

새로운 3차원 그래핀 구조

일본 연구진은 3차원 구조를 가진 그래핀을 만드는데 성공했다. 3차원 그래핀 구조는 각각의 그래핀 박편의 나노크기 특성을 가지고 있다. 그러나 현재의 3차원 그래핀 제품들은 낮은 전기 전도성, 낮은 표면적, 비효율적인 기계적 강도/탄성을 가진다. 또한 상호연결된 자기-지지되는 3차원 그래핀은 존재하지 않는다. 이번 연구진은 3차원 그래핀 거품 네트워크를 합성하기 위해서 폴리머 전구체를 기반으로 하는 화학적 불기 방법을 개발했다. 거품 네트워크는 서로 단단하게 접착되어 있고, 마이크로 크기의 흑연 지주(支柱)로 구성된 단일 또는 몇-층 흑연 멤브레인으로 만들어진다. 이러한 위상 구성은 전자/포논 전달을 위한 통로, 접근 가능한 거대한 표면적, 강한 기계적 성질을 가질 수 있게 한다. 따라서 그래핀 네트워크는 현재 사용 가능한 3차원 그래핀 제품의 단점을 극복할 수 있게 한다.

국립 물질재료연구기구(national institute for materials science, NIMS)의 재료나노구조공학 국제센터(international center for materials nanoarchitectonics, MANA)의 연구진은 매우 얇은 그래핀(단일층 또는 수-층)이 3차원 지주(支柱) 구조와 접착시키는데 세계 최초로 성공했다. 이것은 불기 방법 설탕 공예(blowed sugar art)에 영감을 얻은 새롭고 독특한 방법이고, “화학적 불기 방법(chemical blowing method)”이라고 불린다.

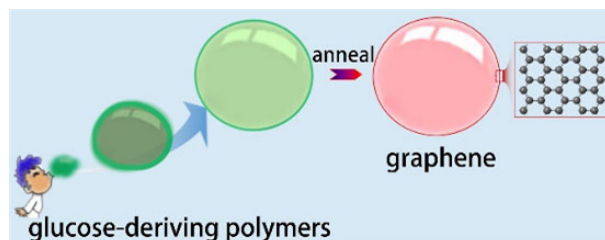


그림 1. 불기 방법 설탕 공예에 영감을 얻은 3차원 그래핀 제품을 만들 수 있는 새로운 방법. 설탕(포도당)과 암모늄 염(NH_4Cl)은 혼합되고 중합된다. 포도당 유도된 폴리머는 화학적으로 방출된 암모니아 가스를 주입함으로써 수많은 폴리머 거품을 만들면서 부풀어 오른다. 이후에 고온으로 가열함으로써, 폴리머는 거품 형태의 그래핀-네트워크 구조로 변환될 수 있다. 거품 네트워크를 가진 최종 제품은 지주된 그래핀(strutted graphene)이라고 불린다.

그래핀은 매우 얇은 소재이다. 이것은 탄소로 구성되지만, 흑연, 다이아몬드, 탄소 나노튜브와 같은 다른 탄소 재료에서 발견되지 않는 독특한 특성들을 가진다. 이 재료를 발견한 과학자들은 2010년에 노벨 물리학상을 받았다. 그래핀의 적용은 점점 더 늘어날 것으로 기대되었지만, 신뢰할 수 있는 3차원 그래핀 구조를 만드는 것은 여전히 어렵다. 이런 3차원 그래핀 구조는 약한 시트 간의 연결, 낮은 표면적, 비효율적인 기계적 강도를 극복하는데 필수적이다. 많은 과학자들은 3차원 그래핀을 만들기 위해서 많은 시도를 했지만, 이것의 특성을 악화시키는 일 없이 이것을 달성하는데 실패했다.

이번 연구진은 불기 방법 설탕 공예에 영감을 얻은 혁신적인 방법을 적용함으로써 3차원 그래핀 제품을 만드는데 세계 최초로 성공했다. 이번 연구진은 이 방법을 “화학적 불기 방법”이라고 불렀다. 포도당과 암모니아 염을 혼합시키고 약 250°C 로 가열한다. 그러면 포도당 유도된 폴리머가 만들어진다. 방출된 암모니아 가스들은 내부 압력을 발생시켜서 폴리머를 부풀어 오르게 하고, 이것은 수십 마이크로미터의 수많은 폴리머 거품을 생성시킨다.

