

노화는 치료할 수 있을까?

CAN AGING BE TREATED?

한양대학교 의과대학 유전학교실 허준호 교수

보험연구원 산학보험연구센터 제72회 산학세미나
2026년 8월 27일 목요일

발표자 소개

허준호 | 교수

JUNHO K. HUR, PhD | PROFESSOR

한양대학교 의과대학 유전학교실
대학원 의생명공학과
한양 생명과학기술원

서울대학교 물리학 학사
Columbia University 의공학 석사
Johns Hopkins University 의대 생화학 박사
California Institute of Technology 박사후연구원
Institute for Basic Science 선임연구원
경희대학교 의과대학 조교수

juhur@hanyang.ac.kr | 02-2220-0670

RESEARCH HIGHLIGHTS · 대표 연구 성과

마이크로 RNA의 유전자 발현 조절 메커니즘 연구

마이크로 RNA에 의해 표적 mRNA가 절단 및 발현이 억제되는 분자기전 규명
Journal of Biological Chemistry 저널 2013년 최우수 논문 선정 (2013)

세계 최초 CRISPR-Cas12a 형질전환 동물 제작

CRISPR-Cas12a 단백질과 가이드 RNA 전달을 통한 유전자 편집 생쥐 제작 · Nature Biotechnology (2016)

단백질 공학 기반 고정밀 CRISPR 암 돌연변이 진단기술

혈액에서 암연관 돌연변이 DNA를 민감하게 검출하는 유전자 편집 기술 개발 · Advanced Materials (2025)

현재 수포성 표피박리증, 조로증 등의 유전 질환과 암 및 노화 질환의 치료·진단 기술 개발 연구 진행

200세의 아침, 25세의 생물학적 나이

환경·수면 최적화
혈관 속 나노 수선
마이크로침 정밀 전달
AI 식단·생활관리
유전질환 사전 교정
연결형 면역 대응
뇌-컴퓨터 인터페이스 (BCI)
인공장기 업그레이드

다양한 노화 대응 기술의 발전



수명의 병목은 감염병에서 노화 관련 만성질환으로 이동

1900

2021



감염병 통제 이후 장수의 병목: 외부 병원체 → 내부 손상·노화 관련 질환

사람은 얼마나 오래 살 수 있을까?

포유류 수명 격차, 100배 이상

쥐 (RAT)



1-3년

몸길이 약 40 cm · 200-500 g

벌거숭이두더지쥐 (NAKED MOLE-RAT)



30년+

몸길이 약 7.5 cm · 28-42 g

북극고래 (BOWHEAD WHALE)



200년+

몸길이 최대 약 19 m · 최대 약 91 t

인간 최고 기록 122년 | 포유류의 수명 격차는 체급만으로 설명되지 않음

출처 - 크기·무게: Smithsonian National Zoo·NOAA Fisheries · 사진: Smithsonian Open Access·Cornell University-whale-expeditions.com · 수명: Buffenstein 2008; George et al. 1999

70 kg 인체의 ‘정보 유지’: 하루 DNA 복제량 약 4,950억 GB

생물학적 정보



DNA · 발현 규칙
단백질 품질 · 세포 간 신호

36,000,000,000,000

70 kg 성인의 추정 세포 수 ≈ 36조

정량 가능한 DNA만 계산해도
세포 1개 ≈ 1.5 GB

330,000,000,000

하루 교체되는 세포 추정치

× 1.5 GB

= 495,000,000,000 GB/일

초당 약 5,700,000 GB ÷ SSD 쓰기 13.4 GB/s

≈ 430,000대

같은 시간에 같은 양을 쓴다면

* 세포 교체량×개체 정보량의 단순 사고실험이다. 세포별 수명·분열 방식은 다르며 혈액세포 교체가 대부분이다.
실제 생물학적 정보는 DNA뿐 아니라 발현 규칙·단백질 품질·세포 간 신호까지 포함한다.

세포 DNA 복제 시스템의 정확도에 영향을 미치는 외부 환경 요인

정상 복제에서의 정보 손실

신체는 DNA 복제 과정에서 하루에 약 50 GB 의 DNA 정보 손실
(세포 1개·분열 1회당 DNA 약 1개 손실)

외부 손상에 의한 정보 손실 증가

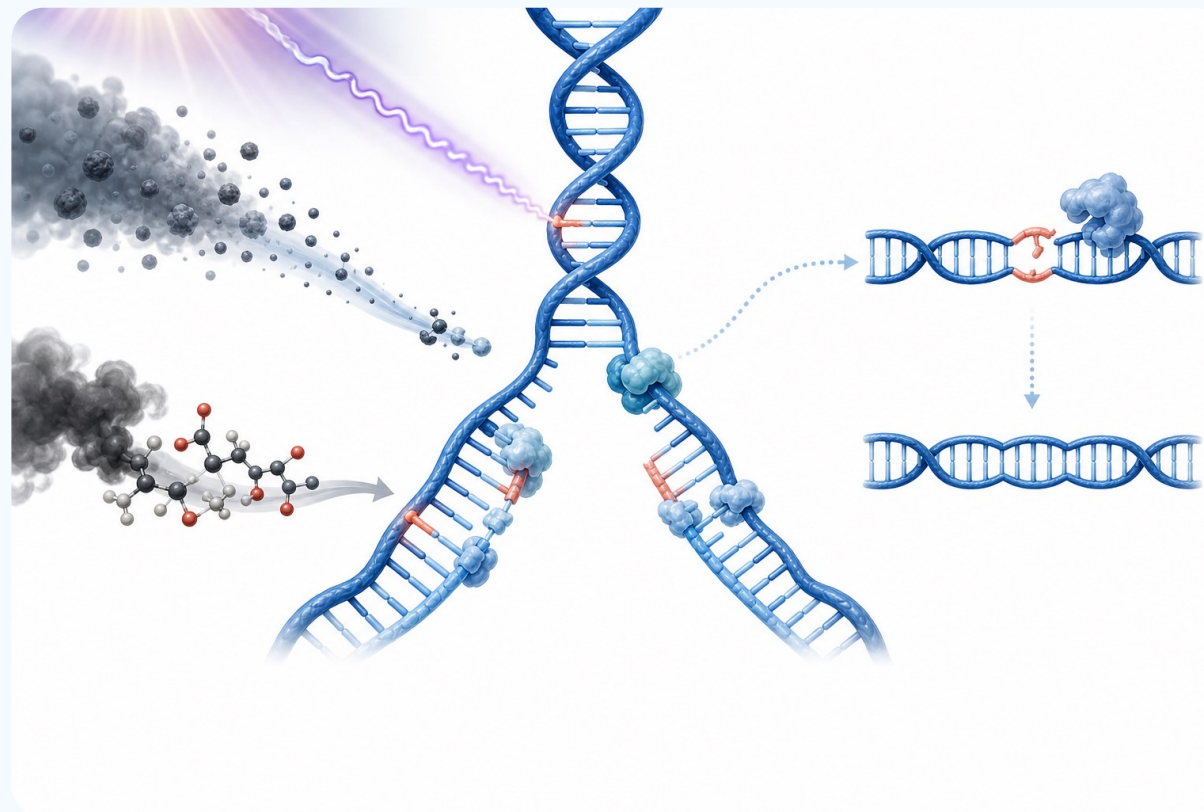
햇빛 노출 피부 -> 정상 복제 1회 대비 약 2만~6만배 증가

흡연 1갑/일·1년 -> 폐세포 기준 약 250배 증가

DNA 정보 손실 누적의 결과

→ 돌연변이 및 후성유전 혼란

→ 암 발생 및 세포노화와 조직 기능 저하



노화: 손상에 대한 회복력 감소

손상 발생

DNA·단백질·소기관

감지·수선

오류 교정·자가포식

상태 유지

후성유전·세포 정체성

조직 조율

면역·염증·세포 간 신호

$$\text{노화} = \text{손상량} \uparrow \times \text{복구 효율} \downarrow \times \text{시스템 연결성} \downarrow$$

