

근전도 및 자이로스코프 신호를 활용한 의료용 재활게임 개발과 재활치료 가능성

임 종 현*, 이 준 재^o

Development of Medical Rehabilitation Game and Rehabilitation Possibility Using EMG and Gyroscope Signal

Jong Heon Lim*, Joon Jae Lee^o

요 약

환자의 빠른 회복과 일상생활의 복귀를 위해 다양한 재활치료가 시행되고 있으며 게임을 활용한 방법이 치료의 효율성을 높이기 위해 점차 사용되고 있는 추세이다. 그러나 기존의 게임을 이용한 방법들은 위치운동에 집중되어 환자의 상태를 파악하고 전문적인 의료목적으로 사용할 수 있는 정보를 얻기 힘들다. 본 논문에서는 이러한 부분을 보완하기 위하여 근전도 및 자이로스코프 센서를 활용하여 외상성 충격으로 인한 환자 또는 노인성 질환을 가진 환자 등을 대상으로 적용될 수 있는 상지재활치료용 기능성 게임을 개발하였다. 게임을 통해 효율적인 운동을 유도하고 환자의 상태를 파악할 수 있는 방법에 대한 연구를 진행하였고 게임으로 인한 운동량 증가와 가능성을 확인할 수 있는 실험을 진행하였다.

Key Words : Medical Rehabilitation, Serious Game, Signal, EMG, Gyroscope

ABSTRACT

For fast recovery from physical discomfort and getting back to normal life, many rehabilitation treatments have been performed on patients. Computer games have been one of such treatments that are able to apply to patients effectively. However, because most of such games are locational-based, it is hard to figure out exact medical condition of patients that provide more information to medical doctors. This paper presents a rehabilitation game for patients, which is locational-based as well as rotational-based, who are having external wound or aging diseases by using electromyography signal and gyroscopic sensors. Through this game, we are able to understand how to lead the patients to involve in physical therapy more and how to obtain exact conditions of patients from the games. From several experiments, we found out that our games are able to make patients to increase their physical activity and possibility.

1. 서 론

급격히 발전해온 현대사회 속에서 산업화, 교통사

고 등에 의한 외상성 환자는 매년 증가하고 있다. 또한 사회적인 문제로 대두되는 노령인구의 증가와 성인병의 확대에 의한 노인성 환자 역시 증가하는 추세

※ 본 연구는 중소기업청 중소기업융복합기술개발사업 지원 및 계명대학교 산학협력단의 관리로 수행되었습니다.

• First Author : Keimyung University Department of Game Mobile Contents, stjylim@naver.com, 학생회원

o Corresponding Author : Keimyung University Department of Game Mobile Contents, joonlee@kmu.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2014-09-376, Received September 30, 2014; Revised December 12, 2014; Accepted December 12, 2014

이다. 특히 노령인구는 지속적으로 증가하여 2050년 이면 현재의 3배 이상으로 높아질 것으로 예측되고 있다. 산업부상 혹은 교통사고 등에 의한 외상성 충격, 혹은 노인성 질환으로 인한 환자는 일상생활의 복귀를 위해 적절한 치료를 필요로 한다. 대부분 병원에서는 환부의 원활한 치료를 위해 재활치료를 권장하고 있으며 적당량의 재활치료를 위한 운동은 회복에 도움을 주고 환자가 실생활로 돌아가는 데 큰 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 90년대 초, 미국에서 재활치료를 위한 의료기기 개발이 시작되어 현재까지 다양한 형태의 재활치료기기가 보급되었고 각 병원을 비롯한 요양원, 일반 가정에 이르기까지 다양하게 보급되어 사용되고 있다¹⁾.

재활치료의 종류에는 다양한 형태가 있지만 본 논문에서는 환부에 대한 인체의 운동능력 회복 중 어깨 및 팔에 해당되는 상지재활에 초점을 둔다. 일반적으로 재활치료에 대한 환자의 반응은 동기부여가 없는 경우가 많으며 재활치료의 특성상 치료 초기에 제대로 시행되지 않으면 환부에 영구적인 문제가 생기는 경우가 많다. 실제로 제대로 된 재활치료를 하지 않아 환부가 운동범위를 회복하지 못하고 영구적인 장애를 얻는 경우도 많기에 의사들은 재활치료의 시기적절한 치료와 회복을 강조하기도 한다. 이 때문에 환자의 자발적인 재활치료 참여는 치료시행에 있어 매우 중요한 요소 중 하나이며 이와 관련한 방법들이 많이 강구되고 있는 것이 사실이다. 게임을 활용한 재활치료는 환자에게 재미와 목표를 부여하여 환자의 운동과 집중에 좋은 영향을 줄 수 있다²⁾. 현재 대부분의 재활치료 병원에서는 닌텐도 혹은 XBOX, Kinect와 같은 이미 상업용으로 보급되어 있는 게임 타이틀 및 하드웨어 플랫폼을 활용하여 재활치료를 병행하는 방법을 사용 중이다.

본 논문에서는 이러한 재활치료에 사용될 수 있는 기능성 게임 콘텐츠와 전용 하드웨어를 개발을 목표로 한다. 특히 자이로스코프 센서와 근전도 센서를 활용하여 생체신호를 수집하고 측정하여 이를 게임 콘텐츠를 위한 컨트롤러로 활용, 환자가 게임을 플레이 하며 재활치료를 할 수 있도록 유도하였다. 그리고 이 과정에서 일어날 수 있는 운동과 이에 관련한 신호를 분석하여 실질적으로 게임을 통한 재활치료가 인체에 어떠한 영향을 미칠 수 있는지에 대한 실험을 진행하였다. 또한 개발된 게임을 이용하여 실제 운동 효과에 대한 분석을 시도 하였다.

II. 관련연구

2.1 게임콘텐츠 활용사례

현재 물리치료 시행을 필요로 하는 다양한 병원에서는 이미 치료에 게임을 사용하고 있는 경우가 많다. 그림 1은 병원에서 흔히 사용되고 있는 게임콘텐츠의 장면이다. 닌텐도 위(Nintendo Wii) 혹은 마이크로소프트의 XBOX 플랫폼 및 동작인식센서 키넥트 등 상업적으로 개발되어 이미 대중적으로 사용되고 있는 게임 플랫폼이나 게임 콘텐츠, 컨트롤러 등을 활용하여 환자들에게 물리치료를 시행하고 있다. 특히 닌텐도의 경우 위 핏(Wii Fit)과 같은 하드웨어를 통해 환자의 무게중심과 자세를 유도하여 재활치료에 효과를 보여주는 경우로 사용되고 있다. 이 경우 위모트(Wiimote) 등의 무선 컨트롤러를 활용하여 추가적인 조작과 운동을 유도하고 있다. 그림 1은 닌텐도 위 스포츠(Nintendo Wii Sports), 닌텐도 위 핏(Nintendo Wii Fit)과 같은 게임 타이틀로 실제로 병원에서 많이 사용되는 종류의 게임 중 하나이다. 이러한 게임 타이틀들은 비교적 간단하면서 다양한 종류의 게임을 포함하고 있고 사용자의 운동에 대한 분석을 포함하기 때문에 병원에서 쉽게 활용할 수 있는 장점이 있다. 이러한 컨트롤러를 사용하는 게임들은 환자를 활동적으로 만드는 경우가 많아 자연스럽게 게임 중 운동을 일으켜 물리치료에 도움이 된다. 마이크로소프트 키넥

