

ГЕРМАН ПОНЦЕР

ПОПУЛЯРНО
ПРО НАУКУ

НАШ МЕТАБОЛІЗМ



КАЛОРІЇ,
ВАГА ТА
СЕКРЕТИ
МІЦНОГО
ЗДОРОВ'Я

НОВИЙ ПОГЛЯД НА ОБМІН
РЕЧОВИН ЛЮДИНИ

КСД

ГЕРМАН ПОНЦЕР

ПОПУЛЯРНО
ПРО НАУКУ

НАШ МЕТАБОЛІЗМ



КАЛОРІЇ,
ВАГА ТА
СЕКРЕТИ
МІЦНОГО
ЗДОРОВ'Я

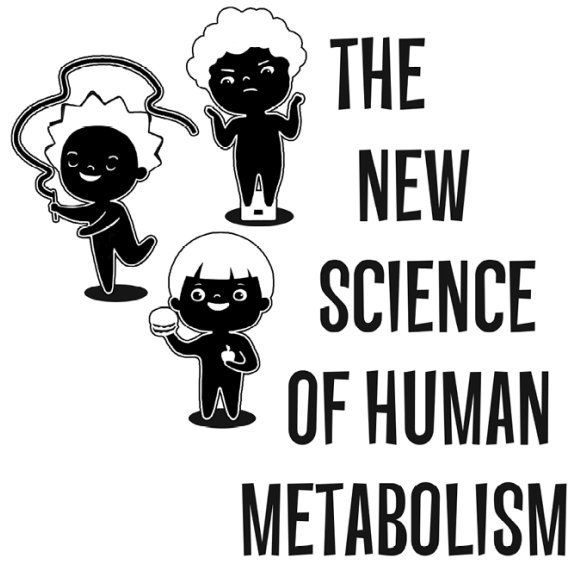
НОВИЙ ПОГЛЯД НА ОБМІН
РЕЧОВИН ЛЮДИНИ

КСД



HERMAN PONTZER

BURN

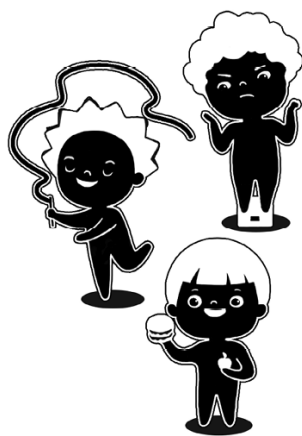


Avery
an imprint of Penguin Random House
New York

ГЕРМАН ПОНЦЕР

ПОПУЛЯРНО
ПРО НАУКУ

НАШ МЕТАБОЛІЗМ



КАЛОРІЇ,
ВАГА ТА
СЕКРЕТИ
МІЦНОГО
ЗДОРОВ'Я

НОВИЙ ПОГЛЯД НА ОБМІН
РЕЧОВИН ЛЮДИНИ

ХАРКІВ 2022 **КСД**



Книжковий Клуб «Клуб Сімейного Дозвілля»
2022

ISBN 978-617-12-9566-7 (epub)

Жодну з частин цього видання не можна копіювати або відтворювати в будь-якій формі без
письмового дозволу видавництва

Електронна версія зроблена за виданням:

УДК 612
П56

Видавництво не несе відповідальності за можливі наслідки виконання наведених у
книжці рекомендацій. Книжка не може замінити консультації спеціаліста

Перекладено за виданням:
Pontzer H. Burn. The New Science of Human Metabolism / Herman Pontzer. — New York :
Avery, an imprint of Penquin Rendom House, 2021. — 384 p.
Переклад з англійської *Віри Кучменко*

Дизайнер обкладинки Анастасія Попова

ISBN 978-617-12-9379-3

ISBN 978-0-525-54152-3 (англ.)

© Herman Pontzer, 2021

© Depositphotos.com / Happy pictures, обкладинка, 2022

© Книжковий Клуб «Клуб Сімейного Дозвілля», видання українською мовою, 2022

© Книжковий Клуб «Клуб Сімейного Дозвілля», переклад і художнє оформлення, 2022

Присвячую Дженис, Алексові та Кларі

Розділ 1. Невидима рука

Майже о другій ночі мене розбудили леви. Не таким уже й голосним був той звук — він радше скидався на гідравлічний стогін сміттєвоза, що його переривало покашлювання та бурчання «гарлі-девідсона» на нейтральній передачі. Моєю першою розпливчастою й сонною реакцією була вдячна радість. О, ці звуки дикої Африки! Я дивився на зорі крізь павутиння сітчастого даху свого намету, відчуваючи, як легкий вітерець шелестить сухою травою та гіллям колючої акації, штовхаючи тонкі стіни моєї нейлонової домівки й несучи за собою звуки лев'ячого хору. Мені пощастило бути там, у малесенькому наметі десь посеред безкрайньої савани східної Африки, такої віддаленої й водночас вільної місцини, що за кількасот ярдів від нас блукали *леви*! Неабияк поталанило, чи не так?

Однак зненацька я відчув приплив адреналіну, і мене огорнув страх. То ж був не зоопарк і не якесь сафарі для туристів, а леви аж ніяк не нагадували гарненькі світлини з журналу *National Geographic* чи кадри з телевізійної програми про природу на каналі *PBS*. Це було реальне життя. Зграя мускулястих «убивчих машин» із родини котячих (зо 150 кг кожна) тинялася зовсім неподалік, і їхнє рикання було... стривоженим. Може, навіть... *голодним*? Звісно, вони могли вловити мій запах. Довго перебуваючи в природних умовах, я й сам його відчував. І що ж я робитиму, коли вони прийдуть по моє м'якеньке американське тільце, щоб поласувати ніжним потрійним брі з людської плоті? Цікаво, як близько левам вдасться до мене підкрастися, перш ніж почую їх у високій траві? Чи кінець захопить мене зненацька бурхливою атакою пазурів та нестримних злющих зубів, що миттю роздеруть стіни намету на шмаття?

Я обмірковував ситуацію, намагаючись не забувати про здоровий глузд. Зважаючи на те, звідки лунали звуки, спершу левам доведеться пройти повз намети Дейва та Браяна. У цій грі на удачу я перебував за дверима номер 3. Це означало, що ймовірність бути з'їденим хижаками становила 1 до 3. Отже, для людини, чия склянка була наповнена на дві третини, шанси не потрапити до пащ цих тварин становили 67 %. Така думка трохи заспокоювала. До того ж ми перебували тут разом із

представниками племені гадза, розташувавшись на околицях їхнього табору, а цих людей ніхто не наважується чіпати. Звісно, гієни й леопарди подеколи підкрадаються до їхніх трав'яних хижок, вишукуючи залишки їжі чи залишених без нагляду малюків. Однак леви зазвичай тримаються віддалік.

Страх почав потроху розсіюватися, і я відчув, як мене знову огортає дрімота. Імовірно, зі мною все буде гаразд. Крім того, якщо вже маєш потрапити до левової пащі, краще спати, коли це трапиться, — принаймні до останньої миті. Тож я підбив руками купу брудного одягу, що правила за подушку, поправив каримат і знову провалився в сон.

То було моє перше літо з гадза — щедрими, винахідливими та норовливими людьми, які мешкали в невеличких поселеннях на території суворої й засушливої савани довкола озера Еясі на півночі Танзанії. Антропологи й дослідники біології людини на кшталт мене полюбили працювати з гадза — здебільшого через їхній спосіб життя. Це мисливці та збирачі, вони не займаються сільським господарством і не одомашнюють тварин; у них немає технічних засобів, зброї та електрики. Представники племені гадза щодня добувають їжу в дикій місцевості, а їхніми головними знаряддями є тяжка праця та кмітливість. Жінки збирають ягоди або з допомогою товстих загострених паль викопують зі скам'янілого ґрунту дикі коренеплоди, нерідко тримаючи малюків у слінгах на спині. Чоловіки полюють на зебру, жирафу, антилопу й інших тварин за допомогою міцних луків і стріл, що їх самотужки виготовляють із гілок та сухожилків, або невеличкими сокирками розрубують стовбури дерев, щоб дістати мед із вуликів диких бджіл. Поміж укритих травною хижок бігають та граються малюки, які подеколи збираються невеличким гуртом, щоб принести хмиз чи воду. Представники старшого покоління або вирушають добувати їжу разом з іншими (зазвичай вони досить жваві навіть у сімдесятирічному віці), або залишаються в таборі, щоб наглядати за всіма справами.

Цей спосіб життя був нормою в усьому світі понад два мільйони років, починаючи з еволюційного зародження нашого роду Людей (*Номо*) й закінчуючи появою сільського господарства приблизно дванадцять тисяч років тому. Паралельно з активним розвитком

сільського господарства з'являлися міста, тривала урбанізація та, зрештою, почалася індустріалізація, а тим часом представники більшості спільнот почали міняти луки та палиці на сільськогосподарські культури й цегляні будинки. Деякі племена, як-от гадза, гордо дотримувалися своїх традицій навіть попри те, що світ довкола став швидко змінюватися й зазіхати на їхні поселення. Сьогодні ці нечисленні племена — останнє віконце у спільний досвід усього людства — часи мисливців і збирачів.

Отже, я перебував у Гадзаленді (саме так ми зазвичай називали батьківщину цих людей) на півночі Танзанії разом із добрими друзями й колегами-дослідниками Дейвом Райхленом та Браяном Вудом, а також нашим асистентом Фідесом. Ми прагнули дізнатися, як спосіб життя гадза позначається на метаболізмі — власне, тому, як їхні тіла спалюють енергію. Це дуже просте й водночас напрочуд важливе питання. Усе, що роблять наші тіла — веслюють, рухаються, загоюються, розмножуються, — потребує енергії, тож розуміння, як її витрачають, є першим та основним кроком до того, щоб досягнути, як працює наш організм. Ми хотіли дізнатися, як він функціонує в спільноті мисливців та збирачів на кшталт гадза, де люди й досі є невіддільною складовою екосистеми, а їхній спосіб життя максимально наближений до нашого глибокого минулого. Ще ніхто не вимірював добових витрат енергії чи загальної кількості спалених протягом дня калорій серед мисливців-збирачів. Нам дуже кортіло стати першими.

У сучасному світі, напрочуд далекому від щоденного добування їжі голіруч, ми майже не зважаємо на витрати енергії. А якщо такі думки і зринають, здебільшого вони стосуються нової дієти, плану тренувань або ж ми міркуємо, чи заслужили той пончик, яким так хочеться поласувати. Калорії перетворилися на хобі, набір даних на наших смартгодинниках. Гадза знаються на цьому значно краще. Вони інтуїтивно розуміють, що їжа та енергія в ній є основою життя. Ці люди щодня мають справу з прадавньою невблаганною арифметикою: отримуй більше енергії, аніж спалюєш, або ходи голодний.

Коли ми прокинулися, на східному горизонті зоріло досі слабе помаранчеве сонце, а барви дерев і трави видавалися геть невиразними в розмитій ранковій імлі. Браян розпалив між трьома каменями невеличке вогнище (на таких готують і гадза) та поставив кип'ятити

казанок з водою. Ми з Дейвом тинялися поблизу, мов ті сонні мухи, потребуючи кофеїну. Невдовзі всі тримали в руках гарячі чашки з розчинною кавою *Africafe*, помішуючи у пластикових мисочках вівсянку миттєвого приготування з джемом. Обговорювали дослідницькі плани на день і нервово жартували про те, яким близьким видавалося нічне рикання левів, — з'ясувалося, що ми всі його чули. А тоді, пробираючись крізь зарості високої сухої трави, до нас вийшли четверо чоловіків із племені гадза. Вони прийшли не з поселення, а з протилежного боку, де росли чагарники. Кожен ніс на плечах величезний безформний вантаж — мені знадобилася якась мить, щоб допетрати, що то було: ноги, стегна та інші просякнуті кров'ю частини щойно вбитої й доволі великої антилопи. Гадза знали, що ми полюбаємо відстежувати їхню здобич, тож хотіли показати її, перш ніж розділять м'ясо між родинами племені.

Не гаючи часу, Браян одразу взявся до справи, розчистив ваги й знайшов записник із назвою «Збирачі повертаються» (*Foraging Returns*), а тоді звернувся до гадза на суахілі — саме цією мовою ми зазвичай з ними спілкувалися.

— Дякую, що принесли це сюди, — мовив він, — але де, чорт забирай, вдалося добути цю гігантську антилопу, та ще й о шостій ранку?

— Це куду, — задоволено вишкірилися чоловіки, — ми взяли її собі.

— Взяли собі? — перепитав Браян.

— Ви ж, хлопці, чули левів цієї ночі, чи не так? — зауважили гадза. — Ми зрозуміли, що вони щось запопали, тож вирішили піти й перевірити. Виявилось, що вони вполювали куду... тож ми її взяли.

Отак просто. Ще один день у Гадзаленді — власне, справжнє свято, що почалося з рідкісної знахідки у вигляді великої дичини в усій її жирній і білковій красі. Трохи згодом, ближче до обіду, діти з племені гадза гризтимуть смажені шматочки куду, слухаючи, як уночі тато з друзями прогнали цілу зграю голодних левів, прагнучи принести додому їжу. Вони засвоять важливий та одвічний урок: енергія — це все, а щоб її отримати, варто поставити на кін усе, що маєш.

Навіть якщо мусиш вкрати сніданок із лев'ячої пащі.

Маленьке питання життя і смерті

Енергія — це основна валюта нашого життя, і без неї воно не можливе. Ваше тіло утворюють приблизно 37 мільярдів клітин, кожна з яких функціонує, мов мікроскопічна фабрика, працюючи щосекунди кожнісінького дня. Протягом двадцяти чотирьох годин вони разом спалюють стільки енергії, що її вистачило б на те, щоб закип'ятити приблизно тридцять літрів крижаної води. Наші клітини затьмарюють навіть зірки: кожна унція¹ тканини людського організму щодня спалює в десять тисяч разів більше енергії, ніж унція Сонця. Незначна частина цієї активності перебуває під нашим свідомим контролем — а саме м'язова діяльність, необхідна для руху. Дещо триває майже непомітно для нас — зокрема серцебиття чи дихання. Однак переважна частина цієї бурхливої діяльності точиться глибоко під поверхнею нашого тіла — у величезному й невидимому океані клітинних процесів, що підтримують життя. Ми звертаємо на них увагу тільки тоді, коли відчуваємо: щось негаразд. А це стається дедалі частіше. Ожиріння, діабет 2-го типу, серцево-судинні захворювання, рак та майже всі інші недуги, що переслідують нас у сучасному світі, у самій своїй суті залежать від того, як наш організм отримує та витрачає енергію.

Утім, попри те що метаболізм (те, як наші тіла спалюють енергію) напрочуд важливий для життя і здоров'я, здебільшого його розуміють неправильно — і це повсюдне явище. Скільки енергії щодня спалює середньостатистичний дорослий? З будь-якої етикетки про склад продукту в супермаркеті ви дізнаєтеся, що стандартний раціон американця становить 2000 калорій на день, однак це помилкова інформація. Дев'ятирічна дитина спалює 2000 калорій; для дорослого їхня кількість сягає приблизно 3000 — залежно від ваги та жирових запасів (до речі, коли йдеться про наші добові потреби в енергії, правильним терміном є «кілокалорії», а не калорії). Скільки миль² вам доведеться пробігти, щоб спалити енергію, яка міститься в одному пончику? Як мінімум, три, та знову-таки: усе залежить від вашої ваги. Як уже на те пішло, поміркуйте: куди зникає жир, який ми «спалюємо» під час фізичних навантажень? Гадаєте, він перетворюється на тепло? Піт? А може, м'язи? Ні, ні, і ще раз ні. Більшу його частину ви *видихаєте* як вуглекислий газ, перетворюючи незначну частку на воду

(але це необов'язково піт). Якщо досі цього не знали, ви в «хорошій компанії», адже більшість лікарів теж цього не знають.

Поза сумнівом, наша необізнаність у питаннях енергії пов'язана з прогалинами в системі освіти та мозком, який діє, мов антипригарне покриття, відштовхуючи непотрібну інформацію. За умов, коли троє з чотирьох американців не можуть назвати три гілки федеральної влади США, хоч цю важливу інформацію доносять до школярів протягом усіх дванадцяти років їхнього навчання, марно сподіватися на те, що більшість людей пригадає тонкощі циклу Кребса з курсу біології в старшій школі. Водночас наше нерозуміння повсякчас підживлюють і всіляко плекають численні шарлатани та інтернет-гендлярі, які пропагують сумнівні ідеї — здебільшого для власного зиску. Маючи перед собою численних необізнаних споживачів, що прагнуть бути здоровими, можна продати будь-який продукт, хай яким абсурдним він видається. *«Пришвидшіть свій метаболізм!»* — радять вони. *«Спалюйте жири за допомогою цих простих порад!»*, *«Уникайте цих продуктів, щоб зберегти стрункість!»* — кричать нам зі сторінок глянцевих видань. І це за відсутності будь-яких реальних доказів чи наукового обґрунтування!

Однак найбільшою структурною причиною нашого нерозуміння «енергетичних питань» є те, що ми зовсім неправильно розуміємо науку про витрати енергії. З появою сучасних досліджень обміну речовин на межі ХХ століття нас повсякчас вчили сприймати наші організми як звичайні двигуни: ми споживаємо «пальне» — їжу — та спалюємо його, пришвидшуючи роботу двигуна фізичними навантаженнями. Будь-які залишки «пального» накопичуються в організмі як жир. Люди, які активно навантажують свої «двигуни», протягом дня спалюють більше «пального», тож менш імовірно накопичують його залишки. А якщо вже маєте небажані жирові відкладення, просто більше тренуйтеся, щоб їх спалити.

Це дуже проста й приваблива модель, що радше нагадує погляд «диванного інженера» на метаболізм. Утім, у кількох аспектах вона таки має рацію: наші тіла потребують «пального», себто їжі, а залишки, які не вдалося спалити, залишаються в організмі як жирові запаси. Що ж до решти, усе трактовано неправильно. Наші тіла не працюють як прості машини, що спалюють пальне, бо це не витвори інженерної думки, а продукти еволюції.

Наука тільки починає усвідомлювати важливий факт: п'ятсот мільйонів років еволюції вдосконалили наші «метаболічні двигуни», зробивши їх напрочуд динамічними та здатними пристосовуватися. Наші тіла стали неймовірно хитрими, вони навчилися реагувати на зміни в раціоні та фізичних навантаженнях у такі способи, що мають сенс з еволюційної точки зору, хоч подеколи і стають на заваді нашим спробам залишатися стрункими та здоровими. Отже, збільшення фізичних навантажень необов'язково означає більшу кількість спаленої протягом дня енергії і водночас більша кількість витраченої енергії не гарантує стрункості й відсутності жирових відкладень. Попри це стратегії з охорони здоров'я вперто дотримуються «диванного» підходу до метаболізму, нівелюючи будь-які зусилля в боротьбі з ожирінням, діабетом, серцево-судинними захворюваннями, раком та іншими недугами, що найчастіше забирають людські життя. Ми добре не розуміємо, як наші тіла спалюють енергію, тож чи варто й дивуватися, що нас засмучують невдачі під час схуднення, цифри на вагах у ванній кімнаті залишаються незмінними попри всі наші зусилля в тренажерному залі, а найновіша «метаболічна магія» не дає жодних результатів.

Ця книжка досліджує нову науку про людський метаболізм, яка тільки починає розвиватися. Як фахівець із біології людини, якого цікавить не тільки еволюційне минуле нашого виду, але й майбутні перспективи, я понад десять років працював на «передовій» наукових досліджень обміну речовин у людей та інших приматів. Дивовижні й несподівані відкриття, що їх вдалося зробити протягом останніх кількох років, змінюють наше розуміння зв'язку між витратами енергії, фізичними навантаженнями, раціоном та хворобами. На наступних сторінках ми розглянемо ці нові знахідки та їхній вплив на тривалість і якість життя.

Лева частина нової науки — це результати роботи з гадза та схожими племенами — невеликими непромисловими спільнотами, що й досі глибоко інтегровані в місцеву екосистему. Представники цих культур можуть багато чого навчити нас, мешканців розвинених країн, однак це не карикатурна версія життя мисливців і збирачів, що її сьогодні активно популяризують прихильники «палеоруху». Протягом останніх кількох років ми з колегами дізналися чимало важливої

інформації про те, як раціон і щоденна фізична активність забезпечують ці племена від «хвороб цивілізації», що вражають мешканців сучасних урбанізованих та індустріалізованих країн. Тож ми відвідаємо мешканців таких племен, щоб побачити, як триває життя (і польові дослідження) в таких спільнотах і які уроки ми можемо засвоїти. Крім того, ми побуваємо в зоопарках, вологих тропічних лісах і на археологічних розкопках у всьому світі, щоб побачити, як вивчення живих приматів та скам'янілих решток допомагає краще зрозуміти метаболічне здоров'я.

Однак спершу маємо досягнути всеохопності та масштаби обміну речовин у нашому житті. Щоб по-справжньому оцінити важливість енерговитрат, потрібно вийти за межі звичного сприйняття здоров'я і хвороб. Подібно до тектонічних плит Землі, метаболізм — це невидимий фундамент, що лежить в основі всього та поступово змінює й вибудовує наше життя. Звична географія людського існування — від дев'яти місяців в утробі матері й до вісімдесяти чи більше років, які можемо прожити на цій планеті, формується за допомогою метаболічних двигунів, що активно працюють усередині нас. І наш великий розумний мозок, і пухкенькі немовлята розвиваються й живляться завдяки метаболічним механізмам, що значно відрізняються від аналогічних механізмів наших родичів-приматів. І тільки нещодавно вдалося зрозуміти: саме еволюція обміну речовин перетворила нас на той чудовий і дивовижний вид, яким ми є сьогодні.

Собачі роки

— *Una miaka ngapi?*

Я спілкувався з представником племені гадза, якому на око було не більш ніж двадцять років. Це було одне з низки запитань, що ми їх ставили під час річних проєктів, збираючи основну інформацію про здоров'я представників досліджуваних племен. Тож я докладав усіх зусиль, спілкуючись на суахілі — хай не дуже добрій, але задовільній: «Скільки тобі років?»

Здавалося, він був геть спантеличений. Може, я неправильно висловився? Довелося спробувати ще раз: *Una miaka ngapi?*

Чоловік широко всміхнувся:

— *Unasema. «Це ти мені скажи».*

З моєю суахілі все було гаразд. А от запитання я поставив дурне.

Для мене, типового заклопотаного й перенавантаженого американця, одним із найбільших культурних потрясінь під час проживання з гадза стало те, що їх геть не цікавить час. І йдеться зовсім не про те, що в них немає такого поняття. Вони живуть у щоденних ритмах світла й темряви, спеки й холоду; за місячним циклом; за сезонними циклами дощів та посухи. Вони повністю усвідомлюють процеси розвитку й старіння, а також культурні та фізіологічні етапи, що визначають наше життя. Протягом десятиліть ці місцини дуже часто відвідують дослідники та інші люди, тож гадза навіть почали відчувати час за західними одиницями вимірювання — хвилинами й годинами, тижнями та роками. Вони все розуміють, проте здається, що їм до цього байдуже. Цих людей не цікавить відстежування будь-якої хронології. У Гадзаленді немає годинників, календарів чи розкладів, тут немає днів народження, свят чи понеділків. Коли йдеться про гадза, славнозвісна цитата бейсболіста Сетчела Пейджа «Скільки років вам було б, якби ви не знали свого віку?» не привід для глибоких інтроспективних роздумів. Це їхнє щоденне життя. Для дослідників, які мають дізнатися вік усіх мешканців племені гадза, ця процедура нагадує процес чищення зубів: необхідна й подеколи болісна робота з річним графіком, що нерідко добряче дратує.

Байдуже ставлення гадза до часу спричинило б хвилю обурення у США, де всі батьки знають, як саме — день у день — має тривати розвиток їхніх дітей, а права та обов'язки чітко регламентовані згідно з віком. Дитина починає ходити в один рік, а говорити у два; у п'ять років на неї чекає дитячий садок, а в тринадцять — статеве дозрівання. Згідно із законом повноліття досягають у вісімнадцять, а відсвяткувати перші віхи життя законним келихом можна у двадцять один рік. А тоді вже шлюб, діти, менопауза, вихід на пенсію, старість і, зрештою, смерть — усе за чітким графіком, а як ні — то вже привід непокоїтися чи відчути несхвалення з боку суспільства. Насправді байдуже, чи ми переймаємося кожним етапом свого розвитку, як мангеттенський міленіал, а чи абсолютно спокійно споглядаємо плин років, мов та бабуся з племені гадза, адже темп людського життя — то одна з найбільш значущих універсалій, заспокійливий ритм, спільний для нас усіх.

І все ж зазначений темп людського життя є *чим завгодно*, але не спільною ознакою. Коли йдеться про наш життєвий цикл, у царстві тварин ми швидше уособлюємо ненормальних диваків, зважаючи на те, з якими темпами дорослішаємо, розмножуємося, старішаємо та вмираємо. Ми проживаємо життя в уповільненому режимі. Якби люди жили так, як звичайні ссавці нашого розміру, статеве дозрівання починалося б у два роки, а смерть наставала б ще до досягнення двадцятип'ятирічного віку. Жінки щороку народжували б немовлят, чия вага становила б зо два кілограми. Середньостатистичний шестирічка вже був би дідусем. Щоденне життя годі було б упізнати.

У культурному плані ми інтуїтивно відчуваємо, наскільки дивні, однак, дотримуючись типового антропоцентричного підходу, перевертаємо все догори дригом. Наші домашні улюбленці існують у межах абсолютно нормального графіка життя ссавців, але нам повсякчас здається, що їхнє життя триває в прискореному режимі. Ми говоримо, що вони проживають «собачі роки», де кожен рік уособлює сім років для людини — так ніби диваками є тварини, а не ми. Насправді ж усе навпаки. Спробуйте протилежний підхід та визначте свій вік у собачих роках — і помітите, наскільки ви виняткові. Скажімо, мені майже триста (собачих) років і маю зауважити, що попри такий «поважний вік» почуваюся дуже добре.

Біологи, які вивчають життєвий цикл, уже давно усвідомили, що темп життя — то не якийсь довільний і фіксований графік, який передають нам із небес. Темпи зростання, показники народжуваності та швидкість, з якою біологічні види старішають, можуть змінюватися — і таки зазнають змін у процесі еволюції. Уже не одне десятиліття відомо, що люди та інші примати (наша еволюційна «родина», до якої належать лемури, мавпи та людиноподібні мавпи) мають більш уповільнений життєвий цикл порівняно з іншими ссавцями. Ми навіть досить добре уявляли, *чому* життя приматів тривало в спокійнішому темпі. Умови, за яких представник біологічного виду з меншою імовірністю загине в зубах хижака чи під впливом іншого загрозливого чинника, сприяють розвитку уповільненого темпу життя.

Отже, ми знали, що примати (включно з нами) мали вповільнений життєвий цикл — імовірно, цьому сприяло зниження показників смертності в далекому еволюційному минулому, коли ранні примати

почали селитися на деревах, а хижакам було нелегко їх уполювати. Водночас ніхто не міг до пуття зрозуміти, як це сталося? Як саме людям та іншим приматам вдалося «пригальмувати» безліч процесів, зокрема вповільнити темпи зростання й продовжити тривалість життя? Можливо, це було пов'язано з метаболізмом, оскільки для росту й розмноження потрібна енергія (докладніше про це ми поговоримо в розділі 3). Але яким саме був цей зв'язок? Того ми не зрозуміли. У пошуках відповіді на це запитання ми мали б відвідати зоопарки й заповідники для приматів по всій земній кулі, щоб зрештою виявити еволюційні зміни в метаболізмі, які й зробили «нормальне» життя таким надзвичайним.

Планета мавп

Мавпи й людиноподібні мавпи — це розумні, милі й напрочуд небезпечні створіння. Оцінки різняться, однак можна впевнено сказати, що ці примати приблизно вдвічі сильніші в усьому порівняно з людьми. Більшість із тих приматів мають видовжені списоподібні ікла, які успішно використовують, погрожуючи й нападаючи одне на одного. У неволі ці тварини радо скористаються своїми вміннями, щоб знищити людей, — надто якщо перебувають у кепському настрої. Але хто з нас не відчував би неймовірну нудьгу, роздратування та навіть образу, живучи в медичній лабораторії, загидженому зоопарку чи гаражі якогось дурня? Ми бачимо мавп-акторів на екранах наших телевізорів (на щастя, це трапляється дедалі рідше) й дозволяємо переконати себе в тому, що це чарівні створіння. Однак зазвичай це малюки або юні особини — маленькі й досить наївні, щоб людина могла ними керувати, за потреби застосовуючи силу. Досягнувши десятирічного віку, мавпи можуть демонструвати агресію, що її годі й передбачити: однієї миті тварина спокійно відпочиває, а вже наступної злісно роздирає ваше обличчя чи тестикули. Тенденція перетворюватися з милого малюка-актора на імпульсивного й деструктивного злочинця — це ще одна зі спільних рис мавп та людей.

Усвідомлюючи це, я просто не йняв віри очам, коли побачив дуже незвичну картину. Це трапилося наприкінці літа 2008 року, коли відвідував «Фонд великих мавп» (*Great Ape Trust*) — науково-

дослідний центр у штаті Айова — та перебував у сучасному й просторому приміщенні для орангутангів, спостерігаючи за зоною доступу до тварин крізь маленьке віконце у дверях. Там Роб Шумейкер спокійно заливав холодний чай — без цукру та насичений ізотопами — до широко роззявленого рота Езі, 250-фунтового самця орангутанга, чия морда радше скидалася на рукавицю бейсбольного ловця і якому не забракло б сили відірвати чоловікові руку. Звісно, Роб не був ідіотом — їх розділяла товста й міцна сталева загорожа. Утім, скидалося на те, що Езі насолоджувався частуванням, і в його погляді простежувалася доброзичливість. Дослідники приматів уже не раз запевняли мене, що таке видовище просто неможливе: мовляв, у неволі мавпи геть не бажають «грати в команді» на користь дослідженню, хай навіть нешкідливому. А керівники подібних закладів не такі зухвалі чи недалекі, щоб навіть спробувати їх до цього заохотити. Але ж переді мною був живий приклад: Роб пригощав мавпу порцією води з подвійним маркуванням³ за тисячу доларів так само легко, як ви поливаєте кімнатну рослину.

Мій шок посилювало хвилювання, адже тут тривало щось справді нове. Це мало бути перше в історії вимірювання добових витрат енергії в мавпи — себто загальної кількості кілокалорій, спалених протягом одного дня. Нам рідко випадає шанс здійснити справжнє наукове відкриття чи стати першими, хто виміряє важливий показник. То була воістину доленосна мить. Ми вперше збиралися всебічно оглянути «метаболічний двигун» мавпи. То що, вони такі, як ми? Як інші ссавці? Чи під тією рудою волохатою поверхнею ховається щось абсолютно нове й незвичайне?

Я намагався вгамувати очікування, усвідомлюючи: насправді дуже мало ймовірно, що ми знайдемо тут щось цікаве. Уже понад століття науковці вивчають основний обмін (ОО), або базовий метаболізм (БМ) тварин — кількість калорій, спалених об'єктом дослідження за хвилину у стані спокою (див. розділ 3). У 1980—90-х роках у кількох дослідженнях перевіряли припущення про те, що вповільнений життєвий цикл приматів пов'язаний із низьким рівнем обміну речовин, а отже, нижчим основним обміном. Траплялися палкі прихильники цієї гіпотези, зокрема Браян Макнаб, який стверджував, що майже всі аспекти життєвого циклу й відмінностей у харчуванні ссавців взаємопов'язані та безпосередньо стосуються основного обміну.

Досить приваблива ідея, зважаючи на те, що зростання й розмноження потребують енергії, а пришвидшений ритм життя, імовірно, потребує динамічнішого «метаболічного двигуна». Однак точніший статистичний аналіз знищив прекрасну ідею Макнаба в зародку, продемонструвавши, що примати мають абсолютно звичайний і зовсім не унікальний основний обмін ссавців — тож їхній «дивний» життєвий цикл він пояснити не міг. Ці результати брали за основу й під час інших досліджень, що давало змогу досягнути консенсусу: люди, мавпи, інші примати й навіть інші ссавці загалом однакові зсередини — принаймні коли йдеться про метаболізм. Представники видів просто мали різну форму — подібно до різних каркасів автівок з однаковими двигунами.

Я дізнався про цю спільність поглядів у 1990-х — під час навчання в коледжі у штаті Пенсильванія, мав з нею справу в магістратурі Гарварду у 2000-х, старанно застосовуючи засвоєну мудрість під час написання деяких дисертаційних праць. Однак мені, як і більшості вчених, був притаманний інстинктивний скептицизм, тож зрештою почали зринати «єретичні думки». Загальне уявлення про те, що всі ссавці мали однаковий рівень витрат енергії, ґрунтувалося на результатах вимірювання основного обміну, і мені це видавалося досить сумнівним. Основний обмін вимірюють, коли об'єкт дослідження перебуває в стані спокою (майже уві сні), тож цей показник не включає *всіх* калорій, які організм спалює щодня, він уособлює тільки їхню частку. Крім того, виміряти основний обмін не завжди легко. Якщо об'єкт дослідження перебуває в стані збудження, змерз, захворів чи надто молодий і його розвиток ще триває, показник може бути завищений. Хай як дивно, більша частина даних щодо основного обміну приматів надходила від зовсім юних і зазвичай досить покірних мавп.

Деякі дослідники виконували справді захопливу роботу, вимірюючи *загальні* добові витрати енергії (загальну кількість калорій, спалених протягом дня, а не тільки основний обмін) в низки видів за допомогою складної ізотопної техніки — методу подвійного маркування води (див. розділ 3). Ці дослідження давали змогу припустити, що рівень витрат енергії серед ссавців суттєво різнився і, здавалося, віддзеркалював їхню еволюцію й екологічні умови. Тоді я замислився: а що, як люди й мавпи мають *різні* метаболічні механізми? А що, як

вони мають *різні* рівні добових витрат енергії? Як ця інформація допоможе краще зрозуміти історію еволюції людей, мавп та всіх інших приматів? На жаль, робота з мавпами й іншими приматами була таким великим викликом, що ми навряд чи могли отримати показники, необхідні для подальшого дослідження цих важливих питань.

Моя перша поїздка до «Фонду великих мавп» стала справжнім одкровенням. Два величезні ультрасучасні приміщення — одне для Робових орангутангів, а друге для бонобо; обидва мали просторі внутрішні й зовнішні зони, штатний персонал та інтегровані науково-дослідні лабораторії. Пріоритетами цього закладу були добробут і належна якість життя мавп. Дослідницькі проекти розробляли так, щоб досягнути максимального залучення тварин, щоб їм було цікаво — хай навіть це стосувалося лише частини щоденної рутини, однак про примус у жодному разі не йшлося. Про інвазивні, болісні чи будь-які шкідливі процедури не могло бути й мови.

Якоїсь миті під час цього візиту я почав розводитися про метод подвійного маркування води, метаболізм і еволюцію людей та інших приматів, а також про те, як *круто* було б виміряти добові витрати енергії в людиноподібних мавп, адже цього ще ніхто не робив. Я пояснив Робу, що ці методи абсолютно безпечні і їх постійно застосовують, досліджуючи харчування людини. *Ми навіть могли засвоїти чимало практичних уроків щодо керування раціоном та кількістю калорій, що їх споживають мавпи в неволі!* Для цього піддослідні тварини мали просто випити води, а тоді що кілька днів ми збирали б їхні зразки сечі на аналіз. Таке дослідження тривало б із тиждень чи трохи довше. *Тож чи могли ми спробувати зробити це тут — за участю орангутангів?*

— Звісно, — сказав Роб, — ми досить регулярно беремо в орангутангів зразки сечі в межах медичних оглядів.

— Ого! Справді? І як вам це вдається? — не втримався я, бо не йняв віри почутому.

— Ми просто просимо їх про це, — зауважив Роб. Наша розмова точилася коло загорожі однієї із зовнішніх зон. Роб кинув оком на Рокі — чотирирічного самця орангутанга, який водночас і трохи грався, і відпочивав, та ще й встигав спостерігати за нами.

— Рокі, а йди-но сюди, — гукнув Роб, звертаючись до мавпи не як до собаки, а радше як до племінника. — Дай-но зазирнути у твій рот, — додав чоловік, і Рокі широко роззявив рота. — А покажи-но вухо, — почувши ці слова, мавпа слухняно притулила вухо до загорожі. — Тепер друге, — скомандував Роб, і Рокі повернув голову, підставляючи інше вухо. — Дякую! — мовив чоловік, і Рокі почеберяв гратися.

— А ще ми можемо попросити їх помочитися в контейнер, — сказав Роб, доки я аж тремтів з цікавості, спостерігаючи за «діалогом» між людиною й мавпою. — Утім, є один нюанс...

— Що саме?

«О Боже, ось воно, — міркував я. — Зустріч із реальністю... Ось де вся ідея розлетиться на друзки...»

— То нічого, якщо частина зразка сечі проллється повз контейнер?

— Узагалі не проблема, — миттю зреагував я, — для аналізу вистачить і кілька мілілітрів.

— Тоді гаразд, — усміхнувся Роб, — бо Нобі, одна з наших дорослих самиць, завжди хоче тримати контейнер самостійно — нижніми кінцівками.

Я почувався, мов Дороті в країні Оз. Авжеж, я більше не перебував у Канзасі. Дивом опинився в Айові, розмовляв зі справжнім Чарівником, а жувачі тут були руді, волохаті й чотирирукі.

Лінивець на генеалогічному дереві

Пізніше тієї осені, коли всі дози було введено, а зразки сечі отримано, я надіслав цілу коробку останніх (щоб краще їх зберігати, ми використали сухий лід) Біллу Вону, професору з Центру досліджень дитячого харчування в Бейлорському медичному коледжі. Білл — фахівець з питань енерговитрат і методів подвійного маркування води. Він добряче допоміг мені з організацією проєкту за участю орангутангів, визначивши необхідну дозу та розробивши графік збирання зразків сечі. Після десятиліть плідної й цікавої роботи в царині харчування людини та метаболізму Білл, здавалося, тішився перспективі трохи переключитися та присвятити час аналізу зразків, отриманих від досліджуваних мавп.

І вже перші результати, які надійшли мені електронним листом, свідчили: ми справді наштотувалися на щось цікаве. За словами Білла, дані були просто «чудові», однак аналізи продемонстрували, що орангутанги мають низький рівень добових енерговитрат. *Дуже* низький. Білл попросив мене надіслати всі наявні зразки (ми зібрали більше, ніж треба було для аналізу), щоб він знову все перевірів, — цього разу безкоштовно. Експерт хотів переконатися, що отримані показники точні.

Ще один раунд аналізів — і той самий результат. Орангутанги щодня спалювали менше калорій, аніж люди. Відмінності в показниках були разючі. 250-фунтовий⁴ самець Езі спалював 2050 ккал на день — стільки ж їх спалює дев'ятирічний хлопчик із вагою 65 фунтів⁵. Енерговитрати дорослих самиць, чия вага в середньому становила 120 фунтів⁶, були ще нижчі — 1600 ккал на день, приблизно на 30 % менше, аніж того очікують від дорослої людини з тими самими параметрами. Не дивно, що й основний обмін в орангутангів був низький, значно нижчий порівняно з показниками людей. Ми ретельно відстежували щоденну активність тварин за допомогою показників води з подвійним маркуванням; орангутанги ходили й вилазили на підвищення так само часто, як це роблять їхні побратими в дикій природі. (Варто зауважити, що насправді вони *не надто* активні — орангутанги неймовірно мляві.) Низький рівень добових витрат енергії не був артефактом їхнього життя в неволі; ці показники демонстрували нам дещо фундаментальне, і воно стосувалося фізіологічної еволюції орангутангів.

Будь-який дослідник живе заради таких моментів. Ми вийшли рибалити в незнанні води і змогли витягнути на поверхню щось абсолютно неочікуване. Усе, що ми знали про енерговитрати приматів, виявилось неправильним — принаймні почасти. З'ясувалися значні й важливі розбіжності між швидкістю обміну речовин у людей і, як мінімум, одного з наших родичів-мавп. Люди й орангутанги — це нащадки одного давнього мавпоподібного виду, який існував приблизно вісімнадцять мільйонів років тому. Протягом тисячоліть еволюція розділила наші еволюційні лінії, вплинувши на показники рівня метаболізму. Тож люди й мавпи різняться не тільки зовнішнім виглядом та пропорціями — ми різні й зсередини.

Однак справжній сюрприз очікував на мене трохи згодом, коли я порівняв рівень витрат енергії орангутанга з показниками низки видів — гризунів, хижаків, копитних... усіх плацентарних ссавців, щодо яких були опубліковані дані про добові витрати енергії (маю зауважити, що сумчастих тварин на кшталт коал та кенгуру проігнорували у зв'язку з їхньою дивною фізіологією). На превеликий подив, орангутанги спалювали втричі менше енергії, ніж можна було сподіватися від плацентарного ссавця такого розміру. Їхні добові енерговитрати становили 1 % від аналогічних витрат енергії серед плацентарних ссавців. Єдині види, які мають ще нижчі показники витрат енергії для своїх розмірів, — це трипалі лінивці й панди.

Усе, що ми знали про довкілля й біологію орангутангів, стало на свої місця. Орангутанги мають напрочуд уповільнений життєвий цикл навіть за стандартами приматів. У дикій природі самці досягають зрілості, а самки народжують першого малюка не раніше, ніж їм виповниться п'ятнадцять років. Процес розмноження напрочуд повільний: між вагітностями самки нерідко минає від семи до дев'яти років, і це найдовший інтервал для будь-якого ссавця. Крім того, орангутангам доводиться потерпати від серйозної та часто неочікуваної нестачі їжі в рідних індонезійських тропічних лісах. Зазвичай раціон цих приматів утворюють фрукти, однак їх може бракувати протягом багатьох місяців, тож орангутангам доводиться здирати з дерев кору та вигризати її м'який внутрішній шар, щоб вижити. Здається, подібний дефіцит їжі впливає і на соціальну поведінку цих тварин: це єдині людиноподібні мавпи, які живуть на самоті, бо ж прогородувати групу тварин за таких умов неможливо.

Уповільнений метаболізм орангутангів об'єднав усі ці спостереження, пов'язавши їх із фізіологією, що зазнала змін у процесі еволюції. Крім того, він суттєво вплинув і на виживання виду. Життя в непередбачуваному тропічному лісі, де голод залишався серйозною багаторічною загрозою, привело до змін, що сприяли мінімізації добових потреб в енергії. У процесі еволюції «метаболічні двигуни» орангутангів почали працювати повільніше, заощаджуючи «пальне», щоб запобігти голоду й загибелі. Однак і наслідки були суворі: ріст і розмноження потребують енергії, а нижчий рівень метаболізму неминуче призводить до уповільнення життєвого циклу. Своєю чергою, це означало, що популяції орангутангів, які потерпали від

природних або техногенних катастроф, відновлювалися дуже повільно. Їхній низький метаболізм — елегантне еволюційне рішення, появу якого спричинили складні умови довкілля, зробивши цих тварин більш вразливими до вимирання внаслідок руйнування середовища їхнього проживання чи іншого негативного втручання з боку людей.

Перші вимірювання добових витрат енергії в людиноподібних мавп відкрили перед нами новий світ еволюції обміну речовин, що мала великі наслідки для екології, здоров'я й виживання. Чи очікували на нас ще якісь відкриття? І як із цим усім пов'язані люди? Ми не мали жодного уявлення, адже виміряли добові енерговитрати тільки в незначній кількості приматів. Треба було отримати більше даних від більшої кількості видів, охопивши весь спектр генеалогічного дерева приматів.

Сила приматів

Проект із вивчення енерговитрат у приматів тривав кілька років, у ньому взяли участь понад десять експертів, а дані надходили частинами. Браян Гейр, фахівець з когнітивних здібностей людиноподібних мавп і мій близький товариш із часів аспірантури, працював у двох африканських заповідниках — реабілітаційному центрі для шимпанзе «Чимпунга» в Республіці Конго та «Лола-я-бонобо» (*Lola Ya Bonobo*⁷) в Демократичній Республіці Конго. (Порада для мандрівників: не плутайте Конго — одна з республік часто досить небезпечна, а друга — дуже небезпечна.) Як і «Фонд великих мавп», ці заклади ставлять на перше місце добробут тварин, тож долучаються тільки до тих досліджень, що їх вважають безпечними й корисними для шимпанзе та бонобо. Приблизно тоді ж приматолог і захисник природи Мітч Ірвін, який працював у Мадагаскарі, погодився додати вимірювання показників витрат енергії до щорічного медичного оцінювання стану здоров'я диких діадемових сіфак.

Та справжня «лавина» почалася, коли я зустрівся зі Стівом Россом, директором Центру Лестера Фішера з вивчення та збереження мавп у зоопарку Лінкольн-Парк у Чикаго. Стів неймовірно доброзичливий, позитивно налаштований і завжди готовий допомогти, що аж ніяк не дивує, зважаючи на його канадське походження. Крім роботи в царині охорони довкілля та досліджень за участю горил і шимпанзе

в зоопарку Лінкольн-Парк, Стів докладає чимало зусиль, щоб урятувати бідолашних шимпанзе, яких утримують у лабораторіях, придорожніх зоопарках, гаражах та інших «острівцях нещастя», та перевезти їх до хороших зоопарків і заповідників. Цей чоловік невтомно працював і зрештою досягнув успіху: у США шимпанзе отримали такий самий федеральний захист, що й горили, бонобо та орангутанги. Чорт забирай, Стів — справжній герой!

Завдяки співпраці з ним ми змогли залучити до дослідження горил, болотних мавп Аллена, гібонів та шимпанзе із зоопарку Лінкольн-Парк. Порції води з подвійним маркуванням подорожували світом — Чикаго, Конго, ще одна Конго, Мадагаскар... і невдовзі звідусіль почали надходити зразки сечі для аналізу. Маючи чимало опублікованих результатів вимірювання, що їх проводили інші лабораторії, ми могли оцінити розмаїття енерговитрат у всій родині приматів, починаючи з крихітних мишачих лемурів, чия вага сягала 2 унцій⁸, і закінчуючи велетенськими 480-фунтовими⁹ сріблястими горилами. Крім того, ми мали низку локацій із різними умовами, зокрема лабораторії, зоопарки, заповідники й дикі місцини. Усі дані були зібрані ще до початку 2014 року. Тож чи відрізнялися «метаболічні двигуни» приматів від тих, які мали інші ссавці?

Результати нас приголомшили. Порівняно з іншими плацентарними ссавцями примати спалювали *вдвічі* менше калорій. Спробуймо порівняти це з показниками людей, зважаючи, що в середньому добові витрати енергії в дорослих становлять від 2500 до 3000 ккал (докладніше про це ми поговоримо в розділі 3). Результати аналізів продемонстрували, що звичайний плацентарний ссавець наших розмірів щодня спалює понад 5000 ккал. Це добові енерговитрати олімпійських спортсменів на піку тренувань! Однак ідеться зовсім не про те, що інші ссавці неймовірно активні. Вони щодня проходять кілька миль і більшість часу присвячують відпочинку та їжі. Просто їхні організми витрачають енергію швидше — *значно* швидше, ніж може витримати наш уповільнений метаболізм приматів.

Тож зрештою ми дізналися, *як* у людей та інших приматів розвинувся уповільнений життєвий цикл. Приблизно шістдесят мільйонів років тому, коли еволюція приматів тільки починалася, трапилося серйозне скорочення витрат їхньої енергії. «Метаболічні двигуни» приматів уповільнилися приблизно наполовину, порівняно

з механізмами обміну речовин інших плацентарних ссавців. Достеменно не відомо, що саме зумовило ці зміни: тиск з боку еволюції, що змусив життєвий цикл поступово вповільнитися, чи зміни в раціоні або довкіллі, що призвели до повільнішого метаболізму та серйозно вплинули на темпи зростання, розмноження й старіння. Водночас *очевидно*, що масштаби еволюційних змін у метаболізмі приматів безпосередньо пов'язані зі змінами в життєвому циклі. Уповільнений темп зростання, розмноження й старіння цілком очікувані, зважаючи на низькі показники добових енерговитрат. Тож, маючи такий метаболічний «спадок», люди та інші примати сьогодні насолоджуються довшим і більш неквапним життям порівняно з іншими ссавцями.

На диво, ми, як і більшість попередніх дослідників, з'ясували, що показники основного обміну приматів були подібні до показників інших ссавців — і це попри те, що рівні їхніх добових енерговитрат суттєво різнилися.

Ми гадаємо, що розбіжності між основним обміном та добовими витратами енергії зумовлені більшими розмірами мозку приматів (мозок використовує велику кількість енергії). Слід зауважити, що питання енерговитрат та життєвого циклу залишаються активним і досить суперечливим напрямом досліджень. Ми докладніше зануримося в ці та інші теми в розділі 3 і не тільки. А тепер пропоную звернути увагу на останню загадку в еволюції енерговитрат приматів, що проходить червоною ниткою через увесь текст цієї книжки: еволюцію метаболічної програми нашого виду.

А ось і ми

Навіть аналізуючи результати проєкту з енерговитрат у приматів, ми понад усе прагнули отримати значно більшу і, здавалося б, недосяжну винагороду. Дані стосовно орангутангів та інших приматів продемонстрували, як легко показники метаболізму зазнавали впливу в процесі еволюції та яким нерозривним був їхній зв'язок з довкіллям і життєвим циклом. Тож неминуче зринало запитання: що можуть розповісти ці витрати енергії про нашу еволюцію?

Як я вже зауважував, більшість дослідників дотримувалися однієї думки: добові витрати енергії в мавп та людей були подібні й майже не змінювалися в межах нашої еволюційної лінії.

Знаковим дослідженням, що сформулювало цю ідею, стала праця Леслі Аєлло й Пітера Вілера, яка побачила світ 1995 року. Вони зібрали воедино результати вимірювання розмірів органів у людей та людиноподібних мавп із попередніх досліджень, зауваживши, що люди мають більший мозок, але меншу печінку й кишки (шлунково-кишковий тракт) проти інших мавп. Усі органи витрачають енергію по-різному. Мозок, кишечник і печінка витрачають дуже багато енергії — кожна унція їхніх тканин спалює величезну кількість калорій, бо клітини цих органів неймовірно активні (докладніше розглянемо це в розділі 3).

Здійснивши розрахунки щодо людей, Аєлло та Вілер з'ясували: енергія, заощаджена завдяки меншим розмірам кишечника й печінки, повністю компенсує енергетичні витрати нашого більшого мозку. Зважаючи на це важливе спостереження і те, що рівні основного обміну людей і мавп загалом були схожі з показниками інших ссавців, Аєлло та Вілер стверджували, що найважливішими змінами в метаболізмі людини в процесі еволюції були ті, які стосувалися розподілу калорій: кількість калорій, спрямовуваних до мозку, зростає, тоді як кишечник отримував менше енергії. За такого сценарію рівень добових витрат енергії залишався незмінним. Люди не витрачали більше енергії, ніж мавпи, вони просто витрачали її по-іншому.

Еволюційні компроміси на кшталт схеми «мозок чи кишечник», яку відкрили Аєлло та Вілер, — то наріжний камінь сучасної біології. Беручи за основу праці Томаса Мальтуса, Чарльз Дарвін зауважував: у світі природи повсякчас точиться боротьба за виживання. Ресурсів завжди бракує, тож усі види еволюціонують в умовах гострого дефіциту. Як то кажуть, на двох стільцях не всидиш — якщо еволюція вирішила віддати перевагу розвитку певних частин тіла, скажімо, задніх кінцівок чи величезної голови з гострючими зубами, іншим частинам, наприклад переднім кінцівкам, доведеться поступитися і... вуаля — перед вами тиранозавр (*Tyrannosaurus rex*)! Або ж, як, цитуючи Гете, зауважив у книжці «Походження видів» (*Origin of Species*) Чарльз Дарвін, «природа змушена заощаджувати в одному напрямку, щоб витрачати в іншому».

Ідея про те, що мозок та кишечник мусять досягати між собою певного компромісу, зринула ще в 1890-х у дослідника Артура Кіта, який вивчав приматів у Південно-Східній Азії. Він навіть спробував продемонструвати, як така аргументація може пояснити відмінності між розмірами мозку в людей та орангутангів, однак випередив свій час і дещо заплутався з точки зору математичних розрахунків. Елементарне розуміння того, як розміри органів ссавців змінюються паралельно із загальними розмірами тіла, не дало Кітові змоги продемонструвати очікуваний «компроміс» між мозком та кишечником. Варто зауважити, що протягом XX століття ця ідея зринала знову й знову. Візьмімо для прикладу Кетрін Мілтон — антропологиню з великим досвідом у царині харчування, яка десятиліттями працювала з людьми та іншими приматами в Центральній і Південній Америці (до речі, 1978 року Кетрін першою використала воду з подвійним маркуванням, досліджуючи диких приматів — мавп-ревунів). Вона продемонструвала, що примати, які харчуються листям і мають великі кишечники, щоб перетравлювати багату на клітковину їжу, водночас мають менший мозок, аніж ті мавпи, які харчуються фруктами й живуть у тих самих лісах. У 2000-х та 2010-х роках Карел ван Шайк і Карен Айлер з Цюрихського університету здійснили низку досліджень, на основі яких стверджували, що певні втрати, пов'язані з розвитком більшого мозку, навіть можуть допомогти пояснити відмінності життєвого циклу серед приматів, які спричинила еволюція.

Та попри важливість таких «компромісів», були підстави припускати, що цього не досить, щоб пояснити всю низку особливостей, які потребують значних витрат енергії й водночас роблять людей такими унікальними. У розділі 4 ми розглянемо цей аспект докладніше, а поки зауважимо: люди ростуть повільніше й живуть довше, аніж будь-які мавпи, однак якось знаходять енергію, щоб розмножуватися швидше, ніж інші примати. Крім того, в нас є великий і напорчуд пожадликий до енергії мозок та фізично активне життя (принаймні в тих популяціях, що не потрапили в тенета сучасних технологій). Також люди докладають більше зусиль, щоб підтримувати свій організм у нормальному стані, і мають довшу тривалість життя порівняно з мавпами. Дивовижно, однак за умов,

коли природа повсякчас вимагала компромісів, люди еволюціонували з усіма можливими для себе перевагами.

Ми гадали, що низка змін, які потребували чимало енергії, була пов'язана з напруженим швидким «метаболічним двигуном», що внаслідок еволюції щодня спалював дедалі більше калорій. Даних, отриманих від людей, нам не бракувало — радше навпаки, але для максимально достовірного порівняння потрібні були показники багатьох мавп. Разом зі Стівом Россом ми розробили план, згідно з яким мали залучити до дослідження зоопарки з усіх куточків Сполучених Штатів Америки. Ми працювали з цими закладами в усій країні протягом місяців, складаючи графіки збирання даних. А ще взяли на роботу Мері Браун, інтернку із зоопарку Лінкольн-Парк, майже таку саму веселу й нестримну, як Стів. Вона їздила з одного зоопарку до іншого (загалом їх було чотирнадцять), координуючи роботу й збираючи поведінкові дані мавп, чиї показники ми вимірювали. І невдовзі всі зразки сечі перетворилися на... рідке золото.

Отримані результати перевершили всі наші сподівання. Ми з'ясували, що представники чотирьох родів великих мавп (шимпанзе й бонобо, горили, орангутанги та люди) еволюціонували з різними рівнями добових витрат енергії. У людей цей показник був найвищий — вони спалювали приблизно на 20 % більше енергії, ніж шимпанзе й бонобо, більш ніж на 40 %, ніж горили, і більш ніж на 60 % порівняно з орангутангами (відмінності в розмірах тіла були враховані). Основний обмін теж різнився — відношення у відсотках було майже таке саме. Не менш приголомшливими виявилися різні показники жирових відкладень в організмі. Люди з нашої вибірки мали вдвічі більше жирових запасів (від 23 до 41 %) порівняно з іншими мавпами (від 9 до 23 %). За кількістю жиру орангутанги перебували на верхній межі норми, тоді як шимпанзе й бонобо були найбільш худорляві. Цілком імовірно, що підвищений вміст жиру в нашому організмі еволюціонував разом із пришвидшеним метаболізмом, забезпечуючи більший резерв «пального» на випадок голоду. Більше інформації щодо цього питання ви знайдете в розділі 4.

Відмінності в процесі обміну речовин та жирових запасах не були зумовлені способом життя: для дослідження ми ретельно добирали людей, які провадили малорухливий спосіб життя, щоб порівняти їх із

мавпами в зоопарках. Різниця була значно глибшою, вона лежала в основі розвитку кожного виду. У процесі їхньої еволюції швидкість метаболізму збільшувалася або зменшувалася, мов вогонь у газовій конфорці, це зумовлювали зміни в доступності харчування або загрози з боку хижаків, або... що? Якщо взяти до уваги орангутангів, ми досить упевнені в тому, що їхній низький рівень метаболізму та здатність накопичувати жирові запаси — то реакція на дефіцит їжі, яка розвинулася у процесі еволюції. Це давало змогу утримувати добові потреби в енергії на низькому рівні й водночас запасати досить «пального» у формі жиру. Розбіжності в обміні речовин серед африканських мавп — шимпанзе, бонобо й горил — це окрема історія, над якою ми ще працюємо, намагаючись у ній розібратися.

Що ж до еволюційної лінії людини, варто зауважити: наші клітини еволюціонували, щоб працювати інтенсивніше, більше встигати і спалювати більше енергії. Ці метаболічні адаптації спричинили інші серйозні зміни у функціонуванні нашого тіла, а також поведінці. До цих тем ми повернемося трохи згодом, у наступних розділах. Рівень витрат енергії еволюціонував паралельно зі значними змінами в раціоні, а також у тому, як ми добуваємо, готуємо й ділимо наші харчі. Швидший обмін речовин сприяв розвитку здатності накопичувати жирові запаси. Сьогодні наш метаболізм, що зазнав еволюції, визначає межі всього, починаючи зі спорту й досліджень і закінчуючи вагітністю та зростанням. І, звісно, фундаментальні зміни в тому, як наші тіла спалюють енергію, мали вирішальне значення в еволюції нашого великого мозку й унікального життєвого циклу. Авжеж, природні компроміси були важливі, однак саме еволюція обміну речовин зробила нас тими, хто ми є, — людьми.

Дарвін і дієтолог

Через азарт, що супроводжував усі ці відкриття, і перспективу поринути у справжню наукову пригоду я просто не міг уникнути подорожі до поселення гадза, що ховалося поміж віддалених пагорбів Тліїка на півночі Танзанії, де ми слухали ревіння левів і вимірювали витрати енергії. Наша робота з людиноподібними мавпами й іншими приматами суперечила науковому консенсусу, який панував десятиліттями, адже її результати засвідчили, наскільки різючих змін

зазнали метаболічні стратегії людей та інших приматів у процесі еволюції. А що вдалося б відкрити, якби ми зосередили увагу на представниках нашого виду й дослідили, як спалюють енергію люди з різних культур та з кардинально різними способами життя? Чого ми навчилися б, працюючи з популяціями на кшталт гадза, чиє життя багато в чому подібне до того, що його провадили мисливці й збирачі з нашого спільного минулого? Живучи в наметах та здійснюючи дослідження просто посеред савани, ми й гадки не мали, що наша робота з гадза готує чи не найбільший сюрприз з усіх, адже її результати мали змінити уявлення про зв'язок між енерговитратами і способом життя.

У наступних розділах ми розглянемо витрати енергії, фізичні навантаження й харчування з точки зору еволюції, презентувавши сучасні проблеми здоров'я та метаболічних недуг у зовсім іншому світлі, ніж зазвичай бачимо на обкладинках журналів про здоров'я чи книжок про правильний спосіб життя. Протягом мільйонів років еволюція майстерно конструювала наші «метаболічні двигуни» зовсім не для того, щоб гарантувати нам ідеальне тіло в бікіні, струнку фігуру та навіть міцне здоров'я. Натомість наш метаболізм формувався в межах дарвінівської концепції виживання й розмноження. Замість того щоб ми залишалися стрункими (а саме такий розвиток подій обіцяють «диванні експерти» з метаболізму), пришвидшений метаболізм сприяв розвитку здатності накопичувати більше жиру порівняно з будь-якою іншою мавпою. Однак це не єдиний нелогічний і контрпродуктивний еволюційний «спадок», який працює глибоко всередині нашого організму. Трохи згодом ми поговоримо і про те, як обмін речовин реагує на зміни в нашому раціоні та фізичних навантаженнях, нівелюючи всі спроби позбутися зайвої ваги. Ми маємо надзвичайно лютий потяг до їжі, і це добре видно на прикладі гадза. Тож, якщо в пошуку сніданку добре розвинений апетит може підштовхнути до зграї голодних левів, чи здатні ми триматися якомога далі від холодильника?

Якщо хочемо змінити ситуацію з ожирінням та метаболічними захворюваннями, еволюційна перспектива напрочуд важлива. Як мешканці розвиненого світу, ми створили розкішні королівства смаколиків, справжні райські сади, де знайдеш усе, чого забажаєш, де просто неможливо втриматися від продуктів, що так і ваблять до

себе, — а щоб їх отримати, навіть пальцем не доведеться ворухнути. Наші тіла, що еволюціонували для постійного руху, провадять малорухливий спосіб життя, мляво сидять у комфортних кріслах і на диванах, всотуючи зовнішній світ через екрани, мов та картопля фрі під спеціальною нагрівальною лампою. А тим часом жертв стає дедалі більше: ожиріння, діабет, серцево-судинні захворювання, рак, порушення когнітивних функцій — ці недуги трапляються дедалі частіше, і кожна з них нерозривно пов'язана з тим, як отримуємо та спалюємо енергію. Щоб урятуватися від згаданих хвороб, маємо повернути назад, а для цього потрібно краще розуміти те, як працює наш організм і наскільки взаємозалежні енерговитрати, фізичні навантаження та харчування. Що швидше ми відмовимося від спрощених поглядів на метаболізм, які пропонують «диванні експерти», і звернемо увагу на дарвінівський, то більше шансів на виживання матимемо.

Тож пірнаймо глибше, у самісіньке серце наших розвинених «метаболічних двигунів», щоб зрозуміти, як їхні рухомі частини працюють, мов одне ціле. Якщо хочемо ефективно керувати своїм обміном речовин, мусимо знати, як саме він функціонує.

¹ 28,349 г. (Тут і далі прим. перекл., якщо не зазначено інше.)

² 1 миля дорівнює 1,61 км.

³ Ідеться про метод подвійного маркування води, коли вода організму збагачується важким воднем (²H) і важким киснем (¹⁸O). Ізотопний метод оцінювання енерговитрат організму — стандарт визначення потреб людини в енергії в щоденних умовах.

⁴ Приблизно 113 кг.

⁵ Приблизно 30 кг.

⁶ 55 кг.

⁷ «Рай для бонобо».

⁸ Приблизно 57 г.

⁹ Приблизно 218 кг.

Розділ 2. То що таке метаболізм?

— А як музика потрапляє в радіоприймач?

Такого запитання я аж ніяк не очікував. Ми з Браяном Вудом, його дружиною Кларою та Герієт, яка допомагала нам із польовими дослідженнями, тільки-но закінчили напинати намети в затінку низькорослих акацієвих дерев. Усе це відбувалося неподалік поселення гадза, у засушливій місцині, що відокремлювала озеро Еясі від скелястих пагорбів Тліїка. Ми з Браяном відпочивали, умостившись на складаних стільцях, що стояли на запилюженій землі, і обговорювали робочі моменти. Було по обіді, а сонце ховалося за хмарами. Двоє чоловіків із племені гадза — Багайо та Гіга — сиділи на землі неподалік та бурхливо щось обговорювали своєю мовою. Вони тримали маленький радіоприймач на батарейках — то була справжня коштовність у Гадзаленді, де можливостей для розваг добряче бракує. Якоїсь миті ці двоє вирішили залучити до дискусії й нас, тож перейшли на суахілі, щоб озвучити запитання. Мабуть, ми з Браяном мали геть розгублений вигляд, бо Багайо вирішив перепитати:

— А як музика потрапляє в радіоприймач?

От дідько, ми мали б це знати...

Знайомство з новими ідеями та знаннями — це один із найкращих моментів подорожей, а з гадза такий процес нагадував вулицю з двостороннім рухом. Їхнє глибоке розуміння світу природи просто приголомшує! Будь-яка дитина з цього племені розповість вам про фізичні особливості й поведінку десятків видів тварин, а також про те, для яких потреб використовують кожний кущ, траву чи дерево — для їжі, розведення вогню, домашнього вжитку, знарядь праці... Спостерігаючи за тим, як мисливець із племені гадза переслідує поранену імпалу, проходячи багато миль і не бачачи жодних слідів, або як жінка постукує каменюкою по землі, визначаючи розмір та стиглість дикої бульби, що росте на глибині трьох футів, відчуваєш, що це справжня магія.

Зі свого боку ми ділилися з гадза всіма знаннями про зовнішній світ. Показували їм книжки й гаджети та подеколи влаштовували вечірні кіносеанси — вмикали на ноутбуках документальні фільми про

природу або бойовики (до речі, багаторічними фаворитами цього племені були всі частини «Парку Юрського періоду»). Вроджена допитливість, життєдайна сила будь-якого науковця, добре розвинена і в спільноті гадза. Вони прагнуть знати.

Зазвичай усі наші розмови починаються досить невинно, але нерідко переростають у глибокі дискурси з географії, космології чи біології. «Як довго довелося б іти до вашої домівки?» — це запитання напрочуд просте, однак відповідь на нього вимагає розповіді про те, що Земля кругла й неймовірно велика, що на ній є гігантські континенти, розділені неосяжними океанами (ці поняття їм знайомі, однак гадза зазвичай не висловлюють думок чи переконань відверто). «А моржі справжні? (Якщо так, то що, чорт забирай, це таке?)» — ще одне логічне запитання, надто якщо ти щойно переглянув документальний фільм про дику природу Арктики, а доти ніколи не бачив ані криги, ані океанів, ані морських ссавців. Я спробував пояснити, що моржі — насправді реальні істоти (які, щоправда, мають абсурдний вигляд), подібні до бегемотів зі слонячими бивнями та лапами, завдяки яким можуть плавати, як риби. Та, чесно кажучи, я не певен, що мені хтось повірив.

Згадується чудовий вислів невідомого походження, який частенько приписують Ейнштейну: «Якщо не можеш пояснити щось простими словами, то й сам не розумієш це до пуття». Спілкування з гадза добре це продемонструвало. Моя обмежена суахілі та їхній брак елементарної освіти перетворили наші дискусії на справжній виклик, адже доводилося пояснювати, як працює різне наукове обладнання, як за допомогою комп'ютерної графіки створювали динозаврів із «Парку Юрського періоду» чи що роблять за допомогою манжети для вимірювання артеріального тиску. Подібні розмови часто допомагали виявити мої прогалини в розумінні певних речей — те, про що я навіть не здогадувався. Вони ховалися в моїй свідомості, присипані жаргонізмами — купою розумних слів, які насправді нічого для мене не означали.

Тож, якщо подумати, *як саме* музика потрапляє в радіоприймач?

Я взявся пояснювати, хоч почувався досить невпевнено. Сказав, що в Аруші (це найближче велике місто, про яке знають гадза, проте бували там лише одиниці) є будівля. У ній якась людина вмикає музику, записану на касету чи платівку (гадаю, це зрозуміло, вони ж бо

бачили магнітофони). А ще в будівлі є спеціальний прилад, що нагадує металеву жердину, — антена, яка вловлює музику й надсилає її через повітря. Тоді радіоприймач, який має свою антену, ловить музику з повітря й відтворює її через динамік.

— Ага. А що саме надсилають через повітря з тієї будівлі в Аруші аж сюди?

— Е-е, радіохвилі, — відповів я, відчуваючи, що втрапив у халепу.

— Добре... А що таке радіохвилі?

Хороше запитання.

— Ну-у, вони подорожують повітрям, невидимі для нашого ока, їх не можна почути, але вони переносять музику... — мій голос поступово затих.

Я й гадки не мав, як описати радіохвилі, бо й сам достеменно не знав, як саме вони функціонують. У моїй уяві радіохвилі мали вигляд маленьких дуг, що їх продукує антена в мультфільмі. Я знав, що то певний вид «електромагнітної енергії», однак це знову-таки був черговий спеціальний термін. Це було щось на кшталт світла, чи не так? Але як пояснити невидиме світло, що виходить із металевої жердини, та ще й несе в собі музику? Чи взагалі існував спосіб описати це явище?

— Ага! — зненацька вигукнув Багайо, беручи до рук мисливський лук. — Це відбувається *отак*, — додав він, смикнувши за тятиву. Звук непомітно переміщувався повітрям від тятиви до наших вух. Чудова аналогія! *Авжеж*, саме про це ми й говорили! Я розумів, що звукові хвилі й радіохвилі — то зовсім різні речі, але водночас знав, що не зможу пояснити це явище краще, ніж це щойно зробив Багайо.

Цікавість Гіги й Багайо була вгамована, а нам із Браяном вдалося зістрибнути з гачка. Та коли ми наступного разу вирушимо в місто за припасами, я обов'язково загуглю термін «радіохвилі».

Метаболізм: підіймаємо завісу

Якщо ми плануємо обговорювати новітні досягнення науки про людський метаболізм, слід чітко розуміти, чим він є та як працює, — і це має бути чимось кращим, ніж уявлення звичайного біолога про радіохвилі. Нуль шаблонів, якнайменше термінів і жодних нісенітниць.

Почнімо з самого початку: метаболізм — широкий термін, який охоплює все, що роблять ваші клітини. Значна частка цієї роботи стосується перекачування молекул до клітинних мембран (їхніх стінок) та з них, а також перетворення молекул одного виду на інший. Ваше тіло — це рухома посудина, у якій плещуться тисячі молекул, що повсякчас взаємодіють, — ферменти, гормони, нейротрансмітери, ДНК тощо, і навряд чи будь-яка з них надходить в організм у зручній для використання формі безпосередньо з вашого раціону. Натомість клітини безперервно всотують крізь стінки поживні речовини й інші корисні молекули, що циркулюють у крові, використовуючи їх як паливе чи будівельний матеріал; вони перетворюють молекули на щось інше, а тоді виштовхують ці «творіння» зі своїх стінок, щоб ті стали в пригоді в іншій частині організму. Клітини яєчників вбирають у себе молекули холестерину, використовуючи їх для продукування естрогену, а тоді вивільнюють гормон, що впливає на весь організм, у кровоносну систему. Нерви та нейрони невпинно перекачують іони (позитивно або негативно заряджені частинки молекули) всередину й назовні, щоб підтримувати негативний внутрішній заряд. Під керівництвом ДНК клітини підшлункової залози утворюють інсулін та низку травних ферментів з амінокислот. Звісно, цей перелік можна продовжувати. Те, скільки метаболічних процесів триває у вашому організмі *просто зараз*, неабияк приголомшує.

Уся ця робота потребує енергії. Насправді вона і є енергія. Ми вимірюємо роботу й енергію тими самими одиницями та можемо говорити про те, що вони взаємозамінні. Жбурніть бейсбольний м'яч, і його кінетична енергія, залишивши вашу руку, фактично дорівнюватиме обсягу роботи, яку ви здійснили, щоб його прискорити. Ще однією поширеною формою енергії є тепло. Підігрійте чашку молока для дитини в мікрохвильовій печі — підвищення температури напою розповість про те, скільки електромагнітної енергії він увібрав. Енергія, що утворюється під час спалювання бензину, дорівнює роботі, яка забезпечує рух автомобіля й теплу, що його продукує двигун. Спожита енергія завжди дорівнює комбінації виконаної роботи й набутої теплоти, незалежно від того, про що йдеться: ваше тіло, автомобіль чи смартфон. Ми всі граємо за одними фізичними законами.

Також енергія зберігається в речах, які *потенційно* можуть здійснювати роботу чи створювати тепло, як-от бензин у бензобаку. Розтягнена гумова стрічка чи готова спрацювати пружина мишоловки мають потенціальну енергію пружної деформації. Потенціальну енергію має куля для боулінгу, що її неакуратно поставили на високу полицю, з якої вона може впасти. Зв'язки, які утримують молекули разом, можуть зберігати вивільнювану хімічну енергію, коли молекули розпадаються. Зокрема, під час вибуху молекули з одного фунта нітрогліцерину (хімічна формула $4\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$) розпадаються на азот (N_2), воду (H_2O), метан (CO) і кисень (O_2), бурхливо вивільнюючи досить енергії (730 ккал), щоб пожбурити чоловіка з вагою 75 кілограмів у небо на висоту 4 кілометрів (це буде робота), або випарувати його (теплота), або привести до якоїсь іншої комбінації цих двох явищ. Це підводить нас до останньої зауваги щодо енергії: вона може перетворюватися, набуваючи різних форм — кінетичної енергії, теплоти, роботи, хімічної енергії тощо, однак ніколи не зникає безслідно.

Двома стандартними одиницями вимірювання енергії є калорії та джоулі, причому насправді байдуже, що саме вимірюють: хімічну енергію з їжі, тепло від вогню чи роботу, що її здійснює певна машина. Говорячи про їжу, у Сполучених Штатах зазвичай використовують термін «калорії», однак нам вдалося викривити його стандартне значення. За визначенням одна калорія — це величина теплової енергії, необхідної для того, щоб підвищити температуру мілілітра води (однієї п'ятої чайної ложки) на один градус Цельсія (1,8 градуса за Фаренгейтом). Це зовсім незначна кількість енергії — надто мала, щоб бути зручною одиницею вимірювання, коли йдеться про їжу. Її можна порівняти з дорожнім знаком, на якому відстань зазначена в дюймах. Коли ми говоримо про «калорії» в їжі, насправді йдеться про *кілокалорії*, або 1000 калорій. Згідно з інформацією про поживну цінність, що її зазначають на пачці, чашка сухого сніданку *Cheerios* містить 100 калорій, однак насправді йдеться про 100 кілокалорій, або 100 000 калорій.

Тож чому ми не кажемо «кілокалорії» або «ккал», а знушаємося з терміна «калорія»? Це досить дивно, однак наприкінці XIX століття, коли науковці дійшли згоди щодо вживання терміна «калорія» як одиниці вимірювання харчової енергетичної цінності, впливовий

американський дієтолог-першопроходець Вілбур Етвотер вирішив дотриматися більш раннього й усталеного в певних наукових колах підходу, запропонувавши писати термін «калорії» з великої літери (*Calories*), коли йдеться про позначення кілокалорій. Це приблизно так само «доцільно», як використовувати термін «Ярди» на позначення миль. Відтоді ми повсякчас плуталися в термінах «калорії» / «Калорії» на етикетках. Звісно, це просто ще один приклад із довгої та досить-таки незручної історії вимірювань у Сполучених Штатах. Країна, яка наполягає на використанні «чайних ложок», «дюймів» та «градусів за Фаренгейтом», вочевидь, має глибокі психологічні проблеми, коли йдеться про обговорення одиниць вимірювання. (До речі, якщо подорожуватимете цивілізованим світом і захочете перевести зазначені на етикетках джоулі в калорії, просто поділіть їх на чотири.)

Оскільки робота та енергія — це два боки однієї медалі, ми можемо вважати всю роботу, яку виконують наші клітини, і всю енергію, яку вони споживають, двома способами вимірювання того самого. Терміни «метаболізм» та «енерговитрати» можна використовувати як взаємозамінні. Ось чому еволюційні біологи на кшталт мене, а також лікарі та фахівці з питань громадського здоров'я дуже зосереджені на витратах енергії, адже саме так ми вимірюємо метаболізм: це основний показник активності нашого організму. Швидкість, з якою клітина здійснює роботу, визначає швидкість метаболізму — кількість енергії, витраченої за хвилину. Додайте до цього роботу всіх клітин вашого тіла й отримаєте швидкість метаболізму вашого організму — власне, його щохвилинні енерговитрати. Це диригент вашого «клітинного оркестру» — усіх 37 трильйонів мікроскопічних «музикантів», які разом виконують складну симфонію.

Хитромудра метаболічна система, наша опора, яку ми зазвичай сприймаємо як належне, — це справжнє диво еволюції. Знадобилося приблизно мільярд років — незліченні трильйони поколінь, квадрильйони фальстартів та глухих кутів, — щоб створити належні умови для еволюції найпростіших одноклітинних метаболічних систем; то була ціла вічність зі спроб і здебільшого помилок. А тоді знадобилися ще два мільярди років для еволюції найпростіших багатоклітинних організмів з їхніми вбудованими метаболічними системами й розподілом функцій. На своєму шляху життя поставало перед серйозними проблемами базової хімії. Олію доводилося

змішувати з водою. Кисень — хімічний елемент, що горить і вбиває, — слід було використовувати заради самого життя. Жири й цукри, в одному грамі яких міститься більше енергії, ніж у грамі нітрогліцерину, треба було спалювати дуже обережно, щоб організми не вибухнули чи не зварилися заживо.

Однак і це не найдивніше. Уся робота, що її здійснює організм, триває під керівництвом мікроскопічних чужорідних форм життя — мітохондрій, що мешкають усередині ваших клітин. Мітохондрії мають власну ДНК і власну історію еволюції, що тривала два мільярди років і допомогла врятувати все живе на Землі від неминучої загибелі. А левову частку роботи, завдяки якій ваша їжа перетворюється на корисні для організму елементи, здійснює величезна екосистема у вашому кишечнику. Цей мікробіом складається з трильйонів бактерій, що оселяються вздовж усього шлунково-кишкового тракту — довжелезного та звивистого шляху, який з'єднує рот із прямою кишкою.

Ми всі химерні створіння на двох ногах — почасти люди й почасти щось інше; ми щодня творимо звичні дива, перетворюючи мертву їжу на живих людей, і навіть не замислюємося над цим. Імовірно, вам це знайомо, однак б'юся об заклад, що ви отримали таку інформацію у вигляді сухих параграфів підручників, де вона позбавлена будь-якої магії. Тож незле буде послухати про це ще раз — принаймні ви маєте засвоїти важливі основи: як раціон впливає на ваше здоров'я і як ваше тіло спалює енергію — власне, як функціонує саме життя.

«Зелений сойлент — це люди!»¹⁰ (або так справді могло би бути)

Якщо ми повернемося в минуле й відвідаємо стародавніх греків, а тоді зазирнемо в ближчі до нас часи — скажімо, у XVII століття, то дізнаємося, що люди, включно з такими розумними індивідами, як Арістотель, гадали, що мухи, миші та інші організми можуть спонтанно самозароджуватися з неживих предметів на кшталт бруду чи гнилого м'яса. У цьому був певний сенс: одного дня в кутку хліва лежала купа ганчір'я та жмути сіна, а вже наступного там кишіло мишами. Зі старих туш самі собою виповзали незліченні черви, а їх туди ніхто не клав. Такі ідеї було напрочуд важко спростувати, якщо добре не розуміти мікроскопічний світ чи не мати переконливих

експериментів. Тож подібні уявлення панували повсюдно, аж доки 1859 року французький учений Луї Пастер не здійснив справжнього прориву. Він провів експеримент із бульйоном, прокип'ятивши його в колбах, і продемонстрував, що за відсутності часточок пилу й комашок там ніщо не зможе зародитися (відтоді і з'явився метод пастеризації). Сьогодні ідею «спонтанного самозародження» презентують школярам як класичний приклад тотального невігластва й того, як далеко зайшла наша наука.

Безумовно, це повний абсурд — припускати, що мухи можуть спонтанно зародитися в мертвій туші. Та завдяки численним науковим дослідженням на тему метаболізму, що їх здійснили протягом останнього століття, ми переконалися, що правда набагато дивніша. Тварини, рослини та інші живі істоти — це фактично «машини спонтанного зародження», які вибудовують свої тіла й тіла нащадків із їжі, води та повітря. Зрештою, чим насправді є муха, як не крихітним механізмом, що породжує маленьких мушок із гнилого м'яса?

У класичному й авангардному науково-фантастичному фільмі 1973 року «Зелений сойлент» (*Soylent Green*) події відбуваються в похмурому Нью-Йорку, де персонажа Чарлтона Гестона шокує відкриття: зелений раціон, що його всі споживають, насправді виготовляють із людей. У драматичній фінальній сцені, коли героя забирають парамедики, він відчайдушно кричить усім, хто може почути: «Зелений сойлент — це *люди!*» Зараз ми бачимо яскравий приклад того, як життя наживається на мистецтві: ви можете придбати численні продукти бренду *Soylent*, зокрема харчові суміші й тюбики з поживними речовинами, покликані замінити звичайну їжу та розраховані на тих, хто їсть «на ходу» або не має з ким пообідати. Я й гадки не маю, як вони смакують, однак асортимент цих продуктів напрочуд розмаїтий. Однак певен, що «Зелений сойлент», який сьогодні купують онлайн, не виготовляють з людей. Скажу лиш одне: так *могло би* бути. Адже все, що ви маєте зробити, — це з'їсти запропонований продукт.

Кожна молекула вашого тіла, кожен кілограм кісток і м'язів, кожнісінький грам мозку й нирок, кожен ніготь і вія, уся кров, яка циркулює вашими судинами, створені з трансформованих шматочків їжі, які ви спожили. Енергією, завдяки якій людина живе й рухається, ви теж завдячуєте раціону. «*Ви те, що їсте*» — це затерте до дірок

кліше чудово ілюструє саме життя. Дехто здригнеться, уявивши численних американців, які фактично уособлюють трансформовані «біг-маки», що ходять вулицями та спілкуються між собою. Мої діти зростають та здебільшого отримують енергію з курячих нагетсів, пасти, йогурту й моркви. А я часом добряче підживлююся пивом із сухими кренделями. То як усе це працює?

Ідіть за піцою

Почнімо з обіду. Уявіть, що перед вами гарячий і лискучий шмат піци «Пепероні» (вегани можуть замінити м'ясо та сир альтернативними продуктами на власний смак). Ви відкушуєте шматочок і починаєте його жувати. Розкішна суміш випеченого тіста, соусу, м'яса та сиру починає просто-таки кружляти в танку з вашими смаковими рецепторами, хрустка скоринка щосили намагається протистояти зубам, а неймовірний аромат розливається задньою частиною піднебіння та наповнює ніс. Це просто дивовижно — починається справжня алхімія. Пережовування та змішування шматочків зі слиною — перший крок до перетравлювання їжі та її основних складових — макронутрієнтів. Їх поділяють на три категорії: вуглеводи, жири та білки. Вуглеводи — це крохмалі, цукри та клітковина. Здебільшого вони надходять у наш організм із продуктів рослинного походження — це скоринка й томатний соус у шматку вашої піци. Жири (включно з оліями) містяться у продуктах як рослинного, так і тваринного походження, подібно до сиру й пепероні у вашому шматку. Білки переважно надходять із продуктів тваринного походження, а також листя, стебел та насіння рослин (включно з бобовими, горіхами й злаками). Пепероні та сир містять чимало білків, як і листочки базиліку, яким посипають піцу. У скоринці теж є білки, включно з глютенем (клейковиною), який повсякчас критикують і який робить їжу клейкою.

Крім того, ваш шматок піци містить воду, а також незначну кількість інших речовин, зокрема мінерали, вітаміни й інші елементи, що їх потребує ваш організм. Однак макронутрієнти — вуглеводи, жири та білки — то найбільша принада раціону. Саме вони вибудовують ваше тіло й заряджають його енергією. Фактично це сировина для метаболізму.

Структурна схема на рис. 2.1 демонструє, куди саме потрапляють і що роблять вуглеводи, жири й білки, які ви отримуєте з їжі. Вважайте це «мапою метрополітену» для макронутрієнтів — розібратися в ній іще той виклик, однак згодом, коли вивчите всі лінії від початку й до кінця, стане значно легше. Кожен макронутрієнт має власну «лінію» та робить три зупинки: «Травлення», «Утворення» та «Спалювання». Подібно до зручних транзитних систем, тут є й бокові відгалуження, якими можна дістатися від однієї лінії до іншої. Поїхали!

Вуглеводи

Якщо ви дотримуєтеся стандартного раціону, майже половину щоденної кількості спожитих калорій становлять вуглеводи. Насправді, попри неабияку популярність низьковуглеводних дієт, представники найрізноманітніших культур з усього світу (і мисливці-збирачі на кшталт гадза тут не виняток) зазвичай отримують більше калорій із вуглеводів, аніж із жирів та білків (див. розділ 6). Зрештою ми ж примати, а вони, як відомо, полюбляють їжу рослинного походження, а надто стиглі й солодкі фрукти. Вуглеводи — це наше основне джерело пального, на яке покладаємося вже понад 65 мільйонів років.

¹⁰ Цитата з американського фільму-антиутопії «Зелений сойлент» (*Soylent Green*), що його зняв режисер Річард Флейшер 1973 року. «Зелений сойлент» — раціон корпорації «Сойлент», буцімто виготовлений із планктону, щоб розв'язати проблему гострої нестачі їжі.

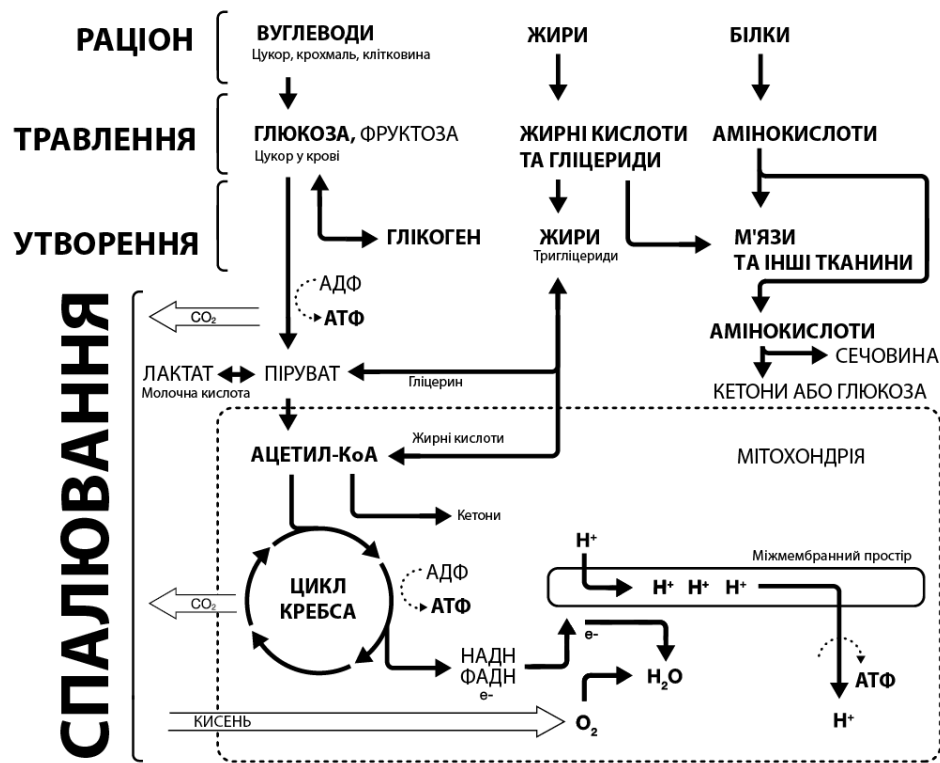


Рис 2.1. «Мапа метрополітену» для макронутрієнтів. Кожен із макронутрієнтів (вуглеводів, жирів та білків) має «лінію руху» в організмі людини та робить три основні зупинки: «Травлення», «Утворення» та «Спалювання». Стрілки з одним наконечником позначають односторонній рух, а з двома — двосторонній. Деякі лінії не зазначені для кращого розуміння й уникнення плутанини. У процесі травлення клітковини мікробіомом виробляються жирні кислоти, які приєднуються до лінії «Жири». Цукри теж сприяють утворенню певних структур організму, зокрема ДНК. Більшість шляхів, на яких амінокислоти можуть перетворюватися на глюкозу чи кетони, тут не продемонстровані, як і галактоза — найменш поширений продукт травлення вуглеводів; e⁻: електрони. H⁺: іони водню.

Вуглеводи мають три основні форми: цукри, крохмалі й клітковину. Після *травлення* цукри та крохмалі використовують, щоб *утворити* запаси глікогену, або *спалюють*, щоб отримати енергію (див. вище). Також, як ми побачимо трохи згодом, вони можуть перетворюватися на жир. А от клітковина — то вже зовсім інший «звір». Вона відіграє важливу роль у роботі кишечника, регулюючи процес травлення і всмоктування цукрів та крохмалів і забезпечуючи їжею трильйони

бактерій та інших організмів у нашому кишковому мікробіомі. Насправді мікробіом дуже важливий у процесі перетравлювання клітковини, і без нього ми потрапили б у справжню халепу. Та спершу пропоную зосередитися на крохмалях і цукрах.

Цукри — це дрібні вуглеводи, маленькі ланцюжки, що їх утворюють атоми вуглецю, водню та кисню. Найменші з них мають тільки одну молекулу цукру (саме тому їхня технічна назва містить частину «моно» — моносахариди; сахарид означає «цукор»). Моносахаридами є глюкоза, фруктоза й галактоза. Інші цукри — цукроза, лактоза та мальтоза — складаються з двох моносахаридів, скріплених разом. Їх називають дисахаридами («два цукри»). Цукроза (столовий цукор) — це поєднання молекул глюкози і фруктози. Молекула лактози (молочного цукру) об'єднує залишки молекул глюкози й галактози. Мальтоза — дві молекули глюкози.

Крохмалі — це скупчення молекул цукру, що поєднуються між собою, утворюючи довгий ланцюжок. Оскільки їх досить багато, крохмалі ще називають полісахаридами¹¹ або складними вуглеводами. На сьогодні найпоширенішою молекулою цукру в рослинному крохмалі є глюкоза, і молекули такого крохмалю можуть містити сотні молекул глюкози, об'єднаних в одному ланцюжку. Крохмаль — це спосіб накопичення рослиною енергії, він у великій кількості міститься у відповідних органах рослин на кшталт картоплі чи ямсу. Майже весь рослинний крохмаль (той, який ми споживаємо) — це поєднання двох полісахаридів, які називають амілозою та амілопектином.

