

Original Article

Open Access

신경 신장 적용 시간에 따른 신경흥분성 변화*

이동률 · 이민형¹ · 엄주리¹ · 김종순^{2†}

좋은강안병원 물리치료실, ¹부산가톨릭대학교 대학원 물리치료학과,
²부산가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과

Changes in Nerve Excitability During Neural Stretching

Dong-Rour Lee · Min-Hyung Rhee¹ · Ju-Ri Eom¹ · Jong-Soon Kim^{2†}

Department of Physical Therapy, Good Gang-An Hospital

¹Department of Physical Therapy, Graduate School, Catholic University of Pusan

²Department of Physical Therapy, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan

Received: June 25, 2018 / Revised: July 23, 2018 / Accepted: July 24, 2018

© 2018 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: The neurodynamic test used to implicate symptoms arising from the nerve is proposed to selectively increase the strain of the nerve without increasing the strain of adjacent tissue, although this has not yet been established in the time of nerve tension application. This study aimed to investigate the acute effects of nerve stretching time on nerve excitability using compound nerve action potential (CNAP) analysis.

Methods: Thirty healthy young adults (mean age=23.10 years) with no medical history of neurological or musculoskeletal disorder voluntarily participated in this study. Nerve excitability was assessed using the median nerve conduction velocity test. The amplitude of the CNAP was measured under three conditions: resting phase (supra-maximal stimulus, without nerve stretching), baseline phase (two-thirds of the supra-maximal stimulus, without nerve stretching), and stretch phase (two-thirds of the supra-maximal stimulus, with 1-5 minutes nerve stretching). One-way repeated measures ANOVA was conducted to compare the latency and amplitude of CNAP. A post-hoc test was analyzed using the contrast test.

Results: The latency was significantly delayed after 1 min. of nerve stretching in comparison with the baseline test. However, no significant difference was found during the nerve stretching (1-5 min.). The amplitude was significantly increased by nerve stretching.

Conclusion: Nerve stretching can induce nerve excitability without any nerve injury. Based on the results, more than 1 min. of nerve stretching as a neurodynamic test can be a useful method in the clinical setting.

Key Words: Neurodynamic test, Nerve stretching, Compound nerve action potential, Nerve excitability

* 이 논문은 2016년도 부산가톨릭대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음.

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

I. 서론

인체의 내부를 다양한 방향으로 주행하는 신경의 특성으로 인해 신경의 적절한 길이 변화는 정상적인 신체의 움직임과 일상생활에 매우 중요한 요소이다 (Butler, 1991). 신경의 적절한 길이 변화를 위해서는 신경의 활주(nerve glide)가 필수적 요소이며 신경 활주의 이상은 신경 기능 이상, 통증 및 관련 조직의 변화를 초래하는 신경포착증후군(nerve entrapment syndrome)이나 신경염좌(nerve sprain) 등과 같은 신경원성 장애(neurogenic disorder)를 유발할 수 있다(Gilliatt, 1982; Nee & Butler, 2006).

신경원성 장애에 대한 평가는 주로 근력검사, 감각검사, 반사검사, 신경역동 검사(neurodynamic test)를 통해 이루어져 왔다. 이러한 검사 중 신경역동 검사는 신경의 운동범위를 확보하기 위해서 신경계도 적절히 신장 및 수축이 되어야 한다는 신경가동성 개념에 따른 신경 역학과 신경 생리가 통합된 개념으로 신경 구조와 신경 주변 물렁 조직의 적합성뿐만 아니라 중추신경계의 적합성 평가에도 사용된다(Butler, 2000; Magee, 2002; Shacklock, 1995). 신경역동 검사는 신경의 전도(conduction) 이상이 나타나지는 않지만 신경의 역학적 감수성이 증가되어 있는 아주 적은 신경의 이상을 평가하기 위해 고안된 검사이다(Lai et al., 2012). 따라서 신경역동 검사는 매우 적은 압박으로 인해 발생하는 염증성 신경 조직의 역학적 감수성 검사에 매우 유용한 방법이다(Schmid et al., 2009).

