临床研究 文章编号:0253-3626(2009)06-0775-04

无创方法评价高血压患者心力储备功能的临床研究

葛 平[1],雷 寒[2],柳 青[3],黄 玮[2]

(1. 重庆市第八人民医院心内科,重庆 400010; 2. 重庆医科大学附属第一医院心内科,重庆 400016;
3 .重庆医科大学附属第一医院临床研究中心,重庆 400016)

【摘 要】目的:采用心音图运动试验和彩色多谱勒超声心动图,检测心脏受损程度不同的高血压患者的心力储备情况以评估其临床价值,并探讨这两种无创方法之间的相关性。方法:分别对正常对照 20 例、按心脏损害程度不同的 3 组高血压患者(A、B、C)各 20 例,进行心音图运动试验,测量各受试者的心肌收缩力储备指数(Cardiac contractility reserve index,CCRI);利用心脏彩色超声心动图、心电图、同步监测血压技术测定各受试者收缩末期、舒张末期容积,左室收缩、舒张末期室壁厚度和血压值,求得最大弹性模量(Emax)、最大心肌劲度(maxEav)、射血分数(EF),然后对两种检查所获得的指标进行相关性分析。结果:(1) Emax、maxEav、EF 3 个指标除高血压 A 组外,对照组与 B、C 组间及 A、B、C 各两组间均有显著性差异($P<0.05$);(2) CCRI:对照组与高血压各组以及高血压病各组间均有显著性差异($P<0.01$);(3) CCRI 与 Emax、maxEav、EF 呈明显正相关($P<0.01$)。结论:(1) CCRI 与 Emax、maxEav、EF 均能反映高血压患者心力储备的下降。(2) 心音图运动试验揭示高血压患者早期心力储备的下降可能比彩色多谱勒超声心动图更灵敏。

【关键词】心音图运动试验;超声心动图;高血压;心肌收缩力储备指数

【中国图书分类法分类号】R541.3 【文献标识码】A 【收稿日期】2009-04-15

Clinical study on evaluating the function of cardiac reserve in hypertensive patients with noninvasive techniques

GE Ping, et al

(*Department of Cardiology, Chongqing Eighth Hospital*)

【Abstract】*Objective*: To explore whether phonocardiogram exercise test (PCGET) or doppler echocardiography can sensitively and specifically detect the changes of cardiac reserve in patients with hypertension and whether there is a relationship between the two methods. *Methods*: The trail was performed with eighty volunteers, including twenty healthy persons as control group, and sixty hypertensive patients, which were divided into three subgroups: hypertension A, HA (patients without left ventricular hypertrophy, LVH and enlarged left ventricle); hypertension B, HB (patients with only LVH) and hypertension C, HC (patients with both LVH and enlarged left ventricle). The cardiac contractility reserve index (CCRI) was measured by PCGET, while the value of LV end-systolic and end-diastolic long and short axis dimensions, wall thickness and synchronous blood pressure were measured by the technique of simultaneous screen display of electrocardiography and synchronously monitoring blood pressure. According to the parameters measured by the latter technique, the values of maximum elasticity (Emax), the average maximum myocardial elasticity stiffness (maxEav) and ejection fraction (EF) were calculated by computer programmed process. *Results*: (1) Compared with control group, there was a statistically significant difference between the hypertension groups except HA group, and also an obvious difference between HB and HC about the indexes of Emax, maxEav and EF ($P<0.05$). There was a significant difference both between the all hypertension groups in comparison with control group and between three hypertension groups About CCRI ($P<0.01$). (3) There was a positive correlation between CCRI and Emax, maxEav and EF ($P<0.01$). *Conclusions*: (1) CCRI, Emax, maxEav and EF can all reflect the decrease of cardiac reserve in hypertensive patients. (2) PCGET may be more sensitively than Doppler echocardiography in reveal the impairment of cardiac reserve in the early hypertension.

