

가상현실 운동프로그램이 여성노인의 근활성도와 균형능력에 미치는 영향



The Journal of Korean Society of Physical Therapy

- 이준희, 박성웅¹, 강정일, 양대중, 박승규
- 대불대학교 보건대학원, ¹대불대학교 보건대학원 물리치료전공

Effects of Virtual Reality Exercise Program on Muscle Activity and Balance Abilities in Elderly Women

Joon-hee Lee, PT, PhD; Seong-ung Park, PT¹; Jeong-il Kang, PT, PhD; Dae-jung Yang, PT, PhD; Seung-Kyu Park, PT, PhD

School of Public Health, Daebul University; ¹Department of Physical Therapy, School of Public Health, Daebul University

Purpose: The aim of this study was to investigate the effects of an exercise program using a virtual reality game and a gait exercise program using a treadmill on % maximum voluntary isometric contraction (%MVIC) and static and dynamic balancing capabilities.

Methods: A total of 26 elderly women were included in the study. 13 women were assigned to an exercise program using a virtual reality game, and 13 to a gait exercise program using a treadmill. The subjects performed the exercise for 40 min per session, three sessions per week, for eight weeks.

Results: The %MVIC of the vastus medialis was significantly increased from 28.91±2.03% to 32.98±2.6% in the virtual reality game exercise group ($p<0.00$). The %MVIC of the vastus lateralis was significantly increased from 27.17±1.93% to 31.50±2.18% ($p<0.00$) in the gait exercise program group. The whole path length with both feet on the floor and eyes open was significantly decreased from 1570.92±820.6 mm to 1343.62±242.41 mm ($p<0.00$). The whole path length with both feet on the floor and eyes closed was significantly decreased from 1819.85±361.14 mm to 1581.05±285.11 mm ($p<0.00$). The length of a functional reach was significantly increased from 25.2±4.23 cm to 27.68±4.04 cm ($p<0.00$).

Conclusion: The exercise program using a virtual reality game is effective for improving the %MVIC and static and dynamic balancing capabilities in elderly women aged 65 years and more.

Keywords: Virtual reality, Muscle activity, %MVIC, Static balance, WPL, Dynamic balance, FRT

논문접수일: 2011년 6월 1일

수정접수일: 2011년 8월 8일

게재승인일: 2011년 8월 12일

교신저자: 박성웅, psu0805@hanmail.net

1. 서론

최근 조사에 의하면 노인의 주요 사망원인이었던 순환기 질환이나 호흡기 질환과 같은 만성 질환은 점차 감소하고 있으나 오히려 노인들의 건강은 향상되어 활동이 증가하고 생활이 다양해지면서 각종 사고로 인한 사망은 전체 노인 사망의 약 15%를 차지하게 되었다. 특히 낙상 사고가 운수사고나 자살 사고보다 많아 사고로 인한 사망의 70%가 낙상과 관련된 사망인 것으로 조사되었다.¹ 낙상은 갑작스러운 마비나 발작, 외압에 의해 넘어지는 것을 제외하고 자신이 의도하지 않은 자세 변화로 인해 몸이

더 낮은 위치로 넘어지는 것을 말하는데, 넘어짐으로 인해 상해가 발생하지 않는다 하더라도 잦은 넘어짐은 노인들의 신체활동 및 사회활동에 많은 지장을 초래한다.^{2,3} 실제적으로 신체활동은 활동적인 노년을 유지하는데 유용한 전략이며 규칙적인 신체활동이 노인의 능동적이고 독립적인 삶을 연장시켜 줄 뿐만 아니라 장애를 감소시키고, 삶의 질을 향상시킬 수 있다는 과학적 근거가 증가하고 있다.⁴ 그러나 2009년 국민건강통계에 따르면 노인의 격렬한 신체활동 실천율은 60~69세 남성은 17.8%, 여성은 13.5%, 70세 이상 남성은 9.9%, 여성은 6.0%이었고, 중등도 이상 신체활동 실천율은 60~69세 남성은 24.2%, 여성은

