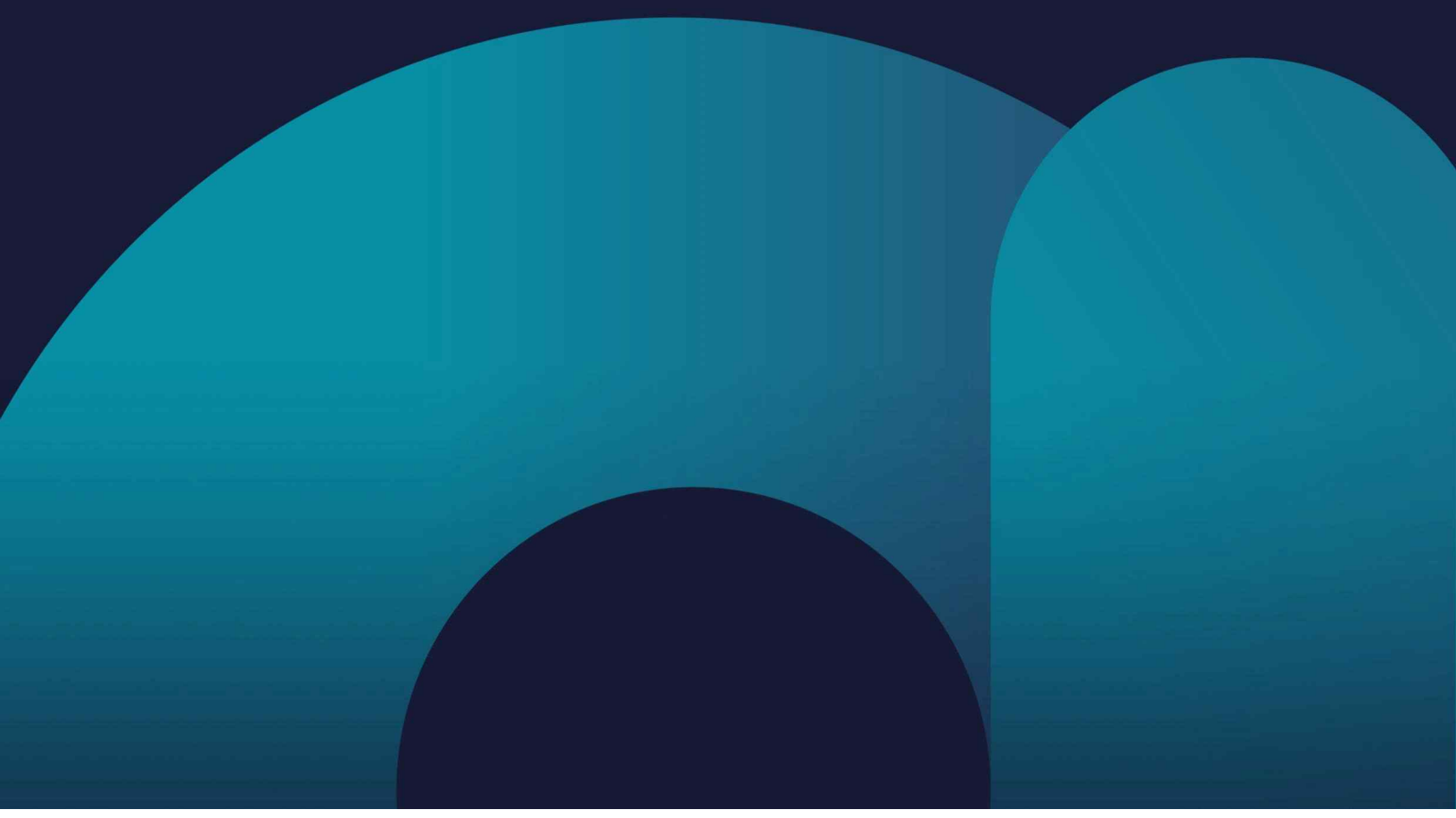

STI Brief

- 감염병 대응 백신 후보 물질 -



CONTENTS

I. 서론	3
1. 배경 및 필요성	3
2. 기술의 정의 및 범위	5
II. 해외 동향	8
1. 정책 동향	8
2. 시장 · 산업 동향	13
3. 기술개발 동향	15
4. 국제협력 동향	1
III. 국내 동향	20
1. 정책 동향	23
2. 시장 · 산업 동향	25
3. 기술개발 동향	29
4. 국제협력 동향	30
IV. 결론	30
1. 시사점	30
참고 문헌	32

I. 서론

1 배경 및 필요성

□ 감염병 대응 백신 후보물질 개발 플랫폼 고도화 필요성

○ 감염병 백신 개발 플랫폼 구축 및 후보물질 발굴

- 전 세계적으로 COVID-19 팬데믹이 유행하면서 글로벌 협력을 통한 신속한 감염병 대응의 중요성이 더욱 강조되었고, 다양한 국내외 연구기관에서 새로운 감염병에 효율적으로 대응할 수 있는 고도화된 플랫폼 구축을 강화하고 있음.
- 감염병 대응을 위한 백신 개발 플랫폼 고도화는 기술적인 플랫폼 개발만을 목표로 하지 않고, 면역학적 이해를 기반으로 하여 근본적인 개발 플랫폼을 구축한 후, 이를 경제적 효율성을 고려하여 글로벌 협력에 기반한 응급 대응이 필요한 실제 현장에서 사용 될 수 있음을 목표로 하여 감염병에 발빠르게 대응하기 위한 체계적이고 혁신적인 시스템을 구축하는 것을 의미함. 궁극적으로 향후 발생 할수 있는 새로운 감염병의 위협에 선제적으로 대처하여 피해를 최소화할 수 있는 가능성을 제시함.
- 특히 신속하고 효율적인 대응법 구축, 다양한 병원체에 대한 유연성, 정확한 백신 치료제 후보물질 스크리닝, 국제 협력 및 정보 공유, 비용 효율성 및 접근성 강화 등의 측면을 아우르는 감염병 대응 백신 후보물질 개발 플랫폼 고도화가 필요함.

○ 유연성을 지닌 모듈화된 시스템

- 팬데믹을 포함한 새로운 감염병 발생 시, 치료제와 백신을 신속하게 개발하는 것이 중요하며, 이를 위해 고도화된 플랫폼 기반 기술 구축이 필요함. 예를 들어, COVID-19 감염 예방을 위한 백신 개발시 기존에 구축되어 있던 mRNA 백신 플랫폼을 신속히 적용하여 빠른 시간 내에 COVID-19 백신 후보물질을 개발하는 가능성을 제시하였음. 이때 다양한 타겟에 맞춰 유연하게 변형하여 적용할 수 있는 mRNA의 장점이 사용되었음.
- 특히 각종 감염병에 대한 공통적인 기초 연구 및 플랫폼 기술을 활용하여 다양한 유형의 감염병 유발 원인 병원체에 대해 유연하게 반복적으로 적용할 수 있는 모듈화된

시스템 구축이 필요하며, 현재까지 발생한 경우가 없는 새로운 병원체의 출현에 대비하여 미지의 신종 감염병에 대한 고도화된 플랫폼 구축이 요구됨.

○ 신속한 백신 후보물질 스크리닝

- 인공지능 (AI)에 기반한 대규모 데이터 분석 기술을 활용할 경우, 방대한 양의 데이터를 분석하여 병원체의 특성을 신속하게 파악하는 것이 가능하기 때문에 새로운 병원체를 빠르게 식별하여 백신 후보물질의 스크리닝을 감염병 발생 초기 단계에서 진행할 수 있음.
- 시간과 비용이 많이 드는 실험적 방법에 의존하지 않고, 다양한 병원체에 적합한 백신 후보물질을 더욱 신속하고 효율적으로 선별할 수 있으며, 유전자 정보나 병원체의 특성을 분석하여 백신 후보를 효율적으로 도출할 수 있음.
- 기존 백신을 새로운 감염병에 맞게 재조명하는 약물 재창출이 가능함. 즉, 기존 백신의 효과와 유효성을 새로운 병원체에 맞게 분석하여, 기존의 백신이나 치료제를 변형하거나 활용할 수 있는 방법을 제시할 수 있음.

○ 국제 협력 및 정보 공유

- 감염병의 국내 확산 뿐만 아니라 국제 확산을 방지하기 위해 글로벌 대응이 필수적임. 국제 협력을 바탕으로 대규모의 고도화 플랫폼 개발이 진행되고, 개발된 백신에 대한 데이터를 각국으로 공유할 수 있도록 해야 함. 예를 들어, 개방형 데이터 플랫폼을 활용하여 전 세계 연구자들이 효율적으로 협력하고, 중요한 정보를 빠르게 공유할 수 있음.
- 글로벌 감염병 대응을 위한 통합적인 시스템을 구축하여 세계보건기구를 포함한 국제기구의 백신 배급 및 배분에 대한 공정한 관리에 유용하게 사용될 수 있음.
- 또한, 새로운 감염병에 대한 백신 개발 및 보급에 대한 국가별 경제적 부담을 고려하였을 때, 저개발 국가에서도 접근할 수 있도록 대량 생산이 가능한 백신 제작 시스템을 구축할 필요가 있음. 뿐만 아니라, 각국에서 백신의 효능이 유지되도록 저장되고 신속하게 배급하기 위한 유통 관리 시스템이 플랫폼 구성에 포함됨으로써 다각적으로 고도화된 플랫폼이 구축되어, 감염병 발생 초기 단계에서부터 글로벌적으로 신속하게 대응할 수 있도록 해야 함.

2 기술의 정의 및 범위

□ 미래 감염병 대응 플랫폼 고도화

○ 기술 정의

- 감염병의 발생과 확산을 빠르고 효율적으로 대응할 수 있도록 기존의 감염병 대응 시스템을 더욱 발전시키고 강화하는 과정을 일컫음. 다양한 기술적 발전과 혁신적인 접근 방법을 적용하여 감염병 발생 초기부터 예방, 진단, 치료 및 관리까지 전반적인 대응 능력을 향상시키는 것을 목표로 함.
- 바이오 및 의료 기술, 정보 통신 기술 (ICT), 인공지능, 빅데이터 분석 등을 활용하여 감염병 발생에 대응할 수 있는 시스템을 개발하고, 실용적으로 활용될 수 있도록 고도화 기술로 발전시키는 것에 중점을 둠. 감염병이 발생했을 때 신속하게 대응하고, 확산을 최소화하며, 치명적인 영향을 줄이기 위해 감염병의 발생 초기부터 확산 방지, 진단, 치료, 예방 등을 포괄적으로 관리함을 목표로 플랫폼을 개발하는 것을 의미함.

