



# 생 명 과 학 I O T K

OVERCOME THE KILLER

김 동 범

Theme



---

근수축



## 근 수축

몇 년전부터 DNA상대량, 신경의 전도와 함께 준킬러 문항의 역할을 특특히 하고 있는 테마이다. 지난 3개년의 수능에 전부 출제되었고, 특히 21, 22 수능에서의 정답률은 결코 높지 않았다. 답을 맞추는 건 당연하고, 이러한 테마에서 시간을 줄여야 시험지 운용이 원활하게 가능할 것이다.

|         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |      |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|
|         | 21.06 | 21.09 | 21.12 | 22.06 | 22.09 | 22.11 | 23.06 | 23.09 | 23.11 |        |      |
| 출제 여부   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 출제율    | 100% |
| 정답률 (%) | 72    | 55    | 51    | 59    | 51    | 55    | 64    | 49    | 57    | 평균 정답률 | 57%  |

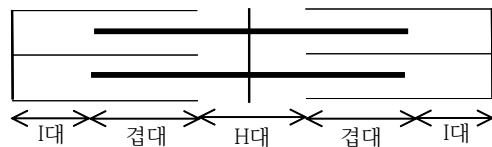
-> 다 맞는건 당연하고, 시간을 최소화 해야하는 테마. 설렁설렁 풀어선 안된다.

### 기본 출제 방향

**Main.** 골격근의 수축과 이완 과정에서 근육 원섬유 마디의 변화가 어떤 방식으로 일어나는지 계산할 수 있는가?

**Sub.** 골격근의 기본구조에 대해 알고 있는가? - 개념이므로 여기서 설명하진 않겠다.

근육 원섬유 마디의 변화를 알기 전에, 근육 원섬유 마디의 구조부터 공부하자.



액틴 필라멘트만 존재하는 구간 -> I대

액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 모두 존재하는 구간 -> 겹대

마이오신 필라멘트만 존재하는 구간 -> H대

근 수축의 주요 출제 포인트는 이 구조에서 파생된다.

1. 근육 원섬유 마디의 길이가 변화하면 I대, 겹대, H대가 모두 변화한다.

-> 이 4가지 구간중 한 구간의 변화량만 안다면 나머지 세 구간의 변화량도 알 수 있음

2. 각 구간의 합과 차가 의미하는 것

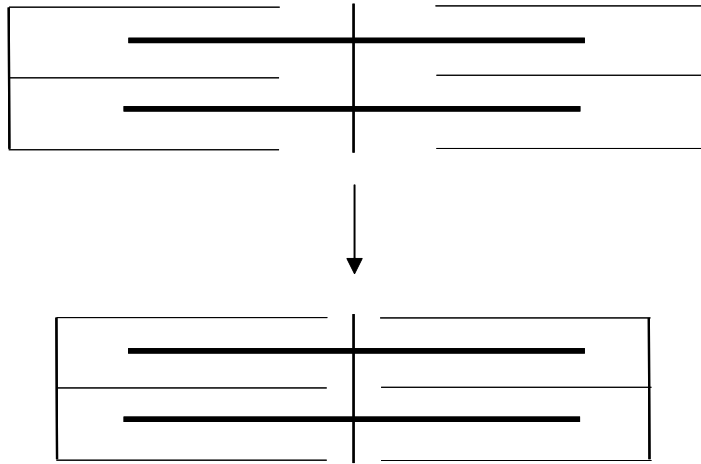
-> 각 구간들을 더하고, 빼보면 몰랐던 구간의 길이를 알 수 있다.

-> 겹대와 H대를 더하면 마이오신 필라멘트의 길이가 나오고, 전체 길이에서 마이오신 필라멘트의 길이를 빼면 I대의 길이가 나온다.

위에 말한 4가지 구간과 마이오신 필라멘트, 액틴 필라멘트가 근육 원섬유 마디가 수축/이완할 때 어떤 길이 변화를 가지는지 표로 한번 정리해 보자.

|    | 근육 원섬유 마디 | H대 | I대 | 겹대 | 마이오신 | 액틴 |
|----|-----------|----|----|----|------|----|
| 수축 | 감소        | 감소 | 감소 | 증가 | 일정   | 일정 |
| 이완 | 증가        | 증가 | 증가 | 감소 | 일정   | 일정 |

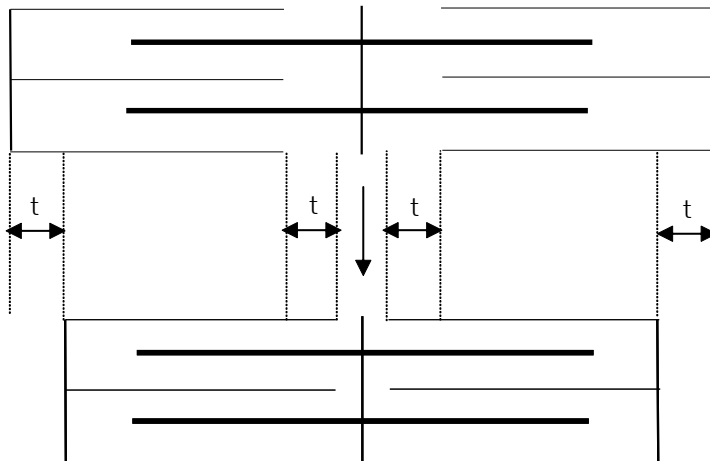
이를 그림으로 확인해 보자.



근육 원섬유 마디가 수축하면서 H대의 길이는 감소하고, I대의 길이도 감소하였으며, 겹대의 길이는 증가했다. 또한 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트는 길이가 변하지 않는다.

그래서? 감소하고, 증가할 때 재네가 저렇게 되는거 알았는데 어찌라고?

그걸 알았으면 이제 얼마나?가 나올 차례다. 4가지 구간중 한가지 구간의 변화량만 알아도 나머지 세 구간의 변화량도 알 수 있다고 했다. 이제 이를 체화해보자.



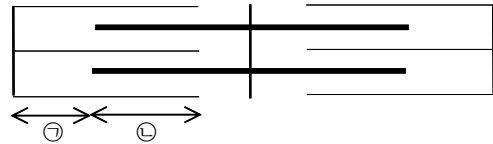
위에서 근육 원섬유 마디가  $2t$ 만큼 감소할 때, H대도  $2t$ 만큼 감소하고, I대도  $2t$ 만큼 감소하고, 겹대는  $2t$ 만큼 증가함을 확인할 수 있다. 역시 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트는 변화하지 않는다.

변화량을 표로 나타내면 다음과 같다.

|     |           |    |    |     |      |    |
|-----|-----------|----|----|-----|------|----|
|     | 근육 원섬유 마디 | H대 | I대 | 겹대  | 마이오신 | 액틴 |
| 변화량 | 2t        | 2t | 2t | -2t | 일정   | 일정 |

여기서 용어를 재정의하고 가자. I대는 액틴 필라멘트가 존재하는 구간 전부(오른쪽, 왼쪽)의 길이이고, 겹대는 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트가 겹치는 구간 전부(오른쪽, 왼쪽)의 길이이다.

옆의 그림에서, ㉠이 의미하는 것은 I대가 아니라 I대의 절반이다. ㉡이 의미하는 것은 겹대가 아니라 겹대의 절반이다.



그렇기때문에, 변화량도 절반으로 적용해야만 한다. 근육 원섬유 마디의 변화량이 +2t라고 한다면 ㉠의 변화량은 +t이고, ㉡의 변화량은 -t가 된다.

이따 같이 보겠지만 문제에서 I대를 지칭하는지, 겹대를 지칭하는지, 각 구간의 절반을 지칭하는지 명확히 파악하고 문제 풀이에 들어가야 한다.

다음으로 각 구간의 합과 차가 의미하는 것에 대해 알아보자.

기본 개념이나 다름 없지만, 문제를 풀 때 뭔가 막히고 있다면 이 부분을 간과해서 놓치고 있을 가능성이 높다.

예를 들어, 우리가 A대(마이오신 필라멘트)의 길이와 H대의 길이를 알고 있다면 우리는 겹대의 길이도 알고 있다는 것이다. -> A대-H대=겹대

절대 암기할 사항은 아니며, 우리가 근육 원섬유 마디의 구조를 알고 있으니, 그림을 보고 판단하면 된다. 정말 간단하지만 의외로 이 생각을 못해서 막히는 경우가 많으니 익숙해지기 위해 여러번 생각해보자.

근육 원섬유 마디의 길이를 X라고 하면,

$$A대 - H대 = 겹대 \qquad H대 + 겹대 = A대$$

$$X - I대 = A대 \qquad A대 + I대 = X$$

$$액틴 - I대 = 겹대 \qquad 겹대 + I대 = 액틴$$

$$I대 + H대 + 겹대 = X$$

이쯤에서 실제로 문제가 어떻게 출제되었는지 확인해보자.

8. 다음은 골격근의 수축 과정에 대한 자료이다.

○ 표는 골격근 수축 과정의 두 시점 ㉠와 ㉡에서 근육 원섬유 마디 X의 길이를, 그림은 ㉡일 때 X의 구조를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이다.

| 시점 | X의 길이( $\mu\text{m}$ ) |
|----|------------------------|
| ㉠  | 3.0                    |
| ㉡  | 2.2                    |

○ 구간 ㉠은 액틴 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이다.

○ ㉡일 때 ㉢의 길이는  $0.2\mu\text{m}$  이다.

2018.06.08번 문항이다.

시점 ㉠에서 ㉡로 변할 때, 근육 원섬유 마디 X의 길이의 변화량이  $-0.8\mu\text{m}$ 을 알려주었다.

근육 원섬유 마디의 변화량이  $2t\mu\text{m}$ 일 때, H대의 변화량도  $2t\mu\text{m}$ 이므로 시점 ㉠에서 ㉡로 변할 때 ㉢의 길이도  $-0.8\mu\text{m}$ 만큼 변해야 한다. ㉡일 때  $0.2\mu\text{m}$ 이므로 ㉠일 때  $1.0\mu\text{m}$ 이 되어야함을 알 수 있다.

위에서 말했듯 ㉠과 ㉢은 각각 I대의 절반, 겹대의 절반이므로 변화량도 절반이 되어야 한다.  $2t$ 가  $-0.8\mu\text{m}$ 이고 ㉢의 변화량이  $t\mu\text{m}$ 이므로 ㉠은  $-0.4\mu\text{m}$ 만큼 변했고, ㉡의 변화량이  $-t\mu\text{m}$ 이므로 ㉢은  $+0.4\mu\text{m}$ 만큼 변했을 것이다.

이 문항을 요약해보자.

1. 각 시점에서 X의 길이를 제시해 근육 원섬유 마디의 **변화량을 제시한다.**
2. 이 변화량을 이용해 다른 구간(여기서는 H대)의 변화량을 구하고, 이를 이용해 몰랐던 ㉠시점의 ㉢의 길이를 구한다.
3. 정확한 길이는 알 수 없지만, ㉠과 ㉢의 변화량 또한 근육 원섬유 마디의 변화량으로 추론해 낼 수 있다.

계속 이렇게 쉽고, 간단하고, 보기 쉽게 문제가 출제된다면 얼마나 좋을까? 문제는 진화한다.

14. 다음은 골격근의 수축 과정에 대한 자료이다.

○ 그림은 근육 원섬유 마디 X의 구조를, 표는 골격근 수축 과정의 두 시점  $t_1$ 과  $t_2$ 일 때 ㉠의 길이와 ㉡의 길이를 더한 값(㉠+㉡)과 ㉢의 길이를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이고,  $t_1$ 일 때 A대의 길이는  $1.6\mu\text{m}$ 이다.

| 시점    | ㉠+㉡              | ㉢의 길이            |
|-------|------------------|------------------|
| $t_1$ | $1.3\mu\text{m}$ | $0.7\mu\text{m}$ |
| $t_2$ | ?                | $0.5\mu\text{m}$ |

○ 구간 ㉠은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 액틴 필라멘트만 있는 부분이다.

2019.11.14번 문항이다.

㉢의 길이가 0.2만큼 감소하는 것을 통해 변화량  $t$ 가 -0.2임을 알 수 있다.

2018.06.08번 문항과 다르게 이 문항에서는 각 부위의 합인 ㉠과 ㉡의 합을 제시하여 우리들에게 생각할 부분을 더 주었다.

하지만 우리는 ㉠의 변화량은  $2t$ , ㉡의 변화량이  $-t$ 임을 알기 때문에 ㉠+㉡의 변화량은  $t$ 가 되어야 함을 알 수 있다.

그렇기 때문에 시점  $t_2$ 에서 ㉠+㉡의 길이는 1.1이 되어야 한다

마지막으로, 어떤 시점에서든 A대의 길이는 일정하다. A대의 길이는 ㉠+2㉡으로 나타낼 수 있기 때문에 합과 차를 이용하여 각 시점에서의 ㉠, ㉡의 길이를 알아낼 수 있다.

이 문항이 기존 문항과 다른 점은 단일 부위의 길이만을 제시한 것이 아니라, 각 부위의 합을 제시하여 변화량에 포커스를 두게 한 것이다. 그리고 합과 차를 이용해 세부적인 부위의 길이를 특정할 수 있게 했다.

근수축 문항들의 출제 방향은 위와 같다. 큰 틀에서 결국 변화량과 각 부위의 합과 차를 이용하는 것을 벗어나지 않는다. 그렇기 때문에 우리는 변화량과 각 부위의 합과 차가 의미하는 것들을 자유자재로 이용할 수 있어야 한다.

문제를 풀며 이를 늘 생각하며 적용할 수 있도록 하자.

평가원은 이런 기본적인 알고리즘 안에서 문제를 틀고, 꺾어서 우리를 당황하게 한다.



15. 다음은 골격근의 수축 과정에 대한 자료이다.

○ 그림 (가)는 근육 원섬유 마디 X의 구조를, (나)의 ㉠~㉣은 X를 ㉡ 방향으로 잘랐을 때 관찰되는 단면의 모양을 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이다.

(가) (나)

○ 표는 골격근 수축 과정의 두 시점  $t_1$ 과  $t_2$ 일 때 각 시점의 한 쪽 Z선으로부터의 거리가 각각  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$ 인 세 지점에서 관찰되는 단면의 모양을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 ㉠~㉣을 순서 없이 나타낸 것이며, X의 길이는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 짧다.

| 거리    | 단면의 모양 |       |
|-------|--------|-------|
|       | $t_1$  | $t_2$ |
| $l_1$ | ㉠      | ㉡     |
| $l_2$ | ㉢      | ㉣     |
| $l_3$ | ㉡      | ?     |

○  $l_1 \sim l_3$ 은 모두  $\frac{t_2 \text{일 때 X의 길이}}{2}$ 보다 작다.

21.09.15번 문항이다.

과거 나오던 근수축문항들과 다른 결을 가지고 있는 신문항이다.

이 문항은 과거 나오던 근수축 문항들을 관성으로 풀어내고 있던 학생들에게 고민을 심어준 문항이다.

변화량으로 문제를 풀게 하지 않고, 기본적인 근육 원섬유 마디 자체의 구조와, 근수축이 일어날 때 그 변화 양상을 명확히 파악하고 있는 지에 대해 물어보는 문항이다.

일단, 이 문항이 모의고사에 나왔을 때 모든 학생들이 이런 유형을 처음 보는 상태에서 공평하게 시작했다. 처음 나오는 유형임에도 불구하고 절반이 넘는 학생들이 이 문제를 맞췄는데, 충분히 개념만으로 풀리는 자료 해석형 문항이라고 봐도 무방하다.

마지막 조건이 굉장히 중요한데, 저 조건으로 인해 가능한 단면의 모양에 대한 순서쌍이 제한된다.

한번 깊게 생각해보자.

근수축이든 신경전도든 가계도든 어려운문제를 풀어내는데 중요한 도구중 하나가 케이스정리이다.

어려운 문항들은 문항 내에서 눈에 띄는 결정적인 힌트들을 잡아 논리적 과정들을 밟아내 가는 것이 매우 어렵다. 그렇기 때문에 우리가 알고있는 생명과학1의 개념적 지식과, Non Bio Logic (비생명과학적 논리)를 이용해 케이스를 제한한 후 생각하는 훈련을 해야한다.

예를 들면, 당장 보이는 ㉠와 ㉡는 서로 다른 단면의 모양을 가져야만 하고, ㉢과 ㉣는 서로 다른 단면의 모양을 가질 수도, 서로 같은 단면의 모양을 가질 수도 있다.

문제를 읽으며 이렇게 자연스럽게 케이스를 분류해준다.

이 케이스를 분류하며 사용한 것은 생명과학적 지식이 아닌, NBL이다. 그냥 당연한 거다. 그런데 이런 것들을 현장에서 캐치하지 못하는 경우가 많고, 이 NBL을 이용해 케이스를 분류할 생각조차도 못하는 학생들이 많다.

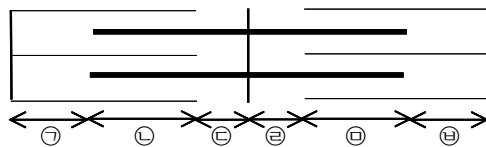
또한 Z선을 기준으로 거리에 따라 단면의 모양은 ㉠-㉢-㉣-M선-㉣-㉢-㉠이다.

$t_1$ 에서  $t_2$ 가 될 때 수축하므로, 수축하는 정도에 따라 ㉠은 ㉠, ㉢이 될 수 있고, ㉣은 ㉣, ㉢이 될 수 있고, ㉣은 ㉣, ㉠이 될 수 있다.

하지만, 마지막 조건에 의해 ㉠은 ㉠, ㉢이 될 수 있고, ㉣은 항상 ㉢이어야 하며, ㉣도 항상 ㉣이어야 한다.

그렇기 때문에 ㉠, ㉢, ㉣가 각각 ㉠, ㉢, ㉣임을 알 수 있다.

변화량 훈련



| 부위       | 변화량  | 부위      | 변화량 |
|----------|------|---------|-----|
| ㉢        | +0.4 | X       |     |
| ㉠+㉢      | 0    | ㉣+㉢+㉣+㉠ |     |
| ㉣+㉢+㉠    | -0.3 | ㉣       |     |
| X-㉣      | +0.9 | ㉢+㉣     |     |
| A대-(㉢+㉣) | +0.8 | ㉢       |     |
| ㉠+㉢+㉣+㉠  | +1.6 | ㉣       |     |
| ㉣+㉠+㉢    | -0.2 | ㉠+㉠     |     |

## 미지수 설정을 통한 방정식 설계

최근 근수축 문항들이 나타내는 특징으로, 많은 문제들에서 비율관계를 제시하고 있다.

이 비율관계를 제시하는 문제뿐만 아니라, 변화량을 통해 방정식을 설계하도록 유도하게끔 하는 문항들이 많이 출제되고 있다.

이 비율관계와 변화량을 통한 방정식 설계 문항들은 결국 미지수를 설정해야 하는 공통점을 가지고 있다.

13. 다음은 골격근의 수축과 이완 과정에 대한 자료이다.

○ 그림 (가)는 팔을 구부리는 과정의 세 시점  $t_1, t_2, t_3$ 일 때 팔의 위치와 이 과정에 관여하는 골격근 P와 Q를, (나)는 P와 Q 중 한 골격근의 근육 원섬유 마디 X의 구조를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이다.

○ 구간 ㉠은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 액틴 필라멘트만 있는 부분이다.

○ 표는  $t_1 \sim t_3$ 일 때 ㉠의 길이와 ㉡의 길이를 더한 값(㉠+㉡), ㉢의 길이, X의 길이를 나타낸 것이다.

| 시점    | ㉠+㉡ | ㉢의 길이 | X의 길이 |
|-------|-----|-------|-------|
| $t_1$ | 1.2 | ㉠     | ?     |
| $t_2$ | ?   | 0.7   | 3.0   |
| $t_3$ | ㉠   | 0.6   | ?     |

(단위:  $\mu\text{m}$ )

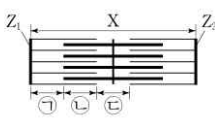
2022년 수능 13번 문항이다.

이 문항의 핵심은, ㉠+㉡의 변화량(t)과, ㉢의 변화량(t)가 같다는 것을 이용해 방정식을 유도해 내는 것이다.

$t_1 \rightarrow t_3$ 로의 변화량은 ㉠+㉡이  $1.2 - \text{㉠}$  이고, ㉢이  $\text{㉠} - 0.6$ 이다. 우리는 ㉠+㉡과 ㉢의 변화량이 같은 것을 알고 있다. 이를 통해 방정식을 유도하자.  $1.2 - \text{㉠} = \text{㉠} - 0.6$  이라는 방정식이 도출된다.

방금 보았듯이, 이 문항은 직접 ㉠라는 미지수를 제시하고 변화량이 같은 구간들을 제시해 방정식을 유도하게 했다.

13. 다음은 골격근의 수축 과정에 대한 자료이다.

- 그림은 근육 원섬유 마디 X의 구조를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이고, Z<sub>1</sub>과 Z<sub>2</sub>는 X의 Z선이다. 
- 구간 ㉠은 액틴 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이다.
- 골격근 수축 과정의 두 시점 t<sub>1</sub>과 t<sub>2</sub> 중, t<sub>1</sub>일 때 X의 길이는 L이고, t<sub>2</sub>일 때만 ㉠~㉣의 길이가 모두 같다.
- $\frac{t_2 \text{일 때 ㉣의 길이}}{t_1 \text{일 때 ㉣의 길이}}$  와  $\frac{t_1 \text{일 때 ㉡의 길이}}{t_2 \text{일 때 ㉡의 길이}}$  는 서로 같다. ㉣은 ㉠과 ㉢ 중 하나이다.

2023수능 13번 문항이다.

t<sub>2</sub>일 때 ㉠, ㉡, ㉢의 길이가 모두 같다는 정보를 이용해 이 값을 미지수 x로 설정하는 것이 핵심이다.

|                | ㉠   | ㉡   | ㉢    | ㉣ | 근육원섬유X    |
|----------------|-----|-----|------|---|-----------|
| t <sub>1</sub> | x+t | x-t | x+2t |   | L = 5x+2t |
| t <sub>2</sub> | x   | x   | x    | x | 5x        |

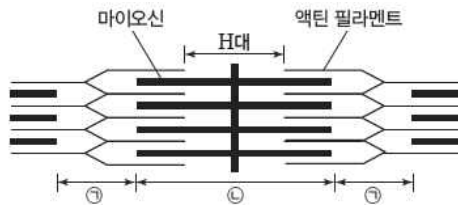
이므로, 4번째 동그라미에 의해  $\frac{x-t}{x} = \frac{x}{t_1 \text{일 때 } a \text{의 길이}}$  이다. 그러므로 t<sub>1</sub>일 때 ㉣의 길이는 x<sup>2</sup>/x-t이다. 이 값은 x+t와 같을 수 없고, x-t와도 같을 수 없다. 그러므로 이 값은 x+2t와 같아야 하고 x<sup>2</sup>/x-t=x+2t -> tx=2t<sup>2</sup> 이므로 x가 2t가 된다.

능동적으로 미지수를 설정하고, 변화량 또는 각 구간의 합을 이용해 방정식을 세워서 문제를 해결해 낼 수 있다.

1. 2015(4월)

그림은 골격근을 구성하는 근육 원섬유의 구조를 나타낸 것이다.

㉠과 ㉡은 각각 A대와 I대 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[ 보기 ]

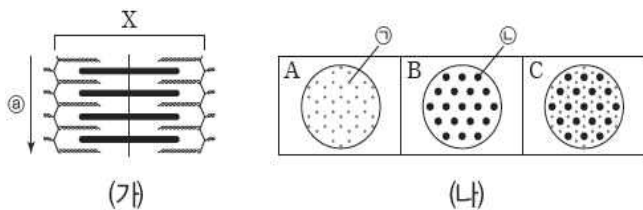
- ㄱ. ㉠은 A대이다.
- ㄴ. 근육 수축 시 ㉠의 길이는 짧아진다.
- ㄷ. 근육 원섬유는 밝은 부분과 어두운 부분이 반복되어 나타난다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Comment. 아주 기본적인 문항. 근육원섬유 마디의 구조를 아는가?

2. 2015(6월) ★평가원★

그림 (가)는 근육 원섬유 마디 X가 이완된 상태를, (나)의 A~C는 X의 서로 다른 세 지점에서 ㉠ 방향으로 자른 단면을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[ 보기 ]

- ㄱ. ㉠은 액틴 필라멘트이다.
- ㄴ. C는 I대의 단면에 해당한다.
- ㄷ. X의  $\frac{H\text{대의 길이}}{A\text{대의 길이}}$ 는 (가)에서보다 X가 수축된 상태에서 작다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment. 아주 기본적인 문항. 근육원섬유 마디의 구조를 아는가?

3. 2016(6월) ★평가원★

다음은 골격근의 수축 과정에 대한 자료이다.

- 표는 골격근 수축 과정의 두 시점 ㉠과 ㉡일 때 근육 원섬유 마디 X의 길이를, 그림은 ㉡일 때 X의 구조를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이다.

| 시점 | X의 길이(μm) |
|----|-----------|
| ㉠  | 2.4       |
| ㉡  | 3.2       |

- ㉠은 X에서 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 두 구간 중 한 구간이다.
- ㉡일 때, A대의 길이는 1.6 μm이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[ 보기 ]

- ㄱ. 구간 ㉠의 길이는 ㉡일 때보다 ㉠일 때가 0.4 μm 더 길다.
- ㄴ. ㉡일 때 H대의 길이는 0.6 μm이다.
- ㄷ. ㉠에서 ㉡로 될 때 액틴 필라멘트의 길이는 짧아진다.

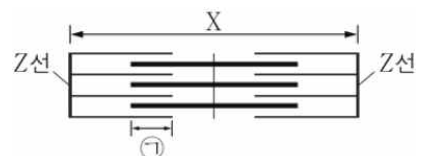
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ                ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment. 변화량 관찰의 시작 X의 변화량을 파악해 문제를 풀어나가자.

4. 2017(4월)

다음은 골격근의 근육 원섬유 마디 X에 대한 자료이다.

- 그림은 X의 구조를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이고, ㉠은 X에서 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 두 구간 중 한 구간이다.



- t<sub>1</sub>일 때 X의 길이는 3.2 μm이고, ㉠의 길이는 0.2 μm이다.
- t<sub>2</sub>일 때 X에서 H대의 길이는 0.2 μm이고, ㉠의 길이는 0.7 μm이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[ 보기 ]

- ㄱ. X가 수축할 때 ATP가 소모된다.
- ㄴ. t<sub>1</sub>일 때 X에서 마이오신 필라멘트의 길이는 1.6μm이다.
- ㄷ. t<sub>2</sub>일 때 X의 길이는 2.2 μm이다.

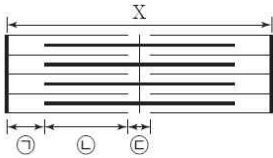
- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ                ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Comment. 표가 없으면? 시각화. 표가 제시되지 않았으니, 한눈에 파악할 수 있도록 시각화를 한 후 문제를 푼다. ㉠을 이용해 변화량을 파악하자.

5.

2019(3월)

그림은 근육 원섬유 마디 X의 구조를, 표는 두 시점  $t_1$ 과  $t_2$ 에서 X와 (가)~(다)의 길이를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이며, ㉠은 액틴 필라멘트만 있는 부분, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분, ㉢은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이다. (가)~(다)는 ㉠~㉢을 순서 없이 나타낸 것이다.



| 시점    | 길이( $\mu\text{m}$ ) |     |     |     |
|-------|---------------------|-----|-----|-----|
|       | X                   | (가) | (나) | (다) |
| $t_1$ | 2.8                 | 0.8 | 0.4 | ㉠   |
| $t_2$ | 2.2                 | 0.2 | 0.7 | 0.3 |

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[ 보기 ]

- ㄱ. (나)는 ㉢이다.
- ㄴ. ㉠은 0.9이다.
- ㄷ.  $t_2$ 일 때 A대의 길이는  $1.6 \mu\text{m}$ 이다

- ① ㄱ      ② ㄷ      ③ ㄱ, ㄴ      ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment.

변화량의 절댓값을 이용한 구간 매칭

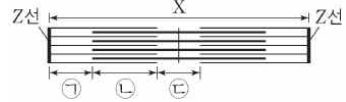
H대의 변화량의 절댓값과 I대의 절반, 겹대의 절반의 절댓값이 다음을 활용해 추론한다. 또, H대와 I대의 변화 방향과 겹대의 변화 방향이 다름도 이용해야겠지?

6.

2019(9월) ★평가원★

다음은 골격근의 수축 과정에 대한 자료이다.

• 그림은 근육 원섬유 마디 X의 구조를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이다.



