

완자 · 생명과학

내신만점 · 실력UP 집중

II 자극에 대한 반응과 항상성
항상성과 몸의 조절

09

신경 자극의 전도와 시냅스 전달

내신만점 · 실력UP

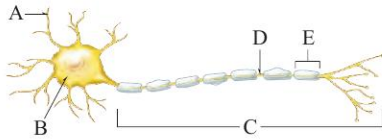
09 신경 자극의 전도와 시냅스 전달



내신 만점 문제

A 뉴런

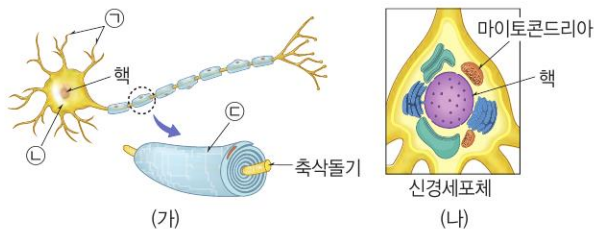
01 그림은 어떤 뉴런의 구조를 나타낸 것이다. A~E는 가지돌기, 랑비에결절, 말이집, 신경세포체, 축삭돌기를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① A는 가지돌기이다.
- ② B는 핵을 비롯한 세포소기관이 있는 신경세포체이다.
- ③ C에서 도약전도가 일어난다.
- ④ D는 신경자극이 이동할 때 절연체 역할을 한다.
- ⑤ E는 말이집이다.

02 그림 (가)는 어떤 뉴런의 구조를, (나)는 신경세포체의 모습을 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 가지돌기, 말이집, 신경세포체를 순서 없이 나타낸 것이다.



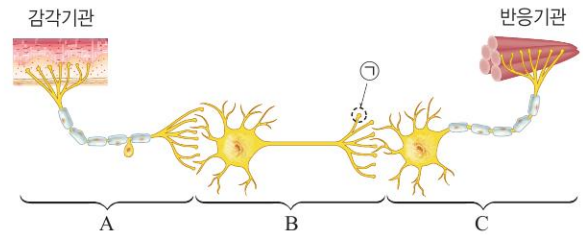
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 다른 뉴런에서 오는 신호를 받아들인다.
- ㄴ. ㉣에서 물질대사가 일어난다.
- ㄷ. 축삭돌기의 길이와 지름이 같은 경우 ㉡으로 싸여 있는 뉴런은 ㉡으로 싸여 있지 않은 뉴런보다 신경자극전도 속도가 빠르다.

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

[03~04] 그림은 세 종류의 뉴런이 연결된 모습을 나타낸 것이다. A~C는 구심성뉴런, 원심성뉴런, 연합뉴런을 순서 없이 나타낸 것이다.



03 A~C는 각각 무엇인지 쓰시오.

중요 **04** 이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. ㉠은 축삭돌기 말단이다.
- ㄴ. 감각뉴런은 C에 해당한다.
- ㄷ. 신호는 C → B → A로 전달된다.

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

B 신경자극의 전도

서술형

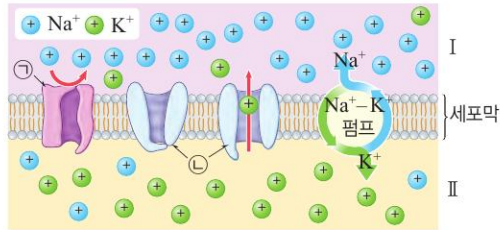
05 표는 어떤 뉴런의 막전위가 휴지전위일 때 세포 바깥에서와 세포 안에서의 이온 분포를 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 K⁺과 Na⁺을 순서 없이 나타낸 것이다.

이온	세포 밖	세포 안
㉠	3.5~5	150
㉡	135~145	15

(단위: mM)

㉠과 ㉡이 무엇인지 각각 쓰고, 이와 같이 세포막을 경계로 이온의 불균등한 분포가 나타나는 까닭을 Na⁺-K⁺펌프와 관련지어 서술하시오.

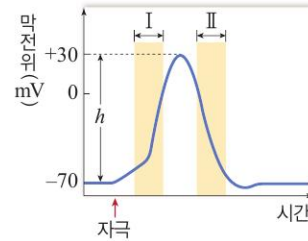
06 그림은 휴지 상태인 뉴런의 축삭돌기 막을 경계로 세포 안과 밖의 이온 분포와 이온 수송에 관여하는 막단백질을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 K^+ 통로와 Na^+ 통로를 순서 없이 나타낸 것이고, I 과 II는 세포 안과 세포 밖을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① I 은 세포 밖이다.
- ② ㉠은 Na^+ 통로이다.
- ③ 휴지전위가 나타난다.
- ④ ㉡을 통해 K^+ 이 일부 확산한다.
- ⑤ 상대적으로 II는 양(+)전하를 띤다.

08 그림은 어떤 뉴런의 한 지점에 역치 이상의 자극 S를 주었을 때 일어나는 막전위 변화를 나타낸 것이다.



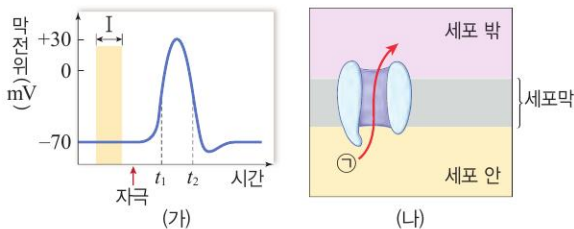
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

- ㄱ. 구간 I에서 Na^+ 통로는 닫혀 있다.
- ㄴ. 구간 II에서 K^+ 의 농도는 세포 안에서가 세포 밖에서보다 높다.
- ㄷ. S보다 세기가 큰 자극을 주면 h값이 커진다.

