

생명과학 I 수능 주제별 칼럼

막전위의 12가지 도구

저자 : 오르비 '인센디움'

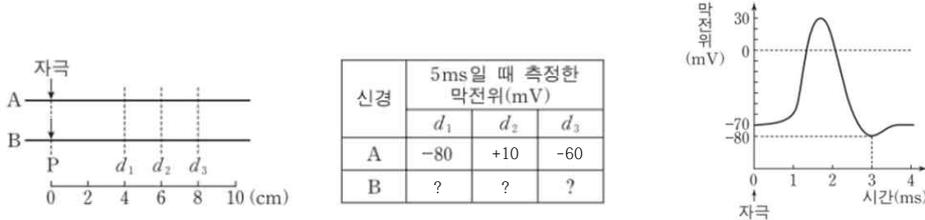
① 막전위 측정 도구

1. 총시간 = 앞시간 (뉴런 상에서 이동하는 시간) + 뒷시간 (막전위 그래프를 따라가는 시간)

앞시간은 $\frac{\text{뉴런에서 떨어진 거리}}{\text{뉴런의 전도 속도}}$ 로 구할 수 있다.

뒷시간은 막전위 그래프를 읽으면 알 수 있다.

2. 막전위 그래프에서 뒤에 있는 지점일수록 뉴런에서는 자극 지점에 가까이 있다.



B에 대해서는 전혀 모르므로 A만 보자.

A의 d1 지점에서 막전위가 -80이므로 뒷시간은 3ms이다.

그러므로 앞시간은 2ms이고, 뉴런에서 떨어진 거리는 4cm이므로 A의 전도 속도는 2cm/ms이다.

d1이 막전위 그래프에서 가장 뒤에 있고, 뉴런에서는 자극 지점에 가까이 있다.

3. 표가 나오면 경우의 수가 1가지인 -80, +30을 먼저 봐야 한다.

그런데 -80, +30 둘 다 있으면 +30보다 -80을 먼저 보도록 한다.

+0, -60 등 다른 지점은 경우의 수가 2가지이다. (막전위가 올라가는 점은 ↑로 표시 / 막전위가 내려가는 점은 ↓로 표시)

-70은 경우의 수가 3가지나 되기 때문에 나중에 본다.

신경	t ₁ 일 때 측정된 막전위(mV)			
	I	II	III	IV
A	-55	-80	+30	-65
B	-20	-80	-10	⊖

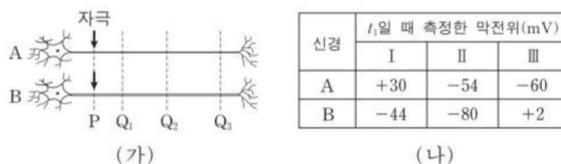
이 표에서는 II의 -80 두 개를 먼저 봐야 하고, 이것에 대한 해석이 끝나면 III의 +30으로 넘어가는 것이 좋다.

4. 전도 속도가 다른 뉴런이 나오면 반드시 부등호 표시를 한다.

부등호 표시를 하고, 세로 비교를 하면 낮은 막전위가 ↑, ↓ 중 어떤 것인지 알 수 있다.

세로 비교가 끝나면 가로 비교를 한다.

9. 그림 (가)는 민말이집 신경 A와 B를, (나)는 A와 B의 P지점에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 일정 시간이 지난 후 t₁일 때 세 지점 Q₁~Q₃에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다. I~III은 각각 Q₁~Q₃에서 측정된 막전위 중 하나이다. 흥분의 전도 속도는 A보다 B에서 빠르다.



위의 문제에서 A보다 B의 속도가 빠르므로 's'라는 부등호 표시를 I, II, III의 A와 B 사이 공간에 모두 해 주자.

그러면 B의 -44가 ↓이고, A의 -60이 ↑라는 것을 알 수 있다.

세로 비교가 끝났으므로 가로 비교를 통해 A에서 I이 III보다 막전위 상에서 뒤에 있음을 알 수 있다.

그러므로 뉴런에서는 I이 III보다 자극 지점에 가까이 있다.

① 막전위 초급 도구

11. 다음은 신경 A와 B의 흥분의 전도에 대한 자료이다.

○ 그림은 민말이집 신경 A와 B의 P지점으로부터 $d_1 \sim d_3$ 까지의 거리를, 표는 A와 B의 P지점에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 5ms일 때 $d_1 \sim d_3$ 에서 각각 측정된 막전위를 나타낸 것이다. A와 B에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났다.

○ A와 B는 흥분의 전도 속도가 다르며, A와 B 중 한 신경에서의 흥분의 전도는 1ms당 2cm씩 이동한다.

신경	5ms일 때 측정된 막전위(mV)		
	d_1	d_2	d_3
A	-80	?	?
B	-70	-80	?

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

이 자료에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, 휴지 전위는 -70mV 이다.) [3점]

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

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 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, A와 B에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70mV 이다.) [3점]

- <보기> —
- ㄱ. Ⅱ는 d_1 이다.
 - ㄴ. 자극을 준 지점은 Q이다.
 - ㄷ. t_1 일 때, B의 d_3 에서 탈분극이 일어나고 있다.

왼쪽 문제에서 표를 보면 -80과 -70이 있다.

둘 중에서 -80을 먼저 보자. -80은 경우의 수가 1가지이고, -70은 경우의 수가 너무 많기 때문이다.

그러면 A의 d_1 과 B의 d_2 는 뒷시간이 모두 3ms이 되고, 앞시간이 모두 2ms이다.

앞시간이라는 새로운 정보가 튀어나왔으므로 이를 써야 한다.

