

논문 2005-42SC-6-7

가상 자전거 시스템을 이용한 고령자의 평형감각 증진에 관한 연구

(Study on the Improvement of Equilibrium Sense of the Elderly Using
Virtual Bicycle System)

정 성 환*, 박 용 군*, 정 우 석*, 권 대 규**, 홍 철 운**, 김 남 균**

(Sung-Hwan Jeong, Yong-Jun Piao, Woo-Suk Chong, Tae-Kyu Kwon, Chul-Un Hong,
and Nam-Gyun Kim)

요 약

본 연구에서는 가상현실기술과 자전거를 이용하여 평형감각 실조환자의 진단 및 시각, 전정감각, 체성감각 등을 효율적으로 진단하고 자극, 훈련시킬 수 있는 자전거 시뮬레이터 시스템을 개발하였고, 이 시스템이 평형감각 훈련에 대한 효과를 고찰하였다. 실험 방법은 20대의 건강한 젊은 성인과 70대의 노인을 대상으로 자전거 주행 시에 나타나는 주행시간, 주행속도, 중앙선 이탈도, 무게이동과 무게중심의 변화를 측정하여 가상 자전거 시스템이 평형감각 훈련에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 유용성을 분석 하였다. 실험결과, 20대의 젊은 성인과 70대의 노인이 훈련 후 주행속도와 주행시간 중앙선 이탈도가 감소하였고, 좌우 무게이동과 무게중심 면적이 모두 감소하였으며 시각적 피드백의 효과가 평형감각에 더욱 유용하다는 결론을 얻었고 시각적 피드백의 효과를 이용하여 복합 감성정보를 활용한 헬스기구나 평형감각 재활 훈련에 활용할 수 있음을 알 수 있었다.

Abstract

In this paper, a new rehabilitation training system was developed to improve equilibrium sense by combining virtual reality technology with a fixed exercise bicycle. The subjects consisted of two groups. A group of young people, was compared against a group of elderly. We measured three different running modes of virtual bicycle system with two successive sets. The parameters measured were running time, velocity, the weight movement, the degree of the deviation from the road, and the variables about the center of pressure. The repeated training, our results showed that the running capability of the elderly improve compared. In addition, it was found out that the ability of postural control and the equilibrium sense was improved with the presentation of the visual feedback information of the distribution of weight. From the results of this experiment, we showed that our newly developed system might be useful in the diagnosis of equilibrium sense or in the improvement of the sense of sight and, somatic, and vestibular sense of the elderly in the field of rehabilitation training.

Keywords : 평형감각(Equilibrium sense), 가상자전거(Virtual Bicycle), 가상현실(Virtual Reality)

I. 서 론

* 정회원, 전북대학교 의용생체공학과
(Dept. of Biomedical Eng., Chonbuk National University)

** 정회원, 전북대학교 생체정보공학부
(Div. of Bionics and Bioinformatics Eng., Chonbuk National University)

※ 이 논문은 2005년도 교육인적자원부 지방연구중심 대학육성사업 헬스케어기기기술개발 사업단의 연구비에 의하여 연구되었음.

접수일자: 2005년6월24일, 수정완료일: 2005년11월11일

균형(balance)은 지지면 위에서 신체의 중심을 유지하는 능력을 말하며, 신체의 자세균형(postural balance) 유지에는 전정기관 및 소뇌의 평형기능, 근골격계의 지지작용, 그리고 운동기능과 감각기능 등이 기여한다^[1]. 최근 교통량의 증가로 인한 교통사고의 증가와 노령인구의 증가로 인한 뇌졸중 및 외상성 뇌손상 등의

중추신경계의 손상과 근골격계의 질환에 따른 자세균형 제어력의 손실이 환자의 재활치료에 많은 어려움을 초래함에 따라 자세균형 재활에 관한 관심이 높아지고 있다. 자세균형 재활에 대한 연구로써 Drowatzky^[3] 등은 정상인에서, Shumway-cock^[4] 등과 Lehmann^[5] 등은 뇌 기능장애 환자에서, Ruskin^[6] 등은 전정기능 장애 환자에서 힌판을 이용한 자세균형 제어의 측정방법에 대한 신뢰도를 입증하였다. 그러나, 기존의 측정장치는 자세균형 재활에 필요한 시각, 전정기관, 그리고 체성감각 등을 통합적으로 자극하지 못할 뿐 아니라 피훈련자가 단조로움을 느끼게 되는 단점이 있다. 또한, 단순하게 의자에 앉았다 일어났다 하거나 제자리 걷기를 하는 정도였으며, 이러한 경우 치료사의 주관적인 관찰에 의해 평형감각 능력이 평가 되었으며, 이로 인해 정량적인 데이터를 얻을 수 없었다. 조금 더 진보한 방법은 힌판에서 Center Of Pressure(COP)의 움직임을 통한 재활 훈련이 전부였다. 힌판을 이용한 재활 훈련은 자세의 안정과 보행능력 향상에는 효과가 있음이 입증되었지만 자세 균형에 필요한 시각이나 체성 감각 등을 효과적으로 자극하지 못하며, 피험자는 단조롭게 느낄 수 있다는 단점이 있다. Song과 Kim^[10] 등은 가상현실기술과 자전거를 이용하여 평형감각 실조환자의 시각, 전정감각, 체성 감각을 정량적으로 진단하고 자극, 훈련시킬 수 있는 가상 시뮬레이터를 개발하여 단조롭거나, 지루하지 않으며, 자세 제어에 대한 정량적인 분석이 가능한 시스템을 개발하였다.

본 연구에서는 가상현실과 자전거를 이용하여 20대와 70대 노인을 대상으로 평형감각 훈련을 실시하여 노인의 자세균형 제어력의 평가와 재활 훈련의 효과를 정량적으로 평가하고자 하였다. 이에 통합 평형감각의 자극과 분석시스템을 이용하여 가상 자전거 훈련이 평형감각에 미치는 영향을 분석하고 재활훈련 장치로서 유용성을 검토하였다.

