# · 骨骼肌肉影像学 ·

# 股四头肌脂肪垫和股前脂肪垫形态和信号特征与膝关节骨性关节炎的相关性研究

李勉文,张晓东,张鑫涛,钟丽洁,陈焱君

【摘要】 目的:探讨股四头肌脂肪垫(QFP)和股前脂肪垫(PFP)的形态和信号特征与膝关节放射 学骨性关节炎(ROA)结构改变的关系。方法:回顾性分析纳入的 60 个临床资料齐全的膝关节 X 线和 MRI检查图像资料,于矢状面 PDW-SPAIR 序列图像上定量测量 QFP 最大前后径、最大头尾径、最大 斜径和最大面积及 PFP 的最大厚度。半定量评估 QFP 高信号、占位效应及 PFP 髌股间脂肪高信号。 采用独立样本 t 检验和 Spearman 相关系数分析 QFP 和 PFP 形态和信号改变与膝关节放射学骨性关 节炎 KLG 分级(Kellgren-Lawrence Grading)、Hoffa 滑膜炎、渗出性滑膜炎、软骨缺损及软骨下骨髓病 变的相关性。结果:QFP的头尾径、高信号、占位效应、PFP 髌股间高信号和 PFP 最大厚度在 ROA 组 和非 ROA 组中存在统计学差异(P<0.05)。QFP 高信号,PFP 髌股高信号,PFP 最大厚度与 K-L 分级 呈轻度到中度相关(r 分别为 0.260, 0.397, -0.423, P<0.05)。QFP 高信号, QFP 占位效应, PFP 最大 厚度与 Hoffa 滑膜炎存在轻度到中度相关(r 分别为 0.328, -0.285, -0.436, P < 0.05)。 PFP 最大厚 度与渗出性滑膜炎呈中度负相关(r=-0.557,P<0.05)。PFP 髌股间脂肪高信号与不同亚区软骨缺损 呈不同程度的正相关(r为 $0.286\sim0.406$ ,P<0.05),QFP占位效应及PFP最大厚度则与不同亚区软骨 缺损呈不同程度的负相关(r 为 $-0.291\sim0.500$ ,P<0.05)。QFP 前后径与胫骨内侧软骨缺损呈轻度负 相关(r 为一0.259, P < 0.05)。QFP 前后径、PFP 髌股高信号与胫骨内侧,胫骨外侧软骨下骨髓病变呈 轻度到中度相关(r 分别为-0.273 和-0.277,0.408 和 0.281,P<0.05),PFP 最大厚度与胫骨内侧软骨 下骨髓病变呈轻度相关(r = -0.305,P < 0.05)。结论:股四头肌脂肪垫和股前脂肪垫的形态和信号特 征与膝关节放射学骨性关节炎(KLG 分级)和 MR 滑膜炎改变、软骨缺损及软骨下骨髓病变均存在一定 的相关性,可能是膝关节骨性关节炎发展的潜在影响因素。

【关键词】 骨关节炎; 四头肌; 脂肪组织; 磁共振成像 【中图分类号】R684.3; R322.74; R329; R445.2 【文献标志码】A 【文章编号】1000-0313(2022)02-0235-07 DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.02.017 开放科学(资源)

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Morphology and signal characteristics of quadriceps femoral fat pad and prefemoral fat pad in relation to knee osteoarthritis LI Mian-wen, ZHANG Xiao-dong, ZHANG Xin-tao, et al. Department of Medical Imaging, the Third Affiliated Hospital of Southern Medical University (Academy of Orthopedics • Guangdong Province), Guangzhou, 510630, China

**[Abstract]** Objective: To describe the associations between the morphology and signal characteristics of quadriceps fat pad (QFP) and prefemorl fat pad (PFP) and the structural changes of radiographic osteoarthritis (ROA) of the knee. Methods: A total of 60 knee of X-ray and MRI images with complete clinical data were retrospectively analyzed. The maximum anteroposterior diameter, maximum craniocaudal diameter, maximum oblique diameter and maximum area of QFP, and the maximum thickness of PFP were measured on sagittal PDW-SPRIR sequence images. Hypersignal of QFP, mass effect and PFP patellofemoral hyperintensity alteration were evaluated semi-quantitatively. The independent sample t test and Spearman correlation coefficient were used to analyze the correlation between QFP and PFP morphology and signal changes and Kellgren-Lawrence grading (KLG), Hoffa