- ① ㄴ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

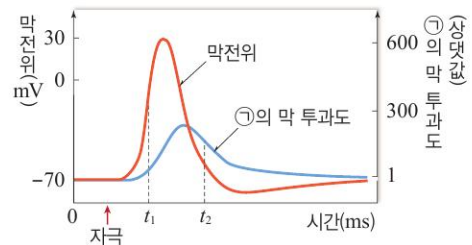
중요 07 그림 (가)는 어떤 뉴런에 역치 이상의 자극을 주었을 때 이 뉴런의 축삭돌기 한 지점 X에서 측정한 막전위 변화를, (나)는 X에서 이온 통로를 통한 ㉠의 확산을 나타낸 것이다. ㉠은 Na^+ 과 K^+ 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 구간 I에서 Na^+-K^+ 펌프에 의해 K^+ 이 세포 밖에서 안으로 이동한다.
- ② t_1 일 때 Na^+ 의 농도는 세포 안에서가 세포 밖에서보다 높다.
- ③ t_1 일 때 탈분극이 일어나고 있다.
- ④ t_2 일 때 (나)와 같은 이온의 이동이 일어난다.
- ⑤ ㉠은 K^+ 이다.

중요 09 그림은 어떤 뉴런에 역치 이상의 자극을 1회 주었을 때 이 뉴런의 지점 P에서 측정한 시간에 따른 막전위와 ㉠의 막 투과도를 나타낸 것이다. ㉠은 K^+ 과 Na^+ 중 하나이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

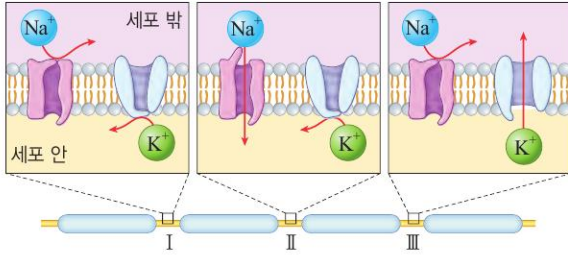
[보기]

- ㄱ. ㉠은 K^+ 이다.
- ㄴ. t_1 은 ㉠의 확산에 의해 막전위가 상승하는 시점이다.
- ㄷ. t_2 일 때 $\frac{K^+의 농도}{Na^+의 농도}$ 는 세포 안에서가 밖에서보다 크다.

- ① ㄱ ② ㄴ ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

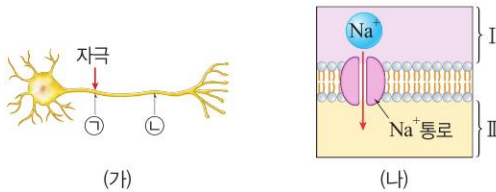
서술형

10 그림은 어떤 뉴런의 축삭돌기에서 신경자극전도가 1회 일어날 때 지점 I ~ III에서 이온 통로를 통한 이온의 이동을 나타낸 것이다. I ~ III의 상태는 분극, 재분극, 탈분극을 순서 없이 나타낸 것이다.



- (1) I ~ III의 상태를 각각 쓰시오.
- (2) I ~ III 중 활동전위가 가장 먼저 발생한 지점을 쓰고, 이와 같이 판단한 까닭을 서술하시오.

11 그림 (가)는 뉴런 X의 두 지점 ㉠과 ㉡을, (나)는 (가)의 ㉠에 역치 이상의 자극을 주고 일정 시간이 지난 후 지점 ㉡에서 Na^+ 통로를 통한 이온의 이동을 나타낸 것이다. I 과 II 는 세포 안과 세포 밖을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

보기

- ㄱ. X는 민말이집신경이다.
- ㄴ. I 은 세포 안이다.
- ㄷ. ㉡에서 막전위가 상승하고 있다.

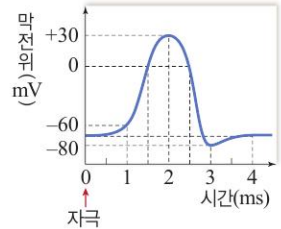
- ① ㄱ
- ② ㄷ
- ③ ㄱ, ㄴ
- ④ ㄱ, ㄷ
- ⑤ ㄴ, ㄷ

중요 **12** 다음은 민말이집신경 A와 B에서의 신경자극전도에 대한 자료이다.

- 그림은 A와 B의 지점 $d_1 \sim d_4$ 의 위치를, 표는 ㉠ A와 B의 d_3 에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 4 ms일 때 d_2 , I, II에서의 막전위를 나타낸 것이다. I 과 II는 d_1 과 d_4 를 순서 없이 나타낸 것이다.

신경	4 ms일 때 측정된 막전위(mV)		
	d_2	I	II
A	-80	+30	?
B	+30	?	㉡

- A와 B에서의 신경자극전도 속도는 각각 1 cm/ms와 2 cm/ms 중 하나이다.
- A와 B 각각에서 활동전위가 발생하였을 때, 그림과 같은 막전위 변화가 나타난다.



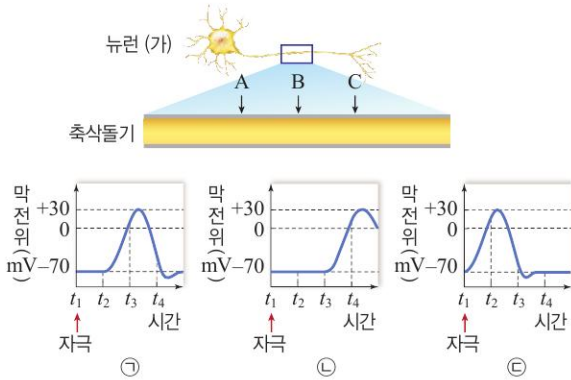
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B에서 신경자극전도는 각각 1회 일어났고, 휴지전위는 -70 mV 이다.)

