

4D 사이클링에 대한 기초 신체능력 프로토콜

김기봉*, 이성한**

대전보건대학교 컴퓨터정보통신과 부교수*, (주)지오아이티 대표이사**

The Protocol of Basic Body Ability for 4D Cycling System

Ki-Bong Kim*, Sung-Han Lee**

Dept. of Computer Information & Communication*

Zoit co.Ltd.,**

요약 본 논문에서는 가상현실상의 내리막이나 오르막 상황, 경사도 또는 노면 상태를 그대로 인식할 수 있는 사이클 시뮬레이터를 개발하였다. 개발된 시뮬레이터는 전방에 설치되어 있는 LCD 모니터를 통해 디스플레이 되는 다양한 가상 운동경로의 상황에 맞추어 종전 운동용 사이클의 단조롭고 지루한 단점을 개선하였다. 또한 적절한 운동량과 재미요소를 추가하여 현실감과 게임의 재미를 느낄 수 있는 4D 사이클링 콘텐츠를 개발하였으며, 흥미 유발형 운동기기에 대한 사용자 편의성을 위한 기초 신체 능력에 대한 분석 및 평가 하였다.

주제어 : 4D 사이클링, 시뮬레이터, 헬스케어, 기초 신체 능력

Abstract The four-dimensional cycle simulator, which can recognize whether the road is ascent or descent, its gradient, and status of its surface on Virtual Reality, is introduced in this paper. On the base of these recognitions, various virtual motion path situations are displayed on LCD monitor attached ahead. These various situations may support not only the sense of reality but also an interest in a game in opposition to previous exercise cycles that might be monotonous. In this paper both analysis and estimation of basic bodily abilities for the four-dimensional cycling are addressed.

Key Words : 4D Cycling, Simulator, Health Care, Basic Body Ability

1. 서론

4D 사이클링 시스템은 사이클 시뮬레이터를 활용한 시스템 개발로서 전방에 설치된 LCD 모니터를 통해 디스플레이 되는 3D 입체 가상 운동경로의 상황에 맞추어 종전 운동용 사이클의 단조롭고 지루한 단점을 개선하여 IT와 결합한 시스템 개발 기술로서, 헬스관련 기능성 콘

텐츠는 IT분야의 급속한 성장과 함께 중요한 비즈니스 콘텐츠로 부각되고 있으며, 각종 센서 모듈을 결합한 인식기술 역시 빠른 속도로 발전되고 있다. 지능형 헬스케어 시스템은 노년 인구가 증가하고 있는 상황에서 미래의 성장산업 핵심 기술로 평가되고 있으며[1,2], 지능형 헬스 사이클 시스템의 개발을 통해 산업 및 시장 확대에 따른 고부가가치의 제품 개발을 통해 시장 선점, 기술적

Received 23 September 2013, Revised 15 October 2013
Accepted 20 November 2013
Corresponding Author: Ki-Bong Kim(The Society of Digital Policy)
Email: kbkim@hit.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. 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.

우위 확보의 필요성이 증대되고 있다. 또한 의학과 과학 문명의 발달은 기존 헬스시장에 IT와 스포츠 운동 영역을 확대하여 휘트니스 시장 활성화에 기여 할 수 있으며, 건강 재활 등 목적의 기능성 게임은 게임의 부정적인 인식을 해소하고 순기능을 강조하는 콘텐츠로 중요한 역할을 수행할 수 있으며, 최근 건강 운동 장비 기술의 향상과 웰빙 건강 바람으로 단순 운동 개념이 아닌 즐기면서 운동한다는 Exer-game (Exercise + Game의 합성어)이 트렌드로 가고 있는 상황으로 실제 미국의 한 초등학교에서는 Exer-game으로 체육 수업을 진행하고 있다[12].

따라서 본 연구 목적 및 내용은 가상현실상의 오르막이나 내리막 상황 및 가상현실상의 경사도나 노면 상태, 적절한 운동량과 재미요소를 추가한 가상현실 4D 사이클링 시스템을 구현하였으며, 이를 기반으로 한 흥미 유발형 운동기기에 대한 사용자 편의성 및 4D 사이클링에 대한 편리성에 대한 분석 및 평가를 하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구로써 기존연구를 분석하고, 3장에서는 분석된 연구를 기반으로 흥미 유발형 4D 사이클링 운동기기에 적용하기 위해 체성분 검사, 폐기능 검사, 심전도 검사, 에너지 소모도에 따른 결과를 적용하고, 4장에서 결론을 맺었다.

