

血流向量成像技术对心腔流体力学的研究进展

程冠夏 娟李菁 马小静

摘 要 目前心血管疾病的发生率逐年增加,其结局是心力衰竭最终导致死亡,因此对心血管系统疾病的早期诊断、评估及干预治疗尤为重要。血流向量成像技术是一种基于彩色多普勒血流成像技术的新技术,无需造影剂即可观察心腔内流体变化,可对心功能进行准确评估。本文就目前血流向量成像技术对心腔流体力学的研究进展进行综述。

关键词 血流向量成像;能量损耗;室壁剪应力;涡流;血流动力学

[中图分类号]R540.45

[文献标识码]A

Research progress of intracardiac hemodynamics by vector flow mapping

CHENG Guan, XIA Juan, LI Jing, MA Xiaojing

Ultrasound Center, Wuhan Asia Heart Hospital Affiliated to Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430065, China

ABSTRACT At present, the incidence of cardiovascular diseases is increasing year by year, eventually leading to heart failure and mortality. Hence, early diagnosis, evaluation and treatment for cardiovascular diseases is particularly important. Vector flow mapping (VFM) is a novel technology based on the latest development of color Doppler blood flow imaging. It allows observe the fluid without a contrast agent, and can be used for accurate assessment of cardiac function. This article reviews the research progress of intracardiac hemodynamics by VFM.

KEY WORDS Vector flow mapping; Energy loss; Wall shear stress; Vortex; Hemodynamics

目前用于评估左室血流的方法主要有MRI、超声心动图颗粒图像测速(echocardiography particle image velocimetry, echo-PIV)和血流向量成像技术(vector flow mapping, VFM)。MRI观察血流状态变化时虽无需造影剂,但其设备大且成像时间长,时间分辨率也较低;echo-PIV通过追踪充当造影剂的微气泡计算心腔内血流速度,时间分辨率较MRI更高,但需应用造影剂,且测量的血流速度范围有限;改良VFM技术通过连续性方程式精确测算心腔内血流任意位点的垂直和平行于声束的速度矢量及流量,可准确地量化心腔内流体状态^[1]。研究^[2]发现VFM可在超声心动图测得心功能指标正常的情况下监测到不同心脏疾病的涡流、循环、能量损耗(energy loss, EL)及室壁剪应力(wall shear stress, WSS)等指标,以判断心功能异常和疾病的发生,为疾病的早期诊断及干预提供可靠的流体力学证据。本文就VFM对心腔流体力学评估的研究进展进行综述。

一、VFM观测健康人左室内流场特征

EL是血液间、血液与室壁相互碰撞、摩擦消耗的不能转变为其他能量的热能;WSS是室壁周围流动的血液对室壁的作用力,垂直于室壁血流速度阶差越大, WSS越大。研究^[3-5]应用

VFM观测到健康人左室流场演变规律为:等容收缩期时,涡强逐渐增加,靠近左室侧壁WSS较大;快速射血期时,涡流面积及圈数减小,并向左室流出道移动,于二尖瓣下形成局部小涡流利于二尖瓣关闭,室间隔处WSS增大,形成第1个EL峰值;减慢射血期时,涡流消散,仅在主动脉瓣关闭瞬间瓣膜下出现局部小涡流,且该时相WSS及EL降低;等容舒张期时,几乎观察不到涡流,且EL和WSS也处于低值;快速充盈期时,血流高速进入左室,其两侧形成负压区,二尖瓣前后叶形成方向相反的局部小涡流,此时基底段WSS急速增大,形成第2个EL峰值;减慢充盈期时,涡流面积及圈数逐渐增大, WSS和EL降低;心房收缩期时,血液再次冲入左室,与心尖回转血流形成逆时针大涡流环,此时EL出现第3个小高峰。

二、VFM在心脏疾病中的应用

1. 扩张型心肌病:患者左室涡旋多不规整,射血期瘀滞于心尖区,主动脉瓣下的血流无法获取有效动能将血液射入主动脉,残留于左室内的血液增多;快速充盈期新进血液与残留血液产生低速血流冲击效应,使WSS降低。虽然杂乱涡流会引起EL增加,但受血流速度明显减低的影响,扩张型心肌病患者EL较健

基金项目:湖北省武汉市科技局项目(2019020701011422)

作者单位:430065 武汉市,武汉科技大学附属武汉亚洲心脏病医院超声中心

通讯作者:马小静, Email: 1256760455@qq.com

康人普遍减低($P<0.05$)^[6-7]。由此可见,异常涡流、WSS及EL的改变可提示心功能异常。WSS作为VFM的评估指标,有关其应用仍在不断探索中。研究^[8-9]发现WSS升高可引起斑块的破裂,WSS降低可促进斑块形成,但WSS可否预测扩张型心肌病患者心腔内血栓形成,为早期干预提供可靠证据仍需进一步研究。

2. 肥厚型心肌病:部分肥厚型心肌病患者首发症状即为猝死,因此早期诊断尤为重要。研究^[10]发现左室射血分数和左室舒张早期与舒张晚期峰值流速比值正常的肥厚型心肌病患者左室EL已发生改变,说明EL可较早反映心功能异常。有学者^[11]发现肥厚型心肌病患者WSS在收缩期较健康人增高,而舒张期变化不明显,表明其收缩功能改变早于舒张功能。EL对鉴别高血压性左室肥厚和肥厚型心肌病具有一定的指导意义^[12],由于后者心肌不对称性肥厚,部分心肌节段间收缩不协调,血流速度阶差大,出现血流虹吸现象,导致左室异常涡流增多,EL增加更明显。

