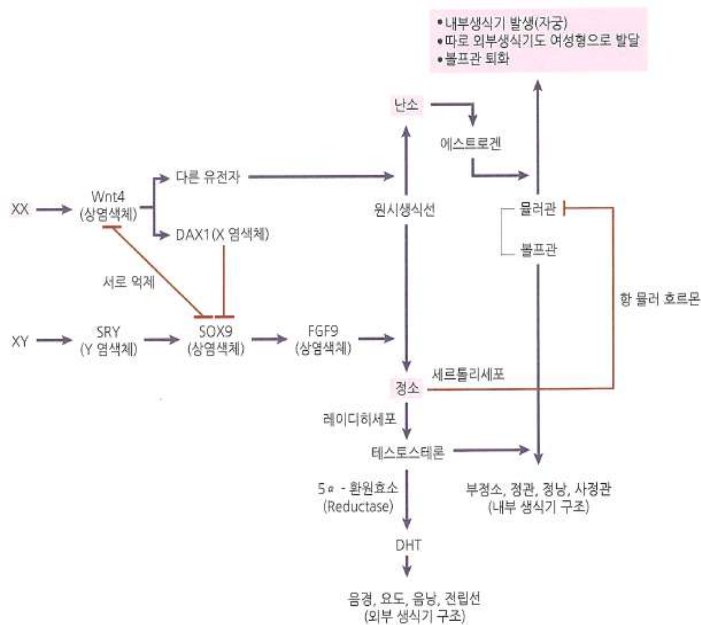


113. 생식계의 발생

- 발생 초기에 미분화 생식소(Indifferent gonad)가 생김
- 난소, 정소로 발달하는 1차 성결정, 이후 난소, 정소에서 분비되는 호르몬에 의해 여성, 남성
성의 표현형이 나타나는 2차 성결정 과정이 이어짐
- XX : 유전자들이 미분화 생식소를 난소로 발달시킴
 - 난소에서 분비된 에스트로겐이 물려관을 여성 내부 생식기 구조들로 분화시킴
 - 외부 생식기는 저절로 여성형으로 발달하고, 볼프관도 저절로 퇴화함
- XY : SRY 유전자가 발현돼서 미분화 생식소를 정소로 발달시킴
 - 정소의 세르톨리 세포는 항-물러 호르몬을 분비해 물려관을 퇴화시킴
 - 정소의 레이디히 세포는 테스토스테론을 분비해 볼프관을 남성 내부 생식기 구조들로 분화시킴
 - 테스토스테론이 DHT로 바뀌어서 외부 생식기를 자극해 남성형으로 발달시킴



114. 난소 주기

(i) 원시 여포(Primordial follicle)

- 태아의 난소에서 난원세포가 체속 체세포 분열을 해서 임신 5개월까지 약 6~7백만 개의 1차 난모세포를 만들고 분열을 멈춘
- 1차 난모세포들은 제 1 감수분열 전기에서 감수분열을 멈춘 채 사춘기가 될 때까지 유지됨

(ii) 1차 여포(Primary follicle)

- 출생 전 1차 난모세포는 한 층의 과립세포(Granulosa cell)로 둘러싸인 1차 여포를 형성함
- 태어날 때까지 약 200만 개, 사춘기까지 약 40만 개만 남고 나머지는 퇴화됨

(iii) 2차 여포(Secondary follicle)

- 사춘기가 되면 뇌하수체 전엽에서 FSH가 분비돼서 여러 개의 1차 여포들이 동시에 성숙하기 시작함
- 과립세포가 입방체 형태로 발달하면서 다양한 물질들을 제공해서 1차 난모세포가 리보솜, mRNA, 소기관, 에너지 등을 축적하면서 점점 커짐
- 과립세포에서 물질을 분비해서 1차 난모세포의 감수분열이 더 진행되지 않도록 억제함
- 과립세포가 여러 층으로 발달하고 포막세포와 투명대가 생기면, 포막세포와 과립세포에서 에스트로겐을 분비해 난포동(Antrum)을 만들기 시작함

(iv) 3차 여포(Tertiary follicle, 그라프 여포, 성숙 여포)

- FSH 신호로 여포가 점점 더 발달하면서 에스트로겐 분비가 증가함
- 에스트로겐 신호를 받은 과립세포 표면에 FSH 수용체의 발현이 증가해서, FSH의 신호를 더 많이 받게 되는 양성 피드백 현상이 일어남
- 양성 피드백 결과 과립세포 표면에 LH 수용체 발현이 늘어나면서 LH 신호를 받은 여포의 폭발적인 성장이 일어남
- 빠르게 성장하는 여포가 에스트로겐, 인히빈의 분비를 지속적으로 늘려서 시상하부의 GnRH, 뇌하수체 전엽의 FSH 분비를 억제함
- 다른 여포들의 성숙은 억제되고, 가장 크게 자란 한 개의 여포만 최종 성숙할 수 있음

(v) 배란

- 에스트로겐에 의해 크게 저해 받지 않고 LH 분비가 서서히 늘어남
- 가장 크게 자란 한 개의 여포가 고농도의 에스트로겐을 분비하면, 에스트로겐은 GnRH, LH의 분비를 크게 자극해서 LH 급등 현상이 일어남
 - 여포의 에스트로겐 합성을 막음
 - LH의 작용
 - 1차 난모세포가 마저 감수분열을 진행하게 함
 - 프로스타글란딘 생성을 촉진해 배란을 유도하고 여포를 황체로 분화시킴
- 제 1 감수분열이 완결된 2차 난모세포가 제 2 감수분열 중기에서 감수분열을 멈춘 채 성숙 여포의 결합 조직을 분해하고 수란관으로 배출됨
- 배란된 세포는 정자가 수정해야 나머지 감수분열 과정을 마무리 할 수 있음

(vi) 황체 형성

- 난소에 남아 있던 파열된 여포는 콜레스테롤 등 지방이 풍부한 황체로 바뀌면서 비대해짐
- LH가 황체를 유지, 발달시켜 고농도의 프로게스테론, 중간 농도의 에스트로겐을 분비함
 - 에스트로겐
 - 자궁근과 자궁내막을 성장시킴
 - 자궁내막의 프로게스테론 수용체 발현을 유도
 - 프로게스테론
 - 자궁내막을 부풀게 함
 - 혈관 발달, 글리코겐 저장, 자궁근 수축 억제로 태아 성장 환경을 조성
 - FSH, LH 분비를 억제해 새로운 여포의 성숙을 막음
- 수정이 되지 않으면 LH 농도가 감소하면서 황체가 퇴화하고 결합조직인 백체가 됨
 - 배란된 세포는 자궁 내막에서 탈락한 조직들과 함께 질 쪽으로 배출됨

(vi) 수정 시

- 정자가 수란관 팽대부로 이동해서 배란된 세포와 수정을 함
- 느린 차단 메커니즘으로 세포질 내 Ca^{2+} 이 증가하면 감수분열이 완료됨
- 난황이 진행되면서 영양막이 생기면 hCG(인간 용모막 성선자극 호르몬, Human chorionic gonadotropin)를 분비함
 - LH 유사체로 작용해서 황체 퇴화를 막음
- 황체가 계속 유지되면서 에스트로겐, 프로게스테론을 분비해서 임신을 지속시킴

