

허리통증 환자의 재활운동 처방 분석 및 재활운동 추천 시스템

전부선, 장윤섭, 박노삼, 한미경, 김재철
한국전자통신연구원

bsjeon, ychang76, siru23, mkhan, kimjc@etri.re.kr

Analysis of rehabilitation exercise prescriptions for patients with lowback pain, and recommendation system for rehabilitation exercise

Jeon Boosun, Yoon-Seop Chang, Noh-Sam Park, Mi-Kyong Han, Jae-Chul Kim
Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문은 허리통증 환자를 위한 재활운동 처방을 분석하고, 이를 근거로 개인맞춤형 재활운동을 추천하는 방법에 대하여 기술한다. 의사의 의뢰를 받아 지역사회에서 건강운동관리사가 허리통증 환자에게 처방한 운동 프로그램과 운동 콘텐츠의 구성을 살펴보고, 이를 학습 데이터로 활용한다. 개인맞춤형 재활운동 프로그램 및 운동 콘텐츠를 추천할 때, 사용할 수 있는 사용자의 건강기능상태 정보 및 프로파일 정보가 무엇이 있는지 살펴보고, 이를 추천시스템의 학습에 피쳐로 활용한다. 사용자의 건강기능 상태 정보를 기반으로 적절한 개인맞춤형 재활운동을 추천하는 시스템의 추천 정확도를 살펴본다.

I. 서 론

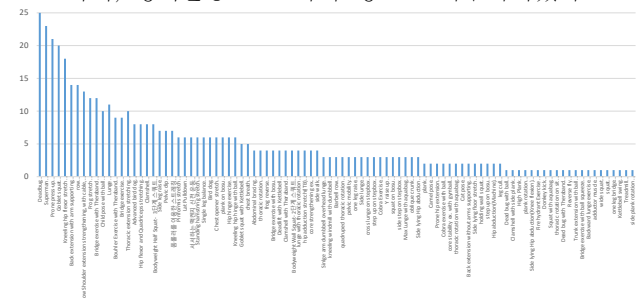
현대사회를 살고 있는 우리는 신체활동량 감소로 인한 신체기능의 저하와 기능장애, 기능상실 등 다양한 근골격계 질환에 시달리고 있다. 근골격계 재활치료의 목표는 통증이 없는 최대한의 동작을 회복시켜 신체의 균형을 이루는 것이며, 자세적 균형을 이룬 상태에서 근골격계의 최대한 통증이 없는 움직임을 회복하는 것이다. 의학적 처치가 완료되어 의료기관에서의 치료를 마치고 가정으로 돌아간 후에도, 건강상태 회복, 유지, 증진 등을 위하여 재활 운동이 계속적으로 수행되어야 하는 경우도 많다. 이 때, 적절한 운동 처방이나 지도 없이 운동을 수행하다가 자칫 증상을 더 악화되기도 한다.[1]

재활운동 추천 시스템은 의료기관 또는 재활 병원 등에서의 재활치료 후 지역사회로 복귀한 이후에도 재활 운동이 꾸준히 이어질 수 있도록, 사용자의 질환 및 상태 정보를 포함하는 사용자 프로파일 기반으로 사용자에게 적합한 개인맞춤형 재활운동을 추천하는 시스템이다.

본 논문에서는 허리 통증 환자에게 의사의 의뢰를 받아 건강운동관리사가 지도하여 수행한 재활운동의 처방 내역을 분석하고, 이 데이터를 학습하여 개인맞춤형 재활 운동을 추천하는 방법에 대하여 살펴본다.

병원과 지역사회에서 시행한 임상시험을 통해, 허리 통증 질환자의 재활운동 처방의 내역을 분석한다. 세종충남대학교병원의 IRB1 임상 시험에서는 허리 통증 질환자를 모집하여, 의사의 의뢰를 받아 지역사회에서 건강운동관리사가 허리 통증 재활 프로그램을 처방하고, 운동을 수행하였다. 아직 임상 진행중인 상태이며, 2022.5 월~8 월 현재까지 수집된 허리 통증 질환자의 처방 내역은 총 15 명의 환자에게 주 1 회씩 총 62 건의 재활 운동 프로그램이 처방 및 수행되었다.

1 회의 재활운동 프로그램에는 다수개의 운동 콘텐츠가 포함되었으며, 각각의 운동 콘텐츠는 준비운동/본운동/정리운동으로 구분되며, 준비운동 1~3 가지, 본운동 6~8 가지, 정리운동 1~2 가지 정도로 이루어져있다.



