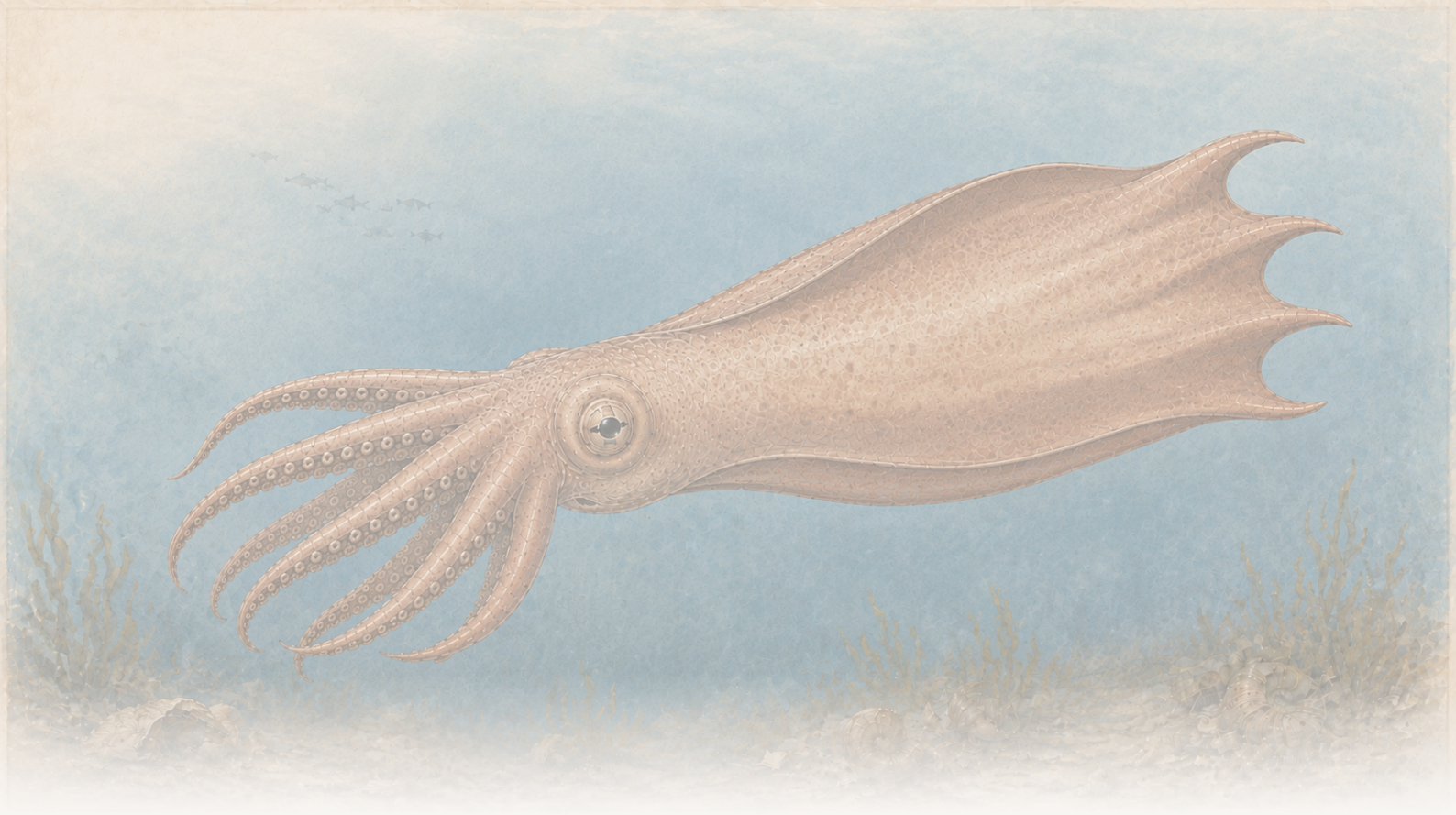


The Clean Paper

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

Pweza wakubwa wa Cretaceous huenda walikuwa top predators — lakini ushahidi unaanza na taya, si majini wa baharini

