

• 心血管 MR 影像学专题 •

T₂-mapping 定量评价 2 型糖尿病患者心功能的初步研究

冯根义, 张雷, 王建刚, 胡清, 杨晨曦, 李学义, 赵志明, 刘艳, 李明琪, 李欣源, 郭艳, 贺静, 何超

【摘要】 目的:探讨 T₂-mapping 成像技术定量评价 2 型糖尿病(T2DM)患者心功能的临床价值。**方法:**按纳入标准前瞻性搜集 92 例 T2DM 患者为 T2DM 组,根据纽约心脏病协会(NYHA)心功能分级将 T2DM 组分为 NYHA I 级组 26 例, NYHA II 级组 28 例, NYHA III 级组 25 例, NYHA IV 级组 13 例,选取年龄、性别、BMI 匹配的健康成人 30 例为对照组,所有受检者均行心脏 T₂-mapping 成像, T2DM 组同期行钆对比剂延迟增强扫描(LGE),分别测量 17 段心肌的 T₂ 值。对比 T2DM 组与对照组左心室心肌 T₂ 值的差异;分析 T2DM 组左心室非强化心肌 T₂ 值与心功能(NYHA 分级)、血清甘油三酯(TG)、空腹血糖(FPG)、糖化血红蛋白(HbA1c)及糖尿病病程的相关性。**结果:**T2DM 组各组及对照组左心室各节段非强化心肌的平均 T₂ 值之间差异具有统计学意义(对照组<NYHA I 级组<NYHA II 级组<NYHA III 级组<NYHA IV 级组, P 均<0.01)。左心室延迟强化心肌的平均 T₂ 值与对照组无统计学差异(57.80 ± 3.82 ms vs. 56.67 ± 3.06 ms, $t = -1.671$, $P = 0.095$)。T2DM 组左心室各节段非强化心肌的平均 T₂ 值与心功能(NYHA 分级)呈正相关(P 均<0.01),与 TG 含量呈弱相关(除 3 段 T₂ 值外, P 均<0.05),与 FPG、HbA1c 的含量及糖尿病病程无相关性(P 均>0.05),但 FPG、HbA1c 平均值均高于正常值。**结论:**T₂-mapping 可以定量评价心功能(NYHA 分级),T₂ 值越高, T2DM 合并心功能不全的可能性越大。同时, T₂-mapping 可以间接评估 T2DM 心肌损伤的程度,早期预测糖尿病心肌损害,为临床定量评价 T2DM 心功能提供了新的影像学方法。

【关键词】 T₂-mapping 成像; 2 型糖尿病; T₂ 值; 心功能; NYHA 分级; 延迟增强扫描; 心肌梗死; 脂肪变性

【中图分类号】 R445.2; R542.2 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2021)03-0300-07

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.03.004

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



A preliminary study on quantitative measurement of left ventricular myocardial T₂ value to evaluate cardiac function in patients with type 2 diabetes mellitus FENG Gen-yi, ZHANG Lei, WANG Jian-gang, et al. Department of Radiology, Xi'an GEM Flower Changqing Hospital, Xi'an 710200, China

【Abstract】 Objective: To explore the clinical value of T₂-mapping imaging in the quantitative evaluation of cardiac function in patients with type 2 Diabetes mellitus (T2DM). **Methods:** According to inclusion criteria, 92 patients with T2DM were prospectively collected as group T2DM. Also according to the NYHA heart function classification, T2DM group can be divided into NYHA I group (26 cases), NYHA II group (28 cases), NYHA III group (25 cases), and NYHA IV group (13 cases). Thirty healthy adults matched in age, gender and BMI were selected as the control group. All subjects underwent heart T₂-mapping scan, while the T2DM group also underwent delayed gadolinium enhancement (LGE) scan simultaneously, and the T₂ values of 17 myocardial segments were measured respectively. The difference of T₂ values between T2DM group and control group was compared; the correlation between T₂ value of left ventricular non-enhanced myocardium and heart function (NYHA grade), serum triglyceride (TG), fasting blood glucose (FPG), glycosylated hemoglobin (HbA1c) and the course of diabetes mellitus in T2DM group was analyzed. **Results:** There were significant differences between T2DM group and control group in mean T₂ values of non-enhanced myocardium in each segment of left ventricle (control group < NYHA I group < NYHA II group < NYHA III group < NYHA IV

作者单位: 710200 西安, 西安宝石花长庆医院影像科(冯根义、李学义、刘艳、李明琪、李欣源), 心血管内科(王建刚、胡清、赵志明、贺静)、内分泌科(杨晨曦、郭艳); 721006 陕西, 宝鸡高新医院放射科(张雷); 710068 西安, 陕西省交通医院影像科(何超)
作者简介: 冯根义(1969—), 男, 甘肃酒泉人, 副主任医师, 主要从事医学影像诊断、磁共振成像技术工作。
通信作者: 王建刚, E-mail: wjg20116@sina.com

group, $P < 0.01$). There was no significant difference in mean T_2 value between the left ventricular delayed enhanced myocardium and the control group [LGE: (57.80 ± 3.82) ms; control group: (56.67 ± 3.06) ms; $t = -1.671$, $P = 0.095$]. Mean T_2 value of non-enhanced myocardium in each segment of left ventricle in T2DM group was significantly positively correlated with cardiac function (NYHA grade) ($P < 0.01$), was weakly correlated with TG content (except segment 3, $P < 0.05$), was no correlation with the content of FPG and HbA1c and the course of diabetes mellitus ($P > 0.05$). However, the mean values of FPG and HbA1c were both higher than normal. **Conclusion:** T_2 -mapping can quantitatively evaluate cardiac function (NYHA classification). The higher the T_2 value, the greater the possibility of T2DM complicated with cardiac insufficiency, and the higher NYHA grade, the higher T_2 value. At the same time, T_2 -mapping can indirectly evaluate the degree of myocardial damage in T2DM and early predict diabetic myocardial damage, which provides a new imaging method for clinical quantitative evaluation of cardiac function in T2DM.

