

doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2018.06.019

View this article at: <http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.2095-6959.2018.06.019>

左心室舒张功能不全患者左心房僵硬度指数与左心室舒张功能和N末端B型利钠肽前体的相关性

张驰原, 刘启明

(长沙市中心医院心血管内科, 长沙 410010)

[摘要] 目的: 探究左心室舒张功能不全患者左心房僵硬度指数(left atrial stiffness index, LASI)与左心室舒张功能及血浆N末端B型利钠肽前体(N-terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP)浓度的关系, 明确其在左心室舒张功能不全方面的临床意义。方法: 选取2015年8月至2016年2月在中南大学湘雅二医院经超声检查确诊的左心室舒张功能不全患者58例, 分为左心室无肥厚组(30例)与左心室肥厚组(28例), 随机选取健康正常人30例为对照组, 超声测量并计算所有入选组的二尖瓣瓣口舒张早期峰值血流速度/二尖瓣瓣口舒张中晚期峰值血流速度(E/A)、E/二尖瓣舒张早期峰值运动速度(E/ε)、LASI值, 同时检测两组的血浆NT-proBNP浓度, 最后将测得的LASI分别与E/A, E/ε及NT-proBNP作相关性分析。结果: 血浆NT-proBNP浓度在对照组、左心室无肥厚组、左心室肥厚组组间差异无统计学意义($P>0.05$); 左心室肥厚组、左心室无肥厚组E/A均低于对照组; E/ε均高于对照组; 左心室肥厚组E/ε较左心室无肥厚组更高; 左心室肥厚组、左心室无肥厚组LASI均高于对照组; 左心室肥厚组LASI较左心室无肥厚组更高, 差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。LASI与E/ε呈正相关($r=0.575$, $P=0.023$); LASI与E/A呈负相关($r=-0.481$, $P=0.021$); LASI与NT-proBNP不相关($r=0.078$, $P=0.472$)。结论: LASI可反映左心室舒张功能不全患者左心室舒张功能。LASI与血浆NT-proBNP浓度无关。

[关键词] 左心室舒张功能不全; 左心房僵硬度指数; N末端B型利钠肽前体

Correlation between left atrial stiffness index and left ventricular diastolic function and N-terminal pro-brain natriuretic peptide in patients with left ventricular diastolic dysfunction

ZHANG Chiyuan, LIU Qiming

(Department of Cardiovascular Medicine, Changsha Central Hospital, Changsha 410010, China)

Abstract **Objective:** To investigate the relationship between left atrial stiffness index (LASI) and left ventricular diastolic function and N-terminal pro-brain natriuretic peptide (NT-proBNP) in patients with left ventricular diastolic dysfunction and to evaluate the value of LASI in the term of patients with left ventricular diastolic dysfunction.

收稿日期 (Date of reception): 2018-03-13

通信作者 (Corresponding author): 刘启明, Email: 971923273@qq.com

Methods: Fifty-eight patients with left ventricular diastolic dysfunction diagnosed echocardiogram were divided into two groups by with (28 cases) or without (30 cases) left ventricular hypertrophy. Thirty normal people were chosen as an age-matched control group. The concentration of NT-proBNP was measured by immunofluorescence method. The E/A, E/é and LASI were detected by echocardiogram and calculated. The correlation between LASI and E/A and E/é was analyzed. **Results:** There concentration of NT-proBNP was no significant difference between patients with left ventricular diastolic dysfunction and in the control group ($P>0.05$). LASI both in left ventricular diastolic dysfunction with and without left ventricular hypertrophy were significantly higher than that in the control group; LASI in left ventricular diastolic dysfunction with left ventricular hypertrophy was significantly higher than that without left ventricular hypertrophy; E/é both in left ventricular diastolic dysfunction with and without left ventricular hypertrophy was significantly higher than that in the control group; E/é in left ventricular diastolic dysfunction with left ventricular hypertrophy was significantly higher than that without left ventricular hypertrophy; E/A both in left ventricular diastolic dysfunction with and without left ventricular hypertrophy were significantly lower than that in the control group, the differences were statistically significant (all $P<0.05$). LASI was positively related to E/é ($r=0.575$, $P=0.023$). LASI was negatively related to E/A ($r=-0.481$, $P=0.021$). LASI was not related to the concentration of NT-proBNP ($r=0.078$, $P=0.472$). **Conclusion:** LASI can reflect left ventricular diastolic function. There is no relationship between LASI and the concentration of NT-proBNP.

