

경도와 초경도 수근관 증후군 환자의 초음파 검사 소견

대구가톨릭대학교 의과대학 재활의학교실, ¹계명대학교 의과대학 재활의학교실, ²신경과학교실, ³성형외과학교실

박기영 · 배정호¹ · 이소영¹ · 오정섭¹ · 임정근² · 손대구³

Ultrasonographic Findings of Mild and Very Mild Carpal Tunnel Syndrome

Gi-young Park, M.D., Jung-ho Bae, M.D.¹, So-young Lee, M.D.¹, Jeong-seob Oh, M.D.¹, Jeong Geun Lim, M.D.² and Dae-Gu Son, M.D.³

Department of Rehabilitation Medicine, Catholic University of Daegu School of Medicine, Departments of ¹Rehabilitation Medicine, ²Neurology, ³Plastic Surgery, Keimyung University School of Medicine

Objective: To assess the clinical usefulness of ultrasonography for the diagnosis of mild and very mild carpal tunnel syndrome.

Method: Ultrasonographic evaluation was performed in 39 hands of 29 patients with mild and very mild carpal tunnel syndrome according to Bland's neurophysiologic grading scale. Controls included 41 hands of 34 subjects without electrophysiologic evidence of carpal tunnel syndrome. Ultrasonographic findings were evaluated quantitatively with regard to the cross-sectional area, the flattening ratio, the swelling ratio of the median nerve, and palmar displacement of the flexor retinaculum. The analysis of differences between controls and patients group were done by independent t-test. Cut-off values using receiver operation characteristic, were

calculated.

Results: Patients had significantly increased cross sectional area and flattening ratio of the median nerve at proximal carpal area, palmar displacement of the flexor retinaculum at proximal carpal area. A critical value of equal or higher to 8.5 mm² for cross-sectional area at the pisiform level showed a sensitivity 79.5%, a specificity of 95.1%, which had most diagnostic value compared with the value of cross-sectional area at the distal radius level, flattening ratio at the pisiform level and palmar displacement.

Conclusion: Ultrasonography was useful in the diagnosis of mild and very mild carpal tunnel syndrome. (J Korean Acad Rehab Med 2008; 32: 67-72)

Key Words: Carpal tunnel syndrome, Ultrasonography, Median nerve

서 론

수근관 증후군은 상지에서 발생하는 가장 흔한 포착성 말초신경병증으로 손 저림, 통증, 감각 이상 및 약력 약화 등의 증상을 나타낸다.^{1,2} 진단을 위해 병력 청취, 이학적 검사, 수지그림포(hand diagram) 및 전기진단검사 등이 사용되어 왔으며, 자기공명영상 검사나 초음파 검사와 같은 영상학적 진단 방법도 함께 사용되고 있다. 전기진단검사는 임상적 증상, 이학적 검사와 함께 수근관 증후군을 진단하는 가장 정확한 진단 방법으로 제시되어 왔으나, 검사 때 통증이 있고, 침습적이며, 접근성이 떨어지는 단점들이 있어 최근 영상학적 진단방법에 대한 관심이 증가되고 있다.

초음파 검사는 초음파 기기와 고 주파수 변환기(transdu-

cer)의 지속적인 발전으로 신경 내 해부학적 구조 뿐 아니라 신경 주위 구조들의 질병들을 영상화할 수 있어 포착성 말초신경병증 진단에 유용성이 보고되고 있다.³ 특히 수근관 증후군 진단에 있어 연부조직 병변의 해부학적인 변화 관찰에 유용하고, 자기공명영상 검사에 비해 접근성과 경제성이 우수하며, 동적 영상을 통해 다른 주위 구조물과의 구분이 용이하여 신경 압박의 원인을 진단할 수 있다는 추가적인 장점들을 가지고 있다.^{4,5} Bushberger⁶는 고해상도 초음파 검사가 정중신경의 압박을 영상학적으로 진단하는 적절한 방법이 될 수 있다고 주장하였고, 국내 일부 연구들에서 초음파 검사를 통한 수근관 증후군의 진단적 유용성이 보고되었다. 초음파 검사는 수근관 증후군의 진단을 위해 정중신경의 단면적과 둔마율(flattening ratio), 근위 수근관 굵힘근 지지띠의 손목측 전위 및 근위 수근관 정중신경 단면적을 원위 요척관절 부위의 정중신경 단면적으로 나눈 팽윤율(swelling ratio) 등의 기준들을 사용하고 있다.^{4,7-10} 또한 효율적인 진단을 위해 기존의 연구들에서 각 측정치의 다양한 임계값(cut off value)이 제시되었는데, Duncan 등¹¹은 정중 신경의 단면적이 9 mm² 이상일 때, Chen 등¹²은 둔마

