

# 肌骨超声在周围神经卡压综合征诊断中的应用进展

陈法言<sup>1</sup> 陆蓉蓉<sup>2</sup> 王蓓蓓<sup>1</sup>

<sup>1</sup>南京医科大学附属明基医院康复医学科,南京 210019; <sup>2</sup>复旦大学附属华山医院康复医学科,上海 200040

通信作者:陆蓉蓉,Email:0356213@fudan.edu.cn

**【摘要】** 随着肌骨超声评估技术的发展和普及,其特有的影像探查优势,弥补了传统检查的不足,使其逐渐成为诊断神经卡压综合征的一种重要方法。在周围神经卡压的超声表现基础上,学者们通过研究提出了针对各类神经卡压综合征的诊断量化标准,以及其他诊断参考指标,本文就相关的内容进行综述,以供临床参考。

**【关键词】** 肌骨超声; 周围神经卡压综合征; 诊断

DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.12.018

肌骨超声是利用常规超声诊断设备,根据所要探查部位的深浅,选用不同频率的超声探头,对人体肌肉、骨骼、软组织、神经等病变进行评估的一种诊断技术。肌骨超声在周围神经的影像学评估方面具有优势,可以实时、多角度、清晰显示周围神经的结构及其与周围组织的解剖关系,并可沿周围神经分布走行进行探查,具有高分辨率成像、可动态观察、操作简便、检查费用低、无辐射等优点,已广泛应用于骨科学、康复医学等领域。肌骨超声技术的发展,为周围神经卡压综合征提供了新的诊断方向。

## 周围神经卡压综合征的发病机制

当周围神经走行途经特定解剖结构,如骨性纤维管道、骨隆起、肌腱下方、筋膜下方、肌肉间等<sup>[1]</sup>,由于关节频繁活动,神经在上述坚韧部位反复摩擦,造成局部水肿等炎症反应,使管腔容积变小<sup>[2]</sup>,或由于周围组织炎症水肿、占位病变等,均可导致神经受压迫。当周围神经卡压时,神经纤维内的轴浆循环障碍,神经束膜内压力持续升高,引起血液循环障碍,施万细胞变性坏死,发生脱髓鞘改变<sup>[3]</sup>,造成不同程度的感觉和运动功能障碍。随着卡压时间延长,脱髓鞘改变明显,纤维结缔组织增生,严重者累及神经轴索。

## 周围神经卡压的肌骨超声表现

当周围神经受压时,超声长轴成像可见神经回声减低,束状结构模糊不清,神经外观粗细不均,神经受压部位变扁。神经受压的近端,由于轴浆流动受阻,神经束肿胀变大<sup>[4]</sup>,在严重的病例中,可以看到沙漏状外观,反映了受压部位的垂直直径与其近端和远端节段相比极其狭窄。在慢性病例中,压迫部位近端神经束的肿胀可能由于轴突丧失而消失<sup>[5]</sup>。超声短轴成像可见神经横截面积(cross-sectional areas, CSA)增大,神经内部结构紊乱,蜂巢样结构模糊甚至消失。慢性病例神经受压处外膜增厚,回声增强<sup>[5]</sup>。超声还可显示邻近组织存在的压迫因素,和能量多普勒下局部炎症的细微血流变化等。

## 肌骨超声相较磁共振成像在周围神经卡压诊断中的优劣

对于粗大的周围神经,如坐骨神经,临床多使用磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)直接观察,效果理想。相较于肌骨超声, MRI 具有不依赖于操作者的特点,更容易显示部位较深的神经,也更容易评估邻近组织变化<sup>[6]</sup>。然而, MRI 无法做到如肌骨超声般实时动态评估,长短轴成像即刻切换,且传统 MRI 序列的平面成像不如肌骨超声的多角度全程探查全面。尽管弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)等先进 MRI 技术已开始应用于神经卡压病变研究,但因缺乏重现性和标准化正常值,阻碍了其应用<sup>[7]</sup>。此外,肌骨超声尚具备重复检查方便、费用低等优势,但需要有经验的操作者开展检查。

