

# 斑点追踪技术在围术期心肌保护策略中的应用进展

罗超 高巨 陈勇 葛亚丽

**【摘要】** 围术期心肌功能的准确评价在心肺疾病的诊断分级和预后评估中起着决定作用,但传统的监测手段常难以进行实时、动态评估且操作较为复杂。斑点追踪技术是近年来超声医学领域内的一种新技术,可以对心肌组织的斑点回声进行追踪,能实时、定量监测围术期患者心肌功能变化。全文主要就斑点追踪技术在围术期心肌保护策略中的临床应用及研究进展进行综述,以期为临床评价围术期患者心肌功能变化提供帮助。

**【关键词】** 加速康复外科;斑点追踪;心肌保护;心肌应变

## Application advances of speckle tracking imaging in perioperative myocardial protection strategy

LUO Chao, GAO Ju, CHEN Yong, GE Yali. Graduate School of Dalian Medical University, Dalian 116044, China

Corresponding author: GAO Ju, Email: doctor2227@163.com

**【Abstract】** The accurate evaluation of perioperative myocardial function plays a decisive role in the diagnosis and prognosis assessment of cardiopulmonary diseases, but the traditional monitoring methods are often difficult to carry out real-time and dynamic evaluation, and the operation is also complex. Speckle tracking imaging technology is a new technology developed in the field of ultrasound medicine in recent years, which can track the speckle echo of cardiac tissue and monitor the changes of cardiac function in perioperative patients in real time and quantitatively. In this paper, the clinical application and research progress of perioperative myocardial protection strategies were reviewed in order to provide help for clinical evaluation of perioperative myocardial function changes in patients.

**【Key words】** Enhanced recovery after surgery; Speckle tracking; Myocardial protection; Myocardial strain

加速康复外科(enhanced recovery after surgery, ERAS)指运用有循证医学证据的优化措施对围术期患者进行干预,最大程度减少患者的生理及心理的创伤应激,达到快速康复的目的<sup>[1-4]</sup>。近年来,以 ERAS 理念为核心的围术期心肌保护策略已成为国内外学者研究的热点<sup>[5-6]</sup>。

心肌功能的准确评价在心肺疾病的诊断分级和预后评估中起着决定作用<sup>[7]</sup>。围术期采取一系列措施保护心肌,主要包括:术前改善心功能,增加心肌的能量储备;术中灌注心脏停搏液、心肌低温、缺血预处理等;术后保证冠状动脉的血液供应,合理控制心脏前、后负荷等,促进心脏顺应性的恢复也是重要的心肌保护工作<sup>[8-9]</sup>。要推动以 ERAS 理念为核心的围术期心肌保护策略的顺利实施,首要解决的问题是如何快速、准确、实时评估围术期患者心肌功能变化。二维斑点追踪技术是近年来逐渐发展的新兴超声医学技术<sup>[10-12]</sup>,与常规技术比较,二维斑点追踪技术能准确评价局

部和整体心肌功能,有利于对围术期心肌功能进行诊断分级及预后评估。

## 二维斑点追踪技术的概述

二维斑点颗粒产生于超声波内在反射与散射的互相干扰之中,并不代表机体任何生理和组织结构。心肌斑点的相对位置稳定,在心动周期中逐帧追踪,能够从中提取心肌变形的重要信息,称为斑点追踪<sup>[10-11]</sup>。斑点追踪技术能定量评价心脏功能与心肌运动情况<sup>[12]</sup>,实时对局部与整体心肌的应变与应变率(strain rate, SR)进行分析。

应变也称应变力,指物体的形变。SR 指物体形变的速度,即单位时间内应变。Mirsky 等<sup>[13]</sup>于 1973 年率先提出心肌应变这一概念,指心肌组织在单位时间内相对于基础状态的变形程度。Park 等<sup>[14]</sup>研究表明,在心肌局部收缩功能评估方面,应变分析比心脏 MRI 更具临床价值。除此之外,应变分析能够为心肌收缩的异质性和时间性提供更多信息。

## 二维斑点追踪技术的操作方法及优势

**操作方法** 二维斑点追踪技术有赖于高帧频,但一味提高帧频会降低图像分辨率。Abuelkasem 等<sup>[15]</sup>研究表明,最

DOI: 10.12089/jca.2021.11.018

基金项目:国家自然科学基金(81571936);扬州市科技计划项目(YZ2019145)

作者单位:116004 扬州大学临床医学院 江苏省苏北人民医院麻醉科(罗超、高巨、葛亚丽),心功能检查科(陈勇)

