

声脉冲辐射力成像对2型糖尿病周围神经病变胫神经的研究

陈秀晓¹, 赵 诚^{1*}, 隋文倩^{1,2}

¹青岛大学附属医院腹部超声科, 山东 青岛

²青岛大学附属威海市中心医院超声科, 山东 威海

收稿日期: 2023年2月13日; 录用日期: 2023年3月7日; 发布日期: 2023年3月14日

摘 要

目的: 探讨声脉冲辐射力成像 (ARFI) 在2型糖尿病伴有周围神经病变患者的胫神经损害中的应用价值。方法: 选取30例健康志愿者的双侧胫神经为对照组; 以临床病史、患者症状与体征、实验室相关检查、神经电生理检查结果等为依据, 综合相关结果, 选取60例2型糖尿病[伴周围神经病变 (DPN) 组 (n = 30)、不伴周围神经病变 (NDPN) 组 (n = 30)] 患者的双侧胫神经作为病例组。行ARFI成像, 分别检查腓窝上方3~5 cm处以及内踝上方3~5 cm处胫神经, 再运用声触诊组织成像定量技术 (VTIQ) 测量剪切波速度 (SWV)。结果: DPN组无论腓段还是踝段SWV均高于健康对照组, DPN组SWV高于NDPN组 (均 $P < 0.05$)。结论: ARFI成像中VTIQ技术能量化评估胫神经硬度改变, 胫神经的硬度在评价DPN中具有较高的特异性, 能量化反映出2型糖尿病周围神经病患者胫神经损害程度。

关键词

声脉冲辐射力成像, 声触诊组织成像定量技术, 2型糖尿病, 糖尿病周围神经病变, 胫神经

Study of Tibial Nerve in Type 2 Diabetes Mellitus Peripheral Neuropathy by Acoustic Radiation Force Impulse Imaging

Xiuxiao Chen¹, Cheng Zhao^{1*}, Wenqian Sui^{1,2}

¹Department of Abdominal Ultrasound, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

²Department of Ultrasound, Weihai Central Hospital Affiliated to Qingdao University, Weihai Shandong

Received: Feb. 13th, 2023; accepted: Mar. 7th, 2023; published: Mar. 14th, 2023

*通讯作者 Email: zhaochengdr@163.com

文章引用: 陈秀晓, 赵诚, 隋文倩. 声脉冲辐射力成像对 2 型糖尿病周围神经病变胫神经的研究[J]. 临床医学进展, 2023, 13(3): 3534-3541. DOI: 10.12677/acm.2023.133506

Abstract

Objective: To study the application value of acoustic radiation force impulse imaging (ARFI) on the changes of tibial nerve elasticity in patients with type 2 diabetes mellitus and peripheral neuropathy. **Methods:** Bilateral tibial nerves of 30 healthy volunteers were selected as the control group. According to the clinical history, symptoms and signs of patients, laboratory examination, electrophysiological examination and other comprehensive related results, 60 patients with type 2 diabetes mellitus [with peripheral neuropathy (DPN) group (n = 30) and without peripheral neuropathy (NDPN) group (n = 30)] were selected as the case group. The tibial nerve 3~5 cm above popliteal fossa and 3~5 cm above medial malleolus were examined by ARFI imaging, and then the shear wave velocity (SWV) was measured by acoustic palpation tissue imaging quantitative technique (VTIQ). **Results:** SWV of both popliteal and ankle segments in DPN group was higher than that in healthy control group, and SWV of DPN group was higher than that of NDPN group (all $P < 0.05$). **Conclusion:** VTIQ technique in ARFI imaging can quantitatively evaluate the hardness changes of tibial nerve, the hardness of the tibial nerve has high specificity in the evaluation of DPN and can quantify the degree of tibial nerve damage in type 2 diabetic peripheral neuropathy patients.

