

디지털 트윈 활용 의료기기 기술 개발 동향

| 저자 | 박지훈 의료기기·헬스케어 PD / KEIT
이승락 책임 / 오송첨단의료산업진흥재단

SUMMARY

// 목적

- ★ 국·내외 디지털 트윈의 산업 및 기술 동향을 살펴보고, 디지털 트윈을 활용한 의료기기 산업 생태계 구축 및 발전을 위한 시사점을 제시하고자 함

// 주요현황

- ★ 디지털 트윈은 일하는 방식, 시공간의 한계 극복, 제품개발 효율화 및 제조업의 서비스화 등의 패러다임 변화를 이끌 것으로 보이며 향후 제조뿐만 아니라 도시계획, 부동산, 헬스케어 등 다양한 분야에서 활용 예상됨
- ★ 세계 헬스케어 분야 디지털 트윈 시장규모는 2020년 1억 달러에서 2029년 94억 달러 규모를 형성, 연평균 약 57.6%의 성장률을 보일 전망임
- ★ 선진국 중심으로 심장·환자 트윈(Twin) 등을 구축하여 임상 시뮬레이션·환자 관리·모의 수술 등에 활용하는 시범사례가 증가하고 있으며, 우리나라도 본격적인 연구개발에 착수

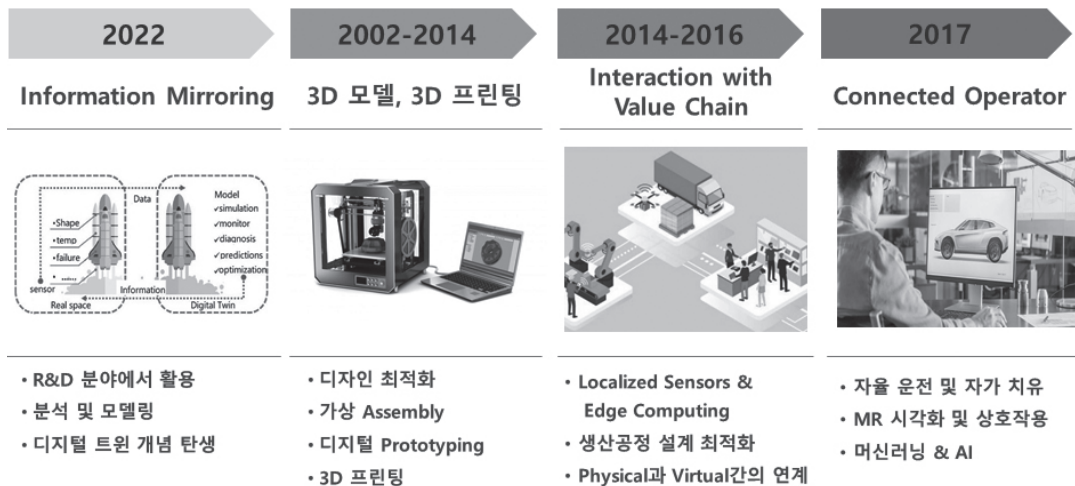
// 시사점 및 정책 제언

- ★ 빅데이터, AI, IoT 등 4차 산업혁명 기술이 발전하면서 제조, 전력, 스마트시티 등 다양한 산업 분야에서 생산성, 경제성, 안전성 등을 향상시키기 위한 중요한 기술 트렌드로 디지털 트윈이 주목됨
- ★ 의료·헬스 분야 디지털 트윈 접목은 새로운 의료산업 생태계를 조성하고, 다양한 환자의 맞춤형 정밀의료 실현이 기대되는 바, 의료분야 디지털 트윈 활성화 R&D 추진전략 수립이 필요함
- ★ 글로벌 의료기기 임상 규제 변화로 인한 국내 의료기기 기업의 시험 비용 부담 완화를 위한 디지털 트윈 기술을 활용한 의료기기 가상 임상 플랫폼 기술 개발이 필요함

1. 디지털 트윈의 개요

디지털 트윈의 정의

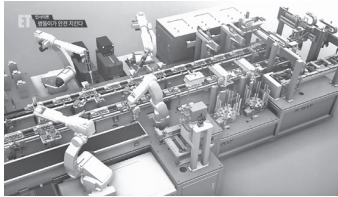
- ★ 디지털 트윈은 현실 세계에서 수집되는 다양한 데이터를 기반으로, 실시간 데이터 업데이트를 통해 시뮬레이션, 기계학습 및 추론을 사용하여 사용자의 의사결정을 돕는 시스템의 가상 표현 기술임
- ★ 디지털 트윈은 2000년대 초반에 항공 우주 분야에서 연구개발 단계로 활용되었으며, 이후 IoT, AR, VR 등의 기술이 등장하면서 정보의 수집과 시각화가 고도화됨에 따라 실제 물리적인 요소와 디지털 요소가 연계되기 시작함



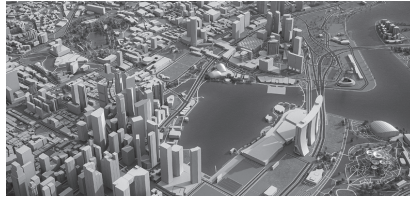
(출처 : The digital Twin in Oil & Gas: Simulation to Operation, Schneider Electric, 2017[재구성])

| 그림 1. 디지털 트윈의 진화 |

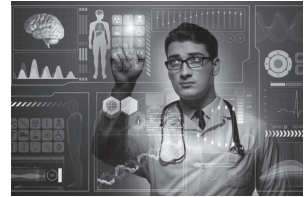
- ★ 사물 인터넷(IoT), 빅데이터, 인공지능, 사이버 물리시스템(CPS) 등 4차 산업혁명을 견인하는 기술들이 발전·보편화됨에 따라 다양한 산업현장에서 생산성, 경제성, 안전성 등을 향상하고자 하는 요구를 충족하기 위한 중요한 기술 트렌드로서 디지털 트윈이 주목됨
- ★ 디지털 트윈은 주로 제조 분야를 중심으로 적용되고 있으나 시각화와 관련된 증강현실(AR)·가상현실(VR) 기술과 머신러닝을 포함한 인공지능 기술의 발전에 힘입어 다양한 산업으로 활용범위가 확대 가능함



제조·설비



도시

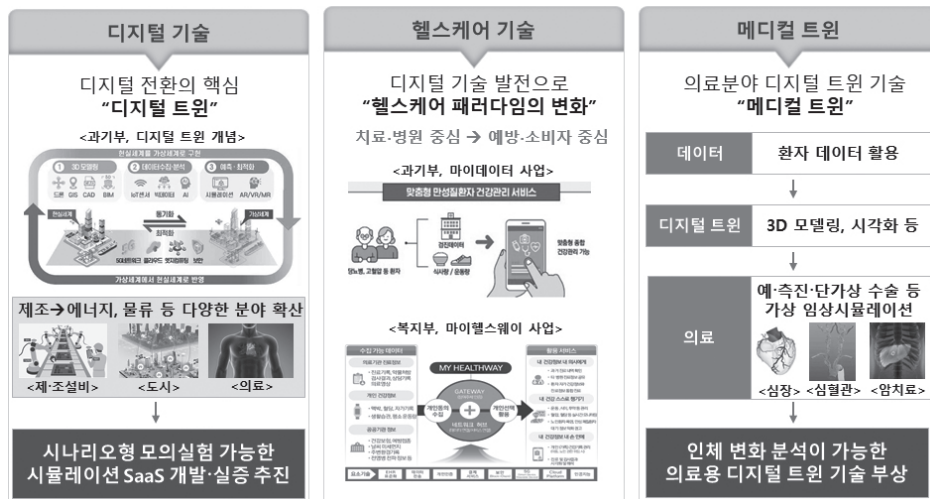


의료

(출처 : KBS뉴스, 조선비즈, 코딩월드뉴스)