Незалежно від джерела походження, усі крохмалі й цукри зрештою перетравлюються на один із трьох моносахаридів. Процес травлення крохмалю починається у вашому роті за допомогою ферменту амілази, що міститься в слині. Саме він і починає розщеплювати довгі молекули амілози та амілопектину на дедалі менші часточки. Ферменти — це білки, які розщеплювати довгі молекули або стимулюють хімічні реакції (їхні назви зазвичай закінчуються на *-аза*). Зокрема, травні ферменти на кшталт амілази розбивають молекули їжі на дрібніші часточки. У процесі еволюції крохмалі набули такого важливого значення для людини, що в нас розвинулася здатність виробляти більше амілази порівняно з іншими приматами (ми розглянемо це питання докладніше в розділі 6).

...

Після того як проковтнете кашоподібну суміш із пережованої їжі, вона опиниться в шлунку, кислота якого знищить усі бактерії й інші шкідливі речовини, що могли потрапити до того, чим ви щойно поласували. Зі шлунка їжа виштовхується в тонкий кишечник, де переважно й триває процес травлення. У тонкому кишечнику крохмалі та цукри потрапляють під вплив ферментів, що їх виробляють кишечник і підшлункова залоза. Ці ферменти розщеплюють їх для подальшого використання. Підшлункова залоза — орган завдовжки з п'ять дюймів¹², що має форму тонкого перцю чилі, розташована прямо під шлунком та сполучається з тонким кишечником короткою протокою. Здебільшого вона відома тим, що виробляє інсулін, однак продукує і більшість із кількох десятків ферментів, що беруть участь у травленні (разом із бікарбонатом натрію, який нейтралізує шлунковий сік, коли той потрапляє в тонкий кишечник).

Компонування цих ферментів (їхня особлива форма та склад), а також рівень продукування (потреба виробляти певний фермент у великій чи малій кількості) контролюють ваші гени. Скажімо, якщо маєте нетолерантність до лактози й не можете перетравлювати молоко, це означає, що ваші гени пригнічують компонування й виробництво ферменту лактази, необхідної для розщеплення дисахариду лактози на глюкозу та галактозу. Жоден інший фермент не здатен виконати це завдання, тож лактоза вільно потрапляє в товстий кишечник, влаштовуючи справжній бенкет для бактерій. Результатом цього процесу є надмірне скупчення газів та інші «приємні» побічні ефекти нетолерантності до молока.

Процес травлення крохмалю й цукру триватиме доти, доки всі полі-і дисахариди не будуть розщеплені на моносахариди. Оскільки більшість вуглеводів у вашому раціоні надходять з крохмалю, а той утворюється з глюкози, приблизно 80 % спожитих крохмалів і цукрів зрештою є саме глюкозою. Усе інше розщеплюється на фруктозу (приблизно 15 %) або галактозу (приблизно 5 %). Звісно, якщо у вашому раціоні чимало оброблених продуктів з високим вмістом цукру (тобто цукрози, яка складається з глюкози та фруктози) або ви любляєте кукурудзяний сироп (він містить 50 % фруктози і 50 % глюкози, змішаних із водою), відсоток спожитої вами фруктози може бути трохи вищим, а глюкози — нижчим.

Ці цукри всмоктуються стінками кишечника й потрапляють у кров. У стінках нашого кишечника повно-повнісінько кровоносних судин, і після їди кров рухається до нього вдвічі активніше, щоб отримати поживні речовини. У результаті після їди в людини звично спостерігається підвищення рівня цукру в крові (підвищення концентрації глюкози), надто якщо обід чи вечеря містили велику кількість вуглеводів. Якщо ви споживаєте оброблені продукти, що легко перетравлюються й мають низький вміст клітковини, процес травлення вуглеводів відбувається дуже швидко, а цукри миттю проникають у кровоносну систему, спричиняючи стрімке підвищення рівня глюкози в крові. Вважається, що такі продукти мають високий глікемічний індекс — зазвичай підвищення рівня глюкози вимірюють за дві години після споживання певного продукту, порівнюючи цей показник із підвищенням такого рівня після споживання глюкози в чистому вигляді. Продукти, які мають більш тривалий процес травлення (ті, що містять більше складних вуглеводів і клітковини та менше цукрів), перетравлюються й усмоктуються довше, тож рівень глюкози підвищується довше й повільніше. Відтак ці продукти мають низький глікемічний індекс. Про різні раціони ми поговоримо в розділі 6, однак пропоную вже зараз звернути увагу на те, що продукти з низьким глікемічним індексом значно кращі для вашого здоров'я й самопочуття.

Неоспіваними героями травного процесу є харчова клітковина й ваш мікробіом. Клітковину зараховують до класу складних вуглеводів (є чимало її видів), які наш організм не може перетравити — принаймні самотійно. Її міцні волокнисті молекули надають частинам рослин сили та структури. Клітковина з їжі вкриває стінки нашого кишечника подібно до вологої плетеної ковдри, утворюючи ґратчастий фільтр, що вповільнює всмоктування цукрів та інших речовин у кровоносну систему. Ось чому глікемічний індекс апельсинового соку на 25 % вищий, аніж в апельсина, — напій містить менше клітковини порівняно зі свіжим фруктом.

Клітковина також живить наш мікробіом — масштабну екосистему організмів, які живуть у нашому кишечнику та допомагають перетравлювати їжу. Значна частина його «мешканців» оселяється в товстому кишечнику, де вони відіграють напрочуд важливу роль і мають справу з клітковиною та іншими речовинами, які не може

перетравити тонкий кишечник. Ми тільки починаємо усвідомлювати важливість мікробіому, однак його масштаби воістину вражають. Трильйони бактерій, кожна з яких має тисячі генів, — мікробіом нагадує суперорганізм завважки зо два кілограми, який живе всередині вас. Ці бактерії перетравлюють більшу частину спожитої клітковини, використовуючи ферменти, що їх не здатні виробляти наші клітини, і продукуючи коротколанцюжкові жирні кислоти, які поглинаються клітинами й використовуються для енергії. Крім того, наш мікробіом перетравлює інші речовини, які проходять тонким кишечником, сприяє активності імунної системи та допомагає виробляти вітаміни й інші життєво необхідні поживні речовини, а також забезпечує нормальне функціонування шлунково-кишкового тракту. Явищ, що негативно впливають на наше здоров'я, починаючи від ожиріння й закінчуючи аутоімуними захворюваннями, чимало, і нові відкриття трапляються майже щодня. Проте на цьому етапі ми знаємо напевне тільки одне: якщо ваш мікробіом не почувається задоволеним, те саме можна сказати й про вас.

Чому ми охоче їмо вуглеводи й жадаємо їх? Власне, через їхній вплив на клітини — вуглеводи живлять наше тіло. Це — енергія. Коли цукри потрапляють у кров, вони мають два шляхи — або організм їх одразу спалює, або зберігає для подальшого використання (рис. 2.1). Отут і з'являється гормон інсулін, що його виробляє підшлункова залоза. Він потрібен більшості клітин для того, щоб молекули глюкози могли проникнути всередину крізь клітинні мембрани.

Спалювання вуглеводів заради енергії — це двоетапний процес, який ми докладніше розглянемо трохи згодом. Якщо цукор у крові не спалюється одразу, він накопичується як запаси глікогену у ваших м'язах та печінці. Глікоген — це складний вуглевод, подібний до рослинного крохмалю. Ним можна легко скористатися, коли виникає потреба в енергії, однак він відносно важкий, бо містить однакові частки вуглецю й води (звідси й термін «вуглевод»). Це схоже на консервованій суп: готувати легко, але водночас він важкий і об'ємний, бо зберігається разом із водою.

У людей, як і в інших тварин, розвинулися суворі обмеження щодо кількості глікогену, який може зберігатися в організмі. Коли ці «відерця» вщерть наповнюються, цукор із крові мусить рухатися деінде. Залишається єдине місце призначення — жир.

Коли енергетичні потреби вашого тіла задовольняються, а запаси глікогену по вінця повні, надлишок цукру в крові перетворюється на жир (докладніше про це ми поговоримо нижче). Жирові запаси трохи важче використовувати як паливе, адже для того, щоб вони набули необхідної для спалювання форми, знадобляться кілька проміжних кроків. Водночас жир — це значно ефективніший спосіб накопичення енергії, аніж глікоген, оскільки він енергетично щільний та не містить води. І, як ми всі добре знаємо, обмежень щодо кількості жирових запасів у організмі людини майже немає.

Жири

Жири мають досить простий маршрут — у процесі травлення вони *розщеплюються* на жирні кислоти та гліцериди, а тоді *знову* стають жирами й накопичуються в організмі як запаси, які згодом *спалюються* для отримання енергії. Утім, головна проблема полягає в тому, що жири складно перетравити. Варто лише згадати відомі кожному з нас основи хімії: олія та вода не змішуються. Жири (включно з оліями) — всуціль гідрофобні молекули, а це означає, що вони не розчиняються у воді. Та, подібно до всього живого на Землі, системи нашого організму мають водну основу. Звісно, розщепити великі скупчення жирів на мікроскопічні часточки за допомогою лише води неможливо — це нагадуватиме спробу відчистити масну пательню без засобу для миття посуду. Тож яке рішення запропонувала еволюція? Жовч.

Уявлення про те, що жовч як один із чотирьох гуморів¹³ відіграє значну роль у нашому настрої й темпераменті, — це черговий приклад того, як розумні люди можуть вірити у всілякі нісенітниці. Більшість тямущих представників медицини, починаючи з Гіппократа й закінчуючи лікарями та фізіологами XVIII століття, вважали, що надмірна кількість жовтої жовчі робить людей агресивнішими. Якщо лікарі припускали, що у хворого гуморальний дисбаланс, вони нерідко вдавалися до кровопускання за допомогою п'явок. Імовірно, цим почасти можна пояснити той факт, що до появи сучасної медицини (а це сталося майже століття тому) внаслідок дій лікарів гинуло більше пацієнтів, аніж було врятовано. Сьогодні ми знаємо, що жовч — це речовина, яка сприяє травленню жирів.

Жовч — це зелена рідина, яка виробляється вашою печінкою та зберігається в жовчному міхурі, маленькому мішечку завбільшки з великий палець, розташованому між печінкою і тонким кишечником та сполученому з ними короткими протоками. Коли жири потрапляють зі шлунка в тонкий кишечник, жовчний міхур випорскує в кашоподібну суміш їжі трохи жовчі. Жовчні кислоти (їх ще називають жовчними солями) діють як мийні засоби, розщеплюючи скупчення жирів та олій на крихітні крапельки емульсії. Щойно жир емульгується, до суміші додаються ферменти ліпази, які розщеплюють крапельки емульсії на ще дрібніші часточки — мікроскопічні краплинки, які називають міцелами. Їхній діаметр у сто разів менший, аніж діаметр нашої волосини. Після утворення міцели розпадаються, а тоді формуються знову, подібно до бульбашок у газованій воді. Під час розщеплення міцели щоразу вивільнюють окремі жирні кислоти і гліцериди (жирні кислоти, прикріплені до молекули гліцерину) — основний будівельний матеріал жирів та олій.

Жирні кислоти та гліцериди всмоктуються стінками кишечника й перетворюються на тригліцериди (три жирні кислоти, що прикріплюються до молекули гліцерину, мов стрічки) — стандартну форму жирів у нашому тілі. І тут організм постає перед черговою проблемою перетравлення жирів: ці речовини не змішуються з водою як годиться, тому вони схильні скупчуватися й злипатися в розчинах на водній основі, зокрема крові. Кров із такими грудочками може вбити, закупоривши маленькі судини у вашому мозку, легенях чи інших органах. Однак еволюція подбала й про це: тригліцериди запаковуються у сферичні контейнери, які називають хіломікронами. Це запобігає злипанню жирів, однак подібні «пакунки» надто великі, щоб проникнути крізь стінки капілярів у кров, яка мала б доправити їх в усі куточки людського тіла.

Натомість молекули жиру у складі хіломікронів потрапляють у лімфонові (лімфатичні) судини. Останні почасти є системою контролю, а почасти сміттєзбирачами — вони мають мережу по всьому організму і збирають «сміття», бактерії та інші часточки, переносячи їх у лімфатичні вузли, селезінку та інші органи імунної системи, щоб остаточно з ними розібратися. Їм до снаги впоратися з великими часточками на кшталт хіломікронів, наповнених жирами. Крім того, лімфонові судини збирають усю плазму, що витікає

з ваших кровоносних судин (а це приблизно три літри на день), і повертають її у систему кровообігу. Особливі лімфатичні судини, що містяться у стінках кишечника (їх іще називають «молочними»), втягують хіломікрони в лімфатичну систему, а тоді викидають їх безпосередньо у кровоносну систему, де вони рухаються вгору.

Білі й добряче наповнені жиром хіломікрони дуже великі, а після жирної їжі їх з'являється так багато, що вони можуть надати крові кремового відтінку. Утім, зрештою вони розриваються, а їхній вміст потрапляє у клітини для зберігання або використання. Ферменти ліпопротеїнліпази в стінках кровоносних судин спершу розщеплюють тригліцериди на жирні кислоти та гліцерин, які своєю чергою потрапляють у необхідні клітини за допомогою молекул-транспортів жирних кислот, а тоді знову формують тригліцериди. Більша частина жиру зберігається в жирових клітинах (адипоцитах) і м'язах, утворюючи резервний запас «пального». Оці-от накопичені тригліцериди і є тим жиром, який ми відчуваємо у стегнах і животі або бачимо на «мрамуровій» поверхні добрячого стейка. Проблеми зринають, коли організм починає накопичувати багато жиру в печінці й інших органах, що може призвести до печінкової недостатності й низки інших проблем зі здоров'ям. Причини відкладання жиру в печінці не завжди очевидні, однак головним чинником ризику вважають ожиріння.

Невелику частку спожитих жирів використовують, щоб вибудовувати такі структури, як клітинні мембрани, мієлінові оболонки нервових волокон і частин нашого мозку. Деякі жирні кислоти, необхідні для творення таких тканин, не можна отримати внаслідок трансформації інших, а тому їх вважають незамінними жирними кислотами, які надходять виключно з вашого раціону. Ось чому виробники харчових продуктів часто наголошують на вмісті омега-3 (незамінної жирної кислоти) у рибі, молоці чи яйцях.

Те, що вам хочеться жирної їжі, а ваш організм докладає чималих зусиль, щоб перетравити жири та зробити запаси, не випадково, адже, подібно до вуглеводів, жири мають призначення — зрештою вони стають паливом. У процесі еволюції в усіх тварин розвинулася здатність накопичувати запаси енергії у формі жиру, адже він напрочуд енерговмісний — 255 ккал в одній унції (28,3 г). Це рівень реактивного палива; жир має уп'ятеро вищу енергетичну щільність, ніж

нітрогліцерин, і майже у сто разів перевершує звичайну лужну батарейку. На щастя, порівняно з вибухом динаміту, розщеплення жирів заради енергії триває набагато повільніше. Деякі жири спалюються відразу після травлення, однак між прийомами їжі ваше тіло використовує жирові запаси як паливо. Тригліцериди, що утворюють жирові запаси, розщеплюються на жирні кислоти та гліцерин, щоб отримати енергію (рис. 2.1). Докладніше про це поговоримо трохи нижче.

Білки

Білки мають дуже цікавий маршрут. На відміну від жирів і вуглеводів, вони не є основним джерелом енергії (звісно, якщо ви не хижак). Основна роль білків — це формування й відновлення м'язів та інших тканин, які щодня зазнають ушкоджень. Авжеж, ваше тіло спалює білки й заради енергії, однак це зовсім незначний внесок у добові енерговитрати.

Процес травлення білків починається у шлунку з допомогою ферменту пепсину, який береться їх розщеплювати. Клітини, розташовані у стінках шлунка, виробляють профермент пепсиноген, який під дією соляної кислоти перетворюється на пепсин. Останній діє, мов Едвард Руки-ножиці, подрібнюючи всі білки, з якими контактує. Коли їжа покидає шлунок, процес продовжується в тонкому кишечнику за участю ферментів, що їх виділяє підшлункова залоза.

У процесі травлення всі білки розщеплюються до основних компонентів — амінокислот. Це клас молекул, кожна з яких формою нагадує повітряного змія з головою, прикріпленою до хвоста. «Голова» в них усіх однакова: азотовмісна аміногрупа й карбоксильна група. Амінокислоти розрізняють за їхніми «хвостами», які завжди складаються з атомів вуглецю, водню та кисню в певній конфігурації. На нашій планеті є сотні амінокислот, однак в утворенні білків рослин та тварин бере участь тільки двадцять одна. Дев'ять із них вважають незамінними для людей: це означає, що наш організм не здатен їх виробляти й отримує такі кислоти виключно з їжі (не хвилюйтеся, якщо ви ще живі, то, безперечно, їх отримуєте). Інші кислоти організм за потреби може виробляти самостійно, здебільшого розщеплюючи та трансформуючи інші амінокислоти. Однак ми трохи забігаємо вперед.

Наступною зупинкою для амінокислот є побудова тканин та інших важливих елементів, з яких складається людське тіло (рис. 2.1). Щойно білки з нашого шматочка піци розщепляться до амінокислот, ті одразу всмоктуються стінками тонкого кишечника, а тоді потрапляють у кров. З крові амінокислоти надходять до клітин, щоб утворити білки, які є ланцюжками амінокислот. Утворення білків з амінокислот — це одне з пріоритетних завдань ДНК. Ген — це лише ділянка ДНК, яка кодує амінокислоти в певній послідовності для утворення білка (деякі гени регуляторні, а це означає, що вони не кодують синтез білків самостійно, а натомість активують чи пригнічують гени, які це роблять). Різна послідовність нуклеотидів у молекулі ДНК (аденін (А), гуанін (G), цитозин (C) і тимін (T)) може приводити до різних варіантів комбінацій амінокислот, а отже, до утворення дещо різних білків, що спричиняє певні біологічні відмінності між окремими людьми. Амінокислоти також використовують для творення низки інших молекул на кшталт гормону епінефрину (адреналіну) та серотоніну — одного з нейромедіаторів, завдяки якому клітини мозку обмінюються інформацією.

Усі ці тканини та молекули з часом розпадаються, а тоді знову перетворюються на амінокислоти й через кров потрапляють до печінки. А ось тут усе трохи ускладнюється. Аміногрупа в амінокислоті має структуру NH_2 , дуже подібну до структури аміаку — NH_3 (зауважте схожість їхніх назв). Якщо людина вип'є засіб для чищення, що містить аміак, це її вб'є — і так само фатальним могло б бути накопичення аміаку внаслідок розщеплення амінокислот. На щастя, маємо розвинений механізм перетворення аміаку на сечовину, яка через кров потрапляє до нирок, а тоді виводиться з організму разом із сечею. Саме сечовині ми завдячуємо різким і не дуже приємним запахом сечі, однак тут усе логічно, адже вона утворюється з аміаку.

Разом із сечею з нашого організму щодня виводиться орієнтовно 50 грамів білка. Фізичні вправи можуть збільшувати цей обсяг у зв'язку зі зростанням руйнівних процесів у м'язових тканинах. Нам потрібно споживати досить білка, щоб відновити все втрачене протягом дня, бо інакше в організмі виникне його нестача. Якщо ми з'їмо більше білка, ніж потребуємо, зайві амінокислоти перетворюються на сечовину та виведуться з організму разом із сечею. А якщо

перестараетесь з білковими добавками, ваша сеча може стати справді «витратною».

На останній зупинці «білковий потяг» спалює амінокислоти, щоб отримати паливе (рис. 2.1). Після втрати азотовмісної «голови», яка перетворюється на сечовину та рухається власним шляхом, «хвости» використовуються для вироблення глюкози (цей процес називають глюконеогенезом, що буквально означає «виготовлення нового цукру») або кетонів. Як побачимо далі, і глюкоза, і кетони можуть бути використані для енерговитрат. Зазвичай білки становлять найменшу частку нашого енергетичного балансу, забезпечуючи майже 15 % добової норми калорій. Однак це життєво необхідне джерело енергії на випадок голоду — це можна порівняти зі спалюванням меблів заради обігріву домівки в несприятливих умовах. Жахливим прикладом такого процесу, доведеного до крайнощів, є надзвичайно схудлі фігури жертв концентраційних таборів — їхні організми починали споживати себе у відчайдушному пориві вижити.

Пали, крихітко, пали

Усі шляхи нашої «метаболічної мапи» зрештою приводять до одного — палива. Вуглеводи, жири та білки містять хімічну енергію у зв'язках, які утримують їхні молекули. Коли ці зв'язки руйнуються, вивільнюється енергія, яку ми використовуємо, щоб жити своє тіло.

У всіх біологічних системах, включно з нашими тілами, енергія має основну форму — аденозинтрифосфат (АТФ). Молекули АТФ подібні до мікроскопічних акумуляторних батарей, які «заряджаються» внаслідок прикріплення молекули фосфату до молекули аденозиндифосфату (АДФ). Зауважте компоненти «три» та «ди» в цих термінах — вони позначають три фосфати в АТФ і два в АДФ. Один грам АТФ містить приблизно 15 калорій енергії (саме калорій, а не кілокалорій), а в людському організмі зазвичай міститься орієнтовно 50 грамів АТФ. Це означає, що кожна молекула має переходити від АДФ до АТФ понад три тисячі разів на день, щоб забезпечувати живлення нашого тіла. Тож спалювання вуглеводів, жирів та білків — це процес передання хімічної енергії молекул цукру, жиру та амінокислот хімічному зв'язку, завдяки якому третій фосфат

прикріплюється до молекул АТФ. Використовуючи їжу для вироблення енергії, ми творимо АТФ.

Почнімо з однієї молекули глюкози, основної форми цукру, що її наш організм використовує, щоб отримати енергію (загалом те саме можна сказати про фруктозу та галактозу). Молекула глюкози може надійти зі щойно спожитих вуглеводів або із запасів глікогену, який знову перетворився на глюкозу. Як ми вже зауважували в розділі про вуглеводи, спалювання цукрів заради енергії — то двоетапний процес. Спочатку глюкоза ($C_6H_{12}O_6$) перетворюється на молекулу, яку називають піруватом ($C_3H_4O_3$) — це десятиступеневий процес, який здійснюється за допомогою двох молекул АТФ і водночас під час нього синтезуються чотири молекули АТФ (тож маємо «чистий прибуток» — дві молекули АТФ). Це відносно швидкий процес, і саме він стає нам у пригоді під час коротких сплесків максимальної активності — скажімо, 100-метрового забігу або підймання штанги в тренажерному залі.

Перший етап метаболізму називають «анаеробним», бо він не потребує участі кисню. Саме це ви бачите, переглядаючи Олімпійські ігри на екрані телевізора: здається, що під час забігу спринтери майже не дихають, а паверліфтери затамовують подих. Якщо кисню мало через неефективне дихання або ж (більш імовірно) внаслідок надто активної роботи м'язів — зашвидкої, щоб процес надходження кисню «встигав» за виробленням пірувату, останній перетворюється на лактат. Лактат може знову перетворитися на піруват, який використовуватиметься для пального, але якщо він накопичиться в організмі в надмірній кількості, утвориться славнозвісна молочна кислота. Саме через неї наші м'язи «палають», коли докладаємо значних зусиль і намагаємося вийти за межі можливого.

Другий етап — це аеробний метаболізм, який потребує участі кисню. Якщо у клітині досить кисню, піруват, що виробляється наприкінці першого етапу, потрапляє у «відсік» клітини, який називають мітохондрією. У звичайній клітині є десятки мітохондрій, які вважають «електростанцією клітини», оскільки значна частина АТФ продукується саме в них. Ось тут і починається справжня магія — такий собі «хімічний танець», завдяки якому ми всі й існуємо.

У мітохондрії піруват перетворюється на ацетилкоензим (ацетилкофермент) А, або ацетил-КоА, який міг би позмагатися з АТФ за титул найважливішої хімічної речовини, про яку ви ніколи не чули, або ж, якщо чули, то забули. Ацетил-КоА нагадує поїзд, у якому повноповнісінько пасажирів — атомів вуглецю, водню й кисню, але водночас немає двигуна, який змушував би його рухатися вперед. Отут і з'являється оксалоацетат, який приєднується до ацетил-КоА та починає тягнути його по колу, що його називають циклом Кребса. На своєму шляху цей «поїзд» зробить вісім зупинок, і на кожній із них деякі пасажирів або зійдуть з нього, або, навпаки, піднімуться у вагони. Надходження та втрата цих атомів утворюють два АТФ. До кінцевої зупинки в поїзда залишиться тільки оксалоацетатний двигун. Він приєднується до наступного ацетил-КоА, і цикл знову повторюється.

Важливо й те, що під час зупинок деяких пасажирів поїзда, що його уособлює цикл Кребса, грабують — їхні електрони забирають молекули НАДН і ФАДН. Останні прямують до «провулків» мітохондрії й вивантажують отримані електрони у спеціальний рецепторний комплекс мембрани — такі собі дверцята у стіні. Мітохондрії — це структури з двома стінками, як у термосі; між їхніми внутрішніми й зовнішніми мембранами є невеликий простір, який називають міжмембранним простором. Коли «викрадені» електрони потрапляють у комплекс внутрішньої мембрани, позитивно заряджені іони водню (а їх чимало) переслідують негативно заряджені електрони і зрештою опиняються в міжмембранному просторі. Іони водню нагадують рибок, які потрапили в загату: вони проникають крізь внутрішню мембрану завдяки електронам, а тоді опиняються в «пастці» й накопичуються в міжмембранному просторі.

Коли всі позитивно заряджені іони водню скупчуються разом, електрохімічна сила починає виштовхувати їх, щоб урівноважити заряд по обидва боки внутрішньої мембрани. Проте іони водню мають тільки один шлях із внутрішнього мембранного простору — спеціальний портал у внутрішній мембрані, який функціонує за принципом турнікета. Іони водню рухаються через цей турнікет завдяки електричному заряду. Коли «турнікет» обертається, він з'єднує молекули АДФ і фосфатів, утворюючи АТФ. Це напрочуд ефективний процес, справжня «золота жила», яка утворює тридцять дві молекули АТФ. Складний танець електронів та іонів водню вздовж внутрішньої

мембрани називають окисним фосфорилуванням. Це основний генератор енергії, що живить ваше тіло.

А що ж трапляється з молекулою глюкози — атомами вуглецю, кисню й водню, про які ми говорили від самого початку? Не забувайте: АТФ заряджається завдяки енергії зв'язків, які утримують ці атоми разом, а *не* завдяки власне атомам. Натомість атоми вуглецю й кисню, які становлять до 93 % маси молекули глюкози, утворюють двоокис вуглецю (CO_2) під час перетворення глюкози на піруват та в циклі Кребса. Під кінець окисного фосфорилування атоми водню з'єднуються з атомом кисню, утворюючи молекулу води (H_2O). Ми споживаємо вуглеводи тільки для того, щоб видихати їх, наповнюючи повітря «привидами з картопляного минулого», а те, що залишається, перетворюється на крапельки води в океані нашого тіла.

Спалювання жирів, жирові запаси й кетораціон

Для спалювання жирів використовуються аналогічні етапи аеробного дихання. Утім, усе починається не з молекули глюкози, а з молекули тригліцериду — щойно отриманої зі шматочка піци й запакованої в хіломікрон або вивільненої з багатющих запасів жиру в нашому організмі. Незалежно від джерела походження, тригліцериди розщеплюються на жирні кислоти та гліцерин і перетворюються на ацетил-КоА (гліцерин спочатку трансформується в піруват (рис. 2.1)). Як і у випадку з глюкозою, атоми вуглецю, кисню та водню, що утворюють ці жирні кислоти та гліцерин, видихаються як CO_2 або утворюють воду. Отже, під час спалювання незначна частка жирів трансформується у воду, а решта покидає ваш організм через легені. Ви видихаєте те, що їсте.

Якщо ми спалюємо велику кількість жирів, дотримуючись суворої низьковуглеводної дієти чи голодуючи, певна частка утвореного ацетил-КоА перетворюється на молекули, які називають «кетонами». Здебільшого вони виробляються в печінці. Кетони — це своєрідна «мандрівна версія» ацетил-КоА, вони можуть подорожувати кровоносною системою до інших клітин, знову перетворюватися на ацетил-КоА та використовуватися для синтезу АТФ. Подібно до

більшості метаболічних перетворень, кетони переважно виробляє печінка, однак їх використовують в усьому організмі. Саме на цьому й наголошують прихильники кетодієт, які всіляко рекламують раціон із вмістом жирів і білків, який майже не включає вуглеводи. Якщо колія «вуглеводного поїзда» фактично перекривається, увесь транспорт починає рухатися шляхами жирів та білків.

Оскільки кетони переміщуються кровоносною системою, зрештою вони потрапляють і у вашу сечу. Щоб у цьому впевнитися, допитливці та зануди можуть придбати в аптеці спеціальний тест-смужку. Наявність кетонів у сечі свідчить, що організм перебуває в «кетогенезі» та значною мірою покладається на жири, щоб отримати енергію.

Щойно ознайомитеся зі шляхами жирів та глюкози на рис. 2.1, то одразу зрозумієте, чому низьковуглеводні кетогенні дієти на кшталт дієти Аткинса або модної «палеодієти» (у розділі 6 ви переконаєтеся, що вона не має нічого спільного з епохою палеоліту) сприяють активній і суттєвій втраті жирових запасів. Якщо не споживаєте вуглеводів, єдиний спосіб утворити ацетил-КоА — це спалити жири. Звісно, ви можете спалити й білки, перетворивши амінокислоти на кетони чи глюкозу (деякі амінокислоти навіть формують молекули, які здатні «застрибнути» в самісіньку середину циклу Кребса, мов діти, які виконують стрибки через дві скакалки). Утім, коли йдеться про добову норму калорій, білок — це «другорядний гравець». Основним «пальним» низьковуглеводної дієти є жири, тож, якщо споживатимете менше калорій, аніж спалюватимете, їхню нестачу доведеться компенсувати спалюванням жирових запасів, щоб отримати енергію. Перед спалюванням певна частка такого жиру перетвориться на кетони. Візьмімо для прикладу наш мозок — він дуже перебірливий, коли йдеться про харчування, і для метаболізму зазвичай використовує тільки глюкозу. Та якщо глюкози немає, він перемикається на спалювання кетонів.

«Темний бік» перетворення жирів на енергію полягає в тому, що цей процес триває в обох напрямках. Як можна побачити на рис. 2.1, молекула цукру (глюкоза чи фруктоза) може перетворитися на ацетил-КоА, а тоді стрибнути на «колію» жирних кислот замість долучитися до циклу Кребса — і вуаля! Ви перетворюєте цукор на жир. Це той

самий процес, що передбачає перетворення жиру на ацетил-КоА, тільки рух здійснюється у зворотному напрямку.

Насправді, як і будь-яка хороша та гнучка система перевезень, наші метаболічні шляхи розвинулися так, щоб реагувати на умови транспортування й надсилати молекули до найдоцільніших місць їхнього призначення¹⁴. Отримали більше цукрів, аніж потрібно? Відправте зайву глюкозу та фруктозу у глікоген. Запаси глікогену набиті під зав'язку? Відправте зайвий цукор до ацетил-КоА. Якщо поїзд циклу Кребса переповнений через низький рівень потреб в енергії, почніть переправляти ацетил-КоА до жирових запасів — там завжди досить вільного місця. Якщо запасів глікогену вже багато, ви не можете накопичувати надлишок білка, однак обмежень у жирових запасах немає.

Ось чому, коли йдеться про схуднення, ми маємо скептично ставитися до будь-яких дієт, прихильники яких вибирають поживну речовину і роблять із неї героя або злодія. Ніщо не є абсолютно невинним за умов надмірного споживання. Будь-які неспалені калорії — і байдуже, звідки вони надійшли — з крохмалів, цукрів, жирів чи білків, — зрештою перетворюються на зайві тканини у вашому тілі. Якщо ви вагітні або активно тренуєтеся, ці «зайві» тканини можуть бути корисні — зокрема якщо утворюють органи дитини або ваші м'язи. За інших умов і незалежно від джерела походження зайві калорії перетворюються на жир. Це основи, які ми маємо зрозуміти, перш ніж починати обговорювати реально складні питання, що стосуються метаболічного здоров'я й раціону. Докладніше про дієти та докази того, що справді працює, а що ні, поговоримо в розділах 5 і 6.

Отруєні рослинами

Як гадаєте, чи краще жити у блаженному, романтичному невігластві? Зізнаюся: бачу в цьому певний сенс. Значно легше зустрічати новий день, коли відчуваєш, що опиняєшся в теплих обіймах матінки-природи, а все, що тебе оточує, — увесь природний світ і навіть твої побратими за своєю сутністю випромінюють добро. Авжеж, біль і смерть можуть бути неминучі, але й на це є причини: наша незграбність, прикрі помилки та дисонанс із гармонійністю Всесвіту, яка скеровує нас у правильному напрямку. Якби ми

припинили перейматися дрібницями й відчули цей кармічний потік, демонстрували доброту та щедрість, світ, безперечно, не залишився б у боргу. Якби ж то ми могли повернутися до природного стану й почуватися, як наші предки — мисливці та збирачі.

Добре було б, еге ж?

«Вечірній кінозал» посеред савани. Усі представники племені гадза зібралися в темряві довкола Браянового ноутбука. Переглядаємо документальну стрічку про світ природи, і всі просто в захваті. Щоразу, як на екрані з'являється нова тварина, натовп аж гуде: *«О-о-о-о-о! Тільки погляньте на цю антилопу гну! А хай йому, яка велетенська жирафа!»* Аж ось спостерігаємо, що відбувається біля водопою. Сюди прийшли слони, які знемагають від спеки в розпал посухи, а тим часом неподалік зачаїлися леви. Зненацька хижаки нападають на мале слоненя, вгризаючись гострими зубами в його загривок. Маля зі страху біжить, підіймає вгору маленький хобот і голосно сурмить від болю. Увесь наш гурт, включно зі мною, не відводить від екрана очей. Дорослі слони намагаються прогнати левів, але марно. Хижаків забагато, вони атакують, мов ніндзя, шматуючи слоненя, з глибоких ран якого юшить кров. Невдовзі все закінчується. *Крихітне слоненя!* Господи, який жах! Певно, це якась помилка матінки-природи. Такі огидні речі просто не мають траплятися!

Гадза не приховують втіхи: *«Ха! Леви їх дістали!»*

Натомість я приголомшений. *Вони що, геть подуріли — уболівати за левів?* [15](#)

Та невдовзі все починає ставати на місця. Співчуття до слонів — це розкіш, яку можуть собі дозволити мешканці міст, що здебільшого пізнають природу через екрани телевізорів. А от коли зростаєш у її умовах і це твоє щоденне життя, то розумієш: природа аж ніяк не схильна до теплих обіймів. Це не велична драма, що розігрується лише для вашого духовного зростання. Натомість ви частина великого натовпу видів — серед них є недоброзичливці або байдужі, однак жодного з них не можна назвати вашим другом. Гадза ненавидять слонів, бо ті надто великі й запальні, а ще подеколи їх убивають. Вони ставляться до цих тварин майже так само, як і до змій, а тих ненавидять ще більше.

Гадза не оплакують тварин, на яких полюють і яких убивають, як і ви не ллєте сльози над чашкою йогурту. Ці люди не циніки, їм

не бракує ентузіазму, однак вони розуміють, що й до чого. Бути частиною екосистеми означає харчуватися іншими — і байдуже, рослини це чи тварини. Вловивши ваш запах, африканські дикі собаки відразу почнуть вас переслідувати, а впіймавши, безжально вирвуть ваші нутрощі. Як то кажуть, нічого особистого — просто бізнес. Розуміння життя в межах реальної й функціональної екосистеми вимагає відкинути всі романтичні, майже «дівнічські» уявлення про світ, якими нас загодовують у захищених передмістях.

Розуміння світу крізь призму еволюції чимось нагадує дзвінок будильника, який викидає нас зі сну й дезорієнтує. Дарвін був першим, хто чітко побачив: усі види змагаються між собою за обмежені ресурси, намагаючись знайти їжу й водночас не стати обідом для когось іншого. У природі немає «хорошого» чи «поганого» — це *ми* беремося оцінювати її «аморальних» чи «байдужих» персонажів. Навіть те, що вочевидь створено для нашого блага, насправді зумовлене прихованими та егоїстичними мотивами еволюції. Візьмімо фрукти — ці соковиті й солодкі дарунки дерев є ідеальним способом розпорошити насіння. У процесі еволюції собаки навчилися грати на наших емоціях та змусили нас їх любити, бо зрозуміли, що люди — то невичерпне джерело їжі. А як щодо розкішних зелених рослин, які наповнюють нашу планету життям? Вони тихцем отруюють нас уже два з половиною мільярди років.

Життя потребує енергії, і першою паливною системою, що еволюціонувала на нашій планеті, був фотосинтез. Щоб використовувати сонячну енергію, найдавніші бактерії передусім поклалися на водень і сірку, а не на воду, і саме це забезпечувало функціонування фотосинтезу. Тоді, приблизно 2,3 мільярда років тому, десь у неглибоких озерцях юної скелястої Землі з'явився новий алгоритм фотосинтезу, який передбачав перетворення води (H_2O) й вуглекислого газу (CO_2) на глюкозу ($C_6H_{12}O_6$) та кисень (O_2). Енергію, необхідну для такого перетворювання, забезпечувало сонячне світло — і вона накопичувалася в молекулярних зв'язках глюкози.

Цей новий тип фотосинтезу назвали кисневим (оксигенним), оскільки його побічний продукт (кисень) повністю змінив правила гри. Форми життя, здатні до оксигенного фотосинтезу, колонізували всю планету, вбираючи вуглекислий газ (CO_2) та воду й виділяючи кисень.

Ми звикли вважати кисень хорошою речовиною, яка підтримує життя, але насправді його хімічна природа досить-таки руйнівна. Він краде електрони та зв'язується з іншими молекулами, повністю їх змінюючи й нерідко розриваючи. Кисень — це такий собі Шива-руйнівник, який знищує все, чого торкається. Причому він робить це або повільно, наприклад спричиняючи появу іржі, або нестримно — стаючи джерелом живлення вогню.

Спочатку новий кисень, що його виробляли рослини, вбирав часточки заліза в землі та скелях, утворюючи масивні окиснені червоні пласти в земній корі. Тоді океани увібрали в себе стільки кисню, скільки могли вмістити, а його рівень в атмосфері зріс із 0 до 20 %, оскільки рослини на всій планеті активно фотосинтезували, вивільнюючи цю речовину в шаленому темпі. Коли рівень кисню стрімко зріс, він почав пригнічувати все живе, і ця зміна в довіклі отримала назву «Великої кисневої катастрофи». Земля була за крок до того, щоб стати мертвою планетою.

Чужинці всередині: мітохондрії та радість O₂

У незбагненному процесі еволюції малоймовірні події перетворюються на справжню рутину. Візьмімо для прикладу імовірність постраждати від удару блискавки — за статистикою, у США від цього явища потерпає 1 з 700 000 осіб на рік. Якщо доживете до сімдесяти років, ваші шанси померти досі будуть обнадійливо низькі — 1 із 10 000. А якби ваше життя тривало понад три мільярди років, і на ваших очах розгорталася історія всього живого на Землі? За цей часовий проміжок блискавка могла б поцілити вас понад 4200 разів!

Ще важче досягнути такі цифри, коли йдеться про еволюцію численних мікроскопічних бактерій та інших одноклітинних організмів. В одній унції «чистої» питної води понад мільйон бактерій, а на планеті приблизно 330 мільйонів кубічних миль води. Тож загалом кількість водних бактерій на Землі (крім тих, що існують за межами води) становить приблизно 40×10^{27} , або 40 із 27 нулями. Навіть якщо їхня реплікація стається тільки раз на день, це 14×10^{30} реплікацій на рік. Яка ймовірність появи випадкової мутації, що змінює процес метаболізму, перетворюючи попередньо непридатну для споживання

хімічну речовину на джерело їжі? Навіть якщо шанси один до ста трильйонів, можемо щороку очікувати понад 100 000 *трильйонів* подібних мутацій. Протягом мільйонів років еволюції вони стали майже неминучими.

Доки молода Земля віками наповнювалася отруйним киснем, зринули нові можливості. З-поміж квадрильйонів бактерій, які жили, мутували й розмножувалися протягом мільярдів років, трапилися ті, яким вдалося знайти, здавалося б, неможливе рішення. Вони навчилися використовувати кисень у виробленні «палива» за допомогою окисного фосфорилування. Завдяки здатності переміщувати електрони всередину міжмембранного простору та за його межі ці бактерії змогли змінити процес фотосинтезу, використовуючи кисень, щоб розривати зв'язки' глюкози та вивільнювати сонячну енергію, яка в них зберігалася. Побічними продуктами цього явища були вуглекислий газ та вода — інгредієнти для фотосинтезу.

То була знакова подія в еволюції всього живого на нашій планеті. Аеробний метаболізм здолав новий, доти не звіданий рубіж, новий спосіб життя. Бактерії, які дихали киснем, розповсюдилися по всій Землі, утворюючи нові види й родини. Невдовзі вони були скрізь.

А потім сталася ще одна неймовірна подія. У жорстокому світі найпростіших, де одна клітина поглинала іншу, поширені аеробні бактерії мали б перетворитися на нову смачну позицію меню. Коли одна клітина «з'їдає» іншу (і байдуже, це амеба, яка захоплює інфузорію-туфельку, чи клітина імунної системи, яка вбиває бактерію-чужинку у вашій крові), вона поглинає здобич, і та потрапляє в клітинну мембрану, де її розформовують та використовують як паливо. Попри те що протягом сотень мільйонів років було з'їдено незліченну кількість аеробних бактерій, невеличкій жменьці (можливо, тільки одній чи двом) таки вдалося вціліти. Всупереч усьому вони лишилися неушкодженими, оселившись у «хазяїні», стали мікроскопічними Йонами в черевах китів.

І це був неабиякий успіх.

В океанах Землі ці химерні клітини мали безліч переваг над іншими. Вміщуючи особливі бактерії, що виробляли енергію, ці гібридні клітини випереджали інших, коли йшлося про перетворення енергії на потомство. Наявність внутрішнього «бактеріального двигуна» стало

нормою. І сьогодні кожна тварина на Землі, починаючи з черв'яків і закінчуючи восьминогами та слонами, є спадкоємицею цього важливого еволюційного стрибка. Подібно до всіх інших тварин, ми — носії цих рятівних аеробних бактерій у власних клітинах. Це наші мітохондрії.

Революційну ідею про те, що мітохондрії еволюціонували з симбіотичних бактерій, свого часу обстоювала досить далекоглядна еволюційна біологиня Лінн Маргуліс. Ще в 1800-х роках дослідники визнавали візуальну подібність між мітохондріями й бактеріями під мікроскопом та припускали ймовірність бактеріального походження мітохондрій, однак саме Маргуліс забезпечила цій ідеї життя та розвиток. Наприкінці 1960-х років вона написала знакову працю, присвячену згаданій теорії. Ту статтю відмовилися друкувати понад десять журналів, вважаючи обурливою, однак авторка наполегливо стояла на своєму. Утім, протягом наступних десятиліть стало зрозуміло, що Лінн Маргуліс поцілила в яблучко.

Мітохондрії в наших клітинах зберігають власну дивну петлю ДНК, безсумнівний пережиток їхнього бактеріального минулого. А ми, зі свого боку, самовіддано живимо їх та доглядаємо за ними, як за дорогоцінними домашніми улюбленцями; наші серця та легені невпинно постачають мітохондрії киснем і вивозять із них відходи — CO_2 . Без них, як і без магії окисного фосфорилування, ми не змогли б підтримувати свою енергетичну унікальність, яку сприймаємо як належне. За їхньої відсутності життя ніколи не змогло б еволюціонувати в той «великий звіринець», який можемо споглядати сьогодні.

Кисень — то основний складник окисного фосфорилування, бо він «крадій електронів» — саме згадана речовина й робить цей хімічний елемент таким руйнівним. Він є кінцевим акцептором електронів у процесі, що має назву «електронно-транспортний ланцюг». Ідеться про цілу бригаду, яка передає електрони вздовж внутрішньої мембрани мітохондрії, втягуючи іони водню в міжмембранний простір. Без кисню ланцюг електронного передання зупиняється, цикл Кребса дає задній хід, а мітохондрії припиняють роботу. Коли електрони приєднуються до кисню в кінці ланцюга електронного передання, вони приваблюють до себе іони водню, утворюючи воду (H_2O). Ваші

мітохондрії щодня утворюють приблизно 300 мл води з кисню, який вдихаєте.

Поза конкуренцією

На базовому рівні макронутрієнтів і мітохондрій, метаболічних шляхів та продукування АТФ усі тварини (включно з людьми) загалом однакові. Рисунок 2.1 однаково стосується і тарганів, і корів, і каліфорнійців. Утім, майже за два мільярди років, що минули від появи аеробного метаболізму та мітохондрій, на нашій планеті з'явилося приголомшливе розмаїття життя, і всі його форми існують в основних рамках метаболізму. Процеси обміну речовин пришвидшувалися й уповільнювалися, регулювалися та відшліфовувалися, щоб забезпечити необхідним пальним важливі процеси — те, як тварини рухаються, зростають, розмножуються та відновлюються. І, як ми вже встигли переконатися в попередньому розділі, саме ці метаболічні зміни передусім сформували наш вид.

Тепер, коли ми розуміємо спільні для всіх тварин основи метаболізму, пропоную дослідити, як саме еволюція зробила їх такими різними. Відвідаймо всі місцини, до яких нас можуть доправити двигуни, які працюють завдяки кисню, погляньмо, як вони щоденно функціонують у сучасному світі. Скільки енергії ми насправді спалюємо щодня і на що саме її витрачаємо? Скільки енергії знадобиться, щоб пройти одну милю, здолати застуду чи забезпечити внутрішньоутробний розвиток дитини? Чи справді можна «прискорити» метаболізм за допомогою кави, дієти або так званих «суперфудів»? Як організму вдається забезпечувати необхідну кількість «палива», щоб задовольняти наші щоденні потреби? І чому наші «метаболічні двигуни» зношуються та виходять із ладу? Смерть — це неминуча ціна спалювання енергії, «угода з дияволом» за шанс танцювати серед живих? І що найважливіше — як далеко мені доведеться бігти, щоб позбутися відчуття провини за смачний пончик?

¹¹ Poly (гр.) — багато.

¹² 12,7 см.

¹³ У Стародавній Греції вважали, що в тілі людини є чотири основні рідини (гумори): кров, флегма (слиз), жовта жовч і чорна жовч. Порушення їхнього балансу призводило до гіршого самопочуття.

¹⁴ Я усвідомлюю, що така аналогія може бути не зовсім зрозуміла для читачів, які живуть у країнах на кшталт США, де бракує функціональної системи масових перевезень. Однак повірте: саме так це й має працювати. (Прим. авт.)

¹⁵ Те саме запитання можна було б озвучити футбольним фанатам Детройта. (Прим. авт.)

Розділ 3. Якою ціною?

Глибоко в лісах за пів години їзди від Бостона, на території колишнього місця запуску ракет часів «холодної війни», розкинувся прихований від людських очей звіринець, де дивні створіння й затяті «ботани» активно працюють над розкриттям таємниць самого життя. Це Гарвардська польова станція, яка поєднує в собі риси старої ферми з Нової Англії та лабораторії божевільних науковців. Доки осіннє листя кружляє в різнобарвному танку, ему походжають пасовищами, мов буркотливі динозаври, а поблизу в траві стрибають валабі. Кози та вівці, які пасуться на пагорбі, скидаються на пасторальну картинку, однак зауважте крихітні чорні коробочки на їхніх нашійниках — вони фіксують кожнісінький рух тварини, мов чорні ящики на «Боїнгу-747». Усередині низьких будівель з цементних блоків ви побачите цесарок, які пересуваються мініатюрними біговими доріжками, або жаб, які зістрибують із крихітних приладових платформ, щоб учені могли виміряти їхнє прискорення. Немов студенти, які зловживають кофеїном, коридорами ширяють птахи й кажани, а високошвидкісні інфрачервоні камери фіксують їхні польоти та маневри.

Це трапилося наприкінці літа 2003 року, коли я вже здолав половину шляху до отримання докторського ступеня у старому доброму Гарварді. Я саме вивчав усі тонкощі вимірювання енерговитрат для дисертації. Досі пам'ятаю перші кілька тижнів роботи на польовій станції — я почувався як геть «зелений» і недосвідчений стажист у таємничій лабораторії в стилі Джеймса Бонда — звісно, якби програма 007 була націлена на тварин, а не суперзлочинців. *Кози в північному загоні, бігова доріжка ондечки за тими дверима, аналізатори кисню на візку... Нехай щастить — намагайся нічого не зламати й не забудь прибрати козяче лайно.* Траплялися дні, коли складно було визначити — я поринаю в навчання чи просто потопаю? Однак мені це подобалося.

Я провів увесь ранок, розміщуючи пса Оскара на біговій доріжці й вимірюючи кількість енергії, яку він спалював під час ходіння й неквапного трюхикання. Для такого дослідження собакам потрібно було надягати велику й прозору пластикову маску — щось на кшталт

імпровізованого шолома для астронавтів, виготовленого з трилітрової пляшки для газованого напою. Завдяки такій масці віддих тварини відразу спрямовувався в кисневий аналізатор. Оскар був метисом пітбуля — коли його забрали з притулку, він став вірним компаньйоном моєї однокурсниці Моніки. Цей пес просто обожнював бігові доріжки — то було захоплення на межі одержимості. Гадаю, неабияк допомагало й те, що зсередини я протирав маску сосисками. Кабінет Моніки розташовувався навпроти лабораторії з біговою доріжкою, і коли однокурсниця забирала Оскара до себе, двері мали бути зачинені, адже він просто-таки вибухав заздрощами, якщо на тренажері опинявся інший пес.

Те, що почалося як невинний проєкт з вимірювання витрат енергії під час ходіння й бігу в людей, собак та кіз, зрештою перетворилося на професійну одержимість. Невдовзі я вирушив у Каліфорнію працювати над проєктом з вимірювання енерговитрат у шимпанзе, які ходили на двох лапах або на чотирьох. Згодом було організоване дослідження за участю людей, які бігали зі схрещеними на грудях руками — ми намагалися з'ясувати, яка енергетична перевага розмахування руками (насправді вона дуже мала). У 2010 та 2015 роках ми з Дейвом Райхленом і Браяном Вудом працювали в поселеннях гадза з переносною метаболічною лабораторією, вимірюючи витрати енергії цього племені під час будь-якої активності: ходіння, лазіння по деревах, спустошення вуликів диких бджіл, викопування бульб. А торік мені випала нагода попрацювати з Масахіро Хоріучі та іншими японськими колегами — ми вимірювали кількість спожитої енергії з кожним вдихом і серцебиттям.

Можливо, ви припускаєте, що подібні «езотеричні» зацікавлення мали б перетворити мене на вигнанця чи навіть парію. Однак у багатьох університетах у всьому світі є лабораторії, які вимірюють витрати енергії. Це яскрава, хоч і дещо еклектична галузь біології та медицини. Згаданій темі присвячують щорічні наукові конференції. Однак стверджувати, що я не самотній у своїй одержимості, ще дивніше. Навіщо *комусь* присвячувати кар'єру вимірюванню того, якою ціною нам усе це дістається?

В економіці життя калорії — це валюта. Ресурси обмежені, і якщо витратите енергію на одне завдання, то не зможете витратити її на інше. Еволюція — то бездушний бухгалтер, і наприкінці життя

важливо тільки одне: скільки нащадків, яким вдалося вижити, залишає по собі конкретний організм. В очах природного добору організми, які нерозумно витрачають отримані калорії, розмножуються гірше. Наступне покоління переважно складатиметься з потомства обережних особин, які дотримуються певної стратегії, — тих, хто найефективніше акумулював енергію й максимально мудро розподіляв калорії. Оскільки фізіологічні та поведінкові тенденції зазвичай успадковуються, такі нащадки, найпевніше, витратять калорії так само, як і їхні батьки. Нове покоління гратиме в ту саму гру, однак у цьому раунді конкуренція буде значно жорсткіша. Найменш ефективні суперники просто відсіюються. Протягом багатьох віків виживали ті організми, які мали ефективні стратегії з отримання й витрачання калорій. Кожен вид репрезентує особливу метаболічну стратегію, відшліфовану відповідно до його довкілля, — це і є той останній крок у нескінченній грі життя.

Хочете дізнатися, як еволюція вплинула на фізіологічні особливості видів? Чи вам кортить дізнатися, як саме «сортуються» або потрапляють до пріоритетів різні завдання в непрості часи? Відповіді підкажуть калорії.

На плечах гігантів

Ніщо не є таким безсумнівним, як наші потреби в їжі й диханні, але водночас розвиток науки про обмін речовин тривав дуже довго. Кожна подробиця, яку ми обговорювали в розділі 2, кожне слово та стрілка на рис. 2.1 потребували років кропіткої праці дослідника — а частіше й кількох охочих у всьому розібратися. Ця історія триває вже понад два століття.

Найперші прориви в науці метаболізму сталися в середині та наприкінці XVIII століття, коли європейські й американські дослідники зробили відкриття стосовно ролі кисню та їжі в житті людей. Як і їхні предки, тогочасні науковці чудово розуміли: щоб вижити, людям і тваринам потрібно їсти та дихати. Дехто навіть пов'язував метаболізм із процесом горіння, визнаючи, що тіла людей та інших ссавців виробляють тепло. Однак подробиці цих фактів залишалися досить розпливчастими. Ніхто й гадки не мав, *чого саме* ми потребували з повітря чи *як саме* наші організми використовують

їжу. На той час наука, про яку ми говорили в розділі 2, залишалася абсолютною загадкою.

Звісно, аж ніяк не допомагало й те, що ранні дослідження обміну речовин ґрунтувалися на абсолютно відсталому світогляді. Епоха Просвітництва набирала обертів, у XVII столітті вже з'явилися паростки сучасної західної науки, однак учені незмінно дотримувалися однієї думки: ми не отримуємо з повітря *нічого* важливого. Натомість дослідники вважали, що тепло, яке виділяється з тіла (як і тепло від вогню), становить особливу речовину, що отримала назву «флогістон». Вважалося, що це важлива складова горючих матеріалів, яка забезпечує їхнє легке займання й вивільнюється внаслідок горіння. Повітря її вбирало, однак могло утримувати тільки до певної міри. Якщо свічку накрити банкою, вона згасне — повітря всередині банки насититься флогістоном, вивільнення цієї речовини припиниться, і свічка не зможе горіти.

Кисень був відкритий лише 1774 року завдяки хіміку Джозефу Прістлі. Він назвав його «дефлогістованим повітрям», гадаючи, що це не що інше, як очищене, вільне від флогістону повітря. Під час візиту в Париж Прістлі презентував цю речовину колезі-хіміку Антуанові Лавуазьє. Їх обох неабияк захопила наука про горіння. Лавуазьє, якого багато хто вважає батьком сучасної хімії, відкинув ідею про «дефлогістоване повітря». Натомість він стверджував, що цей газ сам собою є речовиною, і назвав його «оксигеном», чи «творцем кислот» — за схильність викрадати електрони та утворювати кислоти (саме завдяки цим властивостям кисень відіграє важливу роль в електронно-транспортному ланцюзі. Лавуазьє був першим, хто зрозумів, що вогонь поглинає кисень. Він припустив, що живі організми роблять те саме.

У 1782 році Лавуазьє та його товариш П'єр-Сімон Лаплас здійснили геніальний експеримент, що привів до фундаментального прориву в науці про обмін речовин. Вони помістили морську свинку в невеликий металевий контейнер із закритою кришкою (у стінках були отвори для повітря) та поставили його в більше за розміром відро, почасти наповнене льодом. Після цього дослідники додали ще льоду — по боках контейнера та зверху, а тоді відкрили невеличкий отвір на денці відра. Вимірюючи кількість води, яка витікала з відра, вони змогли виміряти тепло, що його віддавала морська свинка.

Лавуазьє і Лаплас підраховували відношення спалених калорій та кількості CO_2 , який продукувала морська свинка, і дійшли висновку, що такий самий показник зазвичай фіксують під час спалювання деревини або свічкового воску. Відтак Лавуазьє зробив висновок, що дихання подібне до горіння, тож за своєю сутністю метаболізм — це передусім процес спалювання.

Уявіть, скільки дивовижних відкриттів вдалося б здійснити цьому досліднику, якби кілька років по тому його не стратили на гільйотині в буремні часи Французької революції.

Знадобилися цілі десятиліття копітких експериментів, щоб продемонструвати: тепло, яке утворюється під час спалювання їжі у вогні, точнісінько таке саме, як і те, що утворюється під час спалювання їжі в організмі, а обсяги спожитого кисню та виробленого CO_2 так само однакові. Погодивши ці основні правила, науковці отримали два загальні підходи до вимірювання енерговитрат: вони могли вимірювати тепло, яке виділяє організм (пряма калориметрія), або хімічний склад повітря, що вдихається й видихається (непряма калориметрія). З практичної точки зору вимірювати гази набагато простіше, ніж вимірювати тепло. Тож наприкінці XIX століття першовідкривачі в нових галузях харчування й енерговитрат застосовували вимірювання спожитого кисню та виробленого CO_2 як основний метод вимірювання спалених калорій у людей та тварин.

Минуло ще сто років, і я вибрав аналогічний підхід, щоб вимірювати енерговитрати Оскара, доки той ходив і трюхикав біговою доріжкою. На рисунку 2.1 ви можете побачити, що під час спалювання вуглеводів, жирів та білків споживається кисень і виробляється CO_2 . Вимірювання споживання кисню та вироблення CO_2 — це стандартний підхід до вимірювання калорій. Самі собою кисень та вуглекислий газ не становлять енергію, однак так тісно пов'язані з процесом вироблення АТФ та енерговитратами, що стали надійними й точними показниками вимірювання метаболізму.

А тепер перейдімо до подробиць, на які часто не звертають уваги. Оскільки кисень і CO_2 — це непрямі показники витрат енергії, є певні нюанси, які слід враховувати, використовуючи їх під час вимірювання метаболізму. По-перше, щоб організм досягнув стійкого стану

споживання кисню та продукування CO_2 , знадобиться щонайменше кілька хвилин активності. Якщо регулярно тренуєтеся, то для вас це аж ніяк не новина, адже ваше дихання й частота серцевих скорочень сягають середнього ритму не одразу. Короткі сплески активності — скажімо, спринт чи паверліфтинг — тривають не досить довго, щоб досягнути стійкого стану, і покладаються на анаеробний метаболізм, який не потребує споживання кисню, тож це ускладнює їхнє вимірювання. Крім того, кількість спаленої енергії відповідно до певної кількості спожитого кисню або виробленого CO_2 може дещо різнитися залежно від того, що саме спалюється в більшій кількості — вуглеводи, білки чи жири. «Суміш пального» зручно розраховувати за відношенням спожитого кисню та виділеного вуглекислого газу (CO_2). Цей показник називають коефіцієнтом дихального обміну, або дихальним коефіцієнтом (ДК). Завдяки йому витрати енергії вимірюють максимально точно.

Попри всі труднощі дослідникам вдалося проаналізувати витрати енергії для низки найрізноманітніших видів діяльності людини. Цими показниками керуються, розробляючи будь-який вид фітнес-обладнання чи будь-який онлайн-калькулятор, яким ви користувалися, щоб дізнатися, скільки спалили калорій. Хай що ви робили — активно займалися на орбітреку, струшували смартгодинник чи в божевільному темпі крутили педалі велотренажера, — кількість спалених калорій завжди ґрунтуватиметься на вимірюваннях спожитого кисню та виробленого CO_2 , що їх проводили в якійсь тестовій групі, а тоді аналізували в лабораторії. Принаймні саме на цьому й мають базуватися певні цифри, однак у нас немає «поліції метаболізму», яка перевіряла б, чи компанії не вводять людей в оману.

Досить часто енерговитрати зазначають у метаболічних еквівалентах (MET). Один MET визначають як 1 кілокалорію на кілограм маси тіла за годину, що приблизно відповідає енерговитратам у стані спокою. Щорічний «Довідник із фізичної активності» (*Compendium of Physical Activity*), який Барбара Ейнсворт та її команда випускають з 1993 року, це максимально повне джерело інформації для всіх, кого цікавлять витрати калорій під час певного виду діяльності. У ньому є метаболічні еквіваленти (MET) понад восьмисот видів фізичної активності, починаючи зі щоденних («набирання тексту: електронне, ручне, комп'ютерне»: 1,3 MET) і закінчуючи геть

неочікуваними («риболовля стоячи зі списом»: 2,3 МЕТ); з навидовижу розпливчастих («сексуальна активність, загальна, помірні зусилля»: 1,8 МЕТ) до приголомшливо незвичних («ходіння спиною вперед, 3,5 милі на годину, під гору, нахил (градієнт) 5 %»: 6,0 МЕТ). Я наводжу низку поширених видів діяльності та пов'язаних із ними енерговитрат у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Витрати енергії для різних видів діяльності 1 МЕТ = 1 ккал/кг/год

ДІЯЛЬНІСТЬ	МЕТ	ПРИМІТКИ
Стан спокою (відпочинок)	1,0	Під час сну показник може бути нижчий — 0,95 МЕТ
Сидіння	1,3	Те саме стосується й читання, перегляду ТБ та роботи за комп'ютером
Стояння	1,8	На двох ногах
Йога	2,5	У стилі хатха
Прогулянка	3,0	Зі швидкістю 4 км/год на рівній твердій поверхні
Спорт	6,0—8,0	Футбол, баскетбол, теніс та інші аеробні види спорту
Хатні справи	2,3—4,0	Прибирання, прання, миття підлоги тощо
Високоінтенсивні навантаження	10—13	Тренування «морських котиків», бокс, активне веслування тощо

Ближче до суті: енерговитрати під час ходіння, бігу, плавання та їзди на велосипеді

«7:45, ідемо».

На годиннику ще не було восьмої, а вже припікало. Те, що починалося як черговий прохолодний ранок у Гадзаленді, зрештою знову перетворювалося на спекотний день. Я долучився до гурту жінок

із племені гадза, які традиційно вирушили на пошуки їжі. Того дня це були ягоди конголобі — тверді кульки завбільшки з горошину, які майже на сто відсотків складалися з насіння, що його оповивав тоненький шар солодкувато-гострої м'якоті.

Залишивши табір о сьомій ранку, ми з жінками вже добрі пів години швидко рухалися вперед розтягнутою колоною вздовж ледь помітних відбитків від шин, що їх лишив по собі якийсь *Land Rover* чи пікап. Вони підіймалися з рівнин уздовж східного краю озера Еясі й перетинали скелясті пагорби Тліїка, даючи змогу випадковому мандрівникові потрапити в селище Доманга навпростець — звісно, якщо він мав на те причину, а його автівці не бракувало хорошої підвіски. Імовірно, пікап проїжджав тут раз на кілька тижнів — такого «транспортного навантаження» було досить, щоб не стерти з лиця землі золотаву траву й загартовані спекою зарості кущів. Сліди вели вздовж верхівки пагорбів Тліїка, а вигин цього шляху пролягав неподалік табору Сенгелі, і гадза, які там мешкали, часто використовували його як головну дорогу — і покидаючи селище, і повертаючись до нього.

«7:50, ідемо».

Ми йшли нескінченним золотавим океаном сухої трави, проминаючи акацієві насадження, височезні баобаби й густі зарості сухих кущів. Урешті-решт, дісталися великої ділянки, зарослої кущами конголобі, де, зійшовши зі шляху, жінки розсипалися в заростях. Вони жваво зривали жмені ягід із тонких стебел, набиваючи ними конги. Ці барвисті прямокутні клапти з тонкої тканини завбільшки з пляжний рушник прив'язувалися до плечей, як торбини, утворюючи глибокі кишені на рівні стегон. Того дня я мав невідривно стежити за Майлі — шістдесятип'ятирічною жінкою, яка вирушила на вранішнє збирання ягід. Майлі була не проти, щоб я ходив за нею й робив нотатки, однак мовчки дала зрозуміти, що плутатися під ногами чи набридати не варто.

Так звані сфокусовані спостереження — це хліб насущний усієї антропології — щоденні спостереження, що, накопичуючись із часом, надають деталізований портрет життя в окремій спільноті. Головний фокус полягає в тому, щоб ви залишалися непомітним, а день плинув без вашого втручання. Метушня із записниками чи падання з ніг від виснажливої спеки свідчать про погану форму. Я був у чудовій формі

й мав у наплічнику пляшку води та батончик із мюслі, тож не надто переймався виснаженням. Просто робив нотатки згідно з інструкціями Браяна Вуда, котрий здійснив десятки подібних спостережень і був природженим антропологом: тримав диктофон у правій руці і що п'ять хвилин пошепки коментував, що робить Майлі саме цієї миті.

«7:55, ідемо».

Утім, була одна проблема — я відчував щораз більше збентеження. Я не тільки мовчки тинявся серед жінок, пильно спостерігаючи за всіма, мов той наставник на католицькому випускному, але й кожнісінькі п'ять хвилин нашіптував щось у диктофон, мов найгірший у світі шпигун. І що тихіше намагався говорити, то абсурдніше почувався, шепочучи в маленьку чорну коробочку посеред безмежної порожнечі африканської савани. Та й коментар майже завжди був незмінний: *ідемо*.

Бути гадза означає ходити. І знову ходити. А потім іще, і ще. Щодня. У середньому протягом дня жінка з племені гадза проходить п'ять миль [16](#), а чоловіки зазвичай долають приблизно вісім з половиною [17](#). Жінка віку Майлі за життя долає понад 100 000 миль — цього досить, щоб чотири рази обігнути земну кулю. А чоловік, якому виповнилося сімдесят років, протягом життя проходить 239 000 миль — відстань від Землі до Місяця.

«8:00, ідемо».

За кілька годин, коли ми нарешті повернулися до табору, Браян поцікавився моїми враженнями від спостереження. Я сказав, що все було просто *чудово*. Усе добре. Жодних проблем. Мені було надто соромно згадувати про своє роздратування з приводу коментарів «*ідемо*». Звісно, це не дуже добре характеризувало мене і як дорослого чоловіка, і як антрополога. Ми з Браяном товаришували ще з часів аспірантури в Гарварді і, хоч обоє навчалися на факультеті антропології, зрештою отримали зовсім різний практичний досвід. Доки я працював на польовій станції, виставляючи собак та кіз на бігові доріжки, і вивчав фізіологічні особливості обміну речовин, Браян жив із гадза й засвоював усі тонкощі реальної роботи антрополога в полях — сфокусовані спостереження, інтерв'ю, екологію збиральництва. Тож тепер, багато років по тому, під час «польового сезону» з гадза я відчайдушно намагався не бути слабкою ланкою. Не хотів визнавати, що, користуючись диктофоном, почувався

як ідіот. Серйозні й віддані справі антропологи ніколи не дозволять, щоб на їхню роботу негативно впливало щось на кшталт марнославства.

Утім, трохи згодом, коли ми з Браяном та Дейвом Райхленом обідали й обговорювали події того дня та планували наступний, я їм таки відкрився. Сказав, що почувався... *дивно*, що п'ять хвилин повторюючи в диктофон: «Ідемо», мов той божевільний, що тиняється Пенсильванським вокзалом, розмовляючи з поламаним айфоном.

— А-а-а... Тобі не треба було цього робити, — мовив Браян.

Що?! Не робити нотатки про те, що відбувається, кожнісінькі п'ять хвилин? Це видавалося серйозним порушенням «Кодексу спостережень антропологів» — звісно, якби такий існував насправді. Правило № 1: Роби нотатки що п'ять хвилин. Правило № 2: Не помри (бо це спричинить плутанину в нотатках). Правило № 3: Не порушуй правила № 1.

Браян розповів про свій підхід до справи: щоразу, як обов'язкового «п'ятихвилинного коментаря» не було, можна було припустити, що в цей час усі просто йшли. Ходіння вважали стандартною діяльністю, подібною до дихання. Звісно, прокоментувати, що хтось це робить, не зайве, але більш важливо й корисно занотовувати, коли всі зупинилися. Для такого досвідченого польового дослідника, як Браян, логіка була очевидна.

«Коли ти вирушаєш кудись із гадза, то *завжди* йдеш».

Ходіння — це така характерна риса життя гадза, що саме цю діяльність ми передусім узялися вимірювати разом із Дейвом і Браяном, почавши роботу над проєктом з витрат енергії 2009 року. Під час першого сезону, який провели поряд із гадза, вимірюючи добові витрати енергії за допомогою води з подвійним маркуванням, ми привезли з собою переносну систему для респірометричного вимірювання. Вона була дуже важка й коштувала вдвічі дорожче, ніж моя *Honda Civic*, однак уміщувалася в портфелі та чудово вимірювала рівень споживання кисню й продукування CO₂. Учасники дослідження надягали легку пластикову маску на ніс і рот — вона була подібна до кисневих масок, що їх зазвичай використовують у лікарнях. До маски кріпили тонку трубку, з'єднану з приладом завбільшки з товстий роман у паперовій палітурці, який кріпився до спеціальної шлей. Це була крихітна метаболічна лабораторія.

Для випробувань ми розчистили навколо табору рівну стежку. Чоловіки й жінки з племені гадза мали ходити нею протягом п'яти-семи хвилин зі стабільною швидкістю, тоді як маска й сенсорний датчик вираховували рівень їхніх енерговитрат (кількість кілокалорій, спалених за хвилину), ґрунтуючись на показниках споживання кисню та вироблення CO₂. Відтак ми з'ясували, що, ходячи, гадза спалюють таку саму кількість енергії, як і решта людей:

Енерговитрати під час ходіння (ккал/миля) = 0,36 × вага (фунти)

Ця формула походить із масштабного метааналізу, що його здійснили Джонас Рубенсон та його колеги, об'єднавши дані з двадцяти різних досліджень. Дані, отримані від гадза, не відрізнялися від масштабнішої вибірки. Вочевидь, те, що людина постійно ходить протягом життя, зовсім не означає, що вона робить це ефективніше, ніж інші.

Застосувавши формулу для вимірювання енерговитрат під час ходіння, ви з'ясуєте, що, долаючи милю, середньостатистична людина з вагою 150 фунтів¹⁸ спалює 54 кілокалорії ($0,36 \times 150 = 54$). Більш тендітна особа, чия вага становить 100 фунтів¹⁹, спалює 36 ккал. (Ці показники не включають енерговитрат у стані спокою, про які поговоримо трохи згодом.) Якщо хочемо врахувати зусилля, витрачені на носіння наплічника чи дитини, слід додати їхню вагу до показника «Вага», перш ніж помножити його на 0,36. Отже, людина з масою тіла 180 фунтів та наплічником завважки 20 фунтів загалом важить 200 фунтів і за милю спалить 72 ккал.

Порівняно з ходінням біг потребує більше енерговитрат. У тому-таки дослідженні Рубенсон із колегами вивчали дані з двадцяти трьох досліджень, що стосувалися витрат енергії під час бігу, і з'ясували, що енерговитрати під час бігу на милю зростають із вагою:

Енерговитрати під час бігу (ккал/миля) = 0,69 × вага (фунти)

Отже, можна очікувати, що, пробігши милю, людина з вагою 150 фунтів спалить 102 калорії ($0,69 \times 150 = 102$). Оскільки 150 фунтів — це типова вага дорослої людини, можемо застосувати

емпіричне правило: енерговитрати під час ходіння становлять 50 ккал на милю, а під час бігу — 100 ккал. Біг потребує вдвічі більше витрат енергії, ніж ходіння, однак йому далеко до плавання. Дослідження за участю провідних плавців, яке разом із колегами проводили Паола Зампаро і Карло Капеллі, визначають енерговитрати під час плавання так:

$$\text{Енерговитрати під час плавання (ккал/миля)} = 1,98 \times \text{вага (фунти)}$$

Цей показник майже втричі більший порівняно з витратами енергії під час бігу. Як порівняти, з точки зору енергії катання на велосипеді менш витратне:

$$\text{Енерговитрати під час їзди на велосипеді (ккал/миля)} = 0,11 \times \text{вага (фунти)}$$

Це лише одна третя енерговитрат під час ходіння, щоправда, швидкість їзди має становити 15 миль на годину. Витрати енергії стрімко зростають зі збільшенням швидкості, і на них впливають такі чинники, як вітер, дорожнє покриття, конструкція шин і тиск (що водночас впливають на спротив коченню). Однак за економічністю велосипед вигідно відрізняється від найбільш дружньої до довкілля автівки з бензиновим двигуном. Скажімо, щоб здолати 55 миль, *Toyota Prius* завважки 3000 фунтів спалює галон пального (28 800 ккал), а це означає, що її енерговитрати на 1 фунт (0,175 ккал на милю) на 60 % вищі, аніж під час їзди на велосипеді.

І наостанок нашого «туру» способами пересування, що їх забезпечує сила м'язів людини, пропоную розглянути енерговитрати під час сходження. Незалежно від того, чи ви чоловік із племені гадза, який видряпується на баобаб, щоб дістати мед із вулика в його кроні, чи альпініст на високій скелі, а чи звичайний бухгалтер, який підіймається сходами на роботу, енерговитрати під час сходження зростають із вагою:

$$\text{Енерговитрати під час сходження (ккал/фут²⁰)} = 0,0025 \times \text{вага (фунти)}$$

На перший погляд, витрати енергії під час сходження можуть видатися низькими, та зауважте: на відміну від енерговитрат під час ходіння, бігу, плавання й катання на велосипеді, формула сходження визначає енерговитрати на кожний *фут*, з яким зростає висота, тоді як витрати енергії під час інших видів діяльності розраховують на *милю*. Насправді за однакової відстані сходження у тридцять шість разів більш енерговитратне, аніж ходіння, і, безперечно, воно найбільш енерговитратне з-поміж усіх способів пересування, що залучають м'язову силу людини. Звісно, ходіння або біг схилом униз *менш* витратні щодо енергії, ніж пересування рівниною, — якщо схил не надто крутий і вам не потрібно докладати великих зусиль, щоб спуститися.

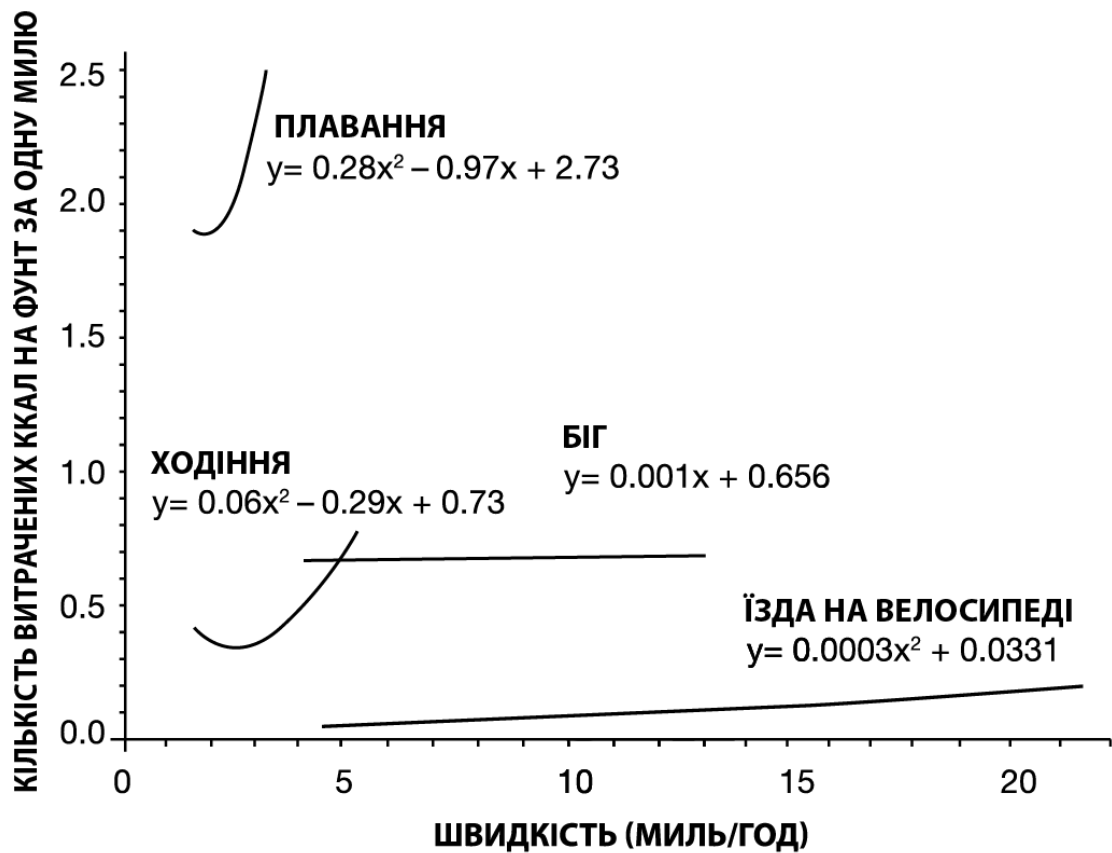
[16](#) 8,04 км.

[17](#) 13,6 км.

[18](#) Приблизно 68 кг.

[19](#) 45 кг.

[20](#) 30,48 см.



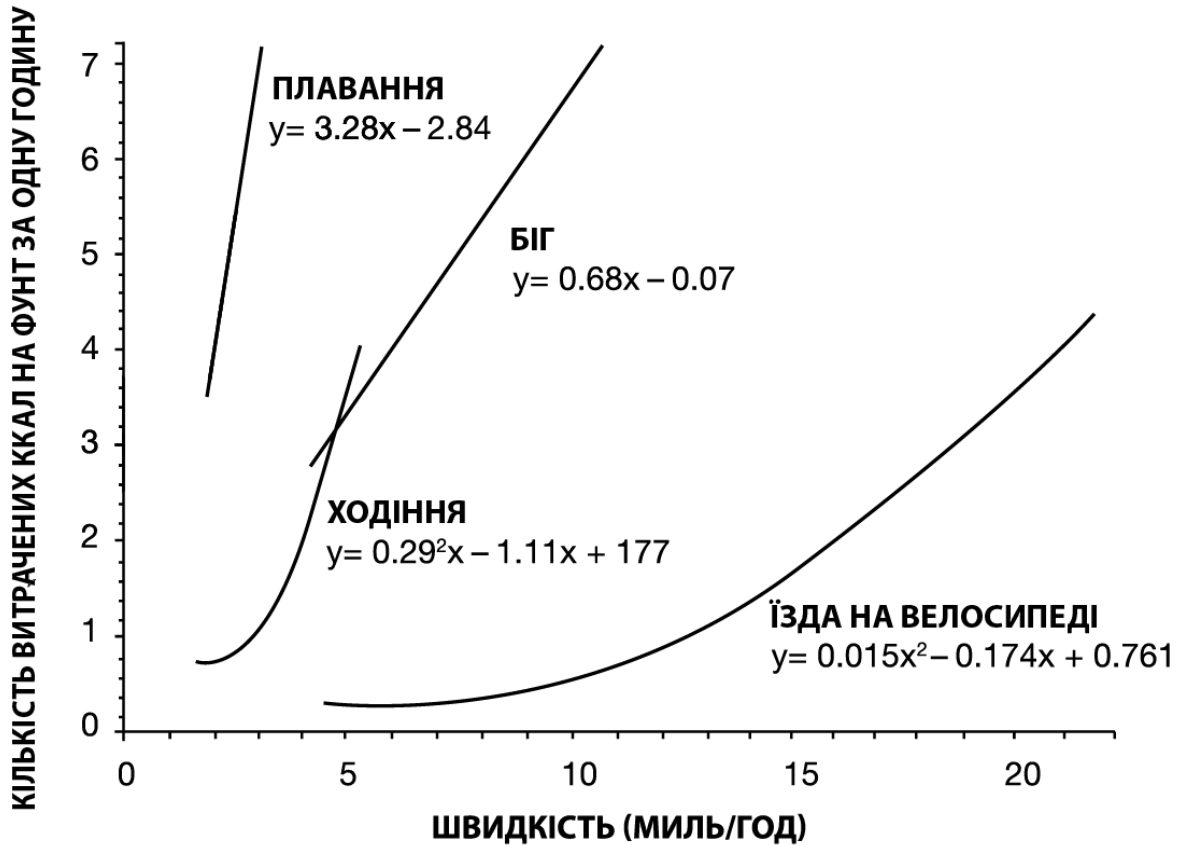


Рис. 3.1. Витрати енергії (кількість спалених ккал на фунт маси тіла) для видів діяльності, що залучають м'язову силу. На верхній діаграмі продемонстровано кількість енергії, яку спалюють, здолавши милю, на нижній — витрати енергії за одну годину.

До речі, щодо підвищень, на які ми зазвичай натрапляємо на стежках і тротуарах (під кутом до 10 градусів), — додаткові витрати енергії для сходження вгору зазвичай приблизно дорівнюють кількості енергії, що її заощаджують, спускаючись униз. Енерговитрати під час сходження та спуску здебільшого можна не враховувати, якщо оцінюєте витрати енергії на прогулянці місциною, рівень підняття рельєфу якої загалом незначний.

Вплив швидкості, підготовки й техніки

Мабуть, ви з власного досвіду знаєте: що швидше ходите, бігаєте, їдете на велосипеді, підіймаєтеся нагору чи пливете, то важче дихаєте

й більше енергії спалюєте. Здається, що провідні спортсмени рухаються, не докладаючи особливих зусиль, тоді як ми, прості смертні, хекаємо й важко віддишуємося. Насправді швидкість впливає на витрати енергії у два способи, однак цей вплив не завжди відповідає нашим уявленням. А підготовка й техніка важать значно менше, ніж ви припускаєте.

Основний спосіб, у який швидкість впливає на енерговитрати, досить простий: що швидше рухаємося, то швидше наші м'язи мусять штовхати наші тіла вперед і то швидше спалюємо калорії. Якщо за одну милю ми спалюємо 100 ккал, то за годину спалимо 600 — за умови, що бігтимемо зі швидкістю 6 миль на годину (долаючи милю за 10 хвилин). Або 1000 ккал, якщо рухатимемося зі швидкістю 10 миль на годину й долатимемо милю за 6 хвилин. Інакше кажучи, швидкість, з якою ми спалюємо енергію (ккал/хв чи ккал/год), зростатиме безпосередньо зі збільшенням швидкості руху. Збільшення витрат енергії за хвилину під час ходіння, бігу, плавання та їзди на велосипеді продемонстроване на рис. 3.1.

Імовірно, саме це ви інтуїтивно й припускали — збільшення швидкості нерозривно пов'язане зі швидшими витратами енергії, однак кінцевий результат неабияк дивує: незалежно від того, наскільки швидше бігтимете, здолавши одну милю, ви спалите ту саму кількість калорій. Тобто, пробігши три милі на максимальній швидкості, ви спалите стільки ж калорій, як і тоді, коли здолаєте цю відстань у легкому темпі, просто в першій ситуації спалюватимете їх (і завершите пробіжку) швидше. Бігти у швидкому темпі зазвичай важко, оскільки наша стомлюваність пов'язана з тим, як інтенсивно ми працюємо (зокрема, скільки ккал за хвилину спалюємо), а не тільки із загальною кількістю витрачених калорій. Утім, про витривалість і стомлюваність ми докладніше поговоримо в розділі 8, а наразі досить знати те, що наші «витрати пального» під час бігу зі швидкістю не змінюються.

Однак ситуації з плаванням, ходінням і катанням на велосипеді інші — за цих видів діяльності швидкість також впливає на «витрати пального» — власне, на те, скільки енергії и спалюємо за одну милю. Цей вплив очевидний, і його добре видно на кривих рис. 3.1, що демонструють зв'язок між швидкістю й витратами енергії на одну милю. Візьмімо, наприклад, ходіння. Під час ходіння в найбільш

«економному» темпі — зі швидкістю майже 2,5 милі на годину — людина, чия вага становить 150 фунтів, спалює приблизно 50 ккал на милю. З точки зору енерговитрат можемо вважати це оптимальною швидкістю, оскільки вона потребує найменшої кількості енергії на милю. Ходіння в пришвидшеному темпі зі швидкістю 4 милі на годину збільшить витрати енергії приблизно на 40 % (приблизно 70 ккал на милю). А якщо швидкість становитиме 5 миль на годину, енерговитрати на ходіння перевищуватимуть ті, що їх потребує біг, тож на такій швидкості вигідніше *бігти*, ніж *іти*.

Унаслідок еволюції ми стали дуже чутливими до змін у витратах енергії під час ходіння. Поставте когось на бігову доріжку й поступово збільшуйте швидкість — якоїсь миті ця людина природно перейде від ходіння до бігу, і це станеться, коли вона наблизиться до метаболічної перехідної швидкості, коли вигідніше *бігти*, ніж *іти*²¹. Попросіть учасників експерименту пройти трек у звичному темпі або поспостерігайте за перехожими на вулиці й побачите, що всі вони намагаються дотримуватися оптимальної швидкості з точки зору витрат енергії. Звична швидкість під час ходіння також залежить від наших цілей і довкілля. Швидкість мешканців мегаполісів з їхнім шаленим темпом життя й гадза, яким повсякчас треба займатися збиральництвом, зазвичай перевищує їхню оптимальну швидкість з точки зору витрат енергії. Вочевидь, за сприятливих умов ми охоче витрачаємо більше енергії на милю, щоб заощадити час і здолати більшу відстань. Подібно до інших тварин унаслідок еволюції люди стали справжніми стратегами, коли йдеться про те, як ми витрачаємо енергію.

Енерговитрати (ккал/миля) під час ходіння зростають зі швидкістю через характерну механіку ходи. З кожним кроком ми підіймаємося та опускаємося; під час ходіння наш центр тяжіння рухається за траєкторією, подібною до тієї, що притаманна «американським гіркам». Однак якщо ми починаємо пересуватися швидше, рух «угорувниз» потребує більше зусиль. Коли ж переходимо на біг, наші ноги перетворюються з негнучких підпор на пружні палиці-стрибунці, і ми підстрибуємо на кожному кроці. Авжеж, під час бігу ми теж підіймаємося й опускаємося, але механіка бігу, що подібна до роботи пружини, приводить до рівномірного відношення енерговитрат і швидкості. Енерговитрати під час їзди на велосипеді й плавання

(ккал/миля) зростають зі швидкістю, однак з інших причин, аніж витрати енергії під час ходіння. Коли ви пливете чи їдете на велосипеді, ваше тіло рухається крізь рідину (воду чи повітря), тож доводиться витрачати енергію на боротьбу з їхнім опором. Що швидше рухаєтеся, то сильніший опір відчуваєте — він намагається вас сповільнити. Цей вплив напрочуд сильно виявляється у плаванні: збільшивши швидкість із двох до трьох миль на годину, з кожною милюю ви спалюватимете на 40 % більше енергії. Щодо їзди на велосипеді, то енерговитрати на протистояння опору майже несуттєві, коли йдеться про швидкість до 10 миль на годину (з тієї самої причини аеродинамічний опір не є суттєвим чинником і під час бігу). Однак якщо швидкість перевищує 10 миль на годину, вплив цього чинника значно зростає. Збільшивши швидкість із 10 до 20 миль на годину, велосипедистка з вагою 150 фунтів на одну милю витратиме на 15 ккал більше; зростання швидкості з 20 до 30 миль на годину приведе до збільшення енерговитрат — на 25 ккал на одну милю. Усе це дає змогу припустити, що немає такого вітру, який впливав би на аеродинамічний опір, збільшуючи або зменшуючи потік повітря відносно велосипедиста. Їзда на велосипеді зі швидкістю 20 миль на годину та зустрічним вітром зі швидкістю 10 миль на годину супроводжуватиметься таким самим аеродинамічним опором, що й рух на швидкості 30 миль на годину за безвітряної погоди.

На диво, рівень підготовки й техніка мають незначний вплив на енерговитрати, пов'язані з різними видами рухливої діяльності. Дослідження за участю провідних бігунів демонструють досить суперечливі результати: у деяких підкреслюють, що добре треновані атлети витрачають менше енергії на милю, тоді як в інших ідеться про те, що особливої різниці у витратах енергії не помічено. Дехто з дослідників удався до більш контрольованого підходу: учасники досліджень тренувалися тижнями або місяцями, й увесь цей час у них вимірювали енерговитрати. Ці дослідження не завжди демонстрували суттєвий вплив тренувань на енерговитрати на милю, ба навіть у тих, що його засвідчували, він був зовсім незначний — від 1 до 4 %. Такий вплив може бути суттєвим, коли йдеться про важливі змагання, де забіг можна виграти або програти за якусь частку секунди, однак для середньостатистичної людини він залишається майже непомітним.

Вплив техніки і спорядження так само незначний. У дослідженні витрат енергії під час плавання, що його Капеллі проводив разом із колегами, вдалося з'ясувати, що енерговитрати на милю для спортсменів, які плавають вільним стилем, на спині чи у стилі батерфляй, майже однакові (для плавання брасом вони помітно вищі). Вочевидь, ви можете плавати в будь-якому стилі, і це мало впливатиме на те, скільки енергії буде витрачено, доки долаєте відстань від одного краю басейну до іншого. Те саме стосується й бігу. Інтернет кишить докладними і, здавалося б, доречними порадами щодо того, як тримати руки під час бігу, і здебільшого це суцільні нісенітниці — принаймні з погляду енергетики. Можете бігти, склавши руки на грудях, за спиною, ба навіть на голові — кількість спалених калорій зросте тільки на 3—13 %. Шалена новинка — взуття для бігу *Nike Vaporfly* за \$ 250 — обіцяє знизити ваші енерговитрати під час пробіжки приблизно на 4 %. Авжеж, винахід дивовижний, але для спортсмена з вагою 150 фунтів заощадження 4 % енергії — це додаткові 4 ккал на милю, тобто еквівалент однієї цукерки «М&М». Зазвичай таке зниження енерговитрат не має особливого значення, хіба що ви берете участь у змаганнях найвищого рівня. Оскільки витрати енергії на милю з вагою зростають, середньостатистична людина із зайвою вагою, скинувши кілька фунтів, помітить значне поліпшення енерговитрат під час бігу (і не тільки). Кожен відсоток зниження ваги означає аналогічне зниження енерговитрат на милю.