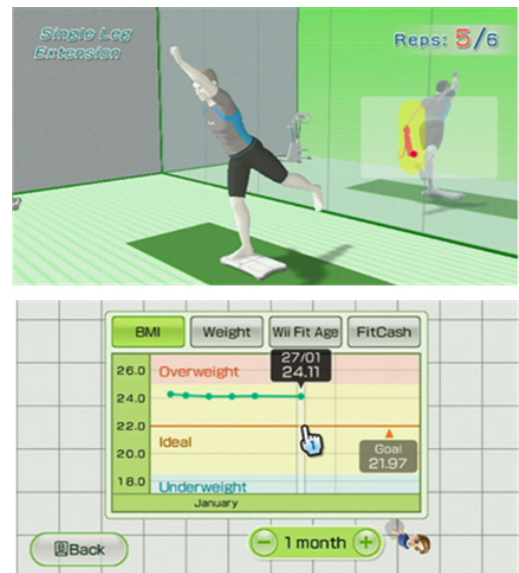


그림 1. 의료목적으로 사용되는 게임 콘텐츠 위 핏
Fig. 1. Game Contents to be used for medical purpose. Wii Fit.

트의 경우 환자에게 특별한 물리적인 장치의 사용 없이 비전기술을 통해 게임을 조작할 수 있도록 하여 환자가 좀 더 손쉽게 게임에 접근할 수 있다는 점에서 큰 장점이 있다. 그러나 이러한 게임들은 재미와 상업적인 목적에 초점이 있는 경우가 대다수이며 실질적으로 환자의 상태를 고려한 진료에 사용할 수 있는 의학적 정보를 수집하지 않는다는 문제가 있다. 그림 1에서 예시로 든 게임의 경우 BMI 수치, 수평유지능력 측정 등 필요에 따른 분석을 통해 사용자에게 간단한 건강정보를 전달할 수 있지만 실제 병원에서 부상에 의해 활동적인 운동이 불가능한 환자나 세부적인 진단이 필요한 환자에게 적용할 수 있는 적절한 운동을 유도하거나 근전도량과 같은 세부적인 정보를 수집하기는 힘들다.

2.2 전문 의료목적의 재활치료게임

전문적인 의료목적의 재활치료게임이 개발되어 사용되고 있는 사례는 아직까지 드물다. 국내 모 병원에서 이미 외국에서 출시된 제품을 사용하거나, 짧은 기간 병원 내 시험용으로 사용하는 경우를 확인할 수 있었는데 이스라엘의 MediTouch 사의 제품이 대표적이었다. 그림 2는 HandTutor, ArmTutor, LegTutor^[3] 등의 이름으로 출시된 제품으로 손목 및 손가락 관절, 팔목 관절, 무릎 등에 대한 재활운동을 도울 수 있도록 게임 콘텐츠가 함께 포함되어 출시되었다. 이러한 기기들은 다른 게임 플랫폼의 컨트롤러 혹은 기타 하드웨어에 비해 정확도나 감도가 높은 센서를 사용하여 환자의 관절정보를 보다 세부적으로 활용하고 있었으며 국내 병원에서 일부 제한적으로 사용하고 있었다. 게임을 통해 환자의 집중력을 유도하며 재활치료를 한다는 점 자체에서는 긍정적이나 게임의 질적인 부분에서 부족했고 무엇보다 운동의 종류가 관절, 위치운동에만 집중되어 실질적으로 근전도 신호나 심박수 등 실제 환자의 진료에 활용될 수 있을 만한 의



그림 2. 메디터치사의 물리치료 솔루션^[3]
Fig. 2. Physical therapy solution in MediTouch^[3]

학적 데이터를 획득하는데 제한적인 문제가 있었다.

본 논문에서는 이러한 위치운동에 집중된 기존의 의료목적 재활치료 게임에 근전도 신호를 활용하여 근육에 대한 보다 상세한 운동량 측정과 이를 진단에 활용할 수 있는 개선방안을 모색하였으며 게임을 통한 운동량 증가 및 환자에 대한 효율적인 운동유도방법과 관련한 연구를 진행하였다.

2.3 재활치료게임 사전연구 및 개발

본 연구를 진행함에 있어 기초적인 사전연구와 개발을 위해 기존의 게임플랫폼 중 마이크로소프트의 동작인식센서 키넥트를 활용한 재활치료게임 개발을 진행하였다. 게임을 통한 환자의 운동유도를 위해 의도적인 기획방법과 레벨데이터에 대한 디자인 방법, 게임 내 효과로 인한 운동유도 방법 등을 연구하였으며 유니티 엔진에 Kinect SDK를 활용하여 추후 게임 콘텐츠 개발에 필요한 데이터들을 확보하였다^[4].

사전 연구에서는 총 2종류의 게임을 개발하였다. 그림 3은 주어진 시간에 목표를 수행하는 단순한 형태의 게임으로 제목은 “공 받기(CatchBall)”, “날아오르기(Flying)”이다. “공 받기”의 경우 전방의 숲 속에서 날아오는 공을 센서를 통해 인식된 양손을 이용해 공을 터치하는 게임이다. 공이 날아오는 횟수와 전방 숲 속을 향한 시야를 두고 피사계 심도 블러 효과와

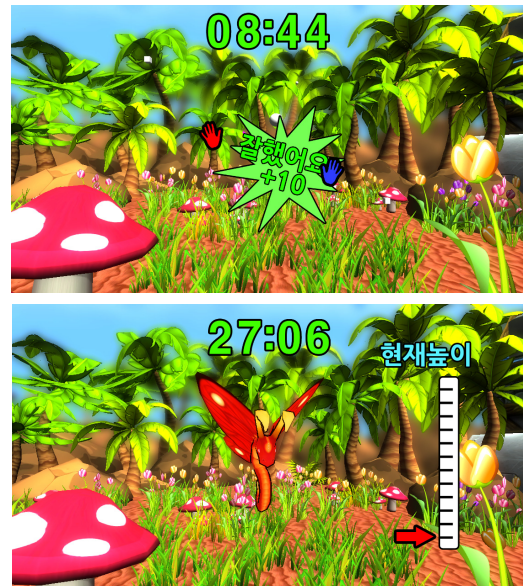


그림 3. 사전연구를 위해 개발된 재활치료 게임 콘텐츠
“CatchBall”, “Flying”
Fig. 3. Rehabilitation game contents for Research.
“Catchball”, “Flying”

카메라 위치를 조절하여 운동 강도, 난이도를 조절한다. 단순히 공을 터치하는 게임이지만 반복적인 운동과 집중력을 유도하는 의도를 가지고 있으며 이를 통해 상체를 자연스럽게 움직이며 양팔을 동시에 사용하도록 하는 효과가 있다. 두 번째 게임인 “날아오르기”는 주어진 시간에 최대한 높은 곳으로 나비 캐릭터를 날도록 하기 위해 양 팔을 날갯짓처럼 상, 하로 흔들며 게임 속 나비와 상호 작용하도록 구현하였다. 지속적으로 양팔을 흔들면 나비가 날아오르고 높이 올라가기 위해서는 더 많은 날갯짓이 필요하다. 날갯짓을 통해 환자가 자연스럽게 상체를 사용하도록 하고 제한시간과 목표 높이, 인식 반응감도 조절 등에 따라 신체의 행동반경 및 행동횟수를 조절하여 운동량을 조절하고 있다.

