

근전도를 활용한 인체 수관절 운동 분석

Motion Analysis of a Human Carpal by Using an Electromyogram

전한용*·김진오†·박광훈**

Han Yong Chun*, Jin Oh Kim†, and Kwang Hun Park**

1. 서 론

로봇 중 의료 서비스 로봇은 장차 고부가가치 산업품목이 될 걸로 전망된다. 의료 서비스 로봇에 대한 연구 및 개발이 최근 국내외에서 활발히 진행 중이다. 그 중 재활 훈련 로봇은 수술용 로봇 등에 비해 기술적 접근이 쉽고, 수요가 많은 장점이 있다. 따라서 우수한 제품을 개발하면 세계시장에서 우위를 선점할 수 있다.

인체 중 손과 팔을 연결하는 수관절은 일상생활을 영위하는데 있어서 중요한 부분이다. 이러한 수관절에 관한 연구는 의수에 관한 연구가 대부분이며, 재활 훈련 로봇에 관한 연구는 거의 찾아볼 수 없다. 의수에 관한 연구^(1,2)들은 근전도 신호의 주파수 특성을 주로 분석하였는데, 근전도 신호의 주파수는 사람마다 특성이 달라 실제적으로 적용하기 힘든 단점이 있다.

본 논문은 표면 근전도를 활용하여 인체 수관절 운동을 실험적으로 분석하였다. 수관절의 해부학적 구조를 분석하여, 운동 형상 및 주요 근육을 파악하였다. 수관절 재활 훈련 장치를 이용하여 수관절 운동에 저항하는 토크를 가하고, 이 때 주요 근육에서 토크에 따른 표면 근전도 신호를 측정하였다. 측정된 표면 근전도 신호의 크기(RMS)를 계산하여 수관절 운동 분석에 사용하였다.

2. 수관절의 운동 형상 및 주요 근육

2.1 운동 형상

해부학적 구조를 바탕으로 분석된 수관절의 운동 형상은 네 가지로서 각각 굴곡(flexion), 신전(extension), 요측 편위(radial deviation), 척측 편위(ulnar deviation)이다⁽³⁾. 외견상 손바닥의 축회전인 것처럼 보이는 회내(pronation) 및 회외(supination) 운동은 수관절에서 일어나는 운동이 아니라 전완부가 축회전하는 운동이다.

2.2 주요 근육

수관절의 운동을 발생시키는 주요 근육은 네 가지로 정의된다⁽³⁾. 이 근육들은 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 장요측수근

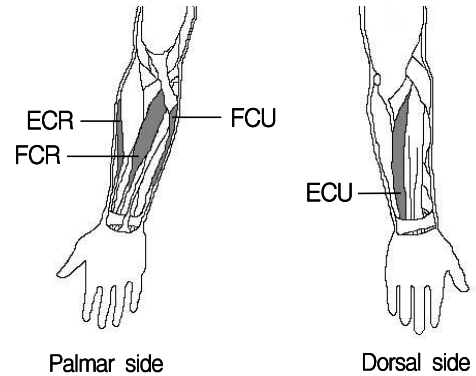


Fig. 1 Main muscles of a generating carpal motions

신근(ECR), 척측수근신근(ECU), 요측수근굴근(FCR), 척측수근굴근(FCU)이다. 이 근육들은 수관절의 회전축 중심을 지나지 않기 때문에, 근육의 수축력이 토크를 가하여 손의 회전 운동을 가능하게 한다. 또한 각각 두 방향의 운동을 담당하고 있어, 한 방향 운동에 두 가지 근육이 상호작용한다. 장요측수근신근은 요측 편위와 신전을 발생시키며, 척측수근신근은 척측 편위와 신전, 요측수근굴근은 요측 편위와 굴곡, 척측수근굴근은 척측 편위와 굴곡을 발생시킨다.

3. 실험

3.1 실험 장치 및 방법

실험 장치는 Fig. 2에 개략도로 보인 바와 같이 두 부분으로 구성된다. 수관절 운동에 대하여 정해진 토크로 저항을 주는 재활 훈련 장치와 운동을 발생시키는 표면 근전도를 측정하기 위한 장치이다. 재활 훈련 장치는 (주)피앤에스미캐닉스가 개발한 것이다. 이 장치에는 전류 제어 방식의 히스테리시스 브레이크(Mitsubishi, ZHA-1.2A1)가 사용되었다. 표면 근전도 측정 장치는 Biometrics사 제품으로 표면 근전도 센서(SX230)와 기준 전극(R206), 컨트롤러(W4X8)로 구성된다.

2.2절에서 선정된 네 가지 주요 근육의 위치를 파악하여, 각 운동을 수행할 때 표면 근전도 신호가 가장 크게 발생하는 지점에서 신호를 측정하였다. 표면 근전도 센서와 기준 전극을 부착하고, 각 근육에 대하여 정의된 두 방향의 운동을 수행하여 표면 근전도 신호를 측정하였다. 재활 훈련 장치의 토크를 6단계로 설정하고, 각 토크에서 운동을 10회씩 반복 실시하였다.

