

## 종아리 편심성 훈련이 뇌졸중 환자의 근력, 근긴장도, 균형 및 보행변수에 미치는 효과

임환용, PT, MS<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup>김천대학교 물리치료학과

Effects of Calf Eccentric Training on Muscle Strengthen, Muscle Tone, Balance and Gait variables in Stroke Patients

Hwan-Yong Lim, PT, MS<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup>Dept. of Physical Therapy, College of Gim Cheon University, Republic of Korea

**Purpose** This study was conducted by randomly assigning patients to a study group and control group to investigate the effects of calf eccentric training on muscle strength, muscle tone, balance and gait variables in stroke patients. **Methods** The subjects of this study were 26 stroke patients from a single medical institution who met the study selection criteria. The intervention period was 8 weeks, 3 times a week, 30 minutes each. The study group (n=13) applied eccentric training on the paretic side, and the control group (n=13) applied inclined plate training. Heel lifting has been applied. **Results** There was a significant difference in the strength and tone of the gastrocnemius and soleus muscles before and after intervention, and there was a significant difference in plantar pressure toward the rear. The step length on the paretic side decreased after the intervention, showing a significant difference, and the speed increased after the intervention, showing a significant difference. There was a significant difference in the symmetry index results among the study groups. **Conclusion** Calf eccentric training was effective in increasing GCM-Soleus muscle strength, reducing muscle tone, and improving balance and walking ability as heel contract increased.

**Key words** Balance and gait, Calf eccentric, Stroke, Muscle strength, Muscle tone

**Corresponding author** Hwan-Yong Lim (goldlhy@naver.com)

**Received date** 18 May 2024

**Revised date** 30 May 2024

**Accept date** 19 June 2024

### 1. 서론

발과 발목의 근 조절은 체중부하 시 하지 근육의 협력작용을 통해 신체를 지지해 주고, 자세 안정성에 대한 감각입력 및 감각 되먹임 정보를 제공하며,<sup>1)</sup> 발목관절은 작은 범위의 흔들림을 조절해 자세 균형능력 회복과 안정성에 기여한다.<sup>2)</sup> 특히 발목주위의 근약화는 균형능력의 기능적 회복을 제한시키는 요소이며,<sup>3)</sup> 근력, 균형 및 기능적인 동작의 장애를 초래하는데, 이는 균형감각 소실과 연관성이 있다.<sup>4)</sup>

뇌졸중 환자는 감각장애와 근약화의 문제로 인해 발과 발목관절의 변형이 일어나며, 관절가동성의 감소로<sup>5)</sup> 기능적인 신체 활동의 어려움을 겪게 된다.<sup>1)</sup> 이러한 문제는 보행 기능의 장애를 발생시키며, 보행능력의 개선을 위해서는 발과 발목관절의 가동범위 증가와 주변 근육들의 근력 향상이 필요하다.<sup>6)</sup>

자세 정렬에 영향을 미치는 하지근육은 장딴지근과 가자미

근이다. 특히, 가자미근은 선 자세의 안정성을 위해 동심성 또는 편심성 근수축을 이용해 발목과 무릎의 폼을 조절하고 신체를 유지할 수 있도록 하는 역할을 한다.<sup>7)</sup> 장딴지근은 가자미근의 힘줄과 함께 아킬레스 힘줄을 형성하며 서있을 때 발목과 무릎의 정상조절에 관여하며, 발바닥굽힘을 시키는 근육이다.<sup>8)</sup> 발바닥굽힘근은 선자세에서 강력하게 수축하여 자세를 유지하고,<sup>9)</sup> 무게중심이 이동하기 전 선행적으로 수축하여 자세조절에 기여하며,<sup>10)</sup> 보행 시 무게중심을 앞으로 움직이는데 필요한 에너지를 발생시킨다.<sup>11)</sup>

뇌졸중으로 인한 편마비 환자들은 마비쪽 종아리근의 불충분한 길이와 가자미근의 비정상적인 근긴장도 증가로 선자세에서의 균형능력의 문제를 초래한다.<sup>12)</sup> 또 한, 발의 감각정보 입력을 통한 내재근의 활성 저하와 발뒤꿈치달기 제한으로 효율적인 지면반발력을 만드는데 어려움을 가져온다.<sup>13)</sup> 특히 지면으로의 발뒤꿈치달기 제한으로 인해 발목관절의 발등굽힘 각도가 감소되어<sup>14)</sup>, 발의 압력분포가 발 앞부분에 위치하게

<http://dx.doi.org/10.17817/2024.05.30.1111874>

되어,<sup>15)</sup> 기능적 침족(functional equinus)을 발생시켜 보행 주기의 발뒤꿈치 떼기에서의 추진력 저하로<sup>16,17,18)</sup> 체중을 앞으로 이동시키는 데 필요한 에너지 감소로<sup>19)</sup> 보행속도 감소의 결과를 초래한다.<sup>20,21)</sup> 따라서 발목관절의 가동성 및 가자미근의 근력 회복은 보행속도와 관련이 있다고 볼 수 있다.<sup>22,23,24)</sup>

뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 발목관절 가동범위 증가와 근긴장도 감소를 위해 Park과 Kim(2014)<sup>25)</sup> 고유수용성 감각 입력을 통한 발목관절의 주변의 근력 강화가 장딴지근의 긴장도 감소에 효과가 있다고 하였으며, Kim 등(2020)<sup>26)</sup> 발바닥굽힘근 편심 활성훈련이 편마비 환자의 발목관절가동범위, 균형과 보행에 효과적이라 하였다. 종아리근 편심 활성은 발뒤꿈치를 발바닥굽힘에서 발등굽힘으로 움직일 때 나타나며,<sup>27)</sup> 발바닥굽힘근의 근긴장도를 감소시키고 근력을 강화시키는 중재 방법이다.<sup>28)</sup> 그러나 뇌졸중 환자들은 발바닥굽힘근의 경직이 있는 경우, 발등 굽힘을 하기가 어렵다.<sup>29)</sup> 편심성 수축은 마비쪽 근육의 근활성을 강하게 촉진할 수 있지만 이를 효과적으로 적용하기 위해서는 발바닥굽힘근이 최대한 늘어날 수 있도록 이완시키는 것이 필요하다.<sup>30)</sup>

