

肘管综合症的影像学研究进展

曹毅 综述, 郭林 审校

(天津市天津医院放射科, 天津 300211)

摘要 肘管综合征(CuTS)指肘管处尺神经卡压所引起的周围神经病变,是临床上最常见的慢性周围神经卡压性疾病之一。准确判断肘管综合征的原因及尺神经卡压部位和程度,有助于辅助临床医师制定治疗方案,改善患者的预后。本文旨在综述高频超声、X线平片、CT和MRI等检查用于评价CuTS的临床价值及其应用进展。

关键词 肘管综合征;影像学检查;诊断;预后

中图分类号 R445

文献标志码 A

文章编号 1006-8147(2025)02-0184-05

肘管综合征(cubital tunnel syndrome, CuTS)是多种原因造成的肘管处尺神经卡压所引起的一系列症状,是临床上常见的周围神经卡压疾病之一,发病率仅次于腕管综合征^[1-3]。国内外学者认为尺神经在肘部容易发生卡压与局部解剖和生物力学有关,造成卡压的原因包括尺神经内在因素和(或)肘关节骨质、软组织或邻近肌肉的外在压迫^[4]。CuTS的影像学检查方式包括高频超声、X线平片、CT及MRI等检查。这些检查各有优势,能够从不方面来评估肘管的结构和尺神经卡压情况,为CuTS的诊断和治疗提供重要依据。

1 CuTS解剖与病理生理机制

CuTS发病的主要原因为尺神经卡压所致,准确熟悉肘管解剖结构及尺神经供血情况有助于了解其发病机制。肘管是位于肱骨内上髁与尺骨鹰嘴之间的纤维骨性通道,内有尺神经及伴行血管通过。肘管大致呈底朝上、尖朝下的漏斗形状,但其解剖形态学至今仍有争议^[5]。肘管顶,即后壁,由弓状韧带覆盖,也称为Osborne's韧带或肘管支持带,是前臂筋膜与尺侧屈腕肌的深筋膜融合形成的纤维束带,覆盖于肱骨内侧髁到鹰嘴内侧缘,垂直于尺侧腕屈肌腱膜,横跨在尺神经的表面。弓状韧带的厚度大约4 mm,在长期肘关节慢性劳损下,弓状韧带的纤维束带伸拉变薄,反复挤压摩擦使尺神经受损,随后肥厚增生。

理论上尺神经走行区周围结构出现任何一个或多个异常,均可导致尺神经受压,从而引起一系列的临床症状,常见的卡压位置包括弓状韧带、肱

骨内上髁、滑车上肘肌等。有研究发现屈肘时更易诱发CuTS,认为此时肘管尺神经沟变窄,被拉长的尺神经反复挤压摩擦而受损、变性^[6]。Ashworth等^[7]报道屈肘时的肘管内压明显高于伸肘状态。上述研究都证实了屈肘状态同时也是CuTS发病诱因之一,推测机制可能为肘管容积变小,内压力增高,尺神经及其营养血管长期受慢性刺激,逐步出现缺血缺氧、水肿,晚期神经纤维继发华勒氏变性,造成神经束间粘连增厚,形成尺神经与周围结构的永久性瘢痕。

2 CuTS的影像学研究进展

2.1 高频超声检查 高频超声检查是一种非侵入性的无创检查,可动态实时观察,能清晰显示尺神经的走行、形态、内部回声以及其周边的解剖结构,对卡压部位、范围及病因具有重要的诊断价值,可作为影像学检查CuTS的重要方法之一。

研究显示超声能敏感地发现肘管周围囊性占位性病变^[8]。Manske等^[9]认为超声可清晰的显示CuTS尺神经卡压的病因,其中腱鞘囊肿的诊断准确率可高达100%,表现为单发的圆形、椭圆形或不规则形边界清晰的无回声区,后方回声增强,内部无血流信号。骨质增生的超声表现为关节边缘骨性突起,骨赘后方通常有声影。滑膜炎表现为异常低回声组织,不移动,可压缩性差,其内血流信号程度不等,并可据此判断滑膜炎的程度。滑膜积液为关节内异常低回声或无回声区,可移动且可压缩,内无血流信号。超声不仅能发现这些机械卡压因素,还能同时观察尺神经的受压、移位情况。Nadine等^[10]利用高频超声观察肘管内尺神经动态运动的情况,发现CuTS超声下的改变特点与术中所见高度符合,也证明高频超声在诊断CuTS方面具有一定的价值。