作者单位:510630 广州,南方医科大学第三附属医院(广东省骨科研究院)影像科

作者简介:李勉文(1982一),男,广东普宁人,主治医师,主要从事骨质疏松和骨性关节炎相关研究。

通讯作者:张晓东, E-mail: ddautumn@126.com

基金项目:国家自然青年基金(81801653)

synovitis, effusion synovitis, cartilage defect and subchondral bone marrow lesions of knee radiological osteoarthritis. Results: There were significant differences in craniocaudal diameter of QFP, high signal, mass effect, PFP patellofemoral hyperintensity alteration and PFP maximum thickness between ROA group and non-ROA group ( $P{<}0.05$ ).QFP high signal,PFP patellofemoral high signal,PFP maximum thickness was mildly to moderately correlated with KLG (R=0.260, 0.397, -0.423, P < 0.05). High QFP signal, QFP placeholder effect, and the maximum thickness of PFP were mildly to moderately correlated with Hoffa's synovitis (R=0.328, -0.285, -0.436, P < 0.05). There was a moderate negative correlation between PFP maximum thickness and exudative synovitis (r = -0.557, P < 0.05). The PFP interpatellofemoral fat hypersignal was positively correlated with the cartilage defect in different subregions (R  $0.286 \sim 0.406$ , P < 0.05), while the QFP mass effect and the maximum thickness of PFP were negatively correlated with the cartilage defect in different subregions ( $R = 0.291 \approx 0.500$ ,  $P{<}0.05$ ). There was a slight negative correlation between the anteroposterior diameter of QFP and medial tibial cartilage defect (r = -0.259, P < 0.05).QFP anteroposterior diameter and PFP patellofemoral high signal were mildly to moderately correlated with medial and lateral tibial subchondral bone marrow lesions (R = -0.273 and -0.277, 0.408 and 0.281, P < 0.05), and the maximum thickness of PFP was mildly correlated with medial subchondral bone marrow lesions (R = -0.305, P <0.05). Conclusion: The morphology and signal characteristics of quadriceps fat pad and anterior femoral fat pad are correlated with radiological osteoarthritis of the knee (KLG) and MR synovitis, cartilage defect and bone marrow lesions, which may be the potential influencing factors for the development of osteoarthritis of the knee.

[Key words] Osteoarthritis; Quadriceps muscle; Adipose tissue; Magnetic resonance imaging

膝关节骨性关节炎(knee osteoarthritis,KOA) 是一种常见的、缓慢进展的退行性疾病,是老年人慢性 残疾的常见原因之一,全球约有2.5亿人患有膝关节 骨性关节炎(占总人口的 3.6%)<sup>[1,2]</sup>。骨性关节炎涉 及整个关节器官包括关节软骨、软骨下骨、半月板、韧 带、关节周围肌肉、关节囊和滑膜,膝关节骨性关节炎 的发病机制尚不完全清楚,年龄增长、女性、肥胖是膝 关节易患骨性关节炎的系统性因素,可能的原因还包 括营养不良;另外,局部机械因素如错位、肌肉无力或 关节结构完整性的改变(如半月板损伤)也会促进疾病 进展[3-6]。近年来研究发现膝关节骨性关节炎患者的 脂肪垫具有内分泌功能,可分泌细胞因子、白细胞介 素、生长因子和脂肪因子,通过上调基质金属蛋白酶 (MMPs)的产生,刺激促炎细胞因子的表达和抑制软 骨基质蛋白的产生而影响膝关节骨性关节炎的产 生[7]。

膝关节前间隙有 3 个不同的脂肪垫,分别是髌下 脂肪垫(infrapatellar fat pad,IPFP),股四头肌脂肪垫 (quadriceps fat pad,QFP)及股骨前脂肪垫(prefemorl fat pad,PFP),这些位于关节囊内、滑膜外的脂肪垫被 认为是一种保护垫,可以适应关节运动过程中不规则 关节间隙的体积和形状的变化。既往已有大量关于髌 下脂肪垫的研究,已证实髌下脂肪垫与膝关节骨性关 节炎的发生、发展有重要关系<sup>[8,9]</sup>。但国内外对股四 头肌脂肪垫、股骨前脂肪垫相关研究则很少,而且国外 仅有的几项关于 QFP、PFP 与膝关节骨性关节炎的研究,其结果并不一致<sup>[10-12]</sup>,它们与膝关节骨性关节炎的 关系仍有待进一步考证。本研究旨在通过分析 QFP 及 PFP 的形态和信号特征与膝关节放射学骨性关节 炎(radiographic osteoarthritis,ROA)的 KLG 分级及 MR 结构变化的关系,探讨 QFP 及 PFP 在膝关节骨 性关节炎发生发展中的价值。

#### 材料与方法

#### 1. 研究对象

研究方案经医院伦理评审委员会批准,前瞻性招募志愿者,行磁共振检查前均签署知情同意书。纳入标准:年龄40岁以上,自2020年3-9月行膝关节X 线及MR检查(两项检查间隔1d内),无症状健康志 愿者或慢性膝关节疼痛者(符合临床骨性关节炎诊断标准<sup>[13]</sup>患者)。排除标准:有膝关节外伤史、强直性脊 柱炎、类风湿性关节炎等炎症性关节病,肿瘤或骨关节 感染,代谢性骨病,先天性骨关节病,积累性劳损(应力 性骨折)等,影像资料不全或图像质量不佳者。最终共 纳入40例研究对象60个膝关节,其中无症状健康志 愿者16例,临床诊断膝关节骨性关节炎志愿者24例。