이러한 사전연구를 통해 콘텐츠 개발에 필요한 기초적인 연구데이터로서 환자의 게임 몰입 유도방법과 이를 통한 운동 유도방법을 분석할 수 있는 토대를 마련하였다. 특히 일반적인 게임에서 난이도 조절에 사용되는 게임 내 요소들을 통해 환자의 운동과 집중유도를 할 수 있는 방법을 고민하였다. 캐릭터의 이동속도나 게임 내 물체가 등장하는 속도 혹은 높이 등의 수학적 게임요소와 함께 시각효과로 사용되는 후처리효과 등 다양한 효과들을 게임의 난이도와 강도를 조절하는 요소로 사용하여 환자의 몰입도와 운동을 조절할 수 있다. 그리고 게임을 통해 환자에게 피드백을 주어 환자의 반응과 운동을 이끌어낼 수 있다⁴⁾. 특히 키넥트 등의 기존 상용화 플랫폼을 활용한 게임 콘텐츠를 개발한 결과 기본적으로 게임으로 환자에게 운동을 유도할 수 있지만 환자의 근육상태, 심박수 등의 의료데이터를 수집하기 힘들고 더 나아가 저주파 전기자극 등의 환부에 대한 직접적인 물리치료가 불가능한 단점을 확인할 수 있었다.

III. 재활치료 게임연구

3.1 생체신호 수집 하드웨어

의료목적으로 활용하기 위한 생체신호를 수집하고 게임 콘텐츠의 컨트롤러로 활용하기 위해 프로토타입 하드웨어를 개발하였다. 그림 4의 장비는 외부업체의 도움을 받아 제작한 밴드형 하드웨어로 어깨의 관절 운동과 근전도 신호 수집을 목적으로 제작되었으며 2축 자이로스코프와 근전도(Electromyogram) 센서를 가지고 있다. 블루투스를 통해 무선으로 연결되며 프로토타입 기준으로 약 2시간의 배터리 시간을 가지고 있다. 2축 자이로스코프는 밴드 내부 기판에 설치되어



그림 4. 재활치료 게임을 위한 프로토타입 하드웨어 장비
Fig. 4. Prototype hardware device for rehabilitation game

표 1. 하드웨어 사양
Table 1. Hardware Spec

H/W Spec	
Sensor 1	Gyroscope(2 Axis)
Sensor 2	EMG Sensor
Connect Type	Wireless(Bluetooth)
Battery	2 Hours
Range	Shoulder / Arm Band 0 Deg - 180 Deg

팔의 움직임을 파악하며 밴드 외부에 위치한 근육에 부착되는 센서를 통해 근전도 신호를 수집한다. 특히 근전도 신호는 근육의 활동전위를 기록하여 근육의 힘 혹은 전기적 활동을 측정, 게임을 통한 운동량을 측정하는 데 활용하고 환자의 상태를 파악하는 데 도움을 줄 수 있다⁵⁾. 본 연구에서는 상지 어깨관절 재활에 집중하여 팔의 상/하 운동을 측정하였으며 활용방법에 따라 착용위치를 조절하여 팔꿈치나 하지에도 활용할 수 있다.

하드웨어는 일반적으로 어깨-팔 주위의 상완이두 부근에 착용하며 그림 5와 같이 밴드 형태로 고정된다. 근육의 운동량을 측정하기 위해 우선적으로 근전도 센서를 근육부위에 부착하고 장비를 연결한다. 전기자극을 통해 근전도 데이터를 습득하며 하드웨어 보드에 적용된 2축 자이로스코프가 내장된 가속도 센서와 연계하여 어깨와 팔의 관절 위치를 습득한다.

각 신호는 0 - 512 형태의 전자신호로 수집되고 이를 별도의 DLL API를 통해 소프트웨어적으로 처리되어 자이로스코프 신호는 0° - 180°의 팔 - 어깨 사이의 관절각도 값으로 환산되며 근전도 신호는 0 - 100 사이의 상대적인 값으로 계산되어 제공한다. 내부적으로는 자이로스코프의 값에 가속도 센서를 통한 보정작업과 근전도 신호에 대한 별도의 필터링 과정

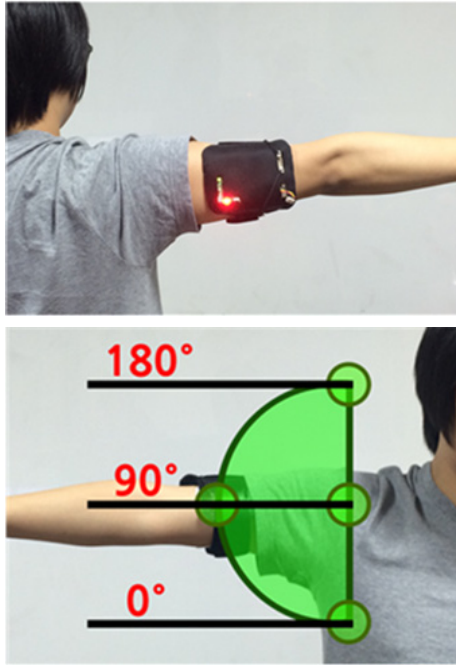


그림 5. 장비착용 예시 및 활동범위
Fig. 5. Device Wearing example and Action range

이 이루어지고 있다⁶⁾. 이 데이터들은 블루투스를 통해 무선 신호로 변경되어 페어링 된 PC로 전달되며 PC에서 이를 수신 받아 처리하는 과정을 DLL에서 담당한다. 프로토타입 하드웨어의 전원부분은 약 2시간 분량의 배터리를 일반적인 스마트폰 충전에 사용되는 Micro 5Pin 케이블로 충전할 수 있도록 구성되어 있다. 소프트웨어의 경우 C++ 형태의 DLL Library로 제작되어 대부분의 프로그래밍 환경에서 응용할 수 있으며 블루투스 페어링과 관련한 함수도 포함되어 있다. 추후 하드웨어 및 소프트웨어 개선을 통해 게임 중 저주파 전기자극 등을 통한 직접적인 물리 재활치료 방법을 적용할 예정이다.

