

# Sistem Endokrin

Herlihy

# Kelenjar dan Hormon

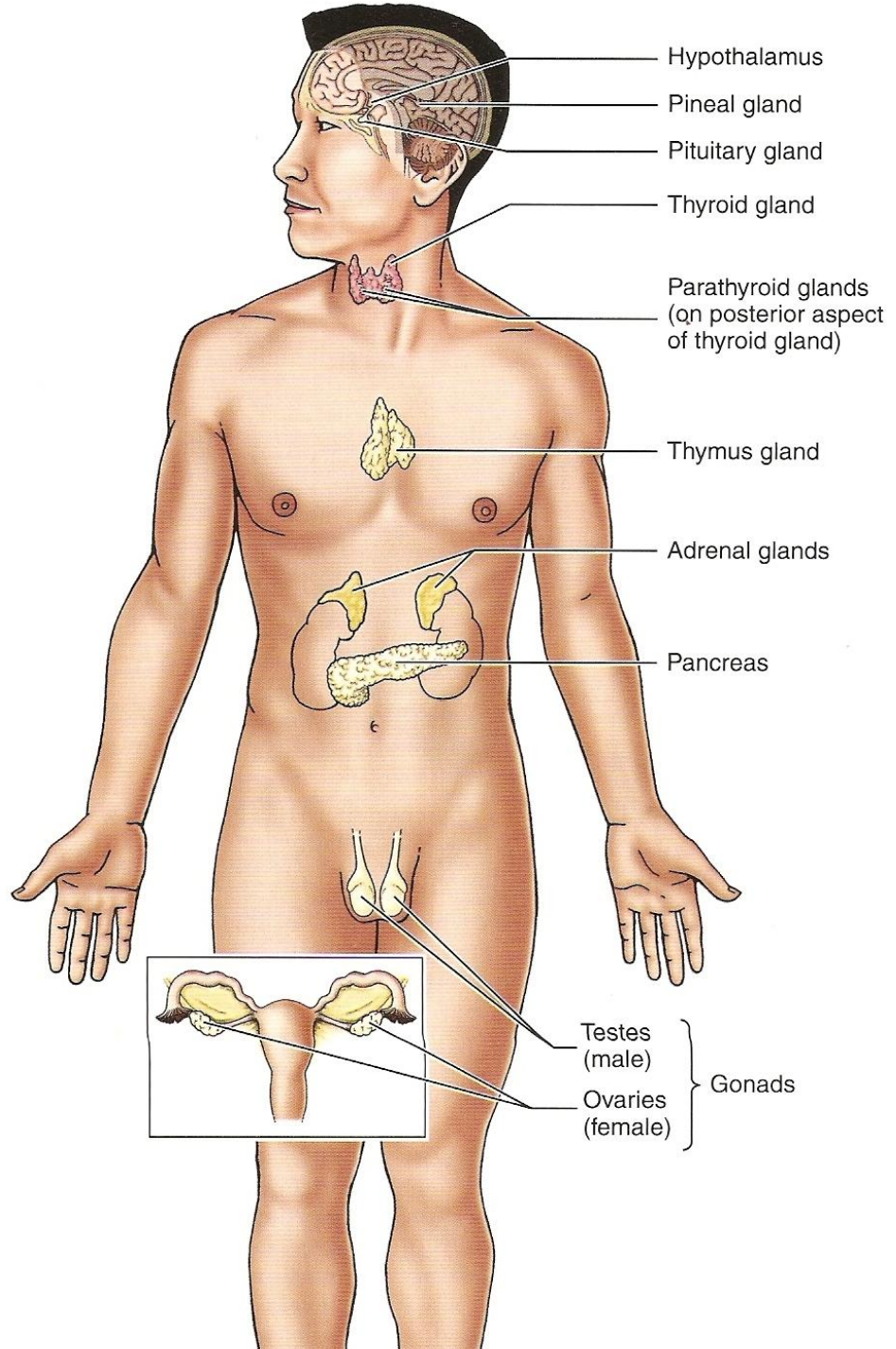
- Kelenjar endokrin mengeluarkan hormon ke kapiler (karena tidak memiliki duktus)
- Sistem endokrin dan hormon membantu :
  - Mengatur proses metabolisme karbohidrat, protein dan lemak
  - Mengatur keseimbangan air dan elektrolit
  - Memenuhi kebutuhan tubuh menghadapi infeksi, trauma dan stres

# Hormon

- Hormon adalah utusan kimia yang mempengaruhi atau mengendalikan aktivitas dari berbagai jaringan atau organ
- Hormon memiliki efek lokal dan pada jaringan yang jauh

# Klasifikasi Hormon

- Secara kimiawi:
  - Protein
  - Steroid (korteks adrenal dan kelenjar seks – testis dan ovarium)



Hypothalamus

Pineal gland

Pituitary gland

Thyroid gland

Parathyroid glands  
(on posterior aspect  
of thyroid gland)

Thymus gland

Adrenal glands

Pancreas

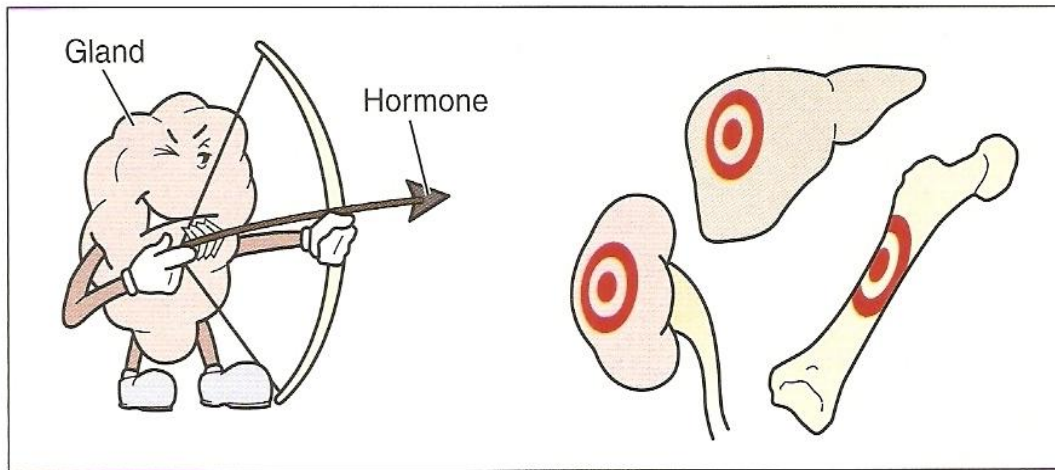
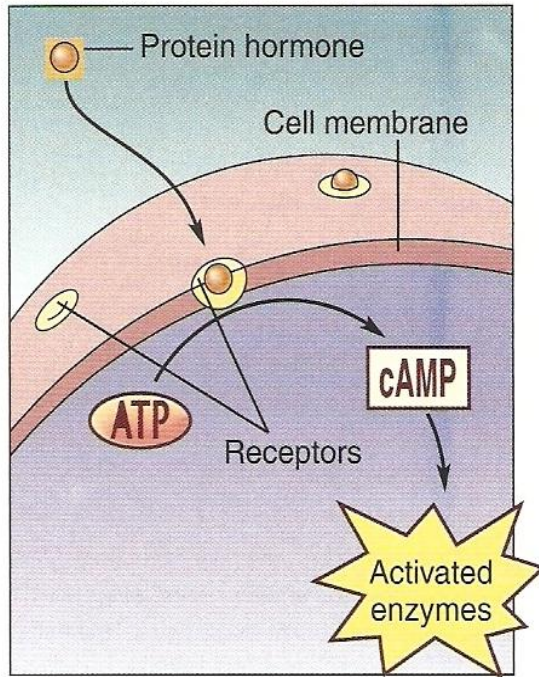
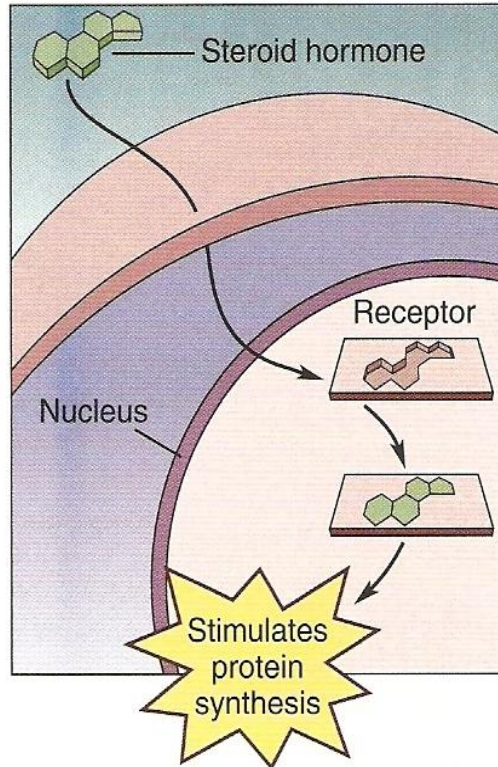
Testes  
(male)

Ovaries  
(female)

Gonads

# Organ Target

- Setiap hormon berikatan dengan jaringan target
- Hormon yang memiliki:
  - Beberapa organ target → efek luas dan umum
  - Lebih sedikit organ target → efek lebih kecil

**A****B****C**

**FIGURE 13-2** What hormones do. **A**, Hormones are aimed at target tissues or target organs. **B**, Protein, protein-related hormones, and membrane receptors. **C**, Steroid hormones and intracellular receptors.

