마비쪽 안쪽세로활 가동성 증진 운동이 뇌졸중 환자의 균형과 보행, 근활성도에 미치는 영향 : 증례 보고

이승혁, PT, BS[1], 안광빈, PT, MS[1], 전혜주, PT, PhD[*2]
[1]보바스기념병원, [*2]유원대학교 물리치료학과

Effects of Medial Longitudinal Arch Mobility Training of Paretic Foot on Balance, Gait and Muscle Activity in Stroke Patients: A Pilot study

Seung-Hyeok Lee, PT, BS[1], Kwang-Bin An, PT, MS[1], Hye-Joo Jeon, PT, PhD[*2]
[1]*Dept. of Physical Therapy, Bobath Memorial Hospital, Republic of Korea*
[*2]*Dept. of Physical Therapy, U1 University, Republic of Korea*

Purpose The aim of this study was to investigate the effects of medial longitudinal arch mobility of paretic foot on balance and gait, and muscle activity in stroke patients. ***Methods*** Twelve stroke patients who were hospitalized at B hospital in Gyeonggi-do during the period from January 2022 to February 2022 were enrolled in this study. The subjects were divided into the medial longitudinal arch mobility training group of the paretic foot (n = 6) and the conventional physical therapy group (n = 6). The intervention was performed for 30 minutes a days, 5 times a weeks, and two weeks. The effectiveness of the intervention was assessed pre- and post-evaluated using the 10M Walk Test(10MWT), Berg Balance Scale(BBS), the BioRescue Platform(BRP) and the surface ElectroMyoGraphy(sEMG). ***Results*** As the result of the medial longitudinal arch mobility training on the paretic foot showed significantly improved balance and gait after exercise than before exercise in 10MWT, BBS and BRP. ***Conclusion*** Medial longitudinal arch mobility training of the paretic foot was effective in improving balance and gait speed through weight-bearing on the paretic side in hemiplegic patients with stroke.

Key words Medial longitudinal arch mobility, Balance, Gait, Muscle activity, Stroke

Corresponding author Hye-Joo Jeon (star-002@nate.com)

Received date 28 Sep 2022
Revised date 11 Oct 2022
Accept date 21 Oct 2022

Ⅰ. 서 론

발은 서있거나 걷는 동안 지면과의 유일한 직접적인 접촉면을 제공하므로 체중을 지지하는 모든 작업에서 중요한 역할을 수행하기 때문에 환자의 이동성과 연관성을 가진다.[1)] 발활은 발 구조와 기능에 중요한 역할을 한다.[2)] 정상적인 발에서 발활의 높이는 주로 발바닥널힘줄, 발바닥인대를 포함한 구조에 의해 지지되고, 내재근의 수축에 의해 확보한다. 발활은 스프링과 같은 특성을 가지고 있어 발을 디딜 때 마다 내재근과 외재근의 수축에 의해 발활의 가동성이 만들어진다.[3)] 발의 안쪽세로활은 변할 수 있는 구조로, 높이가 높아지거나 낮아질 수 있으며 서있거나 걷는 동안 다리의 정렬 등 여러 기능에 영향을 줄 수 있으며,[4)] 이에 따른 발 구조의 변화는 발의 기능을 저하시킬 수 있다.[5)] 이러한 구조의 이상은 일반적으로 부상의 요인으로 작용한다.[6)]

일반적으로 발 구조와 기능의 문제로 대표적인 발 변형은 편평발이다. 편평발은 안쪽세로활이 정상범위 이하로 낮아지면서 전반적인 다리 정렬의 변화로 근육 활동에 영향을 주게 되어[4)] 정상적인 체중분배가 어려워지며 동시에 기저면 내에서 체중이동에 제한이 발생한다. 이러한 문제는 균형과 지구력 감소로 보행능력 저하로 이어진다.[7)] 편평발과 상반되게 뇌졸중 환자의 발은 뒤침을 동반한 안쪽세로활의 높이가 과도하게 높아지는 변형이 흔히 관찰되는데, 이러한 변형은 발 통증을 포함한 여러가지 다리의 병리와 관련된 요인으로 간주된다.[4)] 또한, 안쪽세로활의 증가는 발활의 가동성과 기저면에 대한 적응력 감소로 원활한 균형전략을 방해하여 신체의 과도한 흔들림을 초래할 수 있다.[8)] 뿐만 아니라 뇌졸중 환자에게 휘돌림 보행, 무릎 관절의 과다 폄, 갈퀴발가락 변형으로 보상적 운동양상을 유발한다.[9)]

