: 2025年1月28日; 录用日期: 2025年2月21日; 发布日期: 2025年2月28日

摘 要

髌骨脱位主要是指由于先天或后天因素造成髌骨向外脱位或半脱位, 这种情况是一种普遍存在的膝盖伤害, 尤其在青少年群体中更为严重。在髌骨发生弯曲或者旋转的过程中, 有可能造成软组织的破坏、局部的膨胀以及疼痛, 更有可能引发软骨的磨损, 这将对日常生活产生极大的负面效应。这篇文章的核心是对内侧髌股韧带的解剖和重建手术的方法进行概述, 以便给临床医生提供借鉴。

关键词

髌股内侧的韧带, 髌骨脱位, 治疗, 重建术, 骨隧道, 缝合锚钉, 软组织, 固定, 综述

Research Progress on the Anatomy and Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament

Jiajun Tang¹, Ji Chen²

¹Second Clinical Medical College, Jinan University, Shenzhen Guangdong

²Department of Orthopedics and Joints, Shenzhen People's Hospital (Second Clinical Medical College of Jinan University, First Affiliated Hospital of Southern University of Science and Technology), Shenzhen Guangdong

Received: Jan. 28th, 2025; accepted: Feb. 21st, 2025; published: Feb. 28th, 2025

Abstract

Patellar dislocation mainly refers to the outward dislocation or subluxation of the patella due to congenital or acquired factors. This is a common knee injury, especially in adolescents. During the bending or rotation of the patella, it may cause soft tissue damage, local swelling and pain, and it is

more likely to cause cartilage wear, which will have a great negative effect on daily life. The core of this article is to provide an overview of the anatomy and reconstruction methods of the medial patellofemoral ligament in order to provide a reference for clinicians.

Keywords

Medial Patellofemoral Ligament, Patellar Displacement, Treatment, Reconstruction, Bone Tunnel, Suture Anchor, Soft Tissue, Fixation, Review

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

髌骨脱位主要是指由于先天或后天因素造成髌骨向外脱位或半脱位,多发生在青少年时期,是膝关节的一种常见疾病。研究表明,95%以上的髌骨脱位患者合并有内侧髌股韧带的损伤[1]。内侧髌股韧带重建可以明显改善髌股关节的稳定性,减少髌骨脱位以及半脱位的再次发生,是治疗髌骨脱位的主要手术方法[2]-[4]。

2. MPFL 的解剖

Warren [5]对 154 个新鲜冷冻的膝关节尸体进行了深入的解剖,详细阐述了髌骨内侧的软组织稳定结构。他发现,髌骨内侧的软组织可以从浅层到深层分为三个层次:第一层是深筋膜。第二层是由内侧副韧带浅层和其前方的构造构成的。内侧副韧带深层和膝关节内侧关节囊构成了第三层。MPFL 和内侧副韧带的浅层都在第二层,它们都是关节的外部组织。Feller 等[6]通过解剖尸体膝关节描述了 MPFL 的附着处及其大体形态。这些纤维以束状的形式分布,在膝盖的前部以扇形的方式扩展,直到抵达髌骨的内边缘。MPFL 的纤维和股内侧肌的远处的深部纤维相融合。MPFL 的股骨侧的终止点位于股骨内上髁和内收肌结节之间的某个区域,许多学者已经对 MPFL 在股骨侧的覆盖情况做出了定量分析。Aragão 等人[7]的研究表明,MPFL 在股骨侧的平均覆盖范围为 17.1 ± 6.0 mm。然而 Baldwin 等人[8]所测得的 MPFL 在股骨侧附着的宽度为 10.6 ± 2.9 mm。可见 MPFL 在股骨侧的附着宽度变化较大。MPFL 在髌骨侧止点位于髌骨内上缘,相较于股骨侧止点,髌骨侧止点说法较为统一。髌骨侧解剖止点的附着范围 28.2 ± 5.6 mm 其宽度明显大于股骨侧。

3. MPFL 重建的手术方式

髌骨脱位的核心治疗是 MPFL 重建,纵观目前国内外 MPFL 的重建方式,虽然 MPFL 重建的手术方式众多,但总的来说,MPFL 重建的区别主要还是在于自体 and 同种异体移植物的选择、单双束重建的区别、以及髌骨侧和股骨侧不同固定方式的选择。