- 구간 ㉠은 액틴 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이다.
- 표 (가)는 ㉠~㉢에서 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트의 유무를, (나)는 골격근 수축 과정의 두 시점  $t_1$ 과  $t_2$ 일 때 X의 길이에서 ㉠의 길이를 뺀 값( $X-㉠$ )과 ㉡의 길이와 ㉢의 길이를 더한 값( $㉡+㉢$ )을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 ㉠~㉢을 순서 없이 나타낸 것이다.

| 구간 | 액틴 필라멘트 | 마이오신 필라멘트 |
|----|---------|-----------|
| ㉠  | ?       | ○         |
| ㉡  | ○       | ×         |
| ㉢  | ?       | ○         |

| 시점    | $X-㉠$             | $㉡+㉢$             |
|-------|-------------------|-------------------|
| $t_1$ | $2.0 \mu\text{m}$ | $2.0 \mu\text{m}$ |
| $t_2$ | $2.0 \mu\text{m}$ | $0.8 \mu\text{m}$ |

(가)

(나)

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[ 보기 ]

- ㄱ. ㉢은 H대이다.
- ㄴ. ㉠의 길이와 ㉢의 길이를 더한 값은  $t_1$ 일 때와  $t_2$ 일 때가 같다.
- ㄷ. X의 길이는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다  $0.8 \mu\text{m}$  길다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ      ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment.

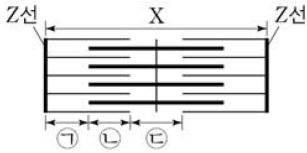
각 구간의 합과 차의 변화량

X에 뭘 빼야 변화량이 0일까?

7. 2021(수능) ★평가원★

다음은 골격근의 수축 과정에 대한 자료이다.

- 그림은 근육 원섬유 마디 X의 구조를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이다.



- 구간 ㉠은 액틴 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이다.
- 골격근 수축 과정의 시점  $t_1$ 일 때 ㉠~㉢의 길이는 순서 없이 ㉠,  $3d$ ,  $10d$ 이고, 시점  $t_2$ 일 때 ㉠~㉢의 길이는 순서 없이 ㉠,  $2d$ ,  $3d$ 이다.  $d$ 는 0보다 크다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? [3점]

[ 보기 ]

- ㄱ. 근육 원섬유는 근육 섬유로 구성되어 있다.
- ㄴ. H대의 길이는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 길다.
- ㄷ.  $t_2$ 일 때 ㉠의 길이는  $2d$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄴ      ⑤ ㄴ, ㄷ

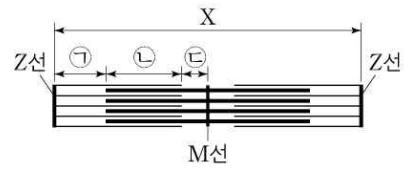
Comment. 능동적인 구간의 합

개별 구간의 변화량은 알 수 없지만, ㉠, ㉡, ㉢을 모두 더한 값의 변화량은 알 수 있다. 이 문제가 까다로운 이유는 다른 문항들은 문제에서 각 구간의 합, 차에 대한 변화량을 직접 제시하여 학생이 수동적으로 변화량만 판단하면 되었지만, 이 문항은 학생이 능동적으로 ㉠, ㉡, ㉢을 모두 더할 생각을 해야 했기 때문이다.

8. 2022(9월) ★평가원★

다음은 골격근의 수축 과정에 대한 자료이다.

- 그림은 근육 원섬유 마디 X의 구조를 나타낸 것이다. X는 M선을 기준으로 좌우대칭이다.



- 구간 ㉠은 액틴 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이다.
- 골격근 수축 과정의 시점  $t_1$ 일 때 ㉠의 길이는 시점  $t_2$ 일 때 ㉡의 길이와 ㉢의 길이를 더한 값과 같다. ㉠과 ㉡을 순서 없이 나타낸 것이다.
- ㉠의 길이와 ㉡의 길이를 더한 값은  $1.0 \mu\text{m}$ 이다.
- $t_1$ 일 때 ㉡의 길이는  $0.2 \mu\text{m}$ 이고,  $t_2$ 일 때 ㉠의 길이는  $0.7 \mu\text{m}$ 이다. X의 길이는  $t_1$ 과  $t_2$  중 한 시점일 때  $3.0 \mu\text{m}$ 이고, 나머지 한 시점일 때  $3.0 \mu\text{m}$ 보다 길다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[ 보기 ]

- ㄱ. ㉠은 ㉡이다.
- ㄴ.  $t_1$ 일 때 H대의 길이는  $1.2 \mu\text{m}$ 이다.
- ㄷ. X의 길이는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 짧다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄴ      ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment. 복잡해진 시각화.

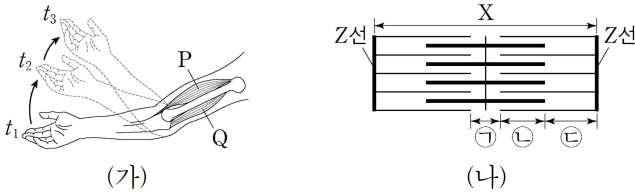
표가 제시되지 않았으니, 한눈에 파악할 수 있도록 시각화를 한 후 문제를 푼다. 차분하게 문제에 제시된 조건들을 시각화하다 보면 방법이 보인다.

9.

2022(수능) ★평가원★

다음은 골격근의 수축과 이완 과정에 대한 자료이다.

○ 그림 (가)는 팔을 구부리는 과정의 세 시점  $t_1, t_2, t_3$ 일 때 팔의 위치와 이 과정에 관여하는 골격근 P와 Q를, (나)는 P와 Q 중 한 골격근의 근육 원섬유 마디 X의 구조를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이다.



○ 구간 ㉠은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 액틴 필라멘트만 있는 부분이다.

○ 표는  $t_1 \sim t_3$ 일 때 ㉠의 길이와 ㉡의 길이를 더한 값 ( $㉠ + ㉡$ ), ㉢의 길이, X의 길이를 나타낸 것이다.

| 시점    | ㉠+㉡ | ㉢의 길이 | X의 길이 |
|-------|-----|-------|-------|
| $t_1$ | 1.2 | ㉠     | ?     |
| $t_2$ | ?   | 0.7   | 3.0   |
| $t_3$ | ㉠   | 0.6   | ?     |

(단위:  $\mu\text{m}$ )

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[ 보기 ]

- ㄱ. X는 P의 근육 원섬유 마디이다.
- ㄴ. X에서 A대의 길이는  $t_1$ 일 때가  $t_3$ 일 때보다 길다.
- ㄷ.  $t_1$ 일 때 ㉡의 길이와 ㉢의 길이를 더한 값은  $1.3\mu\text{m}$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄴ      ⑤ ㄱ, ㄷ

**Comment.** 동일한 문자가 존재한다면 방정식을 생각해보자.

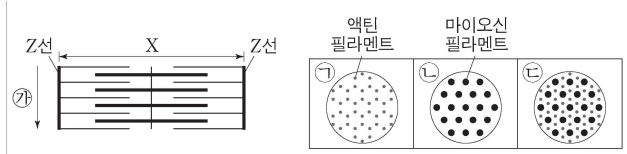
표에 ㉠이라는 문자가 두 개 존재한다. 이 문자를 이용해 세울 수 있는 방정식은 뭐가 있을까?

10.

2021(9월) ★평가원★

다음은 골격근의 수축 과정에 대한 자료이다.

○ 그림 (가)는 근육 원섬유 마디 X의 구조를, (나)의 ㉠~㉢은 X를 ㉠ 방향으로 잘랐을 때 관찰되는 단면의 모양을 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이다.



(가)

(나)

○ 표는 골격근 수축 과정의 두 시점  $t_1$ 과  $t_2$ 일 때 각 시점의 한쪽 Z선으로부터의 거리가 각각  $l_1, l_2, l_3$ 인 세 지점에서 관찰되는 단면의 모양을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 ㉠~㉢을 순서 없이 나타낸 것이며, X의 길이는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 짧다.

| 거리    | 단면의 모양 |       |
|-------|--------|-------|
|       | $t_1$  | $t_2$ |
| $l_1$ | ㉠      | ㉡     |
| $l_2$ | ㉢      | ㉣     |
| $l_3$ | ㉤      | ?     |

○  $l_1 \sim l_3$ 은 모두  $\frac{t_2 \text{일 때 X의 길이}}{2}$  보다 작다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (3점)

[ 보기 ]

- ㄱ. 마이오신 필라멘트의 길이는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 길다.
- ㄴ. ㉠은 ㉠이다.
- ㄷ.  $l_3 < l_1$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄴ      ⑤ ㄴ, ㄷ

**Comment.** 활주설에 기초한 기본문제.

수축할 때 기준인 Z선도 같이 움직임을 명심하고 해석하자. 마지막 조건의 의미도 생각해 봐야 한다.

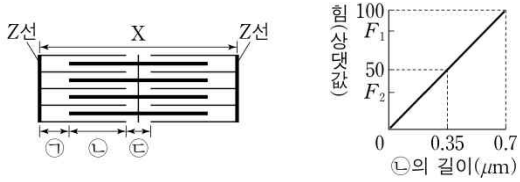


## II.

2023(9월) ★평가원★

다음은 골격근 수축 과정에 대한 자료이다.

○ 그림 (가)는 근육 원섬유 마디 X의 구조를, (나)는 구간 ㉠의 길이에 따른 ㉡가 생성할 수 있는 힘을 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이고, ㉡가  $F_1$ 일 때 A대의 길이는  $1.6\mu\text{m}$ 이다.



(가) (나)

○ 구간 ㉠은 액틴 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이다.

○ 표는 ㉡가  $F_1$ 과  $F_2$ 일 때 ㉢의 길이를 ㉠

의 길이로 나눈 값( $\frac{㉢}{㉠}$ )과 X의 길이를 ㉠

의 길이로 나눈 값( $\frac{X}{㉠}$ )을 나타낸 것이다.

| 힘     | $\frac{㉢}{㉠}$ | $\frac{X}{㉠}$ |
|-------|---------------|---------------|
| $F_1$ | 1             | 4             |
| $F_2$ | $\frac{3}{2}$ | ?             |

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (3점)

### [ 보기 ]

- ㄱ. ㉡는 H대의 길이가  $0.3\mu\text{m}$ 일 때가  $0.6\mu\text{m}$ 일 때보다 작다.
- ㄴ.  $F_1$ 일 때 ㉠의 길이와 ㉡의 길이를 더한 값은  $1.0\mu\text{m}$ 이다.
- ㄷ.  $F_2$ 일 때 X의 길이는  $3.2\mu\text{m}$ 이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄷ      ④ ㄱ, ㄴ      ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment. '힘'이라는 새로운 자료가 주어졌지만.. 본질은?

힘이 세질 때 근육원섬유마디가 어떻게 변화하는지 생각해보자.

## 12.

2023(수능) ★평가원★

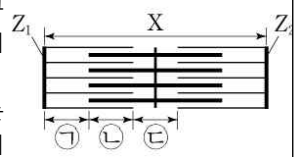
다음은 골격근의 수축 과정에 대한 자료이다.

○ 그림은 근육 원섬유 마디 X의 구조를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이고,  $Z_1$ 과  $Z_2$ 는 X의 Z선이다.

○ 구간 ㉠은 액틴 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이다.

○ 골격근 수축 과정의 두 시점  $t_1$ 과  $t_2$  중,  $t_1$ 일 때 X의 길이는 L이고,  $t_2$ 일 때만 ㉠~㉢의 길이가 모두 같다.

○  $t_2$ 일 때 ㉡의 길이와  $t_1$ 일 때 ㉡의 길이  $t_1$ 일 때 ㉠의 길이와  $t_2$ 일 때 ㉠의 길이는 서로 같다. ㉡는 ㉠과 ㉢ 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

### [ 보기 ]

- ㄱ. ㉡는 ㉢이다.
- ㄴ. H대의 길이는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 짧다.
- ㄷ.  $t_1$ 일 때, X의  $Z_1$ 로부터  $Z_2$  방향으로 거리가  $\frac{3}{10}L$ 인 지점은 ㉡에 해당한다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Comment. 미지수 설정을 통한 방정식 설계

어떤 값을 미지수로 두면 문제풀이가 수월할까?

빠른 정답

|   |   |    |   |  |  |  |  |  |  |
|---|---|----|---|--|--|--|--|--|--|
| 1 | ② | 7  | ② |  |  |  |  |  |  |
| 2 | ④ | 8  | ④ |  |  |  |  |  |  |
| 3 | ① | 9  | ⑤ |  |  |  |  |  |  |
| 4 | ⑤ | 10 | ② |  |  |  |  |  |  |
| 5 | ④ | 11 | ⑤ |  |  |  |  |  |  |
| 6 | ④ | 12 | ③ |  |  |  |  |  |  |



Theme

2

---

혈액형



# 혈액형

과거에 출제되던 테마이다. 최근 모의고사에서는 자취를 감췄다. 사실, 교육청등에서만 출제되고 있다. 하지만 푸는 방법을 아는 사람과 모르는 사람의 풀이 속도차가 상당히 크기 때문에 어떻게 풀어내야 하는지 정도는 알아두어야 하는 유형이다.

|         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |    |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----|
|         | 21.06 | 21.09 | 21.12 | 22.06 | 22.09 | 22.11 | 23.06 | 23.09 | 23.11 |        |    |
| 출제 여부   | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | 출제율    | 0% |
| 정답률 (%) | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | 평균 정답률 | X  |

나온다면 당연히 맞아야한다.

## 기본 출제 방향

두 가지 갈래가 있다.

**Main 1.** A, B와 O, AB의 차이점을 통한 퍼즐맞추기 - 단독문항

**Main 2.** 응집여부를 통한 O/X 매칭 - 가계도와 연계된 문항

**Sub.** 혈액형의 원리와 혈구, 혈장, 혈청, 항체의 개념 - 개념이므로 여기서 설명하진 않겠다.

## Main 1 - ABO식 혈액형 추론 단독문항

설명에 앞서 기출문항을 먼저 확인해보자.

그림은 철수의 혈액 응집 반응 결과를 나타낸 것이고, 표는 200명의 학생으로 구성된 집단을 대상으로 ABO식 혈액형에 대한 응집원 ㉠과 응집소 ㉡의 유무를 조사한 것이다. 이 집단에는 철수가 포함되지 않으며, A형, B형, AB형, O형이 모두 있다.

| 항 A 혈청  | 항 B 혈청  | 구분                     | 사람 수 |
|---|---|------------------------|------|
|  |  | 응집원 ㉠이 있는 사람           | 79   |
|  |  | 응집소 ㉡이 있는 사람           | 111  |
|  |  | 응집원 ㉠과 응집소 ㉡이 모두 있는 사람 | 57   |

이 집단에서 ABO식 혈액형이 철수와 같은 사람의 수는?

응집원인 A, B 각각을 ㉠, ㉡중 하나, 응집소인  $\alpha$ ,  $\beta$ 를 각각 ㉢, ㉣중 하나라고 설정해두고 이를 추론하게 하는 문항이다.

이러한 문항은 4x4의 표를 그려서 해결하면 된다.

|       |              |              |              |
|-------|--------------|--------------|--------------|
| +     | 응집원 ㉠        | 응집소 ㉡        |              |
| 응집원 ㉢ | AB형인 사람      | A형 또는 B형     | 응집원 ㉢이 있는 사람 |
| 응집소 ㉣ | A형 또는 B형     | O형인 사람       | 응집소 ㉣이 있는 사람 |
|       | 응집원 ㉠이 있는 사람 | 응집소 ㉡가 있는 사람 | 모집단의 총 인원    |

위와 같은 표를 기본으로 한다.

어떤 혈액형이든 응집원과 응집소를 합한 수는 두 개다.

A형과 B형은 응집원 하나, 응집소 하나씩 두 개이고 AB형은 응집원만 두 개, O형은 응집소만 두 개다. 응집원 A와 응집소 α는 구조적으로 함께 있을 수 없고, 응집원 B와 응집소 β도 마찬가지이다.

위의 표가 이 두 가지 원리가 적용된 표라고 보면 된다.

그렇기 때문에 응집원과 응집소를 표에 넣을 때 같은 줄과 같은 칸에 있는 응집원과 응집소는 서로 응집하는 관계여야 한다. 위의 표에서는 응집원 ㉢이 A일 경우 응집소 ㉣는 무조건 α가 들어가야 한다.

위의 표는 아래와 같은 규칙을 모두 만족한다.

1. 같은 칸, 같은 줄에 있는 응집원과 응집소는 서로 응집하는 관계
2. 가운데 4칸을 모두 더하면 모집단의 인원이 나와야한다.
3. 응집원 ㉠이 있는 사람의 수와 응집소 ㉡가 있는 사람의 수를 더해도 모집단의 인원이 나와야 한다.
4. 응집원 ㉢이 있는 사람의 수와 응집소 ㉣가 있는 사람의 수를 더해도 모집단의 인원이 나와야 한다.
5. 응집원 ㉠, ㉢을 모두 가지는 사람은 AB형이다.
6. 응집소 ㉡, ㉣를 모두 가지는 사람은 O형이다.

이 규칙들을 활용해 표를 만들고, 비어있는 칸에 문제에 제시된 정보들을 넣어준다.

그림은 철수의 혈액 응집 반응 결과를 나타낸 것이고, 표는 200명의 학생으로 구성된 집단을 대상으로 ABO식 혈액형에 대한 응집원 ㉠과 응집소 ㉣의 유무를 조사한 것이다. 이 집단에는 철수가 포함되지 않으며, A형, B형, AB형, O형이 모두 있다.

|  |  |                        |      |
|--|--|------------------------|------|
| 항 A 혈청<br><br>응집됨 | 항 B 혈청<br><br>응집됨 | 구분                     | 사람 수 |
|  |  | 응집원 ㉠이 있는 사람           | 79   |
|  |  | 응집소 ㉣이 있는 사람           | 111  |
|  |  | 응집원 ㉠과 응집소 ㉣이 모두 있는 사람 | 57   |

이 집단에서 ABO식 혈액형이 철수와 같은 사람의 수는?

이 문제를 통해 표를 만들면 아래와 같다.

응집원 ㉠과 응집소 ㉣을 모두 가지는 사람이 있으므로, 이 둘은 서로 응집하는 관계가 아니다.

|       |       |       |     |
|-------|-------|-------|-----|
| +     | 응집원 ㉠ | 응집소 ? |     |
| 응집원 ? |       |       |     |
| 응집소 ㉣ | 57    |       | 111 |
|       | 79    |       |     |

그러므로 서로 다른 칸에 적어주어야 한다.

주어진 정보만을 이용하면 위와 같은 표를 만들 수 있다.  
위에 설명한 규칙들을 적용해보자.

|       |       |       |     |
|-------|-------|-------|-----|
| +     | 응집원 ㉠ | 응집소 ? |     |
| 응집원 ? | ①     | ②     | ③   |
| 응집소 ㉡ | 57    | ④     | 111 |
|       | 79    | ⑤     | ⑥   |

①에는  $79 - 57 = 22$  (AB형)

④에는  $111 - 57 = 54$  (O형)

②에는  $57 + 22$  (AB형) +  $54$  (O형) = 133명,  $200 - 133 = 67$

⑤에는  $200 - 79 = 121$

③에는  $200 - 111 = 89$

⑥에는 200

이렇게 모든 칸을 채울 수 있다. 철수는 O형이므로 철수와 ABO식 혈액형이 같은 사람은 총 54명이다.

여기서 응집원 ㉠이 A인지 B인지는 특정지을 수 없다. 문제에 만약 추가적인 조건(A형이 B형보다 많다)이 있다면 이를 통해 ( $67 > 57$ ) 응집원 ㉠이 B형임을 알 수 있고, 응집소 ㉡이  $\alpha$ 임을 알 수 있다.

표만 제대로 그릴 줄 알면 푸는 속도를 많이 줄일 수 있다.

### Main 2 - 응집 여부를 통한 O/X 혈액형 매칭

| 항원/항체 반응            | A | B | AB | O |
|---------------------|---|---|----|---|
| (A) $\beta$         | - | + | +  | - |
| (B) $\alpha$        | + | - | +  | - |
| (AB) $\emptyset$    | - | - | -  | - |
| (O) $\alpha, \beta$ | + | + | +  | - |

응집원과 응집소에 따른 응집 여부를 표로 나타낸 것이다.

O형은 어떤 응집소를 만나더라도 응집하지 않고, AB형은 어떤 항원과 만나도 응집하지 않는다.

여기서 우리가 주목할 부분은 A형과 B형이다. A형과 B형은 항원/항체 반응 그래프에서 크로스를 이룬다.

| 응집결과 | B ( $\alpha$ ) | A ( $\beta$ ) |
|------|----------------|---------------|
| B    | -              | +             |
| A    | +              | -             |

| 응집결과 | A ( $\beta$ ) | B ( $\alpha$ ) |
|------|---------------|----------------|
| B    | +             | -              |
| A    | -             | +              |

이와 같이 A형과 B형은 어떤 상황에서든 서로 만나면 크로스를 만든다는 것을 떠올리자.

다시 말해, 응집결과가 서로 크로스가 아니면 서로 A/B인 경우는 아니다.



이를 기출에서 확인해보자.

표는 부모와 두 자녀 (가)~(라)의 혈액을 혈장 ㉠~㉢과 섞었을 때의 ABO식 혈액형에 대한 응집 여부를 나타낸 것이다. (가)~(라)의 ABO식 혈액형은 모두 다르며, 아버지의 혈장과 어머니의 혈장은 각각 ㉠~㉢ 중 하나이다.

| 구분 | (가) | (나) | (다) | (라) |
|----|-----|-----|-----|-----|
| ㉠  | -   | -   | +   | +   |
| ㉡  | -   | +   | +   | ㉡   |
| ㉢  | ㉢   | +   | -   | +   |

(+: 응집함, -: 응집 안 함)

여기서 어떻게 크로스를 찾을 수 있을지 생각해보자.

(나), (다)와 ㉠, ㉢의 관계를 보면 서로 크로스하고 있다는 것을 알 수 있다. 이를 통해 이들이 A/B형임을 알 수 있으며, (가)와 (라)가 AB/O중 하나인데 혈장과 응집반응이 일어난 (라)가 AB형, 응집반응이 일어나지 않은 (가)가 O형임을 알 수 있다.

# I.

2016(10월)

표는 부모와 두 자녀 (가)~(라)의 혈액을 혈장 ㉠ ~ ㉣과 섞었을 때의 ABO식 혈액형에 대한 응집 여부를 나타낸 것이다. (가)~(라)의 ABO식 혈액형은 모두 다르며, 아버지의 혈장과 어머니의 혈장은 각각 ㉠ ~ ㉣ 중 하나이다.

| 구분 | (가) | (나) | (다) | (라) |
|----|-----|-----|-----|-----|
| ㉠  | -   | -   | +   | +   |
| ㉡  | -   | +   | +   | ㉢   |
| ㉣  | ㉤   | +   | -   | +   |

(+: 응집함, -: 응집안함)

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

### [ 보기 ]

- ㄱ. ㉢와 ㉤는 모두 '+'이다.
- ㄴ. 부모는 (나)와 (다)이다.
- ㄷ. (가)의 혈장과 (라)의 적혈구를 섞으면 응집 반응이 일어난다.

- ① ㄱ    ② ㄷ    ③ ㄱ, ㄴ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Comment.

크로스를 찾자.

# 2.

2016(9월) ★평가원★

그림은 철수의 혈액 응집 반응 결과를 나타낸 것이고, 표는 200명의 학생으로 구성된 집단을 대상으로 ABO식 혈액형에 대한 응집원 ㉠과 응집소 ㉡의 유무를 조사한 것이다. 이 집단에는 철수가 포함되지 않으며, A형, B형, AB형, O형이 모두 있다.



| 구분                     | 사람 수 |
|------------------------|------|
| 응집원 ㉠이 있는 사람           | 79   |
| 응집소 ㉡이 있는 사람           | 111  |
| 응집원 ㉠과 응집소 ㉡이 모두 있는 사람 | 57   |

이 집단에서 ABO식 혈액형이 철수와 같은 사람의 수는?

- ① 12    ② 22    ③ 54  
④ 57    ⑤ 67

Comment.

표를 그리자.

# 3.

2016(4월)

표는 사람 (가)~(다) 사이의 ABO식 혈액형에 대한 혈액 응집 반응 결과를 나타낸 것이다. (가)의 혈장에는 ABO식 혈액형에 대한 한 가지의 응집소만 있다.

| 구분      | (가)의 적혈구 | (나)의 적혈구 | (다)의 적혈구 |
|---------|----------|----------|----------|
| (가)의 혈장 | -        | +        | +        |
| (나)의 혈장 | -        | -        | ㉠        |
| (다)의 혈장 | ㉡        | +        | -        |

(+: 응집됨, -: 응집안됨)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, ABO식 혈액형만 고려한다.)

### [ 보기 ]

- ㄱ. (나)는 AB형이다.
- ㄴ. ㉠과 ㉡은 모두 +이다.
- ㄷ. (다)는 (가)에게 수혈할 수 있다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄱ, ㄷ

Comment.

(가)와 크로스가 나타나지 않는다는 것은..?

# 4.

2020(10월)

표 (가)는 사람 I~III의 혈액에서 응집원 B와 응집소  $\beta$ 의 유무를, (나)는 I~III의 혈액을 혈청 ㉠~㉣과 각각 섞었을 때의 ABO식 혈액형에 대한 응집 반응 결과를 나타낸 것이다. I~III의 ABO식 혈액형은 모두 다르며, ㉠~㉣은 I의 혈청, II의 혈청, 항B 혈청을 순서 없이 나타낸 것이다.

| 구분  | 응집원 B | 응집소 $\beta$ |
|-----|-------|-------------|
| I   | ○     | ?           |
| II  | ?     | ×           |
| III | ?     | ○           |

(○: 있음, ×: 없음)

| 구분      | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
|---------|---|---|---|
| I의 혈액   | - | ? | ? |
| II의 혈액  | ? | + | + |
| III의 혈액 | ? | + | - |

(+: 응집됨, -: 응집안됨)

(가)

(나)

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

### [ 보기 ]

- ㄱ. ㉢은 항B 혈청이다.
- ㄴ. I의 ABO식 혈액형은 B형이다.
- ㄷ. II의 혈액에는 응집소  $\alpha$ 가 있다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄱ, ㄴ    ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment.

기본 표 해석

5.

2018(6월) ★평가원★

표는 200명의 학생 집단을 대상으로 ABO식 혈액형에 대한 응집원 ㉠, ㉡과 응집소 ㉢, ㉣의 유무와 Rh식 혈액형에 대한 응집원의 유무를 조사한 것이다. 이 집단에는 A형, B형, AB형, O형이 모두 있고, A형인 학생 수가 O형인 학생 수보다 많다. Rh<sup>-</sup>형인 학생들 중 A형인 학생과 AB형인 학생은 각각 1명이다.

| 구분                     | 학생 수 |
|------------------------|------|
| 응집원 ㉠을 가진 학생           | 74   |
| 응집소 ㉢을 가진 학생           | 110  |
| 응집원 ㉡과 응집소 ㉣을 모두 가진 학생 | 70   |
| Rh 응집원을 가진 학생          | 198  |

이 집단에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[ 보기 ]

- ㄱ. O형인 학생 수가 B형인 학생 수보다 많다.
- ㄴ. Rh<sup>+</sup>형인 학생들 중 AB형인 학생 수는 20이다.
- ㄷ. 항 A혈청에 응집되는 혈액을 가진 학생 수가 항 A혈청에 응집되지 않는 혈액을 가진 학생 수보다 많다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄱ, ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**Comment.** 표를 그리자. Rh혈액형은 따로 생각하면 된다.

6.

2018(7월) ★평가원★

표는 ABO식 혈액형이 모두 다른 사람 ㉠~㉣의 혈구와 혈장을 각각 섞었을 때의 응집 여부를, 그림은 ㉠과 ㉡의 혈액형 판정 결과를 나타낸 것이다. I과 II는 각각 항 B 혈청과 항 Rh 혈청 중 하나이다.

| 혈장 \ 혈구 | ㉠ | ㉡ | ㉢ | ㉣ |
|---------|---|---|---|---|
| ㉠       |   | ? | ? | ○ |
| ㉡       | ○ |   | ? | ? |
| ㉢       | ? | × |   | ? |
| ㉣       | ? | ? | × |   |

항 A 혈청

I                  II

응집 안 됨    응집됨    응집 안 됨

응집 안 됨    응집 안 됨    응집됨

(○: 응집됨, ×: 응집안됨)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, ABO식 혈액형과 Rh식 혈액형만 고려하며, ㉠~㉣ 중 Rh-형인 사람의 혈장에는 Rh 응집소가 없다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. ㉠은 Rh 응집원을 갖는다.
- ㄴ. ㉢과 ㉣의 혈장에는 동일한 종류의 응집소가 있다.
- ㄷ. ㉣의 혈액을 I과 섞으면 응집 반응이 일어난다.

