

糖尿病患者小腿肌肉 SWE 硬度测量值与 MNSI 评分的相关性研究

霍中元¹, 赵红艳¹, 张莹¹, 张丹丹¹, 田卫²

1. 连云港市中医院超声科, 江苏连云港 222004; 2. 连云港市中医院糖尿病科, 江苏连云港 222004

[摘要] 目的 分析糖尿病患者小腿骨骼肌剪切波弹性成像 (shear wave elastography, SWE) 硬度测量值与密歇根神经筛查量表 (Michigan neuropathy screening instrument, MNSI) 评分的相关性。方法 选取 2020 年 8 月至 2022 年 2 月于连云港市中医院住院治疗的 102 例糖尿病患者为研究对象, 根据 MNSI 评分将糖尿病患者分为 A 组 (0 分 ≤ MNSI 评分 ≤ 1 分, 20 例)、B 组 (1 分 < MNSI 评分 ≤ 2 分, 32 例)、C 组 (2 分 < MNSI 评分 ≤ 3 分, 26 例) 和 D 组 (3 分 < MNSI 评分 ≤ 4 分, 24 例); 选取同期 30 例志愿者为对照组。采用 SWE 检测受检者的小腿腓肠肌、胫骨前肌、腓骨肌不同张力状态下杨氏模量值并比较。采用 Spearman 等级相关检验 MNSI 评分与小腿肌肉杨氏模量值的关系。结果 随着 MNSI 评分的增加, 各组受检者各小腿肌肉剪切波的杨氏模量值下降, 组间比较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。糖尿病患者的腓肠肌最大跖屈位、腓肠肌最大背屈位、胫骨前肌最大跖屈位及腓骨肌足内翻位的杨氏模量值均与 MNSI 评分呈负相关 ($P < 0.05$), 其相关系数分别为 -0.74、-0.73、-0.72、-0.75。结论 随着糖尿病患者周围神经病变加重, 小腿肌肉剪切波硬度降低, SWE 可协同 MNSI 评分综合评价糖尿病周围神经病变程度。

[关键词] 糖尿病; 剪切波弹性成像; 小腿肌肉; 密歇根神经筛查量表

[中图分类号] R587.2 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.3969/j.issn.1673-9701.2024.19.011

Study on correlation between SWE hardness measurement of calf muscle and MNSI score in patients with diabetes mellitus

HUO Zhongyuan¹, ZHAO Hongyan¹, ZHANG ying¹, ZHANG Dandan¹, TIAN wei²

1. Department of Ultrasound, Lianyungang Hospital of Traditional Chinese Medicine, Lianyungang 222004, Jiangsu, China;

2. Department of Diabetes Mellitus, Lianyungang Hospital of Traditional Chinese Medicine, Lianyungang 222004, Jiangsu, China

[Abstract] **Objective** To analyze the correlation between shear wave elastography (SWE) hardness measurements of calf muscle in diabetic mellitus patients and Michigan neuropathy screening instrument (MNSI) score. **Methods** A total of 102 patients with diabetes mellitus who were hospitalized in Lianyungang Hospital of Traditional Chinese Medicine from August 2020 to February 2022 were selected as study object. According to MNSI score, diabetes mellitus patients were divided into group A (0 points ≤ MNSI score ≤ 1 point, 20 cases), group B (1 point < MNSI score ≤ 2 points, 32 cases), group C (2 points < MNSI score ≤ 3 points, 26 cases) and group D (3 points < MNSI score ≤ 4 points, 24 cases). Thirty normal volunteers were selected as control group. The values of Young modulus of calf gastrocnemius, tibialis anterior and peroneus were measured by SWE and compared under different tension states. Spearman correlation test was used to examine the relationship between MNSI score and Young modulus of calf muscle. **Results** With the increase of MNSI score, the Young modulus of each calf muscle shear wave decreased in all groups, and the differences between groups were statistically significant ($P < 0.05$). Young modulus of maximum plantar flexion of gastrocnemius, maximum dorsiflexion of gastrocnemius, maximum plantar flexion of tibialis anterior and peroneus foot varus in diabetic patients were negatively correlated with MNSI score ($P < 0.05$), and the correlation coefficients were -0.74, -0.73, -0.72 and -0.75, respectively. **Conclusion** With the aggravation of peripheral neuropathy in diabetes mellitus patients and the decrease of shear wave hardness of calf muscle, SWE can comprehensively evaluate diabetic peripheral neuropathy with MNSI score.