○ 주요 기술 범위

- 미래 감염병 대응 플랫폼 고도화 기술은 감염병 발생에 신속하고 효과적으로 대응할 수 있는 시스템을 구축하고 강화하는 다방면의 기술을 포함함.
- 해당 고도화 기술에는 특히 예방 전략의 강화를 포함함. 감염병 발생 초기에 신속히 사용할 수 있는 정확도 높은 백신 개발을 통해 예방 조치의 효율성을 높이는 것이 필요함. 이때 실시간으로 감염병을 모니터링하고 예측할 수 있는 조기 검출 시스템을 구축하는 것이 중요한데, 이는 빅데이터와 AI 기반의 광범위한 데이터 수집을 사용한 감염병 예측 모델링을 통해 이루어질 수 있으며, 감염병의 확산 경로와 확률을 사전에 파악하여 보다 빠른 대응을 가능하게 함.
- 팬데믹과 같은 대규모 감염병 상황에 대한 대응 시나리오를 마련하고, 이와 함께 헬스케어 및 의료 시스템이 구축되어 있어 감염병 대응에 있어 효율적인 의료 제공이 가능하도록 함.
- 세계적인 감염병 확산을 방지하기 위해 국가 간 감염병 정보를 실시간으로 공유하고 협력하는 플랫폼이 필요하며, 클라우드 기반의 데이터 관리 시스템과 디지털 플랫폼을 통해 전 세계에서 발생하는 감염병 데이터를 실시간으로 분석하고, 이에 대한 대응 전략을 공동으로 수립할 수 있는 환경을 만드는 것이 중요함. 궁극적으로 해외 최고 기관과의

상시 교류 통로를 확보하여 국내 연구 인력의 해외 진출 교두보 역할을 제공하고, 전문성 확보 및 글로벌 역량 강화에 기여해야 함.

- 기업을 포함한 대부분의 국내 신약 개발은 만성 질환에 치중되어 있는 경향이 있음. 따라서 공공성을 나타내는 감염성 질환 분야로 해외 선진기관과의 협력 플랫폼을 구축하여 향후 발생할 수 있는 감염병에 대하여 선제적으로 대응할 필요가 있음.
- 다양한 종류의 신변종 바이러스에 대한 효과적인 치료제 및 백신 개발을 통해 공공성 및 세계 경쟁력을 확보함이 요구되며, 구축된 플랫폼의 약효 평가 데이터베이스를 통해 넥스트 팬데믹에 신속하게 대응할 수 있어야함.

□ 백신 후보물질 개발

○ 기술 정의

- 미래 감염병 대응 플랫폼 고도화를 통한 백신 후보 물질 개발은, 유전자, 단백질, 면역 등의 다양한 기술을 통합한 최신 의약공학 기술을 활용하여 감염병 예방을 위한 백신 후보 물질을 신속하고 정확하게 개발하는 기술을 일컫음.
- 특정 감염병을 예방할 수 있는 효과적인 백신을 만들기 위한 초기 단계에서부터 후보 물질을 발견하고, 이를 최적화하는 과정을 포함함.

○ 주요 기술 범위

- 특정 감염병을 일으키는 병원체 (바이러스, 세균 등)의 유전자, 단백질, 구조 등을 분석하여, 백신 개발에 필요한 항원을 식별하고, 어떠한 부분이 면역 반응을 유도할 수 있는지를 확인하여 백신의 타겟을 설정함.
- 잠재적인 백신 후보물질을 빠르게 선별할 수 있도록 다양한 후보를 평가하는 과정에서 로봇틱 시스템, 자동화된 실험 장비, AI 기반 분석 도구 등을 활용하여 여러 백신 후보 물질의 효능과 안전성을 신속하게 평가함이 필요함.
- 인공지능과 빅데이터를 사용하여 타겟 후보 물질 스크리닝 속도를 획기적으로 향상시키고, 백신 후보 물질 개발 및 효능 검증의 효율성 및 결과 분석의 신속성을 극대화할 수 있음. 예를 들어, AI와 머신러닝을 활용한 예측 모델을 통해 백신 개발 초기 단계에서 병원체의 유전자 정보를 분석하고, 그에 적합한 백신 후보 물질을 예측할 수 있음. 즉, AI를 사용하여 병원체의 특성, 변이 양상, 면역 반응 등을 분석하여 효과적인 백신 후보 물질을 도출할 수 있으며, 빅데이터 분석을 통해 전 세계적으로 수집된 감염병 관련 데이터를

실시간으로 처리하고, 병원체의 확산 경로와 면역 반응에 대한 정보를 바탕으로 백신 개발에 필요한 최적의 조건을 도출할 수 있음.

- 유전자 분석 및 바이오 기술을 활용하여 병원체의 유전자 서열을 분석하고, 이를 기반으로 하여 백신 후보 물질의 설계 및 개발을 진행할 수 있음. 그리고 mRNA 백신 기술을 활용하여 감염병의 새로운 변이에 대응할 수 있는 백신을 빠르게 개발할 수 있음.
- 새롭게 발생할 수 있는 감염병에 대한 신속한 대책을 위해 화합물 라이브러리와 약효평가 플랫폼을 활용하고, 이때 COVID-19, Dengue 바이러스, 인플루엔자, 니파바이러스 등의 백신 개발 플랫폼의 장점을 활용하고 최적화를 통하여 선도물질을 발굴함.
- 다양한 백신 후보 물질의 비임상 및 임상 시험과 효능 평가를 가속화하는 시스템을 구축하여, in vitro 에서부터 in vivo에 이르는 전 과정을 평가하여 백신의 안정성 및 유효성을 검증하는 것이 수반되어야 함.
- 백신 및 치료제 개발 플랫폼 고도화를 통해 비임상 후보물질을 발굴하고, 대량 생산 공정 플랫폼을 구축하는 것이 요구됨.
- 최종적으로 백신 후보물질의 초기 임상 시험을 통해 백신의 안전성과 면역학적 효능을 검증하는 단계를 통해 백신이 사람에게 적용 가능한지 여부를 판단하고, 임상 데이터가 축적되면 본격적인 상용화 작업이 시작됨.
- 고도화된 백신 개발 기술은 기존의 백신 개발 방식에 비해 개발 기간을 단축하고, 보다 높은 정확도와 효율성을 제공할 수 있으며, 급격히 변하는 병원체에 대한 유연한 대응이 가능해야 함. 궁극적으로 신속하고 효과적인 백신을 개발하여 감염병의 확산을 방지하고, 공공 건강을 확보할 수 있어야 함.

II. 해외 동향

1 정책 동향

□ 미래 감염병 대응 플랫폼의 고도화를 통한 치료제 백신 개발 관련 해외 정책

- 국제사회는 신규 감염병에 신속하고 효율적으로 대응하고 예방 및 치료의 효율성을 높이기 위해 다양한 정책을 개발하고, 정책적 지원을 강화하고 있음.
- 세계 각국에서는 기술 혁신, 국제협력, 공공-민간 파트너십 (public-private partnerships, PPP)을 중심으로 디지털 헬스케어와 AI 기술을 활용한 정책을 추진하며, 백신과 치료제의 공정한 배분과 효율적인 개발을 위해 노력하고 있음.

□ 국가 및 국제기구의 전략적 투자 및 정책 변화

○ 세계보건기구 및 글로벌 보건기구

- 세계보건기구 (WHO)는 팬데믹 대비와 대응을 위한 국제적인 정책을 강화하고 있음. 특히 "One Health" 접근법을 통해 인간, 동물, 환경 간의 상호작용을 고려하여 감염병의 발생 및 확산을 차단하기 위한 종합적인 감염병 대응을 추진하고 있음. 이는 동물과 환경에서 발생할 수 있는 새로운 감염병을 미리 예방하고, 그 영향을 최소화하기 위한 전략으로 WHO는 각국 정부에 이 접근법을 채택할 것을 권장하고 있음.
- WHO는 글로벌 팬데믹 대응을 위한 자금을 확보하고, 이를 각국의 보건 시스템 강화 및 치료제 개발 지원에 활용함. 예를 들어, 글로벌 팬데믹 준비 및 대응 재정기구를 설립하였는데, 이는 특히 백신과 치료제의 공평한 분배를 촉진하는 기구로, 각국의 보건 인프라를 강화하고, 저소득 국가가 혜택을 받을 수 있도록 하는 방안을 강구하며 미래 감염병 대응을 위한 자금을 확보하고 있음.

○ 미국, 유럽, 영국, 아시아의 정책

- 미국은 2020년 COVID-19 대응을 위한 대규모 재정 지출을 통해 백신 개발과 치료제 연구에 대한 투자를 급증시켰음. 미국 보건부 산하기관인 Biomedical Advanced Research and Development Authority는 감염병에 대한 대응을 위한 연구개발을 지원하며, 민간기업과의 협력을 촉진하고 있음. 또한 미국국립보건원 (National

Institutes of Health, NIH)를 통해 신약 개발을 위한 투자를 늘리고 있으며, 백신 혁신법 (Vaccine Innovation Act)을 통해 백신 연구 및 개발을 위한 재정적 지원을 강화하고, 백신의 생산, 배급, 규제 절차 등을 개선하여 감염병 대응 능력을 높이는 것을 목표로하고 있음.

