

인공지능 및 ICT 융합 기술을 활용하여 요추부 토크 추정 연구

채승현¹, 문호세¹, 허현무¹, 최안렬², 문정환^{1*}

¹성균관대학교, ²가톨릭관동대학교

chd8806a@skku.edu, hhmoo91@skku.edu, josemoon@skku.edu, achoi@cku.ac.kr

*jmun@skku.edu

Prediction of L5/S1 joint torque during lifting task using artificial intelligence and ICT fusion technology

Seung Heon Chae¹, Jose Moon¹, Hyun Mu Heo¹, Ahnryul Choi², Joung Hwan Mun^{1*}

¹Sungkyunkwan Univ., ²Catholic Kwandong Univ.

요 약

본 연구는 ICT 융합의 센서 및 인공지능을 활용하여 들기 작업 시 발생하는 요추부 모멘트를 추정하였다. 근골격계 질환이 없는 성인 남성 9 명을 대상으로 Squat, Stoop 2 가지 동작에 대해 실험을 진행하였다. 인공지능 모델은 시계열 데이터 예측에 좋은 성능을 보이는 LSTM 모델을 사용하여 요추부 모멘트를 예측하는 모델을 구성하였다. 인공지능 모델은 상관계수 0.95 이상 RMSE 0.300 이하 결과를 보였다.

I. 서 론

매해 작업자들의 40% 이상이 작업환경 개선 노력에도 불구하고 작업관련 근골격계 질환을 겪고 있으며, 전체 근골격계 질환의 52%가 들기 작업으로 인하여 발생하였다[1]. 들기 작업은 요추부의 근골격계 질환의 주요 위험인자 중 하나로 보고되고 있으며, 들기 작업 시 요추부에 부하되는 모멘트와 근골격계 질환의 위험성과 매우 높은 연관성이 있다[2]. 따라서 들기 작업 시 발생하는 요추부 모멘트를 계산하여 부상 위험성을 측정하는 것이 중요하다.

요추부 관절의 모멘트를 측정하는 대표적인 방법인 동작분석방법은 가장 신뢰성 있는 측정 방법이다. 해당 방법을 사용하여 관절의 모멘트를 계산하기 위해서는 관절의 위치좌표와 지면 반력 데이터가 필요하지만, 실험 환경에서만 측정할 수 있는 공간적인 제약과 고가의 장비, 현장 적용 불가 등의 한계점이 존재한다[3]. 본 연구에서는 사용한 인솔 시스템은 정밀하게 족저압을 측정할 수 있는 장비로서, 휴대성이 있으며 지면반력기에 비해 상대적으로 저가이다. 따라서, 동작분석시 지면 반력을 측정하는 장비로서 대체되어 사용되고 있다[4]. 인공지능기법은 입력과 출력 간의 결정적인 역학적 연관성이 없을 때에도 높은 정확도를 나타낸다[5]. 따라서, 요추부의 모멘트를 계산할 때 필요한 관절의 위치좌표, 지면 반력 데이터 중 지면 반력 데이터 입력 값으로 사용하여도 높은 예측 정확도의 인공지능 모델을 구성할 것으로 예상할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 기존 대칭 들기 작업 시 요추부 모멘트 측정 방법의 공간적인 한계를 극복하는 인공지능 모델을 제안하고자 한다. ICT 융합의 센서 및 인공지능 기법을 사용하여 대칭 들기 작업 시 요추부 모멘트를 예측하는 모델을 구성하고, 모델의 정확도를 평가하고자 한다.