II. 시스템 구성

2.1 하드웨어 구성

그림 1은 자세 제어 훈련 재활을 위한 훈련시스템을 나타내고 있다. 훈련용 가상 자전거 시뮬레이터는 자전거와 계측장치로 구성된 하드웨어 시스템(hardware system)과 센서로부터 들어온 입력신호를 처리하고 가상환경을 제시하고 주행을 분석하는 소프트웨어 시스템(software system)으로 구성되어 있다.

그림 2는 하드웨어 시스템의 블록선도를 보여주고 있다. 하드웨어 시스템은 자전거 본체에 평형감각 훈련효과를 분석하기 위한 파라미터(parameter)들을 검출하기 위해서 계측센서부, 부하 제어부, 그리고, 피험자의 상태를 피드백 시켜주는 피드백 구동장치부로 구성되어 있다.

계측센서부에서 자전거 시뮬레이터 핸들의 움직임을 검출하기 위해 1회전용 전위차계 변환기(potentiometric resistive transducers)를 이용하여 핸들 각을 측정하였다. 주행속도는 자전거의 페달의 회전운동을 통해 결정된다. 이를 위해 자석과 홀센서(hole sensor)를 사용하였다. 페달을 굴러 바퀴가 한 바퀴 회전 시 바퀴에 부착된 자석이 홀센서와 교차되면 센서에서는 5V가 발생하여 바퀴가 한 바퀴 회전했다는 것을 A/D 변환기를 통해서 컴퓨터로 입력되어진다.

$$v = \frac{1}{t} \times k \tag{1}$$

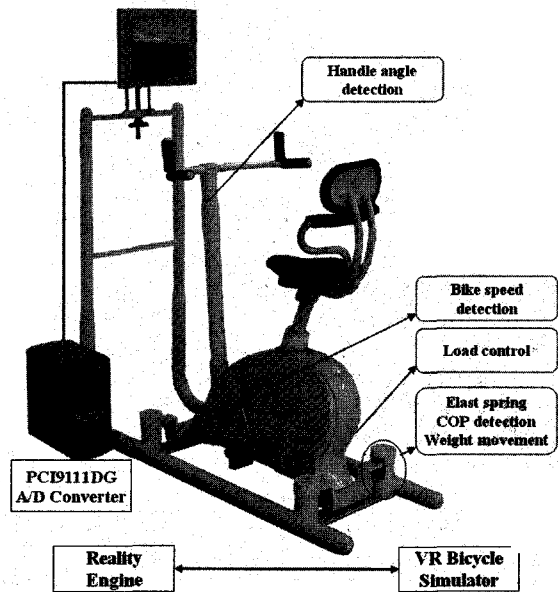


그림 1. 자세 제어 재활을 위한 훈련 시스템
Fig. 1. training system for postural control rehabilitation.

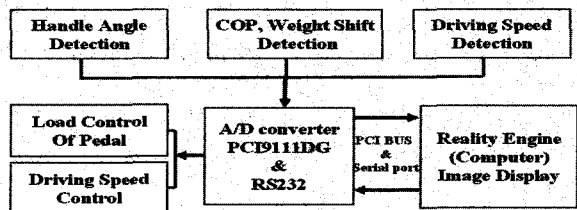


그림 2. 하드웨어 인터페이스 블록다이어그램
Fig. 2. The diagram of the hardware system interface.

식 1은 속도를 산출하는 식이다. v 는 주행속도, t 는 홀센서로부터 들어오는 한 바퀴 회전 시 입력되는 두 신호간의 입력간격 시간, k 는 속도상수를 나타낸다. 여기서 검출되어지는 속도는 실시간으로 가상환경에서 주행속도에 반영된다.

그림 3은 가상 자전거를 주행 할 때에 피험자의 무게이동(Weight shift) 변화와 무게중심(Center Of Pressure; COP)의 변화를 측정하고 분석하기 위하여 각각의 스프링 밑에 네 개의 로드셀을 장착한 것을 그림으로 나타낸 것이다.

무게와 무게중심의 방향을 측정할 수 있는 시스템을 가상 자전거 시스템에 이용하기 위하여 CAS사의 로드셀 MNT-100L과 LCT Series 모델을 이용하였다. 시물레이터의 앞뒤 혹은 좌우의 힘을 가해졌을 때 로드셀로부터의 신호를 증폭과 필터링을 거쳐 PCI9111DG 카드로 보내져 처리된다. 로드셀에서 출력되는 전압은 수 mV의 미세한 전압이 나오므로, 증폭회로를 구성하여 출력 전압레벨을 V단위로 올려주고, 저역 필터를 통과시켜 고주파 성분이 제거된 최종 출력 신호를 얻었다.

로드셀을 이용하여 COP와 weight shift를 구하는 원리는 다음과 같다. 식 (2)~(4)는 가상 자전거의 무게이동과 무게중심의 위치를 측정하는 관계식이다. 식(4)에 의해서 Weight shift는 50%일 때 평형상태를 나타낸다.

$$F_z = F_{00} + F_{x_0} + F_{0y} + F_{xy} \text{ 일 때,}$$

$$COP_x = \frac{X}{2} \left[1 + \frac{(F_{x_0} + F_{xy}) - (F_{00} - F_{0y})}{F_z} \right] \quad (2)$$

$$COP_y = \frac{Y}{2} \left[1 + \frac{(F_{0y} + F_{xy}) - (F_{00} - F_{x_0})}{F_z} \right] \quad (3)$$