신경역동 검사는 신경계에 역학적 힘을 가하는 일련의 다관절 동작(multi-joint motion)을 통해 점진적으로 신경 조직에 긴장을 제공하고(Butler, 2000; Coppieters et al., 2006; Shacklock, 2005) 이러한 긴장 제공에 의해 통증, 반응 변화, 가동역의 차이, 그리고 감각 반응의 차이 등이 나타나게 되면 통증과 기능장애의 원인을 신경계의 병리적인 문제로 의심할 수 있다(Apelby-Albrecht et al., 2013; Coppieters et al., 2003; Shacklock, 2005).

신경역동 검사를 위해 신경 조직에 제공되는 긴장

은 임상적으로 예기치 못한 결과를 초래 할 수도 있는데 신경역동 검사 과정 중 양 끝으로 신경을 잡아당기는 힘은 신경 내부 구조의 변화와 신경 손상을 발생시킬 수 있으며 이는 혈류와 축삭형질 이동의 감소로 이어 진다(McLellan, 1975; Shacklock, 1995). 혈류동역학적 관점에서 신경 신장의 영향에 대한 연구를 살펴 보면 Lundborg와 Rydevik (1973)은 토끼의 정강신경(tibial nerve)이 빠르게 15% 정도 당겨지면 신경내부의 완전한 허혈이 발생한다고 보고 하였으며 Ogata와 Naito (1986)도 토끼의 궁둥신경(sciatic nerve)이 빠르게 15.6% 잡아 당겨지면 완전한 혈류 정체가 일어난다고 보고하였다. 또한 Watanabe 등(2001)도 혈액-신경장벽(blood nerve barrier)의 장애는 신경의 반복적인 당겨짐으로 발생한다고 하였다. 기능적 관점에서 신경 신장의 영향에 대해 McHugh 등(2012, 2013)은 신경 조직의 수동적 신장은 근육의 유연성에 영향을 미치며 신경의 긴장이 증가함에 따라 근력이 감소하였다고 보고하였다.

이렇듯 신경역동 검사 시 제공되는 신경 신장의 영향에 대한 여러 연구들이 보고되고 있으나 시간 경과에 따른 신경 신장의 영향 및 최적의 신경역동 검사를 위한 신경 신장 적용시간에 대한 연구는 전무한 실정이다. 이에 본 연구는 시간경과에 따른 신경 신장의 영향을 전기신경생리학적 관점에서 분석하여 임상에서 참고할 수 있는 신경역동 검사의 안전한 적용시간에 대한 연구를 하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

연구 대상자는 본 연구의 목적과 방법에 대하여 충분한 설명을 듣고, 본 연구에 자발적으로 참여하기로 동의한 20~30대의 신경학적 이상 및 정형외과적 손상이나 신경외과적 손상의 과거력이 없는 건강한 성인 30명을 대상으로 실시하였다.

2. 측정도구 및 방법

1) 측정도구

신경 신장에 의한 신경의 흥분성 변화 정도를 관찰하기 위하여 근전도 기기(Keypoint, Danteck, Denmark)를 이용하였으며, 검사실 내의 온도는 22°C 이상, 검사 부위 표피온도는 30°C~34°C를 유지하고 정중감각신경 전도속도(median sensory nerve conduction velocity) 검사를 실시하였다. 감각신경 전도속도 검사는 역행 측정방법을 통해 분석하였다.

정중감각신경 전도속도 검사를 위해 기록전극과 관련전극은 윤상전극(ring electrode)을 이용하여 두 번째 손가락의 손허리손가락관절(metacarpophalangeal joint)과 몸쪽손가락 뼈사이관절(proximal interphalangeal joint)에 부착하였고 접지전극은 아래팔에 부착하였다. 전기자극은 손목 주름에서 정중신경을 일회용 표면전극을 이용하여 자극하였다(Preston & Shapiro, 1997).

