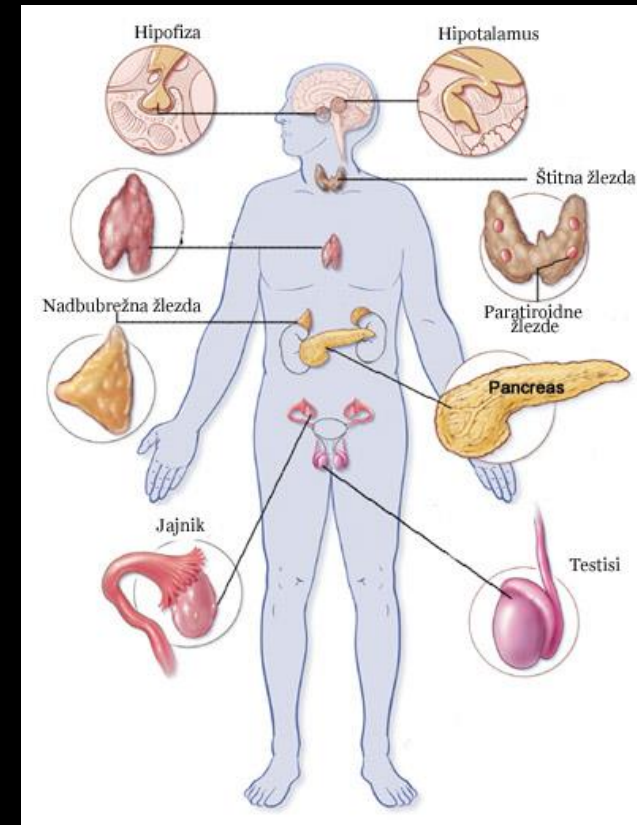


ENDOKRINI SISTEM

Prof dr Miroslav Kezunovic

ENDOKRINI SISTEM je, uz nervni sistem, **regulacioni mehanizam** u našem organizmu.

Čine ga **žlijezde sa unutrašnjim lučenjem**, koje svoje produkte - **hormone** - luče direktno u krvotok, i ti se hormoni putem krvi raznose po čitavom organizmu.



- Endokrine žlijezde i njihovi hormoni pomažu u **regulisanju metaboličkih** procesa:
 - **kontrolišu** brzinu nekih hemijskih reakcija
 - **pomažu** u transportu materija kroz membrane
 - **učestvuju** u regulisanju balansa vode i elektrolita
 - **imaju** važnu ulogu u reprodukciji, rastu i razvoju

Šta su hormoni?

Riječ hormon potiče od grčkog glagola "**hormao**" (pogurati, poslati).

Hormoni su **hemijske materije** koje proizvode žlijezde ili tkiva u tijelu - oslobađaju hormone u krvotok.

Funkcija im je da prenose informacije između ćelija i organa. Hormoni se zbog toga opisuju kao

"poštonoše".



Čovjekov organizam se sastoji iz većeg broja organa, a organi iz raznih tkiva i ćelija posebne gradje.

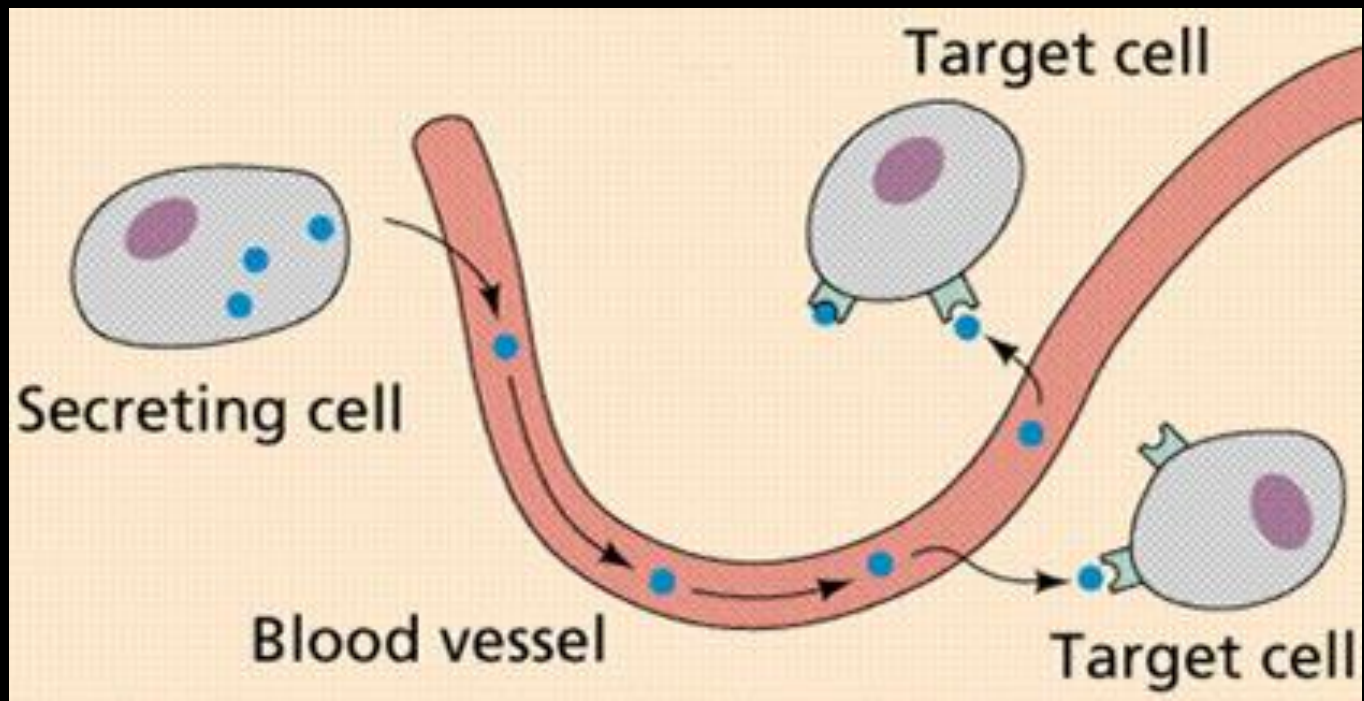
Da bi organizam dobro funkcionisao, potrebna je **dobra medjusobna uskladjenost raznih procesa**, koji se često odvijaju u raznim medjusobno udaljenim tkivima i organima.

Da bi se ovakva koordinacija ostvarila, neophodan je prenos potrebnih "poruka" od jednog do drugog organa, od jednog do drugog mjesta u organizmu.

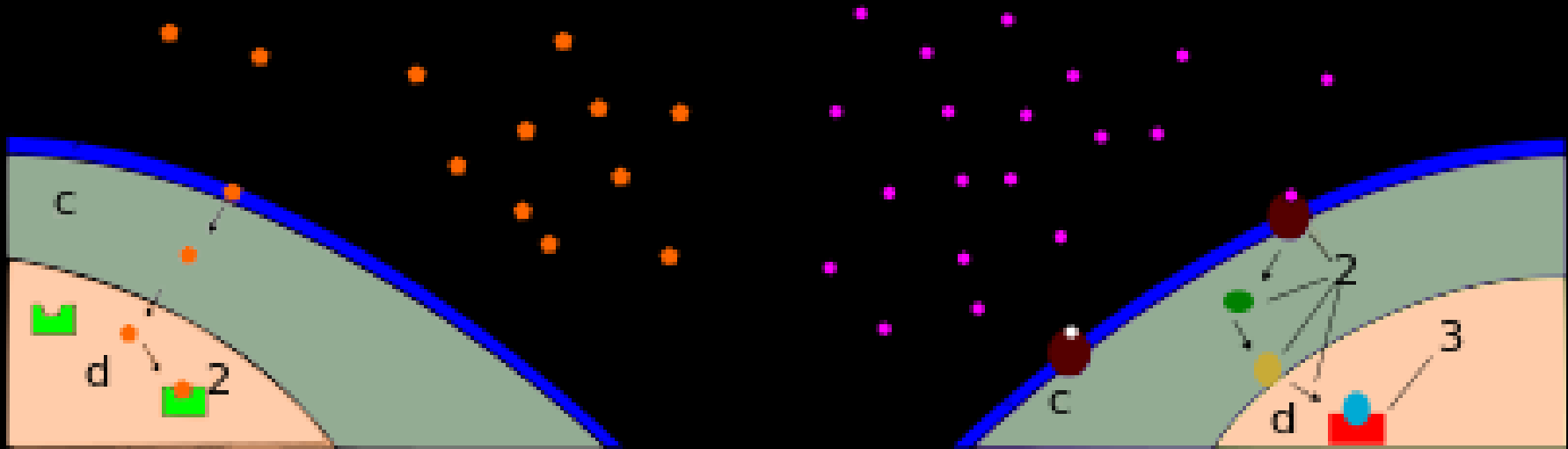
Prenos ovih "poruka", ostvaruje se posebnim signalima nervnog i endokrinog sistema.

Hormoni se krvlju prenose do mjesta gdje treba ostaviti "poruku", to jest do mjesta djelovanja.

To su posebna tkiva, specifična za svaki hormon, tzv. **ciljana tkiva**.



Na ćelijama *ciljanih tkiva* nalaze se specifične molekulske strukture, **receptori**.



Hormoni "**pronalaze**" *ciljana tkiva* prepoznavajući svoje receptore, reaguju sa njima na specifičan način i nizom hemijskih reakcija **izazivaju metabolički efekat** u ćeliji.

PODJELA HORMONA

- prema hemijskoj strukturi
- prema žlijezdama u kojima se sintetišu

Podjela:

Prema hemijskoj strukturi

- oligopeptidi i proteini (tzv. proteohormoni)
- derivati aminokiselina
- steroidni hormoni

PROTEOHORMONI

- ova grupa hormona se može podijeliti na dve podgrupe:
 - hormoni hipofize
 - hormoni pankreasa

DERIVATI AMINOKISELINA

- Hormone derivate aminokiselina sintetišu tiroidea i srž nadbubrežne žlijezde.

STEROIDNI HORMONI

Na osnovu strukture i biološke funkcije, steroidni hormoni se mogu podijeliti na:

- hormoni kore nadbubrežnih žlijezda
- hormone žutog tijela
- polne hormone

Mnogi hormoni su po hemijskom sastavu steroidi.

Svi steroidni hormoni sadrže u osnovi **steroidno jezgro**, a međusobno se razlikuju po vrsti i broju supstituenata.

Svi oni nastaju **iz holesterola**.

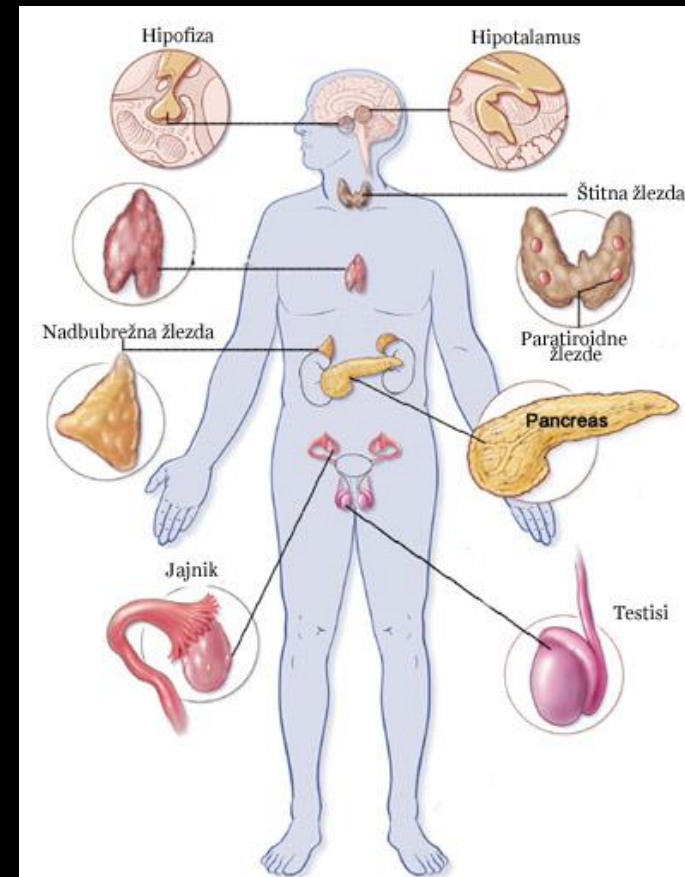
Podjela:

Prema žlijezdama u kojima se sintetišu

Hormoni se sintetišu u različitim žlijezdama sa unutrašnjim lučenjem (**endokrine žlijezde**), luče se u krv i krvotokom prenose do tkiva ili organa (tzv. ciljane tkiva ili organi), u kojima ispoljavaju svoju regulatornu ulogu.

