

손목터널증후군의 초음파 소견

고려대학교 의과대학 재활의학교실

윤 준 식

Sonographic Features of the Carpal Tunnel Syndrome

Joon Shik Yoon, MD, PhD

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Korea University College of Medicine, Seoul, Korea

ABSTRACT

Carpal tunnel syndrome (CTS) is a most common nerve entrapment. The electrodiagnostic studies are reliable tools of confirming the diagnosis, but it also has the limitations on the sensitivity and specificity for CTS diagnosis. During the few years, high resolution ultrasound has emerged as a useful tool for the diagnosis of peripheral nerve disorders. This article reviews the recent article about the ultrasound fundamental technology, finding of normal peripheral nerve, and carpal tunnel syndrome.

(J Pain Auton Disord 2013;2:72-76)

KEYWORDS

Carpal tunnel syndrome, Ultrasound, Median nerve

서론

1. 초음파의 기본 물리

초음파란 인간의 가청영역(16-20,000 Hz) 이상의 음파로 본질적으로는 가청범위의 음파와 같지만 주파수가 크고 파장이 짧으며 상당히 강한 진동을 얻을 수 있어 보통 음파에서는 볼 수 없는 성질을 보인다.

초음파 영상은 반사된 음파에 의해 발생하는 반사 영상이며, 반사는 매질과 매질, 조직과 조직 사이의 경계면에서 만들어진다. 반사가 일어나는 경계면을 음향계면(acoustic interface)이라 하면, 음향계면의 크기와 표면의 상태에 따라 음파가 반사되는 방식이 다르다. 또한 초음파 영상은 신체 내에서

반사되는 신호를 기계가 포착하고 시간과 거리를 환산하여 영상화하는 것이다. 이때의 반사된 신호는 초음파 음속이 서로 상이한 음향저항을 가진 조직에서 조직으로 들어갈 때 생긴다. 연조직 내에서 소리의 속도는 일정하므로 음향저항에 영향을 끼치는 것은 조직의 밀도이다. 서로 밀도가 다른 조직이 맞대고 있을 때는 언제나 음향계면이 생길 수 있고, 계면에서 반사되는 소리의 양은 두 조직간의 음향저항의 차이에 의해서 결정된다. 음향저항의 차가 작으면 적은 양의 소리가 반사되고, 차가 크면 대부분의 소리가 반사된다.¹ 아래의 표에서 보이는 음향저항은 그 조직의 밀도와 그 조직내의 음파의 속도를 곱한 값으로 그 물질의 근본적 특성이며, 주파수와는 무관하다(Table 1).

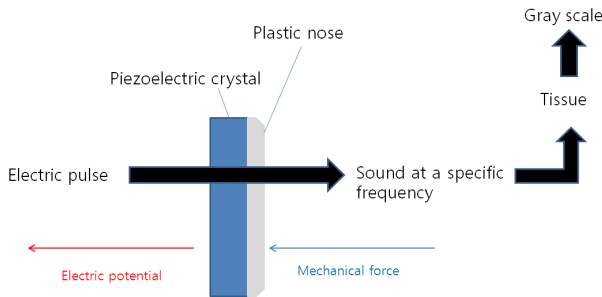
Received: December 1, 2013 / Revised: December 6, 2013 / Accepted: December 6, 2012

Address for correspondence: Joon Shik Yoon, MD, PhD

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Korea University Guro Hospital, 148, Gurodong-ro, Guro-gu, Seoul 152-703, Korea
Tel: +82-2-2626-1500, Fax: +82-2-2626-1513, E-mail: rehab46@korea.ac.kr

Table 1. Acoustic impedance of various materials

Material	Acoustic Impedance (rayls)
Air	0.0004×10^6
Fat	1.38×10^6
Water	1.54×10^6
Blood	1.61×10^6
Muscle	1.70×10^6
Cortical bone	7.8×10^6

**Figure 1.** Process of visualization in ultrasound image.

초음파의 입사각이 감소할 수록 반사도가 증가하며, 물체에 수직으로 입사할 때 반사도가 가장 적다. 또한 입사각에 따라 반사각이 달라진다. 즉, 입사각이 감소할수록 탐촉자에 감지되지 않는 반사파가 많아진다. 특히 원형의 경계를 가진 구조물을 검사할 때 입사각에 유의해야 한다.

