

# Termelés-élettan

**Kovács, Melinda  
Husvéth, Ferenc  
Wolfné Táscai, Erzsébet**

---

## **Termelés-élettan**

írta Kovács, Melinda, Husvéth, Ferenc, és Wolfné Táscai, Erzsébet

Publication date 2011

---

# Tartalom

.....	iv
.....	v
.....	vi
.....	vii
1. A hústermelés élettani alapjai .....	1
1. A vázizomzat növekedése és fejlődése .....	1
1.1. Izomszövet képződés (myogenesis) .....	1
1.2. A vázizom anatómiája és szövettana .....	1
1.3. Az izomösszehúzódás molekuláris mechanizmusa .....	2
1.4. Az izomműködés energia igénye .....	2
2. A zsírszövet kialakulása .....	3
2.1. A zsírszövet jellemzője .....	3
2.2. Az intramuszkuláris zsírtartalom .....	3
3. A növekedés hormonális szabályozása .....	4
3.1. Növekedési hormon .....	4
3.2. Pajzsmirigy hormonok .....	5
3.3. Inzulin .....	5
3.4. Anabolikus szteroidok .....	5
3.5. Leptinek .....	5
2. A tejtermelés élettani alapjai .....	7
1. A tejmirigy felépítése .....	7
2. A tejmirigy fejlődése .....	8
3. A tejszekréció .....	8
4. A tej összetevői és képződésük .....	8
5. A tejelválasztás hormonális szabályozása .....	10
3. A tojástermelés élettani alapjai .....	12
1. A petefészek felépítése, oogenezis és tüszőérés .....	12
1.1. Az oogenezis és a tüszőérés .....	12
1.2. A petefészek hormontermelése .....	13
2. A petevezető felépítése, tojásképződés folyamata .....	13
2.1. A tölcsér .....	13
2.2. A fehérjemirigy, a tojásfehérje képződése .....	14
2.3. A szűkület, a héjhártya képződése .....	14
2.4. A héjmirigy, a méshéj képződése .....	14
2.5. A nyak .....	15
2.6. A hüvely, ovipozíció .....	15
3. A tojásképződés hormonális szabályozása .....	15
3.1. A petefészek működésének szabályozása .....	15
3.2. A petevezető működésének szabályozása .....	15
3.3. Az ovipozíció szabályozása .....	16
4. A tojásrakási sorozat .....	16
5. A tojás .....	16

---

## Termelés-élettan

Oktatási segédlet a Takarmányozási és takarmánybiztonsági mérnöki, valamint az Állattenyésztő mérnöki (MSc) mesterszak hallgatói számára



E digitális tankönyv szövege, ábraanyaga és mindenféle tartozéka szerzői jogi oltalom és a kizárólagos felhasználási jog védelme alatt áll. Csak a szerzői jog tulajdonosának előzetes írásbeli engedélye alapján jogszerű a mű egészének vagy bármely részének felhasználása, illetve sokszorosítása akár mechanikai, akár fotó-, akár elektronikus úton. Ezen engedélyek hiányában mind a másolatkészítés, mind a sugárzás vagy a vezeték útján a nyilvánossághoz való közvetítés, mind a digitalizált formában való tárolás, mind a számítógépes hálózaton átvitt mű anyagi formában való megjelenítése jogszerűtlen.

---

Termelés-élettan

Szerzők:

Prof. Dr. Kovács Melinda, egyetemi tanár (Kaposvári Egyetem)

Prof. Dr. Husvéth Ferenc, egyetemi tanár (Pannon Egyetem)

Dr. Wolfné Dr. Táskai Erzsébet (Kaposvári Egyetem)

Lektor:

Prof. Dr. Bárdos László, egyetemi tanár (Szent István Egyetem)



© Kaposvári Egyetem – Pannon Egyetem, 2011

E digitális tankönyv szövege, ábraanyaga és mindenféle tartozéka szerzői jogi oltalom és a kizárólagos felhasználási jog védelme alatt áll. Csak a szerzői jog tulajdonosának előzetes írásbeli engedélye alapján jogszerű a mű egészének vagy bármely részének felhasználása, illetve sokszorosítása akár mechanikai, akár fotó-, akár elektronikus úton. Ezen engedélyek hiányában mind a másolatkészítés, mind a sugárzás vagy a vezeték útján a nyilvánossághoz való közvetítés, mind a digitalizált formában való tárolás, mind a számítógépes hálózaton átvitt mű anyagi formában való megjelenítése jogszerűtlen.

---

Kézirat lezárva: 2011. szeptember 12.

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség  
www.ujszechenyterv.gov.hu  
06 40 638 638



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

A nyilvánosságra hozott mű tartalmáért felel: a TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0059 projekt megvalósítására létrehozott konzorcium

E digitális tankönyv szövege, ábraanyaga és mindenféle tartozéka szerzői jogi oltalom és a kizárólagos felhasználási jog védelme alatt áll. Csak a szerzői jog tulajdonosának előzetes írásbeli engedélye alapján jogszerű a mű egészének vagy bármely részének felhasználása, illetve sokszorosítása akár mechanikai, akár fotó-, akár elektronikus úton. Ezen engedélyek hiányában mind a másolatkészítés, mind a sugárzás vagy a vezeték útján a nyilvánossághoz való közvetítés, mind a digitalizált formában való tárolás, mind a számítógépes hálózaton átvitt mű anyagi formában való megjelenítése jogszerűtlen.

---

A digitalizálásért felel: Kaposvári Egyetem Agrár- és Élelmiszertudományi Nonprofit Kft.

E digitális tankönyv szövege, ábraanyaga és mindenféle tartozéka szerzői jogi oltalom és a kizárólagos felhasználási jog védelme alatt áll. Csak a szerzői jog tulajdonosának előzetes írásbeli engedélye alapján jogszerű a mű egészének vagy bármely részének felhasználása, illetve sokszorosítása akár mechanikai, akár fotó-, akár elektronikus úton. Ezen engedélyek hiányában mind a másolatkészítés, mind a sugárzás vagy a vezeték útján a nyilvánossághoz való közvetítés, mind a digitalizált formában való tárolás, mind a számítógépes hálózaton átvitt mű anyagi formában való megjelenítése jogszerűtlen.





---

# 1. fejezet - A hústermelés élettani alapjai

Kovács, Melinda

A Termelés-élettan a gazdasági állatok azon speciális élettani folyamataival foglalkozik, amelyek valamely állati termék előállítását szolgálják. Ezen belül is elsődlegesen az **élelmiszer alapanyagként** szolgáló termékek (*hús, tej, tojás, zsír*) előállításának élettani-biokémiai alapjait, azok szabályozását és a termék-előállítást szolgáló szervrendszerek makro- és mikroszkopikus felépítését ismerteti.

A **hústermelő háziállatok izomzata** az ember számára nagy biológiai értékű táplálóanyag forrást jelent. Magas **fehérjetartalma** miatt könnyen emészthető és kiemelkedő helyet foglal el az emberi táplálkozásban. Nagyrészt harántcsikolt izom és az azt összetartó kötőszövet alkotja, továbbá az izom működéséhez szükséges inak, erek és idegek. A hús tartalmaz kisebb-nagyobb mennyiségben zsírt is.

## 1. A vázizomzat növekedése és fejlődése

A vázizomzat növekedésének, fejlődésének, élettanának ismerete alapvető fontosságú a hústermelés megértése szempontjából.

### 1.1. Izomszövet képződés (myogenesis)

Az embrionális fejlődés alatt a **myoblast** sejtek mezodermális eredetű miogén elő-sejtekből differenciálódnak. **Primer és szekunder rostok** képződnek, illetve vannak sejtek, amelyek az izomrostok mellett **szatellit** sejtként megmaradnak. Ez utóbbiak szükségesek az izomrostok születést követő (postnatalis) növekedéséhez és regenerálódásához.

Az izmokat alkotó izomrostok száma döntően genetikailag meghatározott, természetesen környezeti tényezők befolyásolhatják, különösen a születés körüli (perinatalis) időszakban. Megszületést követően az izomnövekedés már csak az izomrostok megnagyobbodásából adódik, a rostok száma nem növekszik.

A kutatások eredményei azt mutatják, hogy a nagyobb tömegű és jobb minőségű hús a nagyobb számú, mérsékelt nagyságú izomrostok kialakulásának köszönhető, ami a prenatális életben folyó miogenezis fontosságára utal. A megszületést követően az izomrostok megnövekedése (hipertrófiája) fordított arányban van az izomrostok számával, ami feltehetően a rendelkezésre álló tápanyagoknak az izomrostok közötti egyenlő eloszlására vezethető vissza. Így összességében a hústermelés a megszületéskorra képződött **izomrostok számától**, majd azok posztnatalis **növekedésétől** függ. Figyelembe kell venni ugyanakkor azt is, hogy a nagyon kifejezett hipertrófia hátrányosan befolyásolhatja az izom működőképességét, majd a húsminőséget, amit ez néhány kifejezetten hústermelésre szelektált sertés és baromfifajta esetében látható is.

Az izomtömeget befolyásoló tényezők: faj, fajta, ivar, takarmányozás, fizikai aktivitás; az adott egyedben belül: az izomrost típusa, elhelyezkedése és funkciója.

### 1.2. A vázizom anatómiája és szövettana

A vázizmok a mozgás aktív szervrendszerét képezik, emellett jelentős aminosav forrásnak tekinthetők és működésük a hőszabályozás (hőtermelés) szempontjából is jelentős. Harántcsikolt izomszövetből épülnek fel.

Az izom aktív része az izomhas, amely izomrostokból épül fel. Ezeket finom kötőszövet vesz körül (*endomysium*). Kötőszövetes hüvelyt találunk az izomkötegek (*perimysium*) és az izom egésze körül (*epimysium*). Az izomrostoknak az izomban való elhelyezkedése alapján vannak nem tollazott, egyszerűen vagy többszörösen tollazott izmok.

Az izomsejtek 10-80 µm átmérőjű, akár 30 cm hosszú **izomrostok**, amelyek a myogenesis alatt több éretlen sejt, myoblast összeolvadásából jönnek létre (többmagvú sejtek). **Sarcolemma** veszi körül őket. A sejt számos **mitokondriumot** tartalmaz, ezek, valamint a **sejtmagok** a rostok perifériáján, a sejthártya alatt helyezkednek el.

