

흥분 전도 추론형  
Algo (rithm)

흥분 전도 추론형 문항을 푸는 기본 뼈대는 다음과 같다.

1<sup>st</sup> 변수 상수 판단

결정된 정보가 “시간”인지 “지점”인지 “다른 요소”인지 확인한다.

이때 결정된 정보가 지점이고 변수가 시간라면 “자연수론”과 “변화량” 등을 결정된 정보가 시간이고 변수가 지점이라면 “특수 막전위” “값 간 비교” 등을 활용할 수 있다.

이때 자극 지점은 막전위 변화 판단의 기준점이 된다.

자극 지점이 주어져 있는 문항도, 주어지지 않은 문항도 있으며

주어지지 않은 경우 **자극 지점 판단의 근거**를 우선적으로 체크하도록 하자.

14. 다음은 민말이집 신경 A-C의 흥분 전도에 대한 자료이다.

○ 그림은 A-C의 지점  $d_1 \sim d_5$ 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  $d_2 \sim d_5$ 에서의 막전위가 속하는 구간을 나타낸 것이다. I~III은  $d_2 \sim d_5$ 를 순서 없이 나타낸 것이고, ㉡일 때 각 지점에서의 막전위는 구간 ㉠-㉢ 중 하나에 속한다.

신경	4ms일 때 막전위가 속하는 구간		
	I	II	III
A	㉠	?	㉢
B	?	㉡	?
C	㉡	㉢	㉠

22 수능 - 자극 지점 결정됨

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 2v로 같고, II와 III의 흥분 전도 속도는 각각 3v와 6v이다.

○ I~III 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.

23 수능 - 자극 지점 결정되지 않음

2<sup>nd</sup> 단독 해석(특수 막전위, 가장 가까운 지점)

-80mV나 +30mV와 같이 비교하여 해석하지 않아도

단독적으로 시간에 대한 정보를 알 수 있는 값들이 있다.

단독적으로 해석할 수 있는 값들과 자극 지점을 엮어 해석할 수 있는지 확인하자.

3<sup>rd</sup> 비교 해석(가로 비교, 세로 비교, 사선 비교 등)

동일한 막전위 값, 막전위 값 간 비교 등 두 가지 요소 이상을 비교하여 해석했을 때 변화량, 대칭성, 속도비 등을 추론해낼 수 있다.

1<sup>st</sup> 2<sup>nd</sup> 를 마쳤다면 비교 해석할 수 있는 값들이 무엇이 있는지 확인하자.

#### 4<sup>th</sup> 기타 요소 판단

문제에 따라 여러 가지 요소가 해석에 필요할 수 있다.

- 전도 방향
- 가지 돌기와 축삭 돌기의 위치 판단
- 속도 비교
- 동일한 막전위 값
- 서로 다른 막전위 값
- 대칭성
- 자연수론
- 흥분 전달(시냅스)

Algo대로 문제를 풀어나가기 위해 알아야할 요소들의 합집합, Schema  
앞으로 공부할 Schema를 정리하면 다음과 같다.

Schema 1 그래프의 이해

Schema 2 전도 방향

Schema 3 경과된 시간

Schema 4 자극 지점

Schema 5 특수 막전위

Schema 6 가로 비교

Schema 7 세로 비교

Schema 8 비교 해석

Schema 9 동일한 막전위 값

Schema 10 서로 다른 막전위 값

Schema 11 비례 관계 (변화량)

Schema 12 전도 속도

Schema 13 대칭성

Schema 14 선후 판단

Schema 15 자연수론

Schema 16 시냅스

흥분 전도 추론  
Schema 1

그래프의 이해

[중요도 ★★★★★]

- 모든 흥분 전도 추론형 문항에는 막전위 변화 그래프가 등장한다.
- 경과 시간은 전도 시간과 막전위 변화 시간으로 나뉘어지며 그래프는 막전위 변화 시간과 관련이 있다.
- 추론 요소들을 공부하기 전 막전위 변화 그래프를 확실히 이해하고 넘어가도록 하자.

