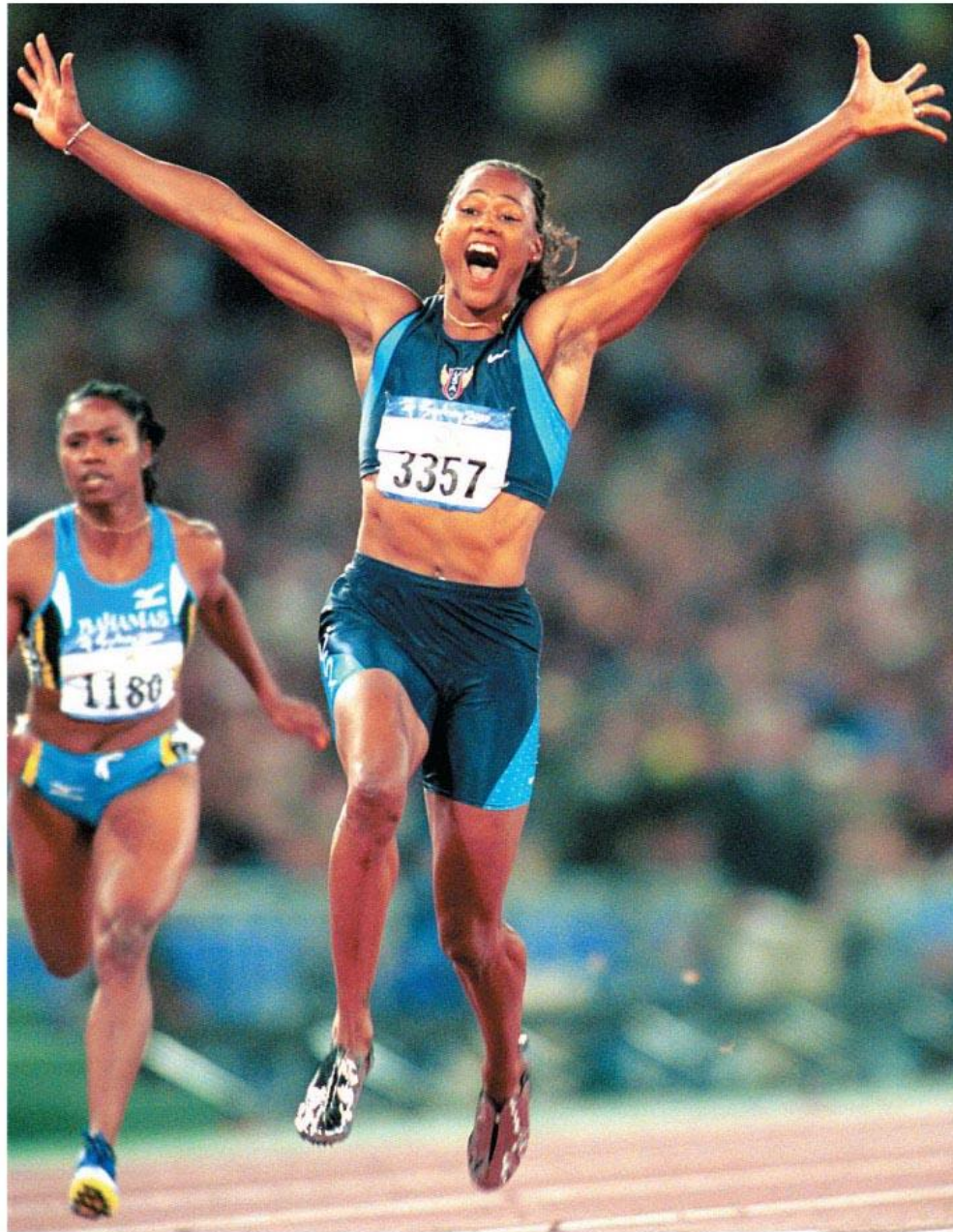


37장 동물체의 화학적 조절

내분비계

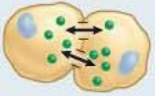
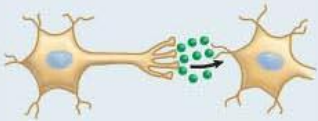
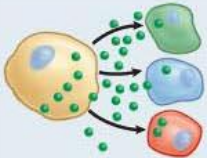
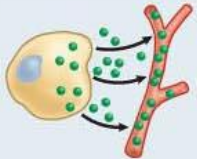


37.1 동물세포는 어떻게 의사소통을 하는가?

- 다세포동물: 각각의 세포들간의 지속적 의사 전달 유지
 - 직접, 신경전달, 주변분비, 내분비의 4가지 경로
 - 1. 직접전달: 심장근- 간극연접
 - 직접 세포내부 연결- 이온, 전기적 신호 연결
 - 신경전달, 주변분비, 내분비: 일반세포- 전달분자 (화학적 신호) 이용
 - 특정 표적세포에만 전달
 - 수용체(receptors): 특정 단백질 분자로 화학적 전달자와 결합 → 명령에 따라 반응(표적 세포 내부의 변화 유도)
 - » - 표적세포 세포막, 세포 내부에 존재

- 신경전달(synaptic), 주변분비(paracrine), 내분비(endocrine) 의사소통은 속도와 거리가 서로 다르다.
- 2. 신경전달: 신경전달 의사소통은 신경계에서 사용
 - 시냅스라고 하는 연결을 하고 있는 소수의 다른 세포하고만 의사소통을 할 수 있다.
 - 신경전달물질의 방출에 의해 표적세포로부터 반응을 이끌어 낼 수 있다
- 3. 주변분비(paracrine, para는 그리스어로 옆에 나란히 있음을 의미한다) 의사소통: 세포는 바로 인접한 다른 세포에 세포외액을 통해 확산되는 화학물질을 방출
 - 주변분비는 적은 수의 세포에만 영향을 미치지만,
 - 매우 짧은 거리 때문에 신속하게 반응을 하게 한다
- 4. 내분비 호르몬: 혈액으로 방출
 - 신체의 거의 대부분 세포에서 반응을 유도할 수 있다.
 - 내분비 호르몬은 수 초 만에 순환계를 통해 온몸으로 이동될 수 있다 - 신경계가 신호를 보내는 것만큼 빠르지는 않다.
 - 반응은 짧으면 수 초 부터, 길면 일생동안 지속될 것이다

Table 37-1 How Cells Communicate

Communication	Chemical Messengers	Mechanism of Transmission	Examples
Direct 	Ions, small molecules	Direct movement through gap junctions linking the cytoplasm of adjacent cells	Ions flowing between cardiac muscle cells
Synaptic 	Neurotransmitters	Diffusion from a neuron across a narrow space (synaptic cleft) to a cell bearing the appropriate receptors	Acetylcholine
Paracrine 	Local hormones	Diffusion through extracellular fluid to nearby cells bearing the appropriate receptors	Prostaglandins
Endocrine 	Hormones	Carried in the bloodstream to near or distant cells bearing the appropriate receptors	Insulin

- 국소호르몬(local hormones): 주변분비
 - 인접한 표적세포로 확산
 - 대부분의 세포가 분비
 - 예) 면역세포: 싸이토카인 분비-면역세포 사이의 의사 전달
 - 프로스타글란딘(prostaglandins)
 - 세포막 인지질로 부터 합성
 - 변형된 지방산
 - 국소호르몬의 일종
 - 몸전체의 많은 세포에서 생성

- 여러 종류

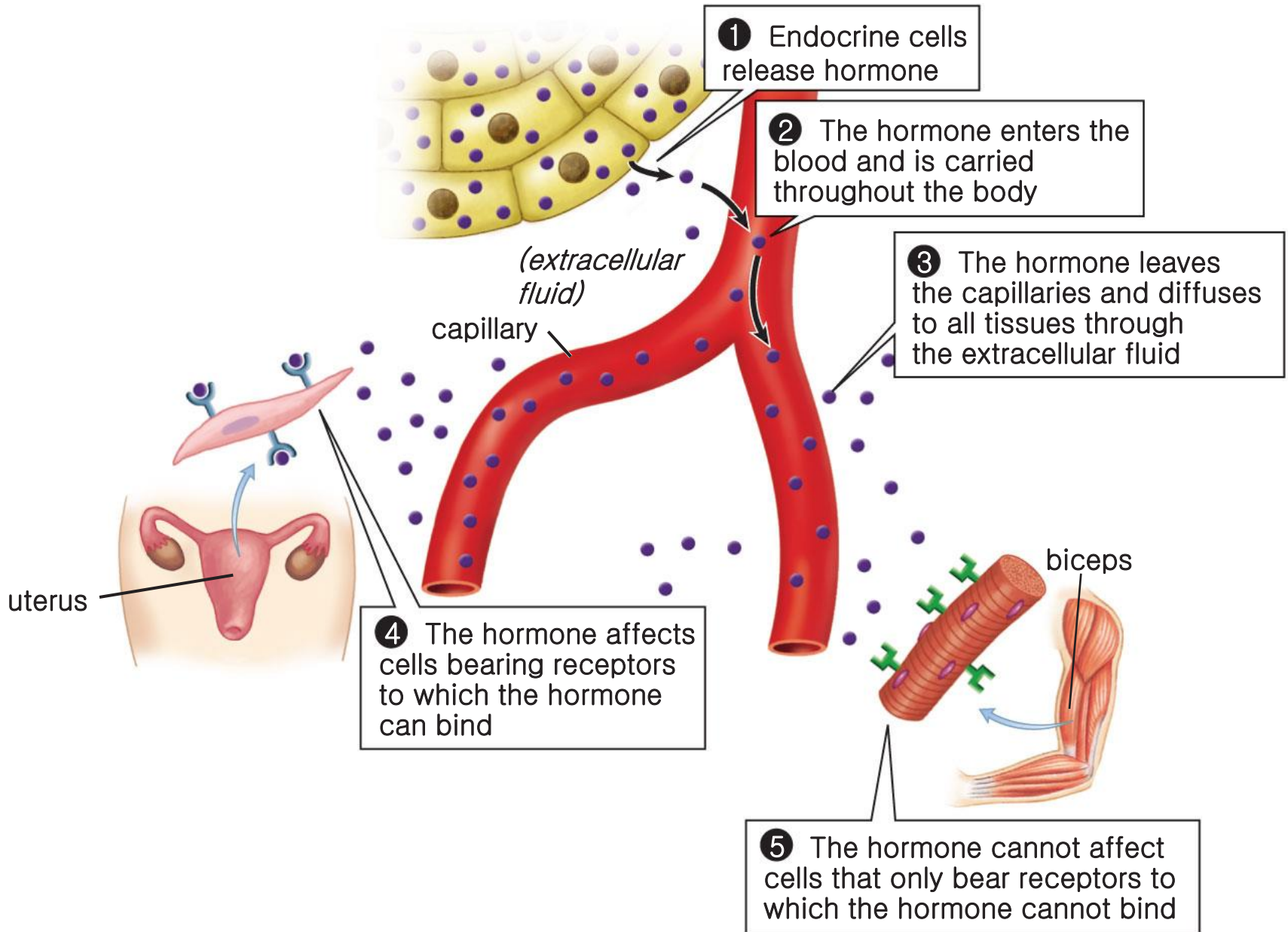
- 태아의 제대동맥 수축: 신생아 탯줄의 출혈 방지

- 분만시 자궁수축 자극

- 관절염 유발, 통증수용체 자극

- » 아스피린, 이부프로펜- 프로스타글란딘 합성효소 저해로 통증완화

- 내분비계의 호르몬: 순환계에 의해 수송
 - 내분비호르몬(endocrine hormones)
- 내분비선(특수화된 세포들)에 의해 생성된 전달 분자
 - 내분비선은 갑상선과 뇌하수체의 경우처럼 원칙적인 기능이 호르몬 분비임이 명백한 세포 집단
 - 또한 어떤 내분비선은 세포의 집단이나 각각의 세포로 분산되어 이자, 위, 난소, 정소 등과 같이 다양한 기능을 가지는 기관에 파묻혀 있다.
 - 모든 내분비선의 분비세포는 모세혈관망에 묻혀 있다.
 - 이들 세포는 모세혈관을 둘러싸는 세포외액으로 호르몬을 분비하고 이 호르몬은 모세혈관으로 확산되어 혈액에 의해 온몸으로 운반된다(그림 37-1).

