

## 수근관증후군과 동반된 무증상성 원위 척골신경병증: 계산 지표를 이용한 전기생리학적 증거

서울의료원 신경과, 재활의학과\*, 성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 신경과학교실\*\*

배종석 · 고석민 · 윤경재\* · 김병준\*\*

– Abstract –

### Subclinical Distal Ulnar Nerve Involvement in Carpal Tunnel Syndrome: Electrophysiological Evidences from Calculated Indexes

Jong Seok Bae, M.D., Seok Min Go, M.D.,  
Kyong Jae Yoon, M.D.\*, Byoung-Joon Kim, M.D.\*\*

Department of Neurology and Department of Rehabilitation Medicine\* Seoul Medical Center,  
Department of Neurology Samsung Medical Center School of Medicine Sungkyunkwan University\*\*

**Objectives:** Ulnar nerve lesions associated with carpal tunnel syndrome (CTS) has received little attention. Clinical and experimental studies has argued that entrapment of median nerve at the carpal tunnel could affect the ulnar nerve in the Guyon canal by the same process of CTS. The purpose of this study is to identify ulnar nerve lesions associated with CTS, especially in the subclinical cases.

**Methods:** Nerve conduction study of upper limbs was investigated in 61 unilateral CTS (group I), 63 bilateral CTS (group II) and 53 normal controls. To measure the distal nerve dysfunction of ulnar and median nerves, residual latency (RL), terminal latency index (TLI) and modified F raito (MFR) were calculated in both nerves. The results were compared among groups.

**Results:** Compared with controls, DML, RL, and TLI of median and ulnar nerves were significantly different among groups (ANOVA  $p < 0.01$ ). Group II showed more significant changes in ulnar nerves than group I, which indicated ulnar nerves were damaged more in bilateral CTS. The indexes used in this study were correlated in the control group, which were not in both group I and II.

**Conclusion:** These findings support the presence of subclinical focal lesion of distal ulnar nerve rather than subclinical ulnar involvement as a part of generalized neuropathy. The pathogenesis of ulnar involvement in CTS remains to be elucidated.

**Key Words:** Carpal Tunnel Syndrome, Ulnar Neuropathies, Neural Conduction, Calculated Indexes

### 서 론

수근관증후군(carpal tunnel syndrome: CTS)의 대표적인 증상으로는 통증, 이상감각, 무감각 및 근 위 약이 있다. 이 중 환자들이 가장 흔히 호소하는 감각증

상들은 정중신경의 감각지배 영역에 주로 발생하지만 정중신경의 지배영역 외에서도 감각증상이 발생하는 경우가 종종 있다.<sup>1,4</sup> 이러한 원인으로 CTS에서는 정중신경 병변 이외에도 다른 원위 감각 신경의 병변이 동반되어 있어 이 들 다른 신경의 영역으로 증상이 나타난

Address reprint requests to **Byoung-Joon Kim, M.D.**

Department of Neurology, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine,  
50 Irwon-dong, Gangnam-gu, Seoul, 135-710, Korea

Tel : 82-2-3410-3591, Fax : 82-2-3410-0052, E-mail : bjkim@smc.samsung.co.kr

다는 주장<sup>5</sup>과 CTS 자체가 병변이 존재하는 정중신경 부위 이상의 범위에서 증상을 나타낸다는 주장<sup>6</sup>이 있다. 하지만 이러한 주장들은 모두 임상관찰을 통한 가설에 불과하며 또한 비전형적인 감각 증상 양상에 대한 원인을 전기생리학검사 등의 객관적인 방법을 이용하여 분석한 연구는 아직 없다.

통상적인 전기생리학검사는 CTS의 진단에 이용될 수 있는 가장 객관적인 검사이지만 보고자 마다 민감도가 차이 나고 위음성도 상당부분 존재하기 때문에 전기생리학검사는 임상증상보다 CTS의 진단에 덜 민감한 것으로 알려져 있다.<sup>7</sup> 따라서 근래에는 통상적 전기생리학검사의 낮은 민감도를 보완하는 방법으로 계산된 지표들을 이용하여 CTS 진단의 민감도를 높인 방법들<sup>8,9</sup>이 시도되고 있다. 이 방법들은 통상적 전기생리학검사상 정상 소견을 보이는 CTS 환자에서도 정상인과 다른 CTS의 유의한 지표상의 차이를 객관적으로 증명한 바 있다.

