

국소진동이 척수손상환자의 발목족저굴곡 경직과 비복근과 가자미근의 간헐성 경련에 미치는 일시적 효과

안문철 · 송창호[†]
삼육대학교 물리치료학과

Immediate Effects of Local Vibration on Ankle Plantarflexion Spasticity and Clonus of both the Gastrocnemius and Soleus in Patients with Spinal Cord Injury

Mun-Cheol Ahn, MS, PT · Chang-Ho Song, PT, PhD[†]
Dept. of Physical Therapy, Sahmyook University

Received: November 6, 2015 / Revised: November 16, 2015 / Accepted: December 10, 2015
© 2016 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study was conducted to assess the effects of local vibration on ankle plantarflexion spasticity and clonus in patients with spinal cord injury.

METHODS: The subjects were 14 inpatients with complete or incomplete spinal cord injury (SCI) whose scores were higher than 1 on the Modified Ashworth Scale (MAS) and Spinal Cord Assessment Tool for Spastic Reflexes (SCATS) scale of paraplegia. A randomized single-blind cross-over design was used. Vibration treatment involved a single application of vibration for 10 min in the sitting position, and placebo treatment involved the patient remaining in the sitting position for 10 min. One day after treatment, vibration and placebo treatments were crossed over. Spasticity was measured by using the MAS, and resistance force, by using

a hand-held dynamometer; clonus was gauged by using the SCATS scale and clonus burst duration. Additionally, the burst maximal frequency and voluntary ankle dorsiflexion angle of the triceps surae were measured.

RESULTS: The application of vibration treatment in the sitting position significantly reduced the MAS scores and resistance force, but significantly increased the dorsiflexion angle of the ankle joint ($p < 0.05$). Furthermore, the vibration treatment diminished the clonus burst duration and SCATS score significantly ($p < 0.05$). Although it reduced the burst maximal frequency of the lateral gastrocnemius and medial soleus, this was significant only for the lateral gastrocnemius. The placebo treatment did not significantly affect any of the test parameters.

CONCLUSION: Vibration treatment in the sitting position was effective in cases of spasticity and clonus caused by SCI.

Key Words: Spinal cord injuries, Vibration, Muscle spasticity, Ankle

[†]Corresponding Author : chsong@syu.ac.kr

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.

I. 서론

중추신경계의 상위 운동 뉴런의 손상으로 발생하는 경직은 척수손상 환자들의 주된 호소 증상 중의 하나로 발병한지 1년 이상된 만성 척수손상 환자들 중 65-78%가 경직 증상을 나타낸다(Sheean, 2002). 척수손상 환자들의 경직의 분포는 경수 손상 환자에서 ASIA A는 93%, ASIA B-D는 78%로 나타나며, 흉수 손상 환자에서 ASIA A 72%, ASIA B-D 73%로 보고되고 있다(Skold 등, 1999).

경직은 척수손상 환자에게 있어서 앉고 서있는 것에 대한 안정성 증가, 일상생활 동작과 이동능력의 촉진, 경직으로 인한 정맥순환의 증가로 심부 정맥 혈전증 예방 등의 긍정적 영향과(Jozefczyk, 2002), 평상시 생활 활동, 보행의 실질적인 제한, 통증과 피로의 원인, 수면 장애, 불안정성, 관절 구축으로의 발달, 욕창, 감염 등의 부정적인 영향을 준다(St George, 1993).

척수손상 환자들의 하지 경직 양상에는 긴장성 경직과 굴곡성 경직이 있다. 긴장성 경직은 휠체어 이동 중에 상해를 입는 원인이 되기도 하며, 특히 상위 척수손상 환자들은 이러한 현상에 대처할 수 있는 능력이 없어 더욱 위험하다. 굴곡성 경직은 휠체어 이동 중에 부정적 영향을 주며, 수면을 방해하기도 한다(Skold 등, 1999). 더불어 하지 경직은 경직성 보행 패턴과 관련된 근육 수축 타이밍의 변화와 협응 수축의 변화를 발생시켜, 보행능력을 저하 시킨다(Ness와 Field-Fote, 2009b). 따라서 경직은 관절의 구축, 통증과 같은 수동적 문제와 개인의 움직임 수행 능력을 제한하는 기능적 문제를 해결하기 위해 관리되어야 한다(Elovic, 2001).

간헐성 경련(Clonus)은 주로 발목관절에서 발생되어지는 불수의적이고 규칙적으로 반복되는 근육수축으로, 근육의 갑작스런 빠른 신장에 의해 발생된다(Beres-Jones 등, 2003). 이러한 근육의 반응은 일반적으로 척수손상 이후에 발생되거나 하행 척수로의 손상 결과로 발생된다. 척수손상 환자들에게는 매우 다양한 양상의 간헐성 경련이 나타나며 기능적인 약화를 초래할 수 있다(Brown 등, 1994). 심각한 경련은 수면장애, 이동능력의 저해, 일상적인 업무 및 생활에서의 피로

원인이 된다(Andary 등, 1997). 또한 이러한 경련은 척수손상 환자들의 독립적인 서기와 걷기 수행을 불가능하게 한다(Fung와 Barbeau, 1989).

