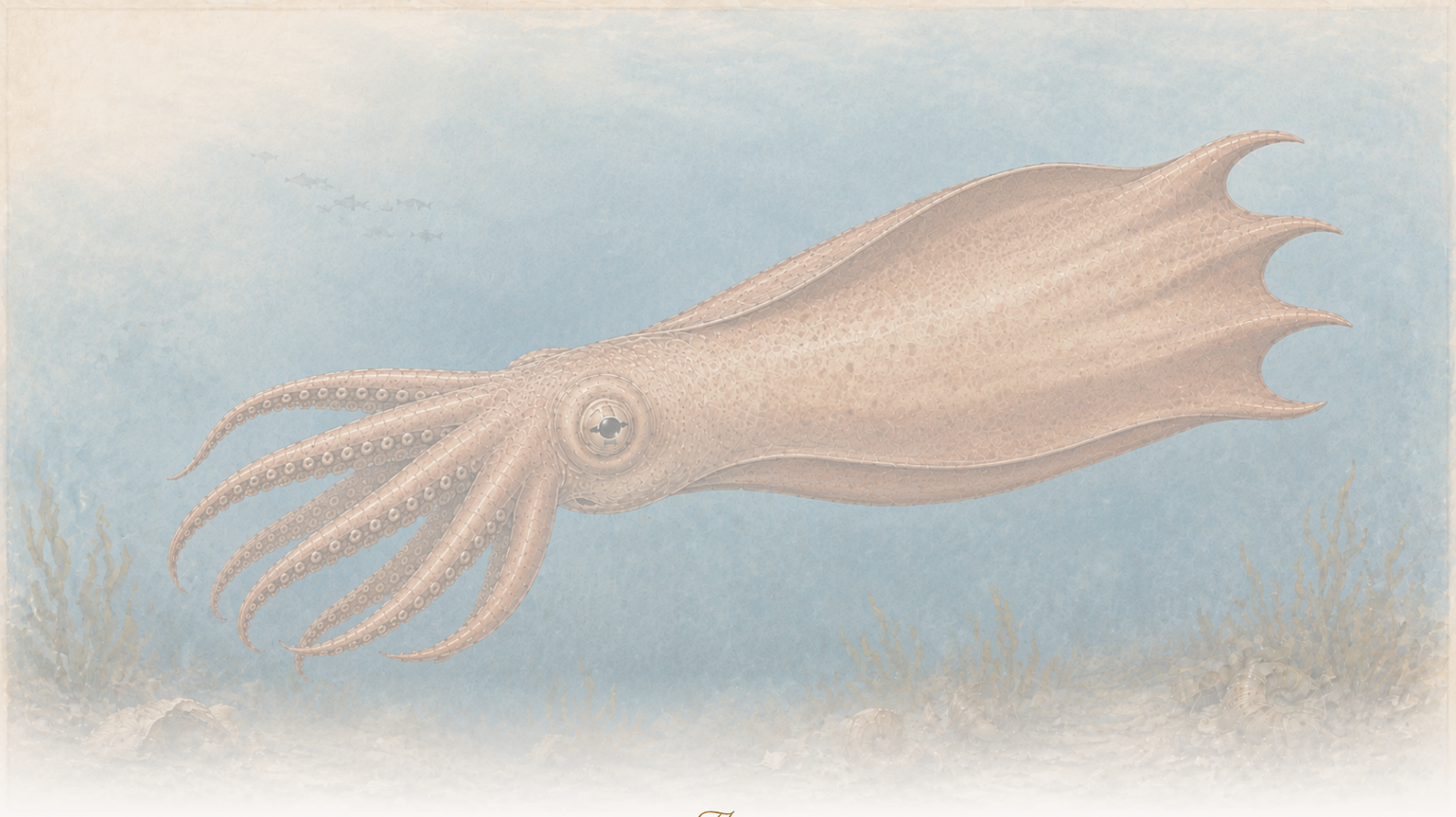


The Clean Paper

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Liitukauden jättimustekalat saattoivat olla huippupetoja — mutta näyttö alkaa leuoista, ei merihirviöistä

Science-lehdessä julkaistu tutkimus tarkastelee uudelleen valtavia liitukautisia pääjalkaisten leukoja ja esittää, että kaksi Nanaimoteuthis-lajia olivat varhaisia evällisiä mustekaloja, joiden arvioitu ruumiinpituus oli useita metrejä ja saattoi yltää jopa 18.6 m:iin. Leukojen voimakas kuluminen viittaa kovakuorisen saaliin murskaamiseen; epäsymmetrinen kuluminen saattaa vihjata käyttäytymisen puolieroon. Fossiilitarina on näyttävä, mutta täsmällinen versio ei ole 'kraken oli totta': kyse on leuoista, kulumisjäljistä, taksonomiasta ja mittakaavasuhteista tehdystä rekonstruktiosta.

