

双期增强 CT 直方图在胃肠道异位胰腺与间质瘤鉴别诊断中的价值

詹文博¹, 舒艳艳², 韩志江¹

(1. 西湖大学医学院附属杭州市第一人民医院, 浙江 杭州 310006;
2. 浙江省杭州市萧山区第一人民医院, 浙江 杭州 311200)

[摘要] 目的:探讨双期增强 CT 直方图参数对胃肠道异位胰腺(Heterotopic pancreas, HP)与间质瘤(Gastrointestinal stromal tumors, GIST)的鉴别诊断价值。方法:收集经病理证实的 20 例胃肠道 HP 患者双期增强 CT 影像资料,并与 43 例大小相仿胃肠道 GIST 病例进行对照,分析病变部位、形态、大小及 CT 直方图参数(平均值、均方差、最小值、最大值、偏度、峰度、熵)的组间差异,并评估诊断效能,使用 Delong 检验比较各直方图参数间诊断效能差异。结果:HP 与 GIST 组中,长径/短径(LD/SD)分别为 1.51 (1.34, 2.02) 和 1.22 (1.07, 1.37)($z=-4.098, P<0.01$);直方图特征中动脉期平均值分别为 (70.31±15.79) HU 和 46.17 (39.13, 53.12) HU($z=-4.430, P<0.01$),最大值为 (106.89±20.50) HU 和 (81±20.89) HU ($t=4.598, P<0.01$),均方差为 13.65 (9.69, 17.83) 和 11.25±2.52($z=-2.008, P=0.045$);直方图特征中静脉期的平均值分别为 (78.66±14.29) HU 和 (59.01±11.42) HU ($t=5.863, P<0.01$),最大值为 (108.70±13.90) HU 和 (90.14±16.17) HU ($t=4.424, P<0.01$),最小值为 29.50 (21.00, 53.50) HU 和 (21.88±15.24)HU($z=-2.349, P=0.019$),均方差为 12.66±2.79 和 11.16±2.45($t=2.162, P=0.035$),峰度为 4.77 (3.38, 7.43) 和 3.19 (2.77, 4.42)($z=-2.525, P=0.012$),其中 LD/SD、动脉期的平均值、最大值及静脉期的平均值、最大值诊断 HP 的 AUC 值分别为 0.822, 0.849, 0.833, 0.847, 0.806。结论:双期增强 CT 直方图参数可用于鉴别 HP 与 GIST,其中双期的平均值、最大值参数诊断效能较高。

[关键词] 内脏异位综合征;胰腺;体层摄影术,螺旋计算机

[中图分类号] R576;R814.42

[文献标识码] A

[文章编号] 1008-1062(2025)02-0113-04

DOI:10.12117/jccmi.2025.02.009

Value of dual-phase contrast-enhanced CT histogram in differentiating gastrointestinal heterotopic pancreas from gastrointestinal stromal tumors

ZHAN Wen-bo¹, SHU Yan-yan², HAN Zhi-jiang¹

(1. Affiliated Hangzhou First People's Hospital, Westlake University School of Medicine, Hangzhou 310006, China;
2. Xiaoshan District First People's Hospital of Hangzhou, Hangzhou 311200, China)

