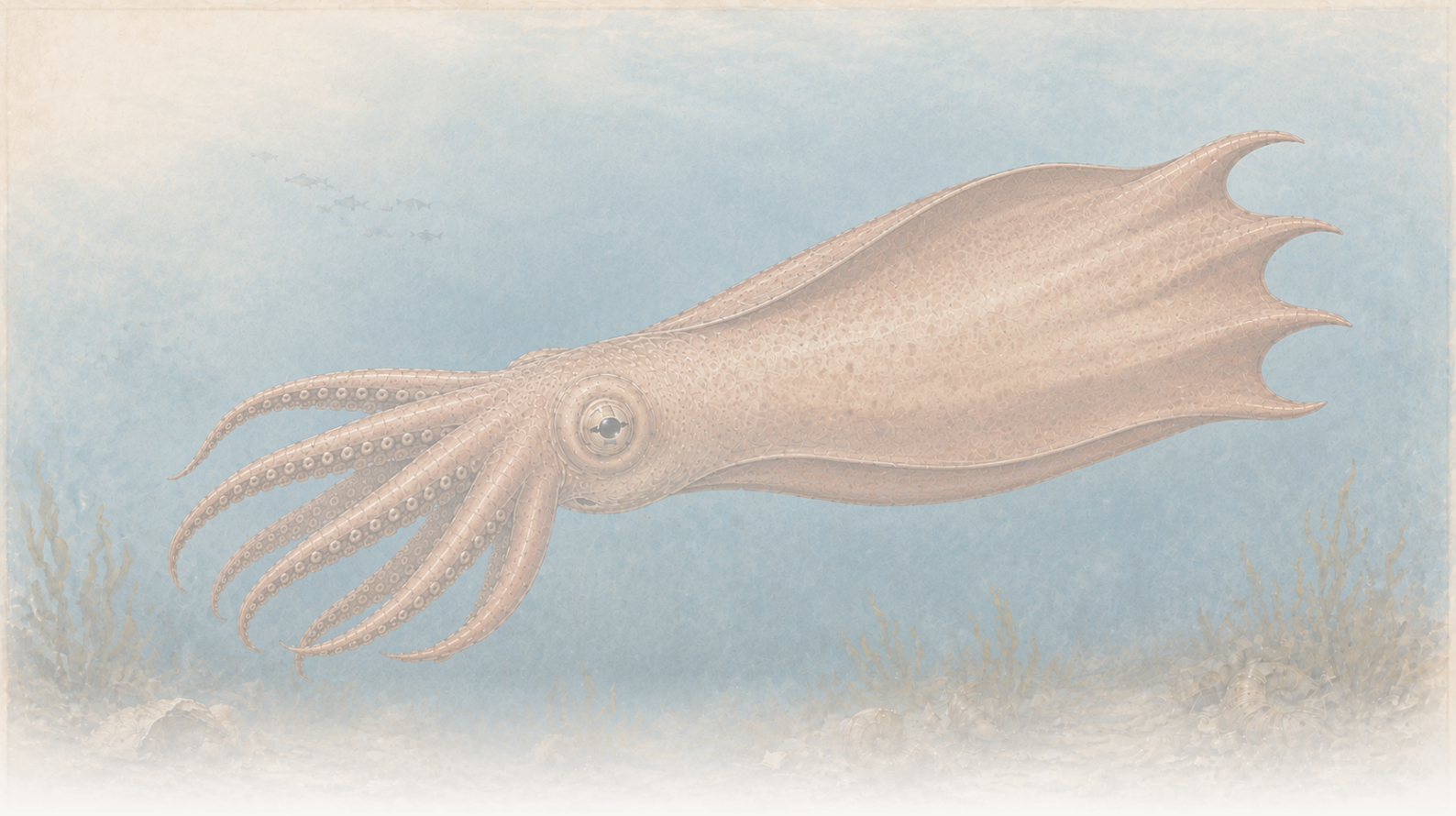




The CLEAN PAPER

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

اختاپوس‌های غول‌پیکر کرتاسه شاید شکارچیان رأس بوده‌اند — اما شواهد از آرواره‌ها شروع می‌شود، نه هیولا‌های دریایی

