

발목관절 가동술과 결합한 전신진동운동이 뇌졸중 환자의 보행 기능과 균형 능력에 미치는 영향: 무작위 대조 예비연구

손수봉 · 최경욱¹ · 김태우 · 박상영² · 차용준^{3†}

대전대학교 대학원 물리치료학과, ¹연세의료원 세브란스 재활병원 재활1팀, ²위덕대학교 물리치료학과, ³대전대학교 보건의료과학대학 물리치료학과

Effects of the Whole-body Vibration Exercise Combined with Ankle Joint Mobilization on the Gait Function and Balancing Ability in Stroke Patients: A Preliminary Randomized, Controlled Study

Su-Bong Son, PT, BSc · Kyoung-Wook Choi, PT, PhD¹ · Tae-Wu Kim, PT, MS · Sang-Young Park, PT, PhD² · Yong-Jun Cha, PT, PhD^{3†}

Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Daejeon University

¹Dept. of Physical Therapy, Rehabilitation 1 team, Severance Rehabilitation Hospital, Yeonsei University Health System

²Dept. of Physical Therapy, Uiduk University

³Dept. of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Daejeon University

Received: October 16 2022 / Revised: October 17 2022 / Accepted: November 1 2022

© 2022 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study was performed to investigate the effects of the whole-body vibration exercise combined with ankle joint mobilization on the gait and balancing ability in patients with hemiplegic stroke.

METHODS: A total of 19 patients at a rehabilitation hospital who had suffered a hemiplegic stroke were randomly

assigned to the experimental group (whole-body vibration exercise combined with ankle joint mobilization, n=10) or control group (whole-body vibration exercise, n=9). All participants underwent 30 min of comprehensive rehabilitation therapy (5 × /week for 6 weeks). Additionally, the experimental group performed the whole body vibration exercise and ankle joint mobilization (15 minutes each, 30 minutes total, 3 × /week for 6 weeks). In the control group, only the whole-body vibration exercise was performed in the same manner and not the ankle joint mobilization. The gait and balancing abilities were measured before and after the 6-week training.

RESULTS: Significant improvements were observed in the 10-m walk test, timed up-and-go (TUG) test, center of

†Corresponding Author : Yong-Jun Cha
cha0874@dju.kr, <http://orcid.org/0000-0002-8553-7098>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

pressure (COP) path length, and COP path velocity in the experimental group ($p < .05$). The experimental group showed a larger decrease in the COP path length and velocity than the control group (COP path length, -10.27 mm vs. -3.67 mm, $p < .05$; COP path velocity, $-.33$ cm/sec vs. $-.13$ cm/sec, $p < .05$, respectively).

CONCLUSION: The whole-body vibration exercise combined with ankle joint mobilization could be effective in improving the gait and balancing ability of stroke patients and could also be more effective for improving the static balance ability than the general whole-body vibration exercise alone.

Key Words: Ankle joint, Balance, Gait, Mobilization, Stroke

I. 서론

뇌졸중은 뇌혈관의 막힘이나 터짐으로 인하여 뇌세포의 영구적 손상과 운동 기능 장애, 감각 장애 등으로 독립적인 일상생활 수행에 제한을 초래한다[1]. 특히, 뇌졸중 환자의 보행 속도 감소와 마비측과 비마비측간의 비대칭적인 보행 양상, 지구력 감소는 환자의 독립성 감소에 결정적인 영향을 미친다[2,3].

발목관절은 정적 선 자세에서는 체중을 지지하고, 충격을 흡수하며, 무게중심 이동에 반응하여 지지면에 대한 자세 조절을 유지하는 데 중요한 역할을 한다[4]. 뇌졸중으로 인한 다리 마비는 발목관절 주변의 결합조직과 관절낭의 구조적 변화를 일으켜 발목관절의 수동적, 능동적인 움직임을 제한하며, 특히 발목관절 발등 굽힘 범위는 발바닥굽힘근의 경직에 의해 현저히 감소한다[5]. 발목관절의 움직임 제한은 마비측과 비마비측 다리간 체중 지지력의 불균형과 보장의 차이를 초래하여 보행 속도 감소와 균형 능력을 저하시키는 주요 요인이 된다[6]. 이를 해결하기 위한 중재로 발목관절가동술을 수행하고 있다. 특히, 발목 관절에서의 능동적 움직임을 동반한 발목관절가동술은 뇌졸중 환자의 발목관절 가동범위 증가와 무릎굽힘, 무릎굽힘근, 발바닥굽

힘근의 근력 향상에 효과적인 것으로 보고되고 있다[7].

