

# 超声多参数诊断腕管综合症的效能研究

张 津 李春香 钱晓芹 解丽君

**摘 要** 目的 探讨超声多参数诊断腕管综合征(CTS)的效能研究。方法 选取我院 CTS 患者 25 例(CTS 组,共 28 个异常手腕)和同期健康志愿者 15 例(对照组,共 30 个正常手腕)。常规二维超声观察其腕管水平及以上正中神经走行、内部回声、粗细情况,同时测量腕管入口水平正中神经的横截面积(CSA1)、旋前方肌水平正中神经的横截面积(CSA2),计算面积差( $\Delta$ CSA)和面积比(WFR);CDFI 观察正中神经内血流信号的情况;运动试验测量腕管入口水平腕关节屈曲时正中神经的运动形变系数(MDC)和压缩时正中神经的压缩形变系数(CDC)。比较对照组与 CTS 组上述各超声参数的差异;绘制受试者工作特征曲线分析上述超声各参数诊断 CTS 的截断点及其对应的敏感性和特异性。结果 CTS 组 28 个异常手腕的正中神经超声表现:腕管入口水平及以上正中神经水肿增粗,回声减低,平行线样回声和网状结构模糊或消失;对照组与 CTS 组各超声参数(CSA1、 $\Delta$ CSA、WFR、MDC、CDC)比较差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ )。CSA1 及  $\Delta$ CSA 诊断 CTS 的截断值分别为 10.40 mm<sup>2</sup>、3.95 mm<sup>2</sup>,诊断 CTS 的特异性均较高,分别为 93.3%、98.1%;WFR 诊断 CTS 的截断值为 1.95,诊断 CTS 的敏感性(96.4%)高于其他各超声参数,但特异性(60.0%)低于其他各超声参数;MDC 及 CDC 诊断 CTS 的截断值分别 1.45、0.95,MDC 诊断 CTS 的敏感性(86.7%)高于 CDC(67.9%),而 CDC 诊断 CTS 的特异性(99.8%)高于其他各超声参数。对照组 30 个正常手腕的正中神经内均未检出血流信号,而 CTS 组 71.4%(20/28)异常手腕的正中神经内可检出血流信号。结论 超声多参数可提高 CTS 的诊断效能。

**关键词** 超声检查,多普勒,彩色;腕管综合征

[中图法分类号] R445.1

[文献标识码] A

## Multi-parameter of color Doppler ultrasound in diagnosis of carpal tunnel syndrome

ZHANG Jin, LI Chunxiang, QIAN Xiaojin, JIE Lijun

Department of Ultrasound, Zhenjiang First People's Hospital, Jiangsu 212002, China

**ABSTRACT Objective** To explore the efficacy of ultrasound multi-parameter in diagnosis of carpal tunnel syndrome (CTS). **Methods** Twenty-five patients with CTS (CTS group, 28 abnormal wrists) were enrolled, and at the same time fifteen volunteers (control group, 30 normal wrists) were selected in our hospital. Two-dimensional ultrasonography was performed to observe the shape, internal echo and thickness of the median nerve of carpal tunnel level and above. The cross-sectional area (CSA1) at the entrance level of the carpal tunnel and the cross-sectional area (CSA2) at the level of rotating anterior muscle of the median nerve was further measured, and the area difference ( $\Delta$ CSA) and area ratio (WFR) were calculated. CDFI was used to observe the flow signal of the median nerve, exercise test was used to measure the motion deformation coefficient (MDC) of the median nerve and the compression deformation coefficient (CDC) of the median nerve during compression at the entrance level of the tunnel. The differences of ultrasound parameters between the control group and the CTS group were compared. The receiver operating characteristic curve was used to analyze the cut-off points of the CTS, and the corresponding sensitivity and specificity. **Results** Ultrasound images of 28 median nerves in the CTS group: thickening of the median nerve edema at the entrance level of the carpal tunnel and above, echo reduction, parallel line echo and reticular structure blurred or disappeared. There were significant