【Key words】 T_2 -mapping imaging; Type 2 diabetes mellitus; T_2 values; Cardiac function; NYHA grade; Late gadolinium enhancement; Myocardial stentosis

糖尿病心肌病 (diabetic mellitus cardiomyopathy, DMCM) 是指排除冠心病和高血压, 单纯由高血糖引起的心肌疾病, 最早由 Rubler 及 Hamby 等在 1972 年和 1974 年分别指出, 其发病机制主要跟糖毒性、脂毒性、高胰岛素血症等因素有关^[1]. DMCM 往往由于心肌损伤后心室重构导致心功能不全, 严重者可引起心力衰竭, 成为糖尿病死亡的主要原因, 临床早期干预可有效逆转或改善预后^[2-4]. 目前, 临床主要依靠 1928 年纽约心脏病协会 (NYHA) 提出的 NYHA 分级对 2 型糖尿病 (type 2 Diabetes mellitus, T2DM) 心功能进行评估, 适用于单纯左心衰竭、收缩性心力衰竭患者的心功能分级. 该分级虽然于 2005 年和 2009 年由美国心脏病学会 (ACC) 及美国心脏学会 (American Heart Association, AHA) 做了更新^[5], 但仍然缺乏对心功能进行具体的量化分析, 且不能提前预测心脏结构的改变. T2DM 心肌损伤易导致心肌结构异常, 并最终引起心功能障碍. 因此, 如何有效检测心肌结构的改变, 早期制定治疗干预措施, 对预防 T2DM 患者心功能异常至关重要.

磁共振 T_2 -mapping 成像能够测量人体组织中的横向弛豫时间 (T_2 值), 通过定量参数无创性评估心肌组织的病理学改变, 检出病变极其灵敏^[6], 被广泛应用于各种心肌病变的研究中^[7]. 在临床工作中, 糖尿病患者左心室心肌的 T_2 值高于正常心肌, 并且与临床心功能 (NYHA 分级) 相关. 本研究应用 T_2 -mapping 成像技术对 T2DM 心功能 (NYHA 分级) 进行定量分析, 欲通过检测各节段心肌 T_2 值, 预测 T2DM 患者发生心功能异常的可能性.

材料与方法

1. 研究对象

本研究为前瞻性研究, 获得本院医学伦理委员会批准, 所有参与者检查前签署知情同意书. T2DM 患者纳入标准: 符合 1999 年世界卫生组织 (WHO) 糖尿病的诊断标准, 具有 NYHA 心功能分级、血清甘油三酯 (TG)、空腹血糖 (FPG)、糖化血红蛋白 (HbA1c) 及糖尿病病程等临床信息. 健康成人纳入标准: ①既往体健, 无长期抽烟及酗酒史, 无先天性心脏病、继发性心脏病病史及家族史; ②心电图正常, 胸部 CT 无冠脉及主动脉钙化; ③检查前未服用 β 阻滞剂; ④磁共振检查射血分数正常范围 (60%~78%). 所有受检者无磁共振检查禁忌症, 完成 T_2 -mapping 扫描, 图像心肌显示清楚, 轮廓清晰锐利, 或图像中出现少许伪影, 但不影响此区域心肌各种参数值测量的准确度.

根据上述纳入标准, 选取 2016 年 3 月—2020 年 4 月在本院临床确诊的 92 例 T2DM 患者为 T2DM 组, 男 73 例, 女 19 例, 年龄 52~80 岁, 平均 64.85 ± 7.51 岁, 糖尿病病程 2~22 年, 平均 12.66 ± 5.07 年, 临床主要表现为胸闷、心悸、气短等. 根据 NYHA 分级将 T2DM 组分为 NYHA I 级组 26 例, NYHA II 级组 28 例, NYHA III 级组 25 例, NYHA IV 级组 13 例. 另外选取与 T2DM 患者年龄、性别、BMI 匹配的健康成人 30 例为对照组.