보기

- ㄱ. ㉡은 -60 이다.
- ㄴ. ㉠가 4 ms일 때 A의 d_1 에서 탈분극이 일어나고 있다.
- ㄷ. B의 신경자극전도 속도는 1 cm/ms이다.

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

- 중요 13** 그림은 t_1 일 때 휴지 상태인 뉴런 (가)의 축삭돌기 A 지점에 역치 이상의 자극을 1회 준 뒤 측정된 막전위 변화를 나타낸 것이다. ㉠~㉣은 A~C 지점에서 측정된 막전위 변화를 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?
(단, 신경자극전도는 1회 일어났고, 휴지전위는 -70 mV 이다.)

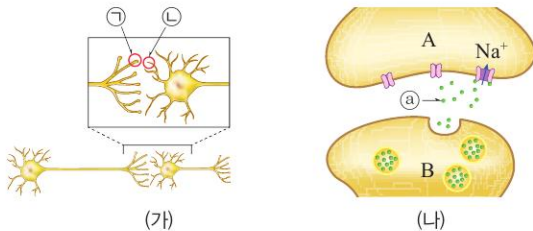
[보기]

- ㄱ. t_2 일 때 A에서 탈분극이 일어나고 있다.
ㄴ. ㉠은 C에서 측정된 막전위 변화이다.
ㄷ. t_4 일 때 B에서 K^+ 통로를 통한 K^+ 의 확산이 일어나고 있다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

C 신경신호의 시냅스전달

- 중요 14** 그림 (가)는 시냅스로 연결된 두 뉴런의 모습을, (나)는 두 뉴런 A와 B 사이에서 신호가 전달되는 모습을 나타낸 것이다. A와 B는 ㉠과 ㉡을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고르시오.

[보기]

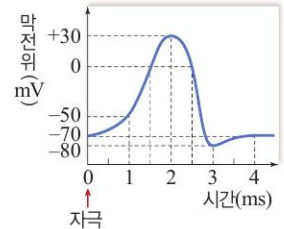
- ㄱ. ㉠은 ㉡을 탈분극시킨다.
ㄴ. B에는 ㉠이 결합하는 수용체가 있다.
ㄷ. 시냅스전달은 $B \rightarrow A$ 로 일어난다.

- 15** 다음은 민말이집신경 A와 B의 신경자극전도와 시냅스 전달에 대한 자료이다.

- 그림은 A와 B의 지점 $d_1 \sim d_4$ 의 위치를 나타낸 것이고, A와 B 중 한 신경에만 d_2 와 d_3 사이에 하나의 시냅스가 있다.
- 표는 ㉠ A와 B의 d_2 에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과된 시간이 4 ms 일 때 $d_1 \sim d_4$ 에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다.

신경	4 ms일 때 측정된 막전위(mV)			
	d_1	d_2	d_3	d_4
A	-80	-70	㉠	+30
B	㉡	-70	0	-70

- A와 B에서의 신경자극전도 속도는 각각 2 cm/ms 와 1 cm/ms 이다. 시냅스전뉴런과 시냅스후뉴런의 신경자극전도 속도는 같다.
- A와 B 각각에서 활동전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



이에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, A와 B에서 신경자극전도는 각각 1회 일어났고, 휴지전위는 -70 mV 이다.)

- ① 시냅스는 B에 있다.
② ㉠은 -80 , ㉡은 $+30$ 이다.
③ ㉠이 3 ms 일 때 A의 d_4 에서의 막전위는 -50 mV 이다.
④ ㉠이 4 ms 일 때 B의 d_3 에서 재분극이 일어나고 있다.
⑤ ㉠이 5 ms 일 때 B의 d_3 에서의 막전위는 0 mV 이다.

- 16** 시냅스전달 과정에 영향을 미치는 약물에 관한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

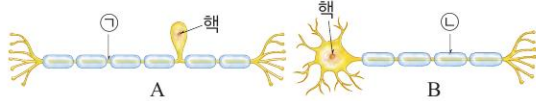
- ㄱ. 각성제는 시냅스전달을 강화한다.
ㄴ. 진정제는 시냅스전달을 억제한다.
ㄷ. 카페인은 환각제의 한 종류이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ



실력UP 문제

01 그림은 뉴런 A와 B를 나타낸 것이다. A와 B는 구심성뉴런과 원심성뉴런을 순서 없이 나타낸 것이고, ㉠과 ㉡은 랑비에결절과 말아집을 순서 없이 나타낸 것이다.



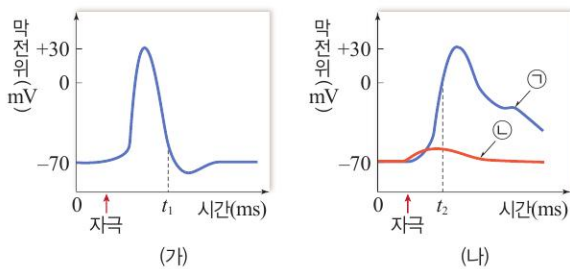
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

[보기]

- ㄱ. A는 원심성뉴런이다.
- ㄴ. B는 중추신경계를 구성한다.
- ㄷ. 단위 면적당 Na^+ 통로의 수는 ㉠에서가 ㉡에서보다 많다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

02 그림 (가)는 어떤 뉴런에 역치 이상의 자극을 주었을 때 시간에 따른 막전위를, (나)는 이 뉴런에 물질 X와 Y 중 하나를 처리하고 역치 이상의 자극을 주었을 때 시간에 따른 막전위를 나타낸 것이다. X는 이온 통로를 통한 Na^+ 의 이동을, Y는 이온 통로를 통한 K^+ 의 이동을 억제한다. ㉠과 ㉡은 물질 X를 처리한 것과 Y를 처리한 것을 순서 없이 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은?