2. 초음파 장비

실시간 초음파 영상장치는 탐촉자, 영상표시장치(monitor), 기록장치 및 키보드로 구성되어 있으며 본체와 이것에 연결되어 있다. 탐촉자가 초음파를 생성하여 인체 내부로 보낸 다음 되돌아오는 초음파가 다시 탐촉자를 때리게 되면 이 초음파 에너지는 전기 에너지로 바뀌고 이 전기 에너지가 영상화된다(Fig. 1).

다시 자세히 강조하면 탐촉자의 구성체 중 가장 중요한 것은 압전결정(piezoelectric crystal)으로 탐촉자의 표면 부근에 위치한 약 0.5 mm 두께의 얇은 판으로 구성되어 있다. 전원이 연결되면 탐촉자는 송신기로부터 전달된 전기에너지를 초음파로 바꾸어 인체로 보내고, 인체로부터 돌아온 초음파가 탐촉자의 압전결정을 압축시키면 전압이 발생하게 된다. 이 전기신호를 영상으로 만드는 것이 초음파 영상이다.²

본 론

1. 일반적인 말초신경 초음파 소견

탐촉자는 흔히 세로(axial)와 가로(longitudinal)로 스캔하여 사용한다. 우선 탐촉자를 세로로 하면 원형이나 타원형으로 보이며, 고 에코의 신경상막(epineurium)은 원형의 고리 형태로 보이고 내부는 축삭을 시사하는 저 에코의 바탕에 신경주막(perineurium)의 고 에코가 뿌려져 있는 형태로 관찰된다. 가로 스캔시는 고 에코의 다발성(fascicular) 패턴을 보인다고 정의한다. 이는 말초신경의 신경상막(epineurium)이 고 에코이고, 주위의 신경주막(perineurium)은 고 에코가 되며, 패턴 내부의 축삭은 저 에코로 보여 이러한 구조로 보인다.³

초음파 탐촉자를 이동할 경우 신경 주위 구조물에 따라 모양이 다르게 보이기도 한다. 원위부는 힘줄(tendon)이나 수근관(carpal tunnel) 같은 밀착된 조직이 더 많아서 이에 영향을 받기 때문에 타원형으로 보이며, 근위부에서의 횡단면은 더욱 원형으로 보이는데 이는 근위부는 근육이 더 많기 때문이다.⁴ 또한 임상에서 말초신경과 힘줄을 구분하기가 어려운 경우도 있다. 이는 수근관의 관찰에서 세로 스캔을 할 경우 힘줄이 말초신경과 같은 타원형 또는 둥글게 보이며 힘줄에 직각으로 스캔되지 않는 많은 경우에 힘줄의 내부가 저 에코로 보이는 비등방성이 흔하기 때문이다. 이 경우 해결책은 손목을 굴곡과 신전을 시켜보면 힘줄은 움직임이 많은 반면에 신경은 움직임이 적은 것을 관찰할 수 있어 신경을 구분할 수 있다.

2. 정중신경의 정상 초음파 소견

정중신경은 말초신경 초음파 분야에서 가장 광범위 하게 연구되고 있는 신경으로 수근관부터 시작하여 손목과 전완, 팔꿈치, 상완부까지 종단면과 횡단면으로 신경을 관찰할 수 있다. 정중 신경을 관찰하기 위해서 우선 피검자의 자세는 앉은 상태로 팔꿈치를 90-100도 굴곡, 어깨는 중립적인 자세를 취하고, 탐촉자를 말단 손목 주름(distal wrist crease)에 위치한 후 두상골 부위(pisiform level)에서 수근관을 찾는다. 팔목에서는 정중 신경은 약간 타원형으로 관찰되며, 상부의 장근 힘줄(palmaris longus tendon)과 하부의 천지굴근 힘줄

(flexor digitorum superficialis tendon) 사이에 있고 힘줄에 비해 저 에코로 관찰된다. 힘줄과 구분하는 구별점은 힘줄은 내부가 미세한 점들의 고 에코를 보이면서 신경에 비해 둥글게 보이며 신경에 비해 운동성이 많고 비등방성(anisotropy)이 더 잘 보인다. 정중 신경은 수근관에서 바깥쪽으로는 요측 수근굴근(flexor carpi radialis), 수근관 안쪽으로는 장무지굴근(flexor pollicis longus)이 있고 신경 하부에는 천지굴근 힘줄(flexor digitorum superficialis tendon)이 있고 척골방향 안쪽으로는 척골 동맥(ulnar artery)이 관찰된다. 신경의 바로 위에는 수근관이 둥근 지붕모양으로 보이게 된다(Fig. 2).