[Key words] Diabetes mellitus; Shear wave elastography; Calf muscle; Michigan neuropathy screening instrument

糖尿病是临床常见代谢性疾病, 以高血糖为特征, 机体长期处于高血糖状态, 可导致全身多组织器官慢性损害和功能障碍, 当并发周围神经病变时, 出现肢体远端感觉、运动神经受损, 可见肢体疼痛、

基金项目: 南京医科大学康达学院 2020 年度科研发展基金 (KD2020KYJJYB077)

通信作者: 霍中元, 电子信箱: huozhongyuan0303@126.com

感觉减退、麻木等症状。运动神经受损呈对称性分布，累及肢体远端周围神经时，可导致肌力下降、肌肉萎缩，进而使肢体远端活动障碍。临床上常用密歇根神经筛查量表 (Michigan neuropathy screening instrument, MNSI) 进行糖尿病周围神经病变 (diabetic peripheral neuropathy, DPN) 的筛查。剪切波弹性成像 (shear wave elastography, SWE) 技术可对肌肉的生物力学特性进行简单的组织硬度量，并可评估肌肉张力状态下的硬度。本研究对 2 型糖尿病患者小腿骨骼肌 SWE 硬度测量值与 MNSI 评分的相关性进行分析，探索 SWE 技术协助补充 MNSI 评分综合评估糖尿病病情的可行性。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取 2020 年 8 月至 2022 年 2 月于连云港市中医院糖尿病科住院治疗的 102 例糖尿病患者为研究对象。纳入标准：①符合《中国 2 型糖尿病防治指南 (2020 年版)》^[1]中的诊断标准；②年龄 40~70 岁；③体质指数 <30kg/m²；④糖尿病病程 >2 年。排除标准：①1 型糖尿病患者；②合并颅脑脊髓肿瘤、心肺功能不全、肾功能不全、腰椎病变、小腿肌肉营养不良、重症肌无力、风湿性关节炎、小腿动脉硬化闭塞性疾病、下肢静脉血栓形成等疾病；③有膝关节及踝关节手术外伤史者。选取同期 30 例志愿者纳入对照组。对照组研究对象无糖尿病，无上述排除标准所述疾病，且年龄、身高、体质量与糖尿病研究对象匹配，比较无统计学意义。根据 MNSI 评分将糖尿病患者分为 A 组 (0 分 ≤ MNSI 评分 ≤ 1 分，20 例)、B 组 (1 分 < MNSI 评分 ≤ 2 分，32 例)、C 组 (2 分 < MNSI 评分 ≤ 3 分，26 例) 和 D 组 (3 分 < MNSI 评分 ≤ 4 分，24 例)。所有研究对象均知情并签署知情同意书。本研究经连云港市中医院医学伦理委员会批准 [伦理审批号：2022-伦理审查 (KY) -26]。

1.2 仪器与方法

美国进口通用 GE-E9 系列的彩色超声诊断仪，配备 4~9MHz 线阵探头及实时 SWE 软件包。检查方法：所有受检者均检测双侧下肢。采集一：受检者平卧位，开启剪切波模式，在最大足踝跖屈时进行纵切探查，固定取样框大小，感兴趣区选直径 2mm 圆圈，于小腿中段前测量胫骨前肌杨氏模量值；采集二：受检者平卧足内翻，纵切探查，于小腿中下段外测量腓骨肌杨氏模量值；采集三：受检者俯卧，踝关节最大背屈和足背最大跖屈，纵切探查，于腓肠肌内侧头 (位于胫骨内踝与髌窝折痕之间的上 1/3 处) 测杨氏模量值。受检者每处肌肉检测 5 次，结

果取平均值，两次检测间隔大于 5s。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 22.0 统计软件对数据进行处理分析。采用 Levene 检验法对计量资料进行方差齐性检验，计量资料符合正态分布以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示，符合方差齐性比较采用独立 *t* 检验和单因子方差分析。杨氏模量值的一致性检验采用 Kendall W 检验。受检者 MNSI 评分与其小腿肌肉剪切波杨氏模量值的关系分析采用 Spearman 等级相关检验。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组受检者的一般临床资料比较

