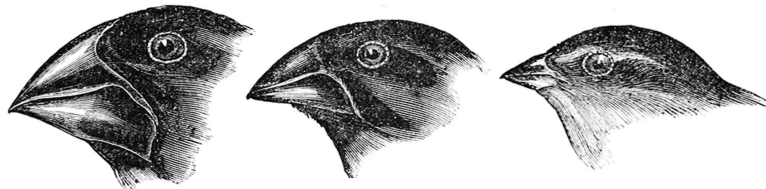


# 2025학년도 연세대학교 미래캠퍼스 논술시험 문제 [창의인재/의예과 생명과학]

**【문제 1】 아래 제시문을 읽고 문제에 답하시오.(20점)**

(가) 갈라파고스군도에는 다양한 먹이를 먹는 데 적합한 부리 모양을 가진 여러 종의 핀치가 살고 있다. 부리가 작은 핀치는 작은 씨를 먹는 데 적합하고, 부리가 큰 핀치는 큰 씨를 먹는 데 적합하다. 갈라파고스군도의 대포니 메이저섬에서 극심한 가뭄 전과 후에 나타난 핀치 개체군의 부리 크기를 관찰하였다. 가뭄이 심할 때에는 작고 연한 씨앗이 급격히 줄어들고, 크고 딱딱한 씨앗이 많아지는 먹이 환경의 변화가 있었다. 그 결과 가뭄 전보다 부리의 크기가 평균 크기보다 큰 개체가 더 많이 살아남았다.



〈그림 1. 갈라파고스군도의 핀치 부리 모양〉

(나) 어떤 새의 부리 크기가 환경의 영향을 받지 않고 유전자만으로 조절된다고 가정하자. 이 새의 부리를 연구하는 한 과학자가 ①부리 크기를 조절하는 여러 쌍의 대립유전자를 발견하였고, ①을 가지고 있는 두 종의 새 A와 B를 연구하였다. A와 B에서 발견된 ①은 부리 크기를 조절하는 많은 유전자 중 일부이고 같은 종 내에서 부리 크기를 조절하였다. 이 과학자가 A와 B에서 각각 ①을 동형접합성으로 가지는 개체들(P)을 교배하여 ①을 모두 이형접합성으로 가지는 개체들(F1)을 얻었다. 그리고 이들(F1)끼리 교배하여 많은 개체들(F2)을 얻었다. 이렇게 얻은 개체들(F2) 중 다음 연구를 위해서 부리가 가장 큰 개체들과 부리가 가장 작은 개체들을 제외한 후, 나머지 개체들을 일반 환경(가뭄이 아닌 환경)과 가뭄 환경에 각각 풀어놓아 살게 하였다. 일정 시간이 지난 후 살아남은 개체 수를 세었더니 <표 1>과 같았다. 단, A와 B의 생존은 부리 크기가 주어진 환경에 적합한지에 의해서만 결정된다. 그리고 이 실험 중에 부리 크기를 조절하는 유전자의 돌연변이는 일어나지 않았고, 이입과 이출은 없었다.

환경	일반 환경 (가뭄이 아닌 환경)		가뭄 환경	
새 종류	A	B	A	B
F <sub>2</sub> 중 풀어놓은 개체 수	186	248	186	248
F <sub>2</sub> 중 일정 시간 후 살아남은 개체 수	105	140	63	24

〈표 1. 일반 환경과 가뭄 환경에 풀어놓은 개체 수와 살아남은 개체 수〉

(문제 1-1) 제시문 (가)를 참고하여, 제시문 (나)의 살아남은 개체 수와 부리 크기를 조절하는 여러 쌍의 대립유전자(①)와의 관계를 가장 잘 설명할 수 있는 유전 방식을 추론하고 A와 B의 개체 수와 부리 크기(표현형)에 대해 구체적으로 설명하시오. (단, A와 B에서 나타날 수 있는 부리 크기의 가짓수를 합한 값을 최소화할 수 있는 방식으로 추론하시오.) (10점)

(문제 1-2) 가뭄 환경에서 살아남은 A의 개체들과 B의 개체들을, 제시문 (나)의 실험에서 풀어놓았던 개체들 중 부리 크기가 가장 작은 개체의 유전자형과 같은 유전자형을 가진 개체들과 각각 교배시켰다. 이때 태어난 개체들을 모두 일반 환경에 풀어놓았을 때, 이 개체들이 살아남을 확률을 풀이 과정을 포함하여 설명하시오. (10점)

