

막전위의 큰 흐름과 논리들은 모두 학습했으나, 워낙 다양한 상황과 형식이 문제로 출제 되기에 디테일한 부분들은 문항들을 직접 풀어보며 익히셔야 합니다. 특히 시넵스 부분에서는 아직 알아야할 내용들이 많습니다.

다음 장부터는 5개년 막전위 기출 문항에 대한 문제와 해설 및 손필기를 담았습니다. 이 부분을 활용할 수 있는 가장 좋은 방법은 먼저 스스로 문항을 이해하고 풀어보시는데, 다음 2가지를 기록하시면서 풀어내시는 것이 실력 향상에 큰 도움이 됩니다.

- ① 문제 조건과 자료를 보면서 처음 들었던 생각
- ② 문제 풀이 사고의 흐름

문제의 조건들을 처음 보면서 들었던 생각들을 정리하면 나중에 본인이 각 조건별로 어떤 행동들이나 대처가 필요한지 금방 깨달을 수 있습니다. 저도 이것에 맞춰서 문제를 풀어내기 전에 조건을 읽으면서 드는 생각들을 수록하였습니다.

다음으로 문제 풀이 사고의 흐름을 기록하는 이유는 생명과학 1은 정확성과 빠르기가 모두 중요한 과목이기 때문입니다. 본인의 사고 흐름과 저의 사고 흐름을 비교하시면서, “논리적 비약이 없었는가?”, “쓸데없는 사고 과정은 없었는가?”, “이 부분에서 왜 시간이 많이 걸렸는가?” 등을 고민하시면서 풀어내시면 본인 사고 과정의 교정에 큰 도움이 되실 겁니다.

막전위 문항의 기출은 시간 순서대로 정리했으며, 각 문항별 테마는 다음과 같습니다.

#### [막전위 - 유형별 정리]

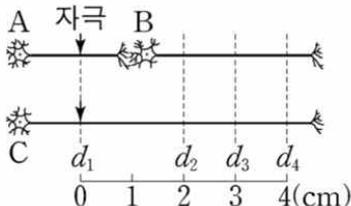
- #1. 막전위의 값은 뒷시간을 결정한다
- #2. 막전위의 상태 파악
- #3. 시간 정수 논리
- #4. 특수값 -80과 +30 활용
- #5. 막전위의 값은 뒷시간을 결정 2
- #6. 앞 시간의 비는 거리의 비
- #7. 시넵스 추론 1
- #8. 구간 추론
- #9. 정수 논리
- #10. 속도비 거리비 논리와 대칭점 그리고 직관
- #11. 시넵스 추론 3
- #12. 지점 거리 추론
- #13. 막전위 후보군 추론 1
- #14. 막전위 후보군 추론 2
- #15. 시넵스 추론 4

#1. 막전위 - 막전위의 값은 뒷시간을 결정한다

[20.06.14.]

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

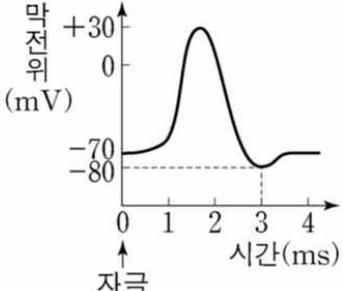
○ 그림은 A와 C의 지점  $d_1$ 으로부터 세 지점  $d_2 \sim d_4$ 까지의 거리를, 표는 ㉠ A와 C의  $d_1$ 에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 6ms일 때  $d_2 \sim d_4$ 에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다.



신경	6 ms일 때 측정된 막전위(mV)		
	$d_2$	$d_3$	$d_4$
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 흥분의 전도는 각각 1회 일어났고, 휴지 전위는  $-70\text{mV}$ 이다.) [3점]

<보 기>

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

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

A와 C의  $d_1$ 에 동시에 자극을 주고 전체 시간이 6ms일 때, 신경 B와 C의  $d_2, d_3, d_4$ 에서의 막전위 측정값을 제시하였다. 그래프에서  $-80$ 의 뒷 시간 정보를 제공했으니  $-80$ 에

대한 정보가 많다. 따라서 -80을 중점적으로 잘 이용해보자.

