

· 荟萃分析 ·

同种异体半月板移植临床结果的荟萃分析[△]

焦颖, 刘伟, 亓建洪*, 董军, 宋洪强

(山东第一医科大学运动医学与康复学院, 山东泰安 271000)

摘要: [目的] 采用荟萃分析评估同种异体半月板移植 (meniscal allograft transplantation, MAT) 的临床效果。[方法] 检索中国知网、中国生物医学文献、万方、维普、PubMed、Embase 和 Cochrane 协作图书馆数据库自建库至 2023 年 10 月 1 日的文献, 根据纳入标准收集 MAT 术后平均随访时间在 10 年及以上的文献。阅读全文提取效应量, 通过 RevMan 5.3 软件进行荟萃分析。[结果] 最终纳入 10 篇文献、382 例患者, 共计 395 个半月板移植, 平均随访时间 13.4 年。荟萃结果显示, 术前与术后 Tegner 和 VAS 评分的差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。与术前相比, 术后 Lysholm 评分 ($MD=-18.29, 95\% CI -26.33\sim-10.26, P<0.001$)、KOOS 评分 [疼痛: ($MD=-16.67, 95\% CI -28.63\sim-4.71, P=0.006$); 症状: ($MD=-14.25, 95\% CI -26.52\sim-1.97, P=0.02$); 日常生活: ($MD=-14.34, 95\% CI -21.33\sim-7.35, P<0.001$); 运动和娱乐: ($MD=-14.87, 95\% CI -24.84\sim-4.91, P=0.003$); 生活质量: ($MD=-14.69, 95\% CI -26.48\sim-2.90, P=0.010$)]、IKDC 评分 ($MD=-23.59, 95\% CI -27.42\sim-19.75, P<0.001$)、SF-36 [身体功能: ($MD=-15.98, 95\% CI -20.10\sim-11.87, P<0.001$); 心理: ($MD=-15.58, 95\% CI -20.97\sim-10.19, P<0.001$)] 均显著增加, 术后关节间隙显著减小 ($MD=0.88, 95\% CI 0.60\sim1.15, P<0.001$)。[结论] MAT 具有良好的长期临床效果, 可显著改善膝关节功能。

关键词: 同种异体半月板移植, 荟萃分析, 保存, 固定, 临床结果

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 23-2146-06

Clinical results of meniscal allograft transplantation: a meta-analysis // JIAO Ying, LIU Wei, QI Jian-hong, DONG Jun, SONG Hong-qiang. College of Sports Medicine and Rehabilitation & Institute of Sports Medicine, Shandong First Medical University, Tai'an 271000, China

Abstract: [Objective] To evaluate the clinical outcomes of meniscal allograft transplantation (MAT). [Methods] The literatures were retrieved from CNKI, CBM, Wanfang, VIP, PubMed, Embase and Cochrane Collaborative Library databases up to October 1, 2023. According to the inclusion criteria, literatures with an average follow-up time of 10 years or more after MAT were collected. After reading the full paper and extracting the data met the including criteria, a meta-analysis was conducted by using Revman 5.3 software. [Results] Ten papers, involving 382 patients, and 395 menisci, were included, with a mean follow-up of 13.4 years. As meta analysis results, there were no statistically significant differences in terms of Tegner and VAS scores after MAT surgery compared with those before surgery ($P>0.05$). However, Lysholm score ($MD=-18.29, 95\% CI -26.33\sim-10.26, P<0.001$); KOOS score [pain: ($MD=-16.67, 95\% CI -28.63\sim-4.71, P=0.006$), symptoms: ($MD=-14.25, 95\% CI -26.52\sim-1.97, P=0.02$), activities of daily living: ($MD=-14.34, 95\% CI -21.33\sim-7.35, P<0.001$), sports and recreation: ($MD=-14.87, 95\% CI -24.84\sim-4.91, P=0.003$), quality of life: ($MD=-14.69, 95\% CI -26.48\sim-2.90, P=0.010$)]; IKDC score ($MD=-23.59, 95\% CI -27.42\sim-19.75, P<0.001$) and SF-36 [physical health ($MD=-15.98, 95\% CI -20.10\sim-11.87, P<0.001$) and mental health ($MD=-15.58, 95\% CI -20.97\sim-10.19, P<0.001$)] increased significantly after MAT compared with those before surgery. [Conclusion] MAT has a good long-term clinical consequences, which does effectively improve knee joint function.

