

인공지능 기반 운동처방을 위한 이동형 헬스케어 능동로봇 개발 및 검증

Development and Validation of Mobile Healthcare Active Robot for AI-Based Exercise Prescription

이지용(한국체육대학교/박사) · 이용국*(서울대학교/교수)

Ji-Yong LEE Korea National Sport University · Yong Kook LEE Seoul University

요약

이 연구의 목적은 오프라인 현장에서 운동 처방을 위해 활용할 수 있는 이동형 헬스케어 능동로봇을 개발하고 추후 운동 처방을 위한 인공지능 기술 기반의 시스템 프로세스를 제안하는 것이다. 실험대상은 20대 남자 8명(66.7%), 20대 여자 4명(33.3%)으로 총 12명의 데이터를 수집하였다. 이 연구에서는 타봇에 탑재된 지면압력센서의 타당성 및 신뢰성을 검증하기 위해 첫째, 타봇을 활용하여 지면반력 데이터를 수집하였다. 둘째, 지면반력의 준거도구로 AMTI ORG-6 지면반력기를 활용하여 지면반력 데이터를 수집하였다. 이 연구의 결과를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다. 첫째, 직립 자세에서 우측·좌측 균형비율을 비교한 결과 타당도($r=.597$, $p=.04$), 신뢰도($ICC=.998$) 모두 높은 수준에서 통계적으로 유의미한 결과를 나타냈다. 둘째, 스쿼트 자세에서 우측·좌측 균형비율을 비교한 결과 타당도($r=.929$, $p=.001$), 신뢰도($ICC=.983$) 모두 높은 수준에서 통계적으로 유의미한 결과를 나타냈다. 셋째, 이 연구에서 개발한 타봇을 활용한 인공지능 기술 기반의 시스템 프로세스는 운동 처방 연구가 연계된다면 인공지능 시스템이 구현될 수 있을 것으로 판단한다. 이 연구는 범용성 있는 헬스케어 기반의 능동로봇을 개발하고 인공지능 기술 기반의 시스템을 제안함으로써 스포츠 영역에서 다양하게 활용될 수 있는 도구를 개발하였다는 점에서 의의가 있다고 판단된다.

핵심 단어: 헬스케어, 인공지능, 운동처방, 능동로봇

Abstract

The purpose of this study is to develop a mobile healthcare active robot that can be utilized for prescribing exercises in offline settings and to propose a system process based on artificial intelligence technology for exercise prescription in the future. A total of 12 participants were involved in the experiment, comprising 8 males in their 20s (66.7%) and 4 females in their 20s (33.3%). In this research, the validity and reliability of the pressure sensors integrated into the TABOT were examined through the following steps. First, the TaBot was used to collect ground reaction force data. Second, ground reaction force data was collected using the AMTI ORG-6 ground reaction force platform as a reference tool. The results of this study led to the following conclusions. First, when comparing the right and left balance ratios in an upright posture, both validity ($r = .597$, $p = .04$) and reliability ($ICC = .998$) showed statistically significant results at a high level. Second, when comparing the right and left balance ratios in a squat posture, both validity ($r = .929$, $p = .001$) and reliability ($ICC = .983$) also showed statistically significant results at a high level. Third, it is anticipated that if the TABOT developed in this research is used in exercise prescription studies, an artificial intelligence-based system process can be implemented when linked to exercise prescription research. This study is considered significant as it has developed a versatile healthcare-based active robot and proposed an artificial intelligence-based system that can be utilized in various ways in the field of sports.

Key words: Healthcare, Artificial Intelligence, Exercise Prescription, Active Robot

* 01088678191@daum.net

이 연구는 대한민국 특허청에 등록된 특허품(출원번호 : 10-2020-0095172)을 활용하여 수행된 연구임

I. 서론

인공지능 기술 기반의 로봇 산업은 매년 가파른 성장세를 보이고 있다. 구체적으로 국제로봇연맹(International Federation of Robotics: IFR)에서는 2023년까지 전문 로봇은 33.6%, 개인용 로봇은 25.3%씩 성장할 것으로 예측하고 있다(IFR, 2020). 이러한 성장세는 인공지능 기술 기반의 로봇 산업의 비약적인 성장을 도모하고 있다. 인간을 대신하여 물리적인 노동을 함은 물론 전쟁, 예술, 의료, 헬스, 스포츠 분야 등 모든 영역에 영향을 미치지 않는 분야가 없을 정도로 곳곳에 로봇 기술이 포진되어 있다(이청호 등, 2021). 특히, 의료·공학 분야의 융합은 가까운 미래에 개인 맞춤형 질병 예방과 더불어 치료 가능성을 제시할 수 있어 인공지능 로봇에 대한 관심이 나날이 증대되고 있다(Blasiak, Khong, & Kee, 2020).