- ① ㄱ    ② ㄴ    ③ ㄷ    ④ ㄴ, ㄷ    ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**Comment.** AB형과 O형의 특징

AB형의 혈장은 어떤 혈구와도 응집하지 않고, O형의 혈구는 어떤 혈장과도 응집하지 않는다.

| 빠른 정답 |   |  |  |  |  |  |
|-------|---|--|--|--|--|--|
| 1     | ④ |  |  |  |  |  |
| 2     | ② |  |  |  |  |  |
| 3     | ① |  |  |  |  |  |
| 4     | ④ |  |  |  |  |  |
| 5     | ① |  |  |  |  |  |
| 6     | ④ |  |  |  |  |  |

Theme

3

---

자극의 전도

BASIC



## 자극의 전도 - BASIC

전통적인 준킬러 소재이다. 하지만 어렵게 출제된다면 킬러의 역할도 담당할 수 있다는 것을 이미 평가원은 (19.06.17)의 문항에서 보여준 바 있다. 해당 문항은 문항의 위치 (17번), 문항의 정답률 (26%) 모두 킬러의 역할을 담당했다. 그렇기때문에 우리는 최악의 상황을 가정하고 충분히 어려운 난이도의 문항을 맞출 실력을 길러놓아야 한다.

|         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |     |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----|
|         | 21.06 | 21.09 | 21.12 | 22.06 | 22.09 | 22.11 | 23.06 | 23.09 | 23.11 |        |     |
| 출제 여부   | X     | O     | O     | O     | O     | O     | O     | O     | O     | 출제율    | 89% |
| 정답률 (%) | X     | 67    | 66    | 65    | 37    | 57    | 72    | 60    | 45    | 평균 정답률 | 52% |

### 기본 출제 방향

**Main 1.** 자극 전도 속도가 서로 다른 뉴런들을 제시하고, 서로 다른 지점의 막전위를 제시해 각 지점과, 각 뉴런의 흥분 전도 속도를 추론하게 하는 문항

**Sub.** 전달, 전도의 매커니즘을 정확히 알고 있는지 물어보는 개념확인 문항

## BASIC

신경 전도 문항을 풀기 위해 기초적으로 알아야 하는 논리 구조이다.

**BASIC 1) 총 시간 = 전도 시간 + 막전위 그래프 변화 시간**

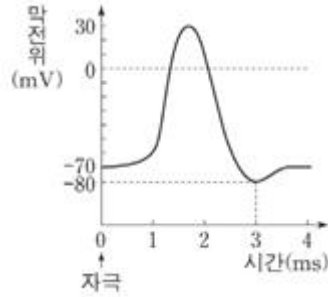
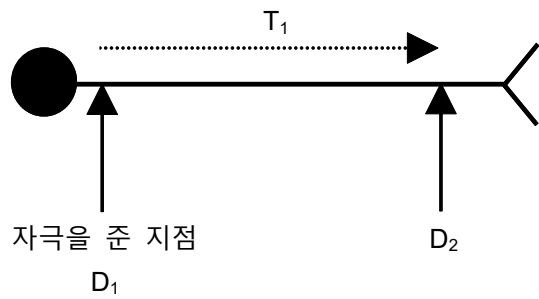
-> 총시간이 일정할 때 전도시간과 막전위 그래프 변화 시간은 반비례한다.

신경 전도 추론 문항의 구조가 어떤 지점의 막전위를 알려주고 다른 지점에 대한 막전위를 추론하거나 해당 막전위가 전도과정에서 어느 과정에 해당하는지 추론하도록 하는 구조이기 때문에, 우리는 주어진 막전위 값을 보고 논리를 전개해 나갈 수 있어야 한다.

이를 위해, 가장 기본적으로 사용되는 논리가 Basic 1이다.

어떤 지점의 어떤 시점에 막전위 값이 형성되는 원리는 자극이 주어진 곳에서 우리가 정보를 얻고 싶은 지점까지 자극이 전도되는 시간과 자극이 전도 된 이후 해당 지점에서 시간에 따라 막전위가 변화하게 되는 것에 따른 것이다.

다음의 그림을 확인해보자.



| 시점 A           |         |
|----------------|---------|
| 지점             | 막전위(mV) |
| D <sub>1</sub> | ?       |
| D <sub>2</sub> | -80     |

시점 A에서 지점 D<sub>2</sub>의 막전위 -80mV가 어떻게 형성되었는지 알아보자.

일단, 이 상황에서 D<sub>2</sub>에 활동전위가 형성되기 위해서는 D<sub>1</sub>에 자극을 준 후 D<sub>2</sub>까지 자극이 도달해야 한다. 이 시간을 우리는 '전도 시간' 이라고 할 수 있다. 이를 T<sub>1</sub>이라고 하자.

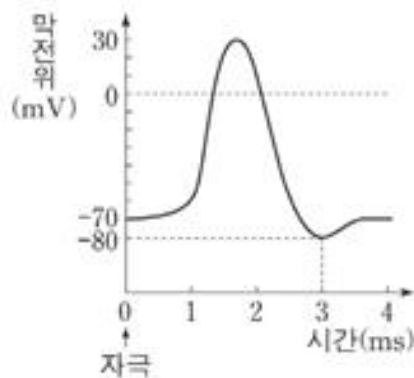
즉, D<sub>1</sub>에 자극을 주고 T<sub>1</sub>이라는 시간이 지나야 D<sub>2</sub>에 자극이 도달한다.

D<sub>2</sub>에서 활동전위가 발생하기 위해서는 추가적인 시간이 필요하다. 이 시간을 우리는 '막전위 그래프 변화 시간' 이라고 할 수 있다. 이를 T<sub>2</sub>라고 하자.

이 원리에 의해 총 시간(시점 A) = 전도 시간(T<sub>1</sub>) + 막전위 그래프 변화시간(T<sub>2</sub>) 가 성립한다.

더 나아가 분석해보면, D<sub>1</sub>의 막전위가 80mV이므로 막전위 그래프를 확인해 보면 T<sub>2</sub>가 3ms임을 알 수 있다. - - - - > ①

이 부분에서 추가적인 논리 구조가 나오게 되는데, 막전위 그래프를 자세히 확인해보자.

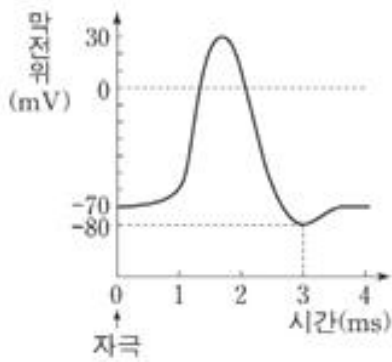


우리는 생명과학1의 준킬러/킬러 문제를 대할 때 케이스 분류를 중요시 해야 한다고 했다. 이 그래프에서 우리가 문제를 해결할 때 주요하게 사용될 수 있는 케이스 분류가 무엇일까?

바로 주어진 막전위 값이 어떤 전도 과정에 위치해 있을 수 있는지에 대한 케이스 분류이다.

예를 들어, -40mV의 막전위는 전도 과정에서 탈분극이 될 수도 있고, 재분극이 될 수도 있는 막전위이다.

더 나아가 모든 막전위 값을 케이스로 나누어 확인해보자.



| 막전위(mV)   | 전도 과정                   |
|-----------|-------------------------|
| -80 ~ -71 | 과분극 근처                  |
| -70       | 자극 받기 전, 과분극 직전, 과분극 이후 |
| -69 ~ +25 | 탈분극, 재분극                |
| +25 ~ +30 | 탈분극에서 재분극으로 넘어가는 시점     |

이렇게 각 케이스를 구분했다.

다른 추가적인 정보(②)가 없다면 -70에서 +25사이의 막전위 값을 가진 경우 우리는 이 막전위 값이 어떤 전도 과정 중인지 특정해 낼 수 없다. (②는 뒤에 설명)

그러나, -80에서 -71사이의 막전위 값을 가진 이 시점은 항상 과분극 근처임을 알 수 있다.

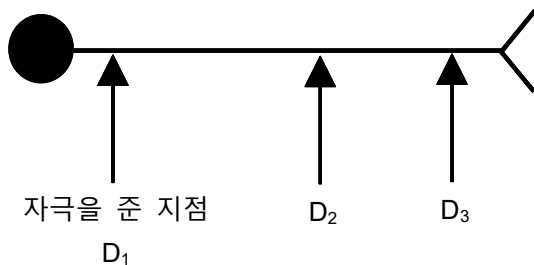
그렇기 때문에 전 페이지의 ①을 바로 특정해 낼 수 있던 것이다. 우리는 항상 이렇게 **자명한 정보**들에 관심을 가져주어야 한다.

또 자극을 준 지점은 전도 시간이 필요 없기 때문에, 총 시간 = 막전위 그래프 변화 시간임이 자명하다.

### BASIC 2) 막전위 그래프 변화시간이 길수록 막전위 그래프의 오른쪽에 위치한다.

Basic 1)에서 우리는 총 시간 = 전도 시간 + 막전위 그래프 변화 시간임을 확인했다. 이 기본식이 여러 문제에서 활용되어 나타나게 된다.

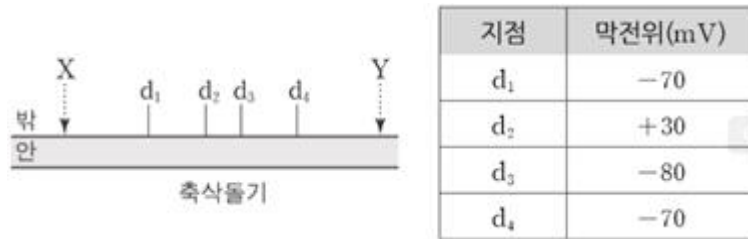
예를 들면, 자극을 준 지점과 각 지점이 떨어져 있는 거리가 달라 생기는 전도 시간의 차이 때문에 막전위 그래프 변화 시간도 달라진다. 그림으로 확인해보자.



이 그림에서, D<sub>1</sub>에 자극을 주었을 때 D<sub>3</sub>보다 D<sub>2</sub>에 자극이 빨리 도달한다. 그렇기 때문에 D<sub>2</sub>는 전도 시간이 짧고, 그만큼 막전위 그래프 변화 시간이 길다. 반대로 D<sub>3</sub>는 전도 시간이 길고 그만큼 막전위 그래프 변화 시간이 짧다. 이 논리에 의해 D<sub>2</sub>의 막전위는 D<sub>3</sub>의 막전위보다 막전위 그래프의 오른쪽에 위치해야만 한다.

다음 페이지에서 이 논리를 Basic 1)과 결합해 확인해보자.





자극이 X또는 Y에 주어지고, 표는 어떤 한 시점에 측정한 각 지점의 막전위 값을 나타낸 것이다.

자극이 X에 주어졌는 지, Y에 주어졌는 지 추론을 해야한다고 할 때, BASIC 1), BASIC 2)를 활용해 보자.

BASIC 1)에서 우리는 -70mV라는 막전위가 3가지 케이스로 분류된다는 사실을 알았다. 그렇기 때문에 케이스가 제한되는 +30mV와 -80mV라는 막전위에 포커스를 두고 논리를 전개해야 한다.

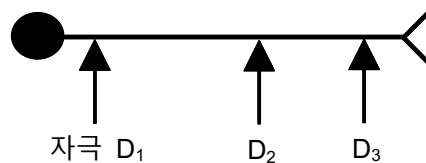
-80mV라는 막전위는 과분극이고, +30mV라는 막전위는 탈분극에서 재분극으로 넘어가는 시점이다. 그러므로 지점 d<sub>3</sub>가 지점 d<sub>2</sub>보다 막전위 그래프에서 더 오른쪽에 위치함을 알 수 있다.

총 시간이 동일한데 d<sub>3</sub>가 막전위 그래프 변화 시간이 길기 때문에 전도 시간은 짧았을 것이다.  
-> d<sub>3</sub>가 d<sub>2</sub>보다 자극을 준 지점에 가깝다. 그러므로 자극은 Y에 주어졌다.

BASIC 1), BASIC 2)가 여러 형식으로 결합하며 다양한 형태로 활용될 수 있다.

문제에서 제시하는 여러 가지 상황들에 맞춰 전도 시간 또는 막전위 변화 시간을 알아내는 것이 핵심이다.

1번 case) 같은 뉴런에서 서로 다른 지점의 비교

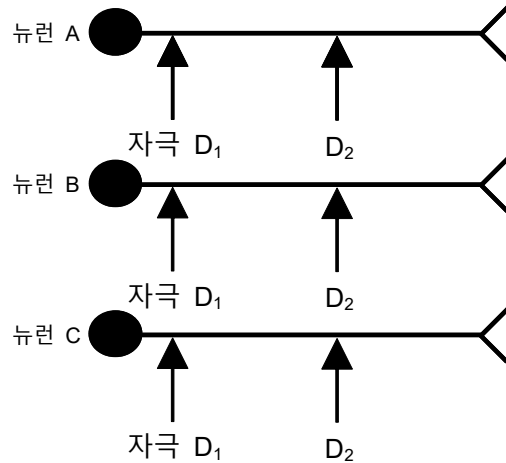


자극을 D<sub>1</sub>에 준 상황이다. 만약 총시간을 A라고 한다면 D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>에서의 막전위 변화 시간은 다음과 같이 이루어 진다.

|                |  |
|----------------|--|
| D <sub>1</sub> | $A = (\text{전도시간})t_1 + (\text{막변시})T_1$ |
| D <sub>2</sub> | $A = t_2 + T_2$                          |
| D <sub>3</sub> | $A = t_3 + T_3$                          |

전도시간은 거리와 비례하기 때문에  $t_1 < t_2 < t_3$  가 성립한다. 그러므로 막변시는  $T_1 > T_2 > T_3$ 가 성립한다. 그러므로 D<sub>1</sub>에서의 막전위가 막전위 변화 그래프의 가장 오른쪽에 있어야 한다  
또, 자극을 D<sub>1</sub>에 주었으므로  $t_1$ 이 0이고, T<sub>1</sub>이 A임을 알 수 있다.

2번 case) 서로 다른 뉴런에서 같은 지점의 비교

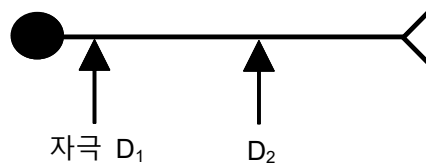


자극을 동시에 D<sub>1</sub>에 준 상황이다. 흥분 전도 속도가 A>B>C순으로 빠르다고 하자. 각 지점 D<sub>2</sub>는 모든 뉴런에서 D<sub>1</sub>과 떨어진 거리가 동일하다. 총 시간을 K라고 하자.

|      |  |
|------|--|
| 뉴런 A | $K = (\text{전도시간})t_A + (\text{막변시})T_1$ |
| 뉴런 B | $K = t_B + T_2$                          |
| 뉴런 C | $K = t_C + T_3$                          |

속도가 빠르면 도달 시간은 짧아지므로,  $t_A < t_B < t_C$  가 성립한다. 그러므로 막변시는  $T_1 > T_2 > T_3$  가 성립한다. 뉴런 A의 막전위가 가장 막전위 변화 그래프의 오른쪽에 위치해야 한다.

3번 case) 동일한 뉴런에서 동일한 지점에 대한 막전위를 서로 다른 시간끼리 비교



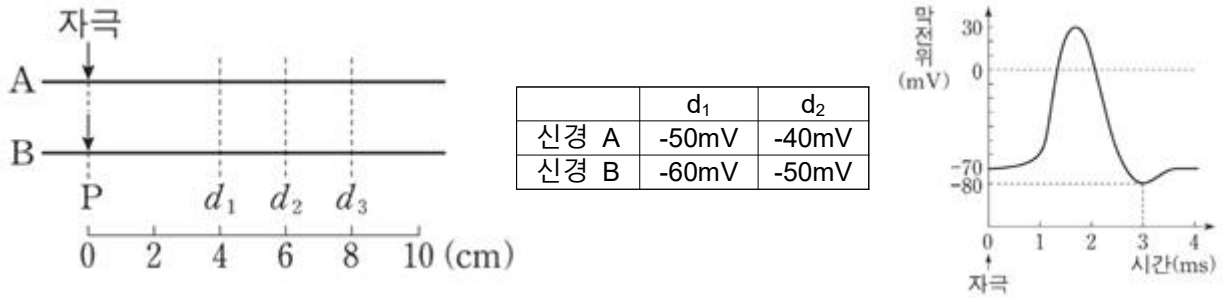
D<sub>1</sub>에 자극을 주고 A, B, C라는 시간이 흘렀을 때 막전위 변화 시간을 확인한다. ( $A < B < C$ )

|       |  |
|-------|--|
| 총시간 A | $A = (\text{전도시간})t + (\text{막변시})T_A$ |
| 총시간 B | $B = t + T_B$                          |
| 총시간 C | $C = t + T_C$                          |

동일한 뉴런이므로 전도시간  $t$ 는 전도를 했다는 가정 하에 총시간 A, B, C에서 전부 동일하다.  $A < B < C$ 이므로  $T_A < T_B < T_C$  가 성립한다. 그러므로 C시점의 막전위값이 막전위 변화 그래프의 가장 오른쪽에 있어야 한다.

신경전도 문항들은 대체로 1~3번 CASE들이 혼합되어 있다. 우리는 이 CASE들을 이용해서 막전위 값들을 해석해야 한다.

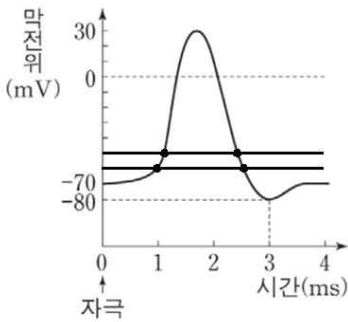
예를 들어, 전도 속도가 다른 두 신경을 제시하고 상황을 추론하게 하는 문항이 출제가 된다.



신경 B가 신경 A보다 전도 속도가 빠르다고 하자. 두 신경의 지점 P에 자극을 준 후 T라는 시간이 지났을 때 신경 A와 신경 B의 지점 d<sub>1</sub>이 어느 전도 과정에 해당하는지 추론해보자.

다른 정보가 없는 경우에 -50mV, -60mV라는 막전위는 탈분극일수도, 재분극일수도 있는 막전위이다. 하지만 우리는 위의 2번 CASE에서, B가 A보다 전도 속도가 빠르다면 B의 지점 d<sub>1</sub>이 A의 지점 d<sub>1</sub>보다 더 막전위 변화 그래프의 오른쪽에 있어야 하는 것을 알 수 있다.

이를 그래프에서 확인해 보자.



신경 B의 지점 d<sub>1</sub>이 신경 A의 지점 d<sub>1</sub>보다 막전위 그래프의 오른쪽에 위치해야 하므로, 신경 B의 지점 d<sub>1</sub>의 막전위 -60mV는 재분극 중임을 확인할 수 있다.

신경 A의 지점 d<sub>1</sub>이 탈분극 중이든 재분극 중이든 신경 B의 지점 d<sub>1</sub>보다 그래프의 왼쪽에 위치해야 하기 때문이다.

여기서 신경 A의 지점 d<sub>1</sub>은 과정을 확정지을 수 없다.

이를 우리는 세로비교를 한다고 한다. (세로방향의 막전위비교)

마찬가지로 A의 d<sub>1</sub>지점과 d<sub>2</sub>지점도 비교를 할 수 있다. d<sub>1</sub>지점이 d<sub>2</sub>지점보다 더 막전위 변화 그래프의 오른쪽에 있어야 한다. 위와 같이 생각하면, 신경 A의 지점 d<sub>1</sub>이 재분극중이어야 함을 알 수 있다.

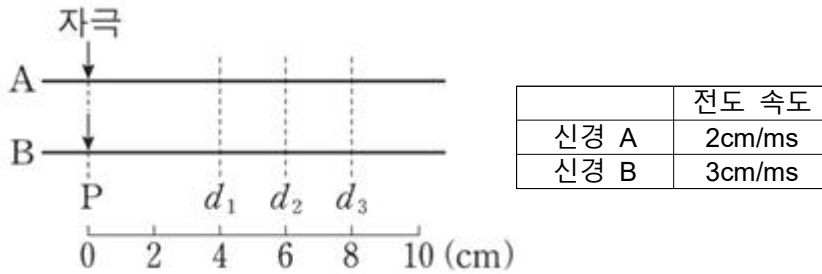
이를 우리는 가로비교를 한다고 한다. (가로방향의 막전위비교)

**핵심은, 세로비교와 가로비교는 더 작은 값의 막전위만 결정된다는 것이다.**

더 작은 값의 막전위가 탈분극인지 재분극인지에 따라 막전위그래프의 오른쪽, 왼쪽이 결정되기 때문이다.

### BASIC 3) 길이의 비와 속도의 비

많은 평가원 문항에서 활용되는 논리이다.



신경의 전도 속도의 비와, 각 지점이 자극을 준 지점으로 부터 떨어져 있는 거리의 비가 같다면 전도 시간이 동일할 것이다.

위의 상황에서 A에 자극을 주고 2ms가 지나면  $d_1$ 에 도달하지만, B에 자극을 주고 2ms가 지나면  $d_2$ 에 도달하게 된다. 그렇기 때문에 각 뉴런에 자극을 주고 지난 총 시간이 같다면 신경 A의 지점  $d_1$ 과 신경 B의 지점  $d_2$ 의 막전위는 항상 동일하다.

BASIC 1, 2, 3를 이용해서 논리 구조를 어떤 행동 영역으로 밝아 나가야 하는 지 확인해보자.

행동 영역 0.

-> 문제가 무엇을 제시하는지 확인하자.

- 1) 표에 주어진 것이 지점인지, 자극을 주고 경과된 시간인지?
- 2) 각 뉴런의 속도를 주었는지?
- 3) 자극을 준 지점이 어디인지?
- 4) 총 시간이 제시되어 있는지?

행동 영역 1.

-> 자명한 정보를 찾자.

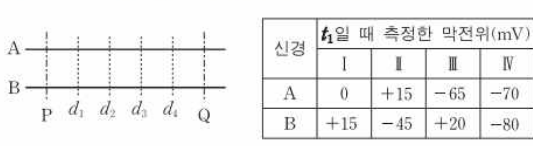
- 1) -80mV근처의 막전위 (과분극)
- 2) 자극을 준 지점 -> 총 시간 = 막전위 그래프 변화 시간

행동 영역 2.

-> BASIC 2를 이용해 가로, 세로를 비교하자.

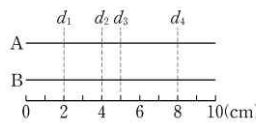
- 1) 세로를 비교하자. -> 서로 다른 뉴런의 같은 지점, 시간끼리의 비교  
-> 더 낮은 막전위 값이 결정된다.
- 2) 가로를 비교하자. -> 같은 뉴런의 서로 다른 지점, 시간끼리의 비교
- 3) 속도가 주어졌다면 이를 이용해 막전위 그래프와 비교하여 막전위 값을 특정할 수 있는 지 확인한다.

○ 그림은 A와 B의 축삭 돌기 일부를, 표는 A와 B의 동일한 지점에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 일정 시간이 지난 후  $t_1$ 일 때 네 지점  $d_1 \sim d_4$ 에서 측정한 막전위를 나타낸 것이다. 자극을 준 지점은 P와 Q 중 하나이다. I ~ III은 각각  $d_1 \sim d_3$  중 하나이고, IV는  $d_4$ 이다. 흥분의 전도 속도는 B에서가 A에서보다 빠르다.



| 신경 | $t_1$ 일 때 측정한 막전위(mV) |     |     |     |
|----|-----------------------|-----|-----|-----|
|    | I                     | II  | III | IV  |
| A  | 0                     | +15 | -65 | -70 |
| B  | +15                   | -45 | +20 | -80 |

○ 그림은 A와 B의 지점  $d_1 \sim d_4$ 의 위치를, 표는 ① A와 B의 지점 X에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과한 시간이 2ms, 3ms, 5ms, 7ms일 때  $d_2$ 에서 측정한 막전위를 나타낸 것이다. X는  $d_1$ 과  $d_4$  중 하나이고, I ~ IV는 2ms, 3ms, 5ms, 7ms를 순서 없이 나타낸 것이다.



| 신경 | $d_2$ 에서 측정한 막전위(mV) |     |     |     |
|----|----------------------|-----|-----|-----|
|    | I                    | II  | III | IV  |
| A  | ?                    | -60 | ?   | -80 |
| B  | -60                  | -80 | ?   | -70 |

I~IV가 지점으로 제시되었다.

I~IV가 시간으로 제시되었다.

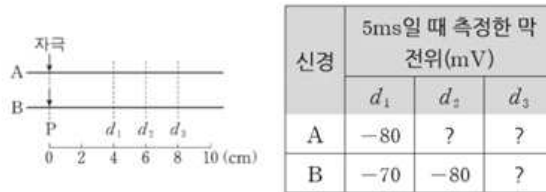
어떻게 제시되었든 상관 없이 비교해서 무엇이 더 막전위 그래프의 오른쪽에 있는지 확인하면 된다.

행동 영역 3.

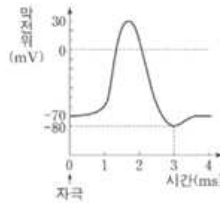
-> 행동 영역 2에서 생긴 자명한 정보들을 조합해 문제의 세부 정보를 찾아낸다.

- 1) 속도의 비와 길이의 비가 같은 지점이 있는지 확인하고, 막전위도 확인한다.
- 2) 탈분극의 경우 막전위가 큰 지점이, 재분극의 경우 막전위가 낮은 지점이 자극을 먼저 받았다.

위의 행동 영역을 지켜가며 문제를 풀어보자.



○ A와 B 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 그림과 같은 막 전위 변화가 나타난다.



신경 A와 신경 B의 지점 P에 동시에 자극을 1회 주었다고 하자. 이 때 신경 A와 신경 B의 전도 속도를 구해보자.

총 시간 (5ms) = 전도 시간 + 막전위 변화 시간

신경 A의 지점  $d_1$ 의 막전위 -80mV는 막전위 변화 시간이 3ms이다.

그러므로 총 시간(5ms) = 전도 시간 + 막전위 변화 시간(3ms)이고 전도 시간은 2ms이다.

신경 A의 지점  $d_1$ 이 자극을 준 지점으로부터의 거리가 4cm이므로 신경 A의 전도 속도는 2cm/ms이다.

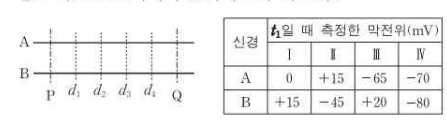
같은 논리로 계산하면, 신경 B의 지점  $d_2$  또한 전도 시간은 2ms이고, 거리는 6cm이므로 신경 B의 전도 속도는 3cm/ms이다.

속도의 비가 2:3이고, 각 지점이 자극을 준 지점으로 부터 떨어져 있는 거리의 비가 2:3으로 같아 둘의 막전위가 같음을 확인할 수 있다.

다른 문항을 보자.

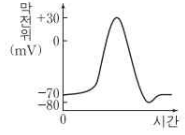
11. 다음은 민말이집 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

○ 그림은 A와 B의 축삭 돌기 일부를, 표는 A와 B의 동일한 지점에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 일정 시간이 지난 후  $t_1$ 일 때 네 지점  $d_1 \sim d_4$ 에서 측정한 막전위를 나타낸 것이다. 자극을 준 지점은 P와 Q 중 하나이다. I ~ III은 각각  $d_1 \sim d_3$  중 하나이고, IV는  $d_4$ 이다. 흥분의 전도 속도는 B에서가 A에서보다 빠르다.



| 신경 | $t_1$ 일 때 측정한 막전위(mV) |     |     |     |
|----|-----------------------|-----|-----|-----|
|    | I                     | II  | III | IV  |
| A  | 0                     | +15 | -65 | -70 |
| B  | +15                   | -45 | +20 | -80 |

○ A와 B의  $d_1 \sim d_4$ 에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



P또는 Q에 자극이 주어졌고, IV가  $d_4$ 이며, B에서가 A에서보다 전도 속도가 빠르다. 자극을 준 지점과 I, II, III이 각각 어느 지점과 대응되는지 추론해보자.

논리 전개 과정 (가려놓고 혼자 생각해보자.)

우선, 자명한 정보인 -80mV에 주목한다. 이 막전위는 과분극에 위치한다. 이 정보를 제외한 나머지 막전위는 전부 케이스 분류가 되기 때문에 차순위로 확인했어야 한다.

-80mV라는 막전위를 활용하는 방법이 어떻게 있을까 생각해보면, A-IV의 막전위인 -70mV와 비교하려 하니, -70mV라는 막전위는 -80mV와 비교해 막전위 그래프의 오른쪽에 있을 수도, 왼쪽에 있을 수도 있어 활용하기 어려워보인다.

그러므로 B의 다른 지점의 막전위들과 비교하려 보니, 다른 어떤 지점의 막전위보다 언제나 막전위 그래프의 오른쪽에 위치한다.

즉, 지점 IV가 자극을 준 지점과 가장 가깝게 위치한다. 지점 IV가  $d_4$ 이므로 자극은 Q에 주어졌고, 지점 IV는 각각 다른 지점들보다 막전위 그래프의 오른쪽에 위치한다.

전도 속도가 빠른 B의 막전위는 동일한 거리가 떨어진 지점에서는 A와 비교해 언제나 그래프의 오른쪽에 위치해야 한다.

