



## Haruldane kalifornia kondor üllatab neitsissigimisega

Kalifornia kondor umbes kuuvanuse pojaga Hopper Mountaini looduskaitsealal

San Diego loomaaed andis oktoobri lõpus teada, et sealsete kalifornia kondorite (*Gymnogyps californianus*) geeniuuringu käigus on selgunud erakordselt huvitav fakt. Kaks isaslindu, üks koorunud 2001. aastal ja teine 2009. aastal, on pärit seemnerakuga viljastamata munast. Praeguseks on mõlemad partenogeneetilised kalifornia kondorid surnud. Üks neist suri kahe aasta vanusena, teine elas seitsmeaastaseks. Looduses on see liik elanud 45-aastaseks.

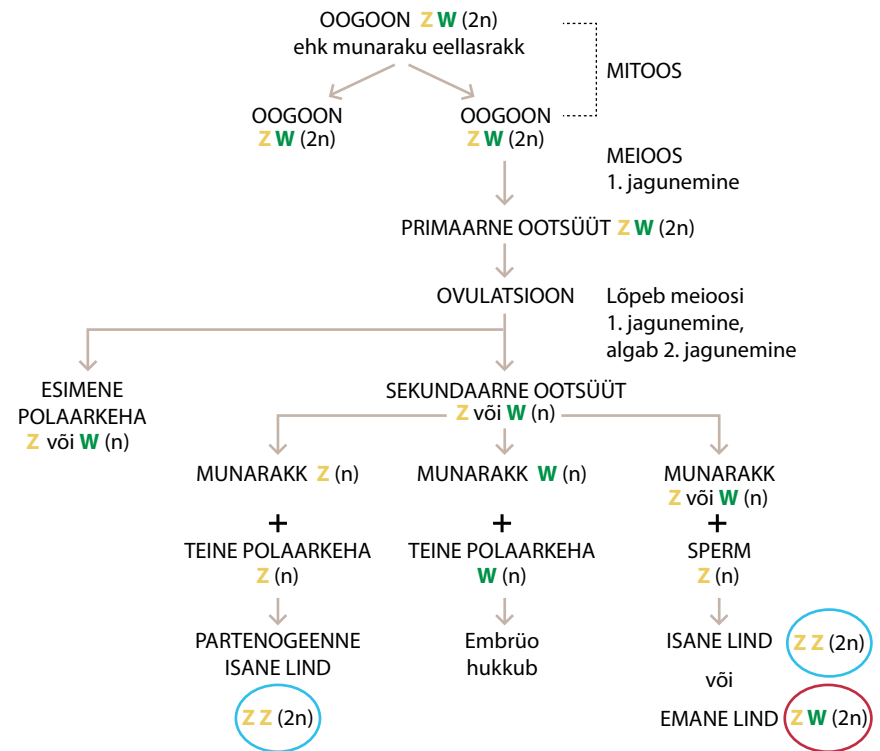
### Tambet Tõnissoo

**E**namikul loomadel on suguliseks paljunemiseks vajalik, et sperm viljastaks munara-

ku. Isasloomad toodavad sperme ja emasloomad munarakke ning hermafrodiidid on võimelised tootma nii munarakke kui ka sperme. Selgrootutel (nt skorpionid, ümar-

ussid, lestad, kiletiivalised jt) on küllaltki tavaline ka partenogenees ehk neitsissigimine, mille puhul embrüo areneb viljastamata munarakust. Hea näide on hästi tuntud kodumesilane (*Apis mellifera*), kelle viljastamata munadest arenevad haploidsed (ühekordse kromosoomiarvuga) suguvõimelised isased ehk leskmesilased. Selgroogsetel tuleb partenogeneesi ette märgatavalt harvemini, üksnes mõningatel kahepaiksetel, kaladel, roomajatel ja lindudel.

Mitmel juhul on nende loomade partenogenees avastatud tehisoludes,



Lindude partenogeneesi tõenäoline mehhanism (Ramachandrani ja McDanieli järgi). Emastel lindudel on Z- ja W-kromosoom, isastel kaks Z-kromosoomi

vad embrüod elujõuetud, ehkki lindude puhul on harvadel juhtudel siiski tehtud kindlaks, et nad on võimelised kooruma ja arenema täiskasvanuks.