## 2. 成像方法

X线摄片:拍摄志愿者站立位双膝前后位X线

片,据 Kellgren-Lawrence 分级标准评估每个膝关节 KLG 分级<sup>[14]</sup>。据膝关节放射学骨性关节炎(radiographic osteoarthritis,ROA)的定义<sup>[15]</sup>将研究对象分 为非 ROA 组(KLG 0 级和 1 级)和 ROA 组(KLG 2 级、3 级、4 级)。

MR 成像:膝关节 MR 成像用 3.0T MR 扫描仪 (Philips Achieva, the Netherlands), 16 通道膝关节专 用线圈,扫描序列参数:①矢状面 PDW-SPAIR:TR 3693 ms, TE 30 ms, FA 90°, FOV 180 mm × 180 mm,矩阵 360 × 270,层厚 3.5 mm,层间距 0.35 mm,层数 24 层,采集次数 1,扫描时间 155 s;② 冠状面 PDW-SPAIR:TR 4565 ms, TE 30 ms, FA 90°, FOV 180 mm × 160 mm,矩阵 360 × 249,层厚 3.5 mm,层间距 0.35 mm,层数 24 层,采集次数 2,扫 描时间 146 s;③矢状面 T<sub>2</sub>WI TSE:TR 3204 ms, TE 100 ms, FOV 180 mm×180 mm,矩阵 328×251,层 厚 3.5 mm,层间距 0.35 mm,采集次数 2,采集时间 82 s;④冠状面 T<sub>1</sub>WI TSE:TR 649 ms, TE 20 ms, FA 90°, FOV 180 mm×160 mm,层厚 3.5 mm,层间距 1 mm,层数 24 层,采集次数 1,扫描时间 92 s。

3. 图像分析与观察指标

膝关节 KLG 分级:由两名从事肌骨影像诊断 5 年经验以上的主治医师(观察者 1,14 年工作经验,观 察者 2,10 年工作经验)进行独立图像观察,仍有分歧 时讨论协商出一致意见。在膝关节 X 线片据凯尔格 伦一劳伦斯 Kellgren-Lawrence 分级标准(KLG 分级) 对膝关节进行分级。0 级:无改变(正常);1 级:轻微骨 赘;2 级:较明显骨赘,但未累及关节间隙;3 级:明显骨 赘,关节间隙中度狭窄;4 级:关节间隙重度狭窄,软骨 下骨硬化<sup>[13,14]</sup>。 MR 定性评估:评估指标包括股四头肌脂肪垫 (QFP)高信号、占位效应、PFP 髌股间脂肪高信号<sup>[11]</sup>。 ①股四头肌脂肪垫高信号定义为在矢状面 PDW-SPAIR 序列上相比压脂序列皮下脂肪低信号,股四头 肌脂肪垫呈高信号改变(图 1a)。②股四头肌脂肪垫占 位效应定义为至少 2 个连续切面上可观察到股四头肌 脂肪垫向后凸起(图 1b)。③PFP 髌股间脂肪高信号 定义为矢状面 PDW-SPAIR 序列上相比压脂序列皮 下脂肪低信号,位于髌骨和股骨远端之间的脂肪呈高 信号改变(图 1c)。

MR 半定量评估:包括膝关节 5 个分区上软骨缺损分级,软骨下骨髓病变分级,Hoffa 滑膜炎分级,渗出性滑膜炎分级<sup>[8]</sup>。

膝关节软骨缺损分级:矢状面 PDW-SPAIR 序列 上对胫骨内侧、胫骨外侧、股骨内侧、股骨外侧和髌骨 5个亚分区的软骨缺损分级。0级,正常软骨;1级,局 部起泡和低信号改变,表面和底部完整;2级,表面或 底部不规则,厚度减薄,厚度丢失<50%;3级,深度溃 疡,厚度丢失>50%;4级,全层软骨丢失,软骨下骨外 露。

软骨下骨髓病变分级:软骨下骨髓病变(bone marrow lesions,BMLs)被定义为矢状面 PDW-SPAIR 序列上皮质下骨附近信号增高的离散区域,并使用改良版 WORMS 评分对胫骨内侧、胫骨外侧、股骨内侧、股骨外侧、髌骨5个亚分区进行评分。0级,无 BMLs; 1级,BMLs 面积<25%; 2级,BMLs 面积在25%至50%之间; 3级,BMLs 面积>50%。

Hoffa 滑膜炎分级:定义为 IPFP 内信号增强的离 散区域。0级,无信号强度改变;1级,<10%的区域高 信号改变;2级,10~20%的区域;3级,>20%的区域。



图 1 a) QFP 高信号(箭); b) 占位效应(箭); c) PFP 髌股间脂肪高信号(箭)。

渗出性滑膜炎:关节积液的产生与渗出性滑膜炎 有直接的关系,渗出性滑膜炎定义为在 T<sub>2</sub>WI 上关节 内液体高信号的宽度,评分从 1 到 3 级。生理性(髌骨 上隐窝膨胀<5 mm)、少量关节液(膨胀 5 mm~1 cm) 和大量关节液(>1 cm 膨胀)<sup>[8]</sup>。

