

Feasibility of using Doppler probe and pulse wave sensor for the measurement of pulse wave velocity

REN Ya-juan¹, XIAO Hu-sheng^{1*}, XU Zhi-zhang², ZHANG Ai-hong³, XU Fang¹,

YIN Hao-qiang¹, PENG Xin¹, YU Cheng-jie¹, XU Yi-jun¹, GAO Dong-wen¹

(1. Department of Ultrasound, Longhua Hospital, Shanghai University of TCM, Shanghai 200032, China;

2. Medical Ultrasound and Engineering Institute of Fudan University, Shanghai 200032, China;

3. Research Laboratory of Medical Ultrasound, Second Affiliated Hospital of Medical College of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, China)

[Abstract] **Objective** To study the feasibility of the detection of pulse wave velocity (PWV) combined with Doppler probe and pulse wave sensor. **Methods** Thirty healthy volunteers were enrolled. The ultrasonic Doppler probe and the pulse wave sensor were placed on the left carotid artery and the left posterior tibial artery of the same subject respectively. The distance between the left carotid artery and the left posterior tibial artery of the subject was divided by the time between the starting point of the blood flow velocity curve and the starting point of the artery pulse wave curve, and the ratio was believed as the caPWV. Then baPWV of the same subject was detected by arteriosclerosis detecting device. The correlation between the detecting results with the two methods was analyzed. **Results** There was positive correlation between the result with arteriosclerosis detecting device and the result when the ultrasonic Doppler probe was placed on the left posterior tibial artery and the pulse wave sensor was placed on the left carotid artery ($r=0.657$, $P<0.01$), as well as between the result with arteriosclerosis detecting device and the result when the pulse wave sensor was placed on the left posterior tibial artery and the ultrasonic probe was placed on the left carotid artery ($r=0.526$, $P<0.01$). **Conclusion** A new method of detecting PWV is provided combined with the ultrasonic Doppler probe and the pulse wave sensor, which is worth to be used in clinic as a further spreaded method.

[Key words] Ultrasonography; Pulse wave velocity; Feasibility

联合运用多普勒探头与脉搏波传感器检测 脉搏波传导速度的可行性

任亚娟¹, 肖沪生^{1*}, 徐智章², 张爱宏³, 徐芳¹, 银浩强¹,

彭欣¹, 俞成杰¹, 许轶君¹, 高东雯¹

(1. 上海中医药大学附属龙华医院超声科, 上海 200032; 2. 复旦大学超声医学与工程研究所, 上海 200032;

3. 西安交通大学医学院第二附属医院医用超声研究室, 陕西 西安 710004)

[摘要] **目的** 探讨联合运用超声多普勒探头与脉搏波传感器检测脉搏波传导速度(PWV)方法的可行性。 **方法** 纳入 30 名正常人, 分别将超声多普勒探头与脉搏波传感器放置于受试者左侧颈总动脉起始段及左侧踝部胫后动脉, 将两测量点间距离与测得动脉多普勒血流流速曲线的起点和动脉脉搏波曲线起点间的传播时间相比, 以所得比值作为颈-踝动脉段的 PWV(caPWV); 并对检测结果与动脉硬化仪检测同一受试者肱-踝动脉段 PWV(baPWV) 的检测结果进行相关性

[作者简介] 任亚娟(1977—), 女, 陕西咸阳人, 硕士, 主治医师。研究方向: 血管病变的超声诊断研究。E-mail: renyajuan@gmail.com

[通讯作者] 肖沪生, 上海中医药大学附属龙华医院超声科, 200032。E-mail: xhsx@sina.com

[收稿日期] 2011-07-12 **[修回日期]** 2011-10-18

分析。结果 将脉搏波传感器放置于颈总动脉、多普勒探头放置于胫后动脉时的 PWV 与动脉硬化仪检测得到的 baPWV 呈显著正相关($r=0.657, P<0.01$)。将多普勒探头放置于颈总动脉、脉搏波传感器放置于胫后动脉时的 PWV 与动脉硬化仪检测得到的 baPWV 呈显著正相关($r=0.526, P<0.01$)。结论 联合运用超声多普勒探头与脉搏波传感器检测 PWV 为检测 PWV 提供了一种新方法,具有一定临床实用价值,值得推广。

[关键词] 超声检查;脉搏波传导速度;可行性

[中图分类号] R445.1 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2012)03-0470-04

