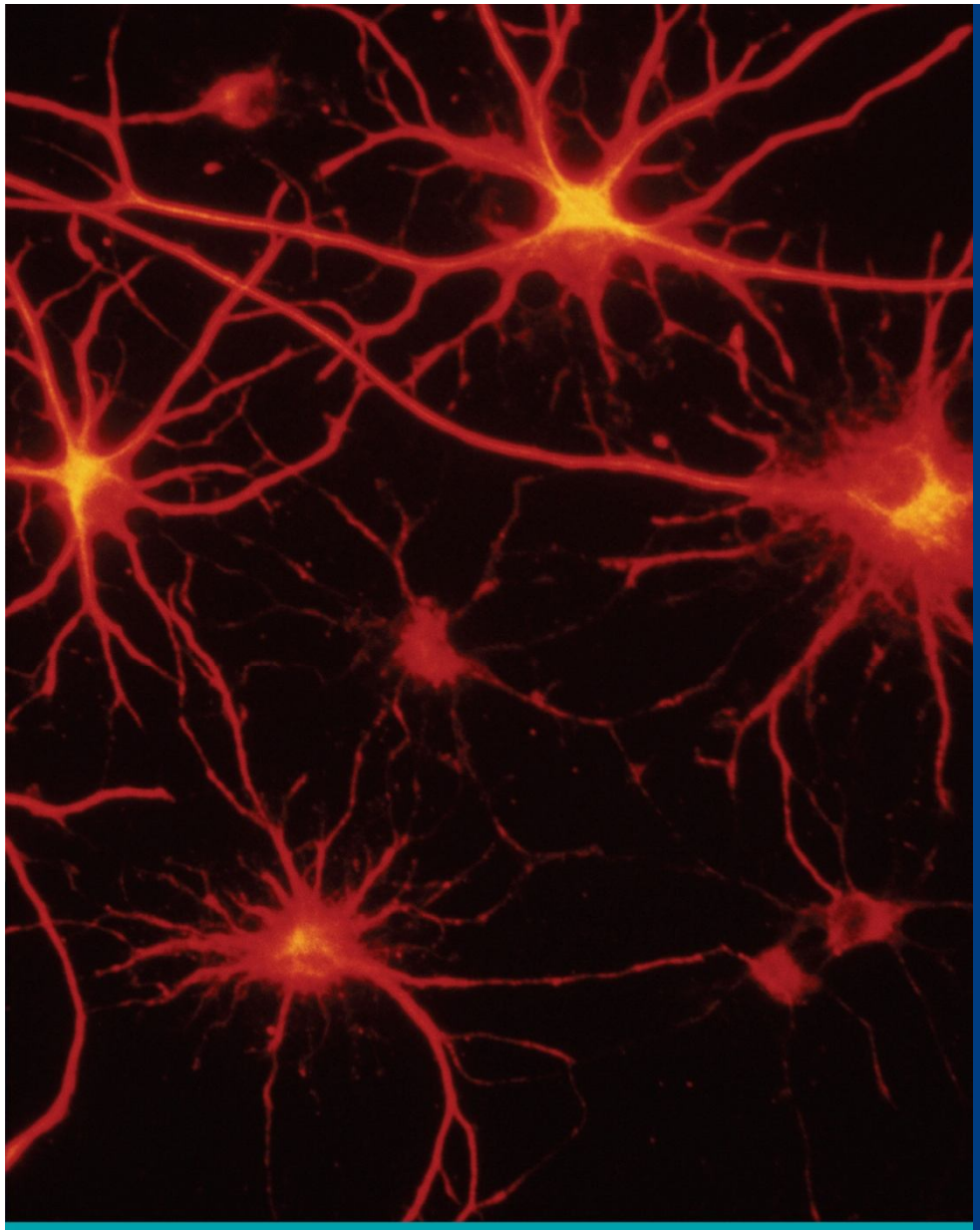


뉴런의 형광현미경 사진

9

신경계: 중추신경계

Part C

Copyright © 2012 Biosciencepublishing, Inc

반사(Reflexes)

- 반사의 분류
- 반사의 예

IV. CNS의 통합기능: 반사

- 신장반사(Stretch reflex)
- 도피 반사(Withdrawal reflex)
- 교차폄반사(crossed-extensor reflexes)

반사

자극에 대해 자동적으로 일어나는 정형화된 반응

반사의 종류

표 9.3 반사의 종류

분류의 기준	종류	예
신경 처리의 수준	척수 반사	근육 신장 반사
	뇌 반사	동공 빛 반사
효과기를 통제하는 날뉴런	몸 반사	근육 신장 반사
	자율 반사	혈압을 통제하는 압력수용체 반사
발달 형식	선천성 반사	근육 신장 반사
	조건 반사	파블로프 개의 침분비 반사
신경 경로에 포함된 시냅스의 수	단일시냅스 반사	근육 신장 반사
	다중시냅스 반사	기타 모든 반사

반사궁(Reflex Arc)

- 반사를 위한 신경경로
- 요소들
  - 감각수용체
  - 들뉴런
  - 통합중추
  - 날뉴런
  - 효과기

반사궁

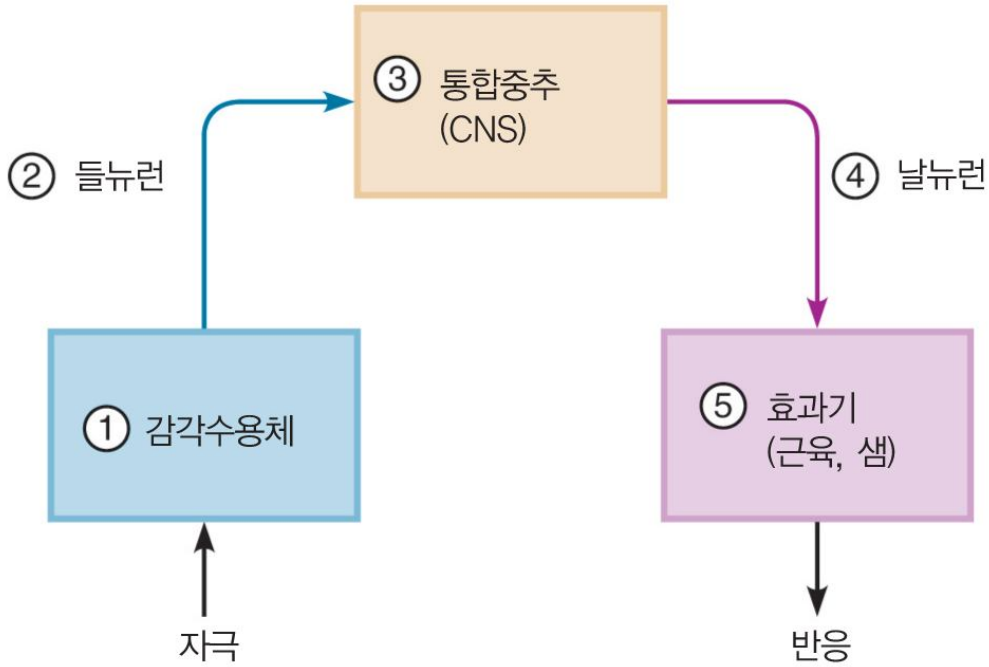


그림 9.18 반사궁의 간단한 모습. 반사궁의 다섯 가지 구성요소는 자극을 탐지하는 감각수용체, 수용체로부터 CNS로 정보를 전달하는 들뉴런, 통합중추(대개 CNS임), 통합중추로부터 말초로 정보를 전달하는 날뉴런, 자극에 대한 반응을 일으키는 효과기다.

