



ANATOMI FISILOGI SISTEM ENDOKRIN

Oleh:

Setiyo Adi Nugroho. Ns. M.Kep.

Fakultas Kesehatan Universitas Nurul Jadid

setiyo666@gmail.com

Sistem endokrin merupakan sistem yang unik karena terdiri dari kelompok berbagai kelenjar atau jaringan yang tersebar di seluruh tubuh. Kelenjar tubuh memiliki fungsi baik eksokrin atau endokrin. Kelenjar eksokrin, termasuk kelenjar keringat dan kelenjar lakrimal, bertanggung jawab untuk mengeluarkan zat langsung ke saluran yang mengarah ke daerah sasaran. Endokrin Istilah (endo-dalam, Crin-mensekresikan) ini menunjukkan bahwa sekresi dibentuk oleh kelenjar secara langsung masuk ke darah atau limfa sirkulasi dan perjalanan ke jaringan target, dan bukan diangkut melalui tuba atau duktus. Sekresi ini, disebut hormon, yang merupakan bahan kimia yang memicu atau mengontrol aktivitas organ, sistem, atau kelenjar lain di bagian tubuh lain (White, Duncan, & Baumle, 2013). Hormon juga memainkan peran penting dalam mengatur proses homeostasis seperti: metabolisme, tumbang, keseimbangan cairan dan elektrolit, proses reproduksi, dan siklus bangun dan tidur (Timby & Smith, 2010).

Umumnya, hormon ini diproduksi oleh kelenjar endokrin, tetapi beberapa juga diproduksi oleh jaringan lain. mukosa Gastrointestinal (GI) menghasilkan hormon (misalnya, gastrin, enterogastrone, secretin, cholecystokinin) yang penting dalam proses pencernaan; ginjal menghasilkan erythropoietin, suatu hormon yang merangsang sumsum tulang untuk memproduksi sel darah merah; dan sel-sel darah putih memproduksi sitokin (protein menyerupai hormon) yang aktif berpartisipasi dalam respon inflamasi dan kekebalan tubuh. Sistem kekebalan tubuh dan sistem saraf memiliki hubungan yang unik dengan sistem endokrin. Porth & Matfin, (2009) menyampaikan bahan kimia seperti neurotransmitter (misalnya, epinefrin) yang dirilis oleh Sistem saraf, juga dapat berfungsi sebagai hormon bila diperlukan. Sistem kekebalan tubuh merespon pengenalan asing agen dengan cara pembawa pesan kimiawi (sitokin), yang berupa protein menyerupai hormon, dan diatur adrenal kortikosteroid hormon (Smeltzer, Hinkle, Bare, & Cheever, 2010)

Saraf dan sistem endokrin bertindak bersama-sama untuk mengkoordinasikan fungsi semua sistem tubuh. Ingat bahwa sistem saraf bekerja melalui impuls saraf (potensial aksi) yang dilakukan di sepanjang akson neuron. Pada sinaps, impuls saraf memicu pelepasan mediator (utusan) molekul yang disebut neurotransmitter. Sistem endokrin juga mengontrol aktivitas tubuh dengan melepaskan mediator, yang disebut hormon, tetapi alat kontrol dari dua sistem yang sangat berbeda. Tanggapan dari sistem endokrin sering lebih lambat daripada respon sistem saraf; meskipun beberapa hormon bertindak dalam hitungan detik, sebagian besar berlangsung beberapa menit atau lebih untuk menghasilkan sebuah respon. Efek dari sistem aktivasi saraf umumnya lebih singkat dibandingkan sistem endokrin. Sistem saraf bekerja pada otot-otot dan kelenjar tertentu. Pengaruh sistem endokrin jauh lebih luas; membantu mengatur hampir semua jenis sel tubuh. Kami juga akan memiliki beberapa kesempatan untuk melihat bagaimana sistem saraf dan endokrin berfungsi bersama-sama sebagai

interlocking "supersystem." Misalnya, bagian-bagian tertentu dari sistem saraf merangsang atau menghambat pelepasan hormon oleh sistem endokrin (Tortora & Derrickson, 2014).

Comparison of Control by the Nervous and Endocrine Systems		
CHARACTERISTIC	NERVOUS SYSTEM	ENDOCRINE SYSTEM
Mediator molecules	Neurotransmitters released locally in response to nerve impulses.	Hormones delivered to tissues throughout body by blood.
Site of mediator action	Close to site of release, at synapse; binds to receptors in postsynaptic membrane.	Far from site of release (usually); binds to receptors on or in target cells.
Types of target cells	Muscle (smooth, cardiac, and skeletal) cells, gland cells, other neurons.	Cells throughout body.
Time to onset of action	Typically within milliseconds (thousandths of a second).	Seconds to hours or days.
Duration of action	Generally briefer (milliseconds).	Generally longer (seconds to days).

Sebagian besar hormon kelenjar endokrin dikontrol oleh kelenjar hipofisis dan mekanisme feedback. Tingkat hormon dalam darah diatur oleh mekanisme homeostasis disebut **negatif feedback**. Jika kadar hormone dalam darah di bawah normal, **negatif feedback** merespon kelenjar endokrin tertentu untuk menghasilkan lebih banyak hormon, yang ketika naik ke tingkat yang normal menyebabkan penurunan produksi Mekanisme **Positive feedback** juga terjadi dalam sistem endokrin. Dalam **Positive feedback**, kenaikan tingkat satu hormon akan memicu pelepasan hormon lain. Hal ini terjadi selama siklus menstruasi wanita.(White et al., 2013).

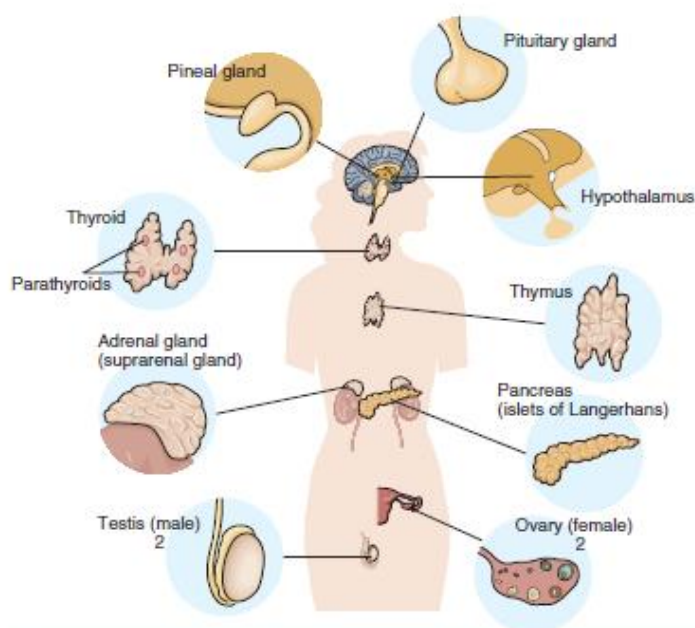


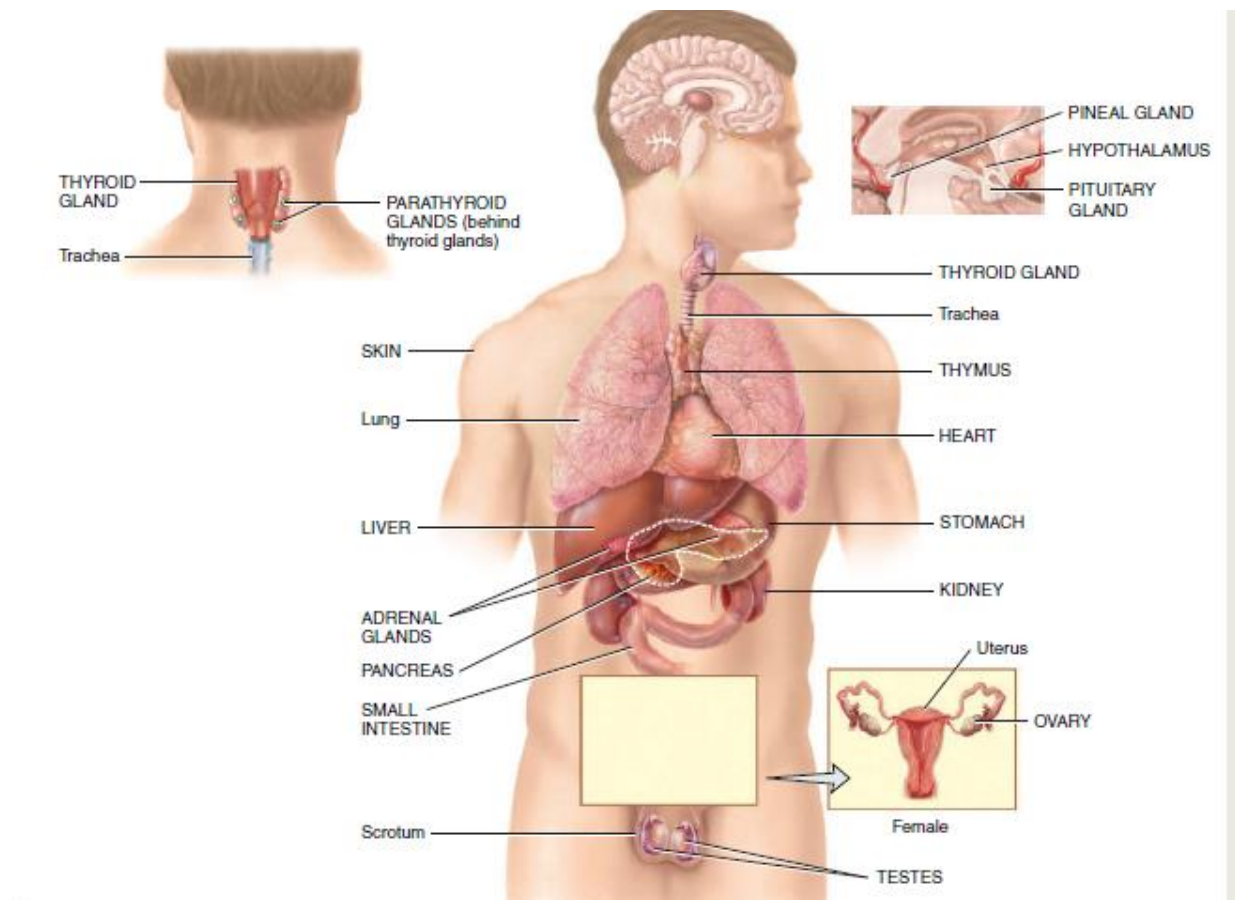
FIGURE 29-1 Structures of the endocrine system.

Sistem endokrin terdiri dari hipofisis, hipotalamus, tiroid, paratiroid, pankreas, adrenal, timus, ovarium, dan testis. Sistem endokrin tidak semudah seperti sistem tubuh yang lain. Ketika membahas ketidakseimbangan sistem endokrin, seringkali adanya variasi yaitu meningkat atau menurun (misalnya, hipertiroidisme dengan hipotiroidisme) (Daniels & Nicoll, 2012).

sebagian besar hormon yang diperlukan dalam jumlah yang sangat kecil, tingkat sirkulasi biasanya rendah. Kelenjar

endokrin termasuk hipofisis, tiroid, paratiroid, adrenal, dan kelenjar pineal. Selain itu, beberapa organ dan jaringan tidak eksklusif diklasifikasikan sebagai kelenjar endokrin tapi mengandung sel-sel yang mengeluarkan hormon. ini termasuk hipotalamus, timus, pankreas, ovarium, testis, ginjal, lambung, jantung, usus kecil, kulit, jantung, jaringan adiposa, dan plasenta. Secara bersama-sama, semua kelenjar endokrin dan

Sel-sel yang mensekresi hormon merupakan sistem endokrin (Tortora & Derrickson, 2014).



Secara umum Fungsi hormone (Tortora & Derrickson, 2014)

1. Membantu mengatur:
 - a. Komposisi kimia dan volume cairan intersisial
 - b. Metabolism dan keseimbangan energy
 - c. Kontraksi otot halus dan jantung
 - d. Sekresi kelenjar
 - e. Aktivitas sistem kekebalan tubuh
2. Control tumbuh dan kembang
3. Pengontrol sistem reproduksi
4. Membantu membentuk ritme sirkadian

Table 42-1 MAJOR ACTION AND SOURCE OF SELECTED HORMONES		
Source	Hormone	Major Action
Hypothalamus	Releasing and inhibiting hormones Corticotropin-releasing hormone (CRH) Thyrotropin-releasing hormone (TRH) Growth hormone-releasing hormone (GHRH) Gonadotropin-releasing hormone (GnRH)	Controls the release of pituitary hormones
Anterior pituitary	Somatostatin Growth hormone (GH) Adrenocorticotrophic hormone (ACTH) Thyroid-stimulating hormone (TSH) Follicle-stimulating hormone (FSH) Luteinizing hormone (LH)	Inhibits growth hormone and thyroid-stimulating hormone Stimulates growth of bone and muscle, promotes protein synthesis and fat metabolism, decreases carbohydrate metabolism Stimulates synthesis and secretion of adrenal cortical hormones Stimulates synthesis and secretion of thyroid hormone Female: stimulates growth of ovarian follicle, ovulation Male: stimulates sperm production Female: stimulates development of corpus luteum, release of oocyte, production of estrogen and progesterone Male: stimulates secretion of testosterone, development of interstitial tissue of testes
Posterior pituitary	Prolactin Antidiuretic hormone (ADH) Oxytocin	Prepares female breast for breast-feeding Increases water reabsorption by kidney Stimulates contraction of pregnant uterus, milk ejection from breasts after childbirth
Adrenal cortex	Mineralocorticosteroids, mainly aldosterone Glucocorticoids, mainly cortisol	Increase sodium absorption, potassium loss by kidney Affect metabolism of all nutrients; regulates blood glucose levels, affects growth, has anti-inflammatory action, and decreases effects of stress
Adrenal medulla	Adrenal androgens, mainly dehydroepiandrosterone (DHEA) and androstenedione Epinephrine Norepinephrine	Have minimal intrinsic androgenic activity; they are converted to testosterone and dihydrotestosterone in the periphery Serve as neurotransmitters for the sympathetic nervous system
Thyroid (follicular cells)	Thyroid hormones: triiodothyronine (T ₃), thyroxine (T ₄)	Increase the metabolic rate; increase protein and bone turnover; increase responsiveness to catecholamines; necessary for fetal and infant growth and development
Thyroid C cells	Calcitonin	Lowers blood calcium and phosphate levels
Parathyroid glands	Parathyroid hormone (PTH, parathyroid hormone)	Regulates serum calcium
Pancreatic islet cells	Insulin Glucagon	Lowers blood glucose by facilitating glucose transport across cell membranes of muscle, liver, and adipose tissue Increases blood glucose concentration by stimulation of glycogenolysis and gluconeogenesis
Kidney	Somatostatin 1,25-Dihydroxyvitamin D Renin Erythropoietin	Delays intestinal absorption of glucose Stimulates calcium absorption from the intestine Activates renin-angiotensin-aldosterone system Increases red blood cell production
Ovaries	Estrogen Progesterone	Affects development of female sex organs and secondary sex characteristics Influences menstrual cycle; stimulates growth of uterine wall; maintains pregnancy
Testes	Androgens, mainly testosterone	Affect development of male sex organs and secondary sex characteristics; aid in sperm production

Reproduced with permission from Porth, C. M. & Matfin, G. (2009). *Pathophysiology: Concepts of altered health states* (8th ed.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Hormone membantu mengatur fungsi organ bersama sistem syaraf. Sistem regulasi ganda ini, dimana sistem syaraf lebih cepat mempengaruhi organ dibanding sistem hormone. Sehingga menghasilkan control yang tepat bagi fungsi tubuh. Kelenjar-kelenjar endokrin terdiri dari sel sekretori disusun dalam cluster disebut acini. Tidak ada salurannya tersendiri, namun kelenjar memiliki yang kaya akan suplay darah sehingga hasil produk hormone bisa masuk melalui pembuluh darah dengan cepat. Dalam keadaan fisiologis yang sehat, konsentrasi hormone dalam aliran darah dipertahankan pada tingkat relative konstan. Negative feedback /umpang balik negative adalah mekanisme untuk mengatur konsentrasi hormone dalam darah. ketika konsentrasi hormone meningkat, produksi hormone akan dihambat. Sebaliknya, ketika konsentrasi hormone berkurang, maka produksi hormone akan lebih ditingkatkan. Hormone pada umumnya diangkut dalam cairan tubuh, dan jumlah hormone tertentu yang bersirkulasi pada tubuh maka akan disesuaikan (Smeltzer et al., 2010).

1. Aktivitas Hormon

a. Peran reseptor hormone


Walaupun hormon beredar ke seluruh tubuh dalam darah, hal itu hanya memberikan efek sel target yang spesifik. Hormon, seperti neurotransmitter, mempengaruhi sel

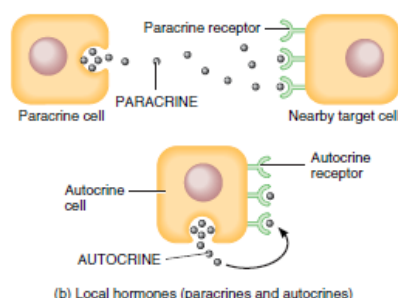
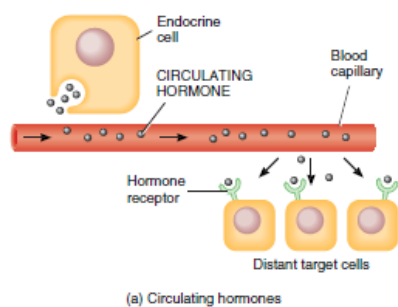
target mereka dengan mengikat kimia reseptor protein yang spesifik. Hanya sel target untuk diberikan hormon memiliki reseptor yang mengikat dan mengenali hormon. Sebagai contoh, thyroid-stimulating hormone (TSH) mengikat reseptor pada sel-sel kelenjar tiroid, tetapi tidak mengikat sel-sel ovarium karena sel-sel ovarium tidak memiliki reseptor TSH. Reseptor, seperti protein seluler lainnya, yang terus-menerus disintesis dan rusak. Umumnya, sel target memiliki 2000-100.000 reseptor untuk hormon tertentu. Jika hormon yang ada lebih, jumlah reseptor sel target dapat menurun yang disebut efek down-regulasi. Misalnya, ketika tertentu sel-sel testis yang terkena konsentrasi tinggi luteinizing hormone (LH), jumlah reseptor LH menurun. Downregulation membuat sel target kurang sensitif terhadap hormon. Sebaliknya, ketika hormon kekurangan, jumlah reseptor mungkin meningkat. Fenomena ini, yang dikenal sebagai up-regulasi, membuat Target sel lebih sensitif terhadap hormon.