저자들은 CTS 환자에서 원위 정중신경 뿐만 아니라 원위 척골신경에서도 무증상성의 조기 병변이 존재할 가능성을 가정하고 계산 공식을 통한 지표들을 분석하여 이를 증명할 수 있을 것으로 생각하였다. 즉, CTS의 정중신경뿐만 아니라 척골신경의 계산지표들을 분석함으로써 원위 척골신경 병변의 존재를 알 수 있고 이의 존재 여부가 CTS에서 흔히 나타나는 척골신경 영역을 포함한 정중신경 영역 밖으로의 비전형적인 감각 증상의 원인을 규명할 수 있을 것으로 생각하였다.

## 연구대상 및 방법

### 1. 대상 및 분류

본 연구는 2003년 3월에서 2005년 6월까지 서울의료원 신경과와 삼성서울병원 신경과로 내원하여 신경전도검사(nerve conduction study; NCS)를 시행한 환자 중에서 편측 및 양측 CTS로 판독되었던 경우를 대상으로 하였다. CTS의 진단은 American Academy of Neurology (AAN)의 진단지침<sup>10</sup>을 따르고 동시에 NCS상 명확한 이상 소견이 존재하는 경우로 하였다. 포함된 CTS 환자들은 55세 이하의 여성만으로 한정하였다. 말초 신경병증을 일으킬 수 있는 약물 또는 독물 등의 노출력, 유전성 말초 신경병증의 가족력이나 유전성 말초 신경병증에서 나타나는 근 골격계의 변형, 대사성 말초 신경병증에서 나타나는 전신성 증상 및 검사실 소견, 감각 수준(sensory level)이나 팔약근 이상 등의 임상소견이 있는 경우와 척추 자기공명검사상 증상과 부합하는 압박성신경근병증이 의심되는 환자는 대상에서 배제 시켰다. 정상 대조군으로는 근막통증증후

군 또는 섬유근육통과 같은 비 신경 기원의 비특이 증상으로 NCS를 시행하였던 환자들의 결과를 이용하였다.

### 2. 통상적 전기생리학 검사

환자는 조용하고 아늑한 검사실에서 32~34 °C의 사지 표면 온도를 유지한 가운데 앙와위 자세에서 검사를 받았다. 동일한 검사자가 표면 기록과 최대상 자극(supramaximal stimulation)을 통해 표준 신경전도검사를 시행하였으며 Viking IV(Nicolet, Madison, U.S.A.)기기를 이용하였다. 활성기록전극과 참고전극간의 거리는 표준 30 mm를 채택하였다. 저주파 필터는 20 Hz로, 고주파 필터는 2 kHz로 고정하였고 자극은 0.1 msec의 지속시간으로 일정하게 하였다.

정중신경 감각 NCS는 제 2수지-손목(finger-wrist, F-W)과 손바닥-손목(palm-wrist, P-W) 구간에서 검사하였다. 정중신경 운동NCS는 단무지 외전근에 기록전극을 부착 후 손목의 5 cm 원위부에서 자극하여 말단 잠시를 측정하였다. NCS상 F-W 또는 P-W 구간의 정중감각신경 NCS 이상이나 정중운동신경 NCS 중 원위 운동잠복기(distal motor latency; DML)나 복합근활동전위(compound muscle action potential; CMAP) 이상 등의 소견이 한 가지 이상 존재하면 수근관 증후군이라고 진단하였다.

### 3. 계산된 지표

Residual latency (RL), terminal latency index (TLI)와 modified F ratio (MFR)를 정중신경과 척골신경의 NCS 검사치에서 각각 계산하였다. 측정된 통상적 NCS 결과 중 DML, 원위 CMAP, 손목과 팔꿈치 사이의 원위 운동전도속도(distal motor conduction velocity; distal MCV) 및 팔꿈치와 겨드랑이 사이의 근위MCV(proximal motor conduction velocity; proximal MCV)와 최소 F 파 잠복기의 절대치를 이용하여 계산하였다.