MR 定量测量:将扫描数据传至医院 PACS 工作 站(南方 PACS workstation), 洗取矢状面 PDW-SPAIR 序列上 QFP 最大层面,分别测量股四头肌脂 肪垫的前后径、头尾径、斜径和面积,测量股前脂肪垫 的最大厚度[10]。用直线工具测量长度,以毫米为单位 记录,精确至小数点后2位数。用自由笔测量感兴趣 区面积,以平方毫米为单位记录,精确至小数点后2 位数。①QFP前后径:定义为股四头肌衬垫最后端与 远端股四头肌腱背侧轮廓沿与患者轴面平行的直线之 间的距离(图 2a);②QFP 头尾径:定位为股四头肌脂 肪垫的最上点和最下点沿垂直于患者轴面的直线的距 离(图 2a);③QFP 最大斜径:定义为沿平行于髌骨上 缘倾斜方向的股四头肌脂肪垫下缘最后点和最前点之 间的距离(图 2a);④QFP 最大面积:定义为沿脂肪垫 边缘用自由笔所圈出的面积(图 2b);⑤PFP 最大厚 度:定位为股前脂肪垫前缘最高点到股骨前缘皮质的 垂直距离(图 2c)。

数据一致性评价:分析定量测量指标(QFP前后径,QFP头尾径,QFP斜径,QFP面积,PFP最大厚度)组间测量一致性;并分析定性评估指标(QFP高信号,QFP肿块效应,PFP髌股间高信号)的观察者组间(观察者1和观察者2)和观察者组内(观察者1不同时间,时间间隔2周以上)的一致性。

4. 统计学方法

统计学分析采用 SPSS23.0 软件。连续变量的数 据用  $\overline{x}\pm s$  表示,分类变量的数据用频率和百分比表 示。观察者间及观察者内一致性评价,连续变量使用 组内相关系数(ICC)检验,分类变量使用 Kappa 系数 检验。对研究对象的年龄、身高、体重、BMI、QFP 及 PFP 相关测量参数进行正态性分布检验,符合正态分 布的连续变量组间比较采用独立样本 t 检验,不符合 正态分布的连续变量组间采用非参数检验(Mann-Whitney U 检验)。分类变量组间比较采用  $\chi^2$  检验。 QFP 及 PFP 各测量参数分别与 KLG 分级、Hoffa 滑 膜炎、渗出性滑膜炎、关节软骨缺损及软骨下骨髓病变 进行 Spearman 相关系数分析;相关性系数 r 值 0.2~ 0.4 为轻度相关,0.4~0.6 为中度相关,0.6~0.8 为强 相关,>0.8 为极强相关。P < 0.05 为差异有统计学意 义。

#### 结 果

### 1. 一般情况

共纳入 60 个膝关节,据 KLG 分级分为非 ROA 组(KLG 0 级和 1 级), ROA 组(KLG 2 级、3 级、4 级),其中非 ROA 组 30 个,ROA 组 30 个,研究对象的年龄,性别,身高,体重,BMI,左右侧别等基本信息 见表 1。

表1 研究对象基本资料

组别	非 OA	OA	$Z/\chi^2$	P
例数	30	30		
年龄(岁)	$53\pm 6$	$60 \pm 8$	-3.588	< 0.05
性别(男/女)	9/21	8/22	0.082	0.774
身高(cm)	$163.25 \pm 7.92$	$160.17 \pm 6.13$	-1.333	0.183
体重(kg)	$67.55 \pm 11.23$	$66.67 \pm 6.41$	-0.148	0.882
$BMI(kg/m^2)$	$25.21 \pm 2.64$	$25.99 \pm 1.78$	-0.754	0.451
侧别(右/左)	19/11	19/11	0.000	1.000



图 2 a) QFP 前后径 (anteroposterior, AP, 黄色)、头尾径 (craniocaudal, CC, 绿色)、斜径(oblique, OBL, 红色); b) QFP 最大面积; c) PFP 最大厚度。

QFP、PFP 测量指标在观察者组间(观察者1和 观察者2)和观察者组内(观察者1不同时间)的重复 性良好。

组间 ICC 值分别为:QFP 前后径 0.820(95% CI: 0.553~0.928),QFP 头尾径 0.909(95% CI:0.772~ 0.964),QFP 斜径 0.946(95% CI:0.868~0.978),QFP 面积 0.949(95% CI:0.770~0.984),PFP 最大厚度 0.845(95% CI:0.588~0.940);QFP 高信号的 kappa 值 0.659,QFP 肿块效应的 kappa 值 0.733,PFP 髌股 间高信号的 kappa 值 0.828。