뇌졸중 환자의 균형과 보행 능력, 근활성도를 증진시키기

http:dx.doi.org/10.17817/2022.10.11.1111766

위해서 안쪽세로활의 가동성이 요구된다.[9] 그러나 지금까지의 선행연구에서는 편평발로 인해 안쪽세로활이 낮아진 경우에 대한 보고가 주를 이루었고, 뇌졸중 환자의 안쪽세로활 가동성에 대한 연구는 부족한 실정이다.[10,11]

따라서 본 연구는 뇌졸중 환자의 마비쪽 안쪽세로활의 가동성 촉진을 위한 중재가 뇌졸중 환자의 균형과 보행, 근활성도에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상 및 연구기간

본 연구는 2022년 1월 17일부터 2월 26일까지 경기도 성남시 B병원에서 입원하여 포괄적인 재활치료를 받는 뇌졸중 환자 12명을 대상으로 2주간 주 5회로하여 총 10회기, 1일 1회, 회당 30분의 치료를 적용하였다(Table 1).

연구대상자 선정 기준은 다음과 같다. 재활의학과 전문의로부터 뇌졸중으로 진단받은 자, 보행 보조 도구를 이용하는 것을 포함하여 독립적으로 30m이상 보행이 가능한 자, 연구에 영향을 미칠 수 있는 발과 발목에 정형외과적 문제가 없는 자, 한국판 간이정신상태검사(MMSE-K)상 24점 이상으로 운동프로그램을 이해할 수 있는 자로 하였으며, 집단의 구분은 선정편견을 최소화하기 위해 무작위로 연구군과 대조군을 배정하였다.

2. 연구절차 및 중재방법

본 연구는 대상자 조건을 충족하는 총 12명의 뇌졸중 환자를 대상으로 진행하였으며, 각각의 중재 방법에 따라 안쪽세로활 가동성 촉진에 대한 중재를 받는 연구군 6명, 관절가동운동, 스트레칭을 통한 중재를 받는 대조군 6명으로 무작위로 배정하여 진행하였다. 연구는 사전평가 실시 후 10회기의 중재가 끝난 뒤 사후평가를 실시하였다. 자료의 수집은 정적 균형능력과 동적 균형능력을 알아보기 위하여 버그균형척도(Berg Balance Scale, BBS)를 측정하였으며, 선 자세에서 체중 분배율과 안정성한계를 측정하기 위해 바이오레스큐 플랫폼(Bio-Rescue Platform, BRP, Rm Ingenierie, France)을 사용하였다. 보행능력을 알아보기 위해 10미터보행검사(10m Walk Test, 10MWT)를 실시하였으며 이중과제 수행 시 외재근의 근활성도를 측정하기 위하여 표면근전도(Trigno EMG sensor, Delsys Inc., Boston, MA, USA)를 사용하였다.

Figure 1. Talocrural joint re-alignment

본 연구의 중재 프로그램은 2주간 주 5회, 각 회기당 30분씩 진행하였으며, Kurihara 등[12]과 Mulligan 등,[13] Newsham[14]이 제안한 내용을 참고하여 수정, 보완하여 고안하였다.

(1) 발 중립자세 설정

연구 대상자는 높낮이 조절이 가능한 매트에서 엉덩관절의 높이가 무릎관절보다 높은 상태로 앉아 대상자의 양 옆에 보조테이블을 배치한다. 마비쪽 발은 앞쪽으로 이동시켜 발꿈치뼈를 지면에 닿게 하여 치료를 시작한다. 마비쪽 발과 목말종아리관절의 정렬을 개선하기 위해 한 손으로 발꿈치뼈를 지면에 닿게하여 고정하고 다른 한 손으로 발의 앞쪽을 잡아 발목의 발등굽힘과 발바닥쪽굽힘 동작을 반복하여 시행한다(Figure

Table 1. General characteristics of the subject

Variables	Study Group (n=6)	Control Group (n=6)	x^2/t	p
Gender (M/F)	4/2	4/2	.000[b]	1.000
Paretic side (R/L)	4/2	4/2	.000	1.000
Age (year)	57.17±16.07[a]	56.00±17.78	-.119[c]	.907
Height (cm)	166.50±7.71	168.33±9.31	.371	.718
Weight (kg)	68.03±13.29	67.47±10.88	-.0.81	.937
Onset (month)	17.00±12.33	13.83±9.60	-.496	.630