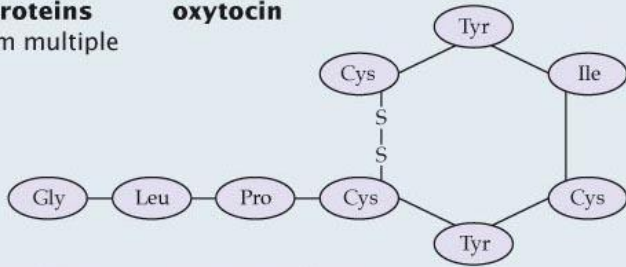
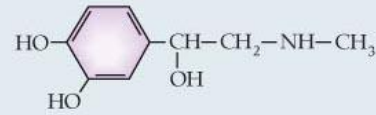
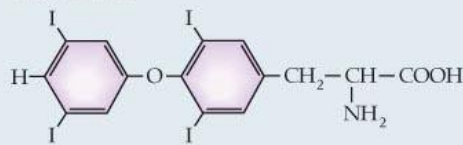
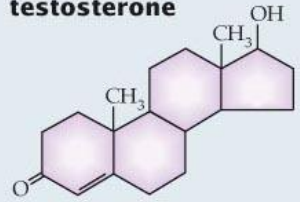
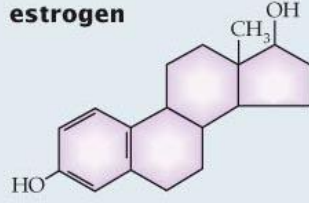


- 순환계에 의해 운반
- 호르몬에 대한 특정수용체를 가진 표적세포에만 영향
 - 옥시토신: 자궁 근육세포에만 반응
- 지속적이고 비가역적 변화 유도
 - 예) 변태: 올챙이 → 개구리, 애벌레 → 나비

37.2 동물호르몬은 어떤 일을 하는가?

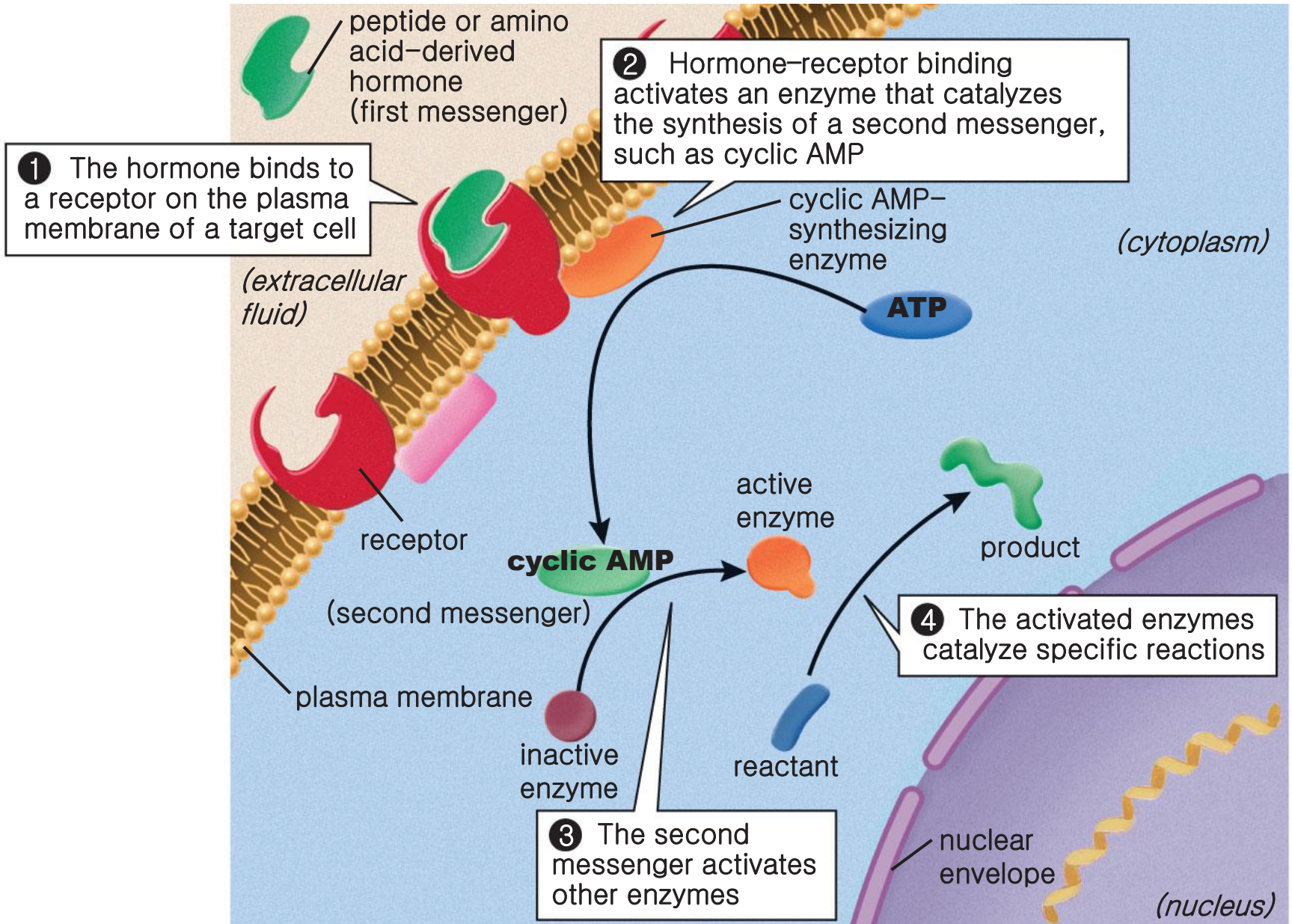
- 척추동물 내분비호르몬에 이용되는 분자는 대개 진화적으로 고대부터 존재하던 물질이다
- 척추동물 내분비 호르몬의 형태 3가지
 - 펩티드호르몬(peptide hormones): 아미노산 사슬로 구성
 - 아미노산 유도 호르몬(amino acid derived hormones): 1,2개의 아미노산으로 부터 합성
 - 스테로이드호르몬(steroid hormones): 콜레스테롤과 유사 -콜레스테롤로부터 합성

Table 37-2 The Chemical Diversity of Vertebrate Hormones

Chemical Type	Examples
Peptides and proteins (synthesized from multiple amino acids)	oxytocin 
Amino acid derivatives (synthesized from one or two amino acids)	norepinephrine  thyroxine 
Steroids (synthesized from cholesterol)	testosterone  estrogen 

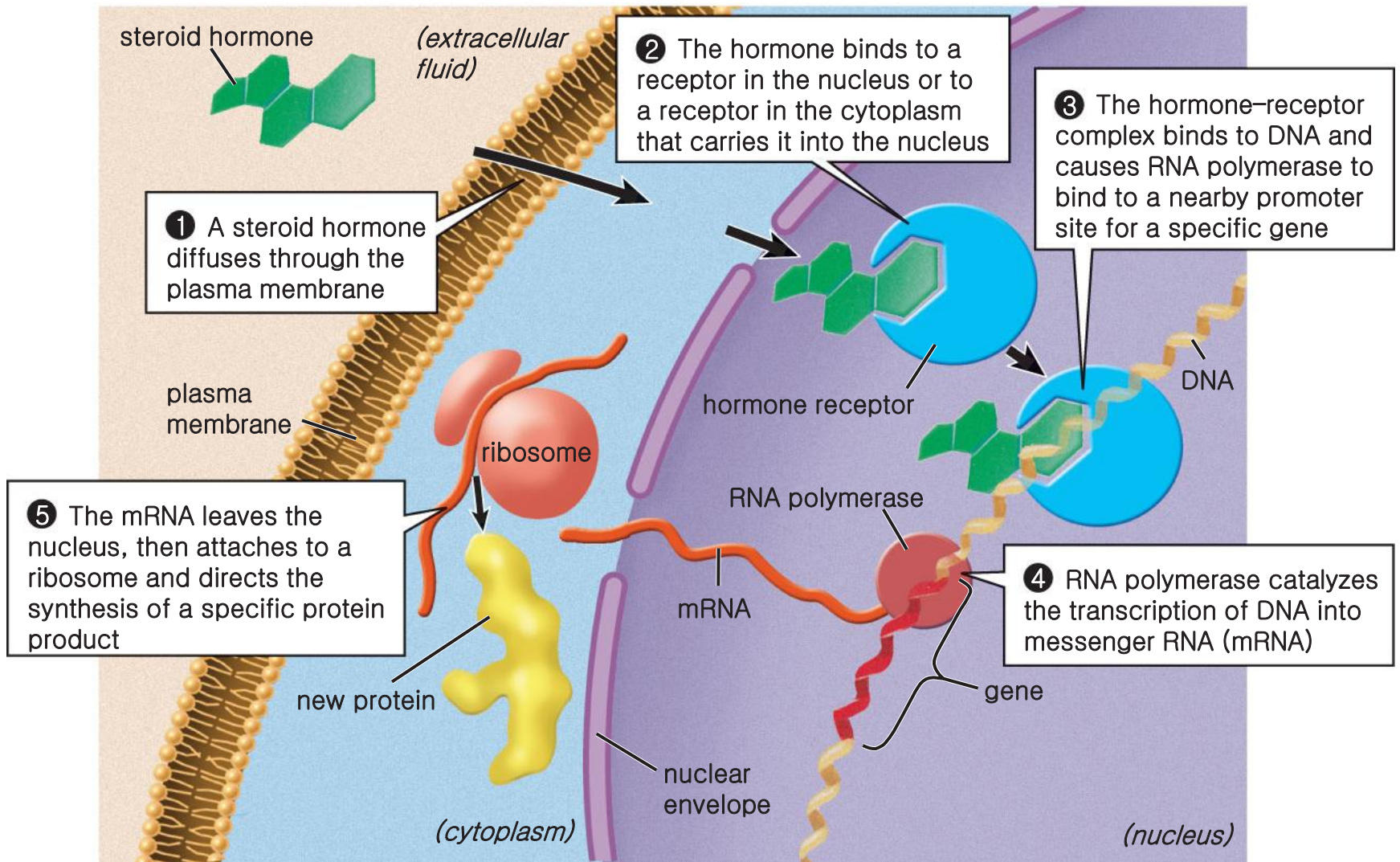
- 호르몬은 표적세포의 막이나 내부에 있는 수용체와의 결합에 의해 작용한다
- 호르몬: 표적세포의 특정 수용체와 결합
 - 특정호르몬: 표적세포의 수용체와 결합하여 정확한 조절작용
 - 표적세포 수용체의 성질에 따라 다른 효과
 - 수용체는 표적세포의 두 가지 위치에서 발견
 - 세포내부(세포질, 핵), 원형질막

- 펩티드호르몬과 아미노산호르몬은 표적세포 표면의 수용체와 결합한다
 - 수용성이나 지질에는 용해되지 않으므로 원형질막의 인지질 이중층을 통과해서 확산되지 못한다.
- 이들 호르몬의 대부분은 표적세포의 원형질막 표면에 위치하는 수용체와 결합한다(그림 37-2 ❶).
- 호르몬-수용체 결합은 세포 내부에 있는 2차 전달자(second messenger)를 합성하는 효소를 활성화 시킨다(그림 37-2 ❷).
- 일반적인 2차 전달자는 고리형 아데노신 1인산(cyclic adenosine monophosphate, cyclic AMP)인데, 이들 뉴클레오티드는 수많은 특정 세포내 효소를 활성화 시키며(그림 37-2 ❸),
- 그 결과 생화학적 반응 경로가 시작된다(그림 37-2 ❹)



- 그 반응은 호르몬, 2차전달자, 표적세포에 따라 다양하다.
 - 예) 에피네프린(=아드레날린) →심장근 막수용체와 결합 →cAMP형성 →심장근의 강한 수축(신체의 위급 상황을 돕는다)
 - 예)cAMP는 심근세포에서는 더 강한 수축을 유도하는 반면,
 - 간세포에서는 글리코겐(녹말 유사 다당류)을 포도당으로 분해하는 효소를 활성화시킨다.
 - 간세포는 인슐린에도 반응하지만 서로 다른 수용체와 세포내 반응을 이용한다
 - 인슐린은 혈액에서 포도당을 제거하고, 포도당을 글리코겐으로 전환시키도록 효소를 활성화시키고 유전자 전사를 자극한다.
- 표적세포 막의 수용체와 결합하는 호르몬은
 - 효소를 활성화시켰을 때, 빠르지만 짧은 기간만 지속되는 효과를 발휘
 - 유전자 전사에 영향을 미칠 때는 느리지만 더 오래 지속되는 효과를 발휘

- 스테로이드 호르몬은 표적세포 내부의 수용체와 결합한다
 - 스테로이드호르몬은 지용성이다.
- 대부분의 스테로이드호르몬의 작용은 원형질막을 가로질러 확산되는 호르몬으로부터 시작된다(그림 37-3 ①).
- 내부로 들어가면, 이들 호르몬은 표적세포 내부의 수용체에 결합된다(그림 37-3 ②).
 - 수용체는 핵 속에 존재하거나 세포질에서 호르몬과 결합한 후 핵 속으로 이동한다.
- 그 다음에 호르몬-수용체 복합체는 특정 유전자의 프로모터 부위의 DNA에 결합되고(그림 37-3 ③),
- mRNA의 전사를 자극한다(그림 37-3 ④).
- mRNA는 세포질로 이동해서 곧바로 단백질을 합성한다.



