论 著

双能量CT对肩腱袖撕裂的诊断及分级价值*

官皓天 曲 博 高 明 石向明*
河北中石油中心医院影像科
(河北 廊坊 065000)

【摘要】**目的** 探讨双能量CT对肩腱袖撕裂的诊断及分级价值。**方法** 对2022年1月至2022年6月我院收治的110例肩袖损伤患者行双能量CT检查，以肩关节镜检查结果为“金标准”，分析双能量CT对肩腱袖撕裂的诊断及分级价值。**结果** 110例患者，经肩关节镜证实肩袖完全撕裂51例(46.36%)、部分撕裂48例(43.64%)，无撕裂11例(10.00%)；共有54条肌腱撕裂；双能CT诊断完全撕裂与肩关节镜诊断符合率为88.24%(45/51)；部分撕裂符合率为79.17%(38/48)；无撕裂诊断符合率为81.82%(9/11)；以关节镜为金标准，双能CT诊断肩腱袖撕裂的敏感度为83.84%、特异性为81.82%、准确率为83.64%、阳性预测值为97.65%、阴性预测值为36.00%。51例完全撕裂患者肩关节镜证实共有54条肌腱撕裂，其中冈上肌肌腱撕裂36条，冈下肌肌腱撕裂4条，肩胛下肌肌腱撕裂14条；双能CT检出与关节镜相符的撕裂肌腱39条，诊断符合率为72.22%(39/54)，其中，冈上肌肌腱撕裂正确检出29条(80.56%)，冈下肌肌腱撕裂正确检出2条(50.00%)，肩胛下肌肌腱撕裂正确检出8条(57.14%)。完全撕裂及部分撕裂肌腱止点、边缘外形轮廓、总体显示评分均低于无撕裂肌腱(*P*<0.05)；完全撕裂肌腱边缘外形轮廓显示评分低于部分撕裂肌腱(*P*<0.05)，完全撕裂肌腱与部分撕裂肌腱止点及总体显示评分对比，差异无统计学意义(*P*>0.05)。受试者工作特征曲线(ROC)结果显示，肌腱止点评分为1.57分时，诊断完全撕裂的曲线下面积为0.734，敏感性72.55%，特异性69.49%；边缘轮廓评分为1.38分时，诊断完全撕裂的曲线下面积为为0.770，敏感性74.51%，特异性79.66%；肌腱总体评分为1.62分时，诊断完全撕裂的曲线下面积为0.742，敏感性78.43%，特异性74.58%。**结论** 双能量CT对肩腱袖撕裂具有较高的诊断价值，可无创性明确撕裂部位及撕裂程度，对临床诊疗有一定借鉴意义。

【关键词】双能量CT；肩腱袖撕裂；诊断价值
【中图分类号】R445
【文献标识码】A
【基金项目】廊坊市科技支撑计划项目(2022013021)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.08.050

Value of Dual-energy CT in The Diagnosis and Grading of Rotator Cuff Tears*

GUAN Hao-tian, QU Bo, GAO Ming, SHI Xiang-ming*.
Imaging Department of Hebei PetroChina Central Hospital, Langfang 065000, Hebei Province, China