2. 4D 사이클링 시스템

2.1 4D 체감형 사이클링

3D 가상현실과 체감형 사이클을 결합하여 이용자에게 실제 상황과 같은 운동효과를 제공하고[1,2], 최대의 운동효과를 제공하기 위해 사용자와 실시간으로 상호작용(속도조절, 방향전환, 기울기 조절 등) 하는 체감 모션 생성 소프트웨어를 개발하고, 기존 사이클의 지루함을 줄이기 위해 게임의 재미(fun) 요소와 3D 고화질 영상을 제공한다. 이를 위한 전체 시스템 구성도는 [Fig. 1]과 같다.

가상현실상의 내리막이나 오르막 상황을 인식하여 사이클 페달의 부하(마찰력)를 조절하여 페달의 역학적인 피드백이 가능하며, 가상현실상의 경사도 또는 노면 상태를 그대로 표현할 수 있는 모듈이 개발 되었으며, 적절한 운동량과 재미 요소를 추가한 가상현실 사이클 콘텐츠를 개발하였으며, 흥미 유발형 운동기기에 대한 사용자 편의성을 제공하도록 하였다[1].



[Fig. 1] The Overall layout for 4D bodily sensation cycling

2.2 핸들 방향 측정 메커니즘

좌우방향의 조향 반력은 노면의 상황 및 자전거의 거동 등의 요인으로 발생하는 것으로 운전자에게 있어 조향 시 핸들의 조작에 영향을 주는 부분으로 자전거 시뮬레이터의 경우 조향 반력이 제대로 구현되지 않으면 운전자가 실제와 다른 느낌을 받을 수 있을 뿐만 아니라 어려움을 받는다[1,3]. 따라서 핸들이 운전자에게 힘을 전달하는 능동 반력 구현이 필수적이다. 일반적인 사이클 회전 반경을 조사하여 시뮬레이터 핸들의 방향 측정 범위 설정 및 설계하고 사용빈도에 따른 물리적 마모 문제로 비접촉식 측정 방법을 적용한 측정 모듈 설계 및 제작하여 3개의 센서로 좌, 우 방향측정을 최대 $\pm 40^\circ$ 최소 2° 이하의 각도를 측정할 수 있는 모듈 개발하였다[1].

2.3 페달부하 제어 메커니즘

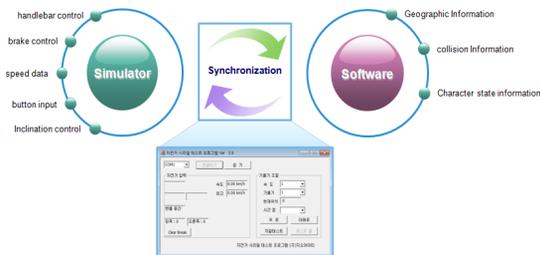
시뮬레이터용 자전거의 경우 운전자가 페달에 가하는 토크에 의해 뒷바퀴만 가속되므로 운전자는 실제 노면을 주행할 때보다 작은 저항 느끼게 된다. 따라서 운전자가 현실감을 느끼기 위해서는 페달 저항 제어 시스템을 이용하여 노면의 마찰과 자전거와 운전자의 관성에 해당하는 저항력을 페달에 발생시켜야 한다[3,4,5]. 또한 페달 저항 제어 시스템은 내리막길을 내려갈 때 가속효과도 줄 수 있어야 하므로 동력을 가할 수 있는 능동제어 시스템이어야 하며, 이를 위해 운전자가 가하는 토크를 추정하여 이 값에 해당하는 토크에 의해 실제 자전거 바퀴의 회전속도로 시뮬레이터의 자전거 뒷바퀴가 회전하도록 속도 제어를 하도록 해야 한다[3,4,5]. 따라서 서브 모터 제어를 통한 접촉식 부하 장치를 개발하여 0~24V 제어로

무한대의 부하조절이 가능하나 사용자가 인지 가능한 부하 범위를 설정 최대 100단계 중에 페달에 전달되는 25단계 PWM(Pulse Width Modulation) 제어 및 정보를 시스템에 전달되는 신호를 동기화하여 현실감과 제동성을 극대화 하도록 하였다[1].