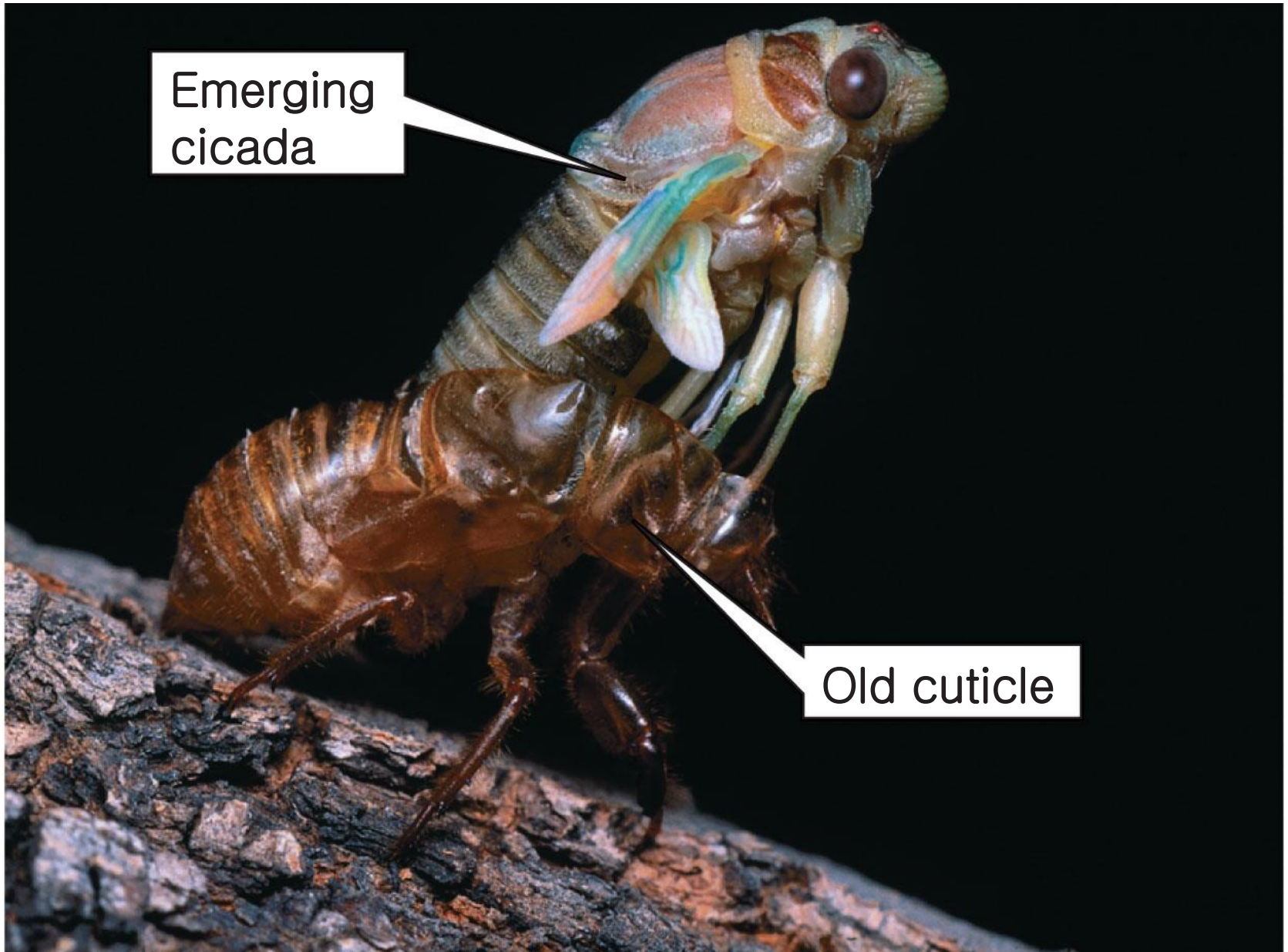
- 예) 암탉에서 스테로이드호르몬인 에스트로겐
 - 알부민(계란의 흰자 단백질)의 합성을 유도하는 알부민 유전자의 전사를 자극하여,
 - 알부민이 병아리가 발생하는 동안 영양분을 공급하도록 계란에 축적되어진다
- 스테로이드는 아닐지라도, 갑상선호르몬도 세포내에서 작용한다.
 - 원형질막을 가로질러 단순히 확산되기보다는, 갑상선호르몬은 많은 세포 종류에 능동적으로 운반된다.
 - 세포내로 들어오면, 갑상선호르몬은 세포내 수용체와 결합하고, 특정 유전자의 전사를 활성화시킨다.
 - 세포내 수용체와 결합한 호르몬은 충분한 효과를 내기 위하여 몇 분 내지는 며칠을 필요로 한다.

- 호르몬 분비는 피드백 기작에 의해 조절
- 호르몬의 조절작용: 동물에서 일반적으로 음성 피드백 이용
 - 음성피드백(negative feedback)은 변화를 거슬러서 그 본래의 상태로 반응계를 회복시키려는 반응이다
 - 호르몬 분비 → 표적세포에서 반응 촉진 → 그 반응은 더 이상의 호르몬 분비 억제
 - 예) 항이뇨호르몬: 체내의 수분조절
 - 혈액의 수분손실(더운날 땀을 흘리고 난후) → 뇌하수체의 항이뇨호르몬 분비(ADH) → 신장에서 물을 재흡수 → 혈액의 수분함량이 정상(또는 물을 마셔 수분 함량 과도) → 항이뇨호르몬 분비를 멈춤 → 신장에서 과도한 수분 제거

- 양성피드백(positive feedback): 짧은 시간 동안 호르몬 분비 촉진
 - 변화를 증대시키기 위한 반응
 - 예) 분만초기 → 자궁수축은 자궁 경부 확장 → 뇌하수체 후엽에서 옥시토신(자궁수축호르몬)분비 유도 → 자궁수축 증가 → 더 많은 옥시토신 분비 촉진 → 옥시토신은 자궁세포로부터 프로스타글란딘 생성 촉진
 - 자궁수축 증가
 - -분만후기(출산)에 음성 피드백으로 종결 → 출산 후 자궁경부 수축 → 양성 피드백 차단
 - 궁극적으로 양성피드백 유지를 제한하는 음성 피드백 체계 이용

- 척추동물, 무척추동물의 호르몬은 유사
 - 무척추동물의 호르몬이 훨씬 다양
 - 스테로이드, 펩티드 호르몬 등으로 기본적 신호체계 유지
 - 곤충의 탈피: 스테로이드 호르몬에 의해 조절
 - 곤충의 성장에는 외골격의 탈피가 필수적
 - 엑디손(ecdyson) 호르몬(스테로이드 호르몬)
 - 탈피호르몬
 - 핵내부에 위치한 수용체에 작용 →유전자 전사 야기

- 탈피의 과정
- 1. 오래된 큐티클이 단단해지면서, 감각세포는 엑디손 분비를 유도하는 또 다른 호르몬의 방출을 자극한다.
 - 엑디손은 핵에 위치하는 수용체에 작용하여 유전자 전사에 영향
- 2. 상피세포가 오래된 큐티클로부터 분리되고
- 3. 그 아래에 부드러운 새 큐티클을 분비하는 복합적 과정을 시작
- 4. 곤충은 공기를 몸에 가득 채워 몸을 부풀린다.
- 5. 오래된 큐티클을 열게 하고
- 6. 새로운 큐티클이 뻗어 나와 앞으로의 생장에 대비
- 7. 곤충이 탈피하고 나면, 곤충 형태를 한 큐티클이 남겨지게 된다
 - 살충제: 엑디손 호르몬 수용체에 영구적으로 결합
 - 곤충의 정상적 탈피를 방해하여 유생시기에 탈피를 야기시켜 죽게함



Emerging cicada

Old cuticle

37.3 포유류 내분비계의 구조와 기능 무엇인가?

- 포유류의 내분비계(endocrine system)는 내분비호르몬과 그 호르몬을 생성하는 분비선으로 구성된다.
- 시상하부와 뇌하수체 호르몬은 신체의 많은 기능을 조절한다 : 많은 핵심 호르몬계의 작용을 조절한다.
 - 시상하부(hypothalamus)는 신경분비세포라고 하는 특수화된 신경세포의 덩어리로 구성된 뇌의 부분
 - 신경분비세포(neurosecretory cell)는 펩티드호르몬을 합성하고, 저장하며, 자극을 받았을 때 그 호르몬을 분비
 - 뇌하수체(pituitary gland)는 시상하부와 자루로 연결되는 완두콩 크기의 분비선
 - 뇌하수체는 뇌하수체 전엽(anterior pituitary)과 뇌하수체 후엽(posterior pituitary)이라는 두 개의 구별된 부분으로 되어있다