탐촉자를 근위부로 위치시키면 정중신경의 모양은 근육의 위치에 영향을 받아 더욱 원형이나 삼각형으로 변하고 심지굴근(flexor digitorum profundus)과 천지굴근(flexor digitorum superficialis) 사이에 놓이게 된다. 정주와(Antecubital fossa)에

서는 정중 신경이 원회내근(pronator teres)의 두 개의 두부사이로 주행하면서, 원회내근과 상완근 (brachialis muscle) 사이의 상완 동맥(brachial artery)과 함께 주행하게 된다. 상완골(Humerus) 위치에서도 상완 동맥(brachial artery)과 함께 주행하게 되고, 신경의 작은 다발(fascicle)들의 밀도가 감소된 양상(loose summation)으로 보이게 된다(Fig. 3).⁵

3. 손목터널 증후군의 초음파 소견

수근관 증후군 환자에서는 대표적으로 단면적이 증가하고 저에코를 보이는 비정상적인 정중 신경 소견을 관찰할 수 있다(Fig. 4). 손목에서 가장 단면적이 큰 곳을 측정하는 방법도 많이 제시하나, 재현성 있는 측정법은 갈고리뼈(hamate)나 두상골(pisiform) 부위에서 정중 신경의 단면적(cross sectional



Figure 2. Axial (A) and longitudinal (B) sonograms of the carpal tunnel at the level of the wrist.

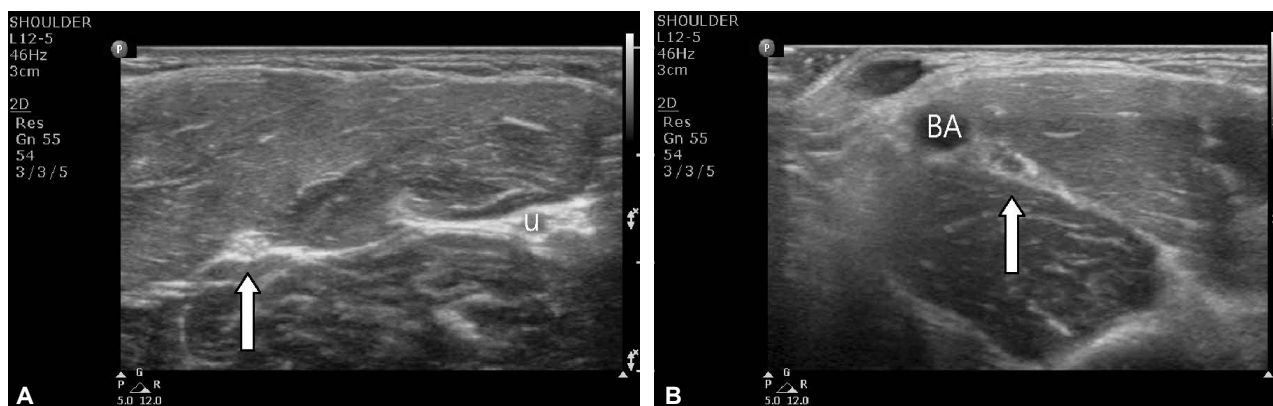


Figure 3. (A) Shows median nerve (arrow) and ulnar artery (U) at the mid-forearm level. (B) Shows median nerve (arrow) courses with brachial artery (BA) at the antecubital fossa level.