3.1. 移植物的选择

移植物的选择主要在于自体移植物和同种异体移植物的区别。在 Migliorini [9] [10]等人对自体移植物和同种异体移植物的研究中发现,术后 Tegner、Kujala 和 Lysholm 评分在自体移植物中略高,同种异体移植组的再脱位率更低。在自体移植物的选择中。同时 Migliorini 收集了 199 例人工合成移植物重建内

侧髌股韧带的术后主观评分和术后髌骨再脱位率,发现术后患者主观评分明显提高,再脱位率为 2.5% (5例发生再脱位)。作者认为人工合成移植物重建内侧髌股韧带是可行的。

MPFL 的双束解剖重建方法,能够更好地适应 MPFL 的自然扇形结构的解剖属性。WANG 等[11]对成年人的膝关节样品进行了研究,他们发现,无论是采用哪种方式进行 MPFL 重建,髌骨的稳定性都可以得到改善。但在自然状态下尤其是在屈曲膝关节对抗髌骨外移时,双束重建能更加重现 MPFL 在自然状态下的生物力学,并且能够提供更大的力量。而且在长期随访中,双束重建相比于单束重建获得了更好的临床结果[12]。

3.2. MPFL 在髌骨侧的固定

MPFL 在髌骨侧的固定方法主要有三种,分别是骨隧道、缝合锚钉固定和软组织缝合固定。

3.2.1. 髌骨骨隧道固定

Zanon 选择在髌骨内侧缘中点作为入点,髌骨外侧缘上角为出点,行髌骨单隧道双束重建 MPFL,就经济角度考虑,该技术只需在股骨侧使用一枚干涉螺钉[13],但研究表明,髌骨单隧道重建再手术率和失败率更高。MPFL 重建相较于单隧道重建来说更倾向于双隧道重建[14]。Carmont 等人在髌骨内侧近 2/3 处钻出 2 个直径大小 4.5 mm 的平行横向隧道,两隧道相隔至少 10 mm,移植物两端先后以环状方式穿过隧道[15],双隧道重建能明显降低术后再脱位率。Panni 等人[16]决定在髌骨的内边缘的中心位置开一条垂直的隧道,并且在髌骨的内边缘的中心点近端 10 毫米的地方建立一条斜向髌骨外上侧的隧道。这样的从内部倾斜到外部的隧道可以降低移植物在隧道口的剪切力,然而,它们的移植物的长度要比垂直的骨隧道的长。经过两年的术后追踪,患者 Kujala、Larsen、Lysholm 以及 Fulkerson 的膝关节评估结果都有着显著的提升,并且术后没有出现脱位复发的情况。Matthews 等人考虑到双横隧道出现的髌骨骨折,使用髌骨纵行隧道重建内侧髌股韧带,这样避免了骨隧道横穿髌骨,结果显示,该手术方式显著提高了 Kujala 评分、术后没有发现髌骨再脱位及髌骨骨折[17]。同样为了避免横穿隧道出现的髌骨骨折,Ahmad 等人则是在髌骨内侧缘髌骨上极远端约 10 mm 处使用克氏针斜 40°钻入髌骨,远端距离 15 mm 处使用克氏针 40°斜向近端,使两根克氏针相遇,之后用 5 mm 直径空心钻头依次穿过 2 根克氏针,形成一个 V 形的骨内隧道,用于移植物通道。所述用于 MPFL 重建的 V 形隧道技术的优点是它不会破坏髌骨的外侧皮层,并且它允许肌腱移植物更广泛地附着在髌骨上,这模仿了 MPFL 与髌骨的正常解剖附着。该手术技术的潜在风险是隧道爆裂。因此两个隧道开口之间保持至少 10 毫米的骨桥[18]。Raoulis [19]等人在髌骨内上角做长度 20 mm 直径 4.5 mm 的髌骨横形隧道,在距离 15 mm 的远端做同样的横形隧道,将移植物两端分别用缝线拉入隧道,缝线在髌骨外侧打结以固定移植物。该手术技术没有完全扩孔和完全横贯骨隧道可能导致髌骨骨折或骨桥塌陷,没有植入物的髌骨固定技术具有成本较低的优点,Shafizadeh [20]等人同样使用类似的手术技术,在髌骨的内侧钻 2 个盲端隧道长 10 mm,并在髌骨内侧准备一个小凹槽,类似于用于缝合锚钉固定的小凹槽。该手术技术相较于双半隧道缝线固定来说不需要在髌骨外侧缘皮肤做切口,而且该手术技术在髌骨侧可以不使用螺钉进行固定。术后随访中,患者未出现髌骨半脱位及脱位的情况,但该技术的可能风险是髌骨骨折、髌骨外侧皮下组织卡压和缝合线松动。Moran 等[21]则是抛弃使用较大的(4.5 mm)经髌骨隧道以降低髌骨骨折风险,改使用更细的股薄肌腱,短、小(3.2 mm)、斜的骨隧道来重建 MPFL。Moran 等使用 3.2 mm 钻头在髌骨内侧边界的上 1/3 处做第一个隧道,钻头向前推进,直到钻头在髌骨的前皮质出现,隧道长度大约是髌骨直径的 1/3,同样的方法在距离近端隧道 10 mm 处的远端做第二个骨隧道。移植物以环形方式重建。一项回顾性研究表明,在 MPFL 重建中,使用小斜隧道是一种安全的髌骨固定方法。与缝合锚固定相比,使用小的斜隧道进行髌骨固定可以节省材料成本,而不会显着增加骨折风险,并总体降低并发症发生率。而锚缝合与小型斜隧道相比,使用缝合锚与半脱