# Reseptor-reseptor hormon

- Hormon berinteraksi dengan reseptor dari jaringan target
  - Reseptor membran
  - Reseptor intraseluler
- Bagaimana hormon mengenal organ target?
  - Prinsip gembok dan kunci (menjamin hormon tertentu hanya mempengaruhi sel-sel tertentu)



# Reseptor Membran

- Hormon protein berkombinasi dengan reseptor pada membran sel → merangsang produksi cyclic adenosin monofosfat (cAMP) → membantu mengaktivasi enzim dalam sel

# Reseptor Intraseluler

- Hormon steroid larut dalam lemak → melewati membran plasma → berikatan dengan reseptor dalam inti sel → merangsang sintesis protein

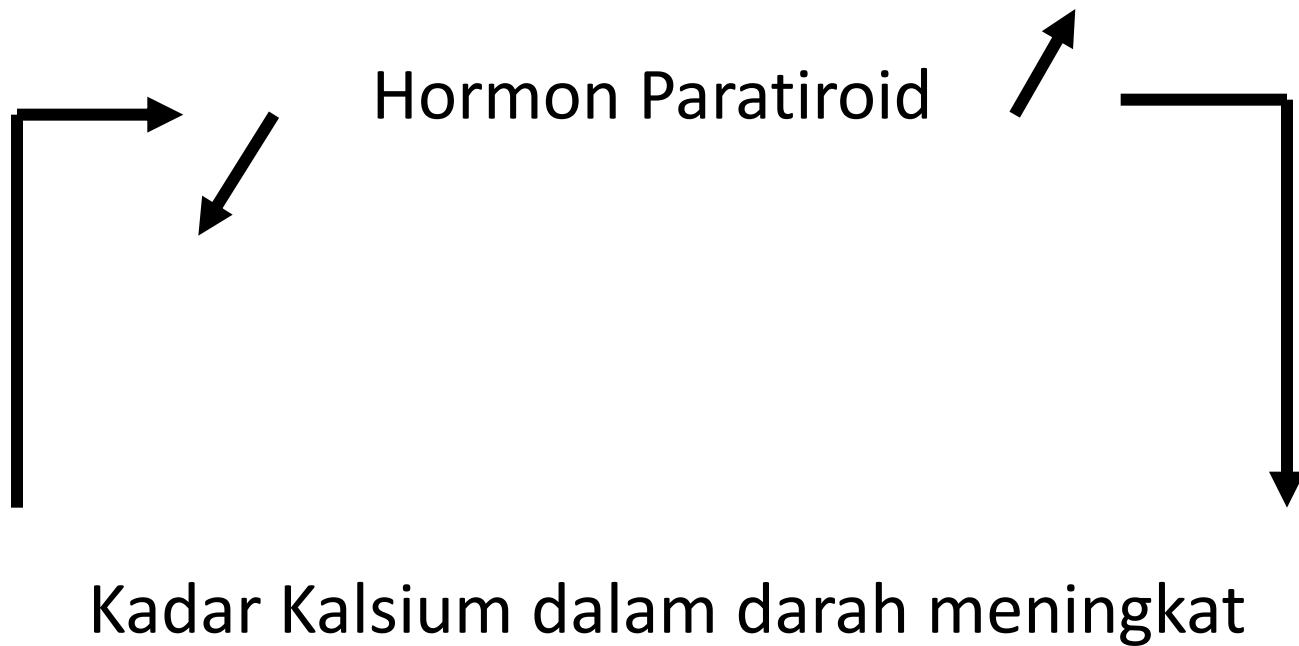
# Kendali Sekresi Hormon

- Umpan balik negatif
- Bioritme
- Kendali sistem saraf pusat

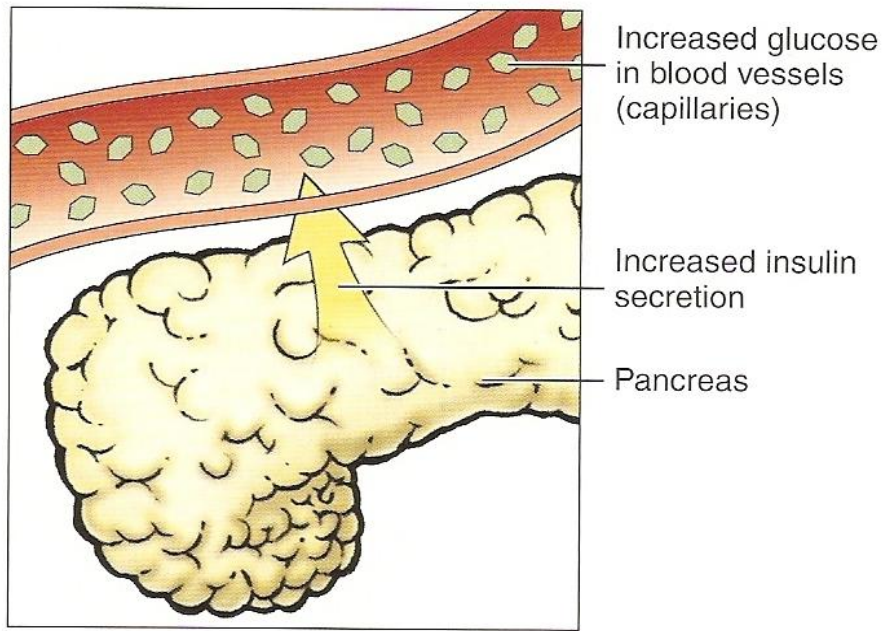
# Umpan Balik Negatif

- Fungsi endokrin normal bergantung pada kadar hormon yang normal dalam plasma
- Hipersekresi atau hiposekresi dapat mengancam nyawa
  - Contoh : insulin

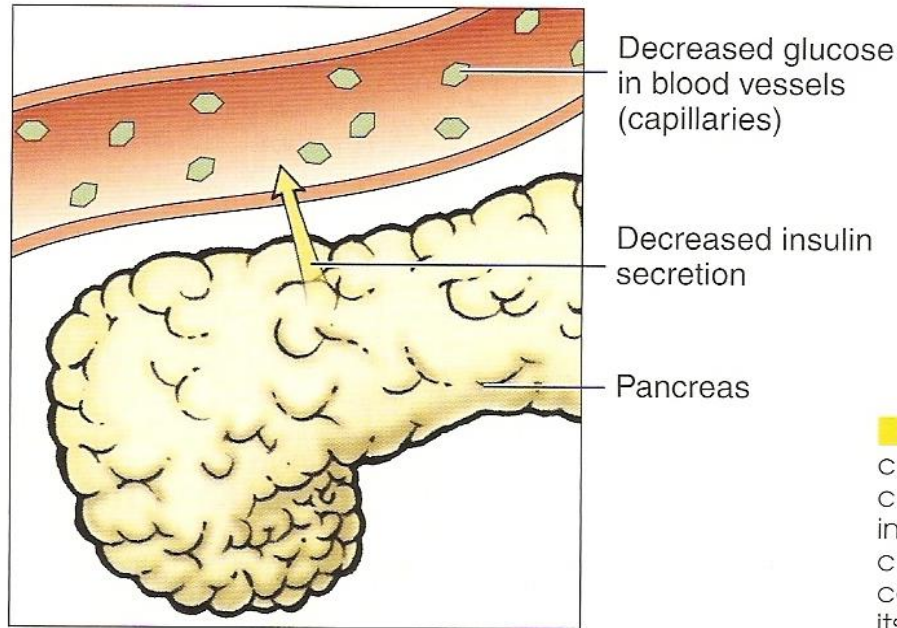
# Contoh Umpan Balik Negatif



A



B



**FIGURE 13-3** Negative feedback control. **A**, Increased blood glucose levels trigger the release of insulin from the pancreas. **B**, Decreased blood glucose levels cause the pancreas to decrease its secretion of insulin.

