

doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2021.09.035
View this article at: <https://dx.doi.org/10.3978/j.issn.2095-6959.2021.09.035>

超声斑点追踪技术评价心肌纤维化的临床应用进展

方小梅 综述 韩薇 审校

(哈尔滨医科大学附属第一医院心血管内科，哈尔滨 150001)

[摘要] 心肌纤维化是心肌重构的主要表现之一，是多种心血管疾病的共同病理结果，与心力衰竭、恶性心律失常和猝死等不良预后密切相关。目前对心肌纤维化的干预甚至逆转已成为心血管疾病防治的新目标，因此心肌纤维化的准确检测具有重要的临床意义。超声斑点追踪技术(speckle tracking echocardiography, STE)可动态监测心肌运动及心功能变化，对心血管疾病的诊断、随访及预后评估具有重要的临床意义。既往有研究证实STE可间接评价心肌纤维化。

[关键词] 心肌纤维化；超声心动图；斑点追踪技术

Progress on clinical application of speckle tracking echocardiography in the evaluation of myocardial fibrosis

FANG Xiaomei, HAN Wei

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

Abstract Myocardial fibrosis is one of the main manifestations of myocardial remodeling and a common pathological result of various cardiovascular diseases, which is closely related to poor prognosis such as heart failure, malignant arrhythmia, and sudden death. At present, intervention or even reversal of myocardial fibrosis has become a new target of prevention and treatment of cardiovascular disease, so the accurate detection of myocardial fibrosis has important clinical significance. Speckle tracking echocardiography (STE) can dynamically monitor the changes of myocardial motion and cardiac function, and has important clinical significance for the diagnosis, follow-up and prognosis of cardiovascular diseases. Previous studies have confirmed that STE can indirectly evaluate myocardial fibrosis.

Keywords myocardial fibrosis; echocardiography; spot tracking technology

心肌纤维化由胶原在细胞外逐渐聚集引起，其产生由免疫、肾素-血管紧张素-醛固酮系统(renin angiotensin aldosterone system, RAAS)及其他多种因子共同参与，可导致心室重构改变，从而影响心脏机械活动和电活动使病死率增加。目前心肌纤维化的检测手段主要有心内膜组织活检、心脏磁共振

成像(cardiac magnetic resonance, CMR)、核医学显像、超声心动图及血清胶原纤维标志物5种^[1]。近年来，晚期钆增强(late gadolinium enhancement, LGE) CMR已成为无创评价心肌纤维化的金标准^[2]，主要用于检测局部心肌纤维化，而对弥漫性心肌纤维化、散在尚未形成大片状及潜在的心

肌纤维化病变无法有效识别^[3-4]。1973年Mirsky和Parmley提出应变(epsilon, ϵ)的概念^[5], 从而使人们可以对心肌收缩特性进行定量分析。超声斑点追踪技术(speckle tracking echocardiography, STE)是在应变及应变率显像的基础上发展起来的一种新技术, 最初用模型证明STE方法可检测局部心肌应变^[6]。目前二维超声斑点追踪技术(two-dimensional speckle tracking echocardiography, 2D-STE)及三维超声斑点追踪技术(three-dimensional speckle tracking echocardiography,

3D-STE)被广泛应用于临床, 在评估缺血性心脏病、各种心肌病、心脏同步化治疗及各种心脏外疾病等方面具有重要的临床价值。大量研究证实 ϵ 可间接反应心肌纤维化的存在及严重程度(表1)。

检索PubMed、中国知网、万方等数据库, 检索词包括: Myocardial fibrosis、Speckle tracking echocardiography、心肌纤维化、斑点追踪成像等。检索时限均从数据库建库至2020年4月, 对符合检索要求的所有中英文文献进行手工筛选, 以保证文献查全率。

