

세포 기반 인공장기 개발과 동향

KDB미래전략연구소 산업기술리서치센터
서수영 (suyeong.seo@kdb.co.kr)

- ◆ 만성적인 이식 장기 부족 현상으로 인공장기의 필요성이 점차 커지고 있으며, 면역 거부 반응을 최소화한 개인 맞춤형 장기 개발이 가능한 세포 기반의 바이오 인공장기가 미래 기술로 주목받고 있음
- ◆ 국내·외 연구기관 및 기업 등에서 다양한 인공 조직을 개발 중이며, 향후 정부 차원의 육성지원 확대 하에 바이오 인공장기 관련 원천기술 및 기술 경쟁력 확보 기대

□ 글로벌 고령화와 장기 기증 수급 불균형으로 인공장기*의 필요성이 지속 확대되고 있으며, 이에 따라 인공장기 관련 산업의 성장 기대

* 사람의 손상 혹은 결손된 장기나 인체 일부를 대신할 수 있는 기계나 장치, 물질 등을 의미

- 현재 장기 기증 수급 불균형이 심각한 상황*이며, 장기 이식 대기 중 사망자 수가 지속적으로 증가함에 따라 인공장기의 필요성이 커지고 있음

* '21년 12월 기준 국내 장기 이식 대기자 : 41,334명, '21년 장기 이식 건수 : 442명, 장기 이식 대기 중 사망자 수 : 2,480명 (한국장기조직기증원)

- 글로벌 고령화 속에서 인공장기로 인한 건강수명 연장과 삶의 질 향상 등이 기대되며, 세계 인공장기 시장은 꾸준히 확대*될 것으로 전망

* 세계 인공장기 시장 : 171억 달러('18년) → 309억 달러('25년), 연평균 성장률 8.9% (글로벌 마켓인사이트)

□ 인공장기는 이종 장기, 세포 기반 장기, 전자 인공장기로 구분되며, 개인 맞춤형 및 면역 거부 반응 최소화가 가능한 세포 기반 장기가 차세대 기술로 주목받고 있음

- 인공장기는 구현 방법에 따라 이종 장기, 세포 기반 장기, 전자 인공장기로 구분
 - 이종 장기 이식은 동물의 장기(돼지 등)를 사람에게 이식*하는 것으로, 이종 장기 만성 거부 반응과 질병 전염 발생 가능성이 존재

* 거부 반응을 억제하기 위해 유전자를 변형(특정 유전자를 제거 등)한 후에 사람에게 이식

- 세포 기반 장기는 생체재료*에 줄기세포를 3차원 배양하고 분화·증식을 유도하여 제작하며, 환자 세포를 이용한 맞춤형 장기 제작 가능

* 인체, 동물, 식물 등으로부터 유래된 소재(콜라겐, 젤라틴 등)로, 우수한 생체적합성을 가지며 목적에 따라 기계적·물리적 성질을 가공할 수 있음

- 전자 인공장기는 바이오와 기계, 전자 기술 등을 활용하여 제작한 기계 장치로, 인공 망막, 의족 및 의수, 인공 심장 등 착용형·이식형 장치를 포함

<표 1> 인공장기 구분 및 특징

구분	정의	관련 핵심기술
이종 장기	인간의 체내에 이식할 수 있는 동물의 조직 및 장기 개발	· 이식 가능한 장기 개발 기술 · 면역거부반응 조절을 위한 유전자 편집 기술 등
세포 기반 장기	생체재료와 세포를 이용하여 조직 및 장기를 대체하는 유사체 개발	· 3D 바이오 프린팅 기술 · 오가노이드 제작 기술 등
전자 인공장기	바이오와 기계, 전자 기술 등을 활용·융합하여 조직 및 장기를 대체하는 장치 개발	· 인간 생체정보와 상호작용하는 장치 개발 기술 · 이식형 장치 기술 개발 등

자료 : “바이오 인공장기의 미래”, KISTEP(2018.4), 당행 재작성

- 개인 맞춤형 및 면역거부반응 최소화를 위한 세포 기반 장기 유사체 연구개발이 활발히 진행 중이며, 대표적인 관련 기술로 ‘3D 바이오 프린팅’, ‘오가노이드’가 존재

