

# 心肌应变及应变率在心血管疾病中的应用进展

孟亭亭 修春红 杨树森

**摘要** 近年来我国心血管疾病的发病率及死亡率逐年增多,评价此类患者局部心肌功能对疾病的诊断、治疗及预后具有重要意义,因此在临床工作中需要探寻一种能对局部心肌功能做出客观、定量评价的技术。心肌应变及应变率可以测量局部心肌组织发生的极小形变,从而更加准确地评价局部心肌功能及室壁运动。本文就近年来心肌应变及应变率在心血管疾病中的应用进展进行综述。

**关键词** 应变;应变率;心肌功能,局部;心血管疾病

[中图法分类号] R714.252;R540.45

[文献标识码] A

## Application progress of myocardial strain and strain rate in cardiovascular diseases

MENG Tingting, XIU Chunhong, YANG Shusen

Department of Cardiovascular Medicine, the First Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150001, China

**ABSTRACT** In recent years, cardiovascular disease(CVD) remains one of the leading cause of death in China, its morbidity and mortality is developing year by year. The evaluation of regional cardiac function in patients with CVD is of great importance for its diagnosis, treatment and prognosis. Strategy to objectively and quantitatively assess the regional cardiac function is critical important. Strain and strain rate of myocardium can measure tiny deformation of regional myocardium, offering a more accurate evaluation of regional cardiac function and ventricular wall motion. In this paper, we review the application progress of strain and strain rate in CVD in recent years.

**KEY WORDS** Strain; Strain rate; Cardiac function, regional; Cardiovascular diseases

目前,评价心脏局部功能的方法很多,包括超声心动图、多层螺旋 CT 及心脏 MRI 等,但多层螺旋 CT 和心脏 MRI 费用昂贵且操作不便,因此其临床应用受到限制。超声心动图因其便携性和实用性临床应用广泛。近年来,心肌应变与应变率在评价局部心肌功能方面取得了一些新进展<sup>[1]</sup>,能方便、快捷、准确、客观、定量地评价局部心肌功能,且不受角度依赖,逐步获得临床医师的青睐。本文就心肌应变及应变率在心血管疾病中的应用进展进行综述。

### 一、心肌应变及应变率的原理

应变是指有联系的两点之间的位移,心肌应变指的是心肌组织相对于其原始形状的变形程度<sup>[2]</sup>;应变率是指单位长度的心肌变形速率,反映的是局部心肌缩短或拉伸的速度<sup>[3]</sup>。应变包括长轴应变、短轴应变及扭转(周向)应变,心肌纤维是由主要分布于内、外两层的纵行心肌及主要分布于中间层的环形心肌构成的,其中纵行心肌占 70%,环形心肌占 30%,根据心肌纤维的排列结构和运动方式,心肌在长轴上的舒缩运动对维持正常的心脏功能有重要作用<sup>[4-5]</sup>。临床上较为常用的是长轴和短轴的

应变及应变率,随着心脏的舒缩运动,心肌的应变及应变率曲线呈规律性改变。

### 二、正常心肌的应变及应变率

正常情况下,心肌的应变及应变率在一定范围内稳定,且变化协调有序,在彩色组织多普勒图像上测得心肌长轴上的收缩期应变约为-20%~-15%,应变率约为 $(-1.0 \pm 0.5) s^{-1}$ <sup>[2]</sup>。将心脏分为 16 个节段,计算每个节段的收缩期应变,将这些节段的数据进行综合分析得出一个反映心脏整体应变率的值,称之为整体长轴应变(GLS),正常值为-22%~-18%<sup>[6]</sup>。Kuznetsova 等<sup>[7]</sup>通过对 480 例正常志愿者研究发现,心肌纵向应变及应变率、径向应变及应变率、扭转(周向)应变及应变率均随着年龄的增长、室壁的相对增厚、体质量的增加而下降。另有研究<sup>[8]</sup>证实,不同方法测得的应变及应变率结果不同,取自二维超声心动图的应变及应变率较取自心肌组织速度的测值稍小,但由于目前斑点追踪成像技术临床尚未广泛应用,故尚无标准的正常范围可供参考。

