

FIZIOLOGIJA ŽIVALI

ANIMAL PHYSIOLOGY



RAZMNOŽEVANJE



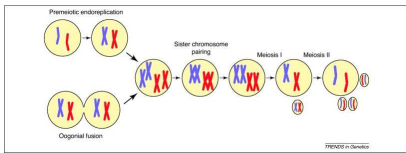
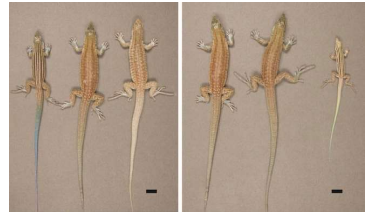
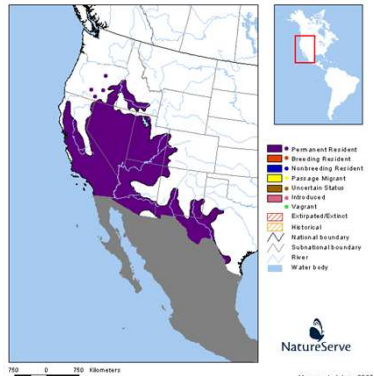
Doc. dr. Vladimir Ivović

Oddelek za biodiverzitet
FAMNIT
Univerza na Primorskem

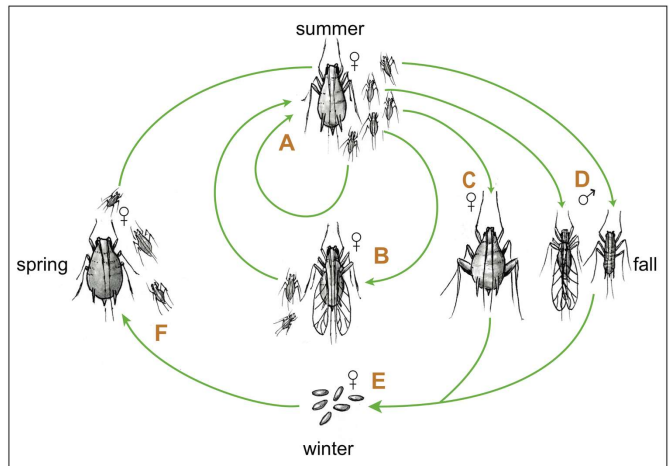
Razmnoževanje

- biološki proces nastajanja potomcev in je bistvenega pomena za ohranjanje vrst in posledično živega sveta
- Živali se razmnožujejo spolno ali nespolno
 - **Nespolno razmnoževanje**: iz delov enega starša nastajajo nove živali (morske vetrnice se razdelijo na dvoje) ali s **partenogenezo** (neoplojena jajčeca) npr. listne uši in tudi nekateri vretenčarji – Puščavski goleničar.
 - » Pomanjkljivost je: vsi potomci imajo enake gene – enako občutljivi na vplive okolja
 - **Spolno razmnoževanje**: mladiči so potomci dveh staršev, kar zagotavlja dedno raznovrstnost in spremenljivost. Vsak potomec ima edinstveno kombinacijo značilnosti (naravni izbor in razvoj vrste).
 - » Pomanjkljivost je v zapletenosti (starša morata biti iste vrste in različnega spola; razmnoževalna možnost deloma neizkoriščena, ker imajo mladiče samo samice)

Whiptail lizards – rod *Aspidoscelis*



Aphidoidea (Insecta, Hemiptera - polkrlci)



Razmnoževanje enkrat ali večkrat??

Semelparity ali iteroparity ??

Semelparitnost – semelparitni organizmi **1x**

Iteroparitnost – iteroparitni organizmi **večx**

enodnevnice



mногошčetinci



hobotnica



Osmeridae



Hyla



Labord's chameleon
(*Furcifer labordi*)
z Madagaskarja



Nekateri oposumi



Dasyuridae – avstralijske kune vrečarice

Antechinus stuartii – miš vrečar

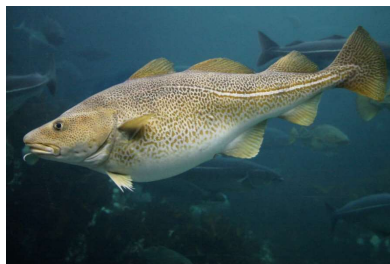
Samci umrejo po prvem (in edinem) parjenju