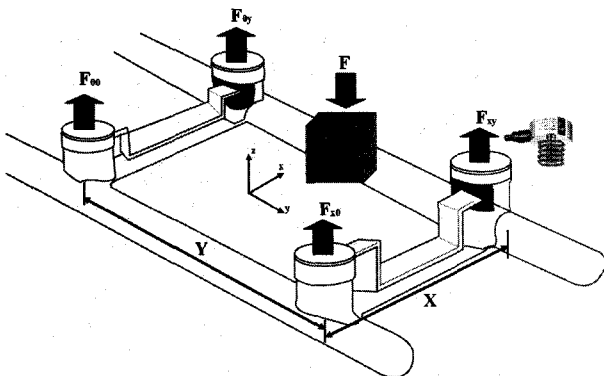


그림 3. COP와 Weight Shift 측정
Fig. 3. Measuring COP and Weight Shift.

weight shift

$$= \frac{(F_{00} + F_{0y}) - (F_{x_0} + F_{xy})}{F_z} \times 100\% \quad (4)$$

실제 자전거를 타고 주행할 때 언덕길이나 내리막길의 경우에 페달의 전달되는 부하는 다르다. 이러한 주행 환경 상태를 가상 자전거에 반영하였다.

피드백 구동장치부에서는 가상 자전거의 뒷바퀴 회전부에 곡물의 디스크에 브레이크 같은 역할을 하면서 로드를 부여하게 구성하였다. 이는 DC스테핑모터의 정역회전으로 경사도의 로드를 부여하게 된다. DC모터에 연결된 나선형 구조물이 부하용 디스크를 밀고 당김에 따라 휠과 디스크의 밀착 거리가 변화되면서 언덕길과 내리막길에 대한 로드가 부여된다. 부하 제어부는 컴퓨터의 Serial Port RS232 통신으로 연결된다.

2.2 소프트웨어 구성

2.2.1 가상 주행 환경

통합 평형감각 기능의 평가를 위해 가상 주행환경의 배경 이미지 생성을 포함하여 가상 주행환경을 개발하였다. 사용된 3차원 모델링 제작툴은 World-UPTM (SENSE8사), 3D Studio Max™이고, 프로그래밍은 가상환경 제작 그래픽 라이브러리인 SENSE8사의 WorldToolKit™ Release 9.0과 Microsoft Visual Studio C++ 6.0을 사용하였다.

그림 4는 가상 자전거 총 주행 도로의 상태를 나타낸 것이며 표 1은 가상도로의 사양을 요약한 것이다. 가상 주행 도로의 폭은 6m인 2차선 도로이며, 주행 도로의 총 길이는 720m로 설계하였다. 모델링된 도로에서는 1m당 20 pixel로 정의하여 도로의 폭은 120 pixel을 의미한다. 따라서, 자전거의 속도가 1m/s이면 초당 20 pixel을 자전거가 움직이게 됨을 의미한다.

주행 시 다양한 구간을 갖도록 하여 신체 움직임이 변화를 정량적으로 분석하였다. 주행 구간은 직선주행 구간, 오르막 주행구간, 내리막 주행구간, 곡선 주행구

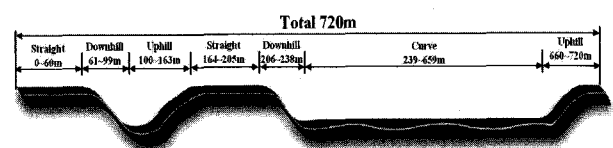


그림 4. 전체 주행도로
Fig. 4. The total map of riding road.

표 1. 주행도로의 사양

Table 1. Specification of riding road.

Road Condition	Spec.	Number of Course	Total Length(m)	Tilting angle(°)
Straight		2	103	0
Uphill		2	125	10, 25
Downhill		2	72	10, 25
Curve		1	420	0

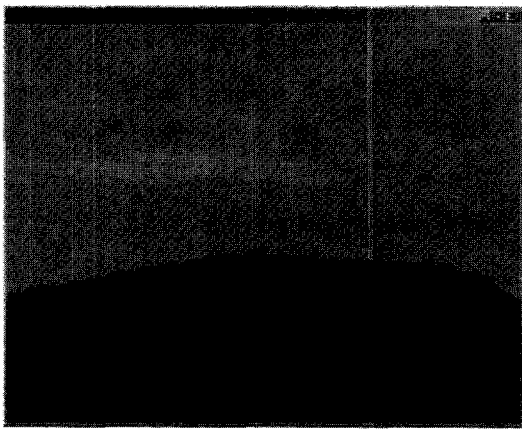


그림 5. 전체도로
Fig. 5. Map of total map.

간으로 구성 하였다. 경사각은 오르막 구간과 내리막 구간에서 각각 10°와 20° 경사를 갖는 도로를 제작하였다. 우측 커브구간이 많은 이유는 전체 주행코스를 그림 5와 같이 설계하였으며 주행 방향이 시계방향으로 주행을 하도록 하였다.

그림 5는 도로 전체를 한눈에 볼 수 있도록 위에서 밑으로 내려다본 그림이다. 도로의 좌, 우 양옆에는 인도를 설치하였으며 인도 옆 잔디밭에는 나무, 숲, 장미밭, 카페 등을 배치하였고, 구름은 애니메이션 기법을 적용하여 스스로 움직이도록 하였다. 환경 모델의 경우 20개 이상의 텍스처(texture) 이미지를 사용하였다. 도로 중앙에는 중앙선을 표시하여 피검자가 주행 시 참고하여 주행할 수 있도록 하였다. 또한, 이를 이용하면, 중앙선 이탈도 값을 산출 하여 피험자의 주행 시 평형유지 평가 파라미터에도 이용 할 수 있다.