| 그림 2. 디지털 트윈의 활용 범위 확대 |

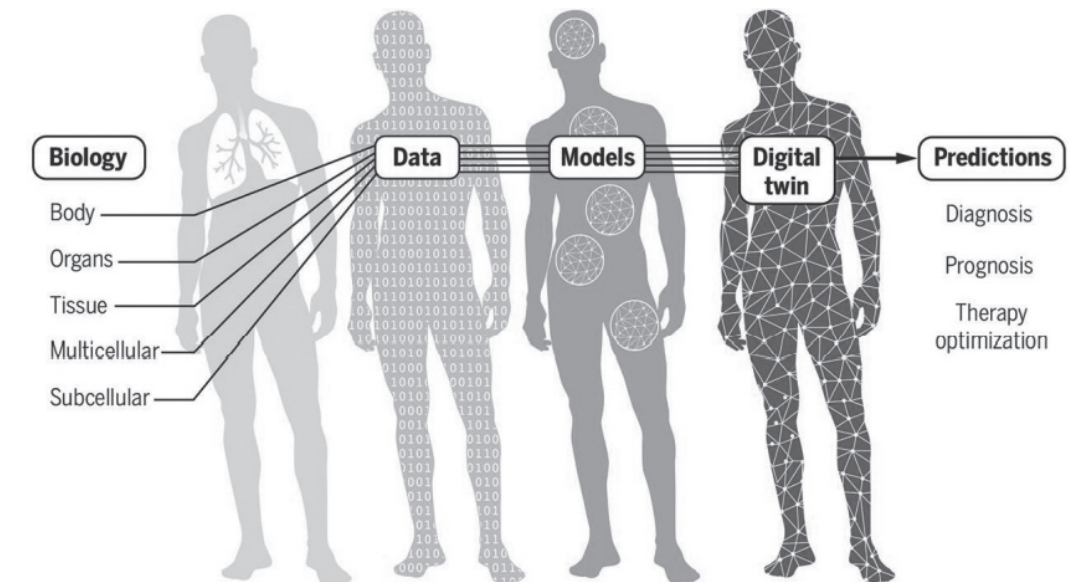
- ★ 디지털 기술 발전은 치료·병원 중심에서 예방·소비자 중심으로 헬스케어 패러다임 변화를 가속화시키고 치료 및 질환관리, 예방적 건강관리 및 증진 활동을 위한 수요자 중심의 서비스로 변화됨
- ★ 정부는 과기부 마이데이터 사업, 복지부 마이헬스웨이 사업 등을 추진으로 일상적 건강관리로의 의료서비스 영역 확장 및 기존 헬스케어 산업의 생태계 변화를 조성하고 있음
- ★ 최근, 인체변화 분석이 가능한 메디컬 트윈의 기술 부상으로 정부는 다양한 환자의 맞춤형 의료 실현과 새로운 의료산업 생태계 조성을 위한 헬스케어 분야 디지털 트윈 활성화 방안을 제안하였음(4차산업혁명위원회 제 29차 전체회의)



| 그림 3. 디지털 기술과 헬스케어 기술의 융합 메디컬 트윈 |

의료 헬스 분야 디지털 트윈의 정의(메디컬 트윈)

- ★ 의료·헬스 분야 디지털 트윈(메디컬 트윈)은 현실 세계의 건강 정보 및 의료 자원 정보로부터 생성된 가상의 의료 환경에서 질병의 진단 및 맞춤형 치료 방법을 제시하고 질병의 예후를 예측·관리하는 환자 중심의 디지털 의료 지능화 융합기술을 지향함
- ★ 메디컬 트윈은 사람의 신체적 정신적 특성을 기반으로 하는 디지털 휴먼 트윈과 질병의 진단, 예방, 치료, 처방, 수술, 예후 관리, 원무, 제약, 공중보건 등 의료, 헬스케어 전반을 포괄하는 디지털 트윈으로 구분됨



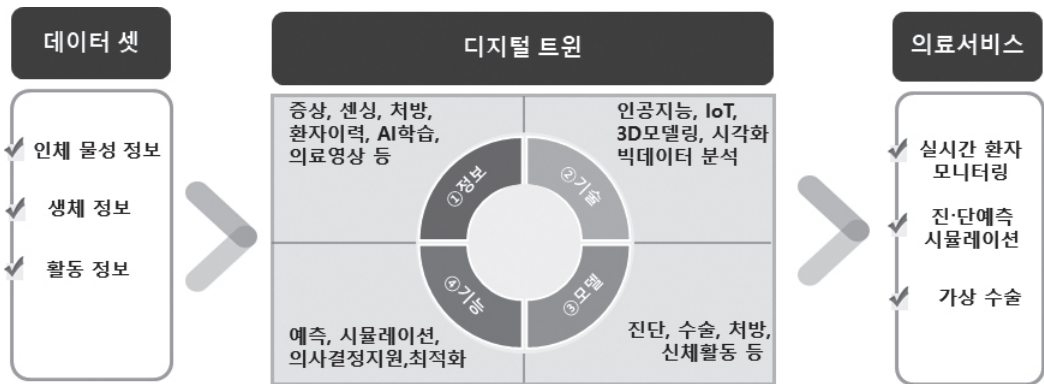
(출처 : 울산대학교, 서울아산병원, Medical Twin 국내외 활용(2021))

| 그림 4. 메디컬 트윈의 개념 |

- ★ 메디컬 트윈을 구성하기 위한 데이터는 증상, 센싱, 처방, 환자이력, 의료영상 등 환자의 인체 물성/생체/활동 정보를 포함함
- ★ 메디컬 트윈은 디지털 트윈의 핵심 기술(인공지능, 3D 모델링, 시각화, 빅데이터 분석 등)을 의료 분야에 접목하여 진단, 수술, 처방, 신체활동 등 가상 환자 또는 가상 병원 모델 등을 제공할 수 있음

★ 디지털 트윈을 의료분야에 적용하면 기본적으로 실제 환자의 모든 데이터와 신체 모습 및 내부 장기 모습까지 '시각화'가 가능함

- 데이터가 축적된다면 단순 외형뿐 아니라 기능적인 측면도 반영하여 모델링 할 수 있기 때문에 활용도가 매우 높음
- 가상 인체를 통해 발생할 수 있는 다양한 질환의 예측과 진단이 가능하며, 새로 개발한 약물을 가상 인체를 통해 임상실험 함으로써 그 결과를 예측 가능함
- 수술 전에 인체 내부 정보를 3D로 가상화하여 의료진이 시뮬레이션을 수행할 수 있게 될 것으로 기대함



