

The Effect of an Abdominal Drawing-In Maneuver Combined with Low-High Frequency Neuromuscular Electrical Stimulation on Trunk Muscle Activity, Muscle Fatigue, and Balance in Stroke Patients

Jeong-Il Kang, Dae-Keun Jeong, Seung-Yun Baek, Sin-Haeng Heo

Department of Physical Therapy, Sehan University, Yeongam, Republic of Korea

Purpose: This study investigated the effects of an intervention that combined the abdominal drawing-in maneuver and frequency-specific neuromuscular electrical stimulation on changes in trunk muscle activity, muscle fatigue, and balance in stroke patients.

Methods: Thirty stroke patients were randomly assigned to two groups. Fifteen subjects were assigned to group I which performed the abdominal drawing-in maneuver combined with low-frequency neuromuscular electrical stimulation and the other 15 subjects to group II where the abdominal drawing-in maneuver was combined with high-frequency neuromuscular electrical stimulation. Muscle activity and fatigue were measured using surface electromyography before the intervention. Balance was measured using the Trunk Impairment Scale and re-measured after six weeks of intervention for comparative analysis.

Results: Both groups showed a significant increase in muscle activity and balance ($p < 0.05$), and there was no significant difference between the groups ($p > 0.05$). In the changes in muscle fatigue, only the experimental group II showed a significant increase in muscle fatigue ($p < 0.05$). The difference between the groups was statistically significant ($p < 0.05$).

Conclusion: It was confirmed that among stroke patients, the combination of the abdominal drawing-in maneuver and low-frequency neuromuscular electrical stimulation was more effective in changing the muscle activity and balance of the trunk by minimizing the occurrence of muscle fatigue compared to the combination of the abdominal drawing-in maneuver and high-frequency stimulation. These results can be used as basic data for clinical trunk stabilization training.

Keywords: Stroke, Abdominal drawing-in maneuver, Neuromuscular Electrical Stimulation, Muscle activity, Muscle fatigue, Balance

서론

뇌졸중 환자들은 대부분 운동, 감각, 어지러움 등의 장애가 나타나, 협응 능력의 감소, 몸통 조절 능력과 자세 유지 능력의 저하를 가져온다.² 이로 인해 체중 이동의 어려움과 비대칭적 자세를 유발하여 상호 교대적 움직임이 감소하고 불안정성의 증가로 인한 과도한 에너지를 소비하기 때문에 불규칙한 근활성도와 근피로를 야기한다.³ 따라서 몸통의 약화는 균형과 일상생활에도 밀접한 관계가 있기 때문에 뇌졸중 환자들의 몸통 운동은 중요한 요소로 여겨진다.⁴

몸통의 근육들은 우리 몸에서 가장 큰 부분으로 몸통의 분절 간 안정화 운동에 중요하다.⁵ 특히 몸통의 근육 중 배가로근은 영치영덕 관절에 안정성을 제공하여 몸통의 안정화를 개선시키는데 중요한 역

할을 하기 때문에,⁶ 배가로근의 수축을 촉진하는 운동이 몸통 안정화에 효과적이다.⁷

현재 배가로근을 선택적으로 활성화시키는 운동으로 압력 생체피드백 먹임 기구(pressure biofeedback unit)를 사용하는 복부 끌어당김 기법(Abdominal Drawing-In Maneuver, ADIM)이 사용되고 있다.⁸ 복부 끌어당김 기법은 복벽을 안쪽으로 당겨 복압을 증가시키고 몸통 근육들의 동시수축을 일으키며 허리의 과도한 앞굽음증이나 앞기울임을 방지할 수 있다.⁹ 복부 끌어당김 기법은 배가로근을 최대 활성화시킬 수 있는 운동 방법이며,¹⁰ 또한 단일의 운동보다 결합운동이 복부 근육을 더욱 활성화시킬 수 있다고 하였기 때문에,¹¹ 기존의 운동에서 다른 중재방법을 결합하여 훈련할 필요가 있다고 제시하고 있다.¹²

