

# 剪切波弹性成像技术在肘管综合征诊断中的应用价值<sup>\*</sup>

张卫平,陈 莉<sup>△</sup>,谌芳群,符碧祺,袁文欣,王婧玲,聂小艳  
(南昌大学第一附属医院超声医学科,南昌 330006)

**【摘要】 目的** 探讨剪切波弹性成像技术(SWE)在肘管综合征(CuTS)诊断中的应用价值。**方法** 选取2015年1月至2018年7月该院骨科收治并经手术确诊为CuTS的患者53例(均为单侧病变),另选取同期健康志愿者70例为对照组。受试者行常规二维超声检查和SWE检查,CuTS组行肌电图检查。记录内上髁水平尺神经的横截面积(CSA)、弹性模量均值(EI)及剪切波速度(V),比较参数之间的差异并绘制受试者工作特征曲线(ROC曲线),分析EI与感觉传导速度(SCV)及运动传导速度(MCV)的相关性。**结果** CuTS组CSA、EI、V与对照组比较,差异均有统计学意义( $P<0.001$ ),CSA、EI、V诊断CuTS的ROC曲线下面积分别为0.774、0.858、0.858,三者诊断效能无明显差异( $P>0.05$ )。CuTS中、重度患者CSA、EI及V值均较轻度增加,差异有统计学意义( $P<0.001$ ),中、重度之间差异无统计学意义( $P>0.05$ )。随着卡压程度加重,EI及V值增高( $r=0.588,0.592,P<0.001$ )。CuTS组EI与MCV、SCV均呈线性负相关( $r=-0.707,-0.671,P<0.001$ )。**结论** SWE为诊断CuTS提供了一种无创定量的诊断方法。

**【关键词】** 肘管综合征;剪切波弹性成像;弹性模量;剪切波速度;神经传导速度

**【中图分类号】** R543.1

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1671-8348(2021)07-1113-04

## Application value of shear wave elastography in diagnosis of cubital tunnel syndrome<sup>\*</sup>

ZHANG Weiping, CHEN Li<sup>△</sup>, CHEN Fangqun, FU Biqi,  
YUAN Wenxin, WANG Jingling, NIE Xiaoyan

(Department of Ultrasound Medicine, First Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang, Jiangxi 330006, China)

**【Abstract】 Objective** To explore the value of shear wave elastography (SWE) in the diagnosis of cubital tunnel syndrome (CuTS). **Methods** Fifty-three patients with CuTS (single side lesion) treated in the orthopedic department and definitely diagnosed by operation from January 2015 to July 2018 were selected. Contemporaneous 70 healthy volunteers were selected as the control group. The subjects conducted the dimensional ultrasound and SWE examinations. The CuTS group conducted the electromyogram examination. The cross-sectional area (CSA), elasticity modulus mean value (EI), and the shear wave velocity (V) of ulnar nerve at medial epicondylar level were recorded. The differences were compared among the parameters, and the ROC curve was drawn. Then the correlation between EI with motor-nerve conduction velocity (MCV) and sensory-nerve conduction velocity (SCV) was analyzed. **Results** There were significant differences in CSA, EI and V between the CuTS group and control group ( $P<0.001$ ). The areas under the ROC curve of CSA, EI and V for diagnosing CuTS were 0.774, 0.858 and 0.858 respectively. There was no significant difference in the diagnostic efficiency among the three parameters ( $P>0.05$ ). The CSA, EI, and V values in the patients with moderate and severe CuTS were higher than those in the patients with mild CuTS, and the differences were statistically significant ( $P<0.001$ ). There was no statistically significant difference in the CSA, EI and V values between the patients with moderate CuTS and patients with severe CuTS. With the increase of entrapment degree, the values of EI and V were increased ( $r=0.588,0.592,P<0.001$ ). In the CuTS group, EI was negatively correlated with MCV and SCV ( $r=-0.707,-0.671,P<0.001$ ). **Conclusion** SWE provides a noninvasive quantitative diagnostic method for CuTS.

