·临床研究·

# 基于mDixon-Quant的代谢综合征多器官脂肪沉积模式研究

王阔[a] 魏景洋[a] 孙涛[b] 杜雅茹[a] 李佳琦[a] 王佳东[a*]

（牡丹江医科大学附属第二医院 a.影像科；b.党委办公室，牡丹江 157000）

**【摘要】 目的** 基于mDixon–Quant量化技术分析代谢综合征（metabolic syndrome, MetS）患者与健康人群胰腺、肾及椎体的脂肪沉积差异，探讨MetS患者在不同类型内脏脂肪沉积模式下的代谢参数。**方法** 采用前瞻性研究，选取2023年6月至2024年9月牡丹江医科大学附属第二医院内分泌科收治的MetS患者58例纳入MetS组，同期招募健康人群52例纳入对照组。mDixon–Quant检查获取两组研究对象胰腺、肾（皮质和髓质）及椎体的脂肪分数（fat fraction, FF）值和T2*值，收集两组研究对象腰围、身体质量指数（body mass index, BMI）、甘油三酯、总胆固醇及高密度脂蛋白等临床指标。基于K–means聚类算法，根据脂肪沉积模式将MetS组患者分为不同亚组，比较不同亚组各代谢组分的差异。**结果** MetS组患者的腰围、BMI、甘油三酯以及胰腺、肾皮质和椎体的FF值均高于对照组，高密度脂蛋白以及胰腺、肾皮质及肾髓质的T2*值均低于对照组，以上差异均有统计学意义（$P<0.05$）。根据聚类分析结果，MetS组患者脂肪沉积模式分为多器官脂肪沉积型、胰腺–骨骼脂肪沉积主导型及肾脂肪沉积主导型，不同亚组比较结果显示，多器官脂肪沉积型亚组患者腰围、甘油三酯及总胆固醇水平均高于其他亚组，差异有统计学意义（$P<0.05$）。**结论** MetS患者胰腺、肾及椎体FF值显著高于健康人群，其中多器官脂肪沉积型MetS患者甘油三酯和总胆固醇水平均明显高于其他脂肪沉积模式，这种“多器官协同病变”的视角可为MetS精准分型和风险分层提供影像学依据。

**【关键词】** 代谢综合征；脂肪分数；核磁共振；聚类分析

**【中图分类号】** TP18 **【文献标识码】** A **【DOI】** 10.11876/mimt202603012

## Multi–organ fat deposition patterns in metabolic syndrome: a study based on mDixon–Quant

*Wang Kuo[a], Wei Jingyang[a], Sun Tao[b], Du Yaru[a], Li Jiaqi[a], Wang Jiadong[a*]*

(*a. Imaging Department; b. Party Committee Office, The Second Affiliated Hospital of Mudanjiang Medical University, Mudanjiang 157000, China*)

**【Abstract】 Objective** To analyze the differences in fat deposition in the pancreas, kidneys and vertebral bodies between patients with metabolic syndrome (MetS) and healthy subjects using the mDixon–Quant quantitative technique, and to investigate metabolic parameters among MetS patients with different visceral fat deposition patterns. **Methods** This prospective study enrolled 58 MetS patients admitted to the Department of Endocrinology, the Second Affiliated Hospital of Mudanjiang Medical University between June 2023 and September 2024 into the MetS group. Meanwhile, 52 healthy volunteers were recruited as the control group. The fat fraction (FF) and T2* values of the pancreas, renal cortex, renal medulla and vertebral bodies were measured via mDixon–Quant sequence. Clinical data including waist circumference, body mass index (BMI), triglycerides, total cholesterol and high–density lipoprotein cholesterol were collected. The K–means clustering algorithm was applied to stratify MetS patients into subgroups according to fat deposition patterns, and metabolic indicators were compared across subgroups. **Results** Waist circumference, BMI, triglyceride levels, as well as FF values of the pancreas, renal cortex and vertebral bodies were significantly