종아리근 편심 활성에 관한 선행연구는 대부분 발목 불안정성을 가진 대상자가 많으며, 신경근전기자극,<sup>31)</sup> 키네시오테이핑과<sup>32)</sup> 탄력압박스타킹을 결합한<sup>33)</sup> 발뒤꿈치들기 운동을 통하여 장딴지근의 근 활성도와 근육의 피로를 측정하는 연구가 많이 있다. 뇌졸중 환자를 대상으로한 종아리근 편심 활성에 관한 선행연구에는 기능적전기자극치료,<sup>34)</sup> 수중재활운동,<sup>35)</sup> 세라밴드를 이용한 운동,<sup>36)</sup> 종아리근의 활성을 촉진하는 유도한 운동<sup>37,38)</sup>과 신경근전기자극을 적용한 발뒤꿈치들기 운동<sup>31)</sup>의 선행연구들은 동심성활성을 촉진한 종아리근 강화훈련으로 근긴장도와 균형 및 보행능력 향상에 대한 연구로 대부분 선자세에서의 연구가 대부분이다.<sup>39,40)</sup> 종아리 편심수축을 목적으로 한 뒤로걸기 운동은<sup>41,42,43)</sup> 가자미근의 편심활성을 통해 발뒤꿈치를 내려놓는 동작이 필요하지만 뇌졸중 환자 대부분은 마비쪽 종아리근의 불충분한 길이로 발뒤꿈치를 지면에 내려놓기가 어려워 완전한 효과를 기대하기 어려웠다.<sup>15,44)</sup> 이에 본 연구는 뇌졸중환자들의 마비쪽 장딴지-가자미근의 편심성 훈련을 발뒤꿈치가 닿을 정도의 앉은자세에서 시작하여, 장딴지-가자미근의 충분한 편심성 수축이 될 수 있도록 조정하여 근력, 근긴장도, 균형 및 보행변수에 어떠한 영향을 미치는지 연구하고자 한다.

## II. 연구 방법

본 연구는 뇌졸중환자의 종아리 편심성 훈련이 근긴장도, 균

형 및 보행변수에 미치는 효과를 알아보기 위해 횡단연구 설계를 사용했으며, 연구군과 대조군으로 무작위 배정하였다. 본 연구의 자료수집 기간은 2024년 1월 8일부터 3월 9일까지 서울특별시 송파구에 위치한 D병원에 외래 및 입원환자 30명의 뇌졸중 환자를 대상으로 수행하였다. 표본의 크기는 G파워(University of Kiel, Germany)의 산출 근거로 연구대상자 인원을 결정하였다.<sup>45)</sup> 효과 크기를 0.25로 가정한 후 유의수준 0.05, 검정력 0.8, 집단 수 2로 설정하여 표본 크기를 산출한 결과, 대상자의 최소 표본 크기는 28명으로 도출되었으나, 중도탈락률 10%를 고려하여 참여할 수 있는 연구대상자 30명을 모집하였다. 본 연구의 대상자 선정기준은 1) 편마비로 진단받았으며, 다른 신경계 질환이 없는 자, 2) 발병 후 6개월 이상 경과한 자, 3) 의학적으로 안정된 상태이며, 연구에 필요한 내용을 이해하고 지시한 내용을 수행할 수 있는 자, 4) 지팡이나 보조기 도움 없이 10m 이상 독립 보행이 가능한 자로 하였다.

### 1. 중재방법

본 연구의 종아리 편심성 훈련 방법은 Alfredson 등(1998),<sup>27)</sup> Jung 등(2020)<sup>46)</sup> 및 Kim(2013) 제안한 내용을 참고하여 본 연구에 맞게 수정, 보완하여 고안하였다. 중재방법은 8주간 주 3회 연구군과 대조군 모두 자세설정 10분, 종아리 편심성 훈련 30분으로 총 40분씩 시행하였다. 연구군의 중재방법은 치료사의 선택적 장딴지-가자미근 편심수축을 이용하여 앉은자세에서 선자세로 유도하였고, 대조군의 중재방법은 선자세에서 자가 편심수축을 적용하였다.

### 2. 측정도구

#### 1) 근력

휴대용 동력계(Hand-held dynamometer, J-Tecn Media, USA)를 이용하여 발바닥굽힘근의 근력을 측정하였다. 장딴지근의 근력측정은 엷드린 자세에서 무릎관절과 엉덩관절을 곧게 펴고 휴대용 동력계에 대하여 발바닥 굽힘을 시행하여,<sup>47)</sup> 최대 등척성수축 시 발생하는 압력을 3회 측정 후 평균값을 사용하였다. 가자미근의 근력측정은 엷드린 자세에서 무릎관절을 90도 굽힘하여 휴대용 동력계에 대하여 발바닥 굽힘을 시행하여, 최대 등척성수축 시 발생하는 압력을 3회 측정 후 평균값을 사용하였다. 휴대용 동력계는 신경계 손상 환자에게 높은 측정자 간 신뢰도를 보였다( $r=0.84\sim0.99$ ).<sup>48)</sup>