通信作者:高巨,Email: doctor2227@163.com

佳帧频设置为 50~70 Hz。采用心电图的 R 波或主动脉瓣的脉冲多普勒确定主动脉开放和关闭时点。采用经胸心脏超声或经食管心脏超声获取心尖三腔心、两腔心、四腔心切面，应包括完整的左心室图像且心尖显示良好、心内膜暴露清晰。首先在心尖三腔心切面标记三个感兴趣区(2 个二尖瓣联合部+1 个心尖部)并手动调节感兴趣区厚度、去除肌小梁<sup>[15-16]</sup>。追踪成功后在心尖两腔心和四腔心切面重复上述操作(图 1)，显示牛眼图。

**技术优势** 目前定量评价心肌功能多基于经胸或经食道超声的组织多普勒超声心动图技术，但组织多普勒技术有明显的角度依赖性且对不平行的超声波束容易低估心肌运动值参数<sup>[11,15-16]</sup>。二维斑点追踪技术为一种新型无创检查手段，克服了组织多普勒的角度依赖性能够无创定量分析心肌各个角度的局部运动变化。基于二维斑点追踪技术所测的心肌收缩参数与磁共振成像所测参数结果类似，因此该技术评价左心室收缩力具有较好的准确性、临床实用性和结果的可重复性<sup>[11,15-17]</sup>。

**二维斑点追踪技术在围术期的临床应用**

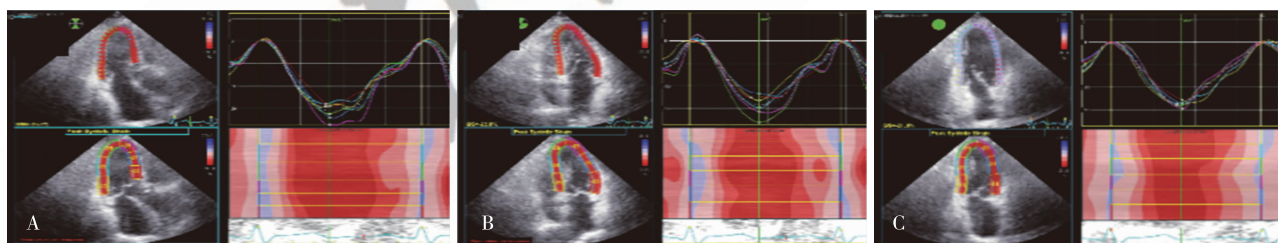
**术前评估** 传统的围术期管理目标是保证患者安全，随着中国逐渐步入老龄化社会，围术期管理目标也更高。临床医师不仅希望老年患者能够在术后快速康复，还希望患者术后肺氧合功能及心肌舒缩功能均能接近术前水平，术前脏器功能的评估和优化就是关键所在。

左心室整体纵向应变(left ventricular global longitudinal strain, LVGLS)是最常用的以应变为核心的评价左室整体收缩功能的指标<sup>[18-20]</sup>。Witkowski 等<sup>[21]</sup>研究表明，术前 LVGLS < -19.9% 与患者术后心肌功能障碍存在明显正相关。Thav-

endiranathan 等<sup>[18]</sup>通过回顾性研究表明，肿瘤患者在接受化疗后心肌应变指标的改变先于左心室射血分数(left ventricular ejection fractions, LVEF)及传统超声心动图指标的改变，LVGLS 降低超过 10%~15% 与患者远期预后不良呈明显正相关。因此，与传统超声心动图技术比较，斑点追踪技术可以更加敏感、准确评估患者术前心肌功能状况，预测发生心血管意外的几率。近年来，斑点追踪技术被用于冠心病患者的术前及预后评估。心肌缺血时相应心肌的舒缩功能下降、应变力减低，斑点追踪技术可以检测心肌在纵向、径向及圆周等方向上的应变并明确缺血心肌范围。Eek 等<sup>[22]</sup>研究表明，急性冠脉阻塞患者在左室整体结构及功能降低之前，应变力显著降低。临床医师可以通过斑点追踪成像早期发现心电图及实验室指标难以发现的急性冠脉综合征，为早期救治此类患者提供影像学依据。急性心肌梗死(ST-segment elevation myocardial infarction, STEMI)患者中有 10%~75% 伴有右心室(right ventricle, RV)功能受损，由于 RV 几何形态复杂，RV 功能评估一直是临床工作的难点。Goedemans 等<sup>[23]</sup>研究表明，心肌应变指标可能是评价 STEMI 患者 RV 收缩功能的最佳超声心动图指标。与常规超声心动图指标比较，心肌应变指标能更早地检测出患者右室功能障碍，并且对评估患者预后更具临床价值(图 2)。