### 三、心肌应变及应变率在临床上的应用

心肌应变及应变率已在评价冠状动脉粥样硬化性心脏病

(以下简称冠心病)、心力衰竭、右室功能,以及鉴别肥厚型心肌病高血压病引起的心肌增厚等方面逐步得到应用。根据不同运动方向的应变或应变率受损情况可以大致区分出受累心肌纤维的排列(纵型或环形);由于纵型心肌主要分布于心内膜及心外膜,故长轴应变及应变率受损对尚未造成心肌坏死的心内膜缺血及心包炎较为敏感;如长轴应变、短轴应变及应变率均受损,多为导致心肌全层受损的疾病,如急性心肌梗死、心肌病等所致。

#### (一)在冠心病中的应用

1.评价稳定型心绞痛:传统超声心动图主要由观察者视觉评价有节段性室壁运动异常的心肌,但由于心肌运动受心脏整体运动和周围心肌牵拉作用的影响,传统超声心动图在发现异常运动的心肌时会受到限制,而心肌应变及应变率在评价心肌的收缩功能时不依赖观察者视觉对室壁运动异常及心室容量的判断,而是依赖心肌组织客观真实的形变,因此可在冠心病患者心脏整体收缩和舒张功能未见明显异常时,从目测正常的心肌节段中检出异常节段。研究<sup>[9]</sup>显示,GLS 对阻塞性冠状动脉疾病有较高的检出率,优于负荷超声下视觉评价相对的室壁运动异常。

2.评价急性冠状动脉综合征(ACS):对于 ACS 患者,二维超声心动图模式下的左室心肌应变及应变率已经深入研究,心肌应变及应变率可以检测并排除 ACS,且对评价 ACS 患者的预后具有重要意义。Dahlslett 等<sup>[10]</sup>研究显示,对疑为 ACS 且最初的生物学标志物正常的患者,GLS 在  $-21\%$  以上可排除 ACS(敏感性为  $93\%$ )。对于急性 ST 段抬高型心肌梗死的患者,左室 GLS 对其出院后不良事件的发生率有重要的预测价值,Woo 等<sup>[11]</sup>对 98 例急性 ST 段抬高型心肌梗死患者在初发症状时及冠状动脉介入术后 3 d 行传统超声心动图和斑点追踪成像检查,发现 GLS 是冠状动脉介入术前预测心肌梗死后并发症的独立因素。对于非 ST 段抬高型心肌梗死的患者,左室 GLS 可以有效区分有可能会出出现心肌重构的患者,D'Andrea 等<sup>[12]</sup>观察 70 例非 ST 段抬高型心肌梗死患者发现,出出现心肌重构的患者 GLS 值较未出出现心肌重构的患者低,差异有统计学意义( $P < 0.01$ ),GLS 预测左室心肌重构的敏感性和特异性分别为  $84.8\%$  和  $87.8\%$ 。

3.评价冠状动脉血运重建的效果:药物溶栓、经皮冠状动脉介入治疗及冠状动脉旁路移植术是目前国内外治疗冠心病的主要手段,评价患者冠状动脉血运重建后的心脏功能对手术价值、患者预后等方面均有重要意义。心肌应变及应变率可用于定量评价冠状动脉血运重建治疗后局部心肌运动及左室功能的改善。Munk 等<sup>[13]</sup>研究发现,在 24 h 内血运重建的患者,降低的 GLS 能可靠地预测全因死亡、再梗死再住院及心力衰竭等复合终点事件。Abate 等<sup>[14]</sup>应用斑点追踪成像技术检测 153 例心肌梗死并在疾病初期行冠状动脉介入手术患者的心肌应变及应变率,以节段性室壁运动异常评分减少  $\geq 1$  分作为左室局部心肌功能改善的标准,结果发现在 6 个月的随访内,局部心肌功能改善的患者长轴应变值较未改善的患者高,差异有统计学意义( $P < 0.01$ ),以长轴应变  $\geq -11.1\%$  预测局部心肌功能改善的敏感性和特异性分别为  $92\%$  和  $91\%$ 。

