

## ◁肌肉骨骼影像学▷

## 高频超声联合剪切波弹性成像对腕管综合征的诊断价值

辛敏慧, 史 妹, 李忠举, 张植兰

(海口市人民医院(中南大学湘雅医学院附属海口医院)超声医学科, 海南 海口 570208)

**[摘要]** 目的:研究高频超声联合剪切波弹性成像(SWE)对腕管综合征的诊断价值。方法:选取 2020 年 4 月—2022 年 10 月我院收治的 98 例腕管综合征患者,筛选同期在本院体检的健康人 50 例为对照组。对研究对象行高频超声与 SWE 检查,比较两组高频超声参数值(包括豌豆骨水平和腕横纹上部两处正中神经直径,分别记 D1、D2,横截面积分别记 CSA1、CSA2),SWE 参数值(豌豆骨水平与腕横纹上部正中神经弹性模量均值,分别记 W、F,同义感兴趣区正中神经与指浅屈肌弹性模量均值比,记为 FRatio);绘制受试者工作特征(ROC)曲线,分析高频超声与 SWE 参数单独与联合检查对腕管综合征的诊断效能。结果:腕管综合征组 D1、CSA1 值大于对照组,差异有统计学意义( $P<0.05$ );两组 D2、CSA2 值无统计学意义( $P>0.05$ )。腕管综合征组 W、F、FRatio 值大于对照组,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。ROC 曲线显示,D1、CSA1、W、F、FRatio 检查对腕管综合征诊断的 AUC 分别为 0.698、0.772、0.773、0.719、0.702,联合检查的 AUC 为 0.864,联合检查的灵敏度与特异度分别为 90.8%、76.0%,诊断价值高于单独检查。结论:高频超声联合 SWE 检查能准确反应腕管综合征患者正中神经硬度,为临床诊断提供简便且无创的方式,应用价值较好。

**[关键词]** 腕管综合征;超声检查**[中图分类号]** R681.7;R445.1**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1008-1062(2024)02-0129-04

DOI:10.12117/jccmi.2024.02.013

**Diagnostic value of high frequency ultrasound imaging combined with SWE for carpal tunnel syndrome**

XIN Min-hui, SHI Mei, LI Zhong-ju, ZHANG Zhi-lan

(Department of Ultrasound Medicine, Haikou People's Hospital(Haikou Affiliated Hospital of Central South University Xiangya School of Medicine), Haikou 570208, China)

**Abstract: Objective:** To evaluate the diagnostic value of high-frequency ultrasound imaging combined with shear wave elastography(SWE) for carpal tunnel syndrome. **Methods:** Ninety-eight patients with carpal tunnel syndrome admitted to our hospital from April 2020 to October 2022 were enrolled, and another 50 healthy individuals who underwent physical examination during the same period were selected as control group. All subjects were examined using SWE and high-frequency ultrasound. The high-frequency ultrasound parameters(anteroposterior(D1) and transverse(D2) diameters of the median nerve taken bilaterally at pisiform bone level, the corresponding cross-sectional area(CSA1, CSA2), as well as the SWE parameters(anteroposterior(W) and transverse(F) elastic modulus of the median nerve taken bilaterally at pisiform bone level, strain ratio between the median nerve and flex or superficialis digitorum muscle(FRatio)) were compared between two groups. Then receiver operating characteristic (ROC) curve was plotted to evaluate the diagnostic efficacy of separate and combined detection of high-frequency ultrasound and SWE parameters in carpal tunnel syndrome. **Results:** D1 and CSA1 values in carpal tunnel syndrome group were significantly higher than those in control group ( $P<0.05$ ), while no statistical difference was found in D2 and CSA2 values ( $P>0.05$ ). The values of W, F and FRatio in carpal tunnel syndrome group were significantly higher than those in control group ( $P<0.05$ ). ROC curve denoted that the AUC of D1, CSA1, W, F and FRatio for the diagnosis of carpal tunnel syndrome was 0.698, 0.772, 0.773, 0.719 and 0.702 respectively, and the AUC of combined examination of above parameters was 0.864, with the sensitivity and specificity of 90.8% and 76.0%, indicating that the diagnostic value of combined test was higher than that of separate test. **Conclusion:** High frequency ultrasound imaging combined with SWE can accurately reflect the median nerve stiffness in patients with carpal tunnel syndrome, providing an easy and noninvasive way for clinical diagnosis, which is of great value.