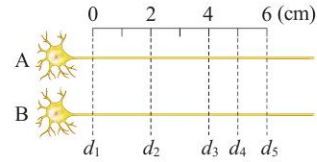
[보기]

- ㄱ. ㉠은 Y를 처리한 것이다.
- ㄴ. (가)에서 t_1 일 때, K^+ 의 $\frac{\text{세포 안의 농도}}{\text{세포 밖의 농도}}$ 는 1보다 작다.
- ㄷ. (나)에서 t_2 일 때, Na^+ 의 막 투과도는 ㉠에서가 ㉡에서보다 크다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄱ, ㄷ

03 다음은 민말이집신경 A와 B의 신경자극전도에 대한 자료이다.

- 그림은 A와 B의 d_1 지점으로부터 $d_2 \sim d_5$ 까지의 거리를 나타낸 것이다.

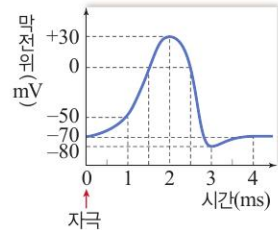


- 표는 ㉠ A와 B에서 $d_1 \sim d_5$ 중 동일한 지점에 역치 이상의 자극을 동시에 1회 주고 경과한 시간이 4 ms일 때 $d_1 \sim d_5$ 에서 측정된 막전위를 나타낸 것이다.

신경	4 ms일 때 측정된 막전위(mV)				
	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5
A	-70	+30	-70	-80	?
B	㉠	?	?	?	-80

- A와 B에서의 신경자극전도 속도는 각각 1 cm/ms와 2 cm/ms이다.

- A와 B 각각에서 활동전위가 발생하였을 때, 각 지점에서의 막전위 변화는 그림과 같다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 [보기]에서 있는 대로 고른 것은? (단, A와 B에서 신경자극전도는 각각 1회 일어났고, 휴지전위는 -70 mV이다.)

[보기]

- ㄱ. 자극을 준 지점은 d_1 이다.
- ㄴ. ㉠은 +30이다.
- ㄷ. ㉠이 3 ms일 때 d_4 에서 $\frac{\text{B의 막전위}}{\text{A의 막전위}}$ 는 1보다 작다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ
④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

정답 및 해설

내신만점문제 · 실력UP문제
신경 자극의 전도와 시냅스 전달

- 5 (1) A의 Q에서 d_2 까지의 거리는 3cm이므로, ㉠가 4ms일 때 A의 Q에서 d_2 까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 1.5ms이고, d_2 에서 막전위 변화가 진행된 시간은 $2.5(=4-1.5)$ ms이다. 따라서 ㉠가 4ms일 때 A의 d_2 에서는 재분극이 일어나고 있으며, 재분극이 일어날 때 Na^+ 통로는 닫혀 있다.
- (2) ㉠가 3ms일 때 A의 Q에서 d_4 까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 0.5ms이므로 막전위 변화가 진행된 시간은 $2.5(=3-0.5)$ ms이다. 따라서 A의 d_4 에서의 막전위는 0mV로 재분극이 일어나고 있어 K^+ 이 세포 안에서 밖으로 이동한다.
- (3) A의 Q에서 d_3 까지의 거리는 2cm이므로, ㉠가 3ms일 때 A의 Q에서 d_3 까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 1ms이고, d_3 에서 막전위 변화가 진행된 시간은 $2(=3-1)$ ms이다. 따라서 A의 d_3 에서의 막전위는 +30mV이다.
- B의 P에서 d_1 까지의 거리는 1cm이므로, ㉠가 3ms일 때 B의 P에서 d_1 까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 1ms이고, d_1 에서 막전위 변화가 진행된 시간은 $2(=3-1)$ ms이다. 따라서 B의 d_1 에서의 막전위도 +30mV이다.
- (4) ㉠가 5ms일 때 A의 d_1 에서 막전위 변화가 진행된 시간은 $3(=5-2)$ ms이므로 d_1 에서 막전위는 -80mV이다. 따라서 A의 d_1 에서 재분극이 일어나고 있다.
- (5) ㉠가 5ms일 때 B의 P에서 d_4 까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 4ms이므로 막전위 변화가 진행된 시간은 $1(=5-4)$ ms이다. 따라서 B의 d_4 에서의 막전위는 -60mV이다.

대표 자료 분석 4

136쪽

- 1 C, D 2 ㉠ 시냅스소포, ㉡ 신경전달물질 3 (1) ㉠ 말이집신경, ㉡ 민말이집신경 (2) B → D (3) ㉡ → ㉠ (4) 시냅스후뉴런
4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○ (7) × (8) ×

1 시냅스전달은 시냅스전뉴런에서 시냅스후뉴런 방향으로만 일어난다. 따라서 B에서 A로는 신경자극이 전달되지 않으며, B에서 각각 C와 D로 신경자극이 전달된다.

2 ㉠는 축삭돌기 말단에 있는 시냅스소포이고, ㉡는 시냅스소포에서 방출된 신경전달물질이다.

