신경세포와 활성전위 (Action Potential)

Copyright © 2011 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

I. 신경계의 개요

- 중추신경계 (CNS)
  - 뇌, 척수
- 말초신경계 (PNS)
  - 들신경계통(Afferent information)
  - 날신경계통(Efferent information)

신경계의 개요

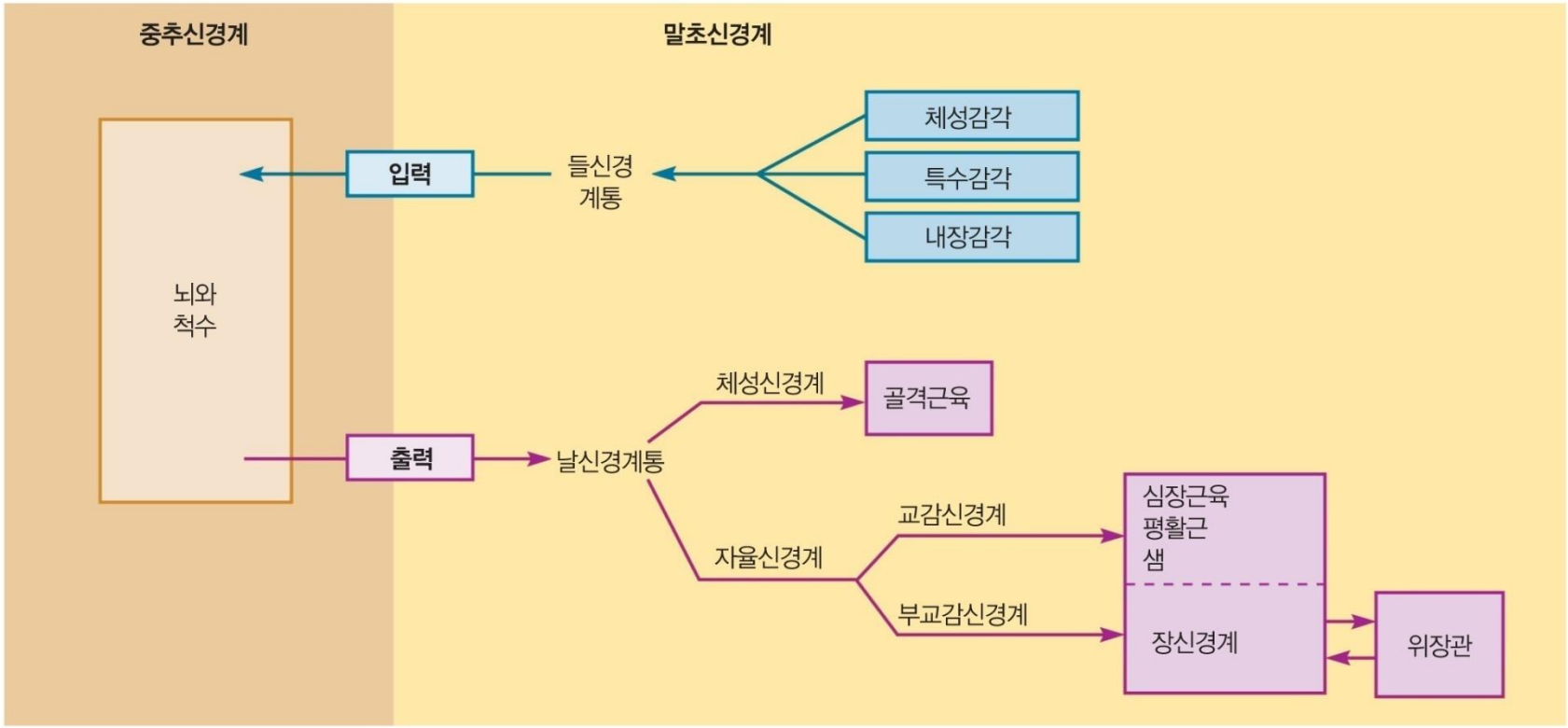


그림 7.1 신경계의 구성. 신경계는 중추신경계와 말초신경계 등 두 개의 주요 부분으로 구성된다. 말초신경계는 기능적으로 들신경계통과 날신경계통으로 구분된다. 화살표는 정보가 지나가는 방향을 나타낸다.

