

Biologinen evoluutio ja kulttuurin kehitys

Petter Portin

Biologisella evoluutiolla ja kulttuurin kehityksellä on tiettyjä yhtäläisyyksiä, mutta myös tiettyjä eroja. Tässä kirjoituksessa tuodaan esiin yhtäältä biologisen evoluution ja toisaalta kulttuurin kehityksen välttämättömät ehdot sikäli kuin niitä tunnetaan. Ilmiön välttämättömät ehdot muodostavat yhdessä sen riittävän ehdon.

Biologisen evoluution kaikki välttämättömät kolme ehtoa tunnetaan, mutta ei ole varmaa tunnetaanko vielä kulttuurin kehityksen kaikki välttämättömät ehdot, mikä kuitenkin on edellytys kulttuurin kehityksen teorian luomiseksi. Edelleen tarkastellaan biologisen evoluution ja kulttuurin kehityksen välttämättöminä ehtoina olevien muuntelun, periytymisen ja valinnan luonnetta ja mekanismeja. Kehityksen vauhtia, suuntautuneisuutta, tarkoituksenmukaisuutta, päämäärähakuisuutta samoin kuin informaation säilyvyyttä ja entropian vastustusta, joissa suhteissa biologinen evoluutio ja kulttuurin kehitys poikkeavat toisistaan, käsitellään kirjoituksessa. Richard Dawkinsin lanseeraamaa meemin käsitettä kritisoidaan.

Biologisen evoluution teoriaa voidaan nykyään pitää periaatteiltaan valmiina vaikkakin siitä miten makroevoluution mekanismi, siis lajien synty, johdetaan lajin sisäisestä evoluutiosta eli mikroevoluutiosta, ei olla vielä täysin yksimielisiä. Keskustelua tässä suhteessa käydään reduktionista ja hierarkista selitystä edustavien näkemysten välillä (*Gould* 2002). Joka tapauksessa biologisen evoluution välttämättömät ehdot, jotka yhdessä muodostavat sen riittävän ehdon, tunnetaan (*Lewontin* 1982) ja ne on kaikki osoitettu sekä teoreettisesti että empiirisesti mitä monipuolisimmin toteen. Kulttuurin kehityksen teoria sen sijaan on kaikkea muuta kuin valmis. Tässä kirjoituksessa pyrin määrittelemään biologisen evoluution ja kulttuurin kehityksen yhtäläisyydet ja ero-

avaisuudet ja näin menetellen hahmottelemaan luonnoksen kulttuurin kehityksen teoriaksi.

Biologisen evoluution ehdot

Biologisen evoluution kaikki välttämättömät ehdot, jotka yhdessä muodostavat sen riittävän ehdon (*Lewontin* 1982, s. 149), ovat: muuntelun periaate, periytymisen periaate ja valinnan periaate. Näitä periaatteita voidaan kutsua evoluutioteorian peruslauseiksi tai perusedellytyksiksi eli postulaateiksi.

Muuntelun periaate biologisessa evoluutiossa
Biologisessa evoluutiossa muuntelun periaate tarkoittaa sitä, että biologisessa luonnossa ei ole kahtakaan täysin identtistä yksilöä, vaan kaikki yksilöt poikkeavat toisistaan. Muuntelun lähteet biologisessa luonnossa ovat mutaatio ja geneettinen rekombinaatio.

Näistä mutaatio on sikäli tärkeä, että se on kaiken biologisen muuntelun perimmäinen lähde eikä rekombinaatiota voisi olla ellei olisi mutaatio-ilmiotä. Geneettinen rekombinaatio taas on sikäli tärkeä, että se tuottaa aivan uskomattoman suuren määrän muuntelua. Esimerkiksi ihmisen kaikkien mahdollisten genotyyppien määräksi voidaan nykyisen molekyylogeneettisen tiedon valossa arvioida olevan noin kymmenen potenssiin kolme miljoonaa, joka on niin suuri luku, että jos jokaisen nollan kirjoittamiseen menee tilaa yks millimetri seuraa ykköstä kolme kilometriä pitkä jono nollia. Sekä mutaatio-ilmion että geneettisen rekombinaation mekanismit tunnetaan periaatteissa aivan riittävän hyvin.

