

Original Article

Open Access

신경 신장 적용 강도에 따른 신경흥분성 변화

김종순†

부산가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과

Changes in Nerve Excitability Depending on Intensity of Neural Stretching

Jong-Soon Kim, P.T., Ph.D.†

Department of Physical Therapy, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan

Received: June 15, 2021 / Revised: July 14, 2021 / Accepted: July 21, 2021

© 2021 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

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 non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: Neurodynamic tests are used to examine neural tissue in patients with neuro-musculoskeletal disorders, although this has not yet been established in the intensity of nerve tension application. This study aimed to investigate the acute effects of neural stretching intensity on nerve excitability using the latency and amplitude of nerve conduction velocity test (NCV) analysis.

Methods: Thirty young, healthy male and female subjects (mean age = 21.30 years) voluntarily participated in this study. Nerve excitability was assessed using the median sensory NCV test. The latency and amplitude of the NCV test were measured under four different conditions: reference phase (supra-maximal stimulus, without neural stretching), baseline phase (2/3 of the supra-maximal stimulus, without neural stretching), weak stretch phase (2/3 of the supra-maximal stimulus, with weak neural stretching), and strong stretch phase (2/3 of the supra-maximal stimulus, with strong neural stretching).

Results: The NCV latency was significantly delayed after one minute of neural stretching at the baseline, weak phase, and strong phase in comparison with the reference phase. The NCV latency was significantly delayed by increasing the strength of neural stretching. Furthermore, the NCV amplitude was significantly increased at the weak and strong phases, which were under neural stretching, in comparison with the baseline phase. The NCV amplitude was significantly increased by increasing the strength of the neural stretching.

Conclusion: Transient neural stretching as a neurodynamic test can increase the sensitivity of the nerve without negatively affecting the nervous system. However, based on the results of this study, strong neural stretching in the neurodynamic test may delay the transmission of nerve impulses and hypersensitivity.

Key Words: Neurodynamic test, Neural stretching, Nerve conduction velocity test, Nerve excitability

†Corresponding Author : Jong-Soon Kim (ptjskim@cup.ac.kr)

I. 서론

신경섬유와 신경 다발이 신경다발막(perineurium)과 신경바깥막(epineurium) 내부에서 늘어나거나 짧아지는 것을 신경의 가동성이라고 하는데 이는 신경이 세로축을 따라 미끄러지는 현상이다(Wilgis & Murphy, 1986). 신경줄기(nerve trunk)와 주변 조직 사이의 경계 면에서 신경줄기는 충분한 활주를 할 수 있는데(Lang et al., 1995) 신경줄기 내부의 활주층(gliding layer)은 신경다발이 신경바깥막 내부에서 활주할 수 있도록 한다(Millesi et al., 1990). 그러나 인체의 깊고 얇은 부위를 다양한 형태로 주행하는 신경은 여러 원인으로 인하여 예기치 않은 가동성 결여가 초래 될 수 있다.

말초신경계와 중추신경계, 그리고 자율신경계는 하나의 형태로 결합되어 하나의 단위로서 서로 상호 작용하는데 이는 신경계의 기계적, 전기적, 화학적 연속성을 의미한다(Butler, 1991; Butler, 2008; Walsh, 2005). 즉, 신경을 하나의 단일체로 볼 수 있다. 따라서 인체의 한 부위에서 신경의 가동성에 문제가 발생하면 신경의 이온 통로에 영향을 미칠 뿐 아니라 염증의 생성과 신경의 먼쪽부에 가해지는 유해한 신장과 같은 문제를 야기할 수 있다(Sunderland, 1978). 신경 가동성의 문제는 신경을 세로 방향으로 신장시켜 신경 내부의 변화를 발생시키는데 이러한 변화로 인하여 역학적 감수성이 증가되어 있는 비정상적인 신경 충동이 발생하는 부위(abnormal impulse generating sites, AIGS)가 만들어지게 된다(Devor & Seltzer, 1999). 또한, 신경이 신장 되면 신경으로의 영양공급을 담당하는 혈관의 신장도 동시에 발생한다. 즉, 신경의 신장으로 인해 신경을 감싸고 있는 혈관코일(vascular coil)도 신장 되고 이로 인해 혈관은 좁아져 혈류 감소와 혈전 생성이 일어 날 수 있다. 따라서 신경의 가동성 결여로 인한 신경의 신장은 혈류 감소를 초래하고 이는 이차적으로 신경의 기능에 변화를 초래하는데 일시적인 신경의 신장은 신경에 별다른 영향을 미치지 않지만 만성적인 신경의 신장은 신경의 기능 저하를 초래하

