

Thema | 암 진단 및 치료를 위한 나노바이오 소재

이 용규 전임강사
(충주대 화학공학과)

1. 서론

암은 가장 다루기 힘든 질병들 중의 하나이며, 환자들의 완치를 위해 끊임없이 연구가 계속되고 있다. 또한 병원에서는 암을 치료하기 위해 약물 치료, 방사선치료, 유전자치료 등등의 기술들이 이용되고 있다. 이러한 치료들은 환자에게 치료 가능성의 희망을 주는 동시에, 많은 부작용과 고통을 수반하게 된다. 특히 약물치료에 의한 부작용으로 탈모, 면역력약화, 피로감 등등을 들 수가 있으며, 환자들에게 큰 불편함을 주고 있다. 이러한 부작용을 극복하기 위한 노력으로는 최근에 표적형 나노입자기술 개발 같은 새로운 약물전달시스템이 개발되고 있다. 이 기술은 암세포 주변 의 신생혈관들을 통해 항암제가 전달되어 정상세포는 살아 있는 상태로 유지하면서 암세포만 치료하는 것이다. 이 기술이 상용화된다면 약물치료에 의한 부작용은 줄어들 것으로 예상되고 있다. 더 나아가, 암세포를 효과적으로 치료 또는 예방하는 방법으로는 조기진단하거나 규칙적인 생활로 들 수 있다. 그러나 예방법으로 암 발생률을 감소시키는 것은 한계가 있는데, 그 이유로는 암 발생원인이 정확하게 밝혀지지 않았기 때문이다. 현재의 가장 확실한 암세포 치료방법으로는 조기에 진단하여 95% 이상의 완치를 거둘 수가 있다는 것이다. 조기진단을 통해 암세포를 초기에 발견하면, 전이가 일어날 가능성이 적을 뿐 아니라, 재발가능성이 적다. 또한, 암세포의 크기가 상대적으로 작아 쉽게 제거가 될 수 있다. 이러한 암 조기진단 및 치료기술에 미국 보건복지부(NIH)를 중심으로 의학분야, 화학분야 그리고 생명분야에서 최근 관심을 불러일으키고 있다. 한 예로 미국 국립 암센터(NCI)에서 2005년도부터 5년 동안 9,080만 달러를 암 진단 및 치료기술 개발에 투자할 예정이다. 이러한 연구에서의 핵심기술은 나노(Nanotechnology)와 바이오기술(Biotechnology)이다. 나노기술은 화학적으로 제조되거나 개질된 물질이 나노크기의 입자를 형성하면서 생체내의 세포나 분자들과 상호 작용하는 것이다. 특히, 수십 또는 수백 개의 작은 분자들이 서로 자가 응집되어 100 nm이하의 크기를 형성한다. 이렇게 형성된 나노입자는 기본적으로 녹는점, 자기적 성질 그리고 색깔 같은 물리 화학적 성질의 조절이 용이하다. 또한, 생체 또는 의료용 장비로의 적용가

능성에 대해 살펴보면 많은 장점들을 가지고 있다. 첫 번째로는 생체조직보다 작거나 같은 크기를 가지고 있다는 것이다. 이러한 작은 입자는 효소나 수용체 같은 생체물질과 용이하게 결합할 수 있으며 세포 안으로도 쉽게 들어갈 수 있다.

두 번째로는 나노입자를 살아있는 세포 안으로 손상 없이 접근함으로써 임상 또는 기초연구에 많은

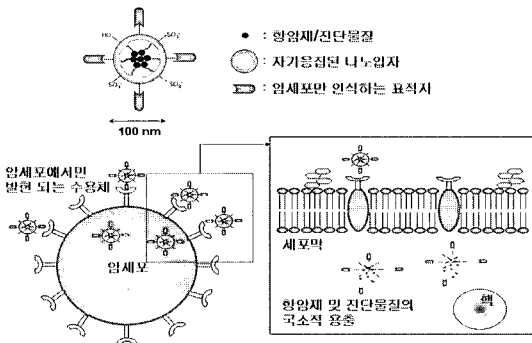


그림 1. 나노입자의 구조와 암세포와 특이적 반응을 하는 모식도. 암세포에서만 특이적으로 발현하는 수용체나 효소와의 상호작용으로 선택적으로 암세포만을 공격하는 지능형 나노입자이다. 이렇게 만들어진 나노입자는 암세포 안으로 투과되어 핵과 세포질에서 생 분해된다. 이렇게 집중적으로 운반체에서 분리된 항암제 또는 진단물질은 높은 효율성과 해상도를 보일 수가 있다.