正常肘管处尺神经声像图的纵切面表现为连

基金项目 天津市卫生健康科技项目青年项目(TJWJ2023QN054)

作者简介 曹毅(1981-),男,副主任技师,博士在读,研究方向:人工智能及磁共振图像重建;通信作者:郭林,E-mail:510820850@qq.com。

续、粗细基本一致的条状低回声束,其内为分隔开的线状高回声带;横切面时多为椭圆形或圆形低回声,四周由较高回声包绕,内部为数个低回声被高回声线分隔,呈现为蜂巢状^[11-13]。CuTS患者尺神经卡压后表现为卡压段不规则变细、扭曲而卡压段前后神经相对肿胀增粗、出现类似沙漏状外观,即神经切迹征,卡压段尺神经回声降低,横切面上蜂巢状结构模糊、消失,对于病变较长的尺神经,其神经外膜回声多僵硬、粗糙,病变周围软组织回声多不同程度减低,受压的尺神经组织与周围组织界限模糊^[10]。

高频超声诊断CuTS的定量指标包括:尺神经横截面积(cross section area, CSA)、肿胀率(swelling ratio, SR)、尺神经长轴内径(long diameter of axle, LA)等。

高频超声可动态观察上肢周围神经的走行及大小,通过测量尺神经横截面积值有效评估术后的治疗效果。国内外均有报道,参考超声提供的定量指标值进行CuTS严重程度分型,为早期针对性治疗提供确切的影像依据^[14]。高频超声可用于辅助CuTS患者激素注射治疗,可以准确提供注射部位,避免损伤神经和邻近重要结构^[15]。需要注意的是高频超声检查依赖于经验丰富的操作者,且目前尚未统一CuTS的诊断标准,故其对CuTS诊断准确性存在一定的局限性。

随着人工智能(artificial intelligence, AI)研究的深入,越来越多的学者使用AI—深度学习(deep learning, DL)的方法对超声图像进行了处理,并对其检测CuTS的诊断性能进行了研究,结果显示:DL模型主要关注尺神经的表层神经外膜及其周围软组织,所提出的技术能够在不测量CSA的情况下准确预测CuTS^[16]。

还有研究表明接受超声引导下原位定位减压的患者手术时间更短、住院时间更短、术后美学效果更好、温哥华瘢痕量表(vancouver scar scale, VSS)和视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)评分更高,且术后期间对止痛药的需求较少^[17]。

2.2 X线平片检查 标准肘部X线片(正位、侧位和斜位)用于检测骨性异常的存在,如骨赘、任何创伤后畸形或异位骨化,这些均可能引起尺神经受压。这种检查方式相对经济实惠,适用在体检时提示潜在关节病变的风险。

常规肘关节X线正侧位平片诊断CuTS具有一

定的局限性,不能直接显示肘部尺神经的卡压情况。尺神经沟X线轴位片是其很好的补充,可进一步观察肘关节有无脱位、外翻、肘管构成骨质情况及尺神经沟的形态特征,进而发现可能诊断CuTS的机械性卡压病因。

2.3 CT检查 CT断层扫描图像拥有较高的密度分辨率和空间分辨率,可以显示X线平片无法显示的细小解剖结构。CT三维后处理技术,通过对原始轴位图像进行三维重组,可以更加精准直观的显示诸如增生、退变、外伤等可能导致CuTS的潜在因素,弥补了超声对骨质显示欠佳的不足。CuTS的三维CT重建图像可清晰显示尺神经形态改变及明显的密度异常。尺神经的形态学变化同高频超声表现基本相一致,可为进一步诊断CuTS提供充足的证据^[18],二者之间形态学特征表现符合率可高达95.7%。CT能清楚显示肘管的骨性组成结构及与周围软组织结构关系特点,并可精准测量肘管宽度、肘管中部深度及尺神经肘管中段直径等具体数据。崔青等^[19]提出以CT测量为基础的肘管指数,即利用CT图像获得肘管深度、宽度精确数值,即通过Hueter线(肱骨内、外髁的连线)横截面向前旋转30°行CT平扫,在CT片上测出该截面下肘管的深度和宽度,计算深度/宽度的比值,使CuTS的定量诊断成为可能,同时发现随肘管指数增大,骨质增生明显、尺神经沟越窄,因此肘管指数可作为CuTS术前、术后的评估指标。

