

가상현실에서 연속적 느린 운동이 노인의 낙상 요인에 미치는 영향

김정진, 구 슐, 이진주, 김유신, 윤범철

고려대학교 보건과학대학 물리치료학과

The Effects of Virtual Reality-based Continuous Slow Exercise on Factors for Falls in the Elderly

Jung-Jin Kim, PT, Seul Gu, PT, Jin-Ju Lee, PT, Yu-Shin Kim, PT, Bum-Chul Yoon, PT, OT, PhD

Department of Physical Therapy, College of Health Science, Korea University

Purpose: The purpose of this study was to assess the effects of virtual reality-based continuous slow exercise on muscle strength and dynamic balance capacity, in older adults over 65 years of age.

Methods: Twenty-six volunteers were randomly divided into two groups; a Virtual Reality (VR) exercise-group (67.8 ± 4.1 yrs) and a Control group (65.5 ± 5.2 yrs). The VR group participated in eight weeks of virtual reality exercise, utilizing modified Tai-Chi provided by a motion capture system, and the Control group had no intervention. The hip muscle strength and dynamic balance of the members of both the VR group and the Control group were measured at pre- and post-intervention, using a multimodal dynamometer, and backward stepping test, respectively.

Results: 1. After the 8-week VR-based exercise, the VR group showed significant improvement of hip strength, compared to the control group: hip extension ($p=0.00$), flexion ($p=0.00$), abduction ($p=0.00$), and adduction ($p=0.00$). 2. After the 8-week VR-based exercise, the VR group showed significant improvement of dynamic balance capacity as ground reaction force, compared to the control group. Eyes opened backward stepping test: Fx (+) ($p=0.00$), Fy (-) ($p=0.02$), Ver (+) ($p=0.02$) direction. Eyes closed backward stepping test: Fx (+) ($p=0.04$), Fy (-) ($p=0.04$), Ver (+) ($p=0.03$) direction.

Conclusion: The VR group showed improvement of their hip muscle strength, and dynamic balance capacity. Therefore VR-based continuous slow exercise would contribute to reducing the risk of falls in the elderly.

Keywords: Virtual reality, Hip muscles strength, Dynamic balance, Backward stepping test, Elderly

I. 서론

노인들이 겪는 문제 중 낙상은 치명적일 수 있는 주요 상해 원인이 된다.¹ 노인은 낙상으로 인해 타박상, 염좌와 같은 작은 부상에서부터 골절, 탈구, 뇌 손상 등 각종 심각한 상해를 입을

수 있으며, 심지어는 사망에까지 이를 수 있다.² 따라서 낙상은 개인의 일상생활과 사회 참여 기회를 제한시켜 결과적으로 삶의 질을 저하시킬 수 있으며, 상해로 인한 의료비 상승은³ 사회·경제적 부담을 가중시키는 요인이 되기도 한다.

이처럼 고령화 사회와 맞물려 더욱 증가되고 있는 낙상은 다양한 위험 요소를 가지고 있다. 낙상의 잠재적 위험 요소는 크게 환경적 요인, 약물 복용, 노화와 병적상태, 영양상태, 운동부족으로 분류할 수 있다.⁴ 그 중 노인의 낙상에 있어 가장 문제가 되는 것은 노화와 병적상태 및 운동부족으로 인한 근력 약화와 균형 장애이며, 노화에 따른 생리적 변화는 점차적

Received March 15, 2012 Revised April 6, 2012

Accepted April 12, 2012

Corresponding author Bum-Chul Yoon, yoonbc@korea.ac.kr

Copyright © 2012 by The Korean Society of Physical Therapy

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.

으로 근력 및 근지구력을 감소시킨다.^{5,6} 따라서 노인의 낙상을 예방하기 위해서는 근력과 균형 능력을 증진시키는 운동이 필요하다

라고 볼 수 있다. 낙상을 감소시키기 위해 노인에게 적용되는 운동 중재로서 일반적인 근력강화 운동⁷ 외에도 근 지구력 운동⁸과 유연성 및 균형 운동⁹의 효과가 선행 논문을 통해 입증되었다. 그 중 태극권은 연속적으로 이어지는 느린 동작들로 구성된 중국의 전통 운동으로서,¹⁰ 근력, 유연성 및 균형 능력 증진의 효과를 모두 가지고 있는 운동이다.¹¹ 구성 동작은 무릎 굽히기, 한발서기, 체중 옮기기 등이 있으며, 하지 근력을 강화시키고 고유 감각을 증진시켜 보행 및 균형능력 등 다양한 신체적 능력향상에 도움이 된다.¹² 이와 같은 연구 결과를 바탕으로 현재까지 연속적이고 느린 동작으로 구성된 낙상예방 운동들의 효과들이 지속적으로 연구되고 있다. 그러나 기존의 센터나 복지 관련 시설에서 기존 운동 프로그램을 수행하는 경우 시공간적 제약과, 인력 및 비용 등의 문제가 뒤따를 수 있다. 또한 노인은 노화에 의해 일반적인 운동 프로그램 시 쉽게 지치고, 흥미를 금방 잃게 되는 경향이 있다.

