

<https://helda.helsinki.fi>

Afrikkalaisten kirjoahventen väriytyksen evoluutio

Kratochwil, Claudius

2021-12

Kratochwil , C 2021 , ' Afrikkalaisten kirjoahventen väriytyksen evoluutio ' , Ciklidisti : Suomen kirjoahvenharrastajien jäsenlehti , Vuosikerta. 3 , Sivut 18-19 .

<http://hdl.handle.net/10138/341435>

unspecified
publishedVersion

Downloaded from Helda, University of Helsinki institutional repository.

This is an electronic reprint of the original article.

This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Please cite the original version.

Afrikkalaisten kirjoahventen värityksen evoluutio

Itäafrikkalaisten Tanganjika-, Malawi- ja Victorianjärvien rikasta kalalajistoa tarkastellessa ei tarvitse olla biologi huomataksaan sen monimuotoisuuden olevan lähes vertaansa vailla makean veden järvien joukossa. On arvoituksellista, miksi niissä on niin hämmästyttävä määrä lajeja. Yksistään Malawijärvestä elää 500–1000 lajia, joista suurin osa (90 %) kuuluu yhteen heimoon: kirjoahveniin. Lajien määrä on erityisen vaikuttava, kun sitä vertaa Pohjois-Euroopan järvissä elävien lajien määrään. Jopa suurimmista järvistä kuten Saimaasta tai Laatokasta voidaan laskea vain 40–50 lajia. Ja miksi juuri kirjoahvenista esiintyy niin paljon lajeja, eikä muista kalaryhmistä, kuten särkikaloista tai monneista. Eikä vain lajien suuri määrä, vaan myös ällistytävä vaihtelu ruumiinmuodossa, käyttäytymisessä ja värityksessä kiehtoo yhtäläisillä akvaristeja ja biologeja

Kuinka kirjoahvenet saivat raitansa yhä uudelleen

Vaikkakin kirjoahvenet ovat äärimmäisen monimuotoisia hämmästyttävän moninaisine kokoineen, ruuminmuotoineen, leukoineen ja hampaineen, on eräs mielenkiintoinen ilmiö havaittavissa verrattaessa lajeja eri afrikkalaisista järvistä. Kirjoahveniin perehtymätön henkilö saattaisi erehtyä pitämään kultakoruahventa, *Julidochromis ornatus*, ja kultamalawinahventa, *Melanochromis auratus*, samana lajina (kuva 1). Kumpaakin lajia luonnehtii kirkkaan keltainen väritys, kaksi pitkittäisraitaa ja pitkänomainen ruumiinmuoto. Silmiinpistävästä samankaltaisuudestaan huolimatta lajit eivät ole toisilleen läheistä sukua. Ne eivät ole kotoisin edes samasta järvestä; *Julidochromis ornatus* on kotoisin Tanganjikajärvestä, *Melanochromis auratus* on suuhautova haplokromiini Malawijärvestä. Niiden viimeinen yhteinen esi-isä eli luultavasti noin 10 miljoonaa vuotta sitten, eikä todennäköisesti ulkonäöltään muistuttanut näitä kahta lajia juuri lainkaan. Useita

muutakin esimerkkejä tästä konvergentisenä evoluutiona tunnetusta ilmiöstä, jonka seurauksena lajit muistuttavat toisiaan vain koska ovat sopeutuneet samantyyppiseen ympäristöön: pystyraidot seeprakeisarilla, *Tropheus brichardi*, ja suppumalawinahvenella, *Pseudotropheus microstoma*, otsakyhmy pahkakirjoahvenella, *Cyphotilapia frontosa*, ja kyhmysuuhautojalla, *Cyrtocara moorii*, suuret huulet seeprahuuliahvenella, *Lobochilotes labiatus*, ja psumalawinahvenella, *Placidochromis milomo*. (Futuyma ja Kirkpatrick 2017; Stiassny ja Meyer 1999).