115. 난할과 착상

- 배란 일주일 후 자궁내막은 착상하기 좋은 상태로 발달함
- 수정란은 난할을 진행하면서 자궁 쪽으로 이동하다가 포배기 배아가 돼서 자궁벽에 부착함
 - 영양막이 Fas 리간드를 발현해 모체 T 세포를 사멸시켜서 배아가 면역학적 면제 상태(placenta barrier)로 유지됨

116. 인공 수정

(i) 체내 인공 수정

- 남성 정자에 이상이 있는 경우
- 정자를 채취해서 정자들의 활동성을 강화해 직접 자궁에 투여함

(ii) 체외 인공 수정

- 여성의 수란관 등에 이상이 있는 경우
- 여성에게 FSH, hCG를 차례로 처리해서 과배란 된 난자들을 채취한 뒤, 시험관에서 정자와 수정시켜 포배기까지 키워 에스트로겐으로 비후시킨 자궁에 착상함
 - 시험관 아기 탄생

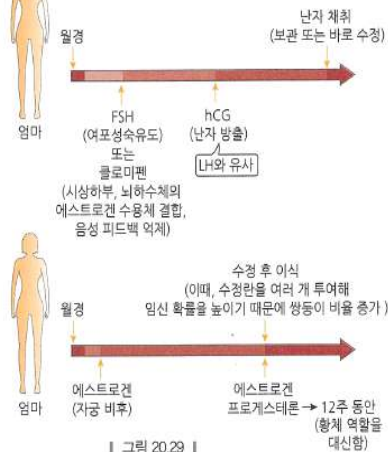
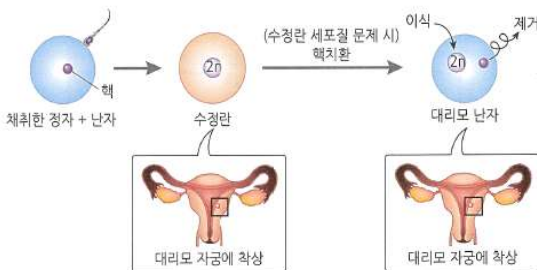


그림 20.29

(iii) 생식 세포 복제(핵치환)

- 배아가 자궁에 착상이 잘 안 되거나 자라다가 유산되는 경우
- 채취한 난자와 정자를 시험관에서 수정한 뒤, 대리모 난자에 핵치환을 해서 포배기까지 키워 에스트로겐으로 비후시킨 대리모의 자궁에 착상함



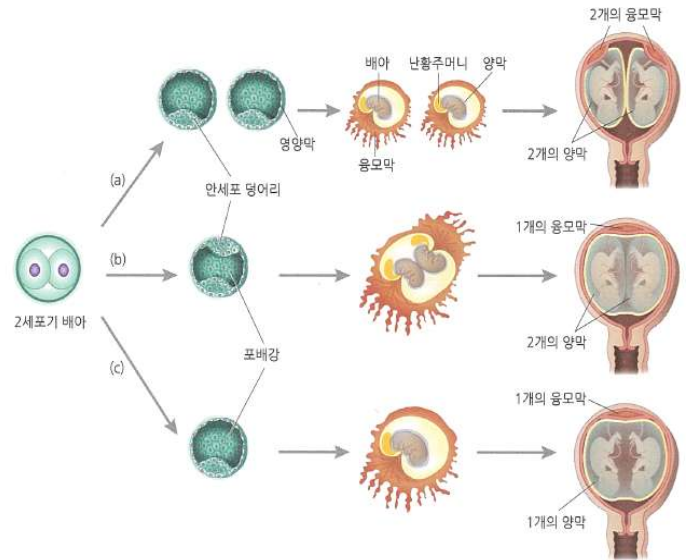
117. 쌍둥이

(i) 이란성 쌍둥이

- 두 개의 난자가 동시에 배란되어 수정된 경우
- 유전적으로 동일함 확률이 없음

(ii) 일란성 쌍둥이

- 한 개의 수정란이 발생 과정 중 나뉘어 각각 배아로 발달하는 경우
- 유전자가 서로 완벽하게 일치함
 - 난할 중인 세포 일부가 쪼개져 각각 배아로 발생
 - 포배기에 안식포 덩어리가 돌르 나뉘어 각각 배아로 발생
 - 상배엽에 결절이 두 개 생겨 각각 배아로 발생



118. 불응기

〈절대 불응기〉

- 활동 전위가 일어나는 동안 아무리 큰 자극이 가해져도 활동 전위가 중첩해서 발생할 수 없는 구간

(i) 자극받은 지점의 전압 개폐성 Na^+ 채널들이 모두 열려서 어떤 자극에도 더 열릴 전압 개폐성 Na^+ 채널이 없음

(ii) 전압 개폐성 Na^+ 채널의 h 문이 닫혀 있는 동안은 어떤 자극에도 전압 개폐성 Na^+ 채널들이 다시 열릴 수 없음

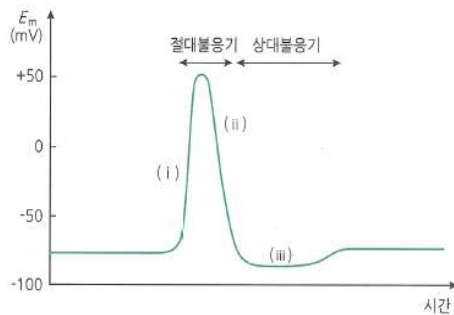
〈상대 불응기〉

- 정상적인 탈분극 자극보다 더 큰 자극이 가해졌을 때 활동 전위가 중첩해서 발생할 수 있는 구간

(iii) 재분극이 일어나는 동안 전압 개폐성 Na^+ 채널들의 일부가 h 문을 열고 m 문이 닫힌 상태로 바뀌면서 다음 자극을 받을 준비 상태가 됨

- 평소보다 m 문이 닫힌 전압 개폐성 Na^+ 채널 수가 적어서 자극에 대한 민감도가 떨어지기 때문에, 평소보다 더 큰 자극이 왔을 때만 전압 개폐성 Na^+ 채널들이 열려서 활동 전위가 생긴

