

David Sadava
David M. Hillis
H. Craig Heller
Sally D. Hacker



Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Γενική Βιολογία · Γενετική · Εξέλιξη

Κεφάλαιο 28

Οι Ορμόνες των Ζωικών Οργανισμών

Πρώτη ελληνική έκδοση
Ενδέκατη αμερικανική Έκδοση

Επιστημονική επιμέλεια
της ελληνικής έκδοσης
Μαρία Γαζούλη



ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΠΑΖΗΣΗ

28.1 Hormones Circulate Around the Body and Affect Target Cells

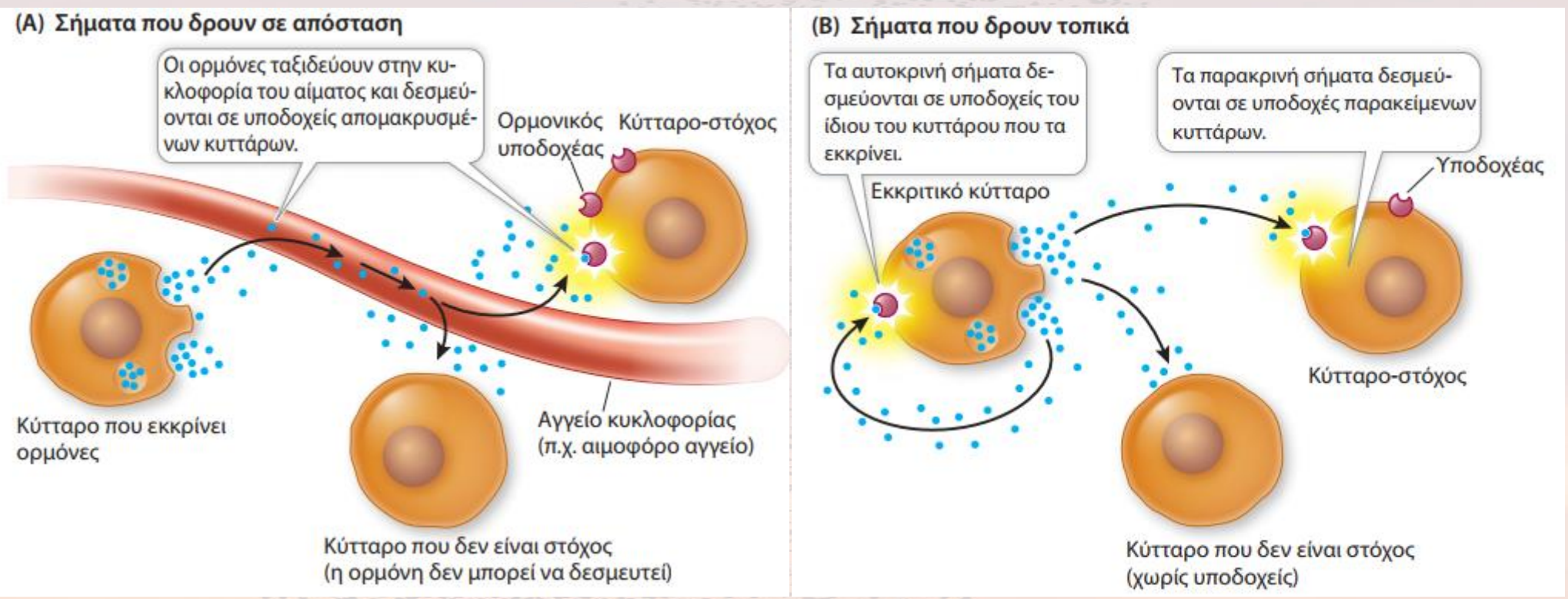
28.2 The Endocrine System and Nervous System Work Together

28.4 Hormones Regulate Metabolism and the Internal Environment

- Hormones affect target cells that have appropriate receptors.
- Hormones stimulate signal transduction pathways in target cells either by binding to specific receptors on cell surfaces or by diffusing through the cell membrane to bind to internal receptors.
- Different target cells can respond to the same hormone in different ways depending on the signal transduction pathway stimulated.
- Intercellular chemical signaling mechanisms evolved early in the evolutionary history of multicellular animals.

- **Endocrines** are chemical signals secreted by epithelial cells directly into the extracellular fluid (ECF).
- From the ECF, endocrines can diffuse locally and also into the blood, where they circulate throughout the body.
- The endocrine system is like a radio or cell-phone system, broadcasting signals that can be picked up by anyone with an appropriate receiver.
- The signals are received only by cells that have appropriate receptors, and responses are determined by the receiving cell's signal transduction machinery.
- **Hormones** are endocrine signals that enter the blood and activate target cells.
 - Examples: Testosterone, estrogen, adrenalin, insulin

Εικόνα 28.1 Συστήματα Χημικής Σηματοδότησης



Εικόνα 28.1 Συστήματα Χημικής Σηματοδότησης

(Α) Οι ορμόνες διανέμονται σε ολόκληρο το σώμα μέσω της κυκλοφορίας του αίματος.

(Β) Τα παρακρινή και αυτοκρινή σήματα διαχέονται τοπικά στο εξωκυττάριο υγρό. Τα παρακρινή σήματα επηρεάζουν παρακείμενα κύτταρα, ενώ τα αυτοκρινή επιδρούν στα ίδια τα κύτταρα από τα οποία απελευθερώνονται.

- **Paracrines** affect target cells near the release site.
 - Example: Histamine, a mediator of inflammation
- **Autocrines** bind to receptors on the same cells that secrete them.
- **Hormones and paracrines** can have autocrine functions as a means of negative feedback to control their own rates of secretion.

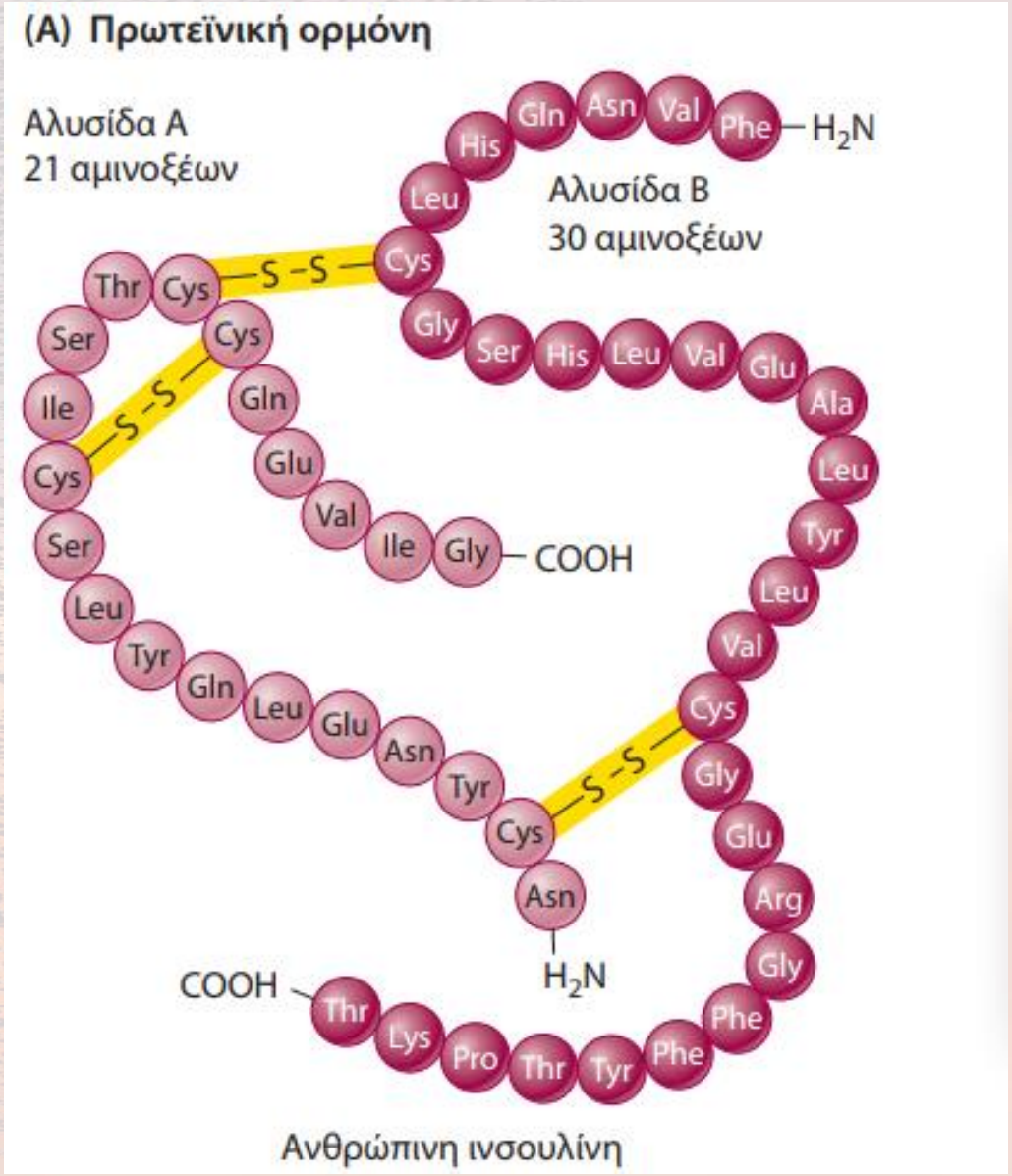
- Some endocrine cells exist as single cells (e.g., in the digestive tract).
- **Endocrine glands:** Aggregations of endocrine cells that secrete **hormones** within the body.
- Exocrine glands secrete substances through ducts to the outside of the body (e.g., sweat and salivary glands).
- **Neuroendocrines or neurohormones** are secreted by **neurons** and enter the circulation.
- **Pheromones are chemical signals** released from the body of an animal to influence the behavior and physiology of other animals.