3. 冠状动脉粥样硬化性心脏病(以下简称冠心病):不同部位及程度的冠状动脉梗阻对心腔内流体力学影响均不同^[13-14]。研究^[15]发现前壁心肌梗死合并室壁瘤患者心尖部形成的涡流稀疏紊乱,室壁瘤部位未发现流线起点,说明瘤体的室壁运动明显减弱,心功能严重受损。最新国际指南推荐二尖瓣口舒张早期流速峰值与二尖瓣环舒张早期运动速度比值(E/e')作为评价左心舒张功能的指标,而EL与 E/e' 有明显相关性,说明EL也可作为左心舒张功能的评价指标^[16]。丁戈琦等^[17]和陈剑等^[18]研究发现冠状动脉分支血流阻断后左室内涡流、循环及EL均立即发生改变,表明心腔流体力学发生异常早于心脏结构异常。研究^[19]发现冠状动脉中WSS较低区更易形成斑块,同时促进斑块增厚;WSS较高区更易引起纤维动脉瘤帽变薄,引起斑块破裂,这与上述研究^[11-12]结果一致。由此可见,WSS可用于判断冠状动脉粥样斑块形成进而预防急性心肌梗死。

4. 瓣膜病:重度主动脉瓣反流患者与轻度或中度主动脉瓣反流患者在手术方式的选择有一定差异,预后也有所不同。研究^[20]证实通过VFM计算舒张期降主动脉逆行率(即降主动脉中逆向血流量与前向流量的比值)鉴别重度与轻、中度主动脉瓣反流具有较高的敏感性和特异性(93%和89%)。有学者^[8,21-22]发现冠状动脉血流可影响主动脉瓣的WSS,异常WSS会触发病理级联反应,促进瓣膜钙化、硬化,导致血小板活化和血流停滞,从而促进血栓形成。可否通过WSS预测人工瓣膜形成血栓风险仍需进一步研究。二尖瓣生物瓣置换术患者相对于机械瓣置换术患者其左室内涡流的大小、中心位置和最大向量速度更接近于正常人,表明生物瓣较机械瓣更接近天然瓣膜构型^[23]。

5. 先天性心脏病:房间隔缺损是最常见的成人先天性心脏病之一。王斌等^[24]发现房间隔缺损患者舒张期右室涡流面积和数量较健康人增加、速度向量增快,当左向右分流量增大时,右室流线速度向量越大、线条越密集,表明右心功能受损。封堵术后1个月右室血流峰值速度、峰值流量及总流量均较术前明显减小,各房、室腔的EL也明显减低,表明介入封堵术可纠正右心高容量负荷状态。Honda等^[25]通过对室间隔缺损患儿右室EL与心室压力的相关性研究发现,右室压力增高会引起EL的增加,且血浆B型脑钠肽作为反映容量及压力负荷的指

标,也与收缩期和舒张期EL呈明显正相关($r=0.75、0.69$,均 $P<0.05$),表明通过EL可无创测量并反映心脏负荷。

6. 心律失常:蔡宇燕等^[26]研究发现阵发性心房颤动(以下简称房颤)患者左心耳内血流向量分布规整,舒张晚期心耳口见一顺时针小涡流,而持续性房颤患者左心耳血流呈“快出快进”征,即左心耳血流的排出和充盈急速交替,向量分布紊乱,未见心耳口涡流出现,且整个周期EL均处于峰值状态,推测可能持续颤动使左房无效收缩,左心耳内血液并未真正地流进与流出,而是处于瘀滞状态,未形成心耳口的涡流,表明EL及心耳口涡流可用于预测左心耳血栓形成。刘娟等^[27]研究结果也表明EL可作为预测房颤患者左房血栓形成的新指标。

7. 其他:包括甲状腺功能亢进(以下简称甲亢)、糖尿病、慢性肾功能不全及心脏移植等。①甲亢:研究^[28]发现射血分数保留的单纯甲亢患者收缩期左室涡流面积和强度、血流速度梯度(ΔV)均较健康成人增大,说明涡流和 ΔV 可反映甲亢患者早期心功能异常。Zhou等^[29]发现甲状腺毒性心肌病患者舒张晚期的左室涡流面积和强度较单纯甲亢患者均明显增加,认为这是由于甲状腺毒性心肌病患者激素异常对心肌损伤明显,舒张晚期左房代偿性收缩增强,从而增强了左室的涡流,表明舒张期涡流可用来评估甲状腺激素对心脏损害的严重程度。②糖尿病:Li等^[30]发现血糖控制不佳的糖尿病患者左室收缩期EL较健康成人低($P<0.05$),而血糖控制良好患者EL与健康成人比较差异无统计学意义,一般情况下血糖异常引起的收缩功能改变在晚期出现,表明收缩期左室EL可能是糖尿病患者血糖水平控制情况的定量指标。③慢性肾功能不全:Zhong等^[31]发现慢性肾功能不全患者左室EL较健康成人明显增加,透析后EL较透析前有所降低(均 $P<0.05$),说明透析有助于心功能恢复;但血液透析患者与腹膜透析患者EL比较差异无统计学意义,表明两种透析方式对心功能的影响相当。周婕等^[32]研究发现随着慢性肾功能不全患者病程加重,左室EL和涡流增加更明显,表明EL和涡流等可用于评估慢性肾功能不全患者严重程度。④心脏移植:研究^[33]发现心脏移植患者左室EL的细微变化,快速充盈期左室EL较健康人减低,减慢充盈期降低速率较快,表明EL可作为评估心脏移植患者术后心功能及预后的一个敏感的新指标。

