

인체 계측학적 변수의 정중신경 전도검사에 대한 영향

서울대학교 의과대학 재활의학교실

한태륜 · 김진호 · 정선근 · 이인식

Influence of Anthropometric Variables on Median Nerve Conduction

Tai Ryoon Han, M.D., Jin Ho Kim, M.D., Sun Gun Chung, M.D. and In Sik Lee, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Seoul National University College of Medicine

- Abstract -

Objective : To elucidate the influence of various anthropometric variables on median motor and sensory nerve conduction.

Methods : Eighty nine of normal healthy subjects with 24 years of mean age participated in median motor and antidromic sensory nerve conduction studies. Parameters including distal latency, distal amplitude and conduction velocities were obtained in motor and sensory conduction of both hands. And various parameters such as sex, height, weight, wrist and index finger dimensions, and opposition powers are obtained in both hands. Thereafter, we analyzed the influence of the latter on the former.

Results : Distal amplitudes and areas of median sensory nerve action potentials(SNAPs) were larger in women than in men. Distal amplitudes were also affected by weight, body mass index(BMI) and circumferences of the wrists and index fingers. Circumferences of the latter especially did not only affect distal amplitudes of SNAPs but also did distal latencies and conduction times from the midpalm to active electrodes.

Conclusion : The data of the median sensory conduction should be carefully interpreted considering anthropometric variables such as sex, circumferences of the wrist and the digits with the active electrode.

Key Words : Median nerve, Nerve conduction study, Anthropometric variable, Sex

서 론

신경전도검사는 말초 신경의 이상 유무를 평가하는데 있어서 객관적인 자료를 제시하지만, 여러 인자들에 의해 영향을 받기 때문에 이들의 영향을 고려하거나 교정한 후 검

사치들을 해석하여야 한다. Johnson-Pease¹는 신경의 온도, 피검사자의 연령 및 신장등을 신경전도검사에 영향을 미치는 대표적인 인자들로 제시하고 있다. 이들에 의하면, 온도는 신경전도속도와 직접적인 상관 관계를 가지며, 유발 전위들의 진폭에도 유의한 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다. 또한, 연령도 특히 소아나 노령의 피검사자들에서 신경전도검사에 의미있는 영향을 끼치는 것으로 알려져

서울대학교 의과대학 재활의학과

Address reprint requests to In Sik Lee, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, College of Medicine Seoul National University, #28 Yeongon-dong, Chongno-ku, Seoul, 110-744, Korea

Tel : 82-2-760-2619, 2967, Fax : 82-2-743-7473, e-mail : mdlis@netsgo.com

있다.^{2,3} 하지만, 연령을 제외한 여러 인체 계측학적 변수들 중 신경전도속도와 역 상관관계를 보이는 신장을 제외하고는 이들의 신경전도검사에 미치는 영향은 현재까지도 여러 연구들에 의해 다루어지고 있는 실정이다.

특히, 수근관 증후군의 전기 진단학적 진단의 정확도 향상을 위한 노력은 인체 계측학적 변수와의 상관성 규명을 통하여 지속적으로 이루어지고 있는데, 1983년 Johnson 등⁴에 의해 완관절 단면적의 너비에 대한 깊이의 비가 정중 신경의 감각신경 원위잠복시간과 상관관계가 있는 것으로 밝혀진 이래 1995년 Radecki⁵는 신체질량지수(BMI)도 정중신경의 원위잠복시간 지연과 연관이 있다고 보고하고 있다. 이렇게 정중신경에 대한 인체 계측학적 변수의 영향은 수근관 증후군의 진단에 있어서 민감도 및 특이도 증가를 위해 여러 각도에서 연구되어 왔지만, 국내 보고는 미미한 실정이다.

이에 저자들은 정상 성인 남녀를 대상으로 여러 인체 계측학적 변수들이 정중신경의 운동 및 감각신경전도검사의 여러 지표들에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보고자 본 연구를 시행하였다.