Makala ya Science inachunguza upya taya kubwa za cephalopod za Cretaceous na kusema kwamba spishi mbili za Nanaimoteuthis zilikuwa pweza wa mapema wenye mapezi, zikiwa na makadirio ya ukubwa wa mwili ya mita kadhaa na labda hadi 18.6 m. Uchakavu mkubwa wa taya unaonyesha kuponda mawindo magumu; uchakavu usio sawa unaweza kudokeza lateralized behavior. Ni hadithi ya fosili ya kushangaza, lakini toleo safi si "kraken alikuwa wa kweli": ni ujenzi kutoka taya, alama za uchakavu, taksonomia na scaling.

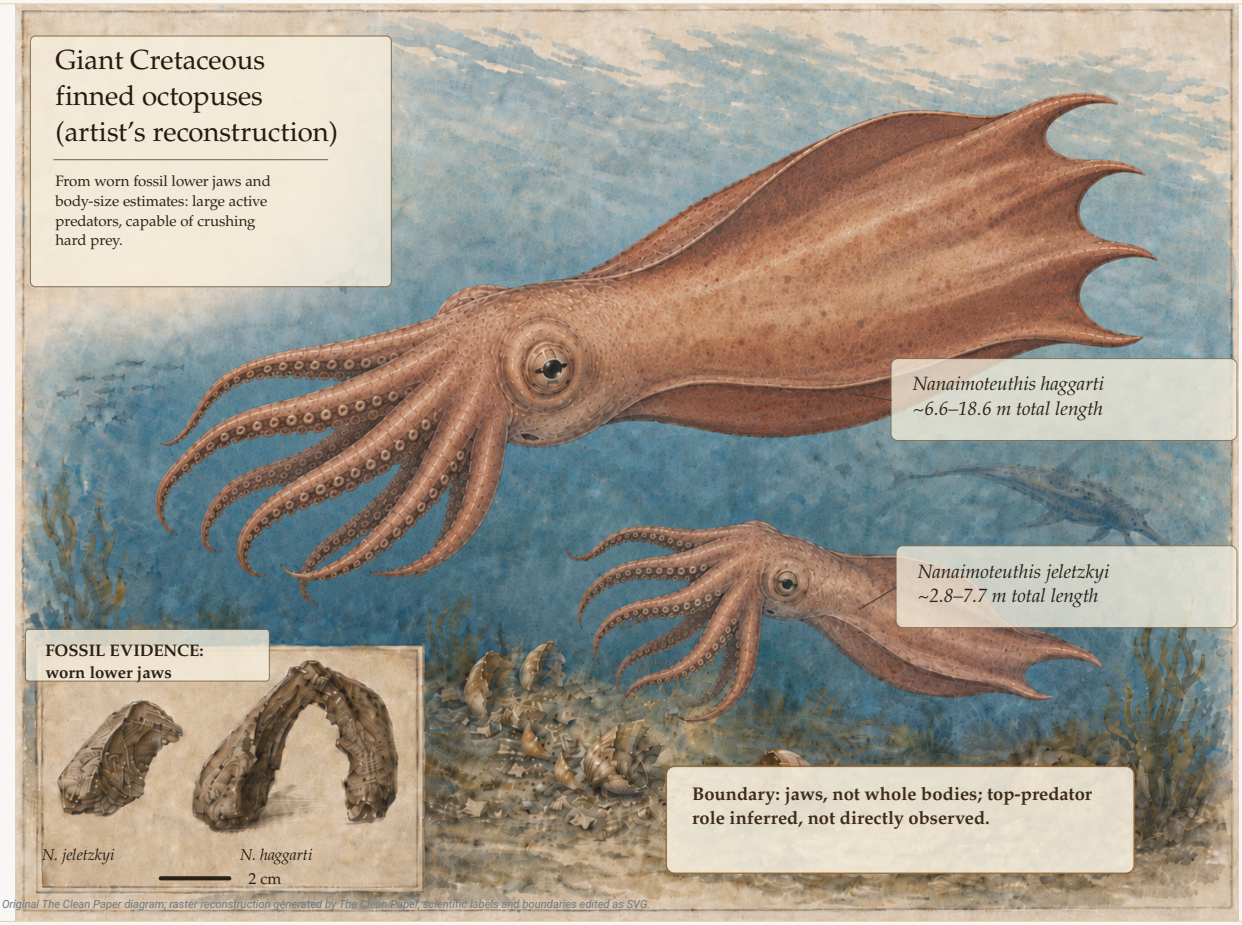
Written by Laura Nesso · Cross-checked by Lucio Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