뇌졸중 환자들에게 기존의 운동 방법에서 뇌 가소성을 촉진하여

Received Sep 23, 2022 Revised Oct 19, 2022

Accepted Oct 30, 2022

Corresponding author Sin-Haeng Heo

E-mail shid9945@naver.com

Copyright ©2022 The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

운동기능을 회복하기 위한 치료법들이 제시되고 있는데,¹³ 그중 신경근 전기 자극(neuromuscular electrical stimulation, NMES)은 세포 내 탈분극을 촉진하여 신경전달물질을 촉진시키기 때문에 운동단위 동원을 증가에 효과적이며 근 섬유의 산화 능력 증가로 인해 근육의 유산소적 효과를 유발시킨다.¹⁴ 또한 신경근 전기 자극은 목적에 따라 빈도 등을 달리하여 근력이나 지구력의 증진 등의 다양한 목적으로 사용한다.¹⁵ 이러한 이론적 배경을 근거로 뇌졸중 환자들에게 신경근 전기 자극을 적용하였을 때 안정성을 더 증가시킬 수 있다고 하였고,¹⁶ 주파수를 변화시켜 적용하였을 때 근육의 피로도에 영향을 미칠 수 있다고 하였다.¹⁷

뇌졸중 환자들은 대뇌반구 손상으로 인한 운동과 감각의 장애로 인해 편마비가 주된 증상으로 나타나지만, 몸통은 대뇌반구 양측의 신경지배로 인해 양측 모두 근 위축 및 약화가 나타난다. 이러한 증상을 개선하기 위해 배가로근의 선택적 수축을 유발하는 복부 끌어당김 기법이 사용되지만, 뇌졸중 환자의 단일 근육 수축 운동은 주변 근육의 약화를 가져오기에 기존의 운동에 다른 중재를 결합하여 시행할 필요성이 제시되고 있다. 따라서 본 연구는 뇌졸중 환자들에게 복부 끌어당김 기법과 신경근 전기 자극의 빈도수를 저빈도와 고빈도로 나누어 결합한 중재가 뇌졸중 환자의 몸통근 활성도와 근피로도 및 균형에 미치는 영향을 비교 분석하여 임상적 기초자료를 제공하고자 한다.

연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 기관생명윤리위원회의 승인(SH-IRB 2021-77)을 받고 2021년 5월부터 10월까지 6개월간 전라남도 소재한 재활전문 요양병원에 입원하여 치료 중인 뇌졸중 환자들로, 본 연구의 취지를 이해하고 참여에 동의한 환자 30명을 대상으로 실시하였다. 대상자 선정 기준은 뇌졸중 진단을 받은 편마비 환자로 6개월 이상 2년 미만인 자, 신경근 전기 치료에 대한 금기증에 해당하지 않는 자, 다른 정형외과적 질환이 없는 자, 엎드린 자세의 유지가 가능한 자, 수동 관절가동범위에 특별히 제한이 없는 자, 청각에 이상이 없고 시각 결손이 없는 자, 한국형 간이 정신상태 검사(MMSE-K) 24점 이상인 자로 선정하였다.

2. 실험방법

1) 연구 설계

본 연구에 참여한 뇌졸중 진단을 받은 편마비 환자 총 30명을 임상 표본 추출하여 저빈도 신경근 전기 자극과 복부 끌어당김 기법을 결합하여 중재한 15명을 실험군 I과 고빈도 신경근 전기 자극과 복부 끌어당김 기법을 결합하여 중재한 15명을 실험군 II로 설정하여 제비

뽑기를 통해 무작위 배치한 후 총 6주간, 주 3회, 1일 1회, 1회 3세트, 세트당 10회 중재하였고, 공통 중재로는 신경발달치료를 중재하였다. 중재 전 사전 검사는 표면근전도를 활용해 양측 배곧은근, 배가로근의 근활성도와 근피로도를 측정하였고, 몸통 손상 척도를 활용해 균형을 측정하였다. 그리고 6주간 중재 후, 사후 검사는 사전 검사와 동일하게 재측정하여 비교 분석하였다.

