

· 综述 ·

超声检查在肘管综合征诊疗中的应用与研究进展

段小圆,邢国胜,赵文君,马剑雄,马信龙

(天津市天津医院,天津 300211)

摘要 肘管综合征是尺神经在肘部受卡压引起的一系列神经损伤症状,是临床常见的上肢周围神经卡压类疾病,精准诊断对该病的治疗和预后具有重要价值。超声检查可清晰显示尺神经及其周围结构的损伤情况,具有直观、定位准确、可实时动态观测等优势。本文对肘管综合征的超声检查优势、要点、指标,以及规范化问题和建议进行了综述。

关键词 肘管综合征;超声检查;尺神经;综述

肘管综合征是指肘管内的尺神经因生理解剖或病理因素受卡压而引起的一系列神经损伤症状,又称迟发性尺神经炎,是临床常见的上肢周围神经卡压综合征之一,发病率仅次于腕管综合征^[1]。肘管综合征病情严重时会出现患侧手部肌肉力量下降、内在肌萎缩和爪形手等,最终导致手功能障碍,严重影响患者的生活质量^[1-2]。肘管综合征早期或症状较轻时常采用非手术方法治疗,如通过调整臂部姿势减少肘关节弯曲,以及口服非甾体抗炎药、镇痛药及营养神经药物等。中医治疗肘管综合征多以疏经活络、益气活血为主,常用方法包括口服中药、针灸、推拿和穴位贴敷等^[3]。肘管综合征病情严重或非手术治疗无效时应采用尺神经松解术等手术方法治疗,术后辅以中药、热疗、手法治疗等提高整体疗效^[4-7]。目前临床对肘管综合征的最佳疗法尚未达成共识,但越早查明病因并进行针对性治疗越有利于尺神经的恢复^[8-10]。精确诊断、早期预防和合理干预对肘管综合征具有重要意义,可以有效控制病情进展、缩短康复时间、提高远期疗效。近年来,超声检查广泛用于肌骨领域疾病的诊断和疗效评价^[11-12]。目前有关超声检查在肘管综合征中应用的报道多为研究性文献,相关综述性文献,尤其是超声检查相关指标及其效能对于诊疗肘管综合征意义的归纳性文献国内相对少见。因此,本文对超声检查在肘管综合征诊疗中的应用与研究进展综述如下。

1 肘管综合征的超声检查优势

肘管综合征既往主要依靠病史采集、临床表现及

神经电生理检查等进行诊断和疗效评估;但神经电生理检查存在有创、对卡压位点定位不准确、不能直观显示尺神经及其周围组织结构等局限性^[5,13]。Yoon等^[14]研究发现,当患者尺神经脱位或半脱位、肘关节摆放姿势不当时,超声检查显示为阳性结果,而神经电生理检查则为假阴性结果。MRI是肘管综合征的影像学检查方法之一,虽然其具有良好的软组织分辨率,但价格昂贵、扫描时间较长、不能进行动态观察,且不适用于体内有金属植入物的患者。近年来,随着高频超声分辨率的提高和宽景成像技术的应用,超声检查已具备安全无创、无辐射等特点,常用于诊断或评估外周神经卡压病变。超声检查可清晰显示尺神经的走行、被膜及形态结构变化,能实时动态观测不同肘关节体位下尺神经的相关指标,还可提供有关占位性病变及其周围解剖结构的图像信息^[15-16]。超声检查结合神经电生理检查可提高肘管综合征的诊断率,而且超声检查具有良好的可重复性,有助于临床诊断和跟踪治疗。近年来,已有学者开展有关超声检查在肘管综合征诊疗中的应用价值的研究,如寻求更精准的诊断指标等,以期未来可以制定一个以超声检查为基础的肘管综合征的诊断标准^[17-21]。此外,超声检查还有助于明确肘管综合征的病因、精准定位其病变部位,以及为其鉴别诊断和制定治疗方案奠定基础。

2 肘管综合征的超声检查要点

肘管综合征的病理特点主要包括尺神经慢性缺血、水肿及阶段性脱髓鞘改变、异常冲动等,因此肘管综合征的超声检查应重点关注尺神经的情况。超声检查时,可在肱骨内上髁及尺骨鹰嘴间的尺神经沟内找到尺神经,按照尺神经的解剖走行分别对其纵切面、横切面进行连续扫查,观察尺神经的形态、连续