**[출제의도]**

(문제 1-1) 유전의 법칙을 이해하는지 평가하려고함

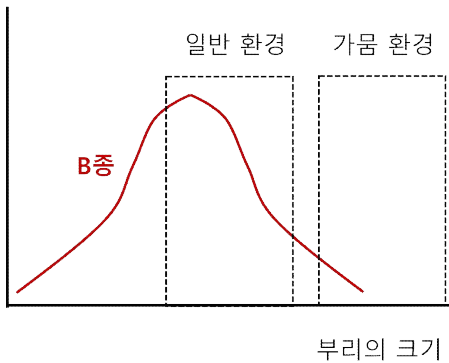
(문제 1-2) 유전의 법칙에 나오는 용어들을 이해하고 응용할 수 있는지 평가하고자 함

**[문항해설]**

**[문제 1-1]**

갈라파고스군도의 핀치가 가뭄 후에 부리 크기가 큰 새들이 많이 살아남았다. 본 문제는 부리 크기 및 개체를 특정 환경에 풀어놓고, 생존한 결과를 이용해서 개체의 유전법칙을 찾아내는 문제로 유전법칙 이해를 기반으로 실제 실험과 비슷한 데이터를 해석하는 문제이다.

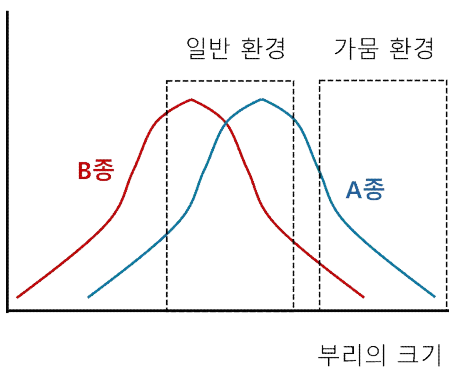
가뭄 환경에서는 큰 부리를 가진 새들의 생존이 유리하기 때문에 부리의 크기와 생존 그래프는 아래와 같은 모양을 가지게 된다.



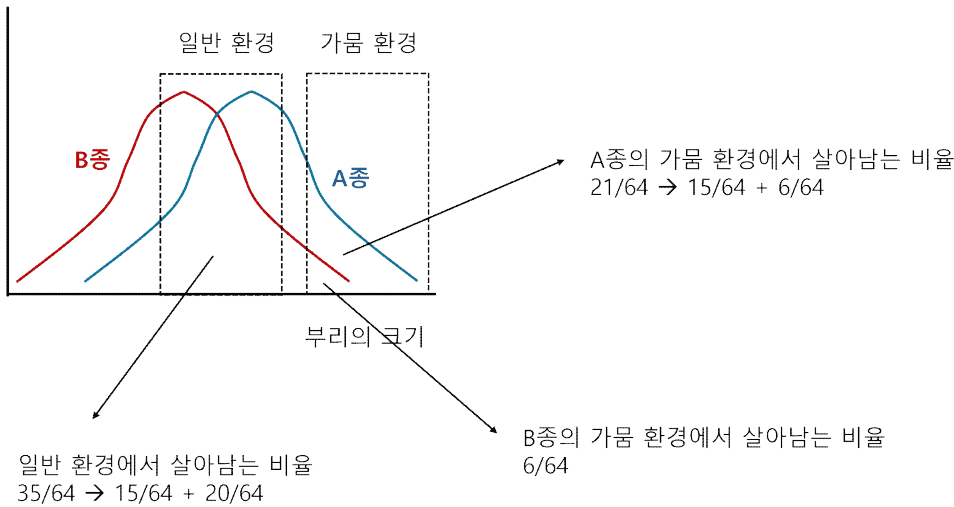
표에 나온 데이터를 간단하게 하여 생존율을 구하면 35/62, 35/62, 21/62, 6/62가 나오고, 분모는 62이다. 이때 부리가 가장 큰 새와 부리가 가장 작은 새 2마리를 제외했기 때문에 ①을 동형접합성으로 갖는 2개를 더하면 64가 나오게 되고, 분자는 35, 21, 6으로 이는 3쌍의 대립유전자에 의한 다인자 유전 결과들의 일부임을 알 수 있다. 왜냐하면 3쌍의 대립유전자에 의한 다인자 유전은 1 : 6 : 15 : 20 : 15 : 6 : 1의 비율을 가지며, 35/64는 15/64 + 20/64의 합이고, 21/64는 15/64와 6/64의 합임을 알 수 있어서 3쌍의 대립유전자가 관여하는 다인자 유전에 의한 비율임을 알 수 있다.