뉴런의 구성요소

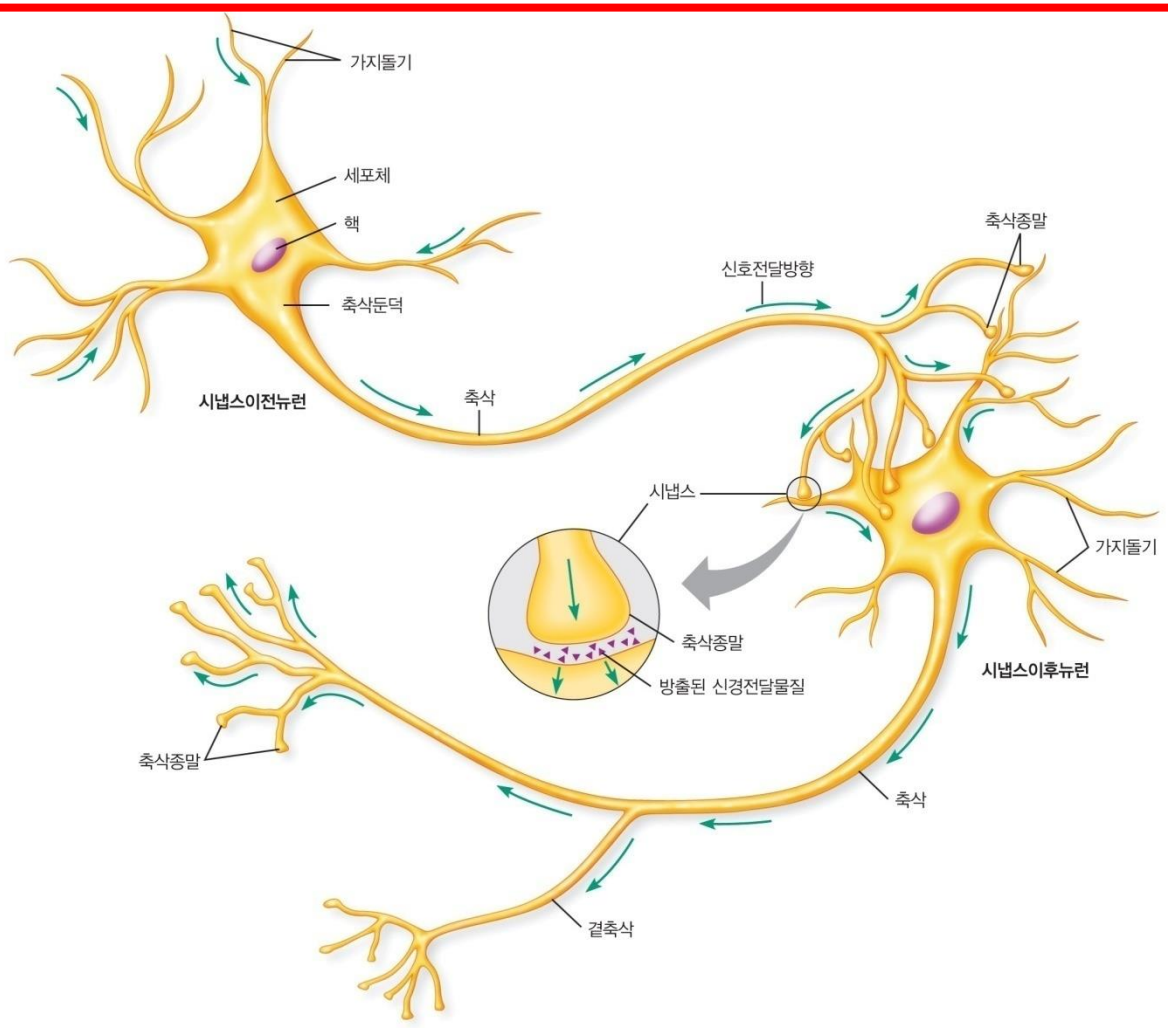


그림 7.2 **전형적인 뉴런의 구조. 두 개의 뉴런이 있다.** 위의 뉴런은 아래의 뉴런과 의사소통을 하고 있는데, 정보의 흐름은 화살표로 표시되어 있다. 뉴런의 주요 부분들은 세포체, 다른 뉴런으로부터 정보를 받는 가지돌기들, 전기자극 전달을 전문으로 하는 한 개의 축삭을 포함한다. 한 뉴런의 축삭종말은 다른 뉴런과 의사소통을 하는 화학적 전령(신경전달물질)을 방출한다.