Hormon sintetis yang memblokir reseptor hormon bisa sebagai obat. Sebagai contoh, RU486 (mifepristone), yang digunakan untuk menginduksi aborsi, mengikat reseptor progesteron (hormon seks wanita) dan mencegah progesteron dari mengarahkan efek normal, dalam hal ini mempersiapkan lapisan rahim untuk implantasi. Ketika RU486 diberikan kepada wanita hamil, kondisi rahim yang dibutuhkan untuk memelihara suatu embrio tidak dipertahankan, perkembangan embrio berhenti, dan embrio terkelupas bersama dengan lapisan rahim. contoh ini menggambarkan prinsip endokrin yang penting: Jika hormon dicegah dari berinteraksi dengan reseptornya, hormon tidak dapat melakukan fungsi normal.

b. Sirkulasi dan hormone local

Figure 18.2 Comparison between circulating hormones and local hormones (autocrines and paracrines).

 Circulating hormones are carried through the bloodstream to act on distant target cells. Paracrines act on neighboring cells, and autocrines act on the same cells that produced them.



Sebagian besar circulating hormon endokrin beredar dari sel-sel sekretori menuju cairan interstitial dan kemudian ke dalam darah. Hormon lain, disebut local hormon, bertindak secara lokal pada sel tetangga atau pada sel yang sama ataupun yang disekresikan mereka tanpa terlebih dahulu memasuki aliran darah. local hormone yang bekerja pada sel-sel tetangga disebut paracrines dan mereka yang bekerja pada sel yang sama yang dikeluarkan mereka disebut autocrines. Salah satu contoh dari hormon lokal adalah interleukin-2 (IL-2), yang dilepaskan oleh sel T helper (sejenis sel darah putih) selama respon imun. IL-2 membantu mengaktifkan sel-sel kekebalan tubuh lain di dekatnya, sebuah efek parakrin.

Tetapi juga bertindak sebagai autokrin dengan merangsang sel yang sama yang

dirilis untuk berkembang biak. Tindakan ini menghasilkan lebih banyak pembantu Sel T yang dapat mengeluarkan lebih banyak IL-2 dan dengan demikian memperkuat respon imun. Contoh lain dari hormon lokal gas nitric oxide (NO), yang dilepaskan oleh sel endotel yang melapisi pembuluh darah. NO menyebabkan relaksasi dari serat otot di dekatnya halus dalam pembuluh darah, yang pada gilirannya menyebabkan vasodilatasi (kenaikan diameter pembuluh darah). Efek dari berbagai vasodilatasi tersebut dari penurunan tekanan darah ke ereksi penis di laki-laki. Obat Viagra (sildenafil) meningkatkan efek merangsang oleh nitrit oksida dalam penis.

Local hormone biasanya tidak aktif dengan cepat; beredar hormon dapat berlama-lama dalam darah dan memberi efek mereka untuk beberapa menit atau kadang-kadang selama beberapa jam. Pada waktu, hormon beredar mengalami inaktivasi oleh hati dan diekskresikan oleh ginjal. Di kasus ginjal atau gagal hati, tingkat berlebihan hormon dapat bertambah dalam darah.

c. Klasifikasi kimia hormone

Secara kimia, hormon dapat dibagi menjadi dua kelas secara luas: hormon yang larut dalam lemak (Lipid-Soluble Hormones), dan hormone yang larut dalam air (Water-Soluble Hormones). Klasifikasi kimia ini juga berguna secara fungsional, karena dua kelas mengakibatkan efek mereka berbeda.

1) Larut dalam lemak

Hormon yang larut dalam lemak termasuk hormon steroid, tiroid hormon, dan nitric oxide.

- a) Hormon steroid yang berasal dari kolesterol. setiap steroid Hormon ini unik karena adanya bahan kimia yang berbeda kelompok yang melekat di berbagai tempat di empat cincin pada inti strukturnya. Perbedaan kecil memungkinkan untuk keragaman besar fungsi.
- b) Dua hormon tiroid (T3 dan T4) disintesis dengan menghubungkan yodium ke amino acid tyrosine. Adanya dua cincin benzena dalam T3 atau T4 molekul membuat molekul molekul sangat larut lemak
- c) gas nitric oxide (NO) merupakan sebuah hormon dan neurotransmitter. Sintesis biasanya dikatalisis oleh enzim nitric oxide synthase.

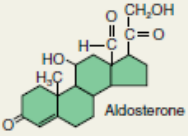
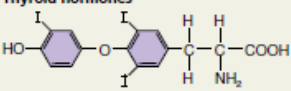
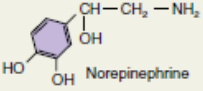
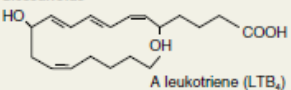
2) Larut dalam air

Hormon yang larut dalam air termasuk amine hormones, peptide and protein hormones, and eicosanoid hormones.

- a) amine hormones disintesis oleh decarboxylating (menghilangkan molekul CO₂) dan sebaliknya memodifikasi asam amino tertentu. Mereka disebut amina karena mereka mempertahankan gugus amino (-NH₃). Katekolamin-epinefrin, norepinefrin, dan dopamin, disintesis dengan memodifikasi tirosin asam amino. Histamin disintesis dari amino histidin asam oleh sel mast dan trombosit. serotonin dan melatonin yang berasal dari triptofan.
- b) Peptide hormones and protein hormones yang asam aminonya polimer. Hormon peptida yang lebih kecil terdiri dari rantai 3-49 asam amino;

hormon protein yang lebih besar termasuk 50 untuk 200 asam amino. Contoh hormon peptida yang antidiuretik hormon dan oksitosin; hormon protein dilengkapi pada manusia yaitu hormon pertumbuhan dan insulin. Beberapa hormon protein, seperti thyroid-stimulating hormone, telah terpasang kelompok karbohidrat dan karenanya glikoprotein hormon.

- c) eicosanoid hormones yang berasal dari asam arakidonat, yang 20-karbon Asam lemak. Dua jenis utama dari eikosanoid merupakan prostaglandin (PG) dan leukotrien (LTs). eikosanoid adalah hormon lokal yang penting, dan mereka dapat bertindak sebagai yang hormon bersirkulasi juga.

Summary of Hormones by Chemical Class		
CHEMICAL CLASS	HORMONES	SITE OF SECRETION
LIPID-SOLUBLE		
Steroid hormones  Aldosterone	Aldosterone, cortisol, androgens. Calcitriol. Testosterone. Estrogens, progesterone.	Adrenal cortex. Kidneys. Testes. Ovaries.
Thyroid hormones  Triiodothyronine (T ₃)	T ₃ (triiodothyronine), T ₄ (thyroxine).	Thyroid gland (follicular cells).
Gas	Nitric oxide (NO).	Endothelial cells lining blood vessels.
WATER-SOLUBLE		
Amines  Norepinephrine	Epinephrine, norepinephrine (catecholamines). Melatonin. Histamine. Serotonin.	Adrenal medulla. Pineal gland. Mast cells in connective tissues. Platelets in blood.
Peptides and proteins Glutamine — Isoleucine Asparagine — Tyrosine Cysteine — S — S — Cysteine Proline Leucine Glycine NH ₂ Oxytocin	All hypothalamic releasing and inhibiting hormones. Oxytocin, antidiuretic hormone. Human growth hormone, thyroid-stimulating hormone, adrenocorticotropic hormone, follicle-stimulating hormone, luteinizing hormone, prolactin, melanocyte-stimulating hormone. Insulin, glucagon, somatostatin, pancreatic polypeptide. Parathyroid hormone. Calcitonin. Gastrin, secretin, cholecystokinin, GIP (glucose-dependent insulinotropic peptide). Erythropoietin. Leptin. Prostaglandins, leukotrienes.	Hypothalamus. Posterior pituitary. Anterior pituitary. Pancreas. Parathyroid glands. Thyroid gland (parafollicular cells). Stomach and small intestine (enteroendocrine cells). Kidneys. Adipose tissue. All cells except red blood cells.
Eicosanoids  A leukotriene (LTB ₄)		

d. Transport hormone dalam darah

Sebagian besar molekul hormon yang larut dalam air beredar di plasma darah "bebas" (tidak terikat dengan molekul lain), tetapi kebanyakan molekul hormon larut-lemak terikat dengan Protein transportasi. Protein transportasi, yang disintesis oleh

Sel-sel di hati, memiliki tiga fungsi:

- 1) Protein transportasi membuat hormon larut-lemak untuk sementara larut dalam air, sehingga meningkatkan kelarutannya dalam darah.

- 2) menghambat lewatnya molekul hormon yang kecil melalui Mekanisme penyaringan di dalam ginjal, sehingga memperlambat laju kehilangan hormon dalam urin.
- 3) menyediakan cadangan hormon.

Secara umum, 0,1-10% dari molekul hormon larut-lemak tidak terikat pada protein transportasi. Sebagian bebas ini berdifusi dari kapiler, mengikat reseptor, dan memicu tanggapan. Sebagai molekul hormon bebas meninggalkan darah dan berikatan dengan reseptor mereka, protein transportasi lepaskan yang baru untuk mengisi bebas sebagian kecil.

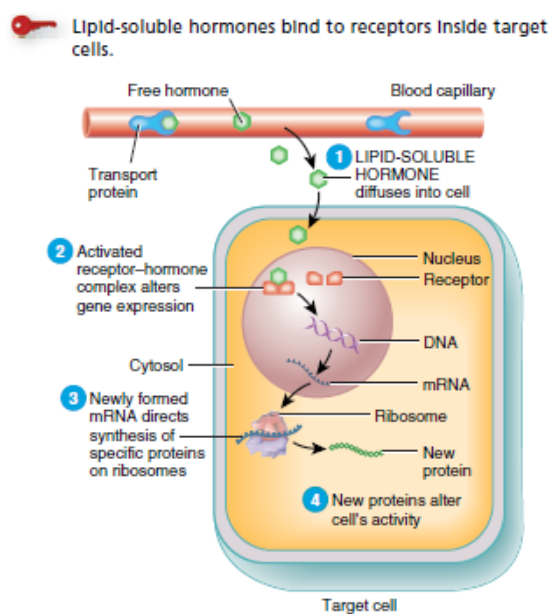
2. Mekanisme Aksi Hormon

Respon terhadap hormon tergantung pada kedua hormon itu sendiri dan sel target. Berbagai sel target bereaksi berbeda terhadap hormon yang sama. Insulin, misalnya, merangsang sintesis glikogen pada sel hati dan sintesis trigliserida dalam adipose sel. Respon terhadap hormon ini tidak selalu sintesis molekul baru, seperti halnya insulin. hormonal lainnya efek termasuk mengubah permeabilitas membran plasma, stimulasi transport zat yang kedalam atau keluar dari target sel, mengubah laju reaksi metabolisme tertentu, atau menyebabkan kontraksi otot polos atau otot jantung. Pada bagian, efek ini bervariasi hormon yang mungkin karena satu hormon dapat menggerakkan beberapa tanggapan seluler yang berbeda.

Namun, hormon harus terlebih dahulu "mengumumkan kedatangannya" ke target sel dengan mengikat reseptor. Reseptor untuk lipidsolublehormon merupakan terletak di dalam sel target. Reseptor untuk hormon yang larut dalam air adalah bagian dari membran plasma dari sel target.

a. Aksi hormone larut lemak

Figure 18.3 Mechanism of action of the lipid-soluble steroid hormones and thyroid hormones.



(1) Sebuah molekul hormone larut lemak yang bebas berdifusi dari darah melalui cairan intersisiel dan melalui lipid bilayer (lapisan ganda) dari membrane plasma kedalam sel

(2) Jika sel adalah sel target, hormon mengikat dan mengaktifasi reseptor terletak di sitosol atau nucleus. mengaktifkan reseptor-hormon yang kompleks kemudian mengubah ekspresi gen: Hal ini membuat gen yang spesifik dari DNA nuklir menjadi aktif atau tidak aktif.

(3) Karena DNA ditranskripsi,

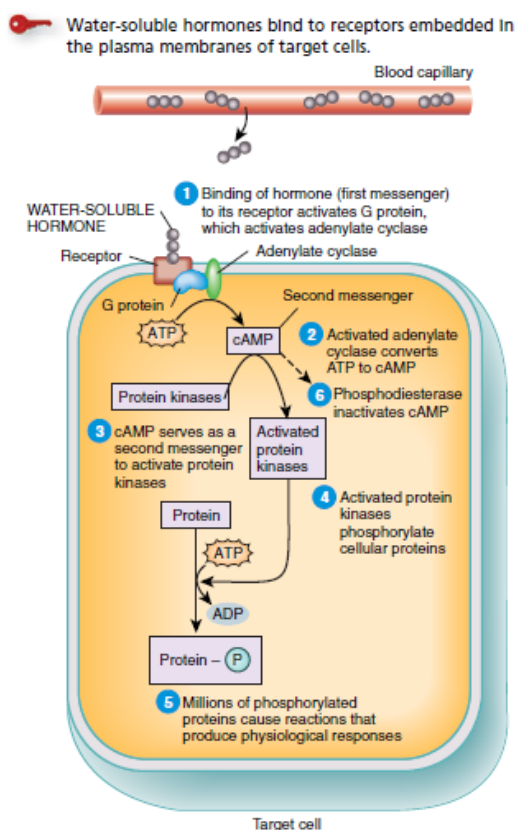
messenger RNA (mRNA) membentuk yang baru, meninggalkan nukleus, dan memasuki sitosol. Di sana, hal itu mensintesis protein baru, sering kali suatu enzim, di ribosom.

(4) Protein baru mengubah aktivitas sel dan menyebabkan respon tipikal hormon.

b. Aksi hormon larut air

Karena amine, peptida, protein, dan hormon eicosanoid merupakan tidak lemak-larut, mereka tidak dapat menyebar melalui lapisan ganda lipid membran plasma dan mengikat reseptor di sel target. Sebaliknya, hormon yang larut dalam air berikatan dengan reseptor yang menonjol dari permukaan sel target. Reseptor merupakan transmembran bagian integral protein dalam membran plasma. Ketika larut dalam air hormon berikatan dengan reseptornya di permukaan luar dari membran plasma, ia bertindak sebagai Messenger pertama. Messenger pertama (Hormon) kemudian menyebabkan produksi messenger kedua di dalam sel, di mana hormon spesifik stimulasi berlangsung. Salah satu second messenger yang sering adalah AMP siklik (cAMP). neurotransmitter, neuropeptida, dan beberapa transduksi sensori mekanisme juga bertindak melalui Sistem second messenger.

Figure 18.4 Mechanism of action of the water-soluble hormones (amines, peptides, proteins, and eicosanoids).



sitosol atau terikat pada membran plasma. Sebuah protein kinase adalah enzim yang phosphorylates (gugus fosfat) protein seluler lainnya (seperti enzim). Donor fosfat grup adalah ATP, yang diubah menjadi ADP.

(1) Hormon larut dalam air (messenger pertama) berdifusi dari darah melalui cairan interstitial dan kemudian mengikat reseptor pada permukaan bagian luar membran plasma target sel. Kompleks hormon-reseptor mengaktifkan membran protein yang disebut protein G. Protein G yang mengaktifkan pada gilirannya mengaktifkan adenylate cyclase.

(2) Adenylate cyclase mengubah ATP menjadi AMP cyclic (cAMP). Karena aktif enzim site di atas permukaan bagian dalam dari membran plasma, reaksi tersebut terjadi di sitosol dari sel.

(3) Cyclic AMP (mesegger kedua) mengaktifkan satu atau lebih protein kinase, yang mungkin bebas dalam

(4) Activated protein kinase memfosforilasi satu atau lebih sel protein. Fosforilasi mengaktifkan beberapa protein dan menginaktivasi lain, bukan seperti menyalakan sebuah tombol aktif atau tidak aktif.

(5) Protein terfosforilasi pada gilirannya menyebabkan reaksi yang menghasilkan respon fisiologis tubuh. Protein kinase yang berbeda ada dalam sel target yang berbeda dan dalam organel yang berbeda dari sel target yang sama. Dengan demikian, salah satu protein kinase kekuatan memicu terjadinya sintesis glikogen, yang kedua dapat menyebabkan kerusakan dalam trigliserida, ketiga dapat meningkatkan sintesis protein, dan lain sebagainya. Seperti tercantum dalam langkah 4, fosforilasi oleh protein kinase juga dapat menghambat protein tertentu. Sebagai contoh, beberapa kinase melepaskan epinefrin ketika berikatan sel hati menonaktifkan enzim yang diperlukan untuk glikogen sintesis.

(6) Setelah periode singkat, enzim yang disebut phosphodiesterase menginaktivasi cAMP. Dengan demikian, sel respon akan dinonaktifkan kecuali molekul hormon baru lainnya yang selanjutnya untuk mengikat reseptor dalam membran plasma.

c. Interaksi Hormon

Respon dari sel target untuk hormon tergantung pada (1) konsentrasi hormon dalam darah, (2) banyaknya reseptor hormon target sel, dan (3) pengaruh yang diberikan oleh hormon lainnya. Sebuah sel target merespon lebih keras ketika tingkat hormon naik atau ketika memiliki lebih reseptor (upregulation). Selain itu, aksi beberapa hormon pada target Sel-sel memerlukan simultan atau baru paparan terhadap hormon kedua. Pada kasus tersebut, hormon kedua dikatakan memiliki efek yang permisif. Sebagai contoh, epinefrin sendirian hanya lemah dalam merangsang lipolisis (pemecahan trigliserida), tapi ketika sejumlah kecil hormon tiroid (T3 dan T4) yang hadir, dalam jumlah yang sama epinefrin merangsang lipolisis jauh lebih kuat. Kadang-kadang hormon permisif meningkatkan jumlah dari reseptor untuk hormon lainnya, dan kadang-kadang mendorong sintesis suatu enzim yang diperlukan untuk mengekspresikan yang lain efek hormon itu.

Ketika efek dua hormon yang bekerja sama lebih besar atau lebih ekstensif daripada efek masing-masing hormon bertindak sendiri, dua hormon yang dikatakan memiliki efek sinergis. Sebagai contoh, perkembangan normal oosit dalam ovarium membutuhkan baik follicle-stimulating hormone dari hipofisis anterior dan estrogen dari ovarium. Hormon tidak saja sudah cukup. Ketika salah satu hormon menentang tindakan hormon lain, dua hormon yang dikatakan memiliki efek antagonis. Contoh dari pasangan antagonis hormon insulin, yang meningkatkan sintesis glikogen oleh sel-sel hati, dan glukagon, yang merangsang pemecahan glikogen di hati.

3. Control sekresi hormone

Pelepasan hormon sebagian besar terjadi dalam singkat, dengan sedikit atau bahkan tanpa sekresi. Ketika distimulasi, kelenjar endokrin akan melepaskan hormon dalam lebih sering, sehingga peningkatan konsentrasi hormon dalam darah. Dalam ketiadaan

stimulasi,tingkat hormon darah menurun. Kontrol sekresi biasanya mencegah kelebihan atau kekurangan produksi. dari setiap hormon yang diproduksi untuk membantu mempertahankan homeostasis. Sekresi hormon diatur oleh (1) sinyal dari saraf sistem, (2) perubahan kimia dalam darah, dan (3) hormon lainnya. Sebagai contoh, impuls saraf ke medula adrenal mengatur pelepasan epinefrin; Tingkat Ca^{2+} dalam darah mengatur sekresi hormon paratiroid; dan hormon dari anterior hipofisis (adrenocorticotrophic hormone) merangsang pelepasan kortisol oleh korteks adrenal. Sebagian besar Sistem peraturan hormonal bekerja melalui umpan balik negatif, tetapi beberapa beroperasi melalui umpan balik positif. Sebagai contoh, selama melahirkan, hormon oksitosin merangsang kontraksi rahim, dan kontraksi rahim pada gilirannya merangsang lebih oksitosin direlease, efek umpan balik positif.