3쌍의 대립유전자에 의한 다인자 유전의 표현형은 크기순으로 1 : 6 : 15 : 20 : 15 : 6 : 1의 비율을 가지며, 부리의 크기를 크게 하는 유전자는 큰 순서로 6개, 5개, 4개, 3개, 2개, 1개, 0개 순으로 가진다.

가뭄 환경에서 살아남는 개체 수가 21과 6으로 차이가 나고, 일반 환경에서 동일한 수가 살아남기 때문에 이를 만족하는 그래프를 추론하면 아래와 같다.



살아남은 개체수의 값을 그래프에 맞추어서 넣게 되면 다음과 같이 계산될 수 있음을 알 수 있다.



[문제 1-2]

• B 개체들이 살아남을 확률

가뭄 환경에서 살아남은 B개체는 부리의 크기를 크게 하는 대립유전자를 5개 가지고 있으며, 연구 환경에 풀어놓은 개체들 중 부리가 가장 작은 것은 부리의 크기를 크게 하는 대립유전자를 1개 가지고 있다. 따라서 이들 간의 교배에서 나온 개체들 중 부리의 크기를 크게 하는 대립유전자를 3개 혹은 4개 가지는 개체는 4개중 3개이므로 3/4이 살아남을 수 있음을 아래 표를 통해서 알 수 있다.

구분	B	●●●● ○●●●	
가장 작은 부리 개체	생식세포	●●●● 1	○●●● 1
○○○ ○○●	○○● 1	●●●● ○○●	○●●● ○○●
	○○○ 1	●●●● ○○○	○●●● ○○○

• A 개체들이 살아남을 확률

A 개체들은 부리 크기를 크게 하는 대립유전자를 5개 가진 개체와 4개 가진 개체가 있다. 5개를 가진 개체는 21개체 중 6개로 B개체와 마찬가지로 3/4이 생존이 가능하다.

부리 크기를 크게 하는 대립유전자를 4개 가지는 개체 수를 계산하면, 21개체 중 15개체이다.

이들에게서 생성되는 생식세포의 종류와 비율을 계산하면 다음과 같다.

- AABBdd와 같은 유전자형은 3가지 가능 (AABBdd, AAbbDD, aaBBDD),
- AABbDd와 같은 유전자형은 12가지 가능 (AABbDd 4가지, AaBBDD 4가지, AaBbDD 4가지)

유전자형	AABBdd	AABbDd		
	●●○ ●●○	●○● ●●○		
비율	3/15	12/15		
생식세포 종류	●●○	●●●	●●○	●○○
생식세포 비율	1/1	1/4	2/4	1/4
전체에서 비율	1/5	1/5	2/5	1/5

즉, 생식세포의 비율이 ●●●는 1/5, 이고 ●●○는 3/5이고, ●○○는 1/5이 나옴을 알 수 있다. 이를 이용해서 부리 크기를 크게 하는 대립유전자를 4개 가지는 개체와 부리 크기를 크게 하는 대립유전자를

1개 가지는 개체를 교배하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

구분	A	●●● ○○●		
가장 작은 부리 개체	생식세포	●●● 1/5	○●● 3/5	○○● 1/5
○○○ ○○●	○○● 1	●●● ○○●	○●● ○○●	○○● ○○●
	○○○ 1	●●● ○○○	○●● ○○○	○○● ○○○

즉 A의 생존율은 40개체 중 32개체가 살아남아서 4/5이다.

따라서 A의 전체 생존율은  $(6/21 \times 3/4) + (15/21 \times 4/5) = 9/42 + 12/21 = 11/14$  이다.

