

제201회 한림원탁토론회

# 신약개발의 새로운 패러다임

일시 : 2022년 9월 26일(월) 14:30

장소 : 엘타워 골드홀(지하1층)

※ 온·오프라인 동시 개최



## 초대의 말씀

바이오 산업은 국가의 중요한 성장동력 산업이며, 코로나19 팬데믹 이후 제약 산업의 성장세는 더욱 두드러지고 있습니다. 제약 산업의 주요 분야인 신약 개발은 고부가가치를 창출하지만 후보물질 발굴부터 출시가 되기까지 많은 시간과 비용이 소요됩니다. 이를 극복하고 효과적이며 안전한 신약을 개발하기 위해서는 양질의 의료 데이터와 빅데이터, 인공지능 등 첨단기술을 활용한 융합적 연구가 필요합니다.

이에 한국과학기술한림원은 혁신신약 개발을 위해 필요한 전략과 역량을 살펴보고, 국가적 경쟁력을 강화하기 위한 방안을 모색하는 자리를 마련하고자 합니다. 최고의 전문가분들을 모시고 논의하고자 하오니 많은 관심과 참여 부탁드립니다.

2022년 9월

한국과학기술한림원

한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 마련하고 국가사회 현안문제에 대한 과학기술적 접근 및 해결방안을 도출하기 위해 개최되고 있습니다.

사회 : 문애리 덕성여자대학교 약학대학 교수

시간	구분	내용
14:30~14:40 (10분)	개회	개회사 : <b>유옥준</b> 한국과학기술한림원 원장 주제설명 : <b>문애리</b> 덕성여자대학교 약학대학 교수
14:40~15:00 (20분)	주제발표 1	오믹스 데이터 기반 혁신신약 개발 <b>김성훈</b> 연세대학교 약학대학 및 의과대학 교수
15:00~15:20 (20분)	주제발표 2	인공지능(AI) 기반 혁신신약 개발 <b>최선</b> 이화여자대학교 약학대학 교수
15:20~15:40 (20분)	주제발표 3	Microbiome을 이용한 혁신신약 개발 <b>김규원</b> 서울대학교 약학대학 명예교수
		지정 토론
15:40~16:40 (60분)	좌장 토론자	<b>정해영</b> 부산대학교 약학대학 석학교수 <b>윤호섭</b> 차바이오그룹 종합연구원 원장 <b>홍진태</b> 충북대학교 약학대학 교수 <b>북인희</b> 서울대학교 의과대학 교수 <b>박병현</b> 전북대학교 의과대학 교수 <b>김정훈</b> 서울대학교 의과대학 교수 <b>손문호</b> 대구경북첨단의료산업진흥재단 신약개발지원센터 센터장 <b>채인택</b> 중앙일보 기자
16:40~17:00 (20분)		자유토론
17:00		폐회

※ 본 토론회에서 논의된 내용은 한국과학기술한림원의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.

## 발표자 및 패널 약력

### ① 사회



#### 문애리

덕성여자대학교 약학대학 교수

- 한국과학기술한림원 대외협력담당 부원장
- 前 한국연구재단 국책연구본부장
- 前 대한약학회 회장

### ② 주제발표자



#### 김성훈

연세대학교 약학대학 및 의과대학 교수

- 연세대학교 지능형의약바이오연구원 원장
- (재)의약바이오컨버전스연구단 단장
- (주)자이메디 대표이사



#### 최 선

이화여자대학교 약학대학 교수

- 글로벌 AI 신약개발 연구센터 센터장
- 국가과학기술자문회의(심의회의) 생명·의료전문위원회 위원장
- 한국생물물리학회 회장



#### 김규원

서울대학교 약학대학 명예교수

- 한국과학기술한림원 의약학부 정회원
- 前 한국혈관생물 연구회 회장
- 前 대한약학회 학술, 편집위원장

## 지정토론

### ◎ 좌장



#### 정해영

부산대학교 약학대학 석학교수

- 前 부산대학교 약학대학 학장
- 前 한국노화학회 회장
- 前 분자염증노화제어연구센터 센터장

### ◎ 토론자



#### 윤호섭

차바이오그룹 종합연구원장 겸 차의과학대학교 연구부총장

- 前 싱가포르 난양공대 총장실 바이오메디컬 연구처장
- 前 싱가포르 난양공대 생화학 및 구조생물학 학과장
- 前 미Abbott Laboratories 글로벌 제약부분R&D 선임연구원



#### 홍진태

충북대학교 약학대학 교수

- 대한약학회 52대 회장
- 충북바이오헬스산업혁신센터(RIS) 센터장 및 협의회 회장
- 국가신약개발사업단 이사장



#### 목인희

서울대학교 의과대학 교수

- 국가치매극복연구개발사업단 단장
- 서울대학교 치매융합연구센터 센터장
- 서울대학교 평의원회 위원



## 박병현

전북대학교 의과대학 교수

- 대사염증연구센터(MRC) 센터장
- 대한민국의학한림원 정회원
- 전북대학교 'JBNU Star Fellow' 선정



## 김정훈

서울대학교 의과대학(의과학과/안과) 교수

- 서울대학교 의과대학 임상의과학과 학과장



## 손문호

대구경북첨단의료산업진흥재단 신약개발지원센터장

- 前 동아쏘시오흘딩스 연구본부장
- 前 동아ST 신약연구소장
- 前 동아제약 신약연구소 연구위원



## 채인택

중앙일보 국제전문기자

- 중앙일보 국제외교안보 에디터, 논설위원
- 단국대 초빙교수(단국인문아카데미)
- KBS 1R 뉴스월드, JTBC 정기 출연/이코노미스트·시사 저널 고정 기고

# I

## 주제발표

### 주제발표 1 오믹스 데이터 기반 혁신신약 개발

- 김성훈 연세대학교 약학대학 및 의과대학 교수

### 주제발표 2 인공지능(AI) 기반 혁신신약 개발

- 최 선 이화여자대학교 약학대학 교수

### 주제발표 3 Microbiome을 이용한 혁신신약 개발

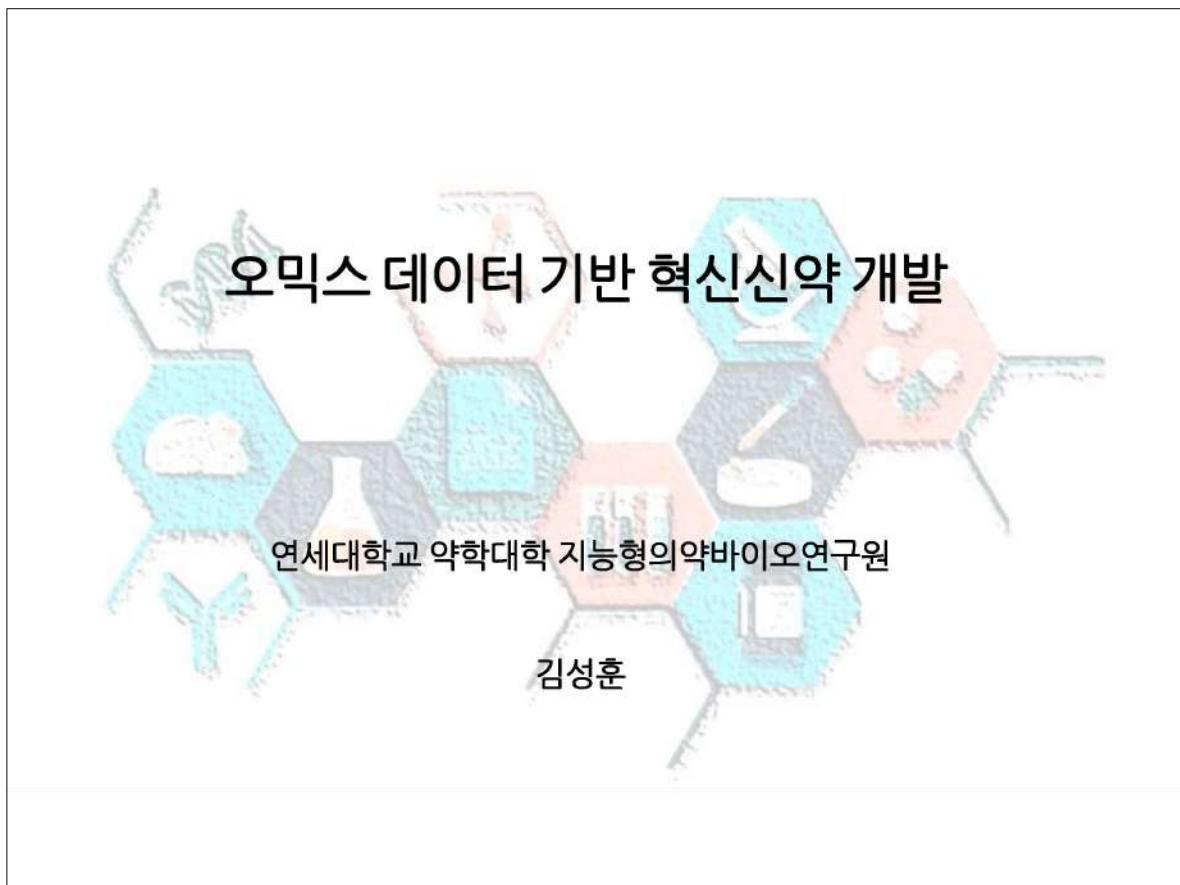
- 김규원 서울대학교 약학대학 명예교수

## 주제발표 1

# 오믹스 데이터 기반 혁신신약 개발

...

김 성 훈  
연세대학교 약학대학 및 의과대학 교수

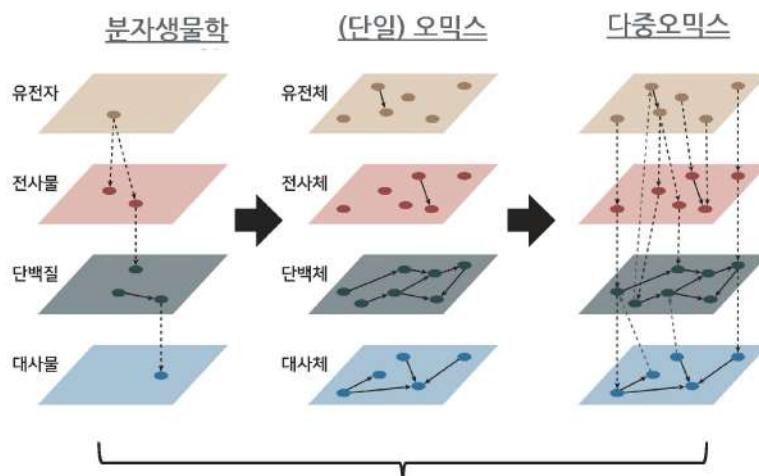


## 글로벌 혁신신약 개발과 다중오믹스 (Multi-Omics)

- 글로벌 혁신신약이란 약의 작용기전과 효능이 기존의 약물과 구별되며 연간 조 단위 이상의 매출을 올리는 신약
- 글로벌 혁신신약의 보유 여부가 제약바이오 분야 선진국의 지표이며 전세계에서 미국, 유럽, 일본정도만 글로벌 혁신신약을 보유
- 글로벌 혁신신약의 개발은 국가 경제와 질병의 극복에 엄청난 임팩트가 있기에 신약강국은 혁신 신약 개발을 통해 제약산업의 선순환구조를 유지
- 그러나 혁신신약 개발에는 10년 이상의 기간, 1조이상의 비용이 소요되어 신약개발의 성공율을 높이기 위해 다양한 새로운 기법의 적극적 도입이 요구됨.
- 이를 위해 다중오믹스 (Multi-Omics) 기법이 신약개발의 모든 과정에 적극적으로 적용되기 시작함.

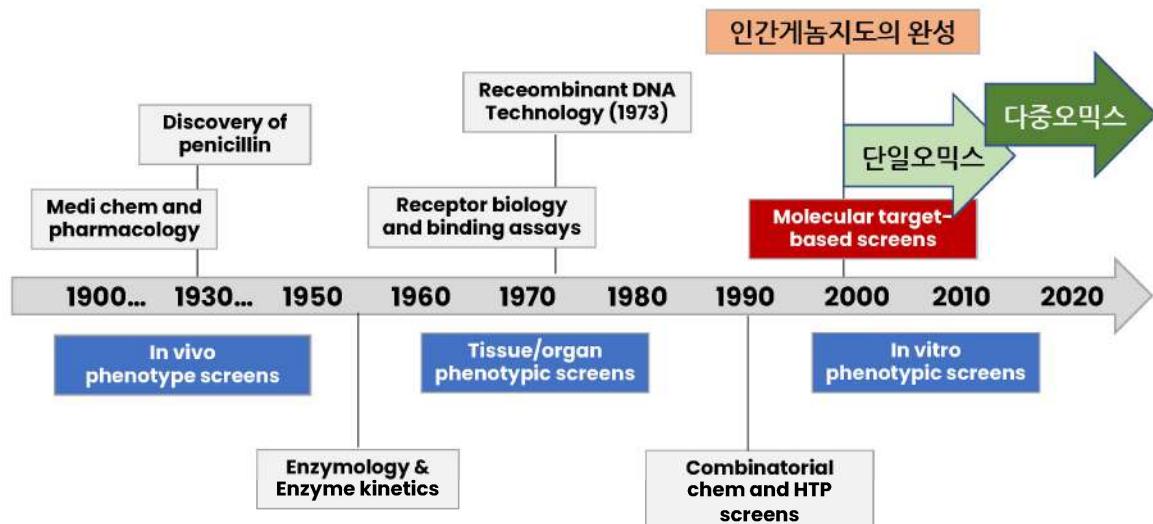
## 다중오믹스 (Multi-Omics) 란?

- 오믹스(OMICS)란 생명 분자들에 대한 개별적 연구대상을 전체적으로 분석하는 생물학적 실험 기법들을 의미



- **다중오믹스 (Multi-Omics)**는 유전체, 후성유전체, 전사체, 단백체, 대사체등 다양한 수준의 오믹스 데이터들을 통합적으로 분석

## 신약개발기술의 발전 과정에서 오믹스 기법의 도입

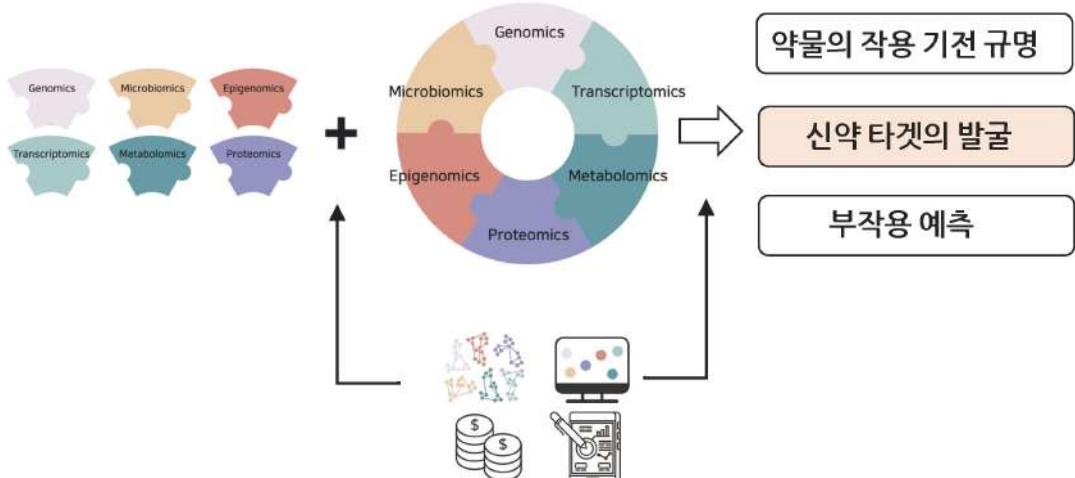


Modified from Drug Discovery Today

## 신약개발 혁신을 위한 다중오믹스 데이터의 활용

- ✓ 초기 신약개발 과정에서 가장 중요한 요소는 신기전 신약 타겟의 발굴과 검증

### 단일오믹스데이터 + 다중오믹스데이터 = 활용



## “신기전 약물 타겟”의 발굴은 혁신신약개발에 중요한 요소

Finding the **right target** remains the most **important decision** we make in **drug discovery**...