Note. -[a]mean±standard deviation,[b]chi-squared test, [c]independent t-test

Figure 2. Subtalar joint re-alignment

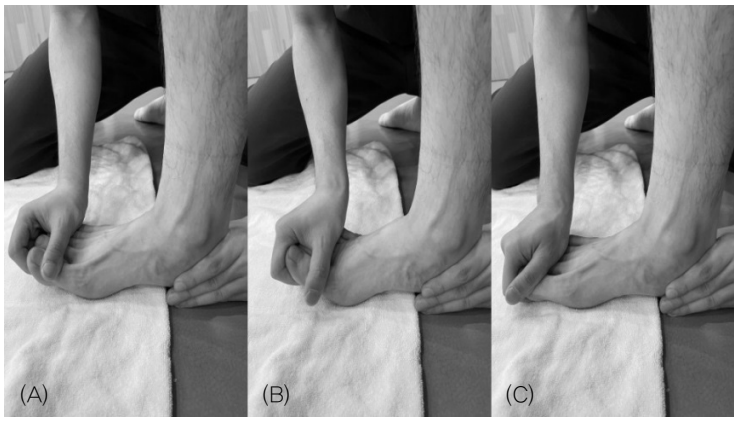

Figure 3. Medial longitudinal arch mobility facilitation (Short foot exercise)
(A) Starting posture, (B) Shorten the foot, (C) Release the foot

1). 그 다음 발을 뒤쪽으로 위치하여 발꿈치뼈와 발바닥을 지면에 고정하고 발의 바깥쪽에서 안쪽으로 압력을 가해 목말밑관절의 움직임을 제공하여 중립자세를 설정한다(Figure 2).

(2) 안쪽세로활 가동성 촉진

설정한 앉은 자세에서 긴발가락굽힘근의 수축이 나타나지 않게 하기 위하여 발허리발가락관절의 폄상태를 보조하여 유지시켜준 상태로 수건을 발 가로활을 통해 잡는 동작을 반복수행하여 안쪽세로활의 가동성을 촉진한다(Figure 3).

(3) 불안정한 지면에서 안쪽세로활 가동성 훈련

밸런스 패드(Stability Trainer, The Hygienic Corp, USA) 위에 양쪽 발을 올려 서고, 대상자의 후방에 위앞엉덩뼈가시 높이의 테이블과 좌, 우에 보조테이블을 배치하여 낙상을 방지한 선 자세를 설정한 후, 마비쪽 발 내의 체중 이동을 통한 안쪽세로활 가동성 훈련을 시행한다(Figure 4). 대조군에게는 일반적인 물리치료방법인 관절가동운동, 스트레칭을 통한 중재프로그램으로 치료를 진행한다.

3. 측정도구 및 방법

(1) 버그균형척도 (Berg Balance Scale, BBS)

버그균형척도는 노인들의 균형을 측정하기 위해 만든 평가도구이며, 뇌졸중 환자에게도 적용 가능하다. 일상생활 동작을 응용한 14개의 항목으로 정적 균형능력과 동적 균형능력을 객관적으로 평가하는 척도로써 앉기, 서기, 자세 변화의 3개 영역으로 크게 나눌 수 있다. 최소 0점에서 최고 4점을 적용하고 14개 항목에 대한 총 합은 56점이다. 이 측정도구는 측정자 내 신뢰도 r=0.99와 측정자 간 신뢰도 r=0.98로 높은 신뢰도와 타당도를 가지고 있다.[15]

(2) 바이오레스큐 플랫폼 (Bio-Rescue Platform, BRP, Rm Ingenierie, France)

선 자세에서 체중분배율과 안정성한계를 측정하기위해 바이오레스큐 플랫폼(Bio-Rescue Platform, BRP, Rm Ingenierie,

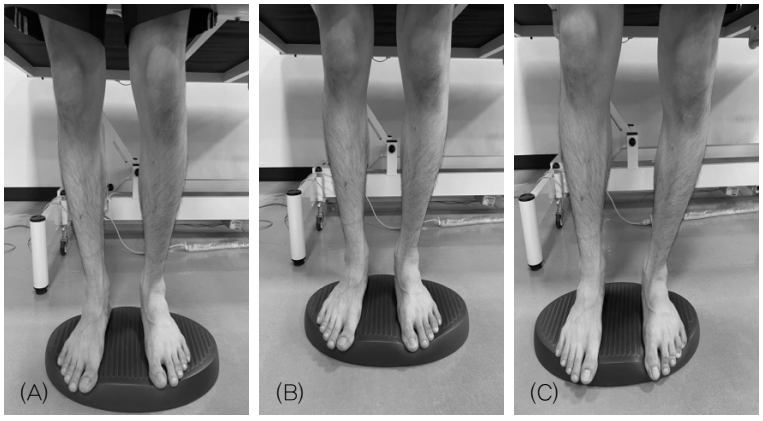

Figure 4. Medial longitudinal arch mobility training (On Balance pad)
(A) Weight shifting to the right, (B) Weight bearing on mid line, (C) Weight shifting to the left