척수손상 환자들의 경직에 일반적으로 사용되고 있는 치료로 물리치료, 약물 치료, 주사, 척추강내 바크로펜 펌프 삽입과 수술적 치료 등이 사용되고 있으며(Adams와 Hicks, 2005), 그 중에서 약물치료가 가장 많이 처방되고 있다(Gracies 등, 1997). 하지만 경직의 효과적인 감소를 위해 처방되는 항경직 약물들의 진정 작용, 졸음, 불면증, 피로, 구역질, 설사, 구강 건조, 근력 약화, 운동 실조, 현기증, 저혈압, 우울증, 기억력 및 주의력 저하, 환각, 독성으로 인한 간 손상 등의 부작용으로 인해 척수손상 환자들의 삶의 질에 부정적인 영향을 주고 있다(Burchiel와 Hsu, 2001).

이러한 치료방법 중 경직을 조절하는 방법으로 진동 치료가 있다. 진동치료는 다양한 목적으로 사용되며, 경직성 하지 마비환자의 경직감소에 효과적임이 보고되고 있다(Ahlborg 등, 2006). 척수손상환자의 경직 감소효과는 진동에 의해 상호교차적인 억제를 촉진하고, 경직을 유발하는 반사에 영향을 주어 감소되는 것이라고 하였다. 현재까지 정상성인, 노인, 소아 등을 대상으로 진동치료를 치료목적으로 적용한 연구들에서 진동치료의 부작용 등은 거의 없는 것으로 나타났다(Ness와 Field-Fote, 2009a).

경직은 척수손상 환자의 대부분이 호소하는 증상으로 이를 치료하기 위해 다양한 시도와 연구가 시도되고 있다. 진동치료를 적용하여 척수손상 환자들의 하지 경직을 감소시켰던 선행 연구들의 경우 주로 ASIA C-D의 환자들을 대상으로 하였으며, 하지 대퇴 사두근의 경직 감소와 근력 향상, 보행 기능 개선에 중점을 두어 연구하였다. 또한 적용자세는 선자세에서 시행하였으므로 하지에 근력이 없는 ASIA A-B 환자들의 경직에 대한 연구는 이루어지지 않았다(Kesiktas 등, 2004; Laessoe 등, 2004; Ness와 Field-Fote, 2009a; Ness와 Field-Fote, 2009b; Ping Ho Chung와 Kam Kwan Cheng, 2010). 경직이 보행 뿐 아니라 보행이 불가능한 환자의 경우에도 자세 유지 등의 불편함을 발생시키므로 이를 해결하였던 자세에서의 진동치료를 적용할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 척수손상 환자들에게 앉은 자세에서 진동치료를 적용함으로써 경직 및 간헐성 경련에 미치는 영향을 확인하여 그 적용대상을 확대하고자 한다. 특히 진동치료가 척수손상 환자의 일상생활에서의 휠체어 이동능력 및 자세유지에 영향을 주는 비복근과 가자미근의 경직 및 간헐성 경련에 미치는 영향을 확인하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 경기도에 소재한 H병원에 입원하여 치료를 받고 있는 완전과 불완전 척수손상 환자 23명을 대상으로 하였으며 등반이 없이 바닥을 손으로 지지하고 독립적인 앉기 자세를 2분 정도 수행할 수 없는 자와 양측하지의 MAS와 SCATS의 범위가 1미만인 비복근과 가자미근의 경직 및 간헐성 경련이 없는 자는 제외하였다.

전체 23명 중 독립적인 앉기 자세를 수행할 수 없는 6명, MAS와 SCATS의 범위가 1미만인 3명을 제외한 14명이 선정되어 연구에 참여하였다. 모든 대상자는 연구의 절차와 목적에 대한 설명을 들은 후 연구에 동의하고 연구에 참여하였다.

14명의 대상에 대하여 비복근과 가자미근의 경직 및 간헐성 경련에 영향을 미칠 수 있는 항경직 약물의 복용 여부를 사전 조사하였다. 14명 중 항경직 약물을 복용하고 있는 대상은 10명이었으며, 10명에 대하여 교육을 통해 실험 종료 시점까지 약물의 복용량에 변화를 주지 않도록 하였다.

2. 실험 방법

본 연구는 선정기준에 의한 14명을 무작위로 A-B군 7명, B-A군 7명으로 나누었다. 실험 전 두 군 모두의 비복근과 가자미근의 경직 및 간헐성 경련을 사전 검사하고, A-B군은 앉은 자세에서 진동치료를 적용하고 플라세보치료를 나중에 적용하였다. B-A군도 플라세보치료를 먼저 적용하고 A-B군과 동일하 진동치료를 나

중에 적용하였다. 효과소멸을 위한 휴식 기간은 1일로 하였다.

모든 검사는 양측 하지 중 경직 및 간헐성 경련이 우세한 쪽을 평가 대상으로 하였다. 경직의 정도에 대한 검사는 MAS와 휴대용 동력계(Hand-held Dynamometer; Model 01163, USA)를 이용해 측정하였으며(Kim 등, 2005; Lamontagne 등, 1998), 간헐성 경련은 SCATS와 근전도의 근 활성화 최대값과 근 활성화시간을 이용하여 측정하였다. 또한 발목 외측에 전자 관절 각도기를 부착하여 경직 및 간헐성 경련 증감에 따른 배측 굴곡각 변화를 측정하였다.

