

术前 MRI 测量腘绳肌腱横截面积与前交叉韧带重建中移植物的相关性研究

闫超超¹, 杨定龙¹, 孙潇宇¹, 焦强²

(1. 山西医科大学第二临床医学院, 山西 太原 030000; 2. 山西医科大学第二医院关节外科, 山西 太原 030000)

【摘要】 目的: 探讨测量 MRI 腘绳肌腱横截面积在行前交叉韧带重建术前与前交叉韧带重建中移植物的相关性。方法: 收集 2021 年 11 月至 2022 年 3 月在骨关节科拟行前交叉韧带重建术的 50 例患者的 MRI 资料, 男 32 例, 女 18 例, 年龄 19~48(31.1±8.7) 岁。术前对半腱肌和股薄肌腱进行 MRI 测量并记录, 然后在关节镜下行前交叉韧带重建术, 术中取股薄肌腱与半腱肌腱来制备最终所需移植的肌腱, 并且在术中测量已制备好的最终移植物的直径。最后使用统计学软件分析得到数据。结果: MRI 测量半腱肌肌腱横截面积、股薄肌肌腱横截面积、半腱肌肌腱与股薄肌肌腱横截面积之和与前交叉韧带术中所需移植物的直径大小呈显著正相关, r 值分别为 0.858、0.728、0.842 ($P < 0.001$), 半腱肌肌腱与股薄肌肌腱横截面积之和的曲线下面积 (area under curve, AUC)、灵敏度、和特异性分别为 0.925、90.48%、85.71%。结论: 在进行前交叉韧带重建术的患者中, 术前 MRI 测量与术中腘绳肌移植直径大小具有具有较强的统计学相关性, 半腱肌肌腱与股薄肌肌腱横截面积之和对于前交叉韧带重建术中移植物的直径大小有较高的预测价值, 可以预测术中移植物的直径大小。

【关键词】 腘绳肌腱; 横截面积; 前交叉韧带重建; 磁共振成像

中图分类号: R686.5

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2023.10.005

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Correlation between preoperative MRI measurement of cross-sectional area of hamstring tendon and graft in anterior cruciate ligament reconstruction

YAN Chao-chao¹, YANG Ding-long¹, SUN Xiao-yu¹, JIAO Qiang² (1. The Second Clinical Medical College of Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, Shanxi, China; 2. Joint Surgery Department of the Second Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030000, Shanxi, China)

ABSTRACT Objective To study the correlation between the cross-sectional area of hamstring tendon measured by MRI and graft in anterior cruciate ligament reconstruction. **Methods** MRI data of 50 patients who planned to undergo anterior cruciate ligament reconstruction from November 2021 to March 2022 were collected, including 32 males and 18 females, aged from 19 to 48 years old with an average of (31.1±8.7) years. Before the operation, the semitendinosus and gracilis tendons were measured and recorded by MRI, and then the anterior cruciate ligament was reconstructed under arthroscope. During the operation, gracilis and semitendinosus tendons were taken to prepare the final tendon to be transplanted, and the diameter of the prepared final graft was measured during the operation. Finally, the data were analyzed by statistical software. **Results** The cross sectional areas of semitendinosus tendon, gracilis tendon, semitendinosus tendon and gracilis tendon measured by MRI were significantly and positively correlated with the diameter of grafts required in anterior cruciate ligament surgery, the r values were 0.858, 0.728, 0.842 ($P < 0.001$), respectively. The area under curve (AUC), sensitivity, and specificity of the sum of the cross sectional areas of semitendinosus tendon and gracilis tendon were 0.925, 90.48%, and 85.71%, respectively. **Conclusion** In patients undergoing anterior cruciate ligament reconstruction, preoperative MRI measurement has a strong statistical correlation with the diameter of hamstring muscle transplantation during operation. The sum of the cross sectional areas of semitendinosus tendon and gracilis tendon has a high predictive value for the diameter of grafts during anterior cruciate ligament reconstruction, and can predict the size of grafts during operation.

