

Effects of Applying a Vibration Stimulation to Paretic Side and Non-Paretic Side on Balance and Gait in Stroke Patients: a Pilot Study

Ho Jin Jeong¹, Sung Hwan Park², Jong Yun Jeon³, Byeong Geun Kim¹

¹Department of Physical therapy, Nambu University, Gwangju, Republic of Korea; ²Department of Medical Sciences, Graduate School of Nambu University, Gwangju, Republic of Korea; ³Wooam Hospital, Gwangju, Republic of Korea

Purpose: The purpose of this pilot study was to assess the feasibility of a proposed study "To investigate the effects of applying a vibration stimulation to the paretic and non-paretic sides on balance and gait in stroke patients" before proceeding with the main study.

Methods: A total of 30 patients who had suffered a stroke and who met the selection criteria participated in this study. However, only 14 patients completed the study. The study subjects were randomly assigned to vibration stimulation on either both sides (B group) or the paralyzed side (P group). The interventions were applied for six weeks. The patients were assessed using the Berg balance scale (BBS), Timed up and go (TUG), 10-meter walk (10 MW), and 6-minute walk (6 MW) tests.

Results: There was a significant difference before and after the application of vibration stimulation in the BBS, TUG, 10MW, and 6 MW tests in the B group ($p < 0.05$). Similarly, there was also a significant difference observed in the 10 MW and 6 MW tests in the P group ($p < 0.05$). The difference between the two groups was not significant in the BBS, TUG, 10 MW, and 6 MW tests ($p > 0.05$).

Conclusion: This pilot study suggests that it would be feasible to conduct a large-scale randomized controlled trial (RCT) to examine the effects of applying a vibration stimulation to the paretic and non-paretic sides, on the balance and gait in stroke patients.

Keywords: Vibration stimulation, Non-paretic side, Stroke, Balance, Gait

서론

뇌졸중은 뇌혈관이 파열되어 발생하는 뇌출혈과 뇌혈관이 막혀서 발생하는 뇌경색으로 인해 발생하게 된다. 뇌졸중이 발생하면 편마비로 인해 균형조절 어려움과 보행장애가 나타난다.² 뇌졸중 환자들은 마비측에만 문제가 생기는 것이 아니라 비마비측에도 문제가 나타난다.³ 그러나 뇌졸중 환자들은 편마비로 인해서 비마비측 의존도가 높으며 과부하 및 피로가 발생하게 된다.^{4,6} 따라서, 뇌졸중 환자에 치료에 있어서 마비측 치료뿐만 아니라 비마비측 치료도 중요하다.

뇌졸중 환자의 마비측과 비마비측 양쪽을 치료하는 방법으로 전신진동 중재방법이 사용될 수 있다. 일반적인 물리치료 중재방법을 전신진동 도구 위에서 수행하는 방법으로, 마비측 또는 비마비측 한쪽에만 진동자극을 줄 수도 있고, 양쪽에 진동 자극을 줄 수 있다. 전신 진동자극을 뇌졸중 환자에게 적용한 연구에서 환자의 균형과 보행 능력을 향상시킨다고 보고하였다.^{7,8} 그러므로 뇌졸중환자에게

진동자극은 기존 중재와 결합하여 더욱 효과적일 수 있고, 비마비측에도 영향을 줄 수 있다.

그러나 뇌졸중 환자에게 적용한 전신진동은 몇 가지 한계가 있다. 진동자극 면적이 좁기 때문에 환자가 서 있는 자세에서만 진동자극을 주기 때문에 중재에 대한 다양성이 부족하다.^{9,11} 전신진동 기구는 크기가 크고 무게가 무거워 이동에 제한이 있다. 그렇기 때문에 환자는 진동자극 결합한 중재가 필요해도 접근성에 한계가 있다.

최근에 전신 진동의 한계점을 보완하며 진동자극을 결합한 국소 진동 소도구들이 개발되고 있다. 그중 폼롤러와 진동을 결합한 진동 폼롤러가 정상 성인, 운동 선수, 그리고 뇌졸중 환자에게 적용되고 있다.¹²⁻¹⁴ 뇌졸중 환자 연구에서는 환자가 누워있는 상태에 진동 폼롤러를 적용하였는데, 발목 관절의 관절가동범위와 뻣뻣함을 개선시킨다고 보고하였다.¹⁴

