

高血压

高血压并发阵发性心房颤动患者的左房形变功能
与血清 NT-proBNP 的相关性屈文涛¹ 康亚宁¹ 许磊¹ 马静¹ 苏洁¹ 王荣荣¹ 孟翠翠¹

【摘要】 目的:应用二维斑点追踪技术评估高血压患者并发阵发性心房颤动(房颤)的左房心肌应变功能与血清氨基末端脑钠肽前体(NT-proBNP)的相关性以及左房应变对阵发性房颤的预测价值。方法:选取2018年6月—2019年9月我院单纯高血压患者80例(HT),高血压合并阵发性房颤患者60例(HT+PAF),健康体检对照组50例。测定3组血清NT-proBNP水平,应用二维斑点追踪技术测得左室收缩期左房心肌整体峰值纵向应变(LAS-s),心房收缩期左房心肌整体峰值纵向应变(LAS-a),应用常规超声心动图技术测量左室舒张末内径(LVEDD)、室间隔厚度(IVST)、左房内径(LAD)、左心室射血分数(LVEF)、E/A、E/e'比值、左房整体排空分数(LATEF)、左房容积指数(LAVI)、Tei指数。比较血清NT-proBNP水平与左房各功能参数的相关性,分析高血压患者并发阵发性房颤的影响因素。结果:与对照组比较,HT组、HT+PAF组的NT-proBNP、LAD、LAVI、E/e'、Tei指数依次增高,HT+PAF组增高更为显著($P < 0.05$),与对照组比较,HT组、HT+PAF组的LAS-s、LAS-a、LATEF依次减低,HT+PAF组减低更为显著,差异有统计学意义($P < 0.05$)。相关分析显示血清NT-proBNP与LAS-s、LAS-a负相关($r = -0.589, r = -0.514, P < 0.05$),血清NT-proBNP与年龄、E/e'、LAD、LAVI、Tei指数呈正相关($r = 0.432, r = 0.484, r = 0.504, r = 0.512, r = 0.482, P < 0.05$)。多因素的Logistic回归分析显示年龄、LAS-s、LAS-a是高血压患者并发阵发性房颤的独立影响因素($P < 0.05$),LAS-s、LAS-a预测高血压患者并发阵发性房颤的ROC曲线下面积分别为0.706、0.766,最佳截断值为34%、12%。结论:高血压患者并发阵发性房颤的左房心肌纵向形变功能减低,血清NT-proBNP水平与左房结构和功能具有密切相关性,LAS-s、LAS-a是高血压患者并发阵发性房颤的独立影响因素,能够作为高血压并发阵发性房颤的新的预测指标。

【关键词】 高血压;阵发性房颤;二维斑点追踪技术;左房应变;NT-proBNP

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2021.02.014

[中图分类号] R541.7 [文献标志码] A

The correlation between N-terminal pro brain natriuretic peptide and left atrial strain function in hypertensive patients with paroxysmal atrial fibrillation by two-dimensional speckle tracking echocardiography

QU Wentao KANG Yaning XU Lei MA Jing SU Jie WANG Rongrong MENG Cuicui

(Department of Ultrasound, Xi'an Hospital of Traditional Chinese Medicine, Xi'an, 710021, China)

Corresponding author: XU Lei, E-mail: 283565626@qq.com

Abstract Objective: To evaluate the correlation between N-terminal pro brain natriuretic peptide(NT-proBNP) and left atrial(LA) strain function in hypertensive(HT) patients with paroxysmal atrial fibrillation(PAF) by two-dimensional speckle tracking echocardiography(2D-STE). **Methods:** There were 80 patients with hypertensive(HT) and 60 hypertensive patients with hypertensive and paroxysmal atrial fibrillation(HT+PAF) in study groups. The 50 healthy persons served as the control group. NT-proBNP levels of the patients were measured by serum test. LA peak ventricular systolic longitudinal strain(LAS-s) and left atrial longitudinal strain(LAS-a) during atrial systolic period were determined by 2D-STE. Conventional echocardiography was used to measure the left atrial diameter(LAD), left ventricular end-diastolic diameter(LVEDD), interventricular septum thickness(IVST), left ventricular ejection fraction(LVEF), E/e', E/A, left atrial total ejection fraction(LATEF), left atrial volume index(LAVI), Tei index. **Results:** Compared with the control group, the LAS-s, LAS-a, LATEF were significantly lower in HT group and HT+PAF group($P < 0.05$). Compared with the control group, the NT-proBNP, LAD, LAVI, E/e', and Tei index were significantly higher in HT group and HT+PAF group($P < 0.05$). Correlation analysis showed that the NT-proBNP was negative correlation with LAS-s, LAS-a($r = -0.589, r = -0.514$, respectively; all $P < 0.05$). The NT-proBNP was positively related age, E/e', LAD, LA-

