

# 11

## 신경계: 자율신경계와 체성신경계

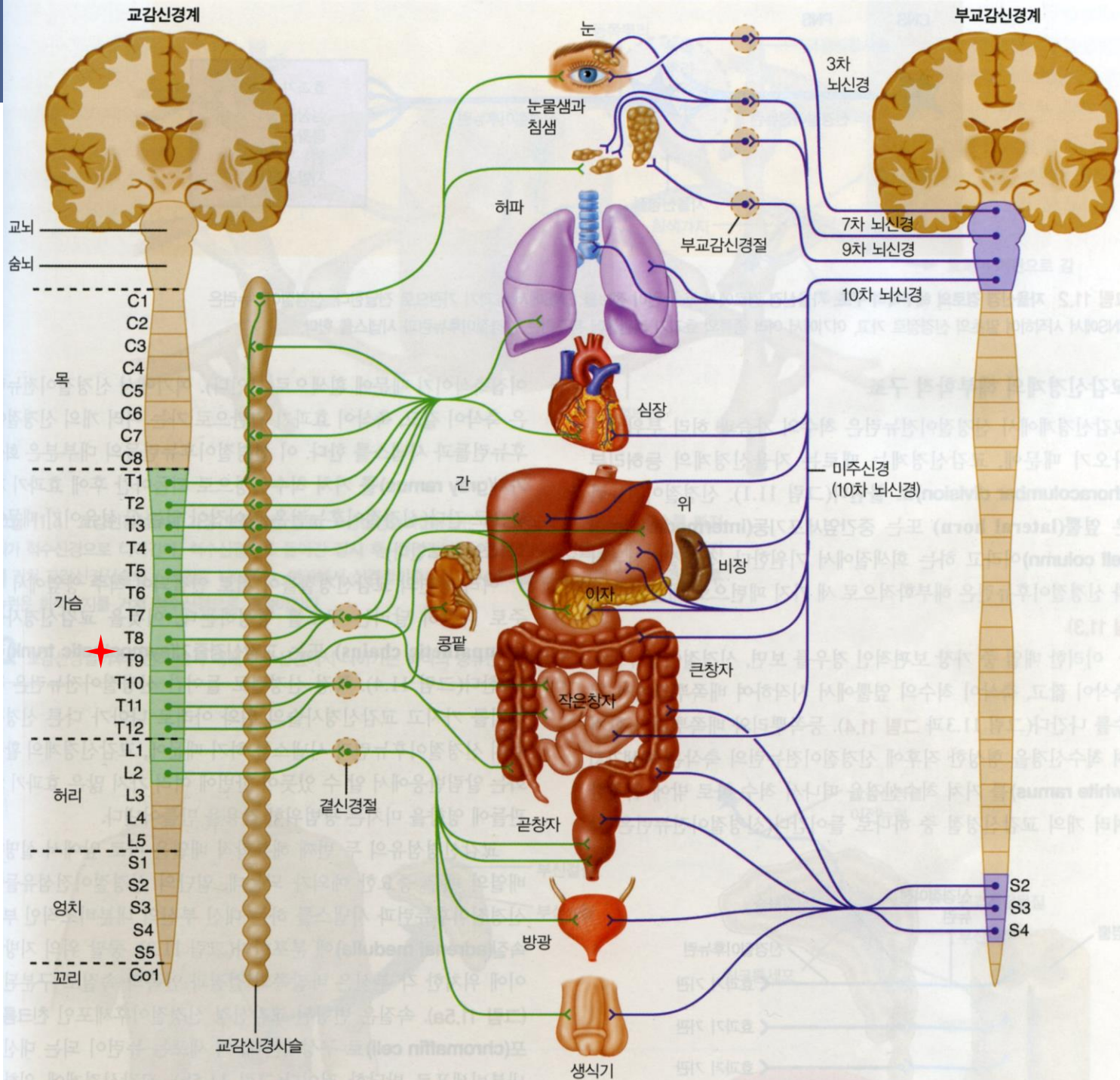
1. 자율신경계
2. 체성신경계

## 11-1 자율신경계(autonomic nervous system) (278)

- 자율기관(심장근, 내장기관, 분비샘, 지방조직, 혈관 평활근)에 분포하여 기관들의 기능을 조절함
  - 자율기관은 기본적인 활성을 가지고 있음
  - 자율신경계는 자율기관의 활성 수준을 증가시키거나 감소시킴
- 자율신경계의 기능은 잠재의식 수준에서 일어남  
(자율; autonomic)

# 1. 자율신경계의 이중신경분포(dual innervation) (278)

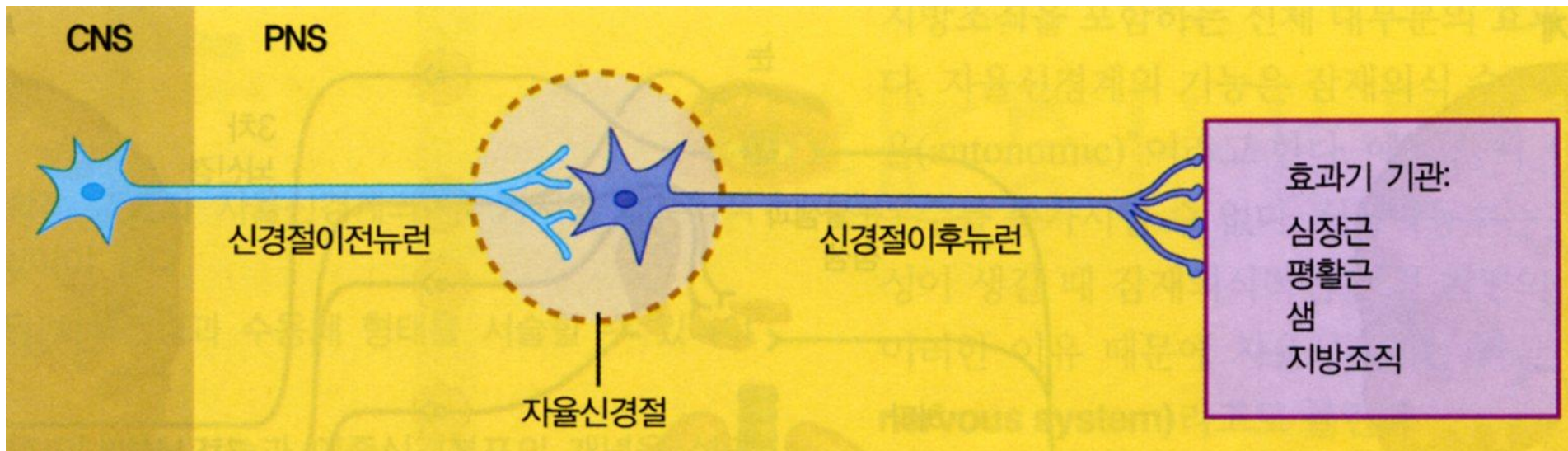
- 자율신경계의 교감신경 가지(sympathetic division)와 부교감신경 가지(parasympathetic division)가 대부분의 자율기관에 분포함 (11.1)
    - 두 신경 가지는 자율기관에 서로 반대의 효과를 발휘함
  - 자율신경계의 주 기능
    - 부교감신경은 안정상태와 소화 시에 매우 활성적임
    - 교감신경은 흥분 시, 또는 육체활동 중에 매우 활성적임 → 알림 반응을 일으켜 육체활동을 위하여 신체를 준비시킴
- ⇒ 항상성을 유지함



(11.1)

## 2. 자율신경계의 해부학적 구조 (278)

- 자율신경계는 연속하여 배열한 두 개의 뉴런으로 구성됨  
→ CNS와 효과기 기관 사이를 의사소통함
- 두 뉴런은 자율신경절(autonomic ganglion)에서 서로 의사소통함 (11.2)
  - 신경절이전뉴런(preganglionic neuron)
  - 신경절이후뉴런( postganglionicneuron)