2. MRI 检查方法

心脏磁共振扫描采用 Philips Achieva 1.5T 双梯度 MR 扫描仪, SENSE XL TORO COIL 16 通道线圈. 检查前连接好心电门控与呼吸门控, 并对受检者进行呼吸训练. T_2 -mapping 应用 mGraSE 技术于舒张末期扫描, 扫描方位包括短轴位基底段、中段、远段和四腔心各一层. 扫描参数如下: FOV 300 mm $\times$ 300 mm, 矩阵 152 $\times$ 140, 激励次数 1, 触发时间窗 10%~20% RR, 翻转角 90°, TR 1000 ms, TE 值依次

为 8.8 ms、17.6 ms、26.4 ms、35.2 ms、44.0 ms、52.8 ms、61.6 ms、70.4 ms、79.2 ms 共 9 个回波。完成一次扫描屏气时间 10~16 s,屏气时间与心率有关。增强扫描经肘静脉注入 0.2 mmol/kg 钆贝葡胺,注射流率为 2 mL/s,延迟 10 min 后扫描,扫描序列为 PSIR TFE, TR 5.0 ms, TI 2.4 ms, 翻转角 25°, 矩阵 256×256。

3. 图像分析

将所扫描 T₂-mapping 图像在线重建后传至 Philips Intelli Space Portal(星云)工作站进行图像分析, T2DM 患者首先观察 LGE 图像, 判断 LGE 的有无、形态和节段分布。根据 AHA 2002 年提出的标准化心肌分段法, 由 2 名影像科副主任医师分别测量左心室 17 节段心肌 T₂ 值, 其中短轴位测量第 1~16 节段(图 1a~c), 四腔心测量第 17 节段(图 1d)。测量时避开血液、心外膜脂肪、肌小梁。心肌节段内无 LGE 为非强化心肌, 有 LGE 为强化心肌, 分别按心肌节段测量非强化心肌和强化心肌的 T₂ 值。

4. 统计学分析

采用 IBM SPSS 25.0 统计学软件进行数据分析, 所有计数资料采用例数表示, 组间对比采用 χ^2 检验。所有计量资料以 Kolmogorov-Smirnov 法进行正态性检验, 若服从正态分布则以均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 两组间比较采用独立样本 *t* 检验; 多组间比较采用 One-way ANOVA 分析, 方差齐性采用 *F* 检验, 方差齐时组间比较采用 LSD 检验。T2DM 组左心室各节段非强化心肌 T₂ 值与心功能(NYHA 分级)、血清甘油三酯(TG)、空腹血糖(FPG)、糖化血红蛋白(HbA1c)、糖尿病病程之间的关系采用 Pearson 相关分析。以 $P < 0.05$ 差异具有统计学意义。

结 果

1. 各组一般临床资料比较

各组一般临床资料比较无显著性差异(P 均 > 0.05), 但 T2DM 组 TG 含量随 NYHA 分级升高而增加, NYHA Ⅲ级、NYHA Ⅳ级组 TG 的平均含量高于

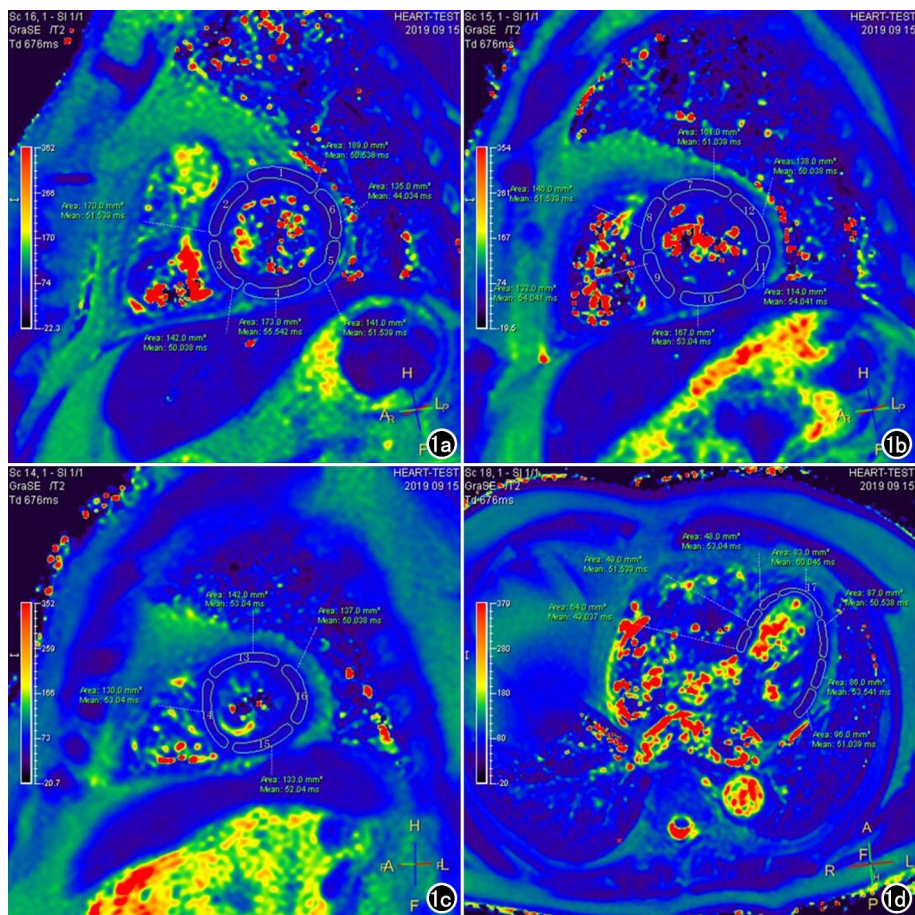


图 1 男, 53 岁, 健康成人, ROI 内 1~17 分别表示左心室相应节段心肌。a) 短轴位左心室近段 T₂-mapping 图, 测量 1~6 节段心肌 T₂ 值; b) 短轴位左心室中段 T₂-mapping 图, 测量 7~12 节段心肌 T₂ 值; c) 短轴位左心室远段 T₂-mapping 图, 测量 13~16 节段心肌 T₂ 值; d) 四腔心 T₂-mapping 图, 测量左心室 17 节段心肌 T₂ 值。

