

肱动脉波强度对复杂先天性心脏病患者左心收缩功能评估的临床应用

丁云川, 陈 剑, 尹 帆, 王庆慧, 苏 璇, 罗庆祎
(昆明医科大学附属延安医院医学影像科, 云南昆明 650051)

[摘要] **目的** 探讨外周动脉瞬时波强度在左心室几何形态异常或大动脉连接异常的复杂先天性心脏病心功能评估方面的临床应用价值. **方法** 应用以回声跟踪技术为基础的波强度 (wave intensity, WI) 技术对 27 例单心室患儿和 30 例健康受检者的肱动脉进行检查, 测量其瞬时波强度曲线, 并自动获得 W1 峰 (瞬时加速度波强) 等参数, 进行对比分析; 并对右室双出口 18 例 (其中室间隔缺损靠近主动脉的 12 例), 完全性大动脉转位 6 例, 矫正型大动脉转位 8 例共 32 例大动脉连接关系异常的患者进行 W1 的测量评估. **结果** 单心室等复杂先天性心脏病患儿 W1 峰较对照组显著减低 ($P < 0.01$), W1 与心室 Max (dP/dt) 呈显著正相关 ($r = 0.874$, $P < 0.01$). 大动脉连接关系异常的受检者 W1 均较健康对照组减低, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 右室双出口中室间隔缺损靠近主动脉的患者 W1 峰值较右室双出口中主动脉远离室间隔的患者稍高. **结论** WI 可作为评价心室收缩功能的新方法, 对于由于左心室几何形态异常及大动脉连接异常的复杂先天性心脏病患者左心室功能, WI 技术也能对其进行较为准确的评估; 能够在心脏病外科手术治疗术前、术中及术后提供真实准确的评价.

[关键词] 超声; 瞬时波强; 先天性心脏病; 收缩功能

[中图分类号] R540.47 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003 - 4706 (2013) 02 - 0056 - 04

Clinical Application of Brachial Artery Wave Intensity in Evaluating the Left Ventricular Systolic Function of Patients with Complex Congenital Heart Disease

DING Yun-chuan, CHEN Jian, YIN Fan, WANG Qing-hui, SU Xuan, LUO Qing-yi
(Dept. of Ultrasound, The Affiliated Yan'an Hospital of Kunming Medical University,
Kunming Yunnan 650051, China)

[Abstract] **Objective** To explore clinical value of peripheral artery instantaneous wave intensity in the assessment of abnormal left ventricular geometry or arterial connection abnormal heart function of complex congenital heart disease. **Methods** We used wave intensity (WI, wave intensity) based on echo tracking technology to check the brachial artery of 27 children with single ventricle and 30 healthy subjects, and measured the instantaneous wave intensity curve, automatically obtain parameters such as WI peak (instantaneous acceleration wave), and analyzed these parameters. We also measured and evaluated the WI of 18 cases of double outlet right ventricle (in which 12 cases of ventricular septal defect near the aorta), 6 cases of complete transposition of great arteries, and 8 cases of corrected transposition of great arteries, in total 32 patients with abnormal connection of aorta. **Results** WI peak of children with single ventricle and complex congenital heart disease was significantly lower than that in the control group ($P < 0.01$), and W1 and ventricular Max (dP/dt) had significantly positive correlation ($r = 0.874$, $P < 0.01$). W1 of patients with abnormal arterial connection was significantly lower than that in healthy subjects in control group, the difference was statistically significant ($P < 0.05$). W1 peak of patients with double outlet right ventricular septal defect near the aorta was slightly higher than that of patients with right

[基金项目] 云南省应用基础研究基金资助项目 (2008CD050)

[作者简介] 丁云川 (1963~), 男, 云南昆明市人, 医学学士, 主任医师, 主要从事超声诊断工作.

[通讯作者] 陈剑. E-mail: 75729064@qq.com

ventricular double exports in aortic away from the interventricular septum. **Conclusions** WI can be used as a new method for evaluating the ventricular systolic function. WI technologies are also able to make more accurate assessment for left ventricular function of patients with complex congenital heart disease due to abnormal left ventricular geometry and arterial connection, and provide true and accurate evaluation for heart diseases before, during and after surgical treatments.