#### (二)在心力衰竭诊断中的应用

左室功能异常在纵向运动、径向运动及旋转运动 3 个层面

上均存在,传统超声心动图仅能在纵向运动及径向运动层面上评价心脏功能,不能评价心脏的旋转运动,而心肌应变及应变率突破了这一限制,可以从上述 3 个层面上分别评价心脏功能。早期对于射血分数保留的心力衰竭患者和射血分数减低的心力衰竭患者的对比性研究<sup>[15-16]</sup>发现,两者均存在长轴应变受损,早期的长轴应变受损较简单的射血分数下降对于心力衰竭患者更有诊断价值,且已被证实是预测发生心力衰竭不良事件的独立指标。另外,心脏的舒张功能不全是导致急性心力衰竭呼吸困难的重要机制,研究<sup>[1]</sup>发现,患者因心脏舒张功能不全出现呼吸困难时,GLS 明显受损,经治疗后呼吸困难症状好转,GLS 值也随之改善。

#### (三)评价右室功能

右室功能正常与否在维持整个循环系统的功能中发挥着极其重要的作用,且在肺栓塞、先天性心脏病及右室心肌梗死等患者的诊断、治疗及预后中亦具有重要价值。由于右室腔的形态不规则,右心功能的测量一直以来都是困扰超声医师的难题,因此应用特殊的技术手段定量分析右室功能是一个非常重要的课题。有研究<sup>[1]</sup>发现在大面积的肺栓塞患者中,心肌应变及应变率可以早期、无创地发现右室功能下降,为尽早进行溶栓治疗提供依据。有研究<sup>[17]</sup>通过对比 75 例肺栓塞患者与 30 例正常成人之间的右室应变及应变率,结果发现肺栓塞患者的右室应变及应变率较正常成人低,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ )。Liu 等<sup>[18]</sup>对 80 例慢性肺源性心脏病患者和 41 例正常成人进行对比研究,比较其右室游离壁及室间隔各节段的应变及应变率,并通过心脏 MRI 获得其右室射血分数,结果发现中度肺动脉高压组右室游离壁及室间隔各节段的应变及应变率均较对照组减低,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ ),重度肺动脉高压组右室游离壁及室间隔各节段的应变及应变率均较中度肺动脉高压组减低,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ ),单独个体之间右室游离壁及室间隔各节段的应变及应变率与右室射血分数密切相关。以上研究均证明心肌应变及应变率在评价右室功能方面有潜在作用。

#### (四)评价高血压病

应变及应变率与血压高度密切相关,Celic 等<sup>[19]</sup>对 152 例高血压病患者和 50 例健康志愿者进行对比研究,结果显示,经过药物治疗且血压控制良好的患者与健康志愿者的长轴应变、短轴应变及扭转应变的值相似,且均较未治疗组和经过治疗后血压控制不理想组明显减低。Sera 等<sup>[20]</sup>对 577 例参与者(排除严重的心肺疾病)进行办公室血压测量及动态血压监测,研究发现动态血压升高及办公室血压升高均与 GLS 受损有关。在协调相关变量(年龄、性别、体质量指数、糖尿病、冠心病及降压药物)之后,办公室舒张压和 24 h 动态收缩压、舒张压均与 GLS 相关,同一个体的动态血压与 GLS 密切相关。

#### (五)在其他心脏疾病中的应用

研究<sup>[21]</sup>显示,心肌应变及应变率还可以用来评价心脏再同步化治疗的效果,鉴别肥厚型心肌病及高血压引起的室壁增厚,评价原发性心肌淀粉样变程度、药物的心脏毒性及致心律失常性右室发育不良脂肪浸润程度等<sup>[21]</sup>。Yang 等<sup>[22]</sup>发现在肥厚型心肌病患者中,组织多普勒成像模式下的左室长轴应变水平段较