#### 2) 근긴장도

종아리근의 근긴장도 및 뻣뻣함을 측정하기 위해서 근긴장도 검사기(Myoton@PRO, MyotonAS, Estonia)를 사용하였다. 이 측정장비는 뇌졸중 환자의 근긴장도 평가에 신뢰성 및 타



Figure 1. Study group: GCM-Soleus eccentric training

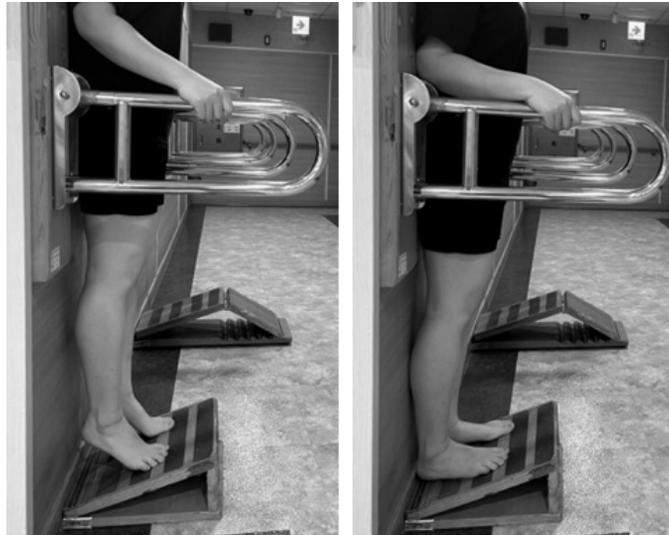


Figure 2. Control group : GCM-Soleus eccentric training

당성이 입증된 장비이다 (ICC=.99).<sup>49)</sup> 측정근육은 안쪽 가쪽 장딴지근을 선택하였고,<sup>50)</sup> 불필요한 근긴장을 제거하기 위해 10분 동안 안정상태를 유지한 후 측정을 하였다. 측정 전 엎드린 자세를 대상자는 취하고 각 근육 힘살(muscle belly)에 신체에 무해한 마커로 표시한 뒤 장비를 세워 5회 측정하였다. 5회의 공진동 중에 장비의 탐침기가 표식점을 벗어나지 않도록 양손을 받쳐 근육과 직각을 유지하도록 하였고, 측정된 평균값을 데이터 값으로 사용하였다.

### 3) 균형

본연구의 종아리 편심성 훈련 전·후 균형능력을 측정하기 위해 센서가 장착된 바이오레스큐 플랫폼(BioRescue, RM IngenierieMarseille, France)을 사용해 균형능력을 평가한

다. 대상자에게 안전바가 있는 균형측정 플랫폼(610 x 580 x 10mm<sup>3</sup>)위에 기준자세(뒤꿈치 간격 약 3cm 양쪽 발 약 30° 벌림)로 정면에 시선을 고정해 눈을 뜨고 편안한 자세로 선 자세에서 발바닥압력을 측정하였으며, 검사-재검사 방법에서 신뢰도(ICC=.84)가 높은 측정도구이다. 선 자세에서 마비쪽 발바닥압력 측정은 대상자가 맨발로 플랫폼 위에 선 자세에서 정면을 응시하고 바로 선 자세를 유지하게 한 후 마비쪽 체중 분포율을 측정하고, 앞·뒤 체중분포율도 함께 측정한다.<sup>51)</sup>

### 4) 보행

보행 평가는 종아리 편심성 훈련 전·후의 보행 패턴 중 시공 간격 보행변수 측정을 하기 위해 보행분석기(OptoGait MicrogateS.r.l, Italy, 2010)를 사용한다. 1m의 두 개의 웹

캠과 송수신바 (Logitech Webcam Pro 9000)으로 구성되어 있고, 각 송수신바 1대에는 적외선 주파수로 통신하는 96개의 LED가 있으며, 이와 같은 LED 장치는 반대쪽에 설치된 송수신바와 실시간으로 신호를 주고받게 된다. 보행 분석에 필요한 중요한 정보는 송수신바가 바닥에 좌우로 설치된 후 연구 대상자가 그 사이에서 움직일 때 나타나는 통신 방해의 정보를 통해 측정하는 방식이다. 측정된 값은 위치 정보와 시간적인 변화를 계산하여 실시간으로 컴퓨터에 저장하게 된다. 보행이 진행되는 동안 발의 접촉과 이동은 1/1000초 단위로 측정하여 기록할 수 있다.<sup>52)</sup> 장비의 측정자내 신뢰도는 r=.99로 높은 신뢰도를 나타내고 있다. 한 개의 바에는 발광다이오드가 1cm 간격으로 설치되어 있으며 송신바에서 수신바로 계속해서 보내지는 적외선으로 통신한다.<sup>53)</sup> 본 연구의 측정방법은 치료실 공간을 고려하여 보행분석기의 송수신바를 3m의 길이만큼 연결하여 평행하게 위치하게 놓고, 통신하고 있는 송수신바 사이에서 총 6m를 환자가 편한 보행속도로 걷게 하여 처음 1m와 마지막 1m를 측정값에서 제외하고 4m를 걷는 동안 대상자의 발이 감지되는 보행변수에 대한 정보가 수집되었다. 수집된 보행변수에 대한 결과는 OptoGait, Version 1.5.0.0 소프트웨어로 처리되었다.<sup>54)</sup>

**3. 자료 분석 방법**

수집된 자료는 PASW Statistics 18.0 프로그램을 사용하여 분석하였으며, 구체적인 분석방법은 다음과 같다. 1) 대상자의 일반적 특성은 기술통계와 빈도분석을 이용하여 분석하였다. 2) 대상자의 훈련 전·후 집단 내 변화를 분석하기 위해서 대응표본 t검정과 대상자의 훈련 전·후 집단 간 변화를 분석하기 위해서 독립표본 t검정을 이용하여 분석하였다. 3) 대상자의 집단 간 차이와 연관성을 나타내기 위해 Cohen의 효과 크기 (Effect size, Cohen'd)를 이용하여 분석하였다. 효과 크기가 0.2이면 작은 크기의 효과, 0.5는 중간, 0.8 이상이면 매우 큰 크기의 효과를 나타낸다.<sup>55)</sup> 모든 통계처리의 유의수준은  $\alpha < 0.05$ 로 한다.