[**Key words**] Ultrasound, Wave intensity, Congenital heart disease, Systolic function

在复杂先天性心脏病中,有一部分(如功能性单心室、右室双出口、大动脉转位等)由于解剖结构的异常导致无法运用常规超声测量方法准确评价其心功能。功能性单心室是一组复杂的紫绀型先天性心脏病,通常合并存在多种心脏畸形。由于其心室几何形态欠规则,临床上难以准确评价患者的心室收缩功能^[1]。而复杂先天性心脏病患儿出现大动脉连接关系异常时,如右室双出口的患者,由于其两只大动脉均开口于右心室,左心室收缩射出的血流要先通过室间隔缺损,进入右心室后与其内血流混合,最后才进入大动脉,由于其复杂的连接关系和异常的血流交通,直接测量其左心室的几何形态改变来评估产生的有效射血是不太准确的,此时传统的超声心功能测量在心功能的评估上已无更好的方法。瞬时波强(wave intensity, WI)技术是在回声跟踪(echo tracking)技术基础上开发的一项超声诊断新技术,是运用循环系统任意点的瞬时压力变化(dP/dt)与瞬时速度变化(dU/dt)的乘积,即(dP/dt)(dU/dt),将心脏和外周血管作为一个整体来研究心脏瞬时功能^[2]。本研究旨在通过运用WI技术对功能性单心室、大动脉连接异常等类的复杂先天性心脏病进行术前心功能评估,并与心导管测定的心室内最大压力变化速率max(dP/dt)进行相关性对比分析,探讨WI技术在评价复杂先天性心脏病患者心室收缩功能方面的临床价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象

2008年9月至2010年5月昆明医科大学附属延安医院门诊和住院的单心室患儿共27例,男性19例,女性8例,最大年龄14岁,最小年龄4月,平均年龄(4.53±4.01)岁,其中左心室型20例,右心室型6例,未定型1例;大动脉连接关系异常的受检者32例,右室双出口18例(其中12例为室间隔缺损靠近主动脉),完全性大动脉转位6例,矫正型大动脉转位8例,其中男性15例,女性17例,最大年龄37岁,最小年龄2月,

平均年龄(9.87±3.55)岁。所有病例均经过超声心动图、双源CT及心导管检查明确诊断。健康受试者30例,男性15例,女性15例,年龄5~18岁,平均(13±4.2)岁,均排除各种器质性心脏病,心电图、超声心动图及血压、血脂、血糖正常。

1.2 仪器

日本Aloka公司prosound α-10彩色多普勒超声诊断仪, LN-5412线阵探头,探头频率5~13 MHz。

1.3 WI图像的采集与分析

受检者安静状态下休息15 min后,测量并记录右侧肱动脉血压3次,并取平均值。选择仪器内的WI检查预设条件[“Beam Steer (B)”设为15°, “Beam Steer (Flow)”设为-15°, “Angle correct”设为60°]。血管取样:在右侧肱动脉长轴切面上,将取样追踪门置于血管中段前、后壁的中外膜交界处,保证追踪门与动脉壁垂直的同时,多普勒声束发射方向与血流方向的夹角≤60°。在血管内径变化曲线须保持平稳无漂移时采图。选取5个血管内径变化曲线较均匀一致的波形,输入3次血压测量的平均值后由系统自动测得WI峰。

1.4 心导管检查

所有功能性单心室患者均进行心导管检查,经皮穿刺股动脉,插入心导管,常规检测各心腔压力及血氧饱和度,将心导管头端置于心室腔,记录压力曲线及Max(dp/dt),均测量5个心动周期取平均值。

1.5 心室收缩功能的超声检查

健康对照组均运用M型超声测量其左心室收缩功能,主要观察指标为射血分数(EF)和短轴缩短率(FS),单心室等复杂性先天性心脏病患者由于传统方法测量有困难而不进行心室收缩功能的超声测量。

1.6 统计学处理

应用SPSS统计软件进行统计分析。所有数据用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,均数间比较运用t检验。P<0.05为差异有显著意义。因素间相关性

采用直线相关分析。

2 结果

各组测值见表 1, 对 W1 做正态性检验, 得知其为正态分布 (0.993), 健康对照组 W1 峰为 (13.35 ± 2.35), EF 为 (63 ± 7.5) %, FS 为 (37 ± 5.4) %。单心室组 W1 峰为 (6.77 ± 3.51), 心室 Max (dp/dt) 为 (1127 ± 321) mmHg/s。健康对照组 W1 与 EF、FS 做相关性分析, 得出 W1、WD1

与 Fs、EF 等呈正相关, W1 与 EF 显著正相关 $r=0.544$, $P<0.01$, W1 与 FS 正相关 $r=0.450$, $P<0.05$ 。对单心室组患者进行统计分析, 其 W1 与健康对照组相比有明显统计学差异, $P<0.01$, 较健康对照组明显减低, 单心室组肱动脉 W1 与心室 Max (dp/dt) 呈显著正相关 ($r=0.874$, $P<0.01$)。大动脉连接关系异常的受检者 W1 均较健康对照组减低, 差异有统计学意义 ($P<0.05$), 右室双出口中室间隔缺损靠近主动脉的患者 W1 峰值较右室双出口中主动脉远离室间隔的患者稍高。

