

근전도 신호를 이용한 운동 처방 장치 개발

김 호 준*, 이 준**

Development of a Exercise Prescription Device using EMG Signal

Ho-joon Kim*, Jun Lee**

요 약

본 논문은 인체 근육의 생체 전기 분석을 통한 근육 운동 처방 시스템을 개발하고 그 처방법을 제시한 것이다. 이 시스템은 근전도(EMG)를 통한 개인별 몸 상태를 우선 진단한 후 이를 근거로 운동형태, 운동 강도, 운동시간, 운동 빈도 등을 포함하는 정확한 운동처방이 이루어지도록 설계되었다. 이에 따라 사용자가 최적의 운동 상태를 유지할 수 있도록 하여 과사용 증후군과 같은 부작용을 없애 각종 의료사고 예방하고, 틀어진 자세 측정, 근육의 근력, 근육의 경직상태, 근육의 피로한 상태, 근육의 밸런스 측정 등 여러 방법으로 활용이 가능하도록 한다. 또한, 편리한 사용방법으로 전문 의료기관이 아닌 헬스장, 스포츠센터, 복지관, 보건소, 학교, 유치원 등에서도 누구나 손쉽게 활용할 수 있도록 한 것이다.

Abstract

In this paper, we develop a muscle exercise prescription system and present a prescription method by analyzing bioelectric signal of human muscles. This system is designed to give right exercise prescriptions include strength, duration, frequency of exercise after diagnosing personal body condition using EMG(Electromyography). With the help of these prescriptions all users can keep there optimum exercise status and avoid excess exercise symptom and, we van utilize in all the measurements like abnormal posture, muscle power, muscle rigidity, muscle fatigue, muscle balance. Also easily accessable system can offer variable utilizations such as in health care center, sports center, social welfare center, social medical center, school, and kinder garden.

Keywords : EMG, exercise prescription, HCI, muscular strength, muscle power

1. 서 론

현대 사회의 과학기술의 발전은 과거 육체적 활동에 의존하던 대부분의 일들을 기계가 수행하게 되어 현대인들은 신체 활동이 부족하게 되고

이로 인해 신체의 기능이 조기에 퇴화되며 경제 발전과 더불어 과잉 영양섭취, 불균형 영양섭취, 게다가 무한 경쟁 사회에서 쌓이는 육체적 정신적 각종 스트레스는 퇴행성 질환의 성인병이 일반 질환보다 발병율이 높은 것이 오늘의 실정이다.

* 제1저자 : 전주대학교 전기전자정보통신공학부(junekim@jj.ac.kr),

** 제2저자 : (주)아람솔루션 (wartwart@uaram.co.kr)

접수일자 : 2012년 8월 1일,

수정일자 : 2012년 8월 25일,

심사완료일자 : 2012년 9월 5일

현대인은 질병을 예방하고 또한 치유하기 위해 운동을 적극적으로 시행하고 있다. 운동이 성인병의 예방 및 치료, 체력강화를 통한 건강증진 등의 효과가 있다 할지라도 운동에는 항상 어느 정도의 위험이 따르며 어떤 경우에는 오히려 건강을 악화시킬 수도 있기 때문에 주의 깊게 실시되어야 한다. 따라서 개인의 건강상태, 체력수준, 연령, 운동 목적 등에 부합되는 운동유형의 선택, 운동의 질과 양의 산출 등을 비롯한 과학적 운동 프로그램의 관리가 필연적으로 요구된다[1][2].

운동처방이란 개인의 건강과 체력의 유지 및 향상을 목표로 하여 각 개인의 체력 수준에 맞게 적절한 운동 강도, 운동 시간, 운동 빈도, 운동 종류 및 운동의 단계 등을 결정하는 활동으로 정의되며, 올바른 운동 처방에 의해 의하여 운동을 실시해야 운동 상해 없이 운동 효과를 기대할 수 있다[3]. 그러나 항상 운동 전문가의 처방을 받아야 하는 불편함이 있어 컴퓨터를 응용한 간단한 진단 및 처방 기계를 사용하고자 하는 요구가 많아지고 있다[4][5].

