

ВИЖИТИ В ЕПОХУ ДИНОЗАВРІВ

Уявімо, ви хочете відвідати епоху, коли найсильніші хижаки в історії нападали на найбільших наземних створінь, яких тільки бачила наша планета. Ви прагнете побачити сімдесятитонних рептилій, м'ясоїдів, чиї щелепи за просто роздушуть автомобіль, та літуна завбільшки з жирафа.

Тож ви переноситеся на 70 мільйонів років у минуле, в мезозойську еру — епоху динозаврів. Клімат у цей час значно тепліший, тож липка спека, притаманна болотам Луїзіани, тягнеться на північ аж до Монтани. Ви помітите зміни в ландшафті: немає Скелястих гір і Сьєрра-Невади, середній захід Сполучених Штатів вкриває море, а Індія — острів.

Тільки-но з'явилася трава. То тут, то там пробиваються поодинокі травинки, проте ніяких степів чи лук — лише папороті, фікуси, інжири, саговники, гінкго, величезні дерева й густі ліси. Також ви помітите славетного *Tyrannosaurus rex*.

На жаль, він теж вас помітить.

Найкраще буде сховатися, заціпеніти, прикинутися мертвим чи вилізти на дерево, ймовірно, подумаєте ви. Але, на диво — навіть шок, — недавні дослідження стверджують, що ви можете втекти від наймогутнішого хижака, який будь-коли жив на цій планеті.

Принаймні якщо ви знаєте, як скористатися своєю головною перевагою — розміром.

.....

Якщо миша впаде в трьохсотметрову шахту, якимось припустив еволюційний біолог Дж. Б. С. Голдейн, то просто встане, обтруситься від пилу та втече. Може, навіть вилізе нагору та спробує ще раз. Якщо ж із тієї самої висоти впаде щур, то загине. Кінь тільки чвакне, пише Голдейн, а людина розіб'ється на смерть.

Голдейн не наводить яскравого дієслова на позначення того, що б сталося з тиранозавром, якби він впав у таку шахту. Величезний хижак верещав би, падаючи на швидкості 277 кілометрів за годину, вдарився б об землю із силою 120 тонн і... розлетівся б на шматки? Вибухнув? Вивергнувся?

Незалежно від того, яким словом ми схарактеризуємо бентежну кончину ті-рекса, метою похмурого уявного досліду Голдейна було продемонструвати кардинально різні стосунки великих і малих тварин із гравітацією. Ці стосунки, як і різні долі миші та щура, пояснюються законом квадрата-куба¹, який вказує на той простий факт, що, коли предмет збільшується, його об'єм зростає в кубічному степені, а площа — лише у квадратному.

Оскільки більша площа тварини, що падає, забезпечує більший опір повітря, а її маса визначає силу удару, падіння різних тварин може бути захопливим, трагічним чи неохайним, залежно від різниці в розмірах. Здається, все просто, але оскільки об'єм зростає значно швидше, ніж площа, дуже важко уявити, на що можуть вплинути невеликі зміни в розмірах. Це особливо

1 Закон квадрата-куба (англ. *square-cube law*) — математичний принцип, що описує зміну відношення між об'ємом і площею під час збільшення чи зменшення розмірів тіла (прим. наук. ред.).

важливо, якщо йдеться про найбільших наземних тварин на землі, тим паче коли доводиться від них тікати.

Якщо вами раптом зацікавиться ті-рекс, то, поглянувши на його довгі ноги й потужні м'язи, ви можете вирішити, що краще сховатися. Не варто. На вашому боці перевага розмірів і пропорцій. Видовищна загибель тиранозавра на дні шахти ілюструє найважливіший чинник у боротьбі з цим гігантським ящуром. У перегонах не на життя, а на смерть його разючий, жахливий, приголомшливий розмір насправді є вашою головною перевагою.

.....

Дорослий *Tyrannosaurus rex* був неймовірно великий і неймовірно могутній. Своїми зубами він міг легко прокусити кістку трицератопса, а щелепами — підкинути шматки м'яса завбільшки з людину на п'ять метрів. Був заввишки з жирафа й завважки зі слона — вісім тонн. «Тиранозавр мав більше м'язової маси, призначеної для руху, ніж будь-яка відома тварина, що колись жила на землі», — стверджує Ерік Снайвлі, біолог з Університету штату Оклахома, який вивчає біомеханіку динозаврів. Однак, якщо зустрінете цього звіра, не варто занадто перейматися, бо тиранозавр не вмів бігати.

Я запитав Джона Гатчинсона, головного автора статті під назвою «Тиранозавр не був спритним», опублікованої 2002 року в журналі *Nature*, чого очікувати від тиранозавра в перегонах.

