

말초신경질환의 초음파 소견

경희대학교 의과대학 강동경희대학교병원 신경과

문주선 · 김상범

Ultrasonographic Findings in Peripheral Neuropathy

Jusun Moon and Sang-Beom Kim

*Department of Neurology, Kyung Hee University Hospital at Gangdong,
Kyung Hee University College of Medicine, Seoul, Korea*

High-resolution ultrasound (US) of the peripheral nerves is now a standard mode of assessing neuromuscular disorders at some centers. Current standards for diagnosing peripheral neuropathies occasionally lack early sensitivity and can result in delayed diagnosis and treatment. In conjunction with electrodiagnostic studies, nerve US is particularly effective in the diagnosis of entrapment neuropathies, and may offer an alternative means of diagnosing polyneuropathies and monitoring the patient's response to therapy. This article briefly reviews the existing literature regarding ultrasonography in peripheral neuropathy and discusses its implications for diagnosis, treatment, and prognosis. (Korean J Med 2015;89:644-653)

Keywords: Ultrasonography; Nerve; Peripheral neuropathy

서 론

말초신경초음파는 계속 발전 중에 있으며, 그 용도는 확장되고 있다. 20여 년 전 손목굴증후군의 신경초음파 이상소견이 처음으로 발표된 뒤[1], 초기의 의구심과 수많은 연구 끝에 초음파는 포착, 종양, 횡절단 등의 신경의 구조적 이상을 평가하는 수단으로 광범위하게 자리매김하게 되었다. 전기진단 검사와 함께 사용되는 경우, 환자 진료를 개선할 수 있을 것으로 기대되나, 다발신경병 평가에서는 아직 그 역할이 명확하게 규정되지 않아, 포착신경병의 초기 연구 시점과 유사한 양상으로 보인다. 더 많은 자세한 연구가 필요하지

만, 다양한 증례보고와 일련의 증례연구들이 발표되고 있어 희망적이다. 본 종설에서는 다발신경병에 대한 기존 보고들을 진단, 치료, 예후 등과 관련하여 간략하게 정리하였다.

국소 신경병

국소 신경병은 통증, 감각 저하 또는 근위약을 일으키는 다양한 말초신경 병변으로 신경의 위치나 병인을 기준으로 분류된다. 외부요인은 신경을 압박하거나 손상을 주는 결절종, 건초염, 근육 기형, 혈관 기형 그리고 양성 혹은 악성종양 등이 있다. 내부 요인으로서는 손목굴증후군이나 팔꿈치굴증후

Correspondence to Sang-Beom Kim, M.D., Ph.D.

Department of Neurology, Kyung Hee University Hospital at Gangdong, Kyung Hee University College of Medicine, 892 Dongnam-ro, Gangdong-gu, Seoul 05278, Korea

Tel: +82-2-440-6168, Fax: +82-2-440-7242, E-mail: sbkim@khu.ac.kr

Copyright © 2015 The Korean Association of Internal Medicine

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

군처럼 딱딱한 섬유-뼈 터널을 지나는 신경의 포착이 있다. 외부요인은 지속적인 압박이나 둔상 혹은 관통상도 포함한다. 내부요인에 의한 국소 신경병은 외부요인에 의한 것보다는 덜 흔한데, 신경종, 신경초 종양 그리고 신경정색이 있다.

손목굴증후군은 가장 흔한 포착증후군이며, 팔꿈치에서의 척골신경병은 두 번째로 많은 국소 신경병이다. 흔하게 발생하는 다른 국소 신경병으로는 손목에서의 척골신경병, 상완골에서의 요골신경병과 비골두에서의 비골신경병이 있다.

정중신경

팔목(손목터널증후군)

팔목에서의 정중신경은 신경근육초음파 분야에서 가장 처음 연구된 분야로 문헌에서도 자주 연구되고 기술되는 분야이다. 손목굴증후군이 가장 흔할 뿐만 아니라 기술적인 측면에서도 정중신경초음파가 비교적 쉽기 때문이기도 하다.

손목을 가로질러 시상면으로 초음파 탐색자로 가로스캔을 하면 정중신경의 종단면뿐만 아니라 깊은손가락굽힘근(flexor digitorum profundus), 얇은손가락굽힘근(flexor digitorum superficialis)과 단단한 굽힘근지지띠 밑을 지나가는 정중신경의 포

착을 볼 수 있다. 시상면에서 손가락을 굽힘으로써 힘줄이 근위부 및 원위부로 움직이는 것을 확인하며 정상적으로는 정중신경이 같은 면으로 움직이지만 힘줄보다는 움직임이 작다. 손목굴증후군 환자에서는 정중신경의 움직임이 감소된다.

이어서 손목 원위부의 횡단면 영상을 얻는다. 횡수근인대(transverse carpal ligament), 정중신경, 손가락굽힘근의 힘줄들 그리고 손목뼈들을 관찰할 수 있다. 손목굴증후군을 진단하기 위해 손목굴로 진입 시에 커진 정중신경을 확인하는 것이 가장 보편적이다(Fig. 1A and 1B). 초기의 연구들에서는 정중신경의 단면적을 측정하기 위해 유구돌기(hook of hamate)나 콩알뼈(pisiform) 부위를 제안하였다[1,2]. 하지만 후속연구들은 손목굴 근위부에서 정중신경의 단면적이 가장 넓은 부위를 골라 측정하는 것이 민감도와 특이도가 높으며 한 번의 측정으로 충분하다고 하였다[3]. 하지만 전반적인 말초신경의 부종을 초래하는 샤르코-마리-투스병과 같은 탈수초 다발신경병에서는 손목에서의 정중신경의 일회성 단면적만 가지고는 단순 손목굴증후군으로 오진될 수 있다. 따라서 Hobson-Webb 등[4]은 아래팔과 손목에서의 정중신경 단면적의 비율을 측정함으로써 그러한 문제를 피할 수 있으며 아래팔과 손

