원 저

# 말초신경초음파검사를 이용한 흔한 신경포착부위 검사; 단면적기준치와 정상변이

석정임 이상법 배창범

대구가톨릭대학교 의과대학 신경과학교실

# Ultrasonographic Findings of the Normal Nerves in Common Entrapment Site; Cross-Sectional Area Reference Value and Normal Variant

Jung Im Seok, MD, Sang Bub Lee, MD, Chang Beom Bae, MD

*Department of Neurology, School of Medicine, Catholic University of Daegu, Daegu, Korea*

**Background:** Neuromuscular ultrasound has emerged over the last decade as a useful tool for diagnosing peripheral neuropathy. Because nerve enlargement is the most important diagnostic marker of an abnormal nerve, quantification of nerve size is essential.
**Methods:** We included 80 healthy volunteers aged 21–60 years. The nerve cross-sectional area (CSA) was measured in all participants at the following common compressive sites: bilateral median nerve at the carpal tunnel and forearm, ulnar nerve at the wrist and medial epicondyle, radial nerve at the spiral groove, peroneal nerve at the fibular head and popliteal fossa, and tibial nerve at the popliteal fossa. Anatomical variants were also evaluated, including a bifid median nerve and persistent median artery.
**Results:** The CSAs were 9.58±1.55, 6.87±1.61, 4.72±0.91, 6.64±1.33, 6.48±1.68, 12.35±3.55, and 26.98±6.92 $mm^2$ (mean±SD) for the median nerve at the carpal tunnel and forearm, ulnar nerve at the wrist and medial epicondyle, radial nerve at the spiral groove, peroneal nerve at the fibular head, and tibial nerve at the popliteal fossa, respectively. The nerve CSA was significantly larger in men than in women and was correlated with body mass index, weight, and height. A bifid median nerve and persistent median artery were seen in 12 (7.5%) and 4 (2.5%) of 160 hands, respectively.
**Conclusions:** The information produced in this study can serve as reference data when evaluating these nerve sites using ultrasound.
J Korean Neurol Assoc 33(1):8-12, 2015

**Key Words:** Ultrasonography, Nerve compression syndrome, Reference data

## 서 론

최근 초음파기계의 기술발전과 말초신경초음파에 대한 임상경험이 쌓이면서 다양한 말초신경질환의 검사에 초음파를 이용하고 있다. 거의 모든 말초신경질환에서 초음파를 이용한 보고가 발표되고 있지만, 특히 포착신경병에서 가장 많이 연구되었고 진단유용성이 입증되었다.[1,2] 포착신경병이 흔하게 발생하는 부위는 대부분 초음파로 말초신경을 쉽고 간편하게 볼 수 있는 곳이고, 이환된 말초신경의 단면적이 비정상적으로 커지는 소견을 초음파로 관찰할 수 있다.[3] 하지만 병적상태인지 구분하기 위해서는 신경단면적에 대한 정상범위를 먼저 알아야 한다.

저자들은 정상 한국인을 대상으로 포착신경병이 흔히 발생하는 위치에서 말초신경단면적의 정상수치를 조사하였다.

**Received** August 9, 2014 **Revised** October 20, 2014
**Accepted** October 20, 2014
**Address for correspondence:** Jung Im Seok, MD
Department of Neurology, School of Medicine, Catholic University of Daegu, 33 Duryugongwon-ro 17-gil, Nam-gu, Daegu 705-030, Korea
Tel: +82-53-650-3440 Fax: +82-53-654-9786
E-mail: jihelpgod@cu.ac.kr

## 대상과 방법

### 1. 대상

연구는 본원 연구윤리심의위원회의 승인 하에 이루어졌다.