Steve Rees, VP, R&D, et al, AstraZeneca 2021

**Good target identification** and validation enables increased **confidence** in the relationship between **target and disease**...

Hughes, JP, Br J Pharmacol 2011

**Target discovery** and validation is perhaps **the most critical discipline** in the entire pharmaceutical research and development value chain.

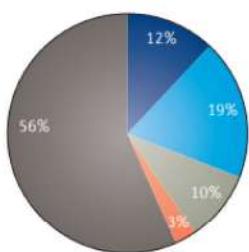
Plowright, AT, Method and Principles in Medicinal Chemistry vol 78, 2020

## 가용 약물 타겟의 발굴이 신약개발의 병목

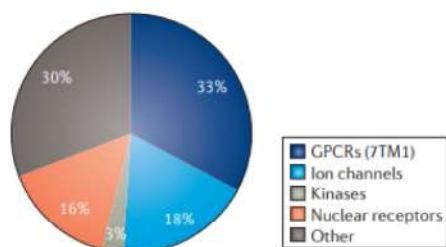
Drug target class	Targets			Drugs		
	Total targets	Small-molecule drug targets	Biologic drug targets	Total drugs	Small molecules	Biologics
Human protein	667	549	146	1,194	999	195
Pathogen protein	189	184	7	220	215	5
Other human biomolecules	28	9	22	98	63	35
Other pathogen biomolecules	9	7	4	79	71	8

The list also includes antimalarial drugs approved elsewhere in the world.

약물타겟의 분포

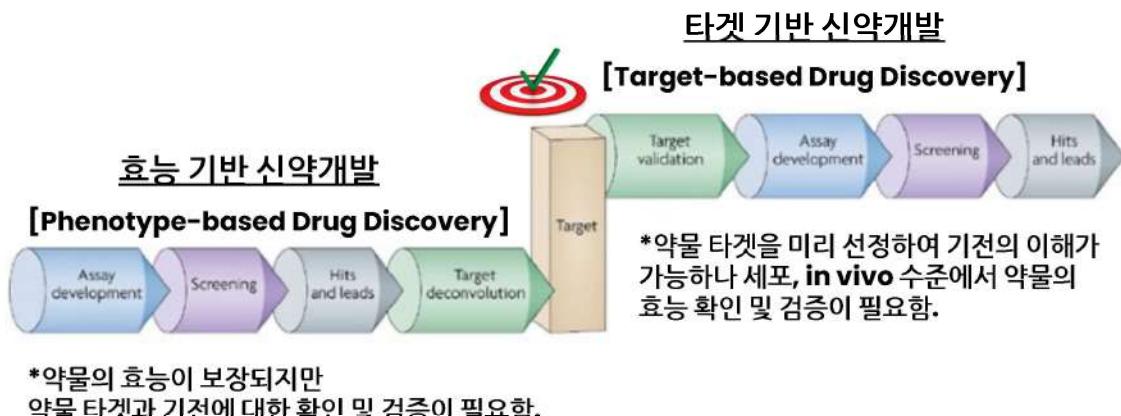


약물타겟에 따른 화합물 약물의 분포



Santos et al, NAT REV DRUG DISCOV 16: 19, 2017

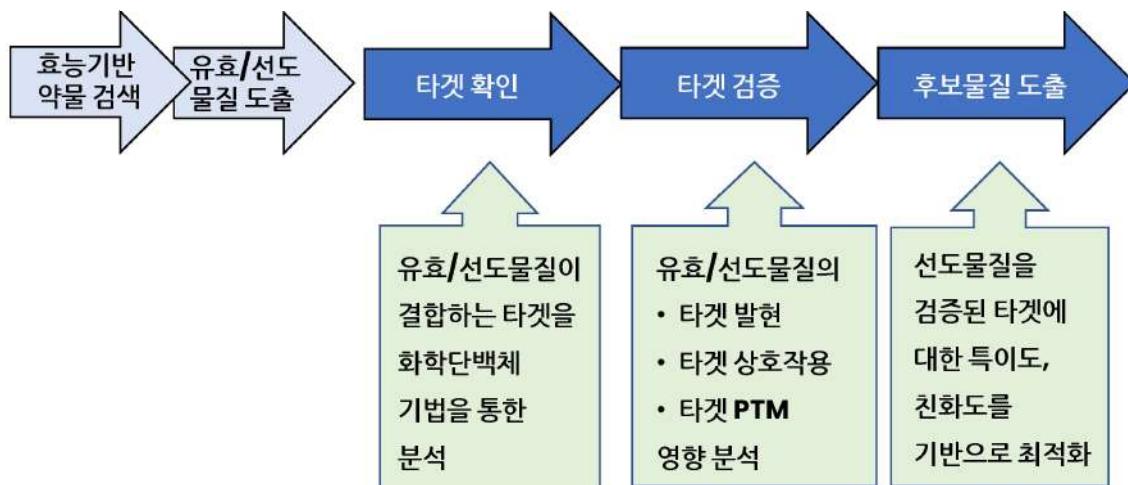
## 신약개발은 “약물 타겟”을 기준으로 두가지 접근 방법이 공존



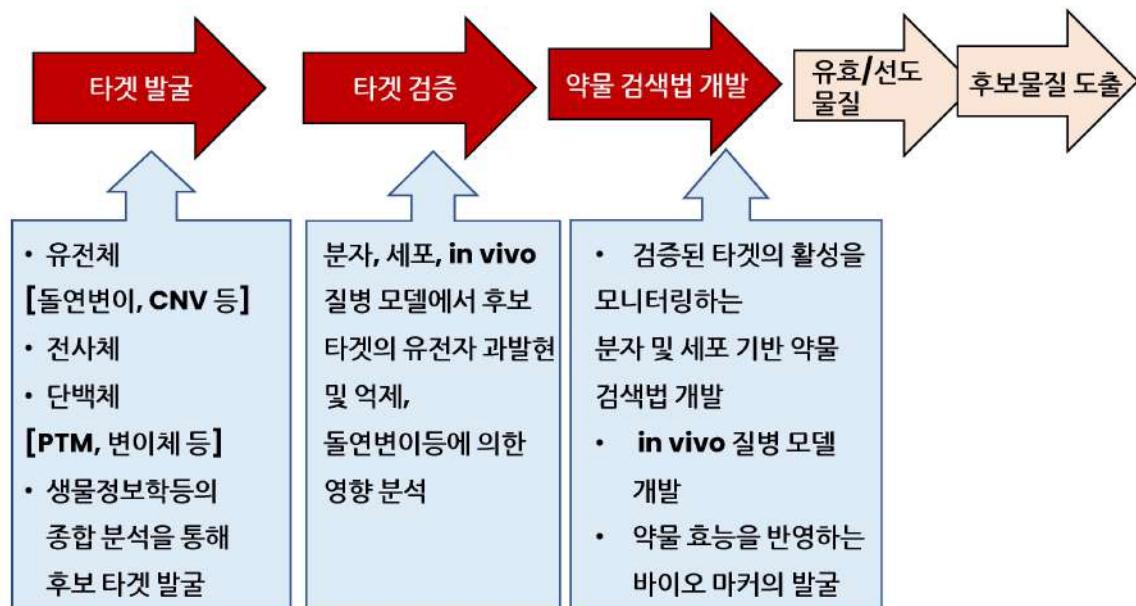
Modified from Terstappen et al, Nat Rev Drug Discov 6: 891, 2007

## 효능 기반 (Phenotype-base) 약물개발 과정에서

### 약물 타겟 검증을 위한 다중오믹스 기법의 활용



## 타겟 기반 (Target-based) 약물 개발에 있어서 다중오믹스 기법의 활용



## 오믹스 기반 신약 타겟의 개발 적용 사례



Medicinal Bioconvergence Research Center (BIOCON)  
의약바이오커버Jess여구다

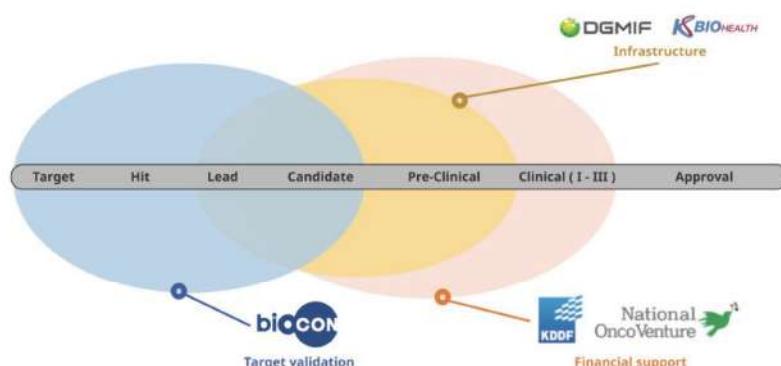
BUILDING A BUSINESS bioentrepreneur

## Biocon's target factory

Thomas X Neenan, Robert E Burrier & Sunghoon Kim

South Korea's 8-year effort to create an integrated platform for novel target and lead development provides an academic drug discovery model for other emerging economies.

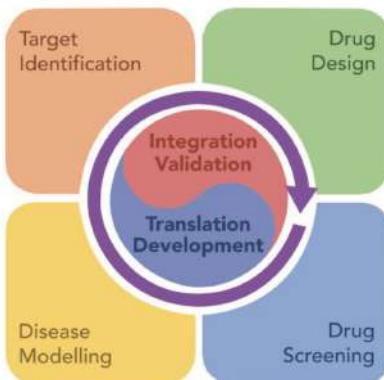
NATURE BIOTECHNOLOGY VOLUME 36 NUMBER 9 SEPTEMBER 2018



## BIOCON의 고유한 타겟 개발 플랫폼 구조와 검증 기준

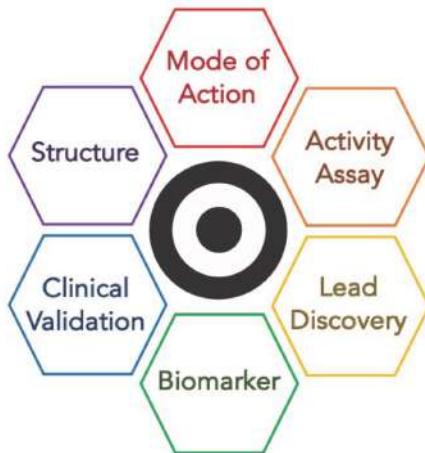
## 개발 방식

직선형 (Linear)에서  
순환형 (Circular)방식으로



## 타겟 검증 기준

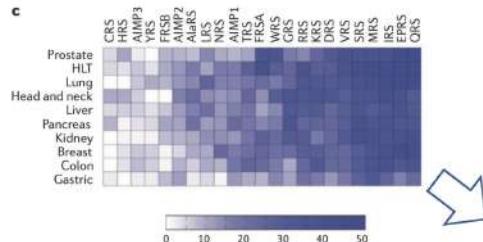
## 6-pack (6가지 주요 요소의 총족)