- 유럽은 Horizon Europe 프로그램을 통해 팬데믹 대비 및 대응을 위한 다양한 감염병 관련 연구 프로젝트를 지원하고 있음. Horizon Europe은 유럽의 "Next Generation EU" 전략의 일환으로, 팬데믹 및 공공 보건 위기 상황에 효과적으로 대응할 수 있는 연구와 기술 개발을 장려하고 있음. 예를 들어, VACCELERATE 프로젝트를 통해 COVID-19 백신의 임상 시험을 가속화하고, 백신의 안전성과 효능을 평가하는 연구를 수행하는 등 감염병의 글로벌 대응을 위한 다양한 플랫폼을 제시하고 있음.
- 영국은 UK Vaccine Network와 같은 플랫폼을 통해, 백신 개발 및 신약 연구를 적극 지원하고 있음. UK Vaccine Network는 AstraZeneca, GlaxoSmithKline(GSK), Moderna 등의 제약사, 바이오텍 기업등과의 산업협력을 통해 상용화를 추진하기 위한 로드맵을 제시하고 있음.
- 인도의 사기업인 인도혈청연구소 (SII)는 COVAX와 협력하여 개발도상국을 위한 백신 공급을 지원하고 있음. 인도 정부는 자체 백신 배급 프로그램을 통해 국내 접종을 신속히 진행하고 있으며, 동시에 글로벌 백신 공급망의 중요한 축을 담당하고 있음.
- 중국에서는 Sinovac와 Sinopharm 백신을 포함한 다양한 백신을 개발하고, 아시아 및 개발도상국에 백신을 공급하고 있음. "Belt and Road Initiative"의 일환으로, 백신 및 의료 자원을 세계 여러 나라에 제공하며 글로벌 보건 리더십을 강화하고 있음.

□ 디지털 헬스케어 및 데이터 활용 정책

○ AI와 빅데이터 기반의 감염병 예측 및 대응 정책

- 인공지능과 빅데이터를 활용한 감염병 예측, 확산 경로 분석, 잠재적 위험 요소 예측, 백신 및 치료제 개발을 위한 정책적 지원이 강화되고 있으며 해당 기술에 기반한 분석을 촉진하는 정책이 각국에서 강화되고 있음. 예를 들어, DeepMind는 AI 기반으로 단백질 구조를 예측하여 COVID-19 바이러스의 구조를 분석하는 데 기여했으며, 이는 백신 개발에 중요한 정보를 제공하였음.
- 헬스케어 기업과 정부 기관이 협력하여 치료제의 효과성 분석, 백신 효능 테스트 등을 위한 데이터 공유 플랫폼을 구축하고 있음. 특히, COVID-19 상황에서 민간 기업과 정부는 실시간 데이터를 기반으로 감염병 확산 경로를 추적하고 예측하는 데 협력하였음.

- 미국 질병통제예방센터(CDC)와 WHO는 AI 및 머신러닝을 활용하여 감염병의 확산 패턴을 분석하고, 그에 맞는 대응 전략을 수립하고 있음. 영국은 NHS와 협력하여, 국민의 건강 데이터를 실시간으로 수집하고, 이를 AI와 결합하여 위험 지역을 예측함. 또한, 헬스케어 시스템과 병원 데이터를 실시간으로 분석하여 의료 자원의 수급 상황을 예측하는 시스템을 구축하였음.
- 디지털 팬데믹 대응 정책 디지털 건강 기록 및 모바일 앱을 통한 감염병 추적 및 백신 접종 관리 정책이 각국에서 도입되고 있음. 싱가포르의 COVID-19 대응을 위해 스마트폰 앱을 통해 실시간으로 감염병의 확산을 추적하였음.

○ 미국과 유럽의 데이터 공유 정책

- 미국과 유럽은 헬스케어 데이터 공유 및 디지털 전환을 위한 정책을 강화하고 있음. 미국의 FDA는 디지털 헬스케어 기술을 신약 개발과 규제 절차에 통합하고 있으며, 유럽은 일반 데이터 보호 규정 (GDPR)을 기반으로 개인정보 보호를 강화하면서도 헬스케어 데이터를 효율적으로 활용할 수 있는 시스템을 구축하고 있음.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC)는 미국의 질병 통제 및 예방을 담당하는 기관으로, 전국 각지의 주 (state) 및 지역 보건기관과 협력하여 COVID-19, 독감, 결핵 등 다양한 감염병 데이터를 감염병 데이터를 실시간으로 수집하고 공유함.
- 미국의 CDC WONDER 시스템은 공공 보건 데이터의 온라인 검색과 분석을 위한 플랫폼으로, 감염병 통계와 질병 발생 데이터를 제공하여 연구자 및 보건 전문가들이 실시간으로 데이터를 활용할 수 있도록 함.
- 또한, National Notifiable Diseases Surveillance System (NNDS)는 미국 내에서 발생하는 감염병에 대한 데이터를 중앙화하여 공유하고 있으며, 이를 통해 감염병 발생의 동향을 추적하고, 전염병 확산 방지를 위한 정책을 수립하는데 일조하고 있음.
- European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC)는 유럽의 감염병 예방과 통제를 담당하는 기관으로, 감염병 감시, 조기 경고 시스템, 유럽 전역의 질병 통계 등을 실시간으로 수집하여 회원국들과 공유함. ECDC's European Surveillance System (TESSy)는 EU 국가들이 감염병 데이터를 통합하고 공유하는 온라인 시스템임.
- Horizon Europe은 유럽의 연구 혁신 프로그램으로, 감염병 연구 및 백신 개발, 의료 데이터 분석을 위한 주요 프로젝트를 지원하고 있음. 이 프로그램은 AI와 빅데이터를 활용한 감염병 예측 시스템, 병원 내 감염 예방 및 백신 개발을 위한 연구를 촉진하고 있음.

- 유럽은 WHO 및 Global Health Security Agenda (GHSA)와 협력하여 국제적으로 감염병 데이터를 공유하고 있음. 또한 EU External Action은 개발도상국 및 인도적 지원 국가와 협력하여, 감염병 예방 및 대응 데이터를 세계적으로 공유함.

□ 국제 협력 및 공공-민간 파트너십 강화

○ 국제 기구의 역할

- 팬데믹 대비와 대응을 위한 글로벌 백신 면역연합 (Global Alliance for Vaccines and Immunization, GAVI)와 전염병 대비 혁신연합 (Coalition for Epidemic Preparedness Innovations, CEPI)은 감염병 대응을 위한 글로벌 정책 및 재정적 지원을 담당하는 국제기구임.
- GAVI는 백신의 공정한 배분과 공급을 보장하는 글로벌 파트너십으로, 민간 기업과 정부가 협력하여 개발도상국을 포함한 전 세계에 백신을 공급하는 역할을 함. 백신 구매와 배급을 위한 자금을 조달하고, COVAX 프로그램을 통해 COVID-19 백신을 전 세계에 공평하게 배포하였음. COVAX는 WHO, GAVI, CEPI와 민간 제약사가 협력하여 COVID-19 백신을 전 세계에 공평하게 배분하기 위한 글로벌 네트워크로, 저소득 국가들에 대한 백신 공급을 보장하고 백신의 생산 및 배송을 효율적으로 관리했음.

○ 공공-민간 파트너십

- 미국의 Operation Warp Speed (OWS)는 미국 정부와 제약회사, 연구기관 간 협력을 통해 COVID-19 백신 개발을 신속히 진행한 대표적인 사례임. 정부는 연구개발 자금을 지원하고, 민간 기업인 Pfizer, Moderna, Johnson & Johnson 등은 백신 개발과 생산을 담당했음. 이를 통해 백신 개발 속도를 대폭 단축시켰고, 빠른 승인 절차가 가능하게 했음. OWS는 백신 개발과 동시에 생산을 위한 투자도 병행하여, 백신이 개발되기 전부터 대규모 생산 준비를 시작하였으며 이는 백신 공급을 신속하게 하는데 기여하였음.
- Innovative Medicines Initiative (IMI) 는 유럽과 제약 산업 간의 협력으로, 감염병과 같은 보건 위기 상황에서 백신 및 치료제 개발을 가속화하기 위해 설계된 프로그램임. 특히 팬데믹 대응을 위해 유럽 내 제약사와 보건 당국 간의 긴밀한 협력 네트워크를 형성하여, COVID-19 백신 및 치료제 개발에 중요한 역할을 하였음.

□ 감염병 관련 제약 산업의 정책적 지원

○ 제약 산업의 혁신 촉진 정책

- 미국의 21st Century Cures Act는 신약과 치료제 개발을 위한 신속한 승인 절차를 마련하여 혁신적인 의약품의 시장 진입을 돕고 있음. 신속 승인 (Fast Track), 승인 우선 절차 (Breakthrough Therapy Designation), 생명 연장 치료 (Accelerated Approval)와 같은 신속 승인 프로그램을 통해 환자들에게 빠르게 혁신적인 치료제를 제공할 수 있도록 함. 또한 의약품 승인 절차에서의 임상시험 데이터 요건을 완화하여, 예비 데이터만으로도 신약 승인 과정을 가속화할 수 있도록 함. 또한 환자보고 결과 (Patient-Reported Outcomes, PRO)를 임상 시험에서 중요한 요소로 삼고 환자들의 경험과 피드백을 신약 개발 과정에 반영함으로써, 치료제의 개발이 환자들의 실제 요구 사항에 맞춰지도록 함.
- 유럽은 약물 개발의 신속화를 위해 Accelerated Approval과 같은 신속 승인 절차를 마련하여 백신과 치료제의 승인 절차를 가속화하고 있음. 신약이 임상 데이터가 제한적일 때, 기존 치료법에 대한 대체가 불가능 할 경우 조건부 승인 (Conditional Marketing Authorisation, CMA)을 제공할 수 있음. 또한 빠른 경로 승인 (Rolling Review)을 통하여 임상 데이터가 점진적으로 제출될 수 있도록 하여, 전체 데이터가 완성되기 전에 일부분만으로도 신속하게 승인 절차를 시작할 수 있도록 함으로써 팬데믹 상황에서 특히 백신과 치료제의 개발을 촉진하는 데 중요한 역할을 함.
- 예를들어 Pfizer와 BioNTech의 mRNA 백신 BNT162b2는 EMA의 Rolling Review를 통해 2020년 12월에 신속히 승인되었으며, 모더나의 COVID-19 백신 (mRNA-1273) 역시 EMA의 과학적 자문과 빠른 리뷰 절차를 통해 빠른 경로로 승인되어 1년 이내에 상용화될 수 있었음.