Милі та пончики

Можемо скористатися формулами розрахунку енерговитрат під час ходіння, бігу й сходження, щоб об'єктивно розглянути витрати енергії під час різних видів активності. Здебільшого енерговитрати під час фізичних навантажень досить малі. Візьмімо середньостатистичного дорослого з вагою 150 фунтів. Навіть якщо він протягом дня зробить рекомендовані 10 000 кроків (здолає приблизно 5 миль), це потребуватиме тільки 250 калорій — аналогічну кількість містять баночка газованої води (240 ккал) чи половина «біг мака» (270 ккал). Підіймаючись сходами на 10 футів угору, людина спалить 3,5 ккал — менше, аніж вона отримає з однієї цукерки «М&М». Щоб спалити калорії, отримані з пончика з шоколадною помадкою, доведеться

пробігти 3,5 милі, а якщо це калорії з великого молочного коктейлю з *McDonald's* (840 ккал), дистанція збільшиться до більш ніж 8 миль.

Звісно, коли йдеться про екстремальнішу активність, енерговитрати зростають. Пробігши марафон, спортсмен, чия вага становить 150 фунтів, спалить майже 2690 ккал. Під час тріатлону *Ironman* (плавання — 2,4 милі, велосипед — 70,1 милі, біг — 26,2 милі) можна спалити приблизно 8000 ккал — це якщо припустити, що швидкість під час велосипедного етапу становитиме 25 миль/год, і учасник виявиться швидким плавцем. Здолавши 100 миль²² під час ультрамарафону «Вестерн Стейтс», ви спалите орієнтовно 16 500 ккал — і це не враховуючи енерговитрат у зв'язку зі збільшенням висоти. Похід Аппалачською стежкою із 30-фунтовим наплічником вартуватиме приблизно 140 000 ккал.

А як щодо Майлі та інших жінок гадза, які мало не весь день ходять у пошуках їжі? За статурою чоловіки й жінки з племені гадза менші порівняно з дорослими людьми індустріалізованого світу. У середньому вага жінки з цього племені становить майже 95 фунтів. Водночас звичайна жінка гадза, яка щодня долає 30 п'ять миль, за рік спалить орієнтовно 63 000 ккал — і це тільки під час ходіння. Це чимало енергії.

Проте це все одно менше порівняно з тією кількістю, що знадобиться для внутрішньоутробного розвитку дитини.

Тіло в стані спокою

Коли починаємо рухатися, усі основні функції, які виконують клітини, щоб наше тіло залишалося живим і бадьорим, не припиняються. Натомість вони тривають у своєрідному фоновому режимі та спалюють енергію — авжеж, саме таку ціну ми платимо за те, що живемо. Розрахунки енерговитрат за формулами для ходіння, бігу, їзди на велосипеді й плавання — це витрати енергії, *додаткові* до тих, що вже тривають у фоновому режимі. Говорячи про фізичні навантаження й енерговитрати, ми часто забуваємо про ці невидимі процеси, однак вони набагато ефективніші, аніж усе те, що ви звикли робити в тренажерному залі.

«Фонові» енерговитрати називають по-різному: основний обмін, базовий рівень метаболізму, базові витрати енергії, енерговитрати

у стані спокою, рівень метаболізму у спокої тощо. Це розрізнення відбиває незначні відмінності у способах вимірювання рівня метаболізму. Варто зауважити, що дослідники бувають не надто обережні, вживаючи той чи той термін і відтак спричиняючи ще більшу плутанину. Найточнішим показником є основний обмін: це рівень витрат енергії, що його вимірюють рано-вранці, коли об'єкт дослідження спокійно лежить, однак не спить; це роблять натще (жодної їжі протягом останніх 6 годин) і за комфортних температурних умов. Якщо одного чи кількох із цих критеріїв дотриматися не вдалось, одержаний показник вважають енерговитратами у стані спокою (або називають це по-іншому) і докладно описують умови, за яких здійснювали вимірювання.

Основний обмін (а також його численні назви-варіації) — це енергія, яку ваше тіло спалює тоді, коли нічого не робить, не перетравлює їжу й не намагається зігрітися. Найкраще уявити це так: це вся енергія, що її витрачають ваші органи, виконуючи найрізноманітніші завдання. Що більші ваші розміри, то більші й органи — і то більше роботи вони виконують щодня. Тож і не дивно, що основний обмін (у ккал на день) зростає зі збільшенням ваги (фунти):

Малюки (від народження до 3 років): $ОО = 27 \times \text{вага} - 30$

Діти (з 3 років і до статевої зрілості): $ОО = 10 \times \text{вага} + 511$

Жінки: $ОО = 5 \times \text{вага} + 607$

Чоловіки: $ОО = 7 \times \text{вага} + 551$

Нам потрібні різні формули розрахунків основного обміну для малюків, дітей, чоловіків і жінок із двох причин. По-перше, на нього досить дивно й нелінійно впливають розміри нашого тіла. У малих організмів (включно з маленькими людьми) енерговитрати на фунт маси тіла значно суттєвіші, аніж у великих, і ми ще обговоримо це трохи нижче. Ось чому коефіцієнт для малюків (27) мало не в чотири-п'ять разів вищий, ніж у чоловіків (7) і жінок (5). По-друге, коли досягаємо зрілості, а наші тіла у своїй фізіології вже зосереджуються не на *розвитку*, а на *розмноженні*, метаболізм зазнає змін.

З досягненням статевої зрілості змінюється й будова тіла — скажімо, у жінок відкладається більше жирових запасів, аніж у чоловіків.

Порівняно з іншими тканинами жир не витрачає багато енергії, тож

у середньому жінки спалюють менше калорій на фунт ваги (5), ніж чоловіки (7).

Наведені вище формули розрахунку основного обміну дають уявлення про те, скільки енергії на день потребує «фоновий режим» вашого тіла, однак це дуже приблизні показники. Ваш основний обмін може легко опуститися нижче від прогнозованого формулою значення або перевищити його приблизно на 200 ккал на день. Здебільшого такі коливання пов'язані з будовою тіла. Якщо більшу частину маси вашого тіла становить жир, рівень основного обміну, імовірно, опуститься нижче від прогнозованого значення, тоді як завдяки м'язовим тканинам він може перевищити таке значення. Це одна з вагомих причин, що з віком змушує людей помічати «уповільнення» їхнього метаболізму — ідеться про те, що, досягнувши середніх літ, ми поступово починаємо «обмінювати» м'язи на жир.

Що ж до м'язових тканин, кількість спалених протягом дня калорій теж може різнитися. Деякі ваші органи досить спокійні з точки зору метаболізму, тоді як інші щодня спалюють стільки енергії, що її вистачило б для забігу на три милі. На основний обмін помітно впливають індивідуальні відмінності в розмірах різних органів, зокрема відношення м'язової маси й маси органа. А просто зараз пропоную вам зазирнути за лаштунки «таємного метаболічного життя» ваших органів.

М'язи, шкіра, жир і кістки

Найбільші органи водночас найбільш «спокійні». Візьмімо для прикладу середньостатистичного американця. М'язові тканини становлять 42 % маси його тіла, однак відповідають тільки за 16 % основного обміну, спалюючи приблизно 280 ккал на день (приблизно 6 ккал/день на 1 фунт). Ваша шкіра важить 11 фунтів, однак спалює тільки 30 ккал на день; скелет має трохи більшу вагу, але щодня спалює ще меншу кількість кілокалорій. Жирові клітини значно активніші, аніж можете уявити — вони синтезують гормони й запасують глюкозу та ліпіди, забезпечуючи ваше тіло запасами енергії. Утім, кожен фунт жирової тканини щодня спалює тільки 2 ккал — загалом це приблизно 85 ккал на день для дорослого з вагою 150 фунтів, 30 % якої становить жирова маса.

Серце й легені

Серце — це своєрідний насос, що його утворюють м'язи. Воно має власну електричну систему, і це пояснює, чому в давні часи серця сакральних жертв племені мая далі билися, коли їх виривали з грудей. З кожним скороченням серце виштовхує в аорту приблизно 2,5 унції (70 мл) крові. Це майже п'ять кварт (чи п'ять літрів) за хвилину — майже вся кров, що її містить ваше тіло. І це у стані спокою! А під час фізичних навантажень об'єм перекачуваної крові може легко зрости в кілька разів. Дивовижно, однак уся ця робота супроводжується досить низькими енерговитратами — приблизно 2 калорії на одне скорочення. (Зауважте: не *кілокалорій*, а саме калорій, себто йдеться про 0,002 ккал.) Якщо ваш пульс у стані спокою становить 60 ударів на хвилину, за годину серце спалює 8 ккал — енергетичний еквівалент двох «M&M's». Що ж до основного обміну, то на частку серця припадає приблизно 12 %. Як порівняти, то розміри легень більш ніж удвічі перевищують розміри серця, однак вони спалюють орієнтовно 80 ккал на день, що становить приблизно 5 % ОО.

Нирки

Це своєрідна команда прибиральників вашого організму — невтомна, життєво необхідна й недооцінена. Крім того, що вони відповідають за підтримання належного вмісту води у вашому тілі, нирки виконують масштабну роботу, виводячи з організму відходи й токсини та щоденно фільтруючи 180 літрів крові. Мільйони мікроскопічних «сит» (нефронів) тридцять разів на день очищують кожную краплину крові, перекачуючи солі та інші молекули сюди-туди, щоб максимально знизити вміст шкідливих речовин і зберегти корисні. Попри це люди й далі витрачають шалені гроші та час (здебільшого на туалет!), віддаючи перевагу модним «очищувальним засобам», що обіцяють вивести з їхнього організму всі токсини. Насправді ж більшість цих продуктів тільки нагромаджують в організмі багато сміття, що його доводиться прибирати ниркам (а тепер серйозно: припиніть це робити!). Також нирки виконують важливе метаболічне завдання, що його називають глюконеогенезом — вони перетворюють молочну кислоту й гліцерин (із жирів) та амінокислоти (з білків) на

глюкозу (рис. 2.1). Уся ця метаболічна робота потребує чимало енергії. Разом ваші нирки важать тільки пів фунта, однак щодня спалюють приблизно 140 ккал, що становить 9 % основного обміну.

Печінка

Це неоспівана героїня вашого тіла — справжня «метаболічна фабрика» завважки 3,5 фунта, що бере участь майже в усіх життєво важливих процесах організму, включно з усіма «головними шляхами», зображеними на рис. 2.1. Водночас це основне сховище глікогену — цей орган здійснює більшу частину роботи з перетворення глюкози на глікоген, а глікогену знову-таки на глюкозу. Печінка перетворює фруктозу на жир (утворюючи запаси) або на глюкозу, яку можна спалити. Вона розщеплює невикористані хіломікрони та зберігає жир або «перепакує» його в інші ліпопротеїнові контейнери (включно з ліпопротеїдами низької щільності (ЛПНЩ) та ліпопротеїдами високої щільності (ЛПВЩ)) із вашої ліпідограми). Печінка — це головний майданчик глюконеогенезу, під час якого жири й амінокислоти за потреби перетворюються на глюкозу, а азотовмісні головки молекул амінокислот — на сечовину, що виводиться з організму разом із сечею. Також вона є основним пунктом кетогенезу. Крім того, цей орган розщеплює широкий спектр токсинів — від алкоголю до миш'яку (але ж вам *однозначно* потрібно спробувати той «детокс» із грейпфрута й кленового сиропу, чи не так?..) Під час цієї безперервної метаболічної діяльності спалюється приблизно 300 ккал на день, що становить 20 % основного обміну.

Шлунково-кишковий тракт (ШКТ)

Подібно до всіх тварин, які мають виражені пащі й сідниці, ми, люди, насправді уособлюємо ретельно й майстерно продумані трубки. Цією трубкою є ваш шлунково-кишковий тракт, що проходить від рота до шлунка, а тоді йде далі — через тонкий і товстий кишечники до анального отвору. Як ми вже зауважували в розділі 2, це своєрідний «переробний завод», що забезпечує перетравлювання їжі та перетворення її на поживні речовини. ШКТ людини важить майже 2,5 фунта й за годину спалює приблизно 12 ккал — і це тільки у стані спокою та натще. Травлення «вартує» більше — приблизно 10 %

спожитих протягом дня кілокалорій або 250—300 ккал для середньостатистичного дорослого. Достеменно не відомо, яка частка енергії, спаленої кишечником, припадає на трильйони бактерій, які невтомно працюють у нашому мікробіомі. Нещодавнє дослідження за участю мишей, що його разом із колегами виконали Сара Бар та Джон Кірбі, дало змогу припустити, що частка калорій, спалених мікробіомом, може становити 16 % основного обміну людини. Своєю чергою це означає, що енерговитрати ШКТ у стані спокою (орієнтовно 12 ккал на годину) майже повністю пов'язані з діяльністю бактерій у нашому кишечнику. Звісно, для того щоб визначити, чи це правильна оцінка, знадобляться додаткові дослідження, однак вищезазначені дані дають нам певне уявлення про те, скільки енергії щодня витрачають наші друзі-бактерії.

Мозок

Мозок та печінка ділять між собою титул «найбільш витратного органа». Ваш мозок важить трохи менше, ніж 3 фунти, однак щодня спалює приблизно 300 ккал, що становить 20 % основного обміну. Той факт, що мозкова тканина витрачає дуже багато енергії, і є головною причиною того, що у тварин нечасто буває мозок великого розміру. Еволюція напрочуд рідко спрямовує велику кількість енергії до мозку, а не витрачає її на виживання й розмноження. Крім того, мозок — то примхливий вередун. Він майже повністю працює на глюкозі (але в крайньому разі може спалювати кетони). Нейрони — клітини сірої речовини, що відповідають за когнітивні функції й контроль, а також надсилають та отримують сигнали, — майже не займаються «хатніми справами». Натомість гліальні клітини (біла речовина), чия кількість перевищує кількість нейронів майже в 10 разів, підтримують їхню діяльність, забезпечуючи надходження поживних речовин та прибираючи відходи.

Більша частина діяльності мозку триває за межами нашого свідомого досвіду. Мозок невтомно надсилає й отримує сигнали, що регулюють та координують кожний аспект нашого життя — від температури тіла до розмноження. Наші думки становлять незначну частку цієї діяльності, тож, як наслідок, енерговитрати на когнітивні функції теж досить малі. Дослідження, під час яких вимірювали

витрати енергії перед і під час розумових випробувань, засвідчили тільки незначні наслідки. У досвідчених шахістів, які протистояли сильному супернику (комп'ютерній програмі), та учасників, котрі мали справу зі складними завданнями, що залучали роботу пам'яті, рівень метаболізму зростав приблизно на 4 ккал на годину (енергетичний еквівалент однієї цукерки «M&M»).

Хоч *здатність думати* досить «дешева» з точки зору енерговитрат, *засвоєння нових знань* пов'язане з більшими витратами. Це фізичний процес, що триває всередині нашого мозку. Нейрони з їхніми звивистими дендритами й аксонами, що формою нагадують гілки дерева, утворюють нові зв'язки (синапси) з іншими нейронами, щоб виникли нейронні ланцюги. Інші синапси й ланцюги ламаються або «підрізаються». Наш мозок утворює, зміцнює та «проріджує» синапси протягом усього життя — такий процес триває у вашому мозку просто зараз, коли запам'ятовуєте нову інформацію з цієї книжки, формуючи спогади. Однак найбільш активно він триває в дитинстві, коли ми буквально всотуємо все, що нас оточує. Дослідження Крістофера Кузави та його колег засвідчило: у дітей віком від 3 до 7 років на частку мозку припадає понад 60 % основного обміну, що втричі більше порівняно з дорослими. Протягом цих важливих ранніх років до мозку спрямовується так багато енергії, що це буквально вповільнює процес розвитку інших частин тіла.

Додатково до основного обміну

Ваші органи цілісний день невтомно й безперервно працюють, тож зовсім не дивно, що на частку основного обміну припадає найбільше калорій, які ми щодня спалюємо, — приблизно 60 % для більшості людей. Утім, ідеться про мінімальні енерговитрати — енергію, яку витрачаємо за комфортного стану спокою. Звісно, життя не завжди буває комфортним і спокійним. Ми еволюціонували не для того, щоб цілими днями вилежуватися. Наші тіла спроектовані так, щоб ми могли перебувати серед людей і пізнавати світ, боротися з інфекціями, здобувати перемогу над спекою та холодом, рости й розвиватися, а також мати дітей.

Терморегуляція

У процесі еволюції ссавці та птахи стали теплокровними. Щодня ми спалюємо значно більше енергії, ніж плазуни, риби й інші холоднокровні тварини, і цей пришвидшений рівень метаболізму дає нам змогу швидше розвиватися й розмножуватися (див. нижче). Утім, є одна проблема: складна метаболічна суміш хімічних реакцій, завдяки яким існуємо, має перебувати в досить вузькому діапазоні температур. Якщо температура нашого тіла знизиться або підвищиться на кілька градусів порівняно з нормальною (98,6 °F або 37 °C), це може призвести до смерті.

Усі птахи і ссавці мають термонеутральну зону — діапазон температур довкілля, за яких вони підтримують температуру тіла, не докладаючи особливих зусиль. Термонеутральна зона людей охоплює діапазон від 75 °F (приблизно 24 °C) до 93 °F (приблизно 34 °C). Якщо він видається високим, імовірно, ви не дуже часто ходите в чому мати народила. Вбрання в діловому стилі (застебнута на гудзики сорочка, штани, піджак) потребує зміщення термонеутральної зони в бік прохолоди: від 65 °F (приблизно 18 °C) до 75 °F (приблизно 24 °C). Імовірно, саме таку температуру ви підтримуєте в себе вдома. Ми, люди, демонструємо справжню майстерність, створюючи термонеутральні мікродовкілля для нашої шкіри й використовуючи для цього одяг та власну домівку. Термонеутральну зону може змістити й жир, наш природний теплоізолятор. Варто зауважити, що діапазон температур для дорослих з ожирінням на кілька градусів прохолодніший, порівняно з тими, хто не має цієї проблеми.

Коли нам холодно, наші тіла можуть виробляти більше тепла двома способами. По-перше, ми здатні спалювати особливий тип жиру, який називають коричневою адипозною тканиною, або коричневим жиром. Він становить зовсім незначну частку ваших жирових запасів. Коричневий жир утворює тепло, модифікуючи систему перенесення електронів у своїх мітохондріях: ізольовані в міжмембранному просторі протони отримують змогу просочуватися з мембрани, не продукуючи АТФ. Енергія, що містилася б в АТФ, витрачається як тепло. Основний обмін мешканців Арктики приблизно на 10 % вищий порівняно з тими, хто живе в країнах із теплим кліматом. Імовірно, цим вони завдячують саме активності коричневого жиру. Другий спосіб генерувати тепло — це тремтіння, тобто мимовільне скорочення

м'язів. Помірний вплив холоду, що його можна відчутти, вештаючись кімнатою в шортах і футболці за температури 65 °F (18 °C), може підвищити ваш рівень метаболізму на 25 % додатково до основного обміну (для більшості з нас це спалювання додаткових 16 ккал на годину). За умов сильного холоду тремтіння може змусити рівень нашого метаболізму у стані спокою втричі перевищити основний обмін, що матиме більш значний ефект, ніж спалювання коричневого жиру.

Сильне перегрівання теж може стати фатальним. У процесі еволюції люди навчилися реагувати на спеку потовиділенням і порівняно з іншими ссавцями планети почали пітніти найбільше. Утім, енерговитрати під час цього процесу ретельно не вимірювали; імовірно, вони досить незначні. Коли ж ідеться про те, щоб нормально витримувати спеку, маємо перед собою певні виклики: підтримання водного балансу та уникнення сонячного удару.

Імунна функція

Світ сповнений небезпечних патогенів — саме це нам усім продемонструвала пандемія Covid-19. Легкий доступ до ефективного медичного лікування, одного з тріумфальних досягнень модернізації, призвів до певної культурної амнезії. Ми дедалі частіше забуваємо про те, які небезпечні інфекційні захворювання. Що ж до гадза, гострі інфекційні хвороби спричиняють смерть чотирьох із десяти дітей ще до досягнення ними п'ятнадцятирічного віку. Аналогічні невтішні показники фіксують і в інших спільнотах мисливців та збирачів, а також тих, де займаються натуральним господарством. Батькам із розвинених країн, які відмовляються давати дітям ліки чи вакцинувати їх, варто було б поспілкуватися з матерями із племені гадза.

Нас безперервно атакують бактерії, віруси й паразити, які понад усе прагнуть перетворити наші тіла на теплесенькі кубла. Брудний органічний світ, що чигає на нас за стінами домівок із водопроводами й засобами для дезінфекції, робить хвороби неминучими. Один мій приятель працює глибоко у тропічних лісах Індонезії, вивчаючи життя орангутанів та гібонів. Натхнений орнітологами, які фіксують у спеціальному журналі всі види птахів, яких їм пощастило побачити протягом багатьох років, він створив «Перелік здобутків», до якого

заносить кожну тропічну недугу, на яку довелося перехворіти. Маю зауважити, той перелік зовсім не короткий. Повертаючись додому з польових досліджень, мій знайомий незмінно мусить вживати *Flagyl*²³, щоб знищити весь той «звіринець», який улаштував зручний гуртожиток у його кишечнику. Під час такого лікування заборонено вживати алкоголь, і мій приятель вважає це «найгіршим побічним ефектом» усієї справи.

Щоб зреагувати на інфекцію, клітини імунної системи починають продукувати й розповсюджувати численні молекули, і під час цієї метаболічної роботи спалюються калорії. У дослідженні за участю двадцяти п'яти студентів коледжу, які зверталися зі скаргами до студентської клініки, з'ясували, що їхні показники основного обміну в середньому були на 8 % вищими порівняно з нормальними. Варто зауважити, що до дослідження не залучали чоловіків із лихоманкою. Підвищення температури тіла з метою знищення інфекції — давній спосіб захисту ссавців — спричинило б ще суттєвіше зростання рівня основного обміну.

Майкл Гарвен, котрий разом із колегами працював із представниками племені цимане із сільської місцевості Болівії, вимірював енерговитрати, якими супроводжувалася робота захисних сил організму у спільнотах без антисептичних переваг модернізації. Цимане мешкають у крихтих віддалених селищах, розташованих у тропічних лісах Амазонії. У них розвинулася змішана економіка: з одного боку, вони полюють та збирають плоди дикої природи, а з другого — вирощують банани, рис, маніоку чи кукурудзу. Невелика кількість представників цього племені, що мешкають у поселеннях ближче до міст, займаються фізичною працею в обмін на гроші. Повсякденне життя кожного з них триває на свіжому повітрі — у лісі чи біля річки, де вони взаємодіють з природним світом та численними бактеріями, вірусами й паразитами, які прагнуть знайти собі хазяїна. Тож і не дивно, що рівень інфекційних захворювань тут дуже високий. Приблизно 70 % населення постійно потерпають від паразитарних інфекцій (найчастіше це глисти), а кількість їхніх лейкоцитів (кількість клітин імунної системи, які організм мобілізував на боротьбу з інфекцією) удесятеро перевищує показники дорослих американців. Активна діяльність імунної системи супроводжується спаленням калорій. Основний обмін дорослих представників племені цимане від

250 до 300 ккал на день вищий, аніж той, що його фіксують у представників індустріального суспільства.

Те, якою ціною вдається подолати інфекцію дітям, нерідко має серйозні наслідки для їхнього зростання й розвитку. Сем Урлахер, постдок²⁴ із моєї лабораторії в університеті Дюка, роками працював з дітьми племені шуар, що мешкає в Екваторі. Їхнє повсякденне життя подібне до того, яке провадять цимане — мисливство, збиральництво та просте сільське господарство в амазонських джунглях. Як і цимане, шуари мають високий рівень інфекційних захворювань. Сем з'ясував, що основний обмін дітей віком від 5 до 12 років приблизно на 200 ккал вищий порівняно з показниками дітей, які мешкають у США та Європі (різниця становить 20 %). Боротьба з інфекцією потребує чимало енергії, і ці калорії «крадуть» із тих, що мали б спрямовуватися на ріст і розвиток. Реагуючи на інфекцію, наша імунна система виробляє велику кількість молекул (імуноглобуліни, антитіла й інші білки), що циркулюють у крові та явно свідчать про боротьбу з бактеріями, вірусами й паразитами. Семові вдалося з'ясувати, що діти з племені шуар, чия кров містила багато таких біомаркерів, росли повільніше, аніж ті, у кого їх було менше. «Вартість» імунної реакції з точки зору калорій і росту, імовірно, є однією з головних причин того, що представники племен на кшталт шуарів, цимане й гадза здебільшого невисокі на зріст.

Розвиток і розмноження

Одним із найважливіших законів природи є те, що масу й енергію не можна створити чи зруйнувати — вони можуть тільки переміщуватися чи трансформуватися з однієї форми на іншу. До цього подібне й створення людини — і байдуже, чи йдеться про матір, в утробі якої розвивається ембріон, а чи про розвиток самої дитини — зростання й розвиток потребують їжі та енергії. Якщо точніше, енергетична цінність «доданої тканини» має дорівнювати енергетичній цінності поживних речовин, потрібних для її створення. Тож чого насправді вартує фунт плоті?

Наші тіла створені зі своєрідного конгломерату білків, жирів та вуглеводів — власне, тих макронутрієнтів, які споживаємо. Енергетична цінність цих «цеглин» така сама, як і в їжі: 4 ккал на

1 г вуглеводів (таких, як глікоген) чи білків (м'язи), а також 9 ккал на 1 г жирів (див. розділ 2). Крім того, живі тканини утримують і добру частку води (майже 65 % їхньої маси), яка не містить калорій. Коли дитина росте, енергетична цінність нової тканини, що на 75 % утворена із м'язів та на 25 % із жирів, становить приблизно 1500 ккал на фунт. До цього слід додати енергію, що спалюється з метою розщеплення поживних речовин з їжі та утворення з них нової тканини, — це приблизно 700 ккал. Отже, «ціна зростання» становить приблизно 2200 ккал на фунт.

На енерговитрати під час росту й розвитку впливає і тип новоутвореної тканини. Якщо більшу її частку становлять жири, це супроводжуватиметься більшими витратами енергії, а якщо м'язи — меншими, оскільки енергетична цінність жиру більш ніж удвічі перевищує цінність білка. Щоб побачити цю різницю, можна розглянути енергію, яку спалюємо під час схуднення, — це своєрідне «дзеркальне відображення» зростання. Кількість енергії, яку ми витрачаємо на втрату зайвих кілограмів, має дорівнювати енергетичній цінності тканин, які при цьому втрачаємо. А оскільки у процесі схуднення ми здебільшого позбуваємося жирової тканини, загалом вважають, що на спалення одного її фунта знадобиться орієнтовно 3500 ккал.

Що ж до матерів, то енерговитрати на розвиток дитини — це лише незначна частка енергії, яку витрачають на вагітність і грудне вигодовування. У середньому новонароджена дитина важить приблизно 7—8 фунтів (3,2—3,6 кг); енерговитрати на розвиток такого малюка становлять тільки 17 000 ккал. Утім, під час вагітності в організмі матері збільшується обсяг тканин (зазвичай набір ваги становить від 25 до 30 фунтів) і їй доводиться щоденно витрачати енергію на те, щоб усі нові тканини — і, власне, плід — залишалися живими. Загалом здорова дев'ятимісячна вагітність вартує приблизно 80 000 ккал. Це на 27 % більше енергії, аніж та кількість, що її за рік витрачає під час ходіння середньостатистична жінка з племені гадза.

З точки зору енерговитрат годування груддю ще «дорожче». На вироблення молока в матерів, чий немовлята перебувають лише на грудному вигодовуванні, щодня витрачається майже 500 ккал — це понад 180 000 ккал за рік, що перевищує енерговитрати під час походу Аппалачською стежкою. Почасти ця енергія надходить із жирових

запасів, що утворилися під час вагітності (приблизно 3500 ккал на кожен втрачений фунт). Як і під час вагітності, більша частина цієї енергії стає «пальним» для основного обміну малюка та інших витрат; тільки незначна її частка спрямовується на розвиток нових тканин.

Гра, яку називають життям

Розглядаючи зростання й розмноження лише з погляду витрат енергії, ми оминаємо важливий момент: усі ці калорії не просто витрачають, їх інвестують. З точки зору еволюції життя — це своєрідна гра, що передбачає перетворення енергії на потомство. Що більше енергії витрачено на розмноження, то більше потомства з'являється, а здобути перемогу в цій грі означає наповнити майбутнє покоління максимальною кількістю «копій» із вашими генами, обігнавши всіх інших. Якщо на розвиток і розмноження використано більше енергії, це дає змогу отримати потомство більших розмірів, яке, своєю чергою, матиме більше шансів на виживання і — знову-таки — на розмноження. Будь-які інші витрати енергії — на імунний захист, роботу мозку, травлення — доцільні за умови, що в довгостроковій перспективі вони поліпшують здатність організму спрямовувати енергію на розмноження.

Тож, власне, і не дивно, що життєвий цикл — темпи зростання, розмноження та старіння — тісно пов'язаний із рівнем метаболізму. Два гігантські стрибки в еволюції метаболізму — від холонокровних плазунів до теплокровних птахів і (окремо) до теплокровних ссавців — були безпосередньо пов'язані зі змінами в тому, як ці тварини росли та розмножувалися. У процесі еволюції метаболізм ссавців і птахів став справді потужним та щодня спалював удесятеро більше калорій, ніж свого часу вдавалося спалити їхнім предкам-рептиліям. У кожному разі природний добір «схвалював» це радикальне прискорення метаболізму, бо воно збільшувало кількість енергії для зростання та розмноження. Порівняно з плазунами ссавці ростуть у п'ять разів швидше і спрямовують на розмноження в чотири рази більше енергії. Аналогічні високі показники розвитку та репродуктивних результатів мають і птахи.

Природа грає в шахи, а не в шашки. А в грі, яку називають життям, є чимало виграшних стратегій — власне, їх стільки ж, скільки й видів

на нашій планеті. Найкращий шлях до успіху залежить від локальних умов і поведінки тих, хто вас оточує. Високоенергетичні стратегії мають очевидні переваги, однак так само перемагають і ті, чиї підходи не потребують високих енерговитрат і які не схильні до ризику. Плазуни, риби, комахи та інші холоднокровні з уповільненим метаболізмом залишаються досить успішними попри всі переваги ссавців і птахів. Майже шістдесят п'ять мільйонів років тому вповільнили свій метаболізм і життєвий цикл найперші представники нашої групи — примати (див. розділ 1). Згодом з'ясувалося, що з точки зору здорового глузду то був дуже доцільний хід. Швидкі темпи зростання й розмноження знизилися, але водночас уповільнена швидкість метаболізму подовжила наш життєвий цикл, а репродуктивні успіхи протягом життя значно поліпшилися. Поступившись перемогою у спринті, примати здобули її в марафоні, ставши однією з найбільш успішних і плідних груп ссавців.

Швидкість метаболізму впливає на життєвий цикл особин і всередині груп. Для кожної з основних груп хребетних — плацентарних ссавців (приматів і неприматів), сумчастих, плазунів, птахів, риб, земноводних — швидкість метаболізму зростає з розмірами тіла, що демонструє окрема крива (рис. 3.2). Як ми вже встигли переконатися на прикладі людського основного обміну (вище), кількість спалених протягом дня калорій стрімко підвищується для малих організмів та знижується для видів, чиї представники мають більші розміри. Це метаболічний закон Клайбера, названий на честь швейцарського фізіолога й першопрохідця в галузі дієтології Макса Клайбера, який у 1930-х роках нарівні з іншими дослідниками описав зв'язок між швидкістю метаболізму та розмірами тіла.

Проаналізувавши показники основного обміну низки видів, Клайбер стверджував, що рівень метаболізму зростає з масою тіла з показником ступеня $\frac{3}{4}$ або масою^{0,75}. Тепер, майже століття по тому, ми знаємо, що те саме можна сказати й про загальний рівень добових енерговитрат, а не тільки частку енергії, спрямовуваної на основний обмін. Рисунок 3.2 демонструє, що зображені криві груп різняться за висотою (скажімо, криві плазунів розташовані нижче порівняно із ссавцями), однак експонента (форма кривої) кожної з них становить приблизно 0,75.

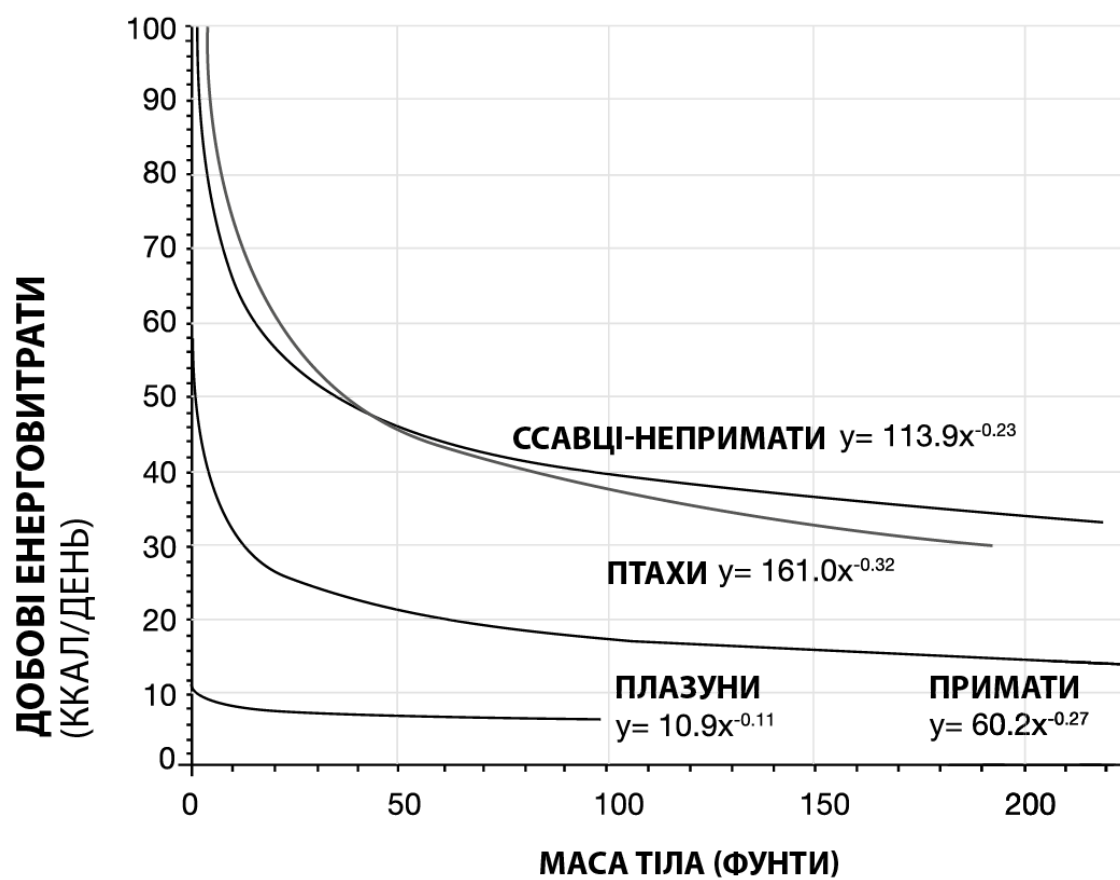
Як бачимо з рис. 3.2, добові енерговитрати — це похідна від розмірів тіла: протягом дня більші за розмірами тварини спалюють більше калорій. Експонента нижча за 1 означає, що маленькі тварини спалюють значно більше енергії *на фунт* тканин організму, аніж великі. Попри те що причини такого явища ще не до кінця зрозумілі, клітини маленьких тварин працюють інтенсивніше і спалюють більше калорій порівняно з клітинами тварин великого розміру. Кожна клітина миші щодня спалює вдесятеро більше калорій, аніж клітина карибу.

[21](#) Механічні чи фізіологічні тригери переходу з ходіння на біг становлять предмет активних обговорень, однак ніхто не заперечує того факту, що ми схильні «перемикатися» між цими видами руху ближче до енергетично оптимальної перехідної швидкості.

[22](#) 161 км.

[23](#) Метронідазол — антибіотик, який використовують у лікуванні багатьох інфекційних захворювань.

[24](#) Позиція кандидата чи доктора наук, який займається науково-дослідною діяльністю.



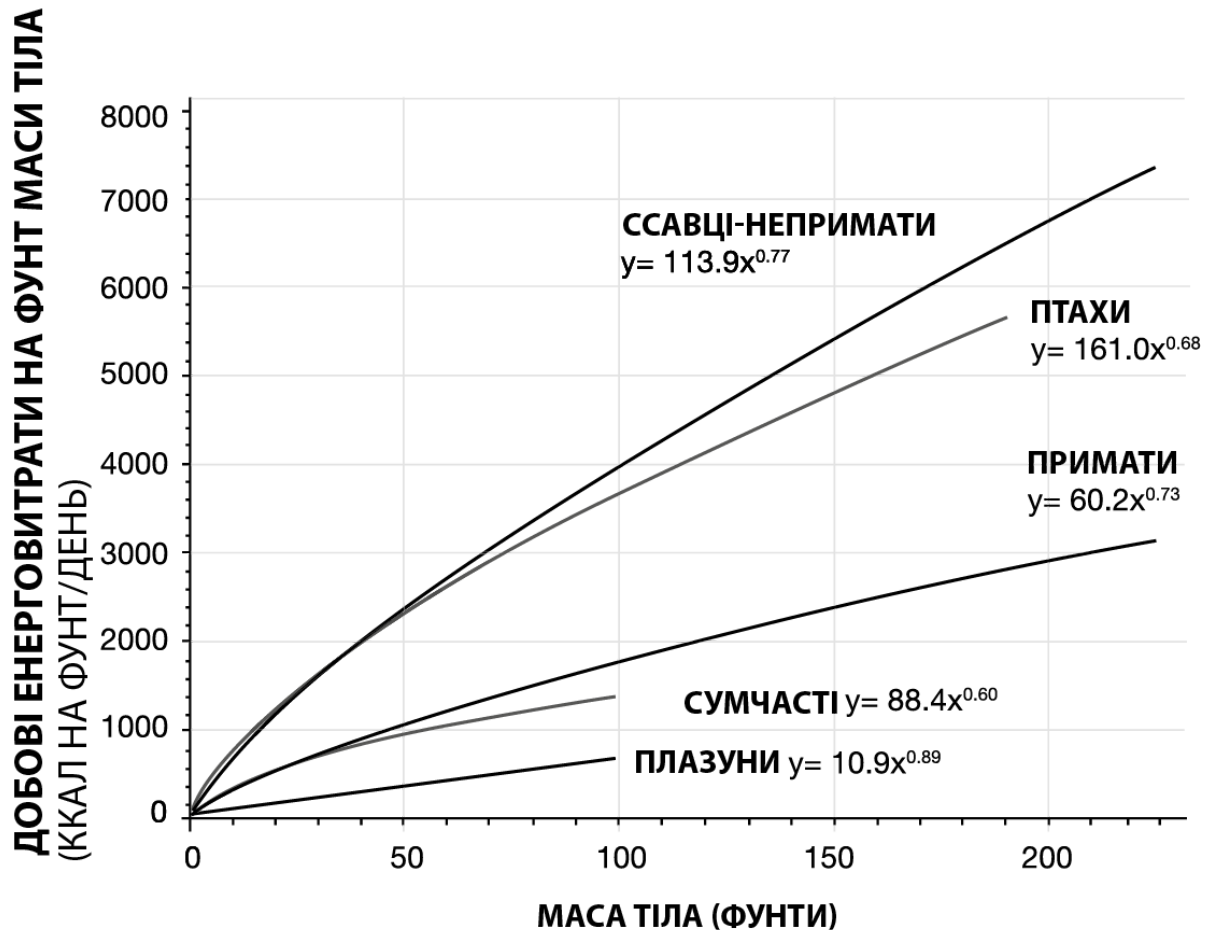


Рис. 3.2. Добові енерговитрати ссавців-неприматів (НП), птахів, приматів і плазунів. Птахи та ссавці-непримати щодня спалюють значно більше енергії, ніж примати, сумчасті та плазуни. Тварини більшого розміру щодня спалюють більше енергії (верхня частина рисунка). Однак, згідно із законом Клайбера, маленькі тварини спалюють набагато більше енергії на фунт маси тіла порівняно з тваринами, що мають великі розміри. Види, які витрачають більше енергії на фунт маси тіла, зазвичай швидше ростуть, розмножуються в більших масштабах і помирають раніше, ніж ті, хто має нижчі енерговитрати на фунт маси тіла. Примати (включно з людьми) щодня спалюють набагато менше енергії, ніж інші ссавці, що відповідає їхньому вповільненому життєвому циклу та більшій тривалості життя.

Швидкість росту й розмноження відображені на таких самих окремих кривих. У птахів, ссавців (приматів та решти) і плазунів швидкість зростання та розмноження збільшується разом зі зростанням маси тіла у ступенях, наближених до Клайберового 0,75 —

вони варіюються від 0,45 до 0,82. Це означає, що завдяки розмірам тіла маленькі тварини ростуть швидше й розмножуються в більших масштабах порівняно з великими.

Самка карибу завважки 220 фунтів (майже 100 кг) щороку народжує лоша завважки 14 фунтів, що еквівалентно 6 % її власної маси тіла. Протягом аналогічного періоду самка миші, яка важить 1 унцію (28,3 г), народить приблизно п'ять виводків (орієнтовно по 7 мишенят кожний), що еквівалентно 500 % маси її тіла. Оця-от різниця досить добре відноситься з удесятеро вищим рівнем клітинного метаболізму миші. Так само можна порівняти темпи зростання й розвитку. Уже за сорок два дні вага миші у тридцять разів перевищуватиме її вагу після народження, тоді як вага карибу збільшиться тільки у п'ятнадцять разів і для цього знадобиться не менш ніж два роки. Рівні метаболізму — то не єдиний чинник, що впливає на темпи росту й розмноження, однак вони однозначно встановлюють досить широкі рамки для вивчення цих явищ.

Мільярд серцебиттів

Здається, швидкість метаболізму визначає й те, як довго ми з вами топтатимемо ряст на цій землі. Поглянувши на собак, котів, хом'яків та інших тварин у нашому житті, можемо помітити велике розмаїття середньої тривалості життя представників різних видів. Хом'яки живуть до трьох років, тоді як коти можуть досягати «підліткового віку». Ми, люди, небезпідставно можемо сподіватися й на вісімдесят років чи навіть більше, однак ніхто з нас не має шансу дожити до двохсот, а саме стільки триває життя гренландського кита. Натомість, навіть уникнувши нещасних випадків і тяжких недуг, ми неминуче помremo з «природних причин». Однак чому смерть *природна* й чому для окремих видів *природно* жити століттями, тоді як іншим випадають тільки місяці?

Біологія смерті — це галузь інтенсивних та активних досліджень, однак науковцям уже давно відомо про її неприхований зв'язок із метаболізмом: що повільніше представник виду спалює енергію, то довше він проживе. Власне, це дуже давнє спостереження. Ще Арістотель у трактаті «Про довговічність і короткочасність життя» 350 року до н.е. порівнював життя з палаючою свічкою й зауважував,

що: «пожива, себто дим, що його [мале полум'я] так довго виробляє, напрочуд швидко витрачається вогнем великим». Клітини представників менших видів спалюють енергію значно швидше, тож зв'язок зі швидкістю метаболізму допомагає пояснити, чому їхня очікувана тривалість життя досить коротка. Вочевидь, Арістотель також це помітив, бо зауважував, що «більші за розмірами живуть у середньому довше, ніж дрібніші». Він помилявся щодо механізму цього явища (бо гадав, що тварини старіють унаслідок «висихання») і, звісно, гадки не мав про закон Клайбера, однак раннє уявлення про те, що смерть нерозривно пов'язана з обміном речовин, тоді таки сформувалося.

Макс Рубнер, справжній гігант у науці про метаболізм наприкінці XIX і на початку XX століття, став першим, хто склав усі шматочки в цілісну теорію про обмін речовин та старіння. Порівнюючи рівні метаболізму й тривалість життя морських свинок, котів, собак, корів та коней, Рубнер спостеріг, що загальна кількість енергії, витраченої на грам тканини організму, протягом життя тварини загалом була майже незмінна — і це попри дуже велику різницю в розмірах тіла та метаболізмі. Рубнер припустив, що клітинам притаманні певні внутрішні обмеження щодо енерговитрат протягом життя. Використавши весь «життєвий запас», вони помирали, мов та свічка, що спливла воском. Цю «теорію швидкості життя» згодом (у 1920-х роках) розвивав і обстоював американський біолог Реймонд Перл, один із першопрохідців у галузі дослідження старіння.

Теорія Рубнера про швидкість життя була досить змістовна та порівнянна з ранніми даними, однак зрештою впала в неласку. Завдяки значно більшій кількості даних щодо метаболізму й життєвих циклів ми тепер знаємо, що види з подібними показниками метаболізму часто мають дуже різні життєві цикли, а прискорений метаболізм не обов'язково означає коротше життя. Скажімо, маленькі пташки здебільшого мають вищу швидкість метаболізму порівняно зі ссавцями аналогічних розмірів, але загалом живуть довше.

Більш обнадійливе пояснення очевидного зв'язку між довголіттям та обміном речовин з'явилося в 1950-х роках разом із вільнорадикальною теорією старіння. Уперше запропонована Денгемом Гарманом, американським дослідником з науковими ступенями в галузі медицини та хімії, теорія вільних радикалів передбачала, що старіння — це

наслідок накопичення пошкоджень у клітинах, спричинених токсичними побічними продуктами окисного фосфорилування. У ланцюзі перенесення електронів, на фінальному етапі вироблення АТФ у мітохондріях (див. розділ 2), молекули кисню подеколи перетворюються на вільні радикали (їх іще називають «реактивними формами кисню») — молекули кисню, що втратили електрон.

Ці мутовані форми кисню просто-таки ненажерливі — вони відривають електрони від сусідніх молекул, завдаючи шкоди ДНК, ліпідам і білкам. Гарман вважав, що старіння пов'язане з накопиченням пошкоджень (іноді це явище називають окисним або оксидативним стресом, або окисним пошкодженням), що їх спричиняють вільні радикали. А оскільки останні становлять неминучий побічний продукт вироблення АТФ, можна дійти висновку, що швидкість метаболізму наших клітин (і водночас швидкість продукування АТФ) визначає, як швидко ми старіємо та вмираємо.

Теорія вільних радикалів також може пояснити чимало ситуацій, пов'язаних із розбіжностями у швидкості метаболізму та довголітті. У процесі еволюції з'явилася низка механізмів, які нейтралізують вільні радикали й відновлюють спричинені ними пошкодження. Однак подібно до будь-якого фізіологічного завдання ці «контрстратегії» потребують енергії — ніщо не дістається нам задарма. Залежно від еволюційної ніші види могли еволюціонувати, щоб спрямовувати на відновлення окисних пошкоджень більше або менше енергії. Миша, якій повсякчас загрожує перспектива стати жертвою численних хижаків, у процесі еволюції почала спрямовувати більше енергії на розмноження й менше на боротьбу з оксидативним стресом заради майбутнього, якого може й не бути. Натомість горобець, який має схожу швидкість метаболізму, однак навчився краще уникати хижаків, може спрямовувати більше ресурсів на відновлення й підтримку свого організму, а відтак отримує всі переваги тривалішого життєвого циклу.

Вільнорадикальна теорія старіння має кілька проблемних моментів. З одного боку, дослідження того, як люди й інші тварини споживають антиоксиданти, не завжди демонструють очікуваний вплив цих речовин на тривалість життя. Труднощі, пов'язані з пошуком чітких і нерозривних зв'язків між метаболізмом та довголіттям, змушують окремих дослідників нарікати на те, що їх може й не існувати. Попри

похмуру неминучість, смерть завжди була досить «слизьким» об'єктом вивчення з точки зору біології. Чітких відповідей і досі не знайдено.

Водночас складно ігнорувати й певні схожі риси, що стосуються швидкості метаболізму та тривалості життя. Лабораторні дослідження мавп, мишей і представників інших видів продемонстрували, що зниження швидкості їхнього метаболізму внаслідок зменшення кількості дозволеної їжі пов'язане з подовженням життєвого циклу; аналогічні дослідження щодо обмеженого споживання калорій за участю людей теж демонструють перспективні результати. Різниця в середній тривалості життя серед ссавців, птахів та плазунів порівнянна з нашим уявленням про розбіжності у швидкості метаболізму, пов'язані з розмірами тіла. Клітини організму миші спалюють енергію вдесятеро швидше, ніж клітини карибу, а її життя приблизно в десять разів коротше (навіть якщо смерть настає з «природних причин»). Як ми вже зауважували в розділі 1, порівняно з іншими плацентарними ссавцями примати щодня спалюють удвічі менше калорій (рис. 3.2), що чудово корелює з тривалим життям, яким насолоджуються люди та інші примати. Так само довго живуть і інші «енергоощадні види», скажімо, холонокровні гренландські акули можуть жити до чотирьохсот років. Подібно до темпів зростання й розмноження метаболізм — це не єдиний чинник, що впливає на тривалість життя тварин, однак скидається на те, що він визначає певні загальні закономірності.

Незалежно від того, чи зв'язок між метаболізмом і смертністю абсолютно випадковий, а чи прихований на глибшому рівні (саме це я й припускаю), із тим, як тривалість життя і швидкість метаболізму змінюються з розмірами тварин у різних групах, пов'язане дещо дивне й водночас прекрасне. Оскільки серце має перекачувати достатню кількість крові до всіх тканин організму, задовольняючи їхні потреби в поживних речовинах і кисні, частота серцевих скорочень (ударів за хвилину) відповідає швидкості клітинного метаболізму: у представників малих видів вона швидша, тоді як у більших повільніша. Хоч маленькі тварини помирають раніше, ніж великі, загальна кількість серцевих скорочень протягом життя однакова для всіх видів — від крихітних землерийок до наймогутніших китів. Ми всі маємо майже мільярд серцевих скорочень [25](#).

Диявольська арифметика добових енерговитрат

Зважаючи на витрати енергії під час ходіння, бігу, травлення, дихання, розмноження й інших добре досліджених видів діяльності, ви, імовірно, припускаєте, що обчислення ваших загальних добових енерговитрат — то простенька арифметична задача: обчисліть свій основний обмін і додайте до нього показники інших видів щоденної активності. Повірте, ви такий не один, та все-таки помиляєтеся. Як не дивно, насправді визначити добові енерговитрати досить складно — минуло вже понад пів століття численних спроб, а ми й досі припускаємося помилок. Як ми вже починали обговорювати в розділі 1, проблема полягає в тому, що наші тіла — то не звичайні машини. Наші «метаболічні двигуни» — це динамічні й адаптивні продукти еволюції. Добові витрати енергії — це не просто банальна сума певних доданків.

«Диванний» погляд на метаболізм зародився у США та Європі ще в повоєнні часи. Спогади про масові голодування та інші звірства Другої світової війни були надто свіжі, і дослідників понад усе цікавило визначення добових потреб людини в харчуванні. Вони мали в розпорядженні чимало інформації щодо енерговитрат людини, адже такі науковці, як Френк Бенедикт та його колега Дж. Артур Гарріс, невпинно накопичували великі масиви даних ще з початку ХХ століття. Однак що найважливіше, ніхто не мав на руках показників добових енерговитрат — даних, що їх прагнули отримати понад усе, — бо нікому не вдавалося визначити, як саме їх треба вимірювати. Натомість дослідники мали показники основного обміну і розуміли, що він був тільки одним компонентом загальних енерговитрат протягом дня, тоді як решта складників залишалася загадкою. Тож науковці зробили те, що в такій ситуації, імовірно, зробив би кожен: спробували сформулювати вдале припущення.

Скориставшись лабораторними вимірюваннями енергетичних витрат під час різних видів діяльності, експерти з харчування із Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) розробили основні засади для оцінювання добових енерговитрат. Спершу слід оцінити рівень основного обміну людини відповідно до її ваги, зросту та віку,

застосовувавши формули на кшталт тих, які ми вже розглядали. Далі треба з'ясувати, чим людина займається протягом усього дня: скільки часу припадає на сон, ходіння, сидіння, роботу та інші завдання. Кожному завданню відповідають енерговитрати, виражені як певне кратне основного обміну, що має назву коефіцієнт фізичної активності, або КФА. Фактично КФА — це те саме, що й показники МЕТ у таблиці 3.1. Поєднавши щоденний графік активностей із витратами енергії, пов'язаними з кожною з них, ви отримаєте середній добовий рівень енерговитрат, виражений як певне кратне ОО. Скажімо, якщо людина витратила 12 годин на сон (КФА 1,0) і 12 годин на прання білизни та іншу нескладну хатню роботу (КФА 2,0), у середньому її добові витрати становитимуть 1,5 КФА, що в півтора раза перевищуватиме основний обмін. Помножте 1,5 на показник ОО — і отримаєте приблизні добові енерговитрати. Цей підхід, що його називають факторіальним методом, був досить грубим, однак, здавалося, давав змогу отримати обґрунтовані результати. Він і досі «живий та здоровий», ВООЗ використовує його, щоб визначати добові потреби в калоріях у населення, з яким працює. Це саме та «математика», що криється за кожним онлайн-калькулятором, що визначає ваші добові потреби в калоріях, з огляду на зріст, вагу й вік (усі ці показники враховуються й під час визначення базового рівня метаболізму) та рівень вашої фізичної активності (використовують, щоб визначити середній добовий КФА).

З моменту розроблення факторіального методу минули десятиліття, однак він і досі залишається тим, чим завжди й був: хорошим здогадом. Факторіальні оцінки добових енерговитрат близькі до істини, бо основний обмін досить передбачуваний з огляду на статуру й вік. Рівень основного обміну становить більшу частину енергії, яку спалюють щодня, тож, якщо маєте досить точний його показник, зрештою зможете отримати обґрунтовану оцінку добових енерговитрат.

Утім, «обґрунтовані оцінки», що їх вдається отримати за допомогою факторіального методу, приховують його основний недолік. Згідно з цим методом, добовий рівень енерговитрат — це основний обмін плюс витрати на фізичну активність і травлення. Цей погляд такий поширений і має так багато прихильників, що годі й уявити якусь альтернативу. Саме цього й навчають усіх студентів, які вивчають

дієтологію та обмін речовин, саме це має засвоїти кожен лікар-початківець ще в медичному коледжі, саме це основна «релігія» будь-якої програми схуднення. Однак, як ми ще побачимо в розділі 5, не все так просто — а радше навпаки. Насамперед ідеться про те, що рівень вашої щоденної активності майже не впливає на кількість калорій, які спалюєте щодня.

Не варто й питати

Наступне велике нововведення у визначенні енерговитрат, як і більшість таких «інноваційних підходів», стало повним провалом і водночас великим кроком назад. Порівняно з факторіальним методом усе почалося навіть із простішого припущення: якщо треба дізнатися, скільки їжі люди споживають щодня, просто спитайте їх про це! На перший погляд, усе було логічно — ви ж бо пам'ятаєте, що їли вчора, чи не так? — і можна було отримати дані від мільйонів людей, не докладаючи особливих зусиль. Не треба вимірювати зріст чи вагу, визначати вік, відстежувати щоденну активність, вираховувати КФА тощо. Люди мають просто заповнити анкету.

Загалом цю ідею не можна вважати повним абсурдом. Більшість людей переважно перебувають в енергетичному балансі (кількість спожитих калорій відповідає кількості витрачених), тож отримання достовірних даних щодо спожитої їжі в принципі мало б забезпечити хороший показник добових енерговитрат. Однак, подібно до більшості схем, що залежать від людської чесності й самосвідомості, ідея була приречена від самого початку.

Виявляється, люди напрочуд погано відстежують те, що їдять. Даючи комусь опитувальник щодо харчування, пам'ятайте: усі відповіді в ньому ненадійні. Це те саме, що поцікавитися в людей, скільки разів у них зринали «брудні» думки стосовно Бреда Пітта — усі отримані дані будуть занижені. У нещодавньому дослідженні за участю 324 чоловіків та жінок із п'яти країн учасники в середньому занижували обсяг спожитої їжі на 29 % — це як *щодня* забувати про один повноцінний прийом їжі. Зафіксовані рівні споживання калорій усе одно не давали змоги відстежити енерговитрати. Опитування щодо харчування — це просто генератори випадкових чисел, а їхні дані щодо добового споживання калорій зазвичай не мають жодної користі.

Єдиний спосіб зробити такі опитування ще *гіршими* — це ставитися до них як до реальних даних та вибудувати на їхній основі програму харчування.

У 1990 році Управління з продовольства і медикаментів США (FDA) заснувало державну програму харчування, узявши за основу результати таких опитувань. Запровадили нові правила, згідно з якими на пакованні харчових продуктів мали з'явитися етикетки з поживним складом продукту, і представники управління потребували певного орієнтира добового споживання калорій, що його можна було б зазначити на етикетці. Ознайомившись з масштабними даними Національної програми з перевірки здоров'я та харчування (NHANES), вони з'ясували, що жінки повідомляли про споживання від 1600 до 2200 ккал на день, тоді як у чоловіків щоденна кількість спожитих кілокалорій становила від 2000 до 3000. За таких умов у середньому дорослі люди мали б щодня споживати від 2000 до 2500 ккал. Щоб не допустити надмірного споживання та отримати симпатичне кругле число, з яким зручно працювати, кількість була округлена до 2000 ккал, і цей показник став звичним. Тепер ви знаєте, кого звинувачувати в тому, що вам нав'язали стійке переконання: щоденний раціон пересічної людини має становити 2000 ккал.

Балада про Натана Ліфсона

У 50-х роках XX століття — приблизно в той самий час, коли дослідники розробляли факторіальний метод, — фізіолог з Університету Міннесоти Натан Ліфсон досліджував зовсім інший підхід до підрахунку добових енерговитрат. Ліфсон був вихідцем із Міннесоти, хоч народився у «штаті Гофер»²⁶ 1911 року. Майже все доросле життя він провів у стінах Університету Міннесоти, 1931 року здобувши ступінь бакалавра, а 1943-го — ступінь доктора. За винятком двох років, проведених у Сан-Дієго (де науковець, імовірно, й навчився ненавидіти яскраве сонце та тепло), усі п'ятдесят із гаком років кар'єри Натан Ліфсон присвятив Університету Міннесоти. Його післядипломне навчання збіглося в часі з великими досягненнями в галузі обміну речовин Клайбера та його сучасників, тож, імовірно, цілком логічно, що проблема вимірювання добових енерговитрат зрештою привернула до себе увагу Ліфсона.

Щоб зрозуміти, який це був прорив, маємо почати зі спостереження: тіло людини — це фактично великий басейн із водою (приблизно 65 % вашого тіла становить H_2O). Насправді вода в нашому тілі подібна до озера з припливами й відпливами. У нашому «водному резервуарі» (себто тілі) безперервно рухаються атоми водню та кисню; вони потрапляють у води організму з їжею та напоями й покидають їх разом із сечею, фекаліями, потом і водяною парою під час дихання.

У ранніх працях Ліфсон з'ясував, що атоми кисню у «водному резервуарі» тіла можуть покидати організм альтернативним шляхом. Коли під час метаболізму молекули на основі вуглецю утворюється CO_2 (див. розділ 2), один з атомів кисню в новій молекулі CO_2 береться з води, що міститься в організмі. Відтак цей атом кисню виводиться з CO_2 , який ми видихаємо. До чого я веду: атоми водню залишають організм тільки як вода, тоді як атоми кисню залишають його і як вода, і як вуглекислий газ (CO_2).

Ліфсон усвідомив: якщо йому вдасться відстежити швидкість, з якою атоми водню й кисню залишають тіло, він зможе вирахувати швидкість вироблення CO_2 . А оскільки людина не може спалювати енергію, не виробляючи й видихаючи CO_2 , Ліфсон розумів: якщо йому вдасться виміряти швидкість вироблення CO_2 , то вдасться виміряти й енерговитрати. А найбільше тішило те, що учасники дослідження не мали перебувати в метаболічній камері. Доки вчений міг час від часу відстежувати показники водню та кисню у зразках сечі, піддослідні могли робити все, що їм заманеться.

Найскладніше було відстежити атоми водню й кисню у воді організму. Ліфсон вхопився за ідею використати ізотопи — атоми, що мають звичну кількість протонів, але незвичну кількість нейтронів. Скажімо, в нормі атом кисню має вісім протонів і вісім нейтронів, тоді як ізотоп кисень-18 має вісім протонів і десять нейтронів. Дейтерій, ізотоп водню, має один нейтрон (звичайний атом водню не містить нейтронів). Незначна кількість цих ізотопів міститься у воді, яку ви п'єте щодня. Вони не шкідливі. Тільки деякі ізотопи радіоактивні, а процес їхнього розпаду на інші типи атомів супроводжується небезпечним випромінюванням.

Ліфсон використовував ці ізотопи, працюючи з мишами — щоб відстежити відтік атомів кисню й водню, які покидали організм.

В організмі ізотопи поводитися як звичайні атоми водню та кисню, але водночас слугували для вченого своєрідними індикаторами. Якщо в понеділок 10 % атомів водню в організмі піддослідного становив дейтерій, однак у середу його частка дорівнювала 5 %, це означало, що починаючи з понеділка половина води вимилася з організму, а її нестачу поповнила нормальна H_2O . Тоді дослідник міг скористатися цими показниками, щоб обчислити швидкість втрати атомів водню. Завдяки аналогічному підходу можна було вирахувати швидкість втрати атомів кисню. Різниця між цими двома показниками мала б відображати темпи вироблення CO_2 . Ліфсонові дослідження на мишах продемонстрували: результати ізотопних вимірювань ідеально корелювалися з результатами вимірювання вироблення CO_2 в метаболічній камері.

Ви не можете спалити калорії, не виробивши CO_2 , тож метод Ліфсона забезпечував точне вимірювання добових енерговитрат. А найкраще було те, що піддослідні не мали сидіти в камері — доки вони що кілька днів надавали зразки сечі або крові для вимірювання рівнів ізотопів, учасники дослідження могли робити що заманеться. Дослідникові вдалося винайти неможливе: надійний спосіб вимірювання добових енерговитрат за звичних умов життя.

Утім, була одна дрібничка — ціна питання. Кількість необхідних для вимірювання ізотопів пропорційна розміру тіла. Завдяки цьому дослідження на мишах чи інших невеликих тваринах були відносно дешеві, на відміну від досліджень за участю людей. У 1955 році вартість ізотопів, необхідних для людини з вагою 150 фунтів, перевищувала б \$250 000 (за сучасним курсом). Ближче до 1970-х метод Ліфсона застосовували деякі творчі дослідники тваринної фізіології — скажімо, Кен Неджі та Клаас Вестертерп, котрі вивчали птахів та ящірок у дикій природі. Неджі навіть співпрацював із приматологинею Кетрін Мілтон, прагнучи виміряти добові енерговитрати в диких мавп-ревунів. Однак, за винятком жменьки досліджень за участю представників дрібних видів, метод Ліфсона, як то кажуть, не прижився. Знадобилося ще одне десятиліття позитивних зрушень у виробленні й вимірюванні ізотопів, щоб вартість досліджень за участю людей перебувала в більш контрольованому діапазоні. У 1980-х роках дейтерій та кисень-18 стали досить дешевими, щоб застосовувати їх у дослідженнях за участю людей (вартість таких

проектів становила 1 % від тієї вартості, яку вони мали б у 1950—60-х роках). Також 1980-ті роки збіглися з раннім етапом глобальної пандемії ожиріння, і дослідники прагнули знайти метод вимірювання енерговитрат за межами лабораторій. Дейл Шоллер, який на той час працював в Аргоннській національній лабораторії в Чикаго, випадково натрапив на працю Ліфсона, вивчаючи дослідження, в яких використовували кисень-18, щоб виміряти воду в організмі. Усвідомлюючи, що технології й вартість зазнали достатніх змін, щоб такий метод вважали економічно вигідним, Шоллер вирішив адаптувати метод Ліфсона для досліджень за участю людей. Своє перше дослідження, присвячене використанню води з подвійним маркуванням, він опублікував 1982 року. То був новий розділ в історії вивчення людського метаболізму.

Невдовзі стало зрозуміло, що переважна частина знань про енерговитрати була помилковою. Метод Ліфсона підштовхнув науку про людський метаболізм до нової ери. На той час (а минуло вже майже 30 років від його першої публікації про метод) Ліфсон уже був заслуженим професором, який працював на пів ставки та здолав надто довгий кар'єрний шлях, щоб активно долучатися до царини досліджень. Утім, науковець прожив досить, щоб побачити, як його внесок розбурхав справжню революцію у вивченні обміну речовин та здобув визнання, на яке, безперечно, заслуговував. На ранніх етапах першого дослідження за участю людей Шоллер телефонував Ліфсону, і той із неабияким ентузіазмом підтримував цю ініціативу, тішачись, що його ідея нарешті розправила крила. У 1986 році Ендрю Прентіс із Кембриджу скликав симпозіум Британської спілки з питань харчування (*British Nutrition Society*), присвячений методу подвійного маркування води, і Ліфсон став його почесним гостем. Наступного року його нагородили престижною премією за відкриття в галузі харчування, а два роки по тому дослідник помер.

Революційний метод подвійного маркування води

Завдяки методу Ліфсона, який частіше називали методом подвійного маркування води, ми нарешті отримали точні й надійні показники добових енерговитрат людей протягом звичайного дня. Сьогодні

в таких лабораторіях, як моя, добові витрати енергії людини можна виміряти за допомогою подвійно маркованої води приблизно за шістсот доларів. Відтоді як тридцять років тому Шоллер адаптував цей метод для людей, були отримані показники тисяч осіб з усього світу і протягом усього життєвого циклу. Тож яким зрештою буде висновок? Скільки калорій ми витрачаємо щодня? Звісно, це залежить від багатьох чинників, однак зовсім не тих, про які можете подумати.

Найважливішими чинниками, що впливають на добові енерговитрати, є розміри й будова вашого тіла. Люди з тілами більшого розміру складаються з більшої кількості клітин, а більша кількість клітин виконує більше метаболічних завдань, а отже, щодня спалює більше калорій. І, як ми вже встигли переконатися вище, деякі наші органи і тканини спалюють більше калорій порівняно з іншими. А найважливіше те, що жирові клітини щодня спалюють набагато менше енергії порівняно з м'язовою тканиною, з клітин якої утворені наші м'язи та інші органи. Якщо більшу частку вашої маси тіла становлять саме жирові клітини, щодня ви спалюватимете менше калорій, аніж той, хто має таку саму вагу, але водночас стрункіший. Оскільки в жінок зазвичай більше жирових відкладень, ніж у чоловіків, вони щодня спалюють менше калорій, аніж чоловіки з аналогічною вагою.

Я узагальнив дані сотень вимірювань показників чоловіків, жінок і дітей з використанням подвійно маркованої води у графіку добових енерговитрат відносно маси тіла чоловіків і жінок (рис. 3.3). Як бачите, добові витрати енергії (виражені в ккал/день) зростають із вагою (у фунтах) у вигляді кривої, подібної до шкали, що демонструє закон Клайбера про енерговитрати й розміри представників різних видів (рис. 3.2).

Формули на рис. 3.3 дають змогу отримати достовірні оцінки добових витрат енергії всіх людей без винятку — від немовлят до людей похилого віку, від струнких до огрядних. Можете підставити показник своєї ваги у відповідну формулу й обчислити власні добові енерговитрати. Утім, зауважте функцію $\ln$ (натуральний логарифм) у кожному рівнянні. Це означає, що вам потрібно взяти натуральний логарифм від значення ваги, перш ніж помножити результат на 786 (для жінок) чи 1105 (для чоловіків), і відняти відповідні константи.

Якщо ваші математичні навички трохи «заіржавіли», можете просто визначити свою позицію на графіках, зображених на рис. 3.3, і дізнатися, скільки енергії приблизно витрачаєте щодня. Добові енерговитрати жінки з вагою 140 фунтів становлять приблизно 2300 ккал, а очікувані енерговитрати чоловіка з вагою 160 фунтів — 3000 ккал на день.

Вплив ваги на енерговитрати воістину приголомшує. Зв'язок між масою тіла й енерговитратами подібний до закону Клайбера, коли крива знижується для всіх видів (рис. 3.2). У дітей добові витрати енергії стрімко зростають зі збільшенням розмірів тіла. Їхні клітини щодня спалюють набагато більше енергії порівняно з більшими та старшими людьми. Якщо ви коли-небудь пригортали до себе малюка й відчували активне серцебиття в його крихітних грудях, то, імовірно, маєте уявлення про те, як старанно працює його тіло. Кожний фунт звичайної трирічної дитини щодня спалює приблизно 35 ккал. У підлітковому віці та юності цей показник поступово знижується, а ближче до 20 років ми вже спалюємо 15 ккал на фунт маси тіла.

Взаємозв'язок у вигляді кривої між масою тіла та добовими витратами енергії означає, що ми маємо бути дуже уважними, порівнюючи енерговитрати окремих осіб. Дуже часто люди (включно з дослідниками й лікарями, які мали б бути мудрішими) просто ділять показник енерговитрат на показник ваги, порівнюючи швидкість обміну речовин у людей різної статури. В основі такого підходу лежить припущення, що енерговитрати на фунт ваги мають бути однакові для всіх. Але це не так. Оскільки взаємозв'язок між масою тіла й енерговитратами має вигляд кривої (рис. 3.3), люди з меншою вагою *природно* спалюють більше енергії на фунт (або кілограм), ніж ті, хто має більшу вагу. Саме так працюють біологія й арифметика. Якщо ми порівняємо добові витрати енергії (або основний обмін), поділивши швидкість метаболізму на масу тіла, у нас складеться помилкове враження, що «маленькі» й «великі» люди разюче відрізняються, тоді як насправді їм притаманний той самий фундаментальний взаємозв'язок.

Найкращий спосіб визначити, чи має певна людина або населення особливо високу чи низьку швидкість метаболізму, — це розмістити їх на графіку, подібному до рис. 3.3, і подивитися, де вони розташовуються відносно лінії тренду. Такий самий підхід

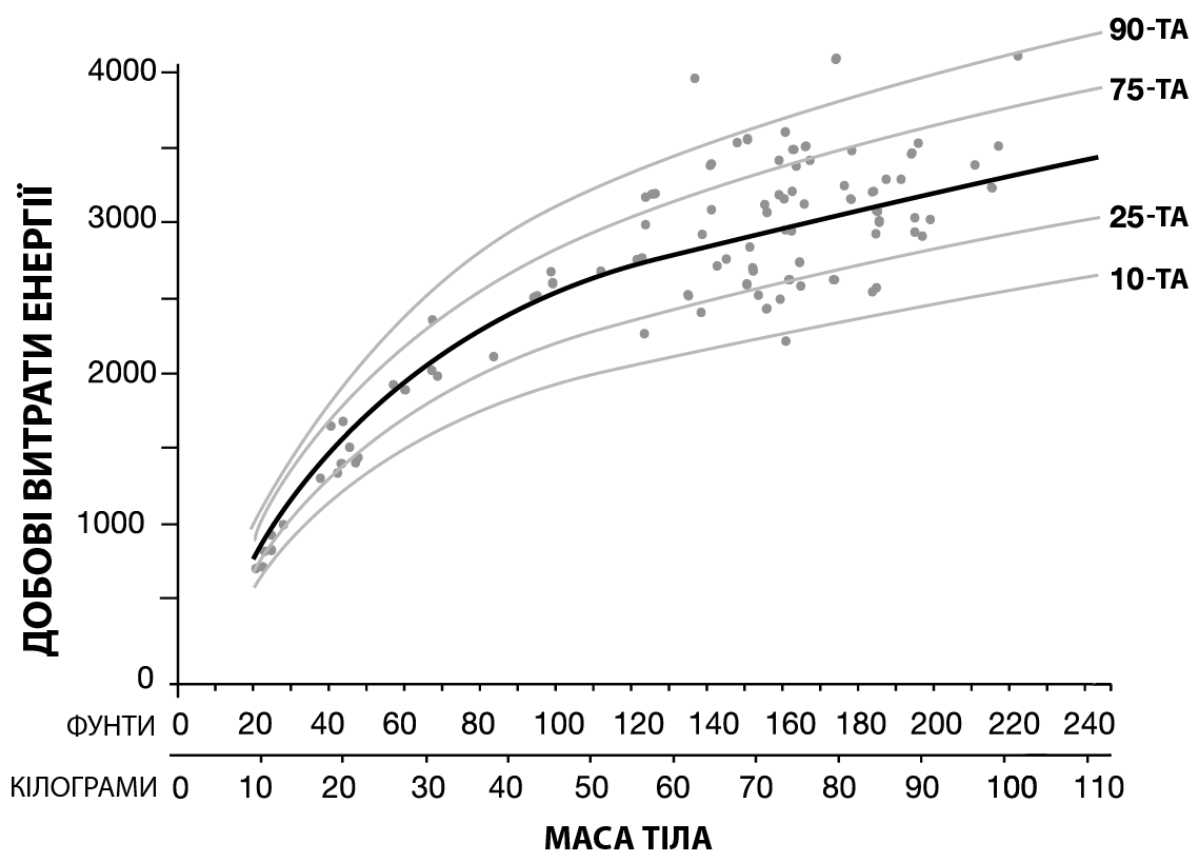
застосовують і педіатри, вносячи зріст або вагу дитини в діаграму зростання. Завдяки такій діаграмі (а в нашому випадку це рис. 3.3) лікар може побачити, наскільки темпи зростання перевищують очікувані показники або ж навпаки вони занижені.

Маленькі сірі цятки на рис. 3.3 — це середні показники населення, отримані з 284 досліджень чоловіків та жінок. Виділена чорна крива — це лінія тренду для енерговитрат: середні добові витрати енергії для будь-якої заданої ваги. Як це часто трапляється під час визначення середніх показників, половина спільнот опиняється вище від лінії тренду, а друга половина — нижче. Можна сказати, що представники населення, чії показники розташовуються вище від лінії тренду, мають вищі добові енерговитрати порівняно з очікуваними, тоді як ті, хто на графіку опиняється нижче, мають нижчий рівень енерговитрат.

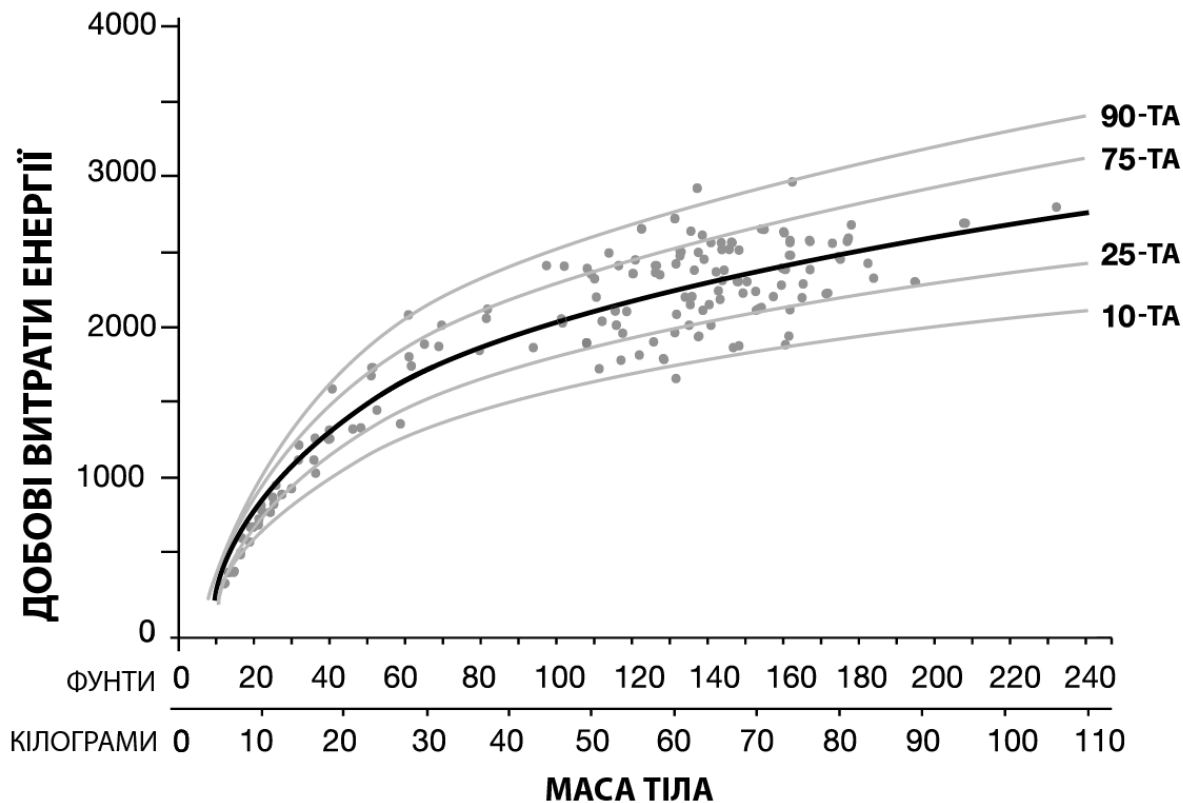
На рис. 3.3 також слід звернути увагу на розмах варіації в добових витратах енергії навіть після врахування маси тіла. Численні групи населення опиняються вище або нижче від лінії тренду — їхнього *очікуваного* рівня добових енерговитрат, — і різниця становить 300 ккал на день чи навіть більше. Це і є «маленький брудний секрет» онлайн-калькуляторів для розрахунку основного обміну та добових енерговитрат: швидкість метаболізму напрочуд варіативна, навіть якщо враховано масу тіла і стать. Тож, коли вводите свої дані й отримуєте показник добових енерговитрат або ж основного обміну чи визначаєте очікувані енерговитрати з допомогою рис. 3.3, сприймайте отримане число з певною часткою скепсису.

[25](#) Додайте або відніміть кілька сотень мільйонів. І ні, ви не зможете запобігти смерті, «нормалізувавши» серцебиття. Насправді підвищення частоти серцевих скорочень під час фізичних навантажень — то один з найбезпечніших способів прожити довше (див. розділ 7).

[26](#) Жартівлива назва штату Орегон, де багато гризунів із родини Гоферові.



ЧОЛОВІКИ: ДОБОВІ ВИТРАТИ ЕНЕРГІЇ = $1105 \times \ln(\text{ВАГА}) - 2613$



ЧОЛОВІКИ: ДОБОВІ ВИТРАТИ ЕНЕРГІЇ = $1105 \times \text{LN}(\text{ВАГА}) - 2613$

Рис. 3.3. Добові енерговитрати людини (ккал/день). Виділені криві лінії тренду та формули дають змогу обчислити очікувані добові енерговитрати для певної ваги. Щоб визначити ваші приблизні добові витрати енергії, знайдіть свою вагу на горизонтальній осі x і рухайтесь вгору — вертикально до лінії тренду. Тоді рухайтесь ліворуч по горизонталі до вертикальної осі y , щоб дізнатися приблизний показник ваших енерговитрат. Також можете скористатися формулами для розрахунку. Для дітей із вагою до 20 фунтів використовуйте жіночу панель. Кожна сіра точка репрезентує середню вагу й енерговитрати однієї з 284 спільнот, що брали участь у дослідженні з використанням подвійно маркованої води. Розмах варіації досить істотний. Те, що добові енерговитрати окремої людини можуть відхилятися від очікуваного значення на ± 300 ккал на день, зовсім не рідкість. Світліші лінії демонструють 10-ту, 25-ту, 75-ту й 90-ту процентилі енерговитрат.

Насправді ваш реальний показник може відрізнятися від отриманого на кілька сотень кілокалорій. Тож ідея про те, що деякі люди мають «швидкий» обмін речовин, тоді як в інших він «повільний» — то зовсім не нісенітниця з журналів про дієти. Це реальність.

* * *

Ми думали, що розуміємо причини того, чому показники добових енерговитрат у людей можуть бути різні. Авжеж, гадали ми, треба просто додати кілокалорії, витрачені на фізичну активність, функціонування органів, зростання, терморегуляцію, травлення тощо, — і обчислити добові енерговитрати окремої людини. Безперечно, цей показник має включати всі витрати енергії. Однак революційний метод подвійно маркованої води став справжнім «тривожним дзвінком», що дав змогу поглянути правді у вічі. Усі складові добових енерговитрат — активність, імунна функція, зростання тощо — не просто додаються, мов ціни товарів в одному чеку, вони взаємодіють і впливають одне на одну в динамічні та складні способи. Добові витрати енергії — це не просто сума їхніх складників.

Нова наука про людський метаболізм

Довга історія науки про обмін речовин подарувала нашій галузі відчуття обізнаності й певності. Вона простягається в минуле на більш ніж два століття — до візіонерських праць Лавуазьє та його сучасників епохи Просвітництва. «Золотий вік» першопрохідців на кшталт двох Максів (Рубнера й Клайбера) та інших тривав майже століття тому. Найбільш поширені методи оцінювання витрат енергії — факторіальний метод та опитувальники на тему харчування — використовують уже багато десятиліть. Спокусливо думати, що ми знаємо все стосовно того, як наші тіла спалюють енергію.

Водночас серед людей, спільнот і видів панує неймовірне «метаболічне розмаїття», що його не здатні пояснити усталені уявлення про енерговитрати. Є щось значно більше у відмінностях обміну речовин у різних видів (включно з нашим), аніж закон Клайбера. Окремі люди та групи населення по-різному спалюють енергію протягом дня, однак звичайна арифметика факторіального методу не фіксує того, що насправді триває в нашому організмі.

Чому люди спалюють приблизно 2500—3000 ккал на день? Чому дехто з нас щодня спалює більше енергії, порівняно з очікуваними витратами для його чи її ваги, тоді як інші спалюють менше? Як метаболізм впливає на наше здоров'я та довголіття? І як наш спосіб

життя та повсякденний графік фізичної активності й харчування впливають на витрати енергії й метаболічне здоров'я?

Усе, що прочитаєте далі, стосуватиметься саме цих важливих питань. Завдяки останнім двом розділам ви чітко зрозуміли, як працюють наші «метаболічні двигуни», тож тепер час вирушити в подорож новою ерою відкриттів у науці про людський метаболізм. І почнемо ми з незвичного місця, розташованого в крихітному грузинському селищі в передгір'ї Кавказьких гір уздовж Великого шовкового шляху.

Розділ 4. Як люди еволюціонували, щоб стати найпривабливішими, найсильнішими й найтовстішими приматами

Одного прохолодного й росяного липневого ранку я прокинувся у своєму маленькому наметі, обережно вибрався зі спального мішка й вийшов надвір крізь вологі двері на блискавці. За межами жовтого нейлонового купола розгортався панорамний вид на темні лісисті пагорби та блідо-зелені пасовища. Мій намет разом із кількома іншими неначе розсипалися на пошарпаному газоні біля археологічної бази, двоповерхового гуртожитку й кухні для нашої команди — цілого натовпу археологів, геологів і палеоантропологів. То був екватор річного «польового сезону», а ми вели розкопки та знаходили кам'яні знаряддя праці й скам'янілі рештки *Homo erectus* (Людини випростаної).

Десь віддалік і значно нижче — надто далеко, щоб її можна було почути, — річка Пінесаурі бурхливо мчала повз руїни старих лазень, що свого часу радо відчиняли двері мандрівникам і торговцям, які рухалися по Великому шовковому шляху. За долиною, на полях, що вкривали схили віддалених пагорбів, розсипалися обвалені кам'яні гробниці монгольських загарбників. Над ними на найвищій точці гірського хребта гордовито розташувалися залишки середньовічного міста. А в ґрунті під цими руїнами протягом 1,8 мільйона років лежали скам'янілі кістки стародавніх «майже людей». Увесь цей краєвид уособлював багаточисельний пам'ятник нашій недовговічності. Нескінченні хвилі амбіцій і глупоти.

Я відчув, як усередині щось підіймається — це нагадувало темний і бурхливий приплив. Спотикаючись, добрів до краю маленької галявини й виблював у кущі. Здавалося, що рука якогось мстивого бога схопила моє тіло й сильно його стискала, щоб вигнати зло, яке зачаїлося всередині. Долоні притискалися до колін, очі сльозилися,

а я все вивергав із себе гарячу й пінисту гидь. Після початкового виверження не забарилися й повторні потужні скорочення, що радше скидалися на судоми. Моє тіло просто-таки викручували блювотні позиви, здавалося, що очні яблука от-от повискакують з орбіт і безпорадно хилитатимуться на зорових нервах. А тоді, на щастя, все нарешті припинилося. Геть виснажений і зіжмаканий, мов старий тюбик зубної пасти, я витер рота тильним боком долоні й поволі випростався.

Після таких гидких «пригод» зазвичай відчуваєш глибоке та ідеальне полегшення, своєрідну «перерву» від головного болю, нудоти й відчуття того, що на тебе неминуче насувається воістину жахливе похмілля. У такі миті просвітлення я оцінив своє становище. Неймовірні обставини й випадки в історії, завдяки яким з'явилося це чарівне місце. Те, як мені пощастило опинитися тут. Ех, а я був такий невдячний і зіпсований! Мені було замало просто перебувати тут. Я добряче перебрав учора за вечерею, дозволивши першій склянці вина перетворитися на справжню пиятику під зорями. І я був не сам. Розвернувшись, я рушив до довжелезного спільного столу на веранді археологічної бази й побачив там кількох колег-гультяїв — із затуманеними поглядами вони відважно збиралися поснідати чаєм та хлібом. Неквапно йдучи до них, я відчув неясне усвідомлення, що треба щось змінити, використати цю мить для певного зростання і зрілості й залишити саморуйнівні дурощі позаду — назавжди. З акумуляторно-кислим віддихом я промовив мовчазну молитву, до якої звертаються ідіоти в усьому світі: *«Наступного разу все буде інакше»*. Звісно, то було не перше моє «родео». Я знав, що шанси на реальні зміни не надто високі, але, поки стояв у тому спокійному «оці урагану», почувався досить оптимістично. Зрештою ми були командою розумників — друзів-науковців, які прагнули здобути докторські ступені в найпрестижніших академічних закладах у всьому світі. Нам не бракувало розуму й темпераменту, щоб отримати конкурентні місця в перспективних програмах для аспірантів і прокласти собі шлях сюди, до найзахопливішого місця розкопок на нашій планеті. Звісно, у нас було досить здорового глузду, щоб бути обачними й поміркованими і, так би мовити, забезпечити самозбереження. Щоправда, жоден із нас не продемонстрував таланту самообмеження, але ж... та годі вже! Безперечно, ми могли насолоджуватися плодами нашого розвиненого

розуму й колективних зусиль, не дозволяючи цікавості й гедонізму нас знищити...

Думка розсіялася, мов та хмаринка, не сформувавшись до пуття. Треба було спробувати бодай трохи поснідати, адже нам ще виявляти викопні рештки, а вони самі себе не викопують. Ковзнувши на довгу лавицю поряд з іншими, я взяв непевними руками шматок хліба й намастив його маслом та медом. Тоді сьорбнув чаю. Я вже відчував, що похмілля повертається, і це нагадувало віддалений стукіт копит монгольської орди.

То було моє щорічне паломництво до стоянки Дманісі епохи нижнього палеоліту, розташованій у Грузії. Навчаючись в аспірантурі, я щоліта відпочивав від бігових доріжок і питань, пов'язаних із метаболізмом, вирушаючи до крихітного селища Патара-Дманісі в передгір'ї Кавказьких гір. Якщо хочеш успішно навчатися в аспірантурі, не варто відриватися від написання дисертації, однак такий досвід був надто цікавим й захопливим, щоб його змарнувати. Утім, тоді я ще належно не оцінив того, наскільки ця стоянка була пов'язана з моїми дослідженнями енерговитрат людини і наскільки вона викристалізовувала важливий період в еволюції обміну речовин. Саме тут зафіксований факт нашого відходу зі світу мавп і перші еволюційні кроки до чогось більш людського. А «секретним соусом», завдяки якому це втілювалося в життя, були зміни в тому, як ми добували їжу та спалювали калорії — зміни, з якими маємо справу й сьогодні.

Неймовірне місце

Дманісі — це досить скромна місцина для одного з найважливіших регіонів людської еволюції. Усі інші місця розкопок, де знаходять скам'янілі рештки гомінінів з періоду, що тривав майже два мільйони років тому, розташовані на сухих і гравійних безплідних землях Східної або Південної Африки та знайомі кожному, хто гортав журнали «*National Geographic*»: ущелина Олдувай, Велика рифтова долина й печерні стоянки в Південній Африці. З цим різюче контрастує насичена зелень Дманісі, а прекрасна та горда Грузія з багатою історією досить далека і прихована від більшості людей за межами регіону. Утім, саме географія Дманісі робить його таким важливим. Гілка людей відокремила від шимпанзе й бонобо

приблизно сім мільйонів років тому (рис. 4.1). Однак протягом перших п'яти мільйонів років наші предки залишалися в Африці, обмежуючись лише певною кількістю середовищ для проживання, де їхні мавпоподібні стратегії були ефективні. Тоді, майже два мільйони років тому, ми стрибнули через «екологічний перелаз». Гомініни (види з гілки людей на генеалогічному дереві мавп) стали досить кмітливими й здатними пристосовуватися, щоб виживати майже всюди. Популяції розросталися й поширювалися Африкою, а тоді і Євразією, простягнувшись від Південної Африки до Марокко та Індонезії. Це стало радикальним відривом від мавпоподібного минулого і кроком назустріч тому, що було ближчим до людей. Дманісі — це найперша «зерниста світлина» напрочуд важливого періоду. Її вік становить 1,8 мільйона років, і це найдавніша місцина зі скам'янілими рештками гомінінів за межами Африки. Каміні й кістки, що лежать у її ґрунті, віддзеркалюють перші еволюційні натяки на те, що робить нас людьми. А ключовою еволюційною перевагою, що зробила гомінінів успішнішими та сприяла їхній глобальній експансії, були зміни в тому, як вони отримували та спалювали енергію.

Моя перша подорож до Дманісі почалася з розмови з Офером Бар-Йосефом, сивочолим і загадковим гарвардським професором палеолітичної археології, який найбільше прославився розкопками неандертальських поховань на Близькому Сході. Тоді мені, ще «зеленому», але напрочуд наполегливому аспіранту, який прагнув здобути докторський ступінь, повідомили: якщо хочу влітку потрапити на польові роботи з археології, маю будь-що вистежити саме цього професора. Тож одного дня ми з ним таки зустрілися — він саме покидав свій кабінет у Музеї археології та етнології Пібоді. Професор запропонував мені піти разом у бік Гарвардської площі, де мав забрати якісь світлини (то були часи, коли фотографії друкували з плівки). «Поговоримо на ходу — і час не буде змарновано», — запропонував він мені з ізраїльським акцентом. Звісно, я погодився.