France)을 사용하였다. 이 평가방법은 검사-재검사 방법에서 신뢰도 r=.84로 신뢰도가 높은 평가도구이다.[16] 정적 균형능력인 체중분배율 측정은 정면을 응시한 채 똑바로 선 자세에서 측정하였다. 대상자는 맨발로 플랫폼에 올라서서 가만히 선 자세를 유지한 후 마비쪽과 비마비쪽의 체중분배율을 측정하였다. 동적 균형능력인 안정성한계를 측정하기 위해 모니터 상에서 지시하는 과제를 실시하도록 하였다. 대상자는 맨발로 플랫폼 위에 올라가 모니터 상에서 총 8방향을 향하는 화살표를 따라 자발적으로 무게중심을 최대한 이동하도록 하였다.

자료의 수집은 3회 반복측정하여 결과값의 평균값을 사용하였다. 본 연구에서는 마비쪽과 비 마비쪽의 체중분배율을, 안정성한계의 전체면적 값을 사용하였다.

(3) 10미터보행검사 (10m Walk Test, 10MWT)

10미터보행검사는 14m 직선 보행경로에서 시행되었으며, 양쪽 끝에서 안쪽으로 2m씩의 거리에 표시 선을 설정하여 10m의 거리를 통과하는 시간을 측정하였다. 양쪽 끝의 2m 구간은 가속과 감속 구간으로 시간을 측정할 때 포함시키지 않았다.[17] 10m 걷기검사는 검사와 재검사에서 신뢰도 r = 0.87로 높게 나타났다.[18]

(4) 표면근전도 (Surface Electromyography, sEMG)

이중과제 수행 시 외재근의 근활성도를 측정하기 위하여 표면근전도(Trigno EMG sensor, Delsys Inc., Boston, MA, USA)를 사용하였다. 정확한 데이터를 수집하기 위하여 검사자 한명이 전극을 부착하였으며, 부착부위에 소독용 알코올을 사용하여 각질을 제거하고 피부저항을 최소화하였다. Cram[19]이 제시한 부착부위를 참고하였으며, 총 8채널을 사용하여 양쪽 중간볼기근, 넙다리네갈래근, 앞정강근, 장딴지근의 안쪽갈래 중간부위에 근섬유 방향과 평행하도록 부착하였다. 근전도 신호의 표본 추출률은 2,000Hz로 설정하며, 근전도의 노이즈 제거를 위하여 원자료는 20Hz~450Hz에서 대역 통과 여과처리를 하고 정류를 거쳐 수집되어진 신호는 실효치 진폭 20m/s로 처리하였다.[20]

본 연구에서 수집된 모든 근전도 신호를 RMS처리하고, 뇌졸중 환자임을 감안하여 특정 동작의 근수축을 기준 수축(Reference Voluntary Contraction, RVC)으로 삼아 이를 기준으로 표준화하는 %RVC 방법을 통해 근활성도를 표준화하였다. %RVC 수치는 아래의 수식을 이용하여 계산하였다.

$$\%RVC = Measurement\ value\ RMS / Standard\ contraction\ RMS\ x100$$

기준 값 측정은 정면을 바라보고 편안하게 10초간 서 있는 자세를 측정하였으며, 이중과제에 대한 측정은 밸런스패드를 이용하여 불안정한 지면 내에서의 선 자세를 유지하게 하여 10초간 측정하였다.

4. 분석방법

본 연구는 window SPSS 18.0 버전을 사용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하고, 집단 간의 차이를 알아보기 위해 카이제곱검정과 독립표본 t 검정을 실시하였다. 집단 내 전, 후 비교를 위해 윌콕슨 부호-순위 검정을, 연구군과 대조군의 효과성을 분석하기 위하여 연구 전, 후의 변화량을 맨휘트니U검정을 실시하였다. 모든 통계적 유의수준(∝)은 0.05로 하였다.

