



High END

생명과학 1

High-END

단원 1. 신경 전도 Part

4 비교 유형의 풀이법

비교 문항은 ‘총 시간 = $\frac{\text{전도거리}}{\text{전도속도}}$ + 막전위 변화 시간’ 라는 공식의 변수를 상수로 바라보지 않고 변수로서 바라본 것이다.

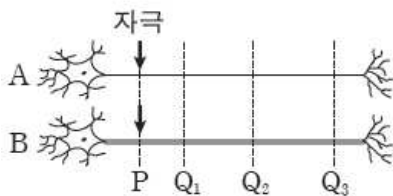
Q. 그렇다면 문항을 어떻게 풀 수 있을까?

A. 비례·반비례로 풀 수 있을 것이다.

→ 비례·반비례로 푼다는 것이 무엇을 의미하는지 다음 예시를 통해 바라보자.

예 비교 문항의 대표적인 예시 1 - 2016년도 수능 9번 문항

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 측정한 막전위를 나타낸 것이다. I~III은 각각 $Q_1 \sim Q_3$ 에서 측정한 막전위 중 하나이다. 흥분의 전도 속도는 A보다 B에서 빠르다.



(가)

신경	t_1 일 때 측정한 막전위 (mV)		
	I	II	III
A	+30	-54	-60
B	-44	-80	+2

(나)

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. III은 Q_3 에서 측정한 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.

해설 - 2016년도 수능 9번 문항

먼저, A의 I, II, III 그리고 B의 I, II, III 에서의 막전위가 다르다. 막전위가 다르다는 것은 막전위 변화 시간이 다르다는 것을 의미한다.

※ 중요

→ 학생들은 이 막전위 값들이 왜 다른지를 의심해봐야 한다.

신경	t_1 일 때 측정된 막전위 (mV)		
	I	II	III
A	+30	-54	-60
B	-44	-80	+2

이 표에서 신경 A, B의 각각의 지점에서는 자극의 전도가 일어나고 있다.

즉, '총 시간 = $\frac{\text{전도거리}}{\text{전도속도}} + \text{막전위 변화 시간}$ ' 이라는 공식이 모든 신경의 모든 지점에서 일어나고 있다는 말이다.

그렇다면, 막전위 값들은 왜 다른 것일까?

① 신경 A의 I, II, III에서의 막전위가 다른 이유를 분석해보자.

이 문항에서 총 시간은 모든 신경, 모든 지점에 대해 t_1 으로 일정하다.

신경 A의 I, II, III은 모두 같은 신경 내에 존재하므로, 전도 속도 또한 일정하다.

신경 A의 지점 I, II, III에서의 전도 상황

• 신경 A의 지점 I에서의 전도

: 총 시간 = $\frac{\text{전도거리}}{\text{전도속도}} + \text{막전위 변화 시간}$

: $t_1 = \frac{P\text{에서 지점 I까지의 거리}}{A\text{의 속도}} + \text{막전위 변화 시간}$

• 신경 A의 지점 II에서의 전도

: 총 시간 = $\frac{\text{전도거리}}{\text{전도속도}} + \text{막전위 변화 시간}$

: $t_1 = \frac{P\text{에서 지점 II까지의 거리}}{A\text{의 속도}} + \text{막전위 변화 시간}$

• 신경 A의 지점 III에서의 전도

: 총 시간 = $\frac{\text{전도거리}}{\text{전도속도}} + \text{막전위 변화 시간}$

: $t_1 = \frac{P\text{에서 지점 III까지의 거리}}{A\text{의 속도}} + \text{막전위 변화 시간}$

신경 A의 지점 I, II, III에서의 전도 상황 분석

- 신경 A의 지점 I에서의 전도

$$: t_1 = \frac{P\text{에서 지점 I까지의 거리}}{A\text{의 속도}} + \text{막전위 변화 시간}$$

- 신경 A의 지점 II에서의 전도

$$: t_1 = \frac{P\text{에서 지점 II까지의 거리}}{A\text{의 속도}} + \text{막전위 변화 시간}$$

- 신경 A의 지점 III에서의 전도

$$: t_1 = \frac{P\text{에서 지점 III까지의 거리}}{A\text{의 속도}} + \text{막전위 변화 시간}$$

Q 막전위가 다른 이유는 무엇 때문일까?