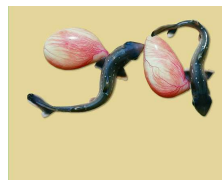
JAJCA, OSKRBA IN STARŠEVSKO VARSTVO



morski ježek – 1-20 mil jajčec



bakalar – 3 mil jajčec



Squalus – 20 jajčec

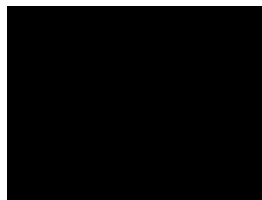
Samci in samice

- Spola se razlikujeta tako po obliki kot po vedenju.
 - Razlike so bolj ali manj opazne. Te razlike so posledica **prilagajanja različnim vlogam pri razmnoževanju** – posebni organi
 - Nekateri živali so vse enake – **dvospolniki** ali **hermafroditi** (deževniki, polži)
 - Posebne oblike spolnega razmnoževanja so pri živalih kjer so odrasle živali enkrat samci in drugič samice
- Ribe papagajevke – če samec pogine ena izmed samic v jati spremeni spol in ga nadomesti



Dvorjenje

- Pred paritvijo si mora žival **poiskati partnerja**. Težave pri samotarskih živalih saj se morejo živali bolj potruditi
- Pomagajo si z oddajanjem posebnih signalov – **oglašanje in vonjave**
- **Obredom prepričevanja** (običajno samec prepričuje samico) pravimo **dvorjenje** (obredni vedenjski vzorci-razkazovanje **sebe in svojega lastništva nad območjem in viri hrane**) – dober vtis – samico privoli v paritev
- Pri nekaterih vrstah so samec in samica vse življenje skupaj (**monogamija**), spet pri drugih pa se samec pari z večamicami (**poligamija**), lahko pa tudi obratno (**poliandrija**), samica se pari z več samci (Liskonožec (*Phalaropus fulicarius*))



<https://www.youtube.com/watch?v=oxryThMmLg>

Oploditev

- Novo življenje se spočne z oploditvijo – spojitvijo jajčne celice s semenčico
- Oploditev se dogaja bodisi **zunaj** samičinega telesa bodisi **v njem** (pri vretenčarjih izjema morski konjiček, žuželke)
- **Zunanja oploditev** je pogosta pri živalih, ki stalno živijo v vodi ali se v vodi pari (korale – izpust moških in ženskih spolnih celic v vodo kjer se spojijo). Pri žabah so samec in samica tesno skupaj, vendar oba izločita spolne celice v vodo, kjer pride do oploditve. Ribe ...
- **Notranja oploditev** – samec spravi semenčice v samico. Pri močeradih in pupkih se to zgodi brez prave spolne združitve – samec odloži paket semenčic (**spermatofor**) v bližino samice, ki ga s svojim spolnim organom pobere in spravi v telo.



© ADF&G-Wes Bucher

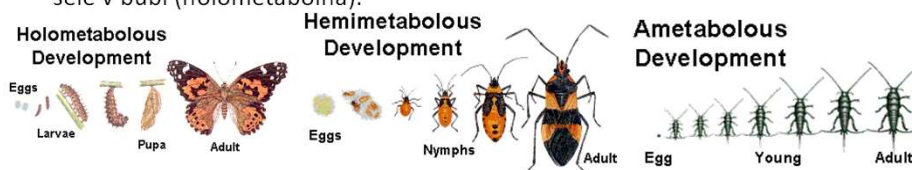
Haringe (dr. Clupeidae) - drstenje

Začetek življenja

- Pri večini se življenje začne z oploditvijo jajčeca (izjema pri nespolnem razmnoževanju)
- Pri zunanji oploditvi jajčeca lebdijo v vodi, ležijo na dnu ali so pritrjena na vodne rastline.
- Pri notranji oploditvi so jajčeca v samičinem telesu dokler se ne izleže mladič (**živorodnost - viviparnost**) ali pa samica odloži jajce (**jajcerodnost - oviparnost**), kjer se mladič izvali zunaj. Tretja oblika je **ovoviviparnost** (nekateri plazilci, morski psi) kjer samice valijo jajca v svojem telesu; ko se jajca izvalijo samice "rodijo" mladiče.

Preobrazba

- Rast in sprememba oblike
- Preobrazba je lahko postopna in neznatna, pri nekaterih vrstah pa tako obsežna, da se žival popolnoma spremeni (metamorfoza)
 - **Nepopolna preobrazba** (kobilice in stenice ter klopi) – nimfa podobna odraslemu in se postopoma preobrazi v odraslega (hemimetabolna in ametabolna)
 - **Popolna preobrazba** (metulji, hrošči, muhe) ličinka se spremeni v odraslega šele v bubi (holometabolna).