반사궁

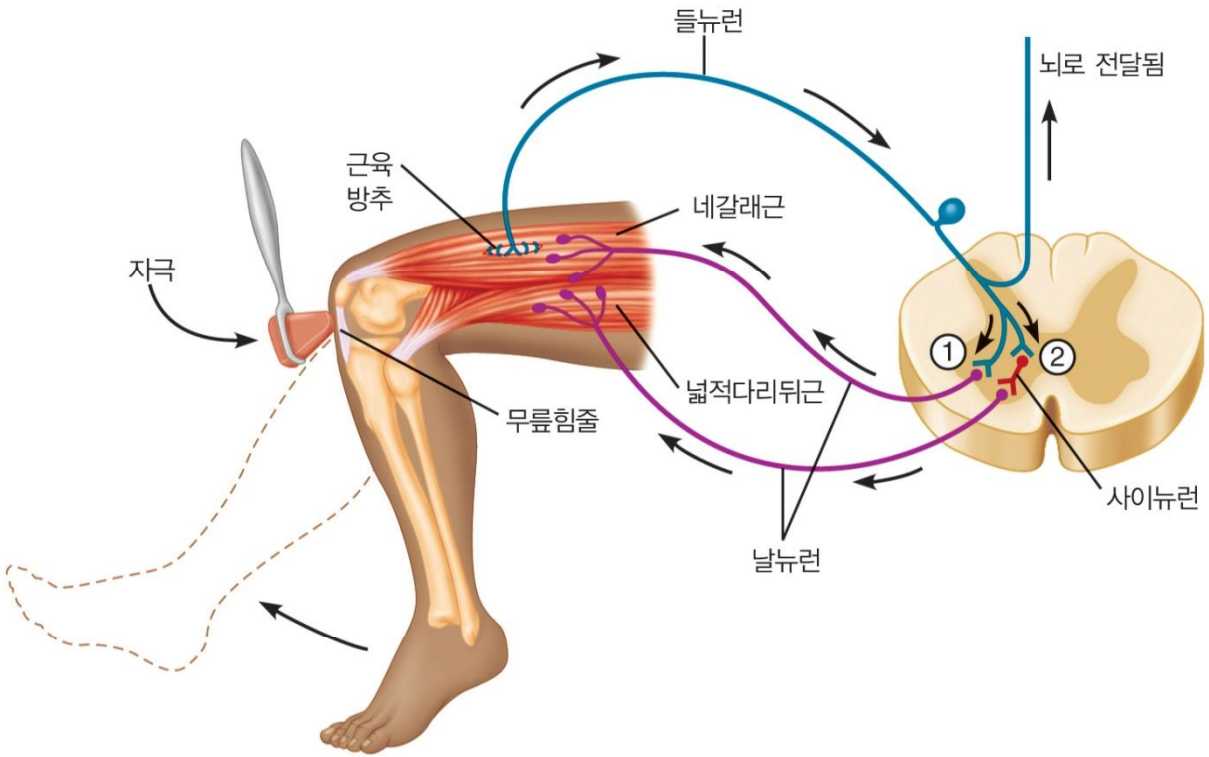


그림 9.19 근육방추 신장 반사. 무릎 반사는 단일시냅스인 근육방추 신장 반사의 한 예로서, 무릎힘줄을 두드리면 네갈래근의 수축이 일어난다. 근육방추 들뉴런은 척수에서 두 개의 시냅스 연결을 한다: ① 네갈래근으로 가는 날뉴런과의 흥분성 시냅스와 ② 같은 쪽 다리의 넓적다리뒤근으로 가는 날뉴런과 시냅스를 하는 억제성 사이뉴런과의 시냅스. 들뉴런은 곁가지를 가지고 척수의 백질을 지나 뇌줄기로도 간다. 뇌줄기에서 사이뉴런과 시냅스를 하여 근육의 길이에 관한 정보를 뇌의 여러 부위에 전달한다.

도피반사와 교차폄반사

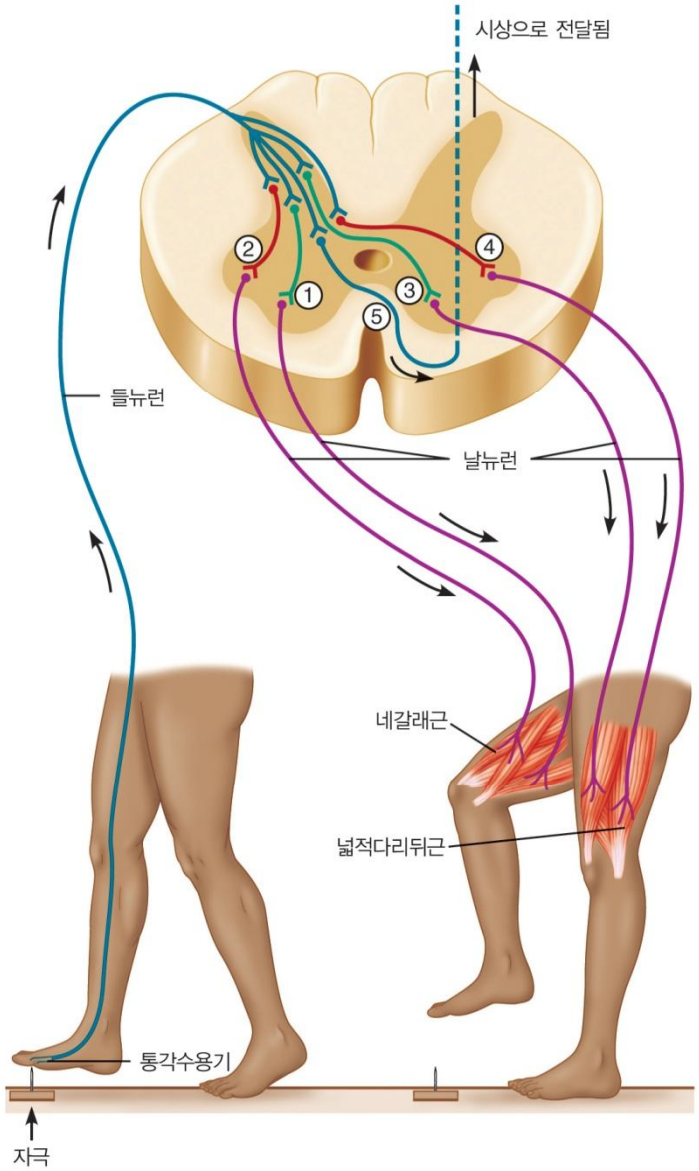


그림 9.20 도피 반사와 교차폄 반사. 통각수용체 활성화에 반응하여, 들뉴런은 흥분성 사이뉴런① 및 억제성 사이뉴런②과 시냅스를 하여 통증자극을 받은 다리의 넓적다리뒤근의 수축과 네갈래근의 이완을 일으켜 도피 반사를 실행한다. 동시에, 들뉴런은 흥분성 사이뉴런③과 억제성 사이뉴런④과의 시냅스를 통하여 다른 쪽 다리의 네갈래근의 수축과 넓적다리뒤근의 이완을 일으킨다. 이들 뉴런은 척수의 반대편으로 교차하는 사이뉴런⑤과도 시냅스를 하여 시상으로 간 후 통증자극에 관한 정보를 뇌로 전달한다.

동공 빛반사

- 뇌반사
- 자율반사
- 선천성 반사
- 다중시냅스 반사
- 반사궁: 광수용체 → 들뉴런
  → 중뇌 영역에 신호전달 → 날뉴런 → 동공

수의적 운동 통제

- 수의적 운동작용의 임무완수
  - 운동하려는 생각을 일으키는 것
  - 운동명령 프로그램의 조립
  - 정확한 근육을 활성화 시키는 것
  - 운동이 매끄럽고 성공적으로 수행되는 것을 확인하는 피드백

V. CNS 의 통합기능: 수의적 운동 통제

- 매끄러운 수의적 운동에 필요한 신경 요소
- 대뇌겉질의 수의적 운동 통제
- 뇌줄기에 의한 자세 통제
- 운동조정에서 소뇌의 기능
- 운동통제에서 기저핵의 기능

