

• 肝脏脂肪定量诊断影像学专题 •

定量 CT 与 MR mDixon-quant 测量肝脏脂肪含量的相关性研究

徐黎, Glen MBlake, 过哲, 张晨鑫, 王晓红, 程晓光

【摘要】 目的:比较、分析定量 CT(QCT)和 MR mDixon-quant 对健康人群肝脏脂肪含量测量结果的一致性和相关性。**方法:**对 21 位男性和 32 位女性健康社区居民进行腹部 QCT 和 MR mDixon-quant 扫描,QCT 分别采用标准计算公式(测量结果记为 Fat% QI)和校正后的计算公式(测量结果记为 Fat% QR)测量肝脏脂肪含量,并采用 MR mDixon-quant 测量肝脏脂肪分数(测量结果记为 Fat% mD)。比较男、女两组之间的肝脏脂肪含量的测量结果有无差异,比较总体样本 QCT 与 MR mDixon-quant 测量结果之间的一致性,并计算相关性系数。**结果:**QCT 及 MR mDixon-quant 的测量结果均显示,男性与女性的肝脏脂肪含量差异均无统计学意义(P 值均 >0.05)。总体样本的 Fat% QI 和 Fat% QR 分别为 $(-0.09\% \pm 4.88\%)$ 和 $(8.66\% \pm 4.41\%)$, Fat% QI 显著低于 Fat% mD ($P < 0.01$), 平均差值为 $(-6.42\% \pm 2.44\%)$, 而 Fat% QR 显著高于 Fat% mD ($P < 0.01$), 平均差值为 $(2.33\% \pm 2.36\%)$ 。Fat% QI、Fat% mD 的相关程度($r=0.708, P < 0.01$)与 Fat% QR、Fat% mD 的相关程度($r=0.707, P < 0.01$)近似。**结论:**与 MR mDixon-quant 的测量结果相比,使用重新校正的计算公式的 QCT 能够准确测量中国健康人群的肝脏脂肪含量。

【关键词】 肝脏脂肪含量; 定量 CT; 磁共振成像; mDixon-quant 技术

【中图分类号】 R575.5; R814.42; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2017)05-0456-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2017.05.006

Correlation between quantitative computed tomography (QCT) and MR mDixon-quant for quantification of hepatic fat content XU Li, Glen MBlake, GUO Zhe, et al. Department of Radiology, Beijing Jishuitan Hospital, Beijing 100035, China

【Abstract】 Objective: To compare the consistency and correlation of quantitative computed tomography (QCT) method with MR mDixon-quant method for quantification of hepatic fat content in healthy people. **Methods:** Twenty-one men (aged 57~83 years) and thirty-two women (aged 54~80 years) underwent abdomen QCT and MR mDixon-quant examinations, and hepatic fat content was determined by two kinds of QCT calculation equations (Fat%_{QCT(ICRU)}, Fat%_{QCT(revised)}) and MR mDixon-quant fat fraction (Fat%_{mDixon-quant}). The results were compared between the male and female groups. The results by QCT were compared to MR mDixon-quant, and the correlation coefficients between QCT and MR mDixon-quant were calculated. **Results:** There was no significant difference in hepatic fat content between men and women in the study group. The mean ($\pm$ standard deviation, SD) of Fat%_{QCT(ICRU)} and Fat%_{QCT(revised)} was $(-0.09\% \pm 4.88\%)$ and $(8.66\% \pm 4.41\%)$, respectively. Fat%_{QCT(ICRU)} was significantly lower than Fat%_{mDixon-quant} ($P < 0.01$), and the mean ($\pm$ SD) of difference was $(-6.42\% \pm 2.44\%)$. Fat%_{QCT(revised)} was significantly higher than Fat%_{mDixon-quant} ($P < 0.01$), and the mean ($\pm$ SD) of difference was $(2.33\% \pm 2.36\%)$. The correlation between Fat%_{QCT(revised)} and Fat%_{mDixon-quant} ($r=0.708, P < 0.01$) was similar to that between Fat%_{QCT(ICRU)} and Fat%_{mDixon-quant} ($r=0.707, P < 0.01$). **Conclusion:** Compared to MR mDixon-quant, QCT using the revised calculation equations can measure hepatic fat content accurately in healthy Chinese population.