脉搏波传导速度(pulse wave velocity, PWV)是比较经典和公认的评价大动脉弹性的方法。目前 PWV 多指通过 Colin VP-1000 (BP203RPE-II 型、PWV/ABI 型)动脉硬化检测仪获得的肱-踝脉搏波传导速度(brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV)。本研究拟通过联合运用超声多普勒探头及脉搏波传感器检测颈-踝 PWV(carotid-ankle pulse wave velocity, caPWV),探讨其在 PWV 实际检测中的可行性,为临床提供一种实用的 PWV 检测方法。

1 资料与方法

1.1 研究对象 选取健康志愿者 30 名,其中男 6 名,女 24 名,年龄 20~40 岁,平均(28.2±4.8)岁;无吸烟嗜好,间隔用餐 1 h 以上。所有受检者在检查前均知情同意。

1.2 仪器与方法

1.2.1 仪器 采用 Aloka SSD5500SV 彩色多普勒超声诊断仪,血管宽频探头频率 5~13 MHz;Colin VP-1000 (BP203RPE-II 型、PWV/ABI 型)动脉硬化检测仪。

1.2.2 动脉硬化仪测量 baPWV 嘱受检者平卧于检查床,于其四肢缚 4 个示波血压袖带,将箍带缠裹于双侧脚踝和肘关节上方,使内侧脚踝间距箍带有两指宽距离。脚踝箍带上有内置传感器的软管,用于检测脉

搏。缠裹箍带时,使软管区接触到脚踝处的胫后动脉。连接好 ECG I 导联的电极,并将 1 个心音图(phonocardiogram, PCG)传感器放置在心电图胸导联 V2 的位置,获得良好的心音信号。输入受试者信息,按“CONFIRM”键,4 个袖带同时充放气,并监测 I 导联 ECG 和 PCG,获得 baPWV^[1]。

1.2.3 超声检测 caPWV

(1)caPWV(颈动脉脉搏波-胫后动脉多普勒):嘱受检者取平卧位,连接心电图,选取左侧颈总动脉起始段搏动最明显处,利用脉搏波传感器适当加压调节角度测量获得颈总动脉脉搏波曲线。同时由助手运用超声探头在左侧内踝后方寻找胫后动脉纵切面,适当调节增益、滤波等设置,取样门宽 1 mm,放于管腔中央,取样线与血管夹角 $<60^\circ$ 。按下“select”键,同步检查获得胫后动脉多普勒血流流速曲线。待血流流速曲线和脉搏波曲线稳定后,按“冻结”键,进行测量分析(图 1)。测量 3 个脉搏波曲线起点至血流流速曲线起点的时间差,计算平均值,获得脉搏波传导时间 Δt_{ca} (颈动脉脉搏波-胫后动脉多普勒)。

(2)caPWV(颈动脉多普勒-胫后动脉脉搏波):嘱受检者取平卧位,连接心电图,在左侧颈总动脉起始段搏动最明显处运用超声探头寻找颈总动脉纵切面,适当调节增益、滤波等设置,取样门宽 4 mm,且放于管