KEYWORDS Hamstring tendon; Cross sectional area; Anterior cruciate ligament reconstruction; Magnetic resonance imaging

基金项目: 山西省留学人员科技活动择优资助项目(编号:20210006)

Fund program: Preferential Subsidy Project for Scientific and Technological Activities of Overseas Students in Shanxi Province (No. 20210006)

通讯作者: 焦强 E-mail: jq1979@163.com

Corresponding author: JIAO Qiang E-mail: jq1979@63.com

前交叉韧带 (anterior cruciate ligament, ACL) 断裂在膝关节运动损伤中并不少见, 同时也是比较常见的韧带损伤之一, 尤其是参与竞技活动的年轻人群。在 ACL 断裂的患者中, 行 ACL 重建术已成为治疗韧带损伤最为可行、可靠的手段^[1]。ACL 对于膝关节来说是极为重要的, 不仅能维持稳定性, 而且能防止膝关节的早期退化。ACL 重建手术的最佳移植物大小尚未得到科学证据确定。一般来讲, 建议最小移植物直径为 7 mm, 但最近的文献表明, 当移植物直径 < 8 mm 时, 失败率会增加^[2-10]。因此, 如果能够清楚得知术中移植物的直径大小, 不仅可以帮助手术医生为拟行 ACL 重建术的患者进行的可靠的评估, 而且可以避免因移植物长度或直径不足而增加风险。部分研究表明, 可以通过人体相关参数^[11-14]来判断术中腓绳肌腱移植物的直径, 也有部分学者通过影像学^[15-18]来预测 ACL 术中移植物的直径。但在术前使用 MRI 评估术中腓绳肌移植物的直径的研究较少。本研究旨在通过 MRI 对腓绳肌腱的横截面积在行 ACL 重建术前进行测量, 研究其与 ACL 重建中移植物的相关性。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准: 确诊为 ACL 断裂的患者; 行 MRI 检查, 且资料完整; 所有患者拟行 ACL 重建术。排除标准: 多韧带损伤的患者; ACL 断裂合并骨折的患者; 既往行 ACL 重建术的患者; 半腱肌与股薄肌损伤的患者。

1.2 临床资料

收集 2021 年 11 月至 2022 年 3 月在骨关节科拟行 ACL 重建术的 50 例患者的 MRI 资料, 男 32 例, 女 18 例, 年龄 19~48 (31.1±8.7) 岁。所有患者知情并签署知情同意书。

1.3 观察项目与方法

术前对半腱肌肌腱的横截面积 (cross-sectional area of the semitendinosus tendon diameter, ST-CSA) 和股薄肌肌腱的横截面积 (cross-sectional area of the gracilis tendon, GT-CSA) 进行 MRI 测量。术中对最终移植物直径 (final graft diameter, FGD) 进行测量。

1.3.1 MRI 测量方法 所有的 MRI 测量由同一位医师进行, 使用 GE3.0 T 磁共振全身扫描仪 (Signa Pioneer, GE Healthcare, Madison, WI, USA) 成像。所有患者取俯卧位。扫描序列包括高分辨矢状位、水平及冠状位, 将所有影像学数据传至测量软件, 以冠状位图像为参考, 在股骨远端内侧上髌处来确定水平层面, 并在此水平层面测量股薄肌肌腱的横截面积和半腱肌肌腱的横截面积。有研究表明, 股骨远

端内侧上髌是 MRI 测量半腱肌和股薄肌腱横截面积的最佳位置^[19]。

1.3.2 移植物的获取和测量 所有操作由同一手术医生完成, 麻醉后, 患者呈仰卧位, 术区常规消毒、铺无菌单。左下肢驱血, 止血带充气。患者前抽屉试验阳性, Lachman 试验阳性。取患肢膝关节常规髌下内、外侧入路关节镜检。依次探查膝关节内各个结构, 确定 ACL 断裂。由术者取胫骨上端前内侧切口, 长约 4 cm, 依次切开, 分离显露股薄肌肌腱、半腱肌肌腱, 取腱器将其取出。在单独的手术台上制备肌腱, 去除肌腱上附着肌肉, 将肌腱折叠形成 4 股移植物。然后将移植物的环端穿过带线带袢钛板, 用 2 根 2 号韧带线编织缝合移植物游离端。然后使用移植物测径器 (增量 0.5 mm) 测量该直径, 直径是使肌腱正好通过校准的孔来确定的。为确保移植物大小准确, 在缝合前后对移植物进行测量。缝合前后移植物直径无差异。设定胫骨隧道定位器 55°, 尖端置于 ACL 胫骨残端中心, 2 mm 克氏针钻取骨道, 根据移植物直径扩大骨道, 于前内侧入路钻取股骨骨道。根据移植物直径扩大骨道, 分别置入编织好的韧带至各自骨道内, 使纽扣横架于股骨隧道外口, 在胫骨隧道外口使用可吸收螺钉。镜下探查重建的 ACL 形态、张力好。前抽屉试验阴性。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 24.0 软件进行统计学分析。ST-CSA, CT-CSA 和 FGD 为定量资料, 采用均数±标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 使用 Pearson 相关系数进行推断分析, MRI 测量数据与术中移植物直径进行线性回归分析。将合适的移植物直径定于 7 mm, 进行二元 Logistic 回归分析 (移植物直径 ≥ 7 mm), 绘制受试者工作特性曲线 (receiver operator characteristic curve, ROC), 计算曲线下面积 (area under curve, AUC) 和 95% 可信区间 (confidence interval, CI), 评价 MRI 上半腱肌腱和股薄肌腱横截面积之和 (ST-GT CSA) 的预测价值。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 术前 MRI 测量值与术中移植物测量值比较