연구 대상 및 방법

1) 연구 대상

평균 연령이 24세(최소 22세에서 최대 29세까지)인 89명의 건강한 정상 성인 남녀를 대상으로 하였다. 이들의 성별 분포는 남자 71명, 여자 18명이었으며, 이들은 모두 수근관 증후군의 증상이나 징후를 보이지 않았으며, 반복적인 외상의 병력이 없었으며, 말초신경병증의 기왕력이나 증상이 없었고, 그리고 상지의 외상 병력이 없었다.

2) 연구 방법

정중신경의 운동신경 전도검사 및 역행성 감각신경 전도검사를 피검사자의 양측 손에서 시행하였다. 근전도 기기는 Medelec사의 Sapphire Premier기기를 이용하였으며, 디지털 피부 온도계를 이용하여 중수장부의 온도를 32도 이상으로 유지한 상태에서 운동신경 전도검사는 표면전극인 patch 전극을 이용하여 활동 전극을 단무지 외전근에 그리고 기준 전극을 단무지 외전근의 건부착 부위에 부착한 후 활동 전극으로부터 8cm 근위부의 완관절부와 주관절부에서 각각 자극을 가하여 시행하였으며, 감각신경 전도검사시에는 환상 전극(ring electrode)을 이용하여 제 2 수지의 근위부 수지관절에 활동 전극을 부착하고 4cm 원위부에 기준 전극을 부착한 후 활동 전극으로부터 7cm 근위부의 중수장부(mid-palm), 14cm 근위부인 완관절부 및 주관절부에서 각각 자극을 가하였다.

운동신경 전도검사의 여파 설정은 3Hz에서 10kHz까지, 민

감도는 구간당 5.0mV로 설정하였으며, 감각신경 전도검사의 경우에는 여파 설정은 20Hz에서 2kHz까지, 민감도는 구간당 20μV로 설정하였다. 두 검사시 모두 sweep속도는 구간당 2 msec로 두었으며, 자극은 양극성 표면 전극을 이용하였으며, 자극기간은 0.1 msec로 과최대(supramaximal) 자극 강도로 자극을 주었다.

운동신경 전도검사에서는 원위잠복시간과 진폭 및 전완부의 신경전도속도를 구하였으며, 감각신경 전도검사를 통해서 원위잠복시간(시작 및 절정), 원위진폭 및 면적, 완관절 구간 및 전완부 구간의 전도 속도, 완관절부 자극시 절정 잠복시간(peak latency)에 대한 중수장부 자극시 절정 잠복시간의 비, 그리고 중수장부에서 활동전극사이의 전도시간등을 구하였다.

이들과의 연관성을 살피기 위한 인체 계측학적 변수들로는 성별, 신장, 체중, 신체질량지수, 완관절부와 제 2 수지 근위부 수지관절의 둘레, 너비 및 깊이와 그리고 완관절 단면적의 너비에 대한 깊이의 비를 측정하였으며(Fig. 1), 또한 파악력계(pinch meter)를 사용하여 측면 파악력(lateral pinch power)을 각 손에서 2회씩 측정하여 그 평균값을 구하였다(Table 1). 이들 값들을 이용하여 신경전도검사에서의 여러 측정값들과의 연관성을 분석하였다.

통계적인 분석은 SAS v6.21 통계 프로그램을 이용하여 신경전도검사치들의 성별 비교시에는 t-test를 사용하였으며, 인체 계측학적 변수들이 신경전도검사치들에 미치는 영향을 분석하기 위하여 선형모델 분산 분석법인 ANACOVA test를 사용하여 분석하였다.

결 과

1) 정중신경의 운동신경 전도검사 결과

좌우측 상지에서 구한 원위잠복시간 및 진폭, 그리고 전완부 신경전도속도의 통계적인 차이가 없어 이들을 구분하지 않고 남자 142수, 여자 36수의 평균치를 제시하였다. 남자의 경우, 원위잠복시간 및 진폭이 각각 3.47 ± 0.32 msec와 16.7 ± 4.9 mV이었으며, 전완부 신경전도속도는 62.3 ± 3.0 m/sec이었다. 여자의 경우에는 원위잠복시간 및 진폭이 각각 3.57 ± 0.41 msec와 16.7 ± 3.8 mV이었으며, 전완부 신경전도속도는 62.2 ± 3.7 m/sec이었으며, 남자의 검사치와는 통계적인 차이를 보이지 않았다(Table 2).