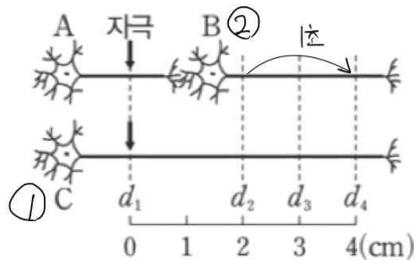
막전위 표의 -80 지점들은 뒷 시간이 3초이다. 따라서 B의  $d_2$ 는 3/3, C의  $d_3$  역시 3/3이다.

C의  $d_1$ 에서  $d_3$ 까지 자극 신호가 이동하는 것에 3초가 걸렸으니 C의 속도는 1이다. 문제 조건에 따라서 B의 속도는 자동으로 2가 되겠다.

신경 A와 B에는 전도뿐만 아니라 전달 역시 존재한다. 전달은 속도를 통한 계산이 불가능하기에, 각 지점의 앞 시간 차이(뒷 시간 차이)를 통해 추론해야한다. 전체 시간이 일정한 상황에서, 뒷 시간의 차이 = 앞 시간의 차이 = 자극 신호가 도달하는 데 걸린 시간의 차이를 의미하기에 두 지점 사이의 뒷 시간 차이는 곧 자극 신호가 도달하는데 걸린 시간의 차이를 의미한다.

예를 들어서 자극 지점  $d_1$ 은 0/6, B의  $d_2$ 는 4/2이기에  $d_1 \rightarrow d_2$ 로 전도+전달이 일어나기 위해서는 뒷 시간의 차이인 4초(또는 앞 시간의 차이 4초)만큼 소요된다는 것을 알 수 있다.

끝으로 B의  $d_2$ 에서  $d_4$ 까지 이동하는 것에 1초가 걸린다. B의  $d_2$ 가 3/3이니, B의  $d_4$ 는 4/2이다. 따라서 2초에서의 막전위는 +10임을 알 수 있다.



신경	6 ms일 때 측정된 막전위(mV)		
	$d_2$	$d_3$	$d_4$
B	$\frac{3}{3}$ -80	?	$\frac{4}{2}$ +10
C	?	$\frac{3}{3}$ -80	?

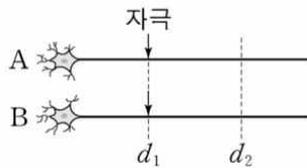
- ㄱ.  $d_1$ 에서 발생한 흥분은 B와 C의  $d_4$ 에 동시에 도달한다. (4ms)
- ㄴ. ㉠이 4ms일 때, C의  $d_3$ 는 3/1로 탈분극이 일어난다. 따라서  $\text{Na}^+$ 가 유입된다.
- ㄷ. ㉠이 5ms일 때, B의  $d_2$ 는 3/2이다. 따라서 재분극이 일어나고 있다.

#2. 막전위 - 막전위의 상태 파악

[20.09.16.]

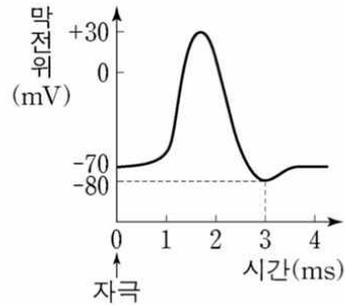
16. 다음은 민말이집 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

- 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 측정한 막전위를 나타낸 것이다. I~IV는  $t_1 \sim t_4$ 를 순서 없이 나타낸 것이다.



신경	$d_2$ 에서 측정한 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  $-70\text{ mV}$ 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.

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

이번에는 신경 A와 B의 같은 지점  $d_2$ 의 서로 다른 시점  $t_1, t_2, t_3, t_4$ 에서의 막전위를 표로 나타냈다. 이번에는 속도와 거리가 나와있지 않다. 즉 “비교”하는 문항이다. 따라서 A

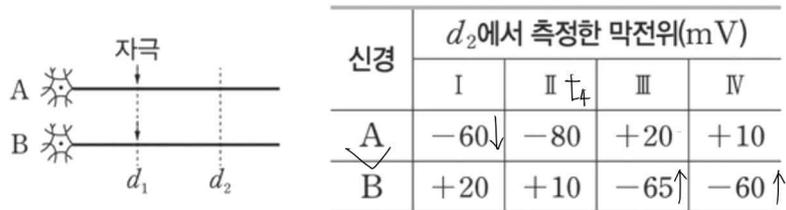
와 B 중 어느 신경의 흥분 전도 속도가 더 빠르는지, I~IV가  $t_1, t_2, t_3, t_4$  중 무엇인지 매칭해야겠다. 그러기 위해서는 막전위 표의 상태를 정리해야겠다.

