뒤로걷기훈련이 편마비 환자의 균형과 보행에 미치는 영향

김병후, PT, MS[1], 안광빈, PT, PhD[1], 이수용, PT, PhD[2] 장우남, PT, PhD[*3]
[1]보바스기념병원, [2]연세대학교 세브란스 재활병원 물리치료팀, [*3]용인대학교 보건복지과학대학 물리치료학과

Effects of Backward Walking Training on Balance and Gait in Patients with Hemiplegia

Byeong-Hu Kim, PT, MS[1], Kwang-Bin An, PT, PhD[1], Soo-Yong Lee, PT, PhD[2], Woo-Nam Chang, PT, PhD[*3]
[1]*Dept. of Physical Therapy, Bobath Memorial Hospital, Republic of Korea*
[2]*Dept. of Physical Therapy, Severance Rehabilitation Hospital, Yonsei University, Republic of Korea*
[*3]*Dept. of Physical Therapy, College of Health & Welfare Science, Yong In University, Republic of Korea*

Purpose The purpose of this study was to investigate the effects of backward walking training(BWT) on range of motion of ankle joint, foot pressure, balance, and gait in patients with hemiplegia. ***Methods*** The participants were randomly assigned to study group and control group with 16 participants in each group. The study group performed BWT while the control group performed conventional physical therapy. The respective intervention was performed three times a week for six weeks and 30minutes per session in each group. This study evaluated by range of motion(ROM) of ankle joint, foot pressure, limits of stability(LOS), functional reach test(FRT), Berg balance scale(BBS), 10m walk test(10MWT) and ground reaction force(GRF) were evaluated to confirm the effects of the interventions. Paired t-test was performed to compare the difference between before and after intervention within groups. And independent t-test was used to compare with control group. ***Results*** The study group that underwent BWT showed a significant increase in ROM of ankle joint (p<.001), left-right symmetry(p<.01), weight distribution at the hindfoot of the affected side(p<.01), LOS(p<.001), FRT(p<.001) and BBS(p<.001) post-intervention compared to the control group(p<.05). In addition, the study group showed significant improvement in gait velocity(p<.05), step length(p<.05), and cadence(p<.01) of measured in a 10MWT, which evaluated gait ability, post-intervention. However, the increase was not significant when compared to that in the control group(p>.05). GRF showed significantly improved post-intervention(p<.001) compared to the control group(p<.05). ***Conclusion*** BWT significantly improved ROM and control of ankle joint of the affected side, foot pressure, balance and gait ability compared with the control group. Therefore, it was confirmed that BWT is an effective intervention for restoring balance and gait ability in patients with hemiplegia.

Key words Balance, Backward walking, Calf muscle, Gait, Hemiplegia

Corresponding author Woo-Nam Chang (wnchang@yongin.ac.kr)

Received date 21 August 2023
Revised date 21 September 2023
Accept date 03 October 2023

Ⅰ. 서 론

뇌졸중으로 편마비가 발생한 환자는 근약화와 비대칭적인 자세로 인해서 균형과 보행의 문제가 발생한다.[1)] 편마비 환자는 발목관절의 부정렬과 종아리근 조절이 어렵기 때문에 선 자세에서 마비쪽 발앞부와 비마비쪽 다리에 체중지지가 증가하여 비대칭적인 자세가 나타난다.[2,3)]

종아리근은 선 자세에서 신체의 흔들림이 발생하거나 수의적인 움직임이 시작될 때 근육의 길이 변화 정보를 바탕으로 발목관절을 조절하여 자세안정성을 강화한다.[4,5)] 또한 디딤기에서 필수적인 조절근으로 신체의 무게중심을 이동시키는 역할을 수행한다.[6)] 하지만 대부분의 편마비 환자는 종아리근의 불충분한 길이와 발목관절의 부적절한 조절능력으로 자세안정성이 감소되어 보상작용이 나타난다.[7)] 종아리근의 불충분한 길이는 발등굽힘 제한과 후기디딤기 기능의 소실로 이어진다.[8,9)] 이것은 마비쪽 디딤기의 감소와 흔듦기가 증가되는 비대칭적인 걸음걸이와 보행속도의 감소를 초래한다.[10)]

따라서 편마비 환자의 발목관절 조절근 강화와 관절가동범위 증진으로 향상된 발목관절 조절능력은 균형과 보행능력을 회복하기 위해서 중요한 요소이다.[11,12,13)] Kim 등[13)]은 발목관

http:dx.doi.org/10.17817/2023.09.21.1111834

절 안정성 확보를 위한 발바닥굽힘근 편심활성훈련이 편마비 환자의 발목관절가동범위, 균형과 보행에 효과적이라고 보고하였다. 종아리근 편심활성은 발꿈치를 발바닥굽힘에서 발등굽힘으로 내려놓을 때 나타나며,[14] 편심활성훈련은 편마비 환자에게 비교적 적은 에너지를 사용하여 근활성을 촉진시킨다.[15]

뒤로 걷는 동작에서 종아리근은 편심활성을 통하여 발꿈치 닿기 시 감속작용의 역할을 하며, 엉덩관절과 무릎관절의 폄근활성을 크게 증가시키고 무릎관절과 발목관절 관절가동범위에도 긍정적인 영향을 미친다.[16] 또한 신체의 무게중심을 조절하기 위하여 시각정보 대신 고유수용성감각 정보를 근거로 머리, 몸통, 골반 안정성에 기여한다.[17,18] 뒤로 걷는 동작에서 종아리근 편심활성으로 발꿈치닿기 시간이 증가되면 발목관절의 움직임, 한발짝길이와 디딤기가 증가되어 편마비 환자의 보행능력 향상을 기대할 수 있다.[19]

