

“심장에 발라서 심근경색 치료”

지스트-전남대병원, 수화젤 심근 패치 개발

- 심근경색 환자 심장에 손쉽게 발라 치료하는 '전도성 수화젤 심근 패치' 개발
- 뛰어난 전기활성도와 접착성으로 높은 치료 효과 기대... 'ACS Nano' 게재



[사진] (왼쪽부터) 지스트 신소재공학부 이재영 교수, 이민규 박사과정생, 전남대병원 안영근 교수, 김용숙 교수

지스트(광주과학기술원, 총장 임기철) 신소재공학부 이재영 교수 연구팀이 전남대병원 순환기내과 안영근 교수 연구팀과 함께 **심장에 발라서 심근경색을 치료할 수 있는 '전도성 수화젤 심근 패치'**를 제작하는 데 성공했다.

흔한 사망 원인 중 하나인 허혈성 심장질환은 심근경색이나 동맥경화에 의해 혈관이 막혀 심장에 산소 공급이 어려워지면 심근이 괴사해서 생기는 질환으로, 노령인구가 늘면서 유병률이 증가하고 있다.

심근경색 후 심장기능이 회복되지 않고 악화되는 심부전도 급증하고 있지만 심장이식 공여자는 수요에 비해 매우 부족한 실정으로, 생체재료 기반의 새로운 심근경색 치료법이 연구되고 있다.

'심근 패치'를 사용하면 **심장의 박동을 물리적으로 지지해줌으로써 심실벽이 얇아지고 심실이 확장되는 현상을 방지할 수 있으나, 심근 패치를 고정하기 위한 외과적인 봉합, 의료용 스테이플러 등으로 인해 출혈이나 염증 반응과 같은 부작용이 일어날 수 있다.**

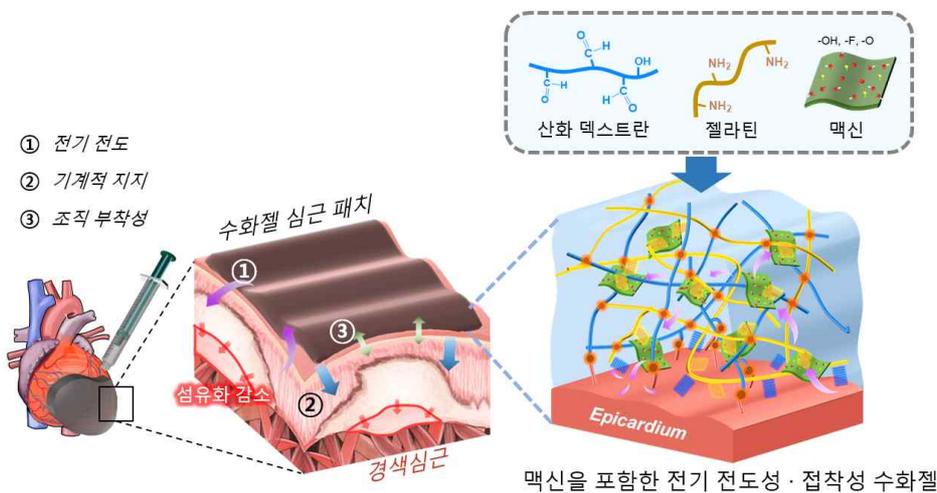
이에 심장에 접착할 수 있는 심근 패치가 주목받고 있으며, 그 중 **전기전도성을 가지고 있는 '전도성 수화젤 심근 패치'**는 전기활성도가 떨어진 심장기능 재생을 촉진시켜 효과적인 치료가 가능한 것으로 알려져 있다. 그러나 현재까지 개발된 심근 패치는 **전기활성도가 낮고 잠재적인 독성이 우려되는 상황이다.**

연구팀은 **심장에 발라서 사용할 수 있을 뿐만 아니라 높은 전기전도성과 접착성을 갖춘 '전도성 수화젤 심근 패치'**를 제작해 주목받고 있다.

이 패치는 침습 없이 안정적으로 심장의 외벽에 접착시킬 수 있을 뿐만 아니라, 높은 전기전도성 덕분에 심근조직 내 전기활성도를 재생시킬 수도 있다.

연구팀은 높은 전기활성도를 구현하기 위해 **이차원 전도성 물질인 '맥신*'을 도입했으며, 생체친화적인 천연고분자 산화 덱스트란과 젤라틴을 혼합해서 짧은 시간 안에 심장 표면에 전도성 수화젤 심근 패치를 만들어내는 동시에 강력한 접착성을 보이도록 설계했다.**

* **맥신(MXene)**: 맥신은 탄소 또는 질소와 전이금속이 결합하여 형성된 층상 구조를 가진 2차원 나노 물질이다. 전기전도도가 높으면서도 표면에 존재하는 수산화나 산소의 존재로 친수성을 가지고 있어 수화젤과 손쉽게 상호작용이 가능하다.



[그림1] 심장에 바를 수 있는 전기전도성-접착성 수화젤 심근 패치 모식도. 용액의 혼합 이후 5분 내로 수화젤 형성이 가능하며, 심외벽에서 현장 형성이 가능한 심근패치. 심근과 유사한 기계적 특성과 높은 전기 전도도, 안정적인 조직 부착성을 가져 효과적으로 심근을 재생시킬 수 있다.

이 심근 패치는 **용액 혼합 후 5분 내로 수화젤을 형성해 심외벽에 도포할 수 있을 뿐만 아니라, 심근조직과 유사한 기계적 특성을 보였다.** 또한 괴사된 심근의 전기활성도를 높여 재생을 촉진시킬 수 있고 물리적 충격에도 견딜 수 있는 안정적인 접착성을 가졌다.