TLI는 계산된 잠복기와 실제 NCS에서 측정되는 DML의 비를 나타내는 지표로 이론적으로는 손목 하방 원위부 구획의 전도속도와 손목과 팔꿈치사이의 전도속도를 비교하는 개념이다. TLI 계산식은 Shahani 등<sup>11</sup>의 다음 방법을 이용하였다.

$$TLI = \frac{\text{Distal conduction distance (mm)}}{[\text{distal MCV(m/s)} \times \text{DML (ms)}]}$$

RL은 NCS에서 측정된 DML에서 계산된 잠복기를

빠른 값으로 다음의 공식을 통해 계산되었다.

$$RL = DML - \left[ \frac{\text{distal conduction distance}}{\text{distal MCV}} \right]^{12}$$

원위 MCV와 근위 MCV의 비를 나타내는 MFR는 근래에 제시된 다음과 같은 Attarian 등<sup>13</sup>의 공식을 통해 계산 하였다.

$$MFR = (F+DML-2 \times PML-1)/(2 \times DML)$$

여기서 근위 운동잠복기(proximal motor latency: PML)는 팔꿈치에서 자극하였을 때의 소구지에서 측정

되는 잠복기를 의미한다.

각 NCS 결과치와 상기 지표들은 편측, 양측 CTS 및 대조군 각각에서 비교 분석하였고 또 다른 분류방법으로 CTS군을 Stevens의 척도<sup>14</sup>에 따라 경증, 중등도, 및 중증의 CTS군으로 분류하여 비교 분석하였다.

#### 4. 통계학적 분석

대조군과 편측 CTS군 및 양측 CTS군의 정중신경뿐만 아니라 척골신경의 신경 전도 검사 척도 절대치 및 TLI, RL, MFR를 비교 하였다. 결과는 평균±표준편차로 나타내었으며, 연속 변수는 ANOVA test, unpaired student t test를 이용하여 분석 하였다. 상관관계는 Pearson's correlation test를 이용하였다

**Table 1.** Demographic Features of Control and Patient Groups

	Control (n = 53)	Unilateral CTS (n = 61)	Bilateral CTS (n = 62)
Age, y	45.23 ± 6.66	47.95 ± 5.75	46.26 ± 7.05
Stevens grading			
Mild	-	11	3
Moderate	-	29	28
Severe	-	18	31
Duration of CTS symptom, mo	-	22.02 ± 30.55	48.81 ± 71.50*

Data are means ± SD. Age variable does not show statistically significant difference among each group (P > 0.05 in ANOVA), however there are significant differences in duration of CTS symptom and Stevens grading between unilateral CTS and bilateral CTS groups (P = 0.01 in student t-test, and P = 0.02 in chi square test).

CTS; carpal tunnel syndrome

\* P < 0.05 in comparison with unilateral CTS.

**Table 2.** Comparison of Electrophysiological Data for Median and Ulnar nerve in Each Group

	Control (n = 53)	Unilateral CTS (n = 61)	Bilateral CTS (n = 62)	P value*	P value <sup>†</sup>
<b>Median nerve</b>					
DML, ms	2.76 ± 0.27	4.25 ± 0.78	4.89 ± 1.18	<0.001	<0.001
RL, ms	1.92 ± 0.26	3.34 ± 0.78	3.97 ± 1.15	<0.001	<0.001
TLI	0.31 ± 0.03	0.22 ± 0.04	0.19 ± 0.04	<0.001	<0.001
MFR	2.32 ± 0.30	1.60 ± 0.25	1.47 ± 0.27	<0.001	<0.001
<b>Ulnar nerve</b>					
DML, ms	2.19 ± 0.17	2.21 ± 0.18	2.30 ± 0.15	0.79	0.002
RL, ms	1.39 ± 0.16	1.40 ± 0.18	1.48 ± 0.15	0.98	0.005
TLI	0.37 ± 0.03	0.36 ± 0.03	0.36 ± 0.03	0.81	0.06
MFR	3.13 ± 0.47	3.08 ± 0.33	2.97 ± 0.27	0.71	0.046

\*P value comparing control versus unilateral CTS by student t-test. <sup>†</sup>P value comparing control versus bilateral CTS by student t-test. CTS; carpal tunnel syndrome, DML; distal motor latency, RL; residual latency, TLI; terminal latency index, MFR; modified F ratio

통계 프로그램으로는 윈도우용 SPSS 10.0 을 이용하였다. P 값이 0.05 이하인 경우를 통계학적으로 유의한 것으로 해석 하였다.

## 결 과

61명의 편측 CTS환자와 62명의 양측 CTS 환자가 포함되어 53명의 정상 대조군과 함께 비교 분석되었다. 세 군에서 연령 구성 차이는 없었으나 Stevens의 척도 14에 따르면 양측 CTS군이 전기생리학적으로 중증의 CTS가 더 많이 포함 되어있었다. CTS 증상의 유병기간도 양측 CTS군이 편측 CTS군에 비해 유의하게 높았다(Table 1).