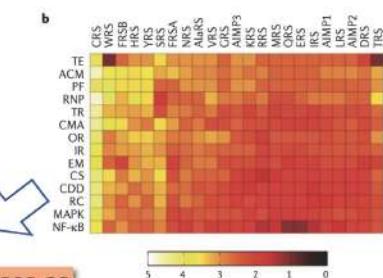
Neenan T, Nat Biotech 36, 791, 2018

## 다중오믹스 기반 심층 분석을 통한 신기전 타겟군의 확인

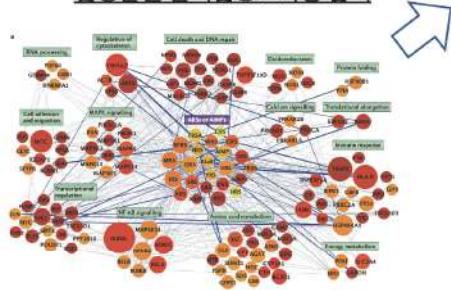
## 질병관련 유전자 발현 패턴의 분석



### 질병관련 신호전달 과정의 패턴 분석



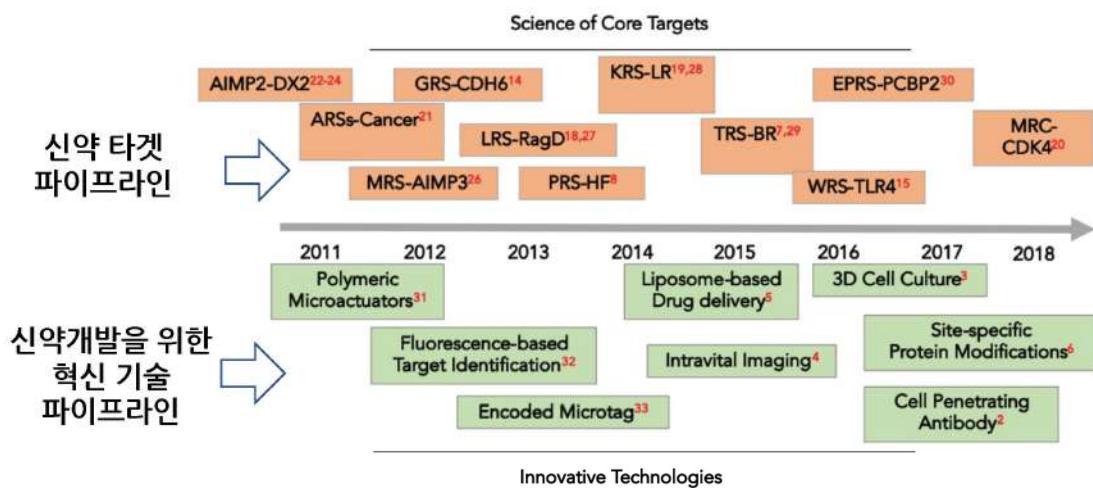
### 질병관련 단백질상호작용 분석



### 질병관련 유전자 돌연변이 분석

Kim, Nat Rev Cancer 2011; Kwon, Nat Rev Drug Discov 2019

## Biocon 고유의 신기전 타겟과 혁신 기술 파이프라인의 구축

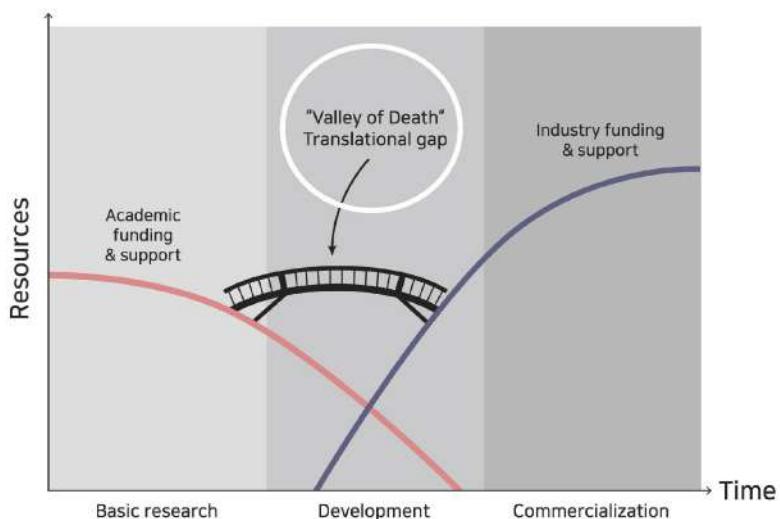


Neenan T, Nat Biotech 36, 791, 2018

## 오믹스 기반 신약 타겟 개발 패러다임의 유용성 입증



## 혁신 약물 타겟의 개발은 신약개발의 “Death Valley” 영역

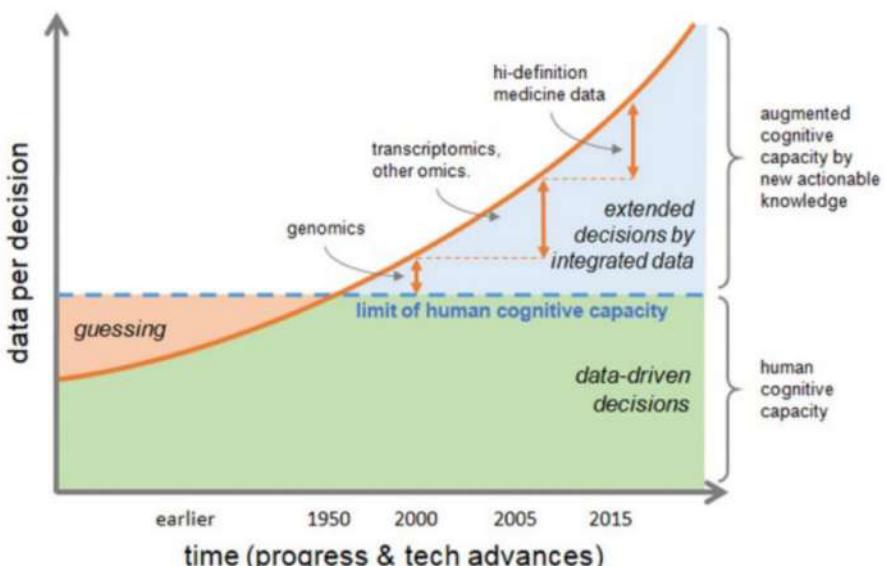


대한민국이 글로벌 혁신신약개발이 가능한 국가가 되려면  
“Death Valley”를 넘어갈 수 있는 공적 재원의 지원이 필수적

Source: <https://www.researchgate.net/publication/321825675>  
Exploiting scene constraints to improve object Detection algorithms for industrial applications  
NEJM Catalyst (catalyst.nejm.org) © Massachusetts Medical Society

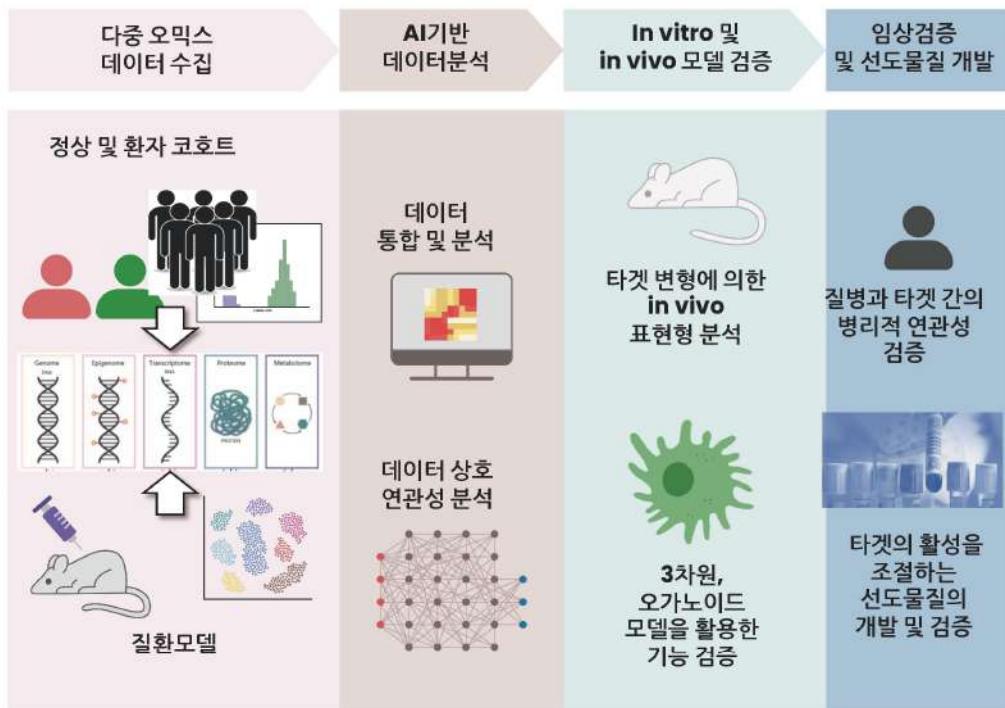
## 기회와 도전: 다중 오믹스 분석에 의한 바이오 빅데이터의 흥수

- ✓ 지난 15년간 인체관련 데이터 3조배 증가
- ✓ 환자에 대한 의학적 결정이 증상과 경험 중심에서 데이터 중심으로 전환



Modified from Rossi et al, Frontiers in Digital Humanities 2018

## 혁신 타겟 개발을 위한 다중오믹스와 AI 융합형 오픈 컨소시엄의 구축 필요



## 다중오믹스와 AI 융합형 타겟 컨소시엄 (K-Target)의 필요성

- 정밀의학시대에 신기전 약물 타겟의 수요는 지속적으로 증대할 것으로 예상.
- 국내에서 아직도 혁신신약개발의 성공사례가 없는 것은 대부분의 제약사와 바이오테크들이 신기전 약물 타겟보다는 기존에 알려진 타겟을 대상으로 약물을 개발하기 때문.
- 대한민국이 혁신신약 보유국이 되려면 신기전 타겟의 보유가 선행되어야 함.
- 그동안 신약 타겟 개발사업이 있었으나 개별적, 소규모, 비연속적으로 진행되어 글로벌 경쟁력, 혁신성의 부족과 신약개발로의 연계에 어려움이 있었음.
- 신기전 약물 타겟을 발굴하여 검증하려면 작용기전, 구조규명, 유효물질확보, 질병모델, 임상분석등 다양한 데이터를 다중오믹스 기법으로 분석해야 함.
- 다중오믹스로 얻어진 빅데이터로부터 효율적으로 의미를 추출하기 위해서는 AI 연구 기법이 융합되어야 함.

## 주제발표 2

# 인공지능(AI) 기반 혁신신약 개발

...

최 선

이화여자대학교 약학대학 교수



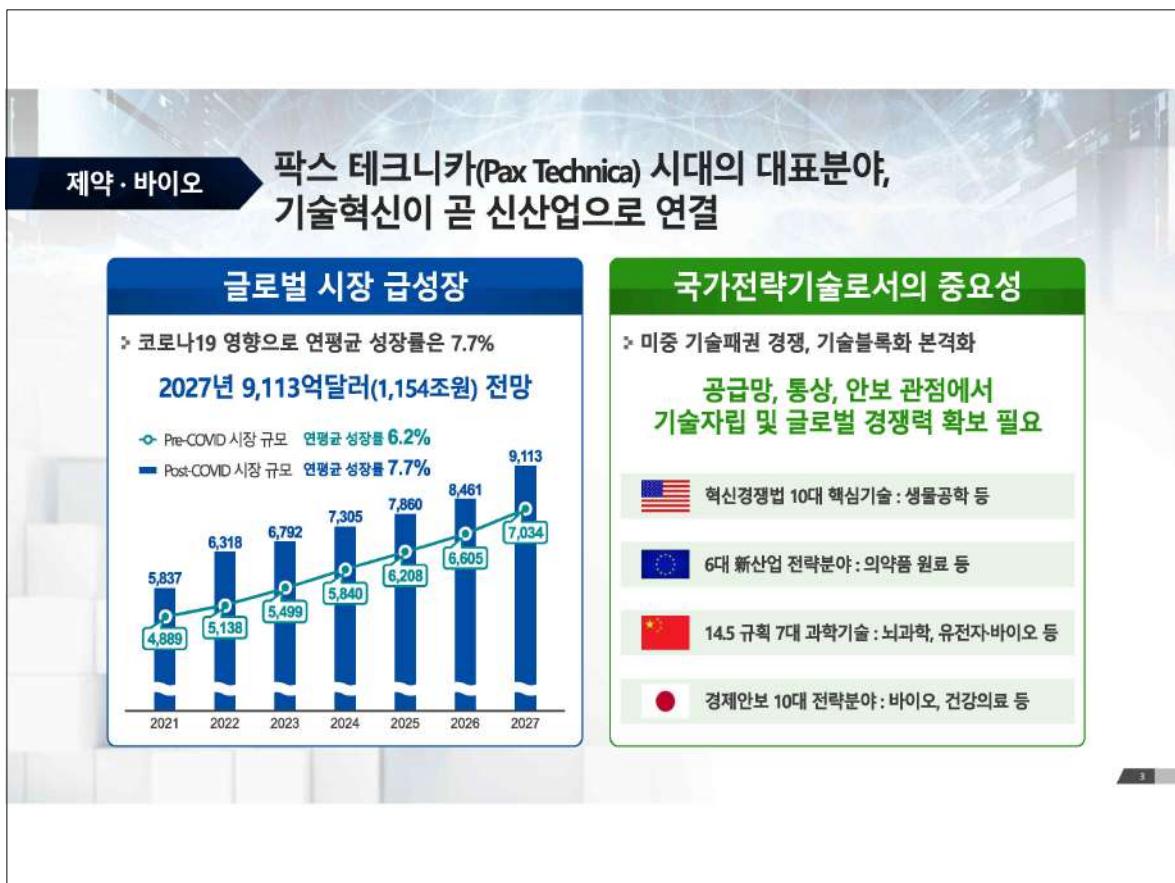
한국과학기술한림원 제201회 한림원학회  
주제 신약개발의 새로운 패러다임

# 인공지능(AI) 기반 혁신신약 개발

최 선  
이화여자대학교 약학대학

2022. 09. 26.  
엘타워

 **KAIST** The Korean Academy of Science and Technology  
 **이화여자대학교**  
EWHAWOMANS UNIVERSITY







## 인공지능(AI) 활용 신약개발 사례

**영국 Exscientia** 

**인공지능으로 설계·발굴된 후보물질의 임상 진입**

- 인공지능 모델을 통해 1천억개에 달하는 신규 화합물을 설계
- 그 중 성공 가능성이 높은 화합물을 알고리즘으로 선별·제안

**미국 In Silico Medicine** 

**46일만에 섬유증 치료제 후보물질 발굴**

질병타겟을 선정하고, 관련 DB로 학습된 자체 인공지능 플랫폼 "GENTRL"을 통해 특허성이 고려된 섬유증 치료 후보물질 발굴

**미국 Atomwise** 

**에볼라 바이러스 치료제 후보물질 개발**

- 인공지능 모델(AtomNet)이 약물 분자와 분자의 결합 예측
- 7,000여종의 약물재창출 후보를 24시간 만에 분석하여 적절한 후보물질 2종 도출

**영국 Benevolent AI** 

**인공지능 활용 코로나19 치료제 개발**

기존 류마티스 관절염 치료제 '바리시티닙'의 코로나19 치료 효과를 예측하고 임상을 통해 검증

## 과기부지원 AI 기반 신약개발 플랫폼 구축, 고도화 및 공공 서비스 사례

**주관(이대약대) 및 공동연구기관**

- 표적 예측 컨텐츠
- 약물 설계 컨텐츠
- 효능 예측 컨텐츠
- ADMET 예측 컨텐츠
- 가상 탐색 및 필터링
- 단백질 구조 예측
- 단백질-리간드 동역학 등



