

인공근육을 장착한 상지보조기 착용에 따른 상지 근력 특성

*홍경주¹, 김경¹, 권대규², 유문호³, 김남균²

¹전북대학교 의용생체공학과, ²전북대학교 생체정보공학부, ³전북대학교 실버공학연구소

Characteristics of the Upper Limb Muscular Activities using Orthosis with Artificial Pneumatic Rubber Muscle

¹Department of Biomedical Engineering, Chonbuk National University,

²Center for Healthcare Technology Developments, Chonbuk National University,

³Bioengineering research center for the aged, Chonbuk National University

1. 서론

근력 보조기에 관한 연구는 많은 곳에서 진행되어 왔다. 외골격 근력 보조기는 근육병 환자를 위한 재활 보조기구로 부터 최근에는 무거운 군장을 지는 군인을 위한 근력 증폭기¹까지 광범위하게 연구되고 있다. 사용하는 구동방식 또한 다양하여, HAL(Hydrise assistive leg)^{2,4}등 대부분의 외골격 보조기에는 서보 모터 구동기가 채택되었고, BLEEX(Berkeley Lower Extemity Exoskeleton)¹에는 유압 구동기가 사용되었다. Yamamoto 등은 공압 구동기를 이용하여 간호사를 위한 외골격 보조기⁵를 개발하였다.

본 논문에서는 노인의 상지 근력 증진을 위한 상지보조기에 대한 기초 연구로써, 자체 제작된 상지 보조기의 근력 보조 효과를 알아보았다. 이를 위해 젊은 성인을 대상으로 하여 얼터네이트 덤벨컬 운동을 시행했을 때의 상지 근력의 특성을 알아보았다. 이러한 상지 근력 특성을 알아보기 위해 상지 근육의 근전도를 측정하였고, 측정되어진 근전도를 분석하여 근육의 피로도를 알아보았다.

2. 시스템 구성

2. 1 상지보조기

본 상지 보조 장치는 운동을 할 때에 보조할 수 있는 수단으로써 제작하였다. 상지 보조 장치는 상지의 상완 이두근과 상완 삼두근을 보조하는 역할을 하는 공압 인공근육을 장착하였다. 상지 보조 장치의 원활한 움직임을 위하여 인공근육을 고정시키기 위한 지그를 제작하였다.

2. 2 공압 인공근육 (pneumatic artificial muscle)

본 연구에서 사용한 인공근육은 영국 Shadow Robot 사 제품이며, 작고 가벼워서 사용하기 쉬운 액추에이터이다. 부드럽게 동작하며 제어하기 쉬운 장점을 가지고 있다. 공기의 압력을 높이면 근육이 수축(flexion)되고, 공기의 압력을 낮추면 이완(extension)되어 인간의 근육 운동 형태와 유사하게 동작된다.

2. 3 제어 시스템(control system)

본 연구에서는 상지 보조기의 공압 인공근육을 조절하기 위하여 솔레노이드 밸브 (SY3520-VLZ-C6-F2, SMC Korea Inc.)를 사용하였다. 밸브의 전압은 Matlab/Simulink를 통하여 구현된 시뮬레이터에 의하여 생성되고 이는 dSPACE1104 Board를 통하여 솔레노이드 밸브에 전달되어 밸브를 작동시켜 공기압 고무 액추에이터를 작동시킨다. 공기압 고무 액추에이터에 의하여 상지 보조기는 기본적인 이완 수축운동이 가능하다.

2. 4 근전도 측정

EMG(Electromyograph; 근전도)는 근육의 수축과 이완에 의하여 일어나는 이온의 이동으로 인하여 발생하는 전위이다. EMG443

측정은 Biopac Systems, Inc. 의 Biopac MP100을 이용하였으며, 초당 1024개의 샘플을 수집하였다. EMG 측정 근육은 상완 이두근(Biceps brachii, BB), 상완 삼두근(Triceps brachii, TB), 완요골근(Brachioradialis, BO), 척측수근굴근(Flexor carpi ulnaris, FCU)을 측정하였다.

3. 실험방법

본 연구에서는 제작된 상지 보조기의 근력 보조 정도를 알아보기 위하여 상지 보조기를 착용하였을 때와 착용하지 않았을 때 팔꿈치를 구부리고 펴는 운동(alternate dumbbell curl motion)을 하여 근력을 비교하였다. 측정된 근육은 상완 이두근, 상완 삼두근, 완요골근, 그리고 척측수근굴근이다. 이들 근육은 팔꿈치를 구부리고 펴는 동작에 기여하는 근육이다. 피험자는 의자에 앉은 자세로 하중의 변화(0 kg, 1 kg, 3 kg, 5 kg)에 따라 각각의 하중마다 구부리고 펴는 동작을 40초동안 10회를 수행하였다. 보조기의 공압인공근육에 가해지는 압력은 3Kgf/cm²이다.