2) 측정도구 및 방법

(1) 표면근전도(surface electromyography, sEMG) 전극 부착

몸통의 근활성도 및 근피로도를 측정하기 위해 표면근전도 MP100 (Biopac system, USA) 4채널을 사용하였으며, 근전도 신호 수집을 위한 표본 추출율(sampling rate)은 1,000 Hz로 하였고, 주파수 대역 여과 필터(notch filter)는 60 Hz, 주파수 대역필터는 30-450 Hz로 설정하였다. 근전도 신호의 피부 저항을 줄이기 위해 전극 부착 부위의 피부에서 털을 면도기를 사용하여 제거하고, 가는 사포를 사용해 대상자의 각질을 제거한 뒤 알코올 솜을 사용해 피부를 청결하게 한 후 Ag/AgCl 표면 전극을 사용하였다. 배가로근의 부착부위는 위앞엉덩뼈가시 안쪽아래 2cm에 부착하였고,¹⁸ 이 위치는 배가로근과 배속빗근의 섬유가 중첩되는 곳이다.¹⁹ 그리고 배곧은근의 부착 부위는 칼들기 아래 5 cm, 바깥쪽 3 cm에 부착하였다.²⁰ 모든 전극의 부착 부위는 마비측과 비마비측 양측 근육으로 하였다.

(2) 근활성도(muscle activity) 측정

저빈도 신경근 전기 자극을 결합한 복부 끌어당김 기법과 고빈도 신경근 전기 자극을 결합한 복부 끌어당김 기법을 중재 전·후로 몸통의 근활성도 변화를 알아보기 위하여 측정된 근육들의 신호는 실효치 진폭(root mean square, RMS)으로 변환하였고, 이들 신호는 Acqknowledge 3.9.1 software program (Biopac, USA)를 사용하여 분석하였다.

기준동작(reference contraction)은 환자가 편안하게 호흡을 유지하며 서 상태에서 5초 간 배가로근과 배곧은근의 마비측과 비마비측의 근전도를 측정하였다.²¹ 그리고 특정동작은 환자가 교각운동을 실시하는 동안 엉덩관절 0°가 될 때를 5초간 유지하도록 구두 지시한 후 배가로근과 배곧은근의 마비측과 비마비측의 근전도 신호를 기록하였으며, 근전도 측정 시 근피로를 방지하기 위해 5분간 휴식을 취하였다.²² 측정된 근전도 신호는 처음과 마지막 1초를 제외한 3초 구간의 근활성도를 측정하였다.²³ 이를 각 3회씩 측정하여 특정동작 시 RMS의 평균값/기준 동작 시 RMS의 평균값×100으로 %RVC (%Reference voluntary contraction) 값으로 적용하였다.

(3) 중앙주파수(median frequency, MDF) 측정

근피로도는 중앙주파수(MDF) 값으로 적용하였다. 배가로근과 배곧

험군 I에서 65.6 kg, 실험군 II에서는 64.1 kg이었다. 그리고 신체질량지수는 실험군 I에서 23.5 kg/m², 실험군 II에서는 24.3 kg/m²이었다. 두 집단 간의 유의한 차이를 나타내지 않아 두 집단이 동질성을 이루었다($p > 0.05$)(Table 1).

2. 근활성도 변화 비교

실험군 I과 실험군 II의 집단 내 근활성도 변화는 두 집단 모두 모든 근육에서 통계학적으로 유의한 차이를 보이며 증가하여($p < 0.05$)($p < 0.01$) 효과적인 근활성도의 증가를 보였고(Table 2), 집단 간 근활성도 변화는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$)(Table 3).

3. 근피로도 변화 비교

집단 내 근피로도 변화는 실험군 I의 모든 근육에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었고, 실험군 II에서는 모든 근육에서 통계학적으로 유의한 차이를 보이며 중앙주파수 값이 감소하여 근피로도의 증가를 나타내었다($p < 0.05$)($p < 0.01$)(Table 2). 두 집단 간 근피로도의 변화에서 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$)($p < 0.01$)(Table 3).

4. 균형 변화 비교

실험군 I과 실험군 II의 집단 내 균형 변화는 두 집단 모두 TIS 점수가 통계학적으로 유의한 차이를 보이며 증가하여($p < 0.05$)($p < 0.01$) 효과적인 균형 능력의 증가를 보였고(Table 2), 집단 간 균형 변화는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$)(Table 3).