Periytymisen periaate biologisessa evoluutiossa

Periytymisen periaate biologisessa maailmassa

tarkoittaa sitä, että ainakin osa yksioiden välillä havaittavasta muuntelusta on perinnöllistä, toisin sanoen se välittyy sukupolvelta toiselle materiaalistien geenien kuljettamana. Biologisessa maailmassa geenien siirtyminen sukupolvelta toiselle on yksisuuntaista ja vertikaalista, toisin sanoen sitä tapahtuu vain vanhempien sukupolvelta jälkeläisten sukupolvelle. (Vähäisen, mutta merkittävän poikkeuksen muodostaa vasta 1980-luvulla löydetty DNA:n lateraalinen siirtyminen [ks. esim. *Bushman* 2001, joka on kattava yhteen-veto]). Kuten tunnettua, biologisessa maailmassa eivät hankitut ominaisuudet periydy.

Valinnan periaate biologisessa evoluutiassa

Biologisessa evoluutiassa luonnonvalinta perustuu yksioiden väliin kelpoisuuden (engl. *fitness*) eroihin. Kelpoisuus tarkoittaa yksilön suhteellista kykyä tuottaa lisääntymiskykyisiä jälkeläisiä. Suhteellisuus tässä tarkoittaa sitä, että yksilöä verrataan kelpoisuuden osalta populaation muihin yksilöihin. Näin ollen biologisessa evoluutiassa oman näkemykseni mukaan valinnan yksikkö on yksilö vaikkakin voidaan ajatella myös hierarkisia valinnan tasoja geneistä aina lajeihin saakka. Lienee lähes tarpeetonta sanoa, että luonnonvalinta on tiedostamaton materialistinen mekanismi.

Kulttuurin kehityksen ehdot

Samoin kuin biologisessa evoluutiassa kulttuurin kehityksen välttämättömiin ehtoihin kuuluvat muuntelun periaate, periytymisen periaate ja valinnan periaate. Näiden lisäksi kulttuurin kehityksen välttämättömiä ehtoja ovat ainakin informaation varastointi ja kerääminen, sosiaalisen ryhmän muodostuminen ja siitä seuraava yhteiskunnan kehitys sekä kieli. Näidenkin lisäksi on todennäköisesti vielä muitakin kulttuurin kehityksen välttämättömiä ehtoja, mutta on myös mahdollista, että mainitut kuusi ehto muodostavat yhdessä kulttuurin kehityksen riittävän ehdon. Kaikkien kulttuurin kehityksen välttämättömien ehtojen löytämien olisi ensiarvoisen tärkeää kulttuurin kehityksen teorian muodostamiseksi.

Muuntelun periaate kulttuurin kehityksessä

Jos valinnan periaate on sekä biologisen evoluution että kulttuurin kehityksen välttämätön ehto, kuten pyrin jäljempänä osoittamaan, seuraa siitä, että muuntelun periaate täytyy kuulua myös kulttuurin kehityksen välttämättömiin ehtoihin,

sillä eihän voi valita ellei ole muuntelua mistä valita. Muuntelun yksikkö biologisessa evoluutiassa on geeni, mutta kulttuurin kehityksen muuntelun yksikköä ei ole helppo määritellä.

Englantilainen Richard Dawkins on ehdottanut kulttuurin kehityksen muuntelun (ja myös valinnan) yksiköksi meemiä (*Dawkins* 1989), ja tämän ovat omaksuneet monet merkittävät evoluutioteoreetikot kuten esimerkiksi Paul Higgs (2000) ja Henry Plotkin (1995). Kuitenkin geenit ovat materiaalisia ja selkeästi määriteltävissä kun taas meemit ovat eteerisiä ja vaikeasti määriteltäviä. Ellei meillä ole adekvaattia käsitystä näistä aineettomista elementeistä on vaikeaa selittää kulttuurin kehitystä meemien ja niiden muuntelun pohjalta (*Benietz-Bribiesca* 2001).