与传统超声心动图参数比较，心肌应变能更加准确反映心肌收缩功能及心肌固有的机械性能，为临床医师采取优化措施改善患者心肌功能提供影像学依据。因此，斑点追踪技术是评估各类患者心肌功能的重要方法。

**术中监测** 老年患者入手术室后，面对陌生环境及复杂的检查和操作往往会出现心理应激，产生紧张、焦虑等情绪，甚至引起心脏功能紊乱，麻醉诱导期间更易发生剧烈的循



注:A,心尖三腔心;B,四腔心;C,两腔心

图 1 左心室斑点追踪图

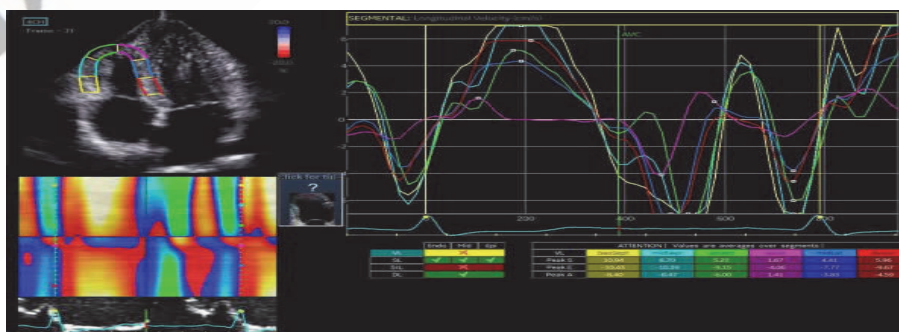


图 2 右心室斑点追踪图



环波动。Dalla 等<sup>[24]</sup>研究表明,全身麻醉诱导会导致患者左、右心室应变值明显降低,其中 LVGLS 由(-19.1%±2.3%)降至(-17.3%±2.9%)( $P<0.001$ ),RV 自由壁应变由(-26.5%±3.9%)降至(-24.1%±4.2%)( $P<0.001$ ),常规超声心动图指标 LVEF 无明显改变,表明与常规超声心动图技术比较,斑点追踪技术可以更早发现麻醉药物与临床操作对心肌的损伤,以便临床医师及时干预。吴皎卿等<sup>[25]</sup>应用二维斑点追踪技术评价七氟醚对心肺转流下冠状动脉旁路移植术患者左心室纵向运动及环向运动的影响,研究表明,斑点追踪技术在评价左心室收缩力方面具有较好的临床实用性。心肌运动同步性是保证心脏正常泵血功能的重要因素。慢性心力衰竭及心脏瓣膜病患者,普遍存在心肌运动不同步。Bakos 等<sup>[26]</sup>研究表明,慢性心衰患者径向心肌运动不同步,这对研究相应心肌运动方向及节段的心肌活性具有重要的临床价值。尤其在心脏大血管手术中,心肌纵向应变及径向应变可及时评估冠状动脉再通后心肌舒缩功能及心肌运动的协调性。

随着以 ERAS 理念为核心的围术期心肌保护策略研究的不断深入,斑点追踪技术已应用于围术期,主要用于实时评估围术期心肌功能变化和手术即时效果,为临床治疗及心肌保护策略的实施提供影像学依据。近年来,有学者提出围术期“肺保护性通气”应向“右心保护性通气”转变<sup>[24]</sup>,斑点追踪技术也将在这—转变过程中发挥重要作用。

**术后随访** 对于急性心血管疾病患者,快速开通“罪犯血管”意味着拯救存活心肌。但“罪犯血管”再通后其分布区域的心肌是否仍存在持续损伤,受累心肌的微循环是否已经得到改善,这些都与临床预后密切相关,斑点追踪成像就是评估其预后的有效手段。

刘欣娉等<sup>[27]</sup>对 104 例经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)患者进行术后随访,结果表明,斑点追踪超声心动图可预测老年急性心肌梗死患者 PCI 术后左心室重构,指出整体圆周应变是预测患者左心室重构较为理想的指标,其 ROC 曲线下面积为 0.793,提示斑点追踪技术可准确评估 PCI 术后患者左心室重构情况。瓣膜性心脏病常影响心肌功能。虽经瓣膜修复术后,患者瓣膜功能改善,但仍可能发生术后心肌功能障碍。Witkowski 等<sup>[21]</sup>指出,通过分析患者 LVGLS,可以预测潜在的左心室功能障碍患者,研究观察 233 例行二尖瓣修复术患者,结果表明,LVGLS<-19.9%是预测患者术后左室功能障碍的独立危险因素。易仁凤等<sup>[28]</sup>通过应用二维斑点追踪成像评价心脏移植术后左室收缩同步性,结果表明临床状态稳定的心脏移植术后患者左室收缩功能存在不同步性,以术后 3 d 最为明显,在术后 3 个月后左心室收缩同步性得以恢复,并趋向正常。

