

Look-Locker 和 B1 修正变量翻转角技术在正常乳腺组织 T_1 值测量中的对照研究

蒋辉, 曲金荣, 邵楠楠, 李祥, 孟帆, 张宏凯, 黎海亮

【摘要】 目的:比较分析 Look-Locker 和 B1 修正变量翻转角(B1-corrected VFA)成像技术获得的正常乳腺腺体及胸壁肌肉的 T_1 弛豫时间。**方法:**对 77 例正常乳房分别行 Look-Locker 和 B1-corrected VFA 序列扫描获得 T_1 -mapping 图像,由两位医师分别测量乳房腺体、胸壁肌肉的 T_1 值,采用组内相关系数(ICC)对两位医师的测量结果进行一致性分析,并分析两种成像方法的变异度,比较两种成像方法的组织 T_1 值差异。**结果:**两位医师之间乳腺腺体、胸壁肌肉的 look-locker 法获得 T_1 值的 ICC 值分别为 0.883、0.818;两位医师之间乳腺腺体、胸壁肌肉 B1-corrected VFA 法获得 T_1 值的 ICC 值分别为 0.796、0.757,一致性均为非常好。Look-Locker 法与 B1-corrected VFA 法所得两种组织的 T_1 值差异均有统计学意义[腺体组织 T_1 值分别为(1423.42±80.63)和(2042.09±150.18) ms, $t=35.14$, $P<0.05$;肌肉组织 T_1 值分别为(1369.79±65.24)和(2044.84±133.07) ms, $t=48.53$, $P<0.05$]。腺体组织 Look-Locker 法和 B1-corrected VFA 法获得的 T_1 值的变异度分别为 0.057 和 0.074,胸壁肌肉组织两种方法获得的 T_1 值的变异度分别为 0.048 和 0.065。**结论:**采用 Look-Locker 和 B1-corrected VFA 法获取正常乳房结构的 T_1 值可行,可重复性较好;两种方法测量的 T_1 值差异有统计学意义,但各组织的变异度较小,能反映正常乳房腺体、肌肉组织的特性,有可能为临床的进一步研究提供基础。

【关键词】 Look-Locker; B1 修正变量翻转角; 乳腺; T_1 值

【中图分类号】 R655.8;R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)01-0026-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.01.005

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Comparison of T_1 value measurement with look-locker and B1 corrected variable-flip-angle technique in normal breast tissue JIANG Hui, QU Jin-rong, SHAO Nan-nan, et al. Department of Radiology, Affiliated Cancer Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450008, China

【Abstract】 Objective: Comparison of the T_1 relaxation time in breast and chest wall muscles acquired by look-locker and B1 corrected variable-flip-angle technique. **Methods:** Look-locker and B1 corrected sequences were applied on 77 cases with normal breasts, T_1 -mapping images were obtained. T_1 relaxation time of mammary gland and chest wall muscle were measured by 2 radiologists independently. Interclass correlation coefficient (ICC) was used to analyze the consistency of the results measured. The coefficient of variation (CV) of T_1 relaxation time in gland and muscle was analyzed and the difference of T_1 value obtained by these 2 sequences was also compared. **Results:** The ICC of T_1 value of mammary gland and chest wall muscle obtained by Look-locker measured by the 2 radiologists was 0.883 and 0.818 respectively, which obtained by B1-corrected VFA was 0.796 and 0.757 respectively, with excellent consistency. Significant differences were found in T_1 relax time between two techniques [T_1 value of gland: (1423.42±80.63) vs (2042.09±150.18)ms, $P<0.05$, $t=35.14$; T_1 value of muscle: (1369.79±65.24) vs (2044.84±133.07)ms, $P<0.05$, $t=48.53$]. CV of T_1 relaxation time obtained by Look-Locker and B1-corrected VFA was 0.057, 0.074 respectively in gland and 0.048, 0.065 respectively in muscle. **Conclusion:** Using Look-Locker and B1-corrected VFA sequence to obtain T_1 values of normal breast structures are feasible and have good repeatability. Significant statistic difference was existed in T_1 values obtained by two methods, yet there were low degree variation between

作者单位:453000 郑州,郑州大学附属肿瘤医院/河南省肿瘤医院放射科

作者简介:蒋辉(1984-),女,河南人,硕士,主治医师,主要从事乳腺、骨骼肌肉影像诊断工作。

通讯作者:曲金荣, E-mail: qjryq@126.com

different tissues, which can reflect the characteristics of normal mammary glands and muscle tissue, and may provide guidance for further clinical study.