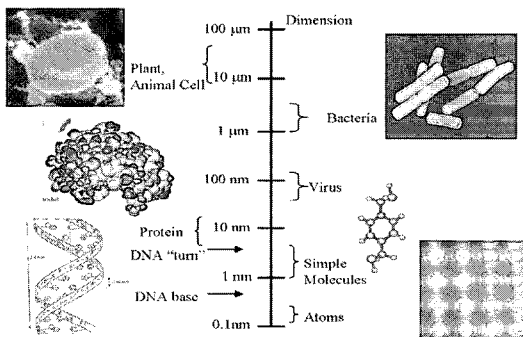


그림 2. 인간 또는 동물에 존재하는 바이오 물질의 크기 및 분포. 단백질의 경우 크기 분포가 5-50 nm 정도의 분포를 가지고 있다. 동물세포의 크기는 5 μm-100 μm까지 넓은 분포를 가지고 있으며, 2 nm-100 nm 정도의 나노입자의 경우 세포물질과 상호작용을 할 수 있다.

도움이 된다. 특히, 분자수준에서 생체내의 다양한 단백질과 핵산과의 동시적인 상호작용을 통해 정상 세포에서 암세포로의 전환과정을 지배하는 복잡한 기작(Mechanism)을 해석하는데 많은 이해를 도울 것이다. 마지막으로 암을 진단하기 위해 사용되는 조영제(Contrast Agent)의 민감도(Sensitivity)를 증가시킬 수 있다는 것이다. 조기 암 진단에 있어 생체내에 하나의 암세포가 발생되었을 경우 효과적으로 높은 선택성을 가지고 암세포만을 발견할 수 있다는 것이다. 예를 들어 MRI용 조영제에 항체(Antibody)를 결합시켜 암세포에만 특이적으로 상호작용시킴으로써 기존의 민감도보다 10-100배 이상 증가시킬 수 있으며, 기존 암 치료의 성공률을 높게 증가시킬 것으로 기대하고 있다. 또한, 이러한 나노입자의 개발은 2 mm 크기보다 작은 암세포들도 발견될 가능성도 점점 커지고 있다.

본 기획 논문에서는 크게 두 가지로 나누어 기술하고자 한다. 첫째는 나노기술을 이용한 조기 암 또는 질병 진단을 위해 사용되는 재료들에 대해 기술하고자 한다. 이러한 재료들은 현재 개발 중에 있거나 상용화된 물질의 개질을 통해 이루어지고 있다. 마지막으로 기존 항암제의 단점을 보완하기 위해 사용되고 있는 생체고분자재료의 도입에 관한 내용이다. 이 기술은 현재 임상에서 많은 효과를 보이고 있거나 여러 논문들에서 보고되고 있는 것들이다.

2. 진단용 나노 바이오물질

오늘날 암에 관련된 나노기술은 크게 실험실(In Vitro)에서 검출할 수 있는 기술과 생체(In Vivo)에 직접 적용할 수 있는 기술로 크게 나눌 수가 있다. 특히, 실험실에서는 나노소자 같이 마이크로 크기의 입자에 암세포 검출인자를 결합시켜 작은 양의 샘플로 암세포를 검출할 수 있는 나노와이어(Nano-wire) 기술이 발표되고 있다. 더 나아가, 이 본 기획논문에서는 현재 활발하게 연구되고 있는 생체 내에 바로 적용되는 진단기술에 대해 기술하고자 한다. 생체에 바로 적용할 수 있는 기술의 중요성은 다음과 같다. 첫 번째로는 생체 내에 특이적으로 질병 및 암세포와 반응하는 진단물질을 사람에게 경구 또는 주사

