

GIST 학부생, 국제학술지 제1저자 논문 발표...

폐암 치료 효율 높이는 고분자 나노약물전달체 개발

- 신소재공학과 3학년 진주영 학생, 체온에서 스스로 조립돼 약물을 전달하는 고분자 기반 차세대 나노약물전달체 개발... 항암 효과 향상 및 정상세포 독성 감소 가능성 확인
- 학부 연구인턴으로 연구 전 과정 주도.. 국제학술지《ACS Applied Polymer Materials》게재



▲ GIST 신소재공학과 진주영 학생

광주과학기술원(GIST·지스트, 총장 임기철)은 신소재공학과 진주영 3학년 학사과정생(지도교수 이은지 교수)이 학부 연구인턴으로 수행한 연구를 바탕으로 국제학술지에 제1저자로 논문을 발표했다고 밝혔다.

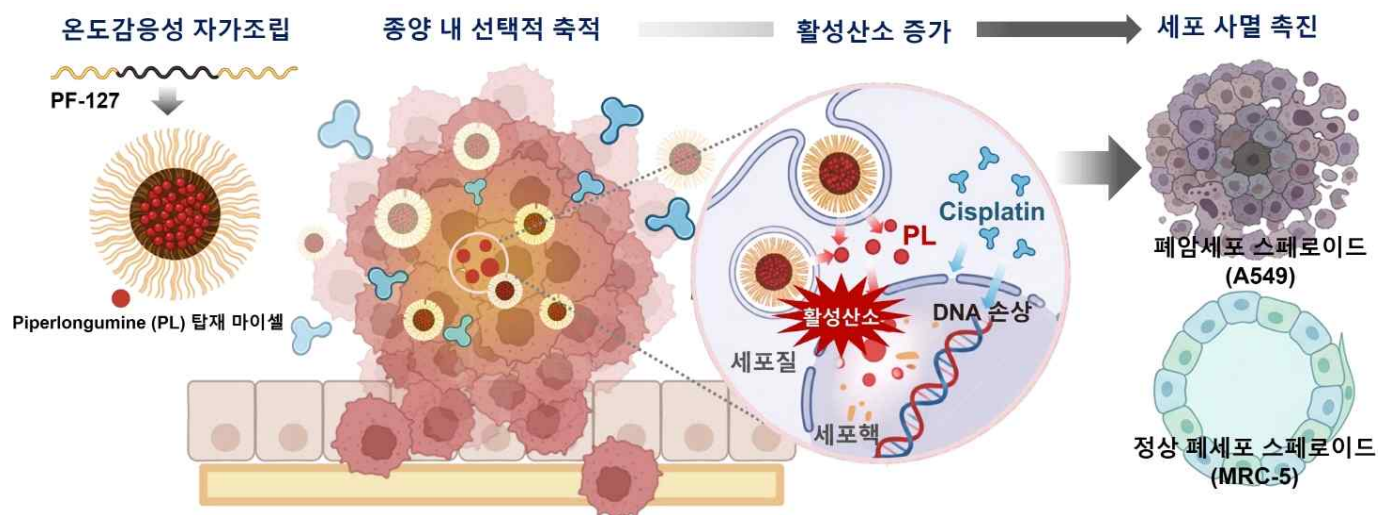
이번 연구는 체온에서 스스로 조립되는 고분자 나노입자를 이용해 폐암 치료제의 효과는 높이고 정상세포 손상은 줄일 수 있는 가능성을 제시한 성과다.

진주영 학생은 2024년 GIST 입학 후 신소재공학과 수업에서 연구 논문을 읽고 발표하는 과제를 수행하면서 약물을 원하는 부위에 효과적으로 전달할 수 있는 기능성 고분자와 바이오소재 연구에 관심을 갖게 됐다.

이후 신소재공학과 이은지 교수의 연구실에 학부연구생으로 합류해 2025년 8월부터 폐암 치료 효과를 높이는 '고분자 기반 나노약물전달체 개발'을 주제로 연구를 수행했다.

학부 수업과 연구를 병행하는 가운데 실험 설계부터 데이터 분석, 논문 초안 작성까지 연구의 전 과정에 주도적으로 참여했으며, 학부생으로서는 드물게 국제학술지 제1저자로 논문을 발표하는 성과를 거뒀다.

