The Clean Paper

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

บันทึกฟอสซิลจากนิวเม็กซิโกทำให้บทสุดท้ายของไดโนเสาร์ซับซ้อนขึ้น

งานวิจัยใน Science ลงอายุ Naashoibito Member ในนิวเม็กซิโกใหม่ให้อยู่ในช่วงไม่กี่แสนปีสุดท้ายก่อนดาวเคราะห์น้อยชน เรื่องนี้สำคัญเพราะหลักฐานไดโนเสาร์ปลายครีเทเชียสที่ดีที่สุดส่วนใหญ่มาจากทางเหนือมากกว่า บันทึกทางใต้ชุดใหม่ชี้ว่าอเมริกาเหนือตะวันตกยังมีกลุ่มไดโนเสาร์ที่แตกต่างกันตามภูมิภาคใกล้จุดจบ ไม่ใช่ชุมชนแบบเดียวกันทั่วพื้นที่ที่กำลังจางหาย มันไม่ได้พิสูจน์ว่าระบบนิเวศไดโนเสาร์ทั่วโลกทุกแห่งรุ่งเรืองจนถึงการชน แต่แสดงว่าบันทึกฟอสซิลระดับภูมิภาคอาจทำให้เรื่องระดับโลกเรียบเกินจริงได้

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

พยานจากทางใต้ในช่วงใกล้จุดจบ

เรื่องราวของไดโนเสาร์ยุคสุดท้ายมักถูกเล่าผ่านทีราบใหญ่ทางเหนือ: มอนแทนา ดาโกตา โลกของ Hell Creek บันทึกฟอสซิลตรงนั้นดีพอจนกลายเป็นภาพคุ้นเคย และความคุ้นเคยมักทำให้เราหลงคิดว่ามันคือภาพทั้งหมด ฟอสซิลไม่ได้กระจายอย่างสม่ำเสมอ เพราะประวัติศาสตร์ไม่ได้ใจดีพอจะจัดแฟ้มหลักฐานไว้ให้เรา

งานวิจัยใหม่ใน Science เพิ่มพยานจากทางใต้เข้ามา ผู้เขียนศึกษาชั้นหิน Naashoibito Member ในแอ่ง San Juan ของรัฐนิวเม็กซิโก หน่วยหินที่มีฟอสซิลซึ่งอายุถูกถกเถียงมาหลายทศวรรษ หากฟอสซิลเหล่านี้เก่ากว่านั้นมาก ก็แทบไม่บอกอะไรเกี่ยวกับช่วงสุดท้ายก่อนดาวเคราะห์น้อยพุ่งชน แต่หากเป็นปลายครีเทเชียสจริง ๆ มันจะมีความสำคัญมาก

คำตอบของงานนี้คือแบบหลัง ด้วยธรณีกาลวิทยาและ magnetostratigraphy ชุดใหม่ ทีมเสนอว่าชั้นหลักที่พบไดโนเสาร์ใน Naashoibito Member อยู่ห่างจากรอยต่อครีเทเชียส–พาลีโอจีนเพียงประมาณ **340,000 ปี** นั่นทำให้ไดโนเสาร์ของนิวเม็กซิโกอยู่ใกล้จุดจบพอที่จะมีน้ำหนักต่อคำถามเก่า: ไดโนเสาร์กำลังเสื่อมถอยยาวนานอยู่แล้ว หรือระบบนิเวศจำนวนมากยังมีความหลากหลายเฉพาะภูมิภาคเมื่อการชนเกิดขึ้น?