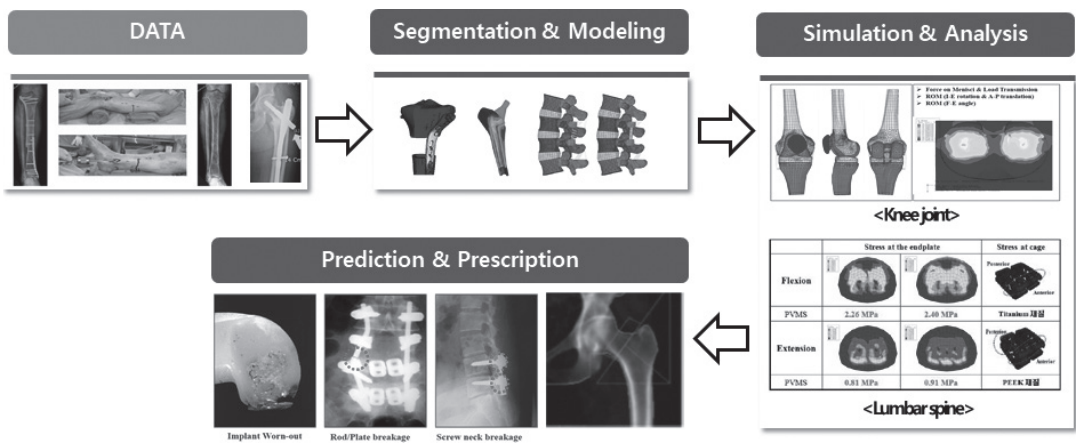
| 그림 5. 메디컬 트윈 기술 범위 및 활용 |

★ 고령화와 건강한 삶에 대한 욕구 증가, 팬데믹 등의 영향으로 건강관리 수요가 높아지면서 인체를 디지털 트윈화하여 건강에 영향을 주는 다양한 변화를 분석할 수 있는 메디컬 트윈이 부상할 것으로 예상됨

- 의료서비스 분야에 활용될 수 있는 메디컬 트윈 모델은 개개인의 사회적인 상호작용 방식을 결정하는 심리·행동, 장기나 인체의 물리적 변화, 인체 내부에서 일어나는 신경·화학적 변화, 신약개발을 위한 단백질 구조 분석 등 활용범위가 다양함
- 메디컬 트윈의 활용 범위는 환자의 생체신호와 질병상태에 대한 실시간 모니터링, 진단과 치료 시뮬레이션, 비숙련의료인 교육훈련, 병원시설 배치와 업무 최적화, 개인 가상 주치의, 비대면 진료 등 그 활용 범위가 다양하여 수요가 높을 것으로 전망함

// 메디컬 트윈의 의료기기 분야 활용 사례 증가

- ★ 전 세계적으로 메디컬 트윈 기술 수요 및 시장 확대에 따라 선진국을 중심으로 가상 환자 또는 심장 모델을 구축하여 의료기기 임상 시뮬레이션·모의수술 등에 활용하기 위한 연구개발·사업화를 추진하고 있음
- ★ 특히, 미국, 유럽을 중심으로 임상을 요구하는 의료기기 인허가에 대하여 디지털 트윈 기술을 활용하여 임상시험 대체 또는 보완하기 위한 디지털 평가 기술 방안을 마련 중
- ★ [그림 6]은 임플란트 의료기기에 대한 디지털 트윈 기반 시뮬레이션 및 분석을 통해 임상적 효과를 예측 또는 처방을 나타내는 예시도임



| 그림 6. 임플란트 의료기기의 디지털 트윈 기반 임상 시뮬레이션 및 분석 예시 |

2. 국내 외·산업동향

세계 시장

★ 디지털 트윈 시장의 성장 요인으로서는 관련 기술의 수요증가, 관련 기술의 발전, 시스템의 스마트화 요구 등이 존재함

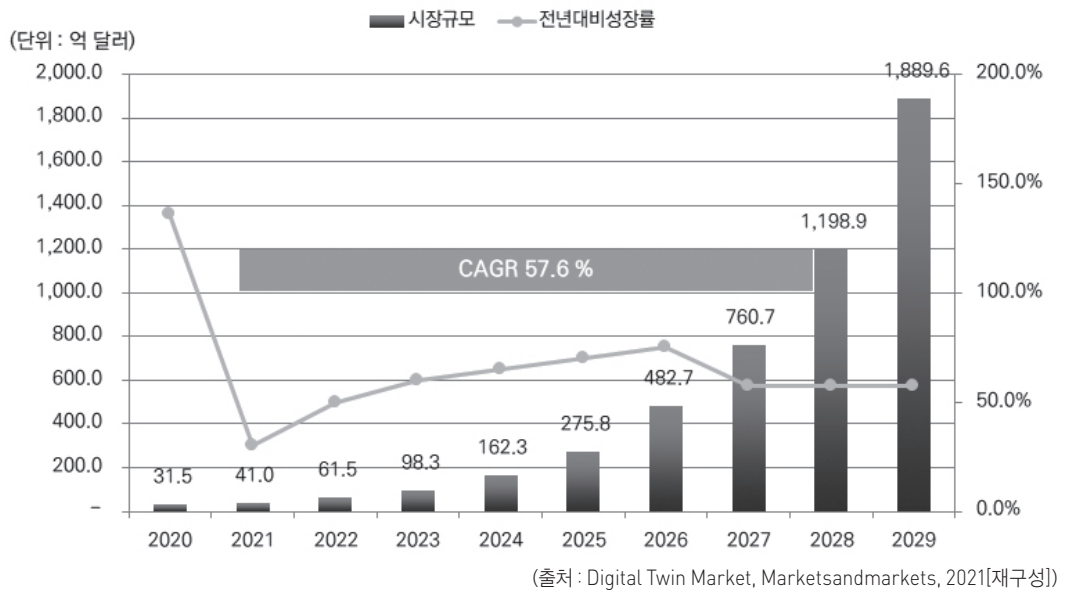
| 표 1. 디지털 트윈 시장 성장 요인 |

성장요인	내용
관련 기술의 수요 증가	<ul style="list-style-type: none">클라우드 기반 플랫폼에 대한 수요가 증가하고 사물인터넷의 인기가 높아지면서 디지털 트윈 시장의 성장 주도
관련 기술의 발전	<ul style="list-style-type: none">센서기술의 발전으로 인한 센서 가격하락과 가용 ICT 기술의 발전, 대표적으로 산업용 사물인터넷(IoT), 인공지능, 빅데이터, 클라우드, 모델링 등의 관련 기술들이 발전하면서 디지털 트윈 시장 성장 가속
시스템의 스마트화 요구	<ul style="list-style-type: none">프로세스 최적화, 비용 효율성, 생산성과 관련한 비즈니스 인텔리전스에 대한 요구가 증가하고 그와 관련된 솔루션을 채택하는 기업이 증가하면서 디지털 트윈 시장 성장

(출처 : 한국산업기술평가관리원 ‘디지털 트윈 기술 발전방향’(2019))

★ (글로벌 디지털 트윈 시장규모) 2020년 31억 달러에서 2029년 1,889억 달러 규모를 형성, 연평균 약 57.6%의 성장률을 보일 전망이다

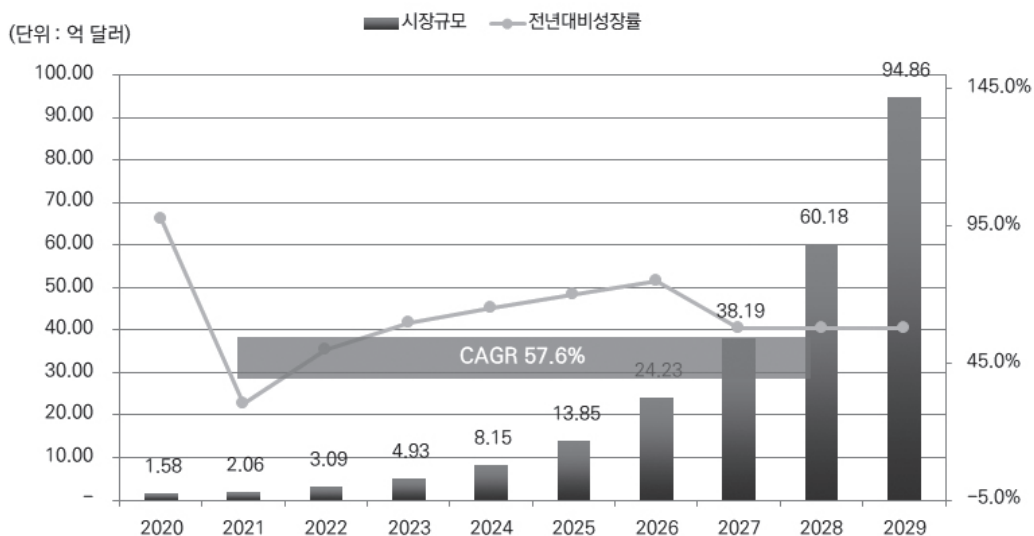
- (북미, 가장 큰 시장 점유) 북미 시장에서는 최근 들어 다양한 소프트웨어 개발과 자동화 솔루션의 배치로 생산라인이 개선되고, IoT에 대한 연구개발 비용이 증가하면서 시장성장을 견인하고 있음
- ('20년, 아시아-태평양 지역 54%로 가장 빠른 연평균 성장률) 2020년 0.83억 달러에서 연평균 성장률 54%로 증가, 2026년에는 11억 달러 도달 전망임