组内 ICC 值分别为:QFP 前后径 0.898(95%CI: 0.721~0.961),QFP 头尾径 0.907(95%CI:0.781~ 0.962),QFP 斜径 0.797(95%CI:0.558~0.914),QFP 面积 0.959(95%CI:0.901~0.984),PFP 最大厚度 0.973(95%CI:0.934~0.989);QFP 高信号的 kappa 值 0.659,QFP 肿块效应的 kappa 值 0.692,PFP 髌股 间高信号的 kappa 值 1.000。

2. ROA 组和非 ROA 组的 QFP、PFP 各参数差异 性比较(表 2)

QFP的头尾径、QFP高信号、QFP占位效应 、PFP 髌股间高信号和 PFP 最大厚度在 ROA 组和 非 ROA 组间具有显著统计学差异(P<0.05),QFP 的前后径、斜径、QFP 最大面积在 ROA 组和非 ROA 组中无统计学差异(P>0.05)。

表 2 QFP、PFP 各参数 ROA 组和非 ROA 组组间差异性比较

组别	非 OA	OA	$Z/\chi^2$	Р
QFP 前后径	$8.32 \pm 1.67$	$7.78 \pm 1.24$	-1.386	0.166
QFP 头尾径	$13.73 \pm 2.18$	$15.18 \pm 2.38$	-2.146	0.032
QFP 斜径	$10.15 \pm 2.33$	$9.68 \pm 1.34$	-0.414	0.679
QFP 面积	$54.22 \pm 16.75$	$55.65 \pm 16.48$	-0.059	0.953
QFP 高信号	17/13	26/4	6.648	0.010
QFP 肿块效应	9/21	2/28	5.455	0.020
PFP 髌股高信号	6/24	15/15	5.934	0.015
PFP 最大厚度	$13.10 \pm 2.24$	$10.94 \pm 2.27$	-3.349	0.001

3. QFP、PFP 各参数与放射学骨性关节炎(ROA) KLG 分级的相关性(表 3)

QFP 高信号、PFP 髌股间高信号与 KLG 分级呈 轻度正相关(r 分别为 0.260,0.397, P < 0.05), PFP 最

大厚度与 KLG 分级呈中度负相关(r=-0.423,P< 0.05)。QFP 的前后径、头尾径、斜径、最大面积、占位 效应与 KLG 分级无显著性相关(P>0.05)。

4. QFP、PFP 各参数与 Hoffa 滑膜炎的相关性 (表 3)

QFP 高信号与 Hoffa 滑膜炎呈轻度正相关(r = 0.328,P < 0.05),QFP 占位效应及 PFP 最大厚度与 Hoffa 滑膜炎则存在轻度和中度负相关(r分别为 -0.285,-0.436,P < 0.05)。QFP 的头尾径、前后径、 斜径、最大面积、PFP 髌股间高信号与 Hoffa 滑膜炎 无显著相关性(P > 0.05)。

5. QFP、PFP 各参数与渗出性滑膜炎的相关性 (表 3)

PFP 最大厚度与渗出性滑膜炎(关节腔积液)呈 中度负相关(r=-0.557, P<0.05)。QFP 的头尾径、 前后径、斜径、最大面积、QFP 高信号、QFP 占位效应 及 PFP 髌股间高信号与渗出性滑膜炎(关节腔积液) 无显著性相关(P>0.05)。

表 3 各参数与 KLG 分级、Hoffa 滑膜炎和渗出性滑膜炎的相关性

测量参数	KLG	分级	Hoffa i	骨膜炎	渗出性滑膜炎		
	r	P	r	P	r	P	
QFP前后径	-0.254	0.050	-0.219	0.092	-0.134	0.308	
QFP头尾径	0.187	0.152	0.234	0.072	0.073	0.581	
QFP 斜径	-0.110	0.402	-0.125	0.340	-0.084	0.522	
QFP面积	-0.102	0.437	-0.030	0.820	-0.056	0.669	
QFP 高信号	0.260	0.044	0.328	0.011	0.235	0.070	
QFP 肿块效应	-0.228	0.080	-0.285	0.027	-0.242	0.063	
PFP 髌股高信号	0.397	0.002	0.224	0.085	0.118	0.371	
PFP 最大厚度	-0.423	0.001	-0.436	0.001	-0.557	0.000	

6. QFP、PFP 各参数与不同部位软骨缺损的相关 性(表 4)

PFP 髌股间脂肪高信号与不同亚区软骨缺损呈 不同程度的正相关(r 为 0.286~0.406,P<0.05), QFP 占位效应及 PFP 最大厚度则与不同亚区软骨缺 损呈不同程度的负相关(r 为 - 0.291~0.500,P<0.05)。QFP 前后径与胫骨内、外侧软骨缺损,PFP 最 大厚度与胫骨内侧软骨缺损呈轻度负相关(r 为 - 0.273~0.305,P<0.05),PFP 髌股间高信号与胫骨 内外侧软骨缺损呈轻度和中度正相关(r 分别为 0.281,0.408,P<0.05)。