یک مقاله در *Science* آرواره‌های بسیار بزرگ سرپایان کرتاسه را دوباره بررسی می‌کند و استدلال می‌کند دو گونه *Nanaimoteuthis* از اختاپوس‌های باله‌دار اولیه بوده‌اند؛ تخمین اندازه بدن به چند متر و شاید تا ۱۸٫۶ متر می‌رسد. سایش شدید آرواره از خرد کردن طعمه سخت پشتیبانی می‌کند و سایش نامتقارن شاید به رفتار جانی شده اشاره داشته باشد. داستان فسیلی تماشایی است، اما نسخه تمیز «کراکن واقعی بود» نیست: بازسازی‌ای از آرواره‌ها، الگوهای سایش، رده‌بندی و مقیاس گذاری است.

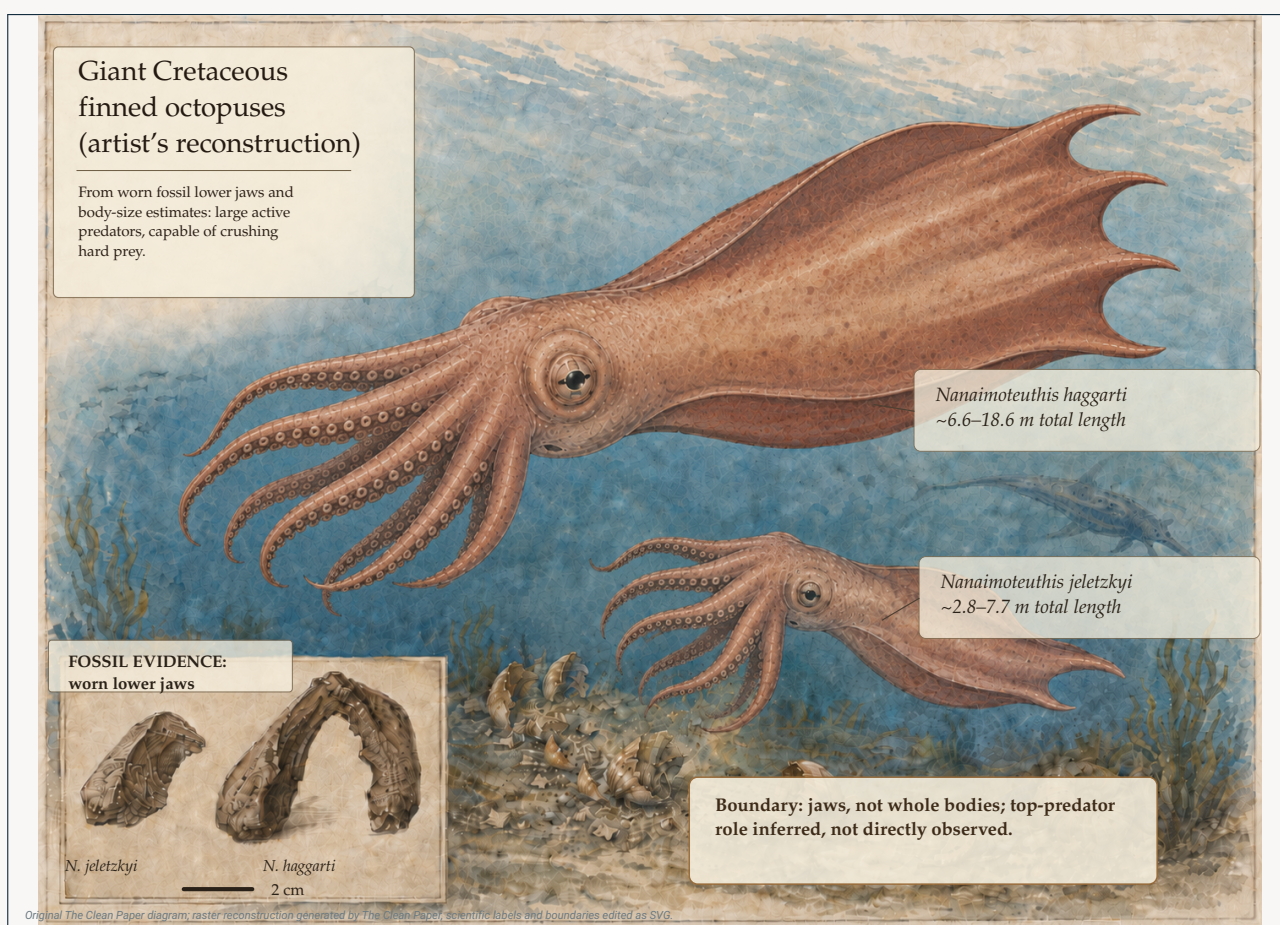
Written by Laura Nesso · Cross-checked by Lucio Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