**【Key words】** cubital tunnel syndrome; shear wave elastography; elastic modulus; shear wave speed; nerve conduction velocity

<sup>\*</sup> 基金项目:江西省卫生健康委员会科技计划项目(20203135);江西省教育厅科学技术研究项目(GJJ190012)。 作者简介:张卫平(1983—),主治医师,硕士,主要从事肌骨周围神经超声诊断及产前胎儿筛查研究。 <sup>△</sup> 通信作者,E-mail:1727237899@qq.com。

肘管综合征(CuTS)是各种原因导致的尺神经在肘管内的受压,为临床上第二常见的卡压性周围神经病,表现为小指、无名指麻木无力,甚至是肌肉萎缩,严重者可形成爪形手畸形<sup>[1-2]</sup>。传统诊断方法依赖肌电图检查<sup>[3]</sup>,但该方法不能直观观察神经结构、形态及与周围组织间的关系,无法诊断引起神经受损的原因,不能显示神经内的血流情况,且电极需要刺破皮肤仍属于有创检查。而常规超声对于诊断早期神经改变存在一定的困难。随着剪切波弹性成像技术(SWE)的发展,其应用于外周神经也日渐增多<sup>[4]</sup>。笔者既往研究证实 SWE 能定量测量原发性干燥综合征(pSS)患者正中神经弹性模量值,量化神经硬度,具有较高的诊断准确性<sup>[5]</sup>。本研究探讨 SWE 在 CuTS 诊断中的应用价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2015 年 1 月至 2018 年 7 月本院骨科收治并经手术确诊为 CuTS 的患者 53 例(均为单侧病变),其中男 43 例,女 10 例;平均年龄( $44.92 \pm 12.69$ )岁,平均 BMI( $21.40 \pm 1.50$ ) $\text{kg}/\text{m}^2$ ;左侧 28 例,右侧 25 例。依据 Dellon 分类标准<sup>[6]</sup>,将患者按临床症状分为轻度 17 例,中度 19 例,重度 17 例。另选取同期健康志愿者 70 例为对照组,共 140 根尺神经,男 56 例,女 14 例,平均年龄( $44.87 \pm 11.56$ )岁,平均 BMI( $21.50 \pm 1.30$ ) $\text{kg}/\text{m}^2$ 。CuTS 患者临床表现为不同程度手尺侧麻木,尺神经支配的手内肌无力和萎缩、爪形手、尺侧屈腕无力等;所有受检者均无肘关节手术史、系统性神经疾病、甲状腺功能异常、糖尿病及妊娠、免疫性疾病及上肢骨折等。本研究经医院伦理委员会批准,患者及家属知情同意。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 超声检查

采用法国 Supersonic Imagine 公司 Aixplorer<sup>®</sup> 声威型彩色多普勒超声诊断仪, L4~15 线阵探头,频率 4~15 MHz,选择 MSK 模式。受检者平卧,上肢自然放松,轻微外旋,外展  $60^\circ \sim 75^\circ$ 。先行常规二维超声检查,观察肘管上、下 5 cm 的尺神经结构、形态、回声、与周围组织的关系,记录内上髁水平尺神经的横截面积(CSA)。超声显示尺神经的横断面后,将探头旋转  $90^\circ$ ,沿神经长轴扫查,切换至 SWE 模式,待 SWE 成像取样框图像稳定后冻结图像,启动 Q-BOX 功能测量内上髁水平感兴趣区(ROI)内神经组织的弹性模量均值(EI)及剪切波速度(V),彩色图弹性模量为 0~250 kPa,测量区域内统一设置为直径 2 mm 的圆形 ROI。以上所有的参数均由同一有丰富弹性操作经验的医生测量,重复测量 3 次,取平均值,弹性数

据选取  $\text{SD} < 20\% \text{EI}$  时为有效数据,并记录。为了控制和最小化施加到皮肤表面上的压力,检查过程中使用厚 7 mm 的琼脂声导垫。

#### 1.2.2 肌电图检查

采用丹麦 KEPING 肌电图/诱发电位仪,在室温  $22 \sim 25^\circ\text{C}$  的屏蔽室内 CuTS 组患者于肱骨内上髁以上、下 5 cm 两点测量尺神经感觉传导速度(SCV)及运动传导速度(MCV)。肌电图操作及结果判读均由同一有经验的内科医生进行。