**收稿日期：**2026–04–02

**基金项目：**2023年度黑龙江省省属高等学校基本科研业务费科研项目（2023–KYYWF–0934）

**第一作者：**王阔，男，硕士研究生，住院医师，研究方向：腹部影像学与心脑血管生物力学

**通信作者：**王佳东，男，学士，技师，研究方向：心脑血管影像学

higher in the MetS group than in the control group, whereas high-density lipoprotein cholesterol levels and T2* values of the pancreas, renal cortex and renal medulla were markedly lower (all $P<0.05$). Clustering analysis classified MetS patients into three phenotypes: multi-organ fat deposition, pancreas-skeleton predominant fat deposition, and kidney-predominant fat deposition. Patients with multi-organ fat deposition exhibited significantly higher waist circumference, triglycerides and total cholesterol compared with the other two subgroups ($P<0.05$). **Conclusion** The FF values of the pancreas, kidneys and vertebral bodies are significantly elevated in MetS patients. Among all phenotypes, individuals with multi-organ fat deposition present higher triglyceride and total cholesterol concentrations. The concept of multi-organ synergistic lesions can provide imaging evidence for precise subtyping and risk stratification of metabolic syndrome.

【**Key words**】 Metabolic syndrome; Fat fraction; Magnetic resonance imaging; Clustering analysis

代谢综合征（metabolic syndrome, MetS）是一类以中心性肥胖、高血压、胰岛素抵抗、血脂异常为核心特征的复杂临床症候群，是心脑血管疾病与2型糖尿病的关键危险因素[1]。全球范围内，MetS患病率呈快速攀升态势，已成为公共卫生领域的重大挑战[2]。传统MetS诊断依赖人体测量学指标和生化参数，虽能有效评估代谢紊乱状态，但难以深入阐释其病理生理机制。飞利浦公司的魔镜成像（mDixon-Quant）技术能够通过定量的脂肪分数（fat fraction, FF）值和T2*值量化人体各部位的脂肪沉积和铁代谢异常[3]，研究表明，异位脂肪沉积即脂肪在肝、胰腺、肾、骨骼肌等非脂肪器官中的异常积聚是MetS的核心病理环节之一，可通过诱发脂毒性、胰岛素抵抗、慢性炎症及氧化应激，直接参与并加剧代谢紊乱和器官功能损伤[4-6]。而T2*值受组织内铁沉积、脂质微环境等共同影响，反映组织铁过载与炎症损伤，可用于区分“单纯脂肪浸润”与“脂肪+铁沉积复合损伤”。目前的研究多聚焦于单一器官的脂肪沉积，如肝、胰腺等腹部脏器，但MetS作为全身性疾病，脂肪沉积极可能存在多器官协同模式，这种特定分布模式可能比单一器官脂肪含量更能反映疾病严重程度和远期风险。

基于此，本研究依托mDixon-Quant技术，定量评估MetS患者胰腺、肾及椎体的FF值和T2*值，通过聚类分析识别多器官脂肪沉积模式，探讨不同脂肪沉积模式下MetS患者的临床代谢参数，从多器官协同病变视角为MetS的精准分型、风险分层及个体化干预提供影像学依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

本前瞻性研究于2023年6月至2024年9月招募在牡丹江医科大学附属第二医院内分泌科就诊的MetS患者58例，纳入MetS组，同期招募本院健康体检者52例，纳入对照组。本研究经牡丹江医科大学附属第二医院医学伦理委员会审批通过（伦理审批号：202317），所有参与者和/或家属均签署知情同意书。

MetS组纳入标准：①符合《中国2型糖尿病防治指南（2020年版）》[7]中对MetS的诊断标准；②年龄在18～70岁之间；③临床资料完整。

对照组纳入标准：①不符合MetS诊断标准；②年龄在18～70岁之间；③临床资料完整。

排除标准：①临床数据质量较差或部分数据缺失；②既往存在胰腺、肾、椎体病变；③存在MRI检查禁忌证，如体内存在铁磁性植入物或金属异物、妊娠早期、有严重幽闭恐惧症无法配合检查者等；④合并重要器官功能不全、恶性肿瘤、免疫性疾病或存在认知障碍难以配合检查者。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 临床数据采集

本研究依据招募和检查过程中收集的资料，对所有参与者的基础身体指标进行汇总、整理，包括年龄、性别、腰围、身高、体重及身体质量指数（body mass index, BMI）等。实验室检查结果依据同期的生化检查报告单，包括甘油三酯、总胆固醇及高密度脂蛋白等指标。

