손목굴증후군 진단에 있어 신경전도 비교 검사와 초음파 검사의 역할

노원을지대학교병원 신경과

안규식, 윤소정, 박종무, 이정주, 이웅우, 강규식, 김병건, 권오현

The Role of Nerve Conduction Comparison Test and Ultrasonography in Diagnosing Carpal Tunnel Syndrome

Kyusik Ahn, MD, Michelle Youn, MD, Jong-Moo Park, MD, PhD, Jung-Ju Lee, MD, PhD, Woong-woo Lee, MD, Kyusik Kang, MD, PhD, Byung-Kun Kim, MD, PhD, Ohyun Kwon, MD, PhD

Department of Neurology, Nowon Eulji Medical Center, Eulji University, Seoul, Korea

KEYWORDS

Carpal tunnel syndrome,
Comparative study,
Ultrasonography,
Electromyography

Background: The median-to-ulnar comparison test (MUCT), and increasingly, ultrasonography (US) are considered as complementary to and more sensitive than median nerve conduction study (NCS) in diagnosing carpal tunnel syndrome (CTS).

Methods: In consecutive patients with hand paresthesia compatible with CTS but with normal median NCS, we additionally performed the MUCT and analyzed whether it yielded better diagnostic sensitivity.

Results: In total, 163 hands of clinically diagnosed CTS patients were examined with routine NCS. The MUCT and US were performed in 81 hands and 31 hands, respectively. While median NCS was diagnostic in 85 (52.1%) hands, MUCT failed to demonstrate superior sensitivity over median NCS in the other hands and US revealed related abnormalities better than both routine NCS ($p=0.006$) and MUCT ($p=0.002$).

Conclusions: The MUCT offered no additional diagnostic benefit. On the other hand, sonographic examination had higher sensitivity for the diagnosis of CTS when applying several diagnostic criteria. Thus, US could be the screening test for diagnosing CTS prior to NCS with higher sensitivity than MUCT. However, further studies are needed to define the appropriate diagnostic criteria for US.

서론

손목굴증후군(carpal tunnel syndrome, CTS)은 정중신경의 지배를 받는 손 근육의 위약과 위축, 감각이상의 신경학적 증상이 나타나는 질환이며, 가장 흔한 포착신경병(entrapment neuropathy)이다.¹⁻³ 이는 정중신경이 손목의 가

로인대(transverse carpal ligament) 아래에서 압박되어 국소적으로 염증과 부종, 탈수초, 축돌기 소실, 섬유화 등의 병리적 변화를 동반한다.¹

CTS는 기본적으로 합당한 신경학적 증상과 징후, 통증 유발 방법인 Phalen 징후나 Tinel 징후 등의 소견 그리고 비슷한 증상을 유발할 수 있는 몸쪽정중신경병(proximal me-

Received: May 19, 2019 / Revised: June 26, 2020 / Accepted: July 13, 2020

Address for correspondence: Ohyun Kwon, MD, PhD
Department of Neurology, Nowon Eulji Medical Center, Eulji University, 68 Hangeulbiseok-ro, Nowon-gu, Seoul 01830, Korea
Tel: +82-2-970-8312, Fax: +82-2-970-8000, E-mail: koh1407@eulji.ac.kr

dian neuropathy), 목신경뿌리병(cervical radiculopathy) 등 다른 질환을 감별하여 임상적으로 진단한다. 신경전도 검사(nerve conduction study, NCS)는 정중신경의 말단잠복기(terminal latency, TL) 연장, 복합근육활동전위(compound muscle action potential, CMAP) 진폭 감소, 감각신경활동전위(sensory nerve action potential, SNAP) 진폭 감소, 감각신경전도속도(sensory nerve conduction velocity, sensory NCV) 감소가 전형적인 소견이다. 그러나 기본 NCS는 진단 민감도(sensitivity)가 50-70% 수준으로 만족스럽지 못하다.^{4,5} 이러한 단점을 보완하고, 민감도를 높이기 위하여 정중신경의 NCV나 TL을 척골신경이나 요골신경의 그것과 다양한 조합으로 한 비교 검사(comparison test)가 널리 시행된다.⁶ 여러 연구에서 비교 검사를 시행할 경우 진단적 민감도는 80-90%까지 개선되는 것으로 확인되어 왔다.^{5,7-10} 이런 전기생리학적 방법에 더해, 신경의 해부학적 구조를 직접 관찰하는 초음파 검사가 CTS의 진단에 적용될 수 있는 보완 검사로 최근 많이 강조되고 있다.^{11,12} Goldberg 등⁹은 CTS를 진단할 때 NCS에 앞서 선별 검사의 목적으로 초음파 검사 시행을 권고하고 있다. 이번 연구는 CTS에 합당한 손 저림을 보이는 환자군에서 일반적인 NCS와 비교 검사의 진단적 민감도를 비교하였으며, 신경생리학적 검사에 더해 초음파 검사의 진단적 유용성을 살펴보았다.