表 4 QFP、PAP 各参数与不同部位软骨缺损的相关性

测量参数	股骨内侧		胫骨内侧		股骨外侧		胫骨外侧		髌骨	
	r	Р	r	Р	r	P	r	P	r	Р
QFP 前后径	-0.211	0.106	-0.259	0.046	-0.192	0.141	-0.214	0.101	0.012	0.926
QFP 头尾径	0.210	0.107	0.204	0.118	0.107	0.416	0.138	0.293	0.172	0.188
QFP 斜径	-0.085	0.521	-0.114	0.385	-0.085	0.517	-0.071	0.589	0.019	0.887
QFP 面积	-0.060	0.649	-0.101	0.444	-0.071	0.589	-0.102	0.438	0.136	0.300
QFP 高信号	0.227	0.081	0.237	0.068	0.086	0.514	0.270	0.037	0.174	0.184
QFP 肿块效应	-0.365	0.004	-0.291	0.024	-0.294	0.023	-0.292	0.024	-0.168	0.200
PFP 髌股高信号	0.317	0.014	0.424	0.001	0.363	0.004	0.406	0.001	0.286	0.027
PFP 最大厚度	-0.395	0.002	-0.445	0.000	-0.500	0.000	-0.463	0.000	-0.348	0.006

表 5 QFP、PAP 各参数与不同部位软骨下骨髓病变的相关性

测量参数	股骨内侧		胫骨内侧		股骨外侧		胫骨外侧		髌骨	
	r	Р	r	P	r	P	r	P	r	Р
QFP 前后径	-0.077	0.559	-0.273	0.035	0.132	0.314	-0.277	0.032	0.079	0.551
QFP头尾径	0.170	0.194	0.012	0.925	0.092	0.483	-0.021	0.876	0.013	0.922
QFP 斜径	0.018	0.892	-0.190	0.145	0.191	0.145	-0.164	0.211	0.104	0.428
QFP面积	0.040	0.764	-0.151	0.250	0.244	0.061	-0.153	0.243	0.032	0.808
QFP 高信号	0.234	0.071	0.168	0.200	0.003	0.981	0.115	0.381	-0.020	0.880
QFP 肿块效应	-0.076	0.565	-0.130	0.323	-0.009	0.944	-0.172	0.189	-0.197	0.132
PFP 髌股高信号	0.149	0.256	0.408	0.001	0.018	0.891	0.281	0.030	0.095	0.469
PFP 最大厚度	-0.137	0.297	-0.305	0.018	-0.072	0.584	-0.218	0.095	-0.220	0.092

7. QFP、PFP 各参数与不同部位软骨下骨髓病变的相关性(表 5)

QFP前后径与胫骨内侧及胫骨外侧软骨下骨髓 病变呈轻度负相关(r分别为-0.273,-0.277,P < 0.05),PFP 髌股间高信号与胫骨内侧及胫骨外侧软骨 下骨髓病变呈中度和轻度正相关(r分别为 0.408, 0.281,P < 0.05)。PFP 最大厚度与胫骨内侧软骨下骨 髓病变呈轻度负相关(r = -0.305,P < 0.05)。

#### 讨论

膝关节骨关节炎(knee osteoarthritis,KOA)的发 病机制相当复杂,生物力学和生化因素都被认为参与 其中<sup>[16]</sup>,目前普遍认为软骨、骨、肌肉和滑膜等组织在 OA 的发病机制中起着关键作用。髌下脂肪垫 (IPFP)、股前脂肪垫(PFP)和股四头肌脂肪垫(QFP) 被认为是一种保护垫,可以适应关节运动过程中不规 则关节间隙的体积和形状的变化<sup>[8,13]</sup>,另一方面,膝 关节脂肪垫如 IPFP 可分泌细胞因子如 IL-1b、TNFα、IL-6 和 IL-8 以及脂肪因子如瘦素和抵抗素,可能在 KOA 中起有害作用<sup>[17-20]</sup>。

这项研究我们比较了膝关节 ROA 和非 ROA 人 群中 QFP 和 PFP 形态和信号特征的变化。我们发现 QFP 前后径、头尾径、斜径和面积等长度及面积定量 指标,在 ROA 与非 ROA 人群中无显著性差异(*P*> 0.05)。同时对上述指标与放射学骨性关节炎 KLG 分 级、Hoffa 滑膜炎、渗出性滑膜炎、膝关节不同部位软 骨缺损及软骨下骨髓病变做了相关性分析,结果除了 QFP 前后径与胫骨内侧软骨缺损,胫骨内侧及外侧软 骨下骨髓病变呈轻度负相关(*r* 值分别为-0.259、 -0.273、-0.277、*P*<0.05)之外,其余均无显著相关 性,推测可能原因首先 QFP 是膝关节前间隙中体积最 小的一个,比 IPFP 小约 20 倍,可能微观上的变化不 会引起任何宏观上的改变<sup>[21]</sup>。其次,由于 QFP 所处 的解剖位置,其承受的机械载荷可能最小,因而其宏观 改变可能不明显,这个假设尚有待进一步证实。