**Key words:** Carpal Tunnel Syndrome; Ultrasonography

腕管综合征为正中神经卡压疾病,因多种因素导致腕管中容积缩小、压力上升,对正中神经造成卡

压而诱发相应支配位置的神经肌肉发生了功能方面的障碍<sup>[1]</sup>。该病为临床常见周围神经病变,确诊依赖

**[收稿日期]** 2023-06-27;**[修回日期]** 2023-08-08**[作者简介]** 辛敏慧(1991-),女,海南海口人,主治医师。E-mail:xinminhui2711@163.com**[通信作者]** 辛敏慧,海口市人民医院(中南大学湘雅医学院附属海口医院)超声医学科,570208。E-mail:xinminhui2711@163.com**[基金项目]** 海南省自然科学基金面上项目(819MS140)。

于患者症状、神经电生理与超声等检查<sup>[2-3]</sup>。随着医疗技术发展,高频超声、超声弹性成像技术(SWE)逐渐应用于临床检查中,检查结果更精确,不仅能精准定位病变位置,还能清晰显示病变部位结构与形态变化<sup>[4-5]</sup>。SWE 为当前超声研究的热点,对机体无创伤,且能提供组织弹性和硬度的数据,在乳腺、甲状腺等器官中广泛的应用,但在周围神经系统中应用较少<sup>[6-7]</sup>。目前高频超声联合 SWE 在腕管综合征中的研究较少,临床诊断价值尚不明确。为此,本研究通过分析高频超声与 SWE 联合检查对腕管综合征的诊断价值,旨在为临床诊疗提供参考价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2020 年 4 月—2022 年 10 月我院收治的 98 例腕管综合征患者,男 40 例,女 58 例,年龄 20~72 岁,平均(48.28±12.29)岁;平均体质指数(BMI)为(22.18±2.38) kg/m<sup>2</sup>。纳入标准:符合《2016 AAOS 临床实践循证指南:腕管综合征管理》标准<sup>[8]</sup>,且经临床与神经电生理方面的检查确认是腕管综合征;患者知情同意。排除标准:糖尿病等代谢疾病患者;结缔组织疾病患者;口服特殊药史患者;其他周围神经病变患者;腕管松解术史患者;精神疾病患者或其它类型等依从性差的患者。同一个时间段挑选在本院体检的健康人 50 例为此次试验的对照组,男 21 例,女 29 例,年龄 21~70 岁,平均(47.82±11.04)岁;平均 BMI 为(21.83±2.65) kg/m<sup>2</sup>。腕管综合征患者与健康人群资料差别无统计学意义( $P>0.05$ )。

### 1.2 检查方法

研究对象检查时坐位,将掌心朝上,上肢放松并与身体呈 90°。使用彩色超声诊断仪(迈瑞公司,型号 Resona7EXP),阵线探头:LH20-6、L15-4,频率范围 6~20 MHz、4~15 MHz;探头涂足量耦合剂接触皮肤,不施加压力行常规二维超声扫描,前臂区由肘窝向腕部予以横切面扫描正中神经,观察其具体的结构、回声、形态、与周围相关组织的关系,记录腕部豌豆骨水平和腕横纹上方的正中神经相关数据,主要有豌豆骨水平与腕横纹上部的正中神经具体直径,分别记 D1、D2,横截面积分别记 CSA1、CSA2,由检测系统自动生成。旋转探头 90°,朝着神经长轴的方向扫描;在前臂中点位置将探头固定,之后再切换成 SWE 模式获取相应的彩图,根据弹性值从小至大将图像用蓝、绿、黄、红色表示,等图像稳定后将 Q-BOX 的功能启动,测量目标位置的正中神经组织具体的杨氏模量值。彩色图弹性模量则在 100 kPa 内,测量的位置设为 2 mm 直径的圆形置于神经中。选 2

