

Original Article

전신진동운동이 뇌졸중 환자의 다리 근활성도와 보행능력에 미치는 영향

김제호

세한대학교 물리치료학과 교수

Effects of Whole Body Vibration Exercise on Lower Extremity Muscle Activity and Gait Ability in Stroke Patients

Je-ho Kim

Dept. of Physical Therapy, Sehan University

ABSTRACT

Background: The purpose of this study was to determine the effects of whole body vibration (WBV) exercise on lower extremity muscle activity and gait ability in stroke patients.

Methods: For this study, 30 stroke patients participated in this study and they were divided into WBV exercise group and sham-WBV exercise group, each group in which consisted of 15 patients. WBV exercise group and sham-WBV exercise group was performed by the patients for five times a week, for six weeks. sEMG was used to measure lower extremity muscle activity. Changes in the activities of the muscles, such as the vastus lateralis (VL), vastus medialis (VM), bicep femoris (BF), gastrocnemius (GCM) muscle, were analysis. Motion analysis system was used to measure gait ability. Gait ability measured the stride length (SL) and walking velocity (WV).

Results: According to the results of the comparisons between the groups, after intervention, lower extremity muscle activity of VL ($p < .01$), VM ($p < .01$), GCM ($p < .01$). SL, WV was significant between the group ($p < .01$).

Conclusion: This study showed the WBV exercise is effective for improving increase of muscle activity and gait ability in stroke patients.

Key Words:

Stroke, Whole Body Vibration, Lower Extremity Muscle Activity, Gait Ability

교신저자: 김제호

주소: 58447, 전라남도 영암군 삼호읍 녹색로 1113, E-mail: albam20@naver.com

The research was has been conducted by the research grant of Sehan University in 2020.

I. 서론

뇌졸중은 뇌경색 또는 뇌출혈로 인하여 뇌세포에 손상을 유발하고 감각장애, 운동장애, 인지장애 등 다양한 신경학적 문제를 야기시켜 기능적 활동에 제한을 보이고 사회적 참여에 제약을 가져온다(Cooper 등, 2012). 뇌졸중 환자의 주요 증상인 편마비는 근육특성의 변화 및 운동단위 동원률의 감소로 신체 한쪽 근력에 약화를 보인다(Snow 등, 2012).

넙다리내갈래근, 뒤넙다리근, 장딴지근의 근력은 선 자세를 유지하는 동안 정적 및 동적 자세 안정성을 제공하고, 걸음 주기 중 디딤기 동안 발생 되는 충격을 흡수하여 물결조직의 손상을 예방하고 보행능력과 높은 상관관계를 보였다(Barbat-Artigas 등, 2016).

또한, 뇌졸중 환자의 약화된 다리 근력은 마비측 발목의 압력중심을 앞으로 이동시켜 안정성 한계 범위(limited of stability: LOS)를 감소시켜 균형능력의 저하를 유발하였고(Gray 등, 2014), 걸음 주기에서 지면 반발력의 발생을 저하시켜 넙다리내갈래근, 장딴지근, 뒤넙다리근의 근력을 감소시킨다고 하였다(Wonsetler와 Bowden, 2017). 이처럼 다리근력의 약화는 균형 및 보행능력의 감소와 높은 상관관계를 보였다(Mentiplay 등, 2019).

Severinse 등(2011)은 뇌졸중 환자의 균형 및 보행능력의 향상을 위해서는 다리 근력강화와 유산소 능력을 향상시킬 수 있는 중재가 필요하다고 보고하였다. 뇌졸중 후 근력 강화를 위한 중재 방법으로 생체피드백(biofeedback), 기능적전기자극, 점진적 저항운동 등 많은 방법들이 제시되고 있다(Wist 등, 2016). 하지만 근력 향상을 위해서는 개인의 반복적인 시도와 노력이 요구되며 이로 인해 나타나는 연합반응, 발살바 반응에 의한 혈압상승 등이 뇌졸중 환자의 근력 강화 운동에 제한을 초래한다(Marciniak, 2011).

