



# 中国临床医学

Chinese Journal of Clinical Medicine

ISSN 1008-6358

CN 31-1794/R

## 定量CT在2型糖尿病胰腺脂肪沉积诊断中的应用价值

朱红, 张宗军, 吴飞云

引用本文:

朱红, 张宗军, 吴飞云. 定量CT在2型糖尿病胰腺脂肪沉积诊断中的应用价值[J]. 中国临床医学, 2021, 28(4): 598–602.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20210979>

## 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

### 2型糖尿病伴非酒精性脂肪性肝病患者血常规指标与肝脏脂肪含量的相关性

Correlation between blood routine indexes and liver fat content in patients with type 2 diabetes mellitus complicated with non-alcoholic fatty liver disease

中国临床医学. 2019, 26(5): 692–696 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2019.20190756>

### 不同病程2型糖尿病伴脂肪肝患者代谢参数与胰岛功能的相关性分析

Relationships between metabolic parameters and islet function in type 2 diabetes complicated with fatty liver disease patients with different duration

中国临床医学. 2018, 25(1): 65–69 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2018.20170709>

### 2型糖尿病患者血清N-MID、 $\beta$ -CTX水平变化及与其骨代谢的关系

Changes of serum N-MID and  $\beta$ -CTX levels and their relationships with bone metabolism in patients with type 2 diabetes mellitus

中国临床医学. 2021, 28(4): 588–593 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20210561>

### 基于深度学习的1.5T心脏磁共振Cine序列在肥厚型心肌病和扩张型心肌病患者左心室功能评估中的应用

Application of 1.5T cardiac Cine MR image based on deep learning in left ventricular function evaluation of patients with hypertrophic cardiomyopathy and dilated cardiomyopathy

中国临床医学. 2021, 28(4): 675–681 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20210203>

### 小檗碱对非酒精性脂肪性肝病患者血清骨钙素的影响

Effect of berberine on serum osteocalcin in patients with non-alcoholic fatty liver disease

中国临床医学. 2019, 26(6): 822–826 <https://doi.org/10.12025/j.issn.1008-6358.2019.20191127>

DOI:10.12025/j.issn.1008-6358.2021.20210979

## 定量 CT 在 2 型糖尿病胰腺脂肪沉积诊断中的应用价值

朱 红<sup>1,2</sup>, 张宗军<sup>2</sup>, 吴飞云<sup>1\*</sup>

1. 南京医科大学第一附属医院放射科, 南京 210029

2. 南京中医药大学附属中西医结合医院放射科, 南京 210028

**引用本文** 朱 红, 张宗军, 吴飞云. 定量 CT 在 2 型糖尿病胰腺脂肪沉积诊断中的应用价值[J]. 中国临床医学, 2021, 28(4): 598-602. ZHU H, ZHANG Z J, WU F Y. Application of quantitative CT in the pancreatic fat deposition in patients with type 2 diabetes[J]. Chinese Journal of Clinical Medicine, 2021, 28(4): 598-602.

**[摘要]** **目的:** 分析定量 CT(QCT)与 MRI 非对称回波的最小二乘估算法迭代水脂分离序列(IDEAL-IQ)在 2 型糖尿病患者胰腺脂肪含量测定中的相关性及其一致性。**方法:** 纳入 67 例 2 型糖尿病志愿者, 男性 33 例、女性 34 例, 平均年龄(66.55±6.23)岁。用 MRI IDEAL-IQ 技术及 QCT 对患者的胰腺头、体及尾部区域的脂肪含量进行定量测量, 获得患者的 MRI 胰腺脂肪分数(MR-PFF)及 CT 胰腺脂肪分数(CT-PFF)。对 MR-PFF 与 CT-PFF 进行相关性分析, 并进行 Bland-Altman 一致性分析。同时分析 MR-PFF 与肝脏脂肪含量、腹围、体质量指数(BMI)等的相关性。**结果:** 67 例受试者平均腹围(83.34±10.1)cm、平均 BMI(24.02±2.96)kg/m<sup>2</sup>, 平均肝脏脂肪含量(5.28±2.76)%。腹围及肝脏脂肪含量与 MR-PFF 相关( $P<0.05$ )。MR-PFF 和 CT-PFF 分别为(12.21±10.71)%、(19.9±10.61)%, 两者呈显著线性相关( $r=0.842$ ,  $P<0.001$ ),  $MR-PFF=-4.169+0.818\times CT-PFF$ ; Bland-Altman 分析示两者一致性较好(95%CI -4.15%~19.75%,  $P=0.044$ ), 3 例样本在该区间外。**结论:** QCT 与 MRI 测量的胰腺脂肪含量有明显的相关性和很好的一致性, 可用于胰腺脂肪含量的定量测量。

