

팔목터널 증후군에서 정중-척골신경 비교 검사법의 임상적 유용성

연세대학교 의과대학 신경과학교실

천화영 · 최병옥 · 김승민 · 선우일남

The Clinical Usability of the Median-ulnar Comparative Tests on the Carpal Tunnel Syndrome

Hwa-Young Cheon, M.D., Byung-Ok Choi, M.D., Seung Min Kim, M.D., Il-Nam Sunwoo, M.D.

Department of Neurology, Yonsei University Medical College

- Abstract -

Objectives : In addition to the conventional nerve conduction study (Conventional NCS), several new techniques have been developed to improve the diagnostic sensitivity for the carpal tunnel syndrome (CTS). This study is performed to ascertain whether these new techniques are better than the previously reported conventional studies.

Methods : In 40 patients of clinically suspected CTS, we performed on both hands the conventional NCS and three median to ulnar comparative tests which consists of: (1) the difference between median and ulnar motor latencies recorded from the second lumbrical and interossei muscles(2L-INT); (2) the difference between median and ulnar sensory nerve conduction velocities(NCV) from digit 4 stimulation(D4M-D4U); (3) the difference between median and ulnar mixed nerve conduction velocities(NCV) from palmar stimulation(PM-PU). Also, we calculated the following diagnostic criteria: (1) the difference of median to ulnar terminal latencies; (2) the difference of median to ulnar sensory NCV over F-W segment; and (3) the median to ulnar SNAP ratio, using the results of conventional NCS.

Results : 1) Among the 40 patients, 30 patients(75%) were clinically bilateral CTS, and the other 10 patients(25%) were unilateral CTS. 2) In symptomatic hands of CTS patients, the electrophysiological abnormalities were found in 75.5-88.6% on the standard criteria, 77.1-92.9% on the median to ulnar comparative test, and 65.7-94.2% on the calculated criteria. In asymptomatic hands 30-80% revealed abnormalities. 3) The most sensitive diagnostic test of CTS was the (M-U)FW followed by the PM-PU, Median FW, 2L-INT, Median TL in descending order of sensitivity. 4) The diagnostic sensitivity between conventional NCS and median-ulnar comparative test were not significantly different.

Conclusion : We concluded that detailed interpretation of conventional NCS was more desirable than using three median to ulnar comparative tests in the diagnosis of clinically suspected CTS.

Key Words : Carpal tunnel syndrome, Median nerve, Ulnar nerve, Sensitivity

연세대학교 의과대학 신경과학교실

Address reprint requests to Il-Nam Sunwoo, M.D.

Department of Neurology, College of Medicine Yonsei University, #134 Shinchon-dong, Seodaemoon-ku, C.P.O. Box 8044, Seoul, 120-752, Korea

Tel : 82-2-361-5463, Fax : 82-2-393-0705, e-mail : Sunwooin@yumc.yonsei.ac.kr

서 론

팔목터널증후군(carpal tunnel syndrome, 이하 CTS라 함)은 가장 흔한 압박성 신경병증(entrapment neuropathy)으로서, 특히 밤에 악화되는 제 1-3수지의 저린 증상과 모지구군의 근력 감퇴 및 근위축을 특징으로 하는 임상 증후군이다. CTS에서 전기생리학적 검사의 진단적 가치는 이미 잘 알려져 있으며 또한 이 검사는 유사한 임상양상을 보이는 경추 신경근병증이나 다발성 신경장애 등 다른 질환과의 감별진단에 필수적이다. CTS의 진단에 이용되는 전기생리학적 검사에서의 관찰 결과는 정중신경 운동신경의 말단잠복기 지연^{1,2}과 손가락-손목 및 손바닥-손목구간의 감각신경 전도속도 감소^{3,6} 및 활동전위진폭의 소실⁷ 등이다. 그러나 손상이 경미하거나 비전형적인 CTS에서는 위와 같은 일반적인 전기생리학적 검사에서 이상소견이 검출되지 않는 경우도 드물지 않다.⁸⁻¹⁰ 따라서 진단적 감수성을 높이기 위한 여러 가지 새로운 전기생리학적 검사기술이 개발되었는데 대표적인 것이 정중신경과 요골신경을 비교하는 검사법^{5,11}과 정중신경과 척골신경을 비교하는 검사법^{5,10,12-19} 이라고 할 수 있으며 이 새로운 검사기술의 우월성에 관한 많은 국내외 연구업적이 있다. 그러나 아직 어떤 검사법이 임상적으로 가장 유용한지에 대한 종합적인 연구보고는 비교적 드물 뿐 아니라 또한 통상적인 검사와의 비교에 있어서도 통상적인 검사에서는 단순한 판정기준만을 적용하였기 때문에 평가가 절하되었을 가능성도 있다. 이에 저자 등은 정중-척골신경 비교검사법 3가지와 통상적인 검사의 판정기준에 따른 임상적 유용성을 비교 검토하였다.