【Key words】 Phonocardiogram exercise test; Doppler echocardiography; Hypertension; Cardiac contractility reserve index

高血压是最常见的心血管疾病之一,常导致心脏等靶器官功能损害。心力储备功能下降出现在心脏舒缩功能下降之前,正确评估心力储备功能,对制定高血压的治疗决策有着重要的临床意义。长期以来对心脏的形态,病理生理及生化指标进行了不

作者介绍:葛 平(1967-),女,副主任医师,硕士,研究方向:高血压和冠心病。

通讯作者:雷 寒,男,教授,E-mail:hanleicqmu@gmail.com。

少研究，但对心脏收缩力储备情况即心力储备方面的研究较少，这主要是由于未能找到一种较为灵敏、准确、有效的无创方法来测定心力储备功能。已有外国学者研究报道，心肌收缩力的改变明显影响心音的强度，心尖区第一心音（S1）的幅度与心肌收缩力有正相关关系[1,2]。国内学者肖守中等于 1998 年提出和进行了“心音运动试验”（Phonocardiogram exercise test，PCGET），作者把运动后 S1 幅值对安静时 S1 幅值的倍数定义为心肌收缩能力储备指数（Cardiac contractility reserve index，CCRI）或者（Myocardial contractility reserve index，MCRI），以此来衡量不同人群的心力储备以及作为判定心血管疾病患者心功能的指标之一[3,4]。另外文献报告采用彩色多谱勒超声心动图并经过计算机程序处理所获得的最大弹性模量（Values of maximum elasticity，Emax）、最大心肌劲度（Average maximum myocardial elasticity stiffness，max-Eav）、射血分数（Ejection fraction，EF）等心功能力学参数是反映在体心肌收缩力的特异指标[5~8]。本研究运用 PCGET 和超声心动图检测正常人和高血压病人 CCRI 和心功能力学参数，对这些参数进行相关性比较，评估其临床应用价值。

1 对象和方法

1.1 对象

随机选择正常对照组 20 例，年龄 40~65 岁（平均 51 岁 ± 8.20 岁），男女各 10 例，高血压患者 60 例，均为门诊患者。按心脏损害程度分为 A、B、C 3 组，各组间年龄、性别无显著差异，其分组标准为 A 组：无左室肥厚或心室扩大者；B 组有心室肥厚而无心室扩大者；C 组心室扩大且心室肥厚者。按纽约心脏病学会（NYHA）的标准将受试者心功能分级，对照组的心功能为Ⅰ级，出于安全考虑，高血压患者的心功能为Ⅰ~Ⅱ级。

1.2 方法

1.2.1 试验仪器及分析系统 重庆博精医学与信息工程研究所研究的心力监护仪进行该项研究。该系统的硬件组成包括心音脉搏传感器、CCM 信号采集器、多媒体计算机、音箱和打印机。心音脉搏信号处理软件用 Visual Basic 写成，其运行环境为 Windows 98 操作系统。VIVI 7 型（美国通用电器公司，GE）心脏彩色超声仪，探头频率 2.5 MHz。

1.2.2 数据采集

1.2.2.1 CCRI 的采集 由于运动负荷能同时改变心脏变力性和变时性状态，本研究采用心音图运动试验方法检测心脏的变力性。受试者在安静状态下平静呼吸，心音脉搏感受器置于心前区心尖搏动最明显处，记录心音图，然后嘱受试者完成规定的运动。本研究中 PCGET 运动负荷的方案为活动平板运动试验。后者是常用器械运动，影响因素较小，为变速度变斜率运动，一级能耗值 5Mets 即相当于 17.5 ml/（kg·min）氧耗，每级运动 3 min。运动量按受试者心血管状态的最初评估决定，运动试验的终点是症状的限制（出现心悸、呼吸困难等症状），或是已完成规定运动量（取 2 级）。此时将心音脉搏传感器置于心尖搏动最明显处，记录运动后心音图。将正常对照组和各组高血压病患者的运动前后心音信号经心音脉搏信号处理软件和 Windows 98 操作系统处理得出各受试者运动前后 Sl 幅值，把运动后 S1 幅值对安静时 S1 幅值的倍数定义为 CCRI，进一步求出各组平均值（见图 1、图 2）。