최근 움직임의 제약이 있는 환자 및 근육과 뼈의 손상으로 인해 회복 중인 대상자에게 근력 강화를 목적으로 안전하게 시행할 수 있는 효과적인 운동방법으로 전신진동운동(whole body vibration: WBV)이 보고되고 있다(Zago 등, 2018, Jepsen 등, 2017).

전신진동운동은 근육에 가해지는 기계적 진동으로 근육방추의 일차 운동 종말을 자극하여 Ia 들신경 입력을 증가시키고, 이로 인해 알파운동 신경세포의 흥분성 증가와 운동단위 동원(recruitment)을 강화하여 강한 근활성을 유발한다(Barrera-Curiel 등, 2019). 또한, 전신진

동운동은 진동자극을 통해 중추신경계의 척수반사를 촉진시켜 신경근육계를 강화하는 중재 방법으로 노인들의 균형과 이동성 향상에 효과적인 것으로 보고하였다(Lam 등, 2018). Song 등(2018)은 뇌성마비 아동들에게 전신진동운동을 중재하여 다리 근활성도와 균형능력의 향상을 보고하였고, In 등(2018)은 척수손상 환자에게 전신진동운동을 중재하여 경직의 감소와 보행능력의 향상을 보고하였다.

다양한 연구들을 통해 전신진동운동의 효과는 입증되었지만, 뇌졸중 환자를 대상으로 객관적인 효과를 증명하기 위한 연구는 제시되고 있지만, 비교적 새로운 운동 방법이기 때문에 다리 근력과 보행능력 향상을 위한 전신진동 운동 중재 자세에 대한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 반웅크리기(semi-squat) 자세를 이용한 전신진동운동을 뇌졸중 환자에게 중재하여 다리 근육의 근활성도와 보행에 미치는 영향에 대해 알아보고 뇌졸중 환자의 기능회복을 위한 운동치료의 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 전남 목포 소재 J병원에서 입원 중인 뇌졸중 환자 중 연구 내용과 목적을 충분히 설명하고 실험의 참여에 동의한 30명을 대상으로 2020년 2월 6일부터 6월 24일까지 진행하였다. 연구대상자의 선정기준은 뇌졸중 발병 후 6개월에서 12개월 미만, 한국판 간이 정신등급 검사(mini mental state examination-korea: MMSE-K)에서 24점 이상으로 의사소통이 가능한 자, 지팡이 등 보행 보조도구를 이용하여 독립적인 보행이 가능한 자, 실험에 영향을 줄 수 있는 다른 내·외과적 질환이 없는 자를 선정하였다. 연구대상자는 컴퓨터 프로그램을 통해 번호를 선택하여 무작위 배정하였고, 전신진동운동군(WBV group) 15명, 거짓전신진동운동군(sham-WBV group) 15명으로 나뉘었다.

2. 평가도구 및 측정방법

1) 근활성도 측정

다리 근활성도를 측정하기 위해 MP100 표면 근전도 시스템(Biopac System Inc, Santa Barbara, CA, USA)을 이용하였고, 추출된 신호는 개인용 컴퓨터에서

