

Sigimine

1 Sissejuhatus

Sugu on väga vana nähtus, arvatakse, et see tekkis vähemalt 1500 miljonit aastat tagasi. Sugu on sügavalt integreeritud organismi ehitusse. Kuid sellele vaatamata tekib sageli ketserlik küsimus, miks on sugu üldse olemas ja eriti, miks on just kaks sugu valdavaks saanud. Arvata võib, et kahesoolisuse teooria ja praktika üle on paljud inimesed läbi aegade pead murdnud. Vaatame meigi, mida on selle nähtuse seletamiseks välja pakutud.

1.1 Teooriaid

Üsna kaua arvati, et suguline sigimine on evolutsioneerunud sellepärast, et see on kasulik *liigile* kui tervikule, andes väiksema väljasuremise tõenäosuse, suurendades soodsate alleelide kokkusaamise tõenäosust ja tõstab ebasoodsate alleelide kõrvaleheitmise kiirust. Viimasel ajal on aga selgeks saanud, et selline seletus, kuna see eeldab rühmavalikut, ei toimi. Teine häda on see, et seksuaalsus on kallid, ehk siis nõuab rohkem aega ja energiat. Tunduvalt kasulikum oleks olla aseksuaalne ja lihtsalt poolduda või punguda. Miks siis ikkagi on kaks sugu?

On arvatud, et see võimaldab luua tohutult palju erinevad genotüüpe. Tõepoolest, kui meil on kaks sugu ja üleme umbes 10 000 vabalt rekombineeruvat geenilookust, siis võimalike kombinatsioonida arv on 2^{10000} . See number ei ütle ilmselt eriti midagi, teisendagem see siis 10-alusele: $2^{10000} = 10^{3000}$. Võrdluseks olgu öeldud, et elementaarosakeste arv kogu universumis arvatakse olevat midagi 10^{90} ja 10^{100} vahel.

$$2^x = 10^{\frac{x}{\log_2 10}}$$

On arvatud ka seda, et sugu on vahendiks evolutsioonilises võidurelvastumises. On näidatud, et võitluses parasiitide, haiguste ja kiskjatega annab sugu teatava eelise. Parasiitidel ja haigustekitajatel on üks põhjapanev eelis peremeesorganismide ees – nimelt on nende elutsükkel niivõrd lühike, et võimaldab peremeesorganismi elu jooksul märkimisväärselt modifitseeruda ja kohaneda peremehe genotüübiga. Selle tõttu on

peremeesorganismide genotüüp pidevalt tugeva sagedusest sõltuva valiku surve all (epideemia korral on kasulik omada haruldast genotüüpi).

Üks teooria väidab, et sugu on vahenidks DNA reparatsioonis. See teooria keskendub DNA replikatsiooni staadiumis ilmnevatele eelistele. Mehed, kes sellega tegelesid, postuleerisid, et rekombinatsioon on tekkinud kui mehhanism, mille abil on võimalik viga ühes kromosoomis parandada info abil homoloogsest kromosoomist. Teise eelisena tekkis hiljem kromosoomide biokeemiline komplementatsioon, mis kasutab ära diploidse kromosoomi liigse informatsiooni. Sellega muudeti diploidsus pöördumatuks.

Seni pole keegi suutnud veenvalt tõestada ühe põlvkonna jooksul realiseeruvate soo eeliste olemasolu. Kuigi pole selgunud soo säilimise mehhanismid, on saanud selgeks need struktuurid ja üksused, millele sugu toetub. On teada, et rangelt indiviidide valikule tuginevad soo säilimise hüpoteesid töötavad.

2 Ovopaarsus ja vivipaarsus

Munevaid loomi nimetatakse *ovopaarideks*. Selliseid loomi, kes kannavad oma mune kuni "koorumiseni" suguteedes, nimetatakse *ovovivipaarideks* (arusaalik, mõned haid, rästik), kuna nad oma järglased ilma toovad, ehk sünnitavad. Kui loode kinnitub emase suguteede külge ja saab oma toitained ema vereringest, on tegemist *vivipaariaga*.

Teatavatel juhtudel pole kaugelki lihtne nende sigimisviiside vahele teravat piiri tõmmata. Näiteks peab gaasivahetus ka ovovivipaaridel toimuma muna ja ema ringesüsteemi vahel. Mõnedel süstemaatiliselt ovovivipaarseteks peetut organismidel (teatud luukalad) on lähemal vaatlusel tuvastatud vivipaarsus. Näitena sobib siia Lõuna-Aafrika elav klinuskala *Clinus superciliosus*, kellel vivipaaria tuvastati autoradiograafilisi meetodeid kasutades. See kala elab tõusu-mõõna piiril ja seetõttu pole ime, et ta on sellises muutvas keskkonnas valinud eluspoegimise. Tema munad sisaldavad väga vähe rebu ja nende areng sõltub täielikult emasorganismist. Ka mõned haid on vivipaarsed, selliseid loomi leidub ka roomajate hulgas.

Kehasisene embrüonaalne arenemine pole ainult selgroogsete privileeg. Isegi mõnedel putukatel on midagi primitiivse platsenta taolist. Parimaks näiteks siin on ilmselt küüsikloom *Peripatus edwardsii*. Ainuke selgroogsete klass, kus puuduvad täielikult ovovivipaarsu ja vivipaarsus, on linnud.

Vivipaarsuse ilmne puudus on piiratud järglaste arvukus. Kui mõned okasnahksed suudavad produtseerida miljoneid ja miljoneid gameete, siis vivipaarsuse puhul on selline arvukus täiesti võimatu. Teiselt poolt on vivipaarsete loomade embrüod jällegi tõhusamalt kaitstud. Siit järeldub, et keskkonnatingimustel pidi olema väga suur mõju mingi loomarühma poolt omandatud sigimisviisile. Sellest hoolimata pole lihtne just mingit ühest faktorit välja tuua. Võiks arvata, et stabiilsete keskkonnatingimuste korral ja veekeskkonas on eelistatud ovopaarsus (suur gameetide hulk, väline viljastamine ja embrüonaalne areng). Ja vastupidiselt, ettearvamatu maismaakeskkond soodustaks vivipaarsust ja nõuaks suuremat vanemlikku hoolt. Muidugi on selge, et selline üldistus on kaunis ohutu, kuna seda ei saa kahtluse alla seada.