Key words: meniscal allograft transplantation, meta-analysis, preservation, fixation, clinical outcomes

半月板是膝关节的重要组成部分, 在传递负荷、减轻震荡、营养关节软骨和维持膝关节稳定方面具有重要作用。严重半月板损伤患者大部分需要进行半月板切除术, 但术后会加速膝关节的退变^[1]。有研究表

明, 半月板切除术后会增加局部的接触应力峰值, 极有可能导致早期骨性关节炎的发生^[2, 3]。同种异体半月板移植 (meniscal allograft transplantation, MAT) 被认为是一种治疗半月板缺失的有效方法, 能恢复半月

DOI:10.20184/j.cnki.Issn1005-8478.100794

[△]基金项目: 山东省中医药科技项目 (编号: 2021M148)

作者简介: 焦颖, 硕士学位, 研究方向: 软骨损伤的基础研究, (电子信箱) JIAOYING19980527@163.com

* 通信作者: 亓建洪, (电话) 0538-8939698, (电子信箱) jhqj7281@163.com

板缺陷引起的应力分布异常。一项涉及 1 068 例患者的短期荟萃分析结果显示, MAT 被认为是一种安全可靠的方法^[4]。另一项中期随访结果表明, 患者所有功能评分术后均有显著改善, 所有患者对手术结果完全或基本满意, 总体成功率约为 88%^[5]。然而缺乏 MAT 术后远期疗效的系统分析。本文通过检索国内外已发表的研究成果, 对 MAT 术后 10 年及以上的临床功能评分进行系统评价, 以期对 MAT 的临床推广应用提供循证依据。

MAT 术前移植物的保存方法和术中半月板的前后角固定方式尤为重要, 直接影响 MAT 的移植效果。然而目前不同方式保存的半月板效果不一, 半月板的固定方式也存在一定的争议^[6, 7]。因此, 本文除了评估 MAT 远期临床效果外, 还对移植物的保存方法和半月板固定方式进行了探讨。

1 资料与方法

1.1 纳入与排除标准

纳入标准: (1) 研究涉及半月板全切或次全切术后行 MAT 的患者; (2) 至少应用以下一种 MAT 数据评估方法: Tegner、Lysholm、KOOS、IKDC、VAS、SF-36 和 X 线关节间隙; (3) MAT 术后平均随访时间在 10 年及以上, 若研究为对照研究则要求试验组与对照组患者的基线资料一致, 且纳入的各研究间也不能有显著性差异; (4) MAT 术前和术后检查结果完整。

排除标准: (1) 研究数据不全或缺失; (2) 研究数据来源于动物实验或理论分析; (3) 文献类型是综述、评论、信函或书籍; (4) 有严重并发症或其他系统严重疾病的患者, 如类风湿性关节炎、骨坏死和软骨严重退化等。

1.2 检索策略

运用计算机在中国知网、中国生物医学文献、万方、维普、PubMed、Embase 和 Cochrane 图书馆数据库检索 MAT 临床研究结果, 检索时间从建库至 2023 年 10 月 1 日。检索采用主题词与自由词相结合的方式。中文检索词为: 同种异体半月板移植和半月板移植; 英文检索词为: Meniscal Allograft Transplantation 和 Meniscal Transplantation。数据库初步检索后追溯纳入文献的参考文献, 以补充获取相关文献。