자극은 1Hz의 자극 주파수를 정방향으로 하여 자극하였으며 저역통과 필터링(low-pass filtering) 1KHz, 고역통과 필터링(high-pass filtering) 50Hz, 민감도 20 μ V, 그리고 소인 속도(sweep speed)는 1ms로 설정하였다. 정중감각신경 전도속도 검사의 잠복시는 복합신경활동전위(compound nerve action potential)의 음극정점(negative peak)을 측정하였으며 진폭은 양극정점(positive peak)에서 음극정점까지 측정하였다.

2) 측정방법

신경 신장에 의한 신경의 흥분성 변화 정도를 관찰하기 위하여 오른쪽 정중감각신경의 복합신경활동전위를 이용하였다. 먼저, 정중감각신경의 최대 흥분성을 유도하는 자극 강도를 측정하기 위하여 정중감각신경을 신장시키지 않은 안정 자세에서 초최대자극(supramaximal stimulation)하여, 참고 값으로 설정하였다. 참고 값을 측정한 후 같은 자세에서 참고 값 자극

강도의 2/3로 자극하여 기준선 1 설정을 위한 잠복시와 최대 진폭을 측정하였다. 기준선 1의 설정 후 연구 대상자들에게 5분간의 휴식을 취하도록 하였다. 휴식 후 신경 신장을 적용한 다음 1분~5분 사이에 매 1분 간격으로 기준선 1과 같은 자극 강도로 정중감각신경을 자극하여 잠복시와 최대 진폭을 측정하였다.

3. 실험 절차

본 연구를 위해 신경 신장은 오른쪽 정중신경의 신경역동 검사를 적용하였다. 정중신경에 신장력이 일정하게 가해 질 수 있도록 선행 연구(Stalioraitis et al., 2014)를 참고하여 정중신경의 신경역동 검사 자세는 선 자세에서 연구자의 지시에 따라 환자 스스로 취하도록 하였다. 먼저, 연구 대상자를 단단한 재질의 벽 측면에 서게 한 다음 오른쪽 오목위팔관절(glenohumeral joint)을 90도로 벌린 후 오른쪽 오목위팔관절을 90도로 가쪽 돌림하도록 하였다. 그 다음 벽에 오른쪽 손바닥과 손가락이 최대한 접촉되도록 하여 손목과 손가락이 최대한 펴지도록 하였다. 이후 오른쪽 팔꿈치를 천천히 최대한 펴도록 하였다. 팔의 자세를 취한 다음, 팔을 벽에 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, 디지털 초시계를 사용하여 5분 동안 매 1분 간격으로 신경역동 검사 자세를 유지한 상태에서 정중감각신경의 복합신경활동전위를 측정하였다.

4. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS 20.0 for Windows 프로그램을 이용하여 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 실시하였다. 정중감각신경 복합신경활동전위 검사를 통해 획득된 잠복시와 진폭은 일원배치 반복측정 분산분석(One-way repeated ANOVA)을 사용하여 비교 분석하였으며 시간경과에 따른 개체 내 변화를

비교하기 위해 대비검정을 실시하였다. 유의수준(α)은 0.05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구의 대상자들은 총 30명으로 남성이 22명(73.30%), 여성이 8명(26.70%)이었다. 연구 대상자들의 평균 연령은 23.10세, 평균 신장은 171.03cm, 평균 몸무게는 70.87kg이었다(Table 1).

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

Variables	Mean±SD
Age (years)	23.10±3.38
Height (cm)	171.03±7.79
Weight (kg)	70.87±10.74

2. 신경 신장에 따른 잠복시의 비교

신경 신장 적용 전 초최대자극의 2/3로 자극한 기초 선 1의 잠복시는 2.51ms였다. 이후 신경 신장을 적용한 1분 후의 잠복시는 2.64ms, 2분 후의 잠복시는 2.64ms, 3분 후의 잠복시는 2.65ms, 4분 후의 잠복시는 2.66ms, 5분 후의 잠복시는 2.66ms로 신경 신장 적용 전·후, 유의한 차이를 보였다($p<0.05$)(Table 2).