**III. 연구 결과**

**1. 대상자의 일반적 특성**

본 연구에서 대상자의 선정기준을 충족하는 26명의 대상자가 참여하였다. 대상자의 일반적 특성 중 성별은 남자 17명, 여자 9명이었으며, 평균연령은 연구군 50.15세, 대조군 58세이었다. 평균신장은 연구군 165.54cm, 대조군 166.62cm이며, 평균체중은 연구군 64kg, 대조군 67.78kg이었다. 뇌졸중으로 인한 질환 특성에서의 뇌졸중의 원인은 뇌출혈 9명, 뇌경색 17명이었으며, 마비위치는 오른쪽 편마비가 11명, 왼쪽이 15명이었다. 평균 발병기간은 연구군 52.62개월, 대조군 57.12개월이었다. 인지기능과 신체기능의 특성은 한국형 간이정신상태검사(Korea-mini mental state examination, K-MMSE)와 버그발란스검사(Burg balance scale, BBS)를 사용하였다. 평균 K-MMSE점수는 연구군 29.38점, 대조군 25.92점으로 연구 참여에 제한이 없었으며, 평균 버그발란스점수는 연구군 48.23점, 대조군 29.62점으로 보행이 가능한 수준으로 나타났다(Table 1).

**2. 대상자의 종아리근의 근력 변화량 결과**

종아리근의 근력은 장딴지근과 가자미근의 근력 분석결과에 대한 변화량을 사용하였다(Table 1). 장딴지근의 변화량은 연구군 1.11(N) 증가( $p < .001$ ), 대조군 0.36(N) 증가( $p < .05$ )하였으며, 훈련 전·후 두 집단 간 장딴지근 변화량은 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 가자미근의 변화량은 연구군 0.79(N) 증가( $p < .001$ ), 대조군 0.15(N) 증가( $p < .05$ )하였으며, 훈련 전·후 두 집단 간 가자미근 변화량은 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ).

**3. 대상자의 종아리근의 근긴장도 변화량 결과**

종아리근의 근긴장도는 장딴지근과 가자미근의 근긴장도 분석결과에 대한 변화량을 사용하였다(Table 2). 가쪽 장딴지근의 근긴장도 변화량은 연구군 2.89(N) 감소( $p < .05$ ), 대조군

**Table 1. Comparison of calf muscles strengthen within and between groups**

(N=26)

Variables		Study (n=13)	Control (n=13)	p	Effect Size (Cohen'sd)
GCM (N)	Pre	6.87±03.12	4.13±04.15		
	Post	7.87±03.77	4.48±04.39	.005 <sup>a</sup>	0.887
	Change	1.11±01.11 <sup>b</sup>	0.36±00.45 <sup>c</sup>		
Soleus (N)	Pre	7.69±04.43	3.73±04.52		
	Post	8.48±04.71	3.88±04.34	.018 <sup>a</sup>	0.641
	Change	0.79±01.22 <sup>b</sup>	0.15±00.71 <sup>c</sup>		

Note. GCM: Gastrocnemius. <sup>a</sup>Mean±standard deviation, <sup>b</sup>Paired sample t test, <sup>c</sup>Independent sample t test.  $p < .05$ \*\*

Table 2. Calf Muscles Tone Within and Between Groups

(N=26)

Variables		Study (n=13)	Control (n=13)	p	Effect Size (Cohen's d)
GCM lateral (N)	Pre	<sup>a</sup> 16.38±07.32	11.15±06.71		
	Post	13.49±04.69	12.48±07.49	.005 <sup>c</sup>	-2.774
	Change	-2.89±04.49	<sup>b</sup> 1.34±02.10 <sup>*</sup>		
GCM medial (N)	Pre	17.08±07.07	10.41±06.42		
	Post	13.15±05.22	11.92±07.21	.000 <sup>**</sup>	-1.687
	Change	-3.94±03.17 <sup>*</sup>	1.51±03.29		
Soleus (N)	Pre	9.66±03.30	10.68±06.18		
	Post	13.50±05.29	8.41±05.21	.000 <sup>**</sup>	2.328
	Change	3.84±02.61 <sup>**</sup>	-2.27±02.64 <sup>*</sup>		

Note. GCM: Gastrocnemius. <sup>a</sup>Mean±standard deviation, <sup>b</sup>Paired sample t test, <sup>c</sup>Independent sample t test.  $p < .05^*$ ,  $p < .001^{**}$

Table 3. Comparison of balance ability within and between groups

(N=26)

Variables		Study (n=13)	Control (n=13)	p	Effect Size (Cohen's d)	
AP (%)	Anterior	Pre	49.32±07.60	40.44±13.88		
		Post	41.88±08.01	39.82±17.43	.037 <sup>*</sup>	-.863
		Change	-7.45±06.09 <sup>*</sup>	-0.62±09.38		
	Posterior	Pre	50.91±07.43	59.56±13.88		
		Post	58.12±08.01	60.18±17.43	.046 <sup>*</sup>	.076
		Change	07.22±06.19 <sup>*</sup>	06.62±09.38		
ML (%)	Paretic	Pre	40.52±06.21	41.35±07.60		
		Post	49.46±05.10	36.77±03.12	.000 <sup>**</sup>	2.126
		Change	8.94±04.78 <sup>**</sup>	-4.58±07.62		
	Non-paretic	Pre	58.46±06.06	58.64±07.60		
		Post	50.54±05.10	63.23±03.12	.000 <sup>**</sup>	-1.990
		Change	-7.92±04.58 <sup>**</sup>	04.59±07.62		