[그림 1] 허리 환자의 운동 콘텐츠별 처방 횟수

II. 본 론

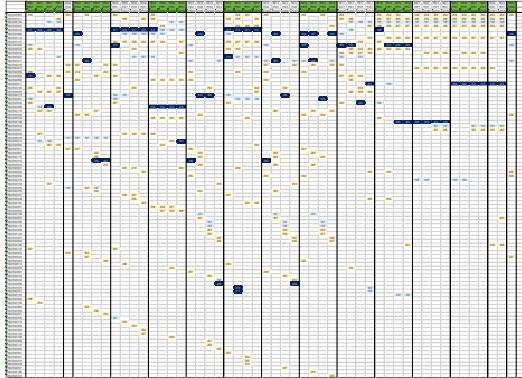
1) 허리 통증 재활 환자를 위한 재활운동 처방 분석

[그림 1]과 같이 15 인의 환자에게 52 회의 운동 프로그램 처방을 통해 처방된 운동 콘텐츠는 총 95 종류의 운동이 483 번 처방되었다. 각각의 운동

¹ 이 연구의 윤리적 타당성은 세종충남대학교병원 윤리 심의 위원회가 평가 및 승인하였음(CNUSH-2021-12-013).

콘텐츠별로는 최대 25회, 최소 1회, 평균 5.08회 처방이 이루어졌다.

운동 프로그램과 운동 콘텐츠의 구성 분포는 [그림 2]와 같다. 사용자는 해당일에 수행하는 재활운동 프로그램 내의 운동 콘텐츠는 대략 10 개 내외의 운동을 수행하고, 이러한 재활운동들은 준비운동(하늘색), 본운동(노란색), 정리운동(곤색)으로 표기하였다.



[그림 2] 운동 프로그램 내 운동 콘텐츠 분포

운동 분포를 보면 준비운동이나 정리운동으로 사용된 스트레칭 등의 운동은 중복해서 사용되는 경우가 많았고, 본운동에서 사용되는 운동은 위와 다양하기에 최소하게 사용되는 운동들도 있었으나, 대체로 증세가 비슷한 환자에게 주로 처방되는 운동 콘텐츠들을 확인할 수 있었다.

2) 개인맞춤형 재활운동 추천 시스템

환자에게 처방된 운동 프로그램과 운동 콘텐츠를 학습함에 있어 환자의 상태, 즉 사용자의 프로파일과 건강기능상태가 학습 데이터로 활용되었다. 환자의 프로파일과 건강기능평가 데이터는 [그림 3]과 같이 성별, 나이, 키, 몸무게 등과 같은 <인구통계학적 정보>와, 질병명, 주요 증상, 수술 이력 등의 <진단,치료정보>, 기저질환이나 음주, 흡연, 약물복용력 등의 <위험도 예측 정보>, 그리고 통증, 허리 통증 근력, ROM, 10m walk test, TUG (Time Up and Go), BBS (Berg Balance Scale) 보그 밸런스, Borg RPE (운동자각도) 등과 같은 <기능평가정보>가 있다. 환자는 운동 장소에 주 1 회 내방하여, 기능평가를 시행하고, 해당 정보를 기반으로 재활운동 프로그램을 처방받아 재활 운동을 수행하였다.

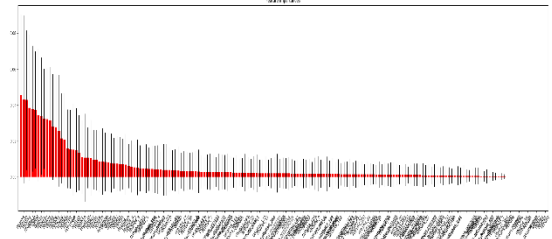
인구통계학적 정보	환자명, 성별, 생년월일, 키, 몸무게, BMI, 복부둘레, ...
진단,치료 정보	질병명, 보행상태, 주증상, 초진일자, 수술이력, ...
위험도예측 정보	병력, 외상력, 환경요인(직업,취미등), 흡연, 음주, 기저질환, 약물복용력, ...
기능평가 정보	근력(flexion/extension/horizontal/internal/...), 유연성 ROM (flexion/extension/...), 통증지수, 일상생활 활동:UCLA Activity Score, DASH, 심폐지구력 10MWT(10m walk test), 균형 TUG (Time Up and Go), 균형 BBS (Berg Balance Scale), 균형 RomgBerg test (eyes closed), 운동자각도 Borg RPE, ...

[그림 3] 사용자 건강 기능 상태 프로파일 정보

운동 프로그램에는 이 운동 프로그램이 어떤 환자를 위한 프로그램인지 메타 정보가 정의된다. 운동 프로그램의 목표가 건강상태의 회복/유지/증진 중 무엇인지, 재활부위, 권장연령, 기구/머신 사용여부,

운동강도 등과 함께 목표값으로 유연성 목표, 통증 목표, 근력 목표, 심폐지구력 목표 등 질환에 맞는 지표들이 선정되고 값들이 설정된다.[2]

운동 프로그램 처방 내역을 학습할 때는 이러한 사용자의 건강기능상태 정보와, 프로그램의 메타 정보들이 함께 피쳐로 활용되어 학습된다.