이를 통해 A의 지점 I이 탈분극중임을, B의 지점 II가 재분극중임을, A의 지점 III이 탈분극중임을 알 수 있다.

또, A의 지점 III이 A의 지점 I과 지점 II에 비교해 항상 막전위 그래프의 왼쪽에 위치하므로 자극을 준 지점에서 가장 멀어야 함을 알 수 있다. 그러므로 지점 III이  $d_1$ 이다.

또 A의 지점 I이 탈분극 중이고, A의 지점 II의 막전위 +15mV에 비해 그래프의 왼쪽에 위치하므로 지점 II보다 자극을 준 지점에서 멀어야 함을 알 수 있다. 그러므로 지점 I이  $d_2$ 이고, 지점 II가  $d_3$ 이다.

풀이 과정이 굉장히 길어보이지만 자명한 정보부터 시작해서 차근차근 논리 과정을 밟아나가면 어렵지 않게 풀리는 문항이다.

배운 것을 컴팩트하게 정리해보자.

1. 총 시간 = 전도 시간 + 막전위 그래프 변화 시간
2. 자극을 먼저 전도 받은 지점이 막전위 그래프에서 오른쪽에 위치한다.
3. 전도 속도의 비와 떨어진 거리가 같다면 두 지점의 막전위는 같다.

2, 3 모두 1로부터 파생되어 나왔다. 준킬러, 킬러 유형에 속하더라도 결국 문제는 본질에서 해결된다.

여기까지가 Basic 과정이다.

더 어려운 논리 과정과 시냅스-전달추론은 Expert에서 다루도록 하겠다.





Theme

3

---

자극의 전도

EXPERT



# 자극의 전도 - EXPERT

Basic에서는 자극의 전도 문항을 풀기 위해 알아야하는 기본적인 개념과 스킬에 대해 공부했다. 여기서는 거리-속도-그래프의 유기적인 관계와 자극의 전달에 대해 공부해 볼 것이다.

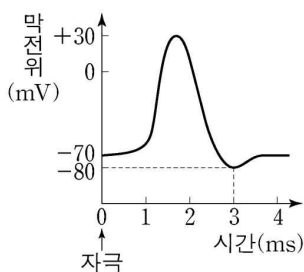
## 1. 거리-속도-그래프(막전위)의 유기적인 관계

1) 총 시간, 거리, 속도, 그래프를 알고 있을 경우 우리는 막전위값을 대략 파악할 수 있다.

거리, 속도를 알고 있다는 것은 해당 지점까지의 전도 시간을 알고 있다는 것과 같고, 총 시간과 전도 시간을 알고 있다는 것은 막전위 변화 시간을 알고 있다는 것과 같다.

막전위 변화 시간을 그대로 막전위 그래프에 대입해보면 된다.

예를 들어, 다음과 같은 그래프가 문제에 주어졌다고 생각해보자.

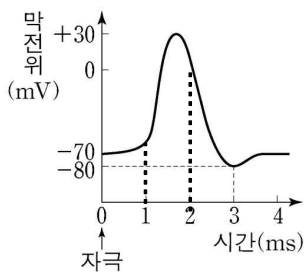


명확한 막전위 값을 파악할 수 있는 시간은 3ms, 0ms정도 뿐이다. 3ms일 때는 -80mV로 확정, 0ms일 때는 -70mV이다.

이를 파악할 수 있는 것은 그래프에서 명확히 점선으로 표현해주었기 때문이다.

우리는 이 그래프에서 위의 정보뿐만 아니라 추가적인 정보를 얻어갈 수 있다.

예를 들어, 그래프에서 1ms와 2ms일 때를 확인해보자.



선을 그려 확인해보면, 1ms일 때의 막전위는 대략 -50~-70mV, 2ms일 때의 막전위는 대략 0~+20mV임을 알 수 있다.

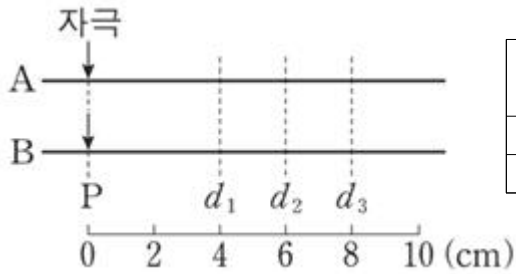
명확한 막전위 값을 얻을 수는 없지만 1ms일 경우 0~+30mV의 막전위를 가질 수 없음과 2ms일 경우 -70~-30mV의 막전위를 가질 수 없음이 자명하다.

해당 논리는 어떤 지점을 결정할 때 소거하게 되는 논리로 사용될 수 있다.

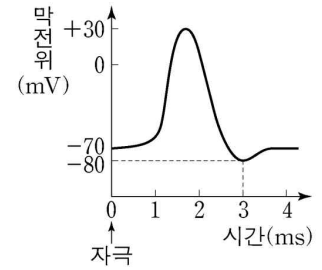
예시 문항으로 확인해보자.

A의 신경 전도 속도는 2cm/ms, B의 신경 전도 속도는 3cm/ms이다.

표는 신경 A, B의 동일한 지점 P에 자극을 준 후 지난 시간이 4ms일 때 지점 I~III의 막전위를 나타낸 것이다. 지점 I~III은  $d_1 \sim d_3$ 중 하나이다.



| 신경 | 4ms일 때 막전위(mV) |    |     |
|----|----------------|----|-----|
|    | I              | II | III |
| A  | ?              | ㉠  | +20 |
| B  | -55            | ?  | ?   |



이 때 ㉠의 값은 -55보다 큰지 작은지 비교해보자.

A는  $d_1$ 에서 막전위 변화 시간 2ms,  $d_2$ 에서 막전위 변화 시간 1ms,  $d_3$ 에서 막전위 변화 시간 0ms를 가진다. 2ms일 때 가능한 막전위는 선을 그어보면 0mV~+30mV임을 알 수 있고, 1ms일 때 가능한 막전위는 -70mV~-50mV임을 알 수 있고, 0ms일 때 -70mV임을 알 수 있다. 그렇기 때문에 III은  $d_1$ 으로 확정된다.

마찬가지로 B는  $d_2$ 에서 2ms,  $d_3$ 에서  $1 + 1/3$ ms가 가능하다. 2ms일 경우 A의  $d_1$ 이 +20mV이므로 B의  $d_2$ 의 막전위도 +20mV가 되어야 한다. (BASIC에서 배운 길이의 비와 속도의비가 2:3으로 같음) 그러므로 I이  $d_3$ , II가  $d_2$ 임을 알 수 있다.

여기서 ㉠은 1ms일 때의 막전위이고,  $1 + 1/3$ ms일 때의 막전위가 -55mV이므로 ㉠은 -55mV보다 작아야 한다.

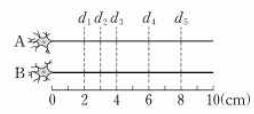
한마디로 정리해서, '막전위 값을 이용해 대응될 수 있는 막전위 변화 시간이 몇 초 일까?'를 생각하자.

기출문제에서 확인해보자.

17. 다음은 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

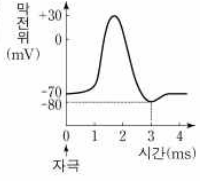
○ 그림은 민말이집 신경 A와 B의 지점  $d_1 \sim d_5$ 의 위치를, 표는 A와 B의 동일한 지점에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 3ms일 때 각 지점에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다. I~V는  $d_1 \sim d_5$ 를 순서 없이 나타낸 것이다.

○ 자극을 준 지점은  $d_1 \sim d_5$  중 하나이고, A와 B의 흥분 전도 속도는 각각 2cm/ms, 3cm/ms이다.



| 신경 | 3ms일 때 측정된 막전위(mV) |     |     |     |     |
|----|--------------------|-----|-----|-----|-----|
|    | I                  | II  | III | IV  | V   |
| A  | +10                | ?   | -80 | ?   | +10 |
| B  | -40                | +30 | ?   | +10 | ?   |

○ A와 B 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



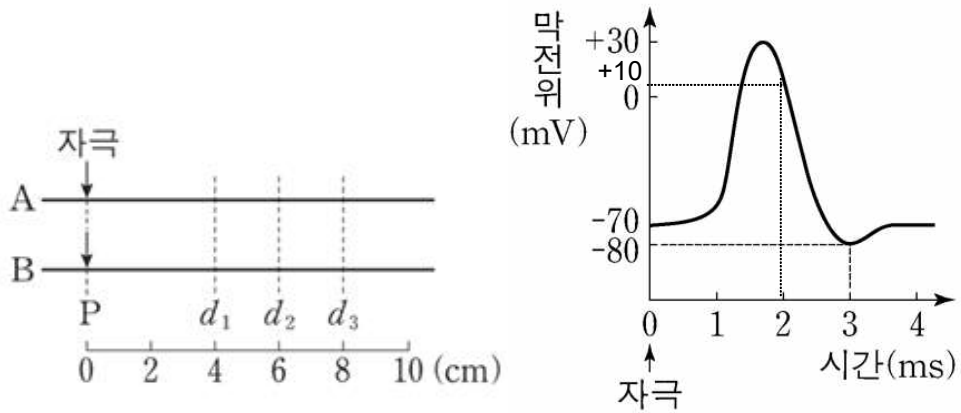
우선, 이 문항이 난이도가 있는 이유부터 서술해보겠다.

A의 지점I, A의 지점V, B의 지점IV가 막전위 변화 그래프의 같은 지점인지, 다른 지점인지 알 수 없기 때문에 이 문제의 난이도가 상당히 높아졌다. 서로 같은 지점이라는 것을 알아내야 풀어낼 수 있는 문항인데, 그 과정이 만만하지 않다.

논리 과정 전개

- $d_1 \sim d_5$ 중 어디에 자극이 주어졌는지 제시되지 않았다. 만약  $d_2 \sim d_4$ 에 자극이 주어졌다면 막전위 변화 그래프에서 동일한 지점이 존재해야만 한다.  $d_1$ 과  $d_5$ 에 자극이 주어졌다면 막전위 변화 그래프에서 동일한 지점은 존재하지 않고 막전위가 동일할 수는 있다.
- 만약  $d_1$ 이나  $d_5$ 에 자극이 주어졌다면 6cm가 떨어진 지점이 존재할 것이다. ex) (자극이 주어진 곳이  $d_1$ 이라면  $d_5$ 가 6cm떨어진 지점)
- 6cm 떨어진 지점까지 신경 A에서는 3ms, 신경 B에서는 2ms라는 전도 시간이 필요하고 결국 남은 막전위 변화 시간은 각각 0ms, 1ms이다. 0ms일 때 -70mV, 1ms일 때 -65mV~-55mV라는 막전위를 가져야 한다.
- 두 개를 동시에 만족하는 막전위가 표에 없음을 확인할 수 있다.
- 고로 자극은  $d_2 \sim d_4$ 중 하나에 주어졌다.
- 같은 논리로  $d_2$ 에 자극이 주어졌다면 A에서는 2.5ms, B에서는  $2+(2/3)$ ms라는 시간을 막전위 변화 시간으로 사용할 수 있다. 하지만 이러한 막전위가 표에 없기 때문에 자극은  $d_3$ 나  $d_4$ 에 주어졌다.
- $d_3$ 와  $d_4$ 모두 자극을 준 지점과 2cm 떨어져 있는 지점이 두군데 있고, 이 지점들에서 A의 막전위가 +10mV임을 알 수 있다. B에서 +10mV라는 막전위가 나오기 위해서는 속도의 비와 거리의 비가 같은 지점이 존재해야 한다. 그러기 위해서는  $d_4$ 에 자극이 주어져야만 가능하다.

거리-속도-그래프의 유기적인 관계 (2)



신경 A의 전도 속도는 2cm/ms, 신경 B의 전도 속도는 3cm/ms라고 하자.

A의  $d_2$ 에서 측정한 막전위 값이 2ms의 +10mV일 때, A의  $d_1$ 의 막전위 값은 3ms의 -80mV로 고정되고,  $d_3$ 의 막전위 값은 1ms일 때로 고정된다.

이는 거리-속도-그래프의 유기적 관계에 의해 당연한 것이다.

총 시간이 일정할 경우, 어떤 지점의 막전위 변화 시간을 알면 떨어진 거리와 속도를 이용해 다른 지점의 막전위 변화 시간도 바로 계산해 낼 수 있다는 것이다.

예를 들어, A의  $d_2$ 의 막전위 변화 시간을 안다면  $d_1$ 의 막전위 변화 시간은  $d_2$ 의 막전위 변화 시간 + 1ms 이다.

1ms라는 값은  $d_2$ 와  $d_1$ 이 떨어진 거리를 신경 A가 전도하는 시간이다.

$d_1$ 은 자극을 받은 지점과 가깝기 때문에 더해준 것이고,  $d_3$ 의 경우  $d_2$ 보다 거리가 멀기 때문에 빼주는 것이다.

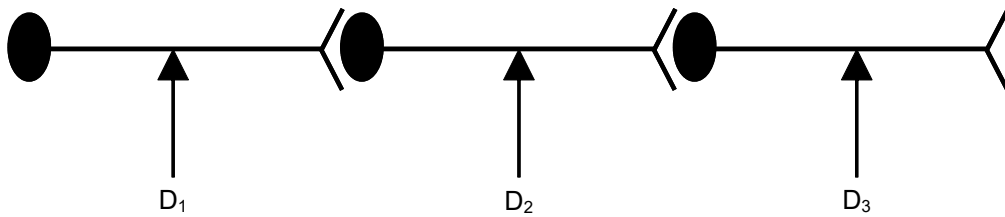
총 시간과 거리, 속도를 이용해 하나하나 다 구해주는 것보다 이렇게 떨어진 거리와 속도를 이용해 막전위 변화 그래프에서 바로 계산해주는 것이 시간을 아낄 수 있을 것이다.

## 2. 전달의 메커니즘

### 1. 전달에는 방향이 있다.

당연한 개념이다. 전달은 축삭돌기 말단에서 가지돌기로 일어나는 방향성을 가진다. 해당 사항이 문제에서 중요한 개념으로 출제된다.

전달이 잘못된 방향으로 갈 경우, 흥분이 전달되지 못하여 해당 지점은 전부 막전위가  $-70\text{mV}$ 여야만 한다.



위의 상황에서,  $D_1$ 에 자극이 주어졌다면  $D_2$ 와  $D_3$  모두에 자극이 전달 되지만,  $D_3$ 에 자극이 주어졌다면  $D_1$ ,  $D_2$ 에 자극이 전달되지 못해 모든 시점에서 막전위가  $-70\text{mV}$ 로 유지된다.

### 2. 전달하는 시간만을 계산할 순 없다.

전달 시간 자체를 계산하는 것이 아니라, 주어진 지점 사이를 지나가는 시간 자체를 계산한다.

예를 들어 위의 그림에서, 우리가 계산할 대상은 전달하는 시간이 아니라,  $D_1$ 에서  $D_2$ 까지 가는 시간이라고 생각하면 된다.

$D_1$ 에 자극이 주어졌고, 자극을 주고 지난 시간이  $6\text{ms}$ 일 때  $D_2$ 의 막전위 변화시간이  $3\text{ms}$ 인 경우에  $D_1$ 에서  $D_2$ 로 자극이 전도, 전달된 시간이  $3\text{ms}$ 인 것이다.

전도, 전달 시간을 통째로 같이 더해서 구한다.

### 3. 일반적으로 전달 시간은 전도 시간보다 느리다.

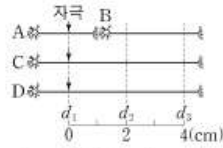
그렇기 때문에 시냅스가 있는 뉴런과 시냅스가 없는 뉴런이 자극을 준 지점과 떨어진 거리가 동일한 지점을 비교 할 경우, 시냅스가 있는 뉴런이 신호를 더 늦게 받는다 -> 막전위 변화 그래프의 오른쪽에 위치한다.

문제로 확인해보자.



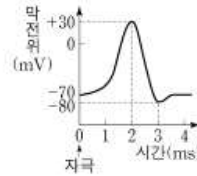
10. 다음은 민말이집 신경 A~D의 흥분 전도와 전달에 대한 자료이다.

- 그림은 A, C, D의 지점  $d_1$ 으로부터 두 지점  $d_2, d_3$ 까지의 거리를, 표는 ㉠ A, C, D의  $d_1$ 에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 5ms일 때  $d_2$ 와  $d_3$ 에서의 막전위를 나타낸 것이다.



| 신경 | 5ms일 때 막전위(mV) |       |
|----|----------------|-------|
|    | $d_2$          | $d_3$ |
| B  | -80            | ㉡     |
| C  | ?              | -80   |
| D  | +30            | ?     |

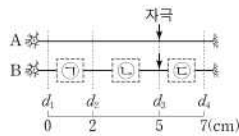
- B와 C의 흥분 전도 속도는 같다.
- A~D 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위의 변화는 그림과 같다.



어렵지 않다, B의  $d_2$ 의 막전위 변화 시간이 3ms임을 확인할 수 있다.  
 이는 A의  $d_1$ 에서 B의  $d_2$ 까지 전달+전도 시간이 2ms라는 것임을 의미한다.

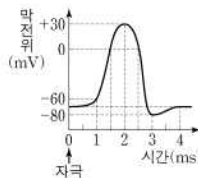
16. 다음은 민말이집 신경 A와 B의 흥분 전도와 전달에 대한 자료이다.

- 그림은 A와 B의 지점  $d_1 \sim d_4$ 의 위치를 나타낸 것이다. B는 2개의 뉴런으로 구성되어 있고, ㉠~㉣ 중 한 곳에만 시냅스가 있다.
- 표는 A와 B의  $d_3$ 에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이  $t_1$ 일 때  $d_1 \sim d_4$ 에서의 막전위를 나타낸 것이다. I~IV는  $d_1 \sim d_4$ 를 순서 없이 나타낸 것이다.



| 신경 | $t_1$ 일 때 막전위(mV) |     |     |    |
|----|-------------------|-----|-----|----|
|    | I                 | II  | III | IV |
| A  | -80               | 0   | ?   | 0  |
| B  | 0                 | -60 | ?   | ?  |

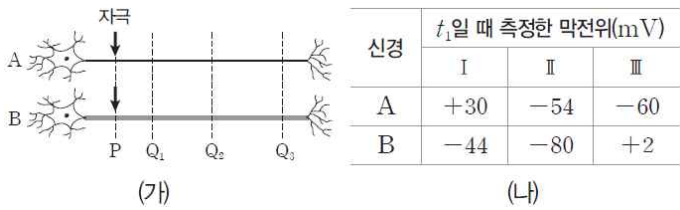
- B를 구성하는 두 뉴런의 흥분 전도 속도는 1cm/ms로 같다.
- A와 B 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



I.

2016(수능) ★평가원★

그림 (가)는 민말이집 신경 A와 B를, (나)는 A와 B의 P 지점에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 일정 시간이 지난 후  $t_1$ 일 때 세 지점  $Q_1 \sim Q_3$ 에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다. I~III은 각각  $Q_1 \sim Q_3$ 에서 측정된 막전위 중 하나이다. 흥분의 전도 속도는 A보다 B에서 빠르다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70 mV이다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. III은  $Q_3$ 에서 측정된 막전위이다.
- ㄴ.  $t_1$ 일 때 A의  $Q_3$ 에서 재분극이 일어나고 있다.
- ㄷ.  $t_1$ 일 때 B의  $Q_2$ 에서  $Na^+$ 이 세포 밖으로 확산된다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment. 전도속도가 빠르면? 막변시가 길다.

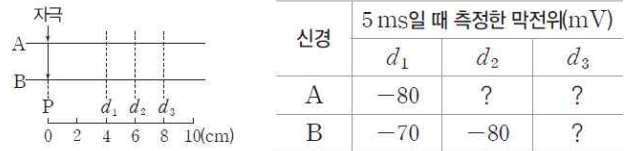
B의 -44, -80, A의 -60의 상태가 정해진다.

2.

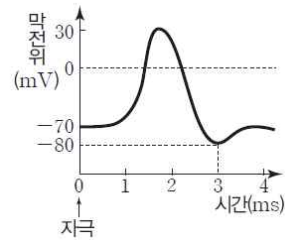
2017(9월) ★평가원★

다음은 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

- 그림은 민말이집 신경 A와 B의 P 지점으로부터  $d_1 \sim d_3$ 까지의 거리를, 표는 A와 B의 P 지점에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 5 ms일 때  $d_1 \sim d_3$ 에서 각각 측정된 막전위를 나타낸 것이다.
- A와 B는 흥분의 전도 속도가 다르며, A와 B 중 한 신경에서의 흥분의 전도는 1 ms 당 2 cm씩 이동한다.



- A와 B 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 그림과 같은 막전위가 나타났다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. 흥분의 전도 속도는 A보다 B에서 빠르다.
- ㄴ. 5 ms일 때, A의  $d_2$ 에서 탈분극이 일어나고 있다.
- ㄷ. 5 ms일 때,  $d_3$ 에서  $\frac{A \text{의 막전위}}{B \text{의 막전위}}$ 의 값은 1보다 크다.

- ① ㄱ
- ② ㄴ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment. 총시간과 막변시를 알면? 전도시간을 안다

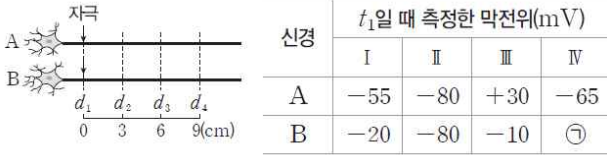
A의 지점  $d_1$ 의 전도시간은 2ms, B의 지점  $d_2$ 의 전도시간도 2ms이다.

### 3.

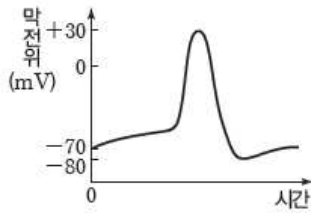
2017(수능) ★평가원★

다음은 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

- 그림은 민말이집 신경 A와 B의  $d_1$  지점으로부터  $d_2 \sim d_4$ 까지의 거리를, 표는 A와 B의  $d_1$  지점에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 일정 시간이 지난 후  $t_1$ 일 때 네 지점  $d_1 \sim d_4$ 에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다. I~III은 각각  $d_1 \sim d_3$ 에서 측정된 막전위 중 하나이고, IV는  $d_4$ 에서 측정된 막전위이다.



- A와 B에서 흥분의 전도 속도는 각각 2 cm/ms, 3 cm/ms이다.
- A와 B의  $d_1 \sim d_4$ 에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

#### [ 보기 ]

- ㄱ. III은  $d_2$ 에서 측정된 막전위이다.
- ㄴ.  $t_1$ 일 때, A의  $d_3$ 에서의 막전위와 ㉠은 같다.
- ㄷ.  $t_2$ 일 때, B의  $d_3$ 에서  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 유입된다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**Comment.** 자극을 준 지점의 특징, 속도의 비와 거리의 비

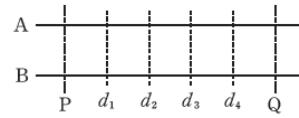
자극을 준 지점은, 전도 시간이 0이므로 막변시=총시간이다.  
속도의 비와 거리의 비가 같은 지점을 찾아보자. 막전위가 같아야겠지?

### 4.

2018(수능) ★평가원★

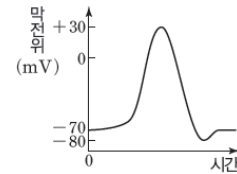
다음은 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

- 그림은 A와 B의 축삭 돌기 일부를, 표는 A와 B의 동일한 지점에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 일정 시간이 지난 후  $t_1$ 일 때 네 지점  $d_1 \sim d_4$ 에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다. 자극을 준 지점은 P와 Q 중 하나이다. I~III은 각각  $d_1 \sim d_3$  중 하나이고, IV는  $d_4$ 이다. 흥분의 전도 속도는 B에서가 A에서보다 빠르다.



| 신경 | $t_1$ 일 때 측정된 막전위(mV) |     |     |     |
|----|-----------------------|-----|-----|-----|
|    | I                     | II  | III | IV  |
| A  | 0                     | +15 | -65 | -70 |
| B  | +15                   | -45 | +20 | -80 |

- A와 B의  $d_1 \sim d_4$ 에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

#### [ 보기 ]

- ㄱ. II는  $d_1$ 이다.
- ㄴ. 자극을 준 지점은 Q이다.
- ㄷ.  $t_1$ 일 때, B의  $d_2$ 에서 탈분극이 일어나고 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

**Comment.** 가로비교와 세로비교의 정수

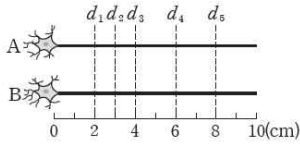
-80mV의 특수성을 이용해 논리를 전개해보자.

5.

2019(6월) ★평가원★

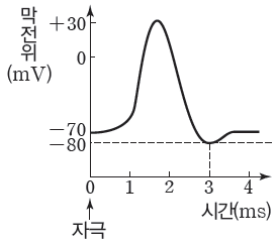
다음은 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

- 그림은 민말이집 신경 A와 B의 지점  $d_1 \sim d_5$ 의 위치를, 표는 A와 B의 동일한 지점에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 3 ms일 때 각 지점에서 측정한 막전위를 나타낸 것이다. I~V는  $d_1 \sim d_5$ 를 순서 없이 나타낸 것이다.
- 자극을 준 지점은  $d_1 \sim d_5$  중 하나이고, A와 B의 흥분 전도 속도는 각각 2 cm/ms, 3 cm/ms이다.



| 신경 | 3 ms일 때 측정한 막전위(mV) |     |     |     |     |
|----|---------------------|-----|-----|-----|-----|
|    | I                   | II  | III | IV  | V   |
| A  | +10                 | ?   | -80 | ?   | +10 |
| B  | -40                 | +30 | ㉠   | +10 | ?   |

- A와 B 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70 mV이다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. ㉠은 -80이다.
- ㄴ. 자극을 준 지점은  $d_3$ 이다.
- ㄷ. 3 ms일 때, B의  $d_2$ 에서 탈분극이 일어나고 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment.

막전위가 같은 경우 케이스 정리

막변시가 같으면 막전위가 같아야하지만, 막전위가 같다고해서 막변시가 같은 건 아니다.

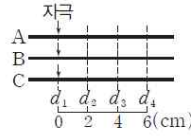
6.

2019(수능) ★평가원★

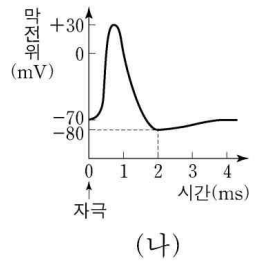
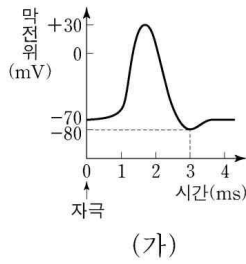
다음은 민말이집 신경 A~C의 흥분 전도에 대한 자료이다.

- 그림은 A~C의 지점  $d_1$ 으로부터 세 지점  $d_2 \sim d_4$  까지의 거리를, 표는 ㉠ 각 신경의  $d_1$ 에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 3 ms일 때  $d_1 \sim d_4$ 에서 측정한 막전위를 나타낸 것이다. I~III은 A~C를 순서 없이 나타낸 것이다.

| 신경  | 3 ms일 때 측정한 막전위(mV) |       |       |       |
|-----|---------------------|-------|-------|-------|
|     | $d_1$               | $d_2$ | $d_3$ | $d_4$ |
| I   | -80                 | ?     | -60   | ?     |
| II  | ?                   | -80   | ?     | -70   |
| III | ?                   | ?     | +30   | -60   |



- A의 흥분 전도 속도는 2 cm/ms이다.
- 그림 (가)는 A와 B의  $d_1 \sim d_4$ 에서, (나)는 C의  $d_1 \sim d_4$ 에서 활동 전위가 발생하였을 때 각 지점에서의 막전위 변화를 나타낸 것이다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~C에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70 mV이다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. 흥분의 전도 속도는 C에서가 A에서보다 빠르다.
- ㄴ. ㉠이 3 ms일 때 I의  $d_2$ 에서  $K^+$ 은  $K^+$  통로를 통해 세포 밖으로 확산된다.
- ㄷ. ㉠이 5 ms일 때 B의  $d_4$ 와 C의  $d_4$ 에서 측정한 막전위는 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Comment.

신유형? 본질은 같다.

총시간 = 전도시간 + 막변시  
본질을 잊지 말자.

7.

2020(6월) ★평가원★

다음은 민말이집 신경 A-C의 흥분 전도와 전달에 대한 자료이다.

