

“로봇과 함께 손떨림 재활 훈련을” GIST - 뉴욕주립대 버팔로 공동연구팀, 수전증 치료 위한 맞춤형 로봇 재활 시스템 개발

- 게임 기반 로봇 훈련 시스템 'SPINDLE' 개발... 수전증 환자들이 가상현실을 통해 실제와 유사한 일상생활 활동을 시뮬레이션으로 연습할 수 있도록 도와
- 사용자의 움직임에 맞춘 최적의 저항과 시각적 피드백 제공해 3차원 회전 운동이 필요한 다양한 훈련으로 운동 기능의 효과적 회복 기대... 국제학술지 'IEEE TNSRE' 게재



▲ (왼쪽부터) GIST 융합기술원 강지연 교수, 뉴욕주립대 버팔로 의대 Amit Kandel 교수

신경학적 장애를 가진 사람들 중 특히 손의 근력 약화와 떨림을 동반한 운동 장애는 일상생활을 수행하는 데 심각한 어려움을 초래한다.

한미 공동연구팀이 가상현실(VR)에서 일상생활 활동을 시뮬레이션하는 새로운 로봇 재활 시스템을 개발해 손의 떨림과 근력 약화 등 운동 기능을 회복시켜 삶의 질 향상에 기여할 것으로 기대된다.

광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 융합기술학제학부 강지연 교수 연구팀이 미국 뉴욕주립대 버팔로(SUNY Buffalo) 의대와 공동으로 수전증* 치료를 위한 **로봇 재활 시스템을 개발**했다고 밝혔다.

연구팀이 개발한 '일상생활 시뮬레이션을 위한 구형 병렬 기구'라는 의미의 'SPINDLE(Spherical Parallel INstrument for Daily Living Emulation)' 시스템은 **가상 현실을 통해 다양한 일상생활 활동을 훈련할 수 있도록 설계**되었다.

일반적으로 훈련을 시키는 로봇의 경우, 보조 역할에 초점이 맞춰져 있으나 'SPINDLE'은 사용자 맞춤형으로 사용자-로봇인터페이스에 저항을 가함으로써 **일상 생활에서 자주 사용하는 손의 기능 회복을 촉진**하는 것이 특징이다.

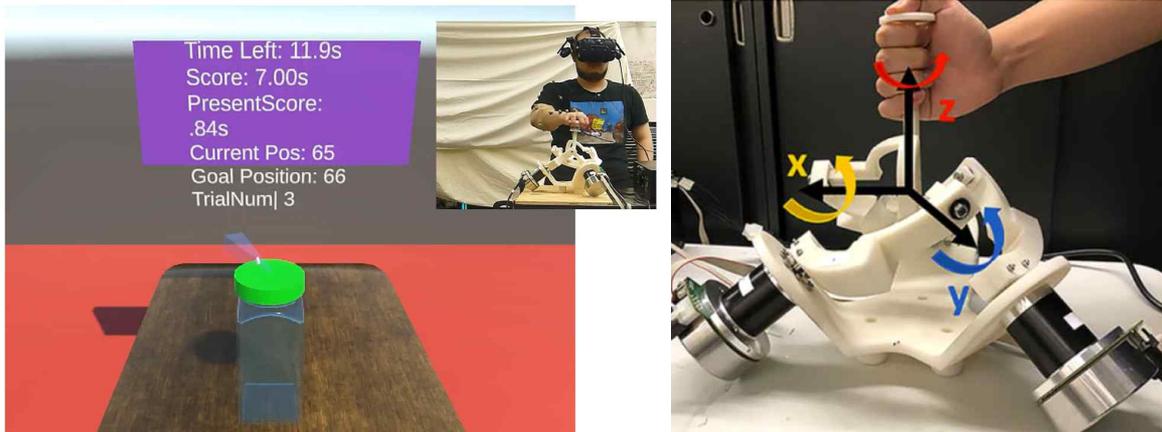
* **수전증**: 수전증은 근육 조절에 관련된 신경학적 장애로, 주로 손이나 팔의 떨림을 동반함. 이는 환자들이 음식을 먹는 등의 간단한 일상 활동부터 글쓰기와 같은 복잡한 작업을 수행하는 데 어려움을 겪게 만듦으로 환자의 삶의 질을 저하시킬 뿐 아니라 사회적 활동과 업무에도 부정적인 영향을 미침

수전증 치료를 위해 기존 약물 치료는 부작용이 많고 효과가 제한적일 수 있으며, 수술적인 방법으로 뇌 자극술(DBS) 같은 고위험 치료가 있으나 모든 환자에게 적합하지 않다는 한계가 있다.

최근에는 **로봇을 활용한 재활 방법**이 제안되고 있지만 주로 간단한 동작 재생성에 초점을 맞추고 있어 **실제 일상생활에서의 복잡한 활동을 충분히 지원하지 못한다**는 아쉬움이 있었다.

연구팀이 개발한 'SPINDLE'은 수전증 환자들이 가상현실을 통해 실제와 유사한 일상생활 활동을 시뮬레이션으로 연습할 수 있도록 도와주는 게임 기반 로봇 훈련 시스템으로 3차원 회전 동작을 지원하며 사용자의 퍼포먼스에 맞춰 저항 수준을 자동으로 조정한다.

이 시스템은 사용자의 근력을 강화하고 손의 민첩성 및 실제 일상생활에서의 동작 수행 능력을 향상시키는 데 도움을 준다.