Table 2. Change of terminal latency according to time of neural stretching application

Interval	Mean±SD	F	p
Baseline 1	2.51±0.20	37.16	0.00
After 1 minute	2.64±0.23		
After 2 minute	2.64±0.21		
After 3 minute	2.65±0.21		
After 4 minute	2.66±0.21		
After 5 minute	2.66±0.21		

Units: ms

3. 신경 신장 적용 시간 경과에 따른 잠복시 대비검정

신경 신장 적용 시간 경과에 따른 잠복시의 비교 결과 신경 신장을 적용하기 전에 비해 신경 신장 적용 후 잠복시의 유의한 변화가 있었으나($p<0.05$) 신경 신장 적용 후 시간 경과에 따른 잠복시의 유의한 변화는 없었다($p>0.05$)(Table 3).

Table 3. Contrast test of terminal latency according to time of neural stretching application

Contrast time	F	p
Baseline 1 vs. After 1 min.	47.42	0.00
After 1 min. vs. After 2 min.	0.14	0.71
After 2 min. vs. After 3 min.	1.80	0.19
After 3 min. vs. After 4 min.	2.74	0.11
After 4 min. vs. After 5 min	1.06	0.31

4. 신경 신장에 따른 최대 진폭의 비교

신경 신장 적용 전 초최대자극의 2/3로 자극한 기초 선 1의 최대 진폭은 29.33 μV 였다. 이후 신경 신장을 적용한 1분 후의 최대 진폭은 39.68 μV , 2분 후의 최대 진폭은 45.52 μV , 3분 후의 최대 진폭은 47.24 μV , 4분 후의 최대 진폭은 49.54 μV , 5분 후의 최대 진폭은 55.31 μV 로 신경 신장 적용 전·후, 유의한 차이를 보였다($p<0.05$)(Table 4).

Table 4. Change of amplitude according to time of neural stretching application

Interval	Mean±SD	F	p
Baseline 1	29.33±16.18	24.62	0.00
After 1 minute	39.68±24.72		
After 2 minute	45.52±23.27		
After 3 minute	47.24±21.70		
After 4 minute	49.54±21.63		
After 5 minute	55.31±21.76		

Units: μV

5. 신경 신장 적용 시간 경과에 따른 진폭 대비검정

신경 신장 적용 시간 경과에 따른 최대 진폭의 비교 결과 신경 신장 적용 2분 후의 진폭과 3분 후의 진폭 사이에는 시간 경과에 따른 유의한 진폭의 변화가 관찰되지 않았으나($p>0.05$) 다른 모든 신경 신장 적용 시점 별 비교에서 신경 신장 적용 후 진폭의 유의한 변화가 있었다($p<0.05$)(Table 5).

Table 5. Contrast test of amplitude according to time of neural stretching application

Contrast time	F	p
Baseline 1 vs. After 1 min.	5.55	0.03
After 1 min. vs. After 2 min.	17.73	0.00
After 2 min. vs. After 3 min.	2.82	0.10
After 3 min. vs. After 4 min.	7.16	0.01
After 4 min. vs. After 5 min	22.45	0.00

IV. 고 찰

신경의 포착과 같은 신경 조직의 병적 움직임이 있으면 신경학적 증상들이 일상동작들을 하는 동안 유발된다. 이러한 신경 조직의 병적 움직임 여부는 역학적 자극을 주어 역학적 스트레스에 대한 신경 조직의 움직임과 민감성을 알아보는 신경역동 검사를 통해 이루어진다. 신경역동 검사는 팔다리와 체간의 움직임을 물리치료가 수동적으로 적용하여 실시하는데 신경역동 검사를 통해 움직여 질 수 있는 구조는 신경축(neuraxis), 뇌척수막(meninges), 신경뿌리(nerve root) 그리고 말초신경이다(Shacklock, 1995). 신경역동 검사에 적용되는 힘은 신장력으로서 신경 신장은 19 세기에 John Marshall에 의해 처음으로 궁둥신경통과 작열통(causalgia)을 치료하기 위해 제안되었다. Marshall은 신경의 신장은 신경벽신경(nervi nervorum)을 잡아당겨 통증을 완화 시킨다고 생각하였다(Silver & Weiner, 2016; Tubbs et al., 2015). 이후 이러한 신경 신장은 신경장애의 도수치료로 편입되었는데 신경장

애의 치료를 위해 신경에 긴장을 주어야 한다는 생각을 갖게 하였다. 그러나 신경 신장은 신경을 과민하게 하고 통증을 유발시킬 뿐 아니라 신경전도 장애를 야기하여 감각장애 또는 운동장애를 일으킬 수도 있다(Davies, 1998).