个测量平面,测量记录豌豆骨水平与腕横纹上部正中神经的弹性模量均值,分别记 W、F,同义感兴趣区正中神经与指浅屈肌弹性模量均值比,记为 FRatio;上述所有指标测量 3 次取其平均值作为最终结果。

### 1.3 统计学方法

采用 SPSS 20.0 软件分析数据,符合正态分布的参数以  $\bar{x}\pm s$  表示,以  $t$  检验进行组间比较;用%代表计数资料,使用  $\chi^2$  检验;绘制受试者工作特征(ROC)曲线用于界定临界值并分析各参数单独与联合的诊断效能。 $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 腕管综合征超声图像特征

纵断面可见正中神经受压处变细,近端神经肿胀、粗细不均,回声减低或质地模糊,卡压处可见切迹,伴“刻痕征”(图 1);横断面可见神经受压变扁,神经截面积增大,内部有低回声区(图 2)。彩超显示正中神经肿胀,回声减低,平行线样回声与网状结构模糊,内可探及血流信号(图 3);SWE 显示正中神经区域大多是蓝色偏红或者是偏黄,正中神经与周围组织硬度显著增加(图 4)。

### 2.2 两组高频超声参数比较

腕管综合征组 D1 值(2.17±0.16) mm、CSA1 值(9.81±2.17) mm<sup>2</sup> 大于对照组(2.01±0.14) mm、(7.94±1.44) mm<sup>2</sup>,差异有统计学意义( $P<0.05$ );腕管综合征组 D2 值为(1.88±0.20) mm,而对照组为(1.93±0.24) mm,腕管综合征组和对照组的 CSA2 值分别为(6.60±1.36) mm<sup>2</sup>、(6.94±1.41) mm<sup>2</sup>,两组数据差别无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 1。

表 1 两组高频超声参数比较

	D1(mm)	D2(mm)	CSA1(mm <sup>2</sup> )	CSA2(mm <sup>2</sup> )
对照组	2.01±0.14	1.88±0.20	7.94±1.44	6.60±1.36
腕管综合征组	2.17±0.16	1.93±0.24	9.81±2.17	6.94±1.41
$t$	5.995	1.265	5.502	1.404
$P$	0.001	0.208	<0.001	0.162

### 2.3 两组 SWE 检查参数比较

对照组 W 值为(46.21±12.20) kPa、F 值为(45.61±13.40) kPa、FRatio 值为 1.58±0.64,腕管综合征组 W 值、F 值和 FRatio 值分别为(66.28±15.40) kPa、(60.29±16.31) kPa 和 2.13±0.75,腕管综合征组检测指标结果均大于对照组,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。

