

가상현실기술을 이용한 자세균형재활훈련에 관한 연구

이정수, 정진석, 김동욱, 김남균*
전북대학교 대학원 의용생체공학과
*전북대학교 의과대학 의공학과

Postural Balance Rehabilitation using Virtual Reality Technology

J. S. Lee, J. S. Jeong, D. W. Kim, N. G. Kim*

Department of Biomedical Engineering, Graduate school, Chonbuk National University
*Department of Biomedical Engineering, College of medicine, Chonbuk National University

Abstract

In this paper, we proposed a new system for postural balance rehabilitation training. We used the cycle simulator using virtual reality technology as the sensory integration device. Our results showed that this system was effective postural balance rehabilitation training device and might be useful as the clinical equipment.

서론

최근 우리나라는 급격한 교통량의 증가로 인한 교통사고의 증가와 인구고령화로 인한 중추신경계의 마비로 보행, 인지능력, 운동 등에 어려움을 겪는 환자가 증가하고 있다. [1][2][3] 따라서 이들을 사회복귀시키기 위해서 재활훈련의 필요성은 날로 증가하고 있다. 기존의 자세균형재활을 위한 장치로는 힘판을 이용한 Biofeedback 재활훈련 시스템과 같은 장치가 있었다. 그러나 이들은 자세균형재활에 필요한 시각, 전정기관, 체성감각등을 통합적으로 자극하지 못하고 있어 효과적인 재활훈련이 이루어지지 못했다. 또한 기존의 재활훈련 시스템은 컴퓨터화면에 시선이 고정되어야만 하는 단조로움을 피할 수 없었다. 따라서 효과적인 재활훈련을 위해서는 자세균형에 필요한 감각들을 효과적으로 자극해 줄 뿐만 아니라 임상감있는 모의환경을 제공함으로써 피훈련자가 단조로움을 느끼지 않고 훈련할 수 있는 새로운 재활훈련장치가 필요하다.

임상감있는 모의 환경을 제공하기 위해 가상현실감기술이 효과적이다. 가상현실감기술은 인간의 오감에 신호를 전달하여 실재는 존재하지 않는 가상환경을 만들어 인간이 그 가상환경과 상호작용을 하게 함으로써 인간의 감각기관을 자극하는데 효과적인 방법이라 생각된다. [4] 그러나 기존의 가상현실 시스템은 가상시술, 가상해부같은 가상공간을 만들어 교육 분야에 많이 활용되어 왔으며 재활분야에서는 연구가 아직 미비한 상태이다.

이에 본 연구에서는 가상현실감 기술과 자전거를 이용한 가상 Hiking 공간을 만들어 통합자극을 수행하고 피훈련자의 단조로움을 피할 수 있도록 하였다. 자전거 주행은 자세제어에 필요한 감각이 통합적으로 상호작용하면서 주행이 이루어지기 때문에 통합자극을 위해서는 효과적인 방법이라 할 수 있

다. 또한 가상현실감 기술을 이용하여 가상 Hiking 공간을 만들어 주행하게 함으로써 자세균형재활훈련시 단조로움을 피할 수 있어 피훈련자가 흥미를 갖고 훈련에 임할 수 있음에 따라 보다 더 높은 재활효과를 기대할 수 있는 재활훈련시스템이라 할 수 있다.

본 연구에서는 자세균형재활훈련에 사용할 것을 목적으로 가상현실기술을 이용한 하이킹 시뮬레이터를 개발하고 이것이 재활훈련에 유용한 장치인가를 검토한다.

시스템구성 및 실험방법

1. 시스템 구성

본 시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이 피험자에게 시각자극을 주는 HMD 와 이미지의 display 속도와 각도를 제어해 줄 자전거, sensing part 부분으로부터 입력된 측정값을 컴퓨터에 입력시켜주는 A/D converter, 그리고 머리의 움직임을 check 해 줄 3 차원 위치 측정기인 Polhemus 로 구성된다. 그 래픽구동장치인 Reality Engine 으로는 C++언어와 display 속도의 향상을 위해 Assembly 언어를 사용하여 cycle 로 Hiking 을 가는 가상공간을 구성하였다.