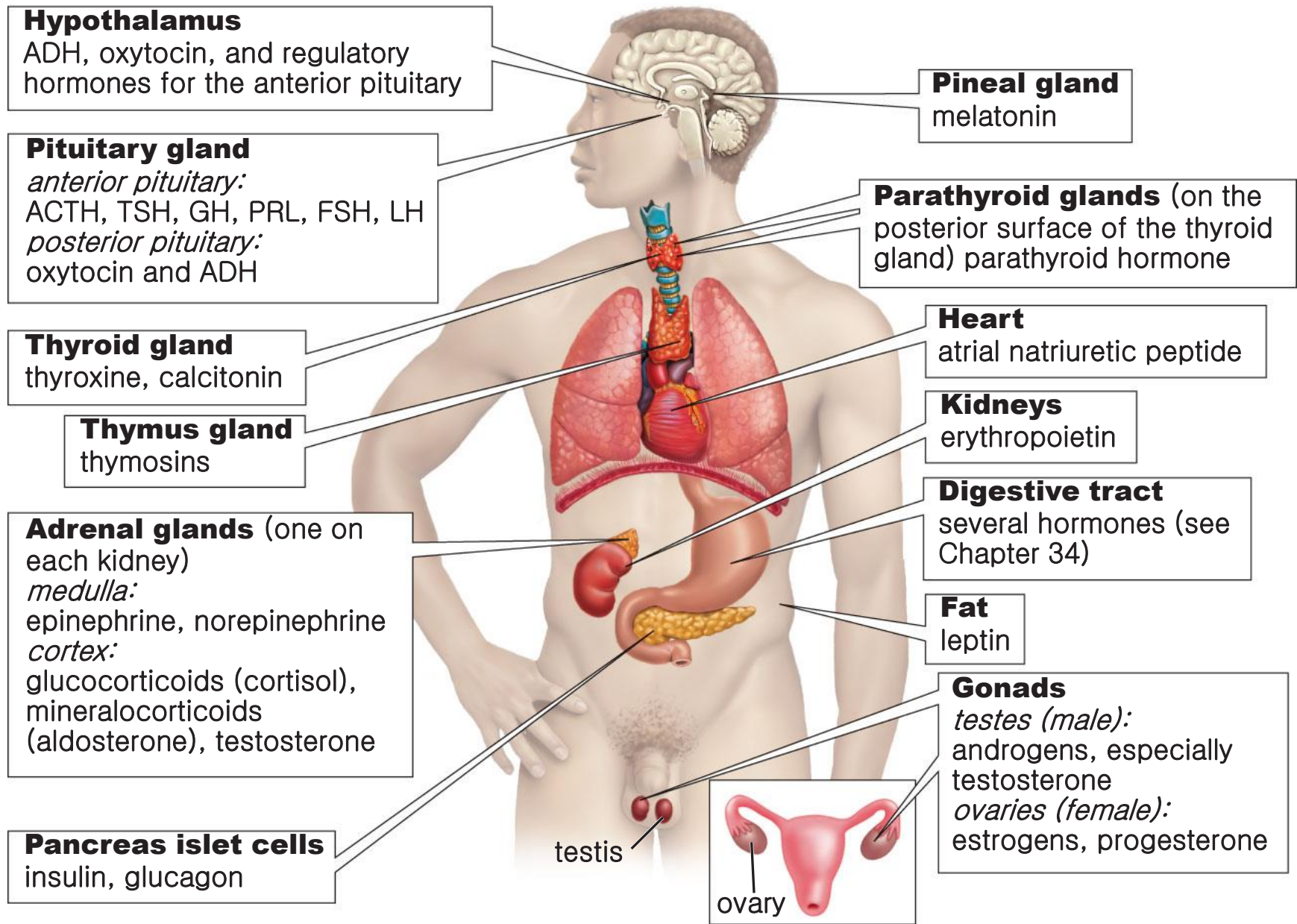


Table 37-3 Major Mammalian Endocrine Glands and Hormones

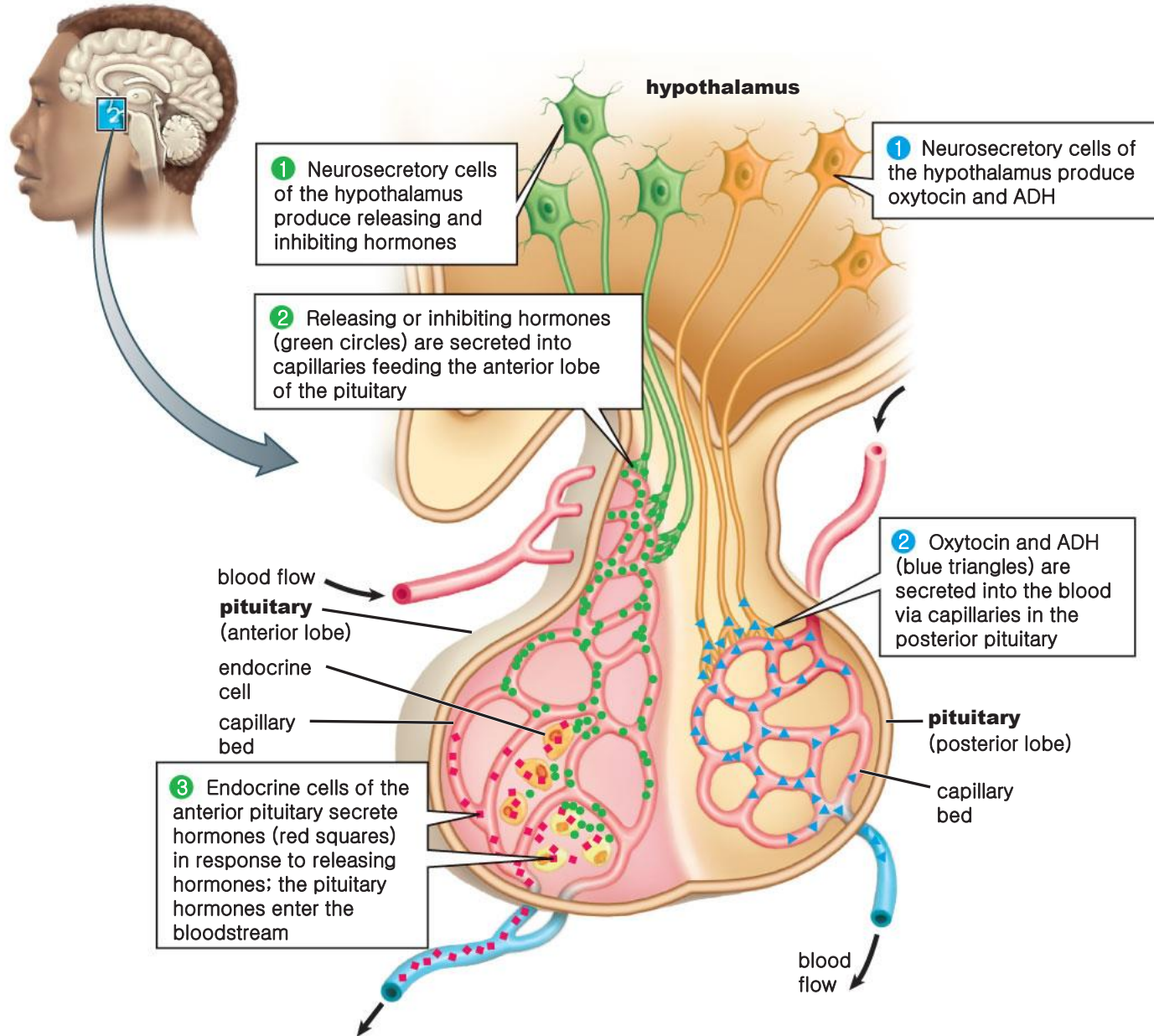
Endocrine Gland	Hormone	Type of Chemical	Principal Function
Hypothalamus (to anterior pituitary)	Releasing and inhibiting hormones (at least seven)	Peptides	Releasing hormones stimulate the release of hormones from the anterior pituitary; inhibiting hormones inhibit the release of hormones from the anterior pituitary
Anterior pituitary	Follicle-stimulating hormone (FSH)	Peptide	Females: stimulates the growth of follicles in the ovary, secretion of estrogen, and perhaps ovulation Males: stimulates the development of sperm
	Luteinizing hormone (LH)	Peptide	Females: stimulates ovulation, the growth of the corpus luteum, and the secretion of estrogen and progesterone Males: stimulates the secretion of testosterone Stimulates the thyroid to release thyroxine
	Thyroid-stimulating hormone (TSH)	Peptide	Stimulates the adrenal cortex to release hormones, especially glucocorticoids such as cortisol
	Adrenocorticotropic hormone (ACTH)	Peptide	Stimulates milk synthesis in and secretion from the mammary glands
	Prolactin (PRL) Growth hormone (GH)	Peptide Peptide	Stimulates growth, protein synthesis, and fat metabolism; inhibits sugar metabolism
Hypothalamus (via posterior pituitary)	Antidiuretic hormone (ADH)	Peptide	Promotes reabsorption of water from the kidneys; constricts arterioles
	Oxytocin	Peptide	Females: stimulates contraction of uterine muscles during childbirth, milk ejection, and maternal behaviors Males: may facilitate ejaculation of sperm
Thyroid	Thyroxine	Amino acid derivative	Increases the metabolic rate of most body cells; increases body temperature; regulates growth and development
	Calcitonin	Peptide	Inhibits the release of calcium from bones; decreases the blood calcium concentration
Parathyroid	Parathyroid hormone	Peptide	Increases blood calcium by stimulating calcium release from bones, absorption by the intestines, and reabsorption by the kidneys
Pancreas	Insulin	Peptide	Decreases blood glucose levels by increasing uptake of glucose into cells and converting glucose to glycogen, especially in the liver; regulates fat metabolism
	Glucagon	Peptide	Converts glycogen to glucose, raising blood glucose levels
Testes ¹	Testosterone	Steroid	Stimulates the development of genitalia and male secondary sexual characteristics; stimulates the development of sperm
Ovaries ¹	Estrogen	Steroid	Causes the development of female secondary sexual characteristics and the maturation of eggs; promotes the development of the uterine lining
	Progesterone	Steroid	Stimulates the development of the uterine lining and the formation of the placenta
Adrenal cortex	Glucocorticoids (cortisol)	Steroid	Increase blood sugar; regulate sugar, lipid, and fat metabolism; have anti-inflammatory effects
Adrenal medulla	Epinephrine (adrenaline) and norepinephrine (noradrenaline)	Amino acid derivatives	Increase levels of sugar and fatty acids in the blood; increase metabolic rate; increase the rate and force of contractions of the heart; constrict some blood vessels
	Mineralocorticoids (aldosterone)	Steroid	Increase reabsorption of salt in the kidney
	Testosterone	Steroid	Causes masculinization of body features, growth
Other Sources of Hormones			
Pineal gland	Melatonin	Amino acid derivative	Regulates seasonal reproductive cycles and sleep-wake cycles; may regulate onset of puberty
Thymus Kidney	Thymosin	Peptide	Stimulates maturation of T cells of the immune system
	Erythropoietin	Peptide	Stimulates red blood cell synthesis in the bone marrow
	Renin	Peptide	Acts on blood proteins to produce a hormone (angiotensin) that regulates blood pressure
Digestive tract ²	Secretin, gastrin, cholecystokinin, and others	Peptides	Control secretion of mucus, enzymes, and salts in the digestive tract; regulate peristalsis
Heart	Atrial natriuretic peptide (ANP)	Peptide	Increases salt and water excretion by the kidneys; lowers blood pressure
Fat cells	Leptin	Peptide	Regulates appetite; stimulates immune function; promotes blood vessel growth; required for the onset of puberty

¹See Chapters 41 and 42.

²See Chapter 34.

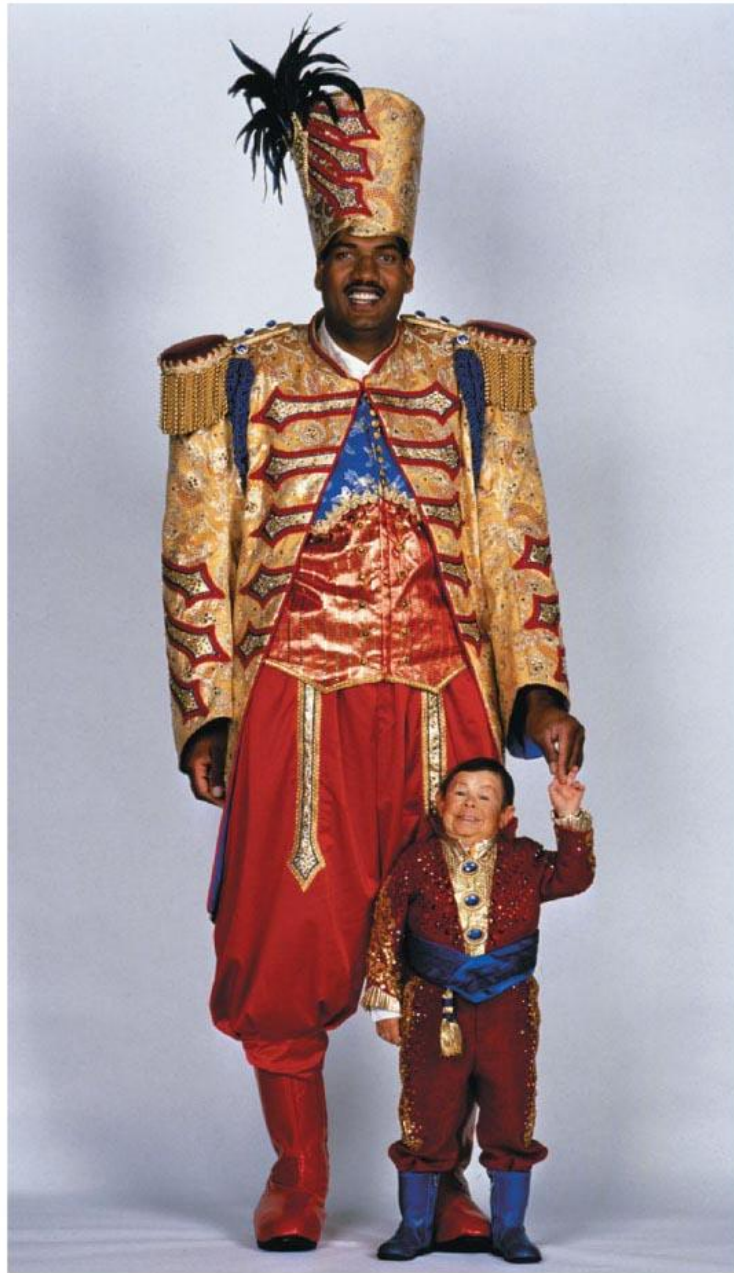
- 뇌하수체 전엽
 - 진정한 내분비선
 - 모세혈관망에 걸쳐져있는 몇 가지 종류의 호르몬 분비세포들로 구성
- 뇌하수체 후엽
 - 시상하부에 세포체를 두고 있는 신경분비세포의 말단부와 모세혈관망으로 구성
- 시상하부는 뇌하수체 양쪽 부위(전엽과 후엽)에서의 호르몬 분비를 조절

- 시상하부호르몬: 뇌하수체 전엽의 호르몬 분비 조절
- 최소 7가지의 펩티드호르몬을 생성한다(그림 37-6 녹색 경로 ①).
 - 방출호르몬: 분비촉진
 - 억제호르몬: 분비억제
- 방출호르몬과 억제호르몬은 시상하부와 뇌하수체를 연결하는 자루 부분에서 모세혈관망으로 분비되어
- 뇌하수체 전엽의 내분비세포를 감싸고 있는 2차 모세혈관망까지 혈관을 통하여 짧은 거리를 이동(그림 37-6 녹색 경로 ②).
- 그곳에서 이들 호르몬은 모세혈관 밖으로 확산되어,
- 뇌하수체 내분비 세포의 표면 수용체와 결합한다.



