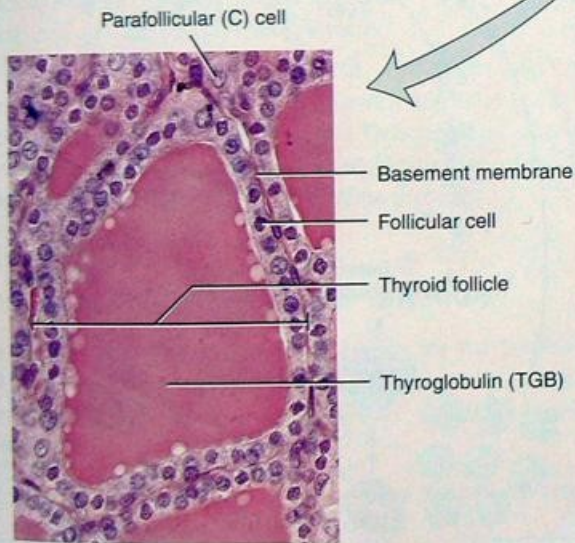
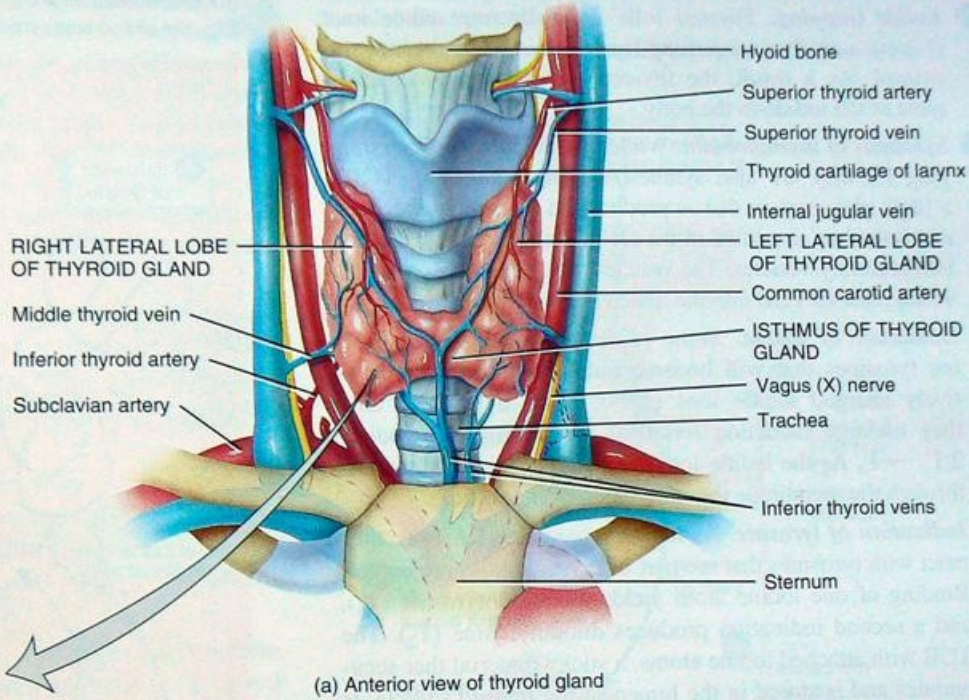


Pajzsmirigy és mellékpajzsmirigy működése

Molnár Péter, Állattani Tanszék

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

Thyroid hormones regulate (1) oxygen use and basal metabolic rate, (2) cellular metabolism, and (3) growth and development.



(b) Thyroid follicles



(c) Anterior view of thyroid gland

Thyreociták (Folliculusz sejtek):

Tiroxin T4

Trijódtironin T3

C-sejt: Calcitonin

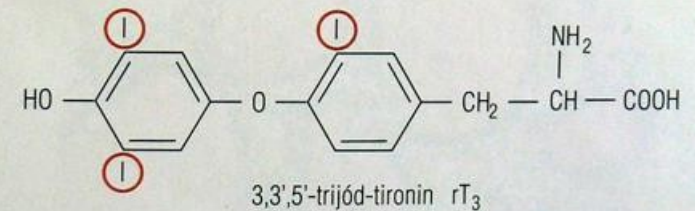
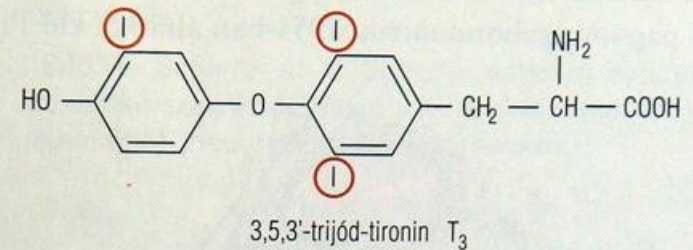
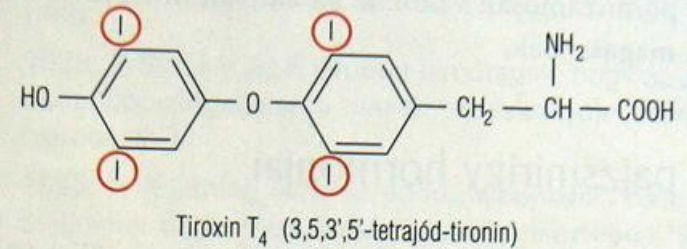
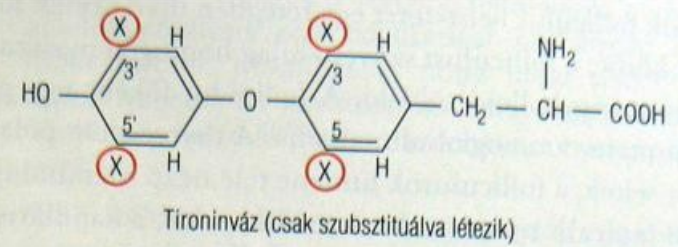
Which cells secrete T₄ and T₃? Which secrete calcitonin? Which of these hormones are also called thyroid hormones?