¹西安市中医医院超声科(西安,710021)

通信作者:许磊,E-mail:283565626@qq.com

VI, Tei index($r=0.432, r=0.484, r=0.504, r=0.512, r=0.482$, respectively; all $P<0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that age, LAS-s and LAS-a were independent risk factors of hypertensive patients with paroxysmal atrial fibrillation. **Conclusion:** The left atrial deformational function is lower in patients with hypertension and paroxysmal atrial fibrillation. The NT-proBNP level is closely related with left atrial structure and function. In patients with hypertension, LAS-s and LAS-a independently correlate with the paroxysmal atrial fibrillation, and may be used as predictors for paroxysmal atrial fibrillation.

Key words hypertension; paroxysmal atrial fibrillation; two-dimensional speckle tracking echocardiography; left atrial strain; NT-proBNP levels

高血压患者发生心房颤动(房颤)的风险要比血压正常的人高 1.7 倍,大约 20% 的房颤是由高血压引起的,房颤是脑卒中、心力衰竭(心衰)、冠心病的独立危险因素^[1],适当的高血压管理对预防房颤、心衰和卒中显得尤为重要,血清 NT-proBNP 水平在左心房压力增高时合成和分泌增加,能够反映左心室心肌功能,研究发现收缩压每升高 1 mm-Hg(1 mmHg=0.133 kPa),血清氨基末端脑钠肽前体(NT-proBNP)基线水平升高 2%,能够预测心血管不良事件^[2]。左房结构和功能的改变与心血管疾病的发生、预后、随访具有重要的相关性^[3],高血压合并阵发性房颤患者往往在左心房未扩大之前,其心房肌细胞功能就已经发生改变^[4],因此对左房心肌功能的评价显得尤为重要,二维斑点追踪技术能够多角度密切追踪感兴趣区的心肌细胞的运动轨迹,反映心房心肌细胞纤维化缺血程度^[5],了解阵发性房颤的发生机制。本文应用二维斑点追踪技术评价高血压患者合并阵发性房颤的左房心肌功能,以及分析左房应变功能与血清 NT-proBNP 的相关性。

1 对象与方法

1.1 对象

选取 2018 年 6 月—2019 年 9 月西安市中医医院入院诊断为高血压合并阵发性房颤的患者 60 例(阵发性房颤患者的纳入标准为:以往被诊断为阵发性房颤的患者和本院初次诊断的阵发性房颤患者),其中男 36 例,女 24 例,平均年龄(68.45 ± 6.03)岁,单纯高血压患者 80 例,男 48 例,32 例,平均年龄(63.68 ± 6.23)岁,另选取健康体检志愿者 50 例作为对照组,男 28 例,女 22 例,平均年龄(63.89 ± 5.78)岁。患者及其家属对本研究知情并签署知情同意书。阵发性房颤依据《ESC 心房颤动治疗指南 2010》为诊断标准,患者 24 h 动态心电图、12 导联心电图证实为房颤,且持续时间在 7 d 及以下,能够自行转复为窦性心律。排除标准:糖尿病、冠心病、高尿酸血症、甲亢、慢性肾病、风湿性瓣膜病、二尖瓣大量反流、先天性心脏病、心肌病、慢性心衰患者等。