그렇다면 질병 예방과 더불어 치료 가능성을 제시할 수 있는 기술 또는 시스템은 어떠한 것이 있을까? 최근 인구구조의 변화와 맞물려 인공지능 기반의 헬스케어 로봇에 대한 수요와 필요가 증가하고 있다. 그 이유로는 건강에 관심이 많은 현대인의 경우 전문적인 건강 서비스를 받고 싶어하며, 이는 곧 헬스케어 로봇 개발에 대한 관심으로 이어지고 있기 때문이다(Dermody & Fritz, 2019). 이러한 관심을 증빙이라도 한 듯 헬스케어 인공지능 분야에 대한 투자는 비약적으로 증가되었다. 세계 헬스케어 산업시장을 기준으로 2012년부터 2018년까지 약 450건 이상의 투자가 이뤄졌고, 총 투자 금액은 약 71억 달러에 이르렀다(박용민, 2023). 미국 시장조사기관 'CB Insight'가 발표한 'Top AI Trends To Watch in 2018' 보고서를 보면 AI 관련 스타트업 투자가 가장 활발히 이뤄지고 있는 분야도 헬스케어로 꼽히고 있어 인공지능 기술이 어떤 분야에서 두각을 나타낼 것인가를 짐작할 수 있다(이형민, 2019).

헬스케어 분야에서 인공지능 기술의 역할은 크게 예후(Prognosis), 진단(Diagnosis), 치료(Treatment), 임상 워크플로(Clinical Workflow) 등으로 구분할 수 있다(Qayyum, Qadir, Bilal, & Al-Fuqaha, 2020). 대표적인 사례로는 인공지능을 활용하여 인간의 눈으로 식별하기 힘든 미세한 변화와 패턴을 감지해 질병을 조기발견 하는 시스템이다. 2011년에 설립된 Arterts는 데이터에 기반하여 정확한 진단을 내리는 인공지능 의료 영상 업체로 2017년 방대한 심장 MRI 데이터를 활용하여 인공지능 시스템을 구축하였고 세계 최초로 클라우드 기반 딥러닝에 대한 미국 식품의약국(Food and Drug Administration: FDA)의 승인을 받기도 하였다(임이랑, 2023). 이처럼 인공지능 기술은 단순 아이디어 차원에서 그치는 것이 아니라 실제 성공적인 사례로도 제시되고 있는 실정이다.

최근, 코로나 팬데믹 이후 앞서 언급한 인공지능의 역할 이외에도 퍼스널 트레이닝과 같이 운동 보조 또는 운동 처방의 목적으로 인공지능 기술과 결합한 개인 맞춤형 서비스가 등장하고 있다(박민서, 2022). 이러한 서비스는 딥러닝 기반의 동작 인식 기술이 발전하면서 정확도가 크게 향상되었고 동작을 측정 또는

평가할 수 있는 시스템 개발로 이어지고 있다(이지용, 2022). 상용화 사례로는 미국의 Tempo Home Gym, Aaptiv Coach 등이 있으며, 국내에서도 카카오 VX에서 딥러닝 기반의 동작 인식 기술을 활용하여 홈트레이닝이 가능한 스마트홈트를 출시하기도 하였다.

산업 측면에서 다양한 인공지능 시스템들이 개발되고 상용화 되는 것뿐만 아니라 인공지능 기술을 운동 보조 또는 운동 처방에 적용시키고자 하는 연구들도 활발히 이뤄지고 있다. 임세민(2019)은 인공지능 기술을 활용하여 운동 자세 측정을 통한 교정 및 재활을 목적으로 동작 시스템을 구현하였다. 구체적으로 탁구 종목을 선택하여 탁구 자세를 교정해줄 수 있는 시스템을 구현하였다. 또한 이지용(2022)은 인공지능 기술을 활용하여 태권도 동작 평가 시스템을 구현하였는데, 이는 인공지능이 기존 심판의 역할을 대신할 수 있을 뿐만 아니라 일선 태권도장에서 학생들을 지도할 때 활용할 수 있는 보조 시스템으로서의 역할도 가능하다. 이처럼 운동을 보조하는 역할로 인공지능 기술이 활용되고 있지만, 더 나아가 보조 역할 뿐만 아니라 운동 처방까지 가능한 연구들도 활발히 이뤄지고 있다. 이현민, 이인서 및 박해민(2021)은 인공지능 기술을 기반으로 체형을 분석하고 맞춤형 운동프로그램을 처방해주는 방법에 대해 제시하였다. 즉, 개인의 체형에 맞는 운동프로그램을 처방하는 것이다. 또한 하태용 및 이후진(2020)은 스마트폰 어플리케이션을 활용하여 참여자들의 동작을 분석하고 신진대사의 값으로 환산하여 운동 칼로리 소모량을 파악하는 등의 운동처방 목적의 연구를 수행하기도 하였다.