**[예시답안]**

**[문제 1-1]**

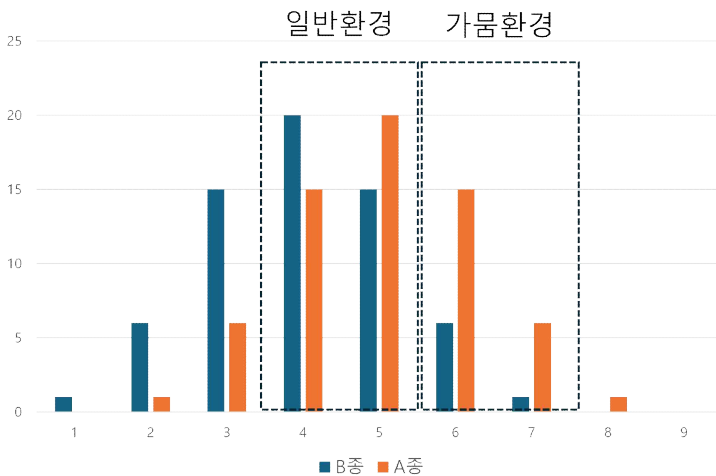
○ 예시답안 1

- 표에 나온 개체 수는 대립유전자 3쌍에 의한 다인자 유전으로 아래 표처럼 4, 5번에 해당하는 것이 일반 환경에서 살아남은 개체들이고, 6번과 7번이 가뭄 환경에서 살아남은 개체들이다.

부리 크기	<--작은 것							큰
	것-->							
번호	1	2	3	4	5	6	7	8
부리 크기를 크게 하는 유전자	○○○ ○○○	○○○ ○○●	○○○ ○●●	○○○ ●●●	○○● ●●●	○●● ●●●	●●● ●●●	
B새 개체 수	1	6	15	20	15	6	1	
부리 크기를 크게 하는 유전자		○○○ ○○○	○○○ ○○●	○○○ ○●●	○○○ ●●●	○○● ●●●	○●● ●●●	●●● ●●●
A새 개체 수		1	6	15	20	15	6	1

○ 예시답안 2

- 표에 나온 개체 수는 대립유전자 3쌍에 의한 다인자 유전으로 아래 그림처럼 4, 5번에 해당하는 것이 일반 환경에서 살아남은 개체들이고, 6번과 7번이 가뭄 환경에서 살아남은 개체들이다. (그래프는 곡선 가능).



[문제 1-2]

• B 개체들이 살아남을 확률

가뭄 환경에서 살아남은 B 개체들은 부리 크기를 크게 하는 대립유전자를 5개 가지고 있으며, 연구 환경에 풀어놓은 개체들 중 부리가 가장 작은 것은 부리 크기를 크게 하는 대립유전자를 1개 가지고 있다. 따라서 이들 간의 교배에서 나온 개체들 중 부리 크기를 크게 하는 대립유전자를 3개 혹은 4개 가지는 개체는 4개중 3개이므로 3/4이 살아남을 수 있음을 아래 표를 통해서 알 수 있다.

구 분	B	●●●●● ○●●●	
가장 작은 부리 개체	생식세포	●●●● 1	○●●● 1
○○○ ○○●	○○● 1	●●●● ○○●	○●●● ○○●
	○○○ 1	●●●● ○○○	○●●● ○○○

• A 개체들이 살아남을 확률

A 개체들은 부리 크기를 크게 하는 대립유전자를 5개 가진 개체와 4개 가진 개체가 있다. 5개를 가진 개체는 21개체 중 6개로 B개체와 마찬가지로 3/4이 생존이 가능하다. 부리 크기를 크게 하는 대립유전자를 4개 가지는 개체 수를 계산하면, 21개체 중 15개체이다.

이를 이용해서 부리 크기를 크게 하는 대립유전자를 4개 가지는 개체와 부리 크기를 크게 하는 대립유전자를 1개 가지는 개체를 교배하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

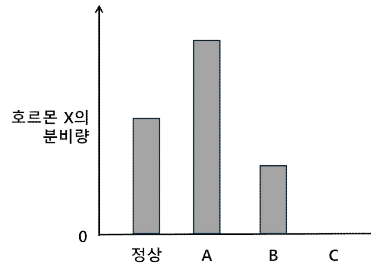
구 분	A	●●●●● ○○●●		
가장 작은 부리 개체	생식세포	●●●● 1/5	○●●● 3/5	○○●● 1/5
○○○ ○○●	○○● 1	●●●● ○○●	○●●● ○○●	○○●● ○○●
	○○○ 1	●●●● ○○○	○●●● ○○○	○○●● ○○○

즉 A의 생존율은 40개체 중 32개체가 살아남아서 4/5이다.