1.2 方法

选择罗氏 MODULAR E170 全自动电化学发光免疫分析仪,通过电化学发光法检测各组血清

NT-proBNP 水平。各组患者清晨抽取静脉血测定 1 h 后,进行超声心动图检查,应用飞利浦 philips EPIQ5 彩色多普勒超声诊断仪,使用 S5-1 心脏超声探头,后处理工作站应用 Qlab8.0 工作软件。检查方法受检者左侧卧位,同时连接胸导联心电图。应用二维超声心动图测量左室舒张末内径(LVEDD)、室间隔厚度(IVST)、左房内径(LAD)、左心室射血分数(LVEF),应用频谱多普勒超声测量二尖瓣口舒张早期峰值血流速度(E 峰)、心房收缩期最大血流速度(A 峰),计算 E/A 比值,应用组织多普勒超声测量左室舒张早期室间隔侧二尖瓣环根部运动峰值速度(e'),计算 E/e' 。计算左房整体总排空分数(LATEF) = $(LAV_{max} - LAV_{min}) / LAV_{max}$,左房容积指数(LAVI) = LAV_{max} / BSA ,Tei 指数 = $(\text{等容收缩时间} + \text{等容舒张时间}) / \text{射血时间}$,采集心尖四腔切面、二腔切面的动态二维图像,打开 Qlab 软件中的 SQ 软件进行应变时间-曲线形态及参数分析,并获得左心室收缩期左房整体峰值纵向应变值(LAS-s)、左房收缩期整体峰值纵向应变值(LAS-a)。见图 1。

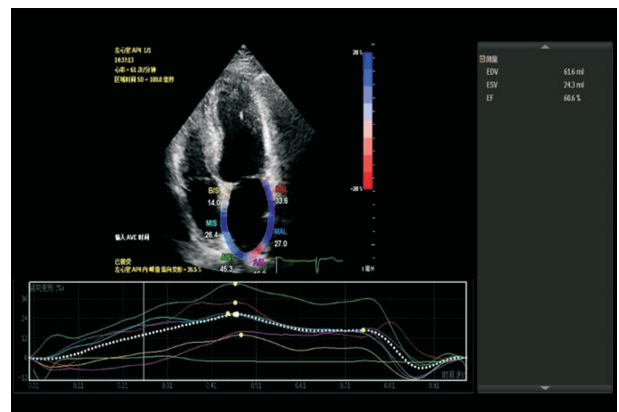


图 1 高血压合并阵发性房颤患者的左房心肌纵向应变曲线图

Figure 1 Longitudinal strain curve of left atrium myocardium

1.3 统计学处理

采用 SPSS 23.0 软件包,计量资料使用 $\bar{x} \pm s$ 表示,数据符合正态分布,计量资料组间比较采用单因素方差分析,计数资料的组间比较采用 χ^2 检

验,两变量之间的关联性用 Pearson 相关分析,采用多因素 Logistic 回归分析可能影响高血压患者合并阵发性房颤的因素。

2 结果

2.1 一般临床资料比较

3 组之间的心率、BMI、甘油三酯、总胆固醇、LDL、HDL 比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$),与对照组比较,HT 组和 HT+PAF 组的收缩压、舒张压增高,差异有统计学意义 ($P < 0.05$),与对照组和 HT 组比较,HT+PAF 组年龄增高,差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。与对照组比较,HT 组和 HT+PAF 组的血清 NT-proBNP 水平依次增高,HT+PAF 组增高更为显著,差异有统计学意义 ($P < 0.05$),见表 1。

表 1 3 组一般临床资料比较

参数	对照组 (50 例)	HT 组 (80 例)	HT+PAF 组 (60 例)	P 值
年龄/岁	63.89±5.78	63.68±6.23	68.45±6.03 ¹⁾²⁾	0.000
心率(次·min ⁻¹)	68.87±8.88	68.65±8.45	69.23±8.23	0.623
BMI/(kg·m ⁻²)	22.68±3.22	23.33±3.34	23.45±3.02	0.324
ACEI 类	0(0)	40(50) ¹⁾	32(53) ¹⁾	0.000
钙通道阻滞剂	0(0)	42(53) ¹⁾	35(58) ¹⁾	0.000
β受体阻滞剂	0(0)	23(29) ¹⁾	22(37) ¹⁾	0.000
华法林	0(0)	0(0)	8(13) ¹⁾²⁾	0.000
阿司匹林	0(0)	0(0)	20(33) ¹⁾²⁾	0.000
甘油三酯/(mmol·L ⁻¹)	1.52±0.68	1.58±0.72	1.60±0.66	0.557
总胆固醇/(mmol·L ⁻¹)	4.87±0.89	4.95±0.98	4.97±0.97	0.532
HDL/(mmol·L ⁻¹)	1.26±0.24	1.28±0.28	1.29±0.26	0.556
LDL/(mmol·L ⁻¹)	2.93±0.48	3.07±0.53	3.11±0.49	0.072
收缩压/mmHg	109.45±7.34	162.92±11.98 ¹⁾	163.87±11.87 ¹⁾	0.000
舒张压/mmHg	74.78±4.66	98.72±6.16 ¹⁾	98.77±6.62 ¹⁾	0.000
NT-proBNP/(pg·mL ⁻¹)	86.62±16.78	107.42±17.43 ¹⁾	206.66±28.65 ¹⁾²⁾	0.000