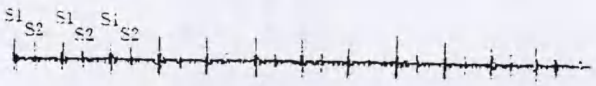


图 1 运动前

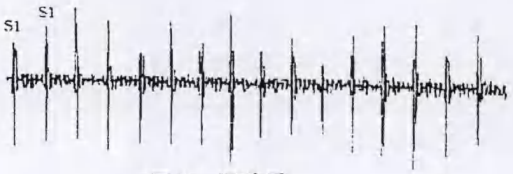


图 2 运动后

1.2.2.2 心功能力学参数的采集 患者仰卧位测血压、连接心脏彩色超声仪的心电电极，将心音脉搏传感器置于心尖区，将超声探头置于胸骨左缘第 4、5 肋间，利用心音、心电图和心脏彩色超声同屏幕显示技术，根据心电图 R 波顶峰为舒张末期，第二心音的第一个高频成分为收缩末期，通过移动定时标确定舒张和收缩末期，使心脏四腔观的左心室显示完整清晰（图 3、图 4），测定心脏收缩和舒张末期左室长短径、室壁厚度和体积（Simpson 改良法），同步记录右臂袖带血压值。随后进行运动（运动量同上），重复上述测定并记录。将上述各测值经计算机程序处理，求得左室压力、容积、Emax、maxEav、EF。

1.2.2.3 测量指标及其意义 （1）左室收缩末期压（Pes）=（收缩压－舒张压）/3＋舒张压[9]（单位：mmHg）。（2）左室收缩末期容积（Ves）= 0.85 Aes·Les（单位：ml），其中 Aes、Les 分别代表左室收缩末期面积和长径。本实验用 VIVI 7 彩色超声仪可直接测定（Simp son 改良法）容积值。（3）Emax =Pes/

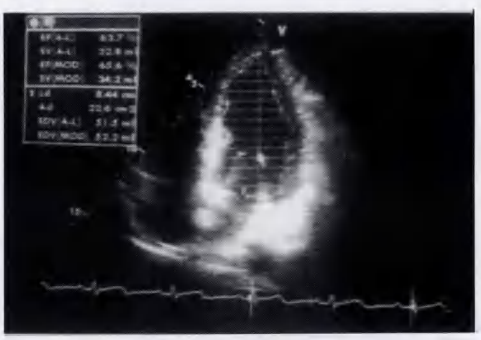


图 3 舒张期

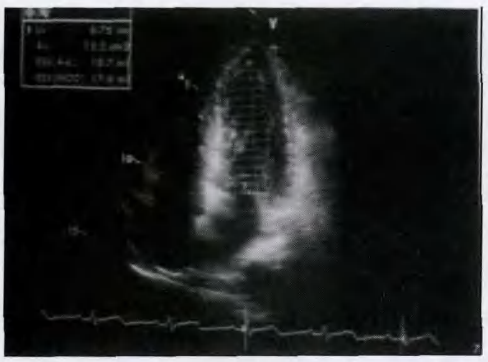


图 4 收缩期

（Ves-Vop），公式中 Emax 为左室收缩末期压力－容积关系线的斜率（单位：mmHg/m1），Vop 为左室收缩末期压力－容积关系线外延在 X 轴上的截距（单位：m1）。（4）maxEav = δ e s/（Km·loge（Dmes/Domes））[9]（单位：N/cm），式中：δ es=1.332 ×（Pes·Dmes/2Hes）·（1-Hes/ Dmes-Dmes/2 Lmes）+1.332Pes/2（单位：N/cm），Km=（2/3）（2+Dmes/Lmes）为常数，Hes、Dmes、Lmes 代表左室收缩末期壁厚度和中壁短径、长径，Dome 为应力等于 0 时的左室收缩末期内径。（5）EF =［（Ved-Ves）/Ved）］× 100%。公式中 Ved 代表左室舒张末期容积，测量方法同 Ves。

1.3 统计学处理

所有数据以均数 ± 标准差 $\bar{x} \pm s$ 表示，组间总差异用方差分析的 F 检验，组间两两比较用 t 检验；CCRI、Emax、maxEav、及 EF 的相关性用直线相关分析比较。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 对照组和高血压病各组心功能力学参数的比较

心脏彩色超声仪检测出的反映心功能的 3 个力学参数即 Emax、maxEav、EF，除高血压 A 组外，对照组与 B、C 组及 B、C 两组间有显著性差异（$P<0.05$，表 1）。