(11.2)

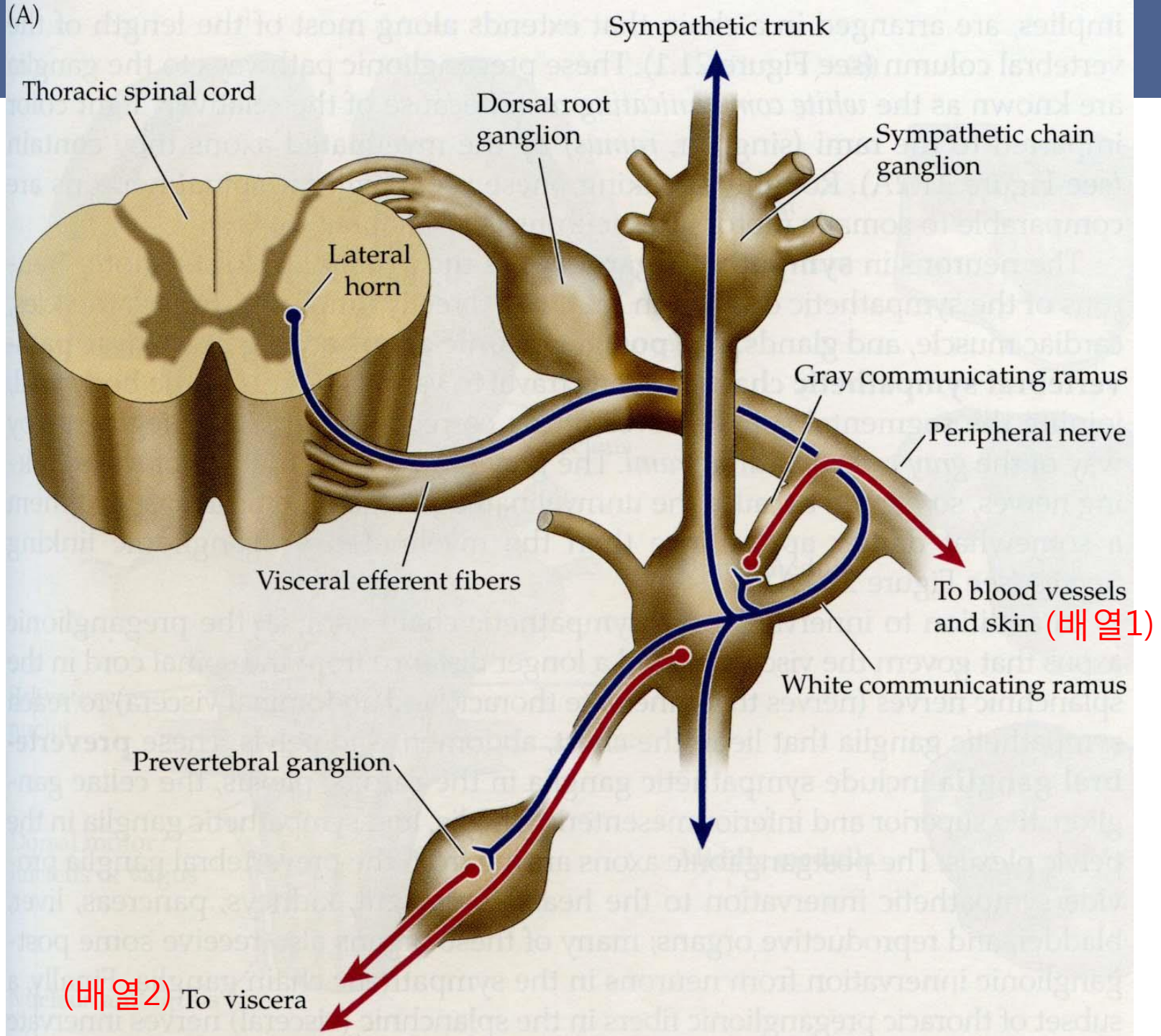
## 1) 교감신경계의 해부학적 구조 (280)

- 신경절이전뉴런이 척수의 가슴과 허리 부위에서 나옴 (등허리부; thoracolumbar division) (11.1)
- 신경절이전뉴런은 옆뿔에서 기원함
- 신경절이전뉴런과 신경절이후뉴런은 3가지 패턴으로 배열함

# 교감신경의 배열 1 (280)

## ■ 가장 보편적인 배열

- ① 신경절이전뉴런은 축삭이 짧고 척수의 옆뿔에서 시작하여 배쪽 뿌리에서 척수를 나감 (a)
  - ② 등쪽뿌리와 배쪽뿌리가 합쳐 척수신경을 이룬 직 후에 신경절이전뉴런의 축삭은 백색가지를 거쳐 척수신경을 떠나 척수 바로 밖의 여러 개의 교감신경절 중 하나로 들어감
  - ③ 교감신경절에서 신경절이후뉴런과 시냅스를 함
  - ④ 신경절이후뉴런의 축삭들 대부분은 회색가지를 거쳐 척수신경으로 되돌아간 후에 효과기 기관으로 감
- 여러 방면의 교감신경절(사슬신경절)들이 서로 연결되어 척주 양 옆에서 교감신경사슬을 이룸
    - 특정 신경절로 들어간 신경절이전뉴런은 곁가지를 가지고 교감신경사슬의 위와 아래로 가서 다른 신경절들의 신경절이후뉴런들과 시냅스를 함 → 광범위한 효과

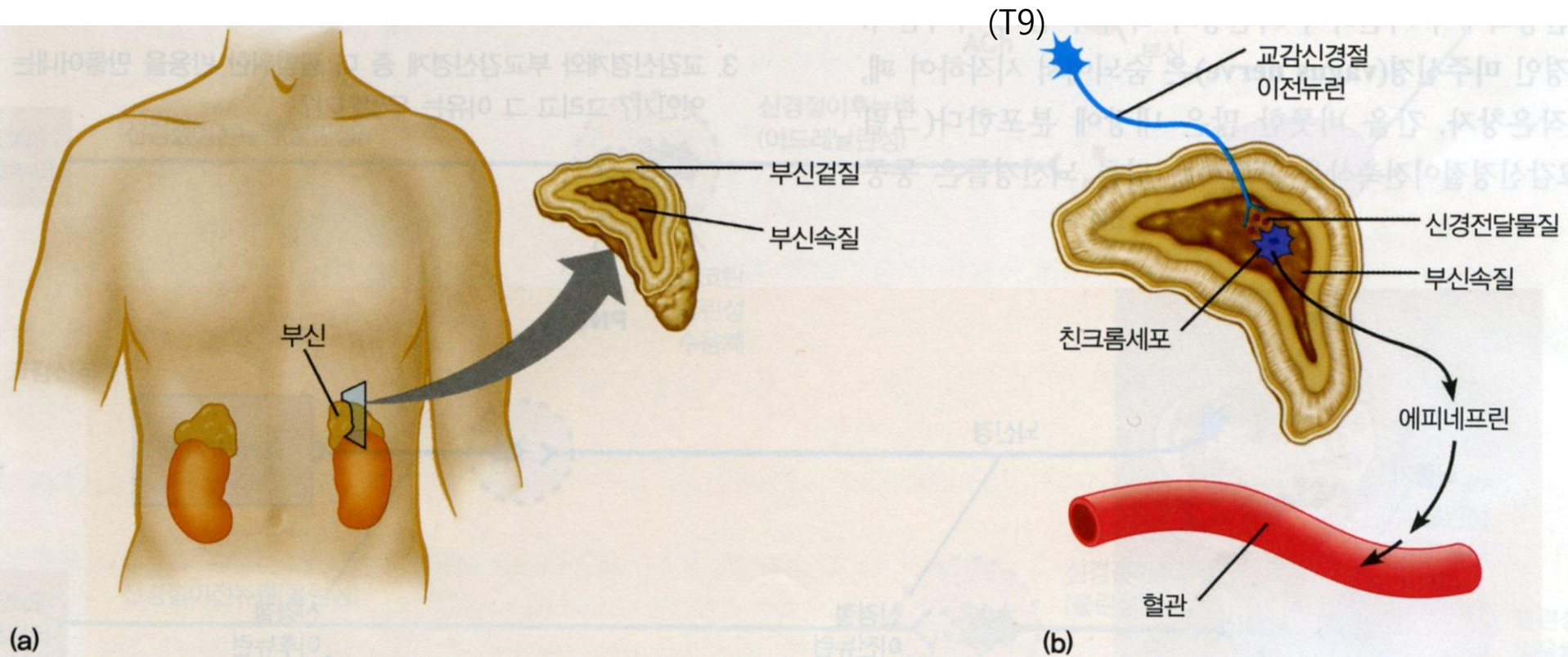


(a)