基金项目:国家自然科学基金面上项目(81771848)

作者单位:212002 江苏省镇江市第一人民医院超声科(张津、钱晓芹);解放军第三五九医院超声科(李春香);江苏省镇江市第一人民医院新区分院超声科(解丽君)

通讯作者:解丽君, Email: yz\_tyz1030@126.com

differences in ultrasound parameters (CSA1,  $\Delta$ CSA, WFR, MDC, CDC) between the control group and the CTS group (all  $P < 0.05$ ). The cut-off values of CSA1 and  $\Delta$ CSA for diagnosis of CTS were respectively 10.40 mm<sup>2</sup> and 3.95 mm<sup>2</sup>, and the specificity were 93.3% and 98.1%, respectively. The cut-off value of WFR for diagnosis of CTS was 1.95, the sensitivity (96.4%) was higher than other ultrasound parameters, but the specificity (60.0%) was lower than other ultrasound parameters. The cut-off values of MDC and CDC for diagnosis of CTS were respectively 1.45 and 1.95, the sensitivity of MDC for diagnosis of CTS was higher (86.7%) than CDC (67.9%), while the specificity of CDC (99.8%) for diagnosis of CTS was higher than other ultrasound parameters. In the control group, no bleeding flow signal was detected in the median nerve, and 71.4% of the median nerve could detect the blood flow signal in the CTS group. **Conclusion** Ultrasound multi-parameter can improve the efficacy of diagnosis of CTS.

**KEY WORDS** Ultrasonography, Doppler, color; Carpal tunnel syndrome

腕管综合征 (carpal tunnel syndrome, CTS) 是常见的外周神经卡压综合征, 发病率约 4%~16%<sup>[1]</sup>。研究<sup>[2]</sup>表明, 由于腕管内压力增加、灌注不足和疤痕粘连导致 CTS 患者的正中神经水肿, 脱髓鞘致纤维化; 神经僵硬增加和疤痕粘连引起的应变障碍也会引起正中神经支配区不同程度的运动及感觉功能障碍。目前 CTS 的诊断仍然主要依赖于病史、物理检查及肌电图检查。肌电图诊断敏感性 78%~93%, 特异性 83%~87%, 仍有 25% 的假阳性率<sup>[3-5]</sup>, 且肌电图为有创检查, 难于对患者进行多次检查以获得比较准确的信息, 同时无法提供有关神经压迫的确切位置; 而超声检查可以清晰显示神经周围的毗邻结构, 动态、直观地反映周围神经卡压的形态变化情况及神经内的血流信息, 可为进一步明确病因和临床手术提供更多的信息。本研究旨在比较超声检查多参数诊断 CTS 的效能。

## 资料与方法

### 一、研究对象

选取 2016 年 1 月至 2018 年 6 月在我院骨科经腕关节镜检查及手术确诊的 CTS 患者 25 例 (CTS 组), 其中男 9 例, 女 16 例, 年龄 33~62 岁, 平均 (49.42 ± 9.52) 岁; 3 例为双侧发病, 共 28 个异常手腕。临床主要表现为正中神经分布区麻木, 屈腕试验和神经干叩击试验均阳性, 其中 16 例伴有不同程度的手无力及大鱼际肌萎缩, 且肌电图提示正中神经损伤。另选同期健康志愿者 15 例为对照组, 男 5 例, 女 10 例, 年龄 29~58 岁, 平均 (46.10 ± 8.41) 岁。共检查 30 个正常手腕, 均无上肢麻木、疼痛等症状, 且均经物理检查排除 CTS。两组一般资料比较差异均无统计学意义。本研究经我院伦理委员会批准。

### 二、仪器与方法

1. 超声检查: 使用 Philips EPIQ5、Philips iU 22 彩色多普勒超声诊断仪, 线阵探头, 频率 6~18 MHz 或 5~12 MHz。受检者坐于检查台旁, 前臂旋前, 掌心向