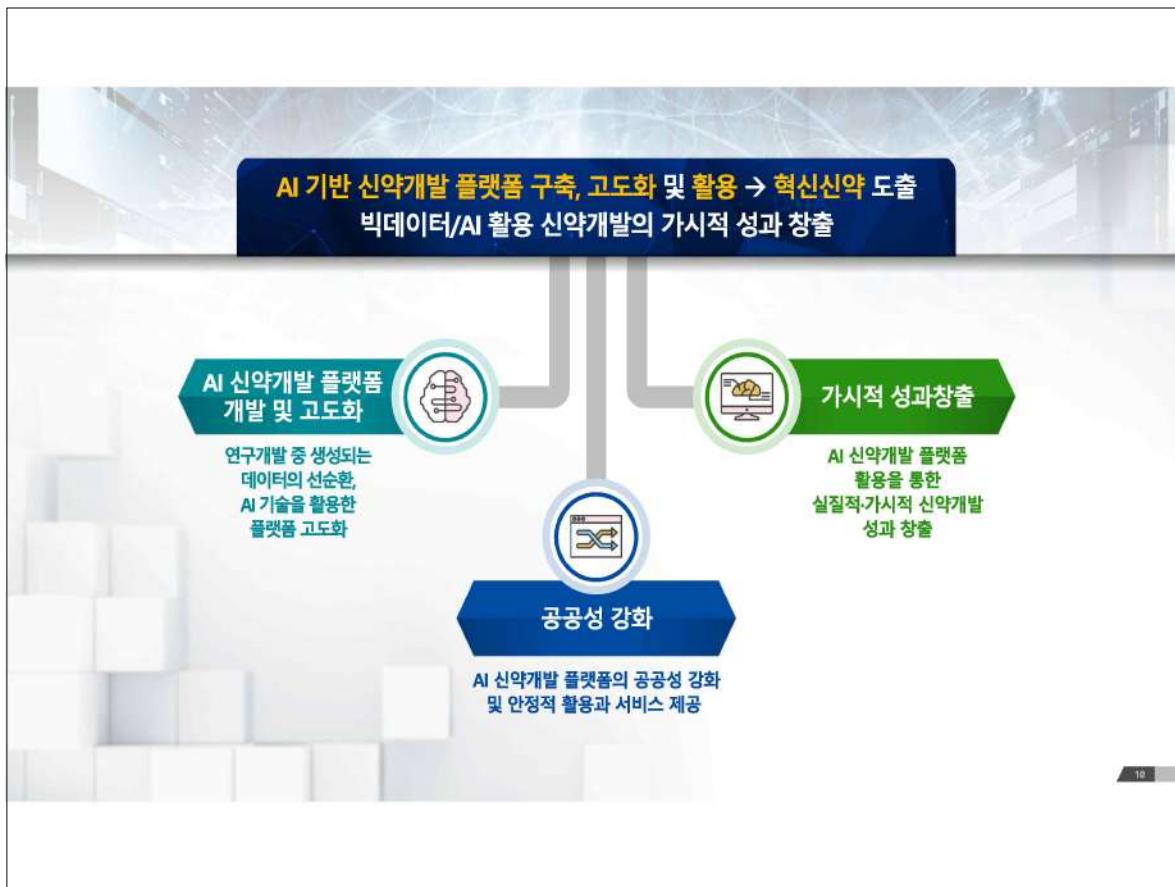
**AI 신약개발 플랫폼**

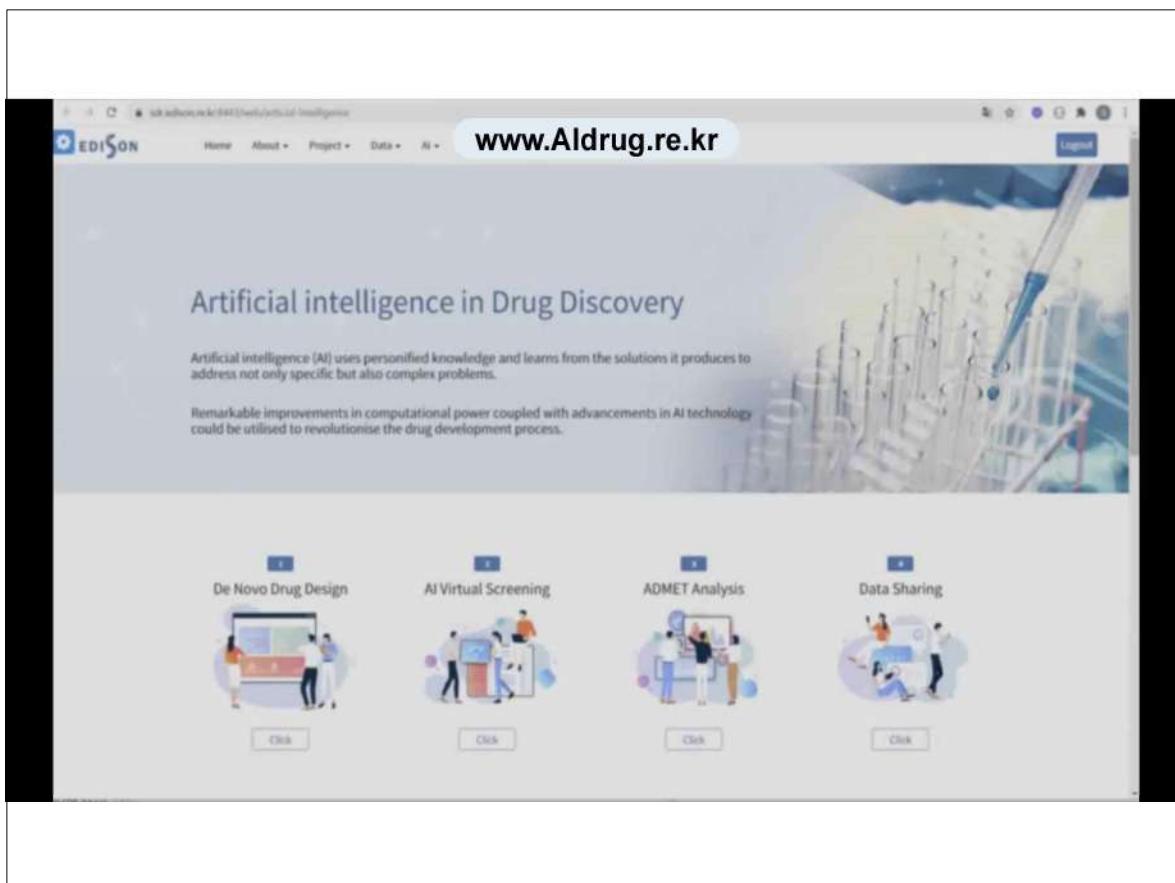
**▶ 빅데이터 구축 및 연계**

**▶ 신약개발 커뮤니티 지속 확대**

**▶ 국가 바이오 데이터 스테이션(KBDS)**

- 국가 바이오 데이터 스테이션(KBDS) 데이터 연계 (회합률은행 데이터 포함)
- 국가 바이오 데이터 스테이션(KBDS) 분석시스템을 통한 지속적인 AI 신약개발 플랫폼 서비스 제공

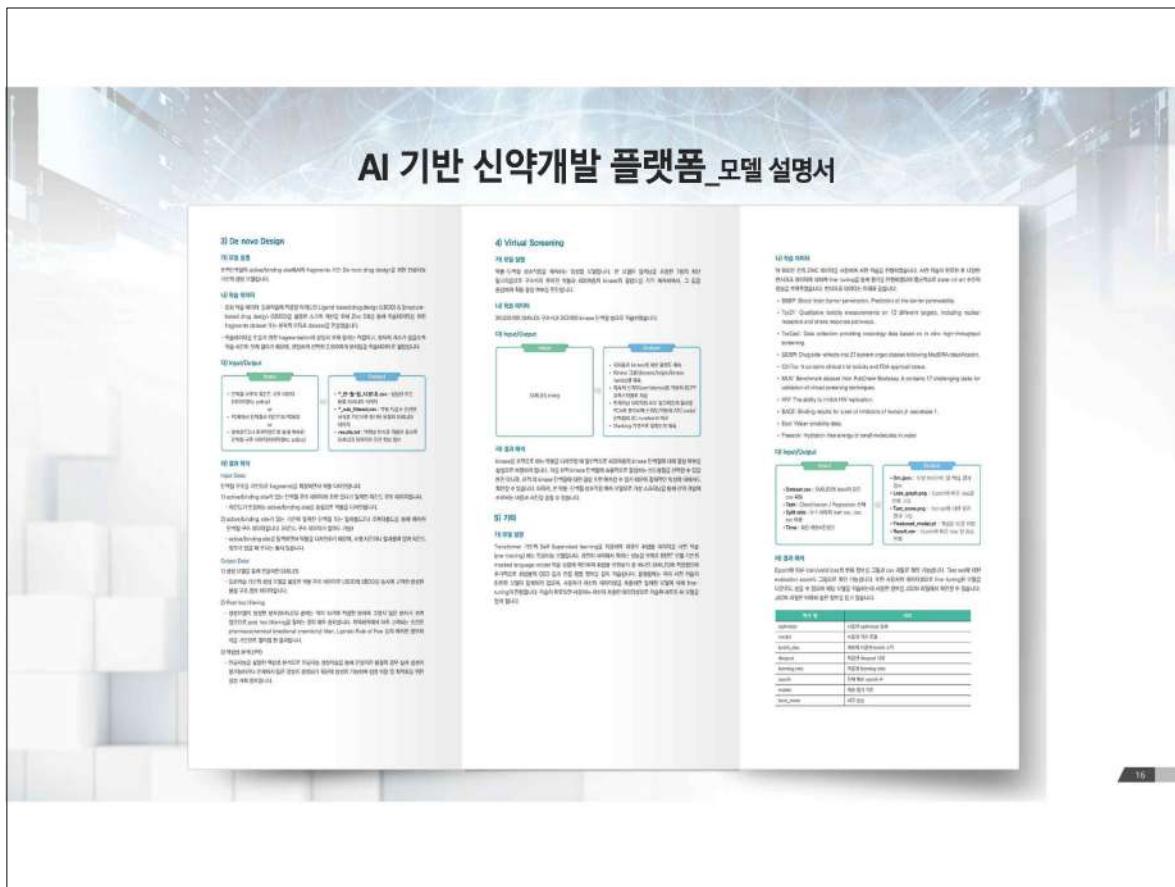




AI 기반 신약개발 플랫폼\_교육 동영상 서비스

모듈 Category	강의 주제
AI-based ADMET Analysis	빅데이터를 활용한 ADMET 특성 예측의 주요원리 이해 약동학 기본개념, 약물의 흡수와 분포, 약물의 소실 및 AUC, 컴파트먼트 모델, 반복투여 및 생체이용률
AI-based Pharmacogenomic Analysis	BioVLAB-Cancer_Pharmacogenomics 모델의 배경지식, 시스템 구현, 구성 요소 및 검증
	BioVLAB-Cancer_Pharmacogenomics 모델 튜토리얼
	Drug Response analysis Integrating Multi-omics and time-series data (DRIM) 모델의 배경지식, 목적 및 활용방안
	Drug Response analysis Integrating Multi-omics and time-series data (DRIM) 모델 튜토리얼
De novo Drug Discovery	AI를 활용한 De novo Drug Design & 방법론
	딥러닝 기반 강화학습을 활용한 Fragment-based Molecule Generation
	De novo Drug Design 모델 튜토리얼
Docking Simulation	Docking simulation의 개념과 활용 및 모델 및 모듈 튜토리얼
AI-based Virtual Screening	EnsDTI: An ensemble method for predicting drug-target interactions
강의 피드백	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; ADMET, Big Data, Machine Learning의 기본 개념을 간략히 잘 설명</li> <li>&gt; 약동학 공식을 이해하기 쉽게 정리하여 기초 일문자에게 적합</li> <li>&gt; 모델의 사용 목적에 대한 설명이 매우 간결하고 명확</li> <li>&gt; ML에 대한 기초지식이 없다고 하더라도, 해당 모델을 활용하여 원하는 정보를 얻을 수 있음</li> <li>&gt; 기초적인 원리를 포함하고 있기 때문에 이해하기 쉬움</li> <li>&gt; AI 모델이 신약개발에서 활용될 수 있는 부분을 간략히 설명, AI 모델을 활용한 신약개발을 시작하고자하는 개발자에게 도움이 될 것으로 보임</li> </ul>

AI 기반 신약개발 플랫폼 모델 설명서



## 주제발표 3

### Microbiome을 이용한 혁신신약 개발

...

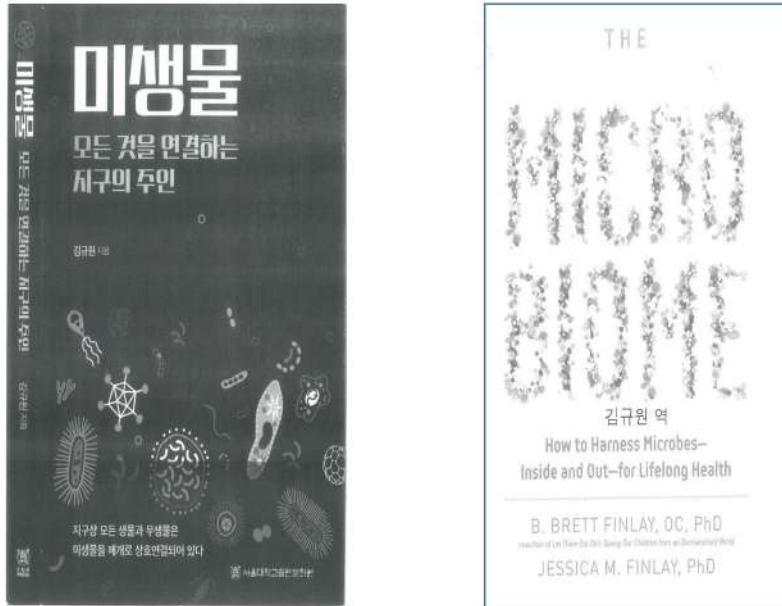
김 규 원

서울대학교 약학대학 명예교수

### Microbiome을 이용한 혁신신약 개발

김 규 원

서울대학교 약학대학



2

## 미생물의 특성

### 1. 작은크기

인간의 백혈구 (직경: 12)
대장균 (1.3x4)
독감 바이러스 (직경: 0.1)

(단위:  $\mu\text{m}$ )

### 2. 엄청난 수

<b>미생물</b>	바이러스 $(1 \times 10^{31})$
	세균 $(1 \times 10^{30})$
	고 세균 $(1 \times 10^{29})$
	진균 $(1 \times 10^{27})$
	원생생물 $(1 \times 10^{27})$

<b>동식물</b>	선충 $(1 \times 10^{21})$
	어류 $(1 \times 10^{15})$
	식물 $(1 \times 10^{13})$
	야생조류 $(1 \times 10^{11})$
	가축 $(1 \times 10^{10})$

### 3. 다양한 기능

광영양성, 화학영양성, 독립영양성, 종속영양성, 기생영양성  
 $100^{\circ}\text{C}$ 이상의 극호열성, 5.5M NaCl농도의 극호염성, pH 0의 극산성, 무산소지역, 해저, 대기성층권 등

### 4. 지구상 모든 생물과 무생물인 원소와 자원들이 미생물을 매개로 상호연결되어 있다.

3

## 장미생물군집

### 대장: 10조 마리의 세균

**Bacteria** : ~93% of total DNA

**Vira** : ~5.8% of total DNA

**Archaea** : ~0.8% of total DNA

**Protista** : ~0.2% of total DNA

**Fungi** : ~0.1% of total DNA

갯수: 약 10~100조

① **비알코올성 지방간질환(non-alcoholic fatty liver disease, NAFLD):**  
후벽균문 증가, 의간균문 감소.

② **신장결석:** *Oxalobacter formigenes*와 *Lactobacillus* 균의 증가

③ **염증성 장질환(inflammatory bowel disease, IBD):** 의간균, 후벽균, *Faecalibacterium prausnitzii*균이 감소, *Proteobacteria*증가

④ **비만:** 후벽균 증가, 의간균 감소

⑤ **당뇨병:** 후벽균 증가, 의간균 감소

⑥ **대장암:** 후벽균 증가, 의간균 감소

⑦ **대변이식술(Fecal microbiota transplantation, FMT):**

- IBS, IBD *Clostridium difficile* 감염 설사병에 효과
- 궤양성 대장염

⑧ **장미생물군집 분석회사:** American Gut, DayTwo(개인의 분변으로 분석  
⇒ 권장식이법 제안), uBiome

4

## 장질환과 장미생물군집의 변화

표 1 염증성 장질환에서 나타나는 장미생물 군집의 변화

장미생물의 종류	장미생물 군집의 변화	
	증가	감소
박테리아	<i>Firmicutes</i> 문	<i>Firmicutes</i> 문
	- <i>Bacillaceae</i> 과	- <i>Faecalibacterium prausnitzii</i>
	- <i>Staphylococcaceae</i> 과	- <i>Roseburia hominis</i>
	- <i>Streptococcaceae</i> 과	- <i>Butyrivibacillus</i>
	<i>Proteobacteria</i> 문	- <i>Lachnospiraceae</i> 과
	- <i>Enterobacteriaceae</i> 과	- <i>Clostridia</i> 속
	- <i>Salmonella</i> 속	<i>Actinobacteria</i> 문
	- <i>Klebsiella</i> 속	- <i>Corynebacteriaceae</i> 과
	- <i>Pseudomonas</i> 속	- <i>Bifidobacterium</i>
	- <i>Helicobacter pylori</i>	
진균	- <i>Bilophila wadsworthia</i>	
	<i>Fusobacteria</i> 문	
	- <i>Fusobacterium</i>	
	<i>Basidiomycota/Ascomycota</i> 의 비율	진균의 다양성
	<i>Candida albicans</i>	<i>Malassezia sympodialis</i>
	<i>Candida tropicalis</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
	<i>Candida glabrata</i>	
	<i>Gibberella zonata</i>	
	<i>Alternaria brassicola</i>	
	<i>Aspergillus clavatus</i>	
고균	<i>Cyanotheobacteriaceae</i> 과	
	<i>Methanomicrobacteria</i> 과	<i>Methanobrevibacter smithii</i>
	<i>Altiphotomicrobacteria</i> 과	피지의 다양성
	<i>Clostridioides</i> 과	<i>Microvibrion</i> 과
박테리오파지	<i>Caudoviridae</i> 과	
	<i>Retroviridae</i> 과	<i>Anellovirus</i> 과
	<i>Pneumovirus</i> 과	<i>Polyomavirus</i> 과
	<i>Herpesvirus</i> 과	<i>Tymovirus</i> 과
바이러스	<i>Hepadnavirus</i> 과	<i>Varicellovirus</i> 과