近年来,随着心脏外科的不断发展,需采用特定技术对术后心肌即刻状况和长期随访结果进行监测。二维斑点追踪技术重复性好、可靠性高且简单易行,引起临床医师的关注,正逐步成为评估心脏手术效果及患者远期预后的主要手段<sup>[29]</sup>。目前,二维斑点追踪技术主要应用于心脏手术患者,

对于非心脏手术患者预后的评估,也将成为日后应用的重要领域。

## 小 结

随着心肌保护策略研究的不断深入,围术期心肌功能的准确评估变得至关重要。斑点追踪技术由于在评估心肌微观动力学变化方面敏感度高、特异性强等独特优势已逐渐成为围术期心肌保护方面的一项重要技术手段,在判断围术期心肌血运情况、左室运动协调性、左室心肌收缩功能等方面具有重要的临床应用价值。二维斑点追踪技术也存在一定的局限性,主要为测量结果容易受心肌运动方向的影响。三维斑点追踪技术被认为是解决这一局限性的较有前景的创新性方法。三维斑点追踪技术将在纵向、径向、圆周等多维度对围术期心肌功能变化进行更加准确、全面的评估,这也将成为未来围术期心肌保护方面的研究热点。

## 参 考 文 献

- [1] 中国医师协会麻醉学医师分会,中国医师协会泌尿外科医师分会. ERAS 中国专家共识暨路径管理专家共识(2018):前列腺癌根治手术部分. 临床麻醉学杂志, 2018, 34(6): 602-608.
- [2] Cain KE, Iniesta MD, Fellman BM, et al. Effect of preoperative intravenous vs oral acetaminophen on postoperative opioid consumption in an enhanced recovery after surgery (ERAS) program in patients undergoing open gynecologic oncology surgery. *Gynecol Oncol*, 2021, 160(2): 464-468.
- [3] Lu D, Wang Y, Zhao T, et al. Retraction note: successful implementation of an enhanced recovery after surgery (ERAS) protocol reduces nausea and vomiting after infratentorial craniotomy for tumour resection: a randomized controlled trial. *BMC Neurol*, 2020, 20(1): 448.
- [4] Cain KE, Iniesta MD, Fellman BM, et al. Effect of preoperative intravenous vs oral acetaminophen on postoperative opioid consumption in an enhanced recovery after surgery (ERAS) program in patients undergoing open gynecologic oncology surgery. *Gynecol Oncol*, 2021, 160(2): 464-468.
- [5] Liu SQ. Cardiac protective engineering. *J Biomech Eng*, 2019, 141(9): 090801.
- [6] Hirji SA, Salenger R, Boyle EM, et al. Expert consensus of data elements for collection for enhanced recovery after cardiac surgery. *World J Surg*, 2021, 45(4): 917-925.
- [7] Penny DJ, Redington AN. Function of the left and right ventricles and the interactions between them. *Pediatr Crit Care Med*, 2016, 17(8 Suppl 1): S112-S118.
- [8] Wu Q, Wang T, Chen S, et al. Cardiac protective effects of remote ischaemic preconditioning in children undergoing tetralogy of fallot repair surgery: a randomized controlled trial. *Eur Heart J*, 2018, 39(12): 1028-1037.
- [9] Gojayev F, Solgun HA, Ak K, et al. Comparison of heat monitoring-based myocardial protection strategy with classic myocardial