#### 1.2.2 影像学检查

采用Philips Ingenia CX 3.0T MRI设备行影像学

检查，参与者取仰卧位，头部先进，双臂自然置于体侧，扫描前完成呼气末屏气标准化训练；扫描范围完整覆盖腹部区域，以 3D mDixon–Quant脂肪定量序列为核心，同步采集T2加权成像序列、快速自旋回波（turbo spin echo, TSE）序列及 3D mDixon–Quant序列图像。mDixon–Quant序列参数如下：冠状面六回波采集，TR 5.4 ms，初始TE 0.95 ms，回波间隔0.7 ms，层厚4.0 mm，矩阵256 × 192 × 65，层间距2 mm、翻转角3°，视野375 mm × 350 mm × 130 mm，后续行影像参数测量。

**1.2.3** 影像参数测量

所有参数测量均通过Philips后处理工作站完成，由2位具有5年以上影像诊断经验的影像科医师采用标准化流程，在横断位T2加权成像序列图像上进行图像的勾画与数据测量。在胰腺的胰头、胰体与胰尾部勾画面积为（25.0 ± 1.0）$mm^2$的圆形感兴趣区域（region of interest, ROI）。在肾门附近手动勾画ROI，其中，皮质区为包裹肾皮质的弧形ROI，髓质区为均匀分布于肾髓质的5个面积为（30.0 ± 0.5）$mm^2$的圆形ROI。椎体的ROI勾画在肾门水平椎体及上下2个相邻椎体上进行，每个椎体手动勾画1个（100.0 ± 5.0）$mm^2$的圆形ROI。勾画过程中严格规避磁敏感伪影区域及血管截面，通过将勾画的ROI粘贴到同层面mDixon–Quant序列的FF与T2*图中获取FF值和T2*值。胰腺、肾髓质及椎体取各ROI内数值的平均值，见图1。

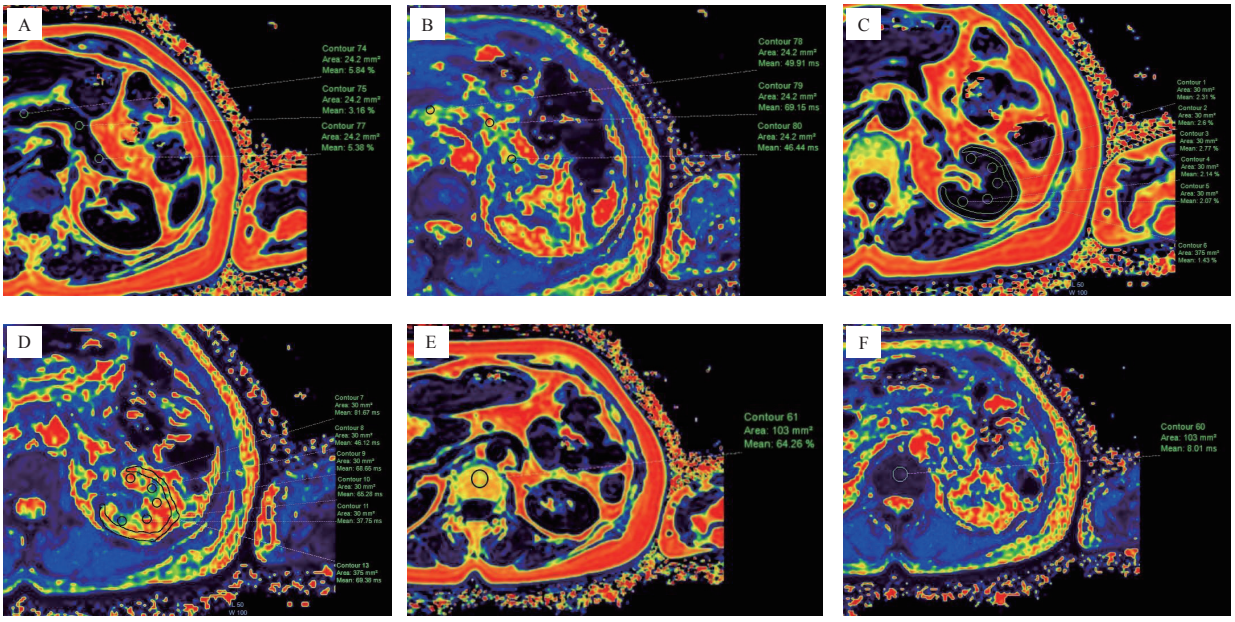



**图1** FF和T2*图像与ROI勾画 A为腹部FF伪彩图及胰腺ROI勾画示意图；B为腹部T2*伪彩图及胰腺ROI勾画示意图；C为腹部FF伪彩图及肾皮质与髓质ROI勾画示意图；D为腹部T2*伪彩图及肾皮质与髓质ROI勾画示意图；E为腹部FF伪彩图及椎体ROI勾画示意图；F为腹部T2*伪彩图及椎体ROI勾画示意图