Pealegi on selge, et reaalses maailmas on asi palju keerulisem ja arvesse tuleb võtta väga mitmeid faktoreid (toiduallikad, kasv, järglaste hajumine keskkonda, kiskjate mõju noorloomadele). Lihtne näide sisalike hulgast peaks seda asjaolu selgitama. *Chamaelo namaquensis* on pinnases elav kõrbesisalik, kes elab äärmiselt ariidsetes tingimustes. Üheainsa päeva jooksul võib tema kehatemperatuur kõikuda 40° piirides (2°C hommikul kuni 42°C keskpäeval). Nii karmide keskkonnatingimuste korral peaks see sisalik olema vivipaarne, või siis vähemalt ovovivipaarne. Tegelikult on ta ovopaarne ja muneb oma munad kuuma liiva umbes 10 cm sügavusele. Sisalik samast perekonnast, *C. pumilus*, elab väga mõõdukates keskkonnatingimustes, rikkaliku taimestiku keskel, jahedas ja suure sademete hulgaga kliimas. Võiks oodata, et ta on muneja-loom. Kuid ei, see loom hoopis sünnitab oma järglased.

Sellisele vastuolule võib olla mitmeid, rohkem või vähem spekulatiivseid, seletusi. Üks seletus on selline. Nimelt võib äärmiselt suurtes piirides kõikuv kehatemperatuur olla loote arenguks ebasoodne. Ja vastupidiselt, äärmiselt arboreaalne kliima võib olla ebasoodne munade haudumisele.

3 Sesoonsus

Sesoonsel sigimise ilmne mõte on muidugi luua järglastele võimalikult soodsad tingimused. Imetajate puhul tähendab see seda, et paarumine peab aset leidma nii palju enne soodsat aastaaega kui palju kulub loote arenguks.

On hästi teada, et kõik loomad, inimene välja arvata, on valinud omale kindla aastaaja soo edasikandmiseks. On nii, et emakass kannab oma pojad septembris, jaanuaris ja mais. Emahunt ja rebane jaanuaris; linnud ja kalad septembris ja oktoobris. Putukate tohutul hõimul on jällegi oma aeg omasugustega kokkuheitmiseks, see on ilus aastaaeg, kevad ja sügis. Viimatinimetatud rühm on selline, kellel esineb hälvitusi sellest muustrist, mida teistel ei ole. Ebaharilik soe või külm ei viivta neljajalgseid või linde; kuid hiline kevad lükkab edasi putukate armumängud, ja varane jälle toob selle ettepoole. On ka näha, et samal maal on putukad mägedes hilisemad kui tasandikul.

Spallanzani 1784 "Dissertations"

Sesoonne sigimine pole loomulikult absoluutne reegel. Teatavates tingimustes on lühikese aja jooksul sündiv suur noorloomade hulk isegi kahjulik, näiteks sotsiaalsete loomade puhul, kus see kogu struktuuri segi lööks. Tavaliselt ongi nii, et eusotsiaalsed loomad sigivad ühekaupa. Heaks võdlevaks näiteks selleisest süsteemist on sebrad ja antiloobid. Mõlemad elavad suurte karjadena Aafrika savannides ja söövad sarnast toitu. Sebrad sigivad aastaringelt, antiloobid sesoonselt – emased poegivad praktiliselt samal ajal, mõne nädala jooksul. Antiloobid küllastavad niimoodi keskkonna kiskjate (lövid, häänid) jaoks ja suure tõenäosusega jääb palju noorloomi ellu. Ka on antiloopide karja sotsiaalse struktuur kaunis vähe välja kujunenud. Sebrad seevastu elavad sotsiaalse struktuuriga perekondlikes gruppides. Sellistes gruppides on emastel täita oluline roll – nad hoiatavad karja läheneva ohu eest. Kui kõikidel emastel oleksid pojad samaaegselt, tekitaks see struktuuris ilmse ebakorrapära ja seaks ohtu kogu karja. Võimalik, et samadel põhjustel pole inimesel aastaajalist sigimist. Selliseid erinevaid sigimisstrateegia on levinud ka kangurude hulgas, kus leidub nii kindlala aastaajal sigivaid liike kui ka ebaregulaarselt sigivaid liike.

Kangurude sigimistsükkel on üldse keerukas. Sageli sünnib järglane kõige kuumemal ja kuivemal aastaajal. Kuid sellel ajal põhjustab kanguru imepisike järglane emale kõige vähem vaeva. Kui poeg juba olulisel määral piima vajab, on vihmaperiood kätte jõudnud. Huvitav on siinkohal märkida, et vahetult pärast sünnitamist, kohe järgmisel päeval toimub uus paarumine. Viljastatud muna areneb 80 rakuliseks

blastotsüstiks ja jääb järgnevaks 11 kuuks embrüonaalsesse diapausi. Sellel ajal stimuleerib kukrus oleva poja piima imemine prolaktiini sünteesi ajuripatsis, mis omakorda pärsib kollakeha kasvu. Kui vastsündinu kukrust eemaldada, see stiimul lakkab ja uus loode hakkab arenema, tõsi küll ainult esimese kuue kuu jooksul. Hiljem sellist reaktivatsiooni enam ei toimu. Isase suguline aktiivsus on tingitud eelkõige emase käitumisest ja emase poolt eritatavast lõhnast ja alles teises järjekorras fotoperioodist.

Blastotsüsti hilinevad implantatsioon on veel üks võimalus järglaste saamise aega soodsamaks muuta. Sellisel juhul pole ka tarvis, et paarumine toimuks kandeaaja võrra enne soodsat aastaega. Lühikese embrüonaalse arengutsükliga loom võib paaruda soodsal ajal (nt sügisel) kui isase leidmine on lihtsam. Viljastamine toimub küll kohe, kuid blastotsüst ei kinnitu emaka seinale ja jääb puhkestaadiumi kuni õige aeg kätte jõuab.

Enamuse selgrootute puhul toimub embrüonaalne areng nii kiiresti, et eelpooltoodud kohastumustel pole nende juures mõtet. Kuigi on võib esineda juhtumeid, kus soodne keskkond pole kohe kättesaadav ja selleks on paljud selgrootud arendanud endale võimaluse sperme säilitada.

Muide, ka selgroogsete hulgas on selliseid loomi. Nt emased kameeleonid suudavad sperme säilitada mitu aastat.

Tavaliselt on peamine seksuaalset käitumist reguleeriv faktor fotoperiood. Selle eeliseks on varieeruvuse puudumine. Sellele lisanduvad sekundaarsed tegurid (temperatuur, toidutingimused, audio-visuaalsed tegurid). Sesoonne sigimine pole alati sünkroniseeritud gonaadide arengu maksimalse astmega.