접수일: 2007년 7월 4일, 게재승인일: 2007년 10월 23일

교신저자: 배정호, 대구시 중구 달성로 216

☎ 700-712, 동산의료원 재활의학과

Tel: 053-250-7947, Fax: 053-250-7268

E-mail: re@dsmc.or.kr

율이 3 이상일 때 수근관 증후군으로 진단할 수 있다고 주장하였다. 그러나 기존의 초음파 연구들은 대부분 중등도 이상의 수근관 증후군 환자를 대상으로 하였다. 경증의 수근관 증후군 환자만을 대상으로 초음파 검사의 유용성을 조사한 연구는 아직 보고되지 않았으며, 기존의 측정치 임계값들을 경도와 초경도 수근관 증후군 환자에 적용할 경우 그 임상적 의의를 예측하기 어려울 것으로 생각된다. 따라서 본 연구는 수근관 증후군 환자들 중 Bland의 신경생리등급¹³(Bland's neurophysiologic grading scale) (Appendix)을 사용하여 전기진단검사에서 초경도와 경도의 신경생리등급으로 진단된 환자들을 대상으로 초음파 검사를 실시한 후 각 초음파 측정치를 정상 대조군 값과 비교하고, 통계학적 방법을 통해 본 연구의 측정치를 이용한 임계값을 정하여 임상 적용에 기준을 제시하고 초음파 검사의 진단학적 가치를 확인하고자 하였다.

연구대상 및 방법

1) 연구대상

2003년 3월부터 2006년 8월까지 손저림증, 통증, 이상감각 및 악력 약화 등의 수근관 증후군 증상으로 재활의학과 외래를 방문한 환자들을 대상으로 병력 청취와 이학적 검사를 시행한 후 전기진단 검사에서 신경생리등급 1단계인 초경도와 2단계인 경도를 보인 수근관 증후군 환자 29명, 39례를 대상으로 하였다. 정상대조군은 수근관 증후군의 임상증상이 없고, 당뇨, 말초신경병증 및 외상 등의 병력이 없으며, 전기진단검사에서 이상소견이 없는 34명, 41례를 대상으로 하였다. 성별과 연령은 환자군에서 여자 27명, 남자 2명, 평균 나이 52세(28~78), 대조군에서 여자 32명, 남자 2명, 평균 나이 49세(28~62)였다.

2) 연구방법

전기진단검사는 Synergy[®] (Medelec, Oldworking, UK) 기기를 사용하였고, 온도는 검사 당시 실내 온도 25~28도를 유지하였다. 정중운동 신경전도검사에서는 원위 기시잡시가 4.5 ms 미만을 보이는 경우 경도와 초경도 수근관증후군 진단을 위한 추가적인 전기진단검사를 시행하였다. 두 번째 손가락의 근위부에 고리 전극을 사용하여 근위부에 활동전극, 원위부에 참고전극을 부착한 후 활동전극에서 14 cm 근위부에 기록전극을 부착하여 순행적 방법으로 자극하여 정중감각 신경전도속도를 구하였다. 정중 신경전도속도가 40 m/s 미만일 경우 경도의 수근관 증후군으로 진단하였으며, 40 m/s 이상인 경우 추가적 검사를 시행하였다. 네 번째 손가락의 근위부에 고리 전극을 사용하여 근위부에 활동전극, 원위부에 참고전극을 부착한 후 전과 동일한 순행적 감각신경전도 검사를 실시하였을 때 쌍봉성(double peak) 소견이 관찰되고, 두 번째 손가락에서 순행적 방법으로 전기