25.5%, 70세 이상 남성은 21.5%, 여성은 13.8%로 나타났다.¹ 이러한 수치는 우리나라 노인, 특히 여성노인의 신체활동 수준이 매우 낮음을 보여준다. 신체활동의 감소, 즉 신체기능의 비사용으로 인한 근질량감소증(Sarcopenia)이 유발되는데, 운동이 부족한 노인들은 근위축이나 골밀도의 저하가 촉진되고, 노화로 인한 퇴행성 변화는 균형조절에 손상을 초래한다.^{5,6} 이는 곧 노인에게 있어 근력 및 균형능력에 저하가 나타나 낙상의 위험성을 증가시키므로 하지 근력의 증진 운동 및 균형 훈련을 통한 노인의 균형능력을 증가시켜 노인의 낙상예방이 필요하다.⁷ 낙상 예방 및 건강을 증진하기 위해 운동효과를 제시한 선행 연구들을 보면 규칙적인 걷기운동, 근력의 증진 운동, 균형 훈련이 노인의 낙상을 예방하는데 효과적이라 하였다.⁸⁻¹¹ 특히 걷기는 노인들에게 있어 가장 인기 있고 안전한 유산소 운동으로 조사되었으며, 노인들에게 적절한 운동 강도, 운동 빈도, 운동 기간, 운동 단계를 고려하여 노인의 운동적응 능력에 따라 점진적으로 진행할 수 있으며, 일상생활 활동에 도움을 준다고 보고하고 있다.¹² 65~90세의 노인 81명을 대상으로 규칙적인 걷기 운동을 통해 의자에서 앉았다 일어나기, 3 m 왕복 걷기 검사, 선 자세에서 팔 뻗기, 6분 걷기, 보행속도 모두 유의한 향상을 가져왔다.¹³ 최근에는 트레드밀을 이용한 훈련이 평지에서의 보행훈련의 비교에서 트레드밀 훈련이 보다 높은 효과가 있음이 밝혀져 트레드밀을 사용한 보행훈련의 효율성이 더욱 강조되고 있다.¹⁴ 66~98세의 노인을 대상으로 트레드밀 트레이닝을 실시한 결과 균형이 유의하게 향상되었고, 트레드밀에서의 걷기 운동은 보행 능력 향상과 균형 훈련자극이 있으며, 낙상을 예방할 수 있어 효과적이다.¹⁵⁻¹⁷

근래에 들어서 컴퓨터 프로그램의 개발과 더불어 환자 개인의 목적에 맞는 다양한 형태의 과제를 가상의 환경에서 수행하여 치료의 흥미와 참여도를 높이고 유의한 기능의 향상을 보인 새로운 재활 운동방법이 소개되었다.^{18,19} 가상현실(Virtual Reality)이란 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어를 통하여 사용자에게 실제와 비슷한 경험을 하도록 만든 대화형 시뮬레이션(interactive simulation)을 말한다.²⁰ 최근 들어서 접근성이 용이한 가상현실을 기반으로 한 게임을 이용한 연구들이 진행되어 지고 있는데 치료용 게임은 의학적 차원에서 가상현실을 이용하는 치료 게임을 말하는데, 가상현실 프로그램을 뇌성마비 아동에게 적용한 결과 수의적 조절 능력과 협응 능력의 모든 항목에서 점수가 상승하였으며, 파킨슨씨병 환자에게 적용한 결과 무운동증(akinesia)이 감소하여 운동기능의 향상에 효과를 보였고, 뇌졸중 환자에게 적용한 결과 상지기능 회복에 효과적이라고 하였으며, 균형능력과 보행속도 향상 및 일상생활능력에 효과적이라고 하였다.²¹⁻²⁸ 소수의 신경계 손상환자 외에 노인을 대상으로 가상환경 움직임이 균형 훈련 및 평가도구로 활용될 수 있다고 하

였고, 노인의 인지기능 향상, 근력 및 보행능력향상, 균형능력향상에 효과적인 중재방법으로 사용되어질 수 있는 가능성을 제시하였다.^{27,29-31}

그러나 지금까지의 연구되어진 가상현실을 실현하는 장비들은 대형 장비들로 구성되어 비용이나 규모가 일반적인 사회 시설이나 가정에서 적용하기에는 다소 어려움이 있고 소수의 환자들을 대상으로 하였으며 노인의 근력 및 균형능력의 검사방법에 있어서 더욱 정량화되고 객관적인 실험 장비를 사용하지 않아 결과를 일반화하기에는 어려움이 있었으며, 동일한 조건 의 대조군을 설정하지 않았다는 것이다.

이에 본 연구자는 65세 이상 여성노인을 대상으로 시설과 장소와 기후에 구애 없이 언제, 어디서나 쉽고 재미있게 수행할 수 있는 가상현실 운동프로그램을 실시하여 65세 이상 여성노인의 하지 근육의 근활성도 및 균형능력에 미치는 영향을 검증하고 낙상의 위험에 노출되어 있는 노인의 건강증진을 도모하는 낙상예방 프로그램의 기초를 제공하고자 시도하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 연구 대상은 전남 목포시에 소재한 H 보건지소를 이용하는 65세 이상 여성노인을 대상으로 의사소통이 가능하고 독립적인 보행이 가능하며 운동수행에 제한을 주는 통증이 없으면서 균형에 영향을 미칠 만큼 심각한 근골격계 장애가 없고 본 연구에 관한 충분한 설명을 듣고 연구 참여에 자발적인 동 의가 있는 자를 대상으로 여성노인 26명을 선정하였고, 가상현실 운동프로그램 그룹(실험군) 13명과 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램 그룹(대조군) 13명으로 무작위 임의 선정되었으며 연구대상자의 일반적 특징은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics in the Virtual Reality and Treadmill Gait exercise program group