ABSTRACT
Objective To explore the value of dual-energy CT in the diagnosis and grading of rotator cuff tears. ***Methods*** 110 patients with rotator cuff tears who were treated in the hospital from January 2022 to June 2022 were examined by dual-energy CT.The results of shoulder arthroscopy were used as the "gold standard" to analyze the value of dual-energy CT in the diagnosis and grading of rotator cuff tears.***Results*** Among 110 patients,51 cases (46.36%) of complete rotator cuff tears,48 cases (43.64%) of partial rotator cuff tears and 11 cases (10.00%) without rotator cuff tears were confirmed by shoulder arthroscopy,and there were 54 tendon tears.The coincidence rate of dual-energy CT in the diagnosis of complete tears,partial tears and no tears with shoulder arthroscopy were 88.24% (45/51),79.17% (38/48) and 81.82% (9/11) respectively.Taking arthroscopy as the gold standard,the sensitivity,specificity,accuracy rate,positive predictive value and negative predictive value of dual-energy CT in the diagnosis of rotator cuff tears were 83.84%,81.82%,83.64%,97.65% and 36.00% respectively.54 tendon tears were confirmed by shoulder arthroscopy among 51 patients with complete tears,including 36 supraspinatus tendon tears,4 infraspinatus tendon tears and 14 subscapularis tendon tears.Dual-energy CT detected 39 torn tendons that were consistent with arthroscopy,with the diagnostic coincidence rate of 72.22% (39/54).29 (80.56%) supraspinatus tendon tears,2 (50.00%) infraspinatus tendon tears and 8 (57.14%) subscapularis tendon tears were correctly detected.The scores of attachment,edge contour and overall display of completely torn and partially torn tendons were lower than those of non-torn tendons (*P*<0.05).The score of edge contour display of completely torn tendon was lower than that of partially torn tendon (*P*<0.05),but there were no statistical differences in the scores of attachment and overall display between completely torn tendon and partially torn tendon (*P*>0.05).Receiver operating characteristic curve (ROC) showed that the area under the curve,sensitivity and specificity in the diagnosis of complete tears were 0.734,72.55% and 69.49% when the score of tendon attachment was 1.57 points,were 0.770,74.51% and 79.66% when the edge contour score was 1.38 points,and were 0.742,78.43% and 74.58% when the total tendon score was 1.62.***Conclusion*** Dual-energy CT has high diagnostic value on rotator cuff tears,and it can determine the location and degree of tear non-invasively and has certain reference significance for clinical diagnosis and treatment.
Keywords:Dual-energy CT; Rotator cuff tears; Diagnostic Value

肩腱袖撕裂常引起肩部疼痛和残疾，在肩关节运动损伤中较为常见，占肩关节疾病的17%~41%[1]。该病的发生主要由肩峰下猛烈撞击导致急性创伤所致，或因肌腱本身出现退行性病变所引起[2]。根据撕裂程度不同可分为完全性撕裂和部分性撕裂，在肩腱袖撕裂中占比分别为19%、32%[3]。手术为治疗该疾病的主要手段，术前精准评估损伤部位及损伤程度对保证手术疗效具有重要意义。磁共振成像(Magnetic resonance imaging，MRI)是诊断肩袖损伤的常用影像学手段，因其具有分辨率高、可多序列、多平面成像等技术优势，能够确定肩腱袖撕裂部位及严重程度，但其同样具有费用昂贵、检查禁忌症较多、难以动态观察肌腱运动等诸多缺陷，在临床应用中有一定的限制[4]。而双能CT可利用不同能量X射线获取定性的图像特征，其特有的双能量减影功能使肩腱袖撕裂中肌腱、韧带成像成为可能，一定程度上可弥补MRI不足之处[5]。但临床较少研究其在肩腱袖撕裂中的应用价值，基于此，本研究主要探讨双能量CT对肩腱袖撕裂的诊断及分级价值，报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年1月至2022年6月我院收治的110例肩袖损伤患者作为研究对象。

纳入标准：存在肩关节损伤，表现为不同程度肩关节疼痛、活动受限；均符合双能CT检查指征，且无检查禁忌；对研究知情并签署同意书。排除标准：存在肩关节手术史；合并有肩关节肿瘤或其他滑膜病变者。其中，男62例，女48例；年龄32-66岁，平均年龄(54.18±4.15)岁；病程1周~3年，平均病程(1.56±0.34)年。本研究经医院伦理委员会批准通过。

1.2 方法 所有患者均使用西门子SOMATOM Definition双源CT行双能CT检查。检查方法：患者取仰卧位，前臂中立位，扫描范围为肩锁关节上缘至孟肱关节下缘。先行常规平扫，再行CT双能量成像。扫描参数设置：球管A：管电压140kV，管电流55mA，视野550mm×550mm；球管B：管电压80kV，管电流210mA，视野260mm×260 mm。