Acqknowledge 3.91 소프트웨어를 통해 분석하였다. 이극 표면전극을 사용하였으며, 표면 근전도 신호에 대한 피부 저항을 감소시키기 위해 부착부위의 털을 제거하고 가는 사포로 3~4회 문질러 피부 각질층을 제거한 후 소독용 알코올솜으로 피부를 깨끗이 하였다. 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 넙다리두갈래근, 장딴지근의 근활성도를 측정하기 위해 이극전극을 근힘살의 중앙에 근섬유 방향과 평행하게 부착하였다(Table 1, Figure 1). 표본 추출율(sampling rate)은 1,024Hz, 대역여과필터(notch filter)는 60Hz, 대역통과필터(band pass filter)는 30~450Hz로 설정하였고, 수집된 신호는 완파정류(full wave rectification) 처리하였고, 수집된 근활성도를 표준화하기 위해 특정 동작의 근수축을 기준 수축(reference voluntary contraction; RVC)으로 하여 이를 표준화하는 백분위 기준수축(%RVC) 방법을 이용하였다. 반응크리기 자세를 5초 유지하는 동안 마비측 다리 근활성도를 측정된 뒤 처음과 마지막 1초를 제외한 3초의 신호를 이용하여 기준수축 값을 산출하였고, 5초 동안의 선 자세에서 측정된 근활성도 값과 비교하여 %RVC값을 산출하였다(Figure 1-A, Figure 1-B).

Table 1.
Placement of surface electrodes

Maker number	Anatomical location
1 and 5	ventral edge of the greater trochanter
2 and 6	at the level of the lateral epicondyle
3 and 7	ventral of the lateral malleolus
4 and 8	calcaneus



Figure 1. Placement of surface electrodes

2) 보행능력 측정

보행능력을 측정하기 위해 LUKOtronic(Lutz-Kovacs Electronic, Innsbruck, Austria) 동작분석시스템을 이용하였다. 카메라, 적외선 마커, 분석용 소프트웨어가 내장된 개인용 컴퓨터로 구성되어 있으며, 적외선 마커를 다리 관절의 지정된 부위에 부착하고, 보행을 수행한 후 한걸음 길이(stride length)와 걸기속도(walking velocity)를 측정하였다(Figure 2).



Figure 2. Gait analysis using motion analysis system

3. 중재 방법

1) 전신진동운동

대상자는 발판위에 양발 안쪽 뒷꿈치 사이의 거리가 8.4cm, 엄지발가락의 외반 각도가 9°가 되도록 표준거리에 맞게 두발을 대고 독립적으로 선 자세에서 무릎관절 30° 굽힘하여 반응크리기 자세를 취한 후 운동을 중재하였다. 전신진동운동은 전신진동기(Wellengang, GmbH, Germany)를 사용하여, van Nes 등(2006)이 제시한 프로토콜을 이용하여 총 16분 주 5회 6주간 실시하였다(Figure 3). 전신진동운동의 진폭은 4mm, 주파수는 25Hz를 적용하였으며, 1세트 당 45초씩 4번의 전신진동운동을 중재하였으며, 총 4세트를 중재하고 각 세트마다 1분씩 휴식 기간을 제공하였다. 또한, 기능향상을 위한 1:1 운동치료와 기능적전기자극을 추가로 중재하였다.

2) 거짓-전신진동운동

대조군은 진동자극을 제외한 모든 상황을 전신진동운동군과 동일하게 적용하였다. 또한, 기능향상을 위한 1:1 운동치료와 기능적전기자극을 추가로 중재하였다.



Figure 3. Whole body vibration exercise

4. 분석방법

수집된 자료는 IBM SPSS Ver 19.0(IBM Co, Armonk, NY, USA) 통계 프로그램을 이용하여 통계 처리하였다. Shapiro-wilk 검정을 사용하여 대상자의 일반적 특성과 변수에 대한 정규성 검정을 하였고, 집단 간 동질성 검정을 위해 독립표본 t-검정을 사용하였다. 집단 내 중재 전후 다리 근활성도와 보행능력의 차이를 검정하기 위해 대응표본 t-검정을 사용하였고, 집단 간 중재 전후 다리 근활성도와 보행능력의 차이를 검정하기 위해 독립표본 t-검정을 사용하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 하였다.

III. 결 과

1. 연구대상자의 일반적인 특징

본 연구대상자 전신진동운동군 15명, 거짓-전신진동운동군 15명으로 총 30명이며 집단 간 정규성과 동질성을 보였고, 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 2).