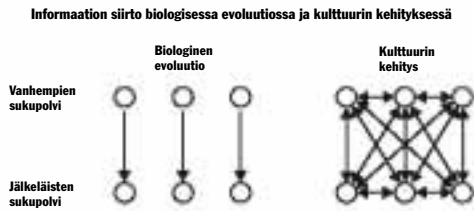
Jäljempänä käsittelen sitä mitä vaikeuksia meemin käsite aiheuttaa valinnan periaateen kannalta. Sekä kulttuurin kehityksen muuntelun että valinnan periaatteiden yksiköt olisi välttämättä voitava määrittää konkreettisemmin kuin mitä meemin käsite on jotta voitaisiin kehittää edes auttava teoria kulttuurin kehityksestä. Sen sijaan kulttuurin kehityksen muuntelun lähteet voidaan jokseenkin hyvin tunnistaa. Ne ovat ensinnäkin keksinnöt ja innovaatiot sekä toiseksi konstruktio ja kompositio. Näiden voidaan katsoa vastaavasti olevan biologisen evoluution muuntelun lähteiden, nimittäin mutaation ja geneettisen rekombinaation vastineita.

Periytymisen periaate kulttuurin kehityksessä

Päinvastoin kuin biologisessa evoluutiassa, missä periytyminen perustuu materiaaliisiin geeneihin, periytymisen mekanismi kulttuurin kehityksessä on ensinnäkin sosiaalista, käsitteellistä ja mentaalista ja toiseksi kaksisuuntaista, sekä vertikaalista että horisontaalista, ts. verkostomaista (*Kuva*). Lisäksi, päinvastoin kuin biologisessa evoluutiassa, hankitut ominaisuudet periytyvät kulttuurin kehityksessä. Koska sekä biologinen evoluutio että kulttuurin kehitys vaativat informaation siirtoa, on periytymisen periaate paitsi biologisen evoluution myös kulttuurin kehityksen välttämätön ehto.

Valinnan periaate kulttuurin kehityksessä

On lähes varmaa, että valinta, olkoonpa se sitten luonnonvalintaa tai kulttuurin piiriin kuuluvaa valintaa, on ainoa uuden informaation vakiintumisen lähde populaatiossa. Tämän vuoksi valinta on paitsi biologisen evoluution myös kulttuurin kehityksen välttämätön ehto. Kuitenkin kun luonnonvalinta on tiedostamaton materialisti-



Informaation siirto biologisessa evoluutiossa on yksisuuntaista ja vertikaalista, mutta kulttuurin kehityksessä kaksisuuntaista ja verkostomaista.

nen prosessi, joka perustuu valintaan yksilöiden välillä niiden kelpoisuuden perusteella, näyttää siltä, että kulttuurin kehityksessä valinta on viime kädessä aina enemmän tai vähemmän tietoisia ja että valinnan yksikkönä ovat ryhmät, sillä kulttuuri ei voi syntyä yhdessä yksilössä (*Damasio* 2001). Yksilöt eivät myöskään voi omaksua kulttuuria eivätkä suorittaa sen piiriin kuuluvia valintoja elleivät he ole sellaisen sosiaalisen ryhmän jäseniä, jonka puitteissa he levittävät ja välittävät informaatiota. Tämän vuoksi sosiaalisen ryhmän ja siitä seuraava yhteiskunnan muodostuminen ovat kulttuurin kehityksen välttämättömiä ehtoja.

Russell ja Russell (1990) ovat keksineet käyttäytymisvalinnan käsitteen, jolla he tarkoittavat, että kulttuurin muutokset tapahtuvat yksilöiden käyttäytymisen muutosten seurauksena. Käyttäytymisen muutokset tapahtuvat oppimisen kautta. Tämän vuoksi käyttäytymisvalinta on paljon parempi ehdotus valinnan mekanismiksi kulttuurin kehityksessä kuin aikaisemmin mainittu meemin käsitteeseen perustuva meemivalinta. Sana meemi (engl. *meme*) tulee kreikan kielen sanasta *mimesis*, joka tarkoittaa jäljittelyä. Niinpä meemivalinnassa oppiminen tapahtuu pelkästään jäljittelyn avulla ja muut, kehittyneemmät oppimisen muodot jätetään ottamatta huomioon (*Blackmore* 2000). Yleisempi käyttäytymisvalinta sen sijaan sisältää kaikki oppimisen muodot.

Informaation säilyttäminen ja kertyminen kulttuurin kehityksessä

Inhimillisen kulttuurin juuret ovat löydettävissä ihmisen varhaishistoriasta ja jo ihmisapinoilla esiintyy piirteitä kulttuurista, kuten työn tekoa ja opettamisen kautta tapahtuvaa oppimista eli siis kulttuurin kehityksen ensiaskeleita (*de Waal* 1996; *Vogel* 1999; *Pennisi* 1999; *Whiten ym.* 2001; *Matsuzawa* 2001; *Viitala* 2003). Kuitenkaan esimerkiksi työn jakoa, joka on inhimillisen kulttuurin olennaisimpia piirteitä, ei ihmisapinoilla ole havaittu.