【Key words】 Look-Locker; B1-corrected variable-flip-angle ; breast ; T₁ value

T₁-mapping 是一种新的磁共振诊断技术,通过定量测量组织 T₁ 弛豫时间(简称 T₁ 值)辅助更加精准的组织特异性诊断,近年来,在个别领域的应用有了较好的效果,如 T₁-mapping 成像技术在心脏的研究较多,在心肌梗死和心肌纤维化方面尤其突出^[1];相关研究报道 T₁-mapping 技术可无创性检测小鼠急性肾损害的严重程度,并可预测转归^[2]。另有研究证实, T₁-mapping 技术能够诊断和评估肝硬化严重程度,与常规肝脾 DWI 序列相比,具有更高的准确性^[3]。近年来有研究将 T₁-mapping 应用于肝纤维化及肝功能的评价,发现其具有重要价值^[4-6];还有学者将其应用于正常青年人肾脏的定量研究上^[7]。

目前 T₁-mapping 的获得可以通过几种技术来实现。目前的金标准并常用的扫描序列是翻转恢复序列(inversion recovery method, IR)^[8],即评估感兴趣组织的纵向弛豫时间,获得的 T₁-mapping 信噪比较高,但扫描时间较长。为了缩短扫描时间,在 IR 基础上出现了一个新的序列,即反转恢复 SNAPSHOT-FLASH 或 Look-Locker^[9-10],这个序列对 B1 场空间变形不敏感。另一个更常用的 T₁-mapping 技术是变量翻转角(variable flip angle, VFA)^[11],其使用至少两个不同的翻转角来得到 T₁-mapping,能够单次屏气完成扫描,空间分辨率较高,但信噪比(signal noise ratio, SNR)与传统的 IR 或 Look-Locker 相比较低,而且由于是小角度激发,所以对运动敏感,额外的 B1-mapping(B1-corrected VFA 方法)能够有助于校正 T₁ 值,目前尚未见此方法在乳腺方面的研究报道。本研究主要通过通过对正常乳腺组织的 Look-Locker 和 B1-corrected VFA 方法来比较其 T₁ 值的稳定性,可以选择更合适、稳定的 T₁ 序列进一步定量分析乳腺组织的特征,在此基础上进一步行增强检查,获得各种定量数据,有助于诊断乳腺病变。T₁-map 本身是定量参数,这个定量参数可能与病变特征等有一定的相关性,但目前相关研究较少。

材料与方法

1. 病例资料

选取 2016 年 6 月—2016 年 8 月来我院行乳腺 MRI 检查的 77 例女性患者,年龄 24~70 岁,平均年龄 46.3 岁,分别采用 Look-Locker 法和 B1-corrected VFA 法测量健侧乳房的乳腺腺体组织、乳房深部胸壁肌肉,以获得组织 T₁ 值。

2. 检查方法

MRI 检查采用 3.0T MRI 扫描仪(Magnetom Skyra;Siemens Healthcare, Erlangen, Germany),16 通道乳腺相控阵线圈,患者取脚先进的俯卧位。检查序列包括自由呼吸 Look-Locker 序列、屏气 B1-corrected VFA T₁-mapping 序列(基于 3D VIBE 的序列)、T₁WI 序列、T₂WI 抑脂序列、DWI 序列以及扫描 6 min 的自由呼吸 radial-VIBE 序列。自由呼吸 Look-Locker 序列扫描参数:翻转角 8°,TR 3.00 ms,TE 1.32 ms,矩阵 128×92,层数 60 层,视野 380 mm×309 mm,层厚 3.5 mm。静态场 B1-corrected VFA 序列采用一个传统的 dixon 技术来抑制脂肪,在 VFA 序列采集之前采用一个 B1 序列进行匹配,在 VFA 序列采集之后采用一个 B1 序列进行自动矫正;扫描参数:2 个翻转角分别为 3°及 15°,TR、TE1、TE2 分别为 5.94 ms、2.46 ms、3.69 ms,矩阵 384×269,层数 60 层,视野 360 mm×360 mm,层厚 2.5 mm。增强扫描采用高压注射器经肘静脉以 2.5 mL/s 流率注射对比剂 Gd-DTPA,剂量 0.1 mmol/kg,随后以相同流率注射 30 mL 生理盐水,采集 radial-VIBE 序列 4 期后开始注入对比剂。