## 교감신경의 배열 2와 3 (280)

- 신경절이전뉴런과 신경절이후뉴런의 배열 2
  - 신경절이전뉴런의 축삭이 교감신경사슬을 통과하여 **결신경절(척추앞신경절)**에서 신경절이후뉴런과 시냅스를 함 → 특정 조직에 효과를 발휘함 (a)
  
- 신경절이전뉴런과 신경절이후뉴런의 배열 3
  - 신경절이전뉴런(T9)의 축삭이 부신속질에 분포함 (11.5)
  - 교감신경의 자극을 받은 부신속질의 **친크롬세포(변형된 교감신경절이후세포)**는 카테콜아민을 혈액으로 방출함(에피네프린 80%, 노르에피네프린 20%, 극소량의 도파민) → 광범위한 효과



## 2) 부교감신경계의 해부학적 구조 (282)

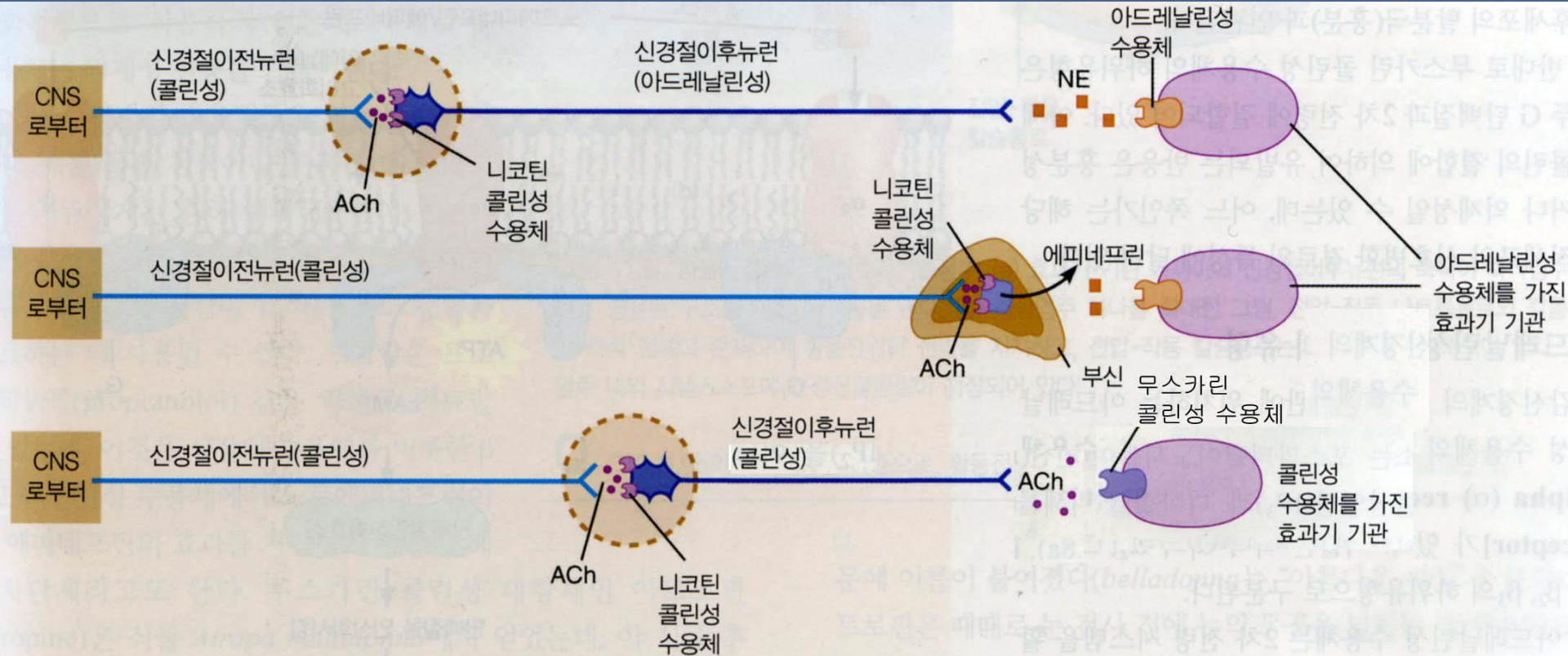
- 신경절이전뉴런이 뇌줄기나 척수의 엉치 부위에서 시작함 (머리엉치부; craniosacral division) 4
  - 신경절이전뉴런의 축삭이 길고 효과기 기관 가까이 위치한 신경절(끝신경절)에서 신경절이후뉴런과 시냅스를 함
- 머리 부위에서 나온 신경절이전뉴런의 축삭은 뇌줄기의 신경핵에서 기원하여 뇌신경의 축삭과 함께 나아감
  - 3차 뇌신경(눈돌림신경), 7차 뇌신경(얼굴신경), 9차 뇌신경(혀인두신경)
  - 10차 뇌신경(미주신경; vagus nerve)은 내장에 분포함
- 엉치 척수에서 나온 신경절이전뉴런은 척수신경과 합치지 않고 골반신경을 이룸

### 3) 자율신경의 혼합 성분 (282)

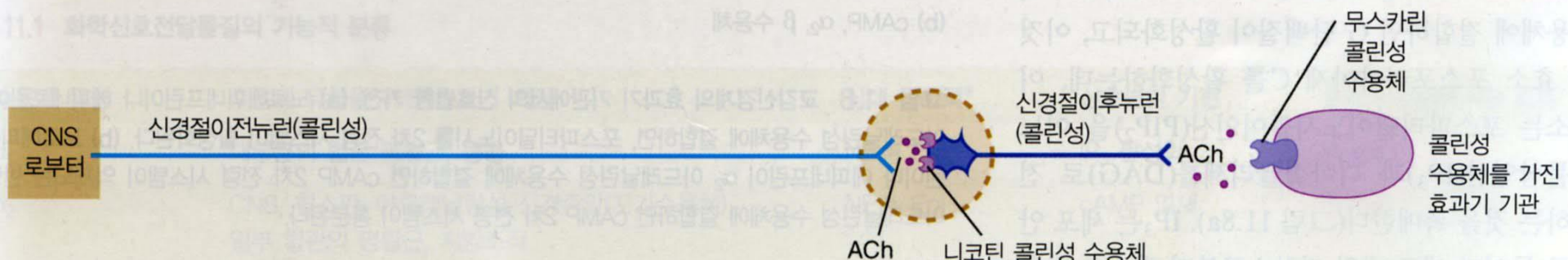
- 자율신경계의 축삭들은 자율기관의 기능을 통제함 (날섬유)
- 자율신경의 일부(미주신경)는 들섬유도 포함하고 있음
  - 들섬유는 내장수용체의 정보를 CNS로 전달함
  - 날섬유만이 자율신경계의 부분이 되어 자율기관의 기능을 조절함