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*, 392 410–406 (2026) · DOI: [science.aea6285/1126.10](https://doi.org/10.1126/science.aea6285)

داستان کراکن، وقتی فقط فسیل‌ها را نگه می‌داریم

یک آرواره فسیلی خودِ حیوان نیست. بقایایی سخت از بدنی نرم است؛ قطعه‌ای که دیرینه‌شناسان باید از روی آن آناتومی، رفتار و بوم‌شناسی را بازسازی کنند، بدون آن که وانمود کنند جانور را زنده دیده‌اند. همین است که این مقاله را هم مقاومت‌ناپذیر و هم بسیار مستعد ساده‌سازی بیش از حد می‌کند. نسخهٔ تیت‌ریسند و سوسه‌انگیز است: اختاپوس‌های گول‌پیکر شبیه کراکن بر اقیانوس‌های کرتاسه فرمان می‌راندند. نسخهٔ دقیق بهتر است: آرواره‌های فسیلی به‌طور استثنایی حفظ‌شده نشان می‌دهند برخی از نخستین اختاپوس‌های باله‌دار شناخته‌شده گوشت‌خوارانی بسیار بزرگ بوده‌اند که بارها طعمه‌های سخت را خرد می‌کرده‌اند و شاید در ردهٔ بالای شبکه‌های غذایی دریایی کرتاسهٔ پسین قرار داشته‌اند.

همین هم شگفت‌انگیز است. بهتر است آن را نه داستان هیولای دریایی، بلکه بازسازی‌ای از آرواره‌ها، الگوهای سایش، رده‌بندی و مقیاس‌گذاری اندازهٔ بدن بخوانیم.



بازسازی هنری از دو گونهٔ *Nannimoteuthis* بررسی‌شده در مقاله، همراه با آرواره‌های زیرین فسیلی که شاهد مستقیم پشت بازسازی اندازهٔ بدن‌اند. تصویر بازسازی است، نه عکس فسیل: آنچه واقعاً حفظ شده آرواره‌هاست، و طول بدن و نقش شکارچی رأس از روی مقیاس‌گذاری، الگوهای سایش و بوم‌شناسی استنباط شده‌اند.

Original hybrid diagram — The Clean Paper CC BY 0.4

نویسندگان چه کردند

نویسندگان دوباره آرواره‌های فسیلی سرپایان هشت‌بازویی کرتاسه را بررسی کردند - گروه بزرگ‌تری که اختاپوس‌ها و خویشاوندانشان را شامل می‌شود. پیش‌تر پانزده آرواره بزرگ فسیلی از ژاپن و جزیره ونکوور گزارش شده بود. گروه همچنین با استفاده از کاوش دیجیتال فسیل، دوازده آرواره دیگر را در پنج کنکریسیون کربناته از ژاپن پیدا کرد.