Az izom oxigént megkötni, tárolni és leadni képes fehérjeje a **mioglobinn**, amely a vér hemoglobinjához hasonló. Súlyja a hemoglobinnál négyszer kisebb. A hemoglobintól eltérően csak egy alegységből és hem részből áll.

Fénymikroszkóp alatt a sejtek harántcsíkolata az **izotrop** (I, világos) és **anizotrop** (A, sötét) kötegek váltakozásából adódik. Az izomrostok citoplazmája a rost tengelyével párhuzamosan elrendeződő vastag és vékony filamentumokat tartalmaz. A **szarkomer** az izom működési egysége, amely két Z-csík közötti területet foglal magában. A **Z-csík** az **I-kötegeket** köti össze közepén. A vastag filamentum a miozint, míg a vékony az aktint tartalmazza. A sötét zónát (A) a vastag és a vékony filamentum átfedése adja, ennek a közepén, ahol nincs a filamentumok között átfedés, található a **H (világos) zóna**, közepén az **M-csíkkal**.

Az izom összehúzódásakor a szarkomer megrövidül, a vastag és a vékony filamentum egymáson való elcsúszása következtében (**csúszó filamentum elmélet**).

A **szarkoplazmatikus reticulum** (SR) a sejtek endoplazmatikus retikulumának többé-kevésbé megfelelő sejtészecske, amely a Ca-ionok tárolására specializálódott. Az SR-ben a szabad Ca-ion mennyisége kicsi, a Ca kötött formában raktározódik. A SR-al szoros funkcionális egységben működve a sejtmembrán behúzódásokat, ún. **transzverzális (T-) tubulusokat** alkot. A sejtmembrán elektromos ingerlése során az ingerület a T-tubulusokról a SR-ra tevődik át, Ca-ion kiáramlást eredményezve. A citoszolban megemelkedő szabad Ca-szint indítja be az izomösszehúzódás molekuláris mechanizmusát.

### 1.3. Az izomösszehúzódás molekuláris mechanizmusa

A miofilamentumok motoros (kontraktilis) fehérjei az aktin és a miozin, ezek alkotják az izomrostok fehérje állományának kb. 75 %-át. A miozin a szarkomer A kötegének vastag, míg az aktin az I kötegek vékony filamentumai.

Az **aktin** monomer globuláris fehérje (G-aktin), amely fonálszerű polimert (F-aktin), majd egy alfa-helix láncot képez. A **miozin** könnyű (LMM) és nehéz (HMM) láncsal rendelkezik. A könnyű lánc a farki részt, míg a nehéz a nyaki és feji részt adja. Kb. 300-500 miozin molekula alkot egy vastag filamentumot.

Nyugalmi fázisban az aktint és a miozint a szabályozó (regulátoros) fehérjék rögzítik helyzetükben. A **tropomiozin** helikális szerkezetű, és az F-aktinhoz kapcsolódik. A **troponin** a legfontosabb szabályozó fehérje. Globuláris, Ca-ion és tropomiozin-kötő hellyel, valamint inhibitorikus résszel rendelkezik.

Akciós potenciál hatására a SR-ből kiáramló Ca-ionok kötődnek a troponin Ca-kötő helyéhez, megváltoztatva a tropomiozin elhelyeződését az aktin láncon, felszabadítva ezzel az aktin felületén lévő miozin-kötő helyeket. A miozin az aktinhoz kötődve aktiválódik, ATP-áz aktivitással az ATP-t ADP-re, majd AMP-re bontja, miközben a nyugalmi állapotban a feji résszel 90°-ot bezáró nyaki rész elmozdul, a szög 60°, majd 45°-ra csökken, elhúzva ezzel a vékony filamentumot a vastag filamentum mentén.

### 1.4. Az izomműködés energia igénye

Az izmok a kémiai energiát mechanikai energiává alakítják át, kb. 40-50 %-os hatásfokkal. Az izomműködés során a kémiai energia kb. 30-50 %-a alakul át hővé. Jelentős a Ca-ionoknak a SR-ba való "visszapumpálásának" energia igénye is. A kémiai energia forrása a folyamatosan képződő **ATP**, az energia nyereskor lebomló ATP reszintéziséhez a  **kreatin-foszfát (CP)** biztosítja a szükséges energiát. Ez utóbbi regenerációját az izomrost energianyerő folyamatai biztosítják, különböző metabolitokból.

A glükóz az izomrost fő energiaszolgáltató vegyülete. Az izom jelentős, tömegének kb. 1 %-át kitevő glikogén tartalommal rendelkezik. A glikolízisben a glükóz piruváttá alakul, amely a citrát körön, majd a terminális oxidáción keresztül elég CO<sub>2</sub>-ra és vízre, 36 mol ATP-t eredményezve. Hosszan tartó, vagy nehéz munka esetén az izomrostok oxigén ellátása nem tud lépést tartani a felhasználással, és az izom oxigén-adósságba kerül. Ekkor az izomrost "áttér" az anaerob energianyerésre, melynek eredményeként a glükózból tejsav és 3 mol ATP keletkezik. A tejsavat az izomból a vér a májba szállítja, ahol reszintetizálódik glükózzá (glükoneogenezis), illetve glikogénné, majd visszakerül az izomba (Cori kör).

A vázizmok az aktivitás mértékétől függően **szabad zsírsavakat** és **ketonanyagokat** is fel tudnak használni oxidatív energianyerésre.

#### Izomrost típusok

Az izomrostok diverzitását Ranvier (francia kutató, 1835 – 1922) írta le először, 1873-ban, “fehér” és “vörös” izmot elkülönítve. További besorolások I (lassú) és II (gyors), valamint  $\alpha$ ,  $\beta$  és  $\alpha\beta$  rostokat különböztettek meg.

A besorolások alapját az izomrost kontraktilis és metabolikus jellemzői adják. A  **$\beta$ -vörös** (lassú, oxidatív) rostok lassan húzódnak össze, magas a mioglobinnel, gazdagon kapillarizáltak, a sejtekben sok a mitokondrium, viszont kicsi a glikogén tartalma. Tónusos izmok, általában tartósan összehúzott állapotban vannak, energiájukat oxidatív úton nyerik. Az  **$\alpha$ -fehér** (gyors, glikolitikus) rostok gyorsan összehúzódnak, alacsony a mitokondriumok száma és a mioglobinnel, kevésbé kapillarizáltak, energianyerésük ezért inkább glikolitikus. Fáizos izmok, gyorsan elfáradnak. Átmenetet képeznek az  **$\alpha$ -vörös** rostok (gyors, glikolitikus), gyorsan összehúzódnak, magas a mioglobinnel, viszont kevés kapilláris tartalmazznak, fáizosak és inkább glikolitikusak. A vörös izomrost vékonyabb, míg a fehér vastagabb. A vörös rostok több intramuszkuláris zsírt raktároznak, és jobban hasznosítják a zsírsavakat.

A vázizmok általában “kevert” izmok, azaz a három izomrost típust együttesen tartalmazzák, ezek aránya azonban az egyes izmok között jelentősen eltérhet. Intenzíven kutatott terület az izomrost típusok és a húsminőség összefüggése. A **porhanyósság** pozitív összefüggést mutat a rost átmérővel és a szarkomer hosszával. A magasabb glikogén tartalom édesebb **íz** eredményez. Az izom **színét** a mioglobinnel és a mitokondrium tartalom adja. A hús **vízretartó képessége** (water holding capacity = WHC) a pH és a fehérje tartalom függvénye, alacsonyabb pH fehérjedenaturációt és alacsonyabb WHC-t okoz. Az izom magas glikogén tartalma PSE (pale, soft, exsudative) hús kialakulására hajlamosít. A fehér rostok gyors halál utáni (post mortem) glikolízise okozhatja a magasabb tejsavtermelést és az alacsonyabb pH-t (PSE), míg az oxidatív rostokra ez kevésbé jellemző.

## 2. A zsírszövet kialakulása

Hústermelő állatokban a túlzott mértékű zsírraktározás rontja a húsminőséget (annak fogyasztói megítélését) és csökkenti a termelés gazdaságosságát. A zsír a szervezetben szinte mindenhol megtalálható, zsírszövetben raktározódik. Kifejlett állatban a fő **zsírraktárak**: bőr alatti kötőszövet (szalonna), inter- és intramuszkuláris zsír (az izom zsírtartalma), hasüri (bélfodor, cseplesz) zsír és az egyes szerveket körülvevő zsírtartó (szívburkolat, vese tokja). A zsír eloszlása befolyásolja a vágott test minőségét, értékét.

### 2.1. A zsírszövet jellemzője

A zsírszövet módosult kötőszövet, mesenchymális eredetű. A fő zsírraktárt a **fehér zsírszövet** adja, főként energiát raktározó szerepe van. A **barna zsírszövet** főleg magzati korban, újszülöttekben, téli álmot alvó állatokban lelhető fel, hőtermelő feladata van. A fehér zsírszövetből mobilizált zsírsavak a májba és más szervekhez szállítódnak, oxidációjukkal energiát nyernek a sejtek. A barna zsírszövetben a főként noradrenalin hatására mobilizált zsír helyben használódik fel, a sejtek a zsírsavak oxidációjával hőt termelnek.

A **zsírszövet képződése** (adipogenesis) során az embrionális mezoderma sejtek preadipocitákká alakulnak. A már kifejlett, sok zsírt tartalmazó zsírsejtek is képesek osztódni. Osztódásukat és differenciálódásukat számos hormon és növekedési faktor (IGF-I, inzulin, STH, glükokortikoidok, tiroxin, TGF, EGF stb.) befolyásolja.

A zsírszövet a szervezet energiaforgalmának egyik központi szerve. Energia hiány esetén a szervezet a zsírszövetből mobilizál, a triglicerideket (TG) lebontja szabad zsírsavakra (free fatty acids, FFA) és glicerinnel, ez utóbbiakat a különböző sejtek energiaforrásként hasznosíthatják. Energia felesleg esetén a zsírsavak a zsírszövetben a glicerinnel észterifikálódnak és TG-et alkotnak. A zsírsejtek a zsírsavakat de novo is szintetizálni tudják pl. glükózból, ecetsavból. A **lipoprotein lipáz** (LL) a TG-t az izomban és a zsírszövetben a kapillárisok felületén hidrolizálja, lehetővé téve ezzel a sejtekbe történő transzportjukat.