게 된다(Rickett et al., 2011)

최근 신경의 기능 저하를 평가하는 여러 방법 중 도수치료 분야에서는 신경역동 검사(neurodynamic test)가 많이 사용되고 있다(Lewis et al., 1998). 신경역동 검사는 신경의 원활한 움직임을 위해서는 신경도 적절하게 늘어나거나 짧아져야 한다는 신경 가동성의 개념을 기초로 신경 주변의 물리조직과 신경 구조의 적합성 평가에 사용된다(Butler, 2000; Magee, 2002; Shacklock, 1995; 2005). 신경역동 검사는 기계적 연속성을 가진 신경계에 일련의 긴장을 제공하는 검사로서 신경에 가하는 긴장을 통해 가동범위의 차이나 감각 반응의 차이 등을 비교 대상이 되는 부위나 정상 값과 비교하여 임상적 의미를 평가한다(Butler & Gifford, 1989; Nee & Butler, 2006). 따라서 가동범위의 차이나 감각 반응의 차이 등이 나타나면 통증과 기능 장애의 원인을 신경계의 병리적인 문제로 의심할 수 있다.

신경역동 검사에서 가해지는 일련의 역학적 긴장은 신경을 양 끝으로 신장시켜 혈류의 감소, 축삭형질 이동의 감소, 그리고 혈액-신경 장벽의 이상과 같은 임상적으로 예기치 못했던 결과를 초래할 수도 있다(Ogata & Naito, 1986; Shacklock, 1995; 2005; Tanoue et al., 1996; Watanabe et al., 2001). 따라서 임상적으로 안전한 신경역동 검사의 적용을 위해서는 적절한 신경 신장의 강도에 대한 연구가 필요한 실정이나 이에 대한 연구는 전무한 실정이다. 이에 본 연구는 신경 신장의 강도에 따른 신경의 변화를 신경의 흥분성 관점에서 전기생리학적으로 분석하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 진행 전, 연구자는 연구 참여자들은 대상으로 연구의 취지와 방법, 그리고 연구 과정 중 발생할 수 있는 부정적 현상 등에 대해 충분한 설명을 실시하

였다. 이러한 설명을 충분히 숙지한 후 자발적으로 연구에 참여하기로 동의한 건강한 20대의 신경근골격계 이상이 없는 성인 30명이 본 연구에 참여하였다.

2. 측정도구 및 방법

1) 측정도구

신경 신장의 강도 차이에 의한 신경 흥분성 변화의 전기생리학적 분석은 근전도 기기(Keypoint, Dantek, Denmark)를 이용하였다. 검사 환경은 실험실 내의 온도는 22°C 이상, 피검자의 검사 부위 표피온도는 30°C~34°C를 유지하였으며 분석 대상 신경을 정중감각신경으로 하여 신경전도속도(nerve conduction velocity) 검사를 실시하였다. 정중감각신경의 신경전도속도 검사를 위해 모든 전극은 1회용 접착성 표면전극(surface electrode)을 이용하였다. 관련전극은 몸쪽 손가락뼈사이관절(proximal interphalangeal joint)에 부착하였으며 기록전극은 두 번째 손가락의 손허리손가락관절(metacarpophalangeal joint)에 부착하였다. 집지전극은 손목 주름에서 팔꿈 주름 사이 1/2 부위의 아래팔에 부착하였다. 전기자극은 일회용 표면전극을 이용하여 손목에서 정중감각신경을 자극하였다(Preston & Shapiro, 1997). 정중감각신경의 전기 자극은 자극 주파수를 1Hz로 하여 역방향으로 자극하였다. 신경전도속도 검사 획득 조건은 민감도(sensitivity) 20 μ V, 소인 속도(sweep speed) 1ms, 고역통과 필터링(high-pass filtering) 50Hz, 저역통과 필터링(low-pass filtering) 1KHz로 설정하였다. 잠복시(latency)는 최초 음의 위상으로 변화하는 지점을 기준으로 측정하였으며 진폭은 음극정점(negative peak)에서 양극정점(positive peak)까지 측정하였다.