Keywords

Acoustic Radiation Force Imaging, Quantitative Technique of Acoustic Palpation Tissue Imaging, Type 2 Diabetes Mellitus, Diabetic Peripheral Neuropathy, Tibial Nerve

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

糖尿病周围神经病变(diabetic peripheral neuropathy, DPN)是糖尿病(diabetic mellitus, DM)的一种常见并发症,其发病率在糖尿病人群中高达60%~90% [1]。DPN可累及多种周围神经,包括运动神经、感觉神经及自主神经,常有双侧肢体远端对称性麻木、疼痛、感觉异常等表现[2]。目前临床常用的DPN诊断方法是临床医师对患者病史、体征、实验室检查的评估以及神经电生理检测(neuro-electrophysiological examination, NEE),但上述方法都具有一定的局限性,比如没有定量数据支持,不能准确提供病变神经的具体部位、节段以及损害程度,可重复性操作差,假阳性率较高,等等[3]。随着神经超声的发展以及超声诊断仪器的不断更新,无创、清晰度高、可重复操作性强、费用低、实时检查、图像清晰等超声检查的优点,使得超声对于周围神经损害的评估成为一大热点[4]。弹性成像技术是浅表超声检查中的常用手段,声脉冲辐射力成像(Acoustic Radiation Force Impulse Imaging, ARFI Imaging)是一种新兴瞬时弹性成像[5],目前多应用于甲状腺、乳腺、肝脏、涎腺等[6] [7],在肌骨、周围神经病变中的运用较少见[8]。DPN最常见的类型是大神经纤维和小神经纤维同时受累的弥漫性远端肢体对称性疼痛、麻木、感觉异常等[2],下肢较上肢出现症状更早,易累及下肢周围神经,包括胫神经、腓总神经、腓肠神经等,其中胫神经、腓肠神经损害较为常见[9],表现为下肢运动、感觉异常。下肢胫神经直径约5~6 mm,走行平直,高频超声检查易取得优质声像图;腓总神经走行较短且迂曲,存在各向异性伪像等因素,多节段对比扫描误差较大;腓肠神经直径约2~3 mm,行程较长,走行平直,高频灰阶超声可取得良好声像图,但由于内径较细,弹性成像受周围软组织硬度影响大,存在误差大的缺点[10] [11]。本研究运用ARFI成像中声

触诊组织成像定量技术(Virtual Touch Tissue Imaging and Quantification, VTIQ)观察各组人群神经弹性值,弹性成像取样框直径约 2.0 mm, 鉴于上述多条下肢周围神经声像图特点, 故选取弹性成像效果较好的胫神经作为研究对象, 来多节段定量分析、评估胫神经的硬度, 为 DPN 的诊断提供可靠的数据支持。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

选取 2021 年 10 月~2022 年 6 月青岛大学附属医院及青岛大学附属威海市中心医院住院的 60 例符合 2020 年中华医学会糖尿病学分会制定的中国 2 型糖尿病防治指南[2]的糖尿病患者以及同期健康体检者 30 例为研究对象。本研究获得医院道德伦理委员会批准, 所有受试者均知情同意。所有 2 型糖尿病患者均接受胫神经电生理检查及临床症状评估, 将 2 型糖尿病患者分为 DPN 组 30 例; 糖尿病不伴周围神经病组(non-diabetic peripheral neuropathy, NDPN) 30 例。甘油三酯增高、高血压以及慢性疾病患者均已剔除。上述人群均行胫神经高频灰阶成像及 ARFI 成像检查。

2.2. 仪器与方法

使用西门子 ACUSON Sequoia 超声诊断仪, 9L-4 线阵探头, 频率为 6~13 MHz, 配备 ARFI 软件, 内置 VTIQ 技术, 弹性值单位为 m/s。检查中, 受试者放松、安静状态下于室温 24℃~26℃环境中, 取俯卧位, 下肢水平伸展, 探头无需加压, 使用充足的耦合剂涂抹于皮肤表面, 先用高频超声检查胫神经腓窝上方 3~5 cm 处胫神经, 观察胫神经的回声、边界、走行、分支、是否有损伤断裂情况等, 见图 1, 注意图像各向异性伪像, 避开胫神经分叉处, 取胫神经长轴切面, 进入 ARFI 模式, 取样深度 0.5~2.5 cm, 选择 VTIQ, 先行将剪切波速度标尺调节至最大值(10 m/s), 先于 VTIQ 质量模式下采集图像, 见图 2, 当目标神经区域呈现为黄绿色均匀一致图像时表示为有效采集图像; 切换成速度模式, 将感兴趣区域(ROI)完全置于所显示目标神经内, 测量剪切波速度(SWV), 取 7 次有效值求取平均值, 见图 3。患者取仰卧位, 双腿跖屈外旋姿势, 将探头移至内踝上方约 3~5 cm 处, 再行测量踝上段胫神经弹性值, 见图 4。分别对左右两侧进行测量。

