

论 著

低剂量双能量CT成像与MRI成像在跟腱撕裂诊断中的对比研究

广东省中医院珠海医院

(广东 珠海 519015)

肖梦强 黄培楷 罗妮苑
张 萌 刘晓玲 徐旺东
刘金丰

【摘要】目的 探讨低剂量单源双能量CT在跟腱撕裂诊断中的应用价值。**方法** 对42例怀疑跟腱撕裂患者行双能量CT和MRI检查, 经查跟腱撕裂36例、正常6例。36例跟腱撕裂患者中, 25例跟腱完全撕裂均经手术确诊; 11例不完全性撕裂中, 7例经MRI随访确诊, 4例经手术及MRI确诊。6例跟腱正常患者, 经查为跟骨粉碎性骨折, 骨折线累及跟腱附着处, 手术明确及MRI未见跟腱撕裂。行多平面重组(MPR)、肌腱3D容积再现(VR)等二维及三维图像后处理, 用以显示跟腱; 双能CT虚拟去钙质成像诊断跟腱关节骨质水肿; 计算撕裂及正常跟腱80KeV图像与135 KeV图像上的CT差, $CT_{\Delta}=CT_{\text{均值}135}-CT_{\text{均值}80}$ 。**结果** 99KeV软组织图像窗上横断面结合MPR均能诊断跟腱完全撕裂患者, 诊断跟腱完全撕裂敏感性100%、特异性100%, 诊断跟腱部分撕裂的敏感性81.8%、特异性100%; VR图像上, 诊断跟腱完全撕裂的敏感性100%、特异性100%, 诊断跟腱部分撕裂的敏感性63.6%、特异性100%; 虚拟去钙图上, 诊断骨质水肿患者敏感性77.5%、特异性80%。MRI诊断完全及部分跟腱断裂和骨质水肿患者的敏感性100%、特异性100%, 诊断骨折的敏感性40%、特异性100%。**结论** 双能CT成像能有效诊断跟腱完全撕裂和部分撕裂, 发现骨折优于MRI、发现骨质水肿差于MRI。

【关键词】 双能量CT; 跟腱撕裂**【中图分类号】** R686**【文献标识码】** A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2019.01.039

通讯作者: 肖梦强

Comparative Study of Low-dose Dual-energy CT Imaging and MRI Imaging in the Diagnosis of Achilles Tendon Tear

XIAO Meng-qiang, HUANG Pei-kai, LUO Ni-yuan, et al., Zhuhai Hospital of Guangdong Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Zhuhai 519015, Guangdong Province, China

[Abstract] Objective To investigate the application value of low-dose single-source dual-energy CT and MRI in diagnosis of Achilles tendon rupture. **Methods** A total of 42 patients with suspected Achilles tendon rupture underwent dual-energy CT and MRI scanning. 36 cases of Achilles tendon rupture and 6 cases of normal patients were tested. In 36 cases of Achilles tendon rupture patients, 25 patients with complete Achilles tendon rupture were diagnosed by MRI. 11 patients with partial rupture, 7 patients were diagnosed by follow-up MRI, 4 patients were diagnosed by operation and MRI. 6 patients with normal tendons were diagnosed as calcaneal fracture, the fracture line involved the attachment of the Achilles tendon. The operation was clear and no rupture of Achilles tendon was observed in operation. Two-dimensional and three-dimensional image post processing, such as multiplanar reconstruction(MPR), tendon 3D volume rendering(VR), to show Achilles tendon, dual-energy CT virtual decalcification imaging for diagnosis of ankle bone edema, calculation of tear and normal tendon CT_D , $CT_D=CT_{\text{mean}135}-CT_{\text{mean}80}$.

Results 99KeV soft tissue image window combined with MPR can diagnose the complete rupture of Achilles tendon. The sensitivity and specificity of diagnosis of complete rupture of Achilles tendon were 100% and 100%, respectively. The sensitivity and specificity of diagnosis of partial rupture of Achilles tendon were 81.8% and 100%, respectively, on VR imaging, the sensitivity and specificity of diagnosis of complete rupture of Achilles tendon were 100% and 100%, respectively. The sensitivity and specificity of diagnosis of complete rupture of Achilles tendon were 63.6% and 100%, respectively, on virtual calcium removal imaging, the sensitivity and specificity of diagnosis of bone edema were 77.5% and 80% respectively. The sensitivity and specificity of MRI diagnosis of complete and partial Achilles tendon rupture and bone edema patients were 100% and 100%, respectively. The sensitivity and specificity of bone fracture patients were 40% and 100%, respectively.