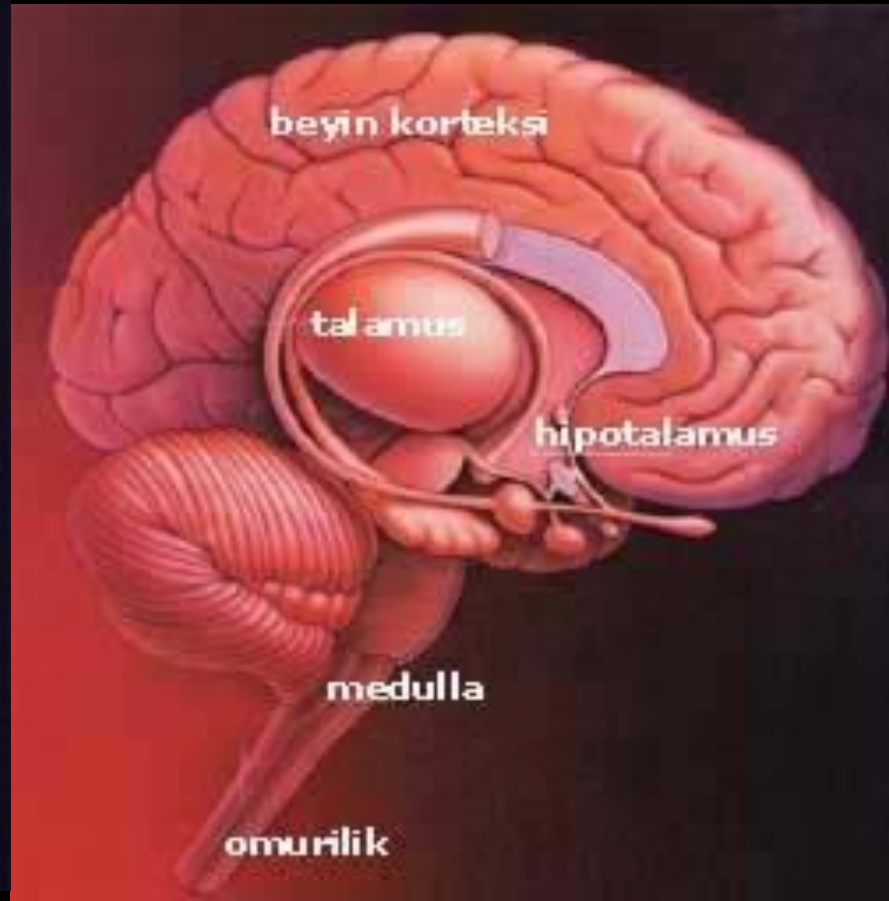
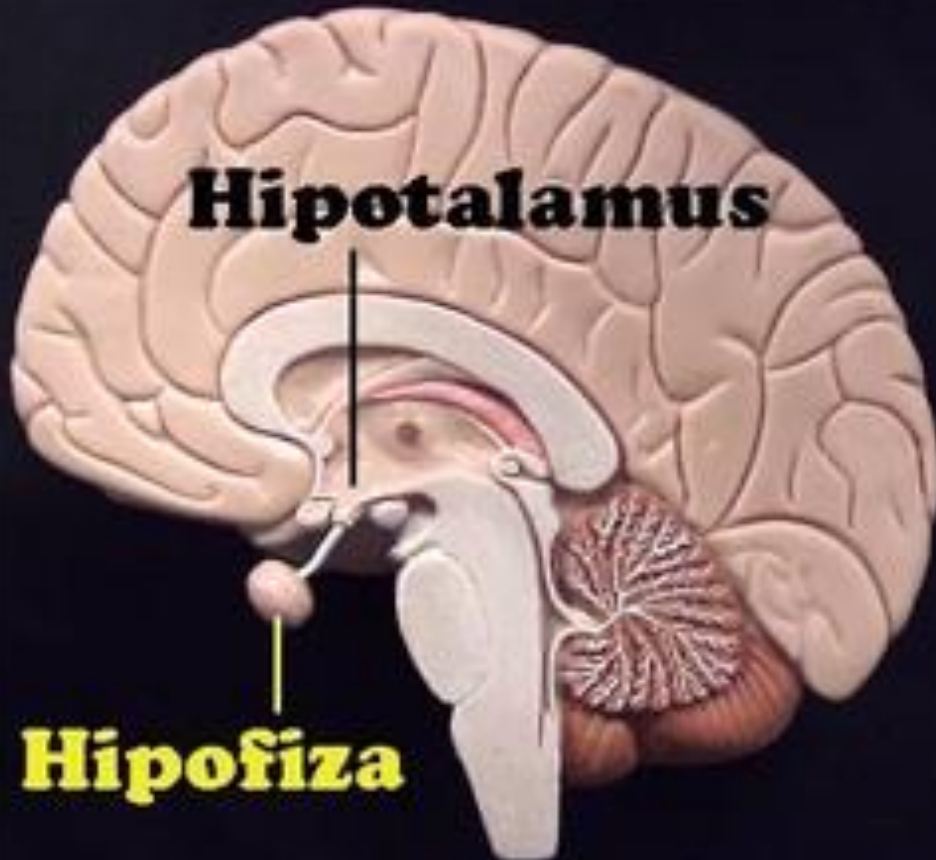
U EDOKRINE ŽLIJEZDE SPADAJU:

- hipofiza
- štitna žlijezda (tiroidea)
- paraštitna žlijezda (paratireoidea)
- gušterača (pankreas)
- nadbubrežne žlijezde
- polne žlijezde



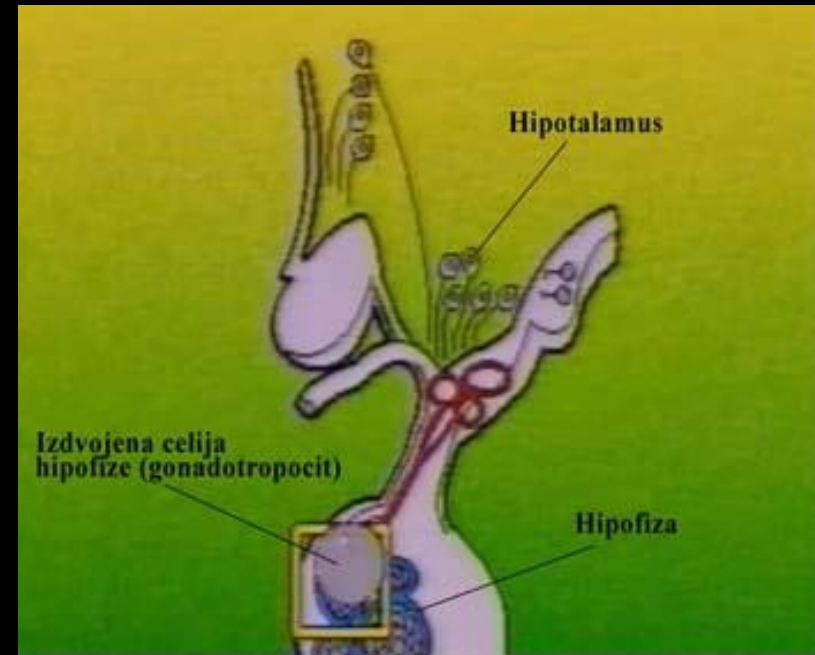
Hipotalamus

je mala moždana struktura koja **nadzire** važne životne funkcije i ima kompletan pregled nad svim hormonima u tijelu.



Hipotalamus je u uskoj vezi sa moždanom korom odakle dobija impulse u vezi sa **toplotom, hladnoćom, čulima, osjećajima i mislima.**

U njemu se susreću svi spojevi vegetativnog nervnog sistema koji koordiniše sve važne životne funkcije tijela: **regulisanje toplote, vode, sna, disanja, gladi, seksualnih potreba, itd.**



Hipofiza

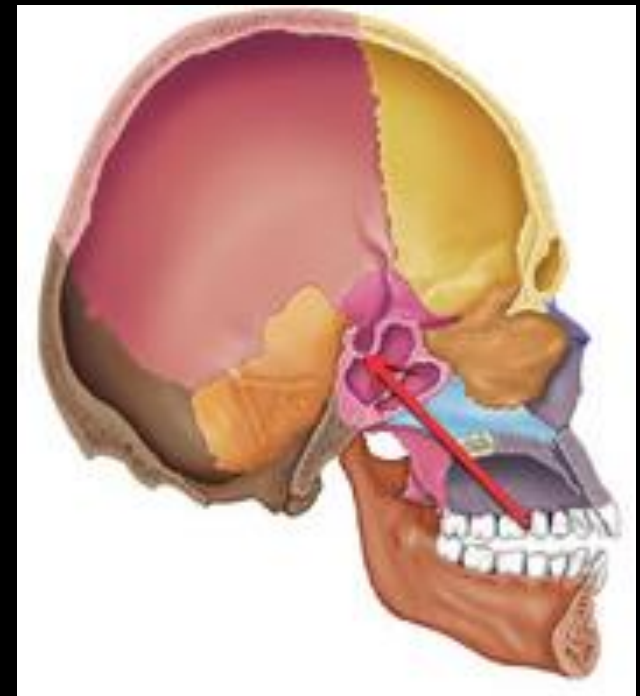
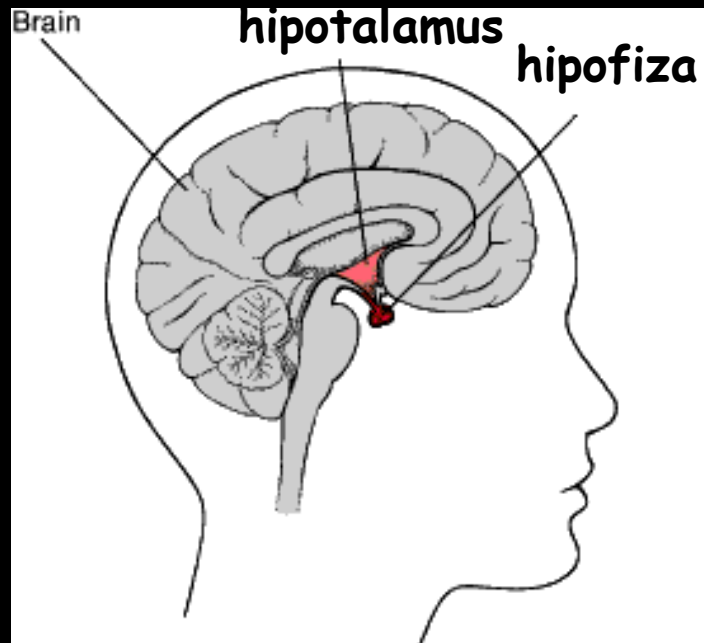
je **najvažnija** žlijezda sa unutrašnjim lučenjem, koja **upravlja** djelatnošću svih ostalih endokrinih žlijezda u tijelu.