2.3. 统计学分析

采用 SPSS 26.0 软件分析数据, 计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示, 计数资料用%表示, 三组间比较采用单因素方差分析, 两组间用 t 检验, 计数资料用 χ^2 检验。绘制 SWV 的受试者工作曲线(ROC 曲线), 观察者自身与不同观察者之间的一致性检验应用 Kappa 分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

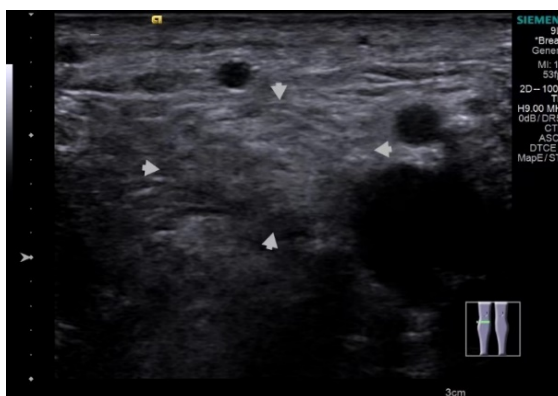


Figure 1. Two-dimensional cross-section of the popliteal tibial nerve in a DPN patient

图 1. DPN 患者二维腓段胫神经横截面

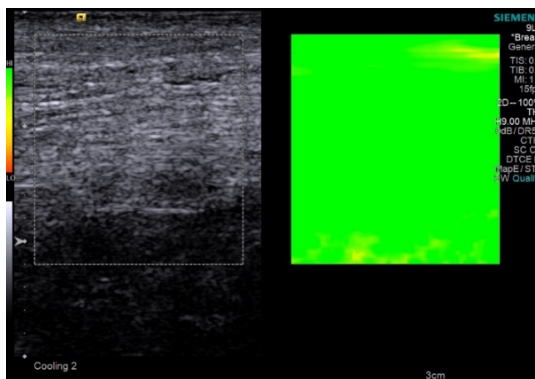


Figure 2. Quality model of popliteal tibial nerve ARFI imaging

图 2. 腓段胫神经 ARFI 成像质量模式

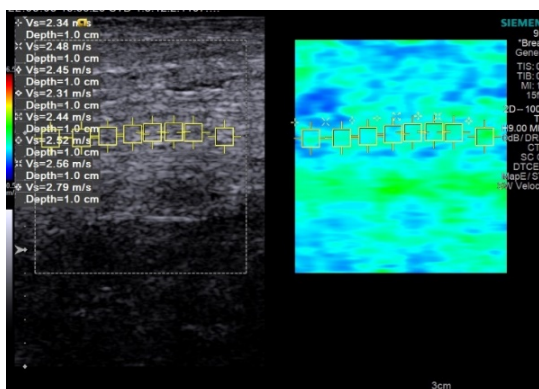


Figure 3. SWV of popliteal tibial nerve was measured using VTIQ

图 3. VTIQ 测量腓段胫神经 SWV

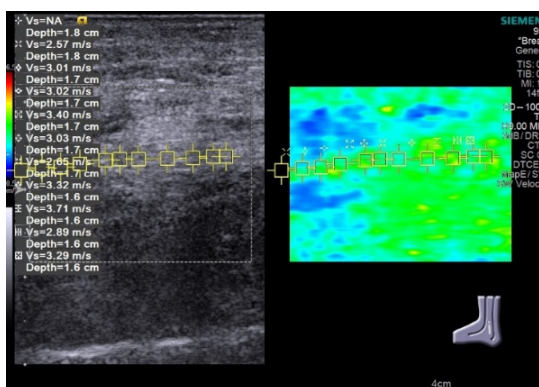


Figure 4. SWV of tibial nerve in superior malleolar segment was measured by VTIQ

图 4. VTIQ 测量踝上段胫神经 SWV

3. 结果

3.1. 一般资料比较

将 2 型糖尿病患者(共 60 例)分为两组: DPN 组和 NDPN 组各 30 例, 对照组(同期健康体检人群) 30

例。DPN 组糖化血红蛋白均值为 $8.09\% \pm 1.42\%$ (正常值 $4.0\% \sim 6.0\%$), NDPN 组糖化血红蛋白均值为 $8.14\% \pm 1.28\%$ (正常值 $4.0\% \sim 6.0\%$), 对照组糖化血红蛋白均值为 $4.57\% \pm 0.98\%$ (正常值 $4.0\% \sim 6.0\%$), 各组间年龄、性别、身高、体质量等一般资料进行比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

