파워 뉴 운동생리학 정오표

2장 신경계

13p 그림 2-3 축삭전 말단 → 축삭 말단과 시냅스 전 말단 구분

수정 전

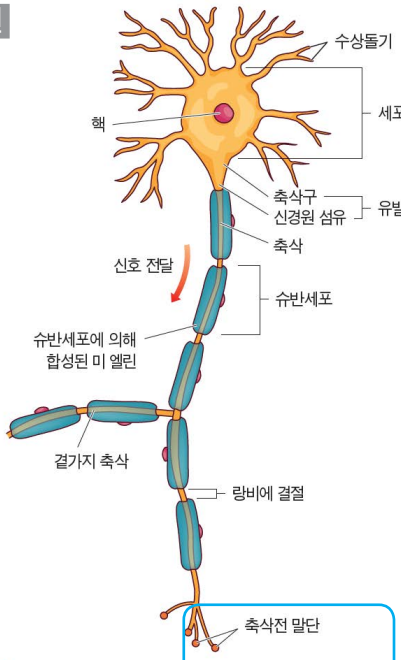


그림 2-3 신경세포의 구조.

수정 후

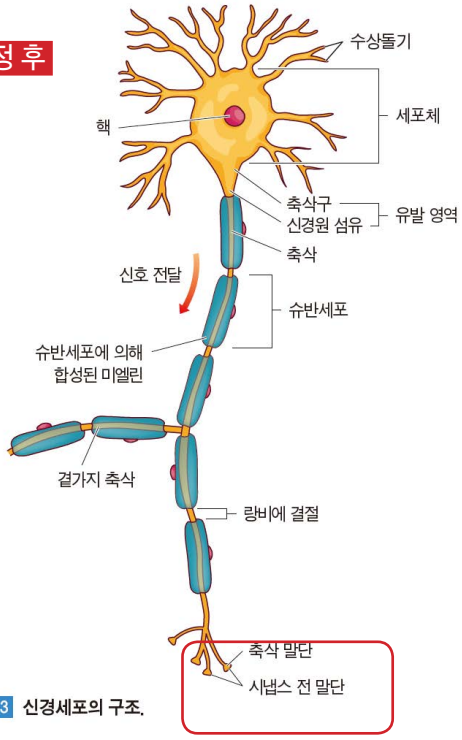
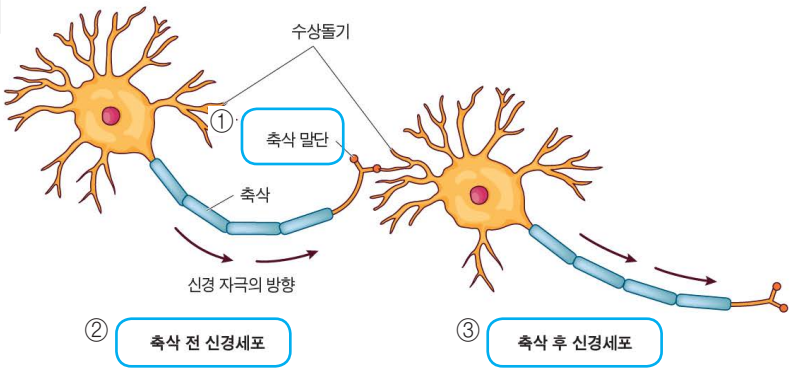


그림 2-3 신경세포의 구조.

14p 그림 2-4

① 축삭 말단 → 시냅스 전 말단, 축삭 추가
② 축삭 전 신경세포 → 시냅스 전 신경세포
③ 축삭 후 신경세포 → 시냅스 후 신경세포
④ 축삭의 신호전달 과정 → 신경의 신호전달 과정

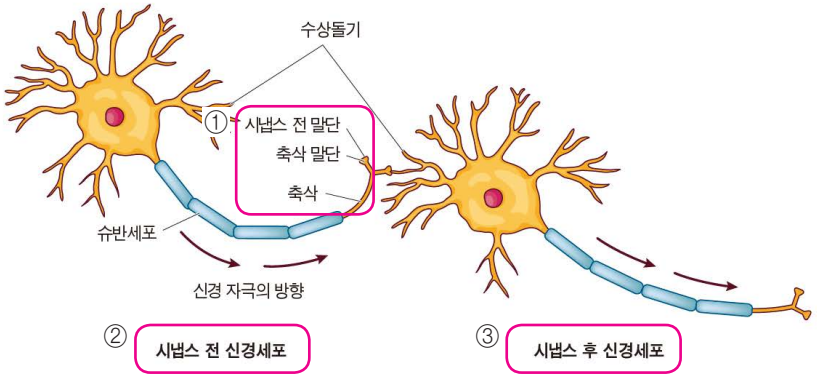
수정 전



④

그림 2-4 축삭의 신호 전달 과정. 한 신경에서 다른 신경으로 전달되는 것을 신경 자극이라고 하며, 이는 축삭 말단과 수상돌기를 통과한다.

수정 후



④

그림 2-4 신경의 신호 전달 과정. 한 신경에서 다른 신경으로 전달되는 것을 신경 자극이라고 하며, 이는 축삭 말단과 수상돌기를 통과한다.

14p 왼쪽 2번째 줄

결선으로 다른 신경이나 근세포 또는 내분비샘과 연결된 형태로서 축삭(synapse)이란 하나의 신경 축삭과 다른 신경의 수상돌기가 만나는 부위를 말한다(그림 2-4).

→

결선으로 다른 신경이나 근세포 또는 내분비샘과 연결된 형태로서 시냅스(synapse)란 하나의 신경 축삭 말단과 다른 신경의 수상돌기가 만나는 부위를 말한다(그림 2-4).