Доки ми йшли, супутник розповів, що має зв'язки' у двох місцях розкопок, де мене радо залучили б до польових робіт: печерній стоянці неандертальців на півдні Франції та Дманісі. Французькі розкопки мали значно більші масштаби, були краще організовані й дістатися туди було легше. «Та і їжа у Франції ліпша», — додав професор. Однак робота у Грузії видавалася набагато цікавішою. Минув тільки рік

відтоді, як там знайшли скам'янілі черепи, і ця місцина добряче розворушила галузь людської еволюції. Після короткого обговорення Офер погодився зробити необхідні розпорядження. А я, своєю чергою, поцікавився, чи треба захопити з собою до Грузії щось особливе — те, що може там знадобитися, але чого немає у звичному переліку необхідних речей для літніх польових досліджень. Офер зупинився, обернувся і, змірявши мене очима крізь товсті скельця окулярів, мовив: «Хіба що запасну печінку».

Чужинці на чужій землі

Рівно 1,85 мільйона років тому сталося потужне виверження вулкана — катаклізм, що безперечно, добряче струснув би землю й затемнив небо на багато миль у зоні низьких пагорбів, на яких одного дня з'явиться селище Патара-Дманісі. Лава стікала вниз на багато миль, укриваючи собою сусідню долину Машавера, заповнюючи її та знищуючи однойменну річку. Протікаючи повз її невелику притоку — Пінесаурі, лава накопичилася в бічній долині й заблокувала цю річку. А захоловши, перетворилася на чорний базальт, товщина окремих ділянок якого сягала ста футів. Води Пінесаурі утрималися за новою базальтовою дамбою, утворивши озеро.

Роки зливалися в тисячоліття, і за цей час сталися щонайменше два такі виверження, що здіймали в небо попіл. Тварини, які блукали тією місциною (справжній звіринець із вимерлих нині видів страусів, жирафідів, коней, газелей, шаблезубих котів, вовків, ведмедів і носорогів), імовірно, задихалися від попелу і, доки ставало сили, дивувалися, що тут, у біса, коїться. Ці попелопади вкрили ковдрою весь ландшафт, включно з вузьким мисом, затиснутим між заповненою базальтом річкою Машавера й озером Пінесаурі. Цей попіл став ґрунтом.

Увесь цей час зухвалі гурти людей випростаних (*Homo erectus*), найбільш ранні представники людського роду, жили на хвилястих пагорбах довкола озера Пінесаурі. Це були інвазивні види, «передові загони» щораз більшої популяції, що бурхливо виплескувалася за межі Африки та протягом тисячоліть розливалася рештою Старого світу. Однак жоден із них не мав ані найменшого уявлення про своє

африканське походження чи будь-яке інше. Маючи вдвічі менший мозок порівняно з нашим, вони, імовірно, не дуже замислювалися над такими академічними поняттями.

Зі зростом п'ять футів та вагою 110 фунтів гомініни Дманісі мали б перетворитися на спокусливі мішені для гієн, вовків і шаблезубих котів, які тинялися лісами. Проте якось ті гомініни давали собі раду, покладаючись на кмітливість і прості кам'яні знаряддя праці, і частіше поводитися як хижаки, а не здобич. Кістки інших тварин, знайдених під час розкопок, демонструють неприховані виїмки й подряпини від кам'яних знарядь. Гомініни Дманісі та схожі на них істоти не були мавпоподібними вегетаріанцями, які жили раніше, обмежені африканськими лісами. Це були мисливці-збирачі.

Дожити до тридцяти чи сорока років було б для них неабиякою удачею. Поза сумнівом, вони помирали набагато раніше. Час від часу дощі змивали їхні тіла в сусідню ущелину разом з обгризеними й розкиданими рештками інших мертвих тварин. Ущелина поступово заповнювалася осадам, ховаючи ці рештки на глибині кількох футів від поверхні землі.

Минали епохи, і річки Пінесаурі та Машавера проклали собі шлях крізь щільний базальт, відвоювавши свої долини й лишивши по собі тонку косу гірського хребта, розташованого між ними. У той час гомініни Дманісі вже давно зникли, і їх замінили пізніші хвилі гомінінів. Цілком імовірно, що згодом цю територію населяли чисельніші популяції *Homo erectus*, але для підтвердження ще маємо знайти їхні кістки. Кам'яні знаряддя праці підказують, що майже сорок тисяч років тому за кілька миль униз долиною отаборилися неандертальці, а за деякий час тут з'явилися сучасні люди. У перші століття християнської ери на місі збудували кам'яну церкву. Довкола неї розрослося середньовічне місто з кам'яними мурами, яке неабияк процвітало. А тоді налетіли орди загарбників. Починаючи приблизно з 1080 року нашої ери вони ще кілька сотень років опосідали місто, наче агресивні монгольські постоляльці. Ближче до XV століття колись горде місто стало пусткою, а територія лишилася селянам-фермерам, які мешкали в долині внизу.

Перша знахідка скам'янілостей у Дманісі була щасливою випадковістю. У 1983 році археологи, які проводили розкопки

середньовічного міста, витягли з ґрунту скам'янілий моляр носорога. Усвідомивши, що натрапили на залишки втраченого стародавнього світу, вони сповістили про це колег із національного музею Тбілісі. До розкопок долучилася група грузинських палеонтологів, які зосередилися саме на скам'янілих рештках. Рік по тому були знайдені кам'яні знаряддя праці, а першу викопну рештку гомініна — щелепну кістку — виявили 1991-го. Палеоантропологи з усього світу були заінтриговані, однак налаштовані досить скептично. Тоді, у 2000 році, повідомили про виявлення двох черепів і чітке датування машаверського базальту. То була найстаріша стоянка гомінінів за межами Африки, де траплялися прекрасні й непошкоджені скам'янілості. Саме тут, у невеличкій місцині в передгір'ї Кавказьких гір, застигли в часі свідчення про перші пересування людства по всьому світу. Зненацька Дманісі привернуло до себе увагу всіх, хто цікавився еволюцією людини.

Коли я з'явився там посеред літнього сезону 2001 року, невелика група грузинських дослідників і волонтерів, європейських та американських аспірантів і провідних міжнародних фахівців з еволюції людини, археології й геології вже активно працювала над розкопками й реконструкцією життя гомінінів Дманісі. Основне місце розкопок мало вигляд грубого прямокутника, з якого вирили приблизно п'ятсот квадратних футів землі, а тоді старанно вирівняли поверхню кельмами та щітками. Його, як і будь-яке інше місце розкопок, розбили за сіткою з квадратів 1×1 м. Усі дні я проводив у відведеному квадраті, зішкрібаючи глиноподібний осад з допомогою кельми і щітки, та уважно до нього придивлявся — чи не зблисне часом біла скам'янілість.

Опинившись там, я не вважав себе «ветераном археології», однак зробив досить, щоб розуміти: попереду може бути чимало днів без жодних знахідок. Бруд є звичайним брудом навіть у найзахопливішому місці розкопок. Однак Дманісі було зовсім іншим — тутешній ґрунт пронизували товсті «вени» з викопних решток і кам'яних знарядь праці. Носороги, леви, газелі й коні — непошкоджені черепи й інші кістки, а не дрібнесенькі фрагменти, яким звикаєш тішитися на більшості місць розкопок. Усвідомлюєш, що твій сусід у квадраті поряд незвично притих, обертаєшся й бачиш, що він занурився в делікатну роботу й тягне з ґрунту якогось велетня, чий викривлений

і вигадливий череп виринає на поверхню, мов той Екскалібур. Дуже часто викопні рештки були м'якші порівняно з навколишнім ґрунтом, тож дістати їх з осаду без пошкоджень було справжнім мистецтвом.

Наприкінці мого першого сезону ми знайшли *ще один* череп — третій із тих, що їх виявили у Дманісі, і найбільш непошкоджений з-поміж усіх черепів людини випростаної (*Homo erectus*), які виявляли. Він розташовувався в осаді догори дригом — піднебінням до неба. Більшості бригад, які працюють на розкопках, ніколи не вдається знайти найголовнішу знахідку, а поодиноким молярам чи фрагментам черепів тішаться, мов священним реліквіям. Славнозвісні Луїс та Мері Лікі майже тридцять років обшукували ущелину Олдувай, перш ніж їм пощастило знайти череп гомініна. Команда, яка працювала в Дманісі, за три роки виявила три черепи. Останній із них, який, імовірно, належав молодика віком до двадцяти років, зберігся так ідеально, що його неймовірно тонесенька зазубрена кістка верхнього піднебіння й нижніх очниць лишилася непошкодженою. Протягом багатьох днів з облич усіх членів команди не зникали усмішки. За довгим столом археологічної бази тривали традиційні грузинські святкування — і нерідко до пізньої ночі. Чоловіки співали багатоголосих грузинських пісень, які ще довго крутилися в голові.

Я потрапив на гачок. Знав, що повертатимуся сюди щороку так довго, як тільки зможу. І протягом п'яти років навчання в аспірантурі я щоліта вивільнював трохи часу, щоб помандрувати у Дманісі. Щороку ми знаходили рештки гомінінів і святкували ці знахідки (і необов'язково саме в такій послідовності). Ми в неймовірних кількостях жлуктили вино, горілку й чачу — грузинський самогон на виноградній основі. І кожнісінького року я знову й знову блював у кущах, святкуючи щорічний цикл у стилі огидного поєднання гейзера «Олд Фейтфул» і заціпенілого «Стоунгенджа» та шепочучи в ранкове повітря ті самі порожні обіцянки про майбутні зміни. Офер мав рацію: мені не завадила б запасна печінка.

Моє друге літо у Дманісі ознаменувалося черговою знахідкою — команда виявила ще один череп, четвертий зі знайдених у цій місцині. Його найважливішою особливістю було те, чого бракувало. U-подібна дуга по всьому периметру піднебіння, що мала б утримувати зуби, була гладенька й округла. Усі зуби були втрачені, причому тоді, коли ця

особа — імовірно, чоловік віком до сорока років або трохи старший — була дуже навіть жива, бо ж зубні лунки встигли загоїтися і заповнитися кістковою тканиною. Чи то внаслідок недуги, чи то з віком цей бідолаха втратив усі до одного зуби і невідь-як вижив, переживуючи їжу м'якими болісними яснами в процесі одужання. Зубні лунки зазнали настільки серйозної резорбції, що цей чоловік, імовірно, жив без зубів не один рік.

У зв'язку з цим відкриттям зринуло логічне запитання: *як йому вдалося вижити?* Адже переживувати майже всі дикі рослини й дичину досить складно — для цього потрібні зуби. Та й добути їжу в диких умовах не дуже легко, а надто якщо ти слабкий. То як йому вдалося так довго протриматися?

Гадаю, що своїм життям він завдячував найважливішій людській адаптації, рисі, що найбільше відрізняє нас від наших родичів-мавп. Ця поведінка настільки природна, що ми рідко над нею замислюємося. Утім, саме вона здійснила революцію в лінії людей, вплинувши на те, як ми добуваємо їжу, і змінивши те, як наші організми спалюють енергію. Гомініни Дманісі ділилися одне з одним.

Егоїстичні та ліниві вегетаріанці

Люди належать до родини Людиноподібних ряду Приматів класу Ссавців. Спершу гілка приматів на генеалогічному дереві ссавців мала вигляд зеленої галузочки й з'явилася приблизно шістдесят п'ять мільйонів років тому після падіння астероїда та масового вимирання, унаслідок якого загинули всі динозаври. Так зване крейдо-палеогенове масове вимирання привело до появи вільних територій, на яких і почали процвітати примати та інші групи ссавців.

Ранні примати були задерикуватими тваринами завбільшки з білку й жили на деревах. Подібно до сучасних приматів (включно із нами), вони мали спритні й чіпкі руки з нігтями замість кігтів. Одна переконлива теорія походження приматів полягає в тому, що вони еволюціонували паралельно з квітковими рослинами, які теж отримали «еволюційний старт» після того, як вимерли динозаври. За таких умов примати пристосувалися вживати в їжу плоди цих рослин і, самі того не усвідомлюючи, сприяли їхньому розповсюдженню в лісах через насіння, що виходило разом із фекаліями. Рослини з більш

привабливими плодами (скажімо, ті, що були кращим джерелом енергії) розповсюджувалися ефективніше й досягали кращого репродуктивного успіху. Сформувалося еволюційне партнерство: рослини, яким віддавали перевагу, дарували м'ясисті та солодкі фрукти, а примати привчилися їх шукати й поїдати.

Однак далеким предкам ми завдячуємо чимось значно більшим, аніж наявністю рук чи любов'ю до солодких фруктів. Як уже зазначав у розділі 1, ми з колегами виявили, що порівняно з іншими ссавцями примати спалюють удвічі менше калорій. Це явище таке поширене серед сучасних приматів, що ця метаболічна зміна мала статися дуже рано, ще на початку зародження приматів. Ранні примати досягали успіху без поспіху. Зменшений рівень добових енерговитрат означав повільніше зростання й розмноження, але водночас і довше життя. Замість зосереджуватися на розмноженні протягом кількох коротких років (а несприятливий рік міг призвести до загибелі всього вразливого потомства) примати мали довшу репродуктивну історію, що значно зменшувала наслідки одного-двох несприятливих сезонів. Повільніший розвиток також означав, що вони мали більше часу на навчання під час розвитку та більше можливостей для інновацій і творчих проявів. Я пишу ці рядки за столом, а навпроти сидить моя чотирирічна донька, яка вправно їсть кашу і шматочки яблука, теревенячи про дошкільне навчання та шкільні роки, що чекають на неї в майбутньому. Наше сучасне життя має напрочуд глибоке коріння.

Метаболічна стратегія приматів була неймовірно успішною. За мільйони років їхня чисельність дуже зросла, утворивши розмаїту групу з двома основними гілками: до першої належать лемури й лорі, а до другої — мавпи. Майже двадцять один мільйон років тому на гілці мавп виріс новий пагін — людиноподібні мавпи. Людиноподібні мавпи, або, як їх технічно називають, гоміноїди, досягли в розвитку неабиякого успіху. Протягом п'ятнадцяти мільйонів років вони розмножувалися й поширювалися Африкою, Європою та Азією. На той час існували десятки видів.

Отже, з причин, що залишаються незрозумілими, удача зненацька від них відвернулася. Пишну гілляку людиноподібних мавп добряче прорідили, залишивши тільки кілька гілок. Приблизно шість мільйонів років тому ми втратили майже всі сліди цих мавп у скам'янілостях. Сьогодні ж існує лише жменька видів гоміноїдів: шимпанзе, бонобо

й горили в екваторіальній Африці; орангутанги та кілька видів гібонів («нижчих мавп» — саме так їх поблажливо називають у таксономії приматів) у тропічних лісах Південно-Східної Азії.

Ще одна гілка людиноподібних мавп, якій вдалося вижити, була нашою. Ідеться про гомінінів. Майже сім мільйонів років тому популяція людиноподібних мавп в Африці поступово розділилася на дві частини. Одна з новоутворених популяцій згодом стала основою гілки шимпанзе й бонобо (ці два види розділилися значно пізніше — див. рис. 4.1). Інша популяція складалася із засновників нашого роду, гомінінів. Ідей про те, чому стався цей розкол так само чимало, як і п'яних палеоантропологів, проте спільної думки немає. Зважаючи на скам'янілості, ми знаємо, що найбільш ранні гомініни ходили на двох ногах і мали більш затуплені, а отже, менш смертоносні ікла. Що ж до решти, вони були напрочуд подібні до мавп: за розмірами тіла й мозку нагадували шимпанзе, мали довгі руки й пальці, а також чіпкі ноги, що давали змогу видряпуватися високо на дерева.

Оцей-от перший розділ еволюції гомінінів тривав від семи до чотирьох мільйонів років тому. З того періоду відомі три різні види викопних решток, і всі вони були знайдені в Африці. Тільки один, *Ardipithecus ramidus* (а для прихильників просто «Арді»), який походить з Ефіопії, досить докладно описаний та представлений десятками скам'янілих решток і майже повністю відтвореним скелетом — від голови, що має розміри мавпячої, і до довгих чіпких пальців ніг. Інші знайдені рештки не такі повні. Найстаріший представник *Sahelanthropus tchadensis* із Чаду відомий тільки за черепом і кількома уламками кісток. *Orrorin tugenensis* із Кенії має іншу проблему — вдалося виявити тільки уламки кісток кінцівок і кілька окремих зубів.

Імовірно, вам закортить поцікавитися: «А звідки науковцям відомо, що ці фрагментарні знахідки належать до різних видів? Чи що це взагалі гомініни, а не представники якогось іншого роду? Вітаю, ви щойно винайшли галузь палеоантропології. «Криваві подробиці» палеоантропологічних досліджень — то тема для іншої, ще більшої книжки, але варто сказати, що це складна праця, яка потребує гострого ока й енциклопедичного знання морфологічних ознак різних таксономічних груп. Невизначеність — це норма. Палеоантропологи регулярно підніють над анатомічними деталями, які відрізняють одні

викопні рештки від інших, або влаштовують бурхливі обговорення на важливих наукових конференціях, намагаючись довести, що саме *їхні* викопні види — то прямі предки сучасних людей, тоді як рештки, знайдені іншими, — просто глухий кут бічної гілки (або ж — *затамуйте подих!* — і взагалі не гомініни). Якщо вам закортить зіпсувати палеоантропологу день, припустіть, що рештки гомінінів, які він відкрив, назвав та присвятив їм життя, насправді становлять місцевий різновид якихось інших, попередньо описаних видів.

Другий розділ історії розвитку лінії гомінінів тривав приблизно від чотирьох до двох мільйонів років тому й відомий завдяки повнішому реєстру скам'янілостей. Це епоха роду *австралопітеків*, включно зі славнозвісною Люсі та її родичами, австралопітеками афарськими (*Australopithecus afarensis*). Протягом цього періоду з'являлися і зникали кілька видів, кожен з яких мав власні анатомічні відмінності, проте дослідники помічали й загальні тенденції. Чіпкі ноги більш ранніх гомінінів (таких, як Арді) зазнали змін і стали більш подібними до наших — з великим пальцем нарівні з іншими пальцями. Цей факт, а також зміни в ділянці таза дають змогу припустити, що ці види були досвідченіші та спалювали менше калорій під час ходіння. Імовірно, вони щодня просувалися трохи далі, аніж тодішні людиноподібні мавпи чи найбільш ранні гомініни. Зуби ставали більшими, а зубна емаль міцнішала. В одній дивній та особливій бічній групі видів, що належала до роду парантропів, цей розвиток зубів сягнув неабиякого рівня, а кутні зуби були уп'ятеро більші, аніж наші. Представники цієї групи мали масивні вилиці, що забезпечували підтримку так само масивних жувальних м'язів.

Крім того, є докази вдосконалення когнітивного розвитку. Розмір мозку в *австралопітеків* дещо збільшився, його об'єм трохи перевищив пів кварта (проте все одно становив лише третину нашого). Ми гадали, що гомініни з цього періоду не вміли виготовляти кам'яні знаряддя, однак 2015 року дослідники повідомили про знахідку — великі примітивні знаряддя праці з місця розкопок у північній Кенії, чий вік сягає 3,3 мільйона років. Ми не знаємо, з якою метою використовували ці громіздкі знаряддя, чи свідчать вони про поширене явище, а чи про нетривалий давній експеримент. Поза тим вони дають змогу припустити, що принаймні деякі види *австралопітеків* були трохи розумніші й винахідливіші, ніж сучасні людиноподібні мавпи,

які використовують примітивні інструменти, щоб ловити термітів або колоти горіхи, однак не здатні виготовляти кам'яні знаряддя.

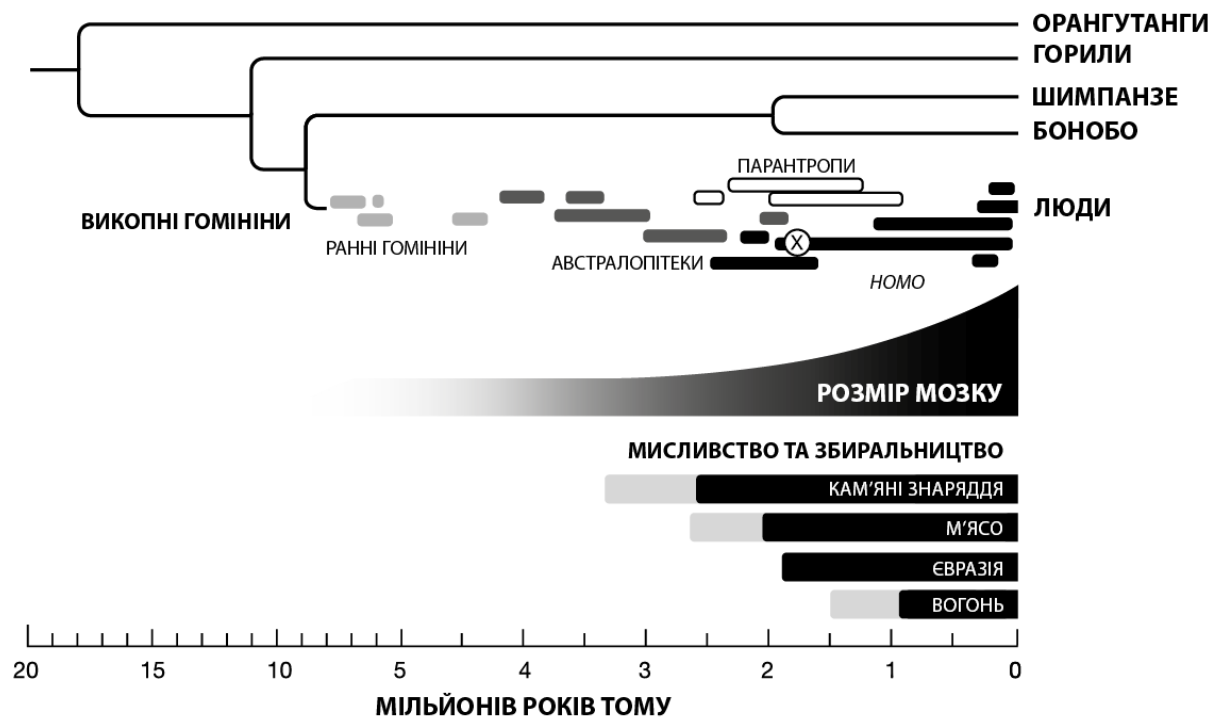


Рис. 4.1. Генеалогічне дерево людей. Наша лінія, гомініни, — це одна гілка родини мавп, що включає понад десяток відомих викопних видів, кілька з яких продемонстровано на рисунку. «Х» у кружечку позначає позицію гомінінів Дманісі. Мисливство та збиральництво з'являються разом із родом *Номо* та супроводжуються збільшенням розмірів мозку та змінами в харчуванні й поведінці (сірим кольором позначено ранні, ще обговорювані докази, чорним — переконливі й незмінні). Зауважте зміну на шкалі часу на позначці 5 мільйонів років. (Адаптовано з праці Н. Pontzer [2017]. "Economy and endurance in human evolution." Curr. Biol. 27: R613—21.)

І все-таки, незважаючи на все анатомічне розмаїття й натяки на творчість, з точки зору обміну речовин ці гомініни були здебільшого мавпоподібними. Можемо бути певні щодо такої оцінки, бо ж подібно до сучасних мавп види з перших двох «розділів» людської еволюції фактично належали до вегетаріанців. Безперечно, подеколи їм вдавалося запопасти дрібну дичину чи розорити термітники заради смачненького білка, як це роблять шимпанзе й бонобо. Однак, поглянувши на їхні зуби і врахувавши здатність видряпуватися на дерева, зрозуміємо: Арді, Люсі та інші отримували більшу частку калорій саме з рослинної їжі. Характерний для мавп раціон на

рослинній основі свідчить про те, що цим видам не треба було багато ходити на пошуки їжі. Це загальне правило екології — рослиноїдним тваринам не потрібно щодня десь далеко мандрувати, адже такої їжі завжди вдосталь і вона нікуди не втече. Сучасні людиноподібні мавпи рідко долають одну-дві милі протягом дня.

Однак майже 2,5 мільйона років тому гомініни почали поводитися досить дивно й геть не по-мавпячому. Замість полювати на випадкових мавп чи невеликих антилоп вони націлилися на значно більшу за розмірами дичину — зебр і решту великих тварин. По всій території Східної Африки почали з'являтися численні кам'яні знаряддя, а викопні рештки тварин із місць розкопок у Кенії й Ефіопії свідчать про те, що їх різали. М'ясо вже не було делікатесом, воно стало звичною частиною меню. То був світанок мисливства та збиральництва, зачин третього й останнього розділу еволюції гомінінів. Він знаменував раннє зародження нашого роду *Номо*. Утім, вирішальним когнітивним стрибком стало не мисливство чи поява знарядь — зрештою шимпанзе й бонобо полюють і виготовляють знаряддя, але це не привело до радикальної відмови від їхньої мавпячої поведінки. Найбільшою інновацією в харчуванні, що зрештою змінила наш метаболізм та еволюційну долю, була не їжа, що її споживали згадані гомініни, а їжа, якою вони ділилися.

Людина, яка ділиться

Першими словами, які я вивчив із гадза, були *amayega* і *mtana*, що ними зазвичай обмінюються під час привітання. Третім словом, яке дізнався, було *za*.

Я не певен, коли саме його помітив. Моя перша подорож до гадза нагадувала бурхливий потік нових місць та звуків, і спогади про перші дні дещо розмилися в пам'яті. Якщо доводилося провести певний час в іншій країні, мови якої не знали, — скажімо, у кафе чи парку якогось міста, — ви знаєте, як голоси, що їх чуєш довкола, сплітаються у своєрідне абстрактне звукове хитросплетіння, насичене відчуттями й водночас позбавлене сенсу. Однак якоїсь миті мій розум ухопився за просту команду, що повсякчас повторювалася, — *za*. Невдовзі я помічав її всюди. Двоє дітей, які влаштували спільний перекус, — *za*.

Бабуся годує онука ягодами — *za*. Чоловік просить меду в приятеля — *za*.

Я запитав у Браяна, що означає це слово, хоч це й було очевидно. *Za* означає «дай».

Утім, я не міг зрозуміти одного — чому нічого не робили натомість? У відповідь анічогісінько не казали, а річ, про яку просили, просто віддавали. Де ж були всі «доповнення», з якими я виріс, «*чарівні слова*» «будь ласка», «дякую», «прошу»? У це було несила повірити, однак я дізнався, що в гадза їх немає. Звісно, такі поняття є: гадза мають слова, за допомогою яких просять про допомогу чи висловлюють подяку. Однак слів «будь ласка» і «дякую», що їх прищеплюють дітям західного світу, не почуєш у коротких обмінах фразами, що лунають протягом більшої частини дня. Яка ж мова не має «чарівних слів»?

Що більше я бачив, то більше розумів. Для гадза давати або ділитися — це не просто приємний жест, а правило. Подібно до того, як не кажете всім, хто не плює вам в обличчя: «Дякую, що не плюнули мені в обличчя», гадза не переймаються тим, щоб казати «будь ласка» і «дякую», коли чимось діляться. Адже це означало б, що людина робить щось більше, ніж просто живе за правилами спільноти. «Чарівні слова» можуть знадобитися тільки тоді, коли припускаєте, що інша людина може відмовитися, однак із гадза це так не працює.

Бути гадза означає давати. Усі завжди діляться одне з одним — таке правило. Вам треба тільки сказати *za*.

У 1950—60-х роках дослідники еволюції людини (варто зауважити, що майже всі з них були чоловіками) почали синтезувати наявні дані з реєстру викопних решток гомінінів, польових досліджень живих приматів та етнографічних досліджень тодішніх спільнот мисливців-збирачів. То був захопливий час, щоб поставити собі запитання: «*Що робить нас людьми?*» Ці галузі були ще зовсім «юні», однак науковці вже виконали чималу роботу й знайшли досить решток, щоб вийти за межі простих припущень попередніх поколінь і почати синтезувати цілісні реконструкції нашого еволюційного минулого, що ґрунтувалися на доказах.

Цей рух був закріплений у знаковій конференції «Чоловік-мисливець» (*Man the Hunter*), за результатами якої світ побачила книжка з аналогічною назвою. Зважаючи на неї, шовінізм, що

тимчасово панував у ту епоху, очевидний. Не думаю, що це зробили навмисно, хоч насправді це й не має значення. Дослідники (знову-таки, майже всі чоловіки) були вражені тим, що вважали основними відмінностями між людьми й іншими приматами: нашою майстерністю та залежністю від мисливства й знарядь. Усі основні риси, що роблять людей унікальними, вони розглядали як еволюційні наслідки цих ключових інновацій. То був дуже впливовий погляд, хай навіть і не зовсім новий. Сам Дарвін припускав, що люди завдячують «видатними успіхами в битві за життя» полюванню, стверджуючи, що воно «було вигідним для предків людини... щоб захищати себе каменями чи палицями, атакувати здобич або добувати їжу в інший спосіб».

Феміністичний рух 1960—70-х років та кричуще ігнорування жінок у парадигмі «Чоловік-мисливець» привели до передбачуваної і вкрай потрібної корекції. У 1981 році антропологиня Френсіс Дальберг видала збірку нарисів «Жінка-збирачка» (*Woman the Gatherer*), що висвітлювала істотний внесок жінок у спільноти мисливців-збирачів. Окрім незмінних ролей матерів і бабусь, жінки у спільнотах збирачів незмінно забезпечували їжу й товари, необхідні для успішного розвитку громади. У багатьох культурах жіноче збиральництво забезпечує понад половину спожитих калорій. Ба більше, наприкінці 1960-х років стало зрозуміло, що шимпанзе подеколи полювали й застосовували знаряддя. Якщо полювання та використання знарядь не були виявом виключно людської поведінки, було складно стверджувати, що саме вони прискорили наш унікальний рух еволюційною траєкторією.

Якщо говорити відверто, я вважаю, що зосередження уваги тільки на внеску чоловіків або жінок не враховує одного напрочуд важливого нюансу. І чоловіки, і жінки роблять істотні внески у спільноти мисливців і збирачів, однак поодинокі їх не досить. Мисливство та збиральництво завдячують успіхом не власне мисливству чи збиральництву, а саме сполучнику «і». Ми не просто «чоловіки-мисливці» чи «жінки-збирачки», ми люди, які діляться.

Натомість сучасні людиноподібні мавпи майже не діляться одне з одним. Звісно, самки всіх видів подеколи діляться їжею зі своїми крихітними або юними дітьми. Самки орангутангів у дикій природі діляться їжею з малими дітьми приблизно раз на десять прийомів їжі,

і зазвичай це продукти, які малюкові отримати непросто, — за людськими стандартами це аж ніяк не поведінка «матері року». Дорослі людиноподібні мавпи діляться одне з одним ще рідше. Дорослих горил ніколи не помічали за цим в умовах дикої природи. Дорослі шимпанзе зі спільноти Сонсо в лісі Будонго, що в Уганді, діляться їжею приблизно раз на кілька місяців, і більшість із того, що вважають «умінням ділитися», то насправді крадіжки, на які поблажливо не зважають. Найбільше діляться одне з одним бонобо, проте і їм далеко до людей. У Вамбі (Конго) японська дослідниця Шинья Ямамото з'ясувала, що дорослі бонобо (здебільшого самки) протягом 14 % свого часу ділять між собою великий і соковитий фрукт.

Попри складні соціальні стосунки, що тривають між мавпами все життя, їм притаманна харчова самотність. Коли йдеться про їжу, всі покладаються тільки на себе. Отже, вони змушені діяти так, щоб щодня здобувати досить їжі та вберегтися від голоду. Однак у переслідуванні великої за розмірами дичини чи збиранні більшої кількості плодів, аніж потрібно, переваг мало, адже те, що не запхаш до рота *просто зараз*, зіпсується або буде розграбоване «жебраками», які навряд колись віддячать за таку ласку. Тож найпоширенішою їжею, якою діляться шимпанзе й бонобо, є дрібніші мавпи та дукери (вид маленьких антилоп), на яких вони полюють, або великі соковиті плоди у Вамбі. За розмірами це невелика здобич, проте й однією порцією, яку можна запхати до рота, її не назвеш. Мисливець, якому пощастило, зазвичай бере собі стільки, скільки може спожити, «ділячись» недоїдками з дошкульною ордою «жебраків». Навіть бонобо діляться фруктами тільки тоді, коли їх випрошують.

Люди — це соціальні збирачі. Ми постійно приносимо додому більше «здобичі», аніж потребуємо, маючи намір поділитися нею з нашою спільнотою. Це означає, що ми «підстраховуємо» одне одного — якщо хтось повернеться додому з порожніми руками, голодним він не залишиться. Це дає змогу всебічно розвиватися й ризикувати, розробляти додаткові стратегії добування їжі — мисливство та збиральництво, — що максимізують потенціал для великих результатів і водночас обмежують наслідки невдач. Деякі члени спільноти полюють і час від часу приносять додому дичину, багату на жири та білки. Інші займаються збиральництвом, забезпечуючи стабільне джерело їжі, що допомагає пережити ті дні,

коли мисливцям не щастить. Це неймовірно гнучка й успішна стратегія, що легко адаптується, а в її основі лежить непорушне, залізне й негласне розуміння того, що ми поділимося одне з одним.

Уміння ділитися — це клей, який міцно утримує спільноти мисливців-збирачів разом і забезпечує їх пальним, даючи змогу бігати. Воно кардинально змінило метаболічну стратегію гомінінів. Це вміння означало більше їжі, калорій, енергії для розвитку, розмноження, мозку, активності... власне всього (рис. 4.2). Як нам із колегами вдалося з'ясувати під час експериментів із подвійно маркованою водою за участю мавп і людей (розділ 1), ми щодня спалюємо приблизно на 20 % більше енергії, ніж шимпанзе й бонобо. Наша енергетична перевага над горилами та орангутангами навіть більша. Ці додаткові калорії живлять наш великий мозок, дають змогу провадити активний спосіб життя й мати великі родини — усі згадані риси відмежовують нас від інших мавп і визначають наше життя. І все це почалося з мисливства та збиральництва, до яких вдалися ранні представники нашого роду *Ното*, які добували більше їжі, ніж потребували, а надлишок віддавали. Ця додаткова енергія спонукала озброєних примітивними кам'яними знаряддями гомінінів із мавпячим мозком рушити по всьому світу, від Дурбана до Дманісі й навіть далі.

Метаболічна революція

Ми часто обговорюємо еволюцію з точки зору фізичних рис, появи нових анатомічних особливостей чи змін їхньої форми або розміру. Зрештою фізичні риси зазвичай і зберігаються у скам'янілостях. Однак часто справжніми натхненниками є зміни в поведінці. Виникають нові моделі поведінки, а тіло до них адаптується. Риби почали харчуватися в каламутному мілководді, і ті з них, що мали найсильніші плавці й найкращі примітивні легені для життя в таких калюжах, розмножувалися найуспішніше — а тоді не забарилися й еволюційний вихід на суходіл та поява ніг. Предки коней, які мали абсолютно звичайні зуби, почали харчуватися більш жорсткою травою замість м'якого листя. Тварини з довшими зубами жили довше, бо їхні «жувальні інструменти» не так швидко зношувалися. Через мільйони років довгі зуби стали для коней нормою. (Ось чому вік коня можете дізнатися, зазирнувши йому до рота й побачивши, наскільки зношені

в нього зуби. Це, звісно, розумно, коли купуєте коня, але грубо, якщо вам його подарували.) Щоб полювати, полярні ведмеді почали плавати й пірнати, і в них розвинулися перетинчасті лапи. Поведінка веде за собою, а форма наздоганяє.

Для того щоб уміння ділитися набуло поширення в лінії гомінінів, знадобилися б певні обставини: витрати, що супроводжують добування їжі в більшій кількості, аніж потрібно, мали б бути нижчими, ніж зиск від того, що її віддаєш. Добувати зайву їжу означає витратити менше енергії на себе й більше на когось іншого — і це зовсім не те, що схвалює Дарвінів «аморальний бухгалтер» — природний добір. За умови, що отримувач має до вас стосунок і такі самі гени, його репродуктивний успіх почасти й ваш. Однак «знижка» дуже суттєва: навіть дитина має тільки половину ваших генів. Витрати, пов'язані з добуванням додаткової їжі, мають бути низькими, а віддача з боку отримувача справді високою — тільки тоді потреба ділитися буде того варта. Тож легко зрозуміти, чому жодні інші примати — насправді майже всі види загалом — не покладаються на вміння ділитися як на успішну стратегію. Попри несприятливі умови приблизно два з половиною роки тому десь у Східній Африці в популяції гомінінів, чий мозок за розмірами нагадував мавпячий, утворилася сприятлива комбінація умов, харчування й поведінки. Уміння ділитися стало нормою. На жаль, подробиці його походження можуть бути надто дрібними, щоб упіймати їх у грубе сито реєстру викопних решток. (Хоча, якщо пригостите випивкою учасників наступної конференції з еволюції людини, вас винагородять купою докладних і складних сценаріїв.) Найдавнішим серйозним доказом уміння ділитися є сліди на кістках великих тварин, подібних до зебри, які свідчать про те, що їх різали. Жоден гомінін не міг з'їсти зебру самотужки, хоч яким голодним був. А вистежування зебри — мертвої або живої — потребувало б командної роботи чи то для того щоб її вполювати, чи щоб відштовхнути від трупа інших хижаків. Командна робота вигідна тільки тоді, коли є угода про поділ здобичі. Можливо, вміння гомінінів ділитися розвинулося з мавпоподібного мисливства, коли окремі особини давали іншим більше порівняно з тими незначними недоїдками, що ними діляться шимпанзе. Або ж його розвиток почався з того, що вони ділилися фруктами, — схожу поведінку спостерігаємо в самиць бонобо у Вамбі. Вагомим

аргументом може бути й те, що дикі коренеплоди, далекі двоюрідні сестри картоплі та ямсу, які зараз продають у супермаркетах, на ранніх етапах теж були важливим продуктом, яким ділилися. Бульби рослин — основний продукт у раціоні гадза та інших спільнот мисливців-збирачів у всьому світі. Крім того, це теплові крохмалеві бомби, що їх складно викопувати із землі дітям, однак дорослі легко збирають їх навіть більше, ніж треба. Подібно до того як самиці орангутангів схильні ділитися з молодим потомством їжею, яку складно добути, матері або батьки-гомініні могли б звикнути годувати коренеплодами своїх дітей. Можливо, старші жінки, чий дітородні роки вже минули, почали спрямовувати материнські зусилля на те, щоб ділитися їжею з доньками та онуками.

Насправді байдуже, що то було — м'ясо, рослинна їжа чи певне їхнє поєднання, однак це дивне збиральництво на користь інших мало глибокі наслідки для еволюції гомінінів. Уміння ділитися означало більше енергії для життєво важливих завдань. Виживаність і розмноження — «валюти» природного добору — значно поліпшилися. Гомініні та їхні родичі, які вміли ділитися одне з одним, перевершили менш щедрих сусідів.

Ми нащадки найдавніших гомінінів, які почали ділитися одне з одним. З часом їхня фізіологія зреагувала на цю нову поведінку, пришвидшивши метаболізм, щоб скористатися додатковими калоріями. То була «метаболічна революція» (рис. 4.2), і саме вона відтоді визначила еволюцію нашого роду *Ното*.

Позитивна реакція та сприятливі цикли

Подібно до того як метаболізм віддзеркалює організовану діяльність усіх систем вашого організму, що працюють в унісон, метаболічна революція змінила кожнісінький аспект нашої фізіології. Однак, оскільки калорії не перетворюються на скам'янілості, складно з'ясувати, які зміни сталися першими. Першою ознакою прискореного метаболізму, що її бачимо у скам'янілостях, є збільшення розмірів мозку. Як ми вже обговорювали в попередньому розділі, мозок досить «витратний» орган щодо метаболізму. Ми знаходимо скам'янілі рештки гомінінів, які існували майже два мільйони років тому — приблизно тоді, але трохи раніше з'явилися й кістки зі слідами від

порізів. Мозок цих гомінінів майже на 20 % більший — вони споживали на 20 % більше калорій порівняно з попередниками, *австралопітеками*.

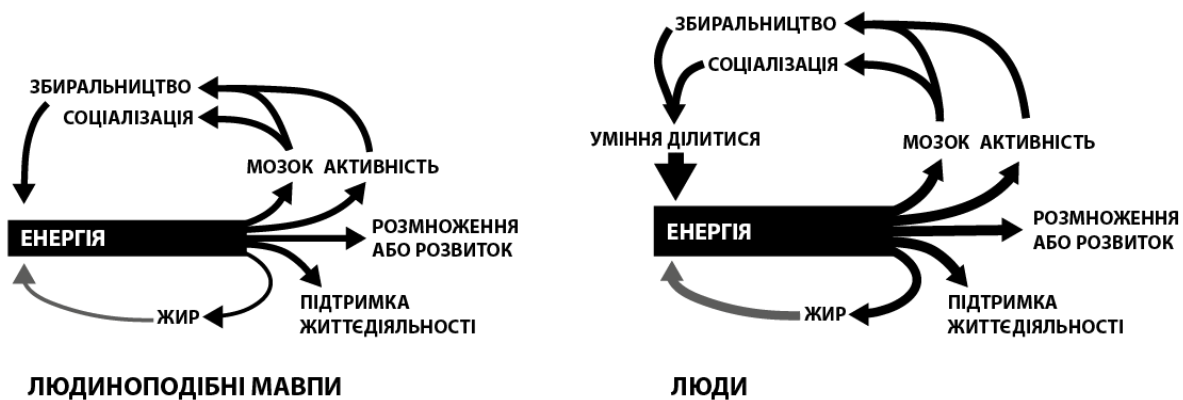


Рис. 4.2. Метаболічна революція. Як і всі примати, людиноподібні мавпи використовують метаболічну енергію, щоб виконувати життєво необхідні завдання, включно з розвитком чи розмноженням, підтримкою життєдіяльності організму (зокрема, ідеться про імунну функцію, відновлення тканин) та фізичною активністю. Це тямущі, соціальні тварини, які інвестують у свій мозок, щоб орієнтуватися у складних соціальних світах і шукати їжу, однак годують вони лише себе. Люди об'єднують соціальні та збиральні зусилля, ділячись надлишками харчової енергії з іншими членами своєї групи. Уміння ділитися збільшує кількість енергії, доступної для виконання всіх завдань, включно з розмноженням і підтримкою життєдіяльності, продовжує життя, сприяє утворенню великих родин, більшого мозку, а також підвищує активність. Для того щоб «підживлювати» всі ці риси, люди щодня витрачають більше енергії, аніж мавпи. Більші енерговитрати також сприяють перетворенню зайвих калорій на жир (значно більше, ніж в інших мавп), щоб пережити часи, коли енергії бракує.

Той факт, що еволюція віддавала перевагу спрямуванню цих додаткових калорій до «дорогого» мозку, багато говорить про метаболічну стратегію нашого роду. Зазвичай варто було б очікувати, що еволюція спрямує ці калорії безпосередньо на виживання й розмноження. Зрештою репродуктивний успіх — кількість уцілілих нащадків — то єдина одиниця вимірювання, на яку звертає увагу природний добір. У тому, щоб інвестувати ресурси в мозок чи якийсь інший орган, немає жодної переваги, якщо це не окупиться більшим потомством. Калорійний «внесок» у мозок підказує нам, що вдосконалення когнітивної функції було життєво важливе для цих гомінінів, а тому варте того, щоб витратити дорогоцінні калорії на активніше живлення мозку.

Імовірно, фізична активність теж суттєво зросла. Коли покладаєшся на м'ясо як на значну частину раціону, потрібно щодня спрямовувати на пошуки їжі чимало зусиль. Порівняно з рослинною їжею дичина поширена на великій території, і її значно важче вполювати. Сучасні хижаки африканської савани щодня долають набагато більшу відстань, аніж травоядні тварини, яких вони вистежують. Перехід до мисливства на світанку нашого роду потребував би відповідного збільшення відстані, яку долали щодня. І це означало б щось більше, ніж тривала ходьба. Ден Ліберман (мій науковий консультант у Гарварді) і Денніс Брембл мають переконливі аргументи на користь того, що найдавніші представники роду *Homo* були пристосовані до тривалого бігу й виснажували здобич під пекучим африканським сонцем, аж доки та не падала з ніг. Незалежно від способів полювання гомініни взялися втілювати в життя високоенергетичну стратегію, займаючись мисливством і збиральництвом та витрачаючи багато калорій на розум та зусилля, натомість очікуючи навіть на більшу й водночас спільну «віддачу».

Стратегія спрацювала. Популяції розросталися, а їхні ареали розширювалися. *Homo erectus*, перший вид гомінінів, які розповсюдилися світом, з'явився у Східній Африці приблизно два мільйони років тому й швидко поширився за її межами по всій території Старого світу. Протягом 100 000 років його ареал існування розширився з півдня Африки через Центральну Євразію й аж до Східної Азії; кам'яні знаряддя знаходили в Китаї, а викопні рештки — навіть в Індонезії. Мисливство та збиральництво досягли неабиякого успіху. Неймовірно, але через нескінченні віки їхні нащадки викопуватимуть із ґрунту Дманісі рештки саме цієї жменьки витривалих першопрохідців.

Ключові інгредієнти колективного збиральництва — уміння ділитися, розум і витривалість — стали потужною комбінацією. Кращий розумовий потенціал удосконалив здатність наших предків знаходити й добувати ліпші фрукти, коренеплоди та дичину, водночас удосконаливши їхнє вміння планувати щось разом. Краща витривалість давала змогу «закинути ширші сіті», полюючи на здобич та використовуючи різні блага в розширеному ареалі існування. А вміння ділитися, мов той килим Великого Лебовскі, усе це об'єднувало. Завдяки новій здатності добувати більше їжі, ніж

потрібно, і соціальній домовленості ділитися надлишками гомініни відчували, що їх переповнює енергія. Це була така переможна стратегія, що перевершити її можна було тільки в один спосіб — удосконаливши. У представників кожного покоління були відмінності в когнітивних здібностях, умінні соціалізуватися та фізичній витривалості. І в кожному поколінні найкраще виживали й найбільше розмножувалися саме найрозумніші, найсильніші й найдоброзичливіші особини. У лінії гомінінів розвинулися «перегони озброєнь» — ранні, початкові зміни перетворилися на справжню лавину, результатом якої стали ще більш гротескні види з великими бульбоподібними головами, делікатними рисами обличчя й безволосими тілами, що пітніли, — види, які ставали дедалі подібнішими до нас.

Розвиток розумових здібностей найлегше відстежити в реєстрах скам'янілостей та археологічних знахідках. Скам'янілі черепи, подібні до тих, що їх виявили у Дманісі, дають нам змогу відстежити збільшення розмірів мозку — це досить грубий, однак обґрунтований показник інтелекту, коли йдеться про порівняння різних видів. Менш ніж за два мільйони років розміри мозку в представників роду *Homo* збільшуються втричі — він стабільно росте, мов гарячий пиріжок у печі (рис. 4.1). Паралельно з цим удосконалюються і кам'яні знаряддя. Найбільш ранні знаряддя з таких місцин, як Дманісі, — це прості уламки каменів, що за красою та складністю виконання скидаються на глиняну вазу першокласника, створену для мамі. Приблизно півтора мільйона років тому гомініни виготовляли симетричні «ручні сокири», що мали форму сльози й потребували неабиякої майстерності (мені таке не до снаги, на відміну від моїх товаришів, які захоплюються кам'яними знаряддями). Майже 400 000 років тому гомініни застосовували складну й багатоступеневу «леваллуазьку» техніку, щоб виготовляти довгі й тонкі леза та інші неймовірні знаряддя — такі складні, що, для того щоб виготовити їх зараз, ви маєте бути «археологічним ботаном» сьомого рівня з багаторічним досвідом. Відтоді знаряддя ставали дедалі складнішими, а їхня досконалість зростала в нескінченному ланцюжку інновацій від обсидіанових лез епохи палеоліту до лука та стріл, до смартфона у вашій кишені.

Звісно, йдеться не тільки про знаряддя. П'ятсот тисяч років тому гомініни приборкали вогонь. (Цей прорив міг статися набагато раніше. Дебати на цю тему аж... палають.) Протягом цього періоду також мали розвиватися мовні навички, хоч відстежити їхню еволюцію до біса складно. На момент появи нашого виду *Homo sapiens* (Людина розумна), що зародився в Африці приблизно 300 000 років тому, далекі відстані вже не були перепорою для обміну цінною сировиною, а натуральні червоні пігменти використовували для прикрас і, можливо, символічного мистецтва. Орієнтовно 130 000 років тому (якщо не раніше) люди вздовж узбережжя Південної Африки збирали молюсків за щорічним графіком, зважаючи на пори року й припливи, щоб отримати найкращий улов. А приблизно 120 000 років тому представники нашого виду вийшли за межі Африки й поширилися Євразією, мов відлуння більш ранніх хвиль *Homo erectus*, несучи із собою мистецтво та інновації. Сорок тисяч років тому ми вже малювали жахливі фрески на печерних стінах від Бордо до Борнео.

Реконструювати когнітивну еволюцію гомінінів відносно легко, оскільки розміри мозку, а також знаряддя, мистецтво та інші речі, які ми виготовляємо, залишають у скам'янілостях та археологічних реєстрах «слід із хлібних крихт». Однак, коли йдеться про фізичну форму й доброзичливість, відстежувати темп еволюційних змін значно складніше, бо ані те, ані інше не лишає по собі вагомих доказів. Утім, щодо одного можемо бути певні: сьогодні люди мають найкращу фізичну витривалість з-поміж усіх сучасних приматів. Наше максимальне споживання кисню (МСК, VO_2), загальний показник максимальної (пікової) аеробної потужності (див. розділ 8), перевищує аналогічний показник шимпанзе як мінімум у чотири рази. Порівняно з іншими приматами ми маємо більше м'язів у ногах (хоч і менше в руках) і значно більшу частку м'язів, що повільно скорочуються та стійкі до втоми. У нашій крові міститься більше гемоглобіну, що доправляє кисень до активних м'язів, а оголена й спітніла шкіра (до речі, ми продукуємо найбільше поту на планеті) захищає від перегрівання навіть під час тренування у спекотних умовах.

Порівняно з іншими приматами все це дає змогу просуватися далі й значно швидше. Скажімо, шимпанзе протягом дня в середньому долають менш ніж дві милі, а інші мавпи навіть більш ледачі. Натомість люди, зокрема мисливці-збирачі на кшталт гадза, щодня

проходять уп'ятеро більше. Ми бігаємо марафони заради *розваги*. Ми створені для інтенсивної діяльності, що не припиняється протягом усього дня. Більшість анатомічних рис, що допомагають зробити нас такими неймовірними мандрівниками й бігунами, зокрема довгі ноги, пружний підйом стопи та короткі пальці, є і в ранніх *Номо*, тож можна припустити: здатність бути витривалими виникла в нашому роді досить рано, а протягом останніх двох мільйонів років відточувалася еволюцією як частина мисливсько-збиральницької стратегії.

Те саме стосується й уміння ділитися. Серйозні докази — ушкоджені кістки зебри та іншої великої дичини, що їх знаходять у місцевостях на кшталт Дманісі, свідчать, що вміння ділитися зародилося ще на світанку нашого роду. Насправді, як я вже зазначав трохи вище, це вміння, імовірно, становить ключову поведінкову інновацію, що стимулювала еволюцію *Номо*. Утім, відстежити ступінь чи обсяг такого явища складно, оскільки відтоді й до сьогодні воно повсякчас змінювалося. Поза тим, є певні підказки. Майже 400 000 років тому технологія знарядь і техніки полювання були досить розвинені. Крім кам'яних знарядь, виготовляли добре збалансовані списи із загартованими наконечниками, за допомогою яких регулярно полювали на диких коней та іншу велику дичину. Така увага до виготовлення знарядь і розвитку мисливських стратегій, імовірно, свідчить про те, що деякі члени спільноти спеціалізувалися на полюванні, тоді як інші зосереджувалися на збиральництві, як це й досі триває в сучасних спільнотах мисливців і збирачів. А щоб такий поділ праці був успішний, усі мали прихильно ставитися до ідеї спільного користування ресурсами.

Розмір мозку й багатогранність поведінки підказують нам ще дещо щодо вміння ділитися. Великий мозок і поведінкова стратегія, що залежить від засвоєння знань, означають, що ми приходимо в цей світ як безпорадні й ні до чого не здатні пухкенькі вологі клубочки. Народившись, не вміємо ходити, говорити, добувати їжу та захищати себе протягом *років*. Натомість ми повністю залежні від інших — власне, від того, чи поділяться з нами їжею, увагою, безпекою, яких украй потребуємо. Протягом першого та навіть другого десятиліття життя ми поглинаємо спільні ресурси щедрої спільноти і вчимося (принаймні на це варто сподіватися) бути функціональною та продуктивною дорослою людиною. Наш мозок витрачає так багато

енергії на навчання, розбудову й проріджування нейронних зв'язків під час притоку інформації, що в молодшому шкільному віці розвиток організму трохи сповільнюється. У спільнотах мисливців і збирачів на кшталт гадза люди не стають самодостатніми — себто такими, які можуть добути досить їжі, щоб себе прогодувати, — аж до пізнього підліткового віку. Винагорода за це очікування й навчання — неймовірно висока продуктивність у дорослому віці. Дорослі мисливці-збирачі (як чоловіки, так і жінки) можуть легко принести додому тисячі додаткових кілокалорій на день — значно більше, ніж їм насправді потрібно (див. розділ 9). Це додаткова енергія, що живить наші пришвидшені «метаболічні двигуни» та використовується для більших добових енерговитрат. «Зайвою» енергією діляться з дітьми, а також їхніми матерями чи тими, хто дбає про малечу. Оскільки «енергетичний тягар», пов'язаний із розмноженням, спільний, а матері отримують чимало допомоги, у спільнотах мисливців і збирачів жінки народжують дітей приблизно раз на три роки — це значно швидший темп розмноження порівняно з мавпами, які все роблять самотужки. (У середньому інтервал між народженням потомства в шимпанзе, горил та орангутангів триває п'ять років і навіть довше.) Це парадокс життєвого циклу людини: кожна дитина дорослішає довше, та попри це ми розмножуємося швидше, ніж наші родичі — примати. І все завдяки вмінню ділитися та унікальній стратегії обміну речовин.

Такий показник, як розмір мозку, з'являється на нижній межі часового діапазону сучасних людей майже 700 000 років тому, і йдеться про вид *Homo heidelbergensis*, виявлений на території Африки та Євразії. Їхній великий мозок і технологічне вдосконалення дають змогу припустити, що тривале дитинство й напрочуд продуктивне збиральництво, яким займалися дорослі, встигли добре розвинутися ще задовго до того, як на території Африки з'явився наш окремий вид — *Homo sapiens*. Так само їхній великий «енерговитратний» мозок і спосіб життя, притаманний мисливцям-збирачам, підказують, що з великою ймовірністю вони мали такий самий прискорений рівень метаболізму, що й у сучасних людей, і спалювали більше енергії, ніж їхні предки — австралопітеки. Однак навіть якщо основна метаболічна стратегія людини зародилася ще до нашої появи, імовірно, саме перехід до спільного користування ресурсами й допоміг нам вижити. Поширившись територією Африки й усім світом, наші предки *Homo*

sapiens виявили, що вони не самотні. У світі було повнісінько дивних і чудових людиноподібних видів, їхніх еволюційних «двоюродних» братів і сестер: неандертальці в Європі, денісівці (денісівські люди) у Центральній Азії, реліктові популяції *Homo erectus* в Азії, схожі на них види *Homo naledi* у Південній Африці та мініатюрні види *Homo floresiensis* з островів Індонезії, що їх палеоантропологи нарекли «гобітами». Фантазії з сучасних науково-фантастичних книжок про зустрічі з наближеними до нас мешканцями далеких світів, спілкування з ними та спільне проживання відтворювалися в часи палеоліту знову й знову.

Деякі ці види, зокрема *erectus* і *naledi*, не дають нам забути, що динаміка еволюції нестабільна. У цих видів розвинувся трохи більший мозок, ніж в австралопітеків, і вони належали до найперших мисливців-збирачів. Однак на ранньому етапі природний добір якоїсь миті припинив підштовхувати їх до розвитку ще більшого мозку та вдосконалення процесу збиральництва. Цьому не сприяли ані екологія, ані непередбачувані умови в конкретних місцях їхнього проживання. Витрати, пов'язані з більшим мозком і ризикованою щедрістю, значно перевищували можливі переваги. Тож за умов, коли ніщо не спонукало їх до змін, скромний розмір мозку, як і ранні звички представників *Homo*, залишалися незмінними протягом сотень тисяч років, хоч популяції гомінінів в інших частинах світу постійно зазнавали змін. Еволюція не прагне кудись дістатися, і якщо розмір мозку стабільно збільшувався протягом мільйона років, це не означає, що так триватиме й надалі. Ми не були чимось неминучим.

Інші види, зокрема денісівці й неандертальці, свідчать, що ми не були особливими. Подібно до нас їхні представники були розумні, уміли пристосовуватися й вирізнялися винахідливістю. Насправді ми з ними були такі схожі, що навіть схрещувалися між собою, утворюючи змішані родини, та, поза сумнівом, дивувалися, чому родичі з боку чоловіка або жінки завжди видавалися дещо своєрідними. Ми й сьогодні знаходимо часточки їхньої ДНК у наших хромосомах — кілька розсипаних «цеглинок» втраченої цивілізації, що їх повторно використали в сучасному будівництві.

Те, чому вони вимерли, а ми вижили і стали останніми гомінінами на цій планеті, і досі залишається однією з найбільших таємниць. Часто зауважують, що ми просто були розумнішими чи креативнішими,

однак справжня причина й досі не зрозуміла. Мозок неандертальців був більшим порівняно з нашим, вони малювали на стінах печер, створювали музику й ховали померлих задовго до нашої появи. Можливо, нам банально пощастило — випав такий собі «космічний жереб», унаслідок якого всміхнулася удача. А може, діставшись Євразії, ми принесли з собою нові недуги і, поширюючись планетою, стерли з лиця землі неандертальців та денісівців так само, як свого часу європейські хвороби спустошили корінне населення Америки.

Одне переконливе пояснення полягає в тому, що люди вижили завдяки тому, що були дружнішими. Річард Ренгем з Гарвардського університету, а також мої колеги з університету Дюка Браян Гейр та Ванесса Вудс стверджували, що *Homo sapiens* стали гіперсоціальними завдяки тривалому процесу самоодомашнення. За такого сценарію окремих осіб (особливо чоловіків), які намагалися домогтися свого через насильство та залякування, виганяли (або ж, за словами Ренгема, страчували) інші члени спільноти. З часом доброзичливості й варіаціям генів, що їй сприяли, віддавали перевагу — у підлих людей було менше дітей. Люди перенесли модель поведінки, що спонукала ранніх *Homo* ділитися одне з одним, на наступний рівень. Наші спільноти почали функціонувати як гіперкооперативні суперорганізми на кшталт вуликів чи мурашиних колоній. За таких умов наша соціальна згуртованість стала ключовою перевагою над неандертальцями й денісівцями в часи, коли ми поширювалися Євразією. Коли ж опинилися в тій самій місцевості, що й неандертальці та інші гомініни, наша гіперкооперативна стратегія перемогла.

Незалежно від того, чи були люди справді унікальними порівняно з іншими гомінінами, маючи схильність працювати разом, ясно одне: прагнення спілкуватися, великий мозок та здатність до фізичної активності — це ключові риси, які так принципово відрізняють наш вид від інших приматів. Усім цим завдячуємо нашій спадщині, що сформувалася протягом двох мільйонів років мисливства і збиральництва, простягнувшись від Дманісі до наших днів. Наші складні соціальні світи та емпатія, здатність досліджувати галактику й розщеплювати атом, вміння терпіти, готовність поділитися обідом — усе це буквально становить частину нашої ДНК. І водночас усе це підживлюється нашою високоенергетичною метаболічною стратегією.

Обмін речовин — те, як ми отримуємо енергію та витрачаємо її, — був дуже важливим для нашої радикальної еволюції.

Я вже казав, що є й інший бік медалі?

Інший бік медалі

Я зростав на крутих віддалених пагорбах Аппалачських гір на північному заході Пенсильванії, у маленькому містечку Керсі. У моєму дитинстві, як і у вашому, не бракувало щоденних уроків і постійних нагадувань про мою соціальну ідентичність. Я був Понцером, католиком, учнем державної школи, хлопцем із Керсі, фанатом *Steelers* (хоч і зрідка переглядав матчі). Кожен із цих «шарів» щось означав. Скажімо, те, ким були мої друзі або до кого я незмінно ставився з підозрою (учні з приватних шкіл чи дітлахи зі школи Святої Марії). Утім, жоден із цих проявів моєї особистості не був сильніший за фанатичну любов до Пенсильванського університету.

Мої батьки, старші сестри, більшість тітоньок, дядьків і двоюрідних сестер чи братів навчалися саме в цьому закладі. Коли я був малий, ми рідко дивилися спортивні програми, і мамі з татом здебільшого було байдуже до спорту, але якщо восени в суботу всі були вдома, то обов'язково вмикали телевізор і переглядали футбольні матчі за участю команди Пенсильванського університету. У випускному класі старшої школи я подав документи тільки до одного коледжу: старого доброго Пенсильванського університету. Присягаюся, що не міг уявити, як вступаю в якийсь інший заклад. Цей університет уособлював моє плем'я.

Основним ритуалом племені — екстатичною посвятою в лави першокурсників — було відвідування футбольного матчу за участю команди університету. Для справжнього вірянина то воістину релігійний досвід. Розташувавшись на крутих алюмінієвих трибунах поряд із 115 000 захоплених фанатів, прикрашених відповідними кольорами та іншими ознаками племені, ми радо підбадьорювали «гладіаторів» унизу. І байдуже, що не були знайомі між собою — кожен присутній на цьому стадіоні (крім невеличкої жменьки відважних уболівальників у секторі гостей) одразу ставав тобі другом. Ми на повну горлянку волали традиційну «кричалку» університету, оглушливу відповідь на запитання «Хто ми?», що лунала на весь

стадіон: «*МИ... ПЕНН СТЕЙТ!*» Усе це одурманювало незгірш за недосип, відчуття свободи та алкоголь, що їх не бракувало протягом першого року навчання.

Невіддільною складовою того, що ми є гіперсоціальними приматами, які діляться одне з одним, є наше невситиме бажання належати до спільноти. Від самого дитинства ми добре знаємо, хто уособлює наше плем'я. Ми засвоюємо мову, всотуємо зовнішні особливості й характерні риси нашої спільноти та схвалюємо їх, бо прагнемо до неї належати. І це має сенс, надто коли розглядаємо еволюційну важливість спільного користування ресурсами. Без нашої спільноти ми помремо. І мусимо знати, до кого треба ставитися прихильно. «Соціальна угода» передбачає, щоб ми були щедрими з представниками нашої громади.

Водночас важливо розуміти й те, хто не належить до нашої спільноти. Ділитися чимось зі сторонніми людьми — це величезний ризик. Якщо вони не належать до нашого племені, то можуть і не віддячити. Навіть гірше — ці люди можуть виявити вороже ставлення. Якщо поміркувати, скидається на те, що в них достобіса ресурсів — речей, що стали б у пригоді нашій спільноті. *Погляньте на них!* Посідали отам зі своїм добром! Самовдоволені придурки! Те, що вони тримають усе при собі, майже злочин! Пропоную піти туди й *наполегливо* порадити їм віддати те, що наше *по праву!* Зрештою *ми ж Пенн Стейт*, а вони... ні!

От бачите, як такі речі можуть вийти з-під контролю?

Уміння ділитися зробило нас неймовірно щедрими з членами нашої спільноти, але водночас наділило вмінням бути жахливо черствими й злими, коли йдеться про тих, хто до неї не належить. Це почасти описують у книжці «Вживання найдоброзичливіших» (*Survival of the Friendliest*) Браян Гейр та Ванесса Вудс. Сотні тисяч років еволюції вміння ділитися й доброзичливого ставлення в межах нашого племені перетворили щоденне життя на справжнє диво, що для більшості з нас сповнене миру, гармонії та співпраці. Ми волонтеримо, віддаємо час і гроші, тренуємо дитячу футбольну команду чи організовуємо шкільний ярмарок випічки. Можемо переглядати напружений фільм у переповненому залі кінотеатру поряд із сотнями незнайомців — і ніхто й оком не змигне. Кінозал, заповнений не знайомими між собою шимпанзе, перетвориться на криваву бійню ще до того, як на екрані

з'являться вступні титри. З іншого боку, ми загалом байдужі й навіть ворожі до кожного, кого вважаємо чужинцем. Ми поділяємо світ на «внутрішню» й «зовнішню» групи. «Пенн Стейт» і «Пітт²⁷», «Стілерзи» й «Патріоти», республіканці й демократи, громадяни й іммігранти, моя раса і твоя, тутсі чи хуту, мусульмани чи християни... і так до нескінченності. Спільноту може об'єднувати щось значуще або геть випадкове, однак це не має особливого значення. Члени нашої спільноти — то наша родина на все життя. Чужинців можуть навіть не сприймати як людей.

Сьогодні чимало звірств, що залишають шрами на нашій історії та здатні похитнути віру в людство — геноциди, рабство, торгівля людьми, — породжує розвинена здатність сприймати чужинців як «нижчих людей». У минулому таку поведінку санкціонували — ба навіть вимагали — держава й релігія. У 1800-х і 1900-х роках до цього долучили й біологію та науку про еволюцію разом із жахливою й несправедливою «наукою», яку використовували, виправдовуючи расистську політику та поведінку. Ці слизькі мацаки і сьогодні трапляються в «інтелектуальних» аргументах на користь расизму (хоч насправді немає жодних доказів на користь того, що незначні генетичні відмінності між сучасними етнічними групами впливають на поведінку, розумові здібності чи будь-що, що ми цінуємо в людях). Жахливо спостерігати за тим, як ці теми знову порушують у нашій «племінній» політиці, яка набирає дедалі більших обертів. І йдеться про досить цивілізовані країни, чий мешканці мали б краще на всьому розумітися! Однак ми чомусь і досі принижуємо людей, з якими не згодні, і всіх, кого вважаємо «іншими».

Найважливіший аргумент наших часів — *«Хто належить до моєї спільноти?»* Хто один із нас, а хто ні? Звісно, єдина відповідь, прийнятна з погляду моралі, — *«Усі»*. Важливий кожен із нас. Ми всі люди, ми частина одного людського племені. І щоб перемогти в суперечці — а таки мусимо це зробити, — варто здолати підозри щодо сторонніх людей. Це еволюційна ціна нашої неймовірної готовності ділитися одне з одним.

* * *

Ще один мінус нашої розвиненої метаболічної стратегії — еволюційна схильність до захворювань, пов'язаних із розладами обміну речовин. Ожиріння, діабет 2-го типу й серцево-судинні хвороби

не пробуджують такого відчуття морального жаху, як геноцид, однак щороку вбивають у всьому світі більше людей, аніж будь-які прояви насильства. Ці недуги не є неминучими — скажімо, в гадза їх не буває. Представники галузі охорони здоров'я називають їх «хворобами цивілізації», і це непередбачувані наслідки нашого розвитку. Вони посіли перше місце навіть попри те, що людські спільноти в усьому світі стали менш жорстокими. Як вид ми припинили безжально вбивати одне одного й почали бездумно нищити себе.

Проблема полягає не тільки в нашому антропогенному середовищі, вона значно глибша. Швидший метаболізм і більші добові енерговитрати, що ними супроводжувалася метаболічна революція гомінінів, підвищила ризик голодування для наших пращурів — мисливців і збирачів. Коли їжі бракує, збільшення добових енергетичних потреб спричиняє серйозніші наслідки. Звісно, вміння ділитися допомагає позбутися лівової частки такого ризику. Однак коли йдеться про забезпечення організму енергією, є чимало потенційних загроз — починаючи з тривалої хвороби, що позбавляє апетиту, й закінчуючи непередбачуваними погодними умовами, які знищують місцеві рослини чи дичину. За умов, коли швидший обмін речовин потребував безперервного надходження калорій, природний добір прагнув захистити нас від нестачі енергії, що привело до появи додаткового рішення. Ішлося про більшу кількість жиру.

Коли ми зі Стівом Россом та Мері Браун проводили вимірювання за допомогою методу подвійного маркування води в десятків мавп, що мешкали в зоопарках по всій території США, а тоді порівнювали їх із даними людей, то виявили відмінності не тільки в енерговитратах. Ми також з'ясували, що мавпи неймовірно худорляві. Шимпанзе, бонобо, горили й орангутанги, провадячи досить спокійний спосіб життя в зоопарках і заповідниках, не гладшають — принаймні за людськими стандартами. У неволі шимпанзе й бонобо накопичують менш ніж 10 % жирових запасів нарівні з провідними спортсменами, які багато тренуються. Навіть активні мисливці-збирачі на кшталт гадза запасають більше жиру. Що ж до людей, які провадять малорухливий спосіб життя в сучасних містах (за рівнем активності їх можна порівняти з мавпами, які живуть у зоопарку), обмежень щодо таких запасів узагалі немає. В організмі чоловіка може міститися 25 або 30 % жирових запасів, а в організмі жінки — понад 40 %.

Якщо мавпи зростають у зоопарку й не мають особливих обмежень у їжі, проте мають низьку фізичну активність, вони стають великими, але не товстими. Їхні організми використовують додаткові калорії для утворення м'язової тканини, розвитку більших м'язів та інших органів. Унаслідок цього мавпи із зоопарку мають значно більшу вагу, аніж їхні родичі, що живуть у дикій природі, однак залишаються досить худими. Натомість гомініни на кшталт нас еволюціонували, навчившись зберігати більшу частку цих додаткових калорій як жирові запаси — це така собі підстраховка на «чорний день», те, що дасть змогу пережити майбутню нестачу їжі, тривалу недугу чи інші «збої» в нашому енергопостачанні. Утім, у сучасному середовищі такі «чорні дні» не настають ніколи, тож більшість із нас залишаються зі значно більшими жировими запасами, аніж треба, і це спричиняє негативні наслідки для здоров'я.

Наші тіла гомінінів еволюціонували, щоб підтримувати високий рівень фізичної активності й водночас залежати від нього, адже протягом останніх двох мільйонів років мисливства та збиральництва він був нормою. Ми еволюціонували, розвинувши потребу в щоденних фізичних навантаженнях, адже без них починаємо хворіти. Всесвітня організація охорони здоров'я стверджує, що неактивний спосіб життя щороку спричиняє смерть майже 1,6 мільйона осіб. Однак значно більше років здорового життя людина втрачає, борючись із серцевими хворобами, діабетом та іншими наслідками малорухливого способу життя. І це виключно людська проблема. У мавп, які живуть у зоопарках та мають помірну фізичну активність, не виникають притаманні людям високий тиск, діабет, серцево-судинні хвороби і безліч інших недуг, що вражають мешканців розвиненого світу.

Модернізація принесла світу чимало добра, починаючи з сучасної медицини і глобального зв'язку та закінчуючи теплими домівками й водопроводом. Однак її непередбачувані наслідки стають дедалі жахливішими (і це ми ще не розглядали таких тем, як кліматичні зміни, втрата середовища проживання чи загроза ядерного знищення...). Нашому виду тільки 300 000 років. І якщо хочемо вижити протягом наступних 300 000 років чи принаймні насолодитися ще трьомастами, варто починати будувати кращі «зоопарки для людей».

Наша єдина надія — великий, розумний і творчий мозок. Тривала еволюційна історія мисливців-збирачів наділила нас когнітивною здатністю формувати та змінювати довкілля. Нам не забракло розуму, щоб приборкати вогонь, побудувати неймовірні машини й відправити їх до далеких планет, створити нові види та спільно виплітати канву нашої еволюційної історії. Та чи досить ми розумні, щоб узяти під контроль власне майбутнє? Чи нам судилося спотикатися, піддаватися спокусі й не досягати бажаного, знову й знову блювати в кущах, марно потерпаючи від «лиха», що його заподіяли самі? Як гадаєте: викопавши наші рештки, нащадки захоплюватимуться нашим генієм чи скрушно похитають головами, дивуючись із нездатності уникнути катастрофи?

Щоб зрозуміти, як усе виправити, треба розібратися: що пішло не так? Як ми могли так збочити зі шляху і як повернутися назад? Час знову вирушити до Гадзаленду й подивитися, чого можуть нас навчити його мешканці, коли йдеться про гідне та здорове життя.

[27](#) Піттсбурзький університет.

Розділ 5. *Метаболічний чарівник:* *компенсація та обмеження* **енергетичних витрат**

Якби типовий погляд гадза на життя треба було звести до його фундаментальної суті, її уособлював би вислів *hamna shida*. *Жодних проблем*. Дуже рідко розмова з чоловіком або жінкою з племені гадза не закінчується цією універсальною та оптимістичною фразою. Бажаєте лишитися в нашому таборі на кілька тижнів і пожити з нами? *Hamna shida*. Хочете виміряти, скільки їжі споживаємо, і всюди нас супроводжувати? *Hamna shida*. Цікавить гієна, що тиняється довкола табору? *Hamna shida*. Один-два дні в Гадзаленді — і ми з Браяном Вудом та Дейвом Райхленом теж почали обмінюватися тією фразою. Це така собі скорочена назва гнучкості та здатності адаптуватися. У складних ситуаціях ми намагаємося залишатися *hamna shida*.

Я заздрю гадза, бо в них є нескінченний запас стійкості, і часто міркував над тим, як вони цього досягли. Можливо, у світі, сповненому речей, які ти не здатен контролювати — від слонів до малярії чи зеленої мамби серед твоїх ковдр, — непохитний світогляд у стилі *hamna shida* — то єдиний спосіб зустрічати новий день з усмішкою. Зголоднів? Утомився? А йти ще добрих десять миль? *Та звісно!* Що скажеш, це схоже на лев'ячі сліди? *Авжеж!* Міркуєш, чи той великий налив на стегні зникне, а чи прорве й призведе до зараження крові? *Ми теж!* Та навіщо непокоїтися? Імовірно, усе буде гаразд, а як нервуватимеш, це не матиме жодної користі. *Hamna shida*.

Щоб процвітати у складному й непередбачуваному світі, як це роблять гадза, треба бути гнучкими та здатними адаптуватися. Треба бути *hamna shida*.

Тож я докладав усіх зусиль, прагнучи залишатися *hamna shida*, коли ми з Дейвом стояли й міркували над тим, що робити, щоб нас не поглинуло полум'я. Той ранок ми зустріли в таборі — на пагорбах Тліїка був чудовий безхмарний день, і ми облаштовували довкола табору маршрут, намагаючись виміряти енерговитрати під час ходіння

(розділ 3). Тривала засушлива пора, а савана скидалася на порохову бочку — сухі стебла золотої трави заввишки зо три фути були готові щомиті спалахнути. Щоб приготувати сніданок, ми розпалили вогнище за допомогою жмені такої трави, напхавши її в кільце для вогню й підпаливши одним сірником. Трава миттєво спалахнула, і вогнище швидко розгорілося. За кілька днів до цього, під час польового сезону, ми вже помічали низові пожежі на пагорбах довкола табору, однак невідь-чому вирішили, що до табору вони не дістануться. Ми трохи поговорили про це з нашими друзями з племені гадза й отримали цілком передбачувану відповідь: *hamna shida*.

Не певен, хто помітив це першим — я чи Дейв. У відносній тиші безкрайньої савани до табору разом із легеньким вітерцем долинуло характерне потріскування вогню. Нашорошивши вуха, ми глипали один на одного зі скептичними виразами облич. «*Це ж не те, про що я думаю, чи не так?*»

Ми рушили в бік потріскування, щоб усе розвідати, і невдовзі відчули запах диму. А тоді, крізь зарості низьких акацій, що виднілися неподалік, нарешті побачили: на табір неухильно насувалася стіна вогню завширшки щонайменше зо сто ярдів, яку підштовхував уперед млявий вітерець. Помаранчево-жовті язики полум'я підстрибували вгору на добрих шість футів, облизуючи нижнє гілля акацієвих дерев. Ми дрейфували в нескінченному хвилеподібному океані золотої трави, і він палав.

Дейв — хлопець із Південної Каліфорнії, який добродушністю нагадує Джиммі Баффетта й має неабияку пристрасть до барбекю. Він добре приховує гострий, мов бритва, розум під шарами сарказму й легкою усмішкою. Дейву властива філософія *hamna shida*. Коли справи йдуть кепсько, він докладає вдвічі більше зусиль, щоб залишатися безтурботним, наспівує «Маргаритавіль» і рухається далі. Коли ми поверталися до табору, я повсякчас зиркав на нього, щоб оцінити рівень власної тривожності. Може, я надто гостро реауюю? Але ж ні — скидалося на те, що тієї миті й Дейв не почувався *hamna shida*. Як і я, він, імовірно, міркував, чи справді ми були в такій великій халепі, як здалося.

Проблема була ось у чому: ми присвятили два роки професійного життя, намагаючись знайти фінансування й отримати дозволи на те,

щоб вимірювати добові енерговитрати в дорослих гадза. То був перший проєкт з використанням подвійно маркованої води в спільноті мисливців-збирачів. Відтак ми провели ціле літо, пітніючи в Дар-ес-Саламі («Клівленді» Східної Африки), де що кілька днів зустрічалися з бюрократами танзанійського уряду для тривалих обговорень, під час яких благали про офіційний дозвіл на роботу. Цього літа ми повернулися сюди з лабораторним обладнанням, включно з посудиною з рідким азотом для зберігання зразків сечі; навантаживши всім цим два «лендкрузери», ми прибули в самісіньке серце Гадзаленду. І, чорт забирай, проєкт майже добіг кінця — лишилося буквально кілька тижнів. Кульмінація трьох років кропіткої роботи — комп'ютери, ноутбуки, контейнер із рідким азотом та всіма зразками, не кажучи вже про туристичне спорядження, намети та два «лендкрузери» — опинилася під загрозою знищення вогнем. Судячи з темпу пожежі, у нас було приблизно десять хвилин на те, щоб знайти вихід із ситуації.

Добре, якби і Браян був тут. Він теж із Каліфорнії, однак зростав на півночі від Девіса. Це чоловік із непоказною волохатою гривною волосся та ясними очима, який полюбляє видобувати старі мелодії у стилі кантрі з гітари, що її привіз у табір, — усе це робить його схожим на молодого Віллі Нельсона. Браян роками жив разом із гадза і, як то кажуть, бачив усе. Він *hamna shida* до глибини душі. Поза сумнівом, він мав би хорошу ідею. Шкода, що Браян покинув табір, вирушивши в розвідку з кількома чоловіками з племені гадза, щоб відшукати жирафу, яку один із них поцілів з лука кілька днів тому.

А ось що зрештою вирішили зробити ми з Дейвом. Ми склали всі намети, запаси їжі й інше туристичне обладнання посеред клаптика витоптаной землі, що слугував нам кухнею та їдальнею. Вільного місця по периметру лишилося чимало, тож ми припускали, що наші речі не постраждають від вогню (принаймні на це хотілося сподіватися). Відтак зібрали все цінне й незамінне наукове обладнання, включно з контейнером із рідким азотом та зразками сечі, і похапцем запхали його в «лендкрузери». Завівши двигуни, рушили до єдиного місця на цій землі, котре, як ми припускали, уже не могло постраждати від вогню, — треба було опинитися по той бік пожежі, де земля вже випалена. Ми мали проїхати крізь вогонь на той бік, і тоді з нами все

буде гаразд. Я вже згадував, що задня частина одного з «лендкрузерів» була просочена дизельним паливом із дірявого запасного бака?

Наблизившись до пожежі в «лендкрузерах», ми помітили на лінії вогню невеликий просвіт і ринули крізь нього. То був успіх — ми не померли. Вибравшись з автівок, ступили на почорнілу поверхню — тут щойно пройшов вогонь, і все нагадувало місячний пейзаж — а тоді зніяковіло всміхнулися один одному, мов ті пасажери літака, яким пощастило вижити й лишитися неушкодженими після авіакатастрофи. Наш план чудово спрацював! *Hamna shida*.

А як щодо гадза, які лишилися в таборі? Вони ж не могли підняти й перенести солом'яні хижки якомога далі від вогню, та й пожежників, які могли б допомогти, тут теж не було. Натомість жінки й діти влаштували справжню танцювальну вечірку. Наламавши палиць у заростях кущів довкола табору, вони збивали полум'я, не допускаючи його до табору, і вітер ніс його далі, тоді як гадза невпинно співали, усміхалися та сміялися. Ми з Дейвом узялися їм допомагати й теж заспівали, навчившись реагувати на лихо у стилі гадза — тяжкою працею та піснею.

Пожежа оминула табір, і, зробивши невелику перерву, щоб заспокоїтися, ми з Дейвом повернулися до роботи над маршрутом, а жінки з дітьми — до звичних справ. Однак за кілька годин, коли всі втратили пильність, сталося лихо. Вітер змінив напрям, і вогонь повернувся. Він проник до табору з іншого боку, був дуже сильний і рухався надто швидко, щоб його можна було відштовхнути. Ми з Дейвом засмучено дивилися на те, як спалахують хижки гадза, перетворюючись на круглі багаття з охопленої полум'ям трави. Усі безпорадно спостерігали за тим, що коїлося, але вдіяти нічого не могли — тільки дати їм згоріти.

Коли пожежа стихла, ми підійшли до жінок, щоб поцікавитися, як вони почуваються, і поспівчувати. Троє з них втратили домівки у вогні. Та, на диво, жінки вже повернулися до нормального життя й займалися звичними справами, тереvenячи та жартуючи.

— Мені так шкода вашої домівки, — з цими словами я звернувся до Халіми, однієї з тих, кому не пощастило.

— Про що ти шкодуєш? — спантеличено глипнула на мене жінка.

— Ваша хижка. Прикро, що сталася пожежа, — мовив я.

— А, ти про *це*, — зауважила вона. Стенувши плечима, жінка повернулася до розмови з подругою.

Їй вдалося врятувати з хижки важливі речі — одяг і нечисленне дрібне майно родини задовго до того, як тієї дістався вогонь. Звісно, прикро втратити домівку під час пожежі, однак і приводів для смутку немає. На те, щоб побудувати нову хижку, трави завжди вистачить.
Hamna shida.

Я пішов геть ошелешений через те, які стійкі можуть бути гадза, як легко вони вміють пристосовуватися до обставин, яка абсолютна їхня філософія *hamna shida*. Минали тижні мого життя в таборі, а мені все одно не вдавалося це осягнути. Та було й те, про що я навіть не здогадувався, натоді цього не розуміли й науковці — і це було не тільки неймовірно, але й, здавалося, *неможливо*. Фізіологія гадза вирізнялася аналогічною здатністю до адаптування. І йшлося не тільки про них. Однак саме гадза могли наділити нас фундаментальними знаннями про те, як наш організм спалює енергію.

Тяжке життя

Беручись до проєкту з вивчення енерговитрат у гадза, одне ми знали напевне: мисливці-збирачі провадять непросте життя. Подібно до інших мисливців-збирачів і всіх тих людей, які мешкали у світі дванадцять тисяч років тому й раніше, гадза не мали посівів²⁸, одомашнених тварин чи рослин, техніки, автівок чи рушниць, як не мали й жодних сучасних вигід, що могли б полегшити їм життя. Вони щоранку прокидаються разом із сонцем і вирушають у дику савану добувати їжу. Жінки зазвичай ходять групами, покладаючись на свої енциклопедичні знання рослин, що ростуть у місцевості, і найактуальнішу інформацію про сезонність — це дає змогу знаходити зарості з великою кількістю ягід чи відповідні коренеплоди. Основою раціону гадза є кілька видів диких бульб, і жінка може щодня витрачати дві-три години на те, щоб викопати їх із твердого кам'янистого ґрунту за допомогою загостреної дерев'яної палиці. Вирушаючи на пошуки їжі, вони здатні легко пройти п'ять миль чи навіть більше (часто з дитиною у слінгу на спині) і нерідко повертаються додому, навантажені двадцятьма фунтами коренеплодів,

що їх добули, доклавши чималих зусиль. Опинившись у таборі, жінки зазвичай дбають про дітей, готують їжу або збирають хмиз.

Чоловіки здебільшого покидають табір поодинокі, віддаючи перевагу самотійному полюванню, бо тоді шанс вистежити зебру, бабуїна, антилопу чи будь-кого, кому не пощастить трапитися їм на шляху, значно підвищиться. Вони зовсім невибагливі — у меню є майже все, крім змій та інших рептилій. Чоловіки з племені гадза виготовляють міцні луки з тятивою із жираф'ячих сухожилків, а древка стріл під гострим залізним наконечником змащують отрутою — вона досить сильна, щоб прикінчити зебру одним пострілом. Окрім того, чоловіки регулярно відриваються від полювання, щоб зібрати дикий мед. Для цього їм доводиться видряпуватися на тридцять футів угору, щоб дістатися крони масивного старого баобаба, проникнути в його величезні порожнисті гілки та пограбувати вулик розлючених бджіл (розділ 6). Відтак вони несуть дичину або мед у табір, долаючи десять-п'ятнадцять миль в обидва боки, щоб поділитися ними з членами спільноти.

Це неймовірно виснажує. Подеколи чоловіки проводять день у таборі, майструючи стріли чи відпочиваючи, тоді як жінки дуже рідко дозволяють собі відпочити від збиральництва. Ми кількісно оцінили щоденну фізичну активність дорослих гадза й отримали приголомшливі результати: щодня і чоловіки, і жінки в середньому тяжко працюють більш ніж дві години — приблизно вдсятеро більше, ніж середньостатистичний американець. Зауважте: це на додачу до ходіння! У них більше фізичних навантажень протягом дня, ніж у мешканця західного світу протягом тижня. Діти й літні люди теж напрочуд активні. Дітлахам часто доручають носити воду, джерело якої може бути за пів милі від табору, а чоловіки й жінки за шістдесят, сімдесят і навіть вісімдесят років здебільшого займаються збиральництвом, як робили це в розквіті сил.

Така неймовірна кількість фізичних навантажень властива не тільки гадза. Усі мисливці-збирачі провадять таке життя, що змусило б мешканців західного світу геть розкваситися. І хоч комфортне й урбанізоване сучасне буття про це аж ніяк не свідчить, такий «екстремальний» рівень фізичної активності був нормою для *всіх* людей буквально кілька тисяч років тому. Усі наші предки займалися полюванням і збиральництвом лише кілька сотень поколінь тому —

еволюція ще й оком не встигла змигнути. Ми належимо до виду мисливців-збирачів і походимо від таких самих мисливців та збирачів (див. розділ 4).

Проте стаємо дедалі більш малорухливими в індустріалізованих «людських зоопарках», що їх вибудовуємо для себе у США, Європі й решті розвинених країн. Модернізація принесла низку важливих інновацій, що значно поліпшили й подовжили наше життя, починаючи з водопроводу й закінчуючи вакцинами та антибіотиками. Водночас за кількома показниками наше здоров'я суттєво погіршилося. Мисливці-збирачі й ті, хто займається натуральним господарством, майже не чули про ожиріння, діабет 2-го типу та інші недуги, що є головними вбивцями мешканців розвинутого світу. Багато представників галузі охорони здоров'я переконані, що ці «хвороби цивілізації» почасти зумовлені зменшенням добових енерговитрат, що їх спричиняє сучасний малорухливий спосіб життя. За такого сценарію наша пасивність зменшує кількість калорій, які щодня спалюємо, і невитрачені калорії накопичуються в організмі як жир. Своєю чергою це призводить до ожиріння й кардіометаболічних хвороб — це універсальний термін на позначення діабету, серцевих захворювань та інших поширених недуг сучасного життя.

Саме тому ми й опинилися в Гадзаленді тієї пори та вимірювали добові енерговитрати. Ми ж бо знали, що гадза неймовірно активні, а тому, як і всі інші, вірили, що вони щодня спалюють просто-таки неймовірну кількість енергії. Насправді доти ще ніхто не вимірював енерговитрати у спільноті мисливців-збирачів. Ми хотіли задокументувати приголомшливі показники їхнього обміну речовин і порівняти їх із жалюгідними зниженими витратами енергії мешканців індустріалізованого світу. Ми прагнули зрозуміти, як функціонує організм мисливця-збирача.

Усе пішло не так

У 2009 році, коли ми тільки започаткували проєкт з вимірювання витрат енергії в гадза, ця тема була для мене досить нова. Авжеж, навчаючись в аспірантурі, я вже вимірював енерговитрати під час ходіння та бігу, однак із подвійно маркованою водою мав справу досить рідко. На щастя, у мене були чудові колеги, справжні фахівці

з цього питання: Сьюзен Расетт з Вашингтонського університету в Сент-Луїсі (де я на той час працював) і Білл Вон із Бейлорського медичного коледжу. Білл отримав міжнародне визнання як лідер у галузі досліджень, під час яких використовували подвійно марковану воду. Він був серед перших учених, які працювали за цим методом ще на початку 1980-х років, коли його вперше застосували в дослідженнях за участю людей, і відтоді керував однією з найкращих у світі лабораторій із використанням подвійно маркованої води. А ще Білл — неймовірно класний хлопець.

Білл і Сьюзен контролювали протокол подвійного маркування води, який ми розробили для дослідження за участю гадза, перевіряючи правильність дозування й надійність добору зразків. Повернувшись із Танзанії після польового сезону, проведеного з гадза, я акуратно запакував усі зразки сечі й надіслав їх у Біллову лабораторію. А тоді почав чекати. Працівникам лабораторії знадобилося кілька місяців, щоб обробити всі зразки й виміряти вміст ізотопів у кожному з них за допомогою мас-спектрометрії.

Відтак одного дня — надворі була пізня осінь, а спека й пил Гадзаленду лишилися далеко позаду — я отримав від Білла електронного листа, до якого були прикріплені результати гадза. Я чекав на ці дані, але не був готовий до того, що вони містили.

Утім, я таки готувався — зібрав до купи великий порівняльний масив даних щодо показників добових енерговитрат у дорослих мешканців індустріалізованих країн. Кожен, хто бодай трохи знається на витратах енергії (включно з вами, якщо не проігнорували розділ 3), розуміє, що треба враховувати масу тіла. Люди з більшою вагою сплять більше калорій, бо в них більше клітин, які мають працювати. Тож мій аналіз даних гадза почався з графіка добових енерговитрат і маси тіла понад сотні чоловіків та жінок із США, Європи та інших розвинених країн. Зокрема, я склав графік добових витрат енергії відносно ваги без урахування жиру, оскільки жирова маса майже не впливає на швидкість метаболізму. Тоді я зобразив на графіку дані, отримані від гадза, — у нас були показники сімнадцятьох жінок і тринадцятьох чоловіків. Я очікував, що ці дані утворять на графіку своєрідну «хмару», яка зависне на певній відстані від даних, отриманих у Європі та США. Усі *знали*, що гадза мали напрочуд високий рівень енерговитрат завдяки неймовірній фізичній активності.