대상과 방법

1. 환자

2018년 1월부터 2019년 6월까지 노원을지대학교병원 신경과 외래로 손 저림을 주호소로 내원한 환자 중 CTS를 시사하는 95명에게 NCS를 시행하였다. 이들 중 다발신경병, 목신경뿌리병으로 확인된 11명은 제외하여 나머지 84명을 대상으로 분석하였다. 이들은 American Academy of Neurology (AAN)와 American Association of Neuromuscular and Electrodiagnostic Medicine (AANEM)의 CTS 임상진단 기준에서 I. History에 모두 부합한 증상이 있거나, I. History에 일부 부합하고 II. Physical examination에 부합하는 양성 소견(B-E)이 있는 환자들을 대상으로 하였다. AAN와 AANEM의 CTS 임상진단 기준은 Table 1에 정리하였다.¹³ 해당 환자들을 대상으로 성별, 나이, 신장, 증상 지속 기간, 당뇨, 고혈압, 간질환, 심장 질환, 뇌경색 등의 동반 질환 유무를 조사하였다. 또한 초음파 검사를 시행 받은 환자와 그렇지 않은 환자의 정보들에 대해서도 비교하였다.

2. 진단 방법

모든 검사는 각각 동일 검사자가 시행하였다. 기본 NCS와 비교 검사는 Viking EDX (Nicolet, Wisconsin, USA)를, 초음파 검사는 17 MHz 탐촉자가 장착된 Philips IU22 (Philips Diagnostic Ultrasound System and Transducers, Bothell, WA)를 사용하여 한 명의 숙련된 검사자가 검사를 진행하였다.

기본 NCS는 감각신경전도 검사는 정중신경, 척골신경, 요골신경에서, 운동신경전도 검사와 F파는 정중신경과 척골신경에서 시행하였다. 정중신경의 운동신경전도 검사는 기록은 활성 기록 전극(active recording electrode)의 경우 짧은 엄지엄지별림근(abductor pollicis brevis)의 근복(muscle belly)에, 기준 기록 전극(reference recording electrode)의 경우 첫 번째 손허리손가락관절(first metacarpal-phalangeal joint)에 두었으며, 자극은 근위부 5 cm 거리의 정중신경이 지나가는 손목에 진행하였다. 정중신경의 감각신경전도 검사는 기록은 운동신경전도 검사에서 자극을 진행하였던 부위에서 하였고, 자극은 검지의 요골 쪽에서 하였다. 척골신경의 운동신경전도 검사는 기록은 활성 기록 전극의 경우 새끼별림근(abductor digiti minimi)의 근복(muscle belly)에, 기준 기

Table 1. Clinical diagnostic criteria of CTS (modified from American Academy of Neurology, American Association of Electrodiagnostic Medicine, and American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation¹³)

I. History
A. Symptoms
1. Dull, aching discomfort in the hand, forearm, or upper arm
2. Paresthesia in the hand
3. Weakness or clumsiness of the hand
4. Dry skin, swelling, or color changes in the hand
5. Occurrence of any of these symptoms in the median distribution
B. Provocative factors
1. Sleep
2. Sustained hand or arm positions
3. Repetitive actions of the hand or wrist
C. Mitigating factors
1. Changes in hand posture
2. Shaking the hand
II. Physical examination
A. May be normal
B. Tinel's sign or Phalen's sign positive
C. Sensory loss in the median nerve distribution
D. Weakness or atrophy in the thenar muscles
E. Dry skin on thumb, index, and middle fingers

CTS, carpal tunnel syndrome.

록 전극의 경우 다섯 번째 손허리손가락관절(fifth metacarpal-phalangeal joint)에 두었으며, 자극은 근위부 5 cm 거리의 척골신경이 지나는 손목에 진행하였다. 척골신경의 감각신경전도 검사는 기록은 운동신경전도 검사에서 자극을 진행하였던 부위에서 하였고, 자극은 새끼손가락의 척골 쪽에서 하였다. 감각신경 검사의 경우 사람마다 손가락의 길이가 다르기에, 기준 기록 전극과 활성 기록 전극의 중간지점에서부터 자극부위 사이의 거리를 자로 측정하여 신경전도 속도 등을 계산하였다. 요골신경은 감각신경전도 검사만 하였으며, 기록은 첫 번째 손바닥뼈사이의 공간(first intermetacarpal space)에서 하였으며, 자극은 근위부 14 cm 상부에서 시행하였다. 운동신경전도 검사에서는 TL와 CMAP의 진폭을 측정하였으며, TL의 정상 상한치는 정중신경과 척골신경에서 각각 3.6 msec, 2.5 msec로 정하였으며, CMAP 진폭의 정상 하한치는 정중신경과 척골신경 모두 5.0 mV로 정하였다. 감각신경전도 검사는 SNAP의 진폭과 sensory NCV를 확인하였으며, SNAP의 진폭의 정상 하한치는 정중신경, 척골신경 그리고 요골신경에서 모두 10 μ V로, sensory NCV의 정상 하한치는 정중신경, 척골신경 그리고 요골신경에서 각각 41.3 m/sec, 39.3 m/sec, 44.3 m/sec로 정하였다.