자극이 전달되면 막전위는 1) 분극 2) 탈분극 3) 재분극 4) 과분극 과정을 거쳐 휴지 전위로 돌아온다.

	<p>① 분극 뉴런이 자극을 받기 전에는 <math>\text{Na}^+ - \text{K}^+</math> 펌프의 작용과 열려있는 <math>\text{K}^+</math> 통로를 통한 <math>\text{K}^+</math> 유출에 의해 분극 상태가 된다.</p> <p>② 탈분극 역치 이상의 자극에 의해 <math>\text{Na}^+</math> 통로가 열리고 <math>\text{Na}^+</math>이 세포 안으로 확산되어 탈분극이 일어난다.</p> <p>③ 재분극 세포 안이 상대적으로 (+)가 되면 대부분의 <math>\text{K}^+</math> 통로가 열리고 <math>\text{K}^+</math>이 세포 밖으로 확산되어 재분극이 일어난다.</p> <p>④ 과분극 분극이 일어나면서 막전위가 휴지 전위(-70mV)보다 더 낮은 -80mV까지 하강하였다가 휴지 전위로 회복된다.</p> <p>⑤ 분극 재분극이 일어난 부위는 <math>\text{Na}^+ - \text{K}^+</math> 펌프의 작용으로 분극 상태가 된다.</p>
--	--

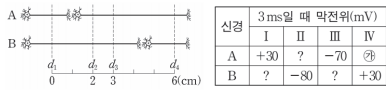
흥분 전도 추론  
Schema 1

그래프의 이해

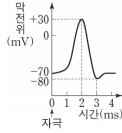
이때 재분극과 탈분극의 경계점인 +30mV 지점과 과분극이 일어나는 그래프에서의 극점인 -80mV가 특수한 막전위 값으로 시험에 자주 등장한다.

이는 그래프 내에서 유일하게 시간과 막전위 값이 1:1 대응되는 값이기 때문이다.

- 그림은 A와 B의 지점  $d_1 \sim d_4$ 의 위치를, 표는 ㉠ A와 B의 지점 X에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 3ms일 때  $d_1 \sim d_4$ 에서의 막전위를 나타낸 것이다. X는  $d_1 \sim d_4$  중 하나이고, I~IV는  $d_1 \sim d_4$ 를 순서 없이 나타낸 것이다.

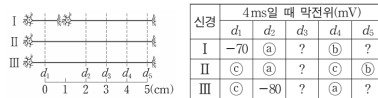


- A를 구성하는 두 뉴런의 흥분 전도 속도는 ㉡로 같고, B를 구성하는 두 뉴런의 흥분 전도 속도는 ㉢로 같다. ㉡와 ㉢은 1cm/ms와 2cm/ms를 순서 없이 나타낸 것이다.
- A와 B 각각에서 활동 전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.

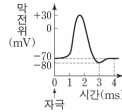


23 6평 - +30mV, -80mV 모두 시작점

- 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.



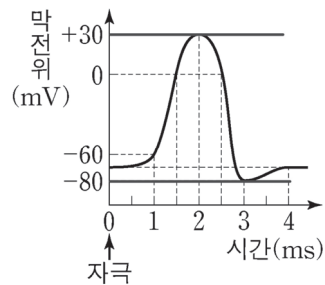
23 수능 - -80mV 시작점

흥분 전도 추론  
Schema 5

특수 막전위

[중요도 ★★★★★]

- 막 전위 변화 그래프에서 다른 막전위 값들은 여러 시점과 대응되는 반면 +30mV와 -80mV는 오직 한 시점에서만 나타난다.
- 그에 따라 문제에서 막전위 해석의 기준이 되는 값들로 작용한다.



막 전위 변화 그래프에서 다른 막전위 값들은 여러 시점과 대응되는 반면 +30mV와 -80mV는 오직 한 시점에서만 나타난다.