Näitena võib siinkohal tuua ühe nastiklase *Thamnopsis sirtalis parietalis* (harilik tripimadu), kes elab kaunis edukalt Põhja-Kanada külmades rajoonides, kus õhutemperatuur langeb sageli alla -40°C ja lumi püsib talv läbi. Tripimadu on kõige kaugemal põhjas elav reptiil üldse. Kogu talve veedab ta maa-alustes aukudes või süvendites, kus võib kohati koos olla kuni 10 000 isendit. Kevadel tulevad esimesena välja emased, praktiliselt üheaegselt. Selle tulemuseks on üks suur väänlev mass madusid (muide see on saanud ka turistidele atraktsiooniks). Emased hakkavad sellest

kogumist ükshaaval lahkuma ja kohe on jaol isased, et nendega paaruda. Ühe emasega tahavad korraga paaruda kümned ja kümned isased, nii tekib midagi palli- või keralaadset. Tavaliselt leiab paarumine aset pool tundi peale emase august väljumist. Edasi toimub madude hajumine ja lühikese suvega sünnib ühel maal kuni 30 järglast. Viljastamine toimub aga umbes kuu aega peale paarumist. Eriti huvipakkuv on siinjuures asjaolu, et suguorganid hakkavad arenema tükk aega enne suurimat seksuaalset aktiivsust, kevadel on neil gonaadid nii väikesed, kui need üldse olla saavad ja vereringes on suguhormoonide sisaldus madalaim. Uurijad kirjeldavad seda kui füsioloogilise seisundi ja sigimiskäitumise vahelist viga. Seni pole teada, mis on vallandab nende sigimiskäitumise, sest üldtunnustatud arvamuse kohaselt peaksid sigimiskäitumist kontrollima hormoonid.

Paljudel teistelgi loomadel algab embrüonaalne areng viivitusega. See võimaldab sünni planeerida parimale aastaajale, kuid paarumine ei pea toimuma tingimata embrüonaalse arengu aja võrra varem, vaid võib samuti olla ajastatud sobivale perioodile (nt tuhkur, nugis, Rossi hüljes). Paljudel liikidel esineb, edasilükatud implantatsioon seetõttu, et see võimaldab ühendada sünnitamise ja sigimine näiteks lühikese aja jooksul, kui loomad on kuival vms.

Enamus selgrootutel ja väiksematel selgroogsetel vältab periood paarumisest järglaste produtseerimiseni piisavalt kiiresti, et tavaliselt muutuvad nad seksuaalselt aktiivseteks alles sobivate tingimuste kätte jõudmisel.

Võib ka juhtuda, et sobiva sookaaslase leidmine ei ole alati edukas. Selletõttu on paljud putukad ja ka sisalikud omandanud füsioloogilise mehhanismi, kuidas säilitada spermatooside pikka aega "uinunud olekus". Kui saabub sobiv periood, aktiveeritakse spermatoosidid ja toimub viljastumine. Kameeleonid suudavad säilitada spermatooside aastaid sigitades korduvalt järlasi ühestainsast paarumisest. Ka mõned linnuliigid suudavad spermatoosid säilitada, kuid märksa lühemat aega.

Tavaliselt on tähtsaim seksuaalset käitumist reguleeriv tegur fotoperiood. Ilmselt on selle eeliseks varieeruvuse puudumine. Talle lisanduvad sekundaarsed, nn. proksimaalsed tegurid (temperatuur, toidutingimused, optilised ja kuulatavad tegurid

jms.), mis siiski ka ise võivad olla vallandavaks teguiks. Näiteks vihmaseadu kõrbes, kuufaasid okasnahksetel.

4 Sigimise energaetika

4.1 Sigimisstrateegiad

Looduslik valik on tootnud mitmeid erinevaid sigimisstrateegiaid. Strateegia kriteeriumiks on praktika – parim on see, mis võimaldab saada võimalikult palju sigimisvõimelisi järglasi. 1960. aastate keskpaigaks olid paljud teadlased jõudnud sõltumatult tulemuseni, ettermes loomariigis on kaks sigimisstrateegiat: *r* ja *K*strateegia.

4.1.1 *r*-strateegia

r-strateegid toodavad järglasi, kes on arengu algusjärgus väikesed. Kuna iga väike järglane sisaldab vähe ainet, kulutab ta ka vähe vanema ressursse ja seega on võimalik saada palju järglasi. Mõnede merisiilikute emased toodavad sadu miljoneid gameete.

Sellel on ka oma varjuküljed. Nimelt on sellise massi järglaste korral võimatu iga üksiku järglase suhtes mingit olulist vanemlikku hoolt üles näidata. Enamus *r*-strateege lihtsalt lasevad gameedid keskkonnda ja ootavad, et järglased ise endaga hakkama saaksid. Kuna järglased on nii väikesed, on nende tõenäosus ellu jääda äärmiselt väike. Ühe makrellilliigi (*Scomber scombrus*, emasel kümneid tuhandeid gameete) ühe järglase ellujäämistõenäosus on 6×10^{-6} .

4.1.2 *K*-strateegia

K-strateegid saavad vähe järglasi, kes on aga see-eest suuremad. Kuna järglasi on vähe ja kuna igasse järglasse on investeeritud suur hulk energiat, on võimalik ja tasuv iga üksiku eest hoolitseda. Seetõttu on iga üksiku järglase ellujäämistõenäosus oluliselt suurem makrellimaimu omast, ulatudes imetajatel ja lindudel kuni 50%.

Muidugi pole looduses puhtaid tüüpe ja sageli esineb loomadel tunnuseid nii *r*- kui *K*-strateegiast.

4.1.3 Allomeetria ja sigimise hind

Sigimise, nagu ka iga muu füsioloogilise aspekti puhul, omab allomeetria suurt mõju. Võrdlevate uuringutega on näidatud, et suuremad loomad investeerivad suhteliselt vähem energiat kui väikesed loomad. Koefitsent, mis seob massi sigimisingutusega, kõigub suuresti, olles 0,52 partidel ja hanedel ning ulatudes 0,95 mõnedel kärbestel. Imetajatel on see vahemik tavaliselt 0,69 – 0,83.

4.2 Gameetide produktsiooni hind

Reproduktsioon algab gameetide produktsiooniga. Gameetide produktsioonile kuluv hind (=energia hulk) varieerub väga palju; paljudele selgrootutele on see kallis lõbu, kulutades poole või isegi rohkem assimileeritud energiast. Tavaliselt investeerib emane sigimisse rohkem kui isane, kuna peab tootma loote või muna arenguks vajalikke aineid ning samuti loote enese. Spermatooside produktsioon on tavaliselt odav. Kuid on selliseid liike, mille isased investeerivad sigimisse ebatavaliselt palju. Isase tirtsu *Acheta domesticus* testised ja sekundaarsed suguorganid moodustavad veerandi looma kehamassist. Spermatofoori "hind" on ligikaudu 2,5% kehamassist ja see loom toodab kaks (või isegi rohkem) spermatofoori päevas.