2.2.2 3차원 렌더링 시뮬레이션

그림 6은 가상환경 주행 시스템의 동작을 위한 기능적인 흐름도와 실시간 가상엔진을 나타낸 것이다. 먼져, 숲, 장미 등 모델링된 데이터들은 가상공간 상에서 각

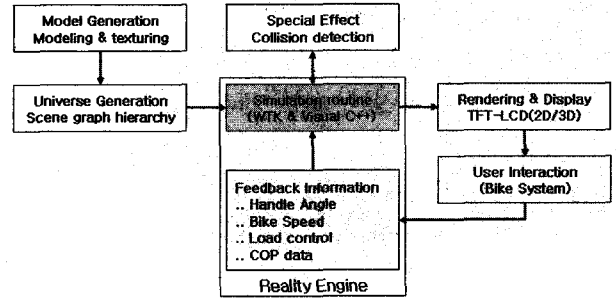


그림 6. 가상 자전거 시뮬레이터의 흐름도 및 가상엔진
Fig. 6. The reality engine and functional flowchart of VR bicycle simulator.

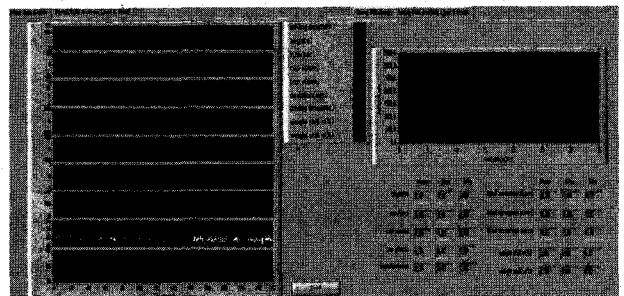


그림 7. 랩뷰를 이용한 분석 프로그램
Fig. 7. Analysis program using LabVIEW 6.1.

모델들의 폴리곤 정보, 버텍스(Vertex) 정보 및 텍스처(Texture) 정보들을 갖는 정적 지오메트리 노드(geometry node)를 갖게 된다. 이들 노드들은 자전거 바퀴 노드, 그리고 시점 노드(view point node)들과 함께 계층화된 Scene Graph가 된다. 자전거로부터 입력되는 핸들각도, 속도, 머리움직임, 그리고 COP정보는 각각의 변수 노드로 정의하였다. 이 노드들과 Scene Graph가 유니버스(universe)라 하는 하나의 통합된 가상환경으로 생성된다.

2.2.3 분석 소프트웨어

주행 중 탑승자의 좌우 무게이동을 실시간으로 시각적으로 피드백하는 기능을 제안하였다. 이는 평형감각이 손상된 환자에게 주행 중 시각적 피드백의 훈련효과를 실험하기 위한 것이다.

주행 평가 및 분석은 피험자가 가상공간을 주행 할 때 측정되고 저장되는 주행거리, 주행속도, COP의 변화, 중앙선 이탈도, 체중이동 값 등을 토대로 분석하였다. 여기서 중앙선 이탈도란 피험자에게 제시한 도로의 중앙선에서 벗어난 거리를 말하며 COP의 변화는 자전거 주행 시 무게중심의 전체 이동면적을 의미하고 좌우 무게이동은 자전거 주행 시 좌우 흔들림에 대한 데이터를 의미한다. 좌우 무게중심 이동은 50%에 가까워 질

수 록 안정적인 주행을 했다는 의미이다.

그림 7은 가상자전거 시스템 주행 후의 주행 데이터를 분석한 것이다. 이는 NI사의 LanVIEW 6.1을 이용하여 개발하였다. 각 데이터를 나타내고 각 파라미터들의 최대값, 최소값, 평균값을 산출해 낼 수 있도록 프로그램을 구성하여 평형 및 주행상태를 분석, 평가 할 수 있도록 하였다.

III. 실험

3.1 실험대상

개발된 가상 자전거 시뮬레이터가 평형감각 증진 훈련의 유용성을 알아보기 위하여 20대의 성인(age. 22~25)과 70대의 노인(age. 71)을 대상으로 시각적 피드백 제시에 따른 평형감각의 증진 여부를 알아보았다.

3.2 실험방법

실험방법은 페달을 사용하여 좌우 무게이동과 무게 중심(center of pressure ; COP) 변화에 대한 시각적 피드백을 준 경우와 주지 않은 경우에 주행구간에서 자세 균형의 제어 정도를 정량적으로 분석 비교하였다. 실험은 720m의 가상도로를 주행하도록 하였다. 실험 진행 전 피험자에게 실험의 개요 및 시스템에 관한 전반적인 사항을 인지하도록 하였고 주행 시 피험자에게 중앙선을 따라서 주행하도록 지시하였다.

그림 8은 가상 자전거 시뮬레이터를 이용한 3가지 주행 모드를 나타내고 있다. 첫 번째는 단지 중앙선에 맞추어 주행하는 시각적 피드백이 없는 경우 Non-Visual Feedback(NVF) 주행 모드 이고, 두 번째는 실시간으로 피험자의 좌우 무게중심의 이동이 나타나며 이때 도로의 중앙선에 맞춰서 주행하는 것과 함께 좌우 무게중심을 좌우 50:50 비율로 맞추도록 피험자에게 요구하는 Visual Feedback Weight Shift(VFW) 주행 모드, 세 번째로 실시간으로 무게의 중심을 제시하면서 주행하는 Visual Feedback Center of Pressure(VFC)모드가 있는 경우이다.

NVF모드, VFC모드, VFW모드에 따른 주행속도, 주행시간, 중앙선이탈도, 좌우 무게이동(Weight Shift), 무게중심(COP)의 이동면적을 비교 분석하였다. 실험에서 학습효과를 없애고 주행횟수가 지남에 따라 나타나는 결과를 보기 위하 시각적 피드백이 있는 경우와 없는 경우를 반복적으로 주행 하였다. 각 주행 모드에 대한 훈련 효과를 높이기 위해 각 주행모드를 2번 반복 실험

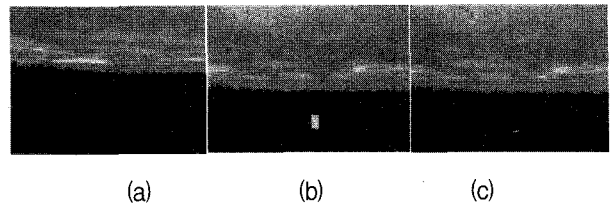


그림 8. 가상 자전거 시뮬레이터의 3가지 주행모드
Fig. 8. Three training modes using virtual cycling simulator: (a) Non-visual feedback (b) Visual feedback of the weight shift (c) Visual feedback of the center of pressure.