【Key words】 Hepatic fat content; Quantitative CT; Magnetic resonance imaging, mDixon-quant technique

非酒精性脂肪肝病(nonalcoholic fatty liver disease, NAFLD)是指除外酒精和其他明确的肝损伤因素所致的,以弥漫性肝细胞大泡性脂肪变为主要特征的临床病理综合征,随着肥胖和糖尿病的发病率增高,NAFLD 现已成为我国常见的慢性肝病之一。CT 是一种常用的诊断和评价 NAFLD 的影像学检查方法,其原理是肝脏实质内脂肪沉积后导致肝脏 CT 衰减

(hounsfield units, HU)下降,而脾脏的 HU 相对稳定,利用肝脾衰减差值(attenuation between liver and spleen, CTL-S)、肝脾比值(ratio of hepatic attenuation to splenic attenuation, CT_{L/S})、肝脏衰减指数(hepatic attenuation index, HAI)等一系列 CT 参数可定量评估肝脏脂肪变性^[1-4]。但是反映脾脏脂肪含量的 CT 测量值与很多因素有关,包括 kV、X 线滤过、受检者体型大小和其他可能影响测量感兴趣区内 X 线能量的因素,且脾脏的 CT 值在不同个体之间存在差异,因此,CT 评估肝脏脂肪变性在不同受检者间也存在差异。

定量计算机体层摄影术(quantitative computed

作者单位:100035 北京,北京积水潭医院放射科(徐黎、过哲、张晨鑫、程晓光);Biomedical Engineering Department, King's College London, London, UK (Glen MBlake);132000 吉林,吉林市吉化总医院放射科(王晓红)

作者简介:徐黎(1979—),女,江苏常州人,博士研究生,主要从事肌骨系统影像诊断、人体组织成分测量工作。

通讯作者:程晓光, E-mail: xiao65@263.net

基金项目:国家自然科学基金青年项目 81401407

tomography, QCT) 最初应用于上世纪 80 年代, 并被用于脊柱骨密度 (bone mineral density, BMD) 的测量。通过扫描前的质量控制和扫描过程中使用校准体模, QCT 技术大大降低了来自 CT 扫描仪和患者本身差异对测量结果的影响, 而校准体模将组织的 CT 值转化为物理密度。QCT 体模内包含脂肪和水样本, 理论上能够将组织的 CT 值转化为脂肪含量, 对组织内的脂肪含量进行定量测量。笔者在前期动物实验研究中发现以化学萃取法为验证标准, QCT 可以准确测量动物肝脏的脂肪含量 (平均差值为 3.51%, 相关性系数 $r=0.962$)^[5]。

多种 MRI 技术被用于定量测量肝脏脂肪含量, 包括化学位移成像 (chemical-shift imaging, CSI)、脂肪饱和技术和脂肪选择性激发技术。与其他 MRI 技术相比, 氢质子磁共振波谱成像 (proton magnetic resonance spectroscopy, $^1\text{H-MRS}$) 能够检测到微量脂肪, 被认为是最敏感的检查方法^[6-8]。多回波 mDixon 技术允许调整回波时间、校准 $T2^*$ 衰减, 包含多个脂肪峰模型, 能够快速、准确地完成肝脏脂肪定量测量, 并且可以任意选取兴趣区的位置和大小, 在 NAFLD 的诊断和随访中具有很高的应用价值^[9-11]。目前, 在肝脏脂肪含量定量测量方面, 多回波 mDixon 技术已经被证实与 $^1\text{H-MRS}$ 和组织学方法具有很高的相关性^[11-13]。

笔者发现采用国际原子能委员会 (International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU) 推荐标准制定的公式计算得到的大部分样本人群肝脏脂肪百分比结果为负值, 原因可能是在正常肝脏组织中本来就含有少量脂肪组织 (5%~10%)^[14]。因此, 本研究对 14 例健康成人采用双能 (80kV, 120kV) 定量 CT (dual-energy QCT, DEQCT) 来确定人体正常肝脏组织的等效密度值, 并以此为依据重新校正了换算公式; 同时分别采用两组公式对同一组健康人群进行 QCT 肝脏脂肪含量测量, 比较两组 QCT 的测量结果及与 MR mDixon-quant 测量结果的一致性和相关性。

材料与方法

1. 研究对象

本组研究对象来自一项大样本、多中心研究前瞻性城乡流行病学调查 (prospective urban rural epidemiology, PURE) 中的北京地区人群样本。研究对象入选标准为男性年龄 > 50 岁, 女性年龄 > 45 岁、绝经^[15]。本组研究对象均为北京地区居民, 共包括 53 例, 其中男 21 例, 年龄范围 57~83 岁, 女 32 例, 年龄范围 54~80 岁。本研究经北京积水潭医院伦理委员