Az **inzulin** serkenti a zsírsavak és a TG szintézisét, a glükóz és zsírsav transzport fokozásával (ez utóbbit a LL aktiválásán keresztül), a lipogenetikus enzimek serkentésével. Gátolja a lipolízist. A zsírbontást előidéző hormonok (**adrenalin**, **glucagon**) a hormonszenzitív lipázokat aktiválják, megindítva ezzel a TG bontását. A **glükokortikoidok** és a **tiroxin** közvetlenül szintén lipolitikus hatásúak.

### 2.2. Az intramuszkuláris zsírtartalom

Az intramuszkuláris zsír (intramuscular fat, IMF) az izomszövetben megtalálható trigliceridek, foszfolipidek és koleszterin összessége. Emlősök és madarak vázizomzatában a TG-ek 80 %-a intramuszkuláris zsírsejtekben, míg 5-20 %-a az izomrostokban cseppek formájában raktározódik.

A **“márványozottság”** a húrok jellegzetes rajzolata, amely a kapillárisok körüli kötőszövet zsírszövetekben lerakódó zsírból adódik. Ezek szerkezete és eloszlása fajoként eltérő lehet. A márványozottság kevéssé kifejezett sertésben, a hús alacsony zsírtartalma miatt (1% zsírtartalom: alacsony, 2-3 %: közepes, 3,5 %: magas). Általánosságban elfogadott az az összefüggés, hogy az IMF pozitívan befolyásolja a húsminőséget (íz, porhanyósság, lédúság). A fogyasztók elvárása marhahús esetén 3-4 %, birkában 5 %, míg sertéshúsban 2 % körüli zsírtartalom.

Az IMF kialakulása és növekedése általában S-alakú görbét követ: az élet kezdetén lassú, a középső lineáris fejlődés után eléri a maximumát, majd leáll a növekedése. A nagy izomtömeg általában kisebb zsírtartalmat és IMF-et jelent. Az oxidatív rostok több foszfolipidet és TG-t tartalmaznak, azaz magasabb az IMF tartalmuk.

Az IMF kialakulása a zsírmobilizáció, illetve depozíció egyensúlyának függvénye. Az IMF-re **sajátos zsírananyagcsere** jellemző. Így pl. a szubkután zsírszövetekhez képest az IMF zsírszöveteknek alacsonyabb a proliferációs hajlamuk, és a lipogenetikus aktivitásuk. Kisebbségi a lipolízis, a zsírsavoxidáció és az alpanyanyagcsere mértéke is. Szarvasmarhában az IMF adipociták glükózt és tejsavat használnak fel, szemben a jellemzően acetátot hasznosító zsírszövetekkel.

Számos kecsegtető eredmény van arra vonatkozóan, hogy milyen biológiai markereket (hormonok, metabolitok, gének) lehetne használni az IMF tartalom előrejelzésére. Ez segíthetné a fogyasztói igényeket jobban kielégítő húsminőség célirányos előállítását.

### 3. A növekedés hormonális szabályozása

A növekedés a test méretének és súlyának megnagyobbodása, amely a testet alkotó sejtek osztódásának (**hiperplázia**) vagy növekedésének (**hipertrofia**) eredménye. Növekedés alatt jelentős a fehérjebeépülés és a zsírlerakódás. A növekedés főként hormonális szabályozás alatt áll, a hormonok számos ponton befolyásolják a növekedés mértékét és a húsminőséget: takarmányfelvétel, takarmányhasznosítás, fehérje- és zsírananyagcsere, húsminőség (porhanyósság, zamat, stb.)

Az állati szervezetnek a hormonokra adott válasza alapvetően genetikailag meghatározott. Az elmúlt évtizedekben, a fogyasztói igények kielégítésére, a hústermelésre irányuló szelekció a nagymennyiségű, sovány hús előállítását helyezte előtérbe a sertés- és baromfitartásban. Ez számos anyagcsere betegség és húsminőségi probléma kialakulását eredményezte (cardiovasculáris problémák, PSS, PSE, stb.).

#### 3.1. Növekedési hormon

A növekedés szabályozásában az agyalapi mirigy elülső lebenyében (adenohipofízis) termelődő növekedési hormon (**szomatotrop hormon, STH**) alapvető fontosságú. Az STH egy 191 aminosavból álló polipeptid, amelynek kiáramlását a hipotalamusz hormonjai serkentik (szomatoliberin), illetve gátolják (szomatostatint). A **ghrelin**, amely a gyomorban, vesében és a placentában termelődő peptid hormon, szintén serkenti az STH kiáramlást. Táplálékfelvételt indukál, növeli a testsúlyt, gátolja viszont a leptint, a két hormon között kompetitív antagonizmus révén.

Az STH **anabolikus** hatása, serkenti a sejtek aminosav felvételét és fehérje szintézisét. Gátolja a sejtekbe történő glükóz transzportot és oxidációt (inzulinellenes hatás), védi a sejtek glikogén raktárát. Fokozza a zsírbontást és a zsírok oxidációját.

Az STH növekedést serkentő hatása közvetetten, a **szomatomedinek** révén érvényesül. A szomatomedinek a májban, STH hatására termelődő polipeptid hormonok, fő képviselőjük az inzulinszerű növekedési faktor (insulin-like growth factor, IGF). Az IGF serkenti az epifízis porcok osztódását, a kondroitin-szulfát kialakulását, azaz a csontok növekedését. A szatellit sejtek proliferációjának serkentésével az izomnövekedésre is pozitívan hat.

Az STH-t 1945-ben izolálták először a hipofízisből. Az 1980-as évek előtt korlátozott volt alkalmazása a növekedés serkentésére, hiszen kis mennyiségben és nagyon drágán lehetett kielégítő mennyiségben izolálni. A rekombináns DNS technikával mesterségesen előállított STH (rbSTH) forradalmat jelentett, széles körben elterjedt a hús- és a tejtermelésben. Számos eredmény ismert az exogén STH és az IGF hatására vonatkozóan, amely nagyon jelentősen eltérhet az alkalmazott dózistól, az alkalmazás módjától, az életkortól, a kezelt állat fajtától stb. függően. Európában élelmiszerbiztonsági szempontokat figyelembe véve minden hormontartalmú

kezelés tiltott, bár az STH fehérje, amely főzés hatására denaturálódik, illetve az emésztőkészülékben megemésztődik.

### 3.2. Pajzsmirigy hormonok

A pajzsmirigy mirigyhámsejtekkel (tireociták) határolt, kolloiddal kitöltött kerek follikulusokból (vagy acinusokból) épül fel. A **tireoglobulint** a hámsejtek termelik, majd az acinus üregébe szekretálják, ott raktározódik, és ott történik meg a hormonmolekulát alkotó aminosavak jódozása. A jódtartalmú hormonok (trijódotironin,  $T_3$  és tiroxin,  $T_4$ ) termelődését az adenohipofízis TSH hormonja serkenti, a hipotalamuszból kiáramló TRH (tireoliberin) hatására. A  $T_4$  a szövetekben aktiválódik,  $T_3$  lesz belőle. Az intranukleáris receptorokhoz kapcsolódva serkenti a DNS transzkripcióját, a mRNS szintézist.

A pajzsmirigy hormonok szintén felelősek a genetikailag meghatározott testméret kialakulásáért. Hatnak a csontfejlődésre, a csontosodási magvak kialakulására, az epifízis porc záródására. Szükségesek az idegrendszer és a szaporodási szervek differenciálódásához, bőrképletek képződéséhez.

Az alapanyagcserét fokozzák (**kalorigén hatás**), növelik a sejtek oxigén fogyasztását és anyagcseréjét. Fokozzák a szénhidrátok lebontását, a glükoneogenezist, emelik a vércukor szintet. Serkentik a zsírmobilizációt, emelik a vér FFA tartalmát. Anabolikus hatásúak.

A pajzsmirigy hormonok szükségesek az STH termeléséhez, a két hormon együttesen serkenti az izomba történő fehérjebeépítést.

### 3.3. Inzulin

Az inzulin a hasnyálmirigyben lévő Langerhans-szigetek  $\beta$ -sejtjei által termelt polipeptid hormon. Fő feladata a vércukor szint csökkentése, általános anabolikus hatású hormon. Serkenti a sejtek glükóz felvételét, főként az izomrostokban és a zsírszövetben. Fokozza a glükóz felhasználást (oxidáció, glikogén építés, lipogenezis), csökkenti a glükóz termeléssel járó folyamatokat (glikogenezist, glükoneogenezist). Fokozza a fehérje- és zsírszintézist, gátolja ezen anyagok lebontását. Az izomban serkenti a glükóz és aminosav felvételt, a glikogén és fehérje szintézist.

### 3.4. Anabolikus szteroidok

Az anabolikus szteroidokat évtizedeken keresztül eredményesen használták az állat és ember orvoslásban, majd izomépítő hatásukat felismerve, a testépítők. Nitrogén retenciót fokozó hatású szteroidok: tesztoszteron, ösztadiol, progeszteron és szteroid analógok.

Az említett szexuálszteroidok az ivarmirigyekben képződnek. A tesztoszteront a here Leydig sejtjei termelik, hatására alakulnak ki a másodlagos nemi jelek, beindítja és fenntartja a spermiogenezist. **Izomépítő** (myotroph) hatású, az **izmok N-retencióját növeli**, ez az izomrostok megvastagodását (**hipertrofiáját**) eredményezi. Az ilyen izmokban – azok érzékenységét növelve – megemelkedik a tesztoszteron-kötő receptorok száma. A nőivarú állatok kisebb izomtömeget növesztenek és annak magasabb a zsírtartalma. Androgénnel jobb izomnövekedést és kevesebb zsírbeépülést lehetett elérni nőivarban is. A tesztoszteron ugyanakkor megnöveli a kollagén szintézis mértékét is, ami a porhanyósságot csökkenti, és kedvezőtlenül befolyásolhatja a hús ízét és zamatát is.

A szteroidok a citoszolban található receptorokhoz kötődnek, a hormon-receptor komplex a sejtmagban hormon specifikus gének transzkripcióját indítja meg. A fehérjeszintézis új miofibrillumok és szarkoplazmatikus retikulum fehérjéket eredményez.

Indirekt módon is kifejtik növekedést serkentő hatásukat, serkentik a pajzsmirigy hormonokat, az STH-t, az IGF-et és az inzulint, gátolják a katabolikus hatású kortizolt.

