

“손상된 근육에 솔솔 뿌려 재생 촉진” GIST 이재영 교수팀, 분말형 수화젤 개발

- ‘분말형 수화젤’ 치료 후 손실된 근육 기능 2배로 회복 확인
- 뛰어난 접착성으로 지혈 효과 및 근육 재생 촉진으로 높은 치료 효과 기대... 국제학술지 「Bioactive materials」 게재



▲ (왼쪽부터) 신소재공학부 이재영 교수, 이민규 박사, 서다운 박사과정생

광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 신소재공학부 이재영 교수 연구팀이 근육 재생을 촉진할 수 있는 ‘분말형 수화젤’을 개발했다고 밝혔다.

가루 형태로 물이나 체액과 닿았을 때 수화젤을 형성한다. 보관 및 운반에 용이하며, 특히 고수분 환경에서도 강한 접착력을 유지하는 것이 장점이다.



▲ 가루형 수화젤의 실제 모습 및 사용 과정

충돌, 낙상 등에 따른 외상성 사고는 근육 손실(Volumetric muscle loss, VML)을 초래하는데 체중의 약 30~40%를 차지하는 골격근은 주로 신체에서 움직임과 힘 생성을 담당하는 조직으로, 한번 손실이 일어나면 기능 및 장기간 장애로 이어질 수 있어 주의가 필요하다.

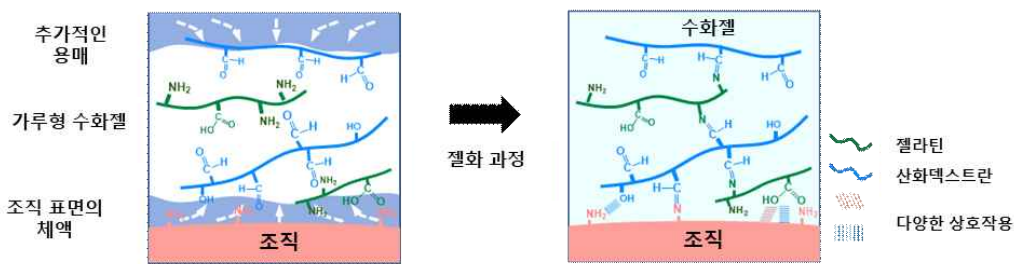
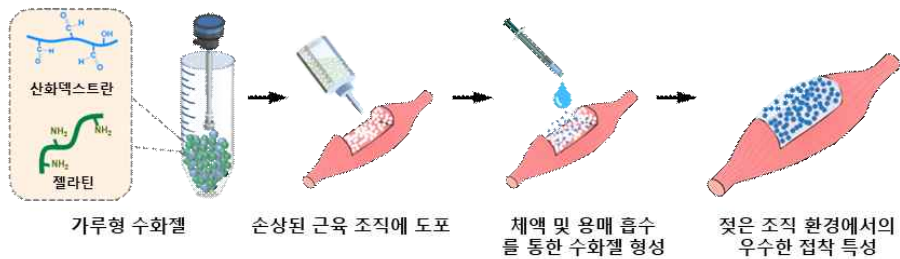
현재 골격근 손실을 위한 임상 치료로 자가 근육 피판 이식술이 주로 진행되고 있지만 복잡한 수술 절차, 제한된 부위에만 사용가능할 뿐 아니라 불안정한 기능 회복과 같은 부작용이 있어 **생체재료 기반의 새로운 연구가 시급하다.**

수화젤은 신체 조직과 유사한 기계적 물성 등 여러 유익한 특성으로 재생 연구에 활용되고 있다.

하지만 기존의 수화젤은 수분이 있는 환경에서 접착력이 크게 떨어지는 한계가 있다. 대부분의 생체 조직은 고수분이며, 출혈 등이 생겼을 때 이러한 환경에서 접착성을 유지할 수 있는 수화젤 개발이 필요하다.

연구팀은 고수분 환경에서도 우수한 접착성을 가진 손상된 근육 조직에 뿌려 사용할 수 있는 '분말형 수화젤'을 제작하는데 성공했다.

생체친화적인 천연고분자 산화 덱스트란과 젤라틴을 혼합한 후, 크기가 300 μm 이하의 입자로 분쇄하여 고수분 환경에서도 빠르고 높은 접착력을 갖도록 설계했다.



▲ **젖은 환경에서 부착성을 유지하는 분말형 수화젤 모식도:** 체액 및 용매의 흡수 이후 5분 내로 수화젤 형성이 가능하며, 젖은 조직 환경에서도 우수한 부착성을 보이는 분말형 수화젤. 조직과 유사한 기계적 특성 및 높은 부착성으로 인한 우수한 지혈 효과를 가져 골격근 손실시 골격근의 재생을 촉진시킴.

이 수화젤은 손상된 근육 조직 표면의 혈액 및 체액을 흡수하여 자발적으로 수화젤을 형성하며, **다양한 분자 상호작용을 통해 조직과 강하게 접착하는 특성을 보인다.**

용매 및 체액의 흡수 이후, **도포 부위에서 5분 내로 수화젤을 형성할 뿐만 아니라** 신체조직과 유사한 기계적 특성을 보였고 **손상된 근육의 재생을 촉진시켰으며 물리적 충격에도 충분히 견딜 수 있는 안정적인 접착성을 가졌다.** 뿐만 아니라 **손상 초기에 우수한 지혈 효과와 손상된 근육 부위의 골격근 회복에도 효과적인 것으로 확인하였다.**

이 수화젤은 피부조직에서 10 kPa의 접착성을 나타내며 현재 의료용으로 이용되는 생체용 접착제인 피브린글루(2 kPa)와 비교했을 때, 5배 가량 높은 접착성을 보였다.

