

## 삼차원 가상현실 운동 프로그램이 노인의 시공간적 보행변수에 미치는 효과

이용우<sup>†</sup>

삼육대학교 물리치료학과

Effect of virtual reality training using 3-dimensional video gaming technology on spatiotemporal gait parameters in older adults

Yongwoo Lee<sup>†</sup>

Department of Physical Therapy, SahnYook University

Received: November 27, 2015 / Revised: December 04, 2015 / Accepted: December 15, 2015

© 2015 J Korean Soc Phys Med

### | Abstract |

**PURPOSE:** This study was conducted to investigate the effect of the virtual reality training (VRT) using 3-dimensional video gaming technology on spatiotemporal gait parameters in older adults.

**METHODS:** The study participants were divided into two groups: the VRT group and the control group. Those in the VRT group were enrolled in a VRT, which was conducted for 60 min per day, two times a week, during the 6-week research. The Wii-Fit balance board game was used for the VRT intervention. The VRT consisted of 6 different types of games, namely, jogging, swordplay, ski jump, hula hoop, tennis, and step dance. A 3-dimensional TV was used for 3-dimensional display. Participants in both the groups received 3 sessions of fall prevention education, at the first, third, and fifth weeks. Their gait parameters were measured by using OptoGait.

**RESULTS:** After 6 weeks of the VRT, the spatial gait parameters of the participants, that is stride length and step length, were significantly improved compared with those of the control group participants ( $p < 0.05$ ). The temporal gait parameters, such as velocity, cadence, stride time, and step time, also showed improvement after the completion of the VRT training ( $p < 0.05$ ). Both the temporal and spatial gait parameters of the VRT group participants showed improvement after 6 weeks of the program compared with those of the control group participants ( $p < 0.05$ ).

**CONCLUSION:** The VRT using 3-dimensional video gaming technology might be beneficial for improving gait parameters to prevent falls among older adults.

**Key Words:** Aged, Virtual Reality Exposure Therapy, Gait

<sup>†</sup>Corresponding Author : yongwo2@syu.ac.kr

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.

### I. 서론

전세계적으로, 60세 이상의 노인 인구는 그 어떤 연령대보다 빠르게 늘어나고 있다. 2006년 688백만명에

서 2050년에는 20억 명에 달할 것으로 예상된다(WHO, 2007). 이런 급격한 인구 변화가 나타나는 주된 원인은 높아진 기대 수명과 출생률의 감소 때문이다(McCallum, 2011). 노화는 일반적으로 신체와 정신적인 건강의 감소(Henderson 등, 2009; Latham 등, 2003; Muhlberg과 Sieber, 2004), 장애위험과 의존도 증가, 또한, 동시이환율의 증가를 가져 온다(Muhlberg과 Sieber, 2004). 이처럼 건강 상태를 악화 시키는 주요 요인 중에 가장 흔하고 심각한 문제는 낙상이다(Rubenstein, 2006). 65세 노인들의 1/3이 적어도 1년에 한번 낙상을 경험한다(Bridenbaugh과 Kressig, 2011). 지역 노인이 요양원에 가게 될 확률은 낙상으로 인해 3배나 높게 된다(Tinetti과 Kumar, 2010).

잘못된 보행은 낙상을 일으키는 가장 일반적이고 예민한 위험 요인이며, 게다가 70세 이상 노인의 35%가 비정상 보행을 보인다(Vergheze 등, 2006). 대부분의 낙상은 보행 중에 일어나므로(Mackenzie 등, 2006; Sartini 등, 2010) 보행과 관련된 장애가 낙상 위험을 높인다는 것은 놀라운 일이 아니다(Axer 등, 2010). 낯선 환경을 걷는다든지, 다른 두 가지 행동을 동시에 하다가 낙상을 경험하게 된다. 낙상을 경험한 노인의 보행은 보행 속도와 걸음 거리의 감소 그리고 걸음 대칭성의 증가가 나타난다(Auvinet 등, 2002). 특히, 보행 중 이중 과제가 주어졌을 경우 보행 속도가 현저하게 떨어지는 것으로 나타났다(Cho, 2011).