Abstract: Objective: To investigate the diagnostic value of dual-phase contrast-enhanced CT histogram parameters in differentiating gastrointestinal heterotopic pancreas(HP) from gastrointestinal stromal tumors(GIST). **Methods:** Imaging data from 20 patients with pathologically confirmed gastrointestinal HP, across two enhancement phases, were collected and compared with those of 43 gastrointestinal GIST cases of similar size. Parameters analyzed included lesion location, morphology, and CT histogram features(mean, standard deviation(SD), minimum, maximum, skewness, kurtosis, and entropy). Differences in these parameters between the two groups were assessed for statistical significance, and their diagnostic efficacy was evaluated. The De-long test was used to compare differences in diagnostic efficacy. Differences in these parameters between the two groups were assessed for statistical significance, and their diagnostic efficacy was evaluated. **Results:** The LD/SD ratios in the HP and GIST groups were 1.51 (1.34, 2.02) and 1.22 (1.07, 1.37), respectively ($z=-4.098, P<0.01$). For the arterial phase, mean values were (70.31±15.79) HU and 46.17(39.13, 53.12) HU($z=-4.430, P<0.01$), with maximum values at (106.89±20.50) HU and (81±20.89) HU($t=4.598, P<0.01$) and SD at 13.65(9.69, 17.83) and 11.25±2.52($z=-2.008, P=0.045$). In the venous phase, mean values were (78.66±14.29) HU and (59.01±11.42) HU($t=5.863, P<0.01$), maximum values at (108.70±13.90) HU and (90.14±16.17) HU ($t=4.424, P<0.01$), minimum values at 29.50 (21.00, 53.50) HU and (21.88±15.24) HU ($z=-2.349, P=0.019$), and SD at 12.66±2.79 and 11.16±2.45($t=2.162, P=0.035$). Kurtosis values were 4.77(3.38, 7.43) and 3.19(2.77, 4.42) for HP and GIST, respectively ($z=-2.525, P=0.012$). Among these, the areas under the ROC curve (AUC) for diagnosing HP were 0.822, 0.849, 0.833, 0.847, and 0.806 for the LD/SD ratio, arterial phase mean and maximum values, and venous phase mean and maximum values, respectively. **Conclusion:** Dual-phase contrast-enhanced CT histogram analysis provides a useful tool for distinguishing HP from GIST, with mean and maximum values across both phases exhibiting high diagnostic performance.

Key words: Heterotaxy Syndrome; Pancreas; Tomography, Spiral Computed

异位胰腺(Heterotopic pancreas, HP)是一种少见的胰腺组织迷走畸形异常,临床表现以腹痛、腹胀为主,部分可无明显症状。手术切除适用于病灶较大

而引发明显不适的病例,而对于无症状或轻症者常选择保守观察及定期复查^[1]。相比之下,间质瘤(Gastrointestinal stromal tumors, GIST)作为低度恶性肿

[收稿日期] 2024-05-22;[修回日期] 2024-06-17

[作者简介] 詹文博(1991-),男,浙江温州人,住院医师。E-mail:378033024@qq.com

[通信作者] 韩志江,西湖大学医学院附属杭州市第一人民医院放射科,310006。E-mail:hanzhijiang@hospital.westlake.edu.cn

瘤,体积较小者也可有侵袭性,临床上以手术和靶向治疗为主,旨在控制肿瘤生长及改善预后^[2]。由于 HP 与 GIST 在影像学表征有较高相似性,准确的鉴别诊断对于临床决策尤为重要。既往研究在利用 CT 对二者鉴别时依赖形态学表现、尺寸参数以及强化模式等^[3-6],但在面对非典型及复杂的病例时仍有局限性。CT 直方图分析能反映病灶内部精细结构与密度差异,目前已广泛应用于多种病变的诊断^[5-6],但尚无关于 HP 的深入研究,本文旨在探讨 CT 直方图在鉴别 HP 与 GIST 中的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性搜集 2016 年 2 月—2023 年 11 月我院手术病理证实的 HP 或 GIST 患者。共搜集患者 63 例,其中 HP 20 例,男 9 例,女 11 例,年龄(48.4±14.1)岁。GIST 43 例,男 22 例,女 21 例,年龄(63.53±9.96)岁。纳入标准:①所有患者术前 2 周内进行了腹部双期增强 CT 检查;②所有患者均经病理确诊 HP 或 GIST;③CT 检查前未进行有创操作。排除标准:①临床及影像资料有缺失;②图像质量不符合要求(如运动伪影大);③CT 检查前接受其他有创操作。