- protection method in isolated coronary artery bypass surgery patients. *Cardiovasc Pathol*, 2020, 45: 107161.
- [10] Basu S, Frank LH, Fenton KE, et al. Two-dimensional speckle tracking imaging detects impaired myocardial performance in children with septic shock, not recognized by conventional echocardiography. *Pediatr Crit Care Med*, 2012, 13(3): 259-264.
- [11] Zhang S, He X, Liu L, et al. Assessing right ventricular systolic function using ultrasonic speckle-tracking imaging in repaired tetralogy of Fallot with different pulmonary artery branch angles. *Echocardiography*, 2021, 38(1): 89-96.
- [12] Badano LP, Kolas TJ, Muraru D, et al. Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry task force to standardize deformation imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2018, 19(6): 591-600.
- [13] Mirsky I, Parmley WW. Assessment of passive elastic stiffness for isolated heart muscle and the intact heart. *Circ Res*, 1973, 33(2): 233-243.
- [14] Park JH, Negishi K, Kwon DH, et al. Validation of global longitudinal strain and strain rate as reliable markers of right ventricular dysfunction: comparison with cardiac magnetic resonance and outcome. *J Cardiovasc Ultrasound*, 2014, 22(3): 113-120.
- [15] Abuelkasem E, Wang DW, Omer MA, et al. Perioperative clinical utility of myocardial deformation imaging: a narrative review. *Br J Anaesth*, 2019, 123(4): 408-420.
- [16] Macron L, Lairez O, Nahum J, et al. Impact of acoustic window on accuracy of longitudinal global strain: a comparison study to cardiac magnetic resonance. *Eur J Echocardiogr*, 2011, 12(5): 394-399.
- [17] Naeim HA, Abuelatta R, Alatawi FO, et al. Assessment of left ventricular mechanics in patients with severe aortic stenosis after transcatheter aortic valve implantation: 2-D speckle tracking imaging study. *J Saudi Heart Assoc*, 2020, 32(2): 248-255.
- [18] Thavendiranathan P, Poulin F, Lim KD, et al. Use of myocardial strain imaging by echocardiography for the early detection of cardiotoxicity in patients during and after cancer chemotherapy: a systematic review. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(25 Pt A): 2751-2768.
- [19] Geyer H, Caracciolo G, Abe H, et al. Assessment of myocardial mechanics using speckle tracking echocardiography: fundamentals and clinical applications. *J Am Soc Echocardiogr*, 2010, 23(4): 351-369; quiz 453-455.
- [20] Duncan AE, Alfirevic A, Sessler DI, et al. Perioperative assessment of myocardial deformation. *Anesth Analg*, 2014, 118(3): 525-544.
- [21] Witkowski TG, Thomas JD, Debonnaire PJ, et al. Global longitudinal strain predicts left ventricular dysfunction after mitral valve repair. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2013, 14(1): 69-76.
- [22] Eek C, Grenne B, Brunvand H, et al. Strain echocardiography predicts acute coronary occlusion in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome. *Eur J Echocardiogr*, 2010, 11(6): 501-508.
- [23] Goedemans L, Hoogslag GE, Abou R, et al. ST-segment elevation myocardial infarction in patients with chronic obstructive pulmonary disease: prognostic implications of right ventricular systolic dysfunction as assessed with two-dimensional speckle-tracking echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*, 2019, 32(10): 1277-1285.
- [24] Dalla K, Bech-Hanssen O, Ricksten SE. General anesthesia and positive pressure ventilation suppress left and right ventricular myocardial shortening in patients without myocardial disease—a strain echocardiography study. *Cardiovasc Ultrasound*, 2019, 17(1): 16.
- [25] 吴皎卿, 史宏伟, 陶红伟, 等. 七氟醚对冠状动脉旁路移植术患者左心室纵向和环向运动的影响. *临床麻醉学杂志*, 2015, 31(11): 1090-1094.
- [26] Bakos Z, Ostenfeld E, Markstad H, et al. A comparison between radial strain evaluation by speckle-tracking echocardiography and cardiac magnetic resonance imaging, for assessment of suitable segments for left ventricular lead placement in cardiac resynchronization therapy. *Europace*, 2014, 16(12): 1779-1786.
- [27] 刘欣娉, 郑慧, 段开诚, 等. 斑点追踪超声心动图对老年急性心肌梗死 PCI 术后左心室重构的预测价值. *中国老年学杂志*, 2019, 39(17): 4132-4135.
- [28] 易仁凤, 周燕翔, 宋宏宁, 等. 二维斑点追踪成像评价心脏移植术后左室收缩同步性的价值探讨. *临床超声医学杂志*, 2020, 22(2): 108-112.
- [29] Stolfo D, Albani S, Biondi F, et al. Global right heart assessment with speckle-tracking imaging improves the risk prediction of a validated scoring system in pulmonary arterial hypertension. *J Am Soc Echocardiogr*, 2020, 33(11): 1344.

(收稿日期:2020-11-11)