**[关键词]** 脂肪胰; 2 型糖尿病; 磁共振; 定量 CT; 胰腺脂肪分数

**[中图分类号]** R 576 **[文献标志码]** A

### Application of quantitative CT in the pancreatic fat deposition in patients with type 2 diabetes

ZHU Hong<sup>1,2</sup>, ZHANG Zong-jun<sup>2</sup>, WU Fei-yun<sup>1\*</sup>

1. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, Jiangsu, China

2. Department of Radiology, the Integrated Traditional Chinese and Western Medicine Affiliated Hospital of Nanjing University of Traditional Chinese Medicine, Nanjing 210028, Jiangsu, China

**[Abstract]** **Objective:** To analyze the correlation and consistency of MRI IDEAL-IQ and quantitative CT (QCT) in the quantitation of pancreatic fat content in patients with type 2 diabetes. **Methods:** Sixty-seven volunteers with type 2 diabetes (33 men and 34 women, mean age [66.55±6.23] years) underwent both MRI IDEAL-IQ and QCT examinations. The regions of interest (ROI) were placed at the head, body, and tail of the pancreas to obtain MRI pancreas fat fraction (MR-PFF) and CT-PFF. The correlation between MR-PFF and CT-PFF was analyzed, and the consistency of them was analyzed by Bland-Altman. The correlations between MR-PFF and liver fat content, abdominal circumference, and body mass index (BMI) were also analyzed. **Results:** In sixty-seven volunteers, the mean abdominal circumference was (83.34±10.1) cm, BMI was (24.02±2.96) kg/m<sup>2</sup>, and liver fat content was (5.28±2.76)%. The abdominal circumference and liver fat content were correlated with MR-PFF ( $P<0.05$ ). MR-PFF and CT-PFF were (12.21±10.71)% and (19.9±10.61)%, respectively. CT-PFF showed a significant linear correlation with MR-PFF ( $r=0.842$ ,  $P<0.001$ ).  $MR-PFF=-4.169+0.818\times CT-PFF$ . The Bland-Altman analysis results showed that the 95% CI of consistency was -4.15%-19.75% ( $P=0.044$ ), and there were 3 values outside of the interval. **Conclusions:** The pancreatic fat contents measured by QCT and MRI have good correlation and consistency, and QCT can be used to measure pancreatic fat content.

**[Key Words]** fatty pancreas; type 2 diabetes; magnetic resonance; quantitative CT; pancreas fat fraction

**[收稿日期]** 2021-04-30

**[接受日期]** 2021-06-22

**[基金项目]** 江苏省自然科学基金面上项目(BK20201494)。Supported by General Project of Natural Science Foundation of Jiangsu Province (BK20201494).

**[作者简介]** 朱 红, 副主任医师。E-mail: 40491889@qq.com

\* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 025-83718836, E-mail: wufeiundd@163.com

不健康的生活方式及长期高脂饮食会引起脂肪的异常沉积,当脂肪异常沉积于胰腺组织时,可导致脂肪胰的发生,引起胰腺分泌功能异常<sup>[1-2]</sup>。脂肪胰腺沉积可导致胰岛素抵抗及β细胞受损,而后二者均与糖尿病的发生密切相关<sup>[3-5]</sup>。

