

복합기능 나노결정 활용한 바이오메디컬 핵심원천기술 개발

‘암’과 같은 질병에서 자유로워지고 싶은 것은 모든 인류가 꿈꾸는 것이다. 암이 늦게 발견되어 제대로 치료를 못하거나 늦게 처치하여 사망에 이르는 사례들을 우리는 주위에서 많이 보게 된다. 만약 현재의 의학기술이 지닌 한계를 극복할 수 있는 새로운 돌파구는 없을까?

나노소재 하나로 측정·진단·치료를 동시에

21세기 도래 이후 많은 과학기술적 발전을 거듭하고 있는 나노기술과의 만남을 통해 새로운 돌파구를 찾을 가능성을 탐색해 볼 수 있다. 우리가 알게 모르게 이미 다양한 나노소재들이 자외선차단 선블록크림, 식품 에멀전 등에 사용되고 있으며, 또한 자기공명영상(MRI)의 조영제로 활용되고 있다. 새롭고 다양한 기능을 갖는 나노소재를 개발하여 질병의 고감도진단과 치료분야에 새로운 가능성을 찾기 위한 나노바이오 융합기술을 선점하기 위한 연구개발의 경쟁이 세계적으로 치열하게 전개되고 있다.

우리 옛말에 ‘온고지신’이란 말이 있듯이 모든 기술의 변천, 진화과정에는 몇 가지의 공통적인 패턴, 혹은 트렌드가 있으며, 이를 알면 기술의 미래 발전 방향을 미리 알 수 있다. 소재의 경우, 단일 기능만을 가진 소재보다 광, 자기, 생물, 열, 기계, 음파, 전기 등의 기능을 복합적으로 갖고 있는 소재로 진화하고 있다.

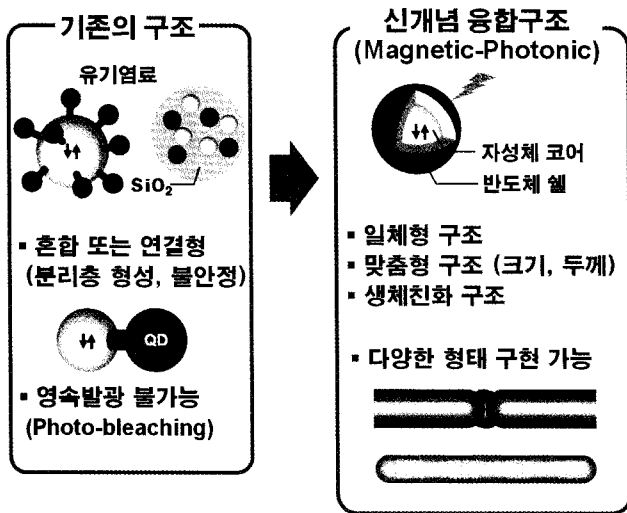
의료기술 역시 현재 환자에게 부과되던 불필요한 외과적, 화학적, 생물학적 피해나 고통을 획기적으로 덜어 줄 수 있는 방법으로 진화하고 있다. 즉, 모든 기술시스템이 ‘유용한 기능이 증가하고 ‘유해기능과 비용은 감소’하며 ‘구조의 복잡성도 증가하는 방향으로 진화함에 따라, 나노메디컬 융합기술 분야 또한 단일 용도와 기능에서 벗어나 하나의 나노소재로 측정, 진단과 치료를 한꺼번에 모두 구현할 수 있도록 하는 방향으로 기술이 발전할 것으로 예상되고 있다. 기존의 비침습적 무통 진단, 치료와 더불어 나노독성 문제도 중요하게 부각되고 있으며, 더 다양하고 복잡하며 정교한 구조를 개발하려는 기술경향이 추구하고 있다.

복합기능 나노입자 개발 연구 활발

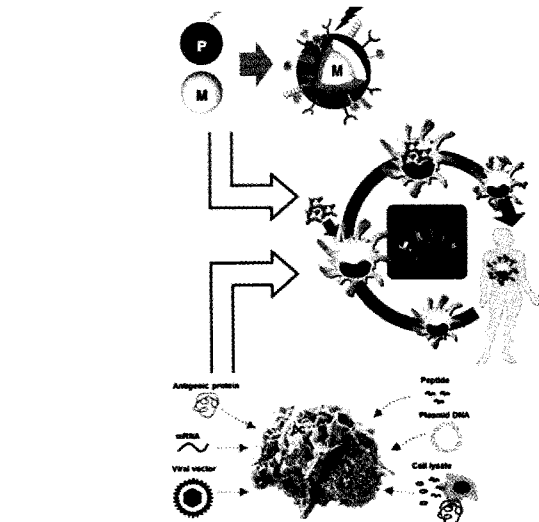
나노입자, 나노선과 같은 나노결정구조는 100만분의 1mm 단위의 크기를 원하는 형상과 특성을 갖도록 제어하는 기술만으로도 기존의 많은 기술 분야의 한계를 허물었다. 이를 위한 다양한 합성법의 개발과 더불어 전자, 에너지, 생명 같은 여러 분야로의 응용가능성에 대한 연구가 진행되어 왔다. 일례로 나노입자의 경우, 앞서의 기술진화 트렌드에서 보듯이 최근에는 국내·외적으로 단일기능 나노입자 제조에 대한 연구를 넘어 두 가지 이상의 기능을 동