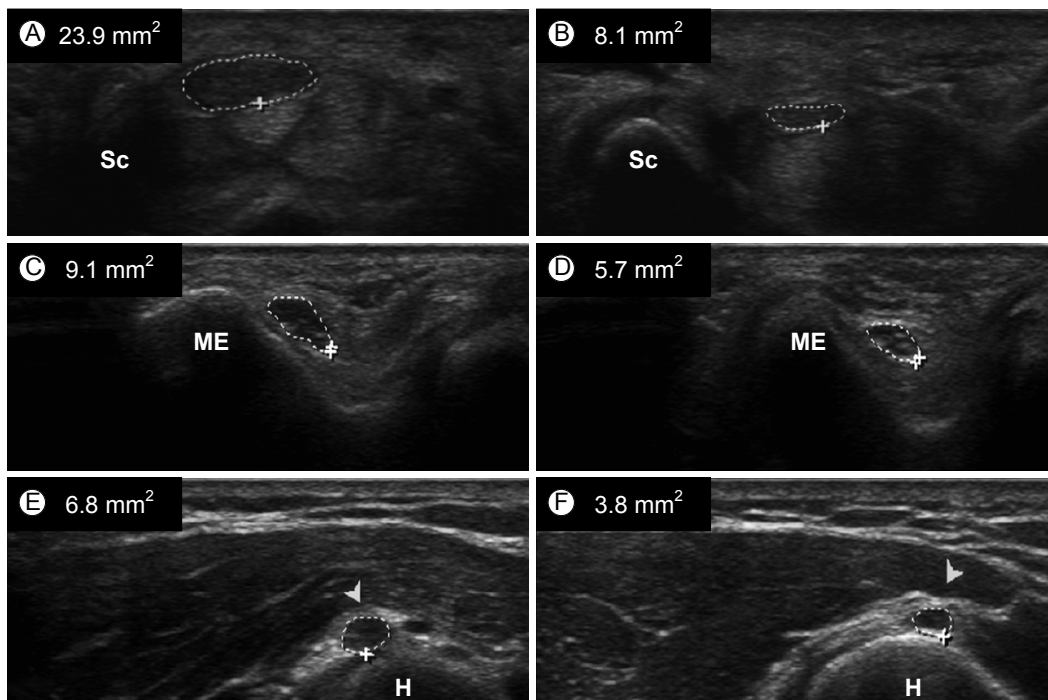


Figure 1. Focal neuropathies. (A) In carpal tunnel syndrome, cross-sectional area (CSA) of median nerve at wrist was increased. (C) Ulnar nerve showed focal enlargement at cubital tunnel. (E) Radial nerve swelling was revealed in spiral groove of humerus. (B-F) Opposite side displayed normal appearances of median, ulnar and radial nerves. (E, F) Arrowheads indicated radial nerve at spiral groove of humerus. Sc, scaphoid bone; ME, medial epicondyle of humerus; H, humerus.

목의 정중신경 단면적 비가 1.4 이상일 때 100%의 민감도로 손목터널증후군을 정확히 진단할 수 있다고 하였다. 정중신경의 횡단면의 최고 및 최저 직경을 재서 그 비율로 정중신경의 편평도를 계산하여 손목굴증후군을 진단하기도 하며, 유구돌기와 콩알뼈를 잇는 선을 기준으로 하여 굽힘근지지띠의 굴곡도를 바탕으로 손목굴증후군 여부를 판단하기도 한다. 또한 초음파로 손목굴에서 잔류 정중동맥과 손목굴 근위부에서 이분 정중신경이 발견되기도 한다[5-8].

척골신경

손목(Guyon's canal)

척골신경의 시상면은 확인하기 어려울 수 있기 때문에 손목에서의 척골신경은 단면적만 측정이 가능하다. 척골동맥은 척골신경의 바로 외측에 존재하여 신경을 확인하는 표지가 된다. Guyon관의 척골신경병은 결절종, 근육기형, 비정상 척골동맥 혹은 지방종에 의해 발생하기도 한다.

팔꿈치

팔꿈치의 척골신경병은 두 번째로 많은 포착신경병으로 전기진단 검사가 민감하고 특이적인 검사지만, 손목굴증후군에 비해 정확도는 떨어진다. 따라서 초음파 진단이 매력적일 수 있다. 팔꿈치에서의 초음파는 안쪽 위관절융기(medial epicondyle)와 팔꿈치머리돌기(olecranon process) 사이의 홈에서 척골신경을 장축으로 확인하는 것으로 시작한다. 이 방법은 신경의 국소적인 확대와 척골신경 외부의 비정상 구조를 확인하기 위해 사용된다. 안쪽위관절융기 5 cm 원위부 및 팔꿈치 터널에서 삼각형 모양의 척골신경을 확인할 수 있다(Fig. 1C and 1D). 이 부분과 안쪽 위관절융기에서 5 cm 상방 및 근위부에서 신경의 단면적을 측정하고 척골신경이 최대로 커진 부분을 찾는다. 국소적인 신경의 확대가 여러 군데에서 발견될 수도 있다. 여러 연구에서 팔꿈치에 척골신경병이 있는 환자들이 팔꿈치 주변에서 국소적으로 신경의 확대가 있으며, 초음파가 팔꿈치의 척골신경병을 진단하는 데 80% 이상의 민감도와 특이도를 가지고 있다고 하였다[9]. Beekman 등[10]은 전기진단 검사에 초음파 검사를 추가적으로 하는 것이 민감도를 78%에서 98%로 증가시킬 수 있다고 하였다. 팔꿈치에서의 척골신경병을 동반한 신경의 확대는 전도차단 위치와도 일치할 수 있다[11]. 따라서 전기진단 검사와 함께 초음파는 척골신경 포착의 위치를 국소화시킬 수 있다[12,13]. 전기진단 검사에 해부학 정보를 더 해주는 초음파를 하면 두 진단법을 조합하여 상승 효과를 낼 수 있다. 팔꿈치굽힘 중 발생하는 척골신경의 아탈구(subluxation)와 전위(dislocation)는

정상인에서도 25%에서 발생한다. 팔꿈굴에서 척골신경이 제 위치를 벗어나면 신경전도 검사 방법이 부정확할 수 있고, 이에 따라 위음성의 결과를 보일 수 있다[14]. 따라서 척골신경병이 의심되지만 신경전도 검사가 정상인 환자들은 초음파를 통해 신경의 확대와 아탈구를 확인할 필요가 있다.

요골신경

정중신경이나 척골신경과 다르게 요골신경은 전체 신경 경로를 따라 확인하는 것이 쉽지 않다. 전주와(antecubital fossa) 바로 근위부에서 쉽게 볼 수 있으며 액와까지 추적해 볼 수 있다. 하지만, 요골신경을 전주와 원위부에서 따라간다는 것은 꽤 어렵다. 가장 큰 이유는 신경이 이후 표재요골신경과 후골간신경 둘로 나뉘어서 정중신경이나 척골신경보다 직경이 훨씬 작아지기 때문이다.

위팔에서의 요골신경 손상의 가장 큰 원인은 위팔뼈의 골절이며, 초음파로 확인할 수 있다. Bodner 등[15]은 위팔뼈골절 이후 요골신경손상을 가진 환자에서 초음파로 요골신경손상의 정도를 확인하였고, 보존 치료보다 수술 치료가 우월하며 수술 조건과도 부합됨을 보고하였다. 요골신경손상의 대부분이 지속적인 압박(토요일밤 마비)에 의한 이차적인 것으로 초음파는 요골구에서 신경이 비정상적으로 팽대된 것을 보여줄 수 있으며(Fig. 1E and 1F), 위팔뼈골절 후 가골 및 요골측 피부정맥(cephalic vein) 동맥류에 의한 포착요골신경병증에 대한 보고도 있다[16-18].