A szintetikus szteroidok előállítására és a hústermelésben történő alkalmazására során a cél az anabolikus hatás növelése, ugyanakkor az ivari hatás csökkentése volt. Alkalmazásukat betiltották, miután potenciálisan carcinogénnek bizonyultak.

### 3.5. Leptinek

A leptint a (főleg a bőr alatti kötőszövetben lévő) zsírszövetek termelik, termelését az *obese (ob)* gén szabályozza. Fő feladata a szervezet energiamérlegének érzékelése, és részvétel annak fenntartásában. A zsírszövet mennyisége tartós energia felesleg (túlzott energia bevitel) esetén megnő. Ez a leptin termelés helyi ingere. A hormon a hipotalamusz jóllakottsági központját ingerli, azaz csökkenti a táplálék-felvételt. Gátolja a táplálékfelvételre ingerlő **neuropeptid Y (NPY)**-t és szimpatikotóniát idéző. Hormon hiányos állapot (kóros elhízás) alakul ki az *ob* gén hiánya (*ob/ob*), valamint a hormonszintet szabályozó gén hiánya (*db/db*, vagy *fa/fa*) esetén.

A hormon perifériás hatása főként az izmokra és a zsírszövetre érvényesül: a zsírszövetekben fokozza a zsírbontást, gátolja a zsírszintézist, serkenti a zsírsavak oxidációját; az izomrostokban növeli a sejtek glükóz felvételét és a glikogén szintézist, csökkenti a zsírberakódást.

---

## 2. fejezet - A tejtermelés élettani alapjai

Husvéth, Ferenc

### 1. A tejmirigy felépítése

A **tejmirigy** (*glandula lactifera, mamma, mastos*) a legnagyobb bőrmirigy. Módosult verejtékmirigy, amelynek váladéka a tej (*lac*), elsősorban az újszülött táplálására szolgál. A tejmirigyet kérődzőkben **tőgynek** (*uber*), ló, húsevők és a sertés fajban **csecsnek** (*mamma*) nevezzük.

Az emlősállatok tejmirigyét vékony, ráncoltatott, finoman szőrözött bőr fedi. A bőr a bimbókon vastagabb, ráncosabb és csupasz. A bőr alatti kötőszövet laza szerkezetű, benne zsír nem rakódik le. A tőgyben viszont bőven van zsírszövet. A subcutis alatt a **felületes pólya** található, amelyben nagyobb vénák és nyirokcsomók helyeződnek. Ún. interfascialis kötőszövet választja el a mély pólyától, amely a törzs **mély pólyájának**, növényevőkben a rugalmas rostokban gazdag, sárga haspólyának ide térő részlete.

A törzsről a kétoldali tejmirigy (tőgyfél) közé nyomulva, lóban és kérődzőkben a **tejmirigy függesztő szalagja** található, amely a kétoldali mirigyfelet sövényként határolja el. A mély pólyán belül a tejmirigy kötőszöveti tokja található, amely az egyes mirigytesteket (tőgynegyedeket) külön-külön befoglalja, elválasztja egymástól. A tokból a parenchymába nyomuló kötőszöveti sövények képezik a mirigy interstitiumát (stromáját), amelyben erek és idegek futnak. Az interstitium apró lebenyeket különít el a tejmirigy állományában.

A legfontosabb tejtermelő állatfajunk, a **szarvasmarha tőgye** a lágyéktájon, a combok között az utóhason, a medián sík két oldalán fejlődött ki, vagyis hasi-lágyéktáji helyeződésű. A lágyéktájon cranialisan a köldökhöz, caudalisan a pérához közel tölti ki a teret. Mindkét oldalon 2–2 önálló mirigytest, ennek megfelelően tőgynegyed, továbbá jobb és bal oldali tőgyfél található, amelyet a külsőleg jól látható *sulcus intermammaricus* választ el. A hátulsó tőgynegyedek fejlettebbek az elülsőknél.

A tejmirigyek két fő részét különböztetjük meg: a mirigy testét és a bimbókat. A **mirigytest** kötőszövetbe ágyazott mirigyszövet, amely a tejmirigy parenchymáját képezi. Ez a működő állomány termeli a tejet. A tőgy mirigyei csöves-bogyós mirigyek. A mirigyvégkamrák falát az **alaphártyán** egy rétegben helyeződő *apokrin* típusú mirigyhámsejtek alkotják.

Az egyes mirigyvégkamrákat sűrű kapillárisálózattal átszőtt kötőszövet fűzi egybe. A mirigyvégkamrákat a tejutakkal együtt összehúzódnásra képes, ún. **myoepithel sejtek** (kosár-, basalis sejtek) is körülölelik. A mirigyvégkamráktól finom csövecskék indulnak, amelyek nagyobb tejutakká egyesülnek; ezek a tejmedencébe szájjazzanak. A **tejmedence** részben a mirigy testében, részben a bimbóban helyeződik.

A kettő határán szűkületet képez sugaras redő formájában a Fürstenberg-féle vénagyűrű, amely megakadályozza a tej spontán ürülését.

A tejmirigy **bimbója** egyes fajokban hengeres, másokban lapított bázisán szélesebb, hegyén tompa csúcsban végződik. Bőre vastagabb, szörtelen és ráncosabb, mint a tejmirigy testén lévőé. A bimbóban bimbócsatorna található, amely a bimbó hegyén nyílik, azok száma a mirigytestek számától függ, fajoként változó. A **bimbócsatorna** falában a simaizom elemek záróizommá rendeződtek. A bimbónyílás nyálkahártyája zegzugos formába rendeződik (Fürstenberg-féle rozetta), és a mirigyeinek váladéka kis dugót (tejfaggyú) képezve barrierként szolgál a külvilág felé.

A tőgy artériája, a külső szemérem artéria, a lágyékcatornán át fut a tőgyhöz. Az ér közben a hasfal és a tőgy között két ágra, (elülső és hátulsó tőgyartéria; a *mammaria cranialis et caudalis*) oszlik. A vénák párhuzamosan haladnak az artériákkal. A vénás vér a tőgyből három úton távozik.

A tőgyet az agyéki idegek ventralis ágaiból adódó agyéki fonat (plexus lumbalis) első három idege, a **csípőalhasi ideg**, a **csípőlágyéki ideg** és a külső **ondóideg** idegzi be.

A tőgybimbó igen dús érző idegvégződésekből, amelyek nyomás-, hideg-, meleg- és fájdalomérző receptorok.

## 2. A tejmirigy fejlődése

A tejmirigy ectodermális eredetű szerv. Az embrióban az élet korai szakaszában kétoldalt ventralis helyzetűekben, paramedialis irányban alakulnak ki a *Schultze-féle tejlécek* formájában. A tejlécben a leendő bimbók számának megfelelő helyeken intenzíven sarjadnak a sejtek. A folyamat során tejpontok, majd tejdombok jelennek meg.

A tejmirigy mindkét nemben azonos fejlődési utat tesz meg a nemi érés folyamán, azonban a női nemi hormonok hatására csak a nőivarúakban fejlődik ki tejtermelésre alkalmas szervvé.

Az ivarzással kapcsolatos idegi-hormonális tényezők a tejmirigyek strukturális fejlődését mozditják elő. A tejmirigy szöveti állománya az ivari ciklus szakaszainak megfelelően változásokon megy át. Az ösztros idején az agykéregből és a hipotalamuszból érkező ingerekre a hipofízis elülső lebenyében termelődő **FSH** megindítja a tüsző **ösztrogén** hormonjainak képződését. A folyamat a tejmirigy stromájára, ürrendszerére fejlesztő hatású. A ciklus második szakaszában az **LH** termelése válik döntővé. A sárgatest **progeszteronjának** hatása következtében a tejmirigy alveolaris rendszere (parenchyma) kezd erőteljesen fejlődni.

A vemhesség idején a tejmirigyek szerkezeti fejlődésében újabb szakasz indul. Ilyenkor a sárgatest (corpus luteum) progeszteron hormonja, valamint a placenta által termelt szexuálhormonok szekréciója erőteljes és a hormonok hatására alakul ki a tejmirigy végleges struktúrája. A tejmirigy a vemhesség idején éri el teljesen kifejtett formáját és fejlődése tulajdonképpen csak az ellés után a 4–7. napon, a főcstej (*colostrum*) termelésének a végén fejeződik be. A tejmirigy strukturális fejlődését **mammogenezisnek** nevezzük.

A tejelválasztás (*tejszekréció*) közvetlenül az ellés után indul meg, intenzíven viszont csak az ellés után tapasztalható. Ez a tejképződés (**laktogenezis**) időszaka.

A tejtermelési időszakban (*laktáció*) a folyamatos tejbearamlást, a tejprodukción fenntartó tényezőt **galactopoezis** néven foglaljuk össze. A tejmirigy alveolusainak hámsejtjei bonyolult hormonális és idegi folyamatok összerendezettsége következményeként kezdik meg a tejelválasztást.

## 3. A tejszekréció

A tej összetevői főként a tejmirigy önálló, aktív működésének eredményeként keletkeznek. A **tej** (*lac feminium*) szerves alkotórészeinek többsége a tejmirigy alveolusainak hámjában szintetizálódik. Ez a folyamat és a képződött anyagok tejjé formálása a tejelválasztás (szekréció). A hámsejtek szekréciós képessége igen sokoldalú, mert a tejképződéskor a vérrel odaszállított anyagokból sokféle vegyületet kell előállítaniuk. E sokféle tevékenységet csak ez a típusú sejt végzi; úgy látszik, hogy minden egyes alveolus hámsejt képes az összes tejalkotó vegyület előállítására.

A tejben fehérjék, zsírok, szénhidrátok, egyéb szerves anyagok és ásványi anyagok találhatók. Ezeket az anyagokat vagy ezek prekursorait “szűrik ki” a mirigyhámsejtek a vérből. A tejben egy-egy alkotórészből több található, mint amennyit a vérplazmából a tejmirigy kiválaszt. Ez arra az intenzív és önálló szekrécióra utal, amely a tejmirigy működésére jellemző. A kérdést bonyolítja az, hogy a vérplazma a tejképződéshez az anyagokat nem állandó, hanem eléggé ingadozó, a takarmányozás, az emésztés és a felszívódás folyamataitól függő koncentrációban tartalmazza. A tej összetétele pedig adott fiziológiai határok között a fajra, a fajtára jellemző, vagyis viszonylag állandó.