전신진동운동은 뇌졸중 환자의 기능 회복을 위하여 몸감각 자극에 초점을 둔 중재 방법 중 하나이다[8]. 전신진동운동은 엉덩관절과 허리엉치관절 주위를 회전 할 수 있는 측면에서의 반복 진동을 사용하기 때문에, 목발발관절에서의 가쪽번짐 제어가 필요하다[9]. 전신진동운동의 주요 효과는 알파운동신경의 출력을 강하게 유발하여 강력한 근수축을 유도하는데 있다[10,11] 전신진동운동은 뇌졸중 환자의 자세 동요 감소[8], 보행 속도 및 보폭 증가[12], 발목관절 경직 감소에 효과적이기 때문에 뇌졸중 환자의 기능 개선을 위한 중재 방법으로서 최근에 많이 실시하고 있는 중재 방법이다[13].

지금까지의 뇌졸중 환자를 대상으로 전신진동운동의 효과를 파악한 연구들은 전신진동운동의 단독 효과를 규명한 연구들이 대다수를 이루고 있다[8,11,14]. 또한, 전신진동운동으로 인한 중재 효과를 증대하기 위해서는 발목관절의 가동성 확보가 중요한데도 불구하고, 이를 보완할 수 있는 중재 방법에 대한 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 전신진동운동과 결합한 마비측 발목관절가동술이 뇌졸중 환자의 보행 기능 및 균형 능력에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 실시하였다. 본 연구에서는 마비측 발목관절가동술을 결합한 전신진동운동은 뇌졸중 환자의 보행 기능 및 균형 능력 개선에 효과적일 것이며, 전신진동운동만을 실시한 경우보다 뇌졸중 환자의 기능 개선에 더 효과적일 것이라고 가설을 설정하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 예비실험 연구로서, 대전광역시 소재 다빈치병원에 뇌경색이나 뇌출혈로 인한 뇌졸중으로 편마비 진단을 받고 입원 치료 중인 성인 뇌졸중 환자를 대상으로 실시하였다.

대상자 선정조건은 다음과 같다.

1) 뇌졸중이 발병한지 3개월 이상이 경과한 자

- 2) MMSE-K (한국형 간이정신상태검사)가 24점 이상인 자[15]
- 3) 30초 동안 지지 없이 서 있기가 가능한 자
- 4) 지팡이를 사용하거나 지팡이의 사용 없이 10 m 이상의 독립 보행이 가능한 자[15]

대상자 제외조건은 다음과 같다.

- 1) 발목관절을 포함한 다리의 골절, 관절불안정성이 심해 관절가동술이 금기 되어있는 자[7]
- 2) 편측 무시가 있고, mobilization with movement (MWM) 자세를 취하기 어려운 자[7]
- 3) 등속성 운동 장비와 기타 운동 장비를 사용하여 하지 근력강화 운동을 실시 중에 있는 자
- 4) Modified Ashworth Scale(근긴장도 측정 지수) > 2 이상으로 관절가동술을 적용하기 어려운 자 [7,15]
- 5) 전신진동감각에 대하여 감각 과민이 있는 자

다빈치병원에서 물리치료 중에 있는 89명의 환자를 대상으로 대상자의 선정 조건 및 제외 조건을 적용하여 최종적으로 선정된 환자는 19명이었다. 최종 선정된 19명은 무작위 배정 사이트(<https://www.randomizer.org>)의 무작위 배정 프로그램을 사용하여, 실험군 10명과 대조군 9명으로 배분하였다. 두 군은 근력강화운동, 스트레칭, 일어나 앉기, 일어서기, 보행 훈련 등으로 구성된 일반적인 신경계물리치료를 주 5회 30분간 6주 동안 실시하였다. 추가적으로, 실험군은 발목관절가동술 15분과 전신진동운동 15분을 결합한 중재를 주 3회, 총 6주 동안 실시하였다. 대조군은 15분 동안의 전신진동운동만을 주 3회, 총 6주 동안 추가적으로 실시하였다. 두 군 모두 6주간의 중재 전, 후의 보행 기능과 균형 능력을 측정하였다. 보행 기능 측정을 위해 10 m 보행 검사(10MWT)를 실시하였고, 균형 능력의 측정을 위해 일어나 걷기 검사(timed up and go test, TUG test)와 발바닥 압력 중심(center of pressure)의 이동 거리 및 이동 속도를 측정하였다. 본 연구에 참여한 모든 대상자들은 중재 전 본 연구의 목적에 대하여 충분한 설명을 들었고, 자발적으로 서면에 동의하였고, 연구에 적극적으로 참여하였다. 본 연구는 대전대학교 기관생명윤리위원

회의 승인을 받은 후에 연구를 진행하였다(1040647-202112-HR-006-02).