三、VFM的局限性和应用前景

VFM技术具有无创、便捷、成本低等优点,可准确定量定性分析心腔内血流动力学,更加敏感地评价心功能,但也有其局限性:①目前研究的样本量较少,特别是在WSS的研究上,需要扩大样本量,减少混杂偏倚;②心腔内血流是三维立体空间结构,而VFM是基于二维平面分析;③当流速较快时,VFM无法校正混叠导致低估流速;④目前尚无研究获得健康人涡强、循环强度、EL及WSS等定量指标标准值范围。

综上所述,VFM不仅可评估心功能异常,还可发现房颤患者左心耳内EL的减低、病变瓣膜及冠状动脉血管壁上WSS的改变,对预测血栓形成具有一定的指导意义。

参考文献

[1] Stugaard M, Koriyama H, Katsuki K, et al. Energy loss in the left

- ventricle obtained by vector flow mapping as a new quantitative measure of severity of aortic regurgitation: a combined experimental and clinical study[J].*Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, 16(7): 723-730.
- [2] 冯玉红. 血流向量成像技术临床研究进展[J]. *中华超声影像学杂志*, 2015, 24(10): 916-919.
- [3] 张瑜, 丁云川, 王庆慧, 等. 血流向量成像定量评价正常成人左心室涡流特征[J]. *昆明医科大学学报*, 2015, 36(10): 36-40.
- [4] 马小静, 曾熙, 夏娟, 等. 血流向量成像技术分析肥厚型心肌病患者左室血流动力学变化的临床研究[J]. *临床超声医学杂志*, 2011, 13(11): 733-736.
- [5] Sherrid MV, Kushner J, Yang G, et al. Mitral valve coaptation and its relationship to late diastolic flow: a color Doppler and vector flow map echocardiographic study in normal subjects [J]. *Echocardiography*, 2017, 34(4): 537-548.
- [6] 杨艳, 张宇新, 任嵘, 等. 血流向量成像技术评价扩张型心肌病患者左心室功能的研究[J]. *中华超声影像学杂志*, 2017, 26(5): 374-380.
- [7] 杨兴益, 李朝军, 郭浩. 超声血流向量成像技术评价扩张型心肌病患者左室等容收缩期腔内血流能量损耗[J]. *中国超声医学杂志*, 2020, 36(5): 412-416.
- [8] Cao K, Sucusky P. Aortic valve leaflet wall shear stress characterization revisited: impact of coronary flow [J]. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 2017, 20(5): 468-470.
- [9] Eshtehardi P, Teng Z. Protective or destructive: high wall shear stress and atherosclerosis [J]. *Atherosclerosis*, 2016, 251(8): 501-503.
- [10] Cao Y, Sun XY, Zhong M, et al. Evaluation of hemodynamics in patients with hypertrophic cardiomyopathy by vector flow mapping: comparison with healthy subjects [J]. *Exp Ther Med*, 2019, 17(6): 4379-4388.
- [11] Ji L, Hu W, Yong Y, et al. Left ventricular energy loss and wall shear stress assessed by vector flow mapping in patients with hypertrophic cardiomyopathy [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2018, 34(9): 1383-1391.
- [12] 刘阳, 孜比热·甫拉提, 朱梦若, 等. 血流向量显像技术鉴别肥厚型心肌病与高血压性左心室肥厚的应用价值[J]. *中华超声影像学杂志*, 2019, 28(10): 837-841.
- [13] 郭旭, 王珍珍, 郭子鸿, 等. 血流向量成像技术在判断冠状动脉狭窄程度中的应用价值 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2018, 27(5): 385-391.
- [14] Zhang H, Ren X, Song J, et al. Intraventricular isovolumic relaxation flow patterns studied by using vector flow mapping [J]. *Echocardiography*, 2016, 33(6): 902-909.
- [15] 马小静, 夏娟, 吴春霞, 等. 血流向量成像技术检测广泛前壁心肌梗死患者心动周期各时相涡流及流线图变化[J]. *解放军医药杂志*, 2014, 26(4): 90-94.
- [16] 孙钦亮, 赵冰冰, 董立平, 等. 血流向量成像技术评价不同程度舒张功能受损患者左心室舒张期流体变化[J]. *中国医学影像技术*, 2020, 36(2): 235-241.
- [17] 丁戈琦, 尹立雪, 王志刚, 等. 超声血流向量成像评价犬急性心肌梗死时舒张期左心室流体能量损耗[J]. *中国医学影像技术*, 2015, 31(6): 807-811.
- [18] 陈剑, 王庆慧, 尹帆, 等. 急性前壁心肌梗塞猪模型左室流场变化的相关研究[J]. *昆明医科大学学报*, 2015, 36(2): 19-22.
- [19] 杜宜纲, 刘德杰, 沈莹莹, 等. 血管壁面剪切应力的测量及其临床研究进展[J]. *中国生物医学工程学报*, 2018, 37(5): 593-605.
- [20] Cai Y, Wei X, Li C, et al. New echocardiographic method for chronic aortic regurgitation: diastolic retrograde ratio in the descending aorta by vector flow mapping [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2019, 35(3): 461-468.
- [21] Sengupta PP, Narula J. TAVR-related complications: why did we forget the design of a normal aortic valve? [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2017, 10(1): 100-103.
- [22] Hayashi H, Akiyama K, Itatani K, et al. A novel in vivo assessment of fluid dynamics on aortic valve leaflet using epiaortic echocardiogram [J]. *Echocardiography*, 2020, 37(2): 323-330.
- [23] 李建华, 王庆慧, 丁云川, 等. 二尖瓣狭窄及人工瓣膜置换左室流场的超声向量血流图[J]. *昆明医科大学学报*, 2015, 36(10): 22-27.
- [24] 王斌, 谢明星, 李玲, 等. 探讨血流向量成像技术对房间隔缺损患者右心房和右心室内流场动态变化的临床意义[J]. *华南国防医学杂志*, 2015, 29(7): 523-527.
- [25] Honda T, Itatani K, Takashi M, et al. Exploring energy loss by vector flow mapping in children with ventricular septal defect: pathophysiologic significance [J]. *Int J Cardiol*, 2017, 244(1): 143-150.
- [26] 蔡宇燕, 魏薪, 张晓玲, 等. 血流向量成像技术对非瓣膜性心房颤动患者左心耳血流流场特点的定量分析[J]. *四川大学学报(医学版)*, 2018, 49(1): 119-123.
- [27] 刘娟, 尹立雪, 孟庆国, 等. 超声血流向量成像联合二维组织追踪技术评价心房颤动患者左心室心肌功能及血流能量损耗[J]. *中国医学影像技术*, 2020, 36(5): 680-685.
- [28] Zhou BY, Wang J, Xie MX, et al. Left ventricular systolic intraventricular flow field assessment in hyperthyroidism patients using vector flow mapping [J]. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci*, 2015, 35(4): 574-578.
- [29] Zhou BY, Xie MX, Wang J, et al. Relationship between the abnormal diastolic vortex structure and impaired left ventricle filling in patients with hyperthyroidism [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(17): 6711.
- [30] Li CM, Bai WJ, Liu YT, et al. Dissipative energy loss within the left ventricle detected by vector flow mapping in diabetic patients with controlled and uncontrolled blood glucose levels [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2017, 33(8): 1151-1158.
- [31] Zhong Y, Liu Y, Wu T, et al. Assessment of left ventricular dissipative energy loss by vector flow mapping in patients with end-stage renal disease [J]. *J Ultrasound Med*, 2016, 35(5): 965-973.
- [32] 周婕, 尹立雪, 蔡璐, 等. 超声血流向量成像技术评价维持性血液透析患者左心室舒张期血流能量损耗 [J]. *西部医学*, 2018, 30(4): 552-557.
- [33] 刘曼薇, 谢明星. 应用血流向量成像技术分析移植心脏左心室能量损失的特点[J]. *中国循环杂志*, 2017, 32(增刊): 196.