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

Hadithi ya kraken, ikibaki kwenye fosili

Taya ya fosili si mnyama. Ni mabaki magumu ya mwili laini, kipande ambacho paleontolojia lazima ijenge upya anatomia, tabia na ekolojia bila kujifanya kwamba ilimwona kiumbe akiwa hai. Ndiyo sababu makala hii inavutia sana na pia ni rahisi kuirahisisha kupita kiasi. Toleo la kichwa cha habari linajaribu: pweza wakubwa kama kraken walitawala bahari za Cretaceous. Toleo la makini ni bora: taya za fosili zilizohifadhiwa kwa kiwango cha kipekee zinaonyesha kwamba baadhi ya pweza wenye mapezi wa mapema zaidi wanaojulikana walikuwa wala nyama wakubwa sana, walioponda mawindo magumu mara kwa mara na huenda walifika tabaka la juu la mtandao wa chakula wa baharini wa Late Cretaceous.

Hilo bado ni jambo la kushangaza. Linapaswa kusomwa si kama hadithi ya jini wa baharini, bali kama ujenzi upya kutoka taya, alama za uchakavu, taksonomia na scaling ya ukubwa wa mwili.



Ujenzi wa kisanii wa spishi mbili za **Nanaimoteuthis** zinazojadiliwa katika makala, huku taya za chini za fosili zikionyeshwa kama ushahidi wa moja kwa moja ulio nyuma ya ujenzi wa ukubwa wa mwili. Picha ni ujenzi upya, si picha ya fosili: kilichohifadhiwa ni taya, ilhali urefu wa mwili na nafasi ya top predator zinatokana na scaling, alama za uchakavu na ekolojia.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 4.0

Walichofanya waandishi

Waandishi walichunguza upya taya za fosili za cephalopod za octobrachian za Cretaceous — kundi pana linalojumuisha pweza na jamaa zao. Taya kubwa 15 za fosili zilikuwa zimeripotiwa hapo awali kutoka Japani na Vancouver Island. Timu pia ilipata taya 12 zaidi ndani ya carbonate concretions tano kutoka Japani kwa kutumia digital fossil-mining.

Mbinu hiyo iliunganisha full-color grinding tomography yenye azimio kubwa na modeli ya AI ya zero-shot learning, maana modeli haikufundishwa mahsusi kwa fosili hizi. Watafiti walisaga kila concretion kwa vipindi vya **mikromita 50**, wakipiga picha kila uso mpya uliofunuliwa ili kujenga mfuatano mkubwa wa picha za rangi. Modeli ya segmentation iitwayo DEVA ilitengeneza mpaka wa kidijitali, au mask, wa taya katika kila picha. Watafiti walikagua mipaka hiyo dhidi ya picha za asili, kisha wakazipanga na kuziunganisha kuwa modeli za 3D zenye rangi asili na smoothing ndogo. Hii iliwawezesha kugundua taya zilizofichwa ndani ya mwamba na kukagua vipande vilivyopasuka, mikwaruzo na alama nyingine ndogo za uchakavu. Grinding tomography iliharibu sampuli tano za mwamba, lakini data ya picha, masks na modeli za 3D zilihifadhiwa.

Kisha walifanya mambo manne yanayoungana.