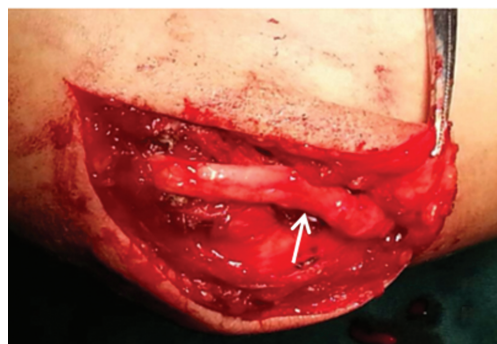
#### 1.3 统计学处理

采用 SPSS17.0 统计软件进行分析。计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,同一神经多次测量一致性检验采用信度分析,组内比较采用配对  $t$  检验,组间比较采用独立样本  $t$  检验,多组间比较采用方差分析。行受试者工作特征曲线(ROC 曲线)分析,计算曲线下面积(AUC),采用  $Z$  检验。连续变量资料采用 Pearson 相关分析,等级资料采用 Spearman 相关分析。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 基本情况

CuTS 组与对照组间除性别差异有统计学意义外,其余基线参数差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。CuTS 组所有患者术中均见尺神经受压,且受压位置均位于内上髁以下,行尺神经前置术,见图 1。



箭头:尺神经受压。

图 1 术中尺神经情况显示

### 2.2 超声情况

常规超声显示对照组肘管尺神经粗细均匀一致,未见明显增粗及卡压,神经束结构清晰。CuTS 组尺神经肘管处可见受压,受压近端神经增粗,呈低回声改变,发现卡压原因 33 例,其中滑膜囊肿 15 例,腱膜增厚 7 例,异常骨质 8 例,异常肌肉 3 例,未发现卡压原因 20 例。

### 2.3 一致性分析

3 次测量 EI 及 V 值的内部可信度 Alpha 值分别为 0.903、0.914,具有高度一致性。

### 2.4 对照组左、右侧尺神经 EI 与 V 的对比

对照组左、右侧 EI 及 V 值比较差异无统计学意

义( $P>0.05$ ),见表 1。

| 表 1      | 对照组左、右侧尺神经 EI 及 V 比较( $\bar{x}\pm s$ ) |           |            |
|----------|----------------------------------------|-----------|------------|
| 对照组      | <i>n</i>                               | V(m/s)    | EI(kPa)    |
| 左侧       | 70                                     | 3.44±0.46 | 36.63±9.98 |
| 右侧       | 70                                     | 3.41±0.53 | 36.85±9.41 |
| <i>t</i> |                                        | 1.366     | -0.536     |
| <i>P</i> |                                        | 0.176     | 0.594      |

2.5 两组参数及 ROC 曲线分析

CuTS 组 CSA、EI、V 与对照组比较,差异均有统计学意义( $P<0.001$ ),见表 2。CuTS 中、重度患者 CSA、EI 及 V 均较轻度增加,差异有统计学意义( $P<0.001$ ),中、重度之间差异无统计学意义( $P>0.05$ ),见表 3。随着卡压程度加重 EI 及 V 值增高( $r=0.588、0.592,P<0.001$ )。进一步 ROC 曲线分析结果显示,CSA、EI、V 诊断 CuTS 的 AUC 为 0.774、0.858、0.858,三者诊断效能无明显差异( $P>0.05$ ),

见表 4。

| 表 2      | 两组尺神经 CSA、EI、V 比较( $\bar{x}\pm s$ ) |                       |           |             |
|----------|-------------------------------------|-----------------------|-----------|-------------|
| 组别       | <i>n</i>                            | CSA(mm <sup>2</sup> ) | V(m/s)    | EI(kPa)     |
| CuTS 组   | 53                                  | 11.59±2.81            | 4.81±0.50 | 70.82±14.80 |
| 对照组      | 140                                 | 5.44±1.70             | 3.42±0.49 | 36.74±9.767 |
| <i>t</i> |                                     | 14.954                | 17.353    | 15.554      |
| <i>P</i> |                                     | <0.001                | <0.001    | <0.001      |

| 表 3      | CuTS 组不同严重程度尺神经 CSA、EI、V 比较( $\bar{x}\pm s$ ) |                       |           |             |
|----------|-----------------------------------------------|-----------------------|-----------|-------------|
| 严重程度     | <i>n</i>                                      | CSA(mm <sup>2</sup> ) | V(m/s)    | EI(kPa)     |
| 轻度       | 17                                            | 9.6±1.38              | 4.44±0.30 | 59.94±7.93  |
| 中度       | 19                                            | 11.92±2.54            | 4.85±0.48 | 71.68±14.14 |
| 重度       | 17                                            | 13.23±3.02            | 5.16±0.44 | 80.77±13.86 |
| <i>F</i> |                                               | 10.003                | 13.014    | 12.068      |
| <i>P</i> |                                               | <0.001                | <0.001    | <0.001      |

