

복합 운동을 적용한 다관절 상지 재활회복운동 로봇 개념설계 Concept Design of Upper Limbs Multi-Joint Rehabilitation Robot Applying Complex Motion

*김규정¹, #한창수², 고흥진², 장혜연², 서아름³, 한정수⁴

*K. J. Kim¹, #C. S. Han(cshan@hanyang.ac.kr)², K.J.Ko², H.Y.Jang², A.R. Seo³, J.S.Han⁴

¹한양대학교 지능형로봇학과, ²한양대학교 기계공학과, ³한양대학교 메카트로닉스공학과 ⁴한성대학교 기계시스템공학과

Key words : Rehabilitation robot, Range of Motion(ROM), CPM(Continuous passive motion), Arthroplasty

1. 서론

최근 인구의 고령화로 인하여 재활로봇에 대한 관심이 높아지고 있으며, 관련 연구 활동이 활발히 진행되고 있다. 고령화로 인한 대표적인 질환은 퇴행성관절염(Osteoarthritis)이다. 퇴행성관절염은 관절을 보호하고 있는 연골이 점진적으로 손상되어 관절을 이루고 있는 뼈와 인대 등에 손상을 일으켜 염증과 통증을 일으키는 질환이다. 이러한 퇴행성관절염으로 인해 관절에 변형이 발생한 경우에는 인공관절 전치환술(Arthroplasty)을 통하여 치료할 수 있다. 인공관절 전치환술은 환자가 퇴행성관절염으로부터 통증을 느끼지 않게 하고 제한되었던 운동범위를 증가시킴으로써 일상생활에 도움을 주는데 목적이 있다. 일단 인공관절 전치환술을 하고 나면 일시적으로 관절을 고정하게 되는데 이때 관절에서 구축(Contracture)이 일어날 수 있다. 따라서 수술 후 관절의 구동범위(Range of Motion: ROM)를 점진적으로 증대하는 재활운동이 필요하다.

지속 수동 관절 운동기(Continuous Passive motion: CPM)는 관절의 ROM을 증대시키고자 개발된 로봇으로서, 고정치료(Immobilization therapy)와 물리치료사의 직접적인 치료를 대체하기 위한 대안이다. CPM의 치료목적은 단축된 연부조직(Soft tissue)을 연장시켜 ROM을 회복하는 것이고, 최종적으로 원활한 혈액순환과 소실됐던 근력을 개선하는 것이다[1-2]. 현재까지 개발된 CPM은 모두 한 축의 관절운동만 허용하였다[3]. 하지만 상완이두근(Biceps brachii)과 같이 기시점(Origin)과 정지점(Insertion)이 어깨관절과 팔꿈치 관절을 모두 지나는 경우 구속되는 관절에 따라 ROM에 영향을

미칠 수 있다. 뿐만 아니라 근육이 과도한 긴장으로 2차적인 질환으로 이어질 수 있다[4].

따라서 본 연구에서는 2차적인 질환을 사전에 예방하기 위한 재활로봇을 설계할 것이며, 상지 재활에 필요한 능동관절의 자유도 수와 위치를 결정할 것이다. 또한 단일 축 운동뿐만 아니라 복합 재활 운동이 가능한 다관절 상지 재활회복운동 로봇을 제안하고자 한다.

2. 재활 운동 자세

상지 재활에 적합한 자세는 중립적 자세(Neutral Position)를 기본자세로 하여 재활이 필요한 환측 상지의 전완을 로봇팔에 구속하여 재활운동을 하게 된다. 표 1은 상지의 재활운동을 위한 상지 관절들의 구동범위를 나타내며 초기 0°의 자세는 해부학적 자세(Anatomical Position)이다. 이를 기준으로 각 관절 재활에 필요한 구동범위를 정하였고, 어깨관절의 내회전과 외회전은 전두면(Coronal Plane)에서 봤을 때 팔꿈치 관절이 굴곡된 상태에서 이루어지도록 재활 운동 자세를 정의하였다.

Table 1 ROM of Upper Limb

Joint	Motion	ROMs
Shoulder	Flexion	150°
	Extension	-30°
	Abduction	80°
	Adduction	0°
	Internal Rotation	90°
	External Rotation	-5°
Elbow	Flexion	150°
	Extension	0°

3. 다관절 상지 재활회복 로봇 개념설계

앞 절에서 정의한 재활동작을 바탕으로 다관절 상지 재활회복 로봇을 개발하기 위해 다음과 같은 사항들을 고려하였다.