수의적 운동 과정

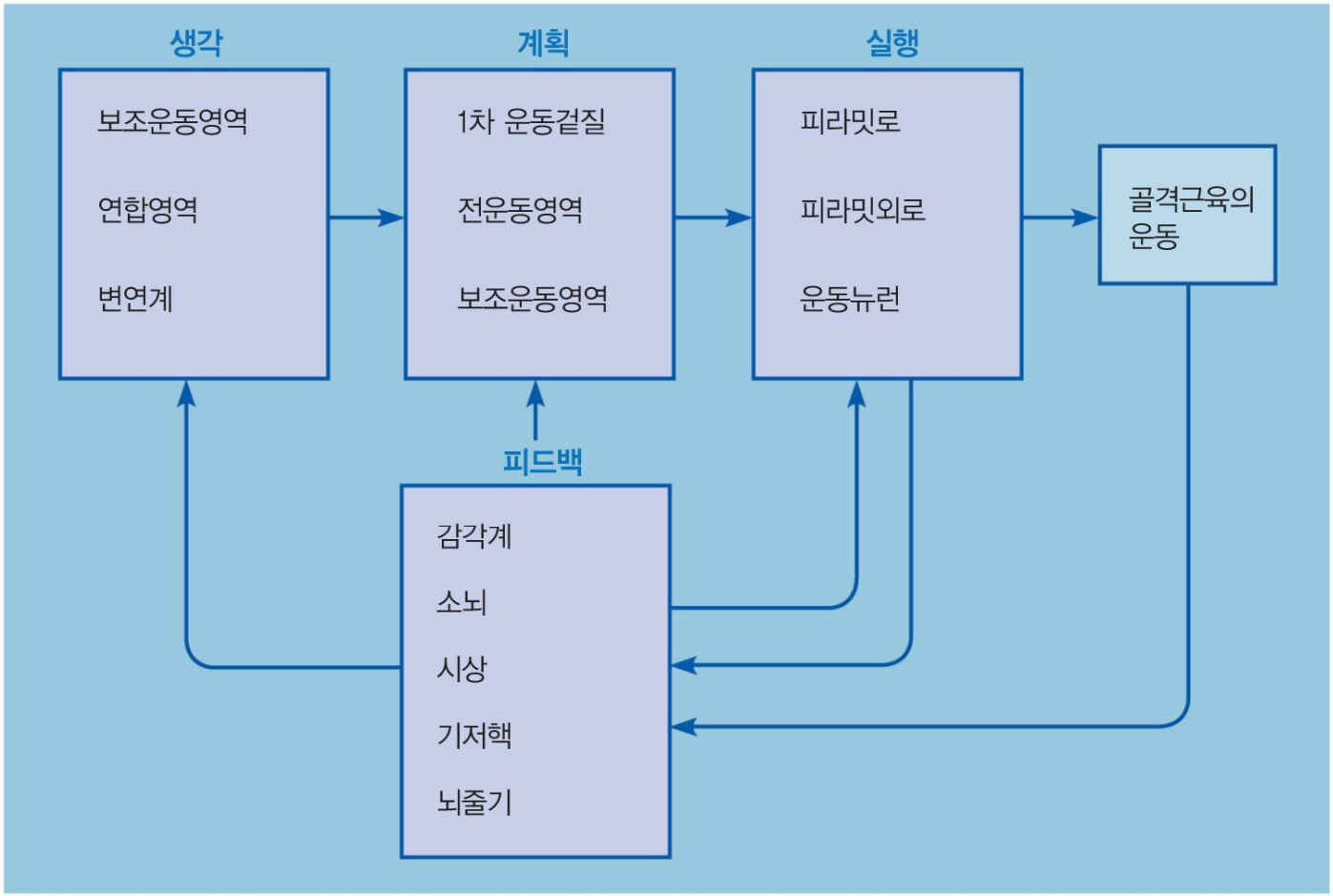


그림 9.21 수의적 운동의 여러 단계. 수의적 운동에는 골격근의 부드러운 운동을 확실히 해주는 여러 신경 구조들의 조화로운 활동이 필요하다. 이 과정은 운동을 하려는 생각으로부터 시작한다.

골격근의 지배

- 골격근에 분포한 운동뉴런
  - 아래운동뉴런이라 함
  - 항상 흥분성
- 근육세포를 수축을 일으키려면
  - 운동뉴런이 흥분되어야 함
- 근육세포가 이완되려면
  - 운동뉴런이 흥분되지 않음

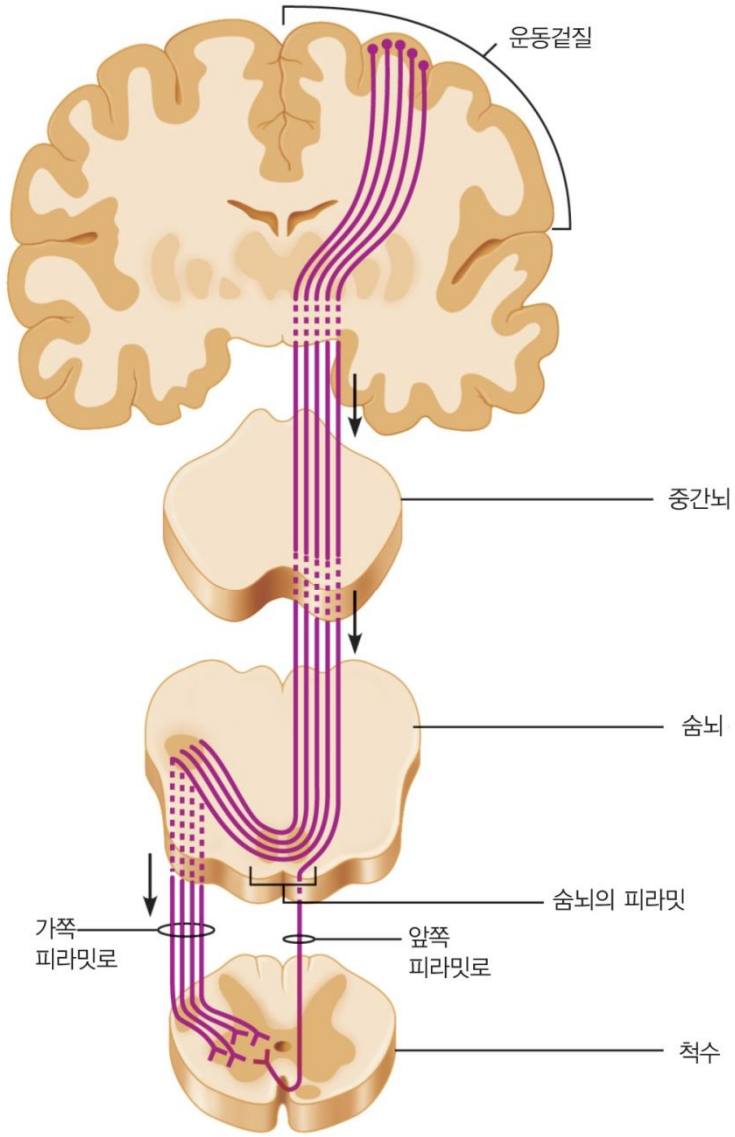
운동뉴런의 입력

- 들뉴런으로 부터의 입력
- 피라밋로
- 피라밋외로(Extrapyramidal tract)

피라밋로

- 원위부의 수의적인 운동을 정교하게 통제
- 위운동뉴런(Upper motor neurons)
- 1차 운동겉질에서 척수로 가는 경로
- 운동뉴런에 직접 유입됨 (일부는 사이뉴런을 통해 유입됨)
- 대부분의 축삭은 연수피라밋 부위에서 반대편으로 교차함