수초

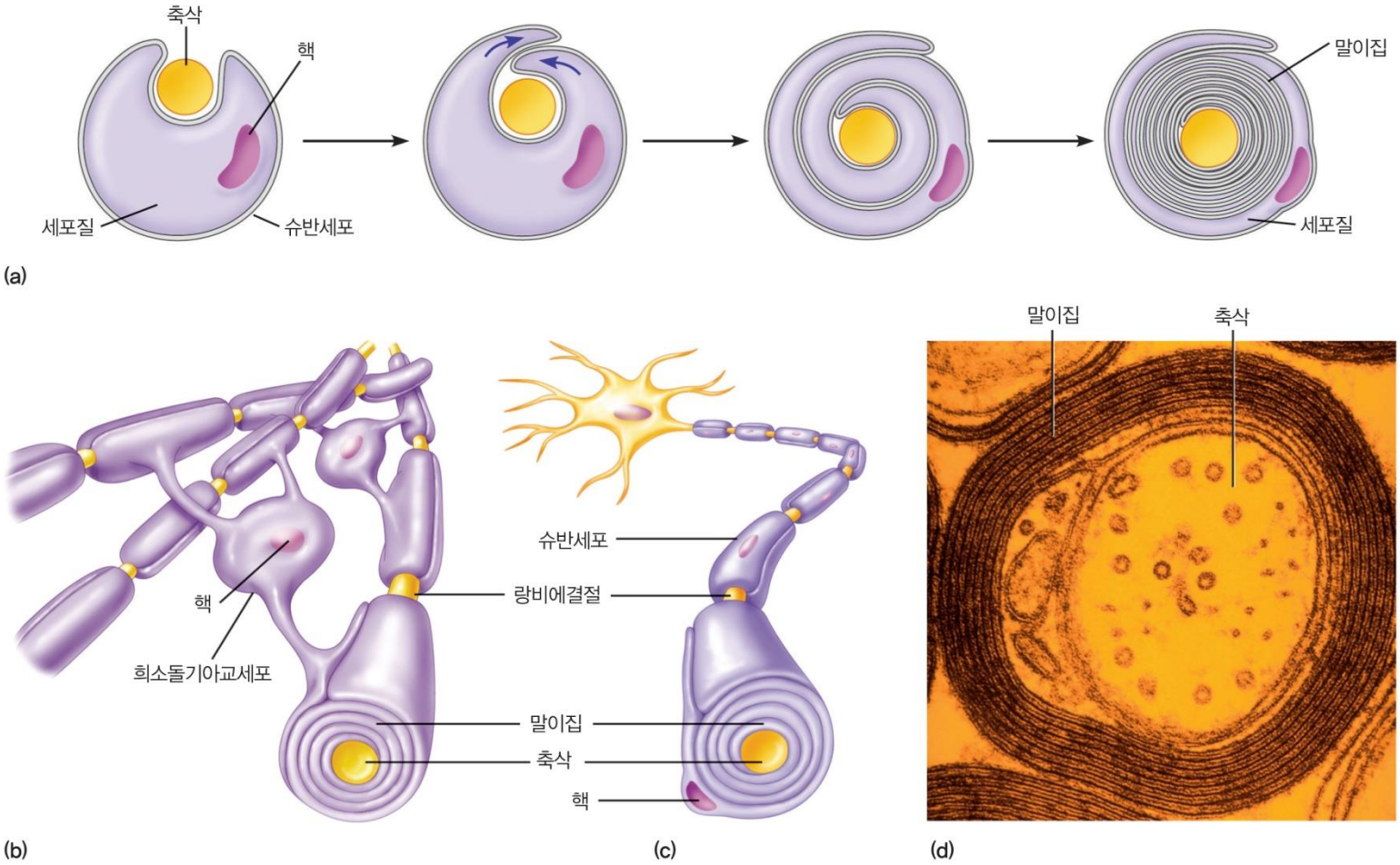


그림 7.5 말이집의 형성과 기원. (a) 슈반세포에 의한 말이집의 형성. 말이집은 슈반세포나 희소돌기아교세포의 원형질막이 동심원 모양의 여러 층들을 이루어 된 것으로, 축삭 둘레의 절연층이 된다. (b) 중추신경계에서 희소돌기아교세포에 의하여 형성된 말이집들의 배열. 희소돌기아교세포 한 개가 세포질 가지들을 내어 여러 개의 축삭 둘레에 말이집을 형성한다. 말이집들의 틈인 랑비에결절을 주목하라. (c) 말초신경계에서 슈반세포에 의하여 형성된 말이집들의 배열. 슈반세포 한 개가 한 개의 축삭에만 말이집을 만든다. (d) 말이집 축삭 횡단면의 전자현미경 사진.