- 과분극 상태에서 막전위가 다시 역치 값에 도달하기 위해서는 평소보다 더 큰 자극이 필요함

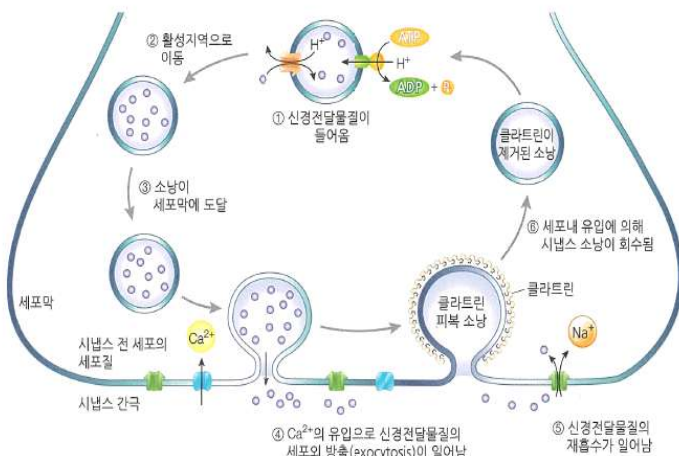


119. 신경전달물질의 회수

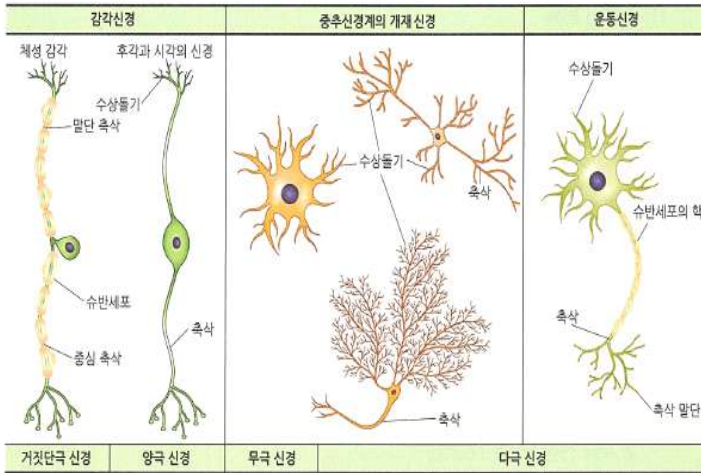
- 주변 환경으로 확산

- 주변 세포의 재흡수(시냅스 전 신경 또는 교세포)

- 방출된 신경 전달 물질을 Na^+ 과 공동수송해서 세포질로 재흡수 함
- H^+ 기울기를 이용해서 다시 분비 소낭에 적재함



120. 뉴런의 분류



① 양극 신경

(i) 양극 신경(Bipolar neuron)

- 수상돌기와 축삭이 신경세포체 양 쪽으로 길게 뻗어 있는 구조
- 후각, 시각, 청각, 평형감각 등의 특수 감각들

(ii) 거짓단극 신경(Pseudounipolar neuron)

- 수상돌기가 없고 한 개의 축삭이 두 갈래로 갈라진 구조
- 신경세포체가 등쪽 신경절(Dorsal root ganglion, DRG)에 위치함
- 촉각, 압각, 통각 등

② 무극 신경(Apolar neuron)

- 축삭돌기가 없는 구조
- 주로 발생 중에 관찰됨

③ 다극 신경(Multipolar neuron)

- 다양한 정보를 받을 수 있도록 많은 수상돌기와 한 개의 축삭을 가진 구조
- 척추동물의 신경계에서 가장 풍부함

(i) 추체 신경(Pyramidal neuron)

- 신경세포체가 삼각형 모양이고 정단 수상돌기와 기저 수상돌기를 지님
- 대뇌 피질, 해마, 편도 등에서 발견됨

(ii) 푸르키네 신경(Purkinje neuron)

- 많은 수상돌기를 지니고 있어 다양한 정보들을 통합함
- 소뇌 피질에서 발견되는 GABA 분비 신경

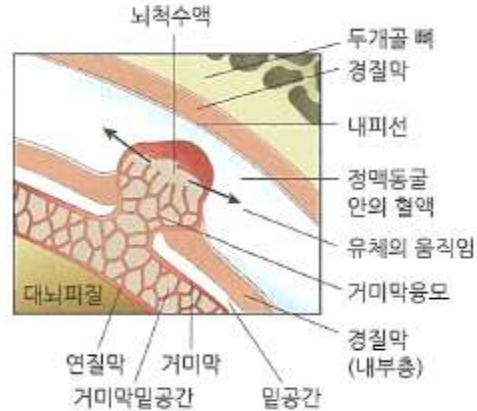
(iii) 다극 운동신경(Multipolar motor neuron)

- 많은 수상돌기를 지니고 있고, 축삭 말단은 골격근에 맞닿아 있음

④ 단극 신경(Unipolar neuron)

- 한 개의 돌기만 지니고 있고, 돌기의 부위에 따라 정보를 주거나 받을 수 있음
- 무척추동물의 신경계에서 주로 발견됨

121. 뇌수막



(i) 경질막(Dura mater)

- 두 겹으로 이루어진 두껍고 질긴 막
- 두 겹 사이에 혈액으로 채워진 경질막동(Dural sinus), 정맥동(Venous sinus) 등의 공간이 형성되어 있음
 - 뇌에서 나온 정맥혈이나 뇌척수액이 경질막동, 정맥동으로 배출된 후 혈관으로 회수됨

(ii) 거미막(Arachnoid mater)

- 혈관이 거미줄 모양으로 정교하게 분포함
- 거미막과 연질막 사이에 뇌척수액으로 채워진 거미막밑 공간(Subarachnoid space)이 있음
 - 거미막 용모(거미막밑 공간의 돌출부) : 뇌척수액을 정맥동으로 배출함

(iii) 연질막(Pia mater)

- 뇌와 척수에 맞닿은 얇은 막
- 뇌에 혈액을 공급하는 동맥이 연결되어 있음

● 뇌척수액(CSF)

- 뇌와 척수를 둘러싸 충격을 방지하고 이온의 농도를 일정하게 유지시켜, 신경세포들에게 적합한 환경을 제공함
 - 혈관이 풍부하게 분포하는 뇌실 벽 쪽의 맥락총(Choroid plexus)에서 뇌척수액이 생성됨
 - 뇌실에서 거미막밑 공간으로 들어가서 중추 신경계를 전체적으로 감싸
- 요추천자로 뇌척수액 샘플을 얻으면 뇌의 화학적 환경을 파악할 수 있음
 - 단백질이나 혈구세포가 검출될 경우 감염 가능성이 매우 높음

122. 변연계

- 뇌간을 둘러싸고 있는 뇌의 여러 구조들
 - 해마, 편도, 대상회전(피이랑, Cingulate gyrus), 변연 연합 피질, 기저핵, 시상과 시상하부 등
- 감정, 기본적인 생존과 성별에 따른 행동 패턴 결정, 동기 부여와 학습 등에 관여

(i) 해마(Hippocampus) : 측두엽에 위치함

- 단기 기억을 장기 기억으로 전환
- 해마 내 신경들 사이에 시냅스의 가소성이 나타남
 - 장기강화 작용(Long-term potentiation, LTP) : 반복적인 고주파의 전기 자극에 의해 신경 사이 시냅스 연결이 더 강해지는 현상
 - 장기약화 작용(Long-term depression, LTD) : 지속적이고 반복적인 저주파 자극에 의해 신경 사이 시냅스 연결이 약해지는 현상

(ii) 편도(Amygdala) : 측두엽에 위치함

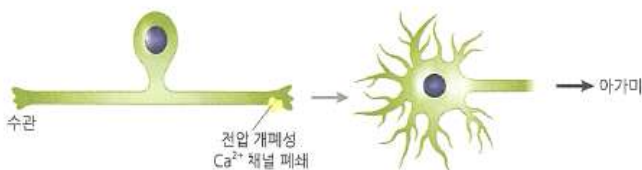
- 감정을 조절하고, 공포에 대한 학습 및 기억에 중요한 역할을 함
 - 편도가 제거되면 무서운 자극이나 공포 반응을 유발하는 상황들을 학습할 수 없음

123. 단기 기억

- 감각신경 말단의 채널에 변화가 생겨서 신경 전달 물질 분비량이 바뀜
- 일시적 변화이기 때문에 오래 지속되지 못함
 - 바다 달팽이(Aplysia)의 수관(Siphon)을 건드리면 감각신경을 자극했을 때, 반사적으로 운동신경을 통해 아가미를 움츠리는 현상을 연구함

