

论 著

能谱CT物质分离技术对膝关节骨性关节炎髌下脂肪垫物质的相关性研究*

张 敏^{1,2} 谭 辉^{1,2} 樊秋菊¹
于 楠^{1,2} 党 珊¹ 马春玲^{1,3,*}

1.陕西中医药大学附属医院医学影像科 (陕西 咸阳 712000)
2.陕西中医药大学 (陕西 咸阳 712046)
3.咸阳市秦都区中医医院 (陕西 咸阳712025)

【摘要】目的 利用能谱CT水脂分离技术对膝关节骨性关节炎患者进行髌下脂肪垫水脂定量分析的相关性研究,探讨髌骨下脂肪垫在骨性关节炎中的病理变化。方法 对临床已进行WOMA疼痛评分的176膝患者进行分组,研究组A组为疼痛评分>40分的骨性关节炎患者98膝,对照组B组为疼痛评分<40分且无临床症状的78膝患者均行膝关节Gemstone Spectral Image(GSI)扫描,所得原始数据进行单能量60KeV及层厚1.25mm重建,利用GSI viewer软件进行分析,分别记录髌骨下内侧、中间及外侧脂肪垫的水基值及脂基值并取其平均值。对组间数据进行独立样本t检验,组内数据进行皮尔逊相关性R检验。结果 A、B两组患者年龄无统计学差异, $P>0.05$, 58.62 ± 8.13 vs 56.56 ± 7.99 岁。组内脂基值及水基值数据均呈明显的负相关, $P<0.05$,A组 $r=-0.93$,B组 $r=-0.90$;组间脂基值及水基值 $P<0.05$,有统计学差异。结论 膝关节骨性关节炎的患者其髌骨下脂肪垫的水含量(炎性水肿)增高,相对脂肪含量降低。

【关键词】能谱CT;物质分离技术;骨性关节炎;髌下脂肪垫
【中图分类号】R445.2;R602.1
【文献标识码】A
【基金项目】陕西省科技厅重点研发计划一般项目-社会发展领域(2023-YBSF-020);陕西省科技厅基础研究项目(2022JM-453)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.01.050

Characterization of Infrapatellar Fat Pad in the Keen Osteoarthritis Patients Using Dual-energy Spectral CT Imaging*

ZHANG Min^{1,2}, TAN Hui^{1,2}, FAN Qiu-Ju¹, YU Nan^{1,2}, DANG Shan¹, MA Chun-ling^{1,3,*}.
1.Department of Radiology, the Affiliated Hospital of Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang 712000, Shaanxi Province, China
2.Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang 712046, Shaanxi Province, China
3.Xianyang Qindu District Hospital of Traditional Chinese Medicine, Xianyang 712025, Shaanxi Province, China

ABSTRACT
Objective The infrapatellar fat pad (IPFP) is rich in nerve fiber structure and adipose derived stem cells. The purpose of this study was to characterize IPFP in patients with keen osteoarthritis (OA) using dual-energy spectral CT imaging. **Methods** 176 keen osteoarthritis patients were randomized to 2 groups: group A(n=98)with clinical WOMA pain score >40 points, group B (n=78) with clinical WOMA pain score <40 points, All keen OA patients (without other knee disease) were enrolled for this study and underwent dual-energy spectral CT. The material decomposition images using fat and water as the basis material pair were reconstructed with a standard reconstruction kernel at thickness of 1.25mm. Region-of-interest was placed on IPFP on both on the water-based and fat-based images to quantify the water density and fat density, respectively. **Results** The average water density on IPFP for keen OA patients was 131.57 ± 25.15 mg/mL, and the average fat density was 824.65 ± 26.35 mg/mL. There was significant difference between the water density and fat density ($P<0.05$, $R=0.93$), and there was also significant negative correlation between the two sets of values. The lipid base value and water base value between groups $P<0.05$, there is a statistical difference. **Conclusion** The water density on the infrapatellar fat pad of patients with knee osteoarthritis increased indicating inflammatory edema and its relative fat density decreased. Dual-energy spectral CT imaging may be used to characterize IPFP in patients with keen osteoarthritis.
Keywords: Spectral CT; Quantitative Diagnosis; Infrapatellar Fat Pad; Keen Osteoarthritis