Fig 1 The apparatus of the subject with orthosis

Fig 2는 상지 보조기에 장착된 2개의 공기압 고무 액추에이터를 솔레노이드 밸브를 통하여 조절하는 방법을 나타낸 블록도이다. Fig 3은 상지 근력을 측정하는 블록도이다. 피험자가 얼터네이트 덤벨컬 운동을 할 때, 상지 근육의 근육 신호는 전극(electrode)을 통하여 EMG 모듈에 아날로그 신호가 인가된다. 근육 신호는 A/D 변환기를 통하여 디지털 신호로 바뀌고 신호 처리(signal processing)을 거쳐서 컴퓨터로 인가된다. 우리는 Acqknowledge 3.8.1을 통하여 신호를 분석하고 화면에 표시할 수 있다

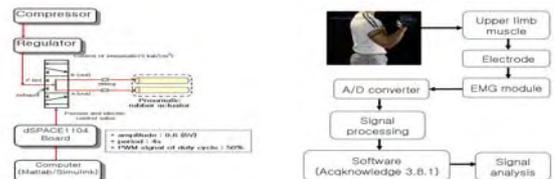


Fig 2 Block diagram of the part of pneumatic rubber actuator

Fig 3 Block diagram of the measuring the EMG

측정된 근전도 신호는 각종 신호처리 방법 중 주파수 스펙트럼 분석을 이용하였다. 근력의 크기는 FFT(fast fourier transform) 방법을 통하여 얻어지는 파워 스펙트럼의 면적으로 분석하였다. 이러한 근력의 피로도는 근전도의 주파수 분석을 통해 나타나는데

전도 주파수의 중심대가 저주파 영역으로 옮겨지는 특징을 보인다. 따라서 본 논문에서 근전도 신호의 스펙트럼 분석을 통하여 얻어지는 중간 주파수를 이용하여 근피로도를 분석하였다.

4. 결과 및 고찰

본 논문은 제작된 상지 보조기의 보조 정도를 알아보기 위하여 피험자가 얼터네이트 덤벨 컬 운동을 했을 때의 상지 근력을 측정하였다. 측정된 근전도 신호는 파워 스펙트럼 분석을 통하여 근력의 세기를 분석하였고 측정된 근육의 근피로도를 알아보기 위하여 근피로도를 분석하였다.

4.1 상지 근력 특성

4.1.1 근육의 위치에 따른 상지 근력 특성

본 연구의 실험 결과, 얼터네이트 덤벨 컬 운동을 할 때의 상지 근력 특성은 다음과 같다. Fig 4는 피험자가 얼터네이트 덤벨 컬 운동을 할 때의 상지 근력의 특성을 나타낸 것이다. 상지 보조기를 착용했을 때와, 착용하지 않았을 때의 근력을 비교한 그래프이다. 그래프의 가로축은 근육의 위치를 나타내었고, 세로축은 측정된 근육의 근전도를 분석하여 얻은 파워 스펙트럼의 면적이며, 이는 근육의 쓰임 정도를 나타낸다. 측정된 근육은 상완 이두근(BB), 상완 삼두근(TB), 완요골근(Bo), 척측수근굴근(FCU)이다. 상지 보조기를 착용하지 않았을 때와 착용했을 때를 비교해보면, 착용하고 얼터네이트 덤벨 컬 운동을 했을 때 적은 근력이 측정되어졌다. 근육의 사용 정도를 보면 운동 시 대체적으로 상완 이두근, 완요골근의 쓰임새가 많이 보였으며 상대적으로 상완 삼두근, 척측수근굴근의 쓰임새가 적은 특성을 보였다.

4.1.2 하중의 변화에 따른 상지 근력 특성

얼터네이트 덤벨 컬 운동을 할 때, 하중의 변화에 따른 상지 근력을 분석하여 Fig. 5의 그래프를 얻었다. (a), (b)는 각각 상완 이두근, 완요골근을 나타낸 것이다. 본 연구에서 제작된 상지 보조기를 착용하고 운동을 하였을 때의 상지 근력은 상지 보조기를 착용하지 않고 운동 했을 때 보다 적게 측정 되어졌다. 이는 제작된 상지보조기의 공압 인공근육이 근육의 역할을 하여 운동 시 근력을 보조해 주었다고 판단된다.