各组受检者的性别、年龄、身高、体质量比较差异均无统计学意义 (*P* > 0.05)，见表 1。

表 1 各组受检者的一般临床资料比较

| 组别 | 性别 (男/女, 例) | 年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁) | 身高 ($\bar{x} \pm s$, m) | 体质量 ($\bar{x} \pm s$, kg) |
|------------------------|----------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 对照组 (<i>n</i> =30) | 17/13 | 58.40±6.26 | 1.65±0.07 | 68.45±10.51 |
| A 组 (<i>n</i> =20) | 12/8 | 59.57±8.01 | 1.66±0.63 | 68.37±10.65 |
| B 组 (<i>n</i> =32) | 18/14 | 58.59±8.17 | 1.67±0.80 | 69.96±10.21 |
| C 组 (<i>n</i> =26) | 15/11 | 60.27±8.24 | 1.66±0.94 | 68.97±10.65 |
| D 组 (<i>n</i> =24) | 14/10 | 59.85±7.92 | 1.67±0.76 | 69.56±11.13 |
| χ^2/F | 0.21 | 0.27 | 0.15 | 0.34 |
| <i>P</i> | 0.68 | 0.65 | 0.74 | 0.50 |

2.2 各组受检者的杨氏模量值比较

随着 MNSI 评分的增加，各组受检者各小腿肌肉剪切波的杨氏模量值下降，组间比较差异均有统计学意义 (*P* < 0.05)，见表 2。

表 2 各组受检者小腿肌肉的杨氏模量值比较
($\bar{x} \pm s$, kPa)

| 组别 | 腓肠肌最大 跖屈位 | 腓肠肌最大 背屈位 | 胫骨前肌最大 跖屈位 | 腓骨肌足 内翻位 |
|------------------------|--------------|--------------|---------------|-------------|
| 对照组 (<i>n</i> =30) | 87.59±9.34 | 116.31±12.21 | 112.16±11.45 | 94.28±12.56 |
| A 组 (<i>n</i> =20) | 76.65±11.28 | 99.36±11.24 | 96.07±12.81 | 83.52±12.43 |
| B 组 (<i>n</i> =32) | 68.21±10.32 | 90.25±10.96 | 88.42±11.25 | 76.06±10.55 |
| C 组 (<i>n</i> =26) | 60.44±10.05 | 82.38±10.19 | 77.46±11.08 | 68.36±10.40 |
| D 组 (<i>n</i> =24) | 55.94±9.86 | 76.20±10.25 | 72.53±10.29 | 63.74±9.91 |
| <i>F</i> | 95.32 | 152.46 | 147.08 | 106.15 |
| <i>P</i> | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 |

2.3 杨氏模量值的一致性分析

左右侧胫骨前肌、腓肠肌、腓骨肌杨氏模量值的 Kendall W 检验系数均 >0.8 , 检验显著性 $P<0.05$, 表明所有剪切波超声参数检测值均具有较好的一致性。

2.4 Spearman 等级相关分析

糖尿病患者的腓肠肌最大跖屈位、腓肠肌最大背屈位、胫骨前肌最大跖屈位及腓骨肌足内翻位的杨氏模量值均与 MNSI 评分呈负相关 ($P<0.05$), 其相关系数分别为 -0.74 、 -0.73 、 -0.72 、 -0.75 。

3 讨论

糖尿病病程中持续的高血糖状态影响神经纤维营养支持和血液供应, 损害周围神经功能, 常累及下肢远端感觉和运动神经。支配小腿骨骼肌运动的常见神经主要包括胫神经、腓总神经主干及其分支。小腿主要肌群包括外侧腓骨肌群、内前侧胫前肌群及小腿后侧胫后肌群。小腿远端运动神经受损, 骨骼肌呈神经营养失用性肌萎缩, 致使肌力减弱, 运动功能障碍, 患者出现步态失常, 独立活动能力下降, 甚至出现跌倒、骨折等情况^[2]。DPN 可显著增加糖尿病患者的致残率和病死率, 临床如何进一步提高糖尿病患者早期周围神经病变筛查率, 对糖尿病患者预后具有重要影响^[3]。美国糖尿病协会建议糖尿病患者每年至少采用一种筛查方法筛查周围神经病变, 若采用两种筛查方法同时筛查, 可明显提高检出率^[4]。MNSI 是临床上常用的 DPN 筛查方法, 是早期筛查的有效手段^[5]。神经电生理检查被认为是诊断 DPN 准确度较高的技术手段, 但有创性导致该检查方法不能被临床作为周围神经病变常规筛查方法普及。目前, SWE 技术在骨科、康复科、风湿科等临床科室肌肉骨骼系统疾病诊疗中的应用日益广泛。SWE 技术可量化组织硬度, 评估肌肉张力状态下硬度, 一定程度上反映肌肉的生物力学特性^[6-7]。SWE 可检测骨骼肌肌肉组织硬度, 病变肌肉组织硬度下降, 可能与肌肉肌力降低呈正相关^[8]。本研究对 2 型糖尿病患者小腿骨骼肌 SWE 测量值与 MNSI 评分关系进行探讨, 有助于临床早期发现小腿肌肉功能障碍, 更好地评估 DPN 患者的病情。