앞시간은 $\frac{\text{뉴런에서 떨어진 거리}}{\text{뉴런의 전도 속도}}$ 이고, 우리는 뉴런에서 떨어진 거리를 알고 있으므로 뉴런의 전도 속도를 구할 수 있다.

A는 4cm 떨어져 있고, 앞시간이 2ms이므로 전도 속도는 2cm/ms이다.

B는 6cm 떨어져 있고, 앞시간이 2ms이므로 전도 속도는 3cm/ms이다.

자료 해석이 끝났으므로 선지로 넘어간다. ㄱ은 별다른 노력이 풀 수 있는 선지이다.

그러나 ㄴ과 ㄷ은 새로운 행동을 취해야 하는 Action 선지이다. 선지에서 구하라고 하는 것을 열심히 구해 보자.

이 문제의 답은 ㄱ, ㄷ 이다.

이 문제를 풀면서 킬러 문제를 풀 때의 태도를 알 수 있었다.

태도 1. 자료를 해석할 때는 경우의 수가 적은 것부터 해석한다.

태도 2. 새로운 정보가 튀어나왔으면 멍때리지 말고 그것을 활용해 볼 생각을 하자.

태도 3. 자료 해석이 끝난 경우에만 선지로 내려간다.

태도 4. Action 선지를 만났으면 선지가 물어보는 것을 충실히 구해 보자.

이 태도를 바탕으로 오른쪽 문제도 풀어보자. 17번 문제의 답은 ㄴ이다.

② 막전위 측정 도구

5. 자극 지점의 2가지 특징

- ① 두 뉴런의 전도 속도가 다르더라도 자극 지점에서의 막전위는 똑같다.
- ② 자극 지점에서의 막전위는 가로 비교를 했을 때 그래프 상에서 가장 오른쪽에 있어야 한다.

19. 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 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 활동전위가 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, 휴지전위는 -70mV 이다.) [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.

위의 문제에서 A와 B의 전도 속도가 다른데 II의 막전위가 똑같은 걸 확인할 수 있다. 만약 II가 자극 지점이 아니라면 앞시간이 달라야 하므로 모순이 발생한다. 따라서 II가 자극 지점 d_1 이다. 이후의 문제 풀이는 쉽다. A보다 B의 전도 속도가 빠른 것을 캐치하고 I, II, III, IV에 부등호를 표시한다. 세로 비교를 실시하여 -55 와 -10 가 \uparrow 인지 \downarrow 인지 판단하고, 가로 비교를 실시한다. 그러면 I과 III 중에 누가 d_2 이고 누가 d_3 인지 알 수 있다. 왜냐하면 막전위 그래프 상에서 뒤에 있는 놈이 뉴런에서는 앞에 있는 놈이기 때문이다. 그것까지 했으면 선지로 넘어간다. 근데 선지의 ㄴ이 특이하네? 여기서 6번째 도구를 소개한다.

6. 전도 속도가 다른 두 뉴런에 대해, 전도 속도비 = 거리비인 지점에서 막전위 값은 똑같다.

위의 문제에서 A와 B의 전도 속도가 다른데 전도 속도비는 2:3이다. 이때 거리비가 2:3인 지점들에서 앞 시간은 똑같은 것이다.

왜냐하면 앞시간은 $\frac{\text{뉴런에서 떨어진 거리}}{\text{뉴런의 전도 속도}}$ 이기 때문이다.

앞시간이 똑같으면 총시간이 일정하므로 뒷시간도 똑같은 것이고, 뒷시간이 똑같으면 막전위 값이 똑같은 것이다.

위의 문제에서 A의 d_3 와 B의 d_4 는 거리가 각각 6cm, 9cm이므로 2:3을 만족한다.

그러므로 두 지점에서 막전위 값은 똑같으므로 ㄴ 선지는 참이다.

이 문제의 답은 ㄱ, ㄴ, ㄷ이다.

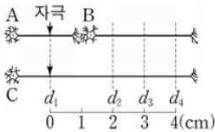
② 막전위 측정 도구

7. 시냅스가 끼어 있는 경우

시냅스가 끼어 있는 부분은 전도+전달+전도 시간을 통쳐서 생각해야 한다.
이 통친 시간은 나중에 활용하면 된다.

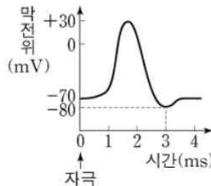
14. 다음은 민말이집 신경 A~C의 흥분 전도의 전달에 대한 자료이다.

○ 그림은 A와 C의 지점 d_1 으로부터 세 지점 $d_2 \sim d_4$ 까지의 거리를, 표는 ㉠ A와 C의 d_1 에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 6ms일 때 $d_2 \sim d_4$ 에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다.



신경	6ms일 때 측정된 막전위(mV)		
	d_2	d_3	d_4
B	-80	?	+10
C	?	-80	?

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



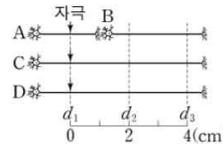
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A, B, C에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70mV이다.) [3점]

<보기>

- ㄱ. d_1 에서 발생한 흥분은 B의 d_4 보다 C의 d_4 에 먼저 도달한다.
- ㄴ. ㉠이 4ms일 때, C의 d_3 에서 Na^+ 이 세포 안으로 유입된다.
- ㄷ. ㉠이 5ms일 때, B의 d_2 에서 탈분극이 일어나고 있다.

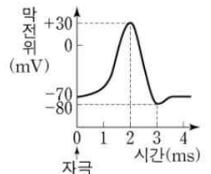
10. 다음은 민말이집 신경 A~D의 흥분 전도와 전달에 대한 자료이다.

