The Clean Paper

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

New Mexico fossiilne register muudab dinosauruste viimase peatüki keerukamaks

Science'i uuring dateerib New Mexico Naashoibito kihistiku ümber asteroiditabamusele eelnenud viimasesse mõnesaja tuhande aasta pikkusesse ajavahemikku. See on oluline, sest suur osa parimast kriidiajastu lõpu dinosauruste tõendusmaterjalist pärineb kaugemalt põhjast. Uus lõunapoolne register viitab, et Põhja-Ameerika lääneosas leidus lõpu lähedal endiselt piirkondlikult erinevaid dinosaurustefaunasid, mitte üht ühtlast hääbuvat kooslust. See ei tõesta, et kõik dinosauruste ökosüsteemid maailmas õitsesid kuni tabamuseni; see näitab, miks piirkondlik fossiilne register võib muuta globaalse loo liiga siledaks.

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

Paper: *Late-surviving New Mexican dinosaurs illuminate high end-Cretaceous diversity and provinciality*, Andrew G. Flynn, Stephen L. Brusatte, Alfio Alessandro Chiarenza, Jorge Garcia-Giron, Adam J. Davis, C. Will Fenley IV, Caitlin E. Leslie, Ross Secord, Sarah Shelley, Anne Weil, Matthew T. Heizler, Thomas E. Williamson, and Daniel J. Peppe, Science 390, 400-404 (2025) · DOI: 10.1126/science.adw3282

Lõunapoolne tunnistaja päris lõpu lähedalt

Viimaste dinosauruste lugu räägitakse sageli Põhja-Ameerika põhjapoolsete Suurte tasandike kaudu: Montana, Dakotad, Hell Creeki maailm. Sealne fossiilne andmestik on piisavalt hea, et muutuda tuttavaks, ning tuttavus kipub end vahel täielikkusena esitama. Fossiilid ei jaotu ühtlaselt, sest ajalugu ei olnud nii lahke, et end meie jaoks korralikult arhiveerida.

Uus *Science'i* artikkel lisab lõunapoolse tunnistaja. Autorid uurisid New Mexico San Juani nõos asuvat Naashoibito kihistikku, fossiile sisaldavat kivimiüksust, mille vanuse üle on vaieldud aastakümneid. Kui need fossiilid oleksid vanemad, ütleksid nad asteroiditabamusele vahetult eelnenud aja kohta vähe. Kui need pärinevad kriidiajastu päris lõpust, muutub nende tähendus palju suuremaks.

Artikli vastus on teine variant. Uue geokronoloogia ja magnetostratigraafia abil väidab töörühm, et Naashoibito peamised dinosauruseid sisaldavad kihid jäävad kriidi-paleogeeni piirist umbes **340 000 aasta** sisse. See paigutab New Mexico dinosaurused lõpule piisavalt lähedale, et nad saaksid kaasa rääkida vanas küsimuses: kas dinosaurused olid juba pikaajalises languses või olid paljud ökosüsteemid asteroiditabamuse saabudes endiselt piirkondlikult mitmekesised?

Ettevaatlik vastus ei ole „kõigil dinosaurustel läks suurepäraselt, siis pauk". Rütm on sellel lausel hea, kombed kehvad. Parem vastus on kitsam ja kasulikum: Põhja-Ameerika lääneosas toetab hästi dateeritud lõunapoolne andmestik pilti hilistest dinosaurustefaunadest, mis olid endiselt piirkonniti erinevad, mitte ühest väikese mitmekesisusega kooslusest, mis kõikjal korraga hääbus.

Sellest piisab. Suuremat mütsi pole tulemusele vaja.

Bisti/De-Na-Zini kõrbemaastik New Mexicos, suurema San Juani nõo piirkonna badlands-tüüpi maastik. Pilt annab konteksti, mitte tõendusmaterjali *Science'i* artiklist: uuringu argument toetub dateeritud fossiile sisaldavatele kihtidele, mitte maastikuvaatele.

Bob Wick / BLM California CC BY 2.0

Mida tähendab siin „340 000 aasta piires"?

