

2 型糖尿病周围神经病变患者尺神经不同位置的剪切波弹性成像评估

吴成蓉,王云月,穆晶晶

(西安交通大学第一附属医院超声医学科,陕西 西安 710000)

[摘要] 目的:探讨剪切波弹性成像(SWE)在 2 型糖尿病患者尺神经病变中的应用价值,并比较尺神经不同位点的 SWE 及高频超声诊断 2 型糖尿病周围神经病变(DPN)的诊断效能。**方法:**前瞻性选取患 DPN 的 2 型糖尿病患者(DPN 组)、非 DPN 的 2 型糖尿病患者(非 DPN 组)各 60 例,以及同期的健康志愿者(对照组)60 例。采用高频超声分别测量尺神经三个位点的横截面积(CSA)(尺管近端入口处(UN1)、前臂中点处(UN2)及肘横纹上 5 cm 处(UN3)),再采用 SWE 技术测量尺神经三个位点的杨氏模量值(E_{mean})和剪切波速度(SWV)。**结果:**三组尺神经在同一位点测得的各参数,DPN 组及非 DPN 组均高于对照组,且 DPN 组也高于非 DPN 组(P 均 <0.001);在同一分组内,尺神经的 CSA 在 UN1、UN2 及 UN3 均有差异(P 均 <0.001),并且尺神经从远端到近端 CSA 逐渐增加;而尺神经三个位点从远端到近端,其 E_{mean} 及 SWV 逐渐减小(P 均 <0.001)。采用 UN1 尺神经 CSA 诊断 DPN 的敏感性为 73.3%,特异性为 73.3%,最佳截点值为 0.075 cm^2 ;采用 SWV 诊断 DPN 时,在尺神经 UN2 的曲线下面积最高,其诊断 DPN 的敏感性为 95%,特异性为 91.7%,最佳截点值为 3.65 cm/s 。**结论:**高频超声和 SWE 技术可以指导 DPN 的诊断,采用 SWE 技术评估尺神经硬度来诊断 DPN 时,应选取尺神经的前臂中段进行测量,具有更好的诊断效能。

[关键词] 尺神经;糖尿病,2 型;超声检查

[中图分类号] R587.1;R445.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1008-1062(2025)01-0051-05

DOI:10.12117/jccmi.2025.01.012

Evaluation of shear wave elastography at different positions of ulnar nerve in patients with type 2 diabetic peripheral neuropathy

WU Cheng-rong, WANG Yun-yue, MU Jing-jing

(Department of Ultrasound Medicine, the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710000, China)

Abstract: Objective: To explore the value of shear wave elastography(SWE) in the diagnosis of ulnar neuropathy in type 2 diabetic mellitus, and to compare the diagnostic efficacy of SWE and high-frequency ultrasound in the diagnosis of type 2 diabetic peripheral neuropathy(DPN) at different locations of the ulnar nerve. **Methods:** Sixty type 2 diabetic mellitus patients with DPN (DPN group), 60 type 2 diabetic mellitus patients without DPN (non-DPN group) and 60 healthy volunteers(control group) were selected prospectively. The cross-sectional area (CSA) of the ulnar nerve at three sites (near the entrance of ulnar tube (UN1), middle point of forearm (UN2) and 5 cm above the transverse stripes of elbow (UN3)) was measured by high-frequency ultrasound, and then the Young's modulus(E_{mean}) and shear wave velocity(SWV) of the ulnar nerve at three sites were measured by SWE technology. **Results:** The parameters of ulnar nerve measured at the same site were higher in DPN group and non-DPN group than those in the control group, and the parameters in the DPN group were also higher than those in the non-DPN group($P<0.001$). In the same group, the CSA of ulnar nerve was different in UN1, UN2 and UN3($P<0.001$), and the CSA of ulnar nerve gradually increased from distal to proximal. However, the E_{mean} and SWV of the ulnar nerve decreased gradually from the distal end to the proximal end ($P<0.001$). The sensitivity, specificity and the best cut-off value of CSA of ulnar nerve at the entrance of ulnar canal were 73.3%, 73.3% and 0.075 cm^2 , respectively. When using SWV to diagnose DPN, the area under the curve of UN2 of ulnar nerve was the highest, and its sensitivity, specificity and optimal cut-off point were 95%, 91.7% and 3.65 cm/s , respectively. **Conclusion:** High-frequency ultrasound and SWE technology can guide the diagnosis of DPN. When SWE technology is used to evaluate the hardness of ulnar nerve to diagnose DPN, the middle forearm segment of ulnar nerve should be selected for measurement, which has better diagnostic efficiency.