Однак не так сталося, як гадалося. Показники гадза фактично збігалися з показниками, які отримали у США та Європі (рис. 5.1). Чоловіки й жінки з цього племені щодня спалювали стільки ж енергії, як і чоловіки та жінки у США, Англії, Нідерландах, Японії, Росії. Гадза, які щодня мали більше фізичних навантажень, аніж типовий американець протягом тижня, чомусь спалювали стільки ж калорій, як і всі інші.

[28](#) Мешканці деяких таборів гадза, розташованих ближче до селищ, трохи займаються сільським господарством. Ми ж працювали у віддалених поселеннях, де такої діяльності не було. (*Прим. авт.*)

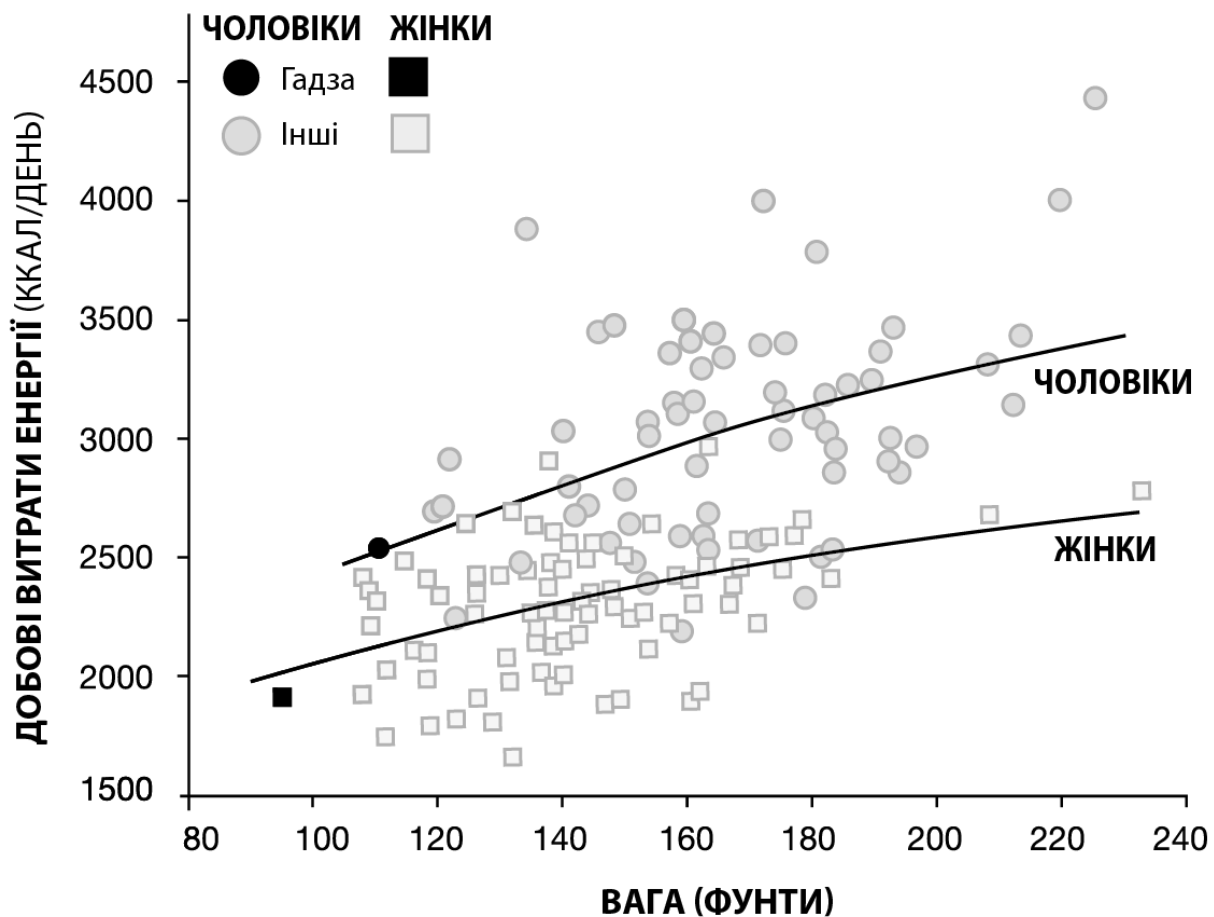


Рис. 5.1. Добові витрати енергії в чоловіків і жінок племені гадза не відрізняються від енерговитрат дорослих людей, які мешкають у промислово розвинених країнах. Кожен кружечок або квадрат репрезентує середні добові енерговитрати й вагу дорослого чоловіка або жінки з відповідної вибірки (використано ті самі дані, що й для рис. 3.3). Чорні лінії — це лінії тренду для чоловіків і жінок з індустріалізованих країн. Показники чоловіків і жінок із племені гадза збігаються із цими лініями або розташовані трохи нижче, тож: вони спалюють стільки ж калорій на день, як і представники інших спільнот (відповідно до ваги).

У це було несила повірити. *Мабуть, я щось не врахував.* Тож я знову взявся до праці, застосовуючи значно складніші статистичні підходи, щоб виявити інші чинники, що, імовірно, затьмарювали очікуваний результат, і зрештою віднайти високі показники енерговитрат гадза — вони ж бо *мали* десь бути. Я врахував вік, стать, жирову масу, зріст... однак вони не мали жодного значення. Результати були чіткі

й достовірні. Чоловіки та жінки з племені гадза мали такі самі добові енерговитрати, як ми з вами та будь-хто інший. Ці люди щодня були набагато активніші, однак не спалювали більше калорій. Що тут, у біса, коїлося?

Обмеження добових витрат енергії

Здається, що результати дослідження за участю гадза кидають виклик факторіальному підходу до оцінювання добових енерговитрат (розділ 3), який стверджує: витрати енергії протягом дня зростають у зв'язку зі збільшенням фізичної активності (рис. 5.2). Це догма, «диванний» погляд на те, як «метаболічний двигун» організму спалює калорії: що ви активніші, то більше енергії спалюватимете щодня. Факторіальний підхід такий інтуїтивно зрозумілий і повсюдний, що видається беззаперечним. Однак він не міг пояснити те, що ми побачили на прикладі гадза.

Представники цієї спільноти якимось пристосувалися до свого напруженого способу життя — і до того ж у такий спосіб, що давав змогу тримати під контролем добові витрати калорій. Їхні «метаболічні двигуни» були гнучкими й водночас стійкими — і це дуже нагадувало філософію *hamna shida*.

Це явище поширилося далеко за межі Гадзаленду. Люди належать до одного виду: попри неймовірне культурне розмаїття й незначні відмінності в зовнішньому вигляді, наші організми працюють однаково в усій планеті. Метаболічна гнучкість гадза є спільною рисою людей у всьому світі. Гадза продемонстрували нам новий підхід до розуміння себе. Добові енерговитрати не просто реагували на відмінності в активності протягом дня. Натомість організм, здавалося, утримував рівень витрат енергії в межах вузького «вікна» незалежно від способу життя (рис. 5.2). Я називаю цей погляд на метаболізм «обмеженням добових енерговитрат».

Звісно, якби результати дослідження за участю гадза були випадкові, ми просто їх відкинули б. Щоб похитнути такий важливий, усталений і зручний підхід, як факторіальна модель, знадобиться не одне дослідження. Та насправді є чимало праць (і їхня кількість зростає), що стосуються вивчення енерговитрат у людей і тварин, і всі вони

вказують на обмеження добових витрат енергії. Тож такі погляди існували ще до нашої роботи з гадза, ховаючись у нас під носом.

Після проєкту за участю гадза ми з колегами вимірювали добові витрати енергії в інших спільнотах мисливців-збирачів та сільського населення й отримали аналогічні результати. Сем Урлахер, постдок із моєї лабораторії, протягом місяців вивчав плем'я шуарів, що мешкають в амазонських тропічних лісах Еквадору. Як і гадза, шуари провадять напрочуд активне життя — полюють, рибалять та збирають рослини.

Крім цього, вони трохи займаються сільським господарством, використовуючи ручні знаряддя та докладаючи чималих зусиль, щоб виростити й зібрати основні крохмалисті продукти на кшталт маніока або бананів. Сем вимірював добові витрати енергії в шуарських дітей віком від п'яти до дванадцяти років та порівнював їх із показниками дітей зі США та Великої Британії. Діти з племені шуарів були більш фізично активні й мали підвищений основний обмін у зв'язку з вищим рівнем паразитарних та інших інфекцій (розділ 3). Попри це їхні добові енерговитрати не відрізнялися від показників американських і британських дітей.

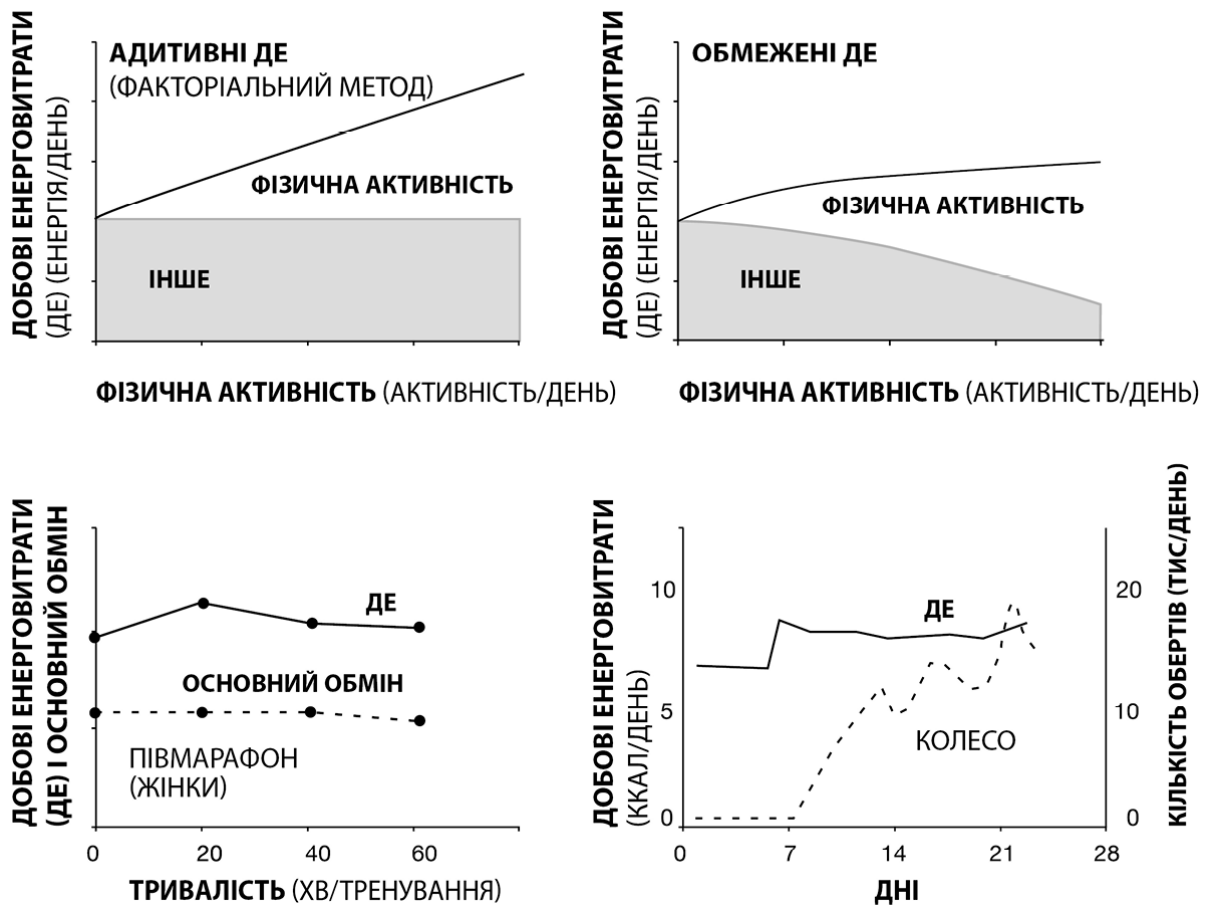


Рис. 5.2. Угорі: Традиційні моделі метаболізму адитивні та припускають, що добові енерговитрати зростають прямо пропорційно до щоденної фізичної активності. «Обмежена» модель передбачає, що зі збільшенням фізичної активності організм зменшує кількість енергії, витрачену на інші завдання (сіра ділянка), тримаючи рівень добових енерговитрат у вузькому діапазоні. **Унизу:** Коли щоденна фізична активність у людей (ліворуч), мишей (праворуч) та інших тварин зростає, добові витрати енергії не збільшуються разом із нею, а виходять на плато. **Ліворуч:** Жінки з дослідження Вестертерпа (учасниці півмарафону). **Праворуч:** Миші, яких обмежували в активності (1—7-й день), а тоді надали доступ до колеса (7—28-й день). Коли миші отримали доступ до коліс, їхні добові енерговитрати дещо скоригувалися, однак залишалися стабільними, коли щоденна активність на колесі зростала.

Трохи далі на південь, у Болівії, Майк Гурвен разом зі своєю командою вимірював добові витрати енергії в чоловіків та жінок із племені цимане, які подібно до шуарів виживають завдяки полюванню, рибальству та дрібному сільському господарству в амазонських

тропічних лісах. Ми проаналізували зразки з подвійно маркованою водою в моїй лабораторії. Щоденне життя цимане сповнене такої самої фізичної активності, як і життя гадза — вони приблизно вдсятеро активніші порівняно з американцями. У чоловіків і жінок цього племені зафіксували трохи підвищений рівень добових енерговитрат, однак це не було пов'язано з фізичною активністю. Як і шуарські діти, дорослі цимане мали підвищений основний обмін у зв'язку з високою частотою паразитарних і бактеріальних інфекцій — їхня імунна система мусила працювати понаднормово. Якщо врахувати неймовірну активність їхнього імунітету, стає зрозуміло: жодних доказів на користь того, що більші енерговитрати — це наслідок активного способу життя, немає. Відношення добових витрат енергії та основного обміну, що його часто використовують як спосіб порівняти енерговитрати (і часто називають рівнем або коефіцієнтом фізичної активності — КФА), у дорослих цимане було нижче порівняно з іншими спільнотами у зв'язку з підвищеними ОО.

Результати цимане подібні до тих, які раніше вдалося отримати дослідниці Емі Люк під час роботи в сільській місцевості Нігерії. Емі — спеціалістка з обміну речовин та кардіометаболічних захворювань і понад двадцять років вивчала вплив малорухливого способу життя американців на їхнє здоров'я. На початку 2000-х років вона очолила групу дослідників, які вимірювали (серед іншого) добові витрати енергії в чорношкірих жінок із Мейвуда, штат Іллінойс, та сільської місцевості в Нігерії. Як і цимане, нігерійські жінки, більшість із яких займалася сільським господарством, мали вищі показники основного обміну порівняно з жінками зі США. Добові енерговитрати (скориговані з урахуванням відмінностей у масі тіла) були трохи підвищені, що свідчило й про вищі рівні ОО. Однак різниці у витратах енергії на активність не було — йдеться про ту частину добових енерговитрат, що залишається, якщо відняти ОО і витрати на травлення. КФА — відношення добових енерговитрат і ОО — було однакове і для нігерійок, і для американок попри очевидні відмінності в їхніх способах життя.

Перелік можна продовжити. Лара Дугас, докторантка, яка працює з Емі Люк в медичному коледжі Лойоли, проаналізувала показники енерговитрат представників дев'яноста восьми груп населення з усього світу. Вони різнилися — деякі були високими, тоді як інші

нижчими. Однак представники сільських громад, які щодня гарують, щоб себе прогородувати, мали такі самі добові енерговитрати, як і «розпещені» мешканці міст із промислово розвинених країн. Навіть в індустріалізованих країнах не виявили взаємозв'язку між виміряною фізичною активністю і щоденними витратами енергії, енерговитратами на активність чи КФА. Люди, які тяжко працюють, необов'язково спляють більше калорій.

Обмежені добові енерговитрати — це те, що ми бачимо, розглядаючи *різні* групи населення. Я долучився до Емі Люк, Лари Дугас та їхньої команди, і ми спільними зусиллями проаналізували добові витрати енергії 332 чоловіків і жінок, які мешкали у п'яти різних країнах. Зібравши всіх разом, ми скоригували їхні витрати енергії, зважаючи на такі чинники, як вага, відсоток жиру в організмі, вік та інші характеристики, і розташували ці скориговані показники на графіку відносно щоденної фізичної активності. Варіацій було дуже багато навіть попри урахування ваги й жирових запасів (див. розділ 3). Утім, нам таки вдалося впіймати «слабкий сигнал» з боку фізичної активності — це нагадувало шепіт на гамірному стадіоні — в активніших людей трохи зростали добові витрати енергії. Однак вплив активності не тільки був слабкий — на вищих рівнях фізичної активності він узагалі зникав. Помірно активні люди в середньому спалили на 200 ккал більше, ніж повні лежні, однак різниці між помірно активними й дуже активними дорослими людьми не було. Як і передбачає «обмежувальна модель», добові витрати енергії вийшли на плато. А варіативність показників добових енерговитрат серед малорухливих «лежнів» була набагато більша, ніж різниця між показниками середньостатистичного малоактивного дорослого й людини з високим рівнем активності.

Усі ці порівняння зазвичай стосувалися людей із різними рівнями звичної фізичної активності. А що трапиться, коли ми змінимо чийсь спосіб життя, залучивши його або її до тренувальної програми? Досліджень такого штибу чимало, і, хоч результати можуть коливатися залежно від тривалості та інтенсивності програми, загалом вони свідчать на користь моделі обмеження добових енерговитрат. Ось моє улюблене: у Нідерландах Клаас Вестертерп разом із колегами залучили чоловіків і жінок, які ніколи не займалися спортом, до річної програми тренувань, що мала підготувати їх до півмарафону. Добові

витрати енергії у трьох жінок і чотирьох чоловіків виміряли перед початком програми, а тоді на 8, 20 і 40-му тижнях, що відповідали етапам протоколу тренувань. Спочатку учасники бігали 20 хвилин на день 4 дні на тиждень. Наприкінці програми тренування тривали 60 хвилин, і протягом тижня учасники пробігали орієнтовно 25 миль.

Не дивно, що за такої кількості тренувань жінки набрали м'язову масу — приблизно чотири фунти. Крім того, під час бігу вони спалювали майже 360 ккал на день, зважаючи на їхню вагу та відстань. Якби факторіальна модель була правильна, можна було б очікувати, що наприкінці дослідження їхні добові енерговитрати підвищилися б щонайменше на 360 ккал на день і навіть наблизилися б до 390 ккал на день, якщо врахувати калорії, що споживаються у стані спокою збільшеною м'язовою масою (розділ 3). Натомість на 40-му тижні їхні добові витрати енергії підвищилися приблизно на 120 ккал. Жінки, які ніколи не займалися спортом, пробігали 25 миль на тиждень, були в чудовій формі для півмарафону, а їхні добові енерговитрати залишилися майже такими самими, як і на початку програми (рис. 5.2). Схожі результати мали й чоловіки.

Варто звернути особливу увагу на тривалість проекту Вестертерпа. У науковому світі його вважають амбітним і довгостроковим дослідженням, що тривало цілий рік. Однак дванадцять місяців — це не так уже й довго. Як побачимо трохи нижче і в розділі 7, процес звикання до нового способу життя може тривати роками. Спільноти на кшталт гадза мають роки — буквально ціле життя, щоб пристосуватися до високого рівня фізичної активності. Вони основні для проведення довгострокових досліджень. Можливо, тому нас і не має дивувати той факт, що дослідники часто не виявляють жодних доказів підвищених енерговитрат у традиційного населення.

І йдеться не тільки про людей. Обмеження добових витрат енергії притаманне й теплокровним тваринам. У кількох лабораторних дослідженнях гризунів і птахів вимірювали добові енерговитрати паралельно з підвищенням фізичної активності протягом дня — це не надто відрізнялося від «півмарафонного» проекту Вестертерпа. Однак ми знову й знову бачили той самий результат: добові витрати енергії залишалися незмінними, навіть коли активність тварин дедалі збільшувалася. Своєрідне «жонглювання», до якого наш організм

вдається, щоб тримати добові енерговитрати у вузькому діапазоні, вочевидь, становить давню й поширену еволюційну стратегію.

Це приводить нас до зоопарку. Як уже зазначав у розділі 1, останні кілька років ми з колегами провели, вимірюючи добові енерговитрати людиноподібних і звичайних мавп та будь-яких інших приматів, до яких вдавалося отримати доступ. Як і передбачає модель обмежених витрат, ми з'ясували, що примати, які мешкали в зоопарках, щодня витрачали стільки ж енергії, як і їхні родичі в дикій природі. Те саме стосується кенгуру й панд. Кожен вид підтримує швидкість обміну речовин, що розвинулася у процесі еволюції, незалежно від того, чи бореться він за виживання у джунглях, чи «прохолоджується» в зоопарку; спосіб життя на це майже не впливає. Кільцехвості лемури мають однакові добові витрати енергії, коли поневіряються лісами Мадагаскару і коли мешкають у комфортних вольєрах Центру лемурів Дюка. Тож не дивно, що люди теж сплять однаково кількість енергії незалежно від того, чи годує їх як мисливців-збирачів сама природа, а чи вони об'єднуються в індустріальних зоопарках, які для себе звели.

Наші «метаболічні двигуни» постійно змінюються, вивільнюючи місце для підвищених витрат на активність і водночас утримуючи добові енерговитрати в межах вузького діапазону. У результаті фізично активні люди — чи то мисливці-збирачі (сучасні або ті, що належали до нашого спільного минулого), чи мешканці промислового світу, які регулярно виконують фізичні вправи, — сплять таку саму кількість енергії, як і всі, хто провадить більш малорухливий спосіб життя.

Спроба втекти від ожиріння

Усвідомлення обмеженості добових енерговитрат змінює наше сприйняття сучасної епідемії ожиріння. По-перше, той факт, що мисливці-збирачі сплять стільки ж енергії, що й мешканці міст у розвинених країнах, означає, що, найпевніше, добові витрати енергії залишаються незмінними з часів нашого палеолітичного минулого до комп'ютеризованого сьогодення. У стрімкому поширенні ожиріння в сучасному світі та всіх його подальших наслідках не можна звинуватити зменшений рівень витрат енергії в індустріалізованих країнах. Дослідження з використанням подвійно маркованої води, що

виконують у таких країнах ще з 1980-х років, схоже, підтверджують: протягом останніх сорока років добові енерговитрати й коефіцієнт фізичної активності (КФА) у США та Європі залишилися незмінними, хоч кількість випадків ожиріння й метаболічних захворювань стрімко зросла.

По-друге, обмеженість добових енерговитрат означає, що підвищення рівня повсякденної активності за допомогою фізичних вправ або інших програм загалом незначно впливатиме на кількість калорій, спалених протягом дня. Це усвідомлення має змінити наші підходи до боротьби з ожирінням. Зміна ваги переважно пов'язана з енергетичним балансом: якщо споживаємо більше калорій, аніж спалюємо, то набираємо вагу; як спалюємо більше, ніж отримуємо — втрачаємо. Це закони фізики і, як з'ясували Лавуазьє, Етвотер, Рубнер та інші першопрохідці в галузі науки про метаболізм, люди та інші тварини грають за такими правилами (див. розділ 3). Численні докази на користь того, що добові енерговитрати обмежені, підказують: досягти тривалих і значущих змін у таких витратах за допомогою фізичних навантажень напрочуд складно. Якщо впливати на кількість спаленої енергії *так складно* попри всі навантаження, ми маємо боротися з ожирінням, зосередившись на кількості енергії, що надходить в організм.

Однак фізичні навантаження все одно вкрай важливі для здоров'я! Вам потрібно займатися спортом! Якщо хочете переконатися, що придбання членства в спортивному клубі було розумним рішенням, переходьте до розділу 7, у якому ми обговорюватимемо всі важливі переваги фізичної активності. Як побачимо, обмеження добових витрат енергії насправді становить важливу причину, *чому* фізичні навантаження для вас корисні. Фізичні вправи допомагають залишатися здоровими та активними. Вони просто не впливають на вагу значною мірою.

А тепер, якщо прискіпливо ставитеся до цифр, імовірно, вас турбує запитання: чому незначні зміни у швидкості метаболізму, що їх можуть спричиняти фізичні навантаження, не важливі в боротьбі з ожирінням? Зрештою, жінки, які готувалися до півмарафону, могли б спалювати набагато менше енергії, ніж ми очікували, але ж... 120 ккал на день — це теж *щось*! Більшість тренувальних програм демонструють стабільне підвищення енерговитрат, хай навіть і незначне. З часом до

цього може додаватися будь-який незначний вплив. І навіть якщо ваш метаболізм зрештою пристосується до нового режиму фізичних навантажень, цьому передуватимуть тижні чи місяці адаптації, коли показники добових витрат енергії будуть вищі, ніж раніше (див. далі). Це збільшення енерговитрат приведе до втрати ваги, чи не так?

Не розраховуйте на це.

Якби наші тіла були простими механізмами, незначне зростання добових енерговитрат зрештою сприяло б втраті ваги. Однак вони не такі. Це динамічні продукти еволюції, які вибудовувалися протягом сотень мільйонів років, щоб стати спритними й гнучкими та реагувати на зміни в активності й доступності їжі. Наш організм, а точніше мозок, маніпулює і відчуттям голоду, і швидкістю обміну речовин, щоб гальмувати зниження ваги. Наші «метаболічні двигуни» чітко налаштовані на те, щоб кількість енергії, яку щодня спалюємо, відповідала спожитій енергії, і навпаки. (Насправді, імовірно, саме це й спричинило розвиток механізму обмеження енерговитрат у тварин — витрати енергії мали відповідати кількості доступної їжі.) Навіть тимчасове зростання добових енерговитрат супроводжується підвищенням кількості енергії, що надходить до організму. Спалюючи більше, ми і їмо більше.

Візьмімо для прикладу дослідження *Midwest Exercise Trial 1*, яке здійснили в США наприкінці 1990-х років. Молодих людей, які провадили малорухливий спосіб життя й мали зайву вагу, розділили на дві групи за принципом випадкової вибірки: одна група мала займатися фізичними вправами, а друга була контрольна. Виконуючи фізичні вправи, члени першої групи мали досягти певної мети: щотижня протягом шістнадцяти місяців вони мали витратити 2000 ккал на фізичні навантаження (еквівалент забігу на двадцять миль). За таких умов — витрачаючи 2000 ккал щотижня протягом шістнадцяти місяців — учасники мали втратити по сорок фунтів. Натомість вага чоловіків знизилася на десять фунтів, і здебільшого це сталося протягом перших дев'яти місяців дослідження. Опісля вони не худнули навіть попри те, що далі активно виконували фізичні вправи. Звучить досить песимістично? Тоді саме час дізнатися про результати жінок із групи з фізичними навантаженнями: їхня вага не знизилася. Після шістнадцяти місяців виснажливих тренувань під наглядом фахівців вага учасниць була така сама, як і в перший день

дослідження (рис. 5.3). Можливо, їх трохи заспокоїв той факт, що жінки з контрольної групи, які протягом шістнадцяти місяців узагалі не займалися фізичними вправами, здебільшого набрали по кілька фунтів.

Отримавши такі невтішні результати, дослідники зробили ще одну спробу та втілили в життя проєкт «Середній Захід 2» (*Midwest 2*) з більш вимогливим режимом тренувань. Чоловіки й жінки мали витратити по 2000 або 3000 ккал на тиждень протягом тренувань під наглядом спеціалістів. Це значні навантаження, що для людини з вагою 150 фунтів еквівалентні 20—30 милям, які вона долає за тиждень (розділ 3). Тільки 64 % учасників вдалося завершити участь у десятимісячному дослідженні — імовірно, через те, що воно було таке виснажливе. У тих, хто залишився в проєкті до кінця, добові енерговитрати в середньому зросли на 220 ккал на день — це значно нижчий показник порівняно зі зростанням на 285—430 ккал на день, якого варто було б очікувати, зважаючи на режим тренувань. Вага в середньому знижувалася приблизно на десять фунтів, і це не надто відрізнялося від результатів чоловіків у попередньому дослідженні «Середній Захід 1» (*Midwest 1*), де навантажень було менше. Крім того, цей показник був значно нижчий, аніж можна було б очікувати за таких фізичних навантажень. Також дослідники не помітили жодної різниці в середньому зниженні ваги в групах, де на фізичні навантаження витрачали по 2000 або 3000 ккал на день. Це дає змогу припустити, що вплив обсягу навантажень на вагу досить незначний. Однак справді вразило те, що у тридцяти чотирьох із сімдесяти чотирьох чоловіків і жінок, які завершили дослідження, вага в середньому взагалі не знизилася. Ці бідолахи, яких називали «невідповідачами», займалися фізичними вправами, мов божевільні, і навіть дещо підвищили рівень добових енерговитрат, однак їхня вага анітрохи не знизилася.

Учасники зазначених проєктів не були аномалією. Усі дослідження, під час яких намагаються досягти втрати ваги за допомогою фізичних навантажень, демонструють ту саму закономірність: що довше триває дослідження, то менше зниження ваги відповідає очікуванням (рис. 5.3). Протягом кількох місяців після початку нової програми тренувань результати помітні майже в усіх. Загалом вага людей знижується, та коли йдеться про короткострокову перспективу, їхні

результати дуже різняться (дехто навіть набирає вагу). Однак через рік, навіть за умов, що хтось контролюватиме їхні тренування, щоб вони їх не пропускали чи не обманювали, у середньому показники втрати ваги цих людей будуть удвічі менші, аніж того можна очікувати. Після двох років втрата ваги в середньому становить менш ніж п'ять фунтів, а більшість людей, як засвідчили дослідження «Середній Захід», узагалі не худнуть.

Інакше кажучи, якщо завтра долучитеся до нової програми тренувань і неухильно її дотримуватиметеся, за два роки ваша вага буде приблизно така сама, як зараз. Однак зробити це все одно варто! Ви почуватиметеся щасливішими, зміцните здоров'я й продовжите життя. Просто в довгостроковій перспективі не варто очікувати суттєвої зміни ваги лише у зв'язку з фізичними вправами.

* * *

Такі невітні результати з втрати ваги почасти пов'язані з певною метаболічною компенсацією підвищеної активності, яку ми обговорювали вище, однак обмеження добових енерговитрат — то ще не все. Ще одна важлива зміна полягає в тому, що фізичні навантаження спонукають нас більше їсти. Наш мозок напрочуд майстерно регулює рівні голоду, щоб ми компенсували будь-яке підвищення енерговитрат підвищеним споживанням — докладніше про це поговоримо трохи згодом.

Тісний зв'язок між харчуванням та витратами енергії також пояснює цікавий і парадоксальний факт, що стосується людського метаболізму: коли спалюєте більше енергії, це не захищає вас від зайвої ваги. У розділі 3 вже йшлося про значну варіативність показників добових енерговитрат у різних людей — навіть якщо враховані відмінності у вазі й відсотку жиру в організмі. Дехто спалює більше енергії протягом дня, а дехто менше. (Різниця в показниках двох людей одного віку з однаковою вагою та способом життя може становити до 500 ккал на день.) Подеколи ми навіть помічаємо підвищення добових енерговитрат в окремих групах (скажімо, вимірювання засвідчили підвищені витрати енергії в маленькій вибірці чоловіків із племені шуарів). Однак між швидким метаболізмом і стрункістю зв'язку немає — люди з ожирінням щодня спалюють стільки ж енергії, як і худорляві, зважаючи на відмінності у вазі та статурі (власне, навіть якщо не врахуєте вагу, серед людей з ожирінням усе одно

спостерігатиметься схильність до спалювання *більшої* кількості калорій тільки тому, що вони більші за розмірами (див. розділ 3 та рис. 5.1). Високі або низькі добові енерговитрати аж ніяк не прогнозують імовірності того, що ви набиратимете зайву вагу. Скажімо, Емі Люк здійснила дослідження за участю нігерійських та американських жінок, яке засвідчило відсутність зв'язку між добовими витратами енергії жінки й набиранням ваги протягом наступних двох років. Дослідження за участю дітей мали аналогічні результати. Люди, які спалюють більше енергії, не важать менше. Люди, які більше спалюють, більше і їдять. Тож, щоб схуднути, треба просто менше їсти, чи не так? Виявляється, і тут не все так просто.

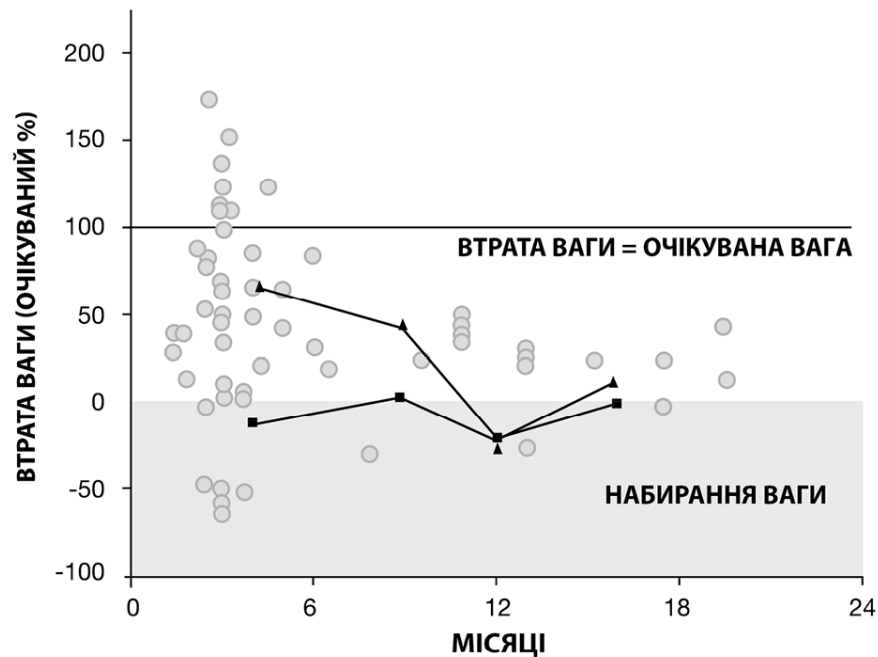


Рис. 5.3. Схуднення завдяки фізичним вправам. Кожна точка — це середній показник втрати ваги для одного дослідження, у якому використані фізичні навантаження: 100 % втрати ваги означають, що учасники втратили очікуваний обсяг ваги згідно з кількістю калорій, спалених під час тренувань, тоді як 0 % означає, що схуднення не було. Що довше триває дослідження, то менш помітна втрата ваги. Зміни у вазі чоловіків (трикутники) та жінок (квадрати) з дослідження «Середній Захід 1» подані як графіки відносно цього дослідження.

Ми всі учасники *THE BIGGEST LOSER*: реакція метаболізму на переїдання й недоїдання

The Biggest Loser — це телевізійне реаліті-шоу для тих глядачів, які не можуть визначитися, що їм більше до вподоби: вуаєризм чи садизм? Умови прості: шістнадцятьох людей із високим ступенем ожиріння (коли вага перевищує 300 фунтів²⁹), які відчайдушно прагнуть змінити ситуацію, відправляють в ізольований тренувальний табір, де вони мають провести тринадцять тижнів. Там їх залучають до просто-таки обурливої програми зі зниження ваги. Вони щодня виконують фізичні вправи під пильним оком суворого тренера і голодують, споживаючи як мінімум удвічі менше калорій, ніж до участі в змаганні. Подеколи, на радість телеглядачам, з них добряче знущаються, спокушаючи улюбленою їжею чи можливістю зателефонувати додому. Приблизно раз на тиждень учасників публічно зважують, мов якісь м'ясні делікатеси. Той, хто втратив найменшу кількість фунтів, їде додому — зазвичай у сльозах. Імовірно, усім людям у світі подобається спостерігати саме за такими стражданнями інших. Як і епідемія ожиріння, це шоу вперше з'явилося у США (ну звісно ж!), однак швидко поширилося й тепер адаптоване для більш ніж тридцяти країн світу.

Таке шоу ніколи не отримало б схвалення з боку комісії з питань етики. Надто жорстоке навантаження, до того ж навмисне публічне приниження зазвичай сприймають дуже несхвально. Навіть якби вам дозволили почати такий проєкт, плач учасника став би вагомою причиною припинити його. Однак для розумного й допитливого науковця, який вивчає метаболізм та ожиріння, таке шоу становить унікальну можливість. Якщо люди в будь-якому разі терпітимуть це божевілля, чому б не скористатися нагодою й не дізнатися, як організм реагує на надмірні фізичні навантаження та «екстремальну дієту»?

Тож у 2010 році Кевін Голл очолив групу дослідників з Національних інститутів здоров'я (NIH) і Пеннінгтонського центру біомедичних досліджень, прагнучи вивчити метаболічні зміни в учасників телешоу *Biggest Loser*. Науковці вимірювали основний

обмін, добові енерговитрати та рівні гормонів, а також відстежували зміни у вазі та жирових відкладеннях. Подібно до проєкту з вимірювання витрат енергії в гадза, дослідження Голла продемонструвало те, яким гнучким може бути наш організм.

Спершу хороші новини: усі учасники добряче схудли. На шостому тижні випробування вони в середньому втратили по 30 фунтів. На тринадцятому тижні ті, кого не відправили додому, схудли *ще* на 30—40 фунтів. А на момент великого фіналу — своєрідного «повернення додому» на 30-му тижні, коли учасники повертаються на ранчо для фінального зважування після чотирьох місяців самотійної дієти та фізичних вправ, вони в середньому схудли на 127 фунтів. Їм вдалося позбутися еквівалента нормальної ваги дорослої людини. Водночас були помітні й інші переваги для здоров'я. Рівень глюкози (цукру в крові) натще знизився, як і інсулінорезистентність, що сприяло зниженню ризику розвитку діабету 2-го типу. Кількість тригліцеридів, що циркулювали в їхній крові, теж зменшилася, і це було добре для здоров'я серцево-судинної системи.

А тепер не такі вже й хороші новини: їхні організми перебували в голодному режимі. На 30-му тижні їхні рівні ОО знизилися майже на 700 ккал на день або приблизно на 25 %. Зниження основного обміну залежало не тільки від зменшення ваги; показник був набагато вищим, аніж того можна було очікувати від схуднення. Зміни стосувалися значно глибших рівнів. Їхні клітини знизили швидкість метаболізму, уповільнивши роботу та процес спалювання енергії. Ці зміни не були тимчасові. Коли Голл із колегами зустрілися з учасниками через шість років після завершення шоу, їхні рівні основного обміну *досі* були нижчі, ніж очікували. З точки зору системи охорони здоров'я суспільства це видається збоченням. Чому їхні організми опиралися зусиллям, спрямованим на те, щоб позбутися нездорової ваги? Проте з еволюційної точки зору це має сенс у всьому світі.

Як продукти сотень мільйонів років еволюції, ми мали б очікувати, що наші тіла будуть напрочуд чутливими до кількості їжі у своєму оточенні та обсягу «резервної енергії», що накопичується як жирові запаси. Усі організми потребують енергії для життєво важливих завдань, і загалом що більше вони можуть спалити, то краще (розділ 3). Спалювання енергії в більшій кількості означає кращий розвиток,

витривалість, розмноження. Водночас це такий собі «дарвінівський блекджек»: перебір — то недобре. Коли людина спалює більше енергії, ніж споживає — дослідники називають це негативним балансом енергії, — вона починає харчуватися власним тілом. Протягом певного часу можна під'їдати жирові запаси (власне, для того вони й потрібні), однак це не може тривати нескінченно. Зрештою вас спіткає голодна смерть.

Тож не дивно, що в людей та інших тварин є давні вроджені реакції на негативний баланс енергії. Коли організм відчуває, що ми їмо замало, щоб забезпечити наші добові потреби в енергії, він «скидає оберти». Організм починає активну боротьбу, щоб збалансувати «енергетичний бюджет», а витрати не перевищували надходження. Щитоподібна залоза, головний контролер швидкості метаболізму, зменшує обсяг вироблення тиреоїдного гормону, що нагадує ситуацію, коли ви знімаєте ногу з педалі газу. Наші клітини уповільнюють роботу, знижуючи основний обмін і добові витрати енергії. Водночас гормони та ділянки мозку, що контролюють голод, розпалюють наш апетит. Ми перетворюємося на зациклені на їжі ненажер, і організм спрямовує енергію нашого розуму в напрямку пошуків будь-чого, що можна з'їсти. Це еволюційна реакція на голод, яку ще називають дієтою.

Цю реакцію вивчали досить детально. Деякі ранні дослідження з вимірювання швидкості метаболізму наприкінці 1800-х і на початку 1900-х років зосереджувалися на змінах в організмах людей і тварин унаслідок голодування. Одне з перших ретельних досліджень здійснили 1917 року в часи Першої світової війни Френсіс Бенедикт і його колеги. Метою дослідження було краще розуміти й лікувати жертв голоду під час війни. Двадцять чотири чоловіки, які досягли студентського віку, протягом кількох тижнів щодня отримували половину норми калорій, доки не втратили приблизно 10 % ваги. Їхні рівні основного обміну, скориговані відповідно до ваги, знизилися на 10—15 %; ці чоловіки більше дратувалися і втратили інтерес до сексу.

Найвідоміше й найретельніше дослідження на тему голоду здійснили в 1944—1945 роках в останні місяці Другої світової війни (вочевидь, уроки, отримані під час Першої світової війни, не були засвоєні ані тоді, коли йшлося про міжнародну дипломатію, ані тоді, коли йшлося про фізіологію голоду). Коли в центрі уваги опинилися

звірства й поневіряння під час Другої світової війни, дослідники прагнули поліпшити методи лікування тих, хто постраждав від голоду. Ансель Кіз та його колеги з університету Міннесоти долучили до дослідження тридцяти двох молодих чоловіків, які з міркувань совісті та переконань відмовлялися брати участь у воєнних діях, і посадили їх на напівголодну дієту, що тривала протягом двадцяти чотирьох тижнів. Учасники щодня споживали 1570 ккал — це дорівнювало менш ніж половині їхніх добових енерговитрат на початку дослідження, і зрештою втратили 25 % ваги. Не дивно, що їхня дратівливість і зміни настрою значно зросли, тоді як інтерес до сексу та інших видів активності згас. Вони постійно відчували голод і були просто одержимі їжею. Їжа буквально переслідувала учасників уві сні. Їхній ОО знизився на 20 % порівняно з показником, що його очікували отримати згідно з їхньою вагою.

Усі ці зміни зникли, щойно чоловікам знову дозволили їсти. Коли вага повернулася, організм вимкнув «режим тривоги». На відміну від учасників шоу *Biggest Loser*, їхні рівні основного обміну повернулися до норми, як і настрій та інтерес до сексу й інших хобі. Вони більше не перебували в голодному режимі.

Варто зауважити, що після відновлення початкова вага зросла — кожен набрав на кілька фунтів жиру більше, ніж містилося в його організмі на початку дослідження. Те саме сталося і з чоловіками, які брали участь у дослідженні Бенедикта під час Першої світової війни. Феномен надмірного накопичення жиру ще не досить добре вивчений, однак логічний з точки зору еволюції. Голодні часи — це показник того, що ви перебуваєте в бідному й непередбачуваному середовищі. За таких умов трохи більший «запас пального», імовірно, є гарною ідеєю. Водночас просто неймовірно, що їхні організми «знали», якою має бути нормальна вага, і плюс-мінус повернулися до неї, вимкнувши «сигнал тривоги», коли досягли мети. Вочевидь, механізми, що обумовлюють наш метаболізм і відчуття голоду, діють досить конкретно відносно ваги та статури, що їх мають захищати.

Попри всі зусилля учасники шоу *Biggest Loser* теж набрали вагу. Коли Кевін Голл та його команда перевірили чотирнадцятьох учасників через шість років після проєкту, усі, крім одного, набрали досить значну вагу. Троє повернулися до початкової ваги, яку зафіксували перед початком шоу, а двоє «перестаралися» і стали важчими, ніж до

участі в програмі. А як щодо швидкості метаболізму та зниження ОО, пов'язаних із набиранням ваги? Традиційний погляд на енерговитрати передбачає, що учасники з вищою швидкістю метаболізму й меншим зниженням ОО мусили б не набирати вагу. За таких умов між зниженням ОО і набиранням ваги мала б бути зворотна залежність. Учасники з вищими рівнями основного обміну мали б набрати менше.

Натомість Голл із колегами виявили зовсім протилежне: через шість років після шоу учасники з вищими ОО набрали найбільше ваги. Це неочікуваний результат, якщо припускати, що вищі рівні основного обміну та енерговитрати мають захищати від збільшення ваги, однак він досить логічний для тих, хто розуміє метаболізм з точки зору еволюції. Основний обмін і добові енерговитрати не *спричиняють* втрати ваги, а *реагують* на зміни в ній. Під час змагання та після нього учасники телешоу перебували в режимі голоду. Їхні знижені рівні ОО та енерговитрати були відчайдушною еволюційною стратегією, що прагнула збалансувати витрати енергії згідно з радикально обмеженим раціоном. Протягом років після завершення шоу учасники, які їли найбільше й набрали найбільше ваги, надсилали організму потужні сигнали про те, що небезпека голодування минула. Їхні рівні основного обміну та добові енерговитрати зросли разом із масою тіла.

За всім цим стоїть мозок

Зважаючи на всі докази того, що наш організм динамічно реагує на зміни в раціоні та фізичній активності, нам потрібен новий погляд на «метаболічні двигуни». Що ж до метаболізму, зараз загалом припускають, що організм схожий на звичайну машину: що більше роботи він виконує, то більше енергії спалює, а що більше спалює, то менше пального (жиру) в ньому міститиметься. Однак, як ми щойно переконалися, це працює зовсім не так. Коли йдеться про спалювання енергії, організм поводить себе дуже розумно й гнучко. Він робить те, що не до снаги простим двигунам. Власне, нам потрібна краща метафора.

Щоб розібратися в метаболізмі, варто сприймати організм як бізнес. Цей бізнес становить продукт еволюції, а отже, має лише одну справжню мету — розмноження. А втім, подібно до будь-якого масштабного бізнесу, йому доводиться мати справу з багатьма операціями з підтримки, об'єднаними в різні органи та фізіологічні

системи. У нього 37 трильйонів працівників — клітин, які щодня тяжко працюють, виконуючи роботу. А валютою для всіх «транзакцій» є калорії. Енергія надходить в організм разом із їжею, яку ми споживаємо, та розподіляється по всіх системах підтримки і їхніх працівниках згідно з потребами. Якщо є залишок, він переноситься на «поточний рахунок» для швидкого доступу (глікоген) або на «накопичувальний рахунок» (жир).

Суворий і бездушний «дарвінівський менеджер» стежить за бюджетом, пильнуючи надходження та витрати енергії. Якщо вона надходить у більшому обсязі, ніж витрачається, це загалом добре: «скарбниця» повна, і менеджер спрямовує більше енергії до систем, які можуть її використати. Однак якщо витрати енергії перевищують надходження, це вже привід для хвилювання. За умов серйозного або надто тривалого дефіциту менеджер вживатиме заходів і змінюватиме процес витрачання енергії. Загалом підтримання «збалансованого бюджету» передбачає, що добові витрати енергії дорівнюють обсягу енергії доступної їжі, надійним джерелом якої є довкілля.

В індустріалізованому світі організм здебільшого не бере постійної участі в розмноженні (секс, вагітність, годування груддю), однак це не має значення. Бізнес має бути до цього готовий, а отже, всі системи підтримки мусять працювати мов бджілки. Нагодувати 37 трильйонів працівників і забезпечити їхнє функціонування — це вже чимало. Взаємодія з навколишнім світом потребує скоординованих зусиль ваших м'язів, нервів, мозку, серця й легень. Захисні й відновлювальні процеси ніколи не припиняються, а ваші численні системи щодня потроху зношуються; не варто забувати й про постійну загрозу з боку вірусів, бактерій, забруднювачів повітря та паразитів. І, звісно, репродуктивну систему слід підтримувати в належному стані, щоб вона була готова до роботи. Усе це потребує енергії, і ваш мозок та травна система об'єднують зусилля та безперервно працюють, стабільно постачаючи організм їжею й перетворюючи її на корисні поживні речовини (розділ 2).

Дарвінівський «бізнес-менеджер», який вправно жонглює всіма цими завданнями, — це продукт нашої еволюції. На годиннику полудень і вам хочеться перекусити? Це ваш «менеджер» реагує на порожній шлунок, низький рівень цукру в крові та інші сигнали, активуючи центр голоду у вашому мозку. Якщо боретеся з грипом, що

супроводжується млявістю й високою температурою, саме «менеджер» перерозподіляє енергію, не витрачаючи її на фізичну активність, а спрямовуючи на активність імунітету. А якщо самотужки «знищуєте» чизкейк, той-таки «менеджер» спрямовує всі отримані калорії до систем, які їх потребують, а решту зберігає в жирових клітинах.

«Менеджер метаболізму» — це не просто метафора чи анімаційний персонаж, це ваш мозок. Якщо точніше, гіпоталамус — непримітна грудочка нейронів, що скупчилися в самісінькому центрі нижньої частини мозку, подібно до грудки сірої жувальної гумки.

Гіпоталамус — центр контролю метаболізму й безлічі інших внутрішніх процесів, які забезпечують життя вашого організму. Спільно зі стовбуром мозку він відчуває надходження енергії, контролюючи наявність у крові таких чинників, як глюкоза й лептин (гормон, що його виробляють жирові клітини, запасаючи енергію після їди), а також нервові сигнали зі смакових рецепторів, шлунка й тонкого кишечника, що надають інформацію про кількість і поживний вміст їжі. Крім того, гіпоталамус може відчувати, коли ми перебуваємо в негативному енергетичному балансі, бо регулярно перевіряє рівні греліну (гормон, що його виробляє порожній шлунок), лептину (рівень цього гормону знижується, коли запас жирових клітин вичерпано) та інші чинники. Реагуючи на це, гіпоталамус може розігнати чи, навпаки, вповільнити обмін речовин, контролюючи активність щитоподібної залози та вироблення тиреоїдних гормонів. Також він здатен змінювати рівень голоду, регулюючи кількість їжі, яку нам треба спожити, щоб насититися.

Функції гіпоталамуса можна уявити як алгоритми, з якими щодня маємо справу онлайн. *Google*, *Facebook* та будь-який інший вебсайт, який відвідуємо, використовує сотні фрагментів даних — вік, стать, місцеперебування, тип пристрою, яким користуємося, час доби, історію пошуків, — щоб показувати нам відповідні історії чи рекламні оголошення. Усе це відбувається автоматично, миттєво й непомітно для нас. Природа алгоритму однакова для всіх, однак результати адаптуються саме під нас та умови, у яких перебуваємо. Те саме стосується і внутрішніх алгоритмів, що керують нашим метаболізмом. Змінні (лептин, грелін, глюкоза крові, наповненість шлунка, смаки продуктів) однакові для всіх, однак наше середовище, генетика й отриманий досвід оцінюють кожен з цих змінних і реагують на неї.

Скажімо, низький рівень лептину загалом спонукає гіпоталамус активувати відчуття голоду, однак *точну* межу, за якою лептин запускатиме цю реакцію, значною мірою визначатимуть *ваші* гени, харчові звички та типові рівні лептину, що циркулює в крові.

Еволюція формує метаболічні алгоритми для кожного виду, визначаючи «нормальні» діапазони для ОО, добових енерговитрат, гормонів, відсотка жиру в організмі, рівнів глюкози, тригліцеридів, що циркулюють у крові, тощо. «Норма» — коли гіпоталамус та його розвинені метаболічні алгоритми здатні тримати все під контролем, керуючи надходженням і витратами калорій. (Загальним терміном на позначення стабільного функціонування всіх ваших систем є «гомеостаз».) Однак поняття «норми» не однакове для всіх видів. Зокрема, в останньому розділі цієї книжки йдеться про те, що швидкість обміну речовин у людей вища, ніж в інших приматів, і водночас ми більш схильні до утворення жирових відкладень. Усе це завдяки еволюції гіпоталамуса та його метаболічних алгоритмів: вони сильніше тиснуть на «педаль газу» та швидше перетворюють зайву енергію на жир.

Шимпанзе та інші мавпи повільніше спалюють енергію, але схильні спалювати зайві калорії чи перетворювати їх на м'язову тканину. Наша еволюційна спадщина визначає й те, як ми реагуємо на різні виклики, наприклад обмеження доступу до харчових продуктів чи підвищену активність. Коли перебуваємо в режимі голоду, гіпоталамус діє напрочуд швидко. Основна мета — пережити складні часи, щоб у майбутньому розмножитися за сприятливіших умов. Уже за кілька днів рівень гормону щитоподібної залози — основного гормону, що контролює швидкість метаболізму, — стрімко знижується. Як ми вже встигли переконатися на прикладі Міннесотського дослідження й учасників телешоу *Biggest Loser*, рівень основного обміну теж суттєво зменшився. Якщо обмеження в їжі серйозні або тривають надто довго, органи зменшуються. Водночас не всі системи органів зазнають серйозних уражень. Ретельні дослідження тіл жертв, які померли від недоїдання під час війни чи в голодні часи, свідчать, що мозок від цього не постраждав. З іншого боку, селезінка за таких умов різко зменшується. Наш «дарвінівський менеджер» вдається до непростих рішень, вибираючи переможців і переможених,

підтримуючи функціонування мозку і водночас допускаючи зниження певних імунних функцій.

Гіпоталамус контролює майже всі системи організму від реакції на стрес до розмноження й може керувати конкретними функціями. Скажімо, у скрутні для людей часи розмноження може швидко відійти на другий план. Учасники експериментів з голодування втрачали інтерес до сексу. Жінки часто помічають зниження рівня естрогену, а якщо їхній раціон досить серйозно обмежений, може припинитися й овуляція. Відкласти розмноження на потім через несприятливі умови досить логічно з точки зору еволюції — а надто для таких видів, як наш, адже наше життя триває довго, а кожна дитина — то справжній скарб, зважаючи на витрати часу й калорій. Однак для видів, чиє життя триває недовго, затримка розмноження означає, що нагода це зробити може й узагалі не випасти. Ось чому в організмі самців мишей у голодних умовах передусім забезпечувалося функціонування двох органів — мозку та яєчок.

Реакція метаболізму на підвищення фізичної активності — феномен, який ми спостерігали у фізично активних спільнотах на кшталт гадза чи учасників півмарафону (дослідження Вестертерпа) — ще не досить добре вивчена, але схоже на те, що тут працює та сама логіка. Коли м'язи потребують значно більшої частки енергії вашого «бізнесу» та починають спустошувати запаси жиру, «дарвінівський менеджер» уживає заходів, щоб збалансувати бюджет. Майже відразу зростає рівень голоду — щоб споживання відповідало витратам. Утім, якщо рівень щоденної активності залишається високим протягом тижнів чи місяців, помітні й інші зміни. Інші системи, включно з розмноженням, імунною функцією та реакцією на стрес, пригнічуються, вивільнюючи місце в «бюджеті» для більших витрат на активність. (Цікаво, що ці метаболічні зміни не завжди помітні в основному обміні, де на них можна було б очікувати, однак це питання ми докладніше розглянемо в розділі 8.) Поведінка теж може змінитися, змушуючи нас більше відпочивати й менше метушитися. Згідно з логікою еволюції, ці реакції очікувані — другорядні завдання відкидаються, тоді як репродуктивний успіх стає пріоритетним у довгостроковій перспективі. Через три-п'ять місяців ми звикнемо до нового режиму активності. Добові витрати енергії будуть приблизно такі самі, як і на

початку. Метаболічний «бізнес» і 37 трильйонів його працівників пристосуються до нових умов.

Усі «викрутаси», до яких вдається організм, щоб скоригувати енерговитрати й відчуття голоду відповідно до фізичних навантажень та раціону, можуть наштовхувати на думку, що наша вага мала б залишатися незмінною. Підтримувати вагу на певному рівні, не докладаючи жодних зусиль, — то нездійсненна мрія для більшості з нас, однак це трапляється набагато частіше, ніж ви уявляєте. Принаймні траплялося. Скажімо, чоловіки та жінки з племені гадза протягом життя мають досить стабільну вагу; їхні рівні основного обміну та вага залишаються майже незмінними з ранньої юності й до старості. Спробуйте це досягнути: вага чоловіків і жінок віком від 20 до 30 років (зазвичай вони вже мають дітей і працюють більше, ніж старше покоління) не змінюється навіть за сезонності харчових продуктів або в «хороші» чи «погані» роки! Імовірно, таке безпроблемне регулювання ваги було нормою в нашому спільному минулому мисливців і збирачів. У середовищах мисливців-збирачів — таких, як те, у якому еволюціонували й ми, організм цілком здатний контролювати вагу, коригуючи обмін речовин і відчуття голоду відповідно до умов. *Hamna shida*.

Навіть сьогодні, коли живемо у промислово розвинених «людських зоопарках», де необмежені смаколики завжди під рукою, наш гіпоталамус докладає всіх зусиль, щоб збалансувати витрати й надходження енергії. Коли споживаємо більше калорій, ніж витрачаємо, швидкість обміну речовин підвищується, бо організм намагається використати частину надлишку. Якщо ж спалюємо більше, ніж отримуємо, зростає відчуття голоду й енерговитрати знижуються. Звісно, час від часу трапляються певні розбіжності між споживанням і витрачанням калорій — спробуйте щоранку записувати свою вагу протягом місяця й побачите ці коливання. Однак у довгостроковій перспективі наш енергетичний баланс неймовірно точний. Сьогодні, за умов епідемії ожиріння, середньостатистичний американець протягом року набирає майже половину фунта — приблизно 1750 ккал. Це тільки 5 ккал на день або менш ніж 0,2 % добових енерговитрат. Інакше кажучи, щоденне надходження калорій збігається з енерговитратами на 99,8 % (і навпаки), хоч ми й самі цього не усвідомлюємо.

Рациональніший погляд на метаболізм та ожиріння

Немає жодних сумнівів у тому, що ожиріння — це наслідок споживання організмом більшої кількості калорій, ніж він витрачає. Іншого способу набрати вагу немає. Дедалі більше доказів свідчать, що вплинути на добові енерговитрати досить складно, тож головним «винуватцем» є раціон. Якщо наш організм здатен контролювати добові витрати енергії незалежно від способу життя, енергетичний дисбаланс і зайва вага передусім можуть виникати внаслідок надмірного споживання калорій.

Утім, це не означає, що ожиріння стосується лише ненажерливості. Звісно, в окремих ситуаціях причина нездорового набирання ваги може бути очевидна — скажімо, звичка щодня ласувати чизкейком. Люди схильні набирати зайву вагу й під час свят — і «винні» в цьому печиво та всілякі застілля. Однак повільний темп зростання ваги, що його більшість із нас помічають, вимірюючи щораз більший обхват талії, значно підступніший. Сучасна епідемія ожиріння віддзеркалює порушення в «метаболічному керуванні». Наші розвинені алгоритми досить добре адаптувалися до останніх змін у доступних харчових продуктах і до того, як користуємося своїми тілами (або ж ні), але більшості з нас приносять забагато їжі. Наш палеолітичний мозок спантеличений сьогоденням. Замість ідеально збалансовувати надходження й витрати енергії ми схильні переїдати — зазвичай небагато, однак це незмінна помилка, яка з часом призводить до накопичення жиру. Мов ті метелики, які помилково вважають ліхтар на ганку за сяйво місяця, ми погано реагуємо на нові умови існування, що їх самі й створили — робимо те, що дає задоволення й водночас штовхає до біди.

Коли звинувачуємо метаболізм у тому, що маємо боротися з ожирінням, покладаємося на фізичні навантаження, щоб збільшити добові витрати енергії та схуднути, або піддаємося черговій «афері», що обіцяє прискорити обмін речовин, ми дуже помиляємося, бо не знаємо, як він насправді працює. Світова епідемія ожиріння не може бути проблемою, що пов'язана лише з витратами енергії. По-перше, як бачимо на прикладі гадза, добові енерговитрати в розвиненому світі

такі самі, як і в нашому спільному минулому мисливців-збирачів. Організм неймовірно чутливий і реагує на зміни в активності, щоб утримувати добові витрати енергії в межах вузького діапазону. Однак важливіше те, що, звинувачуючи повільний обмін речовин в ожирінні, ми перевертаємо причини й наслідки зміни ваги догори дригом. Метаболізм не *визначає* енергетичного балансу, він на баланс *реагує*.

Повернімося на мить до метафори «наші тіла — двигуни»: прихильники традиційного погляду розглядають нас як водіїв спортивних автомобілів, які заводять двигун. Ми вирішуємо, як сильно його слід розігнати й коли зупинитися, щоб поповнити запаси пального. Це спокусливе бачення, однак воно наділяє нас значно більшим контролем над метаболізмом, аніж насправді маємо. Щонайбільше ми пасажери на задньому сидінні «метаболічного таксі». На місці водія сидить гіпоталамус, який тисне на педаль газу, пильно стежить за рівнем палива та вдається до безлічі хитрощів, щоб двигун стабільно працював, а запаси палива не вичерпувалися. Ми можемо визначити маршрут і спробувати вмовити нашого «дарвінівського водія» збільшити або зменшити швидкість, однак справді контролювати двигун або те, як часто слід поповнити запаси палива, не можемо.

Ситуація залишається незмінною: фактично проблема ожиріння пов'язана з тим, що ми споживаємо більше «палива», ніж можуть спалити наші двигуни. Однак замість уявляти себе на місці водія, ми мали б запитати: чому еволюційні механізми, які зазвичай збалансовують рівні споживання й витрат енергії, зазнають невдачі в нашому розвиненому світі?

Калорії споживаються, калорії витрачаються. Метаболічний чарівник

Опублікувавши результати вимірювання добових енерговитрат гадза 2012 року, ми не були готові до численних відгуків. Безперечно, припускали, що цією працею *бодай трохи* зацікавляться (насправді дуже на це сподівалися), оскільки це був перший проєкт із вимірювання витрат енергії у спільноті мисливців-збирачів, до того ж його результати вражали й теоретично мали б неабиякий вплив на боротьбу з ожирінням. Чоловіки та жінки з племені гадза були

набагато активніші фізично, ніж мешканці США та Європи, однак спалювали таку саму кількість калорій (рис. 5.1). Ми стверджували, що для подолання кризи, пов'язаної з ожирінням, треба зосереджуватися на раціоні й кількості спожитої енергії, а не на енерговитратах, адже вони, судячи з усього, були обмежені й не зазнавали особливого впливу. Ми очікували, що до нас може звернутися жменька колег і журналістів із наукових видань, яким було б цікаво обговорити проєкт.

Натомість посипалися дзвінки від журналістів з усього світу — усі хотіли поговорити з нами про нашу працю. Дослідження потрапило в журнал *Time*, а представники *The New York Times* попросили мене написати статтю про проєкт для недільного випуску. Результатами цікавилися науковці з інших лабораторій, надсилаючи нам електронні листи. Обговорювати проєкт та його наслідки було неймовірно цікаво й захопливо. На сьогодні статтю переглянули онлайн чверть мільйона разів. Звісно, це не та кількість переглядів, що їх отримують відео з Бейонсе чи котиками, однак проєкт мав значно більше уваги, ніж звичайне наукове дослідження.

Як можна здогадатися, не всі відгуки були схвальні. Палким прихильникам ідеї про те, що фізичні вправи можуть вилікувати всі недуги суспільства, зокрема деяким дослідникам фізичної активності з галузі охорони здоров'я, категорично не сподобалося припущення, що фізичні вправи не розв'язують проблеми ожиріння. Не допомагало й те, що конфлікт у дослідженнях ожиріння набув «міжплеменного» характеру, коли різні фракції повсякчас сперечалися про важливість раціону чи, навпаки, фізичних вправ. Завдавали клопоту й більшість новин про дослідження з оманливими «кричущими» заголовками — мовляв, наші результати насамперед означали, що у фізичних вправах немає сенсу. І це попри те, що і у статті, і в розмові з кожним журналістом ми наголошували, що фізичні вправи напрочуд важливі для здоров'я, хоч і не є найкращою зброєю в боротьбі з ожирінням.

Жоден з електронних листів чи телефонних дзвінків не спантеличував і не веселив нас так, як ті, що надходили від людей, які стверджували: *калорії не важливі!* Хіба я не розумію, що просто марную час? Вони переконували, що енергетичний баланс — надходження й витрати калорій — аж ніяк не впливав на вагу. Звісно, це твердження порушувало закони фізики, але, як влучно

прокоментував один незнайомець: «Людське тіло — НЕ паровий двигун. Другий закон термодинаміки тут не діє». Усі ці люди не так сердилися, як хвилювалися, що я просто не розумію, як *насправді* працює метаболізм. (Що ж до гендерної рівності, то гадаю, це була перемога: мене однаково повчали і чоловіки, і жінки.) Чи ж я не знав, що калорії не варті уваги? *Невже не читав Гері Таубса?!*

Узагалі-то, Таубс серед перших написав нам електронного листа після публікації дослідження. Він був дуже доброзичливий та уважний (і однозначно відкинув ідею про те, що набирання ваги порушує закони фізики, — зазвичай її приписують саме цьому досліднику). Обмінюючись електронними листами, ми чудово подискутували про наслідки проєкту за участю гадза, що можуть сприяти кращому розумінню ролі раціону в ожирінні. Звісно, я був знайомий з його працями. Таубс відомий у колах експертів з харчування ідеями про те, що вуглеводи (а надто цукри) становлять головну причину ожиріння через їхній особливий вплив на інсулін та накопичення жиру (докладніше про це ми поговоримо в наступному розділі).

Хоч Таубс і не заперечує законів фізики, він наполегливо стверджує, що в боротьбі з ожирінням калорії не мають значення. На його думку, спожиті калорії особливо не впливають на жирові відкладення й набирання ваги *за винятком ситуацій, коли ці калорії — вуглеводи*. Таубс — справжній рупор у русі, що відкидає калорії як цінний показник. А прогулявшись інтернетом, «Твіттерлендом» чи секцією літератури на тему здоров'я та фітнесу в місцевій книгарні, ви можете побачити те, що видається справжньою «антикалорійною» політичною революцією. Навіть поважні «Вартові ваги» (*Weight Watchers*) — славнозвісна школа, яка десятиліттями рахувала калорії тих, хто дотримувався дієти, здійснила ребрендинг, зосередившись у планах дієт на якості, а не кількості спожитої їжі.

Твердження про те, що калорії не роблять вас товстішими, має такий самий сенс, як і аргумент, що гроші не роблять вас багатими. Це магічне міркування. Як уже зазначав у розділі 2, кожен грам тканини у вашому організмі (байдуже, жир це чи м'язи) створений тільки з того, що ви їсте. Кожна калорія вашого жиру — це спожита калорія, яка не була спалена.

Проте проєкт із вивчення енерговитрат у гадза та інші дослідження, які ми згадували в цьому розділі, підкреслюють, яким безглуздим

може видаватися підрахунок калорій: наш організм так добре пристосовується до спожитих і витрачених калорій, що подеколи калорії взагалі видаються чимось нереальним. Наш гіпоталамус — справжній «метаболічний ілюзіоніст», який спритно змінює витрати енергії й відчуття голоду, коли ми цього навіть не зауважуємо. Без інструментів сучасної науки про обмін речовин відстеження калорій стає повним безглуздом — як спроба стежити за картами фокусника, які то зникають, то з'являються знову.

Енергетичний баланс — то єдине, що змінює нашу вагу. Це неминуча реальність фізики. Однак проблема полягає в тому, що ми ретельно відстежуємо те, що споживаємо (розділ 3), а от відстежити енерговитрати майже неможливо — і все це через трюки «метаболічного чарівника». Тож не дивно, що, коли йдеться про калорії, чимало раціональних людей вдаються до «магічних міркувань». Калорія — це калорія? Авжеж, за визначенням так і є. Однак не можна сказати, що всі продукти однаково впливають на наш організм. Гіпоталамус та його розвинені алгоритми безперервно оцінюють та реагують *і* на кількість, *і* на якість спожитих продуктів. Протягом останніх десятиліть з'явилося чимало захопливих досліджень, що демонструють, як різні продукти та їхні поживні речовини впливають на те, як наш організм керує метаболізмом. Більшість таких результатів стали підґрунтям для аргументів на користь «палеодієт» — насамперед ті, що стосуються «природних» продуктів, які слід споживати людям. Утім, ми заглибимося в це в наступному розділі. На прикладі гадза і, власне, того, яким насправді має бути раціон мисливця-збирача, ми обговоримо еволюційний раціон людини й те, як різні продукти можуть спричиняти ожиріння чи, навпаки, запобігати його розвитку.

Поза тим, фізичні вправи життєво необхідні для нашого здоров'я. «Метаболічні фокуси», до яких вдається наш організм, не змінюють того факту, що щоденна фізична активність украй необхідна, щоб уникнути численних недуг. Обмеження витрат енергії та метаболічна компенсація перетворюють фізичні вправи на неефективний інструмент для схуднення (рис. 5.3), однак майже всі інші аспекти здоров'я залежать саме від регулярної активності. Насправді, як ви дізнаєтеся з розділу 7, обмежені енерговитрати й метаболічні зміни, до яких вдається організм, реагуючи на фізичні навантаження, становлять

вагому причину того, що фізичні вправи напрочуд цінні для нашого здоров'я. Утім, спершу слід дізнатися, як раціон впливає на витрати енергії та енергетичний баланс. Тож повернімося до Гадзаленду й погляньмо, що там на обід.

[29](#) Понад 136 кг.

Розділ 6. Справжні «Голодні ігри»: раціон, метаболізм та еволюція людини

Ми були за пів милі від табору, коли наш маленький гурт покинув сухе й піщане річище, уздовж якого ми рухалися, і почав підійматися. Одна пара з племені гадза — Мвасад і Халіма зі своєю першою дитиною люб'язно пристали на те, щоб я спостерігав за ними протягом усього дня. Ми йшли мовчки — Мвасад на чолі гурту, Халіма за ним, а я вже волочився ззаду. Халіма несла палицю для викопування бульб, а на її спині розмістився у слінгу дворічний Стефано. Мвасад мав при собі звичний «набір інструментів» чоловіка з племені гадза: лук і стріли, маленьку сокирку та посудину, що вмістила б зо кварту рідини.

Не змінюючи темпу, Мвасад трохи зійшов зі шляху й повів нас через зарості золотої трави, що сягала по коліна, і кам'янистий ґрунт розтріскувався під нашими ногами на кожному кроці. Дрібні стебла сухої трави набивалися в черевики, і я гадав, чи випаде вільна хвилина, щоб їх витрусити, а чи мої ноги приречені страждати від свербіжів й поколювань протягом усього дня. Вище на схилі пагорба, за межами затінку від річища, на нас щосили ринуло екваторіальне сонце, пропікаючи спину. Повітря потріскувало й гуділо, мов високовольтний трансформатор. Акацієве листя витанцьовувало від подиху легкого вітерцю, всотуючи в себе промені сонця. Була сьома ранку.

Коли ми перетинали хребет пагорба, Мвасад почав насвистувати. Його плавний і мелодійний свист неначе пронизував повітря. Після короткої жалібної трелі наставала кількахвилинна тиша, а тоді все повторювалося знову. Мвасадів свист не був зітханням чи розсіяним «витанням у хмарах». То було оголошення, що транслювалося в крони старих мідно-сірих баобабів, які височіли над нами. Здавалося, що звук зависав простісінько в їхньому гіллі. Ранок тривав, і Мвасадів

свист став частиною нашого звукового пейзажу. Це скидалося на заклик до Всесвіту: «Агов, тут хтось є?»

Трохи ближче до полудня Всесвіт таки відповів. Мвасад смикнув головою в бік сигналу, що я його не зауважив, і різко повернувся, щоб відстежити звук, джерелом якого була крихітна й водночас чудова пташка — славнозвісний медовід. Цей непоказний птах заввишки у вісім дюймів провадить досить самотнє життя та годується медом і стільниками, грабуючи вулики. Він підходить до справи по-особливому, залучаючи партнерів — людей, які виконують «брудну роботу», зокрема проникають у стовбури дерев і виявляють там колонії диких бджіл. Йому зовсім не складно знайти тих, хто радо допоможе. Гадза покладаються на медоводів, щоб відшукати найбільші вулики, які зазвичай розташовані високо в кронах дерев, тож помітити їх непросто. Чоловіки на кшталт Мвасада зазвичай насвистують під час прогулянки, «рекламуючи» свої послуги. Запримітивши ласий вулик, медоводи відповідають їм, щебечучи впізнавані «*vrrrrriin errr, vrrriin errr, vrrriin errr*» і пурхаючи довкола, щоб указати правильний шлях. Гадза називають їх «*mikiliko*», а європейські таксономісти — *Indicator indicator*.

Це давнє партнерство, що зародилося набагато раніше, ніж наш вид. ДНК-аналіз свідчить, що великі медоводи відокремилися від інших видів у своїй родині понад три мільйони років тому. Як можна припустити, відтоді їхні предки скеровували наших пращурів до меду. Ми поділяємо любов до цього смаколика з іншими вищими приматами, тож, імовірно, він завжди був частиною раціону гомінінів. Протягом останніх трьох мільйонів років чи навіть довше гомініни їли досить меду, щоб створити цілу «нішу» для інших видів. Сьогодні мед залишається основною частиною раціону мисливців-збирачів та землеробів у тропічних і помірних регіонах усього світу.

Великий медовід зустрічається на території Африки південніше від Сахари, співпрацюючи з представниками десятків культур. Гадза споживають просто-таки неймовірну кількість меду — цей продукт забезпечує приблизно 15 % їхніх щоденних калорій, і більшу його частку допомагають добути саме ці дивовижні птахи. За підрахунками Браяна Вуда, 8 % калорій (чи навіть більше), що їх споживає спільнота гадза, вдається отримати за допомогою медоводів.

Помітивши «інформатора» високо в кроні масивного баобаба, Мвасад узявся до роботи. За допомогою сокирки чоловік швидко зрубав струнке деревце діаметром зо два дюйми, що росло неподалік, і розрубав його на кілки завдовжки з фут. Запхавши кілки за пояс, він підійшов до стовбура баобаба і, спритно змахнувши сокирою над головою, увігнав її лезо в його м'яку сріблясту кору. Висмикнувши сокиру, увіпхав кілок у щілину, а тоді забив його наполовину обухом. На виступі, що його утворив кінець кілка, можна було утриматися, і чоловік ступив на нього, балансуючи на одній нозі. Відтак обережно повторив увесь процес, стоячи на кілку. *Бух! Гуп! Стук-стук-стук.* «Намільте, сполосніть і повторіть» — кілок за кілком на три поверхи вгору аж до крони дерева.

Мвасад спустився на землю, щоб узяти розжевілу палицю, що її підпалила для нього Халіма, і невеликий пластмасовий контейнер, який прихопив із собою саме для такої справи. Повернувшись на дерево, чоловік спокійно скористався палицею, щоб запустити у вулик дим. Тоді знову почувся стукіт. *Грюк-грюк-грюк...* Ця непроста робота потребувала часу, і Мвасада кілька разів жалили розлючені бджоли. (Примітка: якось одна з таких бджіл ужалила мене між лопатками, залізши під сорочку. Якби я тоді сидів у кроні баобаба, а не безпечно стояв на землі, підозрюю, що від болю відразу гепнувся б зі своєї опори на землю. Інтенсивний гарячий біль не вщухав протягом усього дня. То не ті бджоли, з якими я зростав у Пенсильванії.) Працюючи, Мвасад добряче поласував медом і личинками, після чого зліз із дерева з посудиною, вщерть заповненою медом і стільниками, що височіли над обідком. Відтак пообідав разом із Халімою і Стефано — усі троє випили меду та висмоктали зі стільників мед, трутневий розплід та інші смаколики, випльовуючи грудочки воску. Вони люб'язно поділилися зі мною, а я пригостив їх дешевим печивом, принесеним у наплічнику, тож ми влаштували щось на кшталт пікніка. Мед мав насичений смак та аромат диму — це було щось неймовірне!

Того дня Мвасад натрапив щонайменше на пів дюжини вуликів, а я тим часом спостерігав, як ці троє їдять стільки меду, скільки я споживаю за рік. У Халіми теж не бракувало роботи — під час нашого походу вона кілька разів зупинялася, щоб викопати з кам'янистого ґрунту дикі бульби. Ці дикі коренеплоди є більш волокнистими «побратимами» картоплі, ямсу й інших «одомашнених»

бульб, що продають у супермаркетах. Це калорійна основа раціону гадза: багате джерело енергії, якого завжди вдосталь і яке доступне протягом усього року. Бульби і мед... якщо не брати до уваги кількох личинок, то був усущіль вуглеводний день.

Невже вони не читали Гері Таубса?

Більше даних, менше крику

Як уже зазначав у попередньому розділі, наш метаболізм суворо регулюється гіпоталамусом, який постійно контролює їжу, що потрапляє в наш організм, і калорії, які ми спалюємо, щоб підтримувати енергетичний баланс. Однак щось — хоча радше йдеться про кілька чинників, пов'язаних із сучасним довкіллям, — збиває гіпоталамус з пантелику, змушуючи нас споживати більше калорій, аніж витрачаємо. Оскільки наше колективне метаболічне здоров'я летить у прірву, мов Тельма і Луїза, логічно було б замислитися, чи це почасти не спричиняють продукти, які ми їмо? Наскільки сучасні продукти відрізняються від тих, до яких наш організм пристосовувався в процесі еволюції, і як ці відмінності пов'язані із зайвою вагою? Якби ми повернулися до раціону, для якого створені наші тіла, то, звісно, мали б значно міцніше здоров'я.

Проблема в тому, що визначити, чим насправді харчувалися предки гомінінів, дуже складно. Докази знайти важко, і вони зазвичай не відповідають на запитання, яке вас хвилює: «Що було в тижневому меню людей часів палеоліту?» Мої колеги-антропологи часто вагаються й не хочуть казати зайвого, бо ми добре знаємо, як багато невизначеності в нашій галузі. Водночас «порожнечу», що її залишають обережні науковці, заповнюють численні шарлатани, які пропагують дієти, усілякі любителі й поблажливі медичні працівники, що отримали найвищий бал з предмета «Вступ до еволюції людини» (або принаймні певні, що отримали б). Усі ці «експерти» радо роз'яснюють антропологічні дані... антропологам. Однак людям, упевненим у тому, що знають, яким був раціон наших предків (мисливців і збирачів), зазвичай бракує практики та досвіду.

Надміру впевнена інтерпретація цього питання з вуст «крикунів», які насправді не мають глибоких знань (хоч непохитно вірять у протилежне), має наукову назву — ефект Даннінга-Крюгера.

У 1999 році психологам із Корнелльського університету Девіду Даннінгу та Джастіну Крюгеру сяйнула блискуча думка, яка, здавалося, пояснювала, чому некомпетентні люди так дратують: засліплені власною некомпетентністю, вони не можуть досягнути, яка низька в них кваліфікація. Щоб перевірити цю гіпотезу, вони запропонували десяткам студентів старших курсів пройти тести з логіки, граматики і (моє улюблене!) здатності розпізнавати гумор. Відтак запропонували учасникам самостійно оцінити, як добре вони з усім упоралися. Не дивно (хоч це й усіх нас потішило), що учасники з *найгіршими* результатами, яким найбільше бракувало знань, регулярно оцінювали себе як *фахівців* з усього, що їм доводилося робити. І ця проблема зовсім не нова. Навіть Дарвін скаржився, що «впевненість частіше породжується незнанням, аніж знанням». (На щастя, американські громадяни розуміють цю проблему й обирають лише розумних і справедливих лідерів, які підтвердили компетентність у керуванні державою та досвід у міжнародних відносинах.)

У переповненій екосистемі рухів за «правильне» харчування, де завжди гя́роче й панує неабияка конкуренція, найбільшу увагу привертають найгучніші голоси. На загальному тлі вирізняються проповідники «палеодієти», що демонструють власний — упертий і непохитний — погляд на людську природу та еволюцію. Зокрема, вони запевняють нас, що люди еволюціонували, щоб їсти *м'ясо*. Вони проштовхують ідеї дієт з високим вмістом жирів і низьким вмістом вуглеводів, що спрямовують організм у бік кетогенезу (див. розділ 2), наполягаючи на тому, що наші предки споживали тільки бізонів і жодних ягід. Прихильники «палеодієти», або так звані «хижаки», відкидають думку про те, що вегетаріанський (або не дай Боже) веганський раціон здоровий чи природний, і не зважають на рекомендації щодо споживання рослинної їжі чи застороги щодо жиру, вважаючи їх політично коректним пособництвом або корпоративною пропагандою. На їхню думку, жоден мисливець-збирач, якому не бракує самоповаги, не дотримуватиметься раціону, багатого на крохмаль і вуглеводи. І, чорт забирай, вони в жодному разі не споживатимуть цукор.

Вегани теж можуть бути войовничими й добряче дратувати. Коли я мешкав у Брукліні і щоранку та щовечора користувався метро,

у поїзді F одна енергійна та засмучена жінка постійно ходила вагонами, переслідуючи пасажирів і роздаючи їм брошури, у яких пояснювали, як люди еволюціонували, щоб харчуватися рослинами. *«Погляньте-но на наші зуби, — вигукувала вона. — М'ясо гниє в наших травоядних кишечниках!»* Може, ця жінка і влаштовувала самосуд над певним раціоном, однак вона була така не одна. Такі самі тези озвучує й РЕТА [30](#).

На щастя, можемо стишити голоси цих «харчових екстремістів» та самостійно поглянути на дані. Є три напрямки, з яких ми отримуємо серйозні докази, що дещо повідомляють про те, чим харчувалися наші пращури: археологічні свідчення й викопні рештки, етнографічні дані зі спільнот сучасних мисливців-збирачів і функціональний аналіз геному людини. Звісно, деталі різняться, і в їхньому розмаїтті можна легко «заблукати», але глобальна ідея кожного з напрямків зрозуміла: ми еволюціонували як опортуністичні всеїдні. Люди харчуються доступною їжею, що майже завжди містить рослинні та тваринні продукти (а також мед).

Археологічні свідчення та викопні рештки

Якщо повернемося в минуле — у той час, коли сім мільйонів років тому наші пращури відділилися від шимпанзе й бонобо, стане зрозуміло, що вони починали свій шлях як мавпоподібні травоядні. Протягом перших чотирьох-п'яти мільйонів років еволюції гомінінів різні види, чії рештки ми бачимо серед скам'янілостей (включно зі славнозвісним скелетом Люсі та її родичів-*австралопітеків*), мали моляри (щоківі зуби) із заокругленими кінчиками, щоб споживати рослинну їжу. А ще мали довгі руки й трохи вигнуті пальці, які свідчать про те, що вони часто видряпувалися на дерева — імовірно, заради фруктів чи іншої рослинної їжі. Звісно, подеколи вони могли полювати на мавп чи іншу дрібну дичину, як це роблять сучасні шимпанзе та бонобо. Крім того, їхнє «меню» з великою ймовірністю містило комах — так само й сучасні шимпанзе люблять їсти мурах і термітів, а також мед. Однак усі докази з раннього й водночас тривалого періоду еволюції гомінінів підказують нам, що їхній раціон мав переважно рослинну основу.

Одним із нововведень у цей період могло стати використання коренеплодів. Австралопітеки (*Australopithecus*), чії викопні рештки свідчать, що вони жили приблизно від чотирьох до двох мільйонів років тому (розділ 4), мали дуже великі моляри з міцною емаллю. На їхніх зубах також збереглися подряпини, що припускають наявність осаду в їжі, а ізотопний підпис емалі подібний до того, який мають дикі коренеплоди. Шимпанзе іноді викопують і їдять бульби, однак це трапляється досить рідко — на відміну від сучасних людей, адже коренеплоди становлять основу раціону в більшості світових культур. Ми не можемо сказати напевне, що австралопітеки споживали багато коренеплодів (складно бути точним, коли йдеться про скам'янілості!), однак наявні докази дають змогу припустити, що наша любов до картоплі й решти крохмалистих овочів випереджає наш рід.

Приблизно 2,5 мільйона років тому сталася важлива зміна в харчуванні, що супроводжувалася зародженням мисливства і збиральництва. У розділі 4 ми докладно зупинялися на тому, як ця зміна вплинула на обмін речовин, однак не зайве згадати про її вплив на продукти, які споживали наші предки-гомініни. Коли представники роду *Homo* почали частіше полювати й займатися збиральництвом, м'ясо становило дедалі більшу частину їхнього раціону. Ми бачимо сліди від кам'яних інструментів на кістках тварин, що датуються періодом, який тривав 2,5 мільйона років тому, — власне, він триває і зараз. Майже 1,8 мільйона років тому *Homo erectus*, чії рештки ми знаходили у Дманісі, харчувалися антилопами та іншими тваринами. Приблизно 400 000 років тому *Homo heidelbergensis* регулярно полювали на диких коней та іншу велику дичину. А майже 100 000 років тому неандертальці постійно харчувалися північними оленями та мамонтами. Земля в печерах на стоянках неандертальців часто має шар «розчленованих» решток тварин, а їхня «м'ясоїдна» позиція в харчовому ланцюзі очевидна, зважаючи на характерні ізотопні підписи їхніх кісток (у тварин, які харчуються іншими тваринами, підвищений рівень ізотопу азоту-15, що стає більш концентрованим під час просування харчовим ланцюгом). Наш вид так само добре вправлявся в полюванні, зважаючи на обгорілі кістки представників численних видів, які знаходять у давніх вогнищах.

Поява м'яса в раціоні суттєво вплинула на весь організм. Споживання тваринної їжі означало більше енергії, зокрема жиру

в кожному шматочку, а це, своєю чергою, свідчило про потребу в меншій кількості їжі, щоб задовольнити щоденні потреби в енергії. Потреба у великих молярах та інших травних механізмах зменшилася. Природний добір віддавав перевагу меншим зубам і кишечникам, вивільнюючи енергію для інших завдань. Сьогодні наші шлунково-кишкові тракти на 40 % менші, а розміри печінки зменшилися на 10 % порівняно з тим, якими вони могли б бути, якби розвиток нашої травної системи пішов шляхом наших родичів — людиноподібних мавп, тобто вегетаріанців. Це зменшення органів вивільнює майже 240 ккал на день, які ми витрачаємо на більший за розміром мозок та інші зміни, що потребують великих енергетичних витрат (розділ 4).

Утім, чимало прихильників «палеодієти» помилково вважають, що наші предки — мисливці і збирачі — тільки полювали. Можливо, цей погляд віддзеркалює характерні упередження стосовно викопних решток та археологічних знахідок. Кістки зберігаються краще, ніж рослинна їжа, і те саме можна сказати про знаряддя, що їх використовували під час полювання. У мисливстві часто застосовували кам'яні уламки чи наконечники, які не гниють і не розпадаються. Як бачимо на прикладі гадза, для збирання рослинної їжі знадобляться тільки сильні руки й дерев'яна палиця. Прямі докази, що свідчили б про споживання рослинної їжі та фіксувалися в археологічних реєстрах і скам'янілостях, не надто доступні, однак усі наявні ознаки вказують на збалансоване харчування, подібне до того, що його дотримуються сучасні мисливці-збирачі.

Деякі новітні й найзахопливіші дослідження на тему харчування гомінінів ґрунтуються на аналізі часточок їжі, що потрапили в зубний наліт і прилипи до зубів викопних решток гомінінів. Аманда Генрі з Лейденського університету перша взялася досліджувати цю перспективну підгалузь науки про еволюцію людини. Разом із колегами вони обережно зняли зубний камінь (кальцинований наліт) із зубів неандертальців, чий скам'янілості виявили в місцях розкопок у всій Європі та на Близькому Сході. Під мікроскопом у ньому вдалося виявити рештки зерен та крохмалю з рослинної їжі — вони були наявні майже в кожному зразку, хоч дослідниця фактично працювала з кількома міліграмами матеріалу. Неандертальці були типовими мисливцями, які полювали на велику дичину, однак збалансовували все це м'ясо багатим на вуглеводи зерном, крохмалистими

коренеплодами, солодкими фруктами й горіхами. Генрі виявила схожі докази і в скам'янілих зубах представників нашого виду з аналогічного періоду. Поза сумнівом, наших предків часів палеоліту добряче розвеселило б поширене серед прихильників «палеодієти» уявлення про відсутність у їхньому «меню» зерна і крохмалистих та багатих на вуглеводи рослинних продуктів.

Навіть борошно та хліб набагато старші, аніж зазвичай вважають. Нещодавно під час археологічних розкопок у Йорданії виявили стародавню піч та обгорілі залишки хліба, вік яких сягає понад 14 000 років — тобто це робили за тисячі років до появи сільського господарства. Хлібне борошно виготовляли з дикорослих злаків. Хоч знахідка в Йорданії прославилася тим, що це найстаріше місце появи хліба до зародження сільського господарства, досить імовірно, що схожі практики були поширені ще до розвитку землеробства. Скажімо, відомо, що спільноти австралійських аборигенів виготовляли хліб із дикорослих зернових культур, перш ніж до них дісталася пшеничне борошно з Європи. А жінки з племені гадза й досі розтирають плоди баобаба на борошно та споживають його, змішуючи з водою.