心尖段和基底段低,55%的患者会出现正向应变峰值。Koyama 等<sup>[23]</sup>发现心肌长轴应变及应变率对心肌淀粉样变有潜在的诊断意义。Prakasa 等<sup>[24]</sup>检测致心律失常性右室发育不良患者组织多普勒成像模式下的心肌长轴应变,发现当右室游离壁的长轴应变低于-18%时,可以从正常对照组中区分出致心律失常性右室发育不良患者。

#### (六)与其他技术的联合应用

可与多巴酚丁胺负荷超声心动图相联合,评价患者心肌的收缩期储备进而发现顿抑心肌,有研究<sup>[12]</sup>证实有多巴酚丁胺负荷超声诱导下,存活心肌的应变及应变率较坏死心肌高,可以发现存活心肌及评价急性 ST 段抬高型心肌梗死患者溶栓治疗后的局部心肌功能改善情况;与心脏声学造影联合应用,可减少噪声的干扰,提高心血管疾病的诊断准确率,刘淑军等<sup>[25]</sup>应用实时三维斑点追踪成像技术联合超声造影技术对比经冠状动脉造影证实的 25 例正常志愿者、25 例心肌缺血患者及 25 例心肌梗死患者之间的左室 17 节段应变及整体应变,发现三者的数值呈依次下降的趋势,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ )。

#### 四、局限性

心肌应变及应变率的测量仍存在一定的局限性:①易受到噪声的影响,如患者心率快或长期吸烟的患者肺气较重等情况均可使噪声增加;②受帧频的干扰波动非常大,帧频越低,时间分辨率越低,测量的准确性降低;反之,帧频提高,测量的准确性随之增加。

#### 五、展望

心肌应变及应变率日益成为研究的热点,它以无创、迅速、定量及客观等优点将为评价心肌整体及局部功能开创广阔的应用前景。在未来发展中,可以尝试将其与其他技术联合,不断提高其跟踪质量,降低噪声的干扰,提高帧频,使其在心血管疾病的诊治方面发挥更重要的作用。