본 연구는 시간 경과에 따른 신경 신장의 영향 및 최적의 신경역동 검사를 위한 신경 신장 적용시간에 대한 연구를 위해 신경역동 검사와 같은 조건인 신경 신장을 적용한 상태에서 신경 신장 적용으로 인한 신경의 흥분성 변화를 복합신경활동전위의 잠복시 및 진폭의 변화 정도 분석을 통해 알아보고자 하였다. 잠복시는 가장 빠른 신경섬유가 자극지점으로부터 기록지점까지 전기적 신호를 전달하는데 필요한 시간을 의미하고 진폭은 신경자극에 의해 활성화된 신경섬유의 합을 나타낸다(Aminoff, 1998; Kimura, 2013). 따라서 잠복시는 얼마나 빠르게 신경이 흥분을 하였는지를 의미하고 진폭은 얼마나 많은 신경 섬유들이 흥분하였는지를 의미한다. 그러므로 잠복시와 진폭의 변화 분석을 통해 신경의 흥분성 변화를 분석 할 수 있다.

본 연구의 결과 잠복시는 신경을 신장시키지 않은 자세에서 측정된 기준선 검사에서 2.51ms이었으며 이후 신경을 신장시킨 상태에서 측정된 결과, 1~5분 사이에 잠복시가 2.64ms~2.66ms로 나타나 5.18%~5.98%의 잠복시 지연을 보였다($p<0.05$). 이를 신경 신장 적용 시간별로 비교 분석한 결과, 신경 신장을 적용하기전인 기준선 검사 결과 대비 신경 신장을 1분 적용한 이후부터 신경의 잠복시가 유의하게 지연되었으며($p<0.05$) 이후 신경 신장을 적용한 시간이 증가하더라도 의미 있는 잠복시의 지연은 관찰되지 않았다($p>0.05$). 선행 연구에서(Ko & Lee, 1985) 한국 정상성인의 정중감각신경 잠복시는 2.25ms로 보고된바 있는데 본 연구에서 획득된 2.51ms에 비해 약간 빠른 잠복시를 보이고 있다. 그러나 이들 연구(Ko & Lee, 1985)에서도 정중감각신경의 잠복시 분포는 2.03~2.73ms로 보고하여 본 연구의 평균 잠복시 2.51ms가 정상적인 잠복시임을 알 수 있다.

Kobayashi 등(2003)은 신경 신장으로 인한 신경의 허혈은 일과성 전도 장애를 유발한다고 보고하였는데

본 연구에서도 기준선 검사에서 적용한 자극 강도와 동일하게 자극하여 측정된, 신경 신장을 적용한 1분 후 잠복시는 2.64ms로 신경 신장을 적용하기 전에 비해 유의한 지연을 보였다($p < 0.05$). 그러나 Kobayashi 등(2003)의 연구는 척추사이 원반 탈출로 인한 신경 활주 이상을 보인 환자들을 대상으로 한 연구이어서 정상인을 대상으로 5분간의 일시적 신경 신장을 적용한 본 연구와 차이가 있었고 본 연구에서 측정된 잠복시 중 가장 많은 지연을 보인 신경 신장 5분 후 잠복시도 2.66ms를 보여 선행 연구(Ko & Lee, 1985)에서 보고한 한국 정상성인의 잠복시 분포와 비교해도 정상 범주에 해당된다. 또한 잠복시가 자극지점에서 기록지점까지 전기적 신호를 전달하는데 필요한 시간이라는 점에서 본 연구에서 신경 신장을 시키기 위해 손목관절과 손가락 관절을 최대한 신장시켰기 때문에 자극지점과 기록지점이 멀어지게 되어 약간의 잠복시 지연이 나타난 것으로 여겨진다. Eom (2016)은 1분간의 정중감각신경 신장 후 잠복시가 2.10ms이었다고 보고하여 본 연구에서 1분간 신경 신장 후 획득한 잠복시 보다 0.54ms 빠른 잠복시를 보고하였다. 그러나 Eom (2016)은 정중감각신경 잠복시를 복합신경활동전위가 음위상으로 변하기 시작하는 최초의 시점을 기준으로 한 반면 본 연구는 복합신경활동전위의 음극정점을 기준으로 하여 본 연구가 늦은 잠복시를 기준으로 한 차이에서 발생한 결과로 사료된다. 따라서 본 연구에서 획득된 약간의 지연된 잠복시는 신경 신장에 의해 유발된 신경의 전도 장애를 의미하는 것은 아니라고 판단된다.