Етнографія

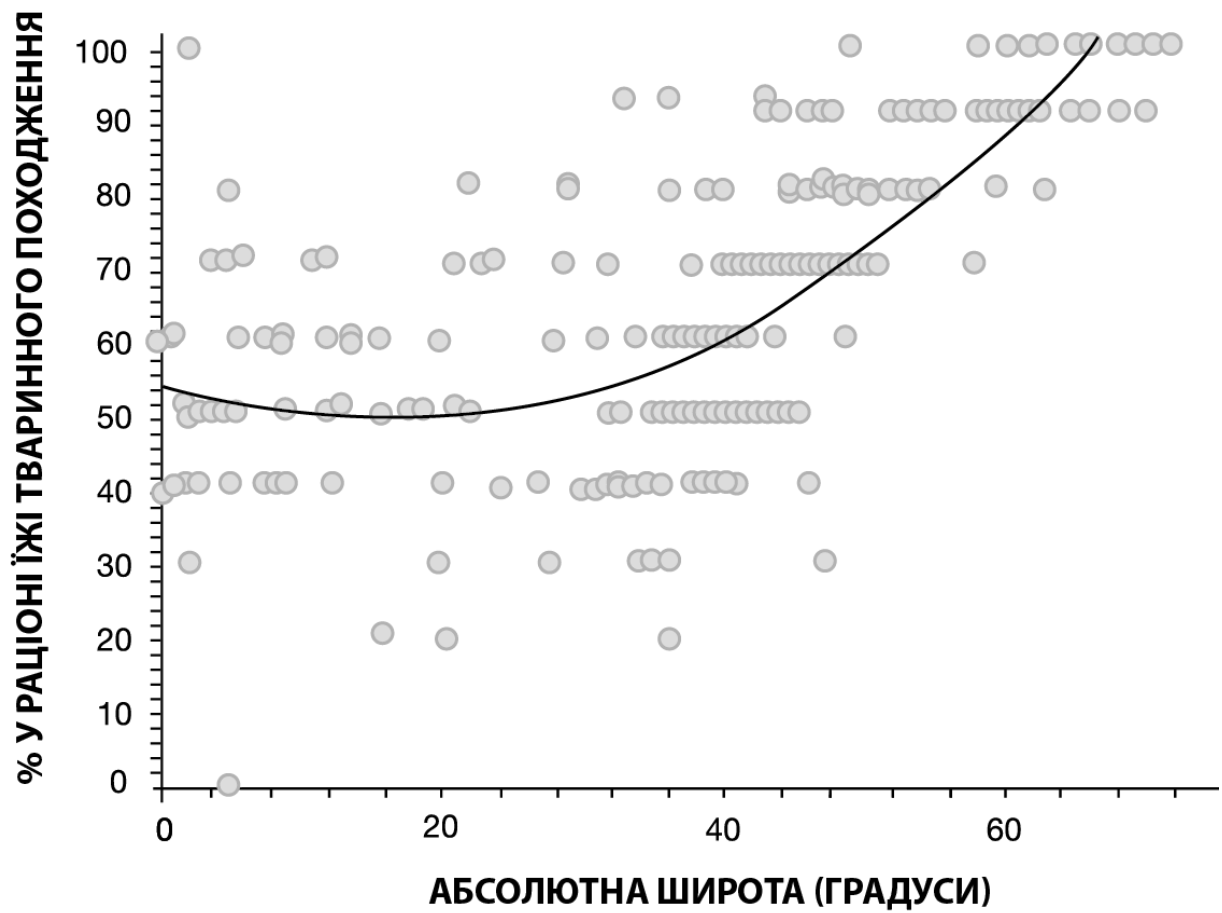
Знайти спільноти на кшталт гадза, які досі займаються мисливством та збиральництвом, з кожним роком дедалі складніше. Глобалізація й безжальний економічний розвиток маргіналізують більшість із цих осередків, виштовхуючи їх у села або, як це сталося з корінним американським населенням, у резервації. Утім, ще лишилося кілька гордих і щасливих спільнот — таких, як гадза, цимане й шуари, яким вдалося зберегти традиції й вистояти супроти тих, хто прагнув їх «розвинути». Крім того, маємо зафіксовані етнографічні дані сотень спільнот мисливців-збирачів з усього світу — їх було зібрано протягом XIX—XX століть, перш ніж ці культури назавжди зникли.

Спостереження за сучасними й давнішими мисливцями-збирачами, а також спільнотами, які займаються садівництвом, дають змогу отримати уявлення про неймовірну розмаїтість раціону, притаманну нашому виду.

На рисунку 6.1 я побудував приблизний «ескіз» харчування мешканців 265 спільнот мисливців-збирачів за підсумками, що їх

презентував 1967 року антрополог Джордж Мердок в «Етнографічному атласі». В атласі враховано частку рослинної їжі, дичини та риби, а також продуктів, отриманих з одомашнених зернових культур чи худоби, для кожної спільноти. На жаль, методи, за допомогою яких визначали ці частки раціону, надані зрідка, тож якість даних не надто висока. Поза тим, атлас Мердока широко використовують попри всі неприховані недоліки. Як і слабенька сушарка для рук у туалетній кімнаті АЗС, він далекий від ідеалу, однак коли йдеться про більшість зі згаданих спільнот, це все, що ми маємо.

Розмістивши частки калорій, отриманих з рослинної та тваринної їжі відносно широти (рис. 6.1), відразу помічаємо два нюанси. По-перше, помітні *численні* варіації. У межах 50° широти від екватора (зокрема, це південь Вінніпега, Канада й північна частина Фолклендських островів) трапляються раціони з переважанням м'яса, а також ті, де більшу частку становить рослинна їжа й щось середнє між ними. Діапазон «натуральних» раціонів просто-таки величезний. Люди харчуються тим, що доступно. І це підводить нас до другого моменту. За дуже холодних кліматичних умов, що панують за межами 50° широти від екватора, люди споживають багато м'яса. (Попри це, варто зауважити, що населення Арктики докладало чималих зусиль, прагнучи добути рослинну їжу — навіть грабувало нори гризунів, щоб викрасти їхні запаси диких коренеплодів.) Чому ж ці групи населення споживають багато м'яса? Бо там не ростуть рослини — принаймні не дуже успішно. Ми їмо те, що є в нашому довкіллі.



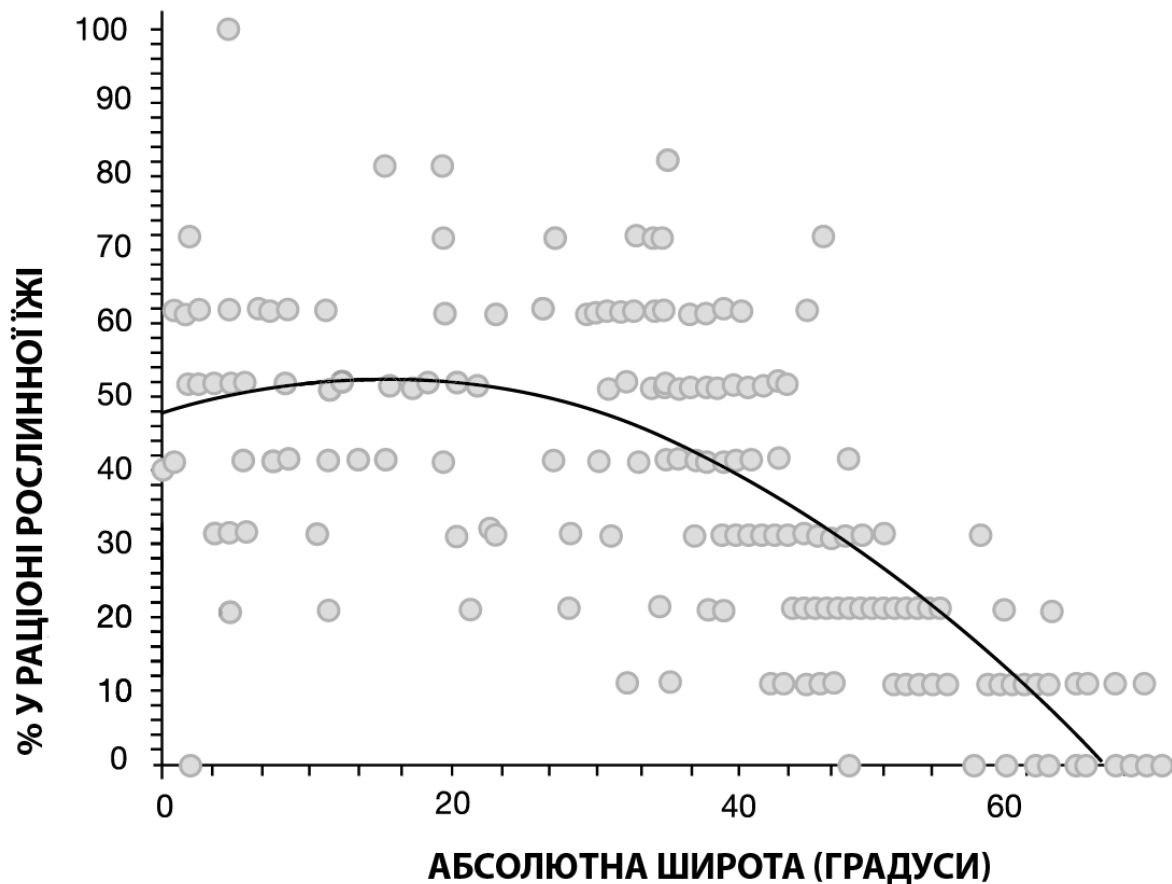


Рис. 6.1. Розбивка даних 265 спільнот мисливців-збирачів з «Етнографічного атласу» Мердока. Кожна спільнота представлена на обох графіках. За тепліших кліматичних умов (нижче від 50° абсолютної широти) помітне велике розмаїття раціонів, і більшість населення дотримується збалансованого харчування, що містить їжу рослинного і тваринного походження. Населення, яке мешкає в умовах холодного субарктичного клімату, споживає багато м'яса.

Коли йдеться про найбільш вивчені спільноти на кшталт гадза, щодо яких ми маємо сучасні високоякісні дані й не мусимо покладатися на «Атлас» Мердока, виявляється, що їхній раціон містить високу частку вуглеводів. Представники таких племен, як гадза, цимане чи шуари, отримують 65 % (і навіть більше) щоденних калорій із вуглеводів (порівняйте цей показник із менш ніж 50 % таких калорій у типовому американському раціоні; рис. 6.2). Це не тільки мед і коренеплоди. Не дивно, що ми ніколи не помічали ознак кетозу в чоловіків і жінок з племені гадза — їхній раціон такий далекий від кетогенної дієти, що годі й уявити. Більша частка цих вуглеводів надходить із крохмалистих

овочів на кшталт бульб, що їх часто приносять додому жінки гадза. Ще одним багатим джерелом вуглеводів є мед — як чоловіки, так і жінки постійно зауважують, що це їхній найулюбленіший смаколик. Серед блогерів, які публікують матеріали на тему харчування, та дієтологів нової ери помітна тенденція розглядати мед як здоровий продукт тільки тому, що він «природний», тоді як насправді в ньому немає нічого особливого. Мед (зокрема, і той, що його добувають гадза) — це просто суміш цукру й води з приблизно такими самими пропорціями фруктози та глюкози, як ті, що містяться в кукурудзяному сиропі з високим вмістом фруктози. Насправді рівень цукру в нашій крові й метаболізм жирів однаково реагують і на мед, і на кукурудзяний сироп з високим вмістом фруктози, і на столовий цукор (цукрозу, що утворюється з фруктози та глюкози). Якби вуглеводи, а надто цукор були шкідливі для вас, усі представники культур, які споживають багато вуглеводів, мали б діабет та серцево-судинні захворювання. Натомість у них напрочуд здорові серця, а кардіометаболічні недуги майже не трапляються.

Раціон таких спільнот, як гадза, цимане й шуари, має низький вміст жиру, що становить менш ніж 20 % їхньої добової норми калорій (стандартний американський раціон містить 40 % жирів). За межами Крайньої Півночі (про яку поговоримо трохи нижче) немає задокументованих даних щодо спільнот мисливців-збирачів (як гадза) або садівників (як цимане й шуари), чий раціони містили б багато жирів.

Приголомшлива кількість вуглеводів у раціоні гадза та інших таких груп населення фактично дзеркально відображає відношення «30 % білків, 20 % вуглеводів і 50 % жирів», що його рекламують як «палеодіету». Окремі прихильники «кетодієти» і «палеодієти» кардинально модифікують це відношення. Девід Перлмуттер, автор популярної книжки «Зерновий мозок» (*Grain Brain*), стверджує (хоч і не надає жодних доказів), що в раціоні наших предків було тільки 5 % вуглеводів і 75 % жирів! Чому ж так багато завзятих поборників «палеодієти» наполягають на тому, що «природний» раціон мисливців-збирачів має низький вміст вуглеводів і високий вміст жирів?

Почасти відповідь на це запитання криється в «Атласі» Мердока. Сучасний «палеонапря́м» у харчуванні зародився наприкінці 1990-х, а його засновником став професор Університету штату Колорадо Лорен Кордейн, який хотів дізнатися, чому мисливці-збирачі мали своєрідний імунітет проти серцевих недуг та інших поширених «західних хвороб». Кордейн був фахівцем із фізіології фізичних вправ, а не антропологом, тож передусім варто зауважити, що він не вдавався до польових досліджень, щоб проаналізувати харчування мисливців-збирачів. Натомість він разом з однодумцями узагальнив висновки щодо харчування спільнот з «Атласу» Мердока так само, як це зробив я на рис. 6.1. Вони добряче попінтіли, щоб трансформувати показники Мердока в точні відсотки жирів, вуглеводів і білків, і дійшли висновку, що в середньому майже 55 % калорій у раціоні мисливців-збирачів надходять із продуктів тваринного походження. Цей аналіз сприяв появі низки рецензованих наукових праць і став підґрунтям впливової книжки Кордейна — «Палеодієти», точки відліку «палеоруху».

Ці дослідження здійснювали з добрими намірами, однак коли йдеться про певні ключові аспекти, їм дечого бракувало. Передусім дані Мердока не досить якісні, щоб точно розрахувати споживання поживних речовин. Його висновки не містять інформації щодо жирів, вуглеводів чи білків. Натомість Мердок запропонував оцінювання за шкалою від 0 до 9 балів, щоб приблизно визначити «внесок» різних видів продуктів у раціон. Здебільшого методи, які застосовували для визначення цих балів, не описані. Утім, скидається на те, що вони не врахували чимало продуктів з високим вмістом вуглеводів. Як ми вже зазначали в розділі 4, на початку та в середині ХХ століття антропологи постійно не враховували внески жінок у раціон, а отже, недооцінювали частку рослинної їжі в ньому. Крім того, ми знаємо, що висновки Мердока не враховують і мед, який становить значну частину раціону гадза й багатьох інших спільнот мисливців-збирачів.

Ще однією проблемою аналізу Кордейна було те, що він зосередився на середньому відношенні тваринної й рослинної їжі, а не на великому розмаїтті раціонів у всьому світі. Орієнтація на «середні показники» припускає, що є тільки один «справжній» природний раціон, тоді як усе інше призводить до хвороб. Це так само логічно, як і суперечка про єдиний «правильний» зріст людини, коли всі відхилення від норми вважають патологією. Для деяких показників середнє значення

не надто значуще. Усі спільноти, чії дані зображені на рис. 6.1, однаково «природні» і, як нам відомо, були однаково здорові, хоч їхнє харчування має широкий діапазон — від переважно рослинних продуктів до переважно тваринних. Люди можуть бути здоровими, дотримуючись різних раціонів — те саме було й у минулому. Єдиної «палеодієти» не існує.

Третя проблема полягає в тому, що під час більшості обговорень «палеодієти» народжується чимало вигадок (зокрема, припущення Перлмуттера про те, що раціон наших предків містив тільки 5 % вуглеводів) або неправильно інтерпретують важливі подробиці. Скажімо, Стівен Фінні — лікар, біохімік та активний прихильник низьковуглеводних дієт — часто стверджував, що такі спільноти, як масаї у Східній Африці, племена Великих рівнин Північної Америки, що полюють на бізонів, а також інуїти з арктичних регіонів є яскравими взірцями нашого спільного минулого. Насправді ж, коли йдеться про мисливство та збиральництво часів палеоліту, складно уявити три спільноти, які були б *менш* репрезентативні, аніж ці. Масаї займаються скотарством, випасаючи кіз та іншу худобу. Їхній спосіб життя розвинувся досить давно, однак не *так* давно. Археологічні знахідки свідчать, що скотарство виникло менш ніж 10 000 років тому. Майже 6500 років тому воно поширилося в Африці, тоді як інші спільноти, які мешкали на Близькому Сході, вже почали займатися сільським господарством. Так само і племена, які полювали на бізонів на Великих рівнинах, сформувалися приблизно 10 000 років тому. Інуїти та інші арктичні народи навіть трохи «молодші» — їм приблизно 8000 років. В історії нашого роду, що налічує 2,5 мільйона років (див. розділ 4), усі три «взірці» Фінні — новачки, які ані старші, ані більш репрезентативні щодо нашого минулого, аніж ранні сільськогосподарські спільноти, проти яких виступають прихильники «палеодієти». Насправді дуже незначний відсоток сучасних людей може відстежити своє походження з арктичних чи інших спільнот, де споживали багато м'яса. Імовірно, Фінні — чудовий лікар і біохімік, а низьковуглеводні дієти можуть справді бути корисними для окремих людей (ми обговоримо це трохи нижче). Однак йому варто було взяти в поміч антрополога.

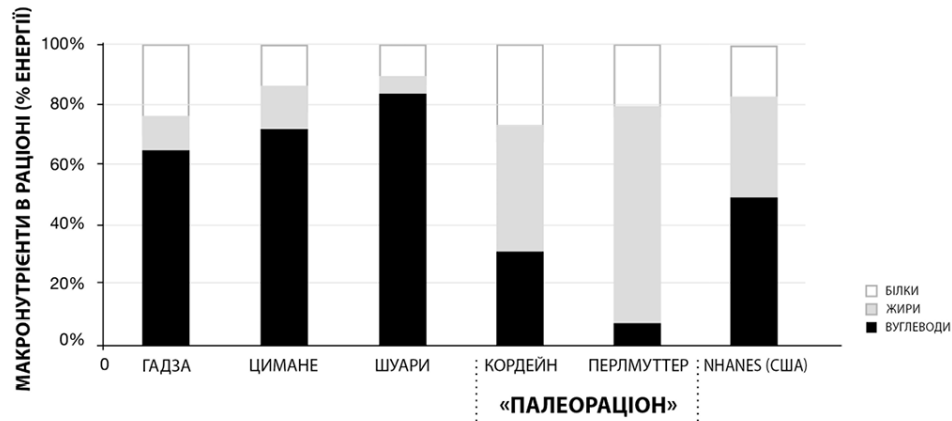


Рис. 6.3. Дані щодо вмісту макронутрієнтів у харчуванні гадза, цимане й шуарів порівняно з «палеораціонами», що їх відтворили Лорен Кордейн і Девід Перлмуттер. Дані щодо споживання макронутрієнтів у США взяті з Національного обстеження здоров'я та харчування (NHANES) у 2011—2014 роках.

Низький вміст жиру в раціоні таких спільнот, як гадза, цимане, шуари та інших громад невеликого масштабу, — це важливий нюанс (рис. 6.2), зважаючи на роль, яку він потенційно відіграє в серцево-судинному здоров'ї. Представники гадза, цимане та інших дрібних спільнот мають чудове здоров'я серцево-судинної системи, і це стосується навіть людей старшого віку. Однією з причин цього явища може бути раціон з низьким вмістом жирів. Утім, докладніше про серцево-судинні захворювання і спосіб життя ми поговоримо в наступному розділі.

Генетика

Хоча скотарство, життя в Арктиці й сільське господарство з'явилися тільки десять тисяч років тому, це все одно досить тривалий період. Наскільки люди в усьому світі пристосувалися до локальних умов і продуктів протягом останніх кількох тисячоліть? Нові досягнення в галузі людської генетики дають змогу шукати докази природного добору в геномі людини, проливаючи світло на історію харчових адаптацій у культурах усього світу. Вони, як і етнографічні свідчення,

демонструють, що люди споживають доступні продукти — і це працює.

Скотарі на кшталт масаїв — чудовий зразок локальної адаптації до харчування. У цих культурах молоко становить значну частину раціону, а більшу частку енергії в молоці забезпечує лактоза, дисахаридний цукор, що утворюється з глюкози та галактози (див. розділ 2). Як і всім ссавцям, нам потрібен фермент лактази, щоб розщепити лактозу на глюкозу й галактозу під час травлення. В організмі немовлят виробляється досить лактази, щоб перетравлювати материнське молоко. Однак у більшості людей, а також у всіх людських спільнотах, які існували понад десять тисяч років тому, ген, що відповідає за вироблення лактази, у процесі дорослішання зазвичай «вимикається». Для дорослих людей, які споживають молочні продукти й мають нетолерантність до лактози, це неабияка проблема, що спричиняє різні розлади травної системи, оскільки молочний цукор безперешкодно проникає в товстий кишечник, де перетравлюється бактеріями, що виробляють газ. Майже сім тисяч років тому в скотарських спільнотах сталася мутація гена лактази, змусивши його зберігати активність і в дорослому віці. У суспільстві скотарів така мутація мала чимало переваг для тих, хто був її носієм. Незворушні споживачі молочних продуктів, які не потерпали від неприємного здуття, мали значно більше доступних калорій. Вони краще виживали й мали більше дітей — малюків, які успадковували мутований ген лактази. Дивовижно, однак це трапилося двічі в ранніх спільнотах скотарів Східної Африки та Північної Європи, причому такі явища не залежали одне від одного. Сьогодні нащадки цих давніх скотарів — носії гена стійкості вироблення лактази, що не «вимикається».

Стійкість секреції лактази — це не єдиний приклад генетичного адаптування до раціону. Деякі наші гени демонструють як дуже давню, так і нещодавню еволюцію. Скажімо, усі люди мають більше копій гена, що відповідає за вироблення амілази слини (це фермент у вашій слині, що розщеплює крохмаль), ніж інші примати. У результаті наша слина містить удвічі більше амілази, що свідчить про важливість крохмалистих продуктів у раціоні гомінінів. Однак, хоч усі сучасні люди мають багато генів амілази слини для розщеплення крохмалю, кількість копій гена у представників різних спільнот може дещо

відрізнятися. Населення, яке традиційно споживає більше вуглеводів, має навіть *більшу* кількість копій гена амілази слини, що підвищує її рівень і вдосконалює здатність його представників перетравлювати крохмаль.

Крім того, є докази генетичних адаптацій до сільського господарства. Вважають, що варіант гена NAT2, що відповідає за вироблення ферменту, який бере участь у кількох метаболічних шляхах, став більш поширеним у сільськогосподарських спільнотах як реакція на зниження рівня фолієвої кислоти в харчах. Розвиток сільського господарства в африканських та євразійських культурах і, як наслідок, зміна типів жирних кислот у раціоні, вочевидь, спричинили зміни в генах десатураз жирних кислот (FADS1 і 2), вкрай важливих для метаболізму ліпідів. Раціон і метаболізм — це такі сильні еволюційні рушії, тож ми можемо пристосуватися майже до всього, що доводиться їсти. Корінні спільноти, які мешкають у пустелі Атакама в Чилі, адаптувалися до природно високого рівня миш'яку в ґрунтових водах — природний добір віддавав перевагу гену, що пришвидшує виведення миш'яку з організму. Ті ж, кому через відсутність такого варіанта пощастило менше, покинули генофонд (вони були хворобливі й мали менше дітей).

Населення Арктики теж пристосувалося до споживання великої кількості м'яса, але не зовсім не так, як могла б припустити більшість прихильників «палеодієти». Дослідження за участю інуїтів у Гренландії та Канаді засвідчили, що в цих спільнотах також змінилися гени FADS — імовірно, то була реакція на високий вміст жирів (зокрема жирних кислот омега-3) в їхньому раціоні, що традиційно містив багато тюленьчого й китового жиру. Оскільки харчування цього населення значною мірою залежить від м'яса та жиру, Фінні та інші дослідники часто використовують його як чудовий зразок переваг кетогенної дієти. Однак варто зауважити, що більшість представників таких спільнот не досягають стану кетозу. Натомість вони мають мутований варіант гена CPT1A, який фактично запобігає виробленню кетонів («нормальний» варіант гена регулює вироблення кетонів у мітохондріях; див. розділ 2). «Некетогенний варіант» був таким вигідним для інуїтів та інших арктичних спільнот, що сьогодні він дуже поширений серед цього населення. Прихильники «палеораціону» часто акцентують на перевагах і «давності»

кетогенного харчування з високим вмістом жирів, та коли йдеться про спільноти, які дотримувалися такого раціону протягом багатьох поколінь, природний добір для них був дуже суворий.

Археологічні, етнографічні й генетичні докази чітко демонструють, що люди — це напорчуд гнучкий вид, що здатен пристосовуватися. Ми опортуністичні всеїдні — їмо все, що маємо. Не існує єдиного природного раціону людини, і типове харчування в минулому аж ніяк не нагадувало сучасні м'ясоїдні «палеодієти» чи суворо обмежені веганські раціони.

Наше еволюційне минуле — то важливий орієнтир, що допомагає зрозуміти, як працює сучасний організм людини і як підтримувати його здоров'я — зрештою це одна з провідних ідей книжки, яку ви тримаєте в руках. Однак раціони, яких дотримувалися в минулому, зовсім не обов'язково додадуть здоров'я в нашому дивному сучасному світі. Те, що ми не харчувалися чимось у минулому, не означає, що не варто цього робити. Зрештою ми не еволюціонували з системою водопроводу, сучасною медициною, вакцинами чи літературою, однак вони, поза сумнівом, значно поліпшили наше життя. Наші предки часів палеоліту не грали на скрипці й не літали на Місяць, проте це не означає, що й нам не варто того робити. Навіть якби нам закортіло повернутися до якоїсь версії «стародавнього раціону», було б дуже складно знайти неприборканих тварин чи дикі рослини, якими харчувалися в минулому. Жоден із пухкеньких, жирних і солодких продуктів, доступних у супермаркетах чи на фермерських ринках, не траплявся в раціоні навіть кілька тисяч років тому. Часи змінилися, і доступні продукти теж зазнали змін. То що нам *варто* споживати сьогодні?

Чарівні інгредієнти: цукор, жир і яєчка

— А що це за м'ясо? — поцікавився Багайо. Доречне запитання. Я саме викладав желатиновий рожевий циліндр консервованого м'яса в соус до пасти, який ми готували на обід. Багайо завітав до нашої імпровізованої «кухні» потеревенити та поспостерігати, як це регулярно траплялося. Чоловіків і жінок із племені гадза часто цікавила «дивна їжа», яку ми привозили з собою. Для них наш

дослідницький табір був чимось на кшталт повторного перегляду серіалу «Сейнфелд» — вони вже це бачили, але все одно було досить захопливо.

— Змія, — не змигнув я оком.

— Справді? — усміхнувся Багайо, розуміючи, що це, мабуть, жарт.

— О, так. Змія. Вони намалювали на банці корову, а насправді там змія. (Якщо чесно, так справді могло бути. Єдині консервовані продукти в Аруші, де ми поповнювали запаси, виробляли невідомі компанії непевного походження. Желеподібне м'ясо було солоне й подрібнене на фарш, а слово «яловичина» на етикетці аж ніяк не додавало впевненості.)

Багайо засміявся, однак не міг приховати огиди. «Змія», — пробурмотів чоловік, хитаючи головою, а тоді пішов розповісти жарт іншим. Є кілька речей, які гадза не їдять за жодних умов, і цей перелік очолюють змії. Власне, гадза з відразою дивляться на будь-яких плазунів. Для них це не їжа.

Їжа має силу, що виходить за межі її харчових якостей. Ефект плацебо сильний, і культурна цінність, яку ми пов'язуємо з багатьма продуктами (і не тільки), може впливати на самопочуття незалежно від того, як наш організм їх перетравлює й метаболізує. Для гадза м'ясо *ерете* — нирки, легені й тестикули великої дичини — священні й дарують силу. Споживати їх можна тільки чоловікам. Схожі міфи розробляють маркетологи та шарлатани у США, хоч вони зазвичай зникають, не отримавши «релігійного статусу». Щомісяця нам обіцяють новий суперфуд: ягоди асаї, гранат, капусту кейл, чорний шоколад, яйця, каву, масло з молока яка, вино... Доки це пишу, *Dr. Oz* рекламує «детокс-воду», обіцяючи, що вона підвищить ваш метаболізм на 77 % (спойлер: насправді ні). У соцмережах повно-повнісінько людей, які присягаються, що ці продукти роблять дива з їхнім здоров'ям, талією, гостротою розуму, лібідо й рівнем енергії, і, звісно, не надають жодних переконливих доказів. Безперечно, декому ці харчі *справді* видаються чарівними. Людський мозок — справжній майстер самообману й часто бачить закономірності у випадкових або беззмістовних даних — скажімо, обличчя Діви Марії на підгорілому тості. Ми хочемо вірити. І якщо достатня кількість людей спробують масло з молока яка, дехто з них переконає себе, що воно ефективне та

стало головною причиною їхнього схуднення чи бадьорості. Звісно, люди, які не помічають жодних переваг продукту, не поспішають поділитися захватом в інтернеті.

Харчові табу теж напрочуд сильні й зазвичай необґрунтовані. Чоловіки та жінки з племені гадза постійно споживають напівсире або навіть трохи протухле м'ясо, однак їх аж корчить від однієї думки про те, щоб з'їсти плазуна чи рибу. Я люблю суші, сирі устриці, смажених коників, навіть куштував гримучу змію, равликів та з'їв свою частку білок... однак сама думка про споживання личинок мало не змушує мене блювати. А от на Сардинії виготовляють сир із живими личинками (*casu marzu*), який вважають справжнім делікатесом. Американців та європейців часто жахає той факт, що представники азійських культур їдять собак, але я не бачу, чим це відрізняється від споживання м'яса свиней і корів. Гадаю, зі мною погодяться побожні євреї, мусульмани та індуїсти.

Не всі харчові табу мають глибоке культурне коріння. Кожен орієнтований на ринок суперфуд має «злого двійника», справжнього лиходія в продуктовому всесвіті: глютен, трансжири, вуглеводи (особливо фруктоза), молоко, кава, яйця, вино. Деякі персонажі — це подвійні агенти, які грають на боці різних команд залежно від епізоду. Наукова підтримка більшості «суперпродуктів» чи «суперлиходіїв» так само непорушна, як і правила гадза щодо споживання змій чи яєчок зебри.

Коли йдеться про метаболізм, варто зауважити, що продуктів, вплив яких можна було б оцінити за межами звичних енерговитрат на травлення, майже немає (розділ 3). Напої й добавки на кшталт детокс-води *Dr. Oz*, що «підвищують рівень енергії», — це здебільшого маячня. (Те саме стосується і продуктів, які «очищують» ваш організм чи лікують рак: маячня й *небезпечна* маячня відповідно). Продукти з «негативною калорійністю» на кшталт селери та листових овочів, на перетравлення яких витрачається більше енергії, ніж вони містять, теж міф, хоч споживання низькокалорійних овочів з високим вмістом клітковини — чудовий спосіб знизити щоденне споживання калорій (докладніше про це ми поговоримо трохи згодом). Вживання води з льодом не вплине на обсяг добових енерговитрат. Однак навіть доведений вплив окремих продуктів на рівень метаболізму зазвичай досить помірний. Зокрема, 100 міліграмів кофеїну в чашці кави

підвищать ваші добові енерговитрати приблизно на 20 ккал — це еквівалент п'яти драже «M&M's». І, як ми вже зазначали в попередньому розділі, будь-яке підвищення добових витрат енергії з великою ймовірністю компенсується посиленням відчуття голоду й більшою кількістю спожитого.

Жир проти цукру

«Хрещеним батьком» харчових лиходіїв сучасної епохи є жир. Коли в повоєнних Америці та Європі розвинулася епідемія серцево-судинних захворювань, ніхто не počувався в безпеці. Навіть президент Ейзенхауер мав тромбоз коронарних артерій. Ансель Кіз, з яким ми вже познайомилися під час обговорення Міннесотського дослідження на тему голодування, у 1950—60-х роках очолив масштабне міжнародне дослідження, що мало на меті загасити цю «пожежу». Його праця продемонструвала чіткий зв'язок між серцевими хворобами та споживанням жирів. Ця наука значною мірою перевірена часом: найкращі доступні докази досі вказують на те, що насичені жири та трансжири є важливими чинниками ризику розвитку серцевих захворювань. Водночас сувора критика жирів призвела до непередбачуваних наслідків. Зменшення кількості м'яса в раціоні позбавляє нас джерела білків, що, як дізнаємося трохи далі, допомагають пригальмувати переїдання. У ранніх працях також недооцінювали потенційні переваги ненасичених жирів, зокрема тих, що зазвичай містяться в рибі та багатих на жир рослинних продуктах на кшталт горіхів чи авокадо. Однак, що найважливіше: війна проти жирів призвела до появи цілого покоління продуктів із низьким вмістом жиру, де калорії жиру замінили цукром. Ці продукти рекламували як «корисні для серця», але зараз ми знаємо: замінивши жир цукром, ризик розвитку серцево-судинних захворювань аж ніяк не знизив. Кіз розумів, до чого йдеться. Він стверджував, що жирні продукти варто замінити багатими на білок складними вуглеводами на кшталт квасолі, і навіть разом із дружиною написав кулінарну книжку «Доброзичлива квасоля» (*The Benevolent Bean*).

На фронті сучасних «Дієтичних воєн» цукор та інші вуглеводи — це не просто погані заміники жирів, а справжні лиходії. Як ми вже зазначали в попередньому розділі, Гері Таубс та багато інших

дослідників роками стверджували, що саме цукор був справжнім винуватцем сучасної епідемії ожиріння й кардіометаболічних захворювань. Вони зауважували, що жир звинувачують безпідставно і що він ніколи не був загрозою для здоров'я, як стверджували Кіз та інші. На їхню думку, намагання системи охорони здоров'я «відлучити» нас від жиру було катастрофічною помилкою. Ці дослідники стверджували, що ми були б стрункішими й більш здоровими, якби дотримувалися раціону з низьким вмістом вуглеводів і споживали *більше* жирів.

Ці твердження досить легко відкинути як чергове «магічне мислення». Як і в більшості рухів, істинні «віряни», які очолюють натовп із факелами в руках, такі нетерпимі й зациклені на своїх поглядах, що опиняються за межами будь-якого реального наукового дискурсу. Сперечатися з тим, хто певен, що закони фізики не застосовні до людського тіла, «калорії не важливі», а *єдине*, що впливає на набирання чи втрату вагу, — то жири й вуглеводи в раціоні, немає сенсу. Сучасні прихильники «палеодієти» стверджують, що низьковуглеводний раціон був нормою для наших предків — мисливців і збирачів, але, як ми вже зазначали вище, це так само сумнівно. А «теорії змови» про те, що докази проти цукру заховали якомога далі або ігнорують завдяки «брудним грошам», чи те, що наука в усьому світі десятиліттями перебуває в кабалі, просто смішні. Можу сказати, що на конференціях науковцям буває непросто навіть організувати перерву на обід, і ми всі з неабияким задоволенням кидаємо виклик одне одному та статус-кво.

Проте в основі аргументу проти цукру лежить переконливий механізм, що справді може сприяти розвитку ожиріння, діабету та інших захворювань, пов'язаних з обміном речовин. Це вуглеводно-інсулінова модель, що працює так: споживання продуктів із високим вмістом вуглеводів, а особливо тих, що містять багато легкозасвоюваних цукрів, підвищує рівень глюкози (цукру) в крові. У відповідь на це підшлункова залоза починає виробляти гормон інсулін. Його спектр впливу на організм дуже широкий, та одним із найважливіших завдань є переміщення глюкози з крові до клітин, щоб накопичити запаси глікогену або виробити АТФ (розділ 2). Однак організм може містити тільки обмежену кількість глікогену, тож інсулін сприяє перетворенню надлишку глюкози на жир і пригнічує

шляхи, мобілізовані для спалення жирних кислот (рис. 2.1). Отже, Таубс та інші прибічники вуглеводно-інсулінової моделі стверджують, що багатий на вуглеводи раціон, хоч як це парадоксально, приводить до зменшення «пального», що циркулює в крові, оскільки глюкоза перетворюється на жир і зберігається як запаси у жировій (адипозній) тканині. Організм реагує на це як на голод, зменшуючи енерговитрати й посилюючи відчуття голоду, що сприяє переїданню. Тож, на їхню думку, саме накопичення жиру спричиняє переїдання, а не навпаки; зосередившись на калоріях, вони оминають увагою взаємодію вуглеводів та інсуліну, а отже, нехтують головним. Цю заманливу ідею з правдоподібним механізмом етіології ожиріння роками висвітлювали Таубс та інші (включно з Девідом Людвігом) у численних статтях і книжках. Якби ж то це було правдою.

* * *

Прибічники раціону з низьким вмістом вуглеводів часто скаржаться на те, що офіційна наука ігнорує вуглеводно-інсулінову модель, однак насправді протягом останнього десятиліття чимало науковців намагалися перевірити її прогнози. Серед них був і Кевін Голл, старший науковий співробітник Національних інститутів здоров'я США (він також очолював дослідження з учасниками шоу *Biggest Loser*, про яке йшлося в попередньому розділі). Під час одного дослідження команди Голла чоловіки із зайвою вагою або ожирінням мали перебувати в метаболічній палаті вісім тижнів; протягом перших чотирьох вони дотримувалися стандартного раціону з високим вмістом вуглеводів, а протягом наступних чотирьох — низьковуглеводної кетогенної дієти з високим вмістом жирів (за калорійністю вона не відрізнялася від попередньої, однак містила вдесятеро менше цукру). Під час дослідження учасники стабільно втрачали зайву вагу, але, коли йшлося про сприяння втраті жиру, низьковуглеводна кетогенна дієта не відрізнялася від базового раціону з високим вмістом вуглеводів. У разі кетогенної дієти трохи підвищувалися щоденні енерговитрати (57 ккал/день), однак цей показник був набагато менший, ніж прогнозувала вуглеводно-інсулінова модель. А як щодо вишеньки на торті? Дослідження розробляли спільно з Гері Таубсом та організацією «Ініціатива щодо науки в харчуванні» (*Nutrition Science Initiative*), які, імовірно, гадали, що результати його виправдають. Авжеж, «фракція борців проти цукру» хотіла здійснити *same take*

дослідження — однак вони отримали не ті результати, на які сподівалися.

Під час ще одного дослідження Голла та його колег, що виконували в стаціонарі, жінки й чоловіки з ожирінням протягом п'яти днів дотримувалися базового раціону, після чого їх перевели на дієту з обмеженою калорійністю (порівняно з базовим раціоном вона містила на 30 % менше калорій; цього досягали, обмеживши споживання жирів або вуглеводів). Коли учасники дотримувалися дієти з низьким вмістом жирів, трохи зростали енерговитрати, але піддослідні втрачали більше жирової маси. Порівнявши незначний і досить суперечливий вплив раціонів на енерговитрати, про який ідеться в обох дослідженнях, можемо припустити, що вплив низьковуглеводних дієт на витрати енергії — то тільки здогади. Це відповідає результатам дослідження, яке виконали Ерік Равуссін та його колеги три десятиліття тому, ще до «хрестових походів» проти цукру. Вони не виявили жодних відмінностей у добових витратах енергії в учасників дослідження, які дотримувалися раціону з високим вмістом вуглеводів або жирів.

У масштабних практичних дослідженнях, що вивчають вплив дієт із низьким вмістом жирів або вуглеводів на втрату ваги, зазвичай з'ясовують, що такий вплив однаково позитивний (або негативний). Під час дослідження DIETFITS, що його почасти фінансували Гері Таубс та його організація *Nutrition Science Initiative*, 609 чоловіків та жінок мали дотримуватися дієти з низьким вмістом жирів або вуглеводів (за принципом випадкової вибірки). Через рік представники обох груп у середньому втратили 13 фунтів та 2 % жирових запасів. Енерговитрати у стані спокою знизилися в обох групах, чого варто було очікувати у процесі схуднення (див. розділ 5), однак суттєвої різниці між раціонами виявлено не було (хоча у «низьковуглеводній групі» середній рівень витрат енергії у стані спокою був трохи нижчий). Дієти з низьким вмістом вуглеводів були випробувані у великій вибірці й виявилися не кращими (і водночас не гіршими) за традиційний підхід із низьким вмістом жирів.

Епідеміологічні дані щодо харчування й ожиріння у США та інших країнах теж заперечують ідею про те, що саме вуглеводи — винуватці тривожного зростання кількості випадків ожиріння та метаболічних захворювань. У 1960—70-х роках, коли Джон Юдкін, засновник та

справжній герой сучасного руху «борців проти цукру», почав нападати на дослідження Кіза про роль жирів у розвитку серцевих захворювань, він міг опиратися на дані, що демонстрували, як показники ожиріння у США та Європі зростають паралельно зі збільшенням споживання цукру. Однак протягом останніх десятиліть цукор та метаболічні захворювання не йшли пліч-о-пліч. Хоч рівень смертності від серцево-судинних захворювань і досі високий, у США він стабільно знижувався починаючи з 1960-х років, попри більше споживання цукру. Кількість смертей від раку у США сягнула піка приблизно 1990-го, за десять років до зниження рівня споживання цукру. Обсяг споживання цукру (включно з кукурудзяним сиропом із високим вмістом фруктози) сягнув піка ближче до 2000 року, однак частота випадків ожиріння, зайвої ваги й діабету невпинно зростала навіть тоді, коли люди споживали менше цукру (рис. 6.4). Відсутність зв'язку між цукром та розладами обміну речовин очевидна і в інших країнах. Зокрема, у Китаї відсоток калорій, що надходять із жирів, починаючи з 1990-х років, стрімко зріс, а частка калорій із вуглеводів зменшилася, однак показники ожиріння та діабету стабільно збільшувалися. Позаяк ожиріння й метаболічні розлади міцно вкорінилися в розвиненому світі, причинами збільшення ваги варто вважати саме економічне покращення, доступ до «легких калорій» і надмірне їх споживання, але аж ніяк не окремий макронутрієнт.

Утім, борці за раціон із низьким вмістом вуглеводів ніяк не вгамуються. Таубс та інші досі стверджують, що дієти з низьким вмістом жирів і високим вмістом вуглеводів негативно впливають на наше здоров'я. Нещодавно Девід Людвіг разом із колегами виконали дослідження, під час якого вивчали швидкість метаболізму в чоловіків та жінок до й після схуднення. Науковці повідомили, що в період після зниження ваги в учасників дослідження, які дотримувалися раціону з низьким вмістом вуглеводів, підвищувалися добові енерговитрати. Повторний аналіз цих даних, що його здійснив Кевін Голл, суперечить такому висновку, і цілком імовірно, що ефект (якщо він узагалі є) досить незначний. Незалежно від того, чи спричиняла дієта з низьким вмістом вуглеводів певне підвищення енерговитрат після зниження ваги, отримані результати мало впливають на «реанімацію» вуглеводно-інсулінової моделі. З одного боку, знизити вагу змогли, скоротивши калорії, а не обмеживши вживання вуглеводів. А по-друге,

немає жодних ознак того, що вищі енерговитрати, помітні в «низьковуглеводній групі», спрощували підтримання ваги після схуднення.

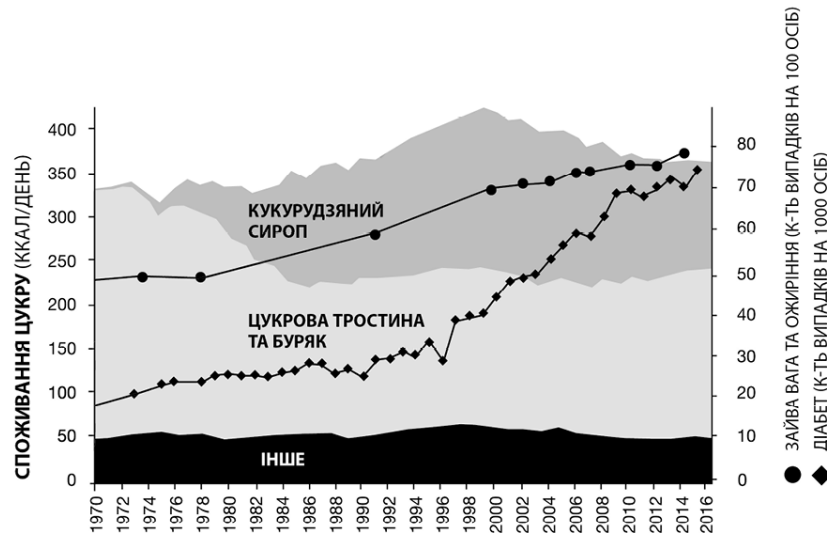


Рис. 6.4. Обсяг споживання цукру на одну особу у США стабільно зростає починаючи з 1970 року, сягнувши піка 2000 року. Показники зайвої ваги, ожиріння (включно з крайнім ступенем ожиріння) та діабету збільшувалися далі навіть після зменшення рівня споживання цукру (включно з калоріями, отриманими з кукурудзяного сиропу з високим вмістом фруктози).

Якщо розглянути десятки досліджень, у яких вимірюють швидкість обміну речовин за умов різних дієт, можна припустити, що відношення вуглеводів і жирів не впливає на добові енерговитрати або його вплив дуже незначний. Якщо такий ефект і наявний, він значно менший, аніж передбачає вуглеводно-інсулінова модель, і потенційні переваги прискореного метаболізму компенсуються підвищеним споживанням. Цукор чи інші вуглеводи не впливають на запаси жиру в організмі чи розвиток метаболічних розладів, крім ситуацій, коли вони пов'язані з небезпекою надмірного споживання калорій. Звісно, цукор не можна назвати корисним продуктом (почнімо з того, що він не містить вітамінів, клітковини та інших поживних речовин), а солодкими продуктами можна легко зловживати — докладніше про це ми поговоримо трохи згодом. Однак доказів щодо того, що калорії з цукру

(включно з кукурудзяним сиропом із високим вмістом фруктози) кращі або гірші для ваги чи метаболічного здоров'я, ніж калорії з жиру, немає.

У чому секрет успіху низьковуглеводних кетодієт (та інших)?

Якщо вуглеводно-інсулінова модель не точна, чому ж кетогенні дієти з низьким вмістом вуглеводів зрештою досягають успіху?

У соцмережах не бракує історій про схуднення, зменшення обхвату талії та перемогу над діабетом завдяки низьковуглеводній дієті. Поза сумнівом, більшість цих онлайн-відгуків щирі та реальні — завдяки схудненню й поліпшенню обміну речовин життя людей дійсно змінюється. Однак доки результати видаються справжнім дивом, причина ефективності раціонів із низьким вмістом вуглеводів проста: вони знижують споживання калорій і сприяють створенню негативного балансу енергії. За таких умов ви щодня спалюєте більше калорій, ніж споживаєте.

Низьковуглеводні дієти можуть бути особливо ефективними в короткостроковій перспективі, оскільки змушують організм спалювати запаси глікогену. За дотримання дієти з дуже низьким вмістом вуглеводів (зазвичай це 20 г вуглеводів на день чи навіть менше) вуглеводний метаболічний шлях на рис. 2.1 закривається. Коли це стається, запаси глікогену — останніх «пасажирів» вуглеводної лінії, що веде до мітохондрій, — вичерпуються. На відміну від жиру, глікоген утримує воду. Оскільки організм запасав глікоген у гідратованій формі (три або чотири частини води на частину глікогену), його спалювання супроводжується втратою води і стрімким зниженням маси тіла.

Щойно запаси глікогену вичерпуються, організм покладається на жировий метаболічний шлях як джерело енергії. Ви починаєте спалювати жирові запаси, але тільки за умов, що ваші добові витрати енергії перевищують її надходження. Тут і виникає розрекламована «магія» низьковуглеводних дієт: *люди стверджують, що худнуть, не обмежуючи споживання калорій*. Як доказ описують усі калорійні продукти з високим вмістом жирів, що ними насолоджуються, і стверджують, що ніколи не почуваються голодними. До того ж часто

наголошують, що «не рахують калорій» і водночас абсолютно певні — ще й наполягають на цьому! — що споживають стільки ж калорій (або й більше), як і раніше.

Усі ці історії схуднення дуже тішать, і якщо знайдете дієту, яка вам підходить, дотримуйтеся її. Водночас неможливо втратити вагу, не споживаючи менше калорій, ніж витрачаєш, і байдуже, з якого джерела вони надходять. Це закони фізики. Людям, які дотримуються низьковуглеводних дієт, *може здаватися*, що вони споживають стільки ж калорій, як і раніше, але, як ми вже зазначали в розділі 3, *усім нам* не вдається точно виміряти кількість калорій, які щодня споживаємо. Схуднути не рахуючи калорій можна так само, як і спустошити банківський рахунок, не звертаючи увагу на стан фінансів. Проте неможливо позбутися зайвої ваги, якщо не споживаєш менше, аніж витрачаєш.

Низьковуглеводні й кетогенні дієти грають за такими самими правилами, як і будь-які інші, і за безпосереднього порівняння однаково ефективні (або ж ні). Ми побачили це на прикладі дослідження DIETFITS, однак масштабніший порівняльний аналіз, що охоплює ширший діапазон дієт, демонструє те саме. У дослідженні 2005 року Майкл Дансінгер із колегами запропонували 160 дорослим мешканцям Бостона та його околиць протягом року дотримуватися однієї з чотирьох популярних дієт: дієти Аткинса, Орніша, «Вартових ваги» (*Weight Watchers*) або «Зони». Дієта Аткинса має низький вміст вуглеводів, Орніша — низький вміст жирів, а дієти «Зона» та *Weight Watchers* — то щось середнє між двома першими. Не дивно, що в тому, як добре люди дотримувалися призначеної їм дієти, траплялися певні відмінності, однак загалом показники щодо всіх дієт були схожі (жодної з дієт не було легше дотримуватися, ніж будь-якої іншої). Важливо, що тип призначеної дієти ніяк не впливав на обсяг втраченої ваги. Незалежно від дієти люди втрачали вагу, якщо дотримувалися запропонованого раціону. Усі дієти ефективні, якщо їх дотримуєтесь.

Навіть жахливі дієти можуть сприяти схудненню та поліпшенню обміну речовин, якщо обмежити споживання калорій. Так звані монотрофні дієти, що передбачають споживання тільки одного продукту, часто приводять до зниження ваги, бо люди втомлюються від одноманітного раціону та врешті-решт починають менше їсти. Популярним прикладом є картопляна дієта. Подейкують, що фокусник

Пенн Джиллетт схуднув на сто фунтів, харчуючись лише картоплею (варто зазначити, що це багате джерело крохмалистих вуглеводів). Професор Університету штату Канзас Марк Гауб протягом десяти тижнів дотримувався дієти з «нездорових продуктів», щоб довести: калорії — то єдине, що має значення для втрати ваги. Він ретельно фіксував свої результати й викладав їх у *Facebook*, щоб це побачив увесь світ. Що три години замість нормальної страви науковець з'їдав кекс *Twinkie*, а доповнював раціон чипсами, солодкими пластівцями та печивом. Ця дієта видається справжнім жахіттям (і я її не рекомендую!), однак ключовим елементом пазлу були калорії: Гауб обмежив раціон до 1800 ккал на день — порівняно з його добовими енерговитратами це був значно нижчий показник. Наприкінці десятого тижня він втратив 27 фунтів, а його ІМТ знизився з показника 28,8 («зайва вага») до 24,9 («нормальна вага»); крім того, знизилися рівні холестерину та тригліцеридів.

Мабуть, низьковуглеводні дієти корисні для людей із діабетом 2-го типу, оскільки велика кількість спожитих вуглеводів може стрімко підвищити цукор у крові до нездорового рівня в тих, кому бракує звичайної реакції на інсулін. (Обмежене споживання вуглеводів сприяє зниженню рівня глюкози в крові навіть у тих, хто не має діабету.) Власне, низьковуглеводні дієти застосовували в лікуванні діабету ще у XVIII столітті. Ініціатива в галузі охорони здоров'я *Virta*, яку заснував Стівен Фінні, щоб вивчити переваги кетогенної дієти в разі цукрового діабету, мала низку обнадійливих результатів. Більшість чоловіків і жінок, які долучилися до низьковуглеводної програми *Virta*, втратили зайву вагу та знизили (або навіть усунули) потребу в інсуліні та інших ліках проти діабету. Стверджувати, що низьковуглеводний раціон *вилікував* їхній діабет, не можна, бо за умов повернення до звичного раціону із вмістом вуглеводів рівень цукру в крові знову підвищиться і виникне потреба в медикаментах. Та що не кажи, результати таки давали надію, а переваги раціону для тих чоловіків і жінок були реальними.

Водночас не зовсім зрозуміло, чи була *Virta* ефективною завдяки низькому вмісту вуглеводів, а чи завдяки низькій калорійності. Це дослідження не передбачало порівняння низьковуглеводних дієт з іншими. Ми знаємо, що істотне зниження ваги може повернути розвиток діабету 2-го типу в дорослих із зайвою вагою чи ожирінням

у зворотний бік, і скидається на те, що спосіб схуднення не має особливого значення. У дослідженні Дансінгера, під час якого чоловіки й жінки дотримувалися дієт із низьким вмістом вуглеводів, низьким вмістом жирів чи «змішаних», ті, хто ретельно стежив за раціоном, втратили зайву вагу, у них поліпшилися рівні маркерів запалення, частка «хорошого» холестерину (ЛПВЩ) та чутливість до інсуліну, що є трьома основними чинниками кардіометаболічних захворювань. Ці позитивні зміни були безпосередньо пов'язані з обсягом втраченої ваги, а не типом дієти, якої дотримувалися учасники. Під час дослідження DIETFITS, у якому великі групи чоловіків і жінок дотримувалися раціону з низьким вмістом вуглеводів або жирів, обидві групи продемонстрували схожі ознаки поліпшення кардіометаболічного здоров'я. На початку дослідження в обох групах загалом було тридцять шість учасників з метаболічним синдромом — на момент завершення проєкту, що тривав дванадцять місяців, він зник. Тож, коли йдеться про людей із зайвою вагою чи ожирінням, які мають діабет чи інші метаболічні недуги, схуднення справді допомагає поліпшити здоров'я.

Здається, що те, чи обмежуєте кількість калорій під час кожного прийому їжі, а чи пропускаєте кілька прийомів, не має особливого значення. Зараз активно рекламують інтервальне голодування, під час якого утримуються від їжі протягом більшої частини дня; вважають, що воно ефективно для схуднення. Цей «галас» на диво знайомий, бо подібний до того, що його здійснюють навколо низьковуглеводних дієт: їжте що заманеться (коли не голодуєте) і не переймайтеся підрахунком калорій, бо ж саме так харчувалися наші пращури! Та коли цей галас наздоганяє наука, реальність виявляється більш приземленою. Процес схуднення і втримання ваги учасників рандомізованих контрольованих досліджень (подібних до проєкту Дансінгера), які дотримувалися інтервального голодування, не успішніший порівняно з результатами тих, хто дотримується традиційних дієт з обмеженим споживанням калорій. В обох групах помітний позитивний вплив на інсулін, рівень цукру в крові та холестерин. Якщо маєте зайву вагу, обмежене споживання калорій сприятиме схудненню й отриманню позитивних кардіометаболічних результатів незалежно від того, як саме обмежуватимете надходження калорій.

Жодне з вищезазначених тверджень не підтримує чи заперечує конкретну дієту. Якщо ви визначили для себе ефективний раціон, який допомагає підтримувати здорову вагу й запобігає розладам обміну речовин, дотримуйтеся його. Натомість дослідження з передової «Дієтичних воєн» стверджують, що ми, схоже, зовсім не розуміємо головного. Усі дієти працюють, якщо їх дотримуватися, бо всі вони передбачають обмежене споживання калорій. Однак дотримуватися дієти буває досить складно, бо, як ми вже зауважували в попередньому розділі, еволюційні «метаболічні менеджери» зазвичай опираються нашим зусиллям, спрямованим на схуднення, і спонукають нас припинити це й добре попоїсти. Замість вірити в те, що низьковуглеводні дієти — це справжня «магія», завдяки якій ми можемо порушувати закони природи, значно цікавіше було б запитати: чому деякі люди, дотримуючись дієти з низьким вмістом вуглеводів, *не відчують*, що обмежують себе в калоріях? Адже дієта, за якої не відчуваєшся обділеним, — то справжній «Святий Грааль» схуднення.

Голодний, голодний гіпоталамус

Попри всю наругу, що її зазнали закони фізики під час «Дієтичних воєн», наявні дані свідчать, що саме калорії — це єдиний чинник, що впливає на втрату або набирання ваги. Якщо споживаєте більше калорій, ніж спалюєте, вага зростає. Якщо до організму надходить менше калорій, ніж витрачаєте, худнете. Поєднання вуглеводів, жирів і білків не має особливого впливу на витрати енергії, схуднення чи те, як позитивно здорова вага впливає на здоров'я. Тож, якщо всі дієти однаково працюють щодо обмеження калорій, чому деяких із них дотримуватися легше, ніж інших? І якщо цукор не злий геній, який самотужки погіршує наше здоров'я, що саме в сучасному раціоні збиває більшість із нас із правильного шляху?

Скидається на те, що відповідь треба шукати в мозку. Як уже зазначав у попередньому розділі, гіпоталамус — непоказна грудка тканини в нижній частині нашого мозку — розташований у самісінькому центрі складної системи, що регулює і обмін речовин, і відчуття голоду. Стефан Гіяней, дослідник нейтронного контролю апетиту й ожиріння, написав дуже інформативну й захопливу книжку «Голодний мозок» (*The Hungry Brain*), у якій докладно розглянув цю

систему. Сенсорна інформація з ваших смакових рецепторів і травної системи, а також вміст поживних речовин і гормонів, що циркулюють у крові, надають гіпоталамусу детальний звіт про надходження й витрати калорій. Гіпоталамус реагує відповідно, керуючи вашим відчуттям голоду і швидкістю обміну речовин, щоб підтримувати енергетичний баланс. За нормальних умов ця система напрочуд добре стежить за відношенням споживання й витрат. Коли ми їмо досить, щоб задовольнити свої потреби, то відчуваємося ситими і вчасно зупиняємося. Коли спалюємо запаси глікогену й жиру, відчуваємося голодними та їмо. Якщо ж переїдаємо чи голодуємо, швидкість метаболізму реагує на це, щоб усунути дисбаланс. Ось чому у спільнотах на кшталт гадза дорослі підтримують стабільну вагу протягом усього життя, навіть не замислюючись над цим.

Проте дивний і водночас чудовий всесвіт продуктів, який ми створили в розвиненому світі, виявив у системі слабе місце. Коли йдеться про більшість із нас, їжа, яку споживаємо, пригнічує звичні механізми стримувань і противаг, що забезпечують помірне споживання. Коротко кажучи, сучасний раціон надто смачний.

Ми любимо їжу з тієї самої причини, що й усе інше: вона запускає систему винагород у нашому мозку. Як у всіх тварин — від найпростіших черв'яків і до найрозвиненіших приматів — у нас є мозок, який еволюціонував, щоб винагороджувати нас за поведінку, що поліпшує шанси на виживання й розмноження. Секс, солодке, соціальні зв'язки... прагнення до всіх цих важливих та універсальних речей закладені в нас від самого початку. Ми наділені нейронами, які прагнуть відчути щось «хороше» і у відповідь вивільнити молекули винагороди на кшталт допаміну та ендоканабіноїдів, що спонукатимуть нас повертатися до чогось знову й знову. Логіка еволюції проста: організми, що мають системи винагород та добре налаштовані на своє соціальне й фізичне оточення, активніше шукають їжу та паруються, а отже, мають більше потомства, яке успадковує їхні нейронні системи винагород.

Оскільки ми такі складні культурні тварини, то швидко засвоюємо мільйон способів продемонструвати ці бажання й маємо приголомшливо розмаїтий набір асоціацій для кожної винагороди. Наш мозок учиться запускати системи винагород навіть за одного натяку на близьке задоволення. Коли бачимо пончик чи відчуваємо аромат

попкорну, у нас «тече слинка»; ми мріємо про туфлі на високих підборах або низький голос — і все це через асоціації, що їх підсвідомо продукує мозок. Речі, що видаються сексуальними, смачними чи доречними з точки зору соціуму, можуть кардинально різнитися від Гонконгу до Гельсінки, однак системи винагород, котрі за всім цим стоять, зазвичай однаковісінькі.

Людський мозок має «центри винагород», що активно реагують на їжу, зокрема жири й цукор. Однак не всі страви створені однаковими. Деякі з них, скажімо варена картопля без спецій, не надто стимулюють систему винагород. Смачні страви — зазвичай це певна комбінація жирів, вуглеводів і солі — активують нашу систему винагород, мов симфонічний оркестр; допамін та інші «молекули винагород» заповнюють наш мозок, тож ми відчуваємо задоволення. Дослідники описали б ці страви як «дуже апетитні» — інакше кажучи, нам подобається їх їсти.

Прагненню їсти апетитні страви протидіє набір сигналів, що зменшують відчуття винагороди, пов'язане з їжею, і змушують нас почуватися ситими. Доки їжа перетравлюється і всмоктується в кров, підшлункова залоза вивільнює інсулін, а жирові клітини — гормон лептин, що пригнічують «реакцію винагороди» за їжу в мозку. Рецептори розтягнення шлунка та гормональні й нейронні сигнали зі шлунково-кишкового тракту повідомляють мозку, що ми наситилися. Також контролюється й надходження білка — що більше ми його споживаємо, то більш ситими відчуваємося (власне, є переконливі докази про те, що наш організм повсякчас контролює кількість спожитих білків і не вдовольняється, доки не отримає необхідне). Усі ці сигнали ситості загалом пригнічують сигнали винагород, пов'язані з їжею, — як наслідок, ми відчуваємо, що наїлися, і зупиняємося, хоч нам дуже смачно.

Системою «попиту та пропозиції», пов'язаною зі смаковими властивостями й ситістю, керує система винагород мозку, що постійно спілкується з гіпоталамусом. Останній об'єднує всі ці сигнали (та інші — бо ми розглянули тільки «верхівку айсберга»), щоб визначити відчуття голоду або ситості. Як ми вже зауважували, загалом йому дуже добре вдається керувати енергетичним балансом і вагою — принаймні в невеликих спільнотах на кшталт гадза, які дотримуються традиційного раціону.

Сучасні раціони перенавантажують гіпоталамус та його здатність збалансовувати надходження й витрати енергії у два способи. По-перше, нас просто-таки «бомбардують» неабияким розмаїттям продуктів, що його годі було уявити нашим предкам — мисливцям і збирачам. Це розмаїття негативно впливає на здатність оцінювати споживання, бо починається перестрибування з одного набору нейронів винагород на інший. Мозок вимикає реакцію винагороди на смаки, які відчуває, однак інші реакції залишаються неприхованими — цей феномен називають сенсорно-специфічною ситістю. Класичний приклад — ви замовляєте десерт у ресторані, хоч наситилися основною стравою. Основні страви зазвичай солоні й пікантні — вони запалюють нейрони винагороди за жири та сіль. Коли закінчуєте їсти таку страву, гіпоталамус успішно пригнічує відчуття винагороди за «солоненьке», і ви більше не можете проковтнути ані шматочка. Однак десерт солодкий, і *відповідні* нейрони винагороди готові взятися до справи. Досить одного погляду на десертне меню, щоб спалахнули цілі ланцюжки «винагороди за солодке». Гіпоталамус нічого не може вдіяти. Сміючись, ви зауважуєте, що не завадило б мати окремий шлунок для десерту, і замовляєте «крем-брюле».

Руйнівний вплив харчового розмаїття на наші талії відомий протягом десятиліть. Наприкінці 1970-х років, коли епідемія ожиріння тільки зароджувалася, науковці з'ясували: якщо піддослідні щури дотримуватимуться стандартного та збалансованого щодо поживних речовин раціону й питимуть воду, вони без проблем підтримуватимуть здорову вагу. Однак якщо їм запропонувати «буфет» зі звичних західних продуктів, що містить багато смачних варіацій, щури неминуче переїдатимуть і гладшатимуть. Після дослідження на щурах здійснювали ще чимало досліджень, у яких той самий феномен спостерігали і в інших видів, починаючи з мавп і закінчуючи слонами, а ще — і це зовсім не дивно — людей.

Ще одна проблемою сучасних харчових продуктів є те, що вони буквально *створені* для надмірного вживання. Цей процес почався тисячі років тому паралельно з розвитком землеробства та розведенням рослин і тварин і мав на меті посилювати смакові аспекти домашніх продуктів (зокрема цукру й жиру) і пригнічувати ті поживні речовини, що дарують відчуття ситості. Промисловий розвиток вивів цей процес на абсолютно новий рівень. Більшість харчів, які купуємо

в супермаркетах, зокрема консервовані чи фасовані продукти, які моїм друзям-гадза здаються дуже кумедними, зазнали такого перероблення, що їх навряд чи впізнали б наші предки. Клітковина, білки й будь-які поживні речовини, що забезпечують відчуття ситості, з них видаляють. Натомість додають цукор, жир, сіль та інші речовини, що стимулюють вашу систему винагород. Як наслідок, додані цукри та олії перетворилися на два основні джерела калорій сучасного американського раціону; на них припадає третина споживаної енергії. Наші еволюційні системи винагород не готові до інтенсивності й масштабного діапазону сигналів винагород, появу яких спричиняють оброблені продукти. Гіпоталамус працює надто повільно й не встигає пригнітити апетит — і ми переїдаємо.

Компанії з виробництва харчових продуктів чудово розуміють, що роблять. Виробництво ароматизаторів — це багатомільярдна галузь промисловості, у якій працюють цілі команди науковців. Останні застосовують приголомшливий набір технік і добавок, щоб їжа була апетитною та смачною, але не дарувала відчуття ситості: такі продукти хочеться їсти знову й знову. Їхня мета — обійти еволюційну систему винагороди та ситості у вашому мозку. Крім жирів і цукру, використовують хімічні ароматизатори, які тестують за участю фокус-груп, доки не буде знайдено комбінацію, перед якою просто неможливо встояти. Блукати рядами з обробленими харчовими продуктами в місцевому супермаркеті, маючи палеолітичну систему харчових винагород та гіпоталамус, — це те саме, що потрапити в епіцентр стрілянини з кам'яною сокирою в руках. «Б'ємося об заклад, що на одному ви не зупинитеся» — це схоже на парі між двома друзями, однак компанії з виробництва харчових продуктів чудово усвідомлюють, наскільки вищі їхні шанси на перемогу.

Нещодавнє дослідження Кевіна Голла та його команди з Національних інститутів здоров'я (NIH) продемонструвало, яку силу насправді мають оброблені харчові продукти. Під час стаціонарного дослідження, що тривало чотири тижні, чоловіки та жінки дотримувалися раціонів, які мали однакове відношення вуглеводів, жирів і білків, а також однаковий вміст клітковини, натрію та цукру. Суттєва різниця полягала у способі оброблення: один раціон містив страви з продуктами, що зазнали максимального оброблення, на кшталт сосисок, макаронних напівфабрикатів і готових пластівців до

сніданку. До другого раціону належали відносно необроблені продукти, зокрема яловича вирізка, філе лосося, свіжі фрукти, овочі й рис. Протягом двох тижнів учасники споживали один набір продуктів, а тоді переходили на інший (половина досліджуваних починала з високооброблених продуктів, а половина з необроблених). Особливих інструкцій їм не надавали, можна було їсти що заманеться. Результати просто-таки приголомшили: дотримуючись раціону з оброблених продуктів, учасники щодня споживали на 500 ккал більше й за тиждень набирали майже фунт зайвої ваги.

То як не потрапити в пастку ожиріння?

Збільшення доступності смачних оброблених продуктів може легко пояснити зростання кількості випадків ожиріння в розвинених країнах протягом кількох останніх десятиліть. Хоч підвищення кількості доступних калорій на одну особу пояснює збільшення її середньої ваги, воно не пояснює приголомшливі відмінності у формі й розмірах тіла. Якщо розмаїття апетитних оброблених продуктів, що його вдосталь у нашому промислово розвиненому світі, так сприяє набиранню зайвої ваги, чому ж ми всі не потерпаємо від ожиріння? Чому декому з нас вдається утримувати нормальну вагу попри спокусу?

Серед важливих підказок є те, що ожиріння часто трапляється в межах однієї родини. Дуже часто воно спадкове, а це означає наявність сильного генетичного компонента: люди з однаковими варіантами генів зазвичай мають однакову вагу. Дослідження за участю близнюків, здійснені в 1990-х роках, допомогли помітити, як виявляється така подібність. Якщо перегодовуватимете людей, вони наберуть вагу (і не дивно), але у зв'язку з метаболічною компенсацією, про яку йшлося в попередньому розділі, дехто набере більше, ніж інші. У близнюків механізм такої компенсації зазвичай однаковий, тож вони набирають однакову кількість жиру в однакових ділянках тіла. Крім того, близнюки приблизно однаково реагують на недоїдання та втрату ваги.

Протягом останніх двох десятиліть революція в галузі генетичних досліджень дала змогу виявити понад дев'ятсот варіантів генів, пов'язаних з ожирінням. Як ми й припускали, активність усіх цих

генів переважно помітна в мозку, що свідчить: саме це епіцентр дисрегуляції в разі ожиріння. Система винагород за їжу складна та масштабна, і те саме можна сказати про системи, що регулюють відчуття голоду, ситості та швидкість метаболізму. Незліченні елементи цих систем вибудовуються нашими генами, а вони в людей дещо різняться. Завдяки деяким генетичним варіантам наші системи винагород і ситості стають більш схильними до переїдання, тоді як інші роблять їх стійкішими. Тож «генетичні карти», які випали саме вам, можуть багато чого розповісти про те, чи легко буде підтримувати здорову вагу.

Водночас гени — це не доля. Зрештою біологічна еволюція — то повільний процес. Генетичні варіанти, що завдають нам проблем у сучасному розвиненому світі, були й у поколінні наших прапращурів задовго до кризи ожиріння. Ті самі варіанти можна виявити й у спільнотах з усього світу, включно з гадза, які не мають проблем з ожирінням. Вочевидь, ми можемо змінювати середовище так, що воно стає сприятливим або, навпаки, добряче шкодить.

Однією з очевидних стратегій регулювання ваги й підтримання хорошого метаболізму є формування раціону на основі багатих на поживні речовини продуктів, які забезпечують відчуття ситості й водночас не містять багато калорій. На щастя для нас, основні характеристики ситного раціону з помірною калорійністю вже розроблені. Під час фундаментального дослідження 1995 року, яке здійснила Сьюзен Голт з Університету Сіднея, проаналізували тридцять вісім продуктів, щоб визначити, які з них забезпечують найкраще відчуття ситості за дві години після споживання порції, що містить 240 ккал. Найситнішими виявилися цільні продукти, зокрема свіжі фрукти, риба, стейк і картопля. Оброблені продукти на кшталт білого хліба, упакованих пластівців та ароматизованих йогуртів опинилися серед тих, що найгірше забезпечують відчуття ситості. Такі ласощі, як печиво, торти та круасани, насичували найменше. «Червоною ниткою» були білки, клітковина та енергемісткість. Продукти, що містили більше клітковини та білків і водночас менше калорій на один шматочок, дарували триваліше відчуття ситості. Ще одним важливим чинником став смак, однак це й не дивно. Продукти,

які вважали «смачнішими», — власне, ті, що спричиняли сильнішу реакцію системи винагороди, — виявилися найменш ситними.

Праця Голт на тему ситості пропонує спосіб припинити «Дієтичні війни» — своєрідну мирову угоду для всіх «борців», готових до неї дослухатися. Своєю ефективністю дієти, включно з варіантами, що мають низький вміст вуглеводів або жирів, завдячують відмові від споживання продуктів, які не забезпечують відчуття ситості. Вони допомагають нам почуватися ситими, коли в організм надходить менша кількість калорій. Овочі, фрукти, м'ясо і риба — усе це може бути частиною здорового раціону, якщо ми уникаємо продуктів, які спонукають нас до надмірного споживання. Прихильники низьковуглеводних дієт слушно зауважують, що солодка їжа легко призводить до переїдання: вона вмикає систему винагороди без відчуття ситості. Підсолоджені напої (зокрема, газовані і так звані спортивні), фруктові соки й оброблені продукти з високим вмістом вуглеводів небезпечні, бо пов'язані з великою кількістю реакцій винагороди й водночас зовсім не містять клітковини, завдяки якій цільні фрукти й овочі забезпечують відчуття ситості. До таких самих наслідків призводить і споживання жирних продуктів, особливо тих, що позбавлені білків. Ось чому низьковуглеводні дієти зазвичай зосереджують увагу на м'ясі та інших продуктах з високим вмістом білків, що дає змогу зменшити споживання калорій, не нехтуючи ситістю. Рослинні дієти й раціони змішаного типу мають високий вміст клітковини й водночас можуть мати багато білків — вони теж знижують рівень споживання енергії, але досить ситні. Ефективність дієти залежатиме від вашої системи винагород та розмаїття продуктів, що дарують максимальну ситість і водночас мають низьку калорійність.

Ми можемо дещо зробити, щоб зменшити споживання калорій і не почуватися обділеними, — для цього навіть не потрібно дотримуватися конкретної дієти. Позбудьтеся висококалорійних оброблених продуктів удома й на роботі, замініть їх на альтернативні — з великим вмістом білків чи клітковини (зокрема, звичайні горіхи, фрукти або свіжі овочі). Це допоможе зменшити кількість калорій, які щодня споживаєте, але водночас почуватиметеся ситими. А ще не завадить частіше готувати вдома, бо більшість

ресторанів зосереджуються на приготуванні апетитних страв, ласуючи якими, можете легко переїсти.

Також варто зменшити рівень стресу в житті. Не тільки емоційний і психологічний, але й фізичний стрес на кшталт недосипання може порушити регуляцію в наших нейронних системах винагород, що нерідко призводить до переїдання. Крім того, мозок може привчитися підміняти емоційні й психологічні винагороди, які прагнемо отримати, коли відчуваємося самотніми, наляканими чи сумними, винагородою за їжу. Як наслідок, ми починаємо «заїдати стрес», і це реальне явище: навіть за лабораторних умов люди, зазнавши стресу, їдять більше. Поєднання смачної їжі й соціального стресу допомагає пояснити, чому мешканці США й решти розвинених країн щороку в середньому набирають один-два фунти під час свят. Хронічний стрес може згубно впливати на нашу вагу та здоров'я протягом усього життя. Не дивно, що бідність і брак можливостей так сильно асоціюються з ожирінням і кардіометаболічними хворобами у США, а особливо в афроамериканських та інших спільнотах, яким доводиться незаслужено потерпати від структурного расизму. У розділі 9 ми трохи докладніше розглянемо вплив деяких суспільних проблем на витрати енергії та метаболізм.

Харчування в стилі гадза

То був звичайний ранок у таборі гадза. Ми з Браяном ходили від хижки до хижки, щоб роздати GPS-пристрої (це було необхідно для роботи) та поцікавитися, як справи. Перекидалися кількома словами — і не більше. Мешканці табору тільки прокидалися. А тоді ми натрапили на Манасі.

Манасі провів ніч на ковдрі, що її постелив на землі під зорями. Як і більшість неодружених чоловіків, які потрапляють у табір гадза, прибувши сюди тиждень тому, він не переймався тим, щоб збудувати собі хатину. Однак останні кілька днів чоловік почувався не дуже добре й навіть не хотів покидати табір. Сидячи на ковдрі, Манасі голіруч перебирав гарячі вуглики у вогнищі та розповідав нам про свої симптоми. Проблема зі шлунком. Корчі в животі. Діарея. До речі, чи не хочемо ми шматочок зебри?

Діставши з попелу тонку смужку обвугленого м'яса, чоловік узявся розривати її на три невеликі шматки. Цю зебру вполювали за п'ять днів до того, і м'ясо щедро роздали всім мешканцям табору: тонкі смужки сушилися на сонці, звисаючи з гілля дерев над кожною хатиною. Я точно не знав, як довго цей шматок лежав між вуглинами, і розчаровано зауважив, що всередині він був яскраво-рожевий. Манасі простягнув нам із Браяном по шматку м'яса, не перериваючи розповіді про своє шлунково-кишкове «лихо». Потреба ділитися в гадза дуже сильна, тож відмовлятися було грубо. Ми з Браяном непомітно зирнулися: *«Либонь, нам доведеться це зробити»*. Не роздумуючи, я запхав шматок до рота й почав жувати. На смак і за текстурою це дуже нагадувало обвуглену шкіру. Врешті-решт я проковтнув шматок, подумки переконуючи себе, що гарячі вуглини «продезінфікували» і м'ясо, і дизентерійні пальці Манасі.

Мені як науковцю часто доводиться виступати перед публікою та розповідати про свої дослідження, і слухачі часто запитують про те, чим харчуються гадза. Якби ж то я міг надати «екзотичну» відповідь! Я спробував цілу низку продуктів із раціону гадза, починаючи з меду та коренеплодів і закінчуючи кількома видами ягід та м'ясом. Звісно, хотів би описати якусь «інопланетну» палітру смаків і текстур, багатогранні відтінки смаку бородавника, куду чи баобаба. Однак правда в тому, що раціон гадза не надто «захопливий». За винятком меду й деяких пікантно-гострих фруктів він загалом досить прісний. Про спеції тут і не чули — хіба що подеколи можуть додати до страви дрібку солі. Майже всі продукти подають без «гарніру» та їдять сирими, засмаженими або звареними. Це зовсім не те, що більшість мешканців західного світу вважали б смачним чи бодай апетитним. Жоден продукт не вважають надто «кривавим», «старим» чи «непривабливим». Якщо ви бодай колись відкривали гриль наступного дня після великого барбекю та знаходили там захололу курячу гомілку й самотню обвуглену картоплину, то можете уявити собі раціон гадза.

Харчування за принципом гадза позитивно вплинуло б на здоров'я мешканців розвинених країн, однак не варто затамовувати подих, сподіваючись на нову модну діету. Такий раціон не вдалося б розрекламувати в суспільстві, заваленому апетитними обробленими продуктами. Коли йдеться про їжу, гадза не створюють собі «кумирів»

чи «ворогів», крім яєчок та змій. Їхній раціон не назвеш низьковуглеводним, кетогенним чи вегетаріанським, вони не голодують, зокрема й інтервально. Натомість, як і в будь-яких інших невеликих спільнотах, раціон гадза досить простий і ситний та має багато коренеплодів і ягід з високим вмістом клітковини, а також м'ясо — джерело білків (гадза щодня споживають у п'ять разів більше клітковини, ніж середньостатистичний американець). Він має відносно низький вміст жиру (хоча відсотки насичених і ненасичених жирів ще не вивчали), а це з великою імовірністю захищає гадза від серцевих хвороб. У місцевості, де вони мешкають, їжі завжди вдосталь (коренеплоди можна збирати протягом усього року), однак треба попрацювати, щоб її добути. Цих людей не оточує розмаїття смачних страв, а тим паче оброблених продуктів, створених, щоб спонукати вас до надмірного споживання. Як наслідок, ожиріння й розлади обміну речовин у гадза не трапляються з однієї простої причини: харчове середовище не змушує їх переїдати.

Запровадити «уроки з савани» в наше щоденне життя означає вийти за межі «Дієтичних воєн», «магічного» уявлення про калорії та теорій змови. Люди — опортуністичні всеїдні, а наявні докази, починаючи зі спільнот мисливців-збирачів часів палеоліту й сьогодення та закінчуючи контрольованими дослідженнями харчування на кшталт DIETFITS чи проєкту Голла в Національних інститутах здоров'я, демонструють, що чимало раціонів можна вважати здоровими. Загалом нам варто звертати увагу на продукти з високим вмістом клітковини й білків, що дарують відчуття ситості, і уникати оброблених продуктів з доданим цукром та жирами, які штовхають наші системи винагород до краю прірви. Ефективний раціон — той, завдяки якому ви можете досягти здорової ваги й підтримувати її, не почуваячись голодним. Водночас не потрібно рахувати калорії (а досягнути точності в таких підрахунках дуже складно) чи брати участь у науковому дослідженні, щоб відстежувати надходження й витрати енергії. Вам знадобляться тільки підлогові ваги. Якщо споживатимете менше калорій, ніж витрачатиме, вага знижуватиметься. Якщо поки що не вдалося досягнути бажаної ваги або ви почали рухатися цим шляхом, час спробувати інші продукти.

Щоб залишатися здоровими, одного раціону замало — це розв'язує проблему тільки почасти. Це тільки частина «метаболічного

рівняння». Краще харчове середовище допоможе контролювати вагу і споживання енергії, однак воно не вплине на кількість спалених калорій. Для цього варто зосередитися на фізичній активності.

У попередньому розділі ми розвінчали ідею про те, що фізичні навантаження — це ефективний інструмент для зниження ваги. Зі збільшенням фізичної активності тіло починає пристосовуватися та «заощаджує» енергію на чомусь іншому, прагнучи контролювати добові енерговитрати. Будь-яке тривале підвищення енерговитрат супроводжується підвищеним споживанням, що зводить нанівець усі намагання схуднути. Хоч фізичні вправи не надто впливають на кількість калорій, які ми щодня спалюємо, вони, однак, змінюють спосіб витрачання цих калорій, і саме в цьому може полягати різниця між здоров'ям та недугою. Щоб залишатися здоровими, як гадза, маємо рухатися, як мисливці-збирачі. А щоб дізнатися чому, пропоную завітати до наших «двоюрідних братів і сестер» — людиноподібних мавп, які мешкають у глибині африканських тропічних лісів.

[30](#) *People for the Ethical Treatment of Animals* («Люди за етичне ставлення до тварин») — організація, яка бореться за права тварин.

Розділ 7. Біжіть щосили!

Доки мій літак линув нічним небом на висоті 35 000 футів над Сахарою, я дивився вниз крізь маленьке пластикове віконце, споглядаючи неосяжну темряву й міркуючи, що чекає на мене після приземлення. То була моя перша подорож в Африку — я прямував до Уганди вивчати шимпанзе. Мандрував сам в епоху без стільникового зв'язку, а моєю єдиною «страховкою» був аркуш паперу з надрукованим текстом — переліком корисних порад, що його склали й передавали далі інші аспіранти. Зокрема, там йшлося про те, як домовитися з таксистом, котрий відвезе тебе з аеропорту в Ентеббе до Кампалі, де слід сісти на автобус, що доправить до Національного парку Кібале, розташованого в самісінькому серці країни. Укотре я подумки пробігся контрольними списками та спорядженням і повторив діалог з натовпом таксистів в аеропорту, де доведеться торгуватися щодо вартості проїзду до Кампалі. *«Розслабся, — нагадав собі, — ти готовий».*

Здебільшого це було правдою. Коли йшлося про польові дослідження у тропічних лісах, я був абсолютним новачком, однак готувався цілими тижнями. Гумові чоботи, сорочки з довгим рукавом, штани, спорядження на випадок дощу. Дві величезні заплічні сумки з обладнанням, більшість з якого належала моєму науковому керівникові, який (як і всі хороші керівники) використовував аспірантів як мулів, що транспортували всі ті речі на місце польових робіт. Мені зробили всі потрібні щеплення, я добросовісно здійснював профілактику малярії. Урешті-решт мені вдалося дістатись до готелю в Кампалі, а тоді до Кібале неушкодженим. З переліку порад я дізнався, як слід вітати місцевих мешканців мовою руторо (*«Oliota!»* — якщо перед тобою одна особа, *«Mulimuta!»* — якщо цілий гурт, а у відповідь мало пролунати: *«Kurungi!»*). Я навіть підготувався до зустрічі з комахами. Комарі та інші набридливі «дзижчалки» виявилися не такою вже й проблемою. Час від часу я вичавлював зі шкіри личинки мангової мухи, мов ті прищі, подумки дякуючи за те, що вони не дісталися нижчих ділянок. А коли мене спіткало перше нашестя армійських мурах, я здер із себе штани й почав відривати їх

від стегон, як справжній профі. Мені навіть вдалося дістати кліща з глибин власного носа — а він, маю зауважити, був *далеченько*, мало не між очима. Трохи терпіння, довгий пінцет *Revlon*, позичений у доброзичливого (і до біса наляканого) колеги — і готово.

Та я не був готовий до запаху шимпанзе.

У мій перший день ми з дослідницькою командою проєкту «Шимпанзе Кібале» (*Kibale Chimpanzee Project*) перетнули невеличкий виступ із краєвидом на відкриту територію й завмерли, не зронивши ні слова. Попереду, приблизно за тридцять ярдів від нас, гурт шимпанзе прямував до величезної розлогої смоківниці, а їхні чорні тіла яскраво вирізнялися на приглушеному зеленкувато-брунатному тлі лісу. Відтак вони по черзі дісталися крони й узялися ласувати, розвалившись на масивних гілках зі жменями смокв, мов ті грецькі боги. Я вперше в житті бачив людиноподібних мавп у дикій природі, і це видовище закарбувалося в моїй пам'яті.

Як і всі дослідники проєкту «Шимпанзе Кібале», я чудово знав правила. Треба було спостерігати за тваринами максимально непомітно й не втручатися в їхній простір. Ми перебували в *їхньому* світі й мали це поважати. Протягом кількох днів усе йшло за планом. Ми прокидалися ще до світанку, знаходили шимпанзе та стежили за ними так довго, як це вдавалося (нерідко до сутінків), тримаючись на безпечній відстані — *як мінімум*, між нами мало бути двадцять ярдів. Звісно, це було захопливо, та все одно скидалося на мандрівку до зоопарку. Шимпанзе були на досить великій відстані, і мені вдавалося тримати «інтелектуальну дистанцію». *Вони* були тваринами, а *я* серйозним дослідником, який старанно спостерігав за ними з незворушністю науковця.

А наприкінці мого першого тижня роботи гурт шимпанзе здивував нас — тварини зненацька рушили назад і пройшли за кілька футів від дослідників — досить близько, щоб ми відчули їхній запах. Різкий і мускусний, він свідчив про життя у вологому лісі, але водночас був тривожно «людський». Це інтуїтивне розпізнавання неначе пробудило мене зі сну. Я зненацька відчув, що спостерігаю не за тваринами — ці істоти були чимось більшим.

Філософ-мораліст Пітер Сінгер із Принстонського університету досить слушно зауважував, що межі, за допомогою яких ми виокремлюємо наш вид, досить довільні, а розумні тварини та люди

з точки зору моралі рівноцінні. Зростаючи в сільській місцевості на заході Пенсильванії, спостерігаючи за тваринами в лісах, на пасовищах і подеколи крізь приціл мисливської рушниць, я розумів, що наш вид — то одна тоненька галузочка з-поміж мільйона гілок на дереві життя, однак ніколи не сплутав би людину з кимось іншим. Уявлення про те, що люди не унікальні, а межа між «нами» та «ними» довільна й не має особливого значення, видалася б мені абсурдною — такі собі абстрактні роздуми розніжених слабаків, які й дня не були в лісі. Тепер, стоячи посеред тропічного лісу Уганди, я не був певен, на що саме дивлюся. У моїй свідомості досі існував поділ між людьми і тваринами, однак шимпанзе опинилися на цьому боці паркану. Я щось пробурмотів досвідченій дослідниці з нашої команди — вона кинула на мене сповнений розуміння погляд і розвернулася, щоб піти за шимпанзе.

Звісно, саме ця незбагненна схожість і спричиняє наше захоплення людиноподібними мавпами. Складно не бачити в них себе. Саме їхня незаперечна «людяність» спонукала молоду дослідницю Джейн Гуделл порушити традицію й дати шимпанзе з Національного парку Гомбе імена на кшталт Фіфі чи Гремліна замість безликих серійних номерів-ідентифікаторів, що їх попередні покоління екологів птахів і ссавців давали своїм підопічним. Відтоді, як у 1960-х роках Гуделл, Даян Фоссі та Біруте Галдікас першими почали працювати з дикими приматами, ми дізналися, як схожі з найближчими еволюційними родичами в будові тіла й поведінці (рис. 4.1). Шимпанзе, бонобо, горили та орангутанги мають складне соціальне життя й вибудовують тривалі дружні стосунки. Вони полюють і використовують широкий спектр знарядь, борються і граються, б'ються і скаржаться, а ще, здається, сумують, коли помирає хтось із близьких. У людиноподібних мавп є щось на кшталт культури; вони засвоюють низку соціальних норм і секрети збиральництва своєї спільноти.

Водночас у нас є спільні погані звички. Того літа в Кібале я дізнався, що шимпанзе неймовірно ледачі. Авжеж, ці тварини дуже сильні й могли, не докладаючи особливих зусиль, видряпуватися на велетенські дерева, а самці час від часу добряче лупцюють один одного й демонструють жорстокість. А втім, щоб зрештою побачити їхню пробіжку лісом чи лютий вищир альфа-самця, доводилося

годинами спостерігати за тим, як вони просто собі прохолоджуються. Шимпанзе та інші людиноподібні мавпи щоночі сплять по дев'ять--десять годин, а вдень добрих десять годин відпочивають, «причепурюються» чи їдять. Порівняно із середньостатистичним американцем вони значно менше ходять протягом дня й не видряпуються на дерева так часто, як можна припустити. Дані, отримані під час моєї літньої практики в Кібале, продемонстрували: вилазячи на дерева, шимпанзе щодня долають майже 330 футів — енергетичний еквівалент приблизно однієї пройденої милі. Те саме стосується й інших людиноподібних мавп — це зграя неймовірних ледарів.

Для нас життя у стилі мавпячої бездіяльності — це готовий рецепт катастрофи. Люди, які проводять малорухливе життя, більш схильні до розвитку кардіометаболічних хвороб, включно із серцево-судинними захворюваннями й діабетом. Однак попри лінощі людиноподібні мавпи не хворіють. Діабет у них трапляється надзвичайно рідко, навіть якщо вони мешкають у зоопарках. У них природно високий рівень холестерину, однак закупорювання артерій немає. Основною причиною смерті мавп у неволі стає кардіоміопатія — патологія серцевого м'яза, причини якої достеменно не відомі. Водночас скидається на те, що вони мають імунітет проти серцевих недуг, які вражають людей. У людиноподібних мавп не буває атеросклерозу судин чи серцевих нападів унаслідок заблокованих коронарних артерій. Крім того, вони не мають зайвої ваги. Результати моєї роботи зі Стівом Россом, Мері Браун та іншими демонструють, що частка жирових запасів в організмах шимпанзе й бонобо, які мешкають у зоопарках, становить менш ніж 10 % (див. розділ 1).

Той факт, що нашим найближчим еволюційним родичам не треба бути активними, щоб почуватися здоровими, підказує, що фізичні навантаження не схожі на кисень чи воду — власне, будь-який обов'язковий елемент, потрібний усім тваринам для виживання. Потреба у фізичній активності особлива — вона виокремлює нас з-поміж усіх інших. Коли наші предки-гомініни у процесі еволюції перетворилися на мисливців і збирачів, їхні організми адаптувалися до неймовірних навантажень, пов'язаних із такою діяльністю. І жодній частині організму не вдалося цього уникнути. М'язи, серце, мозок, кишечник — змін зазнало все. Як ми вже зазначали в розділі 4, ця

трансформація кардинально змінила темп роботи наших клітин, прискоривши швидкість метаболізму згідно з енергетичними вимогами нашої «високооктанової стратегії». Наслідки цих давніх адаптацій помітні й сьогодні: наші тіла створені для руху. У сучасному розвиненому світі нам не треба щоденно добувати їжу, збираючи її, однак слід займатися фізичними вправами для нормального функціонування організму. Це те, що ми отримали у спадок від мисливців-збирачів.

