

모션인식과 근전도를 이용한 재활 치료 시스템 구현에 관한 선행 연구

왕창원*, 민세동*
순천향대 의료IT공학과*

Preliminary Study on Rehabilitation using Motion Recognition and EMG

Chang-Won Wang*, Se-Dong Min*
Dept. of Medical IT Eng., Sooncheonhyang University*

Abstract - 본 연구에서는 Microsoft사의 Kinect를 이용하여 인체의 각 관절좌표를 얻어 인체 골격계 모델을 만들었다. 이를 C#을 이용하여 재활치료 시뮬레이션 모듈을 개발하였고, 근전도(EMG)신호를 측정하여 자신의 모습을 직접 관찰하면서, 실시간으로 feedback을 주고 재활치료가 효과적으로 진행되고 있는지를 판단하는 시스템을 개발하였다. 재활치료가 제대로 되는지 평가하기 위해 전문가와 환자의 관절운동범위를 서로 비교하고, 근전도 신호 중 근피로도를 이용하여 실제 운동효과가 있는지를 분석하였다. 본 연구를 통해 얻어진 기술은 재활치료에 관련된 연구에 도움이 되고 널리 활용될 것으로 생각된다.

*주요어 : 재활치료, 근전도(EMG), Kinect, 인체 모델(Human Model), 관절가동범위(ROM)

C#과 WPF(Windows Presentation Foundation)을 이용하여 재활치료 시뮬레이션 프로그램을 개발하였다. 좋은 프로그램은 유지보수가 용이하도록 개발함과 동시에 사용자가 쉽게 사용할 수 있어야 한다. 환자의 연령대가 다양하지만, 연령대가 높은 환자들이 프로그램을 사용할 때 쉽게 사용할 수 있도록 직관적인 UI를 구성하였다. 각 동작들은 버튼을 누르면 자세한 이미지와 설명이 나오도록 구현하였고, 이때 이미지는 각 운동당 4초씩 총 3-4장으로 구성하였다[2]. 각각의 동작들은 전문가의 동작과 Kinect를 통한 환자 개인의 동작(인체관절 영상)을 서로 비교하면 서 보도록 구현하였다. 이를 통해 환자가 정확한 동작으로 운동을 할 수 있도록 유도하였다[7].

1. 서 론

오늘날 현대 사회는 급격한 산업화 및 고령화로 인한 질병이 증가하고 있고, 또한 예기치 못한 사고 등으로 인한 신체적 운동 장애, 인지 기능 저하로 인한 행동 장애 등 2차적 질환들이 증가하고 있다[3]. 이러한 환자들의 운동능력을 회복 및 유지시키기 위하여 다양한 재활치료가 수행되고 있는데, 가장 대표적인 방법은 운동치료이다. 운동치료에서 가장 중요한 점은 환자에게 알맞은 운동 강도의 설정이다. 즉 환자의 근상태와 근력차이를 진단, 평가하여 그 정도에 따라 수행되어야 한다.

본 연구에서는 Kinect를 이용하여 전문가의 2가지 재활치료 동작을 통해, 전문가의 각 관절운동범위를 추출하고자 한다[4]. 환자 역시 전문가의 동작을 보고 같은 동작을 수행하면, 프로그램에서 환자의 관절의 관절운동범위와 전문가의 관절운동범위를 비교 분석하고, 오차범위가 5% 이내이면 정확한 동작을 수행하였다고 통보하도록 구성하였다. 동작을 수행하는 동안 측정되는 근전도 신호(EMG signal)를 기초로 해석하고, 수학적 기법인 FFT(fast fourier transform)와 스펙트럼분석을 통해 근육 수축의 최대치의 양상과 중간 주파수(median frequency)를 관찰하여 변화하는 형태를 관찰하여 근 피로도를 해석하고자 한다. 근 피로도의 지수로 중간 주파수 및 RMS(root mean square)를 사용하여 이들의 수치를 비교 분석하고자 한다[1].

현재 무인 재활치료와 관련된 연구는 환자 개개인의 근상태와, 근력차이가 상이하고 객관적인 지표를 구성하기에 어려움이 많아 아직까지 많이 진행되고 있지 않기에[5] 본 연구를 통해 얻어진 기술은 무인 재활치료에 관련된 연구에 도움이 되고 널리 활용될 것으로 생각된다.