### 3. 자율신경계의 신경전달물질과 수용체 분자 (283)

- 콜린성 뉴런(cholinergic neuron)
  - 뉴런이 NT로 아세틸콜린을 주로 방출함
  - 자율신경계의 신경절이전뉴런, 부교감신경계의 신경절이후뉴런, 교감신경계의 신경절이후뉴런의 일부(땀샘, 그리고 골격근의 일부 혈관을 지배함) (11.7)
- 아드레날린성 뉴런(adrenergic neuron)
  - 뉴런이 NT로 노르에피네프린을 주로 방출함
  - 교감신경계의 신경절이후뉴런의 대부분



(a) 교감신경계



(b) 부교감신경계

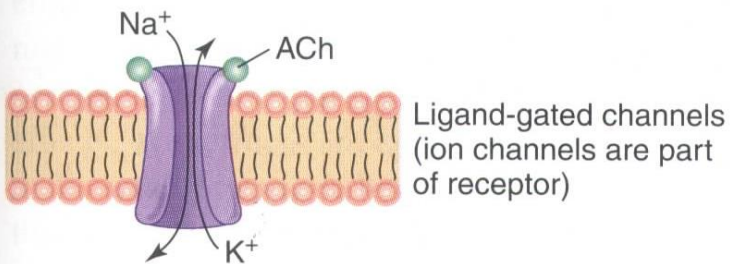
# 1) 콜린성 수용체의 유형 (283)

- 니코틴 콜린성 수용체
  - 4개의 하위유형이 있음 ( $N_1-N_4$ )
  - 자율신경계의 신경절이후뉴런의 세포체와 가지돌기, 부신속질의 친크롬세포, 골격근세포에 있음 (11.7, b)
  - 아세틸콜린이 결합하면 나트륨과 칼륨에 투과성인 이온통로로 작용함 → 나트륨 유입이 칼륨 유출보다 큼 → 시냅스이후뉴런이 탈분극(흥분)함
- 무스카린 콜린성 수용체
  - 5개의 하위유형( $M_1-M_5$ ) 이 있음
  - 부교감신경계의 효과기 기관에 있음
  - G 단백질과 2차 전령에 연결됨
  - 표적세포는 신호변환 경로에 따라 흥분되거나 억제됨

### Nicotinic ACh receptors

Postsynaptic membrane of

- All autonomic ganglia
- All neuromuscular junctions
- Some CNS pathways

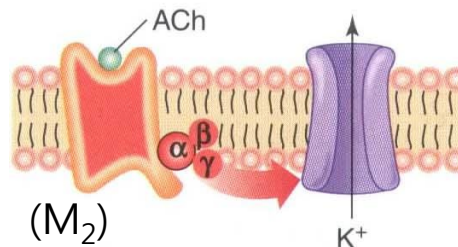


Depolarization

Excitation

### Muscarinic ACh receptors

- Produces parasympathetic nerve effects in the heart, smooth muscles, and glands
- G-protein-coupled receptors (receptors influence ion channels by means of G-proteins)

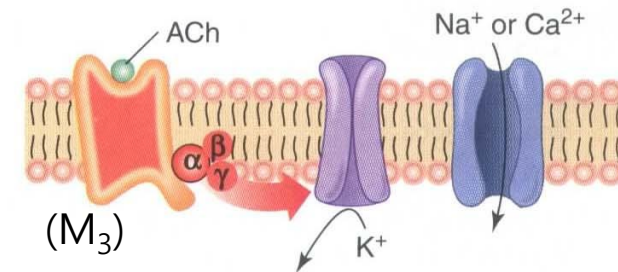


Hyperpolarization

(K<sup>+</sup> channels opened)

Inhibition

Produces slower heart rate



Depolarization

(K<sup>+</sup> channels closed)

Excitation

Causes smooth muscles of the digestive tract to contract

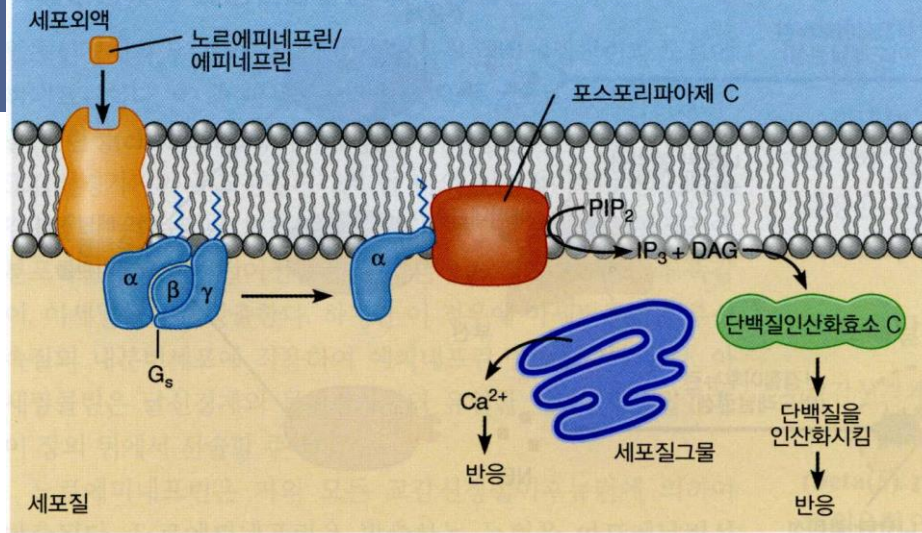


## 2) 아드레날린성 수용체 (284)

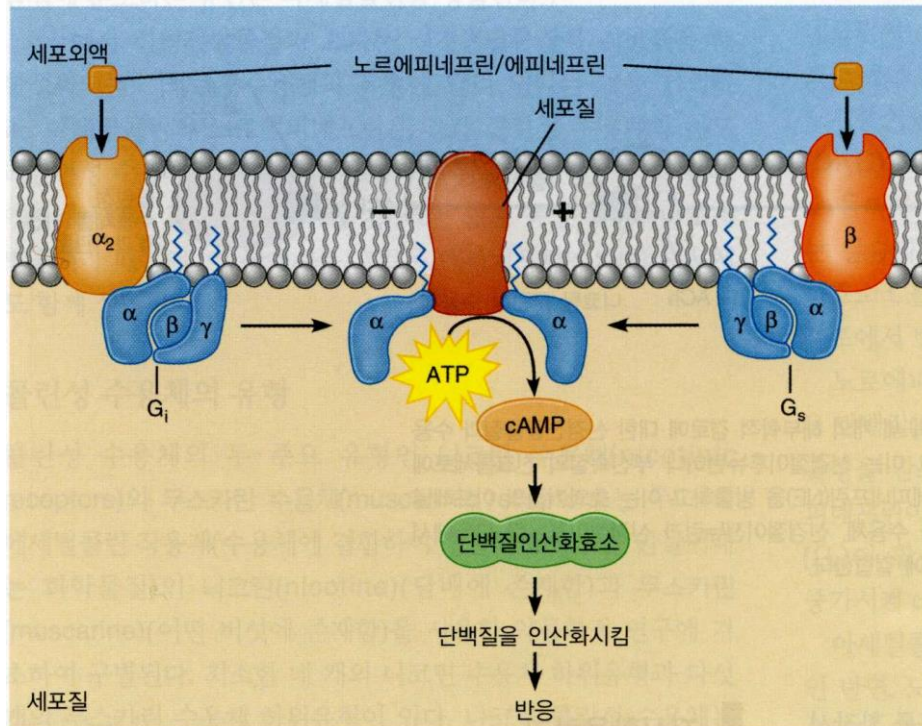
- $\alpha$  수용체
  - $\alpha_1, \alpha_2$  하위유형 수용체
  - 노르에피네프린 친화력이 큼
  