Tiroxin (T4) és Trijód-tironin (T3) szerkezete

Két, éterhiddal összekötött aromás (fenol) gyűrű.

Csak jód szubsztitúció után keletkezik

Zsírban oldódó hormonok



32-2. ábra

A tirozin, a tiroxin (T₄), a trijód-tironin (T₃) és a „reverz trijód-tironin” (rT₃) szerkezete

Valamennyi vegyületet, közöttük a pajzsmirigyben nem létező „tirozin-váz”-at szabad molekulaként tüntettük fel (a váz kialakulásának feltétele a tirozin előzetes jódosása)

A T4 és T3 összehasonlítása I.

	T4	T3
•Keletkezési ráta nmol/nap	100	50
•Pajzsmirigyben keletkezik %	100	20
• Metabolikus hatás	0,3	1
•Fél élettido (nap)	7	0,75

Tiroxin (T₄) és Trijódtironin (T₃) keletkezése

Jódfelvétel a thyreocitákba

Tireoglobulin szintézise
(tirozin oldalláncok)

Jód ionok oxidálódása –
kiválasztás a
folliculusok lumenébe

Tirozin oldalláncok jódozása

T₃ és T₄ képződése
2-3 havi készlet

Újrafelvétel a folliculus
sejtekbe

T₃ és T₄ szekréciója

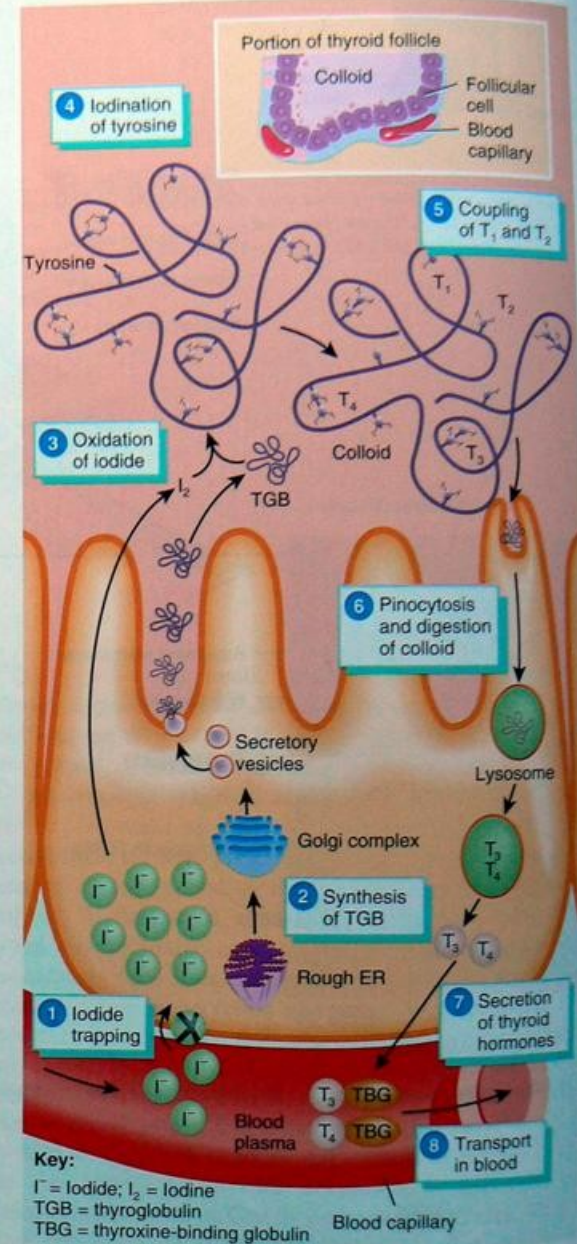
Vérben tiroxinkötő
globulinhoz (TBG),
tiroxinkötő
prealbuminhoz (TBPA)
albuminhoz kötve