این روش، توموگرافی سایش تمام‌رنگ و با وضوح بالا را با یک مدل هوش مصنوعی یادگیری zero-shot ترکیب کرد؛ یعنی مدل مشخصاً روی این فسیل‌ها آموزش ندیده بود. پژوهشگران هر کنکریسیون را در فاصله‌های ۵۰ میکرومتری می‌سایند و از هر سطح تازه آشکار شده عکس می‌گرفتند تا دنباله‌ای بزرگ از تصاویر رنگی بسازند. یک مدل segmentation به نام DEVA برای آرواره در هر تصویر یک مرز دیجیتال یا ماسک تولید کرد. پژوهشگران این مرزها را با تصاویر اصلی کنترل کردند، سپس آن‌ها را روی هم چیدند و با حداقل هموارسازی به مدل‌های سه‌بعدی با رنگ اصلی تبدیل کردند. این کار امکان پیدا کردن آرواره‌های پنهان در سنگ و بررسی لب‌پریدگی‌ها، خراش‌ها و دیگر آثار ریز سایش را فراهم کرد. توموگرافی سایش پنج نمونه سنگی را نابود کرد، اما داده‌های تصویری، ماسک‌ها و مدل‌های سه‌بعدی حاصل بایگانی شدند.

سپس چهار کار مرتبط انجام دادند.

نخست، رده‌بندی را بازبینی کردند. آرواره‌هایی که پیش‌تر بین پنج گونه تقسیم شده بودند، در دو گونه سازمان‌دهی شدند: *jeletzkyi Nanaimoteuthis* و *haggarti Nanaimoteuthis*. سرده‌ای که قبلاً خویشاوند ماهی مرکب خون‌آشام تلقی می‌شد، این‌جا درون *Cirrata*، یعنی اختاپوس‌های باله‌دار، قرار می‌گیرد.

دوم، خط زمانی را عقب بردند. مواد جدید، *jeletzkyi N.* را تا اوایل سنومانین، حدود ۱۰۰ میلیون سال پیش، می‌برد؛ یعنی سابقه شناخته‌شده اختاپوس‌های باله‌دار را حدود ۱۵ میلیون سال و اختاپوس‌ها را به‌طور کلی حدود ۵ میلیون سال قدیمی‌تر می‌کند.

سوم، اندازه بدن را از اندازه آرواره تخمین زدند. با استفاده از روابط آلومتریکی اختاپوس‌های باله‌دار درازبدن امروزی، ابتدا طول mantle و سپس طول کل بدن را برآورد کردند. دامنه تخمین‌ها گسترده است: طول کل *jeletzkyi N.* حدود ۲٫۸ تا ۷٫۷ متر و *N. haggarti* حدود ۶٫۶ تا ۱۸٫۶ متر برآورد شده است. بخش بالایی همین بازه است که زبان «کراکن» را به وجود آورده.

روش‌های تکمیلی این زنجیره مقیاس‌گذاری را روشن می‌کنند. پژوهشگران در صورت نیاز خطوط آرواره ساییده یا هوازده را بازسازی کردند، سپس از ۱۲ رابطه ویژه گونه میان طول hood آرواره زیرین و طول mantle استفاده کردند. آن‌ها میانگین ۳۹٪ جمع‌شدگی ناشی از تثبیت در نمونه‌های مدرن مربوط را لحاظ کردند و با نسبت ۴٫۲ که از اختاپوس‌های باله‌دار درازبدن زنده به دست آمده بود، طول mantle را به طول کل تبدیل کردند. این انتخاب‌ها یک دامنه تولید می‌کند، نه اندازه‌گیری مستقیم بدن فسیلی.

چهارم، سایش را بررسی کردند. در بزرگ‌ترین آرواره‌ها، بخش‌هایی که در نمونه‌های نابالغ تیزتر هستند کند و گرد شده بودند. لب‌پریدگی، خراش، سطوح صیقلی، ترک و از دست رفتن نامتقارن لبه‌های آرواره دیده می‌شد. نویسندگان این را شاهدهی برخورد کردن مکرر طعمه‌های سخت و شاید رفتار جانی شده می‌دانند.