○ 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.



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

<보기>

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

왼쪽 문제에서 A와 B 사이에 시냅스가 있다는 것을 확인할 수 있다.

우선 표에서 -80, +10이 있는데 당연히 -80부터 해석해야 한다.

B의 d_2 와 C의 d_3 는 모두 막전위 그래프에 의해 뒷시간이 3ms이고, 총시간이 6ms이므로 앞시간이 3ms이다.

앞시간이라는 새로운 정보가 튀어나왔으므로 이를 활용해야 한다.

그런데 시냅스가 끼어 있는 부분은 해석하기 어려우므로 시냅스가 안 끼어 있는 C부터 해석하는 것이 좋을 것 같다.

C에서 거리는 3cm이므로 전도 속도는 1cm/ms이다.

문제에서 B와 C의 전도 속도는 각각 1과 2 중 하나라고 했으므로 B의 전도 속도는 2cm/ms이다.

이제 B의 d_2 의 앞시간인 3ms를 해석해 보자.

그런데 가만보면 해석이 전혀 안 된다.

왜냐하면 이 3ms라는 시간은

(A에서 d_1 부터 뉴런 끝까지 전도하는 시간) + (A에서 B로 전달되는 시간) + (B에서 뉴런의 시작부터 d_2 까지 전도하는 시간) 라는 세 가지 파트로 나누어 있기 때문이다.

그런데 다행인 점은 굳이 분석적으로 해석을 안 해도, 통쳐서 모든 선지를 풀 수 있기 때문이다! 그것이 출제 의도이기도 하다.

ㄱ에서 B의 d_4 까지 도달하는 데 걸리는 시간을 구하라고 했는데 이것은

(B의 d_2 까지 가는 데 걸리는 시간) + (d_2 부터 d_4 까지 가는 데 걸리는 시간) 으로 생각하면 구할 수 있기 때문이다.

B의 d_2 까지 가는 데 걸리는 시간은 앞에서 구한 3ms이고, d_2 부터 d_4 까지 가는 데 걸리는 시간은 1ms이다. 총 4ms이다.

즉, 시냅스가 끼어 있는 부분은 굳이 분석적으로 생각하지 말고 통쳐서 생각하도록 한다.

이 문제의 답은 ㄴ이다.

오른쪽 문제도 마찬가지로 해결할 수 있을 것이다. 답은 ㄱ, ㄴ, ㄷ이다.

② 막전위 측정 도구

8. 한 뉴런에서 자극 지점과 측정된 지점이 똑같은데 측정된 시간만 다른 경우

측정된 시간이 나중일수록 막전위 그래프 상에서 뒤에 있다.

왜냐하면 앞시간은 똑같은데 측정된 시간이 나중일수록 뒷시간이 더 길기 때문이다.

16. 다음은 민말이집 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

○ 그림은 A와 B의 일부를, 표는 A와 B의 지점 d_1 에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 t_1, t_2, t_3, t_4 일 때 지점 d_2 에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다. I~IV는 $t_1 \sim t_4$ 를 순서 없이 나타낸 것이다.

신경	d_2 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 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70mV 이다. 자극을 준 후 경과된 시간은 $t_1 < t_2 < t_3 < t_4$ 이다.) [3점]

<보 기>

- ㄱ. III은 t_1 이다.
- ㄴ. t_2 일 때, B의 d_2 에서 재분극이 일어나고 있다.
- ㄷ. 흥분의 전도 속도는 A에서가 B에서보다 빠르다.

11. 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 -70mV 이다.) [3점]

<보 기>

- ㄱ. A의 흥분 전도 속도는 2cm/ms 이다.
- ㄴ. @는 -80 이다.
- ㄷ. 4ms일 때 d_3 에서 탈분극이 일어나고 있다.

왼쪽 문제에서 I, II, III, IV가 d_1, d_2, d_3, d_4 가 아니라 t_1, t_2, t_3, t_4 인 것을 확인할 수 있다.

이런 유형의 문제에서는 측정된 시간이 나중일수록 뒷시간이 기므로 막전위 그래프 상에서 뒤에 있다는 사실을 이용해야 한다.

즉, $t_1 < t_2 < t_3 < t_4$ 로 갈수록 막전위 그래프 상에서 뒤에 있다는 것이다.

우선 표를 보면 A의 II에 -80 이 있으므로 -80 부터 해석해 보자.

-80 의 뒷시간은 3ms이라는 정보는 모든 시간이 미지수이므로 도움이 안 된다. (평가원에서는 가끔 쓸데없는 정보를 줄 때도 있음.)

A의 II에서 가로 비교를 해보면 -80 이 가장 막전위 그래프 상에서 뒤이므로 II가 t_4 이다.

A의 II에서 세로 비교를 해보면 A가 B보다 막전위 그래프 상에서 뒤이므로 전도 속도는 A가 빠르다.

전도 속도가 A가 빠르다는 사실이 튀어나왔으므로 부등호를 써서 이를 활용하도록 한다.

부등호를 쓰면 I에서 -60 이 ↓라는 사실, III에서 -65 가 ↑라는 사실, IV에서 -60 이 ↑라는 사실을 알 수 있다.

세로 비교가 끝났으므로 가로 비교를 실시한다.

A에서 I이 III, IV보다 막전위 그래프 상에서 뒤이므로 I이 t_3 이다.

B에서 III이 IV보다 막전위 그래프 상에서 앞이므로 III이 t_1 이고, IV은 t_2 이다.

답은 ㄱ, ㄷ이다.

오른쪽 문제 역시 마찬가지로 풀 수 있다.