고찰

뇌졸중 환자들에게 몸통의 심부 근육인 배가로근의 수축을 유발시켜 몸통의 불안정성을 감소시킬 수 있는 복부 끌어당김 기법이 사용되고 있다.³⁰ Seo 등³¹은 만성 뇌졸중 환자 12명을 대상으로 일상적 물리치료만을 받은 대조군과 물리치료에 복부 끌어당김 기법을 이용한 몸통 안정화 운동을 중재 받은 실험군을 비교 분석하였는데, 환자들의 배가로근의 평균 두께가 실험군에서 더 큰 증가를 보고하였고, Shi 등³²은 일반 근육의 작용 시 근육의 두께가 증가하고, 두께가 증가한

다는 것은 그만큼의 근육 활성도가 증가하였다는 것으로 해석이 가능하다고 하였다. 이러한 선행연구들을 바탕으로 본 연구에서는 두 집단의 집단 내 몸통 근활성도의 변화를 비교한 결과, 배가로근에서 통계학적으로 유의하게 증가하여 선행연구를 지지하는 결과를 도출하였는데 그 이유는 뇌졸중 환자들의 몸통 안정화를 위해서 배가로근이 먼저 활성화되어야 하는데 복부 끌어당김 기법이 배가로근의 선택적 수축을 유발하기 때문으로 사료된다. Chanthapetch 등¹⁸은 정상인 32명을 대상으로 각각 다른 4가지 자세에서 복부 끌어당김 기법을 중재하여 몸통 근육의 근활성도 변화를 비교하였는데, 모든 자세에서 배가로근이 배곧은근보다 더 높은 근활성도를 보인다고 하였다. 하지만 본 연구에서는 두 집단 모두 배가로근뿐 아니라 배곧은근에서도 근활성도의 증가를 보여 선행연구와 상이한 결과를 도출하였는데 그 이유는 두 집단 모두 복부 끌어당김 기법과 함께 신경근 전기 자극을 결합하여 중재하였기 때문에 그로 인한 생리적 효과로 사료되는데 Back 등¹⁶은 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 몸통 근력 강화 운동을 중재한 집단과 몸통에 신경근 전기 자극을 중재한 집단 및

Table 2. Comparison of the changes in the trunk muscle activity, muscle fatigue, Balance within experimental group I and experimental group II

Group	Mean±SD (n=15)		t	p [†]
	Pre-test	Post-test		
Muscle activity				
Experimental I				
Paretic RA	104.85±13.42	110.65±10.48	-2.224	0.043*
Paretic TRA	107.61±7.35	113.08±10.33	-2.239	0.042*
Non Paretic RA	128.96±16.95	134.97±11.79	-2.310	0.037*
Non Paretic TRA	123.16±10.90	127.62±12.49	-2.196	0.045*
Experimental II				
Paretic RA	102.92±11.83	110.53±11.16	-3.01	0.009**
Paretic TRA	109.67±5.07	117.63±13.54	-2.458	0.028*
Non Paretic RA	120.07±15.12	132.49±10.61	-4.328	0.001**
Non Paretic TRA	115.80±10.29	120.16±14.33	-2.750	0.016*
Muscle fatigue				
Experimental I				
Paretic RA	71.85±9.10	71.62±8.15	0.472	0.644
Paretic TRA	77.39±10.16	76.18±9.92	0.733	0.475
Non Paretic RA	73.09±7.15	73.72±6.90	-0.442	0.665
Non Paretic TRA	75.00±6.06	72.39±9.84	1.834	0.088
Experimental II				
Paretic RA	72.58±8.94	68.63±7.95	3.633	0.003**
Paretic TRA	73.25±6.63	67.18±9.28	2.825	0.013*
Non Paretic RA	70.34±6.50	65.23±8.18	2.384	0.032*
Non Paretic TRA	73.65±7.54	65.37±11.27	4.257	0.001**
Experimental I TIS	10.87±3.25	13.40±3.42	-2.818	0.014*
Experimental II TIS	10.67±1.59	13.13±3.48	-3.579	0.003**

RA: Rectus Abdominis, TRA: Transverse Abdominis, TIS: Trunk Impairment Scale. [†]Paired t-test. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

Table 1. General characteristic of study subjects

Items	Experimental I (n=15)	Experimental II (n=15)	p [†]
	Mean±SD	Mean±SD	
Age (yr)	61.1±7.2	59.5±6.1	0.555
Height (cm)	167.1±10.7	162.1±10.0	0.256
Weight (kg)	65.6±9.8	64.1±8.5	0.711
BMI (kg/m ²)	23.5±2.5	24.3±1.7	0.302

BMI: Body Mass Index. [†]Levene test.