2 시장 · 산업 동향

□ 시장 규모

○ 글로벌 백신 시장

- COVID-19 팬데믹을 계기로 글로벌 백신 시장은 급성장하였으며, 이후에도 다양한 감염병 대응을 위한 백신 개발이 활발히 진행되고 있음. 특히, mRNA 백신 기술이 주목받으며, Moderna, Pfizer-BioNTech 등의 기업이 시장을 선도하고 있음.
- 글로벌 백신 시장 규모는 2023년 약 12.3억 달러에서 2023년까지 약 21.2억 달러로 연평균 성장률 (CAGR) 8.2%를 기록할 것으로 예상됨. 백신 후보물질 개발에 대한 2023년 글로벌 시장 규모는 약 1,000억 달러 이상으로 추정되고 있으며, mRNA 백신 및 치료제 시장 규모는 2024년에 547억 달러로 추정되고, 2029년까지는 1,189억 달러에 이를 것으로 예측됨.

○ 치료제 시장

- 감염병 치료제 시장은 항바이러스제 및 항균제에 대한 수요가 높아지고 있으며, 바이러스 및 세균의 변종에 대응하기 위한 신규 치료제 개발이 활발히 이루어지고 있음.
- 치료제 개발 시장은 2021년 약 3,000억 달러에서 2028년까지 5,000억 달러를 초과할 것으로 예상되며, 연평균 성장률은 약 7%에 달할 것으로 전망됨.

○ 국가별 감염병 대응 관련 시장 규모

- 북미의 감염병 대응 관련 시장은 2023년에 약 1,800억 달러 규모로, 2028년까지 연평균 성장률 6.5%를 기록하며 2,500억 달러에 이를 것으로 예상됨. 유럽의 감염병 대응 시장은 2023년 약 1,200억 달러 규모로, 2028년까지 연평균 성장률 7.2%를 기록하며 1,800억 달러를 초과할 것으로 예상됨. 아시아의 감염병 대응 관련 시장은 2023년 약 1,100억 달러 규모로, 2028년까지 연평균 성장률 8.1%로 1,600억 달러를 초과할 것으로 예상됨.
- 미래 감염병 치료제 및 백신 후보물질 개발 시장은 급격히 성장하고 있으며, AI, 빅데이터, 디지털 헬스와 같은 첨단 기술이 주요 성장 동력으로 작용하고 있음. 팬데믹과 감염병 대응을 위한 글로벌 투자와 협력이 강화됨에 따라, 2028년까지 이 시장은 수조 달러 규모에 이를 것으로 예상됨.

□ 새로운 치료제 및 백신 개발에 대한 수요 및 성장 전망

- COVID-19, 마르부르크, 에볼라, AI와의 통합적 분석을 통한 다중 감염병 대응이 중요한 시장으로 부각됨에 따라, 글로벌 제약사 및 생명공학 기업들은 향후 수요를 겨냥해 다양한 플랫폼 및 치료제 개발에 투자하고 있음.

○ mRNA 기반 백신 개발

- COVID-19 백신을 통해 mRNA 기술이 급부상하며, 다양한 감염병에 대한 백신 및 치료제를 개발하는 데 중요한 플랫폼으로 자리잡고 있음. mRNA 플랫폼을 기반으로 한 백신은 다양한 바이러스와 세균, 다양한 변이에 대응할 수 있도록 설계될 수 있음. 또한 mRNA는 체내에 삽입된 후 바로 단백질을 생성하게 하여 면역 체계를 활성화 시키기 때문에, 전통적인 백신보다 더 높은 면역 반응을 유도할 수 있으며, 부작용 또한 상대적으로 적은 것으로 평가되었음.
- 예를 들어, Pfizer-BioNTech와 Moderna의 COVID-19백신은 기존의 백신보다 높은 면역 반응을 유도하고, 변종 바이러스에도 빠르게 대응할 수 있는 유연성을 제공하였음. 또한 Zika, HIV, 말라리아, 에볼라와 같은 바이러스에도 적용 가능성이 커, Moderna는 HIV 백신을 개발 중이며, Inovio Pharmaceuticals은 DNA 백신과 함께 mRNA 백신 개발을 진행하고 있음.

○ 인공지능 및 머신러닝

- AI 기술이 단백질 구조 분석, 신약 개발, 감염병 예측 및 대응 등의 다양한 분야에서 감염병 연구 및 치료제 개발에 중요한 역할을 하고 있음.
- DeepMind의 AlphaFold는 단백질 구조 예측에 대한 AI 혁신을 이끌어낸 대표적인 예인데, AlphaFold는 단백질 서열을 기반으로 단백질의 3D 구조를 빠른 시간내에 예측할 수 있는 시스템으로, AlphaFold의 정확도는 실험적인 방법과 비슷하거나 더 나은 성과를 제시하였음. 예를 들어, COVID-19의 주요 단백질인 spike 단백질의 구조를 빠르게 분석하고, 이를 기반으로 백신과 치료제 개발에 중요한 데이터를 제공하였음.
- 또한 DeepMind의 AI 모델은 바이러스의 유전자 서열을 분석하고, 변이 패턴을 예측하는 데 활용되며, 감염병의 확산 예측, 변종 바이러스 추적, 진단 효율성 향상에 중요한 역할을 함.
- AI 기반 플랫폼은 단백질-리간드 결합, 약물-타겟 상호작용을 예측하고, 약물의 효능과 독성을 미리 예측할 수 있어, 약물 개발 비용을 절감하고 개발 시간을 단축시키는 데 기여하고 있음.

- AI 모델을 사용하면 수천 가지의 화합물 중에서 질병에 효과적일 수 있는 물질을 빠르게 선별할 수 있기 때문에, 기존의 약물 발견 방식을 혁신적으로 변화시키며, 기존 약물의 재조합을 통해 새로운 치료제를 발굴하는 데에도 활용됨. 예를 들어, AI 기반 플랫폼을 활용하여 COVID-19 치료제 후보물질을 기존 약물 중에서 신속하게 식별할 수 있었음.

○ 합성 생물학 및 유전자 편집

- Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (CRISPR) 기술은 유전자 서열을 정밀하게 수정하고, 특정 유전자 기능을 조절하거나, 손상된 유전자를 복구하는 데 사용됨.
- CRISPR 기술을 활용하여 바이러스의 유전자를 직접 타겟팅하고, 이를 수정하거나 활성화를 억제하는 방식으로 치료제를 개발할 수 있음. HIV, 헤르페스, 간염과 같은 바이러스 감염에 대해 CRISPR을 활용한 연구가 활발히 진행되고 있음. 예를 들어, HIV 유전자가 감염된 세포의 DNA에 삽입되는 과정에서 CRISPR을 사용하여 HIV 유전자를 직접 잘라냄으로써 HIV의 재발을 방지하고, 완전한 치료를 가능하게 할 수 있음.
- 감염된 세포에서 발생한 유전자 변이를 CRISPR 기술로 수정함으로써 바이러스에 대한 내성을 극복할 수 있음. 예를 들어, 간염 C 바이러스, HBV와 같은 바이러스를 세포 내 유전자로 수정하여, 바이러스 증식을 억제하는 방법이 연구되고 있음.

□ 바이오의약품과 백신 제조업체의 글로벌 투자 동향

- 백신과 같은 생물학적 의약품의 생산은 매우 복잡하고 고도로 정교한 공정을 요구함. 이에 따라 글로벌 바이오의약품 제조업체들은 더 정교하고 효율적인 대규모 생산 공정 개발을 위해 지속적으로 투자하고 있음.
- Cytiva 등의 기업에서는 고급 백신 제조 플랫폼을 제공하며, 백신의 대규모 생산을 지원하고 있음. Cytiva는 세포 배양 시스템, 생물학적 의약품의 생산 공정에 필요한 다양한 기술을 제공하여 백신 생산의 효율성을 극대화하고 있는데, 특히 Xcellerex XDM 배양 시스템은 배양 기간을 단축시키고, 생산 수율을 증가시킴으로써 해당 시스템을 사용하는 백신 제조업체에게 경제적인 시장 진입을 가능하도록 함. 또한 짧은 시간 안에 세포 배양 및 백신 생산을 최적화할 수 있게 하며, 생산 설비의 확장성이 뛰어난 모듈형 바이오공장에 해당하는 KUBio 플랫폼을 개발하였음. 그리고 배양시스템에 자동화 기술을 도입하여 공정의 일관성을 유지하고, 품질 관리를 강화하는 데 주력하고 있음.



- 일본 다케다 제약은 모더나와 협력하여 mRNA 코로나19 백신의 일본 내 공급을 맡았고, 일본 내 생산 시설을 확장하기도 하였음. 다케다는 예방접종을 위한 다양한 백신 후보들을 연구하고 있으며, 해외 제약사들과의 협력을 통해 전 세계적 백신 수급에 기여하고 있음.

3 기술개발 동향

□ 플랫폼 기술의 고도화

○ mRNA 및 DNA 백신

- COVID-19 백신 개발을 통해 mRNA 및 DNA 백신 플랫폼의 가능성이 크게 입증되었음. 현재 이 기술들은 감염병 뿐만 아니라 암, 심혈관 질환 등 다양한 질병을 타겟으로 확장되고 있음.
- mRNA 백신은 mRNA 기술을 기반으로 하여 감염의 원인이 되는 바이러스의 유전자 정보를 세포에 전달해 특정 단백질을 인체 내에서 생성하도록 유도함. 이를 통해 인체의 면역 시스템은 해당 단백질을 외래물질로 인식하고, 항체를 생성해 면역 반응을 일으킴. mRNA 백신을 개발하기 위해 바이러스의 유전자 서열 분석과 단백질 구조 분석이 요구됨. 합성된 mRNA는 지질나노입자 (lipid nanoparticle, LNP)에 캡슐화되어 세포 내로 전달됨. LNP는 mRNA가 체내에서 분해되지 않고 안전하게 세포 내로 전달될 수 있도록 하는 역할을 함.
- mRNA 백신은 대규모 생산이 가능하도록 모듈형 생산 시스템 및 자동화 공정 등의 배양 시스템이 최적화되어야 함. 또한 저온 저장이 필요한 mRNA 백신을 안정하게 유지하기 위해, 냉동 기술의 발전이 필수적이며, 이는 대규모 유통과 글로벌 공급을 위한 중요한 요소임.
- DNA 백신은 바이러스의 단백질을 코딩하는 유전자를 포함한 DNA 플라스미드를 사용함. 이 DNA는 주입 후 세포로 전달되어 해당 단백질을 생성하도록 유도하는데, DNA를 세포 내부로 효율적으로 삽입하기 위한 전기천공법, 리포솜, 나노입자 등의 전달 시스템이 개발되고 있음. 세포 내로 들어간 DNA는 세포 핵에서 전사되어 단백질을 합성하고, 생성된 단백질은 면역 시스템에 의해 인식되고, 항체 반응을 유도하여 면역을 형성함.
- DNA 백신은 상온에서 저장이 가능하기 때문에 유통과 배급이 상대적으로 용이하여 저소득 국가 및 물류가 중요한 지역에서 사용되기 유리함. 또한 합성과 배양이 비교적 용이하고, 생산 공정에서 세포 배양이 필요하지 않아서 대규모 생산이 효율적으로 이루어질 수 있음.
- 반면에 DNA 백신은 세포 내로 DNA 전달이 어려울 수 있으며, 이를 위해 전기천공법, 나노입자, 리포솜 등의 기술을 사용해야 하며, 이러한 전달 방식이 효율성을 높이기 위한 기술 개발이 요구됨. 또한 mRNA 백신은 즉시 단백질 합성을 유도하는 반면, DNA 백신은 DNA가 세포 내로 전달되어야 하므로 면역 반응이 상대적으로 느리게 발생할 수 있음.