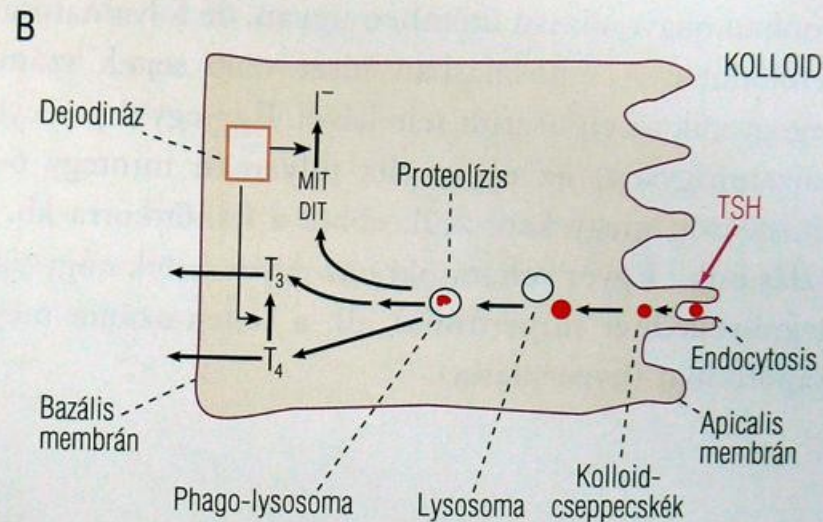
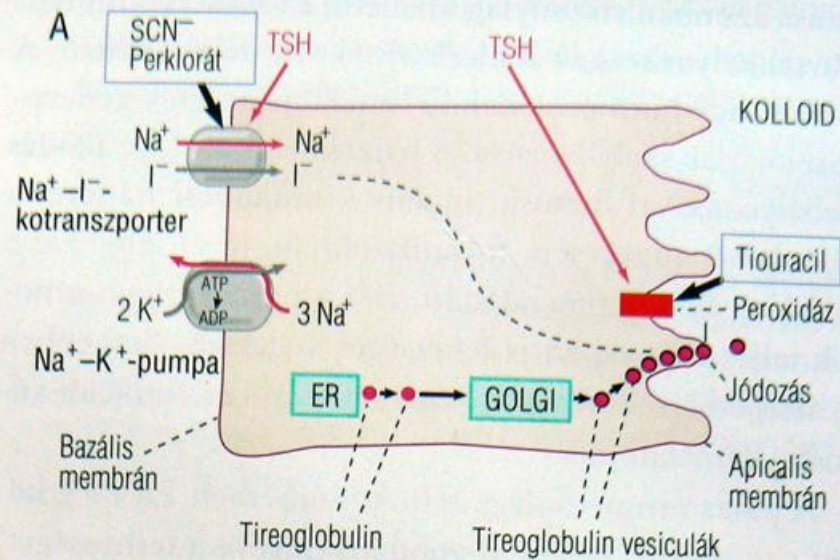
supply. Synthesis and secretion of T₃ and T₄ occurs as follows (Figure 18.11):

- 1 Iodide trapping.** Thyroid follicular cells trap iodide ions (I⁻) by actively transporting them from the blood into the cytosol. As a result, the thyroid gland normally contains most of the iodide in the body.
- 2 Synthesis of thyroglobulin.** While the follicular cells are trapping I⁻, they are also synthesizing **thyroglobulin (TGB)**, a large glycoprotein that is produced in the rough endoplasmic reticulum, modified in the Golgi complex, and packaged into secretory vesicles. The vesicles then undergo exocytosis, which releases TGB into the lumen of the follicle.
- 3 Oxidation of iodide.** Some of the amino acids in TGB are tyrosines that will become iodinated. However, negatively charged iodide ions cannot bind to tyrosine until they undergo oxidation (removal of electrons) to iodine: $2 I^- \rightarrow I_2$. As the iodide ions are being oxidized, they pass through the membrane into the lumen of the follicle.
- 4 Iodination of tyrosine.** As iodine molecules (I₂) form, they react with tyrosines that are part of thyroglobulin molecules. Binding of one iodine atom yields monoiodotyrosine (T₁), and a second iodination produces diiodotyrosine (T₂). The TGB with attached iodine atoms, a sticky material that accumulates and is stored in the lumen of the thyroid follicle, is termed **colloid**.
- 5 Coupling of T₁ and T₂.** During the last step in the synthesis of thyroid hormone, two T₂ molecules join to form T₄ or one T₁ and one T₂ join to form T₃.
- 6 Pinocytosis and digestion of colloid.** Droplets of colloid reenter follicular cells by pinocytosis and merge with lysosomes. Digestive enzymes in the lysosomes break down TGB, cleaving off molecules of T₃ and T₄.
- 7 Secretion of thyroid hormones.** Because T₃ and T₄ are lipid soluble, they diffuse through the plasma membrane into interstitial fluid and then into the blood. T₄ normally is secreted in greater quantity than T₃, but T₃ is several times more potent. Moreover, after T₄ enters a body cell, most of it is converted to T₃ by removal of one iodine.
- 8 Transport in the blood.** More than 99% of both the T₃ and the T₄ combine with transport proteins in the blood, mainly **thyroxine-binding globulin (TBG)**.

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.