연구대상 및 방법

연구대상은 전형적인 임상적 특징을 가진 40명의 CTS로 진단된 환자인데 남자 2명, 여자 38명으로서 연령분포는 평균 54.2±14.8세(29-81세)이었다. 이들 환자중 임상적으로 양측성 CTS로 진단된 경우는 30예였고 한 손에서만 증상이 있던 경우는 10예였다. 정상 대조군으로는 신경근 질환이 없는 건강한 성인 여자 25명에서 검사를 시행하였는데 이들의 연령분포는 평균 49.7±17.4세(24-81세)이었다(Table 1).

검사장비는 Excel Cadwell Electromyography기기를 사용하였는데 CTS환자에서는 양쪽 상지를, 정상대조군에서는 한쪽 상지에서 검사를 시행하였다. 신경전도검사의 파형 검출 환경은 운동신경전도검사를 위해서는 소인(sweep)을 5msec/division, 주파수 여과범위(filter setting)를 10Hz-10kHz로 하였고 감각신경전도검사에서는 소인(sweep) 2msec/division, 주파수 여과범위(filter setting) 30Hz-3kHz로 일정하게 유지하였다. 민감도(sensitivity)는 운동신경에서는 2-5mV/division,

감각신경 10-20μV/division을 원칙으로 검출된 파형의 크기에 따라 가장 잘 검출되도록 조절하였다.

신경전도검사는 통상적인 신경전도검사(conventional NCS)와 정중-척골신경 비교검사 3가지를 시행하였다. 통상적인 신경전도검사는 Oh의 검사법에 따라 표면전극을 이용하였는데 운동신경전도검사에서 활동전극을 정중신경에서는 단무지외전근(abductor pollicis brevis), 척골신경에서는 소지의외전근(abductor digiti quinti)의 근육위(muscle belly)에 부착하고 기준전극은 각 근육의 건에 부착하였다. 접지전극은 상완 피부에 부착하였다. 감각신경전도검사는 정향성 측정법(orthodromic method)으로서, 기록전극은 손목 관절부위의 정중신경과 척골신경부위에 각각 부착하고, 고리전극(ring electrode)으로 제 2수지(정중신경)와 제 5수지(척골신경)를 각각 자극하였다. 자극강도는 운동신경에서는 초최대자극(supramaximal stimulation), 감각신경에서는 복합신경활동전위가 가장 잘 검출되는 최소한의 전기자극으로 하였다.

통상적인 전기생리학적 검사에서의 CTS 판정기준은 보통 이용되는 정중운동신경 말단잠복기, 손가락-손목 및 손바닥-손목간 정중감각신경전달속도(표준판정기준: standard criteria) 이외에 정중신경과 척골신경 말단잠복기의 차, 손가락-손목간 감각신경전달속도의 차 및 감각신경복합활동전위의 비를 계산하여 판정기준(계산판정기준: calculated criteria)으로 이용하였다.

정중-척골신경 비교검사법으로는 Fig. 1에서와 같이 3가지 방법으로 검사하였다. 2L-INT 검사법^{19,20}은 활동전극을 제3중수지골 외측의 원위 수장피부선과 근위 수장피부선이 만나는 부위에 부착하고 기준전극은 제2중수지의 근위부 지간관절에 부착한 다음 손목관절에서 정중신경 및 척골신경을 따로 자극하여 말단잠복기를 비교하였다. D4M-D4U검사법^{8,18}은 제 4수지에 고리전극으로 전기 자극하고 파형의 검출은 손목 관절부의 정중 및 척골신경에서 기록하여 감각신경전달속도를 비교하였다. PM-PU검사법^{5,16}은 손바닥(palm) 자극부위와 손목 검출부위 사이의 감각신경전달속도를 비교하는 검사법으로서 정중신경은 제 2수지 및 제 3수지의 중수골사이를, 척골신경은 제 4수지 및 제 5수지의 중수골 사이를 전기 자극한 다음 각 신경에서의 감각신경전달속도를 비교하였다.