与对照组比较,¹⁾ $P < 0.05$;与 HT 组比较,²⁾ $P < 0.05$ 。

2.2 超声心动图参数比较

与对照组比较,HT 组、HT+PAF 组的 LAD、LAVI、E/e'、Tei 指数依次增高,HT+PAF 组增高更为显著 ($P < 0.05$)。与对照组比较,HT 组、HT+PAF 组的 LAS-s、LAS-a、LATEF 逐渐减低,HT+PAF 组减低更为显著 ($P < 0.05$),见表 2。

2.3 NT-proBNP 与各超声心动图参数相关性比较

血清 NT-proBNP 与 LAS-s、LAS-a 呈负相关 ($r = -0.589, r = -0.514$, 均 $P < 0.05$), NT-proBNP 与年龄、E/e'、LAD、LAVI、Tei 指数呈正相关 ($r = 0.432, r = 0.484, r = 0.504, r = 0.512, r = 0.482$, 均 $P < 0.05$),见表 3。

表 2 各组间超声参数及左房应变值比较
 Table 2 Ultrasound parameters and left atrial strain value $\bar{x} \pm s$

参数	对照组	HT	HT+PAF	P 值
LAS-s/%	38.55±3.04	34.31±3.82 ¹⁾	31.75±3.40 ¹⁾²⁾	0.000
LAS-a/%	18.63±3.01	14.91±3.42 ¹⁾	11.66±3.24 ¹⁾²⁾	0.000
LAD/mm	33.54±4.28	40.24±5.36 ¹⁾	44.56±5.66 ¹⁾²⁾	0.000
LAVI/(mL·m ⁻²)	21.45±4.18	24.46±4.46 ¹⁾	29.34±4.65 ¹⁾²⁾	0.001
LATEF/%	52.28±9.66	40.22±9.36 ¹⁾	32.23±9.52 ¹⁾²⁾	0.000
E/e'	7.56±1.32	10.22±1.66 ¹⁾	11.28±2.87 ¹⁾²⁾	0.000
E/A	0.77±0.28	0.73±0.26	0.74±0.30	0.501
LVEDD/mm	44.62±3.23	45.28±3.02	45.13±3.22	0.576
IVST/mm	9.02±0.85	12.22±1.24	12.82±1.04	0.653
LVEF/%	62.34±5.28	62.33±5.68	63.88±5.34	0.765
Tei 指数	0.39±0.04	0.41±0.03 ¹⁾	0.44±0.04 ¹⁾²⁾	0.001

与对照组比较,¹⁾ $P < 0.05$;与 HT 组比较,²⁾ $P < 0.05$ 。

表 3 NT-proBNP 与各超声心动图参数相关性
 Table 3 The correlation between NT-proBNP and the echocardiographic parameters

	LAS-s	LAS-a	年龄	E/e'	LAD	LAVI	Tei 指数
r	-0.589	-0.514	0.432	0.484	0.504	0.512	0.482
P	0.000	0.000	0.005	0.002	0.002	0.003	0.003

2.4 多因素 Logistic 回归分析

将差异有统计学意义的 LAS-s、LAS-a、年龄、NT-proBNP、LAD、LAVI、LATEF、E/e'、Tei 指数作为自变量,高血压是否合并阵发性房颤为因变量(无阵发性房颤=0,阵发性房颤=1)。结果显示,LAS-s、LAS-a、年龄是影响高血压并发阵发性房颤的独立影响因素 ($P < 0.05$),见表 4。