비교 검사의 경우 다음 세 가지 검사로 진행하였다: 1) 손바닥에서의 정중신경과 척골신경의 운동신경 잠복기의 비교(difference between median and ulnar palmar latencies, PM-PU), 2) 4번째 손가락 자극에 따른 정중신경과 척골신경의 잠복기 비교(difference between median and ulnar latencies from digit 4 stimulation, D4M-D4U), 3) 두 번째 별

레근 및 뼈사이근의 잠복기 비교(difference between second lumbrical and interossei latency, 2L-INT). PM-PU는 손목의 정중신경과 척골신경에서 각각 기록하고, 각각의 기록 부위에서 8 cm 원위부의 손바닥에 자극하여 정중신경과 척골신경의 잠복기 차이를 비교하였다. 잠복기 차이의 정상 상한치는 0.4 ms로 하였다. D4M-D4U는 반지손가락의 손허리손가락관절에 활성 기록 전극을, 반지손가락의 원위 손가락뼈사이관절에 기준 기록 전극을 두어 기록하였으며, 자극은 손목의 정중신경과 척골신경에서 하여 두 신경 간의 잠복기 차이를 비교하였다. 잠복기 차이의 정상 상한치는 0.5 ms로 하였다. 2L-INT는 세 번째 손바닥뼈의 외측 원위부에 활성 기록 전극을, 검지의 원위 손가락뼈사이관절에 기준 기록 전극을 두어 기록하였으며, 자극은 D4M-D4U와 같이 손목의 정중신경과 척골신경에서 하여 두 신경간의 잠복기 차이를 비교하였다. 잠복기 차이의 정상 상한치는 0.5 ms로 하였다. 기본 NCS와 비교 검사는 Werner 등¹⁴이 제시한 기준에 따라 진단하였다. 일부의 환자에서는 손목의 초음파 검사를 추가로 시행하였다. 초음파 검사의 경우 수근관 입구의 정중신경 단면적을 caliper의 eclipse를 이용하여 단일 측정방식으로 측정하였다. 수근관 입구(carpal tunnel inlet)는 가로인대의 근위부 경계 지점을 기준으로 하였다. 정중신경 단면적의 경우 인종 차이를 고려하여 국내에 발표된 기존 보고를 참고하여 0.12 cm^2 를 정상 상한치 기준으로 설정하였다(Fig. 1).¹⁵ 또한 추가적으로 수근관 입구의 정중신경의 신경다발 모양의 소실(loss of neural fascicular appearance) 여부를 확인하였다. 이는 CTS 진단에 있어 정

Figure 1. Median nerve ultrasonography in patients who showed negative routine nerve conduction study and median-to-ulnar comparison test. (A) shows median nerve swelling (cross-sectional area 0.152 cm^2) with loss of neural fasciculation suggestive of carpal tunnel syndrome (CTS) (25 hands). (B) shows a normal median nerve (cross-sectional area 0.046 cm^2) with visible neural fasciculation negative for CTS (6 hands).

중신경의 신경다발 모양의 소실 여부가 민감도는 75.0%, 특이도는 90.6%로 높은 진단적 가치를 가지고 있다는 최근 보고에 따른 것이었다.¹⁶ 이에 따라 수근관 입구의 정중신경 단면적, 신경다발 모양의 소실 두 가지를 기준으로 각각 비정상인 경우와, 둘 중 하나가 비정상인 경우를 나누어 각각의 진단적 이익을 분석하였다. 또한, 수근관 입구의 정중신경 단면적의 정상 상한치에 따른 진단을 확인하기 위하여 정상 상한치 기준을 0.11 cm², 0.10 cm², 0.09 cm²로 설정하였을 때에도 다른 검사와의 진단을 차이를 비교하였다.

