

门控心肌灌注显像评估慢性心力衰竭患者左心室机械同步性的应用及其与纽约心功能分级的关系

Use of gated myocardial perfusion imaging to assess left ventricular mechanical synchrony in patients with chronic heart failure and its relationship to New York heart functional class

Wu Feipeng, Zheng Xiandong, Wu Qiyang, Hong Liju, Yue Lei, Yang Rui, Chen Dandan, Zhou Youjun

引用本文:

吴飞鹏, 郑贤东, 吴琪燕, 等. 门控心肌灌注显像评估慢性心力衰竭患者左心室机械同步性的应用及其与纽约心功能分级的关系[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2023, 47(1): 3-10. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202203018-00252

Wu Feipeng, Zheng Xiandong, Wu Qiyang, et al. Use of gated myocardial perfusion imaging to assess left ventricular mechanical synchrony in patients with chronic heart failure and its relationship to New York heart functional class[J]. *International Journal of Radiation Medicine and Nuclear Medicine*, 2023, 47(1): 3-10. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202203018-00252

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202203018-00252>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

核素心肌显像对急性心肌梗死患者 PTCA后左心室收缩功能变化的评估价值

Evaluation value of radionuclide myocardial imaging on left ventricular systolic function changes in patients with acute myocardial infarction after PTCA

国际放射医学核医学杂志. 2020, 44(3): 137-142 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-201812024-00001>

门控心肌灌注显像相位分析及其临床应用进展

Phase analysis of gated myocardial perfusion imaging and its progress in clinical application

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(7): 443-448 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202006012-00060>

$^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI心肌灌注显像对行PCI术的冠心病患者中的近期效果的评估作用

The recent effect observation of $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI myocardial perfusion imaging in coronary heart disease patients with percutaneous coronary intervention

国际放射医学核医学杂志. 2019, 43(5): 422-426 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.05.007>

门控心肌灌注显像负荷总积分及相位分析对冠状动脉病变程度的评估价值

Assessment of the value of summed stress score and phase analysis of gated myocardial perfusion imaging in the severity of coronary artery lesion

国际放射医学核医学杂志. 2018, 42(2): 115-120 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.02.004>

特发性肺动脉高压与先天性心脏病相关肺动脉高压患者右心室心肌葡萄糖代谢的比较研究

A comparative study of right ventricular glucose metabolism between patients with idiopathic pulmonary arterial hypertension and pulmonary arterial hypertension related to congenital heart disease

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(2): 69-74 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-201910026-00010>

心肌灌注显像引导下PCI治疗的Graves甲亢合并冠心病一例

Graves' hyperthyroidism complicated with coronary heart disease treated by percutaneous coronary intervention under the

guidance of myocardial perfusion imaging: a case report

国际放射医学核医学杂志. 2019, 43(6): 589–592 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.06.016>

·临床研究·

门控心肌灌注显像评估慢性心力衰竭患者左心室机械同步性的应用及其与纽约心功能分级的关系

吴飞鹏 郑贤东 吴琪燕 洪丽菊 岳雷 杨蕊 陈丹丹 周友俊

昆明医科大学附属延安医院核医学科, 昆明 650051

通信作者: 周友俊, Email: 13668770541@163.com

【摘要】目的 探讨门控心肌灌注显像(GMPI)在评估慢性心力衰竭患者左心室机械同步性中的应用价值及其与纽约心功能分级的关系,分析慢性心力衰竭患者发生左心室机械同步性失调的影响因素。**方法** 回顾性分析2020年1月至2021年12月在昆明医科大学附属延安医院进行GMPI检查的81例慢性心力衰竭患者的临床资料,其中男性56例、女性25例,年龄(56.1 ± 15.6)岁,同时纳入同期就诊的23名健康受检者为健康对照组,采集所有研究对象的GMPI指标[包括左心室射血分数(LVEF)、高峰充盈率(PFR)、左心室收缩末期容积(LVESV)、左心室舒张末期容积(LVEDV)、相位分布标准差(PSD)、相位直方图带宽(PHB)、静息总积分(SRS)]和实验室检查结果[包括超敏C反应蛋白(Hs-CRP)、N末端B型利钠肽原(NTpro-BNP)],GMPI检查和实验室检查的时间间隔不超过7d。通过Kruskal Wallis检验与Spearman相关性分析法分析GMPI各指标、Hs-CRP、NTpro-BNP与慢性心力衰竭患者纽约心功能分级的关系。2组间独立样本的比较采用 t 检验或Mann-Whitney U 检验,计数资料的组间比较采用卡方检验或Fisher确切概率法。通过Logistic回归分析探讨不同因素对慢性心力衰竭患者左心室机械同步性的影响。**结果** LVEF、LVEDV、LVESV、PFR、PHB、PSD、Hs-CRP、NTpro-BNP在心功能I级组、心功能II级组、心功能III~IV级组间的差异均有统计学意义($H=23.846、14.791、21.089、6.251、18.892、20.347、19.171、35.654$,均 $P<0.05$);心功能I级组慢性心力衰竭患者与健康对照组相比,LVEF、LVEDV、LVESV、PFR、PSD、NTpro-BNP间的差异均有统计学意义($t=4.084、Z=3.462、3.038、3.519、3.489、2.203$,均 $P<0.05$)。SRS、LVESV、LVEDV、PHB、PSD、NTpro-BNP、Hs-CRP水平与纽约心功能分级呈正相关($r=0.235、0.547、0.474、0.481、0.458、0.671、0.439$,均 $P<0.05$);LVEF、PFR与纽约心功能分级呈负相关($r=-0.563、-0.304$,均 $P<0.05$)。单因素分析结果显示,左心室机械同步与不同步的慢性心力衰竭患者的年龄、LVEF、PFR、心率、LVEDV、LVESV、SRS、Hs-CRP、NTpro-BNP比较,差异均有统计学差异($t=2.550、\chi^2=6.146、t=4.042、Z=3.149、\chi^2=5.335、\chi^2=5.993、Z=4.978、\chi^2=6.154、Z=4.381$,均 $P<0.05$);多因素Logistic回归分析结果显示,LVEF、SRS是慢性心力衰竭患者发生左心室机械同步性失调的独立影响因素($B=-0.166、0.278$, B 值标准误为0.068、0.130,Wald $\chi^2=5.927、4.584$, $P=0.015、0.032$, $OR=0.847、1.320$,95%CI:0.741~0.968、1.024~1.702)。**结论** LVEF、LVEDV、LVESV、PFR、PSD、NTpro-BNP可能具有早期诊断慢性心力衰竭的潜在价值;LVEF、LVESV、PFR、LVEDV、PHB、PSD、NTpro-BNP、Hs-CRP对慢性心力衰竭患者的心功能受损严重程度有提示作用,以NTpro-BNP、LVEF、LVESV的提示作用较优;SRS水平升高、LVEF水平降低是慢性心力衰竭患者发生左心室机械同步性失调的独立预测因子。

