

“침대에 누워 있는 환자도 다리 재활운동 가능해진다”

GIST-(주)옵토닉스-화순전남대병원, 맞춤형 침상 재활로봇 개발

- GIST AI학과 강지연 교수팀, 환자가 침대에 누운 채 다리 운동을 할 수 있도록 돕는 재활로봇 개발... 움직이기 어려울 땐 힘 보태고, 스스로 움직일 땐 저항을 가해 근육 사용 유도
- 맞춤형 제어 기술 적용 시 근육 활성화 신호 73% 증가... 시제품 제작 완료, 의료기기 인허가 준비 중



▲ (앞줄 왼쪽부터) GIST AI학과 강지연 교수, 정성훈 석사과정생, (뒷줄 왼쪽부터) 곽태환 석사과정생, 안인균 석박사통합과정생

광주과학기술원(GIST·지스트, 총장 임기철)은 AI학과 강지연 교수 연구팀이 (주)옵토닉스, 화순전남대학교병원과 공동으로 침대에서 일어나거나 이동하기 어려운 환자가 누운 자세에서도 다리 운동을 할 수 있도록 돕는 맞춤형 침상 재활로봇 ‘필라테스봇(Pilates-Bot)’을 개발했다고 밝혔다.

필라테스봇은 환자가 생활하는 침대 주변에 설치해 다리를 들어 올리거나 옆으로 벌리는 운동을 돕는 로봇이다. 사용자의 체형과 관절을 움직일 수 있는 범위에 맞춰 운동 경로를 설정하고, 움직임에 필요한 힘을 조절하도록 설계됐다.

오랫동안 침대에 누워 지내는 환자는 근육이 약해지고 관절이 굳어 움직임이 더욱 어려워질 수 있어 꾸준한 운동이 중요하다. 그러나 침대에서 일어나기 어려운 환자는 운동 장비가 있는 곳까지 이동하는 것부터 쉽지 않다.



▲ **침대에 설치한 필라테스봇 시제품.** 침대 양쪽에 배치한 프레임에서 나온 케이블이 다리 보조기에 연결돼 움직임을 돕는다. 누운 자세에서 운동하고, 태블릿으로 장비를 조작하는 모습이다.

환자를 옮기거나 팔다리 운동을 반복해서 도와줄 인력도 필요하다. 특히 돌봄 인력의 고령화로 환자를 이동시키거나 운동을 보조하는 신체적 부담도 커질 수 있다. 연구팀은 환자를 재활 장비로 옮기는 대신, 재활로봇을 환자가 머무는 침대 주변으로 가져오는 방식에 착안했다.

공동연구팀은 환자의 다리에 연결되는 장치의 무게를 줄이기 위해 무거운 모터를 침대 주변의 프레임에 설치하고, 가벼운 케이블로 다리 보조기에 힘을 전달하는 '케이블 구동 방식'을 적용했다.



▲ **필라테스봇을 이용한 두 가지 다리 운동.** (왼쪽) 똑바로 누워 다리를 들어 올리는 동작, (오른쪽) 옆으로 누워 다리를 벌리는 동작이다. 사용자의 움직임에 맞춰 케이블이 필요한 힘을 보탠다.

또한 바퀴가 달린 모듈형 프레임을 침대 주변으로 이동해 배치할 수 있고, 보조기

와 케이블을 탈부착할 수 있도록 설계했다. 환자의 이동 부담을 줄이면서 침대 주변에서 운동을 준비하고 진행할 수 있도록 한 것이다.

필라테스봇의 핵심 기술 중 하나는 **사용자의 움직임에 따라 로봇이 보태는 힘과 운동 저항을 조절하는 맞춤형 제어 기술**이다.

기존 재활로봇의 보조 중심 제어 방식은 사용자가 목표 동작을 수행하도록 필요한 힘을 보태지만, 스스로 움직일 수 있는 구간에서도 계속 보조하면 사용자가 직접 근육을 사용할 기회가 줄어들 수 있다.