▲ **SPINDLE**을 활용한 일상생활 활동(ADL) 시뮬레이션: 왼쪽 그림은 가상현실에서 사용자가 경험하는 시각적 정보로 일상생활의 작업(병 뚜껑 돌리기)를 피험자가 수행. 오른쪽 그림은 SPINDLE 병렬로봇으로 각 x-y-z 3차원의 회전이 모두 가능함.

'SPINDLE'은 세 개의 움직이는 회전 관절을 포함한 링크 구조를 기반으로 환자들이 일상에서 겪는 다양한 3차원 운동을 재현할 수 있도록 설계되었다.

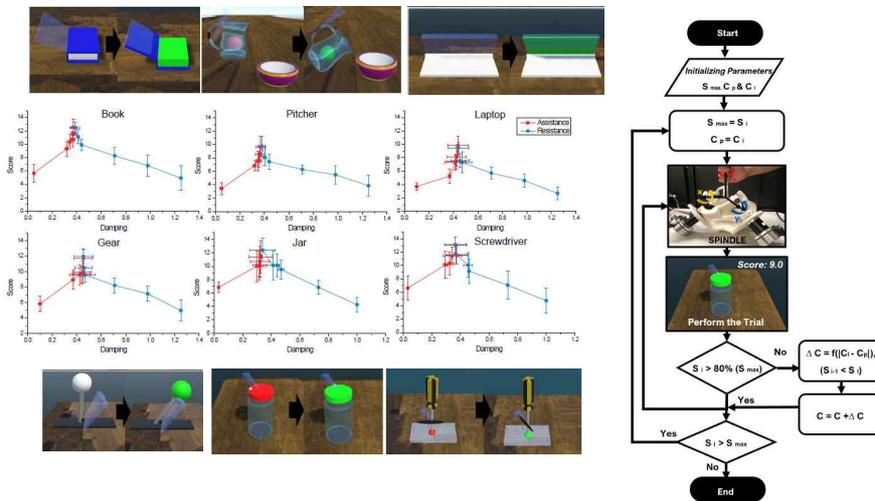
6축 힘/토크 센서를 통해 사용자의 움직임을 측정하고, 가상현실을 통해 실시간으로 시각적 피드백을 제공하여 다양한 일상생활 활동을 효과적으로 훈련할 수 있게 돕는다.

연구팀은 수전증 증세를 모방한 9명의 건강한 참가자를 대상으로 한 실험에서 SPINDLE 로봇 시스템을 활용해 책 넘기기, 물 따르기, 노트북 열기 등 일상생활 동작을 가상현실 환경에서 테스트하며 저항 수준을 조절하는 최적의 방법을 도출하였다.

맞춤형 저항으로 일상생활 동작을 했을 때, 작은 저항이나 큰 저항보다 참가자 근육의 근전도 신호가 평균적으로 최소 10~20% 줄어드는 것을 확인하였다. 이는 맞춤형 저항이 수전증 증세를 안정화시키기 위한 참가자의 노력을 줄여 주는 것으로 확인된다.

실험을 통해 각 작업에 적합한 저항 수준에 개인차가 있으며, 알고리즘이 맞춤형 저항을 찾아주는 것을 입증하였다. 또한 SPINDLE를 통한 훈련이 실제 일상생활 활동과 유사한 동작 범위를 제공함을 확인하였다.

가동 범위, 즉 어깨의 3차원 회전(평균 47~50°), 팔꿈치 굴곡/신전(평균 47~50°), 손목의 3차원 회전(평균 39~110°)의 일상생활 동작 가동 범위가 SPINDLE에서 구현된 것과 통계학적으로 의미 있는 차이가 없다는 것을 알 수 있었다.



▲ 실제 물체 조작 특성을 기반으로 설계된 SPINDLE 기반 일상생활 활동 과제 및 Resist-as-needed 환자 맞춤형 훈련 알고리즘. 알고리즘은 피험자가 과제의 수행 능력이 좋으면, 난이도(저항)를 올려주어서 로봇 훈련을 할 수 있게 하는 등 피험자의 과제 수행 정도(팔의 제어 능력)에 따라 과제의 난이도가 변화함.

강지연 교수는 "SPINDLE 시스템은 작은 사이즈(H 42cm×W 40cm× L 35cm)로 가정에서도 쉽게 사용할 수 있으며 일상생활 수행 능력 개선을 통해 수전증 장애 환자들에게 새로운 희망을 제공하고, 로봇 재활 분야에서 새로운 패러다임을 제시할 것으로 기대된다"며, "현재 국립재활원과 협업하여 뇌졸중 환자를 위한 후속 연구를 진행하고 있다"고 밝혔다.

GIST 융합기술학제학부 강지연 교수 연구팀이 미국 뉴욕주립대 버팔로(SUNY Buffalo) 의대 Amit Kandel MD 교수와의 협업으로 수행된 이번 연구는 한국연구재단(NRF)과 미국 국립과학재단(NSF)의 지원을 받았으며, 신경재활공학 분야 상위 5% 국제학술지 'IEEE TNSRE'에 2024년 5월 3일 온라인 게재됐다.

논문의 주요 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering (TNSRE) [신경재활공학 분야 상위 5%, 2024년 기준]
- 논문명 : Resist-as-needed ADL training with SPINDLE for patients with tremor
- 저자 정보 : Nikhil Tej Kantu(제1저자, 뉴욕주립대 버팔로), Ryan Osswald(공저자, 뉴욕주립대 버팔로), Amit Kandel(공저자, 뉴욕주립대 버팔로), 강지연(교신저자, GIST)