— Максимум — бігу перевальцем на коротку дистанцію, — відповів він, — до того ж без швидкого старту.

З погляду математики могутній, довгоногий тиранозавр був повільний із тієї ж самої причини, що призвела б до його видовищної загибелі в шахті. Як і площа, міцність кісток зростає лише у квадраті, а ось об'єм — у кубі. Отже, що більше тіло має тварина, то пропорційно більше їй потрібно м'язової й кісткової тканин ноги, аби стояти, рухатися та бігати. Проте поза межами певного розміру бігати стає фізично неможливо, тому велетні й Кінг-Конг існують лише в казках. Попри всю свою м'ясистість, кістки ніг тиранозавра просто розкришилися б від навантаження, якби він рухався у спосіб, швидший, ніж кваплива хода. З огляду на його масу, об'єм м'язів і кісток, Снайвлі не вірить, що швидкість дорослого тиранозавра перевищувала 19–21 км/год. Хоча 19 кілометрів на годину — показник, що наближається до максимальної швидкості середньостатистичної людини, залежно від умов — це майже 20 секунд на 100-метровий стрімкий забіг — повільне прискорення ті-рекса на початку дає посередньому бігуну хороший шанс перегнати чи переманеврувати вайлуватого хижака¹.

Звісно, тиранозавр — не єдина ваша проблема в мезозойській ері. Можливо, вами захочуть перекусити й численні інші м'ясоїдні динозаври різних розмірів. Чи вдасться вам їх перегнати, залежить від їхньої ваги.

2017 року біологиня Міріам Хірт із колегами, вивчаючи рух тварин у Німецькому центрі інтегративного дослідження біорозмаїття, поставили просте питання: чи існує оптимальний розмір для швидкості? На диво,

1 Звісно, є тривожне припущення, що ті-рекси полювали зграями, і це може ускладнити вашу втечу. На щастя, згідно з наявними даними, видається, що, хоч вони й вбивали зграями, мов крокодили, однак не координували дії, як вовки.

вони знайшли на нього просту відповідь: так. Коли Хірт побудувала графіки співвідношення ваги й швидкості кожнісінької тварини на землі, яка бігає, плаває чи літає, то виявила, що, незалежно від виду руху, взаємозв'язок між розміром і швидкістю — параболічний. Найповільнішими є найменші та водночас найбільші тварини. Вона дійшла висновку, що ідеальна вага для найшвидшої тварини мала би становити приблизно 75 кілограмів. Трошки більше — для плавця, трошки менше — для літуна.

Відкриття Хірт не лише натякає, що найбільше варто боятися динозаврів середніх розмірів, а й на те, і це значно важливіше, що найбільшого з них взагалі нема чого боятися. Незалежно від його сили чи вигляду, найбільший динозавр фізично не зміг би перегнати людину в нормальній формі. Як стверджує Хірт, причина полягає у взаємозв'язку між силою, прискоренням і метаболізмом, який живить перші два параметри.

Максимальна швидкість тварини залежить від перетину двох чинників. Перший — це загальна м'язова сила, яка зростає пропорційно до маси. Другий — це здатність прискорювати цю масу, яка не зростає пропорційно. Прискорення залежить від анаеробних м'язів, які використовують накопичені молекули під назвою АТФ як паливе для живлення швидких скорочень. Однак запас АТФ скінчений, він швидко вичерпується і його поновлення залежить від обміну речовин.

З причин, що залишаються не до кінця зрозумілими, енергетична продуктивність — метаболізм — знижується зі збільшенням маси (зі степенем 0,75, якщо бути точним). Через це масивніші тварини більш енерго-ефективні, ніж менші. Наприклад, якби обмін речовин

людини був пропорційним мишачому, нам довелося б з'їдати по 10 кілограмів їжі на день. Таким чином масивніші тварини більш енергоефективні, але через це мають менший запас АТФ для прискорення.

Створивши просту формулу, що виражає відношення між силою та прискоренням, Хірт передбачила швидкості тварин лише на основі ваги.

Завдяки обмеженням, які накладають обмін речовин та вага, ми можемо відкинути як потенційну загрозу будь-яких динозаврів, що важать понад 2,24 тонни. Імовірно, не існує і не існувало жодної тварини такого розміру, яку б не змогла обігнати молода людина при доброму здоров'ї.

На жаль, багато хижаків важать значно менше. Відкриття Хірт показує обмеження швидкості для найбільших динозаврів, однак і швидкість тварини визначають не лише розміри. Очевидно, що два види приблизно однакової ваги — як, наприклад, людина й гепард — бігають на кардинально різних швидкостях, що залежать від будови їхніх тіл. Тож перш ніж одягати бігові кросівки, варто дізнатися точну швидкість свого супротивника. Навіть якщо змагаєтеся не на життя, а на смерть із ящером-спринтером.