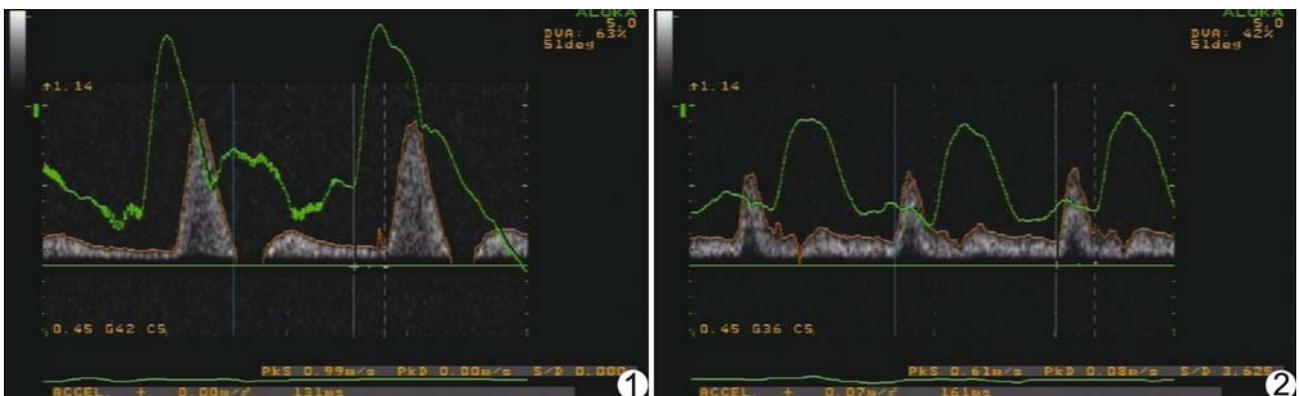


图 1 测量颈动脉脉搏波-胫后动脉多普勒 将脉搏波传感器放置于颈总动脉、多普勒探头放置于胫后动脉,分析颈总动脉脉搏波曲线起点与胫后动脉血流流速波曲线起点间的时间差 Δt_{ca} 图 2 测量颈动脉多普勒-胫后动脉脉搏波 将多普勒探头放置于颈总动脉、脉搏波传感器放置于胫后动脉,分析颈总动脉血流流速曲线起点与胫后动脉脉搏波曲线起点间的时间差 Δt_{ca}

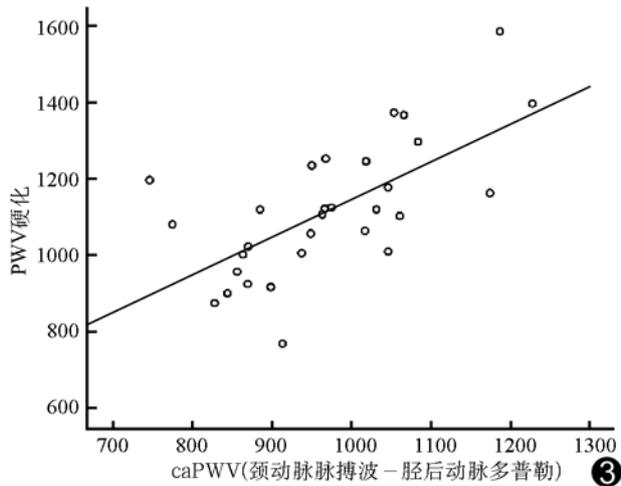


图 3 caPWV(颈动脉脉搏波-胫后动脉多普勒)与动脉硬化仪测得的 baPWV 呈正相关($r=0.657$)

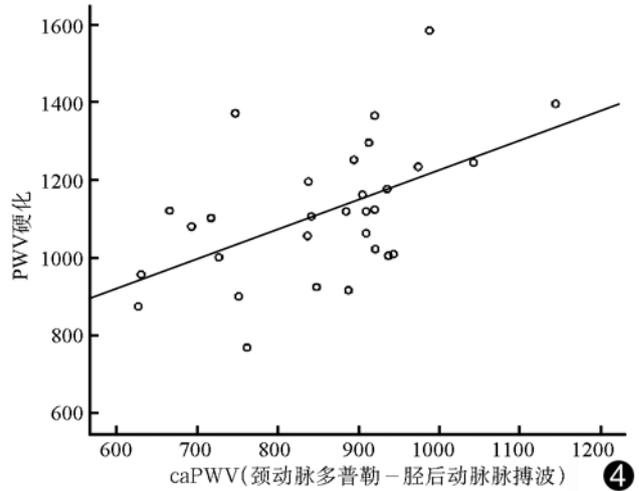


图 4 caPWV(颈动脉多普勒-胫后动脉脉搏波)与动脉硬化仪测得的 baPWV 呈正相关($r=0.526$)

腔中央,取样线与血管夹角 $<60^\circ$,选取“select”键进行检查获得颈总动脉多普勒血流流速曲线;同时由助手选取左侧内踝后方胫后动脉搏动最明显处,同步检测脉搏波,利用脉搏波传感器适当加压调节角度测量,获得胫后动脉脉搏波曲线。待血流流速曲线和脉搏波曲线稳定后,按“冻结”键进行测量分析(图 2)。测量 3 个血流流速曲线起点至脉搏波曲线起点的时间差,计算平均值,获得脉搏波传导时间 Δt_{ca} (颈动脉多普勒-胫后动脉脉搏波)。