Наше минуле мисливців і збирачів надає еволюційний контекст фізичних навантажень, пояснює, *чому* активність така важлива, однак нічого не каже про те, *як саме* фізичні вправи допомагають залишатися здоровими. Завдяки роботі з гадза та іншим дослідженням, про які йшлося в розділі 5, ми знаємо: стандартне уявлення про те, що фізичні вправи допомагають спалити більше калорій, помилкове. На жаль, дізнаючись про те, що фізична активність не надто впливає на добові енерговитрати й вагу, більшість людей припускають, що вона не важлива. А оце вже стовідсотково *неправильний* висновок! Дані, отримані з сотень досліджень і від сотень тисяч їхніх учасників протягом останніх кількох десятиліть, абсолютно чіткі: коли виконуємо фізичні вправи, наші тіла працюють краще. Однак якщо фізична активність не збільшує щоденної кількості спалених калорій, як саме вона допомагає залишатися здоровими?

У цьому розділі ми розглянемо вплив фізичних навантажень на наш організм, зокрема на метаболізм. І переконуємося, що реакція метаболізму на фізичні вправи — незліченна кількість компромісів та адаптацій, що допомагають контролювати добові витрати енергії, — це саме те, що свідчить про переваги фізичної активності. Обмеження добових енерговитрат — то не привід уникати активності, а навпаки, один з основних чинників, що свідчать про важливість регулярних навантажень. Фізична активність не вплине на кількість калорій, які ви щодня спалюєте, однак вона змінює те, як їх витрачаєте — саме в *цьому* й полягає різниця.

Фізична активність впливає на все

Переваги фізичних вправ не обмежуються впливом на витрати енергії. З одного боку, вони роблять вас сильнішими й допомагають

залишатися в хорошій формі, що значно відтерміновує зустріч із тією старою, яка зазвичай приходить з косою. Ось вам цікавий приклад: чоловіки, які можуть зробити понад десять відтискань за один підхід, знижують ризик серцевого нападу більш ніж на 60 % порівняно з тими, кому це не до снаги. (Ану ж бо, відкладіть книжку й перевірте себе — я зачекаю.) Аеробні вправи теж асоціюються з поліпшенням кардіометаболічного здоров'я та довшим і здоровішим життям. Переваги витривалості набувають особливого значення з віком. Одним зі стандартних методів оцінювання фізичної форми людей старшого віку є шестихвилинний тест, під час якого людина має здолати максимальний шлях за... авжеж, 6 хвилин. Люди старшого віку, які за цей час долають щонайменше 1200 футів, мають удвічі менший ризик померти протягом наступного десятиліття порівняно з тими, хто не долає й 950 футів.

Енергійна діяльність — усе, що потребує 6 МЕТ чи понад те (див. розділ 3), позитивно впливає на весь організм. Це біг підтюпцем, гра в футбол або баскетбол, туризм або їзда на велосипеді — власне все, що пришвидшує пульс. Активні фізичні вправи пришвидшують рух крові вашими судинами, стимулюючи виділення оксиду азоту, завдяки якому ті залишаються відкритими й еластичними. Податливі судини підтримують тиск на низькому рівні та менш схильні до закупорювання й розривів — катастрофічних явищ, що спричиняють інфаркти та інсульти. Помірна фізична активність від 3 до 6 МЕТ (скажімо, прогулянка в пришвидшеному темпі, катання на велосипеді чи робота в саду) теж напрочуд корисна. Вона сприяє переміщенню глюкози з крові до клітин, а також поліпшує настрій, знижує стрес і навіть допомагає під час лікування депресії. Завдяки регулярним фізичним навантаженням розум залишається гострим, а процес зниження когнітивних здібностей з віком уповільнюється. Біг та інші аеробні вправи поліпшують приплив крові до мозку й сприяють вивільненню нейротрофінів — молекул, що стимулюють розвиток клітин мозку та підтримують їхнє здоров'я. Дейв Райхлен та його колеги стверджують, що ходіння й біг поліпшують когнітивні функції, змушуючи мозок координувати потік візуальної та іншої сенсорної інформації, щоб добре орієнтуватися й підтримувати певну швидкість та рівновагу.

Однак і це ще не все. У книжці «Фізично активні» (*Exercised*) мій науковий керівник Ден Ліберман з Гарвардського університету докладно описує те, як фізична активність впливає на кожну систему організму, починаючи з імунної реакції й закінчуючи репродуктивними можливостями. Сигнальні механізми, що лежать в основі такого впливу, ще не до кінця визначені, однак його масштаби приголомшують. Окрім безпосереднього залучення нервової та кровоносної систем, які охоплюють усе тіло, активні м'язи вивільнюють у кров сотні молекул. Ми тільки починаємо усвідомлювати, як усеохопно фізична активність впливає на наш організм — власне, на кожнісіньку його складову.

Інший погляд на витрати енергії під час фізичної активності

Фундаментальним висновком, якого ми дійшли завдяки роботі з гадза та іншими фізично активними спільнотами, є те, що наш організм функціонує за фіксованого «бюджету енергії». Це модель обмеження добових енерговитрат (розділ 5). Наші розвинені системи обміну речовин намагаються підтримувати загальні витрати енергії, яку щодня спалюємо, на одному рівні, навіть коли потреби змінюються. Те саме є й у тварин. Звісно, час від часу трапляються й коливання енерговитрат — скажімо, ми спалюємо більше калорій, якщо виконуємо фізичні вправи, і менше, якщо не виконуємо. Однак організм пристосовується до звичної рутини й навантажень. Тож, коли ви витрачаєте більше енергії на фізичну активність, на інші завдання енергії спрямовується менше (рис. 7.1).

Обмежені добові енерговитрати змінюють наше уявлення про роль фізичної активності в нашому «енергетичному бюджеті». За фіксованого бюджету енергії все ґрунтується на компромісах. Замість збільшувати кількість спалених калорій фізичні навантаження зменшують кількість енергії, яку витрачають на інші види діяльності. Ви не можете витратити одну калорію двічі.

Хоч важливість компромісів усвідомлювали ще з часів Дарвіна, система охорони здоров'я здебільшого їх ігнорувала. Натомість, як ви дізналися з розділів 3 і 4, лікарі та дослідники, які працюють у галузі охорони здоров'я, сприймали метаболізм досить спрощено — мовляв,

фізична активність підвищує добові енерговитрати й не впливає на енергію, спрямовану на інші завдання. Модель обмеження витрат енергії вийшла на перший план зовсім нещодавно — цьому сприяло зростання кількості досліджень, у яких використовували воду з подвійним маркуванням, щоб аналізувати енерговитрати в людей з різними способами життя. Як наслідок, ми тільки починаємо усвідомлювати важливість метаболічних компромісів для фізичної активності та здоров'я.

Два попередні розділи цієї книжки продемонстрували, якими мудrimi можуть бути наші «метаболічні двигуни». Маючи справу з обмеженням калорій, гіпоталамус зменшує швидкість обміну речовин і посилює відчуття голоду. За надмірного надходження калорій швидкість метаболізму зростає, спалюючи велику частину зайвого. Зупиніться на якусь мить і поміркуйте, що це означає для ваших органів та їхніх найрізноманітніших завдань: коли енергії бракує, деякі другорядні метаболічні процеси пригнічуються, а за сприятливих умов їм дають «зелене світло». Вплив щоденної фізичної активності на витрати енергії, пов'язані з метаболізмом, продемонстровано на рисунку 7.1.

Зовсім не дивно, що люди та інші тварини, спадкоємці еволюції хребетних, яка тривала добрих пів мільярда років, дуже розумно вирішують, якими завданнями за несприятливих умов можна пожертвувати, а які варто захистити. Мій улюблений приклад — дослідження мишей, здійснене в лабораторії Джона Спідмена (я вже згадував про нього в розділі 5). Його команда обмежувала споживання калорій у самців мишей (причому застосовували різні ступені обмеження) й вимірювала реакцію організмів гризунів на подальше зростання дефіциту калорій. Як і очікувалося, швидкість метаболізму й вага стрімко знизилася, однак вплив на різні частини організму виявився нерівномірним. Унаслідок втрати ваги більшість органів мишей, зокрема серце, легені й печінка, зменшилися (і спалювали менше енергії). Мозок виявився захищеним і зберіг розміри. Шлунок і кишечник навіть *збільшилися* в розмірах — то була відчайдушна спроба вичавити з їжі все до останку. Однак найкраще ці відмінності помітні на прикладі селезінки та яєчок. Селезінка — основний орган імунної системи — миттю «розтанула», більш суттєво зменшивши

розміри порівняно з іншими органами. Натомість яєчка перебували під «захистом» і зазнавали незначних змін — принаймні, доки дефіцит енергії не став справді критичним. Я обожнюю це дослідження, бо воно яскраво демонструє еволюційну метаболічну стратегію мишей: *«Життя коротке. Роби дітей. Імунна система необов'язкова»*.



Рис. 7.1. Добові енерговитрати обмежені й не зростають у зв'язку зі щоденною фізичною активністю за лінійним принципом (див. розділ 5). Натомість, коли за умов активного способу життя щоденна фізична активність зростає, обсяг енергії, спрямованої на неї, теж збільшується (частина білого кольору), забираючи ту частку енергії, яку мали б використовувати, щоб виконати другорядні завдання. За надмірного навантаження фізична активність може втручатися навіть у важливі процеси, спричиняючи проблеми на кшталт синдрому надмірних тренувань.

У представників видів-довгожителів на кшталт нас еволюційна метаболічна стратегія геть інша. Робота Сема Урлахера з дітьми племені шуар продемонструвала, що під час боротьби з інфекцією обсяг енерговитрат на імунний захист збільшувався, тоді як процес

зростання дітей уповільнювався. Вочевидь, із настанням «скрутних часів» люди зосереджуються на довгостроковій перспективі, спрямовуючи енергію на підтримання життєдіяльності й виживання. Коли на фізичну активність припадає добра частка обмеженого щоденного бюджету калорій, завдання виконують за принципом пріоритетності. Інші функції витісняються. Активність, яку не вважають життєво необхідною, — «розкіш», що її можна собі дозволити за наявності достатньої кількості енергії, — припиняють найпершою. Важливі завдання перебувають під захистом до самого кінця. Як наслідок, фізичні навантаження істотно впливають на керування метаболізмом і способи витрачання калорій, а отже, неабияк впливають і на наше здоров'я.

Запалення

Коли ваш організм атакують бактерії, віруси чи паразити на кшталт того кліща, що п'ять днів жив у глибинах мого носа, коли я перебував у Кібале, першою лінією захисту стає запалення. До інфікованої ділянки вирушають клітини імунної системи, у кровоносну систему вивільнюється величезна кількість сигнальних молекул, які називають цитокінами, і тканина набрякає. З точки зору витрат енергії реакція запалення дуже «дорога», однак і вкрай важлива. Це команда миттєвого реагування на надзвичайні ситуації, потрібна для боротьби із «загарбниками».

Великі проблеми зринають тоді, коли запалення вражає неправильну ціль, атакуючи наші клітини чи нешкідливу часточку пилку, а не справжню загрозу. Спробуйте уявити це так: до будинку прибувають пожежники, виламують двері, спрямовують усередину струмені води... а пожежі немає. Тільки коли йдеться про хронічне запалення, такі «пожежники» не забираються геть, а результати зазвичай катастрофічні. Залежно від уражених тканин запалення може призвести до будь-чого — від алергій до артритів, артеріальних хвороб тощо. Крім того, запалення негативно впливає на гіпоталамус, стимулюючи переїдання й інші розлади регуляції.

Уже кілька десятиліть відомо, що регулярна фізична активність — це ефективний спосіб знизити хронічне запалення, а нижчий рівень запалення означає менший ризик розвитку серцево-судинних

захворювань, діабету та інших метаболічних недуг. Обмежений «бюджет енергії» на кожен день пояснює, чому активність так ефективно знижує запалення. Коли значна частка щоденного енергетичного бюджету витрачається на фізичні навантаження, організм має поводитися з рештою калорій більш ощадливо. Пригнічення реакції запалення та спрямування її активності на конкретну загрозу, а не безперервну «тривожну сигналізацію», зменшує обсяг енергії, яку витрачають на непотрібну активність імунної системи.

Стрессова реактивність

Щоб упоратися зі справжніми надзвичайними ситуаціями, які нам підкидає життя, треба мати здорову реакцію на стрес. Для наших прашурів мисливців і збирачів сплеск адреналіну та кортизолу — гормонального «коктейлю», що лежить в основі реакції «бий або тікай», — був життєво необхідним, щоб накивати п'ятами під час випадкової зустрічі з леопардом. Сьогодні він може стати необхідним «паливом», що допомагає втекти від грабіжника чи ухилитися від таксі, яке летить на великій швидкості. Однак, як і в ситуації із запаленням, якщо реакція на стрес спрацьовує неправильно або взагалі не вимикається, розвивається хронічний стрес, що руйнує здоров'я.

Відомо, що фізична активність знижує рівень стресу й поліпшує настрій — почасти завдяки зменшенню масштабів реакції на стрес. Чудовим прикладом є результати швейцарського дослідження, під час якого застосовували публічні виступи, що мали спровокувати реакцію на стрес у двох групах чоловіків: витривалих спортсменів і тих, хто провадив малорухливий спосіб життя без фізичних навантажень. Групи були подібні за віком, зростом, вагою та загальним рівнем тривожності, однак їхня реакція на стрес різночленно. В обох групах зафіксували пришвидшене серцебиття й підвищені рівні кортизолу, однак реакція спортсменів була менш бурхлива та зникла швидше. Їхні організми спрямовували менше енергії на реакцію на стрес, а саме це й передбачає модель обмежених добових енерговитрат.

Ще одним чудовим прикладом того, як фізичні навантаження впливають на реакцію на стрес завдяки її пригніченню, є дослідження

за участю молодих жінок із помірними симптомами депресії. Їх залучили до чотиримісячного експерименту — протягом восьми тижнів учасниці мали регулярно бігати, а протягом інших восьми тижнів будь-яких структурованих занять фізичними вправами не було. Як і можна було очікувати з еволюційної точки зору на метаболізм, фізична активність не вплинула на вагу (організми учасниць ідеально пристосувалися до підвищених навантажень), однак реакція на стрес знизилася. Під час регулярних фізичних навантажень організми жінок щодня виробляли на 30 % менше адреналіну й кортизолу. Ситуація з депресією теж поліпшилася, що знову-таки свідчить про великий діапазон впливу активності на організм.

Репродуктивна функція

Швидке запитання: хто має вищий рівень тестостерону — чоловік із племені гадза в розквіті літ чи слабкодухий жлоб із Бостона? Повірте, будь-які ваші припущення далекі від істини. Порівняно із середньостатистичними американцями рівень тестостерону в чоловіків гадза приблизно вдвічі нижчий. І йдеться не тільки про чоловіків і не тільки про гадза. У всьому світі чоловіки й жінки з фізично активних невеликих спільнот на кшталт гадза, цимане й шуарів мають нижчі рівні репродуктивних гормонів (тестостерону, естрогену, прогестерону) порівняно з тими, хто провадить малорухливий спосіб життя в розвинених країнах.

Ми можемо бути певні, що низькі рівні репродуктивних гормонів у мешканців невеликих спільнот зумовлені їхнім активним способом життя, оскільки віддзеркалюють вплив фізичної активності на гормональний фон, що його виявляють під час експериментальних досліджень. У молодих жінок, яких залучали до досліджень із фізичними навантаженнями, знизилися рівні естрогену та прогестерону; крім того, у них частіше були порушення менструального циклу. Пригнічувальний вплив фізичних навантажень на репродуктивну систему складно пояснити з традиційної точки зору на енерговитрати, однак з точки зору обмеження добових витрат енергії все цілком логічно. Що більше енергії витрачено на фізичну активність, то менше лишається на розмноження.

Дослідження, що вивчають реакції репродуктивних гормонів на фізичні навантаження, також демонструють те, яким тривалим може бути процес адаптування організму до різних видів фізичної активності. Ентоні Гекні, фізіолог з Університету Північної Кароліни в Чепел-Гілл, розташованому неподалік від мого будинку, десятиліттями досліджував фізіологічні реакції чоловіків на виснажливі тренування. Порівнюючи рівні тестостерону витривалих бігунів і малорухливих чоловіків одного віку, він з'ясував, що в середньому рівень тестостерону знижувався на 10 % у тих, хто тренувався протягом одного року, на 15 % у тих, хто тренувався два роки, і на 30 % у тих, хто тренувався понад п'ять років. Це свідчило, що організму можуть знадобитися роки, щоб повністю адаптуватися до різних рівнів фізичних навантажень. Ці дослідження є своєрідним мостом між фізіологією навантажень у розвиненому світі й екологією людини у спільнотах на кшталт гадза. Зазначене зниження рівня тестостерону на 30 % у досвідчених бігунів дуже подібне до ситуації, яку спостерігаємо в чоловіків із невеликих традиційних спільнот, котрі мають ціле життя, щоб адаптуватися до високого рівня фізичної активності.

На перший погляд, пригнічення репродуктивної системи видається чимось негативним, але загалом усе навпаки. Фізичні вправи — це один із найефективніших способів знизити ризик розвитку онкологічних захворювань репродуктивної системи (зокрема раку грудей чи передміхурової залози) — почасти тому, що вони контролюють рівні репродуктивних гормонів. Насправді рівні таких гормонів у мешканців розвиненого світу значно вищі, ніж у мисливців-збирачів із нашого минулого — про це свідчать дані, отримані у спільноті гадза та інших фізично активних традиційних групах населення.

З точки зору потенційного розміру родини пригнічення репродуктивної системи у зв'язку з фізичними навантаженнями має певні наслідки. У таких спільнотах, як гадза, де немає засобів контрацепції, а люди не проти мати багато дітей, жінки зазвичай народжують раз на три-чотири роки. У США більшість матерів за бажанням здатні народжувати раз на один-два роки, навіть якщо годують грудьми. Нижчий рівень фізичної активності та доступ до висококалорійної їжі у США означає, що організм жінки може

спрямовувати більше енергії на репродуктивну систему й відновлюється після вагітності швидше, ніж організм жінки з племені гадза (ми ще повернемося до цього в розділі 9). Більший інтервал між пологами в жінок гадза, імовірно, ближчий до «нормальної», адаптованої фізіології людини.

У разі виснажливих тренувань фізична активність *може* втручатися в нормальне функціонування репродуктивної системи. Нездорові навантаження нерідко призводять до порушення овуляції, втрати лібідо та зниження кількості сперматозоїдів. І це тільки початок ваших проблем.

Темний бік

Пригадуєте початок 90-х, коли велосипедний спорт просто-таки лихоманило від допінгових скандалів? Звісно, що ні, адже йдеться про *1890-ті*. Уживання наркотиків — давня людська «забава», що передуює появі колеса, тож не дивно, що допінг був і під час зародження велосипедних перегонів. Сучасний велосипед винайшли 1885 року, і менш ніж за десять років вживання наркотиків під час змагань набуло неймовірного поширення й загалом сприймалося як щось абсолютно нормальне. Коли ж у 1890-х роках спортсмени зненацька почали вмирати, це, безперечно, стривожило багатьох. Вочевидь, улюблений на той час «коктейль бадьорості» — суміш кокаїну, кофеїну, стрихніну та героїну — мав побічну дію.

Утім, протягом першої половини ХХ століття спортсмени далі це робили — використовували стимулятори та знеболювальні, щоб викластися на повну під час виснажливих багатоденних перегонів на кшталт «Тур де Франс», які вперше організували 1903 року. Після розроблення й поширення амфетамінів, що «підживлювали» солдатів з обох сторін під час Другої світової війни, спортсмени теж почали додавати їх до свого «коктейлю». Це тривало до 1967 року — саме тоді Міжнародний олімпійський комітет вирішив, що вже годі, і заборонив вживати стимулятори й наркотики. Ефект був миттєвий: велосипедисти та інші спортсмени більше не зізнавалися, що вживають допінг.

У 1960-х роках фармацевтична «палітра» засобів, що їх використовували велосипедисти, значно розширилася. Вони почали

застосовувати тестостерон і препарати, що імітують його дію, — потужні гормони, що сприяють нарощенню м'язової маси та розвитку агресії. У 1975 році МОК заборонив і ці засоби, однак їхнє використання й досі поширене. Розслідування Всесвітнього антидопінгового агентства 2006 року засвідчило, що тестостерон і його синтетичні «родичі» того року спричинили понад 45 % допінгових порушень. Пізніше того літа американський велосипедист Флойд Лендіс здобув перемогу на «Тур де Франс», однак його позбавили титулу через позитивний тест на наркотики. Причина? Тестостерон.

З утилітарної точки зору — якщо відкинемо ризики для здоров'я, пов'язані із вживанням шурячої отрути й наркотиків, та аморальність обману — можна зрозуміти, чому спортсмени починають уживати стимулятори та знеболювальні. Вони прагнуть отримати «заряд» для перегонів та ігнорувати болісні відчуття у м'язах. Але *тестостерон*? Навіщо велосипедистам ризикувати здоров'ям і кар'єрою та вживати гормон, що його виробляє організм? Звісно, тестостерон сприяє збільшенню м'язової маси, що може стати в пригоді під час тренувань, коли до перегонів залишаються місяці. А ще він посилює дух суперництва, що теж непогано, якщо у вас не надто змагальний настрій. Однак чому професійному спортсменові так кортить наростити *більше* м'язів чи отримати «хімічний каталізатор» на останніх етапах підготовки до найбільших змагань у своєму виді спорту?

Відповідь на це запитання почасти криється у пригнічувальному впливі фізичних вправ на організм. Для стандартної фізичної активності більшості з нас (включно з досить амбітними щодо навантажень людьми) ефект пригнічення навіть корисний. Він допомагає тримати запалення, реакцію на стрес і репродуктивні гормони на здоровому рівні. Однак коли йдеться про надмірні навантаження, вплив фізичної активності стає більш суттєвим. У наступному розділі ми поговоримо про те, як під час змагань «Тур де Франс» велосипедисти на кшталт Лендіса щодня спалюють понад 6000 ккал, тоді як перегони тривають упродовж місяця. Такі спортсмени штовхають організм до прірви. Зазвичай наслідки серйозні: організм «вимикає» інші функції, втручаючись у виконання важливих завдань, покликаних підтримувати наше здоров'я (рис. 7.1).

Це «темний бік» обмеження добових енерговитрат, що допомагає пояснити відомий, однак не зовсім зрозумілий для багатьох феномен: синдром надмірних тренувань. Уже багато років не секрет, що надмірна фізична активність може бути шкідлива для здоров'я. Під час тренувань висококласні спортсмени часто зазнають неабияких навантажень, що згубно впливають на організм. Вони частіше хворіють і їм потрібно більше часу на одужання, бо імунна система ослаблена. Процес загоєння ран триває довше. Сплеск кортизолу, що допомагає прокидатися вранці, приглушується, і вони постійно відчують запаморочення. Репродуктивна система впадає у сплячку, а лібідо погіршується. У жінок порушується менструальний цикл або вони припиняють займатися велосипедним спортом. У чоловіків зменшується кількість сперматозоїдів. Рівень тестостерону — гормону, що сприяє підтриманню м'язової маси та духу суперництва, знижується — хіба що їм вдається підвищити його за допомогою кількох таємних ін'єкцій.

Вочевидь, збільшення раціону перетренованих спортсменів не розв'язує проблеми (хіба що йдеться про наявність харчового розладу — хоч як прикро, але серед спортсменів це досить поширене явище). Скажімо, 2014 року Кароліна Лаговська разом із колегами виконала дослідження за участю тридцяти однієї жінки — то були витривалі спортсменки, які займалися веслуванням, плаванням та тріатлоном. В учасниць зафіксували нерегулярну овуляцію та інші симптоми надмірних тренувань і призначили додаткове харчування. Через три місяці, протягом яких жінки отримували додаткові калорії, їхні добові витрати енергії помірно зросли: вони щодня споживали та спалювали приблизно на 10 % більше калорій — це був очікуваний метаболічний ефект, зважаючи на звичну реакцію організму на переїдання. Вага та вміст жиру в організмі не зазнали змін — він не запасав зайвої енергії, а витрачав її. Деякі додаткові калорії спрямовувалися до репродуктивної системи, що сприяло помірному підвищенню рівня лютеїнізуючого гормону, що стимулює яєчники. Однак для істотного впливу на функціонування яєчників цього було замало. Щоб ситуація змінилася, добові енерговитрати були надто обмежені, а виснажливий режим тренувань потребував надто великої частки «енергетичного бюджету», тож нормальне функціонування репродуктивної системи все одно ускладнювалося.

Цікаво, що дослідники на кшталт Лаговської десятиліття тому вже мали справу з обмеженням добових енерговитрат, однак розглядали це явище під іншим кутом. Вони з'ясували: якщо відняти енергію, спалену під час тренування, від добових витрат енергії, це дає змогу отримати дуже корисний показник — доступність енергії, себто калорії, доступні для виконання завдань, не пов'язаних із фізичною активністю (зокрема, це імунна й репродуктивна функції). Коли навантаження зростають, а рівень доступної енергії в організмі спортсмена знижується й становить менш ніж 30 ккал на день на кожний кілограм нежирної маси (невтішний розрахунок для «любителів», однак на вагу треба зважати), ризик синдрому надмірних тренувань значно зростає. Лікування зазвичай інтуїтивне — треба споживати більше калорій та спробувати підвищити рівень добових енерговитрат. Модель обмежених витрат енергії пояснює, чому ці способи неефективні. У разі фіксованих добових енерговитрат єдиним способом підвищити рівень доступної енергії є зменшення фізичних навантажень.

Синдром надмірних тренувань — це не загадкове «відхилення» чи наслідок нестачі їжі, це логічне продовження тих самих енергетичних «компромісів», завдяки яким помірні фізичні навантаження корисні для нашого здоров'я. Просто фізичної активності *буває забагато*, як і сексу, води, музики у стилі «блюграс», пива чи інших приємних речей. То який обсяг навантажень вважати достатнім, а який може призвести до проблем?

Про мавп і спортсменів

Коли йдеться про щоденну фізичну активність, знайти «золоту середину» має бути досить легко. Між мавпами, які годинами прохолоджуються в Кібале, і «хімічно вдосконаленими» маніяками з перегонів «Тур де Франс» є чимало варіантів. І, як завжди, варто почати з нашого минулого мисливців-збирачів.

Полювання і збиральництво — то тяжка праця, але все-таки не перегони «Тур де Франс». Наше дослідження за участю гадза демонструє, що фізична активність чоловіків і жінок із цього племені зазвичай триває приблизно п'ять годин на день. Третина такої діяльності (від однієї до двох годин на день) — те, що фізіологи

називають «помірною й енергійною» активністю, — на кшталт ходіння чи викопування коренеплодів. Власне, це навантаження, під час якого пришвидшується пульс. Решта — то «легка» активність — неквапні прогулянки табором чи збирання ягід. Схожі фізичні навантаження фіксують і в спільнотах цимане й шуарів. Звісно, з культурної точки зору сучасні мисливці-збирачі та інші невеликі спільноти мають певні відмінності, і, щоб уявити, якою була щоденна фізична активність наших пращурів, варто присвятити п'ять годин фізичним навантаженням, причому протягом однієї-двох годин ця активність має бути «помірною» чи «енергійною». Якщо уявити, скільки це кроків на день, то загалом показник суттєво перевищить 10 000 кроків. У середньому чоловіки й жінки з племені гадза роблять приблизно 16 000 кроків на день. Порівняйте це з тренувальним режимом висококласних спортсменів. Професійні велосипедисти щодня тренуються приблизно п'ять годин — і здебільшого це «енергійні» рівні навантаження (6+ MET). Регулярні тренування олімпійських плавців тривають від п'яти до шести годин. За стандартами гадза це приблизно втричі більше навантажень, аніж може витримати наш організм. Тож не дивно, що професійні спортсмени схильні експериментувати з гормонами та іншими препаратами, що приховують наслідки «надлюдських» тренувальних програм для їхнього метаболізму.

З другого боку, фізична активність шимпанзе в дикій природі триває менш ніж дві години і здебільшого вона «легка». У середньому вони роблять приблизно 5000 кроків на день. Це дуже нагадує фізичну активність типового дорослого американця — приблизно дві години «легких» навантажень (5000 кроків на день) і менш ніж 20 хвилин помірної та енергійної активності. Шимпанзе чудово пасує таке ліниве життя — їхні організми були налаштовані на нього протягом мільйонів років. Однак людське тіло еволюціонувало й очікувало більшого — приблизно втричі більшого, якщо взяти за орієнтир гадза та інших збирачів. Попри всю захопливу схожість, що пов'язує нас із родичами-мавпами, наші «метаболічні двигуни» принципово різні. Коли поводимося як мавпи, ми хворіємо.

Отже, до чого варто прагнути? Проводити майже п'ять годин на день «на ногах», а одну годину присвячувати фізичним навантаженням чи іншій діяльності, що пришвидшує пульс. Завдяки такому обсягу

фізичної активності ми опинимося десь посередині між родичами-мавпами та перетренованими олімпійцями, а компанію нам складуть мисливці і збирачі. І, якщо пощастить, матимемо сильні серця, витривалі ноги та чистий розум навіть на схилі літ. Будемо здорові як гадза.

Рівень фізичної активності, «схвалений» гадза, добре узгоджується з клінічними та епідеміологічними даними. У всіх спільнотах світу щоденна фізична активність — це один із найважливіших «провісників» того, чи буде життя людини якісним, а чи вона помре молодою. Під час одного масштабного дослідження за участю майже 5000 дорослих американців науковці протягом п'яти-восьми років аналізували, чи впливає рівень щоденної фізичної активності на ризик смерті протягом цього періоду. Імовірність смерті в людей з помірною або енергійною щоденною активністю була на 80 % нижча порівняно з тими, хто провадив малорухливий спосіб життя. Схоже дослідження за участю 150 000 дорослих австралійців продемонструвало, що активні щоденні фізичні вправи протягом однієї години запобігали негативним наслідкам малорухливої роботи. У Данії чоловіки та жінки, які брали участь у відомому «Копенгагенському дослідженні серця» (*Copenhagen City Heart Study*), удвічі знижували ризик смерті завдяки щоденним тридцятихвилинним фізичним навантаженням.

Мій улюблений приклад «золотої середини» фізичної активності — це результати дослідження за участю працівників поштового зв'язку з Глазго. Як ви вже, мабуть, здогадалися, ці чоловіки й жінки багато ходять, розносячи пошту. Листоноші, які щодня робили 15 000 кроків (це приблизно дві години ходіння), майже не мали проблем із серцем та інших метаболічних недуг. І це в *Шотландії*, на батьківщині засмаженого у фритюрі батончика «Марс», де середня тривалість життя одна з найнижчих у Західній Європі! Щоб отримати всі переваги фізичної активності, не треба переїздити в африканську савану чи «косплеїти» мисливців-збирачів.

Однак тим із нас, хто цілими днями клацає по клавіатурі, надсилаючи застарілі меми замість листів, обсяг щоденної активності гадза може видатися геть недосяжним. Центри з контролю та профілактики захворювань у США рекомендують скромні 150 хвилин помірної й енергійної фізичної активності на *тиждень*, і тільки 10 % американців вдається досягти цієї мети. Однак не варто впадати

у відчай. Просто почніть рухатися. Докладіть трохи зусиль, доки не знайдете «свою» активність. Підійміться сходами, поїдьте на роботу велосипедом. Це необов'язково мають бути вправи — просто будь-яка фізична активність, що допомагає регулювати енерговитрати, зменшуючи кількість калорій, витрачених на запалення та інші процеси, що шкодять здоров'ю.

До слова, гадза й інші мисливці-збирачі можуть продемонструвати нам найкращі способи відпочинку. І тут важлива якість, а не кількість. Навіть за відсутності електрики й телевізійних «райських насолод», що повсякчас спокушають мешканців західного світу, гадза, цимане та інші традиційні спільноти сплять стільки ж, скільки й дорослі люди в розвиненому світі — у середньому від семи до восьми годин. Однак вони дотримуються регулярного графіка, що його диктує сонце. У розвинених країнах чимало людей мають позмінний графік, а дисонанс між внутрішніми годинниками й режимом сну може знижувати добові енерговитрати та підвищувати ризик появи кардіометаболічних захворювань. Протягом дня гадза присвячують відпочинку приблизно стільки ж часу, що й мешканці західного світу, — зазвичай просто тиняються табором чи відпочивають під час прогулянки за харчами. Однак у сучасному індустріалізованому світі ми проводимо забагато часу у зручних кріслах і на диванах, унаслідок чого м'язи стають млявими. Відпочиваючи, чоловіки й жінки з племені гадза використовують активніші позиції, зокрема присідають, напружуючи м'язи живота й ніг. Такий незначний рівень активності м'язів сприяє зниженню рівнів глюкози, холестерину і тригліцеридів.

То який обсяг фізичних навантажень вважають найкращим? Відповідь проста — що *більше*, то краще. У щоденній активності більшість із нас аж надто подібна до шимпанзе — замість виконувати фізичні вправи, ми витрачаємо значну частку калорій на другорядні (і потенційно шкідливі) завдання на кшталт запалення. Тож, якщо регулярно не виходите за межі фізичних можливостей, більше руху аж ніяк не завадить — і повірте, організм вам тільки подякує. Ми повинні усвідомлювати свою малорухливість, уникати тривалого сидіння на стільці й намагатися дотримуватися звичного режиму сну. Якщо ви один із небагатьох, чиї дні не обходяться без кількогодинних тренувань, зважайте на тривожні сигнали, що свідчать про надмірні тренування — скажімо, постійне запаморочення чи застуду, яку ніяк

не вдається вилікувати. А як раптом опинитеся в номері французького готелю, де робитимете собі ін'єкцію синтетичного тестостерону, то це вже точно знак, що треба трохи пригальмувати.

Але ж вага... таки менша?

Тож, якщо фізична активність має стільки метаболічних переваг, невже вона таки не впливає на вагу? Гм, коротка відповідь і досі незмінна — *ні*, і про це свідчать десятиліття досліджень. Як ми вже зауважували в розділі 5, фізичні навантаження не впливають на схуднення, а підвищена фізична активність не надто захищає від реальної проблеми, що спричиняє появу нездорової зайвої ваги, — переїдання. Однак є два важливі нюанси, що стосуються впливу фізичних навантажень на організм, і вони заслуговують на нашу увагу.

По-перше, відсутність фізичної активності — цілоденне сидіння на дивані чи за столом — з великою ймовірністю негативно впливає на здатність організму регулювати метаболічні завдання, *включно* з регуляцією харчування. Фізичні навантаження мають усеохопний вплив — вони відправляють гормони й інші молекули в усі куточки організму. Без таких сигналів та зв'язку система не працює як слід. Це нагадує ситуацію з мільярдером-відлюдником, який місяцями живе в темряві, не контактуючи з людьми, — дивацтво тільки прогресує. Основні завдання клітинної гігієни на кшталт розщеплення ліпідів у крові чи транспортування глюкози до клітин зазнають серйозних порушень.

Одні з найкращих і найперших доказів того, що малорухливість небезпечна, отримали в геті несподіваному місці — на джутовій фабриці *Ludlow Jute* в Ченгелі, що в Індії. У 1956 році фізіолог Жан Маєр з Гарварду спільно з дієтологом та лікарем прибули на велику фабрику (на той час там працювало понад 7000 робітників), щоб вивчати вплив щоденної активності на їхню вагу. Дослідники класифікували 213 працівників згідно з фізичними вимогами роботи — починаючи з власників, які сиділи в кабінетах шість днів на тиждень, і закінчуючи носильниками, які тягали 190-фунтові тюки джути. Загалом обсяг щоденної фізичної активності не впливав на вагу: офісні працівники, які «перебирали папери», важили стільки ж, скільки й вуглярі, чия праця передбачала значно більше навантажень

(рис. 7.2). Інша історія — надзвичайно малорухливі працівники. Власники, чий спосіб життя Маєр описує як «надзвичайно інертний», важили на 50 фунтів більше, ніж інші чоловіки. Контролери, які потрапили до другої найбільш малорухливої групи, були важчі на 30 фунтів. Звичний механізм стримувань і противаг, що забезпечує збалансованість споживання й витрат енергії, у них чомусь не працював.

Механізми, що спонукають «надзвичайно інертних» людей переїдати, досі не визначені. І йдеться не про те, що малорухливі особи мають нижчий рівень добових енерговитрат — насправді не все так просто. Бо ж якби це було так, ми помітили б зв'язок між щоденною активністю й вагою в усіх чоловіків, а не тільки в найбільш неактивних. Брак взаємозалежності між активністю й вагою — це поширене явище. Нещодавно під час одного дослідження Лара Дугас та Емі Люк разом із колегами протягом двох років стежили приблизно за двома тисячами чоловіків і жінок із США та чотирьох інших країн. Спостереження продемонстрували: рівень щоденної фізичної активності, що його вимірювали за допомогою акселерометра, зовсім не впливав на вагу. Фізична активність більшості людей та витрачена на неї енергія не впливають на вагу.

Переконливіше пояснення полягає в тому, що фізична активність змінює те, як мозок регулює відчуття голоду й метаболізм. Здається, що регулярні фізичні навантаження допомагають мозку збалансувати апетит і потреби в калоріях. У цій справі важливу роль відіграє й запалення. Надмірне споживання жирних продуктів, що містять багато енергії, може спричинити запалення гіпоталамуса, що, своєю чергою, призводить до порушення сигналів голоду й ситості, а також набирання зайвої ваги (принаймні про це свідчать дослідження за участю щурів). Звісно, це припущення, але цілком можливо, що хронічне запалення, спричинене браком активності, призводить до аналогічних негативних наслідків для мозку.

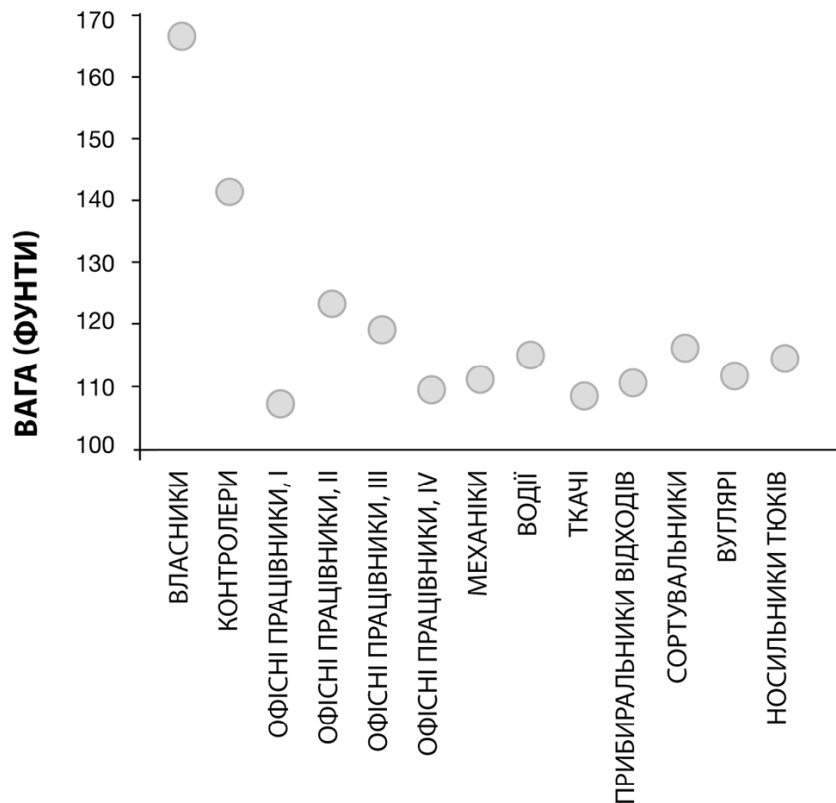


Рис. 7.2. Середня вага чоловіків, які брали участь у дослідженні Маєра 1956 року на фабриці *Ludlow Jute*. Учасників об'єднали в групи та класифікували за фізичними вимогами їхньої діяльності, починаючи з малорухливих власників і закінчуючи носильниками тюків, чия робота була пов'язана з великими навантаженнями. Зв'язку між щоденною фізичною активністю й вагою виявлено не було, за винятком осіб з найбільш малорухливим способом життя.

Незалежно від механізму цього явища очевидно, що відсутність активності протягом багатьох годин упродовж дня завдає здоров'ю неабиякої шкоди. Як бачимо з результатів дослідження, проведеного на джутовій фабриці, максимальна бездіяльність може призвести до неврегульованого харчування й нездорового набирання ваги. Щоденне тривале сидіння чи то за столом, чи перед телевізором — це серйозний провісник серцево-судинних захворювань, діабету, раку й низки інших небезпечних проблем. Щороку понад п'ять мільйонів смертей у всьому світі пов'язані саме з малорухливим способом життя. Модернізація

тягне нас в приміщення, якомога далі від сонця — у теплі обійми комп'ютерного монітора, а «мавпоподібна» млявість убиває.

Другим нюансом, що стосується зв'язку між активністю й вагою, є те, що фізичні вправи можуть стати у пригоді, коли хочете закріпити результат схуднення. Фізичні навантаження не є ефективним інструментом *схуднення*, однак скидається на те, що вони допомагають людям *утримувати* вагу на бажаному рівні. Яскравим підтвердженням стало дослідження за участю бостонських поліцейських з ожирінням (зауважте: це не учасники вищезгаданого дослідження рівня тестостерону). Протягом двох місяців чоловіки мали дотримуватися однієї з двох програм схуднення: тільки дієта й дієта плюс фізичні вправи. Як і варто було очікувати, особливої різниці у втраті ваги в обох групах не виявили. Однак щойно процес активного схуднення завершувався, учасники, які виконували фізичні вправи, утримували вагу на певному рівні набагато успішніше (рис. 7.3). Це стосувалося як чоловіків, які були фізично активні протягом перших двох місяців, так і тих, хто починав з «тільки дієти». Траплялося й навпаки: вага чоловіків, які не виконували фізичних вправ після схуднення, повернулася.

Один із найпереконливіших доказів на користь того, що фізичні вправи допомагають утримувати вагу на певному рівні, є результати Національного реєстру контролю ваги (*National Weight Control Registry*), онлайн-групи, що об'єднує понад 10 000 чоловіків і жінок, які схудли щонайменше на 30 фунтів і підтримували незмінну вагу як мінімум протягом року. Ці люди кидають виклик цинічному переконанню, що значуща втрата ваги з подальшими стабільними результатами неможлива. Середньостатистичний учасник реєстру — це той, хто втратив понад шістдесят фунтів і утримував свій результат більш ніж чотири роки. Це надзвичайні люди.

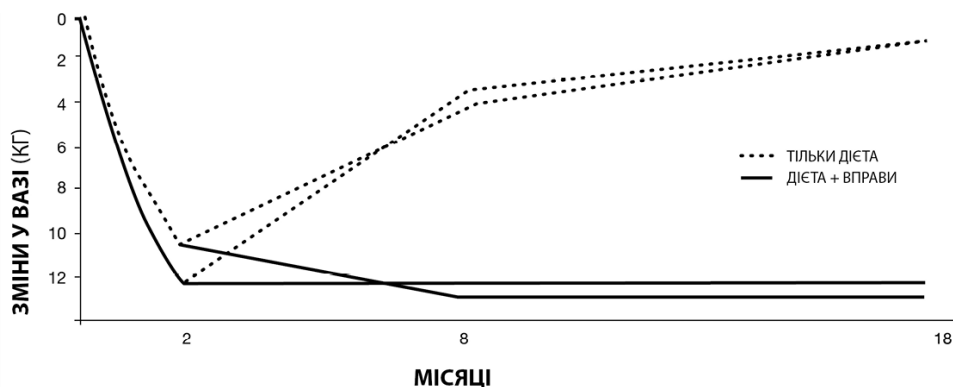


Рис. 7.3. Втрата та збільшення ваги в чоловіків із дослідження бостонських поліцейських. Фізичні вправи додатково до дієти зі зниженою калорійністю не впливали на втрату ваги під час двомісячної активної фази схуднення. Водночас чоловіки, які виконували фізичні вправи після програми, значно успішніше підтримували вагу. Ті, хто не займався спортом після фази активного схуднення, зрештою знову набрали втрачені кілограми.

Більшість із того, що нам відомо про учасників «Реєстру», — це дані, отримані з опитувальників, і цей факт варто запам'ятати. Як відомо, люди — досить ненадійні джерела інформації, коли йдеться про їхню дієту, фізичні вправи чи вагу. Утім, у всіх історіях успішного схуднення простежуються спільні моменти — і досить цікаві. Майже всі опитувані (98 %) зауважували, що для схуднення їм довелося змінити раціон, і це цілком логічно, зважаючи на те, як харчування може впливати на системи винагород і ситості в мозку, а також на те, скільки ми їмо (розділ 6). Крім того, учасники повідомляли про підвищену фізичну активність — найпоширенішим навантаженням було ходіння.

Утім, більш показовими є практичні дослідження за участю представників «Реєстру», під час яких збирали достовірні дані щодо їхнього метаболізму та способу життя. Зокрема, у дослідженні 2018 року щоденну фізичну активність членів «Реєстру» (яку вимірювали за допомогою акселерометрів) порівнювали з активністю людей із двох інших груп: дорослих з ожирінням, які важили стільки ж, скільки й представники «Реєстру» до схуднення,

і дорослих із нормальною вагою, які ніколи не потерпали від ожиріння та мали таку саму вагу, як члени «Реєстру» після схуднення. Як можна було очікувати (зважаючи на результати дослідження за участю бостонських поліцейських), члени «Реєстру» щодня приділяли легкій фізичній активності (на кшталт звичайної ходьби) майже на одну годину більше, а помірній та енергійній — майже на сорок хвилин більше, ніж ті, хто мав ожиріння. Здавалося, що саме фізичні вправи допомагали учасникам «Реєстру» тримати вагу на стабільному рівні.

Показово й те, що члени «Реєстру» мали вищий рівень щоденної фізичної активності порівняно з дорослими людьми з нормальною вагою, які ніколи не потерпали від ожиріння. Інакше кажучи, вони докладали значно більше зусиль, щоб утримувати вагу на певному рівні, аніж ті, хто ніколи не мав ожиріння. Додаткове дослідження, під час якого вимірювали добові витрати енергії, допомогло пояснити причину такого явища. Попри меншу вагу й нижчі рівні основного обміну, учасники «Реєстру» мали такі самі витрати енергії, що й дорослі з ожирінням. Їхні тіла, а точніше системи керування вагою в мозку, застигли на старому рівні енерговитрат (тому, що був до схуднення), зосередившись на кількості калорій, спалюваній до втрати ваги, коли вони мали значно більші розміри. Щоб зберегти енергетичний баланс та утримати вагу на певному рівні, учасники «Реєстру» мали знайти спосіб спалити всі ці калорії. І тут стали в пригоді фізичні вправи.

Добові витрати енергії членів «Національного реєстру контролю ваги» проливають світло на внутрішні механізми наших розвинених «метаболических двигунів». З одного боку, вони дають змогу припустити, що рівень щоденного споживання енергії, на який орієнтується наш гіпоталамус, не надто змінюється після схуднення за допомогою дієти, навіть якщо ми роками підтримуємо меншу вагу. Він не зазнає змін навіть після зникнення реакції на голод — і навіть після того, як основний обмін повертається до норми. Можливо, якимось глибоке, віддалене відлуння реакції на голод спонукає гіпоталамус орієнтуватися на попередній рівень споживання. Також можливо, що обмеження добових енерговитрат впливає на регулювання споживання енергії — організм опирається будь-яким змінам, пов'язаним із кількістю спожитих калорій. У будь-якому разі це, безперечно, проблема. Як ми вже зауважували в розділі 3, схуднення знижує рівень

наших добових витрат енергії. Якщо залежні від гіпоталамуса системи голоду й ситості далі орієнтуються на рівень споживання, який ми мали до схуднення, нас «спонукатимуть» споживати більше калорій, аніж спалюємо. У результаті втрачені кілограми поступово повертатимуться, аж доки вага та енерговитрати не сягнуть рівнів, наявних до схуднення. Звучить знайомо, чи не так?

Фізичні вправи — це єдиний спосіб утримувати вагу на певному рівні за обмежених витрат енергії; завдяки їм люди можуть відновити попередні рівні споживання й витрат, не повертаючи зайвої ваги. Як ми вже зауважували, фізичні навантаження також допомагають мозку збалансовувати споживання й витрати енергії. Цілком імовірно, що саме фізичні вправи допомагають людям, яким вдається успішно утримувати стабільну вагу, повернутися до попереднього рівня енерговитрат і регулюють кількість спожитої їжі.

Вихід за межі

Кілька років тому, відвідуючи конференцію, присвячену обміну речовин, якось увечері я опинився в барі готелю, де поспілкувався з колегою, котрий усе професійне життя досліджував витрати енергії та ожиріння. Того дня, але трохи раніше, я виступив із промовою, озвучивши докази обмеженості добових енерговитрат. Звісно, подробиці тієї розмови досить розмиті, але загалом вона тривала в такому ключі:

— Може, ви й маєте рацію щодо того, що фізичні вправи не надто підвищують добові енерговитрати і не сприяють схудненню, — зауважив колега. — Та варто бути обережнішим, адже щойно люди дізнаються, що завдяки фізичним навантаженням не схуднеш, вони ними нехтуватимуть. Бо ж «уникнення смерті» — то не надто великий стимул. Коли йдеться про фізичні вправи, єдина надійна мотивація — марнославство.

То був «нефільтрований» погляд розчарованого науковця на вроджену слабкість людського роду — він-бо знав, що й до чого. І, гадаю, мав рацію. Коли йдеться про внутрішні бажання, ледачі родичі-мавпи є нашим віддзеркаленням — і на значно глибшому рівні, ніж визнаємо. Глибоко в підсвідомості ми й досі прагнемо цілісінький день вилежуватися, ласуючи смаколиками і причепурюючись.

«Людські зоопарки», які будують в розвиненому світі, неабияк полегшують шлях до цієї мети. *Звісно*, ми воліли б уникнути серцевих захворювань. Однак передусім треба поглипати на екран смартфона... або перекусити... чи трохи відпочити. Якщо фізичні вправи не зроблять мене сексуальним, вони можуть зачекати.

Небезпека полягає в тому, що фізичні навантаження зазвичай рекламують як спосіб схуднути, тоді як вони щодо цього неефективні. З часом люди помічають, що результати не відповідають попереднім обіцянкам. Дехто все одно продовжить заняття, зауваживши безліч інших переваг — поліпшення настрою, чистий розум, сильне тіло, — і проігнорує факт «наживки-і-перемикача». Та якби представники галузі охорони здоров'я були чеснішими щодо того, що вони «продають», задоволених клієнтів стало б значно більше. Завдяки фізичним вправам ви не схуднете, однак житимете.

Фізичні навантаження не тільки змушують наші «метаболічні двигуни» обертатися — вони роблять щось значно більше. Це ритм-секція нашого масштабного внутрішнього оркестру, завдяки якій 37 мільярдів клітин працюють в одному ритмі. Обмеження добових енерговитрат не зменшує важливості фізичної активності, а навпаки. Той факт, що добові витрати енергії обмежені, допомагає пояснити, чому фізичні вправи мають такий усеохопний вплив на наш організм. У моїй лабораторії (і не тільки) триває кропітке вивчення впливу фізичної активності на інші системи нашого організму. Це воістину захопливий час для досліджень. Поза сумнівом, крім впливу фізичних вправ на метаболізм і решту організму, на нас очікують ще більше дивовижних відкриттів.

Водночас докази про обмеженість добових енерговитрат порушують нові питання. Як можна поєднати ідею про те, що енергетичні витрати обмежені, з приголомшливими режимами тренувань висококласних спортсменів, альпіністів та дослідників Арктики? Як побачимо в останніх двох розділах, механізм обміну речовин, що керує спортсменом на тріатлоні *Ironman*, учасником перегонів «Тур де Франс» чи мандрівником, який долає арктичні простори, такий самий, що й у вагітних жінок. Хоч ці «подвиги» неабияк вражають, вони не дають повного уявлення про причини нашої невиситимої жадоби до енергії. Унаслідок еволюції потреби нашого виду в енергії вийшли за межі того, що здатен забезпечити організм. Калорії, якими щодня

розпоряджаємося, формують сучасний світ і водночас загрожують нашому існуванню в довгостроковій перспективі.

Розділ 8. *Максимальні енерговитрати: межі людської витривалості*

На перший погляд, Брайс Карлсон звичайний чоловік віком приблизно сорок років. Довготелесий та усміхнений — помітно, що він у хорошій формі, але водночас і не вирізнявся б на офісній вечірці, як той, хто прокидається ще до світанку, щоб позайматися спортом ще до початку робочого дня, і принагідно зауважує, що в обідню перерву готується до марафону. Безумовно, він претендент на щорічну премію в розмірі п'яти тисяч доларів, та аж ніяк не світовий рекордсмен із надлюдськими можливостями.

Зовнішність буває оманливою.

Уранці 20 червня 2018 року в гавані Квіді-Віді, що на узбережжі Ньюфаундленду, Брайс зі щасливою усмішкою помахав на прощання невеличкому гурту місцевих мешканців і журналістів. Кинувши оком на годинник — була рівно восьма ранку, — він ухопився за ручки весел із вуглеволокна й *потягнув* їх на себе, відчуваючи плечима та спиною всю вагу човна «Люсіль». То був не звичайний човен — він радше скидався на космічний корабель із веслами, гладеньким білосніжним яйцеподібним корпусом і крихітною кабіною на носі. А ще то не був звичайний день на воді. Відпливаючи від берега спиною до океану, цей чоловік намагався увійти в історію. Він планував перетнути Північну Атлантику, сподіваючись дістатися на веслах архіпелагу Сіллі на південному узбережжі Англії самотужки, без жодної підтримки.

Попри наявність GPS та іншого технічного оснащення, план був надто ризикований. З чотирнадцятьох осіб, які наважувалися на такі божевільні пригоди до Брайса, тільки восьмеро допливли до мети. Двоє потонули в темних і холодних водах Північної Атлантики, їхні тіла забрало море. Однак Брайс не обмежував себе у мріях. Він мав намір не просто вижити під час мандрівки, але й зробити щось неймовірне. Брайс претендував на світовий рекорд за найшвидшу

подорож на веслах через Північну Атлантику. У них із «Люсіль» було 53 дні, щоб дістатися Англії.

Утім, не все йшло як по маслу. Ще на початку подорожі вийшов з ладу основний опріснювач, що мав постачати чисту воду. Човен перекинувся з добрий десяток разів, і солоня вода просочилася в бортові електронні пристрої, зіпсувавши систему навігації. Однак Брайс витримав і ці негаразди. А похмурого суботнього вечора на початку серпня мандрівник прибув у гавань Сент-Мері в архіпелазі Сілли й зійшов зі своєї «Люсіль» як герой. На березі зібралися сотні людей, які хотіли бодай краєчком ока побачити нового світового рекордсмена. Брайс перетнув Північну Атлантику за 38 днів 6 годин і 49 хвилин, просто-таки розгромивши попередній рекорд.

Однак мандрівка не минула марно. Протягом неї Брайс щодня споживав від 4000 до 5000 ккал, але витрачав набагато більше. Він прибув до пункту призначення, втративши 15 фунтів, і, хоч отримував багато енергії, щодня спалював майже 625 ккал з жирової та м'язової маси. Якщо додати до енергії, отриманої з їжі, енергію з його власного організму, то під час подорожі Брайс щодня спалював значно більше, ніж 5000 ккал.

На просторах океану Брайс був сам-один, проте його метаболізм мав добру компанію. В інших витривалих спортсменів теж трапляються високі добові енерговитрати. Під час перегонів «Тур де Франс» велосипедисти спалюють 8500 ккал на день. Стільки ж енергії можуть витратити й учасники дванадцятигодинного тріатлону *Ironman*. «Людина-дельфін» — плавець Майкл Фелпс, який здобув двадцять три золоті медалі на Олімпійських іграх, — під час активної підготовки щодня споживав 12 000 ккал. Здається, що такі подвиги кидають виклик ідеї обмеженості добових енерговитрат і здатності організму пристосовуватися до фізичних навантажень та утримувати витрати енергії в межах норми — від 2500 до 3000 ккал на день. У цьому розділі ми дослідимо зазначену загадку й окреслимо межі людських енерговитрат. Ви переконаєтеся, що метаболічний механізм, який обмежує витрати енергії протягом дня, водночас встановлює певні межі для наших найекстремальніших амбіцій. Щоб вийти за межі людської витривалості, не потрібно бути «надлюдиною». Ваша мама може це підтвердити.

Це питання часу

Як швидко ви бігаєте? Це просте запитання, на яке немає простої відповіді. Ваша максимальна швидкість залежить від причини бігу та глибини мотивації. Тікаєте від лева? Граєте в софтбол «пивної ліги»? А ще вона залежить від *тривалості* бігу. Ви можете щодуху мчати вперед протягом кількох секунд, але якщо треба бігти мильо, доведеться трохи «скинути оберти». Наша максимальна швидкість лежить уздовж континууму від коротких швидких забігів до триваліших, але повільніших пробіжок. Більшість із нас знають про цю особливість організму ще з часів шкільної гри у квача.

Вплив часу на витривалість такий інтуїтивний та інстинктивний, що ми його навіть не помічаємо. Однак фізіологія втоми не зрозуміла до кінця. Науковці й фізіологи, які працюють у галузі спорту, досі сперечаються щодо механізмів, за допомогою яких організм встановлює певні обмеження (щоб поспостерігати за цією «науковою бійкою» з першого ряду, раджу звернути увагу на чудову книжку Алекса Гатчинсона «Витривалість» (*Endure*)). Утім, щодо одного можемо бути певні: коли ми виходимо за межі своїх можливостей, ідеться не тільки про те, що організму бракує «пального». Натомість ваш мозок враховує сигнали з усього організму, включно з побічними метаболічними продуктами роботи м'язів, температурою тіла, вашим сприйняттям навантаження й очікуваним обсягом роботи, яку ще слід виконати. Він використовує цю інформацію, щоб регулювати наші максимальні зусилля. Коли буквально падаєте від виснаження, вас «вимикає» саме мозок, і ви не здатні впливати на його рішення. Як ми встигли переконатися на прикладі гіпоталамуса та його здатності контролювати апетит і метаболізм, нейронні системи, що відповідають за витривалість і втому, працюють глибоко в мозку, за межами нашої свідомості.

У 1990-х роках нейронний контроль втоми й витривалості вважали досить суперечливою концепцією, однак доказова база збільшувалася, і його почали сприймати більш схвально. По-перше, з лабораторних досліджень і власного досвіду було зрозуміло, що в організмі геть виснаженої людини ще досить «пального». Навіть коли відчуваємо, що досягли максимуму можливостей, у наших утомлених м'язах ще

є чимало АТФ, а в крові циркулюють глюкоза та жирні кислоти. Ми повсякчас бачимо, як провідні бігуни після фінішу в тривалому забігу знесилено падають на землю, а за хвилину підводяться й біжать «переможне коло», усміхаючись глядачам. По-друге, нейронний контроль втоми допоміг пояснити дивний вплив настрою та сприйняття на продуктивність. Марафонці світового рівня, які протягом двох годин працюють за межею можливостей, усе одно здатні бігти ще швидше, коли йдеться про фінальний ривок — відчай і рішучість можуть розкрити прихований спортивний потенціал. І навпаки — лабораторні дослідження свідчать, що розумова втома знижує витривалість. Спортсмени і тренери з усього світу чудово знають: як хочеш здобути перемогу, важливо мати правильний настрій.

Провідна роль мозку у відчутті перевтоми допомагає пояснити зв'язок між витратами енергії та витривалістю (рис. 8.1). Цей вплив найлегше помітити на прикладі бігу, однак те саме стосується і плавання, їзди на велосипеді та інших видів спорту. Як ми вже зауважували в розділі 3, швидший біг означає, що ви швидше спалюєте калорії. Це лінійний ефект: пришвидшення бігу на 10 % змушує вас спалювати енергію на 10 % швидше. Це не надто відрізняється від принципу роботи автомобільного двигуна: збільшення швидкості на 10 % загалом означає, що ви спалюєте бензин зі швидкістю, що зростає на 10 % (або розряджаєте акумулятор на 10 % швидше, якщо у вас електромобіль). Водночас між вашим «метаболічним двигуном» і двигуном автівки є важливі відмінності. Коли йдеться про автомобіль, швидкість не надто впливає на те, як далеко можете заїхати з повним баком чи зарядженим акумулятором; вона визначає те, як швидко у вас закінчиться паливо. Що ж до бігу, то швидкість істотно впливає на те, скільки енергії ви спалите, перш ніж сягнете межі можливостей. Що швидше біжете, то менше енергії загалом спалите, перш ніж упадете з ніг. Пробіжіть мильо і знесилено впадіть, спаливши 100 ккал. Пробіжіть марафон — і так само виснажено впадіть, спаливши 2600 ккал. Наш організм не зупиняється, щойно закінчується паливо (хоч відчуття зазвичай саме таке). Важлива витривалість.

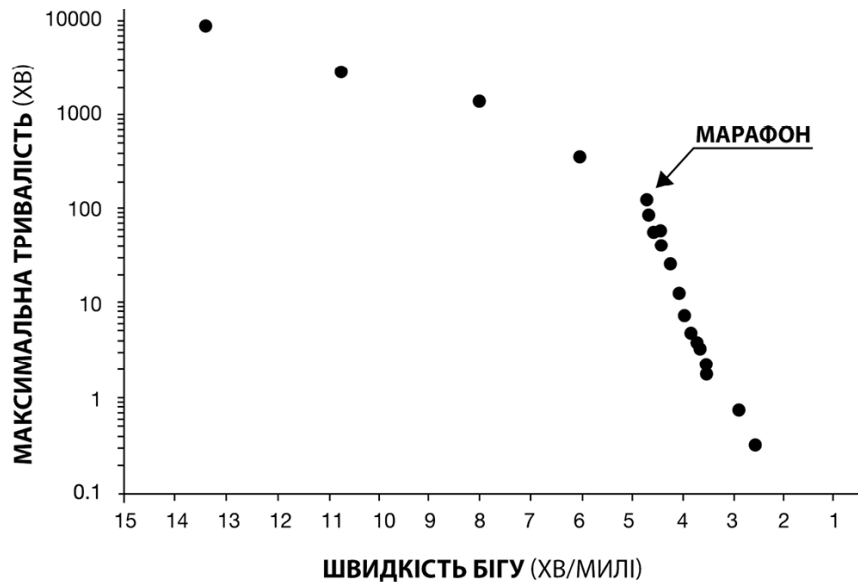


Рис. 8.1. Витривалість, вимірювана як максимальний час, протягом якого ви здатні витримувати певне навантаження, тісно пов'язана з вихідною потужністю. Тут зазначені рекордні часові результати відносно швидкості бігу на дистанції від 800 метрів до понад 600 миль. Під час марафонів швидкість наближається до $VO_2 \max$. На вищій швидкості витривалість різко знижується, оскільки організм змушений покладатися на анаеробний метаболізм, щоб отримати ще більшу потужність.

Здатність швидкості впливати на втомлюваність можна пояснити зміною типу «пального», що його ваш організм спалює під час навантажень. Під час відпочинку чи активності з невеликою інтенсивністю (скажімо, коли читаете цю книжку або прогулюєтеся в парку) пріоритетним паливом для організму є жир. Якщо розглядати це як біологічну стратегію, усе цілком логічно: ви маєте майже необмежений запас енергії (жир), і, хоч процес його оброблення та спалювання заради АТФ досить тривалий, за низького рівня енерговитрат ми не потребуємо нічого швидшого. Зі збільшенням інтенсивності навантажень до суміші «пального» додається глюкоза. Вона почасти надходить із цукру, що циркулює в крові, а почасти із запасів глікогену у м'язах. На відміну від жиру, глюкоза спалюється легше й швидше (навіть якщо її отримали внаслідок розщеплення глікогену). Така «швидка доступність» допомагає налагодити стабільне

постачання АТФ до м'язів за різкого зростання інтенсивності навантаження й потреб в енергії.

Саме через залежність від глюкози під час високоінтенсивних навантажень учасники перегонів часто говорять про важливість «вуглеводного завантаження» й дуже ретельно розплановують споживання енергетичних напоїв та батончиків під час змагань. Коли запас вуглеводів для спалювання вичерпується, організм неначе отримує жахливий «удар», поринає в ослаблений, млявий, зомбіподібний стан, за якого змушений підживлювати себе запасами жирів, процес спалення яких значно повільніший. Ви можете навчити організм регулювати суміш спалюваних жирів і глюкози — саме до цього вдаються деякі учасники перегонів, тренуючись із вичерпаними запасами вуглеводів, щоб їхні організми навчилися спалювати більше жирів і заощаджувати дорогоцінну глюкозу (шляхи спалювання жиру, зображені на рис. 2.1, зміцнюються — почасти завдяки виробленню більшої кількості необхідних ферментів). Однак у постачанні енергії з жиру є певні обмеження, тож у день змагань усі покладаються на вуглеводи як основне джерело «пального».

За умов невинного зростання швидкості бігу й енерговитрат якоїсь миті мітохондрії вже не можуть досить швидко продукувати АТФ, щоб задовольнити попит організму навіть за стабільного надходження глюкози. Якщо сягнете цієї точки, а ми виміряємо рівень вашого споживання кисню в лабораторних умовах, то побачимо, що він сягнув плато й залишається стабільним, хоч швидкість і потреби в енергії далі зростатимуть. Після цього ви довго не протримаєтеся. Ця «контрольна точка» — максимальне споживання кисню ($\text{VO}_2 \text{ max}$), межа вашої аеробної витривалості. Ланцюг постачання, що транспортує кисень і глюкозу до клітин, а потім перетворює їх на АТФ за допомогою мітохондрій, сягнув межі. Він просто не може постачати енергію швидше.

Оскільки аеробне виробництво АТФ перевищило будь-які ліміти, м'язи змушені покладатися на анаеробний метаболізм (розділ 2). Рівень анаеробного метаболізму зростає, як і рівень продукування CO_2 , хоч споживання кисню залишається незмінним; рН крові стає більш кислим. Глюкоза у клітинах розщеплюється на піруват, молекулу, що «стрибне» в мітохондрію, перетвориться на ацетил-КоА й підживить цикл Кребса, що зрештою дасть змогу отримати чимало АТФ

(рис. 2.1). Однак біля мітохондрії утворюється «затор», і зайвий піруват доводиться перенаправляти, перетворюючи його на лактат, а тоді на молочну кислоту. М'язи починають «горіти». *Як довго ви ще протримаєтеся?* Останнє слово за мозком. Кожному бігуну знайомий темний, безформний голос, що починає стогнати глибоко в голові, бажаючи вас *зупинитися*. Його гучність та інтенсивність збільшуються, аж доки не поглинають вас до останку, тож зрештою ви змушені здатися, бо просто не можете рухатися далі. Ви вповільнюєтеся чи засапано падаєте на землю безладною купою.

Витрати енергії та верхня межа максимального споживання кисню ($\text{VO}_2 \text{ max}$) — це тільки одна частина пазлу, що визначає межі вашої витривалості, але вона дуже важлива. Мозок ретельно фіксує той момент, коли організм переходить від аеробного метаболізму до більш проблемної комбінації аеробного й анаеробного обмінів. Коли провідні спортсмени досягають максимальної швидкості споживання кисню ($\text{VO}_2 \text{ max}$), витривалість різко знижується (рис. 8.1). Марафонець світового рівня може підтримувати темп 4:42 хв на милю трохи довше, ніж дві години, *майже* сягаючи свого $\text{VO}_2 \text{ max}$. Збільште його швидкість лише на 5 % (до 4:28 хв/миля), і час, протягом якого він зможе триматися в такому темпі, удвічі зменшиться. Він перетнув межу максимального споживання кисню, і те, що живлення м'язів тепер залежить від анаеробного метаболізму, сигналізує мозку, що слід припинити навантаження, перш ніж станеться якесь лихо. Якщо ж він прискориться, витривалість — максимальний час, протягом якого спортсмен зможе бігти, перш ніж остаточно знесилиться, — далі стрімко знижуватиметься, оскільки організм дедалі більше покладатиметься на анаеробний метаболізм.

Механізм обміну речовин вимальовує невидимий внутрішній ландшафт кожних перегонів на витривалість. Марафони захопливі, бо передбачають біг «краєм прірви», на межі максимального споживання кисню (рис. 8.1), коли кожен спортсмен аналізує можливості власного тіла й намагається оцінити суперників, водночас вираховуючи вигідний час для ривка. Верхня межа максимального споживання кисню перетворює забіги на короткі дистанції на своєрідний «кривавий спорт», коли кожен учасник намагається визначити

правильну комбінацію рівнів кисню та болю, щоб бігти дедалі швидше й водночас не «вибухнути» ще до фінішу.

Утім, звичні легкоатлетичні змагання зазвичай досить короткі. Навіть марафон можна пробігти менш ніж за три години — звісно, якщо ви швидкі. А як щодо *справді* тривалих змагань? Отих-от негламурних і нескінченних «фестивалів страждань»? Уявіть: ви з командою протягом трьох місяців перетинаєте Антарктику на санях із собаками, і сани з усіма запасами їжі падають у бездонну ущелину; відчайдушно прагнучи вижити й повернутися додому, ви починаєте їсти собак по черзі. Звісно, такі «екстремальні ситуації» трапляються нечасто, однак дедалі більше дослідників відстежують витрати енергії в людей на кшталт Брайса — тих, хто виходить за межі людських можливостей. І те, що ми дізнаємося з таких досліджень щодо витривалості, змінює наше уявлення про метаболічні межі.

Витривалість: дні, тижні, місяці...

Приголомшлива подорож Брайса Карлсона через Північну Атлантику не була його найдовшою експедицією. Перш ніж перетнути океан, цей чоловік перетнув континент.

Уранці 16 січня 2015 року на пляжі Гантінгтон, що в Каліфорнії, зібралася відважна й весела команда бігунів — за їхніми спинами виднівся Тихий океан, а кросівки занурювалися в пісок. Звісно ж, там був і Брайс — він долучився до десятка чоловіків та жінок, яким уже дуже кортіло бігти. Того дня одному з учасників, Ньютонові з Вермонту, виповнювалося сімдесят три роки, однак бігуни зібралися на пляжі не для того, щоб задмухувати свічки на святковому торті. От-от мав початися сміливий трансконтинентальний забіг *Race Across the USA*.

Він стартував рівно о восьмій ранку — учасники легким кроком рушили «міськими джунглями» Південної Каліфорнії, прямуючи на залитий сонцем схід. По обіді вони завершили марафон, досягнувши «мети дня». Відпочили й заночували в тимчасовому таборі біля фінішної лінії, а прокинувшись наступного дня, усе повторили. А тоді ще раз, і ще... Брайс та решта учасників масштабного забігу *Race Across the USA*, включно з Ньютоном, протягом шести (а іноді й семи) днів на тиждень щодня пробігали марафон, і це тривало 140 днів. Вони

здолали понад 3000 миль, проклавши шлях через пустелі американського Південного Заходу, пагорби й рівнини Техасу, зелені ліси обох Каролін, а тоді рушили на північ до Вашингтона, округ Колумбія, щоб фінішувати біля Білого Дому.

На щастя для нас, Даррен і Сенді Ван Сой — подружжя, яке організувало забіг *Race Across the USA*, — запропонували групі науковців спостерігати за змаганнями (крім того, Даррен був одним із бігунів). Брайс, який на той час був професором університету Пердью та входив до основної групи бігунів, вирішив включити в забіг дослідницький компонент, і подружжя Ван Сой дозволило йому очолити цю справу. За рік до забігу Брайс несподівано підійшов до мене під час антропологічної конференції й поцікавився, чи не хотів би я виміряти витрати енергії в бігунів. Я бачив його вперше і, чесно кажучи, вперше чув про такі змагання, тож пропозиція видалася суцільним маренням. П'ятимісячний забіг на 3000 миль через усю Північну Америку? Скидалося на абсурд — звісно, я миттю на це пристав.

Спільно з колегами Карою Окобок (колишньою аспіранткою з моєї лабораторії) і Ларою Дугас (з нею ви вже познайомилися в розділі 5) ми розробили чіткий план. Передусім запланували вимірювати добові витрати енергії бігунів та їхні рівні основного обміну перед стартом змагань, а тоді двічі під час забігу — на початку й наприкінці. Ми припускали, що результати цих вимірювань дадуть змогу отримати два важливі блоки інформації. По-перше, завдяки двом вимірюванням під час забігу нам вдасться мати надійні показники добових витрат калорій за надмірних фізичних навантажень — рідкісні й дуже цінні дані. По-друге, ми зможемо порівняти рівень добових енерговитрат на початку й наприкінці дослідження, щоб перевірити ідею про компенсацію енергії. Чи адаптується організм бігунів до таких екстремальних навантажень, знизивши енерговитрати, щоб компенсувати значне підвищення витрат енергії на активність? У нашому дослідженні метаболізму погодилися взяти участь шестеро бігунів з основної групи. Польові дослідження з вимірювання добових енерговитрат за допомогою подвійно маркованої води очолила Кейтлін Тербер, аспірантка з моєї лабораторії. Перед початком забігу вона вирушила в Каліфорнію, а п'ять місяців по тому у Вірджинію, де

тривав фінальний тиждень змагань. Вона навіть відстежила двох бігунів, які на півдорозі відірвалися від інших учасників, щоб рухатися у пришвидшеному режимі (це знову-таки доводить, що амбіції та здоровий глузд — то досить відносні поняття). Своєю чергою Лара Дугас ретельно фіксувала показники основного обміну бігунів на початку й наприкінці забігу, хоч дані двох «порушників» їй отримати не вдалося. Один із шести бігунів з нашої вибірки через кілька тижнів припинив участь у змаганнях у зв'язку з травмою.

Завдяки аналізу зразків із водою з подвійним маркуванням, що його Кейтлін здійснила того літа, ми отримали низку приголомшливих результатів. Протягом першого тижня змагань бігуни спалювали очікувану кількість калорій — суму їхніх звичних добових енерговитрат і витрат на навантаження під час марафону (приблизно 2600 ккал). Власне, саме цього ми й очікували. Організму мало одного тижня, щоб звикнути до нового рівня навантажень, який передбачав щоденний марафон, тож витрати на цю фізичну активність просто додалися до звичного «бюджету енергії», що був до змагань. Брайс та інші бігуни в середньому спалювали 6200 ккал на день.

Однак за 140 днів, коли змагання вже добігали кінця, у їхніх організмах щось змінилося. Навіть за умов божевільного навантаження — «один марафон за один день» — бігуни спалювали тільки 4900 ккал на день. Результат теж неабияк вражав, проте енерговитрати були на 20 % менші порівняно з першим тижнем забігу. Почасті таке зниження можна пояснити тим, що на сході значно менше високих пагорбів, або схудненням спортсменів, однак здавалося, що як мінімум 600 ккал на день просто щезли з їхнього добового «енергетичного бюджету». Це була компенсація енергії, обмежений метаболізм у дії: поставши перед надмірними навантаженнями, організми спортсменів знижували енерговитрати на інші завдання, намагаючись контролювати рівень добових витрат енергії. Утім, механізм компенсації енергії не міг уповні впоратися з неймовірно великими витратами енергії, що їх передбачали щоденні марафони, і протягом останніх тижнів забігу рівень добових енерговитрат усе одно перевищував той рівень, що був до початку змагань. Однак організми спортсменів докладали всіх можливих зусиль.

Нам вдалося з'ясувати ще одну цікаву подробицю під час перегляду показників основного обміну, що їх вимірювала Лара Дугас. На відміну від добових витрат енергії, основний обмін спортсменів не зазнав жодних змін від початку й до кінця забігу (якщо бути точним, показники все-таки були трі-і-шки вищі). Компенсація енергії не відобразилася в основному обміні як компоненті добових енерговитрат. Натомість складовою добових витрат енергії, що зазнала суттєвого зменшення, було те, що ми називаємо витратами енергії на активність (ВЕА) — частина добових енерговитрат, яку отримуємо, віднявши від них основний обмін і витрати енергії на травлення. Те, що цей показник зменшувався, тоді як навантаження (один марафон за один день) залишалося незмінним, було дивно, але насправді ми досить регулярно помічаємо вияви компенсації енергії у складовій ВЕА. То як виходить, що зі збільшенням навантажень витрати на активність зменшуються?

Одним із можливих варіантів є те, що люди знижують рівень активності за межами тренувань, щоб зменшити ВЕА, коли навантаження зростає. Дослідник Джеймс Левін назвав це явище «термогенезом позатренувальної активності (ТПА)». Ідея полягає в тому, що організм несвідомо обмежує незначні й майже непомітні види діяльності, під час яких спалюються калорії (на кшталт нервового совання, посмикування чи стояння), у відповідь на підвищені вимоги до енерговитрат з боку фізичних навантажень. Це цікава ідея, що, безперечно, може зробити внесок у механізм компенсації енергії, однак докази на її користь досить суперечливі. Як продемонстрували Ед Мелансон та інші, більшість досліджень, під час яких вимірювали реакцію ТПА на навантаження, засвідчили зовсім незначний її вплив або й узагалі його відсутність. Крім того, складно навіть уявити, що бігуни, які брали участь у змаганнях *Race Across the USA*, заощаджували 600 ккал на день тільки тому, що менше «смикалися» та «совалися».

Ще одним можливим поясненням є те, що ВЕА стосуються не тільки фізичної активності. Наші організми мають чіткий добовий ритм: швидкість обміну речовин у стані спокою (сукупний метаболізм наших органів під час роботи) щоденно функціонує за принципом «американських гірок», рухаючись угору й униз, сягаючи піка в другій половині дня й різко знижуючись уранці. Ми вимірюємо основний

обмін рано-вранці, коли він спадає. Натомість коли розраховуємо ВЕА, віднімаючи від показника добових енерговитрат показник основного обміну й витрати енергії на травлення, то опосередковано ігноруємо денне зростання енерговитрат у стані спокою й натомість об'єднуємо всі витрати калорій, не пов'язані з активністю, у показник ВЕА. Підозрюю, що компенсація енергії, пов'язана з ВЕА, відображає зменшення амплітуди добових коливань енерговитрат у стані спокою. Зростання фізичних навантажень необов'язково знижує мінімальні значення енерговитрат у стані спокою, однак впливає на їхні піки. У результаті зниження показника ВЕА змушує *припускати*, що механізм компенсації енергії запускається внаслідок змін в активності, але насправді він пов'язаний зі зниженням енерговитрат на всі інші завдання — наприклад, здорове пригнічення імунної активності, рівнів репродуктивних гормонів і реакції на стрес, про які йшлося в попередньому розділі. Це «гаряча» галузь досліджень, і працівники моєї та інших лабораторій активно перевіряють ці ідеї.

Це ж аліментарно³¹, Вотсоне

Прагнучи дізнатися, як саме добові енерговитрати бігунів *Race Across the USA* протистояли їхнім тривалим зусиллям, я поринув у наукову літературу, щоб знайти бодай якусь інформацію стосовно обміну речовин у спортсменів під час виснажливих змагань на кшталт тріатлону *Ironman* у Кайлуа-Кона, ультрамарафону Західних штатів, «Тур де Франс», антарктичних трекінгів, військових походів тощо. Я відстежував достовірні оцінки енерговитрат світових рекордсменів забігів на надзвичайно довгі дистанції, починаючи з максимальної відстані, що її пробігали за 24 години, і закінчуючи 46-денним рекордом проходження Аппалачської стежки, яка завдовжки сягає 2200 миль. Я шукав змагання на витривалість, що тривали б довше, ніж забіг *Race Across the USA*, однак зрештою все було марно. Найтривалішою активністю, що потребувала найвищих витрат енергії, була вагітність: тривалість — дев'ять місяців, витрати калорій — 3000 ккал на день, а в третьому триместрі навіть більше.

Якщо поглянути на ці приклади рекордної людської витривалості, можна помітити один очевидний момент: добові енерговитрати були вищими для коротших змагань на кшталт тріатлону й нижчими для триваліших — скажімо, «Тур де Франс». Водночас було складно

порівняти дані з усіх досліджень — здебільшого тому, що їхні учасники дуже різнилися за вагою, що, як нам відомо, впливає на швидкість метаболізму (розділ 3). Щоб урахувати вагу, я зробив те, до чого часто вдаються дослідники обміну речовин: поділив показник добових витрат енергії на показник основного обміну. Отриманий результат, який називають метаболічним діапазоном, усуває вплив ваги, оскільки вона має схожий вплив і на добові енерговитрати, і на рівень основного обміну. Метаболічний діапазон можна розглядати як добові витрати енергії, скориговані за вагою.

Розмістивши показники метаболічного діапазону на графіку відносно тривалості змагань, я отримав приголомшливий і прекрасний результат. На екрані ноутбука просто перед моїми очима вимальовувалася елегантна чітка лінія, граційна дуга, що линула вниз від високих показників витрат енергії під час коротких змагань і до нижчих показників тривалих подій (рис. 8.2). Я усвідомив, що дивлюся на справжню мапу.

Ці точки й лінія позначали межі людської витривалості. Я миттю розмістив на графіку дані з усіх інших досліджень витривалості, що їх вдалося знайти, — від військових навчань до спортивних тренувань. Кожен показник слухняно опинявся в межах людських можливостей, і жоден їх не перетнув. А як щодо вагітності? Показник опинився біля самої межі, позначивши дальній кінець метаболічних можливостей. Матері при надії випробовували метаболічні межі на міцність так само, як і велосипедисти з «Тур де Франс». Вагітність — то справжній ультрамарафон.

Можемо бути певні, що верхня метаболічна межа на рис. 8.2 — це реальна межа, оскільки нікому ще не вдавалося її перетнути. Висококласні велосипедисти, тріатлети й усі, хто наближався до «краю» метаболічного світу, тренуються заради цього протягом усього життя. Те саме роблять і їхні суперники, тож зрештою змагання зводяться до мінімального відриву, коли після годин чи навіть тижнів перегонів суперників відділяють один від одного секунди. Якби їм вдавалося «пробити метаболічну стелю» — скажімо, якби протягом чотиритижневого «Тур де Франс» велосипедист мав метаболічний діапазон ультрамарафонця, вони здобували б перемогу вже за кілька годин, завершуючи кожен етап із багатомильним відривом від решти спортсменів. Однак вони того не роблять, бо не можуть. Ці люди

не здатні вийти за межі людських можливостей, вони здатні тільки підштовхувати себе до межі й сподіватися, що суперники знесиляться першими.

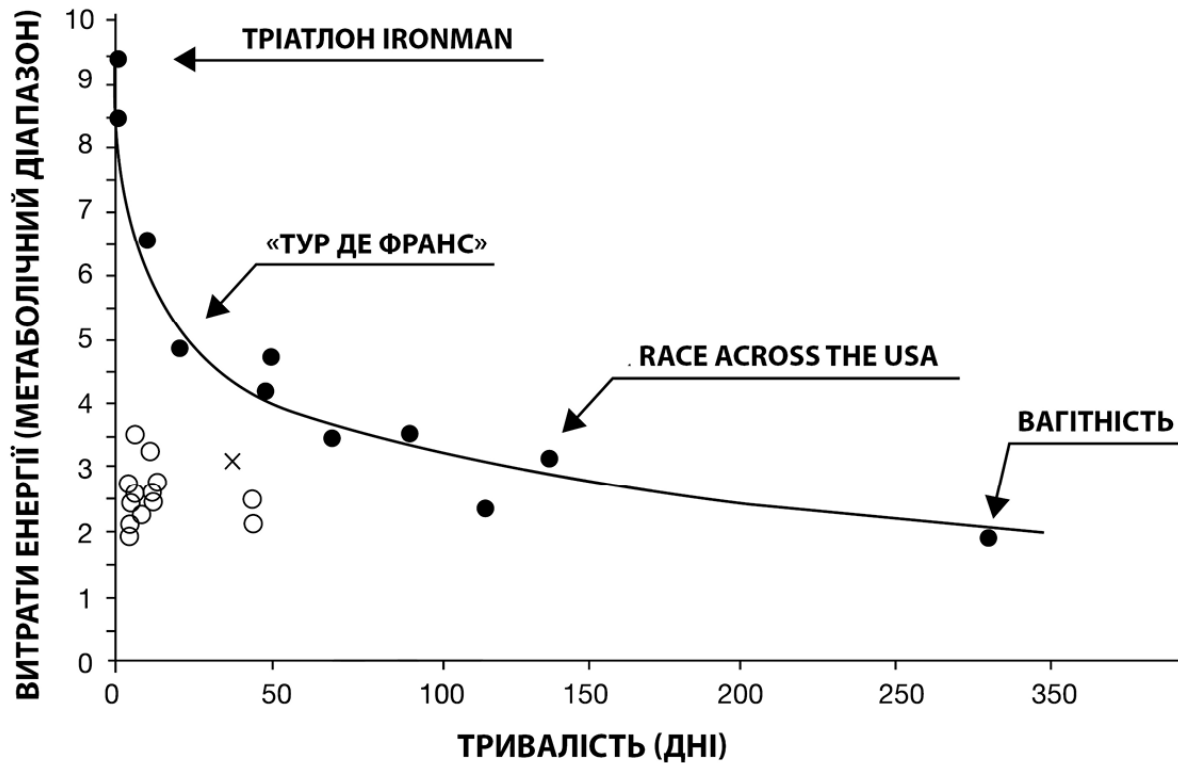


Рис. 8.2. Межа витривалості (продемонстрована як метаболічний діапазон або кратне основного обміну) для подій, що тривають протягом днів, тижнів чи місяців. Суцільні чорні кола позначають дані, отримані під час навантажень на межі людської витривалості (деякі з них підписані). Сірі незафарбовані кола — це дані, отримані з досліджень інших видів високоінтенсивної тривалої діяльності, починаючи з альпінізму й закінчуючи підготовкою до Олімпійських ігор. Орієнтовні енерговитрати Брайса Карлсона під час подорожі через Північну Атлантику позначені x .

Брайс Карлсон — це єдиний відомий мені чоловік, який двічі побував на «метаболічних межах», до того ж у зовсім різних видах

спорту. Разом з основною командою *Race Across the USA* він сягнув межі витривалості, перетнувши континент, а тоді майже досяг аналогічного результату, перепливши Північну Атлантику на своїй «Люсіль».

Витривалість і засвоєння калорій

Невдовзі після того, як ми об'єднали дані вимірювань, зафіксованих під час забігу *Race Across the USA*, з даними інших досліджень витривалості, я презентував наші знахідки щодо метаболічних меж на конференції з питань витрат енергії у Швейцарії. Джон Спикман, справжній першопроходець у галузі фізіології метаболізму, поставився до них досить схвально, однак загалом це не надто його вразило. Джон здійснив низку досліджень, намагаючись відстежити фізіологічні механізми, що обмежують максимальні енерговитрати у ссавців. Результати його роботи засвідчили, що важливим чинником є терморегуляція: якщо швидкість обміну речовин стає надто високою, організм перегрівається. В одному славнозвісному дослідженні він поголив самок мишей, які вигодовували мишенят, щоб продемонструвати, як їхні організми спалюють більше калорій і виробляють більше молока за швидшої тепловіддачі. Можливо, мені і вдалося окреслити межі людської витривалості, але Джон хотів дізнатися про те, який саме фізіологічний механізм їх визначає.

Я не надто замислювався над цим механізмом, однак терморегуляторне обмеження видавалося малоімовірним. Зрештою в нашій розмаїтій вибірці були люди, які пробігали тріатлони на Гаваях, їздили на велосипедах по Європі за неймовірної спеки чи ходили в походи холодною Антарктикою. Межі витривалості для них були однакові. Якби основною перепорою стало перегрівання, антарктичні мандрівники змогли б перевищити нормальні межі людської витривалості, як поголені миші Спикмана.

Опрацьовуючи дані, ми з Джоном виявили переконливіше пояснення. Порівнявши показники втрати ваги з енерговитратами витривалих спортсменів із нашого набору даних, ми помітили, що вимальовується чітка тенденція. Щоденна втрата ваги зростала пропорційно до витрат енергії. Ці спортсмени не намагалися схуднути — навпаки, вони пхали до рота всі висококалорійні

продукти, які тільки могли з'їсти. Однак хоч як намагалися, не могли забезпечити досить швидке надходження калорій, щоб задовольнити потреби організму; зі зростанням витрат енергії зростав і її дефіцит.

А тоді ще один шматочок пазлу опинився на своєму місці. Зібравши докупи результати вимірювання добових енерговитрат і дані щодо втрати ваги, ми з'ясували, що кожен спортсмен (і вагітна жінка) з нашого набору даних щодня споживав ту саму кількість енергії. В усіх випадках — від антарктичних мандрівників до висококласних бігунів на довгі дистанції — організм засвоював приблизно 2,5 основного обміну (ми розраховували споживання енергії як кратне ОО, щоб урахувати різницю у вазі — такий самий підхід застосовували, розраховуючи енерговитрати). Усі витрати енергії, що перевищували ліміт споживання в розмірі 2,5 основного обміну, забезпечувалися запасами жиру — саме тому спортсмени, подолавши цей рівень енерговитрат, починали худнути.

Щоб перевірити, чи справді організм людини не здатен засвоювати більше енергії, ми додали до аналізу дослідження, у яких використовували примусове переїдання. Їхні учасники щодня споживали набагато більше калорій, ніж спалювали. Але знову-таки: коли ми підраховували загальну кількість калорій, що її засвоїв організм, результати кожного представника з нашого набору даних коливалися в межах 2,5 основного обміну. З точки зору калорій ідеться ось про що: незалежно від типу навантажень чи обставин, максимальна кількість енергії, яку здатен засвоїти організм, становить приблизно 4000—5000 ккал на день. За цими межами ви вже перебуватимете в негативному балансі енергії, спалюючи більше запасів жиру й глікогену, аніж можете щодня відновити, і поступово «танучи».