基金项目:天津市卫生健康科技项目(RC20139)

通讯作者:马信龙 E-mail:maxinlong8686@sina.com

性、肿胀情况、内部结构、回声及其与周围组织的关系^[15-17]。肘管综合征患者的尺神经超声检查结果,横切面可表现为内部蜂窝状结构不清晰或消失;纵切面可表现为尺神经走行弯曲,总体增粗,且粗细不均,内部原本平行排列的束状结构模糊或消失,回声减低;但尺神经外膜的回声增强。肘管综合征患者病程较长时,超声检查可见神经内部回声增强,外膜增厚且与周围组织分界模糊不清。将肘关节由伸直位至最大屈曲位进行超声检查,可以实时动态观测屈肘运动时相关检测指标的变化情况,有助于发现尺神经的异常运动或卡压原因。实时动态超声检查显示肘部弯曲时尺神经移至内上髁顶点或滑脱出尺神经沟,肘部伸直位时尺神经滑回至尺神经沟,提示可能是尺神经半脱位或脱位引起的肘管综合征。如果是卡压造成的肘管综合征,可见卡压位点和卡压结构,尺神经于卡压处呈局部扁平或明显变细状,卡压近端及远端明显增粗肿胀。通常尺神经卡压近端比远端显著增粗,如果增生严重,卡压近端还可能形成假性神经瘤。部分肘管综合征患者的超声检查结果未见明显卡压点或卡压段,仅见尺神经在肘管内全程肿胀。超声检查未能显示尺神经卡压点的原因,可能是周围组织粘连、长期慢性劳损致组织增生为弥漫性病变等。超声检查时,应注意保持超声探头垂直于尺神经,以减少伪影、降低测量误差;还应注意探头不要加压,避免探头压力过大导致尺神经受压变形;此外,所有参数均测量 3 次取平均值。

3 肘管综合征的超声检查指标

3.1 尺神经直径 尺神经直径是超声检查肘部尺神经卡压的常用测量指标,测量位点最初多选择肱骨内上髁近端和远端 2~5 cm 处。为方便计算尺神经厚度肿胀率(尺神经肿胀最粗处厚度/尺神经卡压点厚度),并为临床提供更多信息,目前尺神经直径的测量位点多选择尺神经卡压点(段)、尺神经肿胀最粗处或尺神经卡压近端。临床常用尺神经的厚度和横径、上下径和左右径、大轴和小轴等描述测量结果,目前尚无统一的标准化术语。Mezian 等^[18,22]通过超声检查发现,肘管综合征组患者的尺神经直径较正常组明显增大,认为尺神经增粗处直径 ≥ 2.5 mm 可诊断为肘管综合征,其诊断灵敏度为 0.81、特异度为 0.91。Chen 等^[16,20]通过超声测量手术前后尺神经最大肿胀处直径发现,肘管综合征组患者的术前超声测量值显著高于正常组测量值、术中超声测量值略小于正常组

测量值,认为形成这种差异的原因可能是术前超声检查(主要在高回声边缘内测量)未计算尺神经外膜和神经纤维组织的厚度,或者是超声波在不同组织中的传播速度存在差异;因此研究人员在进行超声测量或比较时应注意选择统一的测量标准。

由于肘管综合征患者的尺神经直径在走行过程中变化较大,测量位点难以统一。临床常通过在尺神经纵切面测量其卡压点厚度和肿胀最粗处厚度计算厚度肿胀率,并以此量化尺神经受卡压程度。Chen 等^[16]研究发现,肘管综合征患者的尺神经卡压点厚度减小,受压两端的尺神经因发生变性水肿而厚度增大,因此尺神经厚度肿胀率增大,这与单纯测量尺神经厚度相比更精确、更客观。因此,超声测量尺神经的直径不仅可用于诊断肘管综合征,还有助于判断肘管综合征的病情严重程度。

3.2 尺神经横截面积 测量神经横截面积是诊断卡压性神经疾病的常用方法。尺神经走行过程中的外形不一致,横截面呈不规则的圆形或椭圆形,受压部位趋于平坦而两端肿胀,直径测量位点难以统一,因此测量值差异较大。超声测量尺神经横截面积可以避免因神经形状不规则引起的误差,而且尺神经横截面积比尺神经直径能更准确反映尺神经的变化。利用超声测量尺神经横截面积是定量反映尺神经水肿增粗和诊断肘管综合征的敏感指标,亦是目前相关研究中应用较多的指标。

