

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9771.2013.03.011

·综述·

腕管综合征的诊断进展

李洋, 朱向阳, 黄怀宇

[摘要] 腕管综合征(CTS)是常见的周围神经病,是正中神经损伤后出现的一组临床症状。目前诊断CTS的金标准为电生理检查。高频超声和磁共振等影像学技术为CTS的诊断提供了新方法,能有效提高CTS诊断的敏感性和特异性。

[关键词] 腕管综合征; 正中神经; 诊断; 综述

Advance in Diagnosis for Carpal Tunnel Syndrome (review) LI Yang, ZHU Xiang-yang, HUANG Huai-yu. The Second Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong 226001, Jiangsu, China

Abstract: Carpal tunnel syndrome (CTS) is a common peripheral neuropathy, which include a series of symptoms results from median nerve injury. Electrical physical examination is the gold standard for diagnosis of CTS. More new technology, such as high frequency ultrasound and magnetic resonance imaging, provides more information for the diagnosis of CTS.

Key words: carpal tunnel syndrome; median nerve; diagnosis; review

[中图分类号] R745.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-9771(2013)03-0246-04

[本文著录格式] 李洋, 朱向阳, 黄怀宇. 腕管综合征的诊断进展[J]. 中国康复理论与实践, 2013, 19(3): 246-249.

腕管综合征(carpal tunnel syndrome, CTS)是指由于多种原因导致的腕管压力增高,压迫正中神经后引起腕部以下正中神经分布区域感觉和运动功能障碍的一系列症候群。临床表现一般先出现桡侧3个半手指疼痛、麻木等感觉异常,随着病情进展可出现运动功能障碍,如拇指外展、对掌无力,典型病例可表现为猿掌,晚期出现鱼际肌萎缩。

CTS是临床常见的周围神经病,各年龄段均可发病,好发年龄为40~60岁,男女发病比例为3:7^[1],发病人数约占世界人口的8%^[2]。意大利国家工伤事故保险局(INAIL)统计了2000年所有工作相关的肌肉骨骼病,其中CTS占57%^[3]。美国统计,每1万名全职工作人员中有3名患有CTS^[4],且有逐年升高趋势;其引起的暂时或永久性残疾上升导致相关医疗费用逐年增加,给家庭和社会带来巨大的经济负担。

Gilberman等研究表明,腕部正中位测量腕管压力,正常对照组平均为3 mmHg,患病组平均为32 mmHg^[5]。正中神经受压致神经缺血后可引起正中神经水肿,进一步加重神经损伤。引起CTS可能的危险因素为:创伤性滑膜炎、风湿性关节炎、糖尿病、淀粉样变性、甲状腺功能减低、妊娠、围绝经期、肌肉或肌腱的过度肥大、外伤、先天性腕管狭窄,另外,频繁的手腕部活动亦可诱发该病。

1 临床诊断

CTS的临床表现多样,患者常以桡侧3指及环指的桡侧部疼痛、麻木、刺痛及灼烧等感觉障碍为主诉就诊。典型的病例通过病史、临床表现及体征即可做出初步临床诊断。

1.1 临床分期

通过CTS的临床表现及体征可将其分为3期^[1]:①早期:患者常常会在夜间觉醒,伴有手部的麻木、疼痛,疼痛严重者可从腕部到肩部的放射痛和持续性手指的麻木、针刺感,用力甩动手腕可缓解不适症状;②中期:患者长时间维持某种姿势或从事反复手腕部活动可出现手指的麻木、刺痛感,患者会出现持物不稳等运动功能障碍;③晚期:此期的患者可出现鱼际肌萎缩,该期患者感觉异常可消失。

1.2 临床诊断价值

CTS通过临床诊断的多为典型病例。Kuhlman等发现,CTS临床诊断敏感性为66%~87%,特异性为23%~69%;其中,拇短展肌无力的敏感性为66%,正中神经分布区感觉过敏的敏感性为50%;Phalen征阳性的敏感性为50%,特异性为75%;而Tinel征阳性的敏感性仅为23%^[6]。Riche-Cannieu吻合支(Riche-Cannieu anastomosis, RCA)的存在使CTS临床表现变得不典型,表现为正中神经分布区感觉障碍明显,而无运动障碍或轻度运动障碍的分离现象。另外对于早期症状较轻的CTS易被忽视。

2 电生理检查

最早用于诊断CTS的辅助检查为神经电生理检查,它是一种精确的定量检查方法,目前被公认为诊断CTS的金标准。电生理检查方法多样,各实验室所用的电生理检查方法不同,其敏感性、特异性各异。