기존에 뇌졸중 환자에게 진동자극을 적용한 연구는 대부분 발바닥에 전신진동을 적용하였기 때문에 마비측과 비마비측에 진동자

Received Sep 23, 2022 Revised Oct 17, 2022

Accepted Oct 24, 2022

Corresponding author Byeong Geun Kim

E-mail qudrms_92@naver.com

Copyright ©2022 The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

극 적용이 가능했다.⁷⁻¹¹ 진동 소도구들이 개발되면서 진동자극을 발바닥과 같은 몸통에서 먼 쪽에서만 적용하는 것이 아니라 몸 쪽 부위에 적용이 가능하다.^{13,15} 선행연구에서도 뇌졸중 환자에게 진동자극 적용을 발바닥이 아닌 아래다리에 적용하였다.¹⁴ 그러나 뇌졸중 환자의 비마비측 중재가 필요함에도 불구하고 선행연구에서는 마비측에만 적용했다는 한계가 있다. 그러므로 진동 소도구를 뇌졸중 환자의 마비측과 비마비측에 적용한 연구는 부족한 실정이다.

따라서, 본 연구의 목적은 “진동 도구를 이용한 마비측 비마비측 훈련이 뇌졸중 환자의 균형과 보행에 미치는 영향”에 대한 예비연구로 주 연구 진행 전 안전성과 타당성을 확인하는 것이다.

연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구 대상자는 G시에 위치한 W병원에 뇌졸중으로 진단받고 입원 치료를 받고 있는 환자 30명을 대상으로 하였다. 본 연구는 남부대학교 기관생명윤리위원회의 승인을 받아 진행되었다(IRB: 1041478-2021-HR-026). 모든 참가자는 연구 시작 전 자발적 동의를 얻은 후 진행되었다. 대상자 수는 예비 연구의 그룹당 최소 인원인 12명에 탈락률을 고려하여 그룹당 15명으로 산정하여 총 30명이 산출되었다.¹⁶ 대상자들은 진동자극 양측 적용 그룹(vibration stimulation both side application group, B group)과 진동자극 마비측 적용 그룹(vibration stimulation paralyzed side application group, P group)으로 배치되었다. 대상자 선정기준은 뇌졸중 발병 6개월 이상인 자, 한국형 간이 정신상태 판별 검사 24점인 자, 그리고 10 m 이상 독립 보행 가능한 자이다. 제외기준은 정형외과 및 근골격계 질환이 있는 자와 뼈영양증 진단을 받은 자이다. 그러나 연구 기간 중 코로나-19 확진 13명과 갑작스러운 퇴원 3명으로 인하여 총 16명이 연구에서 제외되었고, 총 14명만이 본 연구참여를 완료하였다(Table 1).

2. 연구절차

본 연구 대상자는 엑셀 함수를 이용하여 B group과 P group으로 무작

위 배치되었다. 연구대상자는 사전 평가 후 6주 동안 진동자극을 적용하였고, 6주 후 사후 평가를 실시하였다. 중재는 두 그룹 모두 주 3회, 1회 30분 동안 진행되었으며, 1회 30분은 준비운동 5분, 중재 20분, 마무리운동 5분으로 구성되었다. 중재 후 사후 평가는 사전 평가와 동일하게 진행되었다.

3. 균형 평가

1) 버그균형척도

본 연구에서 뇌졸중 환자의 미리 정해진 작업 동안 균형을 평가하기 위하여 버그균형척도(berg balance scale, BBS)를 사용하였다. BBS는 균형과 관련된 14개 항목을 각 0점에서 4점까지 점수를 부여하므로, 총점은 56점으로 점수가 높을수록 균형능력이 좋은 것으로 해석한다.

2) 일어서서 걷기

본 연구에서 뇌졸중 환자의 낙상과 관련 있는 균형을 평가하기 위하여 일어서서 걷기(timed up and go, TUG)를 사용하였다. TUG는 등받이 의자에 앉아서 준비한다. 대상자는 출발신호에 따라 3 m 거리의 전환점을 돌고 다시 돌아올 때 까지 걸리는 시간을 평가받게 된다. 시간이 짧을수록 균형능력이 좋은 것으로 해석된다.

4. 보행 평가

1) 10 m 걷기

본 연구에서 뇌졸중 환자의 짧은 거리 보행 속도를 평가하기 위하여 10 m 걷기(10 meter walk, 10 MW)를 사용하였다. 10 MW는 대상자에게 표시되어 있는 10 m를 편안한 속도로 걸을 때 2 m와 8 m 사이의 시간을 측정하였다. 시간이 짧을수록 보행 속도가 빠르다고 해석된다.