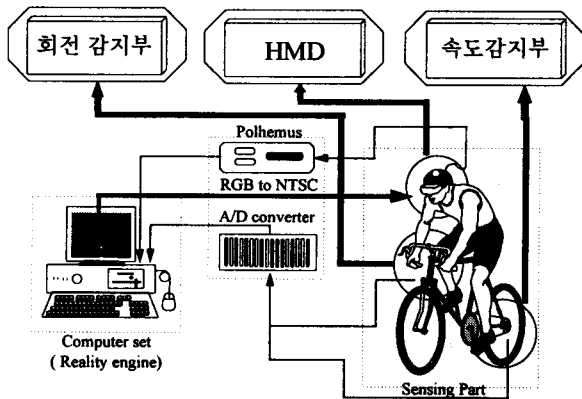


그림 1. 시스템의 구성도

위 시스템의 구성도에서 회전감지부는 자전거의 핸들에 연결되어 자전거의 핸들각을 sensing 하고, 그 값에 따라 이미지를 변화시키도록 하였다. HMD

는 두개의 LCD 로 구성되었고 컴퓨터로부터 이미지 입력을 받게 된다. 이미지 입력은 RGB 신호를 NTSC 신호로 바꾸어 주는 converter 를 거치게 된다. 속도감지부는 자전거의 바퀴에 마그네틱 센서를 부착하여 cycle 의 속도를 감지한다. 감지된 속도는 A/D converter 를 거쳐 컴퓨터에 입력되어 화면의 진행속도를 지시하게 된다.

2. 실험방법

본 실험은 그림 1 의 시스템 구성도에서 보는 바와 같이 피험자가 HMD 를 착용하고 HMD helmet 의 중앙에 3 차원 위치 측정기인 polhemus 를 설치한후 직접 cycle 을 타고 가상현실공간상의 주행도로인 직선도로와 곡선도로를 주행하게 하였다.

피험자는 건강한 성인 남녀(20~25 세) 10 명을 대상으로 하였으며 주행횟수는 직선도로와 곡선도로를 각각 4 번씩 반복주행하도록 하였다.

각각의 도로에는 중앙선을 표시하여 가능한한 그 중앙선에 맞추어 cycle 핸들을 제어하도록 피험자에게 요청하였다.

직선도로와 곡선도로를 따라가면서 중앙선 이탈도, 이탈 속도, 주행속도, 주행시 머리의 좌우 움직임과 머리의 sway 를 측정하도록 하였다. 이탈도는 cycle 이 도로의 중앙선을 벗어난 정도를 나타낸다.

만일 자세균형제어에 문제가 있는 피험자라면 이탈도가 클것이다. 이탈 속도는 이탈도를 시간으로 미분한 값으로 중앙선에서 똑같은 쪽으로 이탈하더라도 핸들이 꺾이는 속도에 따라 중앙선 이탈을 빨리하는 지, 느리게 하는 지를 판가름하게 하여, 피험자가 어느 정도로 안정감있게 주행하는 지를 판단할 수 있는 근거가 된다. 마찬가지로 자세균형제어에 문제가 있는 피험자의 경우 핸들각의 변화가 급격할 것이라고 생각된다. 주행속도는 자세제어훈련을 평가하는 데 있어 하나의 지표로 사용되고 있으며, 이는 반복되는 훈련에 의해 향상될 수 있을 것이다.

머리의 움직임은 3 차원 위치측정기에 의해 두부의 움직임(x,y,z 방향)을 측정하여 자세균형의 평가 지표로 이용하였다. 또한 3 차원 위치측정기에 의해 측정된 두부의 회전각도(roll, pitch, yaw)에 의하여 시선의 변화를 감지하고 이에 따라 HMD 에 부여하는 이미지를 변화시켜 보다더 현실감이 있도록 하였다

실험결과

그림 2 에서는 직선도로와 곡선도로 각각의 도로를 주행하였을때의 이탈도를 나타내고 있다. 가상현실공간상에 만들어진 주행환경에 처음 들어간 사람의 경우 이탈도가 어느정도 큰값을 가짐을 알 수 있다. 그러나 훈련을 여러번 반복한 사람의 경우 이탈도가 줄어들고 있어 반복훈련에 의하여, 이탈도가 감소함을 알 수 있다. 더구나 주행시간에 있어서도 훈련전보다 훈련후의 피험자가 훨씬 나아짐을 볼 수 있다.

또한 직선도로에서 보다는 곡선도로에서 이탈도가 큼을 볼 수 있다. 이는 직선도로인 경우 도로가

일정하게 display 되는 반면, 곡선도로의 경우는 도로가 불규칙적으로 굽어져 display 되기 때문에 핸들을 지속적으로 제어하여야 함에따라 핸들의 이탈도도 커지게 될 것이다.