超声弹性成像技术在儿童肾脏病中的应用进展

王羽晴 朱琳 周萍

摘要 肾组织活检是肾脏疾病诊断的金标准,但其为有创性检查,存在潜在风险及临床禁忌,临床应用受限。与肾组织活检相比,超声弹性成像技术具有经济、无创、实时监测等优势,对评估儿童肾脏硬度及弹性变化具有重要的价值。本文就超声弹性成像技术在儿童肾脏病中的应用现状及研究进展进行综述。

关键词 超声检查;弹性成像;过敏性紫癜性肾炎;慢性肾脏病;泌尿系统畸形
[中图分类号]R445.1;R726.9 [文献标识码]A

Research progress of ultrasound elastography in children with kidney disease

WANG Yuqing, ZHU Lin, ZHOU Ping

Department of Pediatrics, Sichuan Maternal and Child Health Hospital, Chengdu 610031, China

ABSTRACT Renal biopsy is the gold standard for the diagnosis of renal disease. However, this method is an invasive examination, and there are potential risks and clinical contraindications, so it has certain limitations in clinical application. Compared with renal biopsy, ultrasound elastography has the advantages of economy, noninvasive, real-time monitoring, it plays an important role in evaluating the changes of kidney stiffness and elasticity in children. This paper summarizes the research progress of ultrasound elastography in children with kidney disease.

KEY WORDS Ultrasonography; Elastography; Henoch Schonlein purpura nephritis; Chronic kidney disease; Urinary system malformation

超声弹性成像(ultrasonic elastography, UE)技术是一种定性描述及定量测量生物组织弹性的超声诊断技术,已在临床应用近三十年,最初用于无创性评价成人甲状腺^[1]、乳腺^[2]、肝脏^[3]等器官。随着 UE 的不断创新与完善,其逐渐应用于成人慢性肾脏病^[4]、糖尿病肾病^[5]、肾移植^[6]等肾脏疾病检查中。近年来,UE 在儿童疾病中的应用日益增多,由于儿童皮下脂肪及肌肉较薄,提高了 UE 对肾脏检测的可行性和准确性。本文就 UE 在儿童肾脏病中的应用及进展进行综述。

一、UE 的原理及分类

UE 通过探头对不同组织施加一定的激励(动态或静态/准静态),依据生物力学、弹性力学等物理规律,组织将产生位移、速度及应变的分布等差异,通过采集被测组织某时间段内各种差异所产生的不同信号,并将其进行彩色编码成像或测量相应参数,从而直接或间接判断组织内部的弹性模量信息^[7]。

参照 2017 年欧洲生物医学超声学会联盟发布的指南^[8],将 UE 分为动态弹性成像和准静态弹性成像。其中,动态弹性成像包括瞬时弹性成像(transient elastography, TE)、声辐射力脉

冲弹性成像(acoustic radiation force impulse, ARFI)及剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE);临床较常用的准静态弹性成像技术则为实时组织弹性成像(real-time tissue elastography, RTE)。目前,应用于儿童肾脏的研究多采用 ARFI 和 SWE。