글 김영근 고려대학교
신소재공학부 교수
ykim97@korea.ac.kr
글쓴이는 미국 MIT에서 박사학위를 받았으며, 미국 컨설팅사와 한국 삼성전기의 수석연구원을 지냈다. 현재 교육과학기술부 미래융합 융합기술 파이오니어사업의 지원을 받고 있는 생체융합 나노결정 융합연구단장을 맡고 있다.



▶▶ 복합기능 나노결정의 개념도



▶▶ 복합기능 나노결정을 활용한 면역세포치료 기술

시에 구현할 수 있는 복합기능 나노입자를 개발하기 위한 연구를 활발히 진행하고 있다. 특히 코어-셸 구조의 나노입자는 이중의 물질을 이용하여 코어의 기능과 셸의 기능을 동시에 견고하게 구현할 수 있어 많은 관심이 집중되고 있다.

필자의 연구단에서는 특히 자성과 광학 특성에 주목하고 있는데, 자성의 경우 외부 자기장의 인가에 따라 이동성을 부여할 수 있다는 효과가 있으며, 광학의 경우 영상관찰과 광학신호를 감지하는 것이 용이하다는 특징이 있기 때문이다. 물론 기존에도 자성나노입자 또는 반도체양자점 등의 나노소재들을 바이오메디컬 분야에 적용하고 있으나, 각 소재가 갖는 단일기능만을 이용하기 때문에 응용 측면에서 제약이 따랐다. 따라서 여러 특성들의 복합화는 단백질이나 세포와 같은 생물체재의 고감도, 고효율 동시 분리-진단 및 진단-치료를 가능하게 해줄 수 있을 것이다. 연구단에서는 복합기능 나노결정 개발과 관련한 연구수행 결과로 다양한 코어셸 나노입자 구조와 바코드 나노선의 제조에 성공하였으며, 다수의 특허를 확보하는 등 새로운 복합기능 나노결정의 개발을 위한 활발한 연구를 진행하고 있다.

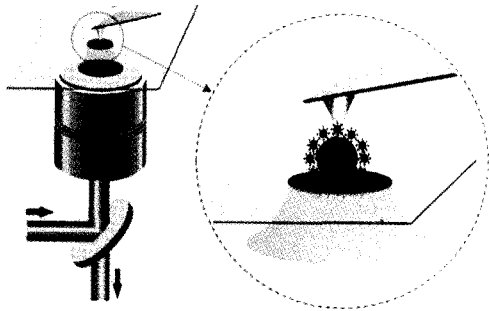
나노결정 활용 신개념 세포치료

일반적인 치료제는 발병원인을 제거하는 것이 아니고 증

상을 완화시키는데 목적을 둔 유기화학물이나 단백질로 이루어져 있다. 그러나 세포치료제는 질병의 근원에 대항하는 새로운 원리를 기반으로 하고 있으며, 환자에게서 세포를 분리하여 필요한 특성을 개선하고 배양한 후, 환자에게 다시 주입하여 체내의 면역기능을 이용하여 질병을 치료하는 방법을 사용한다.

세포치료 방법의 하나인 면역세포 치료법은 인체의 면역기능을 활성화시킴으로써 몸 안에 존재하는 암세포를 제거하고 재발을 방지할 수 있다는 장점을 갖고 있다. 환자 개인별 맞춤형치료라는 면에서 기존의 치료법과는 구분되며, 인체의 면역기능을 이용하여 부작용 및 재발위험이 적을 것이라는 점에서 기존의 패러다임을 바꿀 수 있는 획기적인 치료법으로 연구되고 있다. 그러나 항원 탐제효율의 향상과 체외에서 배양된 세포의 효율적 분리를 통한 체내 도입 전략 등에 대한 연구가 필요한 실정이다.

필자와 연구단에서는 복합기능 자성-광학 나노결정을 종양특이항원의 수지상 세포 탐제기술에 도입하고 있다. 기존의 탐제방법보다 항원을 수지상 세포의 세포질 내로 단시간 내에 높은 효율로 주입하는 것이 가능하므로 기존의 방법들보다 항원 탐제가 용이할 뿐 아니라 외부 종양특이항원을 복합기능 나노결정에 결합시켜 종양항원에 특이적인 T-림프구의 활성을 최대로 유도할 것으로 기대된다.