คำตอบที่ระมัดระวังไม่ใช่ “ไดโนเสาร์ทุกอย่างกำลังไปได้ดี แล้วตูม” ประโยคนั้นจังหวะดีแต่หยาบกับหลักฐาน คำตอบที่แคบกว่าและมีประโยชน์กว่าคือ: ในอเมริกาเหนือตะวันตก บันทึกจากทางใต้ที่ลงอายุได้ดีสนับสนุนภาพว่ากลุ่มสัตว์ไดโนเสาร์ช่วงปลายยังแตกต่างกันตามภูมิภาค ไม่ใช่ชุมชนความหลากหลายน้อยเพียงแบบเดียวที่กำลังจางหายพร้อมกันทั่วพื้นที่

เท่านี้ก็เพียงพอแล้ว ไม่ต้องใส่หมวกพาดหัวให้ใหญ่กว่านี้

พื้นที่ธรรมชาติ Bisti/De-Na-Zin ในนิวเม็กซิโก เป็นภูมิประเทศ badlands ในบริเวณกว้างของแอ่ง San Juan ภาพนี้ให้บริบท ไม่ใช่หลักฐานจากงาน Science: ข้อโต้แย้งของงานตั้งอยู่บนชั้นหินที่มีฟอสซิลและลงอายุแล้ว ไม่ใช่ทิวทัศน์

Bob Wick / BLM California CC BY 2.0

> **“ภายใน 340,000 ปี” หมายถึงอะไรในที่นี้?**
>
> การชนของดาวเคราะห์น้อยและรอยต่อครีเทเชียส–พาลีโอจีนลงอายุไว้ที่ประมาณ **66.052 ล้านปีก่อน** คำถามคือชั้นหินที่มีฟอสซิลอยู่ตรงไหนเมื่อเทียบกับเส้นเวลานั้น
> ผู้เขียนไม่ได้ลงอายุกระดูกไดโนเสาร์โดยตรงแล้วถือว่าเรื่องจบ พวกเขาลงอายุเม็ดแร่ภูเขาไฟ โดยเฉพาะ sanidine จากหินทรายในหน้าตัด Naashoibito ด้วย **ธรณีกาลวิทยา ^{40}Ar/^{39}Ar** แล้วรวมข้อมูลกับ **magnetostratigraphy** หรือบันทึกการกลับขั้วสนามแม่เหล็กโลกที่เก็บไว้ในหิน
> สรุปสั้น ๆ: ตัวอย่างหนึ่งให้ขีดจำกัดอายุการสะสมตัวสูงสุด **66.87 ± 0.04 ล้านปี** อีกตัวอย่างหนึ่งที่มีไดโนเสาร์ให้ค่า **66.38 ± 0.08 ล้านปี** และรูปแบบขั้วแม่เหล็กวางส่วนบนของหน้าตัดไว้ในช่วงขั้วกลับสุดท้ายของยุคครีเทเชียส เมื่อนำข้อจำกัดเหล่านี้มารวมกัน ชั้นหลักที่มีไดโนเสาร์จึงอยู่ใกล้รอยต่อมาก นี่เป็นนาฬิกาทางธรณีวิทยา ไม่ใช่นาฬิกาจับเวลา แต่ใกล้พอที่จะเปลี่ยนข้อถกเถียงได้

ผู้วิจัยทำอะไร

ทีมรวมงานสองประเภทที่ต้องพึ่งกัน ประการแรก พวกเขาจำกัดอายุของ Naashoibito Member ให้แน่นขึ้น หน่วยหินนี้อยู่เหนือหินอายุ Campanian ที่เก่ากว่าและใต้หินต้น Paleocene แต่ช่วงอายุที่แน่นอนถูกถกเถียง: การตีความก่อนหน้าบางชุดวางไว้ราว 70–69 ล้านปีก่อน บางชุดเสนอว่าเป็นปลายครีเทเชียสที่สุด และบางข้ออ้างถึงกับผลักบางส่วนเข้า Paleocene ผู้เขียนวัดหน้าตัด เก็บตัวอย่างจากแหล่งไดโนเสาร์ ลงอายุเม็ด sanidine เศษตะกอนด้วยวิธี ^{40}Ar/^{39}Ar และผูกหน้าตัดกับช่วงขั้วแม่เหล็กที่ทราบอายุแล้ว