还有研究使用CT扫描无创检查患者的肘管解剖结构,并将结果与现有指标和测量值进行比较,以确定这些结果是否可以作为CuTS患者治疗的辅助指标^[20]。结果显示,使用CT测量肘管解剖结构有助于确定晚期CuTS患者,并有助于决定是否进行进一步手术,作为其他指标处于临界限度病例的补充指标。

2.4 MRI检查 MRI具有无创、无辐射、组织分辨率高及空间分辨率高等优点,提供了出色的软组织分辨率,有助于识别神经损伤的位置、严重程度和类型。敏感性为83%和特异性为85%,使得MRI在检测CuTS方面非常有效^[21]。MRI检测CuTS的敏感性比肌电图高25%,这使其在CuTS的诊断中尤为有价值^[16]。通过精确的尺神经直径测量,MRI可以将CuTS分为轻度至重度,从而有助于制定适当的治疗方案。CuTS的MRI表现包括尺神经增粗和信号强度增高,因此作为诊断的确认工具非常有用^[19]。近年

来,随着 MRI 新技术的不断涌现,例如神经成像技术、脂肪抑制技术、三维薄层梯度回波脉冲序列成像技术等,逐步实现了肘管、尺神经及周围结构的三维观察,并可对尺神经本身病变、周围结构卡压的原因及程度进行有效的评估。

2.4.1 2D-MRI 序列 正常尺神经在 T1 加权和 T2 加权序列上表现为与骨骼肌等信号强度^[22]。其形态呈圆形至椭圆形,具有清晰的束状结构。横截面直径在 6~10 mm^[23-24]。在 CuTS 中,定量参数的异常包括尺神经最大横截面积(cross section area, CSA)大于 11 mm²,异常与正常尺神经 CSA 比值超过 1.5。神经病变段在 T2 加权图像上表现为肿胀且信号强度增加。尺神经支配的手内在肌的尺神经改变表现为 T2 信号强度增加,这在短时间反转恢复序列上最为明显。MRI 还可以显示导致外在压迫的结构原因,如占位性病变和解剖变异。通过定量指标客观评估 CuTS 中尺神经信号强度的变化,并进行患者随访观察^[25]。CuTS 最大压迫的确切位置可以通过 MRI 确定,以指导手术计划。此外,肘关节周围存在一定量的脂肪,会影响肘管结构的观察并产生化学位移伪影,故在肘关节 MRI 成像时多采用脂肪抑制技术以增加组织对比度、减少伪影,其中化学位移法脂肪抑制序列(fat saturation, FS)、短时间反转恢复序列(short time inversion recovery, STIR)及频率衰减反转恢复序列(spectral attenuated inversion recovery, SPAIR)为常用的脂肪抑制方法。

近年来,国内外不少学者对 CuTS 患者尺神经成像进行了大量研究。Kim 等^[26]通过多因素 Logistic 回归分析发现尺神经高信号长度范围是预测 CuTS 的一项较敏感指标;同时肌肉失神经后表现为脂肪浸润、萎缩及水肿信号,也可通过尺神经/肌肉信号强度改变间接诊断尺神经损伤。有研究显示指深屈肌及尺侧腕屈肌信号的异常与肘管内尺神经受到卡压具有显著相关性^[27]。Andreisek 等^[28]应用 MR 增强检查技术时发现 CuTS 患者肘管内尺神经可表现为不同程度强化,也提示其神经-血管屏障通透性出现破坏,造影剂渗入到异常的尺神经中。

2.4.2 3D-MRI 序列 Viallon 等^[29]研究认为相比于常规 2D 扫描序列,3D-STIR 具有更好的空间分辨率及信号噪声比,可任意方位重建尺神经,以准确显示尺神经解剖位置及形态、信号,部分病例中 3D-STIR 能够显示常规序列未能识别的尺神经损伤的细微变形或信号改变,早期识别这种细微变化