4. Gland pituitary (hipofisis)

Selama bertahun-tahun, kelenjar pituitari atau hipofisis disebut "master" kelenjar endokrin karena mengeluarkan beberapa hormon yang mengontrol kelenjar endokrin lainnya. Kita sekarang tahu bahwa hipofisis kelenjar itu sendiri memiliki master hipotalamus. Daerah ini kecil di otak bawah, thalamus adalah penghubung utama antara sistem saraf dan endokrin. Sel-sel dalam hipotalamus mensintesis setidaknya sembilan hormon yang berbeda, dan kelenjar pituitari mensekresi tujuh. Bersama-sama, hormon ini memainkan peran penting dalam regulasi hampir semua aspek pertumbuhan, perkembangan, metabolisme, dan homeostasis (Tortora & Derrickson, 2014).

Kelenjar pituitari mempunyai struktur seperti kacang yang berdiameter 1-1,5 cm (0,5 in.) terletak pada fossa hypophyseal sela tursika tulang sphenoid. Menempel di hipotalamus dengan tangkai, infundibulum dan memiliki dua bagian anatomis dan fungsional yang terpisah: hipofisis anterior dan hipofisis posterior. Hipofisis anterior (lobus anterior), juga disebut adenohypophysis, menyumbang sekitar 75% dari total berat kelenjar dan terdiri dari jaringan epitel. Hipofisis anterior terdiri dari dua bagian pada orang dewasa: distalis pars adalah bagian yang lebih besar, dan tuberalis pars bentuknya ada kantung di sekitar infundibulum. hipofisis Posterior (posterior lobus), juga disebut neurohypophysis, terdiri dari jaringan saraf. Ini juga terdiri dari dua bagian: nervosa pars, bagian bulbar yang lebih besar, dan infundibulum. ada wilayah ketiga dari kelenjar pituitari yang disebut intermedia pars atrophies, selama perkembangan janin manusia dan tidak lagi ada sebagai lobus tersendiri pada orang dewasa. Namun, beberapa sel yang bermigrasi ke bagian yang berdekatan dari hipofisis anterior.

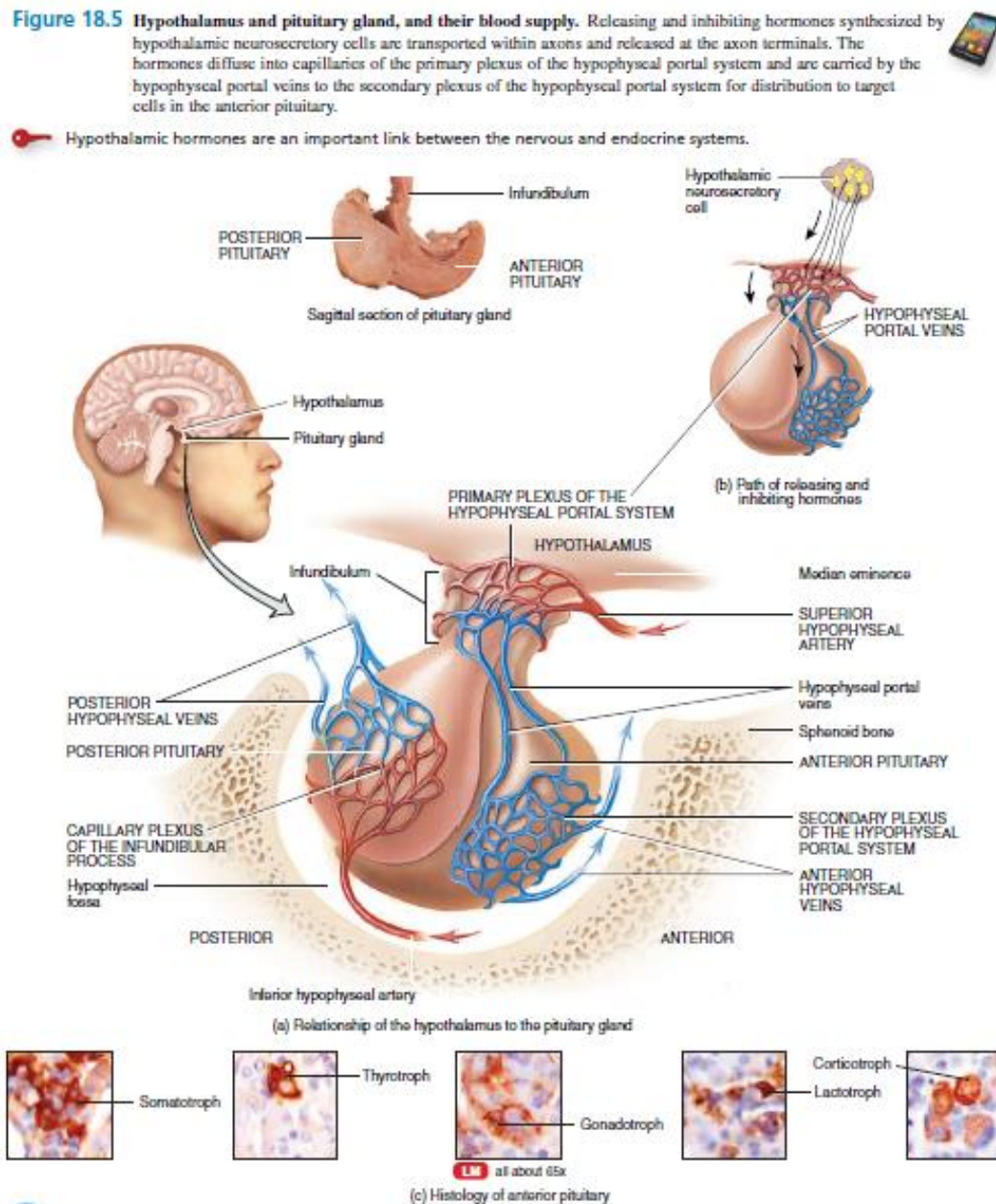
a. Hipofisis Anterior

Hipofisis anterior atau adenohypophysis mengeluarkan hormon yang mengatur berbagai kegiatan tubuh, dari pertumbuhan reproduksi. Pelepasan hormon hipofisis anterior distimulasi dengan merilis hormon dan menekan dengan menghambat hormon dari hipotalamus. Dengan demikian, hormon hipotalamus adalah merupakan link penting antara sistem saraf dan endokrin.

Sistem Portal Hypophyseal

Hormon hipotalamus yang melepaskan atau menghambat hormon hipofisis anterior sampai di hipofisis anterior melalui sistem portal. Umumnya, darah yang mengalir dari jantung melalui arteri ke kapiler ke vena dan kembali ke jantung. Dalam sistem portal, darah yang mengalir dari satu jaringan kapiler ke vena portal, dan kemudian

ke jaringan kapiler kedua sebelum kembali ke jantung. Nama sistem portal mengindikasikan lokasi jaringan kapiler kedua. Dalam sistem portal hypophyseal, darah yang mengalir dari kapiler di hipotalamus ke dalam pembuluh darah vena portal menuju ke kapiler hipofisis anterior.



Arteri hypophyseal superior, cabang arteri karotis interna, membawa darah ke hipotalamus. Di persimpangan eminensia median dari hipotalamus dan infundibulum, arteri ini terbagi menjadi jaringan kapiler disebut pleksus utama dari sistem portal hypophyseal. Dari pleksus primer, aliran darah masuk ke dalam pembuluh darah Portal hypophyseal melewati luar infundibulum. Di hipofisis anterior, vena Portal hypophyseal membagi lagi dan membentuk jaringan kapiler lain yang disebut pleksus sekunder dari sistem portal hypophyseal.

Di atas Chiasm optik adalah kelompok neuron khusus yang disebut sel neurosecretory. Mereka mensintesis hipotalamus tersebut merilis dan menghambat hormon pada tubuh sel mereka dan mengemas hormon di dalam vesikel, dimana

sampai di terminal akson oleh transportasi aksonal. Impuls saraf merangsang vesikel mengalami eksositosis. Hormon kemudian berdifusi ke dalam pleksus utama dari sistem portal hypophyseal. Dengan Cepat, hormon hipotalamus mengalir dengan darah melalui vena portal dan ke pleksus sekunder. Jalur langsung ini memungkinkan hormon hipotalamus untuk segera bertindak pada sel hipofisis anterior, sebelum hormon dilarutkan atau hancur dalam sirkulasi umum. Hormon disekresi oleh sel-sel hipofisis anterior masuk ke dalam kapiler pleksus sekunder, dimana mengalir menuju vena hypophyseal anterior dan keluar ke sirkulasi umum. Hormon hipofisis anterior kemudian melakukan perjalanan ke menargetkan jaringan di seluruh tubuh. Hormon-hormon hipofisis anterior yang bekerja pada kelenjar endokrin lain disebut hormon tropik atau tropins.

Lima jenis sel-somatotrophs hipofisis anterior, thyrotrophs, gonadotrophs, lactotrophs, dan corticotrophs-mensekresi tujuh hormon.

- 1) Somatotrophs mengeluarkan human Growth Hormone (hGH), juga dikenal sebagai somatotropin. human Growth Hormone pada gilirannya merangsang beberapa jaringan untuk mengeluarkan Insulinlike Growth Factors (IGFs), hormon yang merangsang pertumbuhan tubuh secara umum dan mengatur aspek metabolisme.
- 2) Thyrotrophs mengeluarkan thyroid-stimulating hormone (TSH), juga dikenal sebagai thyrotropin. TSH mengendalikan sekresi dan kegiatan lain dari kelenjar tiroid.
- 3) Gonadotrophs mengeluarkan dua gonadotropin: follicle-stimulating hormone (FSH) dan luteinizing hormone (LH). FSH dan LH baik bertindak pada gonad. Mereka menstimulasi sekresi estrogen dan progesteron dan pematangan oosit dalam ovarium, dan mereka merangsang produksi sperma dan sekresi testosteron di testis.
- 4) Lactotrophs mengeluarkan prolaktin (PRL), yang memulai produksi ASI di kelenjar payudara.
- 5) Corticotrophs mengeluarkan adrenocorticotrophic hormone (ACTH), juga dikenal sebagai corticotropin, yang menstimulasi korteks adrenal untuk mensekresikan glukokortikoid seperti kortisol. Beberapa corticotrophs, sisa-sisa pars intermedia, juga mengeluarkan melanocyte-stimulating hormone (MSH).

TABLE 18.3

Hormones of the Anterior Pituitary

HORMONE	SECRETED BY	HYPOTHALAMIC RELEASING HORMONE (STIMULATES SECRETION)	HYPOTHALAMIC INHIBITING HORMONE (SUPPRESSES SECRETION)
Human growth hormone (hGH), also known as somatotropin	Somatotrophs.	Growth hormone–releasing hormone (GHRH), also known as somatotropin.	Growth hormone–inhibiting hormone (GHIH), also known as somatostatin.
Thyroid-stimulating hormone (TSH), also known as thyrotropin	Thyrotrophs.	Thyrotropin-releasing hormone (TRH).	Growth hormone–inhibiting hormone (GHIH).
Follicle-stimulating hormone (FSH)	Gonadotrophs.	Gonadotropin-releasing hormone (GnRH).	—
Luteinizing hormone (LH)	Gonadotrophs.	Gonadotropin-releasing hormone (GnRH).	—
Prolactin (PRL)	Lactotrophs.	Prolactin-releasing hormone (PRH).*	Prolactin-inhibiting hormone (PIH), which is dopamine.
Adrenocorticotrophic hormone (ACTH), also known as corticotropin	Corticotrophs.	Corticotropin-releasing hormone (CRH).	—
Melanocyte-stimulating hormone (MSH)	Corticotrophs.	Corticotropin-releasing hormone (CRH).	Dopamine.

*Thought to exist, but exact nature is uncertain.

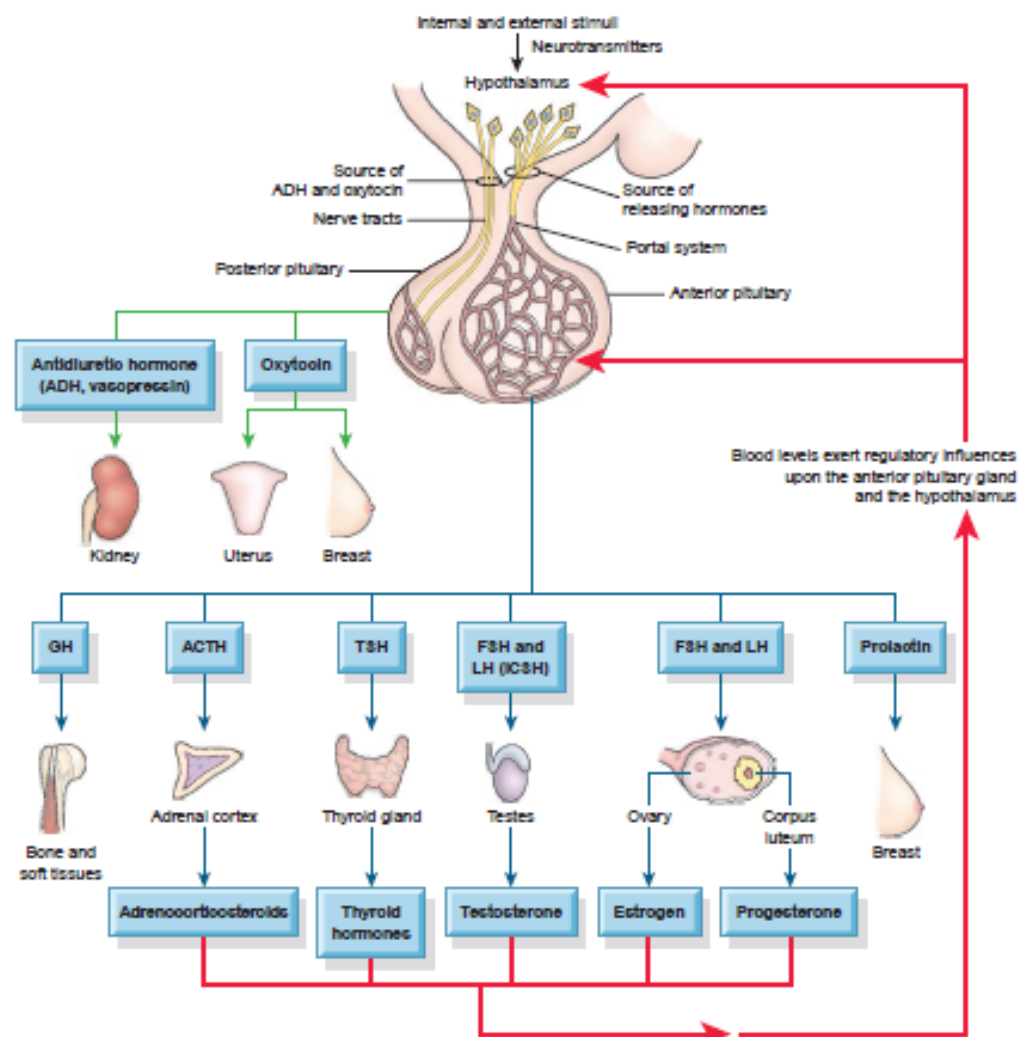
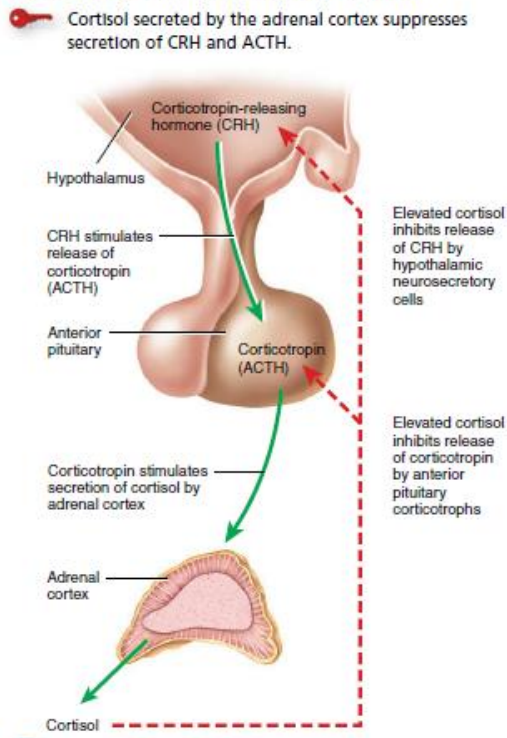


Figure 42-2 The pituitary gland, the relationship of the brain to pituitary action, and the hormones secreted by the anterior and posterior pituitary lobes. ACTH, adrenocorticotrophic hormone; ADH, antidiuretic hormone; FSH, follicle-stimulating hormone; GH, growth hormone; ICSH, interstitial cell-stimulating hormone; LH, luteinizing hormone; TSH, thyroid-stimulating hormone.

Pengendalian Sekresi oleh hipofisis anterior

Figure 18.6 Negative feedback regulation of hypothalamic neurosecretory cells and anterior pituitary corticotrophs. Solid green arrows indicate stimulation of secretions; dashed red arrows indicate inhibition of secretion via negative feedback.



Sekresi hormon hipofisis anterior diatur dalam dua cara. Pertama, sel neurosecretory di hipotalamus mensekresi lima hormon dan merelease, yang menstimulasi sekresi hormon hipofisis anterior, dan dua hormon penghambat, yang menekan sekresi hormon hipofisis anterior. Kedua, umpan balik negatif berbentuk hormon yang dikeluarkan oleh kelenjar Target menurunkan sekresi untuk tiga jenis sel hipofisis anterior. Dalam umpan balik negatif seperti loop, aktivitas sekresi dari thyrotrophs, gonadotrophs, dan corticotrophs menurun bila kadar hormon kelenjar target mereka meningkat. Misalnya, adrenocorticotrophic hormone (ACTH) menstimulasi kelenjar korteks adrenal untuk mensekresi

glukokortikoid, terutama kortisol. Selanjutnya, tingkat darah yang meningkat kortisol menurunkan sekresi baik corticotropin dan corticotropin-releasing hormone (CRH) dengan cara menekan aktivitas corticotrophs hipofisis anterior dan sel neurosecretory hipotalamus.