III. 안정막 전위의 생성

- 평형전위를 결정 하는 것
  - 칼륨이온
  - 나트륨이온
- 뉴런의 안정막 전위

안정막 전위의 생성

- 약 -70 mV
- 세포내부는 전기적으로 음성, 세포외부는 전기적으로 양성이다

평형전위

평형전위를 결정하는 것
칼륨이온과 나트륨이온

- 휴지막 전위 결정에 두 가지 요소가 중요
  - 이온의 농도차
  - 두 이온에 대한 막투과성
    - 이온 채널

Copyright © 2011 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Na^+/K^+ 펌프

- 안정막 전위의 20%는 Na/K-ATP효소의 직접적인 영향으로 생김
  - 전기발생: 3 Na^+ 내보냄, 2 K^+ 들어옴
  - 실제 +1 만큼 나감
- 안정막 전위의 80% Na/K-ATP에 의해 간접적으로 생김
  - 농도차이를 만들어냄
    - Na: 세포 밖이 높고, 안쪽이 낮음
    - K: 세포 밖이 낮고, 안쪽이 높음

칼륨의 평형전위

- K^+ 은 화학적인 힘에 의해 세포 밖으로 확산됨

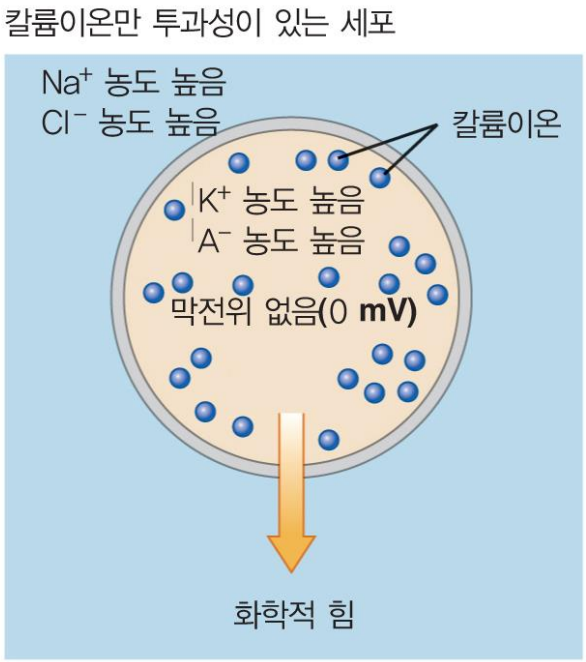
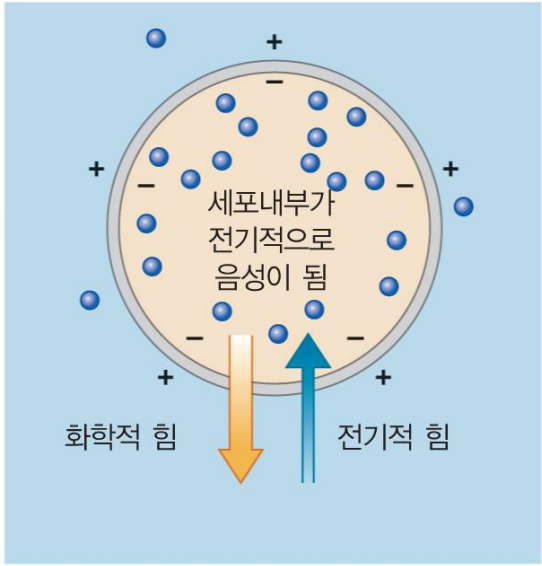


그림 7.6 칼륨만 투과성이 있는 세포의 막전위. 칼륨이온(K^+)과 유기 음이온(A^-)은 세포 내의 농도가 더 높다. 나트륨이온(Na^+)과 염소이온(Cl^-)은 세포 외의 농도가 더 높다. 화살표의 넓이는 이온이 화살표 방향으로 이동하는 크기를 상대적으로 나타낸다. (a) 칼륨이온은 화학적 힘 때문에 세포 외로 나간다.