2013년 8월부터 2014년 6월까지 20세에서 60세 사이의 정상인을 대상으로 전향적으로 연구하였다. 세대별로 남녀 각각 10명씩 총 80명이 자발적으로 연구에 참여하였다. 다음 4가지 경우에는 말초신경손상의 가능성이 있어 연구에서 제외시켰다. 1) 임상적으로 말초신경질환이 있는 환자, 2) 말초신경질환이 흔히 동반되는 당뇨병, 신부전증, 내분비장애, 전신홍반루푸스 등의 내과질환이 있는 환자, 3) 만성음주자, 말초신경을 흔히 손상시키는 항결핵제나 항암제를 투여 받은 병력이 있는 사람, 4) 외상이나 신경뿌리병(radiculopathy) 등이 있는 환자. 말초신경질환의 유무는 개별면담을 통해 손발저림과 근력저하 등 임상증상으로 판단하였고, 신경전도검사는 시행하지 않았다.

## 2. 방법

Philips iU22 고해상도 초음파기계(Philips Medical System, Bothell, WA, USA)의 12-MHz 선형 탐색자를 이용하여 검사를 시행하였다. 모든 검사는 말초신경초음파를 전문으로 하는 한 명의 신경과 의사가 시행하였다.

대표적인 말초신경의 단면적(cross-sectional area, CSA)을 측정하였고, 검사한 신경과 부위는 다음과 같다. 정중신경은 손목굴입구(carpal tunnel inlet)와 아래팔(원위부 1/3지점과 1/2사이)에서, 척골신경은 원위부손목주름(distal wrist crease)과 내측위관절융기(medial epicondyle)에서, 요골신경은 나선고랑(spinal groove)에서, 비골신경은 종아리머리(fibular head)와 다리오금주름(popliteal crease)에서, 경골신경(tibial nerve)은 다리오금주름에서 측정하였다(Fig.). 정중신경은 양측에서 모두 검사하였고, 나머지 신경은 우측에서 검사하였다. 정확한 측정을 위해서 탐색자는 검사하는 신경에 대해 수직으로 유지하였고 최소한의 압력을 가하였다. 측정할 때 발생할 수 있는 오차를 줄이기 위해 각각 2번 검사 후 평균을 구하였다. 상지의 신경은 모두 앉은 자세에서 팔을 받침대에 올려놓고 검사하였고, 척골신경의 경우 90도 이상으로 팔꿈치를 굽히는 경우 단면적이 감소하는 경향이 있어 90도보다 약간 신전된 상태에서 검사하였다.[4] 하지의 신경은 검사하는 쪽의 다리가 위로 올라가는 상태로 옆으로 누워 무릎을 자연스럽게 신전한 자세로 검사하였다. 단면적은 신경을 둘러싸고 있는 에코발생테(echogenic rim)의 안쪽을 따라서 측정하였다.[4,5] 정중신경은 양쪽을 모두 검사하여 손목굴에서 갈린정중신경(bifid median nerve, BMN)과 잔류정중동맥(persistent median artery, PMA)의 유무를 확인하였다.

## 3. 통계분석

Shapiro-Wilk검사로 정규분포에 해당하는지를 확인하였다. 좌우 수치의 비교는 정규분포 유무에 따라 paired *t*-test와 Wilcoxon signed rank test를 이용하였다. 나이대별 비교는 one-way ANOVA와 Kruskal-Wallis test를, 성별에 따른 비교는 two sample *t*-test와 Mann-Whitney U test를, 나머지 연속형변수에 대한 비교는 상관계수를 구하였다. *p*값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의하다고 판단하였고 SPSS 19.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다.