본 연구의 결과 복합신경활동전위의 진폭은 신경을 신장시키지 않은 자세에서 측정된 기준선 검사에서 $29.33\mu V$ 이었으며 이후 신경을 시킨 상태에서 측정된 결과, 1~5분 사이의 진폭은 $39.68\mu V \sim 55.31\mu V$ 로 나타나 25.06%~88.58%의 진폭 증가를 보였다($p < 0.05$). 이를 신경 신장 적용 시간별로 비교 분석한 결과, 신경 신장을 적용하기전인 기준선 검사 결과 대비, 신경 신장을 2분 적용한 이후까지 진폭이 유의하게 증가하였으며($p < 0.05$) 2분~3분 사이에는 진폭은 증가하였으나 통계적인 의미는 관찰되지 않았다

($p > 0.05$). 이후 3분~5분 사이, 신경 신장 적용에 의해 진폭의 의미 있는 증가가 관찰되었다($p < 0.05$). Choi 등(1989) 한국 정상성인의 정중감각신경 진폭을 $28.5\mu V$ 로 보고하였으며 Eom (2016)도 신경 신장 적용 전 기준선 검사 결과를 $22.61\mu V$ 로 보고하였는데 본 연구에서도 기준선 검사 결과가 $29.33\mu V$ 로 유사한 결과를 보였다. Kobayashi 등(2010)은 신경의 신장은 신경의 문제 및 활동전위 진폭의 유의한 감소를 유발하며 치료를 통해 신경의 가해졌던 신장이 해소되면 신경 활주가 부드럽게 이루어지면서 활동전위의 진폭 감소는 사라진다고 보고하였다. 그러나 Kobayashi 등(2010)의 연구는 척추사이 원반 탈출로 인한 신경 압박으로 장기간 신경 활주 이상을 보인 환자들을 대상으로 한 연구이어서 정상인을 대상으로 5분간의 일시적 신경 신장을 적용한 본 연구와 차이가 있었다. 반면 Eom (2016)은 신장 신장을 적용하지 않은 경우와 비교하여 1분간의 신경 신장으로 인해 복합신경활동전위의 진폭이 78.11% 유의하게 증가하였다고 보고하여 본 연구의 신경 신장 1분 후 진폭 증가 25.06%보다 변화가 매우 컸으며 그 변화 정도는 본 연구의 4분~5분 사이 변화와 유사한 결과이었다. 이러한 차이는 Eom (2016)은 신경 신장을 치료사에 의해 강하게 적용한 반면 본 연구에서는 신장력을 일정하게 적용하고 치료사와 피검자의 접촉으로 복합신경활동 전위 검사 중 잡음(artifact)이 혼입되는 것을 피하기 위해 상대적으로 약하게, 환자 스스로 수동적인 신경 신경을 적용하도록 한 차이로 사료된다. 따라서 복합신경활동전위의 진폭은 신경자극에 의해 활성화된 신경섬유의 합을 의미하므로 본 연구의 신경 신장 시간경과에 따른 진폭의 변화는 신경의 흥분성 증가를 의미하는 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구의 결과 5분간의 신경 신장 적용 후 복합신경활동전위의 잠복시 지연은 없었으며 시간 경과에 따라 신경 신장 1분 후부터 의미 있는 진폭의 증가가

관찰되었다. 이는 신경역동 검사와 같은 수준의 일과성 신경 신장은 신경에 부정적 영향 없이 신경의 민감성을 증가시키는 것을 의미한다. 따라서 신경 신장으로 인한 신경의 흥분성 변화를 고려할 경우 신경 역동 검사를 통해 관찰하는 통증, 반응의 변화, 그리고 감각 반응의 차이 등과 같은 신경학적 이상을 검사하기 위해서는 1분 이상의 신경 신장 적용이 보다 효과적인 것으로 사료된다.