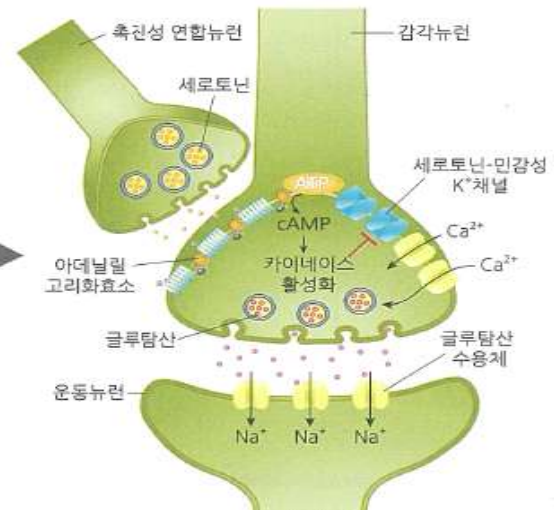
ㄱ) 습관화

- 수관을 계속 건드리면 감각신경 말단의 전압 개폐성 Ca^{2+} 채널이 폐쇄됨
- 자극을 줘도 감각신경 말단에서 신경 전달 물질의 분비가 잘 안 됨
- 운동신경의 수용기 전위가 작아져서 아가미의 움츠림이 잘 일어나지 않음



ㄴ) 민감화

- 수관에 강한 충격을 가하면 주변의 축진성 연합뉴런이 세로토닌을 분비해서 감각신경 말단의 전압 개폐성 K^+ 채널(세로토닌-민감성 K^+ 채널)을 폐쇄함
- 자극을 주면 감각신경 말단의 활동 전위가 더 오래 지속해서 신경 전달 물질 분비가 증가함
- 운동신경의 수용기 전위가 커져서 아가미의 움츠림이 과도하게 일어남



124. 장기 기억

- 반복적인 강한 자극에 의해 시냅스의 연결이 확장됨
- 기억이 저장 공간에 오래 남아있게 됨

ㄱ) 절차 기억

- 회상하거나 묘사할 수 없는 기계적 행동(자동차 운전 기술 등)에 대한 기억들
- 해마 대신 소뇌, 주 운동 피질, 체성감각 피질, 시각 처리 영역 등이 관여함

ㄴ) 서술 기억

- 의식이 개입되는 사람, 장소, 사건, 사물 등에 대한 기억들
- 해마와 여러 대뇌 피질 부위들이 관여함

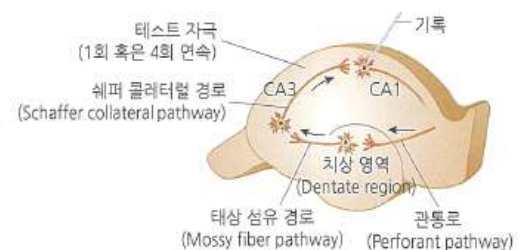
- 해마 내의 시냅스 변화가 두드러지게 나타나며, 해마에 일시적으로 저장된 새로운 장기 기억은 곧 영구적인 저장 공간인 피질 영역으로 옮겨져 시냅스 변화를 일으킴

전두엽 앞쪽 피질 : 숫자나 우발적인 과거의 기억 등을 저장

하부 측두엽 : 브로카 영역, 베르니케 영역과 함께 언어의 기억을 저장

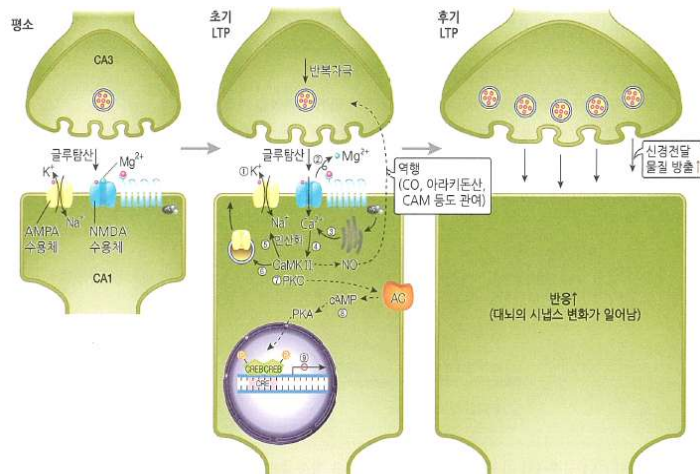
→ 시각, 청각, 후각, 공간 등의 기억들은 뇌의 특정 부위들에 나누어 저장된 후, 각 부위들의 협조에 의해 완전한 기억이 됨

* 장기 강화 작용(Long-term potentiation)



〈과정〉

- 평소의 자극이 CA3 신경에서 신경 전달 물질인 글루탐산을 방출시키면, CA1 신경의 AMPA 수용체 채널과 NMDA 수용체 채널들이 열리게 됨
 - AMPA 수용체 채널이 열려 약한 시냅스 후 전위가 생김
 - NMDA 수용체 채널은 Mg^{2+} 플러그가 박혀 있어서 이온이 흐르지 못함
- 반복적 자극이 생기면 AMPA 수용체 채널이 열려 발생한 시냅스 후 전위가 중첩돼서 CA1 신경에서 큰 수용기 전위가 발생함
 - NMDA 수용체 채널의 Mg^{2+} 플러그가 빠지면서 Ca^{2+} 유입이 시작됨
 - 초기-LTP(Long-term potentiation) 개시
- 초기-LTP 동안 유입된 Ca^{2+} 이 CaMK II, PKC 등을 활성화 함
 - AMPA 수용체 채널을 인산화 해서 더 활성화 되게 함
 - AMPA 수용체 채널들이 박혀 있던 분비 소낭들이 세포막에 융합해서, CA1 신경의 세포막에 더 많은 AMPA 수용체 채널들이 발현되게 함
- CA1 신경에서 NO 가스가 생성되어 CA3 신경으로 역행 신호를 전달함
 - CA3 신경이 더 많은 신경 전달 물질을 방출할 수 있게 구조 변화가 일어남
- CA1 신경의 세포질 내에 cAMP 농도가 증가함
 - PKA가 활성화 돼서 전사인자인 CREB를 인산화 하면, CREB가 여러 유전자들의 발현을 조절함
 - 새로운 단백질들이 합성되면서 CA1 신경의 구조 변화가 일어남
 - 후기-LTP(Long-term potentiation) 개시
 - CA3 신경과 CA1 신경 사이의 시냅스 연결 구조가 크게 확장됨



▶ 해마를 제거한 환자들은 새로운 서술 기억을 습득할 수 없으나 이미 이전에 기억했던 내용들을 떠올리거나 새로 절차 기억을 습득하는 것은 전혀 문제가 되지 않음

125. 수면

- 뇌파(Electroencephalogram)를 통해 뇌의 활성 상태를 체크함
 - 알파파(α wave) : 사람이 눈을 감은 채 깨어 쉬고 있는 동안 발생함(10~12 Hz)
 - 베타파(β wave) : 시각적 자극이나 정신활동이 있을 때 전두엽에서 강력하게 발생함(13~25 Hz)
 - 세타파(θ wave) : 신생아나 심각한 정서적 스트레스, 신경성 파탄의 징후로 측두엽과 후두엽에서 발생함(5~8 Hz)
 - 델타파(δ wave) : 깊은 수면 상황에서 대뇌 피질에서 발생함(1~5 Hz)