TABLE 18.3

Hormones of the Anterior Pituitary

HORMONE	SECRETED BY	HYPOTHALAMIC RELEASING HORMONE (STIMULATES SECRETION)	HYPOTHALAMIC INHIBITING HORMONE (SUPPRESSES SECRETION)
Human growth hormone (hGH), also known as somatotropin	Somatotrophs.	Growth hormone–releasing hormone (GHRH), also known as somatotrocin.	Growth hormone–inhibiting hormone (GHIH), also known as somatostatin.
Thyroid-stimulating hormone (TSH), also known as thyrotropin	Thyrotrophs.	Thyrotropin-releasing hormone (TRH).	Growth hormone–inhibiting hormone (GHIH).
Follicle-stimulating hormone (FSH)	Gonadotrophs.	Gonadotropin-releasing hormone (GnRH).	—
Luteinizing hormone (LH)	Gonadotrophs.	Gonadotropin-releasing hormone (GnRH).	—
Prolactin (PRL)	Lactotrophs.	Prolactin-releasing hormone (PRH).*	Prolactin-inhibiting hormone (PIH), which is dopamine.
Adrenocorticotrophic hormone (ACTH), also known as corticotropin	Corticotrophs.	Corticotropin-releasing hormone (CRH).	—
Melanocyte-stimulating hormone (MSH)	Corticotrophs.	Corticotropin-releasing hormone (CRH).	Dopamine.

*Thought to exist, but exact nature is uncertain.

Human Growth Hormone and Insulinlike Growth Factors

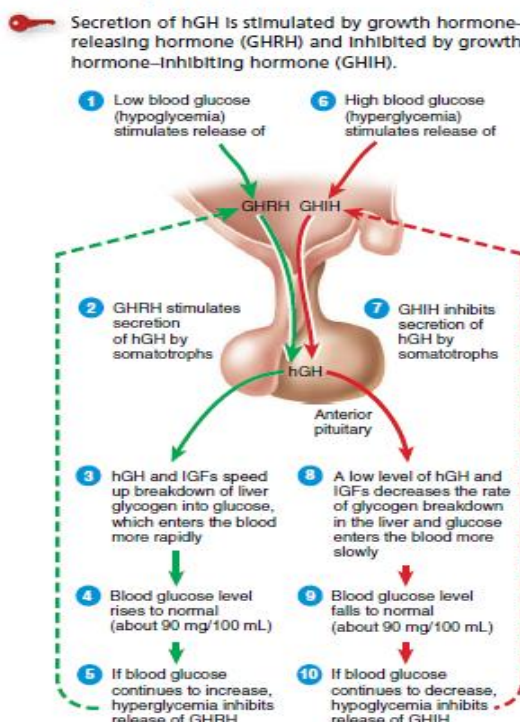
Somatotrophs adalah sel sebagian besar banyak di hipofisis anterior, dan human growth hormone (hGH) merupakan hormon yang paling berlimpah dihipofisis

anterior. Fungsi utama dari hGH adalah untuk meningkatkan sintesis dan sekresi hormon protein kecil yang disebut insulinlike growth factor atau somatomedins. sebagai respon human growth hormon, sel-sel di hati, otot rangka, kartilago, tulang, dan jaringan lainnya mensekresikan IGFs, dimana mungkin juga masuk ke aliran darah dari hati atau berperan secara lokal di jaringan lain sebagai autocrines atau paracrines.

Fungsi IGFs antara lain sebagai berikut:

- 1) IGFs menyebabkan sel untuk tumbuh dan berkembang biak dengan cara meningkatkan uptake asam amino ke dalam sel dan mempercepat sintesis protein. IGFs juga memperkecil pemecahan protein dan pemanfaatan asam amino untuk produksi ATP. Karena efek dari IGFs, human growth hormone meningkatkan tingkat pertumbuhan kerangka dan otot rangka selama masa kanak-kanak dan remaja. Pada orang dewasa, human growth hormone dan IGFs membantu mempertahankan massa otot dan tulang dan meningkatkan penyembuhan luka dan perbaikan jaringan.
- 2) IGFs juga meningkatkan lipolisis di jaringan adiposa, yang menghasilkan peningkatan penggunaan fatty acids dalam merilis untuk memproduksi ATP oleh sel-sel tubuh.
- 3) Selain mempengaruhi protein dan lipid metabolisme, growth hormone manusia dan IGFs mempengaruhi metabolisme karbohidrat dengan cara menurunkan uptake glukosa, dimana mengurangi penggunaan glukosa untuk memproduksi ATP oleh sel-sel tubuh sebagian besar. Tindakan ini akan menyimpan glukosa sehingga tersedia untuk neuron produksi ATP di saat kekurangan glukosa. IGFs dan human growth hormone juga menstimulasi sel-sel hati untuk melepaskan glukosa ke dalam darah.

Figure 18.7 Effects of human growth hormone (hGH) and insulinlike growth factors (IGFs). Solid green arrows indicate stimulation of secretion; dashed red arrows indicate inhibition of secretion via negative feedback.



Somatotrophs di hipofisis anterior merelease human growth hormone setiap beberapa jam, khususnya saat tidur. Kegiatan ini dikontrol terutama oleh dua hormon hipotalamus: (1) growth hormone-releasing hormone (GHRH) meningkatkan sekresi human growth hormone, dan (2) growth hormone-inhibiting hormone (GHIH) dapat menekan produksi hormon. Regulator utama dari sekresi GHRH dan GHIH merupakan tingkat glukosa darah.

- 1) Hipoglikemia suatu konsentrasi glukosa darah yang rendah secara abnormal, menstimulasi hipotalamus untuk mensekresikan GHRH, yang mengalir menuju hipofisis anterior di vena Portal hypophyseal
- 2) Pada mencapai hipofisis anterior, GHRH menstimulasi somatotrophs untuk melepaskan human growth hormone.
- 3) Human growth hormone menstimulasi sekresi growth factors insulinlike, yang mempercepat pemecahan glycogen di hati menjadi glukosa, menyebabkan glukosa untuk masuk kedalam darah lebih cepat.
- 4) Hasilnya, glukosa darah yang naik ke tingkat normal (sekitar 90 mg / 100 mL plasma darah yang).
- 5) Peningkatan dalam glukosa darah di atas batas normal menghambat pelepasan GHRH.
- 6) Hiperglikemia, suatu konsentrasi glukosa darah yang normal tinggi, menstimulasi hipotalamus untuk mensekresikan GHIH (sementara menghambat sekresi GHRH).
- 7) Ketika sampai di hipofisis anterior di dalam darah portal, GHIH menghambat sekresi growth hormone manusia dengan somatotrophs.
- 8) Sebuah rendahnya human growth hormone dan IGFs memperlambat pemecahan glikogen dalam hati, dan glukosa dirilis ke dalam darah lebih lambat.
- 9) Glukosa darah turun ke tingkat normal.
- 10) Penurunan glukosa darah yang di bawah tingkat normal (hipoglikemia) menghambat pelepasan GHIH.

Rangsangan lain yang meningkatkan sekresi human growth hormone termasuk penurunan fatty acids dan peningkatan asam amino dalam darah; tidur yang mendalam (tahap 3 dan 4 non-rapid eye movement sleep); peningkatan aktivitas dari divisi simpatik dari sistem saraf otonom, seperti yang mungkin terjadi pada stres atau latihan fisik yang kuat; dan hormon lainnya, termasuk glukagon, estrogen, kortisol, dan insulin. Faktor-faktor yang menghambat sekresi human growth hormone peningkatan kadar fatty acids dan penurunan kadar asam amino dalam darah; rapid sleep eye movement; kekurangan emosional; obesitas; rendahnya tingkat hormon tiroid; dan human growth hormone itu sendiri (melalui umpan balik negatif). Growth hormone inhibisi hormon (GHIH), alternatif dikenal sebagai somatostatin, juga menghambat sekresi human growth hormone.

Thyroid-Stimulating Hormone

Thyroid-stimulating hormone (TSH) menstimulasi sintesis dan sekresi dua hormon tiroid, triiodothyronine (T3) dan thyroxine (T4), keduanya diproduksi oleh kelenjar tiroid. Thyrotropin-releasing hormone (TRH) dari hipotalamus mengontrol sekresi TSH. Pelepasan TRH kemudian bergantung pada kadar T3

dan T4; tingginya tingkat T3 dan T4 menghambat sekresi TRH melalui umpan balik negatif.

Follicle-Stimulating Hormone

Pada wanita, ovarium merupakan target untuk follicle-stimulating hormone (FSH). Setiap bulan FSH memulai pengembangan beberapa folikel ovarium, pengaturan saclike sel sekretori yang mengelilingi oosit berkembang. FSH juga menstimulasi sel-sel folikel untuk mensekresikan estrogen (hormon seks wanita). Pada laki-laki, FSH menstimulasi produksi sperma di testis. Gonadotropin-releasing hormone (GnRH) dari hipotalamus menstimulasi pelepasan FSH. Pelepasan GnRH dan FSH ditekan oleh estrogen pada wanita dan testosteron oleh (prinsip hormon seks pria) pada laki-laki melalui sistem umpan balik negatif. Tidak ada gonadotropin inhibisi hormone.

luteinizing Hormone

Pada wanita, hormone luteinizing (LH) memicu ovulasi, pelepasan oosit sekunder (ovum di masa depan) oleh ovarium. LH menstimulasi pembentukan korpus luteum (struktur terbentuk setelah ovulasi) di ovarium dan sekresi progesteron (hormon seks wanita lain) oleh korpus luteum. Bersama-sama, FSH dan LH juga menstimulasi sekresi estrogen oleh sel ovarium. Estrogen dan progesteron mempersiapkan rahim untuk implantasi dari ovum yang dibuahi dan membantu mempersiapkan kelenjar susu untuk sekresi susu. Pada laki-laki, LH menstimulasi sel-sel dalam testis untuk mensekresikan testosteron. Sekresi LH, seperti itu dari FSH, dikendalikan oleh hormone gonadotropin-releasing hormone (GnRH).

Prolaktin

Prolaktin (PRL), bersama-sama pada hormon lain, inisiasi dan mempertahankan produksi ASI oleh kelenjar payudara. Dengan sendirinya, prolaktin hanya memiliki efek yang lemah. Hanya setelah kelenjar payudara telah prima oleh estrogen, progesteron, glukokortikoid, human growth hormone, tiroksin, dan insulin, dimana memberi efek permisif, apakah PRL menghasilkan produksi ASI. Ejeksi susu dari kelenjar payudara tergantung pada hormon oksitosin, dimana dirilis dari hipofisis posterior. Bersama-sama, produksi ASI dan ejeksi merupakan laktasi.

Hipotalamus mengeluarkan kedua hormon inhibitor dan rangsang yang mengatur sekresi prolaktin. Pada wanita, hormone prolactininhibiting (PIH), yang merupakan dopamin, menghambat pelepasan prolaktin dari hipofisis anterior sering kali. Setiap bulan, sebelum menstruasi dimulai, sekresi PIH berkurang dan tingkat darah prolaktin meningkat, namun belum cukup untuk menstimulasi produksi ASI. Nyeri payudara sebelum menstruasi dapat disebabkan oleh prolaktin tinggi.

Sebagaimana dalam siklus menstruasi berulang kembali, PIH ini kembali

disekresi dan tingkat prolaktin menurun. Selama kehamilan, tingkat prolaktin naik, distimulasi oleh prolaktin-releasing hormone (PRH) oleh hipotalamus. Mengisap tindakan seorang bayi menyusui menyebabkan penurunan sekresi PIH dari hipotalamus.



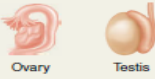
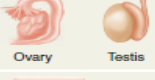



Fungsi prolaktin ini tidak diketahui pada laki-laki, namun hipersekresi yang menyebabkan disfungsi ereksi (impotensi, ketidakmampuan untuk memiliki ereksi penis). Pada wanita, hipersekresi prolaktin menyebabkan galaktorea (laktasi tidak pantas) dan amenore (tidak adanya siklus menstruasi)

Hormon adrenokortikotropik

Corticotrophs mensekresikan hormone utamanya adrenokortikotropik (ACTH). ACTH mengontrol produksi dan sekresi kortisol dan glukokortikoid lainnya oleh korteks (bagian terluar) dari kelenjar adrenal. Corticotropin-releasing hormone (CRH) oleh hipotalamus menstimulasi sekresi ACTH oleh corticotrophs. Rangsangan stres yang berhubungan, seperti misalnya glukosa darah rendah atau trauma fisik, dan interleukin-1, zat yang diproduksi oleh makrofag, juga menstimulasi pelepasan ACTH. Glukokortikoid menghambat CRH dan ACTH release melalui umpan balik negatif.

Melanosit-Stimulating Hormone

Melanosit-stimulating hormone (MSH) meningkatkan pigmentasi kulit amfibi dengan merangsang penyebaran butiran melanin di melanosit. Peran yang tepat dalam manusia tidak diketahui, namun keberadaan reseptor MSH dalam otak mempengaruhi aktivitas otak. Ada sedikit beredar MSH pada manusia. Namun, pemberian terus MSH selama beberapa hari tidak menghasilkan suatu kulit gelap. Tingkat berlebihan corticotropin-releasing hormone (CRH) dapat menstimulasi release MSH; dopamin menghambat pelepasan MSH.

TABLE 18.4 Summary of the Principal Actions of Anterior Pituitary Hormones		
HORMONE	TARGET TISSUES	PRINCIPAL ACTIONS
Human growth hormone (hGH), also known as somatotropin	 Liver (and other tissues)	Stimulates liver, muscle, cartilage, bone, and other tissues to synthesize and secrete insulinlike growth factors (IGFs); IGFs promote growth of body cells, protein synthesis, tissue repair, lipolysis, and elevation of blood glucose concentration.
Thyroid-stimulating hormone (TSH), also known as thyrotropin	 Thyroid gland	Stimulates synthesis and secretion of thyroid hormones by thyroid gland.
Follicle-stimulating hormone (FSH)	 Ovary Testis	In females, initiates development of oocytes and induces ovarian secretion of estrogens. In males, stimulates testes to produce sperm.
Luteinizing hormone (LH)	 Ovary Testis	In females, stimulates secretion of estrogens and progesterone, ovulation, and formation of corpus luteum. In males, stimulates testes to produce testosterone.
Prolactin (PRL)	 Mammary glands	Together with other hormones, promotes milk production by mammary glands.
Adrenocorticotrophic hormone (ACTH), also known as corticotropin	 Adrenal cortex	Stimulates secretion of glucocorticoids (mainly cortisol) by adrenal cortex.
Melanocyte-stimulating hormone (MSH)	 Brain	Exact role in humans is unknown but may influence brain activity; when present in excess, can cause darkening of skin.

b. Hipofisis Posterior

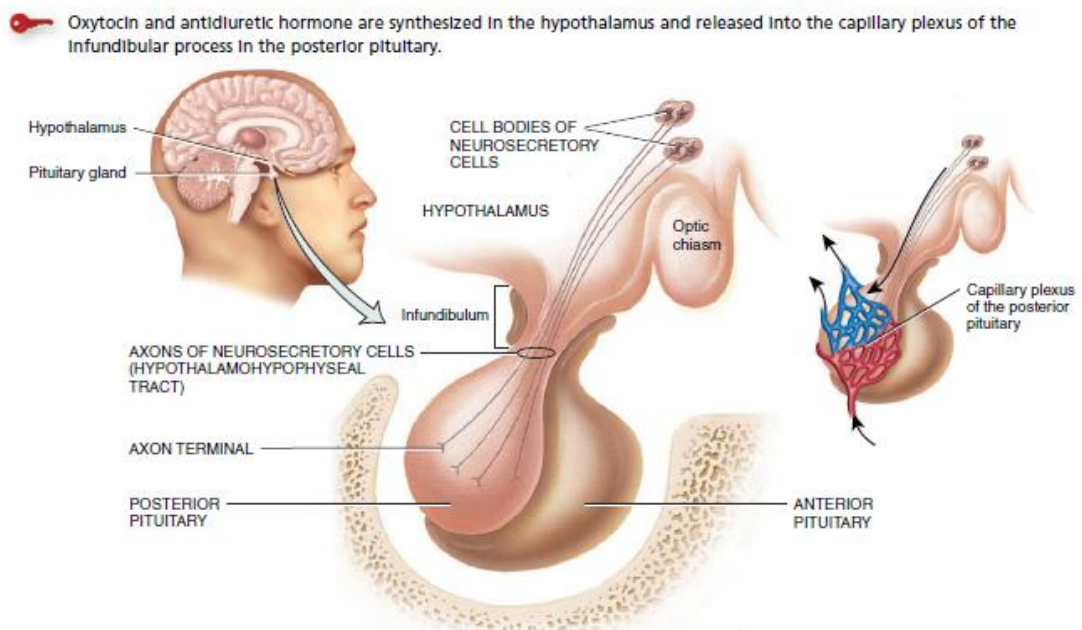
Walaupun hipofisis posterior atau neurohypophysis tidak mensintesa hormon, hal itu menyimpan dan melepaskan dua hormon. Ini terdiri atas akson dan terminal akson lebih dari 10.000 sel neurosecretory hipotalamus. sel sel neurosecretory berada di paraventrikular dan supraoptik inti hipotalamus; akson mereka membentuk saluran hypothalamohypophyseal.

Saluran ini dimulai di hipotalamus dan berakhir di dekat kapiler darah di hipofisis posterior. Para badan sel saraf baik dari paraventrikular dan inti supraoptik mensintesa hormon oksitosin dan hormone antidiuretik (ADH), disebut juga vasopressin. Terminal akson di hipofisis posterior berhubungan dengan neuroglia khusus yang disebut pituicytes. Sel-sel ini memiliki peran pendukung mirip dengan astrosit.

Setelah produksi mereka di badan sel sel neurosecretory, oksitosin dan hormon antidiuretik dikemas ke dalam vesikel sekretorik, dimana bergerak dengan transportasi aksonal cepat ke terminal akson di hipofisis posterior, keberadaan mereka disimpan sampai impuls saraf memicu eksositosis dan pelepasan hormon.

Darah disuplai ke hipofisis posterior oleh arteri hypophyseal inferior, arteri ini cabang dari arteri karotis interna. Dalam hipofisis posterior, arteri hypophyseal inferior mengalir menuju pleksus kapiler dalam proses infundibular, jaringan kapiler yang mendapat sekresi oksitosin dan hormon antidiuretik. Dari pleksus ini, hormon masuk ke pembuluh darah hypophyseal posterior untuk distribusi menuju sel-sel dalam jaringan target.

Figure 18.8 The hypothalamohypophyseal tract. Axons of hypothalamic neurosecretory cells form the hypothalamohypophyseal tract, which extends from the paraventricular and supraoptic nuclei to the posterior pituitary. Hormone molecules synthesized in the cell body of a neurosecretory cell are packaged into secretory vesicles that move down to the axon terminals. Nerve impulses trigger exocytosis of the vesicles, thereby releasing the hormone.