Table 1. Age and sex distribution

	Control	CTS
Number(hands)	25(25hands)	40(80hands)
Age	49.7±17.4	54.2±14.8
Sex		
Male	0	2
Female	25	38

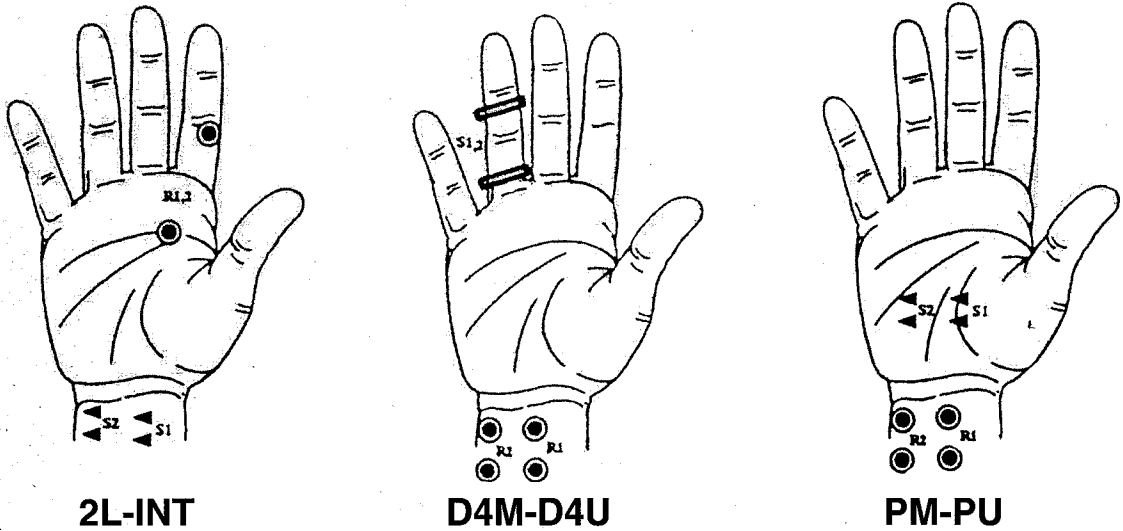


Fig. 1. Electrode placement for the median-ulnar comparative tests
 S1, R1: stimulating and recording sites for the median studies
 S2, R2: stimulating and recording sites for the ulnar studies

결 과

1) 정상 대조군 25예의 검사결과 분석에 의한 CTS의 진단 조건

정상 대조군 25명의 한쪽 손에서 시행한 전기생리학적 검사를 분석하여 정상 한계치를 결정하였는데 본 연구의 목적이 CTS에서의 진단적 유용성을 타검사와 비교하는 것이기 때문에 판정기준을 Table 2와 같이 한정하였다.

2) CTS에서 전기생리학적 검사 결과

총 40명의 CTS 환자 중 30명은 양손에 증상이 있었고 10명은 한손에서만 증상이 있었기 때문에 증상군에는 총 70수가, 무증상군에는 10수가 속하였다. 각 군에서 정상인 검사에 의한 CTS 판정기준을 적용하여 이상이 있다고 판단된 예수는 Table 3과 같다. CTS증상이 있는 손에서 표준판정기준에 의하여 CTS로 진단된 손은 75.7%~88.6%로서 운동신경보다 감각신경전달속도가 약간 더 양상이 높았고 3가지 판정기준중 한가지라도 이상이 있는 경우는 91.4%였다. 이에 비하여 정중-척골신경 비교검사법에서 이상이 있다고 판정된 예수는 각 검사법마다 감수성에 차이가 있지만 78.6%~92.9%로서 PM-PU 검사법만 표준판정기준에서보다 이상 소견이 검출된 빈도가 높았을 뿐 2L-INT, D4M-D4U는 이상소견의 검출빈도가 우월하지 못하였다. 세 가지 정중-척골신경 비교검사법중 한가지라도 이상이 있는 경우는 95.7%였다. 통상적인 검사법에 의한 검사결과로 정중신경과 척골신경을 비교하는 계산판정기준에서는 손가락-손목간