16p 오른쪽 6번째 줄~17p 마지막 줄

(4) 신경전달물잘과 축삭 전달

축삭 틈새는 축삭 전 신경과 축삭 후 신경이 연결되는 틈새 지점을 지칭한다. 축삭 틈새는 축삭 전 신경의 축삭 종말과 축삭 후 신경의 수상돌기 사이에 있으며 20~30 nm의 짧은 간격을 가진다.

축삭 전달은 두 신경세포 사이의 신호 전달을 말하는데, 축삭 전 신경세포에 존재하는 소포체에서 분비되는 신경전달물질(neurotransmitter: 다른 신경세포와 신호를 서로 교환하는 화학적 전달물질)이 충분하게 나올 때 일어난다. 따라서 그림 2-11과 같이 신경 자극은 신경전달물질을 가지고 있는 축삭 소포를 축삭 전 신경세포와 축삭 후 신경세포 사이의 공간인 축삭 틈새로 방출되도록 한다. 이때 세포막의 탈분극을 발생시키는 신경전달물질은 **흥분성 전달물질**(excitatory transmitter)이라고 부른다. 축삭 틈새로 방출된 후 이 신경전달물질은 축삭 후 세포막상의 수용체와 결합하고, 이것은 점증적이고 연속적인 탈분극을 세포체와 수상돌기에 일으킨다. 이러한 점증적인 탈분극을 **흥분성 축삭 후 전위**(excitatory postsynaptic potential, **EPSP**)라고 한다. 예를 들어 충분한 양의 신경전달물질이 나온다면 축삭 후 신경세포는 역치 수준에서 탈분극이 되고, 활동전위가 생성된다.

흥분성 축삭 후 전위가 축삭 후 신경을 역치 수준에 도달하게 하는 방법은 2가지로, ① 시간 가중, ② 공간 가중이다. **시간 가중**(temporal summation)이란 짧은 시간에 하나의 축삭 전 신경에서 나타난 흥분성 축삭 후 전위의 합이다. 쉽게 말해, 단순히 다른 시간에 도착한 입력 신호들을 더한 것이 시간 가중이다. 이러한 신호들이 추가되는 것은 더 많은 수의 이온 통로가 열림으로써 더 많은 양이온이 세포로 유입되기 때문이다. 여러 개의 흥분성 축삭 후 전위가 축삭 후 신경을 역치에 도달하게 하는 법은 많지만, 특정 신경의 활동전위를 발생시키기 위해서는 최소한 50개의 흥분성 축삭 후 전위가 있어야 한다. 그런데도 1개의 흥분성 축삭 전 신경으로부터 활동전위가 생성되도록 하려면 빠르고 반복적인 흥분이 필요하다.

공간 가중(spatial summation)은 축삭 후 세포막에서 활동전위를 발생시킬 수 있는 두 번째 방법이다. 공간 가중이란 여러 개의 다른 축삭 전 신경의 흥분성 축삭 후 전위가 합해지는 것이다. 즉, 동시다발적인 흥분성 축삭 후 전위가 여러 개의 흥분성 자극으로부터 축삭 후 신경으로 전달되는 것을 공간 가중이라고 한다. 50개의 흥분성 축삭 후 전위가 축삭 후 세포막에 동시에 전달될 때 활동전위가 발생하는 것이다.

→

(4) 신경전달물질과 시냅스 전달

연접은 신경과 신경이 연결되어 있는 지점을 말하고, 시냅스는 시냅스 전 신경의 축삭 말단과 시냅스 후 신경의 수상돌기 사이의 틈새를 말하며 20~30 nm의 짧은 간격을 가진다.

시냅스 전달은 두 신경세포 사이의 신호 전달을 말하는데, 시냅스 전 신경세포에 존재하는 소포체에서 분비되는 신경전달물질(neurotransmitter: 다른 신경세포와 신호를 서로 교환하는 화학적 전달물질)이 충분하게 나올 때 일어난다. 따라서 그림 2-11과 같이 신경 자극은 신경전달물질을 가지고 있는 시냅스 소포를 시냅스 전 신경세포와 시냅스 후 신경세포 사이의 공간인 시냅스 틈새로 방출되도록 한다. 이때 세포막의 탈분극을 발생시키는 신경전달물질은 **흥분성 전달물질**(excitatory transmitter)이라고 부른다. 시냅스 틈새로 방출된 후 이 신경전달물질은 시냅스 후 세포막상의 수용체와 결합하고, 이것은 점증적이고 연속적인 탈분극을 세포체와 수상돌기에 일으킨다. 이러한 점증적인 탈분극을 **흥분성 시냅스 후 전위**(excitatory postsynaptic potential, **EPSP**)라고 한다. 예를 들어 충분한 양의 신경전달물질이 나온다면 시냅스 후 신경세포는 역치 수준에서 탈분극이 되고, 활동전위가 생성된다.