동시에, 구조를 안정화시킬 수 있는 뼈대가 형성되고, 3차원 지주 구조를 가진 제품이 만들어진다. 이후에, 이 제품은 폴리머 벽이 그래핀으로 변환되기 위해서 $1,350^\circ\text{C}$ 로 가열된다. 그래핀은 매우 얇은 지주로 만들어진 구조적으로 안정적인 뼈대에 접착되어서 최종 3차원 그래핀 제품이 만들어진다. 이런 “화학적 불기 방법”은 3차원 구조를 가진 그래핀 제품을 만들기 위한 혁신적인 방법이다. 또한 이 방법은 3차원 그래핀 구조를 빠르고, 저렴하며, 낮은 비용으로 만들 수 있게 한다.

이 3차원 그래핀을 전극으로 사용하는 전기화학적 커패시터는 높은 전력 밀도를 가진다. 이 소재는 휴대용 전자장

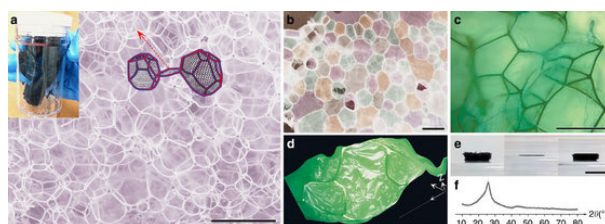


그림 2. 3차원 거품과 같은 그래핀 네트워크.

치 및 전기 자동차의 빠른 충전 및 방전과 항공기의 전자적 발진(electromagnetic launching)을 위한 고성능 커패시터 재료로서 폭넓게 사용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 “화학적 불기 방법”은 매우 얇은 멤브레인을 만들 수 있는 새로운 방법으로서 폭넓게 적용될 수 있을 것이다.

<http://www.nanowerk.com/nanotechnology_news/newsid=33924.php>

세상에서 가장 빠른 유기 투명 트랜지스터

스탠포드 대학(Stanford Univ.)과 네브라스카-링컨 대학의 연구팀은 저가, 고성능 디스플레이를 위한 기초가 될 수 있는 박막형 투명 반도체를 개발했다. 두 대학 연구팀은 이 실험 기술이 고분해능 텔레비전 스크린과 비슷한 전자 소자들에 필요한 성능을 얻을 수 있다는 것을 증명하기 위해 세상에서 가장 빠른 박막 유기 트랜지스터를 함께 개발했다. 몇 년 동안 세계의 엔지니어들은 비용이 많이 드는 실리콘 기반 기술들에서 전자적인 구동을 수행할 수 있는 유기 반도체들을 만들기 위하여 저렴하면서 탄소가 풍부한 분자들 및 플라스틱들을 사용하기 위한 연구를 하고 있었다. “유기”라는 용어는 원래 살아있는 유기체에 의해 만들어진 화합물에 국한되었지만, 현재 플라스틱을 포함하여 탄소들에 기반한 합성 물질을 포함하도록 확장되었다.

스탠포드 대학(Stanford Univ.) 및 네브라스카-링컨 대학(University of Nebraska-Lincoln, UNL)의 엔지니어들은 1월의 *Nature Communication*에 이 실험 기술의 이전 예들보다 5배 더 빠르게 작동할 수 있는 박막 유기 트랜지스터들을 어떻게 만들었는지를 보였다. 스탠포드 대학(Stanford Univ.)의 화학 엔지니어링의 제난 바오(Zhenan Bao) 교수가 이끄는 연구팀과 UNL 기계 및 재료 엔지니어링의 황진성(Jinsong Huang) 교수는 실리콘 기술의 형태에 기반한 비싼 곡면 스

크린 TV 디스플레이에서 발견된 것과 견줄 수 있는 전자 특성들을 가지는 유기 박막 트랜지스터를 만들기 위하여 새로운 공정을 사용하였다. 연구팀은 박막 유기 트랜지스터를 만들기 위하여 기본적인 공정을 변경함으로써 달성하였다. 전형적으로 연구팀은 유리로 만든 회전하는 기판 상에 상호 보완적인 플라스틱 및 탄소가 풍부한 분자들을 포함하는 특별한 해결책을 내놓았다. 회전하는 기판 상의 물질들이 얇은 코팅으로 증착된다.