1.3 双能量影像评估及图像分析 扫描完成后将数据上传至工作站进行双能量图像数据分析，结合容积重建、多平面重建、曲面重建等多种后处理方法及双侧对照分析，主要观察冈上肌腱、冈下肌腱、肩胛下肌肌腱、孟肱韧带、关节囊、盂唇等结构及肩关节周围软组织情况，以肩关节镜检查结果为金标准，分析双能量CT对肩腱袖撕裂的诊断及分

【第一作者】官皓天，女，主治医师，主要研究方向：多模态影像检查对颈肩痛病因分析及临床治疗的指导价值。E-mail：guanhaotian0712@163.com
【通讯作者】石向明，男，主任医师，主要研究方向:多模态影像检查对颈肩痛病因分析及临床治疗的指导价值。E-mail：895956590@qq.com

级价值。双能CT诊断肌腱撕裂程度标准[6]：完全撕裂：肌腱连续性中断，断端卷曲挛缩，周围间隙模糊；不完全撕裂：肌腱局部不连续，外形增粗，CT密度减低；无撕裂：肌腱连续性无特异性改变。并评估肌腱止点、边缘外形轮廓、总体显示情况：清晰2分，模糊1分，不能显示0分[7]。

1.4 统计学方法 采用SPSS 23.0软件分析数据，计量资料用($\bar{x}\pm s$)表示，行独立样本t检验法，多组对比行F检验，计数资料用χ^2检验，以n%表示，以Kappa系数行一致性评价，采用受试者工作特征曲线(ROC)分析肩腱袖肌腱显示情况诊断完全撕裂的价值，*P*<0.05表明有统计学意义。

2 结　果

2.1 检查结果 110例患者，经肩关节镜证实肩袖完全撕裂51例(46.36%)、部分撕裂48例(43.64%)，无撕裂11例(10.00%)。双能CT检查与肩关节镜相符的完全撕裂45例，诊断符合率为88.24%(45/51)，双能CT影像学主要表现为肌腱连续性中断，部分缺如，边界显示不清，轮廓毛躁，断端卷曲挛缩呈拖把状或絮状，周围间隙模糊，部分肌腱断端与周围组织粘连。部分撕裂38例，诊断符合率为79.17%(38/48)，双能CT影像学主要表现为肌腱连续性存在，但明显增粗，或局部变薄不连续，边界显示欠清，周围轮廓毛糙，存在低密度影，部分断端与周围间隙密度增高。无撕裂9例，诊断符合率为83.64%(9/11)，双能CT影像学主要表现为肌腱形态、连续性无异常改变。以关节镜为金标准，双能CT诊断肩腱袖撕裂的敏感度为83.84%、特异性为81.82%、准确率为83.64%、阳性预测值为97.65%、阴性预测值为36.00%，与关节镜一致性为0.419。肩关节镜证实51例肩腱袖完全撕裂患者共有54条肌腱撕裂，其中，冈上肌肌腱撕裂36条，冈下肌肌腱撕裂4条，肩胛下肌肌腱撕裂14条；双能CT检出与关节镜相符的撕裂肌腱39条，诊断符合率为72.22%(39/54)，其中，冈上肌肌腱撕裂正确检出29条(80.56%)，冈下肌肌腱撕裂正确检出2条(50.00%)，肩胛下肌肌腱撕裂正确检出8条(57.14%)，详见表1。

2.2 肩腱袖不同撕裂程度肌腱显示情况 完全撕裂及部分撕裂肌腱止点、边缘外形轮廓、总体显示评分均低于无撕裂肌腱(*P*<0.05)；完全撕裂肌腱边缘外形轮廓显示评分低于部分撕裂肌腱(*P*<0.05)，完全撕裂肌腱与部分撕裂肌腱止点及总体显示评分对比，差异无统计学意义(*P*>0.05)，见表2。