II. 연구 방법

2.1 실험 방법

실험은 근골격계 질환이 없는 건강한 남성 9 명을 대상으로 실험을 진행하였다. 피실험자는 modified Helen Hayes 마커셋 규약을 기반으로 하지 및 고관절에 16 개 해부학적 경계에 광학 마커가 부착되었다[8]. 각 피 실험자는 본 실험에 참여하기 전 준비운동을 실시하였으며, 실험 환경에 적응할 수 있도록 사전 예비 동작을 수행하였다. 들기 동작은 squat 와 stoop 2 가지를 수행하였으며, 4,8,12kg 3 종류의 무게에 대해 들기 동작을 수행하였다. 들기 작업의 속도는 보통 빠른 그리고 느린 속도로 수행하였으며, 각각의 속도는 피실험자가 생각하는 보통 빠른 그리고 느린 속도를 의미한다. 각 피실험자는 18 종류(동작 2 종류 * 무게 3 종류 * 속도 3 종류)의 들기 작업을 각각 3 회 수행하였다.

2.2 실험 장치 및 데이터 처리

본 연구의 실험 장비로는 MCam2 카메라 6 대 (VICON, Oxford Metrics, Oxford, UK)와 OR6-6-2000 지면반력기 2 대(AMTI Inc., Newton, MA)를 사용하였으며, 각 시스템은 120 Hz 와 1080 Hz 로 샘플링 되었다. 또한, Pedar-X 인솔 시스템 (Pedar Mobile, Novel Electronics Inc., GmbH, Munich, Germany)을 착용하였으며, 데이터는 100 Hz 로 획득되었다. Vicon 460 시스템에 의하여 카메라와 지면 반력기 데이터가 시계열 동기화되었으며, Pedar-X 인솔 시스템은 들기 작업 시 물체의 들어 올림과 내려놓는 이벤트 기반으로 동작분석 데이터와 동기화되었다. 요추부의 모멘트는 동작분석 시스템에서 획득한 지면반력 값과 광학 마커의 위치 값을 활용하여 역역학 방법을 사용하여 계산하였다. 계산된 모멘트 값과 인솔 시스템에서 획득되는 99 개의 압력값은 피실험자의 몸무게로 나누어 정규화 하였다. 또한, 모멘트 값과

인술에서 획득한 압력값은 각 시도별로 100%으로 정규화 하였다[5].

2.3 인공지능 모델 구성

본 연구에서는 시계열 데이터 예측에 좋은 성능을 보여주는 장단기 기억 신경망(LSTM)을 사용하여 인공지능 모델을 구축하였다. 모델은 Matlab R2020b (The Mathworks, Inc., Natick, MA, USA)을 활용하여 구성되었다. LSTM 모델은 256 개의 셀로 형성된 장단기 기억 신경망 레이어 1 개로 히든 레이어가 구성되었으며, 최적화 함수는 적응 모멘트 추정 함수를 사용하였다. 미니 배치 16, 학습률 0.01, 에폭시는 500 으로 설정되었다. 데이터는 훈련/검증/테스트 70/15/15 비율로 분할되어 사용되었다.

본 연구에서 제안하는 인공지능 모델의 성능은 3 차원 동작 분석 시스템을 통하여 획득된 데이터와의 상관관계수(r), RMSE 값으로 평가되었다.

III. 결과 및 결론

그림 1 은 들기 작업시 동작분석기에서 획득한 광학 마커의 위치와 지면반력 데이터를 사용하여 계산된 모멘트 값과 훈련된 인공지능 모델(LSTM)로부터 예측된 모멘트 값을 보여주는 그림이다. Squat, Stoop 동작 모두에서 모멘트의 변화는 2.5(N·M/kg)내에서 변화하는 것을 확인할 수 있다. 인공지능 모델로부터 예측된 모멘트는 계산된 모멘트의 그래프 패턴을 따라가는 것을 보여준다.

