

• 肝脏脂肪定量诊断影像学专题 •

基于兔 NAFLD 模型的双源 CT 及 MRI 肝脏脂肪定量研究

曹迪, 杨正汉, 李涛, 许霄, 杨大为, 龙莉玲

【摘要】 目的:探讨双源 CT 及 MRI 对肝脏脂肪含量测量的准确性。**方法:**50 只雄性新西兰家兔随机分为两组, A 组 42 只(实验组), 高脂饲料喂养; B 组 8 只(对照组), 普通饲料喂养, 共喂养 16 周。在开始喂养后的不同时期进行双源 CT、MRI 三维同相位和反相位及最小二程估算法迭代水脂分离(IDEAL-IQ)序列扫描。测量不同单能量图像上肝脏的 CT 值、MRI 同相位和反相位序列的肝脏脂肪含量(HFF)、IDEAL-IQ 序列的质子密度脂肪分量(PDFF)。后经酸水解法获得新鲜肝脏的脂肪含量。将单能量图像上肝脏的 CT 值、HFF、PDFF 与病理结果进行 Spearman 相关性分析。**结果:**对照组正常肝脏及实验组轻、中、重度脂肪肝的 CT 值、PDFF 及 HFF 值差异均有统计学意义($P < 0.05$)。CT 值与病理结果呈负相关, PDFF、HFF 与病理结果呈正相关($P < 0.05$)。双源 CT 扫描 80keV CT 值与病理结果的相关性最好($r = -0.870$); PDFF 与病理结果的相关性($r = 0.936$)高于 HFF($r = 0.853$)。**结论:**IDEAL-IQ 序列所测的肝脂肪含量与肝实际脂肪含量的相关性高于同相位和反相位序列及双源 CT。

【关键词】 脂肪肝; 肝脏脂肪含量; 体层摄影术, X 线计算机; 磁共振成像

【中图分类号】 R575.5; R814.42; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2017)05-0441-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2017.05.003

Liver fat quantitative measurement on rabbit NAFLD model using dual-energy CT and 3.0T MRI CAO Di, YANG Zhen-han, LI Tao, et al, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China

【Abstract】 Objective: To investigate the accuracy of dual-energy CT and MRI in the quantitative diagnosis in fatty liver. **Methods:** 50 adult male New Zealand white rabbits were randomly divided into 2 groups: group A ($n=42$) and group B ($n=8$). In group A, rabbits were fed with high-fat diet; whereas in group B, rabbits were fed with regular diet, both for 16 weeks. Dual-energy CT scan, MRI three-dimensional in phase and out of phase and IDEAL-IQ were performed at different times after feeding. CT value on different monochromatic energy image of DECT, hepatic fat fraction (HFF) on in phase and out of phase of MRI and proton density fat fraction (PDFF) on IDEAL-IQ of MRI were all measured. After CT and MRI scan, liver pathologic samples were obtained and liver fat content was obtained by using acid-catalyzed hydrolysis method. Spearman correlative analysis was used in the evaluation of correlations among each parameter and pathology results. **Results:** There was statistical significant difference in CT values, PDFF and HFF among different liver fat content pathological grades ($P < 0.05$) in control group. Spearman correlation analysis showed a negative correlation between CT values and pathological results, and a positive correlation between PDFF, HFF and pathological results ($P < 0.05$). CT value on 80keV had the best correlation with pathological results in CT examination, the correlation coefficient was -0.870 . PDFF had the best correlation with pathological results in MRI examination, the correlation coefficient was 0.936 , higher than HFF ($r = 0.853$). **Conclusion:** Correlation between PDFF of IDEAL-IQ sequence and pathological results was stronger than that between dual-echo sequence and dual-energy CT.

【Key words】 Fatty liver; Hepatic fat content; Tomography, X-ray computed; Magnetic resonance imaging

脂肪肝是指肝细胞内有过多的甘油三酯(triglyceride, TG)异常沉积, 是常见的沉积性肝病^[1], 可见于多种慢性肝病如病毒性肝炎、药物性肝炎及酒精性肝病等。近年来, 随着经济的发展及生活方式的改变, 非酒精性脂肪肝病(nonalcoholic fatty liver disease, NAFLD)发病率不断上升, 如今已经成为全球最主要的公共卫生危害之一。单纯脂肪肝如没有得到有效控