노화의 12가지 상호 연결 변화

01 유전체 불안정

02 텔로미어 소모

03 후성유전 변화

04 단백질 항상성 상실

05 자가포식 저하

06 영양감지 이상

07 미토콘드리아 기능장애

08 세포노화

09 줄기세포 고갈

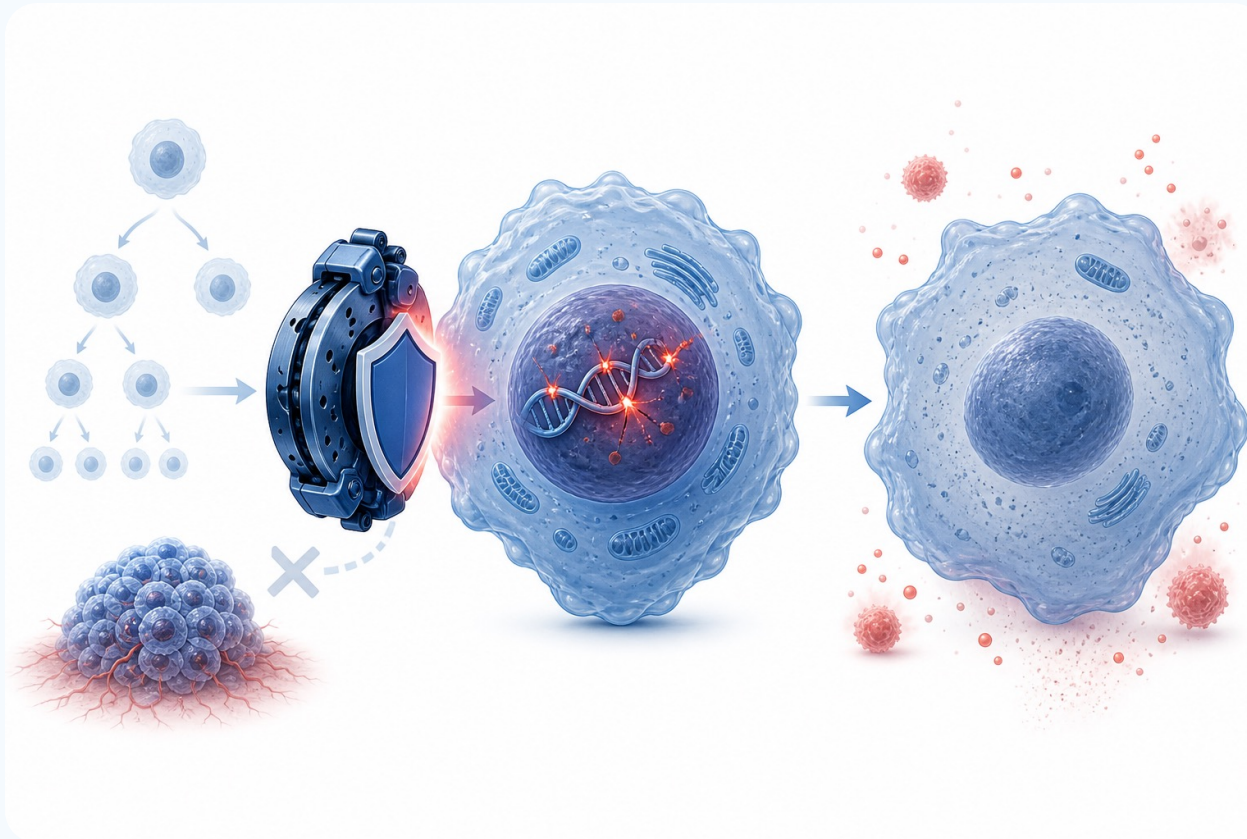
10 세포 간 소통 변화

11 만성 염증

12 미생물군 불균형

핵심: 노화는 ‘하나의 스위치’가 아니라 상호작용하는 네트워크의 변화

노화는 정보가 손상된 세포가 비정상적으로 증식하는 것을 막는 생명현상



손상 감지

DNA 손상 · 암연관 유전 신호
텔로미어 짧아짐 · 대사 스트레스

능동적 세포 증식 브레이크

세포 분열 주기를 적극적으로 잠금
→ 세포가 암화할 가능성 차단

보호의 대가

세포 분열 정지 및 기능저하
노화연관 염증신호 (SASP) 조직에 누적
대사·리소좀 pH 조절의 변화

장수동물의 전략: 손상 회피보다 정보 복구 강화

북극고래: CIRBP 기반 DNA 복구 강화

CIRBP ↑

DNA 이중가닥 절단 부위에서 복구 단백질 결합과 말단 보호 강화

Nature 2025
높은 CIRBP 발현 → 정확한 DNA 복구·염색체 안정성

벌거숭이두더지쥐: cGAS 기반 DNA 복구 강화

cGAS 변이

사람·생쥐와 달리 상동재조합을 촉진해 DNA 복구 능력과 게놈 안정성 강화

Science 2025
노화 지연 기전 제시 · HMW-히알루론산은 별도의 암 저항 축

자연이 제시한 포유류 장수의 해법: 강화된 유전체 유지보수

대형 제약사의 노화 신약 투자: 전담조직과 최대 5억5천만 달러 제휴

NOVARTIS · DARE

노화 연구 전담조직

인간 데이터에서 출발해
미토콘드리아 기능·DNA 복구·ECM·
세포 운명과 재생을 치료표적으로 탐색

질환별 후보물질 탐색을 넘어
‘노화 기전’ 자체를 조직 단위로 연구

NOVARTIS × BIOAGE

최대 \$550M

2024.12 다년 협력
초기·연구비 최대 \$20M
개발·상업화 마일스톤 최대 \$530M

50년까지 추적한 인간 노화 코호트
+ 운동생물학 전문성
→ 운동 효과를 매개하는 신약표적 발굴

LILLY Explor&D × BIOAGE

항체 후보 2개

2025.01 전략적 협력
BioAge 플랫폼이 찾은 대사노화 표적에
치료용 항체를 개발

2026년 공식 업데이트에서도 협력 진행