연구팀은 기존 폐암 치료에 널리 사용되는 항암제 ‘시스플라틴(Cisplatin)’의 치료 효과는 높이고 정상세포 손상은 줄일 수 있는 새로운 ‘고분자 기반 약물 전달 기술’을 개발했다.

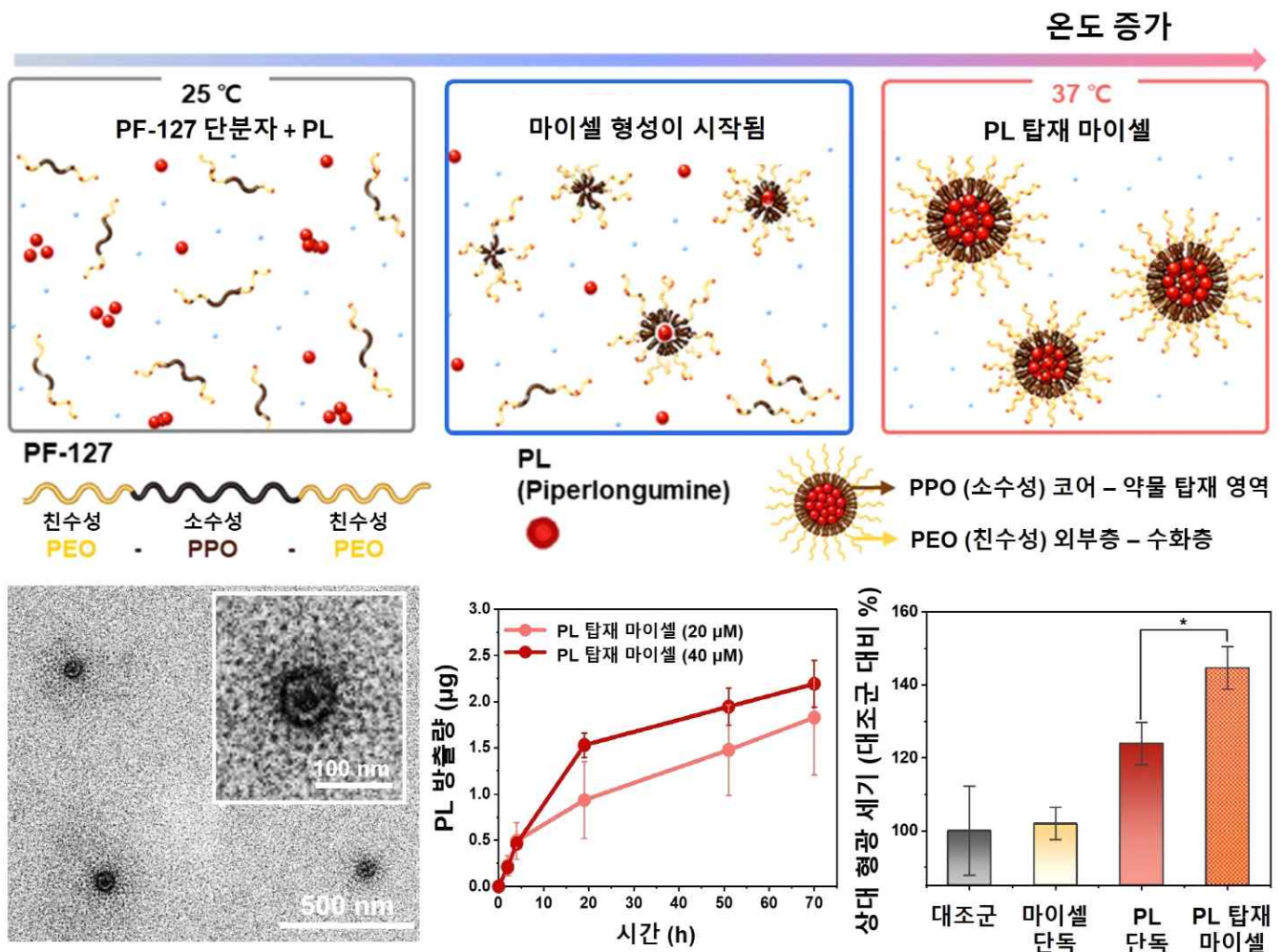


▲ 폐암 선택적 치료를 위한 고분자 나노약물전달체의 작동 원리. 온도감응성 고분자(Pluronic F127)가 체온에서 마이셀을 형성해 항암 보조물질인 Piperlongumine(PL)을 안정적으로 전달하고, 폐암 세포 내 활성산소(ROS)를 증가시켜 기존 항암제 ‘시스플라틴(Cisplatin)’의 항암 효과를 선택적으로 증폭시키는 과정을 나타낸 모식도이다.

