

论 著

MSCT及后处理技术指导膝关节运动损伤诊断的价值*

韩博闻 吴大鹏* 张明山
孙浩远 陈腾泉 连怡钧
路 坦新乡医学院第一附属医院骨科
(河南 新乡 453100)

【摘要】目的 探究多层螺旋CT(MSCT)及后处理技术指导对于膝关节运动损伤的诊断价值。方法 选取2019年4月至2024年7月医院收治的60例确诊为膝关节运动损伤患者作为研究对象,所有患者均进行MSCT检查,对患者前交叉韧带(ACL)撕裂情况进行判定,以关节镜检查为“金标准”,通过kappa值分析MSCT与关节镜诊断的一致性,绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析MSCT对于膝关节运动损伤的诊断效能。结果 关节镜检查结果显示:60例患者中ACL正常12例,部分撕裂20例,完全撕裂28例;MSCT检查结果显示:60例患者中ACL正常9例,部分撕裂21例,完全撕裂30例。MSCT三维重建及关节镜测量ACL的长度与角度无显著性差异($P>0.05$)。以关节镜为金标准,MACT诊断ACL部分撕裂的敏感度、特异度、准确率、阳性及阴性预测值及kappa值分别为85.00%、90.00%、88.33%、80.95%、92.31%、0.741;MSCT诊断ACL完全撕裂的敏感度、特异度、准确率、阳性及阴性预测值及kappa值分别为92.86%、87.50%、90.00%、86.67%、93.33%、0.800;MSCT诊断膝关节运动损伤中ACL部分撕裂及完全撕裂的曲线下面积(AUC)值分别为0.875(95%CI: 0.764~0.946)、0.912(95%CI: 0.810~0.970)。结论 后处理技术指导的MSCT在膝关节运动损伤患者诊断中可获得较高质量的影像学图片,对于ACL部分撕裂与完全撕裂具有良好的诊断效能。

【关键词】膝关节运动损伤;多层螺旋CT;后处理技术;诊断

【中图分类号】R658.3

【文献标识码】A

【基金项目】2019年河南省医学科技攻关计划联合共建项目(LHGJ20190450)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.05.051

Value of MSCT and Post-processing Techniques in the Diagnosis of Sports-Related Knee Injuries*

HAN Bo-wen, WU Da-peng*, ZHANG Ming-shan, SUN Hao-yuan, CHEN Teng-xiao, LIAN Yi-jun, LU Tan.

Department of Orthopaedics, The First Affiliated Hospital of Xinxiang Medical University, Xinxiang 453100, Henan Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the diagnostic value of multi-slice spiral CT (MSCT) and post-processing techniques in sports-related knee injuries. **Methods** Sixty patients admitted to the hospital from April 2019 to July 2024 due to sports-related knee injuries were selected as the research subjects. All patients underwent MSCT to judge the condition of anterior cruciate ligament (ACL) tear. With arthroscopy as the gold standard, the diagnostic consistency of MSCT was analyzed. The receiver operating characteristic (ROC) curve was plotted to evaluate the diagnostic efficacy of MSCT for sports-related knee injuries. **Results** Arthroscopy results showed that among the 60 patients, there were 12 cases with normal ACL, 20 cases with partial tear and 28 cases with complete tear. MSCT results showed 9 cases with normal ACL, 21 cases with partial tear and 30 cases with complete tear. There were no significant differences in the length and angle of ACL measured by three-dimensional reconstruction of MSCT and arthroscopy ($P>0.05$). With arthroscopy as the gold standard, the sensitivity, specificity, accuracy, positive and negative predictive values, and kappa value of MACT for diagnosing partial ACL tear were 85.00%, 90.00%, 88.33%, 80.95%, 92.31%, and 0.741. The corresponding values of MSCT for diagnosing complete ACL tear were 92.86%, 87.50%, 90.00%, 86.67%, 93.33%, and 0.800. The areas under the curve (AUC) of MSCT for diagnosing partial and complete ACL tears in sports-related knee injuries were 0.875 (95%CI: 0.764-0.946) and 0.912 (95%CI: 0.810-0.970). **Conclusion** Applying MSCT and post-processing techniques to diagnose sports-related knee injuries can obtain high-quality images. It has good diagnostic efficacy for partial and complete ACL tears.