## 4. A tej összetevői és képződésük

A tej meglehetősen bonyolult összetételű folyadék, minden olyan anyagot tartalmaz, amely az újszülött számára szükséges. A tej anyagait kémiai szerkezetük és élettani funkciójuk alapján öt csoportba soroljuk. Ezek a következők: fehérjék és más N-tartalmú anyagok, szénhidrátok, lipidek, ásványi anyagok, vitaminok és egyéb biológiai anyagok.

A laktáló tejmirigyben a teljes elvezetőrendszer impermeabilis (az anyagok számára átjárhatatlan) és tároló rendszerként viselkedik. Az alveolusok szekretoros részeit képező epithel sejtek ugyancsak impermeabilis egységek. Így megakadályozzák a paracelluláris (sejtek közötti) anyagáramlást és az epithel sejteken keresztül történő transcellularis anyagmozgást. Ennek eredményeként a mirigyvégkamrák felé kiválasztott és a tejvezetékekben tárolt tej alkotórészei (beleértve a vizet is) a szövetek, vagy a keringés felé visszaszívódni nem



képesek. A tej így a benne lévő főbb ionok ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  stb.) koncentrációinak állandósága miatt a vérplazmával szemben izoozmotikus állapotot tart fenn.

A tej szinte kizárólagos szénhidrátja a **tejcukor** (laktóz), amelyet a tejmirigy szintetizál. A szintézishez szükséges glükóz és a galaktóz prekursora a vércukor. (A kérődzőkben a propionsavból – glükózon keresztül – szintén képződhet laktóz.)

A tehéntej átlagos **fehérjetartalma** 3,4 - 3,5 % körül alakul. A tejfehérjén belül eltérő frakciókat lehet megkülönböztetni, melyek közül kérődzőkben a kazein a tejfehérje 80 %-át, míg a savófehérjék ( *$\alpha$ -laktalbumin, a  $\beta$ -laktoglobulin és az egyéb globulinok*) a tejfehérje 20 %-át teszik ki.

A tejben lévő fehérjék jelentős része a tejmirigy végkamráinak (alveolusainak) epithel sejtjeiben szintetizálódik, a vér által odaszállított aminosavak felhasználásával. Az  $\alpha$ -,  $\beta$ -  $\gamma$  - és a  $\kappa$ -kazein, az  $\alpha$ -laktalbumin és a  $\beta$ -laktoglobulin a tejmirigyek szekretoros állományát alkotó epithel sejtek endoplazmatikus reticulumában szintetizálódnak. Az emlős gazdasági állatok kolosztruma fontos immunoglobulin fehérjéket (Ig), főként IgA-t, valamint kisebb mennyiségben IgG-t és IgM-et tartalmaz, amelyek elsősorban a vírusos megbetegedések ellen védik az újszülöttet. A tejben számos nem fehérjetermészetű, de N-tartalmú anyag is van. Ilyenek a **karbamid**, a **kreatin** és a **kreatinin**, a **húgysav**, az **ammónia** és az **aminonitrogének**. Ezek a tejben levő összes N mintegy 3,5–6,5 %-át teszik ki. Közülük egyesek közvetlenül a vérből filtrálódnak át a tejbe, mások feltételezhetően a tejmirigy metabolikus termékei.

A vérplazma és a tej **zsírtartalma** között szembevetendő a mennyiségi különbség. A tehéntejben 20-szor, a kocatejben 40-szer annyi zsír található például, mint a vérplazmában. Ezen túlmenően a tejszír zsírsavösszetétele is jelentősen eltér a szervezet egyéb zsírféléitől, lipidjeitől. A tejlipidek többségét a **trigliceridek** alkotják. A tej igen kis mennyiségben foszfolipideket, koleszterint, zsírolható vitaminokat, szabad zsírsavakat, monoglicerideket és számos egyéb lipidet vagy lipidszerű anyagot is tartalmaz. A tejben a zsír apró, 3–4  $\mu\text{m}$  átmérőjű gömböcskéket, **globulumokat** alkot, amelyek belsejét trigliceridek, membránszerű külső rétegüket ezeken kívül egyes foszfolipidek, koleszterin, A-vitamin, fehérje és egyéb komponensek alkotják. Valószínű, hogy ez a borító réteg az alveoláris sejtek külső membránjából képződik, miközben a zsírglobulumok áthaladnak rajta és kiválasztódnak a tejbe. A palmitinsav másik része, továbbá a C–18 savak többsége nem a tejmirigyben, hanem a szervezet más szöveteiben keletkeznek. (Az olajsav mindazonáltal a sztearinsav deszaturálásával a tejmirigyben is képződhet.)

A laktáció, különösen a csúcsteljesítmény időszakában, jelentős metabolikus forrásokat, energiát igényel. A tejmirigyben felhasznált energia kérődzőkben elsősorban az előgyomrokban folyó mikrobás fermentáció során keletkező, rövid szénláncú zsírsavakból (illózsírsavakból), főként ecetsavból, propionsavból és vajsavból származik, míg monogastrius állatokban az energiaforrás nagyrészt glükózból adódik. A csúcsteljesítményből, vagy az elégtelen takarmányozásból adódó energiadeficit esetén a szervezet zsírraktárában deponált zsírsavak mobilizációja kerül előtérbe. Az energia tekintélyes hányada a mobilizált zsírsavak oxidációjából származik. A bőtejelő tehenek a laktáció első heteiben takarmányukból a tejtermeléshez szükséges energiát felvenni nem tudják, katabolikus anyagforgalmi állapotba kerülnek, és az ellés időpontjában megállapított testtömegük mintegy 20%-át veszíthetik el. Ez a csökkenés a szervezet energiaraktárainak (elsősorban a zsírszövet) leépülésének és energia mobilizációjának a következménye. A növekedési hormon (STH) fokozva a mirigyhámsejtekben folyó metabolikus folyamatok hatékonyságát és a tejmirigy vérellátását, kedvezően befolyásolja a tejtermelést.

A **tej ásványi anyagai** közvetlenül a vérből kerülnek át a tejbe. A különbség legfeljebb annyi, hogy a kiválasztás során más kémiai kapcsolatot létesítenek. Az újszülött állatok ásványianyag-ellátása szempontjából igen jelentős a tejben lévő Ca és P mennyisége és aránya. Táplálkozás-élettani szempontból azonban fontosak az egyéb makro- és mikroelemek is. A kiválasztás módjára vonatkozóan több elképzelés van. Legelfogadhatóbb az a feltevés, miszerint az alveolusok membránja szelektív kiválasztó tevékenységgel rendelkezik.

A tejmirigyek alveolusaiba kiválasztott tej és vérplazma között, noha az ásványi anyagok koncentrációja a tejben – az NaCl-et kivéve – lényegesen nagyobb, mint a plazmában, izoozmotikus áll fenn. A tej leglényegesebb ásványi anyagai közül azonban a Ca mintegy 75 %-ban nem ionizált, hanem kazeinhez kötött formában, részben, mint **Ca-kazeinát**, részben, mint **kolloidális  $\text{CaHPO}_4$**  található meg. Hasonló a helyzet a P esetében is, amelynek 54 %-a vagy az előbb említett  $\text{CaHPO}_4$ -ben, vagy mint foszforproteid van jelen a tejben. Az ilyen formában megkötött Ca és P ozmózis nyomás szempontjából inaktív. Ezért lehetséges az, hogy a tej dúsabb ugyan ásványi anyagokban, mint a plazma, ozmózis nyomása viszont közel azonos.

A tehéntejben a fontosabb sókban, vagy proteinátokban lévő ionok a kalcium, a magnézium, a foszfor, a nátrium, a kálium, a kén és a klorid. Ezekon kívül igen kis mennyiségben (0,02 mmol/L) alumínium, bór, bróm, kobalt, réz, fluor, jód, vas, mangán, molibdén, szilícium, ezüst, stroncium és cink is kimutatható benne. Bizonyos ásványi összetevők vonatkozásában az egyes fajok teje közt jelentős különbségek vannak.

A tejben szinte valamennyi ismert **vitamin** megtalálható. Mennyiségük és arányaik állatfajonként, s részben a takarmánytól függően változnak. A kérődzők bendő-mikroorganizmusai például a B-csoport valamennyi vitaminját szintetizálják, szintjük tehát a tejben kevésbé függ a takarmánytól. A K-vitamint nemcsak a bendőben, hanem a vak- és remesebélben lévő mikroorganizmusok is szintetizálják. Ezért mennyisége a tejben – amely egyébként is csekély – a monogastrikusokban is kevésbé függ a takarmánytól. A tej D-vitamin szintjét, amely normális viszonyok köztelenyésző, csak az állatnak takarmánnyal igen nagy adagban adottan lehet növelni. Az aszkorbinsav mennyiségét a tejben a takarmánnyal alig lehet befolyásolni. Számos állatfaj, így a birka, a kecske és a sertés, a rendelkezésre álló összes karotinoidot A-vitaminná konvertálja, s emiatt igen kevés szekretálódik a tejbe. A tehén tejében ezzel szemben jelentős mennyiségű karotinoid ürülhet, ámbar a fajtakülönbségek ebben a vonatkozásban is jelentősek. A holstein tehének pl. igen hatásos karotinoid konvertáló képességgel rendelkeznek, így a tejükben viszonylag kevés karotinoid választódik ki, ugyanakkor a jersey fajta ezirányú képessége szerényebb.

## 5. A tejelválasztás hormonális szabályozása

A tejtermelés megindításában és annak fenntartásában több hormon vesz részt. Tehénben a **mammogenezis** fő hormonja a **choriomamotrop hormon** (vagy placentáris laktogén, **PL**). A PL a vemhesség második felében a chorionban képződik. Hatására fokozódik a tejmirigy-hámsejtek aminosav felvétele és a fehérjeszintézis. Az intenzív osztódás előidézője az **ösztadiol**, amelynek mennyisége egy-két héttel az ellés előtt gyorsan megnövekszik.

A tejtermelés megindulását és folyamatosságát a hipofízishormonok közül elsősorban a **prolaktin** biztosítja. A hipofízis elülső lebenyében termelődő prolaktin hatékony koncentrációban kerül a tejtermelő állat vérébe, és nemcsak megindítja, hanem folyamatosan fenn is tartja a tejelválasztást. A prolaktin képződésének megindításában sok tényező vesz részt. A vemhesség idején a vérplazmában keringő nemi hormonok a hipofízis elülső lebenyének sejtjeiben gátolják a prolaktin termelődését.