上, 手腕平置于检查台上, 手指处于正常静止姿势, 在掌指关节和近端指间关节处轻度屈曲放松。超声探头垂直于前臂长轴, 豌豆骨水平观察正中神经。二维超声观察腕管水平及以上正中神经走行、内部回声、粗细情况, 其边界定义为高回声神经外膜内的区域, 观察腕横韧带、肌腱、滑膜的情况以寻找病因, 再沿正中神经走行扫查全程。进一步测量腕管入口 (即豌豆骨) 水平正中神经的横截面积 (cross-sectional area, CSA1) 和旋前方肌远侧缘水平 (在旋前方肌远侧缘水平正中神经的横截面积变化较小) 正中神经的横截面积 (CSA2), 均测量 3 次取其均值。进一步计算面积差 ( $\Delta$ CSA,  $\Delta$ CSA = CSA1 - CSA2) 和面积比 [腕-前臂比 (WFR), WFR = CSA1/CSA2]; CDFI 观察腕管水平及以上正中神经内血流信号的情况。

2. 运动试验方法及测量方法: 手腕平置于检查台上, 伸展手腕和手指, 同时将所有指尖并在一起, 慢慢弯曲手腕, 保持正中神经在同一平面, 记录正中神经的相对运动。①动态形变测量方法: 腕管入口水平分别在开始运动之前及最大变形时测量 CSA 的宽度和深度, 计算宽度与深度比即横纵比 (AR), 分别得出开始运动之前的横纵比 (AR<sub>rest</sub>) 和最大变形时的横纵比 (AR<sub>move</sub>), 计算运动形变系数 (move deformation coefficient, MDC), 即 MDC = AR<sub>rest</sub>/AR<sub>move</sub>; ②静态形变测量方法: 腕管入口水平分别在放松状态 (定义为皮下静脉填充) 及受压状态 (定义为施加压力直到正中神经和周围组织不能进一步变形) 测量 CSA 的宽度和深度, 计算 AR, 得出放松状态的横纵比 (AR<sub>rest</sub>) 和受压状态的横纵比 (AR<sub>compression</sub>), 计算压缩形变系数 (compression deformation coefficient, CDC), 即 CDC = AR<sub>rest</sub>/AR<sub>compression</sub>。

### 三、统计学处理

应用 SPSS 13.0 统计软件, 计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 组间比较行两样本  $t$  检验。以患者临床症状、腕关节镜检查及术中证实为参照标准, 绘制受试者工作特征

(ROC)曲线分析各超声参数诊断 CTS 的截断点及其对应的敏感性和特异性。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

### 一、超声表现

1. 对照组 30 根正中神经超声图像表现:纵切面表现为多条相互平行的条索样低回声声束,其内可见带状强回声,与肌腱回声相似(图 1);横切面表现为圆形或椭圆形的网状结构,内部可见被线样强回声包绕的多发小圆形低回声区;均未探及血流信号。

2. CTS 组 28 根正中神经超声图像表现:腕管入口水平及以上正中神经水肿增粗,回声减低,平行线样回声和网状结构模糊或消失(图 2);其中 20 根(71.4%)可探及血流信号(图 3)。

### 二、两组正中神经各超声参数比较

对照组与 CTS 组各超声参数(CSA1、 $\Delta$ CSA、WFR、MDC、CDC)比较差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ )。见表 1 和图 4~7。本研究中每例受检者完成超声检查的

平均时间为(3.19±1.21)min。

### 三、各超声参数预测 CTS 的诊断效能比较

各超声参数诊断 CTS 的 ROC 曲线见图 8,对应的诊断效能见表 2,其中 CSA1 及  $\Delta$ CSA 诊断 CTS 的截断值分别为 10.40 mm<sup>2</sup>、3.95 mm<sup>2</sup>,诊断 CTS 的特异性均较高,分别为 93.3%、98.1%。WFR 诊断 CTS 的截断值为 1.95,诊断 CTS 的敏感性(96.4%)高于其他各超声参数,但特异性(60.0%)低于其他各超声参数。MDC 及 CDC 诊断 CTS 的截断值分别为 1.45、0.95,MDC 诊断 CTS 的敏感性(86.7%)高于 CDC(67.9%),而 CDC 诊断 CTS 的特异性(99.8%)高于其他各超声参数。

