

超声新技术评价胎儿心功能的研究进展

林深¹ 罗舒榆² 李振洲¹ 王慧芳¹

(1. 深圳市第二人民医院 超声科, 广东 深圳 518035; 2. 汕头大学医学院, 广东 汕头 515041)

【摘要】 随着超声医学的迅猛发展,新技术的出现为胎儿超声心动图诊断带来了革命性的变化-从结构筛查到功能评估,显现出更加广阔的应用前景,具有代表性的有全方位 M 型超声心动图、组织多普勒超声心动图、斑点追踪、时间-空间成像等,本文就新技术在胎儿心脏功能评价方面的应用进展进行综述。

【关键词】 超声心动图;心功能;胎儿

【中图分类号】 R445.1 **【文献标识码】** A

随着胎儿心脏学科的飞速发展,胎儿超声心动图不再局限于对结构畸形进行筛查,而是对胎儿心功能的评估有了更高的要求。胎儿心脏功能异常已逐步成为先天性心脏病、妊娠期高血压、妊娠期糖尿病、双胎输血综合征、宫内生长受限等疾病研究的重要指标之一^[1]。

胎儿心脏病变亚临床期表现为心肌细胞的适应性增生、肥大,心室形态大小的改变,然而传统超声心动图对心脏的细微变化不敏感,存在很多局限性,超声新技术的应用对心功能异常的早期发现和监测、干预具有重要意义^[2]。本文就超声新技术在胎儿心脏功能评价方面的应用进展进行综述。

1 全方位 M 型超声心动图技术

全方位 M 型超声心动图(free angle M-mode echocardiography, FAM),又称解剖 M 型超声心动图,与传统 M 型超声相比,最大的优势在于可以任意方向放置取样线。

因不受探头位置和声束方向的限制,FAM 取样线的放置可尽可能地垂直于相关结构,使测量更为准确。研究显示,采用 FAM 技术测量的房室瓣环位移值普遍大于普通 M 型超声的测量值,且重复性更好^[3, 4]。与传统 M 型及组织多普勒技术相比,FAM 弥补了检测部位受限的不足。但 FAM 技术同时存在空间的局限性,当取样线偏离超声声束超

过 60°,或探测深度超过 20cm 时可导致测值偏高,这可能与二维超声侧向分辨率影响 M 型超声的重建有关。

近年来研发改进的解剖 M 型超声(improved anatomical M-mode echocardiography, IAMM)通过对 M 型灰度-时间波形进行微分处理,实现了对局部运动速度、加速度的测量,与斑点追踪技术拥有同样的优势,且两者间具有较好的相关性^[5]。与斑点追踪技术相比,IAMM 尚处于研发完善阶段,测量操作较烦琐,在测量中难免会受到人为因素影响。目前 IAMM 技术已应用于成人心脏病的研究,但尚未见其应用于胎儿心功能评估。

2 组织多普勒超声心动图及其衍生技术

组织多普勒超声心动图(tissue Doppler imaging, TDI)通过低频滤波器去除了心腔内血流产生的高速低振幅的频移信号,保留了心脏结构的低速高振幅运动信号,可直接获取心肌运动速度,反映舒缩功能。

在宫内生长受限、地中海贫血、妊娠期高血压等疾病中,胎儿缺氧导致胎盘血管床阻力发生改变,单纯依靠血流频谱评价心功能存在较大的局限性,联合 TDI 技术可降低负荷状态带来的影响^[6]。临床研究显示,E/E 值在宫内生长受限的胎儿中明显增高,且 E/(E×S)与母体氨基末端脑钠肽(NT pro-BNP)水平呈高度正相关^[6],这可能与缺氧导致肌纤

维的舒缩功能损害有关。

定量组织速度显像技术(qualitative tissue velocity imaging, QTVI)是基于组织多普勒的组织显像新技术,其具有超高帧频的特点,提高了图像的时间及速度分辨力,在重复性和可靠性上均优于 TDI 和脉冲多普勒^[7],但其耗时较长,对技术及仪器要求较高。此外,QTVI 还可获取多个位点心肌的运动情况,可在同一心动周期内对多个节段心肌运动情况进行分析对比,有利于观察心肌运动速度梯度。