3. 통계

대상이 된 환자의 나이와 성별 분포, 키, 손의 좌우, 총 손의 개수, 각 손의 증상 지속기간, Tinel test 검사 시행 여부 및 양성 여부 등을 기초 자료로서 분석하였다. 범주형 변수의 경우 수(분율)로 표기하였으며, 연속형 변수의 경우 Kolmogorov-Smirnov test를 통하여 정규성 검정을 하였고, 정규분포를 따를 경우 평균(표준편차), 정규분포를 따르지 않을 경우 중앙값(사분위간 범위)으로 나타내었다. 초음파 검사를 시행 받은 환자와 그렇지 않은 환자의 비교는 범주형 변수의 경우 카이제곱 검정 또는 피서의 정확한 검정을 시행하였으며, 연속형 변수의 경우 정규분포를 따를 경우 *t* 검정, 정규분포를 따르지 않을 경우 Mann-Whitney 검정을 시행하였다. 기본 NCS와 비교 검사, 기본 NCS와 초음파 검사, 비교 검사와 초음파 검사의 CTS 진단을 차이를 비교하였으며, 비교 검사의 경우 PM-PU, D4M-D4U, 2L-INT 각각에 대해서도 기본 NCS와의 진단을 차이를 비교하였다. 초음파 검사는 단면적만을 이용하여 진단한 경우, 신경다발 모양의 소실 만을 이용하여 진단한 경우, 단면적과 신경다발 모양 소실 여부를 같이 이용하여 진단한 경우, 추가적으로 수근관 입구의 정중신경 단면적의 정상 상한치를 0.12 cm²가 아닌 0.11 cm², 0.10 cm², 0.09 cm²로 설정한 경우로 나누어 기본 NCS 및 비교 검사와의 진단을 차이를 비교하였다. 진단을 차이는 MacNemar's test를 이용하여 분석하였다. 통계 분석은 SPSS version 22.0 (IBM, Chicago, IL, USA)을 사용하여 진행하였다. *p*-value 0.05 미만인 경우를 통계적 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

결 과

1. 임상적 특성

최종적으로 연구 대상자에 포함된 84명의 환자 중 남성

의 비율은 31.0%였으며, 163개의 손에 대하여 분석이 진행되었다. 83개의 손이 우측 손(50.9%)이었으며, 평균 신장은 161.9 cm로 확인되었다. 증상 지속기간은 중위수로 4개월이었으며, 비교 검사는 81개의 손, 초음파 검사는 31개의 손에서 진행하였다. 기타 임상적인 특성은 Table 2에 정리하였다.

초음파 검사를 시행 받은 환자에서 발생할 수 있는 선택 편향 여부를 확인하기 위하여 기본 정보들을 비교하여 Table 2에 정리하였다. 전체 84명의 환자 중 초음파 검사는 16명, 총 31개의 손에서 시행되었다. 수근관 입구에서의 정중신경 단면적의 평균은 0.122 cm²로 확인되었으며, 정중신경의 신경다발 모양의 소실은 31개의 손 중 23개의 손에서 확인되었다. 초음파 검사를 시행 받지 않은 환자의 평균 연령은 56.9세, 시행 받은 환자의 평균연령은 44.8세로 통계적

Table 2. Baseline characteristics

Patients with hand paresthesia typical to CTS	
Total patient number	84
Male	26 (31.0)
Total hands	163
Right hands	83 (50.9)
Age (years)	54.6 (±12.9)
Height (cm)	161.9 (±7.3)
Comorbidity	
Diabetes mellitus	13 (15.5)
Hypertension	22 (26.2)
Cerebral infarction	2 (2.4)
Heart failure	1 (1.2)
Chronic liver disease	1 (1.2)
Coronary artery disease	4 (4.8)
Hypothyroidism	7 (8.3)
Cancer	2 (2.4)
Thyroid cancer	2 (2.4)
Symptom duration (months)	4 (1.25-12.0)
Tinel test positive	79/109 (72.5)
Routin NCS positive (hands)	85 (52.1)
Abnormal MUCT (hands)	11/81 (13.6)
Abnormal PM-PU	10/81 (12.3)
Abnormal D4M-D4U	10/81 (12.3)
Abnormal 2L-INT	7/81 (8.6)
Sonography positive for CTS (hands)	25/31 (80.6)
Median nerve surface area (cm ²)	0.122 (±0.039)

Values are presented as mean±standard deviation or number (%) or median (interquartile range).

CTS, carpal tunnel syndrome; NCS, nerve conduction study; MUCT, median-to-ulnar comparison test; PM-PU, difference between median and ulnar mixed latencies after palmar stimulation; D4M-D4U, difference between median and ulnar sensory latency after stimulation of the fourth digit; 2L-INT, difference between median and ulnar motor latency recorded from second lumbrical and interossei.

으로 유의하게 초음파 검사를 시행 받은 환자의 연령이 낮은 것으로 확인되었다. 그러나 그 외에 다른 변수, 특히 선택 편향 여부를 알 수 있는 기본 NCS 검사 양성 여부와 비교 검사 양성 여부를 확인하였을 때에는 양측 군에서 통계적으로 유의한 차이는 확인되지 않았다.

2. 정중-척골신경 비교 검사와 기본 신경 근전도 검사의 비교(Table 3)

84명 환자의 총 163개의 손에 대하여 기본 NCS를 시행하였다. 기본 NCS에서 CTS가 명확하게 의심되지 않는 81개

의 손에 대하여 비교 검사를 시행하였다. 비교 검사는 기본 NCS와 비교하였을 때 민감도에서 차이가 없었다($p=0.727$). 정상 기본 NCS인데 비교 검사에서는 CTS에 부합하는 소견을 보인 경우는 3개의 손뿐이었으며, 비교 검사를 구성하고 있는 각개 검사에서도 차이는 없었다. 다만, 2L-INT의 경우, 기본 NCS에서는 음성으로 확인되었으나, 2L-INT에서는 CTS 양성으로 확인된 손은 없었고, 오히려 기본 NCS 검사에서는 CTS 양성으로 확인되었으나 2L-INT에서는 확인되지 않은 손이 6개로, 전체의 6.4%에 해당되었다. 이러한 차이는 통계적으로 유의하게 확인되었다($p=0.031$).