Key words: Ulnar Nerve; Diabetes Mellitus, Type 2; Ultrasonography

糖尿病周围神经病变(Diabetic peripheral neuropathy, DPN) 是高血糖导致的一系列周围神经疾病, 是糖尿病慢性并发症之一, DPN 在 2 型糖尿病

患者中的发病率约 45%^[1],严重影响患者生活质量。研究认为 2 型糖尿病患者 DPN 可发生在临床诊断前的 4~7 年^[2],因此早期发现 DPN 对于预防或延缓

[收稿日期] 2024-03-25

[作者简介] 吴成蓉(1984-),女,安徽人,主治医师。E-mail:rongchengwu@163.com

[通信作者] 穆晶晶,西安交通大学第一附属医院超声医学科,710000。E-mail:mujj2575@163.com

糖尿病患者的不良临床结局至关重要。DPN 的诊断金标准为神经电生理检查,其结果客观且可量化,但该技术的侵入性、高成本及时间久限制了其广泛使用。此外,很多 DPN 患者的神经电生理结果正常,这种情况被称为“亚电生理 DPN”。

近年来高频超声作为一种辅助电生理检查的方法广泛应用于 DPN 的诊断,DPN 患者由于神经束水肿导致神经硬度增加,而剪切波弹性成像(Shear wave elastography, SWE)是超声领域的研究热点,目前在肌肉和神经疾病的诊断中被越来越多地认可及应用。虽然 DPN 是四肢远端多发性对称性的神经病变,但有研究认为同一神经的不同位置其 SWE 会有很大的差异^[9],因此本研究选取了尺神经(Ulnar nerve, UN)的三个不同位点,来评估 SWE 在 DPN 中的诊断价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象

前瞻性选取 2020 年 10 月—2022 年 8 月于西安交通大学第一附属医院内分泌科住院的确诊为 2 型糖尿病的患者 120 例(男 57 例,女 63 例),所有 2 型糖尿病患者均符合 WHO 诊断标准^[4-5],并选取同期门诊健康志愿者 60 例(男 27 例,女 33 例)。根据神经电生理结果将 2 型糖尿病患者分为两组,分别为 DPN 组(60 例,男 29 例,女 31 例)及非 DPN 组(60 例,男 28 例,女 32 例)。DPN 电生理学的诊断参照美国相关医学会制订的电生理学标准^[9],并收集所有受试者的年龄、性别、BMI 及糖尿病病程、糖化血红蛋白。

所有受试者均签署知情同意书。排除标准:①1 型糖尿病;②遗传性神经系统疾病、酒精引起的神经病变以及其他炎症或药物引起的神经病变;③右上肢骨折或有手术史;④病情严重患者及家属拒绝配合者;⑤皮肤有损伤或肿胀;⑥尺管综合征及肘管综合征患者;⑦外伤或腰椎疾病合并脑血管疾病。

本研究已通过西安交通大学第一附属医院医学伦理委员会的批准。

1.2 研究方法

1.2.1 高频超声检查

所有超声检查均使用配备 SWE 功能的 4~15 MHz 线阵探头(Imagine Aixplorer,法国声科)。受试者检查期间保持室温 25℃,以减少温度对肌肉和神经弹性组织的影响。所有受试者坐位,上肢自然地置于检查床,首先由远及近扫查尺神经,包

括尺管近端入口处(UN1)、前臂中点(UN2)处及肘横纹上 5 cm(UN3)处。测量时需保持探头平稳,先在横断面上分别定位尺神经的 3 个位点,然后分别测量并描记尺神经 3 个位点的横截面积(Cross-sectional area, CSA),每个位点测量 3 次计算平均值并记录。

1.2.2 SWE

采用杨氏模量平均值(E_{mean})及剪切波速度(Shear wave velocity, SWV)平均值作为参数。测量方法:探头上覆盖较厚的耦合剂,操作过程中切记勿在皮肤表面施压,探头需垂直于皮肤,将探头从横断面旋转 90°获取尺神经纵切面成像,保持探头稳定再切换至 SWE 模式,分别在 UN1、UN2 及 UN3 处获取理想的 SWE 图并冻结,然后将 1 mm 的圆形感兴趣区(ROI)分别放置在尺神经 3 个位点的神经外膜边界内,获取每一位点的 E_{mean} 及 SWV 平均值,每一个位点测量 3 次计算其平均值并记录。