Kuigi gameetide hind võib olla kõrge, investeerivad vaid vähesed selgrootud järglaste hooldamisse. Märkimisväärseks erandiks on siin skorpionid, kelle emasisendid kannavad oma järglasi seljas. Samuti ei saa tähelepanuta jätta sipelgaid ja mesilasi, kes teevad järglaste eest hoolitsedes palju tööd.

Ektotermsetel loomadel on gameetide produtseerimise hind kaunis kõrge. Nt salamander *Desmognathus ochropaeus* kulutab 48% assimileeritud energiast sigimisele. Endotermidel on vastavad väärtused väga erinevad, kõikides kusagil 10 ja 30% vahel.

4.3 Vanemlik hool kui investeering

Paljud loomad ei hoolitse oma järglaste eest, kuid kui nad seda teevad, on vanemliku hoole hind kaunis kõrge. Esimesena tulevad meelde orgaaniliste ainete transport loote juurde (toit jms), loote enda 'valmistamine' jms. Ilmselt parimaks näiteks

on siin laktatsioon ja järglaste piimaga toitmine. Tüüpilisel juhul kulutavad imetajad kuni 40% energiast piima tootmisele.

Teist tüüpi kulu on selline, mis kulub otseselt järglaste eest hoolitsemisele. Keerukas järglaste hooldamine on teada paljudel selgrootutel (nt peajalgised, hulkharjasussid, rääkimata juba sotsiaalsetest putukatest). Sellise käitumise hinda on kaunis raske määrata, kuna faktoreid on palju ja neid on raske mõõta.

5 Sigimise endokriinne kontroll

Iga indiviidi, populatsiooni või liigi sobivus keskkonda lõpuks ikkagi määratud tema sigimise edukusega. Ei ole tähtis sigimise sagedus või suur järglaste hulk, vaid sigimise edukus. Sellest tulenevalt ei ole üllatav, et enamus lõpututest sigimismeetoditest on tugevalt mõjutatud keskkonnateguritest selleks, et kindlustada parimad keskkonnatingimused sigimistsükli läbimiseks. Selleks, et mõista, kuidas keskkonnafaktorid mõjutavad sigimisfüsioloogilise protsesse, peame natuke mõistma sigimise endokriinset regulatsiooni.

5.1 Selgrootute sigimise endokriinne kontroll

Käsnadel pole endokriinsüsteemi, *ainuõõssetel* tegelevad neuroendokriinsed rakud mittersugulise sigimise kontrolliga.

Lameussidel on sigimise endokriinne regulatsioon juba kaunis selgelt väljendunud – sigival piimjal planaaryl on 2 – 3 korda rohkem aktiivseid neuroendokriinseid rakke kui mittersigival. Ka paelussil kontrollivad neurosekretoorsed rakud strobilisatsiooni.

Rõngussid. Huvitavaid näiteid hulkharjasusside hulgast. Palolo-uss (*Eunice viridis*) sigib sünkroniseeritud migratsiooniga. Enne sigimist muutuvad põhjas elavad vormid (atookne) aktiivselt ujuvateks (epitookne). Sigimise käigus vabastavad emased ja isased oma sugurakud vette. Kogu protsessi kontrollib ajast pärit neurohormoon.

Limused. Limuste sigimine on kaunis keerukas, kuna paljud klassid on hermafrodiidsed. Eeslõpuselistel esineb järjestikune soomuutmine, mis on rangelt hormoonide poolt kontrollitud. Tippsilmalistel (nt meie viinamäetigu) on järjestikune hermafrodism (st kõiepealt talitlevad kui isased ja siis kui emased). Küps sugunäre

sisaldab ainult üht tüüpi sugurakke. Gonaadide rakud arenevad vaikumisi emasliinipidi, isassugurakud tekivad ainult aju ja optilise närvi eritiste mõjul. Sama aine pidurdab ka emassugurakkude tekkimist. Pärast isafunktsioonide täitmist selle aine sisaldus väheneb ja hakkavad arenema emastele omased tunnused ja sugurakud.

Teiste suguorganite (juhad, peenis jms) areng on gonaadide poolt eritatavate hormoonide (4 – 5 erinevat) mõju all. Näiteks peenise arengut kontrollib üks pedaalganglioni neurohormoon, hilisemat pööret feminiinsesse faasi kontrollivad pedaalganglioni teise piirkonna neurosekretoorsete rakkude eritised.

Laialt levinud arvamuse kohaselt viljastavad viinamäeteod teineteist samaaegselt. Samas on teada, et nendel tigudel on korraga olemas ainult üks, tõsi küll hermafrodiidne, sugunääre. Kui eeltoodud andmete valgusel analüüsida sellist viljastamisviisi, siis tundub raskesti mõistetav, et kaks teineteist välistavat protsessi saavad korraga toimuda. Sama raske on uskuda, et organismis saab toimuda korraga nii spermide areng kui ka viljastatud munaraku areng. Ainuke lahendus oleks, et valminud ja ülekantud semnerakke säilitatakse mingis taskus kuni neid vaja läheb.

Peajalgsete jaoks on paarumine elu viimane sündmus, praktiliselt kõik peajalgsed surevad pärast paarumist. Sigimise kontroll on märkimisväärselt lihtne, sellesse on kaasatud ainult üks optilise ganglioni hormoon. See nääre toodab gonadotropiini; kontroll selle tootmise üle on otseselt neuraalne. See ainuke hormoon ontrollibki kogu keerukat sündmuste rida, mille lõpus on munaraku areng. Nende gonaadid toodavad küll steroidhormoone, kuid ilmselt on nende osa ainult sekundaarsete metaboolsete muutuste kontrollis.

Vähid. Sigimist kontrollivad nii klassikalise endokriinsüsteemi kui ka neuronendokriinsüsteemi hormoonid. Kaks peamist hormooni on siinusnäärdest pärit gonaade inhibeeriv hormoon ja ajust ja rindmikuganglionidest vabanev gonaade stimuleeriv hormoon.

Isase androgeennääre kontrollib isasele omase reproduktiivsüsteemi arengut ning sekundaarsete sootunnuste funktsioneerimist. Testistele mõjuvaid hormoone pole teada.

Emastel kontrollib sekundaarsete sootunnuste ilmumist munasarjast pärit hormoon. Ka sünteesitakse siin hormooni, mis stimuleerib rebu sünteesis.

Enamus täiskasvanud vähke jätkab kestumist kogu elu vältel ja on tuvastatud üldine negatiivne seos kestumise ja sigimise vahel.

Okasnahksed. Sigimine toimub nii, et õigel ajal lastakse vette suur hulk gameete. Seda kontrollib üks neurohormoon.