Keywords left ventricular diastolic dysfunction; left atrial stiffness index; N-terminal pro-brain natriuretic peptide

左心室舒张功能不全是指左心室充盈功能受损所致心室内血容量减少、心室内压增高的一种异常病理生理状态,可发生于几乎所有心血管疾病中,伴或不伴有心力衰竭(心衰)的临床症状和体征^[1]。因在心衰的发生发展过程中,左心室舒张功能异常多较收缩功能更早发生,对无症状左心室舒张功能不全患者进行早期心功能监测有助于临床诊断与评估。研究^[2-3]表明:各种原因所致左心室舒张功能不全的共同通路为左心房后负荷增加、排空障碍,左心房顺应性降低,故左心房功能改变可间接反映左心室舒张功能,对客观评估左心房功能意义重大。

近年来,超声心动图以其无创、简便、廉价等优点已广泛应用于左心房功能的评估,但其常用指标(如左心房前后径、左心房容积等)仍不能全面、准确地反映疾病状态下的左心房功能改变,目前临床仍在不断探索与研究新的客观的指标。左心房僵硬指数(left atrial stiffness index, LASI)是目前国际上提出的一个用于反映左心房僵硬程度(left atrial stiffness, LAS)的新指标^[4]。该指标综合左心房灌注压(left atrial pressure, LAP)和应变(strain, S)等因素,全面分析左心房整体和节段心肌,能较准确地反映左心房结构与功能变化,为深入研究左心房功能提供了崭新的前景。本研究旨在探讨LASI与左心室舒张功能和N末端B型利钠肽前体(N-terminal

pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP)的关系及其临床意义,为临床研究提供更多的理论支持。

1 对象与方法

1.1 对象

选取2015年8月至2016年2月在中南大学湘雅二医院超声确诊的左心室舒张功能不全患者58例,根据左心室质量指数(left ventricular mass index, LVMI)将其分为左心室无肥厚组(30例)和左心室肥厚组(28例)。左心室舒张期功能障碍判定标准^[1]: 1)既往有基础心脏病病史(包括冠心病和/或高血压病); 2)左心室射血分数(left ventricular emptying fraction, LVEF) $\geq 50\%$; 3)超声心动图符合左心室舒张功能不全的诊断标准[二尖瓣瓣口舒张早期峰值血流速度/二尖瓣瓣口舒张中晚期峰值血流速度(E/A) <1 或 >2]。左心室肥厚诊断标准^[5]为:左心室质量指数(left ventricular mass index, LVMI) $\geq 125 \text{ g/m}^2$ (男)或 $\geq 110 \text{ g/m}^2$ (女)。有以下情况之一者予以排除: 1)急性心肌梗死; 2)心肌病; 3)心包疾病; 4)心脏瓣膜病; 5)恶性肿瘤; 6)肝、肾功能障碍[转氨酶大于正常值3倍、肾小球滤过率(glomerular filtration rate, GFR) $<90 \text{ mL/min}$]; 7)严重感染、代谢紊乱; 8)正在应用BNP相关制剂进行治疗。选取健康正常人30例为对照组,既往

均无心脏病史, 体格检查及超声心动图均未见明显异常。本研究经长沙市中心医院医学伦理审查委员会审核批准, 患者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 一般资料的收集

入选者均准确记录性别、年龄、身高、体重、体表面积(body surface area, BSA)、体重指数(body mass index, BMI)、血压、心率及有无高血压病、冠心病等。

1.2.2 血标本的收集与处理

所有入选者需禁食12 h以上, 取乙二胺四乙酸二钠(ethylenediamine tetraacetic acid, EDTA)抗凝管收集肘静脉血液5 mL, 摇匀, 立即以3 000 r/min离心15 min, 分离上清血浆, 保存于-70 °C条件下。