2. 중재 전과 후 다리 근활성도 비교

전신진동운동군과 거짓-전신진동운동군의 중재 전·후

다리 근활성도 결과는 다음과 같다(Table 3). 집단 간 중재 전후 다리 근활성도 결과, 가쪽넓은근($p < .01$), 안쪽넓은근($p < .05$), 장딴지근($p < .05$)에서는 유의한 차이를 보였지만, 넙다리두갈래근에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 전신진동운동군의 집단 내 중재 전·후 다리 근활성도 결과, 가쪽넓은근($p < .01$), 안쪽넓은근($p < .05$), 넙다리두갈래근($p < .05$), 장딴지근($p < .05$)에서 유의한 차이를 보였다. 거짓-전신진동운동군의 집단 내 중재 전·후 다리 근활성도 결과, 가쪽넓은근($p < .05$), 안쪽넓은근($p < .05$), 장딴지근($p < .05$)에서는 유의한 차이를 보였지만, 넙다리두갈래근에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 2. General characteristics of the subjects

	WBVG (n=15)	s-WBVG (n=15)	p
Age(yrs)	59.01±4.06 ^a	58.42±4.24	.797
Height(cm)	166.58±6.05	165.46±5.86	.899
Weight(kg)	64.94±5.24	64.70±7.24	.276
Gender (M/F)	8/7	9/6	.549
Duration (months)	8.43±2.24	8.13±2.69	.691
Paralyzed side(Lt/Rt)	11/4	10/5	.660
FMAL (score)	21.20±1.55	20.90±2.13	.248
BBS (score)	42.80±2.15	43.00±1.63	.376

^aMean±SD

WBVG: Whole body vibration group

s-WBVG: Sham-whole body vibration group

FMAL: Fugl-meyer assessment of lower limb

BBS: Berg balance scale

3. 중재 전과 후 보행능력 비교

전신진동운동군과 거짓-전신진동운동군의 중재 전·후 보행능력 결과는 다음과 같다(Table 4). 집단 간 중재 전후 보행능력 결과, 한걸음 길이($p < .01$), 걸기속도($p < .01$)에서는 유의한 차이를 보였다. 전신진동운동군의 집단 내 중재 전·후 보행능력 결과, 한걸음길이($p < .01$), 걸기속도($p < .01$)에서 유의한 차이를 보였다. 거짓-전신진동운동군의 집단 내 중재 전·후 보행능력 결과, 한걸음길이($p < .01$), 걸기속도($p < .01$)에서 유의한 차이를 보였다.

Table 3.
Comparison of lower extremity muscle activity

Item		WBVG (N=15)	s-WBVG (N=15)	t (p)
VL	Pre	31.93±2.51 ^a	31.55±3.46	
	Post	39.94±3.52	35.74±2.51	5.687 (.009)
	t(p)	9.310(.005)	3.854(.049)	
VM	Pre	29.49±3.91	29.93±4.50	
	Post	37.50±4.96	33.95±5.42	4.050 (.029)
	t(p)	4.378(.024)	3.954(.046)	
BF	Pre	25.31±4.67	25.29±4.50	
	Post	33.32±5.54	29.32±4.31	2.163 (.064)
	t(p)	5.310(.046)	2.194(.088)	
GCM	Pre	27.20±4.67	27.15±5.62	
	Post	35.22±5.32	31.17±4.30	5.065 (.046)
	t(p)	8.961(.035)	4.131(.049)	

^aMean(%RVC)±SD

WBVG: Whole body vibration group

s-WBVG: Sham-whole body vibration group

VL: Vastus lateralis, VM: Vastus medialis

BF: Biceps femoris, GCM: Gastrocnemius

Table 4.
Comparison of gait ability

Item		WBVG (N=15)	s-WBVG (N=15)	t (p)
SL (cm)	Pre	45.04±5.64 ^a	44.96±5.57	
	Post	61.16±6.83	52.72±7.77	9.989 (.001)
	t(p)	9.538(.002)	6.156(.008)	
WV (m/s)	Pre	.34±.04	.34±.05	
	Post	.54±.07	.48±.05	7.5489 (.005)
	t(p)	7.698(.004)	5.687(.009)	

