



2021. 8. 26.(목) / 즉시

문의: 담당자 연락처(02-880-1663)
연구책임자 조규진 교수(02-880-1703) / 교신저자
연구진 윤성식 연구원 / 제1저자

안전한 리프트 동작을 유도하는 무동력 가변 신축성 엑소 슈트

- 신체 구동식 가변 임피던스 기술을 통한 사람의 동작 패턴 유도 -

- (개요) 서울대학교 기계공학과(조규진 교수), 서울대학교 체육교육과(안주은 교수), 서울대학교병원 재활의학과(김기원 교수)의 융합연구로 **착용자의 리프트 동작을 부상 위험이 낮은 스쿼트 형태로 유도해주는 무동력 가변 신축성 엑소 슈트가 개발되었다.**
- (배경) 무거운 물체를 들어올리는 작업은 허리에 많은 부담을 가하고 부상을 유발할 수 있다. 부상을 예방하기 위해 많은 작업장이나 체육관에서는 등을 숙이는 스톱 동작(stoop lifting) 대신, 무릎을 구부려서 물체를 들어올리는 스쿼트 동작(squat lifting) 이 권장된다.
하지만 인체 구조상 사람들은 스톱 동작을 더 편하게 느끼고 이것이 습관화되어 있는 경우가 많기 때문에 리프트 동작을 교정하기 위해서는 오랜 훈련이 필요하다. 지금까지 자세 교정에 사용되어 온 착용형 장치들은 대부분 허리를 움직이지 못하게 고정하고 압박하는 용도로만 이용되었다. **안전한 리프트를 위해서는 등, 고관절, 무릎 등 각 관절을 적절히 보조하여 필요한 순간에 필요한 관절을 이용하는 바람직한 동작을 유도할 수 있는 착용형 장치가 필요하다.**
- (결과 및 독창성) 연구팀은 **착용자가 취하는 동작에 따라 임피던스(신축성)가 변화하는 엑소 슈트를 세계 최초로 개발했다.** 슈트 설계의 핵심은 본 연구팀이 개발한 ‘신체 구동식 가변 임피던스(Body-powered variable impedance)’ 기술이다. 해당 기술을 통해 개발된 엑소 슈트는 원단, 스트랩, 고무줄 등의 유연한 재료로 구성된 전신 슈트이며 동력원을 필요로 하지 않는다 (1차 시작품의 무

게: 850g). 착용자가 다리를 펴고 등을 구부릴 때 엑소 슈트는 신축성이 낮아지며 착용자의 스톱 동작을 불편하게 한다. 이때, 엑소 슈트는 올바른 자세를 억제하는 브레이크처럼 작용한다. 반면, 착용자가 등을 펴고 무릎을 구부릴 때 엑소 슈트는 신축성이 높아져서 착용자가 편하게 스쿼트 동작을 취할 수 있게 한다.

또한 슈트의 신축 과정에서 고무줄에 저장된 에너지는 물건을 들고 일어날 때 보조하는 힘으로 작용하여 착용자가 더 적은 힘으로 스쿼트를 할 수 있도록 도와준다. 사용 목적에 따라 엑소 슈트의 고무줄을 바꿔주면 슈트가 착용자의 리프트를 많이 도와주도록 할 수도, 적게 도와주도록 설정할 수도 있다. 논문의 실험에 사용된 세팅에서 슈트는 스쿼트를 할 때 3~4J의 탄성 에너지를 저장/방출하고 100~150N의 힘으로 척추 기립과 고관절 신전을 도와준다. 이는 스쿼트 시 필요한 근력의 10% 정도를 보조하는 수준이다.

동작이 스쿼트 형태에 가까워질수록 신축성이 높아지고 움직임이 편해지는 본 엑소 슈트는 착용자로 하여금 자발적으로 리프트 동작을 개선하도록 유도하는 효과가 있다. 이전에 엑소 슈트를 사용해 본 경험이 없는 10명의 사람들을 대상으로 한 실험에서 10명 중 9명이 슈트를 착용한 직후, 리프트 자세가 스쿼트 형태에 가까워지는 방향으로 개선되었다 (10명 평균 스쿼트 지표 35% 개선). 또한 탄성 에너지의 저장 및 방출로 스쿼트를 도와주는 효과로 인해 10명 중 9명의 사람들은 슈트를 통해 스쿼트 동작 시 소모되는 대사 에너지를 절감할 수 있었다 (10명 평균 대사 에너지 소모량 5.3% 감소). 이러한 엑소 슈트의 작용은 리프트 작업에서 작업자들의 허리 부상을 줄이고 작업 효율을 높여주는 효과가 있을 것으로 기대된다.