【关键词】 心脏门控单光子发射计算机辅助断层摄影术;心力衰竭;左心室机械同步性;纽约心功能分级

基金项目: 昆明市卫生健康委员会卫生科研基金(20200904-111);昆明市卫生科技人才培养基金(2020SW-24);春城计划“春城名医”专项基金(C202012021);昆明医科大学研究生创新基金(2021S265)

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-202203018-00252](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202203018-00252)

Use of gated myocardial perfusion imaging to assess left ventricular mechanical synchrony in patients with chronic heart failure and its relationship to New York heart functional class

Wu Feipeng, Zheng Xiandong, Wu Qiyuan, Hong Liju, Yue Lei, Yang Rui, Chen Dandan, Zhou Youjun

Department of Nuclear Medicine, the Affiliated Yan'an Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650051, China

Corresponding author: Zhou Youjun, Email: 13668770541@163.com

[Abstract] Objectives To investigate the application value of gated myocardial perfusion imaging (GMPI) in the evaluation of left ventricular mechanical synchrony in patients with chronic heart failure and its relationship with the New York cardiac functional class, and to analyze the influencing factors of left ventricular mechanical synchrony disorder in patients with chronic heart failure. **Methods** The clinical data of 81 patients with chronic heart failure admitted to Yan'an Hospital Affiliated to Kunming Medical University from January 2020 to December 2021 were selected, including 56 males and 25 females, aged (56.1 ± 15.6) years, and 23 healthy subjects admitted during the same period were included as healthy control group. GMPI indicators (including left ventricular ejection fraction (LVEF), peak filling rate (PFR), left ventricular end-systolic volume (LVESV), left ventricular end-diastolic volume (LVEDV), phase standard deviation (PSD), phase histogram bandwidth (PHB), and summed rest score (SRS)) and laboratory tests (including hypersensitivity C-reactive protein (Hs-CRP) and N-terminal pro-B-type natriuretic peptide (NTpro-BNP)) of all subjects were collected, and the interval between GMPI examination and laboratory examination was no more than 7 days. Kruskal Wallis test and Spearman correlation analysis were used to analyze the relationship between GMPI, Hs-CRP, NTpro-BNP and classification of NYHA heart function in patients with chronic heart failure. The independent samples between two groups were compared by *t* test or Mann-Whitney *U* test, and the inter-group comparison of counting data was performed by Chi-square test or Fisher exact probability method. Logistic regression analysis was conducted to explore the effects of different factors on left ventricular mechanical synchrony in patients with chronic heart failure. **Results** There were significant differences of LVEF, LVEDV, LVESV, PFR, PHB, PSD, Hs-CRP and NTpro-BNP in the cardiac function grade I group, the cardiac function grade II group and the cardiac function grade III-IV groups ($H=23.846, 14.791, 21.089, 6.251, 18.892, 20.347, 19.171, 35.654$, all $P<0.05$). There were significant differences in LVEF, LVEDV, LVESV, PFR, PSD and NTpro-BNP between the patients with chronic heart failure in the cardiac function grade I group and the healthy control group ($t=4.084, Z=3.462, 3.038, 3.519, 3.489, 2.203$; all $P<0.05$). The levels of SRS, LVESV, LVEDV, PHB, PSD, NTpro-BNP, Hs-CRP were positively correlated with the New York cardiac functional class ($r=0.235, 0.547, 0.474, 0.481, 0.458, 0.671, 0.439$; all $P<0.05$). Univariate analysis showed that there were statistically significant differences in age, LVEF, PFR, heart rate, LVEDV, LVESV, SRS, Hs-CRP and NTpro-BNP between patients with left ventricular mechanical synchrony and those with non-synchronous chronic heart failure ($t=2.550, \chi^2=6.146, t=4.042, Z=3.149, \chi^2=5.335, \chi^2=5.993, Z=4.978, \chi^2=6.154, Z=4.381$; all $P<0.05$); The results of multivariate regression analysis showed that LVEF and SRS were independent influencing factors for the occurrence of left ventricular mechanical synchronization dysregulation in patients with chronic heart failure ($B=-0.166, 0.278$; *B* standard error=0.068, 0.130; Wald $\chi^2=5.927, 4.584$; $P=0.015, 0.032$; $OR=0.847, 1.320$; 95%*CI*=0.741-0.968, 1.024-1.702). **Conclusion** LVEF, LVEDV, LVESV, PFR, PSD, NTpro-BNP may have potential value in early diagnosis of chronic heart failure. LVEF, LVESV, PFR, LVEDV, PHB, PSD, NTpro-BNP and Hs-CRP have suggestive effects on the severity of cardiac function impairment in patients with chronic heart failure, and NTpro-BNP, LVEF and LVESV have better suggestive effects. Increased SRS and decreased LVEF were independent predictors of left ventricular mechanical synchrony in patients with chronic heart failure.