현재 가상현실을 이용한 다양한 중재 방법이 새롭게 주목을 받고 있다.¹³ 가상현실은 다양한 피드백을 통한 상호작용과 생동감으로 현실감을 제공하는 기술이다.¹⁴ 가상현실을 통한 운동은 현실 운동과 달리 시간적, 공간적 제약이 없다.¹⁵ 또한, 사용자에게 재미와 흥미를 유발시켜 지속적이고 능동적인 운동이 가능하다.¹⁶ 최근 장애인들의 기능 향상을 위한 평가와 중재¹⁷ 또는 정신분열병, 뇌손상 환자들을 위한 신경심리학적 평가 및 인지재활치료 도구로서¹⁸ 가상현실의 사용이 두드러지고 있다. 또한 기존의 비싸고 쉽게 접할 수 없는 기기와는 달리 Wii, XBOX360, Playstation과 같이 가정에서도 손쉽게 사용할 수 있는 기기들이 점차 출시되며 기술 발전이 이루어지고 있다. 하지만 가상현실 기술을 이용한 치료적 효과는 여러 선행연구를 통해 입증되고 있지만, 노인의 낙상 예방에 기여할 수 있는 가상현실 기반 운동 프로그램의 효과에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다.

본 연구에서는 노인들에게 시각, 청각적 피드백이 주어지는 가정용 가상현실 기기를 사용하고, 현재까지 노인에게 긍정적인 효과를 보이고, 많은 연구가 이루어진 태극권과 유사한 느리고 연속적인 동작으로 구성된 가상현실을 이용한 운동을 적용하고자 한다. 본 연구의 목표는 노인의 낙상 위험성을 감소시키기 위한 중재의 일환으로 가상현실 운동이 대표적 낙상요인인 근력과 균형 능력에 미치는 영향을 알아보는 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 서울시 성북구에 소재한 보건소에서 모집한 65세 이상의 노인 26명을 대상으로 시행 되었다. 연구 대상자들의 가상현실 운동과 평가는 K대학교 동작분석실에서 진행되었다.

연구의 대상자들은 최근 1년 내 근·골격계 수술 이력을 지녔거나 현저히 낮은 시력으로 눈앞의 사물 구분이 어려운 경우 실험에서 배제되었다. 최근 6개월 동안 어지럼증이나 낙상을 경험한 경우, 움직임이나 치매, 심혈관성 질환, 신경학적 증상을 지닌 경우 실험에서 제외 시켰다. 자발적으로 참여를 희망하는 자를 대상으로 연구를 진행하였으며 실험의 과정과 목적을 대상자들에게 충분히 설명하고 동의를 구하였다. 실험 내용 및 과정은 K대학교 생명윤리위원회의 승인을 받고 진행하였다.

대상자는 무작위 추출을 통해 운동군 13명과 대조군 13명 두 집단으로 구분하였다. 대상자의 일반적 특성은 아래와 같다(Table 1).

2. 실험방법

1) 운동 방법

가상현실에서 대상자의 동작을 인식하기 위한 장비로 모션 캡처 시스템(KINECT, Microsoft Inc., WA, USA)을 사용하였다. 주본체(XBOX360, Microsoft Inc., WA, USA)와 영상출력을 위한 64인치 모니터가 연결되었으며, 본 장비는 대상자가 모션 캡처 시스템 앞에서 몸을 움직이면 화면을 통해 가상현실 환경 속에서 시각적 피드백을 받을 수 있도록 설계되었다. 체간, 어깨, 팔꿈치, 골반, 무릎, 발목과 같은 대상자의 신체 분절을 모션 캡처 시스템이 실시간으로 캡처하여, 대상자는 본인의 움직임을 모니터를 통해 지속적으로 확인하며 운동을 진행할 수 있다. 운동은 미끄러움이 없는 평평한 매트 위에서 진행되었

Table 1. Demographics at the baseline in VRE and CTR groups (mean [SD])

	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)
VRE	67.8±4.1	157.9±9.5	61.9±11.1	24.8±3.3
CTR	65.5±5.2	154.4±4.0	60.1±6.9	25.3±3.2

Value are mean±SD.

