ŚWIAT NAUKI

POLSKA EDYCJA

swiatnauki.pl • projektpulsar.pl

SCIENTIFIC AMERICAN

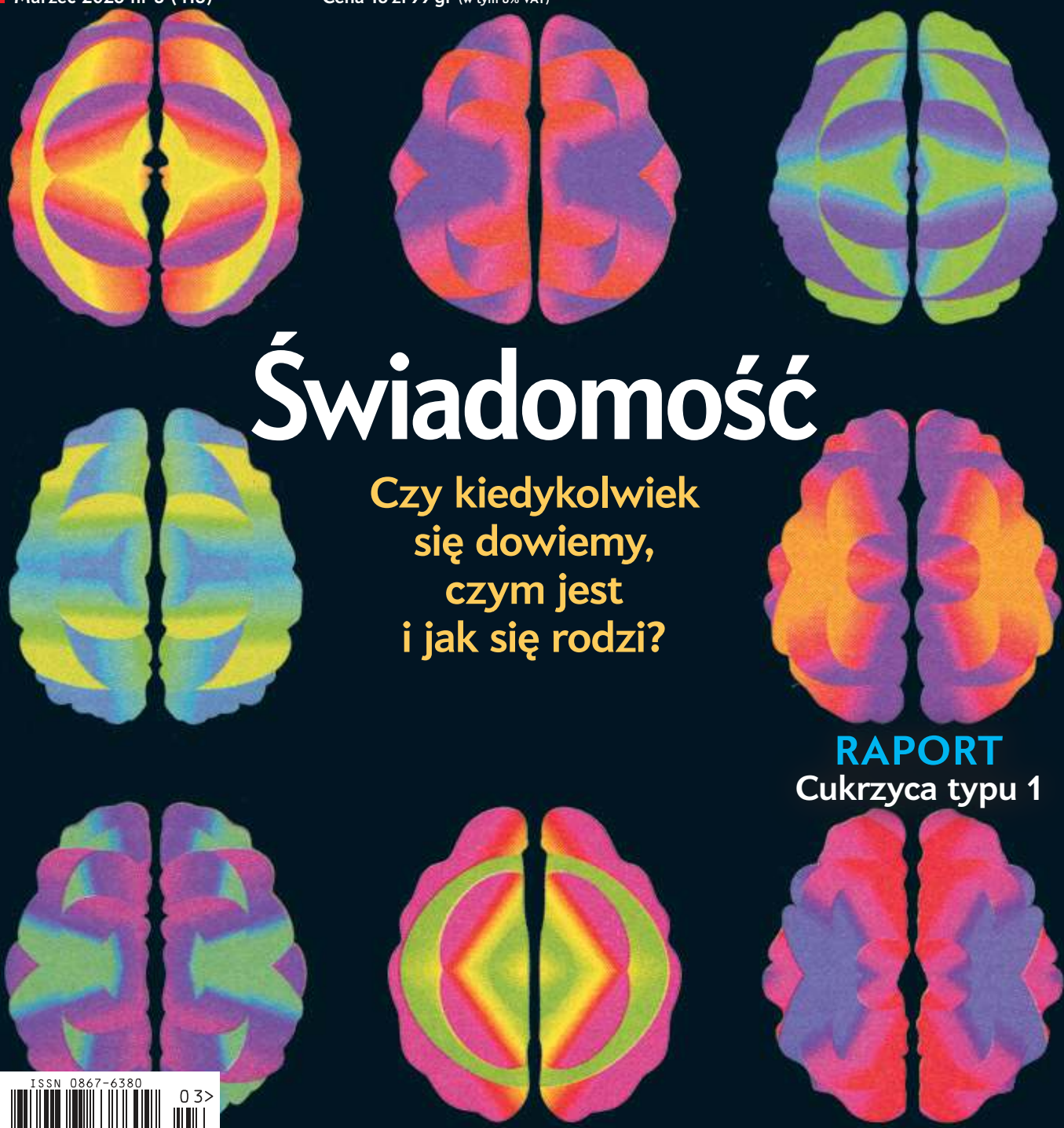
Czy psychopatię da się wyleczyć?

Plusy i minusy probiotyków

Wkrótce zobaczymy najstarsze gwiazdy

Marzec 2026 nr 3 (415)

Cena 18 zł 99 gr (w tym 8% VAT)



Świadomość

Czy kiedykolwiek się dowiemy, czym jest i jak się rodzi?

RAPORT

Cukrzyca typu 1

ŚWIAT NAUKI 03/2026

INDEKS 378194

ISSN 0867-6380

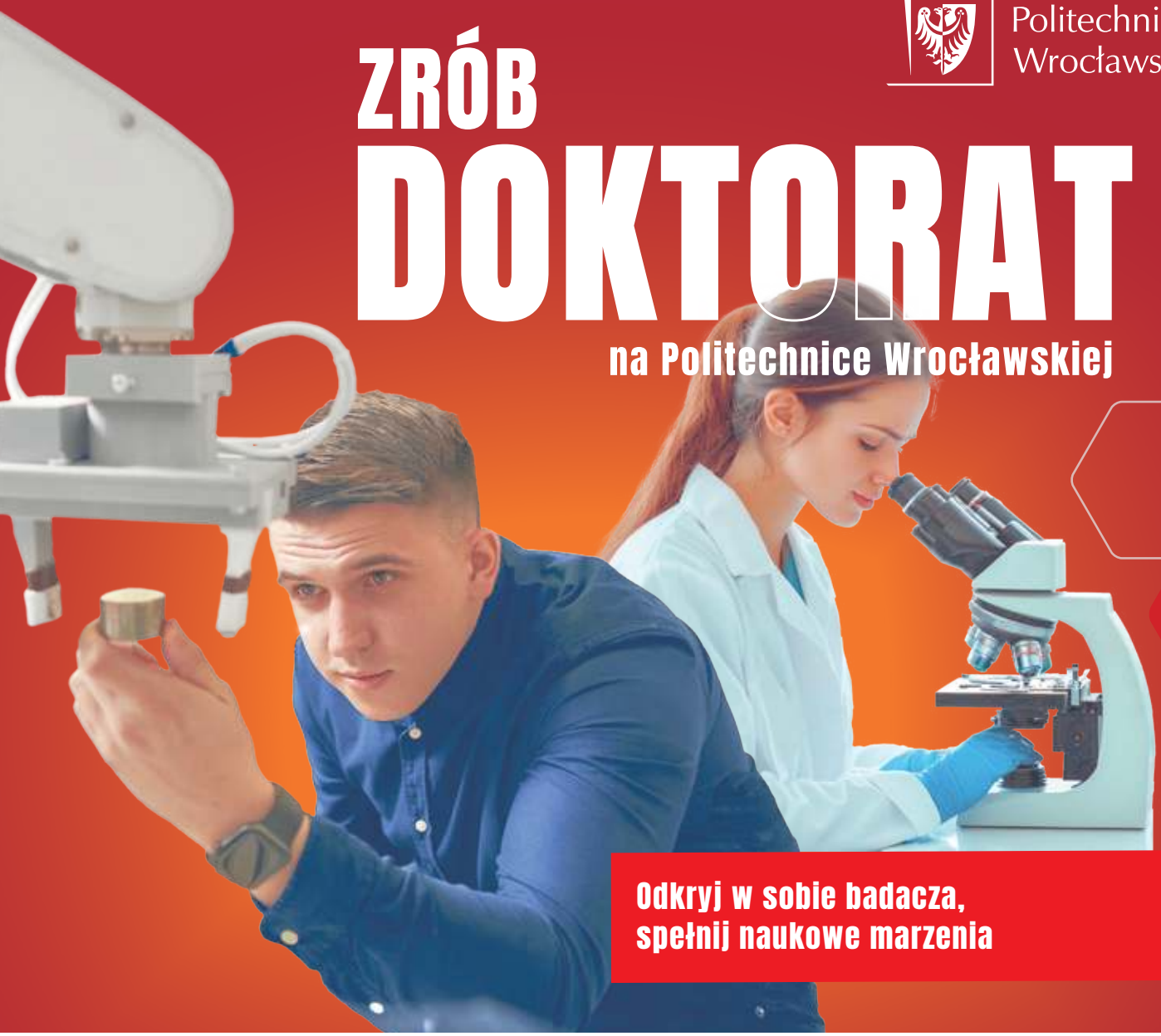
03>

eprasa.pl R780044 Lea

Politechnika Wrocławska

ZRÓB DOKTORAT

na Politechnice Wrocławskiej



Odkryj w sobie badacza, spełnij naukowe marzenia

Szkoła Doktorska

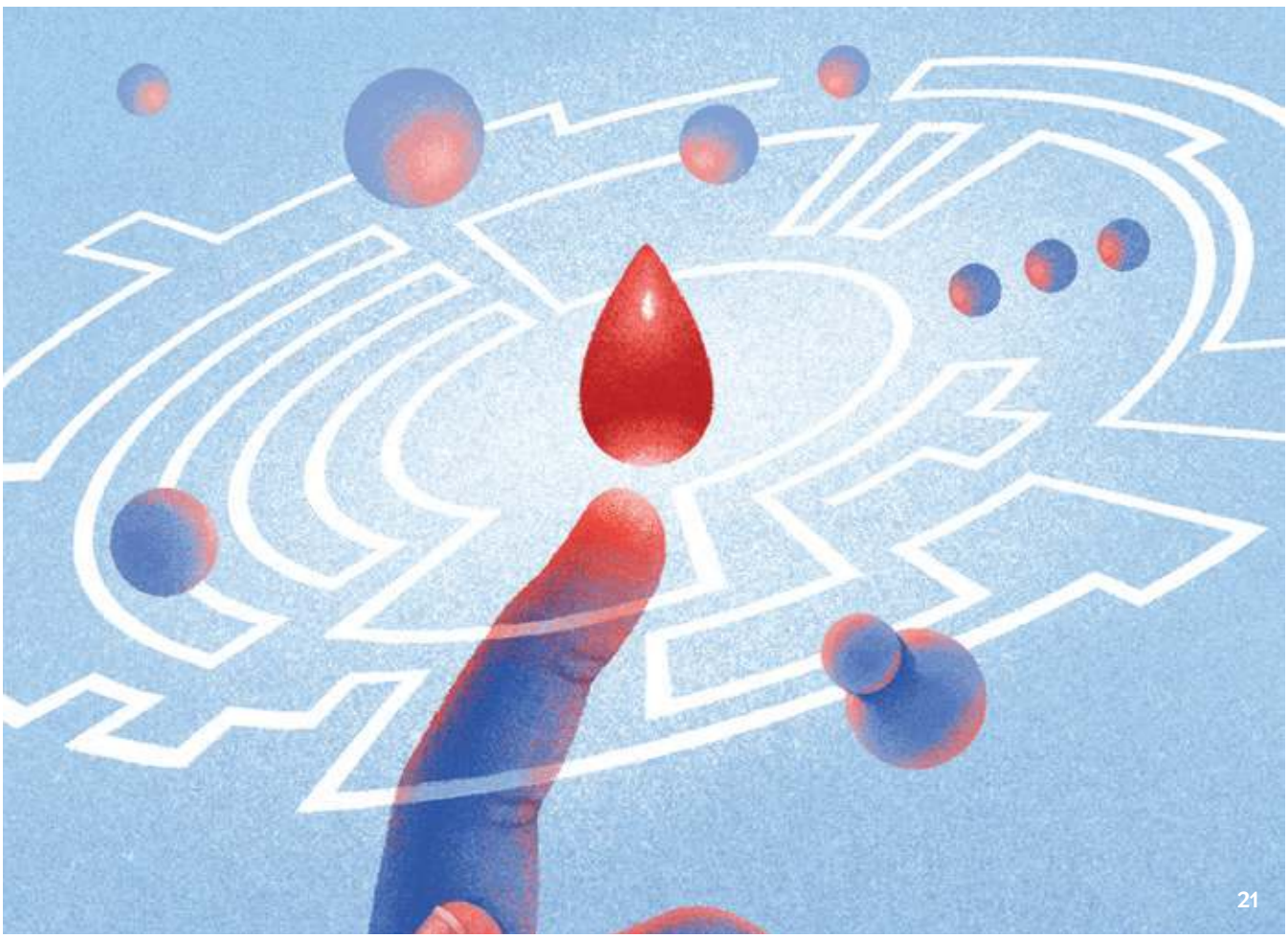
- Wysokie stypendia doktoranckie
- Interdyscyplinarne projekty
- Indywidualna ścieżka rozwoju
- Minigranty na początek drogi naukowej (do 20 tys. zł)
- Program Primus - premiowanie najwyżej punktowanych publikacji naukowych
- Międzynarodowa współpraca w ramach sojuszu uczelni europejskich Unite!

doktorat.pwr.edu.pl

eprasa.pl b7800411ea

POLSKA EDYCJA
ŚWIAT NAUKI
SCIENTIFIC AMERICAN

MARZEC 2026
NUMER 3 (415)



UMYSŁ

42 NAJTRUDNIEJSZY PROBLEM

Podważane teorie. Oskarżenia o uprawianie pseudonauki. Maszyny, które twierdzą, że są świadome. Dziedzina badań nad świadomością może stanąć na progu rewolucji – albo po raz kolejny zostać zepchnięta na margines.
ALLISON PARSHALL

ASTRONOMIA

54 PIERWSZE GWIAZDY

Astronomowie mają nadzieję, że wkrótce zaobserwują najwcześniejszych mieszkańców Wszechświata.
JOSÉ MARÍA DIEGO RODRÍGUEZ

PSYCHOLOGIA

62 CZY PSYCHOPATIĘ DA SIĘ WYLECZYĆ?

Nowe terapie pomagają zmniejszać bezduszność i niewrażliwość emocjonalną u dzieci, dając szansę na produktywne dorosłe życie.
MAIA SZALAVITZ

RAPORT SPECJALNY

21 INNOWACJE CUKRZYCA TYPU 1

23 RYZYKOWNE DZIEDZICTWO
RACHEL NUWER

26 DŁUGA DROGA DO SZTUCZNEJ TRZUSTKI
CARRIE ARNOLD

30 ROSNĄCE GLOBALNE BRZEMIĘ
MIRIAM QUICK, JEN CHRISTIANSEN I JEANNA BRYNER

34 RATUJMY OCZY
LIZ SZABO

38 WYLECZENIE CORAZ BLIŻEJ
TARA HAELLE

Ilustracja Miriam Martincic

eprasa.pl b7800411ea

ŚWIAT NAUKI
POLSKA EDYCJA
SCIENTIFIC AMERICAN

MARZEC 2026
NUMER 3 (415)

6 SKANER
Kocia niezależność ◆ Zagłuszanie płomieni ◆ Co właściwie zderzyło się z Ziemią? ◆ Dokładnie tyle kart, ile trzeba ◆ Nowy rekord ekstremofili ◆ Pajęcza atrapa ◆ Pożyteczne niedoskonałości ◆ Szympansie rozterki

16 Q&A
Zapach historii
GAYOUNG LEE

18 WSZECHŚWIAT
Droga Mleczna zaskakuje
PHIL PLAIT

19 ZDROWIE
Plusy i minusy probiotyków
LYDIA DENWORTH

70 SZTUKA RODZICIELSTWA
Czy chatboty nie szkodzą nastolatkom?
ELIZABETH ENGLANDER

72 MATEMATKA
Czy w matematyce wszystko jest rozwiązywalne?
JACK MURTAGH

74 UMYSŁ GIĘTKI
Bile, piramidy i winogrona
MAREK PENSZKO

78 FAKTOGRAF
Rasowa rywalizacja
HUMBERTO BASILIO. MIRIAM QUICK, JEN CHRISTIAN*SEN* I LEE LOTOR

80 Z ARCHIWUM „SCIENTIFIC AMERICAN”
Życie to ciąg katastrof ◆ Piaszczyste dźwięki ◆ Tajemnice Grenlandii ◆ Jak nazywać ptaki ◆ Niemądre pomysły urzędników ◆ Sowa czy papuga?


18
ESA/Gaia/DPAC, S. Payne-Wardenaar, E. Poggio i in. (2025)


19
Ilustracja Jay Bendt


70
Malte Mueller/Getty Images

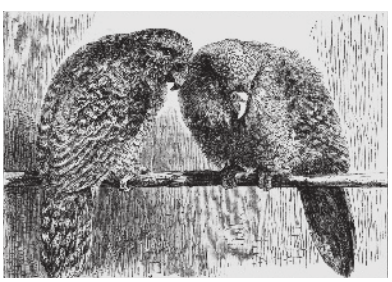
OKŁADKA



Przez ostatnie 30 lat naukowcy poszukujący źródeł świadomości poczynili znaczne postępy – głównie w ustalaniu, które obszary mózgu źródłami świadomości nie są. Obecnie jednak, wraz z pojawieniem się nowych danych, a także modeli SI, które deklarują, że są świadome, badania nad świadomością może czekać przełom – albo po raz kolejny zostaną zepchnięte na margines.

Ilustracja DTAN Studio

Polska wersja okładki Jolanta Kotas


80
Scientific American, tom 34, nr 1212, marzec 1876

eprasa.pl b7800411ea

PRENUMERATA „ŚWIATA NAUKI”

ŚWIAT NAUKI SCIENTIFIC AMERICAN

Prenumeruj druk



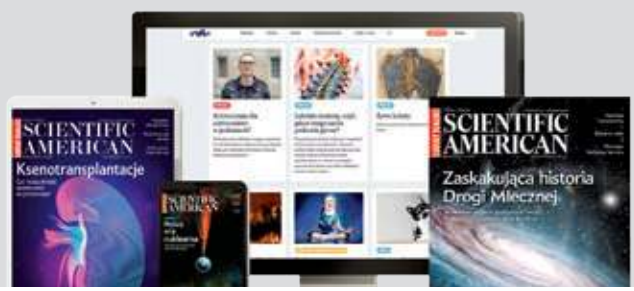
KUP TERAZ

Prenumerata roczna
189 zł

Prenumerata półroczna
99 zł

Polska edycja renomowanego amerykańskiego pisma „Scientific American” z bezpłatną dostawą do wybranego przez Ciebie InPost Paczkomat 24/7 lub pocztą wprost pod Twoje drzwi.

Prenumeruj druk i serwis Pulsar



KUP TERAZ

Prenumerata roczna
279 zł

Prenumerata półroczna
159 zł

Oprócz wydania drukowanego otrzymujesz wydanie cyfrowe „Świata Nauki” i „Wiedzy i Życia” w ramach dostępu do codziennego serwisu naukowego Pulsar.

Prenumeruj w pakiecie z „Wiedzą i Życiem”



KUP TERAZ

Prenumerata roczna
299 zł

Prenumerata półroczna
169 zł

Dwa pisma popularnonaukowe w klasycznej papierowej odsłonie. Co miesiąc 160 stron potężnej dawki wiedzy ze świata nauki.

Darmowa dostawa
co miesiąc pod wskazany adres

Gwarancja
stałej ceny

MASZ PYTANIA?

+48 22 336 75 60
(pon.-pt. w godz. 8:00–17:00)

prenumerata@swiatnauki.pl

sklep.polityka.pl

Zapraszamy na wygodne zakupy!

Dla siebie i bliskich. Kupuj dla szkoły, firmy, instytucji.

eprasa.pl b7800411ea

ŚWIAT NAUKI POLSKA EDYCJA SCIENTIFIC AMERICAN

www.projektpulsar.pl

Prenumerata
www.sklep.polityka.pl/sn
e-mail: prenumerata@swiatnauki.pl
tel. 22 336 75 60

Redaktor naczelny
Elżbieta Wieteska
e-mail: e.wieteska@swiatnauki.pl
tel. 605 435 405

Kontakt z redakcją
redakcja@swiatnauki.pl

Korekta
Mariola Będkowska

Redakcja techniczna, skład i łamanie
Jolanta Kotas
e-mail: j.kotas@swiatnauki.pl

Wydawca
POLITYKA Sp. z o.o. SKA
ul. Słupecka 6, 02-309 Warszawa
tel. 22 451 61 33/34; faks 22 451 61 35
www.polityka.pl; e-mail: polityka@polityka.pl

Prezes zarządu
Jerzy Baczyński

Dyrektor wydawniczy
Piotr Zmelonek
tel. 22 451 61 33/34

Dyrektor biura reklamy
Izabela Kowalczyk-Dudek
tel. 22 451 61 36
e-mail: reklama@polityka.pl

Dział Dystrybucji
Marcin Paśnicki, kierownik
e-mail: dystrybucja@polityka.pl

Kontakt w sprawie bezpieczeństwa produktu
gpsr@polityka.pl

Druk P/mint

Copyright © POLITYKA Sp. z o.o. SKA 2026

Wszelkie prawa zastrzeżone (łącznie z tłumaczeniem na języki obce). Żaden fragment niniejszego wydania nie może być wykorzystany w jakiejkolwiek formie – fotokopii, mikrofilmu czy innych reprodukcji – ani przekładany na język mechaniczny bez pisemnej zgody wydawcy. SCIENTIFIC AMERICAN jest zastrzeżoną nazwą handlową należącą do Scientific American, Inc. w Nowym Jorku i używaną przez firmę Polityka Sp. z o.o. SKA na podstawie umowy licencyjnej.

SCIENTIFIC AMERICAN

Editor In Chief **David M. Ewalt**
Managing Editor **Jeanna Bryner**
Copy Director **Maria-Christina Keller**
Creative Director **Michael Mrak**
Chief Features Editor **Seth Fletcher**
Chief News Editor **Dean Visser**
Chief Opinion Editor **Megha Satyanarayana**

President **Kimberly Lau**
Publisher and Vice President **Jeremy A. Abbate**
Vice President, Product and Technology **Dan Benjamin**
Vice President, Commercial **Andrew Douglas**
Vice President, Content Services **Stephen Pinock**

Scientific American, 1 New York Plaza, Suite 4600, New York, NY 10004-1562

Drodzy Czytelnicy,

w tym miesiącu fascynujący temat – świadomość (*s. 42*). W artykule nie znajdą jednak Państwo żadnych rozstrzygających twierdzeń, jednoznacznych odpowiedzi. To raczej materiał do refleksji, rozważań, długich wieczornych dyskusji w oczekiwaniu na upragnioną już pewnie przez większość z nas wiosnę. Bo jakie mogą być odpowiedzi, skoro nawet nie do końca wiemy, o co pytamy – sama definicja świadomości budzi niezliczone kontrowersje. Ba, zastanawiamy się nawet, czy badania nad świadomością to przypadkiem nie pseudonauka. Co paradoksalne, nie można jednak tych dociekań porzucić, bo mimo że ich przedmiot jest tak nieuchwytny, rozstrzygać trzeba związane z nim praktyczne kwestie:

Czy zwierzęta mają świadomości? A jeśli tak, to które? Czy świadoma może być sztuczna inteligencja? (To chyba ostatnio pojawia się najczęściej). A noworodki? A ludzie w śpiączce? Są świadomi? Nie założyłabym się o skrzynkę wina (taki zakład zawarło dwóch cytowanych w artykule badaczy), że w ciągu najbliższych 25 lat doczekamy się jakiegokolwiek przełomu w tej dziedzinie.