인공지능 기술이 운동을 보조하고 처방해주는 역할까지 가능할 것이라는 것은 선행연구의 결과로 비춰볼 때 부정할 수 없는 사실이다. 그렇다면 지금까지 진행된 선행연구에서 제시되고 있는 인공지능 기술의 한계점은 무엇일까? 크게 두 가지의 형태로 요약해볼 수 있다. 첫째, 인공지능 기술의 활용으로 인해 기술의 범용성은 크게 늘어났지만, 상대적으로 정확성은 떨어졌다. 둘째, 현재 운동 보조 및 처방과 관련된 서비스와 연구의 경우 대다수가 휴대폰의 어플리케이션과 웹을 기반으로 하고 있다는 점이다. 이러한 한계점은 다음과 같은 시사점을 제시할 수 있다. 많은 인원이 서비스를 활용할 수는 있으나, 보다 운동 처방이 정확히 필요한 아동, 노약자 등의 집단에게는 정확성이 떨어지는 처방으로 이어져 위험할 수 있다는 것이다. 이러한 문제점에도 불구하고 실제 오프라인으로 운동 처방을 위해 인공지능 기술을 접목한 연구는 찾아보기 쉽지 않은 실정이다.

따라서 이 연구는 오프라인 현장에서 운동 처방을 위해 활용할 수 있는 이동형 헬스케어 능동로봇을 개발하고 추후 운동 처방을 위한 인공지능 기술 기반의 시스템 프로세스를 제안하고자 한다. 구체적으로 이동로봇에 지면압력센서를 연동시켜 검사자의 운동 목적에 맞는 신체의 근력과 밸런스를 세분화하여 정확하게 측정하고, 수집된 데이터를 인공지능 기술을 통해 분석하고 검사자 개인 맞춤형 운동 처방을 내릴 수 있는 시스템 프로세스를 제안하고자 한다.

II. 연구방법

1. 이동형 헬스케어 능동로봇 개발

이 연구의 목적은 이동형 헬스케어 능동로봇을 개발하고 운동 처방을 위한 인공지능 기술 기반의 시스템을 제안하는 것이다. 이 연구에서는 이동형 헬스케어 능동로봇에 지면압력센서를 연동시켜 검사자의 운동 목적에 맞게 신체의 근력과 밸런스를 측정할 수 있는 도구를 개발하였다. 지면반력기는 신체균형을 측정하는 대표적 도구로 활용되고 있다. 그러나 가격 등의 이유로 보편화되기 어렵기 때문에 범용성 있게 활용되기는 어렵다는 문제점이 존재한다. 따라서 이 연구의 첫 번째 단계로 지면압력센서가 장착된 이동형 헬스케어 능동로봇인 타봇(TABOT)을 개발(출원번호: 제 10-2020-0095172호)하였다. 타봇은 총 320개의 압력센서로 이루어진 제품이다. 구체적인 타봇의 지면반력센서 구성은 <그림 1>과 같다.

타봇은 검사자가 로봇 위에서 측정자세를 잡으면 로봇이 좌우로 이동하면서 지면압력센서를 통해 하체 힘의 정도와 균형을 기록할 수 있게 설계되었다. 구체적인 타봇의 이미지는 <그림 2>와 같다.

2. 연구내용 및 절차

1) 데이터 수집

이 연구에서는 타봇에 탑재된 지면압력센서의 타당성 및 신뢰성을 검증하기 위해 첫째, 타봇을 활용하여 지면반력 데이터를 수집하였다. 둘째, 지면반력기의 준거도구로 AMTI ORG-6 지면반력기를 활용하여 지면반력 데이터를 수집하였다. 지면반력기는 힘을 측정할 수 있는 센서들을 활용하여 지면반력을 측정할 수 있도록 만들어진 판을 의미한다. 지면반력기를 누르게 되면 누르는 힘의 전후성분(X), 좌우성분(Y), 수직성분(Z)이 측정된다. 이 연구에서는 수직성분(Z) 데이터를 활용하였다. 이 연구에 참여한 실험대상은 20대 남자 8명(66.7%), 20대 여자 4명(33.3%)으로 총 12명의 데이터를 수집하였다. 실험대상의 구체적인 정보는 <표 1>과 같다. 이 연구에서는 직립 자세와 스쿼트 자세로 구분하여 지면반력 데이터를 수집하였다.

표 1. 대상자의 특성

| 집단 | 신장(cm) | 체중(kg) | 나이(세) |
|----------|------------|------------|-----------|
| 남자(n=8) | 176.7±5.31 | 72.5±9.15 | 23.9±1.54 |
| 여자(n=4) | 162.8±3.51 | 51.8±1.80 | 22.8±1.48 |
| 합계(n=12) | 172.1±8.13 | 65.6±12.34 | 23.5±1.61 |