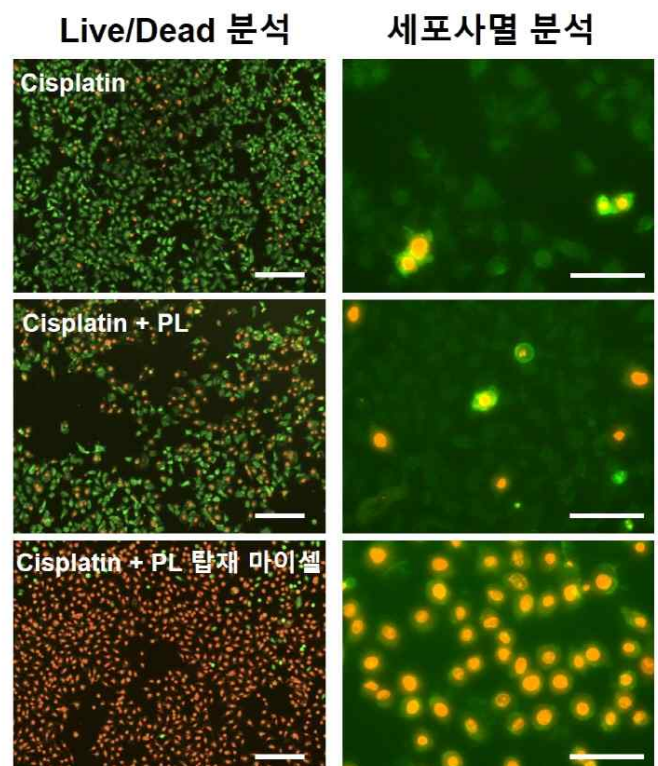
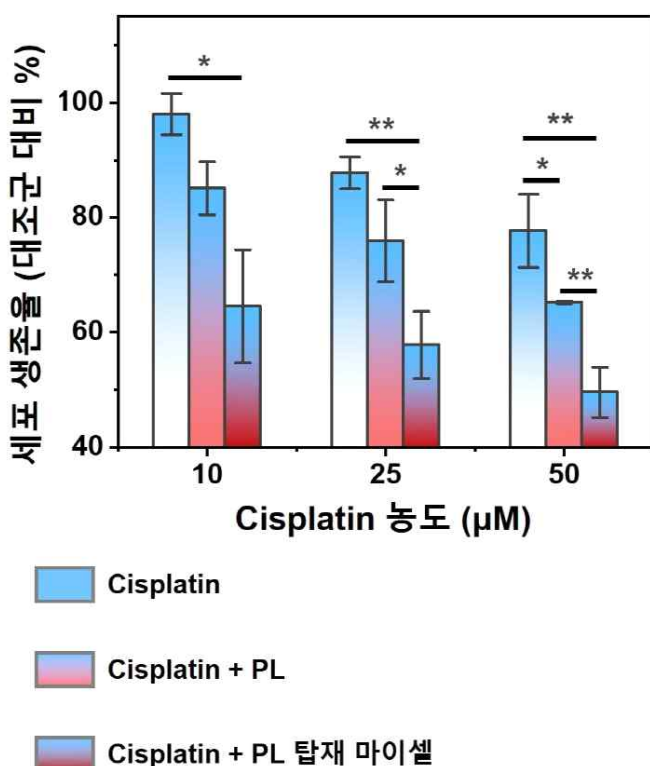
구체적으로는 물에 잘 녹지 않는 천연 항암 보조물질 ‘피페르롱구민(Piperlongumine)’을 체온에서 스스로 매우 작은 입자(나노입자)를 형성하는 고분자 ‘플루로닉 F127(Pluronic F127)’에 탑재해, 약물이 몸속에서 보다 안정적으로 전달되도록 하는 나노약물전달체 기술을 구현했다.