3.2 게임 콘텐츠 개발

3.2.1 게임개요

본 논문에서는 개발된 하드웨어를 활용해 재활치료를 위한 게임 콘텐츠를 개발하였다. 유니티 게임엔진을 통해 개발되었고 블루투스 및 하드웨어 관리, 연결과 관련한 C++ DLL(Dynamic Linking Library)을 게임엔진에 플러그인 형태로 참조하여 사용하였다. 이 부분은 C#을 통해 연동되었으며 전체적인 게임은 기본적으로 Windows 플랫폼을 기반으로 한다. 게임 내 별도의 UI를 통해 블루투스 연결 및 포트관리, 페어링

초기화 및 신호전달과 관련한 하드웨어 설정을 진행할 수 있으며 상지재활운동에 초점을 맞춰 어깨의 운동범위와 게임의 난이도 조절, 재활치료의 운동범위 및 강도 조절 등을 할 수 있도록 구현하였다. 본 논문에서는 재활게임의 기획과 구현, 운동 효과에 연구에 대한 실험 및 검증을 위한 프로토타입에 초점을 맞추어 설명한다. 특히, 상지 재활에 초점을 맞추어 자이로스코프 신호와 근전도 신호를 이용하여 환자의 물리적 신호에 따른 게임 내 요소들의 반응 및 결과, 운동 유도 등의 생체신호에 따른 피드백을 주는 게임방법을 시도하였다⁷⁾.

그림 6은 게임의 타이틀 화면으로서 게임의 제목은 “뛰어라! 동물올림픽”이다. 4종류의 서브게임을 포함하고 있으며 개발단계에서 환자들의 환경과 상태에 대한 반영을 시도하였다. 실제 병원에서 재활치료를 받는 환자는 노인질환이나 성인병으로 인한 환자와 교통사고 혹은 산업부상과 같은 외상성 부상으로 인한 환자 등 다양한 형태가 있을 수 있다. 또한 환자의 연령대는 사고와 부상의 특성을 고려할 때 정확히 정해져 있지 않은 것이 사실이다. 이러한 다양한 환자의 상황과 연령대를 고려하여 전 연령에서 게임을 쉽게 접하고 거부감을 줄이기 위한 캐릭터 모델링 사용 및 시각적 렌더링 효과를 사용하여 게임의 접근성을 낮출 수 있는 요소를 적용하였다. 특히 실제 상업용도의 게임처럼 밝고 다채로운 애니메이션으로 환자들의 호기심과 관심을 유도하기 위해 노력하였다.

서브게임의 종류는 총 4종류로 “장애물 피하기”, “장애물 뛰어넘기”, “날아오르기”, “하트 모으기”이다. 각각의 게임은 게임 구성요소와 유도하려는 운동의 종류가 조금씩 다르며 각 게임별로 10종류의 난이도가 준비되어 있다. 모든 게임의 목적은 하트를 획득해서 100%를 달성하는 것이고 난이도에 따라 운동 강도가 달라지며 게임 내 제한시간은 없다. 환자의 경우 환부상태에 따라 진행이 어려울 수 있고 특히 노령 환자의 경우 인지능력 혹은 활동능력의 저하로 인해 게



그림 6. 재활치료용 게임 - 타이틀 화면, 사용자 DB
Fig. 6. Rehabilitation - Game - Title Scene, User DB

표 2. 서브게임 종류
Table 2. Sub-game Types

Sub-Game Name	Description
Running Obstacle Avoidance	Character is running and avoidance to obstacle. Agility and Endurance of muscle.
Jumping Obstacle Avoidance	Character is jumping over the box. Agility, Endurance and Power of muscle.
Flying	Character is flying as high as possible. Endurance of muscle.
Collecting Heart	Character is collecting many heart. Agility and Endurance of muscle.

임진행이 어려워질 수 있기 때문에 시간제한을 두지 않았으며, 이러한 이유로 게임의 전체적인 난이도나 구성방식을 간단하고 직관적인 방향으로 기획하였다.

그림 7은 게임 소프트웨어의 블록 다이어그램이다. 게임을 시작하면 먼저 사용자 등록과 로그인 과정을 거친다. 이는 게임 내 UI에서 환자 정보를 보여줌과 함께 게임과정에서 일어나는 운동량을 측정하여 이를 기록해두는데 사용된다. 게임 내 환자 정보를 포함한 모든 기록물은 로컬형태로 DB에 저장되며 환자를 진료하는데 사용할 수 있고 본 논문에서는 실험 및 검증을 위한 자료로 사용하였다. 로그인 후 게임메뉴 화면에서는 장비연결 및 게임과 관련한 옵션을 설정할 수 있다. 이후 게임과 난이도를 선택하면 게임을 진행할 수 있고 게임 종료 후 결과 화면을 통해 운동결과를 확인할 수 있다.

그림 8은 로그인 후 나타나는 메뉴 화면이다. 4종

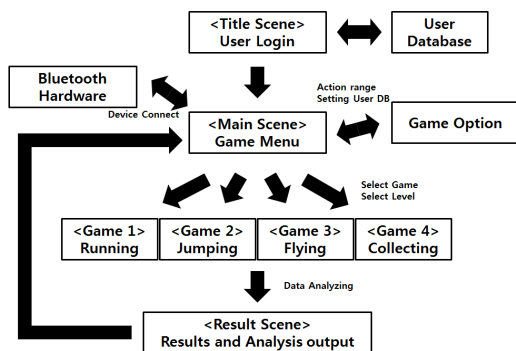


그림 7. 게임 블록 다이어그램
Fig. 7. Game Block Diagram

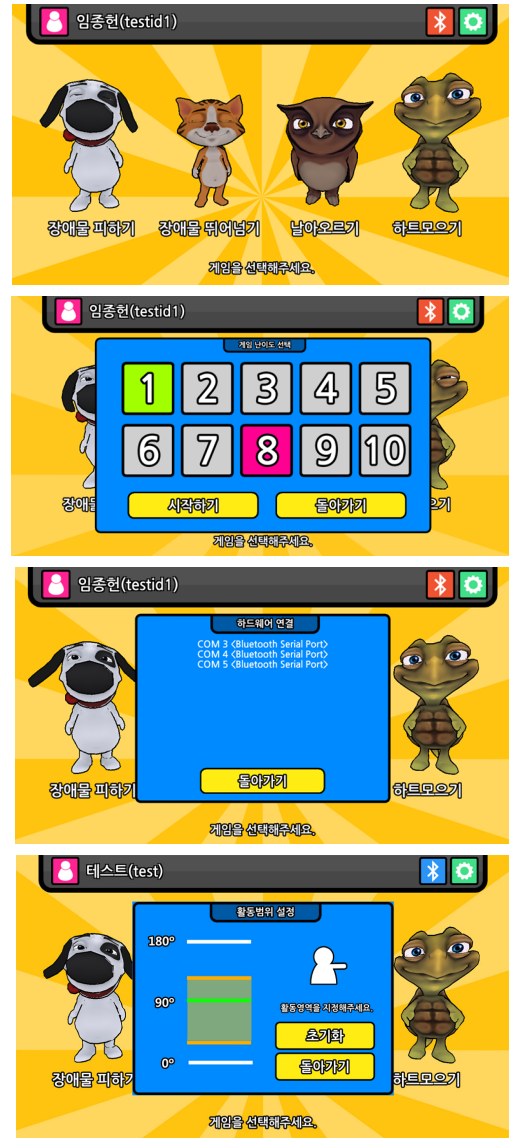


그림 8. 재활치료용 게임 - 메인화면, 블루투스 설정, 운동 범위 설정, 게임 레벨
Fig. 8. Rehabilitation Game - Main scene, Bluetooth setting, Action range setting, Game level

