

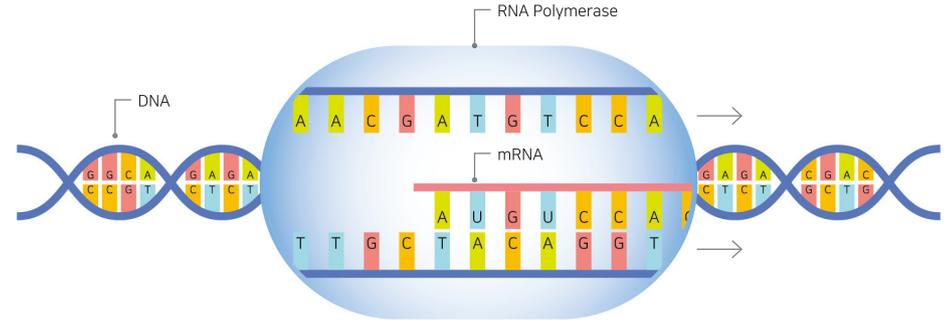
# How mRNA Vaccine Works?

mRNA 백신은 어떻게 작용하는가?



# From DNA to mRNA

## DNA에서 mRNA까지



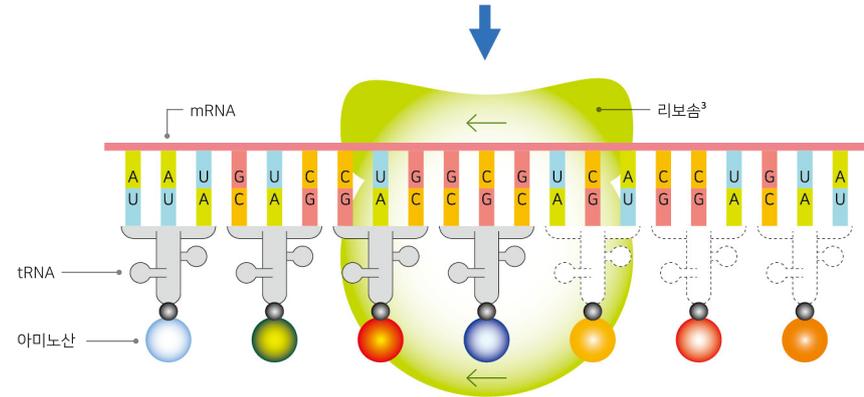
### 1. 전사 과정

DNA에 RNA 중합효소가 작용해 이중나선이 풀리며 RNA가 생성된다. 그중 풀린 DNA 한 가닥과 동일한 유전 정보를 가진 것을 mRNA라고 하며 운반을 담당하는 tRNA 등 기타 다른 RNA들도 생성된다.

인간의 유전 정보는 DNA라는 유전 물질 속에 들어있습니다. 세포의 핵 속에 들어 있는 이 DNA는 각 세포가 어떤 단백질을 만들어야 하는지에 대한 유전 정보를 가지고 있으며 세포는 이 유전 정보에 따라 인간의 정상적인 생명 활동을 영위하는 데 필요한 단백질을 생성하게 됩니다.

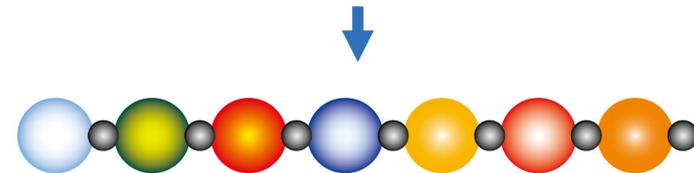
세포가 단백질을 생성할 때에는 DNA와 동일한 유전 정보를 가지고 있는 mRNA(messenger RNA<sup>1</sup>)를 활용합니다. 즉, 인간의 유전 정보는 DNA에서 mRNA로, mRNA에서 단백질로 전달됩니다. 이러한 유전 정보의 전달 흐름을 '센트럴 도그마(Central Dogma)'라고 하며 DNA가 mRNA를 생성하는 과정은 '전사<sup>2</sup>(Transcription)', mRNA가 세포로 유전 정보를 전달하는 과정을 '번역(Translation)'이라고 합니다.