5

## 인체 미생물군집을 기반한 약물, 화장품, 건강식품



### 1. 피부

- 피부주름감소: *Lactobacillus plantarum*을 함유한 화장품
- 여드름: 원인균 *Cutibacterium acnes* 억제미생물, *Staphylococcus epidermidis*
- 자외선손상 억제효과: *Lactobacillus johnsonii*, *Cyanobacteria*, *Porphyra umbilicalis*(홍조류)
- 염증억제: *Lactobacillus reuteri*
- 비듬감소제: *Lactobacillus paracasei*

### 2. 폐

- 천식, 폐렴: 장-폐 축 구강프로바이오틱스 (*Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus plantarum*)가 폐렴 억제
- 만성 폐쇄성 폐질환(COPD): *Proteobacteria* 증가, 프로바이오틱스(*Lactobacillus rhamnosus*, *Bifidobacterium breve*) 염증억제

### 3. 위

- 위궤양: *Helicobacter pylori* ⇒ 미생물군집이 관여(*Leptotrichia wadai*, *Veillonella* 등) ⇒ 프로바이오틱스(*Lactobacillus*, *Bifidobacter*, *Saccharomyces boulardii*)

### 4. 심장

- 심혈관질환(cardiovascular disease, CVD): 운동과 음식에 의해 미생물군집의 변화

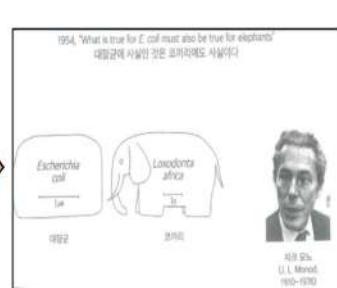
### 5. 면역질환

- *Bacteroides fragilis*: T세포 비율 결정, Segmented filamentous Bacteria(SFBs): *Clostridiales*: Treg의 균형유지
- 류마티스 관절염: *Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella copri*가 관여 강직성 척추염 *Prevotella* 증가 루프스
- 다발성 경화증: *Enterobacteriaceae* 증가, *Akkermansia muciniphila* 증가, *Acinetobacter caledonicus* 증가, *Parabacteroides distasonis* 감소

### 6. 균육과 골격: 미생물군집의 변화

- 골다공증, 골감소증, 균육감소증: 미생물혼합제 개발, 프로바이오틱스 개발

### 1839년 "세포설"



### 1858년 "세포병리학설"

독일 병리학자, 루돌프 피르호

# II

## 지정토론

좌 장 : 정해영 부산대학교 약학대학 석학교수

지정토론 1 · 윤호섭 차바이오그룹 종합연구원 원장

지정토론 2 · 흥진태 충북대학교 약학대학 교수

지정토론 3 · 뮤인희 서울대학교 의과대학 교수

지정토론 4 · 박병현 전북대학교 의과대학 교수

지정토론 5 · 김정훈 서울대학교 의과대학 교수

지정토론 6 · 손문호 대구경북첨단의료산업진흥재단 신약개발지원센터 센터장

지정토론 7 · 채인택 중앙일보 기자

## 지정토론 1

10

## 윤호섭

차바이오그룹 종합연구원 원장

## 신약개발 정부 지원 현황

법 부처 국가 신약개발 사업 (복지부, 과기부, 산업부 Korea Drug Development Fund)  
2021-30 국가신약개발사업은 △ 기초연구부터 △ 비임상 △ 임상 △ 제조, 생산까지  
신약개발에 필요한 단계별 과정을 전주기에 걸쳐 지원하는 사업

- 사업비 2조 1758억 (국고 1조 4747억/민자 7,011억)
  - 사업내용: DDC빌딩에서 임상 Ph2이르는 전주기 신약개발 지원 초점
    - 신약기반학증연구, 신약R&D 생태계 구축연구, 신약 임상개발, 신약 R&D 사업화 지원

별 부처 재생의료기술 (CGT) 개발사업 2021-2030

- 사업비 5,955억 (국고 5,423억/민자 532억)
  - 내용: 재생의료 원천기술개발, 후보물질 및 전임상 지원, 임상지원
  - 2022년 3월 KHIDI의 '글로벌 시장 전망 및 오픈 이노베이션 동향' 보고서에 따르면 글로벌 CGT 시장이 2021년 기준 약 74억불에서 (한화9조) 2026년에는 약 555억 달러 (약 70조) 규모로 전체 의약품의 1%에 불과하지만 임상 파이프라인의 12%로 활발한 임상연구가 진행되고 있고, 성장률도 연간 약 49%으로 예측하고 하고 있습니다.
  - 이는 같은 기간 합성신약과 항체 신약 5% 대 성장과 비교하면 CGT 시장의 높은 성장을 시사한다고 볼 수 있습니다.
  - 우리나라가 강점이 있다고 평가받는 줄기세포치료제의 기술 경쟁력은 지속 강화하면서, 유전자치료제, 조직공학제재 등 미래 성장 가능성이 높은 핵심기술에도 전략적 투자를 강화

## 바이오제약 도약을 위한 제언

- 2022년 글로벌 제약시장 1T 이중 한국 시장 약 2%로 다른 산업에 비해 상대적으로 미미. 정부 2022년 시스템 반도체, 바이오 헬스, 미래 차 등 미래 차 등 BIG3 분야 지원 2.8조. 이 중 신약개발 관련 예산 약 2000억/연간 추산. 상위 30개 제약사 투자 약 2조. 1/10 정도 국고 부담. 바이오 신약개발 분야 정부 지원 증가 필요
- 전통제약산업은 오랜 역사를 미국, 유럽 등 다국적 제약사와 경쟁 불리
- 혁신적이고 unmet medical 분야의 미래신기술 개발로 가야함
- Disruptive Technology 보유한 Startup/Accelerators 개발, CGT 투자 확충
- 신약바이오 벤처의 파이프라인 별 효율적인 관리 및 육성

### 가. 현황

- 2021년에 바이오 분야 투자금액은 약 1조 6천억원 / 기업당 평균 투자 유치금액 42억원 정도 / 1000 억원 이상 기업가치로 투자유기 기업만 130 개 이상
- 2019년 기준 등록되어 있는 바이오벤처 수 : 3000 개사 정도
- KDDF에서 신약개발 사업은 주도하고 있으며 2021년 110개, 2022년 130 개 과제 (총 240개) 선정 완료 또는 예정인데 대부분 신청 받은 파이프라인에 대한 검토만 진행하고 있으며 선정율도 22년도 2차 기준으로 130개 신청하여 30개 선정하여 22% 정도 지원하게 됨.

### 나. 제안사항

- 투자 받은 바이오벤처의 신약 개발 파이프라인을 체계적으로 관리하고 육성
- 세부 방안
  - 1) 물질 유형별 국내 파이프라인 현황 파악 및 관리가 필요  
    바이오 약물 : 항체, 항체약물복합체, 단백질, 면역세포, 줄기세포, 바이러스  
    합성 약물 : 저분자, 합성펩타이드, 합성유전자, 천연물, 복합제제  
    상기 분류별 국내 신약 파이프라인 전체 정보를 통합하여 관리하는 방안이 필요함
  - 2) 상기 유형별 파이프라인도 임상 전단계인 유효물질 발굴, 선도물질 도출, 후보물질 선정, 비임상 진행의 단계별로 효율적으로 지원해 주는 프로그램이 필요하며 특히 후보물질 선정과정에서 PK/PD, Druggability, 동물모델별 평가 방안과 CMC (생산) 관련한 체계적인 지원이 컨소시엄을 통해서 특화하여 지원이 될 필요성 있음.
  - 3) 첨단 신약개발 관련 텔런트 개발 (Formulation, 글로벌 RA 및 임상시험)

참고) 현재는 대구 첨복에서 저분자신약, 오송 첨복에서 바이오신약 후보물질 선정을 지원해 주고 있음

## 지정토론 2

...

홍진태

충북대학교 약학대학 교수

### AI 기술 활용 신약 개발

AI 기술을 활용하면 신약 개발 기간을 단축되고 개발 비용도 줄일 수 있다. 신약 개발에 AI 기술을 적용했을 때 개발 과정은 10년에서 5년으로 절반가량 줄어든다. 후보물질을 찾아내는 단계에서부터 임상 시험, 환자 모집 등 모든 단계에 AI 기술을 활용해 개발 과정의 정확성도 높일 수 있다. 국내 바이오 기업은 최근에서야 AI 기술을 신약 개발에 활용하기 시작했다. AI신약개발지원센터에 따르면 국내 주요 AI 신약 개발기업의 신약 파이프라인은 2020년 44건, 지난해 89건을 기록했으며 올해 들어서야 100건을 넘겼다. 이중 임상 단계에 진입한 파이프라인은 4건으로 3.8% 수준이다. 국내 30여 개 기업이 AI 플랫폼을 개발하거나 AI 신약 개발기업과 협력해 기술을 고도화하고 있지만, 해외 시장과 비교하면 적용 범위나 규모가 작다. 신약개발 AI 스타트업은 현재 38개로 급증했으며, 지난해 상반기 14개 신약개발 AI 스타트업에 1,700억원의 투자가 이뤄졌다. 또한 정부에서는 'AI 활용 혁신신약 발굴' 등 27개 사업 진행하며 활기를 띠는 모양새다. 그러나 아직은 미성숙 단계로 타깃발굴, 후보물질 설계, 합성, 검증과정 및 전임상, 임상 등 신약개발 단계마다 적용할 AI기술 개발이 필요하다.

### 항암제 시장 및 개발

항암제 시장은 21년 252조원에서 26년 413조원으로 연평균성장을 10.4%로 성장이 예상된다. 항암제 시장은 인구고령화에 따른 질병 유병률 증가와 조기 진단 및 실시간 검진이 가능한 액체생검 도입등으로 치료제 중 가장 크고, 높은 성장율을 보여주고 있다. 심지어는 상위 10개 치료제 매출 중 57%가 항암제 매출로 이루어지는 형국이다. 2011년부터 2021년까지 FDA로부터 승인받은 신약 461건을 살펴보아도 약 30%가 항암제이다.

1세대 항암제인 세포독성항암제는 세포 분열을 억제하는 독성물질로 암세포를 공격하여 항암 제로 항대사물질, 백금제제, 알킬화제제, topoisomerase 억제제, taxane 제제 등이 있다. 암 종류에 관계없이 투여하여 효과를 볼 수 있으며, 특히 고형암에 효과적이나 암세포에

대한 특이성이 없기 여러 부작용이 발생하며 반복 투여 시 면역 저항도 생길 수 있다. 2세대 표적항암제는 암세포에만 특이적으로 과 발현되는 단백질이나 항원을 표적하여 특이성을 증가시킨 것이다. 대표적인 2세대 표적항암제로는 -Nib(kinase enzyme), -Mab(monoclonal antibody), -Mibs(protease or proteasome inhibitor), -rolimu(mTOR inhibitor), -domide(immunomodulator) 계열 약물이 있으며, 장점으로는 암 초기 단계에 효과적이며, 1세대 항암제에 비해 부작용이 적다. 다만 표적항암제는 반복투여 시 내성이 야기되어 일정 기간 투여 후 대체처방이 필요하다. 3세대 면역항암제는 면역체계를 활성화시켜 면역세포가 암 세포를 죽일 수 있게 한다. 면역항암제는 적응세포치료, 면역관문억제치료, 항암백신, 종양미세환경 등 여러 계열의 다양한 모달리티 약물이 있다. 그중에서도 면역관문억제제가 대표적인 면역항암제로 자리잡았으며, 여보이, 키트루다, 옵디보, 임핀지등이 해당된다.

## 항암제 개발 혁신전략

2011년 면역관문억제제의 첫 출시 후 크게 시장성장률이 크게 확대해가고 있는데 이러한 성장 요인은 1) 자체 면역 체계를 활성화시켜 전이 암에 효과적이고, 2) 장기적으로는 면역기억도 가능하여 투여를 멈추어도 항암효과가 나타나며, 3) 1, 2세대 항암제 대비 부작용이 적다는 점 때문이다. 면역항암제 시장은 21년 110조원에서 26년 192조원으로 연평균성장률 11.7%로 가파르게 성장할 전망이다. 면역항암제는 기존 항암제 대비 안전성이 뛰어나고, 면역 체계를 활성화하기 때문에 전이 암이나, 면역 기억세포에도 영향을 줄 수 있다는 장점과 함께 반응률이 낮다는 단점도 보유하고 있다. 그렇기 때문에 새로운 항마제의 개발 에서는 다음과 같은 3가지 전략이 필요해 보인다. 첫째는 바이오마커를 활용해 반응률을 높이거나, 병용요법을 통해 치료효과를 개선하는 방안 등이 고안되고 있다. 바이오마커는 신약 개발의 모든 단계에서 다양한 목적으로 활용하는데 후보물질 선정(Research to select drug candidates) 단계에서부터 신약 승인 허가(NDA, BLA, MAA) 단계까지 그리고 환자군 선정등 바이오마커는 광범위하게 적용하고 있다. 이 주요한 바이오마커의 발굴도 막을 이요할 경우 매우 높은 정확성과 시간적 절약을 가져올수 있다. 둘째는 병용요법이 필요한 이유는 암세포 뿐 아니라 면역능을 억제시키고 대사 스트레스가 발병하는 환경인 종양미세환경 개선하기 위한 것이다. 종양미세환경을 구성하는 주요 인자로는 혈관내피세포, 섬유아세포, 선천성/적응성 면역세포, 세포외기질, 그리고 사이토카인, 키모카인, 성장인자 등과 종양 관련 대식세포(TAM, tumor-associated macrophage), 골수 유래 면역억제세포(MDSC, myeloid-derived suppressor cell), 조절 T세포(Treg, regulatory T cell) 등의 면역억제 세포와 세포독성 T세포(cytotoxic CD8 T cell), 자연살해세포(NK, natural killer cell) 등의 항암면역 세포로 구성되며, 종양미세환경 내 pH, 대사산물, 산소 농도, 영양분 등이 연관이 있다. 국내

바이오텍들의 특징으로는 종양미세환경을 타깃하는 TGF- $\beta$ , CAFs, T세포 증폭제 IL-7, 신규 면역관문억제제 VSIG4, BTN1A1 등 다양한 모달리티로 병용요법을 연구 중이라 한다. 적절한 병용요법의 선정은 환자 뿐 아니라 약물에 대한 광범위한 정보 수집 및 분석이 필요하기에 야의 중요성이 더욱 강조된다. 마지막으로 환자 중심 신약개발과 환자에의 응용이 절실하다. FDA는 지난 몇 년간 임상 개발 및 임상 시험의 선정기준이 지나치게 엄격하게 적용되면서, 현실의 환자들이 오히려 배제되는 인위적인 결과가 나타났다는 점에 주목한다. FDA이를 극복하기 위해 12세 이상 소아암 환자를 성인 항암제 임상에 포함하는 지침, 뇌전이가 있는 환자를 제외시키지 말도록 권장하는 지침 등을 마련했다. FDA는 이를 위하여 AI를 이용한 정보 수집, 워크숍 등 다양한 노력을 하고 있다. 2020년 4월 FDA는 수술적 절제가 불가능한 소아 신경섬유종 환자의 치료에 50명 규모의 임상시험에서 66%의 반응률을 보인 결과로 selumetinib을 승인한바 있다. 이는 개발 물질의 성상, 비임상까지의 유효성, 안전성 및 PK, ADME data, 개발할때 의학적 미충족 요구에 소아연령의 환자들도 포함되는지 등을 종합적으로 고려한 결과로 환자중심의 신약개발과 AI 이용한 정보의 중요성을 나타내는 결정이였다고 본다.

## 지정토론 3

...