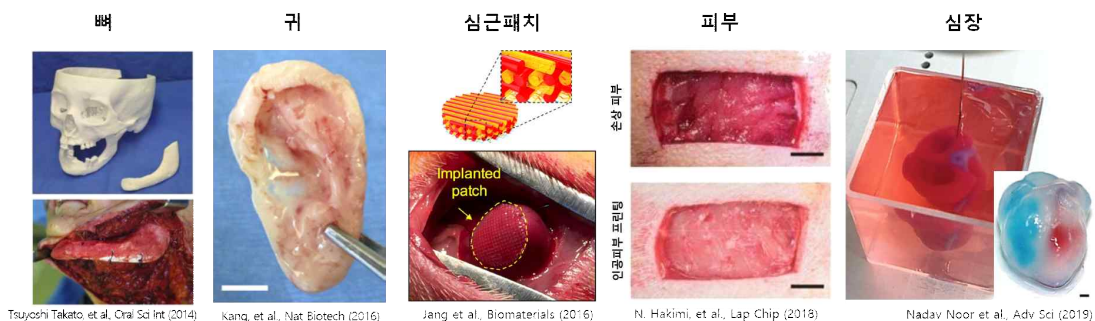
□ 3D 바이오 프린팅은 세포와 지지체를 함께 프린팅하는 생체 조직 모델링 기술로, 다양한 구조체 제작이 가능하고, 활용 영역이 넓어 미래 유망기술로 여겨짐

- ‘3D 바이오 프린팅’이란, 바이오 생체 소재(생체적합성 고분자, 천연 고분자 등)를 3차원 구조체로 출력하는 기술을 의미하며, 세포와 바이오 잉크*를 함께 프린팅하여 장기 유사체 제작이 가능

* 생체재료 혹은 탈세포화(조직내 세포 제거)를 거친 세포외기질(세포사이에 존재하는 생체고분자 집합체)을 활용할 수 있으며, 세포의 부착, 증식, 분화 등을 도움

- 초기에는 인체 모형 제작에 활용되었으나, 소재의 개발과 프린팅 기술의 발전 등으로 체내 이식용 및 체외 장착형 모델까지 출력이 가능한 기술로 진화

<그림 1> 3D 바이오 프린팅 연구개발 현황



- 세계 3D 바이오 프린팅 시장의 연평균('19년~'24년) 성장률은 약 35.4%로 예상*되며, 글로벌 헬스케어 및 화장품 기업들의 연구개발 참여**로 빠른 상용화 기대

* 세계 3D 바이오 프린팅 시장 전망(BCC리서치) : 3억 620만 달러 ('19년), 14억 달러 ('24년)

** 미국의 Johnson&Johnson, 프랑스의 LOREAL 등 주요 기업들은 화장품이나 화학물질 시험을 위한 인공 피부 모델 개발 중

<표 2> 국내외 3D 바이오프린팅 연구개발 기업

구분	기업	기술
국외	미국 Organovo	- 하이드로겔 프린팅 후, 세포 응집체를 특정 위치에 프린팅 - 최초의 인공장기 프린팅 회사로, 인공 혈관, 인공 간 등 제작
	중국 레보텍	- 자가 세포의 분화를 돕는 바이오잉크와 세포를 함께 프린팅 - 원숭이의 지방층에서 추출한 줄기세포로 인공 혈관 제작
	일본 Cyfuse Biomedical	- 세포 응집체를 바늘 위에 꿰어 3D 구조체 제작 후 바늘을 제거하는 방식 - 세포만으로 조직을 제작하는 기술 보유
국내	티앤알바이오팜	- 바이오잉크에 세포를 함께 넣어 3차원 프린팅 - 프린팅 기술을 활용하여 의료기기, 오가노이드(간 등) 제작, 심장질환, 연골 재생, 인공 혈관 등 세포치료제 개발

자료 : 융합연구리뷰 2017 April vol.3 no.4(융합연구정책센터), 언론자료, 각사 홈페이지, 당행 재작성

□ 오가노이드는 실제 장기와 비슷한 구조적, 생물학적 특성을 가지는 장기 유사체로, 일부 주요국이 우수한 기술 수준으로 시장을 선도하고 있으며 국내는 기술력 확보 중