1.3 文献筛选、数据提取与评估

所有检索到的文献由两名独立的评价员共同决定, 若遇分歧则由第三位评价员介入, 全体讨论达成

一致后最终决定是否纳入此篇文献。两名评审员从纳入文献中提取的主要信息包括: (1) 纳入文献的一般资料: 作者、年份、国家、患者数、移植物数、平均年龄、随访时间等; (2) 研究指标的提取: Tegner 评分、Lysholm 评分、膝关节损伤与骨关节炎评分 (knee injury and osteoarthritis outcome score, KOOS)、国际膝关节文献委员会 (International Knee Documentation Committee, IKDC) 评分、疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、健康调查简表-36 (short-form 36 health survey, SF-36) 评分和 X 线关节间隙, 如果这些指标的平均数和标准差文献中未提及, 则联系作者提供这些变量。

使用英国国家卫生与临床优化研究所 (National Institute for Health and Clinical Excellence, NICE) 病例系列评分标准进行质量评价, NICE 量表从病例来源、数据收集及临床结局的描述与分析对研究进行评分, 符合一项标准得 1 分, 文章未提及得 0 分, 其中总分在 5 分以下的研究被排除。

1.4 统计学方法

采用 Cochrane 协作网提供的 RevMan 5.3 软件对提取的数据进行荟萃分析。对于连续性变量利用均数差值 (mean difference, MD) 为效应量, 以 95% CI (confidence interval, CI) 表示。异质性判断标准: $I^2 \leq 50\%$ (异质性不明显), 应用固定效应模型计算合并效应量; $I^2 > 50\%$, 则应用随机效应模型计算合并效应量。

2 结果

2.1 检索结果

按照文献检索方式, 共检索出 3 834 篇文献, 将其录入 Endnote X9 软件, 经系统查重排除重复文献 698 篇, 阅读标题和摘要后剔除 3 079 篇文献, 阅读全文后剔除 47 篇文献, 最终纳入 10 篇文献。文献筛选流程见图 1。

2.2 纳入研究基本特征

研究中共纳入 382 例患者, 其中男 264 例, 女 118 例, 年龄 14~55 岁, 平均随访时间约 13.4 年; 研究共纳入 395 个半月板移植物, 其中内侧半月板为 196 个, 纳入研究的基本特征和研究特点见表 1 和表 2。

2.3 荟萃分析结果

2.3.1 Tegner 评分

纳入文献中有 4 项研究报道了 MAT 术前和术后

的 Tegner 评分，共纳入 100 例患者。4 项研究间存在显著异质性 ($P < 0.001, I^2 = 99\%$)，采用随机效应模型进行荟萃分析。结果显示，术前与术后 Tegner 评分

