

성인 남성의 가상현실과 실제환경에서 보행 조건에 따른 다리 근육의 활성화도 비교

이동근, PT, BS¹, 석진희, PT, BS¹, 최성민, PT, BS¹, 김민찬, PT, BS¹, 오탈영, PT, PhD²

¹신라대학교 보건복지대학 물리치료학과, ²신라대학교 보건복지대학 물리치료학과

A Comparison of Lower Extremity Muscle Activity According to Walking Condition between virtual reality and real environments in adult their 20's

Dong-Geun Lee, PT, BS¹, Jin-Hee Seok, PT, BS¹, Min-Soung Choi, PT, BS¹, Min-Chan Kim, PT, BS¹, Tae-Young Oh, PT, PhD²

¹Dept. of Physical Therapy, Health and Welfare College, Silla University, Republic of Korea

²Dept. of Physical Therapy, Health and Welfare College, Silla University, Republic of Korea

Purpose The purpose of this study is to compare the difference in lower extremity muscle activity according to walking condition with real environment and virtual reality and found the effect of virtual reality condition over time. **Methods** The participants were 15 male university students in Busan. The experiment was conducted in a real environment with two conditions: 0 degree walking and 10 degrees, and three conditions: VR 10 degree walking (Walking simulator, Steam platform) by wearing VR (Vive pro 2 headset, Vive Company), and walking over time for 10 and 30 minutes in VR. All walking was done at 4 km/h for 1 minute and 30 seconds. An electromyography device (4DMT, BrowSpring, Korea) was used to measure rectus femoris, biceps femoris, tibialis anterior, and gastrocnemius according to each walking condition.

Results In a real environment, there was no difference in the activity of each muscle according to 0 degree walking and 10 degree walking condition, but the muscle activity was high in the biceps femoris, gastrocnemius. There was no difference between the 10-degree walking condition in the real environment and the 10-degree walking condition in virtual reality. There was no statistically significant change in muscle activity during walking immediately after wearing VR, 10 minutes later, and 30 minutes later. **Conclusion** Since there was no between real environment and a VR environment, it is thought that walking training in a convenient VR environment can increase the activity of the leg muscles and maintain or strengthen muscle strength

Key words Muscle activation, Real Environment, Virtual reality, Muscle activation

Corresponding author Tae-Young Oh (ohtaeyoung@silla.ac.kr)

Received date 30 September

Revised date 07 October

Accept date 15 October

1. 서론

가상현실(Virtual Reality, VR)은 컴퓨터 기술을 사용해 실제 세계와 비슷하거나 완전히 다른 몰입형 환경을 만드는 모의 경험이다. 사용자는 VR 헤드셋, 센서 및 컨트롤러와 같은 특수 장비를 사용해 이 환경과 상호작용한다고 한다. 최근 몇 년 동안 미국에선 VR 및 VR 헤드셋의 인기가 꾸준히 증가하고 있으며, VR이 게임 등 엔터테인먼트 분야를 넘어 헬스케어, 부동산, 교육 등 다양한 분야에서 그 응용 범위가 확대됨에 따라 VR 헤드셋의 수요를 끌어올리고 있다.¹⁾ 또한 COVID-19로 팬데믹 당시 사람들의 활동 범위가 실외에서

실내로의 비중이 높아지면서 가상 현실의 이용 또한 증가하였다고 한다.²⁾ 가상현실을 이용한 운동은 흥미와 재미를 유발하여 사용자 스스로 동기부여가 되는 효과가 있으며, 그 신뢰성도 입증되고 있는 실정이다.³⁾ Desmurget과 Grafton은 시각적 정보가 동작을 수행할 때 신경근의 움직임을 제어하는 것과 선택적으로 근육을 활성화시키는데 영향을 끼친다고 보고하였다.⁴⁾ 가상현실은 실제 상황보다 더 다양한 움직임을 만들어 내기 위해 훨씬 더 넓은 활동 범위를 제공하게 되며, 다양한 감각 채널을 통해 짜여진 각본이나 환경과 상호작용을 할 수 있다고 한다.⁵⁾ 조와 신은 가상현실을 이용한 균형 운동이 노인의 앞정강근과 장딴지근의 활성도를 증가시켰다는 연구 결과를 보고하였다.⁶⁾ 이를 바탕으로 가상환경과 실제환경에서 보행 시 다리 근 활성화도의 차이를 비교하고자 한다. 본 연구