# Bioritme

- Perubahan ritmis pada tingkat sekresi hormon
- Kortisol disekresikan dalam ritme sirkadian (ritme 24 jam)
  - Tertinggi pada pagi hari (pukul 8)
  - Terendah pada malam hari (tengah malam)
- Hormon reproduksi wanita memiliki pola bulanan → siklus menstruasi bulanan

- Bioritme dapat terganggu oleh :
  - Perjalanan (jet lag, shift malam)
  - Pola tidur
- Rumah sakit mengembangkan jadual berbasis bioritme
- Kadang-kadang obat diberikan pada jadual yang menyerupai bioritme normal
  - Steroid diberikan pagi hari - efektif

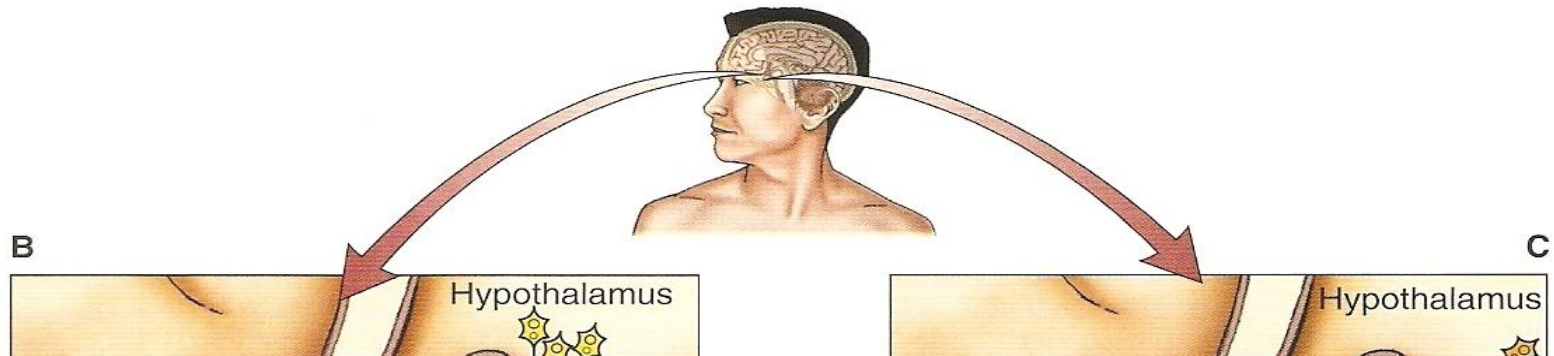
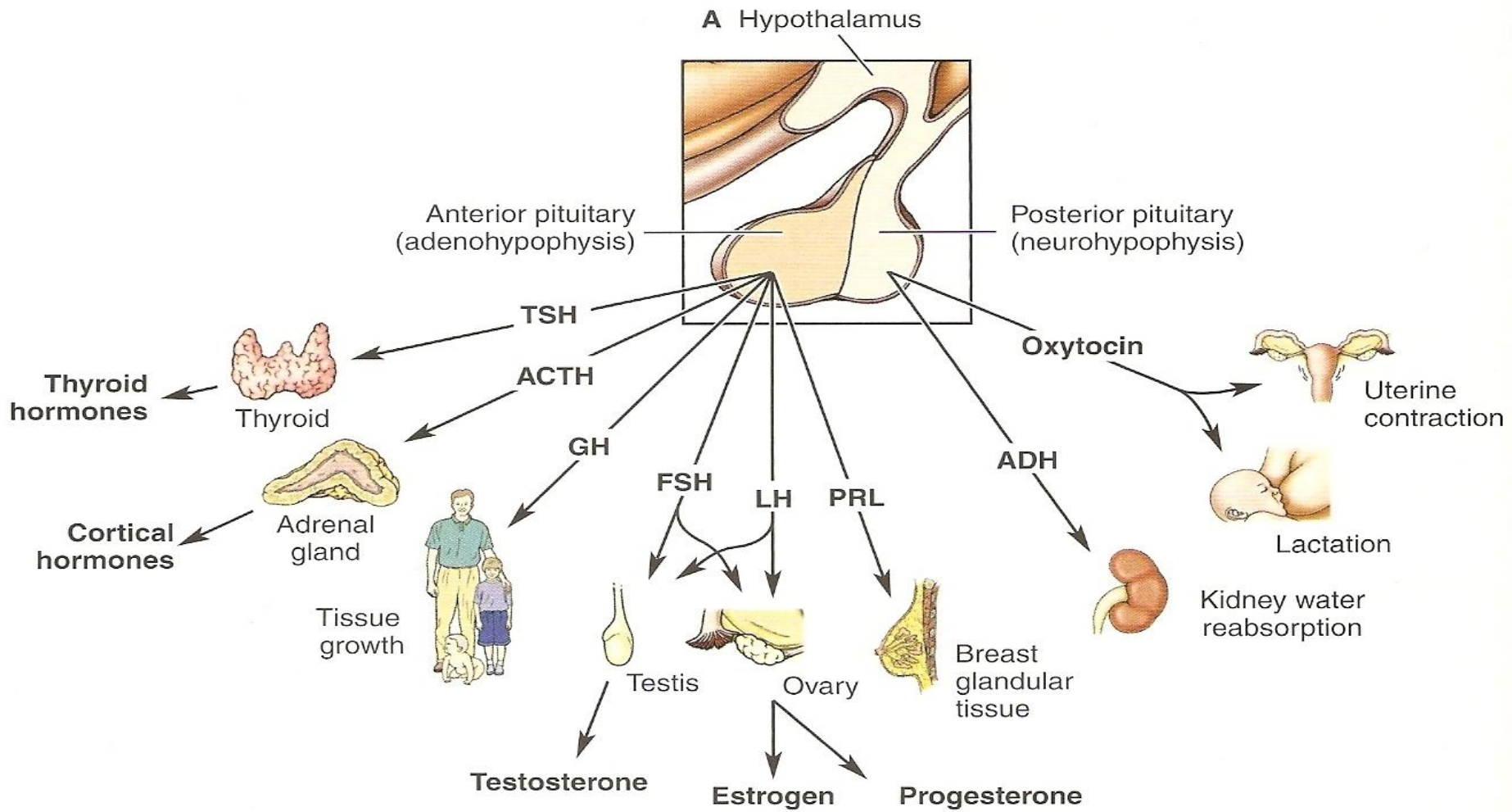