다음과 같은 공식을 만족하는 신경 A의 지점 I, II, III의 막전위는 각각 +30, -54, -60이다. 그렇다면 막전위 값들이 다르게 나오는 이유를 분석해보자.

→ 문제에서 총 시간은 일정하며, 같은 신경이기 때문에 전도 속도도 일정하다.

∴ 막전위가 다르다는 것은 막전위 변화 시간이 다르다는 말이고, 막전위 변화 시간이 위의 3개의 지점에서 다른 이유는 전도 거리 때문이다.

Q 전도 거리로 인해 막전위가 달라졌다면, 전도 거리와 막전위의 관계는 어떻게 되는가?

총 시간과 전도 속도는 현재의 상황에서는 영향을 주지 않기 때문에 사실상 상수로 처리하겠다.

그렇다면, 공식은 '상수 = $\frac{\text{전도거리}}{\text{상수}}$ + 막전위 변화 시간이다.

∴ 전도 거리가 증가한다면, 전도 시간이 증가한다는 것이고 막전위 변화 시간은 감소하게 된다. 그리고 전도 거리가 감소한다면, 전도 시간이 감소한다는 것이고 막전위 변화 시간은 증가하게 된다. 그렇다면, 막전위 변화 그래프 상에서 오른쪽에 있다는 말과 동일하다.

그렇다면 이 논리를 조금 더 효과적으로 사용하기 위해서는 어떻게 해야할까?

→ 전도 거리와 막전위 변화 시간라는 두 변수 사이의 관계를 암기하면 된다.

단, 총 시간과 전도 속도는 상수임을 꼭 확인하고 사용하길 바란다.

✓ 거리가 짧다면, 막전위 그래프에서 오른쪽에 존재한다는 말이다. (필요 충분 조건)

✓ 거리가 길다면, 막전위 그래프에서 왼쪽에 존재한다는 말이다. (필요 충분 조건)

그렇다면, 막전위 값들은 왜 다른 것일까?

② 신경 A와 B에서 지점 I의 막전위가 다른 이유를 분석해보자.

이 문항에서 총 시간은 모든 신경, 모든 지점에 대해 t_1 으로 일정하다.

신경 A와 B의 I에서는 자극 준 지점도 같고 막전위를 관찰하는 지점도 동일하기 때문에 거리 또한, 같다.

신경 A와 B의 지점 I에서의 전도 상황 분석

• 신경 A의 지점 I에서의 전도

$$: t_1 = \frac{P\text{에서 지점 } I\text{까지의 거리}}{A\text{의 속도}} + \text{막전위 변화 시간}$$

• 신경 B의 지점 I에서의 전도

$$: t_1 = \frac{P\text{에서 지점 } I\text{까지의 거리}}{B\text{의 속도}} + \text{막전위 변화 시간}$$

Q 막전위가 다른 이유는 무엇 때문일까?

다음과 같은 공식을 만족하는 신경 A와 B의 지점 I의 막전위는 각각 +30, -44이다. 그렇다면 막전위 값들이 다르게 나오는 이유를 분석해보자.

→ 문제에서 총 시간은 일정하며, 자극 준 지점에서 지점 I까지의 거리도 동일하다.

∴ 막전위가 다르다는 것은 막전위 변화 시간이 다르다는 말이고, 막전위 변화 시간이 두 개의 신경에서 다른 이유는 전도 속도 때문이다.

Q 전도 속도로 인해 막전위가 달라졌다면, 전도 속도와 막전위의 관계는 어떻게 되는가?

총 시간과 전도 속도는 현재의 상황에서는 영향을 주지 않기 때문에 사실상 상수로 처리하겠다.

그렇다면, 공식은 '상수 = $\frac{\text{상수}}{\text{전도 속도}} + \text{막전위 변화 시간}$ 이다.