Note. AP: Anterior-posterior, ML: Medial-lateral shift, <sup>a</sup>Mean±standard deviation, <sup>b</sup>Paired sample t test, <sup>c</sup>Independent sample t test.  $p < .05^*$ ,  $p < .001^{**}$

1.34(N) 증가( $p < .05$ )하였으며, 중재 전·후 두 집단 간 가쪽 장딴지근의 근긴장도 변화량은 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 안쪽 장딴지근의 근긴장도 변화량은 연구군 3.94(N) 감소( $p < .05$ ), 대조군 1.51(N) 증가( $p > .05$ )하였으며, 중재 전·후 두 집단 간 안쪽 장딴지근의 근긴장도 변화량은 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .001$ ). 가자미근의 근긴장도 변화량은 연구군 3.84(N) 증가( $p < .001$ ), 대조군 2.27(N) 감소( $p < .05$ )하였으며, 중재 전·후 두 집단 간 가자미근의 근긴장도 변화량은 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .001$ ).

#### 4. 대상자의 균형능력 변화량 결과

종아리 편심성 훈련 전·후의 균형능력을 측정하기 위해 선 자세에서 앞뒤(Anterior-posterior, AP), 좌우(Medial-lateral

shift, ML)의 발바닥압력을 측정하여 분석하였다(Table 3). AP 변화량은 훈련 전 마비측 연구군에서 49.32%, 대조군 40.44%로 두 군 모두 앞쪽으로 분포되어 있었다. 훈련 후 앞쪽 발바닥압력 변화량은 연구군은 41.89%로 7.45% 감소하였고, 대조군은 중재 후 39.82%로 0.62% 감소하여 집단 간 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 훈련 후 뒤쪽 발바닥압력 변화량은 연구군은 50.91%에서 58.12%로 0.722% 증가하였고, 대조군은 59.56%에서 60.18% 증가하여 집단 간 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). ML 변화량은 훈련 전 마비측 연구군에서 40.52%에서 훈련 후 49.46%로 8.94% 증가하였고, 대조군은 훈련 전 41.35%에서 훈련 후 36.77%로 4.58% 감소하였으며 집단 간 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 비마비측 연구군에서 훈련 전 58.47%에서 훈련 후 50.54%로 7.92% 감소하였고, 대조군은 훈련 전 58.64%에서 훈련 후 63.23%로 4.59% 증



줄기관으로부터 지속적 들심성 입력을 받음으로써 장딴지가 자미근의 근육이 늘어나게 된것이라 할 수 있다.<sup>65)</sup>

뇌졸중 환자의 운동장애 중 균형문제로 다리와 한쪽 팔 근육에 불균형이 발생한 경우, 선자세에서 비마비쪽으로 상대적으로 많은 체중을 지지하는 비대칭적인 자세가 나타나면서 마비쪽으로 체중이동 능력이 감소된다.<sup>66)</sup> 또한 대부분 환자들은 마비쪽 종아리근의 불충분한 길이로 발뒤꿈치가 지면에 완전하게 접촉이 이루어지지 않아 발의 압력중심이 발 앞부분에 위치하게 된다.<sup>15)</sup> 본 연구에서도 선 자세에서의 균형능력을 알아보기 위해 바이오레스큐 플랫폼을 이용하여 발바닥압력을 측정한 결과 비마비쪽으로 체중분포가 증가되어 있음을 확인할 수 있었고, 발의 압력중심이 발 앞부분에 위치한 것을 확인하였다. 본 연구의 종아리 편심성 훈련 후 발바닥압력의 앞·뒤·좌·우의 발바닥압력을 측정한 결과 뒤쪽으로서의 체중분포가 이동하여 집단 간 유의한 차이가 있음을 확인하였다 ( $p<.05$ ). 또한, 훈련 전 비마비쪽으로 치우쳐 있었던 발바닥압력이 마비쪽으로서의 체중분포이동의 결과로 집단 간 유의한 차이가 있음을 확인하였다( $p<.05$ ). 발목관절의 유연성 감소나 근약화는 발목전략 대신 엉덩전략 등을 사용하여 엉덩 관절과 몸통에 보상작용을 유발하고 신체부정렬을 초래하게 된다.<sup>67)</sup> 그러므로 장딴지근의 길이 단축으로 인한 발목관절 전략의 제한은 균형의 문제를 일으키고 앞·뒤쪽으로서의 체중이동을 감소시키는 원인이 될 수 있다. 이는 종아리 편심성 훈련 후 가자미근과 앞정강근의 교대활성을 통해 발목관절을 조절해 발바닥 압력 중심을 앞·뒤로 이동하는 능력이 향상되어 자세조절 능력이 향상됐다는 Ko 등<sup>68)</sup>의 연구결과와 일치한다고 볼 수 있다. 따라서 종아리 편심성 훈련 이후 마비쪽 다리의 발뒤꿈치가 지면에 접촉하여 들심성 감각입력이 이루어졌고, 안정적으로 체중부하가 증가한 것이라 할 수 있다.<sup>64)</sup> 뇌졸중환자의 양쪽 다리의 체중지지 비대칭 감소와 마비쪽 발의 압력중심을 뒤쪽으로 이동시키는 능력의 향상은 균형과 보행속도 증가에 효과적이며,<sup>26)</sup> 마비쪽 발목관절의 안정성과 고유수용성감각이 향상되면 자세조절능력과 보행속도 등 기능적인 움직임의 안정성을 향상시킨다.<sup>69)</sup> 본 연구결과 발바닥압력의 변화량에서 훈련 이후 뒤쪽으로 체중분포를 보였으며, 보행의 대칭지수 또한 훈련 후 집단 간 유의한 차이가 있음을 확인하였다 ( $p<.05$ ). 뇌졸중 환자 보행의 비대칭성 특징은 비마비쪽과 비교하여 마비쪽 다리의 흔들기의 시간이 길고, 디딤기 시간이 짧다는 점이다.<sup>70)</sup> 이에 본 연구의 보행변수 분석결과 마비쪽 한발짝 길이가 비마비쪽 한발짝 길이보다 긴 것을 확인하였고, 뇌졸중 환자 보행의 특징인 비대칭을 확인하였다. 훈련 후 한발짝 길이와 비대칭 지수 변화량에서 집단 간 유의한 차이를 나타냈으며, 이는 발바닥굽힘근의 근력과<sup>71,72)</sup> 경직이 시간적 공간적 보행비대칭성을 나타내는 중요한 요인 중 하나라는