Conclusion Dual-energy CT imaging can effectively diagnose complete Achilles tear and partial Achilles rupture, and its performance of finding fracture was better than MRI, while finding bone edema was worse than MRI.

[Key words] Dual-energy CT; Achilles Tendon Rupture

跟腱在人体运动中具有重要作用, 急性跟腱断裂多见于活跃的年轻患者, 其主要致病原因为闭合性运动伤。急性跟腱断裂若未及时治疗, 会导致下肢功能障碍, 及时、准确地诊断跟腱撕裂对于制定治疗方案、评估预后情况十分重要^[1]。目前常见跟腱损伤的检查方法有CT、超声、MRI。MRI检查具有软组织分辨力高和可多方位成像等优点, 可显示骨挫伤及软组织结构如肌腱、韧带等损伤, 是目前软组织最重要的检查方法^[2], 但部分患者(如幽闭症、带磁性内固定患者)不能接受MRI检查; 高频超声的诊断正确率相对较低; 常规CT对肌腱、韧带的显示不佳。在保证影像质量的前提下, 探索减低辐射剂量的办法, 是近来CT设备发展和影像检查研究的热点之一^[3-4]。本文对怀疑跟腱损伤患者进行双能量低剂量CT扫描, 通过对图像数据包进行双能量技术分析, 探讨低剂量双能量CT成像在诊断跟腱损伤中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 病例资料

收集2015年11月30日~2018年6月25日广东省中医院珠海医院临床怀疑跟腱损伤行东芝640层双能CT扫描和MRI检查的42例,男34例,女8例;年龄18~65岁,平均 (33.67 ± 11.29) 岁。所有患者均有急性外伤病史,具有踝不能自主活动和足跖屈功能障碍等临床症状,跟腱损伤区明显压痛,部分触诊空虚感,小腿挤压试验阳性,均于15天内行CT、MRI检查和1月内行跟腱手术。本研究为前瞻性研究,研究方案经广东省中医院珠海医院伦理委员会批准,全部患者对研究知情同意且签署知情同意书,病例纳入标准:年龄 ≥ 18 岁,外伤病史,临床怀疑跟腱断裂患者。排除标准:踝关节肿瘤,感染病史,内固定术后。CT扫描采用脚先进,双踝关节同时扫描,自跟骨下缘起向上延伸范围160mm,CT扫描参数:单源双能量CT常规扫描参数为(80KeV、290mAs, 135KeV、50mAs);本研究双能量CT常规扫描参数为(80KeV、200mAs, 135KeV、35mAs),横断面重建层厚1.0mm,间距1.0mm。

1.2 图像处理和分析

单源双能量CT检查后,将原始数据进行重建,得到两组数据包(层厚0.5mm,间距0.5mm)。在东芝操作台上把数据包导入双能软件,可得到80~135KeV单能图,选择自动最佳信噪比,得到所有软组织最佳KeV图为100KeV。为得到跟腱最佳信噪比图,采取手动计算方式,方法如下:在重建单能90KeV~110KeV图上,测量健侧跟腱CT值和标准差3次、跟腱前方脂肪囊CT值3次,各取其平均值。噪声=跟腱的平均标准差,信噪比

(SNR)=跟腱CT均值/跟腱标准差均值,对比信噪比(CNR)=(跟腱CT均值-脂肪CT均值)/跟腱标准差均值。由1位副主任医师测量80KeV图像、135KeV图像上患侧跟腱较粗的图像层面上低密度区域及健侧跟腱中心区域CT值三次,各取其平均值,计算撕裂及正常跟腱80KeV图像与135KeV图像上的CT差, $CT_{差}=CT_{均值135}-CT_{均值80}$ 。

利用东芝三维肌腱3D容积再现(VR)对最佳跟腱信噪比图像进行重建,得到三维跟腱图像。根据三维跟腱图像,由两位高年资骨肌系统诊断主治医师采用双盲法评估,判断跟腱断裂情况,如评估结果有差异,两人协商形成统一意见后录入结果。

在东芝操作台上把双能CT扫描数据包导入双能虚拟去钙图,评估水肿区域并测量该区域CT值。两位高年资骨肌系统诊断主治医师对CT成像和MRI图像独立做出对比分析。按照跟腱形态、体积改变、连续性、跟腱密度及信号强度变化、腱周组织损伤情况等,综合做出诊断并与手术结果和随访结果相对照。

1.3 统计学方法

统计学分析采用SPSS软件(19.0,芝加哥、美国)进行处理。计量资料采用 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,对比撕裂跟腱、正常跟腱两组图像的CT差,组间两两比较采取T检验。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义的标准。