피라밋로

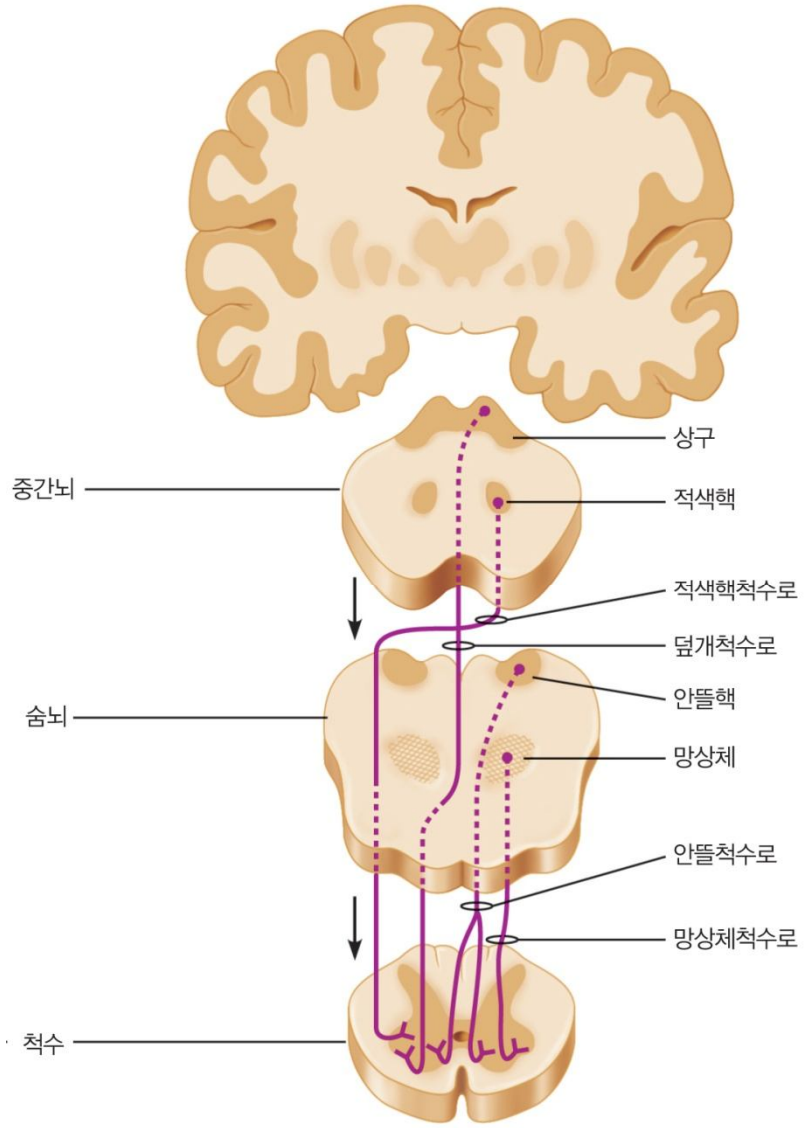


(a) 피라밋로

피라밋외로

- 피라미드 밖에 있는 모든 운동 통제 경로
- 근위부의 근육에 영향을 미침
- 운동뉴런에 간접적으로 유입됨
- 여러 경로가 있음

피라밋외로



(b) 피라밋외로

자세통제

- 뇌줄기에는 피라밋외로를 경유하여불수의적인 자세통제에 관여
  - 망상체(Reticular formation)
  - 안뜰핵(Vestibular nuclei)
  - 적색핵(Red nuclei)

자세통제

- 자세통제를 위해 뇌줄기로 유입되는 정보
  - 피부수용체
  - 눈
  - 귀
  - 고유수용체(Proprioceptors)
  - 안뜰기관의 수용체

운동조정

- 소뇌는 운동조정에 중요함
  - 운동기능의 피드백 조절
  - 근육의 긴장유지에 관여
  - 기억한 활동에 대해 프로그램을 저장

소뇌. 정보의 경로

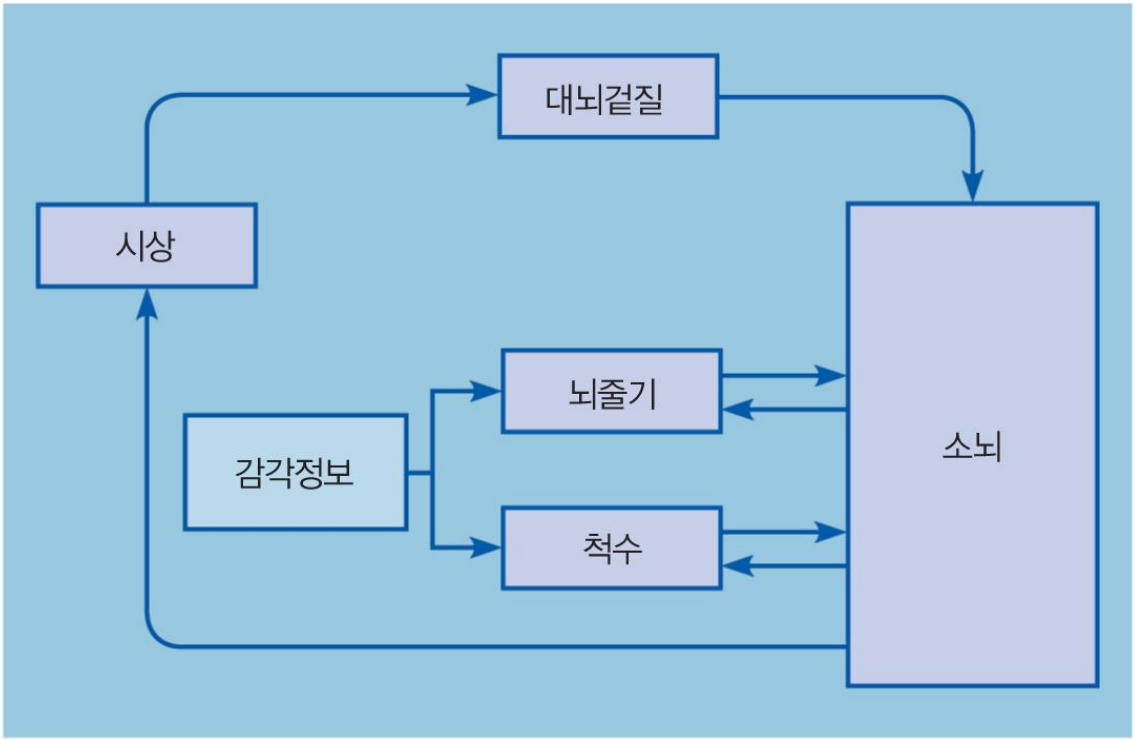


그림 9.23 소뇌를 출입하는 정보의 주요 경로. 소뇌는 대뇌겉질의 감각영역, 뇌줄기, 척수로부터 운동의 상태에 관한 정보를 받는다. 그런 후에 소뇌는 시상을 경유하여 정보를 대뇌겉질로 전달함으로써, (필요할 때) 대뇌겉질이 운동을 수정하도록 출력을 변경하게 함으로써 그 운동이 매끄럽게 수행되게 한다.

운동통제에서 기저핵 기능

- 자발적인 운동에 대한 피드백 통제
- 원치않는 운동은 억제 의미있는 운동은 선택을 함

헌팅톤 무도병

- 기저핵의 유전질환
  - 기저핵에서 시상으로 투사되는 정보전달의 파괴
- 증세
  - 운동 조정의 소실
  - 진행되면 불수의적인 경련이 나타남
  - 심하면 인지기능 상실

파킨슨병

- 기저핵의 질환
  - 흑색질(substantia nigra)의 도파민 부족이 원인
- 증세
  - 움직임이 느리고 뻣뻣함
  - 불수의적 움직임이나 떨림
  - 구부정하게 발을 질질끌며 걸음
  - 움직임의 시작과 멈춤이 어렵다

VI. CNS의 통합기능: 언어

- 2개의 언어영역
  - 베르니케 영역(Wernicke's area)
    - 언어의 이해
    - 손상시 베르니케 언어상실증(Wernicke's aphasia)이 나타남
  - 브로카 영역(Broca's area)
    - 언어의 표현
    - 손상시 브로카 언어상실증(Broca's aphasia)