位或脱位的风险增加相关[22]。在髌骨侧建立半隧道后, Schöttle 将移植物置入隧道并用螺钉进行固定。这种固定方法能够给移植物带来较大的损伤负荷, 同时也能帮助关节在早期进行康复训练, 从而显著降低关节僵硬的发生率[23]。

3.2.2. 缝合锚钉固定

缝合锚钉固定需要在髌骨放置内植物进行固定。Schöttle [24]和 Anbari [25]通过在髌骨的内侧缘创建一个骨槽, 在骨槽的近端及远端分别放置两枚带有缝线及缝合锚钉。接着, 将移植物的中间段置入骨槽的近远端之间, 最后将骨槽近段及远端移植物使用锚钉进行缝合固定。根据 Schöttle 的术后追踪, 86% 的病人表示, 这个手术对于提升他们的膝关节的功能起到了积极的作用。Wang 等[26]考虑到内侧钻孔可能导致的髌骨骨折、髌骨后部的侵犯和肌腱到骨的愈合延迟, 对 26 例诊断为复发性髌骨脱位的患者进行了髌骨沟和缝合锚固定联合手术, Wang 等人在髌骨表面的上三分之一和内侧四分之一处形成一条骨槽(长 2 厘米, 宽 4~5 毫米, 深 3 毫米)。在骨槽中点使用一个直径为 3.0 毫米的缝合锚来加强骨槽中间的移植物固定。将移植物的中间放入骨槽中。然后将锚上的缝合线绑在移植物周围。通过用可吸收缝合线将其缝合到骨膜和深筋膜上来嵌入移植物。术后 3 年的随访中, 患者膝关节主观评分显著改善。该技术在髌骨 MPFL 附着部位使用骨槽和缝合锚固定相结合是一种安全牢固的固定方法, 但据报道双锚固定也并发髌骨骨折[27], 这些骨折是由于髌骨的血液供应中断造成的[28]。在这种技术中仅使用一个缝合锚对内侧髌骨的血液供应影响不大。因此, 骨髓道的避免及单锚钉的使用使髌骨骨折的风险被有效降低。其次, 骨膜及深筋膜的覆盖有利于肌腱骨的愈合。

