

요통 환자를 위한 유연한 항중력 재활운동 로봇 기구 개선

김주완¹, 최원제², 박재홍^{1,3}

¹서울대학교, ²삼성전자 종합기술원, ³차세대융합기술연구원

Design Improvement of Compliant Anti-Gravity Rehabilitation Robot for Lumbar Pain Patients

Kim Joowan¹, Choi Wonje², Park Jaeheung^{1,3}

¹Seoul National University, ²Samsung Advanced Institute of Technology,

³Advanced Institute of Convergence Technology

e-mail: infieter@snu.ac.kr, chwj79@snu.ac.kr, park73@snu.ac.kr

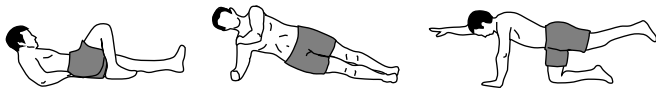
요 약

요통을 위한 운동 치료로 요부 안정화 운동은 가장 권장되는 치료 방법이다. 하지만 요부 안정화 운동은 맨몸 운동으로, 힘이 부족한 노인 및 장애 환자들에게 부하 조절이 힘들며 상·하지에 무리를 줄 수 있는 단점이 있어 효과적인 운동 효과를 보기 힘들다. 이러한 단점을 보완하기 위해 맨몸 운동과 근사한 운동효과를 제공하고 정량적인 운동 부하 조절이 가능한 유연한 항중력 재활 로봇을 개발하였고 선행 실험으로 근전도를 활용한 운동 평가를 진행한 결과, 대부분의 운동은 맨몸 운동과 큰 유사성을 가졌지만 특정 자세 운동에서 근육 활성화 유사성이 상대적으로 낮은 결과가 나왔다. 선행 실험 연구를 토대로 본 논문은 맨몸 요부 안정화 운동과 동등한 운동효과를 내기 위하여, 기 개발된 허리 재활 로봇의 기구적 단점을 보완한 설계 개선점에 대해 기술하였다.

1. 서론

1.1 요부 안정화 운동

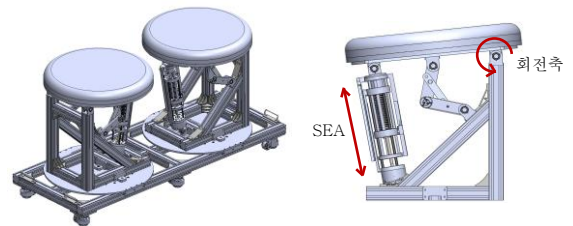
인구의 노령화 진행이 가속화 되면서 요통 환자의 수가 늘어나는 추세이다. 요부 안정화 운동은 대표적인 보존적 요통 치료 방법 중 하나로써 요통 완화와 허리 기능 향상에 도움을 주는 운동이다. 안정화 운동 프로토콜로 McGill의 빅3운동이 제안되었는데 이는 다양한 요부 안정화 운동을 가능케 한다[1]. 빅3운동은 요부 안정화 운동으로 Curl-up, Side-bridge 그리고 Bird-dog 자세로 구성되어 있으며 세 가지 자세는 서로 다른 특정 근육들을 자극시킨다[그림 1]. 하지만 이러한 요부 안정화 운동은 맨몸 운동으로, 힘이 부족한 노인 및 장애 환자들에게 부하 조절이 힘들며 상·하지에 무리를 줄 수 있는 단점이 있다.