[Key words] Cardiac-gated single-photon emission computer-assisted tomography; Heart failure; Left ventricular mechanical synchrony; New York heart functional class

Fund programs: Health Research Foundation of Kunming Municipal Health Commission (20200904-111); Kunming Health Science and Technology Talent Training Fund (2020SW-24);

"Famous Doctors in Spring City" Special Fund of Spring City Plan (C202012021); Kunming Medical University Graduate Innovation Fund (2021S265)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202203018-00252

慢性心力衰竭患者常会发生左心室机械同步性失调,机械同步性失调是慢性心力衰竭患者预后不良的重要因素^[1]。左心室机械同步性失调是指左心室各室壁节段心肌的舒张和(或)收缩时间不一致,进而导致心脏整体的运动不协调。左心室机械同步性的评估可通过多种检查方式实现,主要包括心脏MRI、斑点追踪超声心动图、核素显像等。心脏MRI因检查费用高、检查时间长且无法应用于心脏起搏器植入术后的患者等,故其临床应用受到限制;超声检查易受人为因素的影响,导致结果可重复性较差,同时变异程度较大;核素显像主要包括门控心血池显像和门控心肌灌注显像(gated myocardial perfusion imaging, GMPI),其中GMPI的相位分析技术因具有简便易开展、重复性极佳、可量化评估左心室机械同步性的严重程度等优点而被认为是评估左心室机械同步性的标准检查方式^[2]。纽约心功能分级是当前评估慢性心力衰竭患者心功能受损严重程度最常用的方法,但该方法主要依靠患者的症状进行评估,是一种非量化的标准,因此存在较强的主观因素,对于症状不够典型或耐受性较好的患者,其评估结果可能存在一定误差。

GMPI除了可以评估左心室机械同步性,还可同时获得一系列反映心脏功能的参数指标,在反映慢性心力衰竭患者心功能发展的严重程度方面提供客观的定量依据。同时,核素显像作为功能影像方法,或可早期诊断心力衰竭。明确导致心肌发生收缩和(或)舒张不同步的原因和潜在机制能够为慢性心力衰竭患者的治疗提供新的途径和思路。因此本研究拟探讨GMPI与慢性心力衰竭患者心功能受损严重程度的关系,并基于GMPI评估慢性心力衰竭患者的左心室机械同步性,探讨慢性心力衰竭患者发生左心室机械同步性失调的影响因素。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析2020年1月至2021年12月于昆明医科大学附属延安医院行GMPI检查的81例慢性心力衰竭患者的临床资料,其中男性56例、女

性25例,年龄(56.1±15.6)岁。依据纽约心功能分级^[3]评估心功能受损的严重程度,将患者分为心功能I级组、心功能II级组和心功能III~IV级组。慢性心力衰竭的诊断标准严格参照《中国心力衰竭诊断和治疗指南2018》^[3],该指南的诊断标准以典型的心力衰竭体征和(或)症状、利钠肽水平、左心室的收缩和(或)舒张情况等项目进行综合判断。纳入标准:(1)行GMPI检查;(2)病例资料完整,利钠肽等检查完善。排除标准:(1)哺乳期或妊娠期女性;(2)有严重的肝肾功能障碍;(3)有重度心律失常、急性冠状动脉综合征,或1个月内接受过心脏外科手术。选择同一时间段行GMPI检查且超声及冠状动脉造影检查结果均正常、无心血管疾病病史的23名受检者为健康对照组,其中男性13名、女性10名,年龄(53.0±7.9)岁。本研究符合《赫尔辛基宣言》的原则,所有研究对象均在检查前签署了知情同意书。

1.2 GMPI检查

所有研究对象均行GMPI静息显像,显像仪器为美国GE公司Discovery NM/CT 670 pro型SPECT/CT扫描仪,显像剂为北京原子高科股份有限公司提供的^{99m}Tc^m-MIBI,注射剂量740~925 MBq。图像处理使用显像仪自带的ECToolbox后处理软件,获取GMPI参数如下。(1)灌注指标:静息总积分(summed rest score, SRS);(2)相位分析指标:相位直方图带宽(phase histogram bandwidth, PHB)、相位分布标准差(phase standard deviation, PSD);(3)心功能参数:左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、左心室收缩末期容积(left ventricular end-systolic volume, LVESV)、左心室舒张末期容积(left ventricular end-diastolic volume, LVEDV)、高峰充盈率(peak filling rate, PFR)等。

1.3 实验室检查指标与体质指数(body mass index, BMI)的采集

清晨空腹时采静脉血,检查指标包括超敏C反应蛋白(hypersensitivity C-reactive protein, Hs-CRP)、N末端B型利钠肽原(N-terminal pro-B-type

natriuretic peptide, NTpro-BNP), 分别使用干式免疫荧光分析仪、全自动免疫生化分析仪采集。BMI的计算公式为体重/身高²。实验室检查与 GMPI 检查的完成时间间隔不超过 7 d。

1.4 左心室机械同步性失调的判定

本研究中, 健康对照组的同步性指标 PSD、PHB 分别为(12.6±4.7)°、(36.7±10.6)°, 以 $\bar{x} \pm 2s$ 为判断 PSD、PHB 指标异常的标准, 即当 PSD>22.0°或 PHB>57.9°时, 判定为左心室机械同步性失调。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 24.0 软件对数据进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 2 组间独立样本的比较采用 *t* 检验; 不符合正态分布的计量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示, 2 组间独立样本的比较采用 Mann-Whitney *U* 检验。多组间独立样本的比较采用 Kruskal Wallis 检验。计数资料用率表示, 组间比较采用卡方检验或 Fisher 确切概率法, 采用 Spearman 相关性分析法分析相关指标与纽约心功能分级之间的相关性。多因素分析采用 Logistic 回归分析法, 将单因素分析结果中 $P < 0.2$ 的指标进行 Logistic 逐步回归分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