Table 3. Comparison between MUCT and routine NCS

Variable		Routine NCS			p-value
		Abnormal	Normal	Sum	
MUCT	Abnormal	8 (9.9)	3 (3.7)	11 (13.6)	0.727
	Normal	5 (6.2)	65 (80.2)	70 (86.4)	
	Sum	13 (16.0)	68 (84.0)	81	
PM-PU	Abnormal	8 (9.9)	2 (2.5)	10 (12.3)	0.453
	Normal	5 (6.2)	66 (81.5)	71 (87.7)	
	Sum	13 (16.0)	68 (84.0)	81	
D4M-D4U	Abnormal	8 (9.9)	2 (2.5)	10 (12.3)	0.453
	Normal	5 (6.2)	66 (81.5)	71 (87.7)	
	Sum	13 (16.0)	68 (84.0)	81	
2L-INT	Abnormal	7 (8.6)	0	7 (8.6)	0.031
	Normal	6 (7.4)	68 (84.0)	74 (91.4)	
	Sum	13 (16.0)	68 (84.0)	81	

Values are presented as number (%).

MUCT, median-to-ulnar comparison test; NCS, nerve conduction study; PM-PU, difference between median and ulnar mixed latencies after palmar stimulation; D4M-D4U, difference between median and ulnar sensory latency after stimulation of the fourth digit; 2L-INT, difference between median and ulnar motor latency recorded from second lumbrical and interossei.

Table 4. Comparison between US and routine NCS

Variable		Routine NCS			p-value
		Abnormal	Normal	Sum	
MN CSA >0.12 cm ²	Abnormal	12 (38.7)	0 (0.0)	12 (38.7)	0.250
	Normal	3 (9.7)	16 (51.6)	19 (61.3)	
MN CSA >0.11 cm ²	Abnormal	13 (41.9)	4 (12.9)	17 (54.8)	0.687
	Normal	2 (6.5)	12 (38.7)	14 (45.2)	
MN CSA >0.10 cm ²	Abnormal	14 (45.2)	10 (32.3)	24 (77.4)	0.005
	Normal	1 (3.2)	6 (19.4)	7 (22.6)	
MN CSA >0.09 cm ²	Abnormal	15 (48.4)	12 (38.7)	27 (87.1)	<0.001
	Normal	0 (0.0)	4 (12.9)	4 (12.9)	
Neural fasciculation	Abnormal	13 (41.9)	10 (32.3)	23 (74.2)	0.016
	Normal	2 (6.5)	6 (19.4)	8 (25.8)	
MN CSA >0.12 cm ² or neural fasciculation loss	Abnormal	13 (41.9)	10 (32.3)	23 (74.2)	0.016
	Normal	2 (6.5)	6 (19.4)	8 (25.8)	
Sum		15 (48.4)	16 (51.6)	31	

Values are presented as number (%).

US, ultrasonography; NCS, nerve conduction study; MN CSA, median nerve cross-sectional area at carpal tunnel inlet.

3. 초음파 검사와 기본 신경 근전도 검사의 비교(Table 4)

초음파 검사의 경우, 수근관 입구에서 정중신경 단면적 정상 상한치를 0.12 cm^2 로 설정하였을 때 비정상적으로 나온 경우는 12개의 손(38.7%)이었으며, 기본 NCS와 비교하였을 때 진단율의 차이를 보이지 않았다($p=0.250$). 정중신경 단면적 상한치를 0.10 cm^2 로 둘 경우 25개의 손(80.6%)에서 비정상적으로 확인되었으며, 이 경우 기본 NCS보다 통계적으로 유의하게 높은 진단율을 보이는 것으로 확인되었다($p=0.003$). 정중신경의 신경다발 모양 소실 여부를 기준으로 삼을 경우 기본 NCS보다 더 높은 진단율을 보였다($p=0.016$). 수근관 입구의 정중신경 단면적이 0.12 cm^2 보다 넓은 환자들은 모두 정중신경 신경다발 모양의 소실이 관찰되어 신경다발 모양 소실 여부만 보았을 때와 진단율에 있어 차이를 보이지 못하였다.