① -80mV

과분극이 일어난 지점

같은 시점에 막전위를 측정했을 때 막전위가 -80mV인 지점은 막 전위 상 재분극이나 탈분극이 일어난 지점보다 자극 지점이 가까우며, 막 전위 변화 그래프에서 가장 비교의 기준점으로 삼기 좋은 값이다.

특수 막전위를 이용하여 지점 간 위치 관계를 해석하면 다음과 같다.

[관계 해석]

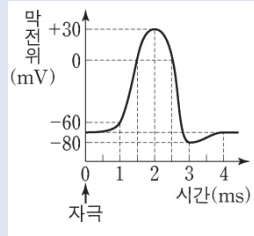
지점	I	II
같은 시점 t일 때, 측정된 막 전위	-80 mV	x mV

(단,  $-70 < x$ )

x mV은 탈분극, 재분극에 무관하게 -80mV보다 그래프 상 왼쪽에 나타난다. 따라서 I 은 II 보다 자극 지점에 가깝다.

또한 (a, b)에서 b 값이 하나로 결정되어 총 경과된 시간(a+b)을 판단할 때, 자극 지점에서는 a=0이므로 b=a+b이고 자극 지점이 아닌 지점에서는 총 경과된 시간이 b보다는 크다는 논리를 활용할 수 있다.

막전위 그래프



여사건과 소문자

앞선 서술에서 여사건의 의미를 살리기 위해 S = 흥분 전도 시간(A) + 막전위 변화 시간(A<sup>c</sup>)의 표현을 사용했으며 기입의 편의를 위해 t=a+b의 표현을 혼용하도록 하였다. 같은 의미이다.

흥분 전도 추론  
Schema 5

특수 막전위

[Remark 1] 특수 막전위에서는 (a, b)에서 b 값이 하나로 결정되어 총 경과된 시간(a+b=t)을 판단할 때,

자극 지점에서는 a=0이므로 총 경과된 시간(t)이 b와 같고  
자극 지점이 아닌 지점에서는 총 경과된 시간(t)이 b보다는 크다는 논리를 활용할 수 있다

② +30mV

탈분극과 재분극이 구분되는 지점

같은 시점에 막전위를 측정했을 때 막전위가 +30mV인 지점은 막 전위 상 재분극이나 탈분극이 일어난 지점의 중간 지점에 있다.

위 내용을 조금 더 수치적으로 해석하면 다음과 같다.

[관계 해석]

지점	I	II	III
같은 시점 t일 때, 측정된 막 전위	+30 mV	x mV	x mV

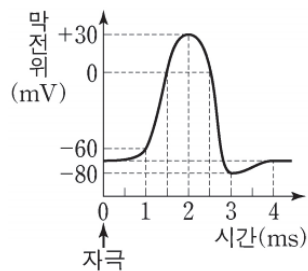
(단,  $-70 < x$ )

II와 III의 자극 지점 선후 관계는 추가 조건이 필요하지만 I은 I ~ III 중 자극 지점에서 2번째로 가깝다.

[Remark 2] ㉠ 특정 막전위 그래프에서

탈분극의 0과 재분극의 0 모두 +30mV와 0.5ms 차이이다.

그에 따라 0mV와 30mV가 동시에 등장했을 때 탈분극의 0과 재분극의 0을 구분하지 않더라도 +30mV와 0.5ms 차이남을 해석하고 들어갈 수 있다.