사전 측정 후 앉은 자세에서(무릎 굴곡 각도 90°, 발목 각도 0°) 진동치료를 적용하였다. 진동치료의 적용 방식은 진동자극 빈도 35 Hz로 10분 동안 1회 적용하였다. 연구를 위해 사용된 진동치료 장비(whole body vibrator, EOS-3300, KOREA)으로 최소 1 Hz-최대 35 Hz 빈도로 진동자극을 적용할 수 있도록 제작되었다. 사전 측정 후 진동치료가 적용되는 동안 동일하게 앉은 자세(무릎 굴곡 각도 90°, 발목 각도 0°)를 취하고 플라세보치료를 적용하였다. 진동치료와 플라세보치료를 마치고 각각의 대상인원에 대하여 사후 검사를 실시하였다. 하루가 지난 후 진동치료와 플라세보치료를 서로 바꾸었으며, 각각의 대상 인원에 대하여 사전-사후 검사를 실시하는 것으로 실험을 종료하였다.

3. 측정도구

1) 경직

(1) Modified Ashworth Scale (MAS)

경직 측정에 있어서 임상에서 가장 일반적으로 사용되는 방법은 Ashworth Scale과 Modified Arshworth Scale (MAS)이다. Ashworth Scale는 표현에 제한성이 있어서, MAS가 사지마비환자들을 대상으로 하는 경직의 측정에 주된 방법으로 사용되고 있다. 본 연구에서도 척수손상 환자들의 기본적인 경직을 측정하는데 MAS를 사용하였다.

MAS는 수동적 관절 범위(Passive Range of Motion, PROM)를 수행하는 과정에서 발생하는 근육의 저항

정도를 검사자의 주관적 판단에 근거하여 6등급으로 나누어 평가한다. 0은 근육의 긴장도 변화 없음, 1은 굴곡, 신장, 외전, 내전 등의 수동적 관절 움직임의 끝 범위에서 근육의 긴장도가 약간 증가되어 있는 경우, 1⁺는 관절 범위(Range of Motion, ROM)의 중간 범위 이하까지 근육의 긴장도가 약간 증가되어 있는 경우, 2는 근육의 긴장도가 ROM의 전범위에 걸쳐 증가되어 있는 상황이지만 쉽게 움직일 수 있는 경우, 3은 수동적 움직임을 수행하기 힘들 정도로 근육의 긴장도가 많이 증가되어 있는 경우, 4는 굴곡, 신전, 외전, 내전 등의 움직임이 불가능 할 정도로 관절이 굳은 경우이다(Benz 등, 2005).

진동치료와 플라세보치료에서 적용 전과 후에 측정을 시행하였고, 측정방식은 앉은 자세를 유지한 상태에서 순수하게 비복근과 가자미근에 발생하는 경직의 정도를 측정하였다.

(2) 휴대용 동력계(Hand-held Dynamometer)

비복근과 가자미근에 유발된 경직의 정도를 평가하기 위해 MAS와 함께 휴대용 동력계를 사용하였다. 본 연구에서도 척수손상 환자의 발목 배측 굴곡 시 비복근과 가자미근에 유발된 경직의 정도를 정밀 평가하기 위한 도구로 사용하였다.

동력계를 이용한 측정 방식은 진동치료를 적용하기 위해 앉은 자세에서 동력계의 플라스틱 스티립을 앞발(Fore foot) 발바닥에 고정하고 경직이 작용하는 범위까지 배측 굴곡하여 값을 측정하였으며, 3회 시행하여 평균값을 구하였다.

(3) 발목 배측 굴곡각의 측정

발목 배측굴곡각을 측정하기 위해 전자각도기(Electrogoniometer, DataLog, USA)을 사용하였다. 각각의 측정값들은 소프트웨어(Software, Biometrics DataLINK PC ver 2.0, USA)을 사용하여 분석하였으며, 전자 관절 각도기 신호는 500 Hz의 표본 추출 범위(sampling rate)에서 디지털화 하였고, 제곱 평균(Root Mean Square, RMS) 1000 ms로 수정하였다.

발목 각도가 0°인 상태에서 외측 복사뼈를 중심으로

전자각도 센서를 상-하 수직하게 부착하였으며, 사전-사후 발목 배측 굴곡각의 변화를 3회 반복 측정하여 평균값을 구하여 기록하였다.

2) 간헐성 경련의 측정

(1) 척수손상 경직 반사 평가도구(The Spinal Cord Assessment Tool for Spastic reflexes, SCATS)

SCATS는 경직성 과긴장의 임상적 측정 방법으로 발전되었다. 불수의적 운동 반응의 평가를 위해 사용되고 있으며, 하지의 간헐성 경련(Clonus), 굴곡근과 신전근들의 경련(Spasm)을 평가하는 도구로 사용되고 있다(Benz 등, 2005; Schmit와 Benz, 2002; Schmit 등, 2000). SCATS의 측정 방식은 간헐성 경련 측정, 굴곡근 경련 측정, 신전근 경련 측정으로 나눈다. 본 연구에서는 간헐성 경련 측정 방식만을 사용 하였으며 그 방법은 다음과 같다.