이와 같은 이유로 선행연구에서 편마비 환자에게 뒤로걷기 훈련을 적용하여 균형과 보행에 증진을 보고하였다.[19,20,21,22] 하지만 선행연구의 뒤로걷기훈련은 종아리근 편심활성을 고려하지 않은 양적인 뒤로걷기훈련이다. 양적인 뒤로걷기훈련은 편마비 환자의 불충분한 종아리근 길이와 발목관절의 변형으로 발꿈치닿기가 어렵기 때문에 효과를 기대하기가 어렵다.[7]

본 연구의 뒤로걷기훈련은 편마비 환자의 발꿈치를 지면에 내려놓을 때 종아리근의 편심활성을 목적으로 한다.[14] 종아리근의 편심활성은 발등굽힘의 관절가동범위와 근 길이 증가를 발생시키며 발꿈치 및 발바닥의 지면접촉을 증가시킬 것이다.[23] 또한 마비쪽 발목관절가동범위 증가 및 발의 압력중심을 발앞부에서 발꿈치쪽으로 이동시키는 발목관절 조절능력이 향상될 것이다. 발목관절 조절능력 향상은 마비쪽으로 무게중심 이동 범위를 증가시켜서 신체 대칭성과 자세안정성을 향상시킬 것이며, 이런 변화로 안정성한계 등 균형능력이 향상될 것이라 생각한다. 향상된 발목관절 조절능력과 균형능력이 비대칭적인 걸음걸이의 회복과 보행속도 증가 등 보행의 질적인 향상에 효과적인 중재방법이 될 것이라고 생각한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상 및 기간

본 연구는 용인대학교 기관생명윤리위원회의 승인을 받아서 (승인번호: 2204-HSR-255-3) 2022년 7월 1일부터 11월 21일까지 경기도 성남시 소재의 B병원에 입원하여 포괄적인 재활치료를 받는 환자 중 연구대상자 선정기준과 제외기준에 부합하는 32명의 편마비 환자를 대상으로 실시하였다. 연구기간 중 1명의 대상자가 탈락하여 최종 연구대상자는 연구군 16명, 대조군 15명, 총 31명을 대상으로 실시하였다. 본 연구의 목적을 이해하고 연구에 동의한 사람만을 대상으로 진행하였으며, 무작위 배정으로 연구군과 대조군을 분류하였다. 본 연구의 대상자 선정기준과 제외기준은 다음과 같다.

1) 대상자 선정기준

(1) 뇌졸중을 진단받은 만 15세 이상, 만 85세 미만인 자
(2) 한글판 수정바델지수(K-MBI) 상 50점 이상으로 보행 보조도구를 사용하여 10분 이상 보행이 가능한 자
(3) 뇌졸중 이외의 다른 신경학적 혹은 정형외과적 문제가 없는 자
(4) 한글판 간이정신상태검사(MMSE-K) 상 24점 이상으로 운동 프로그램을 이해할 수 있는 자

2) 대상자 제외기준

(1) 연구 대상자 선정기준에 부합하지 않을 경우
(2) 환자의 개인적인 이유로 연구 참여 중지를 요청하는 경우
(3) 환자의 퇴원 및 건강상의 문제 등 연구진이 제외가 필요하다고 판단할 경우

2. 연구절차 및 중재방법

본 연구는 연구에 참여하는 32명의 연구대상자는 사전평가를 실시한 후 6주간 중재를 실시하였다. 연구 중재가 종료되면 사후평가를 실시하여 중재 전·후 차이를 비교하였다. 연구군은 뒤로걷기훈련, 대조군은 관절가동운동, 신장운동 및 근력강화운동 등 일반적인 물리치료를 진행하였다. 중재는 1회 30분, 주 3회, 6주 동안 실시하였다(Figure 1).

1) 연구군 중재

대상자가 발 사이의 간격을 골반 넓이만큼 바로 선 자세에서 치료사는 골반의 중립위치를 촉진하여 신체의 무게중심점이 높은 자세로 항중력활동을 촉진시킨다. 대상자의 발바닥굽힘을 유도 후 가자미근의 편심활성을 통해서 발등굽힘 방향으로 발꿈치가 지면에 닿을 수 있도록 유도하여 종아리근의 길이변화 및 활성화로 넙다리네갈래근 먼쪽이 활성화 될 때까지 동작을 반복한다.

대상자의 낙상 등 안전사고를 예방하기 위해서 비마비쪽 위앞엉덩뼈가시 높이의 보조테이블을 제공하여 안정성을 확보하고, 대상자의 마비쪽 종아리뼈머리를 앞쪽으로 유도하여 발꿈치가 지면에서 떨어지면 마비쪽 발을 비마비쪽 발앞부 범위로 이동시킨다. 스웨디시 니케이지(swedish knee cage)를 착용하여 마비쪽 무릎관절의 과다폄(Genu recurvatum)이 나타나지 않도록 무릎관절 약간 굽힘상태에서 가자미근의 편심활성으로 발꿈치가 지면과 접촉되도록 유도한다.[24] 발앞부