Chiou 等^[23]于 1998 年首次采用超声测量肘管综合征患者尺神经内上髁水平的横截面积,该研究将尺神经横截面积 >7.5 mm² 诊断为肘管综合征,诊断灵敏度为 0.93、特异度为 0.91。此后许多类似研究肯定了尺神经横截面积在肘管综合征诊断中的应用价值,但并无统一的诊断标准。一项有关超声测量尺神经横截面积的 Meta 分析显示,除了前臂水平位,在不同肘关节体位下,肘管综合征组患者的尺神经横截面积均大于正常对照组^[21]。不同文献对尺神经横截面积的报道存在差异,这可能与尺神经横截面积的测量方法、测量部位、肘关节位置、研究人群及病变程度等有关。通过超声设备自带的软件手动连续追踪尺神经高回声边缘内区域来测量尺神经的横截面积,可以实时观测肘关节从伸直位至不同程度屈曲位状态下尺神经横截面积的变化。一般情况下,尺神经横截面积的测量位点主要为肱骨内上髁、肱骨内上髁近端及远端 2~4 cm 处、肘管入口及出口、卡压位点、肿胀最

粗位点(最大肿胀面积)等。Chen 等^[16,19,21]研究发现,超声诊断肘管综合征的尺神经横截面积阈值为 $8.3 \sim 11.2 \text{ mm}^2$,其诊断敏感度为 $0.83 \sim 1.00$ 、特异度为 $0.71 \sim 0.98$;超声测量尺神经横截面积 $\geq 10 \text{ mm}^2$ 可作为诊断肘管综合征的指标,其诊断敏感度为 0.85 、特异度为 0.91 。用尺神经最大横截面积诊断肘管综合征的灵敏度和特异度近年来均有提高,加之尺神经支配肌无力程度与尺神经最大横截面积有较大关系,因此尺神经最大横截面积对于诊断肘管综合征具有重要意义^[21]。此外,尺神经横截面积还可用于肘管综合征严重程度的分级和预后的评估。超声测量尺神经横截面积 $\geq 10 \text{ mm}^2$ 可用于诊断重度尺神经病变,尺神经横截面积 $> 23.91 \text{ mm}^2$ 则可成为肘管综合征预后不良的预测指标^[24-25]。尺神经横截面积与肘上-肘下段的运动传导速度呈负相关,即尺神经横截面积越大,神经传导速度越慢,神经损伤程度越严重;因此可推论尺神经横截面积与神经电生理检测结果有关联^[26-27]。临床可采用尺神经横截面积指标预测尺神经损伤等级,并结合其他相关检查指标为肘管综合征患者制定合理的治疗方案。

3.3 尺神经肿胀率 尺神经肿胀率可以反映尺神经被卡压后的形态学变化,是诊断肘管综合征的另一项常用指标。Chen 等^[16,19]报道,肘管综合征组患者的尺神经肿胀率 = 最大肿胀部位横截面积/受压最细部位横截面积。术前超声测量得出的尺神经肿胀率与术中测量结果相同,表明超声测量该指标较为可靠。Yoon 等^[28]研究发现,肘管综合征组患者的尺神经肿胀率明显增高,其最大肿胀部位横截面积与前臂横截面积的平均比值为 2.9 、与肱骨中部横截面积的平均比值为 2.8 ,明显高于对照组。此外,Yoon 等^[28]还发现,尺神经肿胀率诊断肘管综合征的阈值为 1.5 时,其诊断敏感度为 1 、特异度为 0.967 ,提示可采用尺神经肿胀率来提高肘管综合征的诊断准确性。尺神经横截面积的测量结果受尺神经卡压部位影响,而尺神经卡压部位与患者的性别、年龄、身高、体重等因素有关,因此尺神经肿胀率对于诊断肘管综合征具有重要意义。尺神经肿胀率有助于区分神经卡压造成的局域性神经肿胀和弥漫性神经肿胀,尤其适用于可能存在多发性神经病变或病态肥胖的患者^[17,19,21]。