4.2 근피로도 분석

본 연구에서 제작된 상지 보조기를 착용 후 얼터네이트 덤벨 컬 운동을 했을 때의 근피로도를 분석하였다. 근피로도를 분석한 결과 Fig. 6과 같은 결과 그래프를 얻었다. Fig. 6(a)는 상완 이두근에 관한 피로도를 나타낸 것이고, Fig 7(b)는 완요골근에 관한 피로도를 나타낸 것이다. 가로축은 총 40초의 실험 중 10초씩 4개의 구간으로 나눈 영역이며 세로축은 근피로도를 나타내는 중간주파수 값이다. 그래프에서 보듯이 시간이 지날수록 중간주파수 값이 작아졌고 이는 근육이 피로한 결과로 분석되어진다. 또한 상지 보조기를 착용하였을 때의 중간 주파수 값이 착용하지 않았을 때 보다 적은 값이 측정되었다.

5. 결론

본 연구는 자체 제작된 상지 보조 장치의 특성을 알아보기 위하여 상지 보조 장치를 착용 했을 때와 착용하지 않았을 때의 근력을 비교하였다. 그 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 상지의 상완 이두근과 완요골근의 근전도 신호를 분석한 결과 상지 보조기를 착용했을 때 근전도 분석의 파워 스펙트럼 면적이 착용하지 않았을 때 보다 적게 측정되어졌다. 이는 상지 보조기를 착용함으로써, 운동 시 근력이 보조 받은 것으로 나타나며 이는 상지 보조기의 착용 한 효과로 보여진다.
2. 측정되어진 근전도를 통해 근피로도를 분석한 결과 상지 보

조기를 착용 하였을 때의 중간주파수 값이 더 낮게 측정 되어졌다. 이는 상지 보조기를 착용하였을 때 근육이 더 피로함을 느끼는 것을 알 수 있다.

본 연구에서 제작된 상지 보조기를 착용 후 운동 하였을 때 근력은 충분한 보조를 받을 수 있었으나, 근육의 피로는 더 쉽게 오는 것으로 나타났다. 이는 상지보조기가 무겁고 착용의 불편함으로 근피로는 많이 나타났다. 따라서 향후 연구에서는 상지의 근력을 보조하기 위해 보조기의 경량화와 좋은 착용감을 고려해야 할 필요가 있다.

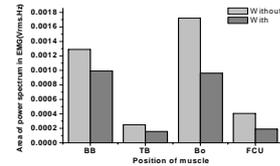
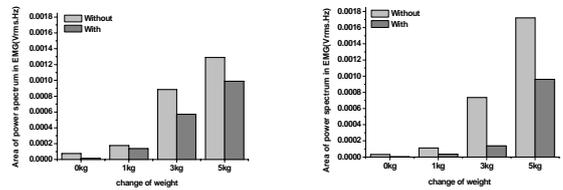
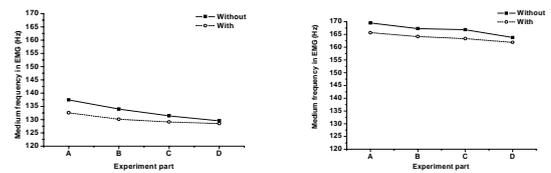


Fig 4 EMG of upper limbs according to the position of muscles



(a) Biceps brachii, BB (b) Brachioradialis, Bo

Fig 5. EMG of upper limbs according to the variation of weight



(a) Biceps brachii, BB (b) Brachioradialis, Bo

Fig 6 Fatigue analysis of the upper limbs during motion

후기

본 연구는 산업자원부 주관 실버의료기기 핵심기술개발사업 (105077001)지원으로 이루어진 것이다.

참고문헌

1. Kazerooni H., BLEEX, Mechanical Engineering Department of U. C. Berkeley, At URL <http://www.me.berkeley.edu>, 2004.
2. Lee S and Sankai Y., "Power assist control for walking aid by HAL based on phase sequence and myoelectricity," International Conference on Control, Automation and System, p. 353-357, 2001
3. Kasaoka K and Sankai Y., "Predictive control estimation operator's intention for stepping-up motion by exo-skeleton type power assist wywtem HAL," International Conference on Control, Automation and System, p. 1578-1553, 2001
4. Kawamoto. H and Sankai Y., "EMG-based hybrid assistive leg for walking aid using feed forward controller." International Conference on Control, Automation and System, p. 190-193, 2001.
5. Yamamoto. K., Ishii M., Noborisaka. H., and Hyodo. K., "Stand alone wearable power assisting suit sensing and control systems-," Proceeding of IEEE international Workshop on Robot and Human Interactive Communication, p. 661-666, 2004