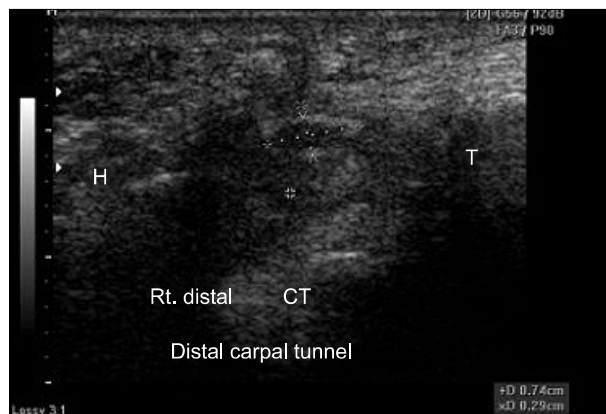


Fig. 1. Flattening ratio (transverse diameter/anteroposterior diameter) was obtained from distal carpal tunnel area. Distal level of the carpal tunnel delimited by the hook of the hamate (H) and the tubercle of the trapezium (T).

자극 후 8 cm 근위부에서 기록한 정중신경의 기시잡시와 다섯 번째 손가락에서 순행적 방법으로 자극 후 8 cm 근위부에서 기록한 척골신경의 기시잡시의 차이가 0.3 ms 이상일 경우 초경도의 수근관 증후군으로 진단하였다.

초음파 검사는 SonoAce 9900[®] (Medison, Hongcheon, Korea)의 5~12 MHz의 변환기를 사용하여 재활의학과 전문의가 측정하였다. 음파선 각형성(angulation)은 신경의 저에코를 나타내는 인공음영인 비등방성(anisotropy)을 발생할 수 있으므로 검사 중 초음파선이 정중 신경에 직각이 되게 유지하였다. 또한 검사 중 변환기로 피부 표면을 압박할 때 나타나는 인위적 정중신경 변형이 발생하지 않도록 주의하였다. 손목위치는 초음파 검사 때 정중신경의 모양이 손목 위치에 따라 변화할 수 있으므로 중립 위치를 유지하였다.

초음파 측정은 우선 종적 스캔에서 수근관내 정중신경을 확인한 후 원위 요척관절, 두상골(pisiform)과 주상골 결절(scaphoid tuberosity)을 기준으로 한 근위 수근관과 유구골(hamate)과 대능혈골(trapezium)을 기준으로 한 원위 수근관에서 각각 횡적 스캔을 시행하였다. 정중신경의 전후와 횡적 지름을 세 부위에서 측정한 후 정중신경의 장축인 횡적 지름을 단축인 전후 지름으로 나눈 둔마율(flattening)(Fig. 1), 연속 경계 추적을 이용하여 측정한 정중신경 단면적(cross-sectional area)(Fig. 2), 근위 수근관의 정중신경 단면적을 원위 요척 관절의 단면적으로 나눈 종창비(swelling ratio) 및 근위 수근관에서 두상골과 주상골의 결절을 직선으로 이은 선과 굽힘근 지지띠 간의 거리를 측정한 굽힘근 지지띠의 손목측 전위(Fig. 3)를 구하였다.

통계학적 분석은 SPSS 12.0 통계 프로그램을 이용하여 대조군과 수근관 증후군 환자군에서 구한 각 부위의 정중신경 단면적과 둔마율, 근위 수근관 굽힘근 지지띠 손목측 전위 및 팽윤율의 평균값을 independent samples t-test를 이

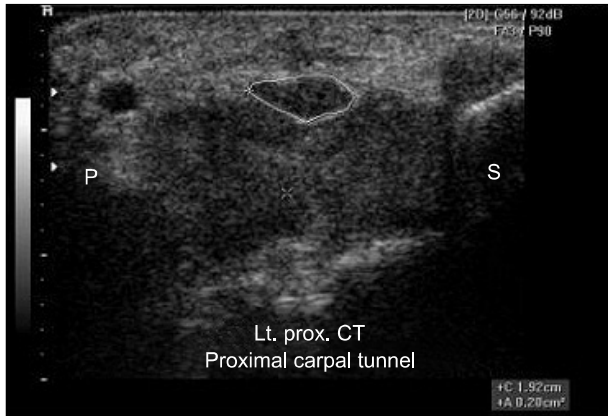


Fig. 2. Cross sectional area was obtained from proximal carpal tunnel area. Proximal level of the carpal tunnel delimited by pisiform (P) and scaphoid bone (S).