3.4 弓状韧带的厚度和宽度 肘管处的筋膜组织压迫尺神经也是引起肘管综合征的重要原因之一,常受到超声检查者的关注。弓状韧带的称谓较多,如

Osborne 韧带、Osborne 筋膜、肘管支持带等^[29-31]。超声检查时,正常的弓状韧带呈规则带状稍强回声;肘管综合征患者的弓状韧带呈不均匀回声,界限模糊,厚度增加,且常与病变的尺神经界限不清,检查时应注意与肌腱等的回声相鉴别。尺神经紧贴于弓状韧带之下,弓状韧带病理性肥厚增生可引起肘管内压力增加和尺神经卡压,因此肘管综合征患者的弓状韧带厚度变化可以间接反映尺神经的受压情况。Macchi 等^[32]对尸体标本中尺神经上方的筋膜组织进行了超声检查,发现尺神经上方有一薄层强回声的片状结构与尺神经上方的肌筋膜支持带相对应,且其平均厚度为 $(0.9 \pm 0.3) \text{ mm}$ 。唐琪^[33]通过超声检查发现,肘管综合征患者的弓状韧带厚度及宽度,女性分别为 0.437 mm 和 8.52 mm ,男性分别为 0.513 mm 和 9.68 mm 。Khalid 等^[34-35]认为,通过超声检查定位卡压结构有助于肘管综合征的治疗。目前有关超声检查弓状韧带的研究与尺神经相比较为少见,且尚无利用超声测量的弓状韧带厚度诊断肘管综合征的标准,未来需要通过大样本、高质量研究来探讨弓状韧带厚度诊断肘管综合征的标准和效能。

3.5 其他指标 除了上述观测指标,还有一些研究采用其他超声检查指标诊断肘管综合征。

3.5.1 尺神经内部血流变化 肘管综合征患者的尺神经受卡压后,可发生血供受阻、血-神经屏障改变等病理变化,会导致尺神经内部的血流回声发生变化。因此,血流变化也可用于诊断肘管综合征。由于腕部尺神经病变或上肢其他病变也可引起尺神经内部血流变化,超声检查血流变化对诊断肘管综合征具有非特异性^[36]。

3.5.2 尺神经内部低回声率 尺神经受卡压后尺神经沟内的神经束区分不明显,超声检查可见肘管综合征患者的尺神经低回声最大比例有所增加,而该比例与神经的传导速度有关。因此,可以通过尺神经内束状结构的丢失情况诊断肘管综合征。Boom 等^[37]研究发现,当肱骨内上髁位点尺神经内部低回声率诊断肘管综合征的阈值为 0.80 时,诊断敏感度为 0.71 、特异度为 0.86 。

3.5.3 尺神经-内上髁皮质距离 Jacob 等^[38]研究发现,超声测量健康志愿者尺神经与内上髁皮质之间的距离为 $(0.8 \pm 0.4) \text{ mm}$,且该距离因人而异,与性别、年龄、左右手等均无关联。因此,不能仅凭尺神经-皮质距离较小来判断肘管综合征。

4 肘管综合征超声检查的规范化问题和建议

目前超声诊断肘管综合征尚无标准化的检查规范及公认的诊断标准,因此临床应用有一定的局限性。尺神经受卡压早期或受卡压程度较轻时可无明显的形态学改变,此时进行超声检查应注意联合临床查体。肘管综合征早期可在超声检查的基础上结合神经电生理检查,二者相互补充,能进一步提高诊断准确率^[13,39]。与 X 线检查相比,超声检查对肘管综合征的诊断有更高的准确性,但对尺神经沟的形态改变、骨质增生、韧带钙化等的显示效果不如 X 线检查。因此,临床可将超声与 X 线检查相结合诊断肘管综合征。部分肘管综合征患者术中发现尺神经颜色发白、神经外膜质地变硬,而术前高频超声检查却未提示尺神经出现形态学改变,这可能与尺神经的直径、横截面积无明显改变或无明显卡压位点等有关。弹性超声扩大了高频超声的诊断范围,能够对神经外膜的硬度进行评估,因此可考虑采用新兴的弹性超声技术观察尺神经硬度,从而降低肘管综合征的漏诊率。

5 小 结

超声诊断肘管综合征是近年来在肌骨领域发展起来的一项新技术,具有直观、定位准确等优势,可以为动、静态观测尺神经的走行及变化提供影像学依据。虽然超声检查存在一定的局限性,但详细的超声检查有助于评估尺神经功能和局灶性神经刺激,有助于发现可能的致病因素,对确定肘管综合征的病因和选择治疗方法等具有重要作用。因此,超声检查可用于肘管综合征的诊断、筛查和随访,而超声引导下的精准治疗或将成为肘管综合征诊疗领域的发展趋势之一。