二、正常儿童肾脏弹性参考值及影响因素

徐娟等^[9]应用 ARFI 检测正常儿童肾皮质弹性,结果发现 10 岁前剪切波速度(shear wave velocity, SWV)随着年龄的增长而增加,具体为:0~28 d 为(1.61±0.19) m/s, 29 d~<1 岁为(1.69±0.42) m/s, ≥1 岁~<3 岁为(1.99±0.43) m/s, ≥3~<6 岁为(2.20±0.41) m/s, ≥6~<10 岁为(2.46±0.45) m/s; 10 岁之后 SWV 稍下降:≥10~<18 岁为(2.34±0.42) m/s。Xu 等^[10]也得出相似结果,还发现右肾皮质 SWV 在测量中存在性别差异。Çalışkan 等^[11]研究发现左肾皮质 SWV 为 2.1(2.0~2.8) m/s,右肾皮质 SWV 为 2.0(1.6~2.8) m/s。Grass 等^[12]对 264 例健康儿童进行了 ARFI 检查,结果显示肾皮质 SWV 与年龄、身高和体质量均呈正相关($r=0.28, 0.25, 0.26$, 均 $P<0.001$),与性别、体质量指数、肾脏体积无相关性,且 SWV 测值在高频与低频探头之间比较差异有统计

基金项目:2019 教育部“春晖计划”合作科研项目(HLJ2019023)

作者单位:610031 成都市,四川省妇幼保健院儿科

通讯作者:周萍, Email:zhouping3698@aliyun.com

学意义($P<0.05$),高频探头仅适用于 <10 岁的儿童。随着年龄的增长,儿童肾脏在形态和功能上随之改变,因此成年人肾皮质的正常SWV值及其参考范围并不适用于儿童。UE技术有望成为评估儿童肾脏弹性的潜在工具。但目前关于正常儿童肾脏的弹性参考值尚无统一标准,且观察者间和观察者内的可靠性尚待全面评估。

三、UE在儿童肾脏病中的应用

1. UE在儿童慢性肾脏病中的应用

目前关于UE在慢性肾脏病应用的研究多集中在成人,关注重点是纤维化及血流灌注对肾脏的影响。与成人相比,慢性肾脏病患者肾脏病变程度较轻,弹性模量值变化较小。高峰和蒋苏齐^[13]应用SWE检查40例健康儿童和40例慢性肾脏病患者,结果显示慢性肾脏病患者的肾脏硬度大于健康儿童,且随着病情的发展,肾皮质杨氏模量值也随之增加。这与Leong等^[14]和Thanaboonipat等^[15]分别在成人慢性肾脏病和动物实验中的研究结果一致,认为随着慢性肾脏病的病情进展,血管硬化、肾小球硬化和肾小管间质损伤程度加重,肾皮质杨氏模量值增加。然而,对于慢性肾脏病患者的肾脏硬度变化,部分学者却得出截然相反的结论。Bilgici等^[16]前瞻性评估了38例慢性肾脏病患者和30例健康儿童的肾实质硬度,发现慢性肾脏病患者在慢性肾脏病1~5期的肾实质SWV较健康儿童均显著降低(均 $P<0.05$),表明健康儿童的肾脏硬度大于慢性肾脏病患者。目前关于慢性肾脏病患者肾脏硬度变化趋势尚无定论,但随着病情进展肾脏硬度下降的说法已经引起了较多学者的高度关注,因为这与慢性肝病纤维化后硬度变化的结论相悖。Gandhi等^[17]对此进行了相关研究,认为纤维化是影响慢性肾脏病患者肾脏硬度的重要因素之一,但血流对肾脏硬度的影响可能超过纤维化。

2. UE在儿童紫癜性肾炎(HSPN)中的应用

目前关于UE在儿童HSPN中应用的研究一致肯定了UE在儿童HSPN病理分级中的应用价值。南彩玲等^[18]应用ARFI对HSPN患儿肾脏弹性进行初步研究,发现不同病理类型HSPN患儿肾皮质SWV与健康儿童及其组间比较,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),还发现肾皮质SWV值与肾小球滤过率呈负相关($r=-0.85, P=0.000$),与血清肌酐呈正相关($r=0.86, P=0.000$)。此外,南彩玲等^[19]其他研究结果显示,分别以1.70 m/s、1.97 m/s、2.33 m/s、2.62 m/s、2.85 m/s作为诊断HSPN患儿病理分级I~IV级的截断值,其敏感性分别为90%、100%、100%、90%、80%,特异性分别为87%、74%、84%、70%、80%。提示ARFI可为鉴别诊断HSPN不同病理类型提供较可靠的信息。李雪娇等^[20]对150例HSPN患儿和50例健康儿童均行SWE检查,结果发现HSPN患儿病理分级III~VI级的肾皮质弹性模量值显著高于健康儿童,且HSPN患儿HSPN病理分级与肾皮质弹性模量值呈正相关($r=0.779, P<0.001$)。骈林萍等^[21]研究得出了相似的结果,病理分级III~VI级的HSPN患儿肾皮质SWV逐渐降低。由此可见,ARFI和SWE在诊断儿童HSPN病理分级方面有一定的价值,但无法评估病理分级I~II级,原因可能是病理分级较低时患儿肾脏弹性未发生明显改变。