류의 게임 중 한 가지를 선택하며 하드웨어와 관련한 설정과 유저 정보에 대한 설정, 그리고 환자의 활동범위에 대한 설정을 할 수 있다. 특히 활동범위 설정은 환자의 환부 상태에 따라 운동범위가 다를 수 있기 때문에 범위에 맞춰 게임을 진행할 수 있도록 하기 위해 고안되었다. 여기서 설정된 범위에 따라 모든 게임의 운동범위가 결정된다. 게임을 시작하기 전 하드웨어와의 연결을 해야 한다. 이를 위해 메인화면 우측상단의 메뉴를 통해 하드웨어의 블루투스 연결 상태를 확인

하고 포트선택을 통해 페어링을 진행할 수 있다. 하드웨어 설정이 끝나고 게임을 선택하면 각 게임별로 총 10단계의 난이도를 선택할 수 있다. 최초 플레이 여부에 따라 초록색/회색으로 난이도가 구별되며 환자는 자신에게 맞는 난이도를 연습하고 다음 단계로 나아감으로서 진행상황을 확인할 수 있다. 또한 이러한 난이도 정보는 게임 진행 중 수집되는 환자의 운동기록과도 연관되어 환자의 치료 진행여부를 판단하는 지표로 사용된다.

3.2.2 게임 종류 및 구성

첫 번째 게임은 전방을 향해 달리고 있는 강아지 캐릭터를 조작하여 하트를 획득하는 게임으로 일반적인 러닝게임의 형태와 흡사하다. 어깨와 팔의 상, 하 운동으로 캐릭터를 좌, 우로 조작할 수 있다. 그림 9와 같이 전방에서 다가오는 버섯과 같은 장애물은 피하고 하트를 획득해서 좌측 상단의 UI에서 볼 수 있는 목표 점수를 채워 게임을 진행한다. 하트를 습득하면 점수가 올라가고 버섯과 같은 장애물에 부딪히면 점수가 떨어진다. 하트점수를 100% 획득하면 게임이 종료된다.

난이도 조절에 쓰이는 요소는 총 4종류로 “캐릭터의 이동속도”, “하트의 출현빈도”, “하트의 획득점수”, “장애물의 출현빈도”이다. 캐릭터의 이동속도는 게임이 흘러가는 속도에 영향을 주고 하트 및 장애물의 출현빈도는 게임 플레이 시간 및 환자의 활동량을 조절하는데 사용된다. 이러한 각각의 요소는 환자의 근육 민첩성이나 집중력에 영향을 주고 난이도로 인해 길어지는 게임 플레이 시간을 유도함으로써 환자의 인내심과 집중력, 환부와 연관된 근육의 지구력에 영향을 준다.

표 3은 게임 1에서 사용된 레벨데이터와 유도된 운동의 종류이다. 각각의 레벨 요소들에 대해 설명하면 다음과 같다. 캐릭터의 이동속도가 빨라지면 장애물에

표 3. 게임 1- 레벨데이터 및 운동효과
Table 3. Game 1 - Level data and Effect of Exercise

Game Level Article	Effect of Exercise
Move Speed	Agility of muscle
Heart Count	Play Time, Endurance
Heart Score	Play Time, Endurance
Obstacle Count	Agility of muscle, Concentration

부딪히거나 하트를 놓치는 경우가 많아질 수밖에 없고 이를 놓치지 않기 위해 환자는 더 빠르게 반응하고 움직여야 하는 결과를 만들어 낸다. 또한 장애물에 부딪히면 점수를 잃어버려 게임 플레이 시간이 더 증가한다. 결과적으로 구성된 게임 요소들은 환자의 보다 집중되고 세밀한 조작을 요구하게 되며 목표를 이루기 위해 환자가 세밀한 조작을 통해 근육의 지속적인 긴장과 활동을 요구하도록 한다.

두 번째 게임은 “장애물 뛰어넘기”로 어깨와 팔의 상, 하 운동으로 캐릭터를 점프하도록 컨트롤하여 게임을 진행한다. 횡 스크롤 형태의 시점을 보여주며 캐릭터가 달리면 오른쪽에서 상자들이 나타난다. 상자들은 난수적인 형태의 가로 개수 및 세로 높이 개수로 나타나고 타이밍에 맞춰 팔을 상, 하로 움직여 캐릭터를 점프시켜야 한다. 어깨와 팔의 최저, 최대각도를 측정하여 난이도에 따라 설정된 비율보다 각도차가 더 높게 나오면 점프로 인식되는 형태로 구현되었다. 이 게임의 운동은 타이밍에 맞춰 점프를 위해 팔을 상단으로 순간적으로 올리는 운동인 “순간적인 상승운동”에 비중이 높다. 따라서 팔을 정 자세로 대기하다 적절한 타이밍에 팔의 각도를 어깨 높이보다 높여야 하기 때문에 환자의 집중력과 근육의 순간적인 운동을 기대할 수 있다. 캐릭터가 벽에 부딪히면 장애물 부근에서 다시 시작할 수 있고 상자위에 반복되며 나타나는 하트를 습득해서 점수를 100% 달성하면 게임이 종료된다.



그림 9. 게임 1 - 장애물 피하며 달리기
Fig. 9. Game 1 - Running obstacle avoidance game



그림 10. 게임 2 - 장애물 뛰어넘으며 달리기
Fig. 10. Game 2 - Jumping obstacle avoidance game

표 4. 게임 2- 레벨데이터 및 운동효과
Table 4. Game 2 - Level data and Effect of Exercise

Game Level Article	Effect of Exercise
Move Speed	Agility of muscle
Heart Score	Play Time, Endurance
Obstacle Count	Agility of muscle, Concentration
Box Width Count	Play Time, Endurance
Box Height Count	Power of muscle
Box Length	Play Time, Endurance
Wave Distance	Play Time, Endurance
Decision Percentage	Power of muscle

게임의 난이도를 조절하는 각각의 요소는 대부분 첫 번째 게임과 비슷하나 “상자의 출현빈도”, “상자의 가로개수”, “상자의 세로개수”, “상자의 반복개수”, “운동 판정범위” 등 장애물과 관련된 요소가 더 추가되었다. 점프 게임과 연관된 이러한 난이도 조절 요소들은 환자의 집중력, 근육의 순발력, 민첩성, 지구력 등 전체적으로 근육의 힘을 유도하도록 하였다.