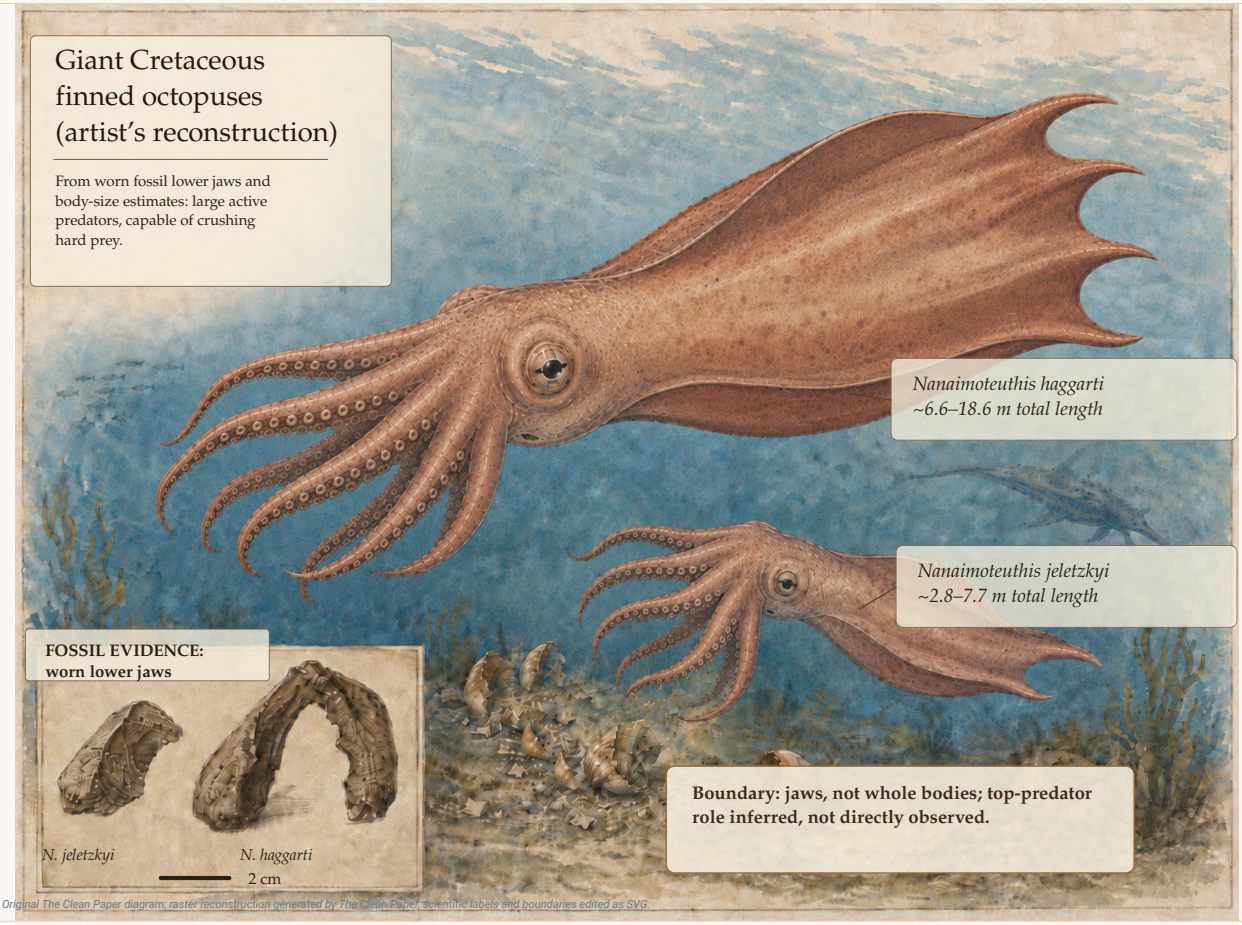
Written by Laura Nesso · Cross-checked by Lucio Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Earliest octopuses were giant top predators in Cretaceous oceans*, Shin Ikegami, Jörg Mutterlose, Kanta Sugiura, Yusuke Takeda, Mehmet Oguz Derin, Aya Kubota, Kazuki Tainaka, Takahiro Harada, Harufumi Nishida, and Yasuhiro Iba, Science 392, 406–410 (2026) · DOI: 10.1126/science.aea6285