注：FF为脂肪分数；ROI为感兴趣区域。

### 1.3 统计学方法

采用SPSS 27.0进行数据统计分析，计量资料若符合正态分布，以均数 ± 标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，两组比较采用独立样本$t$检验，多组比较采用单因素方差分析；计量资料若不符合正态分布，以中位数（上四分位数，下四分位数）［$M(Q_1, Q_3)$］表示，两组比较采用非参数秩和检验，多组比较采用方差分析或Kruskal–Wallis检验；计数资料以例数（$n$）和百分率（%）表示，组间比较采用$\chi^2$检验；根据各脏器的FF值，应用K–means聚类算法将MetS组分为不同模式的亚组。以$P$<0.05为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 两组临床指标比较

MetS组患者腰围、BMI、甘油三酯均显著高

于对照组，高密度脂蛋白显著低于对照组，以上差异均有统计学意义（$P$<0.05）；两组年龄、性别及总胆固醇比较，差异无统计学意义（$P$>0.05），见表1。

**表1** 两组临床指标比较

| 项目 | 对照组（$n$=52） | MetS组（$n$=58） | $t/\chi^2/Z$值 | $P$值 |
|---|---|---|---|---|
| 年龄（岁，$\bar{x}\pm s$） | 49.58 ± 14.93 | 53.77 ± 13.13 | −1.569[a] | 0.119 |
| 性别［$n$（%）］ | | | 0.652[b] | 0.419 |
| 女 | 30（57.67） | 29（50.00） | | |
| 男 | 22（42.33） | 29（50.00） | | |
| 腰围（cm，$\bar{x}\pm s$） | 80.21 ± 6.06 | 89.34 ± 6.89 | −7.346[a] | <0.001 |
| BMI（kg/m$^2$，$\bar{x}\pm s$） | 24.93 ± 3.69 | 26.68 ± 3.71 | −2.477[a] | 0.015 |
| 甘油三酯［mmol/L，$M$（$Q_1$, $Q_3$）］ | 1.42（1.13, 1.64） | 2.31（1.90, 3.11） | −6.311[c] | <0.001 |
| 总胆固醇［mmol/L，$M$（$Q_1$, $Q_3$）］ | 5.12（4.33, 5.73） | 5.01（4.41, 5.67） | −0.431[c] | 0.667 |
| 高密度脂蛋白（mmol/L，$\bar{x}\pm s$） | 1.43 ± 0.45 | 1.17 ± 0.28 | 3.781[a] | <0.001 |

注：MetS为代谢综合征；BMI为身体质量指数；[a]为$t$值；[b]为$\chi^2$值；[c]为$Z$值。

### 2.2 两组各脏器FF值和T2*值比较

MetS组胰腺、肾皮质及椎体的FF值均显著高于对照组，MetS组胰腺、肾皮质及肾髓质的T2*值均显著低于对照组，以上差异均有统计学意义（$P$<0.05）。两组肾髓质FF值和椎体T2*值比较，差异无统计学意义（$P$>0.05）。见表2。