5.1.1 Putukad

Putukad on eranditult lahksugulised, sageli kaugelearenenud sugulise dimorfismiga (st isased ja emased pole sarnase välisehitusega).

5.1.1.1 Isaste sigimiselundite ehitus

Seemnesarjad, kus toimub spermatoosidide teke ja areng, on paarilised, mõnikord ka kokku kasvanud. Seemnesarjad koosnevad torukestest (*seemnefolliikulid*), mida võib olla mõnikümmend kuni mõnikümmend tuhat. Seemnefolliikulid ongi spermatoosidide tekke kohaks. Teatud juhtudel on tuvastatud seos isaste seemnefolliikulite hulga ja emaste munatorude hulga vahel (mida rohkem seemnefolliikuleid, seda rohkem munatorusid). Küpsed spermatoosidid liiguvad läbi vastava juha seemnepõide ja sealt *purskejuhasse*. Purskejuha ulatub läbi sklerotiseerunud kopulatsiooniorgani ja kannab kopulatsiooni ajal spermatoosidid emaslooma. Paljudel putukatel esineb ka mitmesuguseid lisanäärmeid (harilikult on neid kaks, nt tarakanil aga rohkem). Nende näärmete peamine ülesanne on *spermatofoori* (pakend spermatoosidele) moodustamine.

5.1.1.2 Emaste sigimiselundid

Emaste sigimisorganid koosnevad kolmest osast: paarilisest munasarjast, munajuhast ja sugutaskutest. Munasarjas toimub muna ja rebu moodustumine (*oogenees* ja *vitellogenees*). Munasari omakorda koosneb kahest osast: *germaariumist* ja *vitellaariumist*. Germarium on munarakkude tekkimise koht (*germ* tähendab idu ehk idurakku). Vitellaarium toimub munarakkude küpsemise ja rebu sünteesi ning lisamine munale. Vitellaarium jaguneb omakorda mitmeks osaks, millest ilmselt olulisemad on *munakambriid*. Igas munakambris paikneb üks muna, mis vastavalt küpsemisele liigub

munakambri tagumise otsa poole. Munajuha kaudu liigub munarakk vagiinasse, kus see viljastatakse; sugutaskud on spermatoosoidide säilitamiseks.

5.1.2 Putukate sigimisviisid

Putukatel eristatakse kolme sigimisviisi: lahksuguline, eluspoegimine ja partenogenees.

Lahksugulise sigimise puhul on viljastamine reeglina sisemine ja kõigil maismaaputukatel toimub emase organismis. Kui esineb spermatofoor, siis see kas eritatakse isase poolt pinnasele, kust emane selle üles korjab, või riputatakse emase suguteede ette (selline viis esineb nt palvetajatel). Üldiselt on kopulatsioon levinud tiivuliste putukate hulgas. Enamikul juhtudest toimub viljastamine aga nii, et isane viib peenise emase suguteedesse, kuid on ka selliseid liike, kus isane torkab kopulatsioonielundi läbi emase kehakatete.

Spermatoosoidid liiguvad enamikul juhtudest ise munarakuni, kuid näiteks kiletiivalistel on spermatoosoidid inaktiivsed ja nende jõudmine munarakuni on tingitud teatavate keemiliste ainete gradientidest.

Fakultatiivne *eluspoegimine* esineb mõnedel mardikatel, kellel munad hakkavad arenema emase suguteedes. Mingeid spetsiaalseid kohastumusi emastel selleks pole. Kui leiab aset obligaatne eluspoegimine, siis on emaste suguelundid ka selleks modifitseerunud, sisaldades struktuuri, mis on sarnane imetajate emakale ja mille vahendusel liiguvad soolad ja toitained ning vesi looteni.

Teatavatel juhtudel võivad arenema hakata ka viljastamata munad. Seda nähtust nimetatakse *partenogeneesiks*. Kui partenogenees on spontaanne, siis viljastamata munadest arenevad mõlemast soost isendid (tavaliselt). Partenogeneesi saab kunstlikult esile kutsuda, mõjutades mune lühiajaliselt kõrge või madala temperatuuriga. Sellisel viisil arenema sunnitud munadest kooruvad alati emased isendid. Kõrgematel kiletiivalistel esineb veel valikuline partenogenees, mille korral viljastatud munadest (diploidsed) arenevad emased ja viljastamata munadest (haploidsed) arenevad isased. Haploidsetest munadest arenenud isased on keharakkude poolest ikkagi diploidsed, haploidsus säilib ainult sugurakkudes.

5.1.3 Vaegmoone ja täismoone

Putukad, nagu teisedki lüljalgsed, peavad selleks, et kasvada arenema astmeliselt ja iga astme lõpus kestuma kasvamise võimaldamiseks. Kestumine jätkub ka täiskasvanutel ainult mõnedes vanapärasemates rühmades (*Collembola*, *Protura*) ja seda nimetatakse ametaboolseks arenguks.

Enamusel putukatest aga kaovad viimase kestumisega vastsele iseloomulikud tunnused ja tekib valmik. Sellist kestumist nimetatakse metamorfoosiks. Kui vastne sarnaneb välimuselt valmikuga, ja metamorfoos toimub astmeliselt, on tegemist *vaegmoondega*. Kui vastne erineb suurel määral valmikust ja esineb ka mitmeid vastselisi vahestaadiume (röövik, nukk), ning metamorfoos toimub korraga, on tegemist *täismoondega*. Täismoonde puhul on sageli röövik see eluetapp, kes toitub aktiivselt, peamiselt selleks, et nukustaadiumis saaks toimuda kudede põhjalik ümberkorraldamine. Esineb ka rühmi, kus valmikud ei toitugi ja elavad nendest varudest, mida rööviku staadiumis on kogutud.

Kui röövik on aktiivselt liikuv ja toituv staadium, siis nukk on praktiliselt liikumatu ja kaetud tugeva kitiinse kestaga, mis peab teda kaitsma vaenlaste ja ebasoodsate keskkonnatingimuste eest. Nuku sees leiavad aset mitmed väga keerukad ümberkorraldusprotsessid, mille käigus praktiliselt kõik vastse koed lagundatakse ja nende asemele sünteesitakse uued. See protsess on seniajani üsna halvasti uuritud ja sisaldab veel palju ebaselget. Mõnikord esineb nukustaadiumis ka teatav puhkeseisund (*diapaus*), mille ajal arengut ei toimu ja nuku ainevahetus on väga madalal tasemel, tagades ainult minimaalse energiatarbe rahuldamise.