Kwanza, walirekebisha taksonomia. Taya za fosili zilizokuwa zimewekwa katika spishi tano zilian-daliwa upya kuwa spishi mbili: **Nanaimoteuthis jeletzkyi** na **Nanaimoteuthis haggarti**. Jenasi hiyo, iliyokuwa imechukuliwa kama jamaa wa vampire squid, inawekwa hapa ndani ya **Cirrata**, pweza wenye mapezi.

Pili, walipanua rekodi ya muda. Nyenzo mpya inasukuma **N. jeletzkyi** nyuma hadi Cenomanian ya mapema kabisa, takriban **miaka milioni 100 iliyopita**, ikiongeza rekodi inayojulikana ya pweza wenye mapezi kwa karibu miaka milioni 15 na ya pweza kwa upana zaidi kwa karibu miaka milioni 5.

Tatu, walikadiria ukubwa wa mwili kutoka ukubwa wa taya. Kwa kutumia uhusiano wa allometric kutoka pweza wa sasa wenye mapezi na mwili mrefu, walikadiria urefu wa mantle na kisha urefu wote. Makadirio yao ni mapana: **N. jeletzkyi** alifikia takriban **mita 2.8 hadi 7.7** kwa urefu wote, na **N. haggarti** karibu **mita 6.6 hadi 18.6**. Sehemu ya juu ya range hiyo ndiyo chanzo cha lugha ya “kraken.”

Mbinu za supplementary zinaweka wazi mlolongo huo wa scaling. Watafiti walijenga upya mipaka ya taya iliyochakaa au kuharibika na hali ya hewa inapohitajika, kisha wakatumia **uhusiano 12 maalum kwa spishi** kati ya hood length ya taya ya chini na mantle length. Walizingatia wastani wa **39% wa kupungua kwa fixation** katika sampuli husika za kisasa, na kubadilisha mantle length kuwa total length kwa ratio ya **4.2** iliyotokana na pweza hai wenye mapezi na mwili mrefu. Chaguo hizo hutoa range, si kipimo cha moja kwa moja cha mwili wa fosili.

Nne, walichunguza uchakavu. Taya kubwa zaidi zilikuwa butu na zenye mviringo mahali ambapo vijana wangekuwa na sehemu kali zaidi. Zilionyesha chips, mikwaruzo, nyuso zilizong’aa, nyufa na upotevu usio sawa wa kingo za taya. Waandishi wanatafsiri hii kama ushahidi wa kuponda mawindo magumu mara kwa mara, na labda tabia yenye upendeleo wa upande mmoja.

Walichogundua

Huenda walikuwa pweza wa mapema wenye mapezi, si vampire squid. Taksonomia ya supplementary inatenganisha hatua mbili zilizounganishwa. Kila bridge ni ukanda wa nyenzo ya taya unaounganisha hood na ukuta wa pembeni. Katika **Nanaimoteuthis**, bridges hizi zimefichwa kabisa na sahani za ndani na nje za taya, muundo unaounga mkono kuweka jenasi ndani ya Cirrata. Mabawa mapana ya taya kisha yanaunga mkono kuiweka katika kundi la pweza wenye mapezi na mwili mrefu. Hilo ni muhimu kwa sababu makala haisemi tu "cephalopod kubwa"; inabadilisha nafasi ya fosili hizi katika historia ya pweza.

Walikuwa wa zamani sana. Sampuli mpya zinaweka pweza wenye mapezi karibu **miaka milioni 100 iliyopita**, katika Late Cretaceous. Hii inawafanya baadhi ya wanyama wa mapema zaidi wanaojulikana kwenye mstari wa pweza.

Wangeweza kuwa wakubwa sana. Makadirio ya ukubwa wa mwili si vipimo vya moja kwa moja vya miili iliyohifadhiwa; ni hesabu kutoka taya. Lakini namba ni kubwa hata zikisemwa kwa tahadhari. Spishi ndogo, N. jeletzkyi, inakadiriwa kuwa na urefu wa mita kadhaa. Kubwa zaidi, N. haggarti, inakadiriwa kufikia takriban **mita 18.6**, kiwango kinacholingana na baadhi ya wawindaji wakubwa wa bahari wa wakati huo na cephalopod wakubwa zaidi wanaoishi leo.