3 (1) (가)에서 A는 말이집이 있으므로 말이집신경, B는 말이집이 없으므로 민말이집신경이다.
(2) 시냅스전뉴런(B)의 축삭돌기 말단에서 방출된 신경전달물질에 의해 시냅스후뉴런(D)이 탈분극된다. 따라서 신호 전달 방향은 B → D이다.

- (3) (나)에서 시냅스전뉴런의 축삭돌기 말단(㉡)에 있는 시냅스소포에서 신경전달물질(㉢)이 시냅스틈으로 방출된다. 시냅스틈으로 방출된 신경전달물질(㉢)은 시냅스후뉴런의 세포막에 있는 수용체와 결합하여 이온 통로를 열리게 한다. 그 결과 Na^+ 이 시냅스후뉴런의 세포막 안으로 들어와 시냅스후뉴런이 탈분극된다. 따라서 (나)에서 시냅스전달은 시냅스전뉴런의 축삭돌기 말단(㉡)에서 시냅스후뉴런의 가지돌기(㉣) 방향으로 일어난다.
- (4) 신경전달물질이 들어 있는 시냅스소포는 시냅스전뉴런의 축삭돌기 말단에 있고, 신경전달물질의 수용체는 시냅스후뉴런의 신경세포체나 가지돌기에 있다.

- 4 (1) A는 말이집신경으로, 말이집이 없는 랑비에결절이 있다. 도약전도는 랑비에결절이 있는 말이집신경(A)에서 일어난다.
- (2) 신경전달물질이 들어 있는 시냅스소포가 뉴런의 축삭돌기 말단에 있고, 신경전달물질의 수용체는 뉴런의 신경세포체나 가지돌기에 있어 시냅스전달은 시냅스전뉴런(A)에서 시냅스후뉴런(B) 방향으로만 일어나며, 반대 방향으로서는 일어나지 않는다.
- (3) ㉣은 시냅스후뉴런의 가지돌기이므로 신경전달물질이 결합하는 수용체가 있다.
- (4) 시냅스전뉴런의 축삭돌기 말단(㉡)에 시냅스소포(㉢)가 있으므로, ㉡는 B의 축삭돌기 말단이다.
- (5) ㉢는 시냅스소포이며, 시냅스전뉴런의 축삭돌기 말단(㉡)의 세포막과 융합하여 신경전달물질을 방출한다.
- (6) 신경전달물질(㉢)은 시냅스후뉴런의 가지돌기(㉣)의 세포막에 있는 수용체와 결합하여 이온 통로가 열리게 한다. 그 결과 Na^+ 이 시냅스후뉴런의 세포막 안으로 들어와 시냅스후뉴런이 탈분극된다.
- (7) 각성제는 시냅스전달을 강화하여 각성을 일으킨다.
- (8) ㉢는 신경전달물질이며, 시냅스후뉴런의 가지돌기(㉣)의 세포막에 있는 수용체와 결합하면 이온 통로가 열려 시냅스후뉴런이 탈분극된다. 시냅스틈으로 분비된 신경전달물질은 시냅스전뉴런으로 재흡수되거나, 신경전달물질 분해효소에 의해 분해된다.

내신 만점 문제

137쪽~140쪽

- 01 ④ 02 ⑤ 03 A: 구심성뉴런, B: 연합뉴런, C: 원심성뉴런
04 ① 05 해설 참조 06 ⑤ 07 ② 08 ① 09 ④
10 해설 참조 11 ④ 12 ③ 13 ④ 14 ㄷ 15 ④
16 ③

01 ①, ⑤ A는 가지돌기, B는 신경세포체, C는 축삭돌기, D는 랑비에결절, E는 말이집이다.

② 신경세포체(B)에는 핵을 비롯한 세포소기관이 있으며, 뉴런의 생명활동에 필요한 물질과 에너지를 생성한다.

③ 축삭돌기(C)에 말이집이 있으므로, 축삭돌기(C)에서는 도약전도가 일어난다.

[바로알기] ④ 신경자극이 이동할 때 절연체 역할을 하는 부위는 말이집(E)이며, 랑비에결절(D)에서는 활동전위가 발생한다.

02 ㉠은 가지돌기, ㉡은 신경세포체, ㉢은 말이집이다.

㉠. 가지돌기(㉠)는 다른 뉴런에서 오는 신호를 받아들인다.

㉡. 신경세포체(㉡)에는 미토콘드리아가 있어 물질대사가 일어나 생명활동에 필요한 에너지를 생산한다.

㉢. 말이집(㉢)으로 싸여 있는 뉴런에서는 활동전위가 랑비에결절에서 다음 랑비에결절로 건너뛰어 발생하는 도약전도가 일어난다. 따라서 축삭돌기의 길이와 지름이 같은 경우 말이집(㉢)으로 싸여 있는 뉴런은 말이집(㉢)으로 싸여 있지 않은 뉴런보다 신경자극전도 속도가 빠르다.

03 A는 감각기관(피부)에서 받아들인 자극을 중추신경계에 전달하는 구심성뉴런, B는 중추신경계를 구성하는 연합뉴런, C는 중추신경계의 반응 명령을 반응기관(근육)으로 전달하는 원심성뉴런이다.

04 ㉠. ㉠은 다른 뉴런에 신호를 전달하는 부위이므로, 축삭돌기 말단이다.

[바로알기] ㉡. 감각뉴런은 구심성뉴런(A)에 해당한다.