Drugi duży marcowy temat to walka z cukrzycą typu 1, straszną chorobą (*s. 42*). Jej objawy i skutki są podobne jak cukrzycy typu 2 (retinopatia, neuropatia, niegojące się rany, ciągłe zmęczenie), ale etiologia inna – proces autoimmunologiczny niszczy komórki wysp trzustkowych produkujących insulinę. Walka z cukrzycą (każdego typu) to codzienne zmagania. Na szczęście nauka robi wyraźne postępy i diabetycy mogą już niemal normalnie funkcjonować. Pojawia się też nadzieja na opracowanie leków umożliwiających całkowite wyleczenie cukrzycy typu 1.

Zbliżamy się do poznania samych początków Wszechświata (*s. 54*). Coraz doskonalsze teleskopy wraz z naturalnymi soczewkami grawitacyjnymi umożliwią obserwację pierwszych gwiazd. Dowiemy się dzięki temu więcej o naszym własnym pochodzeniu.

Nie tylko niebo stanowi tajemnicę. Często tajemnicę stanowi inny człowiek, którego trudno zrozumieć, kierując się własnymi odczuciami i doświadczeniami. Ostatnie miesiące przynoszą wiele takich zaskoczeń. Niewątpliwie intuicja zawodzi nas w przypadku psychopatów (*s. 62*). To dość złożony rodzaj osobowości i co (nie)ciekawe, psychopaci to nie tylko zbrodniarze zapełniający więzienia – wielu menedżerów i polityków przejawia cechy psychopatyczne. W dodatku niektóre (absolutnie nie wszystkie) cechy psychopatów przydają się w wojsku, straży pożarnej, policji. Kluczowe dla możliwości funkcjonowania tych ludzi w społeczeństwie jest ich odpowiednie nakierowanie. Czy psychopatię da się więc leczyć?

Miłej lektury!

Elżbieta Wieteska

Zapraszamy na nasz portal popularnonaukowy **pulsar** (**www.projektpulsar.pl**). Znajdą w nim Państwo dużą porcję naukowych aktualności (w tym tłumaczenia tekstów ze strony internetowej „Scientific American”), pogłębionych artykułów, ciekawych rozmów z naukowcami, podcastów, a także bieżące i archiwalne wydania „Świata Nauki” oraz „Wiedzy i Życia”.

TŁUMACZE, AUTORZY I KONSULTANCI BIEŻĄCEGO NUMERU

dr Michał Czerny
dr n. med. Ewa Grabowska
Andrzej Hołdys
mgr Marek Krośniak
Biblioteka Jagiellońska
Marek Penszko
dr Marcin Ryszkiewicz

Za treść ogłoszeń redakcja ponosi odpowiedzialność w granicach wskazanych w ust. 2 art. 42 ustawy Prawo prasowe.
Informujemy, że przesłanie listu do redakcji jest równoznaczne z udzieleniem zgody na jego publikację w czasopiśmie wraz z podaniem imienia i nazwiska jego autora, chyba że autor zastrzegł wyraźnie anonimową publikację.
Sprzedaż aktualnych i archiwalnych numerów czasopisma po cenie innej niż wydrukowana na okładce jest działaniem na szkodę wydawcy i skutkuje odpowiedzialnością sądową.

eprasa.pl b7800411ea

Czwarty wymiar MOF-ów

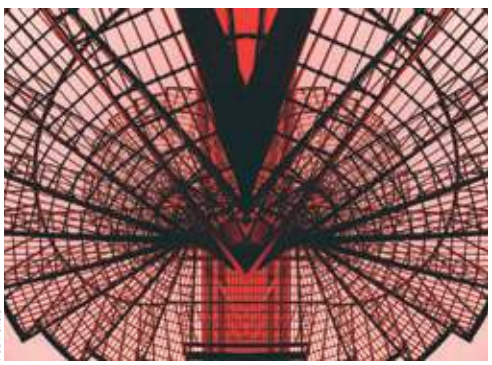
– czyli jak porowate struktury pracują w czasie

Wraz z rozwojem technologii wzrasta zapotrzebowanie na materiały, które potrafią reagować na bodźce i dostosowywać swoje właściwości. Do takich „inteligentnych" materiałów należą sieci metaloorganiczne (MOF-y). Ich niezwykłość polega na tym, że nie są wyłącznie statycznymi, porowatymi gąbkami: potrafią zmieniać kształt i objętość porów w czasie, przechodząc między stanem „otwartym" i „zamkniętym". Jak dokładnie wygląda to „życie" MOF-ów – i od czego zależy – badał międzynarodowy zespół z udziałem badaczki z Uniwersytetu Warszawskiego.

Magazynowanie gazów pod wysokim ciśnieniem staje się coraz droższe i trudniejsze. Oddzielanie składników przemysłowych mieszanin wciąż pochłania ogromne ilości energii. Wiele leków – choć skutecznych – nie dociera dokładnie tam, gdzie powinno. Zapotrzebowanie na materiały, które poradzą sobie z tymi wyzwaniami lepiej niż tradycyjne chemiczne rozwiązania, stale rośnie. Odpowiedzią okazują się MOF-y.

Inteligentne materiały

Największą zaletą MOF-ów jest możliwość projektowania ich właściwości przez dobór odpowiednich klastrów (centrów metalicznych tworzących „szkielet") i linkerów (organicznych łączników). Pozwala to kontrolować objętość porów, selektywność i szybkość sorpcji – wychwytywania i uwalniania cząsteczek – oraz reakcję struktury na czynniki zewnętrzne. Jednak, by wykorzystać specyfikę MOF-ów, potrzebne jest solidne know-how: jak łączyć molekularne bloki, jak projektować ich przestrzenie, jak programować je tak, by uzyskać pożądaną geometrię i właściwości.



Fot. Pexels

Międzynarodowy zespół pod kierownictwem dr. Kornela Roztockiego (UAM), we współpracy m.in. z dr hab. Maurą Malińską (UW), przeprowadził eksperymenty na dwóch MOF-ach różniących się tylko jednym atomem w linkerze – w jednym był tlen, w drugim siarka. Naukowcy sprawdzali przejścia między fazą otwartą, gdy pory są gotowe do przyjęcia cząsteczek, a fazą zamkniętą, gdy są opróżnione.

– *Najbardziej fascynujące było to, że wymiana pojedynczego atomu tlenu na siarkę całkowicie zmienia sposób „oddychania" materiału: jeden szkielet reaguje skokowo, a drugi płynnie. Największym wyzwaniem – jak w wielu badaniach nad materiałami – było to, że aby naprawdę zrozumieć mechanizm działania, trzeba było połączyć wyniki z wielu różnych technik i specjalizacji w jeden spójny obraz* – opowiada dr hab. Maura Malińska.

Struktura kryształu

Wiemy już, że MOF-y mogą być elastyczne i „oddychać", otwierając i zamykając pory. Ale są to wciąż kryształy, a kryształy są kruche. Kiedy pory zmieniają objętość, a wiązania wewnątrz sieci reorganizują się, kryształy mogą się łamać i rozpadać na mniejsze.

– *Materiały, z którymi mamy do czynienia na co dzień, są zwykle twarde. Jeśli próbujemy je wygiąć czy rozciągnąć, często pękają i tracą kształt. Podobnie dzieje się w elastycznych MOF-ach: po zamknięciu porów kryształy ulegają rozdrobnieniu, przez co klasyczne pomiary dyfrakcji rentgenowskiej na pojedynczym krysztale stają się niemożliwe. Trzeba wtedy sięgać po techniki przeznaczone dla bardzo małych kryształów. W naszym przypadku korzystamy z dyfrakcji elektronowej i jako jedyni w Polsce – na Uniwersytecie Warszawskim – mamy możliwość rutynowego stosowania tej metody* – tłumaczy dr hab. Maura Malińska.

Badania pozwoliły oszacować energetykę przejść fazowych oraz szybkość wychwytywania i uwalniania cząsteczek. Wykazały też, że obecność atomu siarki w linkerze zwiększa elastyczność całego szkieletu, podczas gdy atom tlenu powoduje jego większą sztywność.

„Czwarty wymiar" materiałów

Uchwycenie i zrozumienie dynamiki zachowań sieci metalo-ogranicznych można porównać do dołożenia do opisu brakującego wymiaru: czasu. Klasycznie widzimy strukturę „zatrzymaną w kadrze". Tu obserwujemy, jak porowata sieć przechodzi między stanami i jak szybko reaguje na bodźce. Dzięki dyfrakcji elektronowej naukowcy mogli śledzić zmiany struktury podczas kolejnych etapów przemian, a symulacje komputerowe pomogły je wyjaśnić i potwierdzić. To, co kiedyś było tylko teorią, dziś można mierzyć i kontrolować.

Ta wiedza ma praktyczne znaczenie: pozwala projektować materiały, które precyzyjnie przyjmują i uwalniają cząsteczki – gazy, ale też na przykład leki. Dzięki kontrolowanej elastyczności porów można zaprojektować zaawansowany system magazynowania gazów, a także zapakować lek w sieć MOF-u i uwolnić go dokładnie tam, gdzie jest potrzebny, minimalizując skutki uboczne i zwiększając skuteczność terapii.

UNIWERSYTET WARSZAWSKI | SERWIS NAUKOWY

Artykuł jest częścią cyklu poświęconego badaniom realizowanym na Uniwersytecie Warszawskim.

eprasa.pl b7800411ea

EWOLUCJA

Kręte ścieżki historii udomowienia kota

Koty przebyły długą podróż od dzikiego zwierzęcia do niekwestionowanego władcy milionów kanap na całym świecie

OGÓLNY ZARYS TEJ PODRÓŻY był znany naukowcom od dawna. Gdy ludzie zaczęli zajmować się rolnictwem i gromadzić zboże, dzikie koty z lokalnych populacji szukały w ludzkich spiżarniach atrakcyjnych miejsc do polowania na gryzonie. Z czasem niektórzy ludzie zaczęli zachęcać kocich wolontariuszy do zwalczania szkodników, zapoczątkowując symbiotyczną relację, która dla obu stron okazała się korzystna. Nie trzeba było długo czekać, by zachodzące pod wpływem udomowienia zmiany zaczęły być widoczne na poziomie genetycznym.

Jednak dwa nowe badania, jedno opublikowane w czasopiśmie „Science", a drugie w „Cell Genomics", pokazują, że współpraca z kotami nie była prostą wędrówką do wspólnego celu, a udomowienie tych zwierząt nie przebiegało tak łatwo i bezproblemowo, jak mogłoby się wydawać.

„Udomowienie to proces – mówi Leslie Lyons, specjalistka od genetyki kotów na University of Missouri, która nie uczestniczyła w tych badaniach. – To nie jest tak, że któregoś pięknego dnia wszystkie koty siadają nam na kolanach".

Chcąc zrozumieć, jak koty niepostrzeżenie wkradły się do ludzkiego życia, oba zespoły stanęły przed tym samym wyzwaniem – ubóstwem archeologicznych dowodów obecności naszych kocich towarzyszy. Istnieje kilka przyczyn tego stanu rzeczy: kości kotów są małe i delikatne, a ponieważ zwierzęta te nie figurowały w naszym jadłospisie, ich szczątki nie trafiały do śmieci, które często są skarbnicą archeologicznych znalezisk. Ponadto pierwszymi oznakami udomowienia są zwykle zmiany na poziomie zachowań i estetyki – takie jak zwiększona tolerancja ludzkiego towarzystwa lub nowe umaszczenie – które nie pozostawiają żadnych śladów na kościach.

Te i inne komplikacje sprawiają, że historie kotów odtwarzane przez oba zespoły są w dużej mierze hipotetyczne i wymagają dalszych badań, by zyskać na wiarygodności. Ale już teraz możemy w nowy sposób spojrzeć na triumfalny pochód kotów na podbój świata.

W badaniu szczegółowo opisanym w czasopiśmie „Cell Genomics" naukowcy porównali koty domowe i dzikie koty bengalskie (*Prionailurus bengalensis*), które są podobnej wielkości, ale mają zupełnie inne usposobienie (Lyons nazywa koty bengalskie „wrednymi kociakami"). Badacze odkryli, że dzikie koty żyły w Chinach wystarczająco blisko ludzi, by ich kości zachowały się wśród resztek osadnictwa trwającego 3500 lat – ale i tak współżycie to można określić jako „wyraźny przykład chybionego udomowienia", mówi współautorka pracy Shu-Jin Luo z Centrum Nauk Przyrodniczych Peking-Tsinghua w Chinach. „Koty bengalskie powróciły do swoich naturalnych siedlisk i dziś żyją jako nasi nieuchwytni i skryci sąsiedzi" – kwituje Luo.

Badanie wskazuje, że prawdziwie udomowione koty pojawiły się w Chinach dopiero dzięki Jedwabnemu Szlakowi, przybywając tam z Bliskiego Wschodu około 1400 lat temu. Dzikie koty bengalskie wycofały się z ludzkich osad prawdopodobnie kilka wieków wcześniej, być może pod wpływem zmian klimatycznych, które doprowadziły do ograniczenia produkcji rolnej i zmniejszenia ilości dostępnego pożywienia.

W drugim z kolei badaniu opisanym w artykule opublikowanym w „Science", skupiono się się na kotach w Europie, na Bliskim Wschodzie i w Afryce Północnej. Jego wyniki opierają się na wcześniejszych badaniach mitochondrialnego DNA (mtDNA), przekazywanego z matki



Z najnowszych badań wynika, że droga kotów do udomowienia nie była tak prosta, jak myśleliśmy.

eprasa.pl b7800411ea

GASZENIE DŹWIĘKIEM
s. 8

POCHODZENIE KSIĘŻYCA
s. 9

PAJĘCZE ATRAPY
s. 12



Carol Yepes/Getty Image

eprasa.pl b7800411ea

na dzieci w komórkowych „siłowniach" produkujących energię na potrzeby funkcjonowania organizmu. Z badań tych wynikało, że przodkowie kotów domowych byli mieszańcami dzikich kotów bliskowschodnich i północnoafrykańskich.

W ramach nowego badania naukowcy przeanalizowali próbki DNA jądrowego – głównego genomu organizmu, zawierającego materiał genetyczny od obojga rodziców – m.in. pochodzące z tych samych okazów, które posłużyły do wcześniejszych analiz mtDNA, kiedy to odczytanie pełnego DNA jądrowego było jeszcze technicznie niemożliwe. Szczególnie interesujące okazały się wyniki badań kotów, które żyły w Turcji przed tysiącami lat i które – jak się spodziewano – miały być już udomowione. „Byłem bardzo podekscytowany, mogąc po raz pierwszy przyjrzeć się ich genomom jądrowym" – mówi Marco De Martino, paleogenetyk z Università degli studi di Roma Tor Vergata i główny autor badania.

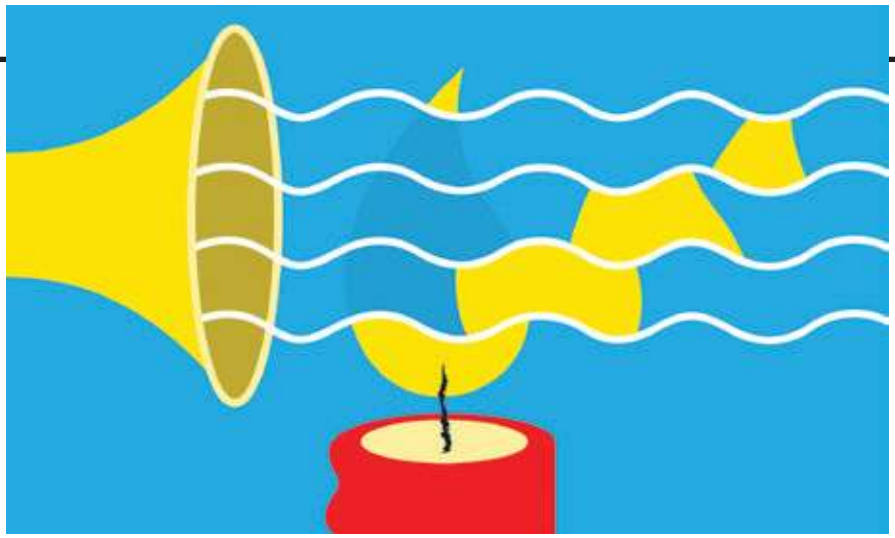
Nowe analizy przyniosły zupełnie nieoczekiwany rezultat: te neolityczne koty były jeszcze w pełni dzikie, bez śladów udomowienia. Odkrycie to, podobnie jak wyniki analizy przeprowadzonej w Chinach, wskazuje, że koty przez tysiące lat przed udomowieniem utrzymywały wobec ludzi bezpieczny dystans, a wzajemne relacje miały powierzchowny charakter.

„Koty to ciekawy gatunek; są niezależne – mówi Claudio Ottoni, paleogenetyk z Università degli studi di Roma Tor Vergata i jeden z autorów pracy w „Science". – Towarzyszyły ludziom, ale nie rezygnowały z wycieczek po bliższych i dalszych okolicach, gdzie mieszały się z lokalnymi dzikimi populacjami".

Oba odkrycia potwierdzają tezę, że prawdziwie udomowione koty pojawiły się i rozprzestrzeniły wśród ludzkich siedzib znacznie później, niż kiedyś sądzono, być może dopiero około 2 tys. lat temu. Jeśli ta chronologia jest poprawna, świadczy, że koty błyskawicznie zadomowiły się w ludzkim świecie po długotrwałych wcześniejszych przymiarkach (dla porównania, psy wpatrują się w ludzi szczenięcym wzrokiem od co najmniej 11 tys. lat) i jak wiele musimy jeszcze się dowiedzieć o naszych kocich przyjaciołach.

„One powoli uchylają przed nami drzwi, zrazu pokazując zaledwie wibrysy, aby dać nam pojęcie, jak znalazły się w miejscu, do którego doszły" – mówi Lyons.

Meghan Bartels



TECHNIKA

Akustyczna gaśnica

Gaszenie ognia dźwiękiem

NA WZGÓRZACH na przedmieściach Los Angeles płonie las. Ogień przeskakuje z jednej kępy traw na drugą i zbliża się do domów. Ogród przy pierwszym budynku zajmuje się ogniem, lecz sam budynek się opiera: wszelkie drobne płomienie, które pojawiają się przy jego ścianach lub na dachu, szybko gasną. W pobliżu nie ma wody – płomienie tłumione są przez fale dźwiękowe. Ten rodzaj akustycznego gaszenia pożarów może wkrótce odegrać kluczową rolę w walce z pożarami.

Ogień z reguły wymaga tlenu, wystarczy mu go odebrać, a zgaśnie. Fale dźwiękowe mogą tłumić ogień, wypychając tlen z płomienia. By zbudować urządzenie służące do tego celu, Geoff Bruder, inżynier lotniczy z NASA, założył firmę Sonic Fire Tech. „W gruncie rzeczy wprawiamy tlen w drgania tak szybkie, że paliwo nie jest w stanie go wykorzystać, i blokujemy w ten sposób reakcję chemiczną" – wyjaśnia Bruder. Firma zademonstrowała skuteczne gaszenie ognia z odległości około ośmiu metrów.

Wykorzystywanie fal dźwiękowych do walki z ogniem nie jest pomysłem zupełnie nowym. Amerykańska agencja DARPA badała tę metodę w latach 2008–2011, a w kolejnej dekadzie analizowali ją również badacze akademiccy (w tym zespół z George Mason University, który w 2015 roku zbudował gaśnicę przypominającą subwoofer).

„Akustyczne oddziaływanie na płomień jest dobrze znane w badaniach nad spalaniem – mówi Albert Simeoni, kierownik wydziału inżynierii ochrony przeciwpożarowej w Worcester Polytechnic Institute w Massachusetts. – Wyzwanie polega na skalowaniu tej metody bez konieczność emitowania uciążliwych, a nawet szkodliwych efektów dźwiękowych".

Sonic rozwiązuje ten problem, wykorzystując infradźwięki. Podczas gdy we wcześniejszych próbach stosowano fale o częstotliwości od 30 do 60 Hz, stosunkowo łatwe do wytworzenia, Sonic operuje dźwiękiem o częstotliwości najwyżej 20 Hz. Fale te są niesłyszalne dla ludzi i rozchodzą się dalej niż dźwięki o wyższych częstotliwościach.

Jak zauważa Bruder, domy często zapalają się od iskier powstałych w pobliskiej roślinności lub przedostających się do poddaszy przez otwory wentylacyjne. System Sonic wykorzystuje tłok napędzany silnikiem elektrycznym do generowania fal dźwiękowych, które rozchodzą się metalowymi kanałami zamontowanymi na dachu budynku i pod okapami. System uruchamia się automatycznie, gdy czujniki wykryją płomień, tworząc swoiste pole siłowe infradźwięków, które gasi ogień i zapobiega ponownemu zapłonowi.

Fale akustyczne mogą silnie oddziaływać na ogień, lecz – jak podkreśla Arnaud Trouvé, kierownik wydziału inżynierii ochrony przeciwpożarowej na University of Maryland – są skuteczne wyłącznie w przypadku niewielkich płomieni. Mimo to właściciele domów i przedsiębiorstwa energetyczne wykazują zainteresowanie: Sonic współpracuje z dwoma kalifornijskimi firmami użyteczności publicznej przy demonstracji swojego urządzenia. Umowy z firmą podpisali również właściciele domów, a Sonic planuje uruchomić około 50 instalacji pilotażowych.