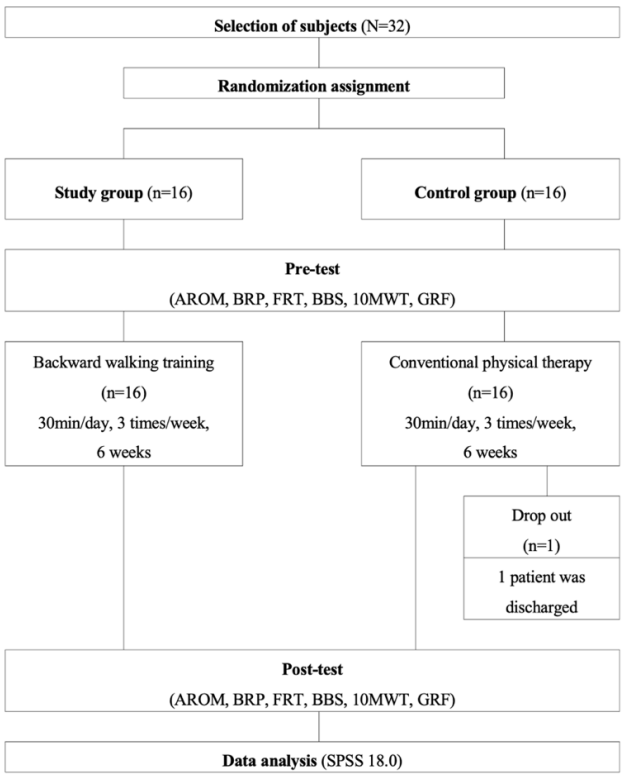

Figure 1. Schematic diagram of the study

Note. AROM: Active range of motion, BRP: Biorescue-platform, FRT: Functional reach test, BBS: Berg balance scale, 10MWT: 10 meter walk test, GRF: Ground reaction force.

범위에서 마비쪽 발의 안쪽번짐이 나타나지 않고 발꿈치를 지면에 내려놓을 수 있으면 비마비쪽 발중간부, 발꿈치 범위 순서로 마비쪽 발을 뒤쪽으로 이동시켜서 같은 방법으로 적용한다(Figure 2).

모든 단계에서 마비쪽 발의 안쪽번짐없이 발꿈치를 지면에 내려놓을 수 있으면 대상자의 신체적 특성을 고려하여 치료사 보조를 통하여 뒤로걷기를 실시한다.

2) 대조군 중재

대조군의 중재는 관절가동운동, 신장운동 및 근력강화운동 등 일반적인 물리치료를 시행하였다. 대상자 신체의 구조적 문제를 개선하기 위해서 관절가동운동과 신장운동을 실시하고, 제한된 관절의 조절근을 강화하여 관절조절능력을 촉진시킨다. 대상자의 기능과 신체적 특성을 고려하여 서기, 앉기, 계단 오르기, 한발 서기, 걷기 등 기능적인 훈련을 실시하였다.

3. 측정도구 및 방법

1) 발목관절가동범위(Range of motion of ankle joint)

연구대상자의 마비쪽 발목관절가동범위 측정은 미국정형외과학회(American academy of orthopaedic surgeons)[25]와 Konor 등[26]의 연구를 참고하였다. 대상자가 바로 선 자세에서 디지털고니오메타를 사용하여 발꿈치를 떨어트리지 않고 무릎을 앞으로 최대한 내민 상태로 종아리뼈머리의 이동을 각도로 측정하였다. 3회 반복 실시하여 평균 값을 산출하였으며, 대상자의 근피로의 영향을 최소화하기 위하여 1회 측정 후 1분간 휴식을 제공하였다.

2) 바이오레스큐플랫폼(Biorescue-platform, BRP)

바로 선 자세에서 체중분배율 및 안정성한계를 측정하기 위하여 바이오레스큐플랫폼(Rm, Ingerierie, France)을 사용하였다. 바이오레스큐플랫폼은 검사-재검사 방법에서 높은 신뢰도(r=.84)를 가지고 있다.[27] 체중분배율 측정은 대상자가 바이오레스큐플랫폼 위에 정면을 응시하고 바로 선 자세에서 양쪽 다리의 체중분배율과 마비쪽 다리의 체중분배율 중 발의 앞뒤쪽 체중분배율을 함께 측정하였다. 대상자의 마비쪽 발꿈치

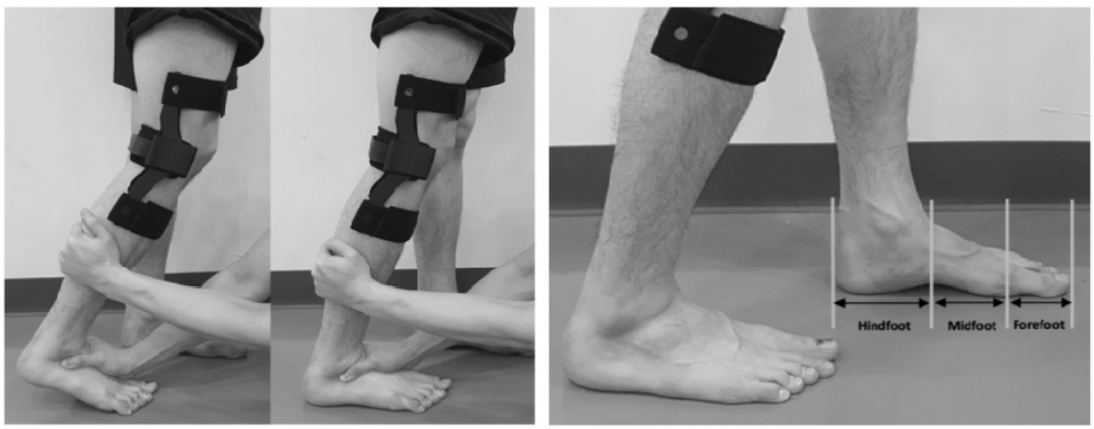

Figure 2. Guide to the backward stepping

체중분배율을 비교하기 위하여 아래 수식을 이용하여 계산하였다.

마비쪽 발꿈치 체중분배율(%) =
마비쪽 발 뒤쪽 체중분배율(%) /
마비쪽 다리 체중분배율(%) × 100

안정성한계는 대상자가 바이오레스큐플랫폼 위에 화면을 응시하고 바로 선 자세에서 프로그램이 지시하는 총 8개의 방향으로 무게중심을 이동하는 과제를 수행하도록 하였다. 과제를 수행하는 동안 발이 지면에서 떨어지지 않고, 몸통의 움직임 등 불필요한 보상작용이 발생하지 않도록 하였다.