	VREP group (n=13)	TGEP group (n=13)	F	p-value ^a
	M±SD	M±SD		
Age (year)	70.7±3.2	71.2±3.5	0.27	0.69
Height (cm)	153.7±2.8	154.7±3.8	1.33	0.60
Weight (kg)	57.3±4.4	57.7±4.0	0.33	0.82

VREP: Virtual Reality exercise program
TGEP: Treadmill Gait exercise program

2. 실험방법

본 연구는 실험기간 동안 실험군에는 가상현실 운동프로그램을 대조군에는 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램을 중재하였으며 8주 동안 주 3회, 1회 중재시 40분의 중재를 받았다. 가상현실 운동프로그램은 일본 Nintendo사에서 제작한 Wii-Fit 소프트웨어를 사용하였으며 가상현실모션 감지 시스템을 통해 플레이어가 화면에서의 아바타와 상호 작용하는 무선컨트롤러를 사용하는 방식이다. 컨트롤러에는 프로그램을 실행함에 있어서 방향과 속도를 인식할 수 있도록 가속도 변화에 반응하는 가속도 감지센서가 부착되어 있다. 이 연구에 사용된 가상현실 시스템은 Wii보드 밸런스 시스템으로 균형판이 체중의 이동정보와 분포도를 인식하여 게임을 진행하는 방식이다. 흥미도 및 만족도 설문지 분석을 토대로 요가의 의자자세, 근력운동의 무릎굽혀당기기, 유산소운동의 조깅, 밸런스 게임의 헤딩으로 각각 프로그램씩 구성되었으며, 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램은 재활 전용 저속 트레드밀(Goliath-705, Ho-jin, 한국)로 계기판이 전면에 위치하여 환자의 걷기 능력에 따라서 환자 스스로 0.1 km/hr씩 조절이 가능하도록 구성되었다. 속도는 0.1 km/hr부터 시작이 되며, 속도조절은 0.1 km/hr씩 가능하다. 전면과 양 측면에 손잡이가 장착되어 있어 걷기 훈련 중 균형을 잃을 경우 손으로 잡도록 되어 있다.

1) 측정도구

(1) 표면 근전도 시스템

하지의 근활성도를 측정하기 위해 표면 근전도 시스템(MP100, 미국)을 이용하였고 여기에서 전환된 디지털 신호는 개인용 컴퓨터에서 Acqknowledge 3.91 소프트웨어를 이용하여 자료 처리 하였다. 신호의 표본추출률(sampling rate)은 1,024 Hz로 설정하였고, 잡음을 최소화하기 위하여 대역 여과 필터 60 Hz, 대역 통과 필터 30~450 Hz를 사용하였고, 수집된 신호는 완파 정류한 후 RMS (root mean square) 처리를 하였다. 각 근육들의 활동전위를 표준화하기 위해 맨손근력검사 자세에서 최대등척성 수축시의 근활성도를 측정하였다. 5초 동안 3번의 자료값을 측정한 후 초기와 마지막 1를 제외한 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 %MVIC로 사용하였다. 표면근전도 신호에 대한 피부저항을 감소시키기 위하여 부착부위의 털을 제거하고

Table 2. Electrodes location

Muscle	Location
Vastus medialis	Approximately 6 cm above the patella, on an oblique angle just medial to midline.
Vastus lateralis	Approximately 8 to 10 cm above the patella, on an oblique angle just lateral to midline.

가는 사포로 3~4회 문질러 피부 각질층을 제거한 후, 소독용 알코올로 피부를 깨끗이 하였다. 이극 표면 전극을 측정하고자 하는 근육에 부착하였고 접지전극(ground electrode)은 손목에 부착하였다. 측정 근육은 안쪽넓은근, 가쪽넓은근이며 측정부위는 Table 2와 같다.

(2) 균형 측정 시스템

정적 균형능력 측정을 위해 active balancer system (EAB-100, 일본)을 이용하였으며 본 장비는 측정시간 동안 신체 압력중심(center of pressure, COP)의 이동거리를 정밀하게 측정할 수 있는 기계이다. 검사 방법에는 시각을 제외하여 균형능력을 측정할 수 있는 방법으로 눈을 뜬 상태와 감은 상태에서 양쪽 발로 서기 검사를 사용하였고 측정은 60초 동안 3회를 측정하여 얻은 결과값의 평균값을 이용하였다. 균형능력의 분석은 압력중심의 총 이동거리인 총궤적길이(whole path length, WPL)를 이용하였다.