2.1 神经传导检测

2.1.1 常规传导检测 在腕部刺激正中神经和尺神经,分别记

作者单位:南通大学第二附属医院,江苏南通市 226001。作者简介:李洋(1987-),女,湖北襄阳市人,硕士研究生,主要研究方向:周围神经病、神经变性疾病。通讯作者:朱向阳。

录至拇短展肌和小指展肌的末梢运动潜伏期(DML)、腕-肘段运动传导速度(MCV1), 以及食指/小指-腕的感觉传导速度(SCV)和末梢感觉潜伏期(DSL)。

2.1.2 掌刺激法^[7-8] 将记录电极放置在腕部正中神经和尺神经上, 将刺激电极放置在第二三掌指关节和第四五掌指关节之间, 测量起始潜伏期和 M 波波幅, 以及腕与掌刺激阴极电极间距离, 计算出跨腕段运动传导速度(MCV2), 同时比较两者的潜伏期差值, 差值 ≥ 0.3 ms 或 0.4 ms 有意义。

2.1.3 环指比较法(逆向法) 将记录电极放置在环指上, 在腕部分别刺激正中神经和尺神经, 在环指分别记录两者的 DSL, 计算正中-尺神经末梢感觉潜伏期差值(Ddsl)。

环指比较法敏感检测技术的运用让神经电生理检查成为早期诊断 CTS 的重要手段。环指受尺神经、正中神经双重支配, 正中神经在腕管稍外侧, 容易受损, 使得环指比较法诊断 CTS 的敏感性高。诊断 CTS 的文献^[9-10]中较一致的诊断标准为: DML ≥ 3.8 ms, Ddsl ≥ 0.4 ms, MCV2 ≤ 38 m/s。

纪芳等认为, 掌刺激法的 MCV2 的诊断价值较高, 联合 DML ≥ 3.8 ms 和 MCV2 ≤ 38 m/s, 诊断轻度 CTS 的敏感性为 94.6%, 特异性为 97.3%, 诊断价值同 DSL^[11]。

2.1.4 拇指比较法 在正中神经、尺神经同时受损后, 比较正中神经和桡神经末端感觉潜伏期。将记录电极放置在拇指, 在距离记录电极 10 cm 腕部分别刺激正中神经和尺神经, 差值 ≥ 0.4 ms 或 0.5 ms 有意义^[12-13]。

Robinson 运用 CSI(拇指+环指+掌)来提高 CTS 的诊断率, 该法是将拇指比较法、环指比较法和掌刺激法联合运用, 当界值定为 3 种方法测得差值之和为 0.9 ms 时, 诊断 CTS 的敏感性为 83%, 特异性为 95%; 而将界值定为 1.1 ms 时, 诊断 CTS 的敏感性下降为 82%, 特异性提高为 100%^[14]。随后 Robinson 等证实, 无论测量 3 个差值中任意一个有明显差异, 就不需要再测定其他两个差值, 这时 CSI 异常的可能性达 98%^[15]。

Werner 和 Andary 系统回顾了以上各种神经传导检测法在诊断 CTS 中的运用^[16]。其中前 3 种方法在我国运用比较广泛。

2.2 CTS 的电生理分期

Stevens、Bland 等国外学者提出的电生理分级^[17-18]: ①轻度: 正中神经感觉潜伏期延长, 运动传导正常, 无轴索损伤表现; ②中度: 正中神经感觉潜伏期延长, 同时正中神经运动潜伏期延长, 但无轴索损伤表现; ③重度: 正中神经运动、感觉传导速度延长伴有以下任何一项表明有轴索损伤: 正中神经感觉纤维或混合纤维动作电位的波幅明显降低或缺失, 鱼际肌复合肌肉动作电位为低波幅或缺失, 肌电图呈肌纤维颤动电位或运动单位电位改变, 表现为宽大波形, 或呈多相位变化, 提示为失神经表现。

纪芳等认为, 轻度 CTS 患者正中神经的感觉和运动纤维均有受累, 而不是仅累及正中神经的感觉支^[11]。顾雁浩等对 CTS 的分期^[19]: ①早期: 拇短展肌肌电图阴性; DML < 4.5 ms; 环指比较法测定正中、尺神经感觉神经动作电位(SNAP)潜伏期差值 ≥ 0.4 ms, 或 1~3 指中至少 1 指 SNAP 波幅较健侧下降超过