Hipofiza

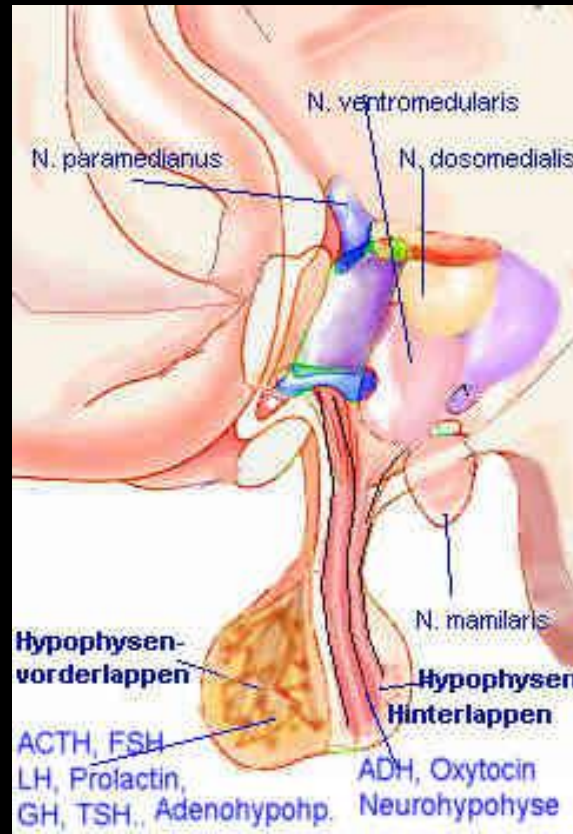
- a) **naredbe** koje prima od **hipotalamusa** prosljedjuje dalje, na druge žlijezde sa **unutrašnjim lučenjem**

- a) sama **produkuje** hormone (polipeptide)



Prema svom položaju najzaštićeniji je dio tijela!

Velika je oko 1 cm i teška oko 0,5 grama. Smještena je na bazi velikog mozga, kao **moždani privjesak** koji visi na tursko sedlo.



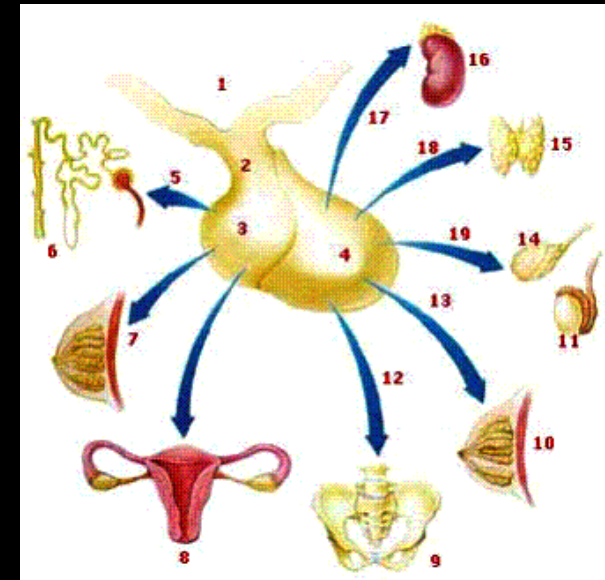
Građena je od **tri** temeljna dijela,

- **prednjeg,**
- **srednjeg i**
- **stražnjeg reznja**

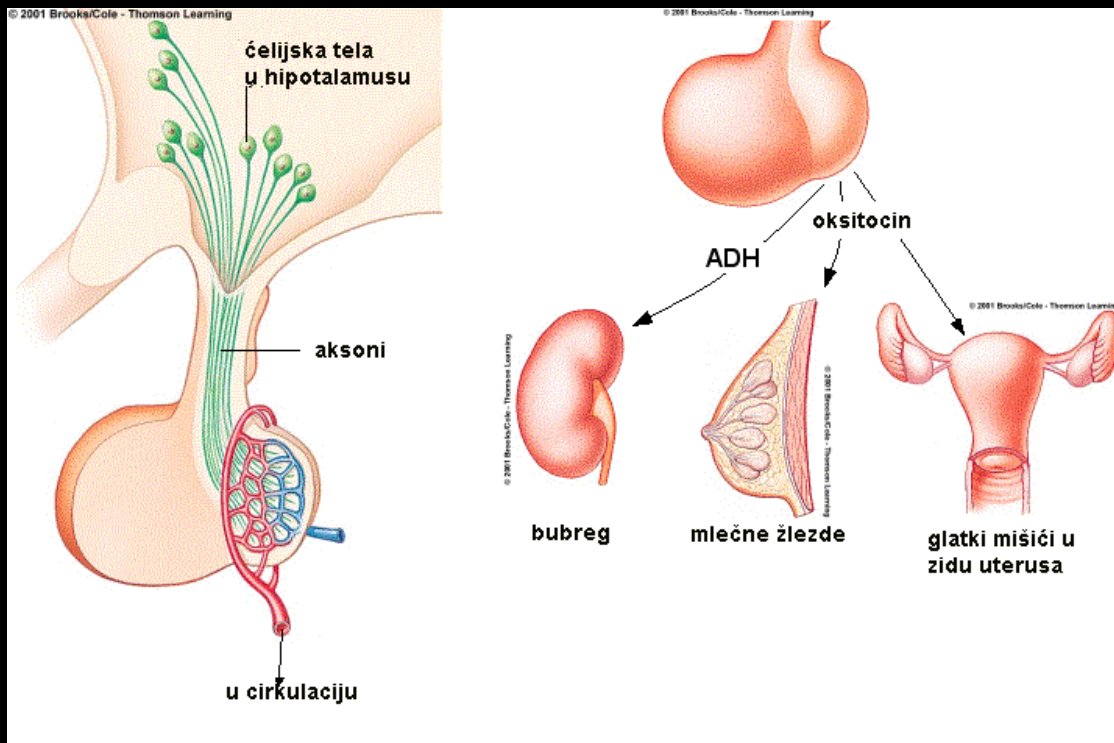
koji se razlikuju po svom razvoju, građi i funkciji

- **Prednji režanj** (adenohipofiza) izvor je

hormona rasta,
prolaktina,
folikul stimulirajućeg hormona,
luteinizirajućeg hormona,
tirotropina,
adrenokortikotropnog hormona (ACTH)



- **Srednji režanj** (*pars intermedia*), izlučuje melanocit(MSH), kod čovjeka bijele puti jako je reduciran
- **Stražnji režanj** (*neurohipofiza*), izlučuje oksitocin i antidiuretski hormon (vazopresin).



HORMON RASTA, SOMATOTROPNI HORMON (STH) ILI KRESCIN

Hormon rasta čovjeka sastoji se iz 191 aminokiseline

STH hormon **pospješuje rast hrskavica i kostiju**, i to indirektno putem somatomedina.

PREDNJI REŽANJ



Prekomjerno lučenje
STH-a u mladosti **prije**
spajanja epifize i
dijafize kostiju, dolazi
do džinovskog rasta
(gigantizma).



Medjutim, ako se povećanje lučenja ovog hormona javi **poslije** spajanja epifize i dijafize, onda dolazi do pojačanog rasta perifernih dijelova tijela (šaka, stopala, nosa, donje vilice i jezika), što se naziva **akromegalija**.



- ADRENOKORTIKOTROPIN (ACTH) ILI KORTIKOTROPIN

Glavna uloga ACTH je **ubrzavanje sinteze kortikosteroidnih hormona** u **nadbubrežnoj žlijezdi**, i to putem stimulacije prevodjenja holesterola u pregnenolon, kao i povećanje lučenja ovih hormona.

- TIREOTROPNI HORMON (TSH) ILI TIREOTROPIN

Podstiče **rast i lučenje** hormona štitne žlijezde.

Hipotalamus kontroliše lučenje svih tropina, a medju njima i TSH hormona.

- PROLAKTIN ILI LUTEOTROPNI HORMON
(LTH)

Stimuliše stvaranje mlijeka u mliječnim žlijezdama, a pored toga djeluje i na **lučenje** progesterona.

• FOLIKULSTIMULIRAJUĆI HORMON (FSH)

Podstiče nastajanje i sazrijevanje folikula u ovarijumu *žena*, a **ubrzava** i lučenje estrogenih hormona.

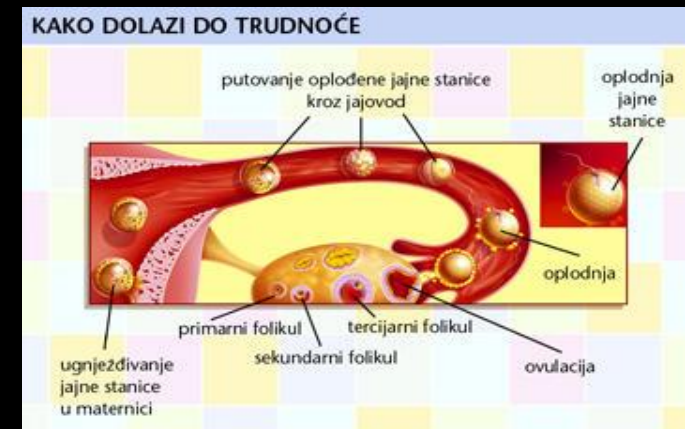
– Kod *muškaraca* FSH hormon **stimuliše** razvoj i funkciju sjemenih kanalića, rast testisa, a ima i značajnu ulogu u raznim fazama spermatogeneze.



LUTEINIZIRAJUĆI HORMON (LH)

prednji rezanj

Kod **žena** ovaj hormon **stimuliše** sazrijevanje folikula, ovulaciju i razvoj **žutog tijela** (corpus luteum), a stimuliše i **sekreciju estrogena i progesterona**.



Kod **muškaraca** LH hormon **stimuliše** sintezu **testosterona** u intersticijskim ćelijama testisa (Leydigove ćelije).

- OKSITOCIN



Pojačava trudove i pospješuje kontrakciju muskulature uterusa.

Pojačava tonus glatkih mišića crijevnog trakta, mokraćne i žučne bešike.

Izaziva, takodje, lučenje mlijeka.



- VAZOPRESIN ILI ANTIDIURETISKI HORMON (ADH)

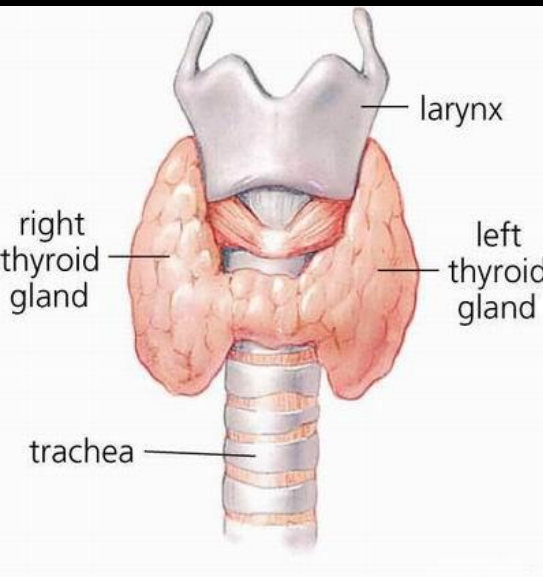
Povećava krvni pritisak i smanjuje lučenje mokraće preko bubrega.

Koristi se u **kliničkoj praksi** radi povišenja pritiska.