mRNA는 원본 DNA와 동일한 단백질 제조 설계도의 '사본'을 가진 일종의 메신저입니다. DNA에서 만들어진 mRNA는 핵에서 세포질로 이동하며, 세포질 내 단백질 제조소로 이동해 자신이 가진 유전 정보를 바탕으로 세포가 단백질을 생산하도록 만듭니다. 최근에는 이러한 mRNA의 작동 원리를 활용한 mRNA 백신이 개발되고 있습니다.



### 2. 번역 과정

mRNA가 세포 내 리보솜과 결합하고, 그 과정에서 mRNA의 염기 서열에 따라 그에 상응하는 아미노산을 tRNA가 운반해 온다.



### 3. 단백질 합성

염기 서열에 따라 운반된 아미노산들이 결합되어 세포에서 단백질이 생성된다.

<sup>1</sup> RNA 유전 물질인 핵산의 한 종류로 DNA가 전사 과정을 거쳐 RNA를 생성한다.

<sup>2</sup> 전사 DNA가 RNA를 만드는 과정

<sup>3</sup> 리보솜 아미노산을 연결해 단백질을 합성하는 세포 소기관

# Vaccines and mRNA

## 다양한 종류의 백신과 mRNA 백신

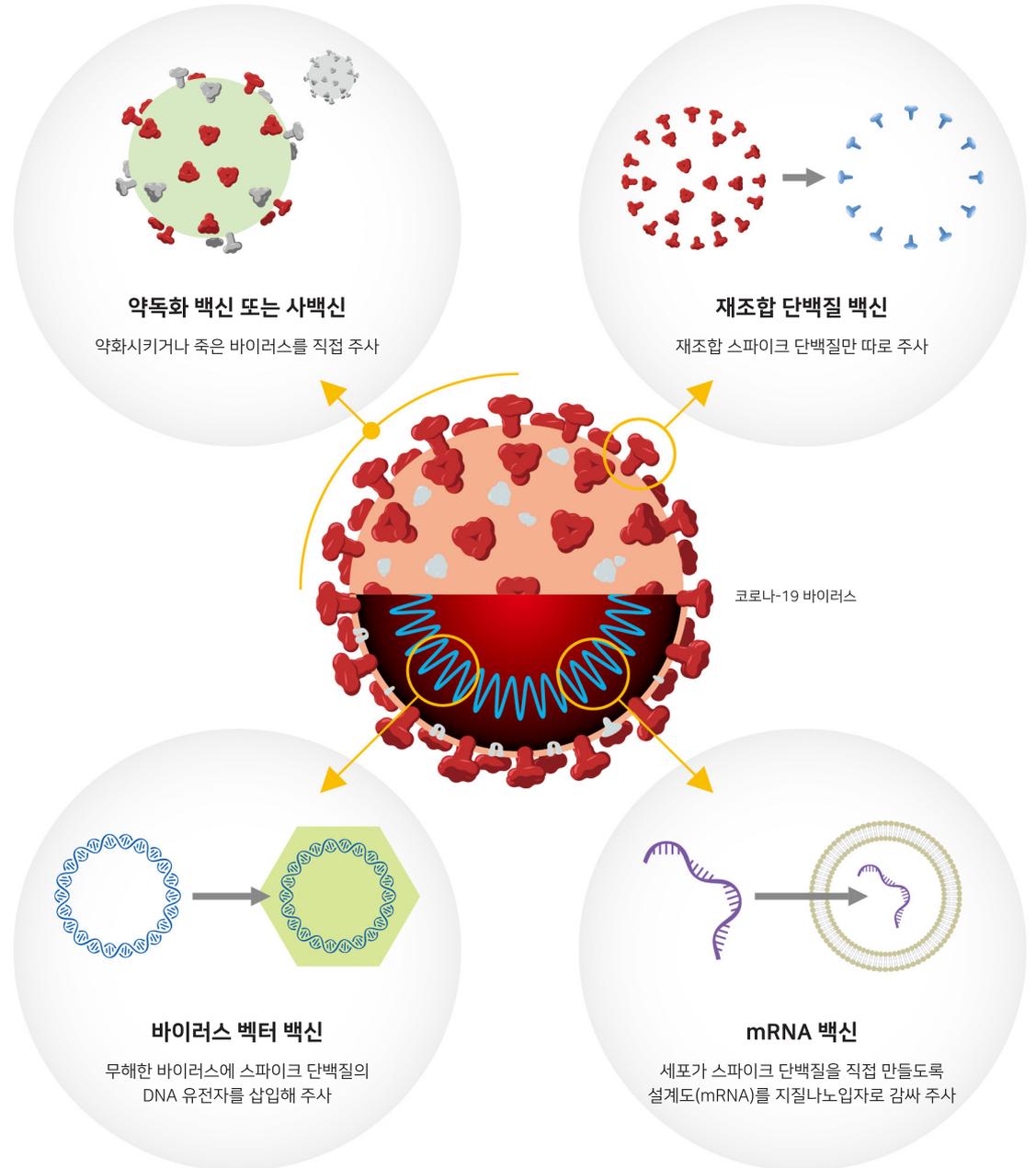
가장 전통적인 백신 개발 방식은 계대배양<sup>1</sup>을 통해 약독화하거나 화학 처리를 해 사멸시킨 바이러스를 직접 몸에 넣는 **약독화 백신** 또는 **사백신**입니다.