制, 可逐步进展为非酒精性脂肪性肝炎(nonalcoholic steatohepatitis, NASH)、肝纤维化和肝硬化, 甚至发生肝癌或肝衰竭而导致死亡^[2]。因此, 监控 NAFLD 的发生、发展过程具有非常重要的临床意义, 而肝内脂肪含量是其重要的检测指标。目前临床上将肝活检作为评估肝脏脂肪变性程度的金标准, 但其存在有创伤、取样少等问题, 临床迫切需要有效的无创性脂肪肝定量检测手段。常规 CT、MRI 可用于检测脂肪肝, 但定量的准确性及对轻度脂肪肝的检测敏感度均有待提高。本研究利用大白兔脂肪肝模型评价双源 CT、MRI 同反相位及最小二程估算法迭代水脂分离

作者单位: 100050 北京, 首都医科大学附属北京友谊医院放射科(曹迪、杨正汉、杨大为); 530021 广西医科大学附属第一医院放射科(李涛、许霄、龙莉玲)

作者简介: 曹迪(1988—), 男, 北京人, 硕士, 住院医师, 主要从事腹部系统影像学诊断工作。

通讯作者: 龙莉玲, E-mail: cjr. longliling@vip.163.com

(iterative decomposition of water and fat with echo asymmetry and the least squares estimation quantification sequence, IDEAL-IQ) 序列对肝内脂肪含量检测的准确性,为 NAFLD 的临床诊断、治疗及疗效评估奠定基础。

材料与方法

1. 实验对象

选取 50 只雄性新西兰家兔,体重 2000~3000 g,平均 2600 g,兔龄 3 个月。将家兔随机分成 A、B 两组, A 组 42 只,建立非酒精性脂肪肝动物模型,采用高脂饲料喂养 16 周,每周选取 2 只进行试验; B 组 8 只为对照组,采用普通饲料喂养 16 周,每两周选取 1 只进行实验。

2. 检查方法

CT 检查方法:将 2 mL 盐酸阿托品及 2 mL 地西洋先后在家兔的后肢进行肌肉注射,兔麻醉后,固定腹部,仰卧固定于自制木板上,头先进,定位于剑突下。采用双源双能量 128 层 CT 机 (Siemens Somatom Definition Flash) 行 CT 扫描,双能模式扫描,2 个球管的管电压分别为 80 和 140 kVp,管电流采用 Care dose 4D 技术;探测器准直 64×0.6 mm,机架旋转时间 500 ms,螺距 0.6,常规重建层厚、层间距均为 1 mm。

MRI 检查方法:家兔的麻醉及定位方法同 CT 扫描。MRI 扫描采用 GE 3.0T 超导 MR 扫描仪 (Discovery MR 750),接收线圈为膝部线圈。采用横轴面扫描,扫描序列及参数:①脂肪抑制 T_2 WI, TR 3000 ms, TE 85 ms, 聚焦角 142° , 层厚 4 mm, 层间距 0.4 mm, 视野 $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$, 矩阵 256×256 , 平均次数 4; ②3D 双回波 T_1 WI 同反相位, TR 5.6 ms, TE 1.3 ms、2.4 ms, 偏转角 12° , 层厚 4 mm, 层间距 0, 视野 $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$, 矩阵 256×256 , 平均次数 1; ③IDEAL IQ, TR 6.7 ms, 采用 3 回波技术, 最小 TE 1.3 ms, 最大 TE 4.6 ms, 偏转角 3° , 层厚 4 mm, 层间距 0, 视野 $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$, 矩阵 192×192 , 采集次数 1。

3. 数据测量及分析

双源 CT 扫描完成后,将数据传输至 MMWP 工作站,利用后处理软件 (Monoenergetic) 进行图像后处理,记录 60~140 keV 能量段每 20 keV 所对应的 5 个能级虚拟单能谱图像,在各单能图像上测量感兴趣区 (region of interest, ROI) 对应的 CT 值。在肝脏区域取 5 个相对固定的 ROI,右叶 3 个,左叶 2 个,避开明显的肝内血管及胆管区域,ROI 面积为 $3 \sim 5 \text{ mm}^2$ 。

MRI 扫描完成后,在 T_2 WI 图像上选取 ROI,方法同 CT,并将 T_2 WI 图像上的 ROI 复制至同一层面的同反相位图及 IDEAL-IQ 序列质子密度脂肪分数图上,以尽量保证同一只兔子同反相位序列及 IDEAL-IQ 序列的 ROI 位置一致。MRI 图像上测量的数据包括同反相位序列的肝脏脂肪分数 (hepatic fat fraction, HFF) 和 IDEAL-IQ 序列的质子密度脂肪分量 (proton density fat fraction, PDFF), HFF 的计算公式为 $\text{HFF} = (\text{SIP} - \text{SOP}) / 2\text{SIP}$, 其中 SIP 为同相位肝信号, SOP 为反相位肝信号。