Εικόνα 28.2 (Α) Οι Τρεις Ομάδες των Ορμονών

- **Peptide and protein hormones** (e.g., insulin):
- Water-soluble, easily transported in blood
- Can be packaged in vesicles and released by exocytosis

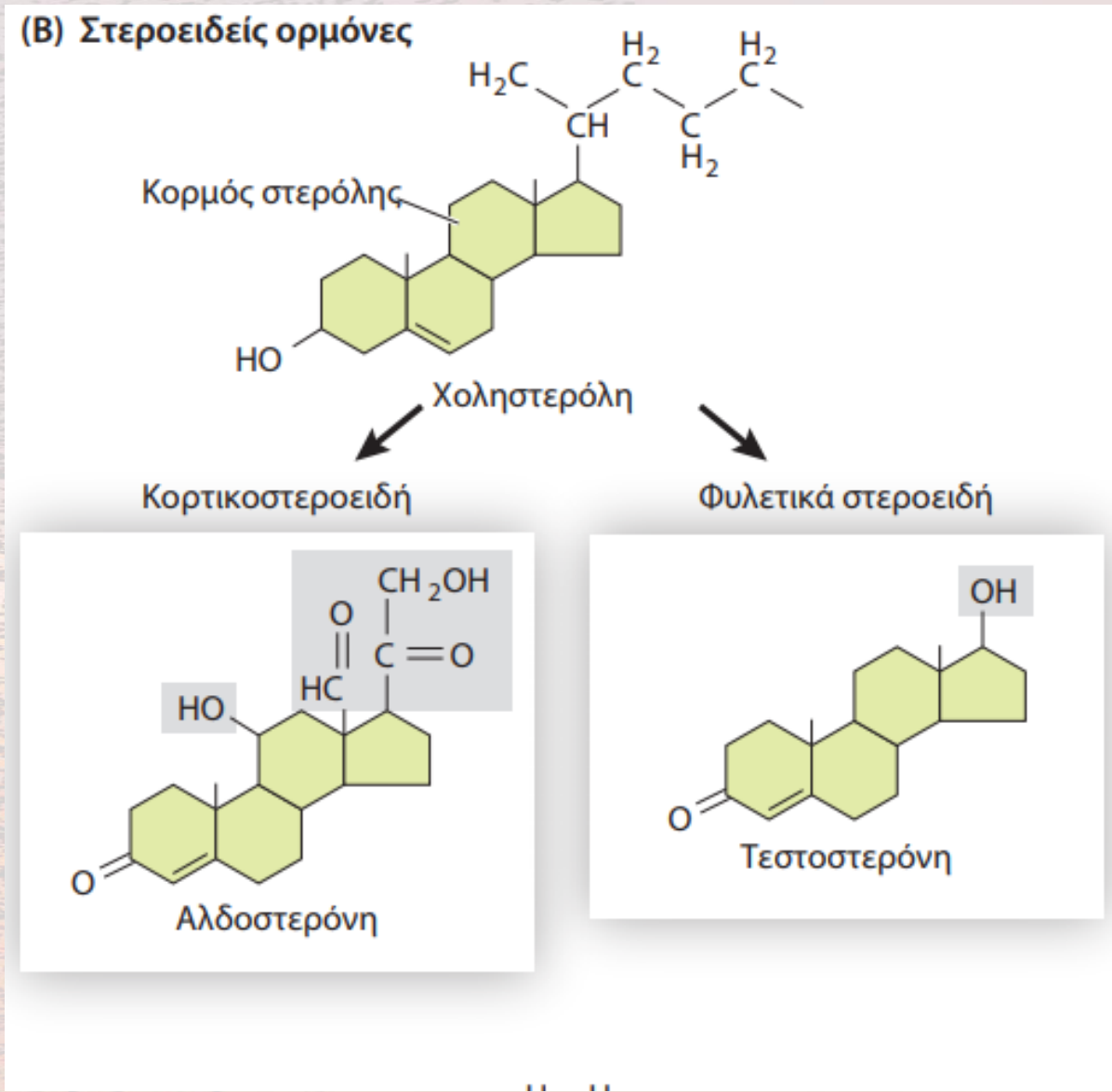
Εικόνα 28.2 Οι Τρεις Ομάδες των Ορμονών

(Α) Οι πεπτιδικές και οι πρωτεϊνικές ορμόνες είναι τα μεγαλύτερα μόρια ορμονών. Η ινσουλίνη που παράγεται από το πάγκρεας αποτελεί ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας πρωτεϊνικής ορμόνης.



Steroid hormones (e.g., estrogen, testosterone):
Synthesized from cholesterol
Lipid-soluble; pass easily through cell membranes
Usually bound to carrier molecules in the blood

Εικόνα 28.2 Οι Τρεις Ομάδες των Ορμονών
(B) Οι στεροειδείς ορμόνες αποτελούν τροποποιημένα μόρια χοληστερόλης. Περιλαμβάνουν τα κορτικοστεροειδή, που παράγονται από τα επινεφρίδια, και τα φυλετικά στεροειδή, που παράγονται κυρίως από τις γονάδες.



Amine hormones (e.g.,

epinephrine):

Mostly synthesized from the

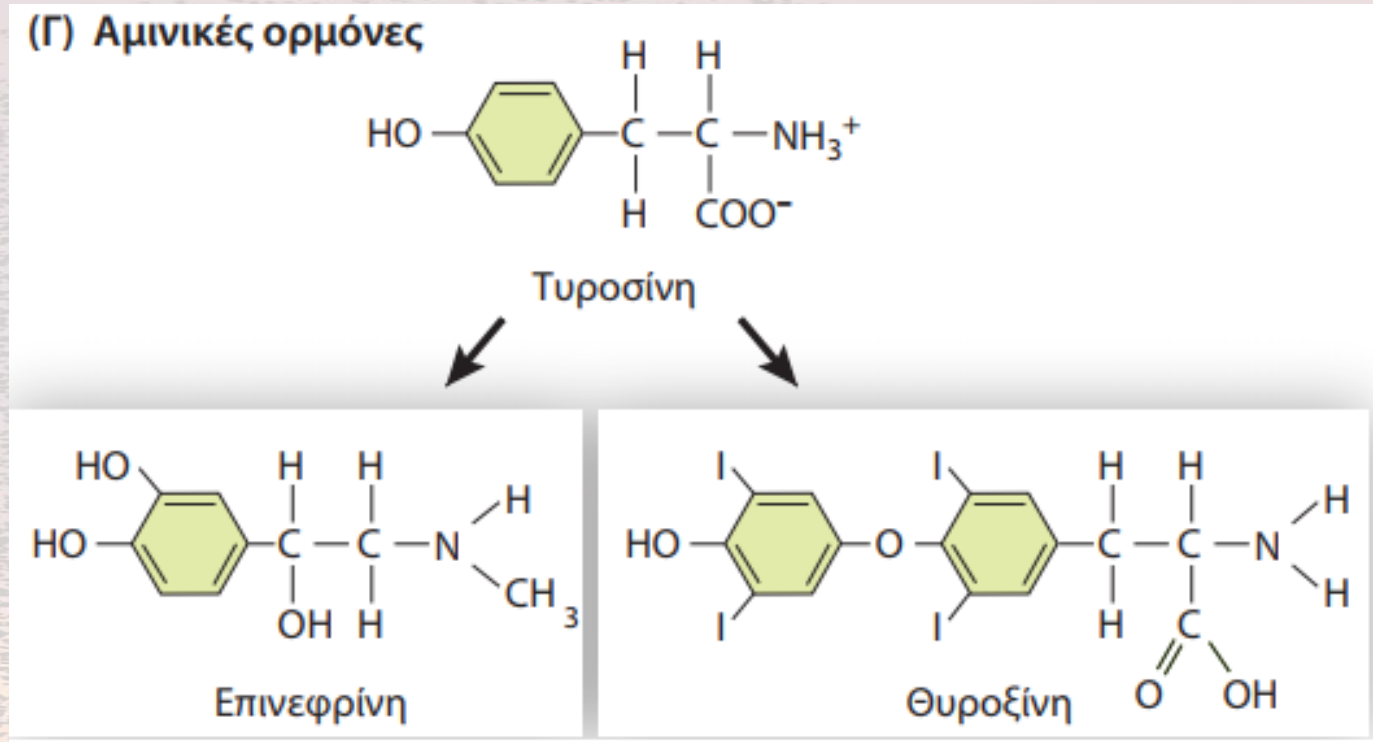
amino acid tyrosine (e.g.,

thyroxine)

Some are water-soluble; others

are lipid-soluble; their modes of

release differ accordingly.