신경 A의 I~IV 막전위를 보니 -80이 가장 뒤에 있다. 이 말은 II의 뒷 시간이 가장 길다는 뜻이니 II =  $t_4$ 이다.

A와 B의 II에서의 막전위를 보니 A의 -80이 가지는 뒷시간이 B의 +10이 가지는 뒷시간보다 반드시 길다.(과분극 지점과 일반적인 지점 비교) 즉, A의 앞시간이 B의 앞시간보다 짧으니, A의 속도가 B의 속도보다 빠르다. (A > B)

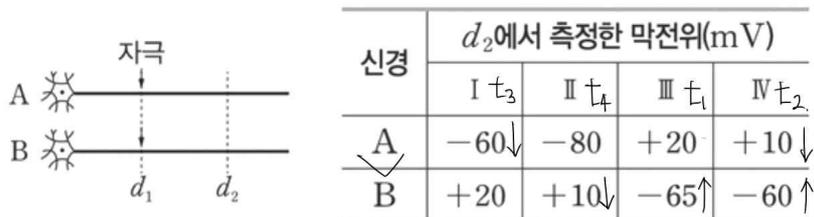
이제 두 신경의 속도를 알았으니, 아래 있는 막전위의 상태를 모두 파악해보자. -70에 가까운 쪽의 막전위를 파악할 수 있다. (여기서는 일반적인 지점만 있으니 “아래쪽”만 파악 가능하다고 할 수 있겠다.)

- I에서 A의 -60은 B의 +20보다 뒤에 있어야 하니 -60 ↓이다.
- III에서 B의 -65는 A의 -20보다 앞에 있어야 하니 -65 ↑이다.
- IV에서 B의 -60은 A의 +10보다 앞에 있어야 하니 -60 ↑이다.



B의 막전위에 집중해보자.  $t_4$ 를 제외한 B의 막전위들은 막전위 그래프 상에서 앞에서부터 [+20] → [-60 ↑] → [-65 ↑] 순으로 위치한다. 따라서 I =  $t_3$ , III =  $t_1$ , IV =  $t_2$ 이다.

마지막으로 B의  $t_4$ 에 존재하는 +10은 그래프 상에서 가장 뒤에 위치해야 하니 +10 ↓이다.



또한 A의  $t_2$ 에 존재하는 +10은 A가 가지는  $t_1$ 의 +20보다 뒤에 있어야 하니 +10 ↓이다.

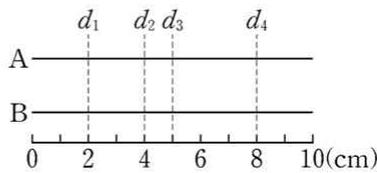
- ㄱ. III은  $t_1$ 이다.
- ㄴ.  $t_2$ 일 때, B의  $d_2$ 에서 막전위는 -60 ↑로 탈분극이 일어나고 있다.
- ㄷ. 흥분의 전도 속도는 A에서가 B에서보다 빠르다.

#3. 막전위 - 정수 논리와 시간 간격 논리

[20.11.15.]

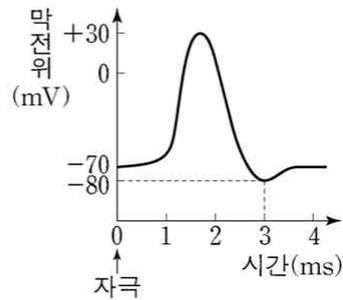
15. 다음은 민말이집 신경 A와 B의 흥분 전도에 대한 자료이다.

○ 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 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

○ 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  $-70\text{mV}$ 이다.) [3점]

<보 기>

- ㄱ. II는 3ms이다.
- ㄴ. B의 흥분 전도 속도는 2cm/ms이다.
- ㄷ. ㉠이 4ms일 때 A의  $d_3$ 에서의 막전위는  $-60\text{mV}$ 이다.