비골신경

비골신경은 비골두에서 흔하게 포착되고 초음파로 쉽게 볼 수 있기 때문에 하지의 신경 중에서 가장 활발히 연구되는 분야이다. 기본적으로 비골신경이 궁둥신경에서 분지하여 비골두 바로 원위부까지의 주행하는 것을 확인한다. 비골신경은 궁둥신경의 작은 분지로 말초신경의 전형적인 벌집모양을 보인다. 비골두 근처에서 표재비골신경 및 심비골신경으로 나뉘게 되고 그 이후에는 초음파로 신경의 주행을 확인하는 것은 어렵다.

비골두 근처에서 신경 내외의 결절종들이 비골신경병을 일으키는 것을 쉽게 초음파로 확인할 수 있다. Visser 등[19]이 발처짐 증상을 가진 41명의 환자들 중 28명에서 비골두에서 신경병이 있고 그 중 5명인 18%에서 신경내 결절종이 있음을 보고하였다. 이 연구는 비골신경병으로 인한 발처짐 증상이 수술 치료로 완치될 수 있다는 점에서 중요하다.

심각한 비골신경병의 다른 원인으로 무릎의 탈구를 들 수

있다[20]. 슬와에서 비골신경을 압박하는 동맥류나 가성동맥류를 볼 수도 있다.

경골신경

경골신경은 오금과 발목에서 확인할 수 있는데 궁둥신경에서 이어지는 분지를 오금에서 확인할 수 있으며 종아리 안으로 들어가면 확인이 어렵다. 하지만, 내측 복사뼈의 바로 원위부에서 다시 잘 보인다.

오금

경골신경은 오금에서 잘 보이지만 초음파로 확인된 경골 단일신경병은 많지 않다. Baker 낭종이나 파열된 Baker 낭종, 신경내 결절종 혹은 신경집종이 보고된 바 있다[21-23].

발목

발목에서의 경골 국소 신경병은 경골신경이 족근관을 통과하기 때문에 족근관증후군이라고도 불린다. 손목굴증후군과는 다르게 특발성의 족근관증후군은 드물기 때문에 족근관증후군 진단은 과잉인 경우가 많다. 발목 내측은 초음파로 쉽게 볼 수 있기 때문에 특발성 족근관증후군이 드물다 하더라도 경골신경병을 일으키는 구조적 이상들에 대한 보고가 많은 편이다[24]. 신경집종, 보조근 혹은 거골-종골 간 유합증, 결절종, 하지 정맥류 등이 해당된다[25,26].

면역-매개 신경병

만성염증탈수초다발신경병(chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy, CIDP)

만성염증다발신경병(CIDP)은 말초 신경계의 자가면역질환으로 운동감각 결손을 일으키며 호전과 악화를 반복하는 임상경과를 보인다. 보통 코르티코스테로이드, 면역글로불린 정맥주사, 혈장교환술에 반응한다. 그러나 회복의 정도는 종종 이차적으로 발생한 축삭 손상의 단계에 따라 다르다. 장기적인 장애를 예방하기 위해 조기 치료가 필수적이지만 조기에 진단하는 것이 어려울 수 있다. 진단은 임상소견과 전기진단 검사 결과를 종합하여 내린다. CIDP의 확정 진단을 위한 연구 진단기준은 다소 엄격한 전기진단 검사의 이상소견을 요구한다(적어도 2개 이상의 운동 신경에서의 확실한 전도차단). 이러한 이상소견은 질병의 다양한 단계에서 종종 관찰되지 않을 수 있으며 조기 진단과 치료를 가능하게 하는 진단 기법은 환자 치료를 현저하게 개선할 수 있을 것이다.

CIDP에서 신경초음파 소견에 대한 첫 번째 보고는 2000년

에 있었으며, 저자들은 3년의 유병 기간이 있는 단일 환자에서 7-MHZ 직선탐색자로 양측 상완 신경총이 크게 팽대된 소견을 기술하였다[27]. 이러한 소견은 말초신경에 대한 추가적인 초음파 검사로 이어졌고, 모든 신경은 아니지만 일부 신경들에서의 비대가 밝혀졌다. 단면적은 제시되지 않았으나 가로스캔 영상에서 정중신경의 직경은 5 mm였다. 신경팽대는 CIDP 환자에서의 자기공명영상검사(magnetic resonance imaging)의 기존 보고가 있었기 때문에 전혀 새로운 소견은 아니며, CIDP 환자 신경에서 전형적으로 관찰되는 양파구근(onion bulb) 양상의 조직소견에 부합된다. 양파구근 양상은 신경이 탈수초화와 재수초화를 반복하면서 발생하는 신경 비대로 나타난다.

이어서 2004년에 Matsuoka 등[28]은 13명의 CIDP 환자의 경추 5-7번 신경뿌리를 7.5-MHZ 직선 탐색자를 사용하여 정상인 35명과 비교하였고, 13명 중 9명의 CIDP 환자들에서 경추신경뿌리 팽대를 확인하였다. 또한 신경 비대가 뇌척수액 단백질 증가와 직접적인 상관관계가 있음을 증명하였다. 이러한 근거로 저자들은 신경뿌리 비대에 대한 초음파 선별 검사가 CIDP 진단 검사 역할을 할 수 있다고 주장하였다.

CIDP에서의 신경초음파 소견에 대한 더욱 포괄적인 조망은 2009년 Zaidman 등[29]에 의해 이루어졌다. 다발신경병에서의 초음파 연구의 한 부분으로서 36명의 CIDP 환자들이 대상이었고, 정중신경과 척골신경을 검사했으며, 미리 정한 부위에서 신경 단면적을 측정하였다. CIDP 환자들은 정상인의 2-3배에 달하는 광범위한 신경팽대 소견이 관찰되었으며, 유병 기간과 신경 크기에서 직접적인 상관관계가 보였고, 단면적과 전도 속도에서는 역의 상관관계가 있었다.

CIDP에서 신경초음파의 또 다른 유용성은 전도 차단을 확인하는 것이다. 신경 근위부에 전도 차단이 있는 경우에는 이를 증명하는 것이 전기진단 검사로는 종종 어렵기 때문에 진단과 치료에 지연이 생길 수 있다. 3건의 논문에서 2명의 CIDP 환자의 전기진단학적으로 전도차단 부위에서 국소적인 신경 비대가 기술되었다[30-32]. 2건의 논문에서는 상지의 정중신경과 척골신경의 가로스캔에서 신경팽대를 확인할 수 있어서 고무적이었으나[31,32], Zaidman 등[29]의 보고에서는 유사한 양상이 관찰되지 않았다. 1건에서는 환자가 임상적으로 회복되었음에도 불구하고 국소 신경비대 소견이 지속되는 양상을 기술하였다[32]. 따라서 신경 크기는 유병 기간과 상관관계가 있으며, 국소 신경팽대는 무기한적으로 지속될 수도 있다. 이러한 요소는 치료 반응을 감시하는 신경초음파의 역할을 제한할 수 있을 것으로 생각되었으나 최근에 Zaidman

등[33]은 조기 치료를 받은 CIDP 환자에서 신경 단면적 감소가 임상 증상의 호전과 유의한 상관 관계가 있음을 보고하였고, 혈관 분포도도 증가하는 것으로 알려졌다[34].