- (의의) 본 연구에서 개발된 ‘신체 구동식 가변 임피던스’ 기술은 **리프트 뿐만 아니라 다양한 운동 분야의 특성에 맞춰서 개량될 수 있는 확장 가능성**을 가진다. 예를 들어 ‘걷기, 달리기’와 같은 일상 동작이나 ‘골프, 수영’과 같은 스포츠 동작 등 다양한 분야에서 올바른 전신 동작을 구현하는 것이 중요하다. 연구팀이 개발한 기술은 추후 다양한 작업, 스포츠에 적용되어 바른 동작을 유도하는 의복으로 발전하여 착용자의 역량을 향상시키고 부상을 방지하거나 통증을 완화하는 데에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 이 성과는 엑소

수트를 이용하여 사람의 근력을 보조하는 것만이 아니라 동작 패턴을 개선할 가능성을 제시한 연구로 인정받아 저명한 국제 저널인 ‘사이언스 로보틱스 (Science Robotics)’ 에 8월 25일(수)자로 게재되었다. 현재 사이언스 로보틱스 (Science Robotics) 사이트를 통해 열람 가능하다.

논문 링크: <https://doi.org/10.1126/scirobotics.abe1243>

대표 영상 링크: <https://youtu.be/j5ux5VdPljE>

□ (연구기관) 본 연구를 수행한 인간중심소프트로봇기술연구센터(센터장: 서울대학교 조규진 교수)는 2016년부터 기계공학, 전산공학, 의학, 의류학, 운동역학을 포함한 다양한 학문분야의 융합연구를 통해 인간의 운동 능력 증진을 위한 다양한 착용형 소프트 로봇을 개발하고 있다.

[붙임] 1. 연구결과 2. 용어설명 3. 그림설명

연구결과

Body-powered variable impedance: an approach to augmenting human with a passive device by reshaping lifting posture

Sung-Sik Yun, Keewon Kim, Joeun Ahn*, and Kyu-Jin Cho*
(*Science Robotics, in press*)

사람이 편하게 느끼는 자세가 오히려 장기적으로는 몸에 해로운 자세일 경우가 많다. 특히, 자세에 신경 쓰지 않고 근육이 relax된 상태에서 땅에 떨어진 물건을 집어 들게 되면 많은 사람들이 무릎코 등은 구부러지고 무릎은 똑바로 퍼진 stooping 동작을 취하게 되는데 이는 척추에 많은 부하를 야기하고 부상 위험을 높인다. 그럼에도 사람은 많은 경우에 본능적으로 안전보다는 편안함을 추구하는 방향으로 동작 패턴을 형성하는 경향이 있고 그렇기 때문에 리프트 동작을 올바르게 교정하기 위해서는 오랜 훈련이 필요하다. 지금까지 자세 교정에 사용되어 온 착용형 장치들은 대부분 허리를 움직이지 못하게 고정하고 압박하는 용도로만 이용되었다. 하지만 안전한 리프트를 위해서는 등, 고관절, 무릎 등 각 관절을 적절히 보조하여 필요한 순간에 필요한 관절을 이용하는 바람직한 동작을 유도할 수 있는 착용형 장치가 필요하다.

본 연구팀은 착용자가 취하는 동작에 따라 임피던스(신축성)가 변화하는 엑소 슈트를 세계 최초로 개발했다. 동력원을 필요로 하지 않는 이 엑소 슈트는 착용자의 동작에 따라서 자동으로 신축성이 변한다. 착용자가 다리를 펴고 등을 구부릴 때 엑소 슈트는 신축성이 낮아지며 착용자의 스텝 동작을 불편하게 한다. 이때, 엑소 슈트는 올바르게 앉은 리프트 자세를 억제하는 브레이크처럼 작용한다. 반면, 착용자가 등을 펴고 무릎을 구부릴 때 엑소 슈트는 신축성이 높아져서 착용자가 편하게 스쿼트 동작을 취할 수 있게 한다.

또한 슈트의 신축 과정에서 고무줄에 저장된 에너지는 물건을 들고 일어날 때 보조하는 힘으로 작용하여 착용자가 더 적은 힘으로 스쿼트를 할 수 있도록 도와준다. 엑소 슈트의 이러한 동작에 대한 개입은 착용자로 하여금 자발적으로 리프트 동작을 개선하도록 유도하는 효과가 있음이 밝혀졌다. 이전에 엑소 슈트를 사용해 본 경험이 없는 10명의 사람들을 대상으로 한 실험에서 10명 중 9명이 슈트를 착용한 직후, 리프트 자세가 스쿼트 형태에 가까워지는 방향으로 개선되었다 (10명 평균 스쿼트 지표 35% 개선). 또한 탄성 에너지의 저장 및 방출로 스쿼트를 도와주는 효과로 인해 10명 중 9

명의 사람들은 슈트를 통해 스쿼트 동작 시 소모되는 대사 에너지를 절감할 수 있었다 (10명 평균 대사 에너지 소모량 5.3% 감소). 이러한 엑소 슈트의 작용은 리프트 작업에서 작업자들의 허리 부상을 줄이고 작업 효율을 높여주는 효과가 있을 것으로 기대된다.