会通过, 所有受试者接受检查前均签署了知情同意书。

2. QCT 扫描与测量

所有受检者均采用 Toshiba Aquilion 80 排 CT 扫描仪和 Mindways 5 样本固体体模 (Mindways Software Inc, Austin, TX, USA) 进行腹部 QCT 扫描。扫描时患者取仰卧位, 头先进, 体模放置于患者腰部下方 (范围覆盖全腹部), 采用一次屏气扫描, 扫描范围从膈面上方 1 cm 至 L_4 椎体下缘。扫描参数: 床高 120 cm, 螺距 0.985, 120 kV, 125 mA, 层厚 1.0 mm, 视野 50 cm×50 cm, 采用标准重建算法。原始图像传至 QCT 工作站使用 QCT Pro Version 4.2.3 (Mindways Software Inc, Austin, TX, USA) 软件进行分析。在自动重建的三维图像上, 选取门静脉右支进入肝脏层面, 分别于左叶、右前叶和右后叶中心区域选取横截面积为 290~310 mm²、层厚为 9 mm 的兴趣区 (regions of interest, ROI), 测量时尽量避开肝内血管和胆管 (图 1)。测量得到 3 个 ROI 的骨密度值 (bone mineral density, BMDSample)、斜率 (slope) 和区域一致性校正 (field uniformity correction, FUC) 值。

本研究首先采用 Mindways 提供的换算公式, 得到 ROI 肝脏脂肪的体积百分比 (β):

$$\rho_{\text{Sample}} = \frac{\text{BMDSample}}{\text{FUC}}$$

$$\text{HU}_{\text{Liver}} = 1047.9 + (\text{slope} + 0.2174) \times 4.842 - 999.6$$

$$\text{HU}_{\text{Fat}} = 942.9 - (\text{slope} + 0.2174) \times 43.72 - 999.6$$

$$\rho_{\text{Liver}} = \frac{\text{HU}_{\text{Liver}}}{\text{slope}}$$

$$\rho_{\text{Fat}} = \frac{\text{HU}_{\text{Fat}}}{\text{slope}}$$

$$\beta = 100 \times \frac{\rho_{\text{Liver}} - \rho_{\text{Sample}}}{\rho_{\text{Liver}} - \rho_{\text{Fat}}}$$

在上述公式中, ρ_{Sample} 为取样组织的有效体积骨密度值, HU_{Liver} 和 HU_{Fat} 分别指取样组织内纯肝脏组织和纯脂肪的 CT 值, ρ_{Liver} 和 ρ_{Fat} 是指取样组织内纯肝脏组织和纯脂肪的有效密度值, β 即取样组织内纯脂肪的体积百分比。公式中 HU_{Liver} 和 HU_{Fat} 的数值来源于 ICRU 第 46 号报告中对肝脏组织和脂肪组织的平均原子组成的定义^[16]。使用该组公式测得的肝脏脂肪百分比记为 Fat% QCT (ICRU) (简称 Fat% QI)。

本研究通过对 14 位健康志愿者进行双能量 (80 和 120 kV) QCT 扫描, 获得了正常肝脏组织的等效密度值, 并依据动物脂肪中脂肪酸链的原子组成重新计算了脂肪组织的等效密度值^[17], 对原公式进行校正后得到了新的计算公式。使用新公式测得的肝脏脂肪百分比记为 Fat% QCT (revised) (简称 Fat% QR)。

所有 QCT 扫描和测量由同一位操作者完成, 取 3 个 ROI (左叶、右前叶、右后叶) 测量值的平均值为最终 QCT 测量结果。

3. MR mDixon-quant 扫描及测量

在 QCT 扫描的同一天,所有受检者均行 MR mDixon-quant 扫描,采用 Ingenia 3.0 T MR 扫描仪 (Philips Healthcare, Best), 32 通道 dS Torso 体部线圈,选择 6 回波 mDixon-quant 梯度回波序列,扫描参数:翻转角 3° , TR 8.1 ms, TE1 = 1.33 ms, Δ TE = 1.3 ms, 视野为 $360\text{ mm} \times 330\text{ mm}$, 体素大小 $2.5\text{ mm} \times 2.5\text{ mm} \times 3.0\text{ mm}$, 层数 40, 敏感性编码 2, 信号采集数 1。所有数据传输至工作站使用 ISP 软件 (Version 7, Philips Healthcare, Best) 进行测量。在脂肪分数彩图上,选取门静脉右支进入肝脏层面,分别测量右前叶、右后叶及左叶中心区域的脂肪分数, ROI 横截面积为 $290 \sim 310\text{ mm}^2$, 测量时尽量避开肝内血管和胆管 (图 2), 测量结果记为 Fat% mDixon-quant (简称 Fat% mD)。所有 MR mDixon-quant 扫描及测量由同一位操作者完成,取 3 个 ROI (左叶、右前叶、右后叶) 测量值的平均值为最终 MR mDixon-quant 测量结果。

4. 统计学分析

采用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析。符合正态分布的数据以均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,不符合正态分布的数据以中位数 (下四分位数, 上四分位数) 表示。男、女两组之间正态分布数据的比较采用独立样本 t 检验,非正态分布数据的比较采用独立样本秩和检验 (Mann-Whitney Test)。计算总体样本两组 QCT 测量结果之间的相关性系数 (Pearson) 和线性回归方程,使用相关样本秩和检验 (Wilcoxon Test) 和 Bland-Altman 比较两组 QCT 测量结果及与 MR mDixon-quant 测量结果之间的一致性,并计算相关性系数 (Spearman)。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