계산된 지표 즉, TLI, MFR와 RL들을 비교했을 때, 정중신경에서는 대조군과 편측 CTS 및 양측 CTS 비교에서 CTS군들이 유의한 차이를 보였다. 하지만 척골신경에서의 비교는 양측 CTS군의 DML, RL 및 MFR들은 대조군과 유의한 차이를 나타냈고 TLI는 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 편측 CTS군은 모든 지표들에서 대조군과의 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2). CTS 환자들을 편측, 양측으로 나누지 않고 Stevens 척도14에 따라 경증, 중등도, 중증의 CTS로 분류하여 각각의 NCS 결과치와 계산된 지표들을 비교하였을 때 정중신경에서는 경증 CTS군이 중등도 및 중증 CTS군과 비교하여 DML, TLI, RL, MFR의 모든 지표에서 유의한 차이를 보였으며 중등도와 중증 CTS 군 사이에는 유의한 차이가 없었고 또한 척골신경에서는 각 군 사이에 모든 지표에서 유의한 차이를 보이지 않았다(ANOVA test,  $P < 0.001$ ). 신장과 F파

참복기, 신장과 MFR 사이에는 어느 군에서도 유의한 상관관계를 보이지 않았다( $P > 0.05$ ). DML, TLI, RL, MFR의 모든 지표들에서 정중신경과 척골신경 사이 각각의 상관성을 확인하였는데 대조군에서는 모두 유의한 상관관계를 나타낸 반면 CTS군에서는 유의한 상관관계를 보이지 않았다(Table 3).

## 고 찰

본 연구의 결과를 요약해 보면 첫째, 계산된 지표들이 CTS의 전기생리학적 이상 소견을 잘 반영하고 있음을 알 수 있었다. 본 연구를 통해서서 각 지표들 중 어느 것이 CTS 진단의 민감도 및 특이도면에서 우수한지 알 수는 없으나 모든 지표들이 대조군에 비교하여 높은 유의성을 보여 이 전 보고들<sup>8,13,15-18</sup>처럼 이들 지표들이 CTS에서 원위 정중신경의 집중된 전도 지연을 반영함을 확인할 수 있었다. 둘째로 상대적으로 심한 CTS가 더 많이 포함된 양측성 CTS군에서는 정중신경뿐만 아니라 척골신경의 지표들에서도 대조군과 비교하여 유의한 차이가 확인되었는데 이는 진행된 CTS에서는 정중신경뿐만 아니라 무증상의 척골신경에도 원위부 전도지연이 존재할 가능성을 시사한다. 하지만 정중신경과 척골신경 사이에 이들 원위부 전도지연을 반영하는 지표들간의 상관관계가 CTS군에서는 존재하지 않고 오히려 대조군에서 높게 나타났기 때문에 척골신경에서의 결과를 해석하는데 주의를 요하게 한다. 즉, 종합하면 CTS에서 무증상성의 척골신경 병변의 존재 가능성은 CTS에 동반한 원위 척골신경병의 단독 병존 가능성과 함께 전반적인 신경전도의 저하를 나타내는 다발성신경병증

**Table 3.** Correlation of Various Electrophysiological Data and Calculated Indexes between Median and Ulnar Nerve in Control and CTS Group

	Correlation coefficient*, R	P value
Control		
Median DML versus ulnar DML	0.48	<0.001
Median RL versus ulnar RL	0.49	<0.001
Median TLI versus ulnar TLI	0.51	<0.001
Median MFR versus ulnar MFR	0.68	<0.001
CTS		
Median DML versus ulnar DML	0.11	0.23
Median RL versus ulnar RL	0.13	0.16
Median TLI versus ulnar TLI	0.16	0.07
Median MFR versus ulnar MFR	0.11	0.21

\*Correlation coefficient of Pearson's correlation equation.

CTS; carpal tunnel syndrome, DML; distal motor latency, RL; residual latency, TLI; terminal latency index, MFR; modified F ratio

의 잠복 가능성을 모두 고려해야 할 것으로 생각된다.