正常值(0.5~1.7 mmol/L), 见表 1。

122 例受试者共计 2074 节段左心室心肌的 T₂ 值被成功测量, 其中 T2DM 组非强化心肌 1542 节段, 强化心肌 22 节段, 对照组心肌 510 节段(图 2~4)。所有计量资料符合正态性分布(P 均 > 0.05)并满足方差齐性(P 均 > 0.05)。

2. T2DM 组与对照组左心室各节段心肌 T₂ 值比较

T2DM 组各组与对照组左心室各节段非强化心肌平均 T₂ 值的统计结果见表 2。T2DM 组左心室各节段非强化心肌的平均 T₂ 值均高于对照组, 差异均有统计学意义(对照组 $<$ NYHA Ⅰ级组 $<$ NYHA Ⅱ级组 $<$ NYHA Ⅲ级组 $<$ NYHA Ⅳ级组, P 均 < 0.01)。NYHA Ⅰ级组与对照组之间差异有统计学意义(除第 4、8、16、17 节段外, P 均 < 0.05); NYHA Ⅱ级组、NYHA Ⅲ级组、NYHA Ⅳ级组与对照组差异均具有统计学意义(P 均 < 0.01)。NYHA Ⅰ级组与

表 1 各组一般临床资料比较(P 均 >0.05)

组别	T2DM 组				对照组	χ^2 / F 值	P 值
	NYHA I 组	NYHA II 组	NYHA III 组	NYHA IV 组			
例数(n)	26	28	25	13	30		
性别(n)						0.996	0.910
男	21	23	20	9	24		
女	5	5	5	4	6		
年龄(岁)	64.85 $\pm$ 8.09	64.93 $\pm$ 8.03	64.92 $\pm$ 7.90	64.54 $\pm$ 4.63	64.30 $\pm$ 9.26	0.032	0.998
BMI(kg/m ²)	23.97 $\pm$ 1.97	23.60 $\pm$ 1.60	24.34 $\pm$ 2.02	24.69 $\pm$ 2.19	23.92 $\pm$ 1.76	0.972	0.425
糖尿病病程(年)	11.62 $\pm$ 4.36	13.11 $\pm$ 5.55	12.60 $\pm$ 5.69	13.92 $\pm$ 4.07	/	0.704	0.552
FPG(mmol/L)	8.92 $\pm$ 2.43	8.48 $\pm$ 3.04	9.87 $\pm$ 4.47	9.58 $\pm$ 2.43	/	0.905	0.442
HbA1c(%)	8.46 $\pm$ 1.59	7.84 $\pm$ 2.06	8.34 $\pm$ 1.66	8.87 $\pm$ 2.24	/	1.051	0.374
TG(mmol/L)	1.37 $\pm$ 0.87	1.58 $\pm$ 0.72	1.81 $\pm$ 0.96	1.95 $\pm$ 0.68	/	1.910	0.134