男、女两组之间年龄差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。两种 QCT 测量方法及 MR mDixon-quant 的测量结果均显示,男性与女性的肝脏脂肪含量差异均无统计学意义 (P 值均 > 0.05)。总体样本的 Fat% QI 和 Fat% QR 测量值分别为 ($-0.09\% \pm 4.88\%$) 和 ($8.66\% \pm 4.41\%$), Fat% mD 的测量值为 4.4% ($3.22\%, 7.99\%$)。QCT 测量采用校正前的公式进行计算,结果有 30 例 ($56.6\%, 30/53$) 为负值,而采用校

正后的公式进行计算,结果全部为正值。Fat% QI 与 Fat% QR 之间存在线性关系,线性方程为 $\text{Fat\% QR} = 0.9027\text{Fat\% QI} + 8.743$ ($r_2 = 0.9996, P < 0.01$, 图 3)。总体样本的 Fat% QI 显著低于 Fat% mD ($Z = -6.334, P < 0.01$), 平均差值为 ($-6.42\% \pm 2.44\%$), 两者差值的大小与测量值的大小无关 ($r = 0.211, P = 0.13$) (图 4), Fat% QI 与 Fat% mD 呈中等程度相关 ($r = 0.707, P < 0.01$, 图 5a)。总体样本的 Fat% QR 显著高于 Fat% mD ($Z = -5.405, P < 0.01$), 平均差值为 ($2.33\% \pm 2.36\%$), 两者差值的大小同样与测量值的大小无关 ($r = -0.14, P = 0.92$, 图 4b), Fat% QR、Fat% mD 的相关程度 ($r = 0.708, P < 0.01$) 与 Fat% QI、Fat% mD 的相关程度近似 (图 5b)。

讨 论

本研究对一组健康人群分别采用两种 QCT 计算公式测量肝脏脂肪含量,并将两组 QCT 测量结果分别与 MR mDixon-quant 测量的肝脏脂肪含量进行比较,结果显示以 ICRU 推荐数值为标准的计算公式所测得的肝脏脂肪含量不仅明显低于 MR mDixon-quant 测得的数值,而且其数值大部分为负值。修正后的计算公式测得的肝脏脂肪含量虽然高于 MR mDixon-quant 测得的数值,但是两种方法的绝对差值很小。两种 QCT 计算公式测得的结果之间高度相关,并且与 MR mDixon-quant 测得的结果之间均为中等程度相关,相关性系数近似。

QCT 测量肝脏脂肪含量的原理是将肝脏组织视为纯脂肪和纯肝脏组织两种成分的混合物,而纯脂肪和纯肝脏组织又可被转换为由一定比例的 H_2O 和 K_2HPO_4 所构成,测量 ROI 的 CT 衰减系数可通过外在体模的校准转换为 H_2O 和 K_2HPO_4 的比例,并进一步依据公式转换为纯脂肪和纯肝脏组织的体积比。依据 ICRU Report 46 对脂肪组织和除脂肪组织以外的组织原子组成的定义,纯脂肪组织的等效密度值为 $942.9\text{ mg/cm}^3\text{ H}_2\text{O} - 43.72\text{ mg/cm}^3\text{ K}_2\text{HPO}_4$, 纯肝脏组织的等效密度值为 $1047.9\text{ mg/cm}^3\text{ H}_2\text{O} + 4.84\text{ mg/cm}^3\text{ K}_2\text{HPO}_4$ [16]。100% 脂肪指的是纯脂肪而非脂肪组织,仅含有水和脂肪细胞 [18]。笔者依据动物脂肪中脂肪酸链的原子组成重新计算了纯脂肪组织

表 1 男、女两组年龄、肝脏脂肪含量测量值比较结果

指标	总体	男性	女性	t/Z 值	P 值
年龄 (岁) #	64.5 ± 7.2	66.3 ± 6.4	62.3 ± 7.5	1.551	0.127
Fat% QI (%) #	-0.09 ± 4.88	0.28 ± 4.02	-0.34 ± 5.42	0.449	0.655
Fat% QR (%) #	8.66 ± 4.41	8.96 ± 3.65	8.46 ± 4.89	0.395	0.694
Fat% mD (%) *	4.4 (3.22, 7.99)	4.54 (3.21, 7.48)	4.08 (3.15, 6.0)	0	1.0

注: # 数据符合正态分布,以均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示; * 数据不符合正态分布,以中位数 (下四分位数, 上四分位数) 表示。