3.2.3. 软组织缝合固定

在髌骨侧进行软组织缝合固定时, 无需使用植入物来稳定移植物, 也无需在髌骨侧钻取隧道, 这样就可以避免对髌骨骨质的损害。KANG 等[29]通过在髌骨的内侧边缘制造出一个骨槽, 然后使用缝线对移植体的两个端口进行缝合以增强其强度。首先, 把移植体的中心放入骨槽, 然后把它的两个端口放入髌骨的内侧边缘的骨槽里。最后, 在骨槽的两边以及中心处, 各自对移植物和髌前的筋膜进行缝合并固定。术后, 病人的膝关节评估以及运动性能都有明显的提升。Ye 和他的团队[30]在髌骨内侧缘的近端三分之二处制作一个骨槽, 采用 2 毫米直径的克氏针构建三个通道, 以便让缝合线能够穿越并固定在 MPFL 移植物的髌骨的另一边。首要的是, 把上隧道设置在髌骨的近端与中部的 1/3 交汇点附近, 而下隧道则设置在髌骨内侧边缘的近端的三分之二位置。中央隧道是最后钻探的。隧道以最佳方式彼此平行创建。然后用一个克氏针横向穿过 3 个髌骨隧道。接下来, 两条缝合线穿过中央通道。然后将缝合线拉过上部隧道; 对另一条缝合线 and 下部隧道重复此过程。然后将第三条缝合线穿上隧道和下隧道。接下来, 将移植物的中间段置入骨槽中, 然后使用留在髌骨上的缝合线进行固定。首先固定中央隧道的 2 条缝合线, 然后收紧髌骨上隧道和髌下隧道的缝合线。对下部隧道的 2 条缝合线和上部隧道中的 2 条缝合线重复此过程。在对 34 例软组织固定患者和 31 例锚缝合患者进行手术后的比较后发现, 两组患者的 Kujala 评分差异并无统计学上的显著性, 所有患者都没有出现再次脱位的情况。研究发现, 与天然 MPFL 以及缝合锚钉固定相比, 软组织缝合技术重建的 MPFL 强度并无统计学差异。后续临床研究结果发现软组织重建患者的术后 Kujala、Lysholm 评分和锚钉固定技术没有统计学差异[31]。而且软组织缝合技术避免了骨隧道对髌骨骨质的破坏同时也避免了内植物固定。

3.3. 股骨侧固定方式

目前, 股骨插入点的主要选择是内收肌结节与股骨内侧髁的中点。手术过程中, 医生可以通过触摸定位和膝关节屈曲下的透视来确定位置。接着, 使用 7 毫米的钻头钻出 40 毫米长的隧道, 最后用界面螺钉将移植物固定住[16]。

4. 讨论

急性髌骨脱位通常都会有 MPFL 损伤。因此, 一旦髌骨脱位诊断明确, 都应及时重建 MPFL 以恢复膝关节功能, 前述的 3 种髌骨侧固定术式虽然在恢复患者主观膝关节评分、脱位率上无明显统计学差异。然而, 骨隧道固定较另外两种手术方式的并发症发生概率更高, 主要并发症为髌骨骨折, 可能是由于骨隧道的固定, 髌骨骨质的破坏导致髌骨的骨折风险相对增加, 特别是对于那些骨质薄弱和骨质疏松的病人。从生物力学的角度来看, 隧道固定手术相较其他两种手术[32]具有优势。此外, 重塑的 MPFL 相较于原始状况的 MPFL 具有更高的强度和硬度, 这些都超出了人体髌股关节运动的实际需求[26], 因此, MPFL 的重建过程中移植物固定过紧以及髌股的接触压力升高将使得髌股的运动范围缩小以及屈曲的膝关节时的疼痛将比另外两种固定方式来得更严重。在使用锚钉缝合手法时, 由于髌骨部位的移植物能够完整地镶嵌到皮质的骨槽里, 同时还能够受到骨膜和深筋膜的包裹, 这样就能够在某种程度上推动腱骨的恢复。软组织缝合技术不需要植入物进行移植物固定, 更具经济优势。然而, 软组织固定的强度在早期不如骨隧道及锚钉固定, 所以患者术后早期膝关节活动范围会有所限制, 关节活动的限制又将会导致关节僵硬的发生。所以相较于髌骨侧固定方式的选择, 股骨侧固定点的选择对移植物的等长改变起着至关重要的作用。如果股骨固定位置选择不适宜, 可能导致内侧髌股关节压力增高、髌骨倾斜增加、关节疼痛、重建失败或复发性脱位。因此, MPFL 的解剖性重建尤为关键。Higuchi [33]的研究表明, MPFL 的长度并非恒定的, 而是有其微小的波动性。MPFL 的长度会因为弯曲的角度的改变而持续改动。MPFL 的长度在弯曲 $0^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 的范围内变化不大, 但当弯曲角度超出 60° 时, 其长度会急剧减少。MPFL 的长度在膝关节伸直状态下最大, 而当弯曲至 120° 时则达到最小值。Smirk [34]、Stephen [35]、Jaecker [36]等人通过对大量内侧髌股韧带重建的等长性改变的测量, 对于股骨侧等长点有不同的见解。目前, MPFL 重建的股骨隧道的最优固定位置仍然有争议, 并且目前还没有对解剖点做出明确的界定。尽管 Schöttle 点是目前大多数用于股骨侧固定的点[37], 但是, 有研究指出, Schöttle 点固定也会出现不等长的情况, 特别是当髌骨脱位的解剖不稳定因素增加时[38]。另外, 有些专家也持有观点, 即非解剖重建和术后的临床副作用没有显著的联系[36]。然而, 更多文献都提到, 非解剖重建和不良预后有关, 而解剖重建则和良好的效果有关。所以, MPFL 的解剖重建能够尽可能地修复移植体在生物力学上的平衡。综上所述, 不同髌骨侧固定方式具有不同的优劣势, 同样, 移植物选择、股骨侧固定点的选择以及术前患者骨性异常的评估在拟定手术方式时也需要进行全面的评估。随着对髌骨脱位以及 MPFL 重建技术的进一步研究, 未来对髌骨脱位的治疗将取得重大的进步。