Keywords: Sports-related Knee Injury; Multi-slice Spiral CT; Post-processing Technique; Diagnosis

人体最大、结构及功能最为复杂同时最易遭受损伤的关节即膝关节,其具有支撑全身重量与人体活动的作用^[1]。交通事故发生率的上升、频繁的高强度运动等因素导致膝关节运动损伤发生率逐年上升。维持膝关节稳定的重要结构即膝关节中的前交叉韧带(ACL),其损伤与撕裂在膝关节运动损伤中较为常见^[2]。相关数据调查显示,在我国运动员中ACL损伤的发生率为0.47%,若ACL发生损伤后未得到及时修复将出现半月板损伤、韧带松弛、膝关节稳定性减弱等情况,对膝关节功能造成严重影响,因此对膝关节运动损伤情况进行诊断有利于临床采取针对性措施进行治疗^[3]。目前对于膝关节运动损伤的方法较多,包括X线、磁共振成像(MRI)等,但对于较为微小的损伤X线未能进行清晰显示,MRI则仅能获取二维图像,两者在膝关节运动损伤中均存在一定局限性^[4]。随着CT的不断发展,多层螺旋CT(MSCT)在临床中的应用逐渐广泛,该方式具有扫描时间短、分辨率高、快捷方便等优势,其后处理技术为各种较为复杂的损伤提供了更为准确有效的诊断^[5]。基于此,本研究采用MSCT及后处理技术对膝关节运动损伤患者ACL撕裂情况进行诊断,以期临床诊断膝关节运动损伤提供新的思路与方式。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2019年4月至2024年7月医院收治的60例确诊为膝关节运动损伤患者作为研究对象。

纳入标准:入院时临床症状为膝关节肿胀、疼痛、活动受限且经关节镜明确诊断为ACL损伤的患者;单侧损伤的患者;既往未行膝关节手术治疗的;无MSCT检查禁忌症的患者。排除标准:对造影剂过敏或不耐受的患者;合并有骨肿瘤的患者;MSCT图像质量不合格的患者。60例患者中男43例,女17例;年龄:21~56岁,平均(38.43±8.20)岁;损伤位置:左侧36例,右侧24例。

1.2 方法**1.2.1 MSCT检查** 采用西门子双源CT机对患者进行扫描,首先采用CT平扫,扫描参数:层厚、管电压、螺距、准直器、视野分别为2.0mm、120kV、0.8、60×0.6mm、120mm,管电流自动选择,扫描范围为膝关节间隙上下10cm。

图像后处理:平扫完毕后进行薄层重建,扫描参数:体积重现(VRT)薄层B10,1mm B70,层间距为0.6mm,扫描结束后将数据上传至工作站,采用多平面重建(MPR)、三维重建等后处理技术进行图像处理,具体方法为:(1)冠状面与矢状面:定位线确定为横断面图像,于外侧髁后缘与股骨连线处做一直线后垂直于该线做矢状面,平行于该线做冠状面;(2)斜矢状面:定位线中心选择为髁间窝,平行于股外侧髁内侧面,

【第一作者】韩博闻,男,主治医师,主要研究方向:关节与运动医学方向。E-mail: 15036611318@163.com

【通讯作者】吴大鹏,男,主任医师,主要研究方向:关节与运动医学方向。E-mail: 584622564@qq.com

在冠状位图像上对定位线进行调整，保证定位像与股骨髁间窝-髁间隆起连线平行；(3)斜冠状面：定位线确定为外侧髁后缘-股骨连线的平行线，在矢状面图像上对其进行调整，保证定位线与冠状面呈一定角度(35°~40°)，对所有面进行重建图像分析。

图像评价与ACL撕裂程度判定：由两名工作时间超过10年的副主任医师对图像进行判定，取统一意见，意见不统一时则由主任医师定夺。ACL呈稍高密度影且较临近组织高判定为正常；ACL韧带增宽与挛缩判定为部分撕裂；ACL呈低密度影判定为完全撕裂。

1.2.2 关节镜检查 关节镜检查于MSCT检查后3日至1周内进行，取患者平卧位，麻醉后采用关节镜对患者患侧膝关节情况(ACL损伤程度、松弛度、形态等)进行检查。ACL撕裂程度判定：韧带无任何异常表现或韧带纤维拉伸但不撕裂判定为正常；韧带增宽、局部异常信号且为间歇性中断判定为部分撕裂；韧带呈波浪状、股骨部位骨折且为连续性中断判定为完全撕裂。