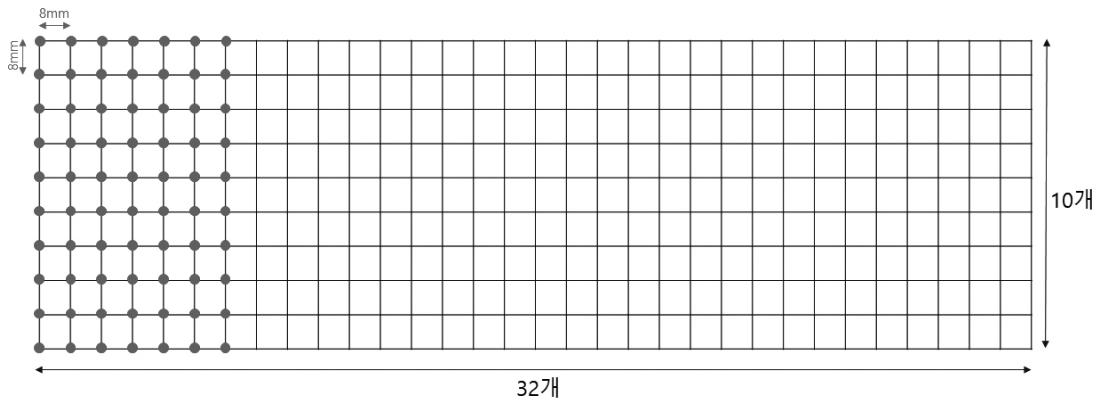


그림 1. 타봇의 지면반력센서 구성.



그림 2. 타봇 이미지.

2) 데이터 전처리

이 연구에서는 타붓과 지면반력기(AMTI ORG-6)를 활용하여 데이터를 수집하였다. 이때 타붓은 초 간격 단위로 데이터가 측정되고, 지면반력기의 경우 프레임(1초당 60프레임) 간격으로 측정되기 때문에 측정 간격이 달라 통계적 처리가 불가하다. 따라서 데이터 전처리는 필수적이다. 지면반력기는 1초당 60프레임의 데이터가 산출되기 때문에 측정 간격을 동일하게 하기 위해 60프레임의 데이터를 평균하여 초 단위의 데이터로 전처리하였다. 또한 동일한 대상이 타붓과 지면반력기를 활용하여 데이터를 측정하였다고 하더라도 측정 대상의 측정 길이가 상이하여 같은 측정 길이로 조정하기 위해 최소 측정 길이인 5초를 초과한 데이터는 분석에 사용하지 않았다. 균형 비율의 경우 좌측비율은 100% - 우측비율이므로 모든 통계적 처리는 우측 비율을 기준으로 하였다.

3. 자료처리 및 평가방법

이 연구에 활용된 모든 통계분석은 SPSS 25.0을 활용하여 분석을 실시하였다. 모든 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다. 구체적으로 이 연구에서는 첫째, 실험대상의 일반적인 특성에 대하여 평균값과 표준편차를 산출하였다. 둘째, 준거타당도는 타붓과 지면반력기 데이터의 상관관계를 확인하기 위해 상관분석을 실시하였다. 이때, 정규성 검정을 실시한 결과 이 연구에서 수집된 데이터가 정규성을 따르지 않는 것으로 나타나 Spearman의 상관관계 분석을 수행하였다(김지영, 홍성현, 민지희, 전용관, 2015). 셋째, 신뢰도분석을 위해 유목 내 상관계수(Intraclass Correlation Coefficient)를 산출하였다. 이 연구에서 수집된 데이터의 구체적인 특성은 <표 2>와 같다. 신뢰도란 2회 이상 측정하여 얻은 자료의 일관성 정도를 의미하여 유목 내 상관계수(ICC)는 반복성과 재현성을 평가하는 지표로서 활용되고 있다. ICC는 0부터 1사이 값으로 표현되며 1에 가까울수록 일치 정도가 높은 것을 의미한다(류영철, 2016). 이 연구에서는 5초 동안의 측정 일관성을 확인하고자 하였다.

표 2. 데이터의 특성

| 구분 | 지면반력기 | | 타붓 | |
|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 우측 (M±SD) | 좌측 (M±SD) | 우측 (M±SD) | 좌측 (M±SD) |
| 직립 자세 | 51.03±2.50 | 48.97±2.50 | 49.20±2.25 | 50.80±2.25 |
| 스쿼트 자세 | 49.44±2.30 | 50.56±2.30 | 49.04±2.75 | 50.96±2.75 |

III. 연구결과

1. 직립 자세 측정의 타당도 및 신뢰도

타붓에 탑재된 지면반력센서의 타당도를 검증한 결과는 <표 3>과 같다. 구체적으로 직립 자세에서 우측·좌측 균형비율

을 비교한 결과 지면반력기의 균형 값과 타붓의 균형 값의 상관계수가 $r=.597$, $p=.04$ 수준으로 나타나 통계적으로 유의한 상관을 나타냈다. 따라서 타붓에 탑재된 지면반력센서는 직립 자세에서 양측 균형을 측정하기 위한 도구로서 타당하다고 판단된다.

타붓에 탑재된 지면반력센서의 직립 자세 측정 신뢰도를 검증한 결과는 <표 4>와 같다. 구체적으로 타붓을 활용하여 5초간 측정된 데이터를 활용하여 신뢰도 검증을 실시한 결과, ICC=.998 수준에서 높은 신뢰도가 산출되었다.