上述超声测量均由一位经验丰富,从事肌骨超声及 SWE 技术 6 年的超声医师独立完成,其对所有患者的神经电生理检查及临床症状不知情。

1.3 统计学分析

使用 SPSS 27.0 及 MedCalc 15.8 软件进行数据分析。变量均表示为中位数(四分位距)。性别比较采用 χ^2 检验。采用 K-W 检验比较不同组间及尺神经三个位点间各参数的差异,两组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。受试者上肢左右侧间各参数采用 Wilcoxon 符号秩检验进行比较。获取尺神经各个位点参数的受试者工作特性(ROC)曲线,计算各个位点参数诊断 DPN 的特异性、敏感性、曲线下面积(AUC)及最佳截断值;并采用 Z 检验比较尺神经不同位点的剪切波参数诊断 DPN 的效能。 $P < 0.05$ 具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较

见表 1。三组受试者的年龄及性别无统计学差异($P > 0.05$),糖尿病患者的 BMI 高于健康受试者($P < 0.001$),但糖尿病患 DPN 组与糖尿病非 DPN 组的 BMI 无显著差异($P > 0.05$);且合并 DPN 的糖尿病患

表 1 三组间基本资料及临床指标间比较

	DPN 组	非 DPN 组	对照组	P
性别(男/女)	29/31	28/32	27/33	0.935
年龄(岁)	57.00(13.75)	56.00(15.50)	57.00(12.50)	0.555
BMI(kg/m ²)	25.09(3.12)	23.04(3.65)	21.00(2.59)	<0.001
糖尿病病程(年)	6.5(3.00)	4.50(2.00)	/	<0.001
糖化血红蛋白(%)	8.05(1.68)	7.40(1.67)	/	0.006

者其病程及糖化血红蛋白均高于非 DPN 组($P<0.05$)。

2.2 三组间尺神经同一位点各参数比较

三组受试者左、右侧尺神经不同位点的各参数比较均无统计学差异($P>0.05$);但糖尿病患者的尺神经在每一个位点(UN1、UN2、UN3),其 E_{mean} 、SWV 及 CSA 均高于健康受试者(P 均 <0.001),即在同一位点测得的尺神经各参数,糖尿病组均高于健康对照组,且合并 DPN 的糖尿病患者各参数也高于非 DPN 的糖尿病患者,见表 2 和图 1。

2.3 同一组内尺神经不同位点的各参数比较

见表 3。在同一分组内,即不管在 DPN 组、非 DPN 组或者对照组,尺神经的 CSA 在 UN1、UN2 及

UN3 均有差异,差异均有统计学意义(P 均 <0.001),并且尺神经从远端到近端 CSA 逐渐增加;而 SWE 测得的参数刚好相反,即尺神经从远端到近端,其 E_{mean} 及 SWV 逐渐减小,差异有统计学意义 (P 均 <0.001),见图 2。

2.4 尺神经的各参数对 DPN 的诊断效能

尺神经不同位点的各参数对 DPN 的诊断效能见表 4,其 ROC 曲线见图 3~5。

尺神经 UN1 的 CSA 诊断 DPN 的曲线下面积大于 E_{mean} 及 SWV ($P<0.05$),表明在尺神经尺管入口处,高频超声获得的 CSA 比 SWE 技术获得的神经硬度参数具有更高的诊断效能,采用尺管入口处尺

表 2 三组间 UN 不同位点各超声参数的比较

	DPN 组	非 DPN 组	对照组	P
UN1				
CSA (cm ²)	0.08(0.03)	0.07(0.02)	0.048(0.02)	<0.001
E_{mean} (kPa)	51.95(11.63)	46.60(8.05)	29.55(8.00)	<0.001
SWV (m/s)	4.15(0.50)	3.90(0.37)	3.10(0.40)	<0.001
UN2				
CSA (cm ²)	0.10(0.01)	0.08(0.00)	0.06(0.02)	<0.001
E_{mean} (kPa)	44.60(7.70)	35.00(5.40)	21.55(5.35)	<0.001
SWV (m/s)	3.90(0.45)	3.40(0.20)	2.70(0.30)	<0.001
UN3				
CSA (cm ²)	0.12(0.03)	0.08(0.04)	0.07(0.02)	<0.001
E_{mean} (kPa)	41.65(15.45)	20.20(15.98)	14.95(4.74)	<0.001
SWV (m/s)	3.70(0.70)	2.60(1.00)	2.20(0.40)	<0.001