∴ 전도 속도가 증가하면, 전도 시간이 감소하고 그에 따라, 막전위 변화 시간이 증가하므로 막전위 그래프 상에서 오른쪽에 있다.

그렇다면 이 논리를 조금 더 효과적으로 사용하기 위해서는 어떻게 해야할까?

→ 전도 속도와 막전위 변화 시간라는 두 변수 사이의 관계를 암기하면 된다.

단, 총 시간과 전도 거리는 상수임을 꼭 확인하고 사용하길 바란다.

✓ 속도가 빠르다면, 막전위 그래프에서 오른쪽에 존재한다는 말이다. (필요 충분 조건)

✓ 속도가 느리다면, 막전위 그래프에서 왼쪽에 존재한다는 말이다. (필요 충분 조건)

해설 - 2016년도 수능 9번 문항

<Step - 1> 문항의 유형 판단

비교 문항 - 변수 : 거리 + 속도

<Step - 2> 공식에 따른 주어진 조건 정리 + 특수한 조건 정리

총 시간 일정 (t_1), 속도 : $A < B$, 거리 : $Q_1 < Q_2 < Q_3$

<Step - 3> Logic 적용

-80 : 비교 or 대입 모두 특수한 지점의 가능성 매우 높음, 다른 지점들보다 막전위 그래프 상에서 오른쪽에 존재할 확률도 매우 높음

신경	t_1 일 때 측정된 막전위 (mV)		
	I	II	III
A	+30	-54	-60
B	-44	-80	+2

Logic 1. 속도 비교

-44는 +30보다 오른쪽에 존재하며, -80은 -54보다 오른쪽에 존재하고 +2는 -60보다 오른쪽에 있어야 한다.

∴ -44는 재분극의 -44이고, -60은 탈분극의 -60이다.

Logic 2. 거리 비교

신경 A : +30, -54, -60(탈분극) 중 오른쪽에 있는 지점이 자극 준 지점에서 거리가 가까운 것이다.

→ +30이 -60(탈분극)보다 오른쪽에 있다.

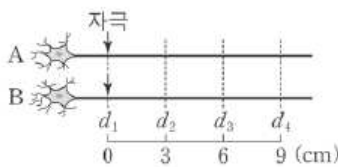
신경 B : -44(재분극), -80, +2 중 오른쪽에 있는 지점이 자극 준 지점에서 거리가 가까운 지점이다.

→ -80이 가장 오른쪽, -44(재분극)가 그 다음, 그리고 마지막으로 +2이다.

∴ II = Q_1 , I = Q_2 , III = Q_3 이다.

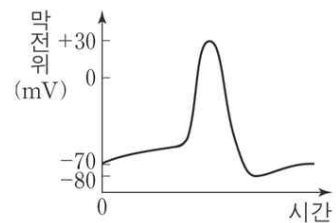
예 비교 문항의 대표적인 예시 2 - 2017년도 수능 19번 문항

○ 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 측정한 막전위를 나타낸 것이다. I~III은 각각 $d_1 \sim d_3$ 에서 측정한 막전위 중 하나이고, IV는 d_4 에서 측정한 막전위이다.



신경	t_1 일 때 측정한 막전위(mV)			
	I	II	III	IV
A	-55	-80	+30	-65
B	-20	-80	-10	⊖

- A와 B에서 흥분의 전도 속도는 각각 2cm/ms, 3cm/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, A와 B에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70mV이다.) [3점]

<보기>

- ㄱ. III은 d_2 에서 측정한 막전위이다.
- ㄴ. t_1 일 때, A의 d_3 에서의 막전위와 ⊖은 같다.
- ㄷ. t_1 일 때, B의 d_3 에서 Na^+ 이 세포 안으로 유입된다.