表 4 各参数诊断 CuTS 的效能分析

| 参数                    | 灵敏度(%) | 特异度(%) | Youden 指数 | 最佳截断值 | AUC   | 标准误   | <i>P</i> | 95%CI |       |
|-----------------------|--------|--------|-----------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|
|                       |        |        |           |       |       |       |          | 下限    | 上限    |
| CSA(mm <sup>2</sup> ) | 96.2   | 96.4   | 0.926     | 8.50  | 0.774 | 0.010 | <0.001   | 0.960 | 0.997 |
| V(m/s)                | 96.2   | 95.7   | 0.919     | 4.15  | 0.858 | 0.006 | <0.001   | 0.976 | 1.000 |
| EI(kPa)               | 98.1   | 96.4   | 0.945     | 53.30 | 0.858 | 0.006 | <0.001   | 0.976 | 1.000 |

2.6 相关性分析

CuTS 组尺神经 MCV 及 SCV 分别为(39.14±6.91)m/s、(32.3±5.51)m/s,EI 与 MCV 及 SCV 均呈线性负相关( $r=-0.707、-0.671,P<0.001$ )。

3 讨论

CuTS 是临床上常见的周围神经卡压性疾病,有报道<sup>[7]</sup>认为,该病以男性多见,这可能与男性具有较厚的前臂肌肉组织和较大的握力,二者均对尺神经产生更大的压力,因此 CuTS 的风险增加,另外男性可能比女性有更重体力劳动,体力劳动使得弓状韧带增厚及周围结缔组织的变韧,引起肘管渐进性狭窄,导致尺神经卡压。本研究 CuTS 患者也以男性更为多见,与文献报道相符,但没有记录和分析患者的职业。

CuTS 的主要超声表现为肘管内尺神经卡压部位近端的神经增粗、回声减低。超声不仅能发现被卡压神经声像图上的异常,还能发现导致神经卡压的原因,如软组织肿物、骨骼发育异常、腱膜增厚等。常规超声仅能观察神经直径、横截面积及神经内血流,但有研究认为部分轻度卡压常规超声无明显的阳性发现<sup>[8]</sup>。

SWE 是可直接测量软组织的弹性模量绝对值,

使不同个体、不同部位、不同时间的软组织弹性测量和比较成为可能<sup>[9]</sup>。SWE 目前主要应用于肝脏纤维化的评估和甲状腺、乳腺结节良恶性的预测<sup>[10-11]</sup>,对于外周神经病变,尤其是 CuTS 方面的研究鲜有报道。本研究通过 SWE 定量测量 CuTS 患者尺神经的 EI 及 V,发现卡压后神经的 EI 及 V 与正常神经比较均有明显增加,与 PALUCH 等<sup>[4]</sup>报道相吻合。结合文献分析 EI 增加的原因:(1)神经被卡压后,发生慢性缺血、缺氧,血管通透性增高致神经水肿,若受压因素未去除,则形成缺血、缺氧与水肿的恶性循环,神经出现脱髓鞘病变与髓鞘的再生,细胞外基质中胶原蛋白过度沉积,发生纤维化,使神经变得僵硬,导致神经 EI 及 V 增加<sup>[8,12]</sup>。(2)施旺细胞在慢性神经受压损伤中由机械压力诱导的细胞增殖是独立于巨噬细胞的,除了这种增殖反应外,还发生了广泛的施旺细胞凋亡,导致髓鞘崩解、轴索变性和纤维组织增生,神经变得僵硬,EI 及 V 增加<sup>[13]</sup>。

本研究结果显示,CuTS 中、重度患者 CSA、EI 及 V 值均较轻度增加,差异有统计学意义( $P<0.001$ ),中、重度之间差异无统计学意义( $P>0.05$ ),随着卡压程度加重,EI 及 V 值增高( $r=0.588、0.592,P<$