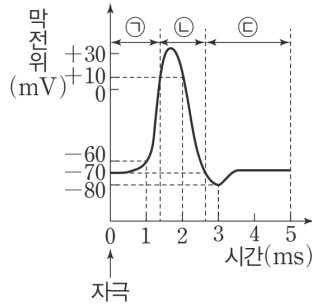


막전위 그래프 ㉠

흥분 전도 추론  
Schema 8

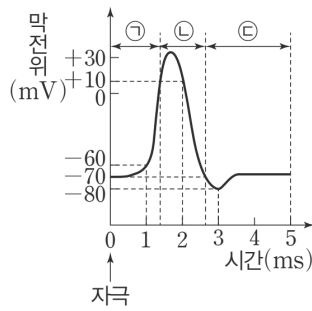
비교 해석

[해설]



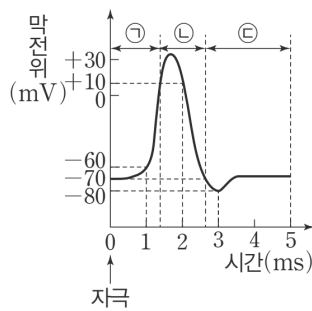
신경	5ms일 때 막전위가 속하는 구간			
	I	II	III	IV
A	?	㉠	?	㉡
B	㉠	?	㉢	?
C	?	?	?	㉢

그래프 상 ㉡이 ㉠보다 오른쪽에 있는 막전위이므로 IV가 II보다 자극 지점에 가깝다.



신경	5ms일 때 막전위가 속하는 구간			
	I	II	III	IV
A	?	㉠	?	㉡
B	㉠	?	㉢	?
C	?	?	?	㉢

그래프 상 ㉢이 ㉠보다 오른쪽에 있는 막전위이므로 III이 I보다 자극 지점에 가깝다.



신경	5ms일 때 막전위가 속하는 구간			
	I	II	III	IV
A	?	㉠	?	㉡
B	㉠	?	㉢	?
C	?	?	?	㉢

그래프 상 ㉢이 ㉡보다 오른쪽에 있는 막전위이므로 C가 A보다 전도 속도가 빠르다.

흥분 전도 추론  
Schema 13

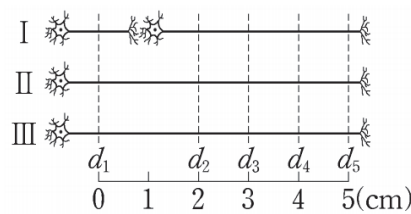
대칭성

[중요도 ★★★★★]

- 자극을 신경의 중간 지점에 주었을 경우 시냅스 유무를 고려하지 않는다면 자극 지점으로부터 같은 거리에 있는 양쪽 두 지점은 막전위 값이 동일하게 나타난다.

즉, 자극 지점으로부터 대칭인 지점은 활동 전위 진행량이 동일하므로 자극 지점으로부터 대칭성이 존재하는지 신경 그림을 통해 판단할 수 있어야하고 역으로 대칭성의 존재를 통해 자극 지점의 위치를 추론할 수 있어야 한다.

예 2023학년도 수능



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

$d_2$ 로부터  $d_1$ 과  $d_4$ 는 떨어진 거리가 동일하므로 막전위 값이 동일하게 나타난다.

특수 막전위(예 +30, -80)의 경우 가로(신경 내)에서 두 번 나타나면 대칭성의 지표이고 일반 막전위(예 0, -60)의 경우 가로(신경 내)에서 세 번 나타나면 대칭성의 지표이다.

예 미출제 Point ①

신경	4ms일 때 막전위(mV)				
	I	II	III	IV	V
A	-40	?	+30	-80	-80
B	?	-60	-80	?	-80

A에서 -80과 -80이 동시에 나타나므로 IV와 V의 중점이 A의 자극 지점이다.  
B에서 -80과 -80이 동시에 나타나므로 III과 V의 중점이 B의 자극 지점이다.



흥분 전도 추론  
Schema 13

대칭성

예 미출제 Point ②

신경	4ms일 때 막전위(mV)				
	I	II	III	IV	V
A	+30	?	?	-60	-80
B	0	0	-70	?	0

B에서 0이 3군데에서 나타나므로 I, II, V의 재분극, 탈분극 여부를 판단한 후 정확히 활동 전위 진행량이 동일한 두 지점 간 중점이 자극 지점이다.

