

12

김지혁 서울 강령중 1
김호수 경기 판곡초 6
노규리 인천 연승초 4

몸속 장기를 모두 **인공 장기**로
만들 수 있을까요

A



이덕환 교수가 답하다

인공 장기는 기계적 그리고 생리적 기능을 상실한 심장·폐·신장·팔·다리·혈관·피부·치아 등의 인체 ‘장기(organ)’를 대체하기 위해서 인공적으로 만든 것입니다. 수술로 인체에 넣어 주지만, 신체의 외부에 장착하기도 합니다. 인공 장기의 역사는 짧지 않습니다. 그러나 아직도 대부분의 인공 장기는 이식이 급박한 환자에게 제한적으로 사용되고 있습니다. 현재 기술로는 여전히 다른 사람의 장기를 이식하는 것이 더 안전하기 때문입니다. 하지만 기술이 계속 발전하면 인공 장기도 실제 장기처럼 안전하게 사용될 것으로 기대됩니다. 몸속의 주요 장기를 모두 인공으로 바꾼 인간을 사이보그(cyborg)라고 부릅니다. SF 소설이나 영화에 많이 등장하지요. 사이보그의 수준을 넘어선 인조인간을 트랜스휴먼(transhuman) 또는 포스트휴먼(posthuman)이라고 부릅니다. 우리가 인조인간의 등장을 앞으로 경험하게 될 것인지는 분명하지 않습니다.

인공 장기 개발, 어디까지 왔나

사람의 몸을 구성하는 약 60조 개의 세포 중에서 비슷한 형태와 기능을 가진 세포가 모여 ‘조직(tissue)’을 이룹니다. 근육, 신경, 상피, 연골, 뼈, 혈관, 림프와 같은 다양한 조직 세포들이 모여서 특정한 생리적 기능을 수행하는 장기가 만들어집니다. 감각, 소화, 순환, 생식 등에서 다양한 기능을 수행하는 장기들이 우리의 일상적인 생활을 가능하게 해주고 아울러 건강을 지켜주는 역할을 합니다. 그런 장기의 작동에 문제가 생기면 신체 장애가 발생하게 되고, 자칫하면 목숨이 위태로워질 수도 있습니다.

인공 장기 개발에서 가장 널리 알려진 사례는 인공 심장입니다. 1937년 소련의 블라디미르 데미코프가 최초의 인공 심장을 개발해 개에게 이식했습니다. 미국 웨인주립대에서는 1952년 심장 수술을 하는 동안 처음으로 인공 심폐기를 사용했습니다. 1982년 미국 유타대의 로버트 자빅이 인체에 이식할 수 있는 완벽한 인공 심장을 개발했습니다. 첫 이식 환자는 112일을, 두 번째 환자는 620일을 생존할 수 있었습니다. 자빅이 개발한 인공 심장은 지금까지 1350명에게 이식됐습니다. 하지만 18개월 이상 생존한 경우는 없었습니다.

뇌, 위, 그리고 일부 내분비 기관을 제외한 거의 모든 인공 장기가 개발되고 있습니다. 의족과 의수는 현대 의학이 정립되기 전부터 개발되기 시작했습니다. 아주 가볍고 튼튼하게 만들 수는 있지만, 사용자의 의지에 따라 자유롭고 편리하게 움직이도록 만드는 일은 여전히 어렵습니다. 하지만 최근에는 직접 신경에 접속된 전극에서 신경 전위를 계측하고 훈련해 자신의 팔과 같이 조작할 수 있다고 합니다. 인공 치아(임플란트)도 널리 사용되고 있습니다. 물리적으로 강도가 매우 높은 인공 치아를 만들 수는



있지만, 음식을 씹을 때의 감각을 정확하게 느낄 수 없기에 자칫 턱뼈에 문제가 생기는 부작용이 나타나기도 합니다.

인공 적혈구도 개발하고 있습니다. 인체의 헤모글로빈에 합성 고분자를 코팅한 산소 운반체(HBOC·hemoglobin based oxygen carrier)를 사용합니다. 고분자 코팅은 헤모글로빈이 혈액 속에 들어 있는 일산화 질소(NO)와 반응하지 않도록 하고, 혈액의 수소 이온 농도 지수(pH)에 따라서 산소를 포획하거나 방출하도록 만들어줍니다. HBOC는 혈액형에 상관없이 누구에게나 사용할 수 있고, 실온에서 3년 동안 안전하게 보관할 수도 있습니다. 그러나 심장 발작의 부작용이 나타나기도 해서 현재는 동물에게만 사용하도록 제한돼 있습니다.

인공 장기 개발은 결코 쉬운 일이 아닙니다. 지금까지 성능과 안전성이 확실히 검증되지 않은 인공 장기는 함부로 사용할 수 없도록 엄격하게 규제를 해왔습니다. 인공 심장을 개발하기 위해서는 광범위한 동물 실험이 필요하고, 인체에 적용하기 위해서도 상당한 제약이 있습니다. 인공 장기의 안전성을 확인할 수 있는 새로운 기술이 절실하게 필요합니다.