2.4 컨트롤 보드 연동 및 제어 프로그램

친환경 녹색산업, 로봇 산업, 실버산업을 위한 경제 및 환경적인 측면과 함께 건강, 레저의 필요요건을 모두 만족하는 자전거 시장과 확대와 관련 산업에 대한 재조명이 필요하며, 하이브리드 자전거는 박형/고효율 BLDC 모터와 고강수 감속기를 통한 직접 구동 모듈과 함께 사용자에게 최적의 전력 도움을 주는 PAS(Power Assist System) 기능이 필요하다[6,7]. 본 연구에서는 시뮬레이터와 콘텐츠의 실시간 동기화 모듈로서 개념도는 [Fig. 2]와 같다.

핸들 위치 값, 핸드 브레이크 입력 값, 페달 부하 상태 및 제어, 페달 방향(전진, 후진) 및 속도 측정, 경사도 및 노면상태(자갈길, 도로) 등 미세 모션 제어를 통해 현실감과 운동량을 극대화하도록 구현하였다[1].



[Fig. 2] The concept of real-time synchronization module

2.5 시뮬레이터 제어 모듈

자전거 시뮬레이터는 탑승자로부터 동력을 얻고 조정되어지는 시스템으로 자전거와 함께 동역학을 함께 고려하여 증간된 현실감을 재현할 수 있어야 한다[8,9]. 카네기멜론 대학에서는 HMD와 간단한 페달 시스템을 이용하여 기초적인 단계의 자전거 시뮬레이터를 개발하고,[8] 난향대학에서는 6 자유도 운동판, HMD, 그리고 반력 장치를 이용하여 자전거 시뮬레이터를 개발하였다[9]. 위 개발 시스템들은 개별적인 시뮬레이터 관한 연구에 머무

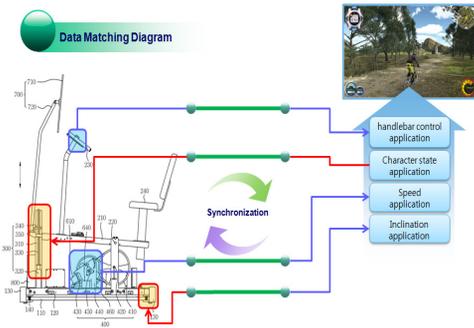
르고 있으며 양방향 시뮬레이터에 관한 연구는 아직 미진한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 시뮬레이터 제어 모듈은 USB virtual RS232로 경사 상태 인지 및 노면 상태 모션 생성을 하며, 전자 브레이크 제어 모듈을 포함하며, 핸들 위치 값을 측정하여 핸들 방향 측정 메커니즘을 통해 값을 전달 및 통제가 가능하도록 하였으며, 페달 부하 제어 메커니즘을 통해 측정된 값을 제어하도록 하며, 제어 보드는 [Fig. 3]과 같다[1].