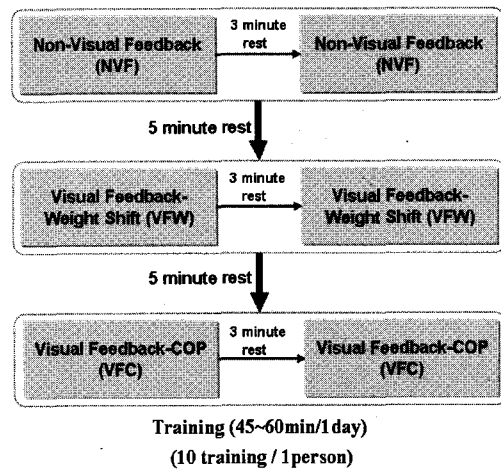


그림 9. 실험과정
Fig. 9. Experimental procedure.

하였다.

그림 9는 전체 실험의 진행을 나타낸 것이다. 각 주행모드를 2회씩 주행하며 같은 모드의 휴식 시간은 3분이며 다른 주행 모드와는 5분으로 분리하여 1회 주행 실험 시 소요되는 시간은 약 45~60분으로 실험은 1~2 일 간격으로 총 10회를 실시하였다.

IV. 결과 및 고찰

4.1 주행시간

그림 10은 주행 시 20대와 70대의 각 주행 횟수별 주행 시간을 나타낸 것이다. 20대와 70대 모두 NVF 모드에서 주행 시간이 가장 짧았고 VFW 모드에서는 가장 주행시간이 가장 길었다. 이는 자전거 주행 시 NVF 모드는 주행 정보가 단순히 주행 속도만을 제시하기 때문에 주행의 어려움 없이 주행을 하여 주행시간이 가장 짧게 나타났으며 VFW 모드에서는 주행 정보와 주행시에 피험자의 무게이동의 정보가 주행정보와 동시에 피드백 되기 때문에 VFW 모드에서는 주행시간이 가장 길게 나타나는 경향을 보였다.

그림 11은 20대에서 1회와 10회 주행 시의 주행 시간 변화를 비교한 것이다. 1회 주행 시 보다 10회 주행 시 NVF모드에서 48초, VFC모드에서 36초, VFW모드에서 37초 주행 시간이 각각 단축되었다.

그림 12는 70대에서 1회와 10회 주행 시 주행시간의 변화를 비교한 것이다. 1회 주행 시 보다 10회 주행 시 NVF모드에서 34초, VFC모드에서 26초, VFW모드에서 36초 주행 시간이 각각 단축되었다. 20대와 70대 모두

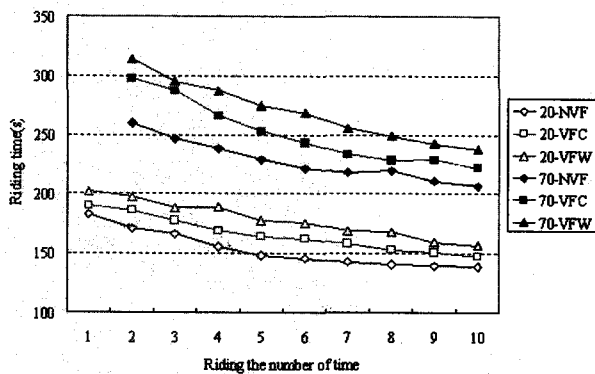


그림 10. 주행시간의 변화
Fig. 10. The variation of riding time.

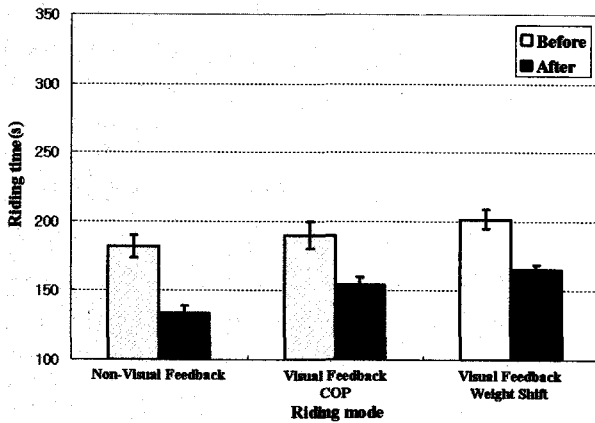


그림 11. 20대 주행시간의 변화
Fig. 11. The variation of riding time of twenties.

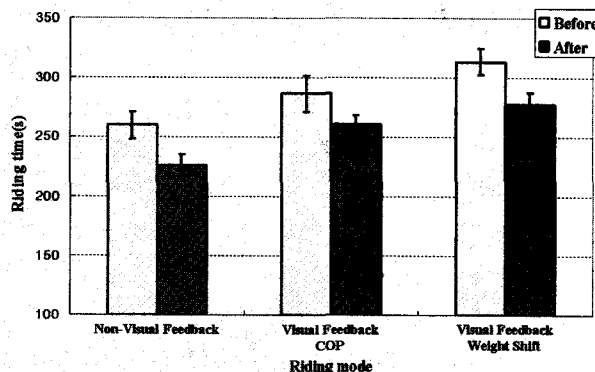


그림 12. 70대 주행시간의 변화
Fig. 12. The variation of riding time of seventies.

NVF주행모드에서 주행 시간이 가장 많이 단축 되었으며 VFW모드에서 주행 시간이 가장 적게 단축 되었다. 이는 VFW모드는 주행속도 이외에 피험자의 좌우 무게 이동을 피드백 하여 피험자가 속도보다는 좌우 무게 이동에 신경을 써 주행을 하여 주행속도가 높지 않음을 알 수 있다.