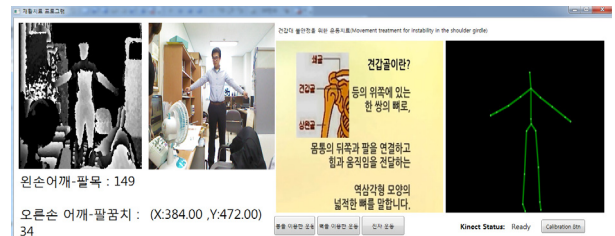
2. 본 론

2.1 연구 대상 및 방법

근육 및 신경계통의 질병을 앓은 적이 없는 신체 건강한 성인 남성2명, 여성2명, 총 4명을 연구대상으로 선정하였다. Kinect를 이용하여 관절운동범위를 계산하여 전문가의 관절운동범위와 비교하여 오차범위가 5% 이내면 올바른 동작으로 재활운동을 수행하고 있다고 판단하고, 이때 근전도 신호의 특징인 중간주파수 및 RMS 등의 매개변수를 분석하였다.

안재용 등(1998)의 실험 프로토콜을 벤치마킹하여 크게 두 종류의 실험으로 나누고, 각 실험은 하나의 재활치료 동작을 통해 진행하였다. 각 실험은 남성은 5분, 여성은 3분 동안 진행 하였고 남성은 5kg분동, 여성은 3.5kg 분동을 이용하여 실험을 진행하였다. 각 실험 후 바로 근전도를 측정하고, 남성은 5분, 여성은 3분의 휴식시간 뒤에 다시 근전도를 측정함으로써 근 피로도의 변화를 관찰 하였다. 관찰하는 근육은 각 실험마다 다르게 측정 하였는데, 1)상완이두근, 2) 어깨세모근 을 측정하였다.

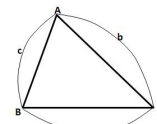
2.2 재활치료 시뮬레이션 프로그램



<그림 1> 재활치료 프로그램 실행 화면

2.2.1 관절운동범위 측정 알고리즘

Kinect의 인체의 두 관절의 좌표를 이용하면 삼각형을 그려낼 수 있다. 삼각형의 각 좌표를 알면 길이를 알 수 있고, 제2 코사인 법칙은 삼각형의 특정 변을, 나머지 두 변과 그 끼인각을 사용해서 구할 때 쓰는 공식이기에 제2 코사인 법칙(1)을 이용하여 원하는 각도의 값을 얻기 위해 식을 응용(2)하여 구하였다[8].



$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cdot \cos B \tag{1}$$

$$\cos B = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac} \tag{2}$$

2.3 근전도 측정

근전도 측정은 Laxha사의 PolyG-I를 이용하여 측정하였고, 사용한 전극은 AgCl(표면전극 : surface bipolar electrode)을 사용하였다. 전극의 위치는 근육의 결방향대로 부착하였고 2cm 간격으로 부착하였다[6]. 처음 운동을 시작 할 때의 근 상태와 운동 후 근 상태 데이터를 이용하여 중간 주파수, RMS를 구하였고, Band-filter FFT를 이용하여 cutoff frequency를 25-450hz로 설정하여 근전도 신호를 분석하였다. 근 피로도는 10초동안 측정한 데이터 중 RMS값을 스펙트럼분석을 통해 도출하였다. 연구 대상 간 근 피로도를 비교하여 객관적인 지표를 구성하고자 하였다.

3. 결 과

먼저 10초 동안 측정한 근전도 신호 중 신호가 깨끗하게 나온 3개를 선정하여 각 각 RMS값을 구하였다. R, L은 오른팔과 왼팔을 의미하며 rest는 남자는 5분, 여자는 3분 휴식 후 측정한 근전도 신호의 RMS값이

다(표 1). (그림 2, 3)의 X축은 각 팔의 RMS의 횟수, Y축은 RMS값이다.