扫描完成后使用手术刀及组织剪完整取下兔子的肝脏 (图 1),在肝左右叶各取一条长度为 0.5~1.0 cm 的组织,并由病理科医生对肝脏组织进行脱水、石蜡包

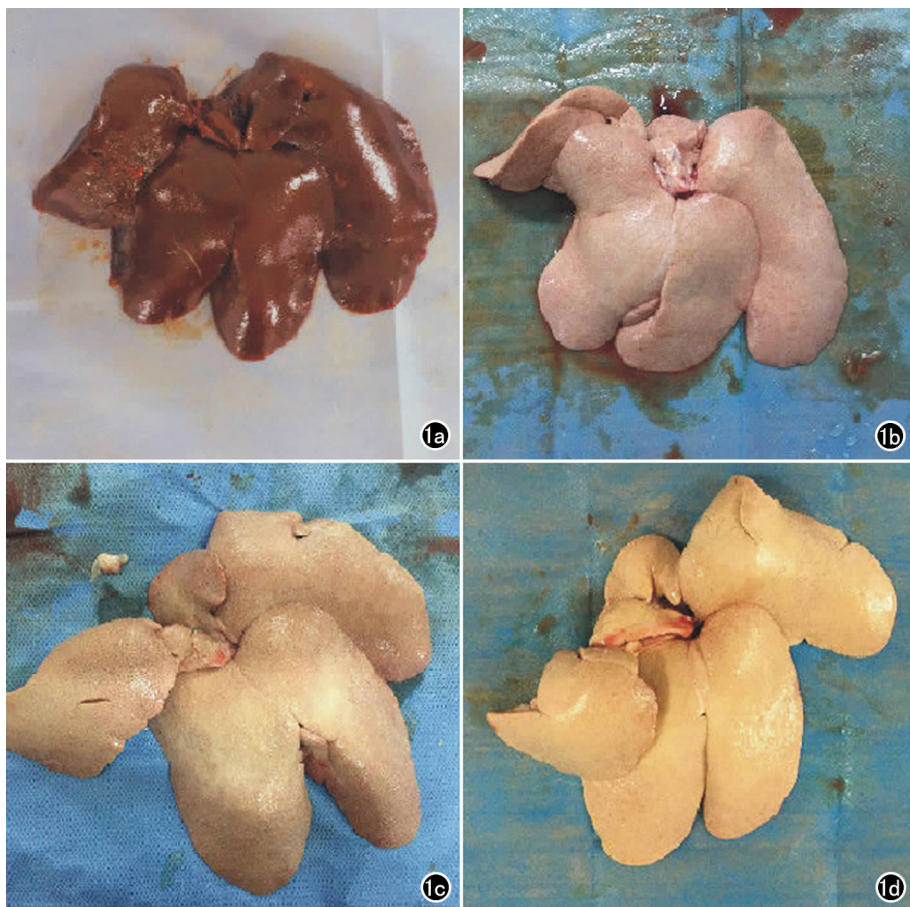


图 1 使用手术刀及组织剪取下的完整兔子肝脏。a) 正常肝脏,颜色鲜红,质地柔软,边缘锐利; b) 轻度脂肪肝,呈红黄色,质地柔软,边缘稍顿; c) 中度脂肪肝,呈奶油色,体积稍大,边缘变钝; d) 重度脂肪肝,呈黄白色,体积增大,质地变脆,边缘变钝较明显。