III. 결 과

1. 10미터보행검사(10m Walk Test, 10MWT)

10미터보행검사에서 보행속도는 치료 전 0.18±0.21m/s에서 치료 후 0.29±0.22m/s으로 연구군 내에서 유의한 결과를 보였다(p<.05). 연구군과 대조군과의 비교분석에서는 통계적으로 유의하지 않았다(p>.05). 한걸음길이는 치료 전 21.05±20.11cm에서 치료 후 25.90±21.17cm으로 연구군 내에서 통계적으로 유의한 결과를 보였다(p<.05). 연구군과 대조군과의 비교분석 결과에서는 통계적으로 유의하지 않았다. 한발짝률에서는 치료 전 45.81±26.66, 치료 후 56.00±28.56으로 연구군 내에서 통계적으로 유의하지 않았으며(p>.05), 대조군과의 비교분석에서도 통계적으로 유의하지 않았다(p>.05)(Table 2).

2. 버그균형척도(Berg Balance Scale, BBS)

버그균형척도에서 연구군은 32.17 ± 12.11점에서 39.33 ± 9.67점으로 집단 내에서 유의한 결과를 보였다(p<.05) 연구군과 대조군 간의 비교분석을 시행한 결과 통계적으로 유의하지 않았다(p>.05)(Table 3).

3. 바이오레스큐 플랫폼(BioRescue Platform, BRP)

마비쪽의 체중지지비율에서 연구군의 사전평가에서는 40.17±6.99%, 사후평가에서는 47.84±5.79%로 나타나 연구군에서 유의한 증진을 보였으나(p<.05), 연구군과 대조군과의 비교분석을 시행한 결과 통계적으로 유의하지 않았다(p>.05). 안정성한계는 연구군에서 치료전 34.09±28.84cm^2, 치료후 33.29±23.87cm^{2}으로 통계적으로 유의하지 않았으며(p>.05), 대조군과의 비교에서도 통계적으로 유의하지 않았다(p>.05)(Table 4).

4. 표면근전도(Surface Electromyography, sEMG)

표면근전도 평가에서 마비쪽의 중간볼기근은 치료 전 104.03±31.85%RVC에서 치료 후 141.59±119.60%RVC로

Table 2. 10m Walk Test (unit: sec)

Variables		Study Group (n=6)	Control Group (n=6)	z	p
Gait speed (m/s)	Pre	0.18±0.21[a]	0.31±0.28	-1.281[c]	0.200
	Post	0.29±0.22	0.50±33		
	Change	0.11±0.01	0.19±0.05		
		−2.201	−2.201[b]		
		.028	.028		
Cadence (steps/min)	Pre	45.81±26.66	71.41±24.24	.000	1.000
	Post	56.00±28.56	79.91±27.35		
	Change	10.19±1.90	8.50±3.11		
		−1.782	−1.572		
		.075	.116		
Stride length (cm)	Pre	21.05±20.11	35.34±26.20	-.160	.873
	Post	25.90±21.17	44.48±36.22		
	Change	4.85±1.06	9.14±10.02		
		−2.201	−1.572		
		.028	.116		

Note. [a]mean±standard deviation, [b]wilcoxon signed-rank test, [c]mann-Whitney U test

Table 3. Berg Balance Test (unit: score)

Variables		Study Group (n=6)	Control Group (n=6)	z	p
BBS (score)	Pre	32.17±12.11[a]	43.50±8.39	−.811[c]	.418
	Post	39.33±9.67	47.67±7.87		
	Change	7.16±3.56	4.17±0.52		
		−2.214	−2.023[b]		
		.027	.043		

Note. BBS: Berg Balance Scale
[a]mean±standard deviation,[b]wilcoxon signed-rank test, [c]mann-Whitney U test

Table 4. Weight bearing in standing position (Bio-Rescue Platform) (unit: %)

Variables		Study Group (n=6)	Control Group (n=6)	z	p
WB (%)	Pre	40.17±6.99[a]	44.68±4.95	-.561[c]	.575
	Post	47.84±5.79	49.95±4.63		
	Change	7.77±1.20	5.27±0.32		
		−1.992	−1.572[b]		
		.046	.249		
LOS (cm^2)	Pre	34.09±28.84	37.57±35.24	-1.121	.262
	Post	33.29±23.87	42.59±30.16		
	Change	0.80±5.97	4.02±5.08		
		−.314	−1.156		
		.753	0.248		

Note. WB: weight bearing (Affected side), LOS: limit of stability
[a]mean±standard deviation, [b]wilcoxon signed-rank test, [c]mann-Whitney U test