表 1 两组正中神经各超声参数比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	CSA1(mm <sup>2</sup> )	$\Delta$ CSA(mm <sup>2</sup> )	WFR	MDC	CDC
对照组(30)	8.07±1.36	3.00±0.64	1.91±0.46	1.74±0.21	0.75±0.16
CTS 组(28)	11.65±2.42	3.97±0.67	2.60±0.51	1.46±0.18	1.29±0.41
<i>t</i> 值	20.327	10.140	16.126	6.474	5.660
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

CSA1:腕管入口处水平正中神经的横截面积; $\Delta$ CSA:面积差;WFR:面积比;MDC:运动形变系数;CDC:压缩形变系数。



图 1 对照组正中神经超声图像

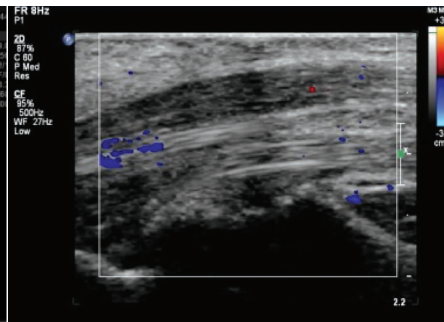


图 2 CTS 组正中神经超声图像

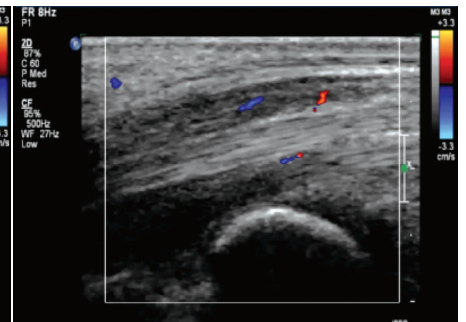
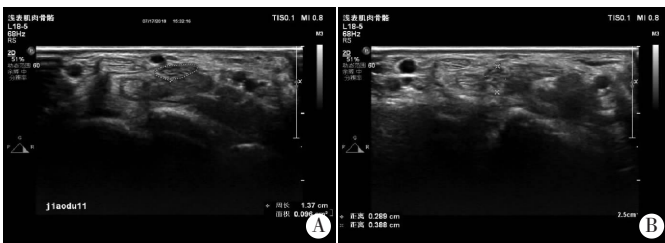
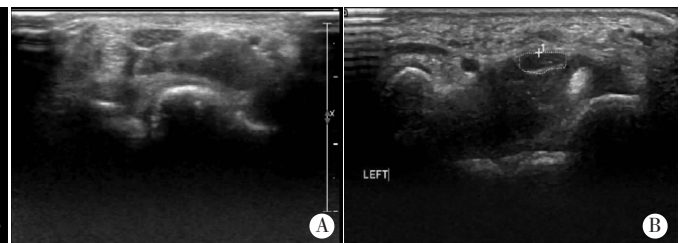


图 3 CTS 组正中神经肿胀,内可探及血流信号



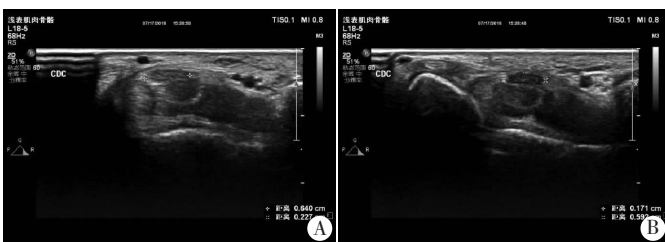
A: ARrest 为 1.35;B: ARmove 为 0.78。MDC=1.73。