첨가제로 투여하여 1-2시간 이내에 암세포 발현 여부를 카메라나 진단용장비로 진단하는 것이다. 이 기술이 상용화 된다면, 초기에 암 치료의 가능성이 높아지게 된다. 두 번째로는 실험실에서 행하여지는 조직검사나 면역검사가 사라지거나 줄어들 것이다. 기존의 염색물질은 사람 몸 안으로 적용이 불가능하기 때문에 조직을 떼어내어 많은 절차와 시간을 소요하여 결과가 나오게 된다. 이러한 절차는 직접 생체에 적용하면 비용과 절차를 간소화 할 수 있을 뿐 아니라, 환자들에게 편리함을 제공할 수 있을 것이다. 마지막으로 의료진단기술의 발달을 들 수 있다. 이러한 진단물질을 검출할 수 있는 의료장비의 첨단화 및 진단물질 개발이 활성화 될 것으로 기대된다.

2.1 Quantum Dot(양자점)

진단기술 분야에서 가장 이상적인 진단물질은 생체 내에 적용 가능하며, 높은 민감도와 선택성이 있는 진단물질을 개발하는 것이다. 현재 In Vitro에서 사용되는 염색물질들은 합성물질이며, 생체 내에서는 효소반응에 의해 분해되어 진단물질로 사용할 수가 없다. 또한 높은 독성과 넓은 파장의 분포는 정확하게 암세포를 진단 할 수 없는 단점을 가지고 있다. 이에 반해 양자점은 나노결정의 반도체물질로서 보통 Cadmium Selenide로 되어 있다. 양자점들의 특

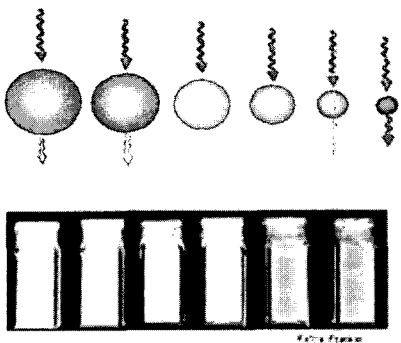
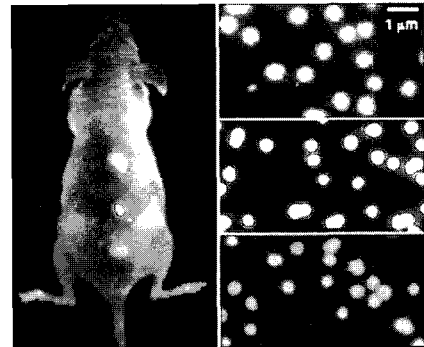


그림 3. Quantum Dot(양자점) 의 크기에 따른 형광의 차이. 양자점의 크기는 최소 2.1 nm에서 최대 7.5 nm까지 분포하며, 왼쪽으로부터 빨간색, 주황색, 노란색, 초록색 그리고 파란색을 띠고 있다. 이러한 다양한 색깔은 다기능성 진단물질 개발에 용이하다.

징들을 살펴보면, 양자점은 크기와 조성을 변화시켜 가시영역부터 적외선과장까지 형광을 방출 시킬 수 있는 유일한 광학 및 전자적 성질을 가지고 있다. 두 번째로, 기존 염색물질에 비해 높은 형광도, 광안정성 그리고 좁은 발광범위를 가지고 있어 적은 양 (pmol)으로도 높은 형광세기를 나타낸다. 이러한 양자점들은 항체, 펩타이드, 핵산과 같은 고분자들과 공유 결합 함으로써 생체 내 적용 될 수 있는 진단



암세포 암세포발현 다른 암세포
(a)



(b)

그림 4. 쥐에서의 암세포를 양자점을 이용하여 빨간색으로 발현되는 사진임. a.면역력이 전혀 없는 쥐에게 암세포를 투여시켜 암을 발생시킨 후 꼬리 정맥을 통해 양자점을 투여한 후 특수 CCD카메라로 찍은 사진. b.파란색(위쪽), 노란색(중간) 그리고 빨간색(아래)을 가진 양자점을 각각 쥐 등에 투여하여 위에서 사용한 하나의 카메라로 세가지색을 한번에 찍은 사진. 이 그림은 본 저자가 속했던 Shuming Nie's Group에서 "Nature Biotechnology" 논문에 발표되었다 (2004년 7월에 발표).