2) 측정방법

신경 신장의 강도 차이에 의한 신경 흥분성 변화 분석은 오른쪽 정중감각신경 전도속도 검사의 잠복시

와 진폭을 이용하였다. 먼저, 정중감각신경의 최대 흥분성을 유도하는 자극 강도를 측정하기 위하여 피검자가 의자에 편안하게 앉은 안정 자세를 취하도록 하였다. 이후 손목 주름에서 근전도 기기의 전기자극기를 이용하여 초최대자극(supramaximal stimulation)하여 참고 값(reference value)으로 설정하였다. 참고 값을 측정 후 같은 자세에서 참고 값 자극강도의 2/3로 자극하여 기준선(baseline) 설정을 위한 잠복시와 진폭을 측정하였다. 기준선의 설정 후 연구 대상자들에게 5분간의 휴식을 취하도록 하였다. 휴식 후 무작위로 순서를 정하여 강한 신경 신장 및 약한 신경 신장을 1분간 적용한 다음 기준선 1과 같은 자극 강도로 정중감각신경을 자극하여 잠복시와 진폭을 측정하였다.

3. 실험 절차

본 연구를 위해 오른쪽 팔의 정중신경에 신경역동 검사를 실시하였다. 선행 연구(Stalioraitis et al., 2014)를 참고하여 신경역동 검사 자세는 의자에 앉은 자세에서 연구자의 지시에 따라 연구 대상자 스스로 취하도록 하였다. 먼저, 연구 대상자가 실험 중 신경역동 검사 자세를 동일하게 유지하는 것을 보조하기 위하여 높이 조절이 가능한 전동 테이블을 이용하였다. 단단한 재질의 벽 측면에 전동 테이블을 설치하였으며 전동 테이블과 벽 측면 사이의 거리로 인해 연구 대상자의 손이 벽에 닿지 않는 것을 보완하기 위하여 전동 테이블과 벽 사이, 전동 테이블 위에 나무로 제작한 상자를 움직이지 않도록 고정하여 설치하였다. 연구 대상자를 설치된 전동 테이블 측면에 앉도록 한 다음 오른쪽 팔을 전동 테이블 위에 놓도록 하였다. 전동 테이블의 높이를 조절하여 피검자의 오른쪽 오목위팔관절(glenohumeral joint) 90도 벌림이 유지될 수 있도록 한 후 오른쪽 오목위팔관절을 90도로 가쪽 돌림 하도록 하였다. 그 다음 나무 상자의 측면에 오른쪽 손바닥과 손가락이 최대한 접촉되도록 하여 손목과 손가락이 최대한 펴지도록 하였다. 이후 오른쪽 팔꿈치 관절이 최대한 펴지도록 하였다. 팔의 자세를



Fig. 1. Neural stretching position; front (A), side (B), back (C).

취한 다음, 팔을 고정된 상태에서 연구 대상자의 몸통을 최대한 반대 방향인 왼쪽으로 회전하도록 하였다. 몸통의 최대 회전이 끝난 다음 목을 최대한 왼쪽 상외방으로 회전하도록 하였다. 신경역동 검사 자세의 설정 후, 피검자의 최대 노력으로 최대한 나무 상자를 손으로 눌러 손목과 손가락 관절이 강하게 최대한로 펴지도록 한 경우를 강한 신장, 신경역동 검사 자세를 그대로 유지만 하도록 한 자세를 약한 신장으로 정의하였다. 강한 신장과 약한 신장의 적용 순서는 무작위로 배정하였다. 디지털 초시계를 사용하여 무작위로 배정된 신경 신장을 1분간 실시하였다. 강한 신장이나 약한 신장을 적용한 후에는 5분간의 휴식을 실시한 후 다음 적용할 강도의 신경 신장을 실시하였다. 신경 신장을 적용한 이후 신경역동 검사 자세를 유지한 상태에서 정중감각신경의 신경전도속도 검사를 실시하여 잠복시와 진폭을 측정하였다(Fig. 1).