1.2 检查方法

采用美国 GE lightspeed 16 层螺旋 CT 扫描仪,患者取仰卧位,吸气后屏气行腹部扫描,扫描参数:120 kV,250 mA,准直宽度 0.625 mm×8,螺距 0.875,机架旋转时间 0.5 s,重建厚度 3.75 mm。经肘部静脉,用高压注射器团注碘普罗胺注射液 80 mL,浓度 300 mgI/mL,速率 2~3 mL/s,注射后分别于 30 s、60 s 行动脉期、静脉期扫描。

1.3 图像分析方法

在 PACS 终端选取双期图像,由 2 名影像科医生(工作经验分别为 5 年、20 年以上)在不知晓病理结果的情况下共同阅片记录病变位置、最大径、长径/短径(LD/SD)、“导管征”,采用莱达数字医学影像系统(RIS/PACS, www.radinfo.com.cn)集成的直方图测量软件手动勾画感兴趣区(ROI),选取病灶最大截面尽量包含病灶全部实性成分,避开血管及边缘气体、脂肪区域。由软件自动生成 ROI 直方图参数,包括:平均值、最大值、最小值、均方差、偏度、峰度、熵。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 25.0 软件对数据进行分析。对计量资料进行正态性检验,服从正态分布的数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用独立样本 *t* 检验比较组间差异;不服从正态分布的数据则用中位数 (P25, P75) 表示,采用 Mann-Whitney *U* 检验分析组间差异。计数资料以

频数(百分比)表示,采用四格表卡方检验比较组间差异。对组间差异有统计学意义者绘制 ROC 曲线、计算曲线下面积(AUC),分析诊断效能,运用 Delong 检验比较不同 AUC。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床资料

HP 组发病年龄 ((48.4±14.1) 岁) 小于 GIST ((63.53±9.96) 岁), 差异有统计学意义 (*P*<0.01)。两组间性别差异没有统计学意义 (*P*>0.05)。

2.2 部位、形态及大小

HP 发生在胃窦部多见 (8 例, 40%), GIST 多发生在胃底 (21 例, 48.8%), 其次是胃体 (15 例, 34.9%), 发病部位差异有统计学意义 (*P*<0.05)。LD/SD 差异有统计学意义 (*P*<0.05), 最大径没有统计学意义 (*P*>0.05)。少数 HP 呈现“导管征”(4 例, 20%), GIST 为 0。

2.3 双期增强 CT 灰度直方图参数

动、静脉期 HP 组平均值和最大值高于 GIST 组, 动脉期参数中平均值、最大值、最小值差异有统计学意义 (*P*<0.05), 均方差、偏度、峰度、熵无统计学差异 (*P*>0.05); 静脉期平均值、最大值、最小值、均方差、峰度差异有统计学意义 (*P*<0.05), 而均方差和熵无统计学差异 (*P*>0.05), 详见表 1。

2.4 诊断效能分析

直方图动脉期特征的特征 AUC 值为 0.693~0.849; 静脉期的特征 AUC 值为 0.630~0.847, 其中动脉期平均值 AUC 值 0.849 最大, 最佳临界值为 63.12, 对应的敏感度和特异度是 75% 和 86%。形态特征中 LD/SD 的 AUC 值为 0.822, 最佳临界值为 1.46, 对应的敏感度和特异度是 70.0%、88.4%。年龄和病变部位 AUC<0.5。DeLong 检验显示, 动脉期平均值的 AUC