对指导患者的治疗选择更有意义。

尺神经周围一些解剖结构是临床上导致肘管综合征的卡压点,常规 MR 技术难以显示这些细小解剖结构,如弓状韧带、髁上横韧带等,准确识别这些解剖结构,对了解 CuTS 有重要意义。近年来随着影像技术的发展, MRI 扫描新序列和新技术的临床应用,细微解剖结构和高分辨率影像学表现的研究得到逐步发展^[30]。三维循环相位稳态采集快速成像序列是近年来 GE 公司推出的一种全新扫描方式,为双激发平衡稳态自由进动序列,在西门子公司序列命名为三维稳态进动结构相干序列,是一种用双激励射频脉冲增强的稳态进动序列的真实快速成像,用于在双倍扫描时间的代价下抑制带状伪影。采用两次射频脉冲激励来采集两组回波;波段位置在图像之间移动了一半的频带周期,因此图像的最大强度组合消除了条纹状伪影,这些新技术的出现为临床诊治 CuTS 提供了更多的影像学参考和依据。

2.4.3 MRI 功能序列 弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)是唯一的可在无创条件下反映病变内水分子弥散运动的序列,通过检测人体组织内水分子弥散运动受限的方向及程度,间接反映组织微观结构的变化,从而诊断尺神经损伤,同时表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)可量化反映尺神经内水分子弥散运动情况。CuTS 患者尺神经 DWI 信号可部分升高,ADC 值多呈下降趋势,其机理为尺神经损伤导致水分子扩散运动障碍。研究报道 DWI 可与神经电生理学方法联合用于 CuTS 的诊断及评价^[31]。

弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)是临床最常用的 DWI 衍生技术^[31],可实现在体观察神经组织结构的完整性和连通性,有利于神经纤维束损害程度及范围的判断,同时能够三维立体的显示其与邻近结构的解剖关系特点。研究发现常规 MR 成像对较细小的外周神经显示欠佳,而 DTI 技术可以完整的显示尺神经走行、解剖特点,同时 DTI 提供的定量影像数据也可反映尺神经病变时其内部病理变化特点,尤其在病变早期或者临床症状不典型时,DTI 能够较早地反映出尺神经生理功能异常,在诊断 CuTS 方面具有较高的敏感性。

DTI 技术是以检测水分子自由扩散的各向异性及扩散强度为基础。重要的 2 个方面量化参数分别为:平均弥散系数和部分各向异性指数(fractional anisotropy, FA)。FA 常用于神经病变的量化分析,表

示为扩散张量的各向异性成分与整个扩散张量之比,变化范围是0~1,当各向同性时,FA=0。在极端情况下,只向一个方向扩散运动,则FA=1。有研究利用DTI技术可以清晰显示尺神经肘段纤维束形态与邻近结构关系,并评估神经损伤程度与病变严重性关系,当尺神经病变时,ADC值增加,FA值降低,而神经功能逐步恢复时,FA值会表现同程度升高^[32]。健康人群肘管内尺神经的FA值、相对各向异性(relative anisotropy, RA)、容积比(volume ratio, VR)和ADC值依次为 0.373 ± 0.054 、 0.324 ± 0.053 、 0.857 ± 0.045 、 $(1.459\pm 0.212)\times 10^{-3}\text{ mm}^2/\text{s}$,且各测量参数与肘管内尺神经位置及年龄、性别无关,也提示DTI参数可为早期诊断CuTS提供定量依据。Aggarwal等^[33]研究证实,CuTS患者的FA较对照组降低6%,且在肘管近端观察到差异更明显。有研究探讨DTI与CuTS临床分类之间的关系发现^[34],尺神经沟近端的FA值可能与CuTS的改良McGowan分期临床分类相关。扩散张量纤维束示踪成像(diffusion tractography, DTT)图像显示正常尺神经走行连续、完整,其内部神经纤维组成排列整齐、规则;而CuTS患者尺神经病变区神经纤维束表现为稀少或异常增多、增粗及邻近结构推移等特点,部分病变区域神经束可表现局部或完全中断等征象。

扩散峰度成像(diffusion kurtosis imaging, DKI),是在传统DTI成像基础上衍变而来,相比DTI技术,DKI能更加敏感的反映组织微结构的变化特点及复杂程度。DKI技术最早由Jensen教授于2005年提出,理论基础为非高斯扩散理论,因此其更能表征生物组织内水分子的非高斯扩散特点。经过近些年不断发展与完善,目前DKI技术已逐步应用于神经病变的诊断中。Andersson等^[35]采用9.4TMR扫描仪对动物神经损伤模型研究发现,受损坐骨神经DKI峰度值显著升高。扩散光谱成像(diffusion spectrum imaging, DSI)是扩散磁共振成像中的一种,该方法利用概率密度函数扩散运动完整的空间分布,以优异的角分辨率精确辨别出局部复杂交错的纤维走行,得到了真正意义上的三维弥散影像。相比DTI,DSI可精确显示复杂交叉走行的纤维束的特点并准确判断纤维束的变化特征。DKI和DSI是目前较为先进的神经成像手段,相信将来也会越多应用于CuTS疾病诊断中去。