<http://dx.doi.org/10.17817/JCMSH.2024.28.3.5>

의 목적은 정상 성인 남성을 대상으로 실제 환경의 트레밀에서 평지와 10도 경사로 보행, 가상현실의 시각적 정보를 이용한 경사로 보행 시 넙다리곧은근, 넙다리두갈래근, 장딴지근, 앞정강근 등의 활성화 차이를 비교하고자 하며, 또한 가상현실에서 보행이 반복되었을 때 훈련효과의 지속 여부를 파악하기 위해 시간 경과에 따른 근활성도 변화를 알아보하고자 한다.

II. 연구 방법

본 연구는 신라대학교 기관생명윤리위원회의 승인(1041449-202408-HR-009)을 받아서 2024년 8월 20일부터 9월 20일까지 부산시 사상구 소재 대학교 실습실에서 진행되었다. 본 연구에 참여한 대상자지는 신라대학교 재학생 중 SNS를 통해 본 연구에 대해 설명을 듣고 자발적으로 참여하기로 동의한 남학생 15명을 대상으로 하였다(Table 1). 보행 및 균형 유지에 이상이 없는 자를 선정하였으며, VR기기를 착용하고 주어진 화면을 보는데 있어 광과민성 발작 등의 증상과 실험 전 근전도 전극 부착에 따른 탈의 및 실험의 전반적인 과정에 불편함이 있는 자는 선정에서 제외하였다.

1. 실험 방법

연구의 목적을 달성하기 위해 대상자의 넙다리 곧은근, 넙다리 두갈래근, 앞정강근, 장딴지근에 근전도(4DMT, BrowSpring, Korea) 전극을 부착하였다.⁷⁾ 편평한 침상위에서 각 다리 근육들의 최대근력을 측정하였으며, 보행 조건에 따라 각각 근활성도를 측정하였다. 보행 조건 1) 실제 환경의 트레드 0° 평지 보행, 2) 트레드밀 10° 경사로 보행, 3) VR 환경에서 시각적 정보를 통한 10도 경사로 보행, 4) VR환경에서 첫 보행 후 10분 후 보행, 5) VR 환경에서 30분 후 보행으로 모두 5가지 조건이다. 모든 보행은 트레드밀에서 시속 4km/h의 속도, 1분 30초간 걷고 3분간 휴식을 취하였으며, VR 환경은 VR의 시각적으로 10도 경사로를 제공하였으며, 트레드밀 0도 경사로에서 안전 바를 잡고 1분 30초간 걷고 10분 휴식하였다. 가상현실 기기는 Vive pro headset(Vive, USA)을 이용하였으며, VR의 영상은 스팀 플랫폼(Steam platform, America)에서 생산된 영상 (VR walking simulator)를 사용하였으며,

대상자의 안전을 위해 VR조작은 연구자가 조작하였다.

2. 자료 처리

수집된 근전도 데이터는 SPSS Win. Ver. 29.0을 이용하여 보행 조건에 따른 각 근육의 활성화도는 일원배치분산분석(ANOVA)를 실시하였으며, 실제 환경의 0도 와 10도 경사로, 실제 환경의 10도 경사와 VR환경의 10도 경사로 보행은 대응표본 t-검정을 실시하였으며, VR 환경의 경사로 보행 시 반복에 따른 근활성도의 차이를 알아보기 위해 일원배치분산 분석(ANOVA)을 실시하였다. 통계적 유의 수준은 0.05로 설정하였다.