해설 - 2017년도 수능 19번 문항

<Step - 1> 문항의 유형 판단

비교 문항 - 변수 : 거리 + 속도

<Step - 2> 공식에 따른 주어진 조건 정리 + 특수한 조건 정리

총 시간 일정 (t_1), 속도 : $A < B$, 거리 : 0cm, 3cm, 6cm, 9cm

특수한 조건 : $IV = d_4$

<Step - 3> Logic 적용

신경	t_1 일 때 측정된 막전위(mV)			
	I	II	III	IV
A	-55	-80	+30	-65
B	-20	-80	-10	㉠

Logic 1. 속도 비교

A의 -55보다 B의 -20이 오른쪽에 존재해야한다.

→ A의 -55는 탈분극이다.

A의 +30보다 B의 -10이 더 오른쪽에 존재해야한다.

→ B의 -10은 재분극이다.

Logic 2. 거리 비교

신경 A : -55(탈분극), -80, +30, -65 중 문항의 조건에 의해, -65는 d_4 로 결정, 남은 -55(탈분극), -80, +30 중에서는 -80이 가장 오른쪽, +30이 그 다음 그리고 마지막으로 -55(탈분극)이다.

그렇다면, $I = d_3$, $II = d_1$, $III = d_2$, $IV = d_4$ 이다.

심화 분석 - 2017년도 수능 19번 문항

✓ ‘막전위가 같다. = 막전위 변화 시간이 같다.’일까 ?

→ 그럴수도 있고, 아닐수도 있다.

막전위가 같으려면 어떻게 해야될까?

① 막전위 변화 시간이 같아야한다.

② 이 그래프는 일대일 대응 그래프가 아니기 때문에 어떠한 막전위에 대해 막전위가 같을 수 있는 막전위 변화 시간이 2개가 나올 수도 있다.

∴ 무조건 막전위가 같다는 것을 막전위 변화 시간이 같다고 문항을 푸는 것은 잘못된 것이다.

막전위가 같은 점이 제시된다면, 막전위 변화 시간이 같을 가능성을 의심해보는 것이다.

✓ 그렇다면, 막전위 변화 시간이 같으려면 어떻게 되어야할까?

막전위 변화 시간이 같다는 것은 “ 총 시간 - 전도 시간 = 총 시간 - $\frac{\text{전도거리}}{\text{전도속도}}$ = 일정 ”이라는 것이다.

지금과 같은 총 시간이 일정한 문제에서는, 경우의 수가 다음과 같이 나뉜다.

Case 1. 전도 거리가 0이다. (거리 0)

Case 2. 거리와 속도의 비가 일정하다. (거리와 속도 비율이 일정, $\frac{\text{전도거리}}{\text{전도속도}} = K$)

Case 3. 거리가 같고, 속도가 같다. (대칭성)

막전위 변화 시간이 같을 수 있는 경우

✓ 막전위 변화 시간이 같은 Case 1.

- 총 시간 = 전도 시간 + 막전위 변화 시간

$$\text{총 시간} = \frac{\text{전도거리}}{\text{전도속도}} + \text{막전위 변화 시간}$$

※ 자극 준 지점 (출발점) = 관찰 지점 (도착점) : 거리 0

$$\rightarrow \text{총 시간 (일정)} = \frac{0}{\text{전도속도}} + \text{막전위 변화 시간} = \text{막전위 변화 시간}$$

✓ 막전위 변화 시간이 같은 Case 2.

- 총 시간 = 전도 시간 + 막전위 변화 시간

$$\text{총 시간} = \frac{\text{전도거리}}{\text{전도속도}} + \text{막전위 변화 시간}$$

※ $\frac{\text{전도거리}}{\text{전도속도}} = K$ 로 일정.

$$\rightarrow \text{총 시간} = K + \text{막전위 변화 시간}$$

✓ 막전위 변화 시간이 같은 Case 3.

- 총 시간 = 전도 시간 + 막전위 변화 시간

$$\text{총 시간} = \frac{\text{전도거리}}{\text{전도속도}} + \text{막전위 변화 시간}$$

※ 속도가 같은 신경에서 거리가 같은 경우

→ 자극 준 지점에서부터 같은 거리만큼 떨어져있다면, 대칭성 고려해야한다.