(i) 깨어 있을 때

- 뇌간의 여러 신경핵들이 계속 활동해서 탈분극이 일어나며, 망상 활성화계에서 분비하는 신경 전달 물질들이 깨어 있는 상태를 유지시킴

(ii) non-REM 수면(Non-rapid eye movement)

- 1단계 : 반쯤 잠든 상태로 금세 깰 수 있으며, 근육의 활동이 느려지면서 단일 수축이 일어나기도 함
- 2단계 : 잠이 들고 약 10분 후 호흡과 심박수가 감소하기 시작하는 단계로, 인간 수면의 가장 많은 부분을 차지함
- 3단계 : 호흡과 심박수가 가장 낮아지고, 뇌가 델타파를 방출하기 시작함
- 4단계 : 규칙적인 호흡과 가벼운 근육 활동이 이어지며, 이 때 잠에서 깨면 한동안 정신을 차리기 어려움
 - 잠이 시작되면 뇌간 신경핵들의 활성 저하, 신경 전달 물질 분비 감소가 일어남
 - 시상과 피질 세포들이 과분극 되어 정보처리 기능이 억제되면서 의식을 잃게 됨
 - 과분극 상태가 된 후 가끔 Ca^{2+} 채널이 열리면서 활동 전위 발화 패턴이 나타남

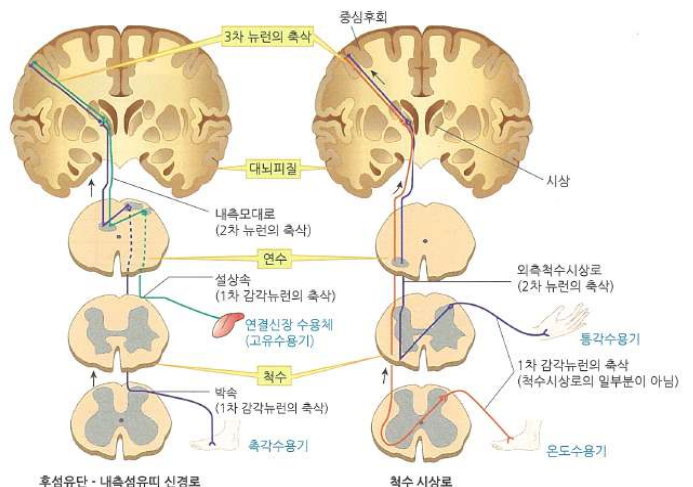
(iii) REM 수면(Rapid eye movement)

- non-REM 수면 동안 활성이 없던 뇌간 신경핵들 몇 개에서 활성이 나타나서 뇌파 패턴이 깨어 있는 뇌와 비슷해짐
- 생생한 꿈이나 악몽을 꾸게 되며, 골격근들을 마비시키는 억제 명령이 뇌에서 방출됨

126. 척수 상행로와 하행로

(1) 상행로

- 후섬유단-내측섬유띠 신경로 : 분별성 촉각, 의식적 고유 감각 인식, 연수에서 교차
- 척수 시상로 : 통각, 온도, 비분별성 촉각 인식, 척수에서 교차



(ii) 하행로

- 추체로 : 대뇌 피질에서 시냅스 없이 직접 척수로 내려가는 경로
 - 외측피질척수로 : 80~90%가 연수의 추체에서 교차함
 - 전피질척수로 : 일부가 척수에서 교차함
- 추체외로 : 중뇌, 뇌간에서 유래하며, 대뇌, 소뇌의 조절을 받음

127. 체성 신경 저해제

(1) 보툴리눔 독소

- 혐기성 세균인 *Clostridium botulinum*이 만들어 방출하는 신경 독소
- 체성 운동신경 축삭 말단의 시냅토프레빈(Synaptobrevin)을 저해해서 아세틸콜린 방출을 막음
 - 골격근들이 이완됨
 - 횡격막 이완으로 호흡 곤란이 생겨 사망함

보툴릭스는 체성신경의 신호 전달을 막아 점차 골격근이 약해지게 하는 효과가 있어서 얼굴의 주름을 없애거나 턱을 가름하게 만들 수 있음

(2) 파상풍 독소

- *Clostridium tetani*이 만들어 방출하는 신경 독소
- 억제성 신경 축삭 말단의 시냅토프레빈(Synaptobrevin)을 저해해서 글리신, GABA 등의 억제성 신경 전달 물질 방출을 막음
 - 골격근의 과도한 탈분극으로 경련이 일어남

(3) 큐라레

- 아세틸콜린 수용체의 경쟁적 저해제
- 큐라레가 수용체에 결합하면 잘 분해되지 않으면서 채널의 열림을 방해함
 - 골격근들이 이완됨
 - 횡격막 이완으로 호흡 곤란이 생겨 사망함

(iv) 검은 과부 거미의 독

- 체성 운동신경 축삭 말단에서 아세틸콜린을 모두 방출시킴
 - 골격근의 과도한 탈분극이 일어남
 - 횡격막 마비가 일어남

(v) 유기인산(Organophosphate)

- 아세틸콜린 에스테라아제에 결합하는 비가역적 저해제
 - 방출된 아세틸콜린이 신경-근육 연결에 오래 남아 있음
 - 횡격막 마비가 일어남

※ 체성신경 관련 질환들

- 소아마비(Poliovirus) : 바이러스 감염으로 척수 회백질에 분포한 체성 운동신경의 신경세포체가 파괴됨
- 루게릭병 : 체성 운동신경의 중간섬유 이상으로 축삭돌기를 따라 물질 수송이 잘 일어나지 못해서 세포가 사멸함

128. 자율 신경계의 수용체

- 예외) — 혈관 : 교감신경만 연결됨(발기 관련 혈관만 교감, 부교감신경 모두 연결됨)
 — 한선 : 절후신경 말단에서 아세틸콜린을 분비하는 교감신경만 연결됨
 — 침샘, 눈물샘 : 교감, 부교감신경이 표적세포에 대해 서로 길항적으로 작용하지 않음

(i) 아세틸콜린 수용체들

ㄱ) 니코틴 수용체 : 이온성 수용체

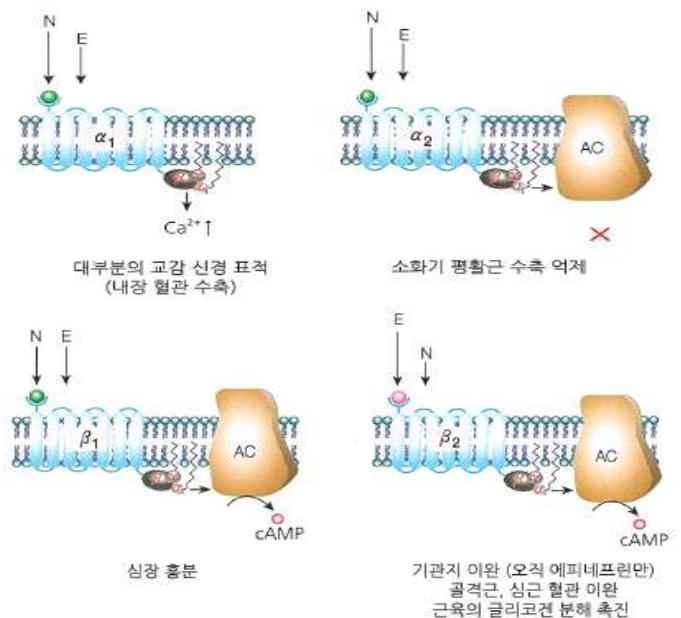
- 모든 자율신경계 절후신경의 신경세포체에서 발견됨
- 아세틸콜린이 결합하면 채널이 열려 Na^+ , K^+ 의 투과도가 증가해서 탈분극을 일으킴