Ellés előtt a magzati mellékvesekéreg **glükokortikoidjainak**, később az anya szervezetében felszabaduló  $\text{PGF}_{2\alpha}$  (**prostaglandin**) hatására az anya vérplazmájának progeszteronszintje csökken. A progeszteronszint rohamos csökkenését azonban főként az okozza, hogy az ellés után távozik a placenta és hogy inaktívulódik a vemhességi sárgatest. Progeszteron hiányában a hipofízis elülső lebenyének sejtjei mentesülnek a gátlás alól, megindul a prolaktin képződése. A folyamatos tejtermeléshez az említett hormon optimális vérplazma-koncentrációja is szükséges. A megfelelő endokrin működés érdekében fontos az ösztrogének termelődésének megindulása az ellés után és megfelelő koncentrációjának fenntartása azt követően a vérplazmában. A folyamatokhoz hozzájárul mind a pajzsmirigy, mind pedig a mellékvesekéreg hormontermelése is.

Az első szopással ezután jelentősen megváltozik a tejelválasztás szabályozásának mechanizmusa. Az inger (szopás, tőgymosás, fejés) hatására prolaktin, ACTH, TSH, valamint STH áramlik ki, majd az inzulinszint is emelkedik. Az ACTH serkenti a **kortizol** szekrécióját, elősegítve a glükoneogenezis fokozódását, ezáltal a tejcukorképződést is a tőgyben. A TSH kiáramlás növekedése következtében nő a **tiroxinszint**. Ez a hormon serkenti a tejszekrécióhoz energiát szolgáltató folyamatokat. Az STH ugyanakkor a szomatomedineken (IGF) keresztül fokozza az **inzulinszintet**. A három hormon együtt alkotja az ún. *laktogén komplexumot*, amelynek mennyisége és szerepe a laktogenezis időszakában jelentősen megnő.

**Galactopoezis** alatt nélkülözhetetlen, hogy a tőgy parenchymája időről időre megújuljon. Erről monogasztrikusokban a **prolaktin**, kérődzőkben a szomatotrop hormon (**STH**) gondoskodik. A növekedési hormon jelzéseire a fejest követő 20-30 perc alatt osztódásnak indul a mirigyhámsejtek egy része, azaz „megfiatalodik” a tőgy tejképző állománya. E kulcshormon mellett a galactopoezis időszakában a laktogén komplexumból úgy látszik, hogy a tiroxinhatás válik fontossá a galactopoezis idején és csakis ekkor lehet a tejtermelést szerves jódkészítmény, pl. kazein-jodát etetésével növelni.

A **tejelválasztás**, vagyis a tej összetevő anyagainak képződése (szekréció) szigorúan elkülönül a *tejbelövellés*, a tejleadás és kiürítés mechanizmusától. Ez utóbbi folyamat (*ejekció*) további neurohormonális szabályozás függvénye.

Az **ejekció** mechanizmusának hormonális magyarázata szerint a fejési és szopási ingerek olyan ingerületeket indítanak el, amelyek a hipotalamuszon keresztül a neurohipofízisbe kerülve megindítják, majd fokozzák az **oxitocin** felszabadulását. Az oxitocin a tejmirigy myoepithel vagyis kosársejtjeit összehúzóásra készíti, aminek hatására a tej bekerül a mirigy ür- és csatornarendszerébe. A következő fázisban pedig a tej kiürítése következhet. A tej kiürüléséhez a tőgy ereinek vérbősége, a tőgy duzzadása elengedhetetlen. A korábban említett ingerekre, reflexsorozat eredményeként 30 sec alatt 4,6 kP-ra nő a tejnyomás a tejmedencében. Az értágulat **béta-recepció**, vagyis az érfalban lévő simaizom sejtekben cAMP-képződést kiváltó folyamat. Ezt vagy az idegvégződésekben képződő acetyl-kolin hozza létre, vagy a csekély mennyiségű adrenalin. A fejés közben gyenge szimpatikotónia jut érvényre. Amennyiben azonban gátló inger (kellemetlen hatás) éri az állatot (ijedség, idegen fejő, új gép, kutya ugatása stb.), jelentős mennyiségű *adrenalin* szabadul fel, amelynek hatására a tőgy erei szűkülnek (*vasoconstrictio*), a mirigy elpetyhüdik, azt nem lehet kifejni. Ezt az állapotot nevezik "tejvisszatartásnak". A kiváltó hatás megszűnése után csak akkor indul meg újra az ejekció, ha még elegendő mennyiségű oxitocin van a vérben. Ha már nincs (a fejés megkezdésétől számított 8–10 perc múlva), akkor csak az alveoláris nyomás fokozásával, azaz oxitocin-injekcióval lehet az ejekciót újra megindítani.

---

# 3. fejezet - A tojástermelés élettani alapjai

Kovács, Melinda

Wolfné Táskai, Erzsébet

A nőivarú madár ivarkészüléke a petefészkekből és a petevezetőből áll. Szervtelepeik eredetileg párosak, a madárfajok többségében azonban csak a bal oldali petefészkek és petevezető fejlődik ki, mivel az embrionális fejlődés alatt a jobb oldali szervekdemények a fejlődéshez szükséges ösztrogén hormonkötő receptorainak hiányában hanyatlásnak indulnak, és származékaik nem alakulnak ki.

## 1. A petefészkek felépítése, oogenezis és tüszőérés

A madár **petefészke** a testüreg bal oldalán helyeződik. A működő szerv alakja a felületéről kiemelkedő nagyszámú, különböző méretű tüsző következtében szőlőfűrthöz hasonló. Függesztő szalag rögzíti a gerincoszlophoz.

Felületét vékony kötőszövetes tok borítja, alatta egyrétegű csirahám kapcsolódik a laza rostos kötőszövetből álló, sok simaizomsejttel tartalmazó állományhoz. A petefészkek állományát kéreg- és velóállományra osztjuk, a tojásból kikelő madár petefészke kéregállományában több millió mikroszkopikus méretű elsődleges tüsző található.

### 1.1. Az oogenezis és a tüszőérés

Az oogenezis már az embrionális életben megindul az ősvarsejtek osztódásával (**szaporodási fázis**) és az embriogenezis végére a meiózis végső szakaszáig jut el. Eredménye az elsődleges tüszőben lévő *primer oocyta*. Kikelés után újabb petesejtek már nem képződnek. A posztembrionális időszakban óriási mennyiségűnek csak töredéke fog megérni és ovulálódni, többségük atretizál (elhal).

Az elsődleges tüszőben lévő petesejtek osztódásukat csak ovuláció előtt folytatják, addig azonban jelentős növekedési folyamatokon mennek keresztül. A **növekedési fázis** első szakaszában a szikanyagok közül a neutrális zsírok épülnek be a citoplazmába. A második szakaszban a fehérjékben gazdag, ún. fehérszik felhalmozása történik. A harmadik szakaszt a tüszők rendkívül gyors növekedése, a karotinoidoktól sárga szik beépülése jellemzi.

Az **érési fázis** a petesejt meiotikus osztódását jelenti. Közvetlenül az ovuláció előtt a meiózis I. során kialakul a *szekunder oocyta* és kilökődik a sarki test (*polocyta*). A meiózis II. a petevezetőben fejeződik be, a megtermékenyítés pillanatában.

A petesejtek növekedésével együtt változik a tüszők nagysága, szerkezete és a kéregállományban elfoglalt helyzete is. Az **elsődleges tüszők** falának egyrétegű granulosa hámszejtjei magasabbá válnak és megjelenik a kötőszöveti tok (*theca interna és theca externa*). Ezzel új tüszőtípus, a kéregállományból már kissé kidomborodó, ún. **kis fehér tüsző** jön létre. A fehér tüszők között bizonyos rangsor alakul ki: kis, **középnagy** és **nagy fehér tüszők** jönnek létre. Az ivarérett (maturáció) kezdetén megkezdődik a legnagyobb fehér tüszőkben a karotinoidokat tartalmazó sárga szik beépülése és kialakul a **kis sárga tüszők** nemzedéke. A továbbiakban a fehér és a sárga szik berakódása szabályosan váltakozva zajlik (szintézisük napszakos eltérése miatt) és a citoplazmát a kétféle szik réteges elrendeződése jellemzi.

A maturációs periódusban a sárga tüszők négy generációja figyelhető meg: **kis sárga tüszők** (F4), **középnagy sárga tüszők** (F3), **nagy sárga tüszők** (F2) és a fölrepedés előtt álló vagy **preovulációs tüsző** (F1).

A sárga tüszőket **nyeles tüszőknek** is szokták nevezni, mivel a rohamosan növekvő képletek egyre jobban kiemelkednek és eltávolodnak a petefészkek állományától, így táplálásuk egy folyamatosan hosszabbodó nyélen keresztül valósul meg, amely a tüsző falát összeköti a petefészkek velóállományával. A preovulációs tüszőből mindig csak egy figyelhető meg a petefészkekben.

Az ovuláció során a tüsző fala a *stigma* mentén fölreped, a petesejt kiszabadul. A pete leválását – ellentétben az emlősökével – a tüsző falában lévő spirális lefutású erek összehúzódása miatt nem követi vérzés. A tüsző falát rugalmas rostjai is zsugorítják, ürege összeesik, jellegzetes alakja után a kiürült tüszőt **kehelynek** (*calix*) nevezzük.

A madarak **petesejtje** (a tojássárgája) valamennyi sejt közül a legnagyobb. Tömegének döntő részét szikanyag teszi ki (poli- és telolecitális). A háziyúk ovulált petesejtje kb. 3,5 cm átmérőjű és 18–20 g-os.

A **szikanyag** 50% vizet, 33% lipidet és 16% fehérjét tartalmaz. A fennmaradó hányadot karotinoidok, glükóz, ásványi sók és egyéb anyagok (vitaminok, enzimek) teszik ki. A szikfehérjék döntő része a májban képződik, szintézisüket ösztrogének serkentik.

A fehérjefrakció legfontosabb képviselője a foszfortartalmú **foszvitin** (foszfovitellin). A vízdékony fehérjék a **livertinek**. A lipoproteinek legjellemzőbb komponense a **lipovitellin**, amely csak madárban fordul elő. A foszfo- és lipoproteinek a vérben Ca-al alkotott komplex formájában szállítódnak, a szikanyagok pinocitózissal bejutnak a petesejtbe, míg a Ca-ion a méshéj képződésben használódik fel.