差异无统计学意义 ($MD = 0.09, 95\% CI -1.01 \sim 1.19, P = 0.87$)。

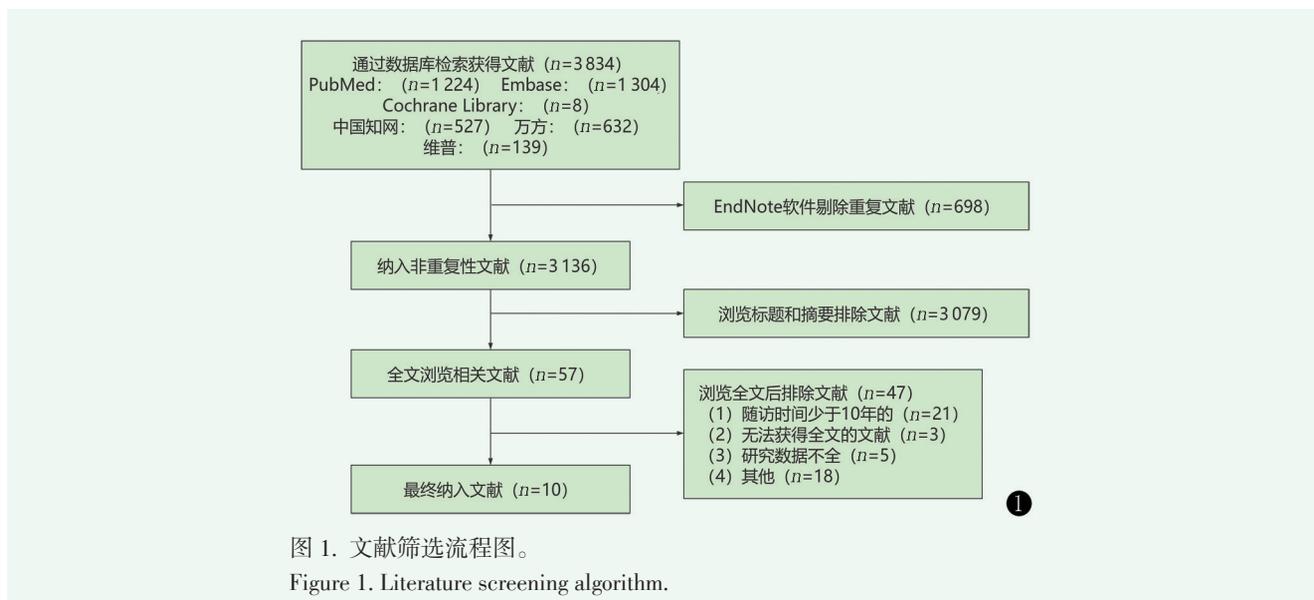


表 1. 纳入文献的基本特征
Table 1. Basic features of the included literatures

作者, 年	国家	女性/总患者数	MAT 内/外侧数	平均年龄 (岁)	平均随访时间 (年)	结局指标
Wirth, 2002 ^[8]	德国	3/23	23/0	29.6	14.0	①
Binnet, 2011 ^[9]	土耳其	0/4	4/0	24.5	19.0	①②
Hommen, 2007 ^[10]	美国	9/20	12/8	32.0	17.1	①②④⑦
Kim, 2017 ^[11]	韩国	10/47	18/31	30.4	11.1	②
Noyes, 2016 ^[12]	美国	36/69	41/31	30.0	11.2	①
Van der Wal, 2009 ^[13]	荷兰	17/57	23/40	39.4	13.8	②③④
Verdonk, 2006 ^[14]	比利时	6/41	27/15	35.2	12.1	①⑥
Vundelinckx, 2014 ^[15]	比利时	15/30	12/19	33.0	12.7	①②③⑤⑥⑦
Lee, 2019 ^[16]	韩国	14/45	9/36	32.8	12.3	②⑦
Grassi, 2020 ^[17]	意大利	10/46	27/19	36.6	10.8	①②⑤

注：①Tegner 评分；②Lysholm 评分；③KOOS 评分；④IKDC 评分；⑤VAS 评分；⑥SF-36 评分；⑦X 线关节间隙。

2.3.2 Lysholm 评分

纳入文献中有 8 项研究报道了 MAT 术前和术后的 Lysholm 评分，共纳入 272 例患者。8 项研究间存在显著异质性 ($P < 0.001, I^2 = 96\%$)，采用随机效应模型进行荟萃分析。结果显示，与术前相比，术后 Lysholm 评分显著增加 ($MD = -18.29, 95\% CI -26.33 \sim -10.26, P < 0.001$)。

2.3.3 KOOS 评分

纳入文献中有 3 项研究使用 KOOS 评分对患者膝关节功能进行了评估，评分包括 5 个方面：疼痛、症状、日常活动、运动和娱乐活动及生活质量，共纳入 128 例患者。3 项研究在疼痛方面存在显著异质性 ($P < 0.001, I^2 = 99\%$)，采用随机效应模型进

行荟萃分析，结果显示，与术前相比，术后 KOOS 疼痛评分显著增加 ($MD = -16.67, 95\% CI -28.63 \sim -4.71, P = 0.006$)；3 项研究在症状方面存在显著异质性 ($P < 0.001, I^2 = 99\%$) 采用随机效应模型进行荟萃分析，结果显示，与术前相比，术后 KOOS 症状评分显著增加 ($MD = -14.25, 95\% CI -26.52 \sim -1.97, P = 0.02$)。3 项研究在日常活动方面存在显著异质性 ($P < 0.001, I^2 = 98\%$)，采用随机效应模型进行荟萃分析，结果显示，相较于术前，术后 KOOS 日常活动评分显著增加 ($MD = -14.34, 95\% CI -21.33 \sim -7.35, P < 0.001$)；3 项研究在运动和娱乐方面存在显著异质性 ($P < 0.001, I^2 = 99\%$)，采用随机效应模型进行荟萃分析，结果显示，相较于术前，术后 KOOS 运动和娱