정리해 보면, CIDP는 말초신경과 근위부신경뿌리의 비대와 관련이 있으며, 이 현상은 종종 신경 생검에서 보이는 양파구근 양상과 상관관계가 있다고 생각된다. CIDP 진단에서 신경팽대를 증명하는 것은 진단에 도움이 되며, 향후 보조적인 진단 기준으로 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 전도차단 부위에서 발견되는 신경비대는 상충되는 근거가 있으나 신경병의 발병 양상을 밝히는데 도움이 될 수 있을 것으로 고려되며, 초기에는 다초점적으로 팽대가 생기다가 질병이 진행되는 시간 경과에 따라 전반적인 비대가 발생하는 것으로 추정된다. 이러한 관찰소견은 임상 의사가 CIDP를 더욱 정확히 진단하고 질환의 만성도를 평가하는데 도움이 될 것이다.

급성염증다발신경뿌리신경병(acute inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy, AIDP)

급성염증탈수초다발신경뿌리신경병(AIDP) 즉 길랭바레증

후군(Guillain-Barré syndrome, GBS)은 전 세계적으로 비외상성 마비의 가장 흔한 원인으로, 면역매개질환이며, 상행성 이상감각과 근위약, 건반사 소실이 급성으로 발병한다. 몇 안 되는 응급 신경근육질환 중 하나로서, 호흡근 위약이 발생할 수 있으므로, 조기 진단이 중요하다. 진단은 주로 임상적으로 내려지는데 그 이유는 전기진단 검사와 뇌척수액의 단백세포해리와 같은 소견이 질환의 초기 수일 내에는 나타나지 않기 때문이다.

AIDP의 초음파 소견에 대해서는 알려진 것이 많지는 않은데, Zaidman 등[29]은 17명의 AIDP 환자들을 대상으로 초음파를 진행하였고, 이중 13명은 발병 4주 내에 시행되었다. 척골신경과 정중신경을 검사하였는데, 정상과 비교할 때, 1.4 배 정도 커져 있었다. 신경비대는 전기진단 검사 척도와 유사한 상관 관계를 보이지 않았다.

AIDP는 CIDP에서처럼, 신경팽대가 발생하는 것으로 추정되며, 최근에는 말초신경의 비대는 지속되나 회복기에서는 신경뿌리 단면적의 감소가 먼저 일어난다는 보고도 있었다 [35,36].

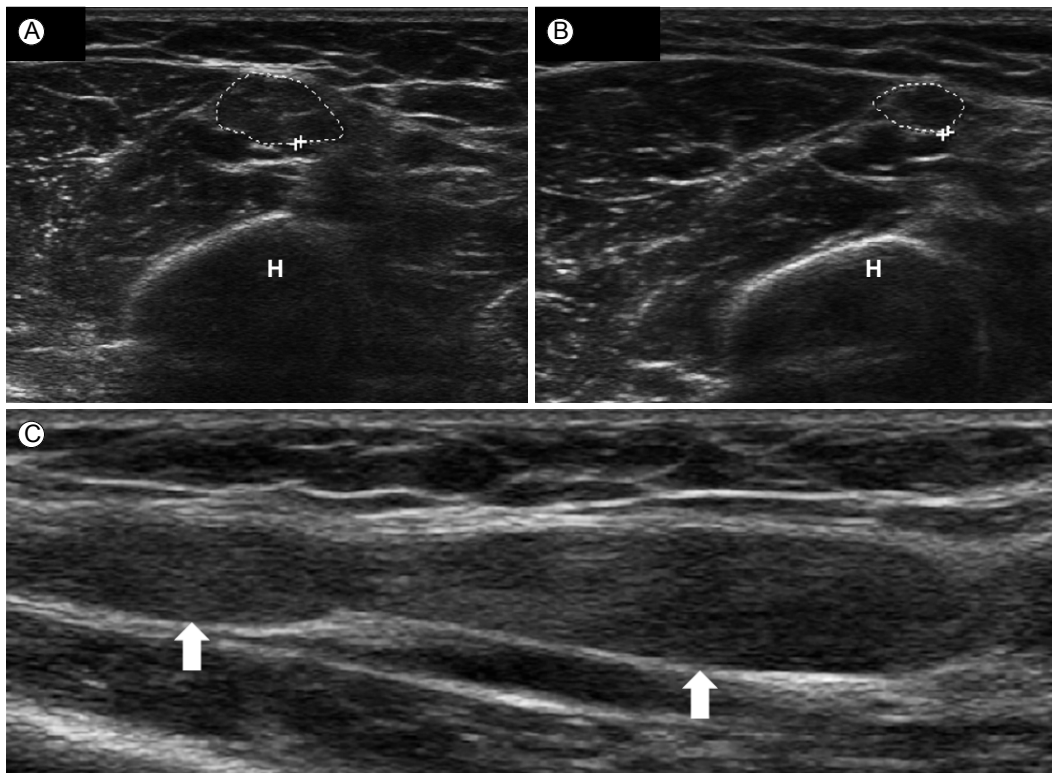


Figure 2. Multifocal motor neuropathy. (A, B) Median nerves showed enlarged cross-sectional areas and hypoechogenicity, measuring 50.7 mm^2 at right mid-arm and 15.5 mm^2 at left mid-arm. (C) Longitudinal view of the median nerve at right mid-arm demonstrates focal, segmental (arrows) enlargement and hypoechogenicity. H, humerus.

다초점운동신경병(multifocal motor neuropathy)

다초점운동신경병은 운동신경만을 침범하는 탈수초다발 신경병으로 항GM1 항체와 관련되며, 진단은 임상소견과 전기진단 검사 결과에 의해 이뤄진다. CIDP에서처럼, 전도 차단은 파수(sentinel)같은 특징이지만, 근위부 신경에 있으면 종종 찾기가 쉽지 않다. 신경 생검 조직소견은 탈수초병변으로 신경 부종과 드문 양파구근 형성이 관찰된다. 신경팽대/비대가 새로운 소견은 아니며, CIDP에서처럼 초음파가 진단과 치료 반응 감시 양자에서 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 또한 발병 시점에 항상 존재하는 것이 아니므로 신경초음파를 통한 조기 진단이 유용할 수 있다. 기존 보고에 의하면 탈수초에 이어지는 양파망을 형성에 의해 신경 비대가 발생하고(Fig. 2) 이를 신경초음파로 다초점 국소 신경비대 소견을 보고하였다[37].