표 3. 직립 자세 측정의 타당도

(%)

| 구분 | 지면반력기 | | 타붓 | |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 우측 (M±SD) | 좌측 (M±SD) | 우측 (M±SD) | 좌측 (M±SD) |
| 1 | 53.29±2.59 | 46.71±2.59 | 48.85±0.06 | 51.15±0.06 |
| 2 | 52.17±2.59 | 47.83±2.59 | 47.25±0.04 | 52.75±0.04 |
| 3 | 56.67±2.25 | 43.33±2.25 | 51.43±0.17 | 48.57±0.17 |
| 4 | 51.18±2.55 | 48.82±2.55 | 46.92±0.58 | 53.08±0.58 |
| 5 | 52.47±0.30 | 47.53±0.30 | 51.89±0.07 | 48.11±0.07 |
| 6 | 45.85±0.16 | 54.15±0.16 | 43.66±0.05 | 56.34±0.05 |
| 7 | 48.72±0.11 | 51.28±0.11 | 48.3±0.11 | 51.7±0.11 |
| 8 | 50.86±0.23 | 49.14±0.23 | 50.36±0.04 | 49.64±0.04 |
| 9 | 50.27±0.003 | 49.73±0.003 | 50.69±0.05 | 49.31±0.05 |
| 10 | 50.45±0.01 | 49.55±0.01 | 50.54±0.11 | 49.46±0.11 |
| 11 | 50.36±0.22 | 49.64±0.22 | 50.77±0.09 | 49.23±0.09 |
| 12 | 50.12±0.22 | 49.88±0.22 | 49.69±0.07 | 50.31±0.07 |

표 4. 직립 자세 측정의 신뢰도

(%)

| 간격 | 사례 수 | 평균 | 표준편차 | 95% CI | | ICC | 유의확률 |
|----|------|-------|------|--------|-------|------|------|
| | | | | lower | upper | | |
| 1초 | 12 | 49.24 | 2.24 | | | | |
| 2초 | 12 | 49.27 | 2.19 | | | | |
| 3초 | 12 | 49.21 | 2.24 | .996 | .997 | .998 | .001 |
| 4초 | 12 | 49.15 | 2.30 | | | | |
| 5초 | 12 | 49.11 | 2.31 | | | | |

2. 스쿼트 자세 측정의 타당도 및 신뢰도

타붓에 탑재된 지면반력센서의 타당도를 검증한 결과는 <표 5>와 같다. 구체적으로 스쿼트 자세에서 우측·좌측 균형비율을 비교한 결과 지면반력기의 균형 값과 타붓의 균형 값의 상관계수가 $r=.929$, $p=.001$ 수준으로 나타나 통계적으로 유의한 상관을 나타냈다. 따라서 타붓에 탑재된 지면반력센서는 스쿼트 자세에서 양측 균형을 측정하기 위한 도구로서 타당하다고 판단된다.

타붓에 탑재된 지면반력센서의 스쿼트 자세 측정 신뢰도를 검증한 결과는 <표 6>과 같다. 구체적으로 타붓을 활용하여 5초간 측정된 데이터를 활용하여 신뢰도 검증을 실시한 결과, ICC=.983 수준에서 높은 신뢰도가 산출되었다.

표 5. 스쿼트 자세 측정의 타당도 (%)

| 구분 | 지면 반력기 | | 타봇 | |
|----|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 우측 (M±SD) | 좌측 (M±SD) | 우측 (M±SD) | 좌측 (M±SD) |
| 1 | 50.50±0.16 | 49.50±0.16 | 51.43±0.16 | 48.57±0.16 |
| 2 | 53.64±0.07 | 46.36±0.07 | 52.52±0.36 | 47.48±0.36 |
| 3 | 50.07±0.18 | 49.93±0.18 | 50.49±0.70 | 49.51±0.70 |
| 4 | 50.94±0.22 | 49.06±0.22 | 48.96±0.78 | 51.04±0.78 |
| 5 | 47.35±0.24 | 52.65±0.24 | 46.09±0.59 | 53.91±0.59 |
| 6 | 47.38±0.15 | 52.62±0.15 | 47.80±0.14 | 52.20±0.14 |
| 7 | 46.24±0.16 | 53.76±0.16 | 45.04±0.17 | 54.96±0.17 |
| 8 | 49.08±0.23 | 50.92±0.23 | 49.14±0.37 | 50.86±0.37 |
| 9 | 53.58±0.11 | 46.42±0.11 | 55.03±0.55 | 44.97±0.55 |
| 10 | 48.87±0.08 | 51.13±0.08 | 47.27±1.61 | 52.73±1.61 |
| 11 | 48.33±0.16 | 51.67±0.16 | 47.28±1.07 | 52.72±1.07 |
| 12 | 47.33±0.19 | 52.67±0.19 | 47.39±1.02 | 52.61±1.02 |