| 그림 7. 글로벌 디지털 트윈 시장 규모 및 전망 |

★ (글로벌 헬스케어 분야 디지털 트윈 시장규모) 2020년 1억 달러에서 2029년 94억 달러 규모를 형성, 연평균 약 57.6%의 성장률을 보일 전망이다

- 글로벌 주요국에서는 기술개발을 위한 대규모 투자가 이루어지고 있으며, 디지털 트윈 기술이 실제 임상현장에서 사용되는 사례도 존재하고 있음

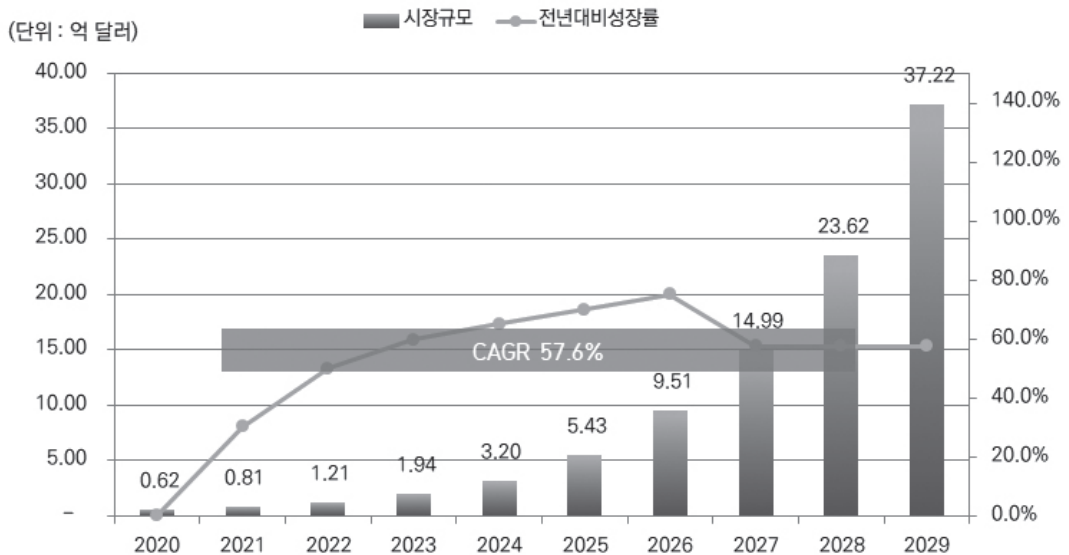


(출처 : Digital Twin Market, Marketsandmarkets, 2021 [재구성] (Technavio('19)에 따르면 2018년 기준 디지털 트윈 분야별 시장규모 중 헬스케어 분야는 5.02%를 차지한 것으로 확인, 이를 추산하여 시장규모 추정)

| 그림 8. 글로벌 헬스케어 분야 디지털 트윈 시장 규모 및 전망 |

국내 시장

- ★ 국내 디지털 트윈 시장규모는 2020년 6,200만 달러에서 2029년 37억 달러 규모를 형성, 연평균 약 57.6%의 성장률을 보일 전망이다



(출처 : Digital Twin Market, Marketsandmarkets, 2021[재구성])

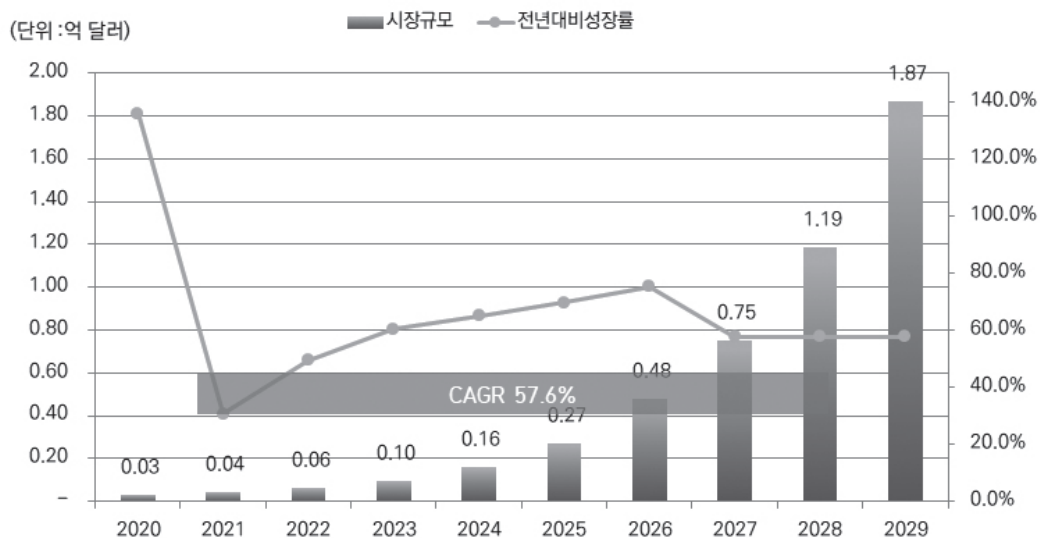
2020년 기준 국내시장은 세계시장의 약 1.97%의 점유율을 차지, 이를 추산하여 시장규모 추정)

| 그림 9. 국내 디지털 트윈 시장 규모 및 전망 |

- ★ (국내 헬스케어 분야 디지털 트윈 시장규모) 2020년 300만 달러에서 2029년 1억 8,700만 달러 규모를 형성, 연평균 약 57.6%의 성장률을 보일 전망이다
- ★ 고령화와 건강한 삶에 대한 관심이 높아지면서 메디컬 트윈, 디지털 치료제 등의 수요가 증가하고 있음
- ★ 아직까지 국내에서는 초기 단계의 ICT 기반 기술에 불과한 수준으로, 주로 제조업이나 설계, 건설 분야에서 제한적으로 활용하고 있으며, 헬스케어 분야에서는 본격적인 적용사례가 거의 없는 상황임