유전 신경병

인구 2,500명당 1명에서 발병하는 유전 운동감각 다발신경병인 샤르코-마리-투스병(Charcot-Marie-Tooth disease, CMT)은 신경근육질환에서는 드물지 않은 편이다[38]. 서른 종류 이상의 세부 아형이 밝혀졌고 수초와 축삭 단백질의 구성에 영향을 주는 유전자의 결함으로 발생하는데 유전자 검사가 확진을 위해 중요하지만 고가의 검사이고 기존에 알려진 유전자가 아닌 새로운 유전자 돌연변이일 경우에는 원인을 알기 어려워진다. 따라서 전기진단 검사를 통해 축삭형과 탈수초형을 분류하는 것이 한계는 있지만 여전히 중요하다. 특히 질환이 중증으로 진행되었거나 축삭형과 탈수초형의 중간 표현형인 경우에 전기진단 검사는 제한적이며, CMT 환자에서 포착신경병이 동반된 경우에도 초음파 없이 전기진단 검사로 평가하는 것은 쉽지 않다. 최근 연구들은 CMT 진단에

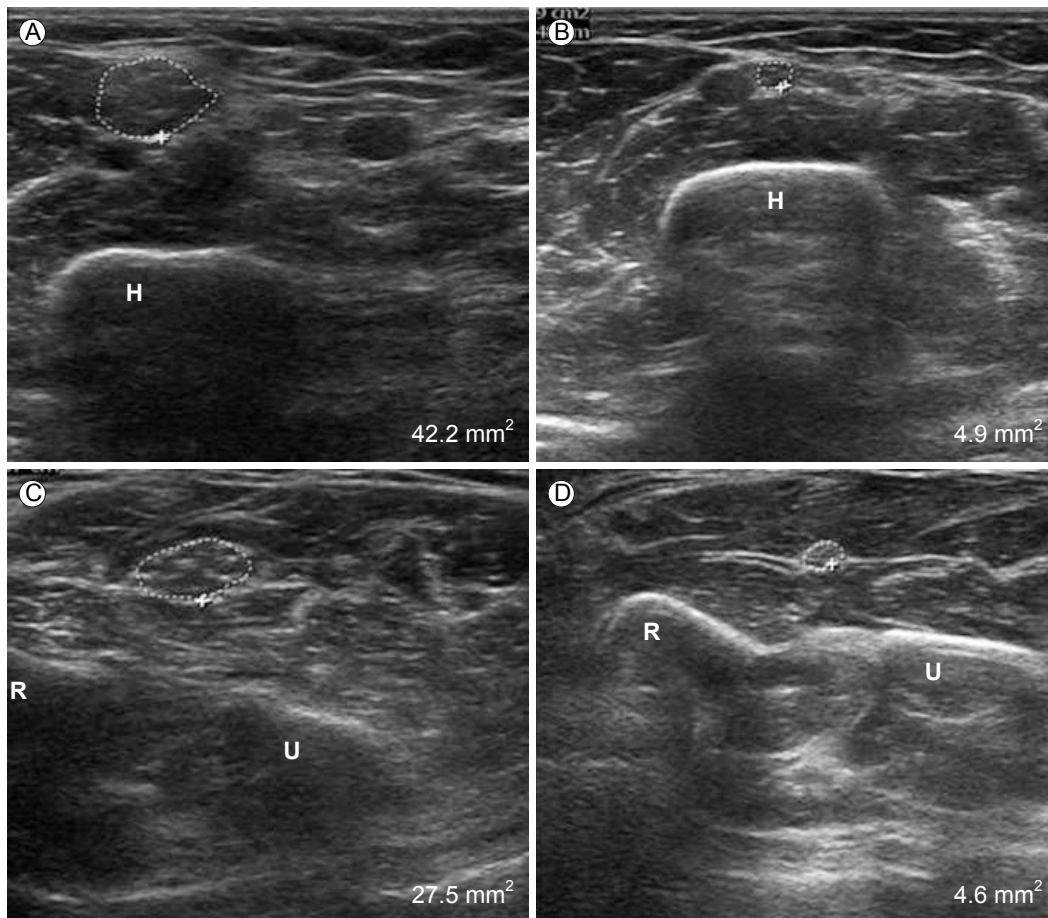


Figure 3. Charcot-Marie-Tooth disease type 1A (CMT 1A). (A, C) Median nerve at mid-arm and mid-forearm showed profound enlargement of nerve cross-sectional area (CSA). (B, D) Healthy control displayed normal CSA in median nerve at mid-arm and forearm. H, humerus; R, radius; U, ulna.

신경초음파가 도움이 된다는 근거를 제시하고 있다[29]. 탈수초다발신경병인 CMT1에서의 광범위한 신경 부종 소견은(Fig. 3) CMT1이 의심되는 환자에서 선별 검사할 때 사용될 수 있음이 보고되었고[39], 또한 환자의 가족들에서 초음파 검사를 시행함으로써 선택적 유전자 검사, 시간 절약, 전기진단 검사의 선택적 적용 등이 가능할 수 있다. 유전 압박 신경마비(hereditary neuropathy with a liability to pressure palsy)와 축삭형신경병인 CMT2에서는 아직 신경초음파의 역할이 정립되지 않아서 추가적인 연구가 필요하다[29,40].

기타 후천 신경병

당뇨병성 신경병

당뇨병은 전세계적으로 가장 흔한 말초신경병의 원인이다. 환자는 통증을 동반한 저림, 하지의 궤양, 근위부 통증과 위약 등의 다양한 증상을 보인다. 길이 의존적 말초감각운동 다

발신경병과 당뇨병성 근위축 외에 포착신경병이 발생할 위험도 크다. 당뇨병성 말초신경병은 전기진단 검사가 용이하지 않은 환경에서는 신체검사로 진단된다. 지난 수년간 단단섬유검사로 감각 장애를 선별해오곤 했는데, 신경병 진단 민감도는 신경전도 검사와 비교할 때 57-93%에 달한다. 신경병의 조기 발견은 미치유 궤양이나 사지 절단 등의 합병증을 예방하기 위해 필수적이다. 당뇨병성 말초신경병의 다양한 양상 때문에 초음파 소견을 가정하는 것은 쉽지 않다. 신경 모양에 영향을 주는 변수는 당뇨병의 유병기간, 신경병의 중증도, 신경병의 유형 등이다. 신경에 소르비톨이 축적되므로 신경 부종이 발생한다는 가설도 있으나, 만성 신경병의 경우 축삭 손상으로 인하여 신경 단면적이 감소하고 에코 발생도가 저하된다는 주장이 더 설득력이 있다. Lee 등[41]은 24명의 당뇨병성 신경병 환자의 경골신경 단면적을 발목굴에서 측정했는데, 당뇨병이 없거나 말초신경병 증상이 없는 당뇨병 환자에서는 12 mm²였으나, 말초신경병 증상이 있는 당뇨