정밀의학 데이터와 대형 제약사의
항체·임상개발 역량을 결합

2025 글로벌 longevity·anti-senescence therapy 시장 약 \$29.9B · 2026–2030 CAGR 6.2%

다양한 노화 대응 기술의 발전

01

유전자·세포 치료

정밀 세놀리틱 → 부분 재프로그래밍 → 유전자 편집 → CAR-T → 줄기세포 → 이종장기

02

AI 기반 노화 신약개발

AI 신약 디자인 → 개인 디지털 트윈

03

디지털 노화 치료

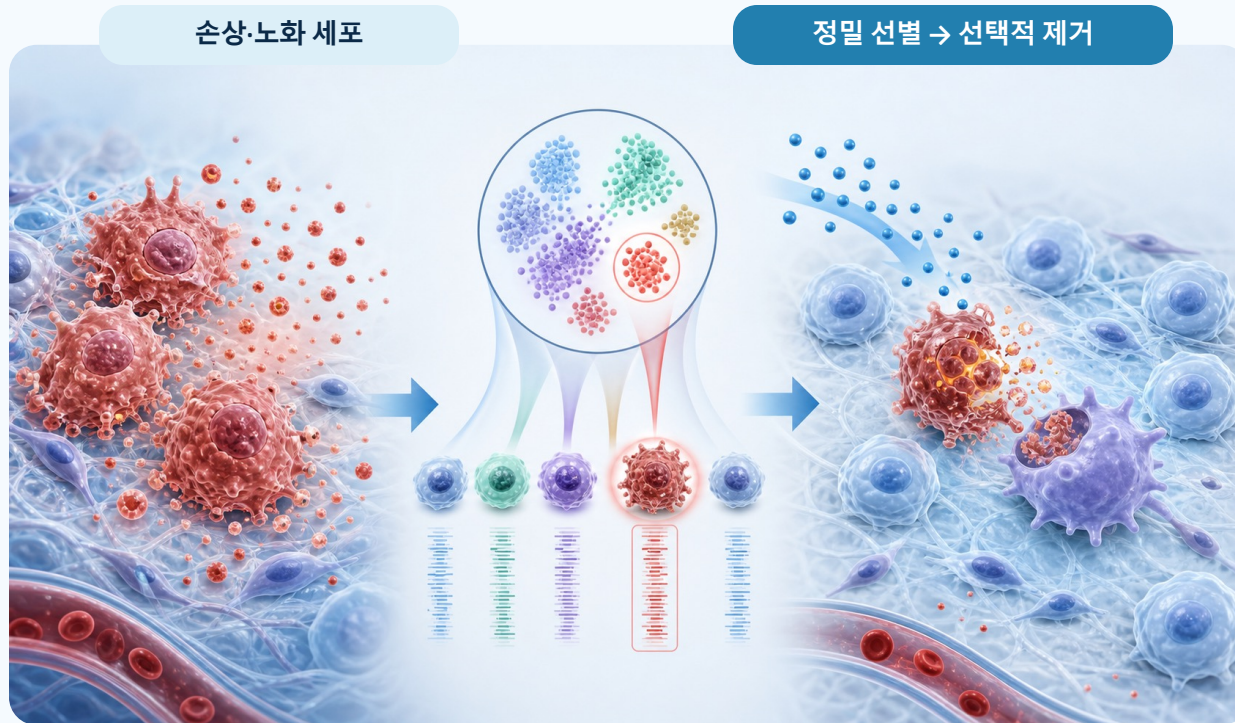
표적 나노의약·자율 나노로봇 → 뇌-컴퓨터 인터페이스

04

노화 조기 진단

AI MRI → 웨어러블 ECG → DNA 메틸화 시계 → RNA 전사체 시계

정밀 세놀리틱: 좀비 세포 선별 제거, 인간 임상 진입



RUBEDO · RLS-1496

단일세포 프로파일링으로 독성 세포군을 선택
GPX4 조절 → 병적 노화세포의 ferroptosis 취약성 표적
2025년 5월 임상 1상 첫 환자 투약
건선·아토피 피부염·광노화 피부 '바스켓' 임상

UNITY · UBX1325

당뇨병성 황반부종 임상시험 (2b)
치료후 36주차에 표준시력표에서 +5.5글자 를 더 읽을 수 있었음
안구내 염증 없이 양호한 안전성

세놀리틱의 눈과 피부의 임상 성과 → 전신 비만·통증·노화질환으로 확대

부분 후성유전 재프로그래밍: 눈에서 첫 임상, 간·면역으로 확장

핵심 원리

역노화 인자들의 단기적 발현으로 세포 나이 환원

LIFE BIOSCIENCES · ER-100

- AAV-OSK(OCT4·SOX2·KLF4) 유리체강 주사 + 전신 doxycycline 스위치
- 비인간 영장류에서 녹내장 및 비동맥성 전방 허혈성 시신경병증에서 시각 기능 회복
- 2026년 1월 FDA 에서 임상시험계획 승인 -> 2026년 6월 첫 환자 투약
- ER-300: 대사성 간질환 전임상에서 간 효소·섬유화 지표 개선 보고

세포 정체성 유지, 종양 위험 최소화

NEWLIMIT

3,000+ 전사인자 조합 → 젊은 간세포 기능 회복 20+ 조합

2026년 \$435M Series C · 첫 간 프로그램 2027년 인간 임상 계획

ALTOS LABS

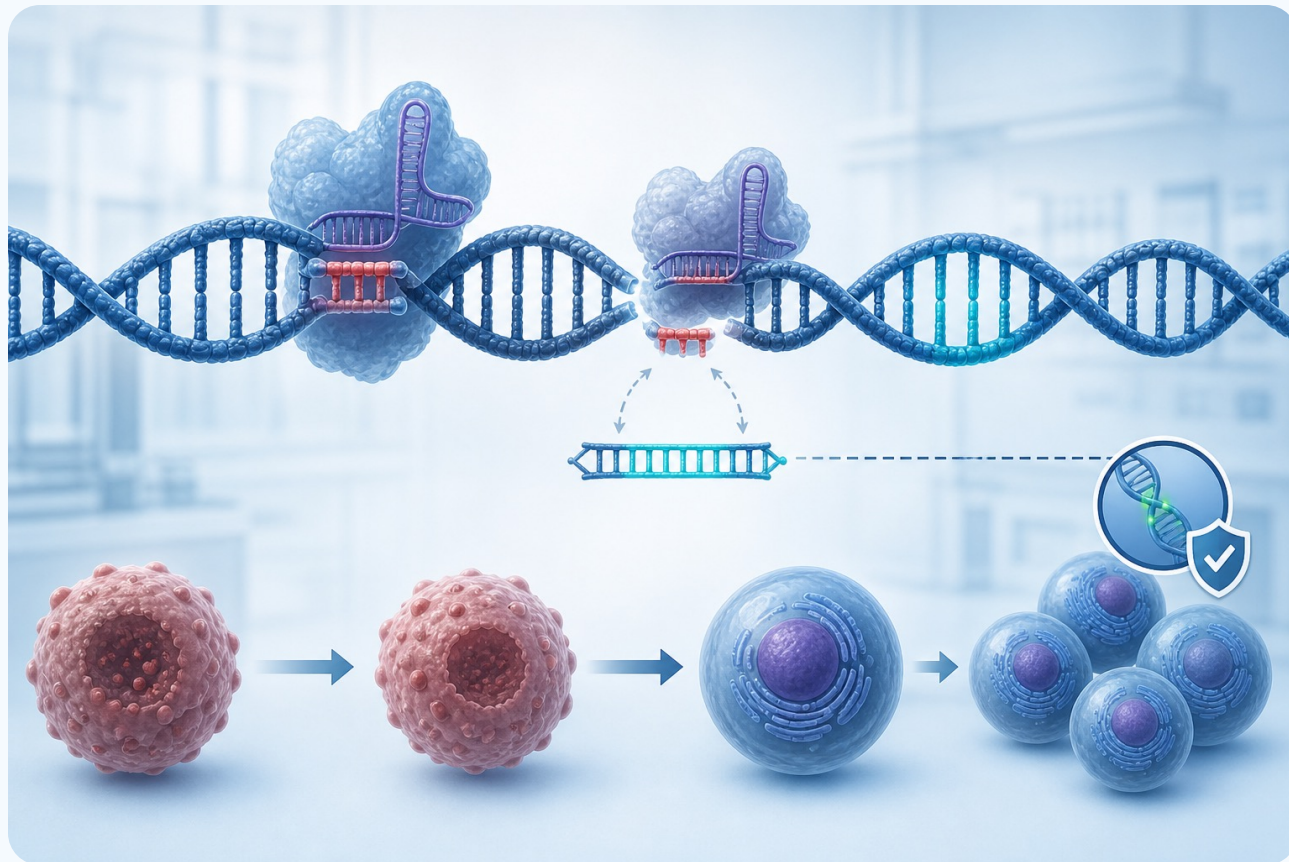
약 \$3B 규모 출범 및 제품개발 총괄이 노화 전문가 Joan Mannick