Table 3. Comparison of the changes in trunk muscle activity, muscle fatigue, balance between the groups

Items	Experimental group I (n=15)		Experimental group II (n=15)		F	p [†]
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test		
Muscle activity						
Paretic RA	104.85±13.42	110.65±10.48	102.92±11.83	110.53±11.16	0.096	0.756
Paretic TRA	107.61±7.35	113.08±10.33	109.67±5.07	117.63±13.54	0.508	0.482
Non paretic RA	128.96±16.95	134.97±11.79	120.07±15.12	132.49±10.61	0.575	0.455
Non paretic TRA	123.16±10.90	127.62±12.49	115.80±10.27	120.16±14.33	0.035	0.854
Muscle fatigue						
Paretic RA	71.85±9.10	71.62±8.15	72.58±8.94	68.63±7.95	11.333	0.002**
Paretic TRA	77.39±10.16	76.18±9.92	73.25±6.63	67.18±9.28	4.655	0.040*
Non paretic RA	73.09±7.15	73.72±6.90	70.34±6.50	65.23±8.18	7.923	0.009**
Non paretic TRA	75.00±6.06	72.39±9.84	73.65±7.54	65.37±11.27	5.031	0.033*
TIS	10.87±3.25	13.40±3.42	10.67±1.59	13.13±3.48	0.014	0.907

Mean±SD. RA: Rectus Abdominis, TRA: Transverse Abdominis, TIS: Trunk Impairment Scale. [†]ANCOVA. *p<0.05, **p<0.01.

몸통 근력 강화 운동에 신경근 전기 자극을 결합한 집단을 비교 분석하였는데, 몸통 근력 강화 운동과 신경근 전기 자극을 결합한 집단이 몸통 기능 회복에 더욱 효과적이라고 하였다. Sillen 등³³은 신경근 전기 자극이 근육 내 변화에 미치는 영향에 대한 여러 연구들을 고찰하였는데, 많은 연구에서 저빈도 신경근 전기 자극이 산화 효소의 증가와 I형과 IIa형 섬유의 비율이 증가되었다고 하였고, Gondin 등³⁴은 고빈도 신경근 전기 자극에서 근육의 단면적과 근력의 향상을 보고하였다. 이를 근거로 본 연구에서도 집단 간 근활성도를 변화 비교한 결과, 양측 배가로근과 배곧은근 모두 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았는데 그 이유는 복부 끌어당김 기법을 통한 배가로근의 활성화 증가와 동시에 저빈도와 고빈도 신경근 전기 자극이 가져오는 생리적 효과로 인한 근력 향상을 통해 두 집단 모두 근활성도의 효과적 증가를 가져온 것이다.

뇌졸중 환자들은 편마비로 인하여 마비측을 잘 사용하지 않기 때문에 기능 제한이 더욱 악화되어 쉽게 근피로가 유발된다.³⁵ Malešević 등³⁶은 고빈도와 저빈도 신경근 전기 자극을 사용하여 하반신 마비 환자들에게 적용하여 비교 분석하였는데, 고빈도 자극에 비해 저빈도 자극이 근육 피로를 덜 생성하였고, 고빈도 그룹은 중재 전후 지구력의 감소를 보였다고 하였다. 본 연구에서도 두 집단의 집단 내 근피로도의 변화를 비교한 결과 실험군II에서만 중앙주파수 값이 통계학적으로 유의한 차이를 보이며 감소하여 근피로도가 발생하여 선행 연구를 지지하는 결과를 도출하였다. 그 이유는 신경근 전기 자극은 정상적 운동단위 동원 순서를 변경시키기 때문으로 사료된다.³⁷ Doucet과 Griffin²⁸은 편마비 뇌졸중 환자 16명을 대상으로 저빈도와 고빈도의 신경근 전기 자극을 중재하여 근력과 손재주 및 지구력을 측정하여 비교 분석하였는데, 저빈도 신경근 전기 자극을 중재받은 집단에서는 손재주와 지구력에 더 높은 향상을 보였으며 고빈도 신경근 전기 자극을 중재받은 집단에서는 근력의 향상과 운동 활성화