발목 관절을 간헐성 경련이 유발되는 지점까지 수동적으로 빠르게 배측 굴곡시켜 간헐성 경련의 지속 시간을 측정한다. 측정 범위는 총 4단계로, 0은 반응 없음, 1은 간헐성 경련이 3초 이하로 유지되었을 때, 2는 간헐성 경련이 3-10초 정도 유지되었을 때, 3은 10초 이상 유지 되었을 때로 구분한다. 앉은 자세에서 비복근과 가자미근을 빠르게 배측 굴곡시켜 간헐성 경련을 유발시킨 후, 지속된 경련의 시간을 측정하였다.

(2) 근전도를 사용한 근 활성화 최대값과 근 활성화 시간의 측정

근전도는 경직과 간헐성 경련이 우세한 하지의 외측 비복근과 내측 가자미근에 활성화 표면 전극을 부착하였으며, 비복근의 전극 부착 위치는 비골두에서 종골까지 길이의 1/3 지점에서 근육의 위치를 확인 한 후 근복에 부착하였으며, 가자미근의 전극은 비복근의 근복이 끝나는 지점으로부터 2 cm 외측아래 근섬유와 수평한 지점에 부착 하였다. 접지전극(ground electrode)은 우측 손등에 부착하였다. 피부 저항을 감소시키기 위해 전극 부착부위를 가는 사포로 3-4회 문질러 피부 각질을 제거하고, 소독용 알코올을 사용해 기름기를 제거한 후 소량의 전해질 젤(electrolyte gel)이 도포된 전극을 피부

에 부착하였다. 발목 관절을 수동적으로 배측 굴곡시켜 간헐성 경련을 유발한 후 비복근과 가자미근의 근전도 신호인 활성화도 최대값과 활성화 시간을 기록하였다.

비복근과 가자미근에서 유발된 간헐성 경련을 평가하기 위하여 SCATS와 함께 근전도(EMG, DataLOG, USA)를 사용하여 비복근과 가자미근의 활성화도 최대값과 활성화 시간을 측정하였다. 근전도 신호는 1000 Hz의 표본 추출 범위(sampling rate)에서 디지털화하였다. 근 활성화 최대값은 고역 필터(High pass filters), 제곱 평균(Root Mean Square, RMS) 50 ms로 수정하였다.

4. 분석방법

본 연구의 모든 통계적 분석은 SPSS ver. 15.0을 이용하였다. 전체 대상자는 Shapiro-Wilk 검정을 이용하였으며 정규성 가정에 만족하였다. 대상자의 일반적인 특징은 기술통계를 사용하였다. 동력계 수치와 근 활성화 시간, 발목 배측 굴곡각, 내측 가자미근과 외측 비복근의 근 활성화도 최대값의 집단간 차이는 독립 표본 t-검정을 이용하였고, 적용 전·후의 비교는 짝비교 t-검정을

이용하였다. MAS와 SCATS는 Mann-Whitney U 검정을 이용하였다. 모든 자료는 평균과 표준편차로 기술하였으며, 통계학적 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

III. 연구 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구의 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

2. 앉은 자세에서의 치료 적용 전-후 동력계 수치와 MAS, 발목 배측 굴곡각 변화

앉은 자세에서의 치료 적용 전-후 동력계 수치와 MAS, 발목 배측 굴곡각 변화는 모두 같은 결과를 나타냈다. 두 치료 방법 전 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 진동치료 전후에는 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p<0.05$), 플라세보치료 전후에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 치료의 적용 전-후의 변화량은 치료 방법에 따라 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)(Table 2,3,4).

Table 1. General characteristics of the subjects

	Male (n=11)	Female (n=3)
Age (year)	39.18±13.44 ^a	47.66±20.64
Onset period (month)	29.81±11.89	32.33±33.26
Level		
Cervical	6 (54.5%) ^b	1 (33.3%)
Thoracic	5 (45.5%)	2 (66.7%)
ASIA		
A	3 (27.3%)	
B	3 (27.3%)	
C	3 (27.3%)	2 (66.7%)
D	2 (18.1%)	1 (33.3%)
Antispasticity drugs		
yes	8 (72.7%)	2 (66.7%)
no	3 (27.3%)	1 (33.3%)
Transfer (wheel chair, W/C)		
W/C use	11 (100%)	2 (66.7%)
W/C no use		1 (33.3%)

^aMean±SD, ^bN(%)

Table 2. Comparison of dynamometer value within groups and between groups (unit: kg)

	Vibration (n=14)	Placebo (n=14)	<i>t</i>	<i>p</i>
Pre	6.03±1.16 ^a	6.30±1.17	0.619	0.542
Post	4.64±1.19	6.31±1.12		
Pre-Post	-1.39±0.65	0.01±0.25	7.381	0.000
<i>t</i>	7.894	0.073		
<i>p</i>	0.000	0.943		

Values are Mean ± SD

Table 3. Comparison of MAS within groups and between groups (unit: point)

	Vibration (n=14)				Placebo (n=14)				<i>z</i>	<i>p</i>
	Pre	Post	<i>z</i>	<i>p</i>	Pre	Post	<i>z</i>	<i>p</i>		
1	2	2			2	2				
2	3	2			2	2				
3	3	2			3	3				
4	1	0			1	1				
5	2	2			2	2				
6	2	0			2	2				
7	2	1			2	2				
8	2	1	3.268	0.002*	3	2	0.395	0.769	4.062	0.000 [§]
9	2	1			2	2				
10	2	1			2	2				
11	2	1			2	2				
12	2	1			2	2				
13	2	1			2	2				
14	3	2			3	3				