Nature Communication 논문에서 연구팀은 이러한 기본적인 공정에 대한 중요한 두가지 변화들을 기술하고 있다. 첫 번째, 연구팀은 기판을 더 빠르게 회전시켰다. 두 번째, 연구팀은 오직 우표 크기에 상응하는 아주 작은 회전 기판만을 코팅하였다. 이러한 혁신적인 개발은 일반적인 배열로 더 밀도가 높은 농도의 유기 분자들을 증착시키는데 영향을 미쳤다. 결과는 트랜지스터를 통해 전하들이 어떻게 빠르게 이동하는지를 측정하는 캐리어 이동도에서 훌륭한 개선을 보였다.

연구팀은 이 개선된 방법을 “오프 센터 스핀 코팅(off-center spin coating)”이라고 명명하였다. 공정에 대한 실험이 남아있고, 엔지니어들은 아직 캐리어 이동도를 달성하거나 트랜지스터들에서 유기 물질들의 배열을 조절할 수 없다. 심지어 이 단계에서, 오프-센터 스핀 코팅은 이전 유기 반도체들보다 더 빠른 속도로 트랜지스터를 형성하였고, 오늘날의 고급 전자 제품들에서 사용된 폴리실리콘 물질들의 성능과 견줄만하다. 나아가, 이러한 실험적 공정에 대한 개선은 유리나 같은 투명 기판과 투명하면서 플렉서블한 플라스틱 상에 형성되는 저렴하면서 고성능 전자제품의 개발을 초래할 수 있다. 연구팀은 실제 눈으로 90% 투명한 고성능 유기 전자제품을 만들 수 있다는 것을 이미 보였다.

<<http://www.sciencedaily.com/releases/2014/01/140108154502.htm>>

나노기술로 개발된 매우 우수한 특성을 가진 새로운 플라스틱 박막

A*STAR 재료연구소(A*STAR's Institute of Materials Research and Engineering)와 TBF(Tera-Barrier Films) 사의 연구진은 혁신적인 나노 프로세스를 이용해서 새로운 플라스틱 박막을 개발했다. 이 프로세스는 플라스틱을 더 얇게 만들 수 있게 하고, 공기와 습기를 막는데 알루미늄 호일 만큼 효과적이다. 이번 연구진이 개발한 신축성을 가진 플라스틱은 제약과 식품의 저장 수명을 연장하는데 사용될 수 있다. 이번 연구진에 의해서 개발된 새로운 플라스틱은 가장 낮은 수증기 투과율을 가지고, 공기와 습기가 이 층을 침



그림 3. 우표 크기의 유리 상에 형성된 유리 트랜지스터들 상의 투명 트랜지스터들은 실리콘 트랜지스터들의 몇몇 특성들에 필적하는 특성들을 발표했다. 소자는 저렴하면서 투명한 전자 소자의 차세대 개척하기 위하여 세계 최초의 유기 트랜지스터를 만들기 위한 새로운 공정을 사용하였다.

투하는 것을 예방한다. 플라스틱은 투명 산화물 배리어보다 약 10배 정도 더 나은 공기 및 습도 차단 특성을 가진다. 투명 산화물 배리어는 독특한 나노입자 층을 가지고 있기 때문에 식품 및 제약을 포장하는데 현재 사용되고 있다.

이번 연구진의 캡슐화된 나노입자 배리어 필름(barrier film)은 인간 머리카락보다 더 얇고, 높은 투명성을 가지고 있고, 신축성을 가지고 있다. 무기물 배리어 박막은 높은 투과성을 가지지만 낮은 차단 특성을 가지며 신축성이 없다. 이번 연구진의 박막은 하이-엔드 전자장치에서부터 부패하기 쉬운 식품까지 다양한 제품의 저장 수명을 증가시킨다. 신축성은 단순 포장 공정을 용이하게 할 수 있는 또 다른 매력적인 기능이다.