本文涉及退化性疾病骨性关节炎(keen osteoarthritis, KOA),该疾病在老年群里中较为常见。其主要症状为膝关节疼痛与肿胀,严重影响老年人的日常活动和生活质量^[1]。膝关节会在力学及生化学因素共同作用下,引起关节失衡和微环境的改变。原发性继发性软骨表面损伤,关节软骨硬化,长期膝关节磨损及增生性的钙质沉积物生成从而使关节间隙变窄是其主要的病理改变。研究表明除滑膜、软骨和骨外,髌下脂肪垫(infrapatellar fat pad, IPFP)也会是引起 KOA发病的原因之一,且影响其发病进展,并引起膝关节疼痛的症状^[2-3]。宝石能谱CT可以通过物质分离技术将患有骨性关节炎髌骨下脂肪垫的相应物质分离并量化,所以本文旨在利用能谱CT物质分离技术对IPFP物质的定量分析的进行相关性研究,以明确IPFP在KOA中的进展。

1 资料与方法

1.1 研究对象 2019年10月至2021年11月由本院骨关节科招募膝关节疼痛患者共237人,并对其进行筛选,确保他们的病状满足于2015年版《膝骨关节炎中医诊疗专家共识》中所描述的气滞血瘀和寒湿痹阻型的膝骨关节炎症状;年龄≥40周岁,性别不限。
1.2 纳入标准 所有参与的研究对象被划分为实验组与对照组,其中实验组依据Kellgren和Lawrence的影像评估标准选择出0至III级的患者,同时他们的WOMAC疼痛评定超过了40分,并且体质指数(BMI)不超过 35kg/m^2 ;另外,他们必须是在过去两周没有接受过针对膝骨关节炎系统的治疗,并充分了解该项研究的目的、自身病情及其所使用的试验药品的特性。需要排除的标准包括因其他炎症引发的膝部疼痛问题;非由于膝骨关节炎导致的其他膝部疼痛症状;孕妇或正在哺育期的女性;膝盖内翻角度大于10度或者外翻角度超过20度的异常情况,以及膝关节间隙已经完全消失者。对照组为临床疼痛评分<40分且无临床症状者,以上检查者在进行扫描前均被告知研究内容,并由家属签署知情同意书。

1.3 影像学检查方法 研究组及对照组共176膝均采用GE宝石能谱CT(GE Discovery CT 750 HD)设备。患者检查前去除所有体外金属物,采用仰卧足先进,双脚尖并拢,脚跟分开,双臂上举抱头,外归零定位,定位线于膝关节上5cm,以膝关节为中心进行扫描。协议GSI-27,两种不同的kV(80kV和140kV)瞬间切换,自动毫安,探测器宽度40mm,螺距0.984:1,层厚5mm,间隔5mm,转速为0.8s/r,70% ASiR。所得数据重建1.5mm层厚传至AW4.6工作站GSI浏览器进行物质分离工具进行分析。在膝关节矢状位上分别选取内、中、外层测量并记录水(water)基值、脂(fat)基值及传统CT值,取其平均值,单位以(mg/cm^3)表示,ROI选取避开骨质增生及纤维成分(图1A-1B)。

1.4 统计学方法 应用SPSS Statistics 26统计学软件进行分析,两组间的脂基值及水基值进行独立样本t检验,计量资料均采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示, $P<0.05$ 认为有统计

【第一作者】张 敏,女,主治医师,主要研究方向:影像诊断与技术。E-mail: 326473024@qq.com
【通讯作者】马春玲,女,主管技师,主要研究方向:骨肌影像学。E-mail: 279671444@qq.com

学差异。组内数据采用皮尔逊相关性(r)分析,以病例数作为样本量,水基值及脂基值作为变量,当 $r>0$ 时,两组数据呈正相关,当 $r<0$ 时,两组数据呈负相关。



图1A-图1B 女, 56岁, 双侧膝关节疼痛2年, 加重1周, 以左侧为主, 能谱CT扫描, 图1A于左侧膝关节正中矢状面选取髌下脂肪垫相对含量的水基值, 图1B为相对应的脂基值。

2 结 果

2.1 一般资料及两组CT量化值的比较 所有患者均为汉族, 研究组为98人(98膝), 对照组为78人(膝), 两组患者的年龄、身高、体重及BMI无统计学差异, $P>0.05$, 临床WOMAC评分具有统计学差异, $P<0.05$; 研究组与对照组的水基值及脂基值有统计学差异, $P<0.05$, 两组的传统CT值无统计学差异(表1)。