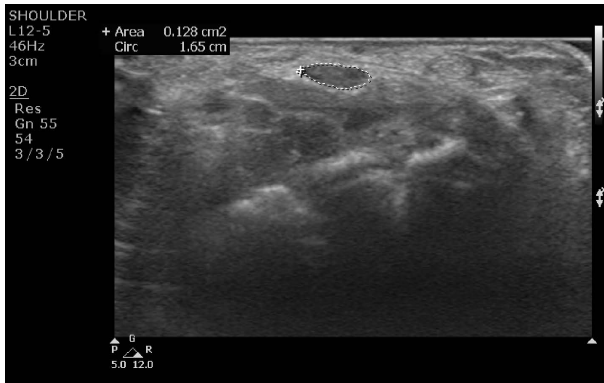


Figure 4. Sonographic findings of the carpal tunnel syndrome at the scaphoid-pisiform level. Median nerve is typically swollen, and cross-sectional area is more than 10 mm^2 (cross sectional area: 12.8 mm^2).

area)의 측정에서 면적이 정상에 비해 증가한다는 소견이 대개 표준화되어 있지는 않지만 위 부위에서 단면적이 0.10 cm^2 이상이면 수근관 증후군의 진단적 가치가 있다고 한다.⁶ 이러한 단면적의 증가는 정맥의 체류와 축삭형질의 흐름(axoplasmic flow) 변화, 신경상막(epineurium), 신경주막(perineurium)의 두께 증가와 관계가 있다.⁷

수근관 증후군 환자 초음파 소견을 자세히 보면 실제로 수근관 바로 아래에서도 압박(entrapment)에 의해 좁아지지 않으며 실제로는 수근관 안이나 바로 수근관의 양쪽에서 오히려 단면적이 증가하며 수근관의 근위부가 가장 단면적이 증가하고 있다. 전완부로 갈수록 정상 단면적으로 되는 소견을 보이므로, 가장 부어있는 부위와 전완 부위의 단면적의 비율(wrist-forearm ratio, WFR)로 수근관 증후군의 진단에 도움이 될 수 있으며, WFR (wrist-forearm ratio)가 1.4 이상일 경우 100%의 민감도(sensitivity)를 보인다.⁸

최근 meta-analysis에 의하면 cut off value가 14 mm^2 일 경우 특이도(specificity)가 96.5%로 가장 높았고, 8 mm^2 일 경우 민감도가 94.3%로 가장 높았으며, 종합적으로 cut off value를 9 mm^2 로 할 경우 가장 진단의 정확도가 높은 것으로 나타났다.⁹

이외에 다른 초음파 소견으로는 정중신경의 에코 음영의 감소, 수근관의 굽어짐(bowing), 신경의 장축과 단축의 평편비(flattening ratio), 부어있는 신경 내부의 저 에코음영 등이 있다.⁶

임상적으로 증상이 있지만 근전도 검사에서 정상소견을

보이는 환자에서 시행한 초음파 소견에 대한 연구에 따르면, 정상군과 근전도에서 이상을 보인 수근관 증후군 환자의 단면적 차이를 살펴보면 완관절에서 측정했을 때, 정상군은 $10.0 \pm 2.3 \text{ mm}^2$, 수근관 증후군 환자의 경우 $14.3 \pm 4.1 \text{ mm}^2$ 로 유의하게 차이가 있었고, 전완부에서 측정했을 때, 정상군은 $9.8 \pm 2.4 \text{ mm}^2$, 수근관 증후군에서는 $6.9 \pm 1.6 \text{ mm}^2$ 의 차이를 보였다. 또한, WFR 값도 정상군에서는 1.0 ± 0.1 을 보이는데 반해, 수근관 증후군 환자는 2.1 ± 0.5 를 보여 전완부와 완관절에서 단면적 값의 비율도 의미가 있다고 생각된다. 수근관 증후군 환자 중 근전도 이상이 있는 군과 없는 군 사이의 비교에서도 근전도 이상이 동반된 그룹을 보면 근전도 검사 이상 소견군의 정중신경 단면적이 $14.0 \pm 3.6 \text{ mm}^2$, 근전도 검사 정상소견군이 $11.0 \pm 2.3 \text{ mm}^2$ 으로 유의하게 큰 것으로 나타나, 정중신경의 단면적이 유의하게 큰 것으로 나타났다.¹⁰