因此,精确评估胰腺内脂肪含量,对糖尿病的防治有重要的临床意义。胰腺组织活检是检测脂肪浸润的金标准,但是胰腺组织活检风险高,创伤大,临床中一般不采用。目前评估胰腺内脂肪含量的无创方法包括超声、CT 及 MRI。超声难以精确测量胰腺脂肪含量,且检测易受到患者体型及检查者操作手法的影响<sup>[6]</sup>。MRI 是目前最常用于胰腺脂肪量化的方法,随着近年来水脂分离技术的应用,其在胰腺脂肪量化中的应用却越来越多<sup>[7-8]</sup>。CT 扫描速度快,操作简便,临床应用广泛,但在胰腺脂肪精确量化方面研究较少。

本研究对 67 例糖尿病患者同时应用 MRI 及定量 CT(QCT)测量胰腺脂肪含量,比较两种方法测量结果的相关性及一致性,探讨 QCT 应用于胰腺脂肪定量分析的可行性。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 2020 年 1 月至 3 月本课题组招募 67 例 2 型糖尿病志愿者,其中男性 33 例,女性 34 例,年龄 54~80 岁,平均年龄(66.55±6.23)岁。所有受试者均签署知情同意书。2 型糖尿病诊断符合 1999 年 WHO 制定的标准。排除标准:(1)有 MRI 检查相对及绝对禁忌证,如心脏起搏器植入者、支架植入者、幽闭恐惧症患者;(2)重大疾病患者;(3)胰腺疾病患者,如肿瘤、急慢性胰腺炎患者;(4)孕妇及哺乳期女性。收集受试者体质量指数(body mass index, BMI)、腹围、空腹血糖、糖化血红蛋白等。本项目由

本院医学伦理委员会批准(2020wkys-027)。

1.2 胰腺 MRI 和 QCT 检查方法及脂肪定量 所有受试者的 MRI 和 CT 检查均在同日完成。MRI 检查采用美国 GE 公司 3.0T MRI(Discovery 750)扫描仪,32 通道相控阵体部线圈。脂肪定量序列采用定量非对称回波的最小二乘估算法迭代水脂分离序列(IDEAL-IQ),参数:TR/TE=7.66 ms/3.58 ms,回波链长度(ETL)=3,视野 40 cm,矩阵 256×256,层厚 5 mm,层间距 1 mm。重建序列:同、反相位图及脂肪分数图。脂肪分数图传输至 GE AW 4.6 工作站进行分析:在脂肪分数图上对胰腺头部、体部及尾部分别取一个感兴趣区(ROI,图 1A~1C)进行测量,ROI 大小约 100 mm<sup>2</sup>,取其脂肪含量平均值记作 MRI 胰腺脂肪分数(MR-PFF)。勾画 ROI 时注意避开周围血管、扩张胰管及腹腔脂肪组织。

腹部 CT 检查采用美国 GE 公司 64 层螺旋 CT (lightspeed VCT)扫描仪。受试者检查前禁食、水 4~6 h,检查时仰卧于检查床上,双手上举,扫描范围为膈顶至腰 4 椎体下缘水平。扫描条件:管电压 120 kV,自动管电流,螺距 0.98,球管转速每圈 0.5 s,准直器宽度 0.625 mm×40 mm,矩阵 512×512。重建方法:标准重建,重建厚度为 5 mm 及 1.25 mm。采用 QCT Pro 6.0 (Mindways Software Inco,美国)软件分析 CT-PFF:将 1.25 mm 层厚的 CT 重建图像传输至工作站,选择软件内置的肌肉脂肪测量模块,在传入的 CT 图像上找到与 MRI 图像中相对应的胰腺头部、体部及尾部,在同一位置分别取 1 个同样大小的 ROI (约 100 mm<sup>2</sup>,图 1D~1F),由软件自动计算后生成报告,得到三区域脂肪含量,取平均值记作 CT-PFF。勾画 ROI 时注意避开周围血管及腹腔脂肪组织。