많은 운동 프로그램이 노인 낙상을 예방하기 위해 연구되어 왔다(Gillespie 등, 2012). 태권도 프로그램(Kim과 Park, 2012), 짐볼, 탄력밴드, 균형운동을 혼합한 낙상 예방 프로그램(Kim 등, 2010), 스위스 볼을 이용한 체간 안정화 운동과 코어 운동(Choi 등, 2012), Tai Chi 훈련(Wayne 등, 2015) 등과 같이 대부분의 프로그램들은 근력, 균형 그리고 보행 훈련, 적절한 신발 착용을 통한 이동의 향상, 낙상 훈련, 자택의 위험 요인 평가 등의 요소를 가지고 있었다(Kannus 등, 2005). 그러나 이런 일반적인 운동프로그램의 단점은 낮은 동기 유발, 장소의 제한 등을 가지고 있다(Betker 등, 2005; Sherrington 등, 2008). 비디오 게임을 이용한 운동 프로그램은 이런 프로그램들에 비해 몇 가지 장점을 가지고

있다. 훈련 하도록 동기를 부여하며 인지 능력과 운동 능력을 동시에 발전 시킬 수 있다. 또한, 동작 자체에 대한 집중이 아니라 게임 상에서 움직임을 통한 결과에 집중 할 수 있다. 이것은 마치 일상 생활 동작에서 의식적으로 균형을 유지하려고 집중하는 것이 아니고 동작 자체에 집중하는 것과 같은 효과를 얻을 수 있다(Lamoth 등, 2012; Lamoth 등, 2011).

기술력이 발전함에 따라 비디오 게임을 이용한 프로그램이 많이 사용되고 있으며 그 중에서도 가상현실을 이용한 Wii Fit 발란스 보드의 사용이 늘고 있다(Cho과 Shin, 2014; Gachet Paez 등, 2012; Laver 등, 2011; Williams 등, 2010). 그러나 이러한 가상 현실 프로그램을 3D 기술이 접목된 모니터를 통해 연구한 논문은 없었다. 따라서, 본 연구에서는 3D 기반 가상 현실 운동 프로그램(VRT)이 보행에 미치는 효과를 연구하여 노인의 낙상을 예방하고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

연구 대상자는 서울에 위치한 복지관에서 모집되었다. 그 지역에 거주하는 65세 이상 노인 50명중 의사소통이 가능하고 6주간의 프로그램에 참여할 수 있는 대상을 선정하였다. 50명의 노인을 무작위로 가상현실 운동 프로그램군 25명, 대조군 25명으로 나누었다. 보행 불가능 자, 기대수명이 1년 이하 인자, 골절로 인해 회복기에 있는 자, 폐색전증, 심 부정맥 혈전 증을 가지고 있는 자는 연구 대상에서 제외하였다. 선정 기준에 부합하지 않는 6명을 제외한 44명의 노인을 각각 22명씩 실험군과 대조군으로 나눠 실험하였다. 운동프로그램에 80%이상을 참여하지 않은 대상자와 추적조사를 할 수 없는 대상자는 최종 연구 대상에서 제외되었다. 1차 검사 후 가상현실 운동 프로그램을 끝마치지 못한 1명과 낙상 예방 교육 프로그램에 참여하지 않은 대조군 3명이 탈락하여 2차 검사에는 실험군 21명, 대조군 19명이 참여하게 되었다.

## 2. 가상현실 운동 프로그램(VRT)

가상 현실 운동 프로그램을 위해서 닌텐도 Wii 콘솔 장치(Wii, Nintendo, Japan)와 닌텐도 Wii 스포츠프로그램이 사용되었다. 6가지의 종류의 게임을 순환 훈련 방식으로 시행하였으며 그 종류로는 조깅, 칼 싸움, 스키 점프, 홀라우프, 테니스, 그리고 스텝댄스였다. 3차원 영상을 만들기 위해 42인치 LCD 3D TV(42LW4500, LG, Korea)가 사용되었다. 대상자들은 편광 안경을 착용하였으며 3차원 영상에 적응시키기 위해 게임에 대한 설명과 충분한 연습을 시행하였다.

가상현실 운동 프로그램은 준비 운동 10분, 5분씩 6가지의 게임을 돌아가며 하는 순환 훈련 식 방법의 본 운동, 그리고 정리 운동 5분으로 구성되었다. 각 게임 사이에는 2분간의 휴식시간이 주어졌으며 실험 중 어지러움이나 피곤함을 호소할 때는 즉시 휴식을 취할 수 있도록 하였다. 일주일에 2회씩 총 6주간 시행되었다. 대조군과 실험군에게 첫째, 셋째 그리고 다섯째 주에 낙상 예방 교육을 시행하였다. 대조군이 이 낙상 예방 교육을 제외한 훈련은 시행되지 않았다.