Štitna (tiroidna) žlijezda

Smještena u vratu, ispod grkljana

- Luči hormone pod uticajem tirotropina (TSH) iz adenohipofize



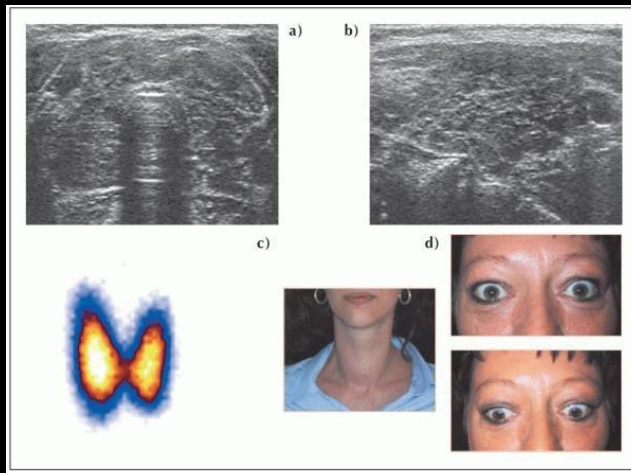
Glavni hormon **tiroksin** (T4) – utiče na metabolizam gotovo svih tkiva u tijelu

- Za stvaranje tiroksina važan je **jod** koga tiroidea uzima iz krvi, a *jod se unosi u organizam putem hrane.*
- Djelovanje tiroksina se ogleda u **povećanom metabolizmu** gotovo svih tkiva u organizmu (izuzetak su mozak, retina, pluća)

- Glavna **dejstva tiroksina**:
 - **ubrzanje** metabolizma
 - **povećanje** frekvencije pulsa i minutnog volumena srca
 - **povećanje** frekvencije i dubine disanja
 - **ubrzan** rad gastrointestinalnog trakta
 - **ubrzanje** sinaptičkih procesa → mijenja se brzina procesa u nervnom sistemu.

- **Prekomjerna količina tiroksina - hipertireoza ili Basedovljeva bolest:**

- tiroidea je povećana i nastaje guša
- povećan je bazalni metabolizam → dolazi do gubitka težine uprkos dobrom apetitu
- pojačano znojenje i ubrzan puls
- emocionalna labilnost i razdražljivost
- često egzoftalmus (buljave oči)



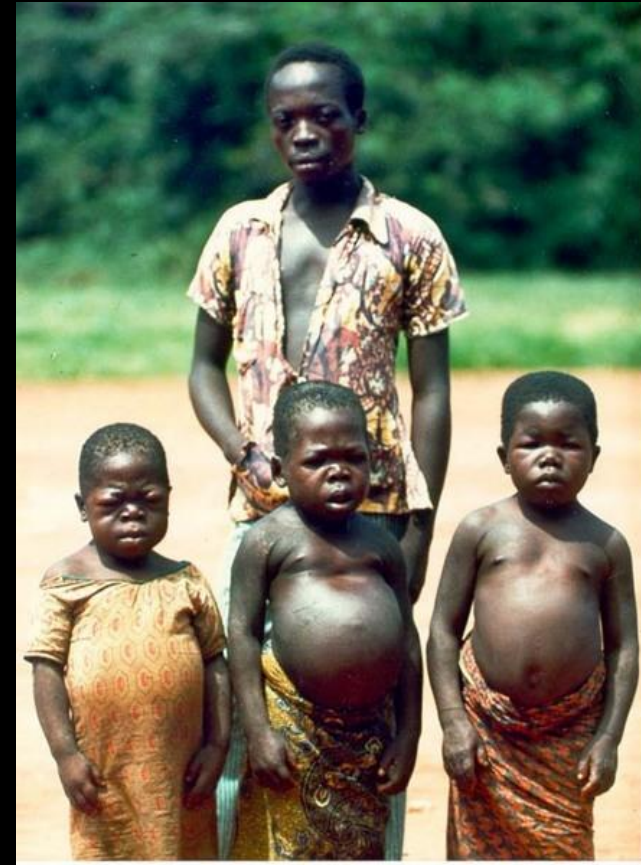


- **Hipofunkcija štitne žlijezde**
hypotireoza

- povećanje štitne žlijezde i gušavost
- smanjen bazalni metabolizam
- pospanost
- mišićna tromost
- usporen rad srca
- povećanje tjelesne težine
- podbuli izgled (miksedom) zbog nakupljanja tečnosti u potkožnom tkivu.



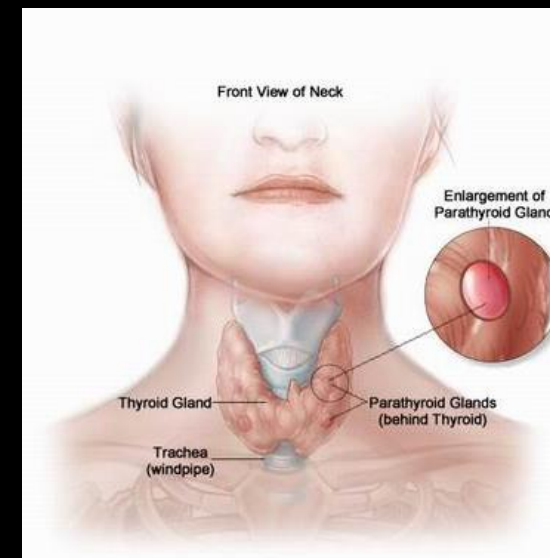
- **Hipotireoza** nekad vrlo raširena u područjima u kojima u tlu nema dovoljno joda - **endemska guša** (alpski krajevi).
- **Endemski kretinizam** u krajevima gdje nema dovoljno joda ili je ishrana neadekvatna – danas Afrika.



Endemski kretinizam u Kongu.

Paratiroidne žlijezde

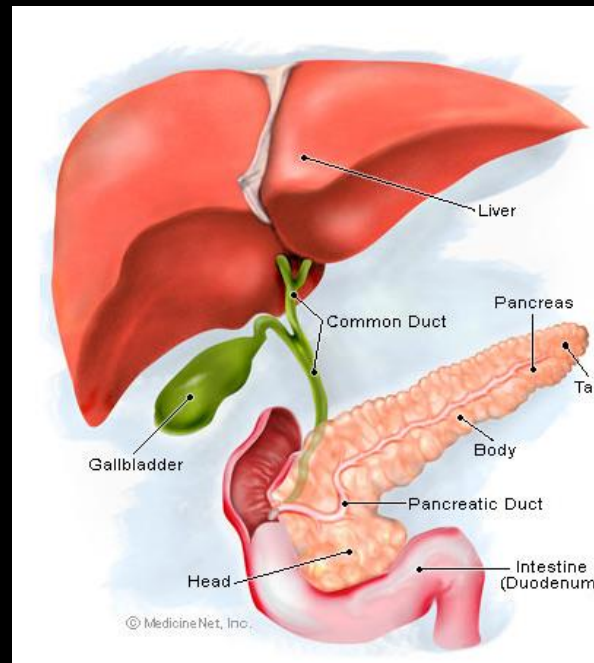
- četiri vrlo male žlijezde (1/10g), smještene iza tiroidne žlijezde
- **paratiroidni hormon (parathormon)** (PTH ili PH) -reguliše količinu **Ca i PO4** u krvi → povećava nivo Ca, a smanjuje nivo P.



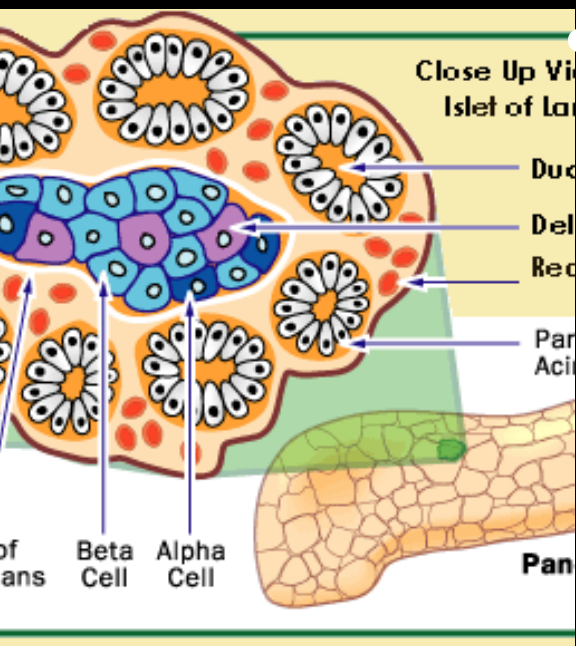
- Količina Ca u krvi utiče na **iritabilnost nervnog tkiva** (što je nivo Ca niži, iritabilnost nervnog tkiva je veća).
- Prekomjerno smanjenje količine Ca- **grčenje mišića** (tetanija), uključujući i mišiće respiratornog trakta, što može dovesti do smrti.

Gušterača (pankreas)

- I endokrini i egzokrini žlijezda:
 - **Egzokrini** – luči probavne sokove u dvanaestopalačno crijevo i učestvuju u probavi
 - **Endokrini** – luči inzulin i glukagon



- **Inzulin i glukagon** se luče iz posebno građenog endokrinog tkiva- **Langerhansovi otoci**



- L. otoci sadrže dvije vrste ćelija:
 - u alfa ćelijama se proizvodi **glukagon**
 - u beta se proizvodi **inzulin**

Inzulin

Tri glavna dejstva inzulina su:

- 1) pospješuje **metabolizam** glukoze
- 2) smanjuje **koncentraciju** glukoze u krvi
- 3) povećava **zalihe** glikogena u tkivima

saharoza, laktoza (**disaharidi**) i skrob iz hrane pod uticajem različitih enzima tokom procesa varenja hrane pretvaraju se u **monosaharide**, uglavnom u glukozu, i manjim dijelom fruktozu i galaktozu



pod **uticajem inzulina** pospješuje se transport glukoze iz krvi kroz ćelijske membrane u ćelije tijela



glukoza daje ćeliji **energiju** za vršenje različitih
procesa

(npr. za rad mišića, sekreciju žlijezda,
održavanje membranskog potencijala u
nervnim vlaknima, za sintezu materija u
ćelijama, za apsorpciju hranjivih materija iz
probavnog trakta, itd.)



ako ćelija **ne potroši** odmah glukozu koja se u nju apsorbuje iz krvi, ta se glukoza uz pomoć enzima **pretvara** u glikogen i tako pohranjuje u ćeliji (naročito velike zalihe glikogena su u jetri i mišićima) – zalihe dovoljne da podmire potrebe tijela za energijom nekoliko sati



kad su ćelije zasićene glikogenom, višak glukoze pretvara se u **mast**

Količina izlučenog inzulina zavisi od koncentracije glukoze u krvi:

poveća li se ta koncentracija iznad određene visine, povećat će se lučenje inzulina i obrnuto.