따라서 A의 전체 생존율은  $(6/21 \times 3/4) + (15/21 \times 4/5) = 9/42 + 12/21 = \underline{11/14}$  이다.

**【문제 2】 아래의 제시문을 읽고 문제에 답하십시오.(20점)**

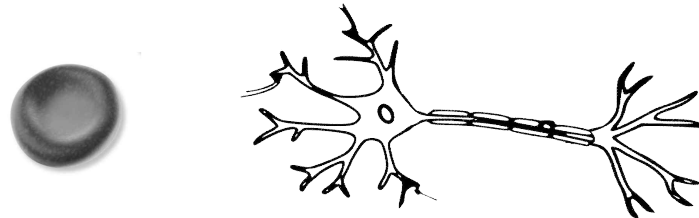
(가) 소화에 관여하는 기관의 세포에서 소화 관련 호르몬 X의 분비량을 측정한 결과는 <그림 1>과 같았다. 정상 세포의 분비량을 기준으로 세포 A~C는 호르몬 X의 분비량이 다르게 나타났다. 단, 호르몬 X는 단백질이며, X의 분비량 차이는 일시적인 차이는 아니다.



<그림 1. 소화 관련 호르몬 X의 분비량>

(나) 생명 공학 기술이란 물질대사, 성장, 생식, 유전 등의 지식을 이용해 인간에게 필요한 물질을 생산하고 가공하거나 질병 치료에 활용하는 기술을 말한다. 생명 공학 기술을 활용한 산물은 우리 생활에서 다양하게 쓰이고 있다.

(다) 세포는 기능에 따라 모양과 크기가 다양하지만 그 기본 구조는 같다. 세포는 세포막으로 둘러싸여 있으며, 세포막 안쪽에는 유전 물질과 유전 물질의 정보에 따라 단백질을 합성하는 리보솜이 있다. <그림 2>와 같이 적혈구와 신경 세포는 세포의 기능에 따라 모양과 크기가 서로 다르다.



<그림 2. 적혈구와 신경 세포의 특징적인 모양>

**(문제 2-1)** 제시문 (가)의 세포 A~C에서 호르몬 X의 분비량이 정상 세포와 다르게 나타난 원인을 이론 측면에서 추론하십시오. (단, B와 C에서의 원인을 같게 추론할 수 있다.) (8점)

**(문제 2-2)** 제시문 (가)의 세포 B와 C에서 호르몬 X의 분비량 부족으로 인해 어떤 질병이 초래되어 생명 공학 기술로 이 질병을 치료한다고 할 때, 어떤 기술을 적용할 수 있을지 제시문 (나)를 참고하여 그 방법을 구체적으로 설명하십시오. (8점)

**(문제 2-3)** 제시문 (다)를 참고하여 세포의 모양을 유지해주는 세포의 구성 성분들에 대해 설명하십시오. (4점)

## [출제의도]

- 1) 유전자 발현과 돌연변이에 대해서 이해하는지를 평가하려고 함
- 2) 호르몬 분비 조절에 대해서 이해하는지 평가하려고 함
- 3) 세포구조 및 기능을 이해하는지 평가하려고 함
- 4) 생명 공학 기술을 이해하고 응용하는 능력을 평가함

## [문항해설]

### [문제 2-1]

호르몬인 단백질의 발현은 호르몬 측면과 유전자 발현 측면에서 유전자 발현 조절을 설명할 수 있으며, 유전자 발현에 영향을 주는 DNA 상태, 전사, 번역, 세포외 배출작용을 모두 이해하고 있어야 함

A)

- 단백질 X를 분비하는 유전자가 위치한 염색체에서 중복이 일어남 (돌연변이)
- 소화관련 단백질 X의 발현을 조절하는 음성피드백이 작동하지 않음  
(단백질 X를 필요로 하는 소화작용이 비정상적으로 활성화 되었음)
- 소화관련 단백질 X의 발현에 관여하는 전사인자 및 프로모터가 작동하지 않음

B 및 C)