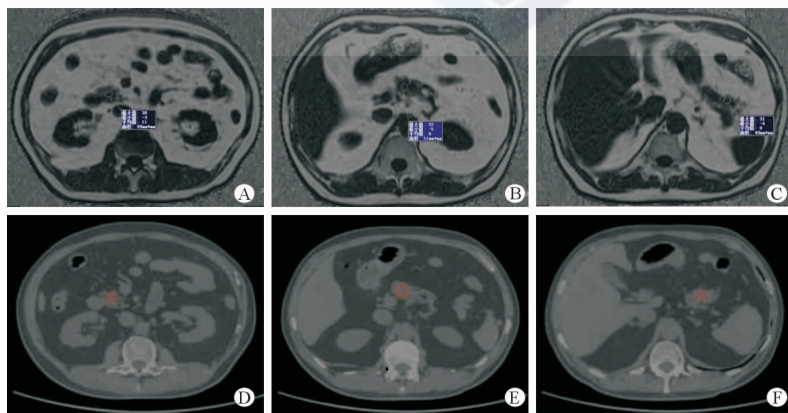


图 1 MRI 及 CT 采集图

A~C: MRI IDEAL-IQ 图像,在 AW4.6 工作站分别勾画胰腺头部(A)、体部(B)及尾部(C)感兴趣区;D~F: CT 图像,应用 QCT Pro 6.0 肌肉脂肪测量模块分别勾画胰腺头部(D)、体部(E)及尾部(F)感兴趣区



1.3 统计学处理 所有数据采用 SPSS 20.0 进行统计学分析,计量资料符合正态分布时以  $\bar{x} \pm s$  表示,不符合正态分布时以  $M(P_{25}, P_{75})$  表示。采用 Pearson 相关系数分析 MR-PFF 与糖尿病相关指标及 CT-PFF 的相关性;绘制散点图,行 MR-PFF 与 CT-PFF 的 Bland-Altman 一致性分析。检验水准 ( $\alpha$ ) 为 0.05。

2 结果

2.1 MR-PFF 与糖尿病相关指标的相关性分析 Pearson 结果(表 1)显示:腹围及肝脏脂肪含量与 MR-PFF 相关( $r$  值分别为 0.261、0.267,  $P < 0.05$ );糖化血红蛋白、空腹血糖及 BMI 与 MR-PFF 无明显相关性。

2.2 CT-PFF 与 MR-PFF 相关性及其一致性 67 名受试者的 MR-PFF 为 2%~48%,平均  $(12.21 \pm 10.71)\%$ ;受试者的 CT-PFF 为 7.3%~60.3%,平均

$(19.9 \pm 10.61)\%$ 。Pearson 分析(图 2A、表 1)示:两者相关( $r = 0.842, P < 0.001$ ),线性方程为  $MR-PFF = -4.169 + 0.818 \times CT-PFF$ 。Bland-Altman 分析结果(图 2B)示:两者平均偏倚值 7.7%、标准差 5.6%,均值 95%CI  $-4.15\% \sim 19.75\%$  ( $P = 0.044$ ),区间内样本量 64 例、区间外样本量 3 例。

表 1 受试者糖尿病相关因素及 CT-PFF 与 MR-PFF 的 Pearson 相关分析

| 因素                               | 平均值              | $r$ 值 | $P$ 值  |
|----------------------------------|------------------|-------|--------|
| 腹围/cm                            | $83.34 \pm 10.1$ | 0.261 | 0.037  |
| 糖化血红蛋白/(mmol · L <sup>-1</sup> ) | $6.97 \pm 1.07$  | 0.230 | 0.067  |
| 空腹血糖/(mmol · L <sup>-1</sup> )   | $6.83 \pm 1.82$  | 0.096 | 0.448  |
| 体质量指数/(kg · m <sup>-2</sup> )    | $24.02 \pm 2.96$ | 0.223 | 0.076  |
| 肝脏脂肪含量/%                         | $5.28 \pm 2.76$  | 0.267 | 0.029  |
| CT-PFF/%                         | $19.9 \pm 10.61$ | 0.842 | <0.001 |