4. 자료분석

본 연구를 통해 수집된 자료들은 SPSS 26.0 for Windows 프로그램을 이용하여 분석하였다. 연구에 참여한 대상자들의 일반적인 특성은 기술통계를 실시하였다. 정중감각신경 전도속도의 잠복시와 진폭은 일원배치 반복측정 분산분석(One-way repeated analysis of variance)을 통해 각 조건별 차이를 분석하였다. 조건별 차이에 대한 비교 분석은 대비검정을 실시하였다. 유의수준(α)은 0.05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구의 대상자들은 총 30명으로 남성이 6명(20.00%), 여성이 24명(80.00%)이었다. 연구 대상자들의 평균 연령은 21.30세, 평균 신장은 162.93cm, 평균 몸무게는 59.20kg이었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (N=30)

Variables	Mean±SD
Age (years)	21.30±1.47
Height (cm)	162.93±5.46
Weight (kg)	59.20±11.49

2. 신경 신장에 따른 잠복시의 비교

신경 신장 적용 전 초최대 자극을 적용한 참고값의 잠복시는 2.68ms였다. 초최대자극의 2/3로 자극한 기초선의 잠복시는 2.73ms였다. 약한 신장을 적용한 1분 후의 잠복시는 2.93ms, 강한 신장을 적용한 1분 후의 잠복시는 2.97ms로 신경 신장 적용 전·후, 유의한 차

Table 2. Mean of terminal latency under each conditions

Interval	Mean±SD	F	p
Reference	2.68±0.24		
Baseline	2.73±0.25	77.30	0.00*
Weak	2.93±0.37		
Strong	2.97±0.36		

*, p<0.05

Unit; ms

이를 보였다($p<0.05$)(Table 2).

3. 신경 신장의 강도 차이에 따른 잠복시 변화 비교

신경 신장의 강도 차이에 따른 잠복시를 비교한 결과 초최대 자극 조건에 비해 모든 조건에서 잠복시가 유의하게 증가하였으며($p<0.05$) 기준선 자극 조건에 비해서도 신경 신장을 적용한 경우 잠복시가 유의하게 증가하였다($p<0.05$). 또한 강한 신경 신장을 적용한 경우 약한 신경 신장에 비해 잠복시의 유의한 증가를 보였다($p<0.05$)(Table 3).

Table 3. Contrast test of terminal latency among the four different conditions

Contrast time	F	p
Reference vs. Baseline	29.16	0.00
Reference vs. Weak	90.51	0.00
Reference vs. Strong	129.82	0.00
Baseline vs. Weak	47.46	0.00
Baseline vs. Strong	75.73	0.00
Weak vs. Strong	7.19	0.01

4. 신경 신장에 따른 진폭의 비교

신경 신장 적용 전 초최대 자극을 적용한 참고값의 진폭은 $97.10\mu V$ 였다. 초최대자극의 2/3로 자극한 기준선 1의 진폭은 $47.83\mu V$ 였다. 약한 신장을 적용한 1분 후의 진폭은 $68.10\mu V$, 강한 신장을 적용한 1분 후의 진폭은 $73.93\mu V$ 로 신경 신장 적용 전·후, 유의한 차이

Table 4. Mean of amplitude under each condition

Interval	Mean±SD	F	p
Reference	97.10±29.79		
Baseline	47.83±23.42	24.34	0.00*
Weak	68.10±35.82		
Strong	73.93±40.55		

*; $p<0.05$
Unit; μV

를 보였다($p<0.05$)(Table 4).

5. 신경 신장의 강도 차이에 따른 진폭 변화 비교

신경 신장의 강도 차이에 따른 진폭을 비교한 결과 초최대 자극 조건에 비해 모든 조건에서 진폭이 유의하게 감소하였으나($p<0.05$) 기준선 자극 조건에 비해서는 신경 신장을 적용한 경우 진폭이 유의하게 증가하였다($p<0.05$). 또한 강한 신경 신장을 적용한 경우 약한 신경 신장에 비해 진폭의 유의한 증가를 보였다($p<0.05$)(Table 5).