3. 图像分析

77 例患者的图像传至 PACS (Neusoft, v5.5.60801),由 2 位具有 5 年以上工作经验的放射科主治医师采用盲法分别在乳腺腺体及乳房深部胸壁肌肉的 Look-Locker 和 B1-corrected VFA 序列图上独立测量其 T₁ 值。应用工作软件的自动关联定位功能,选择靠近乳头水平的中间位置、腺体较多层面的同一位置放置兴趣区(region of interest, ROI)并测量 3 次,ROI 面积约 0.46 cm²,大小约 21 个像素,测量时避开腺体内病变、大血管区,测量腺体时选择腺体较致密的区域,尽量避开腺体内的少量脂肪组织,两位医师盲法测量的时间各自根据选择层面要求定位尽可能选取乳头层面,虽然可能无法达到完全一致,但是最多相差 2 层图像;两位测量者有异议时由有高级职称的医师帮忙确认。

4. 统计学分析

采用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析,通过计算组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)来评价阅片者间的一致性,ICC<0.40 为一致性差,0.41~0.75 为一致性好,>0.75 为一致性非常好。采用配对 *t* 检验比较同一乳腺腺体、乳房深部胸壁肌肉

look-locker 法与 B1-corrected VFA 法获得的 T_1 值。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

2 位医师之间乳腺腺体、乳房深部胸壁肌肉的 look-locker 法获得 T_1 值的 ICC 值分别为 0.883、0.818; 2 位医师之间乳腺腺体、乳房深部胸壁肌肉 B1-corrected VFA 法获得 T_1 值的 ICC 值分别为 0.796、0.757, 一致性均为非常好。Look-Locker 法与 B1-corrected VFA 法获得的乳腺腺体 T_1 值之间差异有统计学意义 ($P < 0.05$), Look-Locker 法与 B1-corrected VFA 法获得的乳房深部胸壁肌肉 T_1 值之间差异亦有统计学意义 ($P < 0.05$, 表 1, 图 1~3); 进一步计算乳腺腺体、乳房深部胸壁肌肉的 Look-Locker 法与 B1-corrected VFA 法获得的 T_1 值的变异系数, 腺体组织 Look-Locker 法和 B1-corrected VFA 法获得的 T_1 值变异度分别为 0.057 和 0.074, 胸壁肌肉组织两种方法获得的 T_1 值变异度分别为 0.048 和 0.065。

表 1 乳房腺体、乳房深部胸壁肌肉两种方法获得的 T_1 值

部位	Look-Locker	B1-corrected VFA	t 值	P 值
乳腺 (ms)	1423.42 ± 80.63	2042.09 ± 150.18	35.14	0.000
肌肉 (ms)	1369.79 ± 65.24	2044.84 ± 133.07	48.53	0.000

讨论

T_1 -mapping 技术能直接测量组织的 T_1 值。 T_1 弛豫时间值与多种生物因素有关, 如大分子浓度、水结合状态、组织含水量等^[12], 这些因素在不同的疾病状态下会发生不同的改变^[13], 这也是 T_1 -mapping 用于疾病诊断和评价的基础。 T_1 -mapping 使用的扫描序列较多, 普遍使用的扫描方法是翻转恢复序列 (IR), 即评估感兴趣组织的纵向弛豫时间, 缺点是扫描时间较长。自由呼吸 LL 序列是在一个翻转脉冲后多次进

行图像信号采集, 沿着弛豫恢复曲线生成多幅图像, 对这些图像的每个像素计算 T_1 值, 从而获得 T_1 -map 图像。与 IR 序列相比, Look-Locker 序列对静态场的不均匀性 (实际上不足 5% 的 T_1 值偏差) 同样不敏感, 并且采集信号的时间明显缩短, 但该序列的分辨率不高。

快速扰相梯度回波序列以评估组织 T_1 值的 VFA 方法为基础, 被广泛应用于 MRI 技术上, 该序列可以在几秒钟内产生 T_1 WI 图像, 其信号强度直接依赖于采用的翻转角, 因此对静态场的不均匀性很敏感。本研究采用的静态场校正 VFA 序列在扫描中使用包含两个翻转角 (3° 及 15°) 的 3D VIBE 序列, 该序列的信号强度与获取的组织信号强度相关, 能够很好地提供 T_1 -map; 但由于翻转角与 B1 场的强度 (静态场强) 有很强的相关性, 使得该技术对 B1 场 (静态场强) 的不均匀性较敏感, 因此, 需要通过获取额外的静态场图 (T_1 field map) 使 VFA 序列完成静态场的矫正。

本研究结果显示, 与 VFA 方法相比, Look-Locker 法获得的 T_1 值更低 [腺体组织: (1423.42 ± 80.63) ms (Look-Locker 法) $<$ (2042.09 ± 150.18) ms (VFA 法); 肌肉组织 (1369.79 ± 65.24) ms (Look-Locker 法) $<$ (2044.84 ± 133.07) ms (VFA 法)], 造成这种结果的部分原因可能是由于受到脂肪信号的影响, 对 VFA 方法进行了脂肪分离, 但 Look-Locker 方法没有采用。由于脂肪信号导致较低的 T_1 值, 在不进行脂肪抑制的情况下, 可能会影响有效的 T_1 值测量; 这两种方法的稳定性是当前研究的重点, 我们期望脂肪信号的影响可以忽略不计。