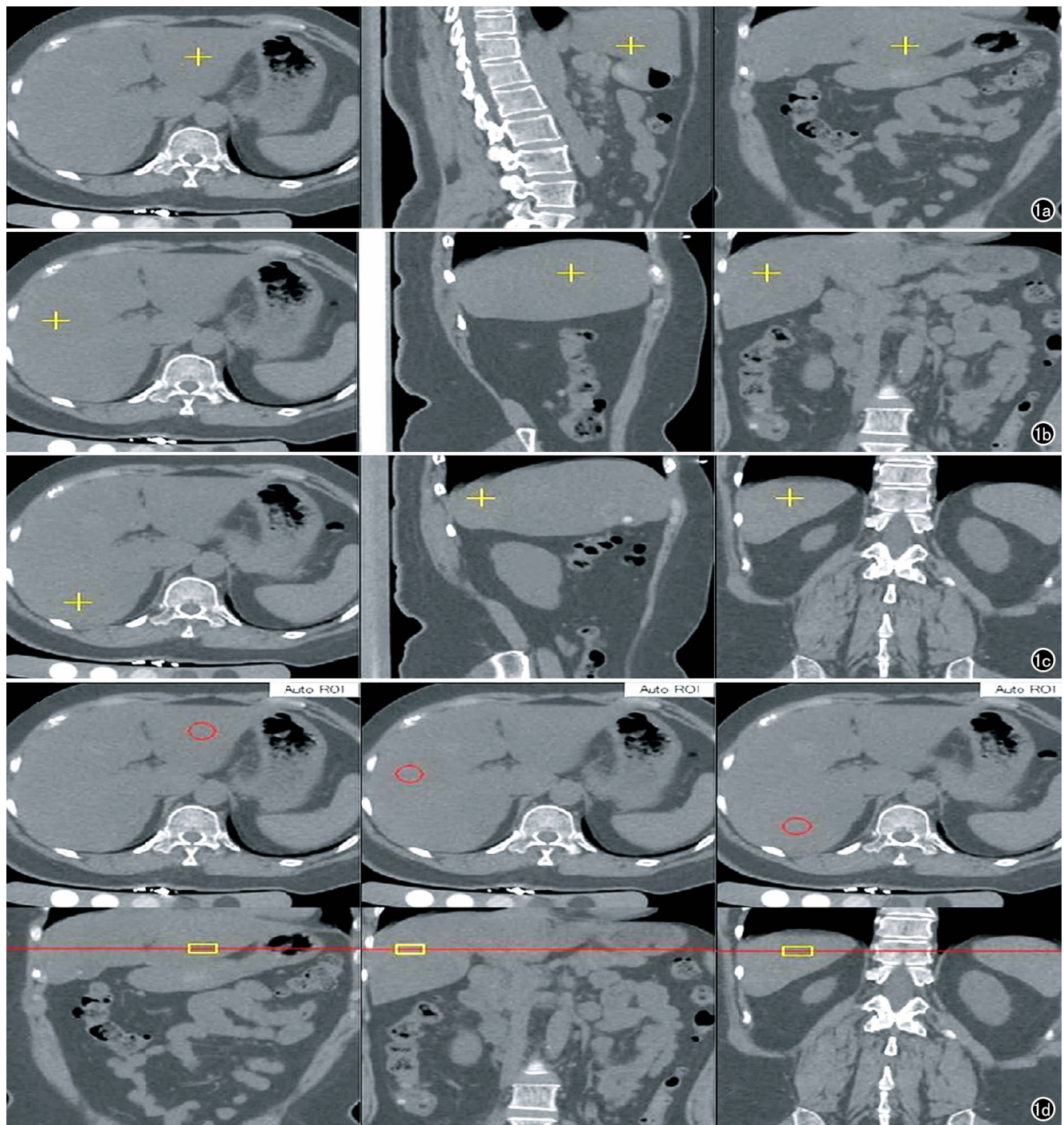


图1 肝脏脂肪含量QCT测量示意图。在自动重建3D图像上选取门静脉右支进入肝脏层面,分别于左叶、右前叶和右后叶中心区域选取ROI。a) 在左叶中心区域选取ROI; b) 在右前叶中心区域选取ROI; c) 在右后叶中心区域选取ROI; d) 在轴面和冠状面图像上设置ROI面积为 $290\sim 310\text{ mm}^2$,层厚为 9 mm 。

的等效密度值^[17],由于ICRU定义的除脂肪组织以外的组织内可能含有少量脂肪组织($5\%\sim 10\%$)^[14],为了获得纯肝脏组织的等效密度值,本研究对14位健康志愿者进行了双能量(80和120 kV)QCT扫描,最终得到了纯肝脏组织的等效密度值。使用校正后的公式,所有研究对象的肝脏脂肪含量QCT测量值均为正数,解决了原来依据ICRU标准制定的公式计算所得的测量值为负值的问题。与原公式相比,校正后的