ประการที่สอง พวกเขาถามว่ากลุ่มสัตว์มีหน้าตาอย่างไรเมื่อมองในบริบท ทีมรวบรวมข้อมูลการพบสัตว์มีกระดูกสันหลังบนบกและน้ำจืดจากอเมริกาเหนือตะวันตกในช่วง Campanian, Maastrichtian และต้น Paleocene แล้วใช้วิธีนิเวศวิทยาและชีวภูมิศาสตร์ทดสอบว่ากลุ่มสัตว์แบ่งตามภูมิภาคหรือเหมือนกันทั่วพื้นที่ คำสำคัญคือ **provinciality**: แต่ละภูมิภาคมีชุมชนสัตว์เฉพาะของตนหรือไม่ แทนที่จะพบสัตว์ชุดเดียวกันทุกแห่ง

เรื่องนี้สำคัญเพราะประวัติศาสตร์ไดโนเสาร์ปลายยุคฉบับหนึ่งเสนอว่าอเมริกาเหนือตะวันตกมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้นใน Maastrichtian ความแตกต่างระหว่างภูมิภาคลดลงและกลุ่มสัตว์แพร่กว้างขึ้น ระบบที่สม่ำเสมอและหลากหลายน้อยลงอาจดูเหมือนเปราะบางก่อนดาวเคราะห์น้อยชนได้ง่ายกว่า แต่ระบบที่ยังแบ่งโครงสร้างตามภูมิภาคเล่าเรื่องอีกแบบหนึ่ง

สิ่งที่พบ

การลงอายุคือจุดหมุน ตัวอย่าง Naashoibito สองชุดที่มีไดโนเสาร์ให้ข้อจำกัดปลาย Maastrichtian ตัวอย่างหินทราย H08-Sand-08 ให้ขีดจำกัดอายุการสะสมตัวสูงสุด **66.87 ± 0.04 ล้านปี** ตัวอย่างจาก “34-Bone Site” ซึ่งมีโครงกระดูก hadrosaur กลุ่ม lambeosaurine บางส่วน ให้ค่า **66.38 ± 0.08 ล้านปี** เมื่อรวมกับบันทึกขั้วแม่เหล็ก ผู้เขียนวางชั้นหลักที่มีไดโนเสาร์ใน Naashoibito ไว้ภายในประมาณ **340,000 ปี** ก่อนรอยต่อ K-Pg

นั่นทำให้บันทึกจากแอ่ง San Juan อยู่ในช่วงเวลาใกล้เคียงกับกลุ่มสัตว์ Hell Creek ที่มีชื่อเสียงกว่าทางเหนือ และยังแยกไดโนเสาร์ Naashoibito ออกจากกลุ่มสัตว์ Nacimiento ต้น Paleocene ประมาณ **700,000 ปี** เรื่องนี้สำคัญ เพราะเราไม่อยากเผลอวางไดโนเสาร์ที่ไม่ใช่นกไว้ผิดด้านของรอยต่อการสูญพันธุ์ มันจะทั้งรกและผิด

ผลด้านนิเวศวิทยาคืออีกครึ่งหนึ่ง ในช่วงปลายครีเทเชียสที่สุดที่วิเคราะห์ ผู้เขียนพบหลักฐานของ **สอง bioprovinces** ในอเมริกาเหนือตะวันตก เมื่อวิเคราะห์เฉพาะไดโนเสาร์ พวกมันแบ่งออกเป็นสอง bioprovinces ในทุกช่วงเวลาปลายครีเทเชียสที่

ศึกษา งานเสนอว่าความแตกต่างระดับภูมิภาคเหล่านี้ไม่ได้ยุบหายกลายเป็นกลุ่มสัตว์แบบเดียวกันทั่วพื้นที่ก่อนดาวเคราะห์น้อยชน

ตัวขับเคลื่อนไม่ใช่แค่เส้นเหนือ–ใต้ การวิเคราะห์ชี้ว่า **อุณหภูมิ** เป็นปัจจัยหลักที่สร้าง bioprovinces เหล่านี้ในครีเทเชียส โดยภูมิศาสตร์มีบทบาทรอง ภาคใต้ที่อุ่นกว่าอาจเอื้อต่อสัตว์บางชนิด เช่น sauropods ขณะที่ภาคเหนือที่เย็นกว่าเอื้อต่อกลุ่มอื่น เช่น hadrosaurines ประเด็นไม่ใช่ว่าทุกจังหวัดชีวภาพหนึ่ง "สุขภาพดีกว่า" อีกแห่ง แต่คือแผนที่ปลายครีเทเชียสยังมีโครงสร้างอยู่