چه پیدا کردند

احتمالاً اختاپوس‌های باله‌دار اولیه بودند، نه ماهی مرکب خون‌آشام. رده‌بندی تکمیلی دو مرحله مرتبط را از هم جدا می‌کند. هر «پل» نواری از ماده آرواره است که hood را به دیواره جانی وصل می‌کند. در *Nanaimoteuthis* این پل‌ها کاملاً زیر صفحات داخلی و خارجی آرواره پنهان‌اند؛ الگویی که قرار دادن سرده در *Cirrata* را پشتیبانی می‌کند. بال‌های پهن آرواره نیز انتساب آن به گروه درازبدن اختاپوس‌های باله‌دار را تقویت می‌کند. اهمیتش این است که مقاله فقط نمی‌گوید «سرپای بزرگ»، جای این فسیل‌ها در تاریخ تکاملی اختاپوس‌ها را تغییر می‌دهد.

قدیمی بودند. نمونه‌های جدید اختاپوس‌های بالهدار را در حدود ۱۰۰ میلیون سال پیش، در کرتاسهٔ پسین، قرار می‌دهند. به این ترتیب از قدیمی‌ترین جانوران شناخته‌شده در تبار اختاپوس‌اند.

می‌توانستند عظیم باشند. تخمین اندازهٔ بدن اندازه‌گیری مستقیم بدن حفظ‌شده نیست؛ محاسبه‌ای از آرواره‌هاست. با این حال اعداد، حتی با بیان محتاطانه، بزرگ‌اند. گونهٔ کوچک‌تر، jeletzkyi، N. چند متر طول کل داشته است. گونهٔ بزرگ‌تر، haggarti، N. تا حدود ۱۸٫۶ متر تخمین زده شده؛ هم‌مقیاس با بزرگ‌ترین شکارچیان دریایی آن زمان و بزرگ‌ترین سرپایان زنده.

آرواره‌ها به شدت ساییده بودند. در بزرگ‌ترین نمونه‌ها، مادهٔ از دست‌رفتهٔ آرواره به حدود ۱۰٪ طول کل آرواره می‌رسید. مقاله استدلال می‌کند این سایش حاصل آماده‌سازی نمونه یا ساییدگی در حمل‌ونقل نیست: نمونه‌ها از رسوبات کم‌انرژی فلات قارهٔ بیرونی آمده‌اند، لب‌پریدگی و خراش‌ها به شکلی سازگار با استفاده حفظ شده‌اند، و آرواره‌های فسیلی ماهی مرکب که در همان رسوبات یافت شده‌اند چنین الگویی ندارند. نویسندگان این سایش را با سرپایان سخت‌خوار امروزی مقایسه می‌کنند — جانورانی که طعمه‌های سخت می‌خورند.

سایش نامتقارن بود. لبهٔ راست آرواره در هر دو گونه بیشتر از چپ ساییده شده بود. نویسندگان این را نشانهٔ احتمالی جانبی‌شدن رفتاری می‌دانند: ترجیح استفاده از یک سمت بیش از سمت دیگر. چون در جانوران امروزی رفتار جانبی‌شده با دستگاه عصبی پیچیده مرتبط است، پیشنهاد می‌کنند این اختاپوس‌های اولیه شاید از همان زمان هوش پیشرفته‌ای داشته‌اند.

این احتمالاً چه معنایی دارد

قوی‌ترین تفسیر بوم‌شناختی این است که اختاپوس‌های بالهدار کرتاسهٔ پسین همگی جانوران کوچک حاشیه‌ای در اکوسیستم‌های تحت سلطهٔ مهره‌داران بزرگ نبوده‌اند. استدلال نویسندگان برای نقش شکارچی رأس دو یافته را ترکیب می‌کند: اندازهٔ بدنی بسیار بزرگ برآوردشده و گوشت‌خواری سخت‌خوار — یعنی پردازش مکرر طعمهٔ حیوانی سخت — که از سایش آرواره استنباط شده است. در کنار هم، این یافته‌ها امکان آن را پشتیبانی می‌کنند که یک تبار بی‌مهره وارد بالاترین ردهٔ شبکهٔ غذایی‌ای شده باشد که معمولاً با موزاسورها، پلسیوسورها، ماهیان بزرگ و کوسه‌ها تداعی می‌شود.