Table 2. Diagnostic criteria for carpal tunnel syndrome based on 25 controls

Parameter	Mean±SD	Criteria for CTS
Standard criteria		
Median motor distal latency	3.1±0.4	≥4.0 msec
Median sensory NCV over F-W	46.2±2.8	≤40.6m/sec
Median sensory NCV over P-W	39.3±3.12	≤30.0m/sec
New technique		
2L-INT	0.07±0.22	≥0.51msec
D4M-D4U	0.17±2.62	≤-5.07m/sec
PM-PU	0.14±2.54	≤-4.94m/sec
Calculated criteria		
(M-U)TL	0.76±0.57	≥1.9 msec
(M-U)FW	2.32±3.58	≤-4.9m/sec
SNAP (M/U)	1.31±0.56	< 1.0

(M-U)TL: difference between median to ulnar terminal latencies

(M-U)FW: difference between median to ulnar sensory NCV over F-W segment

SNAP(M/U): median to ulnar SNAP ratio

감각신경전달속도를 비교한 (M-U)FW만 94.2%로 가장 감수성이 높았고 나머지 판정기준은 오히려 표준판정기준보다도 감수성이 낮았다. 무증상의 손에서 보인 이상소견의 빈도도 이와 비슷한 양상을 나타내었다. 전체적으로 볼 때 CTS에서 가장 민감한 판정기준은 (M-U)FW였고, PM-PU, Median F-W, 2L-INT, Median TL의 순이었다.

Table 3. Incidence of abnormal nerve conduction studies in CTS

Incidence	Symptomatic hand (N=70)	Asymptomatic hand (N=10)
Standard criteria		
Median TL	53(75.7%)	3(30.0%)
Median F-W	62(88.6%)	7(70.0%)
Median P-W	61(87.1%)	7(70.0%)
Either one	64(91.4%)	7(70.0%)
New technique		
2L-INT	55(78.6%)	6(60.0%)
D4M-D4U	54(77.1%)	4(40.0%)
PM-PU	65(92.9%)	6(60.0%)
Either one	67(95.7%)	7(70.0%)
Calculated criteria		
(M-U)TL	34(48.6%)	3(30.0%)
(M-U)FW	66(94.2%)	8(80.0%)
SNAP(M/U)	46(65.7%)	5(50.0%)
Either one	67(95.7%)	8(80.0%)
Neither	3(4.3%)	2(20.0%)

고 찰

팔목터널증후군은 가장 흔한 압박성 신경병증(entrapment neuropathy)으로서 흔히 양측성이고 40~50대 여자에서 빈발하는 특징이 있는데 당뇨병, 갑상선기능저하증, 류마티스관절염, 말단비대증 등과 동반되는 경우도 있지만 대부분은 그 원인을 잘 모른다. 팔목터널은 골 구조에 의해 삼면이 경계를 이루고 두꺼운 가로팔목인대(transverse carpal ligament)에 의해 덮여있는 터널구조로서 정중신경과 9개의 수지굴곡근의 인대들이 관통하기 때문에 압박에 의하여 정중신경이 쉽게 손상된다. 임상증상은 손목 또는 팔의 통증이나 저린 느낌이 특히 야간에 악화되는 경향이 있으며, 정중신경의 지배를 받는 피부영역의 이상감각 및 진행하면 모지근육의 근력약화 및 근위축도 나타난다. 징후로는 팔목부위에서의 Tinel's 징후와 Phalen 징후가 있다. 감각장애는 제 1-3수지와 제 4수지의 외측면에서 나타나는데 무지구 부위의 피부 감각은 팔목터널 근위부에서 나오는 수장부피부가지(palmar cutaneous branch)에 의하여 지배되기 때문에 보존되는 특징이 있어서 팔목 근위부 정중신경 손상과의 감별에 도움이 된다.²³ 이상의 임상적 특징 때문에 CTS는 임상에서 쉽게 진단할 수 있는 병이다. 그러나 선단지각이상(acroparesthesia)은 대뇌피질부에서부터 말초신경 말단부까지의 어느 부위의 병변에 의해서도 나타날 수 있고 CTS와 다른 질환이 동반될 수도 있으며 때로는 임상적으로 감별진단이 용이하지 않