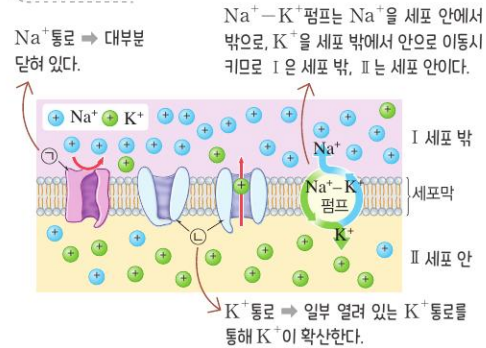
㉢. 신호는 구심성뉴런(A) → 연합뉴런(B) → 원심성뉴런(C)으로 전달된다.

05 막전위가 휴지전위일 때는 분극 상태이며, 세포막에 있는 Na^+-K^+ 펌프는 ATP를 소모하여 Na^+ 을 세포 밖으로 내보내고 K^+ 을 세포 안으로 이동시킨다. 그 결과 K^+ 의 농도는 세포 안에서가 밖에서보다 높고, Na^+ 의 농도는 세포 밖에서가 안에서보다 높다. 따라서 ㉠은 K^+ , ㉡은 Na^+ 이다. 이처럼 Na^+-K^+ 펌프는 세포막을 경계로 한 이온의 불균등한 분포에 관여한다.

[모범 답안] ㉠은 K^+ , ㉡은 Na^+ 이다. Na^+-K^+ 펌프가 Na^+ 을 세포 밖으로 내보내고, K^+ 을 세포 안으로 이동시키기 때문이다.

채점 기준	배점
㉠과 ㉡을 옳게 쓰고, 그 까닭을 Na^+-K^+ 펌프와 관련지어 옳게 서술한 경우	100 %
㉠과 ㉡만 옳게 쓴 경우	40 %

06 품목 문제 분석



① I은 세포 밖, II는 세포 안이다.

② ㉠은 Na^+ 통로, ㉡은 K^+ 통로이다.

③ 휴지전위는 분극 상태일 때의 막전위이다.

④ 휴지 상태일 때 일부 열려 있는 K^+ 통로(㉡)를 통해 K^+ 이 세포 밖으로 확산한다.

[바로알기] ⑤ 휴지 상태일 때 상대적으로 세포 안(II)은 음(-)전하를 띠고, 세포 밖(I)은 양(+)전하를 띤다.

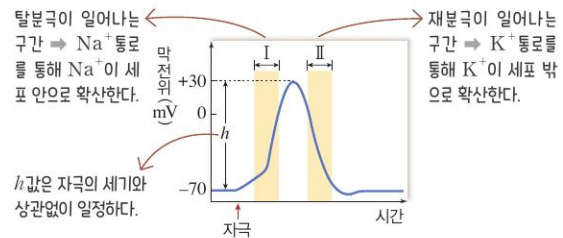
07 ① 구간 I은 분극 상태이며, Na^+-K^+ 펌프에 의해 Na^+ 은 세포 안에서 밖으로, K^+ 은 세포 밖에서 안으로 이동한다.

③ t_1 일 때는 막전위가 상승하고 있는 시점이므로 탈분극이 일어나고 있다.

④, ⑤ t_2 일 때 막전위가 하강하는 재분극이 일어나고 있으며, 재분극 시 이온 통로를 통한 K^+ 의 확산이 일어난다. Na^+ 은 이온 통로를 통해 세포 안으로 확산하고, K^+ 은 이온 통로를 통해 세포 밖으로 확산한다. 따라서 ㉠은 K^+ 이며, t_2 일 때 (나)와 같은 이온의 이동이 일어난다.

[바로알기] ② 막전위 변화와 상관없이 Na^+ 의 농도는 항상 세포 밖에서가 세포 안에서보다 높다.

08 품목 문제 분석



㉡. 막전위 변화와 상관없이 K^+ 의 농도는 항상 세포 안에서가 세포 밖에서보다 높다.

[바로알기] ㉠. 구간 I에서는 열려 있는 Na^+ 통로를 통해 Na^+ 이 세포 안으로 확산하여 탈분극이 일어나고 있다.

ㄷ. 활동전위의 크기인 h 값은 자극의 세기와 상관없이 일정하다. 따라서 S보다 세기가 큰 자극을 주어도 h 값은 일정하다.

09 ㄱ. ㉠의 막 투과도가 높아지면 막전위가 하강하는 재분극이 일어나므로 ㉠은 K^+ 이다.

ㄷ. 뉴런에서 Na^+ 의 농도는 항상 세포 밖에서가 안에서보다 높고, K^+ 의 농도는 항상 세포 안에서가 밖에서보다 높다. 따라서 $\frac{K^+ \text{의 농도}}{Na^+ \text{의 농도}}$ 는 세포 안에서가 밖에서보다 크다.

바로알기 ㄴ. t_1 일 때 막전위가 상승하는 탈분극이 일어나는 것은 Na^+ 이 Na^+ 통로를 통해 세포 안으로 확산하기 때문이다.

10 탈분극일 때는 Na^+ 통로가 열려 Na^+ 이 세포 밖에서 안으로 들어오고, 재분극일 때는 Na^+ 통로가 닫혀 Na^+ 이 세포 안으로 들어오지 못하고, 대부분의 K^+ 통로가 열려 K^+ 이 세포 안에서 밖으로 나간다. 분극 상태일 때는 활동전위 발생에 관여하는 Na^+ 통로와 K^+ 통로가 모두 닫혀 있다.

모범 답안 (1) I: 분극, II: 탈분극, III: 재분극

(2) III, 활동전위 발생 과정은 탈분극 → 재분극 순으로 일어나며, 분극 상태인 I은 신경자극이 전도되기 전이기 때문이다.