Values are Mean ± SD

Table 4. Comparison of ankle dorsiflexion within groups and between groups (unit: degree)

	Vibration (n=14)	Placebo (n=14)	<i>t</i>	<i>p</i>
Pre	16.08±6.32 ^a	15.04±5.44	0.468	0.664
Post	21.49±6.66	15.48±5.39		
Pre-Post	5.42±4.81	0.14±3.11	3.626	0.001 [§]
<i>t</i>	4.219	0.904		
<i>p</i>	0.001*	0.383		

Values are Mean ± SD

3. 앉은 자세에서의 치료 적용 전-후 SCATS 와 근전도 근 활성화 시간 및 근 활성화 최대값 변화

1) 근전도 근 활성화 시간 변화

두 치료 방법 전 통계적으로 유의한 차이가 없었으

며, 진동치료 전후에는 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p<0.05$), 플라세보치료 전후에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 치료의 적용 전-후의 변화량은 치료 방법에 따라 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)(Table 5).

Table 5. Comparison of activation duration within groups and between groups (unit: sec)

	Vibration (n=14)	Placebo (n=14)	t	p
Pre	6.06±4.99 ^a	4.88±4.04	0.691	0.496
Post	2.25±1.47	4.23±3.39		
Pre-Post	-3.82±4.38	-0.65±0.94	2.647	0.014
t	3.260	2.561		
p	0.006	0.064		

Values are Mean ± SD

2) SCATS의 변화

두 치료 방법 전 통계적으로 유의한 차이가 없었으며, 진동치료 전후에는 통계적으로 유의한 차이를 보였고(p<0.05), 플라세보치료 전후에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 치료의 적용 전-후의 변화량은 치료 방법에 따라 유의한 차이가 있었다(p<0.05)(Table 6).

3) 근 활성 최대값 변화

두 치료 방법 전 외측 비복근과 내측 가자미근의 근 활성도 최대값은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 외측비복근은 진동치료 전후에는 통계적으로 유의한 차이를 보였고(p<0.05), 플라세보치료 전후에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 치료의 적용 전-후의 변화량은 치료 방법에 따라 유의한 차이가 없었다(Table 6). 내측 가자미근은 두 치료 전후 유의한 차이가 없었다(Table 7).

Table 6. Comparison of MAS within groups and between groups (unit: point)

	Vibration (n=14)				Placebo (n=14)				z	p
	Pre	Post	z	p	Pre	Post	z	p		
1	3	2			3	3				
2	2	1			1	1				
3	2	1			2	2				
4	2	0			1	0				
5	3	2			2	2				
6	1	1			1	1				
7	1	0	1.738	0.009	1	1	0.395	0.769	3.721	0.001
8	2	2			1	1				
9	2	2			1	1				
10	1	0			1	1				
11	2	1			1	1				
12	1	0			1	1				
13	2	0			2	2				
14	2	1			2	2				

Values are Mean ± SD

Table 7. Comparison of activation of lateral soleus within groups and between groups (unit: mV)

	Vibration (n=14)	Placebo (n=14)	<i>t</i>	<i>p</i>
Pre	0.08±0.05	0.07±0.04	0.617	0.543
Post	0.05±0.03	0.06±0.03		
Pre-Post	-0.02±0.03	0.00±0.01	1.839	0.077
<i>t</i>	2.281	1.310		
<i>p</i>	0.040	0.213		

Values are Mean ± SD

Table 8. Comparison of activation of medial gastrocnemius within groups and between groups (unit: mV)

	Vibration (n=14)	Placebo (n=14)	<i>t</i>	<i>p</i>
Pre	0.19±0.19	0.15±0.13	0.755	0.457
Post	0.10±0.09	0.13±0.09		
Pre-Post	-0.10±0.17	-0.01±0.03	1.856	0.075
<i>t</i>	2.015	1.078		
<i>p</i>	0.065	0.301		

Values are Mean ± SD

IV. 고 찰

본 연구는 앉은 자세에서 진동치료의 적용이 척수손상 환자의 비복근과 가자미근의 경직 및 간헐성 경련에 미치는 영향을 평가하기 위하여 시행되었다(Ness와 Field-Fote, 2009a; Ness와 Field-Fote, 2009b)(Ness와 Field-Fote, 2009a; Ness와 Field-Fote, 2009b). 본 연구에서는 앉은 자세에서 국소적으로 진동치료를 적용함으로써 선 자세가 불가능한 완전 척수손상 환자들에게도 적용하였고, 앉은 자세에서의 진동치료가 하지의 경직 및 간헐성 경련에 효과적임을 입증하였다. Ness와 Field-Fote (2009a)는 불완전 척수 손상환자에게 선 자세에서 전신 진동치료를 4주간 적용하였고, 진자 검사에서 대퇴사두근의 경직이 약 4.3°에서 8.7°로 개선되었다. 이처럼 선 자세에서 적용된 전신 진동치료는 약 10% 이하의 항경직 효과가 나타난 반면, 본 연구에서 사용된 앉은 자세에서 국소적으로 적용된 진동치료는 선 자세보다 확연히 효과적인 MAS에서 약 43%, 동력계 수치 약 23%의 항경직 효과를 나타냈다. 본 연구는 진동치료의 효과적인 중재 자세에 있어서, 선행된 연구들과 경직

측정방법, 측정근육, 대상자의 척수 손상 수준, 척수손상 정도, 보행유무 등의 차이에 의하여 직접적인 비교에 제한이 따른다. 하지만, 본 연구 결과를 통하여 선 자세가 불가능한 완전 및 불완전 척수손상 환자들에게 보행 및 휠체어 이동활동에 영향을 주는 비복근과 가자미근의 경직 및 간헐성 경련 중재에 앉은 자세에서 진동치료가 효과적인 중재방법으로 사용될 수 있을 것으로 생각한다.