2. 중재 방법

1) 발목관절가동술

실험군에 배정된 대상자들에게 적용한 발목관절가동술은 15분간 적용하였다. 발목관절가동술은 전신진동운동 시행 전에 실시하였다. 모든 대상자는 선 자세에서 마비측 하지를 높이 30 cm의 원목으로 만들어진 의자에 위치하도록 한 후 능동적으로 무릎을 굽혀 체중을 마비측 하지로 이동시키도록 하였다. 치료사는 대상자에게 발등을 굽힘 하도록 지시하였고, 동시에 대상자의 목발뼈를 고정된 후 치료용 벨트를 먼쪽경강뼈 부위에 걸치고 뒤에서 앞으로 활주 시켰다. 관절 가동성 향상을 위해 활주는 관절 가동범위의 중간범위에서 시작하여 끝 범위까지 가장 큰 진폭으로 3단계(grade III)의 강도를 적용하였다(Maitland, 1991). 발목관절가동술을 수행하는 동안 대상자의 비마비측에 높이 1 m의 지지대를 배치하여 대상자가 안정적으로 동작을 수행할 수 있도록 하였다. 발목관절가동술의 적용은 대상자가 전방으로 체중을 이동하여 10초 동안 유지하도록 한 후, 시작 자세로 돌아가서 5초 동안 휴식을 취하는 것을 1회로, 10회 반복을 한 세트로 적용하여, 총 6세트를 반복적으로 실시하였다[16](Fig. 1)



Fig. 1. Paralyzed ankle joint mobilization based on the active movement of the stroke patient.

2) 전신진동운동

실험군과 대조군 모두에게 실시한 전신진동운동은 15분 동안 실시하였다. 전신진동운동을 수행하는 동안 대상자들은 앞에 있는 지지대를 가볍게 잡고 3 mm 진폭의 축에 발을 평행하게 놓도록 하였다. 전신진동은 45초 동안 최대 주파수 30 Hz로 자극하는 것을 1세트로, 총 6세트를 실시하였다. 각 세트 사이에는 1분간의 휴식을 취하도록 하였다. 전신진동운동은 총 6주 동안 3개의 세션으로 나누어 1개의 세션 당 2가지의 동작, 총 6가지 동작으로 구성하여 실시하였다[12,17]. Weight Bearing (ant-post/right-left), Semi-Squat (45°), Deep-Squat (90°), Forward lunge, Calf Raise 6가지 운동으로 구성하였다. 초기 1-2주차는 적응기간으로 Weight Bearing (ant-post/right-left)을 실시하였고, 3-4주차는 Squat (Semi 45°/Deep 90°), 5-6주차는 Forward lunge, Calf Raise를 실시하였다. 전신진동 주파수는 20 Hz에서 30 Hz로 2주마다 5 Hz씩 점진적으로 증가시켰고[17], 각 동작은 임상경력 3년 이상의 숙련된 물리치료사의 감독과 구두지시에 의해 실시하였다. 물리치료사는 대상자에게 양쪽 다리에 체중지지를 고르게 분배할 수 있도록 하였고, 운동이 진행되는 동안 필요한 경우에는 무릎 관절이나 엉덩관절을 교정하여 적절한 자세에서 전신진동 운동이 일어날 수 있도록 하였다(Fig. 2).

3. 측정 방법

1) 보행 기능 검사

보행 기능 검사를 위해서 본 연구에서는 10 m 보행

검사(10-meter walking test, 10 MWT)를 실시하였다. 10 MWT는 보행 속도를 측정하기 위하여 14 m의 거리를 바닥에 테이프로 표시한 다음 처음 2 m 지점과 끝 2 m 지점을 테이프로 표시한 뒤 대상자에게 최대한의 빠른 속도로 걷도록 지시하여 처음과 끝 지점의 2 m를 제외한 중간의 10 m 지점에서의 시간을 디지털 초시계로 측정하는 방법이다. 본 연구에서는 3회 반복 측정하여 그 평균 값을 구하였다. 10 MWT는 뇌졸중 환자를 대상으로 신뢰도($r = .89 \sim 1.00$)가 높은 보행 기능 측정 도구이다[18].