相关动物模型研究结果表明, T_1 值具有较好的稳定性和可靠性^[2]。本研究两位测量者之间的可重复性较好, 良好的可重复性保证了影像学指标的的稳定获取, 说明本研究参数比较稳定, 可以作为定量评估方法。

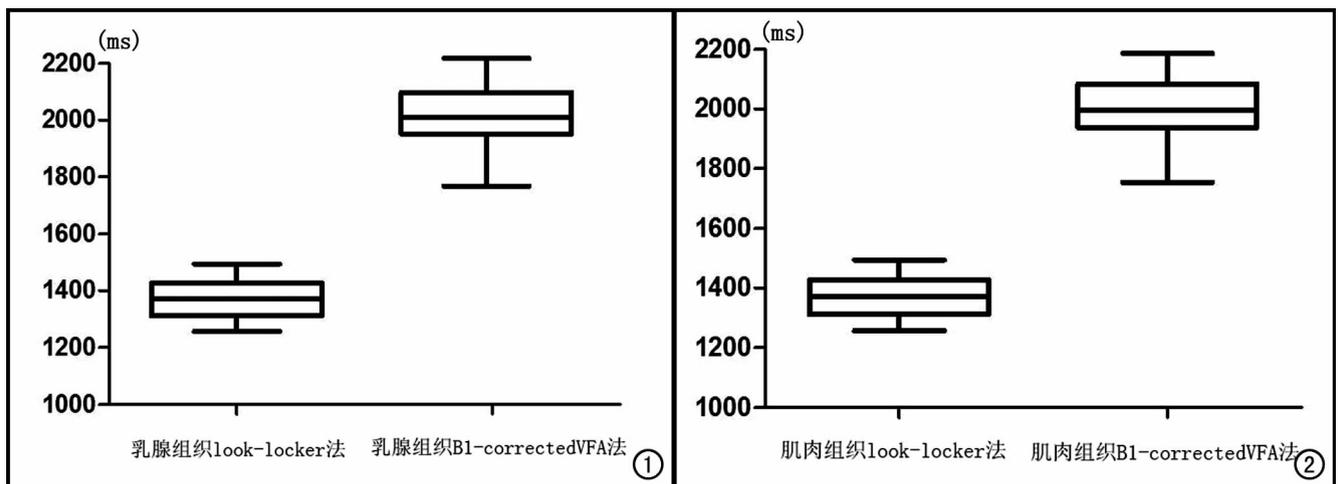


图 1 乳腺组织 Look-Locker 和 B1-corrected VFA 法获得的 T_1 值分布箱式图。图 2 乳房深部胸壁肌肉 Look-Locker 和 B1-corrected VFA 法获得的 T_1 值分布箱式图。