表 4 影响高血压并发阵发性房颤的多因素 Logistic 回归分析

参数	回归系数	标准误	Wald χ^2	P 值	OR 值	95%CI
LAS-s	-0.536	0.189	7.543	0.005	0.762	0.589~0.852
LAS-a	-0.652	0.169	13.872	0.002	0.472	0.326~0.782
年龄	1.023	0.245	4.234	0.032	1.142	1.021~1.892
NT-proBNP	0.886	0.327	3.245	0.092	1.236	0.967~1.732
E/e'	0.962	0.177	1.762	0.218	1.342	0.915~1.697
LAD	1.091	0.271	2.821	0.165	1.244	1.134~1.832
LAVI	0.862	0.377	2.256	0.128	1.367	1.082~2.190
LATEF	-0.964	0.353	3.464	0.092	0.873	0.967~1.443
Tei 指数	1.032	0.283	5.252	0.132	1.325	0.976~1.674

2.5 LAS-s、LAS-a 对高血压并发阵发性房颤的诊断预测价值

LAS-s 预测高血压并发阵发性房颤的曲线下面积为 0.706,95%CI 0.612~0.800,最佳截断值为 34%,敏感性为 85%、特异性为 60%,LAS-a 预测高血压并发阵发性房颤的曲线下面积为 0.766,

95%CI 0.680~0.851,最佳截断值为 12%,敏感性为 65%、特异性为 80%,见图 2。

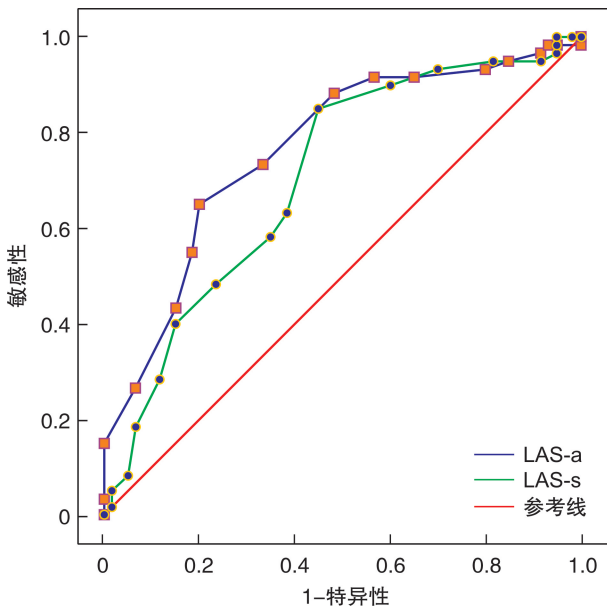


图 2 ROC 曲线分析
Figure 2 ROC curve analysis

3 讨论

房颤的发生率为 0.4%~1%,在 80 岁以上的人群中随着年龄增长至 9%。房颤是一种进展性疾病,通过左房的不断重构,从而由阵发性房颤进展为持续性房颤。左房增大是新发房颤的一个独立的预测因子,然而大部分阵发性房颤患者早期左房无明显增大,此时左房心肌功能已经发生改变。左房的主要功能是调节左室充盈压,保障心室的正常充盈状态,维持心房、心室间的同步性^[6]。在心室收缩期,左房作为肺静脉回流的蓄水池,反映了左房的储备功能,左房储备功能在左室快速充盈期具有重要的作用,能够帮助维持房室间的压力梯度^[7]。在心室舒张晚期左房的作用是增加左心室充盈压力,代表了左房的泵功能。血清 NT-proBNP 是心室、心房分泌的一种内分泌激素,是心室、心房对于容量负荷和压力负荷所产生的反应,具有利钠、利尿,扩张血管,降低体循环阻力及血浆容量,抑制肾素血管紧张素-醛固酮系统和交感神经的作用^[8]。

本研究发现,与对照组比较,HT 组、HT+PAF 组的 NT-proBNP、LAD、LAVI、E/e'、Tei、指数依次增高,HT+PAF 组增高更为显著,HT 组、HT+PAF 组的 LAS-s、LAS-a、LATEF 逐渐减低,HT+PAF 组减低更为显著,这可能是由于高血压患者引起左室壁应力增加,引起心肌肥厚,后负荷增加,使左室舒张充盈压力升高,随着左房心肌逐渐纤维化,左室充盈压力进一步增高,左房储

