

“나노기술의 생체의학 응용”

(Biomedical Applications of Nanotechnology)

원문 출처: Ineke Malsch, "Biomedical Applications of Nanotechnology",
The Industrial Physicist, pp. 15-18 June/July 2002

국가적, 개인적으로 인간의 보건 증진과 의학 연구 향상을 위한 나노제품(nanoproducts)을 개발하려는 노력이 세계적으로 한창 진행되고 있다. 이들 제품 중 일부는 이미 시장에 진입했고, 더 많은 제품들이 머지않아 시장에 선을 보일 것이며, 또 어떤 제품들은 먼 장래의 비전으로 남을 것이다. 이러한 기술혁신에 대한 잠재력은 대단하지만, 그들의 장기적 안전과 이들을 사용할 때의 위험-혜택 특성에 관하여는 아직 많은 의문이 존재한다.

미국 前 대통령 Bill Clinton이 US NNI (National Nanotechnology Initiative)의 설립을 2000년에 발표한 이래, 유럽, 일본, 및 기타 아시아 국가 정부들은 국가적 차원의 나노프로그램에 경쟁적으로 투자를 해왔다. EU (European Union)에서 공식적으로 재정 지원되는 연구의 약 24%의 기금을 지원하는 EC (European Commission)와, 이 EU의 15개 회원국들은 2002년에 나노기술에 약 180 백만 US\$ (200 백만 euro \$)을 지출할 예정이다. 2002 회계연도의 미국 NNI의 예산은 604 백만 US\$인데, 여기에는 NIH (National Institutes of Health)에 대한 40.8 백만 US\$가 포함되어 있다. 2003 회계연도에는 미국의 경우 710.2 백만 US\$, EU의 경우 270 - 315 백만 US\$로 예상된다.

나노기술(nanotechnology)에 대한 정의는 그 응용분야만큼 다양하다. 스위스의 IBM Zurich 연구소에서 나노스케일 시스템의 물리학에 관한 연구를 선도하는 Rolf Allenspach는 나노기술을 “어떠한 길이를 막론하고 어떤 물체의 구조를 원자로부터 매크로(macro) 스케일까지 디자인하고 컨트롤할 수 있는 능력”이라고 정의한다. Biological Materials and Devices (BIOMADE) 사의 Director인 George Robillard는 의약전달 시스템 (Drug Delivery System)도 나노기술으로 정의하고, 자기 회사는 예를 들면 단백질을 우리 신체 내의 어떤 위치로 보낼 수 있는 보다 큰 기능성 복합체 (complex)에서의 분자의 조직에 관심이 있다고 말한다.

생체의용 나노기술 (Biomedical Nanotechnology)

나노기술의 세 가지 응용이 특히 biomedicine에 적합한데, 이들은 진단 기술 (diagnostic techniques), 의약 (drugs), 그리고 인공기관(prostheses) 및 임플란트 (Implants)이다. 최근에는 신체 외부 사용에 대한 생체의용 응용에 관심이 많은데, 예를 들면 혈액이나 다른 샘플의 분석용에 적합하거나, 신약 개발용 분석기기에 포함되는 진단용 센서와 “lab-on-a-chip” 기술을 들 수 있다. 다수의 회사들이 항암제, 인슐린 펌프 임플란트, 유전자 치료를 위한 나노기술 응용을 개발하고 있다. 또 다른 연구자들은 나노구조 물질을 포함하는 인공장기와 임플란트를 개발하고 있다.

미국 정부의 나노메디칼 응용에 대한 연구일정은 2000년 6월 NIH의 Bioengineering Consortium에서 600명의 과학자, 외과의사, 엔지니어들이 모여 다가오는 장래를 위하여 해야 할 연구 여덟 가지 토픽을 정하는 자리에서 정의되었는데, 이 토픽 내용은 다음과 같다.

- 나노구조의 합성 및 사용
- 나노기술의 치료용 응용
- 생물계의 이해로부터 개발되는 합성제품인, 생체유사(biomimetic) 나노구조
- 생물학적 나노구조
- 전자공학-생체 인터페이스
- 질병의 조기진단용 기기
- 개별 분자의 연구 장치
- 조직 공학용 나노기술

유럽에서는, 산업체에서의 나노기술용 공공 연구지원은 5 - 10년 안에 시장에 출시할 수 있는 응용에 더 포커스를 맞추고 있다. 영국의 Newcastle Tyne에 본부를 둔, 국제 Network for Biomedical Applications of Micro & Nano Technologies (NANOMED)는 50개의 산업체와 학계가 협력하여 나노기술의 생체의학용 응용 제품을 개발하고 있다. 독일에서는, University of Kaiserslautern에 본부를 둔 Nanochem Network이 공공 부문과 개인부문이 연합하여 형성되어 있고, 나노기술의 생체응용 연구를 하고 있다. 독일은 지난 수년간 유럽에서 나노기술에 대한 예산을 가장 많이 편성하였고, 2000년에는 56.7 백만 US\$이었다.