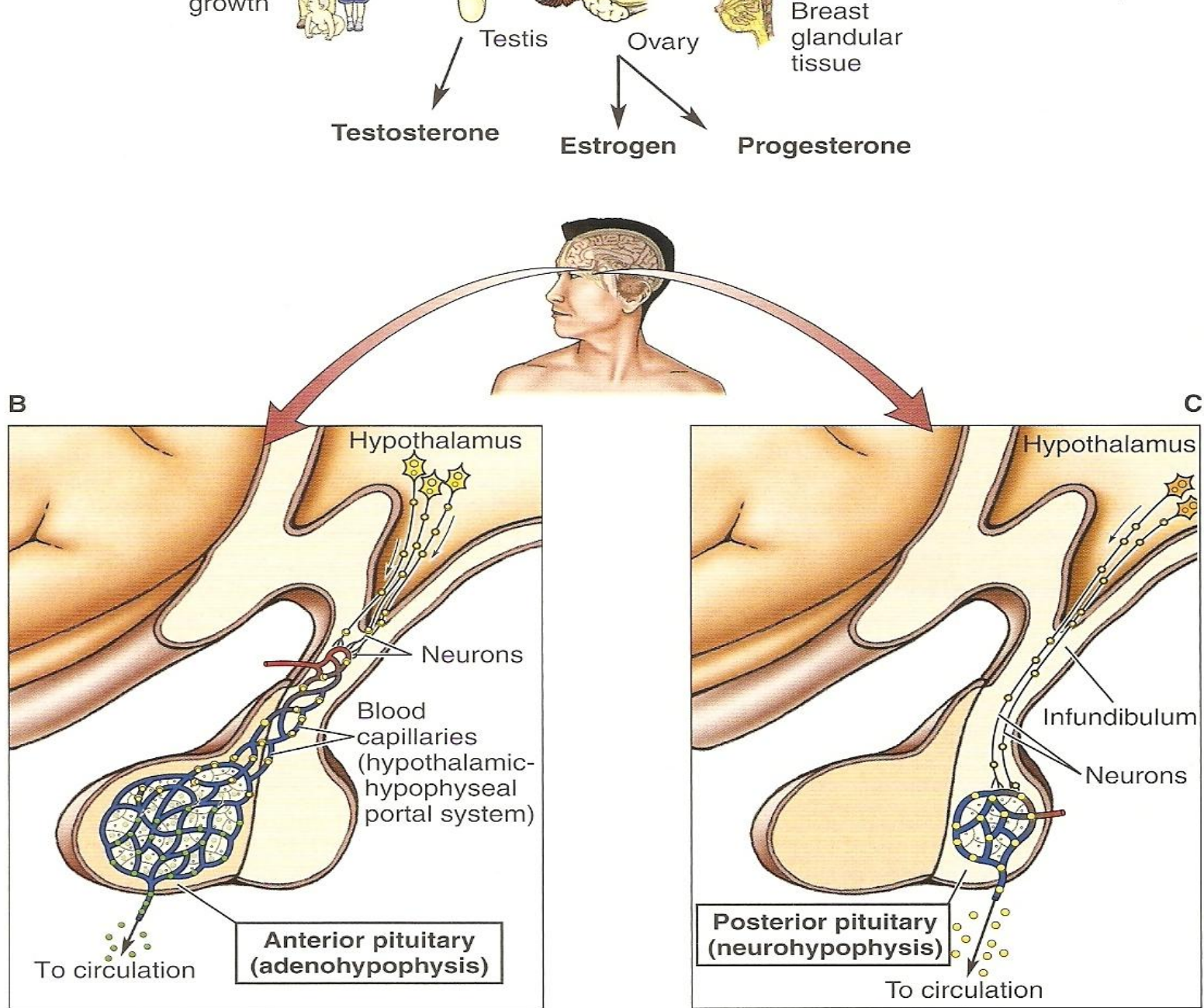
# Kendali Susunan Saraf Pusat

- Kendali SSP terhadap sekresi hormon dengan :
  - Aktivasi hipotalamus
  - Rangsangan sistem saraf simpatis
- Emosi mempengaruhi sistem endokrin. Stress dapat menyebabkan:
  - Siklus menstruasi terjadi lebih dini atau terlambat
  - siklus terlewati satu bulan

# Kelenjar Hipofisis

- Dibawah hipotalamus (dalam Sadle Turk/Sella tursica – langsung dibelakang chiasma opticum)
- Menempel pada permukaan bawah hipotalamus melalui infudibulum
- Dua bagian utama:
  - Hipofisis anterior
  - Hipofisis posterior





**FIGURE 13-4** Pituitary gland. **A**, Hormones of the anterior and posterior pituitary glands; also shows the target organs. **B**, Effect of the hypothalamus on the anterior pituitary gland. **C**, Effect of the hypothalamus on the posterior pituitary gland.

- Sekresi hipofisis anterior dikendalikan oleh hipotalamus
- Hipotalamus mensekresikan:
  - Releasing hormones
  - Release-Inhibiting hormones
- Hipotalamus menyalurkan hormonnya ke hipofisis melalui sistem portal hipotalamus-hipofisis

# Hipofisis anterior

- Disebut juga adenohipofisis
- Disebut master gland karena mempengaruhi berbagai kelenjar
- Hormon-hormon yang disekresikan:
  - Thyroid stimulating hormone (TSH)
  - Adrenocorticotropic hormone (ACTH)
  - Growth hormone (GH)
  - Gonadotropins dan prolactin

# Growth Hormone

- Juga disebut somatotropin atau somato tropic hormone (STH)
- Efek utamanya:
  - Pertumbuhan otot-otot rangka dan tulang-tulang panjang → menentukan ukuran dan tinggi badan
  - Mengubah asam amini menjadi protein
  - Memecah lemak menjadi energi
  - Merangsang konversi protein menjadi glukosa

- Disekresikan selama periode latihan, tidur dan hipoglikemia



# Prolaktin

- Juga disebut hormon laktogenik
- Mendukung produksi susu pada wanita
- Organ target utamanya adalah jaringan payudara
- Merangsang pertumbuhan kelenjar mammae dan merangsang kelenjar mammae untuk menghasilkan susu setelah melahirkan
- Sepanjang ibu menyusui bayi → kadar prolaktin tinggi dan susu dihasilkan

# Hormon-hormon tropik

- Tirotropin atau thyroid stimulating hormone
  - Organ targetnya adalah kelenjar tiroid
  - Merangsang tiroid mensekresikan T3 dan T4
- Adrenocorticotropic hormone (ACTH)
  - Kelenjar targetnya adalah korteks adrenal
  - Merangsang tiga steroid (khususnya kortisol)

- Hormon gonadotropic
  - Kelenjar target adalah gonads atau kelenjar seks (ovarium dan testis)
  - Follicle-stimulating hormone (FSH): merangsang perkembangan telur pada wanita dan sperma pada pria
  - Luteinizing hormone (LH) menyebabkan ovulasi pada wanita dan menyebabkan sekresi hormon seks pada pria (testosteron) dan wanita

# Hipofisis posterior

- Perluasan dari hipotalamus
- Disebut juga neurohipofisis
- Menghasilkan:
  - Antidiuretik hormon (ADH)
  - Oksitosin

# Antidiuretik Hormon (ADH)

- Untuk menyimpan air
- Organ target utama: ginjal
- Ginjal menyerap kembali air dan mengembalikannya ke darah

- Pencetus pengeluaran ADH:
  - Dehidrasi
  - Stress
  - Trauma
  - Obat-obatan seperti morfin dan nikotin
- Alkohol menghambat sekresi ADH
- Menyebabkan otot pembuluh darah berkonstriksi → meningkatkan tekanan darah (vasopressin)

# Oksitosin

- Organ target:
  - Uterus (berkontraksi dan mencetuskan persalinan)
  - Kelenjar mammae (payudara) – merangsang kontraksi dari otot-otot polos disekitar duktus mammary
- Pengeluaran susu sebagai respon terhadap penghisapan puting susu disebut **milk let-down reflex**

# Melanocyte-Stimulating Hormone

- Dikeluarkan oleh Lobus ketiga yang kecil dari hipofisis
- Bila dirangsang → pigmentasi kulit → warna kulit semakin gelap



# Kelenjar Tiroid

- Terletak di leher depan, depan dan sisi dari trakea, dibawah laring
- Memiliki dua lobus yang dihubungkan oleh isthmus
- Mengandung:
  - Sel-sel folikular (dalam folikel)
  - Sel-sel parafolikular (diantara folikel)

# Folikel Tiroid

- Unit sekretori
- Dilapisi oleh sel-sel kuboid dan diisi koloid
- Mensekresikan triiodotironin (T3) dan tetraiodotironin (T4 atau tiroksin)

# Fungsi T3 dan T4

- Mengatur metabolisme karbohidrat, protein dan lemak
- Meningkatkan tingkat metabolisme sel
- Penting untuk pematangan normal sistem saraf
- Penting untuk pertumbuhan dan perkembangan yang normal

# Kretinisme

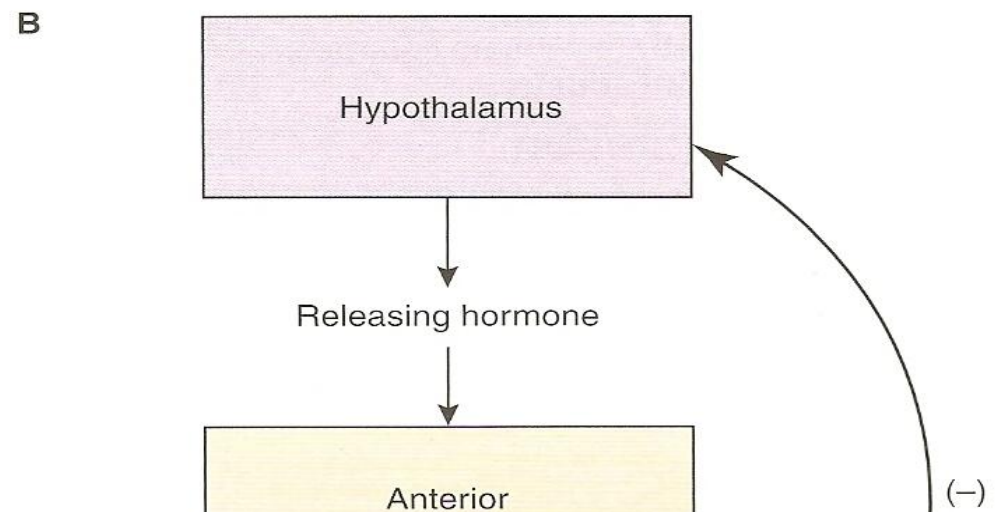
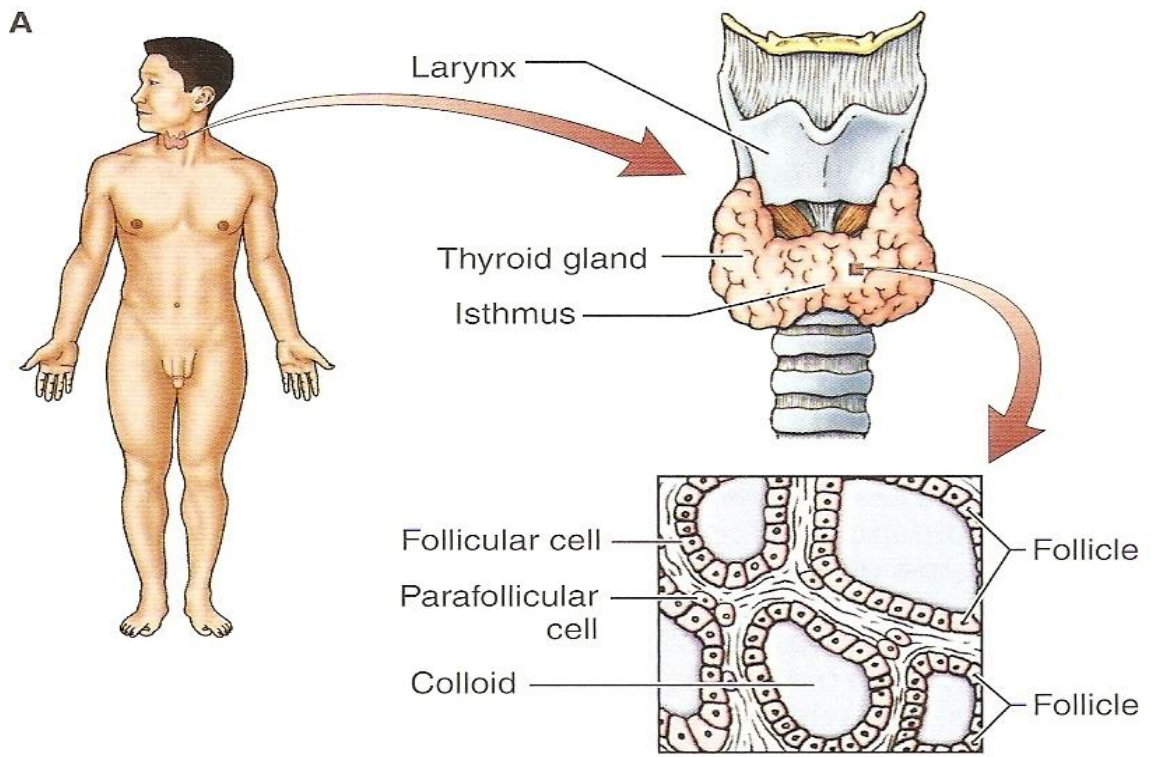
- Gagal perkembangan fisik dan mental (retardasi mental yang berat)
- Pendek dan gempal