表 1 双期增强 CT 灰度直方图参数

	HP	GIST	<i>t/z</i>	<i>P</i>
动脉期平均值	70.31±15.79	46.17(39.13, 53.12)	-4.43	<0.01
动脉期最大值	106.89±20.50	81±20.89	4.598	<0.01
动脉期最小值	22.85±32.22	9.70±19.68	2.001	0.05
动脉期均方差	13.65(9.69, 17.83)	11.25±2.52	-2.008	0.045
动脉期偏度	-0.25±0.72	-0.10(-0.47, 0.15)	-0.761	0.447
动脉期峰度	4.02(3.00, 6.05)	3.22(2.83, 5.15)	-1.137	0.256
动脉期熵	5.15(5.07, 5.33)	5.11(4.84, 5.21)	-1.633	0.103
静脉期平均值	78.66±14.29	59.01±11.42	5.863	<0.01
静脉期最大值	108.70±13.90	90.14±16.17	4.424	<0.01
静脉期最小值	29.50(21.00, 53.50)	21.88±15.24	-2.349	0.019
静脉期均方差	12.66±2.79	11.16±2.45	2.162	0.035
静脉期偏度	-0.31(-1.56, -0.17)	-0.17(-0.67, 0.03)	-1.647	0.1
静脉期峰度	4.77(3.38, 7.43)	3.19(2.77, 4.42)	-2.525	0.012
静脉期熵	5.14±0.23	5.11(4.98, 5.27)	-0.694	0.488

显著高于双期最小值和静脉期均方差($P<0.05$)。动脉期最大值、静脉期平均值、静脉期最大值同样展现出较静脉期最小值和静脉期均方差更高的 AUC 值,具有统计学意义($P<0.05$)。详见表 2。

3 讨论

HP 是先天性发育异常,存在分泌功能者可出现腹痛、腹胀,从而促使患者更早寻求医疗干预;GIST 是胃肠道中发病率最高的间叶源性肿瘤,发病原因与 c-KIT 等基因突变有关^[7],这些基因突变随年龄增长更易发生。本研究显示 HP 组平均年龄(48.4 岁)低于 GIST 组(63.5 岁)。在发病部位上,本组 HP 主要集中在胃窦部,与 Rezvani 等^[8]描述 HP 倾向发生在近幽门侧胃窦部的结果接近,我们推测可能的机制与“原基迷路学说”有关,即胰腺原基在胚胎发育过程中伴随肠道原基转位时粘连、分离,并异位发育^[9],致使 HP 在邻近胰腺的胃窦部更多见。本组 GIST 以胃底分布较多,其次为胃体和小肠,目前关于

GIST 分布特点的相关机制尚不明确,我们认为可能与 GIST 起源于胃肠黏膜下卡哈尔细胞或同源干细胞有关^[10],因此在胃和小肠均可有分布。

鉴于 HP 是非肿瘤性病变,生长方式常类似胰腺,可呈扁平或不规则的形态表现,而 GIST 作为真性肿瘤形态上多呈现圆形或类圆形,这种形态学差异使得两者在长、短径比值上表现出显著差别,如 Kim 等^[3]提出 LD/SD>1.4,AUC 值为 0.72,可以鉴别 HP 与其他肿瘤。本组 LD/SD>1.46,AUC 值为 0.822,其中 LD/SD>1.4 的占到 65%(13/20),位于文献报道的中值(64%~67%)^[3,11]。“导管征”也被报道为 HP 的重要特征,张艺凡等^[12]研究中呈现“导管征”者占总样本 32%(18/57),本文为 20%(4/20)比例低于文献报告,分析原因可能与本组纳入的 HP 形态偏小(最大径均值 18.1 mm),细微“导管征”在 CT 上检出率低有关。虽然 LD/SD 和“导管征”展现较高的特异度(分别为 0.86 和 1.00),但敏感度低(分别为 0.70 和 0.20),且依靠诊断医生主观判断,对不典型病变的诊断仍存在困难。

HP 与 GIST 组织学成分的不同,其强化模式亦存在较大差异,HP 与胰腺具有相似的组织学特征,可富含腺泡组织以及微血管网,GIST 由梭形细胞和上皮细胞构成,实质严密且血管稀少^[10],因此双期 CT 值对于鉴别二者有重要价值。但不同学者报道 HP 与 GIST 动、静脉期 CT 均值域值存在差异:HP 为 72.2~82.6 HU 和 91.7~96.2 HU,GIST 为 53.4~63.4 HU 和 69.2~88.2 HU^[12-13]。相较传统方法,直方图分析重复性和稳定性高,可以整体反应病变内像素情况,本