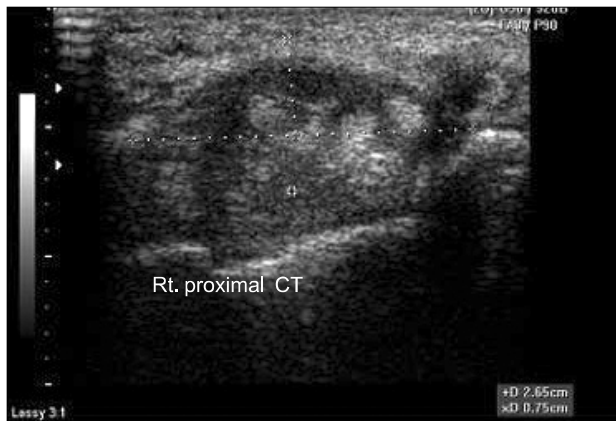


Fig. 3. Palmar displacement of flexor retinaculum was obtained from pisiform level.

용하여 비교하였고, p값이 0.05보다 낮을 때 통계적 유의성을 결정하였다. 또한 receiver operating characteristics (ROC) 곡선을 이용하여 각 임계값을 구한 후 각 측정치의 민감도와 특이도를 측정하였다.

결 과

정중신경 단면적의 평균값은 원위 요척관절에서 환자군 9.89 mm², 정상 대조군 7.05 mm², 근위 수근관에서 환자군 10.51 mm², 정상 대조군 7.61 mm², 원위 수근관에서 환자군 9.23 mm², 정상 대조군 7.39 mm²로 세 부위 모두 환자군에서 정상 대조군에 비해 유의하게 컸다.

정중신경 두마울의 평균값은 원위 요척 관절에서 환자군 2.86, 정상 대조군 1.99, 원위 수근관에서 환자군 2.86, 정상 대조군 2.15로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 근위 수근관에서 환자군 2.94로 정상 대조군 2.11에 비해 유의하게 컸다.

Table 1. Comparison of Cross Sectional Area, Flattening Ratio, Swelling Ratio and Palmar Displacement

Location		CTS	Control
Cross Sectional Area	Distal radius	9.89±0.20*	7.05±0.86
	Proximal carpal tunnel	10.51±0.22*	7.61±0.86
	Distal carpal tunnel	9.23±0.22*	7.39±0.80
Flattening Ratio	Distal radius	2.86±0.63	1.99±0.71
	Proximal carpal tunnel	2.94±0.84*	2.11±0.49
	Distal carpal tunnel	2.86±0.69	2.15±0.47
Swelling ratio		1.06±0.11	1.09±0.14
Palmar displacement		4.29±0.12*	3.32±0.07

Values are mean±standard deviation.

CTS: Carpal tunnel syndrome

*p<0.05

Table 2. Diagnostic Properties of Significant Clinical Tests for Carpal Tunnel Syndrome: Cross Sectional Area, Flattening Ratio, Palmar Displacement

Test	Value	Sensitivity	Specificity
Cross sectional area	≥7.5	94.9	73.2
- Distal radius	≥8.5*	76.9	97.6
	≥9.5	51.3	97.6
Cross sectional area	≥7.5	94.9	41.5
- Proximal carpal tunnel	≥8.5*	79.5	95.1
	≥9.5	66.7	97.6
Flattening ratio	≥2.17	89.7	68.3
- Proximal carpal tunnel	≥2.20*	89.7	73.2
	≥2.24	87.2	73.2
Palmar displacement	≥3.65	82.1	73.2
of flexor retinaculum	≥3.75*	82.1	82.9
	≥3.85	74.4	82.9

*Cut-off is highest sensitivity value+specificity value.