2) 정중신경의 감각신경 전도검사 결과

역시 비우성수에서 좌우측 상지에서 구한 원위잠복시간 및 진폭, 그리고 전완부 신경전도속도의 통계적인 차이가 없어 이들을 구분하지 않고 남자 142수, 여자 36수의 평균치를 제시하였다.

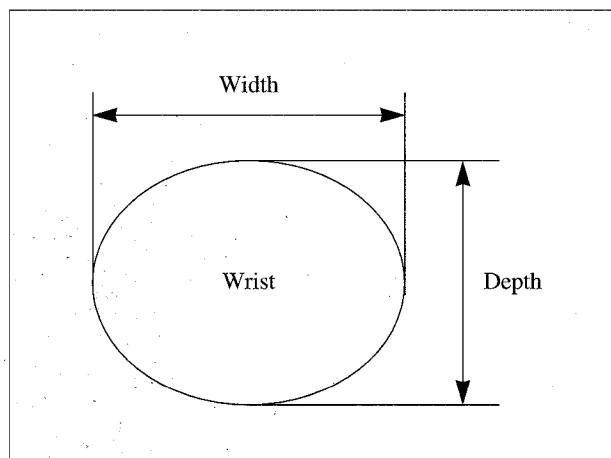


Fig. 1. Depth/Width Ratio of Wrist Cross Section in Distal Wrist Crease

활동 전극으로부터 14cm 근위부인 완관절부를 자극하여 구한 원위잠복시간의 경우 시작 원위잠복시간은 남녀 각각 2.49 ± 0.16 msec, 2.52 ± 0.24 msec이었으며, 절정 원위잠복시간(distal peak latency)은 남녀 각각 3.14 ± 0.21 msec, 3.20 ± 0.33 msec으로 이들은 모두 남녀간에 통계적인 차이가 없었다. 원위 진폭 및 면적의 경우 남녀 각각 $62.7 \pm 15.1 \mu V / 38.7 \pm 9.1 \mu V$ sec, $86.7 \pm 24.4 \mu V / 56.1 \pm 20.3 \mu V$ sec으로 진폭 및 면적은 여자의 경우 남자의 경우보다 의미있게 큰 것으로 나타났다($p < 0.01$). 그리고, 완관절 구간 및 전완부 구간의 전도속도는 남녀 각각 $58.0 \pm 5.6 / 67.2 \pm 3.9$ m/sec, $57.1 \pm 6.2 / 69.1 \pm 3.9$ m/sec로 남녀간에 통계적인 차이가 없었으며, 완관절부 자극시 절정 잠복시간(peak latency)에 대한 중수장부 자극시 절정 잠복시간의 비도 남녀 각각 $63.6 \pm 8.9\%$, $65.9 \pm 11.5\%$ 로 남녀간에 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 3).

Table 1. Anthropometric Variables

	Male		Female	
Height(cm)	173.2 ± 5.3		161.6 ± 3.4	
Weight(Kg)	66.2 ± 9.0		50.8 ± 3.0	
BMI ¹ (Kg/m ²)	22.0 ± 2.5		19.4 ± 1.2	

	Right	Left	Right	Left
Wrist				
Circumference(mm)	164.5 ± 9.4	164.1 ± 10.7	145.7 ± 5.6	145.6 ± 6.0
Width(mm)	51.5 ± 3.0	51.1 ± 3.4	44.5 ± 2.4	44.1 ± 2.2
Depth(mm)	34.2 ± 2.4	33.9 ± 2.6	28.9 ± 2.0	29.0 ± 1.9
D/W Ratio ²	0.67 ± 0.04	0.66 ± 0.04	0.65 ± 0.05	0.66 ± 0.05
Index Finger				
Circumference(mm)	62.3 ± 3.5	61.1 ± 3.8	56.6 ± 2.6	55.8 ± 2.2
Width(mm)	17.5 ± 1.7	17.2 ± 1.9	15.9 ± 1.1	15.4 ± 1.1
Depth(mm)	15.8 ± 1.2	15.6 ± 1.2	14.1 ± 1.1	13.9 ± 1.0
Opposition Power(lb-fts)	20.4 ± 3.8	19.7 ± 3.5	14.8 ± 3.3	13.5 ± 3.4

¹; Body mass index = Weight(Kg)/Height(m)²

²; Depth/Width ratio.