**表2** 两组各脏器FF值和T2*值比较

| 项目 | 对照组（$n$=52） | MetS组（$n$=58） | $Z/t$值 | $P$值 |
|---|---|---|---|---|
| 胰腺FF值［%，$M$（$Q_1$, $Q_3$）］ | 1.81（1.28, 2.56） | 7.77（6.18, 9.44） | −8.493[a] | <0.001 |
| 胰腺T2*值（ms，$\bar{x}\pm s$） | 44.45 ± 10.62 | 39.55 ± 9.97 | 2.598[b] | 0.011 |
| 肾皮质FF值（%，$\bar{x}\pm s$） | 1.75 ± 0.54 | 2.48 ± 0.61 | −6.558[b] | <0.001 |
| 肾皮质T2*值（ms，$\bar{x}\pm s$） | 62.27 ± 3.94 | 56.37 ± 2.60 | 9.354[b] | <0.001 |
| 肾髓质FF值（%，$\bar{x}\pm s$） | 1.71 ± 0.53 | 1.87 ± 0.45 | −1.702[b] | 0.092 |
| 肾髓质T2*值（ms，$\bar{x}\pm s$） | 58.75 ± 3.33 | 56.77 ± 3.13 | 3.209[b] | 0.002 |
| 椎体FF值［%，$M$（$Q_1$, $Q_3$）］ | 44.91（37.71, 48.80） | 55.74（47.13, 62.83） | −5.446[a] | <0.001 |
| 椎体T2*值（ms，$\bar{x}\pm s$） | 6.84 ± 1.55 | 6.85 ± 1.88 | −0.031[b] | 0.975 |

注：MetS为代谢综合征；FF为脂肪分数；[a]为$Z$值；[b]为$t$值。

### 2.3 不同脂肪沉积模式MetS患者代谢组分比较

根据胰腺、肾皮质及椎体的FF值，采用K-means聚类算法对脂肪沉积模式进行分类，利用肘部法则评估不同聚类数K对内部聚类距离（聚类内平方误差和）的影响。当K为3时达到最佳拐点，故本研究选定的最佳聚类簇数为3。3种脂肪沉积模式分别为多器官脂肪沉积型（模式一）、胰腺-骨骼脂肪沉积主导型（模式二）和肾脂肪沉积主导型（模式三），对不同脂肪沉积模式MetS患者各脏器的FF值进行解读，见图2。根据上述3个脂肪沉积模式将MetS组分为3个亚组，即多器官脂肪沉积型亚组（$n$=13）、胰腺-骨骼脂肪沉积主导型亚组（$n$=31）、肾脂肪沉积主导型亚组（$n$=14）。组间比较结果显示，多器官脂肪沉积型亚组MetS患者腰围、甘油三酯及总胆固醇水平均高于另外2个亚组，差异有统计学意义（$P$<0.05），3个亚组BMI和高密度脂蛋白比较，差异无统计学意义（$P$>0.05），见表3。

## 3 讨论

MetS是一种复杂的代谢紊乱状态，通常表现为腹部肥胖、高血压、高血糖及脂质水平异常。研究表明，MetS与多器官（尤其是内脏）脂肪沉积密切相关[8-9]。本研究发现，MetS患者胰腺脂肪沉积较高。MetS患者异常代谢状态可通过游离脂肪酸溢出效应和线粒体功能障碍，引起胰腺β细胞内质网应