Imetajatel ei saa ainult emase genoomist materjalist areneda eluvõimelist embrüot, kuna mängu tuleb epigeneetika. Nimelt on isas- ja emasgenoom erinevalt vermitud ehk imprinditud: geeni avaldumine oleneb sellest, kummalt vanemalt on see päritud. Osa arengus olulisi geene on ekspresseeritud isasgenoomilt ja osa emasgenoomilt. Kui näiteks eemaldada hiire viljastatud munarakust maternaalne (emapoolset päritolu) genoom ja asendada see teise paternaalse (isapoolset päritolu) genoomiga, saadakse alaarenenud embrüo, kes on määratud hukule (sama juhtub ka kahe maternaalse genoomi puhul).

Samamoodi juhtub siis, kui naise munaraku arengu käigus on maternaalne genoom meioosis kaduma läinud ja nii-öelda tühja munaraku viljastab kaks sperm. Selle tagajärg on arenguanomaalia, mida kutsutak-

se põismooliks. See on trofoblasi (rakud, mis aitavad embrüol emakas- se pesastuda, pannes aluse platsenta lootepoolsele osale) vohamine, kuna paternaalselt genoomilt ekspresseeruvad geenid, mis on vajalikud, moodustamaks platsentat.

Teatud juhtudel on molekulaarbioloogiliste võtetega võimalik ka imetajatel nii-öelda partenogeneesi esile kutsuda. Näiteks Jaapani teadlased löid 2004. aastal hiire, kes oli saanud ilma isaslooma panuseta. Nimelt võeti mutantselt hiirelt pärit munarakk, mis oli muudetud imprintingu mustris mõttes spermilaadseks, kombineeriti see normaalse hiire munarakuga ja saadi lõpuks pärast mitut ebaõnnestumist elujõuline ja viljastusvõimeline emane hiir.

Ainsad selgroogsed, kellel teadaolevalt toimub genoomne imprinting, on pärisimetajad ja mõningal määral ka kukkurloomad. Munevatel ainupilulistel imetajatel ei ole imprinditud geene leitud. Lindude kohta arvatakse, et neil genoomset vermimist ette ei tule.

Varem dokumenteeritu järgi on

mistõttu on see tekitanud omajagu furoori. Näiteks USA Chattanooga loomaia (Tennessee osariik) emane komodo varaan Charlie oli paaris isase Kadaliga, kuid ilmselt vastupidi tolle ootustele munes 2019. aastal munad, millest koorus kolm partenogeneetilist isast Onyx, Jasper ja Flint. Louisville'i (Kentucky osariik) loomaia emane võrkpüüton Thelma elas ühes puuris teise emasega, ja andis kõigile üllatuslikult partenogeneesi teel elu kuuele emasele järglasele.

Kõrgematel selgroogsetel on partenogeneesi kaudu arenema hakka-

embrüod moodustunud partenogeneetiliselt kodukanal (*Gallus gallus domesticus*), kodukalkunil (*Meleagris gallopavo f. domestica*), kodutuvil (*Columba livia var. domestica*), sebravindil (*Taeniopygia guttata*) ja idasinivutil (*Coturnix chiensis*). Üksnes vähestel juhtudel, kana ja kalkuni puhul, on tehtud kindlaks, et embrüod suudavad areneda kuni koorumiseni, ja kalkuni puhul on õnnestunud suunatud aretustööga saada isegi viljastusvõimelisi täiskasvanud isaseid. Miks just isaseid? Põhjus peitub sugukromosoomides.

Lindude sugukromosoomid on Z- ja W-kromosoom. Emastel on Z- ja W-kromosoom, isastel kaks Z-kromosoomi. Seega, lindudel on emased heterogameetsed ehk toodavad nii Z- kui ka W-sugukromosoomiga munarakke. (Meeldetuletuseks: imetajatel, näiteks inimestel, on isased heterogameetsed, s.o toodavad X- ja Y-sugukromosoomiga sperm.) Kui emased ZW-genotüübiga linnud munevad viljastamata muna (kas Z-kromosoomi sisaldava muna või W-kromosoomiga muna), millest areneb partenogeneesi teel järglane, saab see olla ainult ZZ, seega isane, kuna WW-genotüübiga versioon pole elujõuline.