- 뇌하수체전엽: 다양한 호르몬 생성 , 분비
 - 뇌하수체 전엽: 몇가지 펩티드 호르몬 생성,
 - 이중 4가지: 다른 내분비선의 호르몬 생성 조절
 - » 여포자극호르몬(FSH), 황체형성 호르몬(LH): -수컷에서 정자, 테스토스테론 생성 촉진-암컷에서 난자, 에스트로겐과 프로게스테론 생성 촉진
 - » 갑상선자극호르몬(TSH): 갑상선을 자극하여 갑상선 호르몬을 분비하게 함
 - » 부신피질자극호르몬(ACTH): 부신피질에서 코르티솔(cortisol)호르몬을 분비하게 함

- 나머지는 다른 내분비선에 작용하지 않음
 - 프로락틴(Prolactin): 임신 동안 유선발달 촉진
 - 성장호르몬(GH): 모든 체세포에 작용하여
 - » 신체의 성장조절,
 - » 단백질합성, 지방이용, 탄수화물 저장 증가
 - » 유년기에 뼈의 성장을 자극- 성인이 되었을때 최종 몸의 크기에 영향 (키의 차이는 GH양의 차이), GH의 뼈의 성장능력은 상실되나 지속적으로 물질대사를 조절함
 - » 유전자재조합기술로 성장호르몬의 대량 생산- 왜소증 치료



- 뇌하수체 후엽: 시상하부 세포에 의해 생성된 호르몬 분비

• 2가지 경로:

- 뇌하수체 후엽에서 가는 섬유(축삭)를 통해 호르몬 분비(그림 37-6 청색 경로 ①).

- 모세혈관망에 있는 이들 축삭 말단은 신체의 표적세포로 혈액을 통해 운반되는 호르몬을 분비한다(그림 37-6 청색 경로 ②).

• 신경분비세포 말단이 위치: 모세혈관 망에 걸쳐있어서 호르몬을 혈액으로 운반

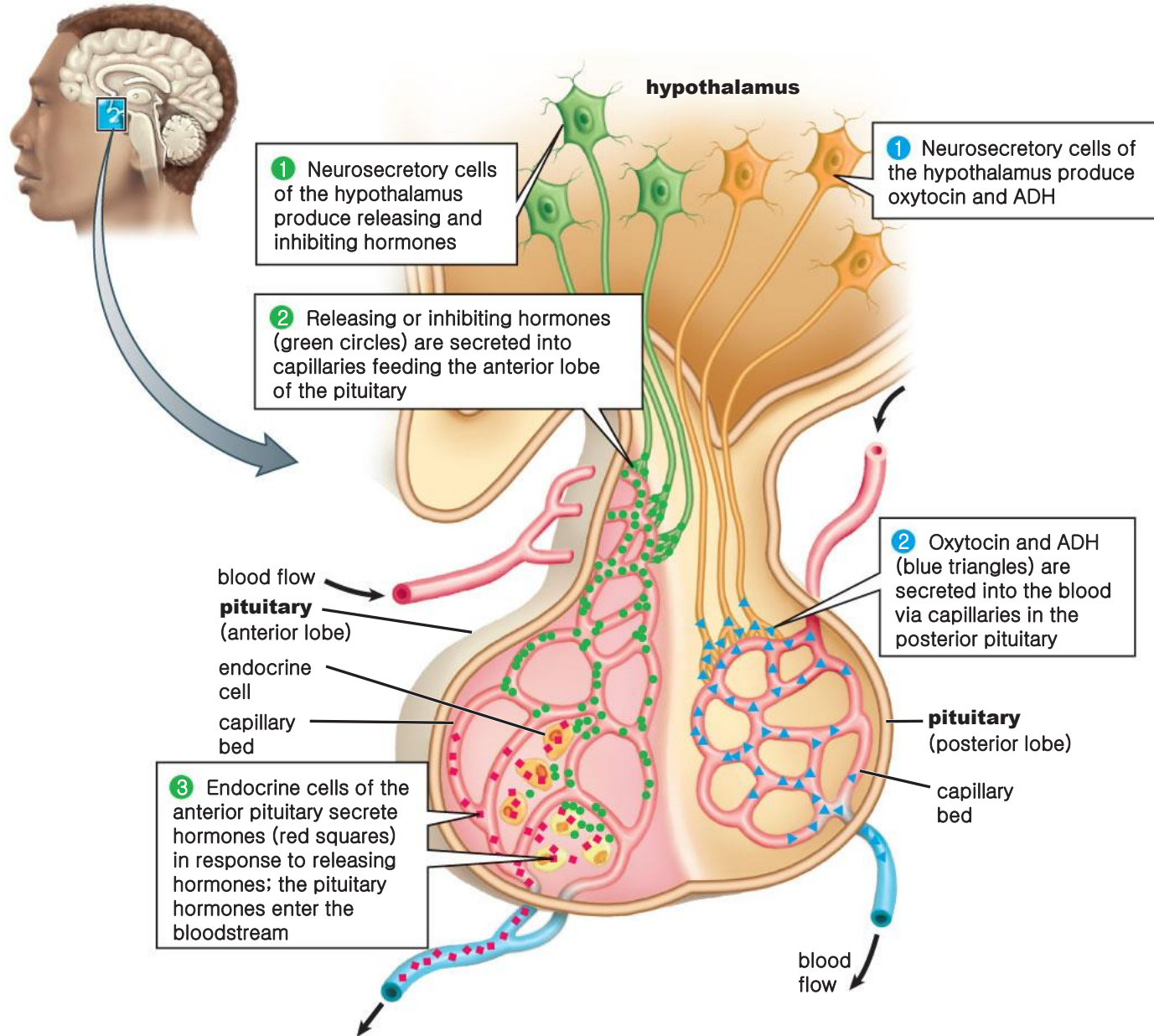
- 항이노호르몬, 옥시토신(펩티드호르몬): 시상하부에서 합성되어 뇌하수체 후엽에서 분비