* 숭실대학교 대학원 기계공학과
† 교신저자 : 숭실대학교 공과대학 기계공학과
E-mail : jokim@ssu.ac.kr
Tel : (02) 820-0662, Fax : (02) 820-0668
** (주)피앤에스미캐닉스

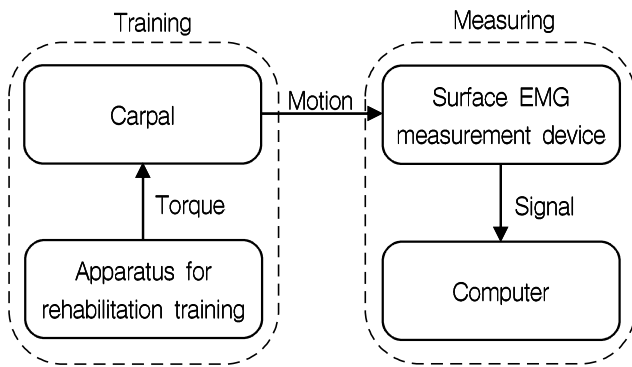


Fig. 2 Block diagram of experimental set-up

3.2 실험 결과

근육에서 운동에 따른 수관절 토크와 표면 근전도 신호 크기의 관계를 분석하였고, 그 한 가지 예를 Fig. 3에 나타내었다. 점선은 측정 데이터를 직선 맞춤하여 나타낸 것이다. Fig. 3에 보인 바와 같이 표면 근전도 신호 크기가 수관절 토크 차이에 선형적으로 비례함을 알 수 있다.

인체의 근육은 단면적이 넓을수록 더 큰 힘을 낼 수 있는데, 이를 표면 근전도 신호 크기로 확인하였다. 네 가지의 수관절 근육 단면적과 표면 근전도 신호 크기를 척추근근을 기준으로 정규화 하여 비교한 결과를 Table 1에 나타내었다. 비교 결과 수관절 근육의 단면적과 표면 근전도 신호 크기가 일관성 있는 경향을 보이는 것을 확인하였다.

또한, 수관절 운동에 각 근육들이 얼마나 운동에 기여하는가 하는 것을 표면 근전도 신호 크기로 분석할 수 있는데, 굴곡 및 신전 운동의 결과를 Table 2에 나타내었다. 분석 방법으로는 토크에 따른 신호 크기의 변화량인 기울기를 사용하였고, 근육의 단면적으로 나누어 기여도를 계산하였다. 그 결과 한 근육이 약 60% ~ 65%의 일관성 있는 기여도를 갖고 있음을 확인할 수 있다.

4. 결 론

인체 수관절의 구조를 해부학적으로 분석하여, 네 가지 운동 형상을 정의하고 주요 근육을 파악하였다. 수관절 재활 훈련 장치를 이용하여 토크에 따른 표면 근전도 신호를 측정하였고, 제곱평균제곱근으로 신호 크기를 계산하여 수관절 운동을 분석하였다. 그 결과 수관절 토크 차이와 표면 근전도 신호 크기 차이는 선형적으로 비례하고, 수관절 근육의 단면적과 표면 근전도 신호 크기가 잘 일치함을 확인하였다. 또한 운동 형상에 따른 근육의 기여도가 일관성 있게 나타났다. 이러한 분석 결과로부터, 표면 근전도 신호를 측정하여 인체 수관절의 움직임을 정확하게 반영하는 재활 훈련 장치나 로봇 등의 제작에 활용할 수 있다.

후 기

본 논문은 (주)피엔에스미캐닉스가 주관한 중소기업청 기술혁신개발사업을 수행하며 얻은 연구결과임.

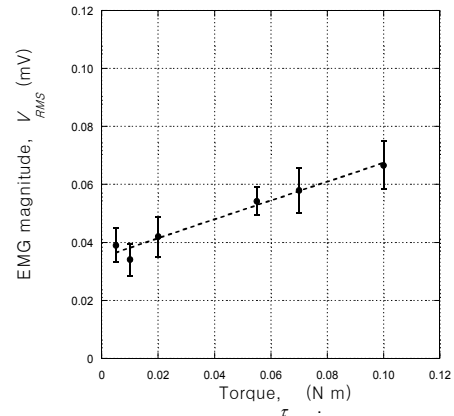


Fig. 3 Carpal torque-EMG magnitude for the ECR

Table 1 Comparison of the cross-sectional area and EMG magnitude of the carpal muscles

Muscle	Cross-sectional area		EMG magnitude	
	Value ⁽³⁾ (cm ²)	Normalized value	RMS (mV)	Normalized value
ECR	3.14	0.59	0.080	0.56
ECU	5.30	1.00	0.144	1.00
FCR	2.16	0.41	0.070	0.49
FCU	5.00	0.94	0.146	1.01

Table 2 The contribution of the carpal muscles

Motion	Muscle	EMG mag. slope (mV/N·m)	Contribution	
			Value (mV/N·m·cm ²)	%
Flexion	FCU	0.934	0.187	61.1
	FCR	0.257	0.119	38.9
Extension	ECR	0.326	0.104	65.3
	ECU	0.293	0.055	34.7

참고 문헌

- (1) Son, J. S., Han, J. K., Song, K. B., Kim, Y. H., 2008, "The Development of an EMG-Based Upper Extremity Rehabilitation Training System for Hemiplegic Patients", *Proceedings of the KSPE Annual Autumn Conference*, pp. 885~886.
- (2) Nagata, K., Magatani, K., 2003, "Development of the Assist System to Operate a Computer for the Disabled", *Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, pp. 1666~1669.
- (3) D. A. Neumann, 2002, *Kinesiology of the Musculoskeletal System*, Mosby, Chapter 7.