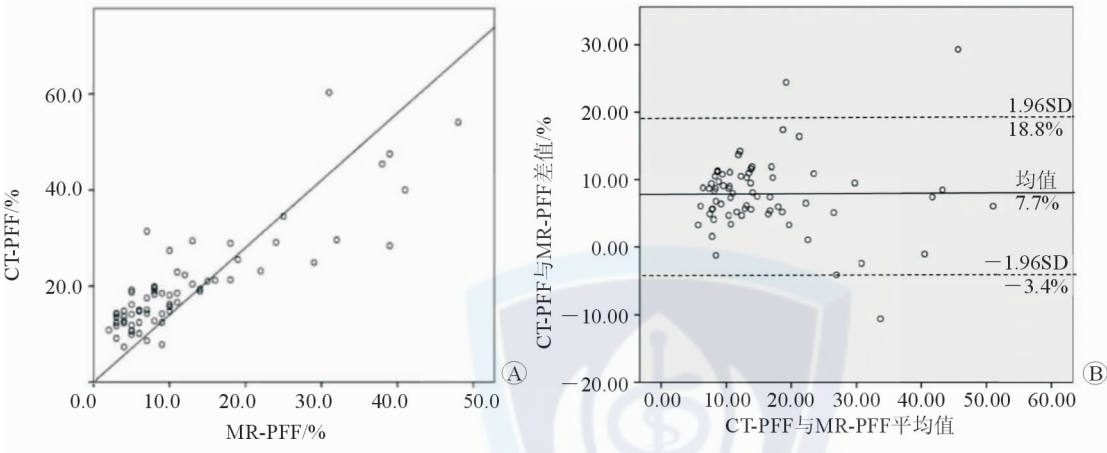


图 2 CT-PFF 与 MR-PFF 的 Pearson 相关性(A)及 Bland-Altman 一致性(B)分析

3 讨论

2 型糖尿病患者胰腺脂肪含量明显高于血糖正常人群,血糖正常人群 PFF 约为 5.2%,超过 7%被定义为脂肪肝<sup>[9-10]</sup>。本组糖尿病患者平均 PFF 为  $(12.21 \pm 10.71)\%$ ,明显升高。胰腺内脂肪沉积,会引起一系列代谢异常:(1)胰腺  $\beta$  细胞长期暴露于高水平脂肪酸及三酰甘油中可使胰岛素分泌信号传导异常,抑制胰岛素受体酪氨酸磷酸化,进而损害磷脂酰肌醇-3-激酶途径,导致胰岛  $\beta$  细胞凋亡、功能障碍及脂肪置换<sup>[11-12]</sup>; (2)胰岛素抵抗可以引起高胰岛素血症,后者通过调节固醇调节机制刺激三酰甘油和脂肪酸合成极低密度脂蛋白,进一步加剧脂肪在胰腺及其他脏器(如肝脏)内的沉积<sup>[11-12]</sup>。

本研究还发现,胰腺脂肪含量与肝脏脂肪含量具有相关性。非酒精性脂肪肝与 2 型糖尿病关系密切,2 型糖尿病中非酒精性脂肪肝的发生率明显高于血糖正常人群<sup>[13]</sup>。本研究中受试者糖化血红蛋白及空腹血糖水平与胰腺内脂肪含量无明显相关性,可能与受试者均为糖尿病患者,而糖尿病患者多通过药物将血糖控制在相对稳定的水平有关。

MRI 脂肪定量常用方法有磁共振波谱成像(MRS)及水脂分离两种方法。其中,MRS 在小器官脂肪定量中容易受呼吸运动及磁场均匀性影响,且可重复性差<sup>[14]</sup>。水脂分离技术扫描时间短,受磁场影响较小,对胰腺等小器官内脂肪含量测量更准确<sup>[15]</sup>。Hernando 等<sup>[16]</sup>研究表明,基于化学位移成像技术(水脂分离)的脂肪定量分析具有准确度和

可重复性高,不同厂家、不同场强或不同序列间一致性好的优点。因此该技术目前已成为脏器脂肪定量的公认标准方法。IDEAL-IQ 技术通过矫正磁敏感及  $T_2^*$  效应的影响,计算出三酰甘油与自由水中 H 质子比值,确定脂肪含量,测量更准确。因此本研究以该方法获得的 MR-PFF 为标准衡量 QCT 结果的准确性。