본 논문에서는 개인의 근육상태를 실시간으로 측정하여 현재 몸 상태에 가장 적합한 운동처방을 하기 위한 시스템을 구현하고자 한다. 특히 누구나 간단히 조작할 수 있는 작동법을 구현하고자 한다. 또한 처방전을 스마트폰과 연계하여 관리함으로써 처방전 이력을 쉽게 관리하는 방법을 제시하고자 한다.

II. 장치의 구성과 운용 절차

본 시스템은 개인의 근육상태를 실시간으로 측정하여 운동처방을 내리는 시스템으로 근전도(EMG; Electromyography)를 이용하여 사용자의 몸 근육상태를 우선 진단하고, 이러한 진단 결과로부터 개인별 특성 및 현재 신체의 특성을 분석한 후 그 분석결과에 가장 적합한 운동 형태, 운동 강도, 운동 시간, 운동 빈도 등을 포함하는 운동방법을 처방하여 사용자가 최적의 운동 상태를 유지할 수 있도록 하는 인체 근육의 생체전기 분석을 통한 근육 운동 처방 시스템에 관한 것이다[6].

그림1은 본 시스템의 구성도이다. 조작부에서 본 시스템의 작동법 및 각종 결과치를 표기해준

다. 출력부에서 개인의 신체 상태를 측정한 후 가장 적합한 운동 처방전을 출력한다. 측정부에서 개인의 현재 몸 상태를 근전도(EMG)를 통해 측정한다. 통신부에서 처리된 운동처방 및 기타 데이터를 스마트폰으로 전송한다.

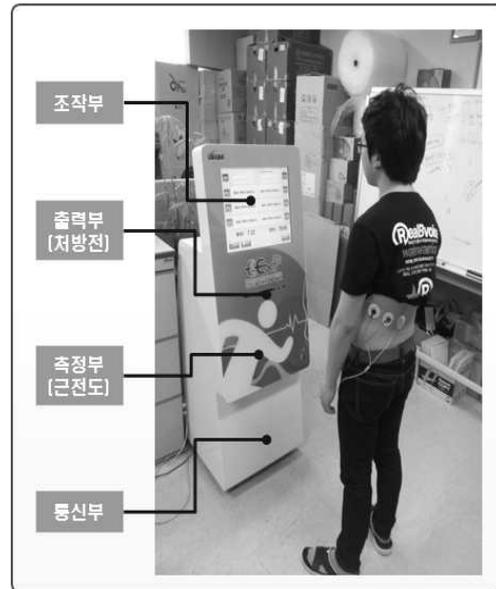


그림 1. 장치의 구성도
Fig.1 Configuration of the Device

그림 2는 본 시스템의 운용 절차를 도식화한 것이다. 사용자가 조작부 터치 패널을 통해 운동할 신체 부위를 선택하면 전극을 부착할 부위가 화면에 표시되어 전극을 제 위치에 부착할 수 있다. 화면의 안내에 따라 측정 시작과 멈춤 동작을 하면 근전도가 저장되고 분석 알고리즘에 따라 운동 처방 정보를 화면과 종이로 출력하게 된다.

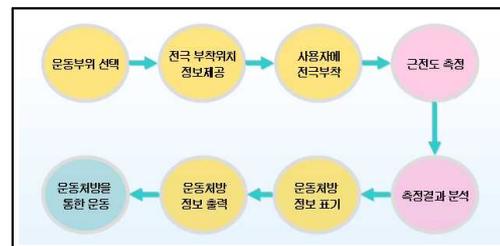


그림2. 장치 운용 절차
Fig.2 Operation Process of the Device

III. 측정부의 구성

그림3은 인체 근육의 생체전기 분석을 통한 근육 운동 처방 시스템의 구성도를 도시한 것이다. 본 시스템은 근전도 패치(10), 생체신호 처리 모듈(20), 운동처방 운영모듈(30), 그리고 패치부착 안내부(40)를 포함한다.