(a) Curl-up (b) Side-bridge (c) Bird-dog
[그림 1] McGill의 빅3 요부 안정화 운동

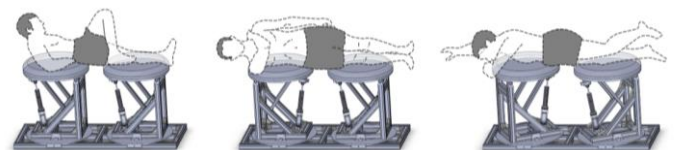
1.2 기 개발된 요부 안정화 재활운동 로봇

맨몸 요부 안정화 운동의 단점을 보완하기 위해 낮은 강성의 직렬 탄성 액추에이터를 활용하여 항중력 요부 재활운동 로봇을 개발하였다[2]. 기 개발된 로봇은 맨몸 운동과 동등한 운동효과를 내고, 정량적인 운동의 부하 조절, 그리고 상·하지에 대한 부하를 경감시키기 위해 개발되었다. 제작된

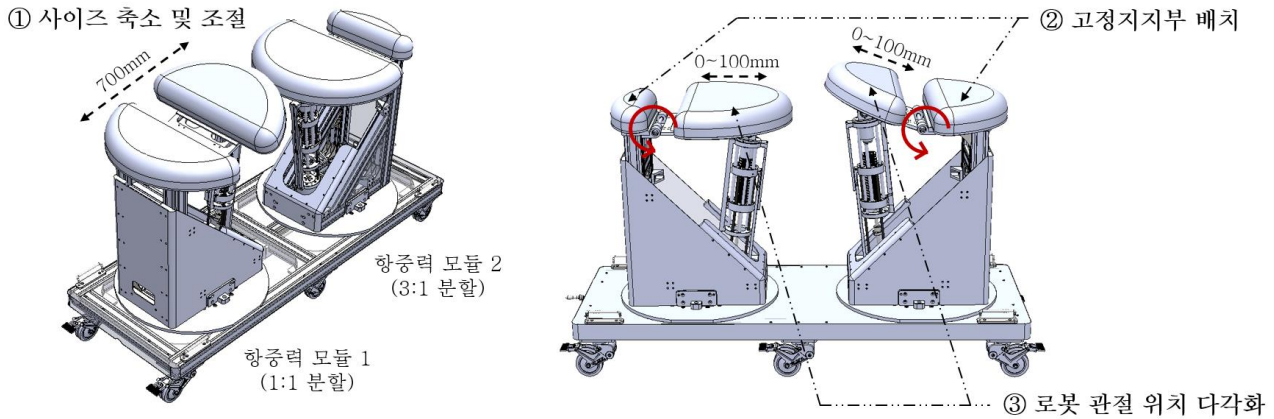


[그림 2] 기존 요부 재활운동 로봇

로봇은 직렬 탄성 액추에이터를 가지고 있는 두 개의 항중력 베드 모듈로 이루어져 있다. 각 모듈은 각기 다른 자세의 빅3 운동에 적용할 수 있도록 베드의 선형 및 회전 자세 조절이 가능하며, 1자유도 직렬 탄성 액추에이터 구동을 이용하여 회전축의 각도 설정이 가능하다[그림 2]. 운동하는 사람 위에 누워 자세를 취한 후 운동을 수행할 수 있다 [그림 3]. 해당 재활 로봇으로 20명의 실험자를 대상으로 운동 평가를 진행하였고, 5개의 허리 근육에 대해 근전도 경향성을 파악 본 결과 Curl-up과 Side-bridge 자세에서 90%이상의 유사성을 보인 반면, Bird-dog 자세에 대한 결과가 상대적으로 낮은 유사성(80%)을 나타냈다.



(a)Curl-up (b) Side-bridge (c) Bird-dog
[그림 3] 요부 재활운동 로봇을 활용한 빅3 운동



[그림 4] 개선된 요부 재활 운동 로봇의 설계도

이는 개발 목표 중 하나인 맨몸 운동과 동등한 운동효과를 입증하기 부족한 결과로, 본 논문은 맨몸 요부 안정화 운동과 동등한 운동효과를 내기 위해 기 개발된 허리 재활 로봇의 기구적 단점을 보완하고 설계 개선점을 기술하였다.