3.2. 弹性成像检查

3 组人群均行胫神经腓段、踝上段 ARFI 检查, VTIQ 技术计算结果相比较, 3 组人群左右两侧测量结果差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。DPN 组腓段及踝上段 SWV 高于 NDPN 及健康对照组, NDPN 组腓段及踝上段 SWV 高于健康对照组 ($P < 0.05$), 见表 1。将 30 例 DPN 患者 (60 条胫神经) 与 30 例 NDPN 患者 (60 条胫神经) 腓段胫神经与踝上段胫神经弹性值绘制 ROC 曲线, 腓段胫神经曲线下面积为 0.822 ($P < 0.001$), 最佳截断值为 2.16 m/s 时, 其敏感度为 0.70, 特异性为 0.88; 踝上段胫神经曲线下面积为 0.793 ($P < 0.001$), 最佳截断值为 2.36 m/s 时, 其敏感度为 0.68, 特异性为 0.88, 见图 5。

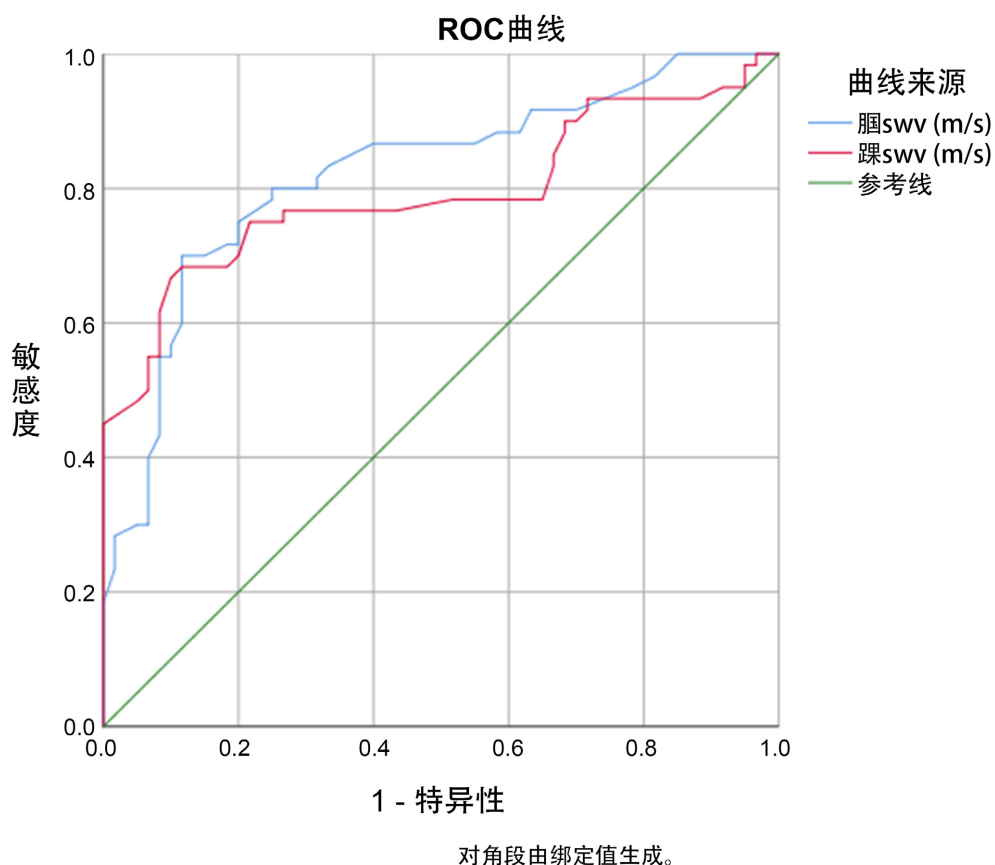


Figure 5. ROC curve of SWV value of tibial nerve popliteal segment and superior ankle segment in DPN patients