표 6. 스쿼트 자세 측정의 신뢰도 (%)

| 간격 | 사례 수 | 평균 | 표준편차 | 95% CI | | ICC | 유의확률 |
|----|------|-------|------|--------|-------|------|------|
| | | | | lower | upper | | |
| 1초 | 12 | 49.48 | 2.50 | | | | |
| 2초 | 12 | 49.05 | 2.59 | | | | |
| 3초 | 12 | 48.94 | 2.90 | .830 | .972 | .983 | .001 |
| 4초 | 12 | 48.85 | 2.92 | | | | |
| 5초 | 12 | 48.87 | 3.26 | | | | |

3. 인공지능 기반의 운동처방 시스템 프로세스

이 연구의 두 번째 연구목적은 개발된 타봇을 활용하여 인공지능 기술 기반의 시스템 프로세스를 제안하는 것이다. <그림 3>은 인공지능 기술을 통해 분석하고 검사자 개인 맞춤형 운동 처방을 내릴 수 있는 시스템 프로세스이다.

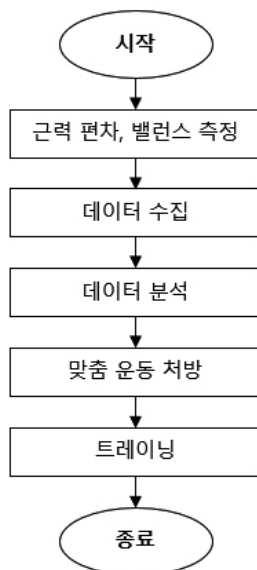


그림 3. AI 기반 맞춤형 운동 처방 프로세스.

먼저, 검사자가 로봇 위에서 측정 자세를 잡으면 로봇이 좌우로 이동하면서 지면반력센서를 활용하여 좌·우 근력 편차 및 밸런스를 측정하여 데이터를 수집한다. 이 연구에서는 직립 자세와 스쿼트 자세로 도구의 타당도 및 신뢰도를 검증하였지만 추후 연구에서는 <그림 4>와 같이 다양한 자세로 변경될 수 있다.

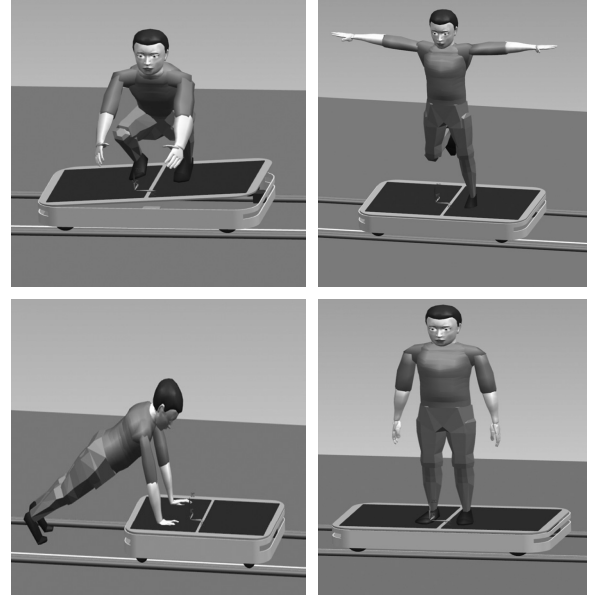


그림 4. 다양한 자세 예시.

둘째, 국민체력실태조사 등 다양한 대상자들로 수집된 체력 데이터를 근거로 검사자의 근력이나 신체 밸런스 수준을 분석한다. 셋째, 메타분석을 기반으로 개인형 운동 처방 시스템을 구축한다. 예를 들어 새로운 검사자가 측정이 이뤄질 경우 설계된 인공지능이 좌·우 근력 편차 및 밸런스 등을 측정하고 분석하여 개인 맞춤형 운동을 추천해줄 수 있다. 위와 같은 프로세스를 통해 시작부터 종료까지 인공지능이 자동적으로 측정·분석·처방까지 할 수 있는 프로세스를 제안하고자 한다.

IV. 논의

이 연구는 오프라인 현장에서 운동 처방을 위해 활용할 수 있는 이동형 헬스케어 능동로봇을 개발하고 추후 운동 처방을 위한 인공지능 기술 기반의 시스템 프로세스를 제안하는 것이 목적이다. 이 연구의 결과를 통해 얻은 논점은 다음과 같다.