表 1 健康对照组与单心室组各项测值 ($\bar{x} \pm s$)

Tab. 1 The measured values of healthy control group and single ventricle group ($\bar{x} \pm s$)

分 组	n	W1	Max (dp/dt) (mmH/s)	EF (%)	FS (%)
对照组	27	13.35 ± 2.35**	-	63 ± 7.5**	37 ± 5.4*
单心室组	30	6.77 ± 3.51	1127 ± 321	-	-

与单心室组比较, * $P<0.05$, ** $P<0.01$,

3 讨论

心脏和血管是一个有机的整体, 它们之间是相互依存、相互联系、相互影响、相互作用的。心室收缩功能指标在心脏功能的评估中应用较多, 目前超声心动图在评价心脏收缩功能时所使用的指标, 主要有 EF、FS、SV、CO 等等, 其中又以胸骨旁左室长轴切面 M 型心动图 Teichholtz 法, 心尖四腔或两腔切面 Simpson 法估测左室射血分数 (EF) 应用较为广泛, 可评估心排量和提示预后, 但是 EF 的测值都是基于对心室的几何形态的假设, 而这种假设在心室心态失常时会产生明显的评估误差。另外由于以上指标没有考虑血管因素对其影响, 当影响后负荷的因素如: 大动脉的弹性、外周血管的阻力等发生改变后, 其准确性和可靠性在外周血管阻力增加或到动脉弹性改变时会受到影响。左心室压力上升最大速率 max (dp/dt) 是等容收缩期心肌收缩力指标, 代表左心室收缩时弹性的最大变化率, 是一个反映左心室收缩性及收缩功能的很好指标。在心室的收缩期: 左右心室压力最大上升速率 max (dp/dt) 可敏感地反映心肌收缩力的变化, 是心导管技术评价左右室收缩功能的常用指标。但心导管是有创检查临床推广可应用有一定困难和局限性。近年来虽然有学者运用连续多普勒技术测量二尖瓣口反流用于测量左室左心室 max (dp/dt), 但二尖瓣反流并非普遍存在, 且还存在轻微反流信号强度不足以测量、偏心反流容易测量不准确等较多

影响因素。

Aloka 公司新近开发的回声跟踪 (Echo-tracking) 技术, 是通过对动脉血管超声检测, 采集收缩期、舒张期的血管壁运动所产生的相位偏移信号进行分析; 实时跟踪、描记血管管壁运动轨迹并以曲线显示, 将探头接收到的相邻 2 次回声射频信号的时相改变转换为距离信息获取管壁位移, 该技术能动态跟踪和描记血管壁的运动轨迹, 避免人工测量的误差, 其距离测量的精度能达到 0.01 mm。研究表明, 管壁的位移及时相产生的曲线与左室收缩期压力变化 (dP/dt) 曲线有很好的 consistency^[2]。在此基础上, 有学者提出将 W1, 即循环系统任意点的压力变化 (dP/dt) 与速度变化 (dU/dt) 的乘积, 作为一种新的综合评价心脏、血管功能的血液动力学参数^[3]。通过测量肱动脉收缩压和舒张压, 得到肱动脉血压的最大值和最小值, 根据血管直径变化曲线与左室收缩期压力变化 (dP/dt) 曲线的较好一致性, 仪器自带的 WI 软件可将仪器运用回声跟踪技术测得的血管直径变化自动转换为压力波形, 血管内血流速度则通过脉冲多普勒测出, 之后仪器自动进行 W1 曲线自动计算, 并显示两个峰值, 第 1 个峰称为 W1, W1 峰出现在左心室射血早期, 反映的是左心室的收缩功能, W2 峰出现在收缩末期, 似与左心室心肌松弛时间常数相关^[4], 目前其意义尚存在较大争论, 不在本研究讨论范围之内。Ohte 等对 64 个疑似冠心病的患者进行颈动脉 W1 超声检查和心导管检查, 发现 W1 峰值与心导管测得左心室 Max (dp/dt) 呈直线正相关^[5]。Jones 等用

13只狗进行WI测量实验,分别于用药前后测量其颈动脉的WI曲线以分析W1峰、W2峰与心功能的关系,通过静脉给药,用药物选择性地兴奋 β_1 受体,增强心肌收缩力,增加心排出量后,W1显著增加,W2不变;用药物阻滞 β -肾上腺素受体后减慢心率、抑制心脏收缩力与房室传导后,W1减低,W2不变^[9]。以上研究均表明W1峰值可做为中心室收缩功能的有效指标。