^aMean±SD

WBVG: Whole body vibration group

s-WBVG: Sham-whole body vibration group

SL: Stride length, WV: Walking velocity

IV. 고 찰

뇌졸중 환자들은 뇌신경세포의 손상으로 신경학적 장애를 보이며, 근력의 약화는 균형 및 보행능력의 감소와 높은 상관관계를 보여 근력 강화 필요성이 보고되었다(Han 등, 2017). 하지만 근력향상을 위해서는 개인의 반복적인 시도와 노력이 요구되며 이로 인해 나타나는 연합반응, 발살바 반응에 의한 혈압상승 등이 뇌졸중 환자

의 근력강화 운동에 제한을 초래한다(Marciniak, 2011).

본 연구에서는 움직임의 제약이 있는 환자 및 근육과 뼈의 손상으로 인해 회복중인 대상자에게 근력 강화를 목적으로 안전하게 시행할 수 있는 전신진동운동을 중재하여 뇌졸중 환자의 다리 근활성도와 보행능력 향상에 미치는 영향을 알아보고 그 효과를 규명하여 기능회복을 위한 운동치료의 기초자료를 제시하기 위해 다음과 같이 논의하고자 한다

본 연구는 다리 근활성도 향상을 위한 전신진동운동의 적용 자세로 무릎관절 굽힘 30°와 발목관절 중립의 반응크리기 자세를 적용하였고, 다리 근활성도의 유의한 향상을 보였다. 반응크리기 운동은 달린 사슬운동의 대표적인 운동으로 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절의 복합적인 움직임을 동반하며, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 넓다리두갈래근, 장딴지근의 협응작용을 유발하고, 다리근력 강화에 많은 도움을 준다(Schoenfeld, 2010). Lee 등(2012)은 뇌졸중 환자 15명과 건강한 노인 15명을 대상으로 무릎관절을 30° 굽힌 반응크리기 자세에서 장딴지근과 앞정강근의 근활성도를 비교한 결과, 뇌졸중 환자에서 근활성도의 유의한 증가를 보여 뇌졸중 환자의 다리근력 강화를 위한 효과적인 방법으로 보고했다.

Ki 등(2014)은 뇌졸중 환자 15명을 대상으로 반응크리기 운동 시 발목의 기울기에 따른 다리 근활성도를 비교한 결과 반응크리기 운동 시 발목의 중립자세가 발등 굽힘 15° 및 발바닥 굽힘 15°의 발목 기울임 자세보다 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 장딴지근의 근활성도가 높게 나타났다. 선행연구와 같이 본 연구에서도 무릎관절 굽힘 30°와 발목의 중립자세를 이용한 반응크리기를 시행하여 선행연구와 동일한 결과를 보였다. 반응크리기 자세는 다리 근력강화를 위해 전신진동운동을 적용할 때 중재 효과를 강화할 수 있는 효과적인 자세라고 생각된다.

본 연구는 25Hz의 주파수를 제공한 전신진동운동군이 대조군과 비교하여 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 장딴지근의 근활성도는 유의하게 증가하였다. El-Shamy (2014)는 뇌성마비 아동 30명을 대상으로 전신진동운동군과 대조군으로 나누어 3개월 동안 주 5회 1일 9분을 중재한 결과 대조군과 비교하여 무릎관절 펌근력의 유의한 향상을 보였다. Liao 등(2015)은 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 전신진동운동군과 대조군으로 나누어 반응크리기 자세에서 6주, 주 3회, 1회 20분 적용한 결과 넓다리두갈래근의 근활성도가 유의한 향상을 보였다.