# 근육의 수축 계산형

## 근육의 수축 계산형 Algo (rithm)

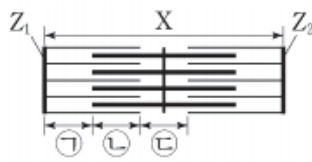
근수축 계산형 문항을 푸는 기본 뼈대는 다음과 같다.

### 1<sup>st</sup> 방향벡터(화살표) 대응

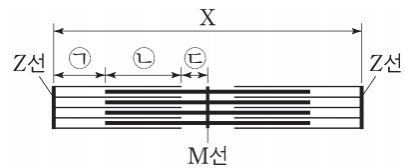
주어진 정보가 어떤 지점에 대응되는지 확인한다.

즉, ㉠, ㉡, ㉢의 정체성에 대해 확인하고 적절히 방향벡터를 대응한다.

보통은 다음과 같이 ㉠, ㉡, ㉢이 특정 구역에 대응된다.



23학년도 수능  
㉠은 ↓, ㉡은 ↑, ㉢은 ↓↓



22학년도 9평  
㉠은 ↓, ㉡은 ↑, ㉢은 ↓

### 2<sup>nd</sup> 요소 정리

알고 있는 Schema들을 활용하여 적절히 요소 정리한다.

이때 활용할 수 있는 표는 다음과 같다.

	수축 방향성	길이			
		X	㉠	㉡	㉢

각각의 칸에는 다음이 들어간다.

	수축 방향성	X	㉠	㉡	㉢

$t_1$ ,  $t_2$ 와 같은 시점이나  $F_1$ ,  $F_2$ 와 같은 힘이 들어간다.

근육이 수축함에 따른 변화의 시점을 나타내는 칸이다.

근육의 수축 계산형  
Algo (rithm)

앞으로 공부할 근육의 수축 계산형의 Schema를 정리하면 다음과 같다.

- Schema 1 구조의 이해
- Schema 2 화살표 대응
- Schema 3 수치적 특성
- Schema 4 불변량
- Schema 5 변화량
- Schema 6 전체 변화량
- Schema 7 요소 정리
- Schema 8 비율 관점
- Schema 9 미지수 도입
- Schema 10 단면 변화
- Schema 11 수축 강도

근육의 수축 계산형

근육의 수축 계산형  
Schema 6

전체 변화량

[중요도 ★★★]

- 문제에서 주어진 각각 요소들의 변화량을 판단하는 것도 중요하지만 전체 요소의 합 또는 일부 요소들 간 **합의 변화량**을 보는 관점 또한 요구된다.

[전체 변화량]

- 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.

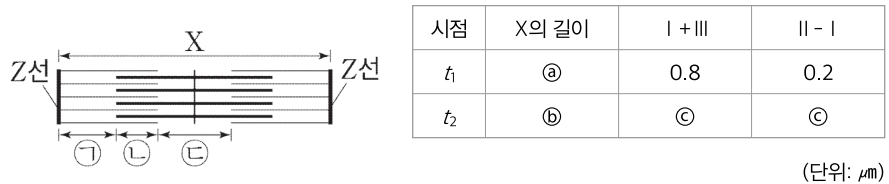
㉠,  $3d$ ,  $10d$  각각이 ㉠~㉢ 중 어느 원 문자에 대응되는지 바로 알 수는 없지만  $t_1$ 에서 ㉠+㉡+㉢이 ㉠+ $13d$ 이며  $\Downarrow$ 에 대응되고,  $t_2$ 에서 ㉠+㉡+㉢이 ㉠+ $5d$ 이며  $\Downarrow$ 에 대응되므로

$\Downarrow$ 에는  $8d$ 가 대응되어  $\downarrow$ 에는  $4d$ 가 대응되고  $t_1$ 에서  $t_2$ 로 갈 때 수축인 것을 알 수 있다.

이와 같이 “각각 ㉠과 ㉡ 중 하나이다”나 “㉠과 ㉡를 순서 없이 나타낸 것이다.”와 같은 표현이 사용된 경우, 각각을 관찰 & 대응할 수도 있으나 **합이나 차로 관찰**할 수 있다.