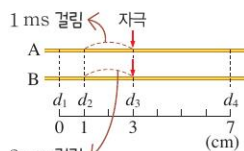
채점 기준	배점
(1) I ~ III의 상태를 모두 옳게 쓴 경우	30 %
(2) III이라고 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	70 %
III이라고만 쓴 경우	30 %

11 ㄱ. X는 말이집이 없는 민말이집신경이다.

ㄷ. ㉠에서는 (나)와 같이 열린 Na^+ 통로를 통해 Na^+ 이 세포 밖에서 안으로 확산하므로, 막전위가 상승하고 있다.

바로알기 ㄴ. 뉴런에 역치 이상의 자극을 주면 Na^+ 통로가 열려 Na^+ 이 세포 밖에서 안으로 확산하므로, I은 세포 밖, II는 세포 안이다.

12 — 품평 문제 분석



신경자극전도 속도는

$\frac{d_3 \text{에서 } d_2 \text{까지의 거리}}{d_3 \text{에서 } d_2 \text{까지 신경자극이 전도되는 데 걸린 시간}}$ 로 구할 수 있다.

A의 신경자극전도 속도는 $\frac{2 \text{ cm}}{(4-3) \text{ ms}} = 2 \text{ cm/ms}$ 이고,

B의 신경자극전도 속도는 $\frac{2 \text{ cm}}{(4-2) \text{ ms}} = 1 \text{ cm/ms}$ 이다.

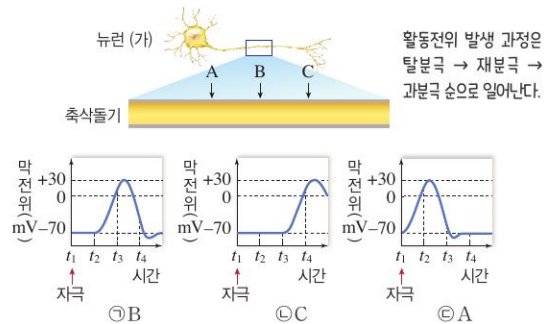
신경	4 ms일 때 측정된 막전위(mV)		
	d_2	I d_1	II d_1
A	-80	+30	?0
B	+30	?-70	㉠-60

각 지점으로 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 자극을 준 후 경과된 시간 4 ms에서 막전위 변화가 진행된 시간을 뺀 시간이다. ㉠이 4 ms일 때 A의 d_2 에서 막전위가 -80 mV이므로 막전위 변화가 진행된 시간은 3 ms로, d_3 에서 d_2 까지 신경자극이 전도되는 데 걸린 시간은 1(=4-3) ms이다. 따라서 A의 신경자극전도 속도는 2 cm/ms이다. A의 d_3 에서 d_1 까지 신경자극이 전도되는 데 걸린 시간은 1.5 ms이므로, A의 d_1 에서 막전위 변화가 진행된 시간은 2.5(=4-1.5) ms이다. 따라서 A의 d_1 에서 막전위는 0 mV이다. A의 d_3 에서 d_4 까지 신경자극이 전도되는 데 걸린 시간은 2 ms이므로, A의 d_4 에서 막전위 변화가 진행된 시간은 2(=4-2) ms이다. 따라서 A의 d_4 에서 막전위는 +30 mV이다. I은 d_4 , II는 d_1 이다.

ㄱ. ㄷ. B의 d_2 에서 막전위가 +30 mV이므로 막전위 변화가 진행된 시간은 2 ms로, d_3 에서 d_2 까지 신경자극이 전도되는 데 걸린 시간은 2(=4-2) ms이다. 따라서 B의 신경자극전도 속도는 1 cm/ms이다. B의 d_3 에서 d_1 (II)까지 신경자극이 전도되는 데 걸린 시간은 3 ms이므로, B의 d_1 에서 막전위 변화가 진행된 시간은 1(=4-3) ms이다. 따라서 B의 d_1 (II)에서 막전위는 -60(㉠) mV이다.

바로알기 ㄴ. ㉠이 4 ms일 때 A의 d_1 에서 막전위 변화가 진행된 시간은 2.5(=4-1.5) ms이므로 막전위는 0 mV이며, 막전위가 하강하는 시점이므로 재분극이 일어나고 있다.

13 — 품평 문제 분석



막전위가 +30 mV가 되는 시점은 ㉠에서 t_3 과 t_4 사이, ㉡에서 t_4 이후, ㉢에서 t_2 와 t_3 사이이다. ⇒ ㉠은 B에서 측정된 막전위 변화, ㉡은 C에서 측정된 막전위 변화, ㉢은 A에서의 측정된 막전위 변화이다.

ㄱ. A에서의 막전위 변화는 ㉢이며, t_2 일 때는 막전위가 상승하는 시점이므로 탈분극이 일어나고 있다.

ㄷ. B에서의 막전위 변화는 ㉠이며, t_4 일 때 막전위가 하강하는 재분극이 일어나고 있다. 재분극 시 K^+ 통로를 통한 K^+ 의 확산이 일어난다.

바로알기 ㄴ. ㉠은 B에서 측정된 막전위 변화, ㉡은 C에서 측정된 막전위 변화, ㉢은 A에서 측정된 막전위 변화이다.

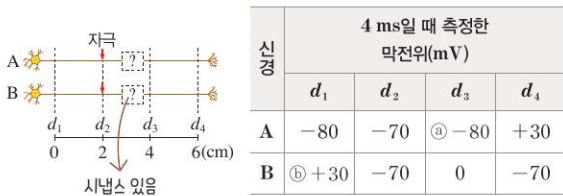
14 ㉠과 B는 시냅스전뉴런의 축삭돌기 말단, ㉡과 A는 시냅스후뉴런의 가지돌기이며, ㉢은 신경전달물질이다.