A szikanyagok membránnal burkolt szemcsék formájában felhalmozódnak a sejtben, a sejttag néhány mitokondriummal és a gyengén fejlett endoplazmatikus retikulummal a petesejt animális pólusán kialakítja a **csírákorongot** (*discus germinativus*). A körülötte lévő citoplazma a **rejték** (*latebra*).

A petesejtet a tüszőben saját sejtthártyáján kívül burkok, a **fénylő zóna** (*zona pellucida*) és a **sugaras koszorú** (*corona radiata*) veszik körül. Az ovulációkor az infundibulumba kerülő petesejtet csak a zona pellucida veszi körül.

## 1.2. A petefészek hormontermelése

A petefészek endokrin működése több vonatkozásban eltér az emlősökétől. Az ivarérett madár petefészke a tüszőérés folyamán **ösztrogéneket**, progeszteront, tesztoszteront és prosztaglandinokat termel. Az ösztrogének zöme a nagy fehér és kisebb sárga tüszőkben termelődik, az **androgének** a kis és középnagy tüszőkre a legjellemzőbbek, a **progeszteron** és **prostaglandin** szekréció pedig a nagy nyeles tüszőkben a legerőteljesebb.

Az ovulációt követően a kehely rövid ideig **progeszteront** termel. Élettartama azonban igen rövid, egy-két nap után sorvadásnak indul.

## 2. A petevezető felépítése, tojásképződés folyamata

A **petevezető** a testüreg bal felső részében, savós hártával elkülönített rekeszben helyeződő tágulékony, kacsokat alkotó, csőszerű szerv. A gerincoszlophoz rövid savóshártya-kettőzet rögzíti. Naposcsirkében alig látható, cérnastagságú képlet, a növendék jérében már 10–30 cm-es, de még tagolatlan, majd tojásrakás alatt 60–70 cm hosszú, tágulékony, hullámos lefutású csöként figyelhető meg, vastagsága a vékonybélhez hasonló. A petevezető **nyálkahártyájára** a kehelysejtekkel tarkított hengerhám a jellemző, amely csillós egyrétegű, illetve többmagsoros vagy csilló nélküli, többretegű, hengerhám formájában jelenik meg a petevezető különböző szakaszaiban. A nyálkahártya kötőszöveti rétegében számos csöves mirigy található, szekréciós tevékenységük képezi – a hámréteg váladéktermelésével kiegészülve – a tojásképződés alapját.

**Simaizomrétege** a proximalis végen vékonyabb, majd vastagodik és réteges elrendeződést alakít ki, perisztaltikája a képződő tojás továbbjutását segíti elő. A petevezető distalis végén záróizomgyűrűt képez, amely a tojás lerakásának aktív résztvevője. A szervet kívülről **savóshártya** borítja.

A petevezetőnek hat szakaszát különböztetjük meg: 1. tölcsér (*infundibulum*), 2. fehérjemirigy (*magnum*), 3. szűkület (*isthmus*), 4. héjmirigy vagy méh (*uterus*), 5. nyak (*cervix*), 6. hüvely (*vagina*).

### 2.1. A tölcsér

A tölcsér (*infundibulum*) proximalis szakasza széles, szabad végén lévő rojtjai ovuláció idején ráborulnak a tüszőre és felfogják a levált petesejtet. Distalis része szűkebb, nyálkahártyájában kriptaszerű bemélyedések vannak, amelyek nem váladékot termelnek, hanem ondósejteket tárolnak. Ezek, valamint a hüvely mirigyei (lásd később) a tojásképződés miatt idejében korlátozott megtermékenyülés feltételeit teremtik meg a **spermiumraktározás** révén.

A levált petesejt kb. 30 perc alatt (házityúk) halad át a tölcséren, és eközben termékenyül meg. A tölcsér hámrétegében a kehelysejtek és egyéb mirigysejtek által termelt váladék az áthaladó petesejtre egy rostos, hálózatos réteg formájában rakódik rá, ez lesz a jégzsinór alapja.

## 2.2. A fehérjemirigy, a tojásfehérje képződése

A **fehérjemirigy**, a **szűkület** és a **méh** nyálkahártyája magas redőket vet. Többmagosoros csillós hengerhámjának szekréciós sejtjei és a kötőszövetben lévő mirigyek váladékot termelnek.

A fehérjemirigy a petevezető leghosszabb szakasza, sejtjei és mirigyei termelik a tojás fehérjeburkának döntő részét. A váladék kiürülését a rajta áthaladó, kialakulóban lévő tojás mechanikai ingere váltja ki. A szabályosan kialakult, lerakott tojásban a tojásfehérje (albumen) három rétege figyelhető meg: a külső és belső híg, valamint a középső sűrű fehérje réteg.

A tojásfehérje kb. 88,5 % vizet, 10,5 % fehérjét, 0,5 % szénhidrátot, ugyanennyi ásványi sót és vitaminokat tartalmaz. A fehérjék főként glikoproteinek formájában vannak jelen. Ezeknek több mint fele **ovalbumin** (transzport és struktúr fehérje). Tartalmaz Fe-kötő kapacitása miatt antibakteriális hatású **ovotranszferrint**, ugyancsak baktérium ellenes **lizozimot**, tripszingátló **ovomukoidot**, **immunogén**, **vitamin-kötő** és **enzimhatású fehérjéket**.

## 2.3. A szűkület, a héjhártya képződése

A szűkületben 1–2 órát tartózkodik a fehérjével burkolt tojássárgája, miközben kialakul a héjhártya. A **héjhártya** mukopoliszacharid cementbe ágyazott fehérjefonalakból, rostokból áll. Két rétege közül a belsőben a rostok vékonyabbak és sűrű szöveteket alkotnak (véd a baktériumok behatolásával szemben is). A külső rétegben durvábbak, vastosabbak, hálózatuk viszont lazább. A héjhártya megszabja a tojás végleges alakját, a rostok közötti pórusokon keresztül azonban még átdiffundálhatnak bizonyos anyagok (pl. víz, higan folyó fehérjék), így az alakot kivéve a tojás egyéb jellemzői még változni fognak.

A **jégzsinór** alapjául szolgáló fonalak, rostok már a tölcsérben és a fehérjemirigyben megjelennek. A továbbhaladás folyamán a fonalak mennyiségének növekedése és a spirális forgás egy jellegzetesen csavarodott rostfonatot alakít ki, amely létrehozza a héjhártyához (a tojás éles és tompa végén) kapcsolódó jégzsinórt. Keletkezésével egyidejűleg a fehérje három rétegeből (belső híg-, középső sűrű- és külső hígfehérje) a tojássárgája körül kialakul a belső, higan folyó fehérjeréteg, amely a továbbiakban lehetővé teszi, hogy a jégzsinór a tojássárgáját-mint egy függőágyban-lebegő helyzetben tartsa és elmozdulását is lehetővé tegye úgy, hogy a csírákorong a tojás bármely helyzetében felfelé irányuljon.

A héjhártya két rétege a tojás lerakását követően elválik egymástól és a tojás tompa végén kialakul a **légkamra**.

## 2.4. A héjmirigy, a méshéj képződése

A héjmirigyben (vagy méhben) zajló méshéjképződés a tojás kialakulásának leghosszadalmasabb folyamata (házityúkban 19–20 óra).

A **lassú meszesedési fázisban** (kb. 5 óra) a héjhártya pórusain víz, vízben oldott fehérjék és ásványi sók diffundálnak a tojásfehérjébe. Közben befejeződik a **mamillaréteg** kialakulása.

Az **intenzív meszesedés szakaszában** (kb. 12–13 óra), a héjhártya külső felületén mészoszlopok képződnek és létrehozzák a tojáshéj **palisad rétegét**. A mészoszlopok közeit szerves matrix tölti ki. A héjfelszínhez közel az oszlopok között szabálytalan csatornarendszer formálódik, amely pórusokkal nyílik a felszínre, és a későbbiekben a tojás szellőzését is ellátja. A palisad réteg tetején még egy igen vékony, **függőleges kristályos réteg** található. A tojáshéj felszínét **cuticula** borítja (anyaga a szerves matrixhoz hasonló), színét hemoglobin és epefesték bomlástermékektől kapja. Feladata a tojás védelme a kórokozókkal és a nedvességgel szemben.

A méshéj **szerves anyagait** zömmel a héjmirigy nyálkahártyájának hámsejtjei termelik. A tojáshéj szerves anyagai között különböző ásványi sók találhatók, döntő mennyiségét azonban a **kalcium-karbonát** adja. A méshéjba épülő Ca a vérplazmából származik, a hidrogén-karbonát-iont a héjmirigy hámsejtjei és csöves mirigyei állítják elő az anyagcseréjük során képződő szén-dioxidból szénsavanhidráz segítségével. A szabaddá váló protonok egy része a véráramba diffundál, így az elfolyó vénás vér pH-ja a méshéjképződés időszaka alatt enyhén csökken, **metabolikus acidózist** kialakítva. Ennek kompenzálására hiperventillációval és lúgos vizelet ürítésével van lehetőség.

## 2.5. A nyak

A **nyak** a petevezető legrövidebb szakasza. Jól fejlett, körkörös izomrétege zárja és ezáltal védi a petevezető előző szakaszait. Nyálkahártyájának kehelysejtjei jelentős mennyiségű mucint termelnek, amely segíti a tojás továbbjutását. A kötőszövetes rétegében számos **spermiumraktározó** egyszerű csöves **mirigy** található (uterovaginális mirigyek). Tojásképződés idején a petevezetőben lefelé haladó tojás gyakorlatilag lehetetlenné teszi a párázaskor bekerült ondósejtek feljutását a tölcsérbe, ezért a spermiumraktározó mirigyekből a tojásrakást követő fél-egy órában ürülnek a spermiumok. A mirigyek 10-40 napig is termékenyítőképes állapotban tartják a spermiumokat, és némi szelekciót is végeznek.

## 2.6. A hüvely, ovipozíció

A **hüvely** a petevezető S-alakban hajlott, végső szakasza, a kloákába nyílik. Fala rendkívül tágulékony, az S hajlat pedig alkalmassá teszi arra, hogy az ovipozíció során kiegyenesedjék és a kloáka szájadékába tolódjék. A tojás tehát a kloákaival tulajdonképpen nem érintkezik, szennyeződések csak a lerakás után kerülhetnek rá.