이 결과로부터 처음 재활훈련을 받는 재활환자의 경우는 직선도로로 훈련하도록 하고 재활훈련을 진행함에 따라 곡선도로를 이용하여 재활훈련을 하는 것이 타당하리라고 생각된다.

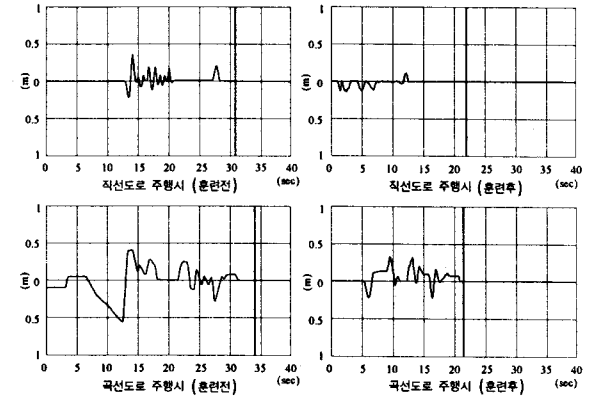


그림 2. 직선도로와 곡선도로 주행시 이탈도

그림 3 은 직선도로와 곡선도로 각각의 도로를 주행하였을 때의 이탈속도를 나타낸다. 이탈도와 마찬가지로 주행환경에 처음 들어간 사람의 경우에 큰 값의 이탈 속도를 가짐을 볼 수 있고, 훈련을 반복함으로써 이탈 속도가 줄어들음을 알 수 있다. 또한 곡선도로 주행시가 직선도로 주행시보다 큰 이탈속도를 가짐을 알 수 있어 역시 자세균형재활성적의 평가 기준으로 삼을 수 있는 parameter 라 할 것이다.

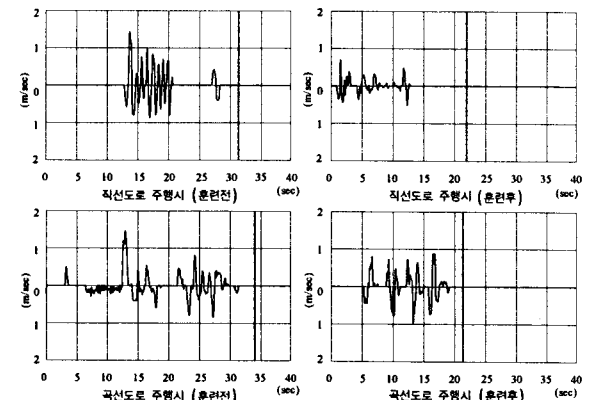


그림 3. 직선도로와 곡선도로 주행시 이탈속도

그림 4 에서는 가상현실공간상의 직선도로와 곡선도로를 주행할때 3 차원 위치측정기인 fastrak 을 이용하여 머리의 sway 폭을 측정한 결과를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 훈련을 반복함에 따라 그 크기는 작지만 sway 폭이 감소함을 볼 수 있다. 그러나 이는 정상인의 경우 만을 실험대상으로 하였고 cycle 이 curve 를 돌때나 흔들릴 때 자전거가 기울어질 수 있도록 되어 있지 않아서 발생한

결과라고 생각된다. 따라서 이를 장애자에게 이용한다면 훈련반복시 머리의 sway 폭은 큰 폭의 변화를 일으킬 수도 있다고 생각된다.

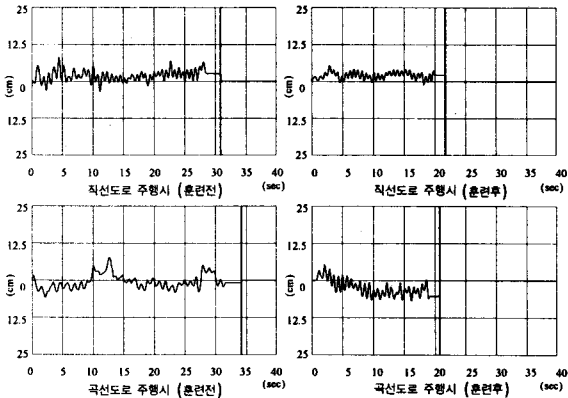


그림 4. 직선도로와 곡선도로 주행시 머리의 움직임

그림 5는 직선도로와 곡선도로 각각의 훈련전과 훈련후의 주행속도를 나타내고 있다. 주행속도의 변화에 있어서 훈련 전보다 훈련 후가 최고 속도에도달하는 시간이 짧아지고 있음을 볼 수 있다. 이는 훈련을 반복함에 따라 주행 중에 자세제어가 양호하게 되어 핸들을 쉽게 제어함에 따라 정상적인 주행속도를 낼 수 있었다고 생각된다. 결과로서 주행시간이 감소함을 알 수 있었다.