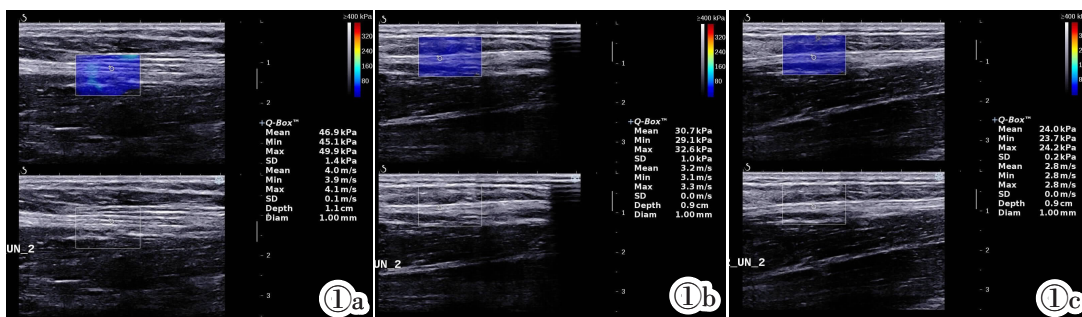


图 1a DPN 患者尺神经 UN2 的 SWE 图: $E_{mean}=46.6$ kPa, SWV=3.9 m/s。图 1b 非 DPN 患者尺神经 UN2 的 SWE 图: $E_{mean}=29.8$ kPa, SWV=3.2 m/s。图 1c 健康志愿者尺神经 UN2 的 SWE 图: $E_{mean}=24.0$ kPa, SWV=2.8 m/s。

Figure 1a. SWE images of UN2 of ulnar nerve in DPN patients: $E_{mean}=46.6$ kPa, SWV=3.9 m/s. Figure 1b. SWE images of UN2 of ulnar nerve in non-DPN patient: $E_{mean}=29.8$ kPa, SWV=3.2 m/s. Figure 1c. SWE images of UN2 of ulnar nerve in healthy volunteers: $E_{mean}=24.0$ kPa, SWV=2.8 m/s.

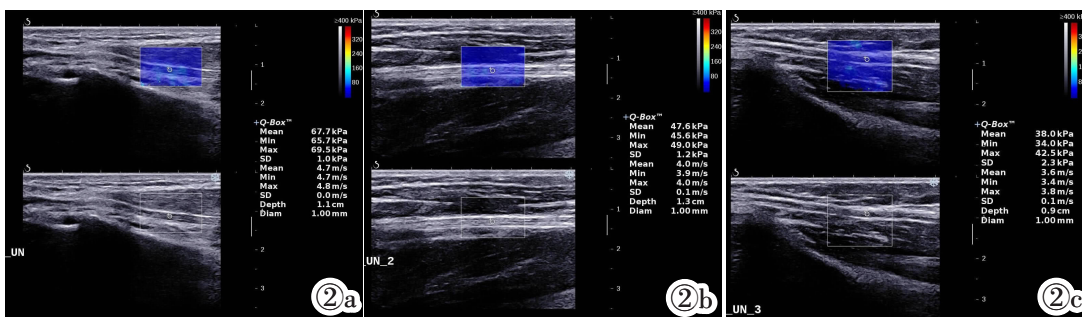


图 2a DPN 患者尺神经 UN1 的 SWE 图: $E_{mean}=67.7$ kPa, SWV=4.7 m/s。图 2b DPN 患者尺神经 UN2 的 SWE 图: $E_{mean}=47.1$ kPa, SWV=4.0 m/s。图 2c DPN 患者尺神经 UN3 的 SWE 图: $E_{mean}=38.0$ kPa, SWV=3.6 m/s。

Figure 2a. SWE images of UN1 of ulnar nerve in DPN patients: $E_{mean}=67.7$ kPa, SWV=4.7 m/s. Figure 2b. SWE images of UN2 of ulnar nerve in DPN patients: $E_{mean}=47.1$ kPa, SWV=4.0 m/s. Figure 2c. SWE images of UN3 of ulnar nerve in DPN patients: $E_{mean}=38.0$ kPa, SWV=3.6 m/s.