References

- Aminoff MJ. Electromyography in clinical practice: clinical and electrodiagnostic aspects of neuromuscular disease, 3th ed. New York. Churchill Livingstone. 1998.
- Apelby-Albrecht M, Andersson L, Kleiva IW, et al. Concordance of upper limb neurodynamic tests with medical examination and magnetic resonance imaging in patients with cervical radiculopathy: a diagnostic cohort study. *Journal Manipulative Physiological Therapeutics*. 2013;36:626-632.
- Butler D. Mobilisation of the nervous system. New York. Churchill Livingstone. 1991
- Butler D. The sensitive nervous system. Adelaide. Noigroup Publications. 2000.
- Choi KC, Hah JS, Byun YJ, et al. A study of nerve conduction velocity of normal adults. *The Yeungnam University Medical Journal*. 1989;6(1):151-163.
- Coppieters MW, Stappaerts KH, Wouters LL, et al. Aberrant protective force generation during neural provocation testing and the effect of treatment in patients with neurogenic cervicobrachial pain. *Journal Manipulative Physiological Therapeutics*. 2003;26: 99-106.
- Coppieters MW, Alshami AM, Babri AS, et al. Strain and excursion of the sciatic, tibial, and plantar nerves during a modified straight leg raising test. *Journal of Orthopedic Research*. 2006;24(9):1883-1839.
- Davies PM. Starting again: early rehabilitation after traumatic brain injury or other severe brain lesion. Berlin. Springer. 1998.
- Eom JR. Changes in nerve excitability by nerve stretch and nerve glide. Catholic University of Pusan. Dissertation of Master's Degree. 2016.
- Gilliatt RW. Electrophysiology of peripheral neuropathies-an overview. *Muscle & Nerve*. 1982;5(9S):S108-116.
- 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 intradiscal 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.
- Ko HY, Lee KM. Comparative sensory nerve conduction study between the distal latency and distal nerve conduction velocity. *Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*. 1985;9(2):108-112.
- Lai WH, Shih YE, Lin PL, et al. Normal neurodynamic responses of the femoral slump test. *Manual Therapy*. 2012; 17(2):126-132.
- Lundborg G, Rydevik B. Effects of stretching the tibial nerve of the rabbit. A preliminary study of the intraneural circulation and the barrier function of the perineurium. *Journal of Bone Joint Surgery British*. 1973;55(2): 390-401.
- Magee D. Orthopedic physical assessment, 4th ed. Toronto. Saunders. 2002.
- McHugh MP, Johnson CD, Morrison RH. The role of neural tension in hamstring flexibility. *Scandinavian Journal*

- of Medicine & Science in Sports*. 2012;22(2):164-169.
- McHugh MP, Tallent J, Johnson CD. The role of neural tension in stretch-induced strength loss. *The Journal of Strength & Condition Research*. 2013;27(5): 1327-1332.
- McLellan. Letter: longitudinal sliding of median nerve during hand movements: a contributory factor in entrapment neuropathy? *The Lancet*. 1975;1(7907):633-634.
- 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.
- 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.
- Schmid AB, Brunner F, Luomajoki H, et al. Reliability of clinical tests to evaluate nerve function and mechanosensitivity of the upper limb peripheral nervous system. *BMC Musculoskeletal Disorder*. 2009;21:10e11.
- Silver JR, Weiner MF. Nerve-stretching in the 19th century. *Journal of Medical Biography*. 2016;24(4):537-545.
- 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.
- Tubbs RS, Rizk E, Shoja MM, et al. Nerve and nerve injuries. Amsterdam. Elsevier. 2015.
- 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.