Table 5. Contrast test of amplitude among the four different conditions

Contrast time	F	p
Reference vs. Baseline	126.61	0.00
Reference vs. Weak	20.66	0.00
Reference vs. Strong	11.88	0.00
Baseline vs. Weak	10.45	0.00
Baseline vs. Strong	13.45	0.00
Weak vs. Strong	4.49	0.04

IV. 고찰

신경의 가동성에 문제가 발생하면 일상적인 팔다리 움직임을 하는 동안 통증이나 관절가동범위의 제한과 같은 임상적 이상 증상을 유발한다. 신경의 가동성 결여로 인한 문제를 해결하기 위해 물리치료 분야에서는 신경가동술과 같은 도수치료들이 임상에서 흔하게 적용되는데 이에 대한 효과 보고들도 (Ballester-Pérez et al., 2017; Horng et al., 2011; Sim et al., 2019) 많이 이루어지고 있다. 신경가동술의 적용을 위해서는 신경 조직의 병적 움직임 여부를 알아보는 것이 선행되어야 하는데 이를 위한 방법으로 신경역동 검사를 적용하게 된다. 신경역동 검사의 목적은 기계적 힘과 견인을 견디는 신경계의 움직임과 감수성을 평가하는 것으로 이를 위해 신경 조직을 움직이

고 기계적인 자극을 가한다(Shacklock, 1995; 2005; Vanti et al., 2011). 따라서 신경역동 검사에 적용되는 기계적 힘은 신경에 가해지는 신장력이다(Butler, 2000). 19세기에 이르러 신경 신장은 치료 영역으로 편입되기 시작한다. 말초신경의 내재신경(*intrinsic nerve*)으로서 말초신경의 결합조직막에 분포하는 감각신경 섬유인 신경벽신경(*nervi nervorum*)을 신장시켜 통증을 완화시킬 수 있다는 개념이 등장하기 시작한 것이다(Silver & Weiner, 2016; Tubbs et al., 2015). 이러한 개념은 이후 신경장애의 보수치료로 편입되어 신경에 긴장을 가하는 것이 신경장애의 치료에 중요하다는 생각을 갖게 하였다. 그러나 신경 신장은 교감신경계의 활동전위 유발 및 피부 발한의 증가(Lindquist et al., 1973), 혈류의 변화와 말초 조직의 발한(Komberg & McCarthy, 1992; Ogata & Naito, 1986; Watanabe et al., 2001)을 유발한다.

본 연구는 신경 신장 강도에 따른 영향 및 최적의 신경역동 검사를 위한 조건 분석을 위해 신경역동 검사와 같은 신경신장을 적용한 상태에서 신경 신장 적용 강도에 따른 신경의 흥분성 변화를 신경전도속도 검사의 진폭 및 잠복시 변화 정도를 분석하여 알아보고자 하였다. 진폭은 얼마나 많은 신경섬유들이 신경 자극에 의해 흥분이 유발되었는지를 의미하고 잠복시는 신경섬유들이 얼마나 빠르게 전기적 신호를 전달하는지를 시간으로 표현한 것이다(Aminoff, 1998; Kimura, 2013). 따라서 신경 전도속도 검사의 진폭과 잠복시의 분석을 통해 신경의 흥분성 변화를 분석할 수 있다.

본 연구의 결과 잠복시는 안정 자세에서 초최대 전기 자극을 가하여 측정된 참고선 검사에서 2.68ms를 보였으며 이후 안정 자세에서 초최대 자극의 2/3의 강도로 전기 자극하여 획득한 기준선 검사에서는 1.87%의 유의한 잠복시 연장 소견을 보였다. 이후 약한 신경 신장을 적용한 결과 잠복시는 참고선 검사에 비해서는 9.33%, 그리고 기준선 검사에 비해서는 7.33% 유의한 잠복시의 연장 소견을 보였다. 강한 신경 신장을 적용한 결과 잠복시는 참고선 검사에 비해