첫째, 직립 자세에서 우측·좌측 균형비율을 비교한 결과 지면반력기의 균형 값과 타봇의 균형 값의 상관관계수가 $r=.597$, $p=.04$ 수준으로 나타나 통계적으로 유의한 상관을 나타냈다. 따라서 타봇에 탑재된 지면반력센서는 직립 자세에서 양측 균형을 측정하기 위한 도구로서 타당하다고 판단된다. 또한 신뢰도 검증을 실시한 결과, $ICC=.998$ 수준에서 높은 신뢰도가 산출되었다. 직립 자세를 측정하는 것은 좌·우 균형을 측정하거나 밸런스를 측정할 때 기초가 되는 자세이다. 특히 인간이 바른 직립

자세를 유지하는 것은 넘어지지 않고 일상적인 동작을 수행하는데 필수적인 요소이다(송채훈, 2004; Nichol et al., 1995). 따라서 좌·우 균형을 측정하여 대상자들의 부상을 예방하는 연구들이 지속적으로 수행되어오고 있다. 구체적으로 균형을 측정하는 장비인 지면반력기의 경우 균형을 측정할 수 있는 측정 기 자체 중의 하나로 다양한 연구 영역에서 활용되고 있다(문영진, 2002). 그러나 공간적 제약과 고가의 장비라는 한계점으로 인해 다양한 영역에 적용하기가 쉽지 않았다. 이 연구의 결과는 전통적으로 제시되고 있는 지면반력기의 문제점을 해소할 수 있어 다양한 연구 영역에서 지면반력을 이용한 문제해결이 가능할 것으로 판단된다.

둘째, 스쿼트 자세에서 우측·좌측 균형비율을 비교한 결과 지면반력기의 균형 값과 타봇의 균형 값의 상관관계수가 $r=.929$, $p=.001$ 수준으로 나타나 통계적으로 유의한 상관을 나타냈다. 따라서 타봇에 탑재된 지면반력센서는 스쿼트 자세에서 양측 균형을 측정하기 위한 도구로서 타당하다고 판단된다. 또한 신뢰도 검증을 실시한 결과, $ICC=.983$ 수준에서 높은 신뢰도가 산출되었다. 이 연구에서는 다양한 운동 방법 중 스쿼트 동작을 채택하여 도구의 타당도와 신뢰도를 검증하였다. 스쿼트는 다른 운동 방법에 비해 부상 가능성이 비교적 낮고, 신체 건강 향상 및 유지를 할 수 있다는 장점이 있기에 다양한 연구 영역에서 활용되고 있다(양승훈, 2018). 따라서 이러한 근거를 기반으로 이 연구에서 스쿼트 동작을 채택하였음을 사전에 밝힌다. 스쿼트 동작을 기반으로 도구의 타당도를 검증한 결과를 살펴보면 직립 자세일 때 보다 더 높은 상관계수를 나타내고 있다. 따라서 운동 동작을 수행할 때도 활용이 가능한 타당한 도구임은 부정할 수 없는 사실이지만 다양한 동작을 활용하여 도구의 타당도를 검증하지 못하였다는 점은 연구의 제한점이라 말할 수 있다. 추후 연구에서는 다양한 동작을 활용하여 도구의 타당도를 검증할 수 있기를 기대한다.

셋째, 이 연구에서는 개발된 타봇을 활용하여 인공지능 기술 기반의 시스템 프로세스를 제안하였다. 최근 인공지능 기술이 다양한 영역에서 활용되고 있고 스포츠 영역에서도 다양한 측면으로 활용되고 있다. 특히 헬스케어 분야와 스포츠산업 측면에서 인공지능 기술이 활발히 활용되고 있다(이지용, 이상용, 박재현 및 윤지운, 2023; 최유리, 김창균 및 이지용, 2022). 그 이유로는 적은 비용으로 다양한 결과를 도출할 수 있고 범용성 있게 활용 가능하기 때문이다(이지용, 2022). 그러나 기술의 타당도와 정확도 측면에서 항상 논란은 제기되어 왔다. 그러나 이 연구에서 개발한 능동로봇을 활용한다고 하면 타당도와 신뢰도가 검증된 연구로서 위와 같은 문제를 해소할 수 있을 것이다. 물론, 처방과 관련한 데이터 수집 및 분석은 과제로 남아 있을 수 있다. 후속 연구에서는 운동 처방과 관련한 메타분석이 연계된다면 능동로봇 기반의 인공지능 시스템이 구현될 수 있을 것으로 판단한다.

V. 결론 및 제언

이 연구는 오프라인 현장에서 운동 처방을 위해 활용할 수 있는 이동형 헬스케어 능동로봇을 개발하고 추후 운동 처방을 위한 인공지능 기술 기반의 시스템 프로세스를 제안하는 것이 목적이다. 이 연구에 참여한 실험대상은 20대 남자 8명(66.7%), 20대 여자 4명(33.3%)으로 총 12명의 데이터를 수집하였다. 이 연구의 결과를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 직립 자세에서 우측·좌측 균형비율을 비교한 결과 타당도($r=.597$, $p=.04$), 신뢰도($ICC=.998$) 모두 높은 수준에서 통계적으로 유의미한 결과를 나타냈다.

둘째, 스쿼트 자세에서 우측·좌측 균형비율을 비교한 결과 타당도($r=.929$, $p=.001$), 신뢰도($ICC=.983$) 모두 높은 수준에서 통계적으로 유의미한 결과를 나타냈다.