1.2.3 生化指标的检测

入选的病例组和对照组均进行空腹血糖、血脂、肝功能、肾功能、肌钙蛋白I(cardiac troponin I, cTnI)、血浆D-二聚体、NT-proBNP等检查, 在入选者入院当日由检验科医师专人质控检测。

1.2.4 超声心动图检查

仪器: 采用EPIQ7C彩色超声诊断仪(荷兰Philips公司), S5-1探头, 探头频率为1.0~5.0 MHz, 帧频为40~60帧/s, 储存图像并应用外置工作站Philips Qlab定量分析软件进行脱机分析。图像采集: 所有受检者取左侧仰卧位, 嘱受检者于呼气末期屏气, 并同步记录受检者体表心

电图。常规采集胸骨旁长轴切面、心尖部二、三及四腔心切面, 在四腔心切面采集二尖瓣、左室流出道频谱图像。此外, 在组织多普勒成像(tissue Doppler imaging, TDI)模式下获取标准心尖部二、三及四腔心切面, 上述切面均截取3个心动周期的动态图像(以上操作均由经验丰富的同一位心脏超声科医师完成)。参数测量与计算(以下数据均需测量3个心动周期取平均值): 1)左心室二维测量, LVEF、左心室舒张末期内径(left ventricular end-diastolic dimension, LVEDD)、室间隔厚度(interventricular septal thickness, IVSD)、左心室后壁厚度(left ventricular posterior wall thickness, LVPW), 根据Devereux校正公式计算出LVMI, $LVMI(g/m^2) = \{1.04 \times [(LVEDD + LVPW + IVSD) \times 3 - LVEDD \times 3] - 13.6\} \div BSA$; $BSA(m^2) = [0.061 \times \text{身高}(cm) + 0.0128 \times \text{体重}(kg)] - 0.1529$ 。2)脉冲多普勒成像, 计算E/A比值。3)TDI, 计算E/é比值。4)斑点追踪成像(speckle tracking imaging, STI), 应用心肌运动定量分析软件进行测量。将取样框置于标准心尖部两腔心(左心房前、下壁)、心尖三腔心(左心房后壁)、心尖四腔心(左心房侧壁、房间隔)的基底段、中间段和房底段内膜进行描记(如果节段中图像质量不清晰可予以剔除), 记录各房壁各节段左心室收缩期时左心房纵向峰值S, 通过最终分析获得平均值, 即左心房整体纵向峰值应变(global peak atrial longitudinal strain, PALS; 图1)。5)计算LASI, $LASI = E/\acute{e}/PALS$ 。

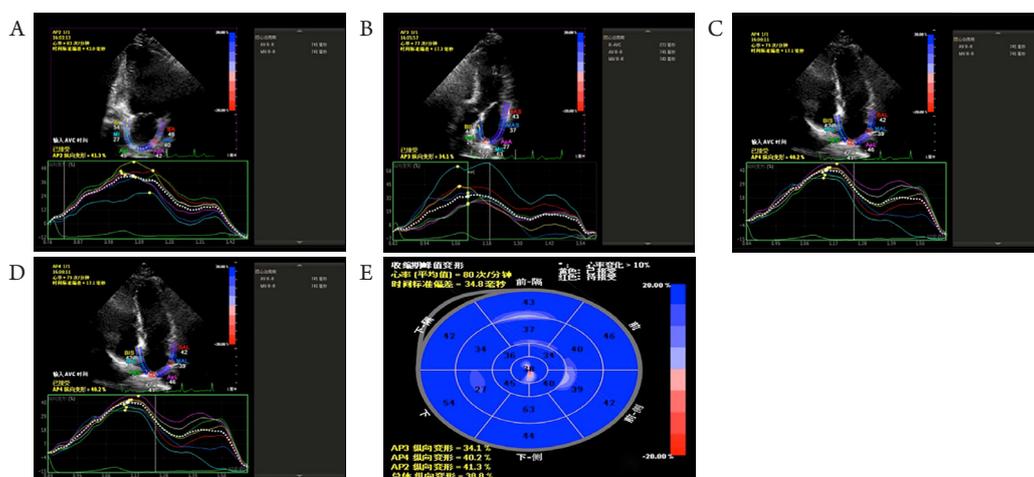


图1 运用STI技术测量并计算PALS

Figure 1 Assessment of global PALS by STI

(A-C)依次为心尖部二、三、四腔图, 每幅图像的上半部分为STI技术追踪左心房各壁, 分为基底段、中间段、房底段, 每幅图下半部分为左心房各壁各段和总体时间-应变曲线; (D, E)为心尖部二、三、四腔左心房纵向峰值应变和PALS参数显示。