(3)测量受试者颈总动脉及胫后动脉测量点间的体表距离(la),利用公式 $caPWV = (la) / \Delta t_{ca}$ 计算得到 caPWV(颈动脉脉搏波-胫后动脉多普勒)和 caPWV(颈动脉多普勒-胫后动脉脉搏波)。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 13.0 软件进行统计分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。经正态检验得到各参数均符合正态分布,相关性分析采用 Pearson 相关分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

动脉硬化仪检测得到的 baPWV 均值为(1118.20 ± 176.43)cm/s。将脉搏波传感器放置于颈总动脉、多普勒探头放置于胫后动脉时测得的 caPWV(颈动脉脉搏波-胫后动脉多普勒)均值为(968.57 ± 117.29)cm/s,与动脉硬化仪检测得到的 baPWV 呈正相关($r=0.657, P < 0.01$)。将多普勒探头放置于颈总动脉、脉搏波传感器放置于胫后动脉时测得的 caPWV(颈动脉多普勒-胫后动脉脉搏波)均值为(856.96 ± 122.04)cm/s,与动脉硬化仪检测得到的 baPWV 呈正相关($r=0.526, P < 0.01$),见图 3、4。

3 讨论

在多种动脉功能检测方法中,PWV 是目前比较经典和公认的衡量大动脉弹性的方法,是早期发现血管功能改变的主要方法之一^[2-3],能为血管病变的早期预防提供科学依据。心动周期中左心室节律性的收缩将血液搏动性地射入主动脉,在主动脉壁内产生脉搏波,脉搏波以一定速度沿血管壁传播至整个动脉系统。通过记录脉搏波经过一段血管两点的的时间和相应两点间的体表距离,计算出脉搏波传导的距离和时间的比值,得到脉搏波传导速度。计算公式为 $PWV = L/T$,传播时间(T)为脉搏波在两个记录部位之间的传播时间,图形上表现为两个波形的时间差;距离(L)为两个探测器之间的距离。血管弹性降低时,脉搏波在血管内的传导速度加快;血管顺应性好时,脉搏波在血管内的传导速度减慢。因此 PWV 增大表示动脉硬度高、顺应性差^[4]。目前常用的测量 PWV 的方法有平面张力和单点脉搏波传导速度($PWV\beta$)测量法。平面张力法是无创检测 PWV 的传统方法,适用于浅表动脉。选定测量动脉后,将测量两点的体表距离输入计算机,将脉搏波传导器放置测量部位搏动最明显处,开启测定仪器即可。常用的有颈-股动脉脉搏波传导速度($cf-PWV$)、baPWV、颈-肱动脉脉搏波传导速度($cb-PWV$)、颈-桡动脉脉搏波传导速度($cr-PWV$)、caPWV 等。而单点脉搏波传导速度 $PWV\beta$ 是血管回声跟踪技术(eTRACKING 技术)中根据硬化参数 β 等数值推算得到的,结果是否能够真实反映动脉的弹性状况还有待临床进一步研究和证实^[5]。

目前比较公认且被广泛应用的 baPWV 测量肱动

脉和胫后动脉之间的 PWV 是通过使用 Colin 动脉硬化检测仪 VP-1000 来获得^[6]。其他动脉段的 PWV 均是通过平面张力法获得,并无统一标准。应用多普勒法测量、评价动脉的血管弹性在国内外鲜见报道,且仅局限于在不同心动周期内分两次非同步检测的方法^[7-9]。caPWV 不仅包含了颈-股动脉,还包含了下肢股动脉到胫后动脉节段;不仅反映中央弹性动脉的僵硬程度,还反映部分外周肌性动脉的僵硬程度。与 caPWV 相似,baPWV 中既包含中央弹性大动脉,也包含周围肌性动脉^[10]。因此,本研究联合运用超声多普勒探头与脉搏波传感器同步在同一心动周期内检测 caPWV,并将检测结果与动脉硬化仪检测得到的 baPWV 进行相关性分析,探索检测 PWV 的新手段。研究分为三个步骤。首先用动脉硬化仪检测受试者的 baPWV,然后运用加装脉搏波传感器的超声仪对同一受试者进行 2 次检测:第一次先将脉搏波传感器放置于左颈总动脉起始段检测颈总动脉的脉搏波信号,同时将多普勒探头置于左下肢踝部胫后动脉处检测胫后动脉的血流多普勒信号,并对两种信号同步在同一分析界面进行分析,得到颈总动脉脉搏波曲线起点到胫后动脉血流流速波起点之间的时间差(图 1),利用 $PWV = (la) / \Delta tca$ 计算获得 caPWV(颈动脉脉搏波-胫后动脉多普勒);第二次将多普勒探头放置于左颈总动脉检测颈总动脉的血流多普勒信号,同时将脉搏波传感器置于左下肢踝部胫后动脉处检测胫后动脉的脉搏波信号,并将两种信号在同一分析界面进行分析得到颈总动脉血流多普勒波曲线起点到胫后动脉脉搏波曲线起点之间的时间差(图 2),利用 $PWV = (la) / \Delta tca$ 计算获得 caPWV(颈动脉多普勒-胫后动脉脉搏波)。再对 baPWV、caPWV(颈动脉脉搏波-胫后动脉多普勒)、caPWV(颈动脉多普勒-胫后动脉脉搏波)进行相关性分析。结果显示两种方法检测获得的 caPWV 与 baPWV 呈正相关,提示联合运用多普勒超声探头及脉搏波传感器检测 PWV 具有一定可行性。