세 번째 게임은 사전연구 과정에서 개발된 게임을 토대로 만들어진 “날아오르기” 게임이다. 사전연구 과정에서 게임 내 요소로 사용하였던 “시간제한”의 개념을 환자 및 환부의 상태를 고려할 때 과도한 긴장감을 주어 부담을 줄 수 있다는 가정 하에 제거하였고 난이도 별로 최대높이를 측정하는 형태의 게임을 제작하였다.

어깨와 팔의 상, 하 운동을 마치 새의 날갯짓처럼 반복 운동하면 캐릭터가 날갯짓 하며 하늘로 날아오르게 된다. 어깨와 팔의 각도차를 가지고 1회 날갯짓을 판단하게 되며 특히 “장애물 뛰어넘기” 게임에 비교할 때 기본적인 조작방법은 비슷하지만 팔의 상승 하강 운동 모두를 사용한다는 점에서 차이점이 있다. 높이 올라갈수록 고도를 유지하고 더 올라가기 위해 더 많은 운동 반복량을 요구하며 난이도가 높아질수록

표 5. 게임 3- 레벨데이터 및 운동효과
Table 5. Game 3 - Level data and Effect of Exercise

Game Level Article	Effect of Exercise
Move Speed	Endurance of muscle
Heart Score	Play Time, Endurance
Heart Distance	Play Time, Endurance
Decision Percentage	Endurance of muscle

수록 더 어려워지고 운동량도 많아진다. 결과적으로 일정량의 최대높이를 도달해야 하트를 100% 획득할 수 있게 되며 최대높이에 도달하기 위해서는 난이도마다 일정수준 이상의 운동량을 필요로 한다. 그러나 난이도에 따라 정확한 운동량이 설정되어 있는 것은 아니며 각 난이도별로 난수적인 형태로 일정 범위 안의 운동량을 필요로 하여 매 게임마다 그 양이 다르다.

세 번째 게임은 근육의 지속적인 운동, 지구력, 운동유지능력에 큰 비중이 있다. 이 게임에서 “캐릭터의 이동속도”는 캐릭터가 날아오르는 힘에 해당되는데 힘이 강할수록 적은 횟수의 운동반복으로 더 쉽게 고도를 높일 수 있기 때문에 근육의 지구력에 영향을 주는 요소이다. “하트의 점수”나 “하트의 출현빈도”는 기타 게임과 같이 게임플레이 시간에 영향을 주어 결과적으로 운동유지능력, 지구력에 영향을 준다. “판정범위”의 경우 수치가 높을수록 판정이 더 어려워져 정확한 운동을 요구하게 되고 결과적으로 운동 횟수에 영향을 주어 이 역시 지구력에 영향을 주게 된다. 대부분의 요소가 근육의 지구력과 운동유지능력에 영향을 주지만 운동의 빠른 반복 등을 생각해볼 때 순발력이나 민첩성과도 무관하지 않다.

네 번째 게임은 “하트 모으기”로 상단에서 떨어지는 하트를 거북이 캐릭터를 좌, 우로 움직여 획득하는 게임이다. 팔의 상, 하 운동으로 거북이 캐릭터를 좌, 우로 조종할 수 있으며 좌, 우측 끝에 배치된 나무 밑동이 있는 곳이 캐릭터가 이동이 가능한 영역이다. 바

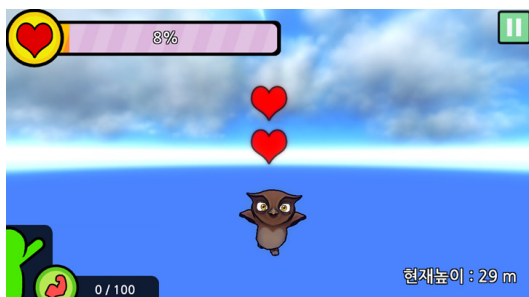


그림 11. 게임 3 - 날아오르기
Fig. 11. Game 3 - Flying

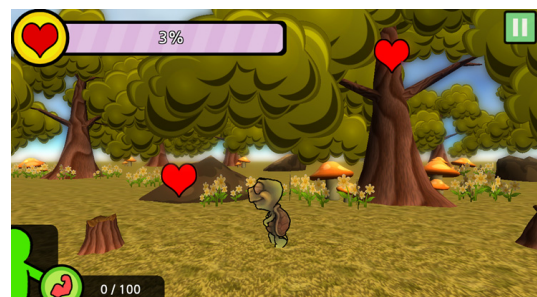


그림 12. 게임 4 - 하트 모으기
Fig. 12. Game 4 - Collecting Heart

표 6. 게임 4- 레벨데이터 및 운동효과
Table 6. Game 4 - Level data and Effect of Exercise

Game Level Article	Effect of Exercise
Move Speed	Agility of muscle
Heart Score	Play Time, Endurance
Failed Score	Play Time, Endurance
Heart Spawn Time	Agility of muscle
Falling Speed	Agility of muscle

닥에 하트가 떨어지면 획득했던 점수가 떨어지기 때문에 하트를 놓치면 게임플레이 시간이 늘어나도록 구성되어 있다.

난이도를 구성하는 각 요소들은 정신적인 집중과 근육의 민첩성, 순발력에 연관이 있다. 캐릭터의 “이동속도”는 느리면 하트를 따라가기 어렵지만 이동 중 캐릭터가 멈추는 경우가 없기 때문에 캐릭터가 너무 빠르면 세밀하게 조종하기 힘들다는 이중성을 가지고 있어 팔의 자세를 유지하고 빠르게 바꾸는 운동을 필요로 하게 되며 자세유지와 관련한 지구력과 연관이 있다.