선행연구 결과와 동일한 결과를 얻어 전신진동운동이 다리 근활성도에 증가에 효과적임을 뒷받침해 줄 수 있다. 또한 반응크리기와 같은 달린 운동사슬에서 전신진

동운동을 적용하면, 고유수용기의 자극과 진동자극의 제공으로 공간적 가중에 의해 들신경 입력이 증가되고 알파운동신경원의 출력이 강화되어 근활성도가 증가된 것으로 생각된다.

또한, Lam 등(2016)은 건강한 60대 노인을 대상으로 전신진동운동의 주파수 변화가 다리 근활성도 차이를 비교한 결과 30Hz가 40Hz와 비교하여 가쪽넓은근, 안쪽넓은근, 넓다리두갈래근, 장딴지근에서 다리 근활성도의 증가를 보였다. 본 연구에서는 25Hz의 주파수를 이용한 전신진동운동을 중재하여 다리 근활성도의 증가를 보여 선행연구와 동일한 결과를 보였다. 30Hz가 초과되는 진동 강도는 근육의 피로를 유발하며, 오랜 시간 일정한 강도, 주파수의 적용은 신경근육계의 순응을 유발하여 근활성을 감소시킨다고 보고하였다(Park 등, 2018). 따라서 전신진동운동을 중재하여 효과적인 근활성의 증가를 위해서는 적절한 주파수의 적용과 강도 및 주파수의 혼합과 무작위 변조가 필요할 것으로 생각된다.

그리고 본 연구결과 전신진동운동군과 대조군의 다리 근활성도 비교에서 넓다리두갈래근은 유의한 차이를 보이지 않아 선행연구 상반되는 결과를 보였다. 선행연구는 전신진동운동의 적용 시 무릎관절 40° 굽힘의 반응크리기 자세를 적용하여 본 연구와의 차이점을 보였다.

Slater와 Hart (2017)는 28명의 건강한 20대를 대상으로 반응크리기의 무릎관절 굽힘 각도 별 다리 근활성 패턴을 분석한 결과, 넓다리두갈래근은 무릎관절 30° 이상 굽힘 각도가 되었을 때 발화(firing)되기 시작하였으며, 무릎관절 굽힘 40°~45°에서 최대 근활성이 나타난다고 보고하였다. 본 연구결과로 볼 때 넓다리두갈래근의 근력강화 및 근활성의 증가를 위해서는 무릎관절 40° 굽힘의 반응크리기 자세를 결합한 전신진동운동을 중재하여야 효과적인 근육의 동원이 될 것으로 생각된다.

본 연구결과 전신진동운동군이 거짓-전신진동운동군과 비교에서 한걸음 길이와 보행속도에 유의한 증가를 보였다. Choi 등(2017)은 뇌졸중 환자 40명을 대상으로 전신진동운동을 결합한 트레이드밀 훈련군과 트레이드밀을 중재한 대조군과 비교에서 보행속도와 한걸음 길이의 유의한 향상을 보였다. Uhm과 Yang(2017)은 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 전신진동운동을 결합한 생체되먹임 훈련군과 생체 되먹임을 제공한 대조군과 비교에서 전신진동운동을 결합한 생체 되먹임 훈련군이 한발짝 길이 증가에 유의한 차이를 보였다.

전신진동운동을 통한 알파운동신경원의 흥분성의 증가는 다리 근활성도를 향상시켜 무릎관절에 안정성을 제공하고, 디딤기를 증가시켜 보행능력이 향상된 것으로 생

각된다.