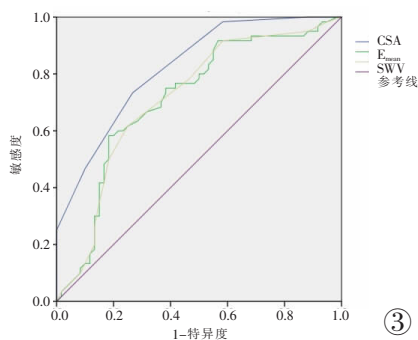


图 3 UN1 各参数诊断 DPN 的 ROC 曲线。

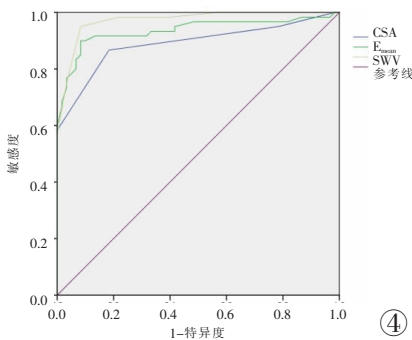


图 4 UN2 各参数诊断 DPN 的 ROC 曲线。

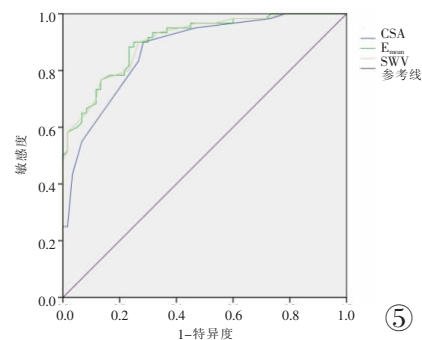


图 5 UN3 各参数诊断 DPN 的 ROC 曲线。

Figure 3. ROC curves for diagnosing DPN with UN1 parameters. Figure 4. ROC curves for diagnosing DPN with UN2 parameters.

Figure 5. ROC curves for diagnosing DPN with UN3 parameters.

表 3 同组内 UN 不同位点间各参数的比较

	UN1	UN2	UN3	P
DPN 组				
CSA (cm ²)	0.08(0.03)	0.10(0.01)	0.12(0.03)	<0.001
E _{mean} (kPa)	51.95(11.63)	44.60(7.70)	41.65(15.45)	<0.001
SWV (m/s)	4.15(0.50)	3.90(0.45)	3.70(0.70)	<0.001
非 DPN 组				
CSA (cm ²)	0.07(0.02)	0.08(0.01)	0.08(0.04)	<0.001
E _{mean} (kPa)	46.60(8.05)	35.00(5.40)	20.20(15.98)	<0.001
SWV (m/s)	3.90(0.37)	3.40(0.20)	2.60(1.00)	<0.001
对照组				
CSA (cm ²)	0.048(0.02)	0.06(0.02)	0.07(0.02)	<0.001
E _{mean} (kPa)	29.55(8.00)	21.55(5.35)	14.95(4.74)	<0.001
SWV (m/s)	3.10(0.40)	2.70(0.30)	2.20(0.40)	<0.001

表 4 尺神经不同位置的高频超声及 SWE 参数对 DPN 的诊断效能

	AUC	95%CI	敏感性	特异性	最佳界点值	P
UN1						
CSA (cm ²)	0.822	0.750~0.894	73.3%	73.3%	0.075	<0.001
E _{mean} (kPa)	0.712	0.618~0.807	58.3%	81.7%	50.4	<0.001
SWV (m/s)	0.713	0.619~0.808	61.7%	75%	4.05	<0.001
UN2						
CSA (cm ²)	0.890	0.827~0.952	86.7%	81.7%	0.085	<0.001
E _{mean} (kPa)	0.935	0.887~0.984	90%	91.7%	39.75	<0.001
SWV (m/s)	0.972	0.947~0.997	95%	91.7%	3.65	<0.001
UN3						
CSA (cm ²)	0.873	0.811~0.934	90%	71.7%	0.095	<0.001
E _{mean} (kPa)	0.906	0.855~0.957	90%	76.7%	28.4	<0.001
SWV (m/s)	0.905	0.854~0.956	76.7%	86.7%	3.25	<0.001