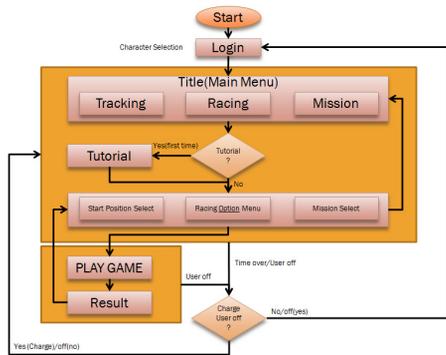
[Fig. 3] Figure of Control board

2.6 건강 증진용 기능성 게임 콘텐츠

일반적으로 기능성 게임에는 게임 자체가 가지는 다양한 기능성들을 구현하기 위해 보통의 PC 온라인 게임에 적용되지 않는 다양한 게임 외적 기술 등이 적용되는 경우가 대부분이다. 학습용으로 응용되는 음성 인식, 동작 인식 기술을 비롯하여 무선통신 기술, 하드웨어 동기화 기술 등 기술적 스펙트럼이 매우 넓고 다양하여, 개별적으로 장르별 기반 기술들의 효율적으로 활용하기가 쉽지 않다[9]. 기능성 게임은 안전한 상황에서 시간과 비용을 절약하며 현실에서 불가능한 경험들을 얻을 수 있으며[10], 모든 게임에서 효과적인 결과를 얻을 수 있는 것은 아니지만 적어도 게임 사용자는 게임이 제공하는 다양한 툴을 활용해 의도된 목적에 접근할 수 있다[1]. 이를 위해 본 연구에서는 사이클을 타고 즐길 수 있도록 다양한 경사도와 노면상태를 표현하고 사용자가 스릴과 재미를 느낄 수 있는 3D 입체 가상현실 디자인 하였으며, 전체 흐름도는 [Fig. 4]와 같으며, 프로그램 흐름도는 [Fig. 5]와 같다[1].



[Fig. 4] The Concept of data matching



[Fig. 5] The Flow of health improvement game program

사용자가 제한 없이 자유롭게 운동 할 수 있는 트래킹 모드, 가상의 캐릭터와 일정 거리를 경쟁하는 레이싱 모드, 최대 10명까지 동시 경주가 가능한 레이싱 모드로 구성되어 있으며, 실제 구현된 예는 [Fig. 6]과 같다.



[Fig. 6] The Example of real Implementation

3. 흥미 유발형 4D 사이클링 운동기기에 적용

4D 사이클링 시스템을 적당한 운동량에 비교하기 위

해 일반적으로 많이 사용하는 체성분 검사, 폐기능 검사 (PET), 심전도 검사(EKG), 에너지 소모도(PCI)를 측정 하였다. 이는 일반 가정용 사이클 및 본 제품 운동이 임상실험 대상자의 기초 신체 능력에 미치는 영향을 평가 하는데 이용하고자 운동 전 미리 각 검사를 실시하였고, 이 결과를 운동효과를 평가하기 위한 기초선으로 사용 하였다.

이를 위해 현재 운동현황과 관련된 6개의 문항 및 헬스용 사이클 편의성 및 요구도와 관련된 4개의 문항으로 이루어진 설문을 실험에 참가한 20명의 피험자를 대상으로 실시하였으며, 설문에 응답한 피험자의 평균 나이는 34.4세이고 성비는 남성이 35%, 여성이 65%였다.

현재 운동현황을 파악한 결과 정기적으로 운동을 하지 않은 사람의 비율이 더 높았으며, 실시하는 운동의 종류는 걷기, 특정 운동(축구, 배구, 배드민턴)으로 나타났고, 정기적인 운동의 어려움을 조사한 결과 시간부족과 힘들고 재미가 없다는 것을 주된 이유로 꼽았다. 이러한 설문 결과 토대로 운동의 재미를 느끼게 해 줄 수 있는 부분을 강조하여 운동의 흥미를 상승시켜줄 필요가 있다는 것을 알았다.

헬스용 사이클 편의성 및 요구도 평가의 4개 항목 결과 기존 사이클의 개선점으로 흥미요소(오락성)를 추가하기를 원했고, 가상현실 사이클에서 가장 필요한 기능으로는 운동용으로 사용하는데 필수 항목인 운동효과의 실시간 피드백을 꼽았으며, 또한 가상현실 사이클의 오락적 요구사항으로는 다양한 맵과 레벨에 따른 코스 선택이 가능하도록 해줄 것을 가장 많이 선택했고, 다양한 게임음악을 선택할 수 있게 해달라는 의견도 있었다.

3.1 3차원 동작 분석

기존의 시장에 출시되어 있는 가정용 사이클과 가상현실 사이클을 통한 관절의 운동역학을 평가하고, 운동시 활성도를 비교하였다. 이를 위해 미국 Vicon사의 T20 Motion capture camera 8대, Delsys사의 8채널 동작 근 정도, SONY의 Full HD급 비디오 카메라 2대로 구성된 운동 분석 시스템을 이용하여 사이클 운동 시 하지 3관절 생체역학 메커니즘 및 근전도 분석을 하였다. 기존 사이클과 가상현실 사이클의 골반, 고관절, 무릎관절, 발목관절 별 운동 역학을 비교한 결과, 골반은 시제품이 인간의 해부학적 각도와 유사한 운동이 일어났고, 고관절 및 슬

관절을 안장의 높이 및 페달의 길이에 따라 조절이 가능하므로 해부학적 정상 각도와 유사하게 조절하여 관절의 부담을 감소시킬 필요성이 있었다. 특히 반복적으로 굴곡과 신전이 일어나는 무릎관절은 관절에 무리가 가는 자세로 장시간 운동을 실시할 경우 통증을 호소하거나 관절염 발생의 위험이 있으므로 특히 주의를 기울여야 하며, 발목관절의 경우 기존 사이클이 45° 가량의 운동범위를 가지고 있는 것과 비교해 시제품의 경우 20° 가량으로 형성되어 있어 관절에 무리가 가지 않는 이상적인 설계로 나타났다.