SPOL ZARODKA

PRI SESALCIH DOLOČEN S SPOLNIMA KROMOSOMOMA, KI JU PRISPEVATA JAJČECE IN SEMENČECE.

- Spolni kromosomski par, ki ga tvorita spolna kromosoma (ženski + moški spol).
- Pri sesalcih ima samica dva enaka spolna kromosoma (**XX**), samec pa enega večjega (**X**) in enega manjšega (**Y**). Njuna raznolikost privede do izražanja drugačnih genov, ki se odražajo na drugačnih fizioloških procesih v številnih organih ženskega in moškega organizma.
- Pri pticah in plazilcih se spolna kromosoma označujeta z **Z** in **W**. Pri nekaterih ribah in plazilcih je spol določen na podlagi temperature.
- **Zigota XY**: moški geni na Y kromosomu bo začel oblikovati testise v razvoju. Testisi izločajo testosteron, ki spodbudi razvoj ostalih moških značilnosti. Izločajo tudi *Mullerjevo inhibitorno snov*, ki zavre razvoj maternice in vagine.
- V odsotnosti gena na kromosomu **Y** se primitivne gonade razvijejo v jajčnike, razvijejo se tudi ostali ženski organi.

SPROŽILNI DEJAVNIKI PUBERTETE

Puberteta je obdobje, ko se dokončno razvijejo spolni znaki in dozori spolni organi, ki že omogočajo spolno razmnoževanje.

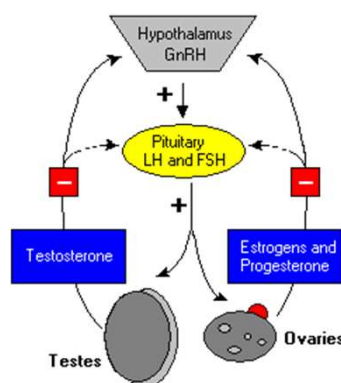
Začne se ob biološko določenem času, ki je različno od vrste do vrste, ko začne **hipofiza** izločati več **gonadotropinov** (hormoni, ki spodbujajo razvoj jajčnega folikla in testisa)

FSH - folikle stimulirajoči hormon

LH - luteinizirajočega hormona

Izločanje obeh je pod nadzorom **gonadoliberina** (GnRH), ki ga izloča hipotalamus

LH in FSH spodbudita jajčnike in testise, da pričnejo razvijati spolne celice in povečajo izločanje **spolnih hormonov**.

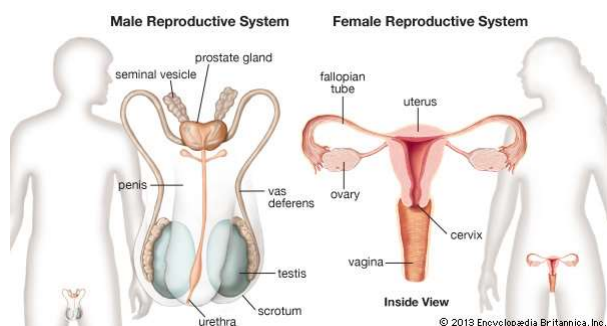


SEKUNDARNI SPOLNI ZNAKI - sesalci

Pri samcih se pojavi pospešena rast (skelet, mišice), sprememba glasu, rast dlake, pigmentacija genitalij, povečano delovanje žlez lojnic, povečanje testisa, razvoj genitalij in akcesornih spolnih žlez, narašča število semenčic, kar poveča plodnost pri samcih.

Zaradi testosterona so samci tudi bolj agresivni, poleg tega testosteron vpliva na libido živali.

Pri samicah se razvijejo mlečni kanalčki in kanali, poveča se obseg maternice, vagine in vulve, pričnejo se gonitveni cikli.



URAVNAVANJE SPOLNE FUNKCIJE PRI ČLOVEKU

SAMCI - MOŠKI

Testis - moška spolna žleza, proizvaja spolne hormone

V zadnjem mesecu razvoja v maternici se spusti v mošnjo, ta položaj je pomemben, ker vzdržuje 2-3°C nižjo temperaturo v testisih in omogoča nastanek semenčic - **spermatogenezo**, ki traja od pubertete do pozne starosti.

Posebnost so sloni, vodni sesalci in ptice pri katerih so testisi v trebušni oz. celomski votlini.