이 전의 연구결과들은 정중신경영역을 넘어서는 부위의 감각 증상이 CTS에서 흔하게 나타남을 보고하고 있으며<sup>1-3</sup> 전기생리학적으로 명백히 진단된 CTS에서도 약 60%의 환자가 정중신경영역 외의 부위에서 감각증상이 존재한 경우도 있다.<sup>4</sup> 감각 증상은 가장 흔하게 정중신경영역 외의 손에 발생하고 그 외에도 전완이나 상완에도 감각증상이 존재하는 경우가 보고된다.<sup>19,20</sup> 심지어는 전형적인 CTS의 정중신경영역 증상 없이 감각증상이 척골신경영역에만 단독으로 국한되어 발생하는 경우도 보고되고 있어<sup>4,21</sup> 이런 경우 임상적으로는 CTS보다 척골신경병증으로 오인될 수 있다. 이처럼 다양한 감각증상이 CTS에서 나타나는 기전으로는 크게 두 가지의 가능성이 제시되고 있는데 정중신경 이외에 다른 신경 즉, 척골신경이나 요골신경의 이상이 CTS에 병발한 가능성과 정중신경의 단독 병변이지만 섬유근종이나 인대나 건 등의 문제로 인한 비신경인성 원인의 감각 증상이 CTS에 병발한 가능성을 들 수 있다.

CTS에서 정중신경 이외에 다른 신경으로서 가장 흔히 병변이 병발되는 것으로 알려진 신경은 척골신경이다. 보고자 마다 차이는 있지만 주로 척골신경의 감각 신경 NCS에서 이상 소견을 보이며 운동신경 NCS는 대개 정상으로 유지되는 것으로 보고된다.<sup>22,23</sup> 통상적인 NCS가 완전히 정상이면서 척골신경 영역으로 증상이 전혀 없던 CTS 환자들에서도 vibrometer를 이용한 진동각의 정량적 측정시 CTS군의 척골신경 영역 부위가 정상인 보다 진동 역치가 증가되어 있어 무증상이면서 통상적인 전기생리학적검사상 정상인 척골신경병이 CTS와 병존함을 확인한 보고도 있다.<sup>24</sup> 또한 수술이나 실험적 방법을 이용한 연구에서는 수근관을 수술적으로 개방하여 수근관 증후군의 중요한 병태생리인 수근관 내 압력을 낮추었을 때 Guyon's canal 내의 압력도 함께 낮아짐을 보여주기도 하였다. 이들은 CTS 환자가 CTS 증상 이외에 척골신경병증 증상이 같이 있을 때 수근관 개방만을 통해서 CTS증상과 척골신경 증상이 함께 호전된 이유를 위와 같이 설명하고 있다.<sup>25,26</sup> 종합하면 상기 여러 보고들이 동반된 다른 신경 병변의 존재 때문에 CTS의 감각 증상이 다양하다는 첫째 가능성을 시사하고 있다. 하지만 이러한 많은 보고들에도 불구하고 이와는 다른 기전이 대두되는 이유는 CTS에서 임상증상, 특히 감각 증상이 다양하게 나타난다는 사실 때문이다. CTS 자체만으로 통증이나 감각 이상이 수근관 근위부 상완 부위까지 발생할 수 있으며<sup>14</sup> 이와는 별개로 CTS에 다양한 다른 질환이 병발할 수 있는데 이들이 CTS와 유사하거나 비특이적인 감각 증상을 나타낼 수 있다는 것이다. 이 들 중 대표적인 질환들로는 흉곽출구 증후군, 경추 신경근병증, 및 근위부 정중신경병증을 들 수 있는데 이 들은 CTS에 비해서는 덜 흔

한 질환이지만 CTS에서 빈번하게 병발하는 것으로 보고된다.<sup>27-29</sup> 또한 다른 흔한 원인들로 섬유근종, 인대염, 건염, 다양한 관절통 등도 모두 CTS 유사성 감각증상을 나타낼 수 있기 때문에 더욱 CTS의 임상 증상을 판단하기가 어렵다. 이들은 CTS와 공통의 유발 및 촉진 인자에 의하거나 미지의 병태생리적 상호관계 또는 단순히 CTS와 공히 유병률이 높은 질환이기 때문 등의 원인으로 병발하는 경우가 많다.<sup>30-34</sup> 이상감각이나 통증과 같은 감각 증상은 주관적인 임상소견이기 때문에 이의 객관화 및 정량화가 매우 어렵고 상기 두 가지 가설이 모두 CTS의 다양한 감각 증상의 원인이 될 가능성이 있다.