바이오 소재의 개발

몸속의 장기는 다양한 기능을 수행합니다. 혈액을 기계적으로 순환시키기도 하고, 화학적으로 걸러주기도 합니다. 혈액을 순환시키면서 혈액에 산소를 공급해주는 기계 장치를 만들 수는 있습니다. 실제로 병원의 수술실에서는 심폐기(pump-oxygenator)를 사용합니다. 그러나 그런 장비를 사람의 심장 정도로 작게 만드는 일은 쉽지 않습니다. 더욱이 몸 상태에 따라 자동으로 혈액의 순환 속도를 조절하도록 만들어야 합니다. 절대 고장이 나

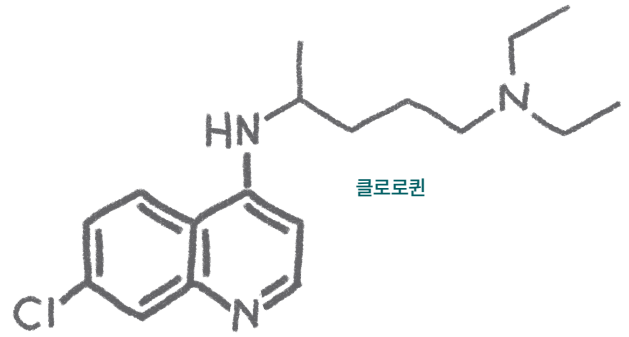
지 않도록 만드는 일도 쉽지 않습니다.

인공 장기 개발에서 가장 어려운 일은 그런 장기가 몸속의 다른 조직과 물리적, 화학적, 생리적으로 조화를 이루는 생체 적합성(biocompatibility)이 있어야 한다는 점입니다. 인공 장기에서 유해물질이 녹아 나오거나, 인공 장기와 접촉하는 조직이나 혈액이 굳어버리거나, 인체의 면역계가 인공 장비와 거부반응을 일으키는 소재는 절대 사용할 수가 없습니다. 지나치게 딱딱하거나 무거운 소재도 인공 장기에 사용하는 바이오 소재(biomaterial)가 될 수 없습니다.

가장 흔하게 사용되는 바이오 소재는 역시 고분자 물질입니다. 폴리카보네이트(PC), 폴리염화비닐(PVC), 폴리에틸렌(PE) 등의 고분자는 쉽게 휘어지는 특성이 있고, 원하는 기계적 성질을 가지도록 다양하게 변화시킬 수 있다는 장점이 있습니다. 인공 뼈나 인공 치아의 경우에는 수산화 인회석과 같은 광물질, 키토산과 같은 다당류, 또는 타이타늄 합금 등을 사용하기도 합니다. 바이오 소재의 개발은 미래 화학의 중요한 과제 중 하나입니다.

인공 장기의 개발이 어려운 경우에는 동물의 장기를 이식하기도 합니다. 이를 이종 장기 이식이라고 부릅니다. 물론 무턱대고 아무 동물의 장기나 이식할 수 있는 것은 아닙니다. 이종 장기 이식에 쓰이는 동물의 장기가 사람의 장기와 비슷해야 하고 면역반응도 억제할 수 있어야 합니다. 인체의 면역계는 외부의 이물질에도 반응하지만 다른 생명체의 조직과 세포를 공격하는 역할도 합니다. 그렇기에 이종 장기 이식을 하기 위해서는 면역세포가 동물의 장기를 공격하지 않도록 해야 합니다. 그렇기에 사람의 장기와 크기, 기능이 비슷한 돼지를 유전학적으로 개량하는 연구가 현재 활발히 진행되고 있습니다.

어떠한 조직으로도 분화가 가능한 줄기세포를 이용해서 인공 장기를 만드는 ‘오가노이드(organoid)’에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있습니다. 배아줄기세포는 물론



이고 체세포에서 만들어진 유도만능줄기세포를 이용할 수 있습니다. 인체의 장기와 크기 및 기능이 유사한 미니 돼지의 장기를 이용하기도 합니다. 오가노이드는 뇌나 장의 기능을 연구하는 목적으로도 활용되고 있습니다. 특히 임상 시험 비용과 시간을 상당히 줄이는 역할도 할 수 있습니다.

오가노이드는 바이러스의 감염과 치료를 연구할 때에도 유용하게 쓰입니다. 미국의 스탠퍼드대 연구팀은 허파꽂리 오가노이드를 이용해 신종 코로나바이러스 감염 시 바이러스가 세포 표면의 ACE2 수용체뿐만 아니라 기관지의 곤봉 세포(club cell)와 결합한다는 사실을 밝혔습니다. 최근에는 신종 코로나바이러스 감염증(코로나19) 치료제의 효능 시험 연구에 오가노이드를 사용했습니다. 말라리아 치료제 클로로퀸은 원숭이 신장 암세포를 배양한 실험에서는 코로나19 치료에 효과를 보여 한때 바이러스 특효약으로 알려졌지만, 사람을 대상으로 하는 임상 시험에서는 실패했습니다. 네덜란드의 휘브레흐트 오가노이드 연구소는 장 오가노이드를 이용해 코로나19에 감염되면 소화 이상, 설사, 구도가 발생하는 이유를 알아냈으며, 아울러 클로로퀸이 바이러스 감염증 치료에 효과가 없음을 나중에 확인했습니다. 오가노이드로 먼저 실험했다면 세상을 잠시나마 혼란에 빠뜨리지는 않았을 것입니다.

이렇듯 인공 장기의 쓰임새는 무궁무진하며 인공 장기 기술은 빠르게 발전하고 있습니다. 인공 장기가 우리 몸을 대체할 시기가 언제 올지는 확실하지 않습니다. 다만 머지않은 미래에 우리 몸에 필요한 모든 장기를 인공적으로 만들어 내는 기술을 기대해 볼 만합니다.