表1 STE评估心肌纤维化的临床应用

Table 1 Clinical application of STE in evaluating myocardial fibrosis

研究者	年份	患者	样本量/例	斑点成像检测指标	心肌纤维化诊断金标准	临床意义	研究局限性
Haland等 ^[7]	2016	肥厚型心肌病患者	150	GLS、机械离散度	心脏磁共振延迟强化率	GLS、机械离散度与肥厚型心肌病患者心肌纤维化严重程度相关, 并可帮助识别有室速及心脏性猝死的高危人群	肥厚型心肌病患者室壁厚度不一, 会影响应变图像分析; 延迟强化率可能低估心肌纤维化的程度
Chimura等 ^[8]	2017	扩张型心肌病患者	179	GLS	LGE-CMR	GLS与扩张型心肌病患者左心室重构相关, 可评估其预后	心脏磁共振延迟强化评估心肌纤维化为定性方法
Kramer等 ^[9]	2013	Fabry病患者	101	LS	心脏磁共振延迟强化率	STE可间接评估Fabry病患者心肌纤维化	STE较易受人为因素影响, 结果准确性有待进一步提高
Cui等 ^[10]	2018	扩张型心肌病及缺血性心肌病患者	22	GLS、GCS及GRS	ECV	ECV诊断心肌纤维化的准确性与心内膜活检相当; 该研究显示STE不能有效评估心肌纤维化	样本小
Cameli等 ^[11]	2016	需心脏移植的心力衰竭患者	153	GLS、GCS及左室扭转率	心内膜组织活检	GLS、GCS及左室扭转率可准确评估心肌纤维化, 其中GLS的诊断价值最高	心肌纤维化为定性测量, 结果需要定量研究进一步证实
Lisi等 ^[12]	2015	终末期心力衰竭患者	27	LS	心内膜组织活检	心室游离壁LS可有效检测右心室心肌纤维化	样本少, 结果需大规模队列研究证实
Xu等 ^[13]	2020	患心力衰竭的肾脏疾病患者	66	GLS、GCS及GRS	ECV	LS是评价心力衰竭患者心肌纤维化的良好指标, 具有较高的准确性	样本少, 不能应用于所有心力衰竭患者

续表1

研究名称	年份	患者	样本量 (例)	斑点成像检 测指标	心肌纤维化 诊断金标准	临床意义	研究局限性
Diao等 ^[14]	2017	心肌梗死患者	765	GLS	LGE-CMR	GLS可以作为评价心肌梗死面积的良好指标	本研究为荟萃分析, 仅包括少部分GLS诊断梗死面积的相关研究, 结论需更多研究证实
Grenne等 ^[15]	2011	心肌梗死患者	76	平均纵向应变、GLS	LGE-CMR	STE可有效评估心肌梗死面积	样本小
Altiock等 ^[16]	2014	心肌梗死患者	93	GLS、CS	LGE-CMR	2D-STE不仅可有效评估左室重构, 而且可预测心肌整体功能恢复情况	本研究尚未确定评估左室重构的应变截断值
Soesanto等 ^[17]	2019	二尖瓣狭窄患者	36	GLS	LGE-CMR	GLS与LGE-CMR检测的心肌纤维化呈中等强度相关	样本小
Park等 ^[18]	2019	主动脉瓣狭窄患者	71	GLS	ECV	STE可间接评价心肌纤维化的严重程度	样本小
Slimani等 ^[19]	2020	重度主动脉瓣狭窄患者	101	GLS、GCS	心内膜组织活检	GLS、GCS可有效评估心肌纤维化	本研究仅纳入重度主动脉瓣狭窄患者, 未对轻中度重度主动脉狭窄患者进行分析
Spartera等 ^[20]	2014	肥厚型心肌病、心肌梗死、心肌炎等患者	50	GLS	LGE-CMR	3D-STE测量的LS是评价心肌纤维化的较好指标, 具有较高的敏感性及特异性	样本少; 心肌水肿及炎症影响LGE测量
Huttin等 ^[21]	2015	心肌梗死患者	100	GLS、GCS、GRS及面积应变	LGE-CMR	面积应变可有效检测及量化心肌瘢痕	不同心肌梗死类型患者人群分布不均匀, 可能影响实验结论

1 STE 的原理

超声心肌成像时, 小于超声波波长的微小组织因散射、反射、干扰等原因产生一种斑点样回声; STE通过识别斑点来完成对心肌运动的轨迹追踪, 它以二维灰阶超声图像为基础, 在室壁中选取一定范围的兴趣区, 分析软件自动追踪^[22-24]。STE的参数主要包括 ϵ 及应变率的测量。 ϵ 是指物体的变形能力, $\epsilon=(L_1-L_0)/L_0$, L_1 代表两点产生相对位移后的长度, L_0 代表两点间的初始长度; 应变率是心肌在心动周期中发生变形的速率, 其参