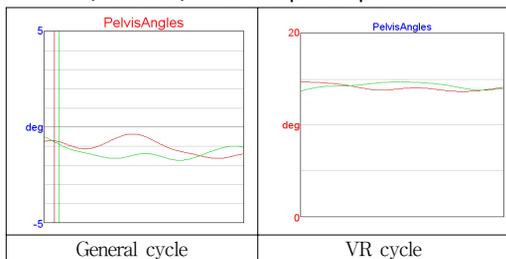
3.1.1 골반(Pelves) 움직임

3차원 분석을 위한 골반 각도 변화 결과는 <Table 1>과 같으며, 그래프는 <Table 2>와 같다.

기존 시장에 출시되어 있는 가정용 사이클은 골반이 약 0~2° 가량 후방 회전되어 안장에 앉아 있는 형태를 취하고, 가상현실 제품은 약 10° 가량 전반 회전되어 있는 형태다. 골반의 해부학적인 정상 각도가 약 10~15° 가량 전반 회전되어 있는 형태인데 가상현실 제품의 경우에는 해부학적 각도와 유사한 각도인 10° 전반회전을 하고 있어 사람이 앉을 때 편안함을 느낄 수 있는 각도를 하고 있으며, 골반의 전/후 회전도 그리 많지 않아 안정적인 사이클을 할 수 있도록 구현되었다.

		Both avg.	Left	Right
VR cycle	max. front curve angle	14.70	14.7	14.7
	max. rear curve angle	13.75	13.7	13.8
	angle displacement	0.95	1	0.9
General cycle	max. front curve angle	-0.34	-0.34	-0.34
	max. rear curve angle	-1.61	-1.62	-1.59
	angle displacement	1.27	1.28	1.25

<Table 2> The Graph of pelves



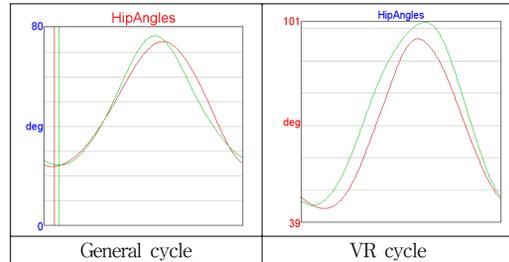
3.1.2 고관절(coxalarticulation) 움직임

3차원 분석을 위한 고관절 각도 변화 결과는 <Table 3>과 같으며, 그래프는 <Table 4>와 같다.

<Table 3> The Result of Variation coxalarticulation

		Both avg.	Left	Right
VR cycle	max. front curve angle	98.65	96.3	101
	max. rear curve angle	44.15	43.7	44.6
	angle displacement	54.50	52.6	56.4
General cycle	max. front curve angle	75.50	74.6	76.9
	max. rear curve angle	25.15	23.9	26.4
	angle displacement	50.60	50.7	50.5

<Table 4> The Graph of The Graph of coxalarticulation



고관절의 굴곡각도는 사이클 안장의 높이와 페달의 길이를 조절이 가능하며, 기존의 운동기기와 비교하였을 때 각도의 차이가 얼마 인지를 평가하였다. 기존의 제품과 비교하여 굴곡/신전되는 각도 변위의 총 각도 차이는 5° 이내로 유사한 것으로 나타났으나, 굴곡의 각도는 약 100° 가량 되는 것으로 나타나 기존 제품보다 20° 정도 더 고관절을 굴곡하는 것으로 나타났다. 과도한 고관절 굴곡은 관절에 부담을 줄 수 있으므로 각 개인의 다리 길이에 따라 안장의 높이를 조절하여 편안함을 느끼는 각도에서 운동 할 수 있게 해주는 것이 중요하다.