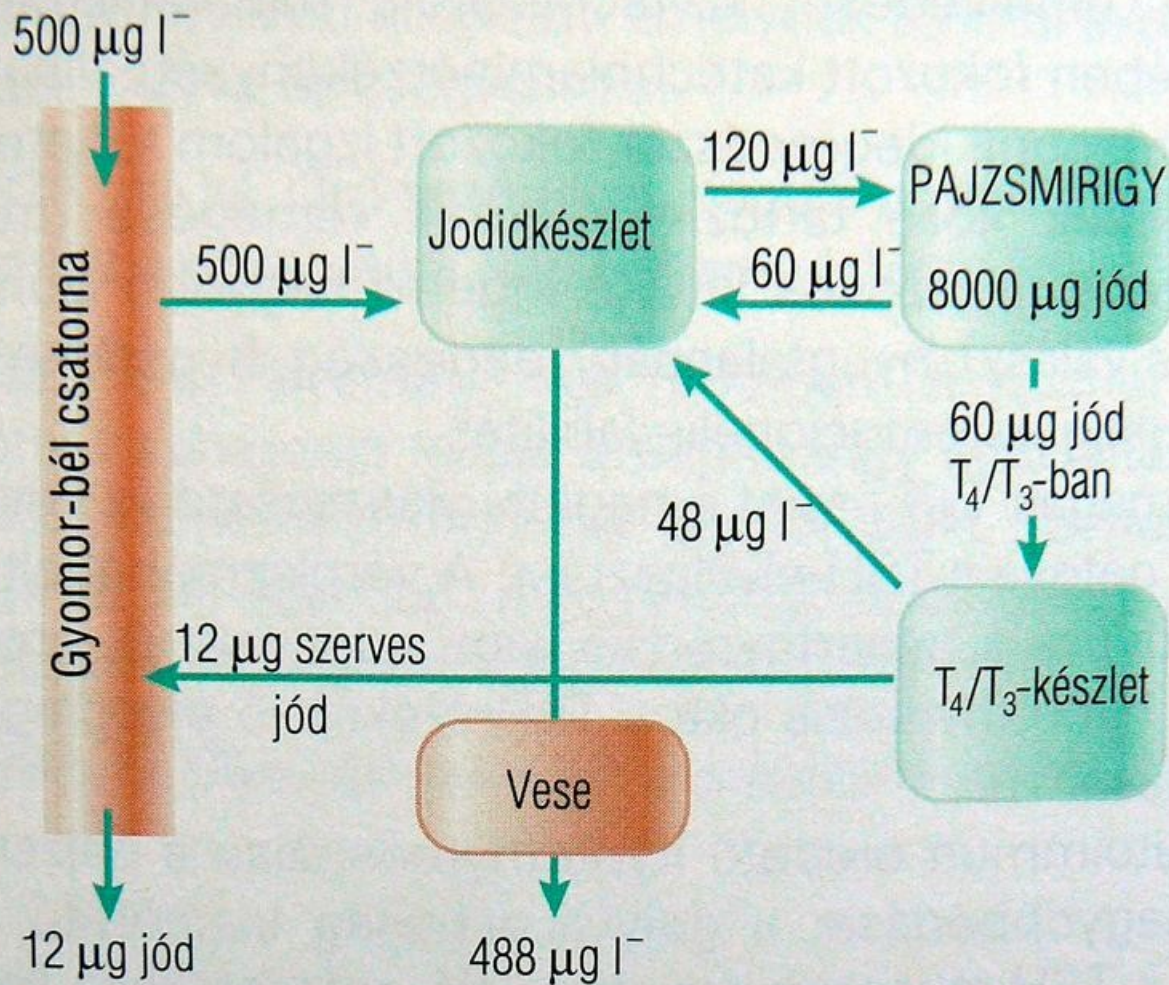




32-3. ábra

Hormonszintézis (A) és hormonszekréció (B) a pajzsmirigyben

Az ábra mindkét részében a piros nyilak a TSH-val aktivált folyamatokat, a fekete nyilak pedig a gátlószerek támadáspontját jelzik



32-5. ábra

A jóddal kellően ellátott szervezet napi jódforgalma

Az ábrán csak didaktikus szempontból adtuk meg ilyen pontossággal a számszerű adatokat

Pajzsmirigy hormontermelésének szabályozása

Állandó, nem ciklikus
termelődés

TRH – TSH – T₃ negatív
visszacsatolás

Hideg mint aktivátor


Stressz, éhezés -> gátlás

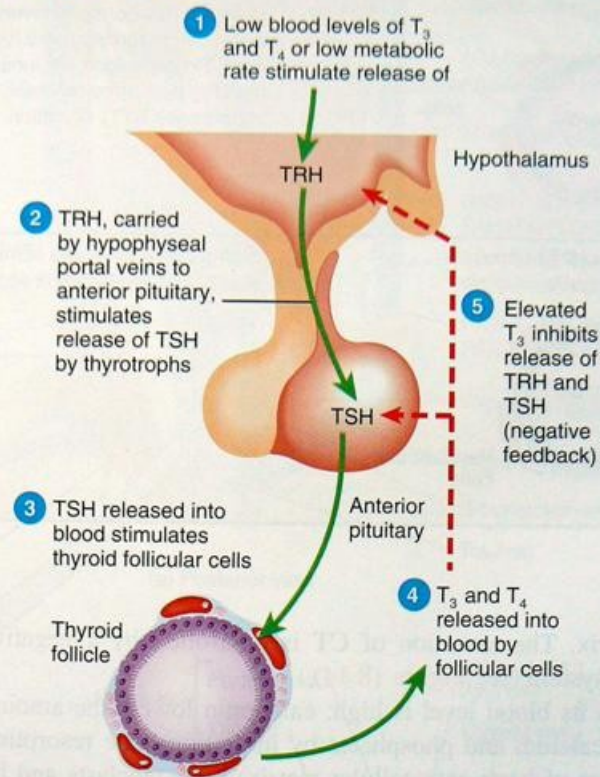
Hipertrófia – sejtek mérete nő

Hyperplasia – sejtek száma nő



Figure 18.12 Regulation of secretion and actions of thyroid hormones. TRH = thyrotropin-releasing hormone, TSH = thyroid-stimulating hormone, T₃ = triiodothyronine, and T₄ = thyroxine (tetraiodothyronine).

