

불안정한 지지면에서 가상현실 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 영향

김은자¹, 류인태², 박효정²

¹경동대학교 물리치료학과, ²대전재활병원 물리치료실

Effects of Virtual Reality Training on the Balance of Chronic Stroke Patients on an Unstable Surface

Eun-Ja Kim¹, In-Tae Ryu², Hyo-Jung Park^{*2}

¹Department of Physical therapy, Kyungdong University.

²Physical therapy section Dae Jeon Rehabilitation Hospital

Purpose The Purpose of this study was to investigate the effect of virtual reality training on the balance of chronic stroke patients on an unstable surface. **Methods** The subjects were 10 chronic stroke patients who have been diagnosed with stroke for more than six months. Five subjects were assigned to the experimental group and five to the control group. Virtual reality training was performed using GymPlate, and a balance pad was placed on the foot plate of the GymPlate. Then the subjects were evaluated by LOS, BBS, and TUG. **Results** The results of this study showed that in the experimental group, there was a significant difference in LOS and TUG ($P<0.05$) before and after the intervention, but there was no significant difference in BBS ($P>0.05$). In the control group, there was no significant difference in LOS, BBS, and TUG before and after intervention ($P>0.05$). Furthermore, there was a significant difference in LOS and TUG ($P<0.05$) after the intervention compared to before the intervention in the experimental and control groups, but there was no significant difference in BBS ($P>0.05$). **Conclusion** Virtual reality training on an unstable surface by symmetrical weight support and weight shift is effective in improving balance ability in patients with chronic stroke.

Key words Unstable surface, Chronic Stroke, Virtual Reality, Balance, GymPlate

Corresponding author Hyo-Jung Park (qkrgywj86@hanmail.net)

Received date 20 March 2018

Revised date 20 April 2018

Accepted date 13 June 2018

1. 서론

뇌졸중 발병 후 고유수용성 감각 정보 입력의 장애와 근약화가 발생한다. 근약화는 하지근 보다 체간근이 더 심하며, 체간근 약화는 균형 장애를 발생시키어 독립적 일상생활활동에 문제가 된다. 뇌졸중 환자의 장애 극복을 위해 근강화와 균형 훈련은 동시에 실시해야 한다.¹⁾

컴퓨터 게임을 이용한 가상현실 프로그램이 중추신경계 손상과 노인을 대상으로 균형 훈련중재 방법으로 임상에서 적용되고 있다. 가상현실 프로그램은 선 자세에서 게임을 실행하는 동안 체간근이 활성화 되어 자세 안정성을 증가시키어 낙상 예방에 효과가 있다. 또한 다양한 감각과 전정계를 자극하고, 머리와 안구의 움직임 전략이 균형유지에 결정적 역할을 하게 된다.²⁾

가상현실은 컴퓨터에서 3차원의 가상세계가 시각적, 청각적

자극과 촉각의 피드백을 제공한다. 가상현실 훈련은 대뇌피질을 활성화 시키어 손상 받은 대뇌의 재구성에도 관여한다. 임상에서 실제 척수손상, 뇌성마비와 같은 중추신경계 손상 환자의 신경학적 기능을 회복 위한 재활치료에 많이 활용되고 있다.³⁾

뇌졸중 환자를 대상으로 가상현실 훈련을 하는 동안 환자 자신의 움직임에 대한 피드백을 제공 받아 게임을 실행하고 훈련의 결과는 BBS와 TUG로 균형 능력을 측정할수 있다. 이와 같은 측정변수는 보행, 체중이동, 자세변화와 방향전환 등의 균형능력을 측정하는 것으로 가상현실 훈련은 프로그램안에서 다양한 정적, 동적 움직임을 경험할 수 있다는 증거이다.⁴⁾ 그리고 신체기능과 인지기능도 향상 되어 자아존중감에 긍정적 영향을 미치게 된다. 특히 환자의 능동적 참여는 동기 부여가 강화되어 게임을 하는 동안 균형능력이 더욱더 향상되어 일상생활활동을 원활히 할수 있도록 한다.⁵⁾ 가상현실에서 동적 과제 수행을 하는 동안 지지 기저면에서 발목전략을 이용한 신체무게 중심 이동은 균형능력을 향상의 효과가 있다.⁶⁾