数还包括纵向应变(longitudinal strain, LS)、圆周应变(circumferential strain, CS)及径向应变(radial strain, RS)、速度位移、扭曲、扭转及解旋等^[25], 因此STE可以全面、细致地评价心肌运动。

2 STE 的临床应用

2.1 2D-STE 评价心肌纤维化的临床应用

2.1.1 心肌病

心肌病患者普遍存在心肌纤维化, 与室性心律失常、心脏性猝死、心功能不全等不良临床事

件密切相关^[26-28]。一项关于肥厚型心肌病患者预后的研究^[7]发现：与无心肌纤维化的患者相比，存在心肌纤维化的患者具有更低的整体纵向应变(global longitudinal strain, GLS)和更高的机械离散度，且预后更差。Misato等^[8]共纳入179名扩张型心肌病患者，结果显示GLS与扩张型心肌病患者的左心室重构独立相关，并可作为危险分层的指标用于评估预后。另一项研究^[9]应用LGE-CMR检测Fabry病患者心肌纤维化，结果表明：存在心肌纤维化的心肌节段具有较低的LS，且纤维化越重LS越低。CMR衍生的细胞外容积(extracellular volume, ECV)是无创评价心肌纤维化的定量手段；ECV常用于检测弥漫性心肌纤维化，提示纤维化可逆^[3]。但一项小样本研究^[10]结论与上述研究结论不一致，该研究显示：在需要心脏移植的扩张型心肌病和缺血性心肌病患者中，GLS、整体周向应变(global circumferential strain, GCS)和整体径向应变(global radial strain, GRS)与ECV及心内膜活检提示的心肌纤维化无显著相关，分析其原因可能与样本量小密切相关，因此2D-STE是否可用于心肌病心肌纤维化的评价，尚存在争议，未来需要更多大样本研究来证实。

2.1.2 心力衰竭

心肌纤维化是心力衰竭患者心脏最重要的组织学特点之一^[29]，可导致心功能不全^[30]。一项关于心力衰竭的研究^[11]发现：GLS与左心室心肌纤维化呈强相关($r=0.75$)，GCS及左室扭转率与左室心肌纤维化呈中等强度相关，其中GLS诊断心肌纤维化的ROC曲线下面积为0.92，表明2D-STE可准确评价心肌纤维化。Lisi等^[12]进行的关于心力衰竭右心室纵向应变与心肌纤维化的研究显示：右心室心肌纤维化与右心室游离壁LS呈强相关($r=0.80$ ； $P<0.0001$)，且右心室游离壁LS与右心室心肌纤维化独立相关；该研究亚组分析还发现在右心室心肌纤维化严重的患者中，右心室游离壁LS检测心肌纤维化的准确率最高(ROC曲线下面积为0.87，95%置信度区间为0.80~0.94)，表明LS是反应心肌纤维化的良好指标。另一项前瞻性研究^[13]也发现：在患心力衰竭的肾脏疾病患者中，心肌纤维化定量指标ECV与GRS、GCS和GLS呈中等强度相关。上述研究表明LS是评价心力衰竭患者心肌纤维化的良好指标，具有较高的准确性，可作为评价心肌纤维化的新指标应用于临床。

2.1.3 心肌梗死

心肌梗死因心肌持久而严重的急性缺血导致心肌坏死，缺血和坏死会影响整个心动周期的心

肌变形，因此临幊上可用2D-STE评价心肌梗死面积。一项关于STE评估急性心肌梗死面积的荟萃分析^[14]显示：GLS诊断心肌梗死面积>12%的准确性为0.702，敏感性为0.77，特异性0.86，且与CMR诊断的梗死面积大小呈正相关，表明2D-STE可以作为评价梗死面积的良好指标。Grenne等^[15]研究表明：心肌梗死面积与平均纵向应变、GLS和左室射血分数显著相关，其中平均纵向应变与梗死面积大小的相关性最好，当其截断值为-7.6%时，对面积诊断的敏感性为89%，特异性为88%。另一项研究^[16]也证实，在心肌梗死患者中，2D-STE与LGE-CMR预测左室重构的准确性相当，分别为0.806和0.824；同时该研究还发现在预测心肌整体功能恢复方面，2D-STE与LGE-CMR相比具有同样高的准确性，说明2D-STE作为一种全新的影像学手段，可于早期评估心肌梗死的面积及预测心脏功能恢复情况，为治疗及预后评估提供指导意义。