손목터널 증후군의 중증도와 초음파 소견의 관계에 대한 연구들에 의하면, 심한 CTS 군에서 정중신경의 위축이 오는 병태생리학적 소견에 반해 초음파에서는 정중신경의 단면적이 증가한 것으로 나타났고,¹¹ 신경전도 검사 소견이 심할수록 초음파에서 단면적의 증가가 심해지는 경향을 보인다.^{12,13}

손목터널 증후군의 수술 후 변화에 대한 추적검사로 초음파의 유용성에 대한 연구에 따르면, 수술 후 정중신경 단면적의 변화는 평균적으로 약 14 mm^2 의 감소를 보였고, 이에 반하여 보존적 치료를 한 그룹에서는 단면적의 유의한 변화를 보이지 않았다.¹⁴ 또 다른 연구에 따르면, 완관절과 전완부의 단면적 비율이 수술 후 단면적 변화의 평가에 통계적으로 유의한 의미가 있는 것으로 보고되었다.¹⁵

당뇨 환자에서 수근관 증후군이 동반되는 경우가 많은데, 이러한 경우 초음파 검사가 수근관 증후군의 진단에 유의할 점은 수근관 증후군이 있으면 당뇨의 유무와 관계없이 정상군에 비하여 정중신경의 단면적이 증가된다. 정상군의 단면적이 12.0 ± 2.9 , 수근관 증후군 환자는 15.4 ± 3.8 , 당뇨가 동반된 수근관 증후군은 15.4 ± 4.8 로 정상군에 비해, 수근관 증후군의 환자는 유의하게 커진 정중신경 단면적을 보인다. 수근관 증후군 환자에서 당뇨가 동반된 환자와 동반되지 않은 환자간의 차이는 없었다. 따라서, 당뇨가 있는 환자에서도 수근관 증후군이 있을 경우 정중신경의 단면적이 증가되며, 이는 당뇨병환자에서 신경 압박부위(entrapment)에서 신경의 단면적이 증가하는 경향을 보이는 것을 시사한다.¹⁶

수근관 증후군 환자에서 초음파 검사의 진단적 가치에 대하여는 여러 연구가 진행되었지만, 정확한 기준을 정하지는 못하였다. 수근관 증후군의 진단은 대부분 환자의 증상 및 증후와 근전도 검사를 통하여 이루어지며, 초음파 검사만으로는 근전도 검사를 대체할 정도의 진단적 가치를 지니지는 않는다. 하지만, 근전도 검사의 민감도와 특이도가 각각 80.2%, 78.7%인 반면, 초음파 검사를 같이 시행한 경우 민감도와 특이도가 각각 77.6%, 86.8%로 초음파 검사를 동반할 경우 진단의 특이도를 더 높일 수 있다.¹⁷ 당노가 동반된 수근관 증후군 환자의 경우에는 기본적으로 말초신경병증에 의한 신경의 부종이 동반되어 있기 때문에 이차적 압박에 의한 신경 단면적의 증가를 평가하는데 제한이 있으므로 초음파 검사보다 근전도 검사가 더 좋은 진단적 가치를 지닌다.¹³

수근관 증후군의 치료에 있어서 수술치료 외에 주사치료의 효과가 입증되면서, 주사치료시 초음파가 유용하게 사용되고 있다. 기존의 초음파를 이용하지 않는 주사 방법에 비하여 초음파 유도하 주사의 경우 보다 더 빠른 효과를 나타내며,¹⁸ 척골측을 통한 초음파 유도하 주사가 수근관의 transverse image를 잘 보여주고, in-plane approach시 주사 바늘의 진행방향을 보기 쉬우며, 이를 통해 주변 혈관 등의 위험 구조물을 피하여 안전하고 정확하게 접근할 수 있는 방법이다.¹⁹

결론

수근관 증후군은 흔하게 접할 수 있는 질환으로, 손저림을 호소하는 환자에서 주요 원인이 되는 질환 중 하나이다. 자세한 병력 청취 및 이학적 검사, 근전도 검사 뿐만 아니라, 초음파를 통한 정중신경의 단면적 증가 소견 및 echogenicity의 변화를 확인하여 보다 정확한 진단을 내릴 수 있다. 또한, 수근관 증후군의 치료 중의 하나인 스테로이드 국소주사를 시행할 때 정확도를 높이고, 위험 구조물을 피하여 안전하게 시행하기 위해서도 초음파가 유용하게 사용될 수 있다.