- 단백질 X를 분비하는 유전자가 위치한 염색체에서 결실 등이 일어남 (돌연변이)
- 소화관련 단백질을 필요로 하는 물질의 만성적인 부족
- 전사조절 : 단백질 X의 전사인자 및 프로모터가 작동하지 않아서 전사가 일어나지 않음 (프로모터 결실 등 포함)
- 번역 조절 : 리보솜에서 단백질 X의 번역이 제대로 이루어지지 않음
- 분비 조절 : 세포외 배출작용이 제대로 이루어지지 않음

### [문제 2-2]

호르몬인 단백질의 발현이 부족할 때, 생명공학 기술을 이해하고 적용할 수 있는지를 확인하려고 함

1. 유전자 치료: 프로모터 결손이 있거나 전사 인자가 부족할 때, 단백질 X 혹은 전사 인자 유전자를 넣어서 유전자를 넣어서 치료함
2. 줄기세포 이식: 배아 줄기세포, 성체 줄기세포, 유도 줄기세포 등을 만들어서 이식해서 단백질 X를 생산한다.
3. 동물장기 이식: 같은 기관의 이종 장기를 이식해서 단백질 X를 생산한다.
4. 재조합단백질 제조: 호르몬 X 단백질을 박테리아 등에서 생산해서 제공한다.

### [문제 2-3]

세포의 특이한 모양을 결정하는 원리와 세포골격의 구성성분을 이해하고 있는지를 설명하려고 함

- 세포의 모양을 유지 시켜주는 구성성분은 세포막과 세포골격과 식물세포의 세포벽이 있음
- 세포골격은 단백질 섬유가 그물처럼 얽혀 있는 구조로 세포 소기관의 위치와 세포의 형태를 결정짓는 뼈대 역할을 함
- 중간섬유 : 세포의 모양 유지 및 소기관 고정/ 핵막 고정
- 미세소관 : 세포의 모양 유지 및 염색체 및 소기관 이동, 편모, 섬모, 중심체 구성
- 미세섬유 : 세포이동, 근수축 및 동물 세포의 세포질 분열

## [예시답안]

### [문제 2-1]

A)

- 단백질 X를 분비하는 유전자가 위치한 염색체에서 중복이 일어남 (돌연변이)
- 소화관련 단백질 X의 발현을 조절하는 음성피드백이 작동하지 않음  
(단백질 X를 필요로 하는 소화작용이 비정상적으로 활성화 되었음)
- 소화관련 단백질 X의 발현에 관여하는 전사인자 및 프로모터가 작동하지 않음

B 및 C)

- 단백질 X를 분비하는 유전자가 위치한 염색체에서 결실 등이 일어남 (돌연변이)
- 소화관련 단백질을 필요로 하는 물질의 만성적인 부족
- 전사조절 : 단백질 X의 전사인자 및 프로모터가 작동하지 않아서 전사가 일어나지 않음 (프로모터 결실 등 포함)
- 번역 조절 : 리보솜에서 단백질 X의 번역이 제대로 이루어지지 않음
- 분비 조절 : 세포의 배출작용이 제대로 이루어지지 않음

### [문제 2-2]

호르몬인 단백질의 발현이 부족할 때, 생명공학 기술을 이해하고 적용할 수 있는지를 확인하려고 함

1. 유전자 치료: 프로모터 결손이 있거나 전사 인자가 부족할 때, 단백질 X 혹은 전사 인자 유전자를 넣어서 유전자를 넣어서 치료함
2. 줄기세포 이식: 배아 줄기세포, 성체 줄기세포, 유도 줄기세포 등을 만들어서 이식해서 단백질 X를 생산한다.
3. 동물장기 이식: 같은 기관의 이종 장기를 이식해서 단백질 X를 생산한다.
4. 재조합단백질 제조: 호르몬 X 단백질을 박테리아 등에서 생산해서 제공한다.

### [문제 2-3]

세포의 특이한 모양을 결정하는 원리와 세포골격의 구성성분을 이해하고 있는지를 설명하려고 함

- 세포의 모양을 유지 시켜주는 구성성분은 세포막과 세포골격과 식물세포의 세포벽이 있음
- 세포골격은 단백질 섬유가 그물처럼 얽혀 있는 구조로 세포 소기관의 위치와 세포의 형태를 결정짓는 뼈대 역할을 하고, **중간섬유, 미세소관, 미세섬유** 등이 작용함