ㄷ

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

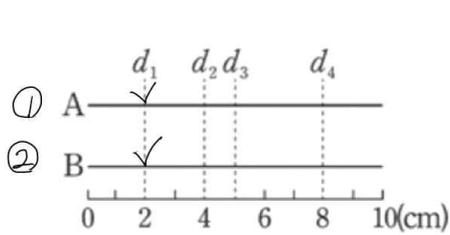
이번에는  $d_1$ 과  $d_4$  중 한 군데 자극을 주고,  $d_2$ 에서의 막전위를 각각 전체 시간이 2ms, 3ms, 5ms, 7ms에서 측정한 값을 나타냈다. 신경 전도 속도는 각각 1 or 2이고 전체 시간을 I~IV에 숨겨놓았다. 이 문제는 두 가지 풀이를 보여줄 것이다. 마음에 드는 방법으

로 풀어내면 된다.

(1) 상황별로 표 그리기

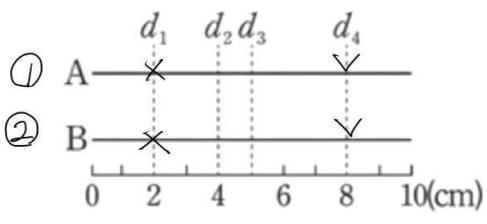
지점 II를 비교해보니 신경 B가 신경 A보다 속도가 빠르다. 따라서 B의 속도가 2, A의 속도가 1이다. 이제 자극을 준 지점을 찾아보자. 문제 조건에 따라서 자극 지점은  $d_1$ 과  $d_4$  중 하나이다.

만약  $d_1$ 에 자극을 줬다면,  $d_1$ 과  $d_2$  사이 거리는 2이니 B의 앞 시간은 1, A의 앞 시간은 2가 된다. 그러면 아래와 같이 표를 그릴 수 있다.



신경	$d_2$ 에서 측정한 막전위(mV)			
	I	II	III	IV
A	?	-60	?	-80
B	-60	-80	?	-70
	2	3	5	7
A	2/0	2/1	2/3	2/5
B	1/1	1/2	1/4	1/6

$d_1$ 에 자극을 주고 전체 시간이 2ms, 3ms, 5ms, 7ms일 때 각각의 막전위는 아래 표와 같이 나타난다. 그러나 B에는 -80, 즉 뒷 시간이 3인 지점이 존재해야 하는데 존재하지 않으니 모순이다. 따라서  $d_4$ 에 자극을 줬다.



신경	$d_2$ 에서 측정한 막전위(mV)			
	I 3	II 5	III 2	IV 7
A	?	-60	?	-80
B	-60	-80	?	-70
	2	3	5	7
A	2/0	3/0	4/1	4/3
B	2/0	2/1	2/3	2/5

$d_4$ 와

$d_4$ 와  $d_2$  사이의 거리는 4이니, B의  $d_2$ 가 가지는 앞 시간은 2, A의  $d_2$ 가 가지는 앞 시간은 4가 된다. 따라서 위의 표와 같이 정리할 수 있으며, A에서 -80이 나오는 지점 IV = 7ms, B에서 -80이 나오는 지점 II = 5ms, B에서 -60으로 막전위가 존재하는 I = 3ms, 자동으로 III = 2ms가 된다.

- ㄱ. II = 5ms이다.
- ㄴ. B의 흥분 전도 속도는 2cm/ms이다.
- ㄷ. ㉠이 4일 때 A의  $d_3$ 에서의 막전위는 3/1로 -60mV이다.

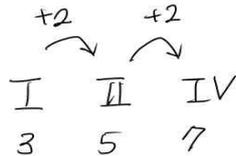
(2) 정수 논리 활용

$d_1$ 에 자극을 주어도,  $d_4$ 에 자극을 주어도 신경 A와 B의 속도는 1, 2이니 두 신경의  $d_2$ 에서 측정한 앞 시간은 모두 정수이다. ( $d_1$ 와  $d_2$  사이 거리도 짝수,  $d_2$ 와  $d_4$  사이 거리도 짝수이기에 전도 속도가 아무리 2여도 반드시 앞 시간은 정수로 나타난다.)

전체 시간은 모두 정수, 앞 시간도 정수이니 막전위 표에 나타난 막전위 값의 뒷 시간은 모두 정수이다.