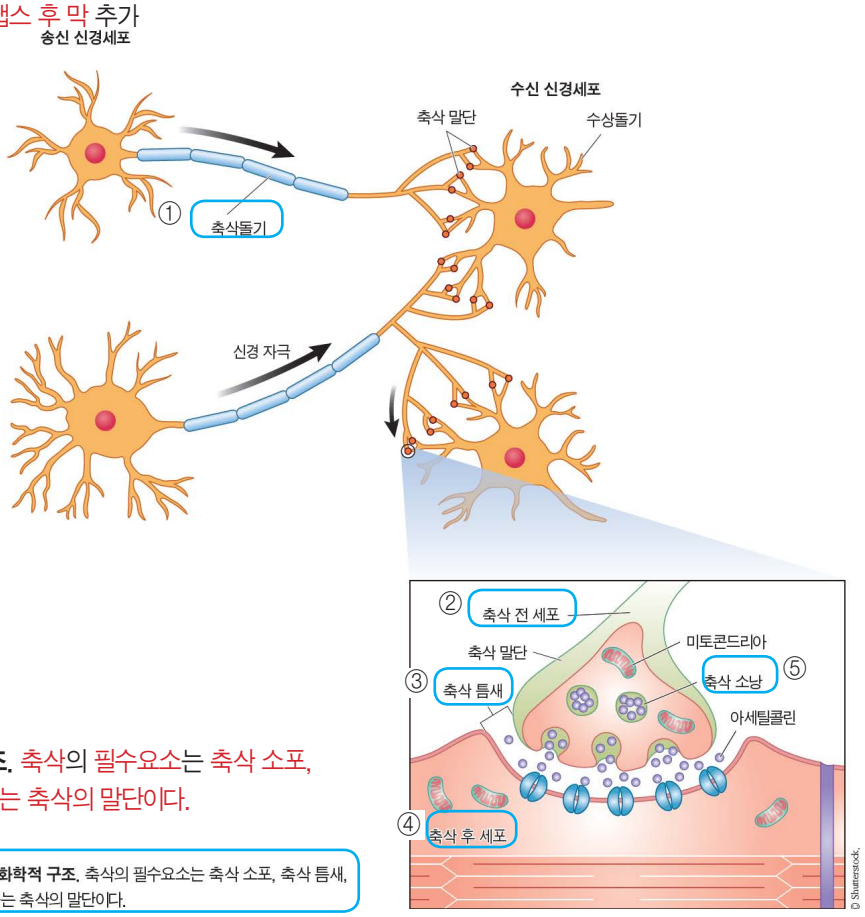
흥분성 시냅스 후 전위가 시냅스 후 신경을 역치 수준에 도달하게 하는 방법은 2가지로, ① 시간 가중, ② 공간 가중이다. **시간 가중**(temporal summation)이란 짧은 시간에 하나의 시냅스 전 신경에서 나타난 흥분성 시냅스 후 전위의 합이다. 쉽게 말해, 단순히 다른 시간에 도착한 입력 신호들을 더한 것이 시간 가중이다. 이러한 신호들이 추가되는 것은 더 많은 수의 이온 통로가 열림으로써 더 많은 양이온이 세포로 유입되기 때문이다. 여러 개의 흥분성 시냅스 후 전위가 시냅스 후 신경을 역치에 도달하게 하는 법은 많지만, 특정 신경의 활동전위를 발생시키기 위해서는 최소한 50개의 흥분성 시냅스 후 전위가 있어야 한다. 그런데도 1개의 흥분성 시냅스 전 신경으로부터 활동전위가 생성되도록 하려면 빠르고 반복적인 흥분이 필요하다.

공간 가중(spatial summation)은 시냅스 후 세포막에서 활동전위를 발생시킬 수 있는 두 번째 방법이다. 공간 가중이란 여러 개의 다른 시냅스 전 신경의 흥분성 시냅스 후 전위가 합해지는 것이다. 즉, 동시다발적인 흥분성 시냅스 후 전위가 여러 개의 흥분성 자극으로부터 시냅스 후 신경으로 전달되는 것을 공간 가중이라고 한다. 50개의 흥분성 시냅스 후 전위가 시냅스 후 세포막에 동시에 전달될 때 활동전위가 발생하는 것이다.

18p 그림 2.11

① 축삭 돌기 → 축삭 말이집
② 축삭 전 세포 → 시냅스 전 세포
③ 축삭 틈새 → 시냅스 틈새
④ 축삭 후 세포 → 시냅스 후 세포
⑤ 축삭 소낭 → 시냅스 소포
⑥ 시냅스 전 막, 시냅스 후 막 추가

수정 전



18p 그림 설명

그림 2-11 축삭의 화학적 구조. 축삭의 필수요소는 축삭 소포, 축삭 틈새, 축삭 후 막을 포함하는 축삭의 말단이다.

그림 2-11 **축삭의 화학적 구조.** 축삭의 필수요소는 축삭 소포, 축삭 틈새, 축삭 후 막을 포함하는 축삭의 말단이다.

