

모터 토크에 기인한 하중 부여 무한자유도 구현 3대머신

Big Three machine with infinite freedom of load due to motor torque

박 장 연, 박 성 배, 임 상 훈, 이 지 호

Abstract The big three exercise equipment capable of exercising is 'Power Rack' and 'Smith Machine.' However, the exercise effect is low because the Smith Machine is constrained, and the power rack increases the risk of injury and the hassle and risk of replacing the original. To compensate for the shortcomings of existing exercise equipment, a load is imposed using motor torque, and a device capable of translating and rotating on all axes in space is designed.

Keywords Big Three machine, infinite freedom, free weight, barbell plate, motor torque

1. 서 론

현대 사회에서 헬스에 대한 수요는 증가하고 있으며, 그에 따라 프리웨이트 운동에 대한 관심도도 높아지고 있다. 프리웨이트는 벤치프레스, 데드리프트, 스쿼트 3가지 운동을 주로 갖는 종목이다. 프리웨이트의 경우 중력을 통해 부하를 얻는 운동방식이다. 하지만 프리웨이트는 숙련자들이라 할지라도 많은 부상을 당한다. [1] 이를 해결하기 위한 대안으로서 흔히 머신등의 운동이 제안되는데, 머신에 비해서 프리웨이트에서 유의미한 향상을 거둘 수 있다는 연구 결과가 있다 [2] 이를 해결하기 위한 방법으로 Tonal을 포함한 모터를 이용한 와이어 기반의 스마트 운동기구 등이 제안되곤 하는데, 이 역시도 인체의 동작 모션에 최적화 되지 않는다는 단점이 존재한다.

본 논문에서는 실제 인체 동작 모션에 최적화된 무한자유도 설계부를 힘 제어를 바탕으로 와이어를 이용한 가상중력 시스템을 통해 근육에 운동부하를 제공할 수 있는 운동 로봇을 제안한다.

2. 무한 자유도

무한자유도의 수평 방향 움직임을 고려하기 위해 박스의 사이즈를 결정해야 한다. 사이즈 코리아'에서 조사하는 우리나라 사람의 신체 사이즈를 참고하여 가동범위를 결정한다. 벤치프레스 운동 시에는 바벨의 레일은 명치를 기준으로 얼굴 방향과 다리 방향 모두를 고려하고 우리나라 25~30세 남성의 평균 팔 길이를 기준으로 결정하여 가동범위 16cm를 산출하였다. 백스쿼트 운동 시 가장 낮은 자세에서 바벨이 상부 승모근에 위치하고 몸이 숙어진 위치에서의 거리를 고려하여 30cm를 산출하였다. 두 가지 운동 중 더 큰 가동범위인 30cm를 y축 가동범위로 설정한다.