Як же визначити точну швидкість вимерлого виду на основі самих кісток і кількох скам'янілих слідів?

На щастя, 1976-го британський зоолог Роберт Макнілл Александер спостеріг, що всі тварини, від тхорів до носорогів, бігають із «динамічно подібним» поступом. Динамічна подібність — інженерний термін, яким послуговуються, аби називати рухи, що залишатимуться однаковими зі зростанням масштабів — як, наприклад, коливання маятників різних розмірів. Відкриття

Александера дозволило палеонтологам визначити швидкість бігу динозавра на основі самих лише даних про висоту таза та довжину кроку, подібно до того, як розраховують частоту коливань маятника на основі його довжини та кута відхилення.

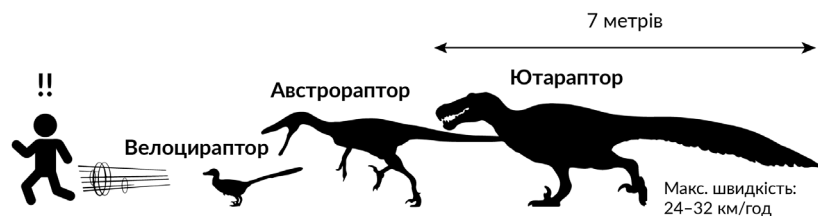
На жаль, це лише приблизна формула, яка може давати серйозну похибку, стверджує Гатчинсон. Наприклад, за формулою Александера, м'ясоїдний майже тритонний альбертозавр бігав зі швидкістю 35,4 км/год. Це дає вам шанс втекти. Однак, можливо, насправді він бігав, мов гепард. У такому разі... ну, успіху.

2020-го палеонтолог Александер Дечеккі об'єднав формули Хірт й Александера, врахував найновіші археологічні знахідки скам'янілостей і визначив швидкості сімдесят одного виду динозаврів. Оскільки серед них дуже багато швидких та небезпечних м'ясоїдів середніх розмірів, не будемо наводити весь список, а розглянемо лише кілька прикладів. Якщо побачите динозавра з розмірами, подібними до вказаних на картинках внизу, очікуйте відповідних фізичних здібностей.

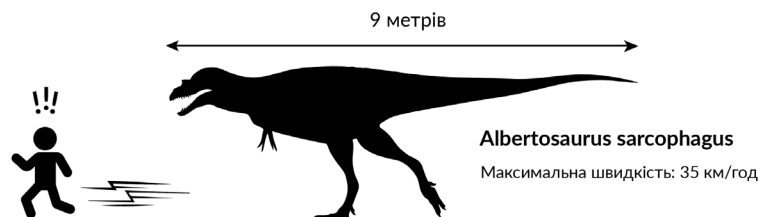
Зверніть увагу: звісно, рівень вашої тривожності залежить і від вашої власної швидкості. Я визначив свою за допомогою простої формули¹. Я можу бігти зі швидкістю майже 24 км/год. Раджу порахувати й вам. Утім, аби зорієнтувати вас щодо очікувань, скажу: золотий

1 Якщо у вас немає електронних пристроїв для визначення швидкості, обчисліть її за цією формулою: відрахуйте дистанції в 60 та 100 метрів і відмітьте час, за який пробіжите кожну з них. Тоді поділіть різницю між відстанями (40 метрів) на різницю між часом. Тобто $40 \text{ метрів} \div (\text{час забігу на } 100 \text{ метрів} - \text{час забігу на } 60) = \text{ваша максимальна швидкість у метрах за секунду}$. $1 \text{ м/с} = 3,6 \text{ км/год}$.

ДРОМЕОЗАВРИДИ (ТАКОЖ ВІДОМІ ЯК РАПТОРИ) / ЗЛЕГКА ТРИВОЖНО



АЛЬБЕРТОЗАВР / ТРИВОЖНО



ДЕЛЬТАДРОМЕЙ / ДУЖЕ ТРИВОЖНО



Зображення в масштабі

олімпійський призер зі спринту на 100 метрів розвиває швидкість приблизно 43,5 км/год; хороший бігун старшого шкільного віку може досягти 35,4 км/год; середньостатистична людина, як я, за достатньої мотивації може сподіватися витиснути із себе 24 км/год; а швидкість бігу підтюпцем становить десь 11 км/год.

Якщо ви не олімпієць чи принаймні не швидкий бігун-любитель, усі ці динозаври вас переженуть. Утім, не все пропало. Дослідження перегонів між гепардами й антилопами імвала, а також між левами й зебрами доводять, що така здобич, як ви, має свої переваги.