○ 시뮬레이션 및 예측 모델링

- 인공지능 및 머신러닝 기술을 활용한 감염병 치료제 및 백신 후보물질의 탐색이 활발히 이루어지고 있으며, 수많은 후보물질 중에서 잠재력 있는 물질을 빠르게 선별하고, 효능을 예측하며, 독성을 평가하는 기술이 발전하고 있음.
- 감염병 확산 패턴과 백신 및 치료제의 효능을 예측할 수 있는 시뮬레이션 기술이 고도화되고 있으며, 이를 통해 감염병 대응의 속도와 정확성을 높일 수 있음.
- 서열, 단백질 구조, 화합물 데이터베이스 등 다양한 생물학적 데이터와 화학적 데이터를 빠르게 분석하여 잠재적인 약물 후보를 선별할 수 있음. 뿐만 아니라 기존에 승인된 약물을 새로운 질병에 활용하는 방법을 모색하는 약물 재창출에 사용되는데, 이는 기존 약물을 새로운 적응증에 맞춰 신속하게 시험할 수 있기 때문에, 신약 개발의 시간과 비용을 절감할 수 있는 방법임. 또한 약물과 질병 간의 복잡한 상관 관계를 학습하도록 하여, 기존 약물이 다른 질병에서 어떻게 효과적일 수 있는지를 분석할 수 있음.
- Generative Models는 새로운 약물을 자동 생성할 수 있는 인공지능과 머신러닝 기반 프로그램인데, 이 알고리즘은 화합물의 구조-활성 관계를 학습하고, 새로운 화합물을 설계하거나 기존 화합물을 최적화할 수 있는 방법을 제시함.
- BenevolentAI 회사는 AI를 이용해 새로운 감염병 치료제를 발굴하고 있음. COVID-19 초기 대응에서 AI는 약물 재창출을 통해 염증 억제 및 항바이러스 효과가 있는 기존 약물들을 찾아내는 데 기여하였음. 또한 Insilico Medicine에서는 AI를 활용한 약물 개발 플랫폼을 통해 COVID-19와 같은 새로운 감염병에 대한 후보 물질을 빠르게 발굴하고 있음. IBM의 Watson for Drug Discovery는 약물 개발과 함께 감염병의 확산 예측 및 치료제 효능을 시뮬레이션하는 데 사용되고 있으며, 대규모 데이터를 분석하여 신약 개발과 팬데믹 대응을 가속화 함. BlueDot는 AI를 활용해 감염병의 발생위치, 확산 속도, 확산 패턴을 예측하고, 전 세계적으로 COVID-19의 전파를 초기에 경고하였음.

4 국제협력 동향

□ 국제 연구 개발 협력 및 파트너십

- 전염병 대비 혁신연합 (Coalition for Epidemic Preparedness Innovations, CEPI)
 - CEPI는 전염병에 대비한 혁신적 연구와 개발을 지원하는 글로벌 조직으로, 공공과 민간의 협력 모델을 활용하여 신속한 백신 및 치료제 개발을 촉진하고 있음. 특히 신규 감염병 대응을 위한 초기 연구에 민간 기업 및 정부가 함께 참여하는 플랫폼을 제공함.
 - Global Health Innovative Technology Fund (GHIT Fund)와 함께, 아시아 및 아프리카 국가들과 협력하여 전염병 발생 시 신속하게 대응할 수 있는 시스템을 구축하고 있으며, 전 세계적으로 백신과 치료제를 공평하게 분배하기 위한 역할을 맡고 있음. 특히, 개발도상국을 대상으로 한 백신 공급과 치료제 제공을 위해 협력하고 있으며, 다양한 국가들이 해당 글로벌 네트워크에 참여하고 있음.
- COVID-19 Vaccine Global Access (COVAX)
 - COVAX는 WHO, GAVI (Global Alliance for Vaccines and Immunization, 글로벌 백신 면역연합), CEPI, UNICEF가 주도하는 국제적 협력 프로젝트로, COVID-19 백신을 전 세계에 공평하게 배급하도록 하고 특히 저소득 국가와 개발도상국이 백신에 접근할 수 있도록 지원함. 백신 개발, 생산, 유통의 각 단계에서 국제적 협력을 위해 Pfizer, Moderna, AstraZeneca 등의 백신 제조업체와 협력하고 있음.
- INDO-US Vaccine Action Program (VAP)
 - 인도와 미국 간의 백신 연구 협력을 통해 감염병에 대한 새로운 치료제와 백신을 개발하는 프로그램으로, 대규모 임상시험과 백신 생산에 필요한 기술적 지원을 제공하여 감염병 예방을 위한 효율적 접근을 도모하고 있음.
- 선진국과 개발도상국 간 협력
 - 선진국과 개발도상국 간의 협력 강화가 이루어지고 있으며, 선진국은 기술 지원 및 자금을 제공하고, 개발도상국은 연구 및 실험을 위한 데이터와 현장 정보를 제공함. 이는 미래 감염병 대응을 위한 중요한 협력 모델로 자리잡고 있음.

Ⅲ. 국내 동향

1 정책 동향

□ 국내 감염병 대응 및 백신 개발 정책

○ 백신 개발 및 공급망 구축 및 안정화

- 한국백신연구소는 국내 백신 개발의 중앙 연구기관으로, 국내에서 개발되는 백신 후보 물질의 연구와 임상 시험을 포함한 전반적인 개발 과정 및 상용화를 지원하고 있음. 정부는 한국백신연구소를 통해 국내 백신 개발에 대한 지원을 강화하고 있으며, 다양한 연구 프로젝트가 진행되고 있음. 한국백신연구소는 세종대학교, 아이진과 협력하여 백신의 효능 평가, 면역 반응, 생산을 포함한 연구를 공동으로 진행하고 있음.
- 삼성바이오로직스는 단백질 기반 백신뿐만 아니라, mRNA 백신과 같은 최신 기술을 사용하는 백신의 생산 공정을 포함하여 국내 백신 생산에 필요한 공정 개발과 대규모 생산, 제조 인프라 확장에 중요한 역할을 하고 있음. 자동화된 생산 시스템과 최적화된 공정을 통해 백신 생산의 효율성을 높이고, 생산 공정 개발과 품질 관리에 대한 전문성을 제공하며, 이를 통해 백신의 품질 관리와 생산 시간 단축을 목표로 하는 생산 기술을 도입하여, 글로벌 생산 표준을 만족할 수 있도록 노력하고 있음.
- 산업통상자원부는 백신 제조 기업들이 기술적 문제를 해결하고 생산 공정의 효율성을 개선할 수 있도록 기술적 지원을 제공함. 또한 백신 생산의 대규모화와 효율성 증대를 위해 시설 투자와 생산 역량 강화를 위한 정책을 시행하고 있음. 이를 통해 백신 산업의 경쟁력을 높이고, 글로벌 백신 시장에서의 국내 기업들의 입지를 확대하고 있음.
- 보건복지부는 백신 개발에 필요한 연구 자금 지원 및 임상 시험 지원을 통해 백신 후보 물질의 상용화를 촉진하고 있음. 국내 백신 개발을 가속화 하기 위해 임상 시험을 위한 인프라 확장과 백신 생산에 대한 재정적 지원을 강화하는 정책을 펼치고 있음. 정부 지원을 통해 백신 개발 기업들이 초기 연구부터 상용화 단계까지 필요한 자금을 확보할 수 있도록 하여, 국내 백신 산업의 경쟁력 강화를 목표로 하고 있음.
- 정부는 백신 수급 안정을 위해 공공-민간 협력을 강화하고 있으며, COVAX의 일원으로 참여하여 글로벌 백신 공급망의 안정화를 위해 노력하고, 백신의 생산, 유통, 배급 등 다양한 분야에서 국내 제조업체와 협력하고 있음.

○ 국내 백신 개발 가속화 프로그램

- 한국 보건산업진흥원과 질병관리청은 mRNA, DNA 백신, 바이러스 벡터 백신 등의 혁신 기술 개발에 집중하고 있음. 이를 지원하기 위해 정부 연구비를 지원하여 국내 백신 개발을 촉진하고 있으며, 비임상 시험과 임상 시험에 필요한 인프라를 제공하고 있음.
- 국내 백신 개발이 글로벌 기준에 맞추어 빠르게 승인되고 배급될 수 있도록 체계적인 정책을 추진하고 있으며, 백신 개발 기업들이 임상 시험을 신속하고 효율적으로 진행할 수 있도록 지원하고 신산업의 경쟁력을 높이기 위한 정책을 추진하고 있음.