•그림은 A와 C의 지점 d<sub>1</sub>로부터 세 지점 d<sub>2</sub>~d<sub>4</sub>까지의 거리를, 표는 ㉠A와 C의 d<sub>1</sub>에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 6 ms일 때 d<sub>2</sub>~d<sub>4</sub>에서 측정한 막전위를 나타낸 것이다.

| 신경 | 6 ms일 때 측정된 막전위(mV) |                |                |
|----|---------------------|----------------|----------------|
|    | d <sub>2</sub>      | d <sub>3</sub> | d <sub>4</sub> |
| B  | -80                 | ?              | +10            |
| C  | ?                   | -80            | ?              |

•B와 C의 흥분 전도 속도는 각각 1 cm/ms, 2 cm/ms 중 하나이다.  
 •A~C 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
 (단, A, B, C에서 흥분 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70 mV이다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. d<sub>1</sub>에서 발생한 흥분은 B의 d<sub>4</sub>보다 C의 d<sub>4</sub>에 먼저 도달한다.
- ㄴ. ㉠이 4 ms일 때, C의 d<sub>3</sub>에서 Na<sup>+</sup>이 세포 안으로 유입된다.
- ㄷ. ㉠이 5 ms일 때, B의 d<sub>2</sub>에서 탈분극이 일어나고 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment. 표가 없으면? 시각화.

막전위가 같다는 것은, 해당 지점까지 도달하는데 걸린 시간이 같다는 것이다.

8.

2020(9월) ★평가원★

다음은 민말이집 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

• 그림은 A와 B의 일부를, 표는 A와 B의 지점 d<sub>1</sub>에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>, t<sub>3</sub>, t<sub>4</sub>일 때 지점 d<sub>2</sub>에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다. I~IV는 t<sub>1</sub>~t<sub>4</sub>를 순서 없이 나타낸 것이다.

| 신경 | d <sub>2</sub> 에서 측정된 막전위(mV) |     |     |     |
|----|-------------------------------|-----|-----|-----|
|    | I                             | II  | III | IV  |
| A  | -60                           | -80 | +20 | +10 |
| B  | +20                           | +10 | -65 | -60 |

•A와 B에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
 (단, A와 B에서 흥분 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70 mV이다. 자극을 준 후 경과된 시간은 t<sub>1</sub><t<sub>2</sub><t<sub>3</sub><t<sub>4</sub>이다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. III은 t<sub>1</sub>이다.
- ㄴ. t<sub>2</sub>일 때, B의 d<sub>2</sub>에서 재분극이 일어나고 있다.
- ㄷ. 흥분의 전도 속도는 A에서가 B에서보다 빠르다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment. 지점이 시간으로 바뀌었을 뿐.

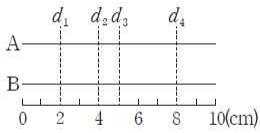
d<sub>1</sub>부터 d<sub>2</sub>까지의 전도 시간이 변하지 않았으므로, 총시간이 변할 때 막변시만 변한다.

9.

2020(수능) ★평가원★

다음은 민말이집 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

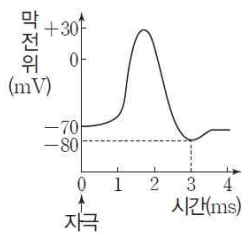
• 그림은 A와 B의 지점  $d_1 \sim d_4$ 의 위치를, 표는 ㉠A와 B의 지점 X에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과한 시간이 2 ms, 3 ms, 5 ms, 7 ms일 때  $d_2$ 에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다. X는  $d_1$ 과  $d_4$  중 하나이고, I~IV는 2 ms, 3ms, 5 ms, 7 ms를 순서 없이 나타낸 것이다



| 신경 | $d_2$ 에서 측정된 막전위(mV) |     |     |     |
|----|----------------------|-----|-----|-----|
|    | I                    | II  | III | IV  |
| A  | ?                    | -60 | ?   | -80 |
| B  | -60                  | -80 | ?   | -70 |

• A와 B의 흥분 전도 속도는 각각 1 cm/ms와 2 cm/ms 중 하나이다.

• A와 B 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70 mV이다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. II는 3 ms이다.
- ㄴ. B의 흥분 전도 속도는 2 cm/ms이다.
- ㄷ. ㉠이 4 ms일 때 A의  $d_2$ 에서의 막전위는 -60 mV이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment. 그래프에 직접 대입. 그럴듯한 값을 찾자.

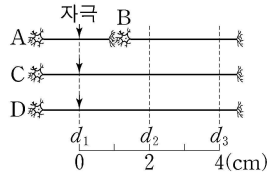
A의 총 시간이 11일 때, 어느 지점에 자극을 줘야 -60mV라는 막전위를 가질 수 있을까?

10.

2021(9월) ★평가원★

다음은 민말이집 신경 A~D의 흥분 전도와 전달에 대한 자료이다.

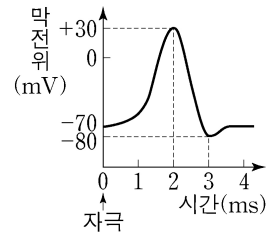
• 그림은 A, C, D의 지점  $d_1$ 으로부터 두 지점  $d_2, d_3$ 까지의 거리를, 표는 ㉠A, C, D의  $d_1$ 에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 5 ms일 때  $d_2$ 와  $d_3$ 에서의 막전위를 나타낸 것이다.



| 신경 | 5 ms일 때 막전위(mV) |       |
|----|-----------------|-------|
|    | $d_2$           | $d_3$ |
| B  | -80             | ㉠     |
| C  | ?               | -80   |
| D  | +30             | ?     |

• B와 C의 흥분 전도 속도는 같다.

• A~D 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위의 변화는 그림과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A~D에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70 mV이다.) (3점)

[ 보기 ]

- ㄱ. 흥분의 전도 속도는 C에서가 D에서보다 빠르다.
- ㄴ. ㉠은 +30 이다.
- ㄷ. ㉠이 3 ms일 때 C의  $d_3$ 에서 탈분극이 일어나고 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Comment. 전달+전도시간

총시간 = (전달+전도)시간 + 막변시

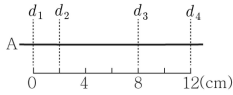
신경 A와 B의 전달+전도시간은 2초이다. 왜?

## II.

2021(3월)

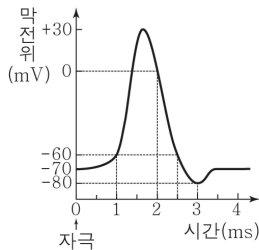
다음은 민말이집 신경 A의 흥분 전도에 대한 자료이다.

○그림은 A의 지점  $d_1 \sim d_4$ 의 위치를, 표는 ㉠ $d_1 \sim d_4$  중 한 지점에 역치 이상의 자극을 1회 주고 경과된 시간이 2~5ms일 때 A의 어느 한 지점에서 측정한 막전위를 나타낸 것이다. I~IV는  $d_1 \sim d_4$ 를 순서 없이 나타낸 것이다.



| 구분  | 2~5ms일 때 측정된 막전위(mV) |     |     |     |
|-----|----------------------|-----|-----|-----|
|     | 2ms                  | 3ms | 4ms | 5ms |
| I   | -60                  |     |     |     |
| II  |                      | ?   |     |     |
| III |                      |     | -60 |     |
| IV  |                      |     |     | -80 |

○A에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A에서 흥분의 전도는 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70 mV이다.) [3점]

### [ 보기 ]

- ㄱ. IV는  $d_1$ 이다.
- ㄴ. A의 흥분 전도 속도는 2cm/ms이다.
- ㄷ. ㉠이 3ms일 때  $d_4$ 에서 재분극이 일어나고 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**Comment.** 전도 시간의 비는 곧 떨어진 거리의 비이다.

전도 시간이 두 배이면 떨어진 거리도 두 배

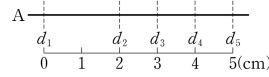
## 12.

2022(6월) ★평가원★

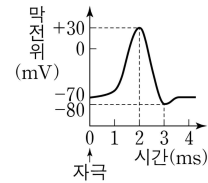
다음은 민말이집 신경 A의 흥분 전도에 대한 자료이다.

○ 그림은 A의 지점  $d_1$ 로부터 네 지점  $d_2 \sim d_5$ 까지의 거리를, 표는  $d_1$ 과  $d_5$  중 한 지점에 역치 이상의 자극을 1회 주고 경과된 시간이 4ms, 5ms, 6ms일 때 I과 II에서의 막전위를 나타낸 것이다. I과 II는 각각  $d_2$ 와  $d_4$  중 하나이다.

| 시간  | 막전위(mV) |     |
|-----|---------|-----|
|     | I       | II  |
| 4ms | ?       | +30 |
| 5ms | -60     | ㉠   |
| 6ms | +30     | -70 |



○ A에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A에서 흥분의 전도는 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70mV이다.) [3점]

### [ 보기 ]

- ㄱ. A의 흥분 전도 속도는 2cm/ms이다.
- ㄴ. ㉠은 -80이다.
- ㄷ. 4 ms일 때  $d_3$ 에서 탈분극이 일어나고 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**Comment.** 총시간+a = 전도시간 + 막변시+a

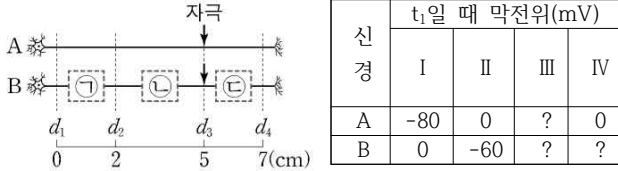
전도가 도달한 지점은, 총 시간이 늘어나면 막변시가 늘어난다.

### 13.

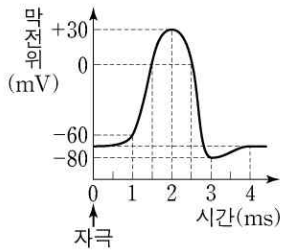
2022(9월) ★평가원★

다음은 민말이집 신경 A와 B의 흥분 전도와 전달에 대한 자료이다.

- 그림은 A와 B의 지점  $d_1 \sim d_4$ 의 위치를 나타낸 것이다. B는 2개의 뉴런으로 구성되어 있고, ㉠~㉢중 한 곳에만 시냅스가 있다.
- 표는 A와 B의  $d_3$ 에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이  $t_1$ 일 때  $d_1 \sim d_4$ 에서의 막전위를 나타낸 것이다. I~IV는  $d_1 \sim d_4$ 를 순서 없이 나타낸 것이다.



- B를 구성하는 두 뉴런의 흥분 전도 속도는 1cm/ms로 같다.
- A와 B 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, A와 B에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70mV이다.)(3점)

[ 보기 ]

- ㄱ.  $t_1$ 은 5 ms이다.
- ㄴ. 시냅스는 ㉢에 있다.
- ㄷ.  $t_1$ 일 때, A의 II에서 탈분극이 일어나고 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Comment.      속도를 아무지계 구해보자.

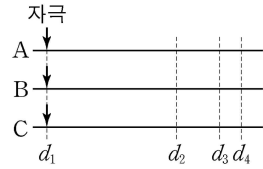
두 지점이 떨어진 거리와, 두 지점의 막변시의 차를 알면 속도를 구할 수 있다.

### 14.

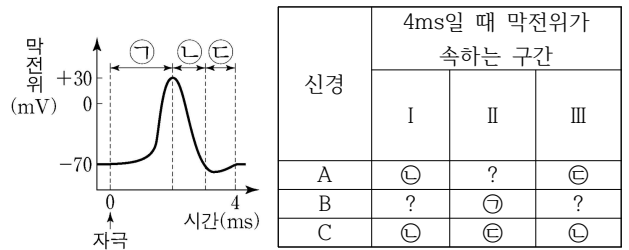
2022(수능) ★평가원★

다음은 민말이집 신경 A~C의 흥분 전도에 대한 자료이다.

- 그림은 A~C의 지점  $d_1 \sim d_4$ 의 위치를 나타낸 것이다. A~C의 흥분 전도 속도는 각각 서로 다르다.



- 그림은 A~C 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때 각 지점에서의 막전위 변화를, 표는 ㉠ A~C의  $d_1$ 에역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 4ms일 때  $d_2 \sim d_4$ 에서의 막전위가 속하는 구간을 나타낸 것이다. I~III은  $d_2 \sim d_4$ 를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉡일 때 각 지점에서의 막전위는 구간 ㉠~㉢ 중 하나에 속한다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, A~C에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70mV이다.)(3점)

[ 보기 ]

- ㄱ. ㉡일 때 A의 II에서의 막전위는 ㉢에 속한다.
- ㄴ. ㉡일 때 B의  $d_3$ 에서 재분극이 일어나고 있다.
- ㄷ. A~C 중 C의 흥분 전도 속도가 가장 빠르다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

Comment.      본질

자극을 먼저 받은 지점이 막전위 그래프의 오른쪽에 있다.

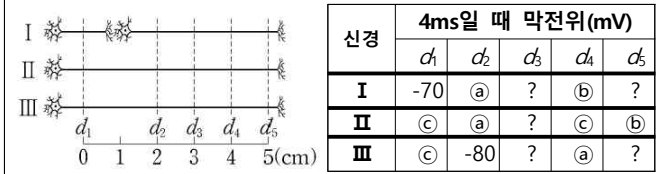


15.

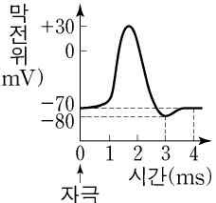
2023(수능) ★평가원★

다음은 민말이집 신경 I~Ⅲ의 흥분 전도와 전달에 대한 자료이다.

○ 그림은 I~Ⅲ의 지점  $d_1 \sim d_5$ 의 위치를, 표는 ㉠ I과 Ⅱ의 P에, Ⅲ의 Q에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 4ms일 때  $d_1 \sim d_5$ 에서의 막전위를 나타낸 것이다. P와 Q는 각각  $d_1 \sim d_5$  중 하나이다.



○ I을 구성하는 두 뉴런의 흥분 전도 속도는 2v로 같고, Ⅱ와 Ⅲ의 흥분 전도 속도는 각각 3v와 6v이다.  
 ○ I~Ⅲ 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
 (단, I~Ⅲ에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70 mV이다.) (3점)

[ 보기 ]

- ㄱ. Q는  $d_4$ 이다.
- ㄴ. Ⅱ의 흥분 전도 속도는 2cm/ms 이다.
- ㄷ. ㉠이 5ms일 때 I의  $d_5$ 에서 재분극이 일어나고 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**Comment.**                      **직관**

특이점을 가정하자.

| 빠른 정답 |   |    |   |    |   |  |  |  |  |
|-------|---|----|---|----|---|--|--|--|--|
| 1     | ① | 7  | ② | 13 | ② |  |  |  |  |
| 2     | ④ | 8  | ④ | 14 | ① |  |  |  |  |
| 3     | ⑤ | 9  | ⑤ | 15 | ① |  |  |  |  |
| 4     | ② | 10 | ⑤ |    |   |  |  |  |  |
| 5     | ① | 11 | ③ |    |   |  |  |  |  |
| 6     | ④ | 12 | ④ |    |   |  |  |  |  |

Theme

4

---

해형 분석  
기형 분석



## 핵형 분석

유전의 기초에 해당하는 테마이다. 유전의 기본 개념만 제대로 파악하고 있다면 어렵지 않게 풀어낼 수 있다. 나오는 문제의 구조가 비슷하기 때문에 행동영역만 잡아놓는다면 빠르게 풀어낼 수 있을 것이다. 하지만 23년 수능에서 정답률 20%의 킬러문제가 등장했다. 이런 정답률이 왜 나타났는지에 대해 생각해볼 필요가 있다.

|         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |     |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----|
|         | 21.06 | 21.09 | 21.12 | 22.06 | 22.09 | 22.11 | 23.06 | 23.09 | 23.11 |        |     |
| 출제 여부   | O     | X     | O     | O     | O     | O     | O     | X     | O     | 출제율    | 78% |
| 정답률 (%) | 57    | X     | 53    | 48    | 71    | 79    | 62    | X     | 20    | 평균 정답률 | 55% |

### 기본 출제 방향

Main. 세포의 핵형을 제시해주고, 핵형을 통해 성별과 종, 개체 일치 여부등을 추론하게 하는 문항.

Sub. 추론해낸 핵형을 통해 세포주기의 각 단계에서 DNA상대량, 염색분체의 개수를 물어보는 개념확인 문항.

### 풀이 방향

우리가 알아내야 하는 목표는 다음과 같다.

1. 각 세포의 핵상이 무엇인지?
2. 각 세포의 성별이 무엇인지?
3. 각 세포의 핵형이 어떻게 생겼는지? - 종 구분
4. 각 세포가 어느 개체의 세포인지?

이 목표를 얻어내기 위해 행동 영역을 정해놓고 움직이자.

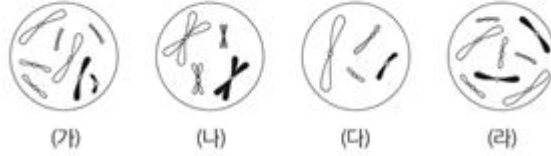
첫 번째. 각 세포의 핵상을 전부 적어준다.

두 번째. 판단할 수 있는 세포의 성별을 적어준다.

세 번째. 각 세포의 핵형을 보고 서로 같은 종인지 파악한다.

위의 세 단계는 핵형분석 문항이라면 어떤 문항이던지 거쳐가야 하는 단계이다.

그림은 세포 (가)~(라) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. 서로 다른 개체 A, B, C는 2가지 종으로 구분되며, 모두  $2n=8$ 이다. (가)는 A의 세포이고, (나)는 B의 세포이며, (다)와 (라)는 각각 B의 세포와 C의 세포 중 하나이다. A~C의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



행동영역을 지켜가며 문제를 해결해보자.

첫 번째. 핵상을 적어준다.

(가) ~ (라) 밑에 각 핵상을 적어준다.

$2n=8$                    $n=4$                    $n=4$                    $2n=8$

두 번째. 핵형을 보고 성별을 적어준다.

XY                  ?                  ?                  XX

세 번째. 종을 구분해준다.

[가-나-라] - [다]로 종이 구분되는 것을 확인할 수 있다.

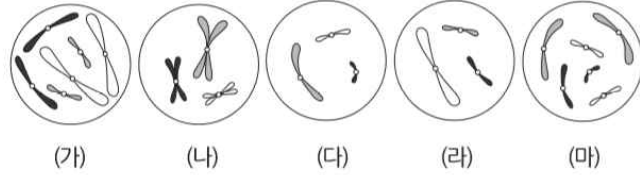
네 번째. 세포와 개체를 매칭한다.

(가)가 A, (나)가 B, (다),(라)가 B와 C중 하나인데, (다)가 혼자 다른 종의 세포이므로 (다)가 C이고 (라)가 B이다.

이런 방식으로 핵형을 보고 [핵상/성별/종/핵형]을 빠르게 확인해준다.

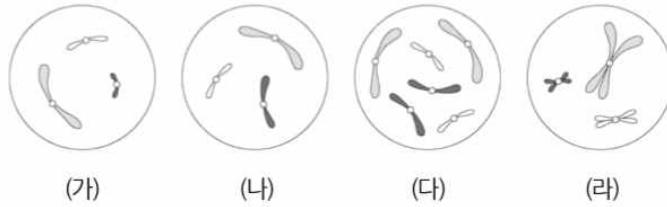
몇 문제 더 확인해보자.

그림은 세포 (가)~(마) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. 서로 다른 개체 A, B, C는 2가지 종으로 구분되며, 모두  $2n=6$ 이다. (가)는 A의 세포이고 (나)는 B의 세포이며, (다), (라), (마) 각각은 B와 C의 세포 중 하나이다. A~C의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



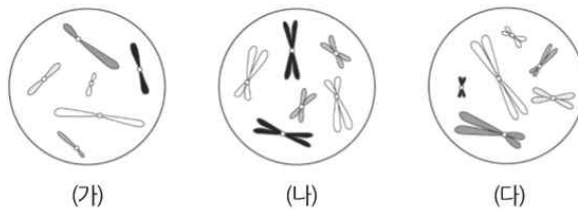
- 1단계(핵상)
- 2단계(성별)
- 3단계(종)

그림은 같은 종인 동물( $2n=6$ ) I 과 II의 세포 (가)~(라) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. (가)~(라) 중 1개만 I의 세포이며, 나머지는 II의  $G_1$ 기 세포로부터 생식 세포가 형성되는 과정에서 나타나는 세포이다. 이 동물의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



- 1단계
- 2단계
- 3단계

그림은 세포 (가)~(다) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. (가)~(다) 각각은 개체 A( $2n=6$ )와 개체 B( $2n=?$ )의 세포 중 하나이다. A와 B의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



- 1단계
- 2단계
- 3단계

## 핵형 분석의 진화

너무 같은 레파토리로만 문제가 출제되다 보니 학생들이 문제를 쉽게 풀기 시작했다. 그래서 평가원은 문제를 변형시켜 출제한다.

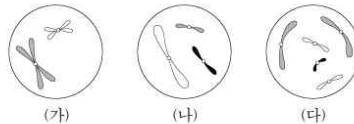
원래 문항은 각 세포에 모든 염색체를 전부 그려주었다면, 변형된 형식의 문항에서는 어떤 염색체를 제외하고 나머지 염색체를 그려준다.

예를 들어, 'X염색체를 제외한 모든 염색체를 나타낸 것이다.' 라는 형식으로 출제된다.

우리가 이러한 문항을 처음 시험에서 마주치게 된다고 가정해보자. 지금까지는 모든 염색체를 그려주었지만 우리가 마주한 시험에서 처음 이런 형식의 문항이 변형되어 출제된 것이다.

그렇다면 우리는 어떤 마인드로 문제를 풀어야 할까?

6. 그림은 서로 다른 종인 동물 A( $2n=?$ )와 B( $2n=?$ )의 세포 (가)~(다) 각각에 들어 있는 염색체 중 X염색체를 제외한 나머지 염색체를 모두 나타낸 것이다. (가)~(다) 중 2개는 A의 세포이고, 나머지 1개는 B의 세포이다. A와 B는 성이 다르고, A와 B의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

- <보 기>
- ㄱ. (가)와 (다)의 핵상은 같다.  
 ㄴ. A는 수컷이다.  
 ㄷ. B의 체세포 분열 중기의 세포 1개당 염색 분체 수는 16이다.

- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

우리가 알고있는 각 단계의 핵형에서, X염색체가 없을경우 어떤 핵형을 가지게 되는지 케이스를 나눠 생각해보면 된다.

물론 지금까지 나온 논리구조를 정확히 파악하고 있는 능력도 중요하지만, 지금까지 나오지 않았던 논리구조를 처음 접할 때 어떻게 해결해 나가야 하는지 아는 능력도 중요하다.

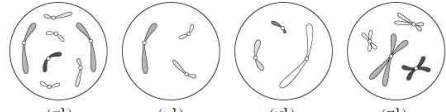
생1의 경우 대부분 Case 분류를 하는 것으로 해결된다.

1. 여자의  $2n$ 의 세포
2. 여자의  $n$ 인 세포
3. 남자의  $2n$ 인 세포
4. 남자의  $n$ 인 세포

이 케이스 각각이 어떤 핵형을 가지고 있을지 잠시 생각해본다. 그럼 문제는 자연스럽게 풀린다.

16. 다음은 핵상이 2n인 동물 A~C의 세포 (가)~(라)에 대한 자료이다.

○ A와 B는 서로 같은 종이고, B와 C는 서로 다른 종이며, B와 C의 체세포 1개당 염색체 수는 서로 다르다.  
 ○ (가)~(라) 중 2개는 암컷의, 나머지 2개는 수컷의 세포이다. A~C의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.  
 ○ 그림은 (가)~(라) 각각에 들어 있는 모든 상염색체와 ㉠을 나타낸 것이다. ㉠은 X염색체와 Y염색체 중 하나이다.



2023수능 16번 문항이다. 정답률이 굉장히 낮다.

문항을 해석해보자.

|    |          |         |         |         |
|----|----------|---------|---------|---------|
|    | 가        | 나       | 다       | 라       |
| 핵상 | $2n = 8$ | $n = 4$ | $n = 3$ | $n = 4$ |

가-나-라가 같은 종이다. (가)에 상동염색체가 존재하므로 2n이고, 보이는 염색체가 총 7개이므로 하나가 사라졌을 것이다. 그러므로 (가)의 핵상이  $2n=8$ 이 성립한다. 나, 라 는 상동염색체가 없으므로 n일 것이다. B와 C가 2n에서 염색체 수가 다르므로 (다)의 핵상이  $n=3$ 이 된다.

이제 성별을 파악해야한다. 이 단계에서 많은 학생들이 어려움을 겪었을 것이라 생각된다.

마지막 조건을 잘 읽어보자. 그림에 나타나 있는 염색체들은 상염색체 전부, 그리고 ㉠을 나타냈다고 한다.

다시 말해, ㉠이 X염색체라면 Y염색체를 나타내지 않은 것이고, Y염색체라면 X염색체를 나타내지 않은 것이다.

**결국 그림에는 X또는 Y가 나타나지 않은 상황임을 알 수 있다.**

핵형관찰결과 (가)에게 염색체가 하나만 안보이므로 (가)는 남자임을 알 수 있다.

그런데 다, 라는 사라진 염색체가 없다. 다, 라가 만약 Y를 전부 가지고 있다면 다, 라가 전부 남자인데 주어진 조건에 위배된다. (남2, 여2) 그러므로 다, 라는 X를 가지고 있고 X가 ㉠임을 알 수 있다.

다시말해 안보이는 염색체는 Y라는 것이다. 그러므로 (나)가 남자가 된다.

(가), (나)가 남자, (다), (라)가 여자이다.

이 문제의 오답률이 높았던 이유는, 학생들이 마지막 조건을 본인이 해석해낼 수 있게 적합한 형태로 바꿔 생각하지 못했기 때문이다. 마지막 조건은 결국 동일한 성염색체를 가, 나, 다, 라에서 나타내지 않았다는 것.

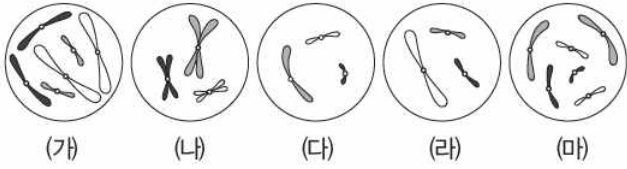
**항상 우리가 알고 있는 내용으로 변환해 생각하려는 습관을 들여야한다.**



1.

2016(수능) ★평가원★

그림은 세포 (가) ~ (마) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. 서로 다른 개체 A, B, C는 2가지 종으로 구분되며, 모두  $2n=6$ 이다. (가)는 A의 세포이고 (나)는 B의 세포이며, (다), (라), (마) 각각은 B와 C의 세포 중 하나이다. A ~ C의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. (가)와 (라)는 같은 종의 세포이다.
- ㄴ. B와 C는 성이 다르다.
- ㄷ. (라)는 B의 세포이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

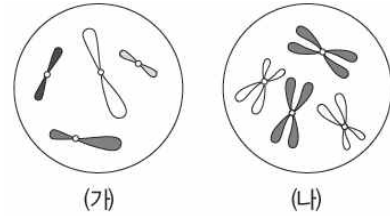
Comment.

핵상 동일, Y염색체를 찾아보자.

2.

2017(수능) ★평가원★

그림은 세포 (가)와 (나) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 각각 동물 A( $2n=4$ )와 동물 B( $2n=?$ )의 세포 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. (가)의 핵상은  $n$ 이다.
- ㄴ. (나)는 B의 세포이다.
- ㄷ. B의 감수 1분열 중기의 세포 1개당 염색 분체 수는 8이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ

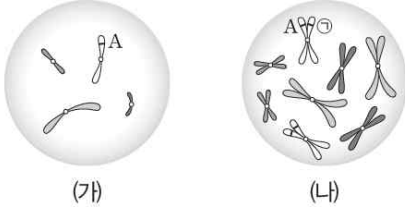
Comment.

핵상 파악

3.

2018(수능) ★평가원★

그림은 동물 I의 세포 (가)와 동물 II의 세포 (나)에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. I과 II는 같은 종이며, 수컷의 성염색체는 XY, 암컷의 성염색체는 XX이다. I과 II의 특정 형질에 대한 유전자 형은 모두 Aa이며, A와 a는 대립 유전자이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

[ 보기 ]

- ㄱ. I과 II는 성이 다르다.
- ㄴ. ㉠은 대립 유전자 a이다.
- ㄷ. II의 감수 1분열 중기 세포 1개당 2가 염색체의 수는 16이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

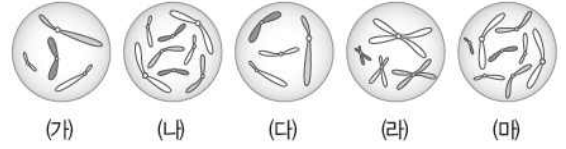
Comment.

핵상파악 및 대립유전자와 염색분체의 개념

4.

2019(6월) ★평가원★

그림은 세포 (가)~(마) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. (가)~(마)는 각각 서로 다른 개체 A, B, C의 세포 중 하나이다. A와 B는 같은 종이고, B와 C는 수컷이다. A~C는  $2n=8$ 이며, A~C의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?  
(단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. (라)는 B의 세포이다.
- ㄴ. (가)와 (다)는 같은 개체의 세포이다.