따라서 B의 I에 있는 -60은 뒷 시간이 1이기에  $x/1$ (막전위 그래프에서 -60이 나올 수 있는 정수 점은 오직 1초), B의 II에 있는 -80은  $x/3$ 임을 알 수 있다. 따라서 II는 I보다 2만큼 더 크다.

A의 II에 있는 -60은  $y/1$ , A의 IV에 있는 -80은  $y/3$ 이다. 따라서 IV는 II보다 2만큼 더 크다.



정리하면 전체 시간 I, II, IV에 대해서  $I + 2 = II$ ,  $II + 2 = IV$ 이다. 시간 간격 논리에 의해서 전체 시간은 2, 3, 5, 7중 하나이니 2를 등차수열로 가지는 3개의 숫자 3, 5, 7이 각각 I, II, IV이다. 자동으로 III은 2가 된다.

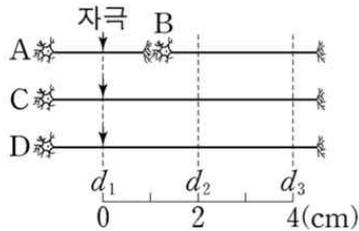
그렇다면 A의 앞 시간(또는 B의 앞 시간)  $y=4$ 를 통해서 자극지점이  $d_4$ 라는 사실도 알아낼 수 있다.

위의 표에서 물론 A의 앞 시간은 4지만 I, II가 가지는 앞 시간을 2/0, 3/0으로 표기한 이유는, 도달하지 못했음을 나타내기 위해서 음수처리를 하는 것을 회피하기 위해서 그런 것이다. 물론 4/-2, 4/-1 등을 통해서 자극이 도달하지 못했음을 표기할 수는 있겠지만, 음수를 표기하는 것에는 시간도 많이 걸리고 혼동할 여지가 있으니 앞 시간을 머릿속으로 인지를 한 상태에서 도달하지 못했음 = 뒷 시간을 0으로 처리 하는 방법을 필자는 택했다.

[21.09.10.]

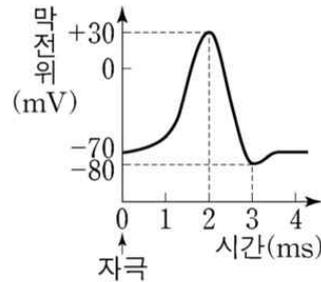
10. 다음은 민말이집 신경 A~D의 흥분 전도와 전달에 대한 자료이다.

○ 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  $-70\text{mV}$ 이다.) [3점]

—<보 기>—

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

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

신경 A, C, D의  $d_1$ 에 자극을 주고 전체 시간이 5ms일 때  $d_2$ 와  $d_3$ 의 막전위를 나타낸

표이다. B와 C의 흥분 전도 속도는 같다.

분석할 수 있는 정보는 되게 많지만, 막전위 문항에서 정보를 분석할 때 하나 고려해야 할 것은 바로 “시냅스의 존재 유무”이다. 시냅스가 존재하면, 우리는 “계산”을 통해서 모든 지점의 뒷 시간을 구할 수 없다. 하지만 시냅스가 존재하지 않는다면, 우리는 오직 “계산”만을 통해서 모든 지점의 뒷 시간을 구할 수 있기에 보통 시냅스가 존재하지 않는 신경이 시냅스가 존재하는 신경보다 가지고 있는 정보가 많다. 이에 대해서는 이후 시냅스 추론에서 다시 언급하겠다.

어쨌든, 전달이 포함되지 않은 신경 C와 D를 먼저 분석하고 이후 B를 분석해보자.

신경 C의 지점  $d_3$ 에서는 막전위가  $2/3$ 이다. 자극 지점부터  $d_3$ 까지의 거리가 4이니, C의 속도는 2이다. 문제 조건에 의해서 B의 속도도 2이다.

다음으로 신경 D는  $d_2$ 에서의 막전위가  $3/2$ 이다. 자극 지점부터  $d_2$ 까지의 거리가 2이니 D의 속도는  $\frac{2}{3}$ 이다.

시냅스가 없는 신경의 분석이 끝났으니 이제 시냅스가 존재하는 신경 A+B를 보자.