언어영역

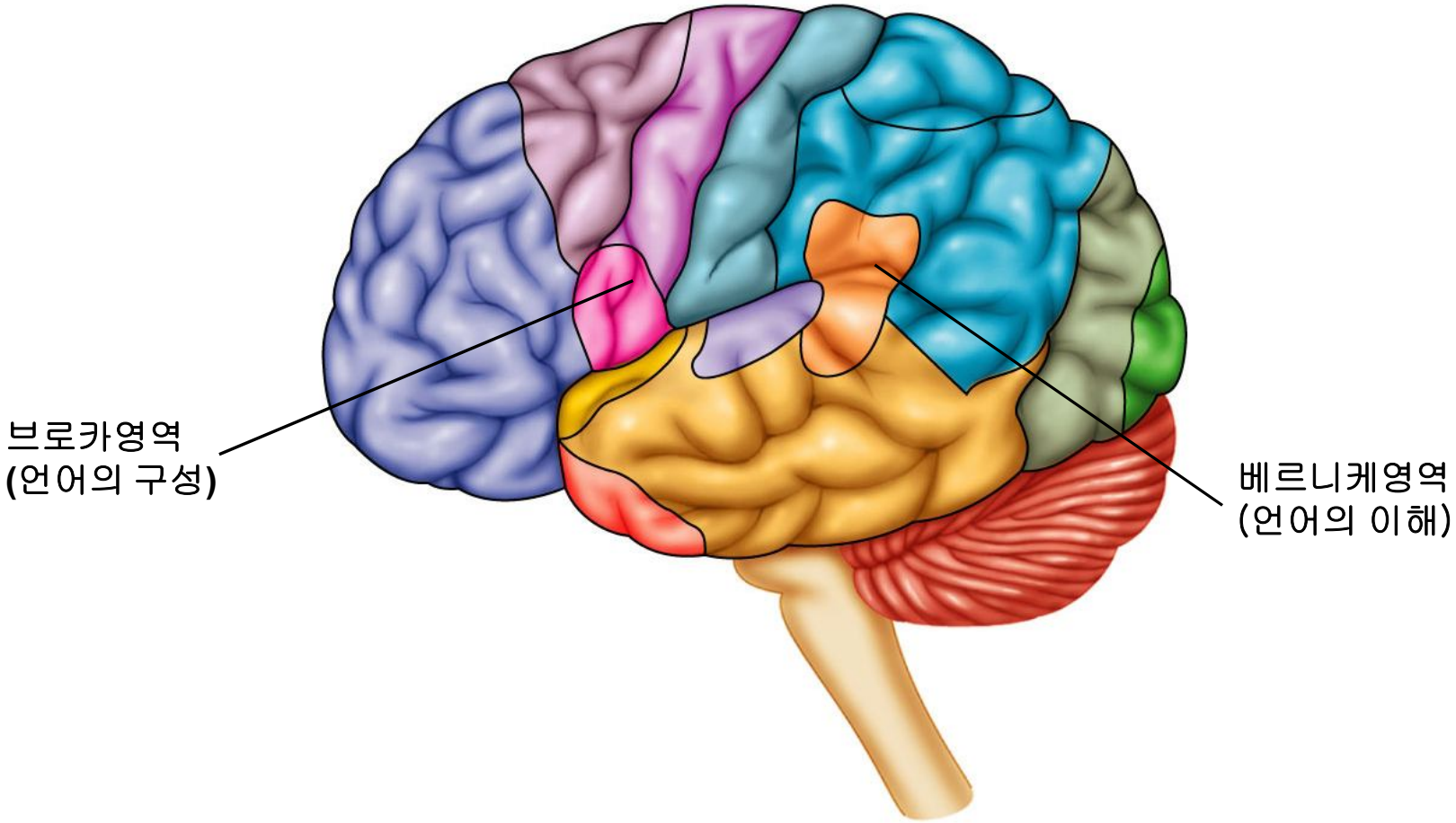


Figure 9.14

VII. CNS의 통합기능: 수면

- 수면의 기능
- 수면-각성 주기
- 각성과 수면 동안의 전기적 활성

수면

- 능동적인 과정
- 수면 기능의 이론
  - 신체에 휴식을 제공
  - 뇌에 휴식을 제공
  - 기억력과 학습 능률을 올림
  - 면역계의 적절한 기능유지
- 수면기전은 아직도 정확히 알려지지 않음

수면에 대한 연구

- 뇌전도(Electroencephalography)
  - 뇌의 전기적 활성
  - EEG로 표시
- 느린파 수면(Slow-wave sleep)
- 빠른눈운동 수면(REM sleep)

느린파 수면과 REM 수면

표 9.4 느린파 수면과 빠른눈운동 수면의 특징

	느린파 수면(SWS)	빠른눈운동 수면(REM 수면)
뇌전도	느림; 파의 크기가 중간 이상으로 큼	빠름; 파의 크기가 작음
운동	중간 정도의 근육긴장; 위치를 바꾸는 것처럼 약간 움직임	근육긴장 거의 없음; 자세근육의 마비, 원위부 근육의 경련
심장박동수와 호흡률	각성 시 안정상태에 비하여 감소함	각성 시 안정상태에 비하여 증가함
꿈	논리적이지만 상세하지 않음	비논리적이지만 생생함
빠른눈운동	드물게 일어남	자주 일어남
CNS에서의 유도 부위	앞뇌	교뇌

수면-각성 주기(Sleep-Wake Cycles)

- ARAS: 대뇌겉질의 각성을 유지
  - 상행망상체부활계(Ascending reticular activating system)라 함
  - 망상체의 일부
  - 출력이 시상, 시상하부, 앞뇌를 통해 대뇌겉질로 투사
- 앞뇌: 느린파 수면을 유도
- 주기에 따라 체온이 변함

수면-각성 주기 동안의 체온변동

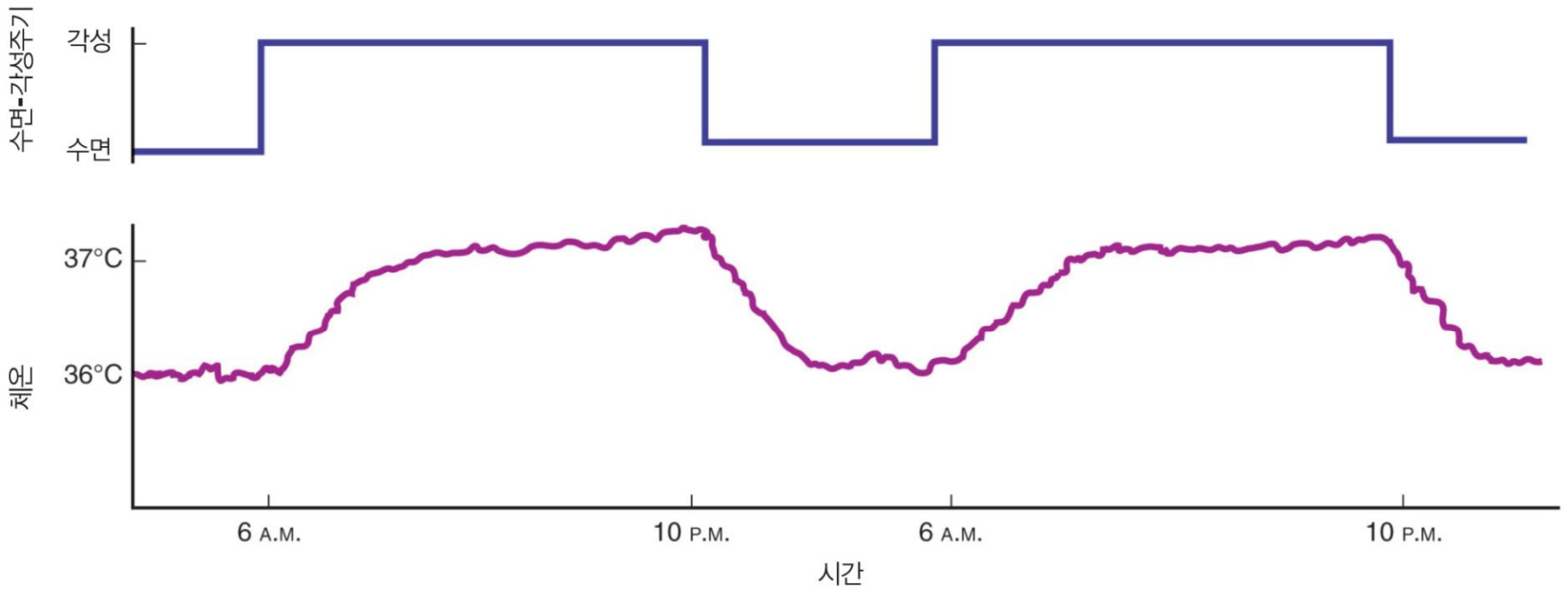


그림 9.24 수면-각성 주기 동안의 체온 변동. 각성 시 체온은 수면 때보다 약 1℃ 높다.