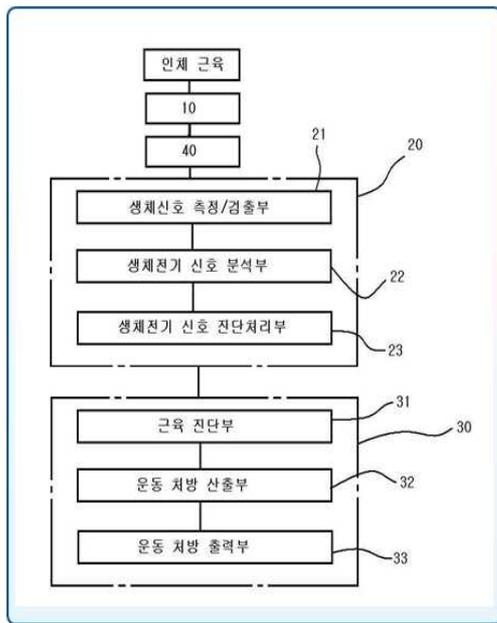


그림 3. 근육 운동 처방 시스템의 구성도
Fig. 3 Configuration of Muscle Exercise Prescription System

근전도 패치(10)는 측정하고자 하는 사람의 근육에 부착되는 것으로, 패치부착 안내부(40)를 통해 생체신호 처리모듈(20)과 전기적으로 연결 구성된다.

생체 전기 신호 측정 및 검출부는 근육의 생체신호 자료 수집을 위해 표면유도 전극이나 static EMG 스캐너 소자를 사용 생체전기 검출하며, 생체전기 신호 분석부는 측정된 근육의 생체전기 신호를 Time domain analysis와 Frequency Domain analysis로 분석하며, 신호 진단 처리부는 근 활성화도, 근 피로도 등 필요한 정보를 처리한다.

근육 진단부는 운동 프로토콜을 산출하기 위

해 생체 전기 신호를 측정하고 분석한 좌우 대칭 근육의 근활성도 및 근피로도 등의 편차가 있는 부분의 근육과 평균 근활성도 및 근피로도가 정상치 수치에서 벗어나는 근육을 발굴하기 위해 진단하는 단계이다.

운동처방 산출부는 대상 근육의 운동 방법을 산출해 내는 단계이며, 운동 처방 출력부는 처방 결과를 출력해준다.

IV. 근전도 측정

생체전기 신호 분석부(22)는 시간 도메인 분석(Time domain analysis), 그리고 근전도 파형의 진폭 정보(uV)를 나타내고 근수축력(활성도)을 의미하는 Integral Average와 RMS(Root Mean Square)를 이용하여 생체전기 신호를 분석하게 된다.

여기서, Integral Average는 raw EMG에서 절대값을 취하고 평균을 하는 것이며, RMS(Root Mean Square)는 raw EMG에서 제곱을 취하고 평균을 계산하고 다시 제곱근을 취하는 것으로 Muscle energy의 크기를 아래의 수학적식과 같이 정량화하는 것이다[7].

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N v^2(t)} \quad (1)$$

단, N은 데이터 개수, v(t)는 시간 t에서의 EMG값

근 피로도 분석에 대하여 살펴보면, 근 피로를 분석할 때 일반적으로 적분 근전도(IEMG)와 중간주파수(Median Frequency; MEF) 분석법에 출력된 값을 화면에 표시하게 된다. 이때, 적분 근전도(IEMG)는 운동단위의 동원수와 발화 빈도로서, 이는 근육의 수축에 의하여 발생하는 전기 신호인 근전도를 전파정류(Full-wave rectification)하여 근의 활동량의 지표인 운동단위의 동원수와 발화빈도의 변화를 반영하는 것이고, 운동단위의 동원수와 발화빈도는 아래의 수학적식에 의해 산출된다.

$$IEMG = \int_0^t |E(t)| dt \quad (2)$$

단, E(t):근전도, T:수축시간

근육의 통증 분석은 척추부 근육의 민감도를 분석해 통증정도를 유추하게 되며, 이는 시간의 흐름에 따라 주파수 변화를 비교(치료전과 치료후 그리고 전날과 다음날 치료 주파수 시그널을 비교하여 즉 진폭의 정도, 시그널의 양상 등)하여 통증의 정도를 유추 분석하는 것이다[8].