Vanessa Bates Ramirez

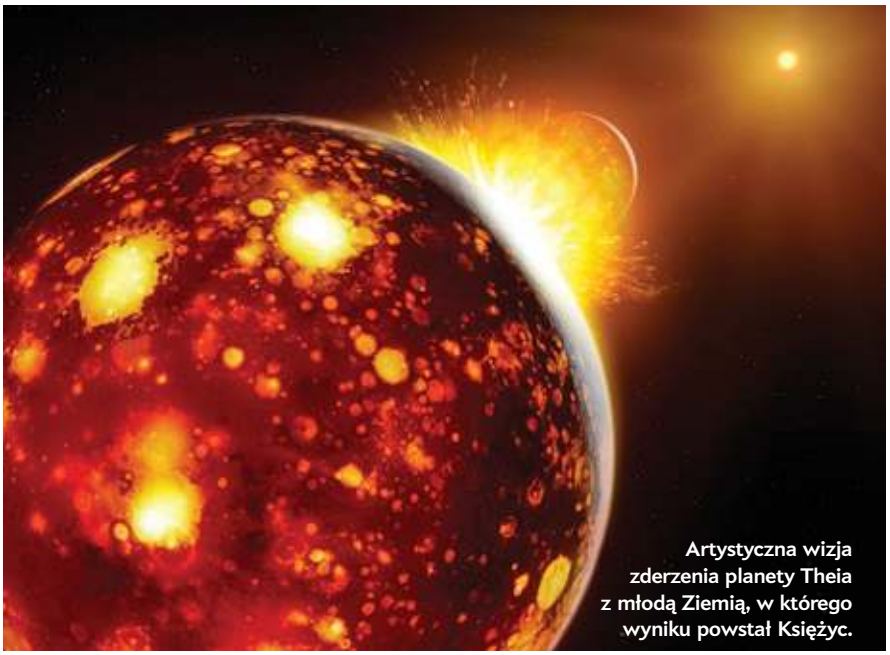
Ilustracje Thomas Fuchs

eprasa.pl b7800411ea

PLANETOLOGIA

Kurs kolizyjny

Pradawna planeta Theia, dzięki której powstał Księżyc, prawdopodobnie przybyła z wewnętrznego Układu Słonecznego



Artystyczna wizja zderzenia planety Theia z młodą Ziemią, w którego wyniku powstał Księżyc.

MPS/Mark A. Garlick

OKOŁO CZTERY I PÓŁ MILIARDA lat temu z Ziemią zderzyła się planeta Theia. Sama uległa zniszczeniu, ale stopiła sporą część płaszcza naszej planety i wyrzuciła ogromny dysk z odłamków, które później połączyły się, tworząc Księżyc. Naukowcy od dawna zastanawiali się nad składem chemicznym i pochodzeniem Thei. Teraz znaleźli przesłanki, że powstała ona bardzo blisko Ziemi.

Pierwotny model powstania Księżyca oparty na teorii gigantycznego zderzenia, zaproponowany w latach 70., przewidywał, że Księżyc uformował się głównie z materiału pochodzącego z obiektu, który zderzył się z Ziemią. Zgodnie z tym scenariuszem powinny istnieć różnice między składem chemicznym Księżyca i Ziemi, ale badania wykazały, że składy te są niemal identyczne – znacznie bardziej podobne, niż powinny mieć dwa różne ciała planetarne. W pracy opublikowanej niedawno w czasopiśmie „Science" przyjrzano się bliżej innym rzeczom, które oprócz Księżyca dostarczyła nam Theia: nadmiarowemu molibdenowi i żelazu pozostałym na Ziemi po zderzeniu.

Młoda Ziemia zgromadziłaby te ciężkie pierwiastki w swoim jądrze, a nie w leżącym bliżej powierzchni skalistym płaszczu. Wynika z tego, że wszelkie żelazo obecne w płaszczu Ziemi najprawdopodobniej pochodzi z Thei. W ten sposób możemy dowiedzieć się czegoś o składzie tej planety – twierdzi Thorsten Kleine, dyrektor działu nauk planetarnych Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung w Niemczech i współautor pracy.

Kleine i jego współpracownicy przeanalizowali 15 skał ziemskich i sześć próbek księżycowych dostarczonych na Ziemię przez misje Apollo. Najpierw skupili się na izotopach żelaza: różnych odmianach tego pierwiastka o odmiennej liczbie neutronów. Skały i planety w Układzie Słonecznym mają niemal identyczny rozkład tych izotopów, ale w ciągu ostatnich kilku lat Kleine i niektórzy z jego współautorów odkryli, że pewne niewielkie odchylenia od standardowego stosunku izotopów żelaza mogą ujawnić miejsce pochodzenia próbki. „Istnienie anomalii izotopów żelaza odkryto stosunkowo niedawno, co, jak sądzę, jest powodem, dla którego nikt dotąd nie przeprowadził takich badań dla Księżyca – mówi Kleine. – Analizy te są trudne, a różnice niewielkie, więc nie jest to łatwy eksperyment". W celu wyznaczenia prawdopodobnego rozmiaru i składu chemicznego Thei, zespół połączył informacje o izotopach żelaza z rozkładem izotopów molibdenu i cyrkonu znalezionych w tych samych próbkach. Aby określić miejsce pochodzenia Thei, naukowcy porównali wyniki z pomiarami próbek z 20 meteorytów, z których część pochodziła z wewnętrznej części Układu Słonecznego, a część z zewnętrznej.

Nowe badania pokazują, że Theia była skalistą planetą z metalicznym jądrem, a jej masa wynosiła prawdopodobnie od 5 do 10% masy Ziemi. Powstała ona w wewnętrznej części Układu Słonecznego, bliżej Słońca niż Ziemia. Jak twierdzi Kleine, obraz ten pokrywa się z wcześniejszymi hipotezami wyjaśniającymi, dlaczego ciała te wydają się mieć tak wiele ze sobą wspólnego. Nie wiadomo było jednak, gdzie dokładnie uformowała się Theia.

W 2020 roku Kleine i inni naukowcy wykazali, że ciała niebieskie, które powstały bliżej Słońca, są bogatsze w pierwiastki ciężkie. Kierując się tą zasadą, Kleine i jego współautorzy oszacowali, że Ziemia zawiera nieco więcej molibdenu i cyrkonu, niż powinna, i doszli do wniosku, że te dodatkowe pierwiastki ciężkie musiały zostać dostarczone przez Theię, a następnie powiązali ten wniosek z uzyskanymi informacjami o żelazie.

Planetolożka Sara Russell, która kieruje badaniami w Natural History Museum w Londynie i nie miała udziału w nowych odkryciach, chwali wyjątkową precyzję pomiarów żelaza przeprowadzonych przez autorów. Jej zdaniem implikacje pracy wykraczają poza samo pochodzenie Thei – dostarczają one informacji na temat warunków, które ostatecznie ukształtowały układ Ziemia-Księżyc jako kolebkę naszego życia. „Skrupulatna praca i wnikliwe modelowanie pomagają lepiej zrozumieć nasze pochodzenie" – mówi Russell.

Kleine przyznaje, że zespół nie przeprowadził jeszcze symulacji gigantycznego zderzenia z wykorzystaniem proponowanego scenariusza. Zamierza wkrótce to zrobić, a także przeanalizować próbki księżycowe w poszukiwaniu izotopów innych pierwiastków.

Russell ma nadzieję, że przyszłe misje powrotne pozwolą przeprowadzić dokładniejsze analizy. „To niesamowite, że wciąż dowiadujemy się czegoś nowego o Księżycu i Ziemi, mimo że minęło już 50 lat od czasu, gdy astronauci z misji Apollo zebrali te skały na powierzchni Księżyca – mówi. – Gromadzenie próbek i przewożenie ich na Ziemię oznacza, że możemy przeprowadzać znacznie bardziej szczegółowe pomiary, niż jest to możliwe w kosmosie, a także zachować je dla przyszłych pokoleń, aby one również mogły dokonywać odkryć". *Jacek Krywko*

eprasa.pl b7800411ea

MATEMATYKA

Przypadek? Nie sądzę

Typowa pełna talia kart do gry, licząca zgodnie z tradycją 52 karty, pasuje idealnie do pokera

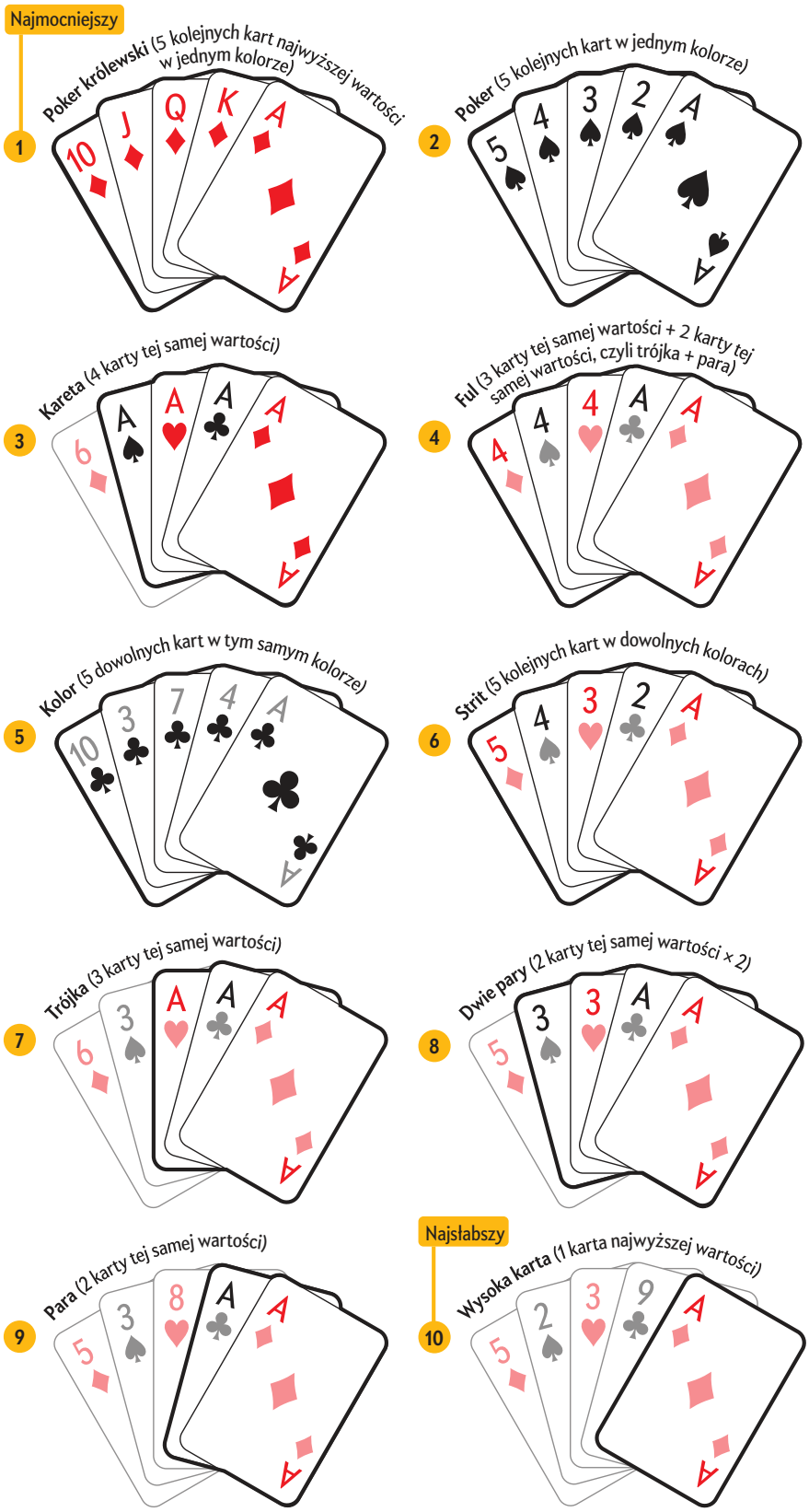
JAK LICZNY KOMPLET KART do gry nadaje się najlepiej do pokera? Z analizy matematycznej wynika, że złożony z 52 kart, czyli przypadkiem zgodnie ze stanem faktycznym.

W odmianie pokera Texas Hold'em każdy gracz obstawia najlepszy 5-kartowy układ, jaki może utworzyć z dwóch swoich kart i trzech spośród widzianych przez wszystkich graczy wspólnych kart na stole, których liczba w trakcie licytacji wzrasta do pięciu. Układy klasyfikowane są na podstawie prawdopodobieństwo ich wystąpienia. Na przykład ful, złożony z trzech kart takiej samej wartości i dwóch innych jednakowej wartości (np. trzech piątek i dwóch króli), jest mniej prawdopodobny niż kolor, który składa się z pięciu dowolnych kart w tym samym kolorze. Zatem ful jest mocniejszy od koloru. W wariancie short-deck, w którym korzysta się z ograniczonej talii – bez kart od dwójek do piątek – jest mniej kart w każdym kolorze, więc kolor staje się mniej prawdopodobny niż ful. W artykule opublikowanym ostatnio na serwerze preprintów arXiv. org informatyk Christopher Williamson opisuje zmienność gry w pokera w zależności od malejącej lub rosnącej liczby kart w każdym kolorze. Williamson odkrył związaną z tym możliwość wystąpienia interesującego paradoksu, którego prawie zawsze unika się w grze 52-kartową talią z 13 kartami w każdym kolorze.

Po licytacji następuje tzw. showdown, gdy gracze deklarują swoje najlepsze układy. Rozważmy dwa układy: parę i dwie pary. W wariancie short-deck, choć wystąpienie układu dwóch par jest mniej prawdopodobne niż jednej pary, jednak podczas showdownu prawdopodobieństwo posiadania przez kogoś dwóch par jako najlepszego układu jest w istocie większe niż posiadanie tylko jednej pary. Gdyby uwzględnić to w rankingu układów, nikt nigdy nie grałby dwiema parami zamiast jedną parą, a to ponownie zmieniłoby prawdopodobieństwo w showdownie.

„Trzynaście to złoty środek" – uważa Williamson, odnosząc to do liczby kart

Lista układów pokerowych w kolejności od najmocniejszego

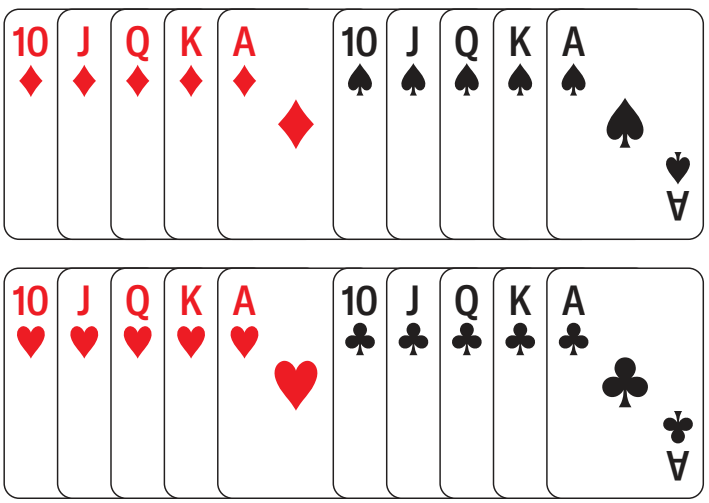


Grafika Amanda Montañez

eprasa.pl b7800411ea

w każdym kolorze w talii. To najmniejsza liczba, przy której ranking układów w showdownie pokrywa się ze standardowym rankingiem wszystkich układów wyższych niż jedna wysoka karta (najniższy układ). Chociaż typowa liczba kart w talii zgodnie z tradycją symbolizuje jakoby 52 tygodnie, a cztery kolory odpowiadają czterem porom roku, Williamson odkrył jej uzasadnienie matematyczne. Istnieje jeszcze tylko jedna konfiguracja, umożliwiająca dopasowanie rankingu układów (w tym także wysokiej karty) do prawdopodobieństwa podczas showdownu – to talia prawie dwa razy większa od typowej, z 23 kartami w każdym kolorze.

Nikita Luther, indyjska czołowa zawodowa pokerzystka, jest zafascynowana tym odkryciem. Uważa, że ujawnione zależności są na tyle skomplikowane, że mogłaby spędzić resztę życia nad ich studiowaniem w kontekście rozgrywki, zwłaszcza że dotąd nie analizowała innych odmian pokera niż Texas Hold'em. *Emma R. Hasson*



ZAGADKA MATEMATYCZNA

Najsłabsza wygrana

Emma R. Hasson

Z pokazanych na rysunku 20 kart należy utworzyć cztery układy pokerowe tak, aby wygrywający, czyli najmocniejszy z nich (lub jeden z najmocniejszych remisowych), był najsłabszym możliwym.

W przypadku dwóch takich samych układów wygrywa ten z wyższą najwyższą kartą – na przykład KKKK10 pokonuje QQQQJ. Gdy najwyższe karty są takie same, porównuje się siłę kolejnych najwyższych – na przykład KKAJ10 zwycięża KKQJ10. Jeśli układy są identyczne (jeśli pominąć kolory) – jest remis.

Rozwiązanie na stronie 77.

MIKROBIOLOGIA

Ciepłolubna ameba

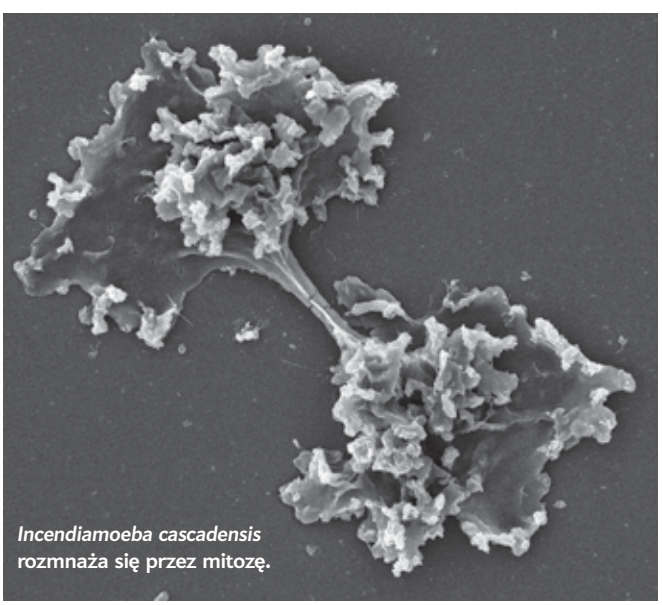
Nowo znaleziony organizm wytrzymuje skrajnie wysoką temperaturę

MALUTKA AMEBA pobiła niezły rekord. Nowo odkryty gatunek jednokomórkowego organizmu potrafi dzielić się i rozmnażać w piekielnie wysokiej temperaturze 63°C – większej, niż jest to możliwe dla jakiejkolwiek innej znanej złożonej formy życia. Odkrycie, opisane w niepoddanym jeszcze recenzji naukowej i udostępnionym w formie preprintu na serwerze bioRxiv artykule, „przesuwa granice naszego rozumienia limitów życia na Ziemi oraz ich konsekwencji dla życia poza nią – tego, gdzie jeszcze i w jaki sposób życie mogłoby się pojawić i rozwijać", mówi ekolog mikroorganizmów i astrobiolog Luke McKay, który nie brał udziału w badaniu.

Znaczna część dotychczasowych badań nad ekstremofilami – organizmami zdolnymi do życia w skrajnych temperaturach, przy ekstremalnym pH lub w innych nieprzyjaznych warunkach środowiskowych – koncentrowała się na bakteriach i archeonach, które nie mają jądra komórkowego ani organelli otoczonych błoną. Rekordzistą pod względem odporności na wysoką temperaturę jest archeon *Methanopyrus kandleri*, zdolny do wzrostu w temperaturze aż 122°C. Najbardziej „ciepłolubne" bakterie, *Geothermobacterium ferrireducens*, potrafią rosnąć w temperaturze do 100°C.

Jednak od początku lat 70. panowało przekonanie, że eukarionty – organizmy mające jądro komórkowe, od ameb po zwierzęta – nie są w stanie znosić podobnie wysokich temperatur ze względu na swoją bardziej złożoną biologię. Wysoka temperatura może bowiem powodować rozpad białek niezbędnych do życia. Dotychczas wykazano, że eukarionty tolerują temperaturę jedynie do około 60°C, a naukowcy zazwyczaj zakładali, że absolutna granica to 62°C.

Aby zbadać świat eukariotycznych ekstremofili, mikrobiolożki Angela Oliverio i Beryl Rappaport, obie z Syracuse University,


Incendiamoeba cascadensis rozmnaża się przez mitozę.

Natalie Petek-Sexsane

eprasa.pl b7800411ea

wraz ze współpracownikami pobrały próbki mikroorganizmów z Parku Narodowego Lassen Volcanic w paśmie Gór Kaskadowych w północnej Kalifornii i hodowały w kolbach w swoim laboratorium. Już po kilku tygodniach wzrostu badacze zauważyli nieznany wcześniej gatunek ameby w kolbach utrzymywanych w temperaturach zbliżonych do tych, jakie panowały w strumieniu, z którego pochodziła próbka.

Gdy naukowcy stopniowo podnosili temperaturę, ameba – nazwana *Incendiamoeba cascadensis* („ognista ameba z Gór Kaskadowych") – nadal funkcjonowała. Była zdolna do replikacji w temperaturach nieprzekraczających 63°C, pozostawała aktywna do 64°C, a przy 70°C potrafiła wytworzyć ochronną osłonę, przetrwać zamknięta w jej wnętrzu, a następnie „obudzić się", gdy temperatura ponownie spadła. „Byliśmy oszołomieni" — mówi Oliverio.

Badacze przeprowadzili również sekwencjonowanie genomu ameby oraz analizę jej proteomu, czyli zestawu białek, które – zgodnie z przewidywaniami – są kodowane przez jej geny. Wyniki wskazują, że kluczowe białka tego organizmu mają wyższą średnią temperaturę topnienia niż białka jego najbliższego znanego krewnego wśród ameb. „Różnica między 60 a 63°C może wydawać się niewielka, ale stanowi stosunkowo duże przesunięcie w naszym obecnym rozumieniu granic tolerancji eukariontów" – mówi Luke McKay z firmy badawczej Symbiotic Biosystems.

Nowe odkrycie ma znaczenie wykraczające poza biologię. Zrozumienie, w jaki sposób takie organizmy potrafią przetrwać ekstremalne temperatury, może pomóc naukowcom w opracowywaniu białek i enzymów odpornych na wysoką temperaturę do zastosowań przemysłowych. „Dlaczego mielibyśmy się interesować jakąś amebą z jakiegoś parku narodowego? – pyta Oliverio. – Bo dzięki temu odkryciu detergent do prania może być skuteczniejszy".