게임 내 UI에서는 게임진행과 관련한 정보와 환자의 상태에 대한 정보를 보여준다. 그림 13과 같이, 게임 시작 전 설정된 환자의 활동 가능범위와 관련 없이 장비를 통해 파악되는 현재 어깨-팔 관절의 위치를 UI를 통해 실시간으로 표현하며 근전도 신호를 활용한 근육의 힘, 활동량을 측정하여 실시간으로 표현한다. 이런 부분은 환자를 비롯한 재활치료 과정을 모니터링 하는 담당 의료진이 환자의 정보를 실시간으로 파악하고 운동 상황을 확인할 수 있도록 돕는다. 게임을 진행하는 중에는 우측 상단의 일시정지 버튼을 통해 게임을 중지시킬 수 있다. 간략한 선택메뉴가 등장하며 이 과정에는 일시적으로 환자의 관절위치와 근전도 신호를 기록하지 않으며 일시중지 메시지를 기록한다. 좌측 상단의 하트 바는 게임 진행 중 습득한 하

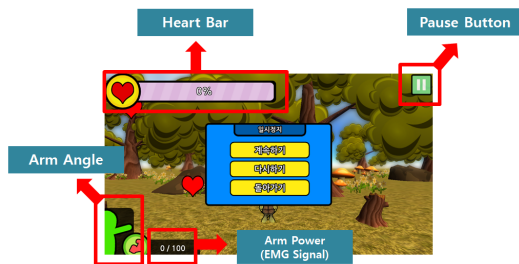


그림 13. 게임 UI
Fig. 13. Game UI

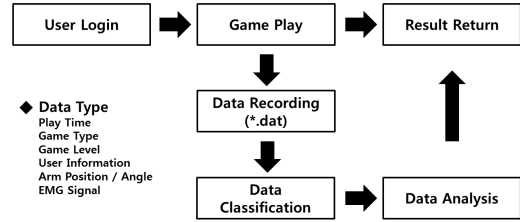


그림 14. 데이터 기록 및 분석 프로세스
Fig. 14. Data Recording and Analysis Process

트 아이템을 표현하며 게임의 진행상황을 의미하기도 한다.

위 그림은 재활치료 시 병원에서 환자의 게임진행 및 데이터 획득과정을 설명한 진행과정으로 환자가 게임을 통해 재활치료를 진행하며 일어나게 될 운동과 치료효과에 대한 측정을 위해 데이터를 기록하는 과정과 함께 게임 전체의 순서 진행도에 해당된다.

게임 진행 중 일어나는 모든 운동데이터는 유저정보를 포함하여 별도의 파일로 저장된다. 게임 플레이 시간을 토대로 진행한 게임의 종류, 난이도, 유저정보 및 어깨의 위치 값과 근전도 신호를 저장한다. XML 형태로 저장되는 데이터는 별도의 사용자별 폴더로 분류되어 저장되며 진료를 위해 의사가 사용하거나 기타 운동량 분석을 위해 정보를 사용할 수 있도록 구성되어 있다.

XML 데이터는 기본적으로 사용자 정보와 게임 정보를 기록한 후 자이로스코프의 각 축에 대한 각도, 근전도 신호를 한 블록으로 하여 하드웨어의 데이터 갱신 속도와 관계없이 게임 렌더링 루프에 기준을 두고 기록한 후 필터링 처리된다. 이는 게임 도중 일시정지가 되는 등의 게임과 관련한 이벤트 때문에 기록 과정에서 예외처리가 생길 수 있어 사용된 방법이며

표 7. 게임유저 정보 및 데이터 블록 포맷
Table 7. Game User Info and Data Block Format

Game User Info	Data Block
<system>	<AccX>7.382</AccX>
<userdata>	<AccY>128.320</AccY>
<StartTime>	<AccZ>72.4218</AccZ>
2014/11/17 19:49:17	<EMG1>73.632</EMG1>
</StartTime>	<EMG2>40.429</EMG2>
<GameType>1</GameType>
<GameLevel>1</GameLevel>
<UserID>abc</UserID>(Repeat Data)
<UserName>
Jong Heon Lim	</userdata>
</UserName>	</system>

추후 다중 스트레드 처리 등을 통해 개선될 수 있다. 일시정지가 되면 데이터 기록이 중지되고 일시정지 시간 및 게임 재 시작 시간을 기록한다. 이렇게 기록된 정보는 별도의 소프트웨어를 통해 집계되어 근피로도 분석^{8,9)} 등의 다양한 형태로 활용될 수 있다.

IV. 실험

4.1 게임을 통한 신체 운동량 증가 가능성 확인

게임을 통한 운동량의 증가를 확인할 수 있도록 실험을 진행하였다. 본 실험의 조건은 일반적으로 병원에서 물리치료사의 유도에 의해 이루어질 수 있는 운동을 가정하여 팔의 운동량과 근전도 신호를 측정하였고 이를 게임을 통해 이루어지는 운동의 신호측정 결과와 비교하였다. 각각 20대의 나이를 가진 2명의 학생을 대상으로 4종류의 게임 중 첫 번째 게임을 각각 5회 진행하여 기록된 데이터를 토대로 자이로스코프 변화량 그래프와 근전도 신호의 변화량 그래프 중 가장 변화량이 큰 그래프를 비교하였다.

그림 15에서 좌측 그래프 AccX는 팔의 상/하 운동을 의미한다. x축은 시간, y축은 팔의 위치에 대한 변화량이다. 상단 그래프는 일반적인 운동 상황, 하단 그래프는 게임 중 운동 상황을 의미한다. 왼쪽 그래프의 상, 하단 비교를 통해 일반적인 운동에 비해 게임 중 팔의 위치변화가 급격하게 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 게임에서 나타나는 장애물과 같은 게임 속 요소와 목적을 위해 운동을 하게 되면서 일어나는 자연스러운 과정 중 하나이다. 환자는 게임에 몰입하면서 스스로 인지하지 못하는 사이에 팔의 운동량을

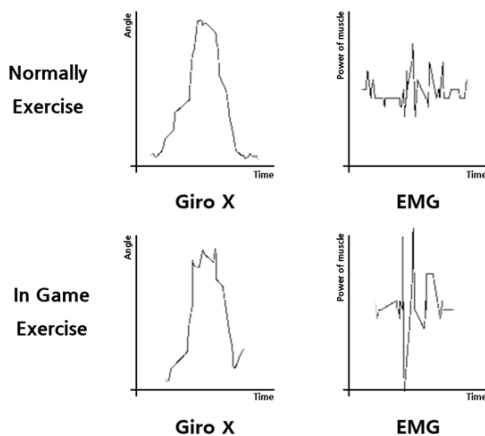


그림 15. 팔 운동량 증가 및 근전도 신호의 운동량 증가
Fig. 15. Arm exercise increase quantity and EMG Signal increase quantity

증가시키게 되며 일반적인 운동과 비교할 때 다소 급격하게 증가하는 운동량을 보인다.

그림 15의 우측 그래프는 근전도 신호를 의미한다. x축은 시간, y축은 변화량을 의미한다. 상, 하단 그래프의 근전도 신호 비교를 통해 게임 중 근육에 들어가는 힘이 더 큰 것을 볼 수 있으며 이는 게임으로 인해 근육의 긴장이 유도되는 과정이라 볼 수 있다. 재활치료는 환자의 운동량을 점진적으로 늘려가는 것이 기본적인 재활치료의 과정이라 볼 수 있는데 게임의 난이도 조절 등을 통해 환자의 운동량을 조절하여 점진적으로 운동량을 늘려갈 수 있다는 점에서 활용 가능성을 찾아볼 수 있다. 특히 이러한 과정을 통해 수집될 수 있는 운동정보는 일반적인 물리치료 상황에서 일어날 수 없는 운동을 유도하여 환자의 상태를 파악하는데 도움을 줄 수 있고 진료과정에 있어 정확한 정보를 제공할 수 있게 된다.