3. UE在儿童肾病综合征中的应用

UE在儿童肾病综合征中应用的研究有限。杨雪等^[22]应用声触诊组织定量分析技术测量了150例原发性肾病综合征患儿和50例健康儿童的肾皮质SWV,结果发现中、重度纤维化组患儿肾皮质SWV均高于对照组(均 $P<0.05$),以2.84 m/s和3.02 m/s分别作为诊断中、重度纤维化的截断值,其受试者工作特征曲线的曲线下面积高达0.93和0.96,敏感性分别为89.5%、92.9%,特异性分别91.3%、88.2%。Yang等^[23]应用SWE技术评估成人原发性肾病综合征患者肾脏弹性和类固醇治疗的有效性,发现类固醇敏感组肾实质杨氏模量值均高于对照组和类固醇耐药组(均 $P<0.05$)。由此可见,SWE技术是一种潜在的无创定量检测肾脏硬度的方法,可用于评估成人原发性肾病综合征患者肾脏实质的病理变化,评价类固醇治疗的有效性,但其在儿童原发性肾病综合征方面的应用还有待进一步探索。

4. UE在儿童泌尿系畸形中的应用

与其他肾脏疾病相比,UE在儿童泌尿系畸形中的应用相对较多。Reddy等^[24]应用ARFI检查发现肾盂输尿管连接部梗阻患儿的肾实质SWV明显高于健康儿童($P<0.05$),且SWV在好转、静止、恶化这三种结局中呈递增关系。Yoon等^[25]研究发现,与对侧肾脏相比,SWE测得肾盂输尿管连接部梗阻侧肾皮质弹性值更高。而Habibi等^[26]采用ARFI对25例经手术治疗的肾盂输尿管连接部梗阻患儿、15例经保守治疗的肾盂输尿管连接部梗阻患儿及16例健康儿童进行前瞻性评估,结果显示,与肾盂输尿管连接部梗阻患儿比较,健康儿童肾实质SWV值更高。分析其原因,可能与血液灌注和肾脏本身的复杂结构有关。蒋映丰等^[27]研究显示肾盂输尿管连接部狭窄、膀胱输尿管返流和输尿管结石这三种病因的患儿肾孟积水侧肾实质平均杨氏模量值比较差异有统计学意义($P<0.05$),而其他病因患儿肾实质平均杨氏模量值比较差异无统计学意义。Dillman等^[28]研究表明SWE无法鉴别儿童非梗阻性肾积水和梗阻性肾积水。由此可见,ARFI和SWE在儿童泌尿系畸形中的临床应用有待进一步深入研究。

5. UE在儿童肾肿瘤中的应用

目前,国内外尚无应用UE对单独儿童肾肿瘤的研究,已有报道均以儿童和成人共同作为研究对象。Cöya等^[29]在评估ARFI鉴别肾脏良、恶性病变诊断性能的前瞻性研究中,应用ARFI测量了60例(1~83岁)肾脏肿瘤患者的肾实质SWV,结果表明肾脏良性病变与恶性病变的肾实质SWV比较差异有统计学意义($P<0.05$)。Onur等^[30]进行了相似的研究,发现正常组织与肿瘤组织间的肾实质弹性差异较大,且恶性肿瘤的弹性是良性肿瘤的2.8倍。分析其原因,可能是有丝分裂增加而导致细胞增多。但Aydin等^[31]研究发现肾脏恶性肿瘤的肾实质弹性值略高于良性肿瘤(约1.6倍),可能与不同研究所使用的设备不同有关。由此可见,ARFI和SWE在区分肾脏良性病变与恶性病变方面有一定的优势,今后有待更多研究来证明UE在儿童肾肿瘤中的应用可靠性及准确性。

四、UE在儿童肾脏病中应用的局限性

UE在儿童肾脏病中的应用有一定局限性:①检测肾脏硬度受诸多因素干扰,包括肥胖、呼吸运动幅度大、大血管搏动等,有关UE的临床应用研究有待进一步探讨,减少相关因素的

影响;②在研究对象方面,UE 要求患儿配合度较高,而部分年龄较小的儿童无法配合医师检查,限制了 UE 对儿童的应用;③研究疾病种类有限,且多集中于小样本量患者或动物实验中,期望后续大样本的前瞻性临床研究可以提供更多信息。

综上所述,UE 技术在儿童肾脏疾病中的应用尚处于初步研究阶段,如何规范其肾脏超声弹性值的测量、建立儿童肾脏弹性正常参考值是亟待解决的问题。尽管 UE 在评估儿童肾脏弹性上还存在诸多不足,但在儿童肾脏硬度测量中具有独特优势,可以定量反映肾脏的弹性特征。相信随着研究的深入和技术的改进,UE 在儿童肾脏疾病方面的评估势必会拥有良好的应有前景。