- $\beta$  수용체
  - $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  하위유형 수용체
  - 에피네프린 친화력이 큼

## $\alpha$ 아드레날린성 수용체 (284)

- 노르에피네프린이나 에피네프린이  $\alpha_1$  수용체에 결합하면  $IP_3$  2차 전령시스템이 활성화되어 세포질에  $Ca^{2+}$ 이 증가함 (11.8a, 표11.1)
- 노르에피네프린이나 에피네프린이  $\alpha_2$  수용체에 결합하면 억제 G 단백질( $G_i$ )을 활성화시켜 cAMP의 합성을 억제함 (11.8b)



(a) 포스파티딜이노시톨인산(PIP<sub>2</sub>)과 α<sub>1</sub> 수용체



(b) cAMP, α<sub>2</sub>, β 수용체

(11.8)

## $\beta$ 아드레날린성 수용체 (284)

- 노르에피네프린이나 에피네프린이  $\beta$  수용체에 결합하면 흥분 G 단백질( $G_s$ )을 활성화시켜 **cAMP의 합성을 촉진함** (11.8b)
  - $\beta_1, \beta_3$  수용체는 흥분성 경향임 (표11.1, c)
  - $\beta_2$  수용체는 억제성 경향임

### 표 11.1 화학신호전달물질의 기능적 분류

수용체 유형	수용체 유형을 가진 효과기 기관	상대 친화력*	신호변환 기전	효과기 기관에서의 효과 <sup>†</sup>
$\alpha_1$	대부분의 혈관 평활근, 동공	NE > Epi	IP <sub>3</sub> 활성화	흥분성
$\alpha_2$	CNS, 혈소판, 아드레날린성 신경종말(자가수용체), 일부 혈관의 평활근, 지방조직	NE > Epi	cAMP 억제	흥분성 (?)
$\beta_1$	CNS, 심장근육, 신장	NE = Epi	cAMP 활성화	흥분성
$\beta_2$	일부 혈관, 호흡기도, 자궁	NE $\ll$ Epi	cAMP 활성화	억제성
$\beta_3$	지방조직	NE = Epi	cAMP 활성화	흥분성

\*NE = 노르에피네프린; Epi = 에피네프린; > = 더 큼;  $\gg$  = 매우 더 큼. IP<sub>3</sub>: 이노시톨삼인산

<sup>†</sup>효과는 절대적인 것이 아니고 대체적인 효과임.

**Adrenergic**

Integral proteins in postsynaptic plasma membranes; activated by the neurotransmitter norepinephrine, and by the hormones norepinephrine and epinephrine.

 $\alpha_1$ 

Smooth muscle fibers in blood vessels that serve salivary glands, skin, mucosal membranes, kidneys, and abdominal viscera; radial muscle in iris of eye; sphincter muscles of stomach and urinary bladder.

Salivary gland cells.

Sweat glands on palms and soles.

 $\alpha_2$ 

Smooth muscle fibers in some blood vessels.

Cells of pancreatic islets that secrete the hormone insulin (beta cells).

Pancreatic acinar cells.

Platelets in blood.

 $\beta_1$ 

Cardiac muscle fibers.

Juxtaglomerular cells of kidneys.

Posterior pituitary.

Adipose cells.

 $\beta_2$ 

Smooth muscle in walls of airways; in blood vessels that serve the heart, skeletal muscle, adipose tissue, and liver; and in walls of visceral organs, such as the urinary bladder.

Ciliary muscle in eye.

Hepatocytes in liver.

 $\beta_3$ 

Brown adipose tissue.

Excitation  $\rightarrow$  contraction, which causes vasoconstriction, dilation of pupil, and closing of sphincters.

Secretion of  $K^+$  and water.

Increased sweating.

Inhibition  $\rightarrow$  relaxation  $\rightarrow$  vasodilation.

Decreased insulin secretion.

Inhibition of digestive enzyme secretion.

Aggregation to form platelet plug.

Excitation  $\rightarrow$  increased force and rate of contraction.

Renin secretion.

Secretion of antidiuretic hormone.

Breakdown of triglycerides  $\rightarrow$  release of fatty acids into blood.

Inhibition  $\rightarrow$  relaxation, which causes dilation of airways, vasodilation, and relaxation of organ walls.

Inhibition  $\rightarrow$  relaxation.

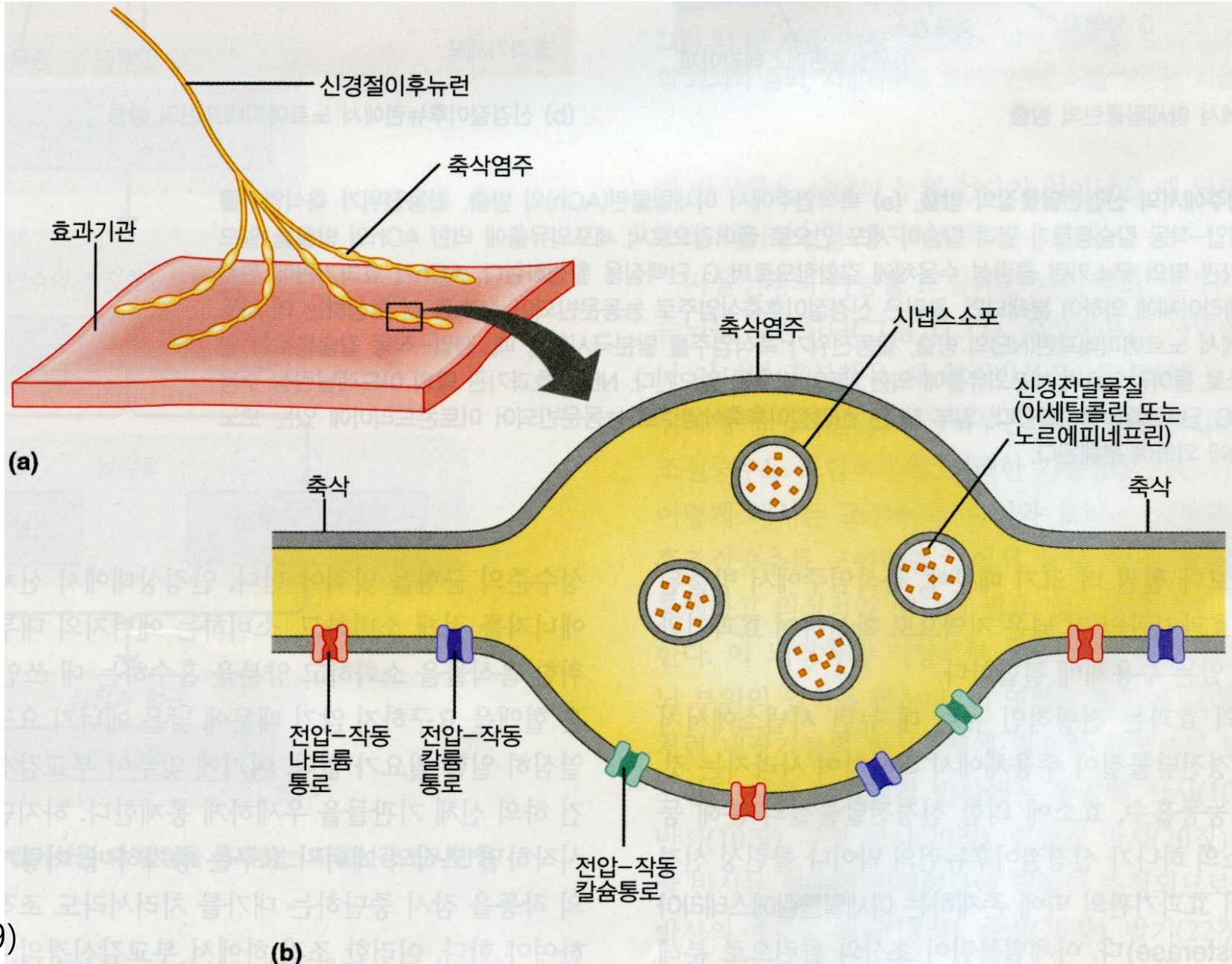
Glycogenolysis (breakdown of glycogen into glucose).