세포수준의 역노화 기술 개발 중

인간 대상 프로그램은 아직 공개되지 않음

주요 출처: Life Biosciences(IND-first patient-ARDD 2025); NewLimit 2025-26; Altos Labs 2025

유전자 편집: 환자 세포에서 질병 유발 DNA를 직접 교정



승인된 유전자 편집 치료기술

체외 CRISPR 유전자 편집기반
겸상적혈구병· β 지중해빈혈 치료제
CASGEVY

환자 맞춤형 유전자 편집 치료기술

CHOP · Penn · David Liu
2025 영아 KJ의 CPS1 결핍에
환자 맞춤형 염기편집 치료

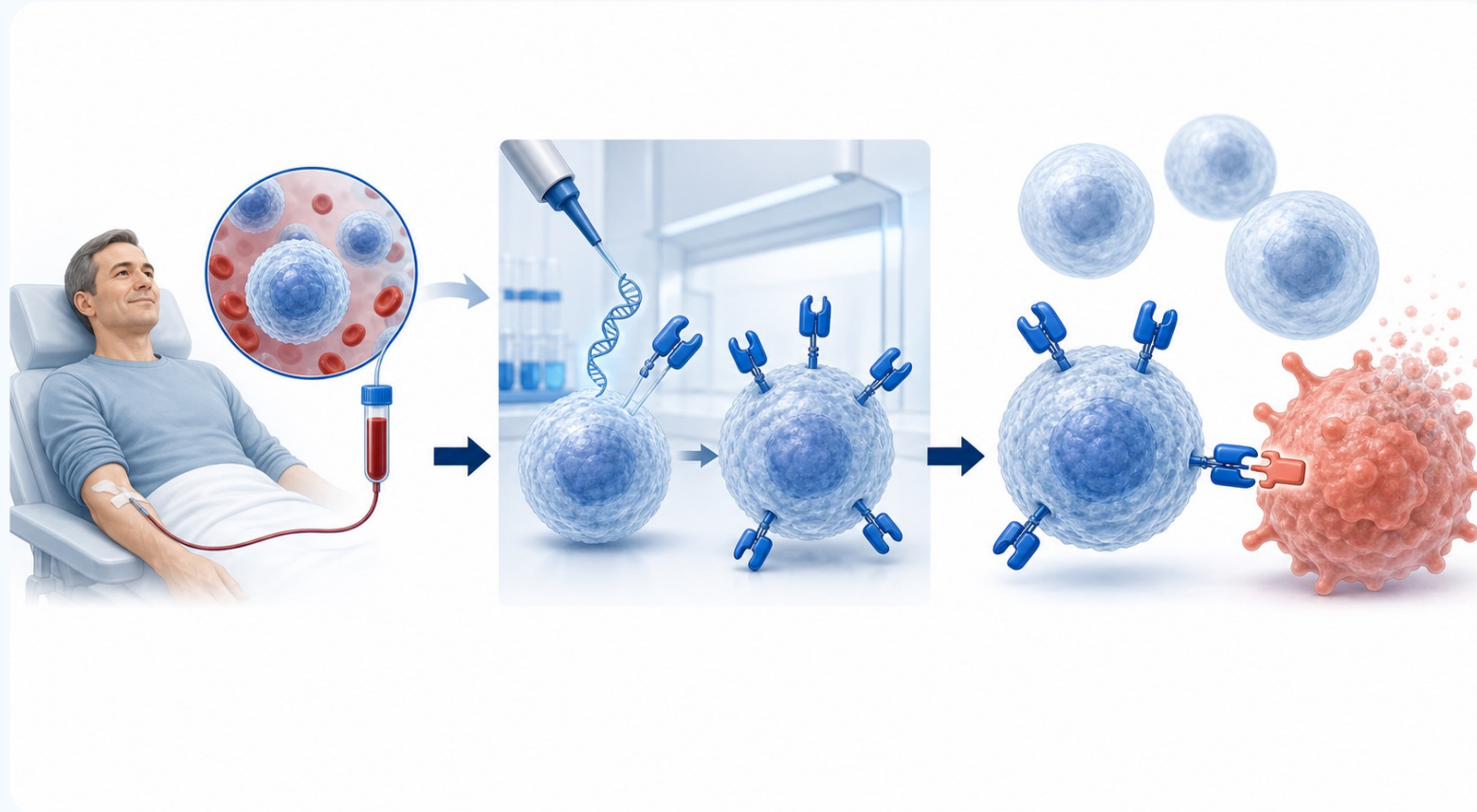
차세대 유전자 편집 치료기술

절단을 줄이는 염기·프라임 편집
정확한 전달과 오프타겟 검증이 핵심

주요 출처: FDA CASGEVY; Musunuru et al., NEJM 2025; Harvard Magazine 2025; Prime Medicine

그림: 본 발표용 생성(OpenAI). 유전자 편집 치료의 현재와 다음 단계 개념도

CAR-T: 암 인식 센서를 장착한 환자 T세포 치료



면역세포 채취

환자 혈액에서 T세포를 분리

암 인식 유전자 삽입

CAR 유전자를 넣어
암 표적 수용체를 장착

강화 면역세포 투여

증폭한 T세포를 환자에게 투여
표적 암세포를 선택 공격

PENN·CHOP·CARL JUNE → NOVARTIS KYMRIAH
2017 미국 최초 CAR-T 승인

주요 출처: Penn Medicine 2017; FDA CAR-T approvals and boxed-warning update · 그림: 본 발표용 생성 (OpenAI), 표적 암세포 공격 개념도