첫째, 본 시스템은 어깨관절 3자유도와 팔꿈치 관절 1자유도를 갖는 로봇팔로서 1대의 제품으로 어깨관절과 팔꿈치 관절 모두 사용 가능하도록 하였다. 어깨관절의 재활동작은 굴곡(Flexion)과 신전(Extension), 내전(Adduction)과 외전(Abduction) 그리고 내회전(Internal rotation)과 외회전(External rotation)을 하며, 앞 절에서 정의한 내회전과 외회전 자세를 고려하여 회전 축을 팔꿈치 관절로 이동시켰다. 팔꿈치 관절에서는 굴곡과 신전운동을 할 수 있도록 하였다.

둘째, 본 로봇은 2차원 편면 운동과 3차원상의 복합 재활동동을 고려하였다. 3차원 운동을 고려한 이유는 두개의 관절을 통과하는 근육들의 긴장도를 줄이기 위함이며, 또한 보다 넓은 재활동범위를 확보하기 위함이다.

셋째, 물리치료사의 불필요한 수작업을 최소화하기 위해 전자동으로 컨트롤 할 수 있도록 하였으며, 환자의 환측에 따라 좌, 우 변환이 필요할 경우 전자동으로 변환될 수 있도록 기구설계 하였다.

넷째, 재활동 시 환자의 불안한 심리를 해소하기 위해 기구적으로 불필요한 오차를 줄이고 높은 정밀도를 가질 수 있게 있도록 모터 감속기에 하모닉 드라이브를 고려하였다. 또한 각 관절의 토크는 인체 상지 분절의 무게를 고려하여 측정하였고, 표 2 와 같은 측정값을 얻을 수 있었다. 이와 같은 결과값에 안전계수를 고려하여 각 관절의 액츄에이터를 결정하였다.

다섯째, 다양한 환자들의 체형에 맞도록 가변 링크를 사용하였다. 이와 같은 개념을 가지고 Fig.1 과 같이 다관절 상지 재활회복 로봇을 설계하였다.

Table 2 Torque Measurement

Joint	Motion	Motion Range (°)	Maximum Torque (Nm)	Maximum Torque Angle (°)
Shoulder	Flex/Ex	30°~130°	18.7	80°
	Ab/Ad	-45°~135°	8.16	90°
	Int/Ext Rot	0°~90°	4.8	90°
Elbow	Flex/Ex	0°~135°	4.67	80°

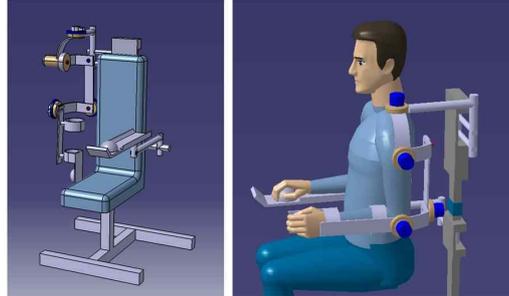


Fig. 1 Development of the Rehabilitation Robot

4. 결론

본 연구는 구축된 상지 관절의 구동범위를 회복하기 위한 재활로봇의 개념설계로서, 어깨관절 CPM과 팔꿈치 관절 CPM의 기능을 포함하여 경제적, 기능적 효과를 얻고자 하였다. 또한 가변형 구조를 사용해 착용감을 높였으며, 환자에게 심리적 안정감을 줄 수 있는 관절구조를 제안하였다.

후기

본 연구는 지식경제부 및 산업기술평가관리원의 지식경제 기술혁신 로봇산업원천기술개발 사업[No. 10035461, 산업노동지원을 위한 착용식 근력증강 로봇 기술 개발]의 지원으로 수행 되었음.

참고문헌

1. W. Shawn, J. Nicholas, "Continuous passive motion (CPM): Theory and principles of clinical application," The Journal of Rehabilitation Research and Development, vol.37(2), pp.179-188, 2000.
2. G. Goldspink and P.E Williams., "Muscle Fibre and connective tissue changes associated with use and disuse," in Foundations for practice: Topics in Neurological physiotherapy, L. Ada and C Canning Eds. London, U.K.: Heinemann, 197-218, 1990.
3. E. Burke Evans, G. W.N. Eggers, James K. Butler and Johanna Blumel, "Experimental Immobilization and Remobilization of Rat Knee Joints," J Bone Joint Surg Am, vol. 42, pp.737-758, 1960.
4. A. Donald Neumann, David Neumann, "Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Physical Rehabilitation."