Thermogenesis (heat production).

(C)

## 4. 자율신경의 신경효과기이음부 (286)

- 자율신경절이후뉴런은 축삭종말이 구별되어 있지 않고 축삭을 따라 축삭염주들이 형성되어 있음
  - 축삭염주에 신경전달물질이 저장되어 있음
  - 활동전위가 축삭염주에 도달하면 축삭의 모든 축삭염주들에서 신경전달물질이 방출됨 (11.9)
  - 신경효과기이음부의 시냅스틈새가 넓어 신경전달물질은 효과기 기관의 더 넓은 지역으로 확산함





## 5. 자율기능의 조절 (287)

- 자율신경계는 변하는 신체의 요구에 대처하기 위하여 (교감신경과 부교감신경 가지의 활성 수준의 균형 통제를 통하여) 자율기관들의 활성 수준을 통제함으로써 **항상성을 유지함** (표11.2)
- 안정상태에서는 부교감신경의 우세한 통제 하에
  - 안정상태에서 기관들의 혈액요구는 작음
  - 에너지 소비가 작고 소비하는 에너지의 대부분은 음식물 소화와 양분 흡수에 쓰임
- 신체의 활동 시에는 교감신경의 우세한 통제 하에
  - 활동 시에 조직의 에너지 요구가 증가함
  - 심장의 활성이 증가하고 골격근으로의 혈류가 증가함

표 11.2 자율신경계 분포의 효과







기관계	부교감신경계*		교감신경계	
	효과	효과	효과	아드레날린성 수용체 유형
 심장				
SA 결절	심장박동수 감소	심장박동수 증가	$\beta_1$ 	
AV 결절	전도 속도 감소	전도 속도 증가	$\beta_1$	
수축력	감소(효과 작음)	증가	$\beta_1$	
혈관				
신체 대부분의 소동맥	-	혈관수축	$\alpha_1$ 	
골격근의 소동맥	-	혈관수축	$\alpha_1$ 	
뇌의 소동맥	-	혈관확장(에피네프린)	$\beta_2$ 	
정맥	-	-	-	
		혈관수축	$\alpha_1$	
		혈관확장(에피네프린)	$\beta_2$	
폐				
기관지근육	수축	이완	$\beta_2$ 	
기관지섬	분비촉진	분비억제	$\alpha$	
 소화관				
운동성	증가 	감소	$\alpha_1, \alpha_2, \beta_2$	
분비	촉진	억제	$\alpha_2$	
조임근	이완	수축	$\alpha_1$	
이자				
외분비샘	분비촉진	분비억제	$\alpha$	
내분비샘	분비촉진	분비억제	$\alpha_2$	
 침샘	맑은 침 분비	점액 침 분비	$\alpha_1$	

표 11.2 계속

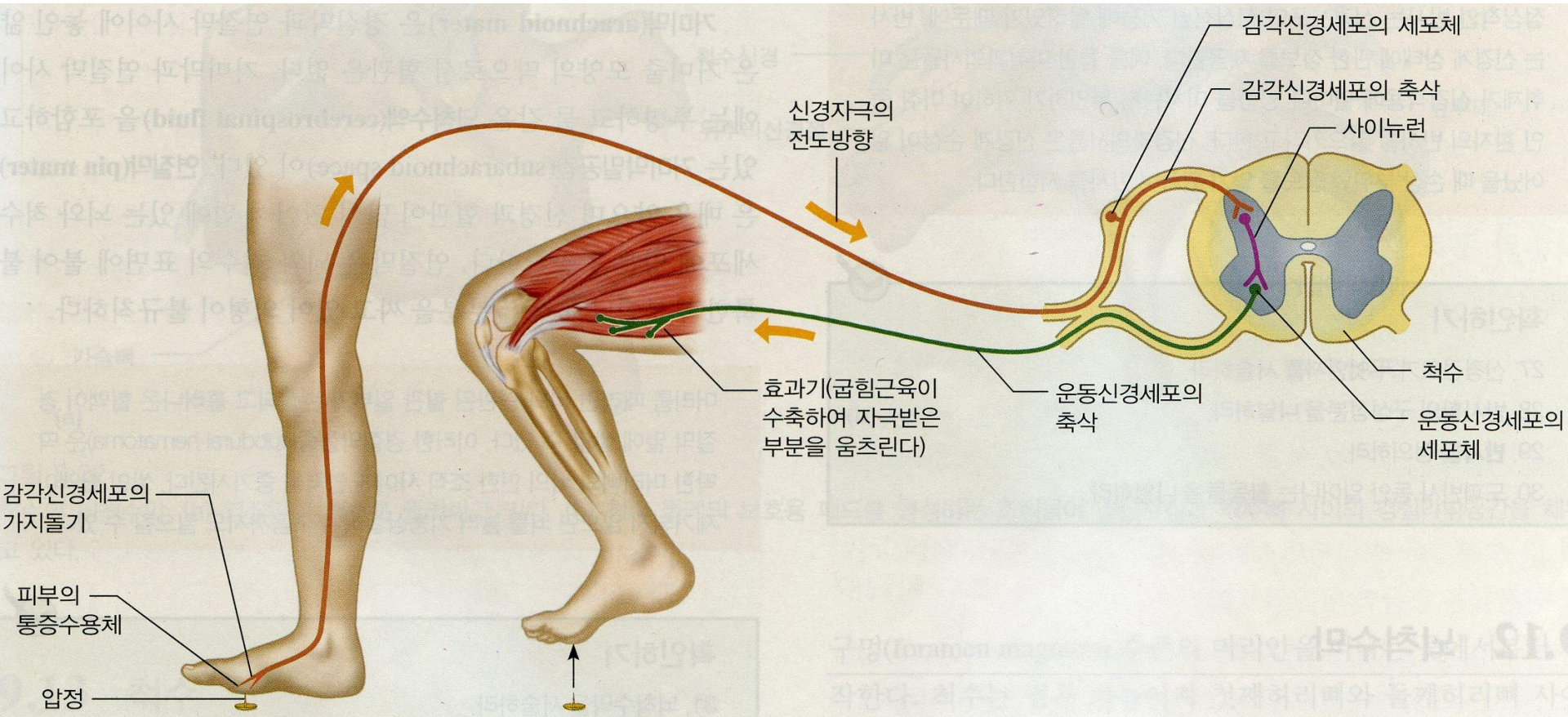
기관계	부교감신경계*		교감신경계	
	효과	효과	효과	아드레날린성 수용체 유형
콩팥				
renin 방출	-	촉진	$\beta_1$	
방광				
방광벽	수축	이완(효과 작음)	$\beta_2$	
조임근	이완	수축	$\alpha_1$	
남성생식관				
혈관(발기)	혈관확장	-		
정관과 정낭(사정)	-	사정	$\alpha_1$	
여성생식관				
자궁(불임 중)	모름	이완	$\beta_2$	
자궁(임신 중)	모름	수축	$\alpha_1$	
피부				
땀샘	분비촉진	분비촉진	$\alpha_1$ , 무스카린성 <sup>†</sup>	
털세움근	-	수축(털이 일어남)	$\alpha_1$	
눈				
홍채근(동공크기)	돌림근수축(동공수축)	부챗살근수축(동공확장)	$\alpha_1$	
섬모체근(수정체조절)	수축(가까운 사물)	이완(먼 사물)(효과 작음)	$\beta_2$	
대사				
간	-	글리코겐분해와 포도당신합성 촉진	$\alpha_1, \beta_2$	
지방조직	-	지방분해촉진	$\beta_3$	

\* 모든 효과기관은 무스카린 콜린성 수용체를 가지고 있기 때문에, 부교감신경계에 대한 수용체 유형은 나타내지 않았다.