 TSH promotes release of thyroid hormones (T₃ and T₄) 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

A pajzsmirigy hormonok hatásai

Gének átírását fogozzák / gátolják
 Diffúzió – transzport a vér/agy gáton keresztül
 T₄→T₃ átalakulás sejten belül
 T₃+Receptor hozzákötődik a thyroid hormone response element (TRE)→ génátírás
 Hatás órák alatt fejlődik ki és napokig tart

Hatáspontok:

Idegrendszer

Bőr

Energiaforgalom

Vérkeringés

Szükséges a növekedéshez/egyedfejlődéshez

Része a Stressz reflexnek → metabolizmus felgyorsítása

A pajzsmirigyhormonok hatása egyes anyagcsere-folyamatokra*

Anyagcsere-folyamat	T ₄ /T ₃ -hatások
Glukózfelszívás a bélből	Fokoz
Adrenalinra bekövetkező hyperglykaemia	Fokoz
Glukoneogenesis	Fokoz
Inzulinérzékenység	Csökken
Fehérjeszintézis	Szelektíven fokoz
Koleszterinszintézis	Fokoz
Koleszterinlebontás	Fokoz
<i>Vérplazma koleszterinszintje</i>	<i>Csökken</i>
Lipolízis a zsírszövetben	Fokoz
Szabad zsírsavak oxidációja	Fokoz
Trigliceridszintézis a májban	Fokoz
<i>Vérplazma trigliceridszintje</i>	<i>Csökken</i>
Lipoproteinlipáz az érfalban	Fokoz
<i>Zsírraktárak trigliceridtartalma</i>	<i>Csökken</i>


* A T₄/T₃ egyes hatásai az alkalmazott dózistól függően bifázisosak. Egyes hatások csak aktiváló hormonok (katecholaminok, glukagon) jelenlétében jönnek létre

A tiroid hormonok







- stimulálják a Na^+/K^+ -ATP-áz enzimet és növeli a pumpahelyek számát (a sejtek oxigén felhasználásának 40 %-a Na^+/K^+ -ATP-áz energiaigényét fedezi)
- mitokondriumok száma, mérete ↑
- szövetek oxigénfelhasználása ↑ (kivéve agy)
- alapanyagcsere ↑ (kalorigén hatás) kivéve gonádok, lép

Hőszabályozás, kardiovaszkuláris hatások, légzés



Hőszabályozás

- hőtermelés 
- mérsékelt hőmérséklet emelkedés
- hőleadó mechanizmusok aktiválódása (izzadás, bőrerek dilatációja stb.)

Keringés

-  a β -AR száma (nem változik az affinitásuk)
-  a szívizomsejtek Ca^{2+} felvételét (közvetlen hatás)
-  a miozin ATP-ase aktivitását
-  szívfrekvencia, kontrakciós erő, PV, Ptf
-  P_{systolic}  $P_{\text{diastolic}}$

Légzés

-  O_2 felhasználás
-  CO_2 termelés

hiperventilláció

Vér, központi idegrendszer

Vér

- ↑ 2,3 DPG szint a vvt-ben
- növeli az eritropoetin termelődését
- ↑ alapanyagcsere → vitaminszükséglet ↑ (anémia)

Idegrendszeri hatások

- tiroid transzport a vér-agy gáton
- emelkedett T_4 szint
 - gyorsult gondolkodás
 - ingerlékenység, nyugtalanság
(a retikuláris aktiváló rendszer fokozott katekolamin érzékenysége ?)
- rövidül a reakcióidő, élénkebb ínreflexek

Intermediér anyagcsere

szénhidrátanyagcsere

- ↑ GIT glükóz abszorpció
- ↑ glükoneogenezis (adrenalin hatás potencírozása)
- ↑ glükóz felhasználás (inzulin hatás potencírozása)

alacsony T_4 szint + inzulin → ↑ glikogén szintézis

emelkedett T_4 szint → ↑ glycogenolysis

mérsékelt vércukorszint emelkedés

lipid anyagcsere

- ↑ lipolízis
- ↑ koleszterin szintézis és metabolizmus
- ↑ LDL receptor szintézis

a vér FFA szintje ↑, koleszterin szint ↓

fehérje anyagcsere

- alacsony T_4 szint → anabolikus hatás
- emelkedett T_4 szint → a katabolikus hatás (negatív nitrogén egyensúly)

Izom, növekedés, gonádok

Vázizom

- emelkedett T_4 szint \rightarrow izomgyengeség

A növekedésre és a fejlődésre gyakorolt hatások

- növekedés $\rightarrow T_4$, GH inzulin
- T_4 potenciózza a GH hatását
- T_4 hatással van a GH-t kódoló gén expressziójára
- $T_4 \rightarrow$ csontnövekedés (hiánya esetén törpenövés)
- T_4 jelenléte szükséges
 - az agykéreg fejlődéséhez
 - az axonok proliferációjához
 - a dendritek elágazódásainak fejlődéséhez
 - a mielinizációhoz

A gonádokra kifejtett hatások

- a spermiumok érése
- a follikuláris fázis kialakulása
- ovuláció
- a terhesség fenntartása

Pajzsmirigyhormonok hiánya

újszülöttkor

- kretinizmus, értelmi funkciók visszamaradása
- hosszönvekedés elmaradása
- törpenövés, aránytalan növekedés, rövid végtagok
- piramis és extrapiramidális tünetek



gyermekkor

- kevésbé kifejezett mentális retardáció
- hosszönvekedés elmaradása
- a gyermek fiatalabbnak látszik mint az életkora
- csontkor < életkor



felnőttkorban

nem specifikus tünetek, hónapok, évek alatt alakulnak ki

- a hidegtűrőképesség csökken
- durva, könnyen kihulló szőrzet,
- durva, száraz bőr
- myxoedema
mukopoliszacharidok felhalmozódása a subcutan szövetekben
- izomkontrakciók lassulása
- csökkent szívfrekvencia, pulzustérfogat
- a mentális funkciók változása:
tunyaság, feledékenység, lassú beszéd, aluszékonyosság, apátia sb.