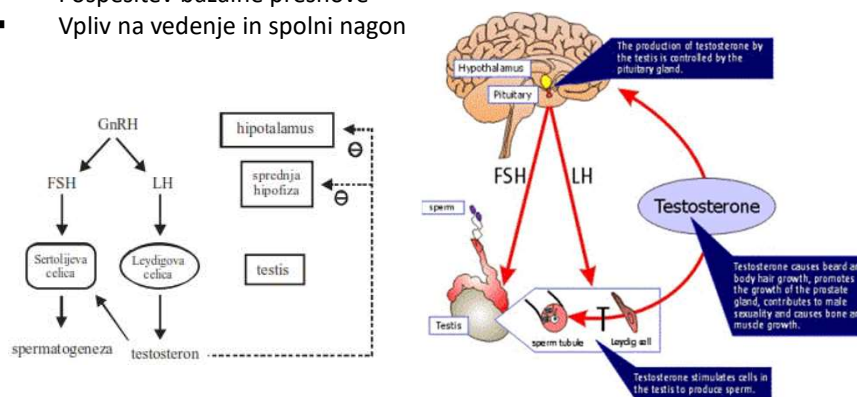
Testosteron- moški spolni hormon!!!, nastaja v Leydigovih celicah v testisih, njegovo izločanje pa uravnava LH hormon.

Uravnavanje moške spolne funkcije:

Hipotalamus spodbuja izločanje hipofiznih gonadotropinov (FSH), ki spodbujajo spermatogenezo (Sertolijeve celice), in (LH) sintezo testosterona (Leydigove celice).

Poglavitne naloge testosterona:

- Spodbujanje diferenciacije in rasti moških spolnih organov in spermatogeneze.
- Razvoj sekundarnih spolnih značilnosti v puberteti.
- Spodbujanje rasti okostja in skeletnih mišic.
- Pospešitev bazalne presnove
- Vpliv na vedenje in spolni nagon



ENDOKRINO URAVNAVANJE DELOVANJA JAJČNIKA

Jajčnik: spolna žleza, ki proizvaja jajčeca in ženske spolne hormone: **estrogene** (estradiol) in **progesteron**.

Pojatveni ali gonitveni ciklusi:

V reproduktivnem obdobju se pri različnih živalih ženski spolni organi ciklično spreminjajo.

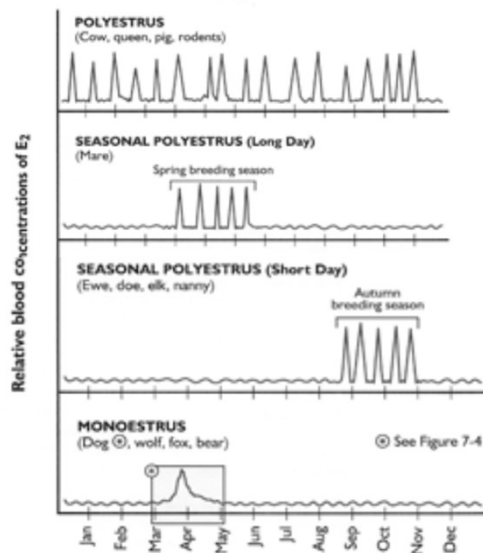
Ciklus opredeljujemo:

- glede na spremembe v jajčnikih (*ovarijski ciklus*): folikularna in lutealna faza
- Po spremembah v sluznici maternice (*endometrijski ciklus*): proliferativna in sekretorna faza.

Uravnavanje ciklusa:

Hipotalamus uravnava izločanje **hipofiznih gonadotropinov**, ki spodbujajo zorenje folikla v katerem se razvije jajčece (**FSH**) in sintezo hormonov v jajčniku (**LH**).

Figure 7-1. Types of Estrous Cycles as Reflected by Annual Estradiol (E₂) Profiles



Vrste pojatvenih ciklusov pri živalih glede na koncentracijo estradiola (estrogen)

POLIESTRIČNE

- Krava, svinja, mačka, glodavci

SEZONSKO POLIESTRIČNE

- kobil

Spomladansko paritveno obdobje

SEZONSKO POLIESTRIČNE

- ovca, koza, srna, jelen

Jesensko paritveno obdobje

MONOESTRIČNE

- psica *, lisica, volk, medved

psica* - **DIESTRIČNA**

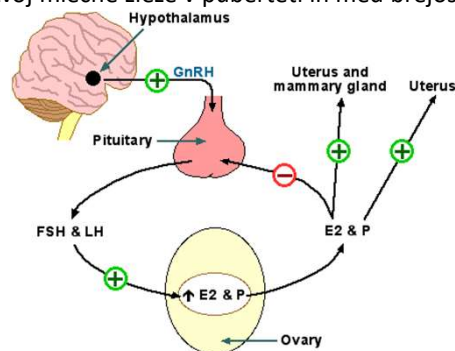
Poglavitne naloge ženskih spolnih hormonov:

1. Estrogena:

- Spodbuja razvoj ženskih sekundarnih spolnih znakov
- Vpliva na sluznico maternice, da vzdržuje nosečnost po oploditvi
- Spodbuja razvoj mlečne žleze med nosečnostjo

2. Progesteron:

- Ustvarjanje razmer v maternici, ki ohranjajo nosečnost
- Spodbuja razvoj mlečne žleze v puberteti in med brestjo



Stopnje pojatvenega ciklusa

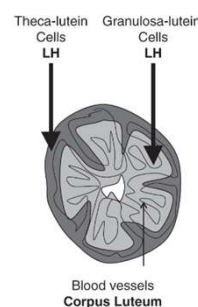
1. PROESTRUS (folikularna faza)
 - hitra rast foliklov
2. ESTRUS (folikularna faza)
 - velik folikel (FSH, LH)
 - estrogen (povečana prekrvavljenost rodil, povečan tonus maternice, povečano izločanje sluzi, rast epitelijskega tkiva, vpliv na obnašanje živali, ovulacija)
3. METESTRUS (lutealna faza - začetek)
 - ovulacija (krava, pas)
 - rast rumenega telesa (LH): izločanje progesterona – priprava jajcevodov in maternice na razvoj zarodka
4. DIESTRUS (lutealna faza)
 - obdobje aktivnega rumenega telesa (progesteron)
 - obdobje občutljivosti RT na Prostaglandin F2a
5. ANESTRUS



- FSH nadzoruje **FOLIKULARNO FAZO - Proestrus**
- **ESTROGENI**, ki jih izločajo jajčni folikli med dozorevanjem, spodbudijo adenohipofizo k izločanju LH, ki sproži ovulacijo.
- **OVULACIJA** nastopi, ko zrel jajčni folikel počne, jajčece se odplavi v trebušno votlino, fimbrije jajcevoda ga prenesejo v svetlino jajcevoda.
- **RUMENO TELO (*corpus luteum*)**: po ovulaciji nastane iz jajčnega folikla (Graafov folikel)
 - luteinske celice granulose izločajo progesteron
 - luteinske celice teke pa estrogen.

Progesteron (- feedback) zavira izločanje LH. Če ne pride do nosečnosti deluje rumeno telo od 12 – 17 dni odvisno od živalske vrste, nato se iz njega razvije belo telo (*corpus albicans*).

- **V PRIMERU OPLODITVE:**
- Pri sesalcih hormon **Humani horijevni gonadotropin** posteljice spodbuja rumeno telesce, da naprej izloča progesteron in estrogene-**NOSEČNOSTNO RUMENO TELESCE**. Slednji izloča relaksin, ki olajša porod.



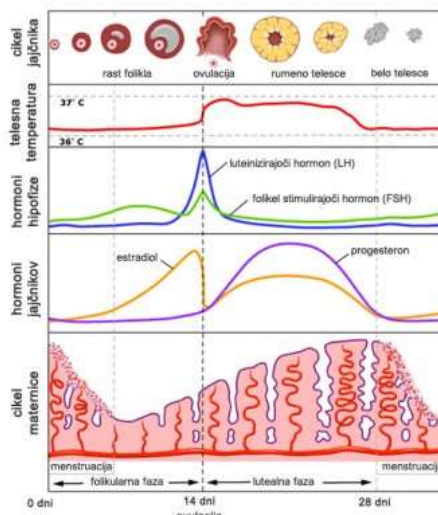
Ovarijski (menstrualni) cikel

ga sestavljata:

folikularna in lutealna faza

Folikularna je prva faza cikla, ki traja 10 do 14 dni. To je obdobje, ko v posebnem delu jajčnika, ki se imenuje **folikel**, dozoreva jajčece. Ko folikel dozori, se razpoči in sprosti prehod jajčeca v jajcevod. S tem nastopi **faza ovulacije**

Ko se jajčece sprosti iz jajčnika, se folikel spremeni v **rumeno telesce (lutealna faza)**, ki še naprej izloča hormone progesteron in estrogene. Če se jajčece ni oplodilo, raven obeh pada, in se začne menstruacija



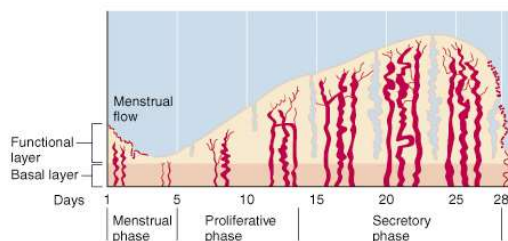
Endometrijski cikel, delimo v proliferativno in sekretorno fazo

Pod vplivom estrogena, ki ga jajčnik izloča v prvi polovici ovarijskega cikla v povečanih količinah, celice strome in epitelne celice endometrija hitro **proliferirajo**

Endometrij vidno zadebeli, in v času ovulacije je debel okrog 3-4 mm.