Asteroiditabamus ja kriidi-paleogeeni piir dateeritakse umbes **66,052 miljoni aasta** tagusesse aega. Küsimus on selles, kus paiknevad fossiile sisaldavad kivimid selle joone suhtes.
Autorid ei dateerinud dinosauruse luid otse ega kuulutanud küsimust sellega lõpetatuks. Nad dateerisid Naashoibito läbilõike liivakividest pärit vulkaanilisi mineraaliterasid, eriti sanidiini, kasutades **^{40}Ar/^{39}Ar geokronoloogiat**, ning ühendasid need kuupäevad **magnetostratigraafiaga** — kivimitesse talletunud Maa magnetvälja pöördumiste registriga.
Lühiversioon: üks proov annab maksimaalseks settimisvanuseks **66,87 ± 0,04 miljonit aastat**, teine dinosauruseid sisaldav proov **66,38 ± 0,08 miljonit aastat**, ja magnetiline muster paigutab läbilõike ülaosa kriidiajastu viimasesse pöördmagnetiseerituse intervalli. Koos asetavad need piirangud peamised dinosauruseid sisaldavad kihid väga piiri lähedale. See on geoloogiline kell, mitte stopper, kuid piisavalt täpne, et muuta vaidluse lähtekohta.

Mida autorid tegid

Töörühm ühendas kaks teineteist vajavat tööliini. Esiteks täpsustasid nad Naashoibito kihistiku vanust. Üksus paikneb vanemate Campani kivimite kohal ja varase paleotseeni kivimite all, kuid selle täpne vanus on olnud vaidlusalune: mõned varasemad tõlgendused paigutasid selle umbes 70–69 miljoni aasta taha, teised kriidiajastu päris lõppu ning üksikud väited lükkasid osa andmestikust koguni paleotseeni. Autorid mõõtsid läbilõikeid, võtsid proove dinosauruseid sisaldavatest leiukohtadest, dateerisid detriitseid sanidiiniterasid ^{40}Ar/^{39}Ar meetodil ning sidusid läbilõike teadaolevate magnetilise polaarsuse intervallidega.

Teiseks küsisid nad, milline nägi fauna välja laiemas kontekstis. Nad koondasid maismaa- ja mageveeselgroogsete leiud Põhja-Ameerika lääneosast Campani, Maastrichti ja varase paleotseeni ajast ning kasutasid ökoloogilisi ja biogeograafilisi meetodeid, et testida, kas faunad olid piirkondlikud või ühetaolised. Võtmesõna on **provintsiaalsus**: kas eri piirkondades elasid erinevad kooslused või leidus kõikjal sisuliselt sama fauna.

See on oluline, sest ühe hiliste dinosauruste ajaloo versiooni järgi muutus Põhja-Ameerika lääneosa Maastrichti ajal ühtlasemaks, piirkondlikud erinevused vähenesid ja fauna muutus kosmopoliitsemaks. Ühetaolisemat ja väiksema mitmekesisusega süsteemi on lihtsam kujutleda asteroiditabamuse eel haavatavana. Piirkondlikult struktureeritud süsteem räägib teistsuguse loo.

Mida nad leidsid

Dateering on kogu loo telg. Kaks Naashoibito dinosauruseid sisaldavat proovi annavad hilise Maastrichti piirangud. Ühest liivakiviproovist H08-Sand-08 saadi maksimaalseks settimisvanuseks **66,87 ± 0,04 miljonit aastat**. „34-Bone Site'i" proov, kus leidub osaline lambeosauriinse hadrosauruse skelett, andis maksimaalseks settimisvanuseks **66,38 ± 0,08 miljonit aastat**. Koos magnetilise polaarsuse andmetega paigutavad autorid Naashoibito peamised dinosauruseid sisaldavad kihid K-Pg piirist umbes **340 000 aasta** sisse.

See muudab San Juani nõo andmestiku üldjoontes samaaegseks põhja pool asuvate paremini tuntud Hell Creeki faunadega. Samuti jääb Naashoibito dinosauruste ja varaseima paleotseeni Nacimiento fauna vahele umbes **700 000 aastat**, mis on oluline, sest keegi ei taha kogemata paigutada mittelindudest dinosauruseid väljasuremispiiri valele poole. See oleks korratu — ja ka vale.

Ökoloogiline tulemus moodustab teise poole. Analüüsitud kriidiajastu kõige hilisemates intervallides leidsid autorid Põhja-Ameerika lääneosast tõendeid **kahe bioprovintsi** kohta. Kui dinosauruseid analüüsiti eraldi, jagunesid nad uuringu kõigis hilise kriidiajastu ajavahemikes kaheks bioprovintsiks. Artikkel väidab, et need piirkondlikud erinevused ei varisenud enne asteroiditabamust lihtsalt üheks ühtlaseks faunaks kokku.