Table 2. Parameters of Median Motor Conduction

	Male		Female	
	Mean ± S.D.	Range	Mean ± S.D.	Range
d-Lat	3.47 ± 0.32	2.82 ~ 4.36	3.57 ± 0.4	12.76 ~ 4.28
d-Amp	16.7 ± 4.9	5.4 ~ 31.7	16.7 ± 3.8	8.2 ~ 23.5
Forearm CV	62.3 ± 3.0	54.5 ~ 69.7	62.2 ± 3.7	55.4 ~ 71.1

d-Lat ; distal latency, d-Amp ; distal amplitude, Forearm CV ; forearm conduction velocity

3) 인체 계측학적 변수들이 정중신경 전도검사 결과들에 미치는 영향

남녀를 통틀어 총 89명의 결과들을 종합하여 선형모델 분산분석법인 ANACOVA을 통해 정중신경 전도검사 결과들에 유의하게 영향을 미치는 인체 계측학적 변수들을 살펴보면, 남녀의 성별 차이는 정중 신경의 감각신경 유발전위의 원위 진폭 및 면적에 영향을 미치며, 정중 신경의 감각신경 유발전위의 원위 진폭은 성별이외에도 체중이 많을수록, 신체질량

지수(BMI)가 클수록 그리고 완관절과 인지의 둘레가 클수록 작아지는 경향을 보였으며, 인지의 둘레는 정중 신경의 감각신경 유발전위의 원위잠복시간, 원위 진폭, 그리고 중수장부에서 활동전극사이의 전도시간 등에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 인지의 둘레가 클수록 정중신경의 감각신경 유발전위의 원위잠복시간이 길어지며, 원위진폭은 작아지고, 그리고 중수장부에서 활동 전극사이의 전도시간이 길게 나타났다. 하지만, 어떠한 인체 계측학적 변수도 정중 신경의 운동신경 전도검사 지표들에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(Table 4).

Table 3. Parameters of Median Sensory Conduction

	Male		Female	
	Mean ± S.D	Range	Mean ± S.D	Range
d-Lat-onset(msec)	2.49 ± 0.16	2.06 ~ 2.92	2.52 ± 0.24	2.12 ~ 3.36
d-Lat-peak(msec)	3.14 ± 0.21	2.78 ~ 3.72	3.20 ± 0.33	2.72 ~ 4.38
d-Amp(mV)*	62.7 ± 15.1	31.3 ~ 102.0	86.7 ± 24.4	57.3 ~ 181.0
d-Area(nVs)*	38.7 ± 9.1	20.8 ~ 74.2	56.1 ± 20.3	33.1 ~ 123.0
F-CV(m/sec)	67.2 ± 3.9	56.3 ~ 75.3	69.1 ± 3.9	62.2 ~ 75.9
TC-CV(m/sec)	58.0 ± 5.6	42.2 ~ 72.9	57.1 ± 6.2	44.6 ~ 71.4
Ratio of Peak latency between midpalm and wrist(%)	63.6 ± 8.9	48.0 ~ 92.3	65.9 ± 11.5	51.6 ~ 99.0

* ; p < 0.01

d-Lat ; distal latency, d-Amp ; distal amplitude, d-Area ; distal area, F-CV ; forearm conduction velocity, TC-CV ; transcarpal conduction velocity

Table 4. ANACOVA between Anthropometric Variables and Conduction Parameters (F-value)