(3) 기능적 팔 뻗기 검사

동적 균형능력 측정을 위한 기능적 팔 뻗기 검사(functional reach test, FRT)는 선 자세에서 균형을 잃지 않도록 유지하면서 팔을 전방으로 뻗는 거리를 측정하는 측정법으로 이 검사시 피험자는 편안하게 선 자세에서 발뒤꿈치가 떨어지지 않는 상태로 가능한 멀리 전방으로 팔을 뻗도록 한다. 이 때 팔의 이동을 시작부터 끝까지 벽에 붙여놓은 줄자로 측정한다.

3. 자료분석

그룹 간 훈련방법에 따른 각 근육들의 근활성도와 균형능력의 차이를 비교하기 위하여 공분산분석(analysis of covariance, ANCOVA)을 실시하였고, 각 그룹 내의 중재 전·후에 통계학적 유의성을 검증하기 위하여 짝비교 T-검정(paired t-test)을 실시하였으며, 통계학적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 정하였고, 수집된 자료는 윈도우용 SPSS 17.0 프로그램을 이용하여 분석하였다.

III. 결과

1. 가상현실 운동프로그램과 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램 그룹 간 전·후 근활성도 비교

그룹 간의 중재 전·후 안쪽넓은근의 근활성도 비교에서 가상현실 운동프로그램 그룹이 $28.91 \pm 2.03\%$ 에서 $32.98 \pm 2.6\%$ 로 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램 그룹과 비교하여 통계학적으로 유의한 차이가 없었다. 하지만 가쪽넓은근의 근활성도는 $27.17 \pm 1.93\%$ 에서 $31.5 \pm 2.18\%$ 로 트레드밀을 이용한 걷기 운

Table 3. Comparison muscle activity (%MVIC) of each groups by exercise method

(unit: %)

	VREP group(n=13)		TGEP group(n=13)		F	p-value [†]
	pre-test	post-test	pre-test	post-test		
	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD		
VM	28.91±2.03	32.98±2.6	27.63±2.3	31.26±3.19	0.19	0.67
VL	27.17±1.93	31.5±2.18	26.6±2.46	29.16±2.13	11.07	0.00*

*p<0.01

VREP: Virtual Reality exercise program

TGEP: Treadmill Gait exercise program

VM: Vastus Medialis

VL: Vastus lateralis

동프로그램 그룹과 비교하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.01)(Table 3).

2. 가상현실 운동프로그램과 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램 간 전·후 정적 균형능력 비교

그룹 간의 중재 전·후 정적 균형능력 비교에서 양쪽 발을 올려놓고 눈을 뜬 상태에서 가상현실 운동프로그램 그룹의 총궤적길이(WPL)는 1570.92±269.91 mm에서 1343.62±242.41 mm로 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램 그룹과 비교하여 통계적으로 유의한 차이가 있었으며(p<0.01), 양쪽 발을 올려놓고 눈을 감은 상태에서 가상현실 운동프로그램 그룹의 총궤적길이(WPL)는 1819.85±361.14 mm에서 1581.05±285.11 mm로 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램 그룹과 비교하여 통계적

으로 유의한 차이가 있었다(p<0.00)(Table 4).

3. 가상현실 운동프로그램과 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램 간 전·후 동적 균형능력 비교

그룹 간의 중재 전·후 동적 균형능력 비교에서 가상현실 운동프로그램 그룹의 팔을 전방으로 뻗는 거리 25.2±4.23 cm에서 27.68±4.04 cm로 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램 그룹과 비교하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.00)(Table 5).

Table 4. Comparison static balance (WPL) of each groups by exercise method

(unit: mm)

	VREP group (n=13)		TGEP group (n=13)		F	p-value [†]
	pre-test	post-test	pre-test	post-test		
	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD		
BO	1570.92±269.91	1343.62±242.41	1679.97±350.16	1548.73±328.79	11.54	0.00*
BC	1819.85±361.14	1581.05±285.11	2042.51±614.77	1973.31±572.72	17.69	0.00 [†]

*p<0.01

[†]p<0.001

VREP: Virtual Reality exercise program

TGEP: Treadmill Gait exercise program

VM: Vastus Medialis

VL: Vastus lateralis

Table 5. Comparison dynamic balance (FRT) of each groups by exercise method

(unit: cm)

	VREP group (n=13)		TGEP group (n=13)		F	p-value [†]
	pre-test	post-test	pre-test	post-test		
	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD		
FRT	25.2±4.23	27.68±4.04	24.17±3.88	24.83±4.42	20.99	0.00*

*p<0.001

VREP: Virtual Reality exercise program

TGEP: Treadmill Gait exercise program

IV. 고찰

본 연구에서는 8주간의 가상현실 운동프로그램이 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램과 비교했을 때, 하지 근활성도와 균형능력에 미치는 영향을 알아보려고 본 연구를 실시하였다.