0.001),与 KANTARCI 等<sup>[14]</sup> 研究结果相似。神经被卡压后,神经内的压力增高,继而发生缺血、缺氧,神经纤维脱髓鞘改变,随着卡压程度加重,神经外膜增厚、纤维组织增生、疤痕形成,神经变得更加僵硬<sup>[15]</sup>。本研究进一步分析显示,EI 与 MCV 及 SCV 均呈线性负相关( $r = -0.707$ 、 $-0.671$ ,  $P < 0.001$ ),随着神经卡压程度加重,神经 EI 增加,神经传导速度减慢。

本研究尚存在一定的局限性:(1)肘管为不规则形结构,为了使探头与皮肤能完全接触,控制和减少弹性成像施加压力,本研究使用了导声垫,然而在操作过程中不可避免的施加压力,造成了测量数据的误差。(2)本研究入组病例,男性明显多于女性,这与本病的发病率是相一致的,可能研究结果更适合男性。(3)本研究病例较少,结果可能存在偏倚。总之,SWE 可以提供 CuTS 患者尺神经 EI,评估神经硬度,为 CuTS 诊断提供一种无创定量的诊断方法。

## 参考文献

- [1] SPIES C K, LÖW S, LANGER M F, et al. Cubital tunnel syndrome: diagnostics and therapy [J]. *Orthopade*, 2017, 46(8): 717-726.
- [2] STAPLES J R, CALFEE R. Cubital tunnel syndrome: Current concepts [J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2017, 25(10): e215-e224.
- [3] TORRE D L, RAFFA G, PINO M A, et al. A novel diagnostic and prognostic tool for simple decompression of ulnar nerve in cubital tunnel syndrome [J]. *World Neurosurg*, 2018, 118(10): e964-e973.
- [4] PALUCH Ł, NOSZCZYK B, NITEK Ź, et al. Shear-wave elastography: a new potential method to diagnose ulnar neuropathy at the elbow [J]. *Eur Radiol*, 2018, 28(12): 4932-4939.
- [5] 张卫平, 陈莉, 王婧玲, 等. SWE 应用于原发性干燥综合征周围神经病变的研究 [J]. *中国超声医学杂志*, 2019, 35(5): 454-457.
- [6] 陈德松, 曹光富. 周围神经卡压性疾病 [M]. 上海: 上海医科大学出版社, 1999: 134.
- [7] UZUNKULA OGLU A, IKBALI A S, KARA-

- TAS M. Association between gender, body mass index, and ulnar nerve entrapment at the elbow: a retrospective study [J]. *J Clin Neurophysiol*, 2016, 33(6): 545-548.
- [8] JOO H K, SUN J W, RHEE W I, et al. Diagnostic cutoff value for ultrasonography in the ulnar neuropathy at the elbow [J]. *Ann Rehabil Med*, 2015, 39(2): 170.
- [9] 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.
- [10] GAO Y Y, JIAN Z, PING L, et al. Liver fibrosis with two-dimensional US Shear-wave elastography in participants with chronic hepatitis B: a prospective multicenter study [J]. *Radiology*, 2018, 289(2): 407-415.
- [11] XIANG L, MA F, YAO M, et al. Benign lesion evaluation: Factors causing the “Stiff Rim” sign in breast tissues using shear-wave elastography [J]. *Br J Radiol*, 2019, 92(1094): 20180602.
- [12] YOSHII Y, TUNG W L, ISHII T. Measurement of median nerve strain and applied pressure for the diagnosis of carpal tunnel syndrome [J]. *Ultrasound Med Biol*, 2017, 43(6): 1205-1209.
- [13] REMPEL D M, DIAO E. Entrapment neuropathies: pathophysiology and pathogenesis [J]. *J Electromyogr Kinesiol*, 2004, 14(1): 71-75.
- [14] 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]. *Eur Radiol*, 2014, 24(2): 434-440.
- [15] 张展, 陈德松, 陈为民, 等. 超声检查在肘管综合征诊治中的应用 [J]. *中华手外科杂志*, 2007, 23(2): 98-100.

(收稿日期: 2020-08-23 修回日期: 2020-12-13)