乐评分显著增加 ($MD=-14.87$, $95\% CI -24.84 \sim -4.91$, $P=0.003$); 3 项研究在生活质量方面存在显著异质性 ($P<0.001$, $I^2=99\%$), 采用随机效应模型进行荟萃分

析, 结果显示, 相较于术前, 术后 KOOS 生活质量评分显著增加 ($MD=-14.69$, $95\% CI -26.48 \sim -2.90$, $P=0.010$)。

表 2. 纳入文献的研究特点
Table 2. Research characteristics of the included literatures

作者	10 年存活率	失败率	MAT 合并手术/例数	固定方式	保存方法	评分
Wirth ^[8]	NA	NA	KLR/23	缝合固定	冷冻干燥 (γ 辐照灭菌)	6
Binnet ^[9]	NA	NA	KLRR/4	缝合固定	冷冻干燥 (环氧乙烷灭菌)	6
Hommen ^[10]	45%	35%	KLR/9 KLRR/2 HTO/2	骨固定 缝合固定	深低温	7
Kim ^[11]	98%	4%	ACI/2	骨固定	深低温 低温保存	7
Noyes ^[12]	45%	84%	OAT/20 KLR/9 KLRR/7 HTO/14	骨固定	低温保存	5
Van der Wal ^[13]	NA	29%	KLR/2	缝合固定	低温保存	6
Verdonk ^[14]	NA	17%	KLR/3 HTO/24 DFO/1	缝合固定	新鲜保存	5
Vundelinckx ^[15]	NA	12%	MS/2	骨固定 缝合固定	深低温	7
Lee ^[16]	NA	NA	ND	骨固定	ND	6
Grassi ^[17]	70%	13%	KLR/10 HTO/6	缝合固定	低温保存	5

注: HTO, high tibial osteotomy, 胫骨高位截骨术; DFO, distal femoral osteotomy, 股骨远端截骨术; KLR, knee ligament reconstruction, 膝关节韧带重建; KLRR, knee ligament reconstruction revision, 膝关节韧带重建翻修; OAT, osteochondral autograft transplantation, 自体骨软骨移植; ACI, autologous chondrocyte implantation, 自体骨软骨细胞移植; MS: microfracture surgery, 微骨折; ND, not described, 未描述。

2.3.4 IKDC 评分

纳入文献中有 2 项研究报道了 IKDC 评分, 共纳入 77 例患者。2 项研究间存在显著异质性 ($P=0.13$, $I^2=57\%$), 采用随机效应模型进行荟萃分析。结果显示, 相较于术前, 术后 IKDC 评分显著增加 ($MD=-23.59$, $95\% CI -27.42 \sim -19.75$, $P<0.001$)。

2.3.5 VAS 评分

纳入文献中有 2 项研究报道了 MAT 术前和术后患者的 VAS 评分, 共纳入 76 例患者。2 项研究间存在显著异质性 ($P<0.001$, $I^2=98\%$), 采用随机效应模型进行荟萃分析。结果显示, 术前与术后 IKDC 评分的差异无统计学意义 ($MD=22.38$, $95\% CI -15.14 \sim 59.90$, $P=0.24$)。

2.3.6 SF-36

纳入文献中有 2 项研究使用 SF-36 量表对患者的身体功能和心理状况进行了评估, 共纳入 71 例患者。2 项研究的身体功能评分存在显著异质性 ($P<0.001$, $I^2=91\%$), 采用随机效应模型进行荟萃分析。结果显示, 与术前相比, 术后 SF-36 身体功能评分显著增加 ($MD=-15.98$, $95\% CI -20.10 \sim -11.87$, $P<0.001$); 2 项研究的心理评分存在显著异质性 ($P<0.001$, $I^2=95\%$), 采用随机效应模型进行荟萃分析。

结果显示, 与术前相比, 术后 SF-36 心理评分显著增加 ($MD=-15.58$, $95\% CI -20.97 \sim -10.19$, $P<0.001$)。