수정 후

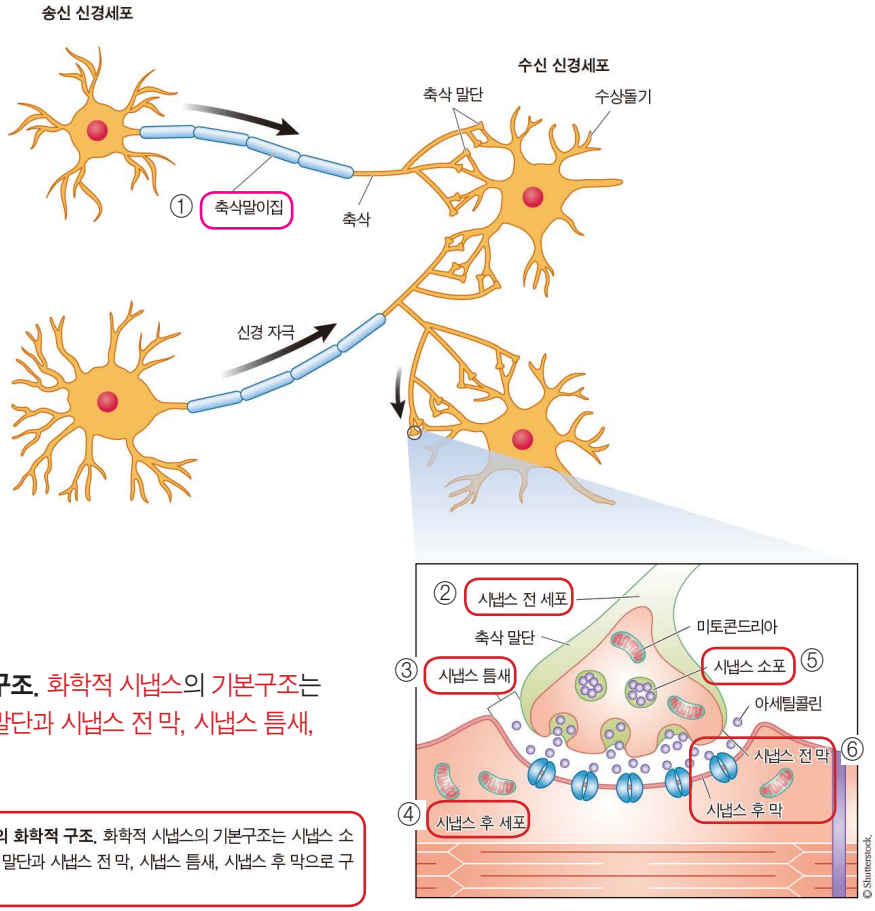


그림 2-11 시냅스의 화학적 구조. 화학적 시냅스의 기본구조는 시냅스 소포를 포함하는 축삭 말단과 시냅스 전 막, 시냅스 틈새, 시냅스 후 막으로 구성된다.

그림 2-11 **시냅스의 화학적 구조.** 화학적 시냅스의 기본구조는 시냅스 소포를 포함하는 축삭 말단과 시냅스 전 막, 시냅스 틈새, 시냅스 후 막으로 구성된다.

18p 왼쪽 2번째 줄~19p 왼쪽 5번째 줄

가장 일반적인 신경전달물질은 아세틸콜린으로, 이는 신경과 근육의 연결지점에서 방출되는 것이다. 아세틸콜린이 축삭 틈새에 방출되면 축삭 후 세포막의 수용체와 결합하여 통로를 개방함으로써 나트륨 이온이 신경세포나 근육세포로 들어가게 한다. 충분한 나트륨 이온이 신경세포나 근육세포의 축삭 후 세포막을 통과하면 탈분극이 일어난다. 신경전달물질은 축삭 후 신경세포의 만성적인 탈분극 방지를 위해서 축삭 부위에 있는 효소에 의해 비활동적 분자로 분해되어야 한다. 아세틸콜린에스테라아제는 아세틸콜린을 분해하는 효소로서 아세틸과 콜린으로 분리하여 탈분극을 위한 자극을 제거한다. 신경전달물질이 효소에 의해 분리되면 축삭 후 세포막에서는 재분극이 일어나 새로운 신경전달물질을 받아들이기 위해 준비하고 새로운 활동전위를 발생시킨다. 그러나 신경전달물질이 모두 흥분성은 아니며, 어떤 신경전달물질은 흥분성 전달물질과는 반대되는 효과를 가지고 있다. 억제성 전달물질은 흥분성 전달물질과는 다르게 축삭 후 세포막의 음전하를 증대시켜 과분극(hyperpolarization)을 발생시킨다. 이런 세포막의 음전하 과분극을 **억제성 축삭 후 전위**(inhibitory postsynaptic potential, **IPSP**)라고 부른다. 억제성 축삭 후 전위로 인해 신경은 안정 시 막전위를 음전하로 더 강하게 만들어 역치 수준에 더 도달하기 힘들게 만듦으로써 탈분극을 못하도록 만든다. 신경세포가 역치 도달 유무에 상관없이 흥분성 축삭 후 전위 수와 억제성 축삭 후 전위 수의 비율에 의지한다. 만약 같은 수의 흥분성 축삭 후 전위와 억제성 축삭 후 전위가 동시에 충격을 받는다면 신경은 역치에 도달할 수 없으므로 활동전위가 발생하지 않는다. 그러나 흥분성 축삭 후 전위가 억제성 축삭 후 전위보다 높다면 신경은 역치에 도달하므로 활동전위도 생성될 수 있다.

→

가장 일반적인 신경전달물질은 아세틸콜린으로, 이는 신경과 근육의 연결지점에서 방출되는 것이다. 아세틸콜린이 시냅스 틈새에 방출되면 시냅스 후 세포막의 수용체와 결합하여 통로를 개방함으로써 나트륨 이온이 신경세포나 근육세포로 들어가게 한다. 충분한 나트륨 이온이 신경세포나 근육세포의 시냅스 후 세포막을 통과하면 탈분극이 일어난다. 신경전달물질은 시냅스 후 신경세포의 만성적인 탈분극 방지를 위해서 시냅스 부위에 있는 효소에 의해 비활동적 분자로 분해되어야 한다. 아세틸콜린에스테라아제는 아세틸콜린을 분해하는 효소로서 아세틸과 콜린으로 분리하여 탈분극을 위한 자극을 제거한다. 신경전달물질이 효소에 의해 분리되면 시냅스 후 세포막에서는 재분극이 일어나 새로운 신경전달물질을 받아들이기 위해 준비하고 새로운 활동전위를 발생시킨다. 그러나 신경전달물질이 모두 흥분성은 아니며, 어떤 신경전달물질은 흥분성 전달물질과는 반대되는 효과를 가지고 있다. 억제성 전달물질은 흥분성 전달물질과는 다르게 시냅스 후 세포막의 음전하를 증대시켜 과분극(hyperpolarization)을 발생시킨다. 이런 세포막의 음전하 과분극을 **억제성 시냅스 후 전위**(inhibitory postsynaptic potential, **IPSP**)라고 부른다. 억제성 시냅스 후 전위로 인해 신경은 안정 시 막전위를 음전하로 더 강하게 만들어 역치 수준에 더 도달하기 힘들게 만듦으로써 탈분극을 못하도록 만든다. 신경세포가 역치 도달 유무에 상관없이 흥분성 시냅스 후 전위 수와 억제성 시냅스 후 전위 수의 비율에 의지한다. 만약 같은 수의 흥분성 시냅스 후 전위와 억제성 시냅스 후 전위가 동시에 충격을 받는다면 신경은 역치에 도달할 수 없으므로 활동전위가 발생하지 않는다. 그러나 흥분성 시냅스 후 전위가 억제성 시냅스 후 전위보다 높다면 신경은 역치에 도달하므로 활동전위도 생성될 수 있다.