### 2.4 诊断效能分析

见图 5 和表 2。ROC 曲线显示,D1、CSA1、W、F、FRatio 检查对腕管综合征诊断的 AUC 分别为

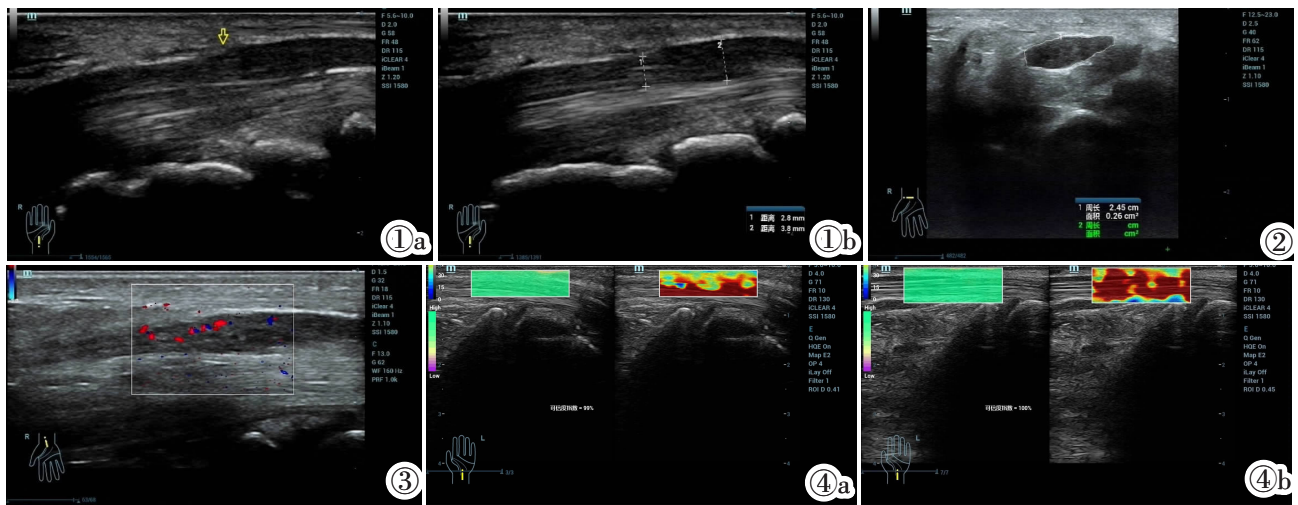


图 1 腕管部位正中神经纵断面图。彩超显示患者正中神经变细,近端神经出现肿胀、粗细不均,回声减低等情况。图 2 腕管部位正中神经横断面图。彩超显示患者横断面神经受压变扁,其截面积增加,内部出现低回声情况。图 3 腕管部位正中神经彩超图像。彩超显示正中神经出现肿胀,回声降低,出现平行线样回声与网状结构模糊,内可探及血流信号。图 4 腕管部位正中神经 SWE 成像图。SWE 显示正中神经大多为蓝色偏红或偏黄,正中神经和周围组织硬度上升。

**Figure 1.** Longitudinal section of median nerve at carpal canal. Color Doppler ultrasound showed that the median nerve of the patient became thinner, and the proximal nerve appeared swelling, uneven thickness, reduced echo, etc. **Figure 2.** Cross sectional view of median nerve at carpal tunnel. Color Doppler ultrasound showed that the patient's cross-sectional nerve was compressed and flattened, its cross-sectional area increased, and the internal hypoechoic condition appeared. **Figure 3.** Color ultrasound image of median nerve at carpal tunnel. Color Doppler ultrasound showed swelling of median nerve, reduced echo, parallel linear echo and blurred reticular structure, and blood flow signal was detected inside. **Figure 4.** SWE imaging of median nerve at carpal tunnel. SWE showed that the median nerve was mostly blue, red or yellow, and the hardness of the median nerve and surrounding tissues increased.

0.698、0.772、0.773、0.719、0.702, 联合检查的 AUC 为 0.864, 联合检查的灵敏度与特异度分别为 90.8%、76.0%, 诊断价值高于单独检查。

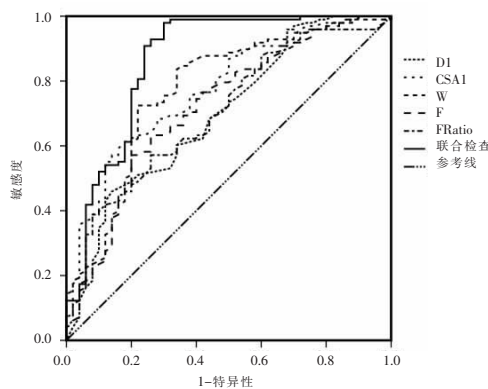


图 5 高频超声与 SWE 参数对腕管综合症的诊断价值。

**Figure 5.** Diagnostic value of high-frequency ultrasound and SWE parameters for carpal tunnel syndrome.

表 2 诊断效能分析

	最佳截数值	AUC	P	敏感度	特异度	约登指数
D1	2.15	0.698	<0.001	51.0%	78.0%	0.290
CSA1	9.15	0.772	<0.001	62.2%	80.0%	0.422
W	57.57	0.773	<0.001	72.4%	78.0%	0.504
F	55.94	0.719	<0.001	63.3%	74.0%	0.373
FRatio	1.93	0.702	<0.001	57.1%	74.0%	0.311
联合检查	-	0.864	<0.001	90.8%	76.0%	0.668