此外,本研究发现与QFP上述长度及面积定量指标相比,PFP的最大厚度在ROA与非ROA人群中不

仅具有显著性差异(P < 0.05),而且与放射学骨性关 节炎 KLG 分级、Hoffa 滑膜炎、渗出性滑膜炎均呈中 度以上的负相关(r 为 $-0.423 \sim -0.557$ ,P < 0.05),具 有较好的一致性;与膝关节大多数部位的软骨缺损、软 骨下骨髓病变也呈现轻度或中度的负相关(r 为 $-0.305 \sim -0.500$ ,P < 0.05),这提示在长度与面积这 些 2D 定量指标方面,PFP 可能比 QFP 相关指标更具 有临床意义。在以往的研究中 Li 等<sup>[11, 22]</sup> 通过测量 PFP 的最大面积发现股骨前高信号改变和 PFP 最大 轴向面积与初始 ROA 加重相关。本研究则是测量的 PFP 最大厚度与测量 PFP 面积相比具有更加简便、快 速、重复好的特点,PFP 最大厚度可能是 ROA 一个比 较好的影像生物标志物。

另一方面,QFP高信号、QFP占位效应及 PFP 髌 股间高信号在 ROA 组和非 ROA 组中存在统计学差 异,提示在 ROA 人群中其 QFP,PFP 更容易出现炎症 水肿和肿大,这可能与反复微创伤或过度使用导致脂 肪垫炎症有关<sup>[23,24]</sup>。Clockaerts等<sup>[25]</sup>通过对 IPFP 的 研究认为髌下脂肪垫能够调节膝关节 OA 炎症反应, 我们推测类似于 IPFP,QFP 和 PFP 也可能有同样的 炎症反应机制。

Wang 等<sup>[7]</sup>研究中发现 QFP 的占位效应和/或信 号强度改变与 ROA(KLG 分级)和 BMLS 密切相关; 本组横断面研究发现 QFP 最大前后径、最大头尾径、 最大斜径和最大面积、QFP 高信号、占位效应与膝关 节 KLG 分级、Hoffa 滑膜炎、渗出性滑膜炎、软骨缺 损、软骨下骨髓病变仅存在较弱的相关性或没有相关 性,与 Wang 等<sup>[7]</sup>的纵向研究中结果不一致,提示 QFP 的纵向变化相对于横向比较可能更能反映膝关 节骨性关节炎发生发展。

Schwaiger 等<sup>[12]</sup>在一项纵向研究中发现在 48 个 月的时间里 QFP 高信号改变,而不是占位效应,与髌 股关节退变显著相关。而 Tsavalas 等<sup>[10]</sup>则研究发现 QFP 肿块效应与髌股关节骨性关节炎之间无明显关 联。本研究 QFP 多个参数与 KLG 分级总体相关性 较弱,也可能与 KLG 评价方法本身的特性有关,因其 评估的是胫股关节的形态学改变,并不能直接反映髌 股关节间骨性关节炎的严重程度。而且,膝关节放射 学骨性关节炎 ROA(KLG 分级)作为骨关节炎的定性 评估标准,并不能反映早期 OA 的形态和组织学改变, 这提示在后期的研究需要选取更加敏感的评价方 法<sup>[26]</sup>。

本研究的局限性:一、QFP 高信号、占位效应及 PFP 髌股间高信号发生率不高,Roth 等<sup>[9]</sup>的研究发现 MRI 上股四头肌脂肪垫肥大的患病率为 12%。Tsavalas 等<sup>[10]</sup>的研究发现股四头肌脂肪垫肿块效应患病 率为 13.8%。因此,本研究的入组病例数较少,一定程 度上可能影响统计结果的信度,而且尚未对早期 ROA 进行进一步精细分组研究。二、本研究为横断面研究, 缺乏纵向随访数据,无法观察疾病的进展情况。三、统 计分析中我们没有对年龄进行校正,尽管我们已经对 不同组别做了最大限度的匹配,但这仍然可能会影响 结果。

总之,股四头肌脂肪垫和股前脂肪垫的形态和信 号特征与膝关节放射学骨性关节炎 ROA(KLG 分级) 和 MR 滑膜炎改变、关节软骨缺损及软骨下骨髓病变 均存在一定的相关性,可能是膝关节骨性关节炎发展 的潜在影响因素,尚需要更多的深入研究。