3) 기능적팔뻗기검사(Functional reach test, FRT)

기능적팔뻗기검사는 Duncan 등이 제시한 방법으로 검사자간 신뢰도(r=.98)가 높다.[28] 대상자의 팔의 이동거리를 측정할 수 있는 도구를 사용하여 3번째 손가락손허리뼈관절 먼쪽의 이동거리를 측정하였으며(Figure 3), 3회 반복 실시하여 평균 값을 산출하였다. 대상자의 근피로의 영향을 최소화하기 위하여 1회 측정 후 1분간 휴식을 제공하였다.

4) 버그균형척도(Berg balance scale, BBS)

버그균형척도는 0점에서 4점인 5점 척도로 14개의 항목에 대하여 총 56점이다. 20점 이하는 낙상 고위험도, 21~40점은 중간 위험도, 41점 이상은 낮은 위험도로 평가한다. 뇌졸중 환자를 대상으로 실시한 측정자 내 신뢰도는 r=.97, 측정자간 신뢰도는 r=.98로 높은 신뢰도를 가지고 있다.[29]

5) 10미터보행검사(10m walk test, 10MWT)

보행능력을 평가하기 위하여 신뢰도와 타당도가 검증된 10미터보행검사를 실시하였다.[30] 가속, 감속기를 고려하여 총 14m 중 시작지점에서 2m와 마지막 2m를 제외한 10m의 소요시간과 걸음수를 측정하여 대상자의 보행속도, 한발짝길이, 한발짝률을 아래 수식으로 계산하였다.

보행속도 = 거리(m) / 시간(sec)
한발짝길이 = 거리(cm) / 걸음수
*한발짝률 = [걸음수 / 소요시간(sec)] * 60(sec)*

3회 반복 실시하여 평균 값을 산출하였으며, 대상자의 근피로의 영향을 최소화하기 위하여 1회 측정 후 1분간 휴식을 제공하였다.

6) 지면반력기(Force platform system)

보행 시 운동역학적 변화를 평가하기 위하여 지면반력기(Advanced Mechanical Technologies Inc. Watertown, MA, USA)를 사용하였다. 본 연구에서 지면반발력은 두 개의 지면반력기를 1000Hz로 설정하여 지면과 수직인 힘 성분(Fz)을 측정하였으며, 각 결과값의 변화를 비교하기 위하여 아래 수식으로 계산하였다.

%BW = 뉴턴(N) / 체중(Kg) × 100

대상자는 두 개의 지면반력기를 정면으로 바라보고 바로 선 자세에서 평가자에 시작 지시에 맞춰서 비마비쪽 다리를 먼저 지면반력기에 내딛도록 교육하였다(Figure 4). 3회 반복 실시하여 평균값을 산출하였으며, 대상자의 근피로의 영향을 최소화하기 위하여 1회 측정 후 1분간 휴식을 제공하였다.

4. 분석방법

본 연구는 SPSS(ver. 18.0)를 사용하여 분석하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 기술통계를 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 집단 간의 차이를 알아보기 위해서 카이제곱 검정과 독립 t검정을 실시하였다.

연구대상자의 일반적 특성, 발목관절가동범위, 바이오레스큐플랫폼, 기능적팔뻗기검사, 버그균형척도, 10미터보행검사,

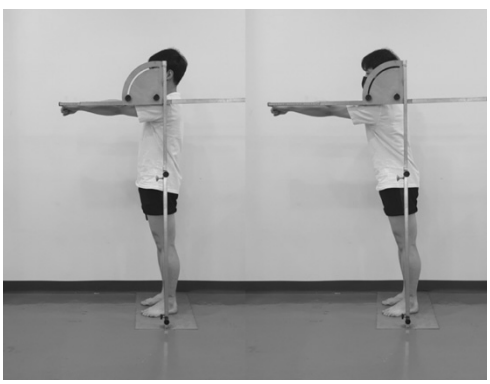

Figure 3. Measurement of functional reach test

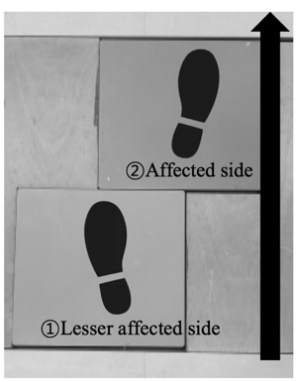

Figure 4. Measurement of force platform system

지면반력기의 모든 결과를 샤피로-윌크 검정을 시행한 결과, 모든 결과가 정규분포를 나타내어 연구군과 대조군의 연구 전·후 차이를 분석하기 위해서 모수 검정법을 사용하였다. 집단 내 차이는 대응표본 t검정, 집단 간 차이를 분석하기 위해서 독립표본 t검정을 시행하였다. 본 연구에서 모든 통계적 유의수준(α)은 .05로 하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 대상자의 일반적 특성

본 연구는 32명의 연구대상자 중 중도탈락자 1명의 제외한 31명을 연구군 16명, 대조군 15명으로 분류하여 진행하였다. 연구군과 대조군의 일반적 특성과 임상적 특성은 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05)(Table 1).

2. 발목관절가동범위의 변화

마비쪽 발목관절가동범위는 연구군이 중재 전 19.53°에서 중재 후 25.19°로 5.66° 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.001). 대조군은 중재 전 20.26°에서 중재 후 21.02°로 0.76° 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05). 발목관절가동범위에 대한 중재 전·후의 차이를 연구군과 대조군 간의 비교 분석을 시행한 결과 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.01)(Table 2).