아니 오히려 뉴런이 1개밖에 없으므로 더 쉽다.

심지어 '측정된 시간이 나중일수록 막전위 그래프 상에서 뒤에 있다.'라는 도구를 이용할 필요도 없이 기본 도구만으로 풀린다.

답은 ㄴ, ㄷ이다.

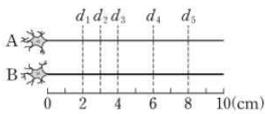
③ 막전위 고급 도구

9. 대칭 논리

자극 지점으로부터 같은 거리만큼 떨어진 두 지점의 막전위 값은 항상 같다.

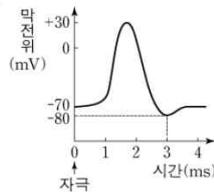
17. 다음은 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

- 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.



귀류법

어떤 문항을 논리적으로 해결하기 힘든 경우 가능한 케이스를 한 번씩 다 해 보고 모순이 발생하지 않는 케이스를 찾는 방식

(단, 귀류법 사용 시에는 가급적 모순이 어디에서 발생할지 예측 가능해야 함.)

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

<보 기>

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

[참고] 위 표에서 +10이 모두 막전위 그래프 상에서 같은 위치의 값이라는 조건도 추가해서 풀자.

해당 조건 없이는 논리적으로 풀기가 매우 까다롭고, 그 풀이는 별 의미가 없을뿐더러 출제자의 의도에 벗어나기 때문이다.

우선 표에서 -80 , -40 , $+30$ 이 있는데 -80 부터 해석해야 한다.

A의 III의 막전위 값이 -80 이어서 뒷시간이 3ms이고, 앞시간은 0ms이므로 III이 자극 지점임을 알 수 있다.

이때 자극 지점에서 A와 B의 막전위 값은 같아야 하므로 (도구 5 참고) ㉠은 -80 이다.

그 다음에 $+30$ 이 있다는 것은 알겠는데 막전위 그래프에서 $+30$ 의 좌표를 안 정해줘서 쓸만한 정보는 아니다.

이제 어떻게 해야겠는가?

먼저 ㄴ에서 A와 B의 세로 비교가 가능하다. B가 A보다 빠르므로 -40 은 ↓이다.

세로 비교가 끝났으므로 가로 비교를 하자. B에서 I은 II와 IV보다 자극 지점에 가까이 위치한다.

이제 어떻게 해야겠는가?

바로 +10들의 막전위 그래프 상에서의 위치, 즉 뒷시간이 같다는 정보를 이용해야 한다.

뒷시간이 같으면 앞시간이 같다는 얘기겠고, 특히 뒷줄의 +10들은 모두 A 뉴런에 있으므로 자극 지점과의 거리도 같다.

즉, I과 V는 자극 지점인 III에 대하여 대칭인 지점에 존재해야 한다.

후보는 다음과 같다. (d_1, d_2, d_3), (d_1, d_3, d_4), (d_3, d_4, d_5).

그런데 I은 II와 IV보다 자극 지점에 가까이 위치하려면 (d_1, d_3, d_4)는 불가능하다.

남은 (d_1, d_2, d_3)와 (d_3, d_4, d_5) 중 어떤 것인지는 둘 다 직접해 봐야 한다. 이를 생명과학 킬러 풀이 방법 중 귀류법이라고 부른다. 귀류법을 통해 (d_3, d_4, d_5)이 정답인 케이스임을 알 수 있고, 이후 과정은 쉽게 풀 수 있다. 답은 ㄱ이다.

③ 막전위 고급 도구

10. 자연수 논리

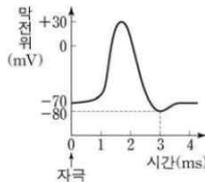
전도 속도가 1cm/ms(2cm/ms)이고 거리가 모두 자연수인 경우
또는 전도 속도가 2cm/ms이고 거리가 모두 짝수인 경우
막전위로 가능한 값이 몇 개 없으므로 좌표를 먼저 찍어줄 수 있다.

15. 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 2ms, 3ms, 5ms, 7ms 일 때 d_2 에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다. X는 d_1 과 d_4 중 하나이고, I~IV는 2ms, 3ms, 5ms, 7ms를 순서 없이 나타낸 것이다.



○ A와 B의 흥분 전도 속도는 각각 1cm/ms와 2cm/ms 중 하나이다.
○ A와 B 각각에서 활동 전위가 발생 하였을 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. II는 3ms이다.
- ㄴ. B의 흥분 전도 속도는 2cm/ms이다.
- ㄷ. ㉠이 4ms일 때 A의 d_3 에서의 막전위는 -60mV이다.

공통 성립 조건

㉠, ㉡이 A, B를 순서 없이 나타낸 것일 때,
㉢, ㉣이 둘 중 어떤 것인지 모르더라도

(㉢, ㉣) = (A, B), (B, A)

둘 중 어떤 경우든 공통적으로 성립하는 조건

우선 이 문제의 일반적인 풀이 방식은 다음과 같다.

표에서 -80을 먼저 봤을 때, B의 II와 A의 IV는 모두 뒷시간이 3ms임을 알 수 있다.

그런데 이 문항에서 앞시간은 0일 수 없으므로 II와 IV는 3ms 초과 값을 가지며 5ms와 7ms 중 하나일 것이다.

이제 세로 비교를 시전해 보자. II에서 B는 A보다 막전위 그래프에서 뒤에 위치하므로 전도 속도가 더 빠르다.

즉, A의 전도 속도는 1cm/ms이고 B의 전도 속도는 2cm/ms이 된다.