สิ่งที่งานนี้ *ไม่ได้* พิสูจน์

- งานนี้ **ไม่ได้** พิสูจน์ว่าไดโนเสาร์ทั่วโลกกำลังรุ่งเรืองจนถึงวินาทีที่ดาวเคราะห์น้อยชน ผู้เขียนระบุชัดว่านี่ยังเป็นภาพที่มาจากอเมริกาเหนือเป็นหลัก
- งานนี้ **ไม่ได้** ลบหลักฐานการเสื่อมถอยในบางกลุ่ม บางภูมิภาค หรือบางการวิเคราะห์ มันคัดค้านเรื่องเล่าระดับทวีปที่เรียบเกินไป ไม่ได้คัดค้านความเป็นไปได้ทุกแบบของความเครียดก่อนการสูญพันธุ์
- งานนี้ **ไม่ได้** แสดงว่าดาวเคราะห์น้อยไม่สำคัญ การชนยังเป็นเหตุการณ์หลักที่รอยต่อ งานนี้ถามเพียงว่าระบบนิเวศแบบใดถูกชน
- งานนี้ **ไม่ได้** ทำให้นิวเม็กซิโกเป็นหน้าต่างสมบูรณ์แบบสู่ทั้งโลก แต่เพิ่มจุดข้อมูลจากทางใต้ที่เคยขาดในบันทึกซึ่งครอบงำด้วยแหล่งทางเหนือ
- งานนี้ **ไม่ได้** ทำให้พาดหัว "รุ่งเรืองจนถึงการชน" กลายเป็นถ้อยคำที่ปลอดภัย นั่นคือข้ออ้างในรูปที่กว้างที่สุด ไม่ใช่ผลในรูปที่สะอาดที่สุด

หลักฐานแข็งแรงแค่ไหน

สำหรับอายุของชั้น Naashoibito ที่มีไดโนเสาร์ หลักฐานในเนื้อหาหลักแข็งแรงพอที่จะมีความหมาย ผู้เขียนรวมอายุ radioisotope จากเม็ด sanidine เศษตะกอนกับ magnetostratigraphy และตัวเลขสำคัญสอดคล้องกับการตีความว่าเป็นปลายครีเทเชียสที่สุด งานยังจัดการโดยตรงกับข้อถกเถียงเดิมว่าฟอสซิลเหล่านี้เก่ากว่านี้มาก อยู่ปลายครีเทเชียส หรือกระทั่ง Paleocene

แต่ยังมีข้อควรระวังเชิงเทคนิค รายละเอียดธรณีกาลวิทยา การตีความสนามแม่เหล็ก และตารางข้อมูลอยู่ใน Supplementary Materials ของ Science เนื้อหาหลักให้ข้ออ้างและตัวเลขสำคัญที่จำเป็น แต่การตรวจขั้นสุดท้ายก่อนเผยแพร่ควรเทียบกับภาคเสริมก่อนถือว่ารายละเอียดวิธีทั้งหมดปิดประเด็นแล้ว

สำหรับข้ออ้างทางนิเวศวิทยาที่กว้างกว่า หลักฐานมีประโยชน์และชวนเชื่อ แต่ขึ้นกับแบบจำลองมากกว่า ผู้เขียนใช้ชุดข้อมูลการพบฟอสซิล clustering และ resampling เพื่ออนุมาน bioprovinces นั่นเป็นเครื่องมือเหมาะกับคำถาม แต่ก็หมายความว่าผลขึ้นกับการเก็บตัวอย่างฟอสซิล การจำแนกอนุกรมวิธาน การแบ่งช่วงเวลา และวิธีจัดการกับการไม่พบ ฟอสซิลคือข้อมูลที่มีฟันหายอยู่บ้าง