은 경우도 있기 때문에 특히 수술등 적극적인 치료를 하기 위해서는 확진을 위한 전기생리학적 검사가 필수적이다.^{2,9,24}

팔목터널증후군의 전기생리학적검사는 1956년 Simpson¹에 의해 처음 기술된 이후 많은 검사 방법들이 개발되어 왔는데 본 연구에서 사용한 검사방법이 아마 현재 가장 널리 이용되는 검사법이라고 할 수 있다. CTS에서 각 검사법의 진단적 감수성은 검사방법 자체는 물론 대상환자의 선택에 의하여 영향을 받기 때문에 양성을 자체는 큰 의미가 없지만 일반적으로 감각신경전도검사가 운동신경전도검사보다 더 민감하다고 알려져 있다.²⁴⁻²⁶ CTS에서 정중운동신경 말단잠복기의 지연은 28~84%^{9,16,24,27}에서 감각신경전도검사상의 이상 소견은 53~98%에서 관찰된다.^{7,9,24}

CTS는 대부분 양측성으로서 임상적으로 아무 증상이 없는 손에서도 전기생리학적 검사에서는 이상소견이 검출되는 경우가 58%라고 하는데 저자 등의 관찰에서도 같은 결론이었다.^{22,24}

최근에는 CTS에 대한 인식이 향상되어 증상이 경미한 질병경과의 초기에 검사가 의뢰되는 경우가 많아서 전형적인 CTS임에도 불구하고 일반적인 표준판정기준만으로는 약 15~40%의 환자에서 이상을 확인할 수 없다고 보고되면서^{8,10,13} 진단적 감수성이 높은 새로운 검사기술의 개발이 필요하게 되었다.²³

Preston과 Logigian²⁰은 손의 내장근중 제 2층양근과 골간근은 해부학적으로 거의 같은 부위에 위치하지만 전자는 정중신경, 후자는 척골신경의 지배를 받는다는 점을 이용하여 정중신경과 척골신경의 전달속도 비교방법(2L-INT)을 제시하고 그 민감도가 95%로서 CTS의 진단에 있어서 가장 민감한 검사법이라고 주장하였다. 그러나 다른 여러 연구결과에서는 감각신경 전도검사보다 진단적 감수성이 낮다고 보고되고 있다.^{12,14,24,25} 저자 등의 연구결과를 보면 감수성이 78.6%에 불과하여 정중운동신경 말단잠복기와 거의 비슷한 수준으로서 성 등,²⁹ 안과 김¹⁴의 주장처럼 다발성 신경병증이 동반된 경우에는 유용하지만 그렇지 않은 경우에는 임상적 의의가 크지 않은 것으로 생각되었다.

Johnson 등¹⁸은 제 4수지가 정중신경(바깥쪽)과 척골신경(안쪽)의 이중지배를 받고 두 신경이 거의 평행하게 위치하고 있으며 수근관내에서 가장 잘 침범되는 부위에 위치한다는 해부학적 특징을 이용하여 정중신경과 척골신경의 전달속도 비교방법(D4M-D4U)을 제시하고 민감도가 높은 검사라고 하였다. 또한 Uncini 등³⁰은 정향성 D4M-D4U가 제 2수지를 이용한 통상적인 검사보다 경미한 CTS를 진단하는데 민감도가 높다고 보고하였다. 그러나 저자 등의 연구결과는 감수성이 77.1%에 불과하였는데 이는 Lauritzen 등³¹이 보고한 74%와 비슷한 결과였다.

Felsenthal과 Spindler¹⁶은 CTS에서 정중신경의 손바닥-손목구간의 전달속도가 가장 느리다는 사실을 이용하여 정중신경과 척골신경을 비교하는 방법(PM-PU)을 제시하였는데 Mills¹⁷은 이 검사법이 기존 검사법보다 더 예민하다고 하였

다. 저자 등의 연구결과를 보면 감수성이 92.9%로 정중-척골신경 비교 검사법중에서는 가장 예민하였고 표준판단기준보다도 민감도가 약간 더 높았다.

경미한 CTS 환자를 대상으로 정중-척골신경비교검사법 3가지를 비교한 보고^{19,24}에서, PM-PU는 94%, D4M-D4U 91%, 2L-INT 88%로 PM-PU검사법이 가장 예민하다고 하였지만, Uncini 등¹⁰은 D4M-D4U 77%, PM-PU 56%, 2L-INT 10%로 보고하여 D4M-D4U 검사법이 가장 예민하다고 주장하였다. 이 양성율에 있어서의 차이는 검사대상 환자의 선택기준때문이라고 생각되지만, 저자들의 관찰결과와는 민감도에서 차이가 있었는데 그 이유는 확실하지 않다. 단지 감각신경의 검사방법에 있어서 일정 전도거리의 잠복기를 비교한 것이 아니고 신경전달속도를 계산하였다는 점에서 기존연구와는 차이가 있지만 통상적인 검사방법에서도 신경전달속도를 판정기준으로 사용하였기 때문에 이 때문이라고는 생각되지 않는다.