图 4 对照组腕关节屈伸前后正中神经超声图像



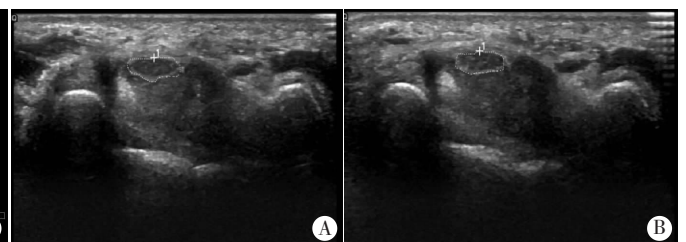
A: ARrest 为 2.00;B: ARmove 为 1.78。MDC=1.12。

图 5 CTS 组腕关节屈伸前后正中神经超声图像



A: ARrest 为 2.70;B: ARcompression 为 3.40。CDC=0.79。

图 6 对照组放松状态和受压状态正中神经超声图像



A: ARrest 为 2.00;B: ARcompression 为 2.10。CDC=0.95。

图 7 CTS 组放松状态和受压状态正中神经超声图像

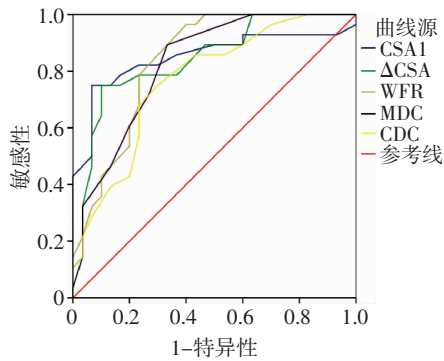


图 8 各超声参数诊断 CTS 的 ROC 曲线图

表 2 各超声参数诊断 CTS 的敏感性、特异性及截断值

超声参数	截断值	敏感性 (%)	特异性 (%)	曲线下面积 (95%可信区间)
CSA1	10.40	75.0	93.3	0.849(0.740-0.959)
ΔCSA	3.95	64.3	98.1	0.846(0.743-0.950)
WFR	1.95	96.4	60.0	0.844(0.746-0.942)
MDC	1.45	86.7	67.9	0.831(0.728-0.934)
CDC	0.95	67.9	99.8	0.774(0.706-0.945)

### 讨论

目前临床对于 CTS 的诊断以肌电图为主要手段,其虽能判断 CTS 的严重程度,但仅能提示出神经的某一节段发生了病变,并不能定位出病变所在的确切位置,而且也无法提示正中神经局部卡压的真正原因。超声与肌电图相比具有非侵入性、检查时间短、检测参数多等优势,如卡压处的面积、大小、血供情况和移动性可压缩性(运动试验);另外,超声还可提供正中神经和周围结构的解剖信息,由此探寻 CTS 的致病原因。手腕超声成像时,正中神经位于腕管内屈肌腱表面,横切面为低回声筛网状结构,具有高回声的神经外膜,正中神经表面覆盖腕横韧带。本研究 25 例 CTS 患者共 28 个异常手腕的正中神经超声表现为水肿增粗,回声减低,平行线样回声和网状结构模糊或消失。本研究中受检者完成超声检查的平均时间为(3.19±1.21)min,即使由经验丰富的医师进行肌电图的检查,也大约需要 30 min。肌电图检查反复的冲击使患者感到不适、焦虑和痛苦,而超声检查简单无痛,允许医师和患者之间交流观察到的腕管内肌腱和神经图像,对手术方案的制定及其疾病的预后评估等方面具有重要的意义。

到目前为止高频超声检查 CTS 尚无统一的诊断标准,其中较为公认的为 CSA1 的测量<sup>[1]</sup>,本研究通过分析得出各超声参数诊断 CTS 的截断值中,CSA1 及 ΔCSA 诊断 CTS 的截断值分别为 10.40 mm<sup>2</sup>、3.95 mm<sup>2</sup>,