Ahlborg 등(2006)은 성인 뇌성마비 환자를 대상으로 전신 진동을 적용하여 MAS에 따른 경직을 3에서 1로 유의하게 감소시켰고, Marconi 등(2011)은 뇌졸중 환자에게 진동치료를 적용하여 MAS에 근거한 경직이 약 2.2에서 약 1.2로 유의하게 약 45% 감소되었다고 보고하였다. 본 연구는 이전 연구들과 동일하게 진동치료를 척수손상 환자에게 적용하여 경직과 간헐성 경련 및 발목 배측 굴곡과 같은 운동기능을 개선하였고, 특히 Marconi 등(2011)과 유사하게 국소적으로 적용하여 MAS에 따른 경직은 2.14에서 1.21로 약 43%, 배측 굴곡과 같은 운동기능은 약 33%의 개선하였다. 이를 통하여 진동치료는 상위 운동신경의 손상 부위, 손상 원인 들

의 구별 없이 상위운동신경 손상에 의해 유발된 경직 증재와 운동기능 향상에 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 생각한다.

본 연구결과에 따르면, 진동치료는 발목의 배측 굴곡각을 16.08°에서 21.49°로 약 33% 증가시켰다. 배측 굴곡은 발목 근육들의 활성화에 의하여 수행되며, 인대, 근육, 건과 같은 연부조직 변화에 영향을 받는다. 척수 손상 환자의 대부분에서 나타나는 경직은 운동성질환으로 신장반사의 과흥분으로 인하여 근육 및 건의 신장 속도에 비례한 근육긴장의 증가가 나타나는 근육긴장 항진 상태로서, 이러한 근 긴장의 변화는 근육의 움직임에 영향을 줄 수 있다. Noma 등(2009)은 뇌졸중 환자에서 경직과 운동 기능($r=0.621, P<0.01$), 경직과 손목의 능동범위($r=5000, p<0.02$)사이의 음의 상관계수를 보고하였고, 본 연구 결과는 이와 유사하게 배측 굴곡각과 MAS ($r=-0.279, p<0.05$), 배측 굴곡각과 동력계 수치 ($r=-0.340, p<0.05$)의 상관계수를 통하여 경직이 배측 굴곡에 제한을 유발하였음을 간접적으로 입증하였다. 따라서 진동치료에 의한 배측 굴곡간의 증가는 진동치료에 의한 경직의 감소에 기인한 것으로 한다.

본 연구에서 근전도 측정에서 근 활성화도 최대값도 외측 비복근은 0.08mV에서 0.05mV로 약 30%, 내측 가자미근은 0.19mV에서 0.09mV로 약 49% 경감하였다.

근전도는 골격근의 활동에 의해 유발되는 전기적 활성을 기록하고 평가하는 방법으로 근전도에 의해 기록되는 근 활성화도의 변화는 사람과 동물에서 상위운동 신경원에 의한 경직 및 경련을 잘 대변한다(Penn, 1988; Priebe 등, 1997). Penn (1988)은 항경직 약물인 바크로펜을 척수강 내로 주입하고 근전도를 측정한 결과, 본 연구와 동일하게 근 활성화도 크기와 활성화시간이 감소되었다. 또한 구간으로 주입된 항경직 약물인 가바펜틴도 완전 및 불완전 척수손상환자의 근 활성화도 크기 및 시간을 확연하게 감소시켰다(Priebe 등, 1997). 본 연구에서도 기존의 항경직 약물 요법들과 동일하게 진동치료의 근세포 활성의 억제제를 통한 항경직 효과를 입증함으로써, 진동치료는 항경직 약물의 보조적인 방법으로 사용될 수 있을 것으로 생각한다. 또한, 진동치료는 약물요법과 달리 체내에 축적되거나 부작용, 내성을 유발할

가능성이 적고 환자의 상태 및 요구에 맞추어 적용이 용이한 장점이 있으며, 적용 즉시 효과를 나타내는 장점이 있다.

진동치료의 항경직 효과는 신경전달 물질 분비와 골피질내 억제의 변화에 기인하는 것으로 추측된다. 첫째, Marconi 등(2011)은 경직이 나타나는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 장기간의 진동치료를 적용하여 경직의 감소 및 대뇌의 운동 지도 영역과 골피질 내 억제의 증가를 보고하였다. 진동에 의해 증가된 감각자극의 유입은 대뇌의 감각 영역인 S1을 활성화하여 대뇌피질 간 사이신경세포를 통해 골피질 내 억제를 증가시켜 경직을 줄였을 것이다.