表1 两组患者的基本资料及CT量化值的比较

参数	OA组(98例)	对照组(78例)	t值	P值
年龄(岁)	58.62±8.13	56.56±7.99	1.27	0.20
身高(cm)	164.42±1.15	164.16±2.83	0.20	0.84
体重(Kg)	65.95±9.7	65.91±10.89	0.02	0.98
BMI(kg/m ²)	24.14±3.05	24.23±3.03	-0.14	0.88
WOMAC评分	77.18±25.34	39.26±16.31	8.89	0.00
水基值(mg/cm ³)	131.57±25.15	112.67±21.83	1.43	0.01
脂基值(mg/cm ³)	824.65±26.35	934.56±35.55	1.31	0.00
CT值(HU)	-81.31±13.49	-83.5±14.9	1.01	0.08

2.2 水基值与脂基值的相关分析 在2组数据中, 将所测水基值及脂基值采用皮尔逊相关性(r)分析, 以176病例数作为样本量, 水基值及脂基值作为变量, 结果显示2组变量呈明显的负相关, $P<0.05$, 见图2。

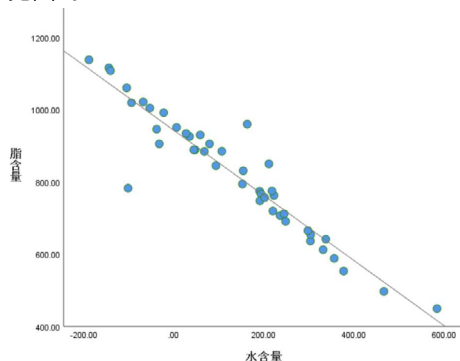


图2 两组患者的水基图及脂基图散点图, 呈明显的负相关性

3 讨 论

3.1 髌下脂肪垫的解剖及病理改变

IPFP位于股骨髁、胫骨平台、髌骨与髌腱之间三角形区域,它的主要组成成分是脂肪组织,主要作用为限制膝关节过度活动,润滑以减少摩擦、吸收振荡,是保证膝关节结构完整性的重要组织。但是在膝关节外科手术中,为了便于操作,而将部分或者全部IPFP切除,近年来有学者提出,IPFP不但具有丰富的血管、神经,而且具有内分泌因子,能在KOA改变的过程中起到重要作用。^[4]

作为一种高度活化的腺体, IPFP对于食物摄取控制及组织的胰岛素反应有着重要影响, 同时还涉及到钙质的新陈代谢过程。它能制造出各种生物活性分子如细胞激素、干扰素和其他促进生长的化合物来实现其生理效应——这些化学成分可以通过多种途径(包括外周神经系统)被释放入血流或局部环境以达到治疗目的。它们可以出现在膝盖周围的水分里并对肌腱起到保护的作用。

用。然而一旦遭受某些未知诱发条件的影响后,脂肪垫可能会引发非感染性的炎症状况而造成血液渗漏或者出现积聚现象:这种状况可能进一步引起脂肪垫与髌韧带之间的纤维组织丧失了弹性能力进而使得腿部弯曲活动受限甚至完全无法动弹的情况的发生^[5]。根据 Gallagher等^[6,1]人提出的观点IPFP的病变可能是引致疼痛的主要根源之一。

3.2 物质分离技术在宝石能谱CT中的应用

传统的CT使用的是80-140kVp的高频高压发生器产生的混合能量X光, 然后经过身体吸收后的计算得出了混合能量影像^[7]。然而, 在能谱CT扫描过程中, 可以在不到0.5ms的时间里实现80kVp与140kVp之间的瞬间转换, 这使我们能够生成两类不同物质的密度映射图, 这一过程被称作物质分离技术。根据研究结果, 所有物质的衰减特性都可以用另一种物质的衰减特性来描述, 这两种物质则被称为基物质对^[8]。无论哪种结构或物质都可由所对应比例的基物质对的组合来表示。基物质对并不是所测量组织真实含有的物质, 它只是两种物质X线衰减的差异, 当基物质对恰好为组织中含有主要成分时, 就可以反映组织内该物质的相对含量^[9]。对于膝关节骨性关节炎IPFP的病变情况来说, 最主要的表现就是水肿和脂肪两种物质的形成, 因此我们可以获得关于水分和脂肪的两个物质密度的投影数据, 这样就能够从侧面反映出IPFP的发展变化。