Progesteron v **sekretorni fazi** povzroči še večjo proliferacijo endometrija in razvoj žlez. Žleze postanejo bolj zvite, sekrecijske substance se nalagajo v epitelnih žleznih celicah. Debelost endometrija na koncu sekrecijske faze znaša 5-6 mm.

Bistvo vseh sprememb endometrija je, da nastane endometrij z močnim izločkom, ki vsebuje veliko prehranjevalnih substanc. To omogoča implantacijo oplojenih jajčec tekom druge polovice menstrualnega cikla



(d) Uterine cycle

Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.



Urnvananje menstrualnega ciklusa

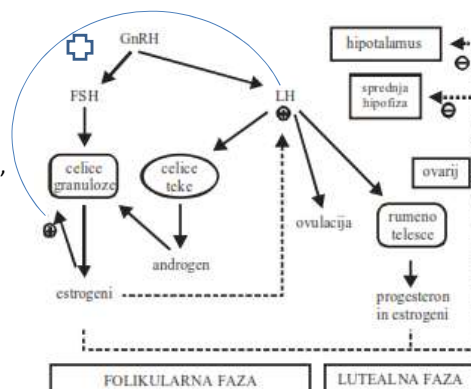
Hipotalamus uravnava izločanje hipofiznih gonadotropinov:

FSH - spodbuja zorenje folikla, v katerem se razvije jajčece

LH – spodbija sintezo hormonov v jajčniku, je odgovoren za nastop ovulacije in za spremembo ostankov folikla v rumeno telešce (*corpus luteum*)

Nastop ovulacije povzroči zelo velika koncentracija **estrogena**, ki sproži nenaden porast izločanja LH.

To je eden redkih primerov v fiziologiji, kjer normalni regulacijski mehanizmi prehodno delujejo po načelu **pozitivne povratne zanke**.



MENOPAVZA

S staranjem so menstruacije manj redne in pogoste in končno povsem prenehajo okoli 50 leta

konec reproduktivne sposobnosti, zaradi prenehanja nastajanja novih foliklov

Sinteza in izločanje estrogena in progesterona se močno zmanjšata

V krvi se poveča koncentracija gonadotropnih (FSH in LH – izloča ju hipofiza) in androgenih hormonov (testosteron).

Prav to hormonsko neravnovesje je glavni krivec za pojav klimakteričnih težav

Znaki menopavze so vročinski oblivi in nočno znojenje, vrtoglavice, utrujenost, nespečnost, suha koža, izpadanje las, bolečine v kosteh in sklepkih (osteoporoza).



NOSEČNOST

Pričetek nosečnosti je trenutek oploditve jajčeca

Normalno traja okoli 38 tednov

Oploditev se po navadi zgodi v zunanji tretjini jajcevoda

Po oploditvi se dokonča druga meiotična delitev jajčeca, genetski material obeh haploidnih gamet pa se zlije v **diploidno zigoto**

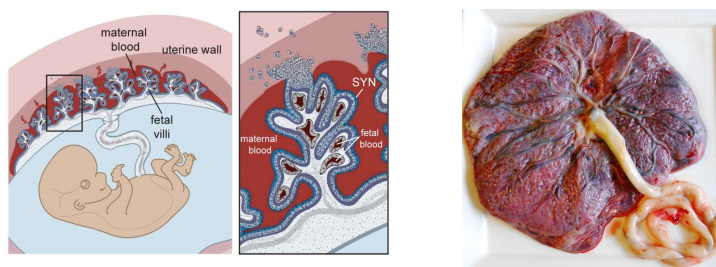
V nadaljnjih 3 - 5 dneh se iz nje razvije t.i. **blastocista**, ki ima zunanji ovojski iz **trofoblastnih celic** (iz njih se bo razvil zarodkov del posteljice), votlino in notranji skupek celic, iz katerega se bo razvil sam **zarodek**