(A-C) The strain of the 6 individually colored LA segments (dotted line) from 2-, 3- and 4-chamber views; (D, E) PALS referring to the mean LA peak strain value during systole.

1.3 统计学处理

采用SPSS 22.0统计软件进行数据分析。计量资料采用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示, 多组间比较采用方差分析, 组间两两比较采用Bonferroni法; 计数资料采用频数(百分比)表示, 组间比较采用卡方检验; 变量间的相关性采用Pearson相关性分析, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组一般临床资料和生化指标的比较

性别, 年龄, 心率, BSA, BMI, 空腹血糖,

肝肾功能, D-二聚体, cTnI, NT-proBNP浓度及LVEF在各组间差异均无统计学意义($P>0.05$); 病种构成在左心室无肥厚组与左心室肥厚组组间差异无统计学意义($P>0.05$)。左心室无肥厚组、左心室肥厚组血压均高于对照组, 差异均有统计学意义(均 $P<0.05$), 但左心室无肥厚组与左心室肥厚组组间差异无统计学意义($P>0.05$)。左心室肥厚组IVSD, LVPW, LVEDD, LVMI均高于对照组、左心室无肥厚组, 差异均有统计学意义($P<0.05$); IVSD, LVPW, LVEDD, LVMI在左心室无肥厚组与对照组组间差异均无统计学意义($P>0.05$, 表1)。

表1 各组一般临床资料和生化指标的比较

Table 1 Comparison of general clinical data and biochemical indexes in each group

参数	对照组($n=30$)	左心室无肥厚组($n=30$)	左心室肥厚组($n=28$)
性别(男)/%	53.33	60.00	67.86
年龄/岁	61.37 ± 6.22	63.00 ± 16.59	62.25 ± 19.23
收缩压/mmHg	118.08 ± 6.64	129.78 ± 15.46	130.30 ± 19.09
舒张压/mmHg	65.77 ± 10.62	77.16 ± 16.82*	75.49 ± 11.50*
心率/(次·min ⁻¹)	63.73 ± 7.96	66.70 ± 12.92	79.64 ± 7.73
BSA/m ²	1.64 ± 0.08	1.62 ± 0.10	1.63 ± 0.03
BMI/(kg·m ⁻²)	21.28 ± 2.57	21.41 ± 3.23	21.68 ± 2.55
FBS/(mmol·L ⁻¹)	5.45 ± 1.51	5.26 ± 1.52	4.73 ± 1.69
TG/(mmol·L ⁻¹)	1.19 ± 0.52	1.56 ± 1.09	1.55 ± 1.03
TC/(mmol·L ⁻¹)	4.71 ± 1.50	5.08 ± 1.12	4.86 ± 1.24
LDL-C/(mmol·L ⁻¹)	2.20 ± 1.06	2.73 ± 1.48	2.67 ± 1.90
HDL-C/(mmol·L ⁻¹)	1.38 ± 0.60	1.21 ± 0.38	1.32 ± 0.45
ALT/(mmol·L ⁻¹)	39.15 ± 18.96	37.84 ± 24.86	39.95 ± 20.36
AST/(mmol·L ⁻¹)	30.22 ± 6.68	34.36 ± 9.48	33.45 ± 8.53
TBIL/(mmol·L ⁻¹)	11.69 ± 3.74	13.54 ± 7.43	10.45 ± 5.40
DBIL/(mmol·L ⁻¹)	6.57 ± 3.42	7.09 ± 3.72	8.16 ± 3.95
BUN/(mmol·L ⁻¹)	5.95 ± 3.19	7.27 ± 3.73	6.50 ± 3.10
Cr/(μmol·L ⁻¹)	108.18 ± 47.59	110.01 ± 45.03	108.86 ± 30.43
UA/(mmol·L ⁻¹)	346.28 ± 100.86	333.8 ± 180.54	356.35 ± 56.98
GFR/(mL·min ⁻¹)	122.36 ± 21.68	119.91 ± 7.92	116.40 ± 10.95
D-二聚体/(mmol·L ⁻¹)	0.06 ± 0.02	0.05 ± 0.02	0.06 ± 0.02
cTnI/(mmol·L ⁻¹)	0.07 ± 0.03	0.08 ± 0.08	0.10 ± 0.11
NT-proBNP/(ng·L ⁻¹)	91.62 ± 16.78	98.91 ± 12.25	97.47 ± 29.34
IVSD/mm	9.08 ± 0.99	9.16 ± 1.20	12.54 ± 1.70*#
LVPW/mm	8.83 ± 0.96	9.16 ± 0.97	12.04 ± 1.25*#