상행망상체부활계(ARAS)

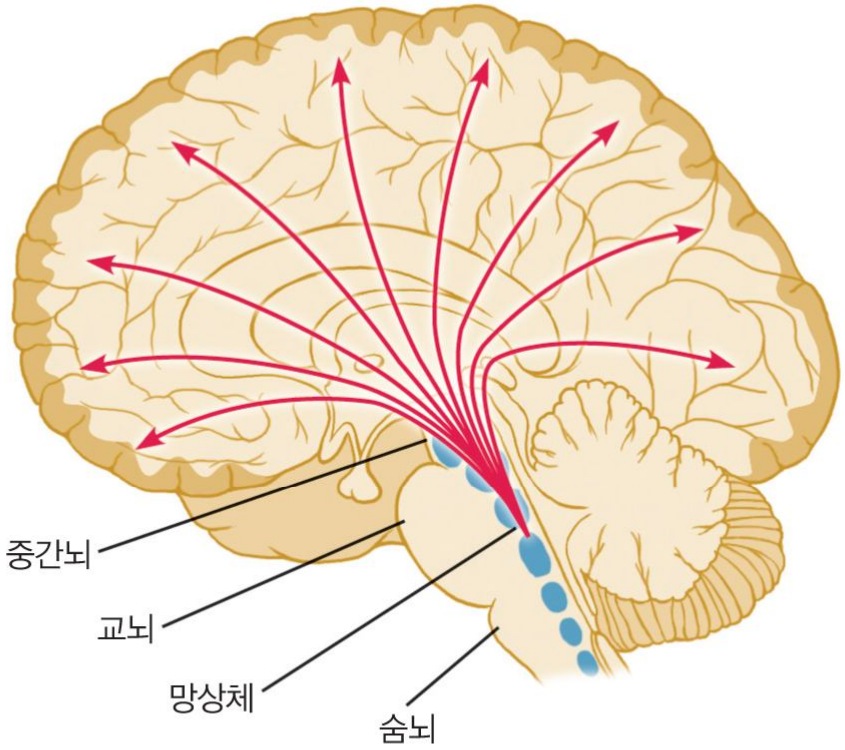


그림 9.25 상행망상체부활계. 상행망상체부활계는 뇌줄기의 그물체 부분으로서, 두드러지게 나타낸 영역에 퍼져 있는 확산성 그물망이다. 화살표는 흥분이 퍼져 대뇌겉질을 깨우는 것을 나타낸다.

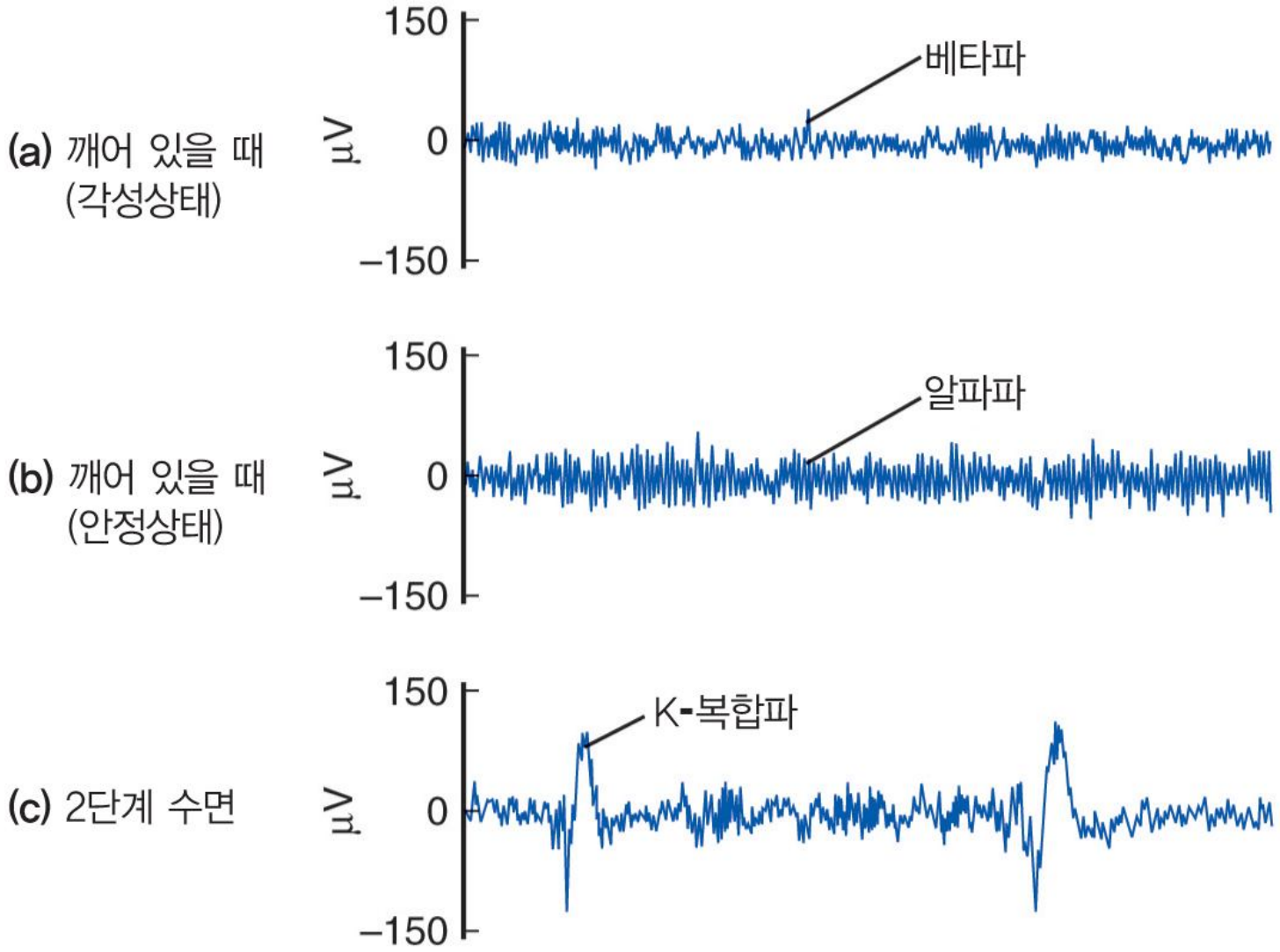
수면-각성과 관련된 신경전달물질

- 각성상태
  - 아세틸콜린
    - ARAS와 연관되어 있음
    - 니코틴 역할과 흡사
  - 노르에피네프린과 도파민
    - ARAS와 연관되어 있음
    - 암페타민과 코카인 약물의 역할과 흡사