2) 6분 보행

본 연구에서 뇌졸중 환자의 보행 지구력을 평가하기 위하여 6분 보행(6 minute walk, 6 MW)를 사용하였다. 6 MW는 30 m의 거리를 6분 동안 왕복한 총 이동한 거리를 측정하였다. 이동거리가 많을수록 보행

Table 1. General characteristics of subjects

Characteristics	Total	B group	P group	p
Gender (Male/Female)	11/3	6/1	5/2	0.515
Paretic side (Left/Right)	7/7	3/4	4/3	0.593
Age (yr)	61.6±9.7	60.1±11.7	63.1±7.7	0.581
Height (cm)	166.9±7.4	166.9±8.5	166.9±6.8	1.000
Weight (kg)	66.7±7.7	65.1±9.0	68.3±6.3	0.464
Time since stroke (Months)	49.71±37.27	57.14±45.53	42.29±28.41	0.478

Mean ± SD. B group: VSBSAG, Vibration stimulation both side application group, P group: VSPSAG, Vibration stimulation paralyzed side application group. Vibration stimulation both side application group, P group: VSPSAG, Vibration stimulation paralyzed side application group.

지구력이 좋은 것으로 해석된다.

5. 중재

1) 진동자극 양측 적용 그룹

본 연구 중재프로그램에 사용된 진동소도구(VYPER 2.0, Hyperice, USA)의 크기는 길이 30 cm, 지름 15 cm이며, 무게는 1.6 kg이다. 진동소도구의 진동은 뇌졸중 환자에게 적용한 선행연구의 진동 28 Hz가 적용되었다.¹⁴ B group은 5개 중재로 구성된 중재프로그램을 사용하였다(Table 2). 중재 1은 바로 누운자세에서 발 아래 진동소도구를 위치시키고 교각운동을 실시하였다. 중재 2는 바로 누운자세에서 종아리 아래 부위에 진동소도구를 위치시키고 발등 및 발바닥 굽힘 운동을 실시하였다. 중재 3은 앉은 자세에서 발바닥 아래에 진동소도구를 위치시키고 구르기를 실시하였다. 중재 4는 앉은 자세에서 진동소도구를 허벅지 위에 위치시키고 무릎 펴, 굽힘 운동을 실시하였다. 중재 5는 선 자세에서 발바닥 아래에 진동소도구를 위치시키고 구르기를 실시하였다.

연구대상자들은 입원기간 동안 중재프로그램과 함께 기본 입원치료인 물리치료와 작업치료를 함께 받았다.

2) 진동자극 마비측 적용 그룹

본 연구에서 P group은 B group과 동일한 중재프로그램이 사용되었다. P group에서는 마비측 다리에만 B group과 동일한 진동이 적용되었고, 비마비측에는 진동이 없는 상태로 적용되었다.

연구대상자들은 입원기간 동안 중재프로그램과 함께 기본 입원치료인 물리치료와 작업치료를 함께 받았다.

6. 자료 분석

본 연구에서 수집한 균형(BBS, TUG)과 보행(10 MW, 6 MW) 데이터를 통계프로그램(SPSS for Windows, version 21.0, IBM, Chicago, IL USA)

을 사용하여 분석하였다. 그룹 간 차이를 확인하기 위해서 전후 차이값을 Mann-Whitney U 방법으로 분석하였다. 그룹 내 차이를 확인하

Table 2. Intervention program






	Vibration stimulation is placed under both feet of the patient performing the bridge exercise
Intervention 1	
	Vibration stimulation is placed under the feet of the patient who is doing ankle exercises while supine position
Intervention 2	
	Vibration stimulation is placed under the feet of the patient who is doing ankle exercises while sitting position
Intervention 3	
	Vibration stimulation is placed on the thigh of the patient who is doing knee exercises while sitting position
Intervention 4	
	Vibration stimulation is placed under the feet of the patient who is doing leg exercises while standing position
Intervention 5	

Table 3. Comparison between groups on the balance and gait

Variable	Group	Pre	Post	Change	Effect size
Balance					
BBS (score)	B group	42.71±6.85	45.57±5.71*	2.86±2.34	0.45
	P group	49.71±5.79	51.57±4.04		
TUG (sec)	B group	14.52±2.38	11.36±1.81*	-3.16±1.79	1.49
	P group	22.66±10.39	20.73±12.55		
Gait					
10 MW (sec)	B group	15.02±5.77	11.49±3.44*	-3.52±3.21	0.74
	P group	27.10±13.54	22.18±13.10*		
6 MW (m)	B group	301.91±112.36	332.19±121.36*	30.27±16.45	0.26
	P group	297.54±89.44	317.39±91.35*		

Mean±SD. B group: VSBSAG, Vibration stimulation both side application group, P group: VSPSAG, Vibration stimulation paralyzed side application group, BBS: Berg balance scale, TUG: Timed up and go, 10 MW: 10 meter walk, 6 MW: 6 minute walk. *Significant differences within groups.