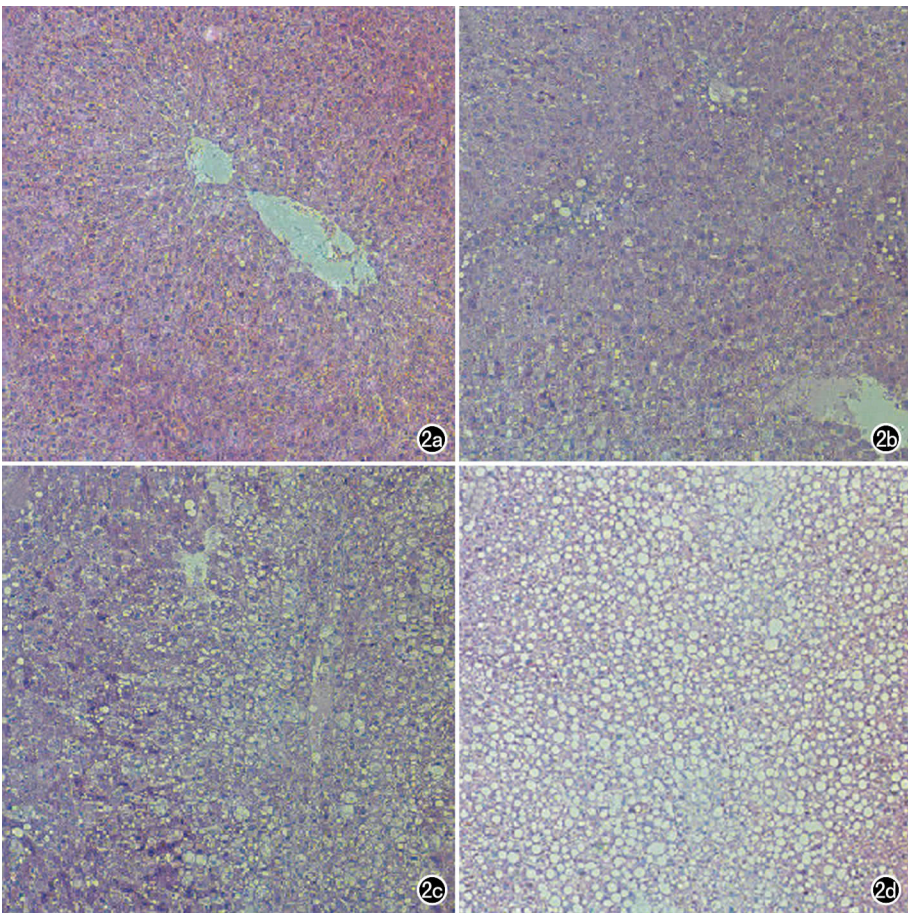


图 2 兔子肝脏经 HE 染色后得到的镜下病理图像。a) 正常肝脏, 仅见几个脂滴; b) 轻度脂肪肝, 脂滴数目有所增加; c) 中度脂肪肝, 脂滴明显增多; d) 重度脂肪肝, 视野内布满大小不等的脂滴。

埋后切片, 切片厚度为 5 μm , 并对切片进行 HE 染色 (图 2)。使用光学显微镜观察肝脏脂肪变细胞百分比, 剩余肝组织送至广西分析测试研究中心, 经酸水解法, 获得新鲜肝脏的脂肪含量。酸水解法的基本原理为用盐酸将肝脏溶解, 并用乙醚提取, 去除溶剂后即得其中的脂肪含量^[3]。

4. 统计学分析

采用 SPSS 19.0 软件进行统计学分析。计量资料以均数 $\pm$ 准差 ($\bar{x}\pm s$) 表示。对各程度脂肪肝 CT 值、磁共振 HFF 及 PDFF 值记录的结果采用单因素方差分析进行组间比较, 若差异有统计学意义则继续采用 LSD 法进行组间两两比较。采用 Spearman 相关分析计算各指标与病理结果的相关性, 将相关性最好的指标拟合线性回归方程。通过描绘受试者工作特征 (re-

ceiver operating characteristic, ROC) 曲线评价各指标的诊断效能及阈值。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 实验动物脂肪肝模型的病理结果

本实验 A 组建立非酒精性脂肪肝动物模型的家兔共 42 只, 8 只因腹泻、感染等原因死亡, 实验结束尚有 2 只存活 (未对其进行解剖), 总成模率 81.0%, 死亡率 19.0%。

实验组每周选取 2 只进行实验, 经 16 周后共 32 只经解剖病理鉴定后均为脂肪肝 (图 1、2), 其中轻度脂肪肝 6 只, 平均肝脏脂肪含量为 $(7.97\pm2.24)\%$; 中度脂肪肝 23 只, 平均肝脏脂肪含量为 $(14.14\pm3.04)\%$; 重度脂肪肝 3 只, 平均肝脏脂肪含量为 $(25.80\pm0.30)\%$ 。对照组 8 只家兔均顺利完成实验过程, 均为正常肝脏, 平均肝脏脂肪含量为 $(2.89\pm0.38)\%$ 。

2. CT、MRI 检查结果

实验组轻、中、重度脂肪肝及对照组正常肝脏在各单能图像上的 CT 值见表 1。单因素方差分析结果显示双源 CT 60 keV、80 keV、100 keV、120 keV 及 140 keV 的 CT 值组间比较的 F 值分别为 28.73、27.53、26.97、23.87 和 22.97, 双源 CT 各单能图像 CT 值的组间差异均有统计学意义 (P 值均为 0)。后经 LSD 法两两比较, 双源 CT 各单能图像上正常肝脏与轻度脂肪肝的 CT 值差异无统计学意义 ($P>0.05$), 余不同程度脂肪肝的 CT 值比较差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。