2.3 肩腱袖肌腱显示情况诊断完全撕裂效能 ROC结果显示，肌腱止点评分为1.57分时，诊断完全撕裂的曲线下面积为0.734，敏感性72.55%，特异性69.49%；边缘轮廓评分为1.38分时，诊断完全撕裂的曲线下面积为为0.770，敏感性74.51%，特异性79.66%；肌腱总体评分为1.62分时，诊断完全撕裂的曲线下面积为0.742，敏感性78.43%，特异性74.58%，见表3、图1。

表1 双能CT与关节镜对肩腱袖撕裂程度的检出结果对比(例)

CT	关节镜		合计
	完全撕裂+部分撕裂	无撕裂	
完全撕裂+部分撕裂	83	2	85
无撕裂	16	9	25
合计	99	11	110

表2 肩腱袖不同撕裂程度肌腱显示情况(分)

撕裂程度	条数	止点评分	边缘轮廓评分	总体评分
完全撕裂	51	1.33±0.21	1.12±0.11	1.41±0.13
部分撕裂	48	1.42±0.26	1.18±0.14[a]	1.45±0.08
无撕裂	11	1.95±0.03[ab]	1.96±0.02[ab]	1.97±0.02[ab]
F		34.624	230.719	135.098
P		<0.001	<0.001	<0.001

注：与完全撕裂相比，[a]P<0.05；与部分撕裂相比，[b]P<0.05。

表3 肩腱袖肌腱显示情况诊断完全撕裂效能

肌腱显示情况	Cut-off	AUC	敏感性(%)	特异性(%)	约登指数	95%CI
止点评分	≥1.57分	0.734	72.55	69.49	0.420	0.641-0.827
边缘轮廓评分	≥1.38分	0.770	74.51	79.66	0.542	0.679-0.860
总体评分	≥1.62分	0.742	78.43	74.58	0.530	0.679-0.860

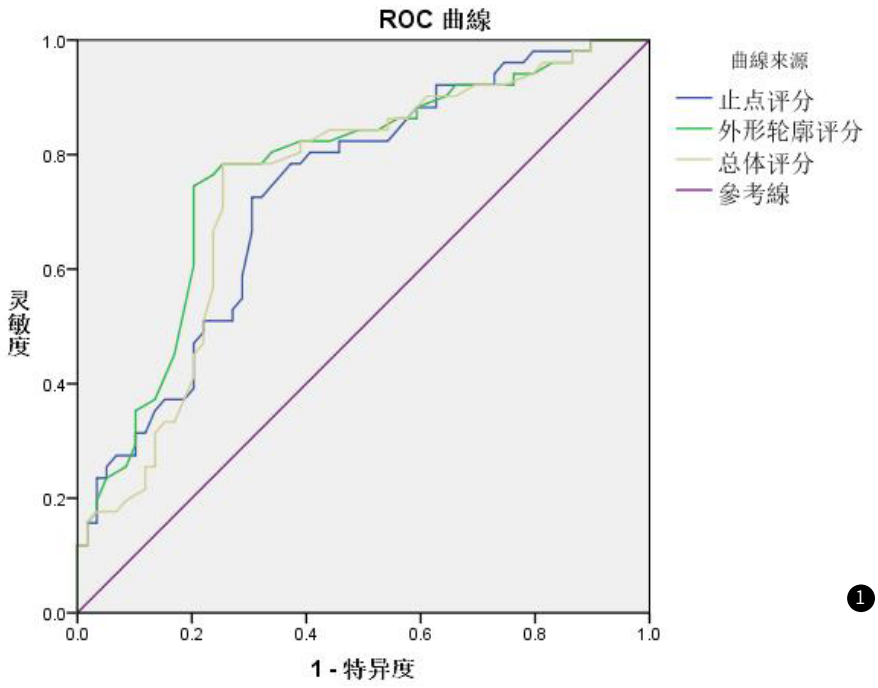

图1 肩腱袖肌腱显示情况诊断完全撕裂ROC曲线

3 讨 论

肩袖主要由冈上肌、冈下肌、肩胛下肌等肌群组成，是肩关节软组织中的重要结构，能够在肩关节运动中起到支持及稳定关节的作用[8]。肩腱袖撕裂可引起肩痛及肩关节活动受限，其在肩关节疾病中发病率达17%~41%[9]，多由急性损伤或慢性积累性病变所致，前者多见于青壮年，可由直接或间接暴力导致，可伴有肩关节骨折；后者则多见于老年患者，因机体结构功能退化，肩袖易在负荷加重情况下出现撕裂[10]。准确判断肩袖撕裂部位及程度，能够为临床治疗方案的制定提供更为可靠的影响学依据，能够有效缩短病变修复时间，减少术后再撕裂的发生。