Kraken-tarina riisuttuna takaisin fossiileihin

Fossiilinen leuka ei ole eläin. Se on pehmeäruumiisen eläimen kova jäänne, pala, jonka perusteella paleontologien on rekonstruoitava anatomiaa, käyttäytymistä ja ekologiaa teeskentelemättä, että he näkivät eläimen elävänä. Siksi tämä tutkimus on sekä vastustamattoman kiinnostava että helppo yksinkertaistaa liikaa. Otsikkoversio houkuttelee: jättimäiset, krakenia muistuttavat mustekalat hallitsivat liitukauden meriä. Huolellinen versio on parempi: poikkeuksellisen hyvin säilyneet fossiiliset leuat viittaavat siihen, että jotkin varhaisimmista tunnetuista evällisistä mustekaloista olivat hyvin suuria petoja, jotka murskasivat toistuvasti kovaa saalista ja saattoivat yltää myöhäisliitukauden merien ravintoverkkojen ylimmälle tasolle.

Sekin on näyttävää. Tarinaa kannattaa lukea leuoista, kulumisjäljistä, taksonomiasta ja ruumiinkoon mittakaavasuhteista tehtynä rekonstruktiona, ei merihirviötarinana.



Taiteilijan rekonstruktio tutkimuksessa käsitellyistä kahdesta **Nanaimoteuthis**-lajista; fossiiliset alaleuat on esitetty ruumiinkoon rekonstruktion suorana todistusaineistona. Kuva on rekonstruktio, ei valokuva fossiilista: säilynyt näyttö koostuu leuoista, kun taas ruumiinpituus ja huippupedon asema päätellään mittakaavasuhteista, kulumisjäljistä ja ekologiasta.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Mitä kirjoittajat tekivät

Kirjoittajat tarkastelivat uudelleen liitukauden kahdeksanlonkeroisten pääjalkaisten — laajemman ryhmän, johon mustekalat ja niiden sukulaiset kuuluvat — fossiilisia leukoja. Japanista ja Vancouver Islandilta oli aiemmin raportoitu viisitoista suurta fossiilista leukaa. Ryhmä löysi lisäksi Japanista viidestä karbonaattikonkretiosta kaksitoista leukaa digitaalisen fossiilien etsinnän avulla.

Menetelmä yhdisti korkean erotuskyvyn täysvärisen hiontatomografian ja zero-shot-oppimista käyttävän tekoälymallin, jota ei siis ollut koulutettu juuri näillä fossiileilla. Tutkijat hioivat kutakin konkretiota **50 mikrometrin välein** ja valokuvasivat jokaisen uuden pinnan, jolloin syntyi pitkä sarja värikuvia. DEVA-niminen segmentointimalli tuotti jokaiseen kuvaan leuan digitaalisen ääriviivan eli maskin. Tutkijat tarkistivat ääriviivat alkuperäisiä kuvia vasten ja pinosivat sekä yhdistivät ne vain vähän silotelluiksi, alkuperäisvärisiksi 3D-malleiksi. Näin he pystyivät löytämään kiven sisään piiloutuneita leukoja ja tutkimaan niiden pintojen hienoja lohkeamia, naarmuja ja muita kulumisjälkiä. Hiontatomografia tuhosi viisi kivinäytettä, mutta syntyneet kuvat, maskit ja 3D-mallit arkistoitiin.

Sen jälkeen he tekivät neljä toisiinsa liittyvää analyysia.

Ensinnäkin he tarkistivat taksonomian. Aiemmin viiteen lajiin jaetut fossiiliset leuat järjestettiin kahdeksi lajiksi: **Nanaimoteuthis jeletzkyi** ja **Nanaimoteuthis haggarti**. Suku, jota aiemmin pidettiin vampyyrikalmareiden sukulaisena, sijoitetaan tässä **Cirrata**-ryhmään eli evällisiin mustekaloihin.