3. 발바닥압력의 변화

1) 좌·우 체중분배율 편차

좌·우 체중분배율 편차는 연구군이 중재 전 20.53%에서 중

Table 1. General characteristics of the subjects (N=31)

Variables	Study Group (n=16)	Control Group (n=15)	x^2/t	p
Gender(M/F, %)	11/5 (69/31)	11/4 (73/27)	.079[b]	1.000
Affected side(R/L, %)	11/5 (69/31)	8/7 (53/47)	.776	.473
Diagnosis(Hemor/Infar, %)	12/4 (75/25)	8/7 (53/47)	1.588	.273
Age(year)	54.25±13.66[a]	50.87±17.39	.606[c]	.549
Height(cm)	167.00±07.92	168.13±08.92	.375	.711
Weight(kg)	65.95±10.91	67.91±10.80	.503	.619
Onset(month)	19.50±08.91	15.60±11.29	1.072	.293
K-MBI(score)	71.31±08.11	70.40±14.33	.220	.827
MMSE-K(score)	29.00±02.34	28.00±01.65	1.368	.182

Note. Hemor: Hemorrhage, Infar: Infarction, K-MBI: Korean-Modified Barthel Index, MMSE-K: Mini mental state examination-korean version.
[a]mean±standard deviation, [b]chi-squared test, [c]independent t-test.

Table 2. Comparison of AROM, BRP within & between groups (N=31)

Variables		Study Group (n=16)	Control Group (n=15)	t	p
AROM (°)	Pre	19.53±6.45[a]	20.26±8.05	3.436[c]	.002
	Post	25.19±6.57	21.02±8.54		
	t	5.334[b]	.818		
	p	.000	.472		
WD (%)	Pre	20.53±16.36	8.04±16.15	2.654	.013
	Post	05.44±13.93	7.09±14.94		
	t	3.585	.300		
	p	.003	.769		
WD;h (%)	Pre	42.86±12.56	46.72±21.81	2.352	.026
	Post	54.07±11.61	48.42±19.81		
	t	3.961	.593		
	p	.001	.563		

Note. AROM: Active range of motion of ankle joint, WD: Deviation of left·right weight distribution, WD;h: Weight distribution at the hindfoot of the affected side.
[a]mean±standard deviation, [b]paired t-test, [c]independent t-test.

재 후 5.44%로 15.07% 감소하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.01). 대조군은 중재 전 8.04%에서 중재 후 7.09%로 0.95% 감소하였지만 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05). 좌우 체중분배율 편차에 대한 중재 전·후의 차이를 연구군과 대조군 간의 비교 분석을 시행한 결과 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(Table 2).

2) 마비쪽 발꿈치 체중분배율

마비쪽 발꿈치 체중분배율은 연구군이 중재 전 42.86%에서 중재 후 54.07%로 11.21% 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.01). 대조군은 중재 전 46.72%에서 중재 후 48.42%로 1.7% 증가하였지만 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05). 마비쪽 발꿈치 체중분배율 변화에 대한 중재 전·후의 차이를 연구군과 대조군 간의 비교 분석을 시행한 결과 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(Table 2).

4. 균형능력의 변화

1) 안정성한계(Limits of stability)

안정성한계는 연구군에서 중재 전 전체면적 값이 30.33cm^{2}에서 중재 후 39.87cm^{2}로 9.54cm^2 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.001). 대조군은 중재 전 42.33cm^{2}에서 중재 후 45.39cm^{2}로 3.06cm^{2}이 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05). 안정성한계의 중재 전·후의 차이를 연구군과 대조군 간의 비교 분석을 시행한 결과 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(Table 3).

2) 기능적팔뻗기검사(Functional reach test)

기능적팔뻗기검사는 연구군에서 중재 전 16.35cm에서 중재 후 22.77cm로 6.42cm 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.001). 대조군은 중재 전 18.14cm에서 중재 후 19.24cm로 1.1cm가 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05). 기능적팔뻗기검사의 중재 전·후의 차이를 연구군과 대조군 간의 비교 분석을 시행한 결과 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.01)(Table 3).

3) 버그균형척도(Berg balance scale)

버그균형척도는 연구군에서 중재 전 41점에서 중재 후 45.06점으로 4.06점 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.001). 대조군은 중재 전 42.8점에서 중재 후 43.6점으로 0.8점 증가하였지만 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05). 버그균형척도의 중재 전·후의 차이를 연구군과 대조군 간의 비교 분석을 시행한 결과 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.01)(Table 3).

4. 보행능력의 변화

1) 보행속도(Gait velocity)

보행속도는 연구군에서 중재 전 0.23m/s에서 중재 후 0.3m/s로 0.07m/s 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05). 대조군은 중재 전 0.26m/s에서 중재 후 0.29m/s로 0.03m/s 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.01). 보행속도에 대한 중재 전·후의 차이를 연구군과 대조군 간의 비교 분석을 시행한 결과 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05)(Table 4).

Table 3. Comparison of Balance within & between groups (N=31)

Variables		Study Group (n=16)	Control Group (n=15)	t	p
LOS (cm^2)	Pre	30.33±17.54[a]	42.33±20.02	2.556[c]	.016
	Post	39.87±22.04	45.39±21.45		
	t	4.851[b]	1.959		
	p	.000	.070		
FRT (cm)	Pre	16.35±6.01	18.14±7.05	3.106	.004
	Post	22.77±6.60	19.24±5.19		
	t	4.855	1.030		
	p	.000	.320		
BBS (score)	Pre	41.00±9.75	42.8±9.02	3.036	.005
	Post	45.06±8.41	43.6±8.05		
	t	4.531	1.423		
	p	.000	.177		

Note. LOS: Limits of stability, FRT: Functional reach test, BBS: Berg balance scale.
[a]mean±standard deviation, [b]paired t-test, [c]independent t-test.