연구결과를 뒷받침한다.<sup>73)</sup> 또한, 근력은 보행속도를 결정하는 가장 중요한 요소 중 하나라 하였고,<sup>47)</sup> 본 연구의 종아리 편심성 훈련 전·후의 근력과 보행속도 변화량 분석결과에서 집단 간 유의한 차이가 있음을 확인하였다. 이는 훈련 이후 근력의 증가로 인해 보행주기 중 발끝밀기에서 최대 힘을 발생시켜, 추진력을 제공했다는 연구결과를 뒷받침할 수 있다.<sup>74)</sup> 위의 연구결과를 종합하여 볼 때, 종아리 편심성 훈련이 장딴지가자미근의 발뒤꿈치당기의 접촉을 증가시켰고, 그 결과근력, 근긴장도, 발바닥압력의 증가, 보행속도 및 대칭지수가 증가하여 뇌졸중 환자의 문제점 중 비대칭에 대한 문제를 해결할 수 있었다. 즉, 마비쪽 종아리 편심성 훈련이 균형 및 보행의 속도 및 비대칭성을 감소시키기는 데에 효과가 있음을 확인하였다.

본 연구의 제한점은 연구 대상이 한 지역의 재활병원으로 제한되었고, 환자 26명을 연구대상으로 한 횡단연구로 모든 뇌졸중 환자의 효과를 일반화시키기에는 표본 크기가 작으며, 환자의 상태와 기능 수준에 맞는 장기적으로 효과를 증명하기에는 부족하다. 또한, 뇌졸중 환자의 기능회복을 위해 뒷받침할 수 있는 신경학적 근거가 부족하다고 볼 수 있다. 이에 향후 연구에서는 더 많은 연구대상자를 모집하여, 뇌졸중 환자들의 마비쪽 종아리 편심 훈련의 효과를 뒷받침할 수 있는 신경학적 근거와 상관관계를 증명함으로써 뇌졸중 환자들에게 일반화할 수 있는 연구가 필요하다고 생각된다.

## References

1. Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 2005;60(12):1546-52.
2. Runge CF, Shupert CL, Horak FB, et al. Ankle and hip postural strategies defined by joint torques. *Gait & Posture*. 1999;10(2):161-70.
3. Whitney SL, Poole JL, Cass SP. A review of balance instruments for older adults. *The American Journal of Occupational Therapy*. 1998;52(8):666-71.
4. Fukagawa NK, Wolfson L, Judge J, et al. Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 1995;50(Special\_Issue):64-7.
5. Laurent G, Valentini F, Loiseau K, et al. Claw toes in hemiplegic patients after stroke. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2010;53(2):77-85.

