킬 수 있다. 다층 그래핀 나노플레이크는 매우 탄소화된 2-3 nm 두께의 모서리를 가진 많은 칼날 모서리(knife-edge) 나노플레이크로 구성되었고 선택적으로 수직 방위를 가진다. 연구진은 이 그래핀 전극을 사용해서 유리 탄소 전극보다 훨씬 뛰어나게 도파민, 아스코르브산, 요산을 동시에 구별할 수 있다는 것을 증명했다.

(*Advanced Functional Materials*, November, 2008)

약물 전달과 화상 관찰을 할 수 있는 나노입자

많은 과학자들은 종양 세포 화상 관찰에서부터 치료 약물의 표적 전달까지 암과 관련된 다양한 영역에서 나노입자를 적용하려는 노력을 하고 있다. 캘리포니아 대학(University of California, Davis) 연구진은 단일 시스템으로 종양 세포의 화상 관찰과 치료를 할 수 있는 리포솜(liposome)을 개발하였다. 이 리포솜 나노입자는 초음파로 활성화된다. 10월 달에 워싱턴에서 열린 MRgFUS 심포지엄에서 캘리포니아 대학의 카테린 페라라(Katherine Ferrara) 교수는 약물 표적화에 많은 잠재력을 가지고 있고 효율적이고 안정적인 약물 수송을 할 수 있는 초음파로 활성화되는 리포솜에 대해서 발표했다. 연구진은 PET로 이 나노입자를 기능화시켜서 다중화상 관찰(multimodality imaging)도 할 수 있도록 하였다.

이 연구의 장점은 PET를 가진 껍질과 광학 이미지 장치를 가진 약물 구획(drug compartment)으로 인해서 이미지를 볼 수 있다는 점이라고 연구진은 설명했다. 약물 캐리어가 가진 큰 문제점은 약물을 격리시켰기 때문에 생체 순환계에 약하거나 비효율적인 표적 약물전달이 발생할 수 있다는 점이다. 연구진은 두 개의 구획들을 화상 관찰할 수 있어서 약물이 캐리어와 분리되는 비율을 측정할 수 있었다. 또한 이 나노입자는 친수성(hydrophilic), 양친매성(amphipathic) 그리고 소수성(hydrophobic) 약물을 담은 광학 탐침을 선택할 수 있는 장점을 가졌다고 연구진은 설명했다. 연구진은 암 세포에 항암 약물을 전달하기 위한 매개체로 80과 100 nm 사이의 지름을 가진 리포솜을 사용했다. 리포솜에는 형광 탐침이 캡슐화 되어 있고 리포솜 껍질 위에 PET 탐침이 부착되었다. 조직에 주입 후 이 리포솜은 조직의 암 세포 영역에 부착된다. PET 탐침(64Cu)으로 4 mm이나 더 큰 지름을 가진 종양 속에 집중된 리포솜의 높은(33 dB) target-to-background ratio 이미지를 만들어 내었다.

표적 영역으로 초음파를 순차적으로 방출하면 리포솜이 젤(gel) 상태에서 지질(lipid) 상태로 변형되어서 종양 세포가 빠르게 가열되고 나노입자 속에 캡슐화된 약물이 방출된다. 약물 투하 프로세스는 상변화 동안 작동하도록 되어 있고 캡슐화된 형광 탐침의 광학 이미지 관찰을 통해서 이 결과를 확인할 수 있었다. 친수성 약물이 탑재된 입자를 사용함으로써 종양 조직의 그램 당 축적된 약물의 양이 주입한 약물의 양의 평균 14%가 되었다. 조직을 절개하여 조사해 본 결과 기존의 자유-약물 주입 방법에 비교해서 지역적 약물 농도가 50에서 200배 정도 증가된 사실을 확인할 수 있었다. 이 국부적 방출 메커니즘이 없는 예전의 리포솜 시스플라틴(liposomal cisplatin, 친수성 약물)의 약물 주입 방법은 비효율적이었다고 연구진은 말했다. 많은 연구진들은 약물전달을 할 수 있는 많은 물질을 연구하고 있고 그 중에서 특히 미세 거품(microbubble) 즉 작은 가스 거품에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 이번 연구는 이런 기존의 연구와는 달랐다고 연구진은 설명했다.

이번 캐리어(carrier)의 장점은 더 작고 몸 속 순환계에 더 안정적이며 더 높은 약물을 장착할 수 있다는 점이다. 별도의 실험으로 연구진은 약물 투여하기 전에 표적 영역에서 발생할 수 있는 초음파의 영향을 조사했다. 이 실험으로 초음파 처리는 가벼운 염증과 국부적인 내피 침투성(endothelial permeability)을 증가시킨다는 사실을 알게 되었다. 쥐의 좌우 상칭의 유방암에 단지 한 면을 초음파에 노출시켰고 그 후에 리포솜 입자를 주입했다. PET 화상 관찰로 초음파 처리된 면에서 3배에서 4배까지 증가된 입자 축적을 밝혀내었다. 두 개의 결과들을 결합시키면 종양에 축적되는 약물의 양이 기존 방법에 비해서 600배 증가시킬 수 있을 것이라고 연구진은 제안했다.

이 연구는 National Cancer Institute로부터 지원받았고 이 연구진은 현재 임상 초음파 스캐너(clinical ultrasound scanner) 속에 치료 능력을 결합시킴으로써 화상 관찰과 치료를 할 수 있는 초음파 시스템을 개발하고 있다. 연구진은 이 방법의 장점을 가진 새로운 PET 탐침과 PET 초음파 하드웨어와 결합된 화상 관찰 시스템을 만들려고 시도하고 있다.

(출처 : K. Ferrara, presentation at the MRgFUS Symposium "Nanoparticles locate tumour, deliver drugs")

본 기술뉴스는 한국과학기술정보연구원(KISTD)의 글로벌동향브리핑(GTB) 및 나노위클리(Nano Weekly)에서 발췌, 정리하였습니다.

<한국과학기술연구원 진병두, e-mail: bdchin@kist.re.kr>