Table 4. Comparison of Gait within & between groups (N=31)

Variables		Study Group (n=16)	Control Group (n=15)	*t*	*p*
Gait velocity (m/s)	Pre	0.23±0.19[a]	0.26±0.16	.988[c]	.331
	Post	0.30±0.25	0.29±0.20		
	t	2.280[b]	3.154		
	p	.038	.007		
Step length (cm)	Pre	22.18±09.93	23.66±7.97	1.153	.258
	Post	25.24±10.86	25.11±8.94		
	t	2.507	2.340		
	p	.024	.035		
Cadence (steps/min)	Pre	55.99±21.13	60.68±20.38	.676	.505
	Post	66.65±28.07	74.85±27.87		
	t	2.988	3.724		
	p	.009	.002		
GRF (%BW)	Pre	459.91±106.66	530.95±112.53	2.659	.013
	Post	563.71±097.36	580.76±121.17		
	t	6.630	3.932		
	p	.000	.002		

Note. GRF: Ground reaction force.
[a]mean±standard deviation, [b]paired t-test, [c]independent t-test.

2) 한발짝길이(Step length)

한발짝길이는 연구군에서 중재 전 22.18cm에서 중재 후 25.24cm로 3.06cm 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05). 대조군은 중재 전 23.66cm에서 중재 후 25.11cm로 1.45cm 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05). 한발짝길이에 대해 중재 전·후의 차이를 연구군과 대조군 간의 비교 분석을 시행한 결과 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05)(Table 4).

3) 한발짝률(Cadence)

한발짝률은 연구군에서 중재 전 55.99steps/min에서 중재 후 66.65steps/min으로 10.66steps/min이 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.01). 대조군은 중재 전 60.68steps/min에서 중재 후 74.85steps/min으로 14.18steps/min이 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.01). 한발짝률 변화에서 중재 전·후 차이를 연구군과 대조군 간의 비교 분석을 시행한 결과 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05)(Table 4).

4) 지면반발력(Ground reaction force)

지면반발력은 연구군에서 중재 전 459.91%BW에서 중재 후 563.71%BW로 103.8BW% 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.001). 대조군은 중재 전 530.95%BW에서 중재 후 580.76%BW로 49.81%BW 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.01). 지면반발력의 중재 전·후 차이를 연구군과 대조군 간의 비교 분석을 시행한 결과 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05)(Table 4).

Ⅳ. 고 찰

발목관절은 선 자세나 보행에서 균형을 유지하는 중요한 역할을 한다.[31] 대부분의 편마비 환자는 마비쪽 종아리근의 불충분한 길이로 발목관절의 발등굽힘이 제한되어 비대칭적인 자세, 균형능력 감소 등의 이유로 비대칭적인 걸음걸이가 나타난다.[2] 또한 마비쪽 디딤기에서 발등굽힘이 제한되어 후기디딤기가 대부분 소실된다.[9] 따라서 편마비 환자의 마비쪽 발목관절의 관절가동범위 증진, 근력강화 및 고유수용성감각의 회복은 편마비 환자의 균형과 보행능력 향상에 중요한 요소이다.[32] Kim 등[13]은 편마비 환자에게 발바닥굽힘근 편심활성훈련을 적용한 연구군에서 발목관절의 발등굽힘 관절가동범위가 증가하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.01). An 등[12]은 목말종아리관절 가동성훈련을 적용한 연구군에서 발목관절 발등굽힘의 범위가 증가하여 집단 내(p<.01), 집단 간(p<.05) 유의한 차이가 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 뒤로걷기훈련을 적용한 연구군의 발목관절가동범위가 5.66° 증가하였고,

집단 내(p<.001), 집단 간(p<.01)에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 따라서 본 연구의 뒤로걷기훈련은 편마비 환자의 마비쪽 발목관절가동범위 회복에 효과적인 중재방법이라 생각한다.

마비쪽 종아리근의 불충분한 길이는 발등굽힘을 제한하여 발의 압력중심을 앞뒤로 이동시키기 어려워서 보행개시의 문제를 야기한다.[33] 따라서 편마비 환자의 마비쪽 체중지지의 회복은 신체 대칭성을 회복하여 자세조절능력을 증진시키고 보상작용을 감소시켜서 균형과 보행능력 회복에 영향을 미친다.[34,35] 본 연구에서 뒤로걷기훈련을 실시한 연구군은 중재 후 좌우 체중분배율 편차가 15.07% 감소하였고, 마비쪽 발꿈치 체중분배율이 11.21% 증가하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.01). 뒤로걷기훈련을 통한 반복적인 발목관절의 움직임으로 발목관절가동범위가 증가되고 근력이 향상된 것으로 보인다.[36] 따라서 본 연구의 뒤로걷기훈련은 편마비 환자의 신체 대칭성 회복과 마비쪽 발바닥압력을 앞뒤로 이동시킬 수 있는 능력을 향상시켰다고 생각한다.

Kim 등[37]은 편마비 환자의 발목관절 안정성 향상은 대칭적인 자세의 회복과 균형능력의 증가를 보고하였고, Bae 등[38]은 발목관절 안정성의 향상은 안정성한계의 증가로 이어진다고 보고하였다. 본 연구에서 뒤로걷기훈련을 실시한 연구군에서 안정성한계 면적이 9.54cm² 증가하여 중재 전·후 집단 내(p<.001), 집단 간(p<.05) 유의한 차이가 있었다. 기능적팔뻗기검사는 선 자세에서 팔을 뻗는 동작은 몸통과 다리의 협응능력이 필요하다.[28] Hyun 등[20]은 편마비 환자에게 뒤로걷기훈련을 실시하였을 때 기능적팔뻗기검사의 유의한 향상을 보고하였다. 본 연구의 결과에서도 뒤로걷기훈련을 실시한 연구군에서 기능적팔뻗기검사가 6.42cm 증가하여 중재 전·후 집단 내(p<.001), 집단 간 유의한 차이가 있었다(p<.01). 버그균형척도는 기능적팔뻗기검사와 밀접한 상관관계에 있으며,[39] 종아리근의 활성화와 발목관절가동범위의 증가는 균형능력에 영향을 미친다고 하였다.[13] 본 연구에서도 뒤로걷기훈련을 실시한 연구군에서 버그균형척도가 4.06점 상승하여 중재 전·후 집단 내(p<.001), 집단 간(p<.01) 유의한 차이가 있었다.