### 3 讨论

腕管综合征作为外周神经常见病变,是正中神经于腕管结构内受压而出现手指麻木、无力等表现,多见于中老年女性<sup>[9]</sup>。腕管中的正中神经被压迫而导致其相应支配位置的感觉功能出现异常,并可能出现神经或指屈肌腱硬化<sup>[10-11]</sup>。临床上大多依据病人具体的表现将神经肌电图作为该病的诊断依据,神经肌电图只能确认病人的神经功能是否出现了异常,并不能评估正中神经和周围组织结构具体改变,无法确定其具体的病因<sup>[12]</sup>。高频超声可以很清晰的显示腕管内正中神经具体形态改变以及周围组织结构的关系,因此可以确定正中神经在腕部卡压的具体区域(如豌豆骨平面或钩骨平面)以及病因,提供更多正中神经的形态信息。

目前有关腕管综合征诊断、治疗方式较多,随着高频超声技术不断进步,以高分辨率图像直观灵活观察腕管中组织结构<sup>[13]</sup>。超声诊断腕管综合征可以观察到神经纤维束的具体结构,还可以帮助医生了解腕管内的神经与肌腱滑膜具体的水肿程度,确认正中神经及其周围相关组织的结构关系。但由于病人的个体存在差异,具体的神经压迫与脂肪厚度差异,对超声的量化测量准确度产生了一定的影响<sup>[14-15]</sup>。超声检查能测量正中神经直径与横截面积,观察解

剖结构、回声变化、与周围组织及结构的具体关系,为腕管综合征诊断较为有效的方法。腕管综合征患者中腕管入口部位正中神经硬度提高,SWE 主要用于直接定量判定组织具体的弹性情况,在无创肝纤维化的分期诊断与脏器肿瘤鉴别中获得较好的成效,进而提高了乳腺和甲状腺等肿瘤的诊断<sup>[6]</sup>。SWE 虽然能重复操作,但该技术也存在一定局限性,因弹性成像反映组织的硬度信息,不同组织之间的硬度可能会有一部分重叠,加上病变情况复杂,局部病变无法按原有标准评估,易导致假阳性或假阴性。该方式操作中受操作者主观影响,对结果有一定影响<sup>[16]</sup>。

本研究腕管综合征组 D1、CSA1 值大于对照组,提示腕管综合征病人的正中神经横截面积和直径增加,其原因可能是神经水肿。腕管综合征组 W、F、FRatio 值高于对照组,提示腕管综合征病人的正中神经具体弹性模量值上升,神经水肿或纤维化提高了神经内的压力,增加神经硬度,导致正中神经难以变形<sup>[17]</sup>。硬度增加也会增加微循环的压力,降低脉管内血流量,加重神经硬化。腕管的压力和正中神经传导剪切波速度关系密切,腕管综合征患者腕管内压力长时间升高会加重神经水肿并导致纤维化,提高剪切波速度,与健康人的检测数据存在差异<sup>[18-19]</sup>。ROC 曲线显示,各参数联合的 AUC 为 0.864,敏感度与特异度分别为 90.8%、76.0%,高于研究采用的各参数单独检查,提示高频超声联合 SWE 对腕管综合征的诊断价值较高,诊断效能最佳。故高频超声联合 SWE 不仅可以对组织弹性的程度定量分析,还可以通过重复检查来提高准确性,该技术对操作者的要求不高,这种相对客观的弹性检查方式从而减少主观性差异。

综上所述,高频超声联合 SWE 能准确反应腕管综合征患者正中神经和肌腱以及周围组织的硬度,为临床诊断提供简便无创的检查方式,应用价值良好。本研究由于腕管内正中神经的走行存在一定的斜度,声速无法和神经垂直,且神经的区域表浅,检查过程中无法避免对其施加压力,测量结果可能存在偏差;弹性模量均值存在比较大的变异性,可能和抽样误差、样本量不大等存在关系。