Jednak badaczka znacznie dłużej zatrzymuje się przy implikacjach egzystencjalnych. „To rodzi mnóstwo interesujących pytań o to, jakie są ograniczenia dla istnienia życia – mówi. – A tak naprawdę nie mamy o tym pojęcia. Pobieraliśmy próbki z jednego geotermalnego obszaru i znaleźliśmy tę amebę. Mogą istnieć organizmy tolerujące jeszcze wyższe temperatury. I najprawdopodobniej istnieją."

Andrea Thompson

ETOLOGIA

Pająk iluzjonista

Jak udawać, że się jest większym niż w rzeczywistości

CO JEST STRASZNIEJSZE NIŻ PAJĄK? Oczywiście większy pająk. Badacze odkryli właśnie, że niektóre pająki wykorzystują ten pomysł – budują na swoich sieciach olbrzymie, przypominające pająki sylwetki, które mają odstraszać drapieżniki.

Te atrapy są przykładem tzw. dekoracji sieci (stabilimenta), które niektóre pająki wytwarzają – często po to, by uniknąć zjedzenia, zapobiec uderzeniom ptaków albo przyciągnąć ofiarę. Takie ozdoby występują w wielu kształtach i rozmiarach, lecz po raz pierwszy naukowcy opisali dekoracje mające kształt pająka.

W latach 2012–2022 zespół badawczy gromadził obserwacje tych niezwykłych sieci w Peru, na Filipinach i na Madagaskarze, koncentrując się na około 300 osobnikach z rodzaju *Cyclosa*, które zazwyczaj mają zaledwie kilka milimetrów długości. Wyniki badań opublikowano w czasopiśmie „Ecology and Evolution".

Pajęcze sobowtóry zbudowane są z resztek ofiar, fragmentów roślin i innych materiałów organicznych. Mają centralną strukturę, od której odchodzą „nogi". Zespół badaczy sugeruje, że konstrukcje te służą przede wszystkim obronie przed drapieżnikami, takimi jak kolibry czy ważki z podrodziny Pseudostigmatinae. Różne gatunki mogą jednak wykorzystywać je na odmienne sposoby.

W Peru pająki zdają się używać atrap „jak marionetek", mówi współautor badania Phillip Torres, entomolog i prowadzący programy telewizyjne. „Siedzą na szczycie figury i potrząsają siecią, udając większego pająka". Drobne drapieżniki mogą przestraszyć się większego pająka, a te wyspecjalizowane w polowaniu na prawdziwego, małego pajęczaka mogą unikać jego powiększonej wersji. Na Filipinach natomiast pająki wydają się chować wewnątrz konstrukcji i czekać, aż drapieżnik się oddali.

Dinesh Rao, ekolog z Universidad Veracruzana w Meksyku, który nie brał udziału w badaniu, podkreśla, że ustalenie dokładnej funkcji tych konstrukcji wymaga dalszych badań: „Potrzebne są albo bardzo uważne obserwacje, albo eksperymenty, w których faktycznie sprawdzi się, jak drapieżniki reagują na te struktury".

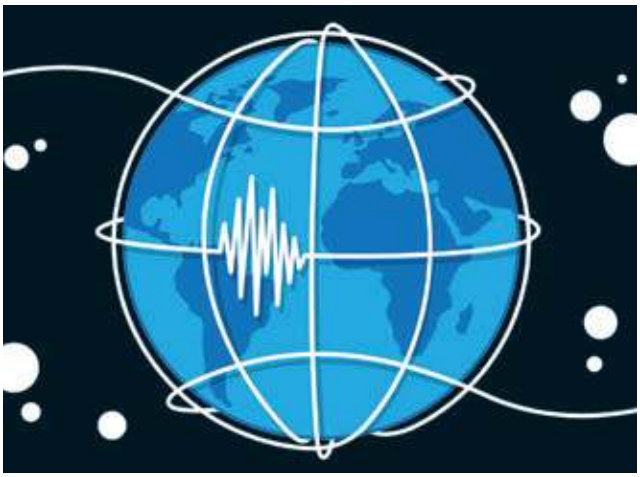
Gennaro Tomma



Dekoracje sieci mają imitować większego pająka.

Richard Kirby

eprasa.pl b7800411ea



SEJSMOLOGIA

Światłowodowy sejsmograf

Kable, które opasują świat, mogłyby też rejestrować trzęsienia ziemi

TE SAME ŚWIATŁOWODY, w których pulsuje światowy Internet, teraz nasłuchują pulsu planety, rejestrując drgania sejsmiczne z większą szczegółowością niż tradycyjne sieci sejsmiczne.

W niedawnym badaniu opublikowanym w „Science" naukowcy wykorzystali 15 km światłowodu telekomunikacyjnego w pobliżu Mendocino w Kalifornii, aby zarejestrować w tym rejonie największe od pięciu lat trzęsienie ziemi o magnitudzie 7, wyłapując precyzyjnie, jak się zaczęło, zwolniło i przyspieszyło, osiągają prędkość większą od prędkości dźwięku.

„To jest prawie tak, jakbyś spojrzał na Saturna i stwierdził, że to gwiazda. A potem dostałbyś nowy teleskop i nagle sobie uświadomił, że to ciało niebieskie ma wokół siebie pierścienie!'" – mówi Zhongwen Zhan, geofizyk z California Institute of Technology, który nie brał udziału w badaniu.

Światłowód, jeden z najważniejszych wynalazków współczesnej nauki, został zaprojektowany do przesyłania światła, które może przenosić zakodowane informacje z niezwykłą wydajnością. Jednak nawet delikatny dotyk lub zgięcie mogą zakłócić przepływ fali świetlnej. Dlatego firmy telekomunikacyjne dokładają wszelkich starań, aby zminimalizować wpływ otoczenia na światłowód. „Rzecz w tym, że to co dla telekomunikacji jest zakłóceniem, dla nas jest źródłem cennych danych" – mówi Zhan.

Przemysł naftowy wdrożył tę technikę w latach 90., wykorzystując specjalistyczne kable światłowodowe do wykrywania temperatury, ciśnienia i wibracji podczas wierceń. James Atterholt, sejsmolog z U.S. Geological Survey, miał nadzieję zaadaptować takie obserwacje do monitorowania naturalnych trzęsień ziemi. W maju 2022 roku Atterholt i jego zespół zainstalowali urządzenie zwane interrogatorem. „Zasadniczo jest to duża skrzynka z laserem i komputerem" – mówi naukowiec. Służy do tego, by przesyłać wiązki światła przez niewykorzystywany światłowód umieszczony w idącym wzdłuż brzegu kablu telefonicznym. Na skutek drgań gruntu, drobne niedoskonałości włókna odbijały światło wstecz średnio co kilka metrów, zamieniając kabel w 2800 miniaturowych sejsmometrów.

Gdy 5 grudnia 2024 roku w rejonie przylądka Mendocino wystąpiło trzęsienie ziemi, zespół Atterholta wciąż monitorował system światłowodowy. Zebrane przez badaczy dane ujawniły, jak pęknięcie przesuwa się na wschód, zwalnia w pobliżu węzła, w którym spotykają się trzy płyty tektoniczne, a następnie przyspiesza do prędkości większej od prędkości przemieszczania się fal sejsmicznych. Przypominało to przekroczenie bariery dźwięku i wiązało się z wygenerowaniem fali uderzeniowej. Dzięki światłowodowi śledzono złożone zjawiska towarzyszące narodzinom takiego superszybkiego pęknięcia nazywanego supershear. Zebranie porównywalnych danych za pomocą istniejącej sieci zwykłych sejsmometrów wymagałoby znacznie potężniejszego trzęsienia, które musiałoby nastąpić w bezpośrednim sąsiedztwie instrumentów pomiarowych

„Chociaż technikę tę opracowano już dość dawno, dopiero teraz pokazała nam, co potrafi. Dzięki niej można będzie poprawić systemy wczesnego ostrzegania przed trzęsieniami" – mówi Brad Lipovsky, geofizyk z University of Washington, który nie brał udziału w badaniu. Taki system byłby szczególnie istotny dla nadmorskich miast narażonych na podmorskie trzęsienia i fale tsunami. Zarówno Lipovsky, jak i Zhan zwracają także uwagę na potencjalnie dużą przydatność tej technologii w ekstremalnych środowiskach, takich jak Antarktyda, gdzie specjalny światłowód mógłby między innymi monitorować z nieosiągalną do tej pory precyzją ruchy lądolodu w reakcji na zmianę klimatu.

Saugat Bolakhe

REKLAMA



eprasa.pl b7800411ea

KOGNITYWISTYKA ZWIERZĄT

Przemyśl to

Szympansy ważą argumenty i potrafią zrewidować swoje decyzje



ZAZWYCZAJ MASZ JAKIŚ POWÓD – lepszy lub gorszy – by myśleć tak, a nie inaczej. „Dlaczego uważam, że na strychu jest złodziej? Bo zaskrzypiała podłoga". I potrafisz też skorygować swoje zdanie, gdy pojawią się nowe dowody: „Po przeszukaniu strychu doszedłem do wniosku, że to tylko rozsychają się stare deski". Ta zdolność poznawcza nazywa się rewizją przekonań. Od dawna uważa się ją za charakterystyczną cechę ludzkiej racjonalności, odróżniającą nas od zwierząt. Opiera się ona na świadomości własnych procesów myślowych – myśleniu o myśleniu, czyli metapoznaniu – której inne gatunki, jak się wydaje, nie mają.

Jednak niedawne badanie opublikowane w „Science" pokazuje, że jeden z naszych najbliższych krewnych ewolucyjnych także rozumuje w zaskakująco wyrafinowany sposób. W serii eksperymentów w rezerwacie Ngamba Island Chimpanzee Sanctuary w Ugandzie naukowcy testowali szympansy, sprawdzając, jak godzą ze sobą różne źródła dowodów. Wszystkie eksperymenty dotyczyły jedzenia ukrytego w jednym z kilku pudełek: szympansy wybierały to, które wydawało im się najbardziej obiecujące na podstawie pierwszej wskazówki. Następnie otrzymywały kolejną wskazówkę, czasem sprzeczną z pierwszą. Gdy miały możliwość zaktualizowania decyzji, niemal zawsze wybierały pudełko przewidywane przez model racjonalnego wyboru i zmieniały zdanie tylko wtedy, gdy nowe informacje były ważniejsze niż to, co już wiedziały. „Szympansy poradziły sobie znakomicie – mówi Brian Hare, antropolog ewolucyjny z Duke University, który nie brał udziału w badaniu. – Widać, że przychodzi im to z ogromną łatwością".

Najbardziej imponujące jest to, że zwierzęta potrafiły uwzględnić nawet wskazówki podważające wcześniejsze dowody. Jeśli słyszały coś obijającego się wewnątrz pudełka nr 1, na podstawie wcześniejszych doświadczeń zakładały początkowo, że to jabłko – po czym eksperymentator wyjmował kamień. Uświadomiwszy sobie, że zostały wprowadzone w błąd, natychmiast wybierały pudełko nr 2, choć jeszcze chwilę wcześniej wydawało się ono nieatrakcyjne. „Nikt z nas nie sądził, że będą w stanie to zrobić, bo to po prostu bardzo złożone" – mówi współautor badania Jan Engelmann, psycholog porównawczy z University of California w Berkeley.

Oczywiście wiele zwierząt kieruje się rozumem, ale bezrefleksyjnie; ameba w pewnym sensie działa racjonalnie, gdy podąża za sygnałami chemicznymi w stronę pożywienia. Ta „nierefleksyjna wrażliwość na dowody", jak bywa to określane, jest jednak jedynie cieniem ludzkiej racjonalności. Engelmann twierdzi jednak, że zdolność szympansów do analizowania dowodów i oceniania pewności własnej wiedzy znacznie bardziej zbliża się do jej pełnej postaci. „Bardzo trudno wyjaśnić zachowanie szympansów bez odwołania się do jakiejś formy refleksji" – mówi.

Zgadza się z tym Christopher Krupenye, zajmujący się badaniem procesów poznawczych i inteligencji zwierząt badacz z Johns Hopkins University, również niezwiązany z badaniem. Uważa jednak, że zwierzęta nie posługują się językiem, trudno więc stwierdzić, w jaki sposób mogłyby mentalnie tworzyć twierdzenia składające się na ich przekonania, tak jak to robią ludzie. („Słyszę grzechotanie, więc w pudełku pewnie jest jabłko"). Możliwe, że szympansy myślą głównie obrazami. Niezależnie od tego, jak mówi Krupenye, „wszystko to sugeruje, że nie kierują się jedynie prostymi, emocjonalnymi reakcjami. Mają dość złożoną świadomość".

Jasne jest jednak, że ludzka racjonalność sięga dalej. Współautorka badania Hanna Schleihauf, psycholożka porównawcza z Universiteit Utrecht w Holandii, sugeruje, że kluczowym składnikiem może być interakcja społeczna – wyostrzamy swoje przekonania w dyskusji. „To właśnie czyni ludzi tak wyjątkowymi – mówi. – Podajemy powody i o nie pytamy". Faktycznie część kognitywistów uważa, że nasze zdolności rozumowania wyewoluowały po to, byśmy mogli ze sobą debatować.

Badanie to przypomina nam, że te umiejętności musiały mieć swoje źródło – a mianowicie w zdolnościach poznawczych obecnych już u wspólnego przodka, którego dzielimy z szympansami i bonobo. Ponad 150 lat temu Karol Darwin przewidywał, że nasze niezwykłe zdolności umysłowe okażą się rozwinięciem kompetencji spotykanych w całym królestwie zwierząt. Jeśli szympansy rzeczywiście są zdolne do refleksji, dystans między nami a naszymi naczelnymi kuzynami jeszcze się zmniejsza. Jak ujął to Hare, nie trzeba szukać inteligencji podobnej do naszej wśród gwiazd. „Już wiemy, że nie jesteśmy sami – mówi. – Są na Ziemi istoty, które widzą świat w sposób, jaki uznajemy za racjonalny".

Cody Cottier

Innocent Ampeire/Ngamba Island Chimpanzee Sanctuary

eprasa.pl b7800411ea

Pulsar – serwis popularnonaukowy POLITYKI

POPULARYZATOR NAUKI 2024 i 2025

projektpulsar.pl

Wszystko, co warto wiedzieć o nauce:

- **naukowe newsy** – najważniejsze odkrycia, najnowsze wyniki badań
- artykuły naukowe z bieżących wydań **„Polityki”**
- aktualne wydania **„Wiedzy i Życia”** – pisma, które od ponad 100 lat przybliża zdobycze nauki i techniki
- aktualne wydania **„Świata Nauki”** – polskiej edycji renomowanego pisma „Scientific American”
- bogate **archiwum tekstów** najlepszych dziennikarzy naukowych oraz ekspertów i badaczy w swoich specjalizacjach

...i jeszcze więcej:

- recenzje najgorętszych książek popularnonaukowych
- cotygodniowy newsletter Pulsara
- podkasty **„Pulsar nadaje”** – już ponad 170 rozmów z najciekawszymi polskimi naukowcami

KAROLINA HANSEN:
Jak nas słyszą, tak nas widzą



GABRIELA CZARNEK:
AI ma też patent na wybory



MICHAŁ PARNIAK:
Zimne atomy mają piękne zalety



Zaprenumeruj nas:
projektpulsar.pl

eprasa.pl b78004



Zapach historii

Jak odtwarzanie utraconych woni łączy nas z przeszłością

GAYOUNG LEE

NA CO NAJPIERW ZWRACASZ UWAGĘ, gdy wchodzisz do muzeum? Czy są to dawno wyblakłe kolory starożytnych artefaktów z całego świata, czy raczej przyciszone rozmowy zwiedzających, którzy komentują to, co widzą? Być może trafisz na replikę szorstkiej, starej tkaniny, której możesz dotknąć. W niektórych muzeach oferuje się nawet przekąski przygotowane według starych receptur. Pozwalają nam pośrednio doświadczać przeszłości, odwołując do naszych podstawowych zmysłów – wzroku, słuchu, smaku i dotyku – ale niemal nigdy do węchu. Przedstawienia przeszłości są zazwyczaj pozbawione zapachu.

Tymczasem zapach prawdopodobnie odgrywał ogromną rolę w wielu historycznych realiach, mówi Barbara Huber, archeochemiczka z Max-Planck-Institut für Geoanthropologie w Niemczech. Uderzający brak zapachów w badaniach nad historią (jeśli nie liczyć zapachu stęchlizny w wielu muzeach) zainspirował Huber oraz rosnącą społeczność chemików i archeologów do poszukiwania molekularnych pozostałości, które pozwoliłyby nam „poczuć" przeszłość. Przykładem jest stworzona przez nią kompozycja Scent of the Afterlife („Zapach życia po życiu") – mieszanka aromatów oddająca spektrum woni towarzyszących procesom mumifikacji w starożytnym Egipcie. Część najnowszych osiągnięć w badaniach nad zapachową historią zaprezentowano w nowej książce współredagowanej przez Huber: *Scents of Arabia: Interdisciplinary Approaches to Ancient Olfactory Worlds* (Archaeopress, 2025).

„Scientific American" rozmawiał z Huber o „nauce o zapachu" i jej znaczeniu dla naszego rozumienia życia ludzi z odległej przeszłości. Poniżej przedstawiamy zredagowany zapis rozmowy.

Gayoung Lee jest dziennikarką naukową i mistrzynią łamigłówek.

Wiemy, że węch jest powiązany z bardzo konkretnymi obszarami mózgu. Jakie to obszary i dlaczego to połączenie sprawia, że zapach odgrywał tak istotną rolę w historii?

Zmysł węchu jest silnie związany z tymi częściami mózgu, które odpowiadają za emocje i pamięć. Istnieje też bardzo bezpośrednie połączenie między opuszką węchową a ciałem migdałowatym i hipokampem w mózgu, co oznacza, że reagujemy na zapach, jeszcze zanim zdążymy go świadomie zarejestrować. Ten mechanizm wywodzi się z bardzo długiej tradycji ewolucyjnej. Nasi przodkowie musieli zapamiętywać konkretne zapachy, ponieważ ostrzegały ich przed zagrożeniem.

Dziś rzadko zastanawiamy się nad tym, jak ogromny wpływ zapach ma na sposób, w jaki postrzegamy świat i w nim funkcjonujmy. Ma on też ogromne znaczenie dla naszego dobrostanu – co dobitnie przypomniała nam pandemia COVID-19, gdy wiele osób dopiero po utracie węchu uświadomiło sobie, jak ważny to zmysł.

Badając przeszłość, niemal nie myślimy o zapachu. Jednym z problemów jest to, że niezwykle trudno go badać. Zapachy, wonie i odory – cokolwiek istniało w przeszłości – zniknęły na długo przed tym, zanim archeolodzy mogli dane stanowiska zbadać. Nowe metody chemiczne i biomolekularne w archeologii poniekąd ponownie otworzyły drzwi do takich dociekań. Ogromną pomocą są też oczywiście źródła pisane.

Gdy udaje się zebrać te wszystkie szczegóły, znacząco wzbogacają one nasze rozumienie wielu aspektów dawnych sposobów życia – od medycyny, przez perfumiarstwo i kosmetykę, po handel, a także kwestie tożsamości czy statusu społecznego. Toczyły się wojny o przyprawy – te drobne proszki i żywice miały tak silny wpływ na ludzi, że byli gotowi o nie walczyć!

Fascynuje mnie to, że zapach jest jednocześnie czymś materialnym i niematerialnym. Jak badanie takiej dwoistości wpłynęło na twoje podejście do pracy naukowej?

To, co ciekawe, to fakt, że cząsteczki, które wykrywamy – albo które wciąż

Ilustracja Shideh Ghandeharizadeh

eprasa.pl b7800411ea

jesteśmy w stanie wykryć – mogą powiedzieć nam bardzo wiele o dawnych materiałach. Jednocześnie, gdy je rekonstruujemy i odtwarzamy, jak w przypadku „Scent of the Afterlife", możemy przenieść fragment przeszłości do współczesności. I nie jest to już tylko obiekt odnaleziony podczas wykopalisk i wystawiony w muzeum. Na wystawie zapachowej ludzie mogą go faktycznie doświadczyć. Ten sposób percepcji jest formą uczestnictwa w przeszłości. Jeśli wchodzisz do pomieszczenia i możesz w pewnym sensie poczuć, jak musiało pachnieć pomieszczenie do mumifikacji w starożytnym Egipcie – widzisz surowce, cały kontekst – zanurzasz się w historii i w procesie uczenia się w zupełnie inny sposób.

Badania pokazują, że takie wielozmysłowe uczenie się – zwłaszcza z udziałem węchu – może wzmacniać refleksję nad konkretnymi zagadnieniami i efekty poznawcze. Myślę, że dzieje się tak dlatego, iż zapach jest bardzo silnie powiązany z emocjami. Na wystawie możesz nagle przywołać pod wpływem woni osobiste wspomnienia. To pozwala nam nawiązać znacznie głębszą relację z przeszłością.

Właśnie przypomniałam sobie „Scent of the Afterlife", perfumy, które stworzyłaś, opierając się na związkach odkrytych u starożytnych egipskich mumii, i reakcje redakcji „Scientific American" na próbkę, którą mieliśmy okazję powąchać. Każdy z nas przywołał bardzo konkretne doświadczenia ze swojego życia – na przykład ja powiedziałam, że pachnie to jak wyjątkowo zadbany „samochód po dziadku" [śmiech]. To było genialne.

Chętnie dowiedziałabym się więcej o tej „kuchni" naukowej – o szczegółowych analizach potrzebnych do odtworzenia takich zapachów.

Pracujemy z materiałami organicznymi. Czasami pierwotnej substancji nie ma już w ogóle – ale szukamy tego, co nazywamy archiwami zapachów. Są to konkretne obiekty – flakoniki na perfumy, pojemniki na kosmetyki czy kadzielnice – związane z praktykami lub czynnościami, które wymagały użycia pachnących substancji.

Załóżmy, że mamy pachnący krem i w naczyniu pozostały jego resztki – jakaś zaschnięta skorupa czy osad. Wówczas możemy pobrać bardzo niewielkie próbki i poddać je analizie. Najpierw identyfikujemy wszystkie związki chemiczne obecne w próbce za pomocą chromatografii gazowej, która rozdziela poszczególne cząsteczki, a następnie analizujemy je, wykorzystując spektrometrię masową [metoda analityczna pozwalająca zidentyfikować nieznany związek chemiczny na podstawie jego charakterystyki widmowej]. Dzięki temu potrafimy zidentyfikować praktycznie każdy pojedynczy związek.