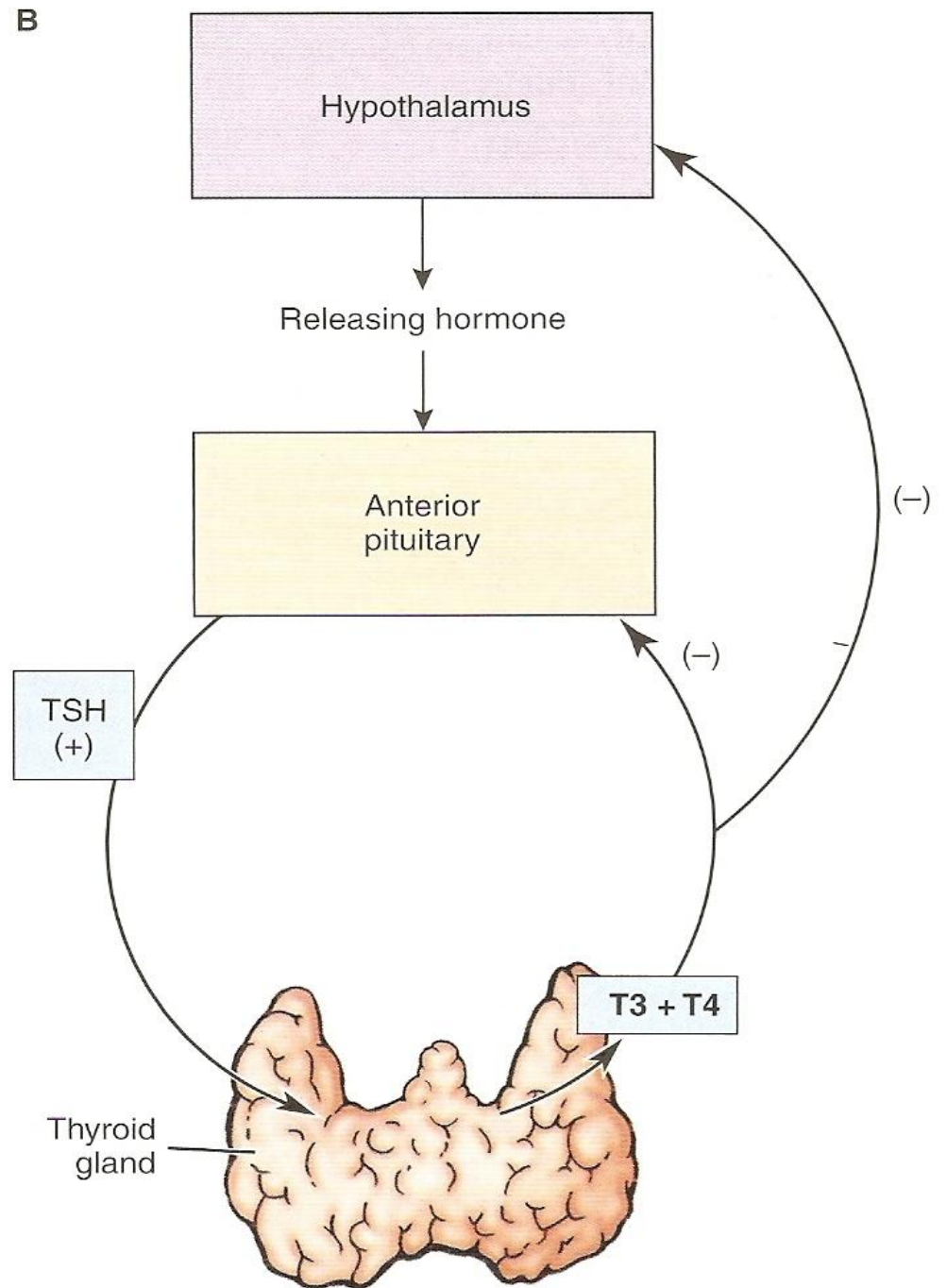
# Myxedema

- Status metabolisme yang diperlambat:
  - Denyut jantung lambat
  - Peristaltik lambat → konstipasi
  - Suhu tubuh rendah
  - Energi rendah
  - Kehilangan rambut
  - Peningkatan berat badan
  - Kulit menjadi tebal dan puffy

# Penyakit Grave

- Peningkatan denyut jantung
- Peningkatan peristaltik → diare
- Peningkatan suhu tubuh
- Hiperaktivitas
- Kehilangan berat badan
- Emosi yang tidak stabil
- Exophthalmia





**FIGURE 13-5** Thyroid gland. **A**, Location in the anterior neck; the thyroid follicle. **B**, Control of the secretion of T3 and T4.