Pengendalian Sekresi oleh posterior hipofisis

Oksitosin Pada saat dan setelah persalinan seorang bayi, oksitosin mempengaruhi dua jaringan target: rahim ibu dan payudara. Saat persalinan, peregangan leher rahim

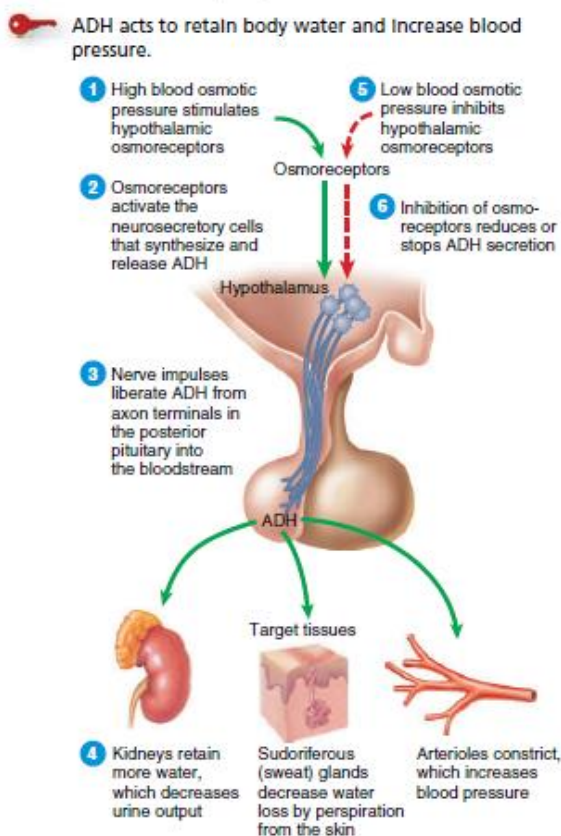
rahim merangsang pelepasan oksitosin dimana, pada gilirannya akan, dapat meningkatkan kontraksi sel otot polos pada dinding rahim; setelah persalinan, merangsang susu ejeksi ("letdown") dari kelenjar payudara sebagai respons terhadap stimulus mekanik diberikan oleh bayi suckling. Fungsi oksitosin pada laki-laki dan pada wanita tidak hamil belum jelas. Percobaan pada hewan telah menyarankan bahwa ia memiliki tindakan dalam dalam otak yang mendorong perilaku perawatan orangtua terhadap anaknya anak. Ini mungkin juga bertanggung jawab, sebagian, untuk perasaan kenikmatan seksual saat dan setelah hubungan seksual.

Antidiuretik Hormon

Sesuai dengan namanya, sebuah hormon antidiuretik adalah zat yang menurunkan produksi urine. ADH menyebabkan ginjal untuk mengembalikan lebih banyak air ke dalam darah, sehingga menurunkan volume urine. Dengan tidak adanya ADH, urin meningkat lebih dari sepuluh kali lipat, dari yang normal 1 sampai 2 liter menjadi sekitar 20 liter per hari. Minum alkohol sering menyebabkan sering buang air kecil dan berlebihan karena alkohol menghambat sekresi ADH. ADH juga menyebabkan berkurangnya hilangnya air melalui keringat dan menyebabkan penyempitan arterioli, yang meningkatkan tekanan darah. hormone ini ini lain nama, vasopressin, menggambarkan efek terhadap tekanan darah.


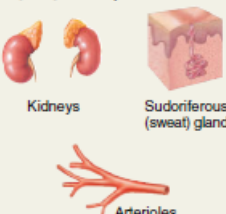
Banyaknya ADH disekresi bervariasi tergantung tekanan osmotik darah dan volume darah, berikut penjelasannya:

Figure 18.9 Regulation of secretion and actions of antidiuretic hormone (ADH).



- (1) Tekanan osmotik darah tinggi (atau penurunan volume darah) -karena dehidrasi atau penurunan volume darah karena perdarahan, diare, atau berlebihan berkeringat-menstimulasi osmoreseptor, neuron di hipotalamus yang memonitor tekanan osmotik darah yang. Tekanan osmotik darah mengaktifkan osmoreseptor secara langsung; mereka juga menerima input rangsang dari daerah otak lainnya bila volume darah menurun.
- (2) Osmoreseptor mengaktifkan sel-sel neurosecretory hipotalamus yang mensintesis dan melepaskan ADH
- (3) Bila sel-sel neurosecretory menerima input rangsang dari osmoreseptor, mereka menghasilkan impuls saraf yang menimbulkan eksositosis ADH yang mengandung vesikel dari terminal akson mereka di hipofisis posterior. Hal ini melepaskan ADH, dimana berdifusi ke kapiler darah hipofisis posterior.
- (4) Darah membawa ADH tiga jaringan target: ginjal, sudoriferous (keringat) kelenjar, dan otot polos di dinding pembuluh darah. Ginjal merespon dengan mempertahankan lebih banyak air, yang akan menurunkan produksi urine. Kegiatan Sekretori kelenjar keringat menurun, yang menurunkan tingkat kehilangan air dengan keringat dari kulit. Otot polos di dinding arteriol (arteri kecil) kontrak sebagai respons terhadap tingginya tingkat ADH, dimana konstiksi (menyempit) lumen pembuluh darah tersebut dan meningkatkan tekanan darah.
- (5) Tekanan osmotik darah rendah (atau volume darah meningkat) dapat menghambat osmoreseptor.
- (6) Inhibisi osmoreseptor menurunkan atau menghentikan sekresi ADH. Ginjal kemudian menahan air kurang dengan cara membentuk lebih besar volume dari urin, aktivitas sekresi kelenjar keringat meningkat, dan arteriol melebar. Volume darah dan tekanan osmotik cairan tubuh kembali normal

Sekresi ADH juga dapat diubah dengan cara lain. Nyeri, stres, trauma, kecemasan, asetilkolin, nikotin, dan obat-obatan seperti morfin, obat penenang, dan beberapa anestesi menstimulasi sekresi ADH. Efek dehidrasi alkohol, dimana telah disebutkan, dapat menyebabkan baik haus dan sakit kepala khas mabuk. Hyposecretion ADH atau reseptor ADH nonfungsional menyebabkan diabetes insipidus.

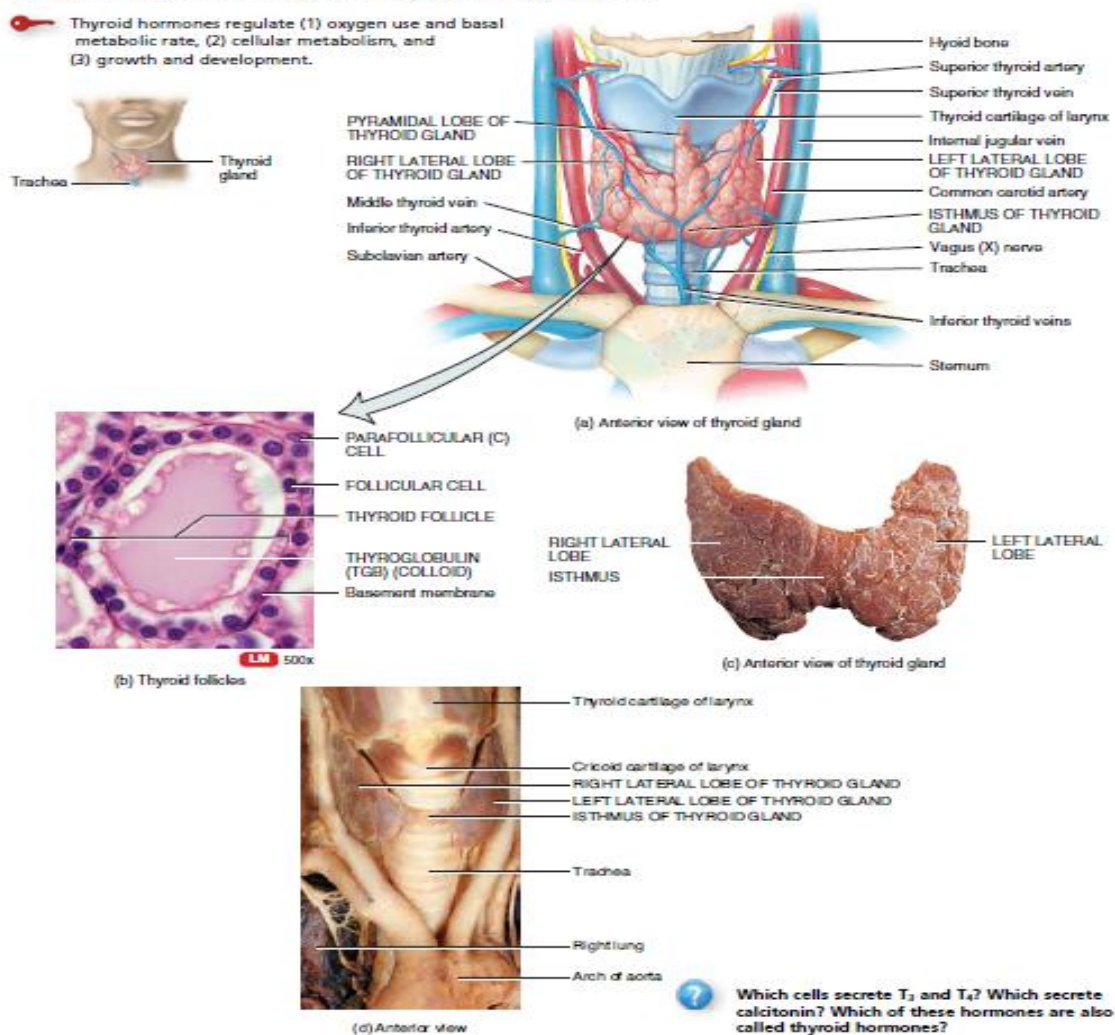
TABLE 18.5		
Summary of Posterior Pituitary Hormones		
HORMONE AND TARGET TISSUES	CONTROL OF SECRETION	PRINCIPAL ACTIONS
Oxytocin (OT)  Uterus Mammary glands	Neurosecretory cells of hypothalamus secrete OT in response to uterine distension and stimulation of nipples.	Stimulates contraction of smooth muscle cells of uterus during childbirth; stimulates contraction of myoepithelial cells in mammary glands to cause milk ejection.
Antidiuretic hormone (ADH) or vasopressin  Kidneys Sudoriferous (sweat) glands Arterioles	Neurosecretory cells of hypothalamus secrete ADH in response to elevated blood osmotic pressure, dehydration, loss of blood volume, pain, or stress; inhibitors of ADH secretion include low blood osmotic pressure, high blood volume, and alcohol.	Conserves body water by decreasing urine volume; decreases water loss through perspiration; raises blood pressure by constricting arterioles.

5. Kelenjar thyroid

Kelenjar tiroid berbentuk kupu-kupu berada di inferior laring (kotak suara). Terdiri dari lobus lateral kanan dan kiri, terletak di kedua sisi trakea, yang dihubungkan oleh sebuah isthimus anterior ke trakea (Gambar 18.10a). Sekitar 50% dari kelenjar tiroid memiliki tiga lobus kecil, yang disebut lobus piramidal. Memanjang superior dari isthmus. Massa normal tiroid adalah sekitar 30 g (1 oz).

Kantung berbentuk bola mikroskopis disebut folikel tiroid membentuk kebanyakan kelenjar tiroid. Dinding setiap folikel utamanya terdiri dari sel yang disebut sel folikel, yang sebagian besar memperluas ke lumen (ruang internal) dari folikel. Sebuah membran basal mengelilingi setiap folikel. Bila sel-sel folikel yang tidak aktif, berbentuk cuboidal Rendah hingga skuamosa, tetapi di bawah pengaruh TSH mereka menjadi aktif dalam sekresi dan dalam bentuk yang mulai dari cuboidal ke kolumnar rendah. Sel-sel folikel menghasilkan dua hormon: tiroksin, yang juga disebut tetraiodothyronine (T₄) karena mengandung empat atom yodium, dan triiodothyronine (T₃), yang berisi tiga atom yodium. T₃ dan T₄ bersama-sama juga dikenal sebagai hormon tiroid. Beberapa sel yang disebut sel parafolikular atau sel C terletak di antara folikel. Mereka menghasilkan hormon kalsitonin (CT), yang membantu mengatur homeostasis kalsium.

Figure 18.10 Location, blood supply, and histology of the thyroid gland.



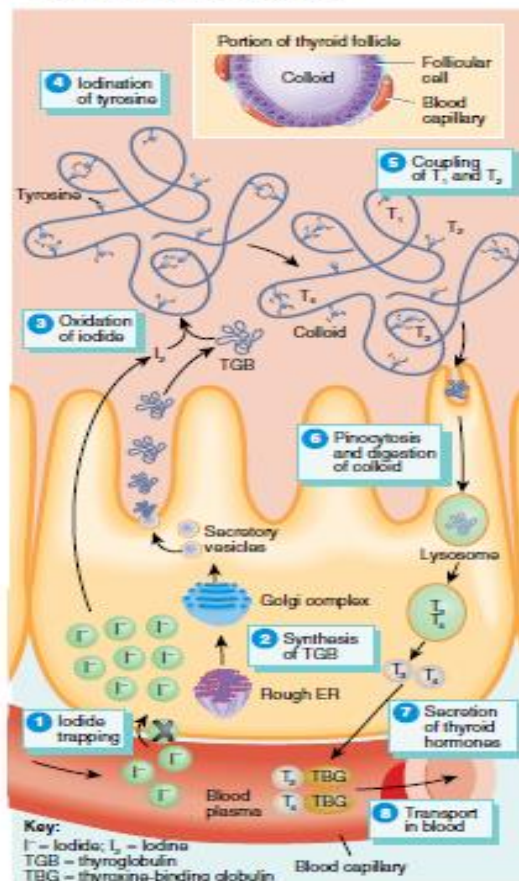
Susunan, Penyimpanan, dan Pelepasan Tiroid Hormon

Kelenjar tiroid adalah satu-satunya kelenjar endokrin yang menyimpan produk sekretori dalam besar jumlah-biasanya sekitar persediaan 100-hari. Sintesis dan sekresi T3 dan T4 terjadi sebagai berikut:

1. Trapping iodida. Tiroid folikel sel trap iodida ion dengan aktif mengangkutnya dari darah ke sitosol. Hasilnya, kelenjar tiroid secara normal mengandung sebagian besar iodida dalam tubuh.
2. Sintesis tiroglobulin. Meskipun sel-sel folikel yang Trapping, mereka juga sintesis tiroglobulin (TGB), suatu glikoprotein besar yang dihasilkan dalam retikulum endoplasma, yang dimodifikasi di kompleks Golgi, dan dikemas dalam vesikel sekretorik. Vesikel kemudian menjalani eksositosis, yang melepaskan TGB ke dalam lumen folikel.

Figure 18.11 Steps in the synthesis and secretion of thyroid hormones.

Thyroid hormones are synthesized by attaching iodine atoms to the amino acid tyrosine.



(3) Oksidasi iodida. Beberapa asam amino di TGB adalah tyrosines yang akan menjadi iodinasi. Namun, ion iodida bermuatan negatif tidak dapat mengikat tirosin sampai mereka mengalami oksidasi (pengangkatan elektron) ke yodium: Sebagaimana ion iodida sedang teroksidasi, mereka melewati membran ke dalam lumen folikel.

(4) Iodinasi tirosin. Sebagaimana molekul yodium (I_2) bentuk, mereka bereaksi dengan tyrosines yang merupakan bagian dari molekul tiroglobulin. Pengikatan satu hasil yodium atom monoiodotyrosine (T1), dan iodinasi kedua menghasilkan Diiodothyrosine (T2). TGB dengan atom yodium menempel, bahan lengket yang terakumulasi dan disimpan dalam lumen folikel tiroid, yang disebut koloid.

(5) Coupling T1 dan T2. Pada saat tahap terakhir dalam sintesis hormon

tiroid, dua molekul T2 bergabung untuk membentuk T4, atau satu T1 dan T2 satu bergabung untuk membentuk T3.

(6) Pinositosis dan pencernaan koloid. Butiran koloid masuk kembali ke sel-sel folikel dengan pinositosis dan bergabung dengan lisosom. Enzim pencernaan dalam lisosom memecah TGB, membelah dari molekul T3 dan T4.

(7) Sekresi hormon tiroid. Karena T3 dan T4 yang larut lemak, mereka menyebar melalui membran plasma ke dalam cairan interstitial dan kemudian ke dalam darah.

T4 biasanya disekresikan dalam jumlah yang lebih besar dari T3, tetapi T3 adalah beberapa kali lebih kuat. Selain itu, setelah T4 memasuki sel tubuh, sebagian besar diubah menjadi T3 oleh penghapusan satu yodium.

(8) Transportasi dalam darah. Lebih dari 99% baik dari T3 dan T4 menggabungkan dengan protein transport dalam darah, utamanya thyroxine-binding globulin (TBG).

Aksi Tiroid Hormon

Karena tubuh sel-sel memiliki reseptor untuk hormon tiroid, T3 dan T4 menggunakan efeknya ke seluruh tubuh.

- 1) Hormon tiroid meningkatkan metabolisme basal rate (BMR), laju pemakaian oksigen dalam kondisi standar atau basal (terjaga, saat istirahat, dan puasa), dengan merangsang penggunaan oksigen seluler untuk menghasilkan ATP. Ketika meningkat basal metabolic rate, metabolisme sel karbohidrat, lipid, dan protein meningkat.
- 2) Efek utama kedua hormon tiroid adalah untuk menstimulasi sintesis tambahan pompa natrium-kalium. dimana menggunakan jumlah besar ATP untuk senantiasa mengeluarkan ion natrium dari sitosol ke dalam ion cairan dan kalium ekstraseluler dari cairan ekstraseluler ke dalam sitosol. Seperti sel-sel produksi dan lebih banyak menggunakan ATP, banyak panas yang dilepaskan, dan suhu tubuh meningkat. Fenomena ini disebut efek calorigenic. Dengan cara ini, hormon tiroid memainkan peran penting dalam pemeliharaan suhu tubuh normal. Mamalia yang normal dapat bertahan hidup dalam suhu beku, namun mereka yang memiliki tiroid kelenjar telah dilepaskan tidak bisa.
- 3) Dalam regulasi metabolisme, hormon tiroid menstimulasi sintesis protein dan meningkatkan penggunaan glukosa dan asam lemak untuk produksi ATP. Mereka juga meningkatkan lipolisis dan meningkatkan ekskresi kolesterol, sehingga mengurangi kadar kolesterol darah.
- 4) Hormon tiroid meningkatkan beberapa tindakan katekolamin (norepinefrin dan epinefrin) karena mereka upregulate reseptor beta. Untuk alasan ini, gejala hipertiroid meliputi peningkatan heart rate, denyut jantung lebih kuat, dan peningkatan tekanan darah.
- 5) Sama dengan growth hormone manusia dan insulin, hormon tiroid mempercepat pertumbuhan tubuh, terutama pertumbuhan sistem saraf dan tulang. Kekurangan hormon tiroid selama perkembangan janin, bayi, atau anak usia menyebabkan keterbelakangan mental yang berat dan pertumbuhan tulang terhambat.