지지 기저면 변화에 따라서 감각계와 운동계는 변화에 반응해야 한다. 불안정한 지지면에서 감각계와 운동계의 반응은 자세 조절에 매우 중요하며, 정상 성인은 시각, 전정감각 보다 고유수용성감각이 균형유지에 많은 정보를 제공한다. 그러나 고유수용성감각이 저하된 경우 시각에 더 많이 의존하게 되는데 불안정한 지지면에서 균형훈련은 감각계와 운동계 회복에 효과적이다.⁷⁾ 불안정한 지지면에서 과제수행은 체간근에 생체 역학적 변화를 주게 되어 주어진 환경에서 체간근 활성화를 증가시킨다. 선 자세에서 불안정 지지면 훈련은 체간의 항중력근이 반응하여 자세동요에 따른 자세 안정을 유지할수 있도록 한다.⁸⁾

이와 같이 뇌졸중 환자의 저하된 균형능력 회복을 위해 가상현실 훈련을 실시하면 시각과 촉각 자극을 주고 다양한 과제 수행을 하는 동안 능동적 신체무게 중심 이동의 훈련을 할수 있다. 그리고 불안정 지지면에서 훈련은 뇌졸중 환자에게 고유수용성 감각을 제공 할수 있고 선 자세에서 훈련을 하는 동안 체간의 항중력근 활성화는 균형능력을 향상 시킬수 있다.

가상현실 훈련은 발판위에서 실시한 연구는 많으나 불안정한 발판위에서 실시한 논문은 미흡하다. 불안정한 지지면에서 가상현실 훈련은 만성기 뇌졸중 환자의 균형능력 향상을 위해 더 많은 효과가 있을 거라고 사료된다. 따라서 본 연구는 만성기 뇌졸중 환자를 대상으로 불안정한 지지면에서 가상현실 훈련을 실시하여 균형에 미치는 영향을 알아보고자 하였으며, 임상중재에 대한 치료적 근거를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 뇌졸중 진단을 받고 재활전문병원인 D 병원에 입원 치료 중인 환자를 대상으로 하였다. 연구 대상자의 선정기준은 첫째, 뇌졸중으로 진단 받은지 6개월 경과한 환자, 둘째, 독립 보행이 가능한자, 셋째, K-MMSE 검사에서 24점 이상인자를 선정하였으며, 시각과 전정기관 장애가 있고 하지에 정형외과 질환이 있는 환자는 제외 시켰다. 본 연구의 대상

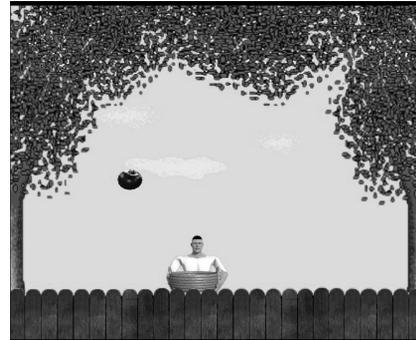


Figure 1. Tasks of shifting body weight side to side

자는 연구 목적과 방법에 대하여 설명을 한 후 참여의사가 있는 대상자를 선정하였다(Table 1).

2. 연구절차

연구 대상자 10명은 실험군과 대조군을 컴퓨터로 추첨해 무작위 배정하였다. 본 연구에서 실험군의 가상현실 훈련은 Gymplate (TECHNO CONCEPT, France) 장비를 사용 하였다. Gymplate는 foot plate에 가해지는 힘을 USB를 통해 컴퓨터로 전달되며, 상,하,좌,우 4방향 압력센서에 가해지는 각각의 압력이 USB를 통해 컴퓨터로 전달되고, 그 신호를 컴퓨터 모니터상에서, 상,하,좌,우 균형의 정도를 가늠할수있다. 가상현실 프로그램은 총 6단계로 구성되어 있으며, 게임은 좌,우 체중이동하여 바구니 안에 사과 담는 것과 앞,뒤,좌,우 체중이동 하여 과제수행 하는 것을 시행하였고 단계별로 시행 하였다. 환자의 동기 부여를 위해 환자 상태에 따라 다른 게임도 하였다(fig 1, fig 2). 대상자는 컴퓨터 모니터를 통해 시각적, 청각적 피드백을 받을수 있다. foot plate 위에 Balance pad(AIREX, 50×41×6cm, 미국) 위치하여 훈련을 실시하였으며, 일반 물리치료 30분과 가상현실 훈련 30분, 주 5회, 6주간 치료를 시행하였다. 대조군의 중재는 일반 물리치료 60분, 주 5회, 6주간 시행하였다.