续表 1

参数	对照组	左心室无肥厚组	左心室肥厚组
LVEDD/mm	48.37 ± 4.75	46.75 ± 2.79	54.89 ± 2.96* [#]
LVMI/(g·m ⁻²)	102.71 ± 17.06	110.58 ± 14.69	134.83 ± 29.89* [#]
LVEF/%	64.19 ± 9.52	60.47 ± 9.45	64.40 ± 7.30
病例构成/[例(%)]			
高血压病	—	27 (90.00)	28 (100.00)
冠心病	—	18 (60.00)	21 (75.00)

与对照组比较, * $P < 0.05$; 与左心室无肥厚组比较, [#] $P < 0.05$ 。

Compared with the control group, * $P < 0.05$; compared with the left ventricle without hypertrophy group, [#] $P < 0.05$. 1 mmHg=0.133 kPa.

2.2 各组左心室舒张功能参数比较

左心室无肥厚组与左心室肥厚组 A, E/é 均高于对照组, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 左心室肥厚组 E/é 较左心室无肥厚组更高, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 左心室无肥厚组与左心室肥厚组 E, é, E/A 均低于对照组, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 左心室肥厚组 é 较左心室无肥厚组更低, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$, 表 2)。

2.3 各组 LASI, PALS 比较

左心室无肥厚组和左心室肥厚组 PALS 均低

于对照组, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 左心室肥厚组 PALS 较左心室无肥厚组更低, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 左心室无肥厚组、左心室肥厚组 LASI 均高于对照组, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 左心室肥厚组 LASI 较左心室无肥厚组更高, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$, 表 3)。

2.4 LASI 与 E/A, E/é, NT-proBNP 的相关性分析

LASI 与 E/é 呈正相关 ($r = 0.575$, $P = 0.023$); LASI 与 E/A 呈负相关 ($r = -0.481$, $P = 0.021$); LASI 与 NT-proBNP 不相关 ($r = 0.078$, $P = 0.472$; 图 2)。

表 2 各组左心室舒张功能比较

Table 2 Comparison of Left ventricular diastolic function in each group

参数	对照组 (n=30)	左心室无肥厚组 (n=30)	左心室肥厚组 (n=28)
E/(cm·s ⁻¹)	89.87 ± 4.60	83.49 ± 3.89*	82.38 ± 4.00*
A/(cm·s ⁻¹)	64.01 ± 12.45	84.43 ± 6.02*	84.53 ± 1.89*
E/A	1.05 ± 0.39	0.92 ± 0.09*	0.93 ± 0.10*
é/(cm·s ⁻¹)	12.64 ± 2.04	7.04 ± 0.80*	5.20 ± 0.81* [#]
E/é	9.87 ± 1.21	11.73 ± 2.36*	13.02 ± 2.34* [#]

与对照组比较, * $P < 0.05$; 与左心室无肥厚组比较, [#] $P < 0.05$ 。

Compared with the control group, * $P < 0.05$; compared with the left ventricle without hypertrophy group, [#] $P < 0.05$.