III. 결과

1. 보행 조건에 따른 각 근육들의 활성화도에 비교

실제 환경에서 0도, 10도 경사로 보행 시 두 보행 모두에서 넙다리두갈래근의 활성화도가 가장 높았으며, 장딴지근, 넙다리곧은근, 앞정강근의 순서로 활성화도가 낮았으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 2). VR 환경에서 10도 경사로 보행, 10분 후 보행 시 넙다리두갈래근의 활성화도가 가장 높았으며, 그 다음으로는 넙다리곧은근 그리고 장딴지근과 앞정강근의 순의 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다($p < 0.05$) (Table 2). VR 환경에서 30분 후 보행에서는 실제 환경의 보행과 같은 순서로 근활성도의 차이를 보였으며, 이는 통계적으로 유의한 의미를 나타냈다($p < 0.05$) (Table 2).

2. 실제 환경에서 0도 경사로와 10도 경사로 보행 시 각 근육의 활성화도 비교

실제환경의 0도와 10도 경사로 보행 시 각 근육의 활성화도를 비교한 결과 넙다리곧은근과 장딴지근의 활성화도가 10도 경사로 보행에서 통계적으로 유의한 증가를 나타내었다 ($p < 0.05$) (Table 3). 넙다리두갈래근, 앞정강근의 근활성도는 10도 경사로 보행에서 근활성도가 높아졌지만 통계적으로 유의하지 않았다(Table 3).

Table 1. General characteristics of the subjects

Variable	N=15
Gender (n)	Male 15
Age (yr)	23.20±2.98
Height (cm)	177.07±4.86
Weight (Kg)	76.67±5.89

Table 2. Comparison of each muscles activation in lower leg according to walking condition

(n=15)(unit : %MVIC)

	Rectus femoris	Biceps femoris	Tibialis anterior	Gastrocnemius	F	p
RE 0 degree	32.76 ±17.55	42.58±25.08	28.72±16.82	37.78±23.86	1.05	0.38
RE 10 degree	42.84±25.80	45.86±26.41	26.75±7.93	43.79±24.60	1.98	0.13
VR 10 degree	42.41±22.78 ²⁾	48.28±24.02 ²⁾	26.21±7.5 ¹⁾	37.06±12.59 ¹⁾	3.49	0.02*
VR 10 degree after 10min	41.02±25.38 ²⁾	52.40±22.63 ³⁾	25.68±7.60 ¹⁾	35.56±8.84 ¹⁾	5.00	0.00*
VR 10 degree after 30min	36.29±21.19 ¹⁾	50.06±19.07 ³⁾	23.95±5.63 ¹⁾	40.00±11.68 ²⁾	6.17	0.00*

RE 0 degree : Real Environment with 0 degree inclined (flat)

RE 10 degree : Real Environment with 10 degree inclined

VR 10 degree : Virtual Reality with 10 degree inclined by visual information

VR 10 degree after 10 min : Virtual Reality with 10 degree inclined by visual information after 10 minutes from first VR walking

VR 10 degree after 30 min : Virtual Reality with 10 degree inclined by visual information after 30 minutes from first VR walking

1), 2), 3) : Duncan post hoc

Table 3. Comparison of muscle activation in lower leg between walking condition with 0 and 10 degree inclined in reality environment

(n=15)(unit : %MVIC)

	Real Environment 0 degree	Real Environment 10 degree	t-value	p
Rectus Femoris	32.76±17.55	42.84±25.80	-2.62	0.02*
Biceps Femoris	42.85±25.08	45.86±26.41	-1.27	0.23
Tibialis Anterior	28.72±16.82	26.75±7.93	0.59	0.56
Gastrocnemius	37.82±23.86	43.79±24.60	-5.16	0.00*

Table 4. Comparison of muscle activation in lower leg between walking condition with reality environment and virtual reality in 10 degree inclined

(n=15)(unit : %MVIC)

	Real Environment 10 degree	Virtual Reality 10 degree	t-value	p
Rectus Femoris	42.84±25.80	42.41±22.78	0.24	0.81
Biceps Femoris	45.86±26.41	48.28±24.02	-0.70	0.50
Tibialis Anterior	26.75±7.93	26.21±7.5	0.64	0.54
Gastrocnemius	43.79±24.60	37.06±12.59	-1.37	0.19