1.3 统计学方法 数据统计与分析采用SPSS 28.0，计量资料采用($\bar{x} \pm s$)描述与t检验；计数资料采用频数(%)表示与 χ^2 检验。采用一致性(kappa)检验分析MSCT与关节镜诊断的一致性， $kappa \leq 0.4$ 、 $0.4 < kappa \leq 0.6$ 、 $0.6 < kappa \leq 0.8$ 、 $kappa > 0.8$ 依次对应一致性极差、一致性一般、一致性较好、一致性极好。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析MSCT对于膝关节运动损伤的诊断效能 $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结 果

2.1 膝关节运动损伤患者的MSCT检查情况 关节镜检查结果显示：60例患者中ACL正常12例，部分撕裂20例，完全撕裂28例；MSCT检查结果显示：60例患者中ACL正常9例，部分撕裂21例，完全撕裂30例，其中部分撕裂患者MSCT表现为韧带不同程度水肿、变粗与挫伤，密度降低，边缘较为毛躁；完全撕裂患者MSCT表现为MPR三个平面上均未显示完整的韧带走行，局部韧带膨大(或呈团块状)，密度异常变化，关节腔内结构不清，见表1、图1。

2.2 MSCT三维重建及关节镜测量ACL数据比较 MSCT三维重建及关节镜测量ACL的长度与角度无显著性差异($P > 0.05$)，见表2。

2.3 MSCT对于膝关节运动损伤的诊断效能 以关节镜为“金标准”，MACT诊断ACL部分撕裂的敏感度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值及kappa值分别为85.00%、90.00%、88.33%、80.95%、92.31%、0.741；MSCT诊断ACL完全撕裂的敏感度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值及kappa值分别为92.86%、87.50%、90.00%、86.67%、93.33%、0.800。MSCT诊断膝关节运动损伤ACL部分撕裂及完全撕裂的AUC值分别为0.875(95%CI: 0.764~0.946)、0.912(95%CI: 0.810~0.970)，见表3、图2。

表1 MSCT对于膝关节运动损伤的诊断效能

MSCT	关节镜			合计
	正常	部分撕裂	完全撕裂	
正常	9	0	0	9
部分撕裂	2	17	2	21
完全撕裂	1	3	26	30
合计	12	20	28	60

表2 MSCT三维重建及关节镜测量ACL数据比较

方法	例数	长度(mm)	角度(°)
MSCT	60	40.10±2.91	50.46±2.06
关节镜	60	39.08±2.78	47.73±2.13
t		1.963	1.908
P		0.052	0.059

表3 MSCT对于膝关节运动损伤的诊断效能

膝关节运动损伤	AUC	95%CI	约登指数	敏感度(%)	特异度(%)	Z/P
部分撕裂	0.875	0.764~0.946	0.750	85.00	90.00	7.898/<0.001
完全撕裂	0.912	0.810~0.970	0.804	92.86	87.50	11.657/<0.001

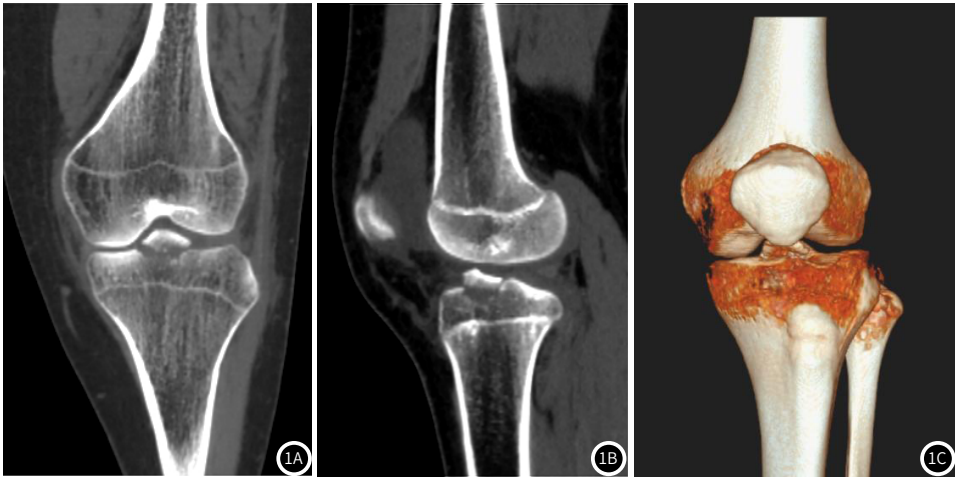


图1A-图1C 膝关节MSCT图像。1A：冠状位；1B：矢状位；1C：三维重建；女性，21岁，示前交叉韧带胫骨止点撕脱骨折，骨折块向近心端及后方位移，合并胫骨平台向前失稳。