□ 인공지능 및 빅데이터 활용을 통한 감염병 대응

○ AI 기반 감염병 예측 시스템

- 국내 정부는 AI와 빅데이터 기술을 활용하여 감염병의 확산 패턴과 전염병 대응 효과를 예측하는 시스템을 구축하고 있음. 한국전자통신연구원 (ETRI)과 한국과학기술원 (KAIST)은 감염병 예측을 위한 AI 기반 모델을 개발하여 빅데이터 분석을 통해 감염병 발생 가능성을 조기 예측하는 연구를 진행하고 있음.
- ETRI는 AI 기술을 활용하여 감염병 예측 시스템을 개발하고 있으며, 빅데이터를 기반으로 한 모델링을 통해 감염병의 발생 및 확산 가능성을 예측하고 있음. 특히 다양한 통신 및 네트워크 기술을 접목시켜 실시간 데이터 전송과 분석이 원활히 이루어지도록 지원하는 시스템을 구축하고 있음.
- KAIST는 AI 기반의 예측 모델을 개발하여 전염병의 발생 가능성에 대한 초기 예측을 하고 있으며, 빅데이터를 활용해 지역별 감염 위험도를 예측하는 연구를 진행하고 있음. 전염병 확산에 영향을 미치는 다양한 요인을 데이터로 분석하고, 이를 통해 조기 대응이 가능하도록 하는 시스템을 구축하고 있음.
- 정부는 감염병 데이터 공유 플랫폼을 통해 다양한 연구기관, 기업들이 서로 협력할 수 있도록 하고 있으며, AI 모델을 통해 신속하게 치료제 및 백신 후보물질을 탐색하고 있음.

○ AI를 통한 백신 후보물질 탐색

- 국내의 AI 기반 백신 연구는 약물 탐색과 후보물질 발굴에 중요한 역할을 하고 있음. AI 모델링을 통해 백신 후보 물질의 효능 예측을 가속화하고 있으며, 이를 통해 임상 시험을 줄이고 연구 효율성을 높이고 있음.
- 한국정보화진흥원 (KISA)와 과학기술정보통신부는 AI 백신 개발을 위해 컴퓨팅 자원과 빅데이터 인프라 등을 확대하여 효율적인 데이터 분석과 실험 환경 구축이 가능하도록 하고 있음.

□ 글로벌 연구 및 협력 강화

- 한국은 CEPI (전염병 대비 혁신연합), GAVI, COVAX 등과 협력하여 글로벌 백신 개발 및 배급을 촉진하고 있음. 특히 한국의 바이오기업들은 글로벌 제약사와 협력하여 백신 개발 및 공급을 공동으로 추진하고 있음. 한국 정부는 국제 기구와의 협력을 통해 국내 연구개발 성과를 글로벌 시장에 배급할 수 있도록 지원하고 있음.

□ 보건 인프라 강화

- 정부는 공공보건 시스템의 전반적인 강화 작업을 진행하고 있으며, 감염병 대응 인프라를 확충하고, 백신 개발과 유통을 위한 인프라를 확장하여 공공의료 시스템을 보다 효율적으로 운영하고 있음.
- 보건복지부와 질병관리청은 백신 및 치료제 개발의 임상시험, 승인 절차 등을 지원하는 법적 및 제도적 장치를 마련하고 있음. 임상시험과 관련된 법적 요구 사항을 명확히 하여 기업들이 법적 절차를 준수하면서도 빠르게 진행할 수 있도록 하고, 임상시험의 안전성 및 윤리를 보장하는 법적 장치를 마련하며, 연구자들에게 필요한 가이드라인을 제공하여 신뢰성 있는 데이터 확보를 지원하고 있음.

□ 기술 혁신과 플랫폼 구축

○ 국내 mRNA 기술 개발

- 한국은 mRNA 백신과 같은 혁신적인 기술을 연구하고 있으며, 바이오기업들이 개발 속도를 높이기 위한 연구에 박차를 가하고 있음. 정부는 mRNA 기술 관련 연구개발을 지원하고 있으며, 이를 상용화할 수 있도록 산업적 인프라를 구축하고 있음.
- 삼성바이오로직스는 mRNA 백신을 대량 생산하는 데 중요한 역할을 하고 있으며, mRNA 백신 생산을 위한 첨단 생산 시설을 보유하고 있음. 또한, 글로벌 제약사와 협력하여 mRNA 백신의 개발을 촉진하고 있으며, 백신 생산 공정의 효율성을 높이고 있음.
- 셀트리온은 mRNA 기반의 치료제 개발을 위한 연구를 진행하고 있으며, 백신 개발 및 단백질 치료제에도 주력하고 있음. 셀트리온은 COVID-19 백신의 개발뿐만 아니라, 기타 바이러스에 대한 mRNA 기술 적용을 목표로 연구를 확대하고 있음.
- 한국화이자제약은 mRNA 백신을 개발하고 있는 글로벌 제약사인 화이자와 협력하여 백신 생산 및 개발을 진행하고 있음. RNA 백신 기술의 효율적인 개발을 위한 인프라와 기술력을 보유하고 있으며, 이를 바탕으로 한국 내 생산 역량을 강화하고 있음.

2 시장 · 산업 동향

□ 국내 백신 및 치료제 개발 시장

○ 백신 개발을 위한 국내 기업 활동

- 삼성바이오로직스, 셀트리온, SK바이오사이언스 등 주요 국내 바이오 기업들은 COVID-19 백신 개발을 위해 글로벌 제약사와 협력하며, 백신 생산과 연구개발에 적극적으로 참여하고 있음. 이들 기업은 백신 기술 개발에 대한 투자와 함께 백신 생산 역량을 강화하고 있음.
- 삼성바이오로직스는 백신 위탁 생산(CMO)과 위탁 개발(CDMO) 서비스를 제공하며, 특히 mRNA 백신에 대한 생산 역량을 강화해 왔음. 모더나와 협력하여 mRNA 기반의 COVID-19 백신을 생산하는 계약을 체결하였으며, 삼성바이오로직스는 생산 공정 개발과 품질 관리에 대한 전문성을 제공하여 백신의 품질을 보장하고 있음.
- 셀트리온은 모더나, 아스트라제네카, GSK 등과 협력하여 백신과 치료제를 개발하고 있음. COVID-19 치료제인 CT-P59의 개발뿐만 아니라, 모더나의 백신 생산을 위한 위탁 생산 계약을 체결하여, COVID-19 백신의 글로벌 공급망 확장에 기여하고 있음. 셀트리온은 대규모 바이오의약품 생산에 필요한 인프라와 기술을 보유하고 있어 국내 백신 생산에 중요한 역할을 하고 있음.
- SK바이오사이언스는 AstraZeneca와 COVID-19 백신 생산 계약을 체결하여, 백신 생산과 공급을 담당하고 있음. 또한, 노바백스와의 협력으로 백신 개발 및 생산을 진행하고 있으며, 노바백스 백신의 대규모 생산을 지원하고 있음.
- 국내 기업들은 감염병 치료제 개발을 위한 연구를 강화하고 있으며, 항체 치료제, 항바이러스제 등 다양한 치료제가 개발되고 있음. 셀트리온은 유전자 재조합 기술을 활용하여 항체를 빠르게 생산할 수 있는 플랫폼을 개발하였고, COVID-19에 대한 항체 치료제인 렉키로나 (Regkirona)를 개발하여 상용화하였음. 셀트리온은 임상시험을 통해 렉키로나가 위험군에 속하는 환자들에게 효과적인 치료를 제공함을 입증했으며, COVID-19 환자의 증상 완화와 치료 기간 단축에 중요한 역할을 하였음.

○ 국내외 협력 강화

- 국내 바이오기업은 글로벌 제약사와 협력하여 백신 개발과 치료제 생산을 위한 기술적 협력을 강화하고 있음. 예를 들어, 삼성바이오로직스는 글로벌 제약사와 협력하여 백신 위탁 생산을 하고 있으며, 셀트리온은 항체 치료제의 개발 및 생산을 통해 글로벌 시장에서 성공적인 성과를 얻었음.

□ 치료제 및 백신 개발을 위한 국내 투자

○ 제약 및 바이오산업 투자 확대

- 제약 및 바이오기업은 혁신적인 백신과 치료제 개발을 위한 연구와 투자를 강화하고 있음. 주요 기업들은 백신과 치료제 개발을 위한 R&D 투자를 지속적으로 확대하고 있으며, 기업 간 협력과 합작 투자를 통해 글로벌 시장을 목표로 한 개발을 진행하고 있음.
- 삼성바이오로직스는 글로벌 제약사들과 협력하여 백신 생산을 진행하고 있으며, 이러한 협력을 통해 삼성바이오로직스는 고급 백신 생산 기술과 대규모 생산 공정을 보유하게 되었으며, 향후 다른 전염병 대응에도 중요한 역할을 할 것으로 예상됨.
- SK바이오사이언스는 아스트라제네카와 협력하여 COVID-19 백신을 생산하였으며, 이를 통해 백신 공급을 안정화하고 있음. 또한, 자체 백신 개발을 위해 글로벌 제약사와 협력하는 방식으로 기술 개발과 상용화를 진행하고 있음.
- 한미약품은 mRNA 백신 기술을 기반으로 COVID-19 백신뿐만 아니라, 다른 감염병에 대응할 수 있는 백신 개발을 진행하고 있음. 또한, mRNA 백신 기술을 AI와 결합하여 효율적인 백신 개발을 추진하고 있음. 항바이러스제와 면역 치료제 개발에도 집중하고 있으며, COVID-19 치료를 위한 치료제와 함께 다양한 감염병 치료제를 개발 중임.
- 산업은행, 한국투자공사 등 국내 투자기관은 백신 및 치료제 개발을 위한 자금 지원을 늘려, 바이오 기업들의 연구개발 역량을 강화할 수 있도록 다양한 형태의 투자 지원을 확대하고 있음. 이를 통해 글로벌 경쟁력을 갖춘 백신과 치료제를 개발하는 데 필요한 자금과 기술적 지원을 제공하고 있음.

3 기술개발 동향

□ 국내 mRNA 및 DNA 백신 개발

○ mRNA 백신 기술

- SK바이오사이언스는 COVID-19 백신 개발에 참여하고 있으며, mRNA 기반 백신의 생산 기술을 확보하고 글로벌 시장에 진출하고 있음. AstraZeneca 및 Pfizer-BioNTech와 협력하여 COVID-19 백신의 위탁 생산을 맡았음. 이를 통해 SK바이오사이언스는 백신 생산 능력을 빠르게 확장하고, 국내외에 공급할 수 있는 생산 역량을 확보하였음. 백신 생산 기술을 통해 한국 내 백신 생산 인프라 확장에 기여하며, 국내 공급뿐만 아니라 글로벌 시장에 대한 공급망을 확립하였음.
- 한미약품은 mRNA 백신 기술을 활용하여 다양한 감염병에 대한 백신을 개발하는 것을 목표로 하고 있으며, 암 치료를 위한 mRNA 백신 개발에도 집중하고 있음.