가상현실 운동프로그램의 목적인 낙상의 예방 효과를 알아보기 위하여 하지근력 중 노인에게 있어서 근력, 정적 및 동적 균형능력의 결정인자인 넙다리네갈래근의 우세측 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도를 중심으로 운동 전·후를 측정·분석하였으며, 그 결과 가상현실 운동프로그램 그룹의 안쪽넓은근은 증진되어 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며($p < 0.00$), 트레드밀을 이용한 운동프로그램 그룹과의 비교에서 안쪽넓은근과는 통계학적으로 유의한 차이가 없었지만 가쪽넓은근에서는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.01$). Hesse³²는 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램은 일반적 지면 보행과 비교하였을 때 하지근을 좀 더 활성화시키는 효과가 있어 중재 전·후에서 하지 근활성도의 유의한 증가를 가져왔지만($p < 0.00$) 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램이 가상현실 운동프로그램 그룹의 유사한 조깅프로그램이 있고 그에 더하여 다양한 프로그램의 선정이 가상현실 운동프로그램 그룹의 하지 근활성도에 더 큰 영향을 미쳤다고 판단된다.

Park³³ 등은 19명의 노인에게 4주간 하지 근력 강화운동 프로그램을 적용한 후 하지근력이 8.34 ± 1.33 kg에서 14.03 ± 4.33 kg으로 증가되었고, Park³⁴ 등은 노인 40명에게 8주간 점진적 저항운동을 적용한 후 슬관절 펌힘이 380.3 ± 170.4 kg에서 497.0 ± 178.2 kg로 증가되었으며, Yoo³⁵은 41명의 노인을 대상으로 Home Support Exercise Program (HSEP)를 적용한 낙상예방프로그램을 적용한 후 무릎뽀근인 넙다리네갈래근의 근력이 9.96 kg에서 10.92 kg으로 근력이 증진되었다. Lim³⁶은 여성노인 45명을 대상으로 넙다리네갈래근을 원심성 수축시키는 런지(lunge) 및 스쿼트(squat)와 같은 동작인 택견 품밧기 운동을 12주간 주 3회 실시한 후 넙다리네갈래근의 최대 등척성 수축(MVC) 및 근력에 유의한 증진을 보였다. 이러한 결과는 본 연구에서도 비슷한 근력 증진을 보였는데 노인을 대상으로 실시한 품밧기 운동이 본 연구의 가상현실 운동프로그램 중요가의 의자자세 및 근력운동의 무릎굽혀당기기 동작과 유사하며 결과에서도 비슷한 근력의 증진을 보였다. 또한 본 연구에서와 같은 가상현실 게임으로 연구되어진 Song²⁷ 등의 연구사례에서 보면 가상현실 그룹의 슬관절 펌근인 좌측 넙다리 네갈래근의 근력이 17.11 ± 3.04 kg에서 21.66 ± 4.35 kg로 우측 넙다리네갈래근의 근력이 18.38 ± 3.24 kg에서 21.44 ± 3.47 kg로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다고 연구결과 확인되었다. 그러나, 대상자의 선정에 있어서 선행연구와 다르게 본 연구에서

는 여성노인만을 대상으로 하였고 가상현실 운동프로그램과 운동 방법이 다르며 프로그램을 선정하기 전 흥미도와 만족도를 조사한 후 운동프로그램을 선정하였기 때문에 본 연구와 차이점이 있어 선행연구와 결과를 같이 비교하여 해석하기에는 무리가 있다고 사료된다.