## 3. 측정도구와 검사 방법

### 1) 보행

대상자의 보행의 시공간적 변수, 보행대칭성에 대한 변수를 수집하기 위하여 보행 분석기(OptoGait, Microgate S.r.l, Italy)를 사용하였다.

보행 분석기는 1 m 길이의 두 개의 송·수신 바와 웹캠(Webcam Pro 9000, Logitech, Taiwan)으로 구성되어 있으며 양쪽 바는 평평한 바닥에 3 m 거리를 두고 놓여졌다. 각각의 바는 1 cm 간격으로 발광다이오드가 설치되어 있으며 송신 바에서 수신 바로 계속해서 보내지는 적외선으로 통신한다. 통신하고 있는 송수신 바 사이에서 걷는 동안 대상자의 발이 감지되고 보행 변수에 대한 정보가 수집된다. 웹캠으로는 동영상 정보를 저장하여 대상자의 출발하는 발의 순서와 발의 겹침으로 일어나는 인식오류 등 측정된 보행을 정확하게 동기화시키기 위해 사용된다. 수집된 보행의 변수에 대한 정보는 컴퓨터 소프트웨어(OptoGait 1.5, Microgate S.r.l, Italy) 로

처리하였다. 데이터 수집의 정확성을 위하여 실험 전 영점 조절을 실시하였으며 보조기나 체중지지 현수장치와 같은 보행 보조 도구의 사용 없이 검사를 실시하였다. 보행 분석기의 신뢰도는 0.933-0.99이다(Lienhard 등, 2013).

## 4. 자료 분석

본 연구의 모든 작업과 통계는 SPSS(v. 19)를 이용하였다. 모든 자료는 Shapiro-Wilk 검정에 의한 정규성 검정을 하였고, 평균과 표준편차를 산출하였다. 정규성 검정 후 정규분포 가정을 만족하여 대상자의 인구 사회학적 특성은 실수와 백분율, 평균과 표준편차로 분석하였으며, 군간 동질성 검정을 위해 독립표본 t 검정과 카이제곱 검정을 사용하였다. 훈련 전·후 종속변수의 변화는 대응표본 t 검정으로 분석하였으며, 군간 효과를 비교하기 위해 독립표본 t 검정을 사용하였다. 자료의 모든 통계적 유의수준( $\alpha$ )은 0.05 이하로 설정하였다.

## III. 연구 결과

### 1. 연구대상자의 일반적 특성

연구에 참여한 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(표 1). 실험군의 평균 연령은 76.15세, 평균 키는 156.43cm, 몸무게는 61.97kg, 그리고 평균 낙상 경험 횟수는 1.10회 이었다. 대조군의 평균 연령은 75.71세,

Table 1. General Characteristics of Subject

	N= 40			
	VRT group (n=21)	control group (n=19)	$\chi^2/t$	p
Gender (male/female)	9/12	8/11	0.002	0.962
Age (years)	76.15 (4.55)	75.71 (4.91)	0.286	0.777
Height (cm)	156.43 (7.21)	155.65 (7.27)	0.325	0.747
Weight (kg)	61.97 (8.67)	63.76 (6.76)	0.695	0.747
Experience of falls (time)	1.10 (0.31)	1.24 (0.56)	0.926	0.361

Note. Values are expressed as mean  $\pm$  standard deviation (SD).

평균 키는 155.65cm, 평균 몸무게는 63.76kg, 그리고 평균 낙상 경험 횟수는 1.24회 이었다. 두 군간의 유의한 차이는 없었다.

## 2. 실험 방법에 따른 시간적 보행 변수의 변화

집단별 실험 전후의 시간적 보행 변수의 변화는 다음과 같다(표 2).

보행속도는 VRT 훈련 전 113.70 cm/s에서 훈련 후 134.25 cm/s로 20.55 cm/s의 유의한 향상을 보였으며( $p < 0.05$ ), 대조군의 1차 측정에서는 112.88 cm/s로 나타났고 2차 측정에서는 115.93 cm/s로 유의한 향상을 보이지 않았다. 실험군과 대조군의 그룹 간 차이 비교에서 VRT 그룹이 대조군보다 유의하게 높은 향상을 나타냈다( $p < 0.05$ ). 분속수에서 VRT 그룹은 훈련 전

106.98 steps/min에서 훈련 후 116.68 steps/min으로 9.70 steps/min의 유의한 향상을 보였으며( $p < 0.05$ ), 대조군은 1차 측정에서는 109.55 steps/min으로 나타났고 2차 측정에서는 111.39 steps/min으로 나타나 유의한 향상을 보이지 않았다. 하지만 훈련방법에 따른 그룹 간 차이 비교에서 VRT 군에서 대조군보다 유의하게 높은 향상이 나타났다( $p < 0.05$ ).