## 常见周围神经卡压综合征的肌骨超声评估

### 一、腕管综合征

腕管综合征(carpal tunnel syndrome, CTS)是上肢最常见的周围神经卡压病变,是由多种原因导致腕管内压力增高,压迫正中神经引起。腕管是上方的屈肌支持带和下方的腕骨构成的骨性纤维管道,正中神经行经于此。CTS 最常见的病因是手腕长期过度使用,导致慢性损伤,使腕管的管腔狭窄而产生神经卡压。通过超声诊断腕管部正中神经卡压病变最可靠的评估指标是 CSA 增大<sup>[8-9]</sup>,在腕管入口测量正中神经 CSA  $\geq 10 \text{ mm}^2$ 是目前超声诊断 CTS 的常用参考标准,有报道应用此标准诊断 CTS 的敏感度和特异度分别达 97.9%、100.0%<sup>[10]</sup>,诊断基于美国神经病学会临床诊断标准(1993)。董斌等<sup>[11]</sup>研究报道,在钩骨钩水平测量屈肌支持带厚度  $\geq 3.35 \text{ mm}$ ,可作为诊断 CTS 的另一个参考标准,该诊断阈值通过受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线确定,曲线下面积(area under curve, AUC)为 0.75,敏感度和特异度分别为 77.1%和 82.3%,和感觉神经传导速度检测结果相比,无显著统计学差异,诊断基于典型临床表现的确诊病例。近年来,越来越多的研究为 CTS 严重程度电生理分级提供了相应的正中神经 CSA 数据,Roomizadeh 等<sup>[12]</sup>完成的一项荟萃分析结果显示,轻、中、

重度 CTS 的腕管入口正中神经平均 CSA 分别为 11.64 mm<sup>2</sup>、13.74 mm<sup>2</sup>、16.80 mm<sup>2</sup>。这些数据对于 CTS 的超声评估具有重要意义。

## 二、肘管综合征

肘管综合征 (cubital tunnel syndrome, CuTS) 是上肢第二常见的周围神经卡压病变,仅次于 CTS,是由于尺神经在肘管处受压而发生的神经损伤。肘管是骨性纤维管道,以弓状韧带、尺侧副韧带、肘关节囊、尺骨鹰嘴为界<sup>[13]</sup>,尺神经在此易受压,局部创伤和劳损是最常见的病因。有许多研究支持尺神经 CSA 在 CuTS 中的诊断价值。Volpe 等<sup>[14]</sup>的研究结果显示,轻、中、重度 CuTS 的肘部尺神经最大 CSA 平均为 11.1 mm<sup>2</sup>、15.8 mm<sup>2</sup>、18.3 mm<sup>2</sup>,肘部尺神经最大 CSA ≥ 10 mm<sup>2</sup> 为 CuTS 最优诊断点,敏感度和特异度均为 88%,诊断的确认和严重程度分级基于神经电生理检查确诊并分级的病例。Ayromlou 等<sup>[15]</sup>报道在肘部测量尺神经最大 CSA ≥ 10 mm<sup>2</sup>,可作为超声诊断 CuTS 的参考标准,该诊断阈值通过 ROC 曲线确定,AUC 为 0.9,敏感度和特异度分别为 93% 和 68%,诊断基于临床表现和神经电生理检查确诊的病例。一项荟萃分析<sup>[16]</sup>结果表明,肱骨内上髁水平是最佳的尺神经 CSA 测量平面,可用于上述超声诊断 CuTS 的标准。有学者提出另一个指标,肿胀率 (swelling ratio, SR),即尺神经最大肿胀部位与未受影响部位的 CSA 比值,可作为诊断 CuTS 的补充,特别适用于本身存在周围神经病变,可能会影响 CSA 测量结果的患者,但目前尚无法确定理想的诊断阈值和统一的测量方法<sup>[17]</sup>。