따라서 B의 II의 앞시간이 A의 IV의 앞시간보다 짧아야 하므로 II는 5ms, IV는 7ms로 확정된다.

이제 B의 II의 앞시간이 2ms라는 정보를 얻었으므로 자극 지점이 어디인지 알 수 있겠다.

B의 전도 속도인 2cm/ms와 앞시간인 2ms의 곱 4cm만큼 d_2 에서 떨어진 d_4 가 자극 지점이 된다.

I과 III 중에서 누가 2ms이고 누가 3ms인지는 B의 I을 통해 쉽게 구할 수 있다. 이 문항의 답은 ㄴ, ㄷ이다.

한편, 이 문항에는 숫컷이 존재한다.

바로 '자연수 논리'를 활용하는 것이다.

A와 B 중 전도 속도가 1cm/ms인 뉴런(x라 하자.)은 모든 거리가 자연수이므로 앞시간이 1, 2, 3, ... 중 하나일 것이다.

A와 B 중 전도 속도가 2cm/ms인 뉴런(y라 하자.)은 모든 거리가 자연수이므로 앞시간이 0.5, 1, 1.5, ... 중 하나일 것이다.

따라서 x의 뒷시간은 반드시 자연수이고, y의 뒷시간은 반드시 자연수 또는 몇.5 꼴일 것이다.

그런데 표를 보면 A든 B든 -60이라는 값이 존재하므로 -60은 자연수 시간의 좌표이다. (공통 성립 조건)

자연수 시간 중에서 0ms, 2ms, 3ms, 4ms는 불가능하므로 -60은 1ms의 좌표이다.

0.5ms, 1.5ms, 2.5ms, 3.5ms 역시 -60은 불가능하므로 A와 B의 -60은 모두 뒷시간이 1ms으로 바로 결정된다.

여기서 사용한 논리를 '자연수 논리'라고 하며, 이후의 과정은 아주 쉽다.

③ 막전위 고급 도구

11. 시냅스가 끼어 있는 경우

시냅스 끼어 있는 부분에서는 시냅스가 없다고 가정했을 때와는 다른 막전위 값이 나온다.
 왜냐하면 흥분의 전달 속도는 흥분의 전도 속도보다 반드시 느리기 때문이다.
 이 현상을 편의상 '시냅스에 의해 왜곡이 발생한다.'라고 표현할 것이다.

16. 다음은 민달이집 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	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.

막전위 문항 풀이 시작 방법

① -80, +30 등의 뒷시간을 활용하거나 -80과의 가로, 세로 비교 실시하기

② 자극 지점의 특징을 활용하여 자극 지점이 어디인지 찾기

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

이 문항은 시냅스의 위치를 ㉠~㉢으로 가려냈기 때문에 뉴런 B를 다룰 때에는 매우 주의해야 한다.
 풀이의 시작은 당연히 -80인데, 이 문항은 총시간도 t_1 으로 가려져 있기 때문에 뒷시간을 알아봤자 앞시간을 몰라서 쓸데없다.
 그러면 이 문항의 풀이는 어디서 시작해야 할까?
 바로 I, II, III, IV 중 자극 지점이 어디인지 찾는 것으로부터 시작해야 한다.
 자극 지점인 d3에서는 막전위 값이 그래프의 가장 오른쪽에 있으면서 같아야 하므로 III이 d3가 된다.

이후 풀이는 B보다는 A에서 시작하는 것이 적합하다. B는 시냅스의 위치를 몰라서 경우의 수가 너무 많기 때문이다.
 A를 보면 -80이라는 값이 0보다는 막전위 그래프 상에서 뒤이므로 자극 지점에 가장 가까운 d4가 I으로 확정된다.
 이제 II와 IV는 각각 d1과 d2 중 하나이고, 막전위의 값은 모두 0이다.
 막전위의 값이 0인 점은 좌표가 주어져 있다. 뒷시간이 1.5거나 2.5인 두 가지 경우가 있다.
 그러면 거리가 가까운 d2에서 뒷시간이 2.5이고, 거리가 먼 d1에서 뒷시간이 1.5이겠다.
 d1과 d2의 거리비인 3:5가 앞시간의 비와 같으므로 앞시간을 각각 $3x$, $5x$ 라 두고 총 시간이 같다는 것을 이용해서 방정식을 세우자.
 $3x + 2.5 = 5x + 1.5$ 를 풀면 $x = 0.5$ 이므로 총시간이 4ms로 구해진다.
 II와 IV 중 누가 d1이고 누가 d2인지와 관계없이 총시간만큼은 우리가 구할 수 있는 것이었다. (공통 성립 조건)
 총 시간이라는 새로운 정보가 튀어나왔으므로 A의 전도 속도를 2cm/ms로 구해줄 수 있다.

이제 A에서 할 수 있는 건 다 했으므로 B로 넘어가자.
 B의 d4가 -80이라는 정보를 아직 안 썼으므로 이를 활용해 보자.
 만약 d3와 d4 사이에 시냅스가 없다면 전도 속도가 1cm/ms이고 거리는 2cm이므로 앞시간이 2ms, 뒷시간이 2ms로 +30이어야 한다.
 그런데 값이 0이므로 이는 시냅스에 의해 왜곡이 발생한 것으로 볼 수 있고, 시냅스의 위치는 ㉢이 된다. (뒤에서 계속)

③ 막전위 고급 도구

12. 시냅스가 끼어 있는 경우

흥분의 전도는 양방향으로 일어나지만, 흥분의 전달은 한쪽 방향으로만 일어난다.
따라서 시냅스 때문에 흥분이 안 오는 쪽은 막전위 값이 -70일 것이다.