4. 정중-척골신경 비교 검사와 초음파 검사의 비교(Table 5)

비교 검사와 초음파 검사를 동시에 시행한 경우는 총 14손이었다. 수근관 입구에서 정중신경 단면적 정상 상한치를 0.12 cm^2 로 설정하였을 때 비정상적으로 나온 경우는 없어 두 검사 간 진단율을 비교할 수 없었다. 정중신경 단면적 상한치를 0.11 cm^2 로 둘 경우 5개의 손(35.7%)에서 비정상적으로 확인되었다. 이 경우 비교 검사와의 유의한 진단율 차이는 보이지 않았으나($p=0.063$), 비교 검사에서 비정상적으로 확인

된 경우는 1개의 손(7.1%)뿐으로 초음파 검사의 진단율이 더 높게 확인되었다. 그러나 정중신경 단면적 상한치를 0.10 cm^2 로 둘 경우 11개의 손(78.6%)에서 비정상적으로 확인되어 비교 검사보다 통계적으로 유의하게 높은 진단율을 보였다($p=0.001$). 정중신경의 신경다발 모양 소실 여부를 기준으로 삼을 경우 또한 비교 검사보다 더 높은 진단율을 보였다($p=0.016$).

고 찰

본 연구는 CTS의 진단에 있어 기본 NCS, 비교 검사, 초음파 검사의 진단율 차이를 비교하였다. 본 연구에서 기본 NCS와 비교 검사의 진단율은 기존 연구에 비하여 낮았다.^{5,7,17-19} 본 연구의 경우 손 저림이 있지만, 신경학적 결손을 동반하지 않는 경미한 수준의 CTS가 상당수를 차지한 결과인 것으로 판단한다. 게다가 기본 NCS보다 나은 비교 검사의 진단적 민감도를 보고한 기존 연구와 달리, 유의미한 진단율 차이는 보이지 않았다.⁵ 오히려 비교 검사 중에서 2L-INT는 기본 NCS보다 진단율이 낮은 것으로 확인되었다. 나머지 검사들의 경우에도, 기본 NCS와 같이 시행하였을 시 추가적으로 진단적 이익을 얻을 수 있었던 경우는 2개의 손(2.5%)에 불과하였다. 2L-INT의 경우, 기존 연구에서도 PM-PU, D4M-D4U와 비교하였을 때 상대적으로 민감도가 저조한 검사로 알려져 있다.^{5,7,17}

초음파 검사의 경우 진단 기준에 따라 다른 검사와의 민감도 차이가 판이하였다. 수근관 입구의 정중신경 단면적만을 기준으로 삼았을 경우, 단면적의 상한치 기준이 0.12 cm^2

Table 5. Comparison between US and MUCT

Variable		MUCT			p-value
		Abnormal	Normal	Sum	
MN CSA >0.12 cm^2	Abnormal	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0.250
	Normal	1 (7.1)	13 (92.9)	14 (100.0)	
MN CSA >0.11 cm^2	Abnormal	1 (7.1)	3 (21.4)	4 (28.6)	0.002
	Normal	0 (0.0)	10 (71.4)	10 (71.4)	
MN CSA >0.10 cm^2	Abnormal	1 (7.1)	9 (64.3)	10 (71.4)	<0.001
	Normal	0 (0.0)	4 (28.6)	4 (28.6)	
MN CSA >0.09 cm^2	Abnormal	1 (7.1)	11 (78.6)	12 (85.7)	0.016
	Normal	0 (0.0)	2 (14.3)	2 (14.3)	
Neural fasciculation	Abnormal	1 (7.1)	7 (50.0)	8 (57.1)	0.016
	Normal	0 (0.0)	6 (42.9)	6 (42.9)	
MN CSA >0.12 cm^2 or neural fasciculation loss	Abnormal	1 (7.1)	7 (50.0)	8 (57.1)	0.016
	Normal	0 (0.0)	6 (42.9)	6 (42.9)	
Sum		1 (7.1)	13 (92.9)	14	

Values are presented as number (%).

US, ultrasonography; MUCT, median-to-ulnar comparison test; MN CSA, median nerve cross-sectional area at carpal tunnel inlet.

일 경우 다른 검사와의 우위가 확인되지 않았으나, 단면적의 상한치 기준을 0.10 cm^2 로 설정하였을 때에는 다른 검사보다 민감도가 높은 것으로 확인되었다. 또한 수근관 입구에서 정중신경 신경다발 모양의 소실 여부를 기준으로 삼을 경우 다른 검사보다 민감도가 높은 것으로 확인되었다.