Toiseksi he pidensivät aikajanaa. Uusi aineisto ulottaa **N. jeletzkyi** -lajin varhaisimpaan cenoman-vaiheeseen, noin **100 miljoonan vuoden taakse**. Se pidentää evällisten mustekalojen tunnettua fossiilirekisteriä noin 15 miljoonalla vuodella ja mustekalojen laajemmin noin 5 miljoonalla vuodella.

Kolmanneksi he arvioivat ruumiinkokoa leuan koosta. Nykyisten pitkärunkoisten evällisten mustekalojen allometristen suhteiden perusteella he arvioivat ensin vaipan pituuden ja sitten kokonaispituuden. Arviot ovat väljiä: **N. jeletzkyi** saattoi olla kokonaispituudeltaan noin **2.8–7.7 metriä** ja **N. haggarti** noin **6.6–18.6 metriä**. Tämän vaihteluvälin yläpäästä ”kraken”-kieli saa alkunsa.

Lisäaineiston menetelmät tekevät mittakaavaketjun näkyväksi. Tutkijat rekonstruoivat tarvittaessa kuluneiden tai rapautuneiden leukojen ääriviivat ja käyttivät sitten **12 lajikohtaista suhdetta** alaleuan hupun pituuden ja vaipan pituuden välillä. He ottivat huomioon asiaankuuluvissa nykyisissä näytteissä keskimäärin **39% kiinnityskutistumisen** ja muunsivat vaipan pituuden kokonaispituudeksi kertoimella **4.2**, joka johdettiin elävistä pitkärunkoisista evällisistä mustekaloista. Näistä valinnoista syntyy vaihteluväli, ei fossiilisen ruumiin suora mittaus.

Neljänneksi he tutkivat kulumista. Suurimmat leuat olivat tylppiä ja pyöristyneitä kohdissa, joissa nuorilla yksilöillä leukarakenteet olisivat terävämpiä. Niissä näkyi lohkeamia, naarmuja, kiillottuneita pintoja, halkeamia ja leukareunojen epäsymmetristä materiaalikatoa. Kirjoittajat tulkitsevat tämän toistuvan kovasaaliin murskaamisen merkiksi ja mahdollisesti myös käyttäytymisen puolieroksi.

Mitä he löysivät

Ne olivat todennäköisesti varhaisia evällisiä mustekaloja, eivät vampyyrikalmareita. Lisäaineiston taksonomia erottaa kaksi toisiinsa liittyvää vaihetta. Kukin silta on leukamateriaalin kaistale, joka yhdistää hupun sivuseinämään. **Nanaimoteuthis**-suvussa nämä sillat jäävät kokonaan sisemmän ja ulomman leukalevyn peittoon, mikä tukee suvun sijoittamista Cirrata-ryhmään. Leuan leveät siivekkeet puolestaan tukevat sijoittamista pitkärunkoisten evällisten mustekalojen ryhmään. Tällä on merkitystä, koska tutkimus ei sano vain ”suuri pääjalkainen”; se muuttaa näiden fossiilien paikkaa mustekalojen evoluutiohistoriassa.

Ne olivat vanhoja. Uudet näytteet sijoittavat evällisiä mustekaloja noin **100 miljoonan vuoden taakse**, myöhäisliitukaudelle. Ne ovat näin eräitä varhaisimmista tunnetuista mustekalalinjan eläimistä.

Ne saattoivat olla valtavia. Ruumiinkokoarviot eivät ole säilyneiden ruumiiden yksittäisiä mittauksia, vaan leuoista tehtyjä laskelmia. Luvut ovat silti suuria myös varovaisesti ilmaistuina. Pienemmän lajin, N. jeletzkyi -lajin, kokonaispituudeksi arvioidaan useita metrejä. Suuremman N. haggarti -lajin arvio ulottuu noin **18.6 metriin**, mikä on samaa mittaluokkaa kuin aikansa suurimmat meripedot ja nykyiset suurimmat pääjalkaiset.