[문제 16]

그림은 근육 원섬유 마디 X의 구조를, 표는 시점  $t_1$ 과  $t_2$ 일 때 X의 길이, I의 길이와 III의 길이를 더한 값(I+III), II의 길이에서 I의 길이를 뺀 값(II-I)을 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이고, 구간 ㉠은 액틴 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이다. I~III은 ㉠~㉢을 순서 없이 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡는 각각  $2.4\mu\text{m}$ 와  $2.2\mu\text{m}$  중 하나이다.



$t_1$ 일 때 A대의 길이는?

근육의 수축 계산형  
Schema 6

전체 변화량

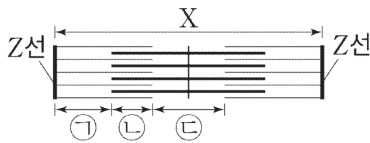
[해설]

X의 길이인 ㉓와 ㉔는 각각  $2.4\mu\text{m}$ 와  $2.2\mu\text{m}$  중 하나이므로 X의 길이 변화량이  $0.2\mu\text{m}$ 이고, ㉑, ㉒, ㉓, X의 길이 각각은 ↓, ↑, ↓↓, ↓↓에 대응되므로 I + III과 II - I의 변화는 각각 최대  $0.3\mu\text{m}$ 이다.

따라서 ㉑는  $0.5\mu\text{m}$ 이고 I + III은 ↓+↓↓, II - I는 ↑-↓↓가 되어야 한다.

∴ I은 ↓↓, II는 ↑, III은 ↓이다.

∴ I은 ㉑, II는 ㉒, III은 ㉓이다.



시점	X의 길이	I + III	II - I
	↓↓	↓↓↓	↑↑↑
t <sub>1</sub>	㉓	0.8	0.2
t <sub>2</sub>	㉔	0.5	0.5

(단위:  $\mu\text{m}$ )

변화 방향은 X의 길이와 I + III가 동일하므로 ㉓는  $2.4\mu\text{m}$ , ㉔는  $2.2\mu\text{m}$ 이다.

A대의 길이는  $2\text{㉑} + \text{㉒}$ 이므로 ㉑과 ㉒의 길이를 구해야 한다.

II + III이 ㉑+㉒이고 ㉑+㉒의 길이를 알면 여사건으로 ㉒의 길이를 도출할 수 있으므로 주어진 두 변화량을 더해서 생각하자.

시점	X의 길이	I + III	II - I	II + III
	↓↓	↓↓↓	↑↑↑	-
t <sub>1</sub>	㉓	0.8	0.2	1.0
t <sub>2</sub>	㉔	0.5	0.5	1.0

(단위:  $\mu\text{m}$ )

t<sub>1</sub>일 때 ㉑+㉒이 1.0이므로 ㉒의 길이는  $0.4\mu\text{m}$ 이고

II(㉒) - I(㉑)의 길이가  $0.2\mu\text{m}$ 이므로 ㉑의 길이는  $0.6\mu\text{m}$ 이다.

따라서 t<sub>1</sub>일 때 A대의 길이는  $1.6\mu\text{m}$ 이다.

[정답]

t<sub>1</sub>일 때 A대의 길이는  $1.6\mu\text{m}$ 이다.

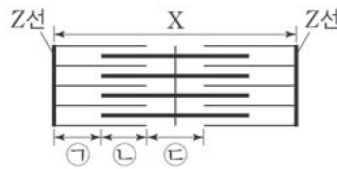
근육의 수축 계산형

근육의 수축 계산형  
Schema 6

전체 변화량

[문제 17]

그림은 근육 원섬유 마디 X의 구조를 나타낸 것이다. 구간 ㉠은 액틴 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이다. X는 좌우 대칭이다.