활보시간에서 VRT 군은 훈련 전 1.14 sec에서 훈련 후 1.05 sec로 -0.09 sec의 유의한 향상을 보였으며( $p < 0.05$ ), 대조군은 1차 측정 시 1.12 sec에서 2차 측정에서는 1.21 sec로 -0.01 sec의 유의한 향상을 보이지 않았다. 하지만 훈련방법에 따른 그룹 간 차이 비교에서 VRT 군에서 대조군보다 유의하게 높은 향상이 나타났다( $p < 0.05$ ). 보시간에서 VRT 군은 훈련 전 0.57 sec에서

Table 2. The changes of temporal gait parameter

		Experimental group		Control group		t	p
		n= 21		n= 19			
Velocity (cm/s)	Pre	113.70	± 16.71	112.88	± 17.09	0.152	0.880
	Post	134.25	± 19.38	115.93	± 18.51		
	Pre-Post	20.55	± 8.30	3.05	± 6.94	7.191	0.000
	t	11.349		1.922			
	p	0.000		0.072			
Cadence (step/min)	Pre	106.98	± 13.79	109.55	± 15.08	0.563	0.577
	Post	116.68	± 16.47	111.39	± 17.96		
	Pre-Post	9.70	± 4.65	1.84	± 3.88	5.769	0.000
	t	9.555		2.076			
	p	0.000		0.053			
Stride time (sec)	Pre	1.14	± 0.14	1.12	± 0.14	0.574	0.570
	Post	1.05	± 0.14	1.11	± 0.16		
	Pre-Post	-0.09	± 0.04	-0.01	± 0.04	6.454	0.000
	t	10.205		1.486			
	p	0.000		0.156			
Step time (sec)	Pre	0.57	± 0.07	0.56	± 0.07	0.600	0.552
	Post	0.52	± 0.07	0.55	± 0.08		
	Pre-Post	-0.05	± 0.02	-0.01	± 0.02	6.305	0.000
	t	9.880		1.460			
	p	0.000		0.163			

Note. Values are expressed as mean ± standard deviation (SD).

훈련 후 0.52. sec으로 -0.05 sec의 유의한 향상을 보였으며( $p<0.05$ ), 대조군은 1차 측정 시 0.56 sec에서 2차 측정에서는 0.55 sec으로 유의한 향상을 보이지 않았다. 하지만 훈련방법에 따른 그룹 간 차이 비교에서 VRT 군에서 대조군보다 유의하게 높은 향상이 나타났다 ( $p<0.05$ ).

3. 실험 방법에 따른 공간적 보행 변수의 변화

집단별 실험 전후의 공간적 보행변수의 변화는 다음과 같다(표 3).

활보장에서 VRT 군은 훈련 전 128.18 cm에서 훈련 후 138.93 cm로 10.74 cm의 유의한 향상을 보였으며 ( $p<0.05$ ), 대조군은 1차 측정 시 125.26 cm에서 2차 측정에서는 127.20 cm로 유의한 향상을 보이지 않았다. 하지만 훈련방법에 따른 그룹 간 차이 비교에서 VRT 군에서 대조군에 비해 유의하게 높은 향상이 나타났다 ( $p<0.05$ ). 보장에서 VRT 군은 훈련 전 64.08 cm에서 훈련 후 69.44 cm으로 5.36 cm의 유의한 향상을 보였으며( $p<0.05$ ), 대조군은 1차 측정 시 62.57 cm에서 2차 측정에서는 63.55 cm으로 유의한 향상을 보이지 않았다. 하지만 훈련방법에 따른 그룹 간 차이 비교에서 VRT 군에서 대조군보다 유의하게 높은 향상이 나타났다( $p<0.05$ ).

IV. 고 찰

본 연구는 3D 기술을 적용한 가상현실 기반 비디오 게임을 이용하여 노인의 낙상을 줄이기 위해 실행되었다. 가상현실 기반 비디오 게임과 일반적인 운동 프로그램을 비교하였을 때, 흥미 유발, 사회적 교류, 그룹 활동, 적은 비용 그리고 집에서 편안하게 할 수 있다는 장점들을 가지고 있었다(Martin-Moreno 등, 2008). 연구 초기에 참가자들은 게임에 집중하기 보다는 3D로 나오는 화면에 좀 더 집중하였다. 이는 새로운 기술에 대한 호기심이라고 사료 되며, 연구가 진행될수록 3D 화면에 익숙해 짐에 따라 점차 게임에 집중하는 모습을 볼 수 있었다.