미국 정부는 기초 연구에 더 많은 지원을 하고, 응용은 산업계에 맡기고 있는 상황이다. 미국은 생물, 화학적 전쟁과 테러리즘에 대항하는 국가 방위를 위하여 나노기술 해결에 상당한 신경을 기울이고 있다. 지난 9/11 공격 이래, 이러한 노력은 더욱 증폭되었고, 화학/생물학/방사능/폭탄 탐지 및 보호를 위한 나노기술을 사용하기 위한 새로운 R&D에 관심이 집중되었다. 다른 연구의 예로는 단분자 (single-molecule) 탐지 및 조종에 관한 연구이다. NIH와 National Cancer Institute는 분자 프로세스를 모니터링하고 조종하기 위하여 신체 내에 임플란트 될 수 있는 생체분자 (biomolecular) 센서의 개발을 지원하고 있다.

진단 (Diagnostics)

기초 연구를 지원하는 Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)는 BIOMADE 업체가 참여하는 프로젝트를 재정 지원하고 있다. Robillard에 의하면 이 프로젝트는 생물학전(bio-warfare)에서의 세균 감염을 식별하기 위한 바이오센서에 관한 것이다. 미육군(US Army)은 군복에 착용할 수 있는 바이오센서를 요구하고 있다. 만일 탄저균에 접촉되었다면, 병사(soldier)는 20분 내에 그 사실을 알 수 있어야 한다. 이 센서는 또한 다른 박테리아도 식별할 수 있다. 이 기술은 어느 특정 질병을 야기하는 세균에 한정되지 않고, 일반적인 세균에 모두 적용할 수 있다. 기술의 원리는 정확한 전류를 측정하는 것인데, 세포로 들어가는 입구 경로(entrance ways) 역할을 하는 이온(ion) 채널에 관한 것이다. 이 회사는 University of Illinois (Urbana-Champaign), Rush Medical College (Chicago), University of Arkansas와 공동연구를 하고 있고, 2005년까지는, 이 기술을 완성하려는 계획이다.

생체의학에 응용할 수 있는 다른 센서들도 시장에 머지않아 출시되리라 예상되는데, 최근의 영국의 Foresight사는 다음 응용기술들을 예로 들었다.

- 의학용 및 환경용 모니터링을 위한 센서와 순수 화학물질 및 약품의 제조를 위한 센서

- 국방, 항공, 자동차, 의료용 응용을 위한 가볍고 튼튼한 재료
- Lab-on-a-chip 진단 기술
- 자외선 흡수 나노입자를 함유하는 선스크린

또한, Foresight는 다음 응용기술들은 10년 후 쯤에 상용화되리라 예상하고 있다.

- 장기 사용 가능한 의료용
- 거의 순간적으로 개인의 전체 유전자 코드를 mapping하는 기술
- 생명을 현재 예상치보다 50% 연장하는 기술

University of Twente (Enschede, The Netherlands)에 있는 MESA+ (The Micro Electronics Material Engineering Sensors and Actuators) 연구소는 제약회사, 벤처 캐피탈리스트 및 세 개의 Dutch 대학들의 컨소시엄으로 2000년에 구성된 Amsterdam의 Avantium사를 위해 HTS (high-throughput screening) 연구를 수행하고 있다. Avantium사는 약품 및 기타 제품을 위한 활성 복합물을 screening하기 위한 새로운 전략과 장치를 개발하고 있다. MESA+의 Kees Eijkel은 이 회사는 "lab-on-a-chip system"에 대해 장기적으로 연구하고 있다고 말한다. HTS는 대량적이고 신속하고 반복적인 제조기술 또는 분석 기술인데, 이 screening 작업을 신속하게 하려면, 소형장치가 필요하다. 또한, 어떤 프로세스를 여러 번 반복할 필요가 있을 때에는, 액체나 플러그(plugs)의 층류를 이용할 필요가 있는데, 여기서 바로 lab-on-a-chip 개념이 도출되는 것이다.

Lab-on-a-chip에서, 극소량의 액체나 기체가 작은 채널에서 혼합되어 반응한다. 반응 생성물은 그 자리에서 분석된다. 한 예는, MESA+의 Albert van den Berg와 그의 동료들이 만든 Field-effect Flow-switching Device (FLOWFET)인데, 이 장치는 1.5×10^6 V/cm의 직각 전기장을 가진 채널 속에서 소량의 액체의 electro-osmotic 운동을 컨트롤하는 것이다. 이 채널은 넓이가 100 μ m, 높이가 25 μ m이다. 이 FLOWFET는 액체를 정확한 양으로 pumping한다.