参考文献

- [1] MASLOW J I, JOHNSON D J, BLOCK J J, et al. Prevalence and clinical manifestations of the anconeus epitrochlearis and cubital tunnel syndrome [J]. *Hand (N Y)*, 2020, 15(1):69-74.
- [2] CAMBON-BINDER A. Ulnar neuropathy at the elbow[J/OL]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2021 [2022-02-15]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33321238/>.
- [3] 中国中医药研究促进会中西医结合工作委员会. 肘管综合征中西医诊疗专家共识[J]. *中医正骨*, 2021, 33(10):1-5.
- [4] NAKASHIAN M N, IRELAND D, KANE P M. Cubital tunnel syndrome; current concepts[J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2020, 13(4):520-524.
- [5] THAKKER A, GUPTA V K, GUPTA K K. The anatomy, presentation and management options of cubital tunnel syndrome[J]. *J Hand Surg Asian Pac Vol*, 2020, 25(4):393-401.
- [6] 李巍, 张远林, 丁明斌, 等. 黄芪桂枝五物汤加味对尺神经松解前置术后肘管综合征患者尺神经肌电功能、手肌力和感觉功能的影响[J]. *现代中西医结合杂志*, 2021, 30(22):2457-2460.
- [7] 宿晓雷, 余航, 李闯, 等. 中医疗法结合 3D 打印技术治疗中重度肘管综合征[J]. *中国中西医结合外科杂志*, 2021, 27(3):498-502.
- [8] LAUDER A, CHEN C, BOLSON R M, et al. Management of recalcitrant cubital tunnel syndrome[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2021, 29(15):635-647.
- [9] BYVALTSEV V A, STEPANOV I A, KERIMBAYEV T T. A systematic review and meta-analysis comparing open versus endoscopic in situ decompression for the treatment of cubital tunnel syndrome [J]. *Acta Neurol Belg*, 2020, 120(1):1-8.
- [10] GALLO L, GALLO M, MURPHY J, et al. Reporting outcomes and outcome measures in cubital tunnel syndrome: a systematic review [J]. *J Hand Surg Am*, 2020, 45(8):707-728.
- [11] LIMBEKAR N S, SOONG M C, VYTOPIL M M, et al. High-resolution ultrasound in the diagnosis and surgical management of ulnar neuropathy at the elbow[J]. *Orthopedics*, 2021, 44(5):285-288.
- [12] GAO J M, YUAN Y, GONG K T, et al. Ultrasound-assisted precise in situ decompression for cubital tunnel syndrome[J]. *Orthop Surg*, 2021, 13(3):840-846.
- [13] RAYEGANI S M, RAEISSADAT S A, KARGOZAR E, et al. Diagnostic value of ultrasonography versus electrodiagnosis in ulnar neuropathy[J]. *Med Devices (Auckl)*, 2019, 12:81-88.
- [14] YOON J S, WALKER F O, CARTWRIGHT M S. Ulnar neuropathy with normal electrodiagnosis and abnormal nerve ultrasound[J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 2010, 91(2):318-320.
- [15] YANG F J, LI M, QIU Y Q. Value of ultrasound in the management of cubital tunnel syndrome with associated space-occupying lesions[J]. *J Hand Surg Eur Vol*, 2021, 46(2):195-197.
- [16] CHEN I J, CHANG K V, WU W T, 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.
- [17] ENDO F, TAJIKA T, KUBOI T, et al. The ultrasonographic assessment of the morphologic changes in the ulnar nerve at the cubital tunnel in Japanese volunteers: relationship between dynamic ulnar nerve instability and clinical symptoms [J]. *JSES Int*, 2021, 5(5):942-947.
- [18] MEZIAN K, JACISKO J, KAISER R, et al. Ulnar neuropathy at the elbow: from ultrasound scanning to treatment [J/OL]. *Front Neurol*, 2021 [2022-02-15]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34054704/>.
- [19] HAJ - MIRZAIAN A, HAFEZI - NEJAD N, DEL GRANDE F, et al. Optimal choice of ultrasound - based measurements for the diagnosis of ulnar neuropathy at the elbow: a meta - analysis of 1961 examinations [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2020, 215(5):1171-1183.
- [20] CHO C H, LEE Y H, SONG K S, et al. Accuracy of preoperative ultrasonography for cubital tunnel syndrome: a comparison with intraoperative findings [J]. *Clin Orthop Surg*, 2018, 10(3):352-357.