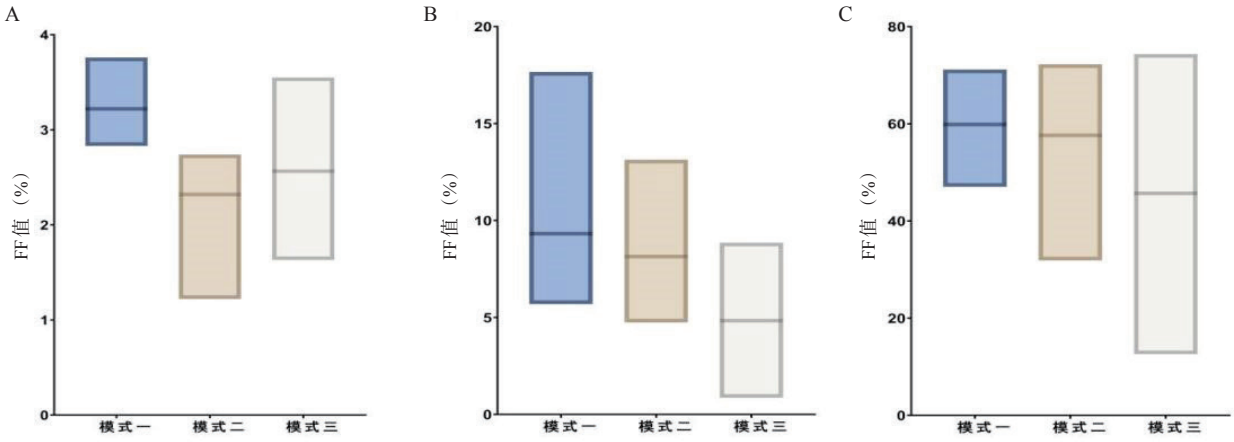



**图 2** 不同脂肪沉积模式 MetS 患者各脏器 FF 值分布 A 为胰腺 FF 值；B 为肾皮质 FF 值；C 为椎体 FF 值

注：模式一为多器官脂肪沉积型；模式二为胰腺–骨骼脂肪沉积主导型；模式三为肾脂肪沉积主导型。

**表 3** 不同亚组 MetS 患者代谢组分比较（$\bar{x} \pm s$）

| 项目 | 多器官脂肪沉积型亚组（$n$=13） | 胰腺-骨骼脂肪沉积主导型亚组（$n$=31） | 肾脂肪沉积主导型亚组（$n$=14） | $F$ 值 | $P$ 值 |
|---|---|---|---|---|---|
| 腰围（cm） | 94.15 ± 7.29 | 88.23 ± 7.58 | 88.43 ± 4.96 | 0.357 | 0.035 |
| BMI（kg/m$^2$） | 27.90 ± 3.48 | 26.64 ± 3.63 | 26.14 ± 4.05 | 0.823 | 0.445 |
| 甘油三酯（mmol/L） | 3.37 ± 1.28 | 2.55 ± 1.18 | 2.13 ± 0.53 | 4.450 | 0.016 |
| 总胆固醇（mmol/L） | 8.44 ± 0.75 | 4.95 ± 0.83 | 5.17 ± 1.03 | 4.655 | 0.014 |
| 高密度脂蛋白（mmol/L） | 1.05 ± 0.18 | 1.22 ± 0.30 | 1.16 ± 0.28 | 1.699 | 0.192 |

注：MetS 为代谢综合征；BMI 为身体质量指数。

激和自噬流受损，进而导致胰岛素抵抗，促进游离脂肪酸向胰腺、肝等部位沉积[10]。本研究发现，MetS 患者肾皮质脂肪沉积较高，这可能与肾脂肪组织分泌的多种细胞因子和脂肪因子有关。这些因子能通过促进全身性炎症反应加重 MetS 病理进程。通过激活炎症通路，脂肪细胞分泌的细胞因子和脂肪因子可引起肾内胰岛素抵抗指数升高，进而引起肾脂肪沉积[11]。本研究发现，MetS 患者的椎体 FF 值高于健康人群，提示脂肪沉积现象同时出现在椎体内。椎体骨髓脂肪化是“骨–代谢交叉对话”的关键环节，与骨质疏松、糖尿病等疾病密切相关。在代谢性疾病中，胰岛素抵抗促进骨髓间充质干细胞向脂肪细胞分化，导致骨髓脂肪堆积[12]。Wang 等[13]量化并分析了存在 MetS 和晚期肝脂肪变性人群的各部位脏器 FF 值，并未发现两组人群腰椎 FF 值存在差异，人群差异可能是导致研究结果不同的原因。本研究同样发现 MetS 组与健康对照组在肾脏与胰腺上的 T2* 值存在差异，MetS 常伴随胰岛素抵抗，引起肠道铁吸收上调，全身铁负荷升高，多余铁沉积于胰腺腺泡、胰岛细胞以及肾皮质肾小管上皮，形成局部的铁过载，进而导致两组间存在 T2* 值差异。

近年来，不同脂肪沉积模式对代谢状态的影响受到广泛关注。研究显示，腹部脂肪高比例与胰岛素抵抗、糖尿病及心血管疾病显著相关[14]。本研究以各脏器 FF 值为依据进行聚类分析，根据 FF 值分布特点，将 MetS 患者腹部脂肪沉积分为 3 种模式：多器官脂肪沉积型、胰腺–骨骼脂肪沉积主导型及肾脂肪沉积主导型。通过分析不同模式的代谢参数，发现多器官脂肪沉积型的 MetS 患者腰围、甘油三酯及胆固醇水平均高于另外 2 种脂肪沉积模式的 MetS 患者，提示此代谢模式下的 MetS 患者代谢障碍更为严重。探究不同代谢模式间的差异不仅能够量化全身脂肪分布，更有助于精准评估 MetS 患者的