알루미늄은 매우 높은 산소 및 습기 차단 특성을 가지고 있지만, 알루미늄 기반의 포장은 더 높은 처리 비용이 필요하고 불투명하고 신축성을 가지지 않고 전자장치에 영향을 끼치기 때문에, 이것은 RFID 장치와 같은 구성요소를 결합 시키기가 어렵다. 이번 연구진의 새로운 박막은 비용 효율적이고 투명하며 알루미늄 호일과 유사한 차단 특성을 가진다.

이번 연구진의 방법은 식품, 의료, 제약, 전자제품 등의 틈새 시장에 적용될 수 있는 새로운 포장 구조를 생성할 수 있게 하고, 알루미늄 호일과 투명한 산화물 박막 사이의 격차를 해소할 수 있게 한다. 이번 연구진이 개발한 방법의 비밀은 폴리머 겹질 속에 캡슐화된 나노입자 층을 생성시키는 것이다.

기존의 다층 차단 플라스틱은 공기와 습도의 불투과성을 향상시키기 위해서 플라스틱 차단 박막으로 구성된 연속 층들을 가진다. 이번 연구진의 박막은 캡슐화된 나노입자가 나노입자의 충전밀도(packing density)를 증가시키기 때문에 최소한의 층을 사용할 수 있게 한다. 또한 이것은 물과 산소 분자들이 박막을 지극히 통과하기 어렵게 만든다. 캡슐화된 나노입자들은 물과 산소 분자를 흡수하고 반응한다. 이것은 박막을 통과하는 습기와 공기의 양을 추가적으로 낮춘다.

도쿄 대학(University of Tokyo)의 연구진은 배리어 필름의 성능을 확인했다. 이것은 식품 및 의약 포장에서부터 하이-엔드 PV, 조명 및 디스플레이 분야까지 다양한 분야에 적용될 수 있을 것이다. 이번 연구진은 배리어 산화물 층 속에 결합을 삽입하는데 나노입자를 사용함으로써 배리어 필름의 성능을 향상시키고 필요한 배리어 층의 수를 감소시킬 수 있었다. 이번 연구진은 기존의 배리어 필름 기술과 비교했

을 때 배리어 층의 수와 제조비용을 상당히 낮출 수 있었다. 이 독특한 기술은 양자점 컬러 필터, 진공 단열 패널(vacuum insulated panel)과 같은 새로운 분야에 적용될 수 있다. 또한 이 연구결과는 배리어 필름을 다양한 분야에 적용할 수 있는 새로운 길을 열어준다.

PET 위에 코팅된 캡슐화된 나노입자 층은 40 °C, 100% RH에서 $5 \times 10^{-2} \text{ g/m}^2\text{day}$ 의 수증기 전달 속도를 달성했다. 습기 차단 성능은 투명한 산화물 배리어에 비해서 10배 더 나았는데, 이것은 식품 및 제약 포장 분야에 매우 유용하게 적용될 수 있게 한다. 또한 700 nm의 나노입자 층들은 신축성을 가지고 있고 높은 투명성을 가진다. 그에 비해서 대부분의 무기 배리어 박막들은 신축성을 가지지 않는다.

캡슐화된 나노입자 층은 자기 조립 방법에 의해서 캡슐화된 유기 나노입자들로 구성된다. 나노입자는 중량으로 따지면 70% ~ 80%로 매우 높았다. 따라서 캡슐화된 나노입자 층은 높은 충전밀도를 가지고, 캡슐화된 유기 재료 때문에 입자와 기관 사이에 강한 결합을 가진다. 유기 종과 나노입자의 비율은 바람직한 투과율에 중요한 역할을 한다. 이번 연구는 유기 종의 두께를 최소화하는데 초점을 맞추었다. 유기 종의 두께는 몇 nm 이하이고, 이것은 캡슐화를 부분적 또는 완벽하게 하는데 충분한 역할을 한다.

폴리머 기관 위에 코팅된 나노입자 층은 두 개의 수단에 의해서 배리어 특성을 향상시킨다. 첫 번째로, 나노입자의 높은 충전밀도는 습기와 산소 확산을 위한 비선형 경로를 생성시킨다. 이것은 캡슐화된 재료를 통한 가스 확산에 더 긴 경로를 제공한다. 그 후에, 캡슐화된 나노입자는 습기와 산소를 흡수하고 반응한다. 따라서 캡슐화된 나노입자를 통한 전체 투과는 최소화된다.