2.2 对照组和高血压病各组 CCRI 的比较

对照组与高血压病各组以及高血压病各组间 CCRI 均有显著差异（$P<0.05$，表 1）。

表 1 对照组和高血压病各组 CCRI 及心功能力学参数的比较（$\bar{x} \pm s$）

级别	检测指标			
n=20	CCRI	Emax	maxEav	EF
对照组	6.26 ± 1.56	2.50 ± 0.54	10.40 ± 1.25	67.82 ± 10.0
HA 组	4.64 ± 1.27[a]	2.45 ± 0.70	0.31 ± 2.0	66.60 ± 11.1
HB 组	2.98 ± 1.30[ab]	1.99 ± 0.75	8.74 ± 3.75	55.06 ± 7.3[ab]
HC 组	0.93 ± 0.98[acd]	1.10 ± 0.60[acd]	7.01 ± 1.70[acd]	42.83 ± 6.9[acd]

注：a，$P<0.0$ 5，高血压各组与对照组相比较；b，$P<0.05$，H B 组与 HA 组相比较；c，$P<0.05$，HC 组与 HB 对照组相比较；d，$P<0.05$，H C 组与 HA 组相比较

2.3 CCRI 与 Emax、maxEav、EF 相关性比较

CCRI 与 Emax、maxEav、EF 进行相关性比较，相关系数分别为 r_1=0.702，r_2=0.569，r_3=0.494，用 t 检验（查表法）$P<0.05$，提示呈正相关。

3 讨 论

高血压是心脏损害和心功能减退的主要原因之一。高血压病患者早期心力储备降低的原因考虑为高血压病患者长期处于外周高负荷状态，高儿茶酚胺以及高肾素血管紧张素Ⅱ水平，引起心肌肥厚。此时心肌的收缩性能发生改变，包括收缩速度减慢、收缩时间延长，继后心室腔扩大，最终导致心肌收缩功能降低；同时运动后儿茶酚胺进一步分泌增高的程度和敏感性不如正常人，心肌收缩力的变化就会明显降低，因此其储备功能降低。

3.1 高血压患者 Emax、maxEav、EF 的变化

长期以来，心脏的收缩功能是以心博出量、EF 等指标来反映。前者因受心率、前后负荷的影响，不能特异反映在体心室和心肌收缩力。国外导管资料证明，Emax 和 maxEav 能特异反映心室和心肌收缩力，但因导管法的创伤性和费时费力，临床很难普遍开展，本文借助心脏彩色超声心动图无创测定高血压病患者心功能的这些指标。Emax 是心室收缩末期压力－容积关系线的斜率，它不受心率和前后负荷的影响，只受心室构形和心肌收缩力的影响，因此，它是反映总体心室收缩力的特异性及敏感性指标[5,6]。maxEav 是心室收缩末期应力－应变关系线的斜率，

是 Mirsky 等[8]把最大心肌劲度概念扩展到心肌提出来的，它用应力（单位面积所受到的内力）代替压力，用应变（单位长度的长度变化量）代替容积，克服了 Emax 受心室构型影响的缺陷。因此认为 maxEav 是反映在体心肌收缩力的特异指标。根据 Emax 概念和 maxEav 理论，借助超声心动图获得左室大小和构型，实现了无创测定定心功能的新指标，经计算机程序处理，准确表达了 Emax 和 maxEav 的物理学含义[5,9]。本研究选用借助心脏彩色超声心动图测算出的反映心肌收缩力的特异性指标 Emax、maxEav 以及常用的 EF 指标来比较心脏损害程度不同的各组高血压病患者的心功能情况，结果表明，与对照组相比，高血压病早期各指标无明显下降（$P>0.05$），中晚期各指标则明显降低（$P<0.05$），提示心肌收缩功能明显降低。超声心动图虽然能反映高血压病中晚期的心肌收缩功能降低，却不能反映早期心肌收缩功能正常时的心力储备功能。