术前 MRI 测量 ST-CSA 为 (0.15±0.02) cm², GT-CSA 为 (0.11±0.02) cm², ST-GT CSA 为 (0.26±0.04) cm², 术中测量 FGD 为 (7.71±0.83) mm。对 MRI 测量值与 FGD 进行相关性分析, 结果见图 1 与表 1。图 1 显示 MRI 上 ST-GT CSA 和 FGD 呈线性回归 ($r=0.842, P<0.001$)。

2.2 ST-GT CSA 在术中移植物直径的预测性能

将 ST-GT CSA 应用于预测 FGD, 绘制 ROC, AUC 为 0.925, 95%CI 为 0.813~0.981, $P<0.001$ 。ST-

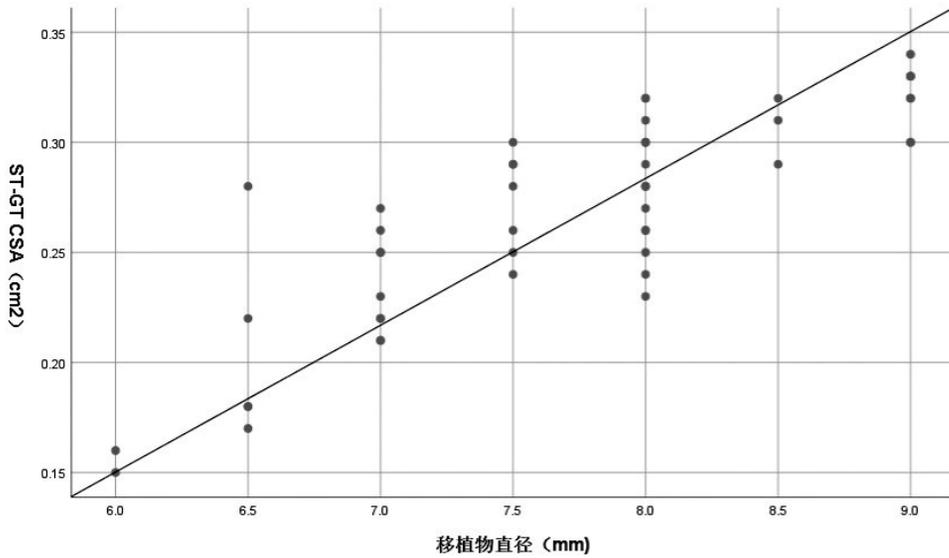


图 1 MRI 上 ST-GT CSA 与术中移植直径的相关性

Fig.1 Correlation between ST-GT CSA on MRI and intraoperative graft diameter

表 1 术中最终移植直径与术前 MRI 各项测量指标的
相关性

Tab.1 Correlation between intraoperative final graft diameter during operation and preoperative MRI measurement indexes

项目	r 值	P 值
ST-CSA	0.858	<0.001
GT-CSA	0.728	<0.001
ST-GT CSA	0.842	<0.001

GT CSA 的最佳截断点为 0.22 cm², 术中移植直径 ≥ 7 mm 所需的最小 ST-GT CSA 为 0.22 cm², 灵敏度为 90.48%, 特异性为 85.71%, 约登指数为 0.762。见图 2。