편마비 환자의 발목관절가동범위 회복은 균형능력의 향상과 보다 효율적인 보행을 기대할 수 있으며,[40] 발목관절의 안정성을 바탕으로 발의 압력중심을 앞뒤로 이동시키는 능력의 향상은 자세조절능력을 향상시킨다.[34] 본 연구에서 연구군에게 적용한 뒤로걷기훈련이 마비쪽 종아리근의 활성화, 발목관절가동범위, 발바닥압력 조절능력 향상되어 균형능력에서 유의한 차이가 나타났다고 생각한다.

편마비 환자의 보행속도는 기능적인 능력을 평가할 수 있는 유용한 정보이며,[35,41] 보행속도를 향상시키기 위해서 한발짝길이나 한발짝률의 증가가 필요하다.[42] 본 연구에서 실시한 뒤로걷기훈련이 연구군의 보행속도(p<.05), 한발짝길이(p<.05), 한발짝률(p<.01)을 0.07m/s, 3.06cm, 10.66steps/min 증가시켜서 통계적으로 유의한 차이가 있었지만, 대조군과의 비교에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05). 지면반발력은 걷는 동안 다리에 외적인 토크를 발생시켜서 효율적인 보행을 가능하게 하며,[43] 오른쪽과 왼쪽의 지면반발력 비교는 보행에서 신체의 대칭성을 확인할 수 있는 좋은 평가지표이다.[44] 편마비 환자의 선 자세에서 대칭성과 보행 시 지면반발력은 밀접한 상관관계에 있으며, 선 자세에서 대칭성 회복은 보행개시에서 발바닥압력을 뒤쪽으로 이동시켜서 앞쪽으로 추진력 얻기 위한 중요한 과제이다.[35,45,46] 본 연구에서 실시한 뒤로걷기훈련이 연구군의 대칭적인 선 자세의 회복과 마비쪽 발의 압력중심 이동능력의 향상으로 지면반발력이 중재 전·후 집단 내(p<.001), 집단 간(p<.05) 유의한 차이가 나타난 것으로 생각된다.

본 연구의 10미터보행검사에서 연구군과 대조군 모두 집단 내에서 통계적으로 유의한 차이가 있었으나(p<.05), 집단 간의 비교에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다(p>.05). 하지만 연구군은 대조군과 비교하여 보행속도, 한발짝길이는 18.5%, 7.67% 더 증가하였으며, 지면반발력의 집단 간 비교에서 유의한 차이가 있었다(p<.05). 편마비 환자는 마비쪽 디딤기가 불안정한 이유로 보행속도가 증가할 수 있으며,[39] 보조기를 사용하는 편마비 환자는 상대적으로 비효율적인 자세조절능력이 나타나지만 보행속도는 향상될 수 있다.[47] 편마비 환자에게 보행속도 향상만을 위한 보행은 마비쪽 팔과 다리에 경직을 유발할 수 있어서 편마비 환자는 안정적이고 대칭적인 보행을 선호하는 경향이 있다.[48] 본 연구의 뒤로걷기훈련을 실시한 연구군은 발목관절가동범위, 발바닥압력, 균형능력과 지면반발력에서 집단 내, 집단 간의 유의한 차이가 있었기 때문에 연구군에서 보행이 대조군의 보행보다 더 대칭적이고 안정적인 보행이 나타났다고 생각한다.

위와 같은 결과에서 중재 전·후 편마비 환자의 마비쪽 발목관절가동범위와 조절능력 향상, 균형과 보행능력의 향상이 나타났다. 따라서 뒤로걷기훈련은 편마비 환자의 균형과 보행능력 회복에 효과적인 중재방법이라는 것을 확인하였다. 따라서 향후 연구에서는 더 많은 대상자와 연구기간을 통해서 연구의 결과를 일반화할 수 있고, 평가방법을 개선하여 질적으로 향상된 연구가 필요할 것으로 보인다. 본 연구를 통해서 뒤로걷기훈련의 다양한 연구와 보다 효과적인 중재방법이 제시되기를 기대한다.