개발된 나노약물전달체는 약물을 약 90%의 높은 효율로 나노입자 내부에 실을 수 있었으며, 체온에서는 지름 100나노미터(nm) 이하의 매우 작은 입자인 ‘마이셀(micelle)’을 안정적으로 형성해 약물을 원하는 부위까지 효과적으로 전달하는 특성을 보였다.

또한 폐암 세포에서는 활성산소(Reactive Oxygen Species, ROS) 생성을 증가시켜 암세포가 스스로 손상되도록 유도함으로써, 기존 항암제인 시스플라틴의 항암 효과를 더욱 높였다.



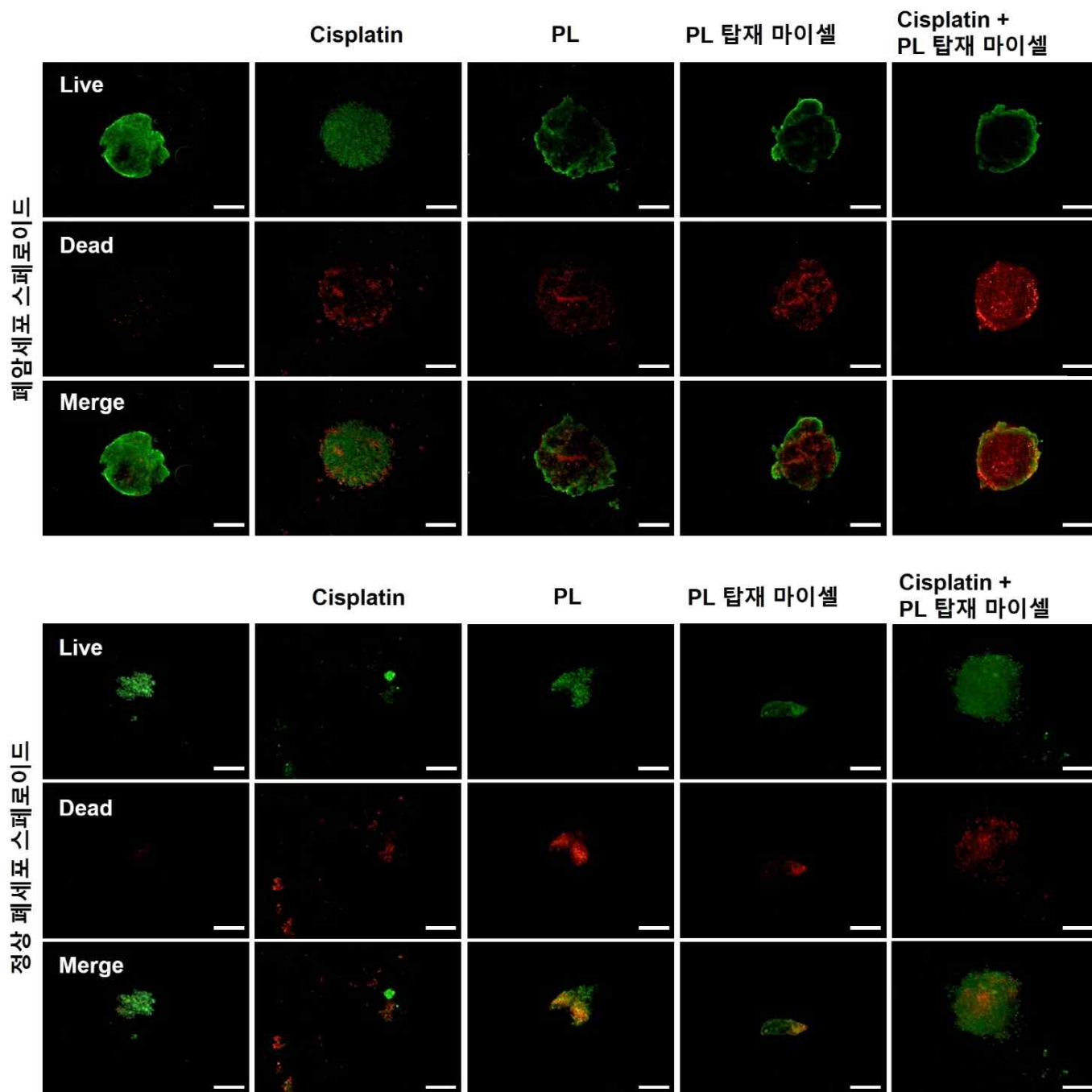
▲ 온도감응성 고분자 나노약물전달체의 제작 및 특성 분석. (상단) 체온에서 형성되는 마이셀 구조 모식도이며, (하단 왼쪽) 투과전자현미경(TEM)으로 확인한 100nm 이하의 균일한 나노입자이다. (하단 오른쪽) 약물의 지속 방출 특성과 폐암 세포 내 활성산소(ROS) 증가 결과를 나타낸 그래프이다.