Leuat olivat voimakkaasti kuluneita. Suurimmissa näytteissä menetetyn leukamateriaalin määrä oli noin **10% leuan kokonaispituudesta**. Paperi perustelee, ettei kuluminen johdu preparointivauriosta tai kuljetuksessa syntyneestä hankauksesta: näytteet olivat peräisin vähäenergisen ulkohyllyn kerrostumista, lohkeamat ja naarmut olivat säilyneet tavalla, joka sopii käytöstä syntyneisiin jälkiin, eivätkä samoissa kerrostumissa esiintyvät fossiiliset kalmarileuat näyttäneet samaa kuviota. Kirjoittajat vertaavat kulumista nykyisiin durofagisiin pääjalkaisiin — eläimiin, jotka syövät kovaa saalista.

Kuluminen oli epäsymmetristä. Molemmilla lajeilla leuan oikea reuna oli kuluneempi kuin vasen. Kirjoittajat tulkitsevat tämän mahdolliseksi käyttäytymisen lateralisaatioksi: toista puolta käytettiin ehkä mieluummin kuin toista. Koska lateralisoitunut käyttäytyminen liittyy nykyeläimillä monimutkaisiin hermostoihin, he ehdottavat, että näillä varhaisilla mustekaloilla saattoi jo olla kehittynyttä kognitiota.

Mitä tämä todennäköisesti tarkoittaa

Vahvin ekologinen tulkinta on, etteivät myöhäisliitukauden evälliset mustekalat olleet kaikki pieniä sivuroolin eläimiä suurten selkärankaisten hallitsemissa ekosysteemeissä. Kirjoittajien huippupetoargumentti yhdistää kaksi havaintoa: jättimäiseksi arvioidun ruumiinkoon ja durofagisen lihansyönnin — kovien eläinsaalien toistuvan käsittelyn — joka päätellään leukojen kulumisesta. Yhdessä ne tukevat mahdollisuutta, että selkärangaton eläinlinja nousi ravintoverkon ylimmälle tasolle, joka yhdistetään muuten mosasauruksiin, plesiosauruksiin, suuriin kaloihin ja haihin.

Myös evoluutiotarina on kiinnostava. Selkärankaiset meripedot ja mustekalalinjan pääjalkaiset etenivät saalistajiksi hyvin eri reittejä. Selkärankaiset saivat leuat ja virtaviivaisen ruumiin ja

usein vähensivät ulkoista panssarointia. Mustekalojen sukulaiset vähensivät kuorta tai siirsivät sen sisäiseksi, muuttuivat pehmeärunkoisiksi ja liikkuviksi mutta säilyttivät voimakkaat leuat ja taipuisat lonkerot. Paperi kuvaa tätä konvergenttina reittinä kohti suuria ja kognitiivisesti kehittyneitä meripetoja.

Spekulatiivisempi osa koskee käyttäytymistä. Laaja kuluminen tukee kovasaaliin syömistä. Suuri koko tukee ekologista merkitystä. Epäsymmetrinen kuluminen tukee mahdollista lateralisoitunutta käyttäytymistä. ”Kehittynyt älykkyys” on kuitenkin päätelmä, ei fossiilista suoraan mitattu ominaisuus. Ajatus on mustekalojen biologian valossa uskottava, mutta sitä ei pidä vahvistaa näyttöä pidemmälle.

Mitä tämä *ei* osoita

- Se **ei** säilytä kokonaisen jättimustekalan ruumista. Rekonstruktio perustuu pääasiassa leukoihin, ja ruumiinkoko päätellään nykyisten evällisten mustekalojen mittakaavasuhteista.
- Se **ei** näytä mahalaukun sisältöä tai suoria saalisjäänteitä. Kovasaaliin syöminen päätellään leukojen kulumisesta, ei fossiloituneesta ateriasta.
- **Varsinainen tutkimusartikkeli ei** ehdota, että eläimet söivät mosasauruksia, plesiosauruksia tai muita suuria merimatelijoita. Tutkimustekstissä näitä eläimiä käytetään vain ruumiinkoon ja ekologisen aseman vertailukohtina.
- Se **ei** anna täsmällistä ruumiinpituutta. Arviot ovat vaihteluvälejä, ja suurin luku on yläraja-arvio.
- Se **ei** mittaa älykkyyttä suoraan. Leukojen lateralisoitunut kuluminen tulkitaan mahdolliseksi käyttäytymisen lateralisaatioksi, joka saattaa vihjata monimutkaisesta käyttäytymisestä; tästä on vielä useita päättelyaskelia siihen, että tietäisimme, mihin eläin kykeni.
- Se **ei** tarkoita, että kaikki varhaiset mustekalat olivat jättiläisiä. Väite koskee näitä Nanaimoteuthis-lajeja, erityisesti N. haggarti -lajia, ei kaikkia varhaisia mustekalalinjoja.