정중신경 팽윤율은 환자군 1.06로, 정상 대조군 1.09로 두 군 간에 유의한 차이가 없었으나, 굽힘근 지지띠의 손목측 전위의 평균값은 환자군 4.29 mm로 정상 대조군 3.32 mm에 비해 유의하게 컸다(Table 1).

ROC 곡선에서 민감도와 특이도가 가장 높은 측정치는 근위 수근관의 정중신경 단면적이었고, 원위 요척관절의 정중신경 단면적, 굽힘근 지지띠의 손목측 전위, 근위 수근관 정중신경 두마울 순이었다. 수근관 증후군 진단의 각 측정치 임계값으로 근위수근관의 정중신경 단면적은 8.5 mm²로 정하였을 때 각각 수근관 증후군 진단의 민감도와 특이도는 79.5%, 95.1%, 원위요척관절의 정중신경 단면적 8.5 mm² 이상은 76.9%, 97.6%, 굽힘근 지지띠의 손목측 전위 3.75 mm 이상은 82.1%, 82.9%, 그리고 근위 수근관 정중신경 두

마을 2.20 이상은 89.7%, 73.2%였다(Table 2).

고 찰

수근관 증후군의 진단을 위해 병력 청취, 이학적 검사 및 전기진단학적 검사 등이 널리 사용되고 있다.¹⁴ 병력 청취 때 환자의 기본적인 증상과 기간, 감각 이상과 통증의 양상 분포, 환자의 나이, 성별, 외상의 개인력, 양측성 증상, 다른 말초신경포착과 전신질환 동반 유무 등이 중요하다. 이학적 검사는 악력의 변화, 손 근육 위축, Tinel 징후, Phalen 검사, Flick 징후, 수부거상검사(hand elevation test) 및 정중신경 압박검사 등이 사용되며, 수부거상검사가 가장 높은 민감도(88%)와 특이도(98%)를 가진 것으로 알려져 있다.¹⁵ 또한 환자 스스로 통증의 종류와 분포를 기록하는 수지그림표(hand diagram)는 수근관 증후군의 진단에 있어 80%의 민감도와 90%의 특이도를 보여 임상적 의의를 인정받고 있다.¹⁶ 전기진단학적 검사는 수근관 증후군의 확진을 위해 가장 널리 사용되는 검사방법으로 수근관 증후군의 심각도를 측정할 뿐 아니라 신경생리학적 유형을 분류하여 치료 계획을 수립하는데 큰 도움을 준다.^{17,18}

과거 많은 연구들은 두 가지 접근방식을 통해 수근관 증후군의 정확한 진단을 위해 노력하였다. 첫째, Bland¹³는 기존의 전기진단검사를 보완하여 감각신경의 이상조건만 보이는 경증의 환자군들도 수근관 증후군으로 진단하여 새로운 신경생리적등급을 제시하였다. 기존 신경전도검사는 수근관 내 정중신경 기능의 50%만 반영하므로 C 섬유나 교감신경섬유 기능은 반영하지 못하는 단점을 가지고 있어 위음성률이 10~20% 존재하는 것으로 보고되었다.^{6,7,14,19} 둘째, 기존의 이학적 검사와 전기진단검사를 통해 진단이 불충분한 경우 영상학적인 검사가 보조적으로 시도되었다. Buchberger⁶는 단순방사선촬영과 컴퓨터단층촬영은 골절, 부정렬(malalignment) 및 석회화 등의 수근관 병변을 진단하는데 유용하고, 자기공명 영상검사는 수근관내 연부조직의 해부학적 구조를 잘 나타내어 수근관 증후군의 진단과 수술적 치료에 많은 도움을 줄 수 있다고 주장하였다. 초음파 검사 역시 수근관내 연부조직의 해부학적 구조를 잘 관찰할 수 있고, 고해상도 초음파 검사는 자기공명영상검사와 비교할 때 정중신경의 단면적과 둔마율 측정에서 높은 상관관계를 나타내었다.⁶ 초음파 검사의 장점은 양측을 비교할 수 있고, 접근성이 좋고, 검사 때 통증이 없고, 검사 비용이 저렴하고, 동적 영상을 얻을 수 있어 수근관증후군 진단에 유용하게 사용되고 있다.^{14,19,20}