REFERENCES

1. Sites BD, Brull R, Chan VW, Spence BC, Gallagher J, Beach ML, et al. Artifacts and pitfall errors associated with ultrasound-guided regional anesthesia. Part I: understanding the basic principles of ultrasound physics and machine operations. *Reg Anesth Pain Med* 2007;32:412-418.
2. Feldman MK, Katyal S, Blackwood MS. US artifacts. *Radiographics* 2009 ;29:1179-1189.
3. Silvestri E, Martinoli C, Derchi LE, bertolotto M, Chiaramondia M, Rosenberg I. Echotexture of peripheral nerves: correlation between US and histologic findings and criteria to differentiate tendons. *Radiology* 1995;197:291-296.
4. Walker FO. Neuromuscular ultrasound. *Neurol Clin* 2004;22:563-590.
5. Won SJ, Kim BJ, Park KS, Yoon JS, Choi H. Reference values for nerve ultrasonography in the upper extremity. *Muscle Nerve* 2013; 47:864-871.
6. Cartwright M, Wiesler E, Caress J, Donofrio P, Walker F. High resolution ultrasonography in the evaluation of carpal tunnel syndrome. *Neurology* 2002;58:A67.
7. Beekman R, Visser LH. Sonography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome: a critical review of the literature. *Muscle Nerve* 2003;27: 26-33.
8. Nakamichi KI, Tachibana S. Enlarged median nerve in idiopathic carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 2000;23:1713-1718.
9. Tai TW, Wu CY, Su FC, Chern TC, Jou IM. Ultrasonography for diagnosing carpal tunnel syndrome: a meta-analysis of diagnostic test accuracy. *Ultrasound in medicine & biology* 2012;38:1121-1128.
10. Mhoon JT, Juel VC, Hobson-Webb LD. Median nerve ultrasound as a screening tool in carpal tunnel syndrome: correlation of cross-sectional area measures with electrodiagnostic abnormality. *Muscle Nerve* 2012;46:871-878.
11. Kasius KM, Claes F, Verhagen WI, Meulstee J. Ultrasonography in severe carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 2012;45:334-337.
12. Pastare D, Therimadasamy AK, Lee E, Wilder-Smith EP. Sonography versus nerve conduction studies in patients referred with a clinical diagnosis of carpal tunnel syndrome. *J Clin Ultrasound* 2009;37:389-393.
13. Zyluk A, Walaszek I, Szlosser Z. No correlation between sonographic and electrophysiological parameters in carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Eur Vol* May 14 2013. [Epub ahead of print]
14. Smidt MH, Visser LH. Carpal tunnel syndrome: clinical and sonographic follow-up after surgery. *Muscle Nerve* 2008;38:987-991.
15. Kim JY, Yoon JS, Kim SJ, Won SJ, Jeong JS. Carpal tunnel syndrome: Clinical, electrophysiological, and ultrasonographic ratio after surgery. *Muscle Nerve* 2012;45:183-188.
16. Ashraf AR, Jali R, Moghtaderi AR, Yazdani AH. The diagnostic value of ultrasonography in patients with electrophysiologically confirmed carpal tunnel syndrome. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2009;49:3-8.
17. Fowler JR, Gaughan JP, Ilyas AM. The sensitivity and specificity of ultrasound for the diagnosis of carpal tunnel syndrome: a meta-analysis. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469:1089-1094.
18. Ustün N, Tok F, Yagz AE, Kizil N, Korkmaz I, Karazincir S, et al. Ultrasound-Guided vs. Blind Steroid Injections in Carpal Tunnel Syndrome: A Single-Blind Randomized Prospective Study. *Am J Phys Med Rehabil* 2013 92:999-1004.
19. Smith J, Wisniewski SJ, Finnoff JT, Payne JM. Sonographically guided carpal tunnel injections: the ulnar approach. *J Ultrasound Med* 2008;27:1485-1490.