일반적으로 새로운 기술이 개발되면 처음에는 매우 긍정적이다가도 연구업적이 쌓이면서 그 가치에 대한 평가가 낮아지는 경향이다. 현재까지의 대부분 연구결과는 종합적인 본 연구와는 달리 부분적이기는 하지만 새로운 검사법의 진단적 감수성이 통상적인 검사법보다는 높다고 보고되어 왔다. 그러나 저자 등의 연구결과는 정중-척골신경 비교검사법이라는 새로운 검사방법의 임상적 유용성이 극히 제한적이라는 것을 나타내고 있으며 정중-척골신경 비교검사법중 가장 예민한 PM-PU도 그 개념은 통상적인 검사법에서의 손바닥-팔목간 감각신경전도검사결과와의 비교와 같으며 감수성 역시 큰 차이가 없었다.

결 론

정상 여자성인 25예(25수)와 CTS 40예(80수)를 대상으로 여러 가지 전기생리학적 검사법 및 판정기준을 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) CTS 40예중 임상적으로 양측성인 경우는 30예(75%)였고, 일측성은 10예(25%)였다.
- 2) CTS 증상이 있는 손에서의 전기생리학적검사에서 표준판정기준은 75.7~88.6%, 정중-척골신경비교검사법은 77.1~92.9%, 계산판정기준은 65.7~94.2%의 양성율을 보였다. 임상증상이 없는 손에서는 30-80%의 양성율을 나타내었다.
- 3) 전체적으로 CTS의 진단에 있어서 가장 민감한 전기생리학적검사판정기준은 (M-U)FW였고 PM-PU, Median F-W, 2L-INT, Median TL 순 이었다.
- 4) CTS에서 새로운 검사기술을 이용한 정중-척골신경 비교검사법은 진단적 감수성 측면에서 기존 검사방법 및 판정기준과 큰 차이가 없었다.

따라서 CTS의 진단을 위한 전기생리학적 검사에서는 새로

운 검사법을 적용하기 위한 노력을 하기보다는 통상적인 검사법에 의한 검사결과를 자세히 분석하는 것이 바람직하다는 결론을 얻었다.

REFERENCES

1. Simpson JA: Electrical signs in the diagnosis of carpal tunnel and related syndromes. *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 1956; 19: 275-280
2. Thomas PK: Motor nerve conduction in carpal tunnel syndrome. *Neurology* 1960; 10: 1045-1050
3. Dibenedetto M, Mitz M, Klingbeil GE, Davidoff D: New criteria for sensory nerve conduction especially useful in diagnosing carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 1986; 67: 586-589
4. Felsenthal G: Median and ulnar distal motor and sensory latencies in the same normal subject. *Arch Phys Med Rehabil* 1977; 58: 297-302
5. Jackson DA, Clifford JC: Electrodiagnosis of mild carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 1989; 70: 199-204
6. Melvin JL, Schuchmann JA, Lanese RR: Diagnostic specificity of motor and sensory nerve conduction variables in the carpal tunnel syndromes. *Arch Phys Med Rehabil* 1973; 54: 69-74.
7. Thomas JE, Lambert EH, Cseuz KA, Minn R: Electrodiagnostic aspects of the carpal tunnel syndromes. *Arch Neurol* 1967; 19: 635-641
8. Cioni R, Passero S, Paradiso C, Giannini F, Battistini N, Rushworth G: Diagnostic specificity of sensory and motor nerve conduction variables in early detection of carpal tunnel syndrome. *J Neurol* 1989; 236: 208-213
9. Seror P: The value of special motor and sensory tests for the diagnosis of benign and minor median nerve lesion at the wrist. *Am J Phys Med* 1995; 74: 124-129
10. Uncini A, DiMuzio A, Awad J, Manente G, Tafuro M, Gambi D: Sensitivity of three median-to-ulnar comparative tests in diagnosis of mild carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1993; 16: 1366-1373
11. Pease WS, Cannell CD, Johnson EW: Median to radial latency difference test in mild carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1989; 12: 905-909
12. 고영진, 강세윤, 김준성, 김형신: 수근관증후군환자의 총양근 및 골간근에서 기록한 신경전도검사. 대한재활의학회지 1994; 18(3): 544-549
13. 신정빈, 박윤길, 사재형, 김성우, 전세일: 수근관증후군 환자에서 정중신경과 척골신경의 신경전도검사비교. 대한재활의