81 例慢性心力衰竭患者中, 17 例患者的纽约

心功能分级评估结果为心功能 I 级、22 例为心功能 II 级、37 例为心功能 III 级、5 例为心功能 IV 级。慢性心力衰竭患者的典型静息 GMPI 显像图、靶心图和相位直方图见图 1、2。

2.2 健康对照组与不同纽约心功能分级的慢性心力衰竭患者 GMPI 和实验室检查结果比较

健康对照组与纽约心功能 I 级的慢性心力衰竭患者组在年龄、性别、BMI 上的差异均无统计学意义($t=1.431, 1.693, \chi^2=1.710, P=0.160, 0.071, 0.191$)。由表 1 可见, 在心功能 I 级组的慢性心力衰竭患者与健康对照组的比较中, LVEF、LVEDV、LVESV、PFR、PSD、NTpro-BNP 间的差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。NTpro-BNP、Hs-CRP 以及 GMPI 的各项指标在心功能 I 级组、心功能 II 级组、心功能 III~VI 级组患者间的差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$), 且随着心功能受损严重程度的进展, LVEDV、LVESV、PHB、PSD、Hs-CRP、NTpro-BNP 水平呈上升趋势, LVEF、PFR 水平呈下降趋势。

2.3 GMPI 及实验室检查结果与慢性心力衰竭患者纽约心功能分级的相关性

慢性心力衰竭患者的 SRS、LVESV、LVEDV、PHB、PSD、NTpro-BNP、Hs-CRP 水平与纽约心功能分级呈正相关($r=0.235, 0.547, 0.474, 0.481, 0.458, 0.671, 0.439, P=0.035, P < 0.001, < 0.001, < 0.001, < 0.001, < 0.001, P=0.001$); LVEF、PFR 水

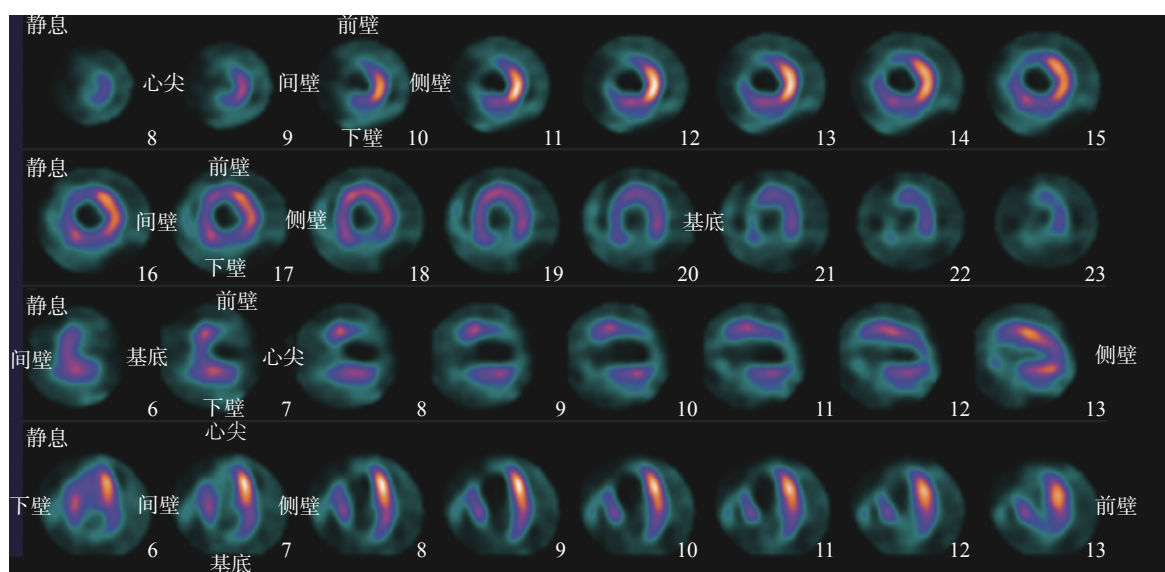


图 1 慢性心力衰竭患者(男性, 55 岁)的静息门控心肌灌注显像图 第 1~2 行为短轴图像, 第 3 行为垂直长轴图像, 第 4 行为水平长轴图像, 显示前壁、间隔、心尖、下壁可见多发放射性分布稀疏缺损区, 提示相应部位心肌灌注异常

Figure 1 Resting gated myocardial perfusion imaging of a patient (male, 55 years old) with chronic heart failure