○ DNA 백신 기술

- DNA 백신에 보조제 (adjuvant)을 추가하여 면역 반응을 증강시키고 이로 인해 백신의 효능이 현저히 증가하는 결과가 제시되고 있음. 특히, 세포 면역 반응을 강화하는 보조제를 개발하여, DNA 백신이 항체 생성뿐만 아니라 T세포 면역도 동시에 유도할 수 있도록 하는 연구가 진행되고 있음.
- DNA 백신의 면역원성을 높이기 위해 유전자 조작 기술을 활용하여 백신의 발현 효율을 높이는 연구가 진행되고 있음. 이를 통해 DNA 백신이 인체 내에서 더 강력한 면역 반응을 일으킬 수 있도록 개선하고 있음.
- DNA 백신의 전달 효율을 높이기 위한 다양한 전달 벡터를 개발하는 연구가 진행되고 있음. 나노 입자를 이용한 전달 시스템을 연구하여 DNA 백신이 세포 내로 더 잘 전달 될 수 있도록 함으로써 DNA 백신의 효과적인 면역 유도가 가능해지고, 부작용을 최소화할 수 있는 가능성이 높아짐.
- 전달 물질의 안전성과 효율성을 높이기 위한 연구로, 리포솜을 이용한 전달 방식을 사용하여 DNA 백신의 세포 침투 능력을 향상시키는 연구가 진행되고 있음. 리포솜을 이용하면 DNA 백신의 지질 친화성이 증가하여, 세포막을 쉽게 통과할 수 있어 백신의 효능을 높일 수 있음.

□ AI 및 빅데이터 기반의 백신 및 치료제 개발

- 국내에서 AI와 머신러닝 기술을 활용하여 감염병 백신 개발을 가속화하고, 백신의 효능과 안전성을 개선하려는 연구가 활발히 이루어지고 있음. 이러한 기술은 백신 후보물질 발굴, 효능 예측, 개인 맞춤형 백신 개발 등 다양한 분야에서 중요한 역할을 하고 있음.
- AI 모델을 이용하여 COVID-19와 같은 감염병에 대한 백신 후보물질을 발굴하는 연구를 진행하고 있음. 머신러닝 알고리즘을 사용하여 단백질 서열, 유전자 정보, 면역 반응 데이터 등을 분석하고, 이를 통해 유망한 백신 후보물질을 선별하는 과정에 AI를 활용하고 있음. AI 모델을 통해 단백질 구조 예측 및 항원 분석을 수행하여, 백신에 필요한 항원 설계를 최적화함으로써 기존의 실험적 접근법보다 빠르게 후보물질을 발굴할 수 있게 되었음.
- AI와 빅데이터 분석을 활용하여 백신 후보물질의 효능 예측이 가능한데, 기존의 감염병 백신 개발 데이터를 학습하여, AI 모델을 통해 후보물질이 면역 반응을 유도할 가능성을 예측하는 원리가 기반이 됨. 특히, 단백질-리간드 상호작용 모델을 사용하여 백신의 면역원성을 예측하며, AI 모델은 바이러스의 변이나 면역 시스템의 특성 등을 고려하여 더욱 정확한 예측을 가능하게 하고, 이를 통해 백신 후보물질의 개발 속도를 획기적으로 단축시킬 수 있음.
- AI와 머신러닝을 활용하여 백신 설계 최적화를 위한 연구가 진행되고 있는데, 항원 선택, 백신의 접종 경로, 면역반응의 지속성 등을 예측하고, 이를 기반으로 더 효과적인 백신 후보물질을 설계하는 것이 가능함. AI 기반 시뮬레이션을 통해 백신의 효능을 사전 예측함으로써, 불필요한 임상시험을 줄이는 방식으로 연구 시간을 절약할 수 있음.
- 개인의 유전자 정보, 면역 프로파일, 기존 병력 등을 기반으로 개인에게 최적화된 백신을 설계하여 AI 기반의 맞춤형 백신 개발을 위한 연구를 진행하고 있음. AI 알고리즘을 사용하여 개인별 면역 반응 예측 및 맞춤형 항원 설계를 통해, 특정 환자군에게 보다 효과적인 백신을 제공하는 것이 가능함.

□ 유전자 편집 기술

- KSIT는 CRISPR 기술을 활용하여 다양한 바이러스, 특히 COVID-19와 같은 바이러스를 타겟으로 하는 치료제를 개발하려는 연구를 진행하고 있음. SARS-CoV-2의 유전자를 편집하거나 바이러스가 인간 세포에 침입하는 경로를 차단하는 방법을 밝히고 있음, CRISPR/Cas13을 사용하여 COVID-19 바이러스의 유전자를 직접적으로 편집하거나, 바이러스의 RNA를 효율적으로 인식하고 제거하는 방법을 모색하고 있음.
- 서울대학교에서는 CRISPR 기술을 활용하여 바이러스의 유전자를 차단하고, 바이러스

복제를 방해하는 전략을 개발하고 있음. DNA 및 RNA 바이러스를 대상으로 CRISPR/Cas9을 적용하여 바이러스의 유전자를 수정하고 그 확산을 막는 방법을 연구하고 있으며, DNA에 대한 정밀 타겟팅을 통해 치료 가능성을 높이는 방법을 개발하고 있음. 더 나아가서 이를 HIV, 헤르페스 바이러스와 같은 특정 감염병에 적용하려는 연구가 진행 중임.

- 한국생명공학연구원은 CRISPR/Cas9 기술을 활용하여 병원체의 유전자 변이를 실시간으로 추적하는 연구를 진행하고 있음. 변이 바이러스가 치료제나 백신에 대한 저항성을 가지는지 분석하기 위해 CRISPR 기술을 적용하여 바이러스 유전자를 정확하게 변형하고 새로운 변이의 특성을 파악하고 있음. 이를 통해 변이 바이러스의 특성을 이해하고, 이에 대응할 수 있는 백신과 치료제 개발을 촉진하고 있음.

□ 항체 기반 백신

- 항체 기반 백신은 항체를 이용하여 감염병에 대한 면역 반응을 유도하는 방식임. 바이러스 또는 병원체의 특정 항원을 인식하고 결합할 수 있는 단클론 항체를 이용하는 방법으로, 감염 예방뿐만 아니라 치료에도 적용됨.
- 셀트리온은 COVID-19의 치료를 위한 단클론 항체 치료제인 렉키로나를 개발하였음. 이는 SARS-CoV-2 바이러스의 Spike 단백질에 결합하여 바이러스의 세포 침투를 차단하고 환자의 증상을 완화시킴. 렉키로나는 기존 백신과의 병용 요법으로도 연구되고 있으며, 국내 항체 기반 백신의 개발 가능성을 보여주는 사례로 자리 잡고 있음.
- 셀트리온은 단클론 항체를 활용한 백신 개발에 집중하고 있으며, 바이러스의 변이주에 대응할 수 있도록 다양한 항체를 조합하는 방안을 모색하고 있음. 감염 예방과 치료 모두를 목표로 하며, mRNA 백신에 대한 연구와 병행하여 백신 효능을 향상시키는 방향으로 발전하고 있음.

□ 대량 생산 기술 개발

- 백신의 대량 생산은 백신 개발뿐만 아니라 안전하고 효율적인 생산 시스템을 갖추는 것이 중요함. 이를 위해 국내에서는 백신의 생산 공정의 효율성, 품질 관리, 생산 능력 등을 강화하기 위해 다양한 노력이 진행되고 있음. 주요 국내 바이오 기업들은 백신 생산 공정을 고도화하고 있으며, 기술 개발 및 대규모 생산 인프라 구축을 통해 글로벌 시장에 대응하고 있음.
- 삼성바이오로직스는 백신 위탁 생산(CMO) 및 위탁 개발(CDMO) 분야에서 강력한 입지를 보유하고 있으며, 주요 제약사와 협력하여 COVID-19 백신을 생산하는 데 기여하고 있음.

고도화된 생산 공정을 통해 효율성을 극대화하고 있으며, 생산라인에서 품질 관리 및 자동화 시스템을 철저히 적용하여 대량 생산을 실현하고 있음.

- 셀트리온은 단클론 항체 및 백신 생산을 위한 고유의 자체 생산 공정을 구축하고 있음. 이를 위해 세포 배양 기술 및 단백질 발현 시스템을 활용하여 대규모 생산을 위한 효율적인 공정을 개발하고 있음.

4 국제협력 동향

□ 국제 협력 기구와의 협력

- GAVI (Global Alliance for Vaccines and Immunization)
 - SK바이오사이언스가 아스트라제네카와의 협력을 통해 생산된 Vaxzevria 백신이 COVAX를 통해 전 세계에 배급되었음.
- CEPI (Coalition for Epidemic Preparedness Innovations)
 - 한국질병관리청 (KDCA)은 CEPI와 협력하여 감염병 예방을 위한 백신 개발 프로젝트에 참여하고, 한국의 바이오 기술을 세계적으로 확산시키는 데 기여하고 있음.
- WHO (세계보건기구)와의 협력
 - 한국보건산업진흥원(KHIDI) 및 한국질병관리청은 WHO의 감염병 대응 프로그램에 참여하고 있으며, 백신 개발과 관련된 연구 및 데이터를 공유하고 있음. 예를 들어 WHO의 Global Influenza Surveillance and Response System (GISRS) 프로그램에 참여하여 인플루엔자 및 기타 감염병의 예방과 대응을 위한 정보를 교환하고 있으며, Global Health Security Agenda 프로그램에 참여하여 감염병 예방 및 통제 전략을 개발하고, 국제 보건 위기에 대한 대응을 위한 전염병 감시와 백신 접종의 협력 체계를 구축하고 있음.

□ 기술 및 데이터 공유

- Global Health Security Agenda (GHSA)는 전염병 대응과 보건 안보 강화를 목표로 하는 국제 협력 플랫폼임. 한국의 질병관리청과 보건복지부는 GHSA의 활동에 참여하여 전염병 대응 시스템을 강화하기 위해 기술적 협력과 데이터 공유를 적극적으로 수행하고 있음.