داستان تکاملی نیز جالب است. شکارچیان دریایی مهره‌دار و سرپایان تبار اختاپوس مسیرهای بسیار متفاوتی به سوی شکارگری طی کردند. مهره‌داران آرواره، بدن‌های آب‌لغز و در بسیاری موارد زره خارجی کمتر به دست آوردند. خویشاوندان اختاپوس صدف را کاهش دادند یا درونی کردند و به جانورانی نرم‌بدن و متحرک تبدیل شدند، در حالی که آرواره‌های نیرومند و بازوهای انعطاف‌پذیر را حفظ کردند. مقاله این را مسیری همگرا به سوی شکارچیان دریایی بزرگ و هوشمند توصیف می‌کند.

بخش گانه‌زنانه‌تر، رفتار است. سایش گسترده از خوردن طعمهٔ سخت پشتیبانی می‌کند. اندازهٔ بزرگ از اهمیت بوم‌شناختی پشتیبانی می‌کند. سایش نامتقارن، رفتار جانبی‌شدهٔ احتمالی را پشتیبانی می‌کند. اما «هوش پیشرفته» یک استنباط است، نه اندازه‌گیری مستقیم فسیلی. با زیست‌شناسی اختاپوس‌ها سازگار و معقول است، اما نباید قوی‌تر از شواهد بیان شود.

این مقاله چه چیزی را اثبات نمی‌کند

- بدن کامل یک اختاپوس غول‌پیکر حفظ نشده است. بازسازی عمدتاً بر آرواره‌ها تکیه دارد و اندازهٔ بدن با مقیاس‌گذاری از اختاپوس‌های بالهدار امروزی استنباط شده است.
- محتویات معده یا بقایای مستقیم طعمه را نشان نمی‌دهد. تغذیه از طعمهٔ سخت از سایش آرواره استنباط شده، نه از یک وعدهٔ فسیل‌شده.
- مقالهٔ پژوهشی نوشته‌شده توسط نویسندگان پیشنهاد نمی‌کند که این جانوران موزاسور، پلسیوسور یا دیگر خزندگان دریایی بزرگ را می‌خورده‌اند. متن پژوهشی این حیوانات را فقط برای مقایسهٔ اندازهٔ بدن و جایگاه بوم‌شناختی می‌آورد.

- طول بدن دقیق نمی‌دهد. تخمین‌ها بازه‌اند و بزرگ‌ترین عدد، کران بالایی تخمین است.
- هوش را مستقیم اندازه نمی‌گیرد. سایش جانبی شده‌ی آرواره به عنوان جانبی شدن رفتاری احتمالی تفسیر می‌شود که شاید رفتار پیچیده را نشان دهد؛ این چند مرحله استنباطی با دانستن توانایی‌های واقعی جانور فاصله دارد.
- معنایش این نیست که همه اختاپوس‌های اولیه غول بوده‌اند. ادعا مربوط به این گونه‌های *Nanaimoteuthis* به ویژه *N. haggarti* است، نه همه تبارهای اولیه اختاپوس.

قدرت شواهد چقدر است؟

برای وجود آرواره‌های بسیار بزرگ متعلق به تبار اختاپوس در کرتاسه، شواهد قوی است: مقاله نمونه‌های توصیف شده، مدل‌های دیجیتال، زمینه چینه‌شناختی و مقایسه با آرواره‌های سرپایان مدرن و فسیل ارائه می‌کند.

برای تغذیه از طعمه سخت نیز شواهد نسبتاً قوی‌اند. الگوهای سایش با جزئیات ارائه شده‌اند — لب‌پریدگی، خراش، صیقل، ترک و از دست رفتن نامتقارن — و نویسندگان برای کنار گذاشتن آسیب آماده‌سازی و ساییدگی حمل و نقل تلاش کرده‌اند. مقایسه با سرپایان سخت‌خوار امروزی پل استدلالی معقولی است.