서는 10.82%, 기준선 검사에 비해서는 8.79%, 그리고 약한 신경 신장을 적용한 경우에 비해서는 1.37%의 유의한 잠복시의 연장 소견을 보였다. 따라서 신경신장을 적용한 경우 잠복시의 유의한 지연은 약한 신경 신장 정도의 강도에서도 나타남을 알 수 있었다. 이러한 결과는 신경 역동 검사 1분 후 초최대 자극의 2/3 정도의 자극 강도로 전기 자극하여 획득한 정중감각신경의 잠복시가 5.18% 유의하게 지연되었다고 보고한 선행 연구와 일치하는 결과이다(Lee et al., 2018). Yayama 등(2010)은 토끼의 공동신경에 0.457N의 압박을 가한 결과 신경 내 혈류의 차단이 관찰되었으며 이 보다 강한 0.486N의 압박에서는 신경전도속도 검사의 전위가 소실됨을 보고하였다. Yoshi 등(2010)도 신경 압박으로 인한 혈류 공급의 이상은 신경전도속도 검사의 전위 회복 지연을 보고하였다. 이는 신경 신장 혹은 신경 압박이 정도가 증가할수록 신경으로의 혈류공급의 문제를 심화시켜 신경의 전도 장애를 유발할 수 있음을 의미하는 결과로서 신경 신장으로 인한 신경의 일과성 혈류 장애는 일시적인 신경 전도 장애를 유발한다는 선행 연구(Kobayashi et al., 2003)와 일치하는 결과로 사료된다.

본 연구의 결과 진폭은 안정 자세에서 초최대 전기 자극을 가하여 측정된 참고선 검사에서 97.10 μ V였으며 동일한 안정 자세에서 초최대 자극의 2/3의 강도로 전기 자극하여 획득한 기준선 검사에서는 50.74% 유의한 진폭 감소 소견을 보였다. 이후 약한 신경 신장을 적용한 결과 진폭은 참고선 검사에 비해서는 29.87%의 유의한 진폭 감소 소견을 보였으며 기준선 검사에 비해서는 42.38% 유의한 진폭의 증가 소견을 보였다. 강한 신경 신장을 적용한 결과 진폭은 참고선 검사에 비해서는 23.86%의 유의한 진폭 감소 소견을 보였으며 기준선 검사에 비해서는 54.57%, 그리고 약한 신경 신장을 적용한 경우에 비해서는 8.56%의 유의한 진폭 증가 소견을 보였다. Lee 등(2018)은 안정 자세에서 초최대 자극의 2/3로 정중 감각신경을 검사한 결과에 비해 신경 역동 검사 1분 후 동일 자극 강도로 전기 자극하여 획득한 정중감각신경의 진폭이 35.28% 유의

하게 증가되었다고 보고하여 본 연구의 결과인 42.38%의 진폭 증가와 유사한 결과를 보고하였다. 또한 본 연구에서 약한 신장을 적용한 경우 42.38%, 강한 신장을 적용한 경우 54.57%의 진폭 증가 소견은 1분간의 강한 신경 신장으로 신경전도속도 검사의 진폭이 78.11% 증가하였다고 보고한 선행 연구(Eom, 2016)와도 일치하는 결과를 보이고 있다.

그러나 Kobayashi 등(2010)은 신경의 신장은 신경의 문제 및 활동전위 진폭의 유의한 감소를 유발한다고 보고하여 본 연구와 상이한 연구 결과를 보고하였는데 Kobayashi 등(2010)의 연구를 살펴 보면 이들의 연구는 오랜 기간, 신경의 움직임이 제한되어 있었던 환자들을 대상으로 실시한 연구 결과이어서 신경의 움직임 제한이 없는 건강한 피검자를 대상으로 1분간 일시적 신경 신장을 적용한 본 연구와는 차이가 있었다.