4.2 Weight shift

그림 13은 20대의 주행 모드별 훈련 전후의 무게이동을 나타낸 것이다. NVF모드에서는 초기 훈련 전 기준으로 2.59%, VFC모드에서는 2.27%, VFW모드에서는 3.24% 감소하는 경향을 얻었다. 이는 좌우의 무게이동을 제시하는 VFW모드에서 가장 많은 무게 감소율을 보였다. 그 이유는 주행 시 모니터에 피드백 되는 무게 이동 정보에 신경을 써서 주행하였다는 것으로 볼 수 있다.

그림 14는 70대의 주행 모드별 훈련 전후의 무게 이동을 나타낸 것이다. 20대와 70대 모두 무게 이동의 상태를 피드백하지 않은 NVF모드에서 훈련 전후의 무게 이동 감소율이 가장 낮았으며 무게의 중심을 나타내는

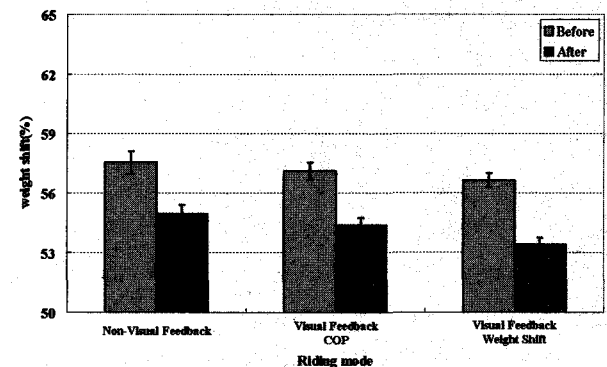


그림 13. 20대의 무게이동의 변화
Fig. 13. The variation of weight shift of twenties.

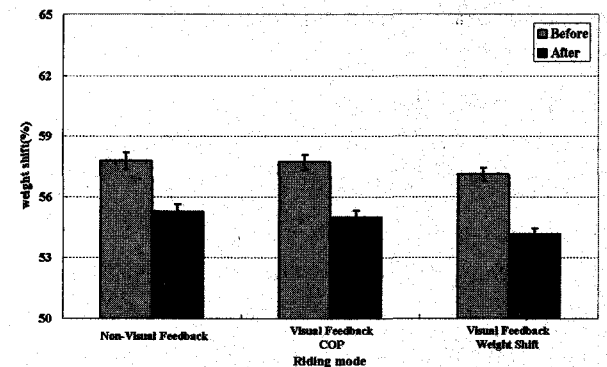


그림 14. 70대의 무게이동의 변화
Fig. 14. The variation of weight shift of seventies.

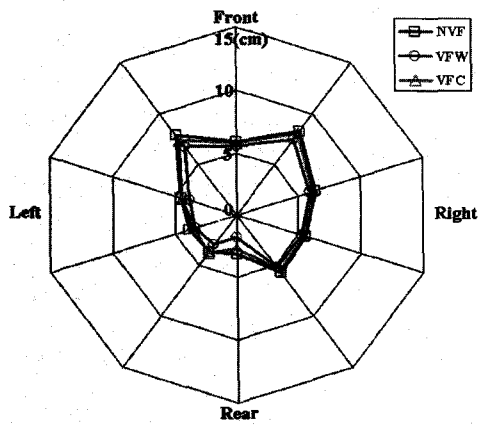
VFC모드보다 무게 이동을 피드백하는 VFW모드에서 훈련 후에 무게이동이 50%에 가장 가깝게 감소하여 VFW가 좌우 무게이동 조절 훈련에 도움이 되는 것을 알 수 있다. 또한, NVF모드에서는 훈련전을 기준으로 2.5%, VFC모드에서는 2.72%, VFW모드에서는 2.95% 무게 이동이 감소하여 평형상태인 50%에 가까워짐을 알 수 있다.

4.3 COP

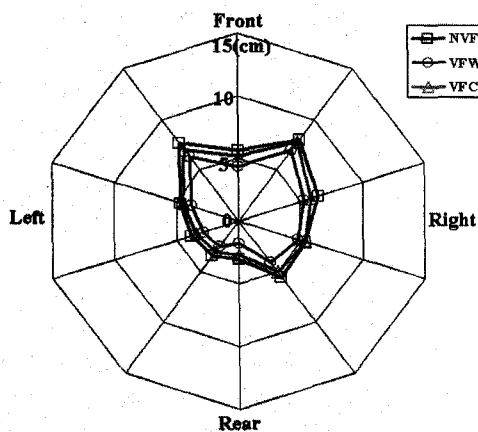
그림 15는 20대, 그림 20은 70대의 주행 모드별 훈련 전후의 무게중심 변화를 나타낸 것이다. 자전거는 앞바퀴와 뒷바퀴가 고정되어 있으므로 좌우의 무게이동을 조절하면 무게중심이 줄어드는 것을 알 수 있었다. 여기서 20대는 훈련 전을 기준으로 NVF모드에서 88.89 cm²에서 82.98cm²로 5.91cm², VFC모드에서는 6.6 cm², VFW모드에서는 13.27cm²로 무게중심 이동 면

적이 감소하였다. 또한, 70대 피험자의 경우에는 훈련 전을 기준으로 NVF모드에서 3.29cm², VFC모드에서는 9.39cm², VFW모드에서는 16.93cm²로 무게중심 이동 면적이 감소하였다. 자전거를 주행하는데 있어서 20대 보다 70대에서 무게중심 이동이 많아 20대보다는 다소 불안정한 주행을 보였지만 VFC 주행모드와 VFW 주행모드에서 20대보다 70대에서 피험자의 무게중심 이동 면적이 많이 감소하였다. 또한, 20대와 마찬가지로 70대에서도 가상 자전거 시스템을 이용한 3가지 훈련 모드 중 VFW 모드에서 무게중심의 이탈 정도가 가장 적게 나타남을 알 수 있었다.