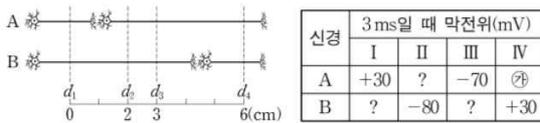
사실 이 문항에서 시냅스를 찾는 방법이 한 가지 더 있어서 소개한다.
만약 시냅스의 위치가 ㉠이라면 어떻게 될까?
d1과 d2는 모두 흥분이 안 오는 위치이므로 휴지 전위인 -70을 계속 유지할 것이다.
그런데 표를 보면 Ⅰ과 Ⅱ는 모두 -70이 아니기 때문에 모순이 발생하게 된다.

만약 시냅스의 위치가 ㉡이라면 어떻게 될까?
우선 d1은 흥분이 안 오는 위치이므로 휴지 전위인 -70을 계속 유지할 것이다.
그런데 표를 보면 -70이 들어갈 수 있는 자리가 IV밖에 없으므로 IV가 d1으로 확정된다.
그러면 Ⅲ은 자극 지점이므로 나머지 Ⅰ과 Ⅱ 중 하나는 d2여야 하는데 d2는 3cm 떨어진 지점이므로 막전위 값이 -80여야 한다.
Ⅰ과 Ⅱ 중 -80이 없으므로 모순이 발생하게 된다.

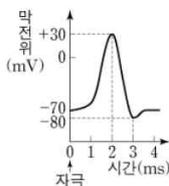
기존 풀이에 비해 약간 돌아가기는 했지만 이런 방식으로도 시냅스의 위치를 ㉡으로 확정지을 수도 있다. (귀류법)
이후 풀이는 간단하다.
B에서의 시냅스 위치를 이제는 알았으므로 간단한 계산을 통해 Ⅱ를 d2, IV를 d1, I을 d3로 확정지을 수 있겠다.
모든 정보를 파악했으므로 선지로 내려가서 선지를 해결하면 끝이다. 답은 L이다.

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

○ 그림은 A와 B의 지점 d₁~d₄의 위치를, 표는 ㉠ A와 B의 지점 X에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 3ms일 때 d₁~d₄에서의 막전위를 나타낸 것이다. X는 d₁~d₄ 중 하나이고, I~IV는 d₁~d₄를 순서 없이 나타낸 것이다.



○ A를 구성하는 두 뉴런의 흥분 전도 속도는 ㉢로 같고, B를 구성하는 두 뉴런의 흥분 전도 속도는 ㉣로 같다. ㉢와 ㉣는 1cm/ms와 2cm/ms를 순서 없이 나타낸 것이다.
○ A와 B 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



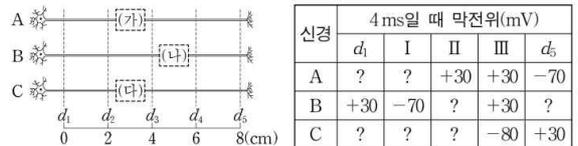
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70mV이다.) [3점]

<보 기>

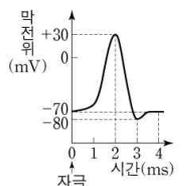
- ㄱ. X는 d₃이다.
- ㄴ. ㉡는 -70이다.
- ㄷ. ㉠이 5ms일 때 A의 III에서 재분극이 일어나고 있다.

12. 다음은 민말이집 신경 A~C의 흥분 전도와 전달에 대한 자료이다.

○ 그림은 A~C의 지점 d₁~d₅의 위치를, 표는 ㉠ A~C의 P에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 4ms일 때 d₁~d₅에서의 막전위를 나타낸 것이다. P는 d₁~d₅ 중 하나이고, (가)~(다) 중 두 곳에만 시냅스가 있다. I~III은 d₂~d₄를 순서 없이 나타낸 것이다.



○ A~C 중 2개의 신경은 각각 두 뉴런으로 구성되고, 각 뉴런의 흥분 전도 속도는 ㉢로 같다. 나머지 1개의 신경의 흥분 전도 속도는 ㉣이다. ㉢와 ㉣는 서로 다르다.
○ 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~C에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70mV이다.) [3점]

<보 기>

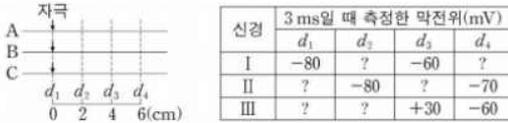
- ㄱ. II는 d₂이다.
- ㄴ. ㉢는 1cm/ms이다.
- ㄷ. ㉠이 5ms일 때 B의 d₅에서의 막전위는 -80mV이다.

지금까지 배운 시냅스 관련 도구를 이용하여 이 두 문항을 풀어보자. 왼쪽 문제의 정답은 L, 오른쪽 문제의 정답은 ㄱ이다.

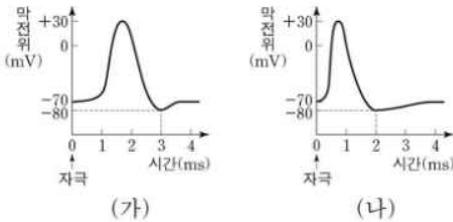
④ 막전위 특이 문항

15. 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 3ms일 때 $d_1 \sim d_4$ 에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다. I~III은 A~C를 순서 없이 나타낸 것이다.