ㄴ) 무스카린 수용체 : 대사성 수용체

- 부교감신경의 표적세포들에서 발견되는 G-단백질 연결 수용체
- 절후신경 말단에서 분비된 아세틸콜린과 결합함
- 세포 신호 전달 경로를 통해 표적세포의 반응이 일어남

(ii) 아드레날린 수용체들 : 대사성 수용체

- 교감신경의 표적세포들에서 발견되는 G-단백질 연결 수용체
- 절후신경 말단에서 분비된 노르에피네프린과 결합함
- 세포 신호 전달 경로를 통해 표적세포의 반응이 일어남

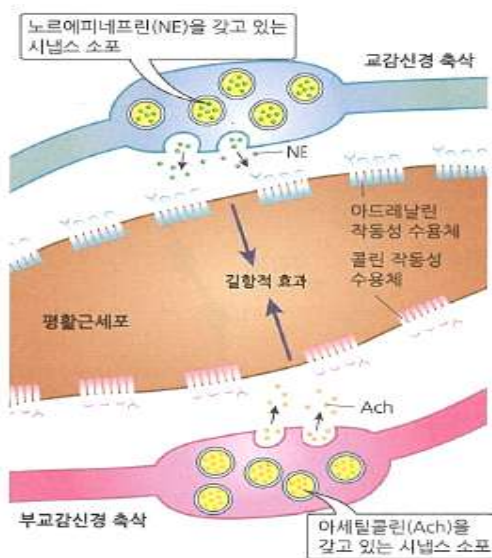
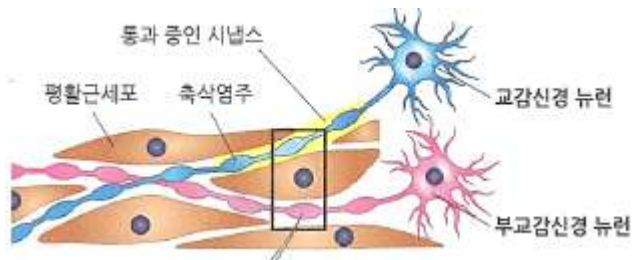


129. 부교감 신경

신경	신경절전 신경섬유의 기원	종말신경절의 위치	효과기 기관
동안신경 (제3뇌신경)	중뇌 (뇌)	모양체신경절	눈 (홍채의 평활근)
안면신경 (제7뇌신경)	뇌교 (뇌)	익구개와 악하신경절	눈물샘과 침샘
설인신경 (제9뇌신경)	연수 (뇌)	이신경절	이하섭
미주신경 (제10뇌신경)	연수 (뇌)	기관 속이나 근처의 종말신경절	심장, 폐, 간, 이자, 위장관
골반척수신경	S2로부터 S4까지 (천추)	기관 근처의 종말신경절	대장의 하부절반, 직장, 방광, 생식기관

130. 원심성 신경의 비교

	체성신경	자율신경	
		교감	부교감
구성신경	1	2	2
특성	흥분성	흥분성 또는 억제성	
속도	빠름 (유수)	느림 (절전신경-유수, 절후신경-무수)	
표적	골격근	평활근, 분비선, 심근, 지방조직	
분비위치	축삭 말단	염주와 축삭 말단	
최후분비물질	아세틸콜린	노르에피네프린, 에피네프린	아세틸콜린
수용체	니코틴 수용체	아드레날린 수용체	무스카린 수용체
신경기원	뇌, 척수	가슴, 허리신경	뇌간, 영치신경
절전길이		짧다	길다



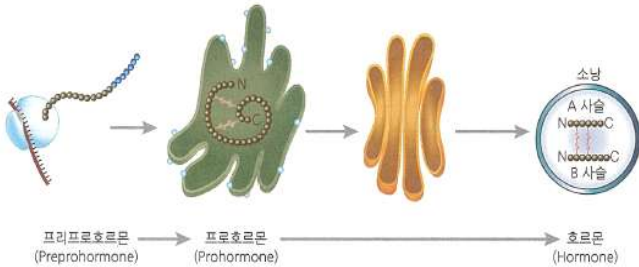
131. 신경 전달 물질

- 아세틸콜린 : 골격근에 흥분성으로 작용, 다른 곳은 표적에 따라 흥분성 또는 억제성으로 작용
- 모노아민
 - 노르에피네프린 : 표적에 따라 흥분성 또는 억제성으로 작용
 - 도파민 : 운동조절(기저핵) → 파킨슨 병의 원인(L-도파 또는 MAO 억제제 치료로 증세를 완화함)
 - 기억, 인식, 문제 해결(전두엽)
 - 감정, 기쁨에 관여 → 코카인 : 도파민 재흡수를 억제해 과도한 흥분 유도
 - 암페타민 : 도파민 분비를 촉진해 정신 분열증 유도(도파민 수용체를 저해하는 약물을 처리하면 정신 분열증을 완화할 수 있음)
 - 도파민 재흡수 억제제 : 우울증 완화 가능
 - 세로토닌 : 통증완화, 긴장완화, 기분향상
 - 프로작(Prozac) : 세로토닌 재흡수를 억제해 우울증 완화 가능
- 아미노산
 - 글루탐산 : 장기 기억과 관련해서 AMPA, NMDA 수용체의 개폐를 조절함
 - 글리신, GABA : 억제성 신경 전달 물질들로 Cl⁻ 투과도를 높임
- 가스
 - CO : 장기 기억 강화
 - NO : 장기 기억 강화
- 퓨린
 - AMP
 - ATP
- 폴리펩티드
 - 서브스탄스 P : 통각 신경의 신경 전달 물질
 - 엔돌핀 : 통각 신경의 신호 전달을 차단함 (아편이나 모르핀이 엔돌핀과 비슷한 작용을 해서 스트레스를 완화함)
 - 뉴로펩티드 Y : 식욕유발 중추의 신경 전달 물질

132. 펩티드 계열 호르몬

(i) '한 개의 유전자 → 한 개의 호르몬'

- 유전자 한 개가 전사, 번역되고 소포체, 골지체를 거치며 가공돼서 최종 한 개의 호르몬이 됨



(ii) '한 개의 유전자 → 많은 호르몬들'

- 뇌하수체 전엽의 POMC(Pro-opiomelanocortin) 유전자
 - 한 개의 거대 폴리펩티드가 합성된 후, 단백질 분해효소에 의해 단계적인 분해가 일어나서 여러 가지 호르몬들이 됨