表 3 各组 LASI, PALS 比较

Table 3 Comparison of LASI and PALS in each group

参数	对照组 (n=30)	左心室无肥厚组 (n=30)	左心室肥厚组 (n=28)
PALS	48.92 ± 7.74	31.90 ± 5.64*	20.71 ± 4.59* [#]
LASI	0.15 ± 0.03	0.39 ± 0.08*	0.84 ± 0.29* [#]

与对照组比较, * $P < 0.05$; 与左心室无肥厚组比较, [#] $P < 0.05$ 。

Compared with the control group, * $P < 0.05$; compared with the left ventricle without hypertrophy group, [#] $P < 0.05$.

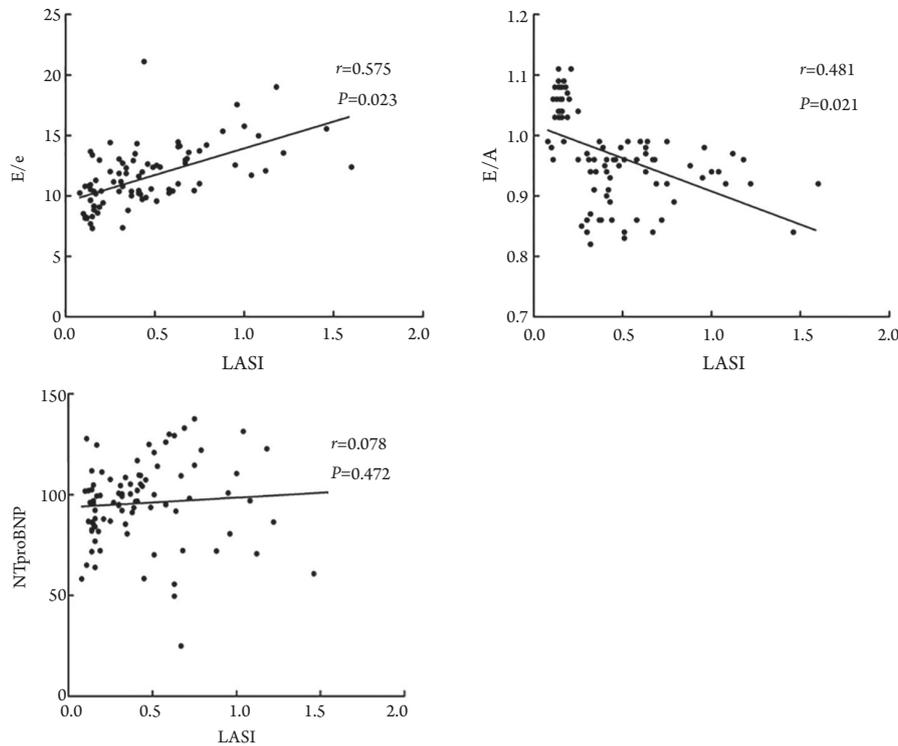


图2 LASI与E/A, E/ε, NT-proBNP指标的相关性分析

Figure 2 Correlation analysis of LASI and E/A, E/ε and NT-proBNP

3 讨论

左心房是心脏四腔之一, 各种疾病所致左心室舒张功能不全会导致左心房后负荷增加、左心房排空障碍, 故左心房功能可间接反映左心室舒张功能。Machino-Ohtsuka等^[6]研究发现: LAS反映左心房顺应性, 可评估左心房功能。此后, Di Salvo等^[7-8]提出LAP与PALS的比值(LAP/PALS)可用于评估LAS程度, 被称为LASI。因LAP需经导管在心房内测定, 标准LASI为一项侵入性评估指标, 临床上亦应用肺毛细血管楔压(pulmonary capillary wedge pressure, PCWP)评估LASI^[9], 上述原因使LASI在临床推广中受限。研究^[10-11]表明: 一些非侵入性指标如E/ε, E/A, E, A等与LAP相关性较高, 可替代LAP, 与PALS的比值可作为非侵入性LASI用于左心房的评估; 因E/ε是反映左心房充盈压的可靠指标, 故以E/ε/PALS作为LASI的非侵入性指标在临床研究中应用最广。LASI综合LAP与S等因素, 测定时不受心脏整体运动及邻近心肌节段牵拉的影响, 无角度依赖性, 能较准确地反映左心房结构与功能。