셋째, 이 연구에서 개발한 타봇을 활용하여 인공지능 기술 기반의 시스템 프로세스는 운동 처방 연구가 연계된다면 인공지능 시스템이 구현될 수 있을 것으로 판단한다.

본 연구는 범용성 있는 헬스케어 기반의 능동로봇을 개발하고 인공지능 기술 기반의 시스템을 제안함으로써 스포츠 영역에서 다양하게 활용될 수 있는 도구를 개발하였다는 점에서 의의가 있다고 판단된다. 추후 연구에서는 다양한 동작을 활용하고 운동 처방이 연계된 후속연구가 지속되길 기대한다.

참고문헌

- 김지영, 홍성현, 민지희, 전용관 (2015). 심폐체력 측정을 위한 Tecumseh 스텝테스트의 준거타당도 검증. **한국여성체육학회지**, 29(3), 99-109.
- 류영철 (2016). 대입 전형 평가자간 신뢰도 분석 및 평가영역별 학업성취도 영향 연구. **융합사회와 공공정책(구 공공정책과 국정관리)**, 10(2), 161-200.
- 문영진 (2002). 스포츠과학 정보: 지면반력기에 대한 이해와 응용 사례. **스포츠과학**, 81, 52-61.
- 박민서 (2022). 디지털헬스케어에서의 인공지능 적용 사례 및 고찰. **한국융합학회논문지**, 13(1), 141-147.
- 박용민 (2023). 전문대학 헬스케어 분야 인공지능 인력양성에 관한 연구. **보건의료생명과학논문지**, 11(1), 67-77.
- 송채훈 (2004). 신장성운동이 자세 균형과 고유수용성 감각에 미치는 영향. **한국 스포츠 리서치**, 15(1), 417-426.
- 양승훈 (2018). 노인의 삶의 질 향상에 미치는 효과적인 스쿼트 자세. **한국엔터테인먼트산업학회논문지**, 12(8), 161-168.
- 이지용 (2022). 인공지능(AI) 기반 동작 인식 알고리즘을 활용한 태권도 품새 평가도구 개발. 미간행 박사학위논문, 한국체육대학교 일반대학원.
- 이지용, 이상용, 박재현, 윤지운 (2023). 다중클래스 분류 머신러닝을 활용한 3D신체이미지 기반 체형 분류 예측모델 탐색.

- 한국체육측정평가학회지, 25(3), 13-28.
- 이청호, 변순용, 김봉제, 김형주, 최현철, 김영걸, 김종욱 (2021). 가정용 헬스케어 AI 로봇의 개발자용 윤리체크리스트 개발에 대한 연구. *윤리연구*, 1(132), 263-280.
- 이현민, 이인서, 박해민 (2021). 인공지능 기반의 체형 분석과 운동 분석을 통한 헬스케어 애플리케이션 구현. *한국지능정보시스템학회 학술대회논문집*, 12, 86-87.
- 이형민 (2019). "Tech Issue - 헬스케어를 주름잡는 AI 기술 성공사례_인공지능이 바꾸는 '헬스케어' 산업". chrome-extension://efaidnbmnmmnibpcajpcgglefndmkaj/http://203.234.181.180/webzine/201904.pdf에서 검색.
- 임세민 (2019). 인공지능 기반 스포츠 훈련 지도 보조 시스템. 미간행 석사학위논문, 고려대학교 대학원.
- 임이랑 (2023). "미국 헬스케어분야 인공지능(AI) 활용 사례". https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=180&CONTENTS_NO=1&bbsGbn=243&bbsSn=243&pNttSn=204794에서 검색.
- 최유리, 김창균, 이지용 (2022). 인공지능 기반 골프 스윙 동작 평가 도구 개발 및 현장 적용 가능성 탐색. *한국체육학회지*, 61(6), 503-514.
- 하태용, 이후진 (2020). 인공지능 기반의 스마트 헬스케어 운동 관리를 위한 애플리케이션 구현. *전자공학회논문지*, 57(6), 44-51.
- Blasiak, A., Khong, J., & Kee, T. (2020). CURATE. AI: optimizing personalized medicine with artificial intelligence. *SLAS TECHNOLOGY: Translating Life Sciences Innovation*, 25(2), 95-105.
- Dermody, G., & Fritz, R. (2019). A conceptual framework for clinicians working with artificial intelligence and health-assistive Smart Homes. *Nursing Inquiry*, 26(1), e12267.
- IFR (2020). "IFR Press Conference, 24th September 2020, Frankfurt". https://ifr.org/downloads/press2018/Presentation_WR_2020.pdf에서 검색.
- Nichols, D. S., Glenn, T. M., & Hutchinson, K. J. (1995). Changes in the mean center of balance during balance testing in young adults. *Physical Therapy*, 75(8), 699-706.
- Qayyum, A., Qadir, J., Bilal, M., & Al-Fuqaha, A. (2020). Secure and robust machine learning for healthcare: A survey. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 14, 156-180.