Pajzsmirigyhormonok túlműködése

- fogyás, kielégítő vagy fokozott táplálékbevitel esetén is
- rosszul tűrik a meleg környezetet, izzadás, meleg, puha, nyirkos bőr
- exophthalmus
- Ptf ↑, tachycardia, arrhythmia alakulhatnak ki
- fáradékonyság, izomgyengeség, csonttritkulás
- menstruációs zavarok
- élénk inreflexek
- mentális funkciók
 - idegesség, izgatottság, pszichés nyugtalanság
 - emocionalis instabilitás, izomremegés (tremor)



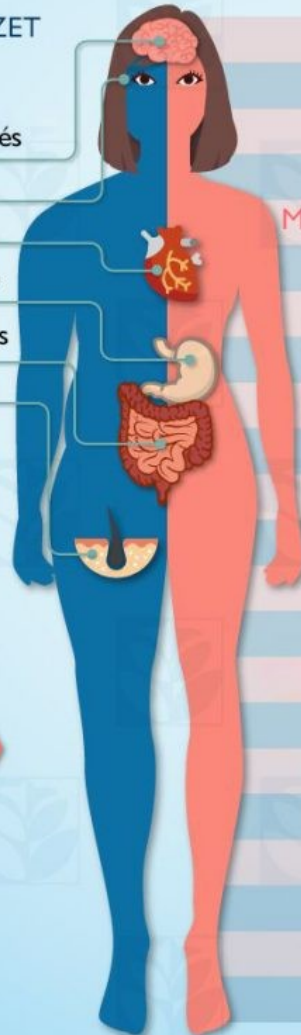
PAJZSMIRIGY

A pajzsmirigy élettani feladata a pajzsmirigy hormon termelése, amely szerepet játszik a szervezet anyagcseréjének szabályozásában, a növekedésben, a szexuális működésben, az agyi működésben. Szinte nincs olyan szervünk, amely funkcióját ne befolyásolná a pajzsmirigy hormon.

A PAJZSMIRIGY HORMON
SZEREPET JÁTSZIK A SZERVEZET
SZABÁLYOZÁSÁBAN



agyműködés
szem
szív
anyagcsere
bélműködés
bőr



Töredezett haj

Hajhullás

Alvásproblémák

Fáradtság

Megnagyobodott pajzsmirigy

Puffadt vagy duzzadt arc

Gyors szívverés

Emelkedett koleszterin

Izzadás

Csökken a koncentráció

Magas vérnyomás

Ízületi fájdalom

Szorongás

Érzékenység a hidegre

Gyakori bélmozgások

Székrekedés

Szabálytalan menstruáció

Szabálytalan menstruáció

Fogyás

Hízás

Nedves bőr

Száraz bőr

8 JEL,

HOGY FELBORULT A
SZERVEZET
HORMONHÁZTARTÁSA



NEHÉZ REGGEL
FELKELNI

ÉTKEZÉS UTÁNI
ÁLMOSSÁG



ÁLLANDÓ
ÉHSÉGÉRZET

HASTÁJÉKI
HÍZÁS



ALACSONY
LIBIDÓ

HÍZÁS A
CSIPÓTÁJÉKON



HIDEGRÁZÁS,
FÁRADTSÁG

LEHANGOLTSÁG



A PAJZSMIRIGY
DISZFUNKCIÓI

PAJZSMIRIGY
TÚLMŰKÖDÉS
TÜNETEI:

PAJZSMIRIGY
ALULMŰKÖDÉS
TÜNETEI:

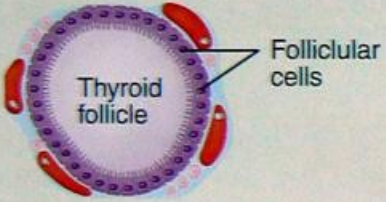
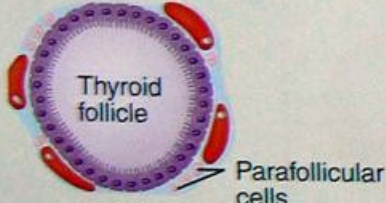
Labor lelet értelmezése



<https://medicoverkorhaz.hu/laborvizsgalatok/laborvizsgalati-csomagok/pajzsmirigy-laborvizsgalat/>