肩关节镜检查是诊断肩袖撕裂的“金标准”，但存在可重复性差、创伤较大等不足[11]。MRI为无创性影像学检查，其多序列、多参数、多方位的特点能够直观、清晰显示肩袖解剖结构，为肩袖撕裂病变提供较为清晰的影像学图像，在临床中应用较广，但其同样具有价值昂贵、检查耗时等不足之处，也不适用于体内存在金属异物或植入有起搏器患者[12]。而由于肌腱、韧带密度与周围软组织较为类似，在常规CT中缺乏足够密度对比，常规CT显像存在一定盲区[13]。双能CT属于一种能量CT设备，其原理为不同物质对不同X线吸收系数不同，与常规CT相比，双能CT可利于X线衰减变化得到更大的密度差，使肩袖肌腱、韧带及周围软组织成像更为清晰[14]。本研究对肩袖损伤患者行双能CT检查，并与肩关节镜检查结果相比，发现双能CT诊断肩腱袖撕裂的诊断符合率和一致性均较好，证实了双能CT对肩腱袖撕裂较高的诊断价值。肌腱主要由胶原、糖蛋白等多种复杂成分构成，由于胶原分子侧链中的羟(基)赖氨酸和羟脯氨酸对不同能量X射线吸收度不同，使肌腱及韧带能够与周围结构清晰区别显示，为双能CT的应用奠定了基础[15]。与此同时，双能CT还能够对识别后的肌腱及韧带进行颜色编码，并与标准灰度CT图像进行融合，有利于评价肌腱及韧带的连续性和完整性，以确定撕裂程度[16]。

肩袖损伤主要表现为冈上肌、肩胛下肌、冈下肌等肌腱包绕肱骨头结构被破坏，肩腱袖撕裂部位常见于冈上肌腱，其次为冈上肌加冈下肌或冈上肌与肩胛下肌之间[17]。双能CT多种后处理方法能够处理肩袖整体及局部细节病变，提供更为准确直观的肌腱图像，还能形成肌腱重合、分类立体成像，从多方位、多角度观察肌腱与周围组织关系，使病变部位显示更为直观。肖梦强等[18]将双能CT应用于怀疑跟腱损伤患者中，发现通过与对侧正常跟腱的比较，根据跟腱断端双能量CT密度变化及影像图像形态的改变并结合临床特征，可作出与关节镜检查相一致的正确结论。本研究也显示双能CT诊断肩腱袖撕裂肌腱准确率较高，在撕裂部位诊断中的应用价值较高。撕裂肌腱主要表现为肌腱连续性中断或连续性存在，或局部变薄不连续，部分缺如，轮廓毛躁，断端萎缩，撕裂范围较大时可出现局限性回缩，周围间隙模糊，部分肌腱断端与周围组织粘连，肌腱撕裂程度可分为完全撕裂及部分撕裂，本研究发现不同撕裂程度肌腱其止点、外形轮廓显示不同，ROC结果更加证实双能量CT肌腱显示情况对完全撕裂肌腱较高的诊断价值。因完全撕裂边界显示不清，轮廓毛躁，故与部分撕裂及无撕裂肌腱相比，其外形轮廓显示评分较差。但本研究中在对撕裂肌腱检测过程中出现较多漏诊，考虑原因可能与肩袖外伤引发肌腱及周围软组织水肿而影响诊断有关，此为双能CT诊断的不足之处，且部分肌腱密度细微改变也难以捕捉，与MRI相比，其敏感度较低，存在低密度分辨率问题，必要时可联合MRI协助诊断。