表 2 LD/SD 及直方图参数鉴别 HP 和 GIST 的诊断效能

参数	AUC	最佳临界值	敏感度	特异度	95%置信区间
LD/SD	0.822	1.46	0.70	0.86	0.710~0.935
动脉期平均值	0.849	63.12	0.75	0.86	0.754~0.943
动脉期最大值	0.833	99.50	0.75	0.84	0.732~0.935
动脉期最小值	0.693	25.5	0.65	0.86	0.537~0.849
静脉期平均值	0.847	72.1	0.65	0.91	0.741~0.952
静脉期最大值	0.806	107	0.65	0.91	0.688~0.925
静脉期最小值	0.685	13	1	0.35	0.545~0.825
静脉期均方差	0.630	9.81	0.95	0.28	0.481~0.778
静脉期峰度	0.699	3.31	0.8	0.58	0.556~0.842

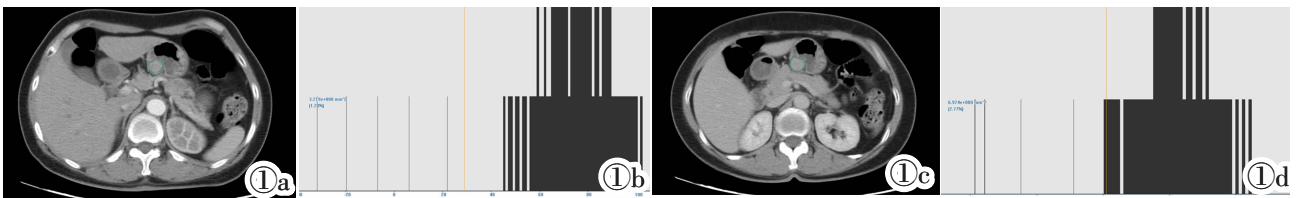


图 1a~1d 男,71 岁,病理诊断为 HP。图 1a,1b:动脉期病灶 ROI 和直方图(平均值 73.65、均方差 21.55、最小值-56、最大值 115、偏度-2.17、峰度 15.34、熵 4.68)。图 1c,1d:静脉期病灶 ROI 和直方图(平均值 81.34、均方差 15.25、最小值-2、最大值 125、偏度-1.13、峰度 9.07、熵 4.80)。

Figure 1a~1d. A 71-year-old male with a pathological diagnosis of HP. Figure 1a, 1b: Arterial phase lesion ROI and histogram(mean: 73.65, SD: 21.55, minimum: -56, maximum: 115, skewness: -2.17, kurtosis: 15.34, entropy: 4.68). Figure 1c, 1d: Venous phase lesion ROI and histogram(mean: 81.34, SD: 15.25, minimum: -2, maximum: 125, skewness: -1.13, kurtosis: 9.07, entropy: 4.80).

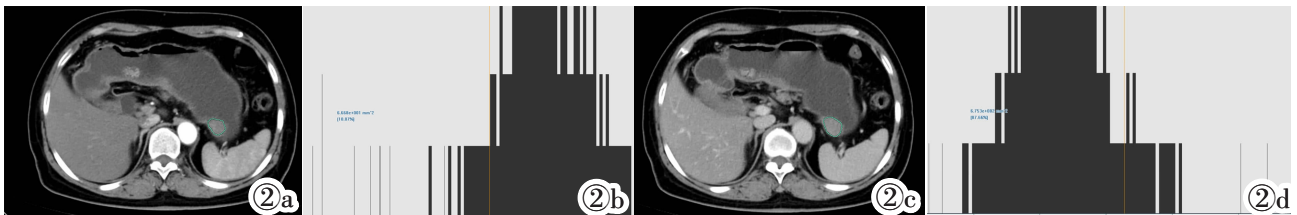


图 2a~2d 女,62 岁,病理诊断为 GIST。图 2a,2b:动脉期病灶 ROI 和直方图(平均值 43.80、均方差 15.89、最小值-35、最大值 90、偏度-1.00、峰度 6.81、熵 4.87)。图 2c,2d:静脉期病灶 ROI 和直方图(平均值 68.97、均方差 15.53、最小值 24、最大值 148、偏度 0.39、峰度 3.68、熵 4.97)。