코로나-19 백신의 경우 먼저 코로나-19 바이러스의 재조합 스파이크 단백질을 재조합해 주사하는 **재조합 단백질 백신**, 인체에 무해한 바이러스에 코로나-19 바이러스의 스파이크 단백질 유전자를 넣어 운반하는 **바이러스 벡터 백신** 등이 있습니다.

**mRNA 백신**은 코로나-19 팬데믹에 대응하기 위해 최초로 개발된 백신 제조 방식입니다. mRNA 백신은 코로나-19 바이러스 스파이크 단백질의 설계도를 가진 mRNA를 인공적으로 합성, 주사해 세포가 직접 스파이크 단백질을 생성하게 만드는 방식으로 면역을 활성화시킵니다.

특히, mRNA 백신은 바이러스의 유전자를 이용하기 때문에 바이러스의 유전자 구조만 밝혀지면 신속한 개발이 가능하고 외부에서 항원이나 항체를 배양할 필요가 없어 생산 속도가 빨라 차세대 백신으로 주목받고 있습니다.

현재 국내에서 접종에 사용되고 있는 백신으로는 안센의 바이러스 벡터 백신, 화이자와 모더나의 mRNA 백신이 있습니다.



<sup>1</sup> **계대배양** 세포를 5~7일마다 주기적으로 새로운 배지에 이식시켜, 균주를 보존하고 세포의 대를 이어가는 배양 방법

# Mechanism of mRNA Vaccine

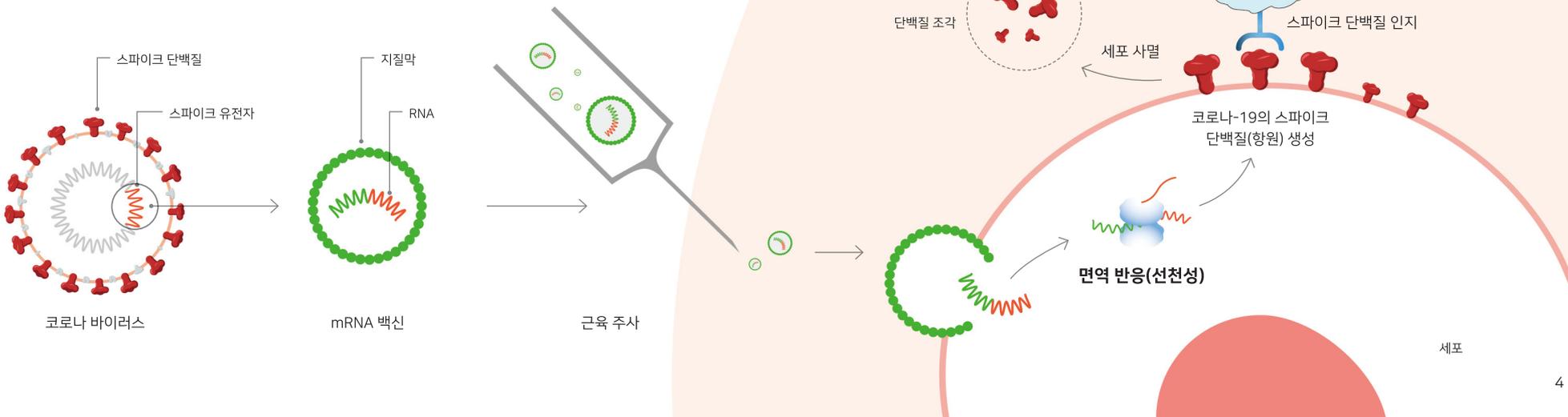
## mRNA 백신의 작용기전

코로나-19의 mRNA 백신은 코로나-19 바이러스에서 추출한 스파이크 단백질 생성 유전 정보를 가지고 있습니다. 인체에 투여된 코로나-19 mRNA 백신은 지질나노입자에 둘러싸인 채 세포막을 뚫고 세포질에 도달합니다.

세포 안으로 들어간 mRNA 백신은 세포 내 단백질 합성 세포 소기관인 리보솜을 만나게 되며 리보솜은 mRNA 백신의 유전자 정보를 인식해 세포가 코로나-19 바이러스 스파이크 단백질을 생산하도록 만듭니다.

이 과정에서 생성된 스파이크 단백질은 세포 표면에 발현됩니다. 발현된 스파이크 단백질은 곧 면역 세포에 의해 포착되며, 면역 세포는 코로나-19 스파이크 단백질에 대한 항체를 생성합니다.

한편 세포에 들어간 mRNA는 수명이 짧고, 핵으로 이동하지 못하기 때문에 세포의 본래 유전자에 영향을 미치지 못해 유전자 변형을 일으킬 염려가 없으며 안전합니다.