6. Mecagni C, Smith JP, Roberts KE, et al. Balance and ankle range of motion in community-dwelling women aged 64 to 87 years: A correlational study. *Physical Therapy*. 2000;80(10):1004-11.
7. Goulart F, Valls-Solé J. Reciprocal changes of excitability between tibialis anterior and soleus during the sit-to-stand movement. *Experimental Brain Research*. 2001;139:391-7.
8. Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for physical rehabilitation*. Mosby, 2002.
9. Okada M. An electromyographic estimation of the relative muscular load in different human postures. *Journal of Human Ergology (Tokyo)*. 1973;1(1):75-93.
10. Fujiwara K, Toyama H, Kunita K. Anticipatory activation of postural muscles associated with bilateral arm flexion in subjects with different quiet standing positions. *Gait & Posture*. 2003;17(3):254-63.
11. Nadeau S, Gravel D, Arsenault AB, et al. Plantarflexor weakness as a limiting factor of gait speed in stroke subjects and the compensating role of hip flexors. *Clinical Biomechanics*. 1999;14(2):125-35.
12. Gjelsvik BEB, Syre L. The bobath concept in adult neurology. 2008.
13. Graham JV, Eustace C, Brock K, et al. The bobath concept in contemporary clinical practice. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2009;16(1):57-68.
14. Caillet F, Mertens P, Rabaséda S, et al. Three dimensional gait analysis and controlling spastic foot on stroke patients. In: *Annales de Readaptation et de Medecine Physique: Revue Scientifique de la Societe Francaise de Reeducation Fonctionnelle de Readaptation et de Medecine Physique*. 2003;119-31.
15. Dickstein R, Nissan M, Pillar T, et al. Foot-ground pressure pattern of standing hemiplegic patients: Major characteristics and patterns of improvement. *Physical Therapy*. 1984;64(1):19-23.
16. Cheung JTM, Zhang M, Leung AKL, et al. Three-dimensional finite element analysis of the foot during standing a material sensitivity study. *Journal of Biomechanics*. 2005;38(5):1045-54.
17. Morales-Muñoz P, De Los Santos Real R, Barrio Sanz P, et al. Proximal gastrocnemius release in the treatment of mechanical metatarsalgia. *Foot & Ankle International*. 2016;37(7):782-9.
18. Riddle DL, Pulisic M, Pidcoe P, et al. Risk factors for plantar fasciitis: A matched case-control study. *The Journal of Bone & Joint Surgery*. 2003;85(5):872-7.
19. Knutsson E, Richards C. Different types of disturbed motor control in gait of hemiparetic patients. *Brain: A Journal of Neurology*. 1979;102(2):405-30.
20. Chen G, Patten C, Kothari DH, et al. Gait differences between individuals with post-stroke hemiparesis and non-disabled controls at matched speeds. *Gait & Posture*. 2005;22(1):51-6.
21. Balaban B, Tok F. Gait disturbances in patients with stroke. *Physical Medicine and Rehabilitation*. 2014;6(7):635-42.
22. Brincks J, Nielsen JF. Increased power generation in impaired lower extremities correlated with changes in walking speeds in sub-acute stroke patients. *Clinical Biomechanics*. 2012;27(2):138-44.
23. Kim CM, Eng JJ. The relationship of lower-extremity muscle torque to locomotor performance in people with stroke. *Physical Therapy*. 2003;83(1):49-57.
24. Kluding P, Gajewski B. Lower-extremity strength differences predict activity limitations in people with chronic stroke. *Physical Therapy*. 2009;89(1):73-81.
25. Park KH, Kim WB. The effects of ankle strategy exercise on balance of patients with hemiplegia. *Journal of The Korean Society of Physical Medicine*. 2014;9(1):75-82.
26. Kim DW, Kim JH, Kim JH. Effects of eccentric activation training of plantar flexors for the patients with stroke. *The Journal of Korea Society Neurotherapy*. 2020;24(1):33-9.
27. Alfredson H, Pietilä T, Jonsson P, et al. Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic achilles tendinosis. *The Journal of American Sports Medicine*. 1998;26(3):360-6.
28. Yun KH, Woo JH, Woo YK. How The Heel Down Exercise Program Affects to the Functional Recovery and Dynamic Balance on Lower Extremity to Stroke Patients. *Journal of Korean Academy of Medicine & Therapy Science*. 2013;5(1):78-85
29. Chung BPH, Cheng BKK. Immediate effect of transcutaneous electrical nerve stimulation on spasticity in patients with spinal cord injury. *Clinical Rehabilitation*. 2010;24(3):202-10.
30. Clark DJ, Patten C. Eccentric versus concentric resistance training to enhance neuromuscular activation and walking

- speed following stroke. *Journal of Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2013;27(4):335-44.
31. Seo JH, Lee JH, Lee MY. Effect of heel raise exercise with nmes on peroneus longus muscle strength and postural control ability in subjects with functional ankle instability: randomized controlled trial. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2021;33(1):28-33.
  32. Kim YJ, Lee KB. The Effects of Kinesio Taping Applying to Foot and Ankle Joints on Foot Pressure and Gait in Patients with Chronic Stroke. *Journal of The Korean Society of Physical Therapy*. 2019;23(2):1-6.
  33. Yun S, Kang YJ, Kim JH, et al. Effect of elastic compression stocking and kinesio taping during heel-raise exercise on muscle activity, mechanical properties, and muscle fatigue in healthy women. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2023;35(1):24-30.
  34. Kim BJ, Lee SK, Kim MK. The effects of ankle strength exercise and functional electrical stimulation on the ability of balance control and gait in stroke patients. *Journal of Sport and Leisure Studies*. 2007;31:921-31.
  35. Kim HM, Woo SY, Kim KU. Gait comparison of the stroke patient's ground & aqua-rehabilitation program for One year after 12 weeks aqua-rehabilitation program. *Journal of Korean Adapted Physical Activity*. 2007;15(4):245-59.
  36. Han SS, Her JJ, Kim YJ. Effects of muscle strengthening exercise using a theraband on lower limb function of hemiplegic stroke patients. *Journal of Korean Academy of Nursing*. 2007;37(6):844-54.
  37. Shin KH, Kang SH. Changes in balance and gait following backward walking exercise in hemiplegic stroke patients. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2017;12(2):21-31.
  38. Jung K, Kim K, In T. Effectiveness of heel-raise-lower exercise combined with taping in patients with stroke. *Physical Therapy Rehabilitation Science*. 2022;11(2):113-8.
  39. Cho KH, Kim JH, Lee KB. The effect of balance and gait ability through ankle joint strengthening exercise in stroke patient. *Journal of the Korean Society of Physical Therapy*. 2011;15(1):35-9.
  40. Lee JH, Hong DS, Kim YH. A case study of borulinum toxin a treatment in cerebral palsy. *Journal of Korea Physical Therapy*. 1998;5(1):44-50.
  41. Kang TW, Kim BR. The effect of backward walking exercise using a mirror on balance and gait in patients with stroke. *Journal of Korean Society Physical Medicine*. 2018;13(2):53-60.
  42. Kim BH, Chang WN. Effects of the backward walking training on balance and gait in patient with chronic stroke: single subject research design. *Journal of Korean Society Neurotherapy*. 26(2):7-15.
  43. Shin KH, Kang SH. Changes in balance and gait following backward walking exercise in hemiplegic stroke patients. *Journal of Korean Society Physical Medicine*. 2017;12(2):21-31.
  44. Cipriani DJ, Armstrong CW, Gaul S. Backward walking at three levels of treadmill inclination: an electromyographic and kinematic analysis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1995;22(3):95-102.
  45. Faul F, Erdfelder E, Lang AG, et al. G\* power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*. 2007;39(2):175-91.
  46. Jung KS, Jung JH, In TS, et al. Effectiveness of heel-raise-lower exercise after transcutaneous electrical nerve stimulation in patients with stroke: a randomized controlled study. *Journal of Clinical Medicine*. 2020;9(11):3532.
  47. Bohannon RW. Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age and Ageing*. 1997;26(1):15-9.
  48. Bohannon RW. Test-retest reliability of hand-held dynamometry during a single session of strength assessment. *Physical Therapy*. 1986;66(2):206-9.
  49. Chuang LL, Wu CY, Lin KC. Reliability, validity, and responsiveness of myotonometric measurement of muscle tone, elasticity, and stiffness in patients with stroke. *Journal of Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2012;93(3):532-40.
  50. Wang JS, Um GM, Choi JH. Immediate effects of kinematic taping on lower extremity muscle tone and stiffness in flexible flat feet. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016;28(4):1339-42.
  51. Song GB, Park EC. The effects of balance training on balance pad and sand on balance and gait ability in stroke patients. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2016;11(1):45-52.
  52. Lienhard K, Schneider D, Maffiuletti NA. Validity of the optogait photoelectric system for the assessment of