참가자들은 3D 화면을 보기 위해 편광 렌즈 안경을 착용하였는데, 참가자들이 대부분 노인들이었기 때문에 본인들의 안경을 착용하고 편광 렌즈 안경을 착용하였다. 이런 이유로, 참가자들 대부분이 불편함을 호소하였다. 실험 중간 불편함을 넘어 피곤을 느낀다거나 어지러움을 느끼는 참가자들은 의자에 앉아 휴식을 취할 수 있도록 하였다. 그러나 이런 불편함이나 피곤함은 지속되거나 실험을 진행 할 수 없는 상태까지 가지 않았으며, 얼마 후에 익숙해 지는 모습을 볼 수 있었다.

같은 영화를 3D 와 2D영상으로 본 후 심리적 반응을

Table 3. The changes of spatial gait parameter

		Experimental group		Control group		t	p
		n= 21		n= 19		N=40	
Stride length (cm)	Pre	128.18	± 15.86	125.26	± 21.67	0.490	0.627
	Post	138.93	± 16.14	127.20	± 23.68		
	Pre-Post	10.74	± 6.69	1.94	± 8.61	3.628	0.001
	t	7.356		0.983			
	p	0.000		0.340			
Step length (cm)	Pre	64.08	± 7.93	62.57	± 10.91	0.502	0.618
	Post	69.44	± 8.07	63.55	± 11.91		
	Pre-Post	5.36	± 3.34	0.98	± 4.29	3.621	0.001
	t	7.352		0.999			
	p	0.000		0.332			

Note. Values are expressed as mean ± standard deviation (SD).

비교한 연구에서 3D 영상이 유도한 실제감은 영화 주인공에 대한 관람자의 동일시 경향을 증가시켜 영화 전반에서 느끼는 즐거움과 호감도를 높이는 것으로 나타났다(Kuem, 2010). 따라서, 3D 기술과 Wii Fit 게임을 접목하여 참가자들이 좀 더 게임에 흥미와 호감을 가지고 참여함으로 운동 효과를 더 많이 볼 수 있을 것으로 생각된다.

Madureira 등 (2007)는 그룹 운동이 단독 운동보다는 더 효과적이라고 제안하였으며, 노인에게 혼자 운동을 하는 것보다 그룹으로 할 때 운동 효과를 증대시킬 수 있고, 소외감을 줄일 수 있다고 하였다. 본 연구에서도 마찬가지로 그룹 활동이 교류를 위한 기회를 더 제공하며 특히, 경쟁심이 더해져 운동 효과를 더 증가시킬 수 있었다.

일반적인 치료와 Wii Fit 비디오 게임을 이용한 치료의 효율성을 노인 요양 병원에 입원한 노인들을 대상으로 비교연구한 논문에서는 가상현실 기반 게임의 선호도가 더 떨어졌었다(Laver 등, 2011). 그러나 그와는 반대로 본 연구에서는 참가자들은 게임의 흥미를 느끼고 즐겁게 참여하였으며 더 높은 점수를 얻기 위해 경쟁을 하기도 하였다. 선행 연구와 본 연구의 결과가 다른 이유로는 첫째로, 선행 연구의 대상자는 병원에 입원한 환자로 평균 연령이 86.4세였으며, 본 연구의 참여자(평균 76.15세)보다 고령으로 게임이 너무 유치하고 장비가 너무 복잡하다고 생각하였다. 둘째로, 본 연구의 참여자는 질환이 없는 노인들로 치료의 개념보다는 여가 활동 혹은 운동의 개념으로 받아 들였기 때문으로 생각된다. 그렇지만 선행 연구의 경우에는 입원해 있는 동안 일반적인 물리치료를 제외하고 Wii Fit 비디오 게임을 치료로 제공 받았으며 치료 기간으로는 짧은 6회(1회당 25분)만을 받아 만족도나 치료 성과가 떨어진다고 생각하였다. 또한, 치료사와의 교류를 통한 회복을 기대했었기 때문으로 사료된다. 무엇보다 본 연구의 프로그램은 6가지 종류의 게임을 돌아가며 하는 순환식 프로그램으로 한 시간 동안 진행되어 지루하지 않고 충분한 운동의 효과가 있었으며 참여자 모두 같은 복지관을 이용하는 노인들로 서로 알고 있는 사이라는 점도 서로 경쟁하며 게임을 즐길 수 있었던 요인으로 생각된다.