Hipofunkcija gušterače

- **diabetes mellitus** (šećerna bolest)

nedostatak inzulina



značajno se povećava koncentracija glukoze u krvi



glukoza se djelomično iz organizma izlučuje urinom



kako bi bubrezi mogli izlučiti veću količinu šećera,
povećava se i količina vode koja se izlučuje -
dehidracija organizma



ćelije nemaju dovoljno glukoze - **koriste zalihe
masti i proteina**



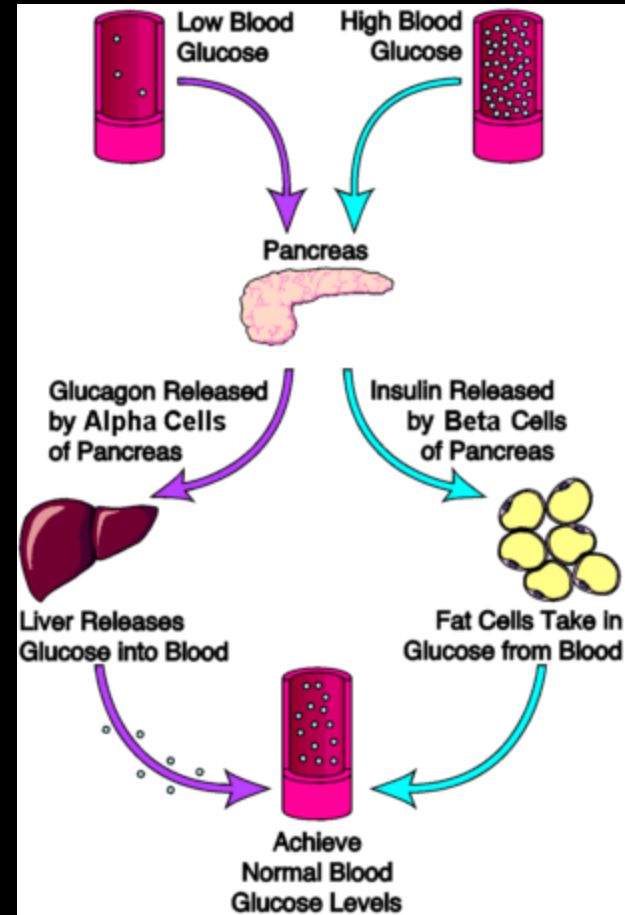
povećanje metabolizma masti i proteina dovodi do
nakupljanja tzv. **ketonskih tijela** (acetona i acet-
octene kiseline) - otrovna i njihovo nakupljanje
može prouzrokovati
komu i konačno smrt

Glukagon

- **obrnuto** djelovanje od inzulina - povećava količinu glukoze u krvi:

–djeluje na neke enzime jetre pod čijim se uticajem glikogen u jetri pretvara u glukozu i otpušta u krv

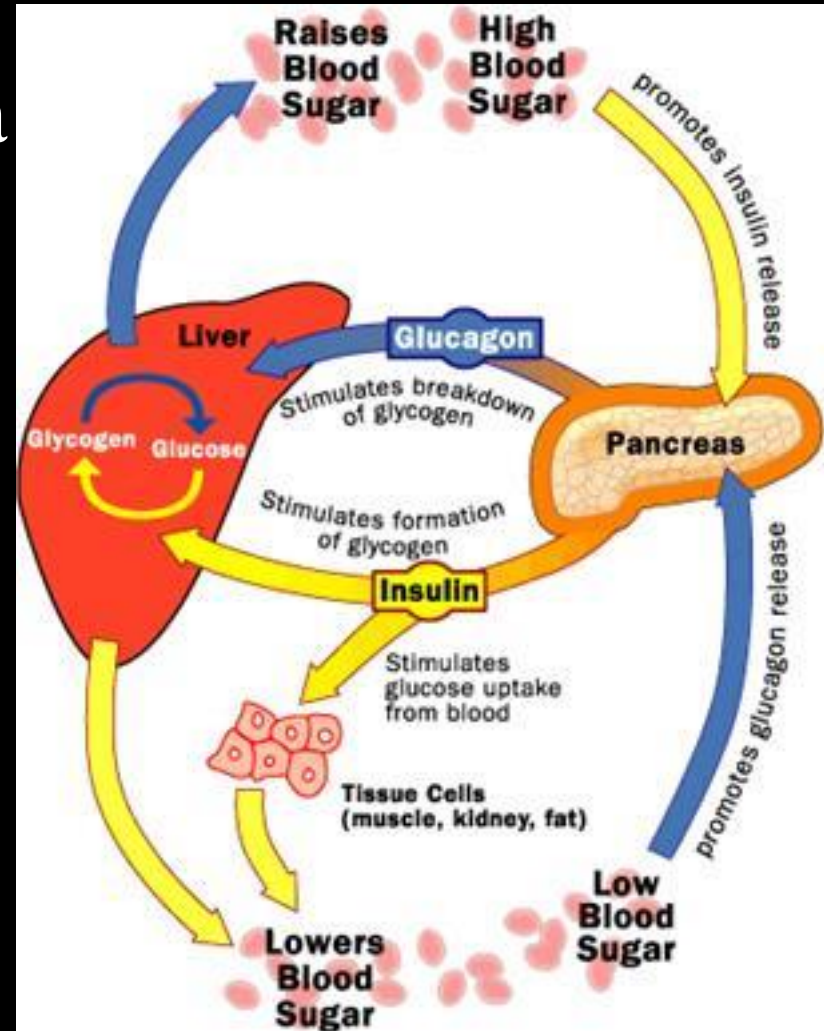
–pospješuje razgradnju masti u masne kiseline i glicerol



Glukagon se počinje pojačano lučiti kad se smanji koncentracija glukoze u krvi - sprečava nastup hipoglikemije:

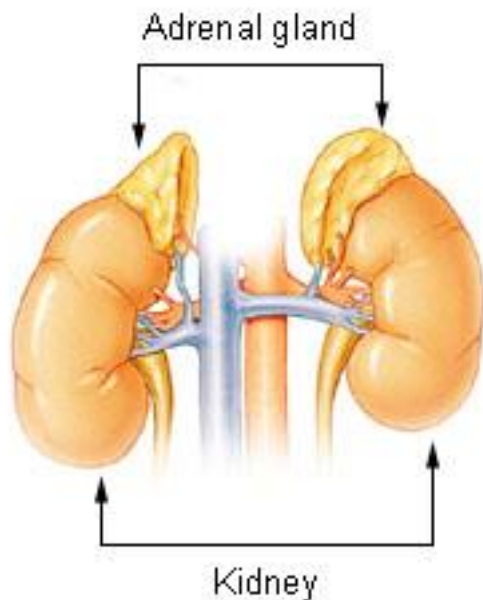
- u situacijama kad je visina šećera u krvi niska, kao npr. **između obroka**
- kad se glukoza ubrzano koristi, kao npr. za vrijeme većih **tjelesnih napora.**

Uvijek kad se smanjuje količina izlučenog inzulina, povećava se lučenje glukagona - **inzulin i glukagon zajedno održavaju nivo šećera u krvi** na relativno stabilnom nivou, uprkos velikim varijacijama u količini ugljenih hidrata koje unesemo u organizam.



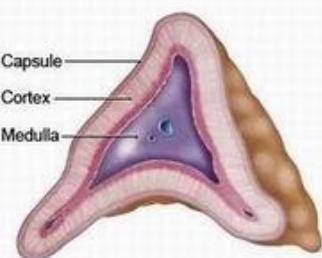
Nadbubrežne žlijezde

Adrenal Gland

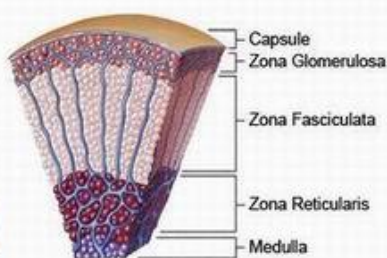


- čine gornje polove bubrega
- Kao i hipofiza, sastoje se od dva funkcionalno potpuno odvojena dijela - **srži i kore**
- Oba dijela učestvuju u **regulisanju metabolizma i reakcijama na stres.**

Transverse Section



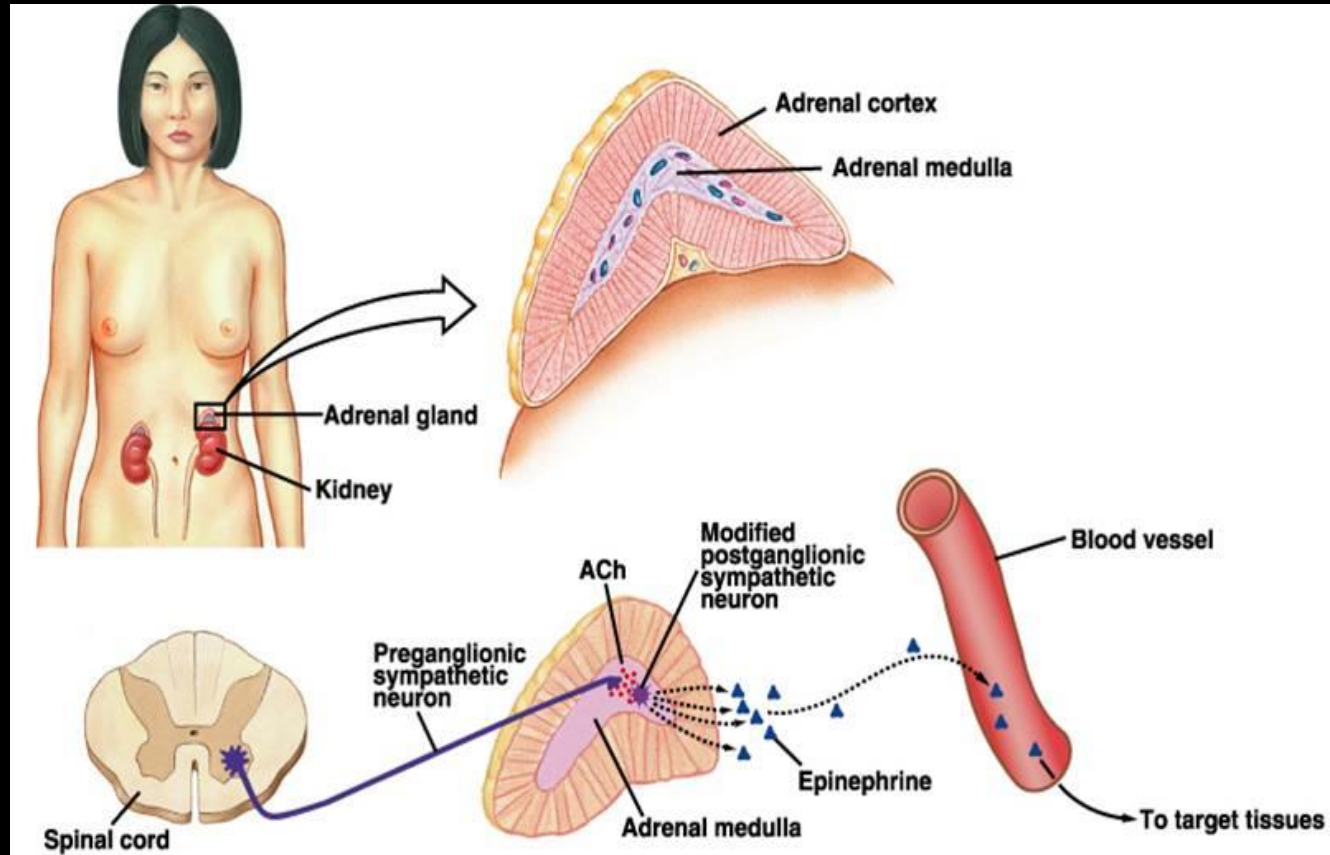
Microscopic Section



Srž nadbubrežne žlijezde

- dva glavna hormona:
 - **adrenalin (epinefrin)**
 - **noradrenalin (norepinefrin)**

- djeluju na različite organe vrlo sličano djelovanju **simpatikusa**, ali trajanje efekta adrenalina i noradrenalina je oko **deset puta duže**



- **Adrenalin i noradrenalin** djeluju prvenstveno na kardiovaskularni sistem:
 - pod uticajem **adrenalina** povećava se **intenzitet i frekvencija srčanog rada**
 - pod uticajem **noradrenalina** dolazi do **suženja krvnih sudova** → **povišenje krvnog pritiska, pulsa i minutnog volumena srca.**