- spatiotemporal gait parameters. *Journal of Medical Engineering & Physics*. 2013;35(4):500-4.
53. Bernal AG, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Losa-Iglesias ME. Reliability of the optogait portable photoelectric cell system for the quantification of spatial-temporal parameters of gait in young adults. *Gait & Posture*. 2016;50:196-200.
  54. Glatthorn JF, Gouge S, Nussbaumer S, et al. Validity and reliability of optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(2):556-60.
  55. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Routledge, 2013.
  56. Okadea. An electromyographic estimation of the relative muscular load in different human postures. *Journal of Human Ergology*. 1972;1(1):75-93.
  57. Belenkii V, Gurfinkel V, Paltsev E. On the control elements of voluntary movements. *Biofizika*. 1967.
  58. Fujiwara K, Toyama H, Kunita K. Anticipatory activation of postural muscles associated with bilateral arm flexion in subjects with different quiet standing positions. *Gait & Posture*. 2003;17(3):254-63.
  59. Horak F, Esselman P, Anderson ME, et al. The effects of movement velocity, mass displaced, and task certainty on associated postural adjustments made by normal and hemiplegic individuals. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 1984;47(9):1020-8.
  60. Lee SM, Cynn HS, Yoon TL, et al. Effects of different heel-raise-lower exercise interventions on the strength of plantarflexion, balance, and gait parameters in stroke survivors. *Journal of Physiotherapy Theory and Practice*. 2017;33(9):706-15.
  61. LaRoche DP, Connolly DA. Effects of stretching on passive muscle tension and response to eccentric exercise. *The American Journal of Sports Medicine*. 2006;34(6):1000-7.
  62. Hesse S, Schauer M, Petersen M, et al. Sit-to-stand manoeuvre in hemiparetic patients before and after a 4-week rehabilitation programme. *Journal of Scandinavian Rehabilitation Medicine*. 1998;30(2):81-6.
  63. Huang YC, Chen PC, Tso HH, et al. Effects of kinesio taping on hemiplegic hand in patients with upper limb post-stroke spasticity: a randomized controlled pilot study. *Journal of European Physical and Rehabilitation Medicine*. 2019;55(5):551-7.
  64. Ng SS, Hui-Chan CW. Does the use of tens increase the effectiveness of exercise for improving walking after stroke? A randomized controlled clinical trial. *Clinical Rehabilitation*. 2009;23(12):1093-103.
  65. Camargos ACR, Rodrigues-de-Paula-Goulart F, Teixeira-Salmela LF. The effects of foot position on the performance of the sit-to-stand movement with chronic stroke subjects. *Journal of Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2009;90(2):314-9.
  66. Dickstein R, Dvir Z, Ben Jehosua E, et al. Automatic and voluntary lateral weight shifts in rehabilitation of hemiparetic patients. *Journal of Clinical Rehabilitation*. 1994;8(2):91-9.
  67. Horak FB. Clinical measurement of postural control in adults. *Physical Therapy*. 1987;67(12):1881-5.
  68. Ko MS, Cole M, Vinyard R. Age-related control strategies to execute the first step from standing in older adults. *Journal of Korean Society for Neurotherapy*. 2018; 22(1):1-5.
  69. Karlsson J, Andreasson GO. The effect of external ankle support in chronic lateral ankle joint instability: An electromyographic study. *The American Journal of Sports Medicine*. 1992;20(3):257-61.
  70. Roth E. Asymmetry in walking performance and postural sway in patients with chronic unilateral cerebral infarction. *International Disability Study*. 1990(10).
  71. Lin PY, Yang YR, Cheng SJ, et al. The relation between ankle impairments and gait velocity and symmetry in people with stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2006;87(4):562-8.
  72. Patterson KK, Parafianowicz I, Danells CJ, et al. Gait asymmetry in community-ambulating stroke survivors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2008;89(2):304-10.
  73. Titianova EB, Tarkka IM. Si'ylts department of. *Development*. 1995;32(3):236-44.
  74. Kim CM, Eng JJ. The relationship of lower-extremity muscle torque to locomotor performance in people with stroke. *Physical Therapy*. 2003;83(1):49-57.