ㄷ. 세포 1 개당  $\frac{X \text{ 염색체 수}}{\text{상염색체 수}}$  의 값은 (나)가 (마)의 2배이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

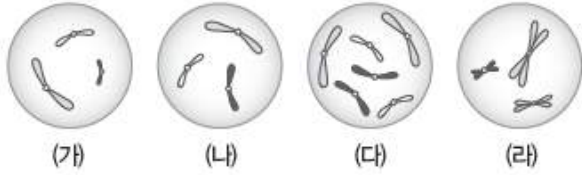
Comment.

A와 B는 같은 종이지만, C는 다른 종이다.

5.

2019(수능) ★평가원★

그림은 같은 종인 동물( $2n=6$ ) I 과 II의 세포 (가)~(라) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. (가)~(라) 중 1개만 I의 세포이며, 나머지는 II의 G<sub>1</sub>기 세포로부터 생식세포가 형성되는 과정에서 나타나는 세포이다. 이 동물의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. (가)는 세포 주기의 S기를 거쳐 (라)가 된다.
- ㄴ. (나)와 (라)의 핵상은 같다.
- ㄷ. (다)는 II의 세포이다.

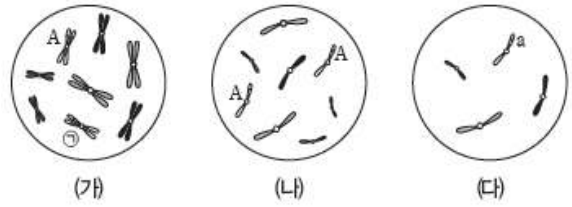
- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment. 핵상 동일, Y염색체를 찾아라.

6.

2020(수능) ★평가원★

그림은 같은 종인 동물( $2n=?$ ) I 과 II의 세포 (가)~(다) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. (가)~(다) 중 1개는 I의 세포이며, 나머지 2개는 II의 세포이다. 이 동물의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다. A는 a와 대립유전자이고, ⊙은 A와 a 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. ⊙은 A이다.
- ㄴ. (나)는 II의 세포이다.
- ㄷ. I의 감수 2분열 중기 세포 1개당 염색 분체 수는 8이다.

- ① ㄴ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

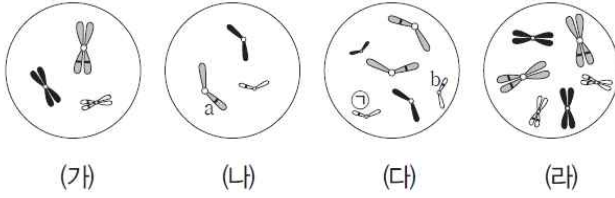
Comment. (나)와 (다)가 다른 개체라는 자명한 정보

성별만 파악하면 된다.

7.

2020(9월) ★평가원★

그림은 같은 종인 동물( $2n=6$ ) I 과 II의 세포 (가)~(라) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. (가)~(라) 중 2개는 I의 세포이고, 나머지 2개는 II의 세포이다. 이 동물의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다. 이 동물 종의 특정 형질은 대립유전자 A와 a, B와 b에 의해 결정되며, I의 유전자형은 AaBB이고, II의 유전자형은 AABb이다. ㉠은 B와 b 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. ㉠은 B이다.
- ㄴ. (가)와 (다)의 핵상은 같다.
- ㄷ. (라)는 II의 세포이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

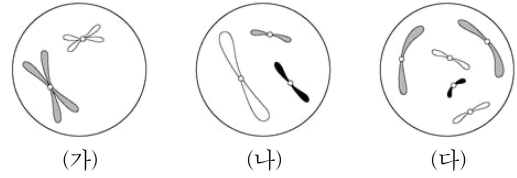
Comment. 대립유전자를 이용한 개체매칭

(나)가 II, (다)가 I이다.

8.

2021(수능) ★평가원★

그림은 서로 다른 종인 동물 A( $2n=?$ )와 B( $2n=?$ )의 세포 (가)~(다) 각각에 들어 있는 염색체 중 X 염색체를 제외한 나머지 염색체를 모두 나타낸 것이다. (가)~(다) 중 2개는 A의 세포이고, 나머지 1개는 B의 세포이다. A와 B는 성이 다르고, A와 B의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. (가)와 (다)의 핵상은 같다.
- ㄴ. A는 수컷이다.
- ㄷ. B의 체세포 분열 중기의 세포 1개당 염색 분체 수는 16이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

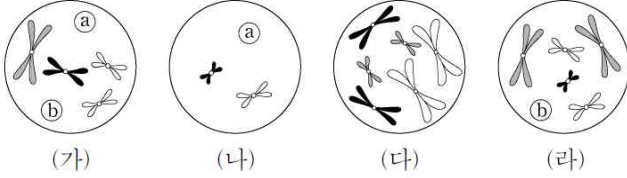
Comment. X염색체를 제외한 경우

(다)의 핵형이 특이하다는 점을 알아채야한다.

9.

2022(9월) ★평가원★

그림은 동물( $2n = 6$ ) I ~ III의 세포(가)~(라) 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. I ~ III은 2가지 종으로 구분되고, (가)~(라) 중 2개는 암컷의, 나머지 2개는 수컷의 세포이다. I ~ III의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다. 염색체 ㉑와 ㉒ 중 하나는 상염색체이고, 나머지 하나는 성염색체이다. ㉑와 ㉒의 모양과 크기는 나타내지 않았다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 둘연변이는 고려하지 않는다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. ㉑는 X 염색체이다.
- ㄴ. (나)는 암컷의 세포이다.
- ㄷ. (가)를 갖는 개체와 (다)를 갖는 개체의 핵형은 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment. Y염색체가 어딴지?

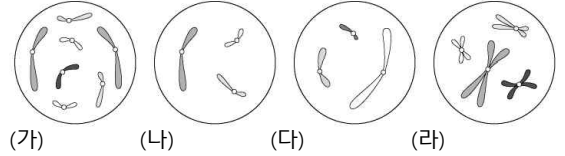
Y염색체만 찾으면 문제가 풀린다.

10.

2023(수능) ★평가원★

다음은 핵상이  $2n$ 인 동물 A~C의 세포 (가)~(라)에 대한 자료이다.

- A와 B는 서로 같은 종이고, B와 C는 서로 다른 종이며, B와 C의 체세포 1개당 염색체 수는 서로 다르다.
- (가)~(라) 중 2개는 암컷의, 나머지 2개는 수컷의 세포이다. A~C의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.
- 그림은 (가)~(라) 각각에 들어 있는 모든 상염색체와 ㉑를 나타낸 것이다. ㉑은 X 염색체와 Y 염색체 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 둘연변이는 고려하지 않는다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. ㉑은 Y 염색체이다.
- ㄴ. (가)와 (라)는 서로 다른 개체의 세포이다.
- ㄷ. C의 체세포 분열 중기의 세포 1개당 상염색체의 염색 분체 수는 8이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Comment. 내가 아는 문장으로 변환해서 읽자

익숙한 형태로 변환해보자.



Theme

5

---

DNA상대량





# DNA상대량

상당히 중요한 테마이다. 거의 무조건 출제된다고 보면 된다. DNA상대량 단독문항으로도 출제되고, 관련 개념이 가계도, 비분리, 돌연변이에 함께 출제되는 경우도 있다. 한번 풀이 방향이 눈에 띄지 않으면 계속 걸만 돌 가능성도 있다. 시험장에서 다크호스의 성격을 가진 문항이 될 수 있으므로 완벽하게 공부해 놓아야 한다.

|         |       |       |       |       |       |       |       |       |       |     |        |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|--------|
|         | 21.06 | 21.09 | 21.12 | 22.06 | 22.09 | 22.11 | 23.06 | 23.09 | 23.11 |     |        |
| 출제 여부   | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 출제율 | 100%   |
| 정답률 (%) | 54    | 42    | 48    | 30    | 48    | 44    | 44    | 61    | 50    | 49  | 평균 정답률 |

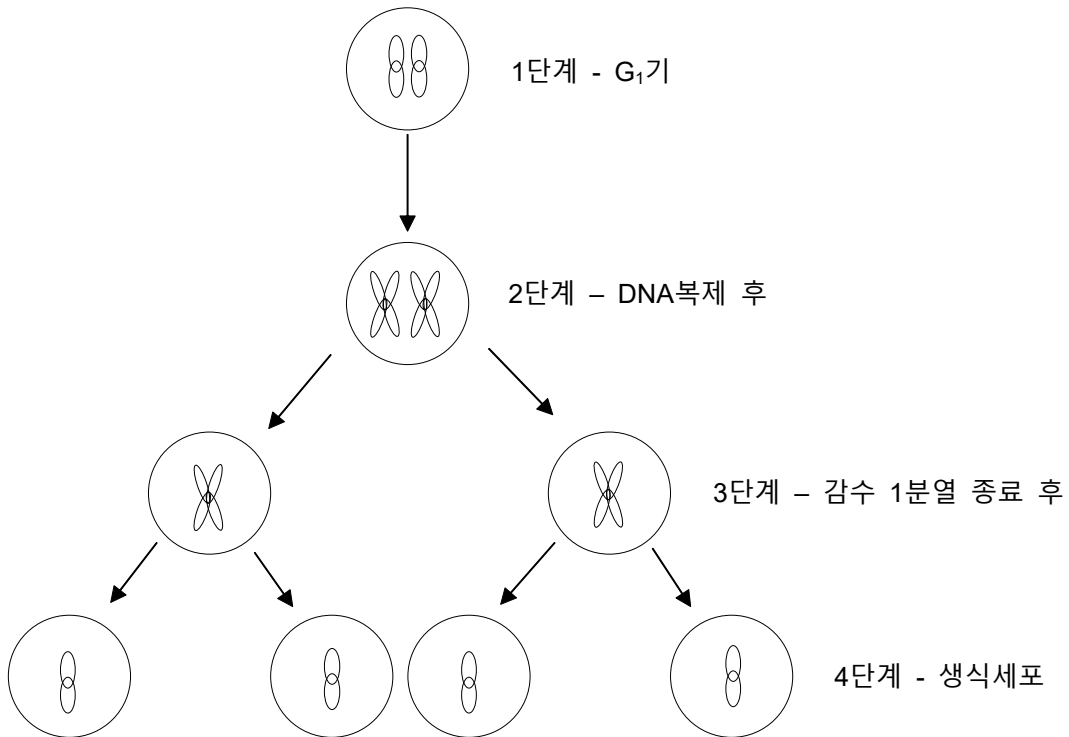
## 기본 출제 방향

Main 1. DNA상대량을 통한 세포 단계 파악

Main 2. DNA와 염색체의 존재 여부를 통한 추론

Sub. 세포주기에 대한 이해

## 세포주기



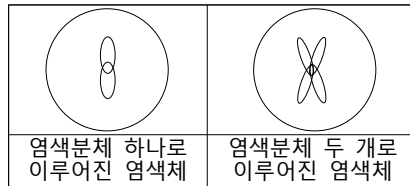
## 염색분체와 DNA상대량의 관계

DNA상대량을 풀어내기 위해선 염색분체와 DNA상대량의 관계에 대해 명확하게 알아야 한다.

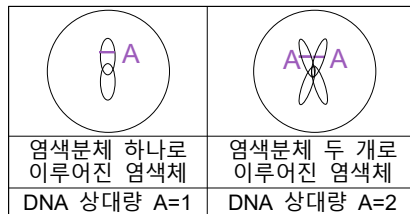
우리가 DNA상대량을 해석한다는 것은, 어떤 세포에 들어있는 어떤 대립유전자의 DNA상대량을 알아낸다는 의미와 같다. \*(대립유전자 : 상동염색체의 동일한 위치에 올 수 있는 유전자의 집합)

그러므로 우리는 세포가 어떤 염색체를 가지고 있는지 알아야 그 대립유전자의 DNA상대량을 알아 낼 수 있을 것이다.

우리는 이미 세포가 가지고 있는 염색체의 모양에 대해 알고 있다.



하나의 염색체는 이처럼 두 개의 모양으로 나타날 수 있다. 우리는 일반적으로 염색분체 하나 위에 대립유전자가 하나 있다고 표시한다.



이렇게 염색분체 위의 대립유전자를 표현할 수 있다.

일반적으로 DNA상대량은 염색분체 하나가 곧 DNA상대량 1이 된다. 물론 상대량이기 때문에 염색분체 하나당 DNA상대량을 2, 0.5로 잡을 수 있지만 편의상 1로 둔다.

이 개념을 이용해 우리는 대립유전자의 DNA상대량을 예측할 수 있다.

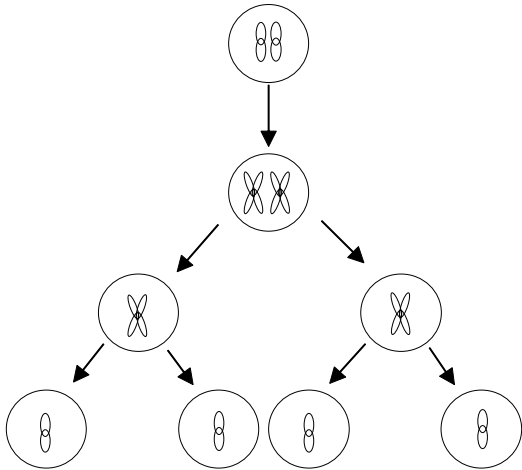
**Ex) 유전형질 (가)를 결정하는 대립유전자 A와 a는 상염색체 위에 있다. 어떤 세포 p가 g1기 세포일 때, 이 세포의 대립유전자 A와 a의 DNA상대량의 합을 구하시오.**

g1기 세포에서 상염색체의 상동염색체 쌍의 염색분체 수는 2개이므로, 이 염색분체 위에 A나 a가 존재할 것이다. 그러므로 A와 a의 DNA상대량 합은 2임을 알 수 있다.

중요한 것은 DNA상대량을 알기 위해선 그 유전 형질을 결정하는 대립유전자가 존재하는 상동염색체의 염색분체 수를 알아내야 한다는 것이다.

그러므로 우리는 각 세포의 단계들이 가지고 있는 특징을 이용해 단계를 알아내서 염색분체 수를 유추하고 DNA상대량을 구해내야한다.

각 단계가 가지는 상염색체의 한 쌍의 상동염색체의 염색체 / 염색분체에 대한 정보



|     | 핵상 | 염색분체 수 | 염색체 하나가 가지는 염색분체 수 |      |
|-----|----|--------|--------------------|------|
| 1단계 | 2n | 2      | 1                  | 2n*1 |
| 2단계 | 2n | 4      | 2                  | 2n*2 |
| 3단계 | n  | 2      | 2                  | n*2  |
| 4단계 | n  | 1      | 1                  | n*1  |

성별에 상관 없이 상염색체 위에 있는 유전자라면 각 단계마다 위의 염색분체수를 가져야만 한다.

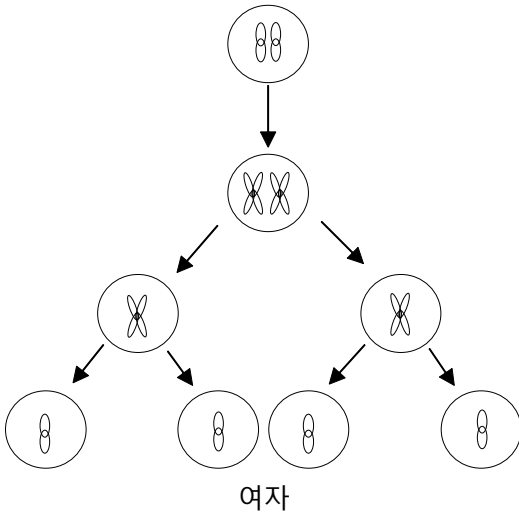
예를 들어, 1단계라면 염색분체 수가 2개, 2단계라면 4개, 3단계라면 2개, 4단계라면 1개이다.

염색분체의 수가 의미하는 것이 곧 그 염색분체에 존재하는 대립유전자 DNA상대량의 합이다.

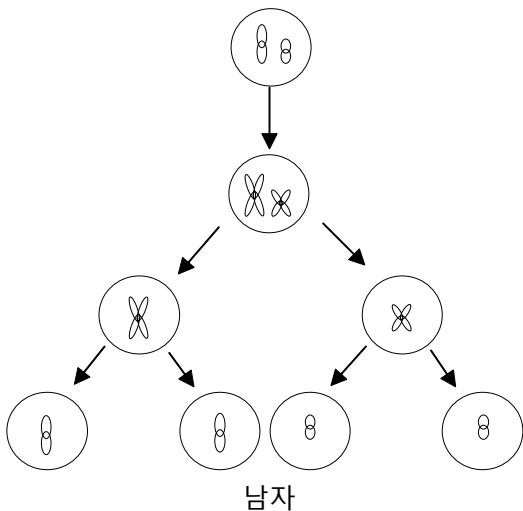
그러므로 만약 A, a가 상염색체에 존재하는 대립유전자라면 어떤 사람의 각 단계 A와 a의 DNA상대량의 합은 다음과 같다.

|     | 염색분체 수 | 대립유전자 A와 a의 합 |
|-----|--------|---------------|
| 1단계 | 2      | 2             |
| 2단계 | 4      | 4             |
| 3단계 | 2      | 2             |
| 4단계 | 1      | 1             |

각 단계가 가지는 성염색체의 한 쌍의 상동염색체의 염색체 / 염색분체에 대한 정보



|     | 핵상 | X염색분체 수 | Y염색분체 수 | 상염색분체 수 |      |
|-----|----|---------|---------|---------|------|
| 1단계 | 2n | 2       | 0       | 2       | 2n*1 |
| 2단계 | 2n | 4       | 0       | 4       | 2n*2 |
| 3단계 | n  | 2       | 0       | 2       | n*2  |
| 4단계 | n  | 1       | 0       | 1       | n*1  |



|     | 핵상 | X염색분체 수 | Y염색분체 수 | 상염색분체 수 |      |
|-----|----|---------|---------|---------|------|
| 1단계 | 2n | 1       | 1       | 2       | 2n*1 |
| 2단계 | 2n | 2       | 2       | 4       | 2n*2 |
| 3단계 | n  | 2       | 0       | 2       | n*2  |
|     |    | 0       | 2       |         |      |
| 4단계 | n  | 1       | 0       | 1       | n*1  |
|     |    | 0       | 1       |         |      |

X염색체와 Y염색체는 상동염색체이긴 하지만 다른 염색체이다.

다시 말해, X염색체와 Y염색체는 대립유전자를 공유하지 않는다.

예를 들어, A와 a가 X염색체위에 있는 유전자이고 B와 b가 Y염색체위에 있는 유전자라고 하자.

이 때, 염색분체에 따라 여자와 남자의 DNA상대량을 나타내자.

| 남자  | X염색분체 수 | Y염색분체 수 | 대립유전자 A와 a의 합 | 대립유전자 B와 b의 합 |
|-----|---------|---------|---------------|---------------|
| 1단계 | 1       | 1       | 1             | 1             |
| 2단계 | 2       | 2       | 2             | 2             |
| 3단계 | 2       | 0       | 2             | 0             |
|     | 0       | 2       | 0             | 2             |
| 4단계 | 1       | 0       | 1             | 0             |
|     | 0       | 1       | 0             | 1             |

| 여자  | X염색분체 수 | Y염색분체 수 | 대립유전자 A와 a의 합 | 대립유전자 B와 b의 합 |
|-----|---------|---------|---------------|---------------|
| 1단계 | 2       | 0       | 2             | 0             |
| 2단계 | 4       | 0       | 4             | 0             |
| 3단계 | 2       | 0       | 2             | 0             |
| 4단계 | 1       | 0       | 1             | 0             |

이러한 정보들(각 단계가 가지는 특징, 성염색체위의 유전자가 가지는 특징)을 기반으로 우리가 DNA상대량 문항을 해석할 때 사용하는 스킬들이 나오게 된다.

그러므로 기본적인 각 단계의 염색분체 테이블은 이해 및 암기가 되어야 한다.

스킬들에 대해 공부하기 전에, DNA상대량 문항이 어떻게 구성되어있는지 파악해보자.

어떤 동물의 유전 형질 ③는 3쌍의 대립 유전자 D와 d, E와 e, F와 f에 의해 결정된다. 표는 이 동물에서 개체 I과 II의 세포 (가)~(라)가 갖는 유전자 D, d, E, e, F, f의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. (가)~(라) 중 2개는 I의 세포이고, 나머지 2개는 II의 세포이다. I은 암컷이며 성염색체가 XX, II는 수컷이며 성염색체가 XY이다.

| 세포  | DNA 상대량 |   |   |   |   |   |
|-----|---------|---|---|---|---|---|
|     | D       | d | E | e | F | f |
| (가) | 2       | ? | ③ | 0 | ? | ? |
| (나) | 1       | 0 | 1 | 1 | 0 | ? |
| (다) | ④       | ? | 0 | 1 | 0 | 0 |
| (라) | ④       | 0 | 1 | ? | 1 | 1 |

대표적인 DNA상대량 문항 (2018.06)

우리가 DNA상대량 문항에서 해석해야할 요소는 크게 두 가지이다.

1. 세포
2. 유전자(DNA)

이 문항에선 세로 (가, 나, 다, 라)가 세포, 가로(DdEeFf)가 유전자이다.

이렇게 DNA상대량 문항에서는 세포와 유전자에 대한 정보가 주어지는데, 우린 이 두 가지 요소를 문제에 맞게 잘 해석해야한다.

그렇다면 각 요소에서 어떤 정보들을 얻어내야 할지 이야기 해보자.

# 1. 세포 (핵상, 단계, 성별)

## 1-1. 핵상

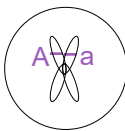
세포에서 가장 우선적으로 파악해야하는 정보는 세포의 핵상에 대한 정보이다.  
간단히 말해, 이 세포가 핵상이 2n인지 n인지 알아내야 한다.

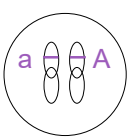
이 핵상을 파악하는 가장 유용한 정보는 이형접합이다.

예를 들어, 어떤 세포 I과 II의 상염색체에 존재하는 대립유전자 A와 a의 DNA상대량이 다음과 같이 주어졌다고 생각해보자.

|    |   |   |
|----|---|---|
|    | A | a |
| I  | 1 | 1 |
| II | 2 | 0 |

I은 핵상이 2n으로 결정되지만 II는 핵상을 결정짓지 못한다.

단순히 생각해보면,  이처럼 생긴 세포는 존재할 수 없다. 그러므로 I은 무조건

 같은 세포를 가져야만 한다.

일단 이형접합을 찾아서 핵상을 결정지어 주자.

두 번째로는, 한 개체의 세포를 비교하는 것이다. - 세포비교

세포비교를 하기 위해선, 두 세포가 같은 개체의 세포라는 선행정보가 필수적이다.

핵심 - 어떤 한 세포가 가지는 유전자를 다른 세포가 가지지 않는다면, 그 유전자를 가지지 않는 세포의 핵상은 n으로 결정된다.

예를들어, I~IV가 전부 같은 개체의 세포라고 해보자.

|     |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|
|     | A | a | B | b |
| I   | 1 | ? | ? | ? |
| II  | 0 | ? | 2 | ? |
| III | ? | ? | 0 | 1 |
| IV  | ? | ? | ? | 0 |

II는 I이 가지는 A를 가지지 않으므로 핵상이 n임을 알 수 있다.

III은 II가 가지는 B를 가지지 않으므로 핵상이 n임을 알 수 있다.

IV는 III이 가지는 b를 가지지 않으므로 핵상이 n임을 알 수 있다.

I은 핵상을 판단할 수 없다.

## 1-2. 단계

핵상을 파악하고 세포의 단계에 대해 해석한다.

단계의 경우 크게 두 가지의 정보를 사용한다.

### 1. 각 단계에서 가질 수 있는 DNA상대량의 합

우리가 이미 위에서 다뤘던 내용이다.

|     | 핵상 | 염색분체 수 | 상-대립유전자의 합 |      |
|-----|----|--------|------------|------|
| 1단계 | 2n | 2      | 2          | 2n*1 |
| 2단계 | 2n | 4      | 4          | 2n*2 |
| 3단계 | n  | 2      | 2          | n*2  |
| 4단계 | n  | 1      | 1          | n*1  |

만약 상염색체 위에 있는 유전자라면 아래의 테이블을 만족해야한다.

만약 성염색체 위에 있는 유전자라면 아래의 테이블을 만족해야한다.

| 남자  | X염색분체 수 | Y염색분체 수 | X-대립유전자의 합 | Y-대립유전자의 합 |
|-----|---------|---------|------------|------------|
| 1단계 | 1       | 1       | 1          | 1          |
| 2단계 | 2       | 2       | 2          | 2          |
| 3단계 | 2       | 0       | 2          | 0          |
|     | 0       | 2       | 0          | 2          |
| 4단계 | 1       | 0       | 1          | 0          |
|     | 0       | 1       | 0          | 1          |

| 여자  | X염색분체 수 | Y염색분체 수 | X-대립유전자의 합 | Y-대립유전자의 합 |
|-----|---------|---------|------------|------------|
| 1단계 | 2       | 0       | 2          | 0          |
| 2단계 | 4       | 0       | 4          | 0          |
| 3단계 | 2       | 0       | 2          | 0          |
| 4단계 | 1       | 0       | 1          | 0          |

이 기본 테이블을 암기하자. 우린 이 테이블을 다음과 같이 사용할 수 있다.

ex) Aa가 상염색체위에 있는 대립유전자라고 하자. 이 때 세포 I, II, III의 단계를 추론해보자.

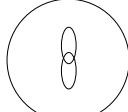
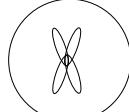
|            | <b>A</b> | <b>a</b> |
|------------|----------|----------|
| <b>I</b>   | 1        | 0        |
| <b>II</b>  | 0        | 2        |
| <b>III</b> | 4        | 0        |

A, a가 상염색체 대립유전자이므로 세포 I은 4단계이다 (A와 a의 합 = 1)

세포 II는 1단계 OR 3단계이다. (A와 a의 합 = 2)

세포 III은 2단계이다. (A와 a의 합 = 4)

## 2. 홀/짝

|   |   |
|---|---|
|  |  |
| 염색분체 하나로 이루어진 염색체   | 염색분체 두 개로 이루어진 염색체  |
| x1  | x2  |

염색체는 두가지의 모양을 가지고 있다고 했다.

우리는 이 두 모양을 구분해야 한다. 이 모양을 구분하기 위해, 곱하기를 적어준다.

만약 염색체가 염색분체 하나로 이루어져있다면  $x_1$ , 염색분체 두 개로 이루어져 있다면  $x_2$ 를 써준다.

이를 각 단계에 적용해 핵상과 결합해 나타내면 이렇게된다.

|     | 핵상   | 염색체가 가진<br>염색분체의 수 |              |
|-----|------|--------------------|--------------|
| 1단계 | $2n$ | $x_1$              | $2n \cdot 1$ |
| 2단계 | $2n$ | $x_2$              | $2n \cdot 2$ |
| 3단계 | $n$  | $x_2$              | $n \cdot 2$  |
| 4단계 | $n$  | $x_1$              | $n \cdot 1$  |

이 정보가 우리에게 전달하는 내용은 간단하다.

$x_2$ 의 염색체를 가지는 단계의 경우 DNA상대량이 홀수가 나올 수 없다.



염색분체가 복제된 상태이므로, 한쪽 염색분체에  $a$ 가 들어있다면 다른 한쪽에도  $a$ 가 들어있어야 한다.

그러므로 2, 3단계에서는 DNA상대량이 홀수일 수 없다.

다시말해, 어떤 단계에서 DNA상대량이 홀수  $\rightarrow$  그 세포는 무조건 1단계 OR 4단계이다.

이 말이 DNA상대량이 짝수  $\rightarrow$  무조건 2단계 OR 3단계 라는 말은 아니다.

1단계에서도 DNA상대량이 짝수가 될 수 있기 때문이다.

단계를 파악하기 위해서는 그 세포가 가진 대립유전자 쌍의 DNA상대량 합을 확인하고, 대립유전자들이 가지는 DNA상대량의 홀, 짝을 파악해보자.

연습 : 빈칸을 다 채워보자  
(주어진 대립유전자는 모두 상염색체 위에 있다)

|     | A | a | 가능한 단계 |
|-----|---|---|--------|
| I   | 1 | 0 |        |
| II  | 0 | 2 |        |
| III | 2 | 2 |        |
| IV  | 2 | ? |        |

|     | A | a | B | b | 가능한 단계 |
|-----|---|---|---|---|--------|
| I   | 1 | 1 | 0 |   |        |
| II  | 1 | 0 |   | 1 |        |
| III | 2 | ? |   | 1 |        |
| IV  | ? | 4 | 2 |   |        |



### 1-3. 성별

마지막으로, 세포의 성별을 알아내야 한다.

성별을 알아내기 위해서는 성염색체위에있는 대립유전자의 DNA상대량을 관찰해야 한다.

상염색체는 남자와 여자가 동일하게 가지고 있으므로 상염색체에 있는 대립유전자를 이용해서 성별을 알아낼 수 없다.