또한 습한 환경이나 물속에서도 안정적으로 우수한 접착성을 유지하며, 근육세포 및 혈액에 대해서 우수한 생체적합성을 확인했다.

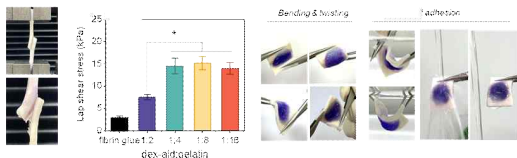
따라서 이 분말형 수화젤은 강한 지혈 효과 및 근육 손실 이후 손상된 골격근의 기능과 구조를 재생하는데 효과적이라고 연구팀은 설명했다.

골격근 재생은 빠른 혈액의 흡수 및 응고, 강력한 조직 접착력, 손상된 근육의 물리적 보호를 가능하게 하는 지혈 물질이 필요하다. 연구팀이 개발한 '분말형 수화젤'의 지혈 효과는 아무런 조치를 하지 않은 그룹에 비해 15배, 피브린글루에 비해 5배 정도 효과적인 것을 확인하였다.

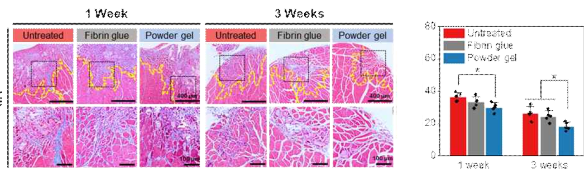
골격근 손실이 발생한 실험용 쥐의 손상된 근육 부위에 이 분말형 수화젤을 도포했을 때, 3주 후 근육의 섬유화*가 줄어들었으며 근육 조직 내 신생혈관이 증가하고 염증 반응이 감소했다. 결과적으로, 피브린글루로 치료한 그룹보다 근육 조직의 2배 정도 근력이 회복되는 것을 확인할 수 있었다.

* 섬유화(Fibrosis): 섬유성 결합조직이 과도하게 축적되는 현상으로, 섬유화된 근육 조직의 경우 근육이 경직 및 강직되며, 근육의 수축 능력이 저하되어 근력 손실이 일어나게 된다.

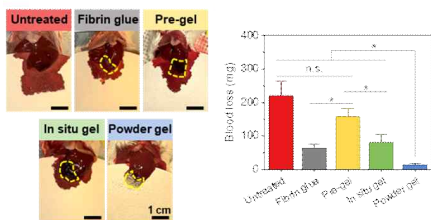
- 조직 및 젖은 환경에서의 부착성 확인



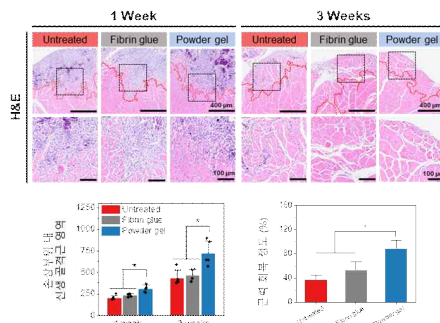
- 섬유화 감소 확인



- 효과적인 지혈효과 확인



- 신생된 골격근의 영역 증가 및 근력 회복 확인



▲ 분말형 수화젤의 특성 분석 결과: 분말형 수화젤의 조직접착성 및 젖은 환경에서도 우수한 부착성, 섬유화 감소 확인과 골격근 신생 재생 및 근력 회복 확인 결과.

이재영 교수는 "기존 수화젤 치료의 한계를 뛰어넘어 수분이 있는 환경에서도 손쉽게 도포 가능하고 강하고 안정적인 접착성을 나타내는 분말형 수화젤을 제작했다"며 "신체 조직과 유사한 기계적 성질을 가져 조직 공학용 지지체(스캐폴드), 조직재생 등 여러 가지 생체재료 분야에 응용될 것으로 기대된다"고 말했다.

GIST 신소재공학부 이재영 교수가 지도하고 이민규 박사, 서다운 박사과정생이 수행한 이번 연구는 한국연구재단 중견연구자지원사업과 나노 및 소재 기술개발사업의 지원을 받아 수행되었으며, 생체 재료 분야 상위 1% 논문인 '바이오액티브 머티리얼스(Bioactive Materials)'에 2024년 6월 14일 게재됐다.

논문의 주요 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Bioactive materials (IF: 18.9) 24년 기준
- 논문명 : Wet tissue adhesive polymeric powder hydrogels for skeletal muscle regeneration
- 저자 정보 : 이민규 (제1저자, 광주과학기술원), 서다운 (제1저자, 광주과학기술원), 박중건 (광주과학기술원), 이승훈 (단국대학교), 전진 (단국대학교), 김우찬 (전남대학교), 김장호 (전남대학교), 양희석 (단국대학교), 이재영 (교신저자, 광주과학기술원)