ดังนั้นการอ่านที่ปลอดภัยที่สุดควรแบ่งเป็นส่วน ๆ: บันทึกจากนิวเม็กซิโกเป็นบันทึกทางใต้ช่วงปลายครีเทเชียสที่จริงและสำคัญ; ข้อสรุปว่าอเมริกาเหนือตะวันตกยังคงมีโครงสร้างกลุ่มสัตว์ตามภูมิภาคใกล้จุดจบได้รับการสนับสนุนดีจากการวิเคราะห์; แต่ไม่ควรกระโดดจากตรงนั้นไปสู่ข้อสรุปเรื่อง "สุขภาพของไดโนเสาร์ทั่วโลก"

ทำไมจึงสำคัญ

ข้อถกเถียงเก่าเรื่องการเสื่อมถอยของไดโนเสาร์ไม่ได้พูดถึงแค่ไดโนเสาร์ แต่พูดถึงว่าบันทึกฟอสซิลหนึ่งชุดแบกน้ำหนักของเรื่องราวได้มากเพียงใด

หากบันทึกปลายครีเทเชียสที่ดีที่สุดมาจากที่ราบใหญ่ทางเหนือ ก็ชวนให้ใช้บันทึกนั้นแทนทั้งทวีป แล้วใช้ทั้งทวีปแทนทั้งโลก วิธีนี้สะดวก แต่ก็เป็นวิธีที่รูปแบบระดับภูมิภาคขึ้นลิฟต์โดยไม่ซื้อตั๋วแล้วกลายเป็นเรื่องเล่าระดับโลก

ผลจากนิวเม็กซิโกทำให้เรื่องไม่เรียบเกินไป มันบอกว่า: มองลงใต้ นี่คือหน่วยหินที่มีไดโนเสาร์และอยู่ใกล้รอยต่อ นี่คือกลุ่มสัตว์ที่ไม่ได้ทำสำเนาจากทางเหนือเฉย ๆ และนี่คือหลักฐานว่าอุณหภูมิและนิเวศวิทยาระดับภูมิภาคยังสำคัญในช่วงท้าย

นั่นไม่ได้ทำให้ดาวเคราะห์น้อยมีความหายนะน้อยลง หากมีอะไร มันทำให้ภาพหายนะคมขึ้น การชนไม่ได้มาถึงตอนจบของระบบนิเวศเรียบง่ายเพียงแบบเดียว แต่มันชนโลกหลายภูมิภาคที่ยังมีการจัดองค์ประกอบเฉพาะของตน

และยังมีบทเรียนเงียบ ๆ อีกข้อ การลงอายุที่ดีเปลี่ยนเรื่องเล่าได้ กลุ่มฟอสซิลที่ไม่มีอายุมั่นคงอาจกลายเป็นข่าวลือที่มีกระดูก เมื่อวางมันลงบนส่วนที่ถูกต้องของนาฬิกา ฟอสซิลชุดเดิมก็กลายเป็นหลักฐาน

สรุป

งานวิจัยใน Science ตรวจสอบ Naashoibito Member ในนิวเม็กซิโกใหม่ หน่วยหินที่มีไดโนเสาร์และอายุถูกถกเถียงมายาวนาน ด้วยการลงอายุเม็ด sanidine เศษตะกอนแบบ $^{40}Ar/^{39}Ar$ และ magnetostratigraphy ผู้เขียนจำกัดชั้นหลักที่มีไดโนเสาร์ให้อยู่ภายในประมาณ 340,000 ปีก่อนรอยต่อครีเทเชียส–พาลีโอจีน ทำให้เป็นหนึ่งในบันทึกไดโนเสาร์ที่ไม่ใช่นกกลุ่มสุดท้ายที่รู้จักในอเมริกาเหนือ และอยู่ร่วมสมัยโดยกว้างกับกลุ่ม Hell Creek ทางเหนือ จากนั้นการวิเคราะห์นิเวศวิทยาและชีวภูมิศาสตร์ของข้อมูลสัตว์มีกระดูกสันหลังในอเมริกาเหนือตะวันตกชี้ว่ากลุ่มสัตว์ปลายครีเทเชียสยังคงมีโครงสร้างตามภูมิภาค: ไดโนเสาร์แบ่งเป็นสอง bioprovinces และอุณหภูมิดูเป็นตัวขับเคลื่อนสำคัญของความแตกต่าง ผลนี้คัดค้านแนวคิดว่ามีกลุ่มไดโนเสาร์ความหลากหลายน้อยเพียงแบบเดียวทั่วทวีปที่กำลังเสื่อมลงพร้อมกันก่อนการชน ไม่ได้พิสูจน์ว่าไดโนเสาร์ทั่วโลกมีสุขภาพดี ไม่ได้ยุติทุกข้อถกเถียงเรื่องการเสื่อมถอย และไม่ได้แสดงว่าไดโนเสาร์ทุกกลุ่มรุ่งเรืองจนถึงจุดจบ สิ่งที่มันแสดงคือบันทึกทางใต้ที่ลงอายุได้ดีขึ้นทำให้บทสุดท้ายของอเมริกาเหนือมีความเป็นภูมิภาค มีโครงสร้าง และเรียบน้อยลง