그림 17은 20대와 70대의 훈련 전과 후의 COP 면적의 감소를 나타낸 것이다. NVF모드에서는 20대의 COP 면적 감소가 70대 보다 좋았고 VFC모드와 VFW모드에서는 20대보다 COP면적이 많이 감소하였다. 이는 첫 주행 시 COP 피드백 정보에 대해 어려워하였으며 70대

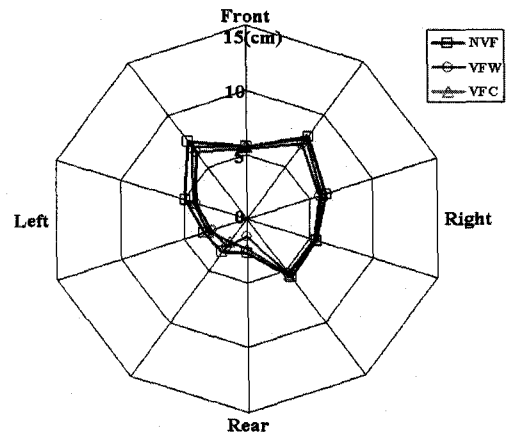


(a) before

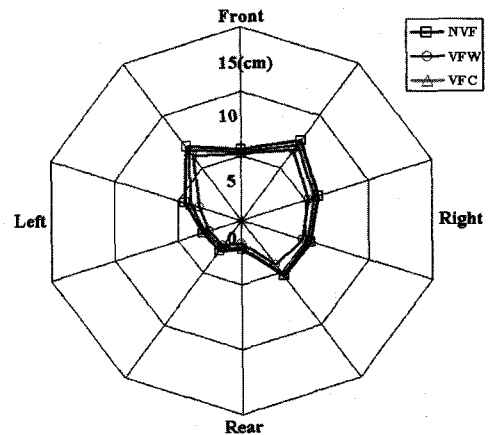


(b) after

그림 15. 20대 COP의 변화
Fig. 15. The variation of COP of twenties.



(a) before



(b) after

그림 16. 70대 COP의 변화
Fig. 16. The variation of COP of seventies.

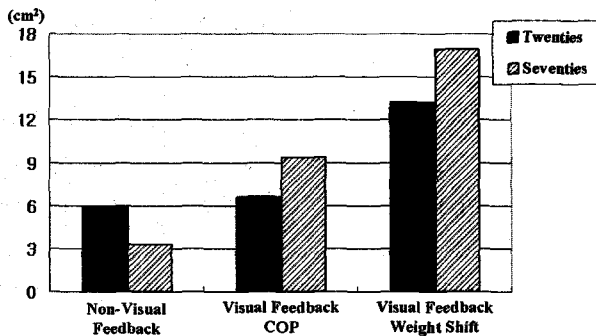


그림 17. 20대와 70대의 COP 감소

Fig. 17. The reduction of twenties and seventies COP.

의 주행이 많이 불안정하여 훈련 후 20대 보다 COP의 이동 면적이 많이 감소하는 결과로 나타나 무게이동에 대한 피드백이 효과가 있음을 알 수 있었다.

모든 주행 모드에서 왼쪽보다는 오른쪽으로 무게가 치우침을 알 수 있다. 이는 피험자가 페달을 굴리는데 있어서 왼발 보다는 오른발을 주로 사용하며, 오른발에 힘을 주어 주행했다는 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 좌우 무게이동의 시각적 피드백이 있는 경우에 평균 무게이동 값과 COP의 이동 면적이 작아져 가상 자전거 시스템이 평형감각을 조절, 훈련시킴에 유용성이 있음을 알 수 있다. 또한 피드백이 없는 모드에서는 주행시간이 단축되어 평형감각 훈련 보다는 운동에 흥미를 유도하여 주행능력을 향상시킬 수 있었다.

IV. 결 론

본 연구는 가상현실 기술을 이용한 PC기반의 가상 자전거 시스템을 개발하여 평형감각 증진 훈련용 장치로서 유용성을 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 가상 자전거 주행 시 visual feedback이 없는 NVF, 주행 모드에서는 주행시간이 단축되어 가상 자전거 주행상태를 향상시킴을 알 수 있었다.
2. 좌우 무게이동과 무게중심의 visual feedback이 있는 VFC모드와 VFW모드에서 훈련 후 좌우 무게이동과 COP 면적이 감소하여 가상 자전거 주행 시 안정감 있는 주행을 하였으며 평형감각을 조절, 훈련시킴을 알 수 있었다.

따라서 본 시스템은 평형감각의 장애가 있는 자세균형 이상 환자에서 평형상태를 정량적으로 측정, 분석을 가능하게 하고, 반복 훈련으로 평형감각의 조절과 그 기능을 향상 시킬 수 있음을 확인하였다. 결론적으로, 본 시스템은 통합평형감각 분석 및 훈련용 재활장치로

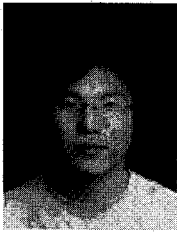
유용함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