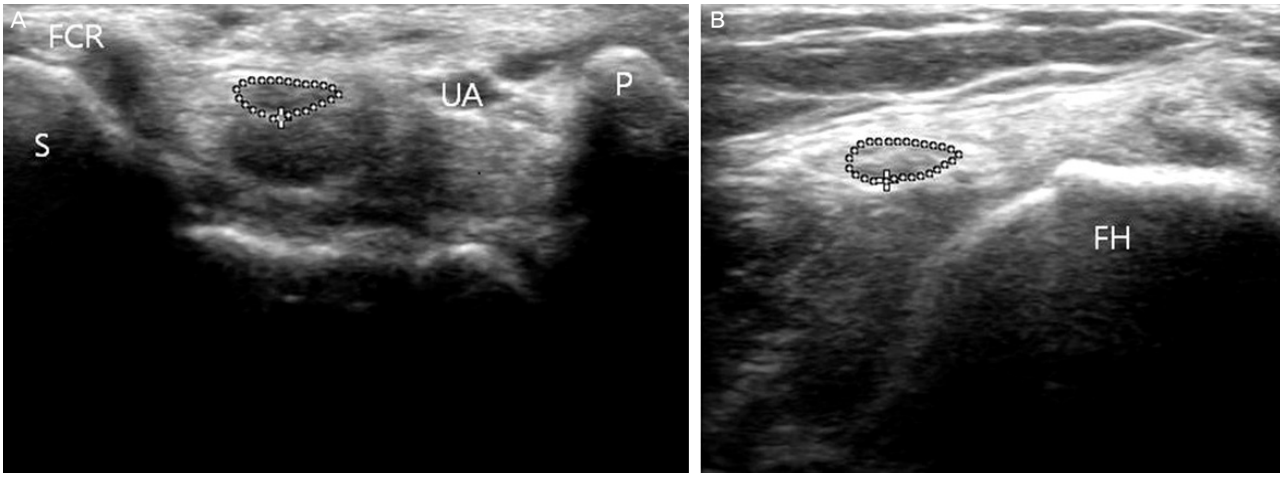


**Figure.** Cross-sectional view of median and peroneal nerve. Tracing method, tracing just inside the hyperechoic rim, used to measure nerve area. (A) Median nerve at the carpal tunnel inlet. (B) Peroneal nerve at the fibular head. FCR; flexor carpi radialis, S; scaphoid bone, UA; ulnar artery, P; pisiform bone, FH; fibular head.

**Table 1.** Normal reference values for cross-sectional area

| nerve | Site | Mean | SD | Percentiles 2.5th, 97.5th | Reference range |
|---|---|---|---|---|---|
| Median, Rt | Carpal tunnel | 9.58 | 1.55 | 7.02, 12.58 | 6.48-12.68 |
| Median, Lt | Carpal tunnel | 9.19 | 1.54 | 6.44, 11.88 | 6.11-12.27 |
| Median, Rt | Foream | 6.87 | 1.61 | 4.91, 10.19 | 4.91-10.19 |
| Median, Lt | Forearm | 6.75 | 1.28 | 4.72, 9.19 | 4.19-9.31 |
| Ulnar, Rt | Wrist | 4.72 | 0.91 | 3.21, 6.10 | 2.90-6.54 |
| Ulnar, Rt | Medial epicondyle | 6.64 | 1.33 | 4.81, 8.89 | 4.81-8.89 |
| Radial, Rt | Spiral groove | 6.48 | 1.68 | 4.22, 9.97 | 4.22-9.97 |
| Peroneal, Rt | Popliteal fossa | 9.30 | 2.16 | 6.51, 12.80 | 6.51-12.80 |
| Peroneal, Rt | Fibular head | 12.35 | 3.55 | 7.02, 19.19 | 7.02-19.19 |
| Tibial, RT | Popliteal fossa | 26.98 | 6.92 | 17.61, 42.10 | 17.61-42.10 |

The reference range is determined as the mean+2SD for normally distributed data and from 97.5th percentile for non-normally distributed data. Cross-sectional area is distributed normally for both median nerves at the wrist, left median at the forearm, and right ulnar at the wrist. All values are in $mm^2$. Rt; right, Lt; left, SD; standard deviation.