이 전의 보고와 달리 본 연구는 젊은 연령의 여성에만 대상을 국한 하였는데 이는 원위부에 국한된 척골신경병증을 확인하기 위해서는 원위부 다발성 신경병증 양상의 원위 신경 이상을 배제하여야 했기 때문이다. 다음으로 척골신경의 통상적 NCS가 정상이고 무증상인 환자만을 대상으로 하여 전기생리학적으로나 척골신경병 의심 증상이 전무한 경우에도 잠재된 척골신경병이 말단부위에 존재하고 있을 가능성을 보여 주었다. 따라서 본 연구의 결과는 CTS 증상의 다양성 가설 중 전자 즉, 정중신경 이외에 다른 신경병이 CTS에 병발한다는 설을 지지한다고 볼 수 있다. 하지만 본 연구는 전기생리학적 지표만을 이용한 비교 분석 결과이기 때문에 향후 실험적 병리적 방법과의 병행을 통해서 이러한 결과들의 병태생리적 설명 및 분석이 뒷받침되어야 할 것이다. 마지막으로 본 연구에서 나아가 감각 증상이 정중신경 이 외에도 척골 신경 영역에까지 현저하면서 척골신경의 통상적인 NCS 지표는 정상인 CTS 환자들의 데이터를 수집하여 이 들 척골신경의 계산된 지표들을 비교 분석해 보는 것도 통상적인 NCS 지표에 대한 계산된 지표들의 상대적 민감도를 알아 보는 시도가 될 수 있을 것으로 생각된다.

## 결 론

저자들은 CTS 환자에서 정중신경 뿐만 아니라 원위부 척골신경에도 무증상성 침범이 존재할 가능성을 TLI, MFR 및 RL의 계산 지표를 이용하여 확인하였다. 이는 CTS의 병기가 더 진행될수록 현저해지는 경향을 보였다. CTS의 증상발생 부위가 정중신경영역에만 국한되지 않는 이유중의 한 가정으로 원위부 척골신경의 무증상성 침범이 고려될 수 있다.