参考文献

- [1] Balcerek, P., Ammon, J., Frosch, S., Walde, T.A., Schüttrumpf, J.P., Ferlemann, K.G., *et al.* (2010) Magnetic Resonance Imaging Characteristics of the Medial Patellofemoral Ligament Lesion in Acute Lateral Patellar Dislocations Considering Trochlear Dysplasia, Patella Alta, and Tibial Tuberosity-trochlear Groove Distance. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, **26**, 926-935. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2009.11.004>
- [2] Mistry, J., Bonner, K., Gwam, C., Thomas, M., Etcheson, J. and Delanois, R. (2017) Management of Injuries to the Medial Patellofemoral Ligament: A Review. *The Journal of Knee Surgery*, **31**, 439-447. <https://doi.org/10.1055/s-0037-1604142>
- [3] Peter, G., Hoser, C., Runer, A., Abermann, E., Wierer, G. and Fink, C. (2018) Medial Patellofemoral Ligament (MPFL) Reconstruction Using Quadriceps Tendon Autograft Provides Good Clinical, Functional and Patient-Reported Outcome Measurements (PROM): A 2-Year Prospective Study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **27**, 2426-2432. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5226-6>
- [4] Testa, E.A., Camathias, C., Amsler, F., Henle, P., Friederich, N.F. and Hirschmann, M.T. (2015) Surgical Treatment of Patellofemoral Instability Using Trochleoplasty or MPFL Reconstruction: A Systematic Review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **25**, 2309-2320. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3698-1>