实验组轻、中、重度脂肪肝及对照组正常肝脏在 MRI IDEAL-IQ 序列测得的 PDFF、同反相位序列测得的 HFF 结果见表 2。PDFF 及 HFF 组间比较的 F

表 1 实验组及对照组家兔肝脏在各单能图像上的 CT 值 (HU)

组别	60 keV	80 keV	100 keV	120 keV	140 keV
对照组	61.47 $\pm$ 4.72	56.59 $\pm$ 4.93	54.01 $\pm$ 5.35	52.88 $\pm$ 5.47	51.96 $\pm$ 5.99
轻度脂肪肝	57.09 $\pm$ 8.86	53.36 $\pm$ 8.18	51.68 $\pm$ 7.94	50.88 $\pm$ 7.81	50.43 $\pm$ 7.76
中度脂肪肝	36.34 $\pm$ 12.21	34.68 $\pm$ 10.91	33.86 $\pm$ 10.11	33.45 $\pm$ 9.86	33.27 $\pm$ 9.65
重度脂肪肝	11.69 $\pm$ 0.74	11.70 $\pm$ 5.03	11.06 $\pm$ 5.71	8.22 $\pm$ 0.61	7.13 $\pm$ 0.66

值分别为 39.55 和 28.10, PDFF 及 HFF 的组间比较差异均有统计学意义(P 值均为 0)。后经 LSD 法两两比较, 正常肝脏及不同程度脂肪肝的 PDFF、HFF 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。

表 2 实验组及对照组的 PDFF、HFF 值测量结果

组别	PDFF(%)	HFF(%)
对照组	2.08±0.78	1.63±1.06
轻度脂肪肝	5.07±2.06	6.17±5.85
中度脂肪肝	10.01±3.23	12.65±4.33
重度脂肪肝	20.53±2.85	23.90±0.30

3. CT、MRI 各指标与病理结果的相关性分析

双源 CT 各单能图像的肝脏 CT 值与经酸水解法获得的新鲜肝脏的脂肪含量均呈高度负相关(表 3)。

表 3 不同单能图像肝脏 CT 值与肝脏脂肪含量的相关性分析

指标	r 值	P 值
60 keV	-0.867	0.000
80 keV	-0.870	0.000
100 keV	-0.867	0.000
120 keV	-0.867	0.000
140 keV	-0.860	0.000

以相关性最好的 80 keV 下的 CT 值与肝脏脂肪含量拟合直线回归方程, 方程为 $y = 65.48 - 2.14x$ (y 代表 80 keV 下的 CT 值, x 代表肝脏脂肪含量, 图 3)。

IDEAL-IQ 序列测得的 PDFF 及同反相位序列测得的 HFF 与肝脏脂肪含量均呈高度正相关(表 4)。

表 4 肝脏 PDFF、HFF 与肝脏脂肪含量的相关性分析结果

指标	r 值	P 值
PDFF	0.936	0.000
HFF	0.853	0.000

以 PDFF 与肝脏脂肪含量拟合直线回归方程, 方程为 $y = -0.94 + 0.80x$ (y 代表 PDFF 值, x 代表肝脏

脂肪含量, 图 4)。

讨 论

如今人们早已清楚认识到了脂肪肝的危害, 早期的诊断和治疗越来越受到重视。影像学上非侵入性定量脂肪肝的检查在临床中越来越普遍, 这些检查方法包括超声、CT 和 MRI。

超声有快速、经济、无辐射的优点, 但超声检查对脂肪肝缺乏量化标准^[4], 且存在着操作依赖性强、客观性差等不足。Lee 等^[5]对 598 例志愿者进行了脂肪肝的超声定量研究, 结果显示超声的阳性预测值仅为 34.5%。CT 相对比较成熟, 有很多研究表明 CT 值与肝内脂肪含量呈负相关, 可根据 CT 值的降低程度来定量肝脏的脂肪含量^[6-8]。双源 CT 具有 2 套独立的 X 线管、探测器系统, 可以在 1 次扫描中产生不同能谱的射线, 扫描完成后利用双能单能谱成像技术后处理软件, 能够获得 40~140 keV 的单能量图像^[9], 不同组织或器官都可在某一单能量下得到最好的观察, 即最佳 keV 值。单能量图像可以解决 CT 值漂移的问题, 得到的 CT 值更加准确。MRI 目前被认为是诊断 NAFLD 较理想的手段, 同反相位及 IDEAL-IQ 序列均可进行水质分离, 且 IDEAL-IQ 序列由于其非对称性回波采集方式, 能够做到对 0%~100% 的肝脂肪变性进行测量^[10]。Werven 等^[11]通过 MRI 同反相位序列对健康志愿者及不同程度脂肪肝患者进行了肝脏脂肪含量的测量, 测得的脂肪含量与病理结果的相关性系数为 0.85, 诊断敏感度及特异度分别为 90%、91%。Hur 等^[12]对 16 只兔子采用 IDEAL-IQ 序列进行脂肪的定量测量, 结果显示 PDFF 与病理结果之间的一致性为 0.834, 敏感度和特异度分别为 91.2%、100%。