4.2 근전도 신호에 대한 운동량 증가 분석

실질적인 운동량 증가를 확인하기 위해 근전도 신호를 측정하고 분석하였다. 이전 실험과 다르게 보다 세부적인 측정을 위해 20대의 나이를 가진 5명의 학생을 대상으로 실험을 진행하였다. 우선 첫 번째 게임을 대상으로 가장 많은 차이를 나타내는 게임 난이도 1과 10을 두고 각 10회씩 게임을 진행하여 데이터를 기록하였다. 그리고 각 난이도에 따른 데이터의 평균값¹⁰⁾을 가지고 분석을 진행하였다.

분석방법은 다음과 같다. 미리 설정된 특정 값을 역치수준으로 두고 근 활동 시점에서부터 시간에 따라 적분된 값을 설정된 역치수준 값에 도달하면 다시 0에서부터 시작하는 형태로 그래프를 구성하였다. 이러한 방법을 사용하면 역치수준에 도달된 데이터의 조밀도에 따라 근육의 활동량을 파악할 수 있다¹⁰⁾. 본

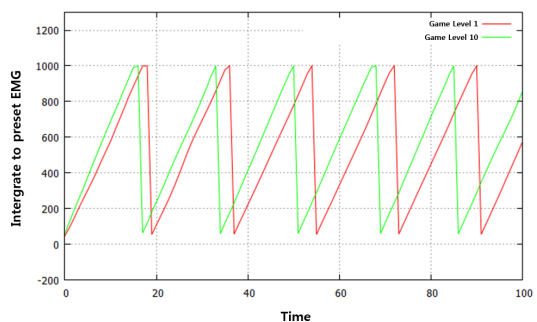


그림 16. 근전도 신호를 이용한 게임 난이도 분석에 따른 운동량 분석
Fig. 16. Exercise analysis of game difficulty level using EMG Signal

실험에서는 역치 값으로 1000을 지정하였으며 위 그 그래프를 확인해보면 난이도가 낮은 게임에 비해 높은 게임에서 측정된 데이터의 조밀도가 더 높은 것을 알 수 있다. 그림 16을 보면 게임 난이도 10에서 근육에 들어가는 힘이 더 많았기 때문에 역치 값에 도달하는 속도가 더 빨랐고 시간이 진행될수록 차이가 점차 벌어지는 것을 볼 수 있다. 이러한 데이터를 통해 재활 게임을 통한 환자의 운동량 증가를 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 재활치료에 사용할 수 있는 전문 하드웨어와 게임 콘텐츠를 개발하였다. 그 과정에서 생체신호를 수집하여 게임에 활용하고 분석하였으며 게임이 환자의 운동에 미치는 영향과 운동량 및 강도를 조절하고 이를 활용할 수 있는 방안을 제시하였다. 특히 근전도 신호를 활용하여 게임 중 환자의 근육상태를 파악하고 게임의 난이도와 이를 통해 조절된 운동량의 차이를 통해 환자가 재활게임을 즐기면서 점진적으로 운동량을 늘려나갈 수 있고 결과적으로 재활치료의 효과를 얻을 수 있다는 것을 확인하였다. 무엇보다 재활치료에 대한 게임 콘텐츠의 도입은 환자의 재활치료 참여 의지를 바꿀 수 있고 흥미를 유발할 수 있다는 점에서 환자의 집중력을 높일 수 있다는 점에서 기대해볼 수 있는 결과가 많아진다. 추후 게임 콘텐츠를 포함한 하드웨어를 개선하여 전기자극과 같은 직접적인 물리치료 방법으로 보다 더 나은 재활치료를 할 수 있을 것이라 생각하며 임상실험과 같은 과정을 통해 치료효과 증명 및 개선의 과정이 필요하다고 생각한다.

References

[1] J. H. Lim and J. J. Lee, "Game for rehabilitation using electromyogram signal," in *Proc. KICS Conf. 2014*, Jeju Island, Korea, Jun. 2014.

[2] Y. S. Chae, "A serious game design and prototype development for rehabilitation using KINECT tools," *J. Korea Multimedia Soc.*, vol. 17, no. 2, pp. 248-256, Feb. 2014.

[3] M. Touch, *Physical Therapy Products (HandTutor, ArmTutor, LegTutor) (2012)*, Retrieved Aug. 28, 2014, www.meditouch.co.il

[4] B. Lange, C.-Y. Chang, E. Suma, B. Newman,

A. S. Rizzo, and M. Bolas, "Development and evaluation of low cost game-based balance rehabilitation tool using the microsoft kinect sensor," *33rd Annu. Int. Conf. IEEE EMBS*, pp. 1831-1834, Boston, USA, Aug. 2011.

[5] D. G. Park and H. C. Kim, *Muscleman: Wireless input device for a fighting action game based on the EMG signal and acceleration of the human forearm(2001)*, Retrieved Jul. 24, 2014, www.intuinno.com

[6] J. E. Desmedt, *Computer-Aided Electromyography and Expert Systems*, Elsevier Science Publishers B.V. pp. 39-53, 1989.

[7] G. M. Lyons, P. Sharma, M. Baker, S. O'Malley, and A. Shanahan, "A computer game-based EMG biofeedback system for muscle rehabilitation," *25th Annu. Int. Conf. IEEE EMBS*, pp. 1625-1628, Cancun, Mexico, Sept. 2003.

[8] S.-L. Seo and J.-S. Kim, "EMG assessment of muscle fatigue on sloping ground when lifting," *Korea Soc. Ind. Inf. Syst.*, vol. 5, no. 2, pp. 1-8, 2000.

[9] E. S. Kim, S. Y. An, S. T. Choe, and W. D. Cho, "Fatigue measure of shoulder muscles using EMG sensor," *J. KICS*, vol. 51, pp. 43-44, Jun. 2013.

[10] Y. Moon, "About EMG Analysis Methods(EMG(근전도) 분석법에 대하여)," *J. Sport Sci.*, vol. 107, pp. 38-44, 2009.

임 종 현 (Jong Heon Lim)



2013년 2월 : 계명대학교 게임 모바일콘텐츠학과 졸업(학사)
2013년 3월~현재 : 계명대학교 미디어아트학과 게임학 석사 <관심분야> 게임, 소프트웨어 공학, 영상처리

이 준 재 (Joon Jae Lee)



1986년 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (학사)

1990년 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (석사)

1994년 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (박사)

1995년~2007년 : 동서대학교 컴퓨터 정보공학부 부교수

1998년~1999년 : Georgia Institute of Technology 방문교수

2000년~2001년 : (주)파미 연구소장

2007년~현재 : 계명대학교 게임모바일콘텐츠학과 교수
<관심분야> 영상처리, 3D 컴퓨터 비전, 게임