이에 연구진은 사용자가 목표한 운동 경로를 따라 움직이기 어려울 때는 필요한 만큼 보조하고, 스스로 움직일 수 있을 때는 반대 방향으로 적절한 힘을 가해 근육 사용을 유도하는 ‘**필요에 따른 보조 및 저항(Assist-Resist-as-Needed, ARAN)**’ 제어 기술을 개발했다. 보조와 저항의 정도는 사용자의 운동 수행 결과에 따라 조절된다.

연구팀은 제어 기술의 효과를 확인하기 위해 **건강한 성인 8명을 대상으로 실험을 진행**했다.



▲ **필라테스봇 사용성 평가 현장**. 참가자가 침대에 누워 다리 운동을 하고, 연구진이 운동 과정을 확인하고 있다.

참가자들이 팔을 들어 올리는 과정에서 움직임에 제약이 있는 상황을 재현하고, 새로운 제어 기술과 기존의 보조 중심 제어 방식을 적용했을 때 목표 동작을 따라가면서 근육을 얼마나 적극적으로 사용하는지 비교했다.

실험 결과, 새로운 제어 기술을 적용했을 때 근육의 전기적 활동을 나타내는 신호가 기존 방식보다 73% 높게 나타났다. 로봇이 근육 사용을 유도하기 위해 사용자의 움직임에 반대 방향으로 가하는 저항력도 기존보다 3.5배 높았다. 이때 목표한 관절 움직임 범위와 동작 정확도는 유지됐다.

필라테스봇에는 사용자가 자신의 움직임을 확인하며 운동할 수 있는 화면도 탑재했다. 사용자는 누운 자세에서 화면에 표시된 목표 위치와 자신의 움직임을 비교하며 운동할 수 있고, 운동 선택과 기기 점검, 운동 기록도 확인할 수 있다.



▲ 필라테스봇 조작 화면. 운동 선택과 기기 점검, 운동 기록 메뉴를 한 화면에 모았다.

또한 로봇 상단에는 사용자의 운동 자세를 확인하는 카메라를 설치했다. 연구팀은 인공지능(AI)이 카메라로 확인한 자세를 분석해 사용자에게 교정 방법을 안내하는 기능도 개발하고 있다.

현재 필라테스봇 시제품 제작을 마쳤으며, 의료기기 인허가를 위한 성능·안전성 시험과 기술문서를 준비하고 있다. 앞으로 맞춤형 보조·저항 제어 기술을 다리와 몸통 운동으로 확대 적용하고, 침대의 자세 변화와 로봇 움직임을 연동하는 등 실제 사용 환경에 맞춰 기능을 개선할 계획이다.

강지연 교수는 “필라테스봇은 환자를 재활 장비로 옮기는 부담을 줄이고, 침대에서도 개인의 운동 능력에 맞춰 재활운동을 할 수 있도록 개발한 로봇”이라며 “공동개발 기관과 함께 실제 사용자의 요구를 반영하고, 필요한 보조와 적절한 운동 부하를 제공하는 기술을 고도화해 병원과 지역사회 돌봄 현장에서 활용할 수 있도록

하겠다”고 말했다.

이번 연구는 ▲보건복지부·국립재활원 재활로봇증개연구사업 ▲과학기술정보통신부·한국연구재단(NRF) 바이오·의료기술개발사업 ▲과학기술정보통신부 InnoCORE 사업의 지원을 받아 수행됐다.

연구 결과는 2026년 9월 27일부터 10월 1일까지 미국 피츠버그에서 열린 국제학술대회 ‘2026 IEEE/RSJ 지능형 로봇 및 시스템 국제학술대회(IROS 2026)’에서 발표됐다.

한편 GIST는 이번 연구 성과의 기술사업화 및 산업적 활용에 관심 있는 기업·기관의 문의를 창업혁신진흥원 기술사업화센터(hgmoon@gist.ac.kr)를 통해 받고 있다고 밝혔다.

논문 정보

○ 논문명, 저자 정보

- 학회/저널명: 2026 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)
- 논문명: Assist-Resist-as-Needed Robotic Control for Cable-Driven Bedside Training
- 저자 정보: 이진우(제1저자, GIST AI학과 석사), 정성훈(공저자, GIST AI학과 석사과정생), 강지연(교신저자, GIST AI학과 교수)