Myös vaakaraidoitus on kehittynyt kirjoahvenilla moneen kertaan. Raidallisia kirjoahvenia löytyy niin kaikista Itä-Afrikan suurista järvistä kuin läntisestä Afrikasta (esim. palettikala, *Pelvicachromis pulcher*) ja Etelä-Amerikastakin (esim. loistokääpiöahven, *Apistogramma agassizii*). Näiden raitojen todennäköinen tarkoitus on toimia niin sanottuna ”dazzle camouflage” -naamiointina, joka vaikeuttaa kohteen liikkeen suunnan ja nopeuden arvioimista auttaen välttämään petojen hyökkäyksiä. Raidat myös mahdollisesti auttavat tunnistamaan lajitoverit. Aiemmin ei tiedetty miten nämä kuvioinnit voivat kehittyä ja kadota niin nopeasti. On arvioitu (Urban ym. valmisteilla), että yksistään kirjoahvenilla raidoitus olisi saattanut kehittyä noin 70 kertaa. Kuinka tämä voi tapahtua niin usein ja rinnakkaisesti?

Claudius Kratochwil on Helsingin Yliopistossa tammikuussa 2021 aloittanut tutkijaryhmän johtaja. Hänen ryhmänsä Integrative Evolutionary Biology (IEB) laboratorio (www.intevobio.fi) sijaitsee Biotekniikan instituutissa Viikin kampuksella Helsingissä. Tutkimuksessaan Claudius keskittyy siihen, miksi kirjoahvenet ovat niin lajirikas ryhmä ja miksi niiden väritys on niin monimuotoinen. Hän on syntynyt Saksassa Freiburgissa, jossa hän myös opiskeli biologiaa. Claudius väitteli filosofian tohtoriksi Baselin yliopistossa 2013 ja jatkoi tutkijanuraansa professori Axel Meyerin ryhmässä Konstanzin yliopistossa ennen siirtymistään Helsinkiin.

Viimeaikainen tutkimus on osoittanut, että useimmilla lajeilla yksittäinen geeni määrää sen onko kalalla raidat vai ei (Kratochwil 2019). Lajeilla, joilla on erittäin aktiivinen ”raitojen vaimennusgeeni” (geenin oikea nimi on *agrp2*) raitoja ei esiinny, siinä missä lajeilla, joilla tämä geeni on hiljainen, on raidat. Claudius Kratochwil kollegoineen on ensimmäisenä tunnistanut tämän mekanismin kahdella Viktoriajärven lajilla, *Pundamilia nyererei*, jolta raidat puuttuvat (toisinaan myös *Haplochromis nyererei*; kuva 2) ja raidallisella lajilla *Haplochromis sauvagei*



(tunnetaan myös nimillä *Paralabidochromis sauvagei* tai *Haplochromis* sp. ”rock kribensis”). Jatkotutkimukset osoittivat, että useimmilla yli 1200 kalalajista Victorianjärvestä, Malawijärvestä, a todennäköisesti myös Tanganjikajärvestä, tämä yksinkertainen mekanismi määrää, onko kalalla raidat vai ei (Kratochwil et al. 2018; Urban et al. 2020; Gerwin et al. 2021). Yleinen lähestymistapa kromosomiston osien tunnistamiseen on eri lajien risteyttäminen. Tämä johtaa molempien lajien geneettisen informaation sekoittumiseen. Tutkimalla risteymiä voidaan todentaa mikä kromosomiston osat vaikuttavat yksilön ulkonäköön ja mitkä eivät. Tässä tapauksessa tutkijaryhmä pystyi tunnistamaan risteymistä sen genomien osan, joka määräsi onko yksilöllä raidat. He käyttivät vastaavia DNA: n sekvensointimentelmiä kuin esimerkiksi tutkittaessa ihmisten perinnöllisiä sairauksia ja sukulaisuussuhteita.

Erityisesti Malawijärvässä on ilmeistä, että myös siinä millaisia raidat ovat, on vaihtelua: joillakin lajeilla on vain yksi raita, tai raita voi olla katkonainen tai se voi olla surkastunut vain yhdeksi tai muutamaksi täpläksi. Näissä tapauksissa raitoihin ei vaikuta vain yksi ”vaimennusgeeni”. Malawijärvässä, joka on enemmän kuin kahdesta neljään kertaan vanhempi kuin Victorianjärvi, on ilmeisesti kehittynyt muita geenejä, jotka edelleen määrittelevät, miltä kalan raidoituskuvio näyttää (Gerwin 2021). Muiden värikuvioiden, kuten esimerkiksi lukuisten *Pseudotropheus*-lajien pystyraidoituksen, syntymekanismi ei ole tiedossa. Tiedämme ainoastaan, että niiden muodostuminen vaikuttaa olevan paljon monimutkaisempi kysymys, kuin vaakaraidoituksen synty.