B는  $d_2$ 에서의 막전위가  $2/3$ 이다. 따라서 B의  $d_1 \rightarrow d_2$  전도+전달에는 2초가 걸린다는 사실을 알 수 있다. 위에서 구한 바와 같이 B의 속도는 2이고  $d_2$ 와  $d_3$ 의 거리가 2이니,  $d_3$ 에서의 막전위는  $3/2$ 이다. 따라서 ㉠ = +30이다.

물론 이 문항에서는 시냅스가 존재하는 B를 먼저 해석할 여지가 있었지만, 최근에 나오는 평가원이나 수능에서는 시냅스가 존재하는 신경을 먼저 해석하기란 쉽지 않다. 일단 뒤쪽에서 직접 한 번 만나보자.

ㄱ. 흥분의 전도 속도는 C에서가 D에서보다 빠르다.

ㄴ. ㉠은 +30이다.

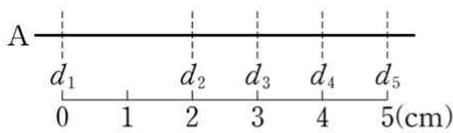
ㄷ. ㉡이 3ms일 때 C의  $d_3$ 는  $2/1$ 이다. 따라서 탈분극이 일어나고 있다.

#5. 막전위 - 앞 시간의 비는 거리의 비

[22.06.11.]

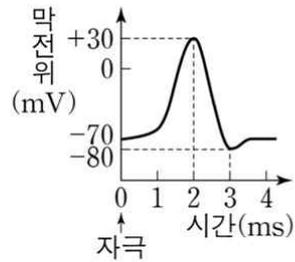
11. 다음은 민말이집 신경 A의 흥분 전도에 대한 자료이다.

○ 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
4 ms	?	+30
5 ms	-60	㉠
6 ms	+30	-70

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



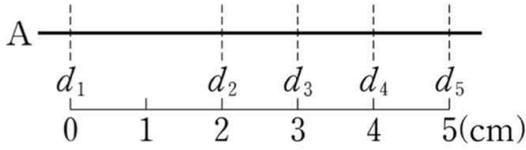
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, A에서 흥분의 전도는 1회 일어났고, 휴지 전위는  $-70\text{mV}$ 이다.) [3점]

<보 기>

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

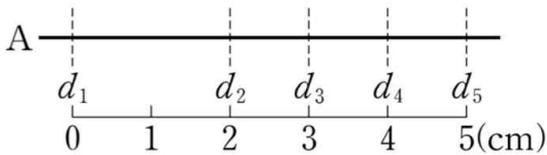
- ① ㄱ      ② ㄴ      ③ ㄱ, ㄷ      ④ ㄴ, ㄷ      ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

신경 A에서  $d_1$ 과  $d_5$  중 한 군데 자극을 주고,  $d_2$ 와  $d_4$ 의 4ms, 5ms, 6ms에서의 막전위를 나타냈다. 그리고 막전위 표는 I, II로 지점을 숨겼으니 지점을 추론해야겠다. 우리가 당장 알고 있는 정보는 막전위 표밖에 없으니 막전위 표에 대한 정보를 정리해야겠다.



시간	막전위(mV)	
	I	II
4 ms	? 4/0	+30
5 ms	-60	ⓐ
6 ms	+30 4/2	-70

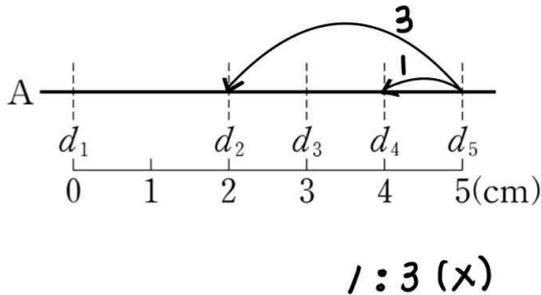
지점 I에서의 막전위 표를 먼저 살펴보자. 지점 I에 6ms의 +30은 4/2이다. 즉, 지점 I에서 관찰한 모든 전체 시간의 앞 시간은 4라는 사실을 알 수 있다. 따라서 I의 5ms는 4/1, I의 4ms는 4/0임을 알 수 있다.