1/2; ②中期: 拇短展肌肌电图可疑; DML ≥ 4.5 ms; 1~3 指的感觉电位尚可引出, 但传导速度减慢; ③晚期: 肌电图阳性; DML 明显延长甚至消失; 1~4 指中至少 1 指的感觉电位消失。他们认为, 早期和中期 CTS 区别在于 DML 是否延长, 而中期和晚期 CTS 的区别在于运动或感觉电位是否能引出。患者早期出现感觉异常, 随后出现运动障碍, 提示正中神经感觉障碍较运动障碍重, 能早期发现; 当出现运动障碍或 DML 明显延长时, 提示疾病进入中晚期; 而对晚期出现正中神经感觉、运动纤维动作电位消失或波幅明显下降, 或肌电图提示失神经表现均提示神经轴索损伤, 国内外学者观点一致。

3 影像学在 CTS 中的诊断价值

3.1 高频超声检查

美国骨科外科医师学会(American Academy of Orthopaedic Surgeons, AAOS)建议对考虑行腕管手术的患者术前做确诊性检查, 但是并没有明确列出首选检查。随着高频超声的出现, 因其无创、省时、便宜、方便等优点受到研究者的关注, 近来出现运用高频超声诊断 CTS 的临床研究。高频超声检查可提供客观的图像, 显示神经分布和走行, 可多水平测量神经。

Fowler 等对高频超声诊断 CTS 的敏感性和特异性进行 Meta 分析, 其敏感性为 77.6%, 特异性为 86.8%^[20]。由于其敏感性、特异性较低, 目前仍不能替代电生理检查。Fowler 等对高频超声作为 CTS 首选检查的经济效益进行分析, 认为由超声科专科医生操作高频超声作为 CTS 的首选检查, 花费较单独使用电生理检查费用少^[21]。随着高频超声普及及技术进步, 高频超声诊断 CTS 的敏感性、特异性得到提高, 很有可能替代电生理检查。

超声仪应为高频线性阵列扫描, 探头频率应为 7.5 MHz 以上。患者取坐位, 上肢外展放于检查台上, 手腕处于正中位, 掌面向上, 手指半伸。探头应与正中神经保持垂直, 忌过度用力引起正中神经受压或变形。

测量指标为: 正中神经的最大内径(桡尺关节水平, D), 从 3 个水平(桡尺关节水平、豌豆骨水平、钩骨钩水平)测量正中神经的横径(D1)、前后径(D2)、横截面积(CSA), 进一步计算正中神经的扁平率(FR, 即同一水平面横径与前后径之比, D1/D2)、膨胀率(SR, 即各水平横截面积与桡骨下端横截面积之比)及钩骨钩水平横截面上测量腕横韧带的掌侧位移(PD, 在钩骨钩和大多角骨之间做一连线, 测量腕横韧带最高点到该连线的垂直距离)。对于超声定量测定诊断 CTS 的研究均表明, 豌豆骨水平所测得正中神经 CSA 诊断价值最大^[22]。

目前无公认的高频超声诊断 CTS 的标准。Buchberger 等首先运用超声对 CTS 患者的解剖变化进行定量测定, 并且描述了 3 个主要特征: ①钩骨钩水平 CSA 和 SR 增大, 豌豆骨水平尤甚; ②钩骨钩水平 FR 明显增大; ③腕横韧带掌侧移位明显增加^[23-24]。Kwon 等运用高频超声比较 CTS 患者与正常对照组正中神经 CSA, 发现 CTS 患者正中神经 CSA 在腕管入口明显增加, 当 CSA > 10.7 mm², 诊断 CTS 的敏感性为 63%, 特异性为 66%^[25]。Wong 等研究了 120 例 CTS 患者, 若取正中神经在腕管

入口 CSA 为 9.0 mm^2 , 出口 CSA 为 12 mm^2 作为诊断 CTS 标准, 敏感性为 94%, 特异性为 65%^[26]。吴道珠等比较病例组和正常组各 40 例, 正中神经 CSA 增大对于诊断 CTS 最有预测价值, 超声测定正中神经的截面积是诊断 CTS 的可靠方法; 取豌豆骨水平横截面积阈值为 9.5 mm^2 , 诊断敏感性为 88%, 特异性为 87.5%^[27]。刘小明等运用高频超声, 比较病例组和对照组正中神经内径(D), 当 $D > 1.8 \text{ cm}$ 时, 诊断 CTS 的敏感性为 89%, 特异性为 92.7%; 而在豌豆骨水平测得的 $\text{CSA} > 11 \text{ mm}^2$ 时, 诊断 CTS 的敏感性为 89.6%, 特异性为 96.3%^[28]。目前最为一致的发现是豌豆骨水平 CSA 增加, 豌豆骨水平 CSA 的临界值定在 $9.0 \sim 15.0 \text{ mm}^2$ 之间, 诊断的敏感性在 70%~97% 之间, 特异性在 57%~100%^[22-28]。