Figure 2a~2d. A 62-year-old female diagnosed with GIST. Figure 2a, 2b: Arterial phase lesion ROI and histogram (mean: 43.80, SD: 15.89, minimum: -35, maximum: 90, skewness: -1.00, kurtosis: 6.81, entropy: 4.87). Figure 2c, 2d: Venous phase lesion ROI and histogram (mean: 68.97, SD: 15.53, minimum: 24, maximum: 148, skewness: 0.39, kurtosis: 3.68, entropy: 4.97).

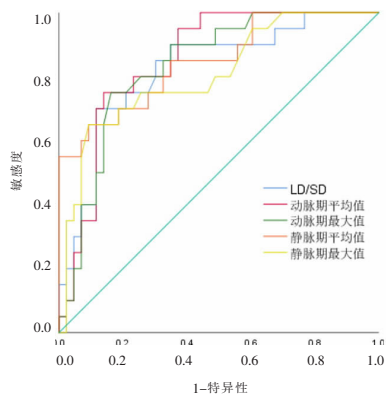


图 3 LD/SD、动脉期平均值、动脉期最大值、静脉期平均值、静脉期最大值鉴别 HP 和 GIST 的 ROC 曲线。

Figure 3. ROC curves for distinguishing HP from GIST using the following parameters: LD/SD ratio, arterial phase mean value, arterial phase maximum value, venous phase mean value, and venous phase maximum value.

研究显示直方图参数中动、静脉期的平均值、最大值在鉴别 HP 及 GIST 时均有较好诊断效能, AUC 值为 0.806~0.849, 且 HP 组双期的平均值和最大值高于 GIST 组。尽管动脉期的最小值、静脉期的最小值、均方差、峰度也有一定诊断价值, AUC 为 0.630~0.699, 但明显低于双期平均值和最大值。推测原因: ① CT 直方图的最小值作为极值, 容易受到 HP 内导管结构、GIST 囊变成分、容积效应的影响, 而产生评估偏差; ② 均方差体现病灶内像素整体离散程度, 反映病变的不均匀性^[14]。肿瘤实质整体越均匀均方差值越低。③ 峰度参数反映直方图的尖峭程度, 高峰度表示数据分布中极端值的增多^[15], 如病变中气体、液体或钙化成分的存在会提升峰度。

本研究局限: 尽管本研究在当前的研究框架内有较高的诊断效能, 但是由于缺乏外部验证, 限制了结果的泛化能力。我们将在未来开展进行多中心、前瞻性的研究, 以增强研究结论的外部有效性。

总之, CT 直方图的双期平均值、最大值对于 HP 与 GIST 的鉴别诊断有较大价值, 能为 HP 鉴别诊断和个性化治疗方案制定提供有效帮助。

[参考文献]

[1] 李宁, 黄博, 毕小刚. 异位胰腺的病理特征及诊治研究进展[J]. 中华胰腺病杂志, 2019, 19(1): 65-68.

[2] 柴宁莉, 汤小伟, 李惠凯, 等. 中国胃肠间质瘤内镜下诊治专家共识意见(2020, 北京)[J]. 中华胃肠内镜电子杂志, 2020, 7(4): 176-185.

[3] Kim JY, Lee JM, Kim KW, et al. Ectopic pancreas: CT findings with emphasis on differentiation from small gastrointestinal stromal tumor and leiomyoma[J]. Radiology, 2009, 252(1): 92-100.

[4] Kim DH, Kim JH, Han S, et al. Differentiation between small (< 4.5 cm) true subepithelial tumors and ectopic pancreas in the small bowel on computed tomography enterography[J]. Eur Radiol, 2022, 32(3): 1760-1769.