Εικόνα 28.2 Οι Τρεις Ομάδες των Ορμονών

(Γ) Οι αμινικές ορμόνες είναι μικροσκοπικά μόρια που συντίθενται από ένα και μόνο αμινοξύ. Τόσο η επινεφρίνη όσο και η θυροξίνη συντίθενται από κατάλοιπα τυροσίνης, αλλά η θυροξίνη είναι λιποδιαλυτή, ενώ η επινεφρίνη είναι υδατοδιαλυτή.

Οι τρόποι απελευθέρωσης και μεταφοράς τους και οι θέσεις των υποδοχέων τους διαφοροποιούνται αναλόγως.

28.1 Hormones Circulate Around the Body and Affect Target Cells

➤ **Water-soluble hormones** can't pass through cell membranes; they bind to receptors on target cells. **The receptors** are transmembrane glycoprotein complexes with 3 domains:

- Binding domain
- Transmembrane domain
- Cytoplasmic domain that extends into the cytoplasm

When a hormone binds to the binding domain, the cytoplasmic domain initiates the cell's response. Second messengers activate a cascade of events, activating protein kinases or protein phosphatases. Enzymes are activated or inactivated; or gene expression is altered.

➤ **Lipid-soluble hormones** can diffuse through cell membranes; **their receptors** are usually inside cells. They usually act by entering the nucleus and altering gene expression.

Εικόνα 28.3 Η Αντίδραση «Πάλης ή Φυγής»

One hormone can trigger different responses in different types of cells.

- Example: Epinephrine and norepinephrine are involved in the **fight-or-flight** response.

The **sympathetic nervous system** responds to a sudden fright by releasing norepinephrine.

Endocrine cells in the adrenal glands are stimulated to secrete both epinephrine and norepinephrine, which quickly circulate in the blood.

- They bind to receptors in the heart, blood vessels, liver, and fat cells.

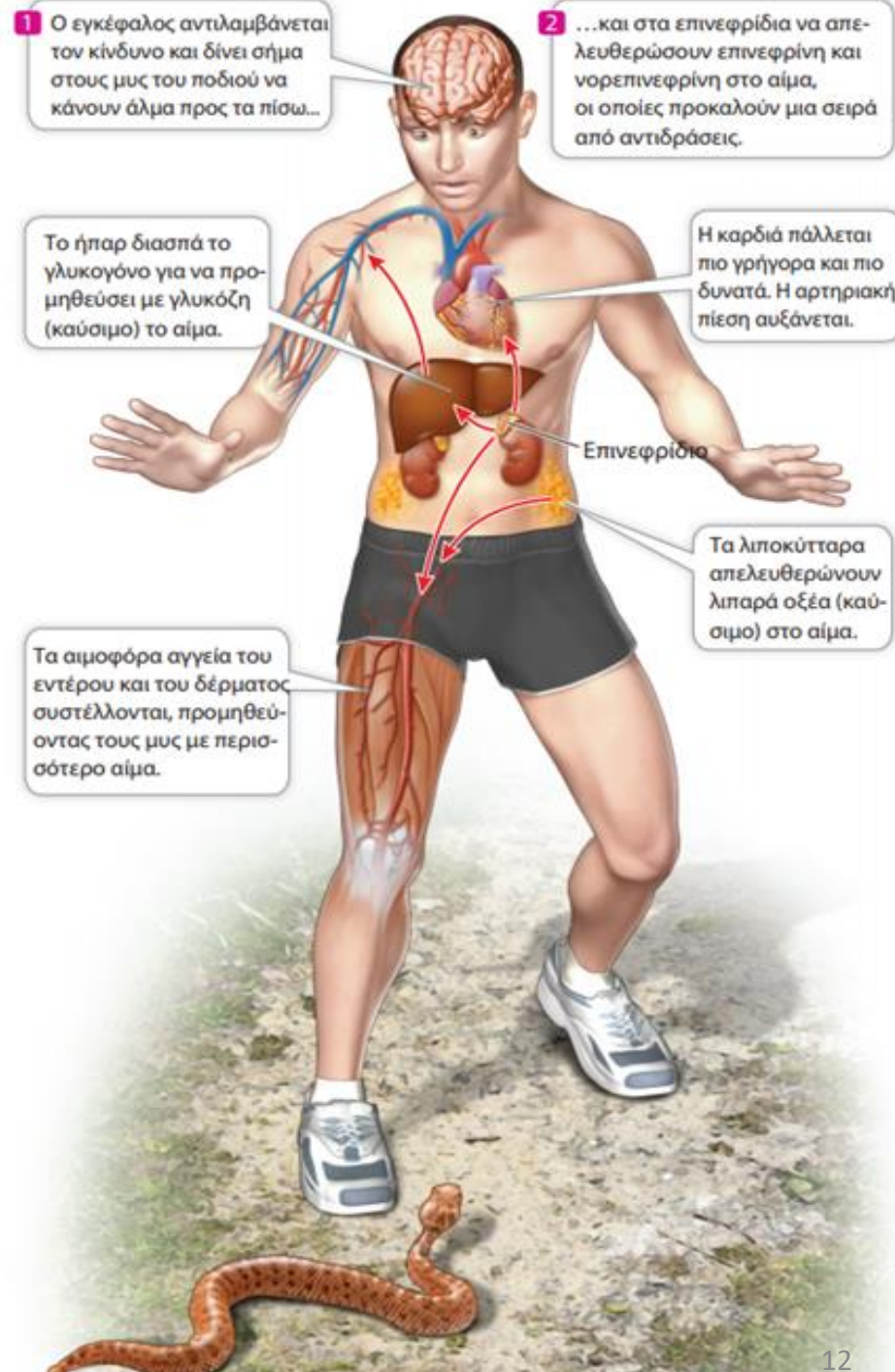
- Heart rate increases; some blood vessels constrict to send more blood to muscles.

Epinephrine stimulates liver cells to break down glycogen and release glucose into the blood as a quick energy supply.

In fatty tissue, it stimulates breakdown of fats to fatty acids—another source of energy.

Εικόνα 28.3 Η Αντίδραση «Πάλης ή Φυγής»

Ο εγκέφαλος ενός ατόμου που βρίσκεται αντιμέτωπος ξαφνικά με μια απειλή στέλνει σήμα στα επινεφρίδια, τα οποία σχεδόν αστραπιαία απελευθερώνουν τις ορμόνες επινεφρίνη και νορεπινεφρίνη. Οι ορμόνες αυτές κυκλοφορούν σε ολόκληρο το σώμα και ενεργοποιούν παράγοντες που συμμετέχουν στην αντίδραση «πάλης ή φυγής» σε διάφορους ιστούς.



Εικόνα 28.5 Το Ενδοκρινικό Σύστημα του Ανθρώπου

Επίφυση
Μελατονίνη: βοηθάει στον συγχρονισμό του κίρκαδικού ρυθμού

Θυρεοειδής αδένας (Εικόνες 28.11 και 28.13)
Θυροξίνη T4 και *τρίωδοθυρονίνη T3*: αυξάνουν τον κυτταρικό μεταβολισμό και είναι απαραίτητες για την αύξηση και τη νευρωνική ανάπτυξη
Καλσιτονίνη: επάγει την απορρόφηση του ασβεστίου

Παραθυρεοειδείς αδένες (στην πρόσθια επιφάνεια του θυρεοειδή αδένου, Εικόνα 28.13)
Παραθορμόνη (PTH): επάγει την απελευθέρωση του ασβεστίου από τα οστά και την απορρόφηση του από το έντερο και τους νεφρούς

Επινεφρίδια (Εικόνα 28.16)
Φλοιός
Κορτιζόλη: μεσολαβεί στην απόκριση του μεταβολισμού σε ένα στρεσογόνο ερέθισμα
Αλδοστερόνη: εμπλέκεται στη ρύθμιση της ισορροπίας των αλάτων και του νερού
Φυλετικά στεροειδή: σε μικρές ποσότητες Μυελός
Επινεφρίνη (αδρεναλίνη) και *νορεπινεφρίνη* (νοραδρεναλίνη) επάγει την άμεση αντίδραση «πάλης ή φυγής»

Γονάδες (Κεφάλαιο 30)
Όρχεις (άρρεν)
Τεστοστερόνη: ανάπτυξη και διατήρηση των χαρακτηριστικών του άρρενος

Ωοθήκες (θήλυ)
Οιστρογόνα: ανάπτυξη και διατήρηση των χαρακτηριστικών του θήλεος
Προγεστερόνη: ρυθμίζει την εγκυμοσύνη

Υποθάλαμος (Εικόνα 28.6)
Εκλυτικές και ανασταλτικές νευρο-ορμόνες ελέγχουν την πρόσθια υπόφυση
Η *ADH* και η *ωκυτοκίνη* μεταφέρονται προς την οπίσθια υπόφυση και απελευθερώνονται από αυτή.