Boudarham 등(2014)은 뇌졸중 환자 13명을 대상으로 넓다리네갈래근, 뒤넓다리근, 장딴지근에 피로도를 유발하고 보행속도, 한걸음 길이, 최대 무릎 굽힘각을 분석한 결과 근피로 후 보행능력에 유의한 감소를 보고하였다. 또한, Fábrika 등(2019)은 뇌졸중 환자 55명을 대상으로 보행특성을 분석한 결과, 디딤기의 감소로 지면반발력으로부터 발생하는 에너지가 저하되고, 이로 인해 한걸음길이와 보행속도의 감소를 보고하였다. 본 연구결과 전신진동운동을 통한 다리 근력의 향상은 최대 무릎 굽힘각을 증가시켜, 디딤기 시 빠른 무릎관절 펌을 방지하여 지면 반발력의 증가를 통한 에너지 생성의 향상으로 보행능력을 향상시킨 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점은 첫째, 연구대상자의 수가 많지 않고 특정 지역의 환자를 선정하였기 때문에 연구결과를 일반화시키는데 어려움이 있었다. 둘째, 연구대상자들의 개별적인 운동을 통제할 수 없었다. 향후 본 연구를 기반으로 반응크리기의 무릎 굽힘각과 전신진동운동의 주파수와 진폭을 변조하여 근활성도 향상에 효율적인 변인을 알아보는 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 전신진동운동을 중재하여 다리 근활성도와 보행능력에 미치는 영향을 알아본 연구이다. 전신진동운동과 거짓-전신진동운동을 적용하여 그룹 간 다리 근활성도를 비교한 결과는 다음과 같다.

1. 가쪽넓은근($p < .01$), 안쪽넓은근($p < .05$), 장딴지근($p < .05$)의 근활성도에 유의한 증가를 보였지만, 넓다리두갈래근의 근활성도는 유의한 증가는 없었다.
2. 그룹 간 보행능력을 비교한 결과 한걸음길이, 보행속도에 유의한 증가를 보였다($p < .01$).

본 연구결과 무릎관절 30° 굽힘의 반응크리기 자세와 25Hz를 이용한 전신진동운동이 근력강화 및 보행능력 향상을 위해 효과적인 중재 방법으로 임상에서 사용할 수 있을 것이다.

참고문헌

Barbat-Artigas S, Pinheiro Carvalho L, Rolland Y, et al. Muscle strength and body weight mediate the relationship between physical ac-

- tivity and usual gait speed. *J Am Med Dir Assoc.* 2016;17(11):1031-1036. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2016.06.026>
- Barrera-Curiel A, Colquhoun RJ, Hernandez-Sarabia JA, et al. The effects of vibration-induced altered stretch reflex sensitivity on maximal motor unit firing properties. *J Neurophysiol.* 2019;121(6):2215-2221. <https://doi.org/10.1152/jn.00326.2018>
- 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;23:4918-4925. DOI: 10.12659/MSM.904474
- Cooper A, Alghamdi GA, Alghamdi MA, et al. The relationship of lower limb muscle strength and knee joint hyperextension during the stance phase of gait in hemiparetic stroke patients. *Physiother Res Int.* 2012;17(3):150-156. <https://doi.org/10.1002/pri.528>
- El-Shamy SM. Effect of whole-body vibration on muscle strength and balance in diplegic cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil.* 2014;93(2):114-121. DOI: 10.1097/PHM.0b013e3182a541a4
- Fábrica G, Jerez-Mayorga D, Silva-Pereyra V. Pendular energy transduction in the different phases of gait cycle in post-stroke subjects. *Hum Mov Sci.* 2019;66:521-528. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.06.006>
- Gray VL, Ivanova TD, Garland SJ. Reliability of center of pressure measures within and between sessions in individuals post-stroke and healthy controls. *Gait Posture.* 2014;40(1):198-203. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.03.191>
- Gross R, Delporte L, Arsenault L, et al. Does the rectus femoris nerve block improve knee recurvatum in adult stroke patients? A kinematic and electromyographic study. *Gait Posture.* 2014;39(2):761-766. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.10.008>
- Han P, Zhang W, Kang L, et al. Clinical evidence of exercise benefits for stroke. *Adv Exp Med Biol.* 2017;1000:131-151. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-4304-8>
- In TS, Jung KS, Lee MG, et al. Whole-body vibration improves ankle spasticity, balance, and walking ability in individuals with incomplete cervical spinal cord injury. *NeuroRehabilitation.* 2018;42(4):491-497. DOI: 10.3233/NRE-172333
- Jepsen DB, Thomsen K, Hansen S, et al. Effect of whole-body vibration exercise in preventing falls and fractures: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2017;7(12):e018342. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2017-018342>
- Ki KI, Choi JD, Cho HS. The effect of ground tilt on the lower extremity muscle activity of stroke patients performing squat exercises. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(7):965-968. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.965>
- Lam FM, Chan PF, Liao LR, et al. Effects of whole-body vibration on balance and mobility in institutionalized older adults: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2018;32(4):462-472. <https://doi.org/10.1177/0269215517733525>
- Lam FM, Liao LR, Kwok TC, et al. The effect of vertical whole-body vibration on lower limb muscle activation in elderly adults: Influence of vibration frequency, amplitude and exercise. *Maturitas.* 2016;88:59-64. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2016.03.011>
- Lee DK, Kim JS, Kim TH, et al. Comparison of the electromyographic activity of the tibialis anterior and gastrocnemius in stroke patients and healthy subjects during squat exercise.