2) 일어나 걸어가기 검사

동적 균형 능력을 측정하기 일어나 걸어가기(timed up and go, TUG) 검사를 실시하였다. 측정 방법은 46 cm 높이의 팔걸이가 있는 의자에 앉은 자세에서 피험자는 출발 신호와 함께 일어나 의자 전방에 표시된 3 m 지점의 반환점을 되돌아와 의자에 다시 앉는 때까지 소요되는 시간을 측정한다. TUG 검사는 뇌졸중 환자를 대상으로 검사자간 신뢰도가 $r = .98$, 검사자내 신뢰도는 $r = .99$ 로 높은 신뢰도를 보이고 있는 측정 도구이다[19]. 본 연구에서는 3회 반복 측정하여 그 평균 값을 구하였다.

3) 발바닥 압력중심점의 이동 거리 및 이동 속도

정적 균형 능력을 측정하기 위해 본 연구에서는 발바닥 압력 중심점의 이동 거리와 이동 속도를 측정하였다. 정적 서기 자세 유지 시의 발바닥 압력중심점의 이동 거리 및 이동 속도를 측정하기 위해 Wii balance

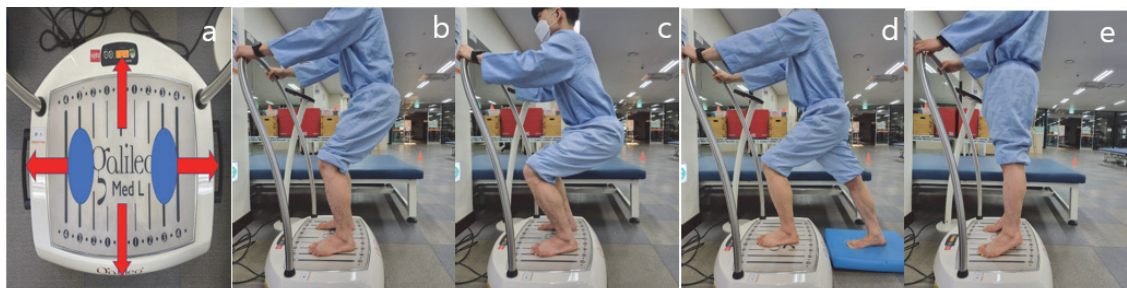


Fig. 2. Whole body vibration exercise applied to stroke patients. a, weight-bearing (ant-post/right-left); b, semi-squat (45°); c, deep-squat (90°); d, forward lunge; e, calf raise

board (Nintendo, Kyoto, Japan)와 발란시아 프로그램 (Balancia software ver. 2.0, Mintosys, Seoul, Korea)을 사용하였다. WBB (Wii balance board)는 4개의 모서리에 위치한 로드 셀을 통해 환자의 신체압력중심정보가 연속적으로 수집되고, 블루투스 기능으로 연결되어 컴퓨터로 정보가 송출된다. 송출된 정보는 발란시아 프로그램에서 자동적으로 압력중심점의 이동 거리 및 이동 속도를 산출한다. 이 검사도구는 측정자내 신뢰도는 $r = .92 - .98$ [20], 측정자간 신뢰도는 $r = .79 - .96$, 타당도는 $r = .85 - .96$ 로 높은 수준이다[21]. 본 연구에서는 발바닥 압력 중심점의 이동 거리와 이동 속도를 각 3회 반복 측정하여 그 평균 값을 구하였다.

4. 자료 분석

본 연구를 통해 수집된 모든 자료의 통계처리는 윈도우용 SPSS version 25.0 통계 프로그램(IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 통계처리 하였다. 샤피로 윌크(Shapiro-Wilk) 검정을 통해 모든 자료에 대한 정규성 검정을 실시하였고, 대상자의 일반적 특성은 기술 통계를 사용하여 분석하였다. 실험군과 대조군간 일반적 특성은 정규성을 만족할 경우 독립표본 t 검정과 카이스퀘어 검정을 통해 비교하였다. 각 군내 6주간의 중재 전과 후의 보행 기능과 균형 능력을 비교하기 위해 비교하기 위해 윌콕슨 부호-순위 검정(Wilcoxon

signed-rank test)을 실시하였으며, 군간 중재 전과 후의 변화량을 비교하기 위해 만-휘트니 U 검정(Mann-Whitney U test)을 실시하였다. 모든 통계학적 유의 수준은 .05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

실험군과 대조군의 두 군간 연구대상자의 일반적인 특성을 비교한 결과는 Table 1과 같다. 두 군간 성별, 나이, 신장, 체중, 유병 기간, 뇌졸중 유형, 마비 부위에서는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p > .05$).