Πρόσθια υπόφυση (Εικόνα 28.7)
Θυρεοτροπίνη (TSH): ενεργοποιεί τον θυρεοειδή αδένου
Ωοθυλακιοτρόπος ορμόνη (FSH): στα θήλεα επάγει την ωρίμανση των ωοθυλακίων, ενώ στους άρρενες επάγει τη σπερματογένεση
Ωχροτιτρόπος ορμόνη (LH): στα θήλεα επάγει την ωορρηξία και την παραγωγή των οιστρογόνων και της προγεστερόνης από τις ωοθήκες, ενώ στους άρρενες, επάγει την παραγωγή της τεστοστερόνης
Κορτικοτροπίνη (ACTH): διεγείρει τον φλοιό των επινεφριδίων ώστε να εκκρίνει κορτιζόλη
Αυξητική ορμόνη: διεγείρει την πρωτεϊνοσύνθεση και την αύξηση
Προλακτίνη: επάγει την παραγωγή του γάλακτος
Μελανοτροπικός ορμόνη: επάγει την παραγωγή της χρωστικής μελανίνης
Ενδορφίνες και εγκεφαλίνες: έλεγχος του πόνου

Οπίσθια υπόφυση (Εικόνα 28.6)
Δέχεται και απελευθερώνει δύο υποθαλαμικές ορμόνες:
Ωκυτοκίνη: διεγείρει τη σύσπαση της μήτρας, τη ροή του γάλακτος και το συναισθηματικό δέσιμο
Αντιδιουρητική ορμόνη (ADH, επίσης γνωστή και ως αγγειοπρεσίνη): προάγει τη διατήρηση του νερού στους νεφρούς.

Θύμος αδένας (ατροφεί στους ενήλικες)
Θυμοσίνη: ενεργοποιεί τα T λεμφοκύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος

Πάγκρεας (νησίδια του Langerhans)
Ινσουλίνη: διεγείρει τη πρόσληψη και κατανάλωση της γλυκόζης από τα κύτταρα
Γλυκαγόνη: διεγείρει την πρόσληψη και κατανάλωση της γλυκόζης από τα κύτταρα
Γλυκαζόνη: διεγείρει την απελευθέρωση της γλυκόζης από το ήπαρ
Σωματοστατίνη: μειώνει τον ρυθμό απελευθέρωσης της ινσουλίνης και της γλυκαγόνης και τις λειτουργίες του πεπτικού συστήματος

Εικόνα 28.5

Τα κύτταρα που παράγουν και εκκρίνουν ορμόνες μπορεί να οργανώνονται σε διακριτούς ενδοκρινείς αδένες ή να είναι ενσωματωμένα σε ιστούς άλλων οργάνων, όπως το πεπτικό σύστημα ή οι νεφροί. Ο υποθάλαμος αποτελεί τμήμα του εγκεφάλου, ενώ περιέχει κύτταρα που εκκρίνουν νευροορμόνες στο εξωκυττάριο υγρό.

Άλλα όργανα τα οποία περιλαμβάνουν κύτταρα που συνθέτουν και εκκρίνουν ορμόνες

<i>Όργανο</i>	<i>Ορμόνη</i>
Λιπώδης ιστός	Λεπτίνη
Καρδιά	Κολπικό νατριουρητικό πεπτίδιο
Νεφροί	Ερυθροποιητίνη
Στόμαχος	Γαστρίνη, γκρελίνη
Λεπτό έντερο	Σεκρετίνη, χολοκυστοκινίνη
Ήπαρ	σωματομεδίνες, ινσουλινομιμητικοί αυξητικοί παράγοντες
Σκελετικός μυς	Ιρισίνη

- **Oxytocin and vasopressin** are produced in the **hypothalamus** and secreted from nerve terminals in the posterior pituitary.
- The **anterior pituitary** produces four tropic hormones plus growth hormone, prolactin, and melanocyte stimulating hormone.
- The release of hormones from the anterior pituitary is controlled by hypothalamic hormones transported to the pituitary in portal vessels. Regulation involves short-loop and long-loop negative feedback.

- **Advantage of hormones:** Originate in one place but reach all cells and coordinate activities.
- **Disadvantage:** Action is slow.
- The nervous system communicates rapidly, can be turned off quickly, and has access to information. **Thus, it is advantageous for these systems to work together.**
- **The nervous and endocrine systems** control and regulate all the physiological and behavioral mechanisms that contribute to homeostasis, survival, and reproduction.
- **The pituitary gland is attached to the hypothalamus of the brain.**
- **The pituitary connects the nervous and endocrine systems** and is involved in hormonal control of many processes.

Anterior pituitary: Originates from gut epithelial tissue; controlled by hypothalamic neurohormones that travel via the blood.

Posterior pituitary: Originates from neural tissue; contains the axons of hypothalamic neurons that release neurohormones. Hypothalamic neurons secrete two neurohormones into the posterior pituitary:

1. **Antidiuretic hormone (ADH)** increases the water retained by the kidneys when necessary.

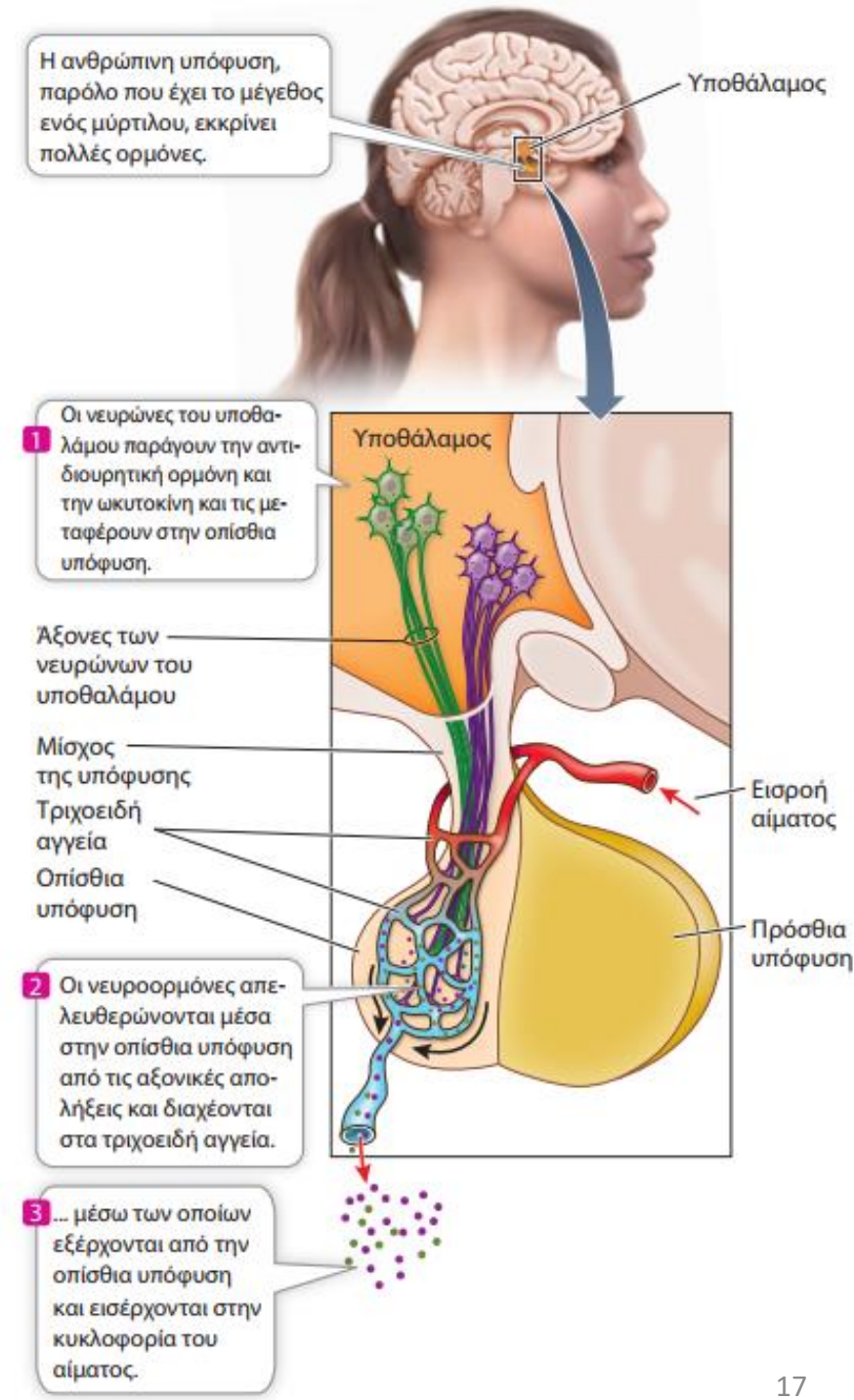
- Also called vasopressin—it causes the constriction of peripheral blood vessels to elevate blood pressure.

2. **Oxytocin** stimulates uterine contractions in childbirth and milk flow.