3.3 膝下脂肪垫在影像学中的应用

在本此纳入人群中, 女性患者发病率明显高于男性患者, 发病年龄也趋于年轻化, 这与以前的流行性病学结果一致^[10]。膝OA在影像学检查方法中, X线为最常用的检查方法, 该检查方法可以观察到关节间隙的受累情况, 骨赘的累计情况, 但因其有局限性, OA的早期改变无法预估及显示^[11]。磁共振检查可以发现膝OA早期的改变, 比如滑膜、软骨及IPFP的改变, 以往学者对IPFP仅为体积或者信号的改变^[12-14], 并没有对早期水肿程度量化的指标, 再者磁共振检查禁忌症较多, 耗时较长, 费用昂贵, 对于患有膝关节疼痛的患者来说CT检查会是首选^[15], 传统的CT检查仅能测量IPFP的CT值及体积的大小, 而宝石能谱CT可以具体量化IPFP的早期改变且简单易行, 对膝OA患者提供早预防和早干预的机会^[16-17]。虽然对关节炎患者的膝关节进行了详细的研究和评估, 但对于使用宝石能谱CT来检测这种疾病的效果仍需深入探讨; 此外, 由于技术上的局限性和条件制约因素的存在(如瞬间的高/低电源转换)使得无法利用该设备完成高图像质量、低剂量的功能设计将成为必要的问题需要解决。

参考文献

- [1] 陈璽, 刘宁, 周义钦, 等. 髌下脂肪垫在膝骨关节炎发病和进展中的作用[J]. 中华骨科杂志, 2018, 38 (15): 953-960.
- [2] Aikawa J, Uchida K, Takano S, et al. Expression of calcitonin gene-related peptide in the infrapatellar fat pad in knee osteoarthritis patients[J]. J Orthop Surg Res, 2017, 12(1): 65.
- [3] Eymard F, Pigenet A, Citadelle D, et al. Knee and hip intra-articular adipose tissues (IAATs) compared with autologous subcutaneous adipose tissue: a specific phenotype for a central player in osteoarthritis[J]. Ann Rheum Dis, 2017, 76 (6): 1142-1148.
- [4] 巴宏亮, 何金添, 吴松, 等. 髌下脂肪垫体积与膝骨性关节炎相关性研究[J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25 (9): 824-829.
- [5] 王琳, 张洁, 刘大远, 等. 膝关节炎患者髌下脂肪垫在中药治疗前后的CT变化研究[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2014, 12 (4): 351-354.
- [6] Gallagher J, Tierney P, Murray P, et al. The infrapatellar fat pad: anatomy and clinical correlations[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2005, 13 (4): 268-272.
- [7] 马春玲, 陈晓晓, 雷雨欣, 等. 能谱单能量结合低剂量对比剂与常规CT增强扫描在门静脉成像中的对比研究[J]. 放射学实践, 2016, (2): 179-182.
- [8] 陈克敏. 能谱CT的基本原理与临床应用[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 46-55.
- [9] 韩合理, 郝万江, 马千里, 等. 宝石能谱CT(GSI)诊断骨质疏松的应用价值初探. 医学影像学杂志[J]. 2018, 28 (2): 294-297.
- [10] Sowers M, Lachance L, Hochberg M, et al. Radiographically defined osteoarthritis of the hand and knee in young and middle-aged African American and Caucasian women[J]. Osteoarthritis Cartilage, 2000, 8 (2): 69-77.
- [11] Chuckpaiwong B, Charles HC, Kraus VB, et al. Age-associated increases in the size of the infrapatellar fat pad in knee osteoarthritis as measured by 3T MRI[J]. J Orthop Res, 2010, 28 (9): 1149-1154.
- [12] 赵双全, 梁久平, 宋建勋, 等. 膝关节炎患者关节软骨损伤的分布特征及MRI定量成像对比研究[J]. 影像诊断与介入放射学, 2020, 29 (3): 189-194.
- [13] 吴松, 巴宏亮, 何金添, 等. 髌下脂肪垫MRI信号与膝关节炎相关性的横断面研究[J]. 中南大学学报(医学版), 2017, 42 (5): 536-541.
- [14] 李微, 耿明强, 回瑾, 等. 单源能谱CT对膝关节急性骨损伤中骨髓水肿的诊断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (10): 159-161.
- [15] 顾玉彪, 常瑞龙, 雷宁波, 等. 髌下脂肪垫与膝骨性关节炎相关性研究进展[J]. 中国疼痛医学杂志, 2021, 27 (5): 376-379.
- [16] 陈俐君, 魏清顺, 杨晓萍. 能谱CT的临床应用进展[J]. 医疗卫生设备, 2017, 38 (11): 113-117.
- [17] 董玉香, 潘艳丽, 连晓琳. 老年膝关节炎患者自我效能水平的影响因素及护理干预[J]. 罕少疾病杂志, 2023, 30 (3): 101-103.

(收稿日期：2023-02-24)

(校对编辑：韩敏求)