Table 5. Change of muscle activation in lower leg according to over time in virtual reality 10 degree inclined

(n=15)(unit : %MVIC)

	First time	After 10 min	After 30 min	F
Rectus Femoris	42.41±22.78	41.02±25.38	36.29±21.29	0.25
Biceps Femoris	48.28±24.02	52.40±22.63	50.06±19.07	0.12
Tibialis Anterior	26.21±7.5	25.68±7.60	23.95±5.63	0.38
Gastrocnemius	37.06±12.59	35.56±8.84	40.00±11.68	0.53

3. 실제 환경과 VR환경에서 10도 경사로 보행 시 각 근육의 활성화도 비교

실제환경의 10도 경사로 보행과 영상을 통한 VR 환경의 10도 경사로 보행에서 각 근육의 활성화도를 비교한 결과 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 4).

4. 시간 경과에 따른 VR 환경에서 보행 시 각 근육의 활성화도 비교

VR환경에서 반복된 보행에 따른 학습 효과를 알아보기 위해 VR 환경의 10도 경사로 보행, 10분 후 보행, 30분 후 보행에서 각 근육의 활성화도는 반복 보행에 따른 차이가 나타나지 않았다(Table 5).

따라서 20대 남성을 대상으로 실제 환경과 가상현실의 5가지 보행 조건을 수행할 결과 실제 환경과 비교하여 시각적 정보를 통한 경사로 보행은 다리 근활성도의 차이를 나타내지 않았으며, 가상현실 훈련이 반복되더라도 다리 근활성도의 차이가 나타나지 않았다.

IV. 고찰

본 연구는 20대 남성을 대상으로 실제 환경과 가상현실 조건에서 보행을 하였을 때 다리 근육의 근활성도 차이를 알아봄으로써 가상현실을 이용한 보행 훈련이 다리 근육의 근력 유지 및 강화에 이용될 수 있는 근거를 마련하고자 하였다.

보행은 트레드밀에서 실시하였으며, 보행 속는 4Km/h 로 통제하였다. 트레드밀 보행 시 속도에 따른 보행 형태의 운동학적 분석 연구에서 시속 3Km, 4Km, 5Km 의 속도로 걸었을 때 발목관절과 엉덩관절의 운동학적 변화는 없었으며, 무릎관절의 각도가 증가한 것으로 보고하였다.⁸⁾ 또한 10%의 내리막, 오르막 경사각에 따른 각 관절의 움직임도 통계적으로 유의한 차이가 없었다고 보고하였다.

따라서 본 연구에서 보행 속도를 4Km/h로 제한 한 것과 10%의 오르막으로 제한 한 것은 보행 중 다리의 운동학적 특성에 영향을 미치지 않고 순수한 근활성도를 측정할 수 있는 최적의 속도와 경사를 선택하였다고 할 수 있다. 실제 환경과 가상현실에서의 보행을 비교하기 위한 것임으로 운동학적 변수를 최소화할 수 있었다.

Choi 등(2018)은 정상 성인을 대상으로 트레드밀에서 전방 및 후방으로 보행을 하였을 때 다리의 넙다리 곧은근, 넙다리 두갈래근, 장딴지근의 활성도를 연구하였다. 시속 4Km 속도로 전방으로 보행하였을 때 넙다리 근육의 활성도가 높아진 것으로 보고하였다.⁹⁾

이는 본 연구에서 보행 훈련을 통한 다리 근육의 근활성도를 알아보기 위해서 넙다리 곧은근, 넙다리 두갈래근, 앞정강근, 장딴지근의 활성도를 비교한 것으로 연구의 타당성을 유지할 수 있는 근거가 될 수 있다고 사료된다. 또한 본 연구의 결과에서도 보행 조건에 따라 넙다리 곧은근, 넙다리 두갈래근의 활성도가 비교적 높게 나타나 선행 연구와의 유사한 결과를 얻은 것으로 사료된다.