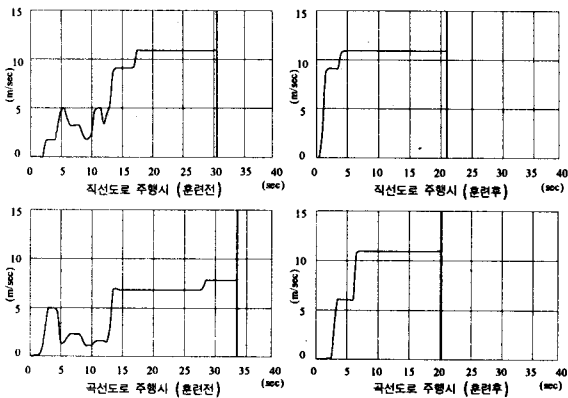


그림 5. 직선도로와 곡선도로 주행시 주행속도

그림 6은 직선도로의 시행횟수를 늘려줌에 따른 주행시간, 평균이탈도, 평균 머리의 움직임을 도표로 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 시행횟수를 늘려줌에 따라 주행시간, 평균이탈도, 평균머리의 움직임이 개선되고 있음을 볼 수 있다. 특히 주행시간과 평균이탈도의 경우는 반복주행훈련에 의하여 확실한 개선효과를 보여 재활훈련효과 평가시 중요한 지표로 사용될 수 있다고 생각된다.

그림 7은 곡선도로의 훈련반복횟수를 늘려줌에 따른 주행시간, 평균이탈도, 평균 머리의 움직임을 도표로 나타내었다. 그림 6의 직선도로의 결과와 같이 시행횟수를 늘려줌에 따라 주행시간, 평균이탈도, 평균머리의 움직임이 향상된 것을 알 수 있다.

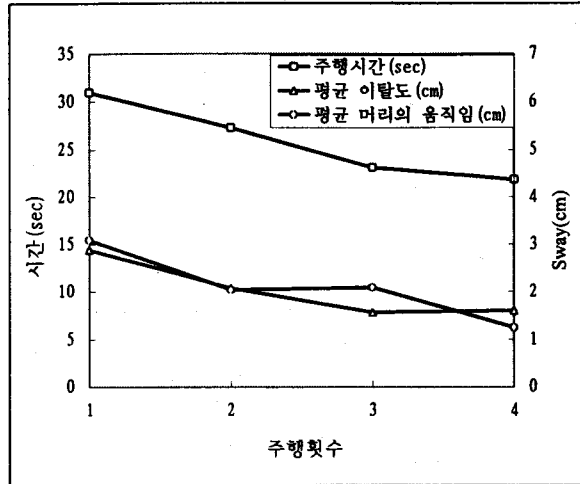


그림 6. 직선도로로 주행시 반복주행시켰을 때의 주행시간, 평균이탈도, 평균 머리의 움직임

그림 7에서의 곡선도로의 경우 평균이탈도는 그림 6의 직선도로의 경우와는 달리 큰 평균이탈도를 나타냄을 볼 수 있다. 따라서 자세균형재활에 있어 처음 재활훈련을 받는 환자와 재활치료가 어느정도 진행된 심화된 환자를 구분하여 재활초기 환자에게는 직선도로를, 재활훈련이 어느정도 진행된 환자에게는 곡선도로를 주행하게 하는 것이 보다 더 효율적이라고 말할 수 있다.