ㄷ. 시냅스전뉴런의 축삭돌기 말단(㉠, B)에서 신경전달물질(㉢)이 방출되고, 시냅스후뉴런의 가지돌기(㉡, A)에 신경전달물질(㉢)의 수용체가 있다. 따라서 시냅스전달은 B → A로 일어난다.

바로알기 ㄴ. 시냅스틈으로 방출된 신경전달물질(㉢)은 시냅스후뉴런의 가지돌기(㉡, A)의 세포막에 있는 수용체와 결합하여 이온 통로가 열리도록 한다. 그 결과 Na^+ 의 막 투과도를 증가시켜 시냅스후뉴런을 탈분극시킨다.

ㄴ. 시냅스후뉴런의 가지돌기(㉡, A)의 세포막에 신경전달물질(㉢)의 수용체가 있다.

15 — 품고 문제 분석



- B의 d_2 와 d_3 사이에 시냅스가 없다면 d_3 에서의 막전위는 +30 mV이어야 한다. ⇒ B의 d_2 와 d_3 사이에 시냅스가 있다.
- A의 d_2 에서 d_3 까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 1 ms이므로 d_3 에서 막전위 변화가 진행된 시간은 3 ms이다. ⇒ d_3 에서 막전위는 -80 mV이다.
- B의 d_2 에서 d_1 까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 2 ms이므로 d_1 에서 막전위 변화가 진행된 시간은 2 ms이다. ⇒ d_1 에서 막전위는 +30 mV이다.

① B의 신경자극전도 속도는 1 cm/ms이므로 B에 시냅스가 없다면 B의 d_2 에서 d_3 까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 2 ms이다. ㉠이 4 ms일 때 d_3 에서의 막전위 변화가 진행된 시간은 2 ms이므로 막전위는 +30 mV이어야 한다. 그러나 d_3 에서의 막전위는 0 mV로 막전위 변화가 진행된 시간이 2 ms보다 짧다. 따라서 B에 시냅스가 있다.

② A의 신경자극전도 속도는 2 cm/ms이므로 d_2 에서 d_3 까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 1 ms이다. 따라서 ㉠이 4 ms일 때 A의 d_3 에서 막전위 변화가 진행된 시간은 3 ms이므로, d_3 에서의 막전위는 -80(㉠) mV이다. B의 신경자극전도 속도는 1 cm/ms이므로 d_2 에서 d_1 까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 2 ms이다. 따라서 ㉠이 4 ms일 때 B의 d_1 에서 막전위 변화가 진행된 시간은 2 ms이므로, d_1 에서의 막전위는 +30(㉢) mV이다.

③ A의 신경자극전도 속도는 2 cm/ms이므로 d_2 에서 d_4 까지 신경자극이 전도되는 데 걸리는 시간은 2 ms이다. 따라서 ㉠이

3 ms일 때 A의 d_4 에서 막전위 변화가 진행된 시간은 1 ms이므로, A의 d_4 에서 막전위는 -50 mV이다.

⑤ B의 d_2 에서 d_3 까지 신경자극이 전도되고 시냅스전달되는 데 걸리는 시간은 2.5 ms이다. 따라서 ㉠이 5 ms일 때 B의 d_3 에서 막전위 변화가 진행된 시간은 2.5 ms이므로, B의 d_3 에서 막전위는 0 mV로 재분극이 일어나고 있다.

바로알기 ④ ㉠이 4 ms일 때 B의 d_3 에서의 막전위는 0 mV로, 이는 막전위 변화가 진행된 시간이 1.5 ms일 때 또는 2.5 ms일 때이다. B의 신경자극속도가 2 cm/ms이고 시냅스전달은 신경자극전도보다 속도가 느리므로, 막전위 변화가 진행된 시간은 더 짧은 1.5 ms이며, d_3 에서는 탈분극이 일어나고 있다.

16 시냅스전달에 영향을 미치는 약물은 각성제, 환각제, 진정제로 구분한다.

ㄱ. 각성제는 시냅스전달을 강화하여 각성을 일으킨다.

ㄴ. 진정제는 시냅스전달을 억제하여 진정 효과를 나타낸다.

바로알기 ㄷ. 카페인 각성제의 한 종류이다.

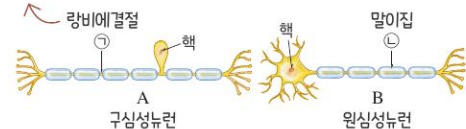
실력 UP 문제

141쪽

01 ② 02 ⑤ 03 ④

01 — 품고 문제 분석

Na^+ 통로와 K^+ 통로가 밀집되어 있는 랭비에결절에서만 활동전위가 발생한다.



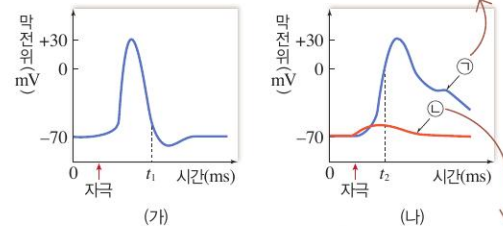
ㄷ. 단위 면적당 Na^+ 통로의 수는 랭비에결절(㉠)에서가 말아집(㉡)에서보다 많다.

바로알기 ㄱ. A는 신경세포체가 축삭돌기 한쪽 옆에 있는 구심성 뉴런이고, B가 원심성 뉴런이다.

ㄴ. 뇌와 척수 같은 중추신경계를 구성하는 것은 연합뉴런이다.

02 — 품고 문제 분석

Y(이온 통로를 통한 K^+ 의 이동 억제)를 처리한 것



X(이온 통로를 통한 Na^+ 의 이동 억제)를 처리한 것