Алан Вілсон, професор у Королівському ветеринарному коледжі Університету Лондона, який вивчає рухову біомеханіку, причепив акселерометри до хижаків і здобичі, аби визначити їхні точні швидкості, спритність і тактику, та отримав досить обнадійливі результати. Згідно з його розрахунками, гепард бігає зі швидкістю, яка становить щонайменше 85 км/год, а його здобич, імвала, заледве досягає 64 км/год. Лев так само розвиває швидкість до 74 км/год, водночас зебра — лише 50 км/год. Попри значне відставання, що імвала, що зебра успішно тікають від хижаків у двох із трьох випадків. І хоч лев трохи швидший, ніж імвала, він не наважиться погнатися за нею на відкритій місцевості.

Вілсонові знахідки натякають, що динозавр наздожене вас, тільки якщо його швидкість значно перевищує вашу. Але це лише за умови, що ви знаєте, як бігати. Якщо просто щодуху мчати від ящерів, то з мезозою вдасться вибратися хіба що копролітом¹. Натомість, аби втекти від значно атлетичнішого переслідувача,

1 Скам'янілі динозаврячі какулі.

треба бігти розумно. Застосовувати тактику. А головне — бути непередбачуваним.

Коли Вілсон вимірював швидкість імпал, які тікають від гепардів, то визначив, що хоч під час втечі вони й можуть розвивати швидкість до 64 км/год, але в перегонах не на життя, а на смерть рідко біжать швидше ніж 50 км/год. Причиною цього неочікуваного результату, висновує він, є те, що на максимальній швидкості тварина втрачає маневровість. Повороти здійснюються під ширшим кутом, і траєкторія стає передбачуваною. Якщо швидший переслідувач знає, що ви робите, — вам гаплик.

Підставивши фізичні параметри хижака та здобичі в комп'ютерну модель і створивши симуляцію гонитви, Вілсон виявив, що врятувати переслідуваного можуть дві тактики. По-перше, коли динозавр ще досить далеко й тільки починає бігти за вами, потрібно часто змінювати курс, не збавляючи швидкості. По-друге, коли хижак уже перебуває за два-три кроки від вас, варто стрімко скинути швидкість і різко повернути, а тоді знову пришвидшитися. Якщо здійсните цей маневр вчасно, то через більшу швидкість ваш переслідувач повертатиме під більшим кутом і зіб'ється з ритму на крок чи два. Коли ж наздожене вас знов — повторіть маневр.

Ваша мета — тягнути час. У вас є перевага — витривалість. Недавні дослідження, на кшталт того, яке провів Дечеккі, натякають: деякі види динозаврів були неймовірно витривалі як на свій розмір — але ваші пружні стегна, розтяжні Ахіллові сухожилля та ефективна система охолодження роблять вас одним із найкращих бігунів на витривалість у природі. Що довше тривають перегони, то кращі ваші шанси.

ЧОТИРНАДЦЯТИРІЧНИЙ ТИРАНОЗАВР РЕКС / ЖАХЛИВО



Однак якоїсь нещасливої миті, коли різниця у фізичних параметрах долає певний бар'єр, самих лише вчасних поворотів буде замало. Найімовірніше, стверджує Снайвлі, таке станеться, якщо вам трапиться найнебезпечніший для людини хижак — той самий тиранозавр, якого ми вже відкинули, але з однією суттєвою відмінністю. Варто боятися не найбільших, дорослих ті-рексів, каже Снайвлі, а молодняка.

На відміну від більшості тварин, максимальної швидкості тиранозавр досягає не в дорослому, а в юному віці, до того, як його сповільнить величезний розмір. За розрахунками, тиранозавр-підліток бігав зі швидкістю 53 км/год, бо важив заледве тонну, але вже мав щелепи, якими міг би трошити ваші кістки. Також імовірніше, що на вас нападе саме молодий ті-рекс, бо на відміну від дорослих особин, які полювали на тритонних качкодзьобих динозаврів і 4,5-тонних трицератопсів, підлітки їли тварин вашого розміру.

Якщо нападе малий ті-рекс, то для порятунку доведеться застосовувати хитріші тактики (хіба що ви спринтер-олімпієць — тоді шанси втекти у вас приблизно як в імпалі). Вам знадобиться маленька печера, куди можна забитися, чи густі ожинкові зарості, в які можна стрімголов пірнути. Або ж можна завчасно

потурбуватися про порятунок, влаштувавши тиранозавру пастку. Вкопайте яму, оточіть її частоколом і накрийте ковдрою з гілля або ж, якщо хочете більш видовищного результату, знайдіть глибоку шахту.