Daje nam to na przykład wskazówki dotyczące handlu. Odkrywamy wszystkie składniki i sprawdzamy, czy są one lokalne – czy ludzie mogli wyjść i je zebrać, czy też musieli je sprowadzać z odległych regionów.

Z tego, co zrozumiałam, związek, który wykrywacie, niekoniecznie musi być tym pierwotnym. Jak rozkład chemiczny wpływa na ten proces?

Weźmy na przykład wanilinę – związek o zapachu przypominającym wanilię. Gdy ją znajdujemy, ktoś mógłby pochopnie stwierdzić: „O, mamy wanilię! Świetnie! Używano wanilii w przeszłości!" Tymczasem wanilina jest również produktem rozpadu większej cząsteczki zwanej ligniną, która jest powszechnym składnikiem tkanek drzewnych. Wiele przedmiotów z drewna zawiera wanilinę właśnie dlatego, że ulega rozkładowi. Dlatego, gdy ją znajdujemy, musimy być bardzo ostrożni – nie zawsze istnieje tylko jedno możliwe źródło danej substancji. Wykonujemy więc mnóstwo pracy detektywistycznej: analizujemy to, co mamy, i próbujemy nadać temu sens.

We wstępie do twojej książki czytamy, że „kwestionuje ona tradycyjne narracje skoncentrowane na handlu". Co to właściwie znaczy?

Jeśli chodzi o materiały starożytne – zwłaszcza substancje aromatyczne w Arabii – badania nad handlem i nad szlakiem kadzidlanym [siecią obejmującą rozległy obszar od Półwyspu Arabskiego po region Morza Śródziemnego, służącą głównie do handlu wonnościami otrzymywanymi z żywicy kadzidłowców – drzew z rodziny osoczynowatych (*Burseraceae*)] od dawna stanowiły interesujący punkt odniesienia dla badaczy. Problem polega jednak na tym, że szlak kadzidlany był bardzo często analizowany z perspektywy filologów klasycznych, a więc na podstawie tekstów starożytnych Greków lub Rzymian. Od samego początku historia szlaku kadzidlanego była opowiadana przez ludzi z zewnątrz, którzy ponadto w tych czasach nie żyli. Nie dysponujemy żadnymi źródłami z wcześniejszych okresów – epoki żelaza i epoki brązu – pochodzącymi ze starożytnej Arabii. Dlatego dla nas najbardziej interesujące było poszukiwanie innych rodzajów świadectw niż teksty pisane, które mogłyby powiedzieć nam coś więcej o handlu substancjami aromatycznymi.

Czy jest jakiś konkretny rozdział lub studium przypadku, które najlepiej oddaje ogólną koncepcję lub cele tej antologii?

W jednym z badań analizowaliśmy zawartość kadzielnic i znaleźliśmy roślinę z rodzaju poganek (*Peganum*). Jej zwyczajowa nazwa to ruta syryjska – jest to roślina o właściwościach leczniczych i psychoaktywnych. Zrozumieliśmy, że w tych konkretnych kadzielnicach ludzie używali jej do celów terapeutycznych lub jako substancji psychoaktywnej. To odkrycie jest niezwykle interesujące, ponieważ wskazuje, że praktyka palenia kadzideł miała wymiar nie tylko zmysłowy, lecz także medyczny.

Szczegółowe badania tych kadzielnic dały wgląd w coś, o czym nie mieliśmy wcześniej absolutnie żadnego pojęcia: w praktyki medyczne w Arabii sprzed okresu islamskiego. Nagle dowiedzieliśmy się, jak ludzie wykorzystywali swoją lokalną farmakopeę [zbiór dostępnych środków leczniczych] do leczenia chorób – w tym przypadku roślinę palono, a następnie prawdopodobnie wdychano dym, zamiast nakładać ją na skórę lub pić przyrządzony z niej napar.

Praktyka palenia kadzideł, tak silnie związana z Arabią – z jej szlakiem kadzidlanym oraz emblematycznymi zapachami, takimi jak kadzidło i mirra – pozostawiła po sobie dziedzictwo, które jest żywe do dziś. Choć stanowi część współczesnego życia, sięga bardzo odległej przeszłości. W książce zasadniczo śledzimy ją aż od jej korzeni: od tego, gdzie się zaczęła, jak kształtowała społeczeństwa i tożsamość określonego regionu świata oraz w jaki sposób pozostaje z nimi powiązana.

Dla mnie ten zbiór jest przypomnieniem, że historia to nie tylko coś, co oglądamy. ■

eprasa.pl b7800411ea

Droga Mleczna coraz bardziej zaskakuje

Dysk naszej Galaktyki nie jest płaski, lecz pofałdowany i wygięty

PHIL PLAIT

CZAS SIĘ PRZYZNAĆ – otóż okłamywałem was. Niejednokrotnie powtarzałem w tej rubryce, że nasza Galaktyka to płaski dysk. Tymczasem tak naprawdę nie jest on płaski – przynajmniej nie według żadnej rozsądnej definicji tego terminu.

Na swoją obronę powiem, że nie tyle mijałem się z prawdą, ile stosowałem uproszczenie. W nauce jest to w pełni dopuszczalne, a nawet zalecane. Gdy próbujemy zrozumieć lub wyjaśnić coś złożonego, warto uprościć to tak bardzo, jak tylko to możliwe, aby dało się łatwiej ująć istotę sprawy od strony matematycznej i fizycznej. To tak, jak gdyby na początku założyć, że Ziemia jest idealną kulą lub że cała masa Układu Słonecznego skupiona jest w Słońcu. Po sformułowaniu podstawowych równań opisujących uproszczony model można stopniowo je komplikować, lecz w taki sposób, by przez cały czas pozostawały możliwe do rozwiązania.

Szczerze mówiąc, kiedy patrzy się na poświatę Drogi Mlecznej z ciemnego miejsca, wygląda ona na płaską – tak mniej więcej. Wiele podobnych galaktyk i ich dysków również wydaje się płaskimi.

Jednak wiele z nich, być może nawet większość, nie jest wcale płaska. Są pofałdowane i powyginane. Nasza Galaktyka należy do grupy odkształconych.

Najpierw krótki przegląd – Droga Mleczna zalicza się do galaktyk spiralnych, stanowiąc rozległy dysk złożony z gwiazd, gazu i pyłu o średnicy około 120 tys. lat świetlnych. Jego grubość wynosi kilka tysięcy lat świetlnych, zatem jest w pełni usprawiedliwione określanie go mianem „płaskiego”. W centralnej części dysku znajduje się wybrzuszenie z gwiazd, a całość otoczona jest rozległym halo gwiazd i ciemnej materii o średnicy około miliona lat świetlnych.

Ta ostatnia informacja jest ważna. Za moment wyjaśnię, dlaczego.

Od pewnego czasu wiemy, że na swoich obrzeżach dysk Drogi Mlecznej jest odkształcony – z jednej strony wygięty w górę, a z drugiej w dół, niczym rondo kapelusza typu fedora. Jednakże badania opublikowane w 2019 roku w „Science” znacznie doprecyzowały tę koncepcję. Zespół autorów artykułu wykorzystał dane z zakończonej już misji Europejskiej Agencji Kosmicznej Gaia, która sporządziła mapę pozycji, ruchów i odległości ponad miliarda gwiazd. Skupili się w szczególności na obserwacjach Gai dotyczących około 2400 gwiazd zmiennych z kategorii cefeid – szczególnego typu gwiazd, które okresowo zmieniają swój blask. Okres zmian cefeidy jest związany z jej jasnością absolutną, czyli tempem emisji energii. Porównując tę wartość z jasnością pozorną, czyli tym, jak jasną widzimy cefeidę na sferze niebieskiej, możemy obliczyć dzielącą nas od niej odległość.

Dzięki sporządzeniu mapy tak wielu cefeid znajdujących się w obrębie



Obserwacje z misji Gaia Europejskiej Agencji Kosmicznej ujawniły gigantyczną falę propagującą się w obrębie dysku Drogi Mlecznej. Ten obraz, pochodzący z danych Gaia, pokazuje naszą Galaktykę widzianą z boku; punkty danych dla nowo odkrytej fali są zaznaczone na czerwono (powyżej płaszczyzny dysku) i na niebiesko (poniżej płaszczyzny).

ESA/Gaia/DPAC, S. Payne-Wardenaar, E. Poggio i in. (2025)

eprasa.pl b7800411ea

płaszczyzny galaktycznej naukowcy byli w stanie wyznaczyć generalny kształt dysku Drogi Mlecznej i odkryli, że jest on tak naprawdę wyraźnie odkształcony. Nasza Glaktyka przypomina płytę winylową, która zbyt długo leżała na słońcu (dzieci, zapytajcie swoich dziadków, co to jest płyta winylowa).

Skąd wzięło się takie odkształcenie? Możliwe, że zderzenie z mniejszą galaktyką podziałało grawitacyjnie na gwiazdy w dysku, podobnie jak kamień wrzucony do stawu powoduje rozchodzenie się fal na jego powierzchni. Jednak astronomowie, którzy zaprezentowali wyniki swoich badań w „Nature Astronomy" w 2023 roku, wysunęli zupełnie inną hipotezę na temat tego, co odkształca brzegi naszej Galaktyki, wskazując mianowicie na ciemną materię.

Phil Plait jest profesjonalnym astronomem i popularyzatorem nauki z Wirginii. Publikuje biuletyn „Bad Astronomy". Można go śledzić na Beehiiv.

Jak już wspomniałem, Galaktyka jest otoczona halo gwiazd i ciemnej materii. Na około rok przed opublikowaniem swojego artykułu niektórzy członkowie tego zespołu wraz z innymi astronomami odkryli, że halo gwiazdowe nie jest wcale kuliste, jak wcześniej zakładano, lecz wydłużone i odrobinę spłaszczone, przypominające nieco piłkę do futbolu amerykańskiego, a zarazem nachylone względem płaszczyzny Galaktyki.

Naukowcy przypuszczają, że istnieje jeszcze drugie, bardziej rozproszone i prawie niewidoczne halo ciemnej materii, które jest takiego samego kształtu, jak halo gwiazdowe. Modelując skutki, jakie miałaby znacznie bardziej masywna aureola ciemnej materii, gdyby miała podobną strukturę i orientację, odkryli, że formacja ta w naturalny sposób tworzyła pole grawitacyjne oddziałujące na dysk, co wyjaśniałoby nie tylko kształt i rozmiary wypaczenia, lecz także jego orientację w obrębie dysku. Jakkolwiek niekoniecznie oznacza to ostateczne rozstrzygnięcie, przedstawili oni dość solidne argumenty na rzecz tej koncepcji.

Nie jest to wszakże jedyny sposób, w jaki dysk naszej Galaktyki jest odkształcony. Nowe badania pokazują, że jest on również pofałdowany.

W zeszłym roku inna grupa naukowców wykorzystała dane z misji Gaia do inspekcji 17 tys. młodych gwiazd – które zazwyczaj powstają pośrodku dysku galaktyki – oraz 3400 gwiazd zmiennych typu cefeid w obszarze Drogi Mlecznej o średnicy dziesiątek tysięcy lat świetlnych. Stwierdzili, że w głównym dysku i w odkształconych rejonach zewnętrznych mamy do czynienia z falowaniem w górę i w dół, dającym bardzo podobny efekt do grubej tektury falistej.

Przypomina on też „falę" z meczów sportowych, kiedy to kibice na przemian wstają i siadają, tworząc falę przemieszczającą się po stadionie. W przypadku Drogi Mlecznej gwiazdy poruszają się w górę i w dół względem płaszczyzny dysku. Ponieważ większość z gwiazd zmierzonych przez badaczy jest młoda, badacze uważają, że gaz w Galaktyce – stanowiący surowiec, z którego powstają gwiazdy – również porusza się w górę i w dół. Niezależnie od tego, jak faktycznie wygląda ten ruch, jest on elementem strukturalnym dysku.

Przyczyna tego falowania nie jest znana, lecz można przypuszczać, że w grę wchodzi zderzenie z mniejszą galaktyką. Głównym podejrzanym jest karłowata galaktyka eliptyczna w gwiazdozbiorze Strzelca, mały obiekt o ułamku masy Drogi Mlecznej. Orbituje ona wokół naszej Galaktyki w niemal pionowej pętli, przechodząc przez dysk. W 2018 roku astronomowie opublikowali w „Nature" artykuł, w którym poinformowali, że ponownie wykorzystując dane z misji Gaia, odkryli ruchy faliste 6 mln gwiazd do odległości około 10 tys. lat świetlnych od Słońca, analogicznych do fal stwierdzonych w zewnętrznym dysku. Sugerują, że galaktyka w Strzelcu mogła wytworzyć te ruchome struktury podczas ostatniego przejścia przez dysk, co miało miejsce kilkaset milionów lat temu.

Słońce również wykazuje taki ruch; precyzyjne pomiary pokazują, że ma wertykalną składową prędkości w swoim ruchu orbitalnym wokół centrum Galaktyki. Układ Słoneczny przemieszcza się co jakiś czas w górę lub w dół poprzez dysk, lecz gdy zbytnio się oddali, grawitacja dysku przyciąga go z powrotem i cały cykl zaczyna się od nowa. Ten element ruchu naszej gwiazdy może być częścią owej bardziej generalnej fali.

A zatem, jak widzicie, tak naprawdę nie kłamałem wcześniej, że żyjemy w obrębie płaskiego dysku. Po prostu pominąłem szczegóły, które nie są niezbędne w dyskusji na temat generalnej struktury Galaktyki. Jednak z pewnością warto przyjrzeć się tym dodatkowym efektom – mówią nam one coś o przeszłości Drogi Mlecznej, a nawet mogą ujawnić rolę, jaką odegrało w tej historii Słońce. ■

Plusy i minusy probiotyków

Badania wskazują, że pomimo swojej popularności suplementy zawierajace miliardy „dobroczynnych" mikroorganizmów mogą pomóc tylko w kilku chorobach

LYDIA DENWORTH

W AMERYKAŃSKICH APTECZKACH, tuż obok aspiryny i plastrów, żyją sobie drobnoustroje. I ludzie chcą, żeby tam były. Co więcej – prawdopodobnie zapłacili za nie niemałe pieniądze.

Probiotyki to kapsułki lub tabletki zawierające żywe mikroorganizmy – niemal zawsze bakterie lub drożdże – które po połknięciu mają rzekomo przynosić korzyści zdrowotne. Kilkoro moich znajomych, w tym kobieta niedawno leczona z powodu raka oraz mężczyzna z przewlekłymi problemami trawiennymi, kupiło te preparaty z polecenia lekarzy. Inni, świadomi nowych badań wskazujących na wpływ mikrobiomu jelitowego na funkcjonowanie organizmu, kupili je na własną rękę. Wiele osób liczy, że bakterie poprawią ogólną kondycję ich jelit – bo przecież reklamy obiecują „lepsze trawienie" i „klinicznie przebadane" działanie.

Mimo popularności takich twierdzeń dowodów na to, że probiotyki rzeczywiście pomagają, jest zaskakująco mało. Organizacje medyczne, takie jak Amerykańskie Towarzystwo Gastroenterologiczne (American Gastroenterological Association, AGA), rekomendują tylko kilka konkretnych szczepów bakterii i to jedynie w przypadku paru ściśle określonych schorzeń. „Przeciętna osoba prawdopodobnie nie potrzebuje probiotyków i raczej nie odniesie korzyści z ich codziennego stosowania" – mówi gastroenterolog Omeed Alipour z Santa Clara Health System w Kalifornii, rzecznik AGA.

Tę ostrożność zachowuje wielu lekarzy i naukowców, potwierdza Yosra Helmy, lekarka weterynarii i mikrobiolożka z University of Kentucky, badająca

eprasa.pl b7800411ea



powiązania między zdrowiem ludzi i zwierząt. „Nie dlatego, że probiotyki są bezwartościowe, ale dlatego, że wyniki badań wciąż są niejednoznaczne, ściśle zależne od konkretnego szczepu i trudne do uogólnienia” – mówi. „Ewidentnie marketing wyprzedził rzeczywistość” – dodaje gastroenterolog Neil Stollman, profesor kliniczny z University of California w San Francisco.

Inny problem polega na tym, że w USA probiotyki są suplementami diety, a nie lekami, i nie podlegają tak rygorystycznym ocenom, jak produkty farmaceutyczne.

Probiotyki wydają się atrakcyjne, ponieważ nasz układ pokarmowy naturalnie zamieszkują biliony drobnoustrojów, tworzących tzw. mikrobiom jelitowy. Obecność większości tej mikrobioty – głównie bakterii, ale także drożdży, grzybów i wirusów – jest dla nas korzystna. Utrzymuje ona równowagę mikroorganizmów jelitowych, wspiera ochronną warstwę jelit i żołądka, produkuje też metabolity, takie jak krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, które odżywiają komórki, regulują układ odpornościowy i równowagę metaboliczną oraz pomagają w wytwarzaniu witamin.

Regularnie uzupełniamy populację korzystnych mikroorganizmów, jedząc jogurty, kefir czy inne fermentowane produkty, takie jak kimchi, kombucha czy miso. Wszystkie są naturalnym źródłem różnorodnych drobnoustrojów. Z kolei dieta bogata w błonnik dostarcza paliwa tym dobrym mikroorganizmom, gdy już trafią do naszego organizmu.

W kilku sytuacjach sama dieta nie wystarcza – i suplementy probiotyczne stają się wtedy potrzebne. Najmocniejsze dowody na skuteczność probiotyków dotyczą dwóch rzadkich schorzeń. Pierwsze to martwicze zapalenie jelit u wcześniaków, które niszczy tkankę jelitową i może prowadzić do śmierci dziecka. Drugie to zapalenie zbiornika jelitowego (pouchitis), powikłanie po operacjach związanych z wrzodziejącym zapaleniem jelita grubego lub chorobą Leśniowskiego-Crohna. Probiotyki zmniejszają częstość występowania pierwszej choroby i łagodzą objawy drugiej.

W szerszej populacji najczęstszym, dobrze udokumentowanym powodem sięgania po probiotyki jest zapobieganie biegunce wywołanej przez antybiotyki lub łagodzenie jej przebiegu. Antybiotyki nie atakują bowiem wyłącznie „złych” bakterii, które powodują sensacje żołądkowe – zwykle niszczą także całe kolonie pożytecznych drobnoustrojów. (Chemioterapia działa równie bezwzględnie). Badania pokazują, że niektóre gatunki *Lactobacillus* i *Bifidobacterium* oraz drożdże *Saccharomyces boulardii* mogą pomóc w problemach wywołanych antybiotykami. „Dla wszystkich trzech istnieją całkiem solidne dowody na to, że zmniejszają ryzyko działań niepożądanych podczas antybiotykoterapii – mówi Stollman. – Prawdopodobnie poczujesz się lepiej i najpewniej ci to nie zaszkodzi.”

Badania wykazały też, że probiotyki zmniejszają ryzyko zakażeń bakterią *Clostridioides difficile*, która może uszkadzać jelito grube. Ale efekt jest niewielki. Gastroenterolodzy zalecają probiotyki tylko osobom szczególnie narażonym na infekcję: seniorom, pacjentom po wcześniejszych zakażeniach oraz pacjentom, którzy przyjmują wiele antybiotyków przez długi czas.

Osoby cierpiące na zespół jelita drażliwego (IBS) bardzo chciałyby znaleźć probiotyk, który zmniejszy objawy takie, jak wzdęcia, zaparcia czy biegunki. Ostatnie badania pokazują, że niektóre szczepy rzeczywiście przynoszą ulgę części pacjentów – ale lekarze nie potrafią przewidzieć, komu pomogą, a komu nie. „Ocena poprawy objawów w IBS jest niezwykle subiektywna, a samo schorzenie bardzo zróżnicowane” – zaznacza Alipour. W rezultacie nie ma jeszcze jednoznacznych zaleceń.

Trwają natomiast badania nad tzw. probiotykami nowej generacji. „Celem jest odejście od modelu suplementów »uniwersalnych« i przejście do precyzyjnych interwencji mikrobiomowych, w których konkretne szczepy będą dopasowane do konkretnych problemów zdrowotnych” – mówi Helmy. Takie preparaty mogłyby wykorzystywać szerszą gamę bakterii i skuteczniejsze kapsułkowanie, odporne na działanie układu trawiennego.

Zanim jednak tego typu produkty trafią na rynek, eksperci radzą, by zaczynać od diety. Bogata w błonnik i fermentowane produkty to lepsza recepta na zdrowe jelita niż zakup kolejnej butelki suplementów, podkreśla Stollman.