기 위해서 전과 후 값을 Wilcoxon signed-rank 방법을 사용하여 분석하였다. 통계적 유의수준은 0.05 였다. 효과크기는 각 그룹 내에 대해 Cohen's D 방법으로 계산되었다.

결 과

본 연구결과, B group은 균형(BBS, TUG)과 보행(10 MW, 6 MW)에서 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$)(Table 3). P group은 보행(10 MW, 6 MW)에서만 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$)(Table 3). 균형(BBS, TUG)과 보행(10 MW, 6 MW)에서 B group과 P group에 대한 그룹 간 차이는 나타나지 않았다($p > 0.05$)(Table 3).

고 찰

본 연구는 “진동 자극을 이용한 마비측 비마비측 혼련이 뇌졸중 환자의 균형과 보행에 미치는 영향”에 대한 예비연구로 주 연구 진행 전 안전성과 타당성을 확인하는 것이다. 본 연구결과 B group은 균형과 보행에서 유의한 개선이 되었고, P group은 보행에서만 유의한 개선을 보였다. 그룹 간 비교에서는 유의한 차이가 없었다.

본 연구의 균형 결과는 뇌졸중 환자의 마비측과 비마비측에 진동 자극 35-40 Hz를 준 선행연구와 유사한 결과를 나타냈다.¹⁷ 뇌졸중 환자의 비마비측 다리에 피로가 쌓이면 균형에 영향을 미친다.¹⁸ 본 연구에서 사용된 진동 소도구 선행연구 또한 다리에 피로가 유발된 정상성인의 피로를 회복시키므로 균형을 개선시킨다고 보고하였다.¹⁹ 그러므로 뇌졸중 환자의 다리의 피로를 회복시켜 마비측과 비마비측에 적용한 그룹에서만 균형이 유의한 개선 효과를 나타낸 것으로 생각된다.

본 연구의 보행 결과는 B group과 P group 모두에서 유의한 결과를 나타냈다. 선행연구에서는 뇌졸중 환자에게 바닥에서 시행하는 일 반운동치료와 비마비측에 저항과 진동을 적용한 운동치료를 비교한 결과 보행에서 유의한 차이가 있었다.²⁰ 그러나 본 연구에서는 두 그룹 모두 보행이 개선되었지만, 그룹 간 차이는 발생하지 않았다. 뇌졸중 환자의 보행은 신체 활동량과 관련이 있다.²¹ 30분 이상의 신체 활동은 뇌졸중 환자의 보행속도와 지구력을 개선시킨다.²² 그러므로 본 연구에서는 뇌졸중 환자가 입원기간 기본 치료와 연구 참여활동은 하루에 30분 보다 많기 때문에 두 그룹 모두 보행속도와 지구력이 개선된 것으로 생각된다.²³ 추가적으로 비마비측 중재가 보행에 효과적인 연구들 보다 연구대상자 수가 부족하고 대조군이 없으므로 비마비측 치료의 효과를 확인하지 못한 것으로 생각된다.

예비연구는 주 연구 시작 전 진행되는 연구로서 향후 연구에서 발생할 수 있는 문제점을 확인하고 주 연구에서는 보완할 수 있다는 장

점이 있다.²⁴ 본 연구의 연구기간 중 탈락자가 발생하였지만, 탈락된 사유는 코로나-19 감염과 갑작스러운 퇴원이었다. 본 연구에서 사용된 중재로 인해 뇌졸중 환자에게 손상 또는 부작용이 보고되지 않았기 때문에 안전성이 확인된 것으로 생각된다. 그러나 다른 이유로 탈락자가 발생했으므로, 향후 연구에서 추가적인 모니터링이 필요하다. 본 연구에서 진동 소도구를 마비측과 비마비측 적용에 대한 타당성을 확인하였다. B group에 균형과 보행에 대한 분석한 결과, 사전 사후 분석에서 통계적 유의성과 효과크기가 확인되었기 때문에 타당하다고 생각한다. 예비연구의 목적은 가설검정이 아니기 때문에 향후 연구에서 가설검정을 실시하기 위해서는 대규모 무작위대조연구가 진행되어야 한다.

결론적으로, 본 연구에서 진동 소도구를 이용한 마비측과 비마비측에 진동 자극 적용이 균형과 보행을 개선시켰다. 그러나 명확한 효과를 확인하기 위해서는 추가적인 대규모 무작위대조연구가 필요하다.