줄기세포 치료: 연골 재생과 도파민 신경세포 대체



연골 재생 · 파킨슨 세포치료

국소 연골 재생

RECLAIM 1상 · 무릎 국소 결손
연골세포 + 골수 유래 줄기세포

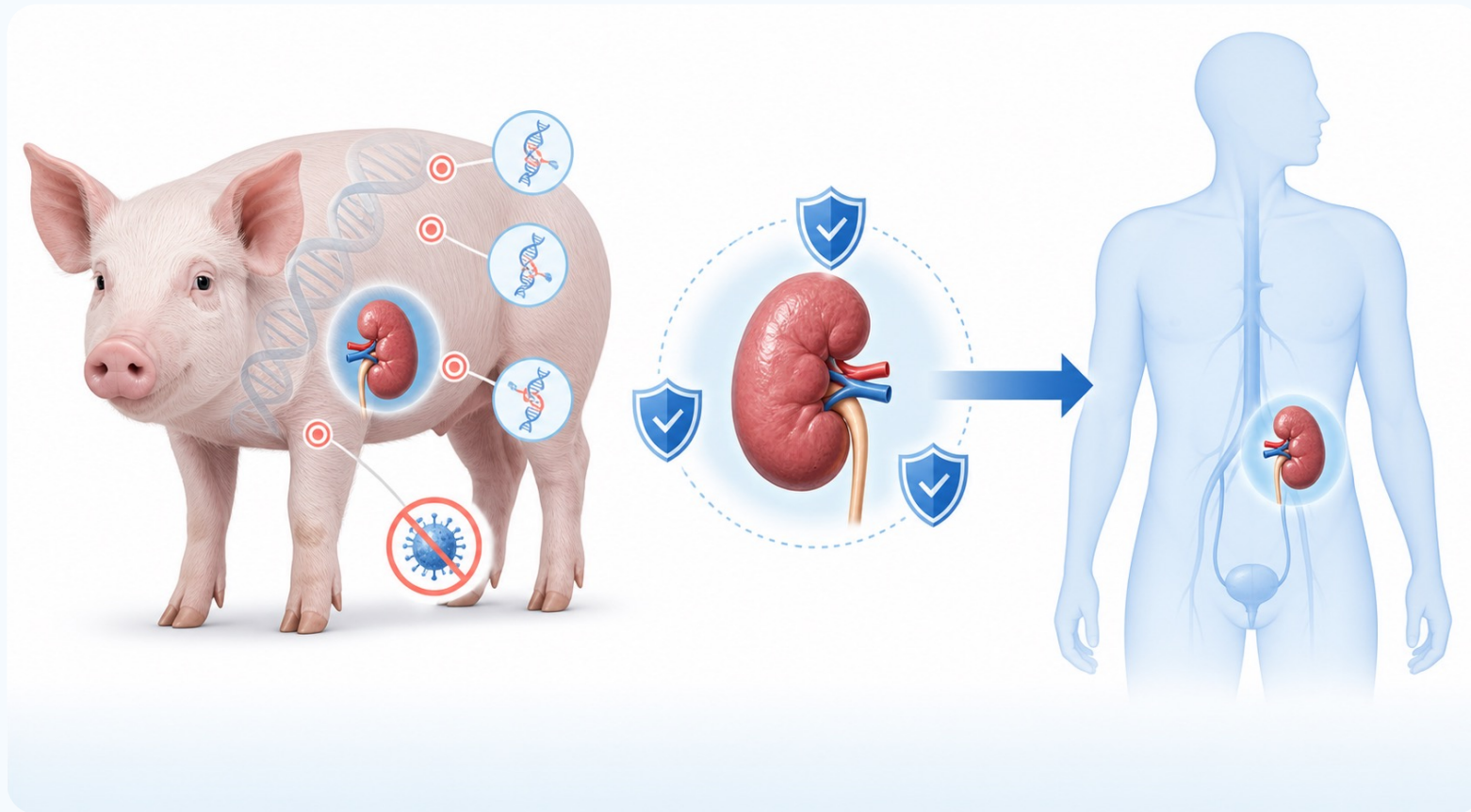
파킨슨 세포치료

iPSC 유래 도파민 신경전구세포
뇌 피각에 양측 이식

임상 결과

7명·24개월: 중대 이상반응·종양 없음
운동점수 개선 4/6명 · 도파민 +44.7%
2026 일본 조건·기한부 승인

유전자편집 돼지 신장: 인간 이식을 위한 면역 호환성 강화



돼지 유전체 69 곳에 유전자 편집

면역거부 유발 돼지 당항원 제거 3개
인간 보체·응고·염증 조절 유전자 추가 7개
돼지 유래 바이러스(PERV) 서열 비활성화 59개

임상 진행 상황

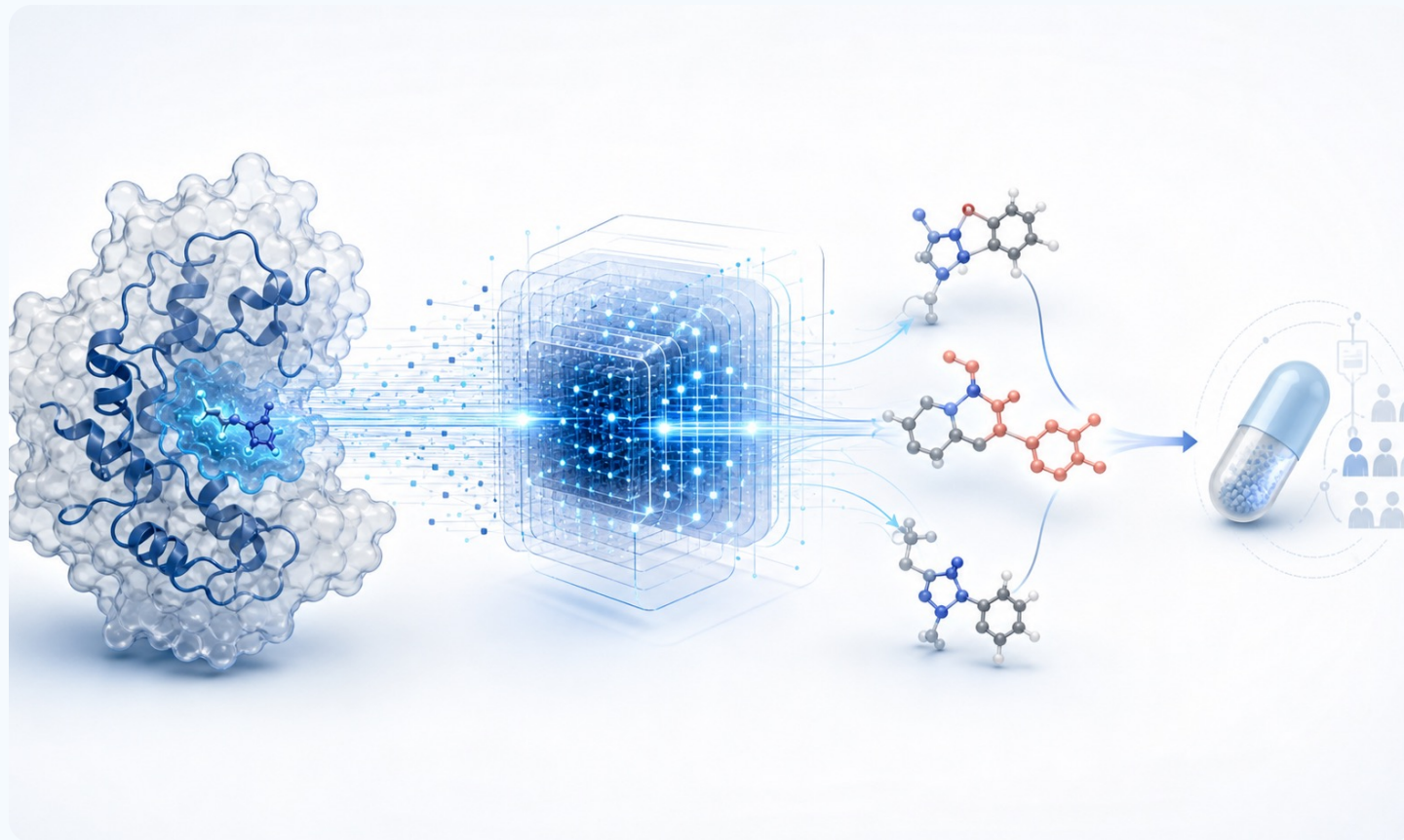
2024.03 Rick Slayman
생존자 최초 이식 · FDA 특별사용
(정식 승인 전 중증 환자 치료 기회)