	Motor			Sensory						
	d-Lat	Amp	CV	d-Lat(o)	d-Lat(p)	Amp	Area	F-CV	TC-CV	DL diff
Sex	NS	NS	NS	NS	NS	64.86	64.12	NS	NS	NS
Height	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Weight	NS	NS	NS	NS	NS	11.79	14.46	NS	NS	NS
BMI	NS	NS	NS	NS	NS	8.14	NS	NS	NS	NS
Wrist Width	NS	NS	NS	9.96	10.92	NS	NS	NS	NS	NS
Wrist Depth	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Wrist D/W ratio	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Wrist Circumference	NS	NS	NS	NS	NS	3.92	NS	NS	NS	NS
Finger Cricumference	NS	NS	NS	8.21	11.05	5.92	NS	NS	NS	8.85
Finger Thickness	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Finger Width	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Opposition Power	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS ; not significant, Numeric values mean F-value.with p < 0.01

d-Lat ; distal latency, d-Amp ; distal amplitude, d-Area ; distal area, F-CV ; forearm conduction velocity,

TC-CV ; transcarpal conduction velocity, BMI ; body mass index, Wrist D/W ratio ; wrist depth/width ratio

DL diff ; peak latency of 7cm stimulation - (peak latency of wrist stimulation - peak latency of 7cm stimulation): this means conduction times from the midpalm to active electrodes

고찰

전기 진단학적 검사 중에서 신경전도검사는 객관적인 수치를 제공함으로써 말초신경병변의 진단에 결정적인 역할을 한다. 하지만, 검사 기술 및 검사자의 숙련도의 부족에 의해 적정값을 구하지 못 하거나, 비록 적정값을 구하더라도 각 검사실마다의 표준화된 기준치의 부족은 결국 오진의 결과를 초래하기도 한다. 국내에서도 신경전도검사의 표준화된 기준치를 얻기 위하여 많은 연구들이 행하여져 왔다.^{6,8} 하지만, 1997년 문혜원 등⁹에 의하면 상당수의 검사실이 아직까지 외국 도서의 기준치를 인용하여 쓰고 있으며, 사용 전극 및 측정 방법, 검사실 환경 등이 검사실마다 차이가 많아 병원간 소견 교환시 어려움의 소지가 있다고 보고되고 있어 아직까지 해결해야 할 신경전도검사가 지니는 해석상의 문제점들이 많다고 해도 과언은 아닐 것이다.

더욱이 신경전도검사를 피검사자들에 대해 개별적으로 적용하기 위해서는 검사 당시의 검사 환경, 사지의 체온과 같은 피검사자의 상태 및 성별, 신장과 같은 피검사자들의 인체 계측학적 변수도 고려를 해야 정확한 결과 해석이 가능할 것이다.¹ 특히 인체 계측학적 변수들의 신경전도검사에 대한 영향은 아직까지 활발하게 규명되고 있는 실정인데, 최근의 연구 결과들을 나열하여 보면, 1982년 Soudmand 등¹⁰은 하지에서는 신장과 신경전도속도간에 역상관계가 있지만, 상지에서는 아무런 관계가 없다고 보고한 반면, 1992년 Stetson 등¹¹은 신장과 인지의 둘레가 상하지의 여러 신경들의 신경전도 검사 지표들과 상관관계를 가진다고 하였고, 1998년 Buschbacher¹²는 신체질량지수가 상하지의 모든 신경들에서 감각 또는 혼합신경 유발전위의 진폭과 역상관계가 있다고 보고하였다.

1980년 Bolton-Carter¹³과 1994년 Hennessey 등¹⁴은 상지의 수지에서 측정한 역행성 감각신경 유발전위의 원위진폭이 여자가 남자보다 큰 이유로 수지의 둘레를 들고 있으며, 이는 수지의 둘레가 피부에서 피하로 지나는 신경의 분지까지의 거리를 반영하기 때문이라고 주장하고 있다. 그리고, 1994년 Hennessey 등¹⁵은 연령 증가에 의한 신경전도검사의 가장 주목할 만한 변화로 감각신경 유발전위의 진폭감소를 들고 있다.