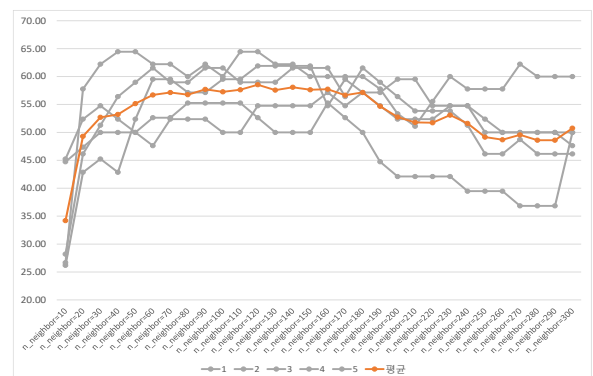


[그림 4] Feature Importance

사용자와 프로그램에서 추출한 66 가지의 피쳐별 Feature Importance 는 [그림 4]의 그래프와 같다. 계층에는 의학적으로 유용한 지표이기는 하나, 임상에 모집된 환자군이 다양하지 않아 아직 많지 않은 데이터의 영향으로 중요도가 낮게 나온 지표들도 있어, 중간 과정의 참조 데이터로 활용하였다.

헬스케어 관련하여 추천 기법 및 적용 분야에 대한 연구가 이루어지기도 하고[3], 딥러닝 기반 추천 시스템에 대한연구도 많이 이루어지고 있다.[4] 본 시스템에서는 현재까지 수집된 학습 데이터의 양이 충분히 많이 확보되지는 못해서, 현재 모델 기반 추천 기법 보다는 사용자의 속성 정보를 활용할 수 있는 콘텐츠 기반 추천 기법이 보다 적절하다고 판단하였다.

사용자의 정보와 프로그램에서 추출한 속성 정보들을 활용해 콘텐츠 기반 필터링 기법 중 하나인 유사도 기반 K-최근접 이웃(K-NN, K-Nearest Neighbor) 알고리즘을 적용하여 재활운동 콘텐츠 추천 시스템을 개발하였다. 추천을 받고자 하는 사용자의 건강상태와 가장 유사한 기존의 사용자(Neighbor) N 명을 찾아, 그들이 운동콘텐츠를 참조하여 Top-K(10)개의 운동콘텐츠를 추천하였다. 학습에 사용된 임상 데이터에서는 [그림 5]에서 나타난 바와 같이 유사한 이웃 110~180 에서 성능이 높았으며, 평균으로는 유사한 이웃 120 을 참조하는 것이 높은 것으로 나타났다.



[그림 5] n-neighbor 에 따른 HR@10

학습 데이터를 90:10 으로 나누어 Train:Test 데이터셋으로 활용하였다. 90%의 학습데이터로 학습된 내용을 기반으로 10%의 테스트셋에 대하여 추천 정확도를 측정하였다. 해당 순서에 적합한 운동 콘텐츠를 10 개 추천하여, 그 중 실제 그 순서에 처방되었던 운동 콘텐츠가 10 개의 추천

리스트에 있으면 적중(Hit)한 것으로 판단하였다. Hit Ratio@10 추천 정확도는 대략 60~65% 정도를 확인할 수 있었다. 재활운동이라는 것이 어느 순간 딱 그 운동만 수행해야 하는 정답지가 있는 것이 아니라 적합한 여러 운동 중 하나를 수행해도 되는 분야이다보니, 추천 정확도가 60%대로 다소 낮아보이기는 하지만, 정확히 GT 의 그 운동 콘텐츠가 아니라 다른 추천된 운동 콘텐츠도 운동 수행하기에 적합할 수도 있다는 점을 고려해야 한다. 또한, 데이터가 더 많이 확보되면 추천 정확도가 더 나아질 것으로 예상된다.

III. 결론

본 논문에서는 허리 통증 환자들을 위한 재활운동 처방 내역을 분석하였다. 이를 기반으로 환자의 상태에 적합한 개인맞춤형 재활운동 추천 시스템을 개발하였다. HR@10 대략 60~65% 정도의 추천 정확도를 확인할 수 있었다. 아직은 임상 데이터가 충분히 많이 확보되지 않아서, 차차 데이터가 더 축적이 되면 다양한 모델을 적용한 추천 시스템을 살펴볼 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

- 본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2022 년도 문화기술 연구개발 사업으로 수행되었음
(과제명 : 지능형 개인맞춤 재활운동 서비스 기술 개발,
과제번호 : SR202104001, 기여율: 100%)

참 고 문 헌

- [1] 한미경, “개인 건강상태를 고려한 AI 기반 재활운동 서비스 시스템 개발에 관한 연구”, 2022, 한국통신학회 학술대회논문집, pp.848-849
- [2] 김지연, “운동재활 프로그램 구성 요소 추출 및 체계화 통한 운동콘텐츠 개발”, ICT Convergence Korea 2022
- [3] Wenbin Yue, “An Overview of Recommendation Techniques and Their Applications in Healthcare”, 2021, IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica, VOL. 8, NO. 4, pp.701-717
- [4] S Zhang, “Deep Learning based Recommender System: A Survey and New Perspectives”, ACM Computing Surveys 2019, Vol. 52, Issue 1, no. 5