Goat	145 days	Mare	340 days
Bičh	60 days	Elephant	21 months
Cat	60 days	Tigeress	98-109 days
Zebra	11-12 months	Lioness	105 days
Rhinoceros	16 months	Monkey	4,5-8 months
Kangaroo	one month	Deer	6 to 9 months
Giraffe	15 months	Bear	7 to 9 months

<https://www.youtube.com/watch?v=UgT5rUQ9EmQ>

Tri faze prehrane blastocista oz. zarodka

1. Sprva se blastocista prehranjuje s hranili iz tekočine v maternični votlini, kamor se iz sluznice, bogate z glikogenom, sproščajo hranila.
2. Potemse vgnezdi (*implantira*) v sluznico maternice in se prehranjuje s hranili, sproščenimi med razgradnjo okolnega tkiva.
3. Po nekaj tednih je tudi to premalo in razvije se **posteljica** (placenta), ki skrbi za prehrano zarodka (in številne druge funkcije) vse do poroda

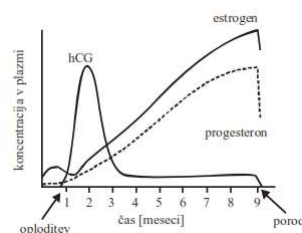


Naloge posteljice so

1. izmenjava hranil in plinov
2. odstranjevanje odpadnih produktov zarodkove presnove
3. delna zaščita pred nevarnimi snovmi (npr. *mikrobi*), ki krožijo v materinem obtoku
4. pomembna endokrini vloga (izločanje estrogenov, progesterona, itd.)

Po vgnezdenju blastociste začne nastajajoča posteljica izločati **horionski gonadotropin** (angl. **human chorionic gonadotropin, hCG**). Ta hormon deluje podobno LH in vzdržuje rumeno telesce, ki izloča čedalje več estrogenov in progesterona

Največje koncentracije doseže hCG okoli 6. tedna



Spremembe, ki jih nosečnost povzroči pri nosečnici

- jutranja slabost (najverjetneje posledica porasta hCG) pogosto traja prve tri mesece
- minutni volumen srca se poveča do 40% nad normalo že do približno 20. tedna
- volumen krvi se poveča za približno 20%, predvsem v drugi polovici nosečnosti
- minutni volumen dihanja se poveča za približno 20%
- reabsorpcija NaCl in vode v ledvicah se poveča
- povečajo se prehrabene potrebe
- poveča se telesna teža
- ena najbolj izrazitih sprememb v nosečnosti je povečanje maternice. Iz približno 30 g težkega organa nerodnice doseže maternica ob koncu nosečnosti težo 1000 g.

Porod

Normalen konec nosečnosti je rojstvo otroka in se prične spontano okoli 40. tedna.

Normalno ga delimo v tri faze:

1. Prva faza traja 8 - 24 ur (močno se razširji maternični vrat, izloča se oksitocin, kontrakcije)
2. Druga faza traja 30 - 90 min (prične se s popolno dilatacijo ustja materničnega vratu, konča pa se s porodom ploda)
3. Tretja faza traja 15 - 30 min. Predstavlja porod posteljice

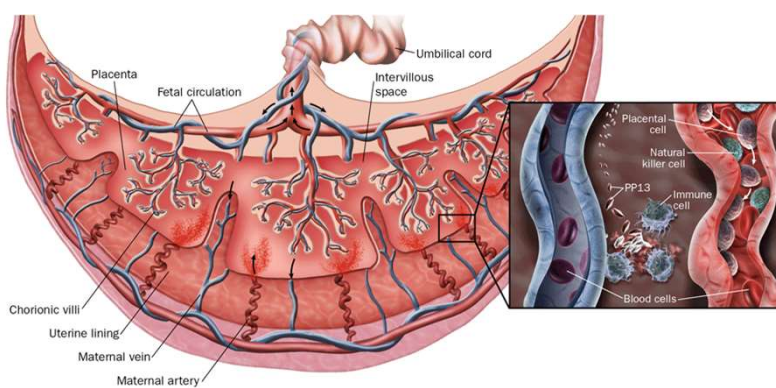


FIZIOLOGIJA PLODA

Prehajanje snovi med materino in plodovo krvjo v posteljici

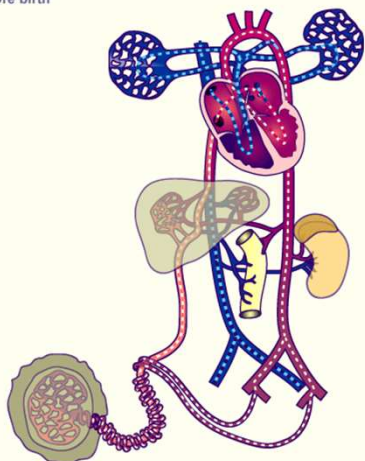
iz materinega krvnega obtoka prehajajo v plodovo kri s preprosto difuzijo, O_2 , voda in NaCl. Za Ca^{2+} obstajajo posebni prenašalci, IgG prehajajo (pasivna imunost), IgM so večji in ne prehajajo placentalno barijero