Table 1. The general and clinical characteristics of the subjects

Variables	Study(n=5)	Control(n=5)	P
Gender(M/F)	3/2	4/1	.513
Height(cm)	160.00±7.00	162.80±4.86	.527
Weight(kg)	55.80±4.43	55.00±4.30	.671
Age(year)	61.40±9.76	58.80±10.59	.602
Hemorrhage/Infarction	1/4	2/3	.513
Hemi-side(R/L)	3/2	2/3	.549
Duration(month)	9.40±1.14	10.00±1.58	.522

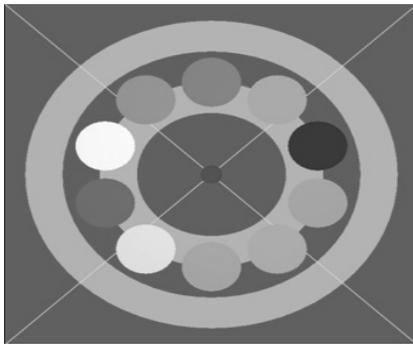


Figure 2. Tasks of shifting body weight forward, backward and sides

3. 측정방법 및 측정도구

1) 안정성 한계 (Limit Of Stability, LOS)

안정성 한계 측정은 선 자세에서 환자 스스로 앞, 뒤, 좌, 우 움직이는 동안 안정성 유지할수 있는 최대 한계를 측정하는 것이다. 측정 도구는 Gymplate 장비를 사용 하였으며, foot plate에 바로 선 자세에서 앞, 위, 좌, 우 체중 이동시 중심점에서 이동 거리를 측정하였다. 환자에게 시범을 보여 준 후 1회 연습하고 측정하였으며, 발목 전략을 사용하여 균형 유지한 상태에서 최대 체중 이동범위를 분석 하였다. Gymplate 장비의 안정성 한계 신뢰도 검사를 실시 한 결과 측정자내 신뢰도는 0.86 이었다.

2) Berg Balance Scale(BBS)

노인의 기능적 동적균형 측정을 위해 앉기, 선자세, 자세 변화 등 3개 영역으로 구성되었으며, 5점 척도, 14개 항목으로 총

56점이며, 점수가 높을 수록 균형 유지 능력이 좋은 것으로 평가한다. Berg 균형척도 측정 위해 step stool, 침대, 손잡이 있는 의자, 줄자, 초시계 사용한다.

3) Time up & Go test(TUG)

검사자는 46cm 높이의 팔걸이 의자에 등을 대고 앉은 자세에서 평소 걸음으로 3m지점의 반화점을 돌아와 의자에 앉을 때 까지의 시간을 측정하였다.

4. 분석방법

본 연구의 통계는 SPSS version 18을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 연구 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하였고, 실험군과 대조군의 차이는 독립 t 검정을 하였다. 실험군과 대조군의 중재 전, 후 비교는 비모수 검정의 Mann-Whitney test 실시하였고 집단내 비교는 Wilcoxon's signed-ranks test 실시하였다. 자료의 모든 통계적 유의 수준은 0.05로 하였다.

III. 결과

본 연구의 결과 실험군은 중재 전과 후에서 LOS와 TUG의 유의한 차이가 있었고($P < 0.05$), BBS는 유의한 차이가 없었다 ($P > 0.05$). 대조군은 중재 전과 후에서 LOS, BBS와 TUG의 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$). 실험군과 대조군의 중재 후에서 중재 전 차이 값 비교에서 LOS와 TUG는 유의한 차이가 있었으나 ($P < 0.05$), BBS는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$)(Table 2).

Table 2. Comparison of LOS, BBS and TUG between groups

Variables		Experimental group(n=5)	Control group(n=5)	p
LOS (cm2)	pre	210.66±97.92	199.48±124.14	0.01*
	post	272.86±72.37	185.26±78.71	
	diff	62.20±36.12	-14.22±49.72	
	p	0.04*	0.89	
BBS	pre	36.00±11.24	45.40±4.97	0.18
	post	37.40±10.01	45.60±4.97	
	diff	1.40±2.07	0.20±0.44	
	p	0.10	0.31	
TUG (sec)	pre	21.56±8.94	21.50±8.58	0.02*
	post	16.88±8.85	21.30±8.20	
	diff	4.69±4.16	0.19±0.76	
	p	0.04*	0.50	

LOS: Limit Of Stability, BBS:Berg Balance Scale, TUG:Time up & Go test, * $p < 0.05$

IV. 고찰

본 연구는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 불안정한 지지면에서 가상현실 훈련을 실시 한 후 균형에 미치는 영향을 알아보고자 하였으며, 가상현실 훈련을 실시 한 후 실험군에서 LOS와 TUG 평가에서 유의한 차이가 있었고, 실험군과 대조군의 그룹간 비교에서 LOS와 TUG 평가에서 유의한 차이가 있었다. 따라서 가상현실 훈련은 만성 뇌졸중 환자의 균형능력 향상에 효과가 있는 것으로 나타났다.