**Table 2.** Nerve cross-sectional area according to demographic factors (age and sex)

| Nerve | Site | Age, mean(SD) | | | | *p*-value | Sex, mean(SD) | | *p*-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 21-30 | 31-40 | 41-50 | 51-60 | | Female | Male | |
| Median, Rt | Carpal tunnel | 9.10 (1.64) | 9.45 (1.58) | 10.32 (1.47) | 9.45 (1.33) | 0.075 | 9.24 (1.55) | 9.92 (1.49) | 0.050 |
| Median, Lt | Carpal tunnel | 8.61 (1.65) | 9.42 (1.88) | 9.46 (1.41) | 9.26 (1.06) | 0.277 | 8.69 (1.44) | 9.68 (1.49) | 0.003 |
| Median, Rt | Foream | 6.63 (1.52) | 6.91 (1.79) | 7.31 (1.89) | 6.63 (1.16) | 0.668 | 6.11 (1.22) | 7.63 (1.61) | <0.001 |
| Median, Lt | Forearm | 6.59 (1.20) | 6.61 (1.37) | 7.07 (1.62) | 6.73 (0.84) | 0.625 | 6.33 (1.01) | 7.17 (1.39) | 0.003 |
| Ulnar, Rt | Wrist | 4.40 (0.84) | 4.52 (0.84) | 5.03 (0.70) | 4.93 (1.12) | 0.069 | 4.45 (0.91) | 4.99 (0.83) | 0.007 |
| Ulnar, Rt | Medial epicondyle | 6.89 (1.10) | 6.28 (1.04) | 6.97 (1.61) | 6.42 (1.44) | 0.249 | 6.37 (1.19) | 6.90 (1.41) | 0.075 |
| Radial, Rt | Spiral groove | 6.83 (1.42) | 6.42 (1.94) | 6.64 (1.96) | 6.03 (1.29) | 0.386 | 5.91 (1.42) | 7.05 (1.73) | 0.002 |
| Peroneal, Rt | Popliteal fossa | 8.92 (1.76) | 9.49 (2.38) | 9.73 (1.68) | 9.07 (2.73) | 0.244 | 9.11 (2.33) | 9.50 (1.99) | 0.423 |
| Peroneal, Rt | Fibular head | 11.19 (2.94) | 11.24 (2.92) | 13.29 (3.81) | 13.68 (3.89) | 0.027 | 10.99 (2.88) | 13.71 (3.65) | <0.001 |
| Tibial, RT | Popliteal fossa | 26.05 (7.27) | 25.32 (5.51) | 28.77 (7.48) | 27.77 (7.24) | 0.553 | 24.39 (6.30) | 29.57 (6.61) | 0.001 |

All values are in $mm^2$. Significant values are highlighted in bold ($p<0.05$).
Rt; right, Lt; left, SD; standard deviation.

## 결 과

총 80명(남녀 각각 40명)의 정상 한국인이 연구에 참여하였고, 평균 연령은 39.5±11.0(21-60)세였다. 평균 신장은 167.1±8.2 cm, 평균 체중은 63.2±10.0 kg, 평균 신체비만지수(BMI)는 22.5±2.3이었다. 양측 손목굴에서 검사한 정중신경과 좌측 아래팔에서 측정한 정중신경, 손목에서 측정한 척골신경의 단면적은 정규분포를 보였지만, 나머지는 정규분포를 보이지 않았다.

각 말초신경의 단면적과 측정한 수치를 토대로 구한 정상범위를 Table 1에 정리하였다. 단면적은, 손목굴입구에서 우측 정중신경은 9.58±1.55 $mm^2$, 좌측 정중신경은 9.19±1.54, 아래팔에서 우측 정중신경은 6.87±1.61, 좌측 정중신경은 6.75±1.28, 원위부손목주름에서 척골신경은 4.72±0.91, 내측위관절융기에서 척골신경은 6.64±1.33, 나선고랑에서 요골신경은 6.48±1.68, 종아리머리에서 비골신경은 12.35±3.55, 다리오금주름에서 비골신경은 9.30±3.55, 다리오금주름에서 경골신경은 26.9±6.92였다. 정규분포인 경우는 정상범위를 평균값과 표준편차를 이용해서 mean±2SD으로, 정규분포가 아닌 경우는 2.5th 에서 97.5th 검사값으로 하였다. 정중신경에서 손목과 아래팔의 단면적 비(swelling ratio)는 우측이 1.44±0.27, 좌측이 1.39±0.27이었다.