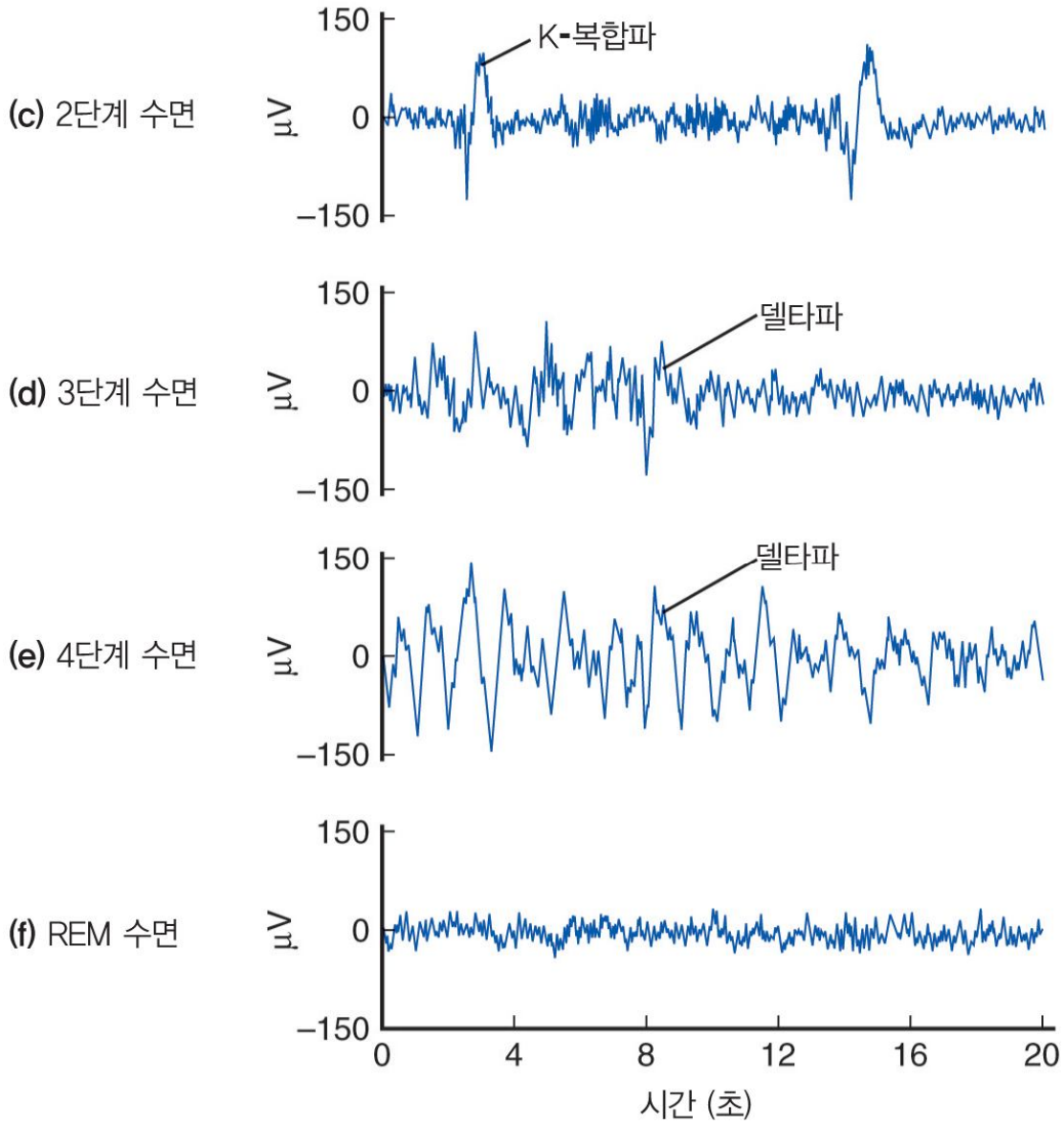
수면-각성과 관련된 신경전달물질

- 수면상태
  - 아데노신
    - 앞뇌에서 SWS 유도하는 역할
    - 카페인(caffeine)에 의해 차단됨
  - 아세틸콜린
    - REM 수면
    - 교뇌 활성에 의해 유도됨

뇌전도 기록(EEG): 각성과 수면



뇌전도 기록(EEG): 수면


(c) 2단계 수면
(d) 3단계 수면
(e) 4단계 수면
(f) REM 수면
K-복합파
델타파
델타파
150
0
−150
μV
0
4
8
12
16
20
시간 (초)

수면의 단계들

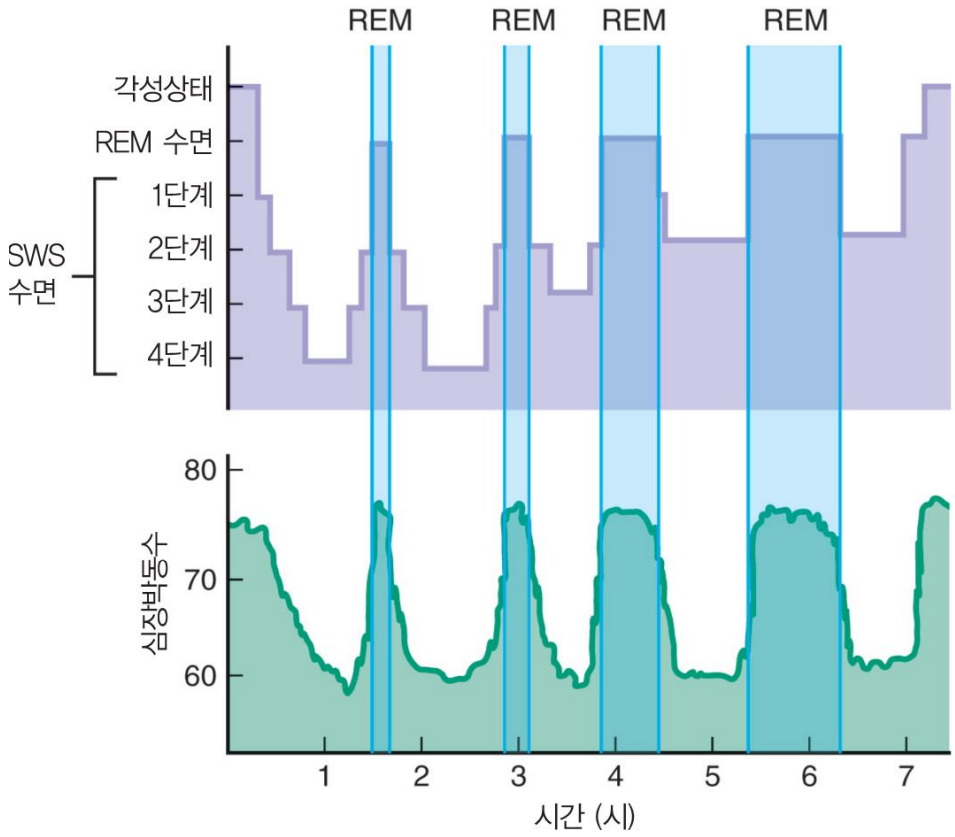


그림 9.27 수면의 단계들. 8시간의 수면 동안에 수면은 여러 단계들 사이를 이동한다. 우선, 1단계 SWS에서 4단계 SWS로 진행한 후, REM 수면으로 되돌아간다. 수면이 계속되면서, REM 수면은 더 길어지고 더 빈번해진다. 아래 패널은 수면 중 심장박동수의 변화를 나타낸다. REM 수면으로 들어갈 때 심장박동수는 거의 각성 시 수준으로 증가함을 주목하라.