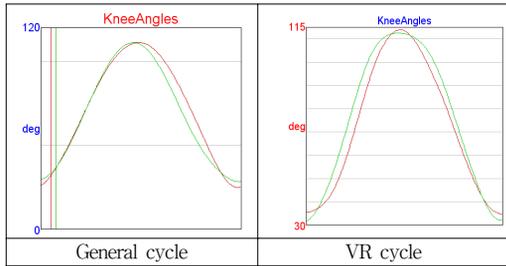
3.1.3 무릎 관절(mobileknee) 움직임

3차원 분석을 위한 무릎관절 각도 변화 결과는 <Table 5>와 같으며, 그래프는 <Table 6>과 같다.

<Table 5> The Result of Variation mobileknee

		Both avg.	Left	Right
VR cycle	max. front curve angle	114.00	115	113
	max. rear curve angle	33.85	35.4	32.3
	angle displacement	80.15	79.6	80.7
General cycle	max. front curve angle	112.00	112	112
	max. rear curve angle	27.25	25.1	29.4
	angle displacement	84.75	86.9	82.6

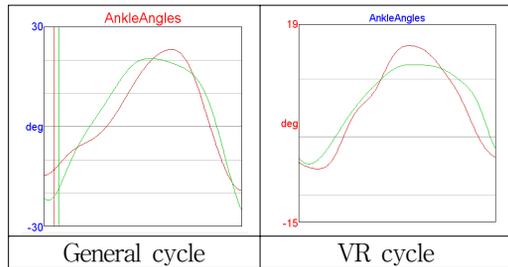
<Table 6> The Graph of mobileknee



<Table 7> The Result of Variation ankle joint

		Both avg.	Left	Right
VR cycle	max. front curve angle	14.2	15.8	12.6
	max. rear curve angle	-5.40	-5.46	-4.62
	angle displacement	19.2	21.3	17.3
General cycle	max. front curve angle	23.2	23.5	23
	max. rear curve angle	-22.0	-19.2	-24.9
	angle displacement	45.3	42.7	47.9

<Table 8> The Graph of ankle joint



두 제품 간의 무릎관절의 굴곡 각도는 전체적으로 유사한 모습을 나타내고 있다. 무릎 굴곡 또한 페달의 길이와 안장의 높이에 따라 조절을 할 수 있다. 무릎관절의 과도한 굴곡 상태에서 저항이 많이 걸리게 되면 무릎관절염을 유발할 수 있으므로 적당량의 굴곡을 할 수 있도록 조절해 주어야 한다. 사이클 운동 후에 무릎부위에 통증을 호소하는 경우도 있는데 이는 무리하게 운동을 많이 한 경우나 관절에 과도하게 굴곡/신전되는 과정을 했기 때문일 수 있으므로 굴곡/신전되는 범위와 최대 굴곡각도의 조절이 필요하다.

3.1.4 발목관절(ankle joint) 움직임

3차원 분석을 위한 발목관절 각도 변화 결과는 <Table 7>과 같으며, 그래프는 <Table 8>과 같다.

기존 제품의 경우에는 발목관절 각도의 운동 범위가 45° 가량으로 형성되어 있는 모습을 볼 수 있고, 가상현실 제품의 경우에는 그에 반한 20° 가량으로 형성되어 있는 것을 볼 수 있다. 과도하게 큰 범위의 관절운동은 인체에 부담을 주거나 몸에 무리가 갈 수 있으므로 가상현실 제품의 관절 운동 범위가 이상적임을 알 수 있다.

3.2 체성분(body component) 검사

사이클 운동이 체성분에 미치는 영향을 알아보고자 체성분 검사를 실시하였으며, 검사 결과는 <Table 9>와 같다.