Kontrol Sekresi Tiroid Hormon

Thyrotropin-releasing hormone (TRH) dari hipotalamus dan thyroid-stimulating hormone (TSH) dari hipofisis anterior menstimulasi sintesis dan pelepasan hormon tiroid. Seperti keterangan dibawah:

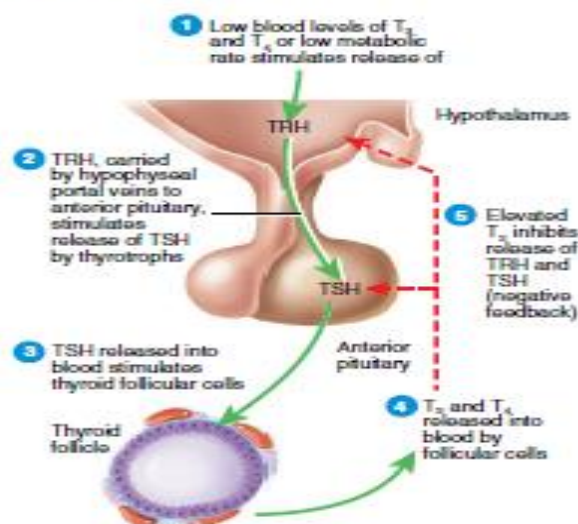
- 1) Tingkat darah rendah T3 dan T4 atau tingkat metabolisme yang rendah menstimulasi hipotalamus untuk mensekresikan TRH.

- 2) TRH memasuki vena Portal hypophyseal dan mengalir ke hipofisis anterior, keberadaan merangsang thyrotrophs untuk mensekresikan TSH.
- 3) TSH menstimulasi hampir semua aspek aktivitas sel folikel tiroid, termasuk iodida Trapping (1 Gambar), sintesis hormone dan sekresi (2 dan 7 pada Gambar), dan pertumbuhan sel-sel folikel.
- 4) Sel-sel folikel tiroid release T3 dan T4 ke dalam darah sampai kembali tingkat metabolisme normal.
- 5) Tingkat yang lebih tinggi dari T3 menghambat pelepasan TRH dan TSH (inhibisi umpan balik negatif).

Kondisi yang meningkatkan ATP permintaan lingkungan yang dingin, hipoglikemia, ketinggian, dan kehamilan-juga meningkatkan sekresi hormon tiroid.

Figure 18.12 Regulation of secretion and actions of thyroid hormones. TRH = thyrotropin-releasing hormone, TSH = thyroid-stimulating hormone, T_3 = triiodothyronine, and T_4 = thyroxine (tetraiodothyronine).

TSH promotes release of thyroid hormones (T_3 and T_4) by the thyroid gland.

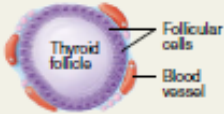
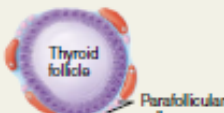


Actions of Thyroid Hormones:

- Increase basal metabolic rate
- Stimulate synthesis of Na^+/K^+ ATPase
- Increase body temperature (calorigenic effect)
- Stimulate protein synthesis
- Increase the use of glucose and fatty acids for ATP production
- Stimulate lipolysis
- Enhance some actions of catecholamines
- Regulate development and growth of nervous tissue and bones

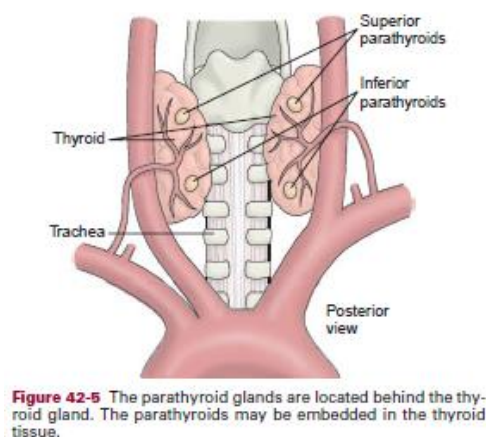
calcitonin

Hormon yang diproduksi oleh sel-sel parafollicular dari kelenjar tiroid adalah kalsitonin (CT). CT dapat menurunkan kadar kalsium dalam darah dengan menghambat aksi osteoklas, sel-sel yang memecah tulang matriks ekstraselular. Sekresi CT dikendalikan oleh sistem umpan balik negatif.

TABLE 18.6 Summary of Thyroid Gland Hormones		
HORMONE AND SOURCE	CONTROL OF SECRETION	PRINCIPAL ACTIONS
T_3 (triiodothyronine) and T_4 (thyroxine) or thyroid hormones from follicular cells 	Secretion is increased by thyrotropin-releasing hormone (TRH), which stimulates release of thyroid-stimulating hormone (TSH) in response to low thyroid hormone levels, low metabolic rate, cold, pregnancy, and high altitudes; TRH and TSH secretions are inhibited in response to high thyroid hormone levels; high iodine level suppresses T_3/T_4 secretion.	Increase basal metabolic rate; stimulate synthesis of proteins; increase use of glucose and fatty acids for ATP production; increase lipolysis; enhance cholesterol excretion; accelerate body growth; contribute to development of nervous system.
Calcitonin (CT) from parafollicular cells 	High blood Ca^{2+} levels stimulate secretion; low blood Ca^{2+} levels inhibit secretion.	Lowers blood levels of Ca^{2+} and HPO_4^{2-} by inhibiting bone resorption by osteoclasts and by accelerating uptake of calcium and phosphates into bone extracellular matrix.

Ketika tingkat darah tinggi, kalsitonin menurunkan jumlah kalsium darah dan fosfat dengan menghambat resorpsi tulang (pemecahan tulang matriks ekstraselular) oleh osteoklas dan dengan mempercepat uptake kalsium dan fosfat ke dalam tulang matriks ekstraselular. Miacalcin, ekstrak kalsitonin yang berasal dari salmon yang 10 kali lebih kuat dari kalsitonin manusia, diresepkan untuk mengobati osteoporosis.

6. Kelenjar Paratiroid



Kelenjar paratiroid (secara normal empat) yang terletak di leher dan melekat pada lobus lateral posterior dari kelenjar tiroid. Masing-masing memiliki massa sekitar 40 mg (0,04 g). Secara mikroskopis, kelenjar paratiroid mengandung dua jenis sel epitel (Gambar 18.13b, c). Semakin banyak sel yang disebut sel chief atau sel utama, menghasilkan hormon paratiroid (PTH), juga disebut parathormon. Fungsi dari jenis lain sel, yang disebut sel oxyphil, belum diketahui pada kelenjar paratiroid normal. Namun, kehadirannya jelas membantu untuk

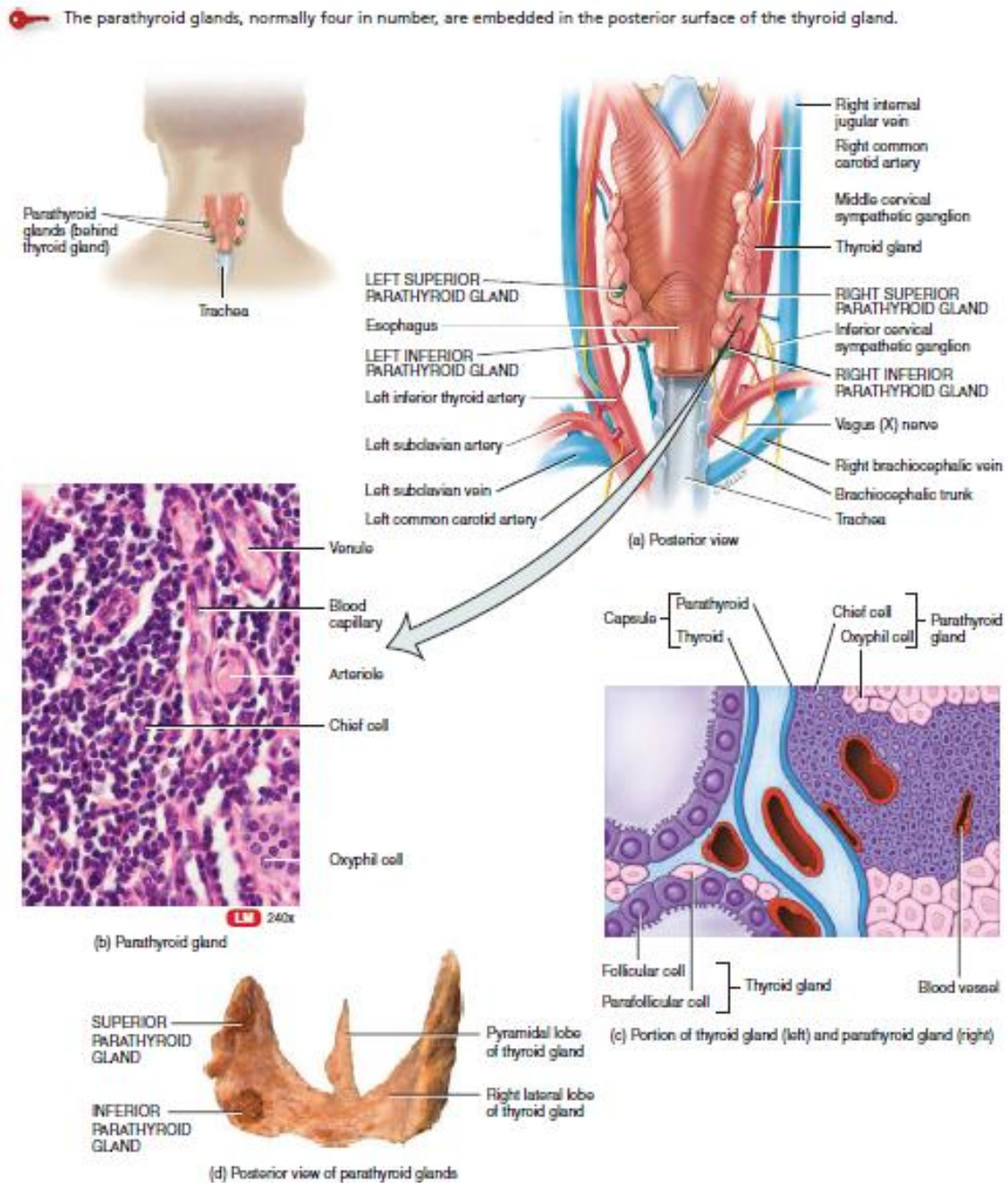
mengidentifikasi kelenjar paratiroid secara histologis karena karakteristik pewarnaan yang unik. Selain itu, dalam kanker kelenjar paratiroid, oxyphil sel mensekresi kelebihan PTH.

Paratiroid Hormon (PTH)

Hormon paratiroid adalah regulator utama dari kadar kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), dan ion fosfat (HPO_4^{2-}) dalam darah. Aksi spesifik PTH adalah untuk meningkatkan jumlah dan aktivitas osteoclasts. Akibatnya ditinggikan resorpsi tulang, yang melepas kalsium ion dan fosfat ke dalam darah. PTH juga berperan pada ginjal. Pertama, memperlambat tingkat di mana Ca^{2+} dan Mg^{2+} hilang dalam darah ke dalam urin. Kedua, meningkatkan hilangnya HPO_4^{2-} dari dalam darah ke dalam urin. Karena lebih HPO_4^{2-} hilang dalam urin daripada yang diperoleh dari tulang, PTH menurunkan HPO_4 dalam

darah dan meningkatkan tingkat Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam darah. Efek ketiga PTH pada ginjal adalah untuk meningkatkan pembentukan hormon calcitriol, bentuk aktif dari vitamin D. Calcitriol, juga dikenal sebagai 1,25-dihydroxyvitamin D3, meningkatkan tingkat Ca^{2+} , HPO_4^{2-} , dan Mg^{2+} absorpsi dari saluran pencernaan ke dalam darah.

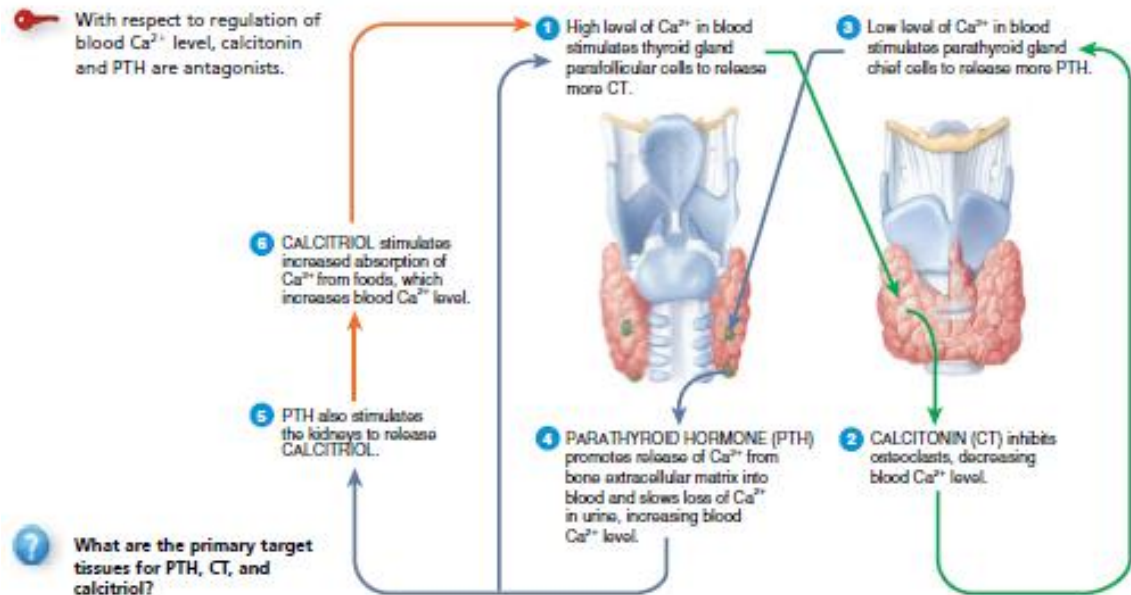
Figure 18.13 Location, blood supply, and histology of the parathyroid glands.



Pengendalian Sekresi Calcitonin dan paratiroid hormon

Tingkat kalsium dalam darah secara langsung mengontrol sekresi baik kalsitonin dan hormon paratiroid melalui umpan balik negatif yang tidak melibatkan kelenjar pituitari.

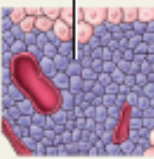
Figure 18.14 The roles of calcitonin (green arrows), parathyroid hormone (blue arrows), and calcitriol (orange arrows) in calcium homeostasis.



1. Suatu level yang lebih tinggi dari normal ion kalsium dalam darah menstimulasi sel-sel parafollicular dari kelenjar tiroid untuk melepaskan lebih banyak kalsitonin.
2. Calcitonin menghambat aktivitas osteoklas, sehingga mengurangi tingkat Ca^{2+} dalam darah.
3. Suatu tingkat Ca^{2+} yang lebih rendah dari normal dalam darah akan menstimulasi sel-sel utama kelenjar paratiroid untuk melepaskan lebih banyak PTH.
4. PTH mendorong resorpsi matriks ekstraselular tulang, yang melepas Ca^{2+} ke dalam darah dan memperlambat hilangnya Ca^{2+} dalam urin, untuk meningkatkan tingkat darah Ca^{2+} .
5. PTH juga merangsang ginjal untuk mensintesis calcitriol, bentuk aktif dari vitamin D.
6. Calcitriol merangsang peningkatan penyerapan Ca^{2+} yang berasal dari makanan di saluran pencernaan, yang akan membantu meningkatkan tingkat darah Ca^{2+} .

TABLE 18.7

Summary of Parathyroid Gland Hormone

HORMONE AND SOURCE	CONTROL OF SECRETION	PRINCIPAL ACTIONS
<p>Chief cell</p>  <p>Parathyroid hormone (PTH) from chief cells</p>	<p>Low blood Ca^{2+} levels stimulate secretion; high blood Ca^{2+} levels inhibit secretion.</p>	<p>Increases blood Ca^{2+} and Mg^{2+} levels and decreases blood HPO_4^{2-} level; increases bone resorption by osteoclasts; increases Ca^{2+} reabsorption and HPO_4^{2-} excretion by kidneys; promotes formation of calcitriol (active form of vitamin D), which increases rate of dietary Ca^{2+} and Mg^{2+} absorption.</p>

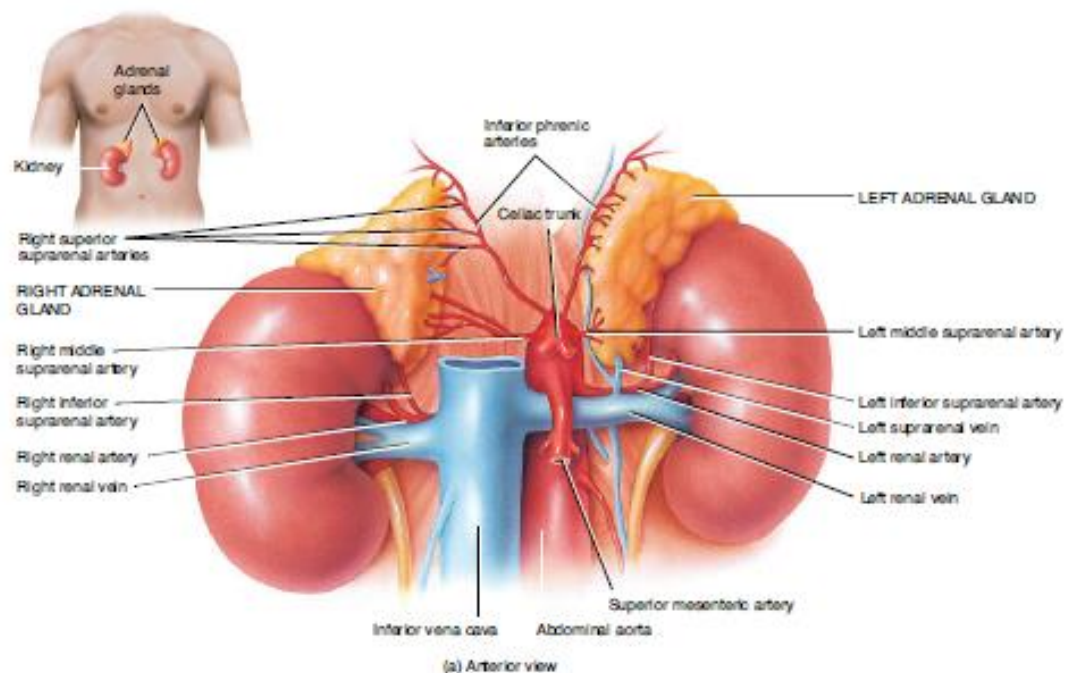
7. Hormon Adrenal

Kelenjar adrenal pasangan atau kelenjar suprarenal, salah satunya terletak unggul setiap ginjal di ruang retroperitoneal (Gambar 18.15a), memiliki piramida berbentuk pipih. Dalam orang dewasa, masing-masing kelenjar adrenal adalah 3-5 cm, 2-3 cm lebar, dan sedikit kurang dari 1 cm, dengan massa 3,5-5 g, hanya setengah dari ukuran saat lahir. Selama perkembangan embrio, kelenjar adrenal berdiferensiasi menjadi dua struktural dan fungsional daerah yang berbeda: besar, perifer terletak korteks adrenal, yang terdiri dari 80-90% dari kelenjar, dan kecil, terletak medula adrenal (Gambar 18.15b). Suatu kapsul jaringan ikat mencakup kelenjar. Kelenjar adrenal, seperti kelenjar tiroid, sangat tervaskularisasi.