## 三、骨间后神经综合征

骨间后神经综合征 (posterior interosseous nerve syndrome, PINS) 又称旋后肌综合征,是桡神经深支-骨间后神经在旋后肌腱膜弓或旋后肌管处受压而发生的神经卡压病变。PINS 最常见的病因为前臂反复旋后-旋前,导致旋后肌浅头近缘增厚。Djurdjevic 等<sup>[18]</sup>对比了 15 例 PINS 患者和 20 例健康志愿者的数据,在 Frohse 弓近端水平测量骨间后神经的前后径,PINS 患者 (平均 2.0 mm) 明显大于健康志愿者 (平均 1.1 mm),PINS 患者的最小前后径 1.6 mm 与健康志愿者的最大前后径 1.5 mm 无重叠,研究者认为 1.5 mm 可作为超声识别 PINS 的参考阈值。Kim 等<sup>[19]</sup>在 8 例 PINS 患者中进行双侧骨间后神经的前后径对比,得出近似的结果。测量 CSA 是评估神经横截面大小的首选方法,但目前缺乏对骨间后神经 CSA 的统计学研究资料。鉴于骨间后神经前后径的变异性,对比双侧神经 CSA 有助于可疑 PINS 病例的判断<sup>[20-21]</sup>。

## 四、梨状肌综合征

梨状肌综合征 (piriformis syndrome, PS) 是梨状肌压迫坐骨神经引起的神经肌肉病变,与梨状肌创伤、炎症、痉挛、肥大、解剖变异等相关。约有 6%~8% 的坐骨神经痛是由 PS 引起<sup>[22]</sup>,其临床表现容易与其他疼痛性疾病混淆,存在一定的误诊和漏诊率。超声能显示 PS 患者梨状肌的异常,包括梨状肌增厚、肌外膜不平滑、轮廓欠清、肌肉纹理不清等<sup>[23]</sup>。关于梨状肌的超声评估,目前尚无统一的标准,一般采用双侧对比。贺亭等<sup>[24]</sup>的研究结果表明,超声下 PS 患者的患侧梨状肌相比健侧明显增大,通过 ROC 曲线分析,双侧梨状肌厚度差 ≥ 2.15 mm 为最优诊断点,AUC 为 0.896,敏感度和特异度分别为 86.8% 和 82.5%,诊断基于典型临床表现的确诊病例。Zhang 等<sup>[25]</sup>的研

究结果与上述研究非常接近,表明超声下 PS 患者的患侧梨状肌相比健侧的平均厚度差为 2.1 mm,平均 CSA 差为 6 mm<sup>2</sup>。Wu 等<sup>[26]</sup>的研究结果表明,在梨状肌下方测量坐骨神经最大前后径 (maximum anteroposterior diameter, MAPD) ≥ 6.85 mm,是超声诊断 PS 有价值的标准,该诊断阈值通过 ROC 曲线确定,AUC 为 0.871,敏感度和特异度分别为 68% 和 90%,诊断基于典型临床表现的确诊病例。

## 五、股外侧皮神经综合征

股外侧皮神经综合征又称感觉异常性股痛 (meralgia paresthetica, MP),国外文献普遍使用 MP 称呼,是指股外侧皮神经经过髂筋膜、腹股沟韧带构成的骨性纤维管道时,受到周围异常组织压迫而发生的神经卡压病变<sup>[27]</sup>。排除外伤、手术等因素,MP 多由该神经在运动中反复受牵拉刺激,导致慢性损伤,进一步造成神经卡压。Zhu 等<sup>[28]</sup>用超声测量 120 例健康志愿者,得出股外侧皮神经在腹股沟区的平均 CSA 为 1.04 mm<sup>2</sup>,股外侧皮神经与髂前上棘的平均距离为 15.6 mm。Powell 等<sup>[29]</sup>的研究结果表明,在髂前上棘水平测量股外侧皮神经 CSA > 5 mm<sup>2</sup>,可作为超声诊断 MP 的参考标准,该诊断阈值通过 ROC 曲线确定,AUC 为 0.93,敏感度和特异度分别为 87% 和 90%,诊断基于临床表现和 MRI 检查确诊的病例。值得注意的是,股外侧皮神经存在较大的解剖变异性。已报道的解剖变异包括股外侧皮神经向外侧转移至髂前上棘,或位于髂前上棘的外侧,甚至直接从髂嵴上通过等<sup>[27,30]</sup>。解剖变异的股外侧皮神经可以通过超声探查明确。