용 어 설 명

1. 임피던스(Impedance)

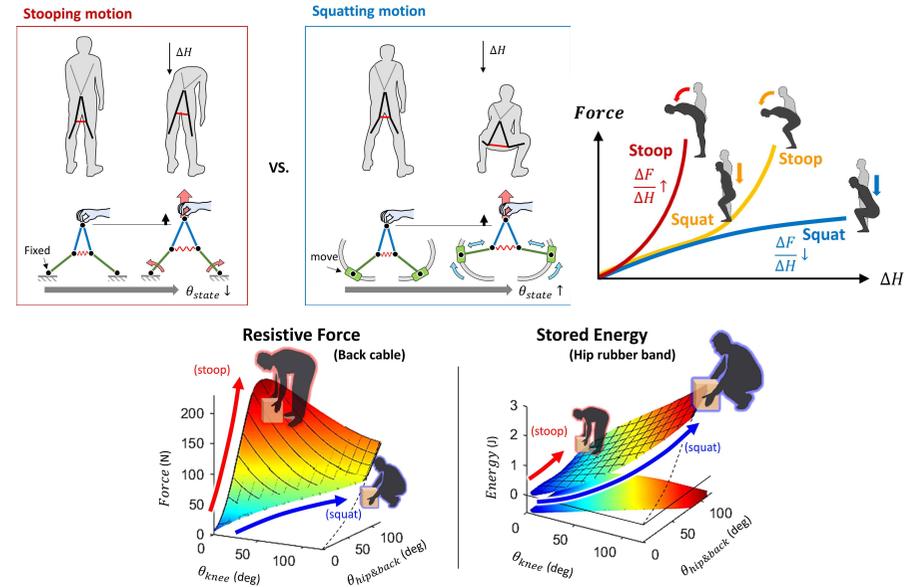
- 전기 회로의 저항, 혹은 일정한 전류를 유도하기 위해 필요한 전압을 뜻하는 용어로 처음 도입되어 현재는 다양한 시스템에서 움직임 및 흐름을 야기하기 위해 필요한 힘이나 압력 등을 일컫는 용어로 이용되고 있다. 특히 생체역학적으로는 사람이 관절을 움직일 때 이를 방해하려고 하는 각종 물리적 저항들을 통틀어서 임피던스라고 한다.

임피던스가 높으면 관절 움직임에 대한 저항이 크고, 임피던스가 낮으면 관절 움직임에 대한 저항이 낮다. 앞선 설명문에서는 독자들의 이해를 돕기 위해 임피던스를 옷의 신축성으로 표현하였다. 신축성이 높은 옷은 동작에 저항하지 않고 잘 늘어나기 때문에 임피던스가 낮은 것으로, 신축성이 낮은 옷은 동작을 많이 방해하여 임피던스가 높은 것으로 간주할 수 있다.

그림 설명



본 연구진이 개발한 신체구동식 가변임피던스(Body-powered variable impedance) 기술이 적용된 엑소 슈트이다. 원단, 케이블, 고무밴드 등의 유연한 재료로 구성되어 있고 별도의 동력원은 필요로 되지 않는다. 착용자가 스톱 동작을 취하거나 스쿼트 동작을 취할 때 케이블 들과 고무밴드의 각도가 달라지는 원리를 이용하여 임피던스(신축성)의 변화를 만들어 낸다.



신체구동식 가변임피던스(Body-powered variable impedance) 원리를 보여주는 그림이다. 사람이 스톱 동작을 취할 때는 사람의 힘이 대부분 케이블 부위에 집중된다. 따라서 사람은 슈트의 임피던스가 증가하는 것을 체감하게 된다 (신축성이 낮아짐). 반면, 사람이 스쿼트 동작을 취할 때는 사람의 힘이 고무밴드로 분산되기 때문에 동작에 대한 저항감이 작고 스쿼트 동작을 진행하는 동안 탄성 에너지가 저장/방출된다. 따라서 사람은 슈트의 임피던스가 낮아지는 것을 체감하게 된다 (신축성이 높아짐).

사람이 스톱 동작을 하는 동안에는 저항감이 급격하게 증가하지만 에너지 저장은 일어나지 않는다. 반면, 스쿼트 동작을 하는 동안에는 저항감이 완만하게 증가하면서 많은 탄성 에너지 저장이 발생한다.