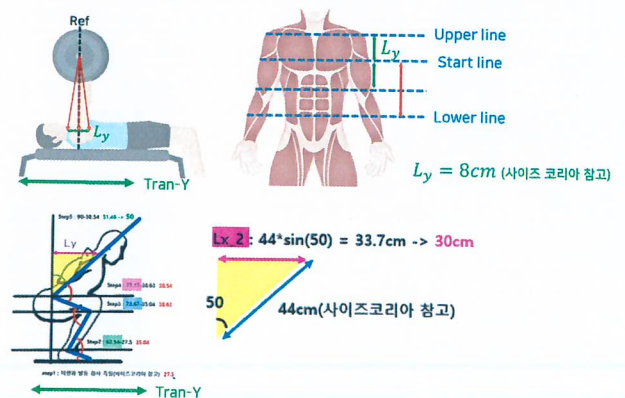


그림 1. (위) 벤치프레스 가동범위, (아래) 백스쿼트 가동범위

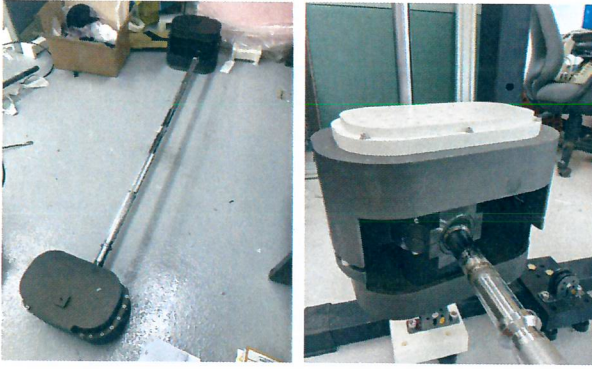


그림 2. 박스&바벨 모듈 실물 (좌) 전체 실물, (우) 박스 모듈

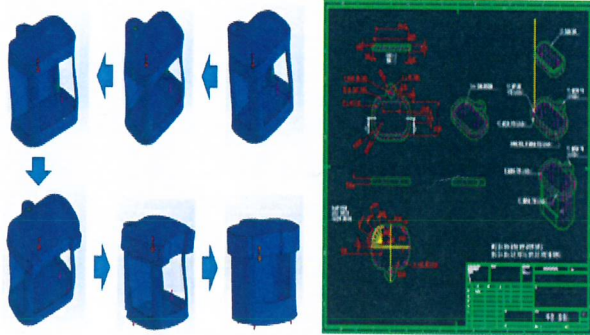


그림 3. (좌) CAE 시뮬레이션, (우) CAD 도면

x축 운동 가동범위는 바벨의 기울임을 가지고 측정할 수 있다. 운동 시 사용자가 버틸 수 있는 최대 바벨 각도는 실험적으로 도출하여 $10^{\circ}(\text{deg})$ 를 산출하였다. 바벨의 길이와 바벨 각도를 고려하여 x축 가동범위를 약 15cm로 산출한다. 무한 자유도에서 간섭 없는 자유로운 움직임을 위하여 박스 내부에서 움직일 볼 캐스터 결합체를 설계 및 제작하였다. 볼 캐스터, 박스의 크기 등을 고려하여 볼 캐스터 결합체에 대한 설계를 진행하였고, 박스와 동일하게 CAE 해석 및 CAD 도면작업을 진행하여 제작하였다.

3. 모터 토크에 기인한 하중 부여

하나의 myRIO1900(MCU)와 2개의 Odrive3.6(드라이버)의 조합으로 R100 KV90(모터)을 OpenLoop 썹크 동작을 구현한다. 동작을 수행하기 위해 PWM 신호를 직접적으로 모터드라이버에 인가한다. Odrive의 신호 입력 주기는 $0.02\text{s}(50\text{Hz})$ 이며 myRIO 1900의 FPGA 신호 출력은 $1 \text{ tick} = 25\text{ns}(40\text{MHz})$ 이다. 그러므로 myRIO 1900의 FPGA를 이용한다면 Duty 비는 $\text{High time}(\text{tick})/800000(\text{tick})$ 으로 계산되고 임의의 High time을 입력해줌으로써 PWM 신호를 드라이버에 직접 입력해 줄 수 있게 된다. myRIO 1900의 DIO Pin 2개를 선정하여 각 모터의 PWM signal line을 Bus로 구축한다. PWM 신호를 인가하면 두 모터에 동일 입력이

들어가기에 두 모터는 썹크 동작을 수행하게 된다.

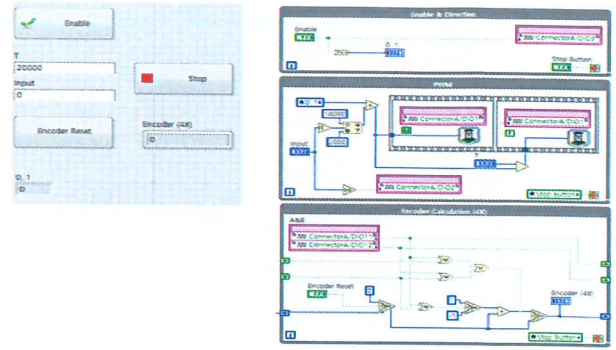


그림 4. LabView 이용 제어 코드

4. 결 론

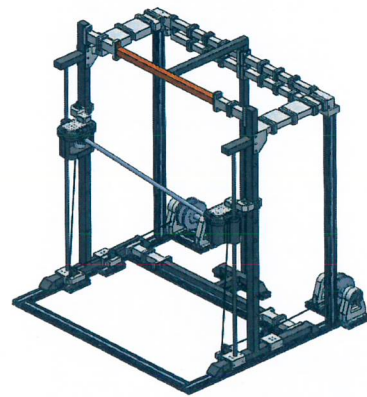


그림 5. 최종 완성 3대머신

본 논문에서 제안된 무한자유도와 모터 토크에 기인한 하중 부여를 함으로써 기존의 3대머신과는 다른 형태의 [그림 5]와 같은 운동기구를 제작하였다. 이는 원판을 모터로 대체함으로써 기구 전반적인 크기와 원판 거치 면적을 축소할 수 있을 것으로 기대된다. 본 논문에서는 모터 토크에 기인한 하중 부여에 국한되어 있지만, 위쪽 부분에 모터를 부착하여 위험 상황을 감지하여 부상의 위험도를 대폭 줄일 수 있다. 차세대 3대머신은 운동을 더욱 효율적으로 안전하게 할 수 있는 운동 기구의 기틀이 될 것이다.

참고문헌

- [1] Shannon E Gray "The causes of injuries sustained at fitness facilities presenting to Victorian emergency departments - identifying the main culprits," Natinal Library of Medicine ,Apr, 2015
- [2] Dirk Aerenhouts and Eva D'Hondt, "Using Machines or Free Weights for Resistance Training in Novice Males? A Randomized Parallel Trial," International Journal of Environmental Research and Public Health, Oct., 2020