표는 골격근 수축 과정의 시점  $t_1$ 과  $t_2$ 일 때 X의 길이, A대의 길이, H대의 길이를 나타낸 것이다. ㉡와 ㉢은  $2.4 \mu\text{m}$ 와  $2.8 \mu\text{m}$ 를 순서 없이 나타낸 것이고,  $t_1$ 일 때 ㉡의 길이와  $t_2$ 일 때 ㉠의 길이는 같다.

시점	X의 길이	A대의 길이	H대의 길이
$t_1$	㉡	1.6	?
$t_2$	㉢	?	0.4

(단위:  $\mu\text{m}$ )

$t_1$ 일 때 ㉡의 길이 ÷  $t_2$ 일 때 ㉢의 길이 값은?

근육의 수축 계산형  
Schema 6

전체 변화량

[해설]

X의 길이인 ㉠과 ㉡는 각각  $2.4\mu\text{m}$ 와  $2.8\mu\text{m}$  중 하나이므로 X의 길이 변화량이  $0.4\mu\text{m}$ 이고,  
㉠, ㉡, ㉢, X의 길이 각각은 ↓, ↑, ↓, ↓에 대응되므로  
㉠, ㉡, ㉢의 수축이 일어날 때 변화량은  $-0.2, +0.2, -0.4$ 이다.

또한 A대의 길이는 시점에 관계없이 동일하므로  $t_2$ 의 A대의 길이 또한  $1.6\mu\text{m}$ 이다.

시점	X의 길이	A대의 길이	H대의 길이	㉠	㉡	㉢
$t_1$	㉠	1.6	?			
$t_2$	㉡	1.6	0.4			

(단위:  $\mu\text{m}$ )

A대의 길이=H대의 길이+2㉢이므로 ㉢의 길이를 알 수 있다.

시점	X의 길이	A대의 길이	H대의 길이	㉠	㉡	㉢
				↓	↑	
$t_1$	㉠	1.6	?			
$t_2$	㉡	1.6	0.4		0.6	

(단위:  $\mu\text{m}$ )

㉠과 ㉡의 변화량은 동일하고

$t_1$ 일 때 ㉡의 길이와  $t_2$ 일 때 ㉠의 길이는 같으므로  $t_1$ 일 때 ㉠의 길이도  $0.6\mu\text{m}$ 이다.

시점	X의 길이	A대의 길이	H대의 길이	㉠	㉡	㉢
				↓	↑	
$t_1$	㉠	1.6	?	0.6		
$t_2$	㉡	1.6	0.4		0.6	

(단위:  $\mu\text{m}$ )

X의 길이 변화량이  $0.4\mu\text{m}$ 이므로 ㉠과 ㉡의 변화량은 0.2인데 만약

$t_1$ 일 때 ㉢의 길이가 0.8이라면 ㉠+㉡이 1.4가 되어 전체 X의 길이 조건에 모순이다.

따라서  $t_1$ 일 때 ㉢의 길이는 0.4이다.

근육의 수축 계산형

근육의 수축 계산형  
Schema 6

전체 변화량

시점	X의 길이	A대의 길이	H대의 길이	㉠	㉡	㉢
	↓			↓	↑	↓
$t_1$	㉠	1.6	?	0.6	0.4	
$t_2$	㉡	1.6	0.4	0.4	0.6	

(단위:  $\mu\text{m}$ )

X의 길이와 ㉠의 변화량 비는 2:1이고 변화 방향은 동일하므로 ㉠은 2.8, ㉡는 2.4이다.

따라서 모든 시점의 ㉢의 길이 또한 결정된다.

시점	X의 길이	A대의 길이	H대의 길이	㉠	㉡	㉢
	↓			↓	↑	↓
$t_1$	2.8	1.6	0.8	0.6	0.4	0.8
$t_2$	2.4	1.6	0.4	0.4	0.6	0.4

(단위:  $\mu\text{m}$ )

**[정답]**

$t_1$ 일 때 ㉢의 길이 ÷  $t_2$ 일 때 ㉢의 길이 값은 10이다.