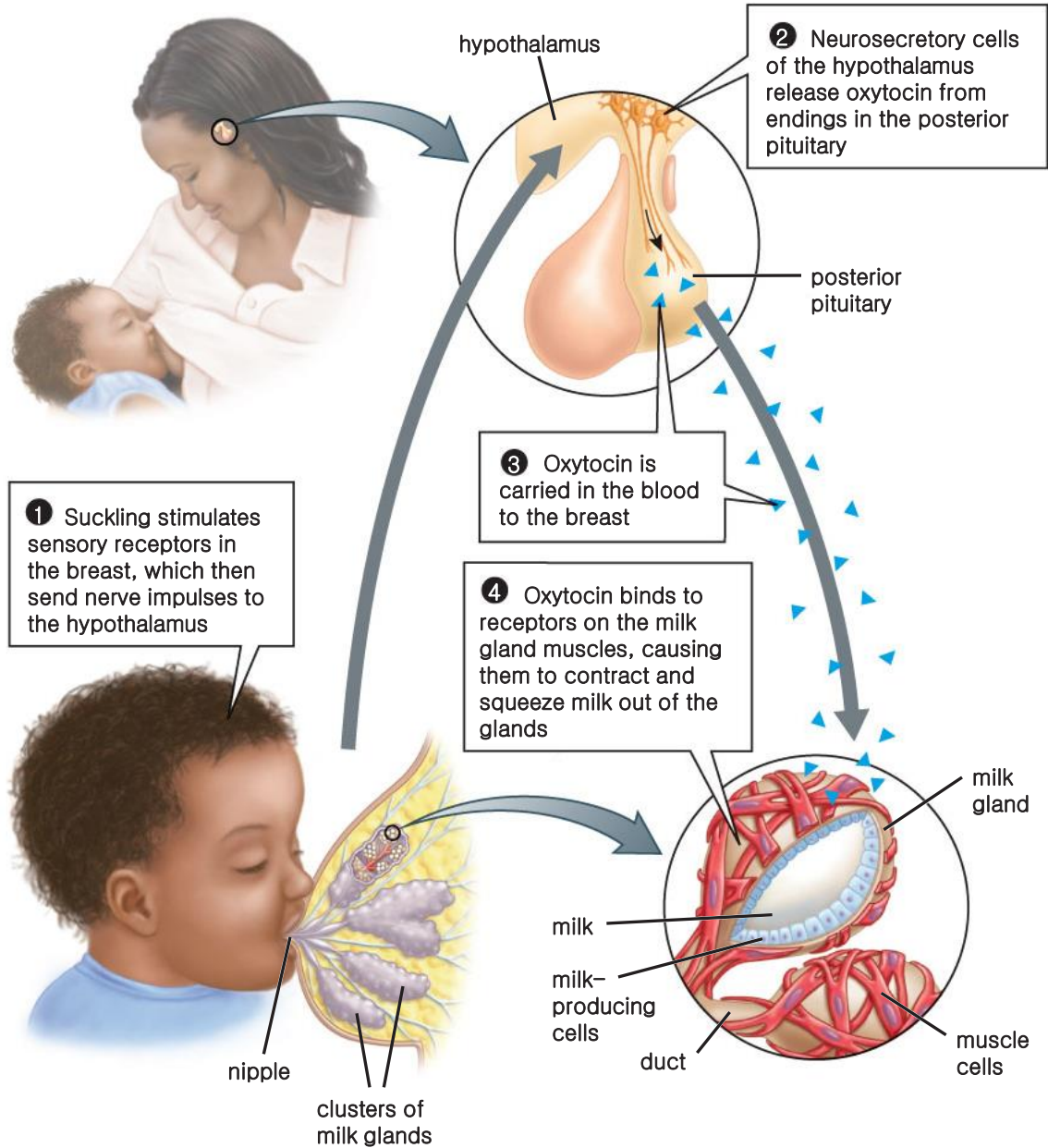
- 항이노호르몬: 탈수방지

» 신장의 물 투과성 증가로 수분 재흡수

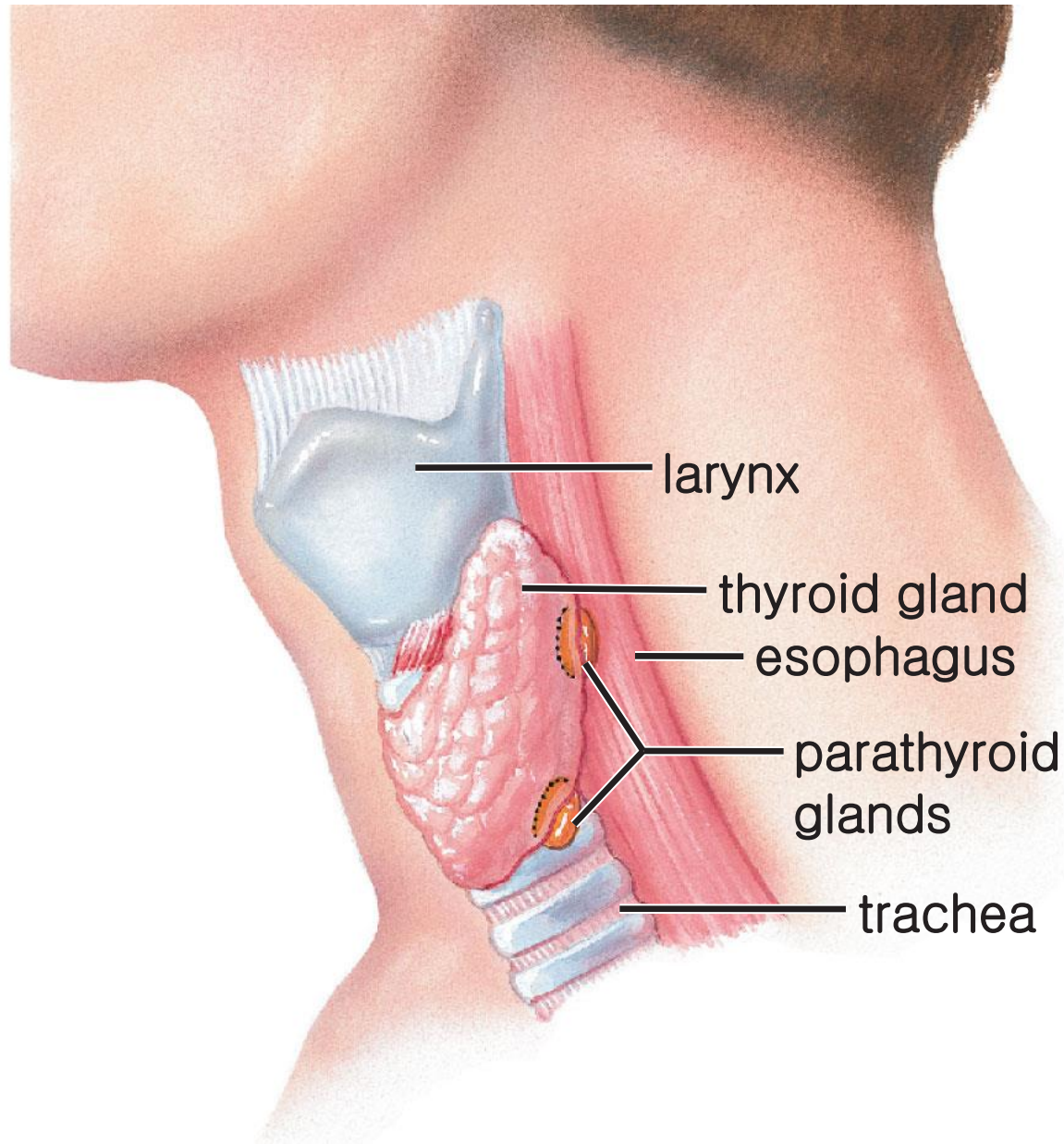
- 옥시토신: 분만시 자궁수축, 수유자극의 결과로 우유분비 촉진

» 실험동물 암컷의 모성자극, 수컷의 사정을 수월하게 해





- 갑상선, 부갑상선: 물질대사, 칼슘수준에 영향
 - 갑상선(thyroid glands):
 - 목의 앞쪽, 후두 바로 아래 위치
 - 티록신, 칼시토닌 호르몬 분비
 - 부갑상선(parathyroid gland)
 - 내분비세포들이 갑상선 뒷면에 각각 한 쌍씩 두 쌍의 작은 원반으로 이루어져 있다.
 - 부갑상선호르몬 방출

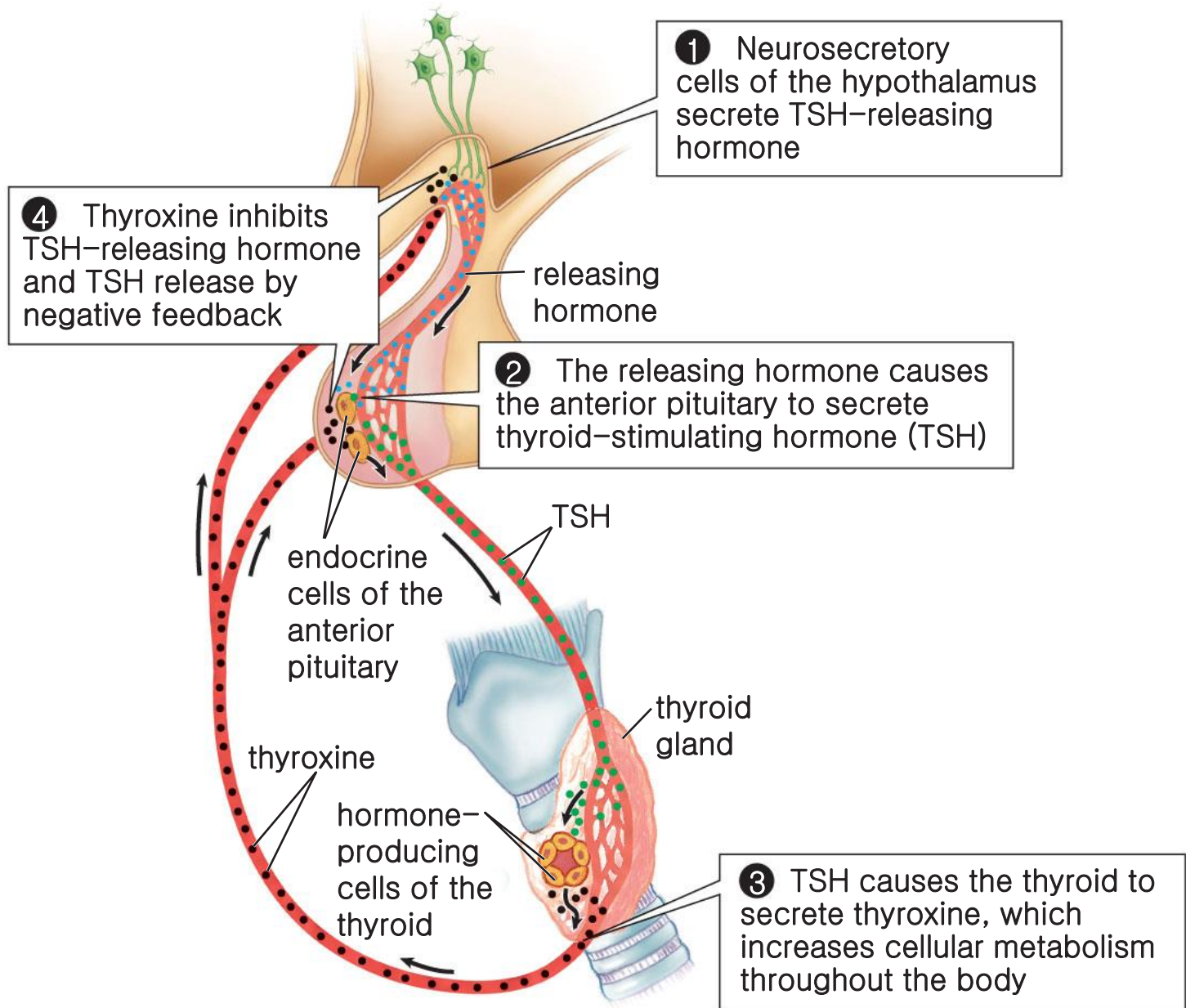


- 티록신은 에너지 대사에 영향을 미친다
 - 티록신은 유전자 활성을 조절하는 세포내 수용체에 결합함으로써 작용한다.
- 갑상선호르몬(티록신)
 - 포도당을 분해하여 에너지를 생성하는 효소의 합성을 자극
 - 미토콘드리아에 직접 작용하는 방식에 의해 많은 신체 세포의 대사율을 증가
 - 성인에서 티록신의 수준은 세포 물질대사의 휴지율을 결정한다.
 - 티록신의 정상 수준은 정신적 안정에 필요하다

- 적은 티록신양
 - » 정신적 육체적 무기력
 - » 식욕저하
 - » 체중증가, 추위를 느낌
- 많은 티록신 양
 - » 불안과 과민증세
 - » 식욕증대
 - » 더위느낌
- 미성숙 개체: 물질대사율과 신경계 발달 모두 자극
 - 발생초기 티록신 호르몬 결핍: 크레틴증
 - 정신적, 육체적 발생과정의 지연-초기 약물투여로 치료가능
- 요오드 부족: 티록신 생성 감소 →갑상선종 야기
 - 많은 티록신 생성 세포수를 증가시키고 정상적 호르몬 수 치복원을 유도(피드백 기작) → 갑상선의 과도한 성장 초래 →갑상선종(비대증, goiter) 야기



- 티록신 분비는 시상하부와 뇌하수체 전엽에 의해 조절된다
 - 혈액의 티록신 수치는 음성피드백 고리에 의해 만들어져서(그림 37-11 ①)
 - 뇌하수체 전엽으로 이동하여 TSH의 방출을 유도한다(그림 37-11 ②).
 - TSH는 혈액을 통해 갑상선으로 이동해서 티록신의 분비를 자극한다(그림 37-11 ③).
 - TSH-방출호르몬과 TSH의 분비는 음성피드백으로 조절된다(그림 37-11 ④).
 - 혈액으로 순환되는 티록신의 적당한 농도는 시상하부의 TSH-방출호르몬과 뇌하수체 전엽의 TSH 분비를 억제하여 갑상선에서의 더 많은 티록신 방출을 억제한다



- 티록신은 서로 다른 척추동물에서 다양한 효과를 보인다
 - 티록신은 사람 이외의 척추동물에서 많은 부가적인 기능을 조절한다.
 - 예) 양서류에서는 티록신이 변태 효과
 - 1912년 호르몬 작용에 대한 최초 증거의 하나로, 올챙이에게 잘게 썬 말의 갑상선을 섭취시켰다.
 - 그 결과 올챙이가 미성숙한 채로 작은 크기의 성체 개구리로 변태하였다.
- 티록신은 대부분 척추동물의 계절적 탈피도 조절한다.
 - 뱀이나 새, 개에서, 티록신 농도의 급격한 상승은 피부, 깃털, 털의 탈락을 자극

- 부갑상선(parathyroid glands)
- 부갑상선호르몬과 칼시토닌은 칼슘 대사를 조절한다
 - 부갑상선호르몬(PTH)과 칼시토닌(갑상선 호르몬) 분비
 - 혈액과 세포간의 칼슘농도 조절
 - » 칼슘: 신경, 근육 기능에 필수적
 - » -뼈는 칼슘의 저장, 이용장소로 작용
 - 혈중 칼슘농도 저하 → 부갑상선 호르몬 방출 → 뼈로부터 칼슘 방출 촉진, 신장의 칼슘 재흡수 촉진
 - 혈중 칼슘농도 과도 → 부갑상선 호르몬 분비억제(음성 피드백), 칼시토닌 방출 → 칼슘방출 억제(뼈의 성장), 신장의 칼슘 재흡수 억제

- 이자: 외분비선, 내분비선 모두 존재

- 이자(pancrease)