의 증가를 보인다고 하였다. 본 연구에서도 집단 간 근피로도의 변화를 비교한 결과 실험군II에서만 통계학적으로 유의한 변화를 보여 집단 간에서도 통계학적으로 유의한 차이를 나타내어 선행 연구를 지지하였다. 그 이유는 고빈도의 신경근 전기 자극은 근력과 운동 활성화의 증가를 가져올 수 있지만 빠른 피로도를 유발하며, 저빈도의 신경근 전기 자극은 피로도를 최소화시킬 수 있기 때문으로 생각된다. 따라서 저빈도의 신경근 전기 자극이 빠른 근피로를 유발하는 고빈도 신경근 전기 자극보다 효율적인 결과를 도출하였다.

뇌졸중 환자들은 보통 편마비가 주된 증상이지만 몸통은 양측 모두 영향을 받기 때문에 몸통의 움직임이 불충분해지고 이는 균형을 유지하는데 어려움을 야기시킨다.³⁸ Baek 등³⁶은 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 코어 근육 강화를 증재한 집단 10명, 몸통에 신경근 전기 자극을 증재한 집단 10명, 코어 근육 강화 운동에 신경근 전기 자극을 결합하여 증재한 집단 10명을 몸통 손상 척도를 사용하여 비교 분석한 결과, 단일의 운동만 증재한 두 집단보다 두 운동을 결합하여 증재한 집단에서 몸통 손상 척도의 개선을 보고하였다. 본 연구에서도 두 집단의 집단 내 균형을 변화 비교한 결과, 두 집단 모두 통계학적으로 유의한 차이를 보이며 증가하여 선행 연구를 지지하는 결과를 도출하였다. 그 이유는 몸통의 근력이 향상될수록 뇌졸중 환자들의 균형 또한 증가하기 때문으로 사료된다.³⁹ 두 집단에서 공통으로 증재한 복부 끌어당김 기법이 배가로근의 선택적 수축을 통한 심부 근육의 활성화를 가져왔으며 결합된 신경근 전기 자극 또한 더욱 효과적인 균형의 향상을 가져온 것이다. Tsutaki 등⁴⁰은 저빈도와 고빈도의 신경근 전기 자극이 활성화되는 근섬유를 연구하였는데, 가해진 힘과 상관없이 저빈도와 고빈도 모두에 의해 활성화됐다고 보고하였다. 본 연구에서도 집단 간 균형의 변화를 비교한 결과, 두 집단 간에 유의한 차이가 나타나지 않았는데 이에 따라 두 집단 간에는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

실험군 I 과 실험군 II에서는 뇌졸중 환자의 몸통근 활성도에서 두 집단 모두 양측 배가로근과 배곧은근에 유의한 차이를 보이며 증가하여 효율적인 변화를 확인하였고, 균형 변화에서도 두 집단 모두 몸통 손상 척도 점수가 증가하며 유의한 차이를 보여 효율적인 변화를 나타내었다. 하지만 몸통의 근피로도에서는 저빈도 신경근 전기 자극을 결합한 실험군 I에서는 유의한 차이를 나타내지 않아 근피로도의 변화를 확인할 수 없었고, 고빈도 신경근 전기 자극을 결합한 실험군 II에서만 유의한 차이를 나타내며 중앙주파수 값의 감소를 통해 근피로도의 발생을 확인하였다. 이러한 결과는 복부 끌어당김 기법과 저빈도 신경근 전기 자극의 결합이 뇌졸중 환자의 몸통 근피로도에 미치는 영향을 최소화하면서 몸통의 근활성도와 균형의 변화에 더 효과적임을 알 수 있다. 따라서 향후 뇌졸중 환자에게 몸통 안정화를 위한 중재로 복부 끌어당김 기법과 저빈도 신경근 전기 자극을 결합한 접근방법이 필요할 것이며, 그와 함께 다양한 임상 연구들이 지속적으로 필요할 것이다.