3 讨论

3.1 影像学检查与术中移植物的相关性

尽管最终移植直径是 ACL 重建术成功的关键因素, 但是目前还没有一个临床模型能够准确预测自体移植物的直径。有研究用超声来预测最终移植直径, 结果表明, 术前超声测量腘绳肌腱结果与术中移植直径之间具有较强的统计学相关性。超声可以对术中腘绳肌腱的直径进行一定的预测^[20]。但超声并不是 ACL 损伤常规的检查项目, 且考虑到成本问题, 并不能广泛应用, YASUMOTO 等^[18]尝试在术前通过膝关节 CT 测量半腱肌与股薄肌移植物的长度, 但未发现术前测量值与移植大小之间的任何相关性。然而, CT 扫描不是 ACL 损伤的常规检查项目, 不能广泛应用。

本研究发现成年患者 MRI 测量 ST-CSA、GT-

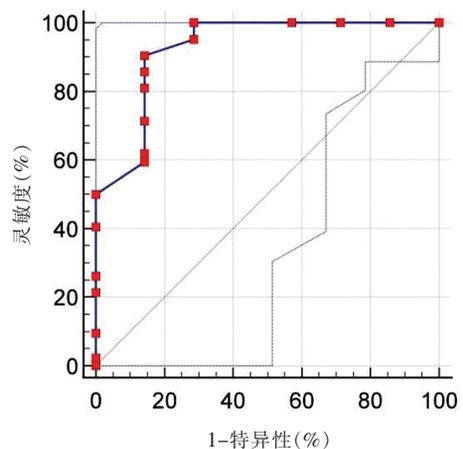


图 2 ST-GT CSA 的 ROC 曲线和 AUC

Fig.2 ROC curve and AUC of ST-GT CSA

CSA、ST-GT CSA 与术中 FGD 有相关性, 且通过 ROC 曲线得知, 术中移植直径 ≥ 7 mm 所需的最小 ST-GT CSA 为 0.22 cm², 这能够帮助术者在术前更好评估术中腘绳肌腱移植物的直径, 避免因移植直径不足而出现风险, 也有助于帮助患者制定正确的术前规划, 选择恰当的移植。

3.2 人体基本数值与术中移植物的相关性

文献中很少有关于术前评估半腱肌与股薄肌移植大小的研究, 有部分学者尝试研究找出 ACL 断裂患者的人体基本数值与半腱肌和股薄肌移植大小是否存在一定的相关性, 然而, 这些研究之间产生了矛盾。TREMÉ 等^[13]的研究表明, 患者的身高、大腿围、BMI 和半腱肌与股薄肌大小之间有良好的相关性。TUMAN 等^[14]在一项类似的研究中得出结论, 身高是半腱肌与股薄肌移植大小的最佳预测因子。

然而在 MA 等^[9]的一项研究中,表明身高只能在男性患者中作为预测因素,而不能作为女性患者的术前预测因素。

3.3 本研究的局限性

本研究的局限性在于不能精确测量术中移植物的直径,因为术中用的移植物测径器仅有 0.5 mm 的增量,这就减弱了与 MRI 测量的相关性,使用更精确的测量工具能够更好地评估 MRI 测量与术中测量之间的相关性。除外,样本量也较小,由于部分患者的 MRI 为外院所做,导致样本量大大减少,这样就导致了 MRI 测量与术中腘绳肌腱移植物的相关性不是那么可靠,研究其相关性仍需要更多的样本来进一步论证。

综上,本研究表明 MRI 上 ST-GT CSA 与术中腘绳肌移植物直径具有较强的统计学相关性。术前可以通过测量 MRI 上 ST-GT CSA 来预测腘绳肌移植物的直径,避免术中因移植物直径不足而产生风险。除此之外,临床医师对于术前评估出移植物直径不足的患者,可以提供更好的术前计划和移植物的选择,从而降低 ACL 重建的失败率。

