근육의 수축 계산형
Schema 13
연산 논리

[중요도 ★★★]

- [간격의 합/차]
  변화를 관찰하는 문항에서 간격을 통일하고 연산하면 요소 간 연산이 간명해진다.
  즉, 분자(좌변) 또는 분모(우변)끼리 계산이 가능하다.

- [간격곱]
  적절히 L을 도입하여 비율관계를 암산할 수 있다.

시점	ⓐ/ⓑ	H	X	㉠	㉡	㉢
L_1					0	
t_1	2	$2d$	$8d$	$2d$	d	$2d$
t_2	1	d	?	$1.5d$	$1.5d$	d
L_2	-1					

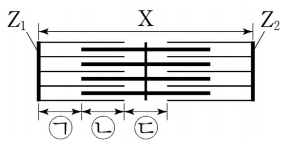
25 학년도 9 평

시점	$\frac{㉠-㉡}{㉢}$	X의 길이	㉠	㉡	㉢
L_1	1				
t_1	$\frac{5}{8}$	3.4 ㎛	0.9	0.4	0.8
t_2	$\frac{1}{2}$	?			0.6
t_3	$\frac{1}{4}$	L			0.4
L_2					0

25 학년도 수능

예

그림은 근육 원섬유 마디 X의 구조를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이고, Z_1과 Z_2는 X의 Z선이다.



시점	$\frac{㉠-㉡}{㉢}$	X의 길이
t_1	$\frac{5}{8}$	3.4 ㎛
t_2	$\frac{1}{2}$	?
t_3	$\frac{1}{4}$	L

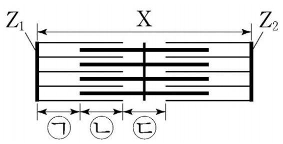
구간 ㉠은 액틴 필라멘트만 있는 부분이고, ㉡은 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분이며, ㉢은 마이오신 필라멘트만 있는 부분이다. 표는 골격근 수축 과정의 두 시점 t_1, t_2, t_3일 때, ㉠의 길이에서 ㉡의 길이를 뺀 값을 ㉢의 길이로 나눈 값($\frac{㉠-㉡}{㉢}$)과 X의 길이를 나타낸 것이다. t_3일 때 A대의 길이는 1.6 ㎛이다

t_3일 때 X의 Z_1로부터 Z_2 방향으로 거리가 $\frac{1}{4}$L인 지점을 ㉠~㉢ 중 고르시오.

연산 논리

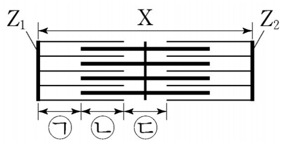
[해설]

X의 길이와 A대의 길이를 알고 있으므로 여사건 ㉠의 길이를 도출할 수 있고 합의 *Scale*을 맞춰 연산하면 ㉠, ㉡, ㉢의 길이를 도출할 수 있다.



시점	$\frac{㉠-㉡}{㉢}$	X의 길이	㉠	㉡	㉢
t_1	$\frac{5}{8}$	3.4 ㎛	0.9	0.4	0.8
t_2	$\frac{1}{2}$	?			
t_3	$\frac{1}{4}$	L			

Lim 취했을 때 $\frac{㉠-㉡}{㉢}$은 1 방향으로 수렴하므로 간격 비의 비례관계를 활용하여 세로 길이를 나타내면 다음과 같다.



시점	$\frac{㉠-㉡}{㉢}$	X의 길이	㉠	㉡	㉢
L_1	1				
t_1	$\frac{5}{8}$	3.4 ㎛	0.9	0.4	0.8
t_2	$\frac{1}{2}$	?			0.6
t_3	$\frac{1}{4}$	L			0.4
L_2					0

㉢의 길이를 활용하여 여사건 길이를 모두 채우면 다음과 같다.

시점	$\frac{㉠-㉡}{㉢}$	X의 길이	㉠	㉡	㉢
t_1	$\frac{5}{8}$	3.4 ㎛	0.9	0.4	0.8
t_2	$\frac{1}{2}$	3.2 ㎛	0.8	0.5	0.6
t_3	$\frac{1}{4}$	L (3.0㎛)	0.7	0.6	0.4

[정답]

거리가 $\frac{1}{4}$L인 지점은 0.75에 대응되므로 ㉡에 대응된다.