公式的测量结果与MR mDixon-quant测量结果之间的差异非常小,而与MR mDixon-quant测量结果之间的相关性并未改变。

就测量原理而言,QCT测量的是一定体积肝脏组织内脂肪所占的体积百分比,而MR mDixon-quant测量的是肝脏组织内脂肪所含氢质子的数量占脂肪和水所含氢质子总数的百分比,因此两种测量方法从不同角度对肝脏脂肪含量进行定量测量,结果存在差异以

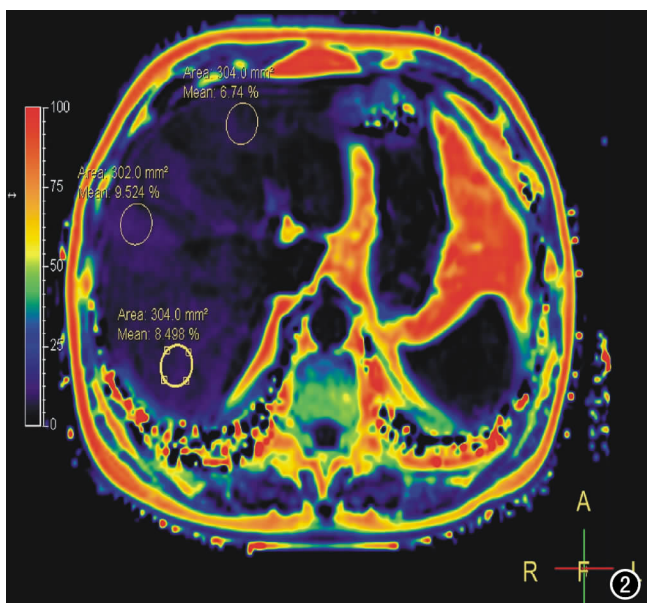


图2 肝脏 MR mDixon-quant 脂肪分数测量彩图。选取门静脉右支进入肝脏层面,分别测量左叶、右前叶、右后叶中心区域的脂肪分数,ROI 横截面积为 290~310mm²,测量时尽量避开肝内血管和胆管。

及相关性有限并不意外,测量方法本身固有的一些不足可能也会影响测量结果的准确性。本研究所采用的

单能量 CT 检查,将肝脏视为由纯脂肪和纯肝脏组织两种成分组成,但事实上肝脏内可能含有其他成分,比如铁。肝脏组织内不同程度的铁沉积有可能对脂肪定量测量结果产生影响,比如过多的铁会降低脂肪含量测量结果。MR mDixon-quant 是一种非常复杂的技术,受很多因素的影响。首先,MR mDixon-quant 无法检测大分子量蛋白质以及固态或半固态蛋白质内的氢质子信号;此外,MR mDixon-quant 默认脂肪和水有相似的 T_2^* ,但事实上肝脏组织内脂肪的 T_2^* (> 200 ms) 明显比水的 T_2^* (约 60 ms) 长,这将导致脂肪信号的权重增加,而最终测得的脂肪百分比亦会增高。

本研究的主要不足在于样本量较少,特别是男性受检者较少。此外,对 QCT 和 MR mDixon-quant 两种测量方法未作观察者内和观察者间的可靠性评价。

研究表明,与 MR mDixon-quant 的测量结果相比,使用校正后的计算公式的 QCT 能够准确测量中国健康人群的肝脏脂肪含量。

参考文献:

- [1] Lee SS, Park SH. Radiologic evaluation of nonalcoholic fatty liver disease[J]. World J Gastroenterol, 2014, 20(23): 7392-7402.
- [2] Lee SS, Park SH, Kim HJ, et al. Non-invasive assessment of hepatic steatosis: prospective comparison of the accuracy of imaging