본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 1개의 의료기관에서 입원 치료 중인 편마비 뇌졸중 환자를 대상으로 실행한 연구로서 연구대상자의 개체 수가 적어 모든 편마비 뇌졸중 환자에 대한 일반화를 시키기에 한계가 있다는 점이다. 또한, 대상자들의 일상생활과 현재 복용하는 약물 등을 통제하지 못하였기 때문에 갖가지 변수가 생길 수 있다는 점이다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 세한대학교의 연구비 지원을 받았다.

REFERENCES

1. Kang SH. A study of correlation among MMSE-K, CDR and Neurocognitive test (LICA) in patients with stroke. Gachon University. Dissertation of Master's Degree. 2020.
2. Van Criekinge T, Saeyns W, Halleman A et al. Effectiveness of additional trunk exercises on gait performance: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2017;18(1):1-12.
3. Franceschini M, Rampello A, Agosti M et al. Walking performance: correlation between energy cost of walking and walking participation. New statistical approach concerning outcome measurement. *PloS one*. 2013;8(2):e56669.
4. Kwakkel G, Kollen BJ. Predicting activities after stroke: what is clinically relevant? *Int J Stroke*. 2013;8(1):25-32.
5. Ryerson S, Byl NN, Brown DA et al. Altered trunk position sense and its relation to balance functions in people post-stroke. *J Neurol Phys Ther*. 2008;32(1):14-20.
6. Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA et al. The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine*. 2002;27(4):399-405.
7. Beazell JR, Grindstaff TL, Hart JM et al. Changes in lateral abdominal muscle thickness during an abdominal drawing-in maneuver in individuals with and without low back pain. *Res Sports Med*. 2011;19(4):271-82.
8. Teyhen DS, Miltenberger CE, Deiters HM et al. The use of ultrasound imaging of the abdominal drawing-in maneuver in subjects with low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2005;35(6):346-55.
9. Kisner C, Colby LA, Borstad J. *Therapeutic exercise: foundations and techniques*. 7th ed. Philadelphia, Fa Davis, 2017:491-545.
10. Haruyama K, Kawakami M, Otsuka T. Effect of core stability training on trunk function, standing balance, and mobility in stroke patients: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2017;31(3):240-9.
11. Kang TW. The effects of the upper extremity and lower extremity patterns of PNF on abdominal muscle activity in healthy subjects and abdominal muscle strength and respiratory functions in stroke patients. Silla University. Dissertation of Doctorate Degree. 2019.
12. Robson N, Faller II KJ, Ahir V et al. Creating a virtual perception for upper limb rehabilitation. *International Journal of Biomedical and Biological Engineering*. 2017;11(4):152-7.
13. Fujiwara T, Kawakami M, Honaga K et al. Hybrid assistive neuromuscular dynamic stimulation therapy: a new strategy for improving upper extremity function in patients with hemiparesis following stroke. *Neural Plast*. 2017.
14. Park D, Ryu JS. Neuromuscular electrical stimulation for swallowing. *J Korean Dysphagia Soc*. 2016;6(1):1-6.
15. Ogino M, Shiba N, Maeda T et al. MRI quantification of muscle activity after volitional exercise and neuromuscular electrical stimulation. *Am J Phys Med Rehabil*. 2002;81(6):446-51.
16. Baek SO, Cho HK, Jung GS et al. Verification of an optimized stimulation point on the abdominal wall for transcutaneous neuromuscular electrical stimulation for activation of deep lumbar stabilizing muscles. *Spine J*. 2014;14(9):2178-83.
17. Gorgey AS, Black CD, Elder CP et al. Effects of electrical stimulation parameters on fatigue in skeletal muscle. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2009;39(9):684-92.
18. Chanthapetch P, Kanlayanaphotporn R, Gaogisigam C et al. Abdominal muscle activity during abdominal hollowing in four starting positions. *Man Ther*. 2009;14(6):642-6.
19. Marshall P, Murphy B. The validity and reliability of surface EMG to assess the neuromuscular response of the abdominal muscles to rapid limb movement. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003;13(5):477-89.
20. O'Sullivan PB, Twomey L, Allison GT. Altered abdominal muscle recruitment in patients with chronic back pain following a specific exercise intervention. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1998;27(2):114-24.
21. Yun JH, Kim TS, Lee BK. The effects of combined complex exercise with abdominal drawing-in maneuver on expiratory abdominal muscles activation and forced pulmonary function for post stroke patients. *J Korean Soc Phys Med*. 2013;8(4):513-23.
22. Kwon K. The effect of applying different bridge exercise after abdominal drawing-in maneuver on trunk muscles activation and balance for chronic stroke patients. Yongin University. Dissertation of Master's Degree. 2016.
23. Lee SC, Kim TH, Cynn HS et al. The influence of instability of support-