Taya zilichakaa sana. Katika sampuli kubwa zaidi, nyenzo iliyopotea ya taya ilifikia karibu **10% ya urefu wote wa taya**. Makala inasema uchakavu huo si uharibifu wa maandalizi au abrasion ya usafirishaji: sampuli zilitoka kwenye sediment za outer shelf zenye nishati ndogo, chips na mikwaruzo zimehifadhiwa kwa namna inayolingana na matumizi, na taya za squid za fosili zilizopatikana pamoja hazionyeshi pattern hiyo. Waandishi wanalinganisha uchakavu na cephalopod wa kisasa wenye durophagy — wanyama wanaokula mawindo magumu.

Uchakavu haukuwa sawa pande mbili. Kingo za kulia za taya zilikuwa zimechakaa zaidi kuliko kushoto katika spishi zote mbili. Waandishi wanatafsiri hilo kama behavioral lateralization inayowezekana: upendeleo wa kutumia upande mmoja zaidi kuliko mwingine. Kwa kuwa tabia ya upande mmoja inahusishwa na mifumo changamano ya neva kwa wanyama wa sasa, wanapendekeza kwamba pweza hawa wa mapema huenda tayari walikuwa na uwezo wa juu wa utambuzi.

Huenda hii inamaanisha nini

Tafsiri yenye nguvu zaidi ya kiikolojia ni kwamba pweza wenye mapezi wa Late Cretaceous hawakuwa wote wanyama wadogo wa pembeni katika ecosystem zilizotawaliwa na vertebrate wakubwa. Hoja ya waandishi kuhusu top predator inaunganisha matokeo mawili: ukubwa mkubwa uliokadiriwa wa mwili na durophagous carnivory — kusindika mara kwa mara mawindo ya wanyama yenye sehemu ngumu — inayohitimishwa kutoka uchakavu wa taya. Kwa pamoja, hayo yanaunga mkono uwezekano kwamba mstari wa invertebrate ulifika tabaka la juu la food web ambalo kwa kawaida huhusishwa na mosasaur, plesiosaur, samaki wakubwa na papa.

Hadithi ya mageuzi pia inavutia. Wawindaji wa baharini wenye uti wa mgongo na cephalopod wa

mstari wa pweza walichukua njia tofauti sana kuelekea uwindaji. Vertebrate walipata taya, miili iliyonyooka kwa kuogelea, na mara nyingi wakapunguza armor ya nje. Jamaa wa pweza walipunguza au kuingiza shell ndani ya mwili, wakawa laini na wenye kutembea, huku wakihifadhi taya zenye nguvu na mikono inayonyumbulika. Makala inaweka hili kama njia ya convergence kuelekea wawindaji wakubwa na wenye akili wa baharini.

Sehemu yenye makisio zaidi ni tabia. Uchakavu mkubwa unaunga mkono kula mawindo magumu. Ukubwa mkubwa unaunga mkono umuhimu wa kiikolojia. Uchakavu usio sawa unaunga mkono uwezekano wa lateralized behavior. Lakini "akili ya juu" ni hitimisho, si kipimo cha moja kwa moja cha fosili. Linawezekana katika muktadha wa biolojia ya pweza, lakini halipaswi kufanywa kuwa kubwa kuliko ushahidi.