2.1.4 心脏瓣膜病

心脏瓣膜病常因压力负荷或容量负荷过重等导致心肌纤维化的发生发展^[31]。一项关于LGE与纵向应变关系的小样本研究显示：在年龄为(45.7±9.9)岁的风湿性二尖瓣狭窄患者中，GLS与LGE-CMR检测的心肌纤维化呈中等强度相关($r=0.432$)^[17]。Park等^[18]研究显示：与轻中度主动脉瓣狭窄患者相比，重度主动脉瓣狭窄患者心力衰竭及舒张功能障碍发生率更高；ECV和自然T1与主动脉瓣狭窄程度显著相关；此外，该研究还发现GLS与ECV呈中度相关($r=0.455$)。另一项关于主动脉瓣狭窄患者后负荷与心肌纤维化关系的研究^[19]也表明：与心肌纤维化阴性组相比，心肌纤维化阳性组具有更低的GLS和GCS。因此STE不仅可以定性评价心肌纤维化存在与否，还可定量评价心肌纤维化的严重程度，是临幊评价心肌纤维化的可行及有效手段。

2.2 3D-STE 评价心肌纤维化的临幊应用

3D-STE可在三维空间里追踪心肌斑点运动轨迹，多角度、实时动态地显示心脏解剖结构。研究^[32-33]证实：与2D-STE比较，3D-STE的可行性和重复性更好，图像获取及数据分析速度更快，能更准确、快速地分析心肌变形，但目前该技术因时间及空间分辨率较低，临幊应用受到限制。一项小样本研究^[20]发现：3D-STE的GLS与LGE-CMR检测的心肌纤维化呈中等强度相关，应用LS判断心肌纤维化的ROC曲线下面积为0.79，以-15.25%为截断值，其敏感性和特异性分别为84.6%和

84.8%，说明3D-STE测量的LS是评价心肌纤维化的较好指标，具有较高的敏感性及特异性。Huttin等^[21]应用3D-STE技术评估急性心肌梗死微血管阻塞患者的整体和局部心肌变形情况，急性心肌梗死根据LGE-CMR检测的LGE区域厚度与相应室壁厚度的比值分为透壁(>50%)及非透壁心肌梗死(<50%)，结果显示透壁性梗死节段的应变值均明显低于非梗死节段；除GRS外，非透壁性梗死节段的应变值均明显低于非梗死节段；该研究还发现3D-STE的面积应变是一种敏感和可重复的指标，可用于预测和量化瘢痕。这些研究为3D-STE评价心肌纤维化的临床应用提供理论依据，相信随着技术的发展，3D-STE将更加普遍地应用于临床。

3 结语

STE是一项在发展中的超声定量分析技术，既往研究显示STE可间接评估心肌纤维化，并具有较高的准确性。与心脏磁共振等评价心肌纤维化的技术相比，STE可在发生不可逆性心肌功能障碍之前及早识别细微的心肌功能障碍，具有廉价、省时、可床旁操作、准确和可重复性等优点。与2D-STE相比，3D-STE更具优势，能够更准确地评价心肌的运动和变形能力^[34-35]。但无论是2D-STE还是3D-STE，结果的准确性都受到图像质量、操作人员的技术水平、患者的心率与呼吸等因素影响。此外，STE用于评估心肌纤维化的文献报道较少，缺少评价心肌纤维化的参考截断值，今后需进行大规模队列研究验证该技术的准确性及可行性。相信随着超声技术的不断完善，STE可作为心肌纤维化的检测手段被广泛应用于临床，及时、高效、准确地发现心肌纤维化，从而早期进行干预，对心血管疾病的预后改善具有重要的临床意义。