★ 정부는 최근 ‘디지털 트윈 초혁신 프로젝트’를 통해 관련 산업의 성장기반을 조성하고 대규모 선도시장을 창출한다는 비전을 발표하였음

- 의료분야에서는 환자데이터를 활용해 디지털 트윈을 구현하고 가상환경 내 가상화를 통해 가상수술이나 시뮬레이션 등을 의료현장에 적용할 방침임



(출처: Digital Twin Market, Marketsandmarkets, 2021 [재구성] (Technavio('19)에 따르면 2018년 기준 디지털 트윈 분야별 시장규모 중 헬스케어 분야는 5.02%를 차지한 것으로 확인, 이를 추산하여 시장규모 추정)

| 그림 10. 국내 헬스케어 분야 디지털 트윈 시장 규모 및 전망 |

국내·외 기업 동향

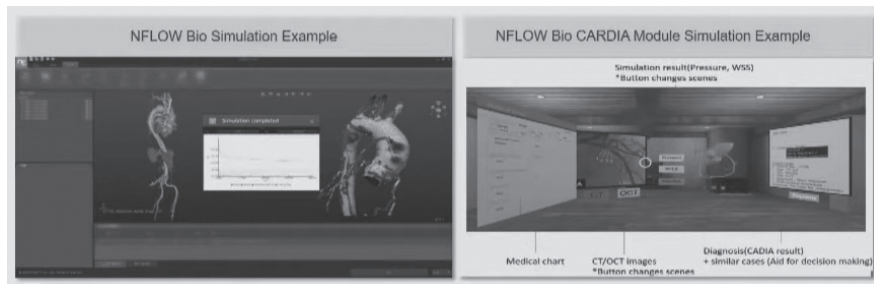
표 2. 국내 외 주요 헬스케어 디지털 트윈 기업 현황

구분	기업명	세부질환
국내	이에이트	<ul style="list-style-type: none"> 환자의 컴퓨터단층촬영(CT)이나 자기공명영상(MRI)을 바탕으로 혈류 속도를 시뮬레이션하는 기술개발에 나설 계획 디지털 트윈 기술을 기반으로 혈관 질환에 대한 예측, 예측, 진단보조를 제공하는 시뮬레이션 소프트웨어 시제품을 2022년 출시 예정
	메디컬 아이피	<ul style="list-style-type: none"> 신체 장기 위치와 크기 등을 정확히 표현해 3차원 컬러 영상으로 구현할 수 있는 SW 기술 보유 '21년 의료영상 기반한 디지털 트윈 인체 정보 메타버스에 구현한 가상·증강·확장 현실 기술 공개
	라이프 시맨틱스	<ul style="list-style-type: none"> '디지털 헬스 트윈 플랫폼'에 신체 외형 등 환자의 모든 데이터를 접목시키는 방향과 실효성에 대해 본격 탐색에 나설 계획 디지털 헬스 트윈 플랫폼 기반의 신규 서비스 개발과 관련해 생체신호 측정 디바이스, 원격 모니터링 장비 기업과의 협업 등 다양한 방식의 입체적 접근도 검토 중
	리메드	<ul style="list-style-type: none"> 분당차병원과 '전신 메디컬 트윈 핵심기술개발' 프로젝트를 진행 신경근골격계질환 환자(뇌손상)의 신체 특성을 고려한 시뮬레이션 기반의 치료 목적 운동 가이드를 제공할 수 있는 고정밀 메디컬 디지털 트윈 생성 및 시뮬레이션 기술이 핵심
해외	필립스	<ul style="list-style-type: none"> 디지털 트윈 기술을 활용해 '디지털 환자(digital patient)'라는 가상 신체를 구현, 이를 활용할 수 있는 방향을 제시 가상 신체를 구현한 환자는 질병이 발생했을 때, 필립스가 보유한 클라우드 데이터를 활용해 치료를 진행
	큐바이오	<ul style="list-style-type: none"> 확장 가능한 가상 모델에서 포괄적인 기준으로 환자의 건강을 캡처하고 모니터링할 수 있는 디지털 트윈 플랫폼 '큐바이오 제미니(Q Bio Gemini)'를 공개
	트윈헬스	<ul style="list-style-type: none"> 순환신경망(RNN)과 결합된 디지털 트윈 시뮬레이션을 이용하여 당뇨병 환자의 치료를 돕고 영양학적 조언을 제공하는 서비스를 제공 신경망의 테스트 대상이 될 수 있는 모든 인체 신진대사에 대한 디지털 트윈을 구축
	엑스탈피	<ul style="list-style-type: none"> 잠재적인 신약의 활동을 모델링하는 새로운 디지털트윈 시뮬레이션 시스템을 개발, 바이오제약사가 임상에 가장 적합한 후보를 더욱 쉽게 선택할 수 있도록 지원
	하트플로우	<ul style="list-style-type: none"> 관상동맥 CT 데이터 기반 심장트윈(Twin)을 생성하여, 혈류량을 측정해 관상동맥질환 위험도를 알리는 기술을 개발
	심앤큐어	<ul style="list-style-type: none"> 디지털 트윈 기술을 활용해 뇌동맥류(Aneurysms) 수술에 사용하는 상품을 제공

(출처 : 기사 보도내용 취합)

★ (이에이트) 디지털 트윈 전문 소프트웨어 기업으로 의료분야 디지털 트윈 분야로 사업을 확장하기 시작함

- 환자의 컴퓨터단층촬영(CT)이나 자기공명영상(MRI)을 바탕으로 혈류 속도를 시뮬레이션하는 기술을 개발 중
- 디지털 트윈 기술을 기반으로 혈관 질환에 대한 예측, 예측, 진단보조를 제공하는 시뮬레이션 소프트웨어 시제품을 2022년 출시 예정
- 현재 세브란스병원, 중앙보훈병원, 서울대병원과 협업하여 관상동맥, 경동맥, 복부대동맥 질환에 대한 시뮬레이션을 개발하고 있음



(출처 : 이에이트)

| 그림 11. 이에이트 엔플로우 혈관 시뮬레이션 솔루션 |

★ (메디컬아이피) 의료 소프트웨어(SW) 업체 '메디컬아이피'는 AI에 기반한 3D모델링 기술로 신체 장기 위치와 크기 등을 정확히 표현해 3차원 컬러 영상으로 구현할 수 있는 SW 기술 '메딤프로(MEDIP PRO)'를 보유한 기업임

- '21년 의료영상 기반한 디지털 트윈 인체 정보 메타버스에 구현한 가상·증강·확장현실 기술 공개



(출처 : 메디컬아이피)

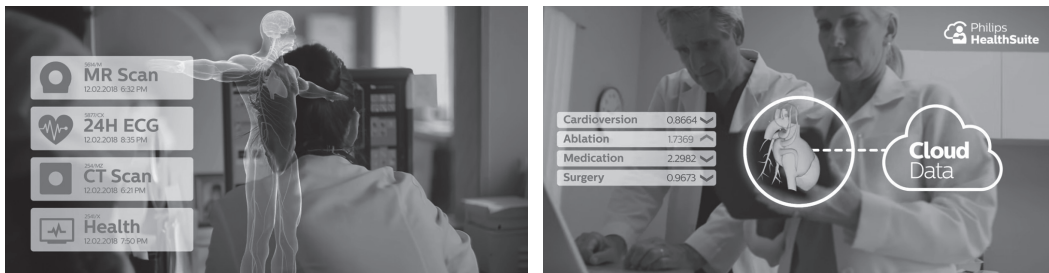
| 그림 12. 메디컬아이피 디지털 트윈 플랫폼 |

★(라이프시맨틱스) 디지털 헬스 플랫폼인 ‘라이프레코드(LifeRecord)’를 메타버스가 연계된 헬스케어 서비스에 적극 활용할 전망이다

- 라이프레코드 : 클라우드 환경서 개인의 건강 데이터를 수집, 저장, 관리, 분석 및 의료 솔루션을 효율적으로 개발하고 안정적으로 운용할 수 있도록 기술을 통합 제공하는 개인건강기록(PHR) 플랫폼
- 디지털 헬스 트윈 플랫폼 기반의 신규 서비스 개발과 관련해 생체신호 측정 디바이스, 원격 모니터링 장비 기업과의 협업 등 다양한 방식의 입체적 접근을 추진 중임