북 인 희  
서울대학교 의과대학 교수

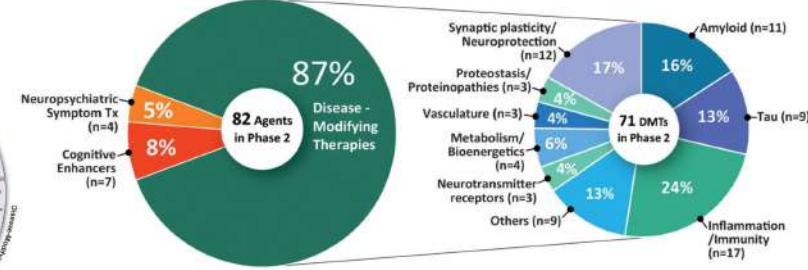
### AI 기반기술 활용 치매치료신약 개발

서울대학교 의과대학 / 국가치매극복연구개발사업단

북 인 희

## 신약개발 형태의 다양화

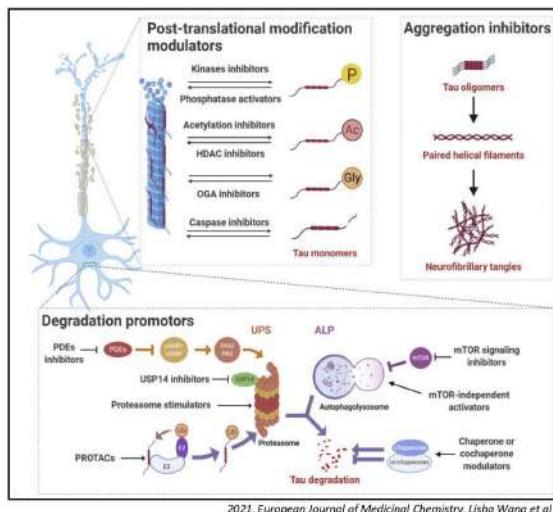
구분	저분자 화학의약품	1세대 바이오의약품	2세대 바이오의약품	3세대 바이오의약품	디지털 치료제(DTx)
제조방법	화학적 합성	생물학적 제조 또는 화학적 합성	생물학적 제조	생물학적 제조 또는 화학적 합성	디지털 기기 및 SW
주요 투여경로	경구 투여	주사제	주사제	주사제	기기 사용
주요치료제	아스피린	인슐린, 인터페론 등	항체 의약품	DNA 기반 치료제, 세포치료제 등	reSET
치매 관련 주요 치료제 및 후보	Donepezil, Memantine, Galantamine	Semaglutide	Aducanumab, Gantenerumab, Crenezumab	LX1001, BIIB080	THR-ALZ
분자량 (달톤)	180	2만4000	2만~10만	2만~10만	-



Alzheimers Dement (N Y). 2020 Jul 16;6(1):e12050.  
Alzheimers Dement (N Y). 2022 May 4;8(1):e12295.

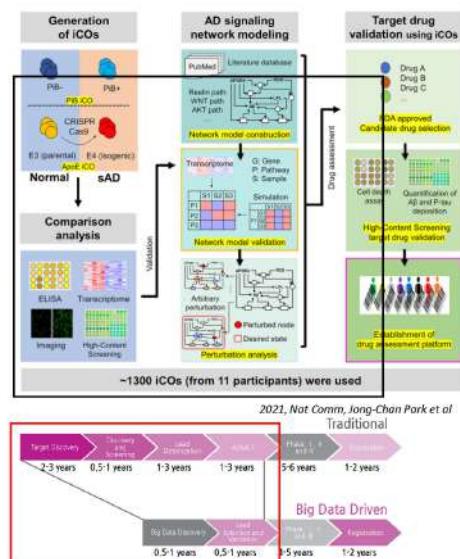
전통적인 약물 외에도 새로운 신약들이 개발 중이며 치매치료제에도 여러가지 방식의 연구 적용

## AI 적용 저분자 화합물 치매치료제 개발



2021, European Journal of Medicinal Chemistry, Lisha Wang et al

→ 치매 병인기전의 각 단계를 조절할 수 있는 저분자 화합물 연구

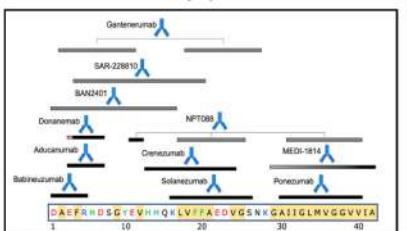


→ 중요 치매 병인기전 기반 스크리닝 모델 생성  
→ 후보 물질의 기전 발굴

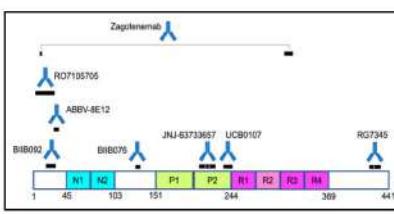
인공지능을 활용하여 효율적으로 후보 물질 및 타겟 기전 스크리닝이 가능  
→ 초기 후보선정 기간 및 비용 획기적인 단축 가능

## AI 적용 항체치료제, ASO, 펩타이드 치매치료제 개발

## 항체 치료제



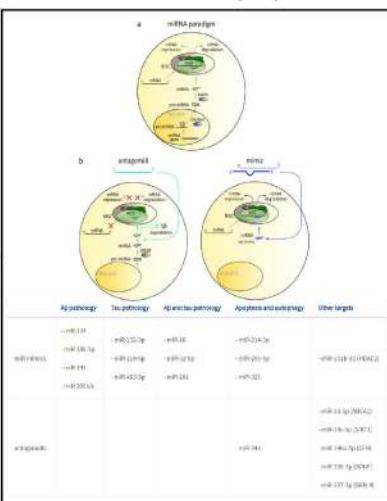
### 〈항체 치료제 후보 물질이 타겟하는 아밀로이드 베타 위치〉



### 〈항체 치료제 후보 물질이 타겟하는 타우 위치〉

2020, *Neurobiology of Disease*, Steven S. Plotkin et al

### miRNA 치료제 (ASO)



## 펩타이드 치료제

2018 *Molecules*, Samo Ribarič et al.

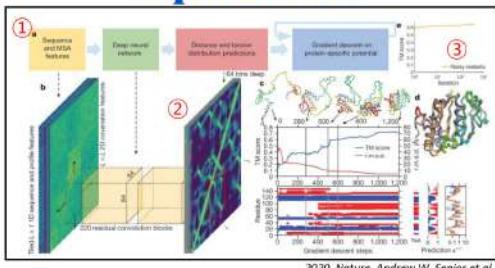
### 인공지능을 활용하여 효율적으로

- 병인 단백질 타겟 위치 표적 가능
  - miRNA 후보 설계 가능
  - 아미노산 서열 분석으로 기능 예상 가능

## AI 적용 단백질 구조 예측 및 결합 단백질 예측



## AlphaFold

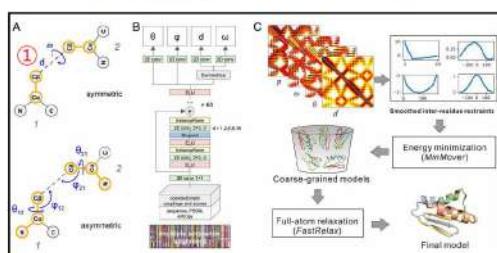


2020, *Nature*, Andrew W. Schiro et al

1. 딥러닝을 위한 다중서열 정렬(MSA)
2. 아미노산 간의 거리를 예측하는 Distance map
3. 결사하강법



## RoseTTAFold

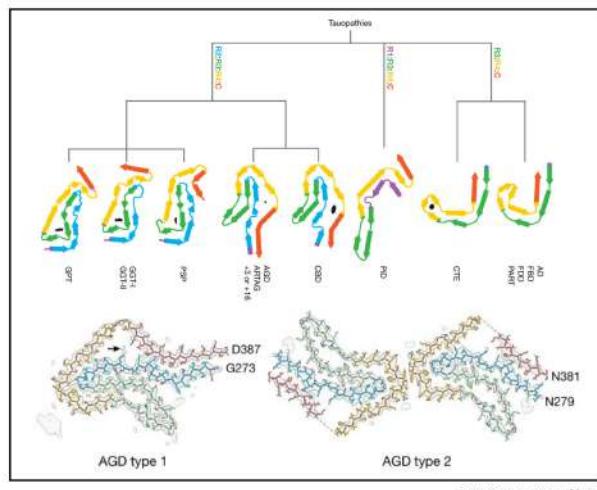


## 1. 아미노산 간의 각도 예측

인공지능에 의한 단백질 구조 예측의 혁신적인 발전(CASP에서 90% 이상의 정확도)은 이를 얹으면 향후 치매 치료에 빠르게 적용 가능한 것

## AI 적용 단백질 구조 예측을 통한 치매치료제 개발

## Cryo-Em에 의한 치매 병인 물질 중 하나인 Tau의 구조 예측



2021, *Nature*, Yang Shi et al

→ 단백질 구조예측 등의 기술 발전으로 질병 특이적 단백질 구조적 상태 빠르게 확인 가능할 것으로 기대  
→ 이에 따라 저분자화합물 또는 항체치료제의 효과를 작용부위 특이적으로 타겟 할 수 있는 가능성 제고

## AI를 이용한 치매 진단



→ 인공지능으로 진단하는 왓슨이 각광받았으나,  
사업 적자 지속으로 현재 사업 종료

## 국내 AI 의료기기 승인 현황

제조사	제품명	특징
뷰노	뷰노메드 본에이지	어린이 손목뼈로 발육 진단
	뷰노메드 체스트엑스레이	흉부 엑스레이로 기흉 진단
	뷰노메드 딥브레이인	뇌 MRI 영상으로 치매 진단
루닛	루닛인사이트	흉부 엑스레이로 폐암 등 진단
	루닛인사이트 MMG	유방촬영영상으로 유방암 진단
JLK 인스펙션	JBS-01K	뇌 MRI 영상으로 뇌경색 유형 분류

→ 제약·바이오업계에 따르면 현재 국내에서 AI를 활용한 의료기기로 식품의약품안전처 품목 허가 승인을 받은 제품은 총 9개



- 국내 뇌 영상 관련 AI 기반 진단 보조 SW들
- 주로 MRI영상을 사용하여 치매 위험도를 예측하는 시도가 이루어짐
- MRI판독 시간을 획기적으로 단축

## 디지털 치료제 (소프트웨어 의료기기)

- 디지털 치료제 시장은 확장되어가고 있는 추세이며 그중 정신질환, 퇴행성 뇌질환 관련 부분이 많은 부분을 차지
- 기존 신약과 비교시 개발 비용은 적고 개발기간이 짧으며, 적용가능 기술은 가상·증강현실, 인공지능 등 다양
- 의료진의 물리적 한계를 넘어 환자의 관리 및 치료 가능



출처: KISTEP 기술동향브리프 2020-15호  
Seed Planning

## 지정토론 4

•••

박 병 현

전북대학교 의과대학 교수

### 1. 신약개발 표적의 중요성

- 현재 항당뇨 약물로서 insulin, sulfonylurea, metformin (AMPK activator), acarbose (alpha-glucosidase inhibitor), TZD (PPARgamma agonist), Incretin, SGLT2 inhibitor (Na-glucose cotransporter inhibitor) 등이 사용되고 있음. 이중 가격 경쟁력이나 효능 차원에서 metformin을 능가하는 약물은 없음. 최근에 처방 빈도 수에서 Incretin과 SGLT2 inhibitor가 많은 관심을 가지고 있음. Eli Lilly에서 개발한 Tirzepatide (dual GIP and GLP-1 receptor agonist, MounjaroTM)가 1 주일에 한번 투여로 type 2 diabetes, obesity, NASH 치료 효과가 뛰어남
- 현재 비만 치료제로서 미국 FDA에서 approve 한 약물은 Phentermine, Lipase inhibitor (Orlistat), Serotonin receptor (5-HT) receptor agonist (Locaserin), Sympathomimetic amine anorectic/antiepileptic combination (Phentermin/topiramate), Opioid antagonist/aminoketone antidepressant combination (Naltrexone/bupropion), GLP-1 receptor agonist (Liraglutide) 등이 있음. 하지만 많은 연구자들이 여전히 지방세포 분화 억제를 대상으로 항 비만 약물로 개발하고 있음. 약물 개발을 목표로 한다면 FDA guideline을 숙지할 필요가 있음

### 2. 신약 개발 과정에서 동물 모델의 적절성 및 MD-PhD 연구자의 역할

- Nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD)는 역학적으로 비만인 환자에서 발생함. 현재 이를 질병을 연구하기 위해 methionine and choline deficient (MCD) diet, choline-deficient L-amino-define (CDAA) diet, modified HFD (HFD with choline deficiency, high fat and high fructose diet), Diet-induced animal model of NAFLD (DIAMOND), streptozotocin high fat diet (STAM), HFD with CCl4, CCl4 등 다양한 동물 모델이 사용되고 있음. 각각의 모델은 나름대로 fatty

liver-NASH-fibrosis-HCC라는 NAFLD spectrum에서 특정 단계의 병태생리를 반영하고 있기 때문에 개발하고자 하는 약물의 표적 질환에 따라 선택을 해야 함. 예를 들어 simple steatosis를 표적으로 약물을 개발하고자 한다면 HFHF diet 모델을 적극 권장함

- 마우스의 경우 인체 질병의 병태생리를 최대한 반영할 수 있는 strain을 선택해야 하고 (예, 비만포함 대사질환은 C57BL6, 면역질환은 Balb/c), 연구의 최종 목표가 약물 개발이라면 동물 실험의 연구 결과를 인체유래물에서 확인이 필요하고, clinician의 feedback을 최대한 반영해야 함

## 지정토론 5

...

김정훈

서울대학교 의과대학 교수

### 전임상후 임상으로 진입 장벽 극복 방안

1. 국내의 전임상 CRO들은 기본적인 전임상 실험으로써 독성 실험 및 일반적인 암치료제 관련 효능 실험들에 익숙하기는 하지만, 질환 특성별 효능 실험을 위한 전임상 준비는 미비한 점이 있음. 예를 들면, 바이오벤처에서 쉽게 시도해볼 수 있는 치료제 대상으로써 국소치료제 개발을 시도하면서 최근에 안과 질환에 대한 시도들이 있는데, 안과치료제 투여방법, 투여 후 효과 분석에 대한 경험들이 부족하여 어려움이 있는 것으로 알고 있음. 또한, 임상적 unmet need에 맞춘 연구 개발이 이루어질 수 있도록 실력있는 임상 CRO 육성도 필요함.  
→ 실력있는 전임상 및 임상 CRO 육성
2. 식약처로부터 IND 승인을 받기위해서는 소동물 수준에서 투여방법, 용량, 효능 독성을 얻는 것으로 충분하지만, 실질적인 임상에 들어가기 전에 성공 여부에 대한 판단에 도움이 될 수 있는 중대동물 수준에서의 실험을 진행할 수 있는 기반이 충분하지 않음.  
→ 중대동물 실험을 위한 기반 확충
3. 최근에 각광받고 있는 유전자, 세포치료 등의 첨단 치료에 대한 임상을 진행하기 위해서는 전임상의 기반 및 임상시험 허가를 위한 규제 등에 대한 개선이 필요함.  
→ 첨단치료 기술관련 제도 및 규제 개선 (negative regulation의 필요성)

## 지정토론 6

...