# Production Process of mRNA Vaccine

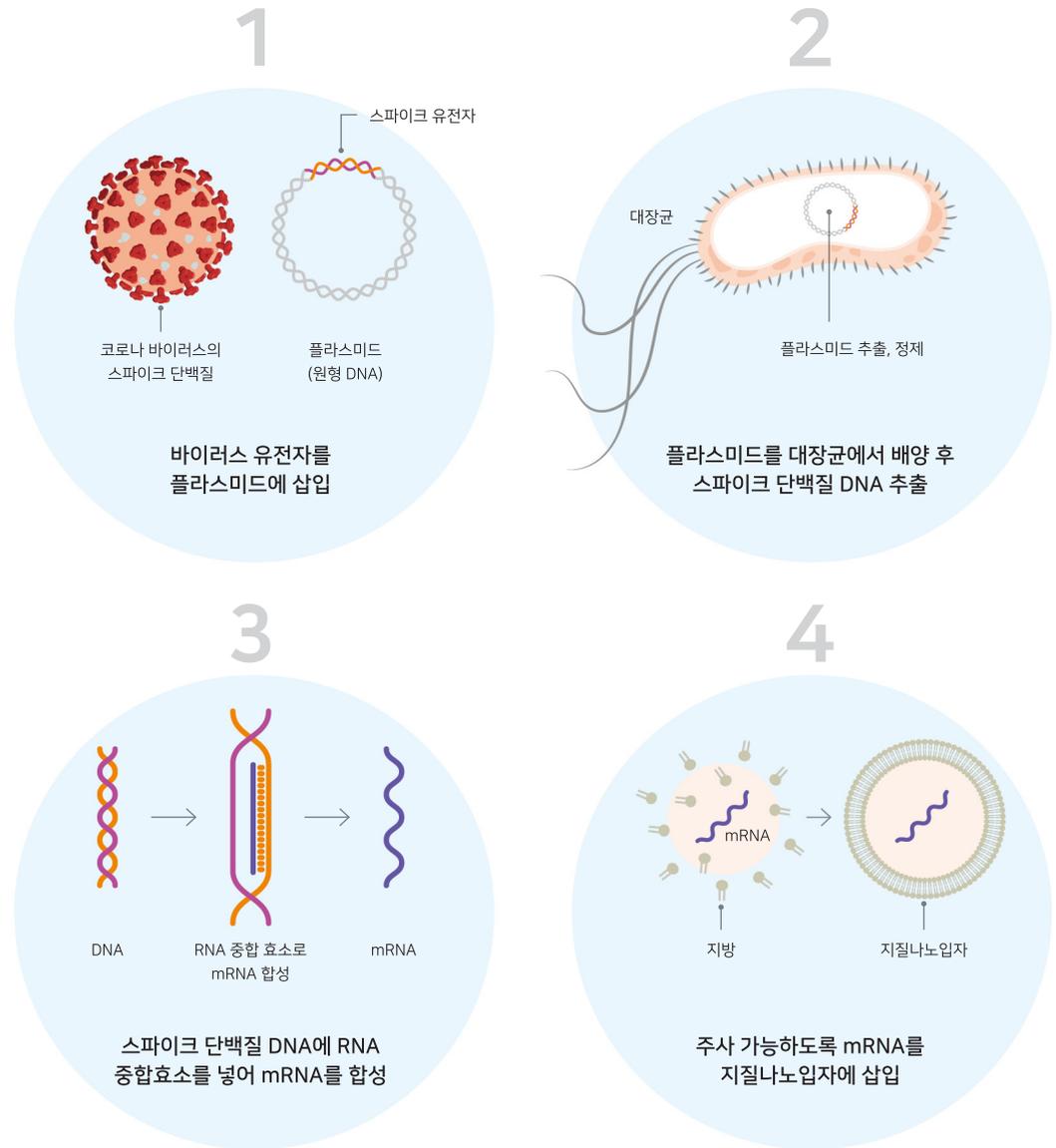
## mRNA 백신의 생산 방법

코로나-19 바이러스의 mRNA 백신을 만들기 위해서는 코로나-19 스파이크 단백질의 설계도를 가진 RNA를 합성해야 합니다. 먼저 코로나-19 바이러스의 스파이크 유전자 DNA를 플라스미드(원형 DNA)에 삽입해 대장균에서 배양합니다. 대장균이 배양되면서 스파이크 유전자를 담고 있는 플라스미드 DNA가 충분한 양으로 생산됩니다.

이 대장균으로부터 스파이크 플라스미드 DNA를 추출, 정제하고 RNA 중합효소와 핵산을 이용하여 반응기에서 스파이크 단백질을 발현할 수 있는 mRNA를 합성합니다.

mRNA는 체내에서 쉽게 분해되기 때문에 불안정하고, 직접 세포 내로 전달되기 어렵습니다. 이를 해결하기 위해 mRNA를 지질나노입자 전달체에 봉입합니다. 생산 완료된 mRNA 백신의 원료는 주사제 형태로 가공됩니다.

최근 mRNA 백신의 전달체로 사용되는 지질나노입자의 일부 성분이 알러지 등 부작용을 일으킬 가능성이 제기되어 새로운 약물 전달체 개발이 mRNA 백신의 과제로 떠오르고 있습니다.



코로나-19 백신 생산 과정



(주)셀트리온

22014 인천광역시 연수구 아카데미로 23

T. 032-850-5000

[www.celltrion.com](http://www.celltrion.com)