参考文献

- [1] Idrees A, Shahzad R, Fatima I, et al. Strain elastography for differentiation between benign and malignant thyroid nodules [J]. *J Coll Physicians Surg Pak*, 2020, 30(4): 369-372.
- [2] Lee EJ, Chang YW. Combination of quantitative parameters of shear wave elastography and superb microvascular imaging to evaluate breast masses [J]. *Korean J Radiol*, 2020, 21(9): 1045-1054.
- [3] Alhashmi GH, Gupta, A, Trout AT, et al. Two-dimensional ultrasound shear wave elastography for identifying and staging liver fibrosis in pediatric patients with known or suspected liver disease: a clinical effectiveness study [J]. *Pediatr Radiol*, 2020, 50(9): 1255-1262.
- [4] Grossmann M, Tzschätzsch H, Lang ST, et al. US time-harmonic elastography for the early detection of glomerulonephritis [J]. *Radiology*, 2019, 292(3): 676-684.
- [5] Shi LQ, Sun JW, Miao HH, et al. Comparison of supersonic shear wave imaging-derived renal parenchyma stiffness between diabetes mellitus patients with and without diabetic kidney disease [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2020, 46(7): 1630-1640.
- [6] Early HM, Cheang EC, Aguilera JM, et al. Utility of shear wave elastography for assessing allograft fibrosis in renal transplant recipients: a pilot study [J]. *J Ultrasound Med*, 2018, 37(6): 1455-1465.
- [7] Săftoiu A, Gilja OH, Sidhu PS, et al. The EFSUMB Guidelines and Recommendations for the Clinical Practice of Elastography in Non-Hepatic Applications: Update 2018 [J]. *Ultraschall Med*, 2019, 40(4): 425-453.
- [8] Dietrich CF, Bamber J, Berzigotti A, et al. EFSUMB Guidelines and Recommendations on the Clinical Use of Liver Ultrasound Elastography, Update 2017 (Long Version) [J]. *Ultraschall Med*, 2017, 38(4): 48.
- [9] 徐娟,唐毅,陈镜宇,等.声触诊组织定量技术检测正常儿童肾皮质弹性[J].*中国医学影像技术*, 2016, 32(2): 291-294.
- [10] Xu B, Jiang G, Ye J, et al. Research on pediatric glomerular disease and normal kidney with shear wave based elastography point quantification [J]. *Jpn J Radiol*, 2016, 34(11): 738-746.
- [11] Çalışkan E, Atay G, Kara M, et al. Comparative evaluation of liver, spleen, and kidney stiffness in HIV-monoinfected pediatric patients via shear wave elastography [J]. *Turk J Med Sci*, 2019, 49(3): 899-906.
- [12] Grass L, Szekely N, Alrajab A, et al. Point shear wave elastography (pSWE) using acoustic radiation force impulse (ARFI) imaging: a feasibility study and norm values for renal parenchymal stiffness in healthy children and adolescents [J]. *Med Ultrason*, 2017, 19(4): 366-373.
- [13] 高峰,蒋苏齐.实时剪切波弹性成像技术在儿童慢性肾病中的应用价值及临床相关性研究[J].*中国临床医学影像杂志*, 2019, 30(8): 574-577.
- [14] Leong SS, Wong JHD, Md Shah MN, et al. Shear wave elastography in the evaluation of renal parenchymal stiffness in patients with chronic kidney disease [J]. *Br J Radiol*, 2018, 91(1089): 20180235.
- [15] Thanaboonipat C, Sutayatram S, Buranakarl C, et al. Renal shear wave elastography and urinary procollagen type III amino-terminal propeptide (uP III NP) in feline chronic kidney disease [J]. *BMC Vet Res*, 2019, 15(1): 54.
- [16] Bilgici MC, Bekci T, Genc G, et al. Acoustic radiation force impulse quantification in the evaluation of renal parenchyma elasticity in pediatric patients with chronic kidney disease: preliminary results [J]. *J Ultrasound Med*, 2017, 36(8): 1555-1561.
- [17] Gandhi D, Kalra P, Raterman B, et al. Magnetic resonance elastography-derived stiffness of the kidneys and its correlation with water perfusion [J]. *NMR Biomed*, 2020, 33(4): 4237.
- [18] 南彩玲,张炜阳,姚亚宁,等.声辐射力脉冲成像技术对儿童紫癜肾炎的定量研究[J].*中国超声医学杂志*, 2018, 34(7): 632-635.
- [19] 南彩玲,张炜阳,姚亚宁,等.声触诊组织定量技术对儿童过敏性紫癜肾炎肾脏纤维化的评估[J].*兰州大学学报(医学版)*, 2018, 44(5): 63-66.
- [20] 李雪娇,高虹,郭峻梅,等.实时剪切波弹性成像在儿童过敏性紫癜肾炎诊断中的应用价值[J].*医学综述*, 2020, 26(13): 2659-2663.
- [21] 骈林萍,吴佳佳,张玲莉,等.声辐射力脉冲成像对紫癜性肾炎的定量研究[J].*中国医学影像学杂志*, 2016, 24(8): 604-607.
- [22] 杨雪,王正滨,于宁,等.声触诊组织定量评价儿童原发性肾病综合征肾间质纤维化的应用价值[J].*中国超声医学杂志*, 2016, 32(4): 340-342.
- [23] Yang X, Hou FL, Zhao C, et al. The role of real-time shear wave elastography in the diagnosis of idiopathic nephrotic syndrome and evaluation of the curative effect [J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2020, 45(8): 2508-2517.
- [24] Reddy C, Sai V, Shah U, et al. Utility of ultrasound elastography in postoperative follow-up of children with unilateral ureteropelvic junction obstruction [J]. *Indian J Urol*, 2020, 36(2): 101-105.
- [25] Yoon H, Lee YS, Lim BJ, et al. Renal elasticity and perfusion changes associated with fibrosis on ultrasonography in a rabbit model of obstructive uropathy [J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(4): 1986-1996.
- [26] Habibi HA, Cicek RY, Kandemirli SG, et al. Acoustic radiation force impulse (ARFI) elastography in the evaluation of renal parenchymal stiffness in patients with ureteropelvic junction obstruction [J]. *J Med Ultrason* (2001), 2017, 44(2): 167-172.
- [27] 蒋映丰,朱才义,徐世亮,等.剪切波弹性成像在儿童肾盂积水诊断中的应用价值[J].*临床超声医学杂志*, 2019, 21(4): 279-281.
- [28] Dillman JR, Smith EA, Davenport MS, et al. Can shear-wave

elastography be used to discriminate obstructive hydronephrosis from nonobstructive hydronephrosis in children? [J]. Radiology, 2015, 277(1):259-267.