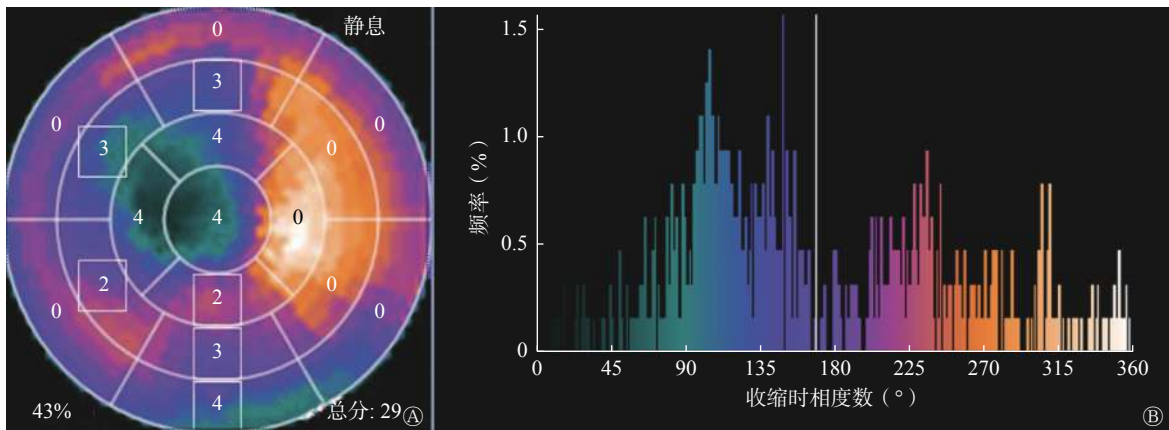


图2 慢性心力衰竭患者(男性, 55岁)的靶心图(A)和相位直方图(B) 靶心图可见间隔、前壁、心尖、下壁放射性分布稀疏缺损, 相位直方图可见相位分布明显不规则增宽, 甚至出现多个高峰, 提示左心室间隔、前壁、心尖、下壁心肌灌注异常, 左心室机械同步性失调

Figure 2 Bull's-eye (A) and phase histogram (B) of a patient (male, 55 years old) with chronic heart failure

表1 健康对照组与不同纽约心功能分级的慢性心力衰竭患者门控心肌灌注显像和实验室检查结果的比较 [$\bar{x} \pm s$, $M(Q_1, Q_3)$]

Table 1 Comparison of gated myocardial perfusion imaging and laboratory test results between healthy control group and chronic heart failure patients with different concentric functional class [$\bar{x} \pm s$, $M(Q_1, Q_3)$]

组别	LVEF(%)	LVEDV(ml)	LVESV(ml)	PFR(EDV/s)	PHB(°)	PSD(°)	Hs-CRP(mg/L)	NTpro-BNP(ng/L)
健康对照组(n=23)	71(70, 75)	62(54, 82)	18(14, 26)	4.80±1.38	36.70±10.57	12.57±4.72	0.5(0.5, 1.1)	52(34, 94)
心功能 I 级组(n=17)	68(61, 70) ^a	94(77, 115) ^a	32(23, 43) ^a	3.29±0.73 ^a	41(36, 54)	16(11, 20) ^a	0.5(0.5, 1.5)	145(85, 184) ^a
心功能 II 级组(n=22)	54(46, 62)	127(96, 151)	55(43, 78)	3.00±1.06	101(64, 189)	42(23, 52)	0.8(0.5, 1.9)	399(186, 546)
心功能 III~IV 级组(n=42)	40(23, 51) ^b	168(109, 220) ^b	106(59, 167) ^b	2.62±1.13 ^b	139(75, 205) ^b	47(29, 59) ^b	3.3(1.5, 16.3) ^b	1730(479, 4105) ^b

注: ^a表示心功能 I 级组慢性心力衰竭患者与健康对照组相比, 差异有统计学意义 ($t=4.084$, $Z=3.462$, 3.038 , 3.519 , 3.489 , 2.203 , $P<0.001$, $P<0.001$, $P=0.002$, $P<0.001$, $P<0.001$, $P=0.028$); ^b表示心功能 I 级、II 级、III~IV 级慢性心力衰竭患者多组间的比较, 差异有统计学意义 ($H=23.846$, 14.791 , 21.089 , 6.251 , 18.892 , 20.347 , 19.171 , 35.654 , $P<0.001$, $P=0.001$, $P<0.001$, $P=0.044$, $P<0.001$, $P<0.001$, $P<0.001$, $P<0.001$)。LVEF 为左心室射血分数; LVESV 为左心室收缩末期容积; LVEDV 为左心室舒张末期容积; PFR 为高峰充盈率; EDV 为舒张末期容积; PHB 为相位直方图带宽; PSD 为相位分布标准差; Hs-CRP 为超敏 C 反应蛋白; NTpro-BNP 为 N 末端 B 型利钠肽原

平与纽约心功能分级呈负相关($r=-0.563$, -0.304 , $P<0.001$, $P=0.006$)。

2.4 左心室机械同步与不同步慢性心力衰竭患者的单因素分析

慢性心力衰竭患者发生左心室机械同步性失调的比例为 74.1%(60/81), 其中心功能 I 级患者发生左心室机械同步性失调的比例为 23.5%(4/17)、心功能 II 级为 90.5%(19/21)、心功能 III 级为 84.2%(32/38)、心功能 IV 级为 100%(5/5)。

由表 2 可见, 左心室机械同步的慢性心力衰竭患者的年龄、LVEF、PFR 水平均高于不同步患者, 且差异均有统计学意义(均 $P<0.05$); 左心室机械不同步患者的心率、LVEDV、LVESV、SRS、Hs-CRP、NTpro-BNP 水平均高于同步患者, 且差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。左心室机械同步与不同步患者间的性别、BMI、合并症(高血压、

糖尿病、高脂血症、心律失常、肺炎、冠心病、肺动脉高压、心肌病)发病率、搏出量、高峰充盈时间的比较, 差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。

2.5 左心室机械同步与不同步慢性心力衰竭患者的多因素 Logistic 回归分析结果

多因素 Logistic 回归分析结果显示, LVEF、SRS 是慢性心力衰竭患者发生左心室机械同步性失调的独立影响因素($B=-0.166$, 0.278 , B 值标准误差为 0.068 , 0.130 , $Wald\chi^2=5.927$, 4.584 , $P=0.015$, 0.032 , $OR=0.847$, 1.320 , $95\%CI: 0.741\sim0.968$, $1.024\sim1.702$)。