Ihmisapinoilla ei myöskään ole havaittu sellaisia inhimillisen kulttuurin kehityksen piirteitä kuten kulttuuri-informaation säilyttämistä aivojen ulkopuolisissa varastoissa. Tällaisia ovat esimerkiksi kirjastot ja internet.

Muilla eläimillä kuin ihmisellä ei tietävästi myöskään ole taidetta eikä tiedettä siinä merkityksessä kuin sen käsitämmme. Vanhimmat nykyihmisen kiviin tekemät uurrokset ja riipustelmat, jotka on tulkittu alkukantaiseksi taiteeksi ovat noin 77 000 vuotta vanhoja (*Valladas ym.* 2001).

Tiede on järjestelmällinen ja yhtenäinen, yleispätevien ja varmojen tietojen kokonaisuus. Tällaisten tietojen tarkoituksellinen ja järjestelmällinen tavoittelu eli tieteen harjoittamisen katsotaan yleisesti alkaneen Kaksoisvirtain maassa noin 10 000 vuotta sitten samaan aikaan kuin ihmiset alkoivat viljellä maata. Sana kulttuuri (lat. *cultura*) tarkoittaakin alun perin juuri maanviljelyä. Voitaisiinko ihmisen kulttuurin kehityksen katsoa alkaneen tuolloin?

Kieli kulttuurin kehityksen välttämättömänä ehtona

Kieli on biologinen ominaisuus, jonka synty muutti radikaalisesti lajimme suoriutumista ja samalla koko planeettaamme. Miten kieli biologisen evoluution kuluessa syntyi on evoluutiobiologian mielenkiintoisimpia kysymyksiä. Kuten edellä on esitetty, sosiaalinen, käsitteellinen ja mentaalinen informaation siirto on kulttuurin kehityksen välttämätön ehto. Niinpä tästä seuraa, koska tämä informaation siirto tapahtuu pääasiassa puhutun ja kirjoitetun kielen välityksellä, että kieli on kulttuurin kehityksen välttämätön ehto. Nowak ja Komarova (2001) ovat osoittaneet, että kielen biologinen ja kulttuurinen kehitys ovat kulkeneet käsi kädessä. Niin muodoin koko modernin ihmisen kehitys on ollut ja edelleen on geenien ja kulttuurin yhteisevoluutiota.

Mitkä ovat kulttuurin synnyn ja kehityksen riittävät ehdot?

Ilmiön välttämättömien ehtojen konjunktio on ilmiön riittävä ehto eli ilmiön kaikki välttämättömät ehdot yhdessä muodostavat sen riittävän ehdon. Olen edellä esitellyt tekijöitä, jotka mielestäni ovat kulttuurin kehityksen välttämättömiä ehtoja, mutta en väitä löytäneeni niitä kaikkia. Tämä olisi kuitenkin ensiarvoisen tärkeää kulttuurin kehityksen teorian luomiseksi. Yritän jäljempänä luonnostella sellaista.

Biologisen evoluution ja kulttuurin kehityksen peruserot

Biologisella evoluutiolla ja kulttuurin kehityksellä on selkeät peruseronsa. Biologinen evoluutio on hidasta kun taas kulttuurin kehitys on nopeaa ja kiihtyvää. Kulttuurin kehitys on jopa hedelmällisempää kuin biologinen evoluutio uusien muotojen synnyttäjänä varsinkin kun on kyseessä yksilöllinen luova toiminta ja nerous (Simon-ton 2000). On hyvin varmennettu ajatus myös se, että biologinen evoluutio on säilyttävää ja konservatiivista; mendelistiset populaatiot yleensä säilyttävät adaptiivisen norminsa. Sen sijaan kulttuurin kehitys on kumulatiivista, koska se perustuu ihmisten luovaan toimintaan.