## 六、腓总神经卡压综合征

腓总神经卡压综合征是下肢常见的周围神经卡压病变,是指腓总神经在腓骨头颈处受压而发生的神经损伤。腓总神经绕行腓骨头颈外侧,表面仅有皮下组织保护,且相对固定,易受外力压迫和过度拉伸损伤<sup>[31]</sup>。国外文献多称之为腓骨头腓神经病变 (peroneal neuropathy at the fibular head, PNFH)。Kim 等<sup>[32]</sup>的研究结果表明,在腓骨头水平测量腓总神经 CSA ≥ 11.7 mm<sup>2</sup>,可作为超声诊断 PNFH 的参考标准,该诊断阈值通过 ROC 曲线确定,AUC 为 0.88,敏感度和特异度分别为 85% 和 90%,诊断基于神经电生理检查确诊的病例。Bayrak 等<sup>[33]</sup>的研究结果与上述研究非常接近,表明在腓骨头水平 5 cm 范围内测量腓总神经最大 CSA ≥ 11.5 mm<sup>2</sup>,可作为超声诊断 PNFH 的参考标准,该诊断阈值通过 ROC 曲线确定,AUC 为 0.87,敏感度和特异度分别为 80% 和 99%,诊断基于临床表现和神经电生理检查确诊的病例。

## 七、跗管综合征

跗管综合征 (tarsal tunnel syndrome, TTS) 又称为踝管综合征、跗管综合征,是指胫神经在踝关节内侧通过屈肌支持带及跟骨形成的骨性纤维管道时,受到压迫而引起的神经卡压病变<sup>[34]</sup>。踝足过度使用引起的慢性损伤是 TTS 最常见的病因。Tawfik 等<sup>[35]</sup>对比了 14 例 TTS 患者 (23 例患足) 和 17 例健康志愿者的数据,分别测量胫神经在跗管入口、跗管内的 CSA,并计算二者的比值,结果表明,跗管内-跗管入口胫神经 CSA 比值 > 1,是超声诊断 TTS 有价值的标准,该诊断阈值通过 ROC 曲线确定,AUC 为 0.813,敏感度和特异度分别为 74% 和 100%,诊断基于神经电生理检查确诊的病例。此后,Fantino 等<sup>[36]</sup>采用类似方法对比了 23 例 TTS 患者 (27 例患足) 和 21 例健康志愿者

的数据,结果发现,跗管内胫神经 CSA  $\geq 15 \text{ mm}^2$  及跗管内、跗管上 10 cm 胫神经 CSA 差值  $> 5 \text{ mm}$ ,可作为超声诊断 TTS 的参考标准,诊断阈值通过 ROC 曲线确定,AUC 分别为 0.82 和 0.95,敏感度分别为 74% 和 81%,特异度均为 100%,诊断基于临床表现和神经电生理检查确诊的病例。此外,有研究报道,超声可以明确跟距骨桥<sup>[37]</sup>等 TTS 的压迫因素。

#### 八、其他

其他周围神经卡压综合征的神经超声评估,目前仅有部分研究可以提供参考。如肩胛上神经卡压综合征,可参考已报道的肩胛上神经 CSA 正常范围:①冈上窝水平,男性 10.18 ~ 11.07  $\text{mm}^2$ ,女性 9.31 ~ 9.73  $\text{mm}^2$ ;②冈下窝水平,男性 9.35 ~ 10.99  $\text{mm}^2$ ,女性 9.41 ~ 10.42  $\text{mm}^2$ <sup>[38]</sup>。旋前圆肌综合征和骨间前神经综合征的神经超声评估,可参考目前已知的前臂正中神经 CSA 正常平均值 6.4  $\text{mm}^2$ <sup>[39]</sup>。腕部尺管综合征,可参考腕部尺管水平的尺神经 CSA 正常平均值 4.1  $\text{mm}^2$ <sup>[39]</sup>。除 CSA 增大外,可结合神经受压损害后回声减低、蜂巢样结构紊乱或消失,长轴成像下腊肠样、沙漏样等表现,以及发现邻近组织存在的压迫因素、异常血流变化等,综合判断。