برای اندازه دقیق بدن و جایگاه شکارچی رأس، اعتماد باید متوسط‌تر باشد. تخمین اندازه به مقیاس گذاری آلومتریک از اختاپوس‌های باله‌دار درازبند زنده وابسته است. نقش بوم‌شناختی از ترکیب اندازه برآورد شده و گوشت‌خواری سخت‌خوار استنباط می‌شود، نه مشاهده مستقیم. استدلال منسجم است، اما یک بازسازی بوم‌شناختی است، نه سرشماری مستقیم شبکه غذایی.

چرا مهم است

این مقاله نمونه خوبی است از این که دیرینه‌شناسی چگونه از شواهد ناقص ادعاهای قوی می‌سازد، بدون جادو. آرواره شیء واقعی است. سایش رد رفتار است. منحنی مقیاس گذاری پل است از یک فسیل سخت به بدنی نرم. هر گام قدرت می‌افزاید و هر گام عدم قطعیت هم اضافه می‌کند. این همان درسی است که ارزش حفظ کردن دارد.

همچنین یک تصویر آشنا را اصلاح می‌کند. اقیانوس‌های کرتاسه معمولاً جهانی از شکارچیان بزرگ مهره‌دار و طعمه‌های کوچک‌تر صدف‌دار تصور می‌شوند. این فسیل‌ها می‌گویند برخی بی‌مهرگان نرم‌بدن فقط زیر آن شبکه غذایی پنهان نبوده‌اند؛ شاید در سطوح بالایی آن رقابت می‌کرده‌اند.

نتیجه بسیار تصویری و جذاب است، اما داستان تمیز «کراکن واقعاً وجود داشت» نیست. داستان این است که اختاپوس‌های باله‌دار بزرگ و اولیه آرواره‌هایی به جا گذاشتند که پژوهشگران از آن‌ها بدن‌های غول‌آسا و تغذیه مکرر از طعمه سخت را بازسازی کرده‌اند — ترکیبی که پرونده‌ای جدی، اما همچنان استنباطی، برای شکارچیان رأس بی‌مهره در عصر خزندگان دریایی می‌سازد.

خلاصه تمیز

پژوهشگران آرواره‌های فسیلی سرپایان کرتاسه از ژاپن و جزیره ونکوور را دوباره بررسی کردند و با توموگرافی سایش تمام‌رنگ به اضافه segmentation هوش مصنوعی، zero-shot آرواره‌های پنهان در سنگ‌های ژاپن را به نمونه‌های سه‌بعدی دیجیتال با جزئیات بالا بازسازی کردند. آن‌ها چندین تاکسون فسیلی را در دو گونه *Nanaimoteuthis* بازسازی کرده‌اند که این‌ها اختاپوس‌های باله‌دار اولیه تفسیر شده‌اند. فسیل‌ها سابقه اختاپوس‌های باله‌دار را به حدود ۱۰۰ میلیون سال پیش می‌رسانند. با مقیاس گذاری اندازه آرواره،

نویسندگان طول کل *jeletzkyi* N. را حدود ۲۸-۷۷ متر و *haggarti* N. را ۶-۱۸ متر تخمین می‌زنند. سایش شدید آرواره – لب‌پریدگی، خراش، صیقل، ترک و از دست رفتن نامتقارن لبه – از خرد کردن مکرر طعمه سخت و شاید رفتار جانبی شده پشتیبانی می‌کند. اندازه بسیار بزرگ برآورد شده همراه با گوشت‌خواری سخت‌خوار از این تفسیر پشتیبانی می‌کند که این اختاپوس‌ها شاید در بالاترین رده شبکه‌های غذایی دریایی قرار داشته‌اند. شواهد شامل بدن کامل، طول دقیق، طعمه شناسایی شده یا اندازه‌گیری مستقیم هوش نیست. مقاله پژوهشی نویسندگان نیز شکار خزندگان دریایی بزرگ را پیشنهاد نمی‌کند.