2 结果

42例怀疑跟腱撕裂患者中,跟腱正常6例,跟腱撕裂36例,其中25例跟腱完全撕裂、11例不完全性撕裂。36例跟腱撕裂的发生位置,4例在跟骨止点附近,29例在跟腱中段,3例跟腱、肌肉结合部,撕裂范围为(0.5~6.0)cm。跟

腱撕裂患者中,2处跟骨骨折、1处足舟骨骨折、3处距骨撕脱性骨折、4处内外踝骨折,16处骨质水肿。

经过统计分析及调试,得到99KeV为跟腱最佳KeV图,该图像对比信噪比最好。99KeV骨窗图像上诊断10处骨折,99KeV软组织图像上横断面结合MPR(图1B、2B)对25例跟腱完全撕裂患者全部进行了准确诊断,11例部分撕裂患者中9例确诊、2例漏诊;跟腱完全撕裂敏感性100%、特异性100%,跟腱部分撕裂的敏感性81.8%、特异性100%。VR图像上(图1A、2A),对25例跟腱完全断裂患者全部给予准确诊断,11例部分撕裂患者中7例给予正确诊断、4例漏诊;跟腱完全撕裂敏感性100%、特异性100%,跟腱部分撕裂的敏感性63.6%、特异性100%。虚拟去钙图上,诊断12处骨质水肿,漏诊4处、误诊4例,敏感性77.5%、特异性80%。MRI(图1C、2C)能100%诊断完全及部分跟腱断裂患者,敏感性100%、特异性100%;16处骨质水肿患者,敏感性100%、特异性100%;诊断出4处骨折、漏诊6处,敏感性40%、特异性100%。

计算并统计分析跟腱的CT差,撕裂跟腱 $CT_{差} = (6.77 \pm 4.20)$,正常跟腱 $CT_{差} = (7.75 \pm 3.76)$,两两对比采用T检验得到 $P = 0.163$,无统计学意义。

3 讨论

跟腱是人体内最长、最强、最粗的肌腱,长约为15cm,由腓肠肌肌腱、比目鱼肌肌腱组成。跟腱由上向下逐渐变厚变窄,最窄位于踝关节后部,但较厚,至止点上方4cm处向下逐渐展阔,

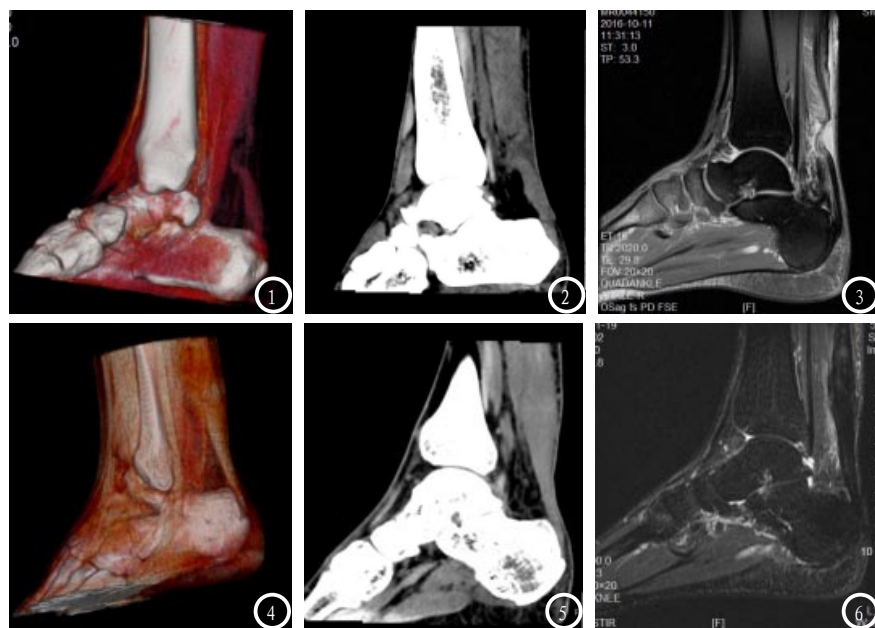


图1-3 同一患者,男,45岁,跟腱完全断裂,密度减低,跟腱连续性中断,跟腱回缩增粗,边界不清,轮廓毛糙,断端形态杵状。图4-6 同一患者,男37岁,跟腱不完全断裂,跟腱明显增粗或密度略减低。