3 讨论

本研究回顾性分析了 81 例慢性心力衰竭患者 GMPI 显像的各项指标以及 NTpro-BNP、Hs-CRP 水平与纽约心功能分级的关系, 发现随着患者纽约

表 2 左心室机械同步与不同步慢性心力衰竭患者的单因素分析 [$\bar{x} \pm s$ 、 $M(Q_1, Q_3)$ 、例(%)]**Table 2** Univariate analysis of mechanical synchronous and asynchronous of the left ventricle chronic heart failure patients [$\bar{x} \pm s$, $M(Q_1, Q_3)$, case(%)]

项目	左心室机械同步(n=21)	左心室机械不同步(n=60)	检验值	P值
一般资料				
性别(男/女)	12/9	44/16	$\chi^2=1.911$	0.167
年龄(岁)	63.4±14.7	53.6±15.3	$t=2.550$	0.013
BMI(kg/m ²)	23.05(21.48, 27.25)	24.52(22.27, 27.26)	$Z=1.110$	0.267
心率(次/分)	65(61, 72)	73(66, 82)	$Z=3.149$	0.002
合并症发病率[例(%)]				
高血压	15(71.4)	28(46.7)	$\chi^2=3.830$	0.050
糖尿病	7(33.3)	17(28.3)	$\chi^2=0.187$	0.666
高脂血症	8(38.1)	11(18.3)	$\chi^2=3.384$	0.066
心律失常	4(19.0)	16(26.7)	$\chi^2=0.486$	0.486
肺炎	0(0)	3(5.0)	-	0.564
冠心病	14(66.7)	43(71.7)	$\chi^2=0.187$	0.666
肺动脉高压	1(4.8)	9(15.0)	$\chi^2=0.709$	0.400
心肌病	1(4.8)	9(15.0)	$\chi^2=0.709$	0.400
GMPI指标				
LVEF(%)	69.0(65.5, 71.0)	42.0(23.8, 54.0)	$\chi^2=6.146$	<0.001
LVEDV(ml)	79.0(62.5, 104.5)	149.5(115, 210.8)	$\chi^2=5.335$	<0.001
LVESV(ml)	26.0(18.5, 34.0)	91.5(54.5, 159.5)	$\chi^2=5.993$	<0.001
SV(ml)	57.0±17.0	61.8±23.9	$t=0.850$	0.398
PFR(EDV/s)	3.61±0.73	2.60±0.14	$t=4.042$	<0.001
TPFR(ms)	218.56±59.26	189.93±86.61	$t=1.402$	0.100
SRS(分)	3.0(2.0, 5.0)	13.0(6.3, 19.8)	$Z=4.978$	<0.001
实验室检查指标				
Hs-CRP阳性例数[例(%)]	6(28.6)	36(60.0)	$\chi^2=6.154$	0.013
NTpro-BNP(ng/L)	156(123.5, 231.5)	806.5(319.8, 2 275.0)	$Z=4.381$	<0.001

注：-表示检验方法为 Fisher 确切概率法，无检验值；BMI 为体质指数；GMPI 为门控心肌灌注显像；LVEF 为左心室射血分数；LVEDV 为左心室舒张末期容积；LVESV 为左心室收缩末期容积；SV 为搏出量；PFR 为高峰充盈率；EDV 为舒张末期容积；TPFR 为高峰充盈时间；SRS 为静息总积分；Hs-CRP 为超敏 C 反应蛋白；NTpro-BNP 为 N 末端 B 型利钠肽原

心功能分级程度的增高，LVESV、LVEDV、PHB、PSD、NTpro-BNP、Hs-CRP 水平不断升高，LVEF、PFR 水平不断降低，这与既往研究结果基本一致^[4-6]。本研究中的相关性分析结果进一步显示，NTpro-BNP、LVEF、LVESV 与纽约心功能分级的相关性最高($r=0.671$ 、 -0.563 、 0.547 ，均 $P < 0.05$)。此外，我们发现 LVEF、LVEDV、LVESV、PFR、PSD、NTpro-BNP 指标在健康对照组与心功能 I 级慢性心力衰竭患者间的差异有统计学意义。心力衰竭的发生与多方面的病理生理学变化有关，当心肌细胞受到损害或心室的容量负荷过重时，机体可自发启动代偿机制，包括 Frank-Starling 机制、心肌代偿性肥厚、神经体液调节机制等，代偿机制可以暂时维持心脏泵的正常功能，但会进一步造成心室重塑、心功能不可逆的恶化，此时心脏的收缩功能、舒张功能、同步性均出现了损害，至此患者

开始出现症状^[7]。PFR 代表左心室充盈时间曲线在舒张期第 1 个高峰的最大斜率，其数值大小反映了左心室的舒张功能；PSD 能够反映左心室机械同步性。本研究结果提示，GMPI 获得的 PFR、LVEF、LVEDV、LVESV、PSD 和 NTpro-BNP 指标有利于鉴别轻度的心力衰竭患者，从而可能有助于早期提示心力衰竭的发生。

SRS 是通过肉眼计分法对静息状态下各室壁心肌节段的放射性分布情况 [稀疏和(或)缺损] 进行的半定量分析，以 0~4 分分别表示放射性分布正常至放射性分布完全缺损，最后将所有节段的评分相加即为 SRS，因此 SRS 反映了各室壁心肌细胞在静息状态下的灌注情况，SRS 评分越高，灌注情况越差^[8]。在慢性心力衰竭患者的远期预后评估中，SRS 是其发生主要心脏不良事件的预测因素^[9]。本研究中 SRS 与纽约心功能分级呈弱相关

($r=0.235$), 分析其原因可能是与本研究部分慢性心力衰竭患者既往发生过陈旧性心肌梗死有关, 发生心肌梗死的相应节段在 GMPI 上表现为完全的放射性分布缺损(4分), 且表现出的灌注异常较严重, 但随着时间推移, 其余存活心肌能够发挥代偿作用, 使患者在体力活动上表现为轻度受限, 因此心脏灌注情况与以患者主观感受为主的纽约心功能分级有时并不一致, 故在临床工作中应注意区分。