3D 가상 현실 운동 프로그램으로는 6가지 종류(조깅, 칼 싸움, 스키 점프, 홀라후프, 테니스, 스텝댄스)의 서로 다른 게임을 실험군에 적용하였다. 6가지 게임은 균형 능력(스키 점프, 칼 싸움, 홀라후프, 테니스), 보행 능력(조깅, 스텝댄스), 민첩성(칼 싸움, 테니스), 하지 근력(홀라후프, 스텝댄스)을 키우기 위해 선정하였다. 이러한 가상 현실 게임들의 특징은 재미와 흥미를 유발하기 위해 개발되었으므로 일반적인 운동 프로그램보다 더 즐겁게 참여할 수 있으며, 이 게임들은 레벨이 정해져 있어 난이도 조절이 가능하고 피드백이 즉각 전해져 새로운 기술 습득과 학습의 능력이 일반적인 운동 프로그램보다 높다고 여겨진다.

MacAulay 등 (2015)의 연구에서는 신체적인 활동뿐만 아니라 인지 기능을 증진시킬 수 있는 중재를 적용한다면 낙상 유 경험자와 무 경험자와의 시공간적인 보행 분석에서 나타난 지속적인 공간 요인들의 교대, 이중 과제 수행을 하면서 나타나는 짧아진 보폭과 느려진 걸음을 해결할 수 있을 것이라고 제안하였다. 앞으로의 연구에서는 신체 능력 향상에 중점을 둔 6가지 게임 외에도 인지 기능을 발달시킬 수 있는 종류의 게임을 포함한다면 더 좋은 결과가 나타날 것으로 생각된다.

노인들에게 낙상은 종종 보행 중에 일어나며, 보행 이상은 낙상의 여러 요인에 포함 된다(Campbell 등, 1989; Rubenstein 등, 1988). 정확하게 노인에게 비정상인 보행이 무엇인지 결정하기 어렵다 하더라도(Alexander, 1996), 70세 이상의 지역 노인들 중 35%가 보행의 이상을 나타낸다(Vergheese 등, 2006). 따라서, 보행 평가가 낙상의 가이드 라인으로 사용되고 있으며, 몇몇 연구들에서 보행의 시공간적 변수들 중에서도 보행속도(Velocity)와 보장(Step length)의 변화가 낙상 위험을 증가시킨다고 하였다(Callisaya 등, 2012; Hausdorff 등, 2001; Maki, 1997). Thaler-Kall 등 (2015)의 연구에서는 75세 이상의 노인에게 65세부터 74세 사이의 노인들보다 이런 점이 더 뚜렷하게 나타남을 확인하였다. 본 연구에서는 실험군의 실험 전·후 비교와, 실험군과 대조군의 비교에서 보장과 보행속도가 유의하게 증가함을 확인할 수 있었다( $p < 0.05$ ). 이 결과를 토대로 VRT 그룹에서 보행 이상을 줄이는 결과를 얻을 수 있었다.

597명의 70세 이상 지역사회 노인을 대상으로 한 선행 연구에서, 감소된 보행속도는 낙상의 위험을 증가시킨다고 하였다(Vergheze 등, 2009). 70 cm/s 이하의 보행속도를 느린 보행으로 정의하는데(Cesari 등, 2005), Vergheze 등 (2009)의 연구에서 보행속도가 70 cm/s 이하인 참여자들과 70-100 cm/s 사이인 참여자들이 100 cm/s 이상인 참여자들보다 낙상의 위험이 높은 것으로 나타났다. 감소된 보행속도의 원인으로는 노화에 따른 에너지 소비의 감소(Holt 등, 1995), 근력의 감소(McGibbon 등, 2001), 균형 장애(Gehlsen과 Whaley, 1990)를 들 수 있다. 가상현실 기반 게임을 이용한 본 연구에서는 중재 후에 보행속도가 유의하게 증가함을 볼 수 있었다( $p < 0.05$ ). 또한, 65세부터 90세까지 890명의 지역사회 노인을 대상으로 보행의 시공간적 변수들과 낙상의 상관관계를 연구한 선행연구에서는 많은 변수들 중에서도 활보장(Stride length)이 낙상과 가장 연관이 높은 것으로 나타났다(Thaler-Kall 등, 2015). 본 연구에서도 활보장이 실험 전 후로 유의하게 증가함을 확인할 수 있었다( $p < 0.05$ ). 이와 같은 결과를 토대로 3D 기술을 적용한 가상현실 기반 비디오게임이 노인의 시공간적 보행 변수들을 향상시켜 낙상의 위험을 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