Kuinka vahvaa näyttö on?

Hyvin suurten liitukautisten mustekalalinjan leukojen olemassaolosta näyttö on vahvaa: paperi esittelee kuvatut näytteet, digitaaliset mallit, stratigrafisen kontekstin ja vertailut nykyisten sekä fossiilisten pääjalkaisten leukoihin.

Kovasaaliin syömisestä näyttö on myös kohtuullisen vahvaa. Kulumiskuviot on kuvattu yksityiskohtaisesti — lohkeamia, naarmuja, kiillotusta, halkeamia ja epäsymmetristä materiaalikatoa — ja kirjoittajat käyttävät paljon vaivaa preparointivaurioiden ja kuljetushankauksen poissulkemiseen. Vertailu nykyisiin durofagisiin pääjalkaisiin on uskottava yhteys.

Tarkasta ruumiinkoosta ja huippupedon asemasta luottamuksen pitäisi olla maltillisempaa. Kokoarviot riippuvat elävistä pitkärunkoisista evällisistä mustekaloista johdetusta allometrisesta skaalauksesta. Ekologinen rooli päätellään arvioidun koon ja durofagisen lihansyönnin yhdistelmästä eikä sitä havaita suoraan. Perustelu on johdonmukainen, mutta kyse on ekologisesta rekonstruktiosta, ei

ravintoverkon suorasta laskennasta.

Miksi tämä on tärkeää

Tutkimus on hyvä esimerkki siitä, miten paleontologia voi tehdä vahvoja väitteitä osittaisesta näytöstä ilman taikuutta. Leuka on kohde. Kuluminen on käyttäytymisen jälki. Skaalauskäyrä on silta kovasta fossiilista pehmeään ruumiiseen. Jokainen askel lisää selitysvoimaa, ja jokainen askel lisää epävarmuutta. Tämä oppi kannattaa säilyttää.

Se korjaa myös tuttua mielikuvaa. Liitukauden meret kuvitellaan usein suurten selkärankaispetojen ja pienempien kuorellisten saaliseläinten maailmaksi. Nämä fossiilit viittaavat siihen, etteivät kaikki pehmeärunkoiset selkärangattomat vain piileskelleet tämän ravintoverkon alla. Osa saattoi kilpailla sen ylimmillä tasoilla.

Tulos on visuaalisesti upea, mutta selkeä tarina ei ole ”kraken oli totta”. Se on tämä: suuret varhaiset evälliset mustekalat jättivät leukoja, joiden perusteella tutkijat rekonstruoivat jättimäisiä ruumiita ja toistuvaa kovasaaliin syömistä — yhdistelmän, joka muodostaa vakavasti otettavan mutta edelleen päätelmiin perustuvan argumentin selkärangattomista huippupedoista merimatelijoiden aikakaudella.

Tiivistelmä

Tutkijat tarkastelivat uudelleen Japanista ja Vancouver Islandilta löydettyjä liitukauden fossiilisia pääjalkaisten leukoja ja käyttivät täysväristä hiontatomografiaa sekä zero-shot-tekoälysegmentointia rekonstruoidakseen japanilaisista kivistä piilossa olleet leuat yksityiskohtaisiksi 3D-näytteiksi. He järjestivät useita fossiilitaksoneita kahdeksi **Nanaimoteuthis**-lajiksi, jotka tulkitaan tässä varhaisiksi evällisiksi mustekaloiksi. Fossiilit ulottavat evällisten mustekalojen historian noin **100 miljoonan vuoden taakse**. Leukakoon skaalauksesta kirjoittajat arvioivat **N. jeletzkyi** -lajin kokonaispituudeksi noin **2.8–7.7 m** ja **N. haggarti** -lajin noin **6.6–18.6 m**. Leukojen voimakas kuluminen — lohkeamat, naarmut, kiillotus, halkeamat ja reunojen epäsymmetrinen materiaalikato — viittaa toistuvaan kovasaaliin murskaamiseen ja mahdollisesti lateralisoituneeseen käyttäytymiseen. Jättimäiseksi arvioitu koko ja durofaginen lihansyönti tukevat tulkintaa, jonka mukaan nämä mustekalat saattoivat kuulua merellisten ravintoverkkojen ylimpään tasoon. Näyttö ei sisällä kokonaisia ruumiita, täsmällisiä pituuksia, tunnistettua saalista eikä älykkyyden suoria mittauksia. Varsinainen tutkimusartikkeli ei ehdota suurten merimatelijoiden saalistamista.