전기적인 힘

- K^+ 이 세포밖으로 나가면 세포내부는 더욱 음전하를 띰
- 막전위에 의한 전기적인 힘이 음전하에 대한 인력으로 K^+ 을 다시 세포내로 끌어당김



(b)

그림 7.6 칼륨만 투과성이 있는 세포의 막전위. 칼륨이온(K^+)과 유기 음이온(A^-)은 세포 내의 농도가 더 높다. 나트륨이온(Na^+)과 염소이온(Cl^-)은 세포 외의 농도가 더 높다. 화살표의 넓이는 이온이 화살표 방향으로 이동하는 크기를 상대적으로 나타낸다. **(b)** 약간의 칼륨 이온이 세포 외로 나가면서 양전하도 함께 가져가기 때문에 세포 내부는 외부에 비하여 음성이 된다. 이러한 전하 분포의 변화는 칼륨이온을 세포 내로 끌어당기는 전기적 힘을 만들어내는데, 이 힘은 화학적 힘과 반대로 작용한다.

칼륨의 평형전위

- 세포는 결국 평형에 도달
- 화학적인 힘과 전기적인힘은
  - 서로 반대 방향으로 작용
- 양적으로 동일

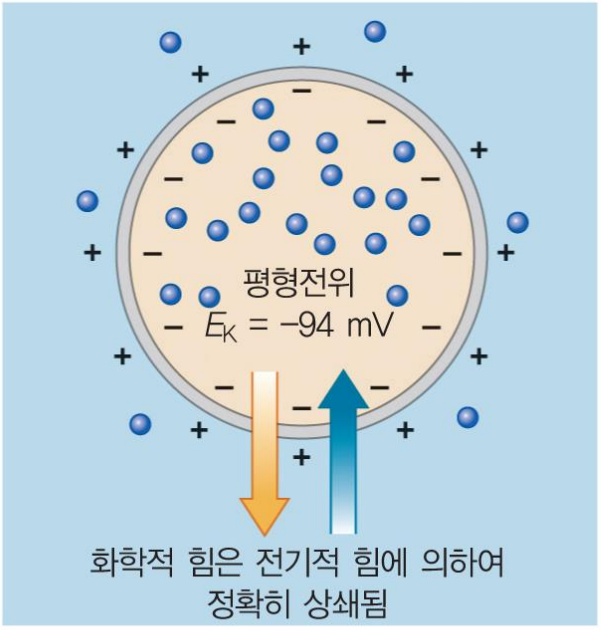


그림 7.6 칼륨만 투과성이 있는 세포의 막전위. 칼륨이온(K^+)과 유기 음이온(A^-)은 세포 내의 농도가 더 높다. 나트륨이온(Na^+)과 염소이온(Cl^-)은 세포 외의 농도가 더 높다. 화살표의 넓이는 이온이 화살표 방향으로 이동하는 크기를 상대적으로 나타낸다. **(c)** 언젠가는, 칼륨이온은 충분히 세포 외로 나가서, 전기적 힘은 화학적 힘에 의하여 칼륨이온이 세포 외로 더 나가는 것을 상쇄할 만큼 강해지고, 마침내 칼륨이온의 순이동은 없어진다. 이 막전위에서 칼륨은 평형에 있다. 그래서 이 막전위는 칼륨 평형전위이고, 뉴런에서 그 크기는 약 −94 mV이다.

(c)