† 땀샘에 대한 교감신경절이후뉴런은 신경전달물질로 아세틸콜린을 방출한다.

# 자율신경계의 작용제와 대항제(차단제)

- $\alpha_1$  작용제
  - 충혈을 치료할 때 사용함 ✨
- $\beta_2$  작용제
  - 호흡기도 확장과 고혈압 치료에 사용함 ✨
- $\beta_1$  차단제
  - 심장박동수 감소시킴 → 고혈압 치료에 사용함 ✨
- 아트로핀
  - 무스카린 콜린성 차단제
  - 창자의 경련과 구역질 치료에 사용함 ✨
- 큐라레
  - 니코틴 콜린성 차단제
  - 전신마취 수술 시 근육 이완제로 사용함 (d)

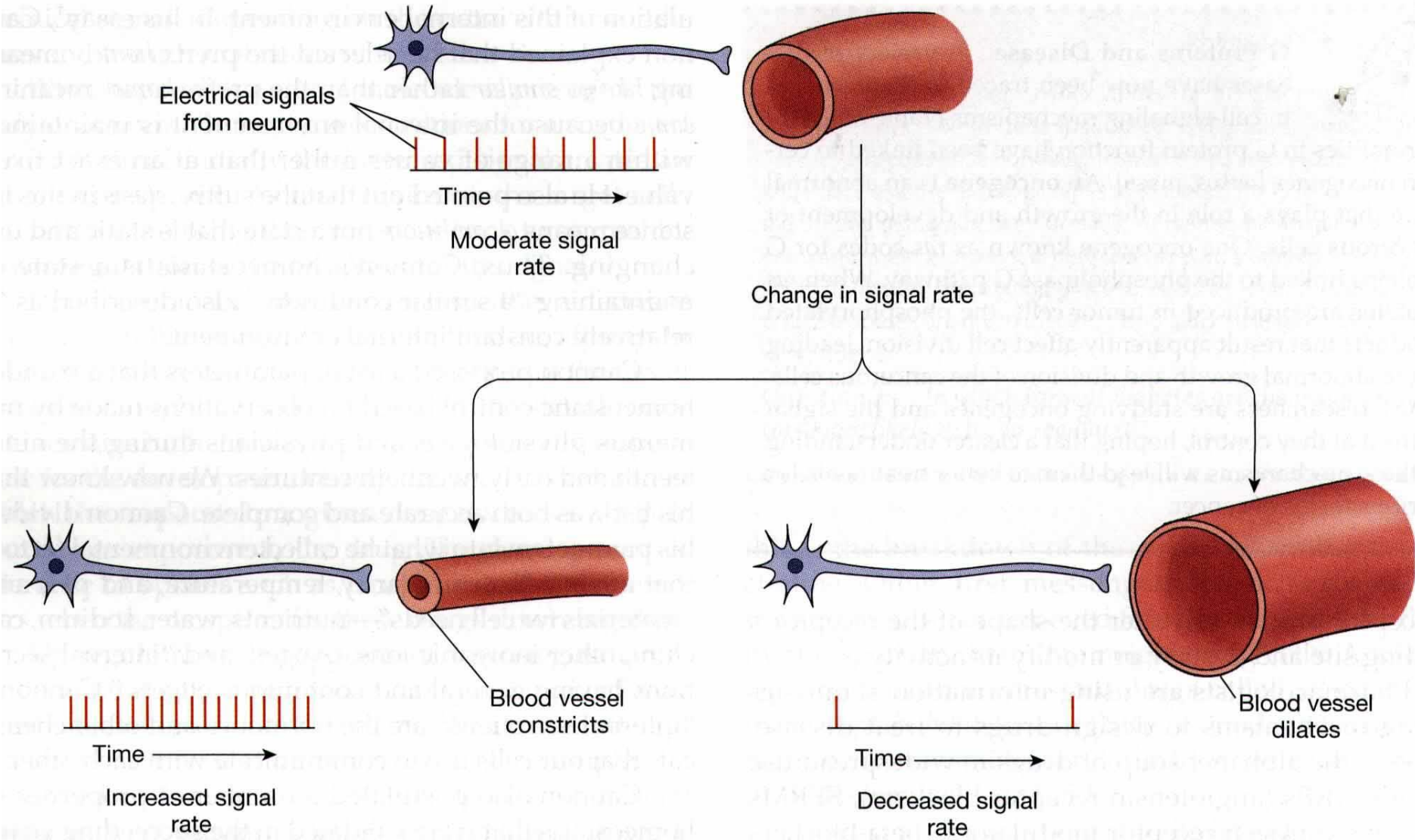


# 자율신경의 기능을 조절하는 뇌의 주요 영역 (287)

- 시상하부
  - 위험에 처하거나 흥분한 경우에 알림반응을 개시하여 교감신경계를 광범위하게 활성화 함
  - 체온, 음식물섭취, 물평형 조절중추들을 포함함
  
- 교뇌와 숨뇌
  - 심장혈관조절중추, 호흡조절중추를 포함함
  - 시상하부, 대뇌겉질, 변연계의 입력을 받음
  - 동공빛반사, 수정체조절반사, 구토반사, 입천장반사도 포함됨
  
- 척수
  - 척수반사로 배뇨, 배변, 발기, 사정을 조절함

## 긴장적 통제(tonic control)

- 부신, 입모근, 땀샘, 대부분의 혈관은 교감신경만의 지배를 받음
- 이들 기관의 조절은 교감신경섬유의 흥분성 증가와 감소에 의하여 이루어짐
  - 피부혈관의 수축은  $\alpha$ -아드레날린 작용성 수용체를 자극하는 교감신경 활성의 증가로, 피부혈관의 확장은 교감신경 활성의 감소로 일어남  $\Rightarrow$  "긴장적 통제 (tonic control)" (e)