★(필립스, Philips) 환자 개인의 신체 정보를 종합하고 디지털 트윈 기술을 활용해 ‘디지털 환자(digital patient)’라는 가상 신체를 구현하고, 이를 활용할 수 있는 방향을 제시함

- 가상 신체를 구현한 환자는 질병이 발생했을 때, 필립스가 보유한 클라우드 데이터를 활용해 치료를 진행

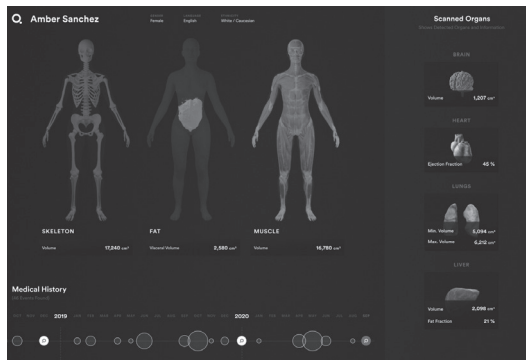


(출처: 필립스)

| 그림 13. 필립스 디지털 트윈 콘셉트 |

★ (큐바이오, Q Bio) 2015년 창업한 미국 스타트업 큐바이오는 확장 가능한 가상 모델에 포괄적인 기준으로 환자의 건강을 캡처하고 모니터링할 수 있는 디지털 트윈 플랫폼 ‘큐바이오 제미니(Q Bio Gemini)’를 공개함

- 디지털 트윈 플랫폼은 개인의 가장 정확한 생리적 상태 정보를 디지털 트윈 형태로 자동 반영하여 생리학적 측면에서 개인의 중요한 변화를 체크한 후 전 세계 의사 및 전문가와 안전하게 공유할 수 있도록 지원함
- ‘큐바이오 마크아이 셀프드라이빙(QBioMarkIself-driving)’이라는 바디 스캐너로, 이는 사전 예방적 치료에 최적화된 제품으로 현재의 건강 정보를 수집한 후 사용자의 생활패턴, 병력 및 유전적 위험 요인에 따라 가중치를 부여해 향후 건강 위험을 예측함
- 해당 정보들은 개인의 해부학적, 생화학적 변화에 따라 실시간으로 변동되며, 15분 이내 전신 스캔을 완료할 수 있음



(출처 : 큐바이오)

| 그림 14. 큐바이오 제미니 스캐너 촬영 이미지 |

★(트윈헬스, TwinHealth) 헬스케어 스타트업 트윈헬스는 순환신경망(RNN)과 결합된 디지털 트윈(digital twin) 시뮬레이션을 이용하여 당뇨병 환자의 치료를 돕고 영양학적 조언을 제공하는 서비스를 제공하고 있음

- 디지털 트윈 기술을 헬스케어 산업에 접목해 신경망의 테스트 대상이 될 수 있는 모든 인체 신진대사에 대한 디지털 트윈을 구축함
- 서비스 이용자는 음식 섭취 일지 기록 및 분기별 혈액검사에 사용하는 앱을 사용하고 정보를 트윈헬스로 보내는 웨어러블 센서를 장착, 이용자가 전송하는 하루 약 3,000건의 데이터는 이용자의 전신 디지털 트윈을 구축하는데 사용됨
- 트윈헬스는 혈당의 평균 절대오차를 목적함수로 사용하여 RNN을 통해 영양소 변경 또는 수면 요법 변경 등과 같은 상황을 시뮬레이션한 후, 이것이 혈당에 미치는 영향을 확인할 수 있음

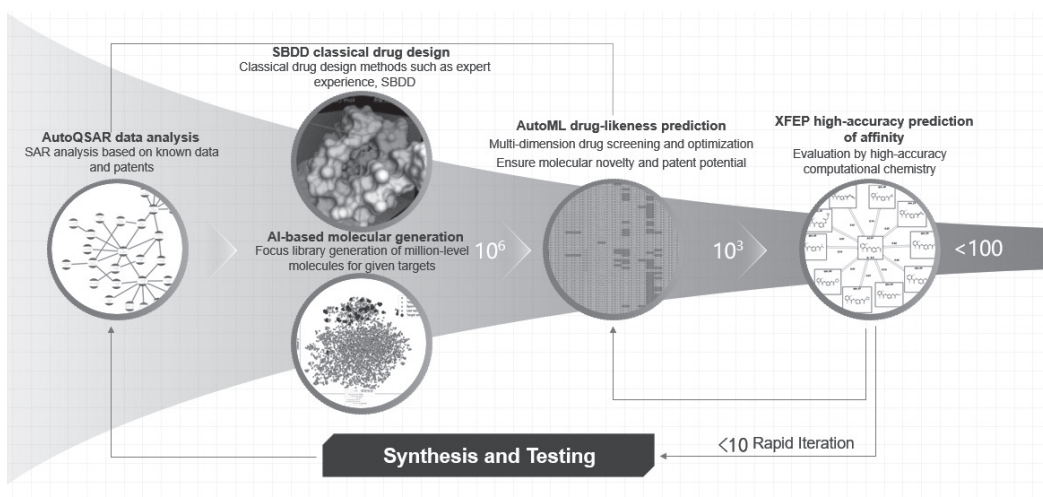


(출처 : 트윈헬스)

| 그림 15. 트윈헬스 디지털 트윈 활용 기술 |

★ (엑스탈피, XtalPi) 중국 인공지능(AI) 기반 약물분자 설계업체인 중국 엑스탈피가 2021년 9월, 대규모 시리즈C 펀딩 라운드를 통해 금융 및 기술 부문의 글로벌 투자회사로부터 총 3억 1,880만 달러(약3,805억 원)의 투자금을 확보함

- 가상 R&D 작업을 실제 실험실 테스트 데이터와 통합하여 잠재적인 신약의 활동을 모델링하는 새로운 디지털트윈 시뮬레이션 시스템을 개발, 바이오제약사가 임상에 가장 적합한 후보를 더욱 쉽게 선택할 수 있도록 만든다는 목표를 두고 연구를 진행 중임

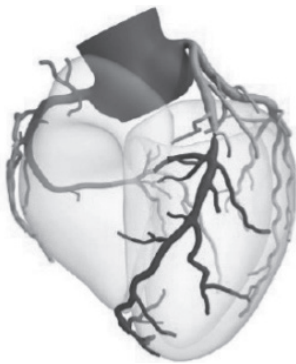


(출처 : Xtalpi)

| 그림 16. 엑스탈피 디지털 트윈 시뮬레이션 시스템 |

★ (하트플로우, HeartFlow) 미국의 의료 AI 전문기업인 하트플로우는 관상동맥 CT 데이터 기반 심장트윈(Twin)을 생성하여, 혈류량을 측정해 관상동맥질환 위험도를 알리는 기술을 개발하였음