GMPI 的相位分析技术主要反映了左心室的机械同步性, 机械同步性与电同步性并不完全相同, 在预测心血管不良事件的危险程度方面, 机械同步性优于电同步性^[10]。国内学者^[5]以 $PSD>33.7^\circ$ 作为相位分析评估同步性的临界值, 分析了 81 例慢性心力衰竭患者与 41 名健康对照组受试者的临床资料, 结果表明 SRS 与 PHB、PSD 均有相关性($r=0.808$ 、 0.773)。目前相位分析的正常范围仍未有统一标准, 考虑到不同人种、不同显像仪器、不同药物剂量等的潜在差异, 我们以健康人群为参照, 以 $PSD>22.0^\circ$ 或 $PHB>57.9^\circ$ 作为判定左心室同步性失调的标准, 相较既往以 PSD 为主的评估标准, 此标准对左心室机械同步性失调的诊断灵敏度更高, 本研究通过 Logistic 回归分析进一步校正了心率的影响后发现, SRS、LVEF 是慢性心力衰竭患者发生左心室机械同步性失调的独立影响因素。Hama 等^[11]通过相位分析技术分析了 326 例冠心病患者发生左心室机械同步性失调的影响因素, 结果在冠心病患者中同样发现了心肌缺血、男性、LVEDV 增高、LVEF 降低、QRS 间期延长是冠状动脉性心脏病患者发生左心室机械同步性失调的独立预测因子。

冠状动脉狭窄是心肌灌注降低的主要原因, 冠状动脉造影技术虽然是目前诊断冠状动脉性心脏病的“金标准”, 但由于患者可能存在侧支循环或微循环病变, 所以 GMPI 在反映心肌细胞本身的灌注情况方面较冠状动脉造影技术更客观、更直接。有关研究表明, 由负荷试验诱发的心肌缺血同样能引起左心室机械同步性失调加重^[12], 因此心肌灌注异常与同步性的关系十分密切, 心肌灌注异常导致同步性失调的潜在机制可能是随着心肌细胞血供减少, 心肌细胞的供氧量随之减少, 导致当心肌细胞需氧量与供氧量发生矛盾时, 局部心肌发生代谢异常、心电传导失常, 且随着缺血的进一步加重,

心肌细胞可能发生心肌梗死, 进而形成瘢痕组织, 瘢痕心肌出现节段性的运动减弱, 最终导致心脏整体的机械同步性失调^[13-15]。众所周知, 心脏的同步性收缩是维持心功能的重要前提, 既往研究结果亦表明左心室机械同步性失调是心脏功能减退的关键因素^[16], 由于左心室壁各节段心肌处于不协调运动的状态, 导致整个心脏无效做功增加, 进而做功效率降低, 最后表现为心脏收缩和(或)舒张功能减退, 射血分数降低, 舒张末期容积增加。容量负荷过重是心脏功能受损的另外一项重要原因, 当心脏功能发生失代偿时, 随着心脏收缩功能受损, 搏出量降低, 势必引起收缩末期容积增加, 致使心室重构加剧、心功能进一步恶化, 因此我们推测左心室机械同步性失调一方面可以直接导致心功能受损, 另一方面, 收缩功能受损亦可通过加重心脏容量负荷进一步导致同步性失调、心功能恶化。因此, 左心室机械同步性失调与收缩功能障碍可能存在恶性循环, 不断加重慢性心力衰竭患者的病情进展, 早期识别这一状态, 进而通过心脏再同步化治疗等方式进行干预, 可能有利于延缓疾病的进程。

综上所述, GMPI 指标(LVEF、PFR、LVESV、LVEDV、PHB、PSD)和实验室检查指标(NTpro-BNP、Hs-CRP)能够为临床评估慢性心力衰竭患者的心功能严重程度提供线索, 其中以 NTpro-BNP、LVEF、LVESV 的提示作用较优; PFR、LVEF、LVEDV、LVESV、PSD、NTpro-BNP 可能具有早期诊断慢性心力衰竭的潜在价值; LVEF 降低、SRS 增高是慢性心力衰竭患者发生左心室机械同步性失调的独立影响因素, 临床工作中应予以注意。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 吴飞鹏负责命题的提出与设计、数据的采集、论文的撰写; 郑贤东负责数据的统计与分析; 吴琪燕、洪丽菊、岳雷、杨蕊、陈丹丹负责图像的采集与分析; 周友俊负责论文的指导、修订与审阅

参 考 文 献

- [1] Fudim M, Fathallah M, Shaw LK, et al. The prognostic value of diastolic and systolic mechanical left ventricular dyssynchrony among patients with coronary artery disease and heart failure[J]. *J Nucl Cardiol*, 2020, 27(5): 1622-1632. DOI: 10.1007/s12350-019-01843-4.
- [2] Fudim M, Dalgaard F, Fathallah M, et al. Mechanical dyssynchrony: how do we measure it, what it means, and what