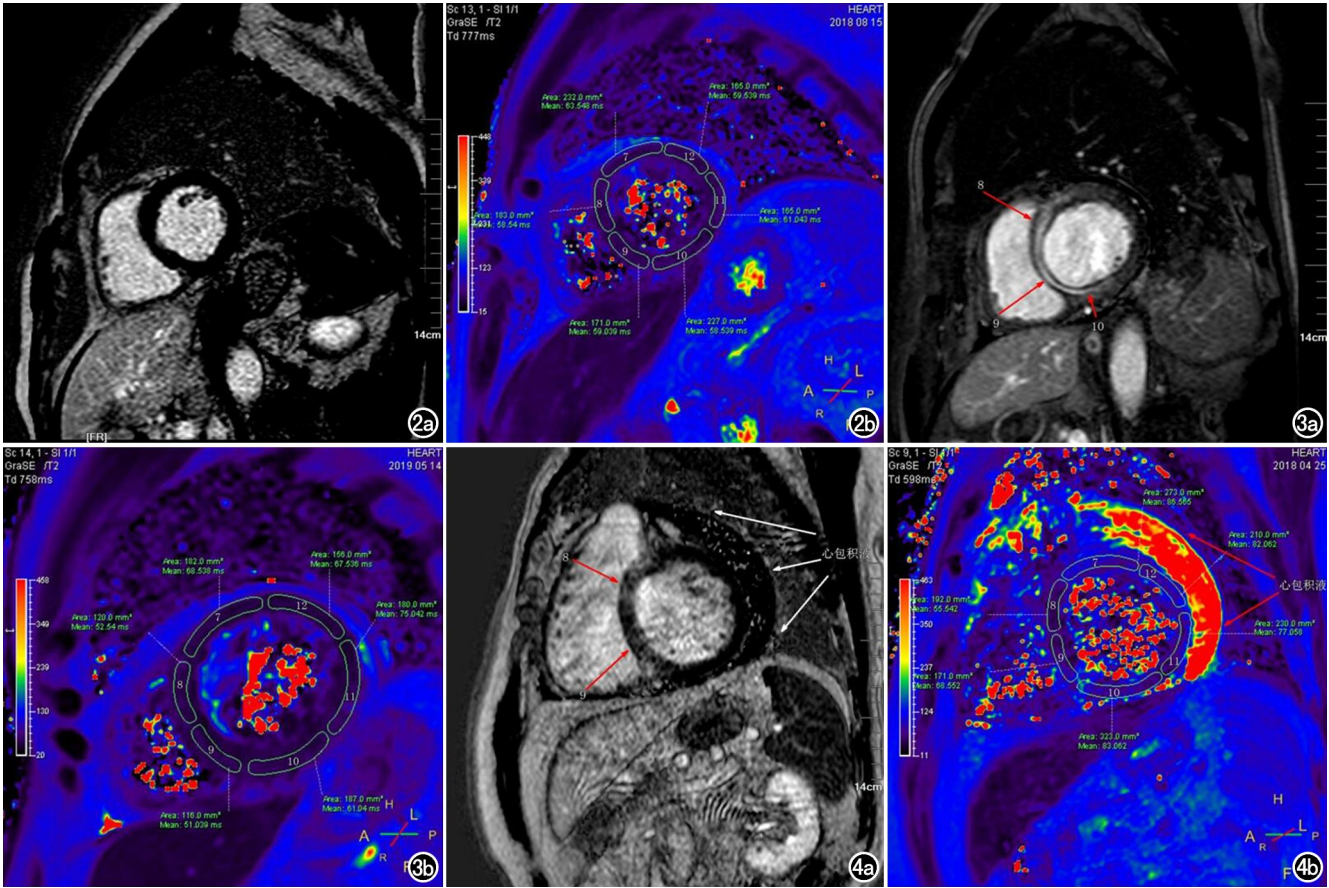


图 2 男,59 岁,确诊为 T2DM 11 年,NYHA II 级。a) LGE 图,左心室中段心肌未见延迟强化;b) T_2 -mapping 图,7~12 节段心肌 T_2 值轻度升高(58.54~63.55 ms)。图 3 男,59 岁,确诊为 T2DM 16 年,NYHA III 级。a) LGE 图,左心室 8~9 节段及 10 节段部分心肌壁间延迟强化(箭);b) T_2 -mapping 图,8、9 节段心肌的 T_2 值未见升高(51.039~52.54 ms),10 节段心肌的 T_2 值轻度升高(61.04 ms),7、11、12 节段非强化心肌 T_2 值明显升高(67.54~75.04 ms)。图 4 男,62 岁,确诊为 T2DM 13 年,NYHA IV 级。a) LGE 图,左心室 8、9 节段心肌壁间及外膜下可见斑片状不均匀强化(红箭);心包积液(白箭);b) T_2 -mapping 图,8、9 节段强化心肌的 T_2 值轻-中度升高(55.54~68.55 ms),7、10、11、12 节段非强化心肌 T_2 值明显升高(77.06~86.57 ms);心包积液(箭)。

NYHA II 级组之间差异有统计学意义(除第 2 节段外, P 均 <0.05);NYHA I 级组与 NYHA III 级组、NYHA IV 级组差异均有统计学意义(P 均 <0.01);NYHA II 级组、NYHA III 级组、NYHA IV 级组各组间差异均具有统计学意义(P 均 <0.01)。

左心室延迟强化心肌的平均 T_2 值与对照组差异无统计学意义(57.80 ± 3.82 ms vs. 56.67 ± 3.06 ms, $t=-1.671$, $P=0.095$)。