<Table 9> The Result of body component examination after athletics

measurement	general cycle	VR cycle
body weight(kg)	63.67	72.14
body mass indexBMI(kg/m ²)	25.49	25.49
body fat rate(%)	34.61	29.65
abdominal fat rate(%)	.88	.87
skeletal muscle volume(kg)	22.58	28.37
body fat (kg)	22.12	21.07
body development	69.89	71.90

체성분검사 결과 체중은 일반군은 63.67, VR군은 72.14로 차이를 보였으나 체질량지수(BMI)는 두 군이 동일하게 25.49로 대한비만학회 기준 경도 비만에 해당하였다. 체지방률, 복부지방률, 골격근량, 체지방량은 연령대의 특성상 상대적으로 연령대가 낮았던 VR제품군의 결과가 긍정적으로 보이거나 연령별 특성이 반영되어진 신

체발달은 일반군이 69.89, VR군이 71.90으로 비슷한 수준의 신체발달 점수를 보였다. 위의 결과를 통해 절대적 수치는 VR군이 신체적인 조건이 좀 더 나아보이나 연령별 특성이 반영되어진 측정변수를 감안한다면 두 군의 거의 동일한 신체적 특성을 가진 집단으로 볼 수 있다.

3.3 폐기능 검사(PET)

사이클 운동이 폐기능에 미치는 영향을 알아보기로 폐기능 검사를 실시하였으며, 검사 결과는 <Table 10>과 같다.

<Table 10> The Result of lungs function examination

measurement	general cycle	VR cycle
forced vital capacity(L)	92.38	92.00
forced expiratory volume per 1 second(L)	96.63	96.10
FEV1/FVC(%)	81.63	83.40

일반군과 VR군 모두 노력성폐활량(FVC), 1초간노력성호기량(FEV1), FEV1/FVC의 모든 측정항목에서 정상 범주안의 결과를 얻을 수 있었고, 비슷한 수준의 폐기능을 보였다.

3.4 심전도 검사(EKG)

사이클 운동이 심기능에 미치는 영향을 알아보기로 심전도검사를 실시하였고, 심박수(vent_rate)를 통해 심기능의 향상 및 운동 전/후 변화 유무를 평가하였으며, 결과는 <Table 11>과 같다.

<Table 11> The Result of electrocardiogram

measurement	general cycle	VR cycle
vent rate(BPM)	64.67	71.30

운동 후 일반군의 심박수는 64.67 BPM이었고, VR군은 71.30으로 두 군이 비슷한 수준의 모두 정상 범주안에 들어갔으며, 운동 전/후를 비교했을 때 일반군의 경우 약간의 심박수 상승을 보였고, VR군의 경우 약 5.0BPM의 감소를 보여 통계학적으로 의미 있는 ($p < 0.05$) 감소를

보였다. 일반적으로 정기적인 유산소 운동의 실시했을 시 심박수는 감소하는 경향을 보이는데 이는 적은 심박수로 같은 양의 혈액을 생산해 낼 수 있다는 것을 뜻하는 것으로 심장의 일효율이 더 크다는 것을 알 수 있고, 이것은 운동의 결과 심기능이 향상된 것이라 볼 수 있다. 또한 일반군과 VR군을 비교했을 때 VR군에서만 심박수가 통계학적으로 의미 있게 감소했다는 것은 같은 시간 운동을 실시했을 때 일반 가정용 사이클에 비해 가상현실 사이클이 심기능에 있어서 더 긍정적인 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다.

3.5 에너지 소모도(PCI)

운동시 소모되는 에너지를 측정하기 위해 기존 연구들에서 에너지 소모도 지수로 가장 널리 사용되었던 Physiological Cost Index(PCI)를 활용했고, 측정도구로 Polar RS800CX를 이용하여 휴식 시 및 운동 시 심박수를 측정하였으며, 검사 결과는 <Table 12>와 같다.

<Table 12> Result of energy consumption rate

measurement	general cycle	VR cycle
PCI	0.17	0.14

같은 거리를 같은 속도로 타게 하여 검사를 실시한 결과 일반군은 0.17의 에너지 소모를 보였고, VR군은 0.14의 에너지 소모로 비슷한 결과로 나타났다. 이는 같은 거리를 같은 속도로 타게 하여 검사를 실시한 결과 일반군이 VR군에 비하여 더 높은 체력적 부담이 있었던 것을 알 수 있다. 하지만 수치상 차이의 폭이 크지 않고, 본 제품군의 연령대가 상대적으로 더 낮았던 것을 감안한다면 비슷한 수준의 에너지 소모도를 보인 것으로 판단해도 될 것이다.