20대, 30대, 40대, 50대로 나누어 단면적을 비교했을 때 나이에 따른 차이가 없었다(Table 2). 단, 종아리머리에서 검사한 비골신경은 나이가 증가할수록 단면적이 유의하게 증가하는 소견을 보였다($p<0.05$). 남녀 성별에 따른 비교에서는 두 부위를 제외하고 모든 측정부위에서 남자에서 유의하게 단면적이 큰 결과를 보였다(Table 2). 내측위관절융기에서 측정한 척골신경과 다리오금주름에서 측정한 비골신경도 통계적으로 유의하지는 않았지만 평균값은 남자에서 컸다. 체중과 신장도 대부분에서 유의한 상관관계를 보였고, 신체비만지수의 경우에는 모든 측정부위에서 통계적으로 유의한 상관관계를 보였으며, 신체비만지수가 클수록 단면적도 증가하였다(Table 3). 정중신경만 좌우를 모두 측정하여서 정중신경의 단면적이 좌우에 차이가 있는지 확인하였다. 아래팔에서는 좌우의 뚜렷한 차이가 없었으나 손목굴에서 검사한 단면적은 우측이 좌측에 비해 유의하게 큰 결과를 보였다($p=0.001$).

손목굴에서 BMN은 총 160손 중에서 12손(7.5%)에서, PMA

**Table 3.** Correlation between nerve cross-sectional area and demographic factors (height, weight, and BMI)

| Nerve | Site | Correlation coefficient (*p*-value) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Weight | Height | BMI |
| Median, Rt | Carpal tunnel | 0.192 (0.088) | 0.354 (0.001) | 0.362 (0.001) |
| Median, Lt | Carpal tunnel | 0.238 (0.034) | 0.385 (<0.001) | 0.362 (0.001) |
| Median, Rt | Foream | 0.454 (<0.001) | 0.563 (<0.001) | 0.433 (<0.001) |
| Median, Lt | Forearm | 0.339 (0.002) | 0.418 (<0.001) | 0.323 (0.003) |
| Ulnar, Rt | Wrist | 0.239 (0.033) | 0.354 (0.001) | 0.336 (0.002) |
| Ulnar, Rt | Medial epicondyle | 0.255 (0.022) | 0.306 (0.006) | 0.229 (0.041) |
| Radial, Rt | Spiral groove | 0.412 (<0.001) | 0.500 (<0.001) | 0.377 (0.001) |
| Peroneal, Rt | Popliteal fossa | 0.119 (0.292) | 0.215 (0.056) | 0.227 (0.043) |
| Peroneal, Rt | Fibular head | 0.338 (0.002) | 0.527 (<0.001) | 0.495 (<0.001) |
| Tibial, RT | Popliteal fossa | 0.294 (0.008) | 0.493 (<0.001) | 0.491 (<0.001) |

Significant values are highlighted in bold ($p<0.05$).
Rt; right, Lt; left, BMI; body mass index.

는 4손(2.5%)에서 관찰되었다.

## 고 찰

포착신경병의 진단은 일반적으로 임상소견으로 의심한 뒤 전기생리학검사로 확진을 한다. 전기생리학적검사는 포착신경병을 진단하는데 있어 민감하고 특이도가 높지만 대표적인 두 가지 단점이 있다. 우선 검사 자체가 통증이 있어서 환자가 불편함을 많이 느끼고, 두 번째는 기능을 평가하는 검사이기 때문에 이환된 신경과 주변조직에 대한 구조적인 정보를 얻을 수 없다. 이에 반해 초음파검사는 가장 안전하고 통증이 없는 검사이고, 해부학정보를 얻을 수 있는 장점이 있다. 신경의 단면적 증가는 초음파를 통한 포착신경병의 진단에 가장 중요한 소견이며, 특히 CSA값을 통한 평가가 가장 신뢰성이 높고 흔히 이용된다.[5]