가상현실은 시각정보를 제공하는 것으로서 Won 등(2014)은 시각 정보의 제공 유무가 동적균형 조절을 위한 다리 근육의 활성도에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하여 가상현실에서의 보행이나 동적 균형 훈련이 다리 근육의 활성도를 높일 수 있다는 결과에 도달하게 된다.¹⁰⁾ 이는 실제 환경에서 트레드밀 10경사로를 걸을 때 다리 근활성도와 실제로는 트레드밀의 0도(평지)이지만 가상현실에서는 시각적으로 10도 경사로를 보면서 보행하였을 때와 같은 다리 근활성도를 나타낸 본 연구의 결과와 일치하는 부분이라고 사료된다.

정상 노인들을 대상으로 가상현실을 통한 균형훈련을 실시한 후 다리 근활성도를 측정한 결과에서 발목 관절의 움직임에 관여하는 앞정강근과 장딴지근의 활성도가 높아졌다고 보고하였다⁶⁾. 이는 본 연구의 보행 훈련과 다른 결과를 나타냈

다. 본 연구의 결과, 다리 근활성도는 무릎관절의 움직임과 관련있는 넙다리 곧은근, 넙다리 두갈래근의 활성도가 유의하게 높아졌다. 가상현실을 이용한 균형 훈련에서 발목전력과 엉덩관절 전력을 주로 쓰는 균형훈련과는 다르게 보행 훈련에서는 다리의 운동학적 요인에 영향을 받는 것으로 이해할 수 있으며, 트레드밀 보행이라는 제한으로 인해 무릎관절의 근육 활성도가 높아진 것으로 사료된다.

이는 가상현실을 이용한 프로그램으로 다리 근육의 활성도를 높이기 위해서는 보행 훈련과 균형 훈련이 병행되어야 할 것으로 사료된다.

가상현실게임을 65세 이상의 노인들에게 적용하였을 때 균형능력과 근활성도가 좋아졌다고 보고하였다.¹¹⁾ 본 연구에서는 시각적 정보만 제공하여 단순한 면이 있었지만, 가상현실을 이용한 게임이면 더욱 더 좋은 효과를 볼 수 있을 것으로 사료된다.

가상현실 기반 맞춤형 재활훈련을 뇌졸중 환자의 상지기능 훈련에 적용한 결과 푸글메이어 운동 기능 점수가 증가되어 상지기능이 향상되었다고 보고하였다.¹²⁾ 이는 가상현실 훈련의 확대를 기대할 수 있는 것으로서 인지 기능이 함께 동반되어야 하는 상지기능의 향상이 이루어진 것으로 볼 때, 가상현실을 이용한 다양한 재활훈련이 개발되어 다리 뿐만 아니라 균형, 상지 기능 등의 향상시킬 수 있을 것으로 사료되며, 가상현실의 확대 적용이 가능할 것으로 사료된다.

타원형 지구 보행, 트레드밀 보행, 지면 보행이 다리 근육의 활성도에 미치는 영향을 연구한 보고서에서 장딴지근의 활성도가 트레드밀 보행과 평지 보행에서 큰 차이를 보였다고 하였다.¹³⁾ 이는 본 연구에서 트레드밀에서의 보행을 연구하였으므로 본 연구의 제한점으로 볼 수 있다.

가상현실-트레드밀 보행에서 시각적 속도감과 실제 보행 속도의 불일치가 가상현실 멀미에 미치는 영향을 연구한 결과 보행 속도의 불일치가 클수록, 보행 시간이 증가될수록 멀미에 미치는 영향일 커진다고 보고하였다.¹⁴⁾

본 연구에서는 시각적 경사로만 제공하고 보행 속도는 트레드밀에서 일정하게 제공하였기 때문에 속도의 불일치는 나타나지 않을 수 있으며, 시간 경과에 따른 멀리는 다소 고려해야 할 사항이라고 사료된다. 본 연구에서는 가상현실 보행을 10분 후, 30분 후 반복하였을 때 근 활성도의 차이는 나타나지 않았으나 대상자들이 멀미 혹은 감각적 불편함은 호소하지 않았지만, 임상에 적용할 때는 유의해야 할 점이라고 사료된다.