뇌졸중 환자는 감각운동계 손상과 체간조절 장애로 인해 정적 선 자세 유지하는 동안 시상면과 이마면에서 비대칭 자세를 가지게 된다. 뇌졸중 환자의 체중이동 시 이동거리와 체중 지지 정도에 대한 평가가 중요하며, 균형능력 향상 위해서 대칭적 체중지지 훈련을 실시해야 한다. 대칭적 체중지지는 기능적 이동 능력을 향상 시키어 보행과 독립적 선 자세를 유지시키고 체간 흔들림을 감소시킨다.⁹⁾

감각 이상이 있는 뇌졸중 환자에게 가상현실 훈련을 실시한 결과 발목 전략으로 체중이동 하여 대칭적 체중지지 능력이 증가하였고 시상면과 이마면에서 체중이동 거리가 증가하여 안정성 한계 측정값이 유의하게 차이가 있었다. 그리고 고유수용성 감각 입력으로 균형능력 뿐만 아니라 보행 기능도 향상 되었다.¹⁰⁾ 만성 뇌졸중 환자의 가상현실 훈련 결과 BBS와 TUG에서 유의한 차이가 나타났으며, 눈을 뜬 상태에서 안, 기족과 앞, 뒤쪽 체간 흔들림이 유의하게 감소 하였다. 이와 같은 결과는 모니터 상에서 마비측 움직임으로 마비측 하지의 근강화와 다양한 과제 수행하는 동안 자세조절로 인해 동적 균형능력을 증가 시킨것이다.¹¹⁾ 뇌졸중 환자의 균형훈련으로 일반적 운동과 가상현실 훈련을 병행하여 실시하면 이동 능력이 증가 되어 낙상 위험을 감소시킬수 있고 독립적 일상생활활동도 증가시킨다.¹²⁾ 가상현실 훈련은 주어진 환경에서 갑작스런 자세 변화에 대응하는 운동전략을 습득할수 있도록 한다. 그리고 만성 뇌졸중 환자에게 동기 부여, 도전적, 과제 수행 결과 만족도 등을 유발시킬수 있다. 따라서 균형능력 향상위한 재활프로그램으로 적극 활용하도록 추천한다.¹³⁾

본 연구에서 만성 뇌졸중 환자의 가상현실 훈련 결과 실험군에서 LOS와 TUG 평가에서 유의한 차이가 나타났으며, 선행연구에서 가상현실 훈련 후 균형능력 향상 결과와 일치하였다. 가상현실 훈련은 가상공간에서 과제 수행하는 동안 환자 스스로 체중이동 거리 증가와 마비측 체중이동으로 LOS 측정에서 유의한 차이가 나타난 것과 TUG 향상은 기능적 움직임을 원활히 하여 장애를 최소화 하므로 뇌졸중 환자의 균형능력 향상 위한 중재 방법으로 효과가 있다고 사료된다.

만성 뇌졸중 환자의 불안정한 지지면에서 체간조절 훈련 후 BBS와 TUG 평가에서 유의한 차이가 나타났다. 일반적 운

동 보다 불안정한 지지면에서 운동이 동적 균형 능력에 효과가 있다.¹⁴⁾ 그리고 불안정한 지지면에서 일어서기 동작 훈련은 마비측 체중지지 능력을 증가 시켰으며,¹⁵⁾ 매트위에서 체중이동 과제 훈련 결과 장딴지근과 넙다리두갈래근의 근활성과 정적 균형능력이 향상되었다. 장딴지근과 넙다리두갈래근의 근활성도 증가는 정적 균형에 영향을 주었다.¹⁶⁾ 이와 같이 불안정한 지지면에서 선 자세 유지하여 과제수행 하는 동안 고유수용성 감각 정보와 전정계가 자극을 받게 되어 중추신경계 수용력과 고유수용성 자극에 유용하다.¹⁷⁾