备功能、泵功能减低,在左房压力负荷不断增加的过程中,心肌组织根据 Frank-Starling 定律,左房储备功能到一个临界点之后,左房储备功能、泵功能均下降,随着结构恶化,心房电传导特性也受到损害,电扰动影响左房心肌收缩顺序,进一步加重结构损伤。Furukawa 等^[9]应用斑点追踪技术发现高血压并发阵发性房颤患者的左房心肌应变功能受损,阵发性房颤的存在与左房顺应性降低、房室机械运动不同步有关,左房容积指数、左房整体纵向应变、左房达峰时间标准差是阵发性房颤的独立影响因素。Petre 等^[10]研究发现当高血压初期,左房试图通过增加其收缩功能来弥补左室充盈减少,在一些研究中左房的收缩功能与正常心肌相比有所增强,但随着血压的增加和左房的增大,收缩功能有逐渐恶化的趋势,心房心肌细胞的形变也证实了这一点的改变。Kawakami 等^[11]研究发现高血压左室舒张充盈压增高伴随左房血流动力学障碍,从而演变为结构功能障碍,进一步发展为持续性房颤,在高血压患者中左房机械功能障碍与阵发性房颤的发生密切相关。由于房颤心房收缩不同步,心输出量随之下降,为了弥补每搏量的减少,心房压力增加。此外,房颤发生时,左右房舒张顺应性降低,由于心房压力增加所带来的血流动力学负荷,引起左房扩大,进而导致房颤的发生。Kuppahallyd 等^[12]通过 MRI 延迟增强扫描技术发现房颤患者射频消融术后的左房储备功能、泵功能有所改善,心房纤维化程度大于 10%的房颤患者射频消融术后的房颤复发率高于心房纤维化程度小于 10%的患者。本文研究发现阵发性房颤患者的 NT-proBNP 与 E/e'、LAD、LAVI、Tei 指数呈正相关,与 LAS-s、LAS-a 呈负相关,说明血清 NT-proBNP 与左房结构和功能密切相关。左房结构和功能的损伤,导致了 NT-proBNP 分泌的增加。Kamel 等^[13]研究发现 P 波形态的改变和 NT-proBNP 浓度的升高能够作为左房结构和功能变化的间接标志,能够预测房颤患者脑卒中的发生,Di Castelnuovo 等^[14]证实血清 NT-proBNP 水平与缺血性脑卒中的发生风险呈正相关,将血清 NT-proBNP 添加到既定风险评分的变量中,可增加脑卒中的预测性,且具有较好的预测效果。

本研究还发现 LAS-s、LAS-a、年龄是影响高血压并发阵发性房颤的独立影响因素,LAS-s、LAS-a 能够预测高血压并发阵发性房颤的发生,最佳截断值分别为 34%、12%,左房心肌应变功能降低可能与左房心肌间质纤维化有关,房颤患者的左房组织含有纤维胶原蛋白原、扩大的细胞外基质和紊乱的心肌细胞结构,左房的这种组织学变形功能可能致电传导的中断,从而左房电重构,进一步导致左房机械不同步的增加。LAS-s、LAS-a 能够通

过心房不同时期的形变功能间接反映心房肌细胞的纤维化程度,当心房收缩力的减低和血流动力学超负荷引起心房壁牵张,导致心律失常,LAS-s、LAS-a 是一个重要的参数,能够发现心房结构和功能的变化,可以预测房颤的发生,Rasmussen 等^[15]研究发现患有隐源性脑卒中的阵发性房颤患者的左房储备应变功能减低,左房储备应变能够独立的预测心血管危险因素,Bajraktari 等^[16]研究发现当 LAD>50 mm、左房心肌纵向应变<19%时,房颤患者射频消融术后复发率较高。

本文的局限性在于研究的样本量较少,忽视了阵发性房颤的病程时间对左房心肌功能的影响,以及年龄对左房结构和功能的影响。

综上所述,左房结构和功能与 NT-proBNP 水平具有密切相关性,左房心肌纵向应变功能减低是阵发性房颤发生的风险因素之一,二维斑点追踪技术评估左房纤维化程度主要优点是比 MRI 增强延迟扫描技术简单、可重复性高,可以在一个心动周期内对心房心肌功能进行节段分析,能够早期发现并动态观察心房肌细胞受损,对左房心肌纤维化和左房硬度的评估具有很高的准确性和重复性,LAS-s、LAS-a 是高血压患者并发阵发性房颤的独立影响因素,能够作为高血压并发阵发性房颤的新的临床指标,指导临床早期干预,预防阵发性房颤等心血管疾病的发生。