Kim³⁷ 등은 65세 이상 노인 14명을 대상으로 가상현실 운동 프로그램을 적용하여 눈을 뜬 상태의 자세동요면적이 771.42 ± 539.69 mm²²에서 335.71 ± 325.18 mm²²로 감소하여 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈지만, 눈을 감은 상태에서는 자세동요면적이 증가되어 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지는 않았으며, Yoo³⁵은 41명의 노인을 대상으로 낙상예방프로그램을 적용한 후 눈을 뜨고 외다리 기립자세에서 6.75 초에서 11.10 초로, 눈을 감은 상태에서는 2.45 초에서 4.10 초로 향상되었고, Lee³⁸ 등은 노인 15명을 대상으로 치료적 운동을 실시한 후 외다리 기립자세에서 8.72 ± 7.31 초에서 11.39 ± 6.57 초로 증가하였다. Song²⁷ 등은 48명의 노인을 대상으로 8주 동안 가상현실 운동을 이용하여 균형능력에 미치는 영향에 대한 연구에서 가상현실 운동 후의 눈을 뜬 상태에서와 눈을 감은 상태의 자세동요는 가상현실 운동그룹의 좌·우, 전체 자세동요에서만 유의하게 감소하였고($p < 0.05$), 대조그룹의 경우 전·후 자세동요에서 유의하게 증가되었으며($p < 0.05$) 그룹 간 비교에서도 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$). Hong³¹은 20명의 노인을 대상으로 6주 동안 가상현실 운동을 이용하여 균형능력에 미치는 영향에 대한 연구 검사결과 균형훈련 전·후 각각 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었고, 눈을 뜬 상태에서의 경우 오른발 외다리 기립자세는 16.1 ± 15.98 초에서 23.9 ± 18.1 초로, 왼발은 12.6 ± 11.8 초에서 21.8 ± 14.9 초로 통계학적으로 유의하였지만($p < 0.05$), 눈을 감은 상태에서 오른발은 3.4 ± 1.8 초에서 4.8 ± 2.8 초로, 왼발은 3.4 ± 2.2 초에서 5.0 ± 3.2 초로 통계학적으로 유의성이 없었다. 위 연구와 마찬가지로 본 연구에도 정적균형을 평가하기 위해 눈을 뜬 상태와 감은 상태에서 양쪽 발로 서서 60초 동안 유지하는 동안의 총궤적길이를 계산하였다. 가상현실 운동 프로그램 그룹의 전·후 총궤적길이에 대한 분석에서 눈을 뜬 상태와 감은 상태에서의 총궤적 길이가 감소하여 정적균형능력의 향상을 보였으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.00$). 트레드밀을 이용한 운동 프로그램 그룹에서는 운동 전·후 총궤적길이에 대한 분석에서 눈을 뜬 상태에서는 통계적으로 유의한 차이를 보였지만($p < 0.00$), 눈을 감은 상태에서는 통계적으로 유의하지 못했다. 각 중재 그룹 간에 통계적 유의성을 검정한 결과 눈을 뜬 상태에서의 총궤적길이($p < 0.01$)와 눈을 감은 상태에서의 총궤적길이($p < 0.00$) 모두 통계학적으로 유의한 차이를 보였지만, 눈을 감은 상태에서의 총궤적길이가 통계학적으로 유의한 차이를 더 보였다. 이는 선행연구와 그룹내 전·후 비교에서는 일치하였지만, 그룹 간 비교에서는 일치하지 않았다.

그 이유는 선행연구들에서는 대조군을 선정하지 않았지만 본 연구에서는 대조군에 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램을 선정하여 균형에 영향을 주는 하지 근력의 증가와 고유수용성감각계의 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다.

Han³⁹ 등은 8주간 여성노인 24명을 대상으로 탄성밴드와 스위스볼을 중재하여 기능적 팔 뻗기 길이가 11.01±4.08 cm에서 13.68±4.11 cm로 증진하였으며, Lee³⁸ 등은 노인 15명을 대상으로 기능적 팔 뻗기 길이가 19.44±2.65 cm에서 20.91±2.49 cm로 증진되었다. Song²⁷ 등은 기능적 팔 뻗기 검사에서 가상현실 운동 그룹의 전·후 비교에서 통계학적 유의한 차이를 보였으며(p<0.05), 대조 그룹의 경우 유의한 차이를 보이지 않았지만, 그룹 간 비교에서는 유의한 차이를 나타냈다(p<0.05). 본 연구에서는 가상현실 운동프로그램 그룹의 전·후 비교에서 유의한 차이를 보였고(p<0.00), 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램 그룹 내 전·후 비교에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 그룹 간 비교에서는 선행연구와 유사하게 유의한 차이를 보였다(p<0.00). Ribeiro⁴⁰ 등은 기능적 팔 뻗기 검사는 발바닥굽힘근 근력의 유의한 증가와 밀접한 관계가 있고 가상현실 운동프로그램 중 요가의 의자자세와 유산소운동의 조깅이 발바닥굽힘근의 쓰임을 가져와 기능적 팔 뻗기 길이가 유의하게 증진된 것으로 사료되고, 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램에서의 발바닥굽힘근의 쓰임이 동적 균형능력의 증진에 도움을 준 것으로 사료된다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 가상현실 운동프로그램 그룹과 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램 그룹 모두 균형이 좋아진 이유는 안쪽넓은근, 가쪽넓은근의 근력상승과 체간 근육의 근 활성화로 인한 선행적 자세조절이 이루어짐으로써, 자세동요가 감소한 것으로 사료된다.