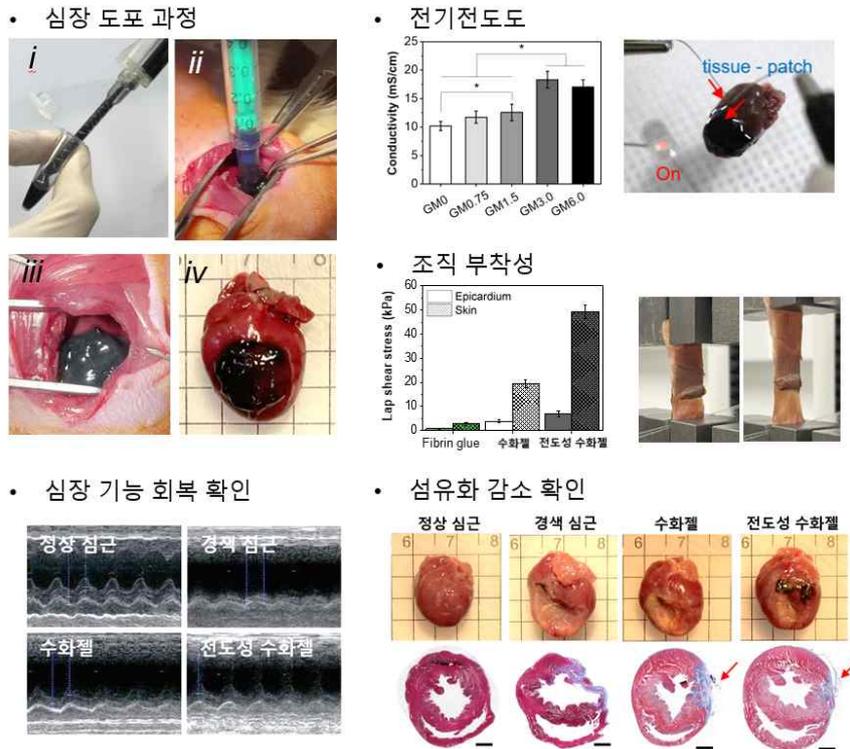
현재 **의료용으로 이용되고 있는 생체용 접착제인 피브린 글루와 비교했을 때, 심장 조직에서 10배 가량 높은 접착성**을 보이는 것이 확인됐다.

특히 수화젤 위에서 배양된 심근세포의 성숙도가 향상되는 등 심근세포에 대해 우수한 생체적합성을 보였다.

아울러 이 심근 패치는 심근경색 이후 손상된 심장의 기능과 구조를 재생하는 데도 효과적이었다.

심근경색이 발생한 실험용 쥐의 심장에 이 심근 패치를 접착시켰을 때, **2주 후 심실의 섬유화*가 줄어들었으며 심장 기능이 회복되는 것**을 초음파 검사에서 확인할 수 있었다. 심근 조직 내 신생혈관과 전기활성도가 증가하고 염증 반응이 감소하는 현상도 나타났다.

* **섬유화(Fibrosis)**: 섬유성 결합조직이 과도하게 축적되는 현상으로, 심장의 경우 조직이 딱딱하게 굳어 구조적인 변화와 기능의 감소를 초래한다.



[그림2] 전기전도성·접착성 수화젤 심근 패치의 특성 분석 결과: 수화젤 심근 패치의 도포성, 전기전도성, 조직 부착성, 심장 기능 회복과 섬유화 감소 확인 결과.

이재영 교수는 "기존 심근 패치의 한계를 뛰어넘어, 심외벽에 손쉽게 도포할 수 있는 전도성 수화젤 심근 패치를 제작했다"며 "향후 심근경색을 쉽고 효과적으로 치료할 수 있는 심근 패치 플랫폼으로의 활용이 기대된다"고 말했다.

이 교수와 전남대병원 안영근 교수, 김용숙 교수가 지도하고 이민규 박사과정생이 수행한 이번 공동 연구는 한국연구재단 기초연구실사업의 지원을 받아 수행되었으며, 재료 분야 국제학술지인 'ACS Nano'에 6월 20일 게재됐다.

용어 설명

1. 맥신

- 전이금속과 탄소 또는 질소 원자가 결합하여, 형성된 층상구조로써, 2차원 평면의 나노물질이다. 높은 전기 전도도를 가지고 있을 뿐만 아니라, 표면에 수산화기나 산소와 같은 작용기들의 존재로 친수성을 가지고 있어 다양한 생체재료에 전기전도성을 가지게 하는데 사용된다.

2. 전도성 수화젤

- 전도성 수화젤은 전도성 폴리머, 전도성 나노물질 등 전도성 물질과 수화젤 매트릭스로 구성되는 수화젤이다. 전도성 수화젤은 우수한 전기적 특성과 조직과 유사한 기계적 성질을 가져 조직 공학용 스캐폴드, 조직재생, 생체 전극 등 여러 가지 생체재료 분야에 응용된다.

논문의 주요 내용

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : ACS Nano (IF: 17.1)
- 논문명 : A conductive and adhesive hydrogel composed of MXene nanoflakes as a paintable cardiac patch for infarcted heart repair
- 저자 정보 : 이민규(GIST 통합과정, 제1저자), 박중건(GIST 연구원), 최고은 박사(GIST), 이상훈(GIST 박사과정), 강보경(전남대학교 연구원), 전주희(전남대학교 연구원), 신윤민 교수(전남대학교), 김민철 교수(전남대학교), 김용숙 연구교수(전남대학교병원, 공동교신저자), 안영근 교수(전남대학교, 공동교신저자), 이재영 교수(GIST, 공동교신저자)