VRE: virtual reality exercise group (experimental group), CTR: control group, BMI: body mass index.

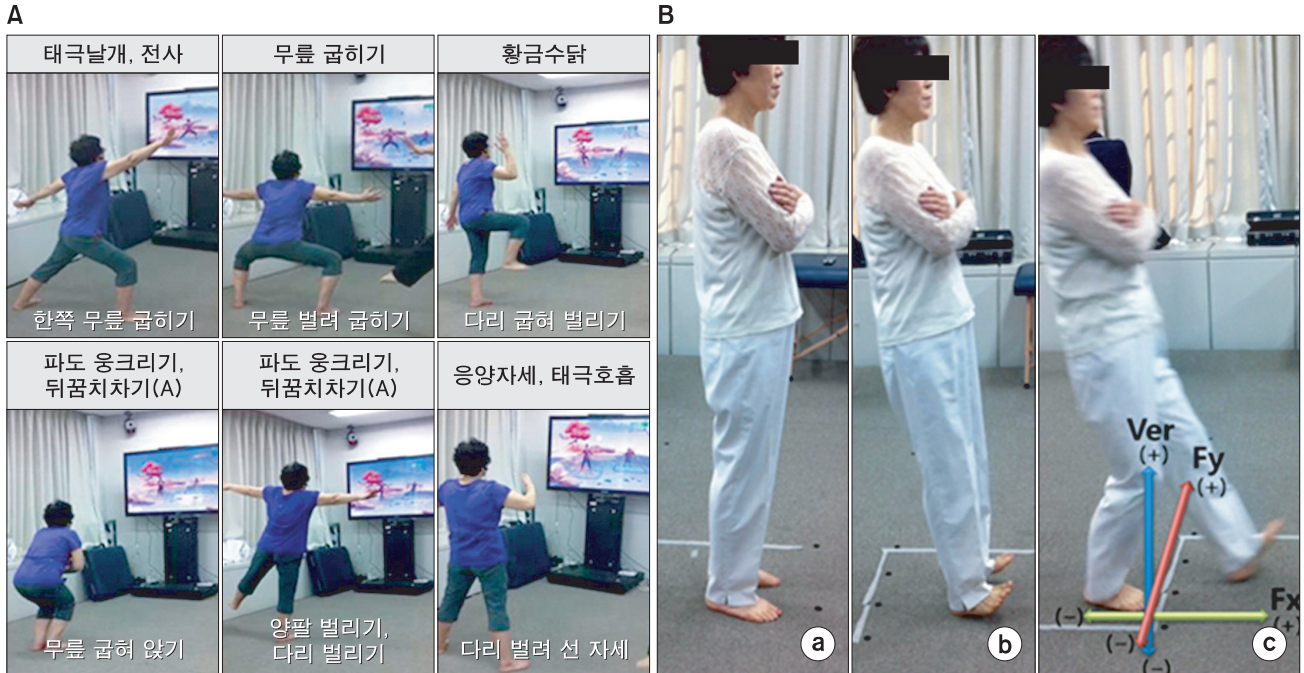


Figure 1. A: Major motions of VR (virtual reality) program, B: Backward stepping test. (a) on the standing position, (b) moving the COG backward maximally, (c) step on the ground with the dominant leg.

으며, 실험실 내부의 온도는 일정하게 유지하였다.

가상현실 운동 프로그램(Ubisoft Inc., Surrey, 영국)은 태극권의 연속적인 느린 동작의 특성을 지닌 선(zen)운동 프로그램을 선택하여 실시하였으며, 주요 구성동작은 아래와 같다 (Figure 1A). 본 운동인 가상현실 운동은 35분간 실시하였으며, 중간 휴식시간을 5분간 가졌다. 본 운동 전 준비운동으로 전신의 스트레칭을 10분 동안 실시하였고, 본 운동이 끝난 후에는 5분간 정리 운동을 실시하였다. 운동은 운동군 13명에게 가상현실 운동 프로그램을 8주간 주 3회씩 지속적으로 실시하였다. 대조군은 운동군과 동일하게 전·후 평가를 실시하였으며 별도의 운동 프로그램은 시행하지 않았다. 그들은 평소와 같은 생활 패턴을 유지하도록 하였다.