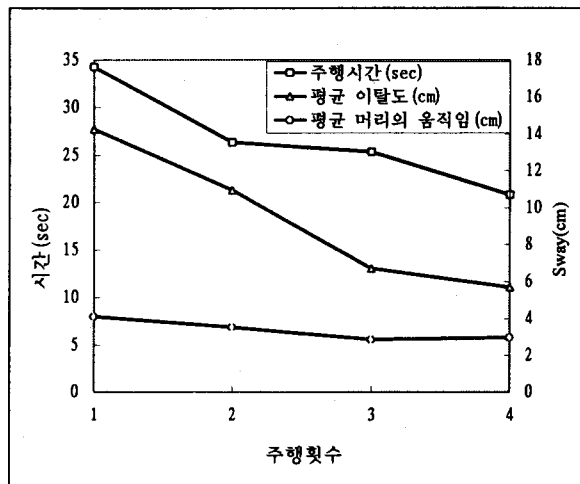


그림 7. 곡선도로로 주행시 반복주행시켰을 때의 주행시간, 평균이탈도, 평균 머리의 움직임

고찰

이상에서 가상현실기술을 이용한 모의 자전거 시뮬레이터의 반복훈련으로 자세제어에 있어서 개선된 모습을 볼 수 있었다. 이를 통해 본 논문에서는 가상현실기술을 이용한 Hiking 시뮬레이션시스템이 자세제어재활훈련에 있어 효과적임을 알 수 있었다. 하지만 이러한 자세재활훈련에 있어서 평가는 여러 parameter를 근거로 판단해야만 할 것이다. 즉, 주행속도만을 판단의 근거로 사용하였을 때는 주행속

가상현실 기술을 이용한 자세균형재활훈련에 관한 연구

도 그 자체가 증가하였다고 하여서 재활훈련효과가 상승하였다고 말 하기는 어렵다. 반대로 이탈도가 증가할 수도 있기 때문이다. 따라서 주행속도, 이탈도, 머리의 sway 등을 종합적인 판단의 근거로 사용하여야 될 것이다.

평균 머리의 움직임의 경우는 처음 예상했던 것과는 달리 반복훈련 전후에 있어서 sway가 크게 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 재활효과를 판단하는 지표로는 비중이 떨어진다고 할 수 있다. 하지만 앞 실험 방법에서도 언급했듯이 정상인의 경우만을 실험했기때문이라고도 생각할 수 있어, 이를 장애자에게 실험한다면 비중있는 parameter로 작용할 수도 있는 여지가 있다고 할 수 있다. 그리고 가상현실공간에 청각적인 data 즉, 직접 cycle을 타고 Hiking을 갈때 들릴 수 있는 주변 공간으로부터의 소리 등을 넣어주고, 곡선도로 주행시 자전거의 동요를 주고, 또한 피부감각을 자극하기 위해 자전거 주행시 바람을 넣어 준다면 더욱 더 현실감을 증가시킬 수 있을것이다.

앞으로 HMD에 있어서 LCD 액정의 해상도 문제와 장시간 착용시 눈의 피로, 소프트웨어상의 현실감등이 개선되어야 할 것이다. 또한 HMD의 중량 문제, 상기한 임장감 있는 현실감문제를 개선하여 보다 더 효과적인 자세균형재활훈련 시스템으로 발전시켜 나가고자 한다.

결론

본 연구는 가상현실기술을 이용해 사이클 시뮬레이션시스템을 구현하여 장애자 훈련장치로서의 유용성을 검토하였다. 그 결과로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 가상현실기술을 이용한 자전거 simulator는 자세균형에 큰 영향을 끼치는 시각, 전정기관, 체성감각의 통합된 감각을 이용하고 있어, 장애자 자세균형재활훈련기기로서 효과적임을 알 수 있었고, 가상현실기술이 재활분야에서 유용함이 확인되었다.
2. 실험 결과 반복되는 훈련에 의해서 주행 속도와 이탈도가 개선되고 있음을 알 수 있었고, 자세균형훈련평가지 이들 parameter로 판단함으로써 재활효과를 정량적으로 분석할 수 있어 실제 임상적인사용의 가능성을 제시하였다.

참고문헌

- [1]. Di.Fabio RP, Badke MB: "Relationship of sensory organization to balance function in patients with hemiplegia", Physical Therapy, 70:542-548,1990
- [2]. Goldie PA, Matyas TA, Spencer KI, McGinley RB: "Postural control in standing following stroke : Test-retest reliability of some quantitative clinical tests", Physical Therapy, 70:234-243,1990.
- [3]. Hamrin E, Eklund G, Hillgren A-K, Borges O, Hall J, Hellstrom O: "Muscle strength and balance in post-stroke patients," Ups J Med sci,87:11-26,1982
- [4]. Susan J Herman, PhD, PT : "Assessment and

Treatment of Balance Disorders in the Vestibular-Deficient patient," Proceedings of APTA Forum, Nashville, Tennessee, June 13-15,1989

[5]. Sandra K. Helsel, Judith Paris Roth : "VIRTUAL REALITY: Theory, Practice and Promise" 1991

[6]. Myron W. Krueger : "Artificial Reality II" 1991

[7]. Roy S. Kalawsky : "The Science of Virtual Reality and Virtual Environments" 1993

[8]. 서종한 : "가상현실의 세계"