Realistinen arvio

Mitä paperi osoittaa: Suuria liitukauden mustekalalinjan leukoja, jotka on taksonomisesti tarkistettu kahdeksi Nanaimoteuthis-lajiksi ja sijoitettu evällisiin mustekaloihin; Cirrata-ryhmän aiempaa vanhempi fossiilirekisteri; useisiin metreihin ja mahdollisesti jopa 18.6 m:iin yltäviä ruumiinkokoarvioita; aikuisten leukojen voimakasta kulumista, joka sopii kovasaaliin syömiseen; epäsymmetristä kulumista, joka sopii mahdolliseen käyttäytymisen lateralisaatioon.

Mikä on uskottavaa mutta ei osoitettu: Että N. haggarti oli yksi suurimmista koskaan tunnetuista selkärangattomista; että nämä eläimet olivat todellisia huippupetoja; että epäsymmetrinen kuluminen heijastaa käyttäytymisen lateralisaatiota ja kehittynyttä kognitiota.

Mitä se ei osoita: Kokonaisia ruumisfossiileja; suoraa saalista tai mahalaukun sisältöä; täsmällisiä ruumiinpituuksia; suurten merimatelijoiden saalistamista; suoraa näyttöä älykkyydestä; sitä, että kaikki varhaiset mustekalat olivat jättiläisiä.

Tärkeimmät rajoitukset: Ruumiinkoko päätellään monivaiheisella leuka–vaippa–kokonaispituusskaalausmallilla; huippupedon asema päätellään arvioidusta koosta ja durofagisesta lihansyönnistä; käyttäytyminen päätellään epäsymmetrisestä kulumisesta; fossiileissa säilyvät leuat eivätkä kokonaiset eläimet tai suorat saalisjäänteet.

Kuinka paljon luottamusta tavallisella lukijalla pitäisi olla? Paljon siihen, että fossiileihin kuuluu hyvin suurten varhaisten evällisten mustekalojen leukoja, joissa on vahvaa näyttöä kulumisesta. Kohtalaisesti siihen, että suurimmat eläimet saavuttivat **6.6–18.6 m** arvion yläpään. Kohtalaisesti siihen, että ne olivat todellisia huippupetoja eivätkä vain erittäin suuria kovasaaliin syöjiä. Vähän siihen, että niiden älykkyydestä voidaan sanoa mitään kovin täsmällistä. Sopiva suhtautuminen: näyttävä fossiilitarina, mutta se rakentuu leuoista ja päättelystä, ei kokonaisesta merihirviöstä.

Julkaisemisen jälkeiset päivitykset

- **Korjaus · 2026-07-26**

  Vastaavan kirjoittajan Yasuhiro Iban palautteen jälkeen täsmensimme, että varsinainen tutkimusartikkeli käyttää suuria merimatelijoita vertailukohtina eikä saaliseläiminä, ja selvensimme eroa tutkimusartikkelin ja Sciencen erillisen Editor's Summary -tekstin välillä saaliin määrittelyn osalta. Laajensimme myös digitaalisen fossiilien etsintämenetelmän ja huippupetoa koskevan näytön kuvausta sekä tarkistimme koko lisäaineiston.

Lähteet

Science 392, 406–410 (2026)
https://doi.org/10.1126/science.aea6285

Supplementary methods, text, figures S1–S6, and references

https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aea6285/suppl_file/science.aea6285_sm.pdf

Supplementary tables S1–S6
https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aea6285/suppl_file/science.aea6285_tables_s1_to_s6.zip

MDAR reproducibility checklist
https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aea6285/suppl_file/science.aea6285_mdar_reproducibility_checklist.pdf

Fossil lower jaws dataset — Figshare
https://doi.org/10.6084/m9.figshare.27933759

Tomographic animations — Figshare
https://doi.org/10.6084/m9.figshare.27935904

CPU-enabled AI segmentation code — Zenodo
https://doi.org/10.5281/zenodo.15176344