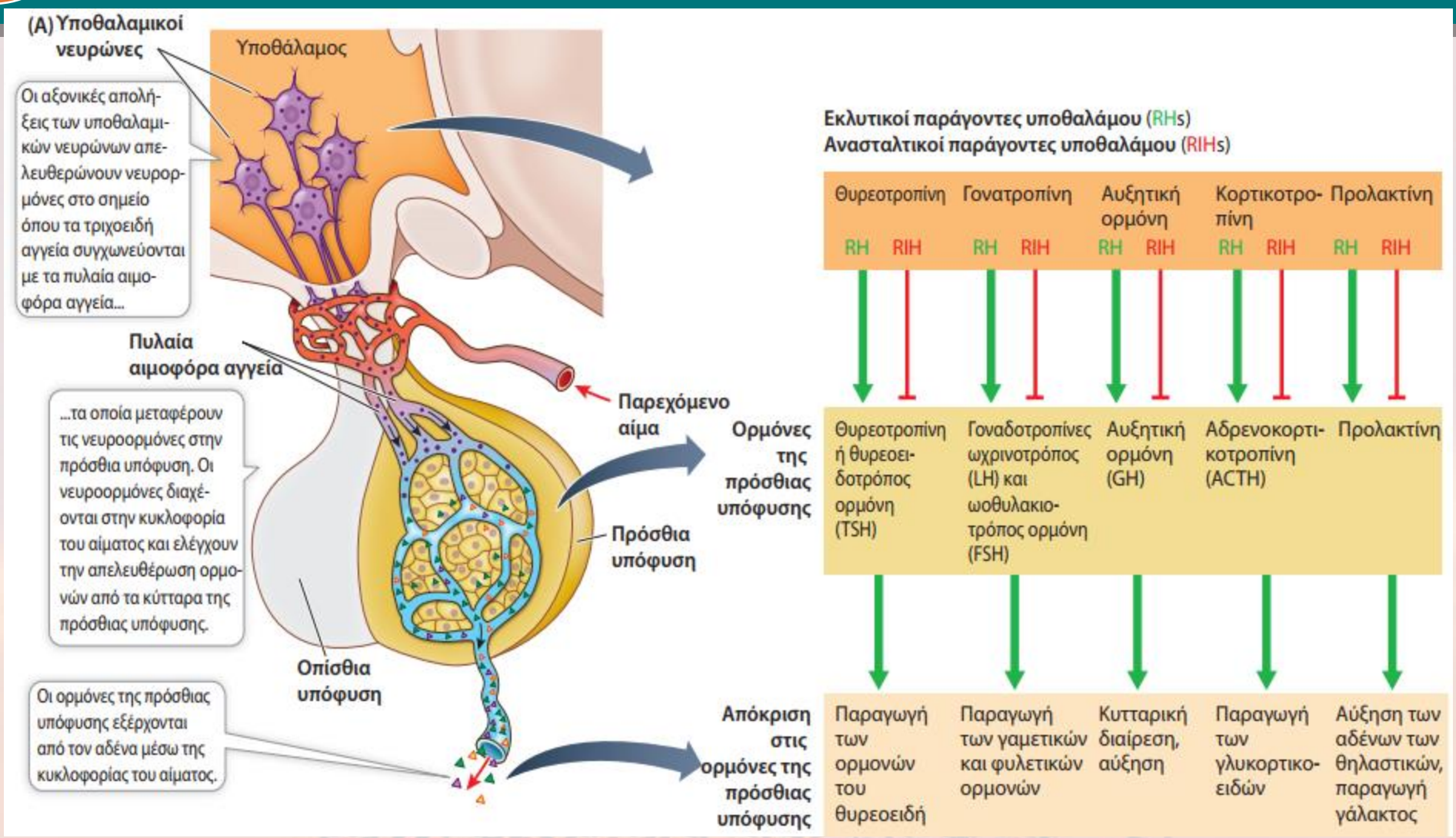
- The baby’s suckling stimulates neurons in the mother’s brain that cause secretion of oxytocin.

An example of how the nervous system integrates information that regulates hormonally mediated processes.

Εικόνα 28.6 Η Οπίσθια Υπόφυση Απελευθερώνει Νευροορμόνες Οι νευρώνες του υποθαλάμου παράγουν δύο πεπτιδικές νευροορμόνες, την **αντιδιουρητική ορμόνη (βασοπρεσίνη)** και την **ωκυτοκίνη**, οι οποίες αποθηκεύονται και απελευθερώνονται στην οπίσθια υπόφυση μέσω των νευρικών απολήξεων.



Εικόνα 28.7 Η Πρόσθια Υπόφυση Βρίσκεται υπό τον Έλεγχο του Υποθαλάμου



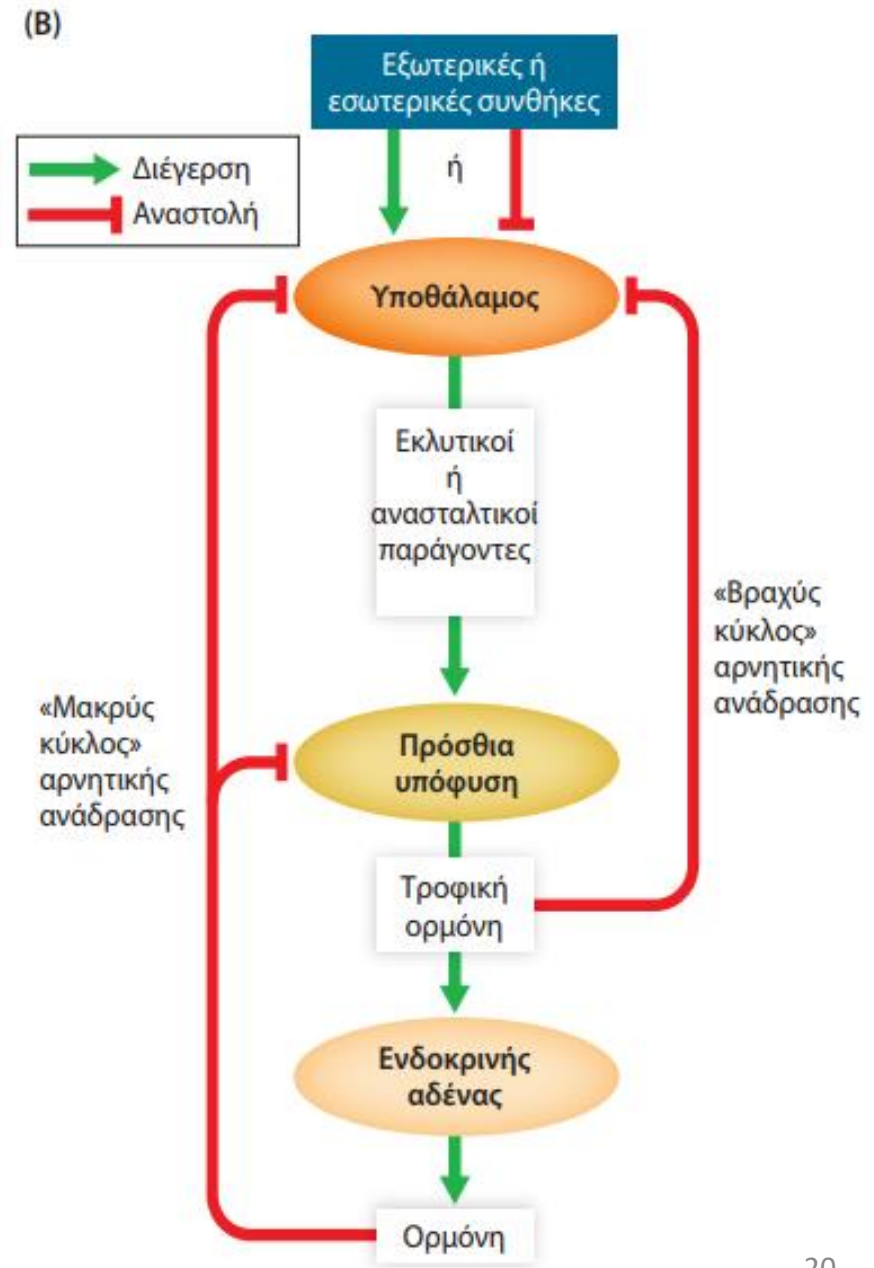
Εικόνα 28.7 Η Πρόσθια Υπόφυση Βρίσκεται υπό τον Έλεγχο του Υποθαλάμου Τα κύτταρα της πρόσθιας υπόφυσης παράγουν τις **τροπικές** ορμόνες που ελέγχουν άλλους ενδοκρινείς αδένες, καθώς και αρκετές άλλες πεπτιδικές και πρωτεϊνικές ορμόνες. Αυτά τα κύτταρα βρίσκονται υπό τον έλεγχο νευροορμονών, οι οποίες παράγονται στον υποθάλαμο και καλούνται εκλυτικοί ή ανασταλτικοί παράγοντες. Αυτές οι νευροορμόνες διανέμονται μέσω των πυλαίων αιμοφόρων αγγείων, τα οποία διατρέχουν τον χώρο ανάμεσα στον υποθάλαμο και την πρόσθια υπόφυση μέσω του μίσχου της υπόφυσης

- The **anterior pituitary** secretes tropic hormones that control other endocrine glands.
 - Thyrotropin (thyroid-stimulating hormone)
 - Luteinizing hormone
 - Follicle-stimulating hormone
 - Corticotropin
 - Growth hormone (GH) promotes growth by stimulating cells to take up amino acids, and liver cells to produce signals to stimulate growth of bone and cartilage.
 - Endorphins and enkephalins are the body's natural painkillers, acting as neurotransmitters in the brain.
 - Melanocyte-stimulating hormone (MSH) stimulates the production of the pigment melanin in skin and hair.

Besides being negative feedback signals controlling their own secretion, hormones influence the nervous system in other ways.

- Example: **Oxytocin** plays a role in the birth process and stimulating milk flow; it also promotes bonding between mother and baby, and **pair bonding** in many animals, including humans.