# 3. A tojásképződés hormonális szabályozása

## 3.1. A petefészek működésének szabályozása

A hypothalamusban termelődő **Gn-RH** (gonadoliberin) hatására felszabaduló gonadotrop hormonok a petefészek működését (tüszőérés, hormontermelés, ovuláció) befolyásolják. A tüszők növekedésével folyamatosan csökken azok **FSH**, nő viszont az **LH** kötő receptorainak száma. Így az ösztrogéntermelő tüszők FSH-ra, míg a progeszterontermelők LH-ra érzékenyek.

A sárga **tüszők** érése során az **ösztrogén** kezdetben magas szintje (F1 és F2 tüszők) folyamatosan csökken, miközben a **progeszteroné** emelkedik (F3 és F4 tüszők) és a Gn-RH-n keresztül fokozódó LH szekréciót és felszabadulást okoz, majd 2–3 órával az ovuláció előtt a lökészerűen kiáramló hormon preovulációs LH-csúcsot hoz létre. Az LH „tüszőgyengítő” (hidrolitikus enzimek aktiválása) hatása váltja ki (emlősökhöz hasonlóan) az **ovulációt**. Az ugyancsak a petefészekben termelődő **prostaglandinok** érösszehúzó (a tüsző vérellátását csökkentő) hatásukkal segítik az ovuláció kialakulását.

A **kehely** LH hatásra rövid ideig még **progeszteront** termel és jelentős a prosztoglandin tartalma is. Ez utóbbiaknak ovipozíció kapcsán van jelentőségük.

## 3.2. A petevezető működésének szabályozása

A petevezető megfelelő struktúrájának kialakításában és jellemző működésének – a tojásképzés folyamatának – szabályozásában a petefészek hormonjai játsszák a döntő szerepet.

Az **ösztrogének** serkentik a mRNS- és fehérjeszintézist, fokozzák a nyálkahártya hámrétegében és csöves mirigyekben a sejtek osztódását és differenciálódását, valamint kiépítik és aktiválják a progeszteron-kötő receptorokat. A **progeszteron** gátolja a nyálkahártya túlszaporodását, szükséges a kehelysejtek kialakulásához és nélkülözhetetlen a különböző fehérjék szintéziséhez. A működő petevezetőben együttes ösztrogén-progeszteron hatás érvényesül.

A szexuáliszteroidok fontos komponensei a tojáshéj képződését szabályozó hormonális rendszernek is. A tojásrakás ideje alatt a héjképződés miatt rendkívüli mértékben megnő a Ca-szükséglet, ezért a szervezet Ca-forgalma átalakul. A Ca-metabolizmus áthangolása már egy-két héttel a tojásrakás előtt megkezdődik, hogy a héjképzés megindulásával a folyamatos Ca-ellátás meglegyen.

A szérum Ca-szintjének növelése alapvetően háromféle módon lehetséges: 1. a Ca bélből történő felszívódásának fokozásával, 2. a Ca-ürítés csökkentésével, 3. a medulláris csontok Ca-tartalmának mobilizálásával.

A Ca felszívódását a vékonybélből az aktív 1,25-dihidroxi-kolekalciferol (**D-hormon**) serkenti a speciális Ca-kötő fehérje (CaBP) szintézisének fokozásával. Szinergistái az ösztrogének, a tesztoszteron és a parathormon. Ezek egyrészt közvetlenül is hatnak a bélsőre, másrészt a vesében serkentik a D<sub>3</sub>-vitamin átalakulását.

A **parathormon** a vesetubulusokban növeli a Ca-visszaszívást, továbbá aktiválja az osteoclast sejteket, amelyek a medulláris csontállományt bontják, és Ca-ot juttatnak a vérbe. A medulláris csontok a tojásrakás előtt alakulnak ki a szexuáliszteroidok és a parathormon által megnövelt Ca-felszívódás következtében. A medulláris csont elsősorban a Ca-forgalom napi ingadozásának kiegyenlítését szolgálja. Napközben a Ca-felvétel általában folyamatos, a takarmánnyal felvett Ca közvetlenül a héjmirigybe, feleslege pedig a medulláris csontba kerül. A medulláris csontban lévő Ca mobilizálására az éjszakai órákban vagy akkor kerül sor, ha a Ca-felvétel mértéke a kívánt szint alatt van. Ez utóbbi leggyakrabban a táplálék kis Ca-tartalmával függ össze. A tojó ilyenkor a csontokból történő mozgósítással igyekszik kompenzálni a Ca-hiányt, miközben egyre vékonyabb héjú tojások képződnek, majd leáll a tojástermelés. A szérum Ca-szint kritikus érték alá süllyedése ugyanis gátolja a Gn-RH szekréciót, majd a gonadotropinok kiesése a szexuáliszteroidok olyan alacsony szintjét jelenti, amellyel nem lehetséges már sem a medulláris csont helyreállítása, sem pedig újabb ovuláció létrejötte.

### 3.3. Az ovipozíció szabályozása

A tojás lerakását, az ovipozíciót a héjmirigy (tojástartó) erőteljes izomzatának kontrakciója hozza létre. Az izom-összehúzódást a neurohipofízisből kiáramló **arginin-vazotocin** és a petefészek képleteiben, valamint a méh falában is termelődő **prostaglandinok** váltják ki. Receptoraik ösztrogén hatására épülnek ki a héjmirigy izomzatán.

## 4. A tojásrakási sorozat

A tojásrakás sorozatokban történik, amelyeken belül az ovulációk közötti időt a tojásképződés ideje határozza meg. Házityúkban a tojás kialakulása 24,5 órát vesz igénybe, majd 30-60 perccel a lerakás után következik be az újabb ovuláció. A sorozaton belül tehát az ovipozíció (és az ovuláció) időpontja mindennap kb. egy-másfél órával későbbre tolódik az előző naphoz képest. A tojásrakás időpontjai meghatározott napszak 8-9 óras időtartamára esnek, amely a fajra jellemző, ún. nyitott periódus (házityúkban a nappali időszak első fele). Az ovuláció és az ovipozíció időbeli összefüggéséből következik, hogy a **nyitott periódus** kezdete egybeesik a sorozat első ovulációjával, majd a peteleválás a sorozat alatt naponta mind későbbre tolódnak, míg nem a nyitott periódus végén az utolsó ovulációval a sorozat le is zárul. A következő sorozat néhány pihenőnap közbeiktatása után indulhat újra a nyitott periódus kezdetén.

A tojásrakási sorozat alatt a következő hormonális változások figyelhetők meg: a tüszők LH-érékenysége gyengül, a preovulációs LH-csúcs nagysága folyamatosan csökken, és időben közelebb kerül a peteleváláshoz, valamint ezzel együtt visszaesnek a progeszteronmaximumok. A sorozat előrehaladtával tehát fáziseltolódások következnek be az ovulációt meghatározó hormonszint-maximumok között. A fáziseltolódások hátterében valószínűleg a napi fénytartam változásaira reagáló ritmusszabályozók állnak. A madarakban több, meghatározott szerkezethez (suprachiasmaticus mag, tobozmirigy, retina) kötődő, és a külső környezeti tényezők (pl. fény, időjárási tényezők) által szinkronizált endogén ritmusú mechanizmus működik. Ezek az ovuláció-ovipozíció szabályozásában is részt vesznek, a sorozat hosszát tehát a ritmusszabályozó és a fáziseltolódások ellen irányuló endokrin hatások együttesen határozzák meg. Ha a fáziseltolódás eléri a határértéket, a preovulációs LH-csúcs és így az ovuláció is elmarad, majd a pihenőnapok alatt a szabályozórendszer visszaállítja a jellemző ritmust. A tojásrakási sorozat szabályozásának részletei ma még nem tisztázottak.

## 5. A tojás

A természet egyik legtokéletesebb eledele lehet az ember számára a tojás.

Egy átlagos tyúktojás 10-12 %-a a meszes héj, így az ehető tojástartalom kb. 50 g, melynek 2/3 része a tojásfehérje, míg 1/3-a a tojássárgája. A tojásfehérje kb. 90, a tojássárgája mintegy 50 %-a víz. A tojás fehérjéi tartalmazzák az ember számára szükséges esszenciális aminosavakat, biológiai értékük magas.

A tojás sárgája számos olyan anyagot tartalmaz, amely az ember számára is fontos. A szikanyagok kétharmad része lipid, melynek kb. 60 %-a trigliceridek, a többi foszfortartalmú foszfolipid. A zsírsavaknak kb. 70 %-a telítetlen (MUFA és PUFA), a többi telített zsírsav (palmitinsav, sztearinsav). A tojásban így a zsírsavak aránya szinte optimálisnak tekinthető táplálkozás élettani szempontból. A zsírsav összetétel takarmányozással befolyásolható, gyakori annak PUFA tartalmának így módon történő megemelése (funkcionális ételkészítés).

Egy tyúktojás kb. 200 mg koleszterint tartalmaz, ez elhanyagolható mértékben hat csak a vér koleszterinszintjére. Jelentős a vitamintartalma (A, D, E és B), kivéve a C-vitamint, ami nincsen benne.



Táplálkozástudományi szempontból az is fontos, hogy a tojás Na-tartalma csekély, mindössze a napi mennyiség 3 %-a található benne. Számos antioxidáns hatású anyagot (karotinoidok, triptofán, tirozin) tartalmaz.

A tojás összetételének megváltoztatásával annak biológiai értékét lehet növelni (Funkcionális élelmiszer, amely az egyszerű tápláláson túlmenően valamely specifikus, döntően egészségvédő funkcióval is rendelkezik, alkalmas az emberi szervezet meghatározott funkcióinak befolyásolására, különböző betegségek kockázatának csökkentésére.)

Egy nagyobb tojás tápértéke a napi szükséglet %-ában kifejezve: 10 % fehérje, 12 % A-vitamin, 16 % B12-vitamin, 12 % D-vitamin, 30 % riboflavin, 16 % foszfor; kalória tartalma mindössze 7 % (140 kalória).

A tojás héján mintegy 17 000 pórus található, melyen keresztül a tojás vizet veszít a tárolás során, de felvehet idegen illatot, ízt is. Szobahőmérsékleten 1 nap alatt "öregszik" annyit, mint hűtőszekrényben 1 hét alatt, hűtőben tárolva a vásárlás után egy hónapig sem veszít a minőségéből.