神经 CSA 诊断 DPN 的敏感性为 73.3%，特异性为 73.3%，最佳截点值为 0.075 cm²；但是，在尺神经 UN2 及 UN3 获得的 E_{mean} 及 SWV 值诊断 DPN 的曲线下面积均高于其 CSA (P<0.05)，表明在这两个位点利用 SWE 技术测得的尺神经硬度比高频超声测得的 CSA 具有更高的诊断效能，并且在尺神经前臂中段，其 SWV 的曲线下面积最高，表明我们通过 SWE 技术评估尺神经硬度来诊断 DPN 时，应选取尺神经的前臂中段进行测量，其诊断 DPN 的敏感性为 95%，特异性为 91.7%，最佳截点值为 3.65 cm/s。

3 讨论

SWE 通过发射声辐射脉冲产生 MachCone 效应，引起组织振动产生横波，采用超快超声成像技术实时探测剪切波，再通过彩色编码技术实时显示 SWV 并计算杨氏模量值，从而定量评估感兴趣区的组织硬度^[7]。2016 年，Dikici 等^[8]首次提出将 SWE 应用于 DPN，他们发现下肢胫神经硬度的增加可以作为诊断 DPN 的参考值，具有高灵敏度和特异性。DPN 的发病机制为神经细胞长期暴露于高血糖环境中导致神经氧化应激，蛋白激酶 C-β 活性异常，使神经发生局灶性脱髓鞘、轴突变性，并且神经营养因子缺乏，缺血缺氧，发生微血管变性等，这些变化可导致神经膜结构纤维化，改变神经的机械应力，导致神经水肿、弹性减低、硬度增加，影响神经纤维功能^[9-11]。Tang 等^[9]通过对健康人正中神经及胫神经的研究发现，同一神经不同部位间的 SWV 存在显著差异，不同神经之间也存在显著差异。因此在我们的

的研究中选取了上肢尺神经三个不同位点：尺管近端入口处、前臂中点及肘横纹上 5 cm 作为目标神经。

本研究发现在三组受试者中，糖尿病患者尺神经在三个不同位点，其 CSA、E_{mean} 及 SWV 均高于健康受试者，而合并 DPN 的患者各参数也高于非 DPN 的患者，这与侯爱莲等^[12]对于糖尿病患者上肢周围神经的研究结果一致。DPN 一般为远端对称性多发性感觉运动异常，但本研究得出三组间尺神经不同位点的 CSA 及 E_{mean}、SWV 均有统计学差异，表明糖

尿病尺神经病变 CSA 及硬度的改变不仅集中在远端,而且还可以累及近端神经,这与 Moon 等^[13]及 Watanabe 等^[14]的研究结果相同。我们的研究结果还显示三组尺神经不同位点左右侧的 CSA、 E_{mean} 及 SWV 均无统计学差异,这与 Andreisek 等^[15]及 Dikici 等^[8]报道的研究结果一致,并且符合 DPN 为对称性发病的特征。

此外,本研究发现同一分组内,尺神经不同位点,其 CSA、 E_{mean} 及 SWV 存在显著差异,并且尺神经从远端到近端 CSA 逐渐增加,而 SWE 测得尺神经 E_{mean} 及 SWV 从远端到近端逐渐减小。也就是尺神经在肘横纹上 5 cm 处其 CSA 最大,这与尺神经的解剖走行有关;而尺神经在尺管入口处硬度最高,这可能是由于远心端尺管处结构复杂,包括腕前韧带、屈肌支持带及周围的腕骨,导致 SWE 测量受尺管周围复杂结构的影响而结果较高。

我们的研究中通过绘制 ROC 曲线,发现采用尺神经 UN1 获得的 CSA 诊断 DPN 的曲线下面积大于该处的 E_{mean} 及 SWV,表明在尺神经尺管入口处高频超声比 SWE 技术具有更高的诊断效能,这可能是由于糖尿病尺神经病变最常见且最主要累及远端部位,而该处尺神经的硬度评估受到腕部复杂结构的影响而导致诊断效能低于高频超声;另外,我们发现在尺神经 UN2 及 UN3 获得的 E_{mean} 及 SWV 值诊断 DPN 的曲线下面积均高于其 CSA,表明在这两个位点利用 SWE 技术测得的尺神经硬度比高频超声测得的 CSA 具有更高的诊断效能,并且发现采用前臂中段尺神经的 SWV 诊断 DPN 的曲线下面积最大。这与之前文献提出^[3,16]的观点一致,即由于骨骼肌组织及神经具有各向异性的特点,所以在应用 SWE 技术评估肌肉神经组织时,SWV 比杨氏模量值更具有诊断价值。因此我们采用 SWE 技术评估尺神经硬度来诊断 DPN 时,应测量尺神经前臂中段的 SWV 来进行评估,其诊断 DPN 的敏感性为 95%,特异性为 91.7%,最佳截点值为 3.65 cm/s。