3.2 MRI

1989 年, Mesgarzadch 等采用 MRI 观察腕管内结构, 清楚显示了正中神经、屈肌肌腱等的大小、形态和毗邻关系^[29]。鉴于 MRI 有极好的组织分辨率, 能很好显示腕管内结构, 对于 CTS 的诊断、鉴别诊断和进一步寻找病因有重要的价值, 并且能评价手术效果及预后。但由于研究量少, 且检查本身耗时、花费大, 患者不能接受, 目前 MRI 不作为诊断 CTS 的常规检查。

3.2.1 常规 MRI 患者多采取仰卧位, 上肢平放于身体两侧, 采用偏中心扫描野。体形偏胖或过大的患者取俯卧位, 手臂抬过头, 手掌向上, 置于中线位置。由于腕管内脂肪组织少, 因而不需要压脂序列。T₁WI 可清楚显示腕管内解剖结构; 由于正中神经水肿可使信号增强, 因而 T₂WI 可清楚显示病变及病变所在部位。

目前, 有关 CTS 的临床 MRI 研究, 诊断依据基本上参照 Mesgarzadch 等的测量结果^[30]。他们研究了 CTS 患者 14 个腕关节的 MRI 表现, 不论病因, 均可见以下 4 种表现: ①正中神经在豌豆骨平面的明显水肿、增粗, 其豌豆骨平面对桡骨平面的肿胀率(MNSR)为 2.4, 与正常对照组的肿胀率 1.1 比较有差异; ②腕管内正中神经变扁, 在钩状骨平面检查最有效, 扁平率(MNFR)为 3.8, 与正常对照组扁平率 2.9 比较有显著差异; ③屈肌支持带的掌侧弯曲, 在钩状骨平面最清晰, 弯曲率为 14%~26%, 与正常对照组的 5.8% 有差异; ④由于静脉回流受限、毛细血管压力增高和水肿, 正中神经在 T₂WI 上信号强度增强。曾艳等研究 CTS 患者的 MRI 表现^[31], 与 Mesgarzadch 的研究结果基本相同。

Pasternack 等的一项多中心随机对照试验发现, 正中神经横截面积增大对 CTS 诊断的敏感性为 35%, 特异性为 85%; 正中神经扁平率对于诊断的敏感性为 54%, 特异性为 95%; 掌侧腕屈肌膨隆率诊断的敏感性为 70%, 特异性为 93%; 正中神经在 T₂上信号增强对于诊断的敏感性为 75%, 特异性为 66%^[32]。Deryani 等通过比较 CTS 组和正常对照组, 发现 CTS 组正中神经 T₂信号增高占 83.3%, 而对照组仅占 16%^[33]。Britz 等同样证实, CTS 患者中 95% 有正中神经信号增强^[34]。由此可见, 使用 MRI 诊断 CTS 中, 正中神经 T₂WI 信号增高和掌侧腕屈肌弯曲

率的敏感性最高。

3.2.2 弥散张量成像 随着 MRI 技术的不断进展, 场强增高, MRI 的功能成像广泛运用、服务于临床。弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)是一种先进的 MRI 技术, 用于测量组织中水的弥散度。临床中广泛用于中枢神经白质传导束的显像, 如多发性硬化、视神经脊髓炎等。近来发现, DTI 可用于周围神经显像。

研究发现, 腕管正中神经的各向异性(fractional anisotropy, FA)降低, 表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)增高^[35-37]。Guggenberger 等对 45 名志愿者(男性 15 名, 女性 30 名)和 15 例 CTS 患者(男性 5 例, 女性 10 例)行 DTI, 分别在远端桡尺关节、豌豆骨、钩状骨水平测定 FA 和 ADC, 发现 FA 值下降、ADC 值增高与正中神经所处的不同水平组、各年龄组、志愿者组和病例组有明显差异, 男女组间无差异^[38]。Taşdelen 等运用 ROC 曲线分析, 局部腕管 FA 取 0.554, 诊断 CTS 的敏感性为 80.7%, 特异性 80%; 整体正中神经 FA 取 0.660, 诊断 CTS 的敏感性为 82.4%, 特异性为 80%^[39]。这些研究的敏感性和特异性高, 为 MRI 技术用于 CTS 诊断提供了依据。