综上所述，双能量CT对肩腱袖撕裂具有较高的诊断价值，可无创性明确撕裂部位及撕裂程度，对临床诊疗方案的制定及病情监测有一定的借鉴意义。

参考文献

[1]廖荣信,张亚林,瞿中威,等.3.0T MR肩关节造影对肩袖损伤的诊断价值分析[J].医学影像学杂志,2019,29(1):120-123.
[2]曹馨月,蒋灏,陈凯,等.UTE技术的冈上肌腱定量值与肩峰厚度联合诊断肩袖撕裂[J].中国医学计算机成像杂志,2022,28(4):413-418.
[3]Weber S,Chahal J.Management of Rotator Cuff Injuries[J].J Am Acad Orthop Surg,2020,28(5):e193-e201.
[4]袁红梅,蒲劲松,岳文胜,等.超声与MRI在肩袖损伤中的临床应用价值[J].中国医药导报,2020,17(13):148-151,156.
[5]锁咏梅,宋贤亮,邱晓晖,等.双能量CT与MRI诊断交叉韧带损伤的对照研究[J].安徽医学,2016,37(5):569-571.
[6]邓亚,解天梅,罗军德.双能CT联合MRI诊断手肌腱损伤的效率分析[J].放射学实践,2014,29(7):831-833.
[7]邓凯,张成琪,孙丛,等.双能CT观察手、足肌腱[J].中国医学影像技术,2010,26(6):1129-1132.
[8]王腾辉,杜元良,肖天洁,等.MRI相关定量参数与退行性肩袖撕裂之间的相关性研究[J].河北医学,2022,28(6):974-977.
[9]Jeong JJ,Park SE,Ji JH,et al.Trans-tendon suture bridge rotator cuff repair with tenotomized pathologic biceps tendon augmentation in high-grade PASTA lesions[J].Arch Orthop Trauma Surg.2020,140(1):67-76.
[10]刘中冲,李智伟,丁良成,等.退变型肩袖撕裂合并外伤的微观骨结构变化及相关性研究[J].中国法医学杂志,2022,37(4):327-330.
[11]柳曦,朱紫吟,钱林学,等.高频超声检查在肩袖撕裂诊断中的应用价值[J].临床和实验医学杂志,2020,19(14):1546-1550.
[12]龚志琰,蒲大容,骆杰,等.超声对肩袖部分撕裂的诊断价值[J].临床超声医学杂志,2021,23(5):396-399.
[13]吴晨颖,吴晓芬,范国华,等.肌骨超声和多层螺旋CT应用于肱三头肌肌腱断裂伴骨化性肌炎临床诊断价值[J].临床和实验医学杂志,2021,20(9):989-992.
[14]De Vulder N,Chen M,Huysse W,et al.Case Series:Dual-Energy CT in Extra-Articular Manifestations of Gout:Main Teaching Point:Dual-energy CT is a valuable asset in the detection of extra-articular manifestations of gout[J].J Belg Soc Radiol,2020,104(1):27.
[15]Ulas ST,Ziegeler K,Richter ST,et al.Contrast-enhanced CT techniques and MRI perform equally well in arthritis imaging of the hand:a prospective diagnostic accuracy study[J].Eur Radiol,2022,32(9):6376-6383.
[16]Christiansen SN,Müller FC,Østergaard M,et al.Dual-energy CT in gout patients:Do all colour-coded lesions actually represent monosodium urate crystals[J].Arthritis Res Ther,2020,22(1):212.
[17]胡涞锁,王效岗,詹艳红,等.肩袖损伤的磁共振成像检查与多层螺旋CT重建检查的价值比较[J].山西医药杂志,2018,47(24):2939-2940.
[18]肖梦强,黄培楷,罗妮苑,等.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[J].中国CT和MRI杂志,2019,17(1):126-129.

(收稿日期：2022-10-20)
(校对编辑：姚丽娜)