Normaalselt viljastudes siseleb isaslinnu sperm munarakku, munaraku meiosis toimub lõpuni ning haploidne sperm (paternaalne) genoom ja haploidne munaraku (maternaalne) genoom ühinevad ning panevad aluse uuele diploidsele organismile. Partenogeneesis võivad munarakk ja meiosis käigus moodustunud teine polaarkeha taasühineda, tekitades diploidse kromosoomistiku. Kuna emane lind on ZW-genotüübiga, võivad munarakud ja polaarkehad sisaldada vastavalt kas Z- või W-sugukromosoomi. Kui nüüd ühinevad Z-kromosoomi kandev munarakk ja polaarkeha, on tulemus ZZ-genotüübiga isane embrüo, kelle genoomne materjal pärineb emalt. Kui ühinevad kaks W-kromosoomi kandvat rakku, siis embrüo hukub.



Foto: Alan Schmierer / Wikimedia Commons

Sisalik *Aspidoscelis uniparens* paljunebki ainult partenogeneetiliselt, seega on kõik isendid emased

## Liigid, kes on saanud järglasi partenogeneesi teel

**R**oomajad: USA-s ja Mehhikos elutsev sisalik *Aspidoscelis uniparens*; komodo varaan (*Varanus komodoensis*); kuningboa (*Boa constrictor*); võrkpüüton (*Malayopython reticulatus*); vaskpea-kilplõugmadu

(*Agkistrodon contortrix*).

Kõhrkalad: vasarhai *Sphyrna tiburo*; väikehammas-saagrai (*Pristis pectinata*); sebra-võõthai (*Stegostoma fasciatum*); mustserv-hallhai (*Carcharchimus limbatus*).

Kalifornia kondori näide partenogeneesi võimalikkuse kohta lindudel on intrigeeriv, kuna loob võimaluse, et seda võib ka loodusoludes ette tulla märksa laiemalt, kui arvatakse. Samas näitas ka nende kahe partenogeneetiliselt arenenud isase kondori elusaatus, et selline arengumudel kaldub normist kõrvale ja põhjustab mitmesuguseid arenguhäireid (anatomilised iseärasused, lühem eluiga, haigused, kaheldav sigimisvõime jne). Suure tõenäosusega hukuvad looduslikult tekkinud partenogeneetiliselt linnud juba embrüogeneesi käigus ega kooru, aga välistada seda võimalust ei saa.

Mõlemad San Diego loomaia emased kondorid, kelle munadest koorusid partenogeneetiliselt järglased, olid puuris koos isastega ja varem saanud elujõulisi tibusid suguliselt paljunedes. Seega võib sellist partenogeneesi pidada fakultatiivseks ehk suguliselt paljuneva organismi võimeks saada järglasi ka asekuaalse paljunemise teel. ■

1. Booth, Warren et al. 2014. New insights on facultative parthenogenesis in pythons. – *Biological Journal of the Linnean Society* 112: 461–468.
2. Kono, Tomohiro et al. 2004. Birth of parthenogenetic mice that can develop to adulthood. – *Nature* 428: 860–864.
3. Parker, Holly M.; McDaniel, Christopher D. 2009. Parthenogenesis in unfertilized eggs of *Coturnix chinensis*, the Chinese painted quail, and the effect of egg clutch position on embryonic development. – *Poultry Science* 88 (4): 784–790.
4. Ramachandran, Ramesh; McDaniel, Christopher D. 2018. Parthenogenesis in birds: a review. – *Reproduction* 155 (6): R245–R257.
5. Renfree, Marilyn B. et al. 2009. Evolution of Genomic Imprinting: Insights from Marsupials and Monotremes. – *Annual Review of Genomics and Human Genetics* 10: 241–262.
6. Ryder, Oliver A. et al. 2021. Facultative Parthenogenesis in California Condors. – *Journal of Heredity*. [academic.oup.com/jhered/advance-article/doi/10.1093/jhered/esab052/6412509](https://academic.oup.com/jhered/advance-article/doi/10.1093/jhered/esab052/6412509).
7. Schut, Elske et al. 2008. Parthenogenesis in a passerine bird, the Zebra Finch *Taeniopygia guttata*. – *Ibis* 150: 197–199.

**Tambet Tõnissoo** (1976) on Tartu ülikooli arengubioloogia õppetooli juhataja ja kaasprofessor.