평형

- 막을 통한 순이동이 없을 때 이온은 평형상태 이다
  - 화학적인 힘 = 음성의 전기적인 힘
  - 전기화학적 힘= 0

나트륨 평형전위

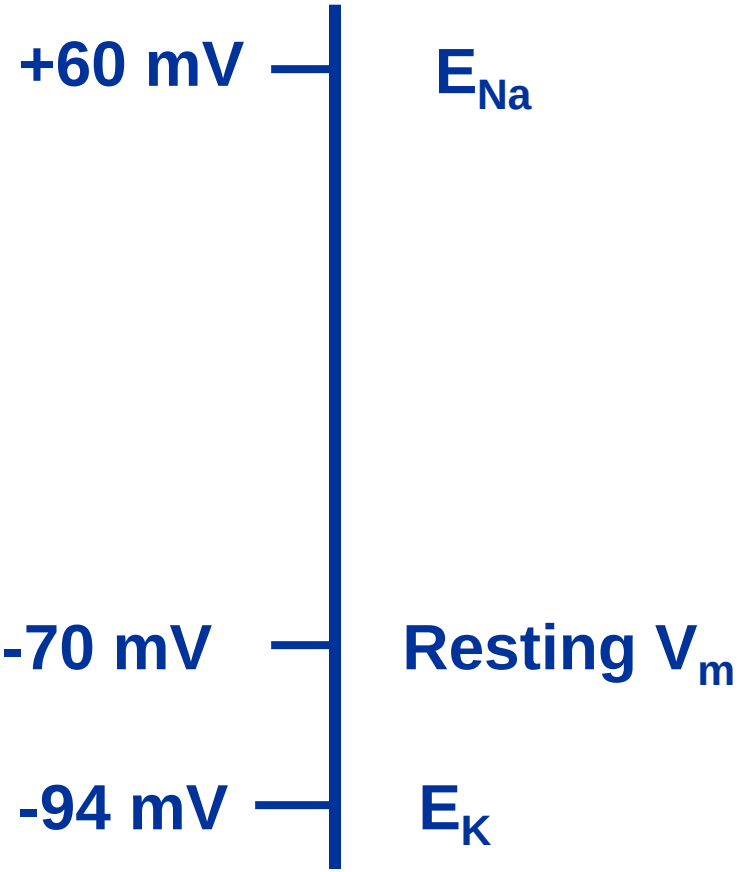
- 나트륨이온에 대해서만 투과성이 있다고 가정
- 이온의 분포
  - 세포 밖
    - 나트륨과 염소
  - 세포 내부
    - 칼륨과 음이온들

Na^+에 작용하는 힘

- 두 개의 힘이 Na^+ 에 작용
  - 화학적인 힘은 안쪽으로 작용
  - 전기적인 힘은 밖으로 작용
- 이온에 작용하는 순힘 =전기화학적 힘
  - 초기에 화학적인 힘이 더 크므로 세포내로 들어감
  - 그러나 막적위의 증가-> 전기적인 힘이 계속 증가

안정막 전위

안정막 전위는 칼륨의 평형전위에 가깝다



안정 전위: K+에 작용하는 힘

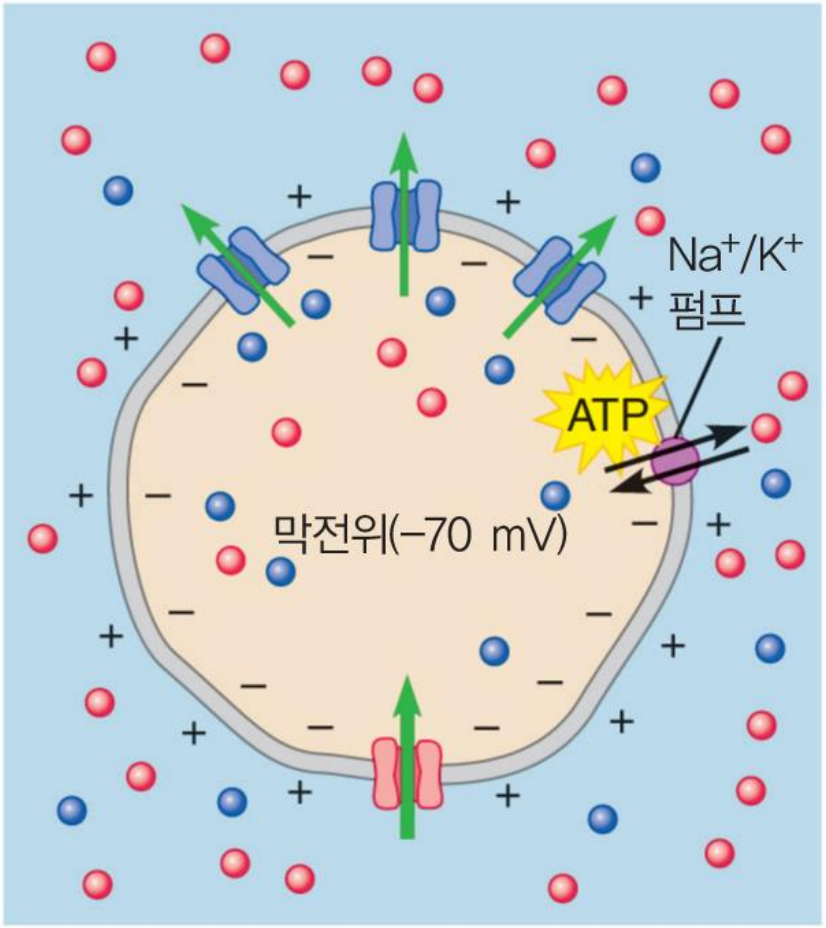
- 안정전위 = -70mV
- $E_{K(평형전위)}$ = -94mV
- $V_{m(막전위)}$ 은 24mV이며 E_K에 비해 덜 음성적이다
  - 전기적 힘은 세포 내로 작용
  - 화학적 힘은 세포 밖으로 작용
  - 순힘은 약해짐: 밖으로 K^+ 가 나가지만 막은 K^+ 에 대해 매우 투과성이 높다