References

1. Williams S, Whatman C, Hume PA, et al. Kinesio taping

in treatment and prevention of sports injuries. Sports Medicine. 2012;42(2):153-64.
2. 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.
3. Dickstein R, Dvir Z, Ben Jehosua E, et al. Automatic and voluntary lateral weight shifts in rehabilitation of hemiparetic patients. Clinical Rrehabilitation. 1994;8(2): 91-9.
4. Runge CF, Shupert CL, Horak FB, et al. Ankle and hip postural strategies defined by joint torques. Gait & Posture. 1999;10(2):161-70.
5. Le Mouel C, Brette R. Mobility as the purpose of postural control. Frontiers in Computational Neuroscience. 2017;11:67.
6. Perry J, Burnfield JM. Gait analysis. Normal and pathological function 2nd ed. California: Slack. 2010
7. Sahrmann SA. Movement system syndrome of the Foot and Ankle. Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines. 1ª ed. St Lois: Missouri: Mosby Elsevier. 2011;439-80.
8. Burns J, Crosbie J. Weight bearing ankle dorsiflexion range of motion in idiopathic pes cavus compared to normal and pes planus feet. The Foot. 2005;15(2):91-4.
9. Sannbia KP, Ellis AL, Ko M. Gait deviation associated with absent terminal stance phase in people with stroke. Journal of Korean Society for Neurotherapy. 2020;24(1): 1-9.
10. 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.
11. Lynch EA, Hillier SL, Stiller K, et al. Sensory retraining of the lower limb after acute stroke: a randomized controlled pilot trial. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2007;88(9):1101-7.
12. An CM, Jo SO. Effects of talocrural mobilization with movement on ankle strength, mobility, and weight-bearing ability in hemiplegic patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases. 2017;26(1):169-76.
13. Kim DW, Kim JH, Kim JH. Effects of eccentric activation training of plantar flexors for the patients with stroke. Journal of Korean Society for Neurotherapy. 2020;24(1): 33-9.
14. Alfredson H, Pietilä T, Jonsson, P, et al. Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. The American Journal of Sports Medicine. 1998;26(3):360-6.
15. Laroche D, Joussain C, Espagnac C, et al. Is it possible to individualize intensity of eccentric cycling exercise from perceived exertion on concentric test? Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2013;94(8):1621-7.
16. 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.
17. Thomas MA, Fast A. One step forward and two steps back: the dangers of walking backwards in therapy. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. 2000;79(5);459-61.
18. Park HK, Park J. Effect of 2 Weeks Backward Walking Exercise on Cervical Angle and Gait Parameters in College Students with Forward Head Posture. Journal of the Korean Society of Integrative Medicine. 2021;9(3): 135-44.
19. Oh YS, Woo YK. The effects of backward walking training with inclined treadmill on the gait in chronic stroke patients. Physical Therapy Korea. 2016;23(3) :1-10.
20. Hyun DS, Choi JD. The effects of backward walking with rhythmic auditory stimulation on gait and balance in patients with stroke. Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society. 2013;14(12):6237-45.
21. Moon YY, Bae YS. Backward walking observational training improves gait ability in patients with chronic stroke: randomised controlled pilot study. International Journal of Rehabilitation Research. 2019;42(3):217-22.
22. DeMark L, Fox EJ, Spigel PM, et al. Clinical application of backward walking training to improve walking function, balance, and fall-risk in acute stroke: a case series. Topics in Stroke Rehabilitation. 2019;26(7): 497-502.
23. Jansen K, De Groote F, Massaad F, et al. Similar muscles contribute to horizontal and vertical acceleration of center of mass in forward and backward walking: implications for neural control. Journal of Neurophysiology, 2012;107(12):3385-96.
24. Isakov E, Mizrahi J, Onna I, et al. The control of genu

recurvatum by combining the Swedish knee-cage and an ankle-foot brace. Disability and Rehabilitation. 1992;14(4):187-91.
25. American Academy of Orthopaedic Surgeons. Joint motion: method of measuring and recording. Churchill Livingstone. 1965.
26. Konor MM, Morton S, Eckerson JM, et al. Reliability of three measures of ankle dorsiflexion range of motion. International journal of Sports Physical Therapy. 2012;7(3):279.
27. 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.
28. Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, et al. Functional reach: a new clinical measure of balance. Journal of Gerontology. 1990;45(6):M192-7.
29. Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams 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.
30. Dean CM, Richards CL, Malouin F. Walking speed over 10 metres overestimates locomotor capacity after stroke. Clinical Rehabilitation. 2001;15(4):415-21.
31. 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.
32. Tyson SF, Hanley M, Chillala J, et al. Balance disability after stroke. Physical Therapy. 2006;86(1):30-8.
33. 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.
34. de Haart M, Geurts AC, Huidekoper SC, et al. Recovery of standing balance in postacute stroke patients: a rehabilitation cohort study. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2004;85(6):886-95.
35. Wall JC, Turnbull GI. Gait asymmetries in residual hemiplegia. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 1986;67(8):550-3.
36. Gao F, Ren Y, Roth EJ, et al. Effects of repeated ankle stretching on calf muscle–tendon and ankle biomechanical properties in stroke survivors. Clinical Biomechanics. 2011;26(5):516-22.
37. Kim BH, An KB, 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 for Neurotherapy. 2022;26(2):7-15.
38. Bae YH, Kim HG, Min KS, et al. Effects of lower-leg kinesiology taping on balance ability in stroke patients with foot drop. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine. 2015;e125629.
39. Lee HS, Choi JH. Correlation between BBS, FRT, STI, TUG, MBI, and falling in stroke patients. Journal of Korean Physical Therapy. 2008;20(4):1-6.
40. Cheng JS, Yang YR, Cheng SJ, et al. Effects of combining electric stimulation with active ankle dorsiflexion while standing on a rocker board: a pilot study for subjects with spastic foot after stroke. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2010;91(4):505-12.
41. Perry J, Garrett M, Gronley JK, et al. Classification of walking handicap in the stroke population. Stroke. 1995;26(6):982-9.
42. Murray MP, Kory RC, Clarkson BH, et al. Comparison of free and fast speed walking patterns of normal men. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. 1966;45(1):8-24.
43. Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system-e-book: foundations for rehabilitation. Elsevier Health Sciences. 2016.
44. Giakas G, Baltzopoulos V. Time and frequency domain analysis of ground reaction forces during walking: an investigation of variability and symmetry. Gait & Posture. 1997;5(3):189-197.
45. Brunt D, Vander Linden DW, Behrman AL. The relation between limb loading and control parameters of gait initiation in persons with stroke. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 1995;76(7):627-34.
46. Ko M, Bishop MD, Behrman AL. Effects of limb loading on gait initiation in persons with moderate hemiparesis. Topics in Stroke Rehabilitation. 2011;18(3):258-68.
47. Kim WH. The effects of clinical characteristics of chronic stroke patients on physiological cost index during walking. Physical Therapy Korea. 2006;13(1):32-7.
48. Chang JS, Lee SY, Lee MH, et al. The correlations between gait speed and muscle activation or foot pressure in stroke patients. The Journal of Korean Physical Therapy. 2009;21(3):47-52.