시간	막전위(mV)	
	I	II
4 ms	? 4/0	+30 2/2
5 ms	-60	ⓐ = -80
6 ms	+30 4/2	-70 2/4

지점 II의 4ms의 +30은 2/2이다. 즉, 지점 II에서 관찰한 모든 전체 시간의 앞 시간은 2라는 사실을 알 수 있다. 따라서 II의 5ms는 2/3, II의 4ms는 2/2임을 알 수 있다. 따라서 ⓐ는 2/3으로 -80임을 알 수 있다.

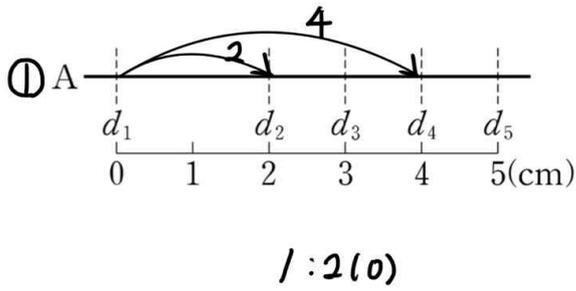
거리 비와 속도 비 논리를 이용해보자. 자극 지점에서 지점 I까지의 앞 시간은 4, II까지의 앞 시간은 2이다. 즉 자극 지점에서는 거리 비가 1 : 2인 지점이 존재해야 하고, 그것이 이 지점  $d_2$ 와  $d_4$ 여야 한다.



시간	막전위(mV)	
	I	II
4 ms	? 4/0	+30 2/2
5 ms	-60	ⓐ = -80
6 ms	+30 4/2	-70 2/4

$$2 : 4 = 1 : 2$$

$d_5$ 에 자극을 주면,  $d_2$ 와  $d_4$ 까지의 거리 비가 1 : 3이니 모순이다.



시간	막전위(mV)	
	I $d_4$	II $d_2$
4 ms	? 4/0	+30 2/2
5 ms	-60 4/1	ⓐ = -80 2/3
6 ms	+30 4/2	-70 2/4

$$2:4 = 1:2$$

따라서 자극은  $d_1$ 에 주었다.  $d_2$ 가 자극 지점에서 더 가까우니  $d_2$ 가 II,  $d_4$ 가 I이다.

자극지점으로부터  $d_2$ 까지의 거리는 2인데 앞 시간이 2이니 A의 흥분 전도 속도는 1이다.

- ㄱ. A의 흥분 전도 속도는 1cm/ms이다.
- ㄴ. ⓐ는 -80이다.
- ㄷ. 4ms일 때  $d_3$ 에서 3/1이니 탈분극이 일어나고 있다.

#6. 막전위 - 시냅스 추론 1

[22.09.16.]

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 1 cm/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  $-70\text{mV}$ 이다.) [3점]

<보기>

ㄱ.  $t_1$ 은 5ms이다.  
 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

이번에는 이전 유형들과 동일하게 자료를 주는데, 시냅스의 위치를 숨겼다. 시냅스가 존재하면 두 가지 특징이 존재한다. 첫 번째로 전달 속도는 전도 속도보다 느리다는 것, 두 번째로 시냅스 이전 뉴런으로의 신호 전달은 불가능하다는 것이다. 아까 말했지만, 정보는 시냅스가 존재하지 않는 쪽이 더 많음을 유의하자. 자극은 동일지점  $d_3$ 에 주었고, 전체 시간을 주지 않았으니 전체 시간도 문제를 풀면서 구해야겠다.

자극을 준 지점을 먼저 찾아보자. 신경 A와 B에서 자극을 준 지점  $d_3$ 는 막전위가 같으면서 막전위 그래프 상에서 가장 뒤에 위치해야 한다. A의 I 막전위는 II와 IV보다 뒤에 위치한다. 즉, 가장 뒤가 아닌 II와 IV는 자극 지점이 아니다. 하지만 A의 I 막전위는 B의 I과 막전위와 값이 다르니 지점 I은 자극을 준  $d_3$ 가 될 수 없다. 따라서 III이  $d_3$ 이

다.

이후 전도만이 존재하는 신경 A(시냅스가 존재하지 않는 신경)에 대한 정보를 먼저 분석해보자. (또한 표를 봐도 A에 대한 막전위 정보가 더 많이 제공되어 있다. 따라서 A를 먼저 해석하는 것이 합리적이다.)