3. T2DM 组左心室心肌 T_2 值与临床资料的相关性分析

表 2 T2DM 组各亚组与对照组左心室非延迟强化心肌 T₂ 值比较

分段	T2DM 组				对照组 (n=30)	F 值	P 值	LSD
	NYHA I 级 (n=26)	NYHA II 级 (n=28)	NYHA III 级 (n=x)	NYHA IV 级 (n=x)				
1	56.73±2.07	58.71±2.19	69.39±1.64(24)	78.57±1.20(12)	55.24±1.76	496.893	0.000	5<1<2<3<4
2	54.79±1.63	54.42±1.55	68.37±1.61(24)	77.76±2.38(12)	53.35±2.01	646.690	0.000	5<1,2<3<4
3	54.04±1.50	55.48±2.32	67.49±1.64(24)	76.68±0.97(11)	53.09±1.60	591.589	0.000	5<1<2<3<4
4	55.91±2.36	59.02±1.61	71.45±1.89(25)	77.87±1.15(12)	55.00±1.64	593.231	0.000	5,1<2<3<4
5	55.62±2.27	57.73±1.98	67.53±1.97(24)	75.88±0.96(21)	54.02±2.40	349.855	0.000	5<1<2<3<4
6	57.74±1.89	61.56±1.86	71.54±2.04(25)	78.15±0.93(13)	56.62±1.95	492.872	0.000	5<1<2<3<4
7	58.56±2.27	63.70±2.92	72.03±2.08(25)	79.84±1.04(10)	56.65±2.39	290.850	0.000	5<1<2<3<4
8	55.75±2.87	58.68±2.82	65.13±2.92(23)	77.09±1.19(10)	55.00±2.04	190.840	0.000	5,1<2<3<4
9	56.93±2.19	59.35±1.89	71.26±2.15(25)	77.53±0.94(12)	55.55±1.71	490.922	0.000	5<1<2<3<4
10	59.20±1.42	64.98±1.69	72.55±1.86(24)	80.13±0.93(13)	57.16±1.61	697.938	0.000	5<1<2<3<4
11	58.18±1.88	62.15±1.76	72.18±2.26(25)	79.48±0.63(13)	56.79±1.93	525.148	0.000	5<1<2<3<4
12	61.16±1.75	67.28±1.62	74.11±1.84(25)	81.43±1.47(13)	59.16±2.36	471.304	0.000	5<1<2<3<4
13	60.82±1.89	62.63±1.86	72.39±2.07(24)	81.64±0.93(13)	59.06±1.95	473.553	0.000	5<1<2<3<4
14	59.12±1.76	61.92±1.58	72.89±1.67(24)	79.87±1.08(13)	56.33±2.19	614.535	0.000	5<1<2<3<4
15	60.50±1.44	66.50±1.69	75.20±1.68(25)	81.27±1.07(13)	58.82±1.86	700.938	0.000	5<1<2<3<4
16	60.35±1.64	66.36±1.92	74.62±1.59(25)	82.27±1.32(13)	59.78±1.82	610.780	0.000	5,1<2<3<4
17	61.99±2.17	65.63±2.92	78.45±2.08(25)	83.77±0.98(13)	61.84±2.39	379.552	0.000	5,1<2<3<4

注:LSD 事后检验 1、2、3、4、5 分别表示 NYHA I 级、II 级、III 级、IV 级、对照组;n 为非强化心肌数量

T2DM 组左心室各节段非强化心肌 T₂ 值与心功能(NYHA 分级)、TG、FPG、HbA1c、糖尿病病程的 Pearson 相关性分析见表 3。T2DM 组左心室各节段非强化心肌的平均 T₂ 值与 NYHA 分级呈正相关(P 均 <0.01),与 TG 含量呈轻度相关($0.20<r<0.40$,除 3 段 T₂ 值外 P 均 <0.05),与糖尿病病程无相关性(P 均 >0.05)。T2DM 组 FPG、HbA1c 含量的平均值均高于正常值,但左心室各节段非强化心肌的平均 T₂ 值与 FPG、HbA1c 含量的多少无相关性。

讨 论

1. T2DM 心功能不全的发病机制

左心室舒张功能不全是 DMCM 的特点,可单独

存在或早于收缩功能不全出现^[1],特别是在 T2DM 中,舒张性心力衰竭的患病率较高^[4]。然而,导致 T2DM 左室舒张功能不全的病理生理机制尚不完全清楚。

T2DM 心肌损伤后主要出现心肌脂肪浸润、左心室肥大、心肌胶原间质纤维化增加等结构变化,且主要以心肌细胞内脂肪浸润增加为特征^[1]。心肌脂肪沉积是 T2DM 体质代谢异常的一种结果,并产生应激、炎症等一系列毒性反应,导致心肌细胞凋亡、心室重构、心功能受损^[8]。黄琴等^[9]对 SD 大鼠的动物实验证明,T2DM 心肌损伤表现为心肌细胞轻度肿胀、间质水肿、炎性细胞浸润、心肌中脂肪颗粒出现等。

表 3 T2DM 组左心室非延迟强化心肌 T₂ 值与心功能、TG、FPG、HbA1c、糖尿病病程的相关性

节段(n)	心功能		TG		FPG		HbA1c		糖尿病病程	
	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
1(90)	0.930**	0.00	0.262*	0.013	0.153	0.150	0.175	0.098	0.090	0.397
2(90)	0.901**	0.00	0.229*	0.030	0.132	0.215	0.108	0.311	0.088	0.410
3(89)	0.925**	0.00	0.192	0.072	0.177	0.097	0.124	0.246	0.102	0.340
4(91)	0.943**	0.00	0.236*	0.024	0.139	0.188	0.096	0.364	0.071	0.504
5(90)	0.928**	0.00	0.281**	0.007	0.121	0.257	0.112	0.291	0.098	0.359
6(92)	0.955**	0.00	0.223*	0.032	0.148	0.160	0.103	0.327	0.084	0.424
7(89)	0.944**	0.00	0.216*	0.042	0.124	0.245	0.142	0.185	0.091	0.399
8(87)	0.892**	0.00	0.250*	0.020	0.120	0.267	0.048	0.658	0.076	0.484
9(91)	0.933**	0.00	0.212*	0.043	0.138	0.190	0.120	0.257	0.137	0.197
10(91)	0.975**	0.00	0.239*	0.022	0.069	0.515	0.064	0.546	0.113	0.287
11(92)	0.957**	0.00	0.267*	0.010	0.122	0.248	0.083	0.430	0.141	0.179
12(92)	0.971**	0.00	0.238*	0.023	0.100	0.343	0.064	0.545	0.167	0.111
13(91)	0.929**	0.00	0.221*	0.036	0.156	0.139	0.133	0.210	0.085	0.424
14(91)	0.950**	0.00	0.243*	0.020	0.139	0.190	0.084	0.429	0.080	0.450
15(92)	0.976**	0.00	0.221*	0.034	0.105	0.321	0.102	0.332	0.151	0.151
16(92)	0.974**	0.00	0.254*	0.015	0.100	0.344	0.078	0.458	0.179	0.088
17(92)	0.936**	0.00	0.243*	0.019	0.139	0.188	0.111	0.292	0.081	0.445