물질로 개발되고 있다.

양자점을 가지고 생체 내에 적용할 때 고려해야 할 점은 비선택성과 독성이다. 대표적인 비선택성은 혈액이나 몸 속 에서 존재하는 단백질 및 효소와의 반응이다. 이러한 생체내의 물질과의 무작위적 반응은 진단물질의 효능과 형광세기를 약화 시킬 뿐만 아니라 사람 몸 전체적으로 확산시켜 우리가 원하고자 하는 질병세포나 암세포를 구별하기 힘들어진다. 최근 논문에서는 비선택성을 없애기 위해 양자점에 생물질 또는 항체를 결합하여 선택성을 높인 것들이 발표되고 있다. 그림4에서는 면역력이 없는 누드마우스(Nude Mouse)에 전립선암을 다리위쪽으로 유발시킨 후, 다량의 개질된 양자점을 주사 투여 하였다. 이 연구의 방향은 개질된 양자점들이 암세포와 특이적으로 결합하는지를 확인하며, 집중적

으로 모인 양자점들이 높은 해상도를 가지고 CCD 카메라에 검출되는지를 알아 본 것이다. 두 번째로는 생체 내에서 Cadmium Selenide의 분해반응으로 인한 독성을 들 수 있다. 특히 cadmium 이온이 생성될 경우 인간에게는 치명적일 수가 있다. 아직까지 인체 내에서 분해된다는 연구보고서가 발표되고 있지 않다. 또한, 양자점을 고분자로 코팅하게 되면 분리되지 않는다고 보고되었다. 예를 들어, 텍스트란 같은 천연고분자를 양자점 표면을 개질하면 양자점이 외부환경과 접촉할 수 있는 기회가 적어지며 분리되지 않는다는 연구결과가 발표되었다. 특히 양친성고분자나 Polyethylene Glycol(PEG)고분자를 부착시켜 독성을 감소시키거나, 생체내의 효소나 가수분해로부터 저항하도록 개발 하고 있다. 그러나 아직까지 양자점이 몸 안에서 어떻게 대사 또는 제거가 일어나는지는 알지 못하는 것이 중요한 단점이다.

앞으로의 연구를 통해 양자점의 대사 작용 및 독성 연구가 요구되고 있다. 또한 near IR(원하는 세포를 선명하게 볼 수 있는 영역)부근에서 검출 될 수 있는 새로운 양자점을 개발하거나, 독성이 없는 다른 원자를 이용하여 제조하는 것이 필요하다. 이렇게 개발된 원자에 생체 적합한 고분자의 코팅물질개발 역시 필요한 연구분야이다.

2.2 MRI 조영제(무기물)

MRI(Magnetic Resonance Imaging)는 살아 있는 동물 또는 인체 내에 생물학적으로 내부영상을 얻을 수 있는 기술로 Positron Emission Tomography (PET), Micro CT와 함께 사용되고 있다. 특히 MRI는 내부영상을 아무런 손상 없이 얻을 수 있는 강력한 영상장치이며, 생체내의 기능 및 구조를 3차원영상으로 얻을 수 있다. 영상은 물분자의 양성자로부터 NMR 신호를 받아서 영상으로 나타낸다. 특히 신호의 세기는 물농도와 Relaxation Time(T1과 T2)의 함수로서 나타낸다. 내적인 대조비의 증가는 상자성체(Paramagnetic Contrast Agents)를 사용하면 증가시킬 수 있다. 그런 무기 조영제로는 Gadolinium Gd(III)을 사용하거나, Iron Oxide 입자를 사용할 수 있다. 이러한 조영제를 사용함에 따라 물분자중 양성자 주변의 T1값을 감소시켜 선명한 영상 효과를

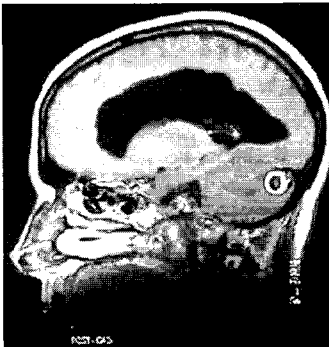


그림 5. 사람의 두뇌에 생긴 암을 MRI장비를 이용하여 발견된 그림(조영제를 투여 후). 원모양으로 표시한 것이 암세포이다. 위 그림은 사람의 옆면에서 찍은 사진이며 아래그림은 다른 사람의 머리위에서 찍은 사진의 모습이다.