□ 국제 기업 및 학술 기관과의 협력

- 글로벌 제약 기업과의 파트너십
 - 한국의 바이오 제약 기업들은 글로벌 제약 기업들과 협력하여 백신 개발 및 생산에 참여하고 있음. 예를 들어, SK바이오사이언스는 AstraZeneca와 협력하여 COVID-19 백신의 생산 및 공급을 담당하고 있으며, 이를 통해 글로벌 공급망을 지원하고 있음.

IV. 결론

1 시사점

COVID-19 팬데믹을 계기로 감염병 대응의 신속성과 효율성이 전 세계적으로 중요성이 강조되었음. 세계 각국의 여러 연구기관은 새로운 감염병에 빠르게 대응할 수 있는 고도화된 감염병 대응 플랫폼 구축에 집중하고 있으며, 이는 단순한 기술 개발을 넘어 면역학적 이해와 경제적 효율성, 그리고 글로벌 협력을 고려한 혁신적 시스템을 마련하는 것이 요구됨. 이러한 시스템은 향후 발생할 수 있는 새로운 감염병의 위협에 대비할 수 있는 가능성을 제공하고, 피해를 최소화하는 데 기여할 수 있음.

특히, 다양한 병원체에 유연하게 대응할 수 있는 플랫폼, 백신 후보물질을 정확하게 선별할 수 있는 시스템, 국제 협력 및 정보 공유, 그리고 경제적 효율성을 강화하는 것이 중요함. 예를 들어, mRNA 백신 기술은 유연하고 빠르게 변형할 수 있어 다양한 병원체에 대응할 수 있다는 장점이 있으며, 이를 통해 새로운 감염병에 신속하게 대응할 수 있는 백신이 개발할 수 있음. 또한, AI와 빅데이터 분석 기술을 활용하여 새로운 병원체를 빠르게 식별하고, 초기 단계에서부터 백신 후보 물질을 선별하는 것이 가능해지고, 기존 백신을 새로운 병원체에 맞게 재조명하는 약물 재창출 또한 효율적으로 가능함. 개방형 데이터 플랫폼을 활용하여 전 세계 연구자들이 협력하고 중요한 정보를 빠르게 공유할 수 있도록 해야 하며, 백신 배급 및 배분에 대한 공정한 관리가 이루어질 수 있도록 해야 함. 저개발 국가들이 쉽게 접근할 수 있도록 대량 생산이 가능한 백신 제작 시스템과 신속한 유통 관리 시스템을 구축하는 것도 중요함.

미래의 감염병 대응을 위한 플랫폼 고도화는 바이오 및 의료 기술, ICT, AI, 빅데이터 분석 기술을 활용하여 감염병 발생 초기부터 확산 방지, 진단, 치료, 예방까지 종합적으로 관리할 수 있는 시스템을 개발하는 데 초점을 맞추고 있음. 예측 모델링을 통해 감염병의 확산 경로와 확률을 미리 파악하고, 이를 바탕으로 빠르고 효율적인 대응을 할 수 있음. 또한, 팬데믹과 같은 대규모 감염병 상황에 대비한 시나리오를 마련하고, 헬스케어 시스템과 의료 서비스 체계를 강화하는 것이 중요함. 국가 간 실시간 정보 공유 및 협력 플랫폼을 구축하여, 전 세계적으로 발생하는 감염병 데이터를 분석하고 공동 대응 전략을 수립할 수 있도록 해야 함.

백신 후보물질 개발에 있어서는 AI와 빅데이터 분석을 활용하여 후보물질 스크리닝 속도를 높이고, 백신 개발 및 효능 검증의 효율성을 극대화할 수 있으며, 신속히 대량의 병원체의 유전자 정보를 분석하고 이에 맞는 백신 후보 물질을 예측할 수 있으며, 이를 통해 변이를 생산하는 병원체에 신속하게 대응할 수 있는 백신을 개발할 수 있음. 또한, 화합물

라이브러리와 약효 평가 플랫폼을 활용하여 빠르게 선도 물질을 발굴하고, 대량 생산 공정 플랫폼을 구축하는 것이 필요함. 백신 후보물질의 비임상 및 임상 시험과 효능 평가를 가속화하는 시스템을 구축해야 하며, 이를 통해 신속한 백신 개발 및 공공 건강 확보가 가능해질 수 있음.

상기한 국내외 동향을 바탕으로 시사점을 정리하면 아래와 같음.

- 기술 혁신의 필요성: 감염병 대응에 있어 AI, 빅데이터 분석, mRNA 백신 기술과 같은 기술 혁신이 중요한 역할을 하고 있음. 이러한 기술은 감염병 대응의 속도와 정확도를 높이며, 향후 새로운 감염병에 대한 대응 체계를 강화하는 데 기여할 수 있음.
- 국제 협력의 중요성: 감염병은 국가 간 경계를 초월하여 확산되므로, 글로벌 차원에서 협력하고 정보를 공유하는 시스템이 필수적임. 각국은 협력적 시스템을 통해 빠르고 효과적인 대응을 해야 하며, 공정한 백신 배급을 위한 글로벌 협력 체계도 구축해야 함.
- 공공-민간 파트너십: 백신 개발과 같은 중요 프로젝트는 정부와 민간 부문 간 협력이 필수적임. 민간 기업의 기술력과 정부의 지원을 통해 연구개발 및 생산을 신속히 진행하고, 실질적인 백신 배급과 보급을 원활하게 할 수 있음.
- 선제적 대응 시스템 구축: 미래 감염병에 대비해 선제적으로 대응할 수 있는 시스템을 구축해야 함. 이를 위해 다양한 병원체에 유연하게 대응할 수 있는 고도화된 플랫폼이 필요하며, 감염병 발생 초기부터 확산 방지까지 체계적인 대응이 가능하도록 해야 함.

감염병 대응 플랫폼의 고도화와 기술적 발전을 통해 새로운 감염병 발생 시 초기 대응이 신속하게 이루어질 수 있으며, 기존 백신의 재조명, 약물 재창출, 병원체의 유전자 분석 등을 통해 다양한 감염병에 대한 대응력을 강화할 수 있고 보다 빠르고 정확한 백신 개발이 가능해짐이 기대됨. 신속한 백신 개발과 대량 생산 시스템 구축을 통해, 감염병에 대한 대응력이 강화되고, 전 세계적인 공공 건강 수준이 향상될 것이며, 국내 백신 생산 공정을 고도화하고 대규모 생산 인프라를 구축함으로써, 글로벌 공급망에서 중요한 역할을 할 수 있는 기반이 마련될 수 있음이 기대됨.

참고 문헌

- [1] 국립감염병연구소 (2021), ISSUE REPORT감염병 연구동향-감염병 대응에 있어서의 mRNA백신 역할
- [2] 리서치에이플러스 (2016), 국가 주요 감염병 대응 백신 개발 전략 수립 연구
- [3] 한국과학기술기획평가원 (2022), 감염병 위기대응 4대 영역별 핵심기술 및 정부R&D 지원방안
- [4] 식품의약품안전처 (2022), 예방용 mRNA 백신 평가 가이드라인
- [5] 한국바이오의약품협회 (2023), 포스트코로나19 글로벌 백신산업 전망 및 분석 연구
- [6] 한국의료윤리학회지 (2022), 보건의료에서 원헬스에 대한 인식 및 적용의 필요성
- [7] BioInGlobal 글로벌동향보고서 (2024), 팬데믹을 넘어서:백신 혁신을 위한 준비
- [8] GT글로벌 산업정책동향 (2021), 유럽 연구혁신 위원회 전략계획
- [9] 아시아브리프 (2021), 코로나19 백신의 정치와 외교-중국 견제를 위한 인도의 백신 외교
- [10] EAI 워킹페이퍼 (2022), 코로나 위기 이후 세계정치경제질서 시리즈3-코로나19 시대 미중 지역 전략의 경쟁: 백신 외교의 정치경제
- [11] 아산정책연구원 (2021), ‘포스트-코로나’를 대비한 일대일로: 보건 실크로드와 디지털 실크로드의 확대와 그 함의
- [12] KDI경제정보센터 (2020), 류한석의 신기술 토크-AI로 전염병 예측하고 원격으로 환자 관리한다
- [13] 국제사회보장리뷰 (2020), 미국의 공중보건위기 대응 체계와 코로나바이러스감염증-19
- [14] 한국과학기술정보연구원 (2017), 국가사회 주요 이슈 해결을 위한 데이터 기반 이슈 맵
- [15] 대외경제정책연구원 (2020), 국제사회의 감염병 대응 ODA 현황과 시사점
- [16] 글러벌 이슈 파노라마 (2024), 의약품 글로벌 공급망 확보를 위한 해외 동향과 정책제언
- [17] 한국보건산업진흥원 (2021), 제약산업 민관협력파트너십(PPP) 사례 연구
- [18] 한국보건산업진흥원 (2022), 첨단재생의료 정책 및 R&D 지원 현황
- [19] 건강보험심사평가원 (2024), 환자 자기평가 건강상태(PRO) 도입 방안 마련 연구

- [20] 식품의약품안전처 식품의약품안전평가원 (2023) 유럽 신속심사제도 정보집-유럽 EMA 및 영국 MHRA 중심으로-
- [21] 대한내과학회지 (2021), COVID-19 백신의 포괄적 이해와 현장 적용
- [22] 질병관리청 국립보건연구원 국립감염병연구소 (2022), 2022 백신정보분석 ISSUE PAPER
- [23] 한국연구재단 (2022), 지질 나노입자(Lipid Nanoparticle)-기초연구본부 선정 R&D 이슈 연구동향(12)
- [24] 한국보건산업진흥원 (2020), 인공지능(AI)을 활용한 신약개발 국내·외 현황과 과제
- [25] 식품의약품안전처 식품의약품안전평가원 (2024), 신, 변종 감염병 백신 연구개발 동향 정보집
- [26] 한국과학기술기획평가원 (2021), 2021년도 사업계획 적정성, 재검토 보고서-코로나19 백신 임상지원 사업
- [27] 생명공학정책연구센터 (2020), 국내외 코로나19 백신개발 현황