诊断 CTS 的特异性均较高,分别为 93.3%、98.1%。分析原因是 CTS 患者由于局部压迫,剪切应力和牵拉,以及随后的灌注缺损和毛细血管渗漏,导致神经水肿,脱髓鞘<sup>[2-3]</sup>,超声表现为正中神经水肿,腕管入口水平及以上正中神经的横截面积增大(CSA1>10.40 mm<sup>2</sup>)和面积增量增加(ΔCSA>3.95 mm<sup>2</sup>),以及正中神经正常筛网状结构的模糊或消失,这些超声图像表现及测量结果在诊断 CTS 中比较有特异性。本研究结果显示,面积比增加(WFR>1.95)对诊断 CTS 的敏感性(96.4%)高于其他各超声参数,但特异性不高,因此不能单独采用 WFR 作为诊断 CTS 的参数,必须联合 CSA1 或 ΔCSA 综合判断。迄今为止,超声对于评估 CTS 严重程度的分级一直存有争议,有研究<sup>[1,5]</sup>表明,超声测量正中神经的横截面积与 CTS 的严重程度无相关性,腕管松解后的神经恢复程度与横截面积的变化也无相关性。因此本研究未将 CTS 进一步分成轻中重组。正中神经局部反复的压迫、牵拉和疤痕粘连导致神经束膜,神经外膜和周围血管促进的神经滑动也受到影响,后期轴突损伤,雪旺细胞周转增加,巨噬细胞逐渐侵袭,结缔组织含量增加,出现神经纤维化、神经周围增厚,最终脱髓鞘。传统的超声测量 CSA 和 ΔCSA 依赖于压迫点到近端的正中神经横截面积的增加,虽反映了神经的水肿,但缺少正中神经的血流信息和神经纤维化程度的信息。

本研究通过观察正常成人与 CTS 患者正中神经内的血供变化发现,对照组 30 根正中神经内均未探及血流信号,CTS 组 28 根正中神经中有 20 根内可探及血流信号,占 71.4%,这一结果充分说明 CTS 患者肿胀的正中神经内血供增加,反之观察到正中神经内的血流信号也增强了诊断 CTS 的信心。CTS 组另 8 根正中神经中未探及血流信号,是否与正中神经已经发生纤维化,受损严重,导致 CTS 患者腕管松解后的手术效果不佳有关,将在后续进一步研究。目前使用彩色多普勒或能量多普勒作为诊断 CTS 辅助评估正中神经的血流情况越来越受欢迎,在一项关于采用能量多普勒观察 CTS 患者正中神经的血流情况的对照研究<sup>[6]</sup>中也发现,48%的 CTS 患者正中神经显示血流信号增加,对照组未见信号,这一结果与本研究相似,但本研究中有 71.4%的 CTS 患者正中神经内可探及血流信号,考虑可能与所选择的 CTS 患者正中神经纤维化的程度有关。另有研究<sup>[7]</sup>表明,除测量 CSA1 外,使用彩色多普勒评估血管分布可提高诊断 CTS 的敏感性和特异性,且能量多普勒评分与正中神经的 CSA1 之间也存

在正相关。

本研究还通过量化正常成人和 CTS 患者手腕屈曲时的正中神经活动性和变形性,评估其诊断 CTS 的效能。有研究<sup>[8-11]</sup>通过超声弹性成像和正中神经的变形参数来量化正中神经的神经纤维化。本研究也通过新参数 MDC 和 CDC 评估了正中神经的变形性和活动性。MDC 和 CDC 诊断 CTS 的截断值分别为 1.45、0.95,与 CDC 相比,MDC 的诊断敏感性(86.7%)更高,这可能与 CTS 正中神经滑动受限,特别是在具有较高 $\Delta$ CSA 和 WFR 的严重 CTS 情况下,正中神经的移动变形减小有关,由此分析 MDC 可能与正中神经的疤痕粘连程度有关。本研究以皮下静脉填充作为放松的标准,以施加压力直至无法观察到正中神经和周围组织的进一步变形作为压迫的标准,均具有一定的主观性,在以后的工作中将努力寻找替代的客观压力指标。