2) 근력 측정

근력 측정은 다방향 동력계(Primus RS, BTE Co., Maryland, 미국)를 사용하여 측정하였다. 본 연구에서 사용된 다방향 동력계는 케이블 시스템 등의 적용을 통해, 다양한 자세에서 대상자의 고관절 등의 근력, 파워 일량 등을 높은 신뢰도로서 측정이 가능한 장비이다.¹⁹ 측정부위는 우세측 하지 고관절의 신전근, 굴곡근, 내전근, 그리고 외전근이었다. 측정을 위해 스트랩을 경골체 중앙에 위치시키고 부착된 줄이 팽팽하게 일직

선을 유지하도록 한 후 최대 등척성 근력(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)을 기록하였다. 측정 시 시선은 정면을 향하도록 지시하였고, 바로 선 자세를 유지하고 대상 작용이 일어나지 않도록 주의하였다. 측정에 앞서 측정 방법을 충분히 숙지시킨 후 각 3회씩 측정하였다. 측정된 값들은 평균(mean)과 표준편차(standard deviation) 값을 계산하여 분석하였다.

3) 균형 능력 측정

균형 능력은 힘측정판(Bertec Corp., OH, 미국)을 이용하여 측정하였다. 힘측정판 위에서 backward stepping test (BST)를 실시하여 지면 반발력(ground reaction force, GRF)을 측정하였다.²⁰ BST에서 대상자는 힘측정판 위에서 맨발인 상태로 양발의 간격을 10 cm로 유지하며 바로 선 자세를 취하도록 한다 (Figure 1-B). 양팔을 가슴 위에 교차시키도록 하고 시선은 정면을 향하도록 한 후 가만히 선 자세를 5초 동안 유지하도록 한다. 5초 후, 실험자가 시작 신호를 주면 대상자는 스스로 선택한 속도로 자신의 무게 중심(center of gravity, COG)을 최대한 뒤로 이동시키고, 우세측 발을 뒤로 내딛도록 하였다.

측정은 시범을 통해 동작을 숙지시킨 후 진행되었으며, 눈을 뜨고(eyes opened BST) 3번, 눈을 감고(eyes closed BST) 3번

측정하여 총 6번 측정되었다. Eyes opened BST와 eyes closed BST의 순서는 무작위로 선택되었다.

우세측 발이 힘측정판에 접지하는 순간부터 떨어지는 순간까지 대상자의 GRF를 3회 측정하였으며, Fx (+), Fx (-), Fy (+), Fy (-), Ver (+) 방향의 최대값을 구하였다. 힘측정판은 GRF의 각 방향에 비례하는 신호를 발생하였으며 Cortex 1.0 (Motion Analysis Corp., CA, 미국)를 사용하여 샘플링 주기(Sampling rate)는 1,200 Hz로 설정하였다.

3. 자료처리 방법

자료 처리 시 근력과 GRF 값은 MATLAB ver. R2008a (MathWorks Inc, 미국)을 사용하여 계산하였으며, 데이터는 평균(mean)과 표준편차(standard deviation)로 표현되었다. 가상현실을 통한 연속적인 느린 운동에 따른 고관절 근력과 균형 능력의 집단과 운동 전·후 차이에 대한 유의성 검증을 위하여 공분산분석(repeated measures analysis of covariance, ANCOVA)을 사용하였다. 자료의 통계처리 시 SPSS ver. 12.0 (SPSS Inc., IL, 미국)을 사용하였으며, 모든 통계 처리에서 유의수준 α 는 0.05로 설정하였다.

III. 결과

본 연구에서 얻어진 가상현실을 통한 연속적인 느린 운동에 따른 노인들의 고관절부 근력 및 동적 균형 능력의 결과는 사전 검사값을 공변량으로 하는 공분산분석(ANCOVA)으로 분석되었으며 결과는 다음과 같다.

1. 운동 전후 고관절 근력 변화

가상현실 운동 전·후 운동군과 대조군의 고관절부 근력을 측정한 결과 고관절 신전근(p=0.00), 굴곡근(p=0.00), 내전근(p=0.00), 외전근(p=0.00) 모든 근력에서 실험군이 대조군에 비해 유의하게 증가한 것으로 나타났다(Table 2). 사전 검사 대비 고관절 신전근(59%), 굴곡근(26%), 내전근(46%), 외전근(31%)의 근력 향상이 나타났다.

2. 운동 전후 동적 균형 능력 변화

가상현실 운동 전·후 운동군과 대조군의 eyes opened BST 시 GRF를 측정한 결과 Fx (+) (p=0.00), Fy (-) (p=0.02), Ver (+) (p=0.02)에서 실험군이 대조군에 비해 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 사전 검사 대비 Fx (+) (17%), Fy (-) (49%), Ver (+) (14%)의 GRF 향상이 나타났다. 하지만 Fx (-) (p=0.11), Fy (+) (p=0.20) 방향으로의 GRF의 차이는 유의하지 않았다(Table 3).