- 외분비물 (소화액)→이자관 →소장

- 내분비물(인슐린, 글루카곤-펩티드호르몬)-섬세포(islet cells)에서 생성

- 탄수화물, 지방의 물질대사 조절(일정양을 유지)-길항작용

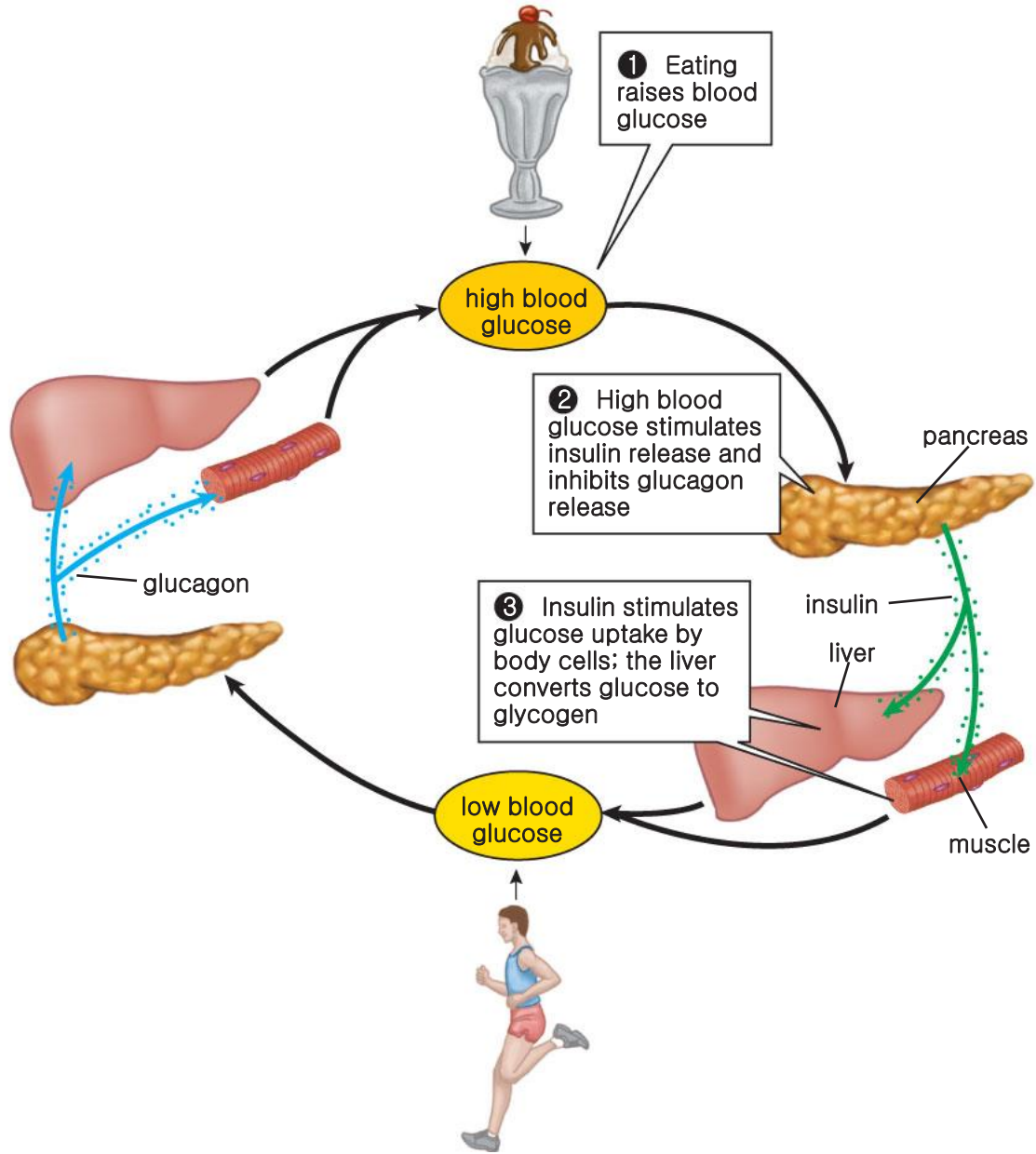
- » 인슐린: 혈당량 감소

- » 글루카곤: 혈당량 증가

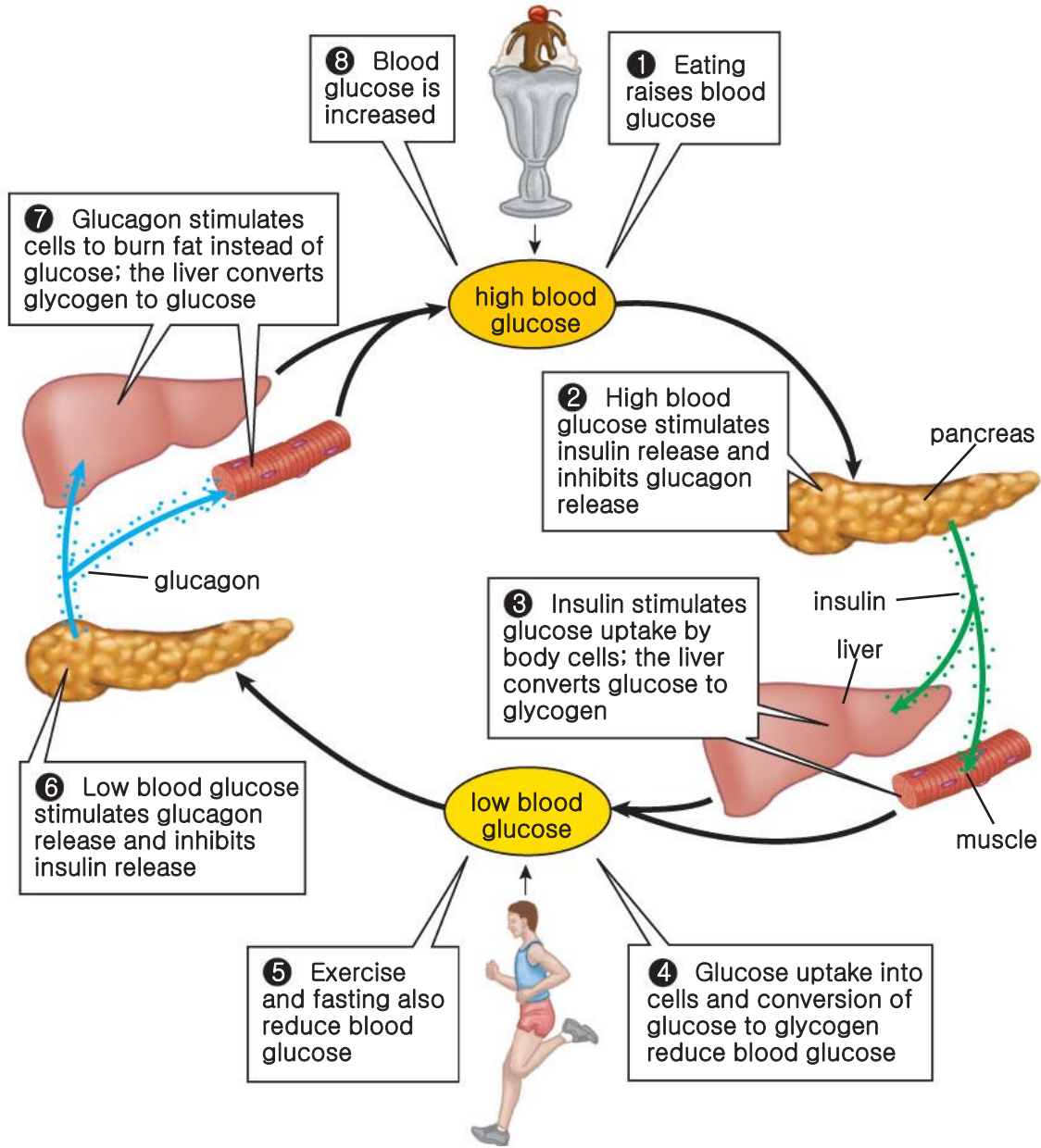
- 혈당상승(식후) →인슐린 분비 →체세포는 포도당 흡수 →에너지로 사용을 위해 지방이나 글리코겐으로 전환하여 저장

- 혈당저하(공복) →글루카곤 분비 →간의 효소활성화(글리코겐을 포도당으로 전환), 지질분해촉진 →혈액으로 포도당, 지방산 방출

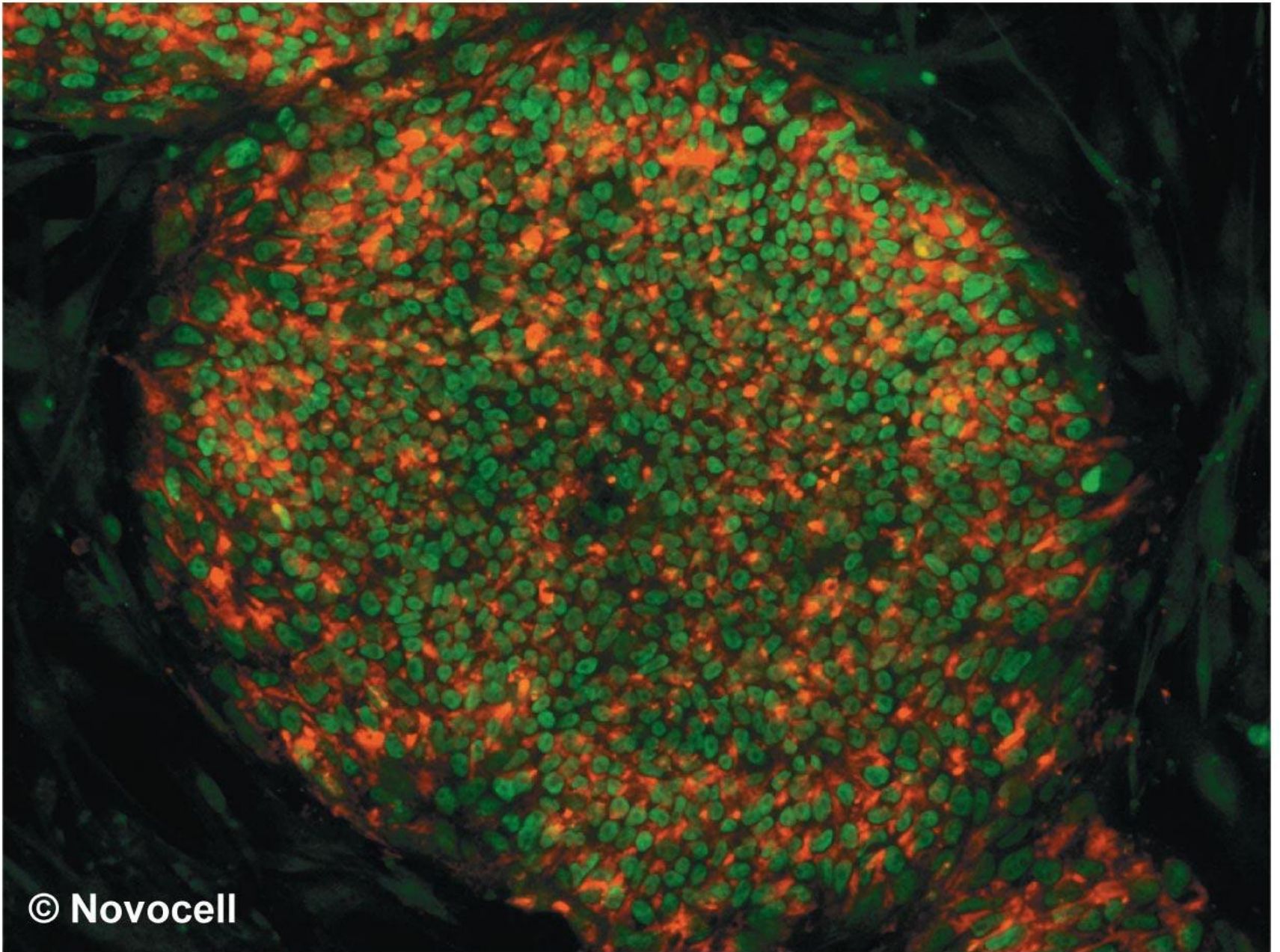
- 인슐린과 글루카곤은 혈액의 포도당 농도를 조절한다
 - 인슐린과 글루카곤은 탄수화물과 지방의 물질대사를 조절하며 서로 길항작용을 한다.
 - 인슐린은 혈당량을 감소시키는 반면 글루카곤은 혈당량을 증가시킨다(그림 37-12). 따라서 두 호르몬은 혈당량을 거의 일정한 수준으로 유지하도록 도와준다.
- 예를 들어 혈당량이 상승하게 되면(식사를 한 후에, 그림 37-12 ❶)
- 이자는 인슐린을 방출한다(그림 37-12 ❷).
- 인슐린은 체세포가 포도당을 흡수하도록 유도하며(그림 37-12 ❸) 포도당 물질대사를 통한 에너지 획득 또는 지방이나 글리코겐(간이나 골격근에 저장되는 포도당 중합체)으로 전환시킨다.