Звісно, ви здатні підтримувати негативний баланс енергії протягом кількох днів чи навіть місяців, що ілюструє різкий спад на графіку меж людської витривалості. Однак ви не можете перебувати в ньому вічно. Для справді безмежної витривалості ви повинні вміти підтримувати вагу й робити все, щоб ваші добові енерговитрати сягали 2,5 основного обміну (від 4000 до 5000 ккал) або були нижчі. Ваш організм просто не здатен засвоювати калорії швидше. Коли йдеться про навантаження, що тривають днями, тижнями чи навіть довше, нас стримують не м'язи, а травна система.

Ми ще не знаємо, як організм сприймає втрату ваги під час багатоденних чи тижневих навантажень і перетворює цей сигнал на відчуття втоми та зниження витривалості. З великою ймовірністю цією реакцією керує мозок — так само, як і під час марафонів і коротких забігів. Зрештою учасники змагань «Тур де Франс» зупиняються не тому, що *голодні*, а тому, що *виснажені* — а це відчуття зароджується виключно в мозку.

Водночас ми переконані, що сигнал про втрату ваги відіграє вирішальну роль. Як ми вже зауважували в розділі 5, мозок дуже ретельно відстежує зміни у вазі й відповідно на них реагує. Отже, цілком імовірно, що саме швидкість втрати ваги — це вирішальний сигнал для мозку, який регулює витривалість і наші зусилля. І навпаки, виявивши спосіб поліпшити здатність організму засвоювати калорії, ми можемо ефективно підвищити витривалість спортсменів під час багатоденних і тижневих змагань. Скидається на те, що учасники «Тур де Франс» або їхні лікарі з цим погодилися б. У 1980—90-х роках деякі велосипедисти почали вводити собі дози ліпідів і глюкози внутрішньовенно — зазвичай це робили вночі, між етапами перегонів. Безпосереднє надходження цих поживних речовин у кров допомагало ominuti травну систему й вийти за звичні обмеження засвоєння енергії. Можливо, саме тому учасники «Тур де Франс» (маю уточнити, що ці вимірювання здійснювали під час перегонів у 1980-х роках) втратили менше ваги, аніж ми очікували. Порівняно з іншими спортсменами нашого набору даних ці велосипедисти вирізнялися на фоні загальної вибірки, оскільки протягом змагань втратили менш ніж три фунти. Коли йдеться про змагання на витривалість, жири та цукри не вважають чимось протизаконним (зрештою *щось* треба їсти), однак нічні крапельниці аж ніяк не схвалюють.

Здається, суворе придушення «внутрішньовенного постачання» спортсменів енергією в 1990-х роках скасувало цю практику, але цілком можливо, що, як і інші незаконні «підсилювачі продуктивності», вона просто залягла на дно.

Спортсмени всюди

Метаболічні обмеження важливі не тільки тоді, коли ми подорожуємо Антарктикою чи «махлюємо» під час змагань «Тур де

Франс». Обмежене засвоєння енергії формує наше повсякденне життя. Коли йдеться про жінок, такі обмеження запобігають надто тривалій вагітності. Під час виношування дитини майбутня мати має отримувати більше енергії, ніж спалює, це потрібно для розвитку плода. Це основне правило вагітності: жінка повинна набирати вагу. Однак зі збільшенням ваги зростають і добові енерговитрати. Коли термін вагітності сягає дев'яти місяців, майбутня мати опиняється на межі. Якщо дитина активно розвиватиметься далі, жінка не зможе засвоїти досить калорій, щоб підживлювати їх обох. Наша думка така: коли вагітна наближається до метаболічних меж, вивільнюються сигнали метаболічного стресу, які допомагають запустити процес пологів.

Сучасні зміни в харчуванні та способі життя можуть впливати на цей метаболічний тригер — і часто так, що матері й дитині загрожує небезпека. Для нашого виду процес народження завжди був непростим — дитина зазвичай досить велика й водночас її обмежує кісткова частина пологових шляхів. Якщо малюк стає бодай трохи більшим, це може спричинити серйозні ускладнення, що загрожуватимуть життю матері й дитини. А як малюки стають великими? Вони отримують від матері забагато енергії — чи то внаслідок засвоєння більшої частки поживних речовин із її крові, чи то за умов переношеної вагітності. У спільнотах на кшталт гадза, де вагітні жінки залишаються фізично активними і в третьому триместрі, а харчові продукти зазвичай необроблені й потребують тривалішого процесу травлення, доступної енергії не так уже й багато, щоб плід міг її привласнити. Ці малюки навряд чи стануть надто великими, перш ніж метаболічні обмеження матері стимулюють процес пологів. У нас немає великої кількості даних щодо частоти розвитку ускладнень під час пологів у гадза чи інших представників невеликих спільнот, але скидається на те, що вона досить низька. У США та інших розвинених країнах, де панує малорухливий спосіб життя, майбутні матері просто-таки переповнені «легкими калоріями», і плоду не доводиться конкурувати з енергетичними потребами фізичної активності. Можливо, саме через це малюки народжуються трохи пізніше й мають дещо більші розміри — не набагато, але цього достатньо, щоб спричинити проблеми. Варто зауважити, що за останні пів століття

кількість випадків народження через кесарів розтин стрімко зростала паралельно із сучасними змінами в харчуванні та фізичній активності.

У повсякденному житті певні обмеження травної системи теж можуть стримувати добові енерговитрати. З плином часу, коли місяці розтягуються в роки, а роки в ціле життя, ми просто не здатні спалювати більше енергії, ніж засвоюємо. Маємо жити в межах своїх метаболічних можливостей. Ніхто не здатен підтримувати добові витрати енергії на рівні, що більш ніж удвічі перевищує його основний обмін. І знаєте що? Ніхто цього й не робить. Якщо ми проаналізуємо показники добових енерговитрат сотень спільнот з усього світу — від голландців до гадза, — то побачимо, що всі живуть у межах показника 2,5 основного обміну. Організм фізично активного населення на кшталт гадза пристосовується до підтримання добових витрат енергії на стабільному рівні.

Отже, ми щойно заново відкрили модель обмежених енерговитрат і, мов Магеллан, який рушив на захід, прибули туди, звідки почалася наша подорож, хоч і рухалися з іншого напрямку.

У чому ж особливість Майкла Фелпса?

Дослідження, під час якого ми окреслили межі людської витривалості, трохи полегшило розуміння проблеми, з якою я боровся протягом багатьох років. Відтоді як ми опублікували результати першого дослідження з гадза, що свідчили про обмеженість витрат енергії, під час розмов і публічних виступів мене постійно запитували про те саме. Це траплялося так часто, що я вирішив назвати це явище «Загадка Майкла Фелпса». «Хіба ж таке можливо? Майкл Фелпс може спожити 12 000 калорій, а ви тим часом стверджуєте, що витрати енергії обмежені?» — скептично цікавилися колеги. Справедливе запитання, на яке я не мав простої відповіді. Майкл Фелпс переслідував мене у снах. Той факт, що харчові звички провідних спортсменів перетворюються на ключовий елемент їхньої міфологізації й обожнювання з боку фанатів, почасти стосується особливостей людської психіки. У досьє професійних спортсменів нерідко докладно розписують їхній раціон. З усіх неймовірних подвигів, що їх здійснив Фелпс — світові рекорди, двадцять три олімпійські медалі, незліченні виходи на подіум, — людям чомусь

вдається запам'ятати тільки одне число — скільки їжі він примудрявся споживати. Можливо, ця сильна асоціація пов'язана з тим, що їжу сприймають як щось дуже особисте: *12 000 ккал на день?! Який ще доказ потрібен, щоб зрозуміти: ці супергерої кардинально відрізняються від нас із вами?*

Щоб розгадати «Загадку Майкла Фелпса», передусім маємо розібратися з його фактичним споживанням. Ніхто ще не вимірював те, скільки їжі споживав Фелпс або інші олімпійці з його команди (принаймні досі ніхто не публікував результати таких вимірювань). Натомість показник «12 000 ккал на день», який міцно закріпився в колективній свідомості, імовірно, був своєрідним «блефом» Фелпса чи наближених до нього людей — таке собі олімпійське перебільшення. Відтоді він зауважував, що під час тренувань його рівень щоденного споживання енергії сягає 7000—8000 ккал на день. Та навіть цей показник досить приблизний, бо ґрунтується лише на спогадах спортсмена про періоди тренувань, тож є підстави для сумнівів. Самостійне фіксування спожитих калорій — недостовірне джерело інформації навіть у найсуворіших дослідженнях, до того ж інші плавці повідомляють про більш «приземлені» раціони. Скажімо, щоденний раціон зіркової плавчині та олімпійської чемпіонки Кейті Ледекі містить менш ніж 4000 ккал на день.

Отже, припустімо, що Майкл Фелпс споживає 7000 ккал на день. Як і більшість професійних плавців, це досить ставний і помітний чоловік, чий зріст у період змагань сягав шести футів і чотирьох дюймів³², а вага — 194 фунтів³³. Підставивши ці дані у формулу для визначення основного обміну з розділу 3, ми мали б очікувати, що його ОО становитиме приблизно 1900 ккал на день. Утім, таке припущення трохи сумнівне. Рівень основного обміну людини може коливатися в межах 200 ккал на день чи навіть більше. Очікувано, що в людей на кшталт Фелпса, які мають нижчу частку жиру в організмі (а отже, більшу частку м'язової маси, що спалює енергію), ОО має перевищувати середній показник. Тож теоретично припустімо, що його основний обмін становить 2100 ккал на день.

А тепер поміркуймо, що означає споживати 7000 ккал на день. Ваша травна система не вилучає зі спожитої їжі всі калорії до останку (якби це було так, ви не могли б випорожнитися). Натомість енергетична ефективність травної системи — відношення засвоєної та спожитої

енергії — становить приблизно 95 %. Цей показник може різнитися залежно від харчування й анатомічних та фізіологічних особливостей системи травлення. Якби Фелпс споживав 7000 ккал на день, то засвоював би приблизно 6650 ккал, що їх міг спалити його організм. Решта потрапляла б до унітаза.

Засвоєння 6650 ккал на день означало б, що кількість спожитої енергії приблизно втричі перевищувала рівень основного обміну Фелпса. Завдяки цьому він опинився б у верхньому діапазоні засвоєння енергії в нашому наборі даних щодо людської витривалості. Ми з'ясували, що висококласні спортсмени в середньому засвоювали 2,5 своїх ОО, однак у межах цього середнього значення була певна варіативність (що не дивно для біології метаболізму). Обсяг спожитої енергії в кількох спортсменів із нашої вибірки втричі перевищував їхні рівні основного обміну. Споживаючи 7000 ккал на день, Фелпс трохи розширив би межі «правила 2,5 основного обміну», однак не порушив би його. Авжеж, він професійний спортсмен, але ж не надлюдина.

Щороку десятки тисяч дітей із США й усього світу намагаються торувати шлях у плаванні, невпинно тренуючись та змагаючись, і більшість із них понад усе мріє стати наступним Майклом Фелпсом чи Кейті Ледекі. То що ж відрізняє крихітну жменьку плавців, які стануть провідними спортсменами, від тисяч тих, кому це ніколи не вдасться? Поза сумнівом, потрібні можливості, хороший тренер, надійна підтримка й максимальна психологічна налаштованість на перемогу. Але й цього може бути замало. Можливо, ви повинні мати травну систему, яка *справді* ефективно засвоює калорії й підживлює під час багатогодинних тренувань у басейні, не допускаючи знесилання. Імовірно, Фелпс, Ледекі та інші висококласні спортсмени сучасного олімпійського пантеону мають не тільки неабияку міць, але й ефективну травну систему.

Еволюціонували, щоб порушувати правила

Ми, люди, полюбаємо максимально прості історії про наше походження. Вішну створив цей світ, а Шива його зруйнує. Маємо змогу готувати їжу, бо Прометей украв вогонь. Бабуся помре, бо Єва поласувала яблуком. Джон і Пол створили «Бітлз», а Йоко все зіпсувала. І так до нескінченності.

Так само нас ваблять і прості еволюційні історії. Однак природний добір зрідка націлений на одну рису, а більшість рис можуть призводити до найрізноманітніших наслідків, і все це визначає еволюційний успіх або невдачу. Те, як певну рису використовують сьогодні, необов'язково спричинило її появу. Ми вважаємо, що пір'я потрібне для пташиних польотів, однак у найдавніших предків птахів воно виконувало роль утеплювача. Дарвін гадав, що предки людини почали ходити на двох ногах, щоб тримати в руках зброю — непогане припущення (сьогодні ми так робимо), але у світлі археологічних знахідок, безперечно, неправильне. Я спостерігав за нескінченними суперечками колег про те, чи природний добір сприяв розвитку більшого мозку в гомінінів, щоб поліпшити їхні навички добування їжі, а чи йшлося про покращення соціальної кмітливості (насправді і те, і інше, і навіть більше). Мова має стільки переваг і способів використання, що 1866 року Французька академія заборонила будь-які обговорення її походження, оскільки виокремити якесь пояснення з незліченної кількості було просто неможливо. Однак, хоч як сумно, якщо хочемо розвинути глибоке розуміння нашого еволюційного минулого, маємо усвідомити всю складність еволюції та взаємозалежність наших рис і вмінь. Аналіз доказів та зважування альтернативних ідей — це те, що відрізняє науку від міфології.

Метаболічний механізм чудово демонструє фізіологічні взаємозв'язки нашого організму. Механізм, що обмежує нашу фізичну витривалість, впливає на термін вагітності і власне вагітність, а також обмежує добові витрати енергії. Показово, що *всі* ці аспекти метаболізму «поліпшені» порівняно з обміном речовин наших родичів-мавп. Ми витриваліші, у нас народжуються більші малюки, ми маємо вищі енерговитрати порівняно з шимпанзе, бонобо та іншими вищими приматами. Природний добір штовхнув наші метаболічні можливості до небес і водночас збільшив витрати на всі процеси. Як то кажуть, приплив підіймає всі човни.

То яка риса мала вирішальне значення і спонукала природний добір підвищити наш метаболічний потенціал? Поліпшена витривалість для добування їжі й вистежування здобичі? Можливість частіше народжувати більших немовлят? Вищий рівень добових енерговитрат, що підживлює більший за розміром мозок, і вища щоденна активність? Як і більшість аргументів про «єдину рису», що пояснює еволюцію

людини, це хибне припущення. Мабуть, усі ці переваги (і, можливо, інші) вплинули на процес природного добору, що підсилив метаболічний потенціал наших предків-гомінінів. Кожна з цих рис — невіддільна частина того, що робить нас людьми.

Щодо одного можемо бути певні: порівняно з нашими родичами-мавпами ми значно розширили межі метаболізму. Як уже зазначав у розділі 4, мисливство та збиральництво вплинули на те, як ми засвоюємо енергію з довкілля й використовуємо її для розвитку, розмноження та виживання. Наша «енергомісткість» значно зросла. Як і мова, використання знарядь праці й ходіння на двох ногах, поліпшений метаболічний потенціал вплинув майже на всі аспекти нашого життя.

Однак еволюційний потяг до підвищених витрат енергії не зупинився на підсиленні метаболізму. Ми вдалися до набагато серйознішого порушення правил і протягом останніх двох мільйонів років навчилися приборкувати енергію за межами нашого організму та використовувати її на власний розсуд. Це безпрецедентна інновація в історії самого життя, і майбутнє нашого виду залежатиме від того, як добре вдаватиметься керувати нестримною жагою до енергії. Та повернімося до гадза — може, вони нам щось підкажуть?

³¹ Аліментарний — пов'язаний із живленням, харчуванням.

³² 193 см.

³³ Приблизно 88 кг.

Розділ 9. Минуле, теперішнє й непевне майбутнє *Homo energeticus*

— Як довго треба йти, щоб дістатися твоєї домівки? — поцікавився Оनावасі, коли ми сиділи довкола «чоловічої зони» табору Сетако, що розкинувся на розпеченій сонцем сухій рівнині поблизу пагорбів Тліїка.

Цілком логічне запитання. Не маючи альтернативних засобів пересування, чоловіки та жінки з племені гадза ходять усюди пішки. Жодне місце не вважають «надто далеким». Їх зовсім не бентежить перспектива дводенної прогулянки до села, де можна обміняти мед на новий одяг чи каструлю, і навіть триваліші походи — коли хочеться навідати друзів у віддалених таборах. Якщо це не вкладається у вашій голові, ви такі не одні: коли відстань до бажаної локації перевищує милю, середньостатистичний американець зазвичай одразу стрибає в автівку.

У напівкочових спільнотах на кшталт гадза, де люди плавно переміщуються між таборами, доводиться рано пристосовуватися до цілоденного ходіння. Пригадую розмову з кількома хлопчиками віком приблизно десять років про їхню «божевільну втечу» зі школи-інтернату. Батькам вдалося заощадити досить грошей, щоб відправити дітлахів на місячне навчання — неабияка інвестиція для сім'ї з племені гадза, — однак хлопчаки, як і більшість дітей, не були від цього в захваті. Інші школярі могли це витримати тільки тому, що втеча видавалася неможливою: щоб дістатися додому, треба було кілька днів йти пішки через дику савану, що кишіла левами, смертельно небезпечними зміями та іншими жахами.

А втім, це були діти з племені гадза, і кількаденна прогулянка аж ніяк їх не лякала. Тож одного ранку ще до світанку троє хлопців вислизнули з гуртожитків і рушили додому. Тоді їм було десь по вісім років, вони ночували на голій землі, а вдень долали милю за милю, мандруючи незнайомою місциною під гарячим сонцем без крихти їжі.

Я не щодня зустрічаю дітей, які у вісім років були відважніші, ніж я в дорослому віці, однак то була саме така ситуація.

Доки діти розповідали свою історію, я шукав у їхніх очах бодай тінь страху, який вони відчували під час мандрівки, або принаймні іскру гордості — та все, що помітив, була звична й непереможна безтурботність, притаманна всім гадза. Гадаю, їм було невтямки, чому ця історія так мене зацікавила. Їм не подобалося у школі — вони пішли додому, ось і все. Чи й не дивина.

Запитання Онавасі радше стосувалося відстані, а не часу. Гадза знають, що дослідники полюбляють вимірювати відстані в милях чи кілометрах, однак це не та система вимірювання, з якою вони зростають. Для чоловіка або жінки з племені гадза найлогічнішою одиницею вимірювання відстані до найвіддаленіших місць є кількість днів, протягом яких доведеться йти. Онавасі знав, що мій дім далеко, але наскільки далеко? Йому кортіло з цим розібратися і, можливо, поміркувати над такою мандрівкою — як то кажуть, заради розваги. Звісно, цей чоловік не планував дістатися мого будинку пішки, але не варто було й виключати таку можливість. Діти вирости, особливих зобов'язань він не мав. Тож міг вирушити вже завтра — осяяний сонцем і з луком у руці, вільний, мов той медоїд. Йому-бо не треба було відпрошуватися з роботи чи перейматися іпотекою.

Безперечно, міркувати про пішу мандрівку до мого дому було геть нерозумно — від нього нас відділяли понад 8000 миль, два континенти й океан. Навіть якби Онавасі вдалося перетнути Атлантику, йому як чоловіку з племені гадза, що міг щодня долати звичні десять миль (шістнадцять кілометрів), знадобилося б два з половиною роки для досягнення цієї мети. Під час такої «прогулянки» він спалив би 400 000 ккал.

Утім, Онавасі заслуговував на серйозну відповідь, тож я узявся докладно все пояснювати. Це буде довга подорож, яка триватиме *роками*. І він не зможе здолати весь шлях пішки, бо ж є ще океан. *Обійти* його не вдасться — надто вже він великий, тож доведеться сісти на корабель...

На цьому етапі його інтерес згас. Іти кілька років поспіль — це одне, інша річ — корабель. Гадза не плавають на кораблях.

Після тієї розмови з Онавасі я подумки всміхався — надто вже абсурдним видалося його запитання. Однак тепер, багато років по тому, я дивлюся на це під іншим кутом. Пройти вісім тисяч миль за два з половиною роки — це не анекдот, а цілком нормальна швидкість для людини. Абсурдним було те, що я здійснив цю мандрівку менш ніж за один день. Я подорожував майже в тисячу разів швидше, ніж це могла б зробити звичайна людина, мене доправили сюди *повітряним шляхом*, і я так швидко опинився в таборі гадза, що мій організм відчув усі «принади» десинхронозу. Ця мандрівка потребувала як мінімум у десять разів більше енергії, ніж ходіння, адже під час польоту на кожного пасажирів припадало понад п'ять мільйонів спалених кілокалорій реактивного палива. Обсяг енергії, що її мій організм спалив би за п'ять років, було витрачено за день. Я ж навіть не спитнів і нічого не помітив. *Ось що* видалося повним абсурдом.

Життя потребує енергії. Кожне фізіологічне завдання, кожен метаболічний процес передбачає спалювання калорій. Те, як ми отримуємо й витрачаємо ці калорії, впливає на кожнісінький аспект нашого існування, починаючи з темпу життя та закінчуючи здоров'ям і фізичною формою. У цій книжці ми максимально вивчили «метаболічний ландшафт», докладно проаналізувавши все — від мітохондрій до марафонів. Однак увесь цей час ми обмежувалися тільки собою, досліджуючи енергію, що її споживають наші організми.

Сучасна енергетична економіка — масштабний світовий ринок відновлюваного й викопного палива — відчувається відокремленою від нашого внутрішнього «енергетичного бюджету». Ми навіть не спілкуємося однією мовою. Наші тіла живляться калоріями, тоді як домівки функціонують завдяки кіловат-годинам, а транспорт спалює галони бензину чи барелі нафти. Однак відмінність між нашим внутрішнім «метаболічним двигуном» і зовнішніми двигунами, що керують цим світом, здебільшого стосується саме мови, своєрідної вербальної «ілюзії», якою ми себе вводимо в оману. Калорія — це калорія, і байдуже, що її містить, — їжа, яку споживаємо, сонячне світло, що надходить у сонячну панель, чи скам'янілі рештки рослин, що їх спалюють наші автівки. Обидва наші двигуни — і внутрішній, і зовнішній — взаємозалежні й пов'язані між собою на дуже глибокому рівні, хоч ми зрідка це усвідомлюємо. Відтоді як сотні тисяч

років тому наші предки, мисливці та збирачі, приборкали вогонь, ми спалюємо енергію зовнішніх джерел, використовуючи її на власний розсуд. Ми вплинули на вогонь, а він на нас. Подібно до того, як наш метаболізм відображає своє еволюційне коріння, сучасна енергетична економіка й наша залежність від неї є своєрідним продовженням нашого минулого мисливців-збирачів.

Сьогодні, коли стрімголов мчимо в незнайоме й дивовижне майбутнє, ми відчуваємо, що дрейфуємо на межі прірви, де немає жодних загорож. Ми контролюємо енергетичне довкілля більше, ніж будь-коли, у нас є приголомшливі технології, що заряджають світ енергією й підживлюють наші тіла. Можемо нагодувати мільярди людей, облетіти планету, дістатися Місяця й за потреби усунути зі шляху гору чи річку. Проте неправильне керування нашим енергетичним довкіллям призвело до екзистенційних криз — ожиріння та кліматичних змін. І те, чи зможемо зрештою їх здолати, визначатиме спільне майбутнє нашого виду.

На сторінках цієї книжки ми обговорювали нову науку про людський метаболізм, зосереджуючись на тому, як насправді функціонують наші організми з точки зору еволюції. Ми зазирали у внутрішній світ власних тіл і подорожували назад у часі. Однак пропоную завершити цю справу, зосередившись на тому, що нас оточує, і спробувати зазирнути в майбутнє. У людей розвинулися неймовірні і просто-таки божественні можливості контролювати енергетичні довкілля — як внутрішні, так і зовнішні. Менш ніж за століття найбільш приголомшливі взірці «наукової фантастики» перетворилися на щоденні реалії. Та до великої сили зазвичай додається неймовірна відповідальність і воістину «королівський» потенціал усе зіпсувати — ми ж бо маємо не надто обнадійливу репутацію. То як використовувати ці сили, щоб залишатися здоровими й не щезнути з лиця землі як вид?

Від зосередження енергії до ігор з вогнем

Більшу частину ранку ми прогулювалися й полювали, рухаючись скелястим та вкритим чагарниками схилом пагорба Тліїка то вгору, то вниз, як раптом Денфорт почав робити те, чого я раніше ніколи за ним не помічав. Проходячи повз низькорослі акації та не сповільнюючи

ходи, він відламував сухі гілки завтовшки з великий палець руки й уважно оглядав центральні частини зламаних кінців. Денфорт зробив це кілька разів і щоразу жбурляв гілку на землю. Вочевидь, то було не те, що він шукав. Але *що* він шукав? Я ніяк не міг цього допетрати, однак занотував дивну Денфортovu поведінку, плануючи поцікавитися його мотивами, коли ми наступного разу зупинимось перепочити.

Це сталося раніше, ніж я припускав. Нарешті якась із гілок задовольнила всі його очікування, і Денфорт миттю знайшов затінок, а тоді сів на землю й узявся до роботи. Перш ніж я встиг поцікавитися, що він робитиме, усе вже було зрозуміло. Денфорт розпалював багаття. Попередньої ночі трохи дощило, і гілки на землі були геть вологі. Однак чоловікові вдалося знайти суху галузину, тож можна було починати. Він розщепив гілку, зробивши надріз завдовжки з палець, і видлубав в оголеній сухій деревині невелику заглибину. Тоді зняв зі своєї стріли металевий наконечник та акуратно вставив її дерев'яний кінець у заглибину. Притиснувши розщеплену гілку до землі носком сандалі, чоловік затиснув древко стріли між долонями й почав швидко крутити його туди-сюди, щосили втискаючи в суху деревину.

За лічені хвилини перед моїми очима затанцював тоненький струмочок диму, що обвивав древко стріли, яке невпинно оберталося. А тоді з'явилася жарина — «жива» часточка розжеврілого пилу на відкритій поверхні зламаної гілки. Я сидів за кілька футів від Денфорта, дивуючись зі швидкості й майстерності, завдяки яким він розпалив вогонь. Однак я досі не розумів, навіщо йому весь цей клопіт. Денфорт полював протягом усього ранку, однак йому не надто щастило, хоч він і намагався поцілити маленьку антилопу-стрибуна й дамана. Готувати було нічого, і, звісно ж, холод нам теж не допікав. *То навіщо йому знадобився вогонь?*

Завбачливо прикривши крихітний зародок вогню долонею, Денфорт узявся порпатися в кишені шортів, а тоді дістав звідти коротку самокрутку, що її вже викурих до половини. Затиснувши недопалок між губами, чоловік обережно нахилився над жариною, зробив кілька зтяжок і, нарешті, прикурих. Тоді сів на землю, глибоко зтягнувся й усміхнувся до мене. Тепер потреба у вогні була зрозуміла: універсальне задоволення від перекуру.

Технології залишалися ключовим елементом людської стратегії ще з часів появи нашого виду та перших днів полювання і збиральництва. У 1964 році Луїс Лікі та його команда, які працювали в ущелині Олдувай, оголосили про виявлення решток вимерлого гомініна, чий мозок був приблизно вдвічі менший, ніж мозок сучасної людини, і трохи більший за мавпячий. Однак Лікі не зважав на його невеликі розміри. Увагу науковця привернули прості кам'яні знаряддя праці, що їх знайшли разом із викопними рештками, — грубі чопери й відщепи, застосовувані для розбирання дичини чи шаткування рослин. Лікі (а він ще той провокатор) назвав цей вид *Homo habilis* (Людина уміла), включивши це створіння з маленькою головою в людський рід. Його аргумент був цілком зрозумілий: той, кому не бракувало розуму, щоб користуватися знаряддями (а надто щоб полювати і збирати), зміг перетнути межу. Це вже були люди, а не мавпи.

«Твідова братія» Лікі з більш «тверезими» поглядами заперечувала сміливі заяви науковця, зауважуючи, що він занадто розширив межі нашого роду. А відкриття, здійснені протягом наступних десятиліть, ще більше затьмарили проблему: з'ясувалося, що використання знарядь не свідчить про чіткий розрив між тваринами та людьми, як припускав Лікі. Найдавніші кам'яні знаряддя існували ще до появи *habilis*, та й ми тепер знаємо, що людиноподібні мавпи регулярно користуються простими знаряддями (але не загостреними уламками каменю) в дикій природі. Утім, як свідчить палеоантропологія, ширші погляди Лікі дали змогу наблизитися до своєрідного консенсусу. Залежність від кам'яних знарядь ознаменовує кардинальну зміну у способі життя наших предків-гомінінів. Ми єдині хижаки на планеті, які покладаються на технології, щоб уполювати та спожити здобич. Завдяки цим кам'яним «лезам» виникли мисливство та збиральництво, що зрештою стали основним способом життя.

Прості знаряддя, починаючи з кам'яних чоперів з ущелини Олдувай і закінчуючи ножами на нашій кухні, корисні, бо дають змогу зосереджувати на чомусь енергію. Ви можете розрізати стейк, але тільки тоді, коли зосередите силу на лезі ножа. Без цього інструмента ви марно намагатиметеся розірвати м'ясо кінчиками пальців чи негострими зубами. Те саме стосується й інших знарядь ручної праці — від лопат і ломів до луків і стріл. Вони не роблять нас сильнішими й не постачають додатковою енергією, а функціонують

завдяки нам. Вони допомагають нам розумно використовувати енергію.

Прості знаряддя стають у пригоді, а тому ніколи не зникали з нашого життя. Натомість протягом останніх двох мільйонів років ми тільки те й робили, що вдосконалювали «класичні інструменти» (нові й удосконалені ножі рекламують мало не щодня) та винаходили нові. Їх повно і у вашій домівці, починаючи з ручних пристроїв на кухні й закінчуючи садовими інструментами в гаражі. Протягом перших двох мільйонів років «набір інструментів» мисливця-збирача обмежувався палицями для копання й кам'яними відщепами та рубилами. Майже сімдесят тисяч років тому люди почали вигадувати хитрі способи накопичення й максимальної концентрації м'язової енергії, тож могли жбурнути списа або випустити стрілу. Прямим нащадком цього «нововведення» та взірцем його ефективності є лук гадза. Чоловіки з цього племені натягують тятиву з силою, що нерідко перевищує їхню вагу — це як підтягнутися вгору на одній руці. Ця енергія накопичується в усіх елементах лука й вивільнюється в момент випускання стріли. Вона вилітає на швидкості понад 100 миль на годину, і її енергії досить, щоб прохромити грудну клітку бородавника, який цього аж ніяк не очікує.

Однак хоч якими розумними й важливими були ці прості знаряддя, порівняно з приборканням вогню їхній вплив значно блідне. Вогонь став неймовірним технологічним стрибком уперед. Кам'яні знаряддя, лук, стріли та інші прості інструменти давали змогу зберігати, зосереджувати й вивільнювати енергію організму. Разом із вогнем наші предки-гомініни отримали доступ до абсолютно нового двигуна. Вони могли зробити цей жар максимальним і підтримувати його скільки заманеться, на відміну від внутрішніх «метаболических двигунів». Могли піти геть, дозволивши йому згаснути, а тоді розпалити знову. Однак найголовніше те, що вони могли використовувати силу вогню для важливих еволюційних завдань: розвитку, підтримання життєдіяльності й розмноження. Уперше за всю історію життя, що налічувала два мільярди років, зовнішня енергія мала пришвидшити метаболізм людини.

То коли саме гомініни приборкали вогонь? Щодо цього й досі точаться гарячі суперечки. Дехто стверджує, що це сталося під час зародження нашого роду, коли понад мільйон років тому з'явилися

Homo erectus. Більш консервативна оцінка, що ґрунтується на чітких доказах — рештках вогнищ та обпалених кістках, дає змогу припустити, що це відбулося приблизно 400 000 років тому. Незалежно від точного датування скидається на те, що вогонь застосовували у трьох напрямках: щоб готувати їжу, зігрітися і тримати потенційних хижаків якнайдалі від себе.

Використання вогню як джерела тепла означало, що нашим предкам більше не доводилося потерпати від нічної прохолоди. Як ми вже зауважували в розділі 3, навіть помірний холод може пришвидшити наш метаболізм на 25 % (це приблизно 16 ккал на годину). Восьмигодинний сон за умов холоду вартував би мисливцю-збирачеві кам'яної епохи 100 ккал. Та якщо його зігрівав вогонь, ці калорії можна було витратити на інші важливі фізіологічні завдання, зокрема розвиток, розмноження чи відновлення. Крім того, з появою вогню наші предки почали краще спати, бо знали, що він відлякуватиме левів та інших хижаків.

Водночас вплив вогню на харчування і травлення був значно глибший. У неймовірній книжці «Запалити вогонь» (*Catching Fire*) Річард Ренгем докладно розповідає про те, як приготування їжі змінило наш раціон і, як наслідок, організм. Під час лісових пожеж на фунт «пального» вивільнюється приблизно 1600 ккал. Коли йдеться про просте багаття, більшість цієї енергії потрапляє в повітря. Енергія, що опиняється в їжі як тепло, змінює її структуру й хімічний склад. М'ясо значно легше жувати, білки зазнають денатурації, що полегшує процес їхнього травлення. Крохмалі, що з певних причин не засвоюються, трансформуються, і їхні вуглеводи доступні в нашому кишечнику. Цей вплив найбільш помітний під час споживання коренеплодів, які містять велику кількість стійких крохмалів, що їх не може перетравити наша травна система: з вареної картоплі ми отримуємо вдвічі більше калорій, ніж із сирії. Коротко кажучи, вогонь став надпотужним живильним елементом раціону гомінінів, збільшивши обсяг енергії в кожному шматочку і знизивши витрати енергії на травлення.

З плином еволюції мисливці-збирачі дедалі більше покладалися на вогонь під час приготування їжі. Потенціал травної системи знизився, а енергія, що її доти потребували великий кишечник та інтенсивне травлення, спрямовувалася на інші завдання. Скидається на те, що

певна частка вільної енергії припадала на розмноження — саме цього й варто було очікувати від природного добору. Як ми вже зауважували в розділі 5, у людей народжуються більші за розмірами малюки, і порівняно з мавпами це трапляється значно частіше. «Енергетичний заряд», що його забезпечувала готова їжа, міг сприяти й розвитку більшого мозку, який потребував вищих енерговитрат.

Цікаво й те, що гомініни фізіологічно залежали від термічно обробленої їжі. Їжу готують у всіх без винятку людських спільнотах — від тропіків до Арктики. І, хоч позбавляти людей такої їжі, щоб переконатися в необхідності кулінарії, неетично, у лавах прихильників сироїдіння досить людей для природного експерименту. Сироїди уникають продуктів, що зазнали кулінарного оброблення, з різних філософських причин чи хибних уявлень про їхню «життєву силу». Найбільше дослідження, під час якого вивчали здоров'я та фізіологію сироїдів, здійснили в Німеччині за участю понад трьохсот чоловіків і жінок, які споживали сирі продукти (з різними ступенями обмеження). Людям, які дотримувалися такого раціону, було складніше підтримувати здорову вагу, більшість із них мали ІМТ нижче за 18,5 — це межа недоїдання. За такого харчування в жінок часто припинялася овуляція, а ступінь порушення функції яєчників безпосередньо залежав від частки сирих продуктів у меню. Іноді помічали порушення репродуктивної функції чоловіків; дехто повідомляв і про втрату лібіді. Без готової їжі здатність людини виживати й розмножуватися значно зменшується, а це два наріжні камені еволюційного успіху.

Показово, що ці чоловіки й жінки мали доступ до висококалорійних домашніх продуктів із низьким вмістом клітковини. У них були рослинні олії холодного пресування й інші новинки сучасної кулінарії. Однак цього було не досить. Навіть за наявності всіх цих сучасних переваг людський організм, який харчується тільки сирими продуктами, функціонує не надто добре. Навряд чи наші предки, мисливці та збирачі, які добували їжу в умовах дикої природи й змогли приборкати вогонь, покладалися виключно на сироїдіння.

Відтоді як залежність від вогню стала невіддільною частиною організму людини, внутрішні й зовнішні «двигуни» назавжди об'єдналися. Нашого обміну речовин було не досить, і ми почали покладатися на інше, зовнішнє, джерело енергії — вогонь, що заря-

джав енергією саме життя. Ми стали піробіологічним видом: *Homo energeticus*.

Безперечно, вогонь уособлював не тільки додаткове джерело калорій. Його можна було використовувати для зміни ландшафту — випалювання лісів або чагарників, щоб сполохати дичину й стимулювати розвиток нових рослин. Вогонь відкрив усесвіт хімії та нових матеріалів. Мисливці-збирачі епохи палеоліту навчилися використовувати вогонь, щоб загартувувати наконечники дерев'яних списів — цю практику сьогодні застосовують і жінки з племені гадза, виготовляючи палиці для викопування коренеплодів. Наші предки з'ясували, що з обробленого вогнем каменю можна виготовити якісніші знаряддя. Неандертальці й сучасні люди навчилися використовувати печі для виготовлення бітуму, міцного клею з березового соку, який застосовували, щоб приклеїти кам'яні голівки сокир та різні леза до дерев'яного руків'я. Тридцять тисяч років тому люди розводили багаття, у яких було досить жару, щоб обпалити глиняний посуд. А майже сім тисяч років тому представники ранніх сільськогосподарських спільнот навчилися плавити руду, щоб отримати з неї мідь та інші метали. Три тисячі років тому люди придумали способи виготовляти залізо та скло. Шлюзи відкрилися — і вже за якусь сотню поколінь нащадки цих людей ходитимуть вулицями зі смартфонами й відправлятимуть до найвіддаленіших планет роботів із ракетними двигунами.

Технологічне цунамі

Протягом останніх десяти тисяч років рівень використання та споживання зовнішньої енергії зростав у геометричній прогресії. Ми не обмежилися вогнем і приборкали енергію з усіх можливих джерел. Однак, попри невпинний розвиток і постійні зміни в царині технологій, ми використовували їх, щоб досягати тих самих цілей, що й наші предки. Зі зростанням контролю над зовнішніми джерелами енергії зросла й фізіологічна залежність від них.

Другою найбільшою зміною в нашій енергетичній економіці після приборкання вогню стало одомашнення рослин і тварин. Приблизно дванадцять тисяч років тому кілька спільнот, розкиданих у всьому

світі, поглянули на «правила гри» по-новому. Замість шукати рослини й дичину в дикій природі, вони вирішили вирощувати їх удома. Коли йдеться про застигли в часі археологічні знахідки, де півдюймовий шар осаду уособлює ціле тисячоліття, здається, що перехід до сільського господарства був миттєвим. Та насправді нескладно уявити, яким поступовим був його розвиток. Я спостерігав за тим, як чоловіки з племені гадза експериментували з вирощуванням кущів пустельних троянд поблизу табору — ці рослини використовують, виготовляючи отруту для стріл. Вони часто наглядають за гніздами диких бджіл, закриваючи діри в стовбурі дерева каменями, щоб комахи повернулися й відбудували вулик. Диких собак, які тиняються поблизу табору в пошуках недоїдків, подеколи беруть на «службу», щоб разом полювати на дрібну дичину. Імовірно, що дванадцять тисяч років тому, коли світ наповнювали численні спільноти мисливців-збирачів, такі явища були повсюдні.

Завдяки успішним експериментам найдавніші землероби отримали контроль над метаболічними двигунами рослин і тварин. Добір, що його здійснювала людина, узурпував роль природного добору. Якщо рослина спрямовує всі сили на плоди або надто швидко росте в умовах дикої природи, вона може опинитися в невігідному становищі. Чому? Бо витрачає замало енергії на зміцнення стебла й коренів, які допоможуть витримати бурю, або на розвиток волокон, шипів чи токсичних речовин, що відлякуватимуть травоядних. Однак найдавніші садівники цінували й розмножували плодоносні рослини, тож порівняно з «колючими сусідами» їхній репродуктивний успіх був значно вищий. З часом ми навчилися керувати метаболізмом одомашнених рослин, щоб спрямовувати їхню енергію на крохмалі й цукри, які живлять наші тіла. Порівняно зі своїми предками сучасні фрукти та овочі, які купуєте на ринку, мають вигляд гротескно-карнавальних енергетичних диваків.

Той самий фокус повернули і з одомашненими тваринами. Захищаючи їх від хижаків та обираючи «переможців» і «переможених» у процесі розмноження, ми віддавали перевагу тим, хто спрямовував більше енергії на зростання й вироблення молока. Під нашим проводом ці види еволюціонували в покірні й не надто кмітливі, однак надійні джерела жирів і білків. Вони забезпечили «метаболічний

двигун», що перетворював неїстівну для нас траву й інші види корму на молоко, кров і м'ясо, придатні до споживання.

Ще один вид двигуна уособлювали коні й інші великі тварини — це було надійне джерело механічної роботи, що могла підсилити або й узагалі замінити наші фізичні можливості. Ще на початку Промислової революції винахідник парового двигуна Джеймс Ватт експериментально дійшов висновку, що кінь може спокійно продукувати майже 640 ккал роботи на годину (визначення «кінських сил») і підтримувати таку потужність протягом десяти годин на день. Цей показник більш приголомшливий, аніж можна уявити. Під час перетворення метаболічного пального на механічну роботу ефективність м'язів щонайбільше становить 25 %. Щоб виробити 6400 ккал в еквіваленті роботи протягом десяти годин, кінь спалює понад 25 000 ккал енергії — і це *додатково* до енерговитрат на основний обмін, травлення й інші фізіологічні потреби.

Імовірно, поява тяглових тварин стала неймовірним поштовхом для розвитку економіки та свідомості найдавніших фермерів. Власник коня мав воістину надлюдські можливості. Він міг виконувати роботу за десятих і володів геркулесовою силою. Верхи на коні така людина легко долала тридцять миль на день, а за потреби й удвічі більше, навіть не спітнівши. Це майже втричі перевищує дистанцію, яку мисливець-збирач здатен здолати пішки протягом дня. Зненацька те, що видавалося таким далеким, опинилося зовсім поряд.

Як і приборкання вогню, одомашнення рослин і тварин підвищило енергетичний вміст харчових продуктів і знизило витрати енергії, необхідні для добування їжі. Найдавнішим фермерам усміхнулася справжня енергетична удача. Тепер, коли фізична активність і травлення потребували менше енерговитрат, їхні внутрішні двигуни могли спрямовувати енергію на інші завдання. І, як цього й варто було очікувати від будь-якого розвиненого організму, «зайві» калорії витрачали на розмноження. У ранніх сільськогосподарських спільнотах невпинно зростали показники народжуваності, адже і матері, і малюки отримували чимало користі від додаткових калорій, що їх забезпечувало одомашнення рослин та тварин. Протягом наступних століть після появи сільського господарства розмір родини зріс на дві дитини на одну матір. Цей вплив помітний і сьогодні — у спільнотах мисливців і збирачів та змішаних групах населення, де

займаються збиральництвом і сільським господарством. Протягом життя жінка з племені гадза може народити шістьох дітей, тоді як жінка з племені цимане, яка отримує більше «калорійних переваг» традиційного сільського господарства, — дев'ятьох.

Кількість населення невпинно зростала, і найдавніші фермери поставали перед новими й несподіваними проблемами, що оминули їхніх предків мисливців-збирачів. Зокрема, йшлося про перенаселення й проблеми, пов'язані з санітарними умовами. Інфекційні хвороби, які швидко згасли б у межах окремої спільноти мисливців-збирачів, перетворилися на повномасштабну чуму, що спустошувала найдавніші селища й міста. Пандемія Covid-19 — це приклад того, що нам і досі доводиться боротися з подібними викликами.

Водночас зростання популяції стимулювало розвиток інновацій. Поява більших спільнот означала збільшення кількості людей, які мешкали, працювали й міркували разом. Об'єднання розумових сил синергетично впливає на розвиток нових ідей — це феномен, що його спеціаліст з еволюційної біології людини Джо Генріх із Гарварду називає «колективним розумом». Поліпшення здатності виробляти харчові продукти давало можливість різнобічного розвитку. Дехто міг витратити життя на завдання, що не стосувалися вироблення продуктів, — то була справжня розкіш, яку мисливцям-збирачам годі й уявити. З'являлися нові ремесла та промисли. Понад три тисячі років тому населення Середземномор'я, південної частини Тихого океану й інших місцин навчилося використовувати силу вітру для морських подорожей. А понад дві тисячі років тому з'явилися водяні млини — енергію річок використовували, щоб перемелювати зерна, відводити воду до зрошувальних систем та виконувати низку інших завдань. За кілька століть до них додали вітряки. Кожен винахід і вдосконалення розширювали можливості наших зовнішніх двигунів і збільшували обсяг енергії, якою ми могли керувати.

Останній розділ історії зовнішньої енергетичної економіки, частиною якого є всі ми, почався ще в 1700-х роках — щоб нагрівати парові двигуни й опалювати заводи, які з'явилися під час Промислової революції, використовували вугілля. Викопне паливо репрезентує колективний метаболізм незліченної кількості рослин і тварин із далекого минулого, що невпинно працював протягом мільйонів років.

Спалюючи його, ми вивільнюємо енергію, збережену в цих давніх організмах. Вугілля видобували та спалювали тисячоліттями, однак нові досягнення в галузі видобування й активний розвиток промисловості в Європі XVIII століття спровокували його більше застосування. Не забарився й видобуток нафти та природного газу — у 1800-х роках завдяки розвитку комерційного буріння вони перетворилися з обмежених джерел палива на міцну опору глобального використання енергії. Сьогодні всі ці види викопного палива забезпечують понад 35 000 ккал енергії на кожного мешканця Землі; це 80 % зовнішніх енерговитрат нашого виду.

«Квантовий стрибок» у споживанні енергії, що став можливим у промисловому світі завдяки використанню викопного палива, кардинально вплинув на виробництво харчових продуктів. У 1840 році, ще на початку Промислової революції у США, фермери становили 69 % робочої сили, або 22 % усього населення США. Кожний фермер виробляв досить продукції, щоб прогодувати себе і ще чотирьох людей. Протягом наступних десятиліть енергія викопного палива «вливалася» в харчову промисловість як моторизовані машини, добрива на основі нафти, удосконалені процеси перевезення й охолодження, і в результаті кількість харчових продуктів, що їх виробляв один фермер, значно зросла. Сьогодні фермери та власники ранчо становлять тільки 1,3 % робочої сили і 0,8 % населення США. У харчовій промисловості, транспортних компаніях і роздрібній торгівлі працює ще приблизно 1 % дорослих. Загалом люди, які працюють у галузі сільського господарства та харчовій промисловості, виробляють досить продукції, щоб прогодувати себе і ще тридцятьох п'ятьох осіб.

Сучасна система харчування потребує величезної кількості енергії. Виробництво харчових продуктів у США щороку споживає приблизно 500 трильйонів калорій. Третину спалюють як бензин чи дизельне паливо в сільськогосподарській техніці й під час транспортування. Другу третину становить викопне паливо, яке використовують у виробництві добрив і пестицидів. Решта — це здебільшого електроенергія, необхідна для функціонування ферм, складів та супермаркетів.

Оці-от трильйони кілокалорій, спрямовувані на виробництво харчових продуктів, істотно впливають як на енергетичні витрати, так

і на енергетичну цінність нашого раціону. Щоб зрозуміти, як саме це відбувається, розгляньмо, скільки енергії й часу знадобиться, щоб перетворити рослину чи тварину на готову страву. У спільнотах мисливців-збирачів на кшталт гадза люди мають постійно ходити, «прочісуючи» ландшафт, щоб виявити свою ціль. Тоді вони збирають врожай — вистежують і відстрілюють здобич, викопують коренеплоди, збирають ягоди чи розрубують стовбури дерев, щоб дістати мед. Тепер усе це слід віднести додому, але на тому процес не зупиняється. Туші тварин треба розрубати й приготувати (а для цього варто зібрати хмиз), коренеплоди підсмажити й почистити, а ядра баобаба розколоти й дістати серцевину. Тільки доклавши всіх тих зусиль, вони нарешті можуть поїсти. Ці зусилля впливають і на темп вироблення харчових продуктів — за годину збиральництва дорослі гадза добувають приблизно 1000—1500 калорій.

Цей процес дещо спрощують традиційні методи сільського господарства. Поля розташовані поблизу вашого будинку, стада теж випасають неподалік, тож ви витрачаєте менше часу й енергії на те, щоб дістатися до їжі. Урожай зернових можна збирати великими партіями, а це вже переваги масштабного виробництва. Якщо рослини і тварини одомашнені, вони запасують більше енергії на унцію своєї маси. Отже, швидкість вироблення енергії в цимане та представників інших спільнот збирачів-землеробів становить від 1500 до 2000 ккал на годину.

У сучасному промисловому суспільстві на виробництві харчових продуктів загалом працює небагато людей, і їхня робота зазвичай стосується тільки одного напрямку (скажімо, люди, які вирощують пшеницю, не виготовляють з неї пластівці для сніданку). Це ускладнює розрахунок темпу виробництва харчових продуктів на одну особу, але є альтернативний підхід. Промислово розвинена економіка використовує гроші як засіб для обміну праці на різні товари та послуги. На вільному ринку праці година роботи в одній галузі (скажімо, промисловості) має давати досить коштів, щоб оплатити годину виробництва в іншій галузі, зокрема у виробництві харчових продуктів. Тож замість безпосередньо вимірювати темпи виробництва харчових продуктів можемо запитати: «Скільки їжі звичайний робітник придбає за кошти, які заробляє за годину?»

У 1900-х роках, коли індустріалізація активно крокувала територією США, за годину фізичної праці на виробництві можна було придбати понад 3000 ккал в еквіваленті борошна, яєць, бекону та інших основних продуктів (рис. 9.2). Зі збільшенням обсягу енергії викопного палива зростає й купівельна спроможність. Сьогодні на зарплатню, отриману за годину роботи, американський робітник може придбати приблизно 20 000 ккал в еквіваленті основних продуктів. Основні елементи виробництва харчових продуктів не надто відрізняються від тих, що в таборі гадза чи селищі цимане, однак відтоді, як люди почали покладатися на зовнішні енерговитрати, на виробництво витрачають менше часу й енергії окремої людини. Час та енергію, необхідні для вирощування, збирання врожаю, транспортування та оброблення продуктів, забезпечує техніка, що працює на викопному паливі й демонструє неймовірну масштабність та ефективність процесу. Додайте сюди ще й енергію великої кількості сільськогосподарських робітників, які працюють пліч-о-пліч із гігантською технікою, збираючи, обробляючи та пакуючи харчові продукти (і зазвичай отримуючи надто малу зарплатню). Усю цю дешеву енергію уособлюють продукти, що потрапляють у супермаркети. За три години роботи ви можете здобути більше калорій, ніж чоловік або жінка з племені гадза добувають за тиждень.

Промислове оброблення підвищило енергетичну щільність їжі, збільшивши кількість калорій у кожному її шматочку. Усі сучасні технології перероблення на кшталт добування олій та цукрів, виготовлення сиропів і підсолоджувачів, обмолочування й подрібнення зернових, що має на меті вилучити крохмалисту серцевину кожного ядра зернини, потребують просто-таки неймовірної кількості енергії. У доіндустріальному світі всі ці зусилля гальмували вироблення харчових продуктів; оброблені продукти були справжньою рідкістю й дорого коштували — зокрема цукор вважали розкішшю. Натомість сьогодні процеси оброблення продуктів вигідніші завдяки дешевій енергії з викопного палива. Продукти з найбільшим вмістом калорій на один грам зараз найдешевші і для придбання, і для споживання. Підсолоджувачі на кшталт цукру з цукрового буряка та кукурудзяного сиропу з високим вмістом фруктози стали найбільшою складовою американського раціону — на них припадає приблизно 20 % калорій, які ми споживаємо. Ще однією суттєвою складовою є олії, на які

припадає 13 % калорій. Насправді оброблення харчових продуктів перевернуло звичний взаємозв'язок між вартістю й енергетичною цінністю їжі догори дригом. У результаті маємо «суперпотужний» раціон із максимальним вмістом оброблених продуктів. Порівняно з харчуванням гадза енергетична щільність «індустріального раціону» на 20 % вища, а добування їжі не потребує особливих фізичних зусиль. Гадаю, це добряче приголомшило б наших предків — мисливців і збирачів.

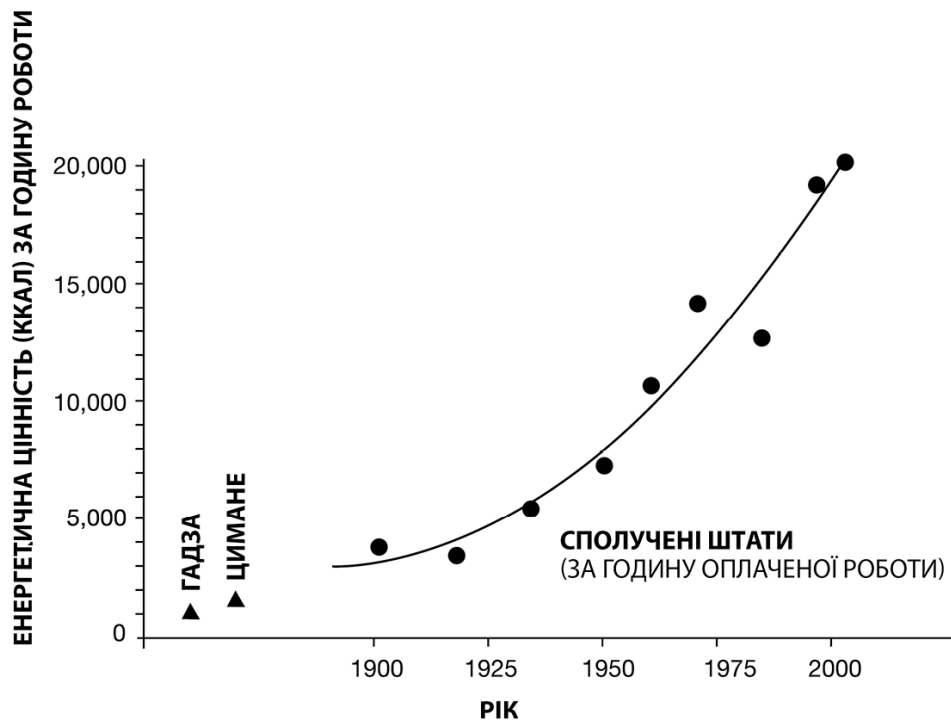


Рис. 9.2. У промислово розвиненому суспільстві чоловіки й жінки можуть отримати набагато більше харчової енергії за годину роботи, аніж мисливці-збирачі чи традиційні фермери.

Легкозасвоювані калорії та нижча вартість їжі, що їх забезпечила Промислова революція, теоретично мали б спричинити стрімке зростання народжуваності. На щастя, того не сталося. Однак усі ці додаткові калорії вплинули на *потенційну* фертильність. Поєднання висококалорійного раціону з оброблених продуктів (включно з сумішшю для штучного вигодовування малюків) із малорухливим способом життя полегшило «енергетичний тягар» розмноження,

скоротивши час, необхідний для відновлення жіночого організму між вагітностями. В американських матерів, які у двадцять із лишком років (чи навіть у молодшому віці) мають більш ніж одну дитину, інтервали між пологами приблизно такі самі, як і в жінок із племені цимане (або ж коротші). Зважаючи на ці показники, американська жінка за весь репродуктивний період могла б легко народити десятьох чи навіть більше дітей.

Однак, замість стрімко зростати нарівні з розвитком промисловості в процесі модернізації суспільства, показники народжуваності знижувалися в усьому світі — це явище відоме як «демографічний перехід». Жінки почали народжувати менше дітей, «інвестуючи» в кожного малюка більше часу й ресурсів. Точне поєднання культурних і біологічних чинників, що спричинили цю зміну в репродуктивній стратегії, достеменно не відоме. Багато хто зауважує, що зниження рівня народжуваності стало наслідком тривалішого життя — мовляв, так батьки реагують (свідомо або ні) на більшу ймовірність того, що їхня дитина доживе до дорослого віку. Дехто стверджує, що таку кардинальну зміну спричинили культурні чинники, включно з доступом жінок до освіти та можливістю планувати сім'ю. А втім, маємо бути вдячні — демографічний перехід уповільнив зростання світового населення, вторгувавши нам трохи часу на порятунок планети.

Непередбачувані наслідки

Через масштабні витрати енергії на вироблення харчових продуктів населення промислово розвинених країн опинилося на незвіданій і зловісній території. Основне правило життя передбачає, що жоден вид не здатен вижити, якщо витрачає більше енергії на добування їжі, аніж отримує з харчів. У дикій природі ссавці зазвичай отримують 40 калорій із їжі на кожную калорію, яку витратили на її пошук. Показники представників спільнот мисливців-збирачів на кшталт гадза чи змішаних спільнот збирачів-землеробів на кшталт цимане навіть нижчі — на кожную калорію, витрачену на вироблення їжі, припадає майже 10 калорій із раціону. Сучасна система виробництва харчових продуктів порушує основні закони екології. Урахувавши енергію викопного палива, використововуваного в харчовій промисловості,

з'ясуємо, що спалюємо 8 калорій на кожну калорію виробленої їжі. Не найкращий рецепт, щоб уникнути вимирання.

Ситуація дедалі погіршується. Енергія, спожита під час вироблення харчових продуктів, — це тільки частина нашої енергетичної економіки. Щороку у США ми споживаємо приголомшливі 25 квадрильйонів ккал. З населенням приблизно 330 мільйонів щорічні енерговитрати США сягають 77 мільйонів кілокалорій на особу. Це 210 000 ккал на день, що еквівалентно добовим енерговитратам дев'ятитонного ссавця (африканський слон важить тільки сім тонн). Кожен американець споживає більше енергії, ніж сімдесят мисливців-збирачів.

В окремих країнах рівень споживання енергії на душу населення навіть вищий. Країни, які мають величезні запаси нафти (зокрема Саудівська Аравія) або благословенні альтернативними джерелами енергії (як-от Ісландія), споживають енергію без особливих обмежень. Однак більшості світу бракує легкого доступу до зовнішньої енергії, що її ми, мешканці промислових країн, сприймаємо як належне. Загалом наш вид щороку споживає 141 квадрильйон ккал, що в середньому становить 47 000 ккал на особу — цей показник перевищує енерговитрати внутрішнього метаболічного двигуна майже в шістнадцять разів. На планеті мешкає 7,7 мільярда людей, а ми спалюємо такий обсяг енергії, неначе нас 120 мільярдів.

Якщо прочитане видається дещо неприйнятним і трохи жахливим, ви помиляєтеся: це абсолютно неприйнятно й до біса жахливо. За найкращими прогнозами, запасів нафти і природного газу має вистачити приблизно на п'ятдесят років, а вугілля — на сто десять. Імовірно, цей часовий проміжок трохи збільшиться завдяки розвитку технологій, що дають змогу виявляти й добувати згадані види палива, але це тільки подовжить агонію. Наслідки неминучі — як не в нашому столітті, то в наступному. З вичерпанням викопного палива приблизно 80 % енергії із зовнішніх джерел просто зникнуть. Люди, які переживуть цей період, імовірно, стануть першим поколінням, що матиме менший обсяг зовнішньої енергетичної економіки порівняно з нашими предками епохи палеоліту, які навчилися контролювати вогонь. Без інших джерел енергії, що зможуть замінити викопне паливо, місцеві та глобальні системи виробництва і транспортування

харчових продуктів зазнають колапсу. Це будуть «Голодні ігри» без гаджетів, «Скажений Макс» без двигунів.

Однак є дещо страшніше, ніж вичерпані запаси викопного палива. Це та катастрофа, яку ми спричинимо, спаливши їх усі. Кліматичні зміни, пов'язані з діяльністю людини, набирають обертів — сьогодні Земля на 0,8 °C (1,4 °F) тепліша, ніж наприкінці 1800-х років, коли використання викопного палива почало стрімко зростати. Сучасне покоління кліматичних моделей, які з неймовірною точністю прогнозують дедалі теплішу й більш неконтрольовану погоду, передрікають глобальне потепління на 8 °C протягом наступних одного-двох століть, якщо спалимо всі запаси відомого викопного палива. Востаннє така висока температура на планеті була п'ятдесят п'ять мільйонів років тому під час палеоцен-еоценового термічного максимуму. Океани так прогрілися, що все живе в їхніх глибинах вимерло. На той час рівень моря був на 100 метрів (328 футів) вищий, ніж зараз. Якщо внаслідок кліматичних змін ми наблизимося до такого рівня, то опинимося в неабиякій халепі. Приблизно 10 % населення світу, включно з мешканцями двох третин великих міст, проживають на менш ніж 10-метровій висоті над рівнем моря, а половина з нас мешкає на місцевості, розташованій на висоті менш ніж 100 метрів над рівнем моря. Спалювання всіх запасів викопного палива змінить нашу планету, потопивши найбільші міста і стерши з лиця землі цілі країни.

* * *

Щоб уникнути найгірших із численних невтішних сценаріїв, пов'язаних із кліматичними змінами, маємо позбутися звички використовувати викопне паливо — і що швидше, то краще. Деякі зміни насправді досить легкі, і до них треба було вдатися набагато раніше. Енергоощадні автомобілі й домівки, менше відходів у пакуванні й виробленні продуктів, краща система громадського транспорту, продумані підходи до сільського господарства й виробництва — усе це дасть змогу знизити обсяг використовуваної енергії. Попри опір у галузі ефективного регулювання паливних ресурсів та великі інвестиції в масові перевезення, можна помітити й обнадійливі «проблиски», що свідчать: ми починаємо використовувати енергію розумніше. Починаючи з 1970-х років рівень споживання енергії на душу населення в розвинених країнах хоч і повільно, але стабільно знижувався. З 2000 року рівень споживання

енергії на душу населення у Великій Британії скоротився майже на 30 %. У США було 30 % зниження порівняно з піком споживання наприкінці 1970-х років, а починаючи з 2000 року рівень знизився ще на 15 %.

Однак самої енергоефективності замало. Наш вид *Homo energeticus* потребує величезної кількості енергії. Ми еволюціонували культурно й біологічно, покладаючись на масштабне постачання енергії із зовнішніх джерел, що мала «підживлювати» кожнісінький аспект життя. Доіндустріальний рівень споживання енергії не відповідає нашим потребам, надто якщо хочемо зберегти бодай якусь подобу сучасного світу. Як ми вже встигли переконатися, тільки у США щороку витрачають 500 трильйонів ккал енергії зовнішніх джерел, щоб купка фермерів та виробників харчових продуктів могла прогодувати сотні мільйонів людей, більша частка яких проживає в густонаселених містах за сотні миль від тих, хто виробляє харчі. Ми витрачаємо *вдесятеро* більше енергії на обігрівання, охолодження та освітлення сучасних будинків і квартир. Без кліматичного контролю, що його забезпечує енергія, «Сонячний пояс»³⁴ і досі лишався б малолюдною пустелею. США щороку споживають понад 7 квадрильйонів ккал зовнішньої енергії, прагнучи забезпечити систему транспортування, що з'єднує нас із родинами, майном і роботою. Чоловіки з племені гадза, які можуть переміщуватися тільки на своїх двох, щодня проходять приблизно вісім миль. Це середня відстань для поїздки на роботу (*в один бік*) більшості мешканців Європи і США. Ми хоч завтра можемо полетіти в будь-який куточок планети — варто лише придбати квиток на літак. Якщо пощастить, той самий чоловік із племені гадза може принести додому тридцять фунтів їжі, і з точки зору витрат енергії це вартуватиме 10 ккал на милю. Дизельний вантажний потяг може перевезти тридцять фунтів товарів у будь-яку точку континенту — це вартуватиме приблизно 1 ккал на милю. Їжа, житло, рух — живучи в промислово розвиненому світі, ми повністю залежимо від сучасних зовнішніх джерел енергопостачання.

Зрозуміти, куди ми маємо прямувати, досить легко, хай навіть дістатися туди непросто. Якщо хочемо й надалі жити як *Homo energeticus*, у нас немає іншого варіанта, крім того, щоб знайти спосіб підживлювати зовнішні двигуни, не використовуючи викопне паливо.

Кліматологи дотримуються думки, що до 2050 року ми повинні досягти нульового рівня викидів вуглецю в усьому світі — тільки тоді з'явиться реальна можливість уникнути катастрофи. На сьогодні наш вид придумав чотири способи масштабного генерування електроенергії, несупроводжуваного викидом парникових газів: гідроенергетика, вітрогенератори (вітряні турбіни), сонячна енергія й поділ атомного ядра. Гідроенергетика як джерело енергії вже фактично вичерпана. У нас майже немає великих річок для побудови дамб, і в будь-якому разі цей підхід завдає екології серйозної шкоди. Залишаються сонце й вітер, що сьогодні сукупно забезпечують 2 % світової енергії, а також атомна енергія (5 %). Щоб замінити ними викопне паливо, доведеться неабияк розширити ці потужності в певній комбінації. То великий шмат роботи, однак є кілька переконливих стратегій, що допоможуть пройти цей шлях. Крім того, є й обнадійливі приклади, що стануть нашими провідниками. Франція виробляє понад 70 % електроенергії й забезпечує 45 % загального енергетичного попиту завдяки ядерній енергії та відновлюваним джерелам енергії (здебільшого атомним). Як тимчасова або довгострокова стратегія, розширення виробництва ядерної енергії може видатися лямним, але варто зауважити, що викопне паливо на одиницю виробленої енергії вбиває на тисячі людей більше, ніж ядерна енергія. Хай які рішення ми зрештою виберемо на цьому довгому шляху, важливо почати й невпинно рухатися вперед.

Однак не варто припускати, що успіх неминучий. Запаси викопного палива так чи інак скоро вичерпаються, і для створення нової та стабільної системи постачання зовнішньої енергії знадобляться узгодженість зусиль і неабияка політична мужність. Мене хвилює те, що нестримний прогрес і технологічний прорив в історії нашого виду зробили нас напрочуд самовдоволеними та засліпили так, що ми забули про уроки з глибокого минулого. Як свідчать місця розкопок на кшталт Дманісі (розділ 4), вимирання — це норма. Наша планета — складне й непередбачуване місце для життя. Види й суспільства повсякчас перевіряються на міцність і зазвичай зазнають невдачі. Якщо не вдасться знайти спосіб підтримувати зовнішнє енергозабезпечення нашого виду, ми теж програємо. Поглинувши нас, Земля байдуже рухатиметься собі далі, а кістки та руїни застигнуть у ґрунті — там-бо не бракує місця.

Будуймо кращі «зоопарки»

Активно прагнучи продовжити життєвий цикл зовнішньої енергії, що її використовує наш вид, не забуваймо про боротьбу з тією шкодою, якої вона завдає нашим організмам. Промислово розвинена енергетика уможливила сучасне життя, але ми дедалі частіше хворіємо. Ми вибудовували цей світ, орієнтуючись на розвиток і комфорт, однак слід ретельніше формувати довкілля, щоб захистити наші внутрішні «метаболічні двигуни».

Нам ніколи не вдасться вплинути на ситуацію з глобальною пандемією ожиріння без рішучих дій, покликаних змінити харчове середовище. Як ми вже зауважували в розділах 5 і 6, набирання зайвої ваги — то передусім проблема енергетичного дисбалансу, коли людина споживає більше калорій, аніж спалює. Наука, яку ми засвоїли завдяки гадза та іншим спільнотам, свідчить: ми не можемо суттєво впливати на витрати калорій. Добові енерговитрати обмежені, вони перебувають у вузькому діапазоні, і ваш організм докладає чимало зусиль, щоб підтримувати їх на цьому рівні. Отже, ожиріння — це насамперед проблема надмірного споживання. І щоб виправити ситуацію, маємо скоригувати раціон.

Ми повинні взяти відповідальність за власне харчування, однак переїдання — це не брак сили волі чи дисципліни. Не все так просто — тут криється щось набагато підступніше. Наш мозок регулює рівень споживання підсвідомо, застосовуючи давні розвинені системи, щоб керувати швидкістю метаболізму, голодом і ситістю. Енергія, яку ми витрачаємо на вироблення та оброблення їжі, перетворює її із джерела живлення на те, що більше скидається на наркотик. Максимально оброблені й ароматизовані продукти, які переважають на полицях супермаркетів і які активно рекламують, з неабиякою легкістю впливають на здатність нашого мозку регулювати енергетичний баланс. Як свідчить дослідження Кевіна Голла (розділ 6), раціон, у якому переважають оброблені продукти, сприяє переїданню й набиранню зайвої ваги.

Дешеві перероблені продукти з високим вмістом калорій — прямий наслідок промислового виробництва харчової продукції та нашої залежності від доступної зовнішньої енергії (рис. 9.2). Насправді це

приголомшливе досягнення, однак ми примудрилися перевернути один з основних принципів екології догори дригом. У природі їжа, що містить багато енергії, — скажімо, мед, дичина чи фрукти — зазвичай менш доступна, і її важче добути, ніж низькокалорійний продукт на кшталт листя. У сучасному супермаркеті все навпаки. Максимально оброблені продукти, зокрема олії, підсолоджувачі й нездорові смаколики, містять більше калорій на унцію, і за одну таку калорію ви зазвичай платите *менше*. Пончик із подвійним шоколадом від *Dunkin'* містить 350 ккал і коштує 83 центів (якщо купуєте десяток пончиків). Це означає, що кожні 100 ккал коштують 25 центів. Купуючи фунт яблук за 1 долар, ви платите 37 центів за 100 ккал — на 60 % більше порівняно з пончиками. Безперечно, яблука для вас корисніші і, як свідчить дослідження Сьюзен Голт на тему ситості (розділ 6), вони вдвічі ситніші, ніж пончики, але ж про що це я? Пончики непристойно смачні — і якщо зголодієте, маючи в кишені долар, то що виберете — пончик чи фунт яблук?

Якщо нам вдалося інтегрувати ці вигадливі продукти в наше життя, маємо знайти спосіб їх позбутися. Ніхто (включно зі мною) не хоче жити у світі, де немає пончиків. Однак варто подбати про те, щоб ціна харчових продуктів значною мірою демонструвала їхній вплив на наше здоров'я. Одним зі способів розв'язання проблеми може стати підвищення вартості нездорової їжі. Податки на газовану воду та інші підсолоджені напої часто непопулярні, однак скидається на те, що вони ефективні, бо зменшують кількість споживачів такої продукції. Оподаткування решти оброблених продуктів теж може знизити рівень їхнього споживання, і в будь-якому разі стане непоганим джерелом доходу для урядів, яким доводиться боротися з більшими витратами на охорону здоров'я, безпосередньо пов'язаними з невпинним зростанням обхватів наших талій.

Маємо подбати і про те, щоб здешевити корисні необроблені продукти та зробити їх максимально доступними. У 2015 році понад 39 мільйонів американців із низьким рівнем доходу проживали у справжніх «харчових пустелях» — районах, де до продуктової крамниці треба пройти пів милі пішки (у місті) або проїхати добрих десять миль (у сільській місцевості). Та навіть якщо цим людям вдавалося дістатися супермаркету, на них очікували «хибні» ціни промислово розвиненої системи харчування: у перерахунку на одну

кілокалорію оброблені продукти зазвичай набагато дешевші, ніж свіжі овочі та фрукти, м'ясо й риба та інші необроблені харчі. Не дивно, що ожиріння й кардіометаболічні хвороби непропорційно впливають на бідні громади. Ми вже маніпулюємо харчовим та енергетичним ринками за допомогою щорічних мільярдних субсидій. За більш свідомого підходу ці кошти можна було б використати, щоб здешевити корисну їжу та підвищити рівень її доступності. А оскільки основні аспекти здоров'я переважно формуються в дитячому віці, шкільне харчування має стати для нас пріоритетом — слід обмежити доступ до нездорової їжі та збільшити частку цільних продуктів у шкільному меню.

Щоб змінити власне харчове довкілля, не треба чекати на урядові регулювання чи суспільні зміни. Як стверджують Стефан Гіяней та інші, щоб тримати спокусливі й висококалорійні продукти якомога далі від себе, іноді досить маленьких кроків, що започаткують великі зміни. Ви не зможете бездумно пити газовану воду та їсти печиво цілими коробками, якщо не матимете цих продуктів удома. На офісному столі не має бути вазочки з цукерками — вони нікому не корисні. Якщо не триматимете оброблених харчів з високим енергетичним вмістом під рукою, їх буде важче дістати, і ви будете більш розважливі та уважні до того, коли й чим варто поласувати.

* * *

Унаслідок модернізації ми почали менше рухатися. Еволюціонувавши як мисливці-збирачі, сучасні люди отримали організми, створені для фізичної активності (розділи 4 і 7). Подібно до акул маємо рухатися, щоб вижити. Однак у зв'язку з активним використанням зовнішньої енергії в харчовій індустрії і транспортуванні фізичні зусилля в промислово розвиненому довкіллі вже необов'язкові. Протягом минулого століття відсоток «білих комірців» (адвокатів, лікарів, адміністраторів) у робочій силі США зріс утричі — з 25 % 1910 року до 75 % 2000-го. Понад 13 % професій у США сьогодні класифікують як «малорухливі», а ще 24 % припадають на професійну діяльність із «незначними фізичними навантаженнями». У «білих комірців» ці показники набагато вищі. У не такому вже й далекому минулому наші предки мисливці-збирачі щодня робили 15 000 кроків та навіть більше, а сьогодні — мабуть,

уперше за всю історію еволюції нашого виду — звичайні чоловіки та жінки можуть заробити собі на життя, не підводячись із крісла.

Сучасне життя функціонує завдяки транспортуванню й механізації, що працюють на зовнішній енергії. Ніхто не збирається щоденно проходити шістнадцять миль в обидва боки, прямуючи на роботу й повертаючись додому; нікому не кортить підійматися пішки на тридцятий поверх, щоб дістатися офісу. Водночас маємо інтегрувати більше фізичної активності у своє життя. Заняття спортом — це чудово, нам потрібно більше фізичних вправ. Проте варто розширити уявлення про активність — вона не має обмежуватися кількома годинами на тиждень. Безперервне сидіння смертельно небезпечне, хай навіть ми проводимо всі вечори й вихідні у тренажерному залі. Потрібні великі та малі міста, де людей заохочують ходити пішки, а також реальні інвестиції в рух, що забезпечується м'язовою силою людини. Взірцями мусять стати міста на кшталт Копенгагена, де райони роблять дедалі зручнішими для велосипедистів — тут віддають перевагу людям, а не автомобілям. Величезний потенціал мають і системи велопрокату, що підвищують рівень щоденної активності людей та знижують рівень захворюваності.

* * *

Індустріалізація й модернізація змушують нас платити й по інших «рахунках», і оцінити ці витрати значно складніше. Як і гадза, наші предки, мисливці та збирачі, належали до спільнот, де життя людей перепліталось в насиченій соціальній структурі, сформованій із родичів і друзів. Вони проводили багато часу на свіжому повітрі під сонцем. Коли всі виконують приблизно одну роботу й не накопичують статків протягом цілих поколінь, показники соціальної та економічної нерівності зазвичай низькі. Серед гадза панує гордий егалітаризм — вони не звітують нікому, крім себе.

З розвитком сільського господарства, а згодом і промисловості соціальні стосунки зазнали кардинальних змін. Накопичення багатств у вигляді земель та капіталу спричинило появу класових відмінностей та ієрархій. Звісно, вищому класу це було на руку, але для тих, хто застрягав на «дні», кого використовували як раба чи експлуатували в інший спосіб, то була катастрофа. Решта опинилася десь посередині, прагнучи видряпатися соціально-економічною драбиною нагору

й відчайдушно намагаючись не потрапити між шестерні, що «перемелюють» усіх униз.

Такий соціально-економічний устрій породжує стреси — від хвилювання через фінанси до болісного відчуття, що ми плентаємося десь позаду, або розуміння, що наша гідність щодня страждає. Для нашого виду це абсолютно нові відчуття, тож нам складно з ними впоратися. Існування на «нещасливому» кінці соціально-економічного спектра змушує нас хворіти і значно скорочує життя. Порівняно із заможними людьми, ті, хто живе у злиднях, частіше потерпають від ожиріння, діабету, серцево-судинних та інших кардіометаболічних хвороб; і цей вплив значно більший, ніж те, чого можна очікувати від відмінностей у харчуванні та фізичних навантаженнях. Так само й кольорове населення та представники інших маргіналізованих спільнот мають гірше здоров'я й меншу тривалість життя. Якщо ми серйозно налаштовані змінити довкілля, щоб поліпшити метаболічне здоров'я, маємо розв'язати не тільки проблеми, пов'язані з харчуванням і фізичними навантаженнями, але й проблему соціально-економічної нерівності.

На жаль, із розвитком промисловості в нас стало значно менше інструментів для боротьби зі стресом. З одного боку, знизився рівень щоденної фізичної активності. Наші соціальні зв'язки слабшають, сім'ї стають меншими й більш розпорошеними. Самотність набула такого поширення, що дехто навіть почав вважати її за справжню хворобу. Крім того, модернізація загнала нас у домівки. Перебування на свіжому повітрі може знизити стрес і стимулювати фізичну активність — таке дозволяє зміцнює кардіометаболічне здоров'я краще, ніж сама фізична активність. Гадза фактично живуть на свіжому повітрі, тоді як звичайний американець проводить 87 % часу в будівлях, а ще 6 % в автомобілі. Працюючи над поверненням у сучасне життя корисних для здоров'я аспектів з нашого минулого мисливців-збирачів, маємо вдаватися до широкого й цілісного мислення. Адже йдеться не тільки про викопування коренеплодів.

Повернення до табору

Мені хотілося, щоб це були звичайні багаття.

Я сидів на вигині прогрітої сонцем пласкої скелі поблизу Мкеленге — табору гадза, який розкинувся на крутому схилі пагорбів Тліїка, і крізь просвіт у заростях акації споглядав широку долину, що простягалася вниз. Хотілося трохи порефлексувати. Це була моя перша подорож до Гадзаленду за останні кілька років, а з перших днів дослідження витрат енергії в гадза минуло ціле десятиліття. За мить до цього помаранчеве сонце вихлюпнуло останні промені на скелі на дальньому боці широкої долини і сховалося за горизонт на заході. Коли світ довкола втратив барви й почав занурюватися в пільму, я помітив дещо внизу — те, чого досі ніколи не бачив у таборі гадза. То були вогні. Я нарахував п'ять таких вогників — вони скидалися на зорі, що впали з неба й розсипалися долиною на відстані кількох миль від мене. Імовірно, там мешкали не гадза. Такі просторі території полюбляли скотарі Датоги, які випасали велику рогату худобу та кіз у сухих чагарниках. Спершу мій мозок вирішив, що це багаття, які розвели, щоб приготувати їжу, однак вони мали неправильне забарвлення. Вогнище зазвичай помаранчево-червоне, тоді як це світло було електрично-біле. Та й навіщо сім'ям Датоги готувати їжу на вулиці?

Висновок був очевидний: у Гадзаленд просочилася електрика.

Я намагався поставитися до того у стилі *hamna shida*. Можливо, навіть порадіти за цих людей. Світло неабияк допомагає, і один бог знає, як часто я покладаюся на нього в щоденному житті (навіть тієї миті я мав один ліхтарик у кишені та ще два в наметі). Чи міг я їх засуджувати? Світло в домівках Датоги неабияк допоможе жінкам і дітям, коли вони ввечері поратимуться по господарству. До того ж йшлося про невеликі системи сонячних панелей, а не лінію електропередачі, що пронизувала самісіньке серце території гадза. Принаймні це була чиста енергія.

Я нагадав собі, що гадза постають перед наступом промислового світу протягом десятиліть — вони змушені поступатися землями, однак прагнуть скористатись навіть із таких складних ситуацій. Ці люди із задоволенням інтегрували в життя деякі сучасні технології — подеколи в них можна помітити ліхтарики або радіоприймач, хоч роздобути батарейки буває непросто. Мобільні телефони теж стали звичним явищем — у кожному таборі є той, хто знає, на який пагорб треба зійти, щоб упіймати сигнал, навіть якщо сам не має такого пристрою. Вони охоче приймають мішки з кукурудзою, що їх

танзанійський уряд періодично роздає як продовольчу допомогу. Та попри все культура гадза залишається неймовірно стійкою й недоторканою. Вони приймають сучасний світ на власних умовах, крок за кроком.

Водночас я ніяк не міг позбутися більш похмурого відчуття — ніби щось втрачаю. Промисловий світ поволі, однак безупинно прокладав собі шлях до Гадзаленду. Звісно, він дістанеться сюди не сьогодні і, можливо, не наступного року... може, навіть не через десятиліття. Однак цей льодовик наступав, і невимовна вага цивілізації штовхала його вперед долиною, що розкинулася піді мною, підриваючи основи життя її мешканців. Займаючись мисливством і збиральництвом, гадза мешкали на цих пагорбах протягом сотень, а може, і тисяч поколінь. Як довго все це триватиме, перш ніж назавжди зникне? Скільки мине часу, перш ніж гадза будуть змушені приєднатися до промислового світу і, подібно до численних корінних спільнот, опиняться на нижньому щаблі соціально-економічної драбини? Чи доведеться молодим чоловікам і жінкам цього племені марнувати найкращі роки в брудних домішках зі шлакоблоків, мріючи про життя серед чагарників і спостерігаючи, як їхні онуки змушені боротися з ожирінням, серцево-судинними захворювання та іншими тягарями сучасного світу? То це так промисловий світ має відплатити тим, хто навчив нас здорового підходу до життя?

Утім, те, що я побачив під час перебування у Мкеленге, подарувало надію. Чоловіки й жінки з племені гадза, як і завжди, полювали та займалися збиральництвом, дотримуючись старих традицій. Жінки (як молодого, так і старшого віку) вранці вирушали збирати корені *makalitako* та *ewka*, а тоді приносили їх додому, щоб засмажити на спільному вогнищі. Вони готували пряні коктейлі з плодів баобаба й товкли його ядра, щоб дістати м'ясисту серцевину. Чоловіки цілісніськими днями полювали або залишалися в таборі, виготовляючи стріли та луки. То була особлива пора року — пізній посушливий сезон, коли розквітали баобаби. Їхні важкі й духмяні білі квіти витанцьовували між гіллям і килимом укривали землю, ваблячи до себе травоядних. Чоловіки залишали табір ще до світанку, щоб полювати із засідки біля квітучих баобабів. Дичини було вдосталь, і всі мешканці табору насолоджувалися м'ясом імпали, дукера й дікдіка.

Майбутнє теж видавалося обнадійливим. Тут було повнісінько грайливих дітей, які бігали табором, спілкуючись мовою гадза. Хлопці покидали табір із легким луком і батьковою сокирою, вирушаючи на пошуки меду та дичини. Дівчата займалися збиральництвом разом із матерями й тітками та вчилися визначати якість коренеплодів, постукуючи по землі довкола лози. Друзі й родини проводили час разом — ділилися їжею, сміялися та теревенили. Навідувалися й сусіди — мешканці близьких та більш віддалених таборів, — щоб відпочити чи навіть перекусити. Це була міцна спільнота.

Я покинув Мкеленге, відчуваючи оптимізм, і це стосувалося не тільки гадза, але й усіх нас. Нам ще треба багато чого дізнатися про наш організм і метаболічне здоров'я, однак маємо досить знань, щоб почати новий шлях — краще дбати про себе й виховувати покоління здоровіших дітей. Усе починається з усвідомлення свого коріння, з бажання переймати досвід таких спільнот, як гадза, які незмінно дотримуються старих традицій, і творчого підходу, що допоможе інтегрувати здобуту науку в наше життя. Ми репрезентуємо найрозумніший і найбільш творчий вид на планеті та маємо воістину божественні технологічні можливості. Безумовно, ми можемо навчитися дбайливо ставитися до власного організму, сусідів і всієї планети.

[34.](#) Південні штати США, де переважно зосереджений виробничий потенціал постіндустріального суспільства.

Подяки

Я працював над цією книжкою понад десять років із допомогою й за безпосередньої участі родини, численних друзів та колег. Передусім хочу подякувати дружині Дженіс і дітям Алексові та Кларі за підтримку й добрий настрій у всі ті миті, коли займався польовими роботами, застрягав у лабораторії, оцінюючи зразки сечі, чи годинами не виходив з підвалу, друкуючи цей текст. Дякую, друзі, я вас люблю.

Також хочу подякувати всім членам моєї родини — мамі, татові, Джорджеві, Гайді, Голлі та Емілі — за те, що навчили мене критично мислити та насолоджуватися гарною суперечкою. Завдяки рекомендаціям і можливостям, що їх надавали мені Джефф Керланд, Алан Вокер, Боб Берколдер та інші працівники Пенсильванського університету під час мого навчання на старших курсах, зрештою сформувалася моя наукова траєкторія, а відтак з'явилася й ця книжка.

Представники спільноти гадза були неймовірно щедрі й привітні до мене та моїх колег — вони гостинно вітали нас у своїх таборах і терпляче мирилися з нашими нескінченними запитаннями та проханнями. Описані в книжці історії й діалоги, що тривали під час моїх досліджень гадза (і не тільки), випливають з особистого досвіду й відтворені максимально точно — наскільки це дозволяють моя пам'ять і періодичні записи в щоденниках. Я вдячний гадза за гостинність та дружбу і сподіваюся, що розповіді про їхнє життя в цій книжці змальовують точний портрет їхньої неймовірної культури. Більше інформації про цю спільноту ви можете отримати, завітавши на вебсайт *HadzaFund.org*.

Жоден із моїх проєктів за участю гадза не втілювався б у життя без найближчих друзів і колег — Браяна Вуда й Девіда Райхлена. Мої багаторічні дослідження в Танзанії неабияк збагатили й підтримали численні друзі, зокрема Маріаму Аньявайр, Геріет Клеофас, Джейк Гарріс, Крістіан Кіффнер, Фідес Кайрей, Лів Лайнен, Натаніель Маконі, Аудакс Мабулла, Ібрагім Мабулла, Карла Маллол, Френк Марлоув, Рут Матіас, Елена Маурікі, Бунга Паоло, Дауді Петерсен і Крістофер та Нані Шмеллінги.

Наука — то «командний спорт», і мені пощастило не тільки перейти досвід, але й безпосередньо працювати з багатьма провідними дослідниками еволюції людини та витрат енергії. Я дякую Стефанові Гіянею, Кевінові Голлу, Деніелеві Ліберману та Джонові Спідману за важливі спостереження, якими вони ділилися зі мною протягом багатьох років, та їхні відгуки на першу чернетку цієї книжки. Ідеї й матеріал, викладені на цих сторінках, неабияк збагатили розмови та співпраця з Леслі Аелло, Ендрю Бівенером, Ріком Брайбіскасом, Джоном Б'юсом, Вінсентом Каро, Еріком Чарновим, Стівом Черчиллем, Мег Крофут, Морін Девлін, Ларою Дугас, Голлі Дансворт, Пітером Еллісоном, Меліссою Емері Томпсон, Рідом Феррінгом, Майклом Гарвенном, Ентоні Гекні, Льюїсом Голсі, Стівом Геймсфілдом, Кім Гілл, Річардом Каном, Гіллардом Капланом, Вільямом Клаусом, Крістофером Кузавою, Мітчеллом Ірвіном, Карен Айлер, Емі Люк, Полом Макліном, Феліцією Мадіменос, Ендрю Маршаллом, Едом Мелансоном, Деборою Муойо, Мартіном Мюллером, Гаєм Пласкі, Сьюзен Расетт, Еріком Равуссіном, Лієнн Редман, Джессікою Ротман, Стівеном Россом, Робертом Шумейкером, Джошуа Снодграссом, Дейлом Шоллером, Лоуренсом Сугіямою, Бенджаміном Трамблом, Клаудією Валеджею, Карелом Ван Шайком, Ерін Вогель, Карою Вокер, Крістін Волл, Клаасом Вестертерпом, Вільямом Воном, Річардом Ренгемом та Йосукі Ямадою. Я вдячний Національному науковому фонду США, а також фондам Веннера-Грена та Луїса Лікі за підтримку мого дослідження.

Мені також пощастило тісно співпрацювати з чудовою командою студентів, постдоків та асистентів — завдяки їхній роботі більша частина досліджень, описаних у цій книжці, утілена в життя, і це майже завжди було весело. Я дякую їм за колегіальність, чудові ідеї й наполегливу працю. Повний перелік усіх, кому хотів би висловити вдячність, утворив би окрему книжку, однак не можу не згадати Кейтлін Тербер (яка очолила дослідження *Race Across the USA*), Сема Урлахера (автора досліджень племені шуарів, які згадував на цих сторінках), Мері Браун, Еріка Кастілло, Мартіна Гору, Йорга Джагера, Елейн Козму, Майру Лейрд, Кару Окобок, Дженні Платан, Ребеку Рімбах, Халіфу Стеффорд, Зейн Свонсон та Анну Ворренер.

Хочу висловити щире подяку моєму агенту Максу Брокману, адже саме завдяки його зусиллям ця книжка знайшла свій «дім». Дякую

напрочуд уважній і натхненній редакторці Керолін Саттон, а також Ганні Стейгмаєр, Доріану Гастінгсу й усій команді видавництва *Penguin Random House* за те, що незмінно супроводжували мене на довгому шляху створення цієї книжки. Усі графіки розробила Касья Конопка. Вікторія Ергардт, Голлі Деніелс, Емілі Хан, Салім Хан та Дженіс Вон люб'язно зголосилися прочитати чернетку та надали корисні відгуки. І нарешті, хочу подякувати всій спільноті Університету Дюка, зокрема Браяну Гейру та Ванессі Вудс, за їхню дружбу та підтримку, які я незмінно відчував, пишучи цю книжку.

Популярне видання

ПОНЦЕР Герман

Наш метаболізм. Калорії, вага та секрети міцного здоров'я

Головний редактор С. І. Мозгова

Відповідальний за випуск О. М. Шелест

Художній редактор А. О. Попова

Технічний редактор В. Г. Євлахов

Коректор Є. О. Редько

Підписано до друку 20.12.2021. Формат 84х108/32. Друк офсетний.
Гарнітура «Georgia». Ум. друк. арк. 21,84. Наклад 2500 пр. Зам. № .

Книжковий Клуб «Клуб Сімейного Дозвілля». Св. № ДК65 від 26.05.2000

61001, м. Харків, вул. Б. Хмельницького, буд. 24. E-mail: cor@bookclub.ua

Віддруковано у АТ «Харківська книжкова фабрика “Глобус”»

61011, м. Харків, вул. Різдвяна, 11.

Свідоцтво ДК № 7032 від 27.12.2019 р.

www.globus-book.com