22p 왼쪽 3번째 줄

시 돌아온다[예: 억제성 축삭 후 전위(IPSP)를 보냄]. 억제 반사는 운동신경 동원을 방지하고, 근력 생산을 감소시켜 수축에 의한 근육부상을 방지한다. 그림 2-15에 이 과정을 설명하였으며, 신장반사와 자가 억제는 그림 2-16에 설명하였다.

→

시 돌아온다[예: 억제성 시냅스 후 전위(IPSP)를 보냄]. 억제 반사는운동신경 동원을 방지하고, 근력 생산을 감소시켜 수축에 의한 근육부상을 방지한다. 그림 2-15에 이 과정을 설명하였으며, 신장반사와 자가 억제는 그림 2-16에 설명하였다.

2장 신경계

23p 오른쪽 2번째 줄

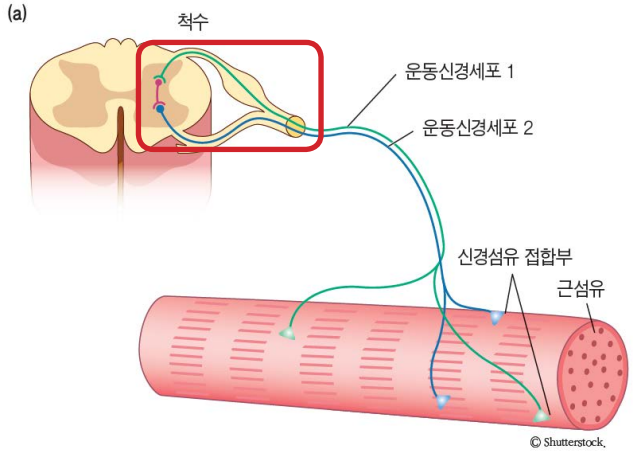
(2) 상호억제
억제성 축삭 후 전위(IPSP)들을 통해 동시에 억제되는 그룹에는 길항근(예: 신전근)이 있다. **상호억제**(reciprocal inhibition)란 동시흥분과 억제 활동을 의미한다.

→

(2) 상호억제
억제성 시냅스 후 전위(IPSP)들을 통해 동시에 억제되는 그룹에는길항근(예: 신전근)이 있다. **상호억제**(reciprocal inhibition)란 동시흥분과 억제 활동을 의미한다.

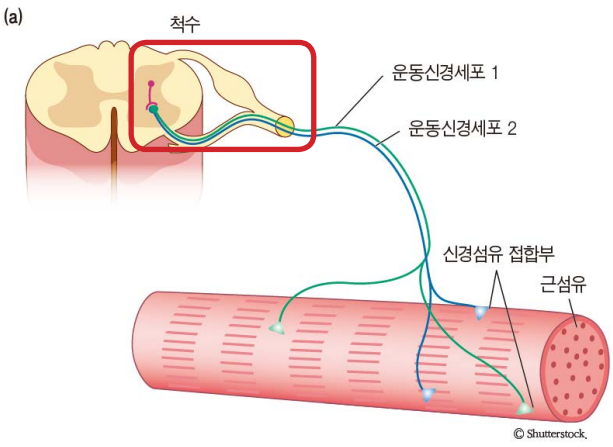
24p 그림 2-18(a)

수정 전



→

수정 후



25p 왼쪽 20번째 줄

헤너먼 박사는 더 큰 흥분성 축삭 후 전위(EPSP)를 만들 수 있다고 제시하였다. 왜냐하면 크기 원리를 담당하는 기전에서 작은 운동신경세포가 작은 표면적을 가지고 있어 역치에 빨리 도달하여 활동전위를 일으키기 때문이다. 또한, 그는 표면적이 큰 운동신경세포는 비교적 더 작은 흥분성 축삭 후 전위(EPSP)를 만들어낼 것이라고 예측하였다.

→

헤너먼 박사는 더 큰 흥분성 시냅스 후 전위(EPSP)를 만들 수 있다고 제시하였다. 왜냐하면 크기 원리를 담당하는 기전에서 작은 운동신경세포가 작은 표면적을 가지고 있어 역치에 빨리 도달하여 활동전위를 일으키기 때문이다. 또한, 그는 표면적이 큰 운동신경세포는 비교적 더 작은 흥분성 시냅스 후 전위(EPSP)를 만들어낼 것이라고 예측하였다.