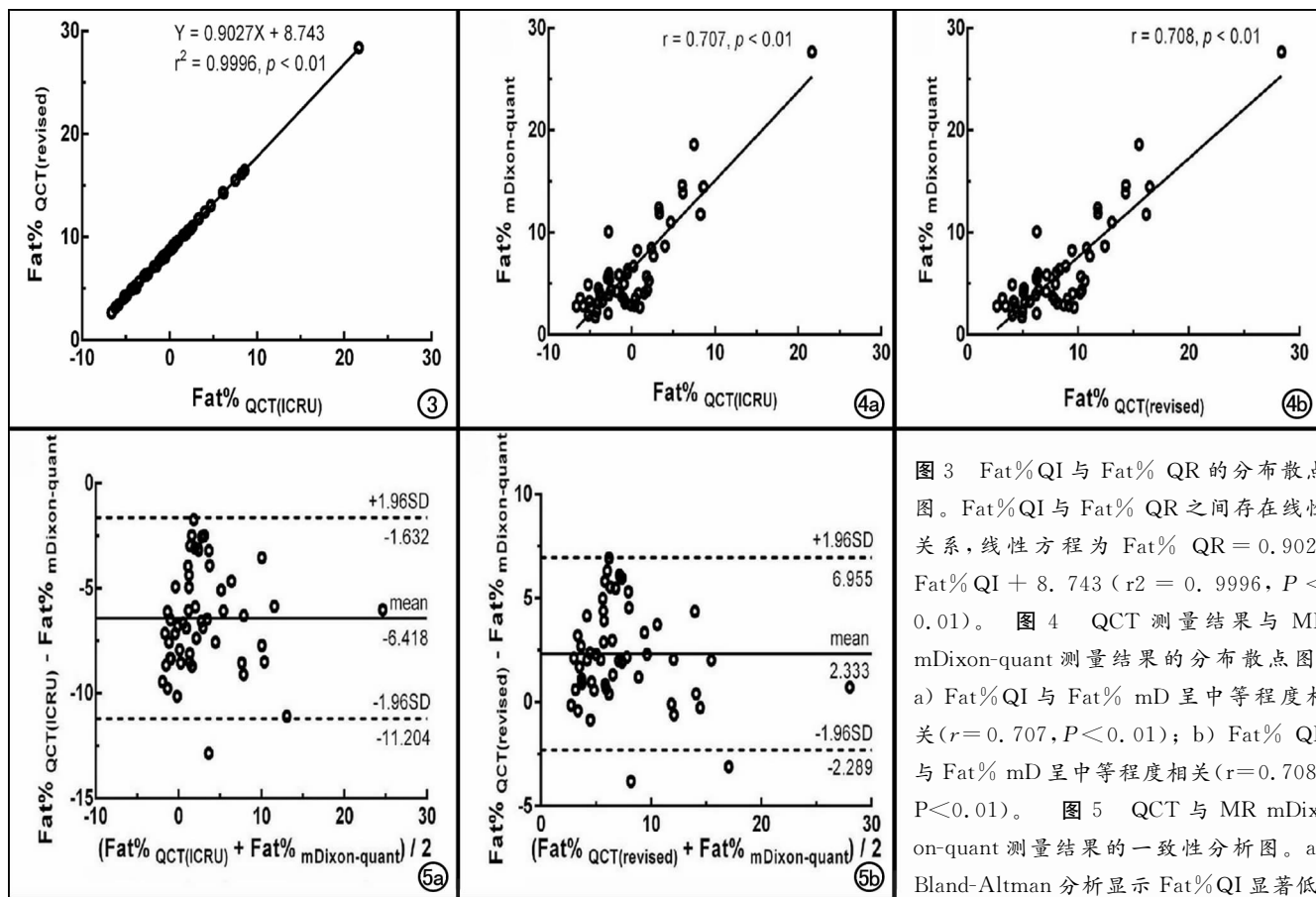


图3 Fat% QI 与 Fat% QR 的分布散点图。Fat% QI 与 Fat% QR 之间存在线性关系,线性方程为 $\text{Fat\% QR} = 0.9027 \text{ Fat\% QI} + 8.743$ ($r^2 = 0.9996$, $P < 0.01$)。图4 QCT 测量结果与 MR mDixon-quant 测量结果的分布散点图。a) Fat% QI 与 Fat% mD 呈中等程度相关 ($r = 0.707$, $P < 0.01$); b) Fat% QR 与 Fat% mD 呈中等程度相关 ($r = 0.708$, $P < 0.01$)。图5 QCT 与 MR mDixon-quant 测量结果的一致性分析图。a) Bland-Altman 分析显示 Fat% QI 显著低

于 Fat% mD ($P < 0.01$), 平均差值为 -6.42%, 两者差值的大小与测量值的大小无关 ($r = 0.211$, $P = 0.13$); b) Fat% QR 显著高于 Fat% mD ($P < 0.01$), 平均差值为 2.33%, 两者差值的大小与测量值的大小无关 ($r = -0.14$, $P = 0.92$)。