하지만, 이들은 모두 서양인들을 대상으로 한 연구이며, 국내에서는 이러한 인체 계측학적 변수들의 신경전도검사의 결과에 대한 영향을 보고한 경우가 극히 드문 실정이다. 본 연구에서는 비교적 규명이 된 연령의 영향을 통제된 상태에서 정중신경의 운동 및 감각신경 전도검사를 시행하여 이에 대한 다양한 인체 계측학적 변수들의 영향을 규명하고자 하였다. 정중신경을 선택한 이유는 수근관 증후군의 진단에 정중신경 전도검사가 결정적인 역할을 하기 때문에 이의 필요성이 가장 절실하기 때문이다.

본 연구에서도 남녀의 성별 차이는 정중신경의 감각신경 유발전위의 원위진폭 및 면적에 큰 영향을 미치며, 여자가 남자보다 유의하게 큰 것으로 나타났다. 1995년 Lim 등¹⁶은 이러한 남녀간의 차이를 만드는 인자들로서 연령, 체온의 차이, 그리고 피부 및 피하 지방의 전도성의 차이등을 들고 있으며, 또한 완관절 및 수지의 너비, 깊이, 둘레 및 길이가 영향을 준다고 하였다. 또한 1985년 Kimura 등¹⁷은 실제 검사를 시행할 때, 여자가 제 2 수지의 기록 전극으로부터 자극 부위까지의 길이가 더 짧기 때문에 감각신경 유발전위의 진폭이 74mm의 기록 전극으로부터 자극 부위까지의 길이당 18% 정도의 비율로 진폭이 더 클 것이라고 하였다. 본 연구에서도 140mm의 길이에 35.7% $\{=(86.7\mu V-62.7\mu V)/62.7\mu V\}$ 의 진폭차이를 보여 매우 일치하는 결과를 보였다.

또한, 정중신경의 감각신경 유발전위의 원위진폭은 성별이 외에도 체중, 신체질량지수 및 완관절과 인지의 둘레등에 의해 영향을 받는 것으로 나타났는데, 체중의 영향은 보고된 적이 없으며, 신체질량지수는 1998년 Buschbacher의 보고¹²에 일치하는 결과이다. 완관절과 인지의 둘레에 의해 영향을 받는 점도 여러 연구와 일치한다.^{11,13,15} 하지만, 1983년 Johnson 등⁴이 주장한 완관절의 깊이/너비의 비율이 0.7이상인 경우 감각신경의 원위잠복시간이 3.7 msec 이상으로 지연되는 경향이 있다는 점은 본 연구에서는 증명되지 않았다. 이는 본 연구의 피검사자가 모두 젊은 성인들이기 때문인 점과 동양인과 서양인의 근골격계 구조의 차이에 의한 것으로 사료된다.

특히, 인지의 둘레는 정중신경의 감각신경 유발전위의 원위진폭뿐만 아니라 원위잠복시간 및 중수장부에서 활동 전극사이의 전도시간에도 의미있게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 지금까지 보고된 적이 없는 새로운 발견으로 현재 달리 설명할 수는 없지만, 이의 규명을 위한 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다. 하지만, 인지의 둘레는 감각신경 유발전위의 진폭 및 원위잠복시간에 모두 영향을 미치므로 임상적인 상황에서 반드시 이를 염두에 두고 해석을 해야 할 것이다.

또한, 감각신경 전도검사시 이상적인 활동 전극과 기준 전극의 거리가 4cm로 추천되고 있어,¹⁸ 본 연구에서는 이 기준대로 시행하였는데, 피검사자들이 모두에게서 근위 수지관절로부터 4cm 떨어진 곳에 기준 전극을 두고 모두 성공하였다. 하지만, 다양한 연령층을 대상으로 할 때에는 이에 대한 보정도 필요할 것으로 사료된다.

한편, 정중신경의 운동신경 전도검사의 결과들은 인체 계측학적 변수에 의해 아무런 영향을 받지 않는 것으로 나타났으며, 단무지 외전근의 근력을 간접적으로 계측한 파악력과도 아무런 관계가 없는 것으로 나타났다.