由小腿中部后方开始,至跟骨结节中点终止^[5]。跟腱是足踝部肌腱中最容易断裂的肌腱,跟腱断裂是临床常见病症,以单纯性外伤引起最为常见,类风湿性关节炎、高血脂、黄色瘤等的病理基础上,即使轻微的外伤也可引起跟腱断裂。急性跟腱断裂有多种形式,其中包括横断型、撕脱型及撕裂型,临床主要是撕裂型。撕裂型表现为马尾状,多发生在跟腱狭部,即跟腱止点上约2cm~6cm处。跟腱断裂有很多种治疗方法,不同的治疗方法对预后有影响^[6-8],因此,及时准确地判断跟腱断裂的程度、部位及是否合并骨折等,对制定治疗方案及判断预后情况具有重要意义。

随着CT技术的进步,如软硬件、图像数据采集、重建算法,CT的图像质量、诊断能力明显提高,东芝双能量CT具有各向同性的高空间分辨率,有强大、多样的后处理功能,如多平面重组(MPR)、肌腱3D容积再现(VR)、曲面重组(CPR),肌腱3D容积再现(VR)成像可立体直观地显示肌

腱及其周围组织,能够从任意角度观察肌腱的情况,为肌腱的显示提供良好平台。通过东芝CT双能成像,可以得到从80KeV到135KeV的无数个单能量图像,从而选择最佳KeV的图像,即肌腱与周围组织的最佳对比图像,大大提高了跟腱图像的显示质量。除显示肌腱外,还可以利用虚拟去钙图像判断骨质水肿情况。本研究结果显示99KeV单能图时能够清楚显示肌腱及周围组织的关系,跟腱与周围肌肉组织的对比最好,图像质量最高。

跟腱断裂的双能量CT影像学表现:3D肌腱重建图像上表现为:跟腱连续性中断,跟腱明显增粗,边界不清,轮廓毛糙,断端形态可以是拖把状、絮状或杵状(图1、图4),个别病例表现为犬牙交错状。最佳KeV图像上表现为:连续性欠佳,跟腱增粗,密度不均匀,CT值较对侧正常跟腱降低,边界不清,轮廓毛糙(图2、图5),跟腱前方脂肪密度增高,部分病例可表现踝关节撕脱性骨折。虚拟去钙图像上表现为:水肿区密度增高,CT值增

高。MRI表现:跟腱连续性中断,跟腱断端回缩,断面呈“毛刷”状、波浪状或“杵”状改变,断裂处出现积血、积液等提示跟腱完全撕裂,与CT表现相似(图3);跟腱连续性存在,跟腱增粗,T2WI信号不均匀增高,见斑片状、条状高信号提示跟腱部分撕裂(图6)。

CT和MRI诊断跟腱撕裂及伴随其他部分损失的准确性:东芝单源双能量CT通过与对侧正常跟腱的比较,根据跟腱断端的密度变化及形态的改变并结合临床,可作出100%的正确诊断。MRI也能够100%正确诊断,两者无显著差异。东芝单源双能量CT根据撕裂的程度,只要跟腱增粗或密度改变,就能够做出正确诊断。跟腱密度及形态均无明显变化,或跟腱轻度增大,缺乏特异性,不能完全作出正确诊断。当跟腱撕裂并发撕脱性骨折(小骨片)时,CT均能够做出正确诊断,且明显优于MRI。诊断骨质水肿方面,大片水肿区域时,双能量CT虚拟去钙图像与MRI诊断无明显差别;小片水肿区域由于范围较小,CT图像容积效应,虚拟去钙图像诊断效果逊于MRI。

医用X线球管管电压均 $\leq 140\text{KeV}$,射线在此能量范围内,随着X线能量降低,康普顿效应减少,光电效应增加,组织的衰减系数上升,CT值增加,与管电压成反比关系^[9]。有学者研究得到管电压对器官组织CT值是有影响,影响的大小因组织类型不同而不同,低KeV组织CT值-高KeV组织CT值的差值,随着组织密度的升高,差值越明显^[10-13]。本研究对跟腱进行东芝双能扫描,把数据导入东芝双能软件进行测量和分析,比较正常跟腱135KeV图像上的CT值减80KeV图像上的CT

差值和断裂跟腱135KeV图像上的CT值减80KeV图像上的CT差值,得到撕裂跟腱CT差值小于正常跟腱CT差值,符合随着组织密度的升高,差值越明显这一特性,但是两者差异无统计学意义。同时也得到撕裂和正常跟腱均随着KeV增加CT值而增加,与CT值增加跟管电压成反比这一原理相矛盾,这种矛盾现象,部分小于水密度的组织也有这种矛盾特性^[11-12]。彭文献等^[11]推测,出现这种现象的原因,可能是CT机在对CT值校正时候,水的CT值为0HU,空气的CT值为-1000HU,根据这个为基点绘制各种衰减系数图和CT值,而未对其他组织进行CT值校正,这可能会造成CT管电压与活体组织CT值关系不一致。