心肌综合指数(myocardial performance index, MPI),即 Tei 指数,是用于综合评价胎儿心肌功能的时间间期指标。既往 Tei 指数的测量大多采用脉冲多普勒检测血流的方法,但由于右心室流入道和流出道不在同一平面,脉冲多普勒无法在同一心动周期内测量所需的时间间期。TDI 通过测量房室瓣环的运动解决了这一问题,在测量上优于传统脉冲多普勒。Avnet 等^[8]的研究显示,TDI 测得的 Tei 指数值高于脉冲多普勒所测值,差异具有统计学意义,且两者间无明显相关性。而采用 TDI 技术测量 Tei 指数在观察者内重复性较高,但观察者间重复性因测量仪器不同而产生较大差异^[9]。

随着智能化测量的推广,TDI 相关参数的测量实现了自动化。研究发现,根据 TDI 曲线加速度的变化规律,无需连接心电图即可对胎儿心动周期时相进行自动识别,并可降低胎儿运动及呼吸带来的干扰,实现对等容舒张期、射血时间等不同时相间期的自动测量^[10]。目前该测量技术的准确性仍需大样本研究证实,尤其是对异常妊娠的胎儿心脏的测量。

3 斑点追踪及其衍生技术

斑点追踪显像技术(speckle tracking echocardiography, STE)通过追踪明亮的心肌区域斑点以了解心肌形变情况,为评价局部心肌功能提供了全新的量化方法。既往对胎儿心肌及瓣环运动的研究大多是基于 TDI 技术上进行的,STE 克服了 TDI 技术角度依赖的局限,对心肌组织在多个平面运动的结构力学进行量化分析。但由于胎儿心脏体积小、心率快,不利于斑点的准确追踪,目前大多数研

究仅限于中晚孕期。

速度向量成像(velocity vector imaging, VVI)技术是一项基于斑点追踪原理,以向量的方式显示组织结构的运动方向、速度大小、运动距离及速度梯度变化值等信息,并叠加在二维图像上的新兴技术,可敏感地发现心肌受损早期功能的变化。姜新魁等^[11]报道,在妊娠期糖尿病胎儿心脏形态及结构尚未出现改变、整体收缩功能代偿性增高时,VVI 可发现右室游离壁及室间隔基底段舒张期应变率 SR_d 有所降低。因此,右心室游离壁基底段应变率 SR_d 可作为早期评价糖尿病心肌局部舒张功能变化的检测指标。

此外,VVI 因不受声束角度和分析切面限制,常运用于胎儿心脏扭转运动的研究,为螺旋心肌带理论的力学研究提供了试验技术支持^[12]。研究表明^[13],心肌纤维心尖段旋转角度绝对值大于基底段,但旋转方向无一定规律性。而无论是基底段还是心尖段,心内膜下心肌旋转角度均大于心外膜下,这可能与心肌纤维螺旋排列的跨壁应变梯度有关。通过分析扭转运动的变化可为临床早期心肌功能改变提供更多信息,目前已运用于多项成人心肌病的研究中,而胎儿方面尚无报道。

STE 的准确性取决于图像质量,质量高的动态二维图像有利于对内膜的勾画和追踪,因此对仪器设备及图像采集者的要求较高。相信随着图像时间、空间分辨力和心内膜描记以及脱机后计算机后处理能力的不断发展,STE 测量的准确性和操作性将得到不断优化^[14]。

4 时间-空间相关成像技术

时间-空间相关成像(spatiotemporal image correlation, STIC)技术将三维数据和时相信息相结合,是一项专用于胎儿心脏的动态三维超声成像技术。

当心脏发生病变时,其形态大小常发生改变,此时二维超声估算胎儿心室容积的可靠性与重复性均较差,很难实现心功能的估算^[15],而 STIC 技术为胎儿心室容积的测量提供了新的途径,可用于计算每搏量、输出量、射血分数等参数^[16],有助于了解病理状态下的心功能变化。此外,STIC 技术具有实时

灰阶二维血流显像、彩色多普勒、能量多普勒成像等模式,可显示血流动力学变化,提供更多诊断信息。

由于容积数据的分析及图像后处理过程复杂,为提高检查效率以及降低对操作者专业经验的依赖性,STIC技术联合胎儿心脏导航(fetal heart navigator, FHN)及智能超声辅助技术(virtual intelligent sonographer assistance, VIS-Assistance)可使系统自动获取中孕胎儿超声心动图所需的9个标准切面^[17],并且提高了各诊断切面的获取率^[18, 19]。