目前, 无论是新发的急性心衰或慢性心衰病

情恶化, NT-proBNP水平均会显著上升。但NT-proBNP与舒张性心衰程度的关系存在一定争议, 研究^[12]表明血浆NT-proBNP水平随心衰严重程度增加而升高。NT-proBNP主要存在于心室肌的分泌颗粒中, 其释放增加与室壁张力增大、心肌过度牵张有关。本研究结果显示: 血浆NT-proBNP浓度在左心室舒张功能不全患者与对照组中差异无统计学意义($P>0.05$), 说明左心室舒张功能不全患者心室肌尚未过度牵张, 使机体内NT-proBNP维持在基本正常水平, 该结果与Dahlström^[13]的研究结果相符, 但此时入选组因左心室舒张功能不全已引起左心房结构重构, 其顺应性下降, LAS增加(即LASI增高), 相关分析亦提示两者无关, 故LASI不能反映血浆NT-proBNP浓度。

左心室舒张功能不全通常由左心室主动和被动松弛降低引起, 被动松弛降低主要与基质改变、纤维化及细胞骨架亚型变化相关, 主动松弛降低主要与心肌细胞Ca²⁺调节异常有关。E/A, E/ε为左心室舒张功能的传统超声评估指标。当左心室舒张功能不全时, 主、被动松弛性下降引起左心室舒张早期快速充盈受损, 使E, ε减小, 而舒张晚期左心房收缩代偿性增强以弥补左

心室充盈不足, A增大, 即 $E/A < 1$ 。随着心室肌间质纤维组织大量增生, 室壁增厚、僵硬度进一步增加, 心肌顺应性下降, 舒张功能受损进一步加重, E, ϵ 进一步减小, 其中E较 ϵ 下降幅度小, 即E/ ϵ 比值逐渐增大。本研究结果显示: 左心室无肥厚组、左心室肥厚组E, ϵ , E/A值均显著低于对照组, 左心室肥厚组 ϵ 值更低, 左心室无肥厚组、左心室肥厚组E/ ϵ , A, ϵ 值均显著高于对照组, 左心室肥厚组E/ ϵ 值更高, 与上述研究相符, 且左心室肥厚组因室壁肥厚较左心室无肥厚组舒张功能受损更严重(两组病例构成无明显差异)。

本研究显示: 左心室无肥厚组、左心室肥厚组LASI均显著高于对照组, 原因可能为左心室舒张功能不全时心肌细胞代偿性肥大、室壁肥厚或心室主动松弛性降低, 使心室顺应性下降, 弹性阻力增加, 舒张末压明显增高, 上述改变加重左心房后负荷, 引起左心房重构, 顺应性减小, 僵硬度增加^[2-3]。分子机制可能与心室舒张功能不全时左心房内 β 肌球蛋白重链、细胞骨架蛋白及肌原纤维表达异常相关^[14]。在本研究中, 左心室肥厚组、左心室无肥厚组LASI与左心室舒张功能指标比较, E/ ϵ 进一步增高, LASI亦增高, 表明左心室肥厚组较左心室无肥厚组舒张功能下降更明显时, 因左心房后负荷增加更明显, LAS较左心室无肥厚组亦显著增高(LASI值更高)。相关性分析表明LASI与传统评估左心室舒张功能指标相关(E/A, E/ ϵ), 该指标能反映左心室舒张功能不全患者的左心室舒张功能。

此外, 本研究亦存在不足之处: 因国际上暂无针对左心房应变的STI分析软件, 研究中采用左心室分析软件计算PALS值, 使结果准确性受到影响; 因避免有创操作采用非侵入性的LASI测定, 准确性较侵入性LASI低, 且E/ ϵ 虽与LAP存在较高关联, 但应用组织多普勒成像测量 ϵ 时多受角度依赖, 使结果受影响^[15]。