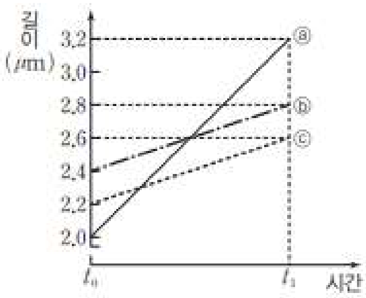
근육의 수축 계산형

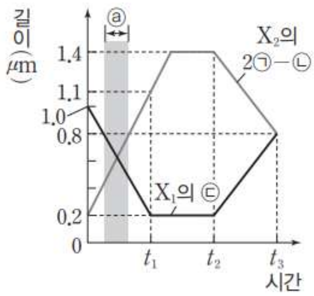
Schema 14

길이 그래프

[중요도 ★★]

– 평가원이나 수능에서 길이 그래프를 판단해야 하는 문항이 출제될 수 있다.
이때 기울기는 변화량을 내포한다.





.

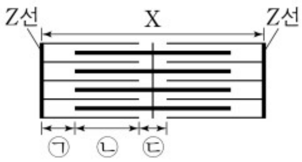
– 길이 변화 그래프 축 요소가 Basic한 근수축 형태 기준
㉡과 ㉢을 준 경우 A대의 길이를 암시하는 조건이다.

문제 조건에서 A대의 길이가 나와있지 않더라도 기반 조건으로
구하고 들어가도록 하자.

근육의 수축 계산형
Schema 14
길이 그래프

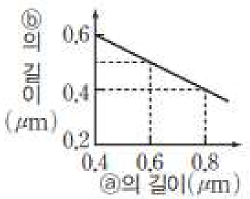
예

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.

그림은 X에서 ⓐ의 길이와 ⓑ의 길이 사이의 관계를 나타낸 것이고, 표는 골격근 수축 과정의 시점 t_1 일 때 ㉢의 길이에서 ㉠의 길이를 뺀 값을 ㉡의 길이로 나눈 값($\frac{㉢-㉠}{㉡}$)과 X의 길이를 나타낸 것이다. ⓐ와 ⓑ는 각각 ㉠~㉢ 중 하나이다.



시점	$\frac{㉢-㉠}{㉡}$	X의 길이
t_1	2	2.4μm

t_1 일 때 ㉠의 길이를 구하시오.

근육의 수축 계산형
Schema 14
길이 그래프

[해설]

ⓐ와 ⓑ의 변화 비가 $2:-1$ 이므로 ⓐ는 ㉢, ⓑ는 ㉡이다.
또한 길이 변화 그래프를 활용하면 A대의 길이가 1.6 ㎛임을 알 수 있다.

따라서 표의 정보를 활용하여 t_1 에서의 각 길이를 구할 수 있다.

시점	㉠	㉡	㉢	X의 길이
t_1	0.4㎛	0.3㎛	1.0㎛	2.4

이때 위 요소 정리는 다음과 같이 연산할 수 있다.

$\frac{㉢-㉠}{2㉡}=\frac{1}{1}$이고 왼쪽의 분자 분모 합은 1.2 / 오른쪽의 분자 분모 합은 2 이다.

따라서 곱상수는 $\times 0.6$ 이고 ㉡은 0.3 ㎛임을 알 수 있고,
㉢은 ㉡의 여사건 논리, ㉠은 ㉡과 ㉢의 여사건 논리로 암산할 수 있다.

[정답]

㉠의 길이는 0.4 ㎛이다.

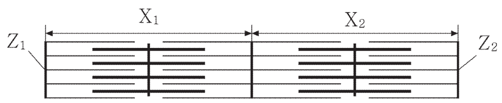
근육의 수축 계산형

Schema 15

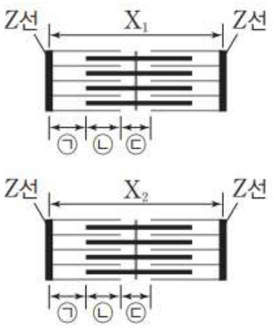
여사건 요소

[중요도 ★★]

- 평가원이나 수능에서 여러 개의 근육 원섬유 마디에 대해 질문하는 문항이 출제될 수 있다.

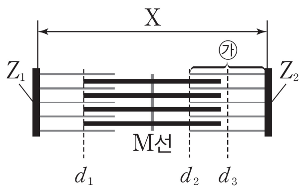


붙은



별도

- 수능 기준 미출제 $Point$인 요소들이 New 요소로 등장할 수 있다.



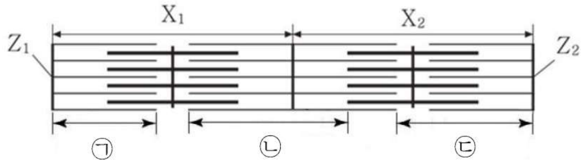
필라멘트 끝 지점

.

여사건 요소

예

그림은 연속된 두 근육 원섬유 마디 X의 구조를 나타낸 것이다. X를 구성하는 X_1과 X_2는 각각 좌우 대칭이고, 길이가 같으며, 골격근 수축 과정에서 각 구간의 길이 변화량이 서로 같다.