参考文献

- [1] Oikonomou E, Zografos T, Papamikroulis GA, et al. Biomarkers in atrial fibrillation and heart failure[J]. *Curr Med Chem*, 2019, 26(5): 873-887.
- [2] Ghazal F, Theobald H, Rosenqvist M, et al. Assessment of N-terminal pro-B-type natriuretic peptide level in screening for atrial fibrillation in primary health care[J]. *PLoS One*, 2019, 14(2): e0212974.
- [3] Inciardi RM, Giugliano RP, Claggett B, et al. Left atrial structure and function and the risk of death or heart failure in atrial fibrillation[J]. *Eur J Heart Fail*, 2019, 21(12): 1571-1579.
- [4] Watanabe Y, Nakano Y, Hidaka T, et al. Mechanical and substrate abnormalities of the left atrium assessed by 3-dimensional speckle-tracking echocardiography and electroanatomic mapping system in patients with paroxysmal atrial fibrillation [J]. *Heart Rhythm*, 2015, 12(3): 490-497.
- [5] Chen J, Wang L, Wu FF, et al. Early detection of cardiotoxicity by 3D speckle tracking imaging of area strain in breast cancer patients receiving chemotherapy[J]. *Echocardiography*, 2019, 36(9): 1682-1688.
- [6] Triposkiadis F, Xanthopoulos A, Parissis J. Risk in atrial fibrillation: left atrial function matters[J]. *Eur J Heart Fail*, 2019, 21(12): 1584-1585.
- [7] Hoit BD. Assessment of Left Atrial Function by Echocardiography: Novel Insights[J]. *Curr Cardiol Rep*, 2018, 20(10): 96-96.
- [8] Streb W, Mitreğa K, Szymała M, et al. The intracardiac concentrations of the N-terminal-pro B-type natriuretic peptide (NT-proBNP) and the determinants of its secretion in patients with atrial fibrillation[J]. *Kardiol Pol*, 2018, 76(2): 433-439.
- [9] Furukawa A, Ishii K, Hyodo E, et al. Three-dimensional speckle tracking imaging for assessing left atrial function in hypertensive patients with paroxysmal atrial fibrillation[J]. *Int Heart J*, 2016, 57(6): 705-711.
- [10] Petre I, Onciul S, Iancovici S, et al. Left atrial strain for predicting atrial fibrillation onset in hypertensive patients[J]. *High Blood Press Cardiovasc Prev*, 2019, 26(4): 331-337.
- [11] Kawakami H, Ramkumar S, Nolan M, et al. Left atrial mechanical dispersion assessed by strain echocardiography as an independent predictor of new-onset atrial fibrillation: A Case-Control Study[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2019, 32(10): 1268-1276. e3.
- [12] Kuppahally SS, Akoum N, Burgon NS, et al. Left atrial strain and strain rate in patients with paroxysmal and persistent atrial fibrillation: relationship to left atrial structural remodeling detected by delayed-enhancement MRI[J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2010, 3(3): 231-239.
- [13] Kamel H, Bartz TM, Elkind M, et al. Atrial cardiopathy and the risk of ischemic stroke in the CHS (Cardiovascular Health Study)[J]. *Stroke*, 2018, 49(4): 980-986.
- [14] Di Castelnuovo A, Veronesi G, Costanzo S, et al. NT-proBNP (N-Terminal Pro-B-Type Natriuretic Peptide) and the risk of stroke[J]. *Stroke*, 2019, 50(3): 610-617.
- [15] Rasmussen S, Olsen FJ, Jørgensen PG, et al. Utility of left atrial strain for predicting atrial fibrillation following ischemic stroke[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2019, 35(9): 1605-1613.
- [16] Bajraktari G, Bytyçi I, Henein MY. Left atrial structure and function predictors of recurrent fibrillation after catheter ablation: a systematic review and meta-analysis[J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2020, 40(1): 1-13.

(收稿日期: 2020-09-05)