2.3.7 X 线关节间隙

纳入文献中有 3 项研究对患者 X 线关节间隙变化进行了评估, 共纳入 85 例患者。3 项研究各组间存在轻度异质性 ($P=0.20$, $I^2=39\%$), 采用固定效应模型进行荟萃分析。结果显示, 与术前相比, MAT 术后关节间隙显著减小 ($MD=0.88$, $95\% CI 0.60 \sim 1.15$, $P<0.001$)。

3 讨论

MAT 临床短中期疗效明显, 但远期效果尚不确定, 缺乏较大样本、较高级别的证据进一步证实。本研究对 MAT 术后 10 年及以上的临床效果进行了荟萃分析, 发现术后 Lysholm、KOOS、IKDC 和 SF-36 评分较术前有明显改善, 表明 MAT 术后能显著提高患者膝关节功能, MAT 术后远期临床效果显著。通过 X 线测量患者半月板移植间室最窄处关节间隙可间接反映关节软骨的状态。本荟萃分析结果显示, 85 例患者 MAT 术后关节间隙较术前明显变窄, 但由于缺乏健侧对应间室关节间隙的数据且纳入病例有限,

无法得出半月板移植长期不能保护软骨的结论。Lubowitz 等^[18]的中期随访结果显示, MAT 术后患者关节退变不明显, 表明 MAT 在术后中期对关节软骨起到了一定的保护作用, 但 MAT 术后长期是否仍具有软骨保护作用尚未可知。

移植物保存方法可能会影响其寿命和 MAT 长期生存的结果。本文有 9 项研究报道了移植物保存方式, 350 个移植物中有 54.6% 为深低温保存, 低温保存占 27.4%。理论上, 置于 4℃ 条件下新鲜保存的半月板具有含活细胞的优势, 但移植后存活细胞的比例和存活时间尚不清楚。在羊模型中发现, 新鲜半月板移植物的供体细胞在 4 周内完全被宿主细胞取代, 且新鲜保存的移植物会增加疾病传播的风险, 目前此方法基本弃用^[19]。-40℃ 以下冷冻干燥的半月板不含活细胞, 冻干过程会导致半月板基质退变和抗原物质被破坏, 改变半月板本身的生物学特性, 且术后可能造成半月板超过 2/3 面积的皱缩, 此方法临床应用较少^[20]。低温 (-80℃) 和深低温保存 (-196℃、-140℃ 和 -150℃) 可以有效保持纤维软骨细胞的活性和细胞外基质含量, 两种方法被国内大部分组织库采用^[21]。此前的中长期数据显示, 这两种处理技术的存活率与新鲜同种异体移植物的存活率是一致的^[22, 23]。这表明细胞活力不是 MAT 的关键因素, 因为大多数有活力的供体细胞会被宿主细胞所取代^[24]。

此外, 半月板的固定方式仍存在一定的争议。Sekaran 等^[20]的研究发现, 半月板前后角定位的微小误差即可显著改变关节面的接触应力分布。软组织缝合固定的技术要求低于骨固定, 更易确定移植物的尺寸, 且临床研究报告了与骨固定相似的结果。骨固定的支持者承认该技术可能更困难, 但基础研究表明, 骨固定的移植物峰值压力略低于缝合固定, 且移植物挤出更少, 这可能与改善移植物功能和降低关节退化相关^[25, 26]。Worhacz 等^[27]对 MAT 固定方法的研究证实了我们的观点。

综上所述, 无论移植物保存和固定方法如何, MAT 是一项技术上具有挑战性的手术, 具有良好的临床长期效果, 可有效改善膝关节功能, 但仍需进一步优化移植物体外保存方法, 进一步确定减少移植物挤压其他方法的效果。

本研究存在以下不足: (1) 纳入的研究均存在一项或多项数据缺失, 存在一定的偏倚风险; (2) 对 MAT 术后长期临床效果评估方法不全面, 应从并发症和关节镜检查等方面进行彻底分析。今后应开