- examinations[J]. J Hepatol, 2010, 52(4): 579-585.
- [3] Park SH, Kim PN, Kim KW, et al. Macrovesicular hepatic steatosis in living liver donors: use of CT for quantitative and qualitative assessment[J]. Radiology, 2006, 239(1): 105-112.
- [4] Park YS, Park SH, Lee SS, et al. Biopsy-proven nonsteatotic liver in adults: estimation of reference range for difference in attenuation between the liver and the spleen at nonenhanced[J]. Radiology, 2011, 258(3): 760-766.
- [5] 徐黎, 端木羊羊, 张勇, 等. 定量 CT 测量动物肝脏脂肪含量的实验研究[J]. 放射学实践, 2017, 32(5): 466-470.
- [6] Pereira K, Salsamendi J, Casillas J. The global nonalcoholic fatty liver disease epidemic: what a radiologist needs to know[J]. J Clin Imaging Sci, 2015, 29(5): 32.
- [7] 王南, 漆剑频, 董慧, 等. ^1H -MRS 和 CT 在非酒精性脂肪肝诊疗中的应用研究[J]. 放射学实践, 2007, 22(12): 1322-1325.
- [8] 张仲伟, 金涵弢, 陈克敏, 等. MR 对酒精性脂肪肝的评价[J]. 放射学实践, 2010, 25(6): 642-645.
- [9] 马静, 宋志强, 宋琼, 等. T_2 * 校正的多回波 Dixon 技术定量分析非酒精性脂肪肝的临床应用研究[J]. 放射学实践, 2014, 29(4): 423-427.
- [10] Yu H, Shimakawa A, McKenzie CA, et al. Multiecho water-fat separation and simultaneous R_2 * estimation with multifrequency fat spectrum modeling[J]. Magn Reson Med, 2008, 60(5): 1122-1134.
- [11] Kukuk GM, Hittatiya K, Sprinkart AM, et al. Comparison between modified Dixon MRI techniques, MR spectroscopic relaxometry, and different histologic quantification methods in the assessment of hepatic steatosis[J]. Eur Radiol, 2015, 25(10): 2869-2879.
- [12] Noble JJ, Keevil SF, Totman J, et al. In vitro and in vivo comparison of two-, three- and four-point Dixon techniques for clinical intramuscular fat quantification at 3T[J]. Br J Radiol, 2014, 87(1036): 20130761.
- [13] Livingstone RS, Begovatz P, Kahl S, et al. Initial clinical application of modified Dixon with flexible echo times: hepatic and pancreatic fat assessments in comparison with ^1H -MRS[J]. MAGMA, 2014, 27(5): 397-405.
- [14] Ulbrich EJ, Fischer MA, Manoliu A, et al. Age- and gender dependent liver fat content in a healthy normal BMI population as quantified by fat-water separating DIXON MR imaging[J]. PLoS One, 2015, 10(11): e0141691.
- [15] Teo K, Chow CK, Vaz M, et al. The prospective urban rural epidemiology (PURE) study: examining the impact of societal influences on chronic noncommunicable diseases in low-, middle-, and high-income countries[J]. Am Heart J, 2009, 158(1): 1-7.
- [16] International Commission on Radiation Units and Measurements. ICRU Report No 46: Photon, electron, proton and neutron interaction data for body tissues[M]. Maryland: International Commission on Radiation Units and Measurements, 1992: 11-13.
- [17] Noller CR. Chemistry of organic compounds, 2nd Edition[M]. Philadelphia: W B Saunders, 1957: 181.
- [18] Tothill P, Weir N, Loveland J. Errors in dual-energy X-ray scanning of the hip because of nonuniform fat distribution[J]. J Clin Densitom, 2014, 17(1): 91-96.

(收稿日期: 2016-12-28 修回日期: 2017-02-23)

《请您诊断》栏目征文启事

《请您诊断》是本刊 2007 年新开辟的栏目, 该栏目以临床上少见或容易误诊的病例为素材, 杂志在刊载答案的同时配发专家点评, 以帮助影像医生更好地理解相关影像知识, 提高诊断水平。栏目开办 8 年来受到广大读者欢迎。《请您诊断》栏目荣获第八届湖北精品医学期刊“特色栏目奖”。

本栏目欢迎广大读者踊跃投稿, 并积极参与《请您诊断》有奖活动, 稿件一经采用稿酬从优。

《请您诊断》来稿格式要求: ①来稿分两部分刊出, 第一部分为病例资料和图片; 第二部分为全文, 即病例完整资料(包括病例资料、影像学表现、图片及详细图片说明、讨论等); ②来稿应提供详细的病例资料, 包括病史、体检资料、影像学检查及实验室检查资料; ③来稿应提供具有典型性、代表性的图片, 包括横向图片(X 线、CT 或 MRI 等不同检查方法得到的影像资料, 或某一检查方法的详细图片, 如 CT 平扫和增强扫描图片)和纵向图片(同一患者在治疗前后的动态影像资料, 最好附上病理图片), 每帧图片均需详细的图片说明, 包括扫描参数、序列、征象等, 病变部位请用箭头标明。

具体格式要求请参见本刊(一个完整病例的第一部分请参见本刊正文首页, 第二部分请参见 2 个月后的杂志最后一页, 如第一部分问题在 1 期杂志正文首页, 第二部分答案则在 3 期杂志正文末页)

栏目主持: 石鹤 联系电话: 027-83662875 15926283035