본 연구는 연령에 따른 인체 계측학적 변수들의 변화와 이의 신경전도검사에 대한 영향을 설명하지 못하였기에 추후 이에 대한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

결 론

89명의 정상 성인 남녀를 대상으로 한 본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 남녀의 성별 차이는 정중신경의 감각신경 유발전위의 원위진폭 및 면적에 영향을 미치며, 여자가 남자보다 유의하게 큰 것으로 나타났으며,

둘째, 정중신경의 감각신경 유발전위의 원위진폭은 성별이 외에도 체중, 신체질량지수(BMI) 및 완관절과 인지의 둘레 등에 의해 영향을 받으며,

셋째, 인지의 둘레는 정중신경의 감각신경 유발전위의 원위잠복시간, 원위진폭 및 중수장부에서 활동전극사이의 전도 시간등에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

따라서, 정중신경의 감각신경 전도검사시에는 체온 및 연령 이외에도 여러 인체 계측학적 변수를 고려해서 검사치를 해석하여야 하며, 특히, 성별이나 인지(혹은 중지)의 둘레는 반드시 결과의 해석에 있어 고려를 해야 할 변수들이다.

REFERENCES

1. Johnson EW, Pease WS: Practical Electromyography, 3th ed, Baltimore: Williams & Wilkins, 1997, pp144-147
2. Baer RD, Johnson EW: Motor nerve conduction velocities in normal children. Arch Phys Med Rehabil 1965; 46: 698-704
3. Dorfman LJ, Bosley TM: Age-related changes in peripheral and central nerve conduction in man. Neurology 1979; 29: 38-44
4. Johnson EW, Gatens T, Poindexter D, Bowers D: Wrist dimensions: Correlation with median sensory latencies. Arch Phys Med Rehabil 1983; 64: 556-557
5. Radecki P: Variability in the median and ulnar nerve latencies : Implications for diagnosing entrapment. J Occup Environ Med 1995; 37(11): 1293-1299
6. 나은우, 조경자, 문제호, 신경순: 정중신경과 척골신경의 신

- 경전도속도검사. 대한재활의학회지 1985; 9: 9-16
7. 안용팔, 강세윤, 박경희, 유인형: 정상성인의 정중 및 척골신경 원위잠복기. 대한재활의학회지 1985; 9: 17-22
8. 신정빈, 박윤길, 전세일: 정상인의 정중신경 및 척골신경 전도검상의 비교. 대한재활의학회지 1993; 17: 557-562
9. 문혜원, 나은우, 이일영, 오형석: 우리 나라의 전기 진단 검사 정상치에 관한 실태 조사. 대한재활의학회지 1987; 21: 323-329
10. Soudmand R, Ward LC, Swift TR: Effect of height on nerve conduction velocity. Neurology 1982; 32: 407-410
11. Stetson DS, Albers JW, Silverstein BA, Wolfe RA: Effects of age, sex, and anthropometric factors on nerve conduction measures. Muscle Nerve 1992; 15: 1095-1104
12. Buschbacher RM: Body mass index effect on common nerve conduction study measurements. Muscle Nerve 1998; 21: 1398-1404
13. Bolton CF, Carter K: Human sensory nerve compound action potential amplitude: variation with sex and finger circumference. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1980; 43: 925-928
14. Hennessey WJ, Falco FJE, Goldberg G, Braddom RL: Gender and arm length: Influence on nerve conduction parameters in the upper limb. Arch Phys Med Rehabil 1994; 75: 265-269
15. Hennessey WJ, Falco FJE, Braddom RL: Median and ulnar nerve conduction studies: Normative data for young adults. Arch Phys Med Rehabil 1994; 75: 259-264
16. Lim CL, Lal H, Yiannikas C: The effect of wrist size on the orthodromic median sensory nerve action potential. Muscle Nerve 1995; 18: 117-119
17. Kimura J, Machida M, Ishida T, Yamada T, Rodnitzky RL, Kudo Y et al: Relation between size of compound sensory or muscle action potentials, and length of nerve segment. Neurology 1986; 36: 647-652
18. Eduardo E, Burke D: The optimal recording electrode configuration for compound sensory action potentials. J Neurol Neurosurg Psychiatry 1988; 51: 684-687