#### [参考文献]

- [1]Ni M, Arimbawa IK, Putra I. An overview of nerve conduction study in carpal tunnel syndrome patients in Sanglah general hospital during 2018–2019[J]. *Clin Neurophysiol*, 2021, 132(8): e92–e93.
- [2]李叶琼,冶秀鹏,魏玉萍,等. 以腕管综合征为首发症状的多发性骨髓瘤合并淀粉样变 2 例并文献复习[J]. *现代肿瘤医学*, 2022, 30(13):2441–2444.
- [3]张扬,赵新亮. 神经电生理在腕管切开松解术治疗腕管综合征效果评估中的应用价值[J]. *山西医药杂志*, 2022, 51(3):291–294.
- [4]董斌,陈娅,罗艳红,等. 高频超声和神经电生理检查在腕管综合征疾病诊断中的对比分析 [J]. *临床神经病学杂志*, 2019, 32(6): 414–417.
- [5]Sung JH, Kwon YJ, Baek SH, et al. Utility of shear wave elastography and high-definition color for diagnosing carpal tunnel syndrome[J]. *Clin Neurophysiol*, 2022, 135: 179–187.
- [6]朱学平,张国锋,陈薇薇,等. 超高频剪切波弹性超声成像检测正中神经改变对腕管综合征的诊断价值 [J]. *中国现代医学杂志*, 2020, 30(22):31–35.
- [7]张卫平,赖珍珍,陈莉,等. 实时剪切波弹性成像诊断腕管综合征的价值分析[J]. *临床超声医学杂志*, 2019, 21(6):461–463.
- [8]白朝晖. 2016 AAOS 临床实践循证指南:腕管综合征管理[J]. *中国骨科临床与基础研究杂志*, 2017, 9(4):247–250.
- [9]Russell A, Khayambashi S, Fine NM, et al. Characteristics of carpal tunnel syndrome in wild-type transthyretin amyloidosis[J]. *Can J Neurol Sci*, 2022, 49(s1): S18.
- [10]姜璐璐,高佩虹,于继徐,等. 特发性腕管综合征的 MRI、临床表现及电生理检测的相关性研究 [J]. *脑与神经疾病杂志*, 2012, 20(2):95–98.
- [11]卓招兰,咎星有,梁兆丽,等. 高频超声诊断永存正中动脉伴静脉曲张致腕管综合征 1 例 [J]. *中国医学影像技术*, 2020, 36(8): 1280.
- [12]Kanki R, Murase E, Segawa Y, et al. Mid-palmar stimulation and inching method of the median nerve for distinguishing the carpal tunnel syndrome (CTS) from the diabetic polyneuropathy (DPN)[J]. *Clin Neurophysiol*, 2021, 132(8): e93.
- [13]李园,陆雯,马青菁,等. 高频超声结合灰度技术诊断腕管综合征的可行性研究[J]. *医学影像学杂志*, 2020, 30(12):2300–2302.
- [14]刘晓宁,项东英,李远竞,等. 高频超声诊断腕管综合征的临床试验研究[J]. *国际生物医学工程杂志*, 2018, 41(4):301–304.
- [15]纪柳. 正中神经横断面积及扁平率的超声参数与腕管综合征严重程度的相关性分析[J]. *新疆医科大学学报*, 2021, 44(8):922–926.
- [16]汤雪瑶,傅文会,宣吉晴,等. 剪切波弹性成像对腕管综合征诊断价值的系统评价[J]. *实用医学杂志*, 2020, 36(16):2249–2254.
- [17]尹丽. 应用超声弹性成像评价正中神经弹性来提高超声诊断腕管综合征的准确性[J]. *国际医学放射学杂志*, 2014, 37(2):175.
- [18]吕秀花,段云友,张莉,等. 剪切波弹性成像检测正中神经病变的初步研究[J]. *中华超声影像学杂志*, 2015, 24(2):147–150.
- [19]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.
- [1]Ni M, Arimbawa IK, Putra I. An overview of nerve conduction study in carpal tunnel syndrome patients in Sanglah general hos-