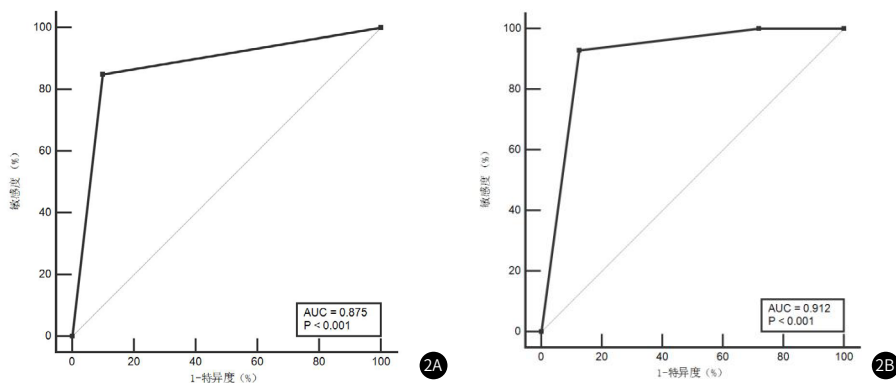


图2A-图2B MSCT诊断膝关节运动损伤的ROC曲线。2A: ACL部分撕裂; 2B: ACL完全撕裂。

3 讨论

膝关节结构较为复杂,其关节腔中存在ACL、后交叉韧带(PCL)两个主要韧带,以前者损伤在临床上最为常见^[6]。ACL起源于胫骨髁间隆突,维持膝关节稳定为膝关节ACL的主要功能,当受到外力影响或长期负重导致韧带出现损伤或撕裂时,将对患者行动及日常生活造成严重影响^[7]。ACL损伤在长期锻炼以及运动员中的发生率较高,因此及时诊断对于膝关节运动损伤患者具有积极影响。关节镜为临床诊断膝关节运动损伤的金标准,但其为有创操作且检查时间较差,在早期诊断中存在一定局限性,因此需探求更为方便有效的方式对疾病进行诊断^[8]。MSCT具有同性成像特点且具备图像后处理技术,在检查过程中可对损伤部位的三维立体图像进行清晰显示,在膝关节损伤相关疾病的诊断中具有良好的应用前景^[9]。既往有研究采用MSCT及多平面重建技术对踝关节运动损伤进行诊断,结果显示其在踝关节骨折及其分型的诊断中具有良好的诊断效能^[10]。本研究则采用MSCT并以后处理技术为指导对膝关节运动损伤患者进行诊断,结果如下。

本研究对60例膝关节运动损伤患者MSCT原始图像进行后处理,在标准矢状面、标准冠状面、斜冠状面与斜矢状面进行重建,结果显示ACL正常、ACL部分撕裂以及ACL完全撕裂的患者数分别为9例、21例、30例。后以关节镜为金标准,MSCT诊断部分撕裂及完全撕裂的敏感度、特异度、kappa值分别为85.00%、90.00%、0.741; 92.86%、87.50%、0.800。表明无论是诊断部分撕裂还是完全撕裂,MSCT与关节镜均具有较好一致性,分析可能与MSCT通过多平面对韧带情况进行分析以及采用MPR技术对微小病变进行显示相关。患者可避免有创检查,临床医师通过MSCT图像对膝关节运动损伤患者进行诊断,为治疗方式的选择提供依据。另外,部分在轴位图像上不易定位的病变,结合MPR后则可进行准确定位,通过层厚<2mm的薄层充足保证良好的清晰度并获得不同位的MPR图像,显示ACL形态、撕裂情况等,为临床诊断提供有效依据^[11-12]。MSCT对部分撕裂进行诊断时敏感度未到达90%,存在一定漏诊情况,分析其原因可能为:(1)受到患者个人、医师操作等人为因素的影响,MPR图像上未能对ACL走行进行全程显示;(2)ACL纤维损伤程度较小,ACL表现不显著,CT征象改变幅度小。MSCT对完全撕裂进行诊断时特异度未达90%,存在误诊风险,究其原因:部分ACL股骨胫骨止点撕脱骨折患者病程较长,随着病情的不断进展,ACL股骨端逐渐下移并黏附于PCL或关节囊上,整体变化未见较大差异,因此易误诊为部分撕裂^[13-14]。近年来三维重建技术在疾病诊断中的应用逐渐广泛,其具有角度全面、方向全面以及清晰度高等优势,本研究对比CT三维重建与关节镜测量ACL的数据,结果显示两种方式测量ACL长度及角度的数据比较未见显著差异,表明CT三维重建同样可对膝关节结构及分层进行真实还原并清晰显示ACL周围组织关系、起止点位置、走向,为常规解剖学测量提供了新思路。进一步通过绘制ROC曲线对MSCT的诊断效能进行分析,结果显示:MSCT诊断膝关节运动损伤ACL部分撕裂及完全撕裂