图 5. DPN 患者胫神经腓段、踝上段 SWV 值 ROC 曲线

Table 1. Comparison of general data and ARFI imaging parameters in DPN group, NDPN group and healthy control group
表 1. DPN 组、NDPN 组、健康人群对照组一般资料与 ARFI 成像参数比较

组别	对照组	NDPN 组	DPN 组	P 值
年龄(岁)	56.37 ± 11.03	58.67 ± 10.59	59.73 ± 9.97	>0.05
BMI (kg/m ²)	24.91 ± 1.20	24.95 ± 1.41	25.37 ± 1.78	>0.05

Continued

糖尿病病史(年)		5 ± 2.36	13.33 ± 4.52	<0.05
血糖(mmol/L)	5.32 ± 0.42	9.93 ± 1.77*	16.6 ± 2.31*#	<0.05
糖化血红蛋白(%)	4.57 ± 0.98	8.14 ± 1.28*	8.09 ± 1.42*	<0.05
右腓段胫神经 SWV (m/s)	1.91 ± 0.07	2.04 ± 0.13*	2.26 ± 0.18*#	<0.05
左腓段胫神经 SWV (m/s)	1.91 ± 0.07	2.05 ± 0.12*	2.23 ± 0.16*#	<0.05
右踝上胫神经 SWV (m/s)	1.99 ± 0.07	2.23 ± 0.11*	2.47 ± 0.27*#	<0.05
左踝上胫神经 SWV (m/s)	1.99 ± 0.06	2.25 ± 0.10*	2.48 ± 0.27*#	<0.05

与对照组比较, * $P < 0.05$; 与 NDPN 组比较, # $P < 0.05$ 。

4. 讨论

目前,常用的 DPN 诊断方法是临床症状评估与体格检查,在排除其他疾病引起的周围神经改变时,结合神经症状评分来进行评估[12],包括密歇根筛查量表、多伦多临床评分系统[13]等等。神经电生理检测或周围神经活检为诊断金标准,神经电生理检测能客观评价周围神经以及肌肉电生理改变,但不能准确定位神经损害节段以及声像图改变,可重复性操作差,患者容易出现耐受;周围神经活准确率较高,但是只能反映某一节段神经病变,无法反应完整的神经功能情况,再者患者往往不易接受。DPN 在病理生理上的变化特点表现为高血糖引起醛糖还原酶水平升高,山梨醇和果糖在施旺细胞中过度累积,引起神经轴突的丧失、神经脱髓鞘[14];神经细胞渗透压增高,亦会引起水钠潴留,导致神经增粗、肿胀,神经内压增高,神经硬度增加,弹性降低;同时,长期的高血糖不仅会损害神经细胞还会引起神经内膜血管及神经内微血管内皮细胞损伤,导致神经缺血、缺氧、硬化,使得神经损害进一步加剧[15]。随着 DM 病程的进展或者高血糖的持续存在,神经细胞损害加剧,神经水肿及缺血、硬化程度更加严重,表现出神经直径、横截面积逐步增大,硬度增高,弹性愈差。

随着超声医学发展,超声影像学对周围神经的损害能提供更多的诊断依据,为 DPN 的早诊断、早治疗提供帮助[16]。高频超声能在二维上直观显示胫神经大小、形态、走行、内部结构、毗邻关系,这对于周围神经的评估更是向前迈出一大步,为 DPN 的诊断提供形态学帮助[17];在此基础上,弹性成像能更好的定量分析周围神经硬度,为 DPN 诊断提供数据支持[18]。

VTIQ 技术通过多点测量胫神经剪切波传播速度(SWV)定量分析胫神经硬度,SWV 值越高表明声束经过组织传播速度越快,也说明组织硬度越大,组织弹性越差[19]。相比较于上一代 VTQ 技术,缩小了取样框面积,由单点测量变成多点瞬时测量,更方便、简洁、准确地客观反映研究样本。本研究通过对 30 例 DPN 患者、30 例 NDPN 患者、30 例健康体检人群共 180 条胫神经腓段、踝上段分别进行 SWV 分析,发现胫神经腓段及踝上段 DPN 组及 NDPN 组 SWV 均高于健康对照组,而 DPN 组 SWV 又高于 NDPN 组,差异均有统计学意义,糖尿病病史越长,血糖高、控制差的患者较新发现糖尿病以及血糖控制理想的患者 SWV 明显增高;每一组间胫神经腓段与踝上段对比分析,发现踝上段 SWV 明显高于腓段,ROC 曲线分析结果显示,胫神经腓段敏感度稍高于踝上段,特异性相持平,表明 ARFI 技术测量胫神经硬度具有较高敏感性及特异性来诊断 DPN。