Nukustaadiumi läbimise järel kestub nukust valmik. Valmiku kestumise aeg määratakse nuku hormoonsüsteemi poolt, mida mõjutavad keskkonnafaktorid, millest olulisim on öö ja päeva vaheldumise rütm.

Sigimise endokriinne kontroll hõlmab palju nii klassikalise kui ka neuroendokriinsüsteemi hormoone. Üks olulisemaid hormoone on *juveniilhormoon*, millel on gonadotroopne mõju munasarjadele. Juveniilhormoon mõjutab otseselt valkude, rasvade ja RNA/DNA sünteesi munasarjades.

Juveniilhormooni peamine sihtorgan on aga rasvik. Rasvik on hulk mesodermaalseid rakke mis on hemolümfis suspendeerunud kuid ümbritsetud membraaniga. Rasvik on hemolümfi metaboliitide sisalduse oluline regulaator; emastel toodab see ka vitellogeniini, mis moodustab rebu peamise koostisosa.

Vitellogeniini süntees ja omastamine ootsüütide poolt on tugeva hormonaalse (EDNH, *egg development neurosecretory hormone*; ekdüsteroidid; JH) kontrolli all.

Moskiitode (*Aedes*) munade arengu endokriinne kontroll allub kahele keskkonnastiimulile: nukust väljumine ja vere söömine; ning kolmele hormoonile: EDNH, JH, ekdüsteroon. Pärast nukust väljumist on emase munajuhas juba primaarsed folliikulid olemas. Juveniilhormooni mõjul kasvavad need kaks korda suuremaks ja saavutavad võime sünteesida ekdüsooni (vastusena ekdüsiotroopilisele hormoonile). Samuti algatab JH söömise (vere imemise, mida teevad ainult emased). Folliikulid jäävad puhkestaadiumi kuni esimese vereni. Vere olemasolu sooles indutseerib proteolüütilise seedeensüümi trüpsiini vabanemise, samal ajal vabaneb ajast ekdüsiotroopiline ensüüm, mis algatab munasarjades ekdüsooni sünteesi. Viimane käivitab vitellogeniini sünteesi rasvikus, see võimaldab areneda rebirikastel vitellogeensetel folliikulitel. See kõik viib koorioni formeerumisele, paarumisele ja munemisele.

On näidatud, et umbes 30% verevalgust läheb rebu sünteesiks ning munade arv on heas korrellatsioonis söödud vere hulgaga. Inimese veres on tavaliselt palju valku (rohkem kui näriliste veres), kuid madala isoleutsiini sisalduse tõttu saab ainult väikest osa sellest kasutada oogeneesis. Suurem osa valgust läheb munasarja-välisele säilitamisele. See võib olla põhjus, miks moskiitod kui malaaria kandjad otsivad inimesi vere imemiseks. Metaboolne vajadus isoleutsiini järele on ilmselt aga see põhjus, miks moskiitod otsivad toitu mitmelt isendilt.

Peab veel märkima, et juveniilhormooni sekreteeritakse veel teist korda 2 päeva pärast vere söömist ja kogu tsükkel kordab ennast.

Ka isaste reproduktiivsüsteemile mõjub juveniilhormoon, kuid selle mõju spermatogeneesile on vastuoluline: osadel liikidel toodetakse sperme juveniilhormooni

puudumisele, mõnedel liikidel kiirendab madal juveniilhormooni hulk spermatogeneesi, mõnedel on juveniilhormooni olemasolu hädavajalik.

5.2 Selgroogsete sigimise endokriinne kontroll

Imetajate ja eriti inimese sigimise endokriinne kontroll on hästi uuritud peamiselt meditsiini ja põllumajanduse vajaduste tõttu.

5.2.1 Imetajad

Endokriinse kontrolli keskus paikneb ajus, hüpotaalamuses, kus sünteesitakse peptiidseid hormone, mida nimetatakse vabanemishormoonideks. Need transporditakse otse ajuripatsisse. Kui need hormoonid jõuavad oma sihtrakkudeni, siis algatavad need oluliste ajuripatsi hormoonide sünteesi (õiges järjekorras), nii et reproduktiivtsükkel saab läbida oma mitmesugused faasid. Need hormoonid, mida nimetatakse gonadotroopseteks hormoonideks, vastutavad selle eest, et emase suguteed on võimelise viljastatud munarakku vastu võtma.

Lambad poegivad kevadel, kõige soodsamal aastaajal. See tähendab, et viljastamine peab toimuma juba hilissügisel. Keskkonnafaktor, mis vastutab viljastamise eest on lühenev päeva pikkus. Valge aja lühenemist tajutakse nägemise teel ja seni tundmatu mehhanism vastutab gonadotropiini vabastava hormooni (valk, GnRH) sünteesi eest.

See hormoon transporditakse ajuripatsi eesmise sagarasse, kus see põhjustab gonadotroopse hormooni, mida nimetatakse folliikuleid stimuleerivaks hormooniks (FSH), vabanemise; samuti algatab see luteiniseeriva hormooni (LH) sünteesi. FSH liigub ringeelundite kaudu munasarjadeni kus see põhjustab folliikulite kasvu. Kui folliikulid saavutavad teatava suuruse, hakkavad neid ümbritseva katte ja basaalmembraani rakud tootma androgeene ning kasvatama retseptoreid LH jaoks.

Granuloossed rakud küpsevad FSH mõjul kuni need on võimelised toodetavaid androgeene muutma östrogeenideks. Kasutatav keemiline reaktsioon on tuntud kui aromatiseerimine. Selliselt moodustunud östrogeenid on võimad mitogeenid ja põhjustavad granuloosse koe kiiret proliferatsiooni. Folliikul kasvab kiiresti ja järjest

rohkem östrogeene toodetakse. FSH ja östrogeenide koosmõju tulemusena arenevad granuloosetele rakkudele LH retseptorid.

Östrogeenide suurenenud kogus kehas põhjustab põhjalikke füsioloogilisi ümberkorraldusi: vagiina sein muutub õhemaks, suureneb lima sekretsioon; endomeetriumi (emaka sisemine kest) kasv intensiivistub; emaka silelihaskesta (müomeetriumi) ärritatus suureneb (lävi, mis on vajalik kontraktsiooni esilekutsumiseks, alaneb); samuti indutseerivad östrogeenid spetsiifilise käitumise, mida tuntakse kui innaaega. Viimane saavutatakse östrogeenide mõjuga KNSile, see on periood, kus emane on tundlik isasele ja lubab paaritumist. See periood kestab ca 24 h, perioodi lõpul toimub ovulatsioon.