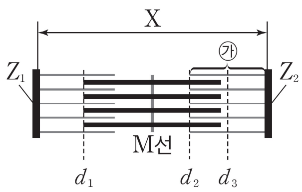
구간 ㉠은 X_1에서 액틴 필라멘트가 있는 한쪽 부분이고, ㉡은 X_1에서 액틴 필라멘트가 있는 한쪽 부분과 X_2에서 액틴 필라멘트만 있는 한쪽 부분을 더한 부분이며, ㉢은 X_2에서 마이오신만 있는 부분과 액틴 필라멘트가 있는 한쪽 부분을 더한 부분이다.

골격근 수축 과정의 시점 t_1일 때 ㉠~㉢의 길이의 비는 순서 없이 $5:6:4$이고, 시점 t_2일 때 ㉠~㉢의 길이의 비는 순서 없이 $8:9:10$이다. t_1일 때 X_1과 X_2에서 A대의 길이는 각각 $1.6\,\mu m$로 같다.

t_2일 때 ㉡의 길이를 구하시오.

예

그림은 근육 원섬유 마디 X의 구조를 나타낸 것이다. X는 좌우 대칭이고, Z_1과 Z_2는 X의 Z선이다.



<table>
<tr><th rowspan="2">시점</th><th colspan="3">M선으로부터 거리</th></tr>
<tr><th>d_1</th><th>d_2</th><th>d_3</th></tr>
<tr><td>t_1</td><td>$8L$</td><td>$5L$</td><td>$10L$</td></tr>
<tr><td>t_2</td><td>?</td><td>$2L$</td><td>?</td></tr>
</table>

지점 d_1은 마이오신 필라멘트의 끝 지점이고, d_2는 액틴 필라멘트의 끝 지점이며, d_3은 액틴 필라멘트 ㉮를 절반으로 나누는 지점이다. 표는 골격근 수축 과정의 두 시점 t_1과 t_2일 때 M선으로부터 d_1~d_3까지의 거리를 각각 나타낸 것이다.

$\dfrac{t_2\text{일 때 } Z_2\text{로부터 } d_1\text{까지의 거리}}{t_1\text{일 때 } Z_1\text{로부터 } d_2\text{까지의 거리}}$ 값을 구하시오

근육의 수축 계산형
Schema 15
여사건 요소

[해설]

㉠에는 $-$, ㉡에는 $\downarrow$, ㉢에는 $\Downarrow$가 대응된다.
㉠은 시점 변화에 관계 없이 불변이므로 비례상수 중 하나가 통일되면 시점 간 비율의 관계를 도출해낼 수 있다.

$5:6:4$를 $10:12:8$로 생각하면 다음과 같이 비례상수로 나타낼 수 있다.

시점	수축 방향성	㉠	㉡	㉢
		$-$	$\downarrow$	$\Downarrow$
t_1	$\downarrow$	8	10	12
t_2		8	9	10

Basic한 형태의 근수축 구간을 각각 ⓐ, ⓑ, ⓒ라고 정의하면
t_1에서 X_1과 X_2의 A대의 길이는 2ⓑ+ⓒ 이다.

㉠=ⓐ+ⓑ
㉡=2ⓐ+ⓑ
㉢=ⓐ+ⓑ+ⓒ

t_1에서 ⓐ:ⓑ:ⓒ = $2:6:4$ 이고 t_1에서 A대의 길이가 $1.6\mu m$이므로 곱상수는 $\times 0.1$이다.

시점	수축 방향성	㉠	㉡	㉢
		$-$	$\downarrow$	$\Downarrow$
t_1	$\downarrow$	$0.8\mu m$	$1.0\mu m$	$1.2\mu m$
t_2		$0.8\mu m$	$0.9\mu m$	$1.0\mu m$

∴ t_2일 때 ㉡의 길이는 $0.9\mu m$이다.

[해설]

t_1 일 때 Z_1 로부터 d_2 까지의 거리는 X의 길이의 절반과 H대의 길이의 절반을 더한 값과 같으므로 $20L$이다. t_2 일 때 Z_2 로부터 d_1 까지의 거리는 X의 길이의 절반과 A대의 길이의 절반을 더한 값과 같으므로 $20L$이다. 따라서 $\frac{t_2 \text{ 일 때 } Z_2 \text{ 로부터 } d_1 \text{ 까지의 거리}}{t_1 \text{ 일 때 } Z_1 \text{ 로부터 } d_2 \text{ 까지의 거리}}$ 값은 1 이다.

∴ $\frac{t_2 \text{ 일 때 } Z_2 \text{ 로부터 } d_1 \text{ 까지의 거리}}{t_1 \text{ 일 때 } Z_1 \text{ 로부터 } d_2 \text{ 까지의 거리}}$ 값은 1이다.