Table 5. Muscle activation between groups (surface electromyography) (unit: %RVC)

Variables		Study Group (n=6)			Control Group (n=6)			p
		Pre	Post	*p*	Pre	Post	*p*	
Paretic Side	GM	104.03±31.8 5[a]	141.59±119.60	.917[b]	133.45±66.26	170.39±122.63	.600	.749[c]
	Q	100.30±31.47	199.59±203.32	.345	132.20±68.29	158.63±68.45	.600	.200
	TA	259.28±355.55	182.33±108.69	.600	275.25±92.11	265.11±147.11	.917	.262
	GCM	120.85±31.48	116.70±27.45	.753	145.14±24.50	127.11±52.98	.600	.631
Non Paretic Side	GM	110.66±47.19	110.88±65.26	.753	161.21±102.39	129.28±67.69	.463	.337
	Q	107.22 ±33.78	122.96±33.76	.116	110.61±36.95	182.84±80.90	.028	.200
	TA	216.57±193.28	157.21±69.34	.463	170.74±55.62	148.18±83.91	.753	.873
	GCM	124.02±28.90	178.55±78.27	.116	152.37±57.73	170.02±90.72	.753	.423

Note. GM: gluteus Medius, Q: quadriceps femoris, TA: tibialis anterior, GCM: gastrocnemius
[a]mean±standard deviation, [b]wilcoxon signed-rank test, [c]mann-Whitney U test

증진되었고, 넙다리네갈래근은 치료 전 100.30±31.47%RVC에서 치료 후 199.59±203.32%RVC로 증진되었다. 앞정강근은 치료 전 259.28±355.55에서 치료 후 182.33±108.69%RVC로 감소하였고, 장딴지근 치료 전 120.85±31.48%RVC에서 치료 후 116.70±27.45%RVC로 감소하였다. 비마비쪽의 중간볼기근은 치료 전 110.66±47.19%RVC에서 치료 후 110.88±65.26%RVC로 증진되었고, 넙다리네갈래근은 치료 전 107.22±33.78%RVC에서 치료 후 122.96±33.76%RVC로 증진되었다. 앞정강근은 치료 전 216.57±193.28%RVC에서 치료 후 157.21±69.34%RVC로 감소하였고, 장딴지근은 치료 전 124.02±28.90%RVC에서 178.55±78.27%RVC 로 증가하였으나, 연구군 내에서 통계적으로 유의하지 않았으며(p>.05), 대조군과의 비교 분석에서도 통계적으로 유의하지 않았다(p>.05)(Table 5).

Ⅳ. 고 찰

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 마비쪽 발의 안쪽세로활 가동성을 촉진하였을 때 대상자의 보행과 균형능력 및 마비쪽 체중지지비율에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 본 연구는 경기도 성남시 B병원 재활의학과에 입원 중인 환자들 중 연구 참여에 동의한 12명의 환자를 대상으로 실시하였다. 보행능력을 확인하기 위하여 10미터보행검사를 실시하였고, 체중지지비율과 안정성의 한계를 통한 균형능력을 확인하기 위해 버그균형척도와 바이오레스큐 플랫폼을 사용하였다. 또한 안쪽세로활의 가동성이 근활성도에 미치는 영향을 확인하기 위하여 표면근전도 장비를 사용하였다.

본 연구에서 실시한 10미터보행검사에서 보행속도와 한걸음길이에서 집단 내에서 유의한 증가가 나타났으나(p<.05), 집단간 비교에서는 통계적으로 유의하지 않았다(p>.05). 한발짝률에서는 수치상의 증가는 나타났지만, 통계적으로 유의한 결과를 얻지 못하였다(p>.05). 이러한 증진은 선행연구에서 보고한 발의 구조 회복에 따른 보행속도와 한걸음길이의 증진으로 사료된다.[1,8,9]

Magdalena Goliwas 등[21]의 연구에서는 뇌졸중 환자의 발에 대한 자극이 마비쪽 다리의 체중지지비율 증가를 통하여 마비쪽과 비마비쪽의 체중지지 비대칭 감소를 유도한다고 보고하였으며, An등[22]의 연구에서는 발의 내재근 자극을 통하여 발 지각력이 강화되었을 때 마비쪽 발의 체중지지비율이 늘어나고 동적 균형능력의 증진과 보행속도의 변화가 나타났다고 보고하였다. 또한 Kim[23]등과 Tamburella[24] 등의 연구에서 발의 정렬이 유지되고, 발목관절의 움직임이 증가되었을 때 근긴장도가 감소되어 균형능력의 향상을 통해 보행속도의 증가가 나타났다고 하였다. 이는 본 연구에서 유의한 결과를 얻은 버그균형척도를 통해 확인한 균형능력의 증진과 바이오레스큐 플랫폼을 이용하여 마비쪽 발의 체중지지비율을 측정한 결과 선행연구에서 마비쪽 발의 체중지지비율이 늘어난 것을 확인한 결과와 일치한다.