정중신경 단면적은 과거 많은 초음파 연구에서 정상군과 환자군을 구분하는 중요한 측정치로 사용되어 왔다.^{6,9,10,13,21} 경증의 환자만을 대상으로 시행한 본 연구에서도 원위 요척관절, 근위 수근관 및 원위 수근관 세 부위 모두에서 환자군의 정중신경 단면적이 정상군에 비해 유의하게 크게 나

타났다. 정중신경 단면적의 임계값은 수근관 증후군 진단에 있어 각 연구에 따라 다양하게 결정되었는데, Sarria 등²¹은 11 mm² (민감도 73%, 특이도 57%)로, Yesildag 등¹⁴은 10.5 mm² (민감도 89%, 특이도 94%)로, Wong 등¹⁰은 9.8 mm² (민감도 89%, 특이도 83%)로 정하여 다양한 진단적 결과를 보고하였다. 특히 Yesildag 등¹⁴은 각각의 진단학적 기준의 민감도와 특이도를 비교함으로써 다른 진단학적 기준에 비해 정중신경 단면적의 측정이 수근관 증후군 감별진단에 더욱 유용하다고 기술하였다. 본 연구에서 근위수근관의 정중신경 단면적의 임계값을 8.5 mm²로 정하였을 때 민감도 79.5%와 특이도 95.1%를 나타내어 다른 측정치들의 진단학적 가치에 비해 감별진단에 가장 유용한 것으로 나타났다. 또한 경도와 초경도의 수근관 증후군 환자들만을 대상으로 하였으므로 임계값이 중등도 이상의 수근관 증후군 환자를 대상으로 한 기존 연구들보다 낮게 결정되었다.

정중신경 둔마율 역시 수근관 증후군 진단에 있어 중요한 측정치로 사용되었다.^{6,9,10,13,21} 둔마율은 원위 요척관절, 근위 수근관, 및 원위 수근관에서 측정할 수 있다. Buchberger 등⁸은 수근관 원위부로 갈수록 정중신경 압박이 더욱 심하게 나타나므로 둔마율이 가장 의미있게 나타나는 부위는 원위 수근관이라고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 정상군과 환자군의 둔마율은 근위 수근관에서만 유의하게 차이가 있었다. 이는 원위 수근관이 가장 심부에 위치한 구조물이기 때문에 다른 부위에 비해 둔마율 측정이 어려워 측정 신뢰도에 문제가 있을 수 있고, 경도의 수근관 증후군 환자는 중등도 이상의 수근관 증후군 환자에서 나타나는 해부병리학적 양상에 있어 차이가 있을 수 있으리라 생각한다. 즉 경도의 수근관 증후군 환자에서 근위 수근관이 원위 수근관에 비해 먼저 정중신경 압박에 의한 신경 부종이 발생할 수 있기 때문이다. 둔마율의 임계값 설정에 있어 Chen 등¹²은 3.0으로 할 때 유의한 결과를 얻을 수 있었고, 최 등⁴은 3.3을 기준값으로 제시하였다. 그러나 Duncan 등¹¹은 둔마율 3.3을 기준 값으로 할 때 민감도 38%와 특이도 75%를 나타내어 진단적 가치가 낮다고 보고하였고, Yesildag 등¹⁴은 둔마율이 과거 문헌 고찰에서 다양한 값을 나타내며 낮은 예측도(predictive value)를 가져 진단적 기준으로 적절하지 않다고 주장하였다. 본 연구에서는 근위 수근관의 정중신경 둔마율 임계값을 2.2로 결정하였을 때 민감도는 89.7%, 특이도는 73.2%를 나타내어 경도와 초경도 수근관 증후군 환자의 선별검사에 유용할 것으로 생각한다.