▶▶ AFM-발광-라만 측정기술의 융합

또한, 이 특성을 이용하면 여러 종양특이항원을 동시에 나노결정에 결합시킬 수 있으므로 다양한 암에 대한 수지상 세포 백신을 만들어 낼 수 있다. 복합기능 나노결정을 세포 치료기술에 도입하여 현재 연구 중인 항원 탑재효율의 향상 및 면역세포의 분리분석효율을 향상시킴으로써 세포치료기술의 난제를 해결할 수 있을 것으로 예상된다.

생체분자 나노측정기술 개발에 집중

연구단에서는 나노소재기술과 의학기술과 더불어 핵심 기반기술로서 생체분자 나노측정기술 개발에 심혈을 기울이고 있다. 원자힘현미경(AFM) 및 라만·발광 검출 기술을 유기적으로 결합하여 나노결정을 비롯한 다양한 나노시스템의 물리적 형태 및 광학적 특성을 종합적으로 측정하고, 나노물질과 세포의 상호작용 및 결합기작을 규명하여 세포 분석 분야에 기여할 수 있는 기술을 개발하고 있다. 특히, 세포에 결합 혹은 진입한 나노결정의 거동을 추적하는 고감도 이미징 기술을 이용하여 나노결정과 세포 간 상호작용의 실시간 모니터링이 가능해질 수 있다. 세계시장 진출을 위해 생체분자 나노측정기술에 바탕을 둔 고정밀도 화학적 나노 분석·조작 시스템의 완성과 다양한 응용분야에 대한 시스템 시현 과정이 반드시 필요할 것으로 보인다.

생체분자 나노측정기술과 같이 AFM과 기능성 팁, 그리고 형광 이미징 분석 기능을 복합적으로 결합하는 나노분석기술은 반도체 표면, 생체 단일 분자의 거동, 기능, 구조 관찰 및 살아있는 세포의 표면 및 내부 관찰을 가능하게 할 것이며, 단백질들의 고분해능 단분자 측정과 세포 활성분석이 가능하여 생체분자들의 상호작용을 보다 미세하게 분석할 수 있게 할 것으로 예측된다. 정밀한 단세포에서의

유전자 인식법 개발이 가능하여 생명공학 및 의료기술 개발은 물론 나노기술 개발에도 획기적인 전기를 마련할 것으로 기대된다. 또, 현재 진행되고 있는 유전자 복제나 체세포 내의 알려지지 않은 동력학 연구가 가져올 수 있는 파급효과는 신약 개발이나 바이오센서 등의 연구 분야에 막대한 영향을 끼칠 것으로 예상된다.

학제간 연구 시스템·인프라 확보해야

나노메디컬의 세계시장은 2014년 1천억 달러가 넘으며, 가장 큰 시장영역은 항암 분야로 이중 나노치료 시장은 330억 달러, 나노진단 시장은 31억 달러의 거대시장을 형성할 것으로 전망되고 있다. 이미 2008년 약 510억 달러에 달하며, 매년 두 자릿 수의 성장률을 보이고 있다. 최근 몇 년간, 나노분자진단 분야를 연구개발하고 있는 세계 기업은 크게 늘어나 500개가 넘는 상황이며 대부분 미국에 위치하고 있다. 암의 경우 전체 나노메디컬 시장의 절반 이상이 이에 관련된 연구를 진행하고 있을 만큼 가장 큰 의료 적용 분야이며, 항암치료 및 진단 목적의 나노의약품 시장은 연평균 10%의 성장률을 보이고 있다. 지역별 나노메디컬 분야의 시장점유율은 미국이 46%로 가장 앞서 있으며, 일본과 유럽의 국가들이 뒤를 따르고 있는 실정으로 우리나라도 빨리 이 분야에 집중 투자하여 거대시장을 확보할 필요성이 매우 높다.

2005년 미국 과학재단에서는 향후 20년 이내에 나노기술, 바이오기술, 정보기술, 인지과학 등 4대 핵심기술을 중심으로 융합기술의 시대가 올 것을 예견하였고, 이후 우리나라를 비롯한 세계 각국에서 융합기술의 R&D에 관한 로드맵의 설정과 더불어 연구개발 투자가 이루어지고 있다. 나노바이오 융합기술의 개발은 그 독창성과 시장파괴력으로 말미암아 원천기술이 될 가능성이 매우 높다. 즉, 단번에 세계적으로 도약할 수 있는 기술의 확보가 가능하게 되는 것이다. 그러나 민간기업 단독으로 개발하기에는 위험도가 높기 때문에 정부의 지속적인 관심과 투자가 필요한 분야이다. 특히 융합기술의 성공 요체인 학제간 연구를 촉진하기 위해 기초과학, 공학, 의학 분야의 젊은 학생들이 서로의 학문분야를 넘나들며 활발히 교류할 수 있는 시스템과 인프라의 확보 또한 중요한 시점이라 할 수 있다. ⑤D