근육의 경직도 분석은 그림3에서와 같이 확률 분포를 통해 근육의 경직상태를 분석하는 것으로, 그 분석방법은 확률분포 그래프로 표시하는 것이다.(그래프의 분포, 기울기, 퍼짐정도 등으로 분석)

따라서, 상기와 같이 생체전기 신호를 시간 도 메인 분석에 의해 Integral Average, RMS 값으로 화면에 표시하여 근 수축력과 근 피로도 및 좌우 골격근 대칭도와 근육의 통증, 그리고 근육의 경직도 분석이 완료되면, 운동처방 운영모듈(30)에서는 상기 분석되는 정보로부터 타겟(Target)이 되는 근육의 운동 방법을 산출하게 되는 것이다.

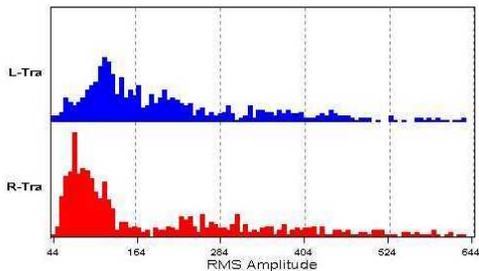


그림 3. 근육 경직도 분석
Fig. 3 Muscle Stiffness Analysis

V. 제작 및 실험

개인은 시스템에서 원하는 운동부위를 선택하고 그에 따라 시스템은 전극부착위치를 화면에 표기해준다. 그에 따라 전극을 몸에 부착한 후 측정 버튼을 통해 개인의 몸 상태를 측정한다. 시스템은 측정결과에 따라 결과값을 산출하고 현 몸 상태에 가장 적합한 운동처방 정보를 제공한다.

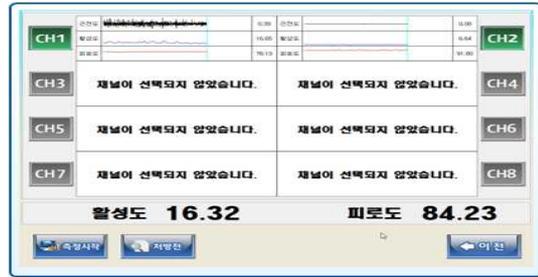


그림 4. 근육상태 측정화면
Fig. 4 Picture of Muscle Status Measurement

본 시스템은 총 8채널로 구성되어 있으며 정확한 측정을 위해서는 8채널을 기본측정을 위해서는 1채널을 선택하여 측정한다. 측정결과는 그림 4와 같이 근육의 활성도와 피로도를 산출하며 이에 따른 몸 상태에 따른 등급을 표 1과 같이 산출한다.

표 1. 측정값에 따른 등급산정
Table 1. Grade Assignment by Measurement

구 분	A 등급	B 등급	C 등급	D 등급	E 등급
평균값	80~100	60~80	40~60	20~40	00~20
운동시간	90분	70분	50분	40분	30분
휴식시간 (운동중간)	1분	2분	3분	4분	5분
비 고	평균값 = (활성도 + 피로도) / 2				



그림 5. 처방전 화면
Fig. 5 Picture of Prescription

운동처방전은 그림5와 같이 출력이 된다. 이때 처방일시, 운동부위, 건강상태, 운동처방(본인이 선택한 운동기구를 이용하여 처방한다.), 주의사항을 표기한다.

본 시스템은 운동처방 결과를 스마트폰과 Bluetooth 무선 접속을 통하여 처방전 데이터를 전송가능하며 이에 다른 지속적인 데이터 관리가 가능하다. 또한 처방전에 따른 일별 운동시간을 그래프로 모니터링 가능하다(그림 6).