원위 수근관 굽힘근 지지며 전위도 수근관 증후군 진단에 있어 진단적 가치가 있는 측정치로 보고되었다.^{6,9,10,13,21} 특히 Buchberger 등⁸은 원위 수근관 굽힘근 지지며의 손목측 전위를 가장 의미 있는 측정치로 제시하였다. 그러나 최 등⁴은 원위 수근관 굽힘근 지지며의 손목측 전위 측정에 있어 수근관 굽힘근 지지며의 초음파 관찰이 용이하지 않아 진단적 가치가 낮다고 주장하였다. 본 연구에서 원위수근

관이 근위 수근관에 비해 초음파 검사가 용이하지 않아 측정치의 신뢰도에 문제가 발생할 것으로 생각되어 상대적으로 측정이 용이한 근위 수근관의 굽힘근 지지띠 전위를 측정하였다. 근위 수근관 굽힘근 지지띠 전위는 환자군에서 정상 대조군에 비해 유의하게 크게 나타났다. 또한 임계값을 3.75 mm로 결정하였을 때 비교적 높은 민감도(82.1%)와 특이도(82.9%)를 나타내어 기존의 측정치와 더불어 경도의 수근관 증후군 진단에 사용할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 수근관 증후군 환자에서 근위 수근관 굽힘근 지지띠 전위에 대한 기존 연구가 없어 향후 이에 대한 추가 연구가 필요할 것이다.

본 연구의 제한점은 우선 각 측정치들의 임계값 결정에 있어 측정범위가 소수점 아래까지 측정이 불가능하여 측정값이나 임계값 설정에 영향을 주었을 것으로 생각한다. 또한 경도 및 초경도의 환자군만을 대상으로 하여 중등도 이상의 환자군 결과와 비교하지 못하였다. 그러므로 향후 좀 더 정밀한 측정이 가능한 방법을 이용하고, 경도, 중등도 혹은 중증의 환자군을 따로 비교 분석하여 결과를 보완하는 추가 연구가 필요할 것으로 생각한다.