포착신경병이 생기는 위치는 대부분 표면에 위치하고 있어 모든 정상인에서 단면적을 쉽게 구할 수 있었다. 외국의 보고와 비교했을 때 CSA값은 전반적으로 작은 편이었고, 인종과 신체비만지수 등의 차이가 영향을 준 것으로 판단한다.[2] 한국인을 대상으로 한 국내의 보고와 비교했을 때 CSA값은 대부분의 신경에서 약간 큰 편이었고, 내측위관절융기에서 측정한 척골신경과  다리오금주름에서의 비골신경은 약간 작은 값을 보였다. 본 연구와 비교했을 때 초음파기계의 기종에서 차이가 있었고, 검사대상자의 자세와 검사위치에서 약간의 차이가 있었다.[6,7] 신체비만지수가 비슷하고 같은 인종을 대상으로 했음에도 결과의 차이가 있는 것으로 보아 검사실마다 정상범위에 대한 자료를 구할 필요가 있다.

포착신경병의 주요한 초음파 소견은 단면적의 증가이므로 측정한 검사결과를 토대로 각 신경단면적의 상한값(upper normal limit)을 구하면 다음과 같다. 손목굴에서 우측 정중신경은 12.68 $mm^2$, 좌측 정중신경은 12.27, 손목에서 척골신경은 6.54, 내측위관절융기에서 척골신경은 8.89, 나선고랑에서 요골신경은 9.97, 종아리머리에서 비골신경은 19.19, 다리오금주름에서 경골신경은 42.10이다. 정중신경에서 손목과 아래팔의 단면적의 비율은 우측이 1.44±0.27, 좌측이 1.39±0.27이었다. 앞에서 소개한 기존의 국내연구(swelling ratio, 1.30±0.25)와 비교했을 때 아래팔에 비해 손목의 단면적이 다소 커 보이지만,[6] 단면적의 비를 구해서 정상인과 환자군에서 비교한 다른 국내연구(swelling ratio, 1.34±0.14)와 비교하면 차이가 크지 않다.[8] 국외에서 시행한 한 연구에서는 정상 단면적 비가 1.53±0.30이었고, 검사를 시행하는 아래팔의 위치가 단면적 비율에 영향을 준다고 설명하고 있다.[9]

이전 연구에서 좌우의 유의한 차이가 없다는 보고가 있어서,[10,11] 정중신경을 제외하고는 우측에서만 측정을 하였다. 본 연구에서는 손목굴에서 우측이 좌측에 비해 유의하게 큰 결과를 보였다. 정중신경의 단면적은 손의 반복적인 움직임과 관련이 있으므로 우측 손이 대부분 우세손인 우리나라 인구의 특성과 관련이 있을 것으로 생각한다.

체중이 증가할수록, 신장이 클수록 대부분의 신경에서 단면적이 유의하게 증가하였다. 신체비만지수와의 비교에서는 모든 측정 부위에서 신체비만지수가 클수록 단면적이 유의하게 증가하였고 이전의 다른 보고에서도 유사하였다.[6,10] 성별의 비교에서는 남자에서 유의하게 큰 단면적을 보였고, 이는 이전의 보고와 유사하다.[6,10] 연령별 비교에서는 20대에서 40대까지는 단면적이 커지다가 50대에는 다시 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 나이와 단면적의 관계에 대해서는 같은 연구 내에서도 검사한 신경에 따라 나이가 들수록 유의하게 단면적이 증가하는 신경도 있고 감소하는 신경도 있었으나 대부분은 뚜렷한 경향성을 보이지 않았다.[2,12]

BMN와 PMA의 유무에 관한 정보는 손목굴증후군의 진단과 치료에서 도움이 될 수 있다. BMN는 손목굴증후군의 위험인자로 알려지기도 하였으나 손목굴증후군에서 더 높은 빈도를 나타내는지에 대해서는 상반된 보고가 있어 아직은 결론을 내리기 어렵다.[13,14] PMA는 혈전증이나 혈관확장에 의해 손목굴증후군을 유발할 수 있고,[15,16] 수술 전에 이 혈관의 존재를 알면 혈관손상 같은 합병증을 예방하는데 도움이 된다. 빈도는 보고에 따라 굉장히 다양하며,[17] 검사시의 나이와 검사기계 등의 영향으로 판단된다.