초음파 검사는 정중신경의 단면적을 수근관 입구, 수근관 출구, 수근관 입구 직전, 수근관 출구 직후 등 다양한 위치에서 측정하며, 정중신경의 단면적 외에도 정중신경의 평평한 정도(flattening ratio), 굽힘근지지띠의 휨 정도(retinacular bowing), 정중신경의 신경다발 모양의 소실 여부, 정중신경 내 혈관분포 (intraneural vascularity) 등을 평가하여 진단한다.^{9,16} 단면적의 정상치 상한선은 0.09 cm^2 에서 0.14 cm^2 사이로 다양한 편이며, 국내 조사에서는 수근관 입구에서 정중신경 단면적의 정상치 상한선을 0.12 cm^2 로 둘 것을 권고한 바 있다.^{11,12,15,16,18-20} 기존 보고에서는 수근관 입구에서 정중신경 단면적 상한치를 0.13 cm^2 로 둘 경우 민감도와 특이도가 각각 48%, 77%, 0.12 cm^2 로 둘 경우 민감도와 특이도가 각각 56%, 63%, 0.8 cm^2 로 둘 경우 민감도와 특이도가 각각 96%, 6%로 0.12 cm^2 를 기준으로 둘 경우 가장 민감도와 특이도가 높은 것으로 확인되었다.²⁰ 그러나 CTS에 진단된 환자들 중 Bland 등이 나눈 분류에서 등급 1에 해당되는 초기 CTS 환자들의 수근관 입구에서 정중신경 단면적 평균이 0.10 cm^2 였다는 기존 보고를 참고할 때, 수근관 입구에서 정중신경 단면적 상한치를 0.12 cm^2 로 둘 경우 초기 CTS 환자의 진단에 어려움이 있을 수 있다.²¹ 이러한 단점을 보완하기 위하여 정중신경의 단면적 뿐만 아니라 다른 인자들을 같이 고려하는 것이 도움이 될 수 있다. 본 연구에서도 신경다발 모양의 소실 여부를 확인하는 것이 정중신경 단면적 상한치를 0.12 cm^2 로 두고 수근관 입구에서 정중신경 단면적을 확인한 경우보다 높은 진단율을 보여주고 있었다.

간단히 말해, 본 연구에서는 CTS의 진단에 있어서 비교 검사는 기본 NCS와 별다른 차이가 없었으며, 초음파 검사는 진단 기준에 따라 결과가 상이하였으나, 신경다발 모양 소실 여부는 기본 NCS와 비교 검사보다 더 높은 민감도를 보여주었다. 이 차이의 이유를 살펴보면, 우선 CTS의 중증도에 따라 각 검사법의 민감도가 다를 수 있다. 본 연구에서는 경미한 수준의 CTS가 많이 포함되었기 때문에 초음파 검사가 경미한 CTS에서 진단적 강점을 가질 수 있음을 시사한다. 혹은, 본 연구의 CTS의 중간 유병기간이 4개월에 불과하여, 같은 정도의 CTS라 하더라도, 초음파 검사가 NCS에 비해 조기에 이상을 감지한다는 가설을 세울 수 있다. CTS의 시간적 경과에 따른 해부학적 혹은 전기생리학

적 추이를 살펴본 연구는 거의 없어, 향후 추가 연구가 필요하다.

유의할 점으로, 비교 검사는 다발신경병과 CTS의 감별 혹은 다발신경병에 동반하는 CTS 진단에 고유의 진단적 가치를 가지고 있다. 본 연구는 CTS의 증상을 주호소로 하는 환자를 대상으로 하였으므로, 다발신경병이 병발된 경우의 비교 검사의 효용성은 여전히 높다 할 수 있다.

본 연구는 몇 가지 한계점을 지니고 있다. 첫째로, 모든 환자를 대상으로 비교 검사와 초음파 검사가 시행되지 않았다. 이는 본 연구가 실제 환경(real-world setting)을 반영하였다는 강점도 있으나, 선택 편향이 결과에 영향을 미쳤을 가능성도 있다. 비교 검사의 경우 기본 NCS에서 결과가 명확하지 않게 나왔을 때에만 시행되었으므로, 진단율이 저평가되었을 가능성이 높다. 그러나 본 연구는 비교 검사와 초음파 검사가 NCS와 같이 시행되었을 때의 진단적 이익을 본 연구로서, NCS에서 결과가 명확하게 나온 경우는 비교 검사를 같이 시행하여 추가로 얻을 진단적 이익은 떨어짐을 고려할 때, 진단적 이익의 차이를 살펴본 본 연구 결과에 영향은 적을 것으로 판단한다. 둘째로, 확진을 위한 검사 기준이 없었다. 기존에는 기본 NCS 결과를 다른 검사와 비교를 위한 진단 기준으로 두었으나, 본 연구에서는 기본 NCS의 진단율도 비교하는 것이 목적이었기에, 임상 증상을 기준으로 삼았다. 추후 연구에서는 병리소견과 같은 확진 검사를 기준으로 두어 비교하는 것이 민감도와 특이도 비교에 도움이 될 것이다. 마지막으로, 이중맹검으로 연구가 시행되지 않아 검사자가 임상가의 의심 진단을 어느 정도 알고 있는 상태에서 검사가 진행되었다. 특히 신경 다발 모양 소실 여부와 같이 명확한 기준이 없는 경우에는 연구자 편향이 결과에 영향을 미쳤을 가능성을 배제하기 어렵다.