〈표 1〉 각 운동별 RMS값 및 근 피로도

	Right RMS		근 피로도	after rest, Right RMS		근 피로도	Left RMS		근 피로도	after rest, Left RMS		근 피로도
subject 1	960.93	1156.35	1060.33	43.25	608.80	672.89	672.84	43.88	748.00	839.17	955.10	42.75
subject 2	1116.08	950.50	1127.24	42.00	873.79	793.59	785.45	43.75	1330.68	1165.59	1366.07	44.00
subject 3	427.8	573.1	426.0	39.75	356.89	446.61	409.09	44.25	388.69	399.70	460.71	40.75
subject 4	261.27	267.81	265.24	42.50	170.56	192.80	237.56	42.37	425.6	401.3	457.6	43.6

	Right RMS		근 피로도	after rest, Right RMS		근 피로도	Left RMS		근 피로도	after rest, Left RMS		근 피로도
subject 1	787.98	652.90	724.56	41.88	538.21	710.60	526.38	40.00	693.17	740.61	797.91	42.13
subject 2	1020.51	1013.69	781.46	42.25	732.42	755.47	914.93	40.38	1040.83	1064.75	1369.71	42.50
subject 3	483.3	589.6	687.6	40.63	303.62	394.48	444.69	41.13	394.9	429.1	485.7	41.25
subject 4	887.49	900.86	894.09	43.13	538.46	521.18	686.37	46.13	814.9	721.0	804.9	40.4

3.1 관절운동범위 측정 결과

실험 1의 전문가의 관절운동범위는 0-90° 도 사이이고, 실험 2의 범위는 0-150° 이다. (표 3)은 Kinect로 측정된 각 실험자들의 관절운동 범위이다. 전문가의 관절운동범위(표 2)와 비교 해 보았을 때, 실험 1의 오차 범위는 오른쪽이 -1.8° ~3.2°, 왼쪽은 -2.8° ~4.8° 로 나타났다, 실험 2는 오른손이 -10.45° ~5.65°, 왼손이 -21.1° ~ 6.9° 로 각각 나타났다.

〈표 2〉 전문가의 관절운동범위 값

실험 1	Right	Left	실험 2	Right	Left
expert	88.80	89.20	expert	149.45	148.10

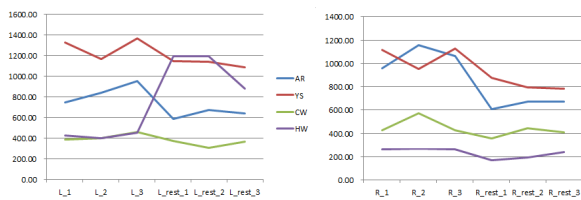
〈표 3〉 Kinect로 측정된 관절운동범위 값

실험 1	Right	Left	실험 2	Right	Left
subject 1	89.00	86.00	subject 1	139.00	155.00
subject 2	92.00	88.00	subject 2	141.00	127.00
subject 3	86.00	94.00	subject 3	155.00	150.00
subject 4	90.00	91.00	subject 4	146.00	141.00

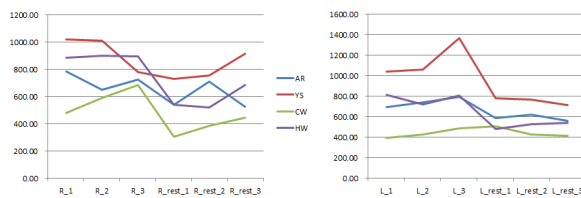
3.2 실험 1,2의 결과

실험 1은 남성 2명 및 여성 2명의 오른팔 및 왼팔의 RMS값은 운동 후 측정된 값보다 휴식 후 측정된 값이 감소하는 경향이 관찰되었다(그림 2). 이는 수축 및 이완으로 인해 발생한 근육의 피로가 점차 풀리고 있다고 해석할 수 있다.

한편 남성 1명이 휴식 후 측정된 RMS값이 오히려 더 증가함이 보였는데, 이는 실험 중 땀으로 인한 노이즈 및 정확한 운동 동작이 수행되지 않아서 생기는 것으로 판단된다. 실험 2역시 노이즈로 인하여 값이 비정상적으로 휴식할 때 상승한 부분을 제외하면, 전체적으로 휴식 후 측정하였을 때 근육의 피로가 감소함을 볼 수 있었다(그림 3).