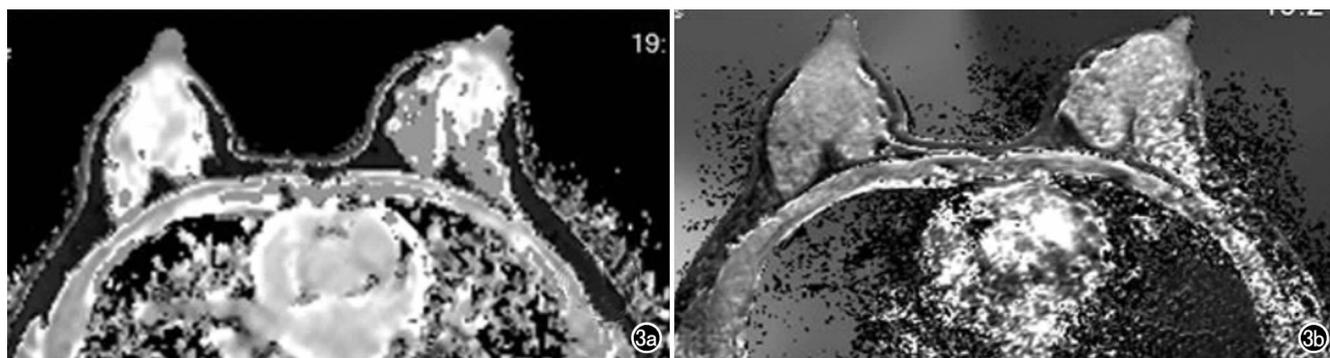


图3 患者,女,41岁,此层面无病变。a) Look-Locker 序列图像; b) B1-corrected VFA 序列图像。

而正常人群中变异度则是影响该影像学指标鉴别正常与异常数值的另一个重要因素,低变异度意味着正常与异常间重叠减少,更接近正常的中心位置数据,更能反映正常组织的组织学特性。笔者未查阅到关于 Look-Locker 和 B1-corrected VFA 序列成像方法在正常人群内 T_1 弛豫时间测量的报道。本研究结果显示 Look-Locker 与 B1-corrected VFA 序列成像方法获得的乳腺腺体及胸壁肌肉的变异系数均较小,其中腺体组织的变异系数分别为 0.057 (Look-Locker 法) 和 0.074 (VFA 法),胸肌组织的变异系数分别为 0.048 (Look-Locker 法) 和 0.065 (VFA 法),说明这些数值很接近正常组织的组织学特性,可为乳腺组织疾病的进一步研究提供基础。

本研究存在以下不足:①测量的数据样本量有限;②两种方法的测量结果差异有统计学意义,差异原因还有待进一步研究,但是哪种方法更适合乳腺病变还需要进一步结合临床研究;③未进行有关年龄、个人体质等因素与 T_1 值的相关性分析。笔者将在后续研究中完善上述不足之处。

综上所述,采用 Look-Locker 法和 B1-corrected VFA 法获取正常乳房结构的 T_1 值具有可行性,可用于正常乳腺组织的定量评估,为乳腺病变的进一步研究提供基础。

参考文献:

[1] Salerno M, Kramer CM. Advances in parametric mapping with CMR imaging[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2013, 6(7): 806-822.

[2] Hueper K, Peperhove M, Rong S, et al. T_1 -mapping for assessment of ischemia-induced acute kidney injury and prediction of chronic kidney disease in mice[J]. Eur Radiol, 2014, 24(9): 2252-2260.

[3] Cassinotto C, Feldis M, Vergniol J, et al. MR relaxometry in chronic liver diseases: comparison of T_1 -mapping, T_2 -mapping, and diffusion-weighted imaging for assessing cirrhosis diagnosis and severity[J]. Eur J Radiol, 2015, 84(8): 1459-1465.

[4] Yoon JH, Lee JM, Paek M, et al. Quantitative assessment of hepatic function: modified look-locker inversion recovery (MOLLI) sequence for T_1 -mapping on Gd-EOB-DTPA-enhanced liver MR imaging[J]. Eur Radiol, 2016, 26(6): 1775-1782.

[5] Li Z, Sun J, Hu X, et al. Assessment of liver fibrosis by variable flip angle T_1 -mapping at 3.0T[J]. J Magn Reson Imaging, 2016, 43(3): 698-703.

[6] Ding Y, Rao SX, Zhu T, et al. Liver fibrosis staging using T_1 -mapping on gadoteric acid-enhanced MRI compared with DW imaging[J]. Clin Radiol, 2015, 70(10): 1096-1103.

[7] 胡富碧,唐芳,车梦娇,等. 正常青年人肾脏磁共振 T_1 -mapping 成像的定量研究[J]. 成都医学院学报, 2015, 10(6): 661-664.

[8] Bydder GM, Steiner RE, Young IR, et al. Clinical NMR imaging of the brain: 140 cases[J]. Am J Roentgenol, 1982, 139(2): 215-236.

[9] Deichmann R, Haase A. Quantification of T_1 values by snapshot-FLASH NMR imaging[J]. J Magn Reson, 1992, 96(3): 608-612.

[10] Shin W, Gu H, Yang Y. Fast high-resolution T_1 -mapping using inversion-recovery Look-Locker echo-planar imaging at steady state: optimization for accuracy and reliability[J]. Magn Reson Med, 2009, 61(4): 899-906.

[11] Fram EK, Herfkens RJ, Johnson GA, et al. Rapid calculation of T_1 using variable flip angle gradient refocused imaging[J]. Magn Reson Imaging, 1987, 5(3): 201-208.

[12] 闫铄,李晶晶,谢汝明. 艾滋病合并弓形虫脑病 MRI 表现及其预后预测价值[J]. 新发传染病电子杂志, 2016, 1(1): 27-30.

[13] Ding Y, Rao SX, Chen C, et al. Assessing liver function in patients with HBV-related HCC: a comparison of T_1 -mapping on Gd-EOB-DTPA-enhanced MR imaging with DWI[J]. Eur Radiol, 2015, 25(5): 1392-1398.

(收稿日期:2018-03-07,修回日期:2018-05-31)