Hili halithibitishi nini

- **Halihifadhi mwili mzima wa pweza mkubwa.** Ujenzi unatokana hasa na taya, huku ukubwa wa mwili ukihitimishwa kwa scaling kutoka pweza wa kisasa wenye mapezi.
- **Halionyeshi yaliyomo tumboni au mabaki ya moja kwa moja ya mawindo.** Kula mawindo magumu kunahitimishwa kutoka uchakavu wa taya, si mlo uliofossilishwa.
- **Makala ya utafiti iliyoandikwa na waandishi haipendekezi** kwamba walikula mosasaur, plesiosaur au reptilia wengine wakubwa wa baharini. Maandishi ya utafiti yanawataja wanyama hao kama ulinganisho wa ukubwa wa mwili na nafasi ya kiikolojia tu.
- **Haitoi urefu sahihi wa mwili.** Makadirio ni ranges, na dai kubwa zaidi ni upper estimate.
- **Haipimi akili moja kwa moja.** Uchakavu wa taya wenye upande mmoja unatafsiriwa kama lateralization inayowezekana ya tabia, ambayo inaweza kudokeza tabia changamano; hiyo iko hatua kadhaa za inferential mbali na kujua mnyama angeweza kufanya nini.
- **Haimaanishi pweza wote wa mapema walikuwa wakubwa.** Dai linahusu spishi hizi za Nanaimoteuthis, hasa N. haggarti, si kila mstari wa pweza wa mapema.

Ushahidi una nguvu kiasi gani?

Kwa kuwepo kwa taya kubwa sana za mstari wa pweza wa Cretaceous, ushahidi ni wenye nguvu: makala inaonyesha sampuli zilizoelezwa, modeli za kidijitali, mazingira ya stratigraphy na ulinganisho na taya za cephalopod za kisasa na za fosili.

Kwa kula mawindo magumu, ushahidi pia una nguvu ya kutosha. Alama za uchakavu zimeelezwa kwa undani — chips, mikwaruzo, polish, cracks, upotevu usio sawa — na waandishi wanafanya juhudi kuondoa uharibifu wa maandalizi na abrasion ya usafirishaji. Ulinganisho na cephalopod wa kisasa wenye durophagy ni daraja lenye mantiki.

Kwa ukubwa sahihi wa mwili na nafasi ya top predator, uhakika unapaswa kuwa wa kati zaidi. Makadirio ya ukubwa yanategemea allometric scaling kutoka pweza hai wenye mapezi na mwili mrefu. Jukumu la kiikolojia linahitimishwa kutoka mchanganyiko wa ukubwa uliokadiriwa na

durophagous carnivory, halijaonekana moja kwa moja. Hoja ina mshikamano, lakini ni ujenzi upya wa ecosystem, si sensa ya moja kwa moja ya food web.

Kwa nini ni muhimu

Makala hii ni mfano mzuri wa jinsi paleontolojia inavyotoa madai yenye nguvu kutoka ushahidi wa sehemu bila uchawi. Taya ndio kitu. Uchakavu ni alama ya tabia. Curve ya scaling ni daraja kutoka fosili ngumu kwenda mwili laini. Kila hatua inaongeza nguvu, na kila hatua inaongeza kutokuwa na uhakika. Hilo ndilo somo linalostahili kuhifadhiwa.

Pia inarekebisha picha tuliyozoea. Bahari za Cretaceous mara nyingi zinafikiriwa kama dunia ya vertebrate wakubwa wawindaji na mawindo madogo yenye shell. Fosili hizi zinaonyesha kwamba baadhi ya invertebrate wenye mwili laini hawakuwa tu wamejificha chini ya food web hiyo. Huenda walikuwa wakishindana katika ngazi zake za juu.

Matokeo yana taswira nzuri sana, lakini simulizi safi si “kraken alikuwa wa kweli.” Ni kwamba pweza wakubwa wa mapema wenye mapezi waliacha taya ambazo watafiti walitumia kujenga upya miili mikubwa na tabia ya kuponda mawindo magumu mara kwa mara — mchanganyiko unaotoa hoja nzito, lakini bado ya inferential, kwa top predators wa invertebrate katika enzi ya reptilia wa baharini.