Eyes closed BST에서도 GRF를 측정한 결과 Fx (+) (p=0.04), Fy (-) (p=0.04), Ver (+) (p=0.03)에서 실험군이 대조군에 비해 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 사전 검사 대비 Fx (+) (27%), Fy (-) (58%), Ver (+) (21%)의 GRF 향상이 나타났다. 하지만 Fx (-) (p=0.11), Fy (+) (p=0.26) 방향으로의 GRF의 차이는 유의하지 않았다(Table 4).

IV. 고찰

본 연구는 26명의 노인을 대상으로 하여 가상현실을 통한 연속적인 느린 운동이 노인의 낙상 요인인 근력과 동적 균형능

Table 2. Comparisons of muscle strength (N) in VRE and CTR groups (mean [SD])

Muscle		Strength (N)		F	p
		VRE (mean±SD)	CTR (mean±SD)		
Extensor	Pre	20.65±6.33	16.91±5.02	42.099	0.00*
	Post	32.92±7.58	16.11±4.18		
Flexor	Pre	23.99±13.83	16.64±6.69	18.198	0.00*
	Post	30.29±8.49	18.20±3.97		
Adductor	Pre	27.44±7.33	21.77±5.33	27.920	0.00*
	Post	40.14±9.47	21.45±5.51		
Abductor	Pre	24.83±8.36	18.99±8.57	16.674	0.00*
	Post	32.64±8.68	18.61±6.10		

VRE: virtual reality exercise group (experimental group), CTR: control group, SD: standard deviation.

*Significant difference of variation (from pre- to post-8 weeks) between VRE and CTR (p<0.05).

Table 3. Comparisons of GRF (N) with eyes opened BST in VRE and CTR groups (mean [SD])

Direction		GRF (N)		F	p
		VRE (mean±SD)	CTR (mean±SD)		
Fx (+)	Pre	356.59±93.29	304.92±111.80	10.470	0.00*
	Post	418.87±109.02	290.12±104.88		
Fx (-)	Pre	53.05±35.76	70.23±47.32	2.690	0.11
	Post	72.43±43.84	66.04±41.64		
Fy(+)	Pre	92.16±43.57	70.88±15.17	1.751	0.20
	Post	95.37±35.60	72.66±12.30		
Fy (-)	Pre	65.40±29.29	78.88±52.51	6.934	0.02*
	Post	97.37±52.14	66.53±37.54		
Ver (+)	Pre	1137.38±229.67	1022.24±199.24	6.535	0.02*
	Post	1301.73±370.58	1008.97±161.44		

VRE: virtual reality exercise group (experimental group), CTR: control group, SD: standard deviation, BST: backward stepping test.

*Significant difference of variation (from pre- to post-8 weeks) between VRE and CTR (p<0.05).

Table 4. Comparisons of GRF (N) with eyes closed BST in VRE and CTR groups (mean [SD])

Direction		GRF (N)		F	p
		VRE (mean±SD)	CTR (mean±SD)		
Fx (+)	Pre	327.94±101.21	286.02±135.00	10.306	0.04*
	Post	419.42±131.66	288.01±114.09		
Fx (-)	Pre	58.48±44.94	48.98±31.39	2.772	0.11
	Post	70.31±37.84	47.48±25.52		
Fy(+)	Pre	94.58±28.10	75.88±17.46	1.312	0.26
	Post	93.27±31.04	71.18±12.92		
Fy (-)	Pre	65.27±37.76	65.84±48.65	4.797	0.04*
	Post	102.82±66.40	64.50±44.11		
Ver (+)	Pre	1087.13±245.50	985.70±161.86	11.433	0.03*
	Post	1313.01±368.05	985.21±149.97		

VRE: virtual reality exercise group (experimental group), CTR: control group, SD: standard deviation, BST: backward stepping test.

*Significant difference of variation (from pre- to post-8 weeks) between VRE and CTR (p<0.05).

력에 미치는 영향을 분석해 보고자 하였다. 실험 결과, 가상현실 운동을 실시한 운동군이 대조군에 비해 고관절부 근력과 균형 능력에서 유의한 향상을 보였다.