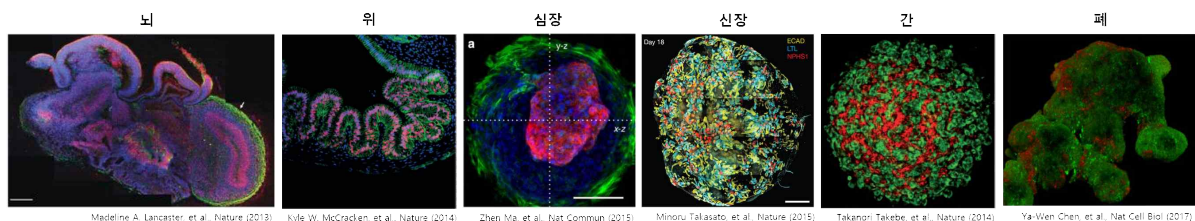
- '오가노이드'란, 줄기세포를 3차원 배양하고, 생체 내에서 일어나는 조직 및 기관의 발생 과정을 체외에서 유도하여 만든 장기 유사체*를 의미

* 실제 인체 조직 및 기관과 비슷한 구조, 세포 구성, 기능(대사 작용 등) 등을 가짐

- 오가노이드로 대뇌, 위, 심장 등 다양한 조직을 모사할 수 있으며, 약물 효능 및 독성 평가 플랫폼, 재생 치료제* 등 여러 분야에서 활용 가능

* 줄기세포, 생체재료, 성장인자를 활용하여 노화되거나 손상된 조직의 재생을 돕는 치료제

<그림 2> 오가노이드 연구개발 현황



- 세계 오가노이드 시장의 연평균('20년~'27년) 성장률은 약 22.1%로 예상*되며, 현재 미국과 유럽이 기술을 선도하고, 한국과 일본, 중국은 기술 추격** 중

* 세계 오가노이드 시장 규모 전망(The Insight Partners) : 8.4억 달러 ('20년), 34.2억 달러 ('27년)

** 국내 오가노이드 기술력은 세계 선도 국가들의 70% 수준으로 예상 ('19년, 한국생명공학연구원)

<표 3> 국내외 오가노이드 연구개발 기업

구분	기업	기술
국외	미국	3Dnatics
	네덜란드	HUB
	영국	Cellesce
국내	오가노이드 사이언스	뇌 질환 연구용 뇌 오가노이드, 약물 대사 및 독성 분석용 간 오가노이드, 장기 약물 반응 모니터링용 심장 오가노이드 개발 바이오뱅크에 환자 유래 오가노이드(종양 등)를 보유 중이며, 약물 개발사 필요에 맞는 오가노이드 개발 등의 서비스 제공 대장암, 유방암 등 환자 유래 오가노이드 개발 장, 간, 침샘 오가노이드 등 오가노이드를 활용한 재생 치료제 및 신약 평가 플랫폼 개발

자료 : “오가노이드 시장현황”, 한국바이오협회(2019.9), 언론자료, 각사 홈페이지, 당행 재작성

□ 바이오 인공장기의 필요성과 활용성 확대에 따라 정부 차원의 기술 육성지원 추진

- 바이오 인공장기의 필요성 증가로 과학기술정보통신부에서 인공 유사 장기*를 12대 핵심기술로 선정**하고, 한국생명공학연구원에서 미래 바이오 장기대체 치료 기술***을 5대 미래 유망 분야 및 기술로 선정

* 인체 유사도 90% 이상 확보하고 동물 실험을 대체하는 수준의 약물 평가 시스템

** 과학기술정보통신부 보도자료('22.12.7자), “디지털바이오 혁신전략”

*** 개인 맞춤형의 대체 장기를 제작하는 분야로 오가노이드, 3D 프린팅 장기 제작 등을 포함

- 과학기술정보통신부는 '2030년 글로벌 바이오 강국' 도약을 목표로 '23년부터 10년간 4천억원 규모의 연구개발 투자를 통해 핵심기술 개발을 지원할 계획

- 정부 차원의 지원체계 속에서 기업과 대학 및 연구기관 간의 활발한 연구개발을 통한 원천기술 확보와 기술사업화 등으로 우수한 기술 경쟁력과 시장 확보력 확충 기대