신경전도속도 검사의 진폭은 신경자극으로 흥분이 유발된 신경섬유의 합을 의미하므로 본 연구의 신경 신장 강도에 따른 진폭의 증가 소견은 신경의 흥분성 증가를 의미하는 것이다. 본 연구의 결과 약한 신장을 적용한 경우에도 신경의 흥분성이 충분히 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. Dilley 등(2003)은 어깨 관절 벌림 90도, 팔꿈치 완전 펴, 손목관절 60도 펴 자세에서 신경 신장을 적용한 결과 혈류의 방해나 신경 전도의 이상을 초래하지는 않았다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서 적용한 약한 신경 신장의 경우와 이들의 연구(Dilley et al., 2003)에서 적용한 신경 신장 자세를 비교해 보면 본 연구에서 적용한 신경 신장 자세가 오목위팔관절의 가쪽 돌림, 손목관절의 펴, 손가락의 펴, 몸통 회전을 통한 오목위팔관절의 수평 벌림, 그리고 목의 상외방 회전이 추가되어 보다 강한 신경 신장을 유도했을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서 적용한 약한 신경 신장의 경우에도 신경전도속도의 검사의 진폭 증가 소견을 고려하면 충분한 신경의 신장을 유발하였을 것으로 여겨진다. 따라서 본 연구와 같은 일시적인 신경 신장을 유발하는 신경역동 검사는 신경의 흥분성을 증가시키는 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구의 결과 1분간의 약한 신경 신장과 강한 신경 신장 적용 후 신경전도속도 검사의 유의한 잠복시 지연과 진폭의 증가가 관찰되었다. 이는 일시적인 신경 신장은 임상적으로 고려할 만한 신경에 부정적 영향을 미치지 않고 신경의 민감성을 증가시키는 것을 의미한다. 그러나 신경신장 후 신경 신장 강도가 증가 함에 따라 신경전도 속도의 유의한 잠복시 지연과 진폭의 증가가 관찰됨으로 지속적인 과도한 신경 신장은 신경의 신호전달 지연과 과민을 야기시킬 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 안전하고 효과적인 신경역동 검사를 위해서는 1분 정도의 과도하지 않는 약한 신경 신장 적용이 보다 효과적일 것으로 사료된다.

Acknowledgements

이 논문은 2019년도 부산가톨릭대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음.

References

- Aminoff MJ. Electromyography in clinical practice: clinical and electrodiagnostic aspects of neuromuscular disease, 3rd ed. New York. Churchill Livingstone. 1998.
- Ballester-Pérez R, Plaza-Manzano G, Urraca-Gesto A, et al. Effectiveness of nerve gliding exercises on carpal tunnel syndrome: a systematic review. *Journal of Manipulative & Physiological Therapeutics*. 2017; 40(1):50-59.
- Butler D, Gifford L. The concept of adverse mechanical tension in the nervous system. *Journal of Physiotherapy*. 1989;75(11):622-629.
- Butler D. Mobilisation of the nervous system. Melbourne.