따라서 본 연구를 통해서 실제 환경에서 2가지 보행 조건과 가상현실에서 3세가지 보행 조건에서 다리 근육간의 활성도를 분석한 결과 실제 환경에서 2가지 보행 조건에서는 다리 근육 간의 활성도에는 유의한 차이가 나타나지 않았으나 가상

현실에서 3가지 보행 조건에서는 근육 간의 활성도가 유의하게 차이가 나타났다. 트레드밀 0도 평지 보행에 비해 트레드밀 10도 경사로 보행에서는 넙다리 곧은근과 장딴지근의 활성도가 유의하게 차이를 나타내었으며, 트레드밀 10도 경사로 조건 보행과 VR 10 경사로 조건 보행을 비교한 결과 다리 근활성도의 차이가 나타나지 않아 가상 현실에서의 경사로 보행이 실제 환경의 보행과 같은 효과를 나타낸다고 할 수 있다. VR 환경에서 반복된 훈련으로 학습 효과가 있는지를 알아 보기 위해 VR 환경에서 최초 보행 후 10분 후, 30분 후 시간 경과에 따른 3가지 보행 조건을 비교한 결과 유의한 차이가 나타나지 않아 VR을 통한 보행 훈련의 지속 시간을 알 수 있었다.

References

1. Clement J. COVID-19: Impact on time spent using VR in the US in 2020. 2021. Statista
2. Jang YS. Future of sport contents industry base upon the development of Virtual Reality(VR) System. The Korean Journal of Sports. 2020;18(4):1-11.
3. Clark WE, Sivan M, O'Connor RJ. Evaluating the use of robotic and virtual reality rehabilitation technologies to improve function in stroke survivors: A narrative review. Journal of rehabilitation and assistive technologies engineering. 2019; 6(1), 2055668319863557.
4. Desmurget M, Grafton S. Forward modeling allows feedback control for fast reaching movements. Trends in cognitive sciences. 2000;4(11): 423-31.
5. Burdea GC. Virtual rehabilitation-benefits and challenges. Methods of information in medicine 2003;42(5): 519-23.
6. Cho GH, Shin HS. The effect of virtual reality training on lower extremity muscle activation in elderly. Journal of Korean Society of Physical Medicine. 2014;9(1):55-62.
7. Kim TW, Kong SJ, Kil SK. Electromyographic analysis. Theory and application. Seoul, Hanmibooks. 2013
8. Cho KK, Kim YS. Analysis of kinematics in gait motions on different grades and speed of treadmill gait. Korean journal of sports biomechanics. 2002;12(1):175-91.
9. Choi SH, Chun HL, Lee CR. Comparison of lower limb muscle activity according to different gait pattern and speed on the treadmill. Journal of Korean Physical Therapy Science. 2018;25(2):55-61.
10. Won MH, Kim MC, Kim SJ, et al. The effect of visual information provision on the changes of electromyogram activity in trunk and lower leg muscles during dynamic balance control. The Korean Journal of Sports Medicine. 2014;32(1): 44-54.
11. Kim EJ, Jeon YJ, Lee KB. The effect of virtual reality games on muscle activity and balance in elderly women. Journal of Korean Society for Neurotherapy. 2012;21(1):1-6.
12. Hwang HS, Yoo DH. Effect of virtual reality-based customized rehabilitation training on upper extremity function of stroke. Journal of Korean Society for Neurotherapy. 2013;27(3):35-42
13. Kang HK, Seo HD, Lee KW, et al. The effects of elliptical training, treadmill walking and overground walking on muscle activation of lower extremity. Journal of special education & rehabilitation science. 2012;51(1);253-66.
14. Choi IB, Park JJ, Kim SW, et al. Effect of inconsistency between visual speed perception and walking speed perception on VR-Treadmill walking. Korean society for emotion & sensibility. 2020;23(3); 79-90