## V. 결론

본 연구는 3D 기술을 적용한 가상현실 기반 비디오 게임을 이용하여 노인의 낙상을 줄이기 위하여 시공간적 보행 변수에 미치는 효과를 알아보기 위하여 실행되었다. 연구결과, 3D 기술을 적용한 가상현실 기반 비디오 게임을 통한 훈련으로 보행의 시간적 변수와 공간적 변수가 대조군에 비해 유의하게 증가함을 확인할 수 있었다. 이는 노인 낙상의 원인이 되는 보행 이상을 줄여 낙상의 위험을 줄일 수 있을 것으로 생각되며, 노인 낙상 방지 프로그램으로 이용되어야 함을 제안한다.

## References

- Alexander NB. Gait disorders in older adults. *J Am Geriatr Soc.* 1996;44(4):434-51.
- Auvinet B, Berrut G, Touzard C et al. Reference data for normal subjects obtained with an accelerometric device. *Gait Posture.* 2002;16(2):124-34.
- Axer H, Axer M, Sauer H et al. Falls and gait disorders in geriatric neurology. *Clin Neurol Neurosurg.* 2010; 112(4):265-74.
- Betker AL, Szturm TMoussavi Z. Development of an interactive motivating tool for rehabilitation movements. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2005;3:2341-4.
- Bridenbaugh SAKressig RW. Laboratory review: the role of gait analysis in seniors' mobility and fall prevention. *Gerontology.* 2011;57(3):256-64.
- Callisaya ML, Blizzard L, McGinley JL et al. Risk of falls in older people during fast-walking--the TASCOC study. *Gait Posture.* 2012;36(3):510-5.
- Campbell AJ, Borrie MISpears GF. Risk factors for falls in a community-based prospective study of people 70 years and older. *J Gerontol.* 1989;44(4):M112-7.
- Cesari M, Kritchevsky SB, Penninx BW et al. Prognostic value of usual gait speed in well-functioning older people--results from the Health, Aging and Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc.* 2005;53(10): 1675-80.
- Cho GShin H. The effect of virtual reality training on lower extremity muscle activation in elderly. *J Korean Soc Phys Med.* 2014;9(1):55-62.
- Cho Y-H. Analysis of Gait Velocity, Lower Muscles Activity on Obstacle and Dual Task Gait in Elderly Women. *Korean Society of Physical Medicine.* 2011;6(4): 465-73.
- Choi S-H, Lim J-H, Cho H-Y et al. The effects of trunk stabilization exercise using swiss ball and core stabilization exercise on balance and gait in elderly women. *Journal of the Korean Society of Physical*