본 연구에서 표면근전도를 측정하여 치료 전 후의 근활성도를 비교하였을 때, 마비쪽의 중간볼기근과 넙다리네갈래근의 활성도가 증진되고, 앞정강근과 장딴지근의 활성도가 감소된 결과가 나타났다. Krause 등[25]의 연구에 따르면 정적 운동보다 동적 운동에서 중간볼기근의 더 큰 활성화를 필요로 하는 것을 입증하였으며, 이는 본 연구에서 불안정한 지면에서의 체중지지훈련이 중간볼기근의 활성도를 증진시킨 것으로 사료된다. Hesse 등[26] 의 연구에 따르면 발목-발 보조기를 이용하여 발의 구조를 회복하였을 때 넙다리네갈래근 중 바깥쪽넓은근

의 활성도가 증가하였다고 보고하였다. 본 연구에서 넙다리네갈래근의 활성도가 증진된 것은 자세안정성의 증가와 마비쪽 발의 자세에 따라 넙다리네갈래근의 수축능력이 달라진다는 선행연구의 결과와 일치한다.[27] 또한 Seo[28] 등의 연구에서는 불안정한 지지면에서의 훈련은 넙다리네갈래근의 활성도를 증가시킬 수 있다고 하였다. Laughton 등[29]의 연구에서 높은 수준의 근활성도는 근력이 약해진 노인들의 자세 흔들림과 관련이 있다고 보고하였다. 따라서 본연구에서는 근력이 약해진 뇌졸중 환자들에서 나타나는 자세 흔들림으로 인해 치료 전 발생하던 보상작용이 치료 후 자세안정성의 증가로 앞정강근과 장딴지근의 활성도 감소로 이어진 것으로 사료된다. 이러한 결과, 본 연구에서 실시한 안쪽세로활 가동성 훈련은 뇌졸중 환자의 마비쪽 발에 대한 자극을 통해 선 자세에서의 대칭성 향상과 마비쪽 발의 고유수용성감각의 향상으로 자세안정성이 증가되어 균형능력과 보행능력 회복에 효과적인 방법이라고 생각된다.

본 연구의 제한점은 증례보고연구로 대상자의 수가 적어 모든 뇌졸중 환자에게 적용하기에는 무리가 있어 연구결과를 일반화하기에 제한이 따른다. 또한, 2주간 주 5회, 총 10회기라는 연구기간이 중재의 효과성을 증명하기에는 어려움이 있었다. 또한 각각의 집단 모두 연구 이외의 운동치료를 비롯한 그 외 시간에 대한 통제를 할 수 없었으며, 환자의 자연 회복 등과 같은 외적인 요인을 완전히 배제하지 못하였다. 본 연구는 증례보고연구로 대상자의 수가 적어 수치상의 증진이 나타났으나, 통계적으로 유의하지 않았다. 추후 연구에서는 더 많은 대상자를 통해 근 활성도, 발의 정렬에 대한 항목을 구체적으로 세분화하여 마비쪽 발의 안쪽세로활 가동성이 보행과 균형능력에 미치는 효과성을 입증하기 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 본 연구의 결과가 뇌졸중 환자의 보행과 균형능력의 회복을 위한 임상적 자료로 활용되어지길 기대한다.