结果显示,DM 患者的胫神经无论是腓段还是踝上段 SWV 均高于健康对照组,伴随 DM 病程进展,DPN 组患者胫神经 SWV 又高于 NDPN 组患者,SWV 增高表示神经硬度增加,弹性下降,无 DPN 症状的 DM 患者胫神经硬度增高,表明神经已经受到糖尿病影响。胫神经腓段弹性值敏感度稍高于踝上段分析原因,腓段胫神经走行较为平直,左右径、前后径、横截面积均明显高于踝上段,二维高频灰阶成像

显示: 腓段胫神经短轴横截面多呈圆形或椭圆形, 形态规则, 180 条胫神经腓段横断面最短径约 4.3 mm, 弹性成像取样框直径约 1.8 mm, 能准确置于目标神经内, 故测量值较准确; 踝上段胫神经直径明显细于腓段, 形态多成类圆形, 部分患者(约 34 条)该段胫神经呈不规则形, 180 条胫神经踝上段横断面最短径约 3.0 mm, 取样框虽能完全置于目标神经内, 但与周围组织毗邻, 受周围组织干扰大于腓段, 而且该段胫神经走行与胫后动静脉及胫骨紧邻, 受胫后动脉搏动及以胫骨骨质影响明显, 所测量 SWV 明显高于腓段胫神经。数据表明踝上段胫神经 SWV 标准差略大于腓段胫神经, 故离散程度越大, 以 DPN 组更显著。

本研究的局限性: 1) 本研究样本量较小, 无法动态观察同一患者从 NDPN 进展到 DPN 过程中胫神经弹性的改变, 下一步研究中继续扩充样本量, 以此来减少误差, 增加结果的准确性; 2) 本研究以胫神经电生理检查及临床症状作为 DPN 组分组依据, 缺乏像周围神经活检之类的金标准诊断依据; 3) 本研究仅仅是对周围神经中下肢胫神经进行研究, 有待进一步增加对其他容易引起改变的周围神经(像腓肠神经、腓神经、正中神经等等)进行综合评判、综合分析, 得到更准确数据。

5. 总结

综上所述, 经过临床评估以及神经电生理检查确诊的 DPN 患者胫神经硬度最高, NDPN 组患者胫神经硬度值略低于 DPN 组, 明显高于健康对照组, 这表明 NDPN 组患者虽未表现出周围神经损害症状, 但神经硬度已受到高血糖影响。就弹性成像而言, 腓段胫神经的测量优于踝上段。ARFI 技术能较好地应用于周围神经的检查, 较传统的应变弹性成像去除了人为因素对测量结果的干扰, VTIQ 技术能准确地量化反应胫神经硬度, 更直观准确地定量分析神经的损害。目前已有多方研究表明高频超声可以辅助诊断 DPN [20], 结合利用 ARFI 成像 VTIQ 技术可以为 DPN 的病情进展、早期诊断及临床预防、用药、治疗提供数据支持与帮助。