안정 전위: Na+에 작용하는 힘

- 안정전위= -70mV
- E_{Na} = +60mV
- Vm은 E_{na} 보다 덜 음성인 130mV
  - 전기적 힘은 세포내로 작용
  - 화학적 힘은 세포밖으로 작용
  - 순힘이 크다: Na^+는 세포내로 유입되지만 Na^+ 에 대한 막의 투과성이 낮다

안정상태의 뉴런

- 안정상태에서 소량의 Na^+ 가 유출됨 (강한 힘 , 낮은 투과성)
- 안정상태에서 소량의 K^+ 가 유출됨 (낮은 힘, 높은 투과성)
- 나트륨 펌프가 농도차이를 유지하기 위해 Na^+ 와 K^+ 를 되돌림



(e)

안정막 전위



A&P Flix: 신경생리학 **Part 1:** 안정막 전위

막전위 변화

- 안정막 전위—기준점
- 탈분극(Depolariation)
- 재분극(Repolarization)
- 과분극(Hyperpolarization)

막전위 변화

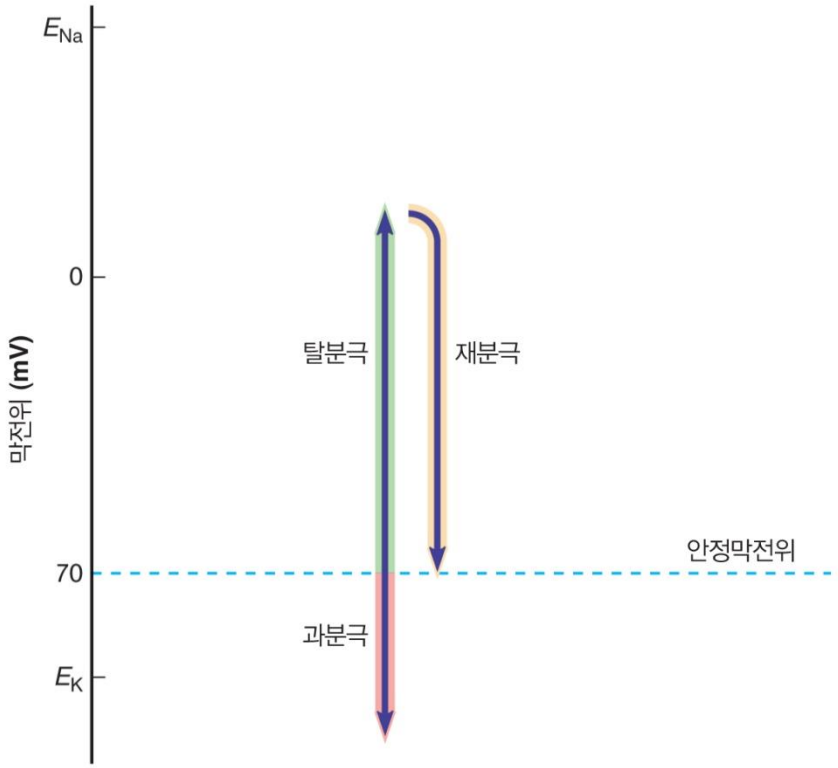


그림 7.9 막전위의 변화. 막전위는 이온통로의 개방이나 폐쇄로 변할 수 있다. 막전위가 음성이 더 작은 값으로 변하는 것을 탈분극이라고 한다. 탈분극한 막이 안정막전위로 돌아가는 것을 재분극이라고 한다. 막전위가 음성이 더 큰 값으로 변하는 것을 과분극이라고 한다. 칼륨 관문통로가 열리면, 칼륨은 세포 밖으로 나가서 막전위를 칼륨 평형전위(E_K)로 가져가게 한다. 즉 세포를 과분극시킨다. 나트륨 관문통로가 열리면, 나트륨은 세포 안으로 들어가서 막전위를 나트륨 평형전위(E_{Na})로 가져가게 한다. 즉 세포를 탈분극시킨다.