Muhtasari safi

Watafiti walichunguza upya taya za cephalopod za fosili za Cretaceous kutoka Japani na Vancouver Island, na kutumia full-color grinding tomography pamoja na zero-shot AI segmentation kujenga kidijitali taya zilizofichwa kama sampuli za 3D kutoka miamba ya Japani. Walipanga upya taxa kadhaa za fosili kuwa spishi mbili za **Nanaimoteuthis**, zinazotafsiriwa hapa kama pweza wa mapema wenye mapezi. Fosili zinasogeza rekodi ya pweza wenye mapezi hadi karibu **miaka milioni 100 iliyopita**. Kutokana na scaling ya ukubwa wa taya, waandishi wanakadiria urefu wote wa karibu **mita 2.8–7.7** kwa **N. jeletzkyi** na **mita 6.6–18.6** kwa **N. haggarti**. Uchakavu mkubwa wa taya — chips, mikwaruzo, polish, cracks na upotevu usio sawa wa kingo — unaonyesha kuponda mawindo magumu mara kwa mara na labda lateralized behavior. Ukubwa mkubwa uliokadiriwa pamoja na durophagous carnivory vinaunga mkono tafsiri kwamba pweza hawa huenda walikuwa katika tabaka la juu la food web za baharini. Ushahidi haujumuishi miili mizima, urefu sahihi, mawindo yaliyotambuliwa au vipimo vya moja kwa moja vya akili. Makala ya utafiti yenyewe haipendekezi uwindaji wa reptilia wakubwa wa baharini.

Ukaguzi bila kupamba

Makala inaonyesha nini: Taya kubwa za mstari wa pweza za Cretaceous, zilizorekebishwa kuwa spishi mbili za Nanaimoteuthis na kuwekwa ndani ya pweza wenye mapezi; rekodi ya zamani zaidi ya Cirrata; makadirio ya ukubwa wa mwili ya mita kadhaa na labda hadi 18.6 m; uchakavu mkubwa wa taya za watu wazima unaolingana na kula mawindo magumu; uchakavu usio sawa unaolingana na lateralized behavior inayowezekana.

Kinachowezekana lakini hakijathibitishwa: Kwamba N. haggarti alikuwa miongoni mwa invertebrate wakubwa zaidi waliowahi kujulikana; kwamba wanyama hawa walikuwa top predators halisi; kwamba uchakavu usio sawa unaonyesha lateralization ya tabia na cognition ya juu.

Isichoonyeshwa: Fosili za mwili mzima; mawindo ya moja kwa moja au yaliyomo tumboni; urefu sahihi wa mwili; uwindaji wa reptilia wakubwa wa baharini; ushahidi wa moja kwa moja wa akili; kwamba pweza wote wa mapema walikuwa wakubwa.

Vikwazo vikuu: Ukubwa wa mwili unahitimishwa kupitia modeli ya hatua nyingi ya taya → mantle → urefu wote; nafasi ya top predator inahitimishwa kutoka ukubwa uliokadiriwa pamoja na durophagous carnivory; tabia inahitimishwa kutoka uchakavu usio sawa; fosili zinahifadhi taya badala ya wanyama wazima au mawindo ya moja kwa moja.

Msomaji wa kawaida anapaswa kuwa na uhakika kiasi gani? Uhakika mkubwa kwamba fosili hizi zina taya kubwa sana za pweza wa mapema wenye mapezi na ushahidi wenye nguvu wa uchakavu. Uhakika wa kati kwamba wanyama wakubwa zaidi walifikia upande wa juu wa estimate ya 6.6–18.6 m. Uhakika wa kati kwamba walikuwa top predators halisi badala ya wala nyama wakubwa sana wa mawindo magumu. Uhakika mdogo kuhusu maelezo maalum ya akili yao. Msimamo unaofaa: hadithi ya fosili ya kushangaza, lakini iliyojengwa kutoka taya na inferensi, si kutoka jini wa baharini aliyekamilika.

Masasisho baada ya kuchapishwa

- **Marekebisho · 2026-07-26**

  Baada ya maoni kutoka kwa corresponding author Yasuhiro Iba, tulisema wazi kwamba makala ya utafiti iliyoandikwa na waandishi inawatumia reptilia wakubwa wa baharini kama ulinganisho badala ya mawindo, na tukafafanua tofauti kati ya makala ya utafiti na Editor's Summary tofauti ya Science kuhusu kutaja mawindo. Pia tulipanua maelezo ya mbinu ya digital fossil-mining na ushahidi wa top predator, na tukakagua kifurushi kamili cha supplementary.

Vyanzo

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