- **Adrenalin** značajno djeluje na **metabolizam** ćelija u tijelu (može se povećati i 100% iznad normalnih vrijednosti) →

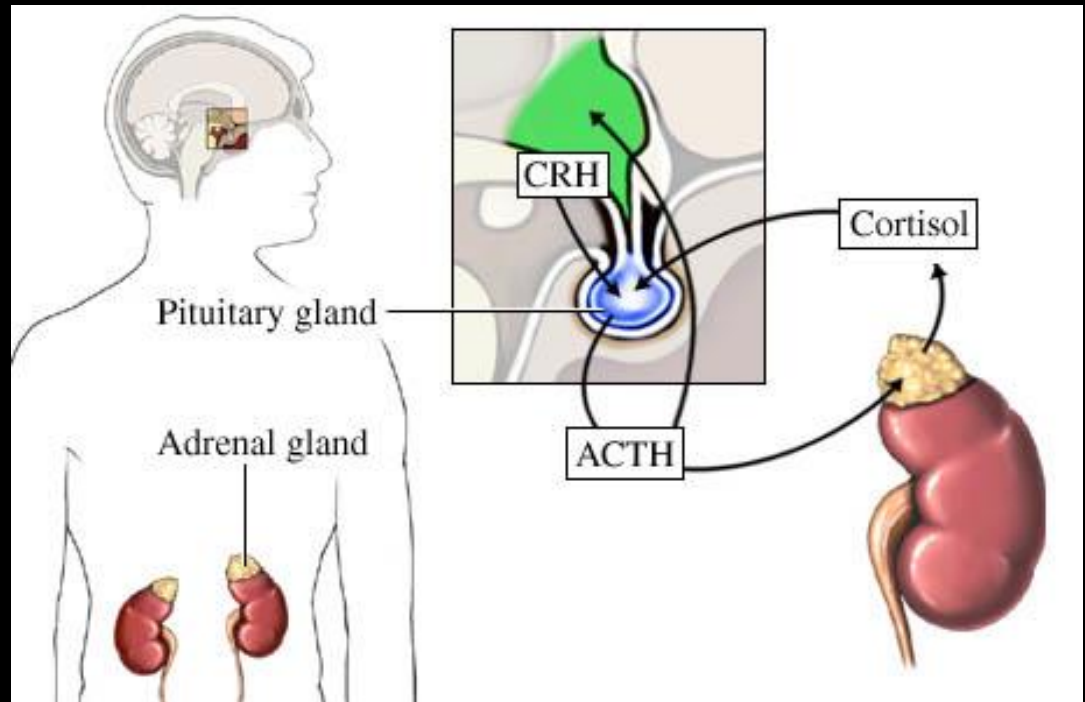
povećana aktivnost čitavog organizma pod uticajem adrenalina iz adenohipofize se pojačano luče adrenokortikotropin, tireotropin i gonadotropini →

takođe dovode do ubrzanja metabolizma.

- Hormoni srži nadbubrežne žlijezde **upotpunjavaju i pojačavaju aktivnost simpatikusa**

Kora nadbubrežne žlijezde

- **pod** neposrednom je **kontrolom** ACTH koji se luči iz adenohipofize
- **luči** kortikosteroide - hormone koji se sintetišu iz holesterola



- **Kortikosteroidi** su različiti hormoni koji utiču na specifične metaboličke procese u organizmu:
 - **mineralokortikoidi** (glavni hormon aldosteron)
 - **glukokortikoidi** (glavni hormon kortizol)
 - **androgeni hormoni**

Poremećaji lučenja hormona kore nadbubrežne žlijezde

- Hipofunkcija kore - *Adissonova bolest*
 - iznemoglost i progresivno slabljenje, probavne smetnje, smanjenje krvnog pritiska i pigmentacija kože



Addison's disease:



- Note the general pigmentation (in this patient) but especially deposition in the creases, nails and

- She was treated 2 years ago for pulmonary tuberculosis. What are the other causes of this condition?

- **tretman** - primjena mineralokortikoida i glukokortikoida
- ako se **ne liječi**, može dovesti do smrti u roku od nekoliko dana zbog narušene ravnoteže elektrolita u organizmu

Hiperfunkcija kore - *Cushingova bolest*

- povećan krvni pritisak,
- povećana količina šećera u krvi,
- teško zarastanje rana,
- odebljalo lice i gornji dio tijela,
- tanke ruke i noge,
- prekomjerna dlakavost



Stres i nadbubrežne žlijezde

Pojačana simpatička aktivacija



Srž luči adrenalin i noradrenalin, trenutno podiže nivo aktivnosti

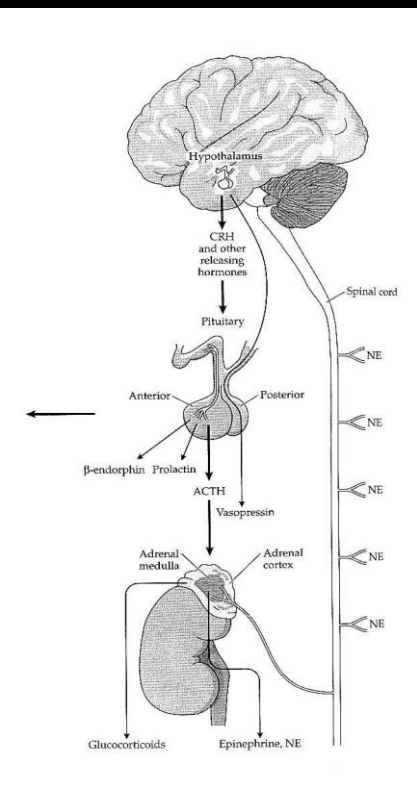
Pod uticajem hipotalamusa adenohipofiza luči adrenokortikotropni hormon (ACTH)



pospješuje se lučenje kortikosteroda iz kore nadbubežne žlijezde



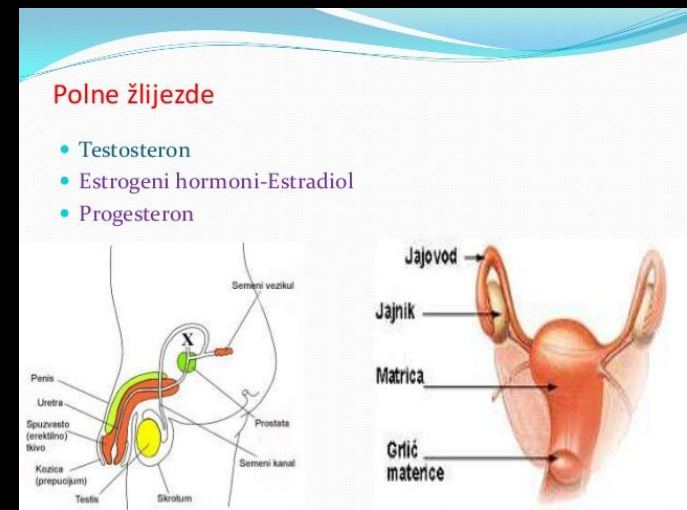
ubrzanje metabolizma



Polne žlijezde (gonade)

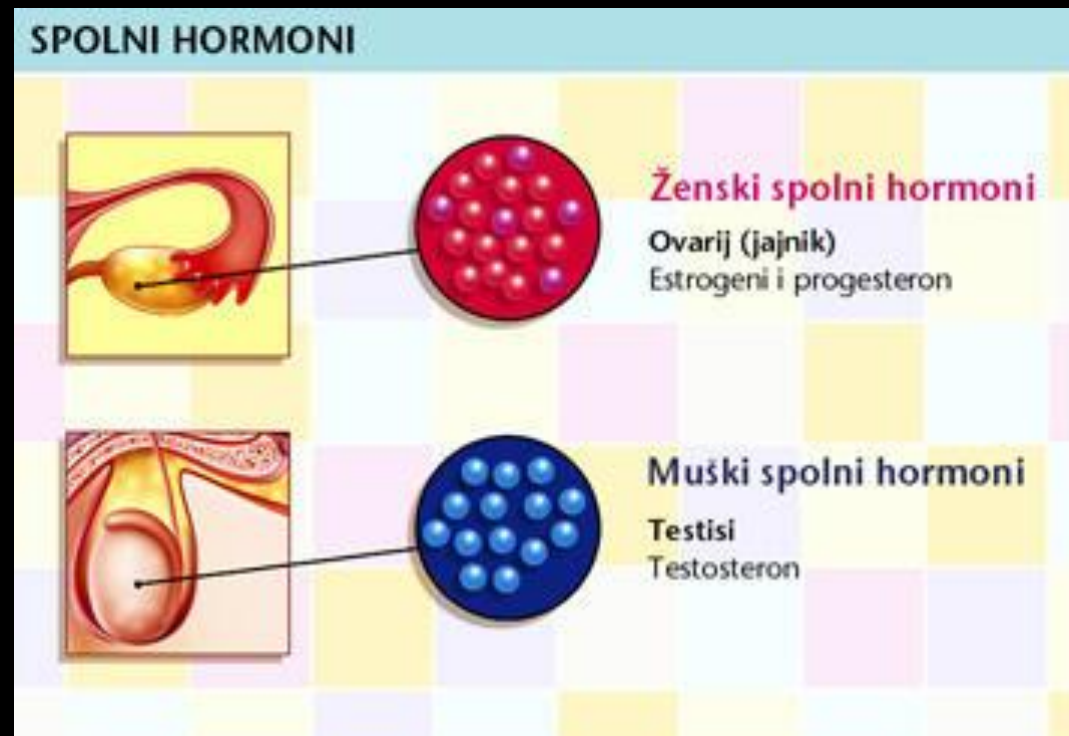
- **Jajnici – ženske gonade**

- Pod uticajem gonadotropnih hormona adenohipofize – mehanizam povratne sprege
- Proizvode jajašca
- Luče polne hormone – estrogene (estradiol, estron, estriol) i progesteron



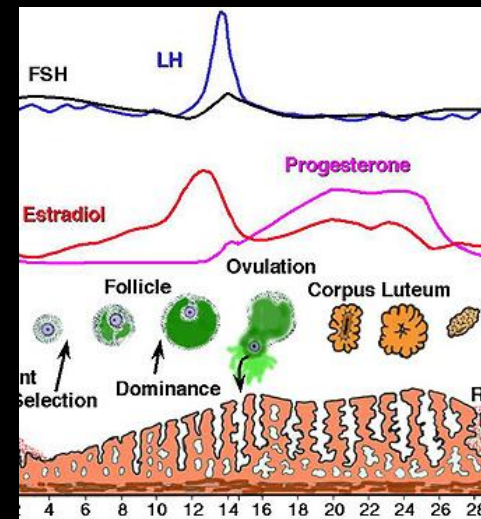
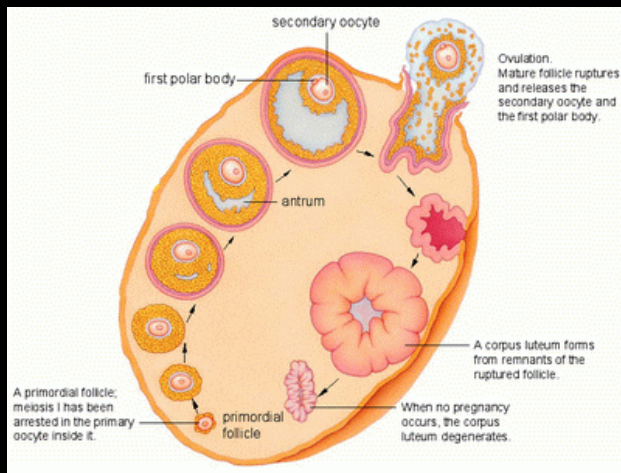
- Ciklična funkcija:

- periodične varijacije u izlučivanju hormona i plodnosti unutar jednog mjeseca
- hipotalamus, hipofiza i jajnici u interakciji

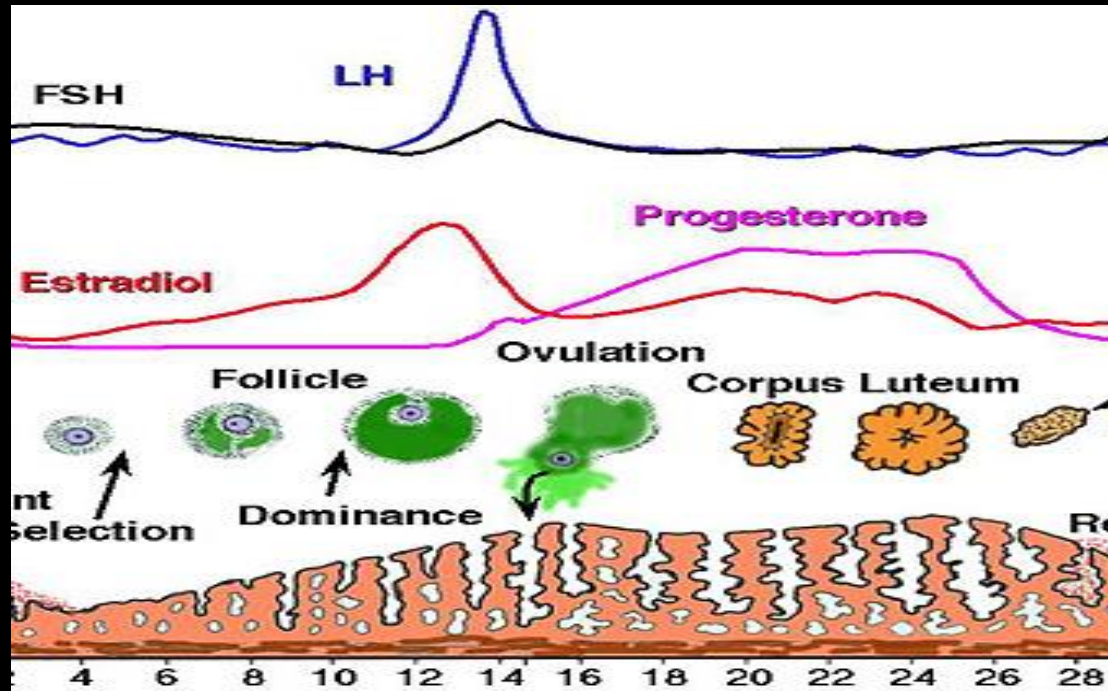


Hormonalna kontrola menstrualnog ciklusa

- FSH podstiče rast i sazrijevanje folikula
- Prema sredini ciklusa jajnici luče veće količine estradiola – zadebljanje obloge maternice
- U sredini ciklusa nagli rast nivoa LH – ovulacija
- Ostatak folikula (corpus luteum) počinje pojačano lučiti progesteron – priprema uterusa za prihvatanje oplodjenog jajašca; inhibicija lučenja LH i FSH



- Ako je **jajašce oplođeno**, implantira se i nivo estradiola i progesterona postepeno raste tokom trudnoće
- Ako jajašce **nije oplođeno** – žuto tijelo degeneriše i pada nivo estrogena i progesterona – konstrukcija krvnih sudova u oblozi maternice i dezintegracija obloge → **menstrualno krvarenje**

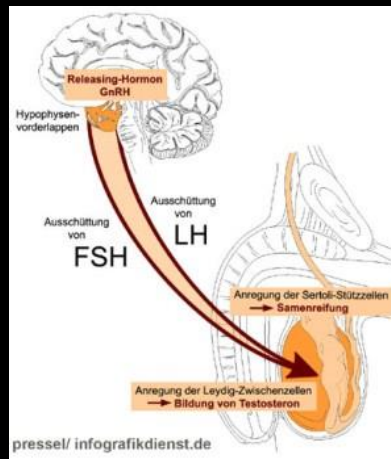


- **Testisi** - muške polne žlijezde
 - Pod uticajem **gonadotropnih hormona** adenohipofize – mehanizam povratne sprege
 - Proizvode **spermatozoide**
 - Luče **polne hormone** – androgene, estrogene

- Male **dnevne i sezonske** varijacije
 - Najvišeg nivoa ujutro i ujesen

"Muški" i "ženski" polni hormoni

- Ne možemo govoriti o **testosteronu i estrogenima** kao isključivo muškim ili ženskim polnim hormonima:
 - **jajnici** luče manje količine testosterona
 - **testisi** luče određene količine estradiola
 - kod **oba se pola** iz kore nadbubrežne žlijezde luče **androgeni**



- Pod uticajem **polnih hormona** razvijaju se:
- **primarne i sekundarne** polne karakteristike,
- **djeluju** i na seksualno ponašanje.

polni hormoni su od posebnog značaja za funkcionalnu organizaciju mozga tokom embrionalnog razvoja - pod njihovim uticajem dolazi do nekih razlika **u moždanoj organizaciji muškaraca i žena**, koje se povezuju s nekim polnim razlikama u ponašanju



KAKO SPORT I VJEŽBANJE UTIČU NA HORMONSKI SISTEM

Istraživanja su potvrdila da određeni **intenzitet fizičke aktivnosti (sport)** uzrokuje biohemijske reakcije u organizmu u vidu lučenja 8 hormona.

1. Hormon rasta - STH

Oslobadjanje hormona rasta iz hipofize u mozgu povećava se aerobnim, posebno intenzivnijim treningom.

Intervalni trening je metod vježbanja koja podstiče oslobadjanje ovog hormona.



Stimuliše sintezu proteina (mišićni tonus i mišićni razvoj), snagu kosti, čvrstinu tetiva, ligamenata i hrskavica.

Nivo ovog hormona kod ljudi opada nakon 30. godine.

Hormon rasta djeluje na:

- pojačano oslobađanje **masnih kiselina**,
- smanjuje iskorišćavanje **glukoze** i
- pojačava sinteza **glikogena** u ćelijama.

Ovo **pomaže** smanjenju masti i **zadržavanju** glukoze u krvi na nivou koji pomaže da vježbanje **traje duži vremenski period.**

Hormon rasta kao sredstvo za **doping** proizilazi iz nekoliko njegovih veoma bitnih karakteristika:

- efikasan je,
- teško ga je detektovati na samom doping testu i
- ne postoje značajniji neželjeni efekti ako se adekvatno dozira.

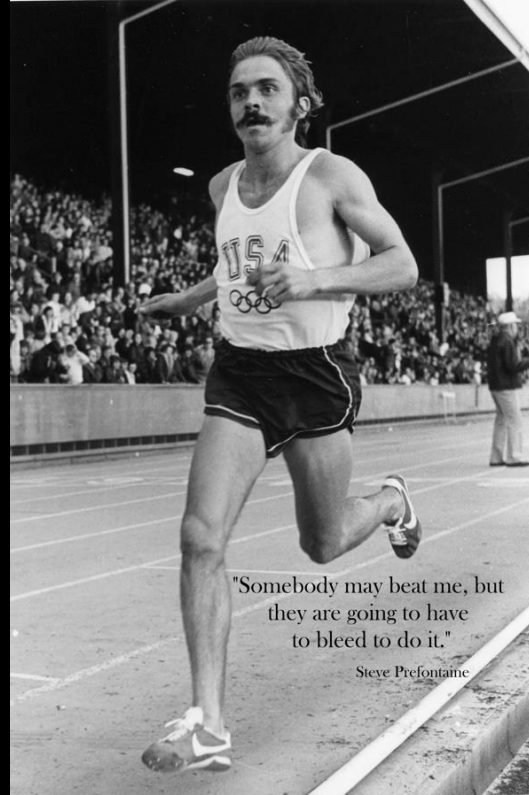
2. Endorfini

Endorfin je skraćenica od ENDO–MORPHIN (endogenous + morphine) ili **unutrašnji morfijum**.

Svojom dejstvom, **oponaša opijate** zbog sposobnosti da proizvodi analgetike za ublažavanje bolova i prijatne osjećaje nakon prestanka bolova.

Endorfini iz hipofize:

- blokiraju bol,
- smanjuju apetit,
- stvaraju osjećaj euforije tokom programa vježbanja visokog intenziteta,
- smanjuju napetost i anksioznost.



Količina endorfina u krvi povećava se i do **pet** puta tokom dužeg perioda (više od 30 minuta) **aerobnog vježbanja, od umjerenog do intenzivnog vježbanja i tokom intervalnog treninga.**

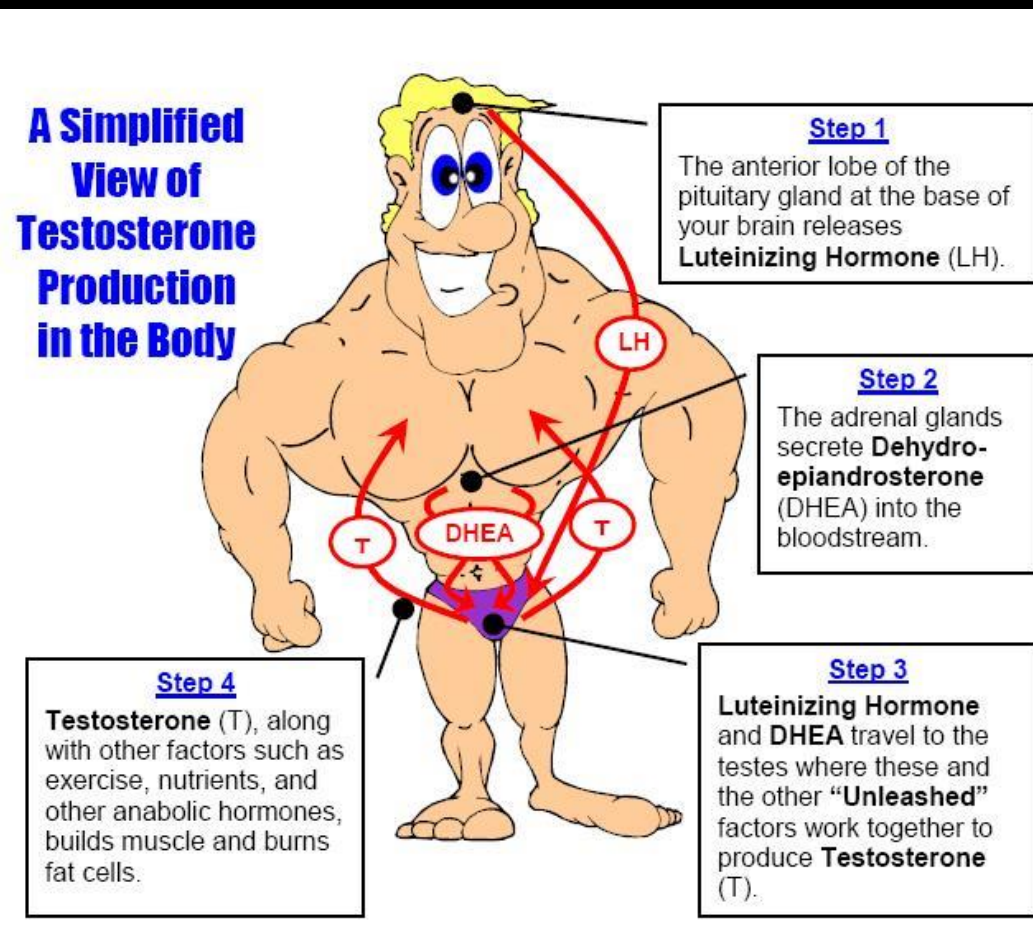


Nakon nekoliko mjeseci redovnog vježbanja **povećava se osjetljivost** na ovaj hormon, te endorfini koji se proizvedu u krvi ostaju duže vrijeme.