本研究显示各组受检者的 SWE 硬度测量值结果均具有较好的一致性。糖尿病患者的下肢小腿运动神经支配各肌肉群的杨氏模量值小于对照组。文献报道 MNSI 评估 DPN 的临界值为 2 分, >2 分可归为临床 DPN^[9-10]。本研究中随着 MNSI 评分的增加, 杨氏模量值降低, 提示杨氏模量值变化可能与糖尿病进展有关。DPN 患者机体处于高糖状态, 造成神经系统毒性损伤, 神经细胞水肿变性, 神经纤维受损,

小腿远端多支周围神经病变, 对应受支配的骨骼肌群出现失用性肌萎缩, 肌力下降, 生物力学特性降低^[11-12]。DPN 患者的周围神经病变可较早影响肢体远端骨骼肌^[13]。杨氏模量值下降可能是 DPN 患者肌肉病损的早期表现, 提示其小腿肌肉功能障碍的远期风险。临床上可积极应用 SWE 检测糖尿病患者神经肌肉并发症累及情况, 对周围神经病变患者小腿肌肉功能障碍提供早期诊断依据^[14-15]。

研究分析糖尿病患者的小腿前后肌群杨氏模量值与 MNSI 评分的相关性, 结果显示小腿肌肉的杨氏模量值与 MNSI 评分均呈负相关。杨氏模量值降低与 MNSI 评分增加均可提示周围神经病变程度, 且两者密切相关。MNSI 评分增加, 表明糖尿病患者小腿运动神经病变进展, 病情加重, 可同时出现小腿运动神经支配肌肉的杨氏模量值降低^[16]。因此, 在糖尿病患者神经病变筛查中, 二者具有一定程度的补充作用^[17-18]。

总之, SWE 技术可作为 MNSI 评分对糖尿病病情评估的补充, 尤其在诊治糖尿病小腿肌肉受损方面, 可提供更多的影像学依据。

利益冲突: 所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献]

- [1] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南 (2020 年版)[J]. 中华糖尿病杂志, 2021, 13(4): 315-409.
- [2] SARODNIK C, BOURS S P G, SCHAPER N C, et al. The risks of sarcopenia, falls and fractures in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. Maturitas, 2018, 109: 70-77.
- [3] NANAYAKKARA N, CURTIS A J, HERITIER S, et al. Impact of age at type 2 diabetes mellitus diagnosis on mortality and vascular complications: Systematic review and Meta-analyses[J]. Diabetologia, 2021, 64(2): 275-287.
- [4] ELSAYED N A, ALEPPO G, ARODA V R, et al. Retinopathy, neuropathy, and foot care: Standards of care in diabetes-2023[J]. Diabetes Care, 2023, 46(Suppl 1): S203-S215.
- [5] SUTKOWSKA E, MARCINIAK D, KOSZEWICZ M, et al. Validity and reliability of the Polish version of the Michigan neuropathy screening instrument[J]. World J Diabetes, 2023, 14(4): 435-446.
- [6] CREZE M, NORDEZ A, SOUBEYRAND M, et al. Shear wave sonoelastography of skeletal muscle: Basic principles, biomechanical concepts, clinical applications,