On myös vakiintunut käsitys, että biologinen evoluutio on suuntautumaton, kun taas kulttuurin kehitys ainakin voi olla suuntautunutta ja on parhaimmillaan suunniteltua. Sekä biologinen evoluutio että kulttuurin kehitys ovat historiallisia tapahtumia. Edellinen on Markovin prosessi, toisin sanoen tietty tapahtuma ei riipu siitä miten nykyiseen tilaan tultiin biologisen evoluution tapauksessa muun muassa siitä syystä, että muuntelua tuottavat mekanismit ovat suuntansa puolesta paljolti sattumanvaraisia. Jälkimmäinen sen sijaan ei ole Markovin prosessi, koska kulttuurin kehityksessä historialliset tapahtumat muodostavat selkeän toisiaan seuraavien ilmiöiden jatkumon.

Biologisen evoluution tiedetään myös olevan palautumatonta ja toistumatonta. Luonnonvalinta ei yksinkertaisesti voi kulkea vastavirtaan ja esimerkiksi sukupuuttoon kuollut laji ei koskaan enää palaa. Kulttuurin kehitys taas voi tunnetusti olla palautuvaa ja toistuvaa, kuten monet esimerkit ihmiskunnan historiassa – esimerkiksi renessanssi – osoittavat.

Biologisen evoluution tiedetään myös olevan tarkoituksetonta ja opportunistista sekä päämäärään suuntautumaton. Kulttuurin kehitys puolestaan on tarkoituksellista, koska se riippuu yksityisten ihmisten ja ihmisyhteisöjen intentioista. Tästä seuraa myös, että kulttuurin kehitys on periaatteessa päämäärähakuista.

Sekä biologinen evoluutio että kulttuurin kehitys luovat järjestystä eli siis vastustavat entropiaa kumpikin omassa vaikutuspiirissään. Näin voi tapahtua, koska kumpikin ovat avoimia systeemejä. Entropian vastustus syntyy näissä kahdessa kehityksen muodossa kuitenkin eri tavoin. Maapallon biosfäärin avoimuus riippuu Auringosta tulevasta energi-

asta tai muusta energiagradienista, esimerkiksi maansisäisestä energiasta valtamerien pohjassa olevien tulivuorien eli ns. mustien savuttajien luovuttamasta energiasta. Kulttuurin kehitys puolestaan edellyttää biologisten ehtojensa lisäksi ihmistyötä ja informaation säilyttämistä ja keräämistä aivojen ulkopuolisiin varastoihin.

Kulttuurin kehitys ja biologian evoluutio ovat eri asioita

Richard Dawkins (1982, 1989) on toistuvasti esittänyt sen reduktionistisen ajatuksen mitä monet evoluutiobiologit ovat väittäneet alan synnystä lähtien, nimittäin että luonnonvalinnan teorian pätevyysala ei rajoitu pelkästään biologiseen maailmaan. Charles Darwin itse sen sijaan ei teoksessaan *Lajien synty* (Darwin 1859) tarkastele mitään muuta kuin biologista maailmaa, ja teos päättyy elämän syntyä koskeviin pohdintoihin. Itse olen tässäkin tutkielmassa asettunut sille kannalle, että valinta (vaikkakaan ei siis pelkästään luonnonvalinta) on mahdollisesti ainoa mekanismi, joka synnyttää informaatiota ja kasvattaa sen määrää eli siis valinta lisää negatiivisen entropian eli entalpian määrää ja katson siis, että yleinen valintateoria pätee ainakin tiettyyn mittaan asti myös kulttuurin kehitykseen.

Ihmisen kulttuurin kehitys on kulkenut käsi kädessä lajimme biologisen evoluution kanssa, vaikkakin näiden kahden kehityksen muodon välillä on selkeitä eroja niin kuin olen ylemmänä pyrkinyt osoittamaan. Wallace ja Wallace (1999) ovat Conrad H. Waddingtonin (1972) ensimmäisenä esittämää teoreettisen biologian kieli-vertausta käyttäen ehdottaneet, että ihmisen biologian ja kulttuurin yhteinen kehitys perustuu geneettisen "kielen" ja kulttuurisen "kielen" yhteensulautumiseen, kieli käsitettynä sanan laajassa merkityksessä. Tämän yhteensulautumisen jälkeen ihmisyyhteisöt ovat voineet olla myös pelkästään kulttuurille ominaisten erikoistumien ja yhteensulautumien koteina. Näin syntyneitä ilmiöitä ei heidän mukaansa pidä sekoittaa tai yhdistää meemin käsitteeseen.