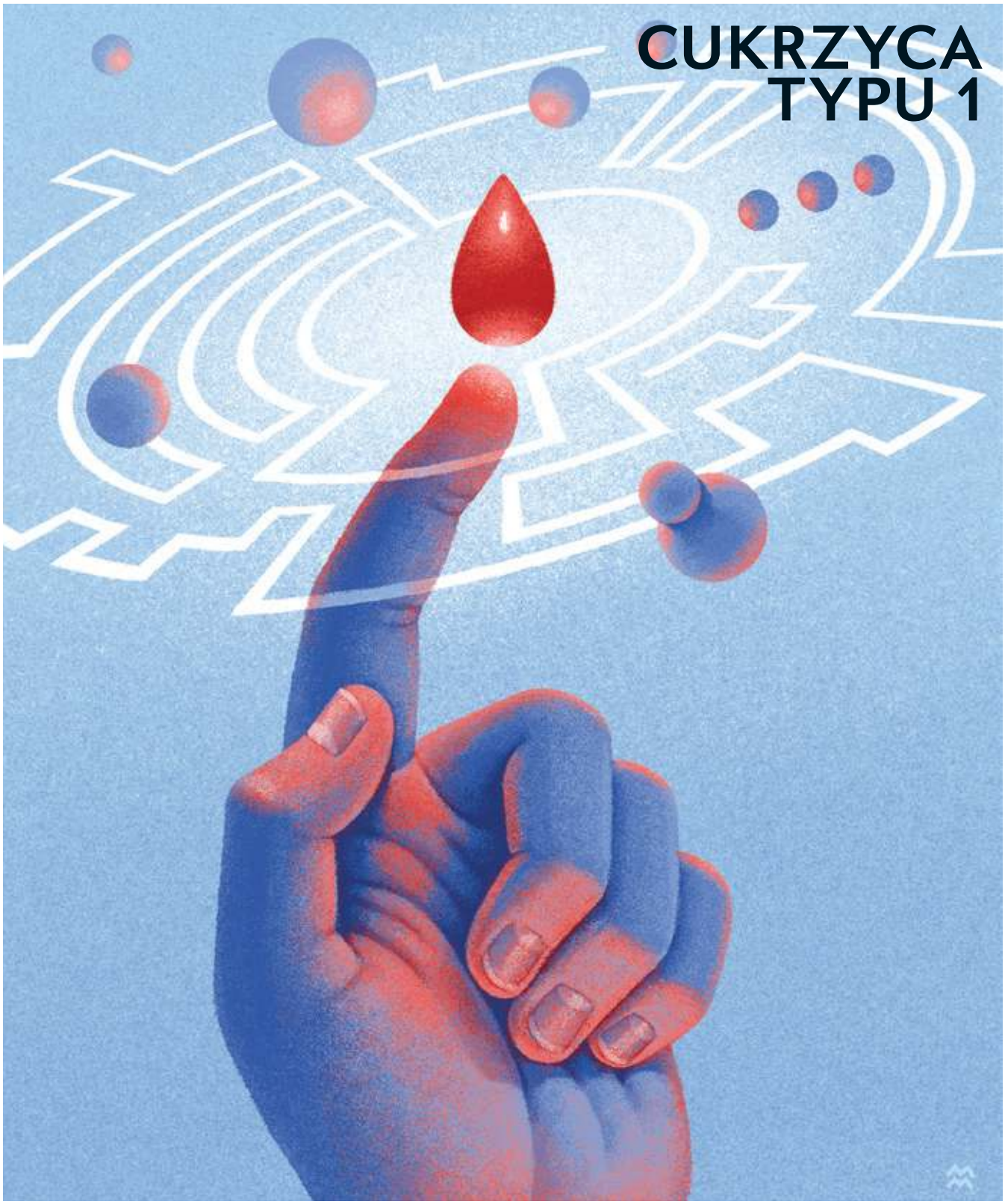
A dla tych, którzy mimo wszystko chcą spróbować probiotyków, dobra wiadomość jest taka, że ogólne ryzyko ich stosowania jest niskie. Ale ich użycie powinno mieć konkretny cel i być ograniczone, zaznacza Helmy: warto wypróbować jeden preparat przez miesiąc, dwa i ocenić objawy. „Przyjmowanie probiotyków to nie jest uniwersalne rozwiązanie – podsumowuje. ■

Lydia Denworth jest nagradzaną dziennikarką naukową i redaktorką „Scientific American”. Jest autorką książki *Friendship* (W. W. Norton, 2020).

Ilustracja Jay Bendt

eprasa.pl b7800411ea

INNOWACJE



CUKRZYCA TYPU 1

OPRACOWANE PRZY WSPARCIU FIRMY **VERTEX**

ILUSTRACJE MIRIAM MARTINCIC

eprasa.pl b7800411ea

RAPORT SPECJALNY

23 RYZYKOWNE DZIEDZICTWO
Dzięki coraz powszechniejszemu uwzględnianiu genetycznych wskaźników ryzyka pacjenci mogą uzyskać wcześniejszy dostęp do terapii, które dodatkowo mogą być skuteczniejsze.
RACHEL NUWER

26 DŁUGA DROGA DO SZTUCZNEJ TRZUSTKI
Urządzenie, które pozwoliłoby chorym na prowadzenie normalnego życia.
CARRIE ARNOLD

30 ROSNĄCE GLOBALNE BRZEMIĘ
Na cukrzycę typu 1 cierpią miliony ludzi na całym świecie, ale najbardziej obciąża ona biedniejsze społeczności.
MIRIAM QUICK, JEN CHRISTIANSEN I JEANNA BRYNER

34 RATUJMY OCZY
Retinopatia cukrzycowa stanowi główną przyczynę utraty wzroku. Odpowiednia, wczesno wdrożona terapia może temu zapobiec.
LIZ SZABO

38 WYLECZENIE CORAZ BLIŻEJ
Nowy lek spowalnia postęp cukrzycy typu 1 i zwiększa szanse opracowania terapii prowadzących do wyleczenia.
TARA HAELLE

Niniejszy raport, opublikowany w „Scientific American", sponsorowała firma Vertex Pharmaceuticals. Został stworzony niezależnie przez redaktorów „Scientific American", którzy ponoszą wyłączną odpowiedzialność za jego treść.

Postępy w zwalczaniu cukrzycy typu 1

NIECO PONAD 100 LAT TEMU ROZPOZNANIE CUKRZYCY TYPU 1 było wyrokiem śmierci. Dziś, dzięki niezwykłemu postępowi naukowemu, wiele osób z cukrzycą typu 1 – zwłaszcza w krajach rozwiniętych – może żyć długo i normalnie funkcjonować. Jestem ogromnie wdzięczna, że mój starszy syn, dziś 16-letni, urodził się w tej epoce możliwości. Jego diagnoza w 2020 roku przypadła na moment, gdy innowacje i działalność rzecznicza zasadniczo zmieniły to, co oznacza życie z tą przewlekłą chorobą autoimmunologiczną.

Z wielką radością przedstawiam ten raport specjalny, w którym przyglądamy się przełomowym osiągnięciom w zakresie badań i opieki nad chorymi z cukrzycą typu 1. Na stronie 26 Carrie Arnold opowiada historie przedsiębiorców-wizjonerów pracujących nad sztuczną trzustką – systemem zamkniętej pętli, który integruje pompy insulinowe i czujniki glukozy, naśladując działanie zdrowych komórek beta. Dla wielu osób to rozwiązanie jest jak lekarstwo.

Jednak poszukiwania prawdziwego leku – prowadzącego do faktycznego wyleczenia – trwają. Na stronie 38 Tara Haelle analizuje obiecujące możliwości, w tym przeszczepy komórek beta, które mogłyby wyeliminować konieczność stosowania leków immunosupresyjnych. Zwraca też uwagę na przeciwciało monoklonalne teplizumab, zatwierdzone w 2022 roku, które u niektórych osób może opóźnić wystąpienie objawowej cukrzycy typu 1 przynajmniej o pięć lat – co stanowi kamień milowy w obszarze prewencji.

Podczas gdy nauka pędzi naprzód, liczba zachorowań na cukrzycę typu 1 gwałtownie rośnie. Wizualizacje statystyk przygotowanych przez Miriam Quick oraz Jena Christiansena ukazują ten niepokojący trend i obnażają rażące nierówności w dostępie do opieki (*s. 30*). W zamożnych krajach, takich jak Zjednoczone Emiraty Arabskie, dziecko z rozpoznaną cukrzycą typu 1 może żyć niemal tyle, ile dziecko bez cukrzycy. W Nigerze natomiast dziecko z tą samą diagnozą może stracić nawet 50 lat życia w porównaniu ze średnią krajową.

Liz Szabo opisuje postępy w zapobieganiu i hamowaniu retinopatii cukrzycowej (*s. 34*), głównej przyczyny ślepoty u osób w wieku produkcyjnym. Z kolei Rachel Nuwer przedstawia osiągnięcia w zakresie badań genetycznych (*s. 23*), które pozwalają identyfikować dzieci o wysokim ryzyku rozwoju cukrzycy typu 1. Wraz z pojawianiem się nowych terapii ta wiedza może mieć przełomowe znaczenie dla ich życia.

Choć zarządzanie cukrzycą typu 1 nadal jest zadaniem całodobowym, żywię uzasadnioną nadzieję, że lekarstwo pojawi się jeszcze za życia mojego syna.

JEANNA BRYNER,
SEKRETARZ REDAKCJI „SCIENTIFIC AMERICAN"

ZESPÓŁ REDAKCYJNY

REDAKTOR NACZELNY
David M. Ewalt

SEKRETARZ REDAKCJI
Jeanna Bryner

STARSZY REDAKTOR
Josh Fischman

DYREKTOR KREATYWNY
Michael Mrak

FOTOEDYTOR
Monica Bradley

STARSZY REDAKTOR GRAFICZNY
Jen Christiansen

DYREKTOR WYDANIA
Maria-Christina Keller

STARSZY REDAKTOR WYDANIA
Angelique Rondeau

STARSZY REDAKTOR WYDANIA
Aaron Shattuck

WSPÓŁPRACUJĄCY REDAKTOR WYDANIA
Emily Makowski

DYREKTOR PRODUKCJI
Richard Hunt

REDAKTOR TECHNICZNY
Silvia De Santis

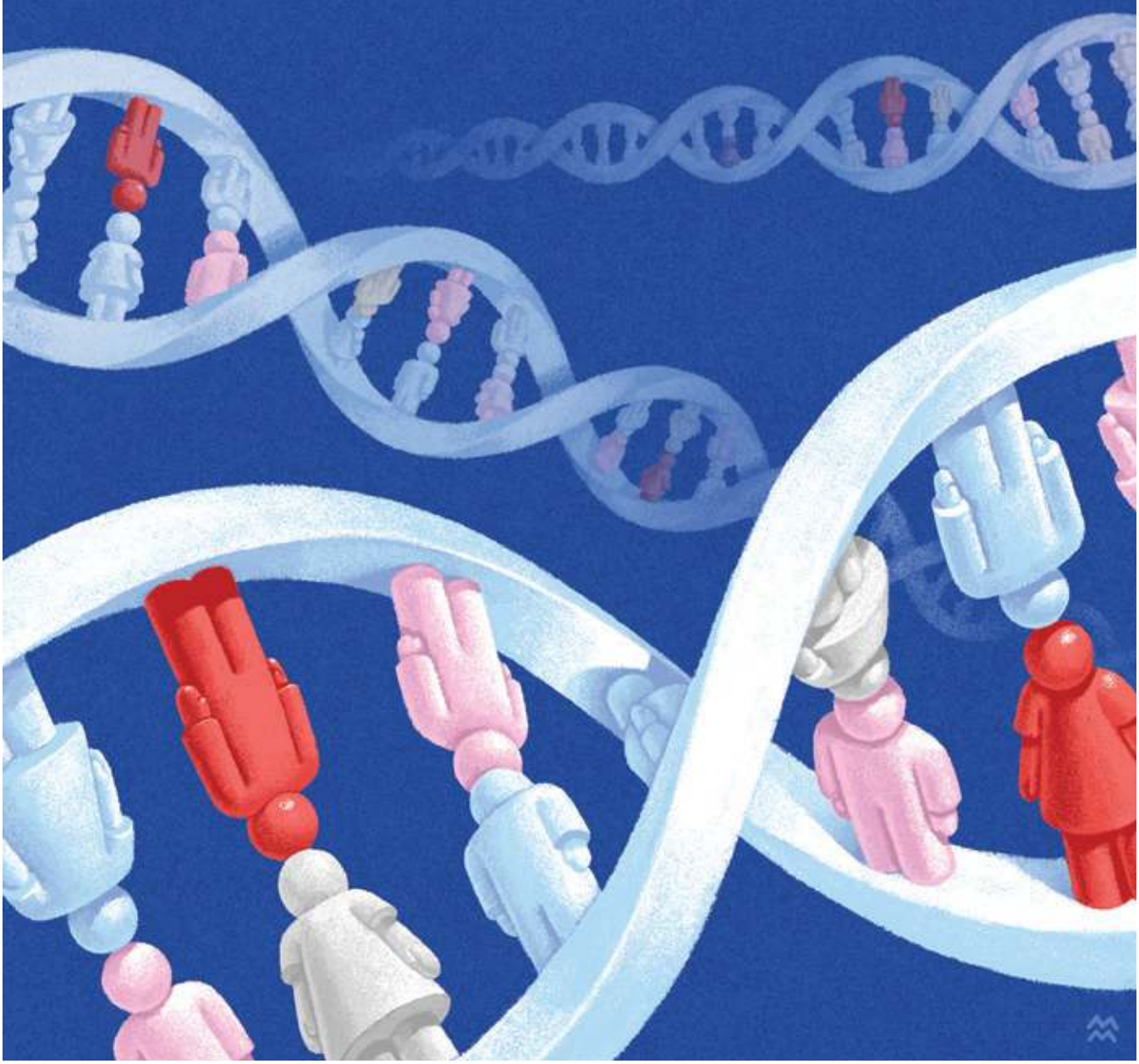
DYREKTOR WYDAWNICZY
Jeremy A. Abbate

DYREKTOR DS. WSPÓŁPRACY KORPORACYJNEJ
Marlene Stewart

SZEFOWA STRATEGII WYDAWNICZEJ I OPERACJI KOMERCYJNYCH
Suzanne Fromm

MENEDŻERKA DS. PARTNERSTW MEDIALNYCH
Veronica Crowley

eprasa.pl b7800411ea



Ryzykowne dziedzictwo

Dzięki coraz powszechniejszemu uwzględnianiu genetycznych wskaźników ryzyka pacjenci mogą uzyskać wcześniejszy dostęp do terapii, które dodatkowo mogą być skuteczniejsze **Rachel Nuwer**

W 2024 ROKU Stephen Rich i jego współpracownicy opublikowali badanie, w którym ocenili genetyczne ryzyko rozwoju cukrzycy typu 1 u ponad 3800 dzieci z Wirginii. Niemal natychmiast po publikacji Rich – genetyk i epidemiolog z University of Virginia – został zasypany e-mailami i telefonami od rodziców, którzy przeczytali artykuł i chcieli, by ich dzieci również zostały przebadane. Niestety, badanie zostało już zakończone, więc Rich nie mógł im pomóc. Jak mówi, sytuacja ta doskonale pokazuje rosnące zainteresowanie testami genetycznymi oceniającymi ryzyko zachorowania na tę chorobę.

Obecnie nie istnieje lek na cukrzycę typu 1 – przewlekłe schorzenie, w którym układ odpornościowy niszczy komórki beta trzustki, odpowiedzialne za produkcję insuliny.

Jednak poznanie genetycznych predyspozycji danej osoby może pomóc lekarzom w wytypowaniu pacjentów wymagających dalszej diagnostyki. Może też prowadzić do wcześniejszego wdrożenia terapii, które pomogą kontrolować chorobę lub opóźnić jej rozwój. „Zrozumienie genetyki cukrzycy typu 1 ma ogromną moc” – mówi Todd Brusko, dyrektor Diabetes Institute at the University of Florida. W miarę jak pojawia się

Rachel Nuwer jest dziennikarką naukową i pisarką. Jej najnowsza książka to *I Feel Love: MDMA and the Quest for Connection in a Fractured World* (Bloomsbury, 2023). Można ją śledzić na platformie X pod adresem @RachelNuwer.

eprasa.pl b7800411ea

więcej terapii, rodzi się nadzieja, że profilowanie genetyczne pozwoli ustalić, który pacjent najlepiej zareaguje na dany lek.

Najnowsze osiągnięcia w dziedzinie badań genetycznych nie tylko ujawniły złożoną interakcję między genami a układem odpornościowym, ale także umożliwiły wyobrażenie sobie przyszłości, w której każde nowo narodzone dziecko będzie badane pod kątem ryzyka cukrzycy typu 1. Niektóre instytucje opieki zdrowotnej zaczynają już rozważać wprowadzenie takiego powszechnego screeningu. „To niezwykle ekscytujący moment – mówi Maria Jose Redondo, lekarka i profesor diabetologii dziecięcej oraz endokrynologii w Baylor College of Medicine. – Dokonano ogromnego postępu, a teraz nadszedł czas, by wprowadzić go w życie."

W STANACH ZJEDNOCZONYCH około jedna na 300 osób choruje na cukrzycę typu 1. Choć choroba ta jest najczęściej kojarzona z dziećmi, dorośli stanowią niemal połowę nowych przypadków. Naukowcy wciąż nie wiedzą, co dokładnie ją wywołuje.

Czynniki środowiskowe wydają się odgrywać kluczową rolę w jej rozwoju i przebiegu, jednak konkretne przyczyny pozostają nieznane. „Wiemy mniej o czynnikach środowiskowych niż o genetycznych" – zauważa Redondo.

W dużym badaniu TEDDY (The Environmental Determinants of Diabetes in the Young), rozpoczętym w 2004 roku w Europie i USA, naukowcy śledzili 8676 osób o wysokim genetycznym ryzyku zachorowania, aby zidentyfikować potencjalne wyzwalacze cukrzycy typu 1. Odnaleziono tylko jeden spójny czynnik środowiskowy, związany z większym prawdopodobieństwem wystąpienia choroby: wczesne zakażenie enterowirusami, czyli wirusami, które mogą infekować komórki beta.

Nie wszystkie dzieci, które przechodzą takie infekcje, rozwijają cukrzycę typu 1, więc musiały istnieć także inne czynniki. Dodatkowo częstość występowania choroby systematycznie rośnie od 60 lat, co sugeruje, że może to wynikać ze zmiany w ekspozycji środowiskowej, utraty czynników ochronnych – albo jednego i drugiego.

Genetyka odpowiada za około połowę ryzyka zachorowania. To znaczy, że to, co zapisane w DNA, nie jest przeznaczeniem, mówi Rich. „Jeśli masz wysokie [genetyczne] ryzyko, to nie znaczy, że zachorujesz. A jeśli masz niskie, to nie znaczy, że jesteś bezpieczny."

U osób, które mają bliskiego krewnego z cukrzycą typu 1, ryzyko wzrasta do około 18 na 300. U tych, którzy mają bliźniaka jednojajowego z tą chorobą, ryzyko jest największe – około jeden na dwa przypadki. Są 150 razy bardziej narażeni niż osoby bez rodzinnej historii choroby i osiem razy bardziej niż ci, którzy mają chorego rodzica lub rodzeństwo. Mimo to około 90% osób z cukrzycą typu 1 nie ma żadnych krewnych z tą chorobą. Jeszcze do niedawna powszechne badania genetyczne populacji – obejmujące wszystkich, niezależnie od znanych czynników ryzyka – nie były praktycznie możliwe. Ale nowe osiągnięcia nauki zaczynają to zmieniać.

ZIDENTYFIKOWANO co najmniej 90 regionów w ludzkim genomie, które zawierają geny powiązane z cukrzycą typu 1. Szczególne zainteresowanie badaczy budzi klaster genów zwany układem antygenów zgodności tkankowej człowieka (*human leukocyte antigen system*, HLA), który koduje białka pomagające układowi odpornościowemu odróżniać „własne" komórki od „obcych". Ten zestaw genów odpowiada za około połowę genetycznego ryzyka rozwoju choroby. Ponieważ HLA chroni nas również przed infekcjami, jest bardzo zmienny – „istnieje presja ewolucyjna, byśmy mieli różne geny HLA", wyjaśnia Mark Anderson, dyrektor Diabetes Center na University of California w San Francisco. „Dzięki temu wirus lub bakteria, które się pojawią, nie zdołają unicestwić wszystkich."

U większość osób, u których rozwija się cukrzyca typu 1, występuje co najmniej jeden z dwóch konkretnych wariantów genetycznych (alleli) w tym regionie, które zwiększają ryzyko choroby. „Ten region ma tak kluczowe znaczenie dla naszej podatności na choroby autoimmunologiczne, że samo zmierzenie jego zmienności pozwala uchwycić ryzyko" – mówi Richard Oram, profesor diabetologii i nefrologii na University of Exeter w Anglii. Niektóre warianty HLA zwiększają ryzyko nawet 20-krotnie, dodaje Oram, podczas gdy inne zmniejszają je w podobnym stopniu. W efekcie – jak zauważa – od 10 do 15% osób pochodzenia europejskiego nosi coś w rodzaju „genetycznej szczepionki" przeciwko cukrzycy typu 1, odnosząc się do alleli HLA, które obniżają ryzyko zachorowania.

W 2015 roku Oram i jego współpracownicy opracowali pierwszą wersję testu genetycznego, który dziś jest jednym z najczęściej stosowanych narzędzi do oceny ryzyka cukrzycy typu 1 – choć na razie wykorzystywanym głównie w badaniach naukowych (USA nie zatwierdziły jeszcze żadnego testu do rutynowego użytku klinicznego).

Zamiast sumować wpływ poszczególnych wariantów, test opracowany przez zespół Orama uwzględnia złożone interakcje między różnymi allelami, w tym takimi, które działają ochronnie. Włączono do niego również dziesiątki innych lokalizacji spoza regionu HLA – głównie genów związanych z układem odpornościowym – które indywidualnie mają niewielki wpływ, ale łącznie mogą znacząco zwiększać całkowite ryzyko. Pierwsza wersja testu analizowała zaledwie 10 alleli i, jak mówi Oram, „działała całkiem dobrze". Najnowsza wersja, opracowana w 2019 roku, wykorzystuje już 67 alleli i daje „wysoce zaawansowane" wyniki – jak podkreśla Maria Jose Redondo – i obecnie stanowi złoty standard w tej dziedzinie.

KIEDY ORAM pierwotnie opracowywał swój test, nie miał na myśli przewidywania ryzyka – chciał raczej rozróżnić typ cukrzycy u grupy swoich pacjentów. Osoby, z którymi pracował – w wieku od 20 do 40 lat – miały cechy zarówno cukrzycy typu 1, jak i typu 2. Jak mówi, ludzie znajdujący się w tej „szarej strefie" objawów są często błędnie diagnozowani. Podczas jednej z rozmów przy kawie ze współpracownikiem Oram uświadomił sobie, że test genetyczny mógłby dostarczyć wskazówek w przypadkach o mniej jednoznacznym obrazie choroby.

Po pomyślnym opracowaniu testu Oram dowiedział się, że inne zespoły badawcze również interesowały się testami oceniającymi genetyczne ryzyko cukrzycy typu 1.

Na szczęście jego test, jak mówi, „okazał się bardzo dobry także do tego celu."

Dzięki testowi Orama lekarze mogą zidentyfikować osoby o najwyższym ryzyku, które następnie mogą zostać przebadane pod kątem obecności przeciwciał atakujących komórki beta trzustki. „Jeśli przeprowadzi się screening HLA, a następnie testy na przeciwciała w określonych przedziałach wiekowych, można wykryć zdecydowaną większość przypadków" – mówi William Hagopian, profesor pediatrii i badacz z Indiana University School of Medicine. Naukowcy prowadzący badania nad szczepionkami i lekami na cukrzycę typu 1 również korzystają z testów genetycznych, aby zwiększyć efektywność i ograniczyć koszty, wybierając uczestników najbardziej narażonych na rozwój choroby.