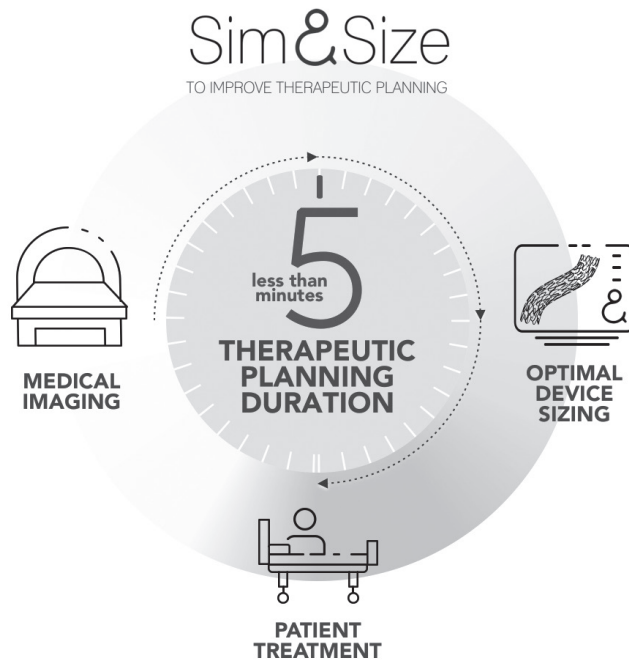
- 지난 10년 이상 심장 질환을 중심으로 다양한 서비스를 만들어 디지털 트윈에 가장 모범적 사례로 꼽히고 있음
- 딥러닝 알고리즘을 이용하여 CT 스캔을 분석하고 심장과 주변 혈관들에 대한 개별화 된 3D 모델을 제작하여 혈전이 혈류에 미치는 영향을 이미지화하는 툴을 개발
- 하트플로우는 의료 인공지능 솔루션에 대한 FDA 승인을 후 민영 보험사로부터 보험수가 적용을 받으면서 2020년 첫해부터 연매출 144억 원의 매출을 달성하였으며, 이로 인해 해당 기업의 기업가치는 약 1조 7,000억 원 규모로 평가받고 있음



(출처 : HeartFlow)

| 그림 17. 하트플로우 디지털 트윈 기술 |

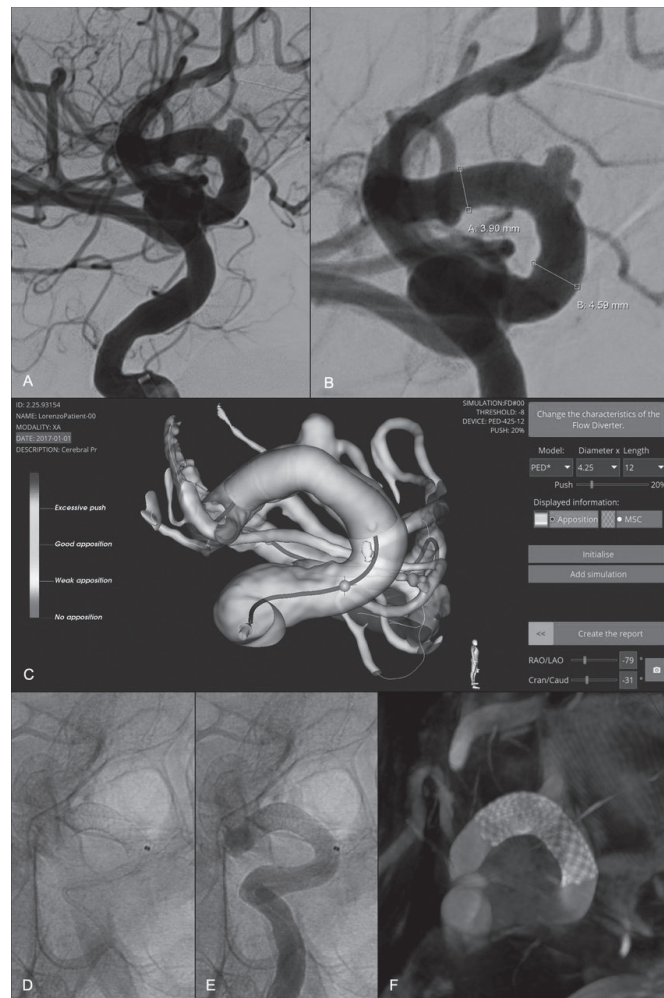
- ★ (심앤큐어, Sim&Cure) 프랑스 회사인 심앤큐어(Sim&Cure)는 디지털 트윈 기술을 활용해 뇌동맥류(Aneurysms) 수술에 사용하는 제품을 제공하고 있음



(출처 : 심앤큐어)

| 그림 18. 엑스탈피 디지털 트윈 시뮬레이션 시스템 |

- 환자의 뇌동맥류 발생 상태와 주위 혈관을 3D 모델링해 정보를 파악하며, 이러한 3D 모델링을 기반으로 다양한 시뮬레이션을 시스템 스스로 진행해 수술에 적합한 수술 도구와 이식물(Implant) 사이즈 정보를 제공하고 있음
- 심앤큐어는 3D 모델링을 통해 뇌동맥류 발생 위치를 정확하게 제공하고, 또한 수많은 시뮬레이션을 통해 적절한 이식물 크기를 추천함
- 수술 시뮬레이션은 사람이 고려하지 못하는 부분을 포함해 많은 경우의 수를 짧은 시간 안에 진행, 이는 수술 시간을 크게 단축시키고 정확한 수술을 가능하게 함으로써, 수술 성공 확률을 크게 높일 수 있는 장점 존재



(출처 : 심앤큐어)

| 그림 19. 심앤큐어 뇌동맥 수술 디지털 가상 시뮬레이션 |

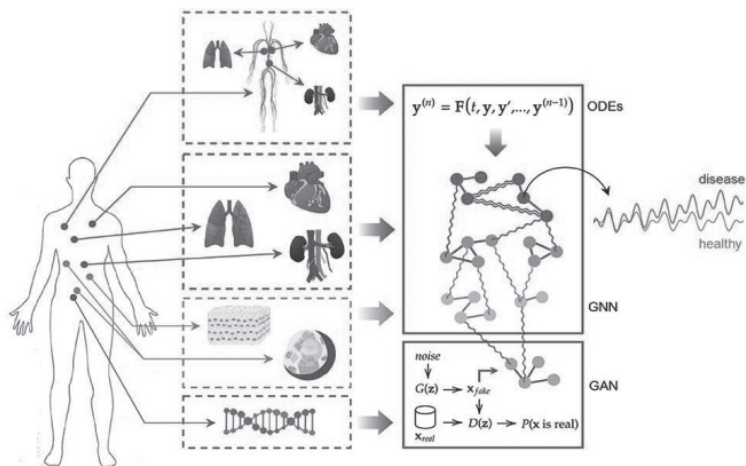
3. 국내·외 주요국 기술 동향

미국

★ 미국은 기업을 중심으로 디지털 트윈 기술을 활용하여 다양한 형태의 의료서비스를 제공하고 있음

- (GE healthcare) 가상 공간에 병원을 만들고 운영을 예측하는 시스템으로 실시간으로 병원 의료서비스의 수요를 분석하고 예측 가능함
- (Dell Technologies) i2b2 트랜스마트 재단과 협력해 코로나19 후유증 치료를 위해 방대한 전 세계 환자데이터를 분석하는 디지털 트윈 모델을 구축하였음
 - * 신시내티 어린이병원 의료센터에 증강현실(AR) 및 가상현실(VR), 인공지능(AI) 기술과 결합한 '3D 수술 시뮬레이션' 시스템을 구축함
 - * 전 세계 비식별 환자데이터를 자사의 첨단 기술을 활용해 디지털 트윈 모델로 제작하여 환자들의 유전적 배경과 병력 등을 반영해 개인 맞춤형 치료 시뮬레이션을 수백만 회 이상 실행함으로써, 환자들에게 가능한 최고의 치료 옵션을 제공할 수 있도록 지원함
- (HeartFlow) 지난 10년 이상 심장 질환을 중심으로 관상 동맥CT 데이터 기반 심장트윈(Twin)을 생성하여, 혈류량을 측정해 관상동맥질환 위험도를 알리는 기술개발 및 다양한 서비스를 만들어서 디지털 트윈에 가장 모범적인 사례로 꼽히고 있음