注:r 为 Pearson 相关系数,** $P<0.01$,* $P<0.05$,n 为非强化心肌数量

Guzzardi 等^[10]认为 T2DM 心肌损伤主要为心肌脂肪变性和慢性炎症。Sharma 等^[2]对大鼠的动物实验发现,衰竭心脏心肌间质有颇高的脂肪沉积,而 DMCM 更为明显。Nakanishi 等^[3]的尸检结果证明,糖尿病患者的脂肪浸润要比非糖尿病患者的严重。Rijzewijk 等^[4]认为,心肌脂肪变性是 T2DM 舒张功能不全的独立预测因子。Korosoglou 等^[11]认为,T2DM 左室舒张功能与心肌甘油三酯含量有关,但与心肌灌注储备受损无关。谢林均等^[8]应用¹H-MRS 对 T2DM 心肌的测量结果显示,T2DM 心肌脂肪储积早于左心室功能障碍,同时发现,心肌水含量与三酰甘油含量之间不存在相关性。因此认为,T2DM 心肌损伤后心肌出现脂肪变性、慢性炎症、间质水肿、心肌纤维化等结构变化,而导致心功能不全的主要原因是心肌脂肪变性。

2. T₂-mapping 成像技术对 T2DM 心功能(NYHA 分级)的初步观察

近年来,在心脏疾病方面,T₂-mapping 主要应用在缺血性心肌病、病毒性心肌炎的研究中^[7,12-16],一些系统性疾病所致的继发性心肌病变也被纳入研究^[6,17-18]。研究认为,T₂-mapping 对疾病的病理变化非常敏感,除水肿外,炎症、脂肪浸润等均能导致 T₂ 值升高。汪苍等^[19]应用 T₁-mapping、T₂-mapping 对大鼠的肝纤维化和肝脂肪变性进行了评估,结果显示,T₁-mapping 可无创评估大鼠肝纤维化,与肝纤维化程度呈正相关;T₂-mapping 可无创评估大鼠肝脂肪变性,与肝脂肪变性呈正相关。

本研究发现,T2DM 左心室各节段非强化心肌的平均 T₂ 值均高于健康成人,并且与心功能(NYHA 分级)呈正相关,NYHA I 级和 NYHA II 级 T2DM 的 T₂ 值轻度升高,NYHA III 级、NYHA IV 级的 T₂ 值显著升高,但 NYHA I 级组与对照组第 4、8、16、17 节段左心室非强化心肌的 T₂ 值无统计学差异,NYHA I 级组与 NYHA II 级组第 2 节段左心室非强化心肌的 T₂ 值差异无统计学意义。笔者认为,心肌脂肪变性、慢性炎症、间质水肿是导致 T2DM 心肌损伤后非强化心肌 T₂ 值升高的主要原因,并且 T₂ 值升高的程度取决于心肌损伤的程度,同时,T2DM 左心室各节段心肌损害的分布并不均匀,其原因有待于进一步研究。本研究中,NYHA III 级组和 NYHA IV 级的 T2DM 左心室部分(22 节段)心肌出现延迟强化,主要表现为心肌壁间或心外膜下的条状、斑片状非缺血性强化,强化心肌的平均 T₂ 值轻度升高,但与健康成人左心室心肌的 T₂ 值之间差异无统计学意义,这一结果与文献^[19]的结果较一致,原因可能是由于病变心肌虽然以纤维化为主,但同时存在慢性炎症、间质水肿和

脂肪浸润,因此其 T₂ 值轻度升高。

另外,本研究中,T2DM 左心室非强化心肌的 T₂ 值与 TG 含量之间呈低度相关,与 FPG、HbA1c 含量及糖尿病病程不存在相关性,但 T2DM 心功能(NYHA 分级)异常者中,仅显示 NYHA III 级、NYHA IV 级 TG 含量的平均值高于正常范围,而 FPG、HbA1c 含量的平均值均高于正常范围,证明血清甘油三酯含量高低不能反映 T2DM 心肌脂肪含量的程度,FPG、HbA1c 含量升高可以反映心肌损伤,但不能判断心肌损伤的程度,这一结果与谢林均等^[8]应用¹H-MRS 对 T2DM 心肌测量的研究结果基本一致。

3. 本研究的局限性与展望

本研究没有对正常成人不同年龄、性别和 BMI 的左心室各节段心肌 T₂ 值差异进行统计分析,这将是笔者下一步的重点研究方向。目前,虽然 CMR 图像后处理功能非常强大,但 T₂ 值的测量主要依靠人工,其人为因素较多,且测量较为繁琐,如果能将人工智能技术植入,实现自动或半自动测量,对增加临床的应用价值将十分显著。

综上所述,T₂-mapping 可以定量评价心功能(NYHA 分级),NYHA 分级越高,T₂ 值越高,T2DM 合并心功能不全的可能性越大。同时,T₂-mapping 可以间接评估 DMCM 心肌损伤的程度,早期预测糖尿病心肌损害,为临床定量评价 T2DM 心功能提供了新的影像学方法。