2025.01 Tim Andrews
두 번째 eGenesis 이식

2025.09 FDA 임상시험 승인(IND)
EGEN-2784 정식 임상 진입

주요 출처: Wyss Institute; eGenesis; MGH, 2024-25 · 그림: 본 발표용 생성(OpenAI), 유전자편집 돼지 신장 이식 개념도

AI 신약 디자인: 후보 발굴에서 임상 3상까지



ISOMORPHIC LABS × BIG PHARMA

Novartis: 난표적 프로그램 확대

Eli Lilly: 소분자 신약 공동개발

Johnson & Johnson: 다중 표적 협력

파트너십 잠재가 약 \$3B

INSILICO · RENTOSERTIB

AI로 특발성 폐섬유증 표적·분자 설계

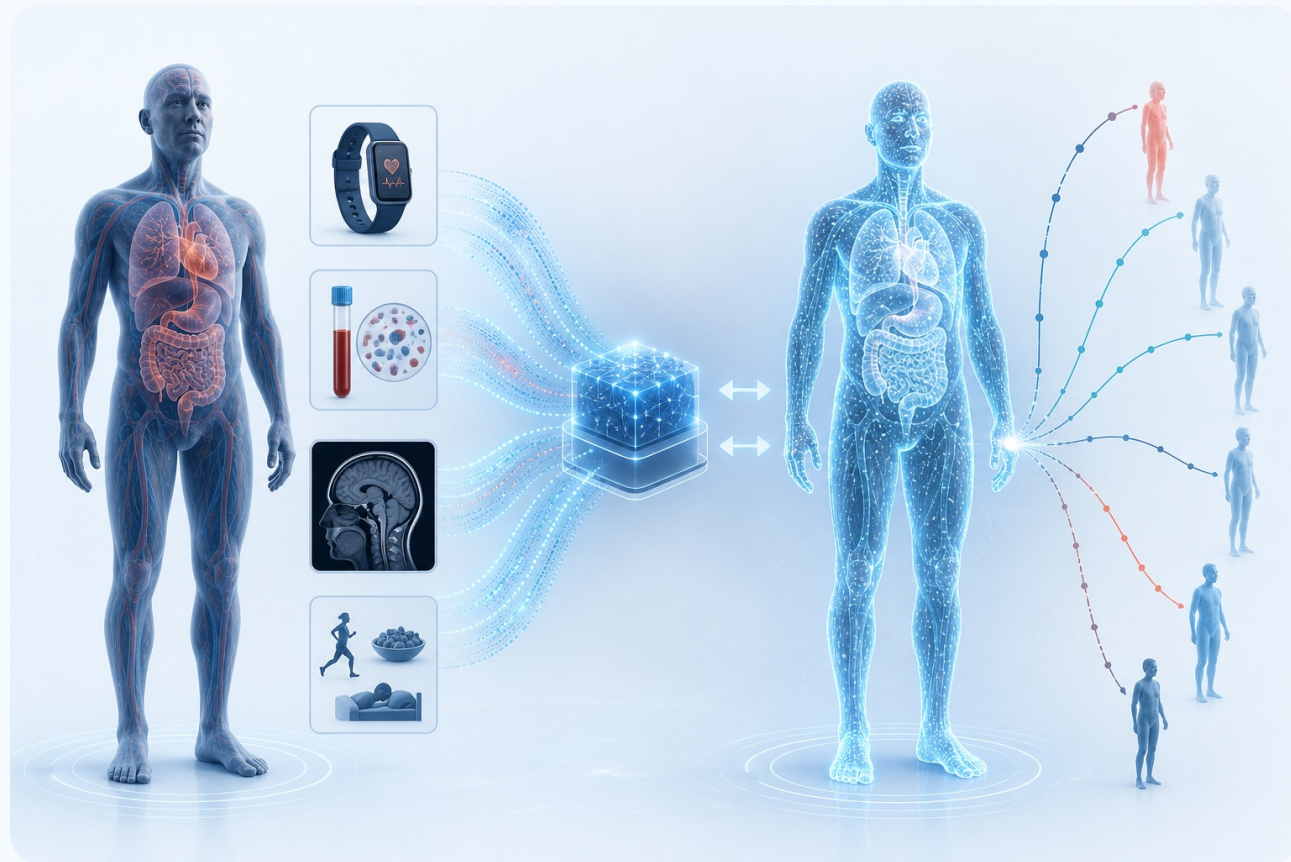
2026년 7월에 임상 3상 개시

신약 후보 발굴 2.5-4년 → 12-18개월
비용 사례: \$2.6M · 기존 방식 대비 약 \$23M 절감

주요 출처: Nature Biotechnology 2024; Nature/Biopharma Dealmakers 2021 · *Insilico 회사 공개 사례의 약 90% 비용 절감 환산

그림: 본 발표용 생성(OpenAI) · 실제 제품 화면이 아닌 AI 신약개발 개념도

디지털 트윈: 가상 모델로 노화와 치료 반응 사전 시험



현재 가능한 범위

장기·질환별 모델

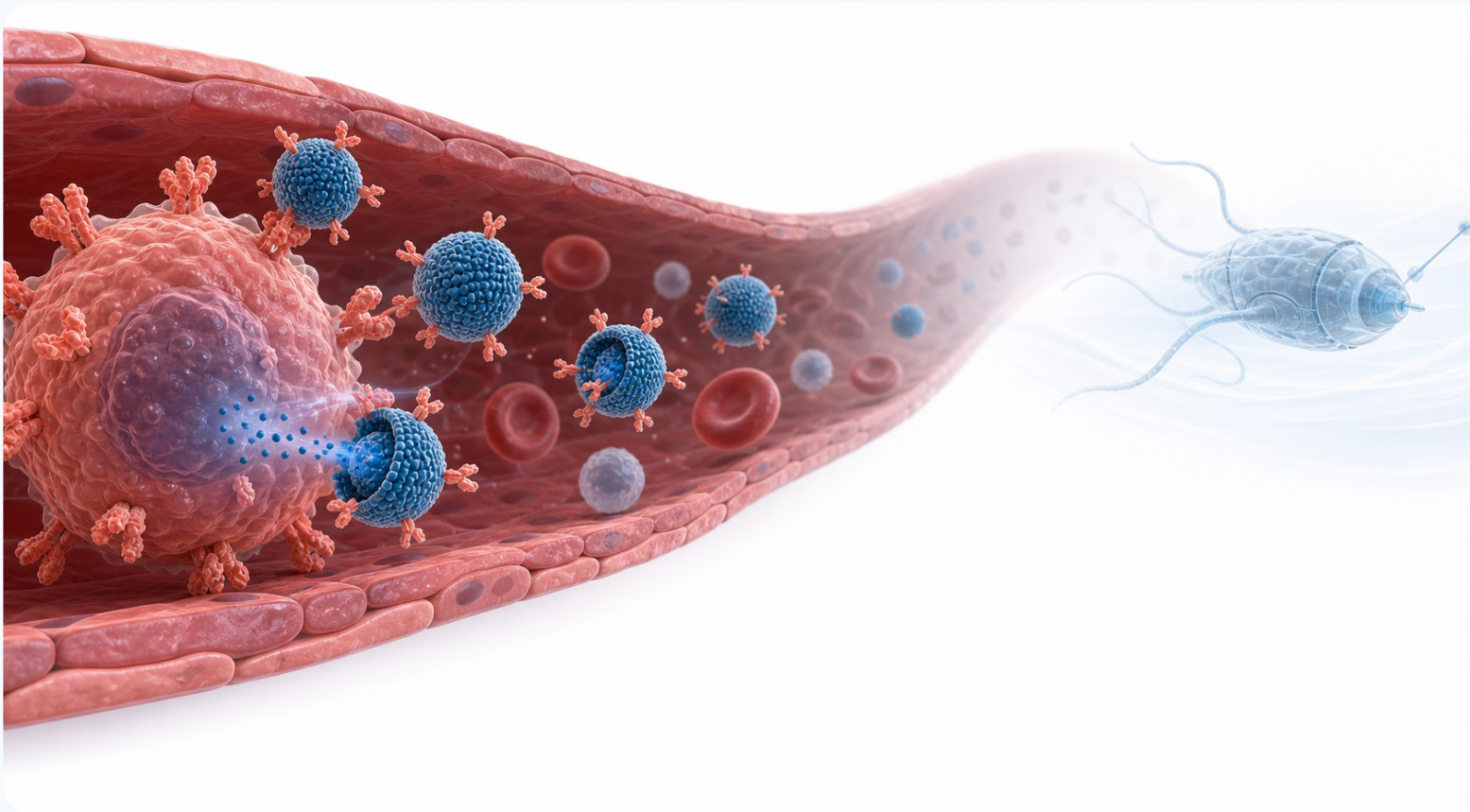
- Living Heart: 심장 시뮬레이션
- Twin Health: 대사질환 관리