本研究的局限型在于:该研究没有深入研究神经硬度与糖尿病神经病变严重程度的关系,为此需要进行纵向研究以显示神经硬度的时间变化。另外由于没有进行神经活检,我们无法从组织病理学中确认 DPN 神经僵硬度的变化。

综上所述,DPN 患者的尺神经 CSA 及神经硬度高于非 DPN 组及健康对照组,并且采用 SWE 技术测量尺神经前臂中段的 SWV 来诊断 DPN 效能最高。总之,SWE 是一种非侵入性超声弹性技术,对早期 DPN 的筛查具有一定的价值,有利于临床更早期

定合理的治疗方案。

[参考文献]

- [1]Zilliox L, Russell JW. Treatment of diabetic sensory polyneuropathy[J]. *Curr Treat Options Neurol*, 2011, 13(2): 143-159.
- [2]Said G. Diabetic neuropathy—a review[J]. *Nat Clin Pract Neurol*, 2007, 39(6): 331-340.
- [3]Tang X, Zhu B, Tian M, et al. Preliminary study on the influencing factors of shear wave elastography for peripheral nerves in healthy population[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 5582.
- [4]Adler A, Bennett P, Chair SC, et al. Reprint of: classification of diabetes mellitus[J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2021, 31: 108972.
- [5]耿丰勤,陈超,沈素红. 基于剪切波弹性成像技术量化评估正中神经弹性特征的相关研究[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2021, 32(5): 366-370.
- [6]England JD, Gronseth GS, Franklin G, et al. Distal symmetric polyneuropathy: a definition for clinical research: report of the American Academy of Neurology, the American Association of Electrodiagnostic Medicine, and the American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation[J]. *Neurology*, 2005, 64(2): 199-207.
- [7]Gachon B, Fritel X, Pierre F, et al. In vivo assessment of the elastic properties of women's pelvic floor during pregnancy using shear wave elastography: design and protocol of the ELASTOPELV study[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2020, 21(1): 305.
- [8]Dikici AS, Ustabasioglu FE, Delil S, et al. Evaluation of the Tibial nerve with shear-wave Elastography: a potential sonographic method for the diagnosis of diabetic peripheral neuropathy[J]. *Radiology*, 2017, 282(2): 494-450.
- [9]Baum P, Toyka KV, Blüher M, et al. Inflammatory mechanisms in the pathophysiology of diabetic peripheral neuropathy(DN)—new aspects[J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 22(19): 10835.
- [10]程志强,袁志娟. 2 型糖尿病患者并发糖尿病周围神经病变危险因素分析[J]. *临床军医杂志*, 2021, 49(7): 801-803.
- [11]陆倩,吴意赞,王丽娟,等. 剪切波弹性成像技术对 2 型糖尿病周围神经病变评价价值[J]. *临床军医杂志*, 2022, 50(3): 305-307.
- [12]侯爱莲,邹好楠,杨德,等. 超声剪切波弹性成像对 2 型糖尿病尺神经病变诊断价值的初步研究 [J]. *中华保健医学杂志*, 2020, 22(2): 180-183.
- [13]Moon HI, Kwon HK, Kim L, et al. Ultrasonography of palm to elbow segment of median nerve in different degrees of diabetic polyneuropathy[J]. *Clin Neurophysiol*, 2014, 125(4): 844-848.
- [14]Watanabe T, Ito H, Morita A, et al. Sonographic evaluation of the median nerve in diabetic patients: Comparison with nerve conduction studies[J]. *J Ultrasound Med*, 2009, 28(6): 727-734.
- [15]Andreisek G, White LM, Kassner A, et al. Evaluation of diffusion tensor imaging and fiber tractography of the median nerve: preliminary results on intrasubject variability and precision of measurements[J]. *AJR*, 2010, 194(1): W65-72.
- [16]张瞳,逯雪峰,杨华睿,等. 剪切波弹性成像技术评估慢性心衰患者骨骼肌硬度改变的初步研究 [J]. *中国临床医学影像杂志*, 2020, 31(6): 418-421.