Östrogeeni kõrge sisaldus ulatub ka ajuripatsini ja muudab selle nn "steroidset keskkonda". Sellel on olulised tagajärjed, kuna seni peamiselt GnRh poolt stimuleeritud, tootis see nääre peamiselt Fhd, hakkab see nüüd sünteesima luteiniseerivat hormooni. LH sisalduse järsk tõus põhjustab ovulatsiooni ja kollaskeha (*corpus luteum*) tekke. Viimane suudab nüüd toota suuri progesteroonikoguseid, mis indutseeribki munaraku vabanemise.

Paarumise ajal viiakse spermatoosidid vagiinasse, millest need liiguvad kaunis kiiresti munajuhasse kus toimub viljastamine. Spermatoosidide liikumise kiirus on selline, et see ei saa olla tingitud ainuüksi nende endi liikumisest, seepärast arvatakse, et müomeetriumi kontraktsioonid aitavad nende liikumisele kaasa. Arvatakse ka, et seemnevedelikus sisalduvad prostaglandiinid põhjustavad müomeetriumi kontraktsioone.

Östrogeenid põhjustavad ka munajuha laienemise, mis tagab munaraku liikumise sellesse. Korra juba munajuhas, liigub munarakk seal leiduvate viburite mõjul emakasse.

Pärast ovulatsiooni põhjustab kollaskeha poolt produtseeritav progesteroon emaka endomeetriumi lõpliku arengu ja see on nüüd kõige sobivam viljastatud munaraku vastuvõtuks.

Kui viljastamist ei toimunud, toodab endomeetriumi progesterooni nimega $\text{PGF}_{2\alpha}$, mis, jõudes kollakehasse põhjustab kiire luteolüüsi.

Kuid kui viljastamine leidis aset, takistab loote olemasolu emakas kollakeha lagunemise. Selle protsessi täpne mehhanism on seni teadmata, kuid arvatavasti on õige üks kahest võimalusest: kas takistatakse $\text{PGF}_{2\alpha}$ sünteesi, või muutub kollakeha ise vastupidavamaks sellele hormoonile. Primaatidel eritatakse koorioni poolt 6 päeva jooksul peale viljastamist gonadotropiini, mis võib nendel loomadel olla kollakeha allesjäämise tagatiseks.

Tiinus kestab teatava aja (elevandil 624 päeva, kassil 63 päeva, inimesel 266 päeva) vere kõrge progesteroonisisalduse tõttu, mis pärsib emaka ärritavuse. Mõnedel loomadel, nt hobune, toodetakse progesterooni kollakeha poolt, teistel platsenta poolt. Paljudel liikidel toodab platsenta koorioni gonadotropiini (LH) ja see stimuleerib kollakeha progesterooni tootmist. Tiinuse ajal sünteesitakse vähesel määral ka östrogeene, mis vastutavad piimanäärmete arengu eest.

Kui saabub õige aeg sünnitada, leiavad aset protsessid, mis kaunis hästi illustreerivad loote poolt toodetavate hormoonide kontrolli emasorganismi hormoonide üle.

Kui loote hüpofüüs on välja arenenud, hakkab see ilmselt sekreteerima kortikotropiini vabastavat hormooni. See omakorda põhjustab adrenokortikotropiini vabastamise loote ajuripatsist. See hormoon põhjustab loote neerupealise koore kortisooli sünteesi. Kortisool stimuleerib selliste ensüümide tootmist platsentas, mis on suutelised progesterooni östrogeenideks muutma. Suurenenud östrogeenide hulk tõstab müomeetriumi ärritavust ja stimuleerib kontraktsioone. Looteline kortisool stimuleerib platsentat tootma ja vabastama $\text{PGF}_{2\alpha}$, millel on mitu tugevat mõju:

- Suurendab östrogeenide biosünteesi aromatiseerivate ensüümide indutseerimise teel. Östrogeenid omakorda stimuleerivad $\text{PGF}_{2\alpha}$ vabanemist (positiivne tagasiside).
- Põhjustavad kollakeha lagunemise ja seega progesteroonide sünteesi languse.
- Stimuleerivad emaka silelihaste kokkutõmbeid.

- Põhjustab emaka alumise osa laienemist ja küpsemist.

Kui eelpooltoodud sündmused on toimunud, siis emaka venitamine loote poolt põhjustab üle KNS oksütotsiini vabanemise. See tingib emaka silelihaste tugevad kokkutõmbed ja sünnituse.

Üsna kohe pärast sünnitust langeb vere östrogeenide ja progesterooni sisaldus järsult. Imemine tagab prolaktiini sünteesi ja piima tootmise ema organismi poolt. Sama stiimul põhjustab sünnitusejärgse oksütotsiini vabanemise, mis tagab piimanäärmete lihaste kokkutõmbumise ja piim pritsimise vastsündinud lamba suhu.

5.2.1.1 Isase reproduktiivfunktsioonide endokriinne kontroll

Kontrolli teostavad mitmed hormoonid:

- gonadotropiini vabastav hormoon (GnRH) hüpotaalmusest stimuleerib kahe hormooni – folliikuleid stimuleeriva hormooni (FSH) ja luteiniseeriva hormooni – sünteesi;
- FSH ja LH stimuleerivad gonaade, selle tulemusena tekivad küpsed spermid ja sekreteeritakse tesosterooni;
- testosteroon algatab palju erinevaid mõjusid reproduktiivsüsteemis (kaasa arvatud testised ise).

FSH mõjub Sertoli rakkudele, hõlbustades spermatogeneesi, LH mõjutab testosterooni sünteesi. Testosteroon (hormoon, mida toodab testis) on peamine isashormoon. See on vajalik spermatogeneesiks, indutseerib ja säilitab sekundaarsed suguorganid, põhjustab muid isasele omaseid sekundaarseid muutusi, stimuleerib valkude anabolismi ja intensiivistab luude kasvu, suurendab agressiivsust.

Tuleb tähele panna, et kui testosteroon on hädavajalik spermatoosidide tootmiseks, siis spermatoosidide tootmine testosterooni hulka ei mõjuta. St et kui testosterooni puudumine põhjustab impotentsust, siis spermatoosidide puudumine seda ei tingi.

Sellest tulenevalt on kasutusel meeste steriliseerimise meetod, mille korral seotakse kinni seemnejuha. See takistab spermatoosidide normaalse liikumise, kuid ei mõjuta kuidagi sugulist aktiivsust.

Sekundaarsete sootunnuste olemasolu ja säilimine sõltub täielikult testosteroon olemasolust. Kastratsiooni tagajärjeks on kõigi näärmete redutseerumine, kõigi juhade silelihaste atrofeerumine. Ka on selle tagajärjeks impotentsus (enamasti).

Testosteroon põhjustab ka karvakasvu vastavates kohtades, häälemurde ajal hääle madalamaks muutumise. On teada, kuid seletamata, et testosteroon põhjustab ka kiilaspäisust.