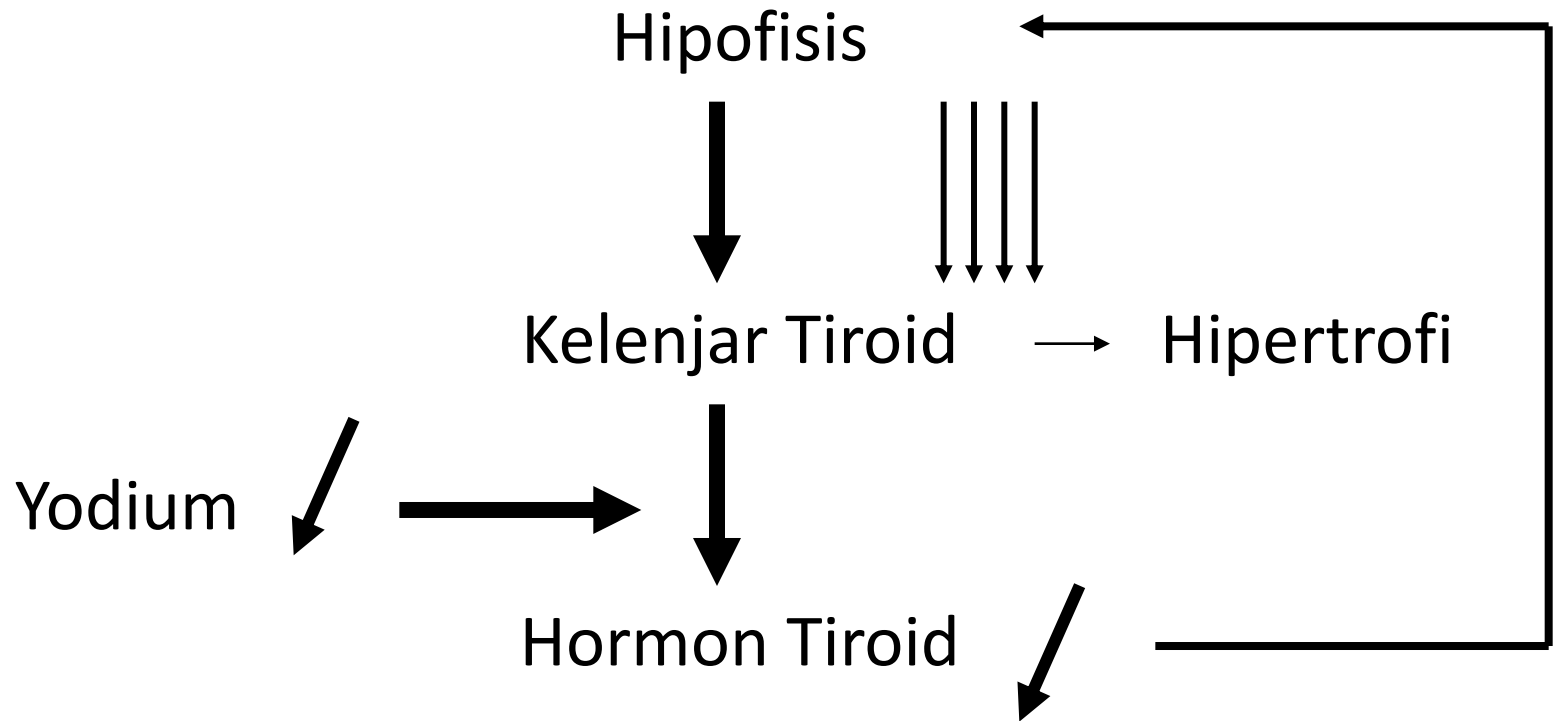
# Pengaturan Sekresi

- Hipotalamus → Releasing hormone → hipofisis anterior → TSH → Tiroid → T3 & T4 → meningkat → negatif feedback

# Perlunya Yodium

- Sintesis T3 dan T4 membutuhkan yodium
- Yodium dalam darah dipompa ke dalam sel-sel folikular
- Makan kurang yodium → rendahnya T3 dan T4 → goiter dan hipotiroidisme

# Akibat Kekurangan Yodium



# Kalsitonin

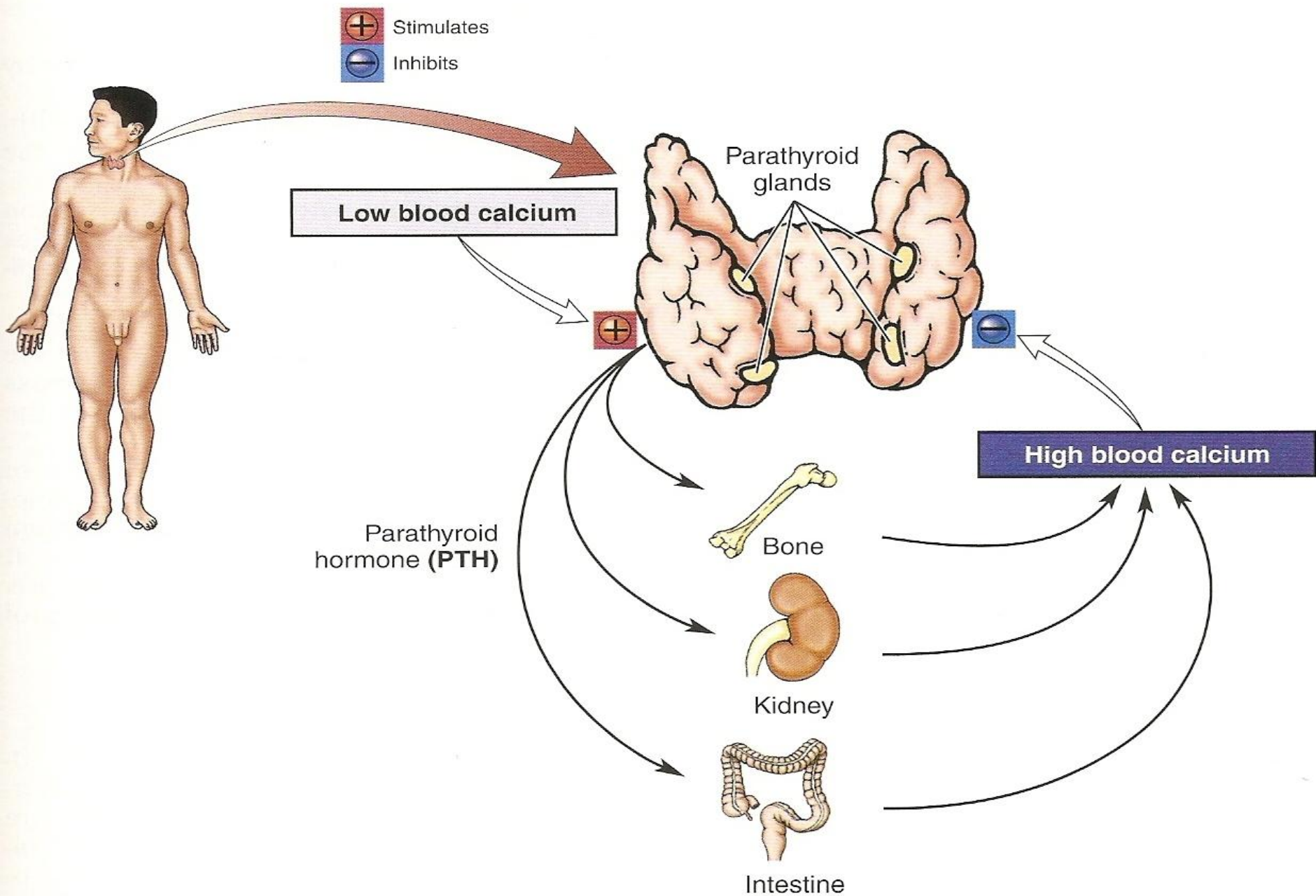
- Disekresikan oleh sel-sel parafolikular
- Merangsang aktivitas osteoblastik (pembentukan tulang) → menurunkan kalsium darah
- Meningkatkan ekskresi kalsium dalam urin
- Antagonis hormon paratiroid
- Dirangsang oleh tingginya kadar kalsium dalam darah

# Kelenjar Paratiroid

- Terletak di permukaan belakang dari kelenjar tiroid
- Mensekresikan hormon paratiroid
- Rangsangannya: rendahnya kadar kalsium dalam plasma
- Meningkatkan kadar kalsium dalam darah

# Mekanisme peningkatan kadar kalsium

- Merangsang aktivitas osteoklastik (penghancuran tulang)
- Merangsang ginjal menyerap kalsium dari urin
- Bekerja dengan vitamin D, meningkatkan penyerapan kalsium oleh usus



**FIGURE 13-6** Parathyroid glands and the three target organs of parathyroid hormone (PTH).

# Kelenjar Adrenal

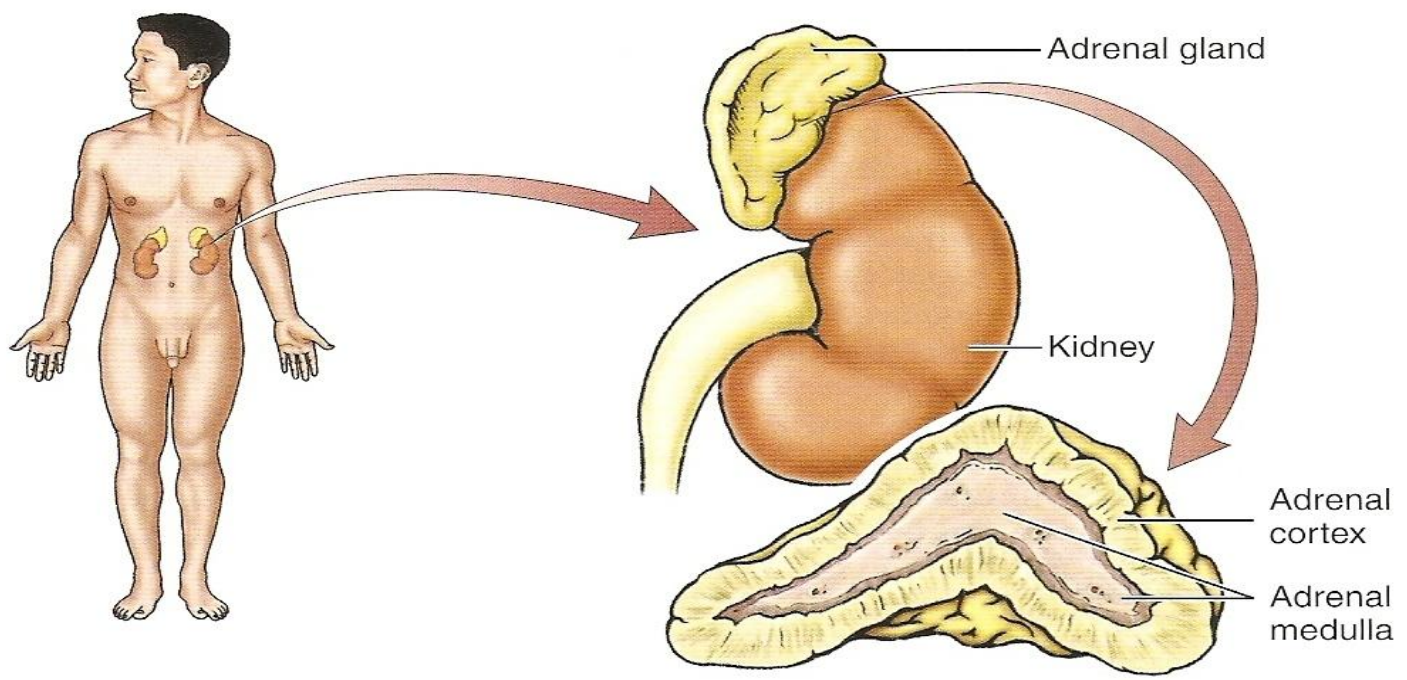
- Dua kelenjar kecil yang terletak diatas ginjal
- Terdiri dari
  - Medula (dalam)
  - Korteks (luar)
- Medula dan korteks mensekresikan hormon yang berbeda