2. 두 군간 중재 전·후의 보행 기능 비교

실험군과 대조군 간의 중재 전과 후의 보행 기능 비교 결과는 Table 2와 같다. 두 군 모두 중재 전에 비하여 중재 후의 10 MWT 결과는 통계적으로 유의한 감소가 있었다($p < .05$). 실험군은 중재 전에 비해 3.31초 감소하였고, 대조군은 2.89초 감소하였다. 두 군간 변화량 비교에서는 유의한 차이는 없었다($p > .05$).

3. 두 군간 동적 균형 능력 비교

실험군과 대조군 간의 중재 전과 후의 동적 균형

Table 1. Demographic characteristics of the participants at the baseline

Demographic features	Experimental group (n = 10)	Control group (n = 9)	χ^2/t	p
Gender (male/female)	3/7	7/2	4.337	.070
Age (years)	54.10 (15.08)	58.77 (15.82)	-.659	.765
Height (cm)	164.40 (5.44)	167.55 (5.81)	-1.222	.927
Weight (kg)	59.82 (5.07)	62.83 (5.14)	-1.283	.664
Paretic side (right/left)	6/4	4/5	.460	.656
Onset duration (days)	138.40 (22.39)	152.00 (9.35)	-1.690	.209
MMSE-K	29.80 (2.44)	29.22 (3.52)	.419	.416

Values are expressed frequency or mean \pm standard deviation (SD).

Experimental group, whole-body vibration exercise combined with ankle joint mobilization; control group, whole-body vibration exercise group.

MMSE-K, mini mental status examination-Korea.

Table 2. Changes between pre and post intervention in gait function and static balance ability among two groups

		Experimental group (n = 10)	Control group (n = 9)	Z
10 MWT (sec)	Pre	15.27 ± 4.22	23.33 ± 9.19	-1.878
	Post	11.95 ± 2.69	20.43 ± 7.74	-2.613 [†]
	Z	-2.803*	-2.666*	
	△(post-pre)	3.31 ± 3.87	2.89 ± 3.49	-.408
TUG (sec)	Pre	17.91 ± 4.37	21.91 ± 7.34	-1.306
	Post	13.16 ± 4.75	18.37 ± 8.21	-1.715
	Z	-2.803*	-2.547*	
	△(post-pre)	4.74 ± 1.87	3.53 ± 2.46	-1.225
COP path length (mm)	Pre	82.24 ± 6.31	78.63 ± 8.53	-.980
	Post	71.97 ± 7.76	74.95 ± 10.72	-.980
	Z	-2.803*	-1.599	
	△(post-pre)	10.27 ± 2.76	3.67 ± 6.28	-2.449 [†]
COP path velocity (cm / sec)	Pre	2.70 ± .24	2.60 ± .29	-.816
	Post	2.36 ± .28	2.46 ± .31	-1.143
	Z	-2.803*	-1.481	
	△(post-pre)	.33 ± .09	.13 ± .20	-2.123 [†]

Values are expressed as mean ± standard deviation (SD).

Experimental group, whole-body vibration exercise combined with ankle joint mobilization; control group, whole-body vibration exercise group; 10 MWT, 10 m walk test; TUG, timed up and go test; COP, center of pressure.

*Significant difference ($p < .05$) from pre.

[†]Significant difference ($p < .05$) between the experimental group and control group.

능력을 비교하기 위한 TUG 검사 결과는 Table 2와 같다. 두 군 모두 중재 전에 비하여 중재 후의 TUG 검사 결과는 통계적으로 유의한 감소가 있었다($p < .05$). 실험군은 중재 전에 비해 4.74초 감소하였고, 대조군은 3.53초 감소하였다. 두 군간 변화량 비교에서는 유의한 차이는 없었다($p > .05$).

4. 두 군간 정적 균형 능력 비교

실험군과 대조군 간의 중재 전과 후의 정적 균형 능력을 비교하기 위해 실시한 발바닥 압력중심점(center of pressure, COP)의 이동 거리 및 이동 속도를 비교한 결과는 Table 2와 같다. 실험군은 중재 전에 비하여 중재 후의 압력 중심점의 이동거리는 10.27 mm 유의하게 감소하였고, 압력 중심점의 이동 속도는 .33 cm/s

유의한 감소가 있었다($p < .05$). 두 군간 중재 전과 중재 후의 변화량에서는 유의한 차이가 있었으며, 실험군이 대조군보다 더 유의한 감소가 있었다($p < .05$).