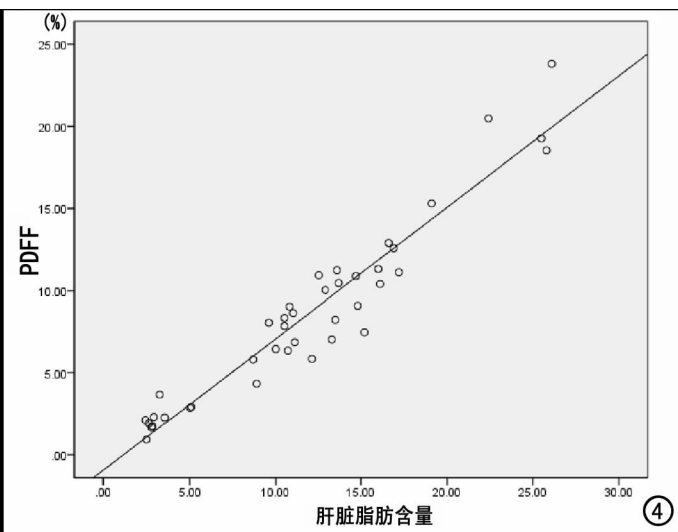
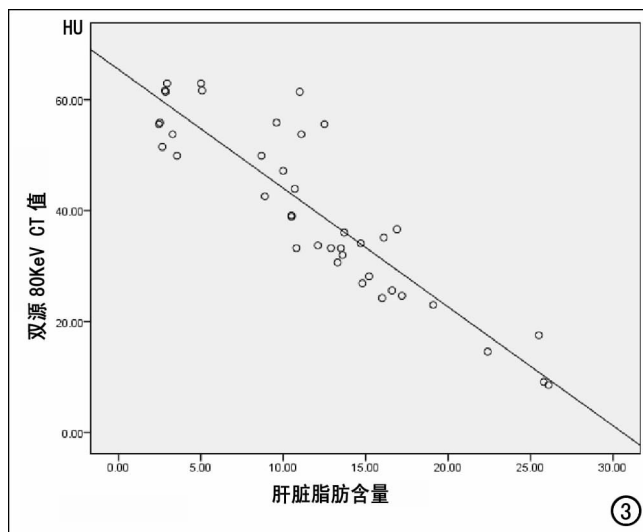


图 3 80keV 下的 CT 值与肝脏脂肪含量的相关性散点图。从散点图可以看出, 80keV 下的 CT 值随着肝脏脂肪含量的升高而呈直线下降趋势, $r = -0.870$, 直线回归方程为 $y = 65.48 - 2.14x$ 。图 4 PDFF 与肝脏脂肪含量之间的相关性散点图。从散点图可以看出, PDFF 随着肝脏脂肪含量的升高而呈直线上升趋势, $r = 0.936$, 直线回归方程为 $y = -0.94 + 0.80x$ 。

由上述可知各种影像学检查方法各有其优势,但在同一实验条件下何种检查对脂肪肝的诊断更为可靠尚需进一步验证。本研究通过建立非酒精性脂肪肝模型,在同一实验条件下将双能量 CT 及 MRI 同反相位序列、IDEAL-IQ 序列测得的脂肪含量与病理结果进行对照,以期获得评估脂肪肝严重程度的最准确的检查方法。

本研究结果显示双源 CT 中 80 keV 的 CT 值与肝脏脂肪含量的相关性最好($r = -0.870$),由于与常规 CT 图像相比,双源 CT 的单能量图像有噪声比、信噪比高的优势^[13],在 60~80 kV 能量段的对比噪声比信号最高而图像噪声较低,在这个能量段下的 CT 值与常规扫描的 CT 值最为接近。因此,双源 CT 扫描 80 keV 下的 CT 值对脂肪肝患者的定量诊断效果最佳,但 80 keV 下的 CT 值在正常肝脏与轻度脂肪肝中差异无统计学意义($P > 0.05$),因此无法区分正常肝脏与轻度脂肪肝。