영국



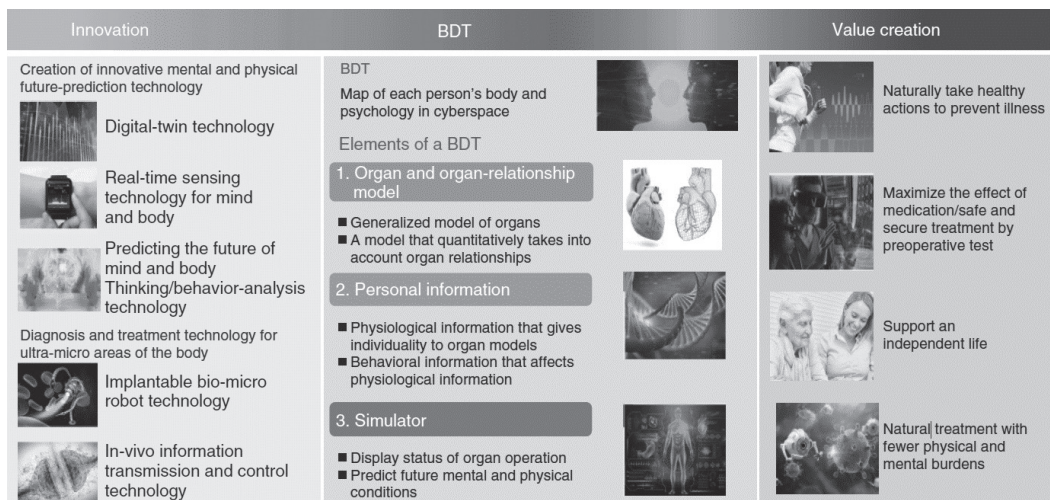
(출처 : <https://cmte.ieee.org/futuredirections/2021/10/13/using-ai-to-create-the-digital-twin-of-you>)

| 그림 20. 캠프리지대학 메디컬 트윈 사례 |

- ★ 영국은 국가 인프라위원회(British National Infrastructure Commission, NIC)에서 데이터 공유, 인프라 가치 및 사회적 편익 향상을 목표로 국가 디지털트윈(National Digital Twin, NDT)을 권고·추진 중임
 - 케임브리지 대학의 연구원들은 인공지능 기술을 활용하여 코로나 혹은 암 증상 인식 이전에 질병을 감지하기 위한 염증성 사이토카인 분석용 메디컬 트윈을 제작하였음
 - 개발된 트윈은 장기, 조직, 세포 단위까지 그래프 신경망(Graph Neural Network)을 이용하여 환자의 중요한 매개변수 변화를 예측하여 현재와 미래의 환자 상태를 찾아내기 위해 개념적 증거를 제공하고자 함

// 일본

- ★ NTT(Nippon Telegraph and Telephone Corporation)에서는 2020년 11월 의료건강 비전을 공개, 바이오 디지털 트윈(Bio Digital Twin)의 실현을 위한 연구개발을 추진 중임
 - 디지털 트윈을 인체에 적용하여 각 사용자의 몸과 마음에 맞도록 개인화하는 것을 목표로 신체 이상의 조기 발견, 질병의 사전 예측 및 치료, 간호 필요자와 장애인을 위한 지원의 개별화 및 최적화를 위한 다양한 연구를 진행함
 - 심장의 모델화에서는 심장의 우심방 압력 및 폐동맥 압력 등의 데이터 입력으로 인해 중심정맥압과 심장 박출량 등을 출력하는 혈행 동태 모델을 기반으로 심혈관 계통이 자립신경 및 혈액 용적 등을 즉시 제어하는 기능의 시뮬레이션을 시행함



(출처 : NTT 홈페이지)

| 그림 21. NTT Medical and Health Vision |

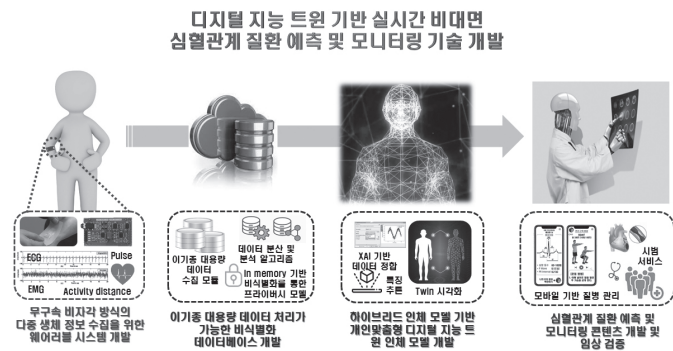


(출처 : NTT 홈페이지)

| 그림 22. 바이오 디지털 트윈 사례 |

국내

- ★ (과기부) 실시간으로 무구속 상태에서 취득한 생체신호 데이터를 기반으로 디지털 트윈 모델 및 플랫폼을 구축하고, 이를 활용하여 비대면으로 심혈관계 질환 예측 및 치료가 가능한 시스템 개발
 - 환자 상태에 따라 모니터링 및 최적의 진료 방법 예측이 가능하여, 의료 인력 및 인프라가 부족한 지역에서도 비대면 융합 의료 서비스 제공



| 그림 23. 과기부, 의료분야 디지털 트윈 모델 기술개발 사업 |

- ★ (복지부) 전통적 임상시험(RCT)을 보완·대체하는 실사용데이터 기반 메디컬 트윈 기술 개발 추진함
- ★ (과기부) 생물학/생리학/혈류역학 정보가 통합된 SHDI 기반 실시간 정밀의료 XR 플랫폼 개발
 - 임상데이터 수집, 혈관자동분할, 실시간 정밀의료 속도장 예측, 혈류 속도장 측정, 통합 지표, XR 플랫폼 등 요소기술 개발 및 사업화

4. 결론 및 시사점

- ★ (다양한 산업의 디지털 트윈 기술 접목 추진) 디지털 트윈 기술은 의사결정을 위한 비용·기간 단축 및 위험 사고 예방, 탄소 배출량 감소 등의 이점으로, 다양한 산업에 적용이 가능하여 전 세계적으로 적용 산업 분야를 확대하는 추세임
- ★ (디지털 기술 접목으로 의료서비스 혁신 추진) 디지털 기술과 의료의 경계는 허물어지고 있으며, 4차 산업혁명의 추진 동인으로 지목되고 있는 ICT 기반 융합기술의 발전은 헬스케어 측면에서 다양한 변화가 감지됨
- ★ (국내·외 디지털 기업의 의료 시뮬레이션 개발 활발) 국내·외 디지털 기업들은 컴퓨터상에서 가상 물질에 대한 디지털 트윈 시뮬레이션부터 현실에서의 연구 데이터 디지털화, 가상과 실제의 데이터를 머신러닝으로 예측하는 등의 기술개발 중
- ★ (국내 메디컬 트윈 연구개발 초기 단계, 정부 차원의 지원 필요) 국내의 경우 일부 기업(기관), 병원에서 연구개발하고 있으나, 해외대비 기술이 부족하여 국가 기술경쟁력 확보를 위해 정부 차원의 연구개발 활성화 지원이 필요한 것으로 사료됨
- ★ (디지털 트윈 연계 의료기기 기술개발 추진) MDR 임상 요건 강화에 따른 In-Silico 기반 의료기기 안전성 및 유효성을 평가하고 최종적으로 대체시험이 가능한 디지털 트윈 기술을 활용한 의료기기 가상 임상플랫폼 기술 개발이 필요함

[참고문헌]

1. 과학기술정보통신부 제14차 정보통신전략위원회 디지털 트윈 활성화 전략
2. 울산대학교, 서울아산병원, Medical Twin 국내의 활용(2021)
3. The digital Twin in Oil & Gas: Simulation to Operation, Schneider Electric, 2017
4. 한국산업기술평가관리원 ‘디지털 트윈 기술 발전방향’(2019)
5. Digital Twin Market, Marketsandmarkets, 2021