A pajzsmirigy hormonok hatásai

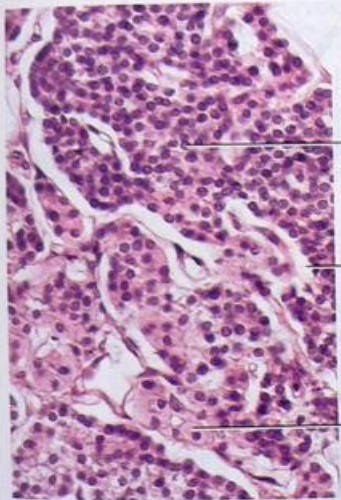
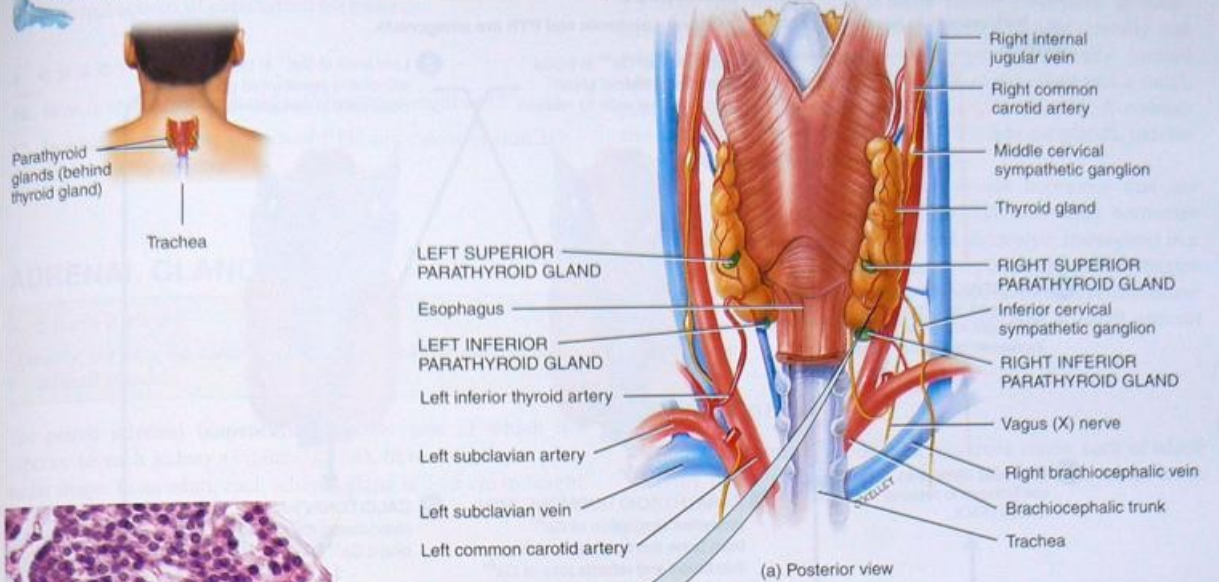
TABLE 18.6 Summary of Thyroid Gland Hormones

Hormone and Source	Control of Secretion	Principal Actions
<p>T₃ (triiodothyronine) and T₄ (thyroxine) or thyroid hormones from follicular cells</p>  <p>The diagram shows a circular thyroid follicle with a central lumen. The follicle is lined by a single layer of cuboidal follicular cells. Several red, oval-shaped structures representing colloid droplets are attached to the outer surface of the follicular cells.</p>	<p>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 T₃/T₄ secretion.</p>	<p>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, and contribute to development of the nervous system.</p>
<p>Calcitonin (CT) from parafollicular cells</p>  <p>The diagram shows a circular thyroid follicle with a central lumen. The follicle is lined by a single layer of cuboidal follicular cells. Several red, oval-shaped structures representing colloid droplets are attached to the outer surface of the follicular cells. Small, dark, oval-shaped structures representing parafollicular cells are located between the follicular cells.</p>	<p>High blood Ca²⁺ levels stimulate secretion; low blood Ca²⁺ levels inhibit secretion.</p>	<p>Lowers blood levels of Ca²⁺ and HPO₄²⁻ by inhibiting bone resorption by osteoclasts and by accelerating uptake of calcium and phosphates into bone matrix.</p>

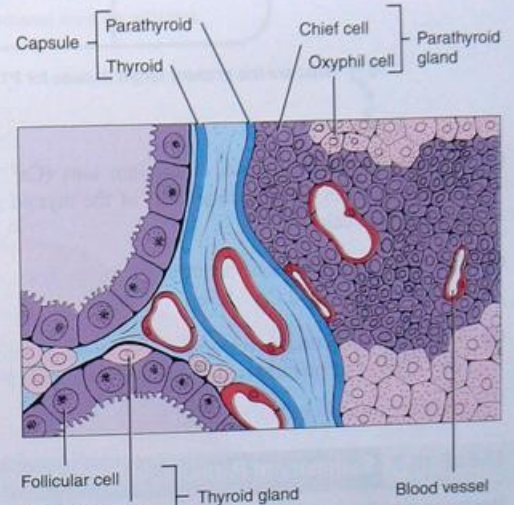
Mellékpajzsmirigy

Parathormon

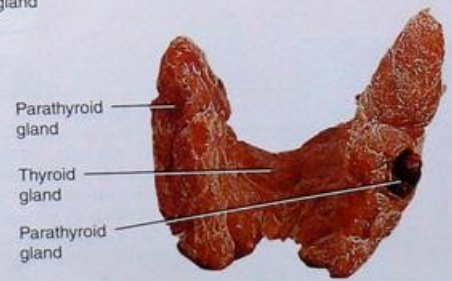
Figure 18.13 Location, blood supply, and histology of the parathyroid glands.
The parathyroid glands, normally four in number, are embedded in the posterior surface of the thyroid gland.



(b) Parathyroid gland



(c) Portion of the thyroid gland (left) and parathyroid gland (right)



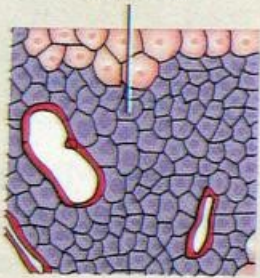
(d) Posterior view of parathyroid glands

TABLE 18.7 Summary of Parathyroid Gland Hormone

Hormone and Source

Parathyroid hormone (PTH) from chief cells

Chief cell



Control of Secretion

Low blood Ca^{2+} levels stimulate secretion.
High blood Ca^{2+} levels inhibit secretion.