증가시킬 수 있다. 현재의 이러한 새로운 조영제의 개발에 있어서 큰 문제점은 조영제들을 어떻게 세포막 안으로 전달시키는 것이다. 또한 현재의 조영제들을 세포막 안으로 전달시키기 위해 많은 연구들이 이루어지고 있으며, 대표적으로 Gd(III)에 고분자나 펩타이드를 결합시켜 생체 내에 국소적으로 농도를 증가시키는 방법들이 있다.

자성체(Magnetic Agent)의 경우 Gd-DTPA (Diethylenetriaminopentaacetic Acid)에 비해 높은 Relaxation 효과를 보이고 있어 좋은 조영제로 선택되고 있다. 특히 같은 나노 물의 농도에서 자성체를 가지고 비교하였을 경우 Gd보다 10배 이상의 양성자 Relaxivity을 보였다. 또한 여러 자성체의 종류 중에서 많이 알려진 초상 자성체(Superparamagnetic Contrast Agent)가 높은 효과를 보이는 것으로 알려져 있으며, 현재 초상 자성체를 이용한 생체 의료용 장비에 가능성으로 세포 표적화, 세포분리 및 정제 같은 세포생물학을 위한 기술, 조직치료기술, 약물전달기술, MRI, 고열현상치료기술 등에 적용될 수 있다.

표 1. 초상 자성체의 특징 및 응용(2005년 5월 기준)
자성체의 이름은 각 회사에서 개발한 제품에 상표명으로 붙인 것이다.

자성체 이름	입자크기	표적기관	미국 FDA 승인여부
AMI-121	300 nm	소화기	승인
OMP	3.5 um	소화기	승인
AMI-25	80-150 nm	간/비장	승인
SHU 555A	62 nm	간/비장/혈액	임상 3단계
AMI-277	20-40 nm	림프구/혈액	진행 중
NC100150	20 nm	혈액	개발 중
Code7228	30 nm	혈액	임상 2단계

2.3 NIR Dye(Near Infrared Dye)

생체내의 분자영상을 위해서 선호되는 파장은 Near Infrared 영역(700-1000 nm)이다. 그 이유로는 효과적으로 광자가 조직을 깊이 투과할 수 있을 뿐만 아니라, 정확하게 표적이 되는 생체물질을 볼 수 있기 때문이다. 기본적으로 혈액 또는 조직들도 가시광선영역에서 고유의 파장을 가지고 있어 쉽게 표적

물질과 다른 생체물질을 구별하기 어렵다. 이러한 해결책으로 800 nm 이상의 Emission Spectra를 가지고 있는 물질을 개발 중에 있다. 현재 사용되는 NIR 염색물질로는 Cyanine, NIR820 등등이 있다. 이러한 물질들은 방향족 고리의 구조와 폴리메틴(Polymethine)의 결합길이에 따라 좌우된다. 특히 CH=CH의 이중결합의 도입에 따라 파장이 붉은색 쪽으로 약 100 nm 정도 이동시킬 수 있다. 그러나 문제점으로는 화학적 안정성 및 양자효율성 그리고 어려운 합성 등으로 들 수 있으며, 불안정한 구조로 인해 효능이 떨어지고 있다. 가장 이상적인 생체용 NIR 염색물질은 많은 양(50 nmol/kg)으로 생산될 수 있어야 하며, 여러 조건하에서 안정적인 구조를 가지고 있어야 한다. 더 나아가, 높은 양자수율, 좁은 Excitation과 Emission 피크, 수용액에서의 용해도, 낮은 알부민과의 결합 그리고 다른 생체물질과의 결합할 수 있는 작용기가 필요하다.