参考文献

- [1] HENSLER D, ILLINGWORTH K D, FU F H. Principle considerations in anatomic ACL reconstruction[J]. *Arthrosc*, 2010, 26(11): 1414-1415.
- [2] ERQUICIA J I, GELBER P E, DORESTE J L, et al. How to improve the prediction of quadrupled semitendinosus and gracilis autograft sizes with magnetic resonance imaging and ultrasonography[J]. *Am J Sports Med*, 2013, 41(8): 1857-1863.
- [3] GIFSTAD T, FOSS O A, ENGBRETSEN L, et al. Lower risk of revision with patellar tendon autografts compared with hamstring autografts[J]. *Am J Phys Med*, 2014, 42(10): 2319-2328.
- [4] HAMADA M, SHINO K, MITSUOKA T, et al. Cross-sectional area measurement of the semitendinosus tendon for anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Arthroscopy*, 1998, 14(7): 696-701.
- [5] LALKHEN A G, MCCLUSKEY A. Clinical tests: sensitivity and specificity[J]. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain*, 2008, 8(6): 221-223.
- [6] LANDIS J R, KOCH G G. The measurement of observer agreement for categorical data[J]. *Biometrics*, 1977, 33(1): 159-174.
- [7] LEITER J R, KOROMPAY N D, MACDONALD L, et al. Reliability of tunnel angle in ACL reconstruction: two-dimensional versus three-dimensional guide technique[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2011, 19(8): 1258-1264.
- [8] LEITER J R, PEELER J, ANDERSON J E. Exercise-induced muscle growth is muscle-specific and age-dependent[J]. *Muscle Nerve*, 2011, 43(6): 828-838.
- [9] MA C B, KEIFA E, DUNN W, et al. Can preoperative measures predict quadruple hamstring graft diameter[J]. *Knee*, 2010, 17(1): 81-83.
- [10] MAGNUSSEN R A, LAWRENCE J T, WEST R L, et al. Graft size and patient age are predictors of early revision after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring autograft[J]. *Arthroscopy*, 2012, 28(4): 526-531.
- [11] ARLIANI G G, ASTUR D D A C, KANAS M, et al. Anterior cruciate ligament injury: treatment and rehabilitation. current perspectives and trends[J]. *Rev Bras Ortop*, 2012, 47(2): 191-196.
- [12] BOISVERT C B, AUBIN M E, DEANGELIS N. Relationship between anthropometric measurements and hamstring autograft diameter in anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Am J Orthop*, 2011, 40(6): 293-295.
- [13] TREME G, DIDUCH D R, BILLANTE M J, et al. Hamstring graft size prediction: a prospective clinical evaluation[J]. *Am J Sports Med*, 2008, 36(11): 2204-2209.
- [14] TUMAN J M, DIDUCH D R, RUBINO L J, et al. Predictors for hamstring graft diameter in anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Am J Sports Med*, 2007, 35(11): 1945-1949.
- [15] BICKEL B A, FOWLER T T, MOWBRAY J G, et al. Preoperative magnetic resonance imaging cross-sectional area for the measurement of hamstring autograft diameter for reconstruction of the adolescent anterior cruciate ligament[J]. *Arthroscopy*, 2008, 24(12): 1336-1341.
- [16] HAN Y, KURZENCWYG D, HART A, et al. Measuring the anterior cruciate ligament's footprints by three-dimensional magnetic resonance imaging[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2012, 20(5): 986-995.
- [17] LEITER J, ELKURBO M, MCRAE S, et al. Using pre-operative MRI to predict intraoperative hamstring graft size for anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2017, 25(1): 229-235.
- [18] YASUMOTO M, DEIE M, SUNAGAWA T, et al. Predictive value of preoperative 3-dimensional computer tomography measurement of semitendinosus tendon harvested for anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *Arthroscopy*, 2006, 22(3): 259-264.
- [19] HODGES C T, SHELTON T J, BATANI C P, et al. The medial epicondyle of the distal femur is the optimal location for MRI measurement of semitendinosus and gracilis tendon cross-sectional area[J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2019, 27(11): 3498-3504.
- [20] 阿布都萨拉木·阿布都克力木, 李龙, 艾尔肯·阿木冬, 等. 术前超声预测腘绳肌腱直径在前交叉韧带重建中的应用[J]. *实用骨科杂志*, 2019, 25(7): 655-657.
- ABUDUSALAMU A, LI L, AIERKEN A, et al. Application of pre-operative ultrasound in predicting the diameter of hamstring tendon in anterior cruciate ligament reconstruction[J]. *J Pract Orthop*, 2019, 25(7): 655-657. Chinese.

(收稿日期: 2022-03-13 本文编辑: 朱嘉)