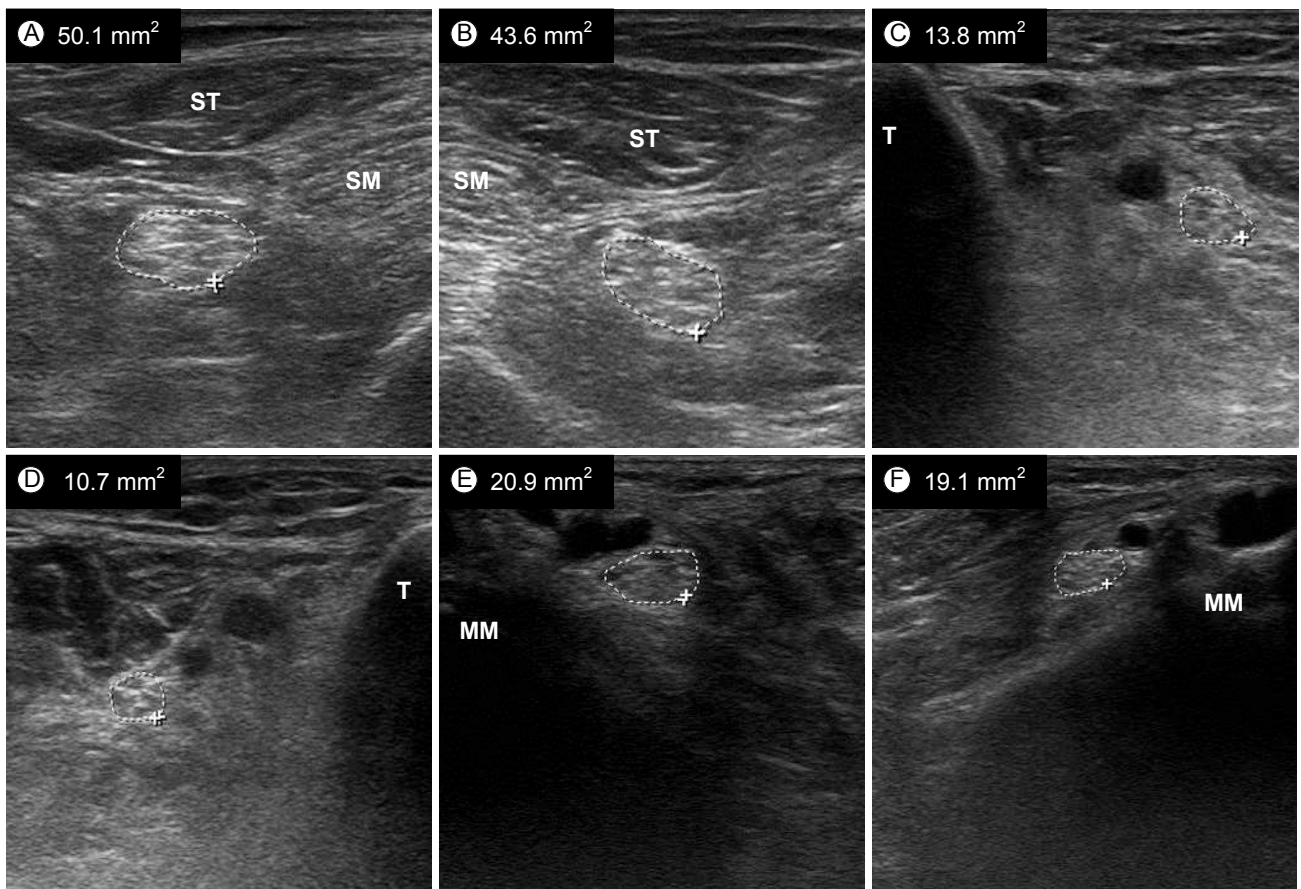


Figure 4. Vasculitic neuropathy. (A) In affected neuropathic lower limb, sciatic nerve at lower thigh, (B) tibial nerve at mid-leg and (C) ankle showed relatively larger nerve CSA on right side, when compared with unaffected left side at same level (B, D, F). CSA, cross-sectional area; ST, semitendinosus; SM, semimembranosus; T, tibia; MM, medial malleolus.

병 환자에서는 24 mm^2 이었다. 이러한 차이는 의미가 있지만 측정 부위가 포착이 잘 되는 곳이므로 주의가 필요하다. Watanabe 등[42]은 20명의 당뇨병 환자와 정상군에서 손목굴, 아래팔 하단, 팔꿈치 등에서 정중신경 단면적을 측정하였는데, 손목굴증후군증상은 보이는 환자들은 제외하였다. 당뇨병 환자들은 신체검사에 의한 말초신경병의 유무에 따라 구분되었고, 말초신경병이 없는 당뇨병 환자와 정상군의 신경 단면적의 차이는 없었다. 말초신경병이 있는 당뇨병 환자들은 정상군에 비해 손목굴과 아래팔 하단에서 신경 단면적의 크기가 증가되어 있었다. 이 결과 또한 포착신경병과의 관련성에 주의를 기울여야 하겠다. Zaidman 등[29]은 당뇨병 등의 축삭형 신경병 환자들과 정상군의 신경 단면적의 차이는 없다고 주장하였다. 당뇨병성 말초신경병의 병태생리에 대해서는 밝혀져야 할 것들이 무수하기 때문에, 기대되는 신경초음파 소견이 명확하지 않은 점은 당연할 수 있다. 더 많은 연구 결과들이 나와서 당뇨병의 다양한 스펙트럼에서의 신경병과 관련된 초음파 소견이 도출되어야 하겠다.

혈관염신경병

혈관염신경병은 신경근육질환에서 가장 어려운 진단 중의 하나로 신경 생검이 최적 표준으로 되어 있다. 그러나 신경이 반점형으로 침범된 경우 신경 생검을 하더라도 항상 정확한 진단을 내릴 수 있지는 못하다. 신경 생검의 민감도는 60% 정도로 낮은 편이다. 또한 신경 생검은 환자에게 감각이나 근력에서 영구 결손을 종종 남기게 된다. 혈관염신경병은 일차적인 비전신질환으로 발생하거나 Churg-Strauss 증후군처럼 광범위한 전신혈관염의 염증반응에 이차적으로 생길 수 있다. 전통적으로는 하지를 침범하는 빠른 발병의 통증을 동반하는 운동 감각 소실로 발현하며, 다발성 단일신경염이 교과서적인 임상형이지만 길이의존적 대칭다발신경병으로 나타나기도 한다. 신경 생검은 다양한 소견을 제공한다. 혈관 주위 염증에 추가로 신경 주위 비후도 관찰된다(Fig. 4). 수초신경 섬유 소실도 보인다. 조직 소견은 유병 기간, 현재의 질환 활동성, 생검 조직의 침범 정도와 같은 다양한 인자에 영향을 받는다. 이러한 이질성으로 초음파 소견을 예측하는 것은 쉽지 않으나 급성기에는 부종으로 신경이 커지는 것으로 생각된다. 혈관염신경병의 조기 진단과 치료는 영구 신경 결손을 예방하고 광범위한 전신 손상과 사망을 예방하는데 필수적이다. 전신혈관염신경병은 치료하지 않으면 종종 치명적이다. 연구는 제한적이지만, 초음파는 혈관염신경병의 조기 진단과 정확한 신경 생검 부위를 제공할 수 있다. 2006년 Nodera 등

[43]은 혈관염신경병에서 정중, 척골, 경골신경과 경추신경 뿌리의 저에코 발생도와 광범위한 비후 소견을 보고했다. 스테로이드 치료 후 2주 차에 시행한 추적 검사에서 척골신경의 크기가 크게 감소한 것을 발견하였으나 다른 신경에 대한 언급은 없었다. 또한 신경 단면적이 아닌 신경 직경이 측정되었다. 2007년 Ito 등[44]은 혈관염신경병 환자의 경골신경 이상을 정상군과 초음파로 비교하였다. 환자 8명의 경골신경 11개를 35명의 정상 대조군의 경골신경 35개와 비교하였는데, 환자의 단면적은 $13.5 \pm 3.7 \text{ mm}^2$ 였고, 정상군은 $7.9 \pm 1.5 \text{ mm}^2$ 이었다. 연구자들은 혈관염신경병의 신경팽대가 부종뿐만 아니라 신경외막에서의 혈관염-육아종병변에 따른 것으로 추정하였다. 신경팽대가 혈관염신경병의 일관된 특징일 경우, 초음파는 생검을 위한 최적의 부위를 결정하는데 도움을 줄 수 있다.