- Medicine. 2012;7(1):49-58.
- Gachet Paez D, Aparicio F, de Buena M et al. Personalized health care system with virtual reality rehabilitation and appropriate information for seniors. *Sensors (Basel)*. 2012;12(5):5502-16.
- Gehlsen GMWhaley MH. Falls in the elderly: Part II, Balance, strength, and flexibility. *Arch Phys Med Rehabil*. 1990;71(10):739-41.
- Gillespie LD, Robertson MC, Gillespie WJ et al. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012;9:CD007146.
- Hausdorff JM, Rios DAEdelberg HK. Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001; 82(8):1050-6.
- Henderson GC, Irving BANair KS. Potential application of essential amino Acid supplementation to treat sarcopenia in elderly people. *J Clin Endocrinol Metab*. 2009;94(5):1524-6.
- Holt KG, Jeng SF, Ratcliffe R et al. Energetic cost and stability during human walking at the preferred stride frequency. *Journal of motor behavior*. 1995;27(2): 164-78.
- Kannus P, Sievanen H, Palvanen M et al. Prevention of falls and consequent injuries in elderly people. *Lancet*. 2005;366(9500):1885-93.
- Kim J-hPark S-j. Effect of Balance Ability and Walking in the Elderly by Taekwon-do Program. *Korean Society of Physical Medicine*. 2012;7(3):379-85.
- Kim M-C, Ahn C-SKim Y-S. The Effect of Exercise Program for Falls Prevention on Balance and Quality of Life in the Elderly Women. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2010;5(2):245-54.
- Kuem H. 3D Effect: Presence, Identification and Enjoyment of The Movie 'Avatar'. *Korean Journal of Journalism & Communication*. 2010;54(4):27-48.
- Lamoth CJ, Alingh RCaljouw SR. Exergaming for elderly: effects of different types of game feedback on performance of a balance task. *Stud Health Technol Inform*. 2012;181:103-7.
- Lamoth CJ, Caljouw SRPostema K. Active video gaming to improve balance in the elderly. *Stud Health Technol Inform*. 2011;167:159-64.
- Latham NK, Anderson CS, Lee A et al. A randomized, controlled trial of quadriceps resistance exercise and vitamin D in frail older people: the Frailty Interventions Trial in Elderly Subjects (FITNESS). *J Am Geriatr Soc*. 2003;51(3):291-9.
- Laver K, Ratcliffe J, George S et al. Is the Nintendo Wii Fit really acceptable to older people? A discrete choice experiment. *BMC Geriatr*. 2011;11:64.
- Lienhard K, Schneider DMaffiuletti NA. Validity of the Optogait photoelectric system for the assessment of spatiotemporal gait parameters. *Med Eng Phys*. 2013; 35(4):500-4.
- MacAulay RK, Allaire TD, Brouillette RM et al. Longitudinal assessment of neuropsychological and temporal/spatial gait characteristics of elderly fallers: taking it all in stride. *Front Aging Neurosci*. 2015;7:34.
- Mackenzie L, Byles JD'Este C. Validation of self-reported fall events in intervention studies. *Clin Rehabil*. 2006;20(4):331-9.
- Madureira MM, Takayama L, Gallinaro AL et al. Balance training program is highly effective in improving functional status and reducing the risk of falls in elderly women with osteoporosis: a randomized controlled trial. *Osteoporos Int*. 2007;18(4):419-25.
- Maki BE. Gait changes in older adults: predictors of falls or indicators of fear. *J Am Geriatr Soc*. 1997;45(3): 313-20.
- Martin-Moreno J, Ruiz-Fernandez D, Soriano-Paya A et al. Monitoring 3D movements for the rehabilitation of joints in physiotherapy. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2008;2008:4836-9.
- McCallum J. Ageing research directions for Australia. *Australas*

- J Ageing. 2011;30 Suppl 2:1-3.
- McGibbon CA, Krebs DE, Puniello MS. Mechanical energy analysis identifies compensatory strategies in disabled elders' gait. *J Biomech.* 2001;34(4):481-90.
- Muhlberg WS, Sieber C. Sarcopenia and frailty in geriatric patients: implications for training and prevention. *Z Gerontol Geriatr.* 2004;37(1):2-8.
- Rubenstein LZ. Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age Ageing.* 2006;35 Suppl 2:ii37-ii41.
- Rubenstein LZ, Robbins AS, Schulman BL et al. Falls and instability in the elderly. *J Am Geriatr Soc.* 1988; 36(3):266-78.
- Sartini M, Cristina ML, Spagnolo AM et al. The epidemiology of domestic injurious falls in a community dwelling elderly population: an outgrowing economic burden. *Eur J Public Health.* 2010;20(5):604-6.
- Sherrington C, Whitney JC, Lord SR et al. Effective exercise for the prevention of falls: a systematic review and meta-analysis. *J Am Geriatr Soc.* 2008;56(12): 2234-43.
- Thaler-Kall K, Peters A, Thorand B et al. Description of spatio-temporal gait parameters in elderly people and their association with history of falls: results of the population-based cross-sectional KORA-Age study. *BMC Geriatr.* 2015;15:32.
- Tinetti ME, Kumar C. The patient who falls: "It's always a trade-off". *JAMA.* 2010;303(3):258-66.
- Vergheze J, Holtzer R, Lipton RB et al. Quantitative gait markers and incident fall risk in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2009;64(8):896-901.
- Vergheze J, LeValley A, Hall CB et al. Epidemiology of gait disorders in community-residing older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2006;54(2):255-61.
- Wayne PM, Hausdorff JM, Lough M et al. Tai Chi Training may Reduce Dual Task Gait Variability, a Potential Mediator of Fall Risk, in Healthy Older Adults: Cross-Sectional and Randomized Trial Studies. *Front Hum Neurosci.* 2015;9:332.
- WHO. WHO global report on falls prevention in older age. World Health Organization (WHO). 2007;
- Williams MA, Soiza RL, Jenkinson AM et al. EXercising with Computers in Later Life (EXCELL) - pilot and feasibility study of the acceptability of the Nintendo(R) WiiFit in community-dwelling fallers. *BMC Res Notes.* 2010;3:238.