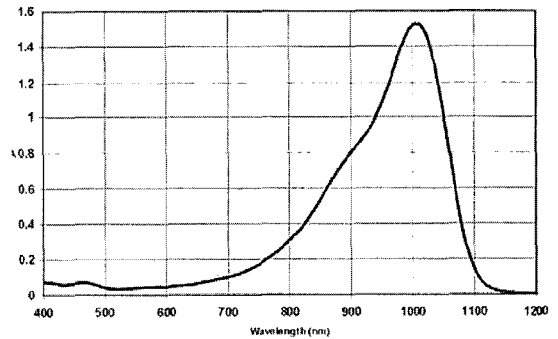


그림 6. 상업적으로 판매되고 있는 일반적인 NIR 염색물질의 파장. 이 염색체의 단점은 물에 대한 용해도가 떨어지며, 제한된 용해도로 인해 생체물질의 결합이 어렵다는 것이다. 또한 파장의 범위가 750-1050 nm까지 넓게 퍼져 있어 정확하게 표적물질을 선택하기 힘들다는 것이다.

3. 치료용 나노 바이오물질

본 장에서는 현재 사용되고 있는 항암제의 부작용을 보완하기 위해 새롭게 도입된 생체 의료용 물질에 대해 소개하고자 한다. 현재의 질병 및 암 치료

연구방향은 낮은 독성과 높은 항암효과를 가진 치료제를 개발하는데 주 목적을 두고 있다. 그러한 목적으로 개발되고 있는 것이 생체에 무해한 고분자나 다당류를 항암제에 물리적 또는 화학적으로 부착된 결합체라고 할 수 있다. 특히, 항암제 이외에 면역글로빈, 성장호르몬, 인슐린, 인터페론, 파브리노젠(Fibrinogen), 헤파린 등이 이용될 수 있다. 이러한 생체물질은 다른 합성 고분자에 의해 개질 되거나 새로운 제제를 형성 할 수 있는 물질들이다.

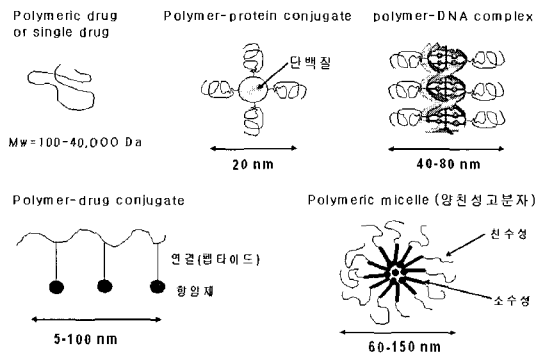


그림 7. 고분자재료를 이용한 개질된 치료제 개발 동향. 고분자에 단백질치료제, DNA, 항암제를 화학적으로 결합 또는 물리적 결합에 의해 약물 전달을 함. 나노입자를 형성시켜 효율성과 전달능력을 향상시킬 수 있다.

현재 개질에 사용되고 있는 여러 합성고분자 및 천연고분자는 여러 가지가 있으나, 대표적으로 임상 단계에 있거나 미국 FDA에 승인 받은 물질들로는 Polyglutamic Acid(PG, 아미노산의 일종), Albumin(알부민) 그리고 HPMA(N-(2-hydroxypropyl)-methacrylamide Copolymer, 공중합체)가 있으며 이러한 물질들을 중심으로 기술하였다.

3.1 Polyglutamic Acid(PG)

병원에서 사용되는 항암제들 중 텍솔(Paclitaxel)은 여성들에게서 흔히 발생하는 유방암과 난소암 치료에 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 임상 치료에서 텍솔은 여러 가지 다루기 어려운 점들이 있는데, 그 중에서도 물에 대한 낮은 용해도와 정상 세포의 파괴를 들 수 있다. 생체에 가장 적합한 용액은 수용액으로서 인체에게 가장 해가 없는 용액이며