- [21] CHANG K V, WU W T, HAN D S, 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.
- [22] BEEKMAN R, SCHOEMAKER M C, VAN DER PLAS J P, et al. Diagnostic value of high - resolution sonography in ulnar neuropathy at the elbow [J]. *Neurology*, 2004, 62(5):767-773.
- [23] CHIOU H J, CHOU Y H, CHENG S P, et al. Cubital tunnel syndrome: diagnosis by high-resolution ultrasonography [J]. *J Ultrasound Med*, 1998, 17(10):643-648.
- [24] LA TORRE D, 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:e964-e973.
- [25] AYROMLOU H, TARZAMNI M K, DAGHIGHI M H, et al. Diagnostic value of ultrasonography and magnetic resonance imaging in ulnar neuropathy at the elbow [J/OL]. *ISRN Neurol*, 2012 [2022-02-15]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22888452/>.
- [26] SHUBERT D J, PRUD' HOMME J, SRAJ S. Nerve conduction studies in surgical cubital tunnel syndrome patients [J]. *Hand(N Y)*, 2021, 16(2):170-173.
- [27] LUO T D, TRAMMELL A P, HEDRICK L P, et al. Ulnar nerve enlargement at the medial epicondyle negatively correlates with nerve conduction velocity in cubital tunnel syndrome [J]. *Hand(N Y)*, 2020, 15(2):165-169.
- [28] YOON J S, WALKER F O, CARTWRIGHT M S. Ultrasonographic swelling ratio in the diagnosis of ulnar neuropathy at the elbow [J]. *Muscle Nerve*, 2008, 38(4):1231-1235.
- [29] SUWANNAKHAN A, CHAIYAMOON A, YAMMINE K, et al. The prevalence of anconeus epitrochlearis muscle and Osborne's ligament in cubital tunnel syndrome patients and healthy individuals: An anatomical study with meta - analysis [J]. *Surgeon*, 2021, 19(6):e402-e411.
- [30] WALI A R, GABEL B, MITWALLI M, et al. Clarification of eponymous anatomical terminology: structures named after Dr Geoffrey V. Osborne that compress the ulnar nerve at the elbow [J]. *Hand(N Y)*, 2018, 13(3):355-359.
- [31] WADSWORTH T G. The external compression syndrome of the ulnar nerve at the cubital tunnel [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1977(124):189-204.
- [32] MACCHI V, TIENGO C, PORZIONATO A, et al. The cubital tunnel: a radiologic and histotopographic study [J]. *J Anat*, 2014, 225(2):262-269.
- [33] 唐琪. 高频超声对肘管综合征诊断与治疗的临床价值 [D]. 南京:南京中医药大学, 2016.
- [34] KHALID S I, CARLTON A, KELLY R, et al. Novel minimally invasive technique in the treatment of cubital tunnel syndrome [J]. *J Spine Surg*, 2019, 5(1):88-96.
- [35] KWAK S H, LEE S J, BAE J Y, et al. In idiopathic cubital tunnel syndrome, ulnar nerve excursion and instability can be reduced by repairing Osborne's ligament after simple decompression [J]. *J Hand Surg Eur Vol*, 2020, 45(3):242-249.
- [36] MATSUI Y, HORIE T, FUNAKOSHI T, et al. Dynamic evaluation of intraneural microvasculature of the ulnar nerve using contrast - enhanced ultrasonography in patients with cubital tunnel syndrome [J/OL]. *J Hand Surg Am*, 2021 [2022-02-15]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34462166/>.
- [37] BOOM J, VISSER L H. Quantitative assessment of nerve echogenicity: comparison of methods for evaluating nerve echogenicity in ulnar neuropathy at the elbow [J]. *Clin Neurophysiol*, 2012, 123(7):1446-1453.
- [38] JACOB D, CRETEUR V, COURTHALIAC C, et al. Sonoanatomy of the ulnar nerve in the cubital tunnel: a multicentre study by the GEL [J]. *Eur Radiol*, 2004, 14(10):1770-1773.
- [39] PELOSI L, MULROY E. Diagnostic sensitivity of electrophysiology and ultrasonography in ulnar neuropathies of different severity [J]. *Clin Neurophysiol*, 2019, 130(2):297-302.