综上所述,CuTS为临床常见的周围神经卡压综合征,影像学检查对其诊断、分级和治疗后随访具

有重要作用,可提供兼具形态与功能的双重可视化三维立体影像信息,定性、定量地评价CuTS,为精准、定量地进行临床治疗和术后随访提供影像学依据。

参考文献:

- [1] GRAF A, AHMED A S, ROUNDY R, et al. Modern treatment of cubital tunnel syndrome: evidence and controversy[J]. J Hand Surg Glob Online, 2022, 5(4): 547-560.
- [2] HUG N F, SMITH B W, SAKAMURI S, et al. Research reporting in cubital tunnel syndrome studies: an analysis of the literature[J]. Acta Neurochir (Wien), 2022, 164(5): 1337-1345.
- [3] 孟祥虹, 王植, 万业达. 上肢周围神经磁共振神经成像的研究进展[J]. 国际医学放射学杂志, 2014, 37(4): 351-354.
- [4] TOMASZ W, TOMASZ B, MAGDALENA D, et al. The effects of physiotherapy in the treatment of cubital tunnel syndrome: a systematic review[J]. J Clin Med, 2022, 11(14): 4247.
- [5] 侯巍, 冯世庆, 郑永发, 等. 肘管综合征的解剖和病因学探讨[J]. 中国矫形外科杂志, 2007, 15(7): 534-537, 562.
- [6] BARTELS R H, VERBEEK A L. Risk factors for ulnar nerve compression at the elbow: a case control study[J]. Acta Neurochir (Wien), 2007, 149(7): 669-674.
- [7] ASHWORTH N L, HUANG C, CHAN K M. Laterality and risk factors for ulnar neuropathy at the elbow[J]. Muscle Nerve, 2020, 61(1): 101-104.
- [8] XIROU S, ANAGNOSTOU E. Electrodiagnosis and ultrasound imaging for ulnar nerve entrapment at the elbow: a review[J]. Neurodiagn J, 2024: 1-18.
- [9] MANSKE R C, VOIGHT M, PAGE P, et al. Utilizing diagnostic musculoskeletal ultrasound in the evaluation of cubital tunnel syndrome and ulnar nerve pathology[J]. Int J Sports Phys Ther, 2024, 19(4): 502-506.
- [10] BOERS N, BRAKKEE E M, KRIJGH D D, et al. The diagnostic role of ultrasound in cubital tunnel syndrome for patients with a previous cubital tunnel surgery[J]. Plast Reconstr Aesthet Surg, 2022, 75(11): 4063-4068.
- [11] DUAN X Y, XU B, MA J X, et al. Morphological changes of medial epicondyle-olecranon ligament and ulnar nerve in the cubital tunnel syndrome: an ultrasonic study[J]. Orthop Surg, 2022, 14(10): 2682-2691.
- [12] LEE T Y, DY C J, RAY W Z, et al. Gray-scale and power doppler ultrasound findings predictive of cubital tunnel syndrome severity[J]. Hand, 2024, 19(3): 392-399.
- [13] YU M, DING W, SHAO G, et al. Ultrasound-based multi-planar bilateral comparisons as a diagnostic and treatment-definition method for unilateral peripheral nerve entrapment[J]. Ultrasound Med, 2024, 43(10): 1883-1901.
- [14] CHAUDHARY R K, KARKALA N, NEPAL P, et al. Multimodality imaging review of ulnar nerve pathologies[J]. Neuroradiol J, 2024, 37(2): 137-151.
- [15] MATSUI Y, HORIE T, FUNAKOSHI T, et al. Dynamic evaluation of