Wyniki genetyczne mogą też pomóc lekarzom zidentyfikować osoby, którym

eprasa.pl b7800411ea

należy przepisać teplizumab – pierwszą terapię zdolną opóźnić wystąpienie choroby autoimmunologicznej. To przeciwciało monoklonalne, zatwierdzone przez amerykańską Agencję Żywności i Leków (FDA) w 2022 roku, jest podawane, zanim organizm stanie się zależny od insuliny, a jego działanie może opóźnić rozwój cięższej postaci choroby o dwa–trzy lata. „Cała dziedzina zmieniła się, ponieważ mamy teraz sposób, by spowolnić przejście do klinicznej postaci cukrzycy – mówi Kevan Herold, immunolog i endokrynolog z Yale University. – Każdy czas bez cukrzycy to dar, szczególnie dla dzieci i ich rodzin."

Na różnych etapach badań klinicznych znajduje się też wiele innych leków.

Osoby świadome swojego ryzyka mogą wcześniej wychwycić objawy, takie jak nadmierne oddawanie moczu czy ospałość – a gdy się one pojawią, mogą zgłosić się po leczenie, zanim rozwinie się kwasica ketonowa (DKA), potencjalnie zagrażający życiu stan wynikający z niedoboru insuliny. Wśród osób, które nie wiedzą, że są w grupie ryzyka, około 40% trafia do szpitala w stanie krytycznym z DKA, natomiast wśród tych, którzy mają świadomość zagrożenia, odsetek ten spada nawet do 4%.

„Jeśli ludzie potrafiliby rozpoznać niektóre objawy zbliżania się choroby, mogliby pójść do lekarza rodzinnego zamiast na ostry dyżur i uniknąć prawdziwego kryzysu" – mówi Brusko.

Istnieją już dowody potwierdzające te korzyści, oparte na wynikach jednego z największych dotychczasowych projektów badawczych, rozpoczętego w 2020 roku przez naukowców z Sanford Health – niedochodowego systemu opieki zdrowotnej z siedzibą w Sioux Falls, Dakota Południowa. Do lipca 2025 roku w badaniu uczestniczyło ponad 13 tys. dzieci, które przeszły testy genetyczne oraz badania na obecność przeciwciał związanych z cukrzycą typu 1 i celiakią. Dzieci z utrzymującymi się pozytywnymi wynikami przeciwciał objęto stałym monitoringiem.

Spośród ponad 75 monitorowanych dzieci pięcioro rozwinęło hiperglikemię, wymagającą opieki klinicznej – żadne z nich nie rozwinęło jednak DKA. Kurt Griffin, główny badacz projektu i pediatra-endokrynolog z Benaroya Research Institute w Seattle, mówi, że wyniki już dowiodły, iż włączenie badań przesiewowych w kierunku cukrzycy typu 1 do rutynowej opieki pediatrycznej jest jak najbardziej wykonalne.

CUKRZYCA TYPU 1 najczęściej występuje wśród osób pochodzenia europejskiego. Występuje również u ludzi pochodzenia afrykańskiego, latynoskiego i azjatyckiego, jednak – jak zauważa Stephen Rich – zdecydowana większość danych wykorzystywanych do opracowania wyników badań genetycznych pochodzi od osób białych, europejskiego pochodzenia. Brak innej reprezentacji stanowi poważny problem, ponieważ czynniki ryzyka genetycznego różnią się między populacjami.

W nieopublikowanym jeszcze badaniu Rich i jego współpracownicy sprawdzili, w jakim stopniu najczęściej stosowane warianty HLA mogą decydować o ryzyku choroby u osób pochodzenia europejskiego, latynoskiego, afroamerykańskiego oraz fińskiego [W USA pochodzenie fińskie jest często traktowane w badaniach genetycznych odrębnie ze względu na unikalną strukturę genetyczną Finów na tle populacji Europy. – przyp. red.]. Okazało się, że genetyczne różnice w kluczowych regionach HLA – a także w wielu innych częściach genomu związanych z ryzykiem cukrzycy typu 1 – nie przenoszą się dobrze z jednej populacji na drugą. „Jedną z największych potrzeb w tej dziedzinie jest zrozumienie, co dokładnie odpowiada za ryzyko genetyczne w bardziej zróżnicowanym kontekście genetycznym" – mówi Todd Brusko.

Naukowcy pracują, by wypełnić tę lukę. Na przykład organizacja Breakthrough T1D, finansująca badania nad cukrzycą typu 1, przyznaje granty do 900 tys. dolarów na projekty mające na celu zwiększenie dokładności genetycznych wskaźników ryzyka w różnych populacjach. W kolejnej wersji testu genetycznego planuje się uwzględnienie specyficznych typów HLA występujących m.in. u Afrykanów i Azjatów Wschodnich, mówi William Hagopian, współpracujący z Oramem.

Testy genetyczne oceniające ryzyko cukrzycy typu 1 są coraz bliżej praktycznego zastosowania klinicznego. W ubiegłym roku firma Randox z Irlandii Północnej wprowadziła test opracowany wspólnie z Oramem i jego zespołem. Choć komercyjne testy nie są jeszcze dostępne w USA, stają się coraz bardziej przystępne cenowo dla badaczy korzystających z nich w laboratoriach – a ta niższa cena wkrótce przełoży się na dostępność kliniczną. „Cena już spadła i przewiduje się, że spadnie jeszcze bardziej" – mówi Maria Jose Redondo. Zdaniem ekspertów, największe pozostałe przeszkody mają teraz charakter polityczny i logistyczny, a nie naukowy czy finansowy. „Wszystkie narzędzia już istnieją – po prostu żadne państwo nie zdecydowało jeszcze, jak dokładnie to wdrożyć" – mówi Colin Dayan, profesor diabetologii klinicznej i metabolizmu na Cardiff University (Walia).

Europa jest obecnie liderem tych wysiłków, dodaje Brusko. W 2023 roku Włochy stały się pierwszym krajem, który uchwalił ustawę nakazującą powszechne badania genetyczne w kierunku cukrzycy typu 1, choć – jak zauważa Dayan – nie wprowadzono jej jeszcze w praktyce. Inne państwa, w tym Wielka Brytania, rozważają podobne rozwiązania. W czerwcu 2025 roku Wielka Brytania ogłosiła także plan sekwencjonowania genomów wszystkich noworodków w ciągu najbliższej dekady. Jak mówi Emily K. Sims, pediatra-endokrynolog z Indiana University School of Medicine, uzyskane w ten sposób dane mogłyby być wykorzystane również do badań przesiewowych pod kątem ryzyka chorób. W USA badania genetyczne w kierunku cukrzycy typu 1 są nadal prowadzone głównie w środowisku naukowym.

„Chcemy, by władze federalne i stanowe uznały, że te testy są warte wdrożenia, i włączyły je do standardowej praktyki medycznej" – mówi Hagopian. Najprostszym sposobem realizacji takiego programu byłoby badanie przesiewowe przy urodzeniu. Problemem jest jednak to, co zrobić z uzyskanymi informacjami. Służby zdrowia musiałyby stworzyć system kontaktu z rodzinami noworodków o wysokim ryzyku, by odpowiednio przekazywać wyniki, a także system przypominający rodzinom o konieczności ponownych badań przeciwciał w określonych odstępach czasu.

Ponieważ poszczególne stany USA różnie podchodzą do badań noworodków, każdy stan musiałby opracować własne rozwiązania organizacyjne. To, jak mówi Rich, jest „poważnym problemem wymagającym dopracowania" – tymczasem on sam nadal otrzymuje e-maile i telefony od rodziców zainteresowanych testami.

Wraz z dalszym rozwojem nauki pojawi się więcej możliwości leczenia, a niepewność dotycząca tego, kto zachoruje, a kto nie, zostanie znacząco ograniczona.

Redondo i jej współpracownicy prowadzą duży projekt, w którym wykorzystują genetyczne wskaźniki ryzyka oraz inne zmienne, aby dokładniej przewidywać rozwój choroby. Pracują również nad modelami pozwalającymi określić, kto najlepiej reaguje na nowe terapie modyfikujące jej przebieg. Jak mówi Redondo: „Celem jest spersonalizowana profilaktyka cukrzycy typu 1." ■

eprasa.pl b7800411ea

Długa droga do sztucznej trzustki

To urządzenie pozwoliłoby chorym na prowadzenie normalnego życia **Carrie Arnold**

EDWARD DAMIANO precyzyjnie podzielił swoje życie na 90-minutowe interwały. W roku 2000 jego wówczas 11-miesięczny syn, David, zachorował na cukrzycę typu 1 – reakcja autoimmunologiczna zaatakowała komórki beta jego trzustki – które produkują i wydzielają insulinę. Brak komórek beta oznaczał brak insuliny.

Jeśli Damiano lub jego żona, Toby Milgrome, pediatra, nie podaliby Davidowi zastrzyków z hormonu, komórki chłopca nie mogłyby wykorzystywać glukozy – podstawowego źródła energii. W ciągu kilku godzin mógłby zapaść w śpiączkę lub umrzeć. Ponieważ trzustka Davida przestała działać, Damiano i Milgrome, musieli przejąć jej funkcję – mierzyć każdy gram węglowodanów, jakie chłopiec przyjmował, i odpowiednio dawkować insulinę. Aby upewnić się, że David nie dostaje ani za dużo, ani za mało leku ratującego życie, Damiano sprawdzał poziom cukru we krwi co 90 min – dniem i nocą.

Kiedy David zachorował, Damiano – bioinżynier z Boston University – prowadził wszystko „po staremu" – wraz z żoną zapisywali w zeszytach każdą kroplę insuliny i każdy kęs jedzenia. Każdego dnia przewracali kolejną kartkę i zaczynali kolejne skomplikowane wyliczenia ilości insuliny na podstawie spożytej przez syna ilości cukru i poziomu glukozy, co pozwalało Davidowi utrzymać równowagę metaboliczną. Nawet dla pary naukowców-lekarzy było to wyczerpujące i bardzo trudne. Damiano wiedział jednak, że i tak należy do szczęśliwców.

„Najtrudniejsze w leczeniu cukrzycy jest podejmowanie wszystkich tych decyzji. Bo jeśli odrobinę przesadzisz z insuliną, możesz wylądować na OIOM-ie" – mówi.

Gdy więc czekał, aż poziom cukru u Davida zacznie rosnąć lub spadać, jego ścisły umysł analizował problem. Musiało istnieć lepsze rozwiązanie. Około roku 2004 coraz powszechniejsze stały się systemy do ciągłego monitorowania poziomu glukozy (continuous glucose monitors, CGM), które pozwalały chorym mierzyć poziom cukru we krwi co minutę, bez konieczności ciągłego kłucia palców. Użytkownicy pomp insulinowych, które podają insulinę porcjami podczas posiłków i stale w małych dawkach, mogli połączyć je z CGM-ami, automatyzując część procesu podawania insuliny. We wrześniu 2016 roku firma Medtronic pierwsza połączyła CGM z pompą insulinową w tzw. hybrydowym systemie zamkniętej pętli – urządzeniu, które mogło automatycznie regulować podaż insuliny na podstawie poziomu glukozy, z wyjątkiem czasu posiłków, w których przypadku nadal trzeba było ją programować ręcznie. Był to ogromny przełom, choć wielu pacjentów nadal zmagało się z utrzymaniem właściwego poziomu cukru.

„Zarządzanie cukrzycą typu 1 to jak prowadzenie samochodu 24 godziny na dobę po krętej górskiej drodze bez hamulców, nawet wtedy, gdy śpisz – mówi Bryan Mazlish, przedsiębiorca biotechnologiczny, współzałożyciel firmy Surf Bio and Bigfoot Biomedical, opracowujących urządzenia pomagające diabetykom. – Jeśli więc da się choć trochę odciążyć pacjenta, to wielka rzecz."

W 2015 roku Damiano współzałożył firmę Beta Bionics, by sprawdzić, czy może ulżyć swojemu synowi i innym chorym na cukrzycę typu 1, tworząc sztuczną trzustkę – całkowicie zautomatyzowany, zamknięty system, który działa jak zdrowy narząd. W maju 2023 roku Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków (FDA) zatwierdziła urządzenie iLet – adaptacyjny system zamkniętej pętli, który do rozpoczęcia podawania insuliny wymaga jedynie wpisania masy ciała pacjenta. Zamiast liczyć węglowodany, użytkownik może po prostu wybrać opcję „mały", „średni" lub „duży" posiłek. W styczniu 2025 roku Beta Bionics weszła na giełdę.

Firma jest jedną z kilku, które obecnie zbliżają się do stworzenia w pełni automatycznego systemu podaży insuliny, czyli prawdziwej sztucznej trzustki, zdolnej do śledzenia i korygowania poziomu glukozy we krwi w sposób podobny do tego, w jaki robi to zdrowy organizm. Ostatni etap przed pełnym zatwierdzeniem regulacyjnym nie będzie łatwy – zaprogramowanie urządzenia tak, by reagowało z taką samą precyzją, jak ciało człowieka, wymaga ścisłego zgrania biologii i techniki.

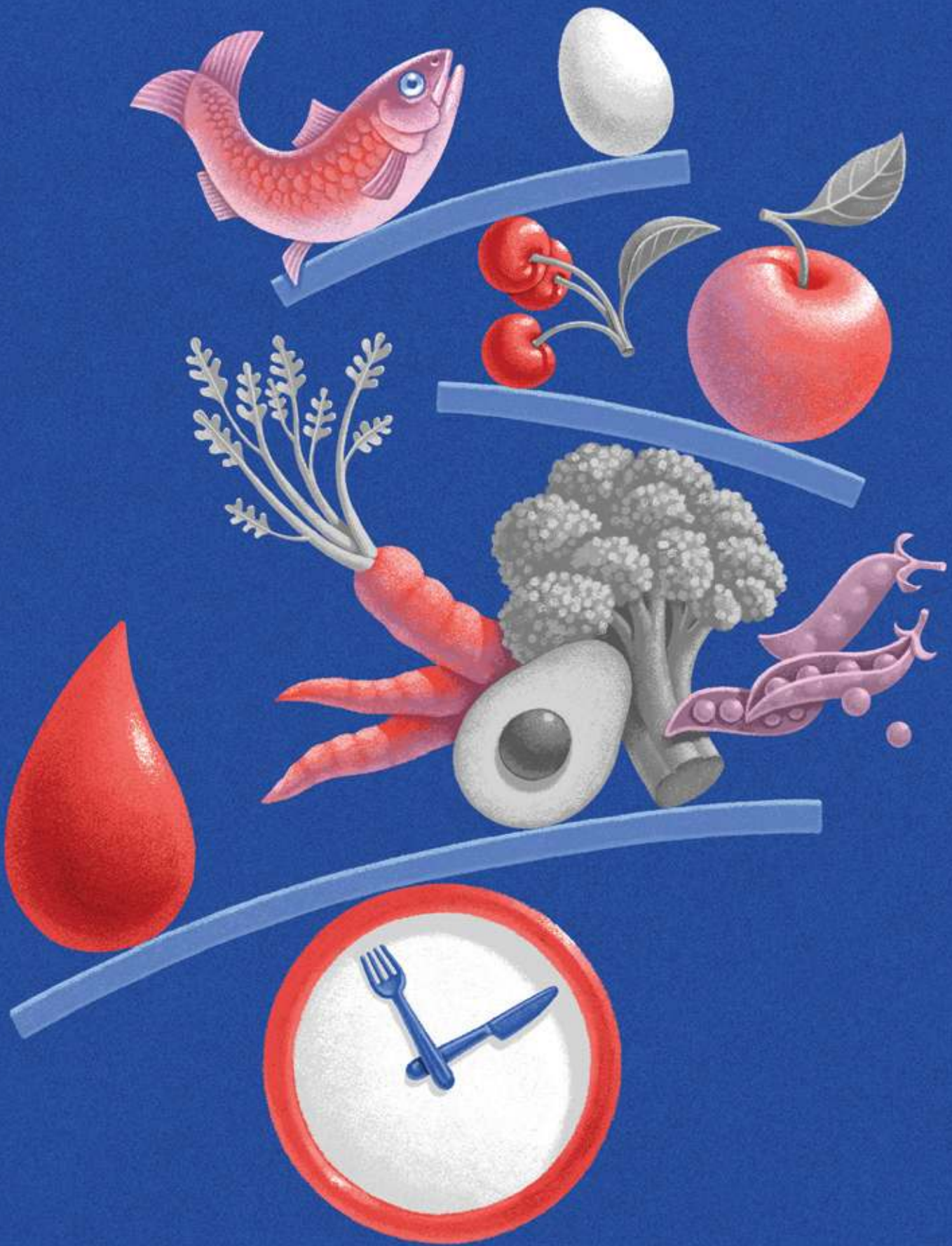
Według Stevena Russella, endokrynologa z Massachusetts General Hospital i dyrektora medycznego Beta Bionics większość dotychczasowych rozwiązań technicznych w zakresie leczenia cukrzycy typu 1 pomagała przede wszystkim tym, którzy i tak dobrze kontrolowali glikemię. Osoby mające problemy nadal je miały.

„iLet umożliwi pacjentom, którzy wcześniej mieli trudności w kontroli cukru, ten cel osiągnąć – mówi Russell. – To znaczy, że niemal każdy może teraz utrzymać stabilny poziom glukozy." Choć iLet jest tańszy niż inne systemy zamkniętej pętli – kosztuje około 3500 dolarów – to osoby bez ubezpieczenia zdrowotnego nadal mogą mieć problem z zakupem tego urządzenia i materiałów eksploatacyjnych, takich jak czujniki CGM.

KIEDY W LATACH 80. jako młody endokrynolog, David Klonoff przyjmował pacjentów w klinice diabetologicznej Univeristy of California w San Francisco, poczekalnia niemal zawsze była pełna. Niektórym pacjentom towarzyszyły psy-przewodniki, ponieważ lata zbyt wysokiego poziomu glukozy we krwi doprowadziły u nich do retinopatii, która w skrajnych przypadkach powodowała ślepotę. U innych widać było na przedramionach blizny po dializach, stosowanych w chorobie nerek – przewlekła hiperglikemia powoduje uszkodzenia delikatnych naczyń krwionośnych w tych narządach. Byli też tacy, którzy cierpieli na mukormykozę, znaną też jako „czarna pleśń" – infekcję grzybiczą atakującą nos, zatoki, płuca i skórę osób z przewlekle podwyższonym poziomem cukru lub z osłabionym układem odpornościowym. W ciężkich przypadkach choroba ta prowadzi do zniekształceń ciała i śmierci. Jeszcze inni mieli amputowane kończyny – skutek neuropatii obwodowej, która osłabia czucie w dłoniach i stopach. Pozbawieni wrażliwości nerwowej pacjenci często nie zauważali owrzodzeń i infekcji. Rany w cukrzycy trudno się goją i często dochodzi do tego, że jedynym rozwiązaniem pozostaje

Carrie Arnold jest niezależną dziennikarką z Wirginii piszącą o problemach zdrowia publicznego.

eprasa.pl b7800411ea

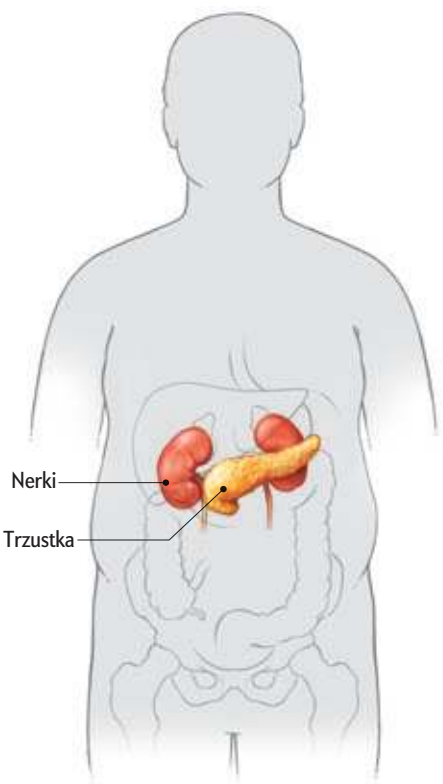


eprasa.pl b7800411ea

amputacja. Klonoff przyznaje, że gdy weźmie się pod uwagę, iż jego pacjenci musieli zgadywać dawki insuliny, taki obraz nie był zaskoczeniem. Porównuje stan ówczesnej techniki w odniesieniu do dzisiejszej z pierwszymi samolotami braci Wright w zestawieniu z dzisiejszymi odrzutowcami.

Większość pacjentów poświęcała wiele godzin dziennie na walkę z chorobą. Problemem nie było zaniechanie, lecz brak odpowiednich narzędzi. Nie mając możliwości pomiaru poziomu glukozy we krwi, osoby z cukrzycą musiały na oko dobierać dawkę biosyntetycznej insuliny. Ponieważ zbyt duża dawka mogła być śmiertelna, należało stosować raczej mniejsze ilości i na bieżąco korygować niedobory. Nic dziwnego, że kontrola poziomu cukru była często daleka od ideału. Pojawienie się w latach 80. domowych wymagających nakłucia palca glukometrów oraz szybciej działających insulin biosyntetycznych przyniosło ogromną poprawę i znacząco zmniejszyło liczbę powikłań. Mimo to lekarze, a wśród nich Steven Russell, widzieli duże różnice między pacjentami. Osoby z niską wiedzą medyczną, ograniczonym wolnym czasem lub niezamożne wciąż miały problemy.

Wprowadzenie zautomatyzowanych pomp insulinowych zdjęło część obciąże-



nia, ale dla wielu ludzi z cukrzycą samo przeżycie pozostawało niekończącą się, niepłatną pracą na pełen etat.

„Nie da się być przez cały czas czujnym i doskonale nad wszystkim panować – rozumieć fizjologię i czas działania insuliny, jej rodzajów oraz wpływu konkretnych posiłków czy produktów. To po prostu niewykonalne" – podkreśla Carol Levy, dyrektorka Mount Sinai Diabetes Center w Nowym Jorku. A wie, co mówi – sama żyje z cukrzycą typu 1 od ponad 50 lat.

Mazlish wiedział, czego się spodziewać, gdy u jego syna zdiagnozowano cukrzycę typu 1. Jego żona również chorowała na tę chorobę i zaczęła edukować męża niemal natychmiast po postawieniu diagnozy u dziecka. Mazlish obserwował, jak żona programuje pompę insulinową tak, by przez cały dzień podawała niewielkie dawki insuliny bazowej, a podczas posiłków – duży bolus. Gdy poziom glukozy we krwi spadał zbyt nisko, musiała zjeść coś bogatego w węglowodany, by go podnieść. Dla Mazlisha, matematyka finansowego, który został przedsiębiorcą w dziedzinie nauk o życiu, praca ta wydawała się podatna na automatyzację za pomocą programu komputerowego. Aby pomóc synowi, Mazlish napisał spersonalizowany algorytm, który automatycznie dostosowywał ilość insuliny podawanej przez pompę na podstawie poziomu glukozy we krwi dziecka. „To naprawdę zmieniło nasze życie. Mogliśmy funkcjonować znacznie swobodniej, byliśmy spokojniejsi" – mówi Mazlish.