- Churchill Livingstone. 1991.
- Butler D. The sensitive nervous system. Adelaide. Noigroup Publications. 2000.
- Butler D. The neurodynamic techniques: a definitive guide from the Noigroup team. Adelaide. Noigroup Publication. 2008.
- Devor M, Seltzer Z. Pathophysiology of damaged nerves in relation to chronic pain. In: Wall PD, Melzack R. Textbook of pain, 4th ed. Edinburgh. Churchill Livingstone. 1999.
- Dilley A, Lynn B, Greening J, et al. Quantitative in vivo studies of median nerve sliding in response to wrist, elbow, shoulder and neck movements. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*. 2003;18(10):899-907.
- Eom JR. Changes in nerve excitability by nerve stretch and nerve glide. Catholic University of Pusan. Dissertation of Master's Degree. 2016.
- Homg YS, Hsieh SF, Tu YK, et al. The comparative effectiveness of tendon and nerve gliding exercises in patients with carpal tunnel syndrome: a randomized trial. *American Journal of Physical Medicine*. 2011;90(6):435-442.
- Kimura J. Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: principle and practice, 4th ed. New York. Oxford University Press. 2013.
- Kobayashi S, Shizu N, Suzuki Y, et al. Changes in nerve root motion and intra radicular blood flow during an intraoperative straight-leg-raising test. *Spine*. 2003;28(13):1427-1434.
- Kobayashi S, Takeno K, Yayama T, et al. Pathomechanisms of sciatica in lumbar disc herniation: effect of periradicular adhesive tissue on electrophysiological values by an intraoperative straight leg raising test. *Spine*. 2010;35(22):2004-2014.
- Kornberg C, McCarthy T. The effect of neural stretching technique on sympathetic outflow to the lower limbs. *Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy*. 1992;16(6):269-274.
- Lang E, Claus D, Neundörfer B, et al. Parameters of thick and thin nerve-fiber functions as predictors of pain in carpal tunnel syndrome. *The Journal of Pain*. 1995;60(3):295-302.
- Lewis J, Ramot R, Green A. Changes in mechanical tension in the median nerve: possible implications for the upper limb tension test. *Journal of Physiotherapy*. 1998;84(6):254-261.
- Lee DR, Rhee MH, Eom JR, et al. Changes in nerve excitability during neural stretching. *PNF and Movement*. 2018;16(2):287-294.
- Lundborg C, Nilsson Y, Skoglund R. Observations on the mechanical sensitivity of sympathetic and other types of small-diameter nerve fibers. *Brain Research*. 1973;49(2):432-435.
- Magee D. Orthopedic physical assessment, 4th ed. Toronto. Saunders. 2002.
- Millesi H, Zöch G, Rath T. The gliding apparatus of peripheral nerve and its clinical significance. *Annales de Chirurgie de la Main et Du Membre Supérieur (Paris)*. 1990;9(2):87-97.
- Nee RJ, Butler D. Management of peripheral neuropathic pain: integrating neurobiology, neurodynamics, and clinical evidence. *Physical Therapy in Sport*. 2006;7(1):36-49.
- Ogata K, Naito M. Blood flow of peripheral nerve effects of dissection, stretching and compression. *Journal of Hand Surgery British*. 1986;11(1):10-14.
- Preston DC, Shapiro BE. Electromyography and neuromuscular disorders. Boston. Butterworth-Heinemann. 1997.
- Rickett T, Connell S, Bastijanic J, et al. Functional and mechanical evaluation of nerve stretch injury. *Journal of Medical Systems*. 2011;35(5):787-793.
- Shacklock M. Neurodynamics. *Journal of Physiotherapy*. 1995;81(1):9-16.
- Shacklock M. Clinical neurodynamics: a new system of musculoskeletal treatment. Edinburgh. Elsevier Health Sciences. 2005.

- Silver JR, Weiner MF. Nerve-stretching in the 19th century. *Journal of Medical Biography*. 2016;24(4):537-545.
- Sim SE, Gunasagaran J, Goh KJ, et al. Short-term clinical outcome of orthosis alone vs combination of orthosis, nerve, and tendon gliding exercises and ultrasound therapy for treatment of carpal tunnel syndrome. *Journal of Hand Therapy*. 2019;32(4):411-416.
- Stalioraitis V, Robinson K, Hall T. Side-to-side range of movement variability in variants of the median and radial neurodynamic test sequences in asymptomatic people. *Manual Therapy*. 2014;19(4):338-342.
- Sunderland S. Nerves and nerve injuries, 3rd ed. Melbourne. Churchill Livingstone. 1978.
- Tanoue M, Yamaga M, Ide J, et al. Acute stretching of peripheral nerves inhibits retrograde axonal transport. *Journal of Hand Surgery (British Volume)*. 1996;21(3):358-363.
- Tubbs RS, Rizk E, Shoja MM, et al. Nerve and nerve injuries. Amsterdam. Elsevier. 2015.
- Vanti C, Bonfiglioli R, Calabrese M, et al. Upper limb neurodynamic test 1 and symptoms reproduction in carpal tunnel syndrome. A validity study. *Manual Therapy*. 2011;16(3):258-263.
- Walsh MT. Upper limb neural tension testing and mobilization. Fact, fiction, and a practical approach. *Journal of Hand Therapy*. 2005;18(2):241-258.
- Watanabe M, Yamaga M, Kato T, et al. The implication of repeated versus continuous strain on nerve function in a rat forelimb model. *Journal of Hand Surgery American*. 2001;26(4):663-669.
- Wilgis EF, Murphy R. The significance of longitudinal excursion in peripheral nerves. *Hand Clinics*. 1986;2(4):761-766.
- Yayama T, Kobayashi S, Nakanishi Y, et al. Effects of graded mechanical compression of rabbit sciatic nerve on nerve blood flow and electrophysiological properties. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2010;17(4):501-505.
- Yoshii Y, Nishiura Y, Terui N, et al. The effects of repetitive compression on nerve conduction and blood flow in the rabbit sciatic nerve. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*. 2010;35(4):269-278.