

超声心动图在2型糖尿病患者左心室功能中的临床应用

刘佳慧 马淑梅（通讯作者）

青海大学附属医院 青海 西宁 810000

【摘要】：2型糖尿病(T2DM)是全球范围内的重大公共卫生问题，其心血管并发症是患者死亡的主要原因，左心室功能异常是T2DM患者常见且隐匿的心血管病变^[1]。超声心动图作为无创、实时的影像学技术，在T2DM患者左心室功能评估中具有不可替代的作用^[2]。本文阐述了T2DM导致左心室功能异常的发病机制（包括胰岛素抵抗、高血糖、微血管病变等），并对传统超声（M型、二维、多普勒）、组织多普勒成像(TDI)、斑点追踪成像(STI)等技术在左心室收缩及舒张功能评估中的应用进展进行综述。

【关键词】：2型糖尿病患者；超声心动图；左心室功能

DOI:10.12417/2705-098X.26.02.026

T2DM以胰岛素抵抗和胰岛β细胞功能障碍为主要特征，根据2024年国际糖尿病联盟数据，全球患病率已达9.3%。约半数T2DM患者最终死于心血管并发症，其中心功能不全（包括收缩与舒张功能减退）是重要的病理生理过程^[3]。早期心功能损害常无显著临床症状，但随病情进展可导致心力衰竭、心律失常甚至心源性猝死。超声心动图凭借其无创、便捷、可重复性好等特点，已成为T2DM患者心功能评估的首选方法^[4]。随着技术进步，其评估范围已从传统的心脏结构和整体功能分析，扩展到早期心肌功能与微观结构的检测，为T2DM心血管系统管理提供了更为精确的客观依据。

1 T2DM导致左心室功能异常的发病机制

T2DM患者左心功能损害是多种因素共同作用的结果，涉及代谢异常、心肌损伤、纤维化及心室重构等多个病理环节。

1.1 胰岛素抵抗与代谢重构

长期高血糖状态通过多种途径导致心肌细胞损伤。胰岛素抵抗不仅影响葡萄糖的摄取和利用，还导致心肌能量代谢从葡萄糖向脂肪酸转移，造成心肌能量代谢紊乱^[5]。研究表明，胰岛素抵抗是亚临床左心室收缩功能障碍的独立风险因素^[6]。此外，持续高血糖促进晚期糖基化终产物积累，与心肌胶原蛋白交联，导致心肌僵硬度增加，舒张功能受损。心肌能量代谢的改变是糖尿病心肌病发生的重要环节。在正常生理状态下，心肌细胞主要利用葡萄糖和游离脂肪酸作为能量来源。然而，在糖尿病状态下，胰岛素抵抗导致葡萄糖摄取和利用障碍，心肌细胞转而主要依赖脂肪酸氧化供能^[7]。这一代谢转换导致耗氧增加、效率降低，并产生大量活性氧物种，进一步加重心肌损伤。晚期糖基化终产物的积累不仅增加心肌僵硬度，还通过与特异性受体结合，激活下游炎症信号通路，促进心肌纤维化和凋亡^[8]。

1.2 微血管病变与心肌灌注不足

糖尿病微血管病变在心肌损伤中扮演关键角色。微血管功能障碍导致冠状动脉微循环障碍，引起心肌灌注不足和缺血^[9]。

微血管病变可通过视网膜病变、肾脏病变和神经病变表现出来，研究表明微血管并发症的数量与左心室收缩功能受损程度独立相关。并将蛋白尿作为糖尿病肾病的标志，与亚临床左心室收缩功能障碍显著相关^[10]。微血管病变还通过影响冠状动脉血流储备进一步损害心肌功能。糖尿病微血管病变的发生涉及多种机制。持续高血糖导致内皮细胞功能紊乱，一氧化氮生物利用度降低，血管舒张功能受损。同时，血管内皮生长因子表达异常，基底膜增厚，会导致微血管通透性增加。这些改变不仅影响氧气和营养物质的交换，还会引起微循环阻力增加，心肌灌注受损。临床研究表明，伴有微血管并发症的2型糖尿病患者，其整体纵向应变值显著低于无并发症者^[10]。

1.3 心肌纤维化与重构

长期代谢紊乱和微血管功能障碍最终导致心肌纤维化和心脏重构。组织学上表现为心肌细胞肥大、凋亡以及间质纤维化。超声心动图上可观察到左心室向心性重塑、左心室质量增加和心房扩大。研究发现，2型糖尿病患者室间隔厚度、后壁厚度、左室质量指数和左房内径均显著高于健康对照组。这种结构改变进一步导致舒张功能障碍，表现为二尖瓣血流A峰增高，E/A比值异常^[11]。心肌纤维化是糖尿病心肌病的重要病理特征。在糖尿病状态下，肾素-血管紧张素-醛固酮系统激活，转化生长因子-β等促纤维化因子表达上调，促进成纤维细胞活化和细胞外基质沉积^[12]。最初表现为反应性纤维化，主要影响血管周围和间质区域；随着病程进展，发展为修复性纤维化，替代受损的心肌细胞。这种纤维化过程导致心肌顺应性降低，舒张功能受损，最终影响收缩功能^[13]。超声心动图可以无创地评估这一过程，通过测量左心室质量指数、相对室壁厚度等参数量化心肌重构程度。