〈그림 2〉 운동 직후 및 휴식 후 측정된 실험 1 RMS값

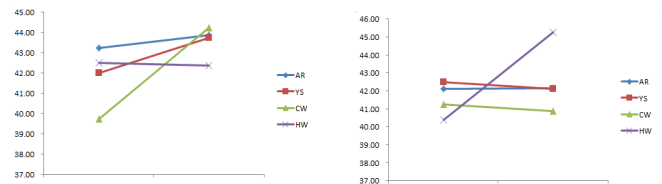


〈그림 3〉 운동 직후 및 휴식 후 측정된 실험 2 RMS값

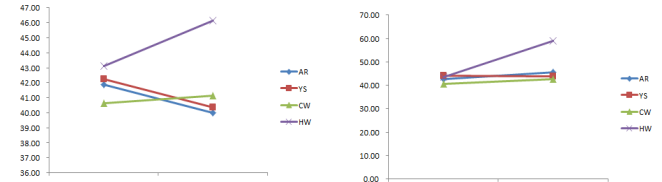
3.3 운동 직후 및 휴식 후 근 피로도의 상관관계

실험 1의 오른쪽 및 왼쪽 어깨세모근의 등척성운동 경우 남성 한명을 제외 하고, 모든 인원의 근 피로도가 증가함을 볼 수 있다(그림 4). 실험 2의 오른쪽 및 왼쪽 상완이두근의 등척성운동 경우에는 남성 한명만 근 피로도 값이 증가하고 나머지 인원은 근 피로도가 감소하였다(그림 5).

안재용 등(1998)은 반복적인 근육의 수축/이완 운동으로 인하여 누적된 근육의 피로도는 피로도의 정도가 심화됨에 따라 중간 주파수의 전체적인 증가 현상이 있음을 확인하였다. 이는 개인의 운동능력 차이와 이에 따라 회복하는데 걸리는 시간이 상이하기 때문이라고 판단 할 수 있다.



〈그림 4〉 실험 1의 근 피로도 값의 변화



〈그림 5〉 실험 2의 근 피로도 값의 변화

3.4 시스템 성능 평가

본 연구에서 개발한 시스템 성능평가를 하기위해 근육 및 신경계통을 앓은 적이 없는 성인 남성 2명, 여성 2명 총 4명을 선정하고, Kinect로 전문가의 관절운동범위와 실험자의 관절운동범위를 비교 했을때, 오차범위 ±5° 이내, 90%의 이상의 정확도로 운동의 자세를 평가 할 수 있었다. 하지만 근전도 실험결과를 토대로 분석해본 결과, 운동범위 측정은 가능하나 개인의 근 피로도의 값이 일정한 패턴이 없어, 근 피로도를 이용하여 시스템을 개발하기에는 아직 다소 무리가 있는 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 연구는 무인 재활치료 시스템 개발에 필요한 선행연구로 전문가의 관절운동범위와 직접 비교하면서 올바른 동작으로 재활운동을 하는지를 판단할 수 있도록 하였다. 또한 단순히 동작만 올바르게 하면 운동효과를 보장할 수 없기 때문에, 근 피로도를 이용하여 운동효과가 있는지를 비교, 분석 하였다. 분석 결과 높은 관절운동범위의 정확도와 운동효과가 입증은 되었지만, 말 그대로 입증일 뿐이지 전문 재활치료사 없이 스스로 모든 재활치료를 할 수 있는 단계는 아니다. 하지만 앞으로 재활치료의 중요성이 대두되고 환자가 집에서 스스로 재활치료를 하고자 하는 욕구 및 요구 사항이 증대할 것이라 생각이 되고, 이에 본 연구의 의의가 있다 생각한다. 앞으로 재활치료 분야의 다양한 연구와 시스템 개발이 이루어 질 것을 기대 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 안재용, 한정수, 민기식 “근전도를 이용한 근피로도의 측정”, 대한정형외과학회지, 제33권 4호, 1184-1192, 1998
- [2] 이주원, 오경수, “키넥트를 활용한 요가 학습 컨텐츠”, HCI 학술대회, 권호, 221-223, 2012
- [3] 김정수, 이인아, 이수진, 김용규, 박시복, 고재우, 송재철 “어깨 근막통 증후군에서 어깨 관절운동범위에 대한 분석”, 대한산업의학회, 제17권 4호, 333-342, 2005
- [4] 이민규, 전재봉 “키넥트를 이용한 개인용 컴퓨터 제어”, 한국컴퓨터종합학술대회, 제39권 1호, 343-345, 2012
- [5] 최완, 김태영, 임철수 “재활 훈련 서비스를 위한 실시간 모션인식 알고리즘”, 한국멀티미디어학회, 제10권 9호, 1143-1152, 2007
- [6] 한영환 “u-Health System을 위한 생체신호 모니터링에 관한 연구”, 한국컴퓨터정보학회, 제16권 3호, 9-15, 2011
- [7] <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/>
- [8] Beginning Kinect Programming with the Microsoft Kinect SDK