## 참고문헌

1. Stevens JC, Sun S, Beard CM, O' Fallon WM, Kurland LT. Carpal tunnel syndrome in Rochester, Minnesota, 1961 to 1980. *Neurology* 1988; 38: 134-138.
2. Katz JN, Larson MG, Sabra A, Krarup C, Stirrat CR, Sethi R, et al. The carpal tunnel syndrome: diagnostic utility of the history and physical examination findings. *Ann Intern Med* 1990; 112: 321-327.
3. Ross MA, Kimura J. AAEM case report #2: the carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1995; 18: 567-573.
4. Gupta SK, Benstead TJ. Symptoms experienced by patients with carpal tunnel syndrome. *Can J Neurol Sci* 1997; 24: 338-342.
5. Spinner RJ, Bachman JW, Amadio PC. The many faces of carpal tunnel syndrome. *Mayo Clin Proc* 1989; 64: 829-836.
6. Bohr T. Carpal tunnel syndrome. *Mayo Clin Proc* 1990; 65: 122-124.
7. Jablecki CK, Andary MT, Floeter MK, Miller RG, Quartly CA, Vennix MJ, et al. Practice parameter: Electrodiagnostic studies in carpal tunnel syndrome. Report of the American Association of Electrodiagnostic Medicine, American Academy of Neurology, and the American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation. *Neurology* 2002; 58: 1589-1592.
8. Simovic D, Weinberg DH. Terminal latency index in the carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1997; 20: 1178-1180.
9. Simovic D, Weinberg DH. The median nerve terminal latency index in carpal tunnel syndrome: a clinical case selection study. *Muscle Nerve* 1999; 22: 573-577.
10. Practice parameter for carpal tunnel syndrome (summary statement). Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 1993; 43: 2406-2409.
11. Shahani BT, Young RR, Potts F, Maccabee P. Terminal latency index (TLI) and late response studies in motor neuron disease (MND), peripheral neuropathies and entrapment syndromes (abstract). *Acta Neurol Scand* 1979; Supp. 73: 118.
12. Daube J. Compound muscle action potentials. In: Daube J, editor. *Clinical neurophysiology*. Philadelphia: FA Davis Company, 1996: 199-324.
13. Attarian S, Azulay JP, Boucraut J, Escande N, Pouget J. Terminal latency index and modified F ratio in distinction of chronic demyelinating neuropathies. *Clin Neurophysiol* 2001; 112: 457-463.
14. Stevens JC. AAEM minimonograph #26: the electrodiagnosis of carpal tunnel syndrome. *American Association of Electrodiagnostic Medicine. Muscle Nerve* 1997; 20: 1477-1486.
15. Cocito D, Isoardo G, Ciaramitaro P, Migliaretti G, Pipieri A, Barbero P, et al. Terminal latency index in polyneuropathy with IgM paraproteinemia and anti-MAG antibody. *Muscle Nerve* 2001; 24: 1278-1282.
16. Radziwill AJ, Steck AJ, Renaud S, Fuhr P. Distal motor latency and residual latency as sensitive markers of anti-MAG polyneuropathy. *J Neurol* 2003; 250: 962-966.
17. Trojaborg W, Hays AP, van den Berg L, Younger DS, Latov N. Motor conduction parameters in neuropathies associated with anti-MAG antibodies and other types of demyelinating and axonal neuropathies. *Muscle Nerve* 1995; 18: 730-735.
18. Kaplan PE. Sensory and motor residual latency measurements in healthy patients and patients with neuropathy-part 1. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1976; 39: 338-340.
19. Nora DB, Becker J, Ehlers JA, Gomes I. What symptoms are truly caused by median nerve compression in carpal tunnel syndrome? *Clin Neurophysiol* 2005; 116: 275-283.
20. Stevens JC, Smith BE, Weaver AL, Bosch EP, Deen HG, Jr., Wilkens JA. Symptoms of 100 patients with electromyographically verified carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1999; 22: 1448-1456.
21. Oswald TA, Wertsch JJ, Vennix MJ, Brooks LL, Spreitzer AM. Ulnar paresthesias as a presenting symptom of carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1994; 17: 1082.
22. Cassvan A, Rosenberg A, Rivera LF. Ulnar nerve involvement in carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 1986; 67: 290-292.
23. Sedal L, McLeod JG, Walsh JC. Ulnar nerve lesions associated with the carpal tunnel syndrome. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1973; 36: 118-123.
24. Imai T, Matsumoto H, Minami R. Asymptomatic ulnar neuropathy in carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 1990; 71: 992-994.
25. Silver MA, Gelberman RH, Gellman H, Rhoades CE. Carpal tunnel syndrome: associated abnormalities in ulnar nerve function and the effect of carpal tunnel release on these abnormalities. *J Hand Surg* 1985; 10: 710-713.
26. Ablove RH, Moy OJ, Peimer CA, Wheeler DR, Diao E. Pressure changes in Guyon's canal after carpal tunnel release. *J Hand Surg* 1996; 21: 664-665.
27. Wood VE, Biondi J. Double-crush nerve compression in thoracic-outlet syndrome. *J Bone Joint Surg* 1990; 72: 85-87.

28. Morgan G, Wilbourn AJ. Cervical radiculopathy and coexisting distal entrapment neuropathies: double-crush syndromes? *Neurology* 1998; 50: 78-83.
29. Baba H, Maezawa Y, Uchida K, Furusawa N, Wada M, Imura S, et al. Cervical myeloradiculopathy with entrapment neuropathy: a study based on the double-crush concept. *Spinal Cord* 1998; 36: 399-404.
30. Sarmer S, Yavuzer G, Kucukdeveci A, Ergin S. Prevalence of carpal tunnel syndrome in patients with fibromyalgia. *Rheumatol Int* 2002; 22: 68-70.
31. Perez-Ruiz F, Calabozo M, Alonso-Ruiz A, Ruiz-Lucea E. Fibromyalgia and carpal tunnel syndrome. *Ann Rheum Dis* 1997; 56: 438-439.
32. Nordstrom DL, Vierkant RA, DeStefano F, Layde PM. Risk factors for carpal tunnel syndrome in a general population. *Occup Environ Med* 1997; 54: 734-740.
33. Atcheson SG, Ward JR, Lowe W. Concurrent medical disease in work-related carpal tunnel syndrome. *Arch Intern Med* 1998; 158: 1506-1512.
34. Akkus S, Kutluhan S, Akhan G, Tunc E, Ozturk M, Koyuncuoglu HR. Does fibromyalgia affect the outcomes of local steroid treatment in patients with carpal tunnel syndrome? *Rheumatol Int* 2002; 22: 112-5.