参考文献

- Jellis C, Martin J, Narula J, et al. Assessment of nonischemic myocardial fibrosis[J]. J Am Coll Cardiol, 2010, 56(2): 89-97.
- Weng Z, Yao J, Chan RH, et al. Prognostic value of LGE-CMR in HCM: A Meta-analysis[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2016, 9(12): 1392-1402.
- Bing R, Cavalcante JL, Everett RJ, et al. Imaging and impact of myocardial fibrosis in aortic stenosis[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2019, 12(2): 283-296.
- 刘钢, 范占明, 温兆赢, 等. 心脏磁共振成像Native T1mapping序列对急性心肌炎的诊断价值[J]. 中国医药, 2016, 11(5): 642-646. LIU Gang, FAN Zhanming, WEN Zhaoying, et al. Value of Native T1 mapping in cardiac magnetic resonance imaging in diagnosing acute myocarditis[J]. China Medicine, 2016, 11(5): 642-646.
- Mirsky I, Parmley WW. Assessment of passive elastic stiffness for isolated heart muscle and the intact heart[J]. Circ Res, 1973, 33(2): 233-243.
- 马春梅, 智光. 二维斑点追踪技术在临床的应用及进展[J]. 中华心脑血管病杂志, 2009, 11(4): 309-311. MA Chunmei, ZHI Guang. The clinical application and progress of two-dimensional speckle tracking technology[J]. Chinese Journal of Geriatric Heart Brain and Vessel Diseases, 2009, 11(4): 309-311.
- Haland TF, Almaas VM, Hasselberg NE, et al. Strain echocardiography is related to fibrosis and ventricular arrhythmias in hypertrophic cardiomyopathy[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2016, 17(6): 613-621.
- Chimura M, Onishi T, Tsukishiro Y, et al. Longitudinal strain combined with delayed-enhancement magnetic resonance improves risk stratification in patients with dilated cardiomyopathy[J]. Heart, 2017, 103(9): 679-686.
- Krämer J, Niemann M, Liu D, et al. Two-dimensional speckle tracking as a non-invasive tool for identification of myocardial fibrosis in Fabry disease[J]. Eur Heart J, 2013, 34(21): 1587-1596.
- Cui Y, Cao Y, Song J, et al. Association between myocardial extracellular volume and strain analysis through cardiovascular magnetic resonance with histological myocardial fibrosis in patients awaiting heart transplantation[J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2018, 20(1): 25.
- Cameli M, Mondillo S, Righini FM, et al. Left ventricular deformation and myocardial fibrosis in patients with advanced heart failure requiring transplantation[J]. J Card Fail, 2016, 22(11): 901-907.
- Lisi M, Cameli M, Righini FM, et al. RV longitudinal deformation correlates with myocardial fibrosis in patients with end-stage heart failure[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2015, 8(5): 514-522.
- Xu HY, Yang ZG, Zhang Y, et al. Prognostic value of heart failure in hemodialysis-dependent end-stage renal disease patients with myocardial fibrosis quantification by extracellular volume on cardiac magnetic resonance imaging[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2020, 20(1): 12.
- Diao KY, Yang ZG, Ma M, et al. The diagnostic value of global longitudinal strain (GLS) on myocardial infarction size by echocardiography: a systematic review and Meta-analysis[J]. Sci Rep, 2017, 7(1): 10082.
- Grenne B, Eek C, Sjøli B, et al. Mean strain throughout the heart cycle by longitudinal two-dimensional speckle-tracking echocardiography enables early prediction of infarct size[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2011, 24(10): 1118-1125.