#### 参考文献:

- [1] Vina ER, Kwoh CK. Epidemiology of osteoarthritis: literature update[J].Curr Opin Rheumatol, 2018, 30(2): 160-167.
- [2] Vos T.Flaxman AD.Naghavi M.et al.Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010
  [J].Lancet,2012,380(9859):2163-2196.
- [3] Hunter DJ, Bierma-Zeinstra S. Osteoarthritis [J]. Lancet, 2019, 393 (10182):1745-1759.
- [4] Hayashi D, Roemer FW, Guermazi A. Imaging of osteoarthritis-recent research developments and future perspective[J].Br J Radiol, 2018,91(1085):20170349.
- [5] Belluzzi E, Stocco E, Pozzuoli A, et al. Contribution of infrapatellar fat pad and synovial membrane to knee osteoarthritis pain[J]. Biomed Res Int, 2019, Mar 31, 6390182
- [6] Barnett R.Osteoarthritis[J].Lancet,2018,391(10134):1985.
- [7] Wang J, Han W, Wang X, et al. Mass effect and signal intensity alteration in the suprapatellar fat pad; associations with knee symptoms and structure [J]. Osteoarthritis Cartilage, 2014, 22 (10); 1619-1626.
- [8] Zhu Z, Ding C, Han W, et al. MRI-detected osteophytes of the knee:natural history and structural correlates of change[J]. Arthritis Res Ther, 2018, 20(1):237.
- [9] Roth C, Jacobson J, Jamadar D, et al. Quadriceps fat pad signal intensity and enlargement on MRI: prevalence and associated findings[J]. Am J Roentgenol, 2004, 182(6): 1383-1387.
- [10] Tsavalas N, Karantanas AH. Suprapatellar fat-pad mass effect:

MRI findings and correlation with anterior knee pain[J]. Am J Roentgenol,2013,200(3):W291-W296.

- [11] Li J.Zhu Z.Li Y.et al.Qualitative and quantitative measures of prefemoral and quadriceps fat pads are associated with incident radiographic osteoarthritis: data from the Osteoarthritis Initiative[J].Osteoarthritis Cartilage,2020,28(4):453-461.
- [12] Schwaiger BJ, Mbapte WJ, Gersing AS, et al. Hyperintense signal alteration in the suprapatellar fat pad on MRI is associated with degeneration of the patellofemoral joint over 48 months: data from the Osteoarthritis Initiative[J]. Skeletal Radiol, 2018, 47 (3):329-339.
- [13] 中华医学会骨科学分会关节外科学组.骨关节炎诊疗指南(2018 年版)[J].中华骨科杂志,2018,38(12):705-715.
- [14] Kellgren J H, Lawrence JS. Radiological assessment of osteo-arthrosis[J]. Ann Rheum Dis, 1957, 16(4): 494-502.
- [15] Kumar D, Karampinos DC, Macleod TD, et al. Quadriceps intramuscular fat fraction rather than muscle size is associated with knee osteoarthritis [J]. Osteoarthritis Cartilage, 2014, 22 (2): 226-234.
- [16] 石磊,于静红,张晰尧.膝关节骨性关节炎模型软骨 T<sub>2</sub>-mapping 表现与蛋白多糖含量的相关分析[J].放射学实践,2019,34 (12):1375-1379.
- [17] Ioan-Facsinay A, Kloppenburg M. Osteoarthritis: inflammation and fibrosis in adipose tissue of osteoarthritic joints[J].Nat Rev Rheumatol, 2017, 13(6): 325-326.
- [18] Chang J, Liao Z, Lu M, et al. Systemic and local adipose tissue in knee osteoarthritis [J]. Osteoarthritis Cartilage, 2018, 26 (7): 864-871.
- [19] Macchi V, Stocco E, Stecco C, et al. The infrapatellar fat pad and the synovial membrane: an anatomo-functional unit[J]. J Anat, 2018,233(2):146-154.
- [20] 李勇,江建明,杨德鸿,等.骨关节炎关节滑液中白细胞介素 18及 其他相关因子含量测定[J].南方医科大学学报,2009,29(4): 729-731.
- [21] Fontanella CG, Belluzzi E, Rossato M, et al. Quantitative MRI analysis of infrapatellar and suprapatellar fat pads in normal controls, moderate and end-stage osteoarthritis[J]. Ann Anat, 2019, 221(5):108-114.
- [22] 李嘉.股骨前和股四头肌脂肪垫与膝骨关节炎结构改变及症状的 相关性研究[D].南方医科大学,2020.
- [23] Shabshin N.Schweitzer ME.Morrison WB.Quadriceps fat pad edema:significance on magnetic resonance images of the knee[J]. Skeletal Radiol,2006,35(5):269-274.
- [24] 崔运能,李绍林,张鑫涛,等.男性职业足球运动员膝关节损伤的 MRI分析[J].临床放射学杂志,2015,34(1):96-101.
- [25] Clockaerts S, Bastiaansen-Jenniskens YM, Runhaar J, et al. The infrapatellar fat pad should be considered as an active osteoarthritic joint tissue: a narrative review[J]. Osteoarthritis Cartilage,2010,18(7):876-882.
- [26] 陈其春,王龙胜,管松,等.膝关节骨性关节炎 MR 分级可重复性 研究[J].放射学实践,2020,35(6):756-760.

(收稿日期:2021-06-12 修回日期:2021-09-19)