노화 대응의 목표

센서·영상·오믹스를 통합해
노화속도와 약물·생활개입의
가상 결과를 개인별로 비교

현재: 심장·대사질환 장기별 트윈
미래: 생체나이·영상·웨어러블·멀티오믹스 종단 검증

나노로봇: 현재는 표적 약물 전달, 목표는 자율 탐색·치료



현재

표적 나노입자·프로드럭

병적 세포의 표면·대사특징을 인식

표적 주변에서만 약물 방출

목표: 효과 ↑, 전신 독성 ↓

임상 출발점

senolytic 프로드럭 · 표적 약물전달

아직 노화 전체의 표준치료는 아님

미래 목표

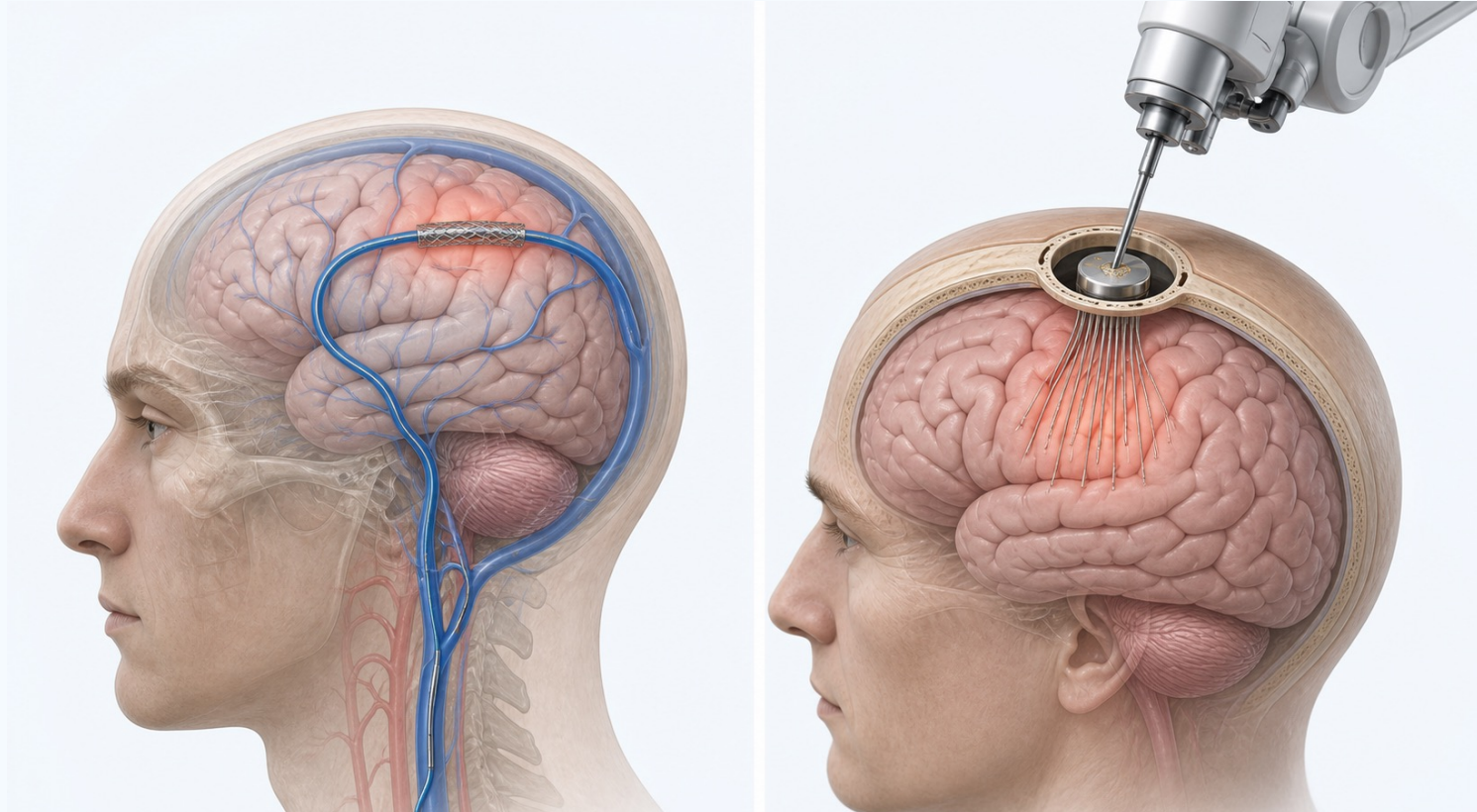
혈관을 순찰하며 스스로

탐색·판단·수선하는 자율 로봇

주요출처: González-Gualda et al., Aging Cell 2020; Rubedo pipeline; nanomedicine reviews