代谢状态，为临床管理和拟定治疗策略提供科学依据。值得注意的是，本研究中3种模式MetS患者在代谢指标上的差异可能因组内变异较大而被低估。

本研究存在一定局限性：首先，本研究为单中心前瞻性研究，样本量相对有限，可能存在选择偏倚，3种脂肪沉积模式的普适性需进行多中心、大样本研究验证；其次，未纳入肝等重要器官，可能遗漏部分脂肪沉积模式，后续可对肝、脾等器官的脂肪沉积进行测量；最后，缺乏长期随访数据，未明确不同脂肪沉积模式与远期并发症的关联，未来可通过长期随访比较不同模式MetS患者的预后，明确各脂肪沉积模式的临床预警价值。

综上所述，MetS患者胰腺、肾及椎体FF值均显著高于健康人群；不同脂肪沉积模式的MetS患者中，多器官脂肪沉积型MetS患者甘油三酯、胆固醇等代谢指标均高于其他脂肪沉积模式MetS患者。对MetS患者脂肪沉积模式的研究，有助于为MetS精准分型、风险分层及个体化干预提供影像学依据。

**利益冲突：**作者声明没有利益冲突。

## [ 参 考 文 献 ]


[1] Baker F J, Reed G, Mikuls R T, et al. Metabolic syndrome, adipokines, and response to advanced therapies in rheumatoid arthritis [J]. Arthritis Rheumatol, 2025, 77(3): 263–271.

[2] Ruppert Z, Sárközy M, Rákóczi B, et al. Overexpression of the human heat shock protein B1 alters obesity–related metabolic changes in a sex–dependent manner in a mouse model of metabolic syndrome [J]. Biol Sex Differ, 2025, 16: 65.

[3] Yuan B, Tao Z, Ma Y, et al. Quantitative assessment of abdominal ectopic fat deposits in patients with different glucose tolerance by using mDixon Quant MRI [J]. Sci Rep, 2025, 15: 7359.

[4] Bhawariya S, Bhardwaj A, Singh A, et al. MRI–derived fat fraction is superior to ultrasonography in predicting subclinical atherosclerosis in metabolically healthy non–alcoholic fatty liver disease [J]. Cureus, 2025, 17(7): e88636.

[5] Lee E H, Kim J Y, Yang H R. Association between ectopic pancreatic and hepatic fat and metabolic risk factors in children with non–alcoholic fatty liver disease [J]. Pediatr Obes, 2021, 16(10): e12793.

[6] Raphael H, Klang E, Konen E, et al. Obesity is associated with fatty liver and fat changes in the kidneys in humans as assessed by MRI [J]. Nutrients, 2024, 16(9): 1387.

[7] 王富军, 王文琦.《中国2型糖尿病防治指南(2020年版)》解读 [J]. 河北医科大学学报, 2021, 42(12): 1365–1371.

[8] Huang P, Zhu Y, Qin J. Research advances in understanding crosstalk between organs and pancreatic β–cell dysfunction [J]. Diabetes Obes Metab, 2024, 26(10): 4147–4164.

[9] Hayden M R. The mighty mitochondria are unifying organelles and metabolic hubs in multiple organs of obesity, insulin resistance, metabolic syndrome, and type 2 diabetes: an observational ultrastructure study [J]. Int J Mol Sci, 2022, 23(9): 4820.

[10] Ookura R, Usuki N, Miki Y. Correlation between pancreatic fat deposition and metabolic syndrome: relationships with location in the pancreas and sex [J]. Intern Med, 2024, 63(15): 2113–2123.

[11] Ibraheem Z O, Farhan S S, Al Sumaidaee A, et al. Liver functions in combined models of the gentamicin induced nephrotoxicity and metabolic syndrome induced by high fat or fructose diets: a comparative study [J]. Toxicol Res, 2021, 37: 221–235.

[12] 肖红艳. Sprouty4–ERK1/2–Wnt/β–catenin调控环调节骨髓基质干细胞成骨和成脂分化的研究 [D]. 天津: 天津医科大学, 2021.

[13] Wang L, Pan Y, Ye X, et al. Perirenal fat thickness and liver fat fraction are independent predictors of MetS in adults with overweight and obesity suspected with NAFLD: a retrospective study [J]. Diabetol Metab Syndr, 2023, 15: 56.

[14] 张宇阳, 吕英茹, 蒋琳, 等. 定量CT脂肪参数诊断代谢综合征的最佳临界值及效能评价 [J]. 放射学实践, 2022, 37(12): 1468–1473.