在容积的测量方面,STIC技术还可分别与计算机辅助分析、反转成像和自动容积测量三种辅助技术相结合,实现心腔铸型及自动测量,使测量更加简单化。体外模型研究^[20]证实,3种辅助技术之间可相互替代,其所测容积与实际容积之间具有良好的一致性和准确性^[21]。但其与传统多普勒超声测量结果之间相关性不明显,两者不可替代使用。目前,STIC技术测量心室容积在临床应用上仍需更多的循证医学证据支持^[22]。

5 传统超声心动图及胎儿心功能评分

随着胎儿心功能评价方法不断推陈出新,各种方法的参考值差别大,并且受到孕周和胎儿心率的影响,目前尚无法利用单一指标进行准确判断。

2006年,Hofstaetter等^[23]提出的胎儿心血管整体评分(cardiovascular profile score, CVPS)是一项判断胎儿心功能不全的半定量评价指标,由胎儿水肿、心胸面积比(C/T)、心脏功能、脐静脉及静脉导管血流频谱、脐动脉血流频谱组成,每个项目2分,总分10分。随着胎儿心功能不全加重至心力衰竭, CVPS逐渐降低。研究表明, CVPS是中晚孕期动态评估胎儿心功能不全持续时间、严重程度的有效指标^[24],也是评价经胎盘转运地高辛治疗胎儿心衰疗效的重要指标^[25, 26]。

2012年,为监测妊娠期糖尿病胎儿的心脏功能,Zielinsky等^[27]提出胎儿舒张功能评分系统。由于心脏舒张功能不全可间接表现为左房压的升高,该评分系统采用心肌肥厚程度、原发隔的移动指数、左房缩短指数、二尖瓣E/A峰比值、肺静脉、静脉导管、卵圆孔以及主动脉峡部的血流频谱等参数构成。

评分为0分时说明胎儿无舒张功能障碍,评分大于20时说明舒张功能严重不全。该评分系统可用于对妊娠期糖尿病胎儿及新生儿进行风险评估,但在其他胎儿心脏舒张功能受损疾病中的应用仍有待考究。

6 展望

产前超声检查中的胎儿心功能受到越来越多的关注,尽管各种超声技术存在一定的局限性,但相信随着技术的不断更新发展以及对测量方法更深入的研究,会有更多更准确有效评估胎儿心功能的方法不断出现,更好地应用于临床诊断。

参 考 文 献

- [1] Crispi F, Valenzuela-Alcaraz B, Cruz-Lemini M, et al. Ultrasound assessment of fetal cardiac function[J]. Australas J Ultrasound Med, 2013,16(4):158-167.
- [2] Crispi F, Gratacos E. Fetal cardiac function: technical considerations and potential research and clinical applications[J]. Fetal Diagn Ther, 2012,32(1-2):47-64.
- [3] 邱俊芬. 解剖M型超声心动图测量中晚孕正常胎儿二尖瓣环位移评价胎儿左心室功能[D]. 杭州:浙江大学,2015.
- [4] 郭显峰, 赵博文, 邱俊芬, 等. M型超声心动图测量中晚孕正常胎儿三尖瓣环位移评价胎儿右心室功能[J]. 中华超声影像学杂志, 2015,24(2):113-117.
- [5] 郭亮. 改进的解剖M型超声检测II型糖尿病患者心肌径向应变率的研究[J/CD]. 中华医学超声杂志(电子版), 2011,08(2):34-38.
- [6] 唐逢, 章鸣, 周启昌, 等. 组织多普勒成像在评价宫内发育迟缓胎儿心功能中的应用[J]. 中南大学学报(医学版), 2014,39(9):935-938.
- [7] 李丽雅, 金鹏, 吕国荣, 等. 定量组织速度成像与组织多普勒及脉冲多普勒检测胎儿左心室Tei指数的对比研究[J]. 中华超声影像学杂志, 2008,17(3):267-268.
- [8] Avnet H, Homann Y, Beirne G, et al. OP06.03: Correlation between tissue Doppler imaging (TDI) and pulsedfor measurement of fetal myocardial performance index (MPI)[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2016,48(Suppl. 1):51-166.
- [9] Avnet H, Wang J, Gardiner H, et al. OP06.06: Evaluation of tissue Doppler imaging (TDI) for measurement of the right fetal myocardial performance index (MPI): an international online study[J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2016,48(Suppl. 1):51-166.