3.2 高血压患者 CCRI 的变化

用听诊器作心音听诊是一种主观定性具有较大局限性的方法。近年来，随着数字技术的飞速发展，国内外研究者开始利用计算机技术进行心音量化分析的研究。Durand 等早期研究了心肌收缩力对心音谱和心音传输特性的影响，结果表明，心肌收缩力的改变明显地影响心音的强度。继后 Rice 和 Doyle 研究认为，S_1 的幅值是心肌收缩力的标准量度，并在手术室开始应用心音仪监测麻醉药对心肌收缩力的影响[2]。国内肖守中等在心音学研究中率先提出用相对值法来建立心音幅值参数，采用 S_1 幅值的变化趋势来量度心肌收缩力和评估心血管病人和健康人的心力储备，创立了“心音运动试验”方法及理论，把运动后 S_1 值对安静时 S_1 幅值的倍数定义为 CCRI，同时开发了心音记录和量化分析的“心力监护仪”，应用心力监护仪和 PCGET 方法进行了不同人群心力储备的研究，其结果表明，PCGET 是心力储备的无创伤性、简便、低价的量化测评方法，其精密度和准确性高[3,4]。本研究用心音运动试验方法检测出的 CCRI 则能较早期的反映高血压病患者的心脏收缩能力的储备功能，尽管此时心脏收缩力尚正常，而心力储备功能已有明显下降（$P<0.01$）。国内学者杨文琴等的研究结果与本文结果相似，也证明这一结论[10,11]。

3.3 Emax、maxEav、EF 与 CCRI 的相关性

本研究结果还发现 CCRI 与反映心脏收缩功能的特异性指标 Emax、maxEav、EF 之间有较好的相关性，Emax、maxEav 是反映心脏收缩功能的特异性指标，但在高血压病早期两指标的变化不明显，中晚期才有明显降低，而 CCRI 在早期即有明显降低，提示有较高的敏感性。

综上所述，CCRI 和 Emax、maxEav、EF 均能反映高血压患者心力储备功能的下降，CCRI 可能比 Emax、maxEav、EF 更敏感。从而揭示心音图运动试验和彩色多谱勒超声心动图两者均可作为特异性和准确性较高的无创检查方法，用于高血压患者心力储备功能的评估，前者比后者更方便，更廉价，可能更敏感，值得在临床推广应用。

参 考 文 献

[1] Durand L G, Langlois Y E, Lanthier T, et al. Spectral analysis and acoustic transmission of mitral and aortic value closure sounds in dogs. Part 4; Effects of modulating cardic intropy[J]. MedBiolEng Comput, 1990, 28 : 439.

[2] Rice M L, Doyle D J. Comparison of phonocardiographic monitoring location [J]. IEEE Engineering in Medicine and Biology, 1999, 18 (4): 111-115.

[3] Xiao S Z, Cao S X. Studying the significance of cardiac contractily variability [J]. IEEE Engineering in Medicine and Biology, 2000, 19 (2): 81-84.

[4] Xiao S Z, Wang Z G, Hu D Y. Studying cardiac contracilify change trend to evaluate cardiac reserve [J]. IEEE Engineering in Medicine and Biology, 2002, 21(1): 74-76.

[5] Mehmel H C, Stockins B, Buffmann K, et al. The linearity of the end-systolic pressure-volume relation in men and its sensitivity for the assessment of left ventrlcular function[J]. Circulation, 1981, 63:1216-1218.

[6] Hadersdal C, Madsen J K, Saunameki K. The left ventricular end-systolic pressure-volume index comparison between in vasive and auscultatory arm pressure measurements[J]. Angiology, 1993, 44: 959-962.

[7] 赵翠萍，周跃发，付世英. 利用 80 例心脏患者心功能力学参数的探讨[J]. 国际心血管杂志，2000，2:95-97.

[8] Mirsky I, Tajimi T, Peterson K L. The development of the entire end-systo lic pressure-volume and ejection fraction-after load relations a new concept of systolic myocardial stiffness[J]. Circulation, 1987, 76: 343-349.

[9] 赵翠萍，周跃发，傅世英. 利用 Emax-ll maxEav 评价溶栓治疗心梗患者心功能的影响[J]. 中华物理医学与康复杂志，2000，22: 178-179.

[10] 杨文琴，张文渝，温 宾，等. 心功能正常者心音运动试验分析[J]. 北京生物医学工程，2000，19(2):87-90.

[11] 刘国传，肖守中. 大学生心力储备评价的一种新方法的研究[J]. 生物医学工程与临床，2000，4(1):15-18.

（责任编辑：冉明会）