本研究通过对正常健康对照组与及患有严重复杂先天性心脏病单心室患者肱动脉瞬时波强进行对比研究,得出健康对照组与单心室组其W1值差异有统计学意义($P < 0.01$),较健康对照组明显减低,提示单心室患者由于其长时间处于容量符合增加的状态下,心肌收缩能力受损严重,因而心功能较正常人明显减低;健康对照组W1与EF、FS做相关性分析,得出W1、WD1与Fs、EF等呈正相关,W1与EF显著正相关 $r = 0.544$, $P < 0.01$,W1与FS正相关 $r = 0.450$, $P < 0.05$,即W1峰值与传统常规心功能测定方法相关性较好,可做为常规测量方法。对单心室组患者进行统计分析,其W1峰值与心导管检查结果 $\text{Max}(dp/dt)$ 显著正相关^[9],表明运用肱动脉瞬时波强测量W1峰值可较好的评估单心室患者的心功能,W1峰值越低,心功能越差^[9]。

当复杂先天性心脏病患儿出现大动脉连接关系异常时,由于其复杂的连接关系和异常的血流交通,以右室双出口为例,其左心室的射血经室间隔缺损进入右心室,与右室内血液混合后,在左右心室的共同作用下,同时流向主动脉与肺动脉,因而主动脉内的血流不仅仅来自左心室的收缩,此时直接测量左心室的几何形态改变来评估其产生的进入主动脉的有效射血是不太准确的,此时传统的超声心功能测量在心功能的评估上已无更好的方法;而大动脉转位的患者由于其主动脉连接的是解剖右心室,也无法运用常规超声测量方法进行心功能评估,而WI技术是通过外周动脉的压力变化和血流速度的变化估测心功能,其反应的是真正进入外周大动脉内的有效血流,对心功能的侧量是可行的,对于大动脉连接关系异常的患者不论是主动脉转位还是右心室双出口,W1反映的是功能性的左心室(解剖右心室)和实际进入主动脉的血流产生的射血收缩功能,即有用功,这对于临床评价复杂先天性心脏病患者真正的心脏功能及临床状态更有意义。本研究中主动脉转位的患者W1均较健康对照

组减低,差异有统计学意义($P < 0.05$),分析其原因,笔者认为当主动脉连接于右心室后,无论其血流动力学有无矫正,其内血流均由右心室收缩射出,由于右室心肌高负荷状态下收缩功能受损,且右室心肌的收缩力本来就不如左室心肌,因而导致测得W1峰值较正常减低。右室双出口中室间隔缺损靠近主动脉的患者W1峰值较右室双出口中主动脉远离室间隔的患者稍高,表明右室双出口的病例中主动脉约靠近室间隔缺损,其接受的来自左心室的血也就相对较多,因而W1峰值也就稍高。本项研究表明对左心室几何形态有明显改变或大动脉连接关系异常的患者,运用W1通过肱动脉瞬时压力曲线方法进行心室收缩功能评估,可以弥补无法运用传统测量心功能方法的不足。对肱动脉的检查简便易行,重复性也较好,是一种值得推广和应用的评价左室收缩功能的有效方法。

总之,超声WI技术作为一种新的综合评价心血管血液动力学的方法,为心血管功能研究拓展了新的视野。由于WI具有操作简便、无创、费用低廉等优点,将会有广泛的临床应用前景。

[参考文献]

- [1] JONES C J, SUGAWARA M, KONDOH Y, et al. Compression and expansion wave front travel in canine ascending aortic flow: wave intensity analysis[J]. *Heart and Vessels*, 2002, 16(3): 91-98.
- [2] 陈剑, 丁云川, 尹帆, 等. 肱动脉瞬时波强评价单心室患儿心室收缩功能[J]. *临床超声医学杂志*, 2010, 2(12): 95-97.
- [3] PARKER K H, JONES C J. Forward and backward running waves in the arteries: analysis using the method of characteristics[J]. *J Biomech Eng*, 1990, 112(3): 322-326.
- [4] OHTE N, NARITA H, SUGAWARA M, et al. Clinical usefulness of carotid arterial wave intensity in assessing left ventricular systolic and early diastolic performance[J]. *Heart and Vessels*, 2003, 18(3): 107-111.
- [5] JONES C J, SUGAWARA M, KONDOH Y, et al. Compression and expansion wave front travel in canine ascending aortic flow: wave intensity analysis[J]. *Heart and Vessels*, 2002, 16(3): 91-98.
- [6] 陈剑, 丁云川, 尹帆, 等. 肱动脉瞬时波强评价单心室患儿心室收缩功能[J]. *临床超声医学杂志*, 2010, 2(12): 95-97.

(2012-12-10 收稿)