IV. 고찰

본 연구는 뇌졸중 환자들을 대상으로 발목관절가동술을 결합한 전신진동운동과 발목관절 가동술의 적용 없이 실시한 일반적 전신진동운동의 중재 효과를 비교하여 뇌졸중 환자의 보행 기능과 균형 능력 개선에 더 효과적인 중재 방법을 알아보기 위하여 실시하였다. 그 결과, 발목관절가동술과 결합한 전신진동운동은 뇌졸중 환자의 보행 속도 및 동적 및 정적 균형 능력이

중재 전에 비해 유의하게 향상되었고, 전신진동만 실시한 경우보다 정적 균형 능력 향상에 더 효과적이었다. 이와 같은 결과는 본 연구의 가설과 일부 일치하고 있다. Vicenzino 등은 발목관절의 능동적 움직임에 기초한 발목관절 가동술은 뇌졸중 환자의 마비측 목발뼈를 중심으로 한 정강뼈의 앞뒤 활주를 증가시켜 발목관절 발등 굽힘 각도를 26% 개선시켰다고 하였다[22]. 또한, An과 Won은 발목관절 능동적 움직임을 동반한 발목관절 가동술은 무릎뼈근의 최대 토크 값을 20.7% 증가시켰고, 발목관절 발등굽힘 각도를 4.7° 증가시켰으며, 보행 속도를 0.08 m/sec 증가시켰다고 하였다[6]. 본 연구에서도 발목관절 가동술을 적용할 때 대상으로 하여금 능동적 움직임에 기초하여 가동술을 적용하였다. 따라서, 본 연구에서 적용한 발목관절가동술은 뇌졸중 환자의 발등굽힘 가동범위에 영향을 미쳤을 것이고, 변형된 발등 굽힘 가동범위가 진동판으로부터 전달되는 진동을 체내에 더욱 효과적으로 전달하였기 때문에, 결과적으로 발목가동술을 결합한 전신진동운동이 뇌졸중 환자의 보행 기능 및 균형 능력을 향상시킨 것으로 생각된다.

본 연구에서 발목관절 가동술을 결합한 전신진동운동이 보행 기능에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시한 10 m 보행 검사에서, 발목관절가동술을 결합한 전신진동운동은 뇌졸중 환자의 10 m 보행 검사 시간을 단축시키는데 효과적이었다. 이와 같은 결과는 발목관절 가동술이 중간디딤기 동안의 발목관절 발등굽힘 각도를 증가시켰기 때문이고, 증가된 발등굽힘 각도가 디딤기 동안의 체중지지를 원활하게 하여 비마비측 하지의 보장을 증가시켜 보행 검사 시간이 단축된 것으로 생각된다[21,22]. Lim은 뇌졸중 환자를 대상으로 발목관절가동술을 결합한 이중과제 훈련을 8주 동안 실시하였다. 그 결과, 발목관절가동술을 결합한 이중 과제 훈련은 중재 전에 비해 10 m 보행 검사 시간을 1.6초 단축시켰다고 하였다[23]. 본 연구와 유사함을 보이고 있다. Kim과 Lee는 뇌졸중 환자에게 적용한 발목관절 가동술은 발목관절가동술을 적용하지 않은 위약군보다 보행 속도 향상에 효과적이었고, 발목관절 가동술은 적용 전에 비해 보행 속도를 41.35 cm/s에서 51.72 cm/s 증가시켰

다고 보고하였다[24]. 이 선행 연구 결과 또한 본 연구와 유사함을 보이고 있다.

동적 균형 능력을 측정하기 위해 실시한 일어나 걸어가기 검사에서, 발목관절가동술을 결합한 전신진동운동은 일어나 걸어가기 검사 시간을 유의미하게 감소시켰다. 이와 같은 결과는 발목관절가동술에 의해 증가된 발목관절 가동범위가 뇌졸중 환자의 신체 중심의 이동을 보다 쉽게 만들어 주었기 때문에 동적 균형 능력이 향상된 것으로 판단된다[6]. Lim이 보고한 이중 과제 훈련 시 적용한 발목관절 가동술은 뇌졸중 환자의 일어나 걸어가기 검사시간을 0.8초 유의미하게 단축시켰다고 보고하였다[23]. 본 연구의 결과와 유사하다. Kim과 Lee는 발목관절 가동술을 동반한 체중지지 훈련은 발목관절 가동술을 적용하지 않은 체중지지 훈련보다 뇌졸중 환자의 일어나 걸어가기 검사 시간 단축에 더 효과적이었다고 보고하였다. 발목관절 가동술을 동반한 체중지지 훈련은 중재 전에 비해 5.6초 단축시켰고, 위약군보다 2.1초 더 단축시켰다고 하였다[25]. 이 연구결과는 본 연구 결과와 부분 일치하는 결과이고, 본 연구의 결과를 뒷받침하여 준다.