▲ 나노약물전달체를 이용한 폐암 세포의 항암 효과 향상. (왼쪽) '시스플라틴

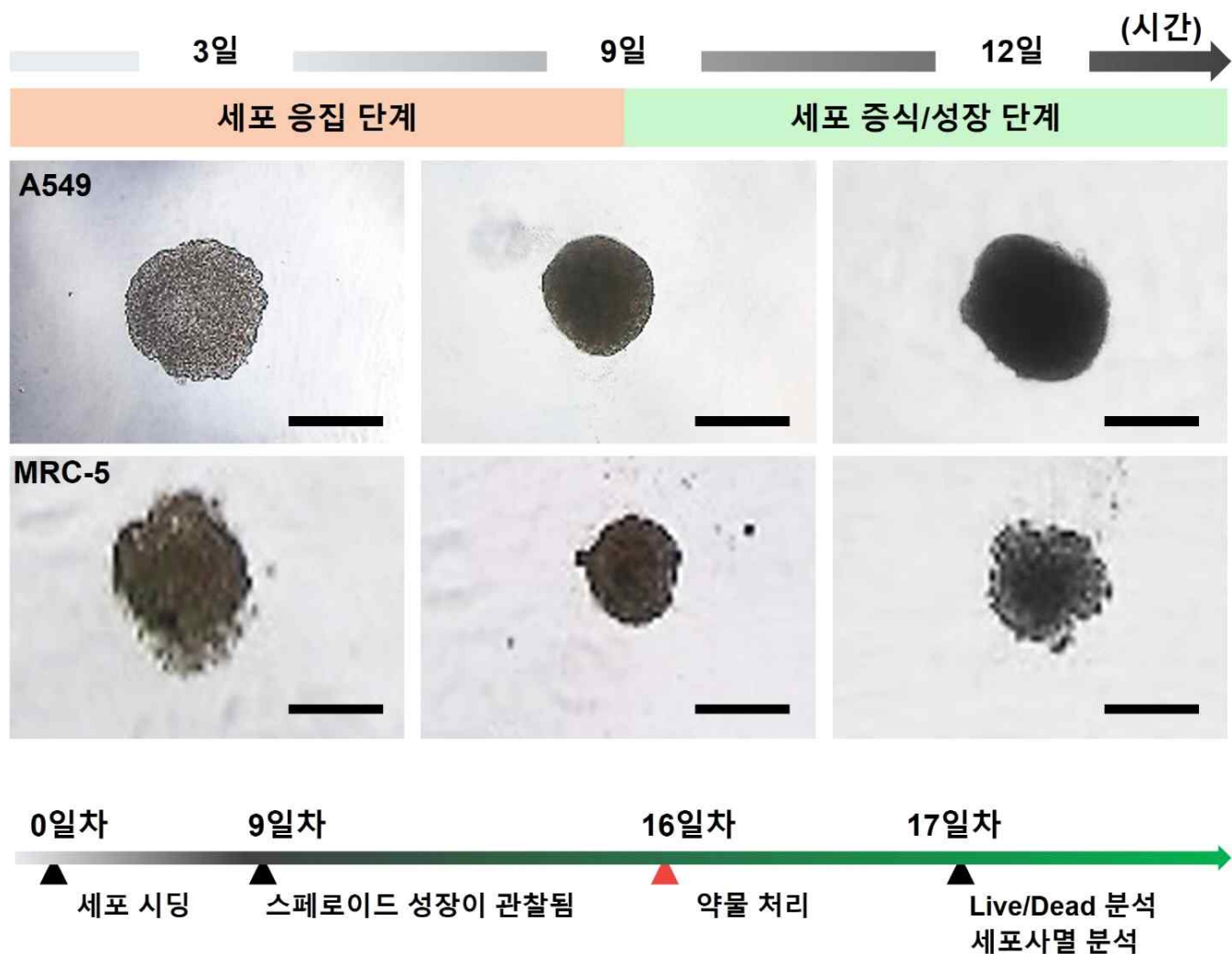
(Cisplatin)'과 '피페르롱구민(Piperlongumine)' 병용에 따른 폐암 세포 생존율 변화이다. (오른쪽) Live/Dead 및 세포사멸(Apoptosis) 분석 결과이다.