인체의 균형 또는 안정성에 있어 고관절은 인체의 상하를 연결하여 기능적 움직임에 중요한 역할을 수행하는 것으로 알려져 있다. 선행 연구에서는 고관절 굴곡근은 노인의 보행 능력 향상과 관련이 있으며,²¹ 고관절 외전근과 내전근은 보행

시 좌우안정성 유지에 기여한다. 특히, 낙상을 경험한 노인은 고관절 신전근의 근력이 유의하게 낮음이 확인되었다.²² 이처럼 노인의 낙상 예방 측면에서 고관절의 근력 강화는 일상생활 동안 안정성을 향상시킬 수 있을 것으로 보고되고 있다. 본 연구에서 사용한 가상현실 운동 프로그램은 기존의 태극권 운동과 마찬가지로 연속적이고 느린 동작들로 구성되었기 때문에 기존의 태극권 운동을 실시한 연구들과 비교해 볼 수 있

을 것이다. 본 연구 결과 가상현실에서 연속적이고 느린 동작으로 구성된 운동 프로그램을 8주 동안 실시했을 경우 기존의 태극권 운동과 마찬가지로 하지의 근력 증진에 효과적이었음을 알 수 있었다.²³ 그러나 선행 연구들은 대부분 족관절²⁴ 또는 슬관절²⁵부의 근력을 측정하였으나, 본 연구에서는 고관절 근력을 측정하여 유의한 결과를 나타내었다.

낙상을 경험한 노인은 젊은 사람이나 낙상을 경험하지 않은 노인보다 디딤 전략(steping strategy)을 더 많이 사용하는 경향이 있다.²⁶ 디딤 전략은 낙상의 위험을 감소시키기 위한 보호반응으로 중요한 의미를 가지므로²⁷ 노인의 낙상 예방을 위한 균형 능력의 평가 방법으로서 디딤 검사(steping test, ST)를 주로 사용한다. ST로부터 얻어지는 지면반력(ground reaction force, GRF)은 특정 수행자의 개인적 특성과 관련한 수행 동작의 정보를 제공하므로, 균형유지의 척도로서 동작분석과 함께 자주 사용된다. 본 연구에서 시행한 BST는 무게 중심을 뒤로 옮기다가 안정성의 한계 범위에서 우세측 발을 뒤로 딛음으로서 생기는 GRF를 이용하여 균형을 유지하도록 실시하였다. BST 시 우세측 발을 딛기 직전까지 무게 중심은 COG 방향과 함께 뒤로 이동하므로 낙상을 방지하기 위해서는 GRF를 이용하여 낙상 방향으로의 힘을 상쇄시켜야 한다. 가상현실 운동 후 운동군은 대조군에 비해 eyes opened BST, eyes closed BST에서 GRF는 Fx (+), Fy (-), Ver (+) 방향에서 유의한 증가를 나타냈다. BST에서 후방 낙상을 방지하기 위해서는 GRF를 이용한 Fx (+), Ver (+) 방향으로의 추진력이 필요하다. 이때 신체의 무게 중심을 전방 상위로 옮기기 위해 고관절 굴곡근의 활성화가 요구된다.²⁸ 본 연구에서 나타난 고관절 굴곡근력의 유의한 향상(26%)이 Fx (+), Ver (+) 방향으로의 추진력에 영향을 끼쳤을 것으로 생각된다. 결과적으로 ST 시 GRF의 증가는 신체의 보호반응 향상으로 생각해 볼 수 있으며, 가상현실 운동을 통해 균형 능력이 향상되었다는 선행 연구 결과^{29,30}와 일치한다.

노인의 낙상을 예방하기 위해서는 운동 능력 향상뿐만 아니라 감각 기관의 지각 능력 향상 역시 중요하다. 선행 연구 결과 관절 고유 수용성 감각, 시각 및 전정계의 퇴화는 균형 제어를 어렵게 하는 것으로 보고되었다.³¹ 일반적으로 고유 감각의 퇴화는 균형 능력의 저하와 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있지만, 노인의 경우 자세 조절 시 시각 의존도가 높기 때문에,³² 시각 정보가 감소되거나 제거된 상황에서 불안정성이 더욱 증가하게 된다. 눈을 감아 시각 정보가 결여된 eyes closed BST상태에서 GRF가 상승되었다는 본 연구의 결과는 가상현실 운동을 통해 노인의 균형 유지에 대한 시각 의존도를 낮추

고 다양한 감각 정보를 통해 보다 정확한 균형 조절 능력을 습득할 수 있음을 의미한다.