Εικόνα 28.7 Η Πρόσθια Υπόφυση Βρίσκεται υπό τον Έλεγχο του Υποθαλάμου Τα κύτταρα της πρόσθιας υπόφυσης παράγουν τις τροφικές ορμόνες που ελέγχουν άλλους ενδοκρινείς αδένες, καθώς και αρκετές άλλες πεπτιδικές και πρωτεϊνικές ορμόνες. Αυτά τα κύτταρα βρίσκονται υπό τον έλεγχο νευροορμονών, οι οποίες παράγονται στον υποθάλαμο και καλούνται εκλυτικοί ή ανασταλτικοί παράγοντες. Αυτές οι νευροορμόνες διανέμονται μέσω των πυλαίων αιμοφόρων αγγείων, τα οποία διατρέχουν τον χώρο ανάμεσα στον υποθάλαμο και την πρόσθια υπόφυση μέσω του μίσχου της υπόφυσης

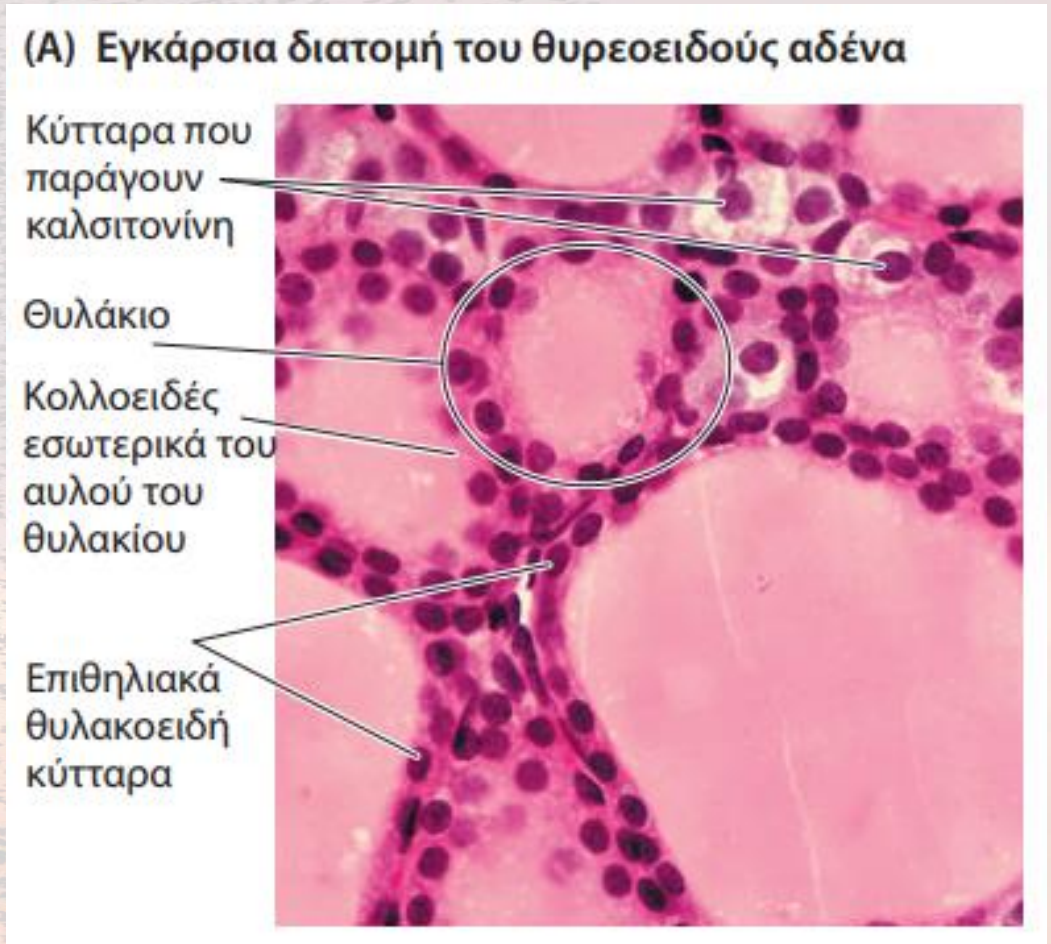


- The thyroid gland secretes the hormones thyroxine, which has multiple effects on metabolism, and calcitonin, which reduces blood calcium levels.
- Calcitriol increases blood calcium.
- Clusters of endocrine cells called islets of Langerhans in the pancreas secrete the hormones insulin, glucagon, and somatostatin.
- The adrenal gland consists of the adrenal medulla, which secretes epinephrine and norepinephrine, and the adrenal cortex, which secretes steroid hormones.

➤ **The thyroid gland secretes 2**

hormones:

- **Thyroxine**, which regulates metabolism, is produced by follicle epithelial cells.
- **Calcitonin** is produced by cells between the follicles and is involved in blood calcium regulation.

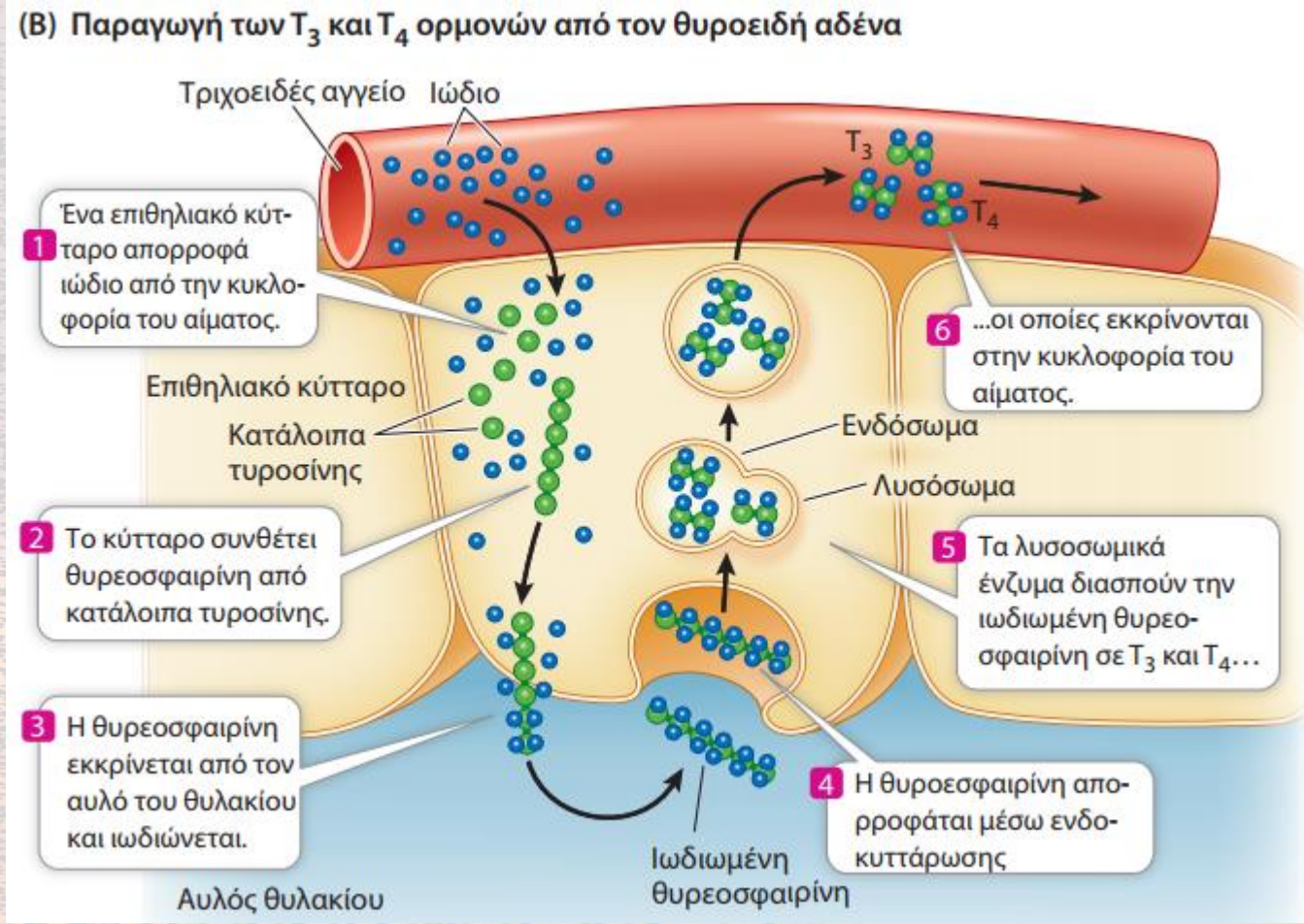
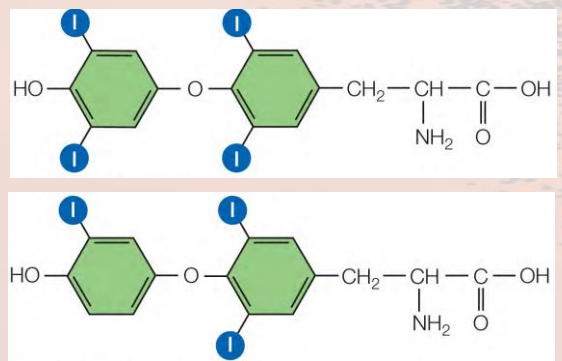


Εικόνα 28.11 Ο Θυρεοειδής Αδένας Αποτελείται από Πολλά Θυλάκια

(Α) Εγκάρσια διατομή του θυρεοειδούς αδένα που απεικονίζει πολυάριθμα θυλάκια, συνδεδεμένα μεταξύ τους μέσω επιθηλιακών κυττάρων.

Thyroglobulin is produced and secreted into the lumen of the follicle, where it is iodinated and stored until processed by the epithelial cells to generate **T3 and T4**.