알루미늄은 매우 낮은 수증기 투과율 및 산소 투과율을 가지지만, 이것은 비용이 많이 들고, 불투명하고, 신축성을 가지지 않고, 금속 검출을 방해한다. 무기 산화물 배리어 코팅은 비용 효율적이고 투명하지만, 알루미늄 호일에 비해서 열등한 수증기 투과율과 산소 투과율을 가진다. 이번 연구진이 개발한 캡슐화된 나노입자 층은 무기 산화물 배리어 필름에 비교해서 더 높은 가스 배리어 특성을 가진다. 그리고 이것은 더 높은 투과율, 낮은 비용, 신축성(5% 이상)을 가진다.

http://www.nanowerk.com/nanotechnology_news/newsid=33856.php

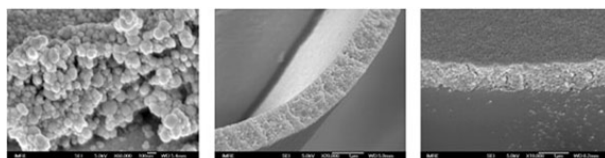


그림 4. 자기 조립에 의해서 캡슐화된 나노입자 층.

유기박막 태양전지에서 전류를 효율 좋게 발생시키는 메커니즘 해명

JST 과제달성형기초연구의 일환으로서 고베대학 대학원

이학연구과 연구팀은 유기박막 태양전지에서 가능한 한 전하(전자와 정공)의 정확한 위치와 방향을 관측하는데 성공하여 빛에서 전류가 높은 효율로 생성되는 메커니즘을 분자 수준에서 처음으로 밝혀내었다.

플러렌 유도체와 공역계 고분자 혼합막을 광활성 재료로서 이용하는 유기박막 태양전지는 현재 주류인 실리콘계 태양전지(변환효율 20~25%)보다 소형 및 저비용으로 유연성이 풍부한 환경에 우수한 차세대 태양전지로서 주목을 받고 있다. 최근 변환효율(11% 정도)이 눈이 띄게 상승하고 있지만, 실용화를 위해서는 더욱 높은 변환효율이 필요하다. 플러렌 및 공역계 고분자는 빛을 전하로 변환하고, 생성된 전하를 전극으로 수송하는 중요한 역할을 한다. 이러한 유기 화합물로 구성된 박막 내부는 벌크 헤테로형 접합(bulk-heterojunction, BHJ)이라는 불균일한 접합계면을 형성하고 있으며, 높은 변환효율을 생성하기 때문에 현재 유기계 태양전지의 주요한 구조이다. 박막기판에의 광조사에 의해 이 접합계면에서 전자와 정공으로 나누어진 화학반응이 발생하면, 전자는 플러렌 유도체에 정공은 공역고분자에 각각 전달되어 두 개의 반응 중간체가 생성된다. 이 경우 생성되는 각 중간체는 불안정한 전자를 한 개만 가진 전자궤도가 존재한다.

이러한 불안정한 전자와 정공이 빛에 의해 고속 및 고효율로 생성되는 것으로 알려져 있다. 그러나 높은 효율로 전기를 만들기 위해서는 BHJ에서 생성된 전자와 정공과의 거리를 늘려 원래 안정한 분자로 되돌리는 반응(전하 재결합)을 일으키지 않도록 하는 것이 중요하다. 지금까지 유기박막 태양전지 기판에의 광조사 직후에 중간체인 전자 및 정공이 어떠한 위치 및 방향으로 어느 전자궤도에서 생성하고, 전자와 정공 사이에 발생한 인력의 안정화를 극복하여 광전류로 변환시킬 것인지를 분자수준에서 관측한 사례는 없으며, 고효율화의 핵심이 되는 BHJ에서 광전류가 높은 효율로

생성되는 메커니즘은 미해명 상태이다.