- 학회지 1994; 18(4): 817-822
14. 안미경, 김세주: 수근관증후군 진단법에서 충양근과 팔간근의 정중-척골신경 전도차이의 의의. 대한재활의학회지 1994; 18(1): 35-44
 15. 이항재, 김동휘: 수근관 증후군에서 제4수지 감각신경의 역향성 및 정향성 전도검사 비교. 대한재활의학회지 1998; 22(2): 426-433
 16. Felsenthal G, Spindler H: Palmar conduction time of median and ulnar nerves of normal subjects and patients with carpal tunnel syndrome. Am J Phys Med 1979; 58: 131-138
 17. Mills KR: Orthodromic sensory action potentials from palmar stimulation in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. J Neurol Neurosurg Psychiat 1985; 48: 250-255
 18. Johnson EW, Kukla RD, Wongsam PE, Piedmont A: Sensory latencies to the ring finger: Normal values and relation to carpal tunnel syndrome. Arch Phys Med Rehabil 1981; 62: 206-208
 19. Preston DC, Ross MH, Kothari MJ, Plotkin GM, Venkatesh S, Logigian EL: The median-ulnar latency difference studies are comparable in mild carpal tunnel syndrome. Muscle Nerve 1994; 17: 1469-1471
 20. Preston DC, Logigian EL: Lumbrical and interossei recording in carpal tunnel syndrome. Muscle Nerve 1992; 15: 1253-1257
 21. Loong SC, Seah CS: Comparison of median and ulnar nerve action potentials in the diagnosis of the carpal tunnel syndrome. J Neurol Neurosurg Psychiat 1971; 34: 750-754
 22. Redmond MD, Ravner MH: False positive electrodiagnostic tests in carpal tunnel syndrome. Muscle Nerve 1988; 11: 511-517
 23. Kothari MJ, Rutkove SB, Caress JB, Hinchey J, Logigian EL, Preston DC: Comparison of digital sensory studies in patients with carpal tunnel syndrome. Muscle Nerve 1995; 18: 1272-1276
 24. Stevens JC: AAEM Minimonograph #26: The electrodiagnosis of carpal tunnel syndrome. Muscle Nerve 1997; 20: 1477-1486
 25. Martinez AC, Barrio M, Perez Conde MC, Gutierrez AM: Electrophysiological aspects of sensory conduction velocity in healthy adults. J Neurol Neurosurg Psychiat 1978; 41: 1092-1096
 26. Jablecki CK, Andary MT, So YT, Wilkins DE, Williams FH: AAEM quality assurance committee, Literature review of the usefulness of nerve conduction studies and electromyography for the evaluation of patients with carpal tunnel syndrome. Muscle Nerve 1993; 16: 1392-1414
 27. Kopell HP, Goodgold J: Clinical and electrodiagnostic features of carpal tunnel syndrome. Arch Phys Med Rehabil 1968; 49: 371-375
 28. Kimura J, Ayyar DR: The carpal tunnel syndrome : electrophysiological aspects of 639 symptomatic extremities. Electromyogr Clin Neurophysiol 1985; 25: 151-164
 29. 성덕현, 권정이: 수근관증후군에서 전기진단의 민감도. 대한재활의학회지 1997; 21(5): 880-887
 30. Uncini A, Lange DJ, Solomon M, Soliven B, Meer J, Lovelace RE: Ring finger testing in carpal tunnel syndrome: a comparative study of diagnostic utility. Muscle Nerve 1989; 12: 735-741
 31. Lauritzen M, Liguori R, Trojaborg W: Orthodromic sensory conduction along the ring finger in normal subjects and in patients with a carpal tunnel syndrome. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1991; 81: 18-23
 32. Melvin JL, Harris DH, Johnson EW: Sensory and motor conduction velocities in the ulnar and median nerves. Arch Phys Med Rehabil 1973; 54: 69-74