综上所述,超声多参数可提高 CTS 的诊断效能,其中 CSA1 诊断 CTS 的曲线下面积最大,CDC 诊断特异性最高,WFR 诊断敏感性最高。后续将进一步探讨超声多参数联合预测 CTS 患者手术前后的诊断效能;另本研究样本例数较少,后续将进一步增加样本量,完善各参数预测 CTS 的诊断价值。

#### 参考文献

- [1] Klauser AS, Halpern EJ, De Zordo T, et al. Carpal tunnel syndrome assessment with US: value of additional cross-sectional area measurements of the median nerve in patients versus healthy volunteers[J]. Radiology, 2009, 250(1): 171-177.
- [2] Tapadia M, Mozaffar T, Gupta R. Compressive neuropathies of the upper extremity: update on pathophysiology, classification, and

- electrodiagnostic findings[J]. J Hand Surg Am, 2010, 35(4): 668-677.
- [3] Gupta R, Rowshan K, Chao T, et al. Chronic nerve compression induces local demyelination and remyelination in a rat model of carpal tunnel syndrome[J]. Exp Neurol, 2004, 187(2): 500-508.
- [4] Klauser AS, MMH AE, Halpern EJ, et al. Sonographic cross-sectional area measurement in carpal tunnel syndrome patients: can delta and ratio calculations predict severity compared to nerve conduction studies?[J]. Eur Radiol, 2015, 25(8): 2419-2427.
- [5] Hobson-Webb LD, Massey JM, Juel VC, et al. The ultrasonographic wrist-to-forearm median nerve area ratio in carpal tunnel syndrome[J]. Clin Neurophysiol, 2008, 119(6): 1353-1357.
- [6] Fowler JR, Munsch M, Tosti R, et al. Comparison of ultrasound and electrodiagnostic testing for diagnosis of carpal tunnel syndrome: study using a validated clinical tool as the reference standard[J]. J Bone Joint Surg Am, 2014, 96(17): 148.
- [7] McDonagh C, Alexander M, Kane D. The role of ultrasound in the diagnosis and management of carpal tunnel syndrome: a new paradigm[J]. Rheumatology, 2015, 54(1): 9-19.
- [8] Miyamoto H, Halpern EJ, Kastlunger M, et al. Carpal tunnel syndrome: diagnosis by means of median nerve elasticity-improved diagnostic accuracy of US with sonoelastography[J]. Radiology, 2014, 270(2): 481-486.
- [9] Kantarci F, Ustabasioglu FE, 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.
- [10] Yoshii Y, Ishii T, Tung W. Ultrasound assessment of the effectiveness of carpal tunnel release on median nerve deformation[J]. J Orthop Res, 2015, 33(5): 726-730.
- [11] Gruber L, van Holsbeeck MT, Khoury V, et al. Compliance assessment and flip-angle measurement of the median nerve: sonographic tools for carpal tunnel syndrome assessment?[J]. Eur Radiol, 2018 Jul 9. doi: 10.1007/s00330-018-5555-3. [Epub ahead of print]

(收稿日期: 2018-08-07)

## 《临床超声医学杂志》征订启事

《临床超声医学杂志》是经国家科委批准,集超声影像诊断、治疗、工程及基础研究为一体的科技刊物。国内外公开发行人,月刊。为“中国科技论文统计源期刊”、“中国科技核心期刊”。设有临床研究、实验研究、综述、经验交流、临床报道、病例报道、述评、专家讲座、工程技术及译文等栏目。以各级超声医学工作者、相关临床专业医师及医学院校师生为主要读者对象。

本刊刊号:ISSN 1008-6978;CN 50-1116/R;邮发代号 78-116。

每期定价:16元,全年192元(含邮寄费)。请到全国各地邮局订阅,也可直接向本刊编辑部订阅。明年我刊将从72页扩至80页,每期定价为19元,全年228元。

地址:重庆市渝中区临江路74号,重庆医科大学附属第二医院内,临床超声医学杂志编辑部。邮编:400010

电话:023-63811304 023-63693117 Email:lcscq@vip.163.com