Korteks adrenal menghasilkan hormon steroid yang penting bagi kehidupan. Kehilangan lengkap hormon adrenocortical menyebabkan kematian karena dehidrasi dan ketidakseimbangan elektrolit dalam beberapa hari sampai seminggu, kecuali terapi penggantian hormon dimulai segera. Adrenal medulla menghasilkan tiga katekolamin yaitu hormon norepinephrine, epinephrine, dan sejumlah kecil dopamin.

Figure 18.15 Location, blood supply, and histology of the adrenal (suprarenal) glands.

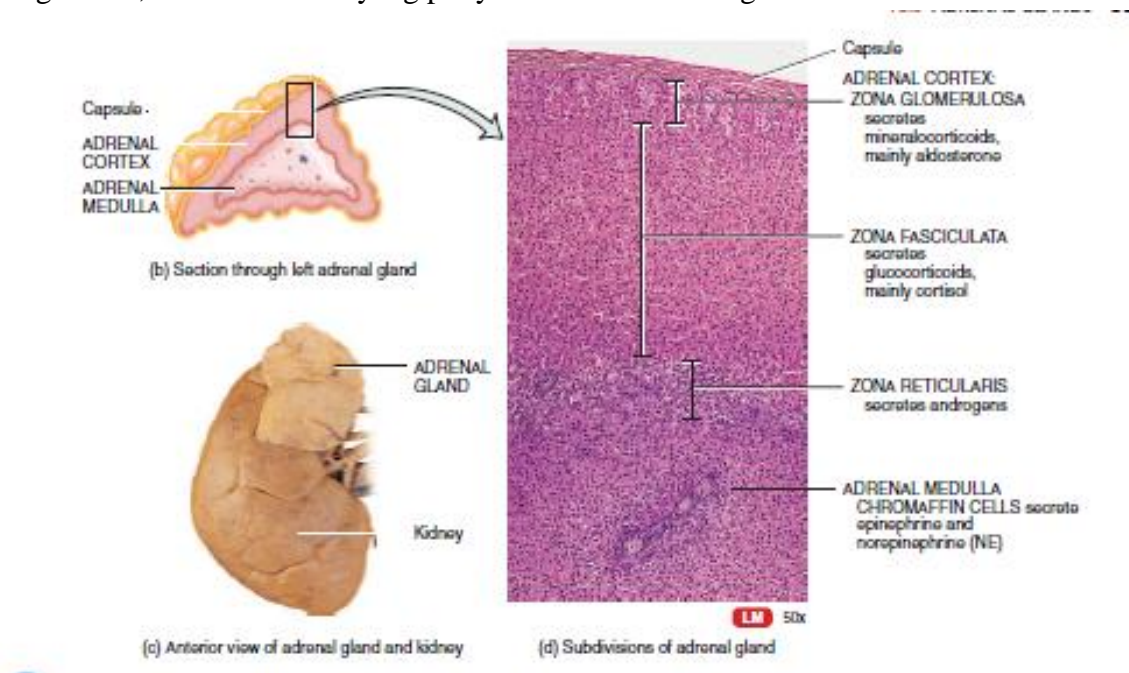
The adrenal cortex secretes steroid hormones that are essential for life; the adrenal medulla secretes norepinephrine and epinephrine.



Cortex adrenal

Korteks adrenal dibagi menjadi tiga zona, masing-masing mengeluarkan hormon yang berbeda (Gambar 18.15d). Zona luar, hanya dalam untuk kapsul jaringan ikat, adalah zona glomerulosa. Sel, yang sangat erat yang dikemas dan tersusun dalam cluster berbentuk bola dan kolom yang melengkung, mensekresikan hormon yang disebut mineralocorticoids karena mereka mempengaruhi homeostasis mineral. Zona tengah, atau zona fasciculata, merupakan terluas dari tiga zona dan terdiri dari sel-sel tersusun dalam panjang, kolom lurus. Sel-sel dari zona tersebut fasciculata mensekresikan

terutama glukokortikoid, terutama kortisol, dinamakan demikian karena mereka mempengaruhi homeostasis glukosa. Sel-sel dari zona dalam, zona reticularis, yang tersusun dalam percabangan kabel. Mereka mensintesis sejumlah kecil hormon androgen yang lemah, hormon steroid yang punya efek masculinizing.



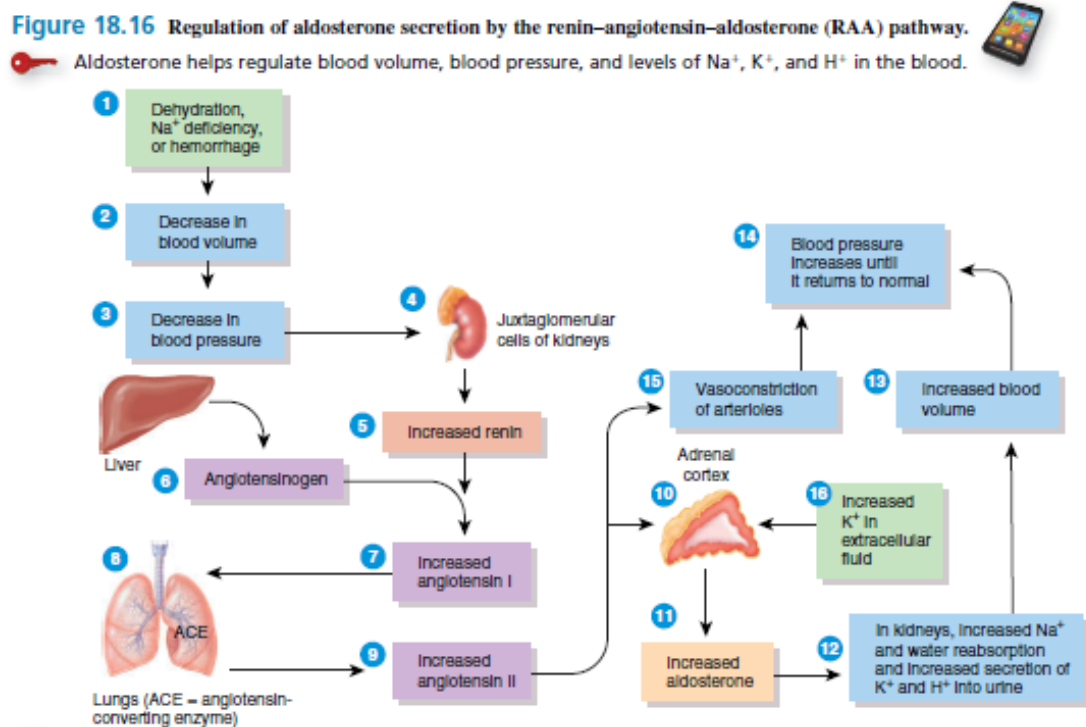
Mineralokortikoid

Aldosteron merupakan mineralokortikoid utama. Ini mengatur homeostasis dari dua ion-yaitu mineral, ion natrium (Na^+) Dan ion kalium (K^+) Dan membantu mengatur tekanan darah dan volume darah. Aldosteron juga meningkatkan ekskresi H^+ dalam urin; penghapusan ini asam dari tubuh dapat membantu mencegah asidosis (pH darah di bawah 7.35) .

Pengendalian aldosteron Sekresi

- 1) Pathway Renin-angiotensin-aldosteron (RAA) mengontrol sekresi aldosteron,:
- 2) Stimulus yang memulai pathway renin-angiotensin-aldosteron termasuk dehidrasi, kekurangan Na^+ , atau perdarahan.
- 3) Kondisi ini menyebabkan penurunan volume darah.
- 4) Penurunan volume darah menyebabkan penurunan tekanan darah.
- 5) Tekanan darah Menurunkan merangsang beberapa sel dari ginjal, yang disebut sel juxtaglomerular, untuk mensekresikan enzim renin.
- 6) Tingkat renin dalam darah meningkat.
- 7) Renin akan mengubah angiotensinogen, suatu protein plasma yang dihasilkan oleh hati, menjadi angiotensin I.
- 8) Kadar Angiotensin I dalam Darah meningkat dan beredar dalam tubuh.
- 9) Saat darah mengalir melalui kapiler, terutama paru-paru, enzim angiotensin-converting enzyme (ACE) mengubah angiotensin I menjadi hormon angiotensin II.
- 10) Tingkat angiotensin II dalam darah meningkat.
- 11) Angiotensin II merangsang korteks adrenal untuk mensekresikan aldosteron.

- 12) Darah berisi peningkatan kadar aldosteron dan diedarkan ke ginjal
- 13) Di ginjal, aldosteron meningkatkan reabsorpsi Na^+ , yang pada akhirnya menyebabkan reabsorpsi air melalui osmosis. Akibatnya, sedikit air hilang dalam urin. Aldosteron juga merangsang ginjal untuk meningkatkan sekresi K^+ dan H^+ ke dalam urin.
- 14) Dengan meningkatnya reabsorpsi air oleh ginjal, volume darah meningkat.
- 15) Seiring dengan peningkatan volume darah, tekanan darah meningkat dari normal.
- 16) Angiotensin II juga merangsang kontraksi otot polos di dinding arteriol. Vasokonstriksi yang dihasilkan dari arteriol meningkatkan tekanan darah dan dengan demikian membantu meningkatkan tekanan darah dari normal.
- 17) Selain angiotensin II, stimulator yang kedua sekresi aldosteron adalah peningkatan K^+ dalam darah (atau cairan interstitial). Penurunan tingkat K^+ darah memiliki dampak sebaliknya.



Glukokortikoid

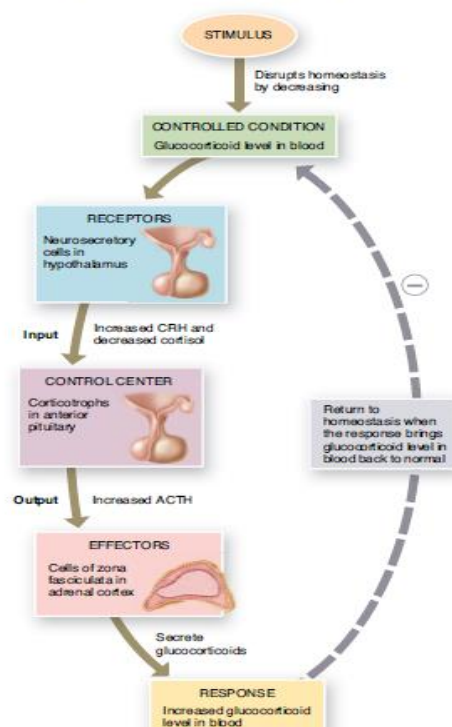
glukokortikoid, dimana mengatur metabolisme tubuh dan daya tahan terhadap stres, termasuk kortisol (juga disebut hidrokortison), kortikosteron, dan kortison. Dari ketiga hormon ini disekresi oleh zona fasciculata, kortisol yang paling banyak, terhitung sekitar 95% dari aktivitas glukokortikoid. Glukokortikoid memiliki efek sebagai berikut:

- 1) Pemecahan protein. Glukokortikoid meningkatkan kecepatan pemecahan protein, terutama dalam serat otot, dan dengan demikian meningkatkan pembebasan asam amino ke dalam aliran darah. Asam amino dapat digunakan oleh sel-sel tubuh untuk sintesis protein baru atau untuk memproduksi ATP.

- 2) pembentukan glukosa. Pada stimulasi oleh glukokortikoid, sel-sel hati dapat mengkonversi asam amino tertentu atau asam laktat menjadi glukosa, yang neuron dan sel-sel lain dapat digunakan untuk produksi ATP. Konversi yang terjadi dari zat selain glikogen atau monosakarida lain menjadi glukosa disebut glukoneogenesis.
- 3) Lipolisis. Glukokortikoid merangsang lipolisis, pemecahan trigliserida dan pelepasan asam lemak dari jaringan adiposa ke dalam darah.
- 4) Daya tahan terhadap stress. Kerja glukokortikoid dengan berbagai cara untuk memberikan ketahanan terhadap stres. Glukosa tambahan yang disediakan oleh sel-sel hati menyediakan jaringan dengan sumber penyediaan ATP untuk mengatasi berbagai stres, termasuk olahraga, puasa, ketakutan, suhu ekstrim, ketinggian, perdarahan, infeksi, operasi, trauma, dan penyakit. Karena glukokortikoid membuat pembuluh darah lebih sensitif terhadap hormon lain yang menyebabkan vasokonstriksi, mereka meningkatkan tekanan darah. Efek ini akan menjadi keuntungan dalam kasus kehilangan darah yang parah, yang menyebabkan tekanan darah turun.
- 5) Efek anti-inflamasi. Glukokortikoid menghambat sel darah putih yang berpartisipasi dalam respon inflamasi. Sayangnya, glukokortikoid juga memperlambat perbaikan jaringan; akibatnya, mereka memperlambat penyembuhan luka. Meskipun dosis tinggi dapat menyebabkan gangguan mental yang berat, glukokortikoid sangat berguna dalam pengobatan gangguan inflamasi yang kronis seperti rheumatoid arthritis.
- 6) Depresi respon imun. Dosis tinggi glukokortikoid menekan respon imun. Karena suatu alasan ini, glukokortikoid diresepkan untuk penerima transplantasi organ untuk menghambat penolakan jaringan tubuh oleh sistem kekebalan tubuh.

Figure 18.17 Negative feedback regulation of glucocorticoid secretion.

A high level of CRH and a low level of glucocorticoids promote the release of ACTH, which stimulates glucocorticoid secretion by the adrenal cortex.



Kontrol glukokortikoid Sekresi

Kontrol sekresi glukokortikoid terjadi melalui sistem umpan balik negatif yang khas (Gambar 18.17). Tingkat glukokortikoid rendah dalam darah, terutama kortisol, merangsang sel neurosekretori di hipotalamus untuk mensekresikan corticotropin-releasing hormone (CRH). CRH (bersama-sama dengan rendahnya kortisol) mendorong pelepasan ACTH dari hipofisis anterior. ACTH mengalir dalam darah ke korteks adrenal, dimana merangsang sekresi glukokortikoid. (Untuk tingkat yang jauh yang lebih kecil, ACTH juga merangsang sekresi aldosteron.)

Androgen

Baik laki-laki dan perempuan, korteks adrenal mengeluarkan dalam jumlah kecil hormon androgen yang lemah. Androgen yang utama yang disekresi oleh kelenjar adrenal adalah dehydroepiandrosterone (DHEA). Setelah masa pubertas pada laki-laki, testosteron androgen juga dirilis dalam jumlah yang jauh lebih besar oleh testis. Dengan demikian, jumlah hormon androgen disekresikan oleh kelenjar adrenal pada laki-laki umumnya sangat rendah sehingga efeknya tidak signifikan. Pada wanita, bagaimanapun, hormon androgen adrenal memainkan peran penting. Mereka meningkatkan libido (sex drive) dan diubah menjadi estrogen (feminisasi steroid seks) oleh jaringan tubuh lainnya. Setelah menopause, ketika sekresi estrogen ovarium berhenti, semua estrogen wanita berasal dari konversi hormon androgen adrenal. hormon androgen adrenal juga merangsang pertumbuhan ketiak dan rambut kemaluan pada anak laki dan perempuan dan memberikan kontribusi pada percepatan pertumbuhan prapubertas. Meskipun kontrol sekresi androgen adrenal tidak sepenuhnya diketahui, hormon utama yang merangsang sekresi adalah ACTH.

Adrenal Medulla

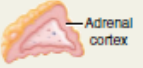
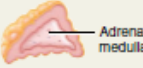
Daerah dalam dari kelenjar adrenal, medula adrenal, adalah ganglion simpatik yang dimodifikasi dari sistem saraf otonom (ANS). Ini berkembang dari jaringan embrio yang sama seperti semua ganglia simpatik lainnya, tetapi sel-sel, yang tidak memiliki akson, cluster bentuk sekitar pembuluh darah besar. Daripada merilis neurotransmitter, sel-sel medula adrenal mensekresikan hormon. Sel-sel penghasil hormon, yang disebut sel chromaffin (lihat Gambar 18.15d), dipersarafi oleh neuron preganglionik simpatis dari ANS tersebut. Karena ANS memberikan kontrol langsung terhadap sel-sel chromaffin, pelepasan hormon dapat terjadi sangat cepat.

Dua hormon utama disintesis oleh medula adrenal adalah epinefrin dan norepinefrin (NE), juga disebut adrenalin dan noradrenalin, masing-masing. Sel-sel chromaffin dari medula adrenal mensekresikan jumlah hormon yang tidak merata sekitar 80% epinefrin dan norepinefrin 20%. Hormon dari medula adrenal meningkatkan respon simpatik yang terjadi di bagian lain dari tubuh.

Kontrol Sekresi epinefrin dan norepinefrin

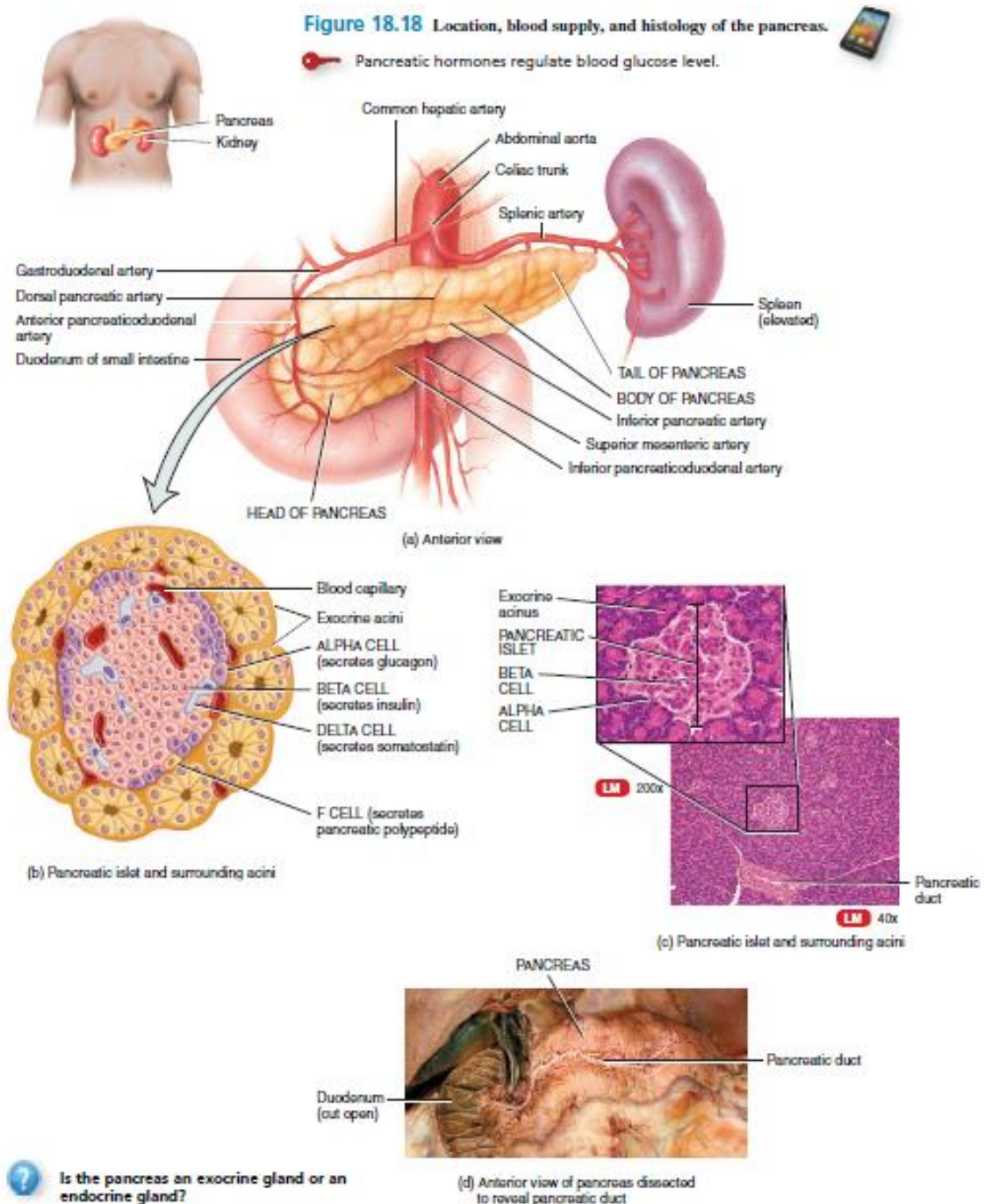
Dalam situasi stres dan selama latihan, impuls dari hipotalamus merangsang neuron preganglionik simpatis, yang pada akhirnya merangsang sel-sel chromaffin untuk mensekresikan epinefrin dan norepinefrin. Kedua hormon sangat meningkatkan respon fight-or-flight. Dengan cara meningkatkan denyut jantung dan kekuatan

kontraksi, epinefrin dan norepinefrin meningkatkan Output dari jantung, sehingga meningkatkan tekanan darah. Mereka juga meningkatkan aliran darah ke jantung, liver, otot rangka, dan jaringan adiposa; melebarkan saluran udara ke paru-paru; dan meningkatkan kadar glukosa dan asam lemak.