Stephen Gould (2002) esittää voimakkaasti, että biologisessa evoluutiossa valintaa tapahtuu usealla eri tasolla alkaen geneistä ja päätyen ryhmiin. Tällainen hierarkkinen valintamalli pätee mielestäni vielä paremmin kulttuurin kehitykseen kuin biologiseen evoluutioon. Kulttuurin piirissä valintaa, joka tässä tapauksessa päinvastoin kuin biologisessa evo-

luutiossa siis on tietoista, ovat niin yksilöiden, työryhmien, erilaisten yhteisöjen ja instituutioiden sekä lopulta koko yhteiskunnan ja ihmiskunnan tekemät päätökset.

KIRJALLISUUTTA

- Benitez-Bribiesca, L. (2001): "Memetics: A dangerous idea". *Interciencia* 26, 29-30.
- Blackmore, S. (2000): *Meemit – kulttuurigeenit*. Suom. Osmo Saarinen. Art House, Helsinki. 352 s.
- Bushman, F. (2001): *Lateral DNA Transfer: Mechanism and Consequences*. Cold Spring Harbor Laboratory Press. Cold Spring Harbor, New York. XIV + 448 s.
- Damasio, A. (2001): *Descartesin virhe. Emootiot, järki ja ihmisen aivot*. Suom. Kimmo Pietiläinen. Terra Cognita, Helsinki. 278 s.
- Darwin, C. (1859): *The Origin of Species by Means of Natural Selection*. Murray, Lontoo. [6th Ed, 1879]. 659 s.
- Dawkins, R. (1982): *The Extended Phenotype: the gene as the unit of selection..* Freeman, San Francisco. 307 s.
- Dawkins, R. (1989): *The Selfish Gene*. 2nd expanded edition. Oxford University Press, Oxford. 352 s.
- de Waal, F. (1996): *Good Natured, The Origins of Right and Wrong in Human and Other Animals*. Harvard University Press, Cambridge (Ma) ja Lontoo.
- Gould, S. (2002): *The Structure of Evolutionary Theory*. The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge (Ma) ja Lontoo. XXII + 1433 s.
- Higgs, P.G. (2000): "The mimetic transition: a simulation study of the evolution of learning and imitation". *Proc. Roy Soc. London Ser. B. – Biological Sciences* 267, 1335- 1361.
- Lewontin, R. (1982); *Human Diversity*. Scientific American Books, Inc., New York X + 179 s.
- Matsuzawa, T. (toim.) (2001): *Primate Origins of Human Cognition and Behavior*. Springer, Tokio.
- Nowak, M. A. & Komarova, N. I. (2001): "Towards an evolutionary theory of language". *Trends in Cognitive Sciences* 5, 288-295.
- Pennisi, E. (1999): "Are our primate cousins 'conscious'". *Science* 284, 2073-2076.
- Plotkin, H. C. (1995): "Non-genetic transmission of information: Candidate cognitive Processes and the evolution of culture", *Behavioural Processes* 35, 207-213.
- Russell, C. & Russell, M. S. (1990): "Cultural-evolution and behavior". *Netherlands J. Zool.* 40, 745-762.
- Simonton, D. K. (2000): "Human creativity, cultural evolution and niche construction". *Behavioral and Brain Sciences* 23, 159.
- Waddington, C. H. (1972): *Towards a Theoretical Biology*. Vol. 4: *Essays*. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Valladas, H., Clottes, J., Geneste, J. M., Garcia M. A., Arnold, M., Cachier, H. & Tisnerat-Laborde, N. (2001): "Palaeolithic paintings – evolution of prehistoric cave art". *Nature* 413, 479.
- Wallace, R. & Wallace, R.C. (1999): "Organisms, organization and interactions: An information theory approach to cultural evolution". *Biosystems* 51, 100-119.
- Whiten, A., Goodall, J., McGrew, W. C., Sugiyama, T., Tutin, G. E. G., Wrangham, R. W. & Boesch, C. (2001): "Charting cultural variation in chimpanzees". *Behaviour* 138, 1481- 1516.
- Viitala, J. (2003): *Inhimillinen eläin, eläimellinen ihminen: sosiaalisen käyttäytymisen avaimet*. Atena. Gummerus, Jyväskylä. 266 s.
- Vogel, G. (1999): "Chimps in the wild show stirrings of culture". *Science* 284, 2070-2073.

Kirjoittaja on Turun yliopiston perinnöllisyystieteen professori.

petter.portin@utu.fi