- [29] Göya C, Daggulli M, Hamidi C, et al. The role of quantitative measurement by acoustic radiation force impulse imaging in differentiating benign renal lesions from malignant renal tumours [J]. Radiol Med, 2015, 120(3):296-303.

[30] Onur MR, Poyraz AK, Bozgeyik Z, et al. Utility of semiquantitative strain elastography for differentiation between benign and malignant solid renal masses [J]. J Ultrasound Med, 2015, 34(4):639-647.

- [31] Aydin S, Yildiz S, Turkmen I, et al. Value of shear wave elastography for differentiating benign and malignant renal lesions [J]. Med Ultrason, 2018, 1(1):21-26.

(收稿日期:2020-10-15)

· 病例报道 ·

Diagnosis of rupture of cervical endometriosis cyst by contrast-enhanced ultrasound: a case report 超声造影诊断宫颈子宫内膜异位囊肿破裂 1例

田红菊 张 玥 熊 希 高春燕

[中图法分类号]R445.1

[文献标识码]B

患者女,42岁,孕5产1,因“阴道出血2d”入院。妇科专科检查:宫颈后壁见一质地较软突起,其上见一破口位于近宫颈下唇处,大小约1.0 cm×1.0 cm,并见活动性出血,色暗红。实验室检查:CA125 44.7 U/ml。常规超声检查:子宫大小为11.2 cm×6.6 cm×4.7 cm;于宫颈后壁见一大小为6.4 cm×5.5 cm×4.7 cm囊性为主椭圆形混合回声包块,边界清晰,可见部分包膜,囊内见细小密集点状回声,实性范围4.9 cm×4.0 cm(图1);CDFI于囊壁探及点样血流信号,其余未见明显血流信号(图2)。超声提示:宫颈混合性占位,建议行超声造影检查。超声造影检查:囊壁呈高增强,反复多切面扫查均可见近宫颈外口处囊壁上造影剂充盈缺损,长1.08 cm;包块内实性部分呈均匀长条形高增强,范围约3.10 cm×0.78 cm,一端与囊壁相连,与子宫肌层同步增强和消退,其余部分无增强(图3)。超声造影提示:宫颈血肿破裂可能。综合检查结果临床诊断为宫颈囊肿破裂,遂行腹腔镜下全子宫切除术。术后病理检查提示:宫颈子宫内膜异位囊肿(图4)。

讨论:宫颈子宫内膜异位症是一种好发于育龄期女性的罕见疾病,患者多无明显临床症状,部分可表现为不规则阴道出

血、痛经或性交后持续出血,严重者可危及生命。本病的发病机制为活力较强的内膜基底细胞随血流经宫颈,并在宫颈经历“黏附-侵袭-形成”的三部曲,从而形成内膜异位病灶。分娩和流产等对宫颈的有创操作可能是三部曲完成的影响因素。本例患者曾有4次人工流产史,可能是其发病的直接或间接因素。CA125作为一种非特异性肿瘤标记物,具有敏感性高、特异性低的特点。异位子宫内膜分泌CA125的能力是正常子宫内膜的2~4倍,但远低于肿瘤患者^[2]。本例患者CA125为44.7 U/ml,符合子宫内膜异位症CA125少量升高的规律(正常参考值0~35 U/ml)。本例二维超声提示宫颈处混合性占位,且大部分为类实性改变,表面凹凸不平,有恶性病变的声像图特征;超声造影则显示类实性区域大部分无增强,其内仅有一条状高增强区,一端与包块囊壁相连,考虑为囊内增厚的分隔,由此充分支持包块为良性病变的诊断,再结合多切面观察近宫颈外口处囊壁造影剂充盈缺损,最终考虑包块囊壁破裂。妇科检查可见宫颈囊壁破口,且术后病理诊断为宫颈子宫内膜异位囊肿,进一步验证了超声造影对该病灶的诊断。



图1 宫颈子宫内膜异位囊肿破裂二维超声图

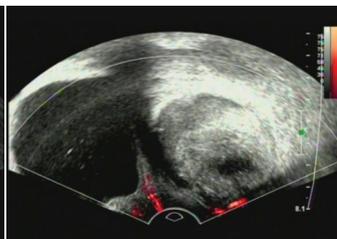


图2 宫颈子宫内膜异位囊肿破裂CDFI图

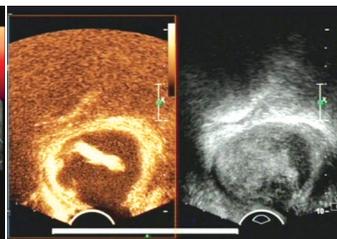


图3 宫颈子宫内膜异位囊肿破裂超声造影图

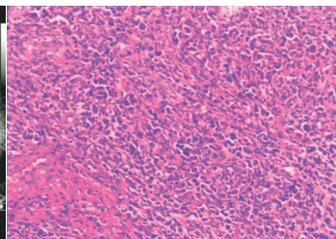


图4 宫颈子宫内膜异位囊肿破裂病理图(HE染色,×100)

(收稿日期:2020-05-12)

基金项目:重庆市科卫联合医学科研项目(2018QNXM033);第三军医大学第二附属医院科研项目(2016YLC23)

作者单位:400037 重庆市,陆军军医大学第二附属医院妇产科

通讯作者:高春燕,Email:cqgaoyan@163.com