- and future perspectives[J]. *Skeletal Radiol*, 2018, 47(4): 457-471.
- [7] 徐亦乐, 车艳玲, 刘洋, 等. 剪切波弹性成像在肌骨系统疾病诊断上的应用进展[J]. *影像科学与光化学*, 2024, 42(1): 77-82.
- [8] TALJANOVIC M S, GIMBER L H, BECKER G W, et al. Shear-wave elastography: Basic physics and musculoskeletal applications[J]. *Radiographics*, 2017, 37(3): 855-870.
- [9] KAYMAZ S, ALKAN H, KARASU U, et al. Turkish version of the Michigan neuropathy screening instrument in the assessment of diabetic peripheral neuropathy: A validity and reliability study[J]. *Diabetol Int*, 2020, 11(3): 283-292.
- [10] OH T J, SONG Y, JANG H C, et al. Sudoscan in combination with the Michigan neuropathy screening instrument is an effective tool for screening diabetic peripheral neuropathy[J]. *Diabetes Metab J*, 2022, 46(2): 319-326.
- [11] CALCUTT N A. Diabetic neuropathy and neuropathic pain: A (con)fusion of pathogenic mechanisms?[J]. *Pain*, 2020, 161(Suppl 1): S65-S86.
- [12] 孙谢璐, 董雁雁, 陈晓乐, 等. 声触诊组织量化技术对糖尿病患者小腿后侧肌群弹性的研究[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2020, 17(3): 268-273.
- [13] 颜富强, 蔡名利, 黄珊珊, 等. 剪切波弹性成像评价糖尿病足背部拇短伸肌硬度的价值[J]. *中国超声医学杂志*, 2023, 39(1): 116-119.
- [14] 霍中元, 赵红艳, 程辰, 等. 糖尿病周围神经病变患者小腿运动神经及其支配肌肉病变的超声测值变化及相关性研究[J]. *国际医药卫生导报*, 2022, 28(7): 962-966.
- [15] WEI M, YE X. Feasibility of point shear wave elastography for evaluating diabetic peripheral neuropathy[J]. *J Ultrasound Med*, 2020, 39(6): 1135-1141.
- [16] MATALQAH L M, YEHYA A, RADAIDEH K M. Pharmacist-lead screening for diabetic peripheral neuropathy using Michigan neuropathy screening instrument (MNSI)[J]. *Int J Neurosci*, 2022, 19(3): 1-7.
- [17] OLCHOWY A, SEWERYN P, OLCHOWY C, et al. Assessment of the masseter stiffness in patients during conservative therapy for masticatory muscle disorders with shear wave elastography[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2022, 23(1): 439.
- [18] 邓红菊, 张宇虹, 张萍, 等. 常规超声及二维超声剪切波弹性成像技术评价 2 型糖尿病周围神经病变患者股四头肌异常改变[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2023, 34(3): 199-203.
- (收稿日期: 2024-02-17)
(修回日期: 2024-06-09)

(上接第 36 页)

- [11] MAI Z S, CHEN Y Q, LIAO M, et al. Early detection of a cesarean scar pregnancy with placenta increta by contrast-enhanced ultrasound in the first trimester: A case report and literature review[J]. *J Obstet Gynaecol Res*, 2022, 48(1): 251-255.
- [12] 田静云, 姚惠敏, 耿京. 超声造影时间-强度曲线分析在宫腔占位性病变中的应用[J]. *中国医学影像学杂志*, 2022, 30(9): 957-960.
- [13] 董友玲, 周齐, 曾小芳, 等. 二维超声及超声造影对卵巢肿瘤的诊断价值研究[J]. *癌症进展*, 2019, 17(9): 1054-1056, 1071.
- [14] 马菊香, 马永红, 高姗姗, 等. 静脉超声造影在疤痕处妊娠诊断中的应用价值[J]. *昆明医科大学学报*, 2020, 41(10): 62-66.
- [15] 张媛媛. 经腹超声和经阴道超声对剖宫产瘢痕妊娠超声分型的诊断价值[J]. *养生保健指南*, 2021(42): 260-261.
- [16] 胡孝辉, 桂霜. 孕囊型与包块型剖宫产瘢痕妊娠的超声特征及临床特点分析[J]. *中国计划生育和妇产科*, 2023, 15(8): 70-73, 78, 前插 1.
- [17] 肖汀, 黄伟俊, 张四友, 等. 经阴道超声与超声造影联合临床因素评估剖宫产术后瘢痕妊娠治疗方式的研究[J]. *中华超声影像学杂志*, 2022, 31(3): 231-235.
- [18] 马斌, 王艺璇, 冉婕, 等. 经阴道超声及超声造影对剖宫产瘢痕妊娠病人术中出血的风险评估[J]. *安徽医药*, 2022, 26(6): 1110-1113, 后插 4.
- (收稿日期: 2024-04-14)
(修回日期: 2024-05-29)