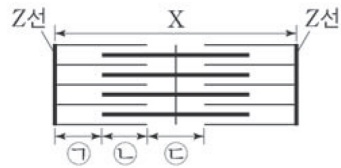


근육의 수축 계산형  
Schema 6

전체 변화량

[문제 18]

그림은 근육 원섬유 마디 X의 구조를 나타낸 것이다. 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. 구간 ㉠은 액틴 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이다.



$t_1$ 일 때 ㉠의 길이는?

근육의 수축 계산형

근육의 수축 계산형  
Schema 6

전체 변화량

[해설]

ⓐ, 3d, 10d 각각이 ㉠~㉣ 중 어느 원 문자에 대응되는지 바로 알 수는 없지만  
t<sub>1</sub>에서 ㉠+㉡+㉢이 ⓐ+13d이고  
t<sub>2</sub>에서 ㉠+㉡+㉢이 ⓐ+5d이며 ㉠+㉡+㉢은 ↓에 대응되므로

↓에는 8d가 대응되어 ↓에는 4d가 대응되고  
t<sub>1</sub>에서 t<sub>2</sub>로 갈 때 수축인 것을 알 수 있다.

시점	수축	㉠+㉡+㉢	㉠	㉡	㉢
		↓	↓	↑	↓
t <sub>1</sub>	↓	ⓐ+13d			10d
t <sub>2</sub>		ⓐ+5d			2d

따라서 ㉢(↓)은 10d가 2d로 갈 때로 결정된다.

시점	수축	㉠+㉡+㉢	㉠	㉡	㉢
		↓	↓	↑	↓
t <sub>1</sub>	↓	ⓐ+13d			10d
t <sub>2</sub>		ⓐ+5d			2d

3d는 ↑ 당 변화량 4d보다 작은 값이다.

㉠~㉢의 길이는 항상 0 이상의 수이므로 t<sub>1</sub>과 t<sub>2</sub> 각각에서 3d의 위치가 결정된다.

시점	수축	㉠+㉡+㉢	㉠	㉡	㉢
		↓	↓	↑	↓
t <sub>1</sub>	↓	ⓐ+13d	ⓐ	3d	10d
t <sub>2</sub>		ⓐ+5d	3d	ⓐ	2d

t<sub>1</sub>에서 t<sub>2</sub>가 될 때 ㉠과 ㉡의 변화는 각각 ↓과 ↑이고  
↑ 당 변화량은 4d이므로 ⓐ-3d=4d이다.

따라서 ⓐ=7d이다.

[정답]

∴ t<sub>1</sub>일 때 ㉠의 길이는 7d이다.

근육의 수축 계산형  
Schema 7

요소 정리

[중요도 ★★★★★]

- 문제에서 제시하는 근육 원섬유 마디의 구조의 원 문자로 구성된 표를 새로 그려 정리 후 상황을 이해할 수 있다.

알고 있는 Schema들을 활용하여 적절히 요소 정리한다.

이때 활용할 수 있는 표는 다음과 같다.

	수축 방향성	길이			
		X	⊖	⓪	⊕

각각의 칸에는 다음이 들어간다.

	수축 방향성	X	⊖	⓪	⊕

$t_1$ ,  $t_2$ 와 같은 시점이나  $F_1$ ,  $F_2$ 와 같은 힘이 들어간다.

근육이 수축함에 따른 변화의 시점을 나타내는 칸이다.

	수축 방향성	길이			
		X	⊖	⓪	⊕
$t_1$					
$t_2$					

수축 방향이  $t_1$ 에서  $t_2$ 인지,  $t_2$  에서  $t_1$ 인지 표기한다.

	수축 방향성	길이			
		X	⊖	⓪	⊕
$t_1$					
$t_2$					

⊖, ⊕, ⊕에 각각 어떤 화살표(방향벡터)가 대응되는지 기입하거나 머리로 생각한다.