prehajajo tudi nekatera zdravila (kemične snovi), kanabis, alkohol, ...

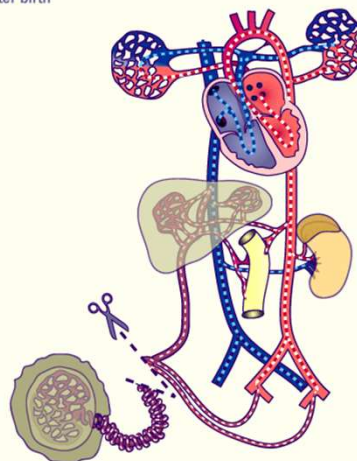


Plodov krvni obtok

before birth

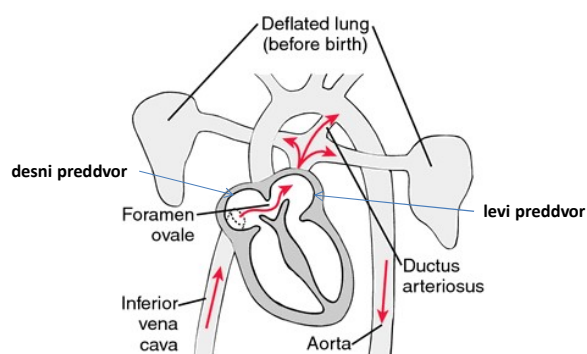


after birth



Glavne značilnosti plodovega krvnega obtoka:

- levi in desni preddvor sta vezana vzporedno in ne zaporedno kot velja za krvni obtok odraslega človeka (**ovalna odprtina** – lat. *foramen ovale*)
- večji del krvi iz pljučnega debla gre skozi **arteriozni vod** (Botallov vod - lat. *ductus arteriosus*), v aorto
- levi prekat iztisne približno za 20% več krvi v časovni enoti kot desni.



Poporodne spremembe v krvnem obtoku novorojenca

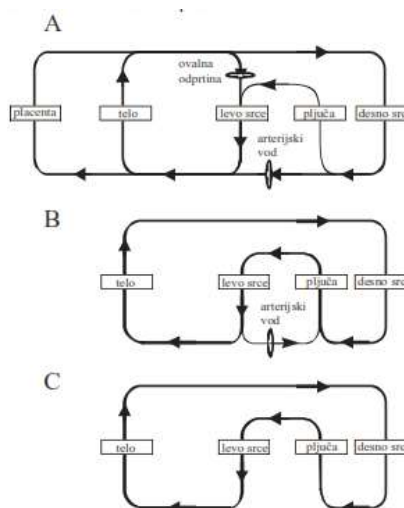
podvezanje popkovnice povzroči nenaden porast upora v krvnem obtoku

porast $p\text{CO}_2$ in padec $p\text{O}_2$ – afiksija, zadušitev – sta močna spodbuda za vdih

B - prvi vdih povzročijo izrazit padec tlaka v prsnem košu in približno 80% zmanjšanje upora v pljučnem krvnem obtoku novorojenca v primerjavi s plodom. Zato se zmanjša tlak v pljučnem deblu in pade pod vrednosti tlaka v aorti, tako da tik po rojstvu kri teče skozi delno odprt Botallov vod v nasprotni smeri: iz aorte v pljučno debla.

Kmalu, v enem dnevu ali dveh, se ta vod zapre in med velikima arterijama ostane samo tanka vezivna povezava.

C – novorojenček, odrasel človek



V nekaj minutah po rojstvu, se zaradi sprememb v tlakih med levim in desnim preddvorom zapre tudi ovalno okno (*foramen ovale*)

Plod – tlak v desnem preddvoru višji
Novorojenček – tlak v levem preddvoru višji

Sprva je listič zaklopke, ki pokriva ovalno odprtino v levem preddvoru, le prislonjen na pretin med preddvoroma, pozneje pa se pri večini ljudi dokončno zraste z njim