参考文献

- [1] Jr., P.W. and Upender, R.P. (2003) Medical Evaluation and Treatment of Diabetic Peripheral Neuropathy. *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery*, **20**, 671-688. [https://doi.org/10.1016/S0891-8422\(03\)00068-5](https://doi.org/10.1016/S0891-8422(03)00068-5)
- [2] 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.
- [3] De Souza, R.J., De Souza, A. and Nagvekar, M.D. (2015) Nerve Conduction Studies in Diabetics Presymptomatic and Symptomatic for Diabetic Polyneuropathy. *Diabetes Complications*, **29**, 811-817. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2015.05.009>
- [4] 常景建, 倪雪君. 超声在周围神经损伤诊断和治疗中的应用进展[J]. 中国医学影像技术, 2017, 33(11): 1720-1723.
- [5] Nightingale, K. (2011) Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) Imaging: A Review. *Current Medical Imaging Reviews*, **7**, 328-339. <https://doi.org/10.2174/157340511798038657>
- [6] Matsuda, E., Fukuhara, T., Donishi, R., et al. (2021) Clinical Utility of Qualitative Elastography Using Acoustic Radiation Force Impulse for Differentiating Benign from Malignant Salivary Gland Tumors. *Ultrasound in Medicine and Biology*, **47**, 279-287. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2020.10.007>
- [7] Chandramohan, A. (2022) ARFI Elastography in Chronic Hepatitis B Virus Infection—The Sources of Variations. *Indian Journal of Radiology and Imaging*, **32**, 285-286. <https://doi.org/10.1055/s-0042-1757423>
- [8] Harish, C.S., Dixit, R., Singh, S., et al. (2020) Sonoelastographic Evaluation of the Achilles Tendon in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Ultrasound in Medicine and Biology*, **46**, 2989-2997. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2020.07.023>
- [9] Dikici, A.S., Ustabasioglu, F.E., Delil, S., et al. (2017) Evaluation of the Tibial Nerve with Shear-Wave Elastography: A Potential Sonographic Method for the Diagnosis of Diabetic Peripheral Neuropathy. *Radiology*, **282**, 494-501. <https://doi.org/10.1148/radiol.2016160135>
- [10] 李艳飞, 王晶, 陈定章, 等. 下肢神经剪切波弹性成像对不同程度糖尿病周围神经病变的诊断效能分析[J]. 陕西医学杂志, 2022, 51(9): 1102-1105.

- [11] Üçeyler, N., Schäfer, K.A., Mackenrodt, D., *et al.* (2016) High-Resolution Ultrasonography of the Superficial Peroneal Motor and Sural Sensory Nerves May Be a Non-Invasive Approach to the Diagnosis of Vasculitic Neuropathy. *Frontiers in Neurology*, **7**, 48. <https://doi.org/10.3389/fneur.2016.00048>
- [12] Wang, L., Guo, S., Wang, W., *et al.* (2022) Neuropathy Scale Score as an Independent Risk Factor for Myocardial Infarction in Patients with Type 2 Diabetes. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, **38**, e3561. <https://doi.org/10.1002/dmrr.3561>
- [13] Wang, F., Zheng, M., Hu, J., *et al.* (2021) Value of Shear Wave Elastography Combined with the Toronto Clinical Scoring System in Diagnosis of Diabetic Peripheral Neuropathy. *Medicine (Baltimore)*, **100**, e27104. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000027104>
- [14] Hassan, A., Leep Hunderfund, A.N., Watson, J., *et al.* (2013) Median Nerve Ultrasound in Diabetic Peripheral Neuropathy with and without Carpal Tunnel Syndrome. *Muscle & Nerve*, **47**, 437-439. <https://doi.org/10.1002/mus.23677>
- [15] Dejgaard, A. (1998) Pathophysiology and Treatment of Diabetic Neuropathy. *Diabetic Medicine*, **15**, 97-112. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9136\(199802\)15:2<97::AID-DIA523>3.0.CO;2-5](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9136(199802)15:2<97::AID-DIA523>3.0.CO;2-5)
- [16] Dhanapalaratnam, R., Issar, T., Poynten, A.M., *et al.* (2022) Diagnostic Accuracy of Nerve Ultrasonography for the Detection of Peripheral Neuropathy in Type 2 Diabetes. *European Journal of Neurology*, **29**, 3571-3579. <https://doi.org/10.1111/ene.15534>
- [17] Huang, H. and Wu, S. (2021) Application of High-Resolution Ultrasound on Diagnosing Diabetic Peripheral Neuropathy. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, **14**, 139-152. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S292991>
- [18] Zakrzewski, J., Zakrzewska, K., Pluta, K., *et al.* (2019) Ultrasound Elastography in the Evaluation of Peripheral Neuropathies: A Systematic Review of the Literature. *Polish Journal of Radiology*, **84**, e581-e591. <https://doi.org/10.5114/pjr.2019.91439>
- [19] 滕飞, 周显礼, 薛伟力, 董雪迎, 马饶. 超声弹性成像评估 2 型糖尿病患者胫神经病变的应用价值[J]. 医学研究杂志, 2018, 47(11): 163-167.
- [20] 李亮亮, 陈路增. 超声在糖尿病下肢神经病变中的应用进展[J]. 中国介入影像与治疗学, 2020, 17(8): 498-501.