위와 같은 결과들로 가쪽넓은근과 안쪽넓은근의 강화와 정적·동적균형능력을 요구하는 노인에게 저항성운동과 유산소운동이 복합되어진 가상현실 운동프로그램이 흥미를 유도하여 계획적이고 지속적으로 노인의 건강증진을 도모하는 낙상예방 프로그램으로 적합하다고 생각된다.

선행 연구들의 결과와 마찬가지로, 본 연구에서도 가상현실 운동프로그램이 여성노인의 근활성도와 균형능력을 향상시키는 데 효과적인 것으로 나타났지만 결과를 해석함에 있어서 몇가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 연구대상의 선정에서 특정 지역의 여성노인을 대상으로 하였다. 둘째, 대상자의 수가 적었기 때문에 모든 여성노인 대상자에게 운동의 효과를 일반화하는 데는 다소 어려움이 있었다. 셋째, 본 실험실 이외의 가정이나 타 시설에서의 운동이 여성노인의 근활성도와 균형능력에 미치는 영향을 고려하지 않았기 때문에 연구의 결과를 일반화하여 해석하는 데는 어려움이 있다. 그러므로 본 연구의 결과를 일반화시키기 위해서는 향후 이러한 제한점을 보완하는 연구들이

계속적으로 이루어져야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 65세 이상 여성노인들을 대상으로 가상현실 운동프로그램을 8주간 실시한 후 하지의 근활성도와 균형능력에 미치는 영향을 분석하여 가상현실 운동프로그램의 효과를 알아 보았다. 안쪽넓은근, 가쪽넓은근의 근활성도(%MVIC)값의 분석을 통하여 가상현실 운동프로그램이 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램보다 하지 근활성도를 증가하기 위해 더 효과적임을 증명하였다. 또한 눈을 뜨고 감은 상태에서 양발 서기를 통한 총궤적길이의 분석을 통하여 가상현실 운동프로그램이 트레드밀을 이용한 걷기 운동프로그램보다 균형능력을 증가하기 위해 더 효과적임을 증명하였다. 그러므로 가상현실 운동프로그램이 하지 근활성도와 균형능력을 향상시키는 것으로 결론을 얻었다.

Author Contributions

Research design: Park SU

Acquisition of data: Park SU

Analysis and interpretation of data: Lee JH, Kang JI, Yang DJ, Park SK, Park SU

Drafting of the manuscript: Park SU

Administrative, technical, and material support: Kang JI, Yang DJ, Park SK, Park SU

Research supervision: Park SU

Acknowledgements

본 연구는 2011년 대불대학교 교내 연구비 지원을 받았음.

참고문헌

1. Ministry. National Health Statistics 2009: National Health and Nutrition Examination Survey 4th 3rd year. 2010.
2. Rubenstein LZ, Josephson KR. Falls and their prevention in elderly people: What does the evidence show? The Medical Clinics of North America. 2006;90(1):807-24.
3. Rogers ME, Sherwood HS et al. Effect of dumbbell and elastic training on physical function in order inner-city African-American Women. Women & Health. 2003; 36(4):33-41.