25p 오른쪽 7번째 줄

서는 낮은 근력만을 요구하기 때문에 피험자는 느린 S형 운동단위를 사용한다. 산화가 느린 S형 근섬유를 발달시키는 것은 작은 운동신

→

서는 낮은 근력만을 요구하기 때문에 피험자는 느린 근섬유 운동단위를 사용한다. 산화가 느린 근섬유를 발달시키는 것은 작은 운동신

3장 내분비계

55p 정답 및 해설

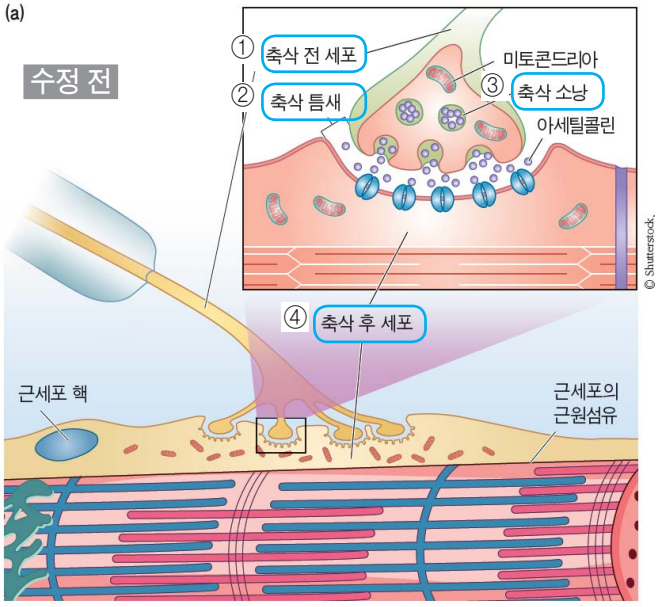
2. ③

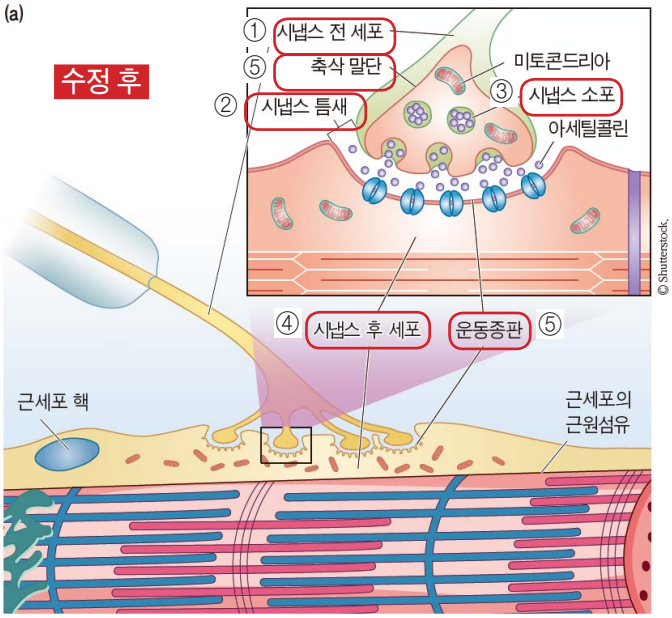
→

2. ①

106p 그림 6-4(a)

① 축삭 전 세포	→	시냅스 전 세포
② 축삭 틈새	→	시냅스 틈새
③ 축삭 소낭	→	시냅스 소포
④ 축삭 후 세포	→	시냅스 후 세포
⑤ 축삭 말단, 운동종판 추가		





106p 그림 6-4 그림설명

그림 6-4 신경근육 접합부. (a) 신경전달물질인 아세틸콜린은 신경섬유 말단의 축삭 소포에 저장되어 있다. **(b)** 현미경으로 바라본 신경근육 접합부(500×).

→

그림 6-4 신경근육 접합부. (a) 신경전달물질인 아세틸콜린은 신경섬유 말단의 시냅스 소포에 저장되어 있다. **(b)** 현미경으로 바라본 신경근육 접합부(500×).