나병 신경병

나병은 만성 감염병으로 피부와 신경을 침범하며, 침범된 신경은 일차적으로 감각이 소실된다. 신경 손상을 조기에 인지하는 것이 치료를 시작하고 영구적인 해를 방지하는 데에 중요하다. Fornage 등[45]은 1987년에 결핵형 나병 진단을 위해 신경초음파를 사용한 증례를 보고하였고, 이후 Martinoli 등[46]이 2000년에 나병 환자 23명을 대상으로 신경초음파를 시행하였다. 임상적 또는 전기진단학적으로 이상이 있는 58신경을 검사하였고, 50개는 자기공명영상으로도 검사하였다. 17개의 신경이 초음파와 자기공명영상 모두에서 정상이었으나, 52%인 30개의 신경에서 저에코의 방추형으로 확장된 부위가 관찰되었다. 나머지 신경들은 크기는 정상이었으나 저에코나 고에코의 비정상 에코발생 소견을 보였다. Elias 등[47]은 2009년 나병이 새로 진단된 환자의 척골신경 검사를 위한 초음파 검사를 연구하였다. 21명의 나병 환자들이 치료 시작 전에 척골신경초음파를 진행하였고, 이중 19명은 전기진단 검사도 병행하였다. 척골신경 단면적은 정상군과 비교할 때, 유의하게 증가하였으며, 팔꿈치에서 정상은 $6.84 \pm 1.92 \text{ mm}^2$ 였으나, 나병 환자군은 $14.51 \pm 6.31 \text{ mm}^2$ 였다. 21명 중 19명에서 신경팽대가 보였고, 16명에서 신경전도 검사가 비정상이었다. 유사한 연구가 2009년 20명의 나병 환자와 30명의 정상군을 대상으로 시행되었고, 척골, 정중, 외측오금, 후경골신경을 검사하였다[48]. 모든 검사된 신경에서 나병 환자군이 정상군보다 증가된 신경 단면적을 보였고, 그 차이는 상당히 컸다(정상 8.5 mm^2 , 나병 22.7 mm^2). 에코 발생도와 혈관 분포도에서도 변화가 관찰되었으나, 양군의 차이는 두드러지지

는 않았다. 나병은 아직도 따뜻한 기후에서는 여전히 발생되고 있으므로, 초음파는 진단과 치료 반응 감시에 유용할 수 있다.

결 론

본 종설에서는 말초신경병에 대한 초음파 기존 논문을 간략히 정리하였다. 제공된 정보는 제한적이었으나, 신경병의 진단, 신경 생검 부위의 선택, 병발된 구조적 병변과 포착 등의 진단에서 초음파는 유의한 역할을 담당할 수 있음을 시사하였다. 또한 초음파는 병태생리에 대한 새로운 정보를 제공함으로써 신경병 이해의 폭을 넓혀 줄 수 있다. 신경초음파는 빠르게 발전하고 있고 포착신경병 및 외상신경병 진단에서 확립된 역할 외에도 다초점 운동신경병, CIDP, 유전신경병 등의 다발신경병에서 조기 진단 및 치료 반응도 평가를 위한 지표에 대한 연구들이 진행되고 있다. 현재까지는 신경 단면적으로 탈수초신경병의 신경 부종을 측정하고 진단하였으나 향후 신경 혈관 분포도와 에코 발생도 및 밀도에 대한 연구와 3D 초음파, 초음파 조직탄력도 등의 신기술 등이 말초신경병에서의 신경초음파의 역할 정립에 도움이 될 것으로 생각된다.

중심 단어: 초음파; 말초신경; 말초신경병

REFERENCES

- Buchberger W, Judmaier W, Birbamer G, Lener M, Schmidauer C. Carpal tunnel syndrome: diagnosis with high-resolution sonography. *AJR Am J Roentgenol* 1992;159:793-798.
- 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.
- Wiesler ER, Chloros GD, Cartwright MS, Smith BP, Rushing J, Walker FO. The use of diagnostic ultrasound in carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Am* 2006;31:726-732.
- Hobson-Webb LD, Massey JM, Juel VC, Sanders DB. The ultrasonographic wrist-to-forearm median nerve area ratio in carpal tunnel syndrome. *Clin Neurophysiol* 2008;119:1353-1357.
- Kele H, Verheggen R, Reimers CD. Carpal tunnel syndrome caused by thrombosis of the median artery: the importance of high-resolution ultrasonography for diagnosis. Case report. *J Neurosurg* 2002;97:471-473.
- Dutly-Guinand M, Müller M, Bleuler P, Steiger R. Carpal tunnel syndrome from a thrombosed median artery--four case reports and review of the literature. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2009;41:179-182.
- Bayrak IK, Bayrak AO, Kale M, Turker H, Diren B. Bifid median nerve in patients with carpal tunnel syndrome. *J Ultrasound Med* 2008;27:1129-1136.
- Kwon YC, Kim SB, Kwon YN, Rhee HY, Choi HY, Shin WC. A case of carpal tunnel syndrome with bifid median nerve. *J Pain Auton Disord* 2012;1:41-43.
- Beekman R, Schoemaker MC, Van Der Plas JP, et al. Diagnostic value of high-resolution sonography in ulnar neuropathy at the elbow. *Neurology* 2004;62:767-773.
- Beekman R, Van Der Plas JP, Uitdehaag BM, Schellens RL, Visser LH. Clinical, electrodiagnostic, and sonographic studies in ulnar neuropathy at the elbow. *Muscle Nerve* 2004;30:202-208.
- Caress JB, Becker CE, Cartwright MS, Walker FO. Ultrasound in the diagnosis of ulnar neuropathy at the elbow. *J Clin Neuromuscul Dis* 2003;4:161-162.
- Bayrak AO, Bayrak IK, Turker H, Elmali M, Nural MS. Ultrasonography in patients with ulnar neuropathy at the elbow: comparison of cross-sectional area and swelling ratio with electrophysiological severity. *Muscle Nerve* 2010;41:661-666.
- Volpe A, Rossato G, Bottanelli M, et al. Ultrasound evaluation of ulnar neuropathy at the elbow: correlation with electrophysiological studies. *Rheumatology (Oxford)* 2009;48:1098-1101.
- Yoon JS, Hong SJ, Kim BJ, et al. Ulnar nerve and cubital tunnel ultrasound in ulnar neuropathy at the elbow. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89:887-889.
- Bodner G, Buchberger W, Schocke M, et al. Radial nerve palsy associated with humeral shaft fracture: evaluation with US--initial experience. *Radiology* 2001;219:811-816.
- Lo YL, Fook-Chong S, Leoh TH, et al. Rapid ultrasonographic diagnosis of radial entrapment neuropathy at the spiral groove. *J Neurol Sci* 2008;271:75-79.
- Hugon S, Daubresse F, Depierreux L. Radial nerve entrapment in a humeral fracture callus. *Acta Orthop Belg* 2008;74:118-121.
- Kassabian E, Coppin T, Combes M, Julia P, Fabiani JN. Radial nerve compression by a large cephalic vein aneurysm: case report. *J Vasc Surg* 2003;38:617-619.
- Visser LH. High-resolution sonography of the common peroneal nerve: detection of intraneural ganglia. *Neurology* 2006;67:1473-1475.
- Gruber H, Peer S, Meirer R, Bodner G. Peroneal nerve palsy associated with knee luxation: evaluation by sonography--initial experiences. *AJR Am J Roentgenol* 2005;185:1119-1125.