4. National Blueprint. Increasing physical activity among adults age 50 and older. *J Aging Phys Activity*. 2001;9:1-28.
5. Michael Toth, Dwight Matthews et al. Age related differences in skeletal muscle protein synthesis: relation to makers of immune activation. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2004; 288(5): E883-91.
6. Jessup JV, Horne C et al. Effects of exercise on bone density, balance, and self efficacy in older women. *Biological Research for Nursing*. 2003;4(3):171-80.
7. Jung SM, An DH. Effects of short-term intensive balance training for the performance ability of lower extremities in the elderly. *KAUPT*. 2007;14(1):11-20.
8. Kim HG, Nam HK, Cho KS. The effect of a walking program on physical health in older adults. *J Muscle Joint Health*. 2008;15(2):183-90.
9. Kawanabe K, Kawashima A et al. Effect of whole body vibration exercise and muscle strengthening, balance and walking exercise on walking ability in the elderly. *Keio J Med*. 2007;56(1):28-33.
10. Boshuizen HC, Stemmerik L et al. The effects of physical therapists' guidance on improvement in a strength-training program for the frail elderly. *J Aging Phys Act*. 2005;13(1): 5-22.
11. Brouwer BJ, Walker C et al. Reducing fear of falling in seniors through education and activity programs: a randomized trial. *J Am Geriatr Soc*. 2003;51(6):829-34.
12. American College of Sports Medicine. ACSM's guide lines for testing. 7th eds. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2006:246-51.
13. Seo SH. Effects of regular walking exercise on physical performance and physiological function in the elderly. Yonsei University Health Promotion Program Support Group. MW. 2006.
14. Laufer Y, Dickstein R et al. The effect of treadmill training on the ambulation of stroke survivors in the early stages of rehabilitation: a randomized study. *J Rehabil Res Dev*. 2001;38(1):69-78.
15. Hiroyuki S, Shuichi O et al. New intervention program for preventing falls among frail elderly people: The effects of perturbed walking exercise using a bilateral separated treadmill. *Am J Phys Med Rehabil*. 2004;83(7):493-9.
16. Hesse S et al. Treadmill walking with partial body weight support versus floor walking in hemiparetic subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;80(4):421-7.
17. Flynn TW, Canavan PK et al. Plantar pressure reduction in an incremental weight-bearing system. *Phys Ther*. 1997; 77:410-6.
18. Sveistrup H. Motor rehabilitation using virtual reality. *J Neuro engineering Rehabil*. 2004;1(1):1-10.
19. Flynn S, Palma P, Bender A. Feasibility using the sony playstation 2 gaming platform for an individual poststroke: a case report. *J Neurol Phys Ther*. 2007;31(4):180-9
20. Rizzo A, Buckwalter JG. Virtual reality and assessment and cognitive rehabilitation: The state of the art. *Stru Health Technol Inform*. 1997;44:123-45.
21. Jang JY. A study on serious game design for rehabilitation training of the patients with apoplexy. Kwangwoon University. Dissertation of Master's Degree. 2007.
22. Judith ED, Megan B et al. Use of a low-cost, commercially available gaming console (wii) for rehabilitation of an adolescent with cerebral palsy. *Physl Ther*. 2008;88(10): 1196-207.
23. Alvarez M, Rodriguez M. How effective is the wii program as physical therapy intervention of patient with parkinson's disease? *Parkinsonism and Related Disorders*. 2009;15S2. S192.
24. Henderson A, Korner Bitensky N, Levin M. Virtual reality in stroke rehabilitation : a systematic review on its effectiveness for upper limb motor recovery. *Top stroke rehabil*. 2007; 14(2):52-61.
25. Kim JH, Kim JS. Effects of virtual reality program on standing balance in chronic stroke patients. *J Kor Soc Phys Ther*. 2005;17(3):351-67.
26. Walker ML, Ringleb SI et al. Virtual reality-enhanced partial body weight-supported treadmill training poststroke: feasibility and effectiveness in 6 subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91(1):115-22.
27. Song CH, Shin WS, Lee KJ et al. The effect of a virtual reality-based exercise program using a video game on the muscle strength, balance and gait abilities in the elderly. *TKGS*. 2009;29(4):1261-75.
28. Saposnik G, Bayley M et al. Virtual reality technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized trial using wii gaming system. *Stroke*. 2010;41:1477-84
29. Woo YK, Hwang JH et al. Assessments of static balance using virtual moving surround. *J Korean Acad Rehab Med*. 2006;30(3):254-60.
30. Kim MY. The effect of cognitive training based on virtual

- reality program for the elderly. Yonsei University. Dissertation of Doctorate Degree. 2002.
31. Hong SY. Effectiveness of balance training based on virtual reality game for the elderly. KSOT. 2010;18(1):55-64.
 32. Hesse S, Bertelt C et al. Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients. Stroke. 1995;26(6): 976-81.
 33. Park JS, Choi EY, Hwang TY. The effects of strengthening leg muscular strength on the elderly's walking and balance ability. J Kor Soc Phys Ther. 2002;14(2):71-80.
 34. Park RJ, Kim HS, Lee DH. Effects of home exercise program on the improvement of muscle strength in the elderly. J Kor Soc Phys Ther. 2002;14(1):1-14.
 35. Yoo IY. Effects of fall prevention program applying HSEP on physical balance and gait, leg strength, fear of falling and falls efficacy of community-dwelling elderly. TKGS. 2009;29(1):259-73.
 36. Lim SW, Oh JK. Effects of tackyun pum-balb-gi and balance training on physical fitness and balance confidence in female elderly. KSSLS. 2008;34(2):1063-72.
 37. Kim EJ, Hwang BY, Kim MS. The effect of a virtual reality program on static balance control and fall efficacy of elderly people. TKGS. 2010;30(4):1107-16.
 38. Lee SY, Son GS et al. The effects of therapeutic exercise on the balance and gait in older adults. J Kor Soc Phys Ther. 2007;19(2):1-10.
 39. Han SW, Lee BH, Lee HJ. Effects of 8 weeks of exercise station training on balance ability for the elderly women. J Kor Soc Phys Ther. 2009;21(1):27-34.
 40. Riberio F, Teixeira F et al. Impact of Low Cost Strength Training of Dorsi and Plantar Flexors on Balance and Functional mobility in Institutionalized Elderly People. Geriatr Gerontol Int. 2009;9(1):75-80