결 론

전기진단학적 검사에서 신경생리적 등급 경도와 초경도로 진단된 수근관 증후군 환자 29명(39례)과 정상 대조군 34명(41례)을 대상으로 각 초음파 측정치를 비교하고, 각 측정치의 진단적 가치를 조사하였다. 수근관 증후군 환자의 원위 요척관절, 근위 수근관 및 원위 수근관의 정중 신경 단면적, 원위 수근관 정중 신경 둔마율, 및 근위 수근관 굽힘근 지지띠 손목 측 전위가 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 증가되어 있었다. 또한 초음파를 통한 경도와 초경도 수근관 증후군의 진단에 있어 민감도는 근위 수근관의 정중신경 둔마율 임계값을 2.2로 결정하였을 때 89.7%로 가장 높았고, 특이도는 원위 요척관절의 정중신경 단면적 임계값을 8.5 mm²로 정할 때 97.6%로 가장 높았다. 그러나, 근위수근관의 정중신경 단면적 임계값 8.5 mm²을 기준으로 한 측정이 비교적 높은 민감도(79.5%)와 높은 특이도(95.1%)를 나타내어 향후 경도와 초경도 수근관 증후군 환자의 진단에 있어 가장 적합한 초음파 측정치로 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) Cho YS, Lee SH, Kwon HK, Lee HJ. Reappraisal of nerve conduction studies in carpal tunnel syndrome. J Korean Acad Rehab Med 1998; 22: 861-865
- 2) Kim CH, Park CY, Byun SD, Lee YS, Kim PT. Postoperative clinical and neurophysiological follow up study of very severe and extremely severe carpal tunnel syndrome. J Kor Ass
- 3) Park GY, Kim JM, Lee SM. The Ultrasonographic and electrodiagnostic findings of ulnar neuropathy at the elbow. Arch Phys Med Rehabil 2004; 85: 1000-1005
- 4) Choi WK, Kang YK, Kim YH, Park EM. Diagnosis of carpal tunnel syndrome by diagnostic ultrasound. J Korean Acad Rehab Med 2001; 25: 134-139
- 5) Kim MS, Yoon SY, Lee SO, Lee YG. The abnormal ultrasonographic findings of carpal tunnel in carpal tunnel syndrome. J Korean Acad Rehab Med 2003; 27: 735-739
- 6) Buchberger W. Radiologic imaging of the carpal tunnel. Eur J Radiol 1997; 25: 112-117
- 7) Shivde AJ, Dreizin I, Fisher MA. The carpal tunnel syndrome; a clinical-electrodiagnostic analysis. Electromyogr Clin Neurophysiol 1981; 21: 143-153
- 8) Buchberger W, Schon G, Strasser K, Jungwirth W. High-resolution ultrasonography of the carpal tunnel. J Ultrasound Med 1991; 10: 531-537
- 9) Nakamichi K, Tachibana S. Ultrasonographic measurement of median nerve cross-sectional area in idiopathic carpal tunnel syndrome: diagnostic accuracy. Muscle Nerve 2002; 26: 798-803
- 10) 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
- 11) Duncan I, Sullivan P, Lomas F. Sonography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. Am J Roentgenol 1999; 173: 681-684
- 12) Chen P, Makland N, Redwine M, Zelitt D. Dynamic high resolution sonography of the carpal tunnel syndrome. Am J Roentgenol 1997; 168: 533-537
- 13) Bland JD. A neurophysiological grading scale for carpal tunnel syndrome. Muscle Nerve 2000; 23: 1280-1283
- 14) Yesildag A, Kutluhan S, Sengul N, Koyuncuoglu HR, Oyar O, Guler K, Gulsoy UK. The role of ultrasonographic measurements of the median nerve in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. Clin Radiol 2004; 59: 910-915
- 15) Amirfeyz R, Gozzard C, Leslie JJ. Hand elevation test for assessment of carpal tunnel syndrome. J Hand Surg [Br] 2005; 30: 361-364
- 16) Katz JN, Stirrat CR. A self-administered hand diagram for the diagnosis of carpal tunnel syndrome. J Hand Surg 1990; 15: 360-363
- 17) Hwang MR, Kwon HK, Lee HJ. The relationship between clinical and electrodiagnostic findings in carpal tunnel syndrome. J Korean Acad Rehab Med 1999; 23: 974-979
- 18) Yoon JS, Kim WS. Ultrasonographic findings of median nerve change according to the wrist position. J Korean Acad Rehab Med 2004; 28: 337-342
- 19) Lee CH, Kim TK, Yoon ES, Dhong ES. Correlation of high-resolution ultrasonographic findings with the clinical symptoms and electrodiagnostic data in carpal tunnel syn-

- drome. Ann Plast Surg 2005; 54: 20-23
- 20) Altinok T, Baysal O, Karakas HM, Sigirci A, Alkan A, Kayhan A, Yologlu S. Ultrasonographic assessment of mild and moderate idiopathic carpal tunnel syndrome. Clin Radiol 2004; 59: 916-925
- 21) Sarria L, Cabada T, Cozcolluela R, Martinez-Berganza T, Garcia S. Carpal tunnel syndrome: usefulness of sonography. Eur Radiol 2000; 10: 1920-1925

Appendix

Bland's Neurophysiologic Grading Scale

Grade 0 (normal): No neurophysiological abnormalities

Grade 1 (very mild): Only in two sensitive tests (eg, inching, palm/wrist median/ulnar comparison, ring finger "double peak")

Grade 2 (mild): Orthodromic sensory conduction velocity from index finger to wrist < 40 m/s with motor terminal latency from wrist to abductor pollicis brevis (APB) < 4.5 ms

Grade 3 (moderately severe): Motor terminal latency > 4.5 ms and < 6.5 ms with preserved index finger sensory nerve action potential (SNAP)

Grade 4 (severe): Motor terminal latency > 4.5 ms and < 6.5 ms with absent SNAP

Grade 5 (very severe): Motor terminal latency > 6.5

Grade 6 (extremely severe): Surface motor potential from APB < 0.2 mV, peak to peak