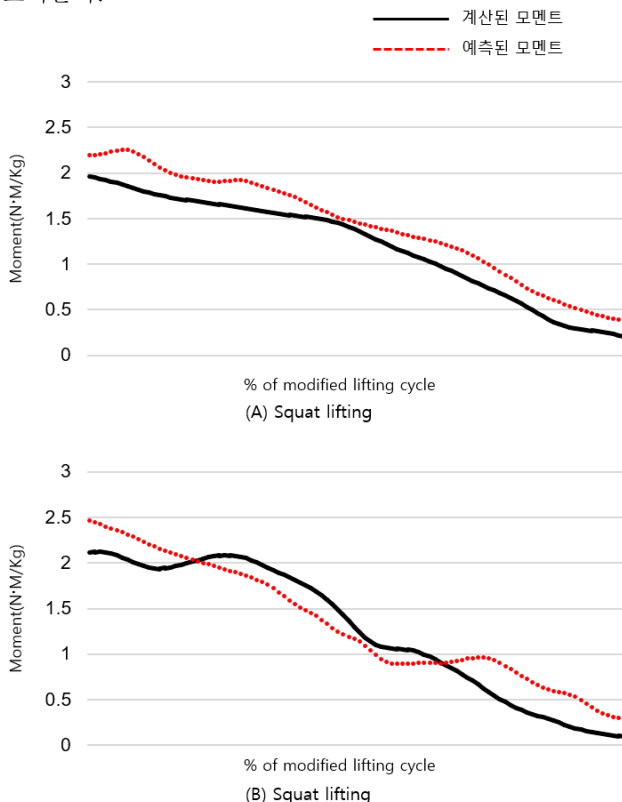


그림 1 들기 작업시 3 차원 동작분석기를 활용하여 계산된 모멘트와 인공지능 모델을 사용하여 예측된 모멘트의 비교

표 1 은 동작분석기 획득한 데이터를 활용하여 모멘트를 역역학 방식으로 계산하여 획득한 값과 본 연구에서 제안하는 인공지능 모델(LSTM)로부터 예측한 요추부 모멘트 값의 RMSE 값과 상관관계수를 나타내는 표이다. Squat 동작에서 RMSE 값 0.300 상관관계수

0.95 의 결과를 보였으며, Stoop 동작에서 RMSE 0.255 상관관계수 0.96 을 나타냈다.

표 1 동작분석기와 인공지능 모델(LSTM)의 요추부 모멘트 값의 상관관계수, RMSE

	Squat	Stoop
RMSE (N·m/kg)	0.300 (0.023)	0.255 (0.032)
상관관계수	0.95	0.96

본 연구에서는 기존 대칭 들기 작업 시 요추부 모멘트 측정 방법의 공간적, 비용적인 한계와 현장 적용의 어려움을 극복하고자 ICT 융합의 센서 및 인공지능기법(LSTM)을 사용하여 요추부의 모멘트를 예측하였다. 인공지능 기법 중 시계열 데이터 예측에 좋은 성능을 보여주는 LSTM 모델을 사용하여 상관관계수 0.95 이상, RMSE 0.300 이하의 결과를 획득하였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 성과물(논문, 산업재산권, 품종보호권 등)은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ015311)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참 고 문 헌

- [1] van der Have A, Van Rossom S, Jonkers I. "Squat Lifting Imposes Higher Peak Joint and Muscle Loading Compared to Stoop Lifting." *Applied Sciences*.; 9(18):3794. 2019.
- [2] Da Costa, B. R., Vieira, E. R. "Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: a systematic review of recent longitudinal studies." *American Journal of Industrial Medicine*.; 53(3): 285-323. 2009.
- [3] Mehrizi, R., Xu, X., Zhang, S., Pavlovic, V., Metaxas, D., Li, K. "Using a marker-less method for estimating L5/S1 moments during symmetrical lifting." *Applied Ergonomics*.; 65, 541- 550. 2017.
- [4] Saito, M., Nakajima, K., Takano, C., Ohta, Y., Sugimoto, C., Ezoe, R., Sasaki, K., Hosaka, H., Ifukube, T., Ino, S. and Yamashita, K. "An in-shoe device to measure plantar pressure during daily human activity." *Medical Engineering & Physics*.; 33(5), 638-645. 2011.
- [5] Choi, A., Jung, H., Mun, J. H. "Single Inertial Sensor-Based Neural Networks to Estimate COM-COP Inclination Angle During Walking." *Sensors*.; 19(13), 2974. 2019