

مدفون به مدت ۱/۷ میلیارد سال: این فسیل‌های باستانی ممکن است داستان حیات پیچیده را باز نویسی کنند

مترجم: مائده فدائی خجسته*



اخبار علمی تحلیلی

بنیادی با هم دارند. پروکاریوت‌ها یعنی باکتری‌ها و آرکی‌ها (archaea)، سازمان‌یافتگی سلولی ساده‌ای دارند و بیش‌تر آن‌ها تک‌سلولی هستند و یوکاریوت‌ها، شامل همه جانوران، گیاهان، جلبک‌ها و قارچ‌ها هستند که بسیار متفاوت‌اند. آن‌ها سلول‌های بسیار پیچیده‌تری دارند که دارای هسته و ساختارهای تخصص‌یافته دیگری مانند اندامک‌ها (organelles) هستند، ساختارهایی که وظایف مشخصی را انجام می‌دهند. انقلاب یوکاریوتی، سیاره زمین را دگرگون کرد. این انقلاب به ظهور جانوران و در نهایت به پیدایش بشر انجامید. بر پایه مشاهدات حاصل از ژن‌های موجودات زنده، اکنون به‌طور گسترده پذیرفته شده است که آخرین نیای مشترک همه یوکاریوت‌های زنده، از اتحاد همزیستی حداقل دو میکروب پروکاریوتی پدید آمده است: یک آرکی و یک باکتری.

قدیمی‌ترین شواهد شناخته‌شده از حیات یوکاریوتی نخستین شواهد حیات یوکاریوتی به‌صورت همین فسیل‌های تک‌سلولی دیده می‌شود. این فسیل‌ها سطحی از پیچیدگی سلولی را نشان می‌دهند که در میان پروکاریوت‌ها دیده نمی‌شود، اما در میان یوکاریوت‌ها رایج است. فسیل‌های یوکاریوتی را می‌توان در سراسر جهان، در سنگ‌هایی با قدمت حداقل ۱/۵ میلیارد سال یافت. فسیل‌های قلمروی شمالی استرالیا، قدیمی‌ترین آن‌ها به ۱/۷۵ میلیارد سال پیش بازمی‌گردد، در حال حاضر قدیمی‌ترین فسیل‌های یوکاریوتی شناخته‌شده در جهان هستند. اما جهان باستانی‌ای که یوکاریوت‌های اولیه در آن تکامل یافتند، همچنان در حال‌های از ابهام قرار دارد، از این‌رو، بسیاری از جنبه‌های بنیادین مربوط به ماهیت آن‌ها ناشناخته مانده است.

شواهد به‌دست‌آمده از فسیل‌های باستانی در استرالیا نشان می‌دهند، نخستین یوکاریوت‌ها (eukaryotes) به اکسیژن وابسته بوده‌اند، این یافته‌ها مدرک تازه‌ای ارائه می‌کنند که نشان می‌دهد، اکسیژن به امکان‌پذیر شدن تکامل حیات پیچیده کمک کرده است.

در یک انبار روباز در منطقه گرمسیری داروین (Darwin) در استرالیا، ده‌ها جعبه حاوی مغزه‌های استوانه‌ای سنگی نگهداری می‌شوند. این مغزه‌ها از گمانه‌هایی به دست آمده‌اند که دهه‌ها پیش شرکت‌های اکتشاف مواد معدنی، در عمق صدها متری زیر سطح زمین حفاری کرده بودند. برخی از این مغزه‌ها در سازمان زمین‌شناسی قلمروی شمالی استرالیا (Northern Territory Geological Survey) از نوع گل‌سنگ (mudstone) هستند، نوعی سنگ رسوبی که از گل سخت‌شده بستر دریا تشکیل می‌شود. شرکت‌هایی که این مغزه‌ها را حفاری کردند، اغلب نمی‌دانستند که درون این گل‌سنگ‌ها، فسیل‌های موجودات میکروسکوپی قرار دارند که بیش از ۱/۵ میلیارد سال پیش، در بستر دریایی باستانی دفن شده بودند، دریایی که بخش بزرگی از شمال استرالیا را پوشانده بود. همان‌طور که مطالعه جدید منتشرشده در Nature نشان می‌دهد، این فسیل‌ها برای یافتن پاسخ یک معمای دیرپا درباره جهش بزرگ تکاملی که به همه اشکال حیات پیچیده روی زمین انجامید، بسیار مهم هستند: خاستگاه یوکاریوت‌ها.