- we can do about it[J]. *J Nucl Cardiol*, 2019, 28(5): 2174–2184. DOI: [10.1007/s12350-019-01758-0](https://doi.org/10.1007/s12350-019-01758-0).
- [3] 中华医学会心血管病学分会心力衰竭学组, 中国医师协会心力衰竭专业委员会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018[J]. *中华心血管病杂志*, 2018, 46(10): 760–789. DOI: [10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.10.004](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.10.004).
Heart Failure Group of Chinese Society of Cardiology of Chinese Medical Association, Chinese Heart Failure Association of Chinese Medical Doctor Association, Editorial Board of Chinese Journal of Cardiology. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of heart failure 2018[J]. *Chin J Heart Failure Cardiomyopathy*, 2018, 46(10): 760–789. DOI: [10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.10.004](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.10.004).
- [4] 姜红峰, 彭绍蓉, 黄蔡华, 等. 高敏 C 反应蛋白和 N 末端 B 型钠尿肽前体在原发性高血压进展慢性心力衰竭中的作用[J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2021, 23(1): 38–41. DOI: [10.3969/j.issn.1009-0126.2021.01.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-0126.2021.01.010).
Jiang HF, Peng SR, Huang CH, et al. Role of hs-CRP and NT-proBNP in progression of primary essential hypertension to CHF in elderly patients[J]. *Chin J Geriatr Heart Brain Vessel Dis*, 2021, 23(1): 38–41. DOI: [10.3969/j.issn.1009-0126.2021.01.010](https://doi.org/10.3969/j.issn.1009-0126.2021.01.010).
- [5] 易福凌, 陈伟芝, 王禹. 慢性心力衰竭患者血清 Mb, cTnI, IL-8 和 hs-CRP 水平表达与心功能分级的相关性研究[J]. *现代检验医学杂志*, 2021, 36(3): 58–61, 67. DOI: [10.3969/j.issn.1671-7414.2021.03.013](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-7414.2021.03.013).
Yi FL, Chen WZ, Wang Y. Correlation between the expression of serum Mb, cTnI, IL-8, hs-CRP and cardiac function in patients with chronic heart failure[J]. *J Mod Lab Med*, 2021, 36(3): 58–61, 67. DOI: [10.3969/j.issn.1671-7414.2021.03.013](https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-7414.2021.03.013).
- [6] 李婷, 李剑明, 汪娇, 等. 门控心肌灌注显像评价慢性心力衰竭患者心脏收缩同步性及心功能[J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2017, 37(3): 157–161. DOI: [10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.03.008](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.03.008).
Li T, Li JM, Wang J, et al. Assessment of ventricular systolic synchrony and ventricular function with gated myocardial perfusion imaging in patients with chronic heart failure[J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2017, 37(3): 157–161. DOI: [10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.03.008](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2017.03.008).
- [7] Schwinger RHG. Pathophysiology of heart failure[J]. *Cardiovasc Diagn Ther*, 2021, 11(1): 263–276. DOI: [10.21037/cdt-20-302](https://doi.org/10.21037/cdt-20-302).
- [8] Garcia EV, Slomka P, Moody JB, et al. Quantitative clinical nuclear cardiology, Part 1: established applications[J]. *J Nucl Cardiol*, 2020, 27(1): 189–201. DOI: [10.1007/s12350-019-01906-6](https://doi.org/10.1007/s12350-019-01906-6).
- [9] 温鑫, 谢新立, 程兵, 等. 静息门控心肌灌注断层显像对慢性心力衰竭的预后价值评估[J]. *医学研究生学报*, 2016, 29(3): 276–279. DOI: [10.16571/j.cnki.1008-8199.2016.03.011](https://doi.org/10.16571/j.cnki.1008-8199.2016.03.011).
Wen X, Xie XL, Cheng B, et al. Prognostic value of rest gated SPECT myocardial perfusion in patients with chronic heart failure[J]. *J Med Postgrad*, 2016, 29(3): 276–279. DOI: [10.16571/j.cnki.1008-8199.2016.03.011](https://doi.org/10.16571/j.cnki.1008-8199.2016.03.011).
- [10] Hess PL, Shaw LK, Fudim M, et al. The prognostic value of mechanical left ventricular dyssynchrony defined by phase analysis from gated single-photon emission computed tomography myocardial perfusion imaging among patients with coronary heart disease[J]. *J Nucl Cardiol*, 2017, 24(2): 482–490. DOI: [10.1007/s12350-015-0388-9](https://doi.org/10.1007/s12350-015-0388-9).
- [11] Hämläinen H, Corovai A, Laitinen J, et al. Myocardial ischemia and previous infarction contribute to left ventricular dyssynchrony in patients with coronary artery disease[J]. *J Nucl Cardiol*, 2021, 28(6): 3010–3020. DOI: [10.1007/s12350-020-02316-9](https://doi.org/10.1007/s12350-020-02316-9).
- [12] Peix A, Cabrera LO, Padrón K, et al. Association between non-perfusion parameters and presence of ischemia in gated-SPECT myocardial perfusion imaging studies[J]. *J Nucl Cardiol*, 2018, 25(2): 609–615. DOI: [10.1007/s12350-016-0728-4](https://doi.org/10.1007/s12350-016-0728-4).
- [13] Padrón K, Peix A, Cabrera L, et al. Could myocardial viability be related to left ventricular dyssynchrony? Simultaneous evaluation by gated SPECT-MPI[J]. *J Nucl Cardiol*, 2020, 27(4): 1158–1167. DOI: [10.1007/s12350-020-02047-x](https://doi.org/10.1007/s12350-020-02047-x).
- [14] Sępniewski J, Kopeć G, Magoń W, et al. Ischaemic aetiology predicts exercise dyssynchrony in patients with heart failure with reduced ejection fraction[J]. *Kardiologia Pol*, 2018, 76(10): 1450–1457. DOI: [10.5603/KP.a2018.0148](https://doi.org/10.5603/KP.a2018.0148).
- [15] Soman P, Marwick TH. Left ventricular dyssynchrony: prognostic marker or disease mechanism?[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019, 12(7): 1227–1229. DOI: [10.1016/j.jcmg.2018.08.042](https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2018.08.042).
- [16] Tavares A, Peclat T, Lima RSL. Prevalence and predictors of left intraventricular dyssynchrony determined by phase analysis in patients undergoing gated SPECT myocardial perfusion imaging [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2016, 32(5): 845–852. DOI: [10.1007/s10554-015-0833-5](https://doi.org/10.1007/s10554-015-0833-5).

(收稿日期: 2022-03-15)