본 연구는 불안정한 지지면에서 가상현실 훈련을 실행하는 동안 동적 움직임으로 균형 능력이 향상되었으며, 선행 연구와 일치하였다. 불안정한 지지면에서 과제 훈련은 고유수용성 감각 자극의 기회를 제공 할수 있고 가상현실 프로그램을 통해 다양한 과제 수행하는 동안 자세유지를 해야 하고 움직임 결과의 피드백은 환자의 동기 부여를 제공한다. 그러나 가상현실 게임은 대부분 발판위에서 실행한다. 불안정한 발판 위에서 가상현실 프로그램은 보다 더 많은 감각을 제공할수 있고 만성 단계의 환자에게 치료에 적극 참여할수 있는 기회를 제공한다. 본 연구의 가상현실 프로그램의 장비는 불안정한 지지면에서 과제 수행이 가능 하였으므로 균형 향상에 더 많은 효과가 나타난 것으로 사료된다. 따라서 만성기 단계 뇌졸중 환자의 균형 중재 방법으로 일반적 운동과 함께 불안정한 지지면에서 가상현실 프로그램이 균형 향상에 효과가 있었다.

본 연구는 대상자의 수가 적어 일반화 하기에 제한이 있으며, 균형향상과 관련된 평가가 더 필요하다고 판단된다.

References

1. Fujita T, Sato A, Iokawa K, et al. Quantifying lower extremity and trunk function for dressing in stroke patients: a retrospective observational study. *Top Stroke Rehabil.* 2018;1-4.
2. Virk S, McConville KM. Virtual reality applications in improving postural control and minimizing falls. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2006;1:2694-7.
3. Mao Y, Chen P, Li L, et al. Virtual reality training improves balance function. *Neural Regen Res.* 2014;9(17):1628-34.
4. Roh JS. The effect of virtual reality based rehabilitation program on balance of patient with stroke: A Meta-analysis of Studies in Korea. *J Kore Acad Phys Ther Sci.* 2017;6(30):59-68.
5. Kim YG. The effect of the virtual reality rehabilitation system on activities of daily living, cognitive function, self-esteem in stroke. *J Kore Academia-Indust Cooper*

- Soc. 2015;16(8):5476-84.
6. Kumar D, González A, Das A, et al. Virtual reality-based center of mass-assisted personalized balance training system. *Front Bio eng Bio technol.* 2018;5(85):1-14.
 7. Lee HK, Lee JC, Song GH. The effects of rhythmic sensorimotor training in unstable surface on balance ability of elderly women. *J Kore Soc Phys Med.* 2014;9(2):181-91.
 8. Karthikbabu S1, Nayak A, Vijayakumar K, et al. Comparison of physio ball and plinth trunk exercises regimens on trunk control and functional balance in patients with acute stroke: a pilot randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2011;25(8):709-19.
 9. de Haart M, Geurts AC, Huidekoper SC, et al. Recovery of standing balance in postacute stroke patients: a rehabilitation cohort study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(6):886-95.
 10. Lee SR, Bae SS. Effects of virtual reality program on standing-balance in stroke with sensory deficit. *J Kore Soc Phys Med.* 2010;5(1):63-70.
 11. In TS, Lee KG, Song CH. Virtual reality reflection therapy improves balance and gait in patients with chronic stroke: randomized controlled trials. *Med Sci Monit.* 2016;22:4046-53.
 12. Kim MS. Therapeutic effect of tetrax based on visual feedback training on balance dysfunction due to ataxia in subjects with cerebellar stroke: A Retrospective Study. *J Kore Soc Phys Med.* 2016;11(4):105-14.
 13. Lloréns R, Gil-Gómez JA, Alcañiz M, et al. Improvement in balance using a virtual reality-based stepping exercise: a randomized controlled trial involving individuals with chronic stroke. *Clin Rehabil.* 2015;29(3):261-8.
 14. Jang JY, Kim SY. Effects of trunk control exercise performed on an unstable surface on dynamic balance in chronic stroke patients. *J Kore Soc Phys Med.* 2016;11(1):1-9.
 15. Park J, Woo YK, Park SY. Effects of sit-to-stand training on unstable surface on balance in subject with stroke. *Kore Res Soc Phys Ther.* 2013;20(3):1-8.
 16. 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. *Kore Soc Interg Med.* 2013;1(4):75-83.
 17. Kiers H1, Brumagne S, van Dieën J, et al. Ankle proprioception is not targeted by exercises on an unstable surface. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(4):1577-85.