남자와 여자의 성염색체 구성 차이를 이용해 성별을 구분하자.

우리가 위에서 이미 암기했던 테이블이다.

| 남자  | X염색분체 수 | Y염색분체 수 | X-대립유전자의 합 | Y-대립유전자의 합 |
|-----|---------|---------|------------|------------|
| 1단계 | 1       | 1       | 1          | 1          |
| 2단계 | 2       | 2       | 2          | 2          |
| 3단계 | 2       | 0       | 2          | 0          |
|     | 0       | 2       | 0          | 2          |
| 4단계 | 1       | 0       | 1          | 0          |
|     | 0       | 1       | 0          | 1          |

| 여자  | X염색분체 수 | Y염색분체 수 | X-대립유전자의 합 | Y-대립유전자의 합 |
|-----|---------|---------|------------|------------|
| 1단계 | 2       | 0       | 2          | 0          |
| 2단계 | 4       | 0       | 4          | 0          |
| 3단계 | 2       | 0       | 2          | 0          |
| 4단계 | 1       | 0       | 1          | 0          |

남자와 여자는 동일한 단계에서 X염색체와 Y염색체의 염색분체 수가 다르다.

예를들어 1단계에서 남자는 X염색분체를 하나만 가지고, 여자는 두 개를 가진다.

이 차이를 이용해 성별을 판단하는 것이다.

성별판단 근거 - 성염색체 위의 대립유전자 DNA상대량을 이용한다. 대립유전자의 합이 우리가 암기한 테이블과 일치하는지 확인한다.

이렇게 세포의 핵상/단계/성별 파악 방법에 대해 배웠다. 이제 유전자의 해석 방법을 알아보자.

## 2. 유전자(성/상 구분, 연관파악)

### 2-1. 성/상 구분

일단 유전자가 성염색체위에 있는지, 상염색체위에 있는지를 알아내야 한다. 이를 위해 세포의 각 단계에서 성염색체와 상염색체의 차이에 주목하자.

| 여자  | 핵상 | X염색분체 수 | Y염색분체 수  | 상염색분체 수 |
|-----|----|---------|----------|---------|
| 1단계 | 2n | 2       | <u>0</u> | 2       |
| 2단계 | 2n | 4       | <u>0</u> | 4       |
| 3단계 | n  | 2       | <u>0</u> | 2       |
| 4단계 | n  | 1       | <u>0</u> | 1       |

| 남자  | 핵상 | X염색분체 수  | Y염색분체 수  | 상염색분체 수 |
|-----|----|----------|----------|---------|
| 1단계 | 2n | <u>1</u> | <u>1</u> | 2       |
| 2단계 | 2n | <u>2</u> | <u>2</u> | 4       |
| 3단계 | n  | 2        | <u>0</u> | 2       |
|     |    | <u>0</u> | 2        |         |
| 4단계 | n  | 1        | <u>0</u> | 1       |
|     |    | <u>0</u> | 1        |         |

밑줄표시에 진하게 해둔 것들이 상염색체와 차이가 존재하는 것들이다.

여자는 Y염색체가 없으므로 Y염색체 위의 대립유전자가 없다. 또, 여자의 X염색분체 수와 상염색분체 수는 모든 단계에서 동일하므로 여자의 세포만 봐서는 X염색체와 상염색체를 구분할 수 없다.

주로 사용되는 성염색체 구분 논리

1. 어느 단계에서든 대립유전자 쌍의 DNA상대량 합이 0이다. -> 성염색체 위에 있다.
2. 1단계에서 대립유전자 쌍의 DNA상대량 합이 1이다. -> 남자이고, 성염색체 위에 있다.
3. 2단계에서 대립유전자 쌍의 DNA상대량 합이 2이다. -> 남자이고, 성염색체 위에 있다.

이 논리들을 이용해 유전자가 성염색체위에 있다는 것을 밝혀내자.

성염색체에 있다는 사실을 알아냈다면, 이제 그 성염색체가 X에 있을지 Y에 있을지 추론해야한다.

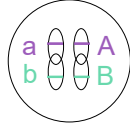
대표적으로 사용되는 X, Y결정 논리

1. 여자에게 존재하는지 확인  
-> 여자가 가지고 있는 성염색체는 오직 X염색체 뿐이다.
2. 1단계에서 합이 2, 2단계에서 합이 4  
-> 해당 세포는 여자의 세포이며 X염색체 위의 유전자이다.

## 2-2. 연관 파악

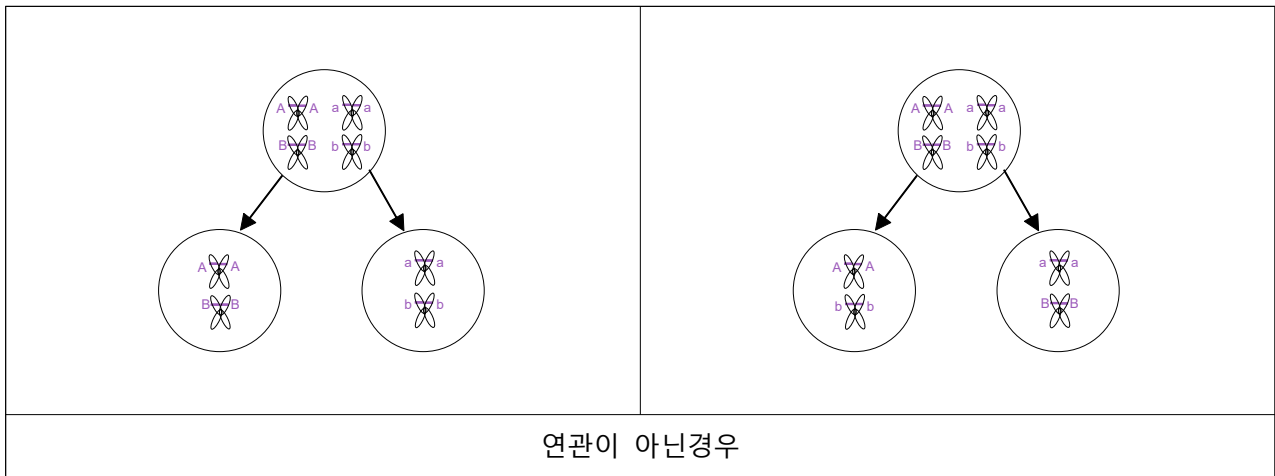
연관이란, 같은 염색체에 있는 유전자들을 뜻한다. 예를 들어, 사람의 상염색체인 1번 염색체 위에 대립유전자 A와 a가 있고, B와 b도 있다면 [A, a]와 [B, b]는 연관의 관계에 있는 유전자이다.

문제에 유전자가 두 쌍 이상 제시되어 있다면, 연관에 대해 파악해줘야한다.

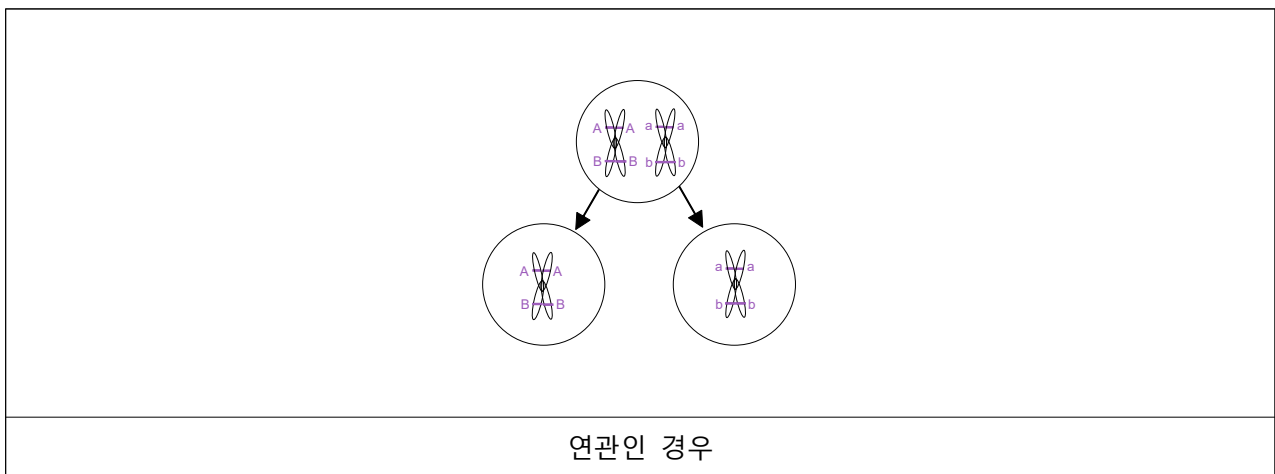


이처럼 1번 염색체는 하나의 '연관군'을 형성한다. 하나의 연관군 안에 있는 유전자들은 모두 같은 염색체에 존재한다.

이 연관이 어떤 영향을 끼치는지 생각해보자.



만약 연관이 아니라면, 감수 1분열에서 상동염색체가 분리될 때 A와 B가 분리되는 것이 서로 독립적인 사건이다. 다시말해 A가 B와 같은 딸세포로 분열될 수도 있고, A가 b와 같은 딸세포로 분열될 수도 있다.



만약 대립유전자 A, a와 B, b가 연관인 경우, 만약 [AB], [ab]가 각각 연관되어 있다면 상동염색체가 분리될 때 항상 A는 B와 함께 움직이고, a는 b와 함께 움직여야 한다.

서로 같은 염색체 위에 있으므로 상동염색체가 분리되더라도 같이 행동한다고 생각하면 된다.

### 연관 파악 방법

#### 1. 직접 제시

Ex) A-a와 B-b는 같은 염색체에 존재한다.

#### 2. 구해보니 A-a도 X염색체위에 있고, B-b도 X염색체에 있으면 둘은 연관

3. 간접적으로 제시해준다. Ex) 3쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d는 서로 다른 2개의 상염색체에 존재한다 -> 3쌍중 2개가 연관이고 1개가 독립이다.

#### 4. 그림으로 두 유전자가 같은 염색체위에 있음을 알려준다.

유의할 사항. 연관이라는 언급 또는 그림으로 명확하게 보여준 것이 아니라면, 만약 두 유전자가 항상 같이 다닌다고 해도 명확하게 연관이라고 말할 수 없다.

연관에 대한 정보를 파악하기 위해선 어떤 대립유전자가 항상 어떤 대립유전자와 같이 다니는지 확인하면 된다. -> 소거의 논리 활용.

예를들어, 유전자형이 AaBb인 개체가 존재할 때, 이 개체의 핵상이 n인 세포중 유전자형이 AB인 세포도 존재하고 Ab인 세포도 존재한다면, 이 개체의 종에서 유전자 A와 a, B와 b는 서로 독립되어 있는 유전자라고 할 수 있다.

## 핵심 해석 POINT

세포 - 핵상, 단계, 성별

유전자 - 성/상, 연관

이제 우리는 DNA상대량을 풀기위한 준비가 90% 완료되었다.

정말 마지막으로, 배반성에 대해 이야기해보자.

## 배반성

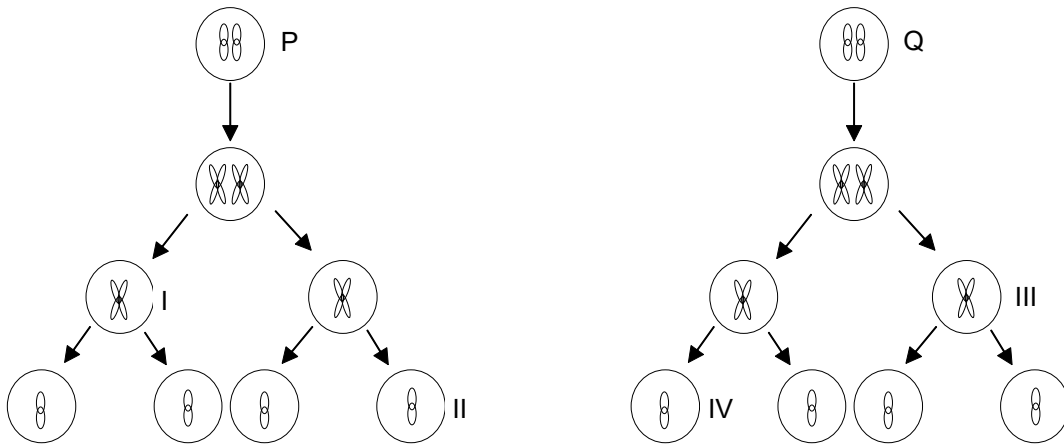
근수축을 풀 때 각 구간의 합과 차를 이용해 모르고 있던 구간의 길이를 구했던 것이 기억나는가?

DNA상대량에서도 유사한 논리를 사용한다.

이 배반성을 만족하기 위해선 다음과 같은 조건이 필요하다.

### ‘하나의 G<sub>1</sub>기 세포로부터 형성된 세포’

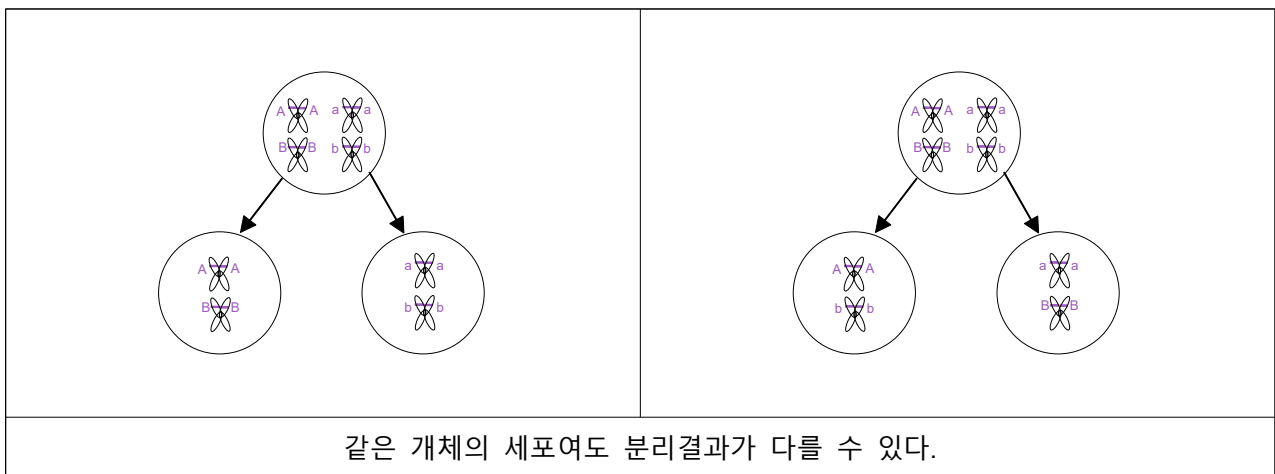
ex) 동일한 사람 G<sub>1</sub>기 세포 P와 Q가 있다. 세포 I, II는 세포 P로부터 형성된 세포이고, 세포 III, IV는 세포 Q로부터 형성된 세포이다.



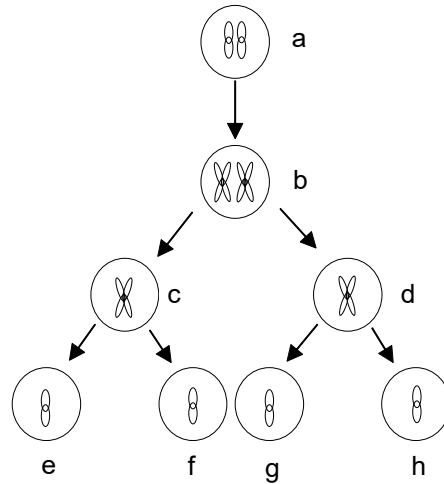
이 상황에서, I과 II는 배반성을 만족하고, III과 IV또한 배반성을 만족한다.

배반성이란, 어떤 개체의 한 세포가 상동염색체가 분리되었을 때 그 경우의 수가 다수이므로, P의 분리 결과와 Q의 분리 결과가 다를 수 있음을 의미한다.

유전자형이 AaBb인 개체가 있고, Aa와 Bb가 독립일 경우 아래의 경우처럼 분리결과가 다를 수 있다는 것이다.



이 배반성의 성질을 명확하게 이해하고 있다면, 다음과 같은 결과가 나타난다는 것을 알 수 있다.



각 단계에 해당하는 세포가 a~h라고 할 때, DNA상대량으로 이들을 나타내보자.

$a = 2 \cdot b$  (1단계 → 2단계 dna상대량 복제)

$c + d = b$  (상동염색체 분리)

$e + f = c$ ,  $e = f$  (염색분체 분리)

$g + h = d$ ,  $g = h$  (염색분체 분리)

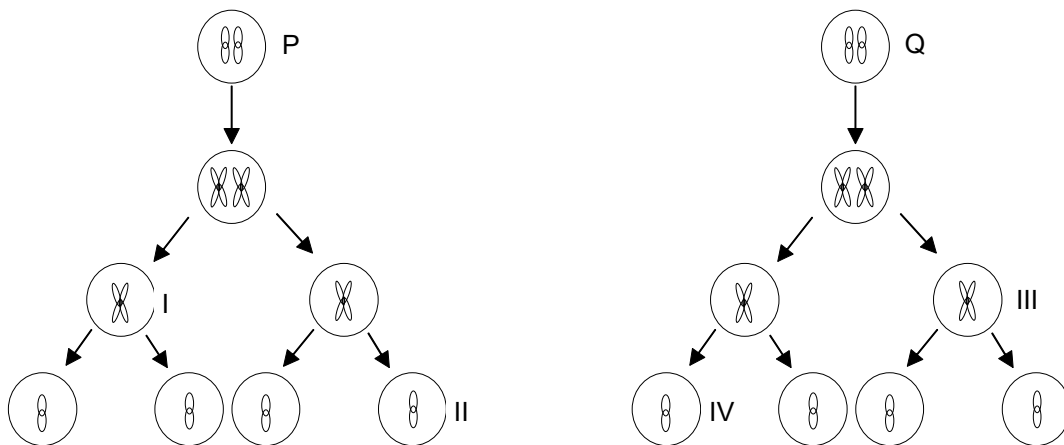
$2e + d = b$

$f + g = a$

$c/2 + d/2 = a$  등등 많은 수식을 이끌어 낼 수 있다.

이는 배반성을 만족하는 경우만 성립한다.

예를들어, I과 III는 서로 다른 G<sub>1</sub>기 세포로부터 형성된 세포들이므로 배반성이 성립할 수 없다.

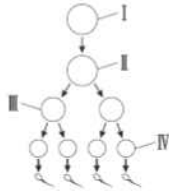


다시 말해,  $I/2 + II = P$ 는 성립하지만,  $I/2 + III/2 = Q$ 는 성립할 수 없다는 뜻이다.

근수축의 각 구간의 합과 차처럼 위의 수식들을 암기할 필요 없이, 감수분열의 특징을 이용해 수식을 유도해낼 수 있으면 된다. 암기할 필요는 없다.

## 문제 풀이

그림은 유전자형이 EeFFHh인 어떤 동물에서 G<sub>1</sub>기의 세포 I로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉑~㉔의 세포 1개당 유전자 e, F, h의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉑~㉔은 I~IV를 순서 없이 나타낸 것이고, E는 e와 대립 유전자이며, H는 h와 대립 유전자이다.



| 세포 | DNA 상대량 |   |   |
|----|---------|---|---|
|    | e       | F | h |
| ㉑  | ①       | 1 | 1 |
| ㉒  | 1       | 2 | ② |
| ㉓  | 2       | ③ | 0 |
| ㉔  | ④       | ? | 2 |

처음에는 유전자형을 보고 추론해보고, 다음에는 유전자형을 보지 않고 DNA상대량만 보고 추론해보자.

유전자형을 통해 eFh의 DNA상대량이 1단계와 2단계에서 각각 1/2/1, 2/4/2임을 알 수 있다. 그것이 각각 ㉑, ㉓임도 알 수 있다.

하지만 유전자형을 보지 않고도 추론할 수 있다.

㉑의 eF가 1/2임을 통해 1단계의 세포임을 알 수 있고, ㉓과 ㉔이 4단계일수 없으니 ㉑이 4단계임을 알 수 있다. ㉓이 h를 가지는데 ㉑이 h를 가지지 않으므로 ㉑의 핵상이 n임을 알 수 있으므로 ㉑이 3단계, ㉓이 2단계임을 추론해낼 수 있다.

어떤 동물의 유전 형질 ③은 3쌍의 대립 유전자 D와 d, E와 e, F와 f에 의해 결정된다. 표는 이 동물에서 개체 I과 II의 세포 (가)~(라)가 갖는 유전자 D, d, E, e, F, f의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. (가)~(라) 중 2개는 I의 세포이고, 나머지 2개는 II의 세포이다. I은 암컷이며 성염색체가 XX, II는 수컷이며 성염색체가 XY이다.

| 세포  | DNA 상대량 |   |   |   |   |   |
|-----|---------|---|---|---|---|---|
|     | D       | d | E | e | F | f |
| (가) | 2       | ? | ㉑ | 0 | ? | ? |
| (나) | 1       | 0 | 1 | 1 | 0 | ? |
| (다) | ㉒       | ? | 0 | 1 | 0 | 0 |
| (라) | ㉓       | 0 | 1 | ? | 1 | 1 |

대표적인 DNA상대량 유형이다. 혼련되어 있지 않다면 쉽지 않다.

1. (나)의 핵상 2n, Dd 성염색체 -> Dd의 합이 1이므로 (나)는 남자의 세포
2. (라)의 핵상 2n, Ff 성염색체 -> Ff의 합이 2이므로 Ff는 X염색체 위에있고 (라)는 여자의 세포
3. (다)가 Ff를 가지지 않으므로 남자의 세포, 나머지 (가)는 여자의 세포

## DNA의 존재 여부

DNA상대량에 초점이 맞춰진 유형이 아닌, DNA의 유/무에 초점이 맞춰진 유형이다.

그래도 결국 DNA상대량 유형에서 변형되어 출제된 문항이다.

1단계와 2단계는 DNA의 유무엔 차이가 없고, 3단계와 4단계또한 DNA의 유무엔 차이가 없다.

그러므로 DNA의 유/무를 해석하는 경우 1단계-2단계를 구분하는 것은 의미가 없고, 3단계-4단계를 구분하는 것 또한 의미가 없다.

결국 단계에 대한 해석보단 **핵상을 판단하는 것이 중요하다.**

### 1. 핵상 판단

이형 접합을 찾아보자.

|    |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|
|    | A | a | B | b | D | d |
| 유무 | O | O | X | O | O | X |

이러한 특징을 가지고 있다면, A와 a를 모두 가지므로 핵상이 2n이라고 할 수 있다.

아래와 같이 모든 대립유전자 쌍이 무작위적으로 주어지는 상황에선 (AaBbDd각각이 1~6중 하나)

|    |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|
|    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 유무 | X | O | O | O | X | O |

적어도 한 쌍의 대립유전자가 이형접합인 상태이므로, 이런 상황에서도 핵상이 2n임을 결정지을 수 있다.

또, 우리가 이미 배웠던 세포 비교를 통해 핵상이 n인 세포를 찾아낼 수 있다. (I~IV는 한 개체의 세포)

|     |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|
|     | A | a | B | b |
| I   | O | X | O | X |
| II  | X | O | O | ? |
| III | O | X | ? | O |
| IV  | O | ? | O | ? |

I과 II를 비교했을 때 I은 a가 없고, II는 A가 없으므로 I과 II의 핵상이 n으로 결정된다.

III과 II를 비교했을 때 III이 a가 없으므로 III의 핵상이 n으로 결정된다.

IV의 핵상은 결정지을 수 없다.



## 2. 대립유전자 판단

사람의 유전 형질 @는 2쌍의 대립 유전자 E와 e, F와 f에 의해 결정되며, E와 e는 9번 염색체에, F와 f는 X 염색체에 존재한다. 표는 사람 I의 세포 (가)~(다)와 사람 II의 세포 (라)~(바)에서 유전자 ㉠~㉡의 유무를 나타낸 것이다. ㉠~㉡은 E, e, F, f를 순서 없이 나타낸 것이다.

| 유전자 | I의 세포 |     |     | II의 세포 |     |     |
|-----|-------|-----|-----|--------|-----|-----|
|     | (가)   | (나) | (다) | (라)    | (마) | (바) |
| ㉠   | ○     | ○   | ○   | ○      | ○   | ×   |
| ㉡   | ○     | ○   | ×   | ○      | ×   | ○   |
| ㉢   | ○     | ×   | ○   | ×      | ×   | ×   |
| ㉣   | ×     | ×   | ×   | ○      | ×   | ○   |

(○: 있음, ×: 없음)

이 문항처럼, 대립유전자에 대한 정보를 무작위적으로 주는 경우가 대부분이다.

이 경우 대립유전자를 명확하게 찾아낼 수는 없다. 우리는 대립유전자를 짝지어 줄 것이다.

짝짓는 논리 : 핵상이 n인 세포에서 동시에 존재하는 유전자는 서로 대립유전자일 수 없다.

세포비교를 통해 핵상이 n인 세포를 찾아내고, 그 세포가 가지는 유전자의 유무를 통해 대립유전자 쌍을 찾아준다.

위의 문항에서 (나)와 (다), (마), (바)의 세포가 핵상이 n이다. 이 때 (나)에서 ㉠-㉡이 동시에 존재하므로 서로 대립유전자가 아니고, (다)에서 ㉠-㉢이 동시에 존재하므로 대립유전자가 아니다. 그러므로 ㉠은 ㉢과 대립유전자여야 하고, ㉡은 ㉣과 대립유전자이다.

## 3. 유전자의 성/상 판단

대립유전자 쌍을 찾았다면, 이 유전자가 성염색체에 있는지 상염색체에 있는지 판단하자.

우리가 DNA상대량의 양과 합을 모르니 DNA상대량의 합을 이용하는 정보는 사용할 수 없다.

우리는 두 대립유전자가 전부 존재하지 않는 유전자에 주목할 것이다.

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | A | a |
| I | X | X |

이러한 정보를 나타내는 유전자는 성염색체에 존재한다.

두 대립유전자가 전부 없다는건 대립유전자의 합이 0이라는 것이고, 어떤 단계에서든 합이 0인 유전자는 성염색체 위에 있기 때문이다.

이렇게 성염색체 위의 유전자를 판단했다면 X에 있는지 Y에 있는지 판단해야 하는데, 보통 성염색체 위의 유전자를 이형접합으로 가지는 세포를 제시하여 알려준다.

성염색체위의 대립유전자를 이형접합으로 가지기 위해선 그 세포는 여자이고 성염색체는 X로 결정되기 때문이다.

문제 풀이

사람의 유전 형질 ④는 2쌍의 대립 유전자 E와 e, F와 f에 의해 결정되며, E와 e는 9번 염색체에, F와 f는 X 염색체에 존재한다. 표는 사람 I의 세포 (가)~(다)와 사람 II의 세포 (라)~(바)에서 유전자 ①~④의 유무를 나타낸 것이다. ①~④은 E, e, F, f를 순서 없이 나타낸 것이다.

| 유전자 | I의 세포 |     |     | II의 세포 |     |     |
|-----|-------|-----|-----|--------|-----|-----|
|     | (가)   | (나) | (다) | (라)    | (마) | (바) |
| ①   | ○     | ○   | ○   | ○      | ○   | ×   |
| ②   | ○     | ○   | ×   | ○      | ×   | ○   |
| ③   | ○     | ×   | ○   | ×      | ×   | ×   |
| ④   | ×     | ×   | ×   | ○      | ×   | ○   |

(○: 있음, ×: 없음)

(가)가 4개중 3개의 유전자를 가지므로 2n이다. (나)와 (다)는 핵상이 n이다. (나)에 의해 [①-③]은 서로 대립유전자가 아니고, (다)에 의해 [①-④]도 대립유전자가 아니므로, ①은 ④과 대립유전자 관계이고, ②은 ③과 대립유전자 관계이다.

(라)가 4개중 3개의 유전자를 가지므로 2n이다. (마)와 (바)는 핵상이 n이다. (마)가 가지는 ①은 상염색체이므로 [①-④]이 Ee이고, [②-③]이 Ff(X염색체)임을 알 수 있다. 또, II가 남자의 세포임을 알 수 있다.

표는 같은 종인 동물(2n=6) I의 세포 (가)와 (나), II의 세포 (다)와 (라)에서 유전자 ①~④의 유무를, 그림은 세포 A와 B 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. 이 동물 종의 특정 형질은 2쌍의 대립 유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정되며, ①~④은 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이다. A와 B는 각각 I과 II의 세포 중 하나이고, I과 II의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.

| 유전자 | I의 세포 |     | II의 세포 |     |
|-----|-------|-----|--------|-----|
|     | (가)   | (나) | (다)    | (라) |
| ①   | ×     | ○   | ×      | ×   |
| ②   | ×     | ×   | ×      | ○   |
| ③   | ○     | ○   | ×      | ○   |
| ④   | ○     | ○   | ○      | ×   |

(○: 있음, ×: 없음)

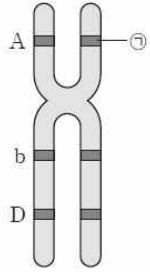


각 세포에서 유전자의 유무를 보고 파악할 수 있는 것들을 최대한 파악해보자.