[5] Azoulay A, Cros J, Vullierme MP, et al. Morphological imaging and CT histogram analysis to differentiate pancreatic neuroendocrine tumor grade 3 from neuroendocrine carcinoma [J]. Diagn Inter Imaging, 2020, 101(12): 821-830.

[6] Park J, Jung J, Yoon SH, et al. Inspiratory lung expansion in patients with interstitial lung disease: CT histogram analyses[J]. Sci Rep, 2018, 8(1): 15265.

[7] Dong L. Correlation study between c-kit, ETV1, FOXF1 and clinicopathological data of gastrointestinal stromal tumors [J]. Ann Oncol, 2019, 30(S6): vi112.

[8] Rezvani M, Menias C, Sandrasegaran K, et al. Heterotopic pancreas: histopathologic features, imaging findings, and complications [J]. Radiographics, 2017, 37(2): 484-499.

[9] Rodriguez AA, Berquist W, Bingham D. Gastric outlet obstruction caused by heterotopic pancreas in an adolescent [J]. Digest Dis Sci, 2015, 60(4): 835-837.

[10] Blay JY, Kang YK, Nishida T, et al. Gastrointestinal stromal tumours[J]. Nat Rev Dis Primers, 2021, 7(1): 22.

[11] 韩懿静, 梁盼, 李莉明, 等. 胃囊性异位胰腺的影像学特点与误诊分析[J]. 实用放射学杂志, 2022, 38(3): 408-411; 458.

[12] 张艺凡, 万娅敏, 师佳佳, 等. CT 定量特征在鉴别长径 < 3 cm 的胃间质瘤与异位胰腺中的价值 [J]. 临床放射学杂志, 2024, 43(5): 831-835.

[13] 陈奕杰, 黄钰莹, 林砺, 等. 增强 CT 检查对胃异位胰腺和胃间质瘤的鉴别价值[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2023, 21(4): 125-127.

[14] Miles KA, Ganeshan B, Hayball MP. CT texture analysis using the filtration-histogram method: what do the measurements mean?[J]. Can Imaging, 2013, 13(3): 400-406.

[15] 施桦, 孙双双, 刘松, 等. 囊液 CT 直方图联合常规临床特征在鉴别胰腺囊性肿瘤中的价值 [J]. 临床放射学杂志, 2021, 40(4): 736-741.

(上接 112 页)

[18] Dong Z, Luo Y, Zhang Z, et al. MR quantification of total liver fat in patients with impaired glucose tolerance and healthy subjects[J]. PLoS One, 2014, 9(10): e111283.

[19] Wang X, Colgan TJ, Hinshaw LA, et al. T₁-corrected quantitative chemical shift-encoded MRI [J]. Magn Reson Med, 2020, 83(6): 2051-2063.

[20] Krishan S, Jain D, Saraf N, et al. Non-invasive quantification of hepatic steatosis in living, related liver donors using dual-echo Dixon imaging and single-voxel proton spectroscopy [J]. Clin Radiol, 2016, 71(1): 58-63.

[21] 李雨澄, 涂蓉. Dixon 水脂分离序列 R₂* 值评估肝铁浓度及鉴别肝结节的研究进展[J]. 国际医学放射学杂志, 2023, 46(2): 197-

201.

[22] Rodge GA, Goenka MK, Goenka U, et al. Quantification of liver fat by MRI-PDFF imaging in patients with suspected non-alcoholic fatty liver disease and its correlation with metabolic syndrome, liver function test and ultrasonography [J]. J Clin Exp Hepatol, 2021, 11(5): 586-591.

[23] Hu F, Yang R, Huang Z, et al. 3D multi-echo dixon technique for simultaneous assessment of liver steatosis and iron overload in patients with chronic liver diseases: a feasibility study[J]. Quant Imaging Med Surg, 2019, 9(6): 1014-1024.

[24] 贺小红, 洪居陆, 高明勇, 等. 两种场强磁共振 IDEAL-IQ 序列对质子密度脂肪分数和铁含量定量分析的初步对比研究 [J]. 国际放射医学核医学杂志, 2023, 47(3): 148-154.