4 结语

CTS 发病率高, 是临床常见的单神经病。典型的 CTS 患者通过病史和体检可诊断; 对于不典型和早期的 CTS 需要电生理检查明确诊断。电生理检查只能明确神经损伤, 对于神经损伤的病因、确切的损伤部位、选择治疗手段及评估预后等无帮助。

近年来随着影像学技术发展, 运用影像学检查诊断 CTS 受到研究者的广泛关注。影像学最突出的特点就是直观的图像及数据测量。目前高频超声、MRI 技术已用于诊断 CTS 的研究中, 但受到样本量有限、技术操作不成熟、诊断标准不明确等因素的影响, 高频超声和 MRI 诊断 CTS 的敏感性、特异性波动大, 还不能替代电生理检查。随着经济水平的提高, 研究的进一步深入及影像学技术的发展, 影像学技术很可能成为诊断 CTS 的常规检查手段之一。

[参考文献]

- [1] Kanaan N, Sawaya RA. Carpal tunnel syndrome: modern diagnostic and management techniques [J]. Br J Gen Pract, 2001, 51: 311-314.
- [2] Yazdchi M, Tarzamani MK, Mikaeili H, et al. Sensitivity and specificity of median nerve ultrasonography in diagnosis of carpal tunnel syndrome [J]. Int J Gen Med, 2012, 5: 99-103.
- [3] Alfonso C, Jann S, Massa R, et al. Diagnosis, treatment and follow-up of the carpal syndrome: a review [J]. Neurol Sci, 2010, 31: 243-252.
- [4] Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health. Worker Health Chartbook [R]. Cincinnati, OH: DHHS (NIOSH) Publication No. 2004-146, 2004.
- [5] Gilberman RH, Hergenroeder PT, Hargens AR. The carpal tunnel syndrome: a study of carpal tunnel pressure [J]. J Bone Joint Surg Am, 1981, 63: 380-383.