- [5] Warren, L.F. and Marshall, J.L. (1979) The Supporting Structures and Layers on the Medial Side of the Knee. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, **61**, 56-62. <https://doi.org/10.2106/00004623-197961010-00011>
- [6] Feller, J.A., Feagin, J.A. and Garrett, W.E. (1993) The Medial Patellofemoral Ligament Revisited: An Anatomical Study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **1**, 184-186. <https://doi.org/10.1007/bf01560202>
- [7] Aragão, J.A., Reis, F.P., de Vasconcelos, D.P., Feitosa, V.L.C. and Nunes, M.A.P. (2008) Metric Measurements and Attachment Levels of the Medial Patellofemoral Ligament: An Anatomical Study in Cadavers. *Clinics*, **63**, 541-544. <https://doi.org/10.1590/s1807-59322008000400021>
- [8] Baldwin, J.L. (2009) The Anatomy of the Medial Patellofemoral Ligament. *The American Journal of Sports Medicine*, **37**, 2355-2361. <https://doi.org/10.1177/0363546509339909>
- [9] Migliorini, F., Trivellas, A., Eschweiler, J., Knobe, M., Tingart, M. and Maffulli, N. (2021) Comparable Outcome for Autografts and Allografts in Primary Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction for Patellofemoral Instability: Systematic Review and Meta-analysis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **30**, 1282-1291. <https://doi.org/10.1007/s00167-021-06569-w>
- [10] Migliorini, F., Eschweiler, J., Spiezia, F., Knobe, M., Hildebrand, F. and Maffulli, N. (2022) Synthetic Graft for Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*, **23**, Article No. 41. <https://doi.org/10.1186/s10195-022-00660-9>
- [11] Wang, Q., Huang, W., Cai, D. and Huang, H. (2017) Biomechanical Comparison of Single- And Double-Bundle Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **12**, Article No. 29. <https://doi.org/10.1186/s13018-017-0530-2>
- [12] Wang, C., Ma, L., Zhou, J., Ji, G., Wang, H., Wang, F., *et al.* (2013) Double-bundle Anatomical versus Single-Bundle Isometric Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction for Patellar Dislocation. *International Orthopaedics*, **37**, 617-624. <https://doi.org/10.1007/s00264-013-1788-6>
- [13] Zanon, G., Marullo, M. and Benazzo, F. (2013) Double-Bundle Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction with a Single Patellar Tunnel. *Arthroscopy Techniques*, **2**, e401-e404. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2013.06.008>
- [14] Mohammed, R., Hunt, N. and Gibbon, A. (2017) Patellar Complications in Single versus Double Tunnel Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *Journal of Orthopaedic Surgery*, **25**, 1-4. <https://doi.org/10.1177/2309499017691007>
- [15] Carmont, M.R. and Maffulli, N. (2007) Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction: A New Technique. *BMC Musculoskeletal Disorders*, **8**, Article No. 22. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-8-22>
- [16] Panni, A.S., Alam, M., Cerciello, S., Vasso, M. and Maffulli, N. (2011) Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction with a Divergent Patellar Transverse 2-Tunnel Technique. *The American Journal of Sports Medicine*, **39**, 2647-2655. <https://doi.org/10.1177/0363546511420079>
- [17] Matthews, J.J. and Schranz, P. (2009) Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament Using a Longitudinal Patellar Tunnel Technique. *International Orthopaedics*, **34**, 1321-1325. <https://doi.org/10.1007/s00264-009-0918-7>
- [18] Ahmad, R., Jayasekera, N., Schranz, P. and Mandalia, V. (2014) Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction: A Technique with a “v”-Shaped Patellar Tunnel. *Arthroscopy Techniques*, **3**, e589-e592. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2014.06.015>
- [19] Raoulis, V., Zibis, A., Fyllos, A., Malahias, M., Banios, K. and Hantes, M. (2021) Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament Using Two Blind Transverse Semi-Patella Tunnels and an Implant-Free Technique for Patellar Fixation: A Technical Note. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **16**, Article No. 25. <https://doi.org/10.1186/s13018-020-02161-z>
- [20] Shafizadeh, S. and Balke, M. (2014) Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction: A New Technique for Graft Fixation at the Patella without Implants. *Arthroscopy Techniques*, **3**, e115-e117. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2013.09.005>
- [21] Moran, T.E., Burke, J.F. and Diduch, D.R. (2020) Small (3.2-Mm), Short, Oblique Patellar Tunnels for Patellar Fixation in MPFL Reconstruction. *Arthroscopy Techniques*, **9**, e1613-e1617. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2020.07.001>
- [22] Deasey, M.J., Moran, T.E., Lesevic, M., Burnett, Z.R. and Diduch, D.R. (2020) Small, Short, Oblique Patellar Tunnels for Patellar Fixation Do Not Increase Fracture Risk or Complications in MPFL Reconstruction: A Retrospective Cohort Study. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, **8**. <https://doi.org/10.1177/2325967120954430>
- [23] Schöttle, P.B., Hensler, D. and Imhoff, A.B. (2009) Anatomical Double-Bundle MPFL Reconstruction with an Aperture Fixation. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **18**, 147-151. <https://doi.org/10.1007/s00167-009-0868-z>
- [24] Schöttle, P., Fucentese, S. and Romero, J. (2005) Clinical and Radiological Outcome of Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction with a Semitendinosus Autograft for Patella Instability. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **13**, 516-521. <https://doi.org/10.1007/s00167-005-0659-0>
- [25] Anbari, A. and Cole, B. (2008) Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction—A Novel Approach. *Journal of Knee*