参考文献:

- [1] 赵雨,吕家顺,刘向东,等.糖尿病心肌病引起的心脏结构和功能改变的研究进展[J].医学研究杂志,2019,48(6):165-167.
- [2] Sharma S, Adroge JV, Golfman L, et al. Intramyocardial lipid accumulation in the failing human heart resembles the lipotoxic rat heart[J]. FASEB J, 2004, 18(14):1692-1700.
- [3] Nakanishi T, Kato S. Impact of diabetes mellitus on myocardial lipid deposition: an autopsy study[J]. Pathol Res Pract, 2014, 210(12):1018-1025.
- [4] Rijzewijk LJ, van der Meer RW, Smit JW, et al. Myocardial steatosis is an independent predictor of diastolic dysfunction in type 2 diabetes mellitus[J]. J Am Coll Cardiol, 2008, 52(22):1793-1799.
- [5] Jessup M, Abraham WT, Casey DE, et al. 2009 focused update: ACCF/AHA guidelines for the diagnosis and management of heart failure in adults: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines; developed in collaboration with the International Society for Heart and Lung Transplantation[J]. Circulation, 2009, 119:1977-2016.
- [6] 杨帆,张璋,任雯,等.评估心肌组织特征的磁共振成像技术及临床应用[J].第二军医大学学报,2019,40(3):243-249.
- [7] 王淑荔,赵世华,陆敏杰.心脏 T₁-mapping 和 T₂-mapping 技术及其在心肌梗死中的应用[J].放射学实践,2019,3(6):694-697.
- [8] 谢林均,李俊茹,夏春潮,等.磁共振氢谱定量评价 2 型糖尿病合并

非酒精性脂肪肝病患者心肌三酰甘油含量[J].第二军医大学学报,2019,40(3):290-296.

[9] 黄琴,夏中元,雷少青,等.糖尿病心肌损伤与酪蛋白激酶 CK1ε 参与调控的时钟基因 Per2 的关系[J].中华糖尿病杂志,2019,11(4):276-281.

[10] Guzzardi MA, Iozzo P. Fatty heart, cardiac damage, and inflammation[J]. Rev Diabet Stud, 2011, 8: 403-417.

[11] Korosoglou G, Humpert P M, Ahrens J, et al. Left ventricular diastolic function in type2 diabetes mellitus is associated with myocardial triglyceride content but not with impaired myocardial perfusion reserve[J]. J Magn Reson Imaging, 2012, 35: 804-811.

[12] Bohnen S, Radunski UK, Lund GK, et al. Performance of T₁ and T₂ mapping cardiovascular magnetic resonance to detect active myocarditis in patients with recent-onset heart failure[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2015, 8(6): e003073.

[13] Thavendiranathan P, Walls M, Giri S, et al. Improved detection of myocardial involvement in acute inflammatory cardiomyopathies using T₂ mapping[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2012, 5(1): 102-110.

[14] 赵世华. 迎接心脏磁共振成像新技术挑战[J]. 中国医学影像技术, 2017, 33(8): 1125-1128.

[15] 李浩杰, 夏黎明. CMR 在急性心肌炎的研究进展[J]. 放射学实践, 2020, 35(7): 923-927.

[16] 牟俊, 王嶝, 刘新峰, 等. 心脏磁共振 T₂-mapping 技术在急性心肌炎中的应用价值[J]. 放射学实践, 2020, 35(11): 1424-1428.

[17] 张琰, 马岩, 王翠艳. 心脏 MR 定量成像对系统性红斑狼疮亚临床心肌损害的应用价值[J]. 医学影像学杂志, 2018, 28(6): 925-932.

[18] 刘慧, 杨志刚, 郭应坤, 等. 心脏 MRI 诊断肌营养不良心肌病研究进展[J]. 中国医学影像技术, 2019, 35(10): 1578-1581.

[19] 汪苍, 张香梅, 王俊萍. 磁共振 T₁-mapping、T₂ mapping 评估大鼠肝纤维化和肝脂肪变性[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(2): 210-214.

(收稿日期: 2020-08-22 修回日期: 2021-01-12)

下期要目

头部非增强光谱 CT 虚拟单能量成像的图像质量对比	R2* 值在肝细胞癌射频消融术后病灶边缘异常强化诊断
胸部 CT 结合 nomogram 鉴别磨玻璃结节的侵袭性	中的应用
影像组学纹理在肺结节良恶性分类中的应用	钆塞酸二钠增强 MR 肝细胞分数定量评估肝功能的
基于腋窝淋巴结 CT 影像组学评估乳腺癌淋巴结转移	价值研究
大转子疼痛综合征的磁共振表现	无认知功能障碍帕金森病患者脑皮层体积变化及运动功能
儿童肌纤维瘤的影像学表现	相关性的研究
双能量 CT 定量参数在乳腺浸润性导管癌病理	基于解剖图谱的扩散张量成像定量评估脊髓型颈椎病白质
分级中的价值	纤维束损伤的研究
肩关节磁共振喙肱距离与喙突下撞击的临床相关性	首发早发性抑郁症患者脑自发活动改变与临床特征的相关性
研究	