以往超声仪仅能通过检测动脉血管的内-中膜厚度、斑块、血流速度、阻力指数、狭窄率等评估动脉局部硬化程度的晚期检测指标,不能对评价全身多段动脉的早期和整体硬化程度提供更多信息。本研究在超声仪基础上增加了脉搏波传感器,通过联合运用多普勒超声探头及脉搏波传感器探头在同一心动周期内检测

一段血管的脉搏波传导速度。由于超声多普勒探头及脉搏波传感器可被放置于全身多处浅表动脉进行检测,因此可推广应用于测量全身多段血管的脉搏波传导速度,克服了以往超声只能诊断局部动脉晚期硬化程度、且仅能在不同心动周期检测 PWV 的局限性,将超声仪的用途延伸到诊断早期全身(整体)动脉的硬化程度,扩展了超声仪的应用范围。另外,目前所用动脉硬化仪价格昂贵,功能仅限于测量浅表动脉的 PWV,因此难以在基层单位推广;而本研究的测量方法仅需在超声仪上加装一个脉搏波传感器,扩大了超声仪的测量功能,大大降低了医疗成本及患者的医疗费用,具有一定临床应用价值。

[参考文献]

- [1] Yeragani VK, Tancer M, Seema KP, et al. Increased pulse-wave velocity in patients with anxiety: Implications for autonomic dysfunction. *J Psychosom Res*, 2006, 61(1):25-31.
- [2] Cameron J, Dart A. Pulse wave velocity as a marker of vascular disease. *Lancet*, 1996, 348(9041):1586-1587.
- [3] Maple-Brown LJ, Piers LS, O'Rourke MF, et al. Increased arterial stiffness in remote Indigenous Australians with high risk of cardiovascular disease. *J Hypertens*, 2007, 25(3):585-591.
- [4] 肖沪生, 银浩强, 章怡祎, 等. 274 例 eTRACKING 参数相关性分析及影响因素探讨. *上海医学影像*, 2006, 15(2):90-92.
- [5] 肖沪生, 徐智章, 张爱宏, 等. eTRACKING 技术的原理及参数探讨. *上海医学影像*, 2006, 15(2):84-86.
- [6] Yamashina A, Tomiyama H, Takeda K, et al. Validity, reproducibility, and clinical significance of noninvasive brachial-ankle pulse wave velocity measurement. *Hypertens Res*, 2002, 25(3):359-364.
- [7] Lehmann ED, Hopkins KD, Rawesh A, et al. Relation between number of cardiovascular risk factors/events and noninvasive Doppler ultrasound assessments of aortic compliance. *Hypertension*, 1998, 32(3):565-569.
- [8] Selzer F, Sutton-Tyrrell K, Fitzgerald S, et al. Vascular stiffness in women with systemic lupus erythematosus. *Hypertension*, 2001, 37(4):1075-1082.
- [9] 林仙方, 郑哲岚, 彭晓慧. 多普勒超声评价高血压患者主动脉顺应性的应用研究. *中国超声医学杂志*, 2004, 20(7):512-514.
- [10] Yu WC, Chuang SY, Lin YP, et al. Brachial-ankle vs carotid-femoral pulse wave velocity as a determinant of cardiovascular structure and function. *J Hum Hypertens*, 2008, 22(1):24-31.