- Surgery*, **21**, 241-245. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1247825>
- [26] Wang, H., Dong, J. and Gao, S. (2016) Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction Using a Bone Groove and a Suture Anchor at Patellar: A Safe and Firm Fixation Technique and 3-Year Follow-Up Study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **11**, Article No. 138. <https://doi.org/10.1186/s13018-016-0473-z>
- [27] Dhinsa, B.S., Bhamra, J.S., James, C., Dunnet, W. and Zahn, H. (2013) Patella Fracture after Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction Using Suture Anchors. *The Knee*, **20**, 605-608. <https://doi.org/10.1016/j.knee.2013.05.013>
- [28] Muthukumar, N. and Angus, P.D. (2004) Patellar Fracture Following Surgery for Patellar Instability. *The Knee*, **11**, 121-123. [https://doi.org/10.1016/s0968-0160\(03\)00045-0](https://doi.org/10.1016/s0968-0160(03)00045-0)
- [29] Kang, H., Cao, J., Yu, D., Zheng, Z. and Wang, F. (2013) Comparison of 2 Different Techniques for Anatomic Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament. *The American Journal of Sports Medicine*, **41**, 1013-1021. <https://doi.org/10.1177/0363546513480468>
- [30] Ye, M., Zhang, H. and Liang, Q. (2020) Clinical Outcomes after Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction Using Transosseous Sutures versus Suture Anchors: A Prospective Nonrandomized Controlled Trial. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, **8**. <https://doi.org/10.1177/2325967120917112>
- [31] Siebold, R., Chikale, S., Sartory, N., Hariri, N., Feil, S. and Pässler, H.H. (2010) Hamstring Graft Fixation in MPFL Reconstruction at the Patella Using a Transosseous Suture Technique. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **18**, 1542-1544. <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1147-8>
- [32] Russ, S.D., Tompkins, M., Nuckley, D. and Macalena, J. (2014) Biomechanical Comparison of Patellar Fixation Techniques in Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, **43**, 195-199. <https://doi.org/10.1177/0363546514550992>
- [33] Higuchi, T., Arai, Y., Takamiya, H., Miyamoto, T., Tokunaga, D. and Kubo, T. (2010) An Analysis of the Medial Patellofemoral Ligament Length Change Pattern Using Open-MRI. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **18**, 1470-1475. <https://doi.org/10.1007/s00167-010-1043-2>
- [34] Smirk, C. and Morris, H. (2003) The Anatomy and Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament. *The Knee*, **10**, 221-227. [https://doi.org/10.1016/s0968-0160\(03\)00038-3](https://doi.org/10.1016/s0968-0160(03)00038-3)
- [35] Stephen, J.M., Lumpaopong, P., Deehan, D.J., Kader, D. and Amis, A.A. (2012) The Medial Patellofemoral Ligament: Location of Femoral Attachment and Length Change Patterns Resulting from Anatomic and Nonanatomic Attachments. *The American Journal of Sports Medicine*, **40**, 1871-1879. <https://doi.org/10.1177/0363546512449998>
- [36] Jaecker, V., Brozat, B., Banerjee, M., Otchwemah, R., Bouillon, B. and Shafizadeh, S. (2015) Fluoroscopic Control Allows for Precise Tunnel Positioning in MPFL Reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **25**, 2688-2694. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3613-9>
- [37] Schöttle, P.B., Schmeling, A., Rosenstiel, N. and Weiler, A. (2007) Radiographic Landmarks for Femoral Tunnel Placement in Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, **35**, 801-804. <https://doi.org/10.1177/0363546506296415>
- [38] Tanaka, M.J., Mirochnik, K., Simeone, F.J., Berkson, E.M., Doornberg, J.N. and Mangudi Varadarajan, K. (2023) In Vivo Length Changes between the Attachments of the Medial Patellofemoral Complex Fibers in Knees with Anatomic Risk Factors for Patellar Instability. *The American Journal of Sports Medicine*, **51**, 1765-1776. <https://doi.org/10.1177/03635465231165296>