展大样本的临床结果长期随访, 采用多种方法全面评估患者功能, 为 MAT 的临床广泛应用提供循证依据。

参考文献

- [1] 秦智, 乔晓红. 膝内侧半月板根部撕裂修复与切除的荟萃分析 [J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30 (9): 801-805. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.09.07.
Qin Z, Qiao XH. Meniscus repair versus meniscectomy for medial meniscus posterior root tears of the knee: a meta-analysis [J]. Orthopedic Journal of China, 2022, 30 (9): 801-805. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.09.07.
- [2] Feeley BT, Lau BC. Biomechanics and clinical outcomes of partial meniscectomy [J]. J Am Acad Orthop Surg, 2018, 26 (24): 853-863. DOI: 10.5435/JAAOS-D-17-00256.
- [3] 宋涛, 郑凯, 孙新宏, 等. 外侧半月板切除术对膝关节影响的长期随访 [J]. 中国矫形外科杂志, 2012, 20 (10): 943-944, 964. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2012.10.26.
Song T, Zheng K, Sun XH, et al. Long-term follow-up of the effects of lateral meniscectomy on knee joint [J]. Orthopedic Journal of China, 2012, 20 (10): 943-944, 964. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2012.10.26.
- [4] Elattar M, Dhollander A, Verdonk R, et al. Twenty-six years of meniscal allograft transplantation: is it still experimental? A meta-analysis of 44 trials [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2011, 19 (2): 147-157. DOI: 10.1007/s00167-010-1351-6.
- [5] Antosh IJ, Cameron KL, Marsh NA, et al. Likelihood of return to duty is low after meniscal allograft transplantation in an active-duty military population [J]. Clin Orthop Relat Res, 2020, 478 (4): 722-730. DOI: 10.1097/CORR.0000000000000915.
- [6] 耿彩云, 李众, 周路, 等. 三种方法保存半月板的形态与生物力学比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (23): 2170-2174. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.23.14.
Geng CY, Li Z, Zhou L, et al. Morphological and biomechanical comparison of meniscus preserved by three techniques [J]. Orthopedic Journal of China, 2020, 28 (23): 2170-2174. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2020.23.14.
- [7] Samitier G, Alentorn-Geli E, Taylor DC, et al. Meniscal allograft transplantation. part 1: systematic review of graft biology, graft shrinkage, graft extrusion, graft sizing, and graft fixation [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2015, 23 (1): 310-322. DOI: 10.1007/s00167-014-3334-5.
- [8] Wirth CJ, Peters G, Milachowski KA, et al. Long-term results of meniscal allograft transplantation [J]. Am J Sports Med, 2002, 30: 174-181. DOI: 10.1177/03635465020300020501.
- [9] Binnet MS, Akan B, Kaya A. Lyophilised medial meniscus transplantations in ACL-deficient knees: a 19-year follow-up [J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2012, 20 (1): 109-113. DOI: 10.1007/s00167-011-1556-3.
- [10] Hommen JP, Applegate GR, Del PW. Meniscus allograft transplan-