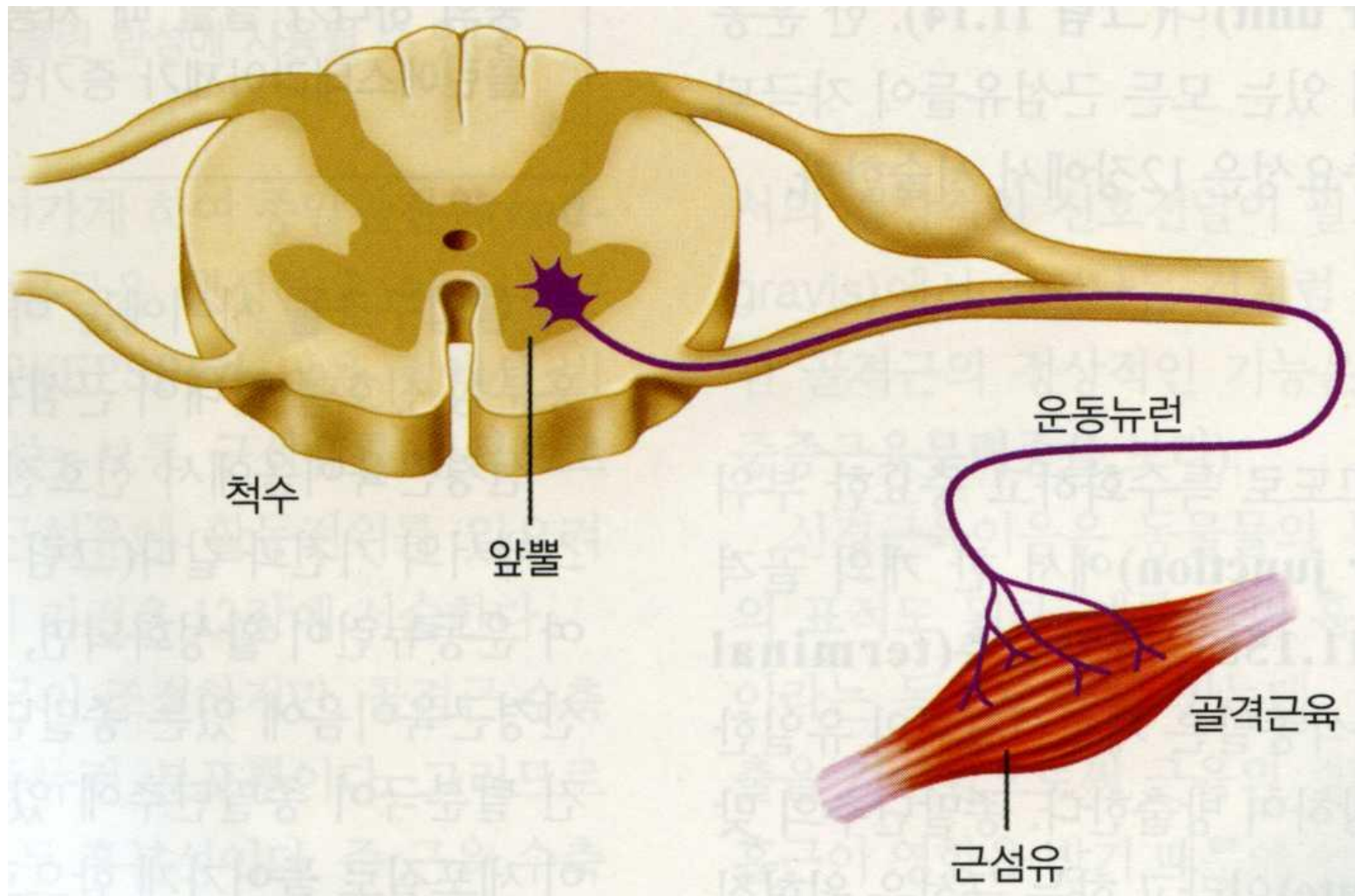


## 11-2 체성신경계(somatic nervous system) (290)

- 한 개의 날뉴런을 가짐
- 골격근만을 통제함
- 의식적으로 근육의 수축을 결정함

# 1. 체성신경계의 해부학적 구조 (290)

- 운동뉴런이 척수의 앞뿔에서 나와 근섬유에서 끝남 (11.13)
  - 운동뉴런은 뇌로부터 피라미트로와 피라미트외로의 신경입력을 받음

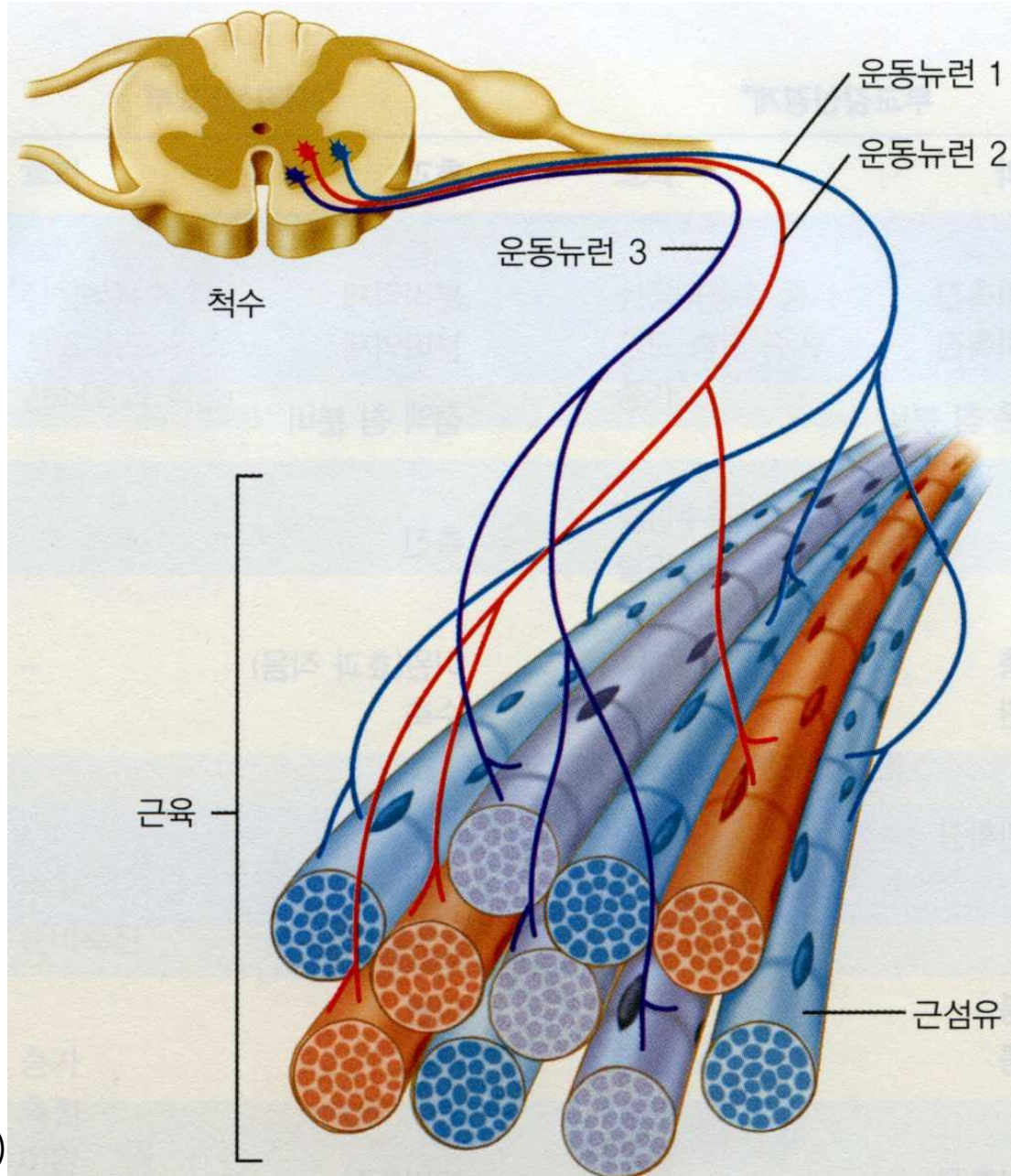


(11.13)

# 운동단위(motor unit) (290)

- 운동뉴런과 이 뉴런이 분포한 근섬유 모 두를 합친 것 (11.14)
- 한 운동단위에 속한 근섬유들의 유형은 동일함
  - 1개의 운동뉴런이 여러 개의 근섬유에 분포함
  - 각 근육섬유에는 1개의 운동뉴런만이 분포함

(11.14)



## 2. 신경근육이음부(neuromuscular junction) (290)

- 신경근육이음부(neuromuscular junction)
  - 운동뉴런의 종말단추가 근육섬유의 운동종말판과 시냅스를 함 (11.15)
  - 종말단추에는 아세틸콜린이 저장되어 있고 운동종말판에는 니코틴 콜린성 수용체가 있음
  - 운동종말판의 함입구조들 사이에는 AChE가 있음
- 체성신경계의 근육수축 통제
  - 운동뉴런에서 ACh가 방출됨
  - ACh이 운동종말판의 수용체에 결합함
  - 수용체가 양이온 통로로 작용하여 종말판전위(endplate potential; EPP)를 일으킴
  - EPP가 근육섬유에 활동전위를 일으켜 근육섬유를 수축시킴