반면 정상 폐세포에서는 상대적으로 낮은 독성을 보여 암세포에 선택적으로 작용할 가능성을 확인했다.



▲ 3차원 폐암 스페로이드에서 확인한 선택적 항암 효과. (상단) 폐암 스페로이드에서는 '시스플라틴(Cisplatin)'과 나노약물전달체 병용 처리 시 암세포 사멸이 크게 증가한다. (하단) 정상 폐세포 스페로이드에서는 높은 생존율을 유지해 암세포만 선택적으로 제거하는 치료 효과를 확인했다.

특히 실제 종양과 유사한 환경을 구현한 '3차원 폐암 조직 모사 모델(스페로이드)'에서도 우수한 항암 효과를 입증해, 향후 치료 효율을 높일 수 있는 차세대 약물 전달 플랫폼으로 활용될 가능성을 제시했다.



▲ 실제 종양 환경을 모사한 3차원 폐암 스페로이드 모델 구축. (상단) 시간에 따른 스페로이드 성장 변화이며, (하단) 3차원 스페로이드를 이용한 항암 효과 평가 실험 과정이다.

진주영 학생은 “고등학교 때부터 연구에 관심이 많았고, GIST에 입학한 뒤에는 더 깊이 탐구해 보고 싶다는 마음으로 이은지 교수님의 연구실을 직접 찾아갔다”며 “처음에는 국제학술지에 제1저자로 논문을 발표하게 될 것이라고는 생각하지 못했지만, 교수님과 연구실 선배들의 아낌없는 지도와 격려 덕분에 끝까지 연구를 이어갈 수 있었다”고 말했다.

이어 “현재는 차세대 세포동결보존제 개발 연구를 진행하고 있으며, 앞으로도 기능성 고분자와 바이오소재를 활용해 사람들에게 도움이 되는 연구자가 되고 싶다”고 포부를 밝혔다.

이은지 교수는 “이번 성과는 학부생에게도 충분한 연구 기회와 체계적인 멘토링이 제공된다면 국제적인 연구성과를 창출할 수 있다는 것을 보여주는 사례”라며 “GIST의 연구 중심 교육 환경이 학생들의 도전과 성장을 뒷받침하며 우수한 성과로 이어졌다는 점에서 교육적 의미가 크다”고 말했다.

신소재공학과 이은지 교수가 지도하고 진주영 학사과정생이 제1저자로 수행한 이

본 연구는 ▲과학기술정보통신부·한국연구재단 나노·소재기술개발사업 ▲과학기술정보통신부 지스트-이노코어(GIST-InnoCORE) 사업 ▲보건복지부·한국보건산업진흥원 한국형 ARPA-H 프로젝트의 지원을 받았다.

연구 결과는 미국화학회(American Chemical Society, ACS)가 발행하는 **고분자 과학 분야 국제학술지 《ACS Applied Polymer Materials》**에 2026년 7월 17일 온라인으로 게재됐다.

논문 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : ACS Applied Polymer Materials
- 논문명 : Thermosensitive Pluronic F127 Micelles for Piperlongumine Delivery: Selective ROS Amplification to Potentiate Cisplatin Efficacy in 3D Lung Cancer Spheroids
- 저자 정보 : 진주영(제1저자, GIST 신소재공학과 학사과정생),
김규린(공동저자, GIST 이노코어 연구단 박사후연구원),
이은지(교신저자, GIST 신소재공학과 교수)