常规平扫 CT 对肝脏与胰腺的脂肪定量采用与脾脏 CT 值比值或差值的方法进行半定量分析。各种平扫 CT 常用于评估脂肪肝,但对于脂肪胰的评估目前缺乏标准。有研究<sup>[17-18]</sup>表明,以胰腺/脾脏 CT 比值 0.7 作为临界值诊断脂肪胰的灵敏度和特异度最高,均为 79%;根据该比值,可将脂肪胰分为轻度(0%~33%)、中度(34%~66%)和重度(67%~100%)。QCT 测量胰腺脂肪含量时采用腰大肌模块,其原理为将胰腺看作纯胰腺组织与脂肪组织的混合物,通过体模校准转换成水和  $K_2HPO_4$ ,通过测量 ROI 内 CT 衰减系数得出其等效密度值,进而测得 PFF<sup>[19]</sup>。Yao 等<sup>[20]</sup>发现,QCT 和 MR 化学位移成像技术的胰腺脂肪含量测定结果有很好的-一致性。该研究采用 QCT 3 型 4.2,而本研究测量时采用 QCT Pro 6.0(4 型),该版本有肝脏和肌肉脂肪定量测量模块。肌肉脂肪定量测量模块采用肌肉的等效密度值,其物质组成与胰腺组织存在一定差异,但脂肪组织的等效密度值恒定,因此,肌肉组织与胰腺组织脂肪含量差值恒定,存在线性关系。本研究中 CT-PFF 与 MR-PFF 有差异,但存在线性相关性。

MRI 定量技术应用于脂肪测量较广泛,结果较准确,但易受到多种因素的影响,如:ROI 大小的选择会影响测量结果,本研究中均为  $100\text{ mm}^2$ ;当志愿者呼吸配合不佳时,也会影响图像质量,进而影响测量结果;胰腺组织形态不规则、周围结构复杂,尤其当胰腺周围肠管内气体较多时,会影响测量结果的准确性。而目前 QCT 应用仍局限。

本研究的不足之处:(1)对象为糖尿病患者,缺少血糖正常人群及糖尿病前期患者对照;(2)仅通过分析 QCT 与目前公认的 IDEAL-IQ 方法测量结果的相关性,评估 QCT 脂肪定量的可靠性,而缺乏病理结果的验证。

综上所述,2 型糖尿病患者胰腺脂肪含量明显高于血糖正常人群,与肝脏脂肪含量及腹围存在一定的相关性。MRI 及 QCT 均可用于定量评价胰腺

脂肪含量,二者相关性和一致性较好。目前胸部 CT 在体检中应用广泛,对于 2 型糖尿病人群,可以在不明显增加额外负担的情况下适当扩大扫描范围,并对胰腺脂肪含量进行量化,以筛查脂肪胰。QCT 尤其适用于有磁共振检查禁忌患者的胰腺脂肪定量。

**利益冲突:**所有作者声明不存在利益冲突。

## 参考文献

- [1] ENGJOM T, KAVALIAUSKIENE G, TJORA E, et al. Sonographic pancreas echogenicity in cystic fibrosis compared to exocrine pancreatic function and pancreas fat content at Dixon-MRI[J]. PloS one, 2018, 13(7): e0201019.
- [2] ESTERSON Y B, GRIMALDI G M. Radiologic imaging in nonalcoholic fatty liver disease and nonalcoholic steatohepatitis[J]. Clin Liver Dis, 2018, 22(1): 93-108.
- [3] ZELADA H, CARNERO A M, MIRANDA-HURTADO C, et al. Beta-cell function and insulin resistance among Peruvian adolescents with type 2 diabetes [J]. J Clin Transl Endocrinol, 2016, 5: 15-20.
- [4] LU T, WANG Y, DOU T, et al. Pancreatic fat content is associated with  $\beta$ -cell function and insulin resistance in Chinese type 2 diabetes subjects[J]. Endocr J, 2019, 66(3): 265-270.
- [5] ROH E, KIM K M, PARK K S, et al. Comparison of pancreatic volume and fat amount linked with glucose homeostasis between healthy Caucasians and Koreans[J]. Diabetes Obes Metab, 2018, 20(11): 2642-2652.
- [6] CATANZARO R, CUFFARI B, ITALIA A, et al. Exploring the metabolic syndrome: nonalcoholic fatty pancreas disease [J]. World J Gastroenterol, 2016, 22(34): 7660-7675.
- [7] SHAH N, ROCHA J P, BHUTIANI N, et al. Nonalcoholic fatty pancreas disease[J]. Nutr Clin Pract, 2019, 34 Suppl 1: S49-S56.
- [8] 俞 顺, 吕洁勤, 马明平, 等. MR Dixon 技术定量分析胰腺脂肪沉积及其对 2 型糖尿病的影响[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(12): 1891-1895. YÜ S, LÜ J Q, MA M P, et al. MR Dixon technique in quantify of pancreatic fat deposition and the relative impact on type 2 diabetes mellitus[J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2020, 36(12): 1891-1895.
- [9] 段秀苹, 雷 燕, 唐 伟, 等. 3.0T 磁共振化学位移技术定量胰腺脂肪沉积与 2 型糖尿病的相关性研究[J]. 中华消化病与影像杂志(电子版), 2020, 10(2): 74-79. DUAN X P, LEI Y, TANG W, et al. Correlation between pancreatic fat deposit quantified by 3.0T magnetic resonance chemical shift technology and type 2 diabetes mellitus[J]. Chinese Journal of Digestive Diseases and Imaging (Electronic Edition), 2020, 10(2): 74-79.