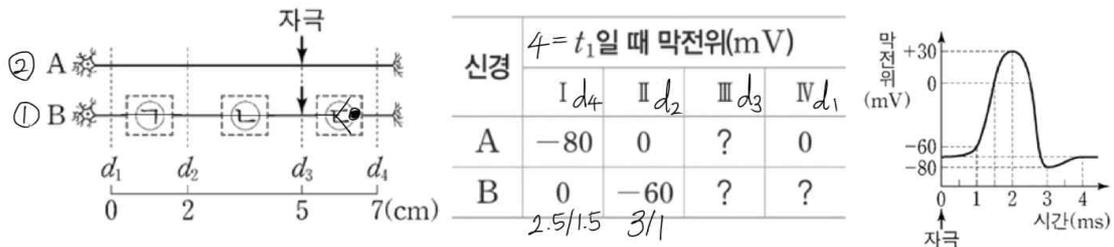
A의 I은 막전위가 -80이기에 II와 IV보다 자극 지점에서 가까워야 한다. 따라서 자극 지점  $d_3$ 에서 가장 가까운  $d_4$ 가 I이 된다. 그러면  $d_1$ 과  $d_2$ 가 II와 IV 중 하나가 되어야 한다. 어쨌든  $d_1$ 과  $d_2$  둘의 막전위는 모두 0이다.



$d_1$ 과  $d_2$ 의 막전위가 모두 0인데 둘의 뒷 시간은 달라야 한다.(앞 시간이 차이가 나니)

따라서 자극 지점에서 멀리 있는 지점  $d_1$ 이  $?/1.5$ , 가까운  $d_2$ 가  $?/2.5$ 이다. 전체 시간이 동일하고, 둘의 뒷 시간이 1초 차이니, 앞 시간도 1초 차이이다. 즉,  $d_1$ 과  $d_2$ 까지 흥분이 전도되는데 걸리는 시간이 1초다.  $d_1$ 과  $d_2$  사이의 거리는 2이니, A의 전도 속도는 2이다.

자극 지점  $d_3$ 에서  $d_4$ 까지의 거리가 2이니  $d_4$ 의 앞 시간은 1이다. 따라서  $d_4$ 는  $1/3$ 이며 전체 시간  $t_1 = 4\text{ms}$ 이다. 이러면 A에 대한 해석은 거의 끝이 났다. A의 해석을 통해서 전체 시간에 대한 정보를 얻어냈다. 정보가 적은 곳에서의 해석을 진행할 때는 다른 곳에서 정보를 최대한 끌어 모은 이후 정보가 그나마 많은 상태로 해석을 진행하는 것이 좋다. 여기서는 A에서 전체 시간에 대한 정보를 B로 끌고 와서 해석하는 것이라고 할 수 있겠다.



신경 B를 해석해보자. 신경 B는 속도가 1이라고 했다. 그러면 원래는  $d_4$ 의 막전위가  $2/2$ 로 +30이 나와야 한다. 그런데  $d_4$ 의 막전위가 0이다.(+30이 아니다.) 따라서 변화가 존재해야 하기에 시냅스는 ⊖에 있으며 시냅스의 영향으로 앞 시간이 증가하여  $d_4$ 는  $2.5/1.5$ 가 된다. 이렇게 시냅스를 찾을 때 “존재하지 않을 때”를 가정한 상황에서 모순을 찾아내어 존재함을 증명하기도 한다.

B의 나머지 지점은 시냅스의 영향을 받지 않겠다.

B의  $\Pi$ 는  $-60$ 이니  $3/1$ 이다. (정수논리) 따라서  $\Pi = d_2$ , 자동으로  $IV = d_1$ 이 된다.

원래라면 B의 해석이 불가능했지만, “전체 시간”에 대한 정보를 A로부터 끌고 왔기에 해석이 가능해졌다. 전체 시간이 없을 때 정보 해석이 불가능 했던 이유는, “시냅스”가 존재했기 때문이다. 따라서 시냅스가 존재하면 정보를 선불리 얻기 어려워지기에 시냅스가 존재하지 않는 신경으로부터 정보를 먼저 얻은 이후 접근을 시작하자.

ㄱ.  $t_1$ 은 4ms이다.

ㄴ. 시냅스는  $\ominus$ 에 있다.

ㄷ.  $t_1$ 일 때, A의  $\Pi = d_2$ 는 1.5/2.5로 재분극이 일어나고 있다.