본 연구에서 사용한 가상현실 프로그램은 1:1 운동 프로그램으로서 시각적 피드백이 가능하므로 실험 대상자가 요구 동작을 정확히 수행할 수 있도록 하였을 것이다. 가상현실 프로그램의 특성은 실험 대상자에게 동기를 부여하며 화면을 통해 받을 수 있는 시청각적 자극으로 흥미를 유발시켜 운동의 집중도 및 지속성을 높인다.³³ 가상현실을 이용한 선행 연구를 살펴보면, 노인을 대상으로 시각적 피드백이 가능한 가상현실 프로그램을 적용하여 균형 능력의 유의한 증가가 보고된 바 있다.³⁴ 가상현실 게임 프로그램을 이용한 훈련으로 뇌졸중 환자의 상지의 기능적 움직임이 증가하였고,³⁵ 만성 편마비 환자들에게 가상현실에서 발목 운동을 적용한 결과 발목과 무릎의 관절가동범위가 증가하여 보행 능력이 향상되었다.³⁶ 또한 뇌손상 아이들에게 가상현실 시스템에 기반한 운동 프로그램을 적용하여, 삶의 질 뿐만 아니라 기능적인 움직임의 향상을 보고하였다.³⁷ 따라서 본 연구에서 사용된 가상현실은 실험 대상자의 운동 정확도, 집중도, 지속성을 높여 결과적으로 운동의 효과를 증진시켰을 것이다.

본 연구의 한계점으로 대상자의 수가 많지 못했다는 점이 지적될 수 있을 것이다. 또한 가상현실 운동의 개별적인 효과만을 보기 위해 본 연구에서는 대조군이 기존의 어떠한 운동 프로그램도 수행하지 않았기 때문에 이 또한 한계점으로 생각될 수 있다. 따라서 향후 연구에서는 낙상에 대한 두려움이 있는 다수의 낙상 고위험군 노인들에게도 가상현실 기반 운동이 예방 효과가 있는지에 대한 연구가 필요할 것이다. 또한 기존 운동프로그램과의 직접적인 비교를 통해 가상현실 운동의 장단점을 보다 구체적으로 연구하는 것도 의의가 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 가상현실을 통한 연속적인 느린 운동이 노인의 낙상 요인인 근력과 동적 균형 능력에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 가상현실을 통한 연속적인 느린 운동은 노인의 고관절 근력과 동적 균형 능력을 향상시킬 수 있으며 결과적으로 낙상의 위험 요인 감소에 도움을 줄 수 있어 현장 적용 및 활용에 유익할 것으로 본다.