VIII. CNS의 통합기능: 감정과 동기부여

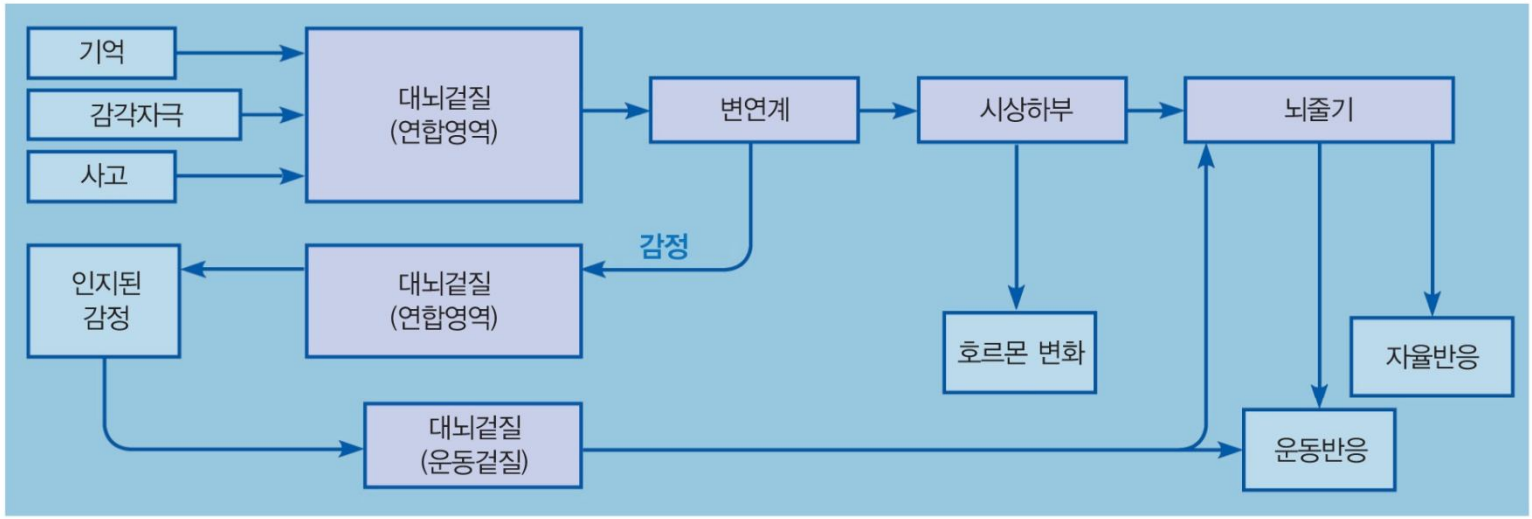


그림 9.28 감정에 관련된 CNS의 구조물. 뇌의 여러 구조물들이 감정(감정과 관련된 느낌과 반응)을 만들어내는 데 관여한다. 대뇌겉질의 연합영역은 생각, 기억, 감각정보를 통합하여 변연계로 전달한다. 변연계는 감정을 만들어낸다. 그러나 감정이 대뇌겉질에 다시 전달되어 지각되기 전까지는 사람은 그 감정을 알아채지 못한다. 그 동안 변연계는 감정을 시상하부에도 전달한다. 시상하부는 호르몬 변화(아드레날린 방출 등), 운동반응(눈살을 찌푸림 등), 자율신경반응(심장박동수의 변화 등)을 포함하는 감정과 관련된 신체의 반응을 맡는다.

감정에 관련된 CNS 구조들

- 편도핵(Amygdala)
  - 공포와 불안에 중요
- 시상하부(Hypothalamus)
  - 분노와 공격성에 관련

감정에 관련된 CNS 구조들

- 중뇌(Midbrain)
- 대뇌겉질(Cerebral cortex)
- 변연계(Limbic system)

동기부여(Motivation)

- 동기부여는 행동을 수행하는 충동
  - 생리적이거나 감정과 연관
- 쾌감
  - 동기부여를 크게 하는 감정
  - 쾌감중추에는 도파민을 포함
  - 쾌감은 중독이 될 수 도 있다

IX. CNS의 통합기능 : 학습과 기억

- 학습(Learning)
  - 새로운 정보나 기술의 습득
- 기억(Memory)
  - 정보, 기술, 생각을 보유하는 것
  - 신경계가 소성(Plasticity)이 있어 발생하는 것임

학습

- 해마가 중요
- 연상학습(Associative learning)
  - 두 개 이상의 자극 사이에 연결을 필요로 하는 학습형태
- 비연상 학습(Non-associative learning)
  - 습관화(Habituation): 반복된 자극에 반응이 감소하는 것
  - 민감화(Sensitization): 반복된 자극에 반응이 증가하는 것

기억 과정

- 처리기억(Procedural memory, 암묵적)
  - 의식적 기억을 필요로 하지 않는 자동적인 반응
  - 학습된 운동과 기술동작을 기억
  - 대뇌가 관련
- 서술기억(Declarative memory, 외현적)
  - 학습된 사실, 사건, 경험의 기억
  - 기억하기 위해 의식적 노력이 필요
  - 해마가 관련

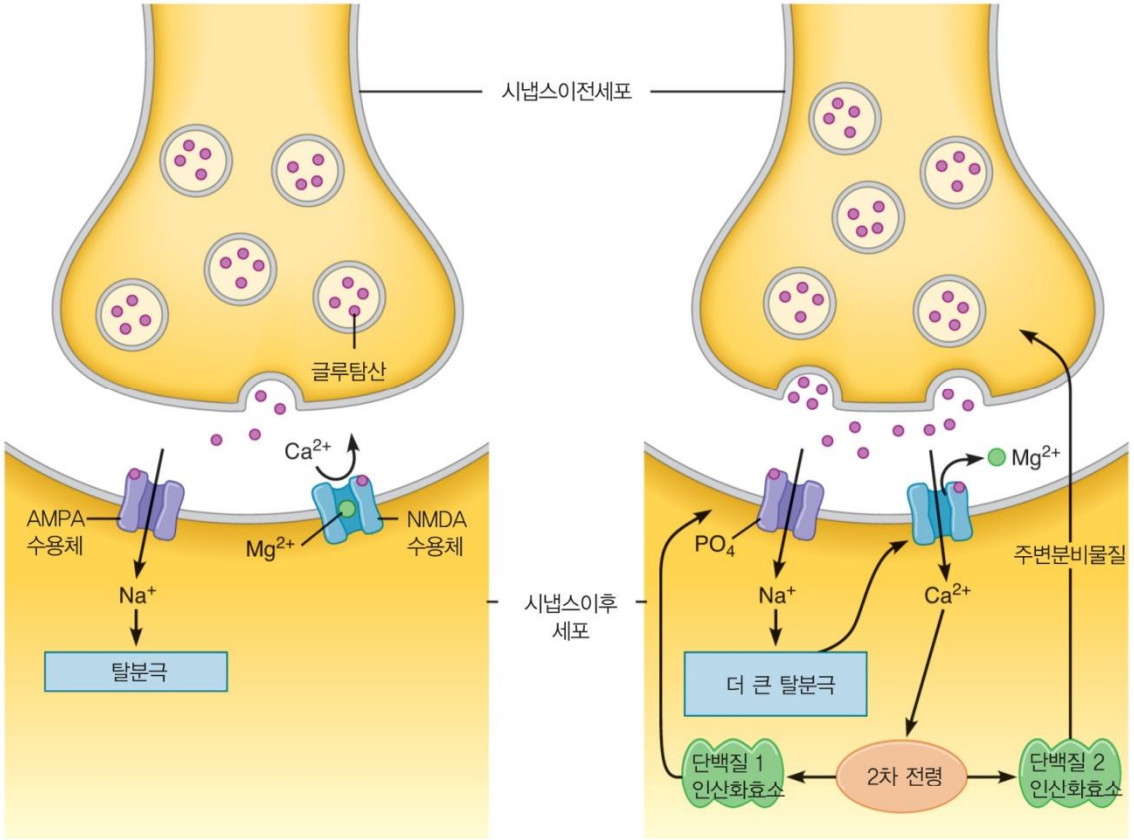
단기기억과 장기기억

- 수초, 수분 동안 일시적으로 저장된 기억
  - 강화되지 않으면 사라짐
- 단기기억의 강화는 장기기억이 됨
  - 기전은 불분명함
- 장기기억
  - 수년, 일생 동안 지속됨

신경계의 소성

- 학습과 기억에는 소성이 있음
  - 새로운 시냅스의 연결이 발달할 수 있다
  - 이미 존재하는 시냅스가 오랫동안 변할 수 있다
  - 최근 연구에서 기억과 관련 영역이 새로운 뉴런을 만들어 냄을 확인

장기상승작용



(a) 시냅스이전세포의 활성이 낮은 수준일 때

(b) 시냅스이전세포의 활성이 높은 수준일 때

그림 9.29 장기강화의 한 기전. 어떤 시냅스에 반복적으로 자극이 가해지면 시냅스 입력이 활동전위를 일으킬 가능성은 증가한다. **(a)** 시냅스이전세포의 활성이 낮은 수준일 때 이 세포에서 방출된 글루탐산은 두 종류의 수용체 모두에 결합하지만 NMDA 수용체에 존재하는 마그네슘이 칼슘 유입을 방해한다. 그 순효과는 시냅스이후세포의 탈분극이다. **(b)** 시냅스이전세포의 활성이 높은 수준일 때, 글루탐산이 더 많이 방출되어 NMDA 수용체통로에서 마그네슘을 분리시킨다. 그 결과로 칼슘 유입이 증가하여 단백질인산화효소를 활성화한다. 어떤 단백질인산화효소는 나트륨통로를 글루탐산에 더 민감하게 만든다. 다른 단백질인산화효소는 주변분비물질을 생산하게 하여 시냅스이전세포에서 글루탐산의 생산을 증가시킨다. 더 민감해진 시냅스이후세포에 더 많은 글루탐산이 작용하게 되므로, 순효과는 탈분극이 지속되는 것이다.