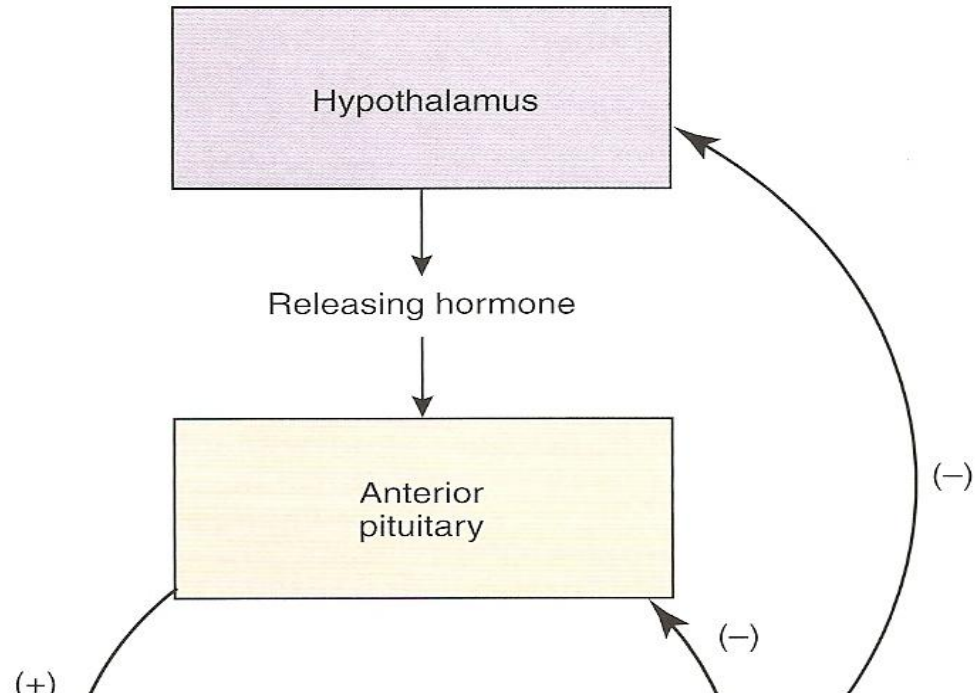
# Medula Adrenal

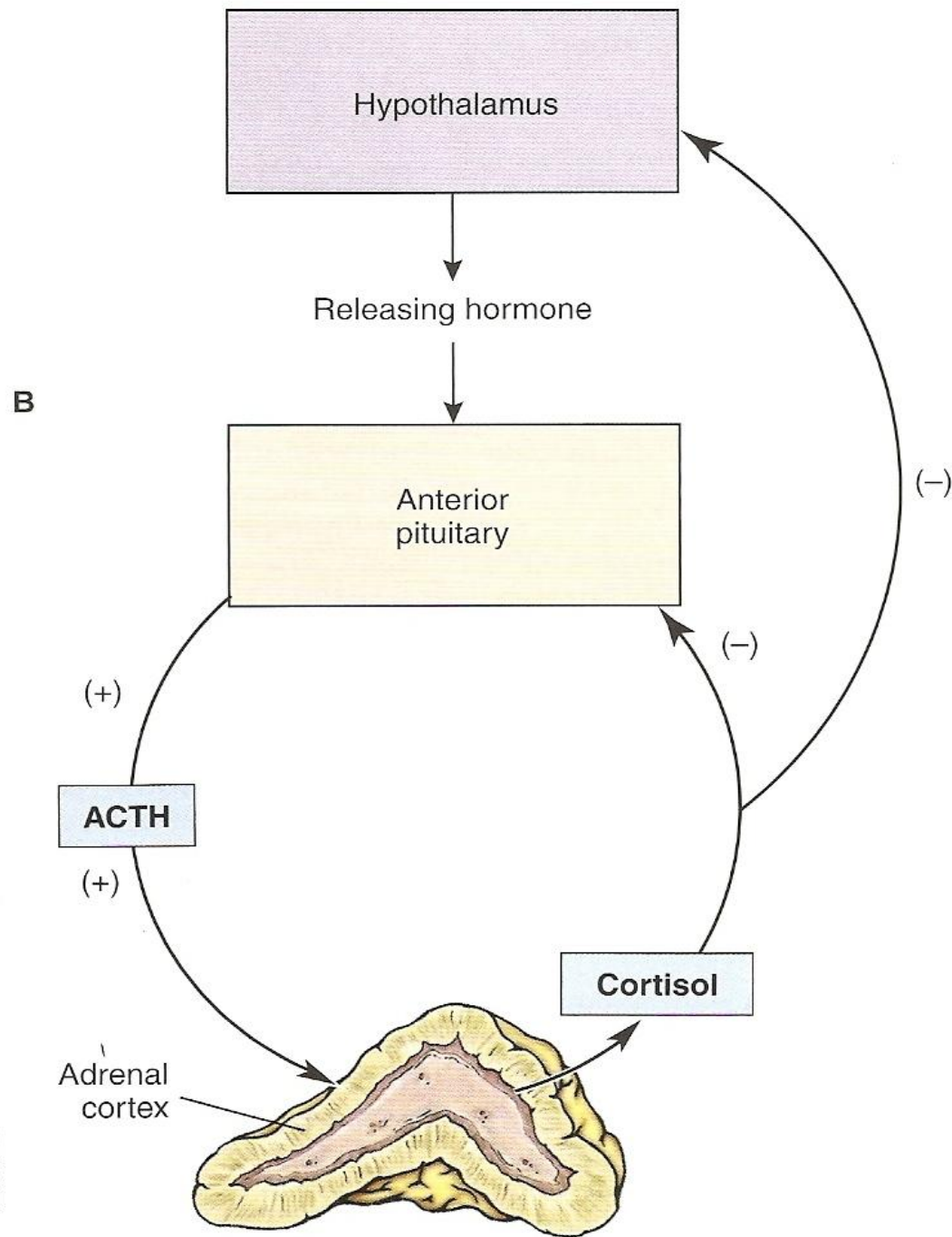
- Bagian dalam kelenjar adrenal – perluasan sistem saraf simpatik
- Mensekresikan epinefrin (adrenalin) dan norepinefrin → hormon simpatomimetik (hormon fight-or-flight)

A



B





**FIGURE 13-7** **A**, The adrenal glands: adrenal medulla and the adrenal cortex. **B**, Control of the secretion of cortisol.

# Epinefrin dan Norepinefrin

- Mengandung katekolamin yang menyebabkan:
  - Peningkatan tekanan darah
  - Peningkatan denyut jantung
  - Mengubah glikogen menjadi glukosa dalam hati
  - Peningkatan tingkat metabolisme
  - Bronkodilatasi
  - Perubahan pola aliran darah → dilatasi pembuluh darah ke jantung dan otot-otot
  - Konstriksi pembuluh darah ke saluran cerna

# Korteks Adrenal

- Bagian luar kelenjar adrenal
- Mensekresikan hormon steroid (larut dalam lemak, terbuat dari kolesterol)
  - Glukokortikoid (gula)
  - Mineralokortikoid (garam)
  - Hormon-hormon seks (seks)

# Glukokortikoid

- Mengubah asam amino menjadi glukosa :
  - membantu mempertahankan kadar glukosa darah diantara waktu makan
  - Memastikan suplai glukosa yang stabil untuk otak dan sel-sel lain
  - Membakar lemak → energi
- Yang utama adalah kortisol (hormon stress)
  - Memiliki efek anti peradangan

# Kendali Sekresi Kortisol

- Hipotalamus → releasing hormon → hipofisis anterior → ACTH → korteks adrenal → kortisol → hambat sekresi ACTH lebih jauh

# Mineralokortikoid

- Pemimpinnya: aldosteron
- Organ target utama aldosteron: ginjal
- Aldosteron menyimpan sodium dan air, mengeluarkan potassium
- Aldosteron dikendalikan melalui sistem renin-angiotensin-aldosteron