بررسی بی‌پرده

مقاله چه نشان می‌دهد: آرواره‌های بزرگ متعلق به تبار اختاپوس در کرتاسه که به دو گونه *Nanaimoteuthis* بازیابی شده و درون اختاپوس‌های باله‌دار قرار گرفته‌اند؛ سابقه‌ای قدیمی‌تر برای *Cirrata* تخمین اندازه بدن تا چند متر و شاید تا ۱۸ متر؛ سایش گسترده آرواره بالغ سازگار با خوردن طعمه سخت؛ و سایش نامتقارن سازگار با رفتار جانبی شده احتمالی.

چه چیزی محتمل است اما اثبات نشده: این که *haggarti* N. از بزرگ‌ترین بی‌مهرگان شناخته شده بوده؛ این جانوران واقعاً نقش شکارچی رأس داشته‌اند؛ و سایش نامتقارن بازتاب جانبی شدن رفتاری و شناخت پیشرفته بوده است.

چه چیزی را نشان نمی‌دهد: فسیل کامل بدن؛ طعمه یا محتویات معده مستقیم؛ طول دقیق بدن؛ شکار خزندگان دریایی بزرگ؛ شاهد مستقیم هوش؛ یا این که همه اختاپوس‌های اولیه گول بوده‌اند.

محدودیت‌های اصلی: اندازه بدن با مدل چندمرحله‌ای آرواره → mantle → طول کل استنباط می‌شود؛ جایگاه شکارچی رأس از اندازه برآورد شده + گوشت‌خواری سخت‌خوار استنباط می‌شود؛ رفتار از سایش نامتقارن استنباط می‌شود؛ و فسیل‌ها آرواره‌ها را حفظ کرده‌اند، نه بدن کامل یا طعمه مستقیم.

یک خواننده عمومی چقدر باید مطمئن باشد؟ اطمینان بالا که این مجموعه شامل آرواره‌های بسیار بزرگ اختاپوس‌های باله‌دار اولیه با شواهد سایش قوی است. اطمینان متوسط که بزرگ‌ترین جانوران به بخش بالایی بازه ۶-۱۸ متر رسیده‌اند. اطمینان متوسط که واقعاً شکارچی رأس بوده‌اند، نه صرفاً گوشت‌خواران سخت‌خوار بسیار بزرگ. اطمینان پایین درباره جزئیات هوش آن‌ها. موضع مناسب: داستان فسیلی شگفت‌انگیز، اما ساخته شده از آرواره و استنباط، نه از یک هیولای دریایی کامل.

به‌روزرسانی‌های پس از انتشار

• تصحیح • 26-07-2026

پس از بازخورد نویسنده مسئول Iba، Yasuhiro صریحاً روشن کردیم که مقاله پژوهشی نوشته شده توسط نویسندگان خزندگان دریایی بزرگ را به‌عنوان مقایسه مطرح می‌کند نه طعمه، و تفاوت میان مقاله پژوهشی و *Summary Editor's* جداگانه Science درباره نسبت دادن طعمه را توضیح دادیم. همچنین روش کاوش دیجیتال فسیل و شواهد مربوط به نقش شکارچی رأس را گسترش دادیم و بسته کامل اطلاعات تکمیلی را بررسی کردیم.

منابع

- (2026) 410–406 ,392 Science
<https://doi.org/10.1126/science.aea6285>
references and S1–S6, figures text, methods, Supplementary
https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aea6285/suppl_file/science.aea6285_sm.pdf
S1–S6 tables Supplementary
https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aea6285/suppl_file/science.aea6285_tables_s1_to_s6.zip
checklist reproducibility MDAR
https://www.science.org/doi/suppl/10.1126/science.aea6285/suppl_file/science.aea6285_mdar_reproducibility_checklist.pdf
Figshare — dataset jaws lower Fossil
<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.27933759>
Figshare — animations Tomographic
<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.27935904>
Zenodo — code segmentation AI CPU-enabled
<https://doi.org/10.5281/zenodo.15176344>