항암제뿐만 아니라 다른 약물들이 물에 녹는다면 약물의 효능을 증가시킬 수 있다. 특히, 텍솔을 사람에게 투여하기 위해 사용되는 용액으로는 Cremophor EL(Castor Oil)이 있는데, 사람에게서 신경독성이나 알레르기 같은 부작용이 발생되고 있다. 이러한 부작용을 방지하기 위해서는 수용액을 사용하는 방법과 물에 녹을 수 있도록 약물의 개질이 요구된다. 예를 들어, 미국 FDA에 의해 승인을 받은 PEG고분자에 텍솔을 결합한 유도체가 높은 용해도를 보였으며, 실제 투여하는 치료약물의 농도를 약 2-3배정도 증가시켰다. 그러나 동물실험에서는 대조군과 비교하여 높은 항암효과를 나타내지 못하였다. 그 이유는 텍솔과의 결합 시 입체장애나 텍솔 구조에서 항암효과를 나타내는 특정 하이드록실(OH)그룹과의 결합에서 비롯되었다고 추정하고 있다. 지금까지의 연구되고 있는 친수성 고분자들에서는 PG가 동물실험에서 가장 좋은 효과를 보이고 있다. PG는 친수성 아미노산의 일종이며 분자량 분포가 다양하다. 또한 말단기에 COOH그룹을 가지고 있어 다른 약물과의 결합이 용이하다. PG와 텍솔의 공유결합을 통해 물에 대한 용해도를 최대 20 mg/ml 농도까지

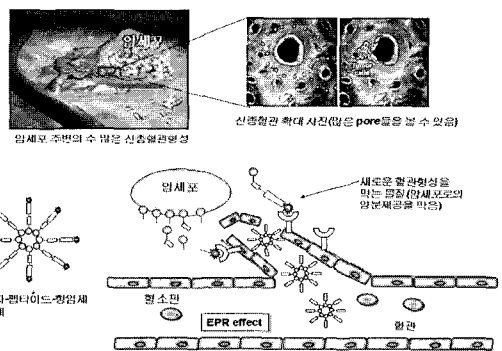


그림 8. 암 치료를 위한 현재의 약물전달시스템원리. 암 세포주변의 신종혈관의 구조를 보면 많은 Pore들이 형성됨을 볼 수 있으며, 특히 100 nm 정도의 크기를 가진 입자들이 쉽게 나갈 수 있게 되어 있다. 또한 약물전달에 있어 항암제에 고분자와 펩타이드를 결합시켜 암세포 주변에 신종혈관의 생성억제가 되도록 개발되었다. 그러한 대표적인 약물운반체들에는 PG나 HPMA가 있다.

높였고, 이 수치는 기존 항암제의 80,000배 이상 해당되는 용해도이다. 이 결합체는 가수분해에 의해서 PG가 텍솔에서 분리되어 암세포근처에서 텍솔의 항암효과를 유지하도록 하였다. 또한, 동물실험과 임상실험에서 기존 텍솔보다 낮은 부작용을 보였으며 항암효과를 5배 이상으로 증가시켰다. 현재 연구의 진행은 임상 실험 2-3단계에 있다.

3.2 N-(2-hydroxypropyl)-methacrylamide Copolymer (HPMA)

2004년도 "Nature Medicine" 저널에 미국 하바드 의과대학 Folkman 교수그룹에서 혈관억제제와 HPMA를 결합하여 기존 혈관억제제보다 높은 효과를 나타냄을 발표하였다. 여기서 사용된 HPMA는 양친성합성고분자로 생체 내에서 무해하며 쉽게 나노입자를 형성을 할 수 있다. 이렇게 형성된 나노입자는 암세포로 인해 짧은 시간에 형성된 신종혈관에 투입하게 되면 혈관의 Pore들을 통해 암 세포에도 달하게 된다. 이러한 원리를 Enhanced Permeability and Retention Effect(EPR)이라고 하며 현재 이 효과를 이용한 수많은 고분자와 새로운 약물전달 시스템이 개발 중에 있다. 특히 HPMA는 다른 고분자와는 달리 항암제나 다른 약물을 효소에 의해 분해 될 수 있도록 펩타이드를 중간에 결합시켰다. 이러한 펩타이드는 특이적으로 세포질내의 효소에 의해 분해되는 물질이다.

3.3 Albumin(알부민)

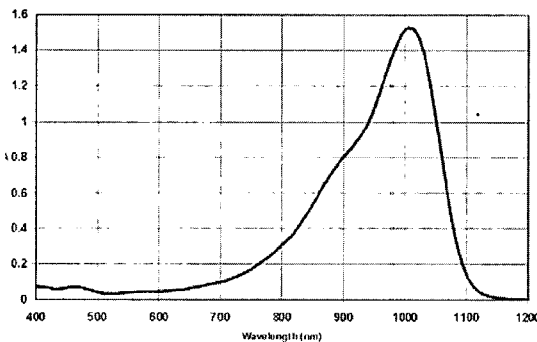


그림 9. 알부민의 3차원구조. 알부민과 항암제의 물리적 또는 화학적 결합에 의해 독성이 낮은 항암제를 제조하였다(분자량: 66 kDa).