本研究结果显示 MRI IDEAL-IQ 序列测得的 PDFF 及同反相位序列测得的 HFF 均能够对正常肝脏及轻、中、重度脂肪肝进行区分,在正常肝脏与轻度脂肪肝的区分上效果优于双能量 CT,且经 Spearman 相关分析可知 PDFF 与病理的相关性($r = 0.936$)要高于 HFF($r = 0.853$),表明 IDEAL-IQ 序列可以更好地反映肝脂肪变性的存在及其严重程度。目前已有一些学者将 IDEAL-IQ 技术用于脂肪肝的定量研究上。国内学者焦志云等^[14]在 3.0T MRI 上运用 IDEAL-IQ 序列测量肝脏脂肪分量,并与血清甘油三酯(triglycerides, TG)、总胆固醇(total cholesterol, TC)含量进行相关性研究,结果显示脂肪肝组的脂肪分量值与血清 TG、TC 值呈显著正相关($r = 0.836, 0.852, P < 0.05$)。国外学者 Idilman 等^[15]在 1.5T MRI 上测量 70 例患者的 PDFF 值并与病理进行了相关性分析,结果显示其相关性系数 $r = 0.82$ 。本研究 IDEAL-IQ 序列与病理结果的相关性系数较之前研究有所增高($r = 0.936$),考虑可能由于之前的研究诊断脂肪肝采用的病理标准多为镜下观察肝脏中脂肪变性细胞的百分比,镜下标准受限于病理医师的工作经验,不同医师对病理切片的观察可能会有所偏差,且单个脂肪肝病理切片仅反应肝脏的局部情况,并非整体。本研究采用的是脂肪重量与整体肝重的百分比,由于 IDEAL-IQ 序列检测的是 TG 与水质子的比例,其 PDFF 应更接近于脂肪与肝脏的重量比,因此本研究的病理标准应更为真实可靠。但是本研究结果也同时显示无论是对照组的正常肝脏(2.89% vs 2.08%)还是实验组的轻度(7.97% vs 5.07%)、中度(14.14% vs 10.01%)及重度(25.80% vs 20.53%)脂肪肝的 PDFF 值均较真

实值有所下降,考虑与本实验采用的酸水解法有关,因磷脂在酸水解条件下分解为脂肪酸和碱,所以实际的病理测量值可能稍偏高;PDFF 监测脂肪变性更为稳定,可以用来无创性地了解 NAFLD 的发展过程和监测治疗效果。

本研究发现中重度脂肪肝的 PDFF 与病理结果出现离散程度变大的情况,对此,笔者考虑与肝纤维化可能会影响 MRI 评估肝脂肪变性的准确性有关。笔者解剖家兔时发现,越到实验的后期,兔肝脏的硬化程度越明显,而肝纤维化的存在可能削弱了 PDFF 与肝脏脂肪含量的相关性。Idilman 等^[15]的研究发现有无纤维化可对 PDFF 与肝脏脂肪含量的相关性造成影响,肝脏有纤维化时相关性系数为 0.60,而没有纤维化时相关性系数为 0.86,但有无肝纤维化使 PDFF 与病理结果之间的相关性出现差异的原因暂不明确。但无论如何,IDEAL-IQ 序列由于其对水脂分离的精确性较高,可以客观评价肝脂肪变性的存在及其严重程度,是 MRI 诊断脂肪肝的一个优质序列。

本研究尚存在以下不足:①本研究成功建立不同程度脂肪肝动物模型,但重度脂肪肝模型样本量相对较少,建模方法仍需进一步改进;②本研究的样本量较少,数据分析及结论较为简单;③在双源 CT 扫描上,由于考虑到降低受检者的辐射剂量这一因素,本研究未进行增强扫描,因此未采用物质分离技术^[16];④由于受到家兔呼吸伪影的影响,IDEAL-IQ 序列及正反相位序列图像均产生了不同程度的伪影,需考虑有自主呼吸的影响,应用于临床时可采用呼吸门控及心电门控技术加以纠正。

综上所述,通过研究家兔脂肪肝的动物模型可得出以下结论:①高脂喂养诱导兔非酒精性脂肪肝模型方法可行,对临床有一定的指导作用;②双源 CT 扫描中 80 keV 管电压下测得的 CT 值与肝脏脂肪含量相关性最高;③MRI 检查中同反相位及 IDEAL-IQ 序列均可对脂肪肝进行定量分析,且 IDEAL-IQ 序列与肝脏脂肪含量的相关性更高。

参考文献:

- [1] 宋彬. 肝脏常见病变的影像诊断思路[J]. 放射学实践, 2017, 32(2): 114-117.
- [2] Décarie PO, Lepanto L, Billiard JS, et al. Fatty liver deposition and sparing: a pictorial review[J]. Insights Imaging, 2011, 2(5): 533-538.
- [3] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009.6-2003 食品中脂肪的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004: 43-46.
- [4] 杨建忠, 黄美丽, 解永军, 等. B 超在脂肪肝诊疗中的诊断价值[J]. 中国超声诊断杂志, 2003, 4(3): 190-191.
- [5] Lee JY, Kim KM, Lee SG, et al. Prevalence and risk factors of non-alcoholic fatty liver disease in potential living liver donors in

- Korea; a review of 589 consecutive liver biopsies in a single center[J]. Hepatol, 2007, 47(2): 239-244.
- [6] Pamilo M, Sotaniemi EA, Suramo I, et al. Evaluation of liver steatotic and fibrous content by computerized tomography and ultrasound[J]. Scand J Gastroenterol, 1983, 18(6): 743-747.
- [7] Kawata R, Sakata K, Kunieda T, et al. Quantitative evaluation of fatty liver by computed tomography in rabbits[J]. AJR, 1984, 142(4): 741-746.
- [8] Nomura F, Ohnishi K, Okuda K, et al. Obesity-related nonalcoholic fatty liver: CT features and follow-up studies after low-calorie diet[J]. Radiology, 1987, 162(3): 845-847.
- [9] 毛锡金, 夏吉凯, 曹新山. 双源 CT 单能谱成像技术在腰椎峡部裂术后去除金属内固定伪影的应用[J]. 实用放射学杂志, 2014, 30(4): 641-644.
- [10] Lee SS, Park SH. Radiologic evaluation of nonalcoholic fatty liver disease[J]. World J Gastroenterol, 2014, 20(23): 7392-7402.
- [11] Werven JR, Marsman HA, Nederveen AJ, et al. Assessment of hepatic steatosis in patients undergoing liver resection: comparison of US, CT, T₁-weighted dual-echo MR imaging, and point-resolved ¹H MR spectroscopy[J]. Radiology, 2010, 256(1): 159-168.
- [12] Hur BY, Lee JM, Hyunsik W, et al. Quantification of the fat fraction in the liver using dual-energy computed tomography and multicomponent decomposition[J]. J Comput Assist Tomogr, 2014, 38(6): 845-852.
- [13] 石洁, 王云玲, 聂聪科, 等. 双源 CT 双能量扫描在肝脏成像中的应用研究[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2014, 20(3): 250-252.
- [14] 焦志云, 李澄, 何玲, 等. 运用 3.0T 磁共振 IDEAL-IQ 技术进行肝脏脂肪定量分析的可行性研究[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2015, 9(19): 30-33.
- [15] Idilman IS, Aniktar H, Idilman R, et al. Hepatic steatosis, quantification by proton density fat fraction with MR imaging versus liver biopsy[J]. Radiology, 2013, 267(3): 767-775.
- [16] 王士阔, 王萱, 王襦, 等. 双源 CT 双能量虚拟平扫对脂肪肝的诊断价值[J]. 放射学实践, 2014, 29(9): 1008-1011.
- (收稿日期: 2017-03-17 修回日期: 2017-04-13)

欢迎订阅 2017 年《放射学实践》

《放射学实践》是由国家教育部主管, 华中科技大学同济医学院主办, 与德国合办的全国性影像学学术期刊, 创刊至今已 32 周年。2015 年 6 月, 《放射学实践》杂志入选北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。这是继 1999, 2008 年之后的第 3 次入选临床医学/特种医学类核心期刊。

本刊坚持服务广大医学影像医务人员的办刊方向, 关注国内外影像医学的新进展、新动态, 全面介绍 X 线、CT、磁共振、介入放射及放射治疗、超声诊断、核医学、影像技术学等医学影像方面的新知识、新成果, 受到广大影像医师的普遍喜爱。

本刊为国家科技部中国科技论文核心期刊、中国科学引文数据库统计源期刊, 在首届《中国学术期刊(光盘版)检索与评价数据规范》执行评优活动中, 被评为《CAJ—CD 规范》执行优秀期刊。

主要栏目: 论著、继续教育园地、专家荐稿、研究生展版、图文讲座、本刊特稿、实验研究、传染病影像学、影像技术学、外刊摘要、学术动态、请您诊断、病例报道、知名产品介绍、信息窗等。

本刊为月刊, 每册 15 元, 全年定价 180 元。

国内统一刊号: ISSN 1000-0313/CN 42-1208/R 邮政代号: 38-122

电话: (027) 83662875 传真: (027) 83662887

E-mail: fsxsjzz@163.com 网址: <http://www.fsxsj.net>

编辑部地址: 430030 武汉市解放大道 1095 号 同济医院《放射学实践》编辑部