- J Phys Ther Sci. 2015;27(1):247-249. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.247>
- Liao LR, Ng GY, Jones AY, et al. Effects of vibration intensity, exercise, and motor impairment on leg muscle activity induced by whole-body vibration in people with stroke. Phys Ther. 2015;95(12):1617-1627. <https://doi.org/10.2522/ptj.20140507>
- Marciniak C. Post stroke hypertonicity: Upper limb assessment and treatment. Top Stroke Rehabil. 2011;18(3):179-194. <https://doi.org/10.1310/tsr1803-179>
- Schoenfeld BJ. Squatting kinematic and kinetic and their application to exercise performance. J Strength Cond Res. 2010;24(12):3497-3506. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181bac2d7
- Severinsen K, Jakobsen JK, Overgaard K, et al. Normalized muscle strength, aerobic capacity, and walking performance in chronic stroke: A population-based study on the potential for endurance and resistance training. Arch Phys Med Rehabil. 2011;92(10):1663-1668. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.04.022>
- Slater LV, Hart JM. Muscle Activation Patterns During Different Squat Techniques. J Strength Cond Res. 2017;31(3):667-676. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001323
- Snow LM, Low WC, Thompson LV. Skeletal muscle plasticity after hemorrhagic stroke in rats: Influence of spontaneous physical activity. Am J Phys Med Rehabil. 2012;91(11):965-976. DOI: 10.1097/PHM.0b013e31825f18e1
- Song S, Lee K, Jung S, et al. Effect of horizontal whole-body vibration training on trunk and lower-extremity muscle tone and activation, balance, and gait in a child with cerebral palsy. Am J Case Rep. 2018;31(19):1292-1300. DOI: 10.12659/AJCR.910468
- Wist S, Clivaz J, Sattelmayer M. Muscle strengthening for hemiparesis after stroke: A meta-analysis. Ann Phys Rehabil Med. 2016;59(2):114-124. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2016.02.001>
- Wonsetler EC, Bowden MG. A systematic review of mechanisms of gait speed change post-stroke. Part 2: Exercise capacity, muscle activation, kinetics, and kinematics. Top Stroke Rehabil. 2017;24(5):394-403. <https://doi.org/10.1080/10749357.2017.1282413>
- Zago M, Capodaglio P, Ferrario C, et al. Whole-body vibration training in obese subjects: A systematic review. PLoS One. 2018;13(9):e0202866. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202866>
- 논문접수일(Date received) : 2020년 12월 03일
논문수정일(Date Revised) : 2020년 12월 03일
논문게재확정일(Date Accepted) : 2020년 12월 06일