한편 본 연구팀은 전자스핀공명법을 이용한 전자와 정공의 전자궤도끼리의 중첩에 의한 전자적 상호작용과 전자와 정공밴드의 입체구조 해석방법을 발전시켜 왔다. 이 방법에 의해 중간체의 입체구조와 전자궤도를 동시에 해석할 수 있게 되었으며, 빛에너지 변환의 기원을 실험적으로 밝혀낼 수 있을 것으로 기대된다.

유기박막 태양전지가 BHJ에서 광전류를 생성하는 메커니즘을 분자 수준에서 밝혀내기 위해 전지재료인 플러렌 유도체(Phenyl-C₆₁-Butyric acid Methylester, PCBM)와 공역계 고분자의 폴리알킬티오펜(Poly-3-hexylthiophene(P3HT), poly(3-dodecylthiophene)(P3DDT))에 의한 박막기판을 작성하고, 시간분해 전자스핀공명법에 의한 측정을 실시하였다.

그리고 측정된 전자스핀 공명 스펙트럼에 관하여 BHJ에서 반응으로 생성된 전자 및 정공의 외부자장 및 전하끼리의 자기적인 상호작용에 의한 에너지와 전자와 정공의 전자궤도끼리의 중첩에 의해 생성된 상호작용 에너지(전자적 상호작용)의 영향을 양자론에 기초하여 해석하였다. 계산기에 의한 시뮬레이션에 의해 실험결과를 재현하고, 그 중에서 고효율화의 메커니즘을 밝혀내기 위한 파라미터인 계면에 생성되는 전하의 입체구조와 전자적 상호작용을 결정하였다.

해석 결과, BHJ 계면의 자기조직화에 의해 형성된 고분자 결정상에서 고분자 알킬기의 분자 흔들림 운동(포논효과)이 활발해짐으로써 정공이 전자로부터 2 nm 이상으로 해리되는 모습을 확인할 수 있었다. 그리고 이 포논과 고분자 결정상의 상승작용에 의해 복수의 폴리머사슬에 걸친 광범위한 전자궤도로 퍼져 정공이 생성되는 것을 전자적 상호작용 에너지의 해석에 의해 밝혀내었다.

이것은 고분자재료의 알킬사슬의 운동에 의한 포논효과와 자기조직화에 의한 규칙적인 결정상의 형성이라는 두 개의 요인이 전하의 퍼짐과 해리를 일으켜 전하 재결합에 의한 손실을 억제함으로써 유기박막 태양전지가 효율적으로 광전류를 생성한다는 것을 나타낸 것이다. 본 해석에 의해 BHJ에서 고효율 전류생성의 메커니즘이 분자 수준에서 처음으로 밝혀지게 되었다.

본 성과는 유기태양전지에서 초기에 생성하는 전자의 위치 및 방향과 전자궤도의 중첩을 관측하여 유기태양전지의 발전기능을 분자 수준에서 탐색, 평가하는 새로운 실험 및 해석방법을 제안한 것이다. 구체적으로는 고분자재료에서 알킬사슬의 포논효과와 결정상의 형성이 BHJ의 고효율화에 관한 두 개의 보편적인 요인이라는 것을 활용하여 각각의 고분자 재료에 적합하도록 시도함으로써 전하 재결합을 방해하는 전하해리를 촉진하는 것으로 디바이스 개발에 불가결한 반도체 분자의 제어 및 서레, 합성에 명확한 지침을

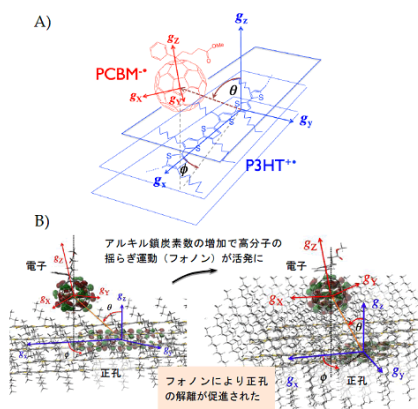


그림 5. 빛에너지 변화의 초기 계면에서 발생하는 전하의 입체구조.

줄 수 있다.