그림 6. 데이터 관리
Fig. 6 Data Management

VI. 결 론

본 논문은 근전도(EMG)를 이용하여 사용자의 몸 상태를 실시간으로 분석하여 개인별 특성 및 현재 신체의 특성을 분석한 후 그 분석결과에 가장 적합한 운동 방법을 처방하여 사용자가 최적의 운동 상태를 유지할 수 있도록 하는 인체 근육의 생체전기 분석을 통한 근육 운동 처방 시스템을 개발하였다. 이는 각종 과도한 근력 운동으로 인한 피해(피로골절, 과사용 증후군, 발살바 메뉴버, 조직 손상, 노화 촉진 등)를 방지할 수 있으며 정확한 운동처방을 통해 과학적이고 체계적인 건강 증진 활동을 가능하게 한다. 추후 처방결과에 대한 정확한 검증 과정을 거친 후 적극적인 활용을 위한 방향을 제시할 수 있을 것으로 기대한다. 또한 기존의 근전도 측정 장비는 조작 방법이 어려운 반면 본 시스템은 편리한 사용 방법으로 인하여 전문 의료 기관이 아닌 헬스장, 스포츠센터, 복지관, 보건소, 학교, 유치원등에 설치하여 누구나 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 차광석 “운동처방분야 국내 전문인력 양성제도의 현황 및 과제” 체육과학연구, 제15권, 제4호, pp. 131~146. 2004.
- [2] 김광희, 김용진, “일반 헬스센터에서 활용 가능한 운동처방 컴퓨터 프로그램 설계,” 인하대학교 스포츠과학논문집 제15호, pp. 83-111. 2003.
- [3] 김용권, 허제연, 박은경, 진영수, “사례기반추론을 활용한 운동처방지원시스템의 구축”, 한국체육학회지, 제41권, 제3호, pp.351-358, 2002.
- [4] 나홍석, 최오훈, 임정은, 최연식 “지식베이스 기반 운동처방 전문가 시스템”, 2006 한국컴퓨터종합학술대회 논문집 Vol. 33, No. 1(B), 2006.
- [5] 전유섭, “현대병 예방을 위한 운동처방 프로그램 타당성 검증,” 한국체육과학회지 제11권 제2호, pp. 759-768. 2002.
- [6] 배운정, 이대택, 손운선, “HCI 환경기반 운동처방 프로그램 알고리즘 모델 개발,” 한국생활환경학회지, 제17권 3호, pp. 324-333. 2010. 6.
- [7] 조익현, 권창영, 김정삼, 이충호, 윤동한, “신경망을 이용한 심전도 신호의 잡음 제거에 대한 연구,” 한국정보기술학회논문지 제6권 제4호, pp. 151-157. 2008. 8.
- [8] 이병문, 김재권, 김종훈, 이영호, 강운구, “유헬스 서비스에서 상황인지 기반의 맞춤형 운동 서비스 모델,” 한국정보기술학회논문지 제9권 제2호, pp. 141-152. 2011. 2.

저자약력

김 호 준 (Young-June Yoon) 중신회원



1986년 2월 : 연세대학교 전기
공학과 졸업
1988년 2월 : 연세대학교 전기
공학과 석사
1998년 8월 : 연세대학교
전기공학과 박사
1988년 2월 : 삼성종합기술원
주임연구원
1999. 4월 : 삼성전자 통신
연구소 수석연구원
2001년 3월 ~ 현재 :
전주대학교 공과대학 교수

<관심분야> 이동통신, 센서네트워크, 유비쿼터스
홈네트워크

이 준 (Young-June Yoon) 정회원



2000년 02월 : 전주대학교
수학과 졸업
2011년 08월 : 전북대학교
경영정보과 석사 수료
2007년 09월 : (주)e-클리오
개발팀장
2009년.04월 ~ 현재: (주)아
람솔루션 대표

<관심분야> 무선통신, 센서네트워크, 스마트폰 응용