- ing surface on trunk and lower extremity muscle activities during bridging exercise combined with core-stabilization exercise. *Physical Therapy Korea*. 2010;17(1):17-25.
24. Waongenngarm P, Rajaratnam BS, Janwantanakul P. Internal oblique and transversus abdominis muscle fatigue induced by slumped sitting posture after 1 hour of sitting in office workers. *Saf Health Work*. 2016; 7(1):49-54.
 25. Ko JY, You YY. Reliability and responsiveness of the Korean version of the trunk impairment scale for stroke patients. *J Kor Phys Ther*. 2015; 27(4):175-82.
 26. Cho HS. The Effect of Coordinative Pattern Exercise of Upper and Lower Extremities for Balance and Gait in Chronic Stroke Patients. Daejeon University. Dissertation of Doctorate Degree. 2014.
 27. Lim JS, Lee SY, Lee DH et al. The effect of a bridge exercise using the abdominal drawing-in maneuver on the balance of chronic stroke patients. *J Phys Ther Sci*. 2012;24(8):651-3.
 28. Doucet BM, Griffin L. High-versus low-frequency stimulation effects on fine motor control in chronic hemiplegia: a pilot study. *Top Stroke Rehabil*. 2013;20(4):299-307.
 29. Stevens-Lapsley JE, Balter JE, Wolfe P et al. Relationship between intensity of quadriceps muscle neuromuscular electrical stimulation and strength recovery after total knee arthroplasty. *Phys Ther*. 2012;92(9): 1187-96.
 30. Macedo LG, Maher CG, Latimer J et al. Motor control exercise for persistent, nonspecific low back pain: a systematic review. *Phys Ther*. 2009; 89(1):9-25.
 31. Seo DK, Kwon OS, Kim JH et al. The effect of trunk stabilization exercise on the thickness of the deep abdominal muscles and balance in patients with chronic stroke. *J Phys Ther Sci*. 2012;24(2):181-5.
 32. Shi J, Zheng YP, Chen X et al. Assessment of muscle fatigue using sonomyography: muscle thickness change detected from ultrasound images. *Med Eng Phys*. 2007;29(4):472-9.
 33. Sillen MJ, Franssen FM, Gosker HR et al. Metabolic and structural changes in lower-limb skeletal muscle following neuromuscular electrical stimulation: a systematic review. *PLoS One*. 2013;8(9):e69391.
 34. Gondin J, Brocca L, Bellinzona E et al. Neuromuscular electrical stimulation training induces atypical adaptations of the human skeletal muscle phenotype: a functional and proteomic analysis. *J Appl Physiol*. 2011; 110(2):433-50.
 35. Horstman AM, Gerrits KH, Beltman MJ et al. Intrinsic properties of the knee extensor muscles after subacute stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91(1):123-8.
 36. Malešević NM, Popović LZ, Schwirtlich L et al. Distributed low-frequency functional electrical stimulation delays muscle fatigue compared to conventional stimulation. *Muscle Nerve*. 2010;42(4):556-62.
 37. Vanderthommen M, Duchateau J. Electrical stimulation as a modality to improve performance of the neuromuscular system. *Exerc Sport Sci Rev*. 2007;35(4):180-5.
 38. Shinde K, Ganvir S. Effectiveness of trunk proprioceptive neuromuscular facilitation techniques after stroke: a meta-analysis. *Natl J Med Allied Sci*. 2014;3:29-34.
 39. Chan BK, Ng SS, Ng GY. A home-based program of transcutaneous electrical nerve stimulation and task-related trunk training improves trunk control in patients with stroke: a randomized controlled clinical trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2015;29(1):70-9.
 40. Tsutaki A, Ogasawara R, Kobayashi K et al. Effect of intermittent low-frequency electrical stimulation on the rat gastrocnemius muscle. *Biomed Res Int*. 2013;2013.