- tation: ten-year results of cryopreserved allografts [J]. *Arthroscopy*, 2007, 23 (4) : 388–393. DOI: 10.1016/j.arthro.2006.11.032.
- [11] Kim JM, Bin SI, Lee BS, et al. Long-term survival analysis of meniscus allograft transplantation with bone fixation [J]. *Arthroscopy*, 2017, 33 (2) : 387–393. DOI: 10.1016/j.arthro.2016.07.017.
- [12] Noyes FR, Barber-Westin SD. Long-term survivorship and function of meniscus transplantation [J]. *Am J Sports Med*, 2016, 44 (9) : 2330–2338. DOI: 10.1177/0363546516646375.
- [13] Van der wal RJ, Thomassen BJ, van Arkel ER. Long-term clinical outcome of open meniscal allograft transplantation [J]. *Am J Sports Med*, 2009, 37 (11) : 2134–2139. DOI: 10.1177/0363546509336725.
- [14] Verdonk PC, Verstraete KL, Almqvist KF, et al. Meniscal allograft transplantation: long-term clinical results with radiological and magnetic resonance imaging correlations [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2006, 14 (8) : 694–706. DOI: 10.1007/s00167-005-0033-2.
- [15] Vundelinckx B, Vanlauwe J, Bellemans J. Long-term subjective, clinical, and radiographic outcome evaluation of meniscal allograft transplantation in the knee [J]. *Am J Sports Med*, 2014, 42 (7) : 1592–1599. DOI: 10.1177/0363546514530092.
- [16] Lee SM, Bin SI, Kim JM, et al. Long-term outcomes of meniscal allograft transplantation with and without extrusion: mean 12.3-year follow-up study [J]. *Am J Sports Med*, 2019, 47 (4) : 815–821. DOI: 10.1177/0363546518825251.
- [17] Grassi A, Macchiarola L, Lucidi GA, et al. Long-term outcomes and survivorship of fresh-frozen meniscal allograft transplant with soft tissue fixation: minimum 10-year follow-up study [J]. *Am J Sports Med*, 2020, 48 (10) : 2360–2369. DOI: 10.1177/0363546520932923.
- [18] Lubowitz JH, Verdonk PC, Reid JB 3rd, et al. Meniscus allograft transplantation: a current concepts review [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2007, 15 (5) : 476–492. DOI: 10.1007/s00167-006-0216-5.
- [19] Rucinski K, Cook JL, Crececius CR, et al. Effects of compliance with procedure-specific postoperative rehabilitation protocols on initial outcomes after osteochondral and meniscal allograft transplantation in the knee [J]. *Orthop J Sports Med*, 2019, 7 (11) : 2325967119884291. DOI: 10.1177/2325967119884291.
- [20] Sekaran SV, Hull ML, Howell SM. Nonanatomic location of the posterior horn of a medial meniscal autograft implanted in a cadaveric knee adversely affects the pressure distribution on the tibial plateau [J]. *Am J Sports Med*, 2002, 30 (1) : 74–82. DOI: 10.1177/03635465020300012601.
- [21] 刘民, 李丹, 毕龙, 等. 骨库同种异体肌腱和半月板的取材 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2013, 21 (14) : 1420–1422. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2013.14.09.
- Liu M, Li D, Bi L, et al. Tendon and meniscus allogeneic samples from bone bank [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2013, 21 (14) : 1420–1422. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2013.14.09.
- [22] Verdonk PC, Demurie A, Almqvist KF, et al. Transplantation of viable meniscal allograft: survivorship analysis and clinical outcome of one hundred cases [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2005, 87 (4) : 715–724. DOI: 10.2106/JBJS.C.01344.
- [23] Pereira H, Fatih CI, Gomes S, et al. Meniscal allograft transplants and new scaffolding techniques [J]. *EFORT Open Rev*, 2019, 4 (6) : 279–295. DOI: 10.1302/2058-5241.4.180103.
- [24] Beer AJ, Tauro TM, Redondo ML, et al. Use of allografts in orthopaedic surgery: safety, procurement, storage, and outcomes [J]. *Orthop J Sports Med*, 2019, 7 (12) : 2325967119891435. DOI: 10.1177/2325967119891435.
- [25] Southworth TM, Naveen NB, Tauro TM, et al. Meniscal allograft transplants [J]. *Clin Sports Med*, 2020, 39 (1) : 93–123. DOI: 10.1016/j.csm.2019.08.013.
- [26] Ambra LF, Mestriner AB, Ackermann J, et al. Bone-plug versus soft tissue fixation of medial meniscal allograft transplants: a biomechanical study [J]. *Am J Sports Med*, 2019, 47 (12) : 2960–2965. DOI: 10.1177/0363546519870179.
- [27] Worhacz KM, Carter TR. Meniscal allograft transplantation: does surgical technique influence clinical outcomes [J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2023, 16 (5) : 163–172. DOI: 10.1007/s12178-023-09825-3.

(收稿:2023-11-02 修回:2024-05-10)

(同行评议专家: 张立峰, 李宏宇, 吴玉杰, 赵庆华)

(本文编辑: 宁桦)