Uusia kysymyksiä uudessa paikassa

Vaikka meillä on nyt parempi ymmärrys siitä, miten kirjoahventen raidat muodostuvat, paljon on vielä selvittämättä. Claudius Kratochwil perusti tutkijaryhmänsä tammikuussa 2021 ja ensimmäiset kirjoahvenet uivat jo Viikin akvaarioissa. Hän haluaa muun muassa selvittää, kuinka kirjoahvenista kehittyi niin värikkäitä evoluution myötä. Monilla afrikkalaisilla kirjoahvenilla esiintyy sukupuolidimorfismia eli lajin koiraat ja naaraat eroavat toisistaan ulkoisten piirteiden, kuten koon tai värityksen suhteen. Claudius ryhtymään haluaa selvittää, miksi joillakin lajeilla esiintyy voimakkaita eroja sukupuolten välillä ja toisilla taas ei. Hän toivoo löytävänsä yksinkertaisia selityksiä siihen, miten yksittäisten geenien evoluutio on vaikuttanut tähän ilmiöön. Toinen kysymys on, kuinka ihon solut mekaanisesti tuottavat nämä kauniit värikuviot. Tässä hänen tutkimusryhmänsä hyödyntää nykyaikaisia mikroskopiategniikoita tutkiakseen ihosolujärjestelmää. Kirjoahventen värityksen kaunis monimuotoisuus on olennaisesti vain kolmen pigmenttisolutyypin aikaansaannosta: melanoforit tuottavat sävyjä tummanruskeista mustiin, ksantoforit keltaisesta punaiseen ja kimaltavat iridoforit hopeisia, sinisiä ja vihreitä värejä. Kuten moninaiset värit televisiossa syntyvät kolmen värin yhdistelmästä (punainen, vihreä ja sininen), myös kalojen värityksen aikaansaavat muutaman peruselementin vuorovaikutus. Värikuvioiden muodostumista ohjaavat mekanismit ovat kuitenkin edelleen tuntemattomia.

Lisää luettavaa aiheesta

Futuyma, D, and M Kirkpatrick. 2017. 'Species and Speciation.' in, *Evolution*. Sinauer (Sunderland, MA).

Gerwin, Jan, Sabine Urban, Axel Meyer, and Claudius F. Kratochwil. 2021. 'Of bars and stripes: A Malawi cichlid hybrid cross provides insights into genetic modularity and evolution of modifier loci underlying colour pattern diversification', *Molecular ecology*, 30: 4789-803.

Kratochwil, C. F. 2019. 'Molecular mechanisms of convergent color pattern evolution', *Zoology (Jena)*, 134: 66-68.

Kratochwil, C. F., Y. Liang, J. Gerwin, J. M. Woltering, S. Urban, F. Henning, G. Machado-Schiaffino, C. D. Hulsey, and A. Meyer. 2018. 'Agouti-related peptide 2 facilitates convergent evolution of stripe patterns across cichlid fish radiations', *Science*, 362: 457-60.

Stiassny, Melanie LJ, and Axel Meyer. 1999. 'Cichlids of the rift lakes', *Scientific American*, 280: 64-69.

Urban, S., Gerwin J., C.D. Hulsey, A. Meyer, and C.F. Kratochwil. in preparation. 'The repeated evolution of stripe patterns is correlated with body morphology in the adaptive radiations of East African cichlid fishes.'

Urban, Sabine, Alexander Nater, Axel Meyer, and Claudius F Kratochwil. 2020. 'Different Sources of Allelic Variation Drove Repeated Color Pattern Divergence in Cichlid Fishes', *Molecular Biology and Evolution*, 38: 465-77.

1) Kaksi samannäköistä lajia; kultakoruaiven, *Julidochromis ornatus*, Tanganjikajärvestä (vasemmalla) ja kultamawinahven, *Melanochromis auratus*, Malawijärvestä (oikealla). Esimerkki rinnakkaisevoluutiosta.

2) *Pundamilia nyererei* (vasemmalla) ja korkearesoluutiokuvat kolmesta solutyypistä, jotka ovat perustana kirjoahventen väritykselle (oikealla).