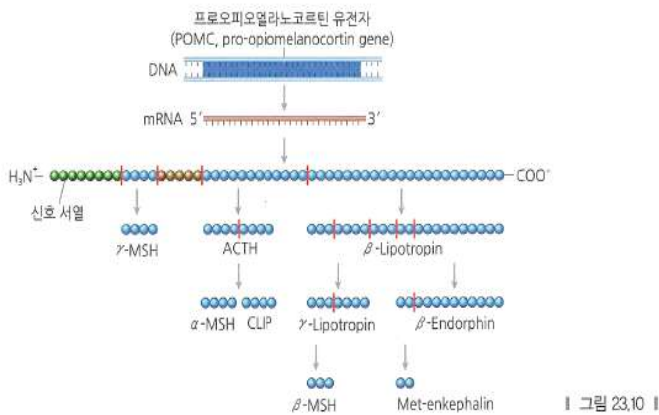


그림 23.10

133. 호르몬 비교

	펩티드 계열	아민 계열		스테로이드 계열
		카테콜아민과 인돌아민	갑상선호르몬	
구조	아미노산 사슬	티로신 또는 트립토판 유도체	요오드화 티로신 유도체	콜레스테롤
용해도	친수성	친수성	소수성	소수성
합성	소포체, 골지체	세포질	세포 밖	여러 소기관
저장	분비 소낭	분비 소낭	세포 밖 콜로이드	저장 안함
분비	세포 외 배출	세포 외 배출	세포 내로 이동 → 확산	확산
수송	혈액	혈액 또는 혈장 단백질 결합	혈장 단백질 결합	
수용체	세포막 수용체		핵 수용체	
작용	2차 전달자		유전자 전사	
속도	빠름		느림	
제거	소변, 분해 효소에 의해 제거		분해되지 않음	
약물투여	혈관으로 투여 (정맥)		경구 투여 가능	

134. 호르몬에 대한 표적 세포의 조절

① 하향 조절(Down-regulation)

- 지속적으로 과량의 호르몬에 노출되면 수용체가 엔도시토시스 된 후 분해되기 때문에, 세포막에 노출된 수용체 수가 줄어들어서 표적세포의 감수성이 낮아짐

② 상향 조절(Up-regulation)

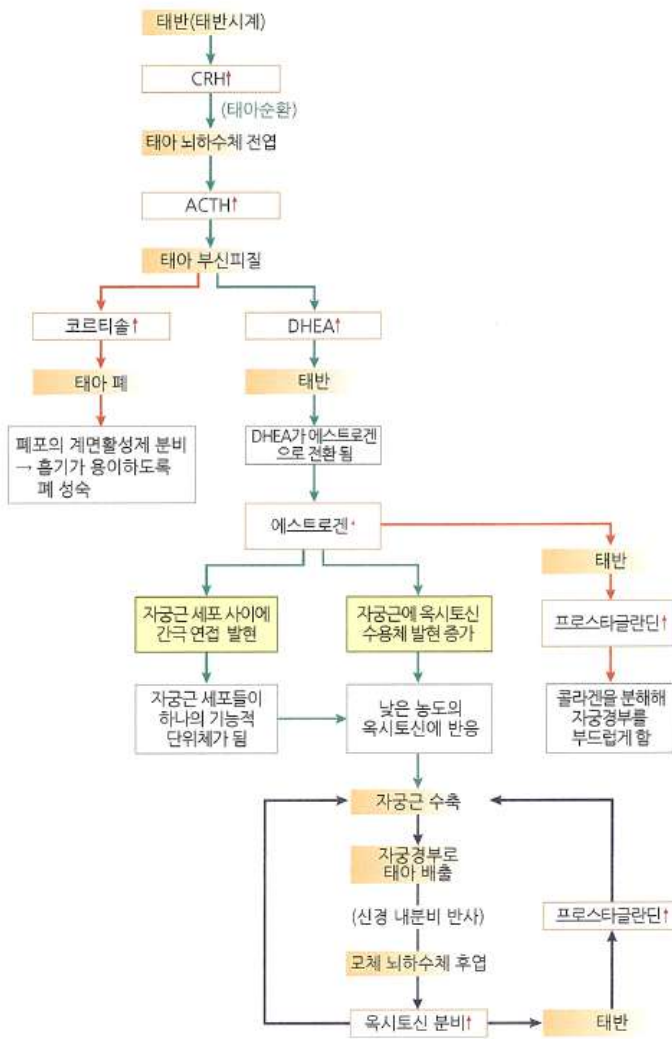
- 특정 호르몬에 노출된 표적세포가 신호 전달 과정을 통해 더 많은 수용체를 합성하면, 표적세포는 특정 호르몬에 대한 감수성이 더 높아지게 됨

135. prolactin

- 여성의 젖샘 발달과 유즙 분비량을 늘림
 - 모유의 주성분인 카세인 mRNA의 반감기를 증가시킴
- 비임신 여성 : PIH가 우세하게 분비돼서 프로락틴 농도가 낮게 유지됨
- 임신 후반기 : PIH 분비가 급격히 떨어지면서 프로락틴 농도가 올라감
 - 임신 기간 동안은 에스트로겐, 프로게스테론이 높은 농도로 유지되기 때문에 젖샘이 발달해도 유즙 분비는 억제됨
- 분만 후 : 젖샘에서 갈슘, 지방, 단백질 등을 함유한 많은 양의 유즙이 분비됨
 - 영아의 포유(Suckling)가 젖꼭지의 기계적 수용기를 자극하면 시상하부에서 PIH 분비가 억제되기 때문에, 프로락틴 분비가 더 많아지면서 유즙 분비량이 늘어남

136. 분만

- 임신 기간 동안 태반에서 태반 시계가 작동해 CRH 분비를 서서히 증가시킴
- CRH의 농도가 가장 높을 때 태반에서 고농도의 에스트로겐이 분비됨
- 에스트로겐은 자궁근 세포 사이에 간극연접을 발달시키고 옥시토신 수용체 발현을 높임
- 자궁근이 옥시토신에 반응해서 수축을 개시하면, 태아 머리가 자궁 경부를 신장시킴
- 자궁의 신장 자극 때문에 모체의 뇌하수체 후엽에서 더 많은 옥시토신이 분비되고, 태반에서는 프로스타글란딘 합성이 유도됨
- 호르몬들의 양성 피드백 작용으로 분만이 완료될 때까지 자궁 수축 빈도, 시간, 강도가 증가하면서 진통이 지속됨



137. 모유 수유의 장점

- 많은 면역세포들이 함유되어 있음
- 모유에 함유된 IgA가 감염성 미생물에 대한 보호 작용을 함
- 점액질이 세균을 흡착해서 세균이 장 점막에 부착하지 못하게 함
- 락토페린(Lactoferrin)이 철과 결합해서 해로운 세균의 성장을 방해함
- 비피더스 인자가 유산균의 증식을 촉진함
- 유아의 소화계와 면역계 발달을 촉진함
- 아이가 젖을 빨면 옥시토신이 분비돼서 자궁 퇴축을 촉진함
- 프로락틴이 GnRH 분비를 억제해서 생리 주기를 막음

138. Ca^{2+} 조절

(i) 신경 전도에 영향을 줌

- 세포 외액 Ca^{2+} ↑ (고칼슘 혈증) : 전압 개폐성 Na^+ 채널의 역치 ↑
→ 신경세포 흥분 ↓, 근육 약화(부갑상선 기능 항진증)
- 세포 외액 Ca^{2+} ↓ (저칼슘 혈증) : 전압 개폐성 Na^+ 채널의 역치 ↓
→ 신경세포 흥분 ↑, 근육 경련(부갑상선 기능 저하증)