جهش تکاملی به سوی حیات پیچیده

همه اشکال حیات روی زمین را می‌توان در یکی از دو نوع پروکاریوت‌ها (prokaryotes) و یوکاریوت‌ها قرار داد که در سطح سلولی تفاوت‌های



فسیل‌های موجودات یوکاریوتی تک‌سلولی با ویژگی‌های سطحی پیچیده مانند امتدادها و صفحات (عکس از: Leigh Anne Riedman)



حفاری مغزه‌های استوانه‌ای سنگی که حاوی فسیل‌های میکروسکوپی هستند (عکس از: Maxwell Lechte)

* کارشناس ارشد، بخش تحقیقات گیاه‌شناسی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

آیا یوکاریوت‌های اولیه به اکسیژن نیاز داشتند؟

بسیاری از انواع باکتری‌ها می‌توانند در مکان‌های بدون اکسیژن زندگی و رشد کنند، اما تقریباً همه یوکاریوت‌هایی که امروز زنده‌اند برای بقا از اکسیژن استفاده می‌کنند. دلیل آن این است که تنفس هوازی (aerobic respiration)، یعنی تجزیه غذا با استفاده از اکسیژن، مقدار عظیمی از انرژی موردنیاز حیات پیچیده را فراهم می‌کند. اما این دیدگاه که اکسیژن همیشه برای همه یوکاریوت‌ها سودمند بوده، در سال‌های اخیر با نقدهایی روبه‌رو شده است. این موضوع در پی کشف‌های شگفت‌انگیز یوکاریوت‌هایی مطرح شده است که می‌توانند در شرایط بدون اکسیژن نیز رشد کنند. همچنین شواهد فزاینده‌ای از رکوردهای زمین‌شناسی وجود دارد که نشان می‌دهند زمانی که یوکاریوت‌ها برای نخستین بار در حال تکامل بودند، احتمالاً اکسیژن بسیار کمیاب‌تر بوده است. این یعنی زیستگاه‌های دریایی بدون اکسیژن احتمالاً غالب بوده‌اند. این مشاهدات در مجموع، این فرض را که یوکاریوت‌ها از آغاز پیدایش خود به اکسیژن وابسته بوده‌اند، زیر سؤال برده است.

مطالعات ژنتیکی روی میکروب‌های زنده‌ای که به گروه‌های نزدیک به نیاکان نخستین یوکاریوت‌ها تعلق دارند، می‌توانند بینش‌های مهمی درباره نیاکان یوکاریوتی ارائه کنند، اما فقط رکورد فسیلی است که می‌تواند اطلاعاتی را درباره دودمان‌هایی ارائه دهد که مدت‌ها پیش منقرض شده‌اند و فقط زمین‌شناسی می‌تواند پنجره‌ای به سوی جهانی بگشاید که این موجودات در آن زندگی می‌کردند.

بررسی دریا‌های باستانی از طریق فسیل‌ها و ژئوشیمی

در مطالعه جدید، نمونه‌هایی از مغزه‌های گل‌سنگ نگهداری شده در داروین خرد و سپس حل شدند. با بررسی باقی‌مانده آلی حاصل از این انحلال زیر میکروسکوپ، بیش از ۱۲,۰۰۰ فسیل شناسایی شدند. همچنین گل‌سنگ‌هایی که فسیل‌ها در آن‌ها حفظ شده بودند، مطالعه شد

تا مشخص شود محیط در زمان نهشته شدن رسوبات چگونه بوده است. این کار بینشی درباره زیستگاه‌هایی فراهم کرد که این یوکاریوت‌ها در آن‌ها زندگی می‌کردند. همچنین، پژوهشگران توانستند با تحلیل شیمی این گل‌سنگ‌ها تعیین کنند، آیا اکسیژن در آب دریای باستانی وجود داشته است یا خیر.

نتایج به‌دست‌آمده، وجود فسیل‌های یوکاریوتی را در محیط‌هایی از پهنه‌های گلی ساحلی تا دریای باز تأیید کرد، اما این فسیل‌ها فقط در نمونه‌هایی حضور داشتند که در محیط‌های اکسیژن‌دار نهشته شده بودند. نمونه‌های به‌دست‌آمده از محیط‌های بدون اکسیژن فقط شامل اشکال ساده پروکاریوتی بودند.

اکسیژن به‌عنوان یک محرک کلیدی در تکامل اولیه یوکاریوت‌ها ظاهر می‌شود.

این موضوع نشان می‌دهد، حتی قدیمی‌ترین یوکاریوت‌های شناخته‌شده که ۱/۷ تا ۱/۴ میلیارد سال پیش روی زمین زندگی می‌کردند، به اکسیژن وابسته بوده‌اند. این داده‌ها از فرضیه‌ای دیرینه پشتیبانی می‌کنند که براساس آن، اکسیژن نقشی کلیدی در پیشبرد تکامل یوکاریوت‌های اولیه داشته است.

روشن کردن محرک‌ها و زمینه‌های جهش بزرگ تکاملی که یوکاریوت‌های اولیه نماینده آن هستند، یکی از پرسش‌های عمده و همچنان حل‌نشده در علوم زیستی است. بی‌تردید مطالعات درحال‌انجام پیرامون این میکروفسیل‌های باستانی و رازآلود، اطلاعات بیشتری را درباره خاستگاه انسان و جایگاهش در کیهان در اختیارمان خواهد گذاشت.

Journal Reference:

Lechte, M.A., Riedman, L.A., Porter, S.M., Halverson G.P. and Whelan, M., 2026. Early fossil eukaryotes were benthic aerobes. Nature. DOI: 10.1038/s41586-026-10533-4 <https://scitechdaily.com/buried-for-1-7-billion-years-these-ancient-fossils-may-rewrite-the-story-of-complex-life/>



لایه‌هایی از سنگ‌های رسوبی ۱/۷ میلیارد ساله، پارک ملی کاکادو، استرالیا (عکس از: Maxwell Lechte)