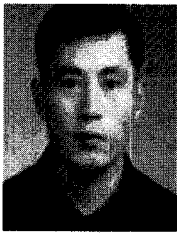
- [1] G. E. Cavell and J. M. Van Swearingen, "Neuro muscular analysis," in Physical Therapy, 1st ed. Philadelphia, PA: Lippincott, p. 489, 1986.
- [2] P. W. Duncan, S. Studenski, J. Chandler, R. Bloomfeld, and L. K. LaPoint, "Electromyographic analysis of postural adjustments in two methods of balance testing," in Physical Therapy. Philadelphia, PA: Lippincott, vol. 70, pp. 8896, 1990.
- [3] J. N. Drowatzky and Ziccato F. C., "Interrelationships between selected measures of static and dynamic balance", Research Q., Vol. 38, pp. 509-510, 1967.
- [4] A. Shumway-Cook and Horak F.B. "Assesing influence of sense interaction on balance suggestion from field", Physical Teraphy, Vil. 66, pp. 1548-1550, 1986.
- [3] J. F. Lehmann, Boswell S., Price R. Burleigh A, deLateur B.J., Jaffe K.M. and Hertling D., "Quantitative evaluation of sway as an indicator of functional balance in post traumatic brain injury", Arch. Phys. Med. Rehabil., Vol. 70, pp. 955-966, 1990.
- [4] A. P. Ruskin, "Current therapy inphysiatry, WB saunders, Philadelphia", pp. 26-27. 1984.
- [5] D. A. Winter, F. Prince, J. S. Frank, C. Powell and K. F. Zabcjek, Unified theory regarding A/P and M/L Balance in Quiet Stance, J. Neurophysiology, Vol. 75, pp. 2334-2343, 1996.
- [6] S. P. Cass, J. M. Kartush and M. D. Graha, "Clinical assessment of postural stability following vestibular nerve section", Larngoscope, Vol. 101, pp. 1-56-1059, 1991.
- [7] P. H. Timo, H. Meeli, and A. Heikki, "Postural control measured by visual feedback posturography," ORL, Vol. 64, pp. 186190, 2002.
- [8] R. G. Hamman, I. Mekjavic, A.I. Mallinson, and N. S. Longridge, "Training effects during repeated therapy sessions of balance training using visual feedback," Arch. Phys. Med. Rehab., Vol. 7, pp. 738744, 1992.
- [9] M. Armengot, R. Barona, and J. Basterra et al., "The effect of visual feedback exercises on balance in normal subjects," Acta. Otor. Espa., Vol. 76, pp. 961965, 1994.
- [10] C. G. Song, J. Y. Kim and N. G. Kim, "A New Postural Balance Control System for Rehabilitation Training Based on Virtual

- Cycling", IEEE, Vol. 8, No. 2, pp. 200-207, 2004.
- [11] R. G. Hamman, I. Mekjavic, A. I. Mallinson, and N. S. Longridge, "Training effects during repeated therapy sessions of balance training using visual feedback," Arch. Phys. Med. Rehab., Vol. 7, pp. 738744, 1992.
- [12] J. S. Feigenson, M. L. McCarthy, S. D. Greenberg, and W. D. Feigenson, "Factors influencing outcome and length of stay in a stroke rehabilitation unit," Stroke, Vol. 8, No. 6, pp. 657662, 1977.
- [15] N. G. Kim, C. K. You and J. J. Im, "A New Rehabilitation Training System for Postural Balance Control Using Virtual Reality Technology," IEEE Transaction on rehabilitation engineering, Vol. 7, No. 4, pp. 482-485, 1999.
- [16] S. H. Jeong, Y. J. Piao, W. S. Chong, Y. Y. Kim, S. M. Lee, T. K. Kwon, C. U. Hong, N. G. Kim, "Training System for Improving Equilibrium Sense of the Elderly with Virtual Bicycle System", BMES 2005 Conference, Baltimore, U.S.A, 2005.
- [17] S. H. Jeong, Y. J. Piao, W. S. Chong, Y. Y. Kim, S. M. Lee, T. K. Kwon, C. U. Hong, N. G. Kim, "The Development of a New Training System for Improving Equilibrium Sense Using a Virtual Bicycle Simulator", EMBC 2005 Conference, Sanghai, China, 2005.

저 자 소개



정 성 환(정회원)
 2004년 전주대학교 컴퓨터공학과
 학사 졸업.
 2005년 전북대학교 의용생체
 공학과 석사 재학.
 <주관심분야 : 컴퓨터, 영상신호
 처리, 가상현실>



박 용 군(정회원)
 1994년 중국연변대학교 물리과
 학사 졸업
 2005년 전북대학교 의용생체
 공학과 석사 졸업
 2005년 전북대학교 의용생체
 공학과 박사 재학.

<주관심분야 : 컴퓨터, 신호처리, 시스템개발>



정 우 석(정회원)
 2000년 원광대학교 전기공학부
 학사 졸업
 2002년 전북대학교 의용생체
 공학과 석사 졸업
 2005년 전북대학교 의용생체
 공학과 박사 재학.

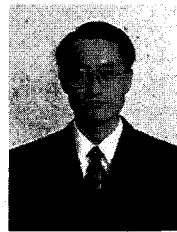
<주관심분야 : 바이오센서, 신호처리>



권 대 규(정회원)
 1993년 전북대학교
 기계공학과 학사 졸업.
 1995년 일본 동북대학교 대학원
 기계전자공학과
 석사 졸업.
 1999년 일본 Tohoku대학 기계
 전자공학과 박사 졸업.

2003년~현재 전북대학교 생체정보공학부
조교수

<주관심분야 : 시스템 제어 및 응용, 재활공학>



홍 철 운(정회원)
 1989년 전북대학교 물리학과
 학사 졸업.
 1995년 일본 오사카대학교 물성
 물리학과 석사 졸업.
 1998년 일본 과학기술원 대학원
 대학 재료과학과
 물리전공 박사 졸업.

2002년~현재 전북대학교 생체정보공학부
조교수

<주관심분야 : 바이오센서, SAW 디바이스 설계
및 개발>



김 남 군(정회원)
 1981년 전북대학교 기계공학과
 학사 졸업.
 1983년 전북대학교 대학원
 열전달 전공 석사 졸업.
 1987년 프랑스 루이파스퇴르 대학
 박사 졸업.

1988년 전북대학교 의과대학 의학과 교수

1998년~현재 전북대학교 생체정보공학부 교수,
한국 과학재단 전문위원

<주관심분야 : 휴먼 인터페이스 개발>