계단전위

- 전기긴장성 전도 (electrotonic conduction)로 전위가 퍼져나감
- 전류가 넓은 지역으로 퍼지면서 점차 감소

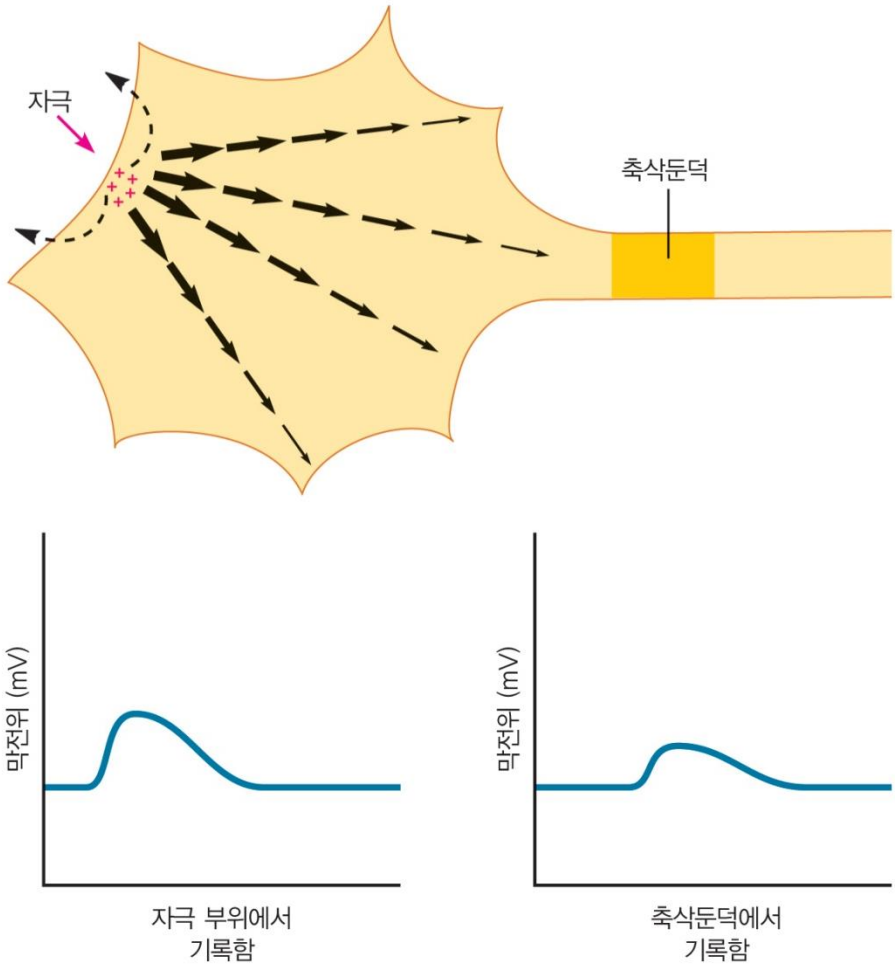


그림 7.11 점차 감소하는 특성의 계단전위. 계단전위는 원형질막의 인접 부위로(이어진 화살표), 그리고 원형질막을 가로질러(조각난 화살표) 이동하면서 사라진다. 따라서 자극 부위에서 기록된 전위 변화는 자극 부위에서 멀어진 부위의 것보다 크다. (화살표가 진할수록 전류가 큰 것을 나타낸다.)

계단전위의 의의

- 계단전위가 활동전위를 일으킬 수 있느냐의 여부를 결정한다
  - 문턱(역치,Threshold)
    - 활동전위를 발생시키는데 필요한 탈분극 수준
  - 흥분성(Excitatory)
    - 탈분극이 일어남
  - 억제성(Inhibitory)
    - 과분극이 일어남

활동전위의 발생



A&P Flix: 신경생리학 **Part 2:** 활동전위의 발생