References

1. Forghany S, Tyson S, Nester C, et al. Foot posture after stroke: frequency, nature and clinical significance. Clinical Rehabilitation. 2011;25(11):1050-5.
2. Basmajian JV, Stecko G. The role of muscles in arch support of the foot: an electromyographic study. Journal of Bone and Surgery. 1963;45(6):1184-90.
3. McKeon PO, Hertel J, Bramble D, et al. The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. British Journal of Sports Medicine. 2015;49(5):290.
4. Zuil-Escobar JC, Martínez-Cepa CB, Martín-Urrialde JA, et al. Evaluating the medial longitudinal arch of the foot: correlations, reliability, and accuracy in people with a low arch. Physical Therapy. 2019;99(3):364-72.
5. Scott G, Menz HB, Newcombe L. Age-related differences in foot structure and function. Gait & Posture. 2007;26(1):68-75.
6. Williams DS, McClay IS. Measurements used to characterize the foot and the medial longitudinal arch: reliability and validity. Physical Therapy. 2000;80(9): 864-71.
7. Kim EK, Kim JS. The effects of short foot exercises and arch support insoles on improvement in the medial longitudinal arch and dynamic balance of flexible flatfoot patients. Journal of Physical Therapy Science. 2016; 28(11):3136-9.
8. Birinci T, Demirbas SB Relationship between the mobility of medial longitudinal arch and postural control. Acta orthopedica et traumatological turcica. 2017;51(3):233-7.
9. Gustin M, Deltombe T, Wautier D, et al. Assessment and treatment of spastic equinovarus foot after stroke: Guidance from the Mont-Godinne interdisciplinary group. Journal of Rehabilitation Medicine. 2017;49: 461-8.
10. Patrick JH, Keenan MAE. Gait analysis to assist walking after stroke. The Lancet (London, England), 2007; 369(9558):256-7.
11. Lee P, Hwang BY. Effect of short foot exercise on quiet stance for the patients with stroke. The Journal of Korean Society for Neurotherapy. 2018;22(1):15-8.
12. Kurihara T, Rowley M, Reischl S, et al. Effect of a task's postural demands on medial longitudinal arch deformation and activation of foot intrinsic and extrinsic musculatur. Acta of Bioengineering & Biomechanics. 2020;22(4).
13. Mulligan EP, Cook PG. Effect of plantar intrinsic muscle training on medial longitudinal arch morphology and dynamic function. Manual Therapy. 2013;18(5):425-30.
14. Newsham KR. Strengthening the intrinsic foot muscles. International Journal of Athletic Therapy and Training. 2010;15(1):32-5.
15. Berg K, Wod-Dauphinee S, Wiliams JI. The balance scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine. 1995;27(1):27-36.
16. 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.
17. Dean CM, Richards CL, Malouin F. Walking speed over 10 meters overestimates locomotor capacity after stroke. Clinical Rehabilitation. 2001;15(4):415-21.
18. Green J, Forster A, Young J. Reliability of gait speed measured by a timed walking test in patients one year after stroke. Clinical Rehabilitation. 2002;16(3):306-14.
19. Cram JR. Introduction to surface electromyography. Aspen Publishers, 1998.
20. Soderberg GL, Knutson LM. A guide for use and interpretation of kinesiologic electromyographic data. Physical Therapy. 2000;80(5):485-98.
21. Goliwas M, Kocur P, Furmaniuk L, et al. Effects of sensorimotor foot training on the symmetry of weight distribution on the lower extremities of patients in the chronic phase after stroke. Journal of Physical Therapy Science. 2015;27(9):2925-30.
22. An. KB, Lee. KB, Hwang. BY. Effect of foot perceptual training on balance and gait of patient with chronic stroke: single subject research design. The Journal of Korean Society for Neurotherapy. 2019;23(3):19-27.
23. Kim EJ, Lee KB. The effects of kinesio taping applying to foot and ankle joints on foot pressure and gait in patients with chronic stroke. The Journal of Korean Society for Neurotherapy. 2019;23(2):1-6.
24. Tamburella F, Scivoletto G, Molinari M. Somatosensory inputs by application of kinesiotaping: effects on spasticity, balance, and gait in chronic spinal cord injury. Frontiers in Human Neuroscience. 2014;8.
25. Krause DA, Jacobs RS, Pilger KE, et al. Electromyographic analysis of the gluteus medius in five weight-bearing exercises. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2009;23(9):2689-94.
26. Hesse S, Werner C, Matthias K, et al. Non-velocity-related effects of a rigid double-stopped ankle-foot orthosis on gait and lower limb muscle activity of hemiparetic subjects with an equinovarus deformity. Stroke. 1999;30(9): 1855-61.
27. Hung Yj, Gross MT. Effect of foot position on electromyographic activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis during lower-extremity weight-bearing activities. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 1999;29(2):93-105.
28. Seo HW, Kim MC. Study on the correlation between muscle activity of lower extremity and sway speed of chronic stroke patients according to unstable surface training. Journal of The Korean Society of Integrative Medicine. 2013;1(4):75-83.
29. Laughton CA, Slavin M, Katdare K, et al. Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. Gait & Posture. 2003;18(2):101-8.