Anterior pituitary secretes thyrotropin or thyroid-stimulating hormone (TSH), which activates the follicles to produce thyroxine. Thyrotropin releasing hormone (TRH), produced in the hypothalamus activates the TSH-producing pituitary cells.



Εικόνα 28.11 Ο Θυροειδής Αδένας Αποτελείται από Πολλά Θυλάκια (B) Τα επιθηλιακά κύτταρα των θυλακίων συνθέτουν και εκκρίνουν θυρεοσφαιρίνη στον αυλό των θυλακίων, όπου υφίσταται ιωδίωση και αποθηκεύεται έως την επεξεργασία της από τα επιθηλιακά κύτταρα, με σκοπό την παραγωγή των T₃ και T₄.

- Thyroxine is lipid-soluble; it binds to receptors in the nucleus to stimulate genes involved in metabolic pathways to increase metabolic rates.
- Insufficient thyroxine in a human fetus or growing child greatly retards physical and mental development, resulting in a condition known as cretinism.
- A goiter is an enlarged thyroid gland; associated with either hyperthyroidism (excess thyroxine) or hypothyroidism (thyroxine deficiency).
- **Graves disease** is an autoimmune disease; antibodies to TSH receptors on follicle cells cause uncontrolled production of thyroxine.
- The most common cause of hypothyroid goiter is iodine deficiency—follicle cells cannot produce thyroxine. Without thyroxine in the blood, TSH levels remain high, and the thyroid continues to produce thyroglobulin.



Εικόνα 28.12 Η Υποθυρεοειδής Βρογχοκήλη

Η πάθηση αυτή χαρακτηρίζεται από έλλειψη ιωδίου που προσλαμβάνεται από την τροφή και έχει ως αποτέλεσμα την ανεπάρκεια λειτουργικής θυροξίνης και την επακόλουθη υπερπαραγωγή της θυρεοσφαιρίνης και τη μεγέθυνση των θυλακίων.

➤ Regulation of calcium levels in the blood is critical to body function.

There are several mechanisms for changing blood calcium levels:

- Deposition or absorption of bone
- Excretion or retention of Ca by kidneys
- Absorption of Ca from digestive tract

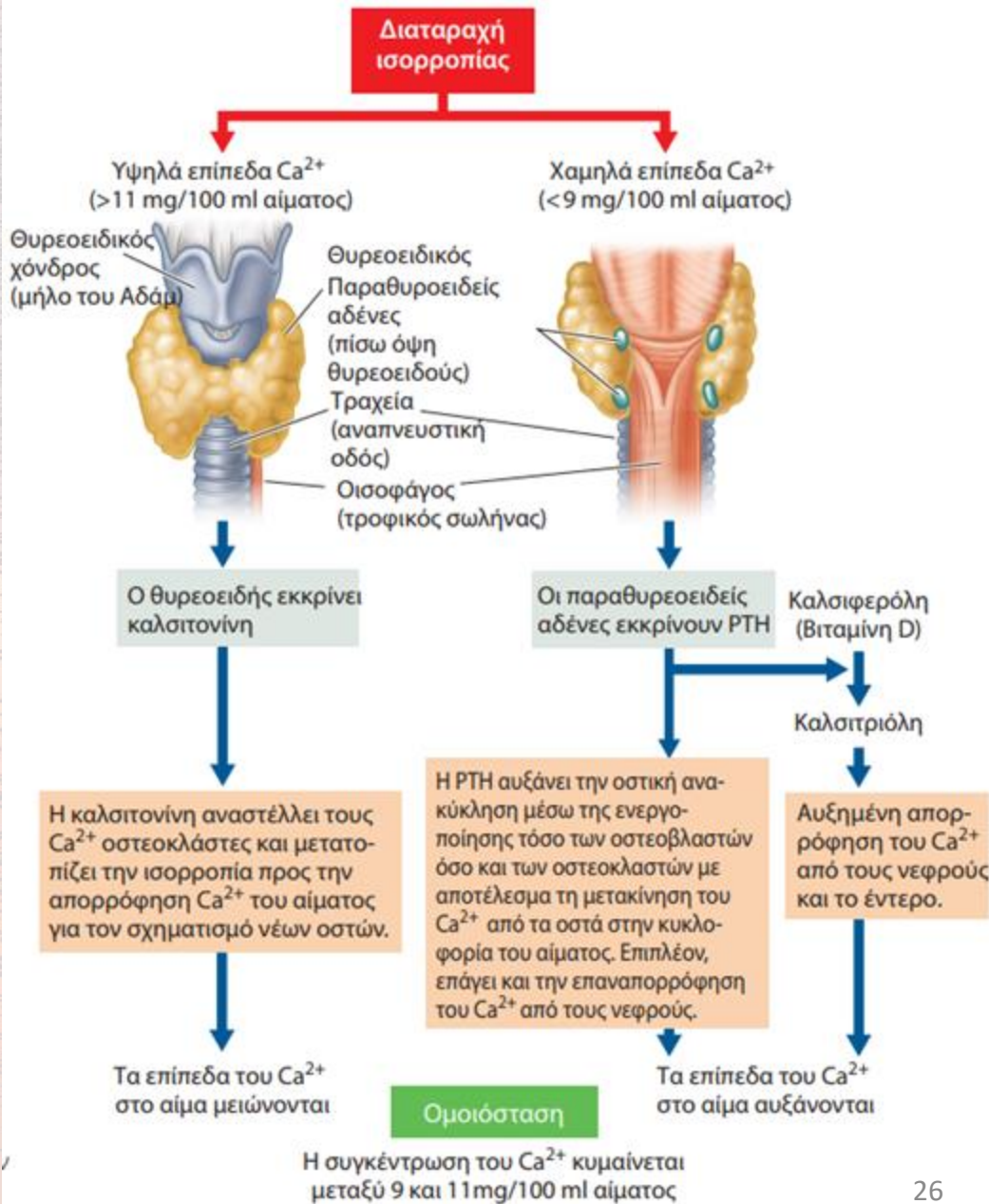
These mechanisms are controlled by 3 hormones:

1. **Calcitonin** is released by the thyroid; lowers blood Ca by regulating bone turnover.

- Bone is continuously remodeled: osteoclasts break down bone and release Ca into the blood; osteoblasts take up Ca and deposit it in new bone.
- Calcitonin decreases the activity of osteoclasts and thus favors removal of Ca from the blood and deposition in bone by osteoblasts.

2. Parathyroid hormone (PTH); secreted by the parathyroid glands.

- Blood Ca levels control synthesis and release of PTH—when low, PTH is released, which stimulates bone turnover by osteoclasts and osteoblasts and increases blood Ca levels.
- PTH also stimulates kidneys to reabsorb Ca.
- PTH also stimulates release of phosphate from bone.
- Small increases in Ca and phosphate in the blood can result in precipitation of calcium phosphate salts.
- This can result in kidney stones and hardening of the arteries (Ca deposits). PTH acts on kidneys to eliminate phosphate in the urine.



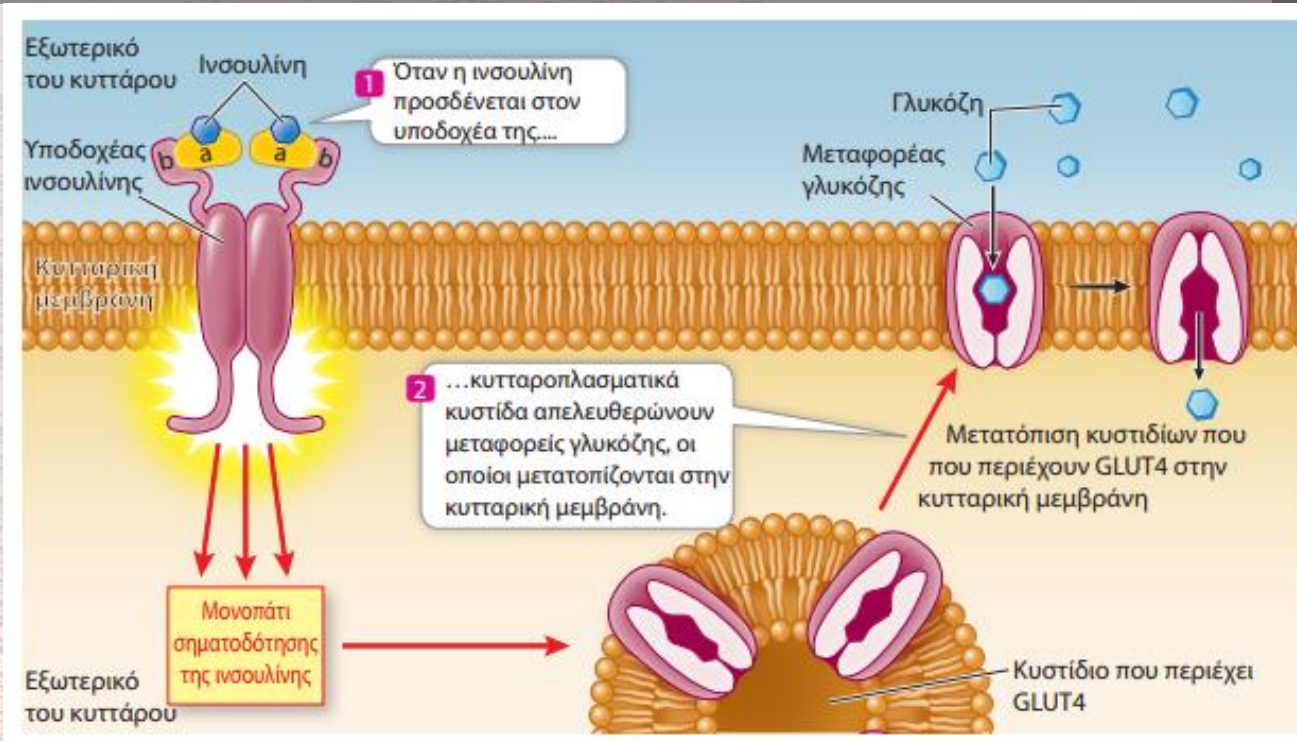
Εικόνα 28.13 Ορμονική Ρύθμιση των Επιπέδων του Ασβεστίου
Η καλσιτονίνη, η παραθορμόνη (PTH) και η καλσιτριόλη (η ενεργή μορφή της καλσιφερόλης ή αλλιώς βιταμίνη D) ρυθμίζουν τα επίπεδα του Ca²⁺ στο αίμα.