其他超声参数,如神经压平比(神经最大直径与最小直径之比)、神经-隧道比(神经 CSA 与骨性纤维管道 CSA 之比),也曾被提出用于诊断神经卡压综合征,但目前还缺乏综合证据来证明其临床有效性。

#### 小结

目前,临床上诊断周围神经卡压综合征主要通过神经电生理检查,可判定病变的神经,进行基本的定位诊断,但无法直接反映神经卡压部位的形态功能信息,即神经与周围组织的关系、神经自身形态的变化等。肌骨超声在周围神经的影像学评估方面具有优势,能弥补传统检查方法的不足,做出补充和验证。诸多研究表明,肌骨超声已被用于周围神经卡压病变的诊断、定位,发现存在的压迫因素,分类严重程度。

对于临床上较常见的周围神经卡压综合征,如 CTS、CuTS、PNFH 等的超声诊断,学者们提出了有价值的参考标准,有较高的诊断敏感度和特异度。此外,尚有部分周围神经卡压综合征缺乏超声诊断参考标准,或现有的参考标准还需完善,例如骨间后神经缺乏 CSA 的统计学资料,仅有神经前后径参考值报道,该指标易受神经形态变化影响,存在一定的变异性等,上述均有待进一步探索研究。

#### 参 考 文 献

[1] Chang KV, Wu WT, Özçakar L. Ultrasound imaging and guidance in peripheral nerve entrapment: hydrodissection highlighted [J]. Pain Manag, 2020, 10(2):97-106. DOI:10.2217/pmt-2019-0056.

[2] 李月红,张国红,冯海燕,等.肌电图定位定量电刺激治疗骨间后神经卡压综合征的疗效观察[J].中华物理医学与康复杂志,2016,38(7):538-540. DOI:10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2016.07.014.

[3] Tang DT, Barbour JR, Davidge KM, et al. Nerve entrapment: update [J]. Plast Reconstr Surg, 2015, 135(1):199-215. DOI:10.1097/PRS.0000000000000828.

[4] Choi SJ, Ahn JH, Ryu DS, et al. Ultrasonography for nerve compression syndromes of the upper extremity[J]. Ultrasonography, 2015, 34

(4):275-291. DOI:10.14366/usg.14060.

[5] Chen IJ, Chang KV, Lou YM, et al. Can ultrasound imaging be used for the diagnosis of carpal tunnel syndrome in diabetic patients? A systemic review and network meta-analysis [J]. J Neurol, 2020, 267(7):1887-1895. DOI:10.1007/s00415-019-09254-8.

[6] Manoharan D, Sudhakaran D, Goyal A, et al. Clinico-radiological review of peripheral entrapment neuropathies-part 1 upper limb[J]. Eur J Radiol, 2020, 131:109234. DOI:10.1016/j.ejrad.2020.109234.

[7] Jeon T, Fung MM, Koch KM, et al. Peripheral nerve diffusion tensor imaging: Overview, pitfalls, and future directions[J]. J Magn Reson Imaging, 2018, 47(5):1171-1189. DOI:10.1002/jmri.25876.

[8] Bang M, Kim JM, Kim HS. The usefulness of ultrasonography to diagnose the early stage of carpal tunnel syndrome in proximal to the carpal tunnel inlet: a prospective study [J]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(26):16039. DOI:10.1097/MD.00000000000016039.

[9] Torres-Costoso A, Martínez-Vizcaíno V, Álvarez-Bueno C, et al. Accuracy of ultrasonography for the diagnosis of carpal tunnel syndrome: a systematic review and meta-analysis [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2018, 99(4):758-765. DOI:10.1016/j.apmr.2017.08.489.