TABLE 18.8		
Summary of Adrenal Gland Hormones		
HORMONE AND SOURCE	CONTROL OF SECRETION	PRINCIPAL ACTIONS
ADRENAL CORTEX HORMONES		
Mineralocorticoids (mainly aldosterone) from zona glomerulosa cells	Increased blood K^+ level and angiotensin II stimulate secretion.	Increase blood levels of Na^+ and water; decrease blood level of K^+ .
Glucocorticoids (mainly cortisol) from zona fasciculata cells	ACTH stimulates release; corticotropin-releasing hormone (CRH) promotes ACTH secretion in response to stress and low blood levels of glucocorticoids.	Increase protein breakdown (except in liver), stimulate gluconeogenesis and lipolysis, provide resistance to stress, dampen inflammation, depress immune responses.
Androgens (mainly dehydroepiandrosterone, or DHEA) from zona reticularis cells	ACTH stimulates secretion.	Assist in early growth of axillary and pubic hair in both sexes; in females, contribute to libido and are source of estrogens after menopause.
		
ADRENAL MEDULLA HORMONES		
Epinephrine and norepinephrine from chromaffin cells	Sympathetic preganglionic neurons release acetylcholine, which stimulates secretion.	Enhance effects of sympathetic division of autonomic nervous system (ANS) during stress.
		

8. Pankreas Islets

Pankreas adalah kelenjar endokrin dan kelenjar eksokrin. bahasan di sini fungsi endokrin Suatu organ pipih yang Panjangnya sekitar 12,5-15 cm (5-6 in.), pankreas berlokasi di lekukan duodenum, bagian pertama dari usus kecil, dan terdiri dari kepala, tubuh, dan ekor (Gambar 18.18a), Sekitar 99% dari sel-sel eksokrin pankreas disusun dalam kelompok yang disebut asinus. Asinus menghasilkan enzim pencernaan, dimana mengalir ke saluran pencernaan melalui jaringan duktus. Tersebar di antara asinus eksokrin yang 1-2 juta cluster kecil jaringan endokrin yang disebut pulau pankreas (I-lets) atau pulau Langerhans (Gambar 18.18b, c). Kapiler berlimpah bermanfaat baik untuk eksokrin dan endokrin bagian dari pankreas.



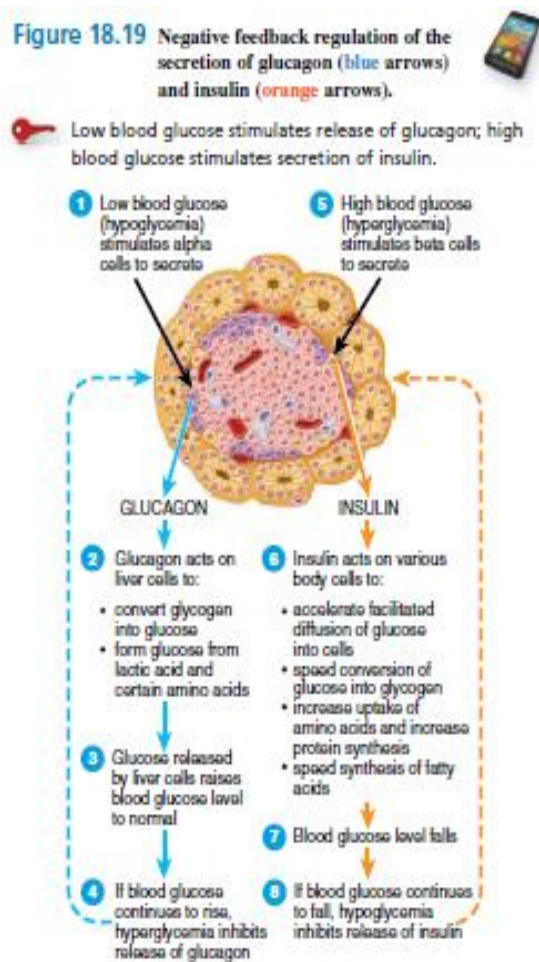
Jenis sel di pankreas Islets

Setiap pulau pankreas meliputi empat jenis sel yang mensekresi hormon:

- 1) Alpha atau Suatu sel mencakup sekitar 17% dari sel-sel islet pankreas dan mensekresikan glukagon.
- 2) Beta atau B sel mencakup sekitar 70% dari sel-sel islet pankreas dan mensekresikan insulin
- 3) Delta atau D sel mencakup sekitar 7% dari sel islet pankreas dan mensekresikan somatostatin
- 4) sel F merupakan sisa sel islet pankreas dan mensekresikan polipeptida pankreas

Interaksi dari empat hormon pankreas merupakan yang kompleks dan tidak sepenuhnya dipahami. Kita tahu bahwa glukagon meningkatkan kadar glukosa darah, dan insulin menurunkan. Tindakan somatostatin secara parakrin untuk menghambat baik rilis insulin dan glukagon dari sekitarsel beta dan alpha. Hal ini juga dapat bertindak sebagai hormon yang beredar untuk memperlambat penyerapan nutrisi dari saluran pencernaan. Selain itu, somatostatin menghambat sekresi growth hormone. Polipeptida pankreas menghambat sekresi somatostatin, kontraksi kandung empedu, dan sekresi enzim pencernaan oleh pankreas.

Kontrol Sekresi Glukagon dan Insulin



Aksi utama glukagon adalah untuk meningkatkan kadar glukosa darah ketika turun di bawah normal. Insulin, sebaliknya, membantu kadar gula darah saat terlalu tinggi. Tingkat glukosa dalam darah mengontrol sekresi glukagon dan insulin melalui umpan balik negatif (Gambar 18.19):

- 1) Kadar gula dalam darah rendah (hipoglikemia) merangsang sekresi glukagon dari sel alfa pulau pankreas.
- 2) Glukagon bekerja pada hepatosit (sel hati) untuk mempercepat konversi glikogen menjadi glukosa (glikogenolisis) dan untuk meningkatkan pembentukan glukosa dari asam laktat dan asam amino tertentu (glukoneogenesis).
- 3) Akibatnya, hepatosit glukosa rilis ke dalam darah lebih cepat, dan kadar gula darah naik.
- 4) Jika glukosa darah terus meningkat, kadar gula darah tinggi (hiperglikemia) menghambat pelepasan glukagon (umpan balik negatif).
- 5) Glukosa darah tinggi (hiperglikemia) menstimulasi sekresi insulin oleh sel beta pankreas.
- 6) Tindakan insulin pada berbagai sel dalam tubuh untuk mempercepat Memfasilitasi difusi glukosa ke dalam sel; untuk mempercepat konversi glukosa menjadi glikogen (glikogenesis); untuk meningkatkan penyerapan asam amino oleh sel-sel dan meningkatkan sintesis protein; untuk sintesis kecepatan asam lemak (lipogenesis); untuk memperlambat konversi glikogen menjadi glukosa (glikogenolisis); dan untuk

memperlambat pembentukan glukosa dari asam laktat dan asam amino (glukoneogenesis).

- 7) Akibatnya, kadar glukosa darah turun.
- 8) Jika Kadar gula dalam darah turun di bawah normal, glukosa darah rendah menghambat pelepasan insulin (umpan balik negatif) dan menstimulasi pelepasan glukagon.

Walaupun Kadar gula dalam darah merupakan regulator yang paling penting dari insulin dan glukagon, beberapa hormon dan neurotransmitter juga mengatur pelepasan kedua hormon tersebut. Selain tanggapan terhadap Kadar gula dalam darah yang baru saja dijelaskan, glukagon menstimulasi pelepasan insulin secara langsung; insulin memiliki efek sebaliknya, menekan sekresi glukagon. Sebagai penurunan Kadar gula dalam darah dan insulin yang kurang dikeluarkan, sel-sel alfa pankreas yang dirilis dari efek penghambatan insulin sehingga mereka dapat mensekresikan lebih glukagon. Secara tidak langsung, human growth hormone (hGH) dan hormon adrenokortikotropik (ACTH) merangsang sekresi insulin karena mereka bertindak untuk meningkatkan glukosa darah.


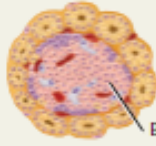
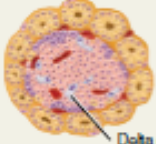
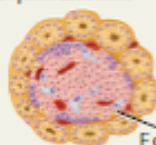
Sekresi insulin juga dirangsang oleh:

- 1) Asetilkolin, neurotransmitter yang dibebaskan dari terminal akson dari serabut saraf vagus parasimpatis yang mempersarafi pulau pankreas
- 2) Asam amino arginin dan leusin, dimana akan hadir dalam darah pada tingkat yang lebih tinggi setelah protein yang mengandung makanan
- 3) Glucose-dependen insulinotropic peptida (GIP), * hormon yang dilepaskan oleh sel-sel enteroendokrin dari usus kecil



* GIP-yang sebelumnya disebut gaster inhibitor peptida-berganti nama karena pada konsentrasi fisiologis efek inhibitor pada fungsi lambung diabaikan. sebagai respons terhadap adanya glukosa dalam saluran pencernaan.

Dengan demikian, proses pencernaan dan penyerapan makanan yang mengandung karbohidrat dan protein memberikan stimulasi yang kuat untuk pelepasan insulin. Sekresi glukagon dirangsang oleh:

- 1) Peningkatan aktivitas dari simpatik dari ANS, seperti yang terjadi selama latihan
- 2) Kenaikan asam amino dalam darah jika Kadar gula dalam darah rendah, dimana dapat terjadi setelah makan yang berisikan protein utamanya.

TABLE 18.9 Summary of Pancreatic Islet Hormones		
HORMONE AND SOURCE	CONTROL OF SECRETION	PRINCIPAL ACTIONS
Glucagon from alpha cells of pancreatic islets  Alpha cell	Decreased blood level of glucose, exercise, and mainly protein meals stimulate secretion; somatostatin and insulin inhibit secretion.	Raises blood glucose level by accelerating breakdown of glycogen into glucose in liver (glycogenolysis), converting other nutrients into glucose in liver (gluconeogenesis), and releasing glucose into blood.
Insulin from beta cells of pancreatic islets  Beta cell	Increased blood level of glucose, acetylcholine (released by parasympathetic vagus nerve fibers), arginine and leucine (two amino acids), glucagon, GIP, hGH, and ACTH stimulate secretion; somatostatin inhibits secretion.	Lowers blood glucose level by accelerating transport of glucose into cells, converting glucose into glycogen (glycogenesis), and decreasing glycogenolysis and gluconeogenesis; increases lipogenesis and stimulates protein synthesis.
Somatostatin from delta cells of pancreatic islets  Delta cell	Pancreatic polypeptide inhibits secretion.	Inhibits secretion of insulin and glucagon; slows absorption of nutrients from gastrointestinal tract.
Pancreatic polypeptide from F cells of pancreatic islets  F cell	Meals containing protein, fasting, exercise, and acute hypoglycemia stimulate secretion; somatostatin and elevated blood glucose level inhibit secretion.	Inhibits somatostatin secretion, gallbladder contraction, and secretion of pancreatic digestive enzymes.

9. Ovarium dan Testis

TABLE 18.10 Summary of Hormones of the Ovaries and Testes	
HORMONE	PRINCIPAL ACTIONS
OVARIAN HORMONES	
Estrogens and progesterone  Ovary	Together with gonadotropic hormones of anterior pituitary, regulate female reproductive cycle, maintain pregnancy, prepare mammary glands for lactation, and promote development and maintenance of female secondary sex characteristics.
Relaxin (RLX)	Increases flexibility of pubic symphysis during pregnancy; helps dilate uterine cervix during labor and delivery.
Inhibin	Inhibits secretion of FSH from anterior pituitary.
TESTICULAR HORMONES	
Testosterone  Testis	Stimulates descent of testes before birth; regulates sperm production; promotes development and maintenance of male secondary sex characteristics.
Inhibin	Inhibits secretion of FSH from anterior pituitary.

Gonad adalah organ yang memproduksi gamet-sperma pada laki-laki dan oosit pada wanita. Selain fungsi reproduksi mereka, gonad mengeluarkan hormon. Ovarium, berpasangan tubuh berbentuk oval yang terletak di dalam rongga panggul perempuan, memproduksi beberapa hormon steroid, termasuk kedua estrogen (estradiol dan estron) dan progesteron. Hormon seks wanita ini, bersama dengan folliclestimulating hormone (FSH) dan luteinizing hormone (LH) dari hipofisis anterior, mengatur siklus

menstruasi, menjaga kehamilan, dan mempersiapkan kelenjar susu untuk menyusui. Mereka juga meningkatkan pembesaran payudara dan pelebaran pinggul saat pubertas, dan membantu menjaga karakteristik seks sekunder perempuan.

Ovarium juga memproduksi inhibin, hormon protein yang menghambat sekresi FSH. Selama kehamilan, ovarium dan plasenta menghasilkan hormon peptida yang disebut relaksin (RLX), sehingga meningkatkan fleksibilitas simfisis pubis selama kehamilan dan membantu melebarkan serviks uterus selama persalinan dan melahirkan. Tindakan ini membantu meringankan bagian bayi dengan memperbesar jalan lahir.

Pada gonad laki-laki, testis, merupakan kelenjar berbentuk oval yang terletak di skrotum. Hormon utama yang dihasilkan dan disekresi oleh testis adalah testosteron, merupakan androgen atau hormon seks pria. Testosteron menstimulasi turunnya testis sebelum kelahiran, mengatur produksi sperma, dan menstimulasi perkembangan dan pemeliharaan karakteristik seks sekunder laki-laki, seperti pertumbuhan janggut dan pendalaman suara. Testis juga memproduksi inhibin, dimana menghambat sekresi FSH.

10. Kelenjar Pineal Thymus

Kelenjar pineal merupakan kelenjar endokrin yang kecil menempel pada atap dalam ventrikel sepertiga pada midline otak (lihat Gambar 18.1). Bagian dari epithalamus, posisi di antara kedua colliculi superior, memiliki massa 0.1-0.2 g, dan ditutupi oleh kapsul terbentuk dari pia mater. Kelenjar ini terdiri dari massa neuroglia dan sel sekretori disebut pinealocytes.

Kelenjar pineal mengeluarkan melatonin, hormon amina yang berasal dari serotonin. Melatonin muncul untuk berkontribusi pada pengaturan jam biologis tubuh, yang dikendalikan oleh inti suprachiasmatic hipotalamus. Karena semakin banyak melatonin dibebaskan selama gelap gulita daripada cahaya, hormon ini diduga untuk meningkatkan rasa kantuk. Sebagai respons terhadap input visual dari mata (retina), inti suprachiasmatic menstimulasi neuron postganglionik simpatik dari ganglion cervical superior, yang pada akhirnya merangsang pinealocytes kelenjar pineal untuk mensekresikan melatonin dengan pola berirama, dengan rendahnya tingkat melatonin disekresikan pada saat hari dan tingkat signifikan lebih tinggi disekresikan pada malam hari. Selama tidur, kadar plasma dari melatonin meningkat sepuluh kali lipat dan kemudian menurun ke tingkat yang rendah lagi sebelum kebangkitan. Dosis kecil melatonin yang diberikan secara oral dapat menginduksi tidur dan reset irama harian, yang mungkin akan bermanfaat bagi pekerja yang bergantian shift antara siang hari dan malam hari jam. Melatonin juga merupakan antioxidant yang potensial dapat memberikan perlindungan terhadap oksigen yang merusak radikal bebas.

Pada hewan yang berkembang biak selama musim tertentu, melatonin menghambat fungsi reproduksi, namun belum jelas apakah melatonin mempengaruhi fungsi reproduksi manusia. Tingkat melatonin berada lebih tinggi pada anak-anak dan menurun dengan usia menjadi dewasa, tetapi tidak ada bukti bahwa perubahan sekresi melatonin berhubungan dengan masa pubertas dan pematangan seksual. Namun demikian, karena melatonin menyebabkan atrofi gonad pada beberapa spesies hewan, kemungkinan efek samping pada reproduksi manusia harus dipelajari sebelum digunakan untuk mereset irama keseharian dapat dianjurkan.

Timus ini terletak di belakang tulang dada antara paru-paru. Karena peran timus dalam kekebalan. Hormon yang dihasilkan oleh thymus-thymosin, thymus-humoral-factor (THF), thymus-factor (TF), dan thymopoietin -Mempromosikan pematangan sel T

(sejenis sel darah putih yang menghancurkan mikroba dan zat asing) dan dapat memperlambat proses penuaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Daniels, R., & Nicoll, L. (2012). *Contemporary Medical Surgical Nursing* (2nd ed.). Clifton Park: Delmar, Cengage Learning.
- Smeltzer, S. C., Hinkle, J. L., Bare, B. G., & Cheever, K. H. (2010). *Brunner & Suddarth's textbook of medical-surgical nursing* (12th ed., p. 1828). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Timby, B. K., & Smith, N. E. (2010). *Introductory Medical Surgical Nursing* (10th ed.). 2010: Lippincott Williams & Wilkins.
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2014). *Principles Of Anatomy and Phisiology* (14th ed., p. 400). Hoboken USA: Wiley.
- White, L., Duncan, G., & Baumle, W. (2013). *Medical-Surgical Nursing: An Integrated Approach* (3rd ed.). Clifton Park, USA: Delmar, Cengage Learning.