#### 参考文献

- [1] Favot M, Courage C, Ehrman R, et al. Strain echocardiography in acute cardiovascular diseases[J]. West J Emerg Med, 2016, 17(1):54-60.
- [2] Ducas R, Tsang W, Chong AA, et al. Echocardiography and vascular ultrasound: new developments and future directions[J]. Can J Cardiol, 2013, 29(3):304-316.
- [3] Leischik R, Dworrak B, Sanchis-Gomar F, et al. Echocardiographic assessment of myocardial ischemia[J]. Ann Trans Med, 2016, 4(13):259.
- [4] Geyer H, Caracciolo G, Abe H, et al. Assessment of myocardial mechanics using speckle tracking echocardiography: fundamentals and clinical applications[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2010, 23(4):351-369.
- [5] Biaggi P, Carasso S, Garceau P, et al. Comparison of two different speckle tracking software systems: does the method matter? [J]. Echocardiography, 2011, 28(5):539-547.
- [6] Goresan J, Tanaka H. Echocardiographic assessment of myocardial strain[J]. J Am Coll Cardiol, 2011, 58(14):1401-1013.
- [7] Kuznetsova T, Herbots L, Richart T, et al. Left ventricular strain and strain rate in a general population[J]. Eur Heart J, 2008, 29(16):2014-2023.
- [8] Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, et al. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese Society of Echocardiography [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2011, 24(3):277-313.
- [9] Gaibazzi N, Pigazzani F, Reverberi C, et al. Rest global longitudinal 2D strain to detect coronary artery disease in patients undergoing stress echocardiography: a comparison with wall-motion and coronary flowreserve responses[J]. Echo Res Pract, 2014, 1(2):61-70.
- [10] Dahlslett T, Karlsen S, Grenne B, et al. Early assessment of strain echocardiography can accurately exclude significant coronary artery stenosis in suspected non-ST-segment elevation acute coronary syndrome[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2014, 27(5):512-519.
- [11] Woo JS, Kim WS, Yu TK, et al. Prognostic value of serial global longitudinal strain measured by two-dimensional speckle tracking echocardiography in patients with ST-segment elevation myocardial infarction[J]. Am J Cardiol, 2011, 108(3):340-347.
- [12] D'Andrea A, Cocchia R, Caso P, et al. Global longitudinal speckle-tracking strain is predictive of left ventricular remodeling after coronary angioplasty in patients with recent non-ST elevation myocardial infarction[J]. Int J Cardiol, 2011, 153(2):185-191.
- [13] Munk K, Andersen NH, Terkelsen CJ, et al. Global left ventricular longitudinal systolic strain for early risk assessment in patients with acute myocardial infarction treated with primary percutaneous intervention[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2012, 25(6):644-651.
- [14] Abate E, Hoogslag GE, Antoni ML, et al. Value of three-dimensional speckle-tracking longitudinal strain for predicting improvement of left ventricular function after acute myocardial infarction[J]. Am J Cardiol, 2012, 110(7):961-967.
- [15] Wang J, Khoury DS, Yue Y, et al. Preserved left ventricular twist and circumferential deformation, but depressed longitudinal and radial deformation in patients with diastolic heart failure[J]. Eur Heart J, 2008, 29(10):1283-1289.
- [16] Matsumoto K, Tanaka H, Kaneko A, et al. Contractile reserve assessed by three-dimensional global circumferential strain as a predictor of cardiovascular events in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2012, 25(12):1299-1308.
- [17] Platz E, Hassanein AH, Shah A, et al. Regional right ventricular strain pattern in patients with acute pulmonary embolism[J]. Echocardiography, 2012, 29(4):464-470.
- [18] Liu Y, Wang D, Du Q, et al. Evaluation of right ventricular systolic function in patients with chronic pulmonary heart disease by 2-dimensional speckle-tracking echocardiography[J]. J Ultrasound Med, 2016, 35(11):2333-2342.
- [19] Celic V, Tadic M, Suzic-Lazic J, et al. Two- and three-dimensional speckle tracking analysis of the relation between myocardial deformation and functional capacity in patients with systemic hypertension[J]. Am J Cardiol, 2014, 113(5):832-839.



- [20] Sera F, Jin Z, Russo C, et al. Relationship of office and ambulatory blood pressure with left ventricular global longitudinal strain[J]. Am J Hypertens, 2015, 7(12):188-191.
- [21] Palka P, Lange A, Fleming AD, et al. Differences in myocardial velocity gradient measured throughout the cardiac cycle in patients with hypertrophic cardiomyopathy, athletes and patients with left ventricular hypertrophy due to hypertension[J]. J Am Coll Cardiol, 1997, 30(3):760-768.
- [22] Yang H, Sun JP, Lever HM, et al. Use of strain imaging in detecting segmental dysfunction in patients with hypertrophic cardiomyopathy[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2003, 16(3):233-239.
- [23] Koyama J, Ray-Sequin PA, Falk RH. Longitudinal myocardial function assessed by tissue velocity, strain, and strain rate tissue Doppler echocardiography in patients with AL(primary) cardiac amyloidosis[J]. Circulation, 2003, 107(19):2446-2452.
- [24] Prakasa KR, Wang J, Tandri H, et al. Utility of tissue Doppler and strain echocardiography in arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy[J]. Am J Cardiol, 2007, 100(3):507-512.
- [25] 刘淑军, 陈小珠, 唐昌宗. 实时三维超声斑点追踪显像联合超声造影研究梗死心肌和缺血心肌应变[J]. 中外医学研究, 2016, 14(15):54-55.