- intra-neural microvasculature of the ulnar nerve using contrast-enhanced ultrasonography in patients with cubital tunnel syndrome[J]. *Hand Surg Am*, 2022, 47(7): 687.e1–687.e8.
- [16] SHINOHARA I, INUI A, MIFUNE Y, et al. Diagnosis of cubital tunnel syndrome using deep learning on ultrasonographic images[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2022, 12(3): 632.
- [17] WANG T, WANG Y, YUAN C, et al. Comparative analysis of ultrasound-assisted precise localization vs. traditional open incision in situ decompression for the treatment of cubital tunnel syndrome[J]. *Turk Neurosurg*, 2024, 34(2): 308–313.
- [18] CHAVES L Q, FONSECA GVS, D A SILVA FHP, et al. Osseous morphology of the medial epicondyle: an anatomoradiological study with potential clinical implications[J]. *Surg Radiol Anat*, 2021, 43(5): 713–720.
- [19] 崔青, 张建华, 刘西斌, 等. 肘管指数在肘管综合征治疗中的临床意义[J]. *解剖与临床*, 2010, 15(6): 420–422.
- [20] WON LEE J, KI LEE S, SUN AN Y. Morphological characteristics of the cubital tunnel as indication for anterior interosseous nerve supercharge end-to-side transfer in treating advanced cubital tunnel syndrome[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2024: 103982.
- [21] NAKASHIAN M N, IRELAND D, KANE P M. Cubital tunnel syndrome: current concepts[J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2020, 13(4): 520–524.
- [22] KIM J S, SHAH G M, CHAE Y J, et al. Ulnar nerve morphology on magnetic resonance imaging predicts nerve recovery after surgery for cubital tunnel syndrome[J]. *Hand Surgery and Rehabilitation*, 2022, 41(1): 90–95.
- [23] HUSSEIN M, HANUMANTHU M M, SHUIRODKAR K, et al. Cubital tunnel syndrome: anatomy, pathology, and imaging[J]. *Skel Radiol*, 2024, 47(5): 43–57.
- [24] BOERS N, MARTIN E, MAZUR M, et al. Sonographic normal values for the cross-sectional area of the ulnar nerve: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ultrasound*, 2023, 26(1): 81–88.
- [25] GRIFFITHS T T, FLATHER R, TEH I, et al. Diffusion tensor imaging in cubital tunnel syndrome[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 14982.
- [26] KIM S, CHUNG B M, KIM W T, et al. Diagnosing ulnar neuropathy at the elbow on MRI: importance of the longitudinal extent of the hyperintense ulnar nerve[J]. *Skel Radiol*, 2022, 51(7): 1473–1481.
- [27] VUCIC S, CORDATO D J, YIANNIKAS C, et al. Utility of magnetic resonance imaging in diagnosing ulnar neuropathy at the elbow[J]. *Clin neurophysiol*, 2006, 117(3): 590–595.
- [28] ANDREISEK G, CROOK D W, BURG D, et al. Peripheral neuropathies of the median, radial, and ulnar nerves: MR imaging features[J]. *Radiographics*, 2006, 26(5): 1267–1287.
- [29] VIALON M, VARGAS M I, JLASSI H, et al. High-resolution and functional magnetic resonance imaging of the brachial plexus using an isotropic 3D T2 STIR (Short Term Inversion Recovery) SPACE sequence and diffusion tensor imaging[J]. *Eur radiol*, 2008, 18(5): 1018–1023.
- [30] LEE J H, GONG H S. Volumetric assessment of ulnar nerves in cubital tunnel syndrome with 3D modeling of the MRI and its relationship with electrodiagnostic findings[J]. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*, 2024, 92: 244–251.
- [31] JAQUES G, BECCEF, LEDOUX J B, et al. Diagnosis of ulnar nerve entrapment anterior to the medial epicondyle by ultrasound elastography and diffusion tensor imaging with fiber tractography: a case report[J]. *Surg Radiol Anat*, 2022, 44(2): 201–205.
- [32] 葛建兵, 王林, 徐俊峰, 等. 肘部尺神经 MR 扩散张量成像及正常值测量[J]. *医学影像学杂志*, 2018, 28(2): 284–288.
- [33] AGGARWAL A, DAS C J, KHANNA N, et al. Role of diffusion tensor imaging in the evaluation of ulnar nerve involvement in leprosy[J]. *Br J Radiol*, 2022, 95(1129): 20210290.
- [34] KIMURA M, NAGATA S, SUZUKI M, et al. The relationship between diffusion tensor imaging and the clinical classification of cubital tunnel syndrome[J]. *Radiol Phys Technol*, 2024, 17(3): 645–650.
- [35] ANDERSSON G, ORDD G, SULTAN F, et al. *In vivo* diffusion tensor imaging, diffusion kurtosis imaging, and tractography of a sciatic nerve injury model in rat at 9.4T[J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 12911.

(2024-10-30 收稿)

新理念 新定位 新内涵 新医科