# Hormon-hormon seks

- Hormon wanita → estrogen
- Hormon pria → androgen

# Insufisiensi adrenal - Addison

- Kelemahan umum
- Atrofi otot
- Kulit menjadi coklat kekuningan
- Kehilangan cairan dan elektrolit yang berat  
→ Volume darah rendah, syok dan kematian

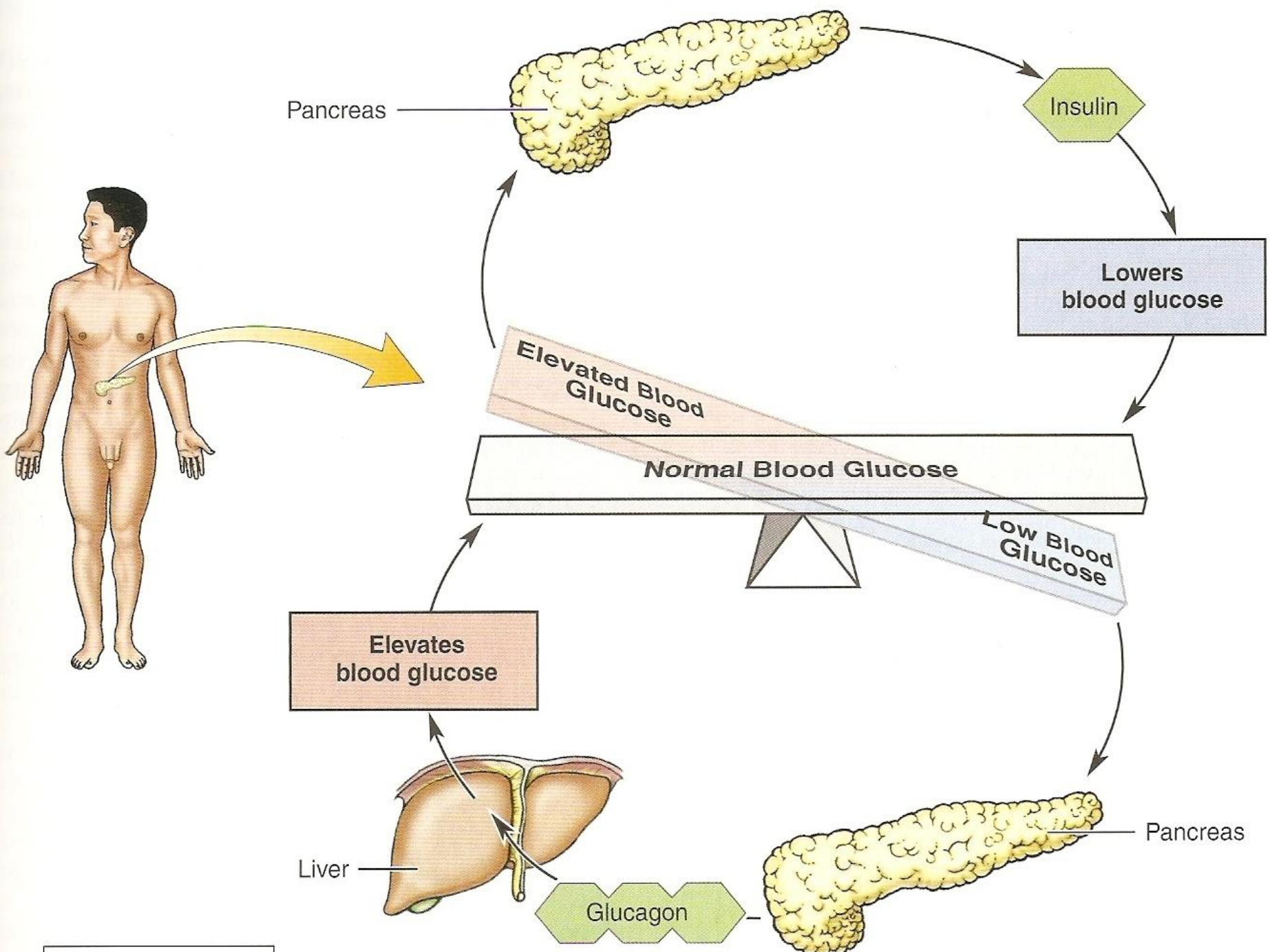
# Kelebihan steroid - Cushing

- Kegemukan
- Muka bundar (moon face)
- Kulit tipis yang mudah lecet
- Kehilangan massa tulang
- Kelemahan otot
- Retensi garam dan air → volume dan tekanan darah meningkat

- Penggunaan steroid yang berkepanjangan
  - Kanker
  - Osteoporosis (pengeroposan tulang)
  - Penyakit mental

# Pankreas

- Terletak melintang di abdomen bagian atas, meluas dari kurva duodenum ke limpa
- Berfungsi sebagai kelenjar endokrin dan eksokrin
- Pulau-pulau kecil Langerhans mensekreskan insulin (sel-sel beta) dan glukagon (sel-sel alfa)



# Insulin

- Mempengaruhi hati, otot rangka, jaringan lemak
- Membantu mengantar glukosa ke dalam sel
  - Glukosa dapat masuk ke sel-sel otak tanpa insulin
- Membantu mengendalikan metabolisme karbohidrat, protein dan lemak
- Merangsang pemecahan glukosa
- Hati dan otot rangka menyimpan glukosa dalam bentuk glikogen

- Merangsang pembuatan protein dari asam amino
- Mendukung pembuatan lemak dari asam lemak
- Menurunkan glukosa:
  - Meningkatkan pengantaran glukosa darah ke sel
  - Merangsang sel untuk membakar glukosa sebagai bahan bakar



# Diabetes mellitus

- Hiperglikemia
  - Ketidakmampuan glukosa untuk memasuki sel
  - Pembuatan glukosa tambahan (glukosa dibuat dari protein)
- Glukosuria atau glikosuria
- Poliuria
- Asidosis – pemecahan lemak yang cepat dan tidak lengkap → ketoasidosis

- Nafas berbau buah-buahan → tanda ketoasidosis, terapinya:
  - Pemberian insulin segera
  - Koreksi gangguan cairan dan elektrolit

# Glukagon

- Meningkatkan kadar glukosa darah:
  - Merangsang konversi dari glikogen menjadi glukosa dalam hati
  - Merangsangan perubahan protein menjadi glukosa

# Gonad

- Ovarium – wanita
- Testis - pria

# Ovarium

- Mensekresikan: estrogen dan progesteron
- Fungsi estrogen dan progesteron:
  - perkembangan dan fungsi dari organ reproduksi wanita
  - Ekspresi karakteristik seks wanita
- Keduanya dikendalikan oleh LH dan FSH

# Karakteristik Seks Wanita

- Perkembangan payudara
- Distribusi lemak pada panggul, paha dan payudara
- Distribusi rambut pada daerah tertentu dari tubuh
- Pematangan organ reproduksi
- Penutupan diskus epifisialis dari tulang-tulang panjang → wanita lebih pendek dari pria

# Testis

- Terletak di skrotum
- Mengeluarkan testosteron
  - disekresikan oleh sel-sel interstisial
  - Membantu pematangan sperma
  - Bertanggung jawab terhadap karakteristik seks pria

# Karakteristik seks pria

- Pertumbuhan dan perkembangan dari organ reproduksi pria
- Perkembangan muskuloskeletal
- Pertumbuhan dan distribusi rambut
- Pembesaran laring, disertai dengan perubahan suara



# Kelenjar Timus

- Pada rongga dada di belakang sternum
- Lebih besar pada anak-anak
- Mengalami involusi ketika memasuki usia pubertas
- Mensekresikan timosin (penting dalam sistem imun)

# Kelenjar Pineal

- Dekat talamus
- Disebut jam biologis – mengendalikan bioritme
- Mensekresikan melatonin:
  - Penting dalam pematangan seksual
  - Berperan dalam siklus bangun/tidur
  - Paling rendah pada siang hari
  - Paling tinggi pada malam hari

# Hormon-hormon dengan sistem organ tertentu

- Sel yang mensekresikan hormon saluran pencernaan mensekresikan:
  - Kolesistokinin
  - Gastrin
  - Sekretin
- Ginjal mensekresikan eritropoietin
- Dinding atrium mensekresikan faktor natriuretik atrium (merangsang ginjal mensekresikan natrium)

# Prostaglandin

- Dihasilkan oleh berbagai jaringan
- Mengatur kontraksi otot polos dan respon peradangan
- Meningkatkan sensitivitas nyeri pada ujung saraf
- Aspirin, ibuprofen dan asetaminofen menghambat sintesis prostaglandin

# Sumber

- Herlihy, B., & Maebius, N.K. (2003) *The Human Body in Health and Illness* (2<sup>nd</sup> edition), Missouri: Saunders.