REFERENCES

1. Doria JW, Forgacs PB. Incidence, implications, and management of seizures following ischemic and hemorrhagic stroke. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2019;19(7):37.
2. Mansfield A, Inness EL, Mcilroy WE. Stroke. *Handb Clin Neurol.* 2018;159:205-28.
3. Thilmann AF, Fellows SJ, Garms E. Pathological stretch reflexes on the “good” side of hemiparetic patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1990;53(3):208-14.
4. Laufer Y, Dickstein R, Resnik S et al. Weight-bearing shifts of hemiparetic and healthy adults upon stepping on stairs of various heights. *Clin Rehabil.* 2000;14(2):125-9.
5. Geiger RA, Allen JB, O’Keefe J et al. Balance and mobility following stroke: effects of physical therapy interventions with and without bio-feedback/forceplate training. *Phys Ther.* 2001;81(4):995-1005.
6. Docherty CL, Arnold BL, Zinder SM et al. Relationship between two proprioceptive measures and stiffness at the ankle. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004;14(3):317-24.
7. Kim JW, Lee JH. Effect of whole-body vibration therapy on lower extremity function in subacute stroke patients. *J Exerc Rehabil.* 2021;17(3):158-63.
8. Xie L, Yi SX, Peng QF et al. Retrospective study of effect of whole-body vibration training on balance and walking function in stroke patients. *World J Clin Cases.* 2021;9(22):6268-77.
9. Liao LR, Pang MYC. Effect of whole-body vibration on neuromuscular activation of leg muscles during dynamic exercises in individuals with stroke. *J Strength Cond Res.* 2017;31(7):1954-62.
10. Choi WJ, Han DH, Kim JS 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.
11. Hwang KJ, Ryu YU. Whole body vibration may have immediate adverse effects on the postural sway of stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2016;

- 28(2):473-7.
12. Park SJ, Lee SI, Jeong HJ et al. Effect of vibration foam rolling on the range of motion in healthy adults: a systematic review and meta-analysis. *J Exerc Rehabil.* 2021;17(4):226-33.
 13. Wang F, Zhang Z, Li C et al. Acute effects of vibration foam rolling and local vibration during warm-up on athletic performance in tennis players. *PLoS One.* 2022;17(5):e0268515.
 14. Park SJ, Jeong HJ, Kim BG. Effects of vibration rolling on ankle range of motion and ankle muscle stiffness in stroke patients: a randomized crossover study. *J Int Acad Phys Ther Res.* 2021;12(1):2272-8.
 15. Lim JH, Park CB, Kim BG. The effects of vibration foam roller applied to hamstring on the quadriceps electromyography activity and hamstring flexibility. *J Exerc Rehabil.* 2019;15(4):560-5.
 16. Johanson GA, Brooks GP. Initial scale development: sample size for pilot studies. *Educ Psychol Meas.* 2010;70(3):394-400.
 17. Sade I, Çekmece Ç, İnanir M et al. The effect of whole body vibration treatment on balance and gait in patients with stroke. *Noro Psikiyatırs.* 2019;57(4):308-11.
 18. Park SW, Son SM, Lee NK. Exercise-induced muscle fatigue in the unaffected knee joint and its influence on postural control and lower limb kinematics in stroke patients. *Neural Regen Res.* 2017;12(5):765-9.
 19. de Benito AM, Valdecabres R, Ceca D et al. Effect of vibration vs non-vibration foam rolling techniques on flexibility, dynamic balance and perceived joint stability after fatigue. *Peer J.* 2019;7:e8000.
 20. Park GO, Park KN, Kim SJ et al. Effects of trunk exercise using less-affected extremities on gait and balance in stroke patients. *PNF Mov.* 2019;17(3):353-68.
 21. Fini NA, Bernhardt J, Holland AE. Low gait speed is associated with low physical activity and high sedentary time following stroke. *Disabil Rehabil.* 2021;43(14):2001-8.
 22. Catapani LB, Dos Santos TP, Toffano GC et al. Aerobic exercise after left-sided stroke improves gait speed and endurance: a prospective cohort study. *Am J Phys Med Rehabil.* 2021;100(6):576-83.
 23. An M, Shaughnessy M. The effects of exercise-based rehabilitation on balance and gait for stroke patients: a systematic review. *J Neurisci Nurs.* 2011;43(6):298-307.
 24. In JY. Introduction of a pilot study. *Korean J Anesthesiol.* 2017;70(6):601-5.