Inni obeznani z techniką pacjenci wprowadzali podobne innowacje, tworząc własne kody i programy komputerowe, by zautomatyzować podawanie insuliny i zmniejszyć obciążenie codziennym leczeniem. Te wysiłki pokazały, że takie podejście może działać, jednak nie wszyscy w tej dziedzinie byli przekonani, że algorytm potrafi precyzyjnie dostosować dawki insuliny na podstawie poziomu glukozy, mówi Boris Kovatchev, inżynier i dyrektor University of Virginia Center for Diabetes Technology.

Zmieniło się to dopiero w połowie pierwszej dekady XXI wieku, gdy powszechne stało się stosowanie ciągłych monitorów glukozy (CGM) przez osoby z cukrzycą typu 1, a ich późniejsza integracja z pompami insulinowymi stworzyła pierwszą realną nadzieję, że przedsięwzięcia Kovatcheva, Mazlisha i innych biomedycznych technokratów mogą zaowocować użytecznym urządzeniem.

W grudniu 2005 roku naukowcy, inżynierowie i lekarze zebrali się na kampusie National Institutes of Health w Bethesdzie w stanie Maryland na pierwszych w historii warsztatach poświęconych perspektywom budowy sztucznej trzustki. Część uczestników nie była przekonana, że takie przedsięwzięcie jest wykonalne, wspomina Kovatchev. Zarówno lekarze, jak i inżynierowie obawiali się poważnych konsekwencji ewentualnej awarii systemu. Inni woleli skupić się na poszukiwaniu lekarstwa na cukrzycę typu 1, zamiast dodawać kolejne „bajery" do istniejących metod leczenia.

Kovatchev uważał jednak, że sztuczna trzustka mogłaby przynieść realne korzyści osobom z cukrzycą, a ryzyko błędów byłoby znacznie mniejsze niż wtedy, gdy pacjencji są zmuszeni zgadywać.

Największym wyzwaniem, jakie dostrzegli badacze, było stworzenie zestawu algorytmów tak czułych, by umożliwiały bardzo drobne korekty dawek insuliny, a jednocześnie wystarczająco elastycznych, by działały u milionów pacjentów. Było to wyzwanie możliwe do pokonania jedynie z wykorzystaniem ogromnych ilości danych – których wówczas nie miał ani Kovatchev, ani nikt inny.

PODOBNIE jak Damiano, Kovatchev podszedł do problemu cukrzycy z perspektywy innej niż lekarska – w jego przypadku poprzez modelowanie matematyczne. Musiał znaleźć sposób na odtworzenie złożoności biologii w zautomatyzowanym urządzeniu, z którego mogłyby korzystać miliony ludzi. Nie było to łatwe zadanie. Po pierwsze, organizm każdego człowieka reaguje na insulinę nieco inaczej. „Zmienność jest ogromna. Wszystko musi być zindywidualizowane i przez lata stanowiło to poważny problem" – mówi Kovatchev.

Po drugie, dostępne komercyjnie insuliny nie działają tak szybko, jak hormon naturalnie wytwarzany przez trzustkę. Kovatchev i inni inżynierowie musieli więc sprawić, by ich algorytmy uwzględniały zarówno insulinę już krążącą we krwi, jak i podany hormon, który jeszcze nie zdążył obniżyć poziomu glukozy.

Po pierwszych warsztatach poświęconych sztucznej trzustce, które odbyły się w grudniu 2005 roku, Kovatchev pomógł zbudować informacyjne fundamenty dla takiego przedsięwzięcia. Najpierw zebrał szczegółowe dane dotyczące metabolizmu glukozy u zdrowych ludzi, aby zrozumieć, jak organizm przetwarza glukozę z pożyw-

Grafika Shehryar (Shay) Saharan

eprasa.pl b7800411ea

wienia, jak świeżo spożyte cukry oddziałują z tymi już obecnymi w ciele oraz jak zmienia się poziom glukozy po posiłkach. Naukowcy kontynuowali te badania, gromadząc ostatecznie dane od ponad 7 tys. zdrowych osób. To wystarczyło, by w 2008 roku FDA zatwierdziła stosowanie UVA/PADOVA Type 1 Diabetes Simulator jako alternatywnego rozwiązania w stosunku do testów na zwierzętach w niektórych badaniach przedklinicznych i pracach nad sztuczną trzustką. Zaktualizowana wersja została zatwierdzona w 2013 roku i zawierała jeszcze więcej parametrów, pozwalających lepiej uchwycić złożoność działania glukozy.

Równolegle postępowały inne prace. W 2008 roku zespół badaczy z University of California w Santa Barbara, kierowany przez inżyniera chemika Francisa Doyle'a, poinformował o stworzeniu pierwszego prototypu urządzenia umożliwiającego komunikację między ciągłymi monitorami glukozy (CGM) a pompami insulinowymi. Otworzyło to drogę do systemów, które mogły automatycznie dostosowywać dawki insuliny poza porami posiłków. Jak podkreśla Jonathan Rosen, dyrektor ds. badań w organizacji non profit Breakthrough T1D, pompy insulinowe i CGM-y znacząco poprawiły jakość życia pacjentów. „Dzięki lepszej kontroli poziomu cukru we krwi wskaźniki długoterminowych powikłań z czasem spadły" – mówi.



WIKIPEDIA

Odkrycie insuliny zawdzięczamy kanadyjskiemu farmakologowi, ortopedzie i chirurgowi **Frederickowi Bantingowi** oraz jego współpracownikom. Banting za to osiągnięcie otrzymał w 1923 roku Nagrodę Nobla w dziedzinie fizjologii lub medycyny. Miał wtedy zaledwie 32 lata. W dniu jego urodzin, 14 listopada, jest obchodzony corocznie Światowy Dzień Cukrzycy, ustanowiony w 1991 roku przez International Diabetes Federation (IDF) i WHO, mający zwrócić uwagę świata na rosnącą liczbę przypadków tej choroby. Z tej okazji wiele budynków i obiektów jest podświetlanych na niebiesko – błękitny okrąg został przyjęty w 2006 roku przez IDF za symbol jedności, życia i zdrowia w kontekście walki z cukrzycą.

„Zarządzanie cukrzycą typu 1 to jak prowadzenie samochodu 24 godziny na dobę po krętej górskiej drodze bez hamulców, nawet wtedy, gdy śpisz."

BRYAN MAZLISH *SURF BIO AND BIGFOOT BIOMEDICAL*

Mimo to urządzenia te wciąż nie były uznawane za sztuczne trzustki: nawet najbardziej zaawansowane wymagały od użytkowników ręcznego podawania dodatkowej insuliny w związku z posiłkami. I to właśnie te interakcje nadal sprawiały wielu osobom trudności, zauważa Russell. Ludzie nie są zbyt dobrzy w szacowaniu składników posiłków z dokładnością do grama, a odmierzanie każdego kęsa wymaga ogromnej dyscypliny. Dodatkowo pompy nie działały poprawnie zaraz po wyjęciu z pudełka; wyspecjalizowani endokrynolodzy musieli pomagać w ich programowaniu i co kilka miesięcy wprowadzać korekty.

Na Boston University Damiano dostrzegał podobne problemy, gdy jego syn dorastał i zaczynał przejmować większą odpowiedzialność za leczenie. Wyeliminowanie konieczności ręcznych korekt – czy to związanych z posiłkami, czy z innymi zmianami zachodzącymi w ciągu dnia – dałoby osobom z cukrzycą ogromne poczucie wolności. Jeszcze lepsze byłoby całkowite zrezygnowanie z początkowego programowania i późniejszych korekt dokonywanych przez lekarza. W połowie drugiej dekady XXI wieku sztuczna inteligencja i algorytmy uczenia maszynowego zaczęły dostarczać rozwiązań, których szukali Kovatchev i Damiano. „Chcę systemu, który będzie demokratyzujący" – mówi Damiano. Każdy, podkreśla, powinien mieć możliwość dostępu do tych urządzeń.

Dla użytkowników iLet rozwiązania te oznaczają, że mogą zacząć korzystać z urządzenia natychmiast. Jedyną informacją, jaką muszą wprowadzić, jest masa ciała. Następnie dane przenoszone z wcześniejszych pomp oraz własne oprogramowanie iLet zasilają sterowane przez sztuczną inteligencję algorytmy, które precyzyjnie kontrolują poziom glukozy we krwi pacjentów – przy czym od użytkowników wymagane są jedynie bardzo krótkie informacje dotyczące posiłków. Firma informuje, że w ciągu pierwszego roku korzystania z iLet pacjenci byli w stanie skuteczniej zarządzać poziomem glukozy.

Dodanie sieci neuronowych oraz innych technik SI, takich jak cyfrowe bliźniaki (cyfrowe modele rzeczywistych obiektów, miejsc lub ludzi, które można wykorzystywać do symulowania reakcji na różne warunki), pozwoliło Kovatchevowi odtworzyć odczyty CGM z badania Diabetes Control and Complications Trial, rozpoczętego w 1993 roku. Te symulacje, opublikowane w marcu 2025 roku, potrafiły z dużą dokładnością przewidywać różne powikłania cukrzycy oraz czas, przez jaki poziom glukozy danej osoby pozostawał w prawidłowym zakresie. Gdy Kovatchev umożliwił pacjentom eksperymentowanie z ich cyfrowymi bliźniakami, mogli zobaczyć prawdopodobne skutki swoich działań, zanim faktycznie się one pojawiły. „To było bardzo pouczające. Ludzie byli tym zachwyceni" – mówi. Kovatchev podkreśla jednak, że bezpieczeństwo i niezawodność sztucznej trzustki wciąż stanowią wyzwanie. „Te algorytmy są czarnymi skrzynkami. Nikt tak naprawdę nie wie, co dzieje się w ich wnętrzu ani jak reagują w różnych sytuacjach. Kluczowe jest wprowadzenie ograniczeń, aby system nie zrobił czegoś głupiego lub niebezpiecznego" – zaznacza.

Dla Damiano iLet jest przełomem, ale nie końcem drogi. Wyobraża on sobie w pełni zamknięty system, który nie wymagałby żadnych danych wejściowych od użytkownika, a także urządzenie dwuhormonalne, zdolne do podawania – obok insuliny – hormonu podnoszącego poziom glukozy we krwi, czyli glukagonu. Dzisiejszy stan badań i techniki jest jednak niezwykle odległy od nocnych zapisków ołówkiem w notesie, które przez lata pozwalały utrzymać jego syna Damiana przy życiu, zanim pojawiły się doskonalsze rozwiązania. ■

eprasa.pl b7800411ea

Rosnące globalne brzemię

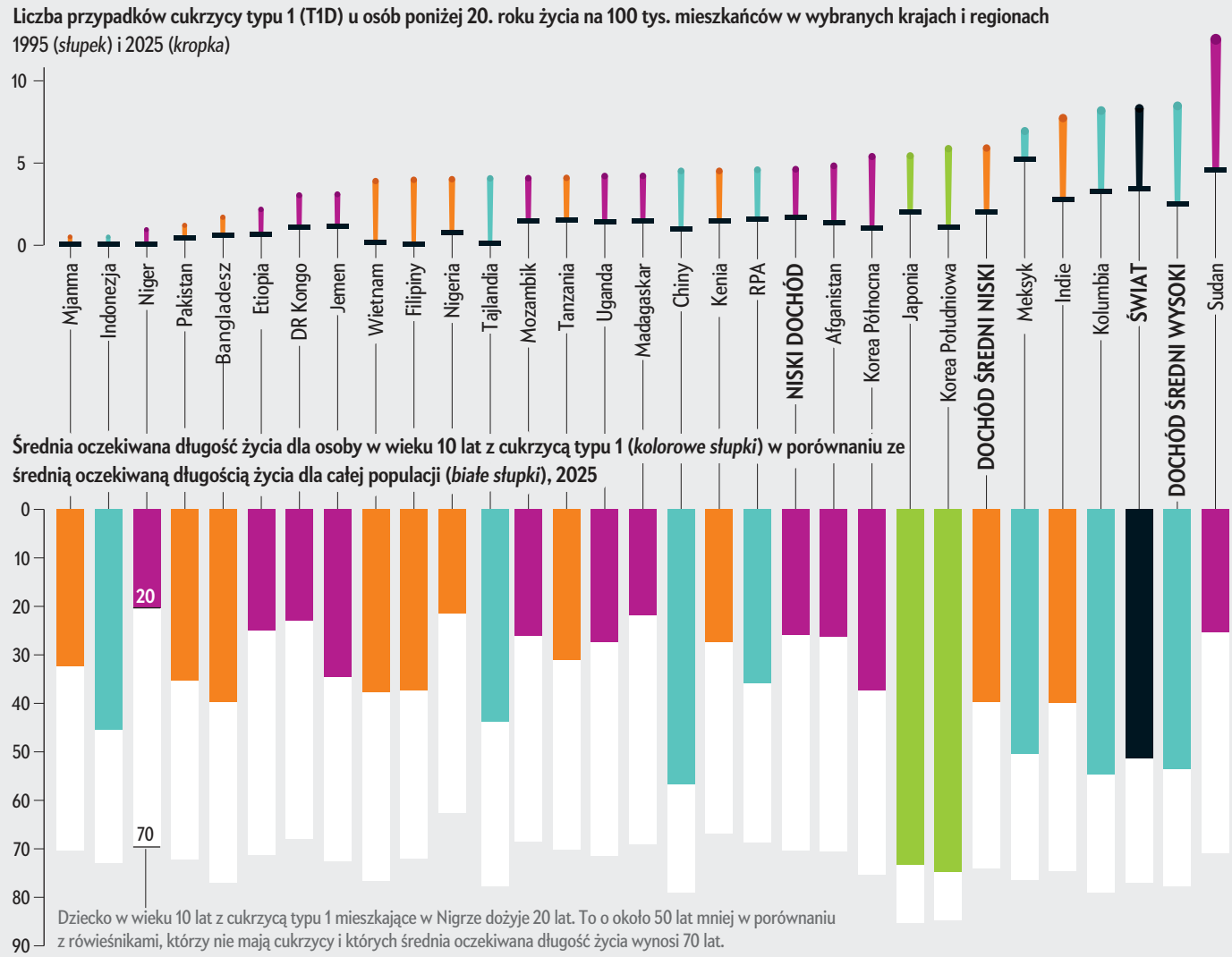
Na cukrzycę typu 1 cierpią miliony ludzi na całym świecie, ale najbardziej obciąża ona biedniejsze społeczności

Miriam Quick, Jen Christiansen i Jeanna Bryner

PONAD 9,5 MLN OSÓB NA ZIEMI ŻYJE Z CUKRZYCĄ TYPU 1, a liczba ta szybko rośnie – wszędzie i we wszystkich grupach wiekowych. Obciążenie tą chorobą autoimmunologiczną, która grozi m.in. przedwczesnym zgonem, jest rozłożone nierównomiernie: schorzenie jest bardziej śmiertelne w krajach o niższych dochodach.

„Dane mówią same za siebie – mówi Stephanie Pearson, dyrektor ds. globalnej odpowiedzialności w organizacji non profit Breakthrough T1D. – Cukrzyca typu 1 jest diagnozowana częściej niż kiedykolwiek wcześniej, ale by zrozumieć, dlaczego liczby wciąż rosną, potrzeba pogłębionych badań". Naukowcy wiedzą, że liczba diagnoz zwiększa się wraz ze wzrostem edukacji i świadomości społecznej. Badają też inne możliwe przyczyny tego wzrostu, w tym potencjalne czynniki sprawiające, że organizm człowieka niszczy własne komórki produkujące insulinę. Mogą do nich należeć infekcje bakteryjne i wirusowe, dieta, styl życia, a nawet obciążenia związane z ciążą.

Jak podkreśla Pearson, pacjenci przede wszystkim mają nadzieję na skuteczne leczenie przyczynowe, ale ważny jest również dla nich łatwiejszy dostęp do nowoczesnych terapii, leczenia powikłań oraz technik, które pomagają w codziennym zmaganiu się z chorobą.



eprasa.pl b7800411ea



Kategorie regionów ze względu na dochody

Dochód wysoki
2025
1995

Dochód średni wysoki
2025
1995

Dochód średni niski
2025
1995

Dochód niski
2025
1995

ROSNĄCE OBCIĄŻENIE CUKRZYCĄ TYPU 1 WŚRÓD MŁODYCH OSÓB

Coraz więcej ludzi na świecie otrzymuje diagnozę cukrzycy typu 1 (T1D) – szacuje się, że w tym roku będzie to aż pół miliona osób i to w coraz młodszym wieku. W ciągu ostatnich trzech dekad udoskonalenie narzędzi diagnostycznych oraz wzrost świadomości przyczyniły się do systematycznego wzrostu liczby osób z rozpoznaniem T1D w niemal każdym kraju na świecie. Wśród osób poniżej 20. roku życia najbardziej gwałtowny wzrost liczby przypadków odnotowano w bogatych krajach Bliskiego Wschodu.

W krajach o niższych dochodach, gdzie systemy opieki zdrowotnej są gorzej przygotowane do wykrywania i leczenia tej choroby, T1D pozostaje znacznie bardziej śmiertelna. Dziesięcioletnie dziecko z tą chorobą mieszkające w Zjednoczonych Emiratach Arabskich może oczekiwać, że dożyje do 76 lat – to około osiem lat mniej, niż wynosi średnia krajowa. W Nigerze jednak dziesięcioletnie dziecko z T1D stoi w obliczu zupełnie innej rzeczywistości — może się spodziewać, że jego życie potrwa jeszcze tylko około dekady. Tym samym traci nawet 50 lat życia.

ŹRÓDŁO: T1D Index (www.t1dindex.org) (*dane*)

eprasa.pl b7800411ea

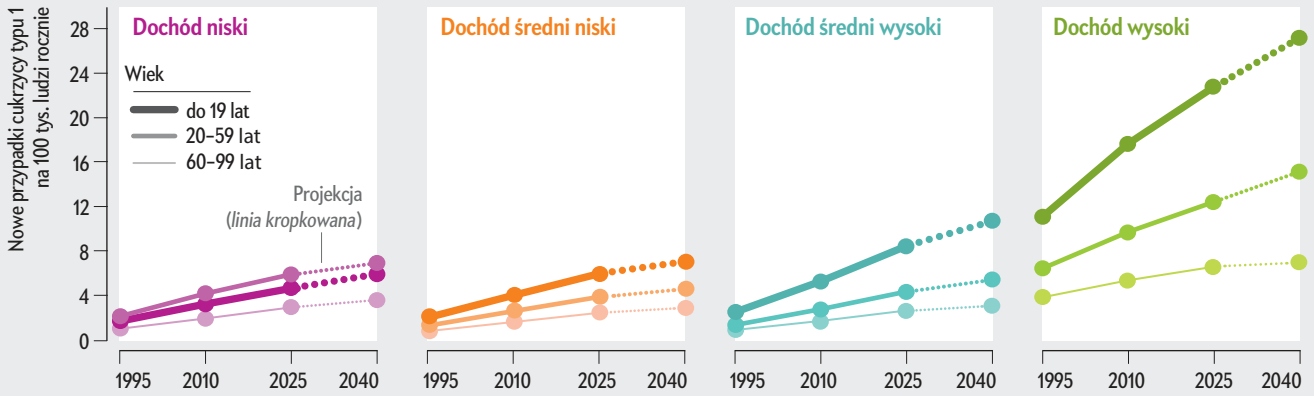
WZROST ZACHOROWAŃ NA CUKRZYCĘ TYPU 1

Liczba osób na całym świecie żyjących z cukrzycą typu 1 (T1D) szybko rośnie, co jest sumarycznym skutkiem rosnącej zachorowalności, większej długości życia, niższej śmiertelności oraz ogólnego wzrostu populacji. Wskaźniki choroby zwiększają się w stosunku do liczby ludności zarówno w krajach bogatych, jak i biednych, a także we wszystkich grupach wiekowych.

Rosnące obciążenie społeczne chorobą nie dotyczy tylko osób młodych – wynika zarówno z ogólnego wzrostu zachorowań, jak i wcześniejszego diagnozowania choroby.

Sytuacja na świecie jest jednak zróżnicowana, a kontrasty są znaczne. W krajach o wysokich dochodach niemal każda osoba poniżej 25. roku chorująca na T1D otrzymuje taką diagnozę. W krajach o niskich dochodach rozpoznaje się tylko około dwóch trzecich przypadków, według szacunków Międzynarodowej Federacji Diabetologicznej (IDF) oraz Indeksu T1D. Zgłaszana zachorowalność wśród dzieci i młodzieży jest więc znacznie niższa od rzeczywistej, co odzwierciedla braki lub opóźnienia w diagnozowaniu. Dane te są oparte na modelach statystycznych, ponieważ ponad połowa krajów nie dysponuje aktualnymi informacjami, co tylko uwydatnia, jak ważne jest prowadzenie badań epidemiologicznych.

Częstość występowania cukrzycy typu 1 w kolejnych latach, według wieku i grupy dochodowej



DLACZEGO LICZBA PRZYPADKÓW ROŚNIE?

Naukowcy wciąż nie do końca rozumieją, dlaczego liczba diagnoz cukrzycy typu 1 (T1D) tak szybko wzrosła. Wcześniejsze i dokładniejsze wykrywanie choroby z pewnością odgrywa w tym pewną rolę, jednak gwałtowny wzrost liczby nowych przypadków w stosunku do liczby ludności sugeruje, że rzeczywiste wskaźniki zachorowalności również mogą się zwiększać. Zidentyfikowano czynniki środowiskowe zwiększające ryzyko choroby, z których wiele jest związanych ze stanem mikrobiomu jelitowego. Infekcje we wczesnym okresie życia, a także ciąża i poród mogą wyzwalać choroby autoimmunologiczne, takie jak T1D, w których układ odpornościowy niszczy komórki beta trzustki produkujące insulinę. Na rozwój choroby mogą wpływać również kwestie związane ze stylem życia. Otyłość i niezdrowa dieta są dobrze znanymi przyczynami cukrzycy typu 2, a niektórzy naukowcy podejrzewają, że mogą one również sprzyjać rozwojowi cukrzycy typu 1.