[10] Miedany YM, Aty SA, Ashour S. Ultrasonography versus nerve conduction study in patients with carpal tunnel syndrome: substantive or complementary tests? [J]. Rheumatology (Oxford), 2004, 43(7):887-895. DOI:10.1093/rheumatology/keh190.

[11] 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):20-23. DOI:10.3969/j.issn.1004-1648.2019.06.005.

[12] Roomzadeh P, Eftekharsadat B, Abedini A, et al. Ultrasonographic assessment of carpal tunnel syndrome severity: a systematic review and meta-analysis [J]. Am J Phys Med Rehabil, 2019, 98(5):373-381. DOI:10.1097/PHM.0000000000001104.

[13] Stoddard JM, Taylor CR, O'Connor FG. Ulnar nerve entrapment at the cubital tunnel successfully treated with ultrasound-guided peripheral nerve hydrodissection: a case report and further evidence for a developing treatment option [J]. Curr Sports Med Rep, 2019, 18(11):382-386. DOI:10.1249/JSR.0000000000000649.

[14] Volpe A, Rossato G, Bottanelli M, et al. Ultrasound evaluation of ulnar neuropathy at the elbow: correlation with electrophysiological studies [J]. Rheumatology (Oxford), 2009, 48(9):1098-1101. DOI:10.1093/rheumatology/kep167.

[15] Ayromlou H, Tarzamani MK, Daghighi MH, et al. Diagnostic value of ultrasonography and magnetic resonance imaging in ulnar neuropathy at the elbow [J]. ISRN Neurol, 2012, 2012:491892. DOI:10.5402/2012/491892.

[16] Chang KV, Wu WT, Han DS, et al. Ulnar nerve cross-sectional area for the diagnosis of cubital tunnel syndrome: a meta-analysis of ultrasonographic measurements [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2018, 99(4):743-757. DOI:10.1016/j.apmr.2017.08.467.

[17] Chen IJ, Chang KV, Wu WT, et al. Ultrasound parameters other than the direct measurement of ulnar nerve size for diagnosing cubital tunnel syndrome: a systemic review and meta-analysis [J]. Arch Phys Med Rehabil, 2019, 100(6):1114-1130. DOI:10.1016/j.apmr.2018.06.021.

[18] Djurdjevic T, Loizides A, Löscher W, et al. High resolution ultrasound in posterior interosseous nerve syndrome [J]. Muscle Nerve, 2014, 49(1):35-39. DOI:10.1002/mus.23867.