ประเมินแบบไม่เกินจริง

งานวิจัยแสดงอะไร: ชั้นที่มีไดโนเสาร์ของ Naashoibito Member ในนิวเม็กซิโกเป็นปลายครีเทเชียสที่สุด น่าจะอยู่ภายในประมาณ 340,000 ปีก่อนรอยต่อ K-Pg และบันทึกสัตว์มีกระดูกสันหลังในอเมริกาเหนือตะวันตกสนับสนุนการคงอยู่ของ bioprovinces ระดับภูมิภาคใกล้จุดจบ

อะไรที่เป็นไปได้แต่ยังไม่ได้พิสูจน์: ระบบนิเวศไดโนเสาร์จำนวนมากอาจยังคงแข็งแรงก่อนดาวเคราะห์น้อยชนไม่นาน; อุณหภูมิอาจช่วยคงโลกของกลุ่มสัตว์ทางเหนือและใต้ที่แตกต่างกัน; แนวคิดเดิมเรื่องการเสื่อมถอยง่าย ๆ ทั่วทั้งทวีปอาจเรียบเกินจริง

งานไม่ได้แสดงอะไร: ไม่ได้แสดงว่าไดโนเสาร์ทุกแห่งกำลังรุ่งเรือง; ไม่ได้แสดงว่าไม่มีบางกลุ่มหรือบางภูมิภาคกำลังเสื่อมถอย; ไม่ได้แสดงว่าดาวเคราะห์น้อยไม่ใช่ตัวกระตุ้นหลักของการสูญพันธุ์; และไม่ได้หมายความว่านิวเม็กซิโกเพียงแห่งเดียวเขียนเรื่องปลายครีเทเชียสทั่วโลกใหม่

ข้อจำกัดหลัก: บันทึกฟอสซิลระดับภูมิภาค; การวิเคราะห์ provinciality ที่ขึ้นกับแบบจำลอง; อคติจากการเก็บตัวอย่างฟอสซิล; รายละเอียดธรณีกาลวิทยาและวิธีจัดการข้อมูลการพบยังควรตรวจขั้นสุดท้ายกับ Supplementary Materials ของ Science

ผู้อ่านทั่วไปควรมั่นใจแค่ไหน? มั่นใจสูงว่าตอนนี้นิวเม็กซิโกให้บันทึกไดโนเสาร์ทางใต้ช่วงปลายครีเทเชียสที่สำคัญ มั่นใจค่อนข้างดีว่าอเมริกาเหนือตะวันตกยังรักษาโครงสร้างกลุ่มสัตว์ตามภูมิภาคใกล้จุดจบ แต่มั่นใจต่ำหากย่อผลเป็น “ไดโนเสาร์ทุกแห่งสบายดีจนดาวเคราะห์น้อยชน” ผลจริงดีกว่านั้น: บทสุดท้ายไม่ได้เป็นเรื่องเดียวแบนราบทั่วทั้งทวีป

แหล่งข้อมูล

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