Principal Actions

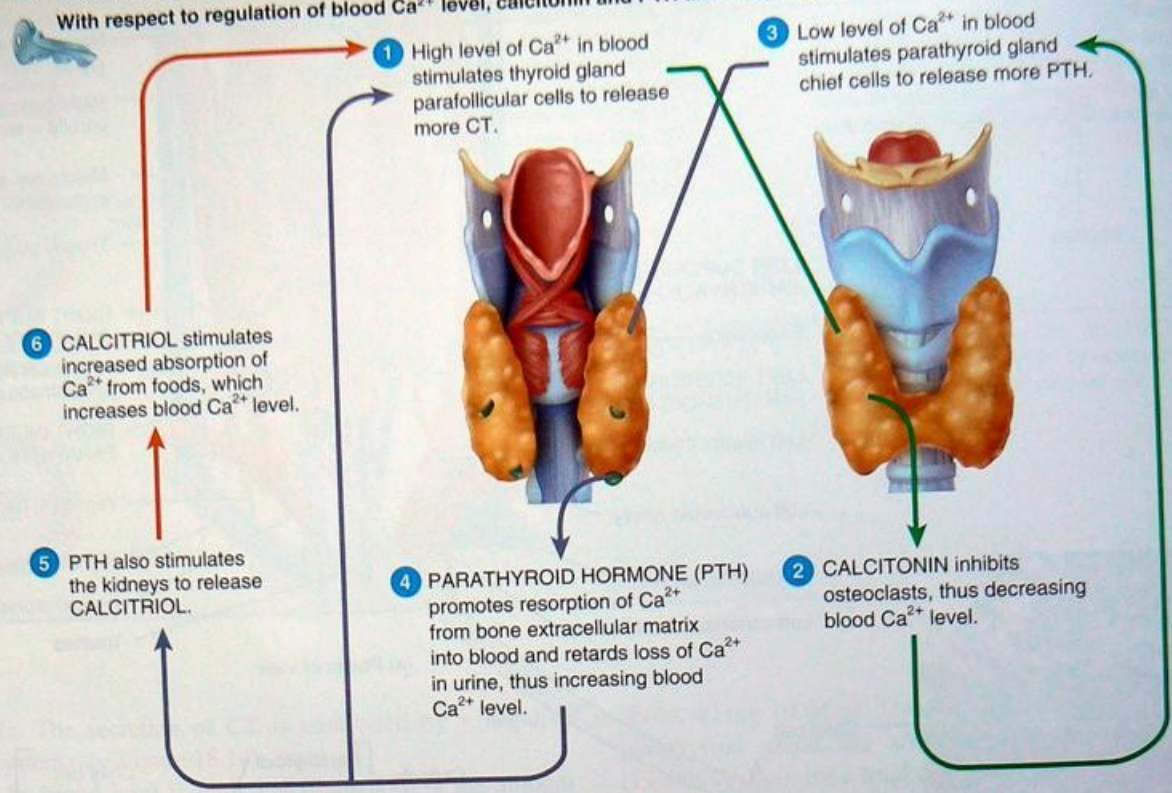
Increases blood Ca^{2+} and Mg^{2+} levels and decreases blood HPO_4^{2-} level; increases bone resorption by osteoclasts; increases Ca^{2+} reabsorption and HPO_4^{2-} excretion by kidneys; and promotes formation of calcitriol (active form of vitamin D), which increases rate of dietary Ca^{2+} and Mg^{2+} absorption.

A Ca^{2+} HÁZTARTÁS HORMONJAI

- Parathormon (mellékpajzsmirigy):
 - fokozza a Ca^{2+} kivonását a csontokból
 - növeli a vér Ca^{2+} szintjét
 - serkenti a dihidroxikolikalciferol szintézisét a vesében
 - elősegíti a Ca^{2+} abszorpciót a bélből
 - Parathormon deficiencia:
 - tetania (merevgörcs) és 3-4 napon belül halál
 - Parathormon túltermelés:
 - magas Ca^{2+} szint a vérben
 - osteoporosis (leginkább a 60 év feletti nőknél a leggyakoribb)
 - menopausa után az ováriumnak erősen lecsökken az ösztrogén termelése
 - kialakulását elősegíti a dohányzás, a kalcium- és D vitamin hiányos táplálkozás, a mozgás hiány
 - elősegíti a vesekövek kialakulását
 - gyengeség, fáradtság
- Kalcitonin (pajzsmirigy):
 - gátolja a csontbontó sejteket
 - növeli a Ca^{2+} csontokba való beépülését
 - csökkenti a vér Ca^{2+} szintjét

Parathyroid hormone – Calcitonin hatásai

Figure 18.14 The roles of calcitonin (green arrows), parathyroid hormone (blue arrows), and calcitriol (orange arrows) in calcium homeostasis. With respect to regulation of blood Ca^{2+} level, calcitonin and PTH are antagonists.



? What are the primary target tissues for PTH, CT, and calcitriol?

- 1 A higher-than-normal level of calcium ions (Ca^{2+}) in the blood stimulates parafollicular cells of the thyroid gland to release more calcitonin.
- 2 Calcitonin inhibits the activity of osteoclasts, thereby decreasing the blood Ca^{2+} level.
- 3 A lower-than-normal level of Ca^{2+} in the blood stimulates chief cells of the parathyroid gland to release more PTH.
- 4 PTH promotes resorption of bone extracellular matrix, which releases Ca^{2+} into the blood, and slows loss of Ca^{2+} in the urine, raising the blood level of Ca^{2+} .
- 5 PTH also stimulates the kidneys to synthesize calcitriol, the active form of vitamin D.
- 6 Calcitriol stimulates increased absorption of Ca^{2+} from foods in the gastrointestinal tract, which helps increase the blood level of Ca^{2+} .