4. 결론

4D 사이클링 시스템은 사이클 시뮬레이터를 활용한 시스템 개발로서 전방에 설치된 LCD 모니터를 통해 디스플레이 되는 3D 입체 가상 운동경로의 상황에 맞추어 종전 운동용 사이클의 단조롭고 지루한 단점을 개선하여

IT와 결합한 시스템 개발 기술로서, 헬스관련 기능성 콘텐츠는 IT분야의 급속한 성장과 함께 중요한 비즈니스 콘텐츠로 부각되고 있으며, 각종 센서 모듈을 결합한 인식기술 역시 빠른 속도로 발전되고 있다. 따라서 본 연구를 통해 4D 체감형 시뮬레이터 기술의 확보로 다른 운동기구(런닝 머신, 스텝퍼 등)에도 기술을 적용할 수 있는 제어 기술을 확보하였고, 최근 U-헬스 시장 및 휘트니스 시장에서 새로운 액서게임 제품 개발을 통한 아케이드 게임 시장 활성화 기대하며, 4D 체감형 시스템 산업의 국가 경쟁력 강화와 레저산업에서의 시장 선점하였다. 헬스용 사이클 편의성 및 요구도 평가 4개 항목의 결과 기존 사이클의 개선점으로 흥미요소를 추가하기를 원했고, 가상현실 사이클에서 가장 필요한 기능으로는 운동용으로 사용하는데 필수 항목인 운동효과의 실시간 피드백을 꼽았으며, 가상현실 사이클의 오락적 요구사항이나 다양한 게임 음악을 선택할 수 있도록 요구하였다. 본 연구를 통해 개발된 시제품을 통해 휘트니스, 헬스장, 정형외과, 재활의학과, 사이클방, 비디오 게임방, 일반가정의 운동기구로 활용할 수 있다. 향후 보완 사항으로는 다양한 코스 맵과 난이도에 따른 레벨, 게임 음악의 다양화가 요구된다.

REFERENCES

- [1] Lee Sung-Han, "The development and enterprise of 4D cycling", pp5~31, Sept. 2012.
- [2] KOCCA, "The Present State and Prospect of Bodily Sensation(4D) Technique and Contents," pp2~12, June, 2010
- [3] Ki-Hoon Yang, "Experimental Planning for Realistic Force Feedback in a Bicycle Simulator", pp 2150~2153, ICCAS2001, 2001
- [4] Cal Stone and M.L. Hull, "The Effect of Rider Weight on Rider-Induced Loads During Common Cycling Situations," J. Biomechanics, Vol. 28, No. 4, pp. 365-375, 2001
- [5] Stefan Fassbinder and Bruno De Wachter, "The Electrical System as a Tandem Bicycle," www.leonardo-energy.org, September, 2005
- [6] Jae-Won Moon, "The Standard Size and Technical Trend of Electrical Bicycle," Korean Testing Certification, pp1~20. Oct., 2010
- [7] Moller Tomas, and Ben Trumbore, "Fast, Minimum Storage Ray-Triangle Intersection," journal of Graphics Tools, vol.2, no. 1, pp21~28, 1997
- [8] Kyun-no Lee, "Network-Based Bicycle Racing Simulator," HCI2003, pp.725~730, Feb., 2003
- [9] Sung-Hyun Lee, "A Study on Present of Skill Game and Plan of Vitalize," pp3~20, KOCCA, Jan., 2013
- [10] KERIS, "The Understanding and Application of Technical Skill Game," pp2~30, July, 2010
- [11] Kim, B. K., Park, H.S., "Not Just Fun, But Serious Strategies: Using Meta-Cognitive Strategies in Game-Based learning," Computer & Education, pp. 800~810, Vol. 52, no. 4, 2009
- [12] <http://www.outfront.com>
- [13] <http://docs.google.com>

김기봉(Kim, Ki Bong)



- 1991년 2월 : 충남대학교 전산학과 (이학사)
- 1993년 2월 : 충남대학교 전산학과 (이학석사)
- 1998년 8월 : 충남대학교 전산학과 (이학박사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 대전보건대학교 부교수

· 관심분야 : 데이터베이스, IT융합, 의료정보시스템
· E-Mail : kbkim@hit.ac.kr

이성환(Lee, Sung Han)



- 2001년 2월: 배재대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
- 관심분야 : 영상 처리, 게임 제작
- E-Mail : ceo@zoit.co.kr