손 문 호

대구경북첨단의료산업진흥재단 신약개발지원센터 센터장

### 혁신기술을 활용한 신약후보물질 도출

#### 1. 신약 개발 단계

##### 1) 후보물질 도출(Discovery)과 개발단계(Development)로 구분

- 도출 단계 : 타겟 발굴 및 검증 → 합성 및 최적화 → 후보물질 선정
- 개발 단계 : 전임상 시험 → 임상 시험 → 허가 및 시판

##### 2) 신약 개발 도출단계에서 후보 물질을 찾는데 많은 시간과 비용이 소요

- 합성, 약효, 체내동태 및 독성 평가를 반복해서 후보물질 최적화 및 선정
- 이후 개발단계를 거쳐 시판 되는데 10-15년의 기간 및 10억 달러 비용이 소요
- 혁신기술을 도입하여 신약 도출/개발의 효율성 제고 필요

#### 2. 후보물질 최적화를 위한 혁신 기술

##### 1) 신약 개발 성공률을 높이기 위해서는 타겟 및 최적의 후보물질 선정이 중요

##### 2) 후보물질 발굴 및 최적화를 위한 신기술 등장

- 인공지능 예측 모델 : 신약개발 전단계 걸쳐 활용 가능. 타겟 단백질 구조예측, 가상 신약 탐색 및 약물성 예측 등을 통해 후보물질 도출/최적화에 기여
- 타겟 단백질 구조분석 및 약물 설계 : 세포막 단백질을 포함, 타겟 단백질 구조와 약물의 결합부위를 찾아내고 그에 맞는 약물설계에 기여
- 유전자 암호화 라이브러리 : DNA를 바코드로 활용. 대량 라이브러리 확보, 이를 타겟 단백질과의 결합 스크리닝을 통해 초기 유효물질 발굴에 기여

- 인간 줄기세포 기반 오가노이드 : 인체 장기의 복잡한 구조와 기능을 모방한 3차원 생체모델을 활용하여 약물의 안전성/유효성 평가에 기여

### 3. 혁신적인 치료기술 (modality)의 등장

#### 1) 기존 치료제는 공략하기 어려운 타겟, 이를 조절하는 혁신적 치료기술의 필요성

- 오믹스 기술에 기반한 신규 타겟 단백질의 발굴 증가
- 전통적인 치료제 대부분은 타겟 단백질의 활성을 조절하는 방법을 적용
- 하지만 기존 기술로는 조절이 불가능했던 단백질이 많고, 미충족 수요 존재

#### 2) 타겟 단백질량을 조절하는 혁신적 치료기술의 등장

- 타겟 단백질 분해제 : 난치성 질환 및 내성 극복을 위해 타겟 단백질을 분해하는 기전, 글로벌 제약사는 전립선암 치료제 임상2상 진입
- RNA 치료제 : 타겟 단백질을 생산하는 RNA와 결합해서 단백질 생성을 억제하는 기전, 글로벌 제약사는 고지혈증 치료제로 개발 완료

### 4. 혁신적 신약개발기술의 기대 효과

- 신기술의 도입, 융합을 통한 신약개발의 패러다임이 크게 변화
- 특히, 데이터/인공지능의 도입으로 신약개발 속도를 혁신적으로 가속화 가능
- 국내 첨단기반기술 구축/네트워크를 활용, 성공률 제고 및 제약산업 발전의 기회

## 지정토론 7

...

채 인 택  
중앙일보 기자

신약개발은 한국의 오랜 꿈이었다. 하지만 거액의 투자와 오랜 시일이 걸리는 등의 문제로 오랫동안 경제 전략의 우선순위에서 밀려온 게 사실이다. 이제 국내외 여건의 변화 속에서 이제 혁신적인 신약 개발 프로젝트에 총력을 쏟지 않으면 안되는 상황을 맞고 있다. 반도체·자동차·배터리에 이어 한국 경제에 차세대 활력을 줄 새로운 후계자로서 신약개발이 주목받고 있다. 신약개발도 빅데이터·인공지능(AI)·정보통신기술(ICT) 등 첨단기술과의 하이브리드를 통한 디지털 대전환의 단계에 진입하고 있다. 이러한 혁신적인 시도로 시너지를 얻으면서 한국의 신약개발은 물론 경제 자체도 새로운 패러다임에 접어들고 있다.

### 〈국제경제 상황–보호무역주의로 반도체·자동차 위기〉

현재 한국 경제는 새로운 성장 동력을 찾아야 할 상황에 처해있다. 무역데이터를 분석하는 미국 MIT의 경제복잡성관측소(OEC)에 따르면 한국의 2021년 수출은 반도체(15.35%), 기계류(12.81%), 자동차와 부품(11.34%) 등이 한국 경제를 먹여 살리는 3대 기둥이다. 하지만 미·중 경쟁에 따른 반도체 규제와 미국의 국내 정치 상황에 따른 보호무역 열풍은 한국의 핵심 산업에 타격을 줄 수밖에 없는 상황이다.

올해 들어 미국의 조 바이든 대통령은 8월 9일 반도체·과학법(Chips and Science Act)에, 8월 16일에는 인플레이션 감축법(IRA·Inflation Reduction Act)에, 9월 12일에는 ‘국가 바이오 기술 및 바이오 제조 이니셔티브(National Biotechnology and Biomanufacturing Initiative)’ 행정명령에 각각 서명했다. 모두 ‘미국 우선주의(America First)’에 바탕을 두고 ‘메이드 인 아메리카(Made in America)’를 유도하는 법과 행정명령이다. 이를 주창했던 미국 공화당 소속 도널드 트럼프는 대선에서 패배해 물러났지만, 21세기 미국 보호무역주의의 대명사라고 할 수 있는 이 구호와 관련 정책은 민주당 조 바이든 대통령 시대에도 도도한 흐름을 보이고 있다. 그동안 바이든 행정부는 ‘프렌드 쇼어링(동맹·우방 중심 공급망 재편)’을 강조했지만, 2022년 바이든 대통령이 서명한 일련의 법과 행정명령은 경제적 이익과 국내정치적 요인 앞에선 동맹보다 표심이 먼저라는 사실을 잘 보여준다.

반도체·과학법에 의해 한국은 중국에 반도체 시설투자가 불가능해지며, 중국 수출에도 차질을 빚을 수밖에 없다. IRA로 인해 미국 시장에서 한국산 전기차는 보조금을 받을 수 없어 미국산에 비해 가격 경쟁력이 떨어질 수밖에 없다. 이는 한국산 전기차 대미 수출의 급감으로 이어질 전망이다. 바이오 제조 행정명령은 바이오의약품의 한국 내 위탁생산의 감소로 이어질 수 있다는 점에서 우려하지 않을 수 없다. 다국적 제약사의 한국 투자가 위축될 가능성도 상당하다.

### 〈신약개발, 한국 경제 이끌 새로운 기관차〉

사실 ‘미국 우선주의(America First)’와 ‘메이드 인 아메리카(Made in America)’에 바탕을 둔 미국의 무역규제가 아니더라도, 한국의 대표적인 수출 흐자 품목인 반도체·자동차 등은 지속적인 성장 가능성이 한계에 다가가고 있어 새로운 대안이 필요한 상황이었다.

이들은 보스턴컨설팅그룹(BCG)의 전략평가 기법인 BCG 매트릭스를 적용할 경우 ‘시장점유율이 높아서 현금흐름과 이윤은 좋지만 지속적인 성장은 어려운 캐시카우(Cash Cow)’로 분류할 수 있다. 그렇다면 이들의 뒤를 이어 ‘시장률과 시장점유율이 동시에 높아 계속 투자를 하게 되는 유망산업인 스타(Star) 산업’을 키울 필요가 있다. 그동안 한국 경제를 먹여 살리던 반도체와 자동차에 이어 새로운 스타 산업으로 키울 대표적인 대상이 ‘신약개발’이다.

다행히 한국은 이 분야에서 연구개발(R&D) 투자를 지속해왔으며, 풍부한 연구 인력도 확보하고 있다. 아울러 KGMP 등으로 수준 높은 의약품 제조 능력도 보유하고 있다. 한국 경제가 계속적으로 활력을 유지하기 위해 전략적으로 키워야 할 가장 유망한 분야가 신약개발이라고 볼 수 있다. 현대 신약개발은 그 자체로 혁신적이며, 다른 분야와의 하이브리드를 통해 시너지를 낼 수 있다. 블루오션으로서 한국에 새로운 혁신경제 시대의 문을 열어주는 역할도 기대할 수 있다.

### 〈신약개발에 대한 한국의 자신감 고조〉

한국 제약업계는 오랫동안 신약 개발에 회의적이었다. 자금과 기술에서 우리 역량 밖이라는 판단에서다. 신약 개발에는 천문학적인 투자와 오랜 시일이 필요하기 때문이다.

이는 일부 다국적 제약사들의 긴 회사 이름에서 고스란히 드러난다. 영국에서 시작한 제약사 글락소스미스클라인(GSK)은 2000년 글락소버러웰컴이 스미스클라인비첨과 합병해서 탄생했다. 글락소버러웰컴은 1995년 글락소와 버러웰컴이, 스미스클라인비첨은 1989년 스미스클라인비첨과 그룹화 각각 합병해서 탄생한 회사다. 신약 개발에 워낙 돈이 많이 들다 보니 실패하거나 지연될 경우 자칫 회사가 쓰러질 수 있기 때문에 자금을 충분히 확보하고 실패할 경우 발생할 위험을 분산하려고 이런 다중합병을 지속해온 것이다.

한미약품을 비롯한 한국의 제약사는 전체 신약개발 과정에서 일부 과정에만 참여하는 방식으로 비용을 줄여왔다. 약효와 안전성이 어느 정도 검증된 물질의 분자를 새롭게 변형시켜, 효과는 높이고 부작용은 줄여 가치 있는 물질로 바꾸는 '약물 디자인'에 주력해왔다. 효능과 부작용이 상당히 확인되면 관련 권리와 거액을 받고 다국적 기업에 넘겨 개발비를 회수해왔다. 약점을 강점으로 뒤집은 셈이다. 이는 신약 마케팅까지는 아직 갈 길이 먼 현실을 보여준다.

하지만 최근의 성과와 학계의 연구 성과, 도전은 새로운 자신감을 주고 있다. 지금까지 한국은 연구·개발(R&D)로 돈을 벌 수 있다는 생각을 하지 못한 게 사실이다. 정부도 이를 불신해 왔다. 그래서 R&D 과정에서 지원금이 규정대로 쓰이는지에 대한 감시·감독만 해왔을 뿐이다.(이동호 전 법부처신약개발사업단(KDDF) 단장, 전 한양대 의대 교수)

하지만 R&D의 창조경제적 가치를 인정하면 한국 경제의 미래가 바뀔 것이다. 이를 위해서는 R&D 액수를 늘리는 수준을 뛰어넘어 보다 진취적이고 자율적이며, 미래지향적인 도전이 가능하도록 지원과 관리 방식에서 근본적인 혁신이 필요하다. 틀을 만들어 여기에 모든 것을 짜맞추는 개입과 간섭 중심의 관리 방식에서 벗어나야 한다. 이제부터 필요한 것은 비용 관리가 아니라 아이디어 격려, 도전 고취 등일 것이다. 이를 위해 새롭고 혁신적인 도전을 고민하기 위한 지원 제도의 혁신이 절실하다. 여기에 더해 실패를 자연스럽게 생각하고 새로운 시도를 위한 자신으로 인정하는 인식의 전환이 필수적이다. 그럴 경우 한국의 바이오 산업에 거대한 변화의 물결을 부를 수 있을 것이다.

아울러 신약개발의 경제학적 가치를 극대화할 방안도 고민해야 한다. 글로벌 제약시장은 기술 혁신이 계속되는 분야로서 지속적인 성장이 예상된다. 한국의 보건의료 부문에서 경제적 활성화가 가장 유망한 분야가 신약 개발일 것이다. 이를 위해선 혁신에 대한 도전과 노력, 그리고 비용과 시간을 적극적으로 인정할 필요가 있다. 지금까지 한국 제약산업은 건강보험 재정 유지를 위해 많은 고통을 감내해 온 게 사실이다. 이제 신약 개발을 미래의 새로운 먹을거리로 만들기 위해 이에 걸맞은 혁신적인 산업정책을 마련해야 할 때다. (양봉민 전 서울대 보건대 학원 교수)

이와 함께 고려해야 할 것이 연구 인력의 양성과 확보다. 혁신적인 신약개발과 관련한 시대적 기대에 부응하려면 실험실에서 평생을 보내야 하는 연구자들에게 자신들이 하는 업의 의미와 가치를 되새겨줘야 한다.

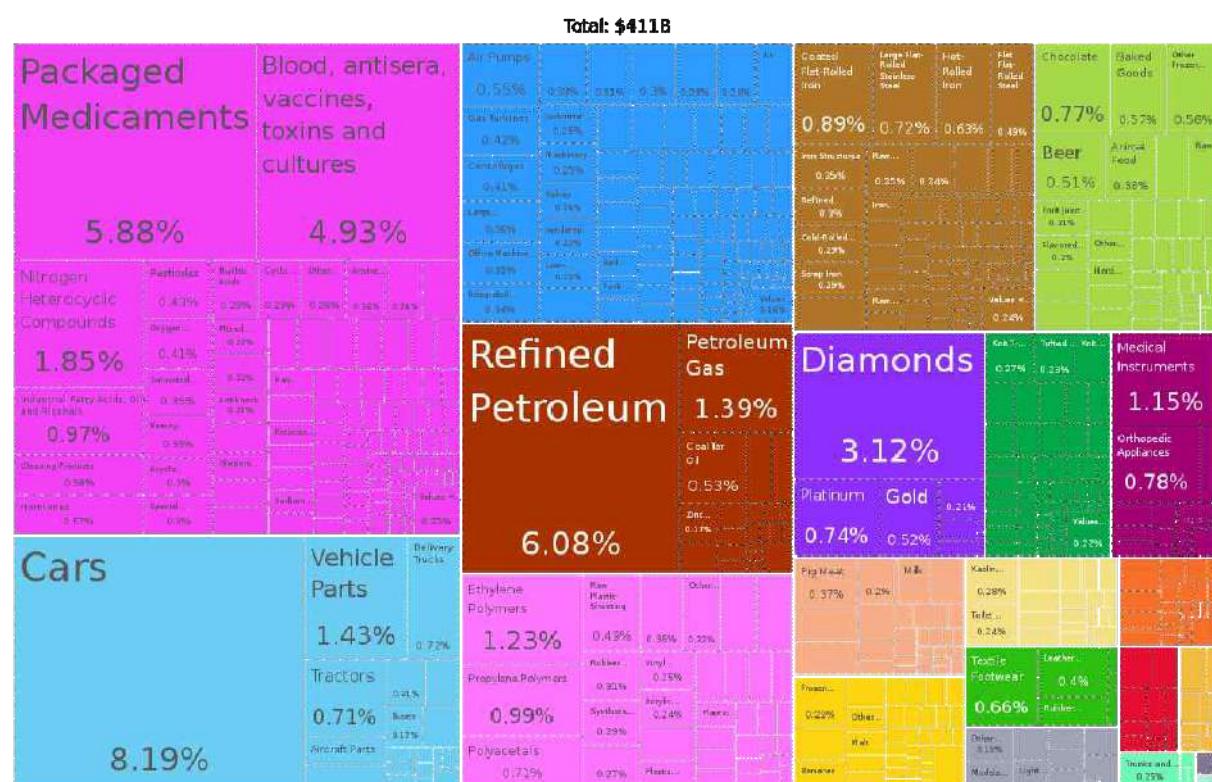
혁신적인 신약개발의 성공을 위해선 정부와 연구계, 산업계가 각자의 분야에서 해야 할 일을 하면서 이를 서로 연결해 시너지를 높이는 민학관 협의체가 필요하다. 여기에는 신약개발을 비롯한 대중의 과학기술에 대한 관심을 고취하면서 동시에 정확한 정보를 이해하기 쉬운 언어로 전달하는 커뮤니케이션 활동이 필수적이다. 오해와 억측, 비과학적인 사고로 인한 사회적 낭비를 예방하고, 건전한 민간 투자를 유도하기 위해서도 이는 불가결한 요소다.