- [6] Kuhlman KA, Hennessey WJ. Sensitivity and specificity of carpal tunnel syndrome signs [J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 1997, 76(6): 451-457.
- [7] 卢祖能, 曾庆杏, 李承晏, 等. 实用肌电图学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2000: 301.
- [8] Daube JR, Stevens JC. The electrodiagnosis of carpal tunnel syndrome (a reply) [J]. *Muscle Nerve*, 1993, 16: 798.
- [9] Chang MH, Liu LH, Lee YC, et al. Comparison of sensitivity of transcarpal median motor conduction velocity and conventional conduction techniques in electrodiagnosis of carpal tunnel syndrome [J]. *Clin Neurophysiol*, 2006, 117: 984-991.
- [10] Sheu JJ, Yuan RY, Chiou HY, et al. Segmental study of the median nerve versus comparative tests in the diagnosis of mild carpal tunnel syndrome [J]. *Clin Neurophysiol*, 2006, 117: 1249-1255.
- [11] 纪芳, 张玲菊, 初红, 等. 三种常用神经传导检测法在诊断轻度腕管综合征中的比较[J]. *临床神经电生理学杂志*, 2008, (1): 30-33.
- [12] Carroll GJ. Comparison of median and radial nerve sensory latencies in the electrophysiological diagnosis of carpal tunnel syndrome [J]. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 1987, 68: 101-106.
- [13] Pease WS, Cannell CD, Johnson EW. Median to radial latency difference test in mild carpal tunnel syndrome [J]. *Muscle Nerve*, 1989, 12: 905-909.
- [14] Robinson LR, Micklesen PJ, Wang L. Strategies for analyzing nerve conduction data: superiority of a summary index over single tests [J]. *Muscle Nerve*, 1998, 21: 1166-1171.
- [15] Robinson LR, Micklesen PJ, Wang L. Optimizing the number of tests for carpal tunnel syndrome [J]. *Muscle Nerve*, 2000, 23: 1880-1882.
- [16] Werner RA, Andary M. Electrodiagnostic evaluation of carpal tunnel syndrome [J]. *Muscle Nerve*, 2011, 44(4): 597-607.
- [17] Stevens JC. AAEM minimonograph #26: The electrodiagnosis of carpal tunnel syndrome [J]. *Muscle Nerve*, 1997, 20: 1477-1486.
- [18] Bland JD. Do nerve conduction studies predict the outcome of carpal tunnel decompression? [J]. *Muscle Nerve*, 2001, 24: 935-940.
- [19] 顾雁浩, 张凯莉, 朱艺, 等. 探讨腕管综合征电生理分期的定量指标[J]. *中华手外科杂志*, 2004, 20: 145-147.
- [20] Fowler JR, Gaughan JP, Llyas AM. The sensitivity and specificity of ultrasound for the diagnosis of carpal tunnel syndrome: a Meta-analysis [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2011, 469(4): 1089-1094.
- [21] Fowler JR, Maltenfort MG, Llyas AM. Ultrasound as a first-line test in the diagnosis of carpal tunnel syndrome: a cost-effectiveness analysis [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2012-11-06 [Epub ahead of print].
- [22] 纪芳, 卢祖能. 高频超声在诊断腕管综合征中的应用[J]. *中华超声影像学杂志*, 2006, 15(8): 627-628.
- [23] Buchberger W, Judmaier W, Birbamer G, et al. Carpal tunnel syndrome: diagnosis with high-resolution sonography [J]. *Am J Roentgenol*, 1992, 159: 793-798.
- [24] Buchberger W, Schon G, Strasser K, et al. High-resolution ultrasonography of the carpal tunnel [J]. *J Ultrasound Med*, 1991, 10: 531-537.
- [25] Kwon BC, Jung KI, Baek GH. Comparison of sonography and electrodiagnostic testing in the diagnosis of carpal tunnel syndrome [J]. *J Hand Surg Am*, 2008, 33: 65-67.
- [26] Wong SM, Griffith JF, Hui AC, et al. Carpal tunnel syndrome: diagnostic usefulness of sonography [J]. *Radiology*, 2004, 232: 93-99.
- [27] 吴道珠, 罗洪霞, 黄品同, 等. 超声在腕管综合征中的诊断价值[J]. *医学影像学杂志*, 2008, 18(11): 1299-1301.
- [28] 刘小明, 许亮, 包凌云, 等. 超声定量测定正中神经诊断腕管综合征[J]. *全科医学临床与教育*, 2010, 8(6): 632-634.
- [29] Mesgarzadeh M, Schneck CD, Bonakdarpour A. Carpal tunnel: MR imaging part I. normal anatomy [J]. *Radiology*, 1989, 171: 743-748.
- [30] Mesgarzadeh M, Schneck CD, Bonakdarpour A, et al. Carpal tunnel: MR imaging part II. Carpal tunnel syndrome [J]. *Radiology*, 1989, 171: 749-752.
- [31] 曾艳, 谭世奇, 周永生. 磁共振检查对腕管综合征的诊断价值[J]. *医学导刊*, 2008, 4: 132-133.
- [32] Pasternack II, Malmivaara A, Tervahartiala P, et al. Magnetic resonance imaging findings in respect to carpal tunnel syndrome [J]. *Scand J Work Environ Health*, 2003, 29(3): 189-196.
- [33] Deryani E, Aki S, Muslumanoglu L, et al. MR imaging and electrophysiological evaluation in carpal tunnel syndrome [J]. *Yonsei Med J*, 2003, 44: 27-32.
- [34] Britz GW, Haynor DR, Kuntz C, et al. Carpal tunnel syndrome: correlation of magnetic resonance imaging, clinical, electrodiagnostic and intraoperative findings [J]. *Neurosurgery*, 1995, 37: 1097-1103.
- [35] Kabakci N, Gürses B, Firat Z, et al. Diffusion tensor imaging and tractography of median nerve: normative diffusion values [J]. *Am J Roentgenol*, 2007, 189: 923-927.
- [36] Khalil C, Hancart C, Le Thuc V, et al. Diffusion tensor imaging and tractography of the median nerve in carpal tunnel syndrome: preliminary results [J]. *Eur Radiol*, 2008, 18: 2283-2291.
- [37] Stein D, Neufeld A, Pasternak O, et al. Diffusion tensor imaging of the median nerve in healthy and carpal tunnel syndrome subjects [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2009, 29: 657-662.
- [38] Guggenberger R, Markovic D, Eppenberger P, et al. Assessment of median nerve with MR neuropathy by using diffusion-tensor imaging: normative and pathologic diffusion values [J]. *Radiology*, 2012, 265(1): 194-203.
- [39] Neslihan T, Gürses B, Özgür K, et al. Diffusion tensor imaging in carpal tunnel syndrome [J]. *Diagn Interv Radiol*, 2012, 18: 60-66.

(收稿日期: 2012-09-14 修回日期: 2012-11-18)