결론적으로, 비교 검사의 경우 기본 NCS에 추가로 시행하였을 때의 진단적 이익은 명확하지 않았으며, 초음파 검사의 경우 기본 NCS와 함께 시행하였을 때 다양한 진단 기준 중에서 일부 진단 기준의 경우 진단적 이익을 보였다. 그러나 초음파 검사의 경우, 진단 기준에 따라 결과가 판이하므로, 정확한 진단 기준 확립을 위한 추가적인 연구가 반드시 필요하다. 이에 따라 진단 영역의 확대를 위하여 기본 NCS와 함께 비교 검사 대신 선별 목적으로 초음파 검사를 먼저 시행하는 것이 폭넓은 CTS의 진단에 도움이 될 것으로 보인다. 비교 검사의 경우, 진단적 민감도를 높이는 역할은 떨어지되, 다발신경병 환자에서 CTS의 합병 여부를 판단하는 것에 진단적 의의를 둘 수 있겠다. 향후 전향적 연구를 통해 보다 확증적으로 판정할 수 있기를 기대한다.

REFERENCES

1. Werner RA, Andary M. Carpal tunnel syndrome: pathophysiology and clinical neurophysiology. *Clin Neurophysiol* 2002;113:1373-1381.
2. Atroshi I, Gummesson C, Johnsson R, Ornstein E, Ranstam J, Rosén I. Prevalence of carpal tunnel syndrome in a general population. *JAMA* 1999;282:153-158.
3. Roh YH, Chung MS, Baek GH, Lee YH, Rhee SH, Gong HS. Incidence of clinically diagnosed and surgically treated carpal tunnel syndrome in Korea. *J Hand Surg Am* 2010;35:1410-1417.
4. Jablcki CK, Andary MT, So YT, Wilkins DE, Williams FH. Literature review of the usefulness of nerve conduction studies and electromyography for the evaluation of patients with carpal tunnel syndrome. AAEM Quality Assurance Committee. *Muscle Nerve* 1993;16:1392-1414.
5. Goh KJ, Tan CB, Yeow YK, Tjia H. Electrodiagnosis of carpal tunnel syndrome - A comparison of the sensitivities of the various nerve conduction tests. *Neuro J Southeast Asia* 1999;4:37-43.
6. Alanazy MH. Clinical and electrophysiological evaluation of carpal tunnel syndrome: approach and pitfalls. *Neurosciences (Riyadh)* 2017;22:169-180.
7. Uncini A, Di Muzio 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.
8. Atroshi I, Gummesson C, Johnsson R, Ornstein E. Diagnostic properties of nerve conduction tests in population-based carpal tunnel syndrome. *BMC Musculoskelet Disord* 2003;4:9.
9. Goldberg G, Zeckser JM, Mummaneni R, Tucker JD. Electrosonodiagnosis in carpal tunnel syndrome: a proposed diagnostic algorithm based on an analytic literature review. *PM R* 2016;8:463-474.
10. Bland JD. A neurophysiological grading scale for carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 2000;23:1280-1283.
11. Wong SM, Griffith JF, Hui AC, Lo SK, Fu M, Wong KS. Carpal tunnel syndrome: diagnostic usefulness of sonography. *Radiology* 2004;232:93-99.
12. Wong SM, Griffith JF, Hui AC, Tang A, Wong KS. Discriminatory sonographic criteria for the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Arthritis Rheum* 2002;46:1914-1921.
13. Practice parameter for electrodiagnostic studies in carpal tunnel syndrome (summary statement). American Academy of Neurology, American Association of Electrodiagnostic Medicine, and American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation. *Neurology* 1993;43:2404-2405.
14. Werner RA, Andary M. Electrodiagnostic evaluation of carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 2011;44:597-607.
15. Seok JI, Lee SB, Bae CB. Ultrasonographic findings of the normal nerves in common entrapment site; cross-sectional area reference value and normal variant. *J Korean Neurol Assoc* 2015;33:8-12.
16. Ng AWH, Griffith JF, Lee RKL, Tse WL, Wong CWY, Ho PC. Ultrasound carpal tunnel syndrome: additional criteria for diagnosis. *Clin Radiol* 2018;73:214.e11-214.e18.
17. Chang MH, Wei SJ, Chiang HL, Wang HM, Hsieh PF, Huang SY. Comparison of motor conduction techniques in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Neurology* 2002;58:1603-1607.
18. Fowler JR, Munsch M, Tosti R, Hagberg WC, Imbriglia JE. Comparison of ultrasound and electrodiagnostic testing for diagnosis of carpal tunnel syndrome: study using a validated clinical tool as the reference standard. *J Bone Joint Surg Am* 2014;96:e148.
19. Kwon BC, Jung KI, Baek GH. Comparison of sonography and electrodiagnostic testing in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Am* 2008;33:65-71.
20. Cartwright MS, Walker FO, Blocker JN, Schulz MR, Arcury TA, Grzywacz JG, et al. Ultrasound for carpal tunnel syndrome screening in manual laborers. *Muscle Nerve* 2013;48:127-131.
21. Bang M, Kim JM, Kim HS. The usefulness of ultrasonography to diagnose the early stage of carpal tunnel syndrome in proximal to the carpal tunnel inlet: a prospective study. *Medicine (Baltimore)* 2019;98:e16039.