Author Contributions

Research design: Yoon BC, Kim JJ

Acquisition of data: Kim JJ, Gu S, Lee JJ

Analysis and interpretation of data: Kim JJ

Drafting of the manuscript: Kim JJ, Gu S, Lee JJ

Administrative, technical, and material support: Kim YS

Research supervision: Yoon BC

참고문헌

1. Kim HD. Effect of a pnf training program on functional assessment measures and gait parameters in healthy older adults. *J Kor Soc Phys Ther.* 2010;22(1):39-45.
2. Lee YW, Choi SJ, Song CH. The effect of a balance training program to improve the balance of aged patients with diabetes mellitus. *J Kor Soc Phys Ther.* 2010;22(3):23-30.
3. Moller J. Projected costs of fall related injury to older persons due to demographic change in australia. Canberra, Commonwealth of Australia, 2004.
4. Oakley A, Dawson MF, Holland J et al. Preventing falls and subsequent injury in older people. *Quality and Safety in Health Care.* 1996;5(4):243-9.
5. Son HH, Oh JL, Park RJ. The effect of an exercise program on activities of daily living (ADL), balance and cognition in elderly individuals with Alzheimer's disease and vascular demendia. *J Kor Soc Phys Ther.* 2010;22(1):43-60.
6. Kim JH. Reliability and validity of gait assessment tools for elderly person. *J Kor Soc Phys Ther.* 2009;21(1):41-8.
7. Rubenstein LZ, Joesephson KR, Trueblood PR et al. Effects of a group exercise program on strength, mobility, and falls among fall-prone elderly men. *Journal of Gerontology.* 2000;55(6):M317-21.
8. Cress ME, Buchner DM, Questad KA et al. Exercise: effects on physical functional performance in independent older adults. *J Gerontol.* 1999;54(5):M242-8.
9. Hong Y, Li JX, Robinson PD. Balance control, flexibility, and cardiorespiratory fitness among older Tai Chi practitioners. *Br J Sports Med.* 2000;34:29-34.
10. Wolf SL, Bamhart HX, Ellision GL et al. The effect of Tai Chi Quan and computerized balance training on postural stability in older subjects. *Phys Ther.* 1997;77(4):371-84.
11. Li JX, Hong Y, Chan KM. Tai chi: physiological characteristics and beneficial effects on health. *Br J Sports Med.* 2001;35:148-56.
12. Tsang WWN, Hui-chan CWY. Effects of Tai Chi on joint proprioception and stability Limits in elderly subjects. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(12):1962-71.
13. Schuler T, Brüttsch K, Müller R et al. Virtual realities as motivational tools for robotic assisted gait training in children: a surface electromyography study. *NeuroRehabilitation.* 2011;28(4):401-11.
14. Steuer J. Defining virtual reality: dimensions determining telepresence. *J Commun.* 1992;42(4):73-93.
15. Bruin ED, Schoene D, Pichierrri G et al. Use of virtual reality technique for the training of motor control in the elderly. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie.* 2010;43(4):229-34.
16. Flynn S, Palma P, Bender A. Feasibility of using the Sony PlayStation 2 gaming platform for an individual poststroke: a case report. *J Neurol Phys Ther.* 2007;31(4):180.
17. Cunningham D, Krishack M. Virtual reality promotes visual and cognitive function in rehabilitation. *Cyberpsychol Behav.* 1999;2:19-23.
18. Hoffman HG, Patterson DR, Carrouger GJ. Use of virtual reality therapy for adjunctive treatment of adult burn pain during physical therapy: a controlled study. *Clin J Pain.* 2000;16(3):244-50.
19. Kollock RO, Onate JA, Van Lunen B. Assessing muscular strength at the hip joint. *Athl Ther Today.* 2008;13(2):18-24.
20. Takeuchi Y, Tanaka Y, Shimomura Y et al. The rffect of aging on the backward stepping reaction as estimated from the velocity of center of foot pressure and muscular strength. *J Physiol Anthropol.* 2007;26(2):185-9.
21. Kim JD, Kuno S, Soma R et al. Relationship between reduction of hip joint and thigh muscles and walking ability in elderly people. *Jpn J Phys Fitness Sports Med.* 2000;49:589-96.
22. Daubney ME, Culham EG. 1. Lower-extremity muscle force and balance performance in adults aged 65 years and older. *Phys Ther.* 1999;79(12):1177-85.
23. Lan C, Lai J-S, Chen S-Y et al. 12-month Tai Chi training in the elderly: its effect on health fitness. *Med Sci Sports Exerc.* 1998;30(3):345-51.
24. Xu D, Hong Y, Li J et al. Effect of tai chi exercise on proprioception of ankle and knee joints in old people. *Br J Sports Med.* 2004;38:50-4.
25. Lan C, Lai J-S, Chen S-Y et al. Tai Chi Chuan to improve muscular strength and endurance in elderly individuals: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(5):604-7.
26. Hsiao ET, Robinovitch SN. Biomechanical influences on balance recovery by stepping. *J Biomech.* 1999;32:1099-106.
27. Mille M-L, Johnson ME, Martinez KM et al. Age-dependent differences in lateral balance recovery through protective stepping. *Clin Biomech.* 2005;20(6):607-16.
28. Mathiyakom W, McNitt-Gray JL. Regulation of angular impulse during fall recovery. *J Rehabil Res Dev.* 2008;45(8):1237-8.
29. Sveistrup H, McComas J, Thornton M et al. Experimental studies of virtual reality-delivered compared to conventional exercise programs for rehabilitation. *Cyberpsychol Behav.* 2003;6(3):245-9.
30. Brien M, Sveistrup H. An Intensive virtual reality program improves functional balance and mobility of adolescents with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther.* 2011;23(3):258-66.
31. Skinner HB, Barrack RL, Cook SD. Age related decline in proprioception. *Clin Orthop Relat Res.* 1984;184:208-11.
32. Perrin PP, Jeandel C, Perrin CA et al. Influence of visual control, conduction, and central integration on static and dynamic balance in healthy older adults. *Gerontology.* 1997;43(4):223-31.
33. Yen CY, Lin KH, Hu MH et al. Effects of Virtual Reality-augmented balance training on sensory organization and attentional demand for postural control in people with parkinson disease: a randomized controlled trial. *Phys Ther.* 2011;91:862-74.
34. Bisson E, Contant B, Sveistrup H et al. Functional balance and dual-task reaction times in older adults are improved by virtual reality and biofeedback training. *Cyberpsychol Behav.* 2007;10(1):16-23.
35. Saposnik G, Teasell R, Mamdani M et al. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a

- pilot randomized clinical trial and proof of principle. *Stroke*. 2010;41(7):1477-84.
36. Mirelman A, Patrilli BL, Bonato P et al. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke. *Gait & Posture*. 2010;31(4):433-7.
37. Bart O, Agam T, Weiss PL et al. Using video-capture virtual reality for children with acquired brain injury. *Disabil Rehabil*. 2011;33(17-18):1579-86.