그림: 본 발표용 생성(OpenAI) 좌측은 현재, 투명 로봇은 미래 목표

뇌-컴퓨터 인터페이스 (BCI): Synchron vs Neuralink



두 접근법의 경쟁

SYNCHRON · STENTRODE

경정맥 → 뇌정맥 내 스텐트 전극

개두술 불필요 · 신호 밀도 제한

NEURALINK · N1

개두술 → 로봇이 피질에 64개 실 삽입

1,024 전극 · 고밀도 신호

임상 경쟁 현황

Synchron: COMMAND 완료 → INTENT 진행

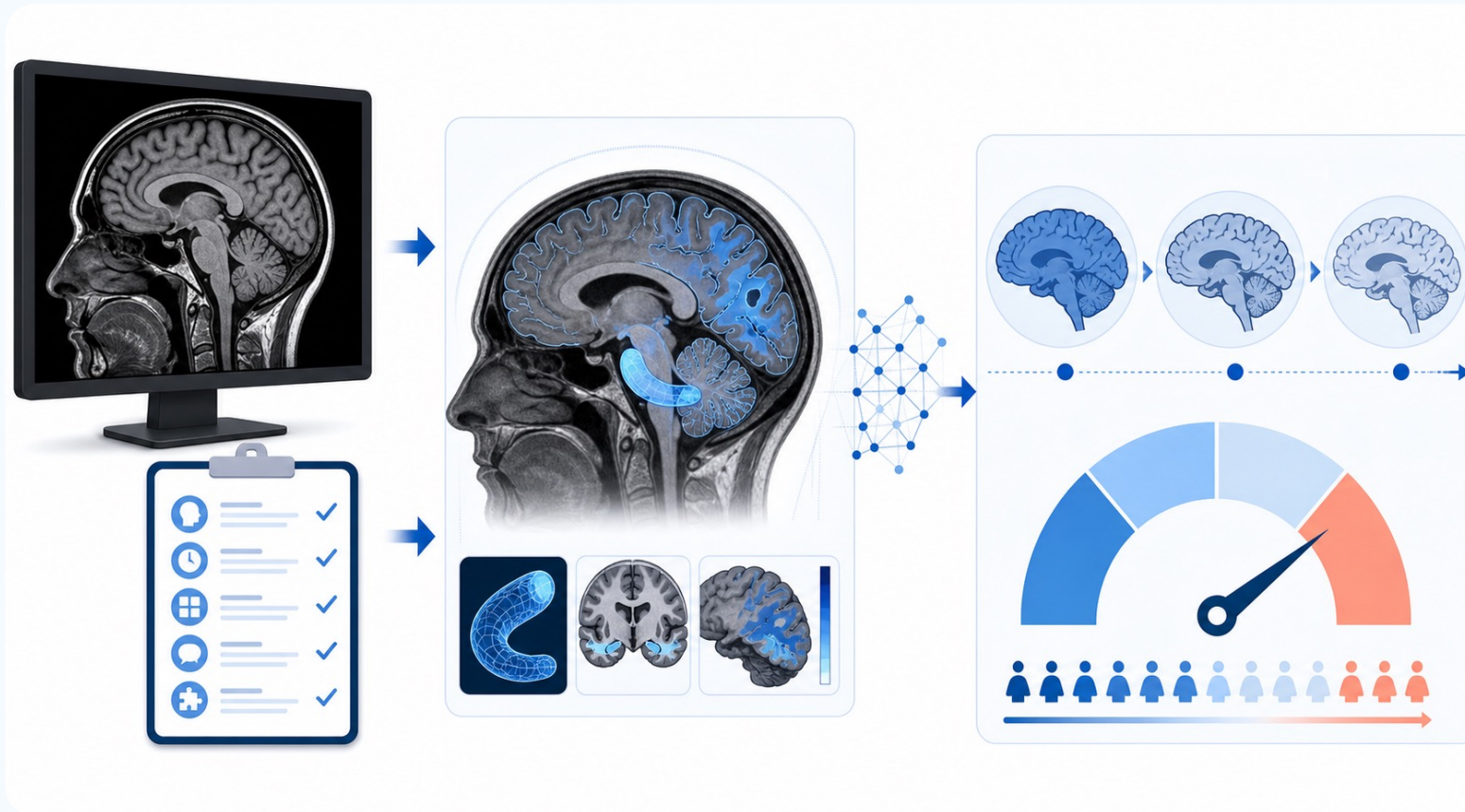
Neuralink: PRIME 2024 첫 인간 이식

Precision: Layer 7 FDA 510(k) 허가

Paradromics: Connexus 2026 첫 임상 이식

접근법 트레이드오프: Synchron = 최소침습 · Neuralink = 고밀도 신호

AI 기반 MRI·인지검사: 5년 내 치매 진행위험 예측



DARMİYAN · BRAINSEE

입력

3D T1 MRI + 인지검사

결과

경도인지장애 환자의 5년 내
알츠하이머 치매 진행위험을
비침습적으로 예측

2024년 FDA 신기술 의료기기 승인

웨어러블 ECG: 일상 부정맥 포착과 조기 개입



선두 사업화

iRhythm 사의 zio 부정맥 진단기기
작고 가벼워 장기 연속 ECG 모니터링
가슴 패치가 14일동안 심장박동 기록

대규모 검증

Apple Heart Study (Stanford 주도)
41만 명 이상 불규칙 맥박 알림 전향 평가

예측의 확장

현재: 단일 ECG 기반 심방 세동 위험 분류
미래: 연속 ECG 및 임상데이터 기반 심부전 및
급사 조기 경보

후성유전체 시계: DNA 메틸화로 읽는 생물학적 나이



DNA의 CpG 위치에 붙은 메틸화 표지를 읽어 패턴에 따른 생물학적 나이 추정

무엇을 측정하나

혈액·구강 등 다양한 조직에서 DNA의 CpG 위치 메틸화 표지 판독

나이 추정

Horvath의 연구에 따라 353개 CpG 패턴으로 나이 추정
오차는 약 3.6년

반복 측정 기반 개인별 변화율 추적
전신 평균 → 장기별 노화 속도 지도
DNA·RNA·단백질·영상 통합
조기 위험 선별·개입 반응 모니터링

그림: 본 발표용 생성(OpenAI) · 주요 출처: Ahadi et al., Nature Medicine 2020; Oh et al., Nature 2023; OMICmAge, Nature Aging 2026

RNA 전사체 시계: 실시간 기능 변화를 읽는 노화 진단



현재 세포 기능 포착: 유전자 발현량·스플라이싱 변화
개입 반응 추적: 장기별 노화 속도·치료·운동·식이 효과 반복 측정

RNA-SEQ · TRANSCRIPTOMIC CLOCK

혈액 RNA 측정을 통해 조직별 유전자 발현량과 스플라이싱 정보 확보
RNA 기반 동적 기능 변화와 조직별 나이 계산 (RNAAgeCalc)
유전자형-조직 발현 프로젝트 (GTEx) 9,448개 샘플·26개 조직 데이터 활용

최신 집단 유전 연구

2024 혈액 105만여 세포·508명 → 세포유형별 전사체 나이와 노화 추적
2025 한국인 전혈 440명 → 감염 증 상승·회복 과정의 동적 신호

운동·칼로리 제한 등 수명 연장 노력의 RNA 변화 추적
반복 채혈 기반 준실시간 분자 반응·기능적 효과 검증
개인별 효과 판별·개입 최적화

다양한 노화 대응 기술들의 발전 현황

0년 · 이미 사용

웨어러블 ECG · CAR-T
CASGEVY 유전자편집
BrainSee MRI 예후예측
DNA 메틸화 나이검사

허가·실사용

0-3년 · 상용화

국소 세놀리틱 · ER-100
돼지 신장 · BCI 임상 확대
rentosertib 임상 3상
RNA 시계 임상 바이오마커

허가·상용화 확대

3-7년 · 임상

전신 세놀리틱 후속임상
간·면역 재프로그래밍
장기별 멀티오믹스 시계
질환별 디지털 트윈

임상 검증

>7년 · 전임상

자율 나노로봇
다기관 부분 재프로그래밍
보편적 장기 대체·전신 재생
장수동물 DNA복구 표적치료

전임상 연구

DNA·RNA·멀티오믹스 반복 측정 → 개인 노화속도·치료반응 추적 → 선택성·가역성·장기 안전성을 갖춘 다기관 역노화

생체 나이를 선택할 수 있는 미래

우리는 더 오래 살 가능성이 높다

기준 전망

UN의 2100년 세계 기대수명은 약 82세

기술 가속 시나리오

수명 150–200세의 빠른 연장 가능성

더 먼 시나리오

기억·정체성의 디지털 연속

‘디지털 영생’ 논의



주요 출처: UN World Population Prospects 2024; 미래 시나리오 이미지는 본 발표용 생성