알부민은 생체세포나 체액 중에 넓게 분포되어 있는 일반 단백질이며, 세포의 기초물질이다. 이러한 알부민을 다른 약물이나 고분자와의 결합은 많이 시도되었다. 그러한 결과로서 알부민-텍솔의 결합체 (ABRAXANETM)가 가장 성공한 경우이다. 이 결합체는 물리적으로 또는 화학적으로 결합되어 있는 것으로 기존 항암제의 용해도를 증가시킬 뿐만 아니라, 알부민 자체에 있는 작용기가 세포내로 들어갈 수 있는 Active Transport 시스템을 가지고 있다. 이 제품은 2005년부터 상용화 될 예정이다. 기존 텍솔보다 낮은 독성(약 20% 이상)을 가지고 있으며, 낮은 양의 ABRAXANETM을 투여하였을 경우 기존 텍솔보다 높은 항암효과를 보였다.

4. 앞으로의 연구방향 및 결론

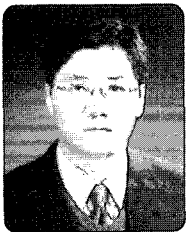
국내에서의 분자영상기술 및 나노바이오소재개발에 관한 연구는 아직 초기단계이지만 앞으로의 연구발전 가능성은 어느 다른 분야보다도 높다고 볼 수 있다. 그 이유로는 모든 나노산업 및 바이오산업의 최종목표는 인간에 있어서 다루기 힘든 질병치료 및 건강한 생활 추구에 있기 때문이다. 현재의 나노 및 바이오 산업의 융합은 그러한 목적에서 도출되었고 앞으로의 나노바이오 산업의 연구흐름이기도 하다. 특히 분자 영상학 기술은 중요 질환 및 생명현상과도 깊은 관련이 있으며 조기 암 진단을 통해 쉽게 암을 치료할 수 있는 가능성을 열어주고 있다. 이러한 기술의 상용화 및 일반화는 먼저 생체 적용 가능한 나노물질의 스크린화 및 라이브러리화를 통해 이루어 질 수 있으며, 기존 나노물질의 개질, 세포실험 그리고 임상실험을 통해 종합적으로 이루어져 한다. 또한 이 기술은 미국에서도 약 10년 전부터 시작한 단계로서, 국내에서도 원천기술 확보, 새로운 약물 전달 기술개발과 임상 및 기초의학 연구의 활성화를 기대할 수 있다.

참고 문헌

- [1] J.B. Gibbs, " Mechanism-Based Target Identification and Drug Discovery in cancer

- research”, Science, Vol. 287, p. 1969, 2000.
- [2] R. Duncan, “The dawning era of polymer therapeutics”, Nature Rev. Drug Discov., Vol. 2, p. 347, 2003.
- [3] P. Carmeliet and R.K. Jain, “Angiogenesis in cancer and other diseases”, Nature, Vol. 407, p. 249, 2000.
- [4] P. Carmeliet et al., “Synergism between vascular endothelial growth factor and placental growth factor contributes to angiogenesis and plasma extravasation in pathological condition”, Nature Med., Vol. 7, p. 575, 2001.
- [5] X.H. Gao et al. “In vivo cancer targeting and imaging with semiconductor quantum dots”, Nature Biotechnol., Vol. 22, p969, 2004.

저자약력



성명 : 이 용규

◆ 학 력

- 1997년 충남대 화학공학과 공학사
- 1999년 광주과학기술원 신소재공학과 공학석사
- 2003년 광주과학기술원 신소재공학과 공학박사

◆ 경 력

- 2003년 ~ 2003년 메디플렉스(주) 연구원
- 2003년 ~ 2005년 미국 조지아텍/에모리대 박사 후 연구원
- 2005년 ~ 현재 충주대 화학공학과 전임강사