- [10] Herling L, Johnson J, Ferm-Widlund K, et al. Automated analysis of color tissue Doppler velocity recordings of the fetal myocardium using a new algorithm[J]. Cardiovascular Ultrasound, 2015, 13:39.
- [11] 姜新魁, 王伟琦, 李江涛, 等. 二维斑点追踪成像定量评价妊娠期糖尿病胎儿右心室功能变化的研究[J]. Chin J Clinicians, 2015, 9(8):1298-1301.
- [12] Mora V, Roldan I, Sauri A, et al. Correspondence of Myocardial strain with Torrent-Guasp's Theory. Contributions of New echocardiographic parameters[J]. Revista Argentina De Cardiología, 2016, 84(6):565-573.
- [13] 吴小英, 王鸿, 朱建平. 速度向量成像技术对胎儿正常左心室内外膜扭转运动的初步研究[J]. 临床军医杂志, 2011, 39(3):462-465.
- [14] 魏卓君, 田瑞霞, 陈训. 速度向量成像技术评价胎儿心脏功能的现状与进展[J]. 安徽医学, 2015, 36(10):1300-1303.
- [15] 倪志鹏, 吴瑛. 时间空间相关成像技术的临床应用研究进展[J]. 中华医学超声杂志, 2009, 6(4):730-732.
- [16] 姬宏娟, 汪龙霞, 王军燕, 等. 时间-空间相关成像技术评估中孕期胎儿心功能的初步研究[J]. 中国医学影像学杂志, 2012, 20(2):118-122.
- [17] Medicine AIOUI. AIUM practice guideline for the performance of fetal echocardiography[J]. J Ultrasound Med, 2011, 30(1):127-136.
- [18] Veronese P, Bogana G, Cerutti A, et al. A prospective study of the use of fetal intelligent navigation echocardiography (FINE) to obtain standard fetal echocardiography views[J]. Fetal Diagn Ther, 2017, 41(2):89-99.
- [19] 陶肖樱, 赵博文, 周金红, 等. 胎儿心脏超声智能导航联合虚拟智能超声辅助技术在基本胎儿超声心动图切面主要诊断要素显示中的价值研究[J]. 中华超声影像学杂志, 2016, 25(12):1030-1036.
- [20] 李剑. 时空关联成像在胎儿心功能测定上的应用[D]. 广州:暨南大学, 2011.
- [21] Rizzo G, Capponi A, Pietrolucci ME, et al. Role of sonographic automatic volume calculation in measuring fetal cardiac ventricular volumes using 4-dimensional sonography[J]. J Ultrasound Med, 2010, 29(2):261-270.
- [22] Dekoninck P, Steenhaut P, Van MT, et al. Comparison of Doppler-based and three-dimensional methods for fetal cardiac output measurement[J]. Fetal Diagn Ther, 2012, 32(1-2):72-78.
- [23] Hofstaetter C, Hansmann M, Eik-Nes SH, et al. A cardiovascular profile score in the surveillance of fetal hydrops[J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2006, 19(7):407.
- [24] 武超, 王玲红, 刘丽萍. 心血管整体评分评估胎儿心功能不全的价值[J]. 国际妇产科学杂志, 2016, 43(03):315-317.
- [25] Patel D, Cuneo B, Viesca R, et al. Digoxin for the treatment of fetal congestive heart failure with sinus rhythm assessed by cardiovascular profile score [J]. J Matern Fetal Neonatal Med, 2008, 21(7):477-482.
- [26] 张燕燕, 张晶莹, 贾瑾, 等. 经胎盘转运地高辛治疗胎儿心脏异常及 CVPs 对其疗效评价的初步分析[J]. 实用妇产科杂志, 2012, 28(10):856-859.
- [27] Zielinsky P, Piccoli AL Jr. Myocardial hypertrophy and dysfunction in maternal diabetes[J]. Early Hum Dev, 2012, 88(5):273-278.

(收稿日期:2018-01-08)

编辑:宋文颖