# I.

2015(10월)

그림은 유전자형이 AaBbDD인 사람이 가지고 있는 염색체 중 하나를, 표는 이 사람의 세포 (가) ~ (다)에 들어 있는 대립 유전자 a, B, D의 DNA 상대량을 나타낸 것이다.



| 세포  | DNA 상대량 |   |   |
|-----|---------|---|---|
|     | a       | B | D |
| (가) | 1       | 1 | 2 |
| (나) | 0       | ⓐ | 2 |
| (다) | ⓑ       | 2 | 2 |

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

### [ 보기 ]

- ㄱ. ⓐ는 a이다.
- ㄴ. ⓑ-ⓐ=2이다.
- ㄷ. (나)와 (다)는 핵상이 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

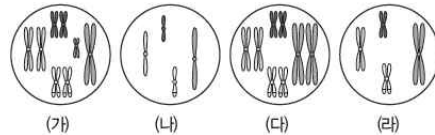
**Comment.** DNA상대량 2와 1이 함께있는 세포

(가)의 핵상은 2n, (다)의 핵상은 n이다.

# 2.

2015(9월) ★평가원★

어떤 동물(2n=8)에서 몸 색깔은 한 쌍의 대립 유전자 H나 h에 의해 결정되며 몸 색깔에 대한 유전자형은 Hh이다. 이 동물의 세포 A가 분열하여 세포 B가, 세포 B가 분열하여 세포 C가 형성되었다. 세포 C로부터 형성된 정자가 난자와 수정되어 수정란 D가 형성되었으며 이 정자와 난자는 몸 색깔에 대한 동일한 대립 유전자를 가진다. 그림의 세포 (가) ~ (라)는 각각 A ~ D 중 하나이며, 표는 A ~ D가 갖는 대립 유전자 H와 h의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. H 1개와 h 1개의 DNA 상대량은 같다.



| 세포 | DNA 상대량 |   |
|----|---------|---|
|    | H       | h |
| A  | 2       | 2 |
| B  | 2       | 0 |
| C  | 1       | ⓐ |
| D  | ⓑ       | ⓒ |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 이 동물 수컷의 성염색체는 XY이고 암컷의 성염색체는 XX이며 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

### [ 보기 ]

- ㄱ. ⓐ+ⓑ-ⓒ=4이다.
- ㄴ. 세포 1개당  $\frac{\text{염색체 수}}{\text{H의 DNA 상대량}}$  는 (나)가 (다)의 2배이다.
- ㄷ. (라)는 (다)가 분열하여 형성된 세포이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**Comment.** 정자는 남자의 생식세포이다.

(가) -> (라) -> (나)

(나)와 난자가 수정되어 (다)가 형성되었다.

### 3.

2016(3월)

표는 유전자형이 Aa인 어떤 동물의 세포 ㉠~㉣이 갖는 대립 유전자 A와 a의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠은 G<sub>1</sub>기 세포이다. A 1개와 a 1개의 DNA양은 같으며, A의 DNA양과 a의 DNA양의 합은 ㉠=㉣>㉡이다.

| 구분      |   | ㉠ | ㉡ | ㉢ | ㉣ |
|---------|---|---|---|---|---|
| DNA 상대량 | A | ? | 1 | ? | ? |
|         | a | ? | ? | ? | 2 |

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

#### [ 보기 ]

- ㄱ. ㉠은 ㉣의 분열 결과 생성된 것이다.
- ㄴ. ㉠~㉣에서 모두 2가 염색체가 관찰되지 않는다.
- ㄷ. 세포 1개당  $\frac{\text{DNA양}}{\text{염색체 수}}$  은 ㉡과 이 동물의 감수 1분열 중기 세포가 같다.

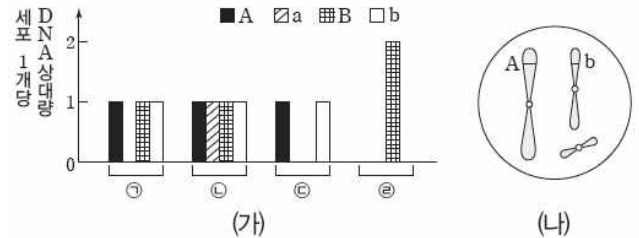
- ① ㄴ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

**Comment.** 유전자형이 제시된 상태의 DNA상대량 표

### 4.

2016(수능) ★평가원★

그림 (가)는 같은 종인 동물(2n=6) I과 II의 세포 ㉠ ~ ㉣이 갖는 유전자 A, a, B, b의 DNA 상대량을, (나)는 ㉠ ~ ㉣ 중 어떤 세포에 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. A는 a와 대립 유전자이며, B는 b와 대립 유전자이다. ㉠은 I의 세포이고, ㉡은 II의 세포이다. ㉢과 ㉣은 각각 I과 II의 세포 중 하나이다. I과 II의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않는다.)

#### [ 보기 ]

- ㄱ. (나)는 ㉠의 염색체를 나타낸 것이다.
- ㄴ. ㉢은 II의 세포이다.
- ㄷ. ㉢로부터 형성된 생식 세포가 다른 생식 세포와 수정되어 태어난 자손은 항상 수컷이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

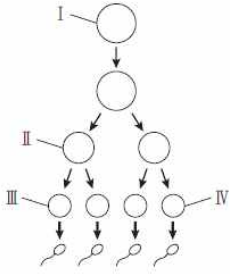
**Comment.** 성염색체에 있는 대립유전자가 보인다.

Aa가 성염색체 위에 있음이 자명한데.. 왜?

5.

2017(9월) ★평가원★

그림은 유전자형이 EEffGg인 어떤 동물의 세포 I로부터 정자가 형성되는 과정을, 표는 세포 ㉠ ~ ㉤의 세포 1개당 대립 유전자 E, f, g의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. F는 f와 대립 유전자이며, G는 g와 대립 유전자이다. I ~ IV는 각각 ㉠ ~ ㉤ 중 하나이다.



| 세포 | DNA 상대량 |   |   |
|----|---------|---|---|
|    | E       | f | g |
| ㉠  | 2       | ㉠ | 1 |
| ㉡  | 1       | ㉡ | 1 |
| ㉢  | 1       | 1 | ㉢ |
| ㉣  | 2       | ㉣ | 2 |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, E, F, f, G, g 각각의 1개당 DNA 상대량은 같고, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. ㉢는 III이다.
- ㄴ. ㉠+㉡=㉢+㉣이다.
- ㄷ. 세포 1개당  $\frac{\text{E의 DNA 상대량}}{\text{F의 DNA 상대량}+\text{G의 DNA 상대량}}$  은 ㉠이 IV의 2배이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment.      각 단계의 특징

2, 3단계는 DNA상대량을 홀수로 가질 수 없고, 4단계는 DNA상대량을 2이상 가질 수 없다.

6.

2018(6월) ★평가원★

어떤 동물의 유전 형질 ㉠은 3 쌍의 대립 유전자 D와 d, E와 e, F와 f에 의해 결정된다. 표는 이 동물에서 개체 I과 II의 세포 (가)~(라)가 갖는 유전자 D, d, E, e, F, f의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. (가)~(라) 중 2개는 I의 세포이고, 나머지 2개는 II의 세포이다. I은 암컷이며 성염색체가 XX, II는 수컷이며 성염색체가 XY이다.

| 세포  | DNA 상대량 |   |   |   |   |   |
|-----|---------|---|---|---|---|---|
|     | D       | d | E | e | F | f |
| (가) | 2       | ? | ㉠ | 0 | ? | ? |
| (나) | 1       | 0 | 1 | 1 | 0 | ? |
| (다) | ㉡       | ? | 0 | 1 | 0 | 0 |
| (라) | ㉢       | 0 | 1 | ? | 1 | 1 |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, D, d, E, e, F, f 각각의 1개당 DNA 상대량은 같다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. ㉠+㉡+㉢=5이다.
- ㄴ. I의 형질 ㉠에 대한 유전자형은 DDEeFf이다.
- ㄷ. II에서 D와 f는 서로 다른 염색체에 존재한다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Comment.      DNA상대량 대표문항

- 1. 핵상 판단
- 2. 성염색체에 있는 유전자 찾기

7.

2019(6월) ★평가원★

사람의 유전 형질 ㉔는 2쌍의 대립유전자 E와 e, F와 f에 의해 결정되며, E와 e는 9번 염색체에, F와 f는 X 염색체에 존재한다. 표는 사람 I의 세포 (가)~(다)와 사람 II의 세포 (라)~(바)에서 유전자 ㉔~㉞의 유무를 나타낸 것이다. ㉔~㉞은 E, e, F, f를 순서 없이 나타낸 것이다.

| 유전자 | I의 세포 |     |     | II의 세포 |     |     |
|-----|-------|-----|-----|--------|-----|-----|
|     | (가)   | (나) | (다) | (라)    | (마) | (바) |
| ㉔   | ○     | ○   | ○   | ○      | ○   | ×   |
| ㉕   | ○     | ○   | ×   | ○      | ×   | ○   |
| ㉖   | ○     | ×   | ○   | ×      | ×   | ×   |
| ㉗   | ×     | ×   | ×   | ○      | ×   | ○   |

(○:있음, ×:없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. ㉔은 ㉞의 대립유전자이다.
- ㄴ. (라)에는 Y 염색체가 있다.
- ㄷ. I의 ㉔에 대한 유전자형은 EeFf이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment.

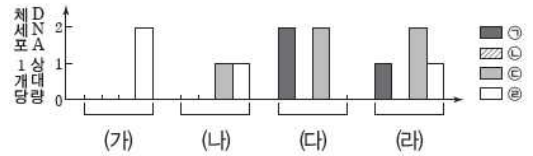
대립유전자의 유무

(가)의 핵상과 (라)의 핵상이 2n인 이유는 무엇일까?  
그리고 (마)가 의미하는 것은 무엇일까?

8.

2019(수능) ★평가원★

어떤 동물 종(2n=6)의 유전 형질 ㉔는 2쌍의 대립 유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정된다. 그림은 이 동물 종의 세포 (가)~(라)가 갖는 유전자 ㉔~㉞의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. 이 동물 종의 개체 I에서는 ㉔~㉞의 DNA 상대량이 (가), (나), (다)와 같은 세포가, 개체 II에서는 ㉔~㉞의 DNA 상대량이 (나), (다), (라)와 같은 세포가 형성된다. ㉔~㉞은 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이다. 이 동물 종의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, (가)와 (다)는 중기의 세포이다. H, h, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 같다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. ㉔은 ㉞과 대립 유전자이다.
- ㄴ. (가)와 (다)의 염색 분체 수는 같다.
- ㄷ. 세포 1개당  $\frac{X \text{ 염색체 수}}{\text{상염색체 수}}$ 는 (라)가 (나)의 2배이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Comment.

성별을 알아내자.

성별을 파악하기 위해선 유전자가 성염색체 유전인지 상염색체 유전인지 판별해야 한다.

9.

2018(10월)

다음은 어떤 동물(2n=4)에 대한 자료이다.

- 수컷의 성염색체는 XY이고, 암컷의 성염색체는 XX이다.
- 표는 이 동물 두 개체의 세포 (가)~(마)가 갖는 유전자 A, a, B, b, D, d의 DNA 상대량을 나타낸 것이다.

| 세포  | DNA 상대량 |   |   |   |   |   |
|-----|---------|---|---|---|---|---|
|     | A       | a | B | b | D | d |
| (가) | 1       | ? | 1 | 1 | ⊖ | 0 |
| (나) | 2       | ? | ⊖ | 0 | 0 | 0 |
| (다) | 0       | ? | 0 | 2 | 0 | ? |
| (라) | ?       | 0 | 1 | 1 | ⊕ | 1 |
| (마) | 0       | ? | 2 | 0 | ? | ? |

- A, B, D는 각각 상염색체, X 염색체, Y 염색체 중 하나에 존재하며, 서로 다른 염색체에 존재한다.
- A는 a와, B는 b와, D는 d와 대립 유전자이다.
- (가)는 수컷의 세포이며, (나)~(마) 중 수컷과 암컷의 세포는 각각 2개이다.

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, a, B, b, D 각각의 1개당 DNA 상대량은 같고, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. ⊖+⊕+⊕=4이다.
- ㄴ. A는 Y 염색체에 존재한다.
- ㄷ. (마)의  $\frac{X \text{ 염색체 수}}{\text{상염색체 수}} = 1$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

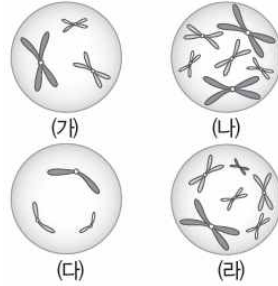
**Comment.** X염색체와 Y염색체는 상동염색체이다.

남자의 핵상이 n인 세포에는 X염색체 또는 Y염색체중 하나는 꼭 존재해야만 한다.

10.

2019(9월) ★평가원★

그림은 같은 종인 동물(2n=6) I과 II의 세포 (가)~(라) 각각에 들어 있는 모든 염색체를, 표는 세포 A~D가 갖는 유전자 H, h, T, t의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 I의 난자 형성 과정에서 나타나는 세포이며, (라)는 (다)로부터 형성된 난자가 정자 ⊕와 수정되어 태어난 II의 세포이다. I의 특정 형질에 대한 유전자형은 HhTt이고, H는 h와 대립 유전자이며, T는 t와 대립 유전자이다. 이 동물의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이며, A~D는 (가)~(라)를 순서 없이 나타낸 것이다.



| 세포 | DNA 상대량 |   |   |   |
|----|---------|---|---|---|
|    | H       | h | T | t |
| A  | 2       | ⊖ | ? | 0 |
| B  | 1       | ? | ⊖ | ? |
| C  | ⊕       | 2 | 2 | 0 |
| D  | 0       | 2 | 2 | 0 |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 같다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. ⊖+⊕+⊕=5이다.
- ㄴ. C는 (가)이다.
- ㄷ. 정자 ⊕는 T를 갖는다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

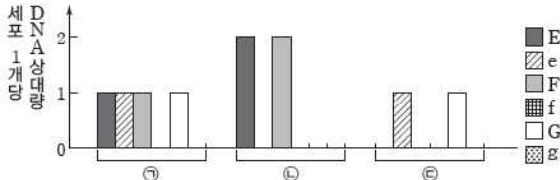
**Comment.** 수정

정자 ⊕와 난자가 수정되어 태어난 아이는 정자 ⊕와 난자가 가지는 대립유전자를 모두 가져야만 한다.

## II.

2019(9월) ★평가원★

사람의 유전 형질 (가)는 대립 유전자 E와 e에 의해, (나)는 대립 유전자 F와 f에 의해, (다)는 대립 유전자 G와 g에 의해 결정된다. (가)~(다) 중 한 가지 형질을 결정하는 유전자는 상염색체에, 나머지 2가지 형질을 결정하는 유전자는 성염색체에 존재한다. 그림은 어떤 사람의 세포 ①~ ③이 갖는 유전자 E, e, F, f, G, g의 DNA 상대량을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, E, e, F, f, G, g 각각의 1개당 DNA 상대량은 같다.)

### [ 보기 ]

- ㄱ. ①에서 F와 G는 연관되어 있다.
- ㄴ. ①과 ③의 핵상은 같다.
- ㄷ. 이 사람의 성염색체는 XX이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

Comment. 성염색체가 X밖에 없나요?

Y염색체도 성염색체랍니다.

## 12.

2019(10월)

표는 유전자형이 DdHhRr인 어떤 동물(2n=6)의 세포 (가)~(다)에서 염색체 ①~④과 유전자 a~d의 유무를 나타낸 것이다. ①~④는 각각 D, d, H, h, R, r 중 하나이며, 3쌍의 대립유전자는 서로 다른 염색체에 있다. (가)~(다)는 모두 중기의 세포이다.

| 구분  | 염색체 |   |   |   | 유전자 |   |   |   |
|-----|-----|---|---|---|-----|---|---|---|
|     | ①   | ② | ③ | ④ | a   | b | c | d |
| (가) | ○   | ○ | ○ | × | ○   | × | ○ | ○ |
| (나) | ×   | × | ? | ○ | ×   | ○ | ? | ○ |
| (다) | ○   | × | ○ | ○ | ×   | × | ○ | ○ |

(○: 있음, ×: 없음)

이에 대한 옳은 설명만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, D는 d와, H는 h와, R는 r와 각각 대립 유전자이다.)

### [ 보기 ]

- ㄱ. ①에 ④가 있다.
- ㄴ. (나)에 ③이 있다.
- ㄷ. ①은 ③과 대립유전자이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Comment. 유전자와 염색체의 공통점과 차이점

염색체는 하나라도 없으면 핵상이 n이지만, 유전자는 없어도 핵상이 정해지지 않는다.

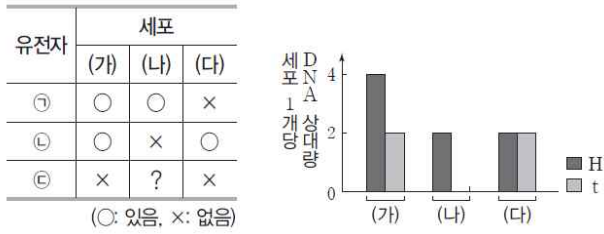
결국 유전자는 세포분열시 염색체가 분열하며 같이 분열한다.



### 13.

2020(수능) ★평가원★

사람의 유전 형질 ㉠은 2쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정된다. 표는 어떤 사람의 난자 형성 과정에서 나타나는 세포 (가)~(다)에서 유전자 ㉠~㉡의 유무를, 그림은 (가)~(다)가 갖는 H와 t의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. (가)~(다)는 중기의 세포이고, ㉠~㉡은 h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)

#### [ 보기 ]

- ㄱ. ㉡은 T이다.
- ㄴ. (나)와 (다)의 핵상은 같다.
- ㄷ. 이 사람의 ㉠에 대한 유전자형은 HhTt이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄱ, ㄷ

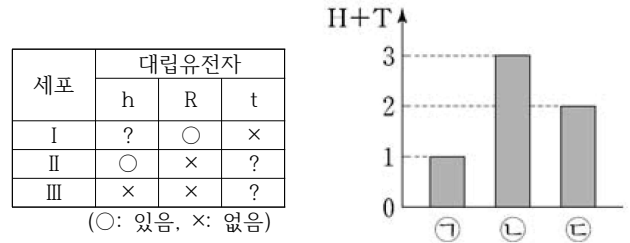
#### Comment.      기본적인 문항

핵상 파악, 대립 유전자 파악

### 14.

2021(수능) ★평가원★

사람의 유전 형질 ㉠은 3쌍의 대립유전자 H와 h, R와 r, T와 t에 의해 결정되며, ㉡의 유전자는 서로 다른 3개의 상염색체에 있다. 표는 사람 (가)의 세포 I~III에서 h, R, t의 유무를, 그림은 세포 ㉠~㉡의 세포 1개당 H와 T의 DNA 상대량을 더한 값(H+T)을 각각 나타낸 것이다. ㉠~㉡은 I~III을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이는 고려하지 않으며, H, h, R, r, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.) [3점]

#### [ 보기 ]

- ㄱ. (가)에는 h, R, t를 모두 갖는 세포가 있다.
- ㄴ. II는 ㉡이다.
- ㄷ. III의  $\frac{T \text{의 DNA 상대량}}{H \text{의 DNA 상대량} + r \text{의 DNA 상대량}} = 1$ 이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

#### Comment.      DNA상대량의 합이 주어졌다면?

Case분류를 하자.

3이라는 숫자는 0+3, 1+2 중 하나일텐데.. 0+3이 가능한 숫자인가?

### 15.

2022(수능) ★평가원★

사람의 유전 형질 (가)는 2쌍의 대립유전자 H와 h, R과 r에 의해 결정되며, (가)의 유전자는 7번 염색체와 8번 염색체에 있다. 그림은 어떤 사람의 7번 염색체와 8번 염색체를, 표는 이 사람의 세포 I~IV에서 염색체 ㉠~㉢의 유무와 H와 r의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 염색체 ㉠~㉢을 순서 없이 나타낸 것이다.

| 세포  | 염색체 |   |   | DNA 상대량 |   |
|-----|-----|---|---|---------|---|
|     | ㉠   | ㉡ | ㉢ | H       | r |
| I   | ×   | ○ | ? | 1       | 1 |
| II  | ?   | ○ | ○ | ?       | 1 |
| III | ○   | × | ○ | 2       | 0 |
| IV  | ○   | ○ | × | ?       | 2 |

(○: 있음, ×: 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, R, r 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.) (3점)

**[ 보기 ]**

- ㄱ. I과 II의 핵상은 같다.
- ㄴ. ㉡과 ㉢은 모두 7번 염색체이다.
- ㄷ. 이 사람의 유전자형은 HhRr이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

**Comment.** 유전자는 염색체 위에 있다.

유전자의 유무는.. 그 유전자가 존재하는 염색체의 유무를 확인하면 알 수 있다.

### 16.

2019(6월) ★평가원★

사람의 유전 형질 ㉠은 2쌍의 대립유전자 E와 e, F와 f에 의해 결정되며, E와 e는 9번 염색체에, F와 f는 X 염색체에 존재한다. 표는 사람 I의 세포 (가)~(다)와 사람 II의 세포 (라)~(바)에서 유전자 ㉠~㉢의 유무를 나타낸 것이다. ㉠~㉢은 E, e, F, f를 순서 없이 나타낸 것이다.

| 유전자 | I의 세포 |     |     | II의 세포 |     |     |
|-----|-------|-----|-----|--------|-----|-----|
|     | (가)   | (나) | (다) | (라)    | (마) | (바) |
| ㉠   | ○     | ○   | ○   | ○      | ○   | ×   |
| ㉡   | ○     | ○   | ×   | ○      | ×   | ○   |
| ㉢   | ○     | ×   | ○   | ×      | ×   | ×   |
| ㉣   | ×     | ×   | ×   | ○      | ×   | ○   |

(○: 있음, ×: 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

**[ 보기 ]**

- ㄱ. ㉠은 ㉢의 대립유전자이다.
- ㄴ. (라)에는 Y 염색체가 있다.
- ㄷ. I의 ㉠에 대한 유전자형은 EeFF이다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄴ                ⑤ ㄴ, ㄷ

**Comment.** 대립유전자의 유무

(가)의 핵상과 (라)의 핵상이 2n인 이유는 무엇일까?  
그리고 (마)가 의미하는 것은 무엇일까?

17.

2021(4월)

표는 사람 A의 세포 ㉠과 ㉡, 사람 B의 세포 ㉢와 ㉣에서 유전자 ㉠~㉣의 유무를 나타낸 것이고, 그림 (가)와 (나)는 각각 정자 형성 과정과 난자 형성 과정을 나타낸 것이다. 사람의 특정 형질은 2쌍의 대립유전자 E와 e, F와 f에 의해 결정되며, ㉠~㉣은 E, e, F, f를 순서 없이 나타낸 것이다. I~IV는 ㉠~㉣을 순서 없이 나타낸 것이다.

| 유전자 | A의 세포 |   | B의 세포 |   |
|-----|-------|---|-------|---|
|     | ㉠     | ㉡ | ㉢     | ㉣ |
| ㉠   | ○     | ○ | ×     | ○ |
| ㉡   | ×     | ○ | ×     | × |
| ㉢   | ○     | ○ | ○     | ○ |
| ㉣   | ×     | × | ×     | ○ |

(○: 있음, x: 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) [3점]

[ 보기 ]

- ㄱ. ㉠은 I이다.
- ㄴ. ㉡은 X 염색체에 있다.
- ㄷ. ㉠은 ㉢의 대립유전자이다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

**Comment.**            **기본적인 문항**

핵상판단, 성별판단.

18.

2022(6월) ★평가원★

다음은 사람 P의 세포 (가)~(다)에 대한 자료이다.

- 유전 형질 ㉠은 2쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정되며, ㉠의 유전자는 서로 다른 2개의 염색체에 있다.
- (가)~(다)는 생식세포 형성 과정에서 나타나는 중기의 세포이다. (가)~(다) 중 2개는 G<sub>1</sub>기 세포 I로부터 형성되었고, 나머지 1개는 G<sub>1</sub>기 세포 II로부터 형성되었다.
- 표는 (가)~(다)에서 대립유전자 ㉠~㉣의 유무를 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이다.

| 대립유전자 | 세포  |     |     |
|-------|-----|-----|-----|
|       | (가) | (나) | (다) |
| ㉠     | X   | X   | ○   |
| ㉡     | ○   | ○   | X   |
| ㉢     | X   | X   | X   |
| ㉣     | X   | ○   | ○   |

(○ : 있음, X: 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.) [3점]

[ 보기 ]

- ㄱ. P에게서 ㉠과 ㉡을 모두 갖는 생식세포가 형성될 수 있다.
- ㄴ. (가)와 (다)의 핵상은 같다.
- ㄷ. I로부터 (나)가 형성되었다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄷ
- ④ ㄱ, ㄷ                ⑤ ㄴ, ㄷ

**Comment.**            **배반성**

동일한 G<sub>1</sub>기 세포로부터 생성된 세포들은 배반성을 만족한다. 만족해야만 한다.

19.

2022(9월) ★평가원★

사람의 유전 형질 (가)는 상염색체에 있는 대립유전자 H와 h에 의해, (나)는 X 염색체에 있는 대립유전자 T와 t에 의해 결정된다. 표는 세포 I~IV가 갖는 H, h, T, t의 DNA 상대량을 나타낸 것이다. I~IV 중 2개는 남자 P의, 나머지 2개는 여자 Q의 세포이다. ㉠~㉣은 0, 1, 2를 순서 없이 나타낸 것이다.

| 세포  | DNA 상대량 |   |   |   |
|-----|---------|---|---|---|
|     | H       | h | T | t |
| I   | ㉠       | 0 | ㉡ | ? |
| II  | ㉢       | ㉣ | 0 | ㉤ |
| III | ?       | ㉥ | ㉦ | ㉧ |
| IV  | 4       | 0 | 2 | ㉨ |

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않으며, H, h, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이다.)(3점)

[ 보기 ]

- ㄱ. ㉢은 2이다.
- ㄴ. II는 Q의 세포이다.
- ㄷ. I이 갖는 t의 DNA 상대량과 III이 갖는 H의 DNA 상대량은 같다.

- ① ㄱ                      ② ㄷ                      ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Comment.      비생명과학적 논리와 생명과학적 논리의 결합

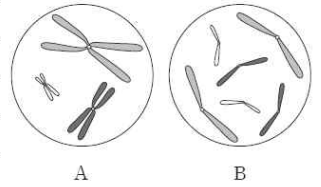
㉠, ㉢, ㉥이 0, 1, 2 무엇으로 정해져도, 세포 III의 핵상은 2n이다.

20.

2020(6월) ★평가원★

표는 같은 종인 동물(2n=6) I의 세포 (가)와 (나), II의 세포 (다)와 (라)에서 유전자 ㉠~㉣의 유무를, 그림은 세포 A와 B 각각에 들어 있는 모든 염색체를 나타낸 것이다. 이 동물 종의 특정 형질은 2쌍의 대립유전자 H와 h, T와 t에 의해 결정되며, ㉠~㉣은 H, h, T, t를 순서 없이 나타낸 것이다. A와 B는 각각 I과 II의 세포 중 하나이고, I과 II의 성염색체는 암컷이 XX, 수컷이 XY이다.

| 유전자 | I의 세포 |     | II의 세포 |     |
|-----|-------|-----|--------|-----|
|     | (가)   | (나) | (다)    | (라) |
| ㉠   | ×     | ○   | ×      | ×   |
| ㉡   | ×     | ×   | ×      | ○   |
| ㉢   | ○     | ○   | ×      | ○   |
| ㉣   | ○     | ○   | ○      | ×   |



(○: 있음, ×: 없음)

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 돌연변이와 교차는 고려하지 않는다.)

[ 보기 ]

- ㄱ. ㉠은 ㉣과 대립유전자이다.
- ㄴ. A는 II의 세포이다.
- ㄷ. (라)에는 X 염색체가 있다.

- ① ㄱ                      ② ㄴ                      ③ ㄱ, ㄷ
- ④ ㄴ, ㄷ                ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

Comment.      OX + 핵형분석

OX문항의 패턴이 보일때가 됐다.  
핵상찾기 + 대립유전자 찾기 + 성별 찾기

빠른 정답

|   |   |    |   |    |   |    |   |
|---|---|----|---|----|---|----|---|
| 1 | ⑤ | 7  | ② | 13 | ② | 19 | ③ |
| 2 | ③ | 8  | ③ | 14 | ② | 20 | ④ |
| 3 | ① | 9  | ⑤ | 15 | ② |    |   |
| 4 | ⑤ | 10 | ① | 16 | ② |    |   |
| 5 | ① | 11 | ② | 17 | ① |    |   |
| 6 | ② | 12 | ⑤ | 18 | ② |    |   |