- [19] Kim Y, Ha DH, Lee SM. Ultrasonographic findings of posterior interosseous nerve syndrome[J]. *Ultrasonography*, 2017, 36(4):363-369. DOI:10.14366/usg.17007.
- [20] Ceri T, Podda A, Behr J, et al. Posterior interosseous nerve of the elbow at the arcade of Frohse: ultrasound appearance in asymptomatic subjects[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2019, 100(9):521-525. DOI:10.1016/j.diii.2019.03.007.
- [21] Xiao TG, Cartwright MS. Ultrasound in the evaluation of radial neuropathies at the elbow[J]. *Front Neurol*, 2019, 10:216. DOI:10.3389/fneur.2019.00216.
- [22] Probst D, Stout A, Hunt D. Piriformis syndrome: a narrative review of the anatomy, diagnosis, and treatment[J]. *PM R*, 2019, 11(Suppl 1):54-63. DOI:10.1002/pmrj.12189.
- [23] 贺亭, 朱尚勇, 高泳, 等. 梨状肌的扫查技巧及其声像图研究[J]. *中华超声影像学杂志*, 2017, 26(4):334-337. DOI:10.3760/ema.j.issn.1004-4477.2017.04.014.
- [24] 贺亭, 朱尚勇, 刘若川, 等. 梨状肌综合征的超声诊断价值[J]. *中华超声影像学杂志*, 2016, 25(1):61-64. DOI:10.3760/ema.j.issn.1004-4477.2016.01.014.
- [25] Zhang W, Luo F, Sun H, et al. Ultrasound appears to be a reliable technique for the diagnosis of piriformis syndrome[J]. *Muscle Nerve*, 2019, 59(4):411-416. DOI:10.1002/mus.26418.
- [26] Wu YY, Guo XY, Chen K, et al. Feasibility and reliability of an ultrasound examination to diagnose piriformis syndrome[J]. *World Neurosurg*, 2020, 134:1085-1092. DOI:10.1016/j.wneu.2019.11.098.
- [27] Ellis J, Schneider JR, Cloney M, et al. Lateral femoral cutaneous nerve decompression guided by preoperative ultrasound mapping[J]. *Cureus*, 2018, 10(11):3652. DOI:10.7759/cureus.3652.
- [28] Zhu J, Zhao Y, Liu F, et al. Ultrasound of the lateral femoral cutaneous nerve in asymptomatic adults[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2012, 13:227. DOI:10.1186/1471-2474-13-227.
- [29] Powell GM, Baffour FI, Erie AJ, et al. Sonographic evaluation of the lateral femoral cutaneous nerve in meralgia paresthetica[J]. *Skeletal Radiol*, 2020, 49(7):1135-1140. DOI:10.1007/s00256-020-03399-8.
- [30] Palamar D, Terlemeç R, Akgun K. Ultrasound-guided diagnosis and injection of the lateral femoral cutaneous nerve with an anatomical variation[J]. *Pain Pract*, 2017, 17(8):1105-1108. DOI:10.1111/papr.12559.
- [31] Bowley MP, Doughty CT. Entrapment neuropathies of the lower extremity[J]. *Med Clin North Am*, 2019, 103(2):371-382. DOI:10.1016/j.mcna.2018.10.013.
- [32] Kim JY, Song S, Park HJ, et al. Diagnostic cutoff value for ultrasonography of the common fibular neuropathy at the fibular head[J]. *Ann Rehabil Med*, 2016, 40(6):1057-1063. DOI:10.5535/arm.2016.40.6.1057.
- [33] Bayrak İK, Oytun Bayrak A, Türker H, et al. Diagnostic value of ultrasonography in peroneal neuropathy[J]. *Turk J Med Sci*, 2018, 48(6):1115-1120. DOI:10.3906/sag-1803-145.
- [34] Nelson SC. Tarsal tunnel syndrome[J]. *Clin Podiatr Med Surg*, 2021, 38(2):131-141. DOI:10.1016/j.cpm.2020.12.001.
- [35] Tawfik EA, El Zohiery AK, Abouelela AA. Proposed sonographic criteria for the diagnosis of idiopathic tarsal tunnel syndrome[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2016, 97(7):1093-1099. DOI:10.1016/j.apmr.2015.11.012.
- [36] Fantino O, Bouysset M, Pialat JB. Can the axial cross-sectional area of the tibial nerve be used to diagnose tarsal tunnel syndrome? An ultrasonography study[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2020, 15:102630. DOI:10.1016/j.otsr.2020.02.021.
- [37] 王洪军, 宋兵, 张晓红, 等. 跟距骨桥的高频超声诊断价值[J]. *中国超声医学杂志*, 2018, 34(10):935-938. DOI:10.3969/j.issn.1002-0101.2018.10.022.
- [38] Wu WT, Chang KV, Mezia K, et al. Basis of shoulder nerve entrapment syndrome: an ultrasonographic study exploring factors influencing cross-sectional area of the suprascapular nerve[J]. *Front Neurol*, 2018, 9:902. DOI:10.3389/fneur.2018.00902.
- [39] Fisse AL, Katsanos AH, Gold R, et al. Cross-sectional area reference values for peripheral nerve ultrasound in adults: a systematic review and meta-analysis-part I: upper extremity nerves[J]. *Eur J Neurol*, 2021, 28(5):1684-1691. DOI:10.1111/ene.14759.

(修回日期:2022-09-20)

(本文编辑:凌 琛)