이 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 우선, 본 연구에서 연령에 따른 단면적의 뚜렷한 차이는 보이지 않았으나, 20세에서 60세 성인을 대상으로 검사한 수치이기 때문에 모든 연령을 대표하기는 어렵다. 또한 정중신경을 제외하고는 우측만 검사에 포함시켰다. 최근에 좌우 차이값으로 이상유무를 판단하면 다른 인구학적 특징(성별이나 신체비만지수)의 영향을 받지 않아 장점이 있다는 보고가 있다.[12]

초음파검사가 특히 진단에 도움이 되는 포착신경병이 주로 발생하는 말초신경의 정상범위를 한국인을 대상으로 측정하여 정상범위를 구하였다. 단면적을 이용해서 이상유무를 정확히 판단하기 위해서는 성별과 신체비만지수의 고려가 필요하다.

## REFERENCES


1. 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.
2. Cartwright MS, Passmore LV, Yoon JS, Brown ME, Caress JB, Walker FO. Cross-sectional area reference values for nerve ultrasonography. *Muscle Nerve* 2008;37:566-571.
3. Duncan I, Sullivan P, Lomas F. Sonography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *AJR Am J Roentgenol* 1999;173:681-684.
4. Beekman R, Visser LH, Verhagen WI. Ultrasonography in ulnar neuropathy at the elbow: a critical review. *Muscle Nerve* 2011;43:627-635.
5. Roll SC, Case-Smith J, Evans KD. Diagnostic accuracy of ultrasonography vs. electromyography in carpal tunnel syndrome: a systematic review of literature. *Ultrasound Med Biol* 2011;37:1539-1553.
6. 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.
7. Seok HY, Jang JH, Won SJ, Yoon JS, Park KS, Kim BJ. Cross-sectional area reference values of nerves in the lower extremities using ultrasonography. *Muscle Nerve* 2014;50:564-570.
8. Cho JM, Yoon JS, Kim SJ, Park BK, Lee GH, Jeong JS. Feasibility of ultrasonographic area ratio of median nerve in the diagnosis of carpal tunnel syndrome in Korea. *J Korean Acad Rehabil Med* 2009;33:627-631.
9. Bathala L, Kumar P, Kumar K, Shaik A, Visser LH. Normal values of median nerve cross-sectional area obtained by ultrasound along its course in the arm with electrophysiological correlations, in 100 Asian subjects. *Muscle Nerve* 2014;49:284-286.
10. Cartwright MS, Shin HW, Passmore LV, Walker FO. Ultrasonographic findings of the normal ulnar nerve in adults. *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88:394-396.
11. Tagliafico A, Martinoli C. Reliability of side-to-side sonographic cross-sectional area measurements of upper extremity nerves in healthy volunteers. *J Ultrasound Med* 2013;32:457-462.
12. Kerasnoudis A, Pitarokoili K, Behrendt V, Gold R, Yoon MS. Cross sectional area reference values for sonography of peripheral nerves and brachial plexus. *Clin Neurophysiol* 2013;124:1881-1888.
13. 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.
14. Granata G, Caliandro P, Pazzaglia C, Minciotti I, Russo G, Martinoli C, et al. Prevalence of bifid median nerve at wrist assessed through ultrasound. *Neurol Sci* 2011;32:615-618.
15. Khashaba A. Carpal tunnel syndrome from thrombosed persistent median artery. *J Emerg Med* 2002; 22:55-57.
16. Feldkamp MM, Gentili F, Hudson AR, Guha A: A persistent median artery causing carpal tunnel syndrome in a patient with chronic renal failure: case report. *Neurosurgery* 1995;37:140-143.
17. Walker FO, Cartwright MS, Blocker JN, Arcury TA, Suk JI, Chen H, et al. Prevalence of bifid median nerves and persistent median arteries and their association with carpal tunnel syndrome in a sample of Latino poultry processors and other manual workers. *Muscle Nerve* 2013;48:539-544.