综上所述, LASI能反映左心室舒张功能不全患者左心室舒张功能, LASI与血浆NT-proBNP浓度无关。

参考文献

1. Paulus WJ, Tschöpe C, Sanderson JE, et al. How to diagnose diastolic heart failure: a consensus statement on the diagnosis of heart failure with normal left ventricular ejection fraction by the Heart Failure and Echocardiography Associations of the European Society of Cardiology[J]. Eur Heart J, 2007, 28(20): 2539-2550.
2. Tsang TS, Barnes ME, Gersh BJ, et al. Prediction of risk for first age-related cardiovascular events in an elderly population: the incremental value of echocardiography[J]. J Am Coll Cardiol, 2003, 42(7): 1199-1205.
3. Tsang TS, Barnes ME, Gersh BJ, et al. Left atrial volume as a morphophysiologic expression of left ventricular diastolic dysfunction and relation to cardiovascular risk burden[J]. Am J Cardiol, 2002, 90(12): 1284-1289.
4. Yoon YE, Kim HJ, Kim SA, et al. Left atrial mechanical function and stiffness in patients with paroxysmal atrial fibrillation[J]. J Cardiovasc Ultrasound, 2012, 20(3): 140-145.
5. Xie L, Wang Z. Correlation between echocardiographic left ventricular mass index and electrocardiographic variables used in left ventricular hypertrophy criteria in Chinese hypertensive patients[J]. Hellenic J Cardiol, 2010, 51(5): 391-401.
6. Machino-Ohtsuka T, Seo Y, Tada H, et al. Left atrial stiffness relates to left ventricular diastolic dysfunction and recurrence after pulmonary vein isolation for atrial fibrillation[J]. J Cardiovasc Electrophysiol, 2011, 22(9): 999-1006.
7. Di Salvo, Caso P, Lo Piccolo, et al. Atrial myocardial deformation properties predict maintenance of sinus rhythm after external cardioversion of recent-onset lone atrial fibrillation: a color Doppler myocardial imaging and transthoracic and transesophageal echocardiographic study[J]. Circulation, 2005, 112(3): 387-395.
8. Hoit BD, Walsh RA. Regional atrial distensibility[J]. Am J Physiol, 1992, 262(5 Pt 2): H1356-H1360.
9. Demir M, Aktaş İ, Çamci S. Left atrial mechanical function and stiffness in patients with atrial septal aneurysm: a speckle tracking study[J]. Cardiol J, 2015, 22(5): 535-540.
10. Wakami K, Ohte N, Asada K, et al. Correlation between left ventricular end-diastolic pressure and peak left atrial wall strain during left ventricular systole[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2009, 22(7): 847-851.
11. D'Ascenzi F, Pelliccia A, Natali BM, et al. Increased left atrial size is associated with reduced atrial stiffness and preserved reservoir function in athlete's heart[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2015, 31(4): 699-705.
12. Ingle L, Cleland JG, Clark AL. Perception of symptoms is out of proportion to cardiac pathology in patients with "diastolic heart failure"[J]. Heart, 2008, 94(6): 748-753.
13. Dahlström U. Can natriuretic peptides be used for the diagnosis of

- diastolic heart failure?[J]. *Eur J Heart Fail*, 2004, 6(3): 281-287.
14. Hoit B, Shao Y, Gabel M, et al. Left atrial systolic and diastolic function after cessation of pacing in tachycardia-induced heart failure[J]. *Am J Physiol*, 1997, 273(2 Pt 2): H921-H927.
15. Kadappu KK, Thomas L. Tissue Doppler imaging in echocardiography: value and limitations[J]. *Heart Lung Circ*, 2015, 24(3): 224-233.

本文引用: 张驰原, 刘启明. 左心室舒张功能不全患者左心房僵硬度指数与左心室舒张功能和N末端B型利钠肽前体的相关性[J]. *临床与病理杂志*, 2018, 38(6): 1253-1260. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2018.06.019

Cite this article as: ZHANG Chiyuan, LIU Qiming. Correlation between left atrial stiffness index and left ventricular diastolic function and N-terminal pro-brain natriuretic peptide in patients with left ventricular diastolic dysfunction[J]. *Journal of Clinical and Pathological Research*, 2018, 38(6): 1253-1260. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2018.06.019