Viimasel ajal on selgunud, et ka prolaktiin omab meeste hormonaalsüsteemis kindlat kohta. Nimelt tugevdab see tunduvalt testosteroon mõju.

5.3 Laktatsioon

Laktatsioon on toitainete sekretsioon piimanäärmetest ja seega piirdub üksnes imetajate klassiga. Siiski on analoogne nähtus teada ka mõnedel linnuliikudel.

Piimanäärmed on arenenud higinäärmetest ja nende evolutsiooni alguses kasutati neid ilmselt munejate loomade munade niisutamiseks. Tiinuse kestel toimub piimanäärmete intensiivne areng ja pärast laktatsiooniperioodi lõppu nad taandarenevad jällegi. Inimesel jäävad nad silmapaistvateks kogu täiskasvanud eluks.

Piimanäärmete areng ja laktatsioon ise on hormonaalse kontrolli all. Üks olulisemaid hormoone sealjuures on ajuripatsis sünteesitav prolaktiin, mis tegelikult initsieerib piima sekretsiooni. See hormoon on olemas kõikidel selgroogsetel, va. sõõrsuused, ja sellel on palju erinevaid toimeid (lõpuste funktsioonid ja neerude filtratsioon paljudel luukaladel kui ka "pugupiima" eritamine tuvidel). Üks huvipakkuvamaid on mõnedel kalaliikidel prolaktiini toimel suurenev limasekretsioon nahast. Näiteks *Symphysodon* äsja marjast väljunud vastseid on kirjeldatud toitumas vanemate nahal viidates prolaktiini laktatsiooni moodi osale juba varem. On ju ka piimanäärmed modifitseerunud nahanäärmed.

Piim sisaldab kõiki olulisi toitaineid ja vitamiine, samuti vajalikke antikehi.

Ternespiim. See on piim, mida eriti mäletsejad produtseerivad vahetult pärast sündi. Selles on eriti palju globuliine ja ta aitab kaasa passivsele immuunsusele

vastsündinud järglastel, eriti kuna nende loomade platsenta ei luba ema antikehade vaba transporti loote tsirkulatsiooni. Hiljem peab järglasel arenema enda immuunsus.

Mõned võimalikud imetamise eelised:

- Imetamine aitab kaasa ema ja järglase tiheda kontakti saavutamisele, mis on tähtis õppimise olulise osa tõttu imetajate arengus.
- Mäletsejad, kelle põhitoit on vastsündinud loomadele vähesobiv, saavad nii sellise toidu ümber töötada kõrge toiteväärtusega toiduks.
- Imetamine võimaldab anda järglasele lühikese aja jooksul suure hulga toitu ja see lubab vanematel pesast pikemaks perioodiks lahkuda.
- Imetamine lubab sünnitada rohkem altritsiaalseid järglasi, mistõttu kandeaeg lüheneb ning saab jälle uusi järglasi kandma hakata ning maksimaalselt kasutada lühikest soodsat aastaaega. R- strateegid.
- Enne laktatsiooni võib emaloom koguda toidutagavarasid, mida saab hiljem kasutada järglaste toitmiseks ka ebasoodsal ajal. Lindude altritsiaalsed järglased seda ei saa nautida.

5.4 Skrootum

Peale väheste erandite, on enamuse imetajate perekondades isaste gonaadid väljaspool kehaõõnt, asetsedes erilises kotikeses – *kukutis (skrootum)*, mille õõs jääb kõhuõõnega kubemekanali kaudu ühendusse.

Esimene hüpotees, mis tõstatati seisnes selles, et spermatogenees peab toimuma madalamal temperatuuril. Tegelikuses testiste temperatuur ka on mõnevõra madalam kehatemperatuurist (4 – 5°C) ja seal toimub jällegi vastuvoolu printsiibi alusel soojavahetus, kus kehast tulev veri jahutatakse testistest tuleva verega. Kui skrotaalsete imetajate testised siirdada kehaõõnde, siis tõepoolest, spermatogenees ka lakkab, kuigi testosterooni süntees jätkub normaalsel tasemel. Kui näiteks mõõdukas kliimas kasvatatud kari viia kõrge temperatuuriga kliimasse, siis halveneb kohe sperma kvaliteet.

See hüpotees ei ole aga veenev. Imetajatel, kelle seemnesarjad on kehaõõnes, toimub spermatogenees ikkagi normaalselt. Isegi lindudel, kelle kehatemperatuur on umbes 42°C, toimub see normaalselt.

Teine hüpotees seisneb selles, et skrootumis olev keeruline veresoonte "pundar", kus toimub ka soojavahetus, toimib teatava puhvrina, kaitstes seemnesarjade epiteeli suurte vererõhu muutuste eest. Ka selle hüpoteesi lükkab eelmise seletus ümber.

Kolmanda hüpoteesi idee seisneb selles, et skrootum on arenenud emastele signaaliks. Selle tõestuseks tuuakse mõnede primaatide eredalt värvunud isassuguorganid. See on võimalik, et taolused suguelundid võivad toimida teatud optilise signaalina mõnedel primaatidel, kuid enamusel skrootumiga imetajatel on nad pigem krüptilise värvusega.

Lõpuks on arvatud, et skrootum on vajalik eelkõige spermide hoidmiseks madalamal temperatuuril. See vähendab spermide ainevahetuse taset, pikendab eluiga ja ilmselt vähendab mutatsioonide võimalust. Sellest järeldub, et taoline kohastumus aitab kaasa sagedasele kopuleerumisele ja sellest tulenevalt peaks "juhuslikele sidemetele" kalduvatel loomadel olema eriti hästi arenenud skrootum ja testised. Kui võrrelda testikondseid imetajaid (ilma skrootumita), need on londilised (elevandid), mereveiselised (dugong), küüniskabjalised (elavad Aafrikas, jänese suurused (*Hyracoidae*)), elevand-karihiired (*Macroscelididae*), kuldmutlased (*Chrysochloriidae*), tenreklased (*Tenrecinae*), ainupilulised (nokkloom), napihambulised (*Edentata*), vaalalised (*Cetaceae*), *Oryzorictinae* ja pilukoonlased (*Solenodontidae*), kõikide teiste imetajatega, kellel on skrootum, siis tundub asjal iva sees olema. Eriti mäletsejatel ja primaatidel, kes on kõige sagedsemad partnerite vahetajad on ka skrootum hästi arenenud. Kugi skrootumi evolutsiooniline arenemine on veel mõistatus, tundub see versioon kõige tõenäolisem. Muuseas hobused, küülikud ja siilid võivad oma raiad vajadusel kõhuõõnde tagasi tõmmata.