106p 오른쪽

2 신경근육 접합부

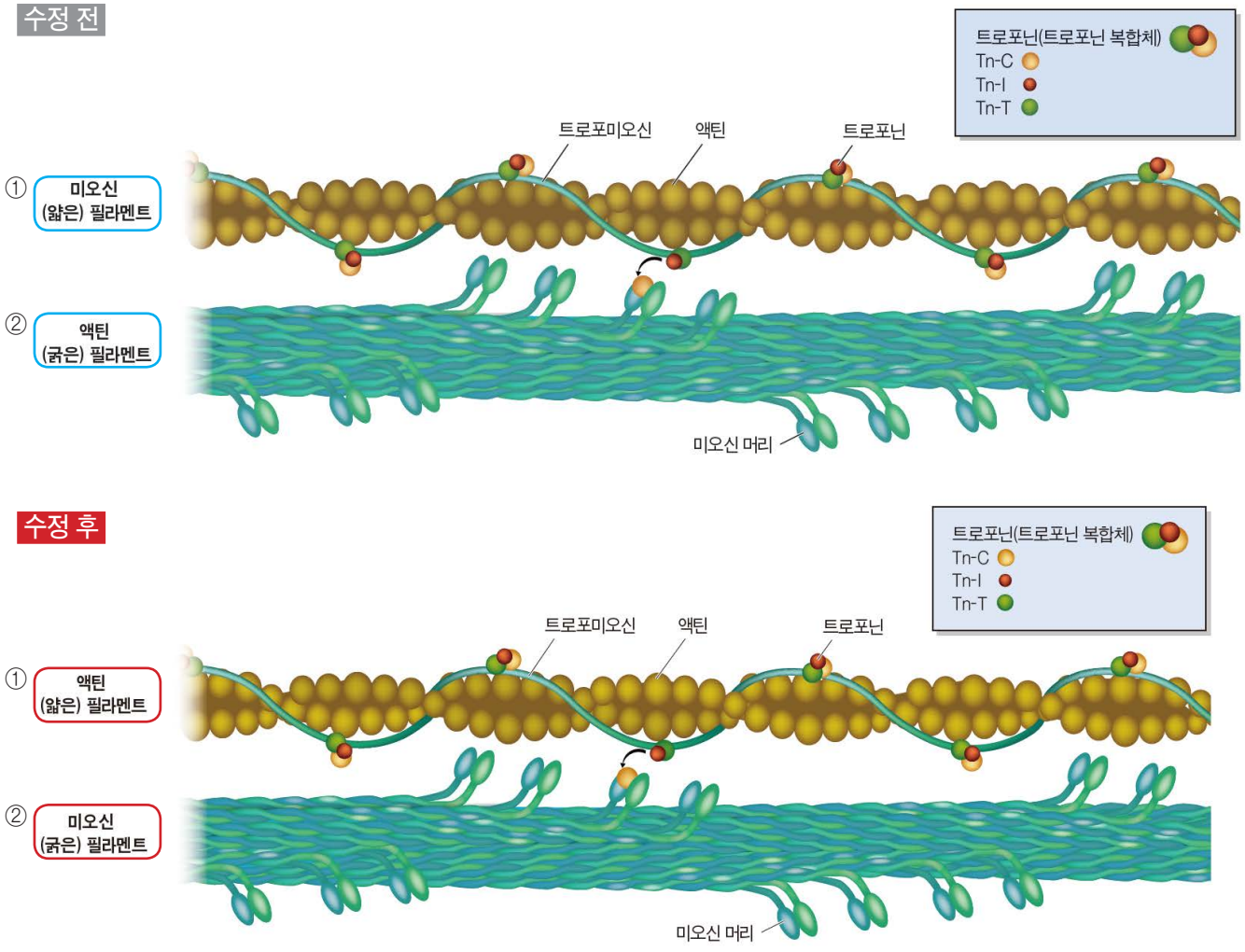
운동신경세포는 척수에서 나와서 각각의 근섬유에 연결되어 있는 구조를 가지고 있으며, 운동신경세포와 근세포가 만나는 지점을 신경근육 접합부(neuromuscular junction, NMJ)라고 부른다. 이 접합부에 있는 주머니 모양의 근신경세포막을 운동종말판(motor end plate)이라고 하며, 신경자극이 운동신경세포의 말단에 이를 때 신경전달물질인 아세틸콜린은 근 신경세포를 탈분극시키고, 근수축 과정은 이를 신호로 사용하여 시작된다(그림 6-4).

→

2 신경근육 접합부

운동신경세포는 척수에서 나와서 각각의 근섬유에 연결되어 있는 구조를 가지고 있으며, 운동신경세포와 근세포가 만나는 지점을 신경근육 접합부(neuromuscular junction, NMJ)라고 부른다. 이 접합부에 있는 주머니 모양의 근신경세포막을 운동종판(motor end plate)이라고 하며, 신경자극이 운동신경세포의 말단에 이를 때 신경전달물질인 아세틸콜린은 근 신경세포를 탈분극시키고, 근수축 과정은 이를 신호로 사용하여 시작된다(그림 6-4).