16. Altio E, Tiemann S, Becker M, et al. Myocardial deformation imaging by two-dimensional speckle-tracking echocardiography for prediction of global and segmental functional changes after acute myocardial infarction: a comparison with late gadolinium enhancement cardiac magnetic resonance[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2014, 27(3): 249-257.
17. Soesanto AM, Desandri DR, Haykal TM, et al. Association between late gadolinium enhancement and global longitudinal strain in patients with rheumatic mitral stenosis[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2019, 35(S): 781-789.
18. Park SJ, Cho SW, Kim SM, et al. Assessment of myocardial fibrosis using multimodality imaging in severe aortic stenosis: comparison with histologic fibrosis[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2019, 12(1): 109-119.
19. Slimani A, Melchior J, de Meester C, et al. Relative contribution of afterload and interstitial fibrosis to myocardial function in severe aortic stenosis[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2020, 13(2 Pt 2): 589-600.
20. Spartero M, Damascelli A, Mozes F, et al. Three-dimensional speckle tracking longitudinal strain is related to myocardial fibrosis determined by late-gadolinium enhancement[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2017, 33(9): 1351-1360.
21. Huttin O, Zhang L, Lemarié J, et al. Global and regional myocardial deformation mechanics of microvascular obstruction in acute myocardial infarction: a three dimensional speckle-tracking imaging study[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2015, 31(7): 1337-1346.
22. Maffessanti F, Nesser HJ, Weinert L, et al. Quantitative evaluation of regional left ventricular function using three-dimensional speckle tracking echocardiography in patients with and without heart disease[J]. Am J Cardiol, 2009, 104(12): 1755-1762.
23. Urbano Moral JA, Arias Godinez JA, Maron MS, et al. Left ventricular twist mechanics in hypertrophic cardiomyopathy assessed by three-dimensional speckle tracking echocardiography[J]. Am J Cardiol, 2011, 108(12): 1788-1795.
24. Hu B, Zhou Q, Chen J, et al. Prediction for improvement and remodeling in first-onset myocardial infarction by speckle tracking echocardiography: is global or regional selection better?[J]. Ultrasound Med Biol, 2017, 43(10): 2452-2460.
25. Cameli M, Mondillo S, Galderisi M, et al. Speckle tracking echocardiography: a practical guide[J]. G Ital Cardiol (Rome), 2017, 18(4): 253-269.
26. Salerno M, Kramer CM. Prognosis in hypertrophic cardiomyopathy with contrast-enhanced cardiac magnetic resonance: the future looks bright[J]. J Am Coll Cardiol, 2010, 56(11): 888-889.
27. Perazzolo Marra M, De Lazzari M, Zorzi A, et al. Impact of the presence and amount of myocardial fibrosis by cardiac magnetic resonance on arrhythmic outcome and sudden cardiac death in nonischemic dilated cardiomyopathy[J]. Heart Rhythm, 2014, 11(5): 856-863.
28. Kwon DH, Halley CM, Popovic ZB, et al. Gender differences in survival in patients with severe left ventricular dysfunction despite similar extent of myocardial scar measured on cardiac magnetic resonance[J]. Eur J Heart Fail, 2009, 11(10): 937-944.
29. Ohyama Y, Volpe GJ, Lima JA. Subclinical myocardial disease in heart failure detected by CMR[J]. Curr Cardiovasc Imaging Rep, 2014, 7: 9269.
30. Mann DL, Bristow MR. Mechanisms and models in heart failure: the biomechanical model and beyond[J]. Circulation, 2005, 111(21): 2837-2849.
31. Cameli M, Mondillo S, Righini FM, et al. Left ventricular deformation and myocardial fibrosis in patients with advanced heart failure requiring transplantation[J]. J Card Fail, 2016, 22(11): 901-907.
32. Altman M, Bergerot C, Aussolleil A, et al. Assessment of left ventricular systolic function by deformation imaging derived from speckle tracking: a comparison between 2D and 3D echo modalities[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2014, 15(3): 316-323.
33. Saito K, Okura H, Watanabe N, et al. Comprehensive evaluation of left ventricular strain using speckle tracking echocardiography in normal adults: comparison of three-dimensional and two-dimensional approaches[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2009, 22(9): 1025-1030.
34. Tumenbayar M, Yamaguchi K, Yoshitomi H, et al. Increased apical rotation in patients with severe aortic stenosis assessed by three-dimensional speckle tracking imaging[J]. J Echocardiogr, 2018, 16(1): 28-33.
35. Muraru D, Niero A, Rodriguez-Zanella H, et al. Three-dimensional speckle-tracking echocardiography: benefits and limitations of integrating myocardial mechanics with three-dimensional imaging[J]. Cardiovasc Diagn Ther, 2018, 8(1): 101-117.

本文引用: 方小梅, 韩薇. 超声斑点追踪技术评价心肌纤维化的临床应用进展[J]. 临床与病理杂志, 2021, 41(9): 2201-2206. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2021.09.035

Cite this article as: FANG Xiaomei, HAN Wei. Progress on clinical application of speckle tracking echocardiography in the evaluation of myocardial fibrosis[J]. Journal of Clinical and Pathological Research, 2021, 41(9): 2201-2206. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2021.09.035