본 연구에서는 정적 균형 능력을 측정하기 위해 발바닥 압력 중심의 이동 거리 및 이동 속도를 측정하였다. 발목관절 가동술을 결합한 전신진동운동은 발바닥 압력 중심의 이동 거리 및 이동 속도 감소에 효과적이었고, 전신진동운동만 적용한 경우보다 유의미한 감소가 있었다. 전신진동에 의한 자세 조절은 지지면에 접촉하고 있는 몸감각 정보에 의존하고[23], 불안정한 지지면에 의한 외적인 동요는 감각계 및 운동계를 자극시켜 인체의 정위 반응 유지를 위한 자세 유지전략에 도움을 준다고 하였다[24]. 따라서, 본 연구에서 실시한 발목관절 가동술이 전신진동의 효과를 증가시켰기 때문에 정적 균형 능력 또한 향상된 것으로 판단된다. 발목관절 가동술과 결합한 이중과제 훈련은 뇌졸중 환자의 발바닥 압력 중심의 이동 거리 및 이동 속도 감소에 효과적이었고, 이중과제 훈련만 적용한 경우보다 더 유의미한 감소가 있었다고 보고하였다. 이 연구결과는 본 연구의 결과와 일치하고 있다[23]. Kim은 뇌졸중환자를 대상으로 안정성 한계, 근활성도(%RVC)값의 분석을 통하

여 30 Hz를 이용하여 한 전신진동 운동이 10 Hz를 이용한 전신진동운동 그룹에 비해 균형능력 증가와 하지 근활성화에 더욱 효율적임을 증명하였고[25], Silva 등은 뇌졸중 환자에게 점진적인 진동 강도 변화를 적용하여 적응을 방지할 때 보행 기능이 향상된다고 하였다 [26]. 따라서 본 연구에서 적용한 전신진동은 뇌졸중 환자에게 적용하기에 큰 무리가 없으며, 임상적으로 최적화된 진동 적용 방법이 될 수 있을 것으로 본다.

본 연구에서의 제한점으로는 전신진동 운동에 발목 관절 가동술을 결합한 중재의 효과를 알아보기 위한 예비실험 연구로서, 본 연구의 중재를 일반화하여 적용하기에는 제한점이 있다. 한 기관에서 적은 연구 대상을 통해 이루어진 실험이라는 점, 기관에 입원 중이 환자의 특성상 만성기 환자에게 적용하였을 경우에도 본 연구와 동일한 결과를 얻을 수 있을 것인가에 대한 유의성, 중재 효과 유무를 확인하기 위해 실시한 연구이므로 지속적인 중재 효과를 알아보지 못한 점이다. 하지만, 본 연구는 최근 뇌졸중 환자의 기능 개선을 위해 많이 실시되고 있는 전신진동운동의 효과를 증가시키기 위해 실시한 마비측 발목관절 가동술의 효과를 최초로 규명하였다는 점에서는 임상적으로 의미하는 바가 크다고 본다. 추 후 연구에서도 본 연구의 제한점을 보완한 뇌졸중 환자의 전신진동운동의 다양한 운동 프로그램의 효과가 밝혀진다면, 본 연구는 기초 자료로서 활용가치가 높을 것으로 기대한다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자 19명을 대상으로 마비측 발목 관절가동술을 결합한 전신진동운동이 뇌졸중환자의 보행 기능 및 균형 능력에 미치는 영향을 알아보기 위해 예비연구를 실시하였다. 그 결과, 발목관절 가동술을 결합한 전신진동운동은 전신진동운동만 실시한 경우보다 뇌졸중 환자의 정적 균형 능력 개선에 더 효과적이었다. 따라서 마비측 발목관절 관절가동술과 결합한 전신진동운동은 뇌졸중환자의 정적 균형 능력 개선에 더 효과적인 중재방법이 될 수 있을 것으로 본다.