21. Dash S, Bheemreddy SR, Tiku ML. Posterior tibial neuropathy from ruptured Baker's cyst. *Semin Arthritis Rheum* 1998;27:272-276.
22. Gosk J, Rutowski R, Urban M, Reichert P, Rabczyński J. Intraneural ganglion of the tibial nerve--a case report. *Neurol Neurochir Pol* 2007;41:176-180; discussion 180.
23. Ghaly RF. A posterior tibial nerve neurilemoma unrecognized for 10 years: case report. *Neurosurgery* 2001;48:668-672.
24. Alshami AM, Cairns CW, Wylie BK, Souvlis T, Coppieters MW. Reliability and size of the measurement error when determining the cross-sectional area of the tibial nerve at the tarsal tunnel with ultrasonography. *Ultrasound Med Biol* 2009;35:1098-1102.
25. Nagaoka M, Satou K. Tarsal tunnel syndrome caused by ganglia. *J Bone Joint Surg Br* 1999;81:607-610.
26. Nagaoka M, Matsuzaki H. Ultrasonography in tarsal tunnel syndrome. *J Ultrasound Med* 2005;24:1035-1040.
27. Taniguchi N, Itoh K, Wang Y, et al. Sonographic detection of diffuse peripheral nerve hypertrophy in chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy. *J Clin Ultrasound* 2000;28:488-491.
28. Matsuoka N, Kohriyama T, Ochi K, et al. Detection of cervical nerve root hypertrophy by ultrasonography in chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy. *J Neurol Sci* 2004;219:15-21.
29. Zaidman CM, Al-Lozi M, Pestronk A. Peripheral nerve size in normal and patients with polyneuropathy: an ultrasound study. *Muscle Nerve* 2009;40:960-966.
30. Smith EC, Hobson-Webb LD, Massey E. Nerve ultrasound in motor conduction block: pre- and post-treatment findings. *Clin Neurophysiol* 2009;120:e102.
31. Granata G, Pazzaglia C, Calandro P, et al. Ultrasound visualization of nerve morphological alteration at the site of conduction block. *Muscle Nerve* 2009;40:1068-1070.
32. Imamura K, Tajiri Y, Kowa H, Nakashima K. Peripheral nerve hypertrophy in chronic inflammatory demyelinating polyradiculoneuropathy detected by ultrasonography. *Intern Med* 2009;48:581-582.
33. Zaidman CM, Pestronk A. Nerve size in chronic inflammatory demyelinating neuropathy varies with disease activity and therapy response over time: a retrospective ultrasound study. *Muscle Nerve* 2014;50:733-738.
34. Goedee HS, Brekelmans GJ, Visser LH. Multifocal enlargement and increased vascularization of peripheral nerves detected by sonography in CIDP: a pilot study. *Clin Neurophysiol* 2014;125:154-159.
35. Razali SN, Arumugam T, Yuki N, Rozalli FI, Goh KJ, Shahrizaila N. Serial peripheral nerve ultrasound in Guillain-Barré syndrome. *Clin Neurophysiol* 2015 Jul 17 [Epub]. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2015.06.030>.
36. Grimm A, Décard BF, Schramm A, et al. Ultrasound and electrophysiologic findings in patients with Guillain-Barré syndrome at disease onset and over a period of six months. *Clin Neurophysiol* 2015 Jul 21 [Epub]. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2015.06.032>.
37. Beekman R, van den Berg LH, Franssen H, Visser LH, van Asseldonk JT, Wokke JH. Ultrasonography shows extensive nerve enlargements in multifocal motor neuropathy. *Neurology* 2005;65:305-307.
38. Martyn CN, Hughes RA. Epidemiology of peripheral neuropathy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1997;62:310-318.
39. Cartwright MS, Brown ME, Eulitt P, Walker FO, Lawson VH, Caress JB. Diagnostic nerve ultrasound in Charcot-Marie-Tooth disease type 1B. *Muscle Nerve* 2009;40:98-102.
40. Hooper DR, Lawson W, Smith L, Baker SK. Sonographic features in hereditary neuropathy with liability to pressure palsies. *Muscle Nerve* 2011;44:862-867.
41. Lee D, Dauphinée DM. Morphological and functional changes in the diabetic peripheral nerve: using diagnostic ultrasound and neurosensory testing to select candidates for nerve decompression. *J Am Podiatr Med Assoc* 2005;95:433-437.
42. Watanabe T, Ito H, Morita A, et al. Sonographic evaluation of the median nerve in diabetic patients: comparison with nerve conduction studies. *J Ultrasound Med* 2009;28:727-734.
43. Nodera H, Sato K, Terasawa Y, Takamatsu N, Kaji R. High-resolution sonography detects inflammatory changes in vasculitic neuropathy. *Muscle Nerve* 2006;34:380-381.
44. Ito T, Kijima M, Watanabe T, Sakuta M, Nishiyama K. Ultrasonography of the tibial nerve in vasculitic neuropathy. *Muscle Nerve* 2007;35:379-382.
45. Fornage BD, Nerot C. Sonographic diagnosis of tuberculoid leprosy. *J Ultrasound Med* 1987;6:105-107.
46. Martinoli C, Derchi LE, Bertolotto M, et al. US and MR imaging of peripheral nerves in leprosy. *Skeletal Radiol* 2000;29:142-150.
47. Elias J Jr, Nogueira-Barbosa MH, Feltrin LT, et al. Role of ulnar nerve sonography in leprosy neuropathy with electrophysiologic correlation. *J Ultrasound Med* 2009;28:1201-1209.
48. Jain S, Visser LH, Praveen TL, et al. High-resolution sonography: a new technique to detect nerve damage in leprosy. *PLoS Negl Trop Dis* 2009;3:e498.