○ A의 흥분 전도 속도는 2cm/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 -70mV이다.) [3점]

<보 기>

- ㄱ. 흥분의 전도 속도는 C에서가 A에서보다 빠르다.
- ㄴ. ㉠이 3ms일 때 I의 d_2 에서 K^+ 은 K^+ 통로를 통해 세포 밖으로 확산된다.
- ㄷ. ㉠이 5ms일 때 B의 d_1 와 C의 d_1 에서 측정된 막전위는 같다.

<막전위 그래프가 뉴런마다 다른 문항>

왼쪽 문항은 A, B와 C의 막전위 그래프가 다르게 제시되었다는 점이 주목할 만하다.

그러나 이 문항의 풀이 역시 앞의 문제들과 별반 다를 것이 없다. 우선 표의 -80부터 해석하면 된다.

I의 d_1 은 -80인데, 뒷시간은 막전위 그래프가 2개이므로 3ms 또는 2ms 중 하나일 것이다.

그런데 d_1 은 출발점이므로 앞시간이 무조건 0이고, 뒷시간이 무조건 3ms이다. 따라서 I은 그래프 (가)를 따르고, A 또는 B이다.

다음으로 II의 -80을 해석해 보자. 이 -80은 d_2 에 있으므로 앞시간이 0이 아니므로 뒷시간이 3ms일 수 없다.

따라서 II의 d_2 는 뒷시간이 2ms이고, (나)의 그래프를 따르므로 C이다.

이제 I와 III 중 누가 A이고 누가 B인지만 결정해 주면 되는데, 이것이 약간 어렵다.

I과 III에서 우리에게 주어진 정보는 두 개의 -60과 한 개의 -30, 그리고 A의 전도 속도밖에 없으므로 이에 주목해서 풀어보자.

III의 d_4 는 막전위 값이 -60인데 만약에 III이 A였다면 전도 속도가 2cm/ms이므로 앞시간이 3ms이었을 것이다.

그러면 뒷시간이 0이어서 막전위 값이 -70이었어야 하므로 III은 A가 아니라 B로 확정된다. I가 A였던 것이다.

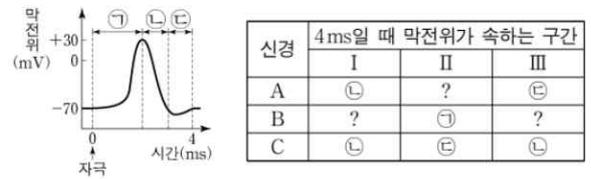
이후 과정은 쉽게 풀린다. 20번 문항의 답은 ㄴ, ㄷ이다.

오른쪽 문항은 가로 비교와 세로 비교를 열심히 하면 풀리는 문항이다. 답은 ㄱ이다.

14. 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 에 역치 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]

<보 기>

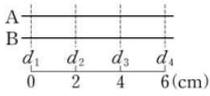
- ㄱ. ㉡일 때 A의 II에서의 막전위는 ㉣에 속한다.
- ㄴ. ㉡일 때 B의 d_3 에서 재분극이 일어나고 있다.
- ㄷ. A~C 중 C의 흥분 전도 속도가 가장 빠르다.

<막전위 값이 아니라 구간을 제시한 문항>

④ 막전위 특이 문항

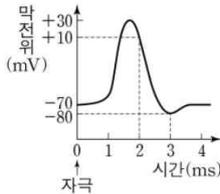
15. 다음은 민말이집 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

- 그림은 A와 B의 지점 $d_1 \sim d_4$ 의 위치를, 표는 A의 ㉠과 B의 ㉡에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 3ms일 때 $d_1 \sim d_4$ 에서의 막전위를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 각각 $d_1 \sim d_4$ 중 하나이다.



신경	3ms일 때 막전위(mV)			
	d_1	d_2	d_3	d_4
A	㉠	+10	㉡	㉢
B	㉣	㉤	㉥	㉦

- A와 B의 흥분 전도 속도는 각각 1cm/ms와 2cm/ms 중 하나이다.
- A와 B 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



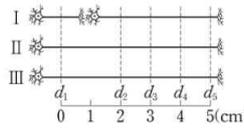
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B에서 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는 -70mV 이다.) [3점]

<보 기>

- ㄱ. ㉠은 d_1 이다.
- ㄴ. A의 흥분 전도 속도는 2cm/ms이다.
- ㄷ. 3ms일 때 B의 d_2 에서 재분극이 일어나고 있다.

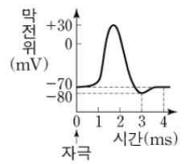
15. 다음은 민말이집 신경 I~Ⅲ의 흥분 전도와 전달에 대한 자료이다.

- 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.



신경	4ms일 때 막전위(mV)				
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5
I	-70	㉠	?	㉡	?
Ⅱ	㉢	㉣	?	㉤	㉥
Ⅲ	㉦	-80	?	㉧	?

- I을 구성하는 두 뉴런의 흥분 전도 속도는 $2v$ 로 같고, Ⅱ와 Ⅲ의 흥분 전도 속도는 각각 $3v$ 와 $6v$ 이다.
- 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 -70mV 이다.) [3점]

<보 기>

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

<막전위 값을 가려놓은 문항>

왼쪽 문항은 막전위 값을 ㉠, ㉡, ㉢로 가려놓은 점이 주목할 만하다.

표를 살펴보면 우리에게 대놓고 주어진 값은 오직 +10밖에 없으므로 여기에서 풀이를 시작할 수 있다.

+10은 ↑일수도 있고, ↓일수도 있다. 아마도 ↓일 것으로 추정되지만, 이를 증명하기 위해서는 자연수 논리를 사용해야 한다.

A의 전도 속도는 1cm/ms 또는 2cm/ms인데 뉴런에서 거리를 살펴보면 모두 짝수이다.