둘째, 진동은 척수 반사 활성화에 흥분성 및 억제성 영향을 미칠 수 있다. 진동에 의한 흥분성 영향은 지속적인 진동 반사를 자극하여 진동을 받은 근육의 근방추를 활성화 시켜 지속적인 근활성을 활성화시켜 근수축을 증가시킨다(Desmedt, 1983). 이와 반대로, 진동은 척수 반사 활성화에 억제성 영향도 미칠 수 있다. 척수 손상은 연접전 억제 소실에 의하여 운동 기능의 이상 및 통증이 유발되는데, 진동은 연접전 억제의 활성을 통하여 억제성에 영향을 미칠 수 있다(Schieppati, 1987). 또한, 아킬레스건의 자극과 함께 가자미근의 Ia 구심성 말단에서 발생하는 가자미근 호프만 반사억제 현상을 유발시킨다(Kohn 등, 1997). 진동의 빠른 자극은 일차 구심성 섬유를 자극하여 근수축의 주된 신경전달 물질인 아세틸콜린을 분비하지만, 이러한 자극의 지속화는 신경전달 물질을 고갈시킴으로써, 동명운동 신경세포의 흥분성을 감소시켜 근수축 저하를 유발하였을 것이다. 본 연구도 선행 연구들과 유사하게 진동의 적용이 경직을 감소하게 하였다. 본 연구에서도 진동 적용 후 수초 동안 일시적인 근수축의 증가가 나타났으며, 이후 수축이 감소되었다. 이러한 결과는 진동이 적용된 근육의 지배신경에서 신경전달 물질의 분비를 유발하였고, 지속적인 자극으로 인하여 신경전달 물질의 고갈이 유발됨으로써, 수축력의 감소가 유발되었을 것으로 생각한다.

SCATS는 임상에서 척수손상 환자의 경직성 근 과긴장을 측정하는 평가 방법으로, MAS 및 Ashworth Scale

과는 다르게 척수손상 환자의 경직성 운동 행동을 측정하며, 또한 경직성 과긴장 측정에 있어서 더욱 종합적인 임상 측정 방식이다(Benz 등, 2005). SCATS는 척수손상 환자의 경직성 반사 정도와 형태, 유발기간을 측정할 수 있지만, 경직의 심각성에 대한 환자 스스로의 관점과 유발 크기 측정에는 제한적이다. 반면 본 연구에서 사용한 MAS와 동력계 수치는 경직 및 경련의 유발 기간 측정은 제한적이지만, 상대적 크기의 측정은 가능하다. 따라서 본 연구는 SCATS과 MAS 및 동력계 수치를 모두 측정함으로써, 척수손상에 의한 다양한 경직 및 경련의 형태를 입증하였고, 또한 진동치료가 척수손상으로 인한 경직 및 경련의 변화를 모두 효과적으로 중재할 수 있는 방법임을 증명하였다.

SCATS는 임상에서 간헐성 경련, 굴곡근 경련, 신장근 경련 반응 측정에 주로 사용되고 있으며, 본 연구는 SCATS의 측정 방법 중에서 간헐성 경련 측정 방식만을 채택하여 측정하였다. Benz 등(2005)은 본 연구방식과 동일하게 검사자에 의한 측정방식과 비복근과 가자미근의 근전도 근 활성화 시간을 측정하는 방식을 사용하여 임상적 평가 방법인 SCATS의 근전도적, 운동역학적 타당성을 보고하였다. 본 연구는 SCATS의 타당성을 확인하기 위하여 근전도 방법으로 근 활성화 시간을 측정하였고, 진동치료는 SCATS뿐만 아니라 간헐성 경련의 근활 시간을 6.06초에서 2.25초로 약 63% 효과적으로 중재하였다. 본 연구 결과를 통해 SCATS의 간헐성 경련 측정 방식이 경련 측정에 타당한 방법으로 추정되며, 임상적으로 척수손상 환자의 간헐성 경련 측정에 SCATS의 간헐성 경련 측정이 유용하게 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

경직 중재를 위해 약물을 사용한 성행 연구들 중 교차설계로 시행된 연구들은 다양한 효과소멸 기간이 적용된다.

본 연구는 척수손상 환자에게 앉은 자세에서 국소적으로 적용된 진동치료가 경직 및 간헐성 경련 중재에 효과적임을 입증하였다. 이를 통하여 앉은 자세에서의 진동치료는 효과적인 항경직 중재방법으로, 척수손상 환자의 휠체어 이동능력 및 선 자세 유지능력, 자세유지 개선에 효과적으로 사용될 수 있을 것이다.

V. 결론

본 연구는 척수손상 환자들을 대상으로 앉은 자세에서의 진동치료 적용이 비복근과 가자미근의 경직 및 간헐성 경련에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다. 본 연구 결과에 의해 앉은 자세에서의 진동치료 적용이 척수손상 환자의 비복근과 가자미근에서 발생되어지는 경직 및 간헐성 경련을 감소시키는데 효과적인 중재 방법으로 사용할 수 있을 것으로 생각하며, 척수손상 환자들의 자세유지 및 휠체어에서의 이동능력 개선에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 또한 진동치료의 지속적인 적용으로 척수손상 환자들의 삶의 질에 부정적 영향을 미치는 하지의 경직 및 간헐성 경련을 감소시켜 환자들의 삶의 질에 긍정적 도움을 줄 수 있으리라 생각한다.