的AUC值分别为0.875(95%CI: 0.764~0.946)、0.912(95%CI: 0.810~0.970),表明MSCT在诊断膝关节运动损伤ACL撕裂中具有良好的诊断效能。MSCT扫描时间短、速度快,可对膝关节运动损伤患者进行一站式检查,且可利用后处理技术为临床通过直观且清晰的图像,为疾病的快速诊断提供了有效帮助,在膝关节运动损伤ACL撕裂情况诊断中具有良好的应用价值^[15-16]。

综上所述,MSCT诊断膝关节运动损伤与关节镜具有良好的 consistency,诊断ACL部分撕裂与完全撕裂均具有良好的效能,可用于临床推广。

参考文献

- [1]吕媛媛,焦苗苗,马献伟.多层螺旋CT技术在篮球运动员膝关节损伤诊断中的应用[J].影像科学与光化学,2023,41(1):159-163.
- [2]Filbay SR,Dowsett M,Chaker Jomaa M,et al.Healing of acute anterior cruciate ligament rupture on MRI and outcomes following non-surgical management with the cross bracing protocol[J].Br J Sports Med,2023,57(23):1490-1497.
- [3]张丹妹,冯志军,赵艳丽,等.军事训练导致膝关节前交叉韧带损伤的流行病学调查[J].中国骨与关节损伤杂志,2023,38(8):846-848.
- [4]胡雪梅,赵铁牛,梁健铭,等.动态超声及磁共振成像对前交叉韧带损伤诊断效果对比研究[J].中国运动医学杂志,2023,42(12):953-958.
- [5]杜蕊,宋春华,许梓童,等.MRI与CT在膝关节损伤诊断中的临床应用[J].医学影像学杂志,2023,33(7):1240-1243.
- [6]Dirmeier T,Rothrauff BB,Engelbrechtsen L,et al.Treatment after anterior cruciate ligament injury:Panther Symposium ACL Treatment Consensus Group[J].Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,2020,28(8):2390-2402.
- [7]田园,王野,刘璟仪,等.三维稳态采集快速成像序列在前交叉韧带损伤诊断中的应用[J].实用骨科杂志,2024,30(6):560-563.
- [8]Mostowy M,Ruzik K,Ebisz M,et al.Impaction fractures of the lateral femoral condyle related to anterior cruciate ligament injury:a scoping review concerning diagnosis,prevalence,clinical importance,and management[J].Clin Orthop Surg,2023,15(5):781-792.
- [9]朱江,辛宇强,刘英杰,等.MSCT联合磁共振对老年膝关节隐匿性骨折的诊断效能分析[J].临床误诊误治,2024,37(12):69-73.
- [10]郝帅.MSCT多平面重组对踝关节运动损伤的诊断价值[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(9):170-172.
- [11]奇勒莫格,牡丹.MSCT图像重建技术与MR检查在前交叉韧带损伤诊断中的应用[J].实用手外科杂志,2019,33(4):381-382,389.
- [12]孙小煜,宋璐,张雪峰,等.应用MRI、MSCT检查在外伤性膝关节交叉韧带损伤诊治中临床价值研究[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(9):180-182.
- [13]卢新莉,张洪伟.MRI与MSCT诊断膝关节损伤的临床价值分析[J].医学影像学杂志,2022,32(8):1445-1448.
- [14]卢新莉,张洪伟.MRI与MSCT诊断膝关节损伤的临床价值分析[J].医学影像学杂志,2022,32(8):1445-1448.
- [15]Segal NA,Anderson DD.Editorial commentary on Fritz et al.article entitled 'Three-dimensional analysis for quantification of knee joint space width with weight-bearing CT:comparison with non-weight-bearing CT and weight-bearing radiography'[J].Osteoarthritis Cartilage,2022,30(5):629-632.
- [16]Wang Y,Wang J,Dong D,et al.Comparison of axial scanning mode and traditional spiral scanning mode of 16 cm wide-detector CT in wrist,elbow,knee and ankle examination[J].Minerva Med,2022,113(3):588-589.

(收稿日期:2024-12-05)

(校对编辑:姚丽娜)