2 超声心动图研究进展

2.1 传统超声心动图参数

传统超声心动图在评估2型糖尿病患者心脏结构变化方面具有重要价值。研究发现，2型糖尿病患者表现为心脏结构重

塑，包括室间隔厚度、后壁厚度、相对室壁厚度、左室质量和左室质量指数增加^[14]。此外，心房扩大也是常见表现，左房内径、左房容积及其指数以及右房上下径均显著增加。这些结构改变与年龄、体重指数、腰围、臀围、尿微量白蛋白排泄率和NT-proBNP水平呈正相关。在功能评估方面，传统超声心动图早期即可发现2型糖尿病患者舒张功能异常，表现为二尖瓣血流舒张晚期最大充盈速度增高，E/A比值降低^[15]。

2.2 组织多普勒成像（TDI）：舒张功能的早期指标

组织多普勒技术能评估左心室长轴功能，这是早期发现心肌功能障碍的敏感指标。此外，通过测量不同室壁节段的心肌运动速度，组织多普勒可以评估心肌运动的同步性，2型糖尿病患者常存在轻微的心肌不同步，这可能加重心脏功能损害^[16]。

2.3 斑点追踪成像（STI）：早期收缩功能的敏感指标

二维斑点追踪超声心动图通过追踪心肌内超声斑点的运动，定量评估心肌变形能力，不受心脏整体运动和邻近节段牵拉的影响，成为评估亚临床左心室功能障碍的方法。并且整体纵向应变是检测早期心肌功能障碍的最敏感指标^[17]。研究显示，2型糖尿病患者的整体纵向应变显著低于健康对照组，且与微血管并发症数量呈负相关。一项针对老年2型糖尿病患者的研究发现，糖尿病肾病组的整体纵向应变显著降低。斑点追踪技术能够评估心肌在纵向、圆周和径向三个方向的变形能力^[18]。在2型糖尿病患者中，纵向应变最早受损，这可能与心内膜下心肌纤维走向及其对缺血、纤维化更为敏感有关。圆周应变通常在疾病早期保留甚至代偿性增加，但随着病程进展逐渐受损。径向应变的变化相对不明显，特异性较低。这种不同方向应变受损的时间顺序为评估糖尿病心肌病的进展阶段提供了依据^[19]。

3 临床意义与展望

3.1 临床意义

超声心动图技术，特别是斑点追踪成像，已成为评估2型

参考文献：

- [1] Buehring B,Siglinsky E,Krueger D,et al.Comparison of muscle/lean mass measurement methods:correlation with functional and biochemical testing[J].Osteoporosis International,2018,29(3):675-683.
- [2] Yuan M,Jiang L,Sun C,et al.Diagnostic and prognostic value of parameters of erector spinae in patients with uremic sarcopenia[J].Clinical Radiology,2024,79(7):e900-e907.
- [3] Sun Y,Wang W,Mi C,等.Differential Diagnosis Value of Shear-Wave Elastography for Superficial Enlarged Lymph Nodes[J].Frontiers in Oncology,2022,12:90805.
- [4] Gatz M,Betsch M,Dirrichs T,et al.Eccentric and Isometric Exercises in Achilles Tendinopathy Evaluated by the VISA-A Score and Shear Wave Elastography[J].Sports Health:A Multidisciplinary Approach,2020,12(4):373-381.
- [5] Liu S,Han X,Li J,等.Feasibility of using chest computed tomography(CT)imaging at the first lumbar vertebra(L1)level to assess skeletal muscle mass:a retrospective study[J].PeerJ,2023,11:e16652.

糖尿病患者左心室功能的不可或缺的工具。从传统参数到新兴应变分析，超声技术使我们能够在亚临床阶段识别心肌功能障碍，早期进行干预，改变疾病进程^[20]。目前的研究进展表明，2型糖尿病患者早期表现为左心室舒张功能异常和心肌应变受损，随后出现心脏结构重塑，最后发展为明显的收缩功能障碍。这些变化与代谢紊乱、微血管并发症和心脏重构密切相关^[21]。

3.2 展望

超声心动图技术，特别是斑点追踪成像，已成为评估2型糖尿病患者左心室功能的不可或缺的工具。从传统参数到新兴应变分析，超声技术使我们能够在亚临床阶段识别心肌功能障碍，早期进行干预，改变疾病进程。目前的研究进展表明，2型糖尿病患者早期表现为左心室舒张功能异常和心肌应变受损，随后出现心脏结构重塑，最后发展为明显的收缩功能障碍。这些变化与代谢紊乱、微血管并发症和心脏重构密切相关。随着超声技术的不断进步和临床应用的深入，超声心动图将在2型糖尿病患者心血管并发症的预防、诊断和治疗中发挥越来越重要的作用，最终改善这一人群的长期预后和生活质量。同时，将超声参数与其他影像学、生物标志物和基因组学信息整合，有望构建更精确的风险评估模型，实现真正的个体化医疗。