(收稿日期:2016-09-10)

## · 病例报道 ·

## Ultrasonic misdiagnosis of ureteral stump syndrome: a case report 输尿管残端综合征超声误诊 1 例

万晓玲 张 强

[中图分类号] R445.1

[文献标识码] B

患者女, 57 岁, 发现盆腔包块 10 余年。患者 30 年前行经腹右肾切除术。入院检查: 双肾区无明显不适, 尿常规细菌计数 287.9/μl, 白细胞酯酶(+++), 隐血微量。妇科检查: 右侧附件区可扪及一长约 5 cm 的条索状包块, 活动度可, 无压痛, 左侧附件区未扪及明显异常。超声检查: 子宫大小 4.5 cm×3.1 cm×3.6 cm, 形态规则, 肌层回声欠均匀, 内膜居中, 厚约 0.3 cm, 右侧附件区可见一范围约 7.0 cm×2.3 cm 的无回声(图 1), 边界清, 内见带状回声分隔, 左侧附件区未见明显异常声像。提示: 右侧附件区无回声(输卵管积水?)。泌尿系统超声检查: 右肾已切除, 左肾及左侧输尿管未见明显异常。患者后行腹腔镜检查, 术中见子宫大小正常, 表面光滑无粘连, 双侧附件外观无异常, 右侧输尿管残段增粗, 直径约 3 cm, 长约 20 cm, 术中见大量脓液渗出。术后诊断: 右侧残端输尿管积脓。

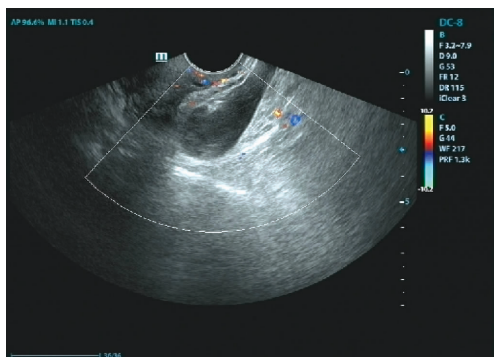


图 1 声像图示右侧附件区无回声

讨论: 输尿管残端综合征临床少见, 多表现为行半肾或肾输尿管切除术后出现残端肿瘤转移、瘘、发热性尿路感染积脓等症, 原发病常为肾肿瘤、结石及肾输尿管发育畸形等。一般情况下, 肾切除术后残留部分输尿管, 输尿管内积脓能顺利进入膀胱, 经尿道排出体外, 不会出现输尿管残端综合征。但若输尿管迂曲、扩张, 管壁明显增厚, 输尿管排泄功能失调或残留结石, 尿液排出不畅, 远端输尿管反流、梗阻或合并感染, 则会出现输尿管残端综合征。而输卵管积水大多由炎症或结核导致伞端及峡部粘连闭锁, 管腔内浆液性渗出物聚积而成, 临床上多无明显不适或有下腹坠胀、腰骶部不适表现, 妇科检查时附件区增厚, 可有触痛, 临床诊断困难。输卵管积水声像图显示在子宫两旁或外上方可见一侧或两侧向盆腔侧壁延伸的无回声区, 囊壁可光滑或增厚毛糙, 张力差, 呈腊肠样、串珠样或曲颈瓶样, 内部可见不完全分隔带及点状强回声, 两侧卵巢可显示, 彩色多普勒在增粗的输卵管壁上可见较丰富的血流信号。

本例患者 30 年前行右肾切除术, 超声表现为右侧附件区一无回声, 内见带状回声分隔。声像图表现难与输卵管积水鉴别, 但结合妇科检查和患者肾切除病史, 超声检查时应仔细观察囊性包块与子宫、卵巢或膀胱的关系, 从而确定其来源。本病对于有肾切除病史, 术后出现手术侧腹痛、反复泌尿系感染及血尿等症状的患者, 临床应警惕输尿管残端综合征的可能。

(收稿日期:2016-07-18)