## 〈신약개발 강소국 벨기에를 벤치마킹해야〉

이런 상황에서 세계적인 제약 강소국 벨기에를 적극적으로 벤치마킹할 필요가 있다. 벨기에는 인구 1160만의 작은 나라지만 명목금액 기준 국제통화기금(IMF) 2022년 국내총생산(GDP) 전망치가 6090억 달러로 세계 24위, 1인당 GDP는 6만 1586달러로 22위의 잘 사는 나라다.

사실 벨기에는 과거 화석 연료인 석탄을 바탕으로 제철 강국으로 자리 잡았지만, 이제는 경제적인 가치가 떨어진 석탄과 비옥한 토지 외에는 별다른 자원이 없는 상황이다. 하지만 유럽의 중심이라는 지정학적 위치와 항만·공항·고속도로·철도·운하·공항 등 뛰어난 인프라, 다국어 사용자로 이뤄진 생산성 높은 숙련 노동력, 그리고 제약을 비롯한 지식기반 산업으로 탄탄한 경제를 이루고 있다.

세계톱수출(<https://www.worldstopexports.com>) 등의 데이터에 따르면 벨기에의 제약산업은 2019년 기준으로 완제품 수출에서 독일(14.9%)·스위스(11.8%)에 이은 세계 3위의 수출(2020년 기준 전 세계의 7.6%)를 차지하고 있다. 이는 제약 강국인 프랑스(7%)·이탈리아(6.7%)·미국(6.1%)·인도(6.1%)를 앞선다. 경제복합성관측소(OEC) <https://oec.world>에 따르면 벨기에는 수출에서 차지하는 제약의 비중도 크다. 완제품 의약품이 5.88%, 생물학적 제제가 4.93% 등 13%에 이르는 것으로 나타났다. (그래픽)



## 〈국가별 의약품 수출 순위〉

Germany: US\$60.8 billion (14.9% of total exported drugs and medicines)  
Switzerland: \$48.1 billion (11.8%)  
Belgium: \$31.1 billion (7.6%)  
France: \$28.4 billion (7%)  
Italy: \$27.2 billion (6.7%)  
United States: \$24.7 billion (6.1%)  
India: \$24.6 billion (6.1%)  
Ireland: \$23.1 billion (5.7%)  
Netherlands: \$19.8 billion (4.9%)  
United Kingdom: \$18.7 billion (4.6%)  
Denmark: \$16.7 billion (4.1%)  
Spain: \$10.9 billion (2.7%)  
Sweden: \$8.9 billion (2.2%)  
Canada: \$7.6 billion (1.9%)  
Slovenia: \$7.3 billion (1.8%)

## 〈벨기에, 혁신으로 인한 순익엔 85% 세금 공제〉

벨기에는 세계적인 제약사인 얀센(Janssen)을 비롯해 UCB, 갈라파고스(Galapagos) 등 세계적 제약사와 신약개발사를 보유하고 있다. 화이자(Pfizer)·노바티스(Novartis)·바이에르(Bayer)·사노피(Sanofi)·GSK 등 주요 글로벌 제약기업들은 물론 오스트리아 미라코르(Miracor) 등 유망 제약업체들이 지사와 R&D센터를 벨기에에 세워 운영하고 있다. 2006년 스위스에서 설립된 바이오테크 업체 세카나(Sequana)는 2019년 본사를 벨기에 헨트로 본사를 옮겨 스위스-벨기에 제약사라고 스스로를 규정하고 있다. 벨기에에는 대학과 R&D센터, 제약 기업이 산학연 협업을 활발하게 진행하는 바이오클러스터를 조성한 것이 상당한 역할을 한 것으로 분석된다.

사시언스 파크와 스타트업을 위한 바이오 인큐베이터에도 적극적이다.

이를 위해 벨기에는 제약 산업의 혁신 및 연구개발 분야에 다양한 재정 지원과 세금 혜택을 제공한다. 특히 연구 인력을 확보하기 위해 연구원 급여에 대한 별도 세금 공제 혜택을 제공한다. 임상시험 승인에 약 2주밖에 걸리지 않을 정도로 신속한 행정 서비스도 장점으로 꼽힌다.

북부의 플란더스, 남부의 알로니아 중앙의 브뤼셀 등 지방정부도 적극적인 제약 혁신 지원에 나서고 있다. 북부의 플란더스 지방정부는 혁신으로 인한 기업 이익의 최대 85%를 공제해준다. 혁신을 위한 기업과 연구소의 투자를 적극적으로 인정하는 셈이다. 제약산업을 위한 물류 허브까지 조성했다. 아울러 수도 브뤼셀에서 1992년부터 에라스무스 유럽 비즈니스혁신센터 (EEBIC)를 운영하면서 관련 스타트업 종사자들에게 활동 공간과 프로젝트 파이낸싱 네트워크, 그리고 비즈니스 노하우 공유 서비스를 제공하고 있다. 한마디로 혁신적인 비즈니스, 특히 신약개발을 위해 중앙정부와 지방정부가 모두 나서서 최선의 지원을 위해 노력하고 있는 셈이다.

벨기에를 벤치마킹하는 수준을 넘어 이 신약개발·제약 강소국과 더욱 적극적이고 상시적으로 교류·협력하는 시스템을 만들 필요도 있다. 신약개발은 글로벌을 상대로 하기 때문에 글로벌 네트워킹은 확장할수록 이득이 된다.

### 〈자료〉

국제통화기금(IMF) <https://www.imf.org/en/Publications/WEO>

경제협력개발기구(OECD) <https://www.oecd.org>

미국 국립보건원(NIH) <https://www.nih.gov>

미국 국립의학도서관(NLM) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc>

The World Factbook <https://www.cia.gov>

유럽연합 통계청 <https://ec.europa.eu/eurostat>

경제복합성관측소(OEC) <https://oec.world>

세계톱수출 <https://www.worldstopexports.com/drugs-medicine-exports>

플란더스무역투자진흥공사 서울사무소(Flanders Investment and Trade SEOUL)

KOTRA 해외시장뉴스

드러그디스커버리트렌드 <https://www.drugdiscoverytrends.com/>

피어스팜 <https://www.fiercepharma.com/>

## 한림원탁토론회는...

● ● ●

한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 세우고, 동시에 과학기술 협안문제에 대한 해결방안을 모색하기 위한 목적으로 개최되고 있는 한림원의 대표적인 정책토론 행사입니다.

지난 1996년 처음 개최된 이래 지금까지 190여회에 걸쳐 초중등 과학교육, 문·이과 통합문제, 국가발전에 미치는 기초과학 등 과학기술분야의 기본문제는 물론 정부출연연구소의 발전방안, 광우병의 진실, 방사능, 안전 방제 등 국민생활에 직접 영향을 미치는 문제에 이르기까지 광범위한 주제를 다루고 있습니다.

한림원은 과학기술 선진화에 걸림돌이 되는 각종 협안문제 중 중요도와 시급성에 따라 주제를 선정하고, 과학기술 유관기관의 최고책임자들을 발제자로 초빙하여, 한림원 석학들을 비롯해 산·학·연·정의 전문가들이 심도 깊게 토론을 진행하고 있습니다.

토론후에는 책자로 발간, 정부, 국회와 관련기관에 배포함으로써 정책 개선방안을 제시하고 정책 입안자료를 제공하여 여론 형성에 기여하도록 힘쓰고 있습니다.

### ■ 한림원탁토론회 개최실적 (2020년 ~ 2022년) ■

회수	일자	주제	발제자
145	2020. 2. 5.	신종 코로나바이러스 감염증 대처방안	정용석, 이재갑, 이종구
146	2020. 3. 12.	코로나바이러스감염증-19의 중간점검 - 과학기술적 관점에서 -	김호근
147	2020. 4. 3.	COVID-19 판데믹 중환자진료 실제와 해결방안	홍석경, 전경만, 김제형
148	2020. 4. 10.	COVID-19 사태에 대비하는 정신건강 관련 주요 이슈 및 향후 대책	심민영, 현진희, 백종우

회수	일자	주제	발제자
149	2020. 4. 17.	COVID-19 치료제 및 백신 개발, 어디까지 왔나?	신형식, 황응수, 박혜숙
150	2020. 4. 28.	Post COVID-19 뉴노멀, 그리고 도약의 기회	김영자
151	2020. 5. 8.	COVID-19 2차 유행에 대비한 의료시스템 재정비	전병율, 흥성진, 염호기
152	2020. 5. 12.	포스트 코로나, 어떻게 살아남을 것인가? : 정보 분야	강홍렬, 차미영
153	2020. 5. 18.	포스트 코로나, 어떻게 살아남을 것인가? : 경제·산업 분야	박영일, 박진
154	2020. 5. 21.	젊은 과학자가 바라보는 R&D 과제의 선정 및 평가 제도 개선 방향	김수영, 정우성
155	2020. 5. 25.	포스트 코로나, 어떻게 살아남을 것인가? : 교육 분야	이윤석, 이해정
156	2020. 5. 28.	지역소재 대학 다 죽어간다	이성준, 박복재
157	2020. 6. 19.	대구·경북에서 COVID-19 경험과 이를 바탕으로 한 대응방안	김신우, 신경철, 이재태, 이경수, 조치흠
158	2020. 6. 17.	코로나 이후 환경변화 대응 과학기술 정책포럼	장덕진, 임요업
159	2020. 6. 23.	포스트 코로나 시대의 과학기술교육과 사회적 가치	이재열, 이태억
160	2020. 6. 30.	코로나19 시대의 조현병 환자 적정 치료를 위한 제언	권준수, 김윤
161	2020. 7. 9.	Living with COVID-19	정은옥, 이종구, 오주환
162	2020. 7. 15.	포스트 코로나 시대, 농식품 산업의 변화와 대응	김홍상, 김두호
163	2020. 7. 24.	건강한 의료복지를 위한 적정 의료인력과 의료제도	송호근, 신영석, 김윤, 안덕선, 한희철
164	2020. 7. 30.	젊은 과학자가 보는 10년 후 한국 대학의 미래	손기훈, 이성주, 주영석
165	2020. 8. 7.	집단면역으로 COVID-19의 확산을 차단할 수 있을까?	황응수, 김남중, 천병철, 이종구
166	2020. 8. 24.	포스트 코로나 시대, 가속화되는 4차산업혁명	윤성로, 김정호
167	2020. 9. 8.	부러진 성장사다리 닦고 싶은 여성과학기술리더가 있는가?	김소영, 문애리
168	2020. 9. 10.	과학기술인재 육성을 위한 대학의 역할	변순천, 안준모
169	2020. 9. 17.	지난 50년 국가 연구개발 투자 성과, 어떻게 나타났나?	황석원, 조현정, 배종태, 배용호
170	2020. 9. 23.	과학기술 재직자 역량 강화 전략	차두원, 김향미
171	2020. 9. 25.	COVID-19 치료제의 개발 현황	김성준, 강철인, 최준용
172	2020. 10. 7.	미래세대 기초·핵심역량 제고 방안	송진웅, 권오남

회수	일자	주제	발제자
173	2020. 10. 13.	대학의 기술 사업화 및 교원 창업 활성화 방안	이희숙, 이지훈, 심경수
174	2020. 10. 14.	한국판 뉴딜, 성공의 조건은?	박수경
175	2020. 10. 22.	성공적인 K 방역을 위한 코로나 19 진단 검사	이혁민, 흥기호, 김동현
176	2020. 11. 5.	4단계 BK21 사업과 대학의 혁신	노정혜, 정진택, 최해천
177	2020. 11. 9.	COVID-19의 재유행 예측과 효과적 대응	이종구, 조성일, 김남중
178	2020. 11. 27.	우리나라 정밀의료의 현황과 미래 : 차세대 유전체 염기서열 분석의 임상응용과 미래	방영주, 박웅양, 김열홍
179	2020. 12. 4.	대학 교수평가제도의 개선방안	최태림, 림분한, 정우성
180	2020. 12. 8.	COVID-19의 대유행에서 인플루엔자 동시감염	김성준, 송준영, 장희창
181	2020. 12. 9.	COVID-19 환자 급증에 따른 중환자 진료 대책	김제형, 홍석경, 공인식
182	2021. 2. 19.	세계대학평가 기관들의 객관성 분석과 국내대학을 위한 제언	이준영, 김현, 박준원
183	2021. 4. 2.	인공지능 시대의 인재 양성	오혜연, 서정연
184	2021. 4. 7.	탄소중립 2050 구현을 위한 과학기술 도전 및 제언	박진호, 정병기, 윤제용
185	2021. 4. 15.	출연연구기관의 현재와 미래	임혜숙, 김명준, 윤석진
186	2021. 4. 30.	메타버스(Metaverse), 새로운 가상 융합 플랫폼의 미래가치	우운택, 양준영
187	2021. 5. 27.	원격의료: 현재와 미래	정용, 최형식
188	2021. 6. 17.	배양육, 미래의 먹거리일까?	조철훈, 배호재
189	2021. 6. 30.	외국인 연구인력 지원 및 개선방안	이한진, 이동현, 버나드 에거
190	2021. 7. 6.	국내 대학 연구 경쟁력의 현재와 미래	이현숙, 민정준, 윤봉준
191	2021. 7. 16.	아이들의 미래, 2022 교육과정 개정에 부쳐 : 정보 교육 없는 디지털 대전환 가능한가?	유기홍, 오세정, 이광형
192	2021. 10. 15.	자율주행을 넘어 생각하는 자동차로	조민수, 서창호, 조기춘
193	2021. 12. 13.	인간의 뇌를 담은 미래 반도체 뉴로모픽칩	윤태식, 최창환, 박진홍
194	2022. 1. 25.	거대한 생태계, 마이크로바이옴 연구의 미래	이세훈, 이주훈, 이성근
195	2022. 2. 14.	양자컴퓨터의 전망과 도전: 우리는 무엇을 준비해야 할까?	이진형, 김도현
196	2022. 3. 10.	오미크론, 기존 바이러스와 무엇이 다르고 어떻게 대응할 것인가?	김남중, 김재경
197	2022. 4. 29.	과학기술 주도 성장: 무엇을 해야 할 것인가?	송재용, 김원준
198	2022. 6. 2.	더 이상 자연재난은 없다: 자연-기술 복합재난에 대한 이해와 대비	홍성욱, 이호영, 이강근, 고상백
199	2022. 6. 17.	K-푸드의 가치와 비전	권대영, 채수완
200	2022. 6. 29.	벤자민 버튼의 시간, 노화의 비밀을 넘어 역노화에 도전	이승재, 강찬희



제201회 한림원탁토론회

## 신약개발의 새로운 패러다임

이 사업은 복권기금 및 과학기술진흥기금 지원을 통한 사업으로  
우리나라의 사회적 가치 증진에 기여하고 있습니다.

행사문의

한국과학기술한림원(KAST) 경기도 성남시 분당구 둘마로 42(구미동) (우)13630  
전화 (031)726-7900 팩스 (031)726-7909 이메일 [kast@kast.or.kr](mailto:kast@kast.or.kr)