4 结论

T2DM患者左心室功能异常的发生与胰岛素抵抗、高血糖、微血管病变等多因素相关，早期隐匿但危害大。超声心动图作为无创评估工具，从传统的整体功能评估，发展至新型技术（如STI、3DE）的早期检测，显著提高了诊断敏感性。临床应常规应用超声心动图，结合新型技术与临床数据，实现早期诊断、风险分层、治疗监测，改善T2DM患者心血管预后。随着技术的进一步发展，超声心动图将在T2DM心血管管理中发挥更重要的作用。

- [6] Ivanoski S,Vasilevska Nikodinovska V.Future Ultrasound Biomarkers for Sarcopenia:Elastography,Contrast-Enhanced Ultrasound, and Speed of Sound Ultrasound Imaging[J].Seminars in Musculoskeletal Radiology,2020,24(02):194-200.
- [7] Ciuffreda G,Estébanez-de-Miguel E,Albarova-Corral I,et al.Impact of Neurodynamic Sequencing on the Mechanical Behaviour of the Median Nerve and Brachial Plexus:An Ultrasound Shear Wave Elastography Study[J].Diagnostics,2024,14(24):2881.
- [8] Mauriello A,Correra A,Ascrizzi A,et al.Relationship Between Left Atrial Strain and Atrial Fibrillation:The Role of Stress Echocardiography[J].Diagnostics,2024,15(1):7.
- [9] Chianca V,Albano D,Messina C,等.Sarcopenia:imaging assessment and clinical application[J].Abdominal Radiology(New York),2022,47(9):3205-3216.
- [10] Maiolo C,Cervelli V,Fede M C,et al.Soft Tissue Composition in Upper Leg Lipodystrophy:Application of Dual Energy X-Ray Absorptiometry[J].Aesthetic Plastic Surgery,2002,26(5):345-347.
- [11] Staempfli J S,Kistler-Fischbacher M,Gewiess J,et al.The Validity of Muscle Ultrasound in the Diagnostic Workup of Sarcopenia Among Older Adults:A Scoping Review[J].Clinical Interventions in Aging.
- [12] Wei W,Xie C,Cao R,et al.Ultrasound Assessment of the Gastrocnemius Muscle as a Potential Tool for Identifying Sarcopenia in Patients with Type 2 Diabetes[J].Diabetes,Metabolic Syndrome and Obesity,2023,Volume 16:3435-3444.
- [13] Soldati G,Smargiassi A,Inchingolo R,等.Ultrasound-guided pleural puncture in supine or recumbent lateral position-feasibility study[J].Multidisciplinary Respiratory Medicine,2013,8(1):18.
- [14] Bastijns S,De Cock A M,Vandewoude M,et al.Usability and Pitfalls of Shear-Wave Elastography for Evaluation of Muscle Quality and Its Potential in Assessing Sarcopenia:A Review[J].Ultrasound in Medicine&Biology,2020,46(11):2891-2907.
- [15] Ličen U,Kozincž.Using Shear-Wave Elastography to Assess Exercise-Induced Muscle Damage:A Review[J].Sensors,2022,22(19):7574.
- [16] Chen Z T,Jin F S,Guo L H,et al.Value of conventional ultrasound and shear wave elastography in the assessment of muscle mass and function in elderly people with type 2 diabetes[J].European Radiology,2023,33(6):4007-4015.
- [17] Messina C,Albano D,Gitto S,et al.Body composition with dual energy X-ray absorptiometry:from basics to new tools[J].Quantitative Imaging in Medicine and Surgery,2020,10(8):1687-1698.
- [18] Ciuffreda G,Bueno-Gracia E,Argüello-Espinosa M I,et al.Accuracy of the Standard and Distal-to-Proximal Sequence of the Upper Limb Neurodynamic Test 1 for the Diagnosis of Carpal Tunnel Syndrome:The Role of Side-to-Side Comparisons[J].Journal of Clinical Medicine,2024,13(23):7122.
- [19] Shahzad R,Fatima I,Anjum T,et al.Diagnostic value of strain elastography and shear wave elastography in differentiating benign and malignant breast lesions[J].Annals of Saudi Medicine,2022,42(5):319-326.
- [20] Zhang Z J,Ng G Y F,Fu S N.Effects of habitual loading on patellar tendon mechanical and morphological properties in basketball and volleyball players[J].European Journal of Applied Physiology,2015,115(11):2263-2269.
- [21] Kantarci F,Ustabasioglu F E,Delil S,et al.Median nerve stiffness measurement by shear wave elastography:a potential sonographic method in the diagnosis of carpal tunnel syndrome[J].European Radiology,2014,24(2):434-440.