Εικόνα 28.14 Οι Μεταφορείς Γλυκόζης Βρίσκονται Υπό τον Έλεγχο της Ινσουλίνης

Diabetes mellitus (type I) is caused by lack of the protein hormone insulin. Glucose transporters are controlled by insulin. When insulin binds to cell receptors, transporters move to the cell membrane and facilitate glucose uptake.

Adult onset or type II diabetes is associated with obesity, high carbohydrate consumption, and lack of exercise. Caused either by low production of insulin or insensitivity to insulin.

In both types, glucose builds up in the blood and increases in the urine. Urine output increases: water moves from cells to blood by osmosis, and increased glucose in kidney tubules pulls more water in by osmosis. Diabetic person suffers dehydration and lack of metabolic fuel.



Εικόνα 28.14 Οι Μεταφορείς Γλυκόζης Βρίσκονται Υπό τον Έλεγχο της Ινσουλίνης Οι περισσότεροι ιστοί εξαρτώνται από τη δράση της ινσουλίνης να επάγει την πρόσληψη της γλυκόζης από τα κύτταρα. Η γλυκόζη εισέρχεται στα κύτταρα μέσω διάχυσης, η οποία επιτυγχάνεται με παθητική μεταφορά της μέσω μεταφορέων γλυκόζης. Η πρόσδεση της ινσουλίνης σε υποδοχείς της επιφάνειας των κυττάρων προκαλεί τη μετατόπιση ενός τύπου μεταφορέα γλυκόζης (GLUT4) από τις ενδοκυτταρικές αποθήκες στην κυτταρική μεμβράνη. Η μείωση των επιπέδων της ινσουλίνης έχει ως αποτέλεσμα την αποθήκευση των μεταφορέων γλυκόζης σε ενδοκυτταρικές αποθήκες.

➤ **Islets of Langerhans:** Endocrine cells in the pancreas that produce 3 hormones.

1. Beta (β) cells produce **insulin**.

2. Alpha (α) cells produce **glucagon**—stimulates liver to convert glycogen to glucose when blood glucose levels fall below normal.

When blood glucose rises after a meal, beta cells are stimulated to produce insulin. When blood glucose falls, insulin production stops and most cells shift to using glycogen as a fuel source. If blood glucose falls substantially below normal, alpha cells release glucagon.

3. Delta (δ) cells produce **somatostatin**—has paracrine functions and inhibits release of both insulin and glucagon. Also slows digestive activities to extend the period of nutrient absorption.

Hypothalamic somatostatin, or growth hormone inhibiting hormone (GHIH), inhibits the release of growth hormone and thyrotropin by the anterior pituitary.

The adrenal gland is a gland within a gland.
Adrenal medulla produces epinephrine (adrenaline) and norepinephrine.

- Develops from nervous tissue and is under nervous system control.

Adrenal cortex produces steroid hormones called corticosteroids:

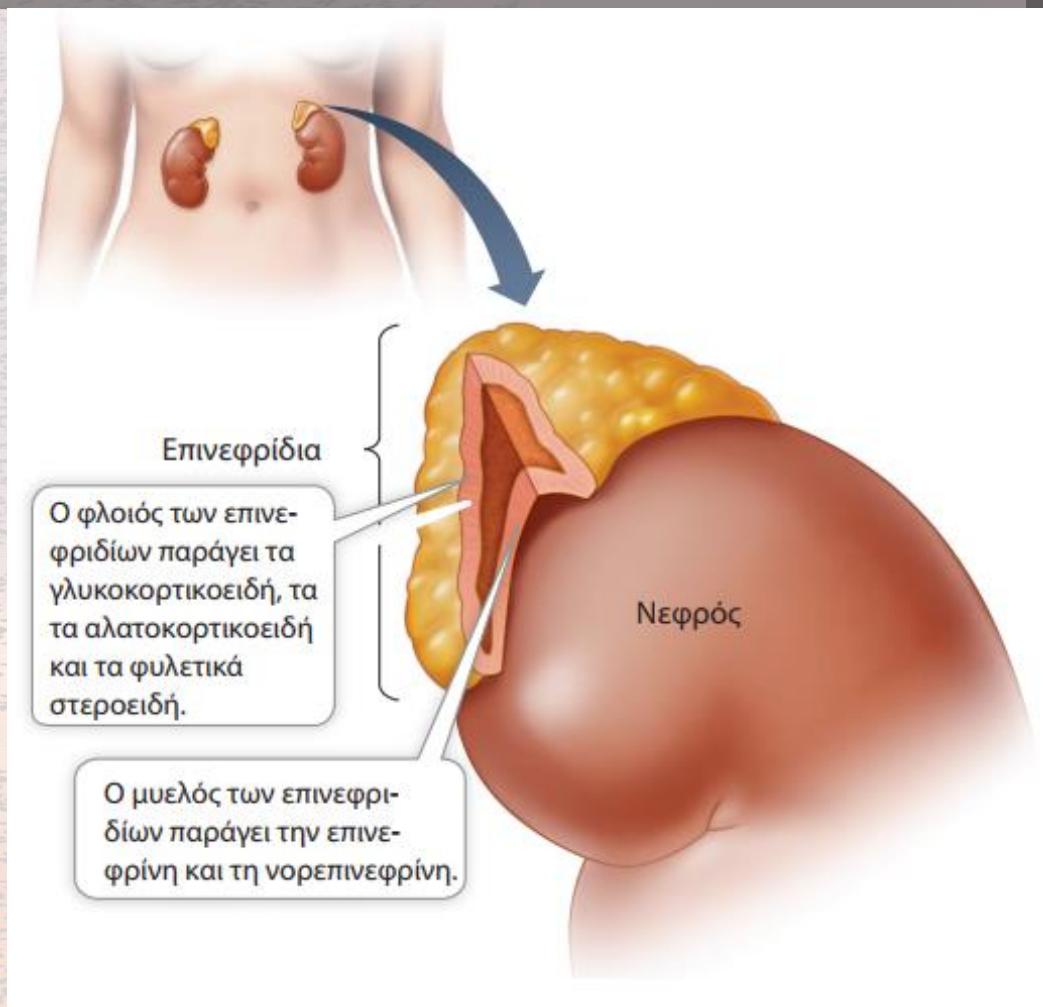
- **Mineralocorticoids** influence salt and water balance.

Aldosterone, the main mineralocorticoid, stimulates kidneys to conserve sodium and excrete potassium.

- **Glucocorticoids** influence blood glucose concentration.

Cortisol, the main glucocorticoid, mediates metabolic stress responses. Tissues not critical for action decrease glucose uptake and immune system reactions are blocked. Response is slower than adrenaline, but lasts longer. Cortisol and similar drugs are used to reduce inflammation and allergic responses.

- **Sex steroids** (produced in negligible amounts in adults).



Εικόνα 28.16 Τα Επινεφρίδια Είναι στην Πραγματικότητα Δύο Αδένες

Κάθε επινεφρίδιο εντοπίζεται πάνω από κάθε νεφρό και αποτελείται εξωτερικά από τον φλοιό και εσωτερικά από τον μυελό. Ο μυελός και ο φλοιός παράγουν διαφορετικές ορμόνες.

- Anterior pituitary controls cortisol release by corticotropin (adrenocorticotrophic hormone, or ACTH).
- ACTH release is controlled in turn by corticotropin-releasing hormone from the hypothalamus.
- Acute stress response is turned off by negative feedback of cortisol to brain.
- With chronic or prolonged stress, the control mechanisms become insufficient and cortisol must exert negative feedback through the hippocampus.
- But prolonged exposure to cortisol causes loss of hippocampal cells, decreasing the ability to turn off the stress response.
- Prolonged stress can lead to digestive system problems, cardiovascular problems, strokes, impaired immune system, and increased susceptibility to cancers and other diseases.

- Adrenal medulla releases epinephrine and norepinephrine in response to stress.
- Both bind to adrenergic receptors on target cells.
 - α -adrenergic receptors respond more to norepinephrine.
 - β -adrenergic receptors respond equally to both.

Drugs called beta blockers inhibit β - adrenergic receptors, and thus can blunt the fight-or-flight response without disrupting physiological processes. Beta blockers are used to reduce symptoms of anxiety.