(ii) 근섬유 내의 Ca^{2+} ↑ : 액틴과 미오신 머리가 결합해 근 수축 개시

(iii) 조절 분비되는 소낭들의 세포막 융합을 유도

(iv) 간극연접의 개폐 조절

(v) 동종 세포들 사이에 카드헤린을 통한 연결을 매개

(vi) 세포 신호 전달체의 이차 전달자 역할

(vii) 혈액응고 과정에서 보조 인자로 작용

(viii) 골라겐 기질 사이에 수산화인회석(Hydroxyapatite, $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) 결정을 침착해서 치아, 뼈의 구성 성분이 됨

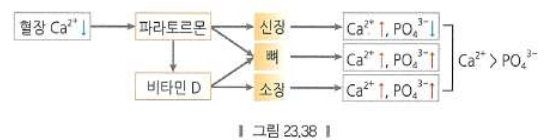
139. 파라토르몬의 칼슘, 인산 농도 조절

• 혈중 Ca^{2+} 농도 ↓

→ 소장 영양소 흡수, 뼈의 흡수 과정을 통해 Ca^{2+} , PO_4^{3-} 을 보충

→ 신장의 Ca^{2+} 재흡수 촉진, PO_4^{3-} 재흡수 억제

– 혈중 Ca^{2+} , PO_4^{3-} 이 동시에 증가하면 수산화인회석 결정을 형성해서 다시 뼈로 유입되기 때문에, 이를 막도록 혈중 Ca^{2+} , PO_4^{3-} 의 농도를 서로 상반되게 조절함



• 혈중 PO_4^{3-} 농도 ↓

→ 수산화인회석 결정이 용해돼서 상대적으로 혈중 Ca^{2+} 농도가 증가함

– 영양소 부족을 채우기 위해 비타민 D가 활성화 됨

→ 소장의 영양소 흡수, 뼈의 흡수 과정을 통해 Ca^{2+} , PO_4^{3-} 을 보충함

– 파라토르몬 분비가 억제돼서 신장의 Ca^{2+} 재흡수 억제, PO_4^{3-} 재흡수 촉진이 일어남



140. 파라토르몬 분비 이상

(i) 부갑상선 기능 항진증

• 고칼슘 혈증 : 신경세포 흥분 감소, 근육 약화, 신장에서 Ca^{2+} 이 배설되는 과정에서 신결석 발생 빈도가 증가함

• 저인산 혈증 : 과도한 뼈 흡수 때문에 골격 변형과 골절 위험이 높아짐

(ii) 부갑상선 기능 저하증

• 저칼슘 혈증 : 신경세포의 과흥분, 근육 경련이 일어남

• 고인산 혈증

141. 인슐린 결핍

ㄱ) 포도당

- 세포들의 포도당 흡수 ↓ → 이자 α 세포의 포도당 유입 ↓ → α 세포의 글루카곤 분비 ↑ → 간의 포도당 방출 ↑ → 혈당 ↑
(식욕 자극에도 불구하고 체중 감소가 나타남)
- 원뇨 포도당 ↑ → 신장의 포도당 재흡수를 초과로 당뇨 발생
- 원뇨 삼투 ↑ → 수분 재흡수 감소로 인한 탈수, 갈증 유발(삼투성 이뇨)
- 혈액 감소 → 말초 순환 장애
- 뇌혈류 감소로 인한 뇌세포 수축과 여과력 감소로 인한 신부전증 발생
- 백내장 : '포도당 → 소르비톨 → 과당'의 대사 과정이 촉진되어 수정체 세포 내에 소르비톨이 축적되면, 높은 삼투압이 걸려서 세포 사멸이 일어남

ㄴ) 지질

- 중성지방 합성 ↓, 지방 분해 ↑ → 지방세포에서 지방산이 방출됨
- 간의 케톤체 방출 ↑ → 대사성 산증
- 산증으로 인한 뇌기능 부전, 당뇨병 혼수 또는 사망
- 혈중 pH 조절 위해 호흡을 통한 CO₂ 배출 ↑ → 아세톤이 함께 배출되며 과일향 발생

ㄷ) 단백질

- 근육 단백질 분해 → 골격근 약화(성장 감소)
- 혈중 아미노산 ↑ → 간의 포도당 신생합성(고혈당 악화)

142. 당뇨병

(i) I형 당뇨병(인슐린 의존형)

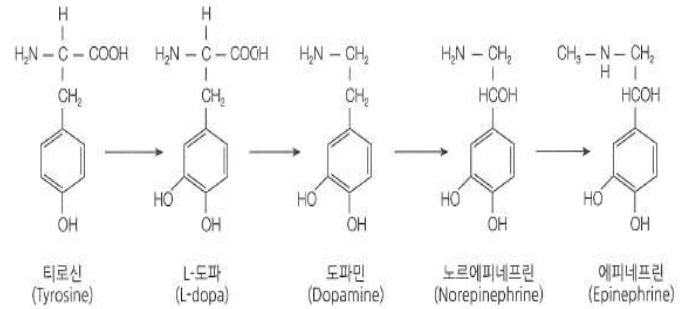
- 자가 면역 질환 → T_c 세포들이 활성화 되어 β 세포를 파괴 → 인슐린 분비가 결핍됨
- 글루카곤에 의해 방출된 과량의 지방산이 간에서 케톤체로 전환되어 대사성 산증이 나타남
- 체중 감소

(ii) II형 당뇨병(인슐린 비의존형)

- 평소 지나친 포도당 섭취로 혈당 ↑ → 인슐린 분비가 정상인과 비슷하거나 높게 유지됨
→ 표적세포들의 인슐린 민감도가 감소함
- 글루카곤이 혈중 지방산을 높이지만 보통 대사성 산증을 나타내지는 않음
- 비만

143. 부신 수질

- 외배엽(신경능선) 유래
- 중추신경계에서 절전신경이 뻗어 아세틸콜린 신호를 주면, 부신수질은 절후신경의 역할을 하며 카테콜아민 계열 호르몬들을 방출함



· 작용

- 급격한 스트레스 시 분비되어 몸 전체의 대사를 촉진함
→ 간에서 글리코겐 분해와 포도당 신생합성, 근육에서 글리코겐 분해와 해당과정을 촉진함
→ 인슐린 분비를 억제하고, 글루카곤 분비를 촉진해서 혈당을 높임
→ 지방 분해를 촉진해서 혈중 지방산의 농도를 높임
- 관상동맥과 골격근 소동맥을 이완하고 기도를 확장하며, 소화 작용과 방광 수축을 억제함

144. 진통제

- 아스피린(비스테로이드 항염제, NSAID) : COX1, COX2 효소들의 비가역 저해제
 - 염증세포들의 PG 생성을 막아서 소염, 해열, 진통 효과를 보임
 - 혈소판의 COX1 저해 : 혈소판은 핵이 없기 때문에 새로 효소를 합성하지 못함
 - 혈관내피의 COX2 저해 : 혈관내피 세포는 핵이 있기 때문에 새로 효소를 합성함 → 혈전 생성 억제제
- 위장관의 PG 합성을 막으면 점막의 안정성이 떨어지기 때문에 위장관 질환이 생김
- 셀레콕시브, 로페콕시브 : COX2 효소 저해제
 - 염증세포들의 PG 생성을 막아서 소염, 해열, 진통 효과를 보임
 - 혈관내피의 COX2를 저해하기 때문에 혈전이 과도하게 생김
- 타이레놀 : COX3 효소 저해제
 - 시상하부의 PG 생성을 막아서 진통 효과를 보임