综上所述,在跟腱撕裂时,MRI是首选检查方法,当患者有禁忌症(如严重外伤、体内有金属植物、起搏器或有空间幽闭症)不能进行MRI检查时,或怀疑合并骨折时候,应首选单源双能CT检查。该成像检查快捷、方便,扫描后

可以进行多种后处理,能够清晰显示肌腱、骨骼的三维关系,明确诊断跟腱完全性和较严重的需要做手术的部分断裂,为临床医生提供较准确的诊断信息。

参考文献

- [1] 肖梦强,刘金丰,沈梓璇,等.跟腱损伤的MRI表现[J].中国CT和MRI杂志,2014,12(7):99-102.
- [2] 高汝斌,仇红,辛红梅.手足软组织良性肿瘤MRI分析[J].实用放射学杂志,2016,6:982-984
- [3] 肖梦强,张萌,刘金丰,等.迭代算法低剂量CT诊断椎间盘突出[J].中国医学影像技术,2017,33(3):458-461.
- [4] 丰川,钱伟亮,周丹静,等.极低辐射剂量扫描结合模型迭代重建技术在下肢CTA中应用研究[J].中国CT和MRI杂志,2018,16(3):117-120.
- [5] 郭世绂.骨科临床解剖学[M].济南:山东科学技术出版社,2000:982.
- [6] Ulmar B, Simon S, Eschler A, et al. Rupture of the Achilles tendon[J]. Unfallchirurg, 2014, 117(10): 921-937.
- [7] Clanton TO, Haytmanek CT, Williams BT, et al. A biomechanical comparison of an

open repair and 3 minimally invasive percutaneous Achilles Tendon repair techniques during a simulated, progressive rehabilitation protocol[J]. Am J Sports Med, 2015, 43(8): 1957-1964.

- [8] 张勇,朱明生,杨林,等.断端重叠间断横向缝合修复跟腱马尾状撕裂型损伤[J].中国骨与关节损伤杂志,2016,31(6):617-619.
- [9] 燕树林.全国医用设备(CT、MR、DSA)使用人员上岗考试指南[M].北京:中国人口出版社,2005:5.
- [10] 杨炎炎,黄仲奎.腹部水模不同管电压、管电流CT扫描的研究[J].医学影像学杂志,2018(4):678-682.
- [11] 彭文献,彭天舟,夏顺仁,等.X线管电压对生物组织CT值影响的实验研究[J].放射学实践,2013,28(11):1102-1104.
- [12] 杨炎炎,黄仲奎.腹部水模不同管电压、管电流CT扫描的研究[J].医学影像学杂志,2018,(4):678-682.
- [13] 许霄,黄求理,朱雪君,等.双能CT不同能量组合、重建算法及ROI选择对家兔肝铁定量测量的影响[J].放射学实践,2018,(4):344-348.

(本文编辑:谢婷婷)

【收稿日期】2018-11-26

(上接第 49 页)

- [10] 李星亮,杨笑一,张玉强,等.评估颈内动脉颅内段血管狭窄三种影像学方法的对比分析[J].介入放射学杂志,2014,23(4):333-336.
- [11] Pan Y, Neurology D O. Diagnostic value of color doppler flow imaging, transcranial doppler and digital subtraction angiography on subclavian steal syndrome[J]. Journal of Clinical Neurology, 2014, 27(1): 16-18.

- [12] 臧丽娥,隋汝波,张磊,等.经颅多普勒超声对急性缺血性脑卒中患者颅内血管狭窄诊断准确性的研究[J].中国医科大学学报,2015,44(8):734-737.
- [13] Yamada K, Kawasaki M, Yoshimura S, et al. High-Intensity Signal in Carotid Plaque on Routine 3D-TOF-MRA Is a Risk Factor of Ischemic Stroke[J]. Cerebrovascular Diseases, 2015, 41(1-2): 13.
- [14] Kim Y, Ryu W S, Park S S, et al.

Long-term natural history of intracranial arterial stenosis: an MRA follow-up study[J]. Cerebrovascular Diseases, 2014, 38(4): 290-296.

- [15] 韦寅,陈鹏,谭璨,等.3D CE-MRA双期检查在头颈动脉狭窄的应用价值[J].实用放射学杂志,2015,31(10):1671-1683.

(本文编辑:黎永滨)

【收稿日期】2018-09-12