- 혈당량이 떨어졌을 때(아침 식사를 거르거나 장거리 달리기를 한 후, 그림 37-12 ④, ⑤),
 - 인슐린 분비는 억제되고 글루카곤 분비가 자극된다(그림 37-12 ⑥).
 - 글루카곤은 간에서 글리코겐을 분해시키는 효소를 활성화시키고 포도당을 혈액으로 방출한다(그림 37-12 ⑦).
 - 또한 글루카곤은 지질분해를 촉진하여, 에너지를 위해 대사될 수 있는 지방산을 방출시킨다.
 - 이러한 작용은 혈당량을 증가시키며(그림 37-2 ⑧)
 - 글루카곤 분비는 억제된다. 만일 혈당량이 너무 증가되면 인슐린이 또다시 분비된다



- 당뇨병(diabetes mellitus): 인슐린 생성 결핍, 인슐린 표적세포의 반응 실패
 - 음식섭취와 함께 혈액내의 당의 농도가 높아짐
 - 혈당의 변화가 심함
 - 많은 체세포는 인슐린에 의해 자극되지 않는 한 포도당을 흡수할 수 없기 때문에 그 대신으로 대부분의 에너지원으로 지방에 의존한다.
 - 이러한 작용은 혈액으로 순환되는 지방(콜레스테롤을 포함하여)의 농도를 높게 한다
 - 광범위한 순환계 문제 야기
 - 고혈압, 동맥경화, LDL수준 증가
 - 순환계 손상 →심장발작, 실명, 신부전 유발
 - 치료: 유전자 재조합 기술로 박테리아에서 인간 인슐린 대량 생산



© Novocell

- 생식기관은 배우자와 성호르몬을 생성한다
- 생식기관: 스테로이드 호르몬
 - 정소, 난소
 - 고환(testes): 안드로겐(androgens)이라 부르는 몇가지 스테로이드 호르몬 분비
 - 테스토스테론(testosterone)
 - 난소(ovary): 스테로이드 호르몬 분비
 - 에스트로겐(estrogen)
 - 프로게스테론(progesterone)
- 사춘기에 성호르몬의 생성이 급증할지라도 성호르몬은 태아 시기부터 존재한다.
 - 성호르몬은 남성과 여성 모두의 성장에 영향을 미치고 일생 동안 계속해서 행동과 뇌의 기능에 영향을 미친다

• 성호르몬 수치는 사춘기에 증가한다

- 성호르몬은 사춘기에 중요역할

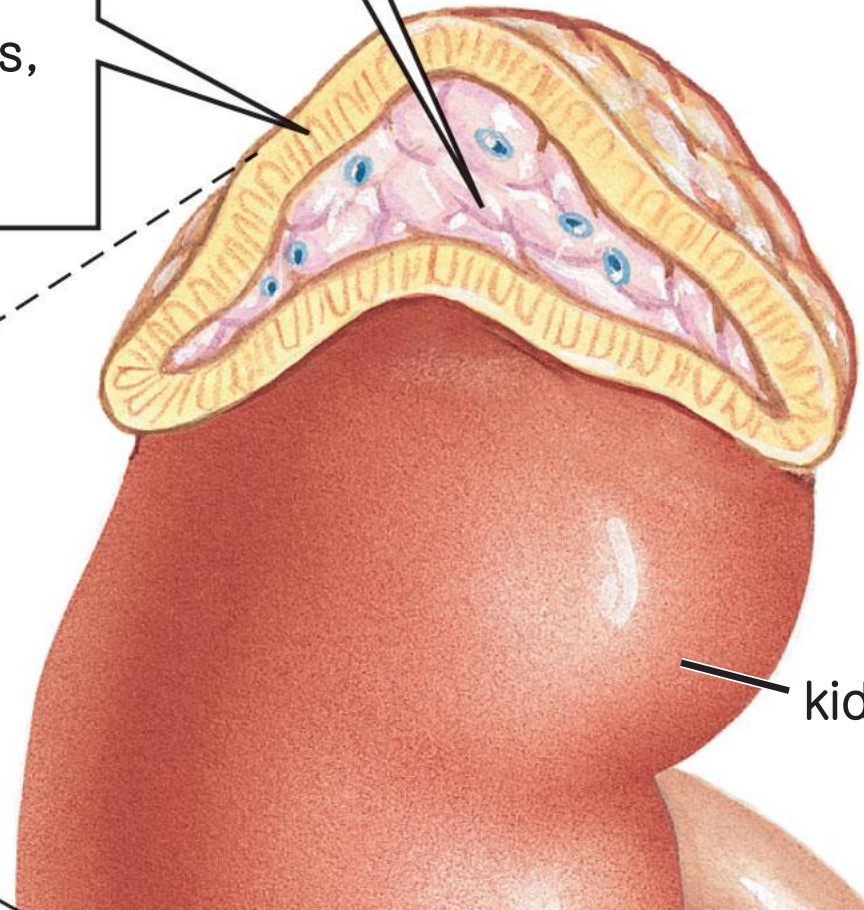
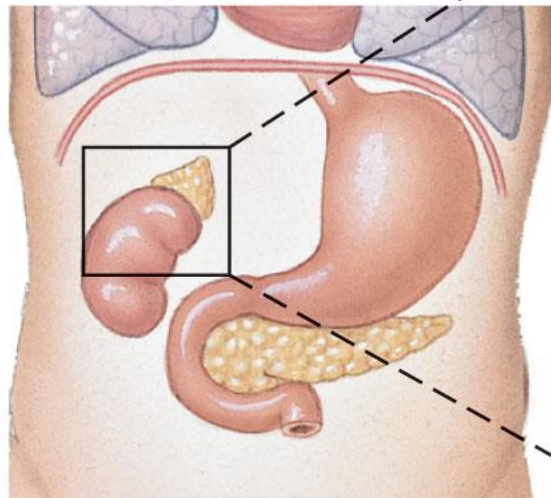
- 시상하부가 방출호르몬 양 증가 → 뇌하수체 전엽 자극 → 황체형성호르몬(LH), 여포자극호르몬(FSH)을 혈액으로 분비 → 고환, 난소의 표적세포 자극 → 성호르몬 생성
- 성호르몬 순환 증가 → 몸 전체 조직에 영향(수용체를 가지는 세포들) → 음모, 겨드랑이 털 성장
- 테스토스테론(고환) → 2차성징 촉진, 정자형성 촉진
- 에스트로겐(난소) → 유선발달, 성숙된 난자 생성
- 프로제스테론(난소): 수정란을 받아들이고 영양분을 공급하도록 생식관의 임신 준비
- 농업, 산업활동의 환경오염: 호르몬 체계 교란



- 부응수질은 물질대사를 조절하고 스트레스에 반응하는 호르몬을 분비한다 - 부신피질, 부신
- 부신피질(adrenal cortex): 부신의 바깥층
 - 3가지 스테로이드 호르몬 분비
 - 글루코코르티코이드(glucocorticoid): 포도당 대사를 조절
 - 염류코르티코이드: 염류의 대사를 조절
 - 소량의 테스토스테론
- 시상하부의 방출호르몬 → 뇌하수체 전엽 → 부신피질 자극호르몬(ACTH) 분비 → 글루코코르티코이드 분비 촉진
 - 글루코코르티코이드는 스트레스, 외상, 극한 온도에서의 노출 등과 같은 자극에 대한 반응으로 방출된다.
 - 음성피드백 조절작용

The adrenal medulla secretes epinephrine and norepinephrine

The adrenal cortex secretes glucocorticoids, mineralocorticoids, and testosterone



kidney

- 1. 코르티솔(cortisol): 가장 많이 분비되는 글루코코르티코이드

- 신체가 스트레스에 놓여있을때 분비
 - 신체가 단기 스트레스 유발원에 대항하도록 도와줌
- 코르티솔은 포도당 생성 자극, 근육세포에 의한 포도당 흡수 억제, 에너지 생성을 위한 지질 이용 촉진 등의 작용으로 혈당량을 증가시킨다
- 혈당량증가(포도당 생성 자극)-뇌세포는 에너지원으로 포도당만 이용
 - (티록신, 인슐린, 글루카곤, 에피네프린, 코르티졸등 여러 호르몬이 포도당 대사에 관여)

- 2. 염류코르티코이드: 알도스테론 (aldosterone)

- 혈액의 나트륨 함량 조절
 - » 나트륨: 신경세포의 전기적 기작 유지
- 혈액내의 나트륨농도 저하 →부신피질은 알도스테론 분비 →신장, 땀샘에서 나트륨 유지
- 나트륨 농도 상승(음식) →알도스테론 분비 차단(음성 피드백)

- 3. 테스토스테론(남성호르몬)

- 남, 녀 모두에서 생성
 - » 부신수질의 종양: 과도한 테스토스테론 분비 유도→여성의 남성화 초래

- 부신 수질은 아미노산-유래 호르몬을 생성한다
 - 부신수질(adrenal medulla): 각 부신의 중심에 위치
 - 2가지 호르몬 분비: 에피네프린(epinephrine)=아드레날린 , 소량의 노르에피네프린(norepinephrine)=노르아드레날린
 - 아미노산 유도물
 - 신체를 위급상황으로 부터 준비
 - » 심장박동, 호흡률 증가
 - » 혈당상승
 - » 혈액흐름을 소화관으로 부터 뇌, 근육쪽으로 유도
 - » 폐의 공기유입을 증가-효과적인 가스교환-기도가 수축된 천식환자에게 에피네프린 유사물질 처방
 - 신경조직으로 부터 발생한 분비세포로 구성
 - 호르몬 분비는 신경계에 의해 조절
 - 교감신경계에 의해 활성화

- 송과선, 흉선, 신장, 심장, 소화관, 지방세포
 - 송과선(pineal gland)
 - 뇌의 두 반구 사이에 위치
 - 시상하부 상단 후부
 - 솔방울 모양과 유사(송과선이란 이름 유래)
 - 기능은 완전히 알려져있지 않다
 - **멜라토닌(melatonin) 호르몬(아미노산유도체) 분비**
 - 포유류의 눈에 의해 조절되는 일상리듬에 의해 분비
 - » 계절적 생식주기 조절(계절마다 다른 하루 주기에 반응)
 - 인간의 수면-기상주기에 영향(?)
 - » 어둠은 멜라토닌 생성 촉진, 밝은 빛은 멜라토닌 생성 억제
 - » -멜라토닌은 수면제로 판매
 - » -과도한 멜라토닌은 계절성 우울증 유발(겨울의 짧은 낮)-
햇빛을 쬐임으로써 증상완화

- 흉선(thymus)

- 흉골뒤편의 흉강에 위치
- 백혈구 저장
- 티모신(thymosin) 호르몬 생성
 - 면역계의 중요한 특화된 T세포 발생 자극
- 유년기에 흉선크기는 크나 사춘기 이후 성호르몬의 영향으로 크기 감소
 - 노년기에는 적은수의 T세포 생산으로 면역력 저하

- 신장

- 혈액의 산소함량 감소 → 신장은 적혈구생성인자 (erythropoietin, 펩티드호르몬) 호르몬 분비
 - 적혈구 생성을 증가시키도록 골수 자극
- 저혈압(출혈) → 레닌(renin)이라는 효소 생성 → 혈액내의 단백질로부터 안지오텐신(angiotensin) 호르몬 생성 촉진
 - 동맥수축 → 혈압 상승
 - 부신피질로부터 알도스테론 분비 촉진 → 신장이 혈액내 나트륨 유지, 삼투압 증가 → 물을 끌어당기고 유지하여 혈액량 증가

- 위장, 소장

- 소화작용을 조절하는 다양한 펩티드호르몬 분비
 - 가스트린(gastrin), 그렐린, 세크레틴(secretin), 콜레시스토키닌(cholecystokinin) 호르몬: 소화활동 조절
- 34장 참고- 음성되먹임 조절
 - 가스트린(gastrin): 위내벽에서 분비- 위산분비촉진
 - 세크레틴(secretin): 소장세포벽- 소장속으로 소화액 방출 자극
 - 콜레시스토키닌(cholecystokinin): "
 - 위운동억제펩티드(gastric inhibitory peptide): 암죽내의 지방산과 당류에 의해 자극

- 심장

- 심방성나트륨이뇨펩티드(artrial natriuretic peptide, ANP)

- 심장팽창으로 혈액량 증가 시 심방 세포에 의해 방출

- ANP는

- 항이뇨호르몬과 알도스테론의 방출을 억제하고
- 나트륨의 배설을 증가시킨다.
- ANP에 의해 신장에서의 물과 염류의 재흡수가 감소되고 혈액량은 낮아지게 된다.

- 지방

- 지방세포에서 펩티드호르몬 분비
- 렙틴(leptin)호르몬
 - 체지방조절을 돕는다
 - » 지방조직이 신체에게 지방질 축적이 어느 정도인지, 그래서 얼마나 섭취해야 하는지를 렙틴 방출에 의해 알려준다는 가설 설정
 - 새 모세혈관의 성장 촉진, 상처회복 촉진
 - 면역계 자극
 - 제 2차 성징의 발달개시에 필요
- 신체의 많은 다른 세포들도 호르몬을 생성하며, 더 많은 종류의 호르몬이 밝혀져야 될 과제로 남아 있다