108p 그림 6-6 ① 미오신(얇은) 필라멘트 → 액틴(얇은) 필라멘트
② 액틴(굵은) 필라멘트 → 미오신(굵은) 필라멘트



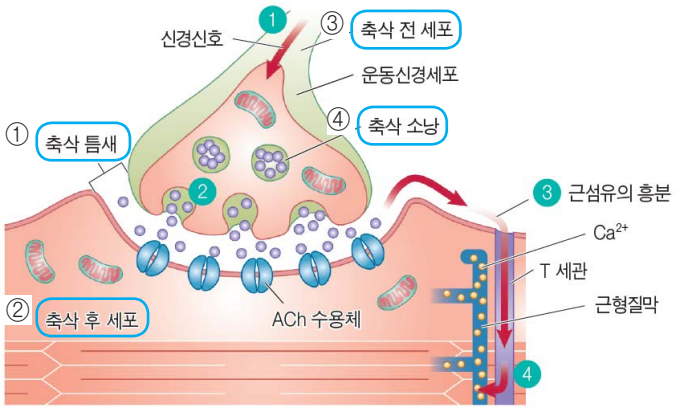
109p 오른쪽 4번째 줄

② 축삭 소포에서 아세틸콜린(ACh)이 방출되고, → ② 시냅스 소포에서 아세틸콜린(ACh)이 방출되고,

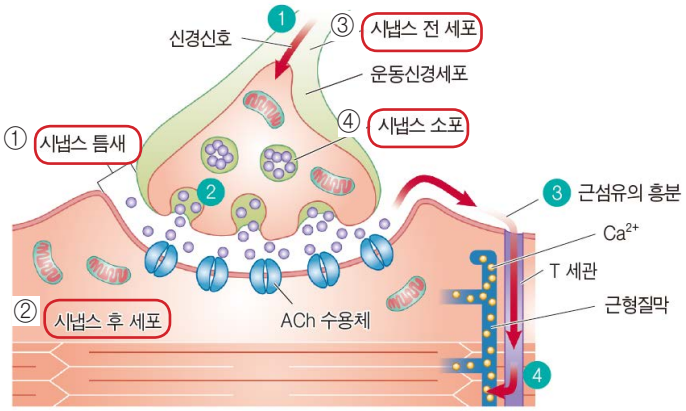
109p 그림 6-8

① 축삭 틈새 → 시냅스 틈새
② 축삭 후 세포 → 시냅스 후 세포
③ 축삭 전 세포 → 시냅스 전 세포
④ 축삭 소낭 → 시냅스 소포

수정 전



수정 후



175p 그림 8-23

수정 전

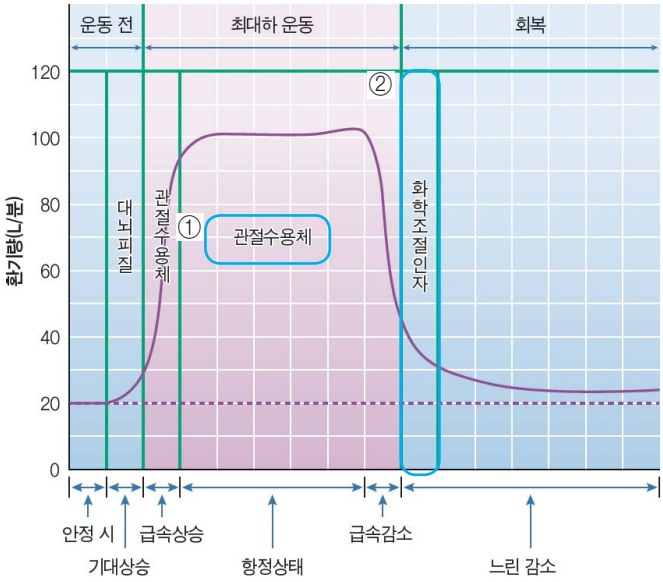


그림 8-23 최대하 운동 중 분당환기량의 변화. (출처: doi: 10.1007/s00421-013-2646-3.)

수정 후

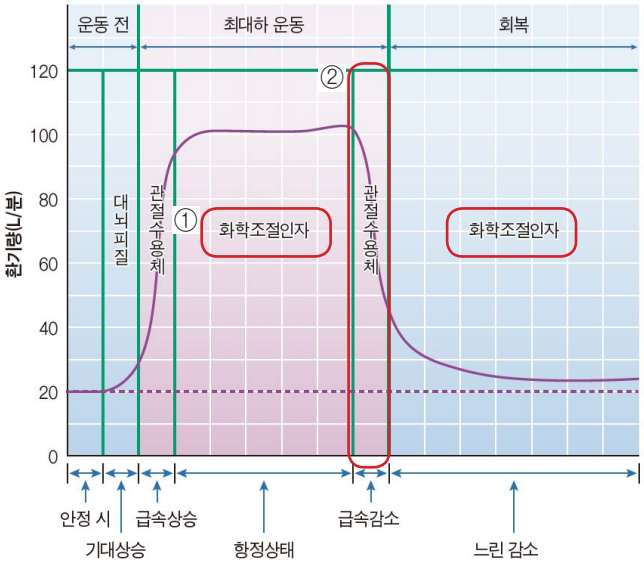


그림 8-23 최대하 운동 중 분당환기량의 변화. (출처: doi: 10.1007/s00421-013-2646-3.)

175p 그림 8-24

수정 전

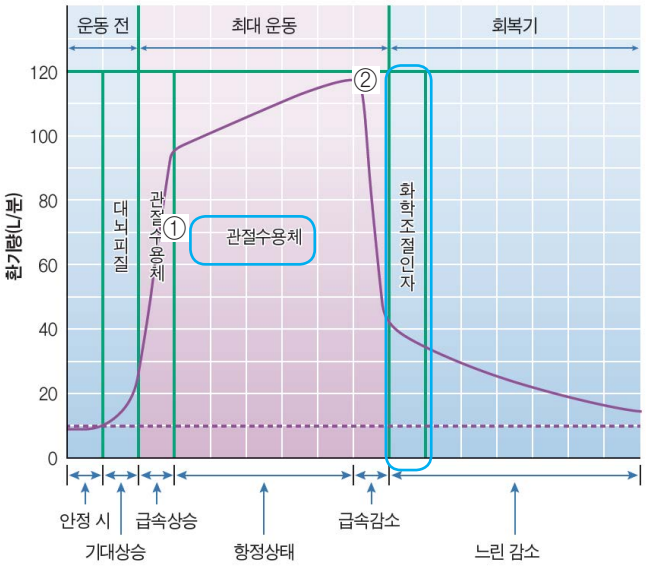


그림 8-24 최대 운동 중 분당 환기량 변화. (출처: doi: 10.1007/s00421-013-2646-3.)

수정 후

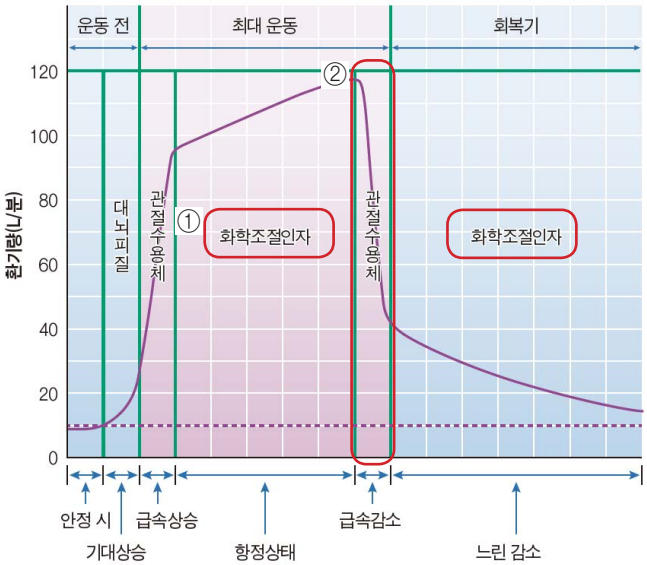


그림 8-24 최대 운동 중 분당 환기량 변화. (출처: doi: 10.1007/s00421-013-2646-3.)