나노의약 (Nanodrugs)

제약회사들은 나노구조 물질이 신약 화합물이 되리라고는 기대하지 않는다. 하지만, 카본 bucky-ball이나 나노튜브는 크기가 나노미터 사이즈이므로 사람의 체내에서 용이하게 움직일 수 있으므로 의약전달 매체로 적격이다. 활성 화합물을 나노튜브에 삽입하거나 입자의 표면에 결합시킬 수 있다. 다른 타입의 나노과우더 또는 biomolecules도 또한 유용하고 곧 시장에 출시될 예정이다. 2002년 4월, American Pharmaceutical Partners (Los Angeles 소재)는 어떤 잘 알려진 항암제용 나노입자 전달 시스템인 ABI-007의 초기 인체임상결과를 발표하였다. ABI-007은 길이가 130nm이고, 유방, 방광 및 십여 가지 이상의 암 치료에 사용되는 paclitaxel을 함유하고 있는 공학적으로 처리된 단백질 안정 (protein-stabilized) 나노 입자로 구성되어 있다. 이러한 새로운 전달 시스템은 의약품, 체내에 들어가 바이러스처럼 움직일 수 있는 인공 벡터를 결합시킨다. 성공적인 임상실험이 더 진행된다면, 수년 후에는 시장에 출시되리라 예상된다.

Quantum dots에 근거한 화장품은 이미 대량으로 시판중이다. 1989년에 창업한 Nanophase Technologies Corp. (Romeoville, IL)은 sunscreens에 사용되는 zinc oxide

와 같은 나노결정 물질 및 기타 제품을 생산하고 있는데, Nanopahse의 유럽 경쟁사로는 1999년 8월 창업한 Oxonica (Oxford, England)가 있다. 이 Nanophase는 목적에 따라 3에서 200 nm입자를 생산하고 있으며, sunscreen용으로 사용되는 입자는 보호 기능을 가지고 있으면서 태양광선 하에서 DNA에 피해를 최소한으로 줄여주는 역할을 함으로써, 나노입자를 사용하는 이전 제품들의 문제점들을 해결하고 있다. 이들은 또한 3 내지 5 nm 직경의 Quantum Dots를 재조하고 있는데, 이는 특정 biomolecules을 결합하는데 적합하다. 이것은 오늘날 사용되는 유기 안료보다 더 안정한 발광성 입자이며, 더욱이 비독성이다.

인공 장기 및 임플란트 (Prostheses & Implants)

나노기술은 또한 조직 공학 (tissue engineering)에 응용된다. 새로운 뼈, 치아, 또는 다른 조직이 필요한 사람을 어떻게 도와줄 수 있을까? 네덜란드 Nijmegen 캐톨릭 대학의 치과학 교수 John Jansen은 MESA+로부터 가져온 재료를 적절히 가공하여 위에서 언급한 목적을 위하여 새로운 biomaterials를 개발하고 있다. 생체 유사 나노구조 물질은 사전에 정의된 나노화학 또는 나노물리 구조에서 출발한다. 나노화학 구조는 어떤 표면에 부착된 큰 사이즈의 대형 반응성 분자의 배열일 수도 있는 반면에, 나노물리 구조는 작은 결정일 수 있다. 과학자들은 이 나노물질을 종자(seed) 분자 또는 결정으로 사용함으로써, 어떤 물질이 스스로 점점 커지게 만들 수 있다고 보는 것이다. 또 다른 과학자들은 나노구조 물질들을 전자 눈(eye), 귀, 또는 신경과 같은 감각 기관에 적용하려고 시도하고 있다. 이 두가지 기술 모두 아직은 갈 길이 멀다.

잠재적 위험 (Potential Risks)

나노기술 응용은 그동안 시장에 출시된 기간이 길지 않아, 인간의 건강 또는 환경에 대한 위험성에 대한 확실한 증거가 없다. 그렇지만, 나노입자는 인간의 피부 기공을 통하여 신체를 통과해 들어갈 수 있고, 세포 내에 축적될 수 있다. 이러한 나노입자의 인간의 건강에 대한 영향은 현재로서는 알 수 없다. 항생체에 대한 의약 저항 또는 환경에서의 DDT와 같은 화학물질의 지속성 등과 같은 의도되지 않은 기술적 결과에 대한 역사적 경험은 우리로 하여금 경계심을 불러일으키게 된다. 미국 해군 연구소 (Washington, DC)의 Debra Rolison은 virus가 사실상 나노 생명공학 물질이며 virus에 대한 인간의 역사를 보면, 새로이 디자인되고 조립되는 나노물질의 잠재적 영향을 지속적으로 모니터링 해야 할 필요성을 알 수 있다. 2002년 초에 개최된 EC의 National Science Foundation Workshop에서 참가자들은 “나노바이오기술이 공중 보건을 상당히 향상시킬 것임에는 틀림없지만, 기술 개발이 예측할 수 없는 역작용을 야기시킬 수도 있음을 주지하여야 한다. 나노 물질에 관련된 환경 및 건강 위험요소를 알아낼 연구를 진행하여야 한다.”는 것을 주장하였다.

의료용 나노기술은 주로 진단용, 의약용, 치료용으로 산업 생산 중에 있다. 장기적으로 보면, 나노기술이 임플란트를 향상시키고, 맹인을 볼 수 있게도 할 것이다. 그럼에도 불구하고, 각국 정부는 과학자들을 장려하여 인체에 축적될 지도 모르는 나노입자의 가능한 건강 위험요소를 모니터링 하여야 한다.