따라서 앞시간이 반드시 정수이므로 뒷시간도 정수일 것이고, 0/1/2/3/4ms 중 +10으로 가능한 것은 2ms밖에 없으므로 ↓이다.

A의 앞시간이 1ms로 구해지는데, 만약 A의 속도가 1cm/ms라면 거리가 1cm인 지점들이 있어야 하므로 모순이 발생한다.

따라서 A의 속도는 2cm/ms이고, B의 속도는 1cm/ms이다.

다음으로 자극 지점에 대해 생각해 볼 수 있다.

자극 지점에서의 막전위는 -80이어야 하고, A와 B에서 각각 하나씩만 존재해야 한다.

그러므로 B에서 2개 존재하는 ㉤은 -80이 될 수 없고, -80은 ㉠과 ㉢ 중 하나이다.

앞서 A의 d_2 의 앞시간이 1ms인걸 고려하면 A의 자극 지점은 d_1 과 d_3 중 하나이고, -80은 ㉠과 ㉢ 중 하나이다.

이를 통해 ㉣가 -80임을 파악할 수 있고, A와 B의 자극 지점은 각각 d_1 과 d_3 이다.

이후 풀이 과정은 아주 쉬우며, 이 문항의 답은 ㄴ이다.

오른쪽 문항은 평가원 시험에서 출제된 역대 최고난도의 막전위 문항이다.

이 문항을 비약 없이 완전히 논리적으로 풀어내기란 거의 불가능에 가깝기 때문에 어쩔 수 없이 귀류법을 일부 사용하여 해결해보자.

만약 P가 d_2 라면 ㉠ I과 Ⅱ의 d_2 에서의 막전위가 같다는 점, ㉡ Ⅱ의 d_1 과 d_4 의 막전위가 같다는 점,

㉢ I의 d_4 와 Ⅱ의 d_5 의 막전위 같다는 점을 모두 설명할 수 있기 때문에 P를 d_2 라고 생각하는 것이 매우 합리적임을 알 수 있다.

이후 풀이 과정은 나름 논리적으로 진행할 수 있을 것이다. 답은 ㄱ이다.

<평가원 역사상 가장 어려운 막전위 킬러 문항>

⑤ 막전위 도구 총정리

막전위 문항 풀이 시작 방법

- ① -80, +30 등의 뒷시간을 활용하거나 -80과의 가로, 세로 비교 실시하기
- ② 자극 지점의 특징을 활용하여 자극 지점이 어디인지 찾기

1. 총시간 = 앞시간 (뉴런 상에서 이동하는 시간) + 뒷시간 (막전위 그래프를 따라가는 시간)

앞시간은 $\frac{\text{뉴런에서 떨어진 거리}}{\text{뉴런의 전도 속도}}$ 로 구할 수 있다. 뒷시간은 막전위 그래프를 읽으면 알 수 있다.

2. 막전위 그래프에서 뒤에 있는 지점일수록 뉴런에서는 자극 지점에 가까이 있다.

3. 표가 나오면 경우의 수가 1가지인 -80, +30을 먼저 봐야 한다.

그런데 -80, +30 둘 다 있으면 +30보다 -80을 먼저 보도록 한다.

+0, -60 등 다른 지점은 경우의 수가 2가지이다. (올라가는 점은 ↑로 표시 / 내려가는 점은 ↓로 표시)

-70은 경우의 수가 3가지나 되기 때문에 나중에 본다.

4. 전도 속도가 다른 뉴런이 나오면 반드시 부등호 표시를 한다.

부등호 표시를 하고, 세로 비교를 하면 낮은 막전위가 ↑, ↓ 중 어떤 것인지 알 수 있다.

세로 비교가 끝나면 가로 비교를 한다.

5. 자극 지점의 2가지 특징

① 두 뉴런의 전도 속도가 다르더라도 자극 지점에서의 막전위는 똑같다.

② 자극 지점에서의 막전위는 가로 비교를 했을 때 그래프 상에서 가장 오른쪽에 있어야 한다.

6. 전도 속도가 다른 두 뉴런에 대해, 전도 속도비 = 거리비인 지점에서 막전위 값은 똑같다.

7. 시냅스가 끼어 있는 경우

시냅스가 끼어 있는 부분은 전도+전달+전도 시간을 통쳐서 생각해야 한다.

이 통친 시간은 나중에 활용하면 된다.

8. 한 뉴런에서 자극 지점과 측정한 지점이 똑같은데 측정한 시간만 다른 경우

측정한 시간이 나중일수록 막전위 그래프 상에서 뒤에 있다.

9. 대칭 논리

자극 지점으로부터 같은 거리만큼 떨어진 두 지점의 막전위 값은 항상 같다.

10. 자연수 논리

전도 속도가 1cm/ms(2cm/ms)이고 거리가 모두 자연수인 경우

또는 전도 속도가 2cm/ms이고 거리가 모두 짝수인 경우

막전위로 가능한 값이 몇 개 없으므로 좌표를 먼저 찍어줄 수 있다.

11. 시냅스가 끼어 있는 경우

시냅스 끼어 있는 부분에서는 시냅스가 없다고 가정했을 때와는 다른 막전위 값이 나온다.

왜냐하면 흥분의 전달 속도는 흥분의 전도 속도보다 반드시 느리기 때문이다.

12. 시냅스가 끼어 있는 경우

흥분의 전도는 양방향으로 일어나지만, 흥분의 전달은 한쪽 방향으로만 일어난다.

따라서 시냅스 때문에 흥분이 안 오는 쪽은 막전위 값이 -70일 것이다.

NOTE