<<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20131225/index.html>>

| 손상된 얼굴뼈 복원하는 하이드로겔

손상된 얼굴뼈(craniofacial bone) 복원에 도움을 주는 하이드로겔(hydrogel) 형태의 지지체(scaffold)가 미국 라이스대학(Rice University) 연구진에 의해 개발되었다. 라이스대학 안토니오스 미코스(Antonios Mikos) 교수 연구진이 개발한 하이드로겔은 액체 상태의 물질을 환부에 주입하면 하이드로겔 형태로 전환되어 얼굴뼈 조직재생(tissue regeneration)을 돕는다. 그리고 얼굴뼈 재생이 모두 끝나면 다시 액체 형태로 변환해서 쉽게 제거할 수 있다는 점이 큰 특징이다.

손상된 인체 조직 복원은 환자의 생명과 삶의 질 향상에 크게 이바지할 수 있다. 특히 교통사고 등으로 인해 얼굴뼈가 손상되면 환자의 생명에 지장이 없더라도 얼굴 형태가 심하게 변형되기 때문에 정상적인 사회생활에 어려움을 겪을 수 있다. 미코스 연구진이 개발한 하이드로겔은 실내 온도에서 액체이기 때문에 환부에 직접 주입이 가능하다. 하지만 주입된 후 체온에 의해 겔로 변한다. 하이드로겔은 손상된 뼈가 다시 재생을 돕는 지지체 역할을 한다. 이처럼 겔 형태의 지지체는 불규칙한 형태의 3차원 공간을 채우는데 적합하다.

손상된 인체 조직 복원에는 조직공학적 기법이 사용되곤 한다. 조직공학은 손상된 조직의 재생과 회복을 위해 세포와 지지체, 생리활성물질을 조합한 형태로 손상조직 부위에 이식하는 전략을 주로 사용한다. 이 세 가지 구성요소 중 지지체는 이식된 세포가 유실되지 않고 손상 조직 주위에 자리를 잡아 효과적으로 기능을 수행할 수 있도록 도와주는 역할을 한다. 따라서 다양한 구조와 형태의 조직공학 지지체 제조법이 개발되고 있다.

조직공학 지지체를 제조하는 여러 방법들 중, 자유형상 가공기술(solid freeform fabrication)은 이식될 조직의 모

양에 맞춤형으로 디자인할 수 있고 다공성 구조를 세밀하게 조절하면서 3차원 지지체를 제조할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 하지만 기존에는 합성 고분자를 재료로 사용했기 때문에 세포와 지지체의 상호작용 기능을 강화시켜줘야 했다. 이런 단점을 극복하기 위해 도입된 것 중 하나가 하이드로겔이다.

미코스 연구진이 개발한 하이드로겔은 얼굴뼈처럼 해부학적으로 복잡한 형태의 환부를 치료하는데 있어 수술적 치료를 최소화하는데 도움을 준다. 손상 부위에 골세포 성장 인자와 줄기세포를 전달해서 골 형성이 촉진되도록 한다. 체온에 의해 상태가 바뀌는 것은 열 감응기술이 적용되었기 때문이다. 사실 열 감응기술은 조직공학과 재생의학 분야에서 생소한 기술이 아니다. 하이드로겔 소재로 폴리(*N*-이소프로필아크릴아마이드)[poly(*N*-isopropylacrylamide); PNIPAAm]가 사용되었다. 이 소재에 화학적 가교화(chemical cross-linking) 기술을 적용하면 수축에 의해 형태가 변하는 것을 막을 수 있어 효과적이다.

이 하이드로겔을 이용해서 뼈 손상 실험동물을 치료한 결과 재생 효과가 우수한 것으로 확인되었다. 질과 양적인 면에서 재생된 골 조직은 매우 우수했다. 환부에 뼈조직이 모두 재생되고 나면 하이드로겔은 액체 형태로 자연스럽게 다시 돌아간다. 연구진은 이와 같은 접근 방식이 뼈 손상 치료에 수술적 처치를 최소화하는데 효과적임을 증명하는데 성공했다는 점에서 의미가 크다. 더 나아가 이러한 접근 방식에 대한 임상적인 성공 가능성도 함께 제시했다.

<<http://news.rice.edu/2013/12/11/liquid-to-gel-to-bone>>

본 기술뉴스는 KISTI 미리안의 글로벌동향브리핑(<http://mirian.kisti.re.kr>)에서 발췌, 정리하였습니다.

〈임상혁, e-mail: imromy@khu.ac.kr〉