2. 본론

2.1 기존 재활 로봇의 문제점

기존 재활 로봇에서 진행한 운동 평가 실험 결과, Curl-up과 Side-bridge는 로봇의 항중력 보조를 증가에 따른 근활성도의 변화가 명료하게 관찰되어 높은 조절성을 보임을 확인할 수 있지만, Bird-dog의 경우 항중력 조절에 따른 근전도 변화의 폭이 좁거나 의도하지 않은 근육의 부하가 조절될 수 있음을 보였다. 따라서, 이런 문제점에 따른 기구적 설계 보완 연구가 필요하였다.

2.2 개선된 로봇의 설계 변경점

개선된 요부 재활 로봇은 운동 평가 근전도 실험으로 도출된 운동 별 유사도와 다수 참가자 실험에서 받은 로봇의 지지부 관련 피드백들을 설계에 반영하였고 개선점은 다음과 같이 정리된다[그림4].

첫째로 로봇의 크기를 축소와 조절하였다. 초기에 개발된 항중력 모듈의 베드 크기는 직경 720mm의 원형 형태였다. 그러나 운동평가에서 수행된 실험에서, 특히 Bird-dog의 경우에 베드 크기가 커서 자세 유지가 힘든 단점이 있었다. 이에 베드 크기를 600mm 수준으로 줄였으며, 신체에 맞게 조절 할 수 있도록 베드의 길이를 조절 가능하도록 설계하였다.

둘째로 고정된 지지부를 배치하였다. 기 개발된 로봇은 요부 안정화 운동의 정역학 모델 분석을 통해 지지부로 판단되는 지점에 어깨나 다리 부분에 회전 관절을 배치하였다. 운동 평가 실험에서는 참가자들이 회전 관절에 의한 지지에 대한 불편을 언급하여 신체 제어에 어려움이 있음을 다수 피드백 받게 되었다. 즉, 지지부가 쉽게 움직여져 신체 제어에 어려움을 호소하였는데 이것은 취약환자들에게는 운동 수행에 어려움을 줄 수 있다고 판단

되어 이에 로봇에 고정된 지지부를 양쪽에 배치하였다.

셋째로 슬라이드 관절의 선형적 위치 변경(0~100mm)을 통한 로봇 관절 위치의 다각화를 구현하였다. 다수 참가자 실험에서 Bird-dog은 상대적으로 낮은 80% 수준의 유사도를 보였다. 이는 로봇이 제공하는 관절 부분이 기존 운동에서의 관절 부분과 일치하지 않음을 의미하였다. 예를 들어, 기존의 Curl-up은 경추에 가까운 부분에서 관절 움직임이 존재하지만 개발된 로봇은 요추에 가까운 부분에 존재한다. 따라서 베드 모듈을 두 부분으로 나누어 관절의 위치를 바꿀 수 있도록 설계하였다.

3. 결론

본 논문은 맨몸 요부 안정화 운동과 동등한 운동효과를 내기 위하여, 운동 평가 실험과 참가자들의 설문조사를 토대로 기 개발된 허리 재활 로봇의 기구적 단점을 보완한 설계 개선점을 기술하였다. 개선된 설계를 바탕으로 로봇의 제작은 마무리 단계에 접어들었으며 조립 완성 후 운동 평가 근전도 실험을 진행하여 맨몸 운동과의 근육 활성화 유사성 향상을 검증할 계획이다.

후기

이 논문은 과학기술정보통신부 과제인 도약연구지원사업(과제번호: NRF-2015R1A2A1A15055375)에 의하여 수행되었음.

참고문헌

- [1] S. M. McGill, Low Back Disorders: Evidence-Based Prevention and Rehabilitation. Human Kinetics, 2002.
- [2] Wonje Choi, Jongseok Won, Hyunbum Cho and Jaeheung Park. "A rehabilitation exercise robot for treating low back pain." Robotics and Automation (ICRA), 2017 IEEE International Conference on. IEEE, 2017.