Samim tim duže ***vježbanje postaje lakše*** (smanjuje se osjećaj boli), a trajanje osjećaja euforije nakon vježbanja duže.

3. Testosteron

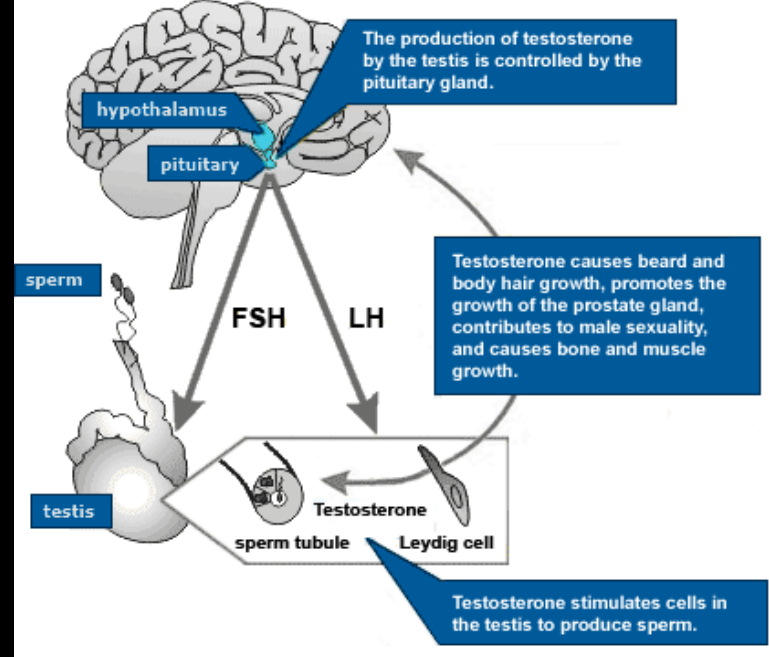
Nivo testosterona u krvi **povećava** se tokom vježbanja, a povećan može ostati **od jednog do tri sata** nakon vježbanja.



Važan je hormon kod **oba pola** za održavanje mišićnog tonusa, obima, snage i povećanje bazalnog metabolizma.

Smanjuje masnoće u organizmu, a **povećava** osjećaj samopouzdanja.

Kod **žena** ga proizvode jajnici, a kod **muškaraca** testisi.



Testosteron

Žene imaju **deset puta manje testosterona** od muškarca, ali i taj nivo ovog hormona ima važnu ulogu za libido.

Proizvodnja testosterona kod žena počinje opadati kako se žena počne **približavati menopauzi**, dok kod muškaraca počinje **opadati u četrdesetima**.

4. Estrogen

Biološki najaktivniji estrogen je **17-beta estradiol** (steroidni hormoni jajnika).

Količina 17-beta estradiola koga luče jajnici povećava se s **dugotrajnijim vježbanjem**, a nivo u krvi može ostati povišen od jednog do četiri sata nakon vježbanja.

Povećava razgradnju masti iz organizma, tako da se može koristiti kao gorivo za povećanje bazalnog metabolizma.

Utiče na podizanje raspoloženja te povećanje libida.

Nivo ovog hormona u krvi žena puno je viši, no kako se žena približava menopauzi proizvodnja estrogena se u jajnicima smanjuje.

5. Tiroksin (T4)

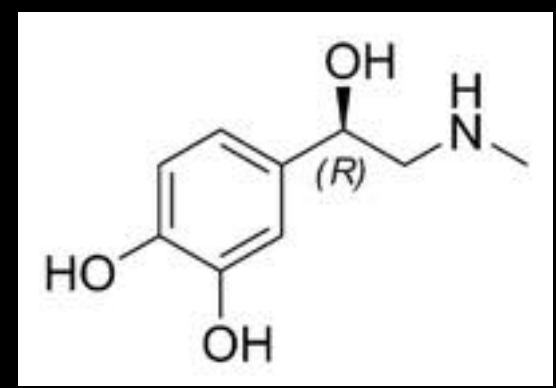
Nivo tiroksina u krvi povećava se za oko 30% tokom vježbanja i ostaje povišen nekoliko sati kasnije – ovaj period povišenog stanja zavisi od intenziteta i dužine vježbanja.

Redovno vježbanje i sportske aktivnosti povećavaju nivo tiroksina i u mirovanju.

Hormon koga proizvodi **štitna zlijezda**, tiroksin ubrzava metabolizam gotovo svih ćelija u organizmu.

To ubrzanje metabolizma pomaže da se osjećamo energičnije i povećava potrošnju kalorija, što je važan faktor za mršavljenje.

6. Adrenalin



Količina adrenalina otpuštena iz nadbubrežne žlijezde **proporcionalna je intenzitetu i trajanju vježbe.**

Adrenalin povećava količinu krvi koje srce pumpa i usmjerava do mjesta gdje je to potrebno.

Adrenalin



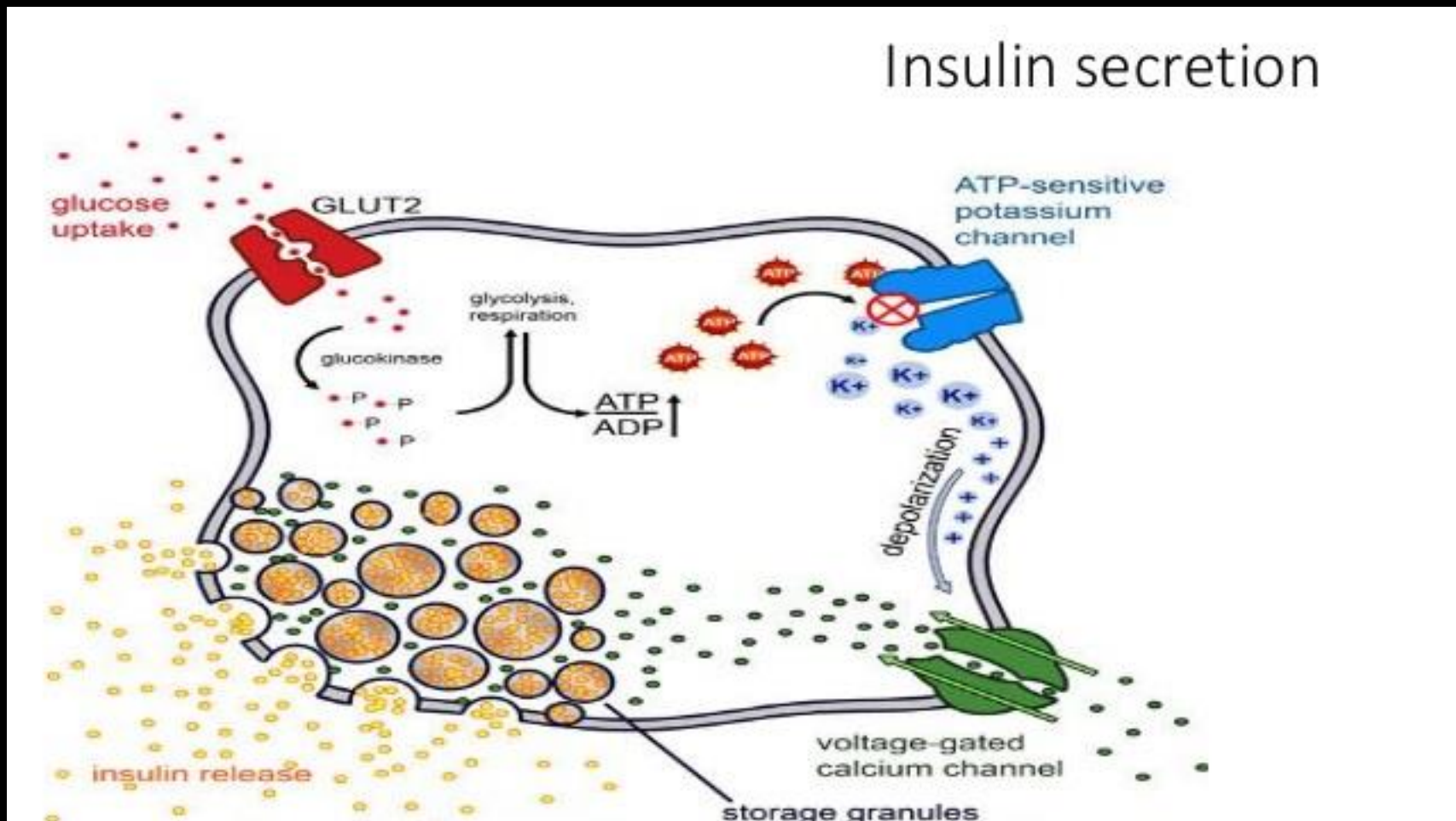
Stimulise razgradnju glikogena (rezerve ugljenih hidrata) u aktivnim mišićima, jetra ga koristi kao gorivo te podstiče razgradnju masti.

7. Inzulin

Nivo inzulina u krvi počinje opadati oko 10 min nakon početka aerobnog vježbanja i nastavlja opadati kroz sljedećih 70 min vježbanja.

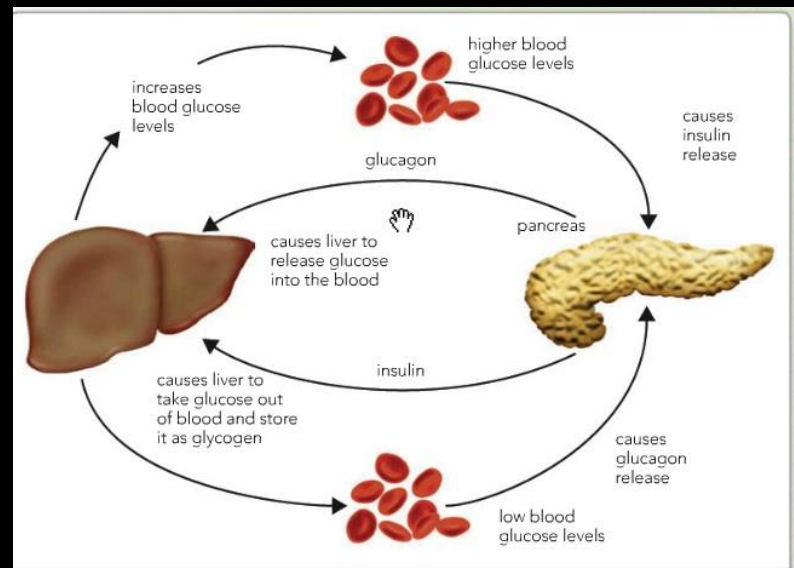
Za **regulisanje nivoa inzulina**, potrebno je da aktivnost bude redovna, intenzivna i kratkotrajna.

Važan hormon u regulisanju (smanjenju) nivoa glukoze u krvi i na usmjeravanju glukoze, masnih kiselina (masti) i aminokiselina (proteina) u ćelije.



Gušterača povećano **luči inzulin kao odgovor** na porast šećera u krvi i/ili aminokiselina (proteina), kao što je čest slučaj nakon obroka. (Tipično, veći obrok ili veće količina jednostavnih šećera koja se konzumira stvara veći odgovor inzulina).

Pretjerano izlučivanje inzulina uzrokuje produkciju masti unutar ćelije – dakle, inzulin se ponekad naziva "**hormonom masti**".



8. Glukagon

Glukagon se obično počinje izlučivati nakon 30 minuta vježbanja, jer se nivo glukoze u krvi smanjuje.