Ajend ei olnud pelgalt põhja ja lõuna vahele tõmmatud joon. Analüüsid viitavad, et kriidiajastul kujundas neid bioprovintse eelkõige **temperatuur**, geograafia aga teisejärguliselt. Soojemad lõunapiirkonnad võisid soosida mõningaid loomi, näiteks sauropoode, ja jahedamad põhjapiirkonnad teisi, näiteks hadrosauriine. Mõte ei ole, et iga provints oli teistest „tervem". Mõte on, et hilise kriidiajastu kaart oli endiselt struktureeritud.

Mida see *ei* tõesta

- See **ei tõesta**, et dinosaurused kõikjal Maal õitsesid kuni asteroiditabamuseni. Autorid ütlevad selgelt, et pilt on endiselt suuresti Põhja-Ameerika-keskne.
- See **ei kustuta** tõendeid mõne rühma, piirkonna või analüüsi näidatud languse kohta. Töö vaidleb vastu liiga siledale kogu mandrit hõlmavale loole, mitte igale võimalikule väljasuremise-eelse stressi versioonile.
- See **ei näita**, et asteroid polnud oluline. Tabamus jääb piiri peamiseks sündmuseks; artikkel küsib, milliseid ökosüsteeme see tabas.
- See **ei tee** New Mexicost täiuslikku akent kogu planeedile. See lisab lõunapoolse andmepunkti registrisse, mida on seni valitsenud põhjapoolsed leiukohad.
- See **ei muuda** „õitsesid kuni tabamuseni" turvaliseks pealkirjaks. See on väite kõige laiem, mitte tulemuse kõige puhtam vorm.

Kui tugev on tõendusmaterjal?

Naashoibito dinosauruseid sisaldavate kihtide vanuse kohta on põhiartikli tõendus piisavalt tugev, et olla sisukas. Autorid ühendavad detriitsete sanidiiniterade radioisotoopsed dateeringud magnetostratigraafiaga ning võtmekuupäevad sobivad kriidiajastu päris lõpu tõlgendusega. Artikkel tegeleb otse ka vana vaidlusega selle üle, kas fossiilid on palju vanemad, hiliskriidilised või koguni paleotseenist.

Üks tehniline reservatsioon jääb. Detailne geokronoloogia, magnetiline tõlgendus ja andmetabelid asuvad *Science'i* lisamaterjalides. Põhiartikkel annab vajalikud väited ja arvud, kuid enne iga metoodilise detaili lõplikuks pidamist tasub avaldamiseelses kontrollis lisa üle vaadata.

Laiema ökoloogilise väite tõendid on vihjavad ja kasulikud, kuid rohkem mudelist sõltuvad. Autorid kasutavad bioprovintside järeldamiseks leiandmestikke, klasterdamist ja kordusvalimit. Need on küsimuse jaoks õiged tööriistad, kuid tähendavad ka, et tulemus sõltub fossiilide valimist, taksonoomilistest määrangutest, ajavahemikesse jaotamisest ja sellest, kuidas puudumisi käsitletakse. Fossiilne andmestik on andmestik, millel mõned hambad puudu.

Kõige turvalisem lugemine on seega kaheosaline: New Mexico andmestik on päris ja oluline lõunapoolne hiliskriidiline register; autorite analüüsid toetavad hästi järeldust, et Põhja-Ameerika lääneosas säilis lõpu lähedal piirkondlik faunastruktuur; kuid sellest ei tohiks hüpata järelduseni dinosauruste globaalse „tervise" kohta.

Miks see oluline on

Vana vaidlus dinosauruste languse üle ei käi ainult dinosauruste kohta. Küsimus on ka selles, kui suurt koormat võib üks fossiilne register kanda.

Kui kriidiajastu lõpu parim andmestik tuleb põhjapoolsetelt Suurtelt tasandikelt, tekib kiusatus lasta sellel esindada tervet mandrit ja siis lasta mandril esindada kogu maailma. See on tõhus. Samuti on see viis, kuidas piirkondlik muster sõidab piletita liftiga globaalseks looks.