References

- Adams MM, Hicks AL. Spasticity after spinal cord injury. *Spinal Cord*. 2005;43(10):577-86.
- Ahlborg L, Andersson C, Julin P. Whole-body vibration training compared with resistance training: effect on spasticity, muscle strength and motor performance in adults with cerebral palsy. *J Rehabil Med*. 2006;38(5):302-8.
- Andary MT, Green DF, Hulce VD, et al. Spinal myoclonus complicating spasticity in spinal cord injury: a case study. *Arch Phys Med Rehabil*. 1997;78(9):1007-9.
- Benz EN, Hornby TG, Bode RK, et al. A physiologically based clinical measure for spastic reflexes in spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(1):52-9.
- Beres-Jones JA, Johnson TD, Harkema SJ. Clonus after human spinal cord injury cannot be attributed solely to recurrent muscle-tendon stretch. *Exp Brain Res*. 2003;149(2):222-36.
- Brown P, Rothwell JC, Thompson PD, et al. Propriospinal myoclonus: evidence for spinal "pattern" generators in humans. *Mov Disord*. 1994;9(5):571-6.

- Burchiel KJ, Hsu FP. Pain and spasticity after spinal cord injury: mechanisms and treatment. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(24 Suppl):S146-60.
- Desmedt JE. Mechanisms of vibration-induced inhibition or potentiation: tonic vibration reflex and vibration paradox in man. *Adv Neurol*. 1983;39(6):71-83.
- Elovic E. Principles of pharmaceutical management of spastic hypertonia. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2001;12(4):793-816, vii.
- Fung J, Barbeau H. A dynamic EMG profile index to quantify muscular activation disorder in spastic paretic gait. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1989;73(3):233-44.
- Gracies JM, Nance P, Elovic E, et al. Traditional pharmacological treatments for spasticity. Part II: General and regional treatments. *Muscle Nerve Suppl*. 1997;20(6):92-120.
- Jozefczyk PB. The management of focal spasticity. *Clin Neuropharmacol*. 2002;25(3):158-73.
- Kesiktas N, Paker N, Erdogan N, et al. The use of hydrotherapy for the management of spasticity. *Neurorehabil Neural Repair*. 2004;18(4):268-73.
- Kim DY, Park CI, Chon JS, et al. Biomechanical assessment with electromyography of post-stroke ankle plantar flexor spasticity. *Yonsei Med J*. 2005;46(4):546-54.
- Kohn AF, Floeter MK, Hallett M. Presynaptic inhibition compared with homosynaptic depression as an explanation for soleus H-reflex depression in humans. *Exp Brain Res*. 1997;116(2):375-80.
- Laessoe L, Nielsen JB, Biering-Sorensen F, et al. Antispastic effect of penile vibration in men with spinal cord lesion. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(6):919-24.
- Lamontagne A, Malouin F, Richards CL, et al. Evaluation of reflex- and nonreflex-induced muscle resistance to stretch in adults with spinal cord injury using hand-held and isokinetic dynamometry. *Phys Ther*. 1998;78(9):964-75; discussion 76-8.
- Marconi B, Filippi GM, Koch G, et al. Long-term effects on cortical excitability and motor recovery induced by repeated muscle vibration in chronic stroke patients. *Neurorehabil Neural Repair*. 2011;25(1):48-60.
- Ness LL, Field-Fote EC. Effect of whole-body vibration on quadriceps spasticity in individuals with spastic hypertonia due to spinal cord injury. *Restor Neurol Neurosci*. 2009a;27(6):621-31.
- Ness LL, Field-Fote EC. Whole-body vibration improves walking function in individuals with spinal cord injury: a pilot study. *Gait Posture*. 2009b;30(4):436-40.
- Noma T, Matsumoto S, Etoh S, et al. Anti-spastic effects of the direct application of vibratory stimuli to the spastic muscles of hemiplegic limbs in post-stroke patients. *Brain Inj*. 2009;23(7):623-31.
- Penn RD. Intrathecal baclofen for severe spasticity. *Ann N Y Acad Sci*. 1988;531(157-66).
- Ping Ho Chung B, Kam Kwan Cheng B. Immediate effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on spasticity in patients with spinal cord injury. *Clin Rehabil*. 2010;24(3):202-10.
- Priebe MM, Sherwood AM, Graves DE, et al. Effectiveness of gabapentin in controlling spasticity: a quantitative study. *Spinal Cord*. 1997;35(3):171-5.
- Schieppati M. The Hoffmann reflex: a means of assessing spinal reflex excitability and its descending control in man. *Prog Neurobiol*. 1987;28(4):345-76.
- Schmit BD, Benz EN. Extensor reflexes in human spinal cord injury: activation by hip proprioceptors. *Exp Brain Res*. 2002;145(4):520-7.
- Schmit BD, McKenna-Cole A, Rymer WZ. Flexor reflexes in chronic spinal cord injury triggered by imposed ankle rotation. *Muscle Nerve*. 2000;23(5):793-803.
- Sheean G. The pathophysiology of spasticity. *Eur J Neurol*. 2002;9 Suppl 1(3-9); discussion 53-61.
- Skold C, Levi R, Seiger A. Spasticity after traumatic spinal cord injury: nature, severity, and location. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;80(12):1548-57.
- St George CL. Spasticity. Mechanisms and nursing care. *Nurs Clin North Am*. 1993;28(4):819-27.