- [10] SOPHIA D, HETTERICH H, LORBEER R, et al. Pancreatic fat content by magnetic resonance imaging in subjects with prediabetes, diabetes, and controls from a general population without cardiovascular disease [J]. PLoS One, 2017, 12 (5): e0177154.
- [11] ROMANA B S, CHELA H, DAILEY F E, et al. Non-alcoholic fatty pancreas disease (NAFPD) : a silent spectator or the fifth component of metabolic syndrome? A literature review [J]. Endocr Metab Immune Disord Drug Targets, 2018, 18(6): 547-554.
- [12] ZHAO Z Z, XIN L L, XIA J H, et al. Long-term high-fat high-sucrose diet promotes enlarged islets and  $\beta$ -cell damage by oxidative stress in bama minipigs [J]. Pancreas, 2015, 44 (6): 888-895.
- [13] CUSI K, SANYAL A J, ZHANG S, et al. Non-alcoholic fatty liver disease (NAFLD) prevalence and its metabolic associations in patients with type 1 diabetes and type 2 diabetes [J]. Diabetes Obes Metab, 2017, 19(11): 1630-1634.
- [14] HU H H, KIM H W, NAYAK K S, et al. Comparison of fat-water MRI and single-voxel MRS in the assessment of hepatic and pancreatic fat fractions in humans [J]. Obesity (Silver Spring), 2010, 18 (4): 841-847.
- [15] SCHWENZER N F, MACHANN J, MARTIROSIAN P, et al. Quantification of pancreatic lipomatosis and liver steatosis by MRI: comparison of in opposed-phase and spectral-spatial excitation techniques [J]. Invest Radiol, 2008, 43(5): 330-337.
- [16] HERNANDO D, SHARMA S D, GHASABEH A M, et al. Multisite, multivendor validation of the accuracy and reproducibility of proton-density fat-fraction quantification at 1.5T and 3T using a fat-water phantom [J]. Magn Reson Med, 2017, 77(4): 1516-1524.
- [17] FUKUDA Y, YAMADA D, EGUCHI H, et al. CT density in the pancreas is a promising imaging predictor for pancreatic ductal adenocarcinoma [J]. Ann Surg Oncol, 2017, 24(9): 2762-2769.
- [18] KOÇ U, TAYDAŞ O. Evaluation of pancreatic steatosis prevalence and anthropometric measurements using non-contrast computed tomography [J]. Turk J Gastroenterol, 2020, 31(9): 640-648.
- [19] 徐黎, MBLAKE G, 过哲, 等. 定量 CT 与 MR mDixon-quant 测量肝脏脂肪含量的相关性研究 [J]. 放射学实践, 2017, 32(5): 456-461. XÜ L, MBLAKE G, GUO Z, et al. Correlation between quantitative computed tomography (QCT) and MR mDixon-quant for quantification of hepatic fat content [J]. Radiological Practice, 2017, 32(5): 456-461.
- [20] YAO W J, GUO Z, WANG L, et al. Pancreas fat quantification with quantitative CT: an MRI correlation analysis [J]. Clin Radiol, 2020, 75(5): 397. e1-397. e6.

[本文编辑] 姬静芳