New Mexico tulemus teeb loo vähem siledaks. See ütleb: vaadake lõunasse. Siin on piiri lähedane dinosauruseid sisaldav kivimiüksus. Siin on faunad, mis ei dubleeri lihtsalt põhjapoolseid. Siin on tõendeid, et temperatuur ja piirkondlik ökoloogia olid mängu lõpus endiselt olulised.

See ei muuda asteroidi vähem katastroofiliseks. Kui midagi, teeb see katastroofi teravamaks. Tabamus ei saabunud ühe lihtsustunud ökosüsteemi lõppu. See tabas piirkondlike maailmade kogumit, millel olid endiselt oma korraldused.

Artiklis on ka vaiksem õppetund. Hea dateering muudab narratiivi. Kindla vanuseta fossiilikooslus võib olla luudega kuulujutt. Pane samad fossiilid õigesse kohta geoloogilisel kellal ja neist saavad tõendid.

Lühidalt

Science'i uuring vaatab uuesti New Mexico Naashoibito kihistikku, dinosauruseid sisaldavat üksust, mille vanuse üle on kaua vaieldud. Detriitse sanidiini $^{40}Ar/^{39}Ar$ dateeringu ja magnetostratigraafia abil paigutavad autorid peamised dinosauruseid sisaldavad kihid kriidi-paleogeeni piirist umbes 340 000 aasta sisse, muutes need ühtedeks Põhja-Ameerika viimastest teadaolevatest mitte-lindudest dinosaurustest ja üldjoontes samaaegseks põhja pool asuvate Hell Creeki faunadega. Seejärel kasutavad nad Põhja-Ameerika lääneosa selgroogsete leidude ökoloogilisi ja biogeograafilisi analüüse ning väidavad, et hiliskriidilised faunad säilitasid piirkondliku struktuuri: dinosaurused jagunesid kaheks bioprovintsiks ja temperatuur näib olevat olnud nende erinevuste oluline kujundaja. Tulemus vaidleb vastu ideele ühest väikese mitmekesisusega kogu mandrit hõlmavast dinosaurustefaunast, mis enne asteroiditabamust ühtlaselt hääbus. See ei tõesta dinosauruste globaalset head käekäiku, ei lahenda kõiki langusevaidlusi ega näita, et kõik dinosaurused õitsesid lõpuni. See näitab, et paremini dateeritud lõunapoolne register muudab Põhja-Ameerika viimase peatüki piirkondlikumaks, struktureeritumaks ja vähem siledaks.

Kaine hinnang

Mida artikkel näitab: New Mexico Naashoibito kihistiku dinosauruseid sisaldavad kihid pärinevad kriidiajastu päris lõpust, tõenäoliselt umbes 340 000 aasta piires K-Pg piirist, ning Põhja-Ameerika lääneosa selgroogsete register toetab lõpu lähedal püsivate piirkondlike bioprovintside olemasolu.

Mis on usutav, kuid tõestamata: Et paljud dinosauruste ökosüsteemid olid vahetult enne asteroiditabamust endiselt tugevad; et temperatuur aitas säilitada erinevaid põhja- ja lõunapoolseid faunamaailmu; et varasem lihtsa kogu mandrit hõlmava languse idee on liiga sile.

Mida see ei näita: Et dinosaurused õitsesid kõikjal; et ükski rühm ega piirkond ei olnud languses; et asteroid polnud peamine väljasuremise käivitaja; et New Mexico üksi kirjutab ümber kogu globaalse kriidiajastu lõpu loo.

Peamised piirangud: Piirkondlik fossiilne register; mudelist sõltuv provintsiaalsuse analüüs; fossiilvalimi kallutatus; detailne geokronoloogia ja leidude meetodid vajavad endiselt lõplikku kontrolli *Science'i* lisamaterjalide järgi.

Kui kindel võiks tavalugeja olla? Väga kindel, et New Mexico annab nüüd olulise lõunapoolse hiliskriidilise dinosauruste registri. Päris kindel, et Põhja-Ameerika lääneosas säilis lõpu lähedal piirkondlik faunastruktuur. Vähe põhjust uskuda kokkuvõtet „dinosaurustel oli kõikjal kõik korras kuni asteroidini". Päris tulemus on parem: viimane peatükk ei olnud üks lame kogu mandrit hõlmav lugu.

Allikad

Flynn et al., Late-surviving New Mexican dinosaurs illuminate high end-Cretaceous diversity and provinciality, Science 390, 400-404 (2025)
https://doi.org/10.1126/science.adw3282