References

- [1] Belgen B, Beninato M, Sullivan PE, et al. The association of balance capacity and falls self-efficacy with history of falling in community-dwelling people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(4):554-61.
- [2] Chen G, Patten C, Kothari DH, et al. Gait deviations associated with post-stroke hemiparesis: improvement during treadmill walking using weight support, speed, support stiffness, and handrail hold. *Gait Posture.* 2005;22(1):57-62.
- [3] Taylor-Piliae RE, Latt LD, Hepworth JT, et al. Predictors of gait velocity among community-dwelling stroke survivors. *Gait Posture.* 2012;35(3):395-9.
- [4] 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. *Neurotherapy.* 2019; 23(2):1-6.
- [5] Kluding PM, Santos M. Effects of ankle joint mobilizations in adults poststroke: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(3):449-56.
- [6] Menz HB, Lord SR, Fitzpatrick RC. Acceleration patterns of the head and pelvis when walking on level and irregular surfaces. *Gait Posture.* 2003;18(1):35-46.
- [7] An CM, Won JI. Effects of ankle joint mobilization with movement on lower extremity muscle strength and spatiotemporal gait parameters in chronic hemiplegic patients. *Physical Therapy Korea.* 2012;19(3):20-30.
- [8] van Nes JJ, Geurts AC, Hendricks HT, et al. Short-term effects of whole-body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: preliminary evidence. *Am J Phys Med Rehabil.* 2004;83(11):867-73.
- [9] Cote KP, Brunet ME, Gansneder BM, et al. Effects of pronated and supinated foot postures on static and Dynamic postural stability. *J Athl Train.* 2005;40(1):41-6.
- [10] Shinohara M. Effects of prolonged vibration on motor unit activity and motor performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(12):2120-5.

- [11] Kim JH. The effects of whole body vibration exercise on balance and lower extremity muscle activity in stroke patients. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2013;25(5):266-72.
- [12] Choi W, Han D, Kim J, et al. Whole-body vibration combined with treadmill training improves walking performance in post-stroke patients: A randomized controlled trial. *Med Sci Monit*. 2017;23:4918-25.
- [13] Chan KS, Liu CW, Chen TW, et al. Effects of a single session of whole body vibration on ankle plantarflexion spasticity and gait performance in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2012;26(12):1087-95.
- [14] Zhang L, Weng C, Liu M, et al. Effect of whole-body vibration exercise on mobility, balance ability and general health status in frail elderly patients: a pilot randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2014;28(1):59-68.
- [15] Kim TW, Cha YJ. Effects of a real-time plantar pressure feedback during gait training on the weight distribution of the paralyzed side and gait function in stroke patients. *J Korean Soc Phys Med*. 2022;17(2):53-62.
- [16] Collins N, Teys P, Vicenzino B. The initial effects of a Mulligan's mobilization with movement technique on dorsiflexion and pain in subacute ankle sprains. *Man Ther*. 2004;9(2):77-82.
- [17] Kim YM, Park JH. The effect of whole-body vibration exercise on balance, muscle strength and falls efficacy in the elderly. *J Korean Soc Phys Med*. 2017;12(4):61-71.
- [18] Salbach NM, Mayo NE, Wood-Dauphinee S, et al. A task-orientated intervention enhances walking distance and speed in the first year post stroke: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2004;18(5):509-19.
- [19] Choi HS, Kim HJ. The effect of Berg balance scale evaluating frequency for dynamic balance and walking speed of patients with stroke. *J Kor Phys Ther Sci*. 2012;19(4):7-15.
- [20] Arab AM, Nourbakhsh MR. The relationship between hip abductor muscle strength and iliotibial band tightness in individuals with low back pain. *Chiropr Osteopat*. 2010;18:1.
- [21] Park DS, Lee DY, Choi SJ. Reliability and validity of the balancia using wii balance board for assessment of balance with stroke patients. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*. 2013;14(6):2767-72.
- [22] Vicenzino B, Branjerdporn M, Teys P, et al. Initial changes in posterior talar glide and dorsiflexion of the ankle after mobilization with movement in individuals with recurrent ankle sprain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2006;36(7):464-71.
- [23] Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control: translating research into clinical practice*. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins. 2007.
- [24] Lee JY, Roh HR. Comparison of balance ability between stable and unstable surfaces for chronic stroke patients. *J Kor Academia-Industrial*. 2011;12(8):3587-93.
- [25] Kim JH. The effects of whole body vibration exercise on balance and lower extremity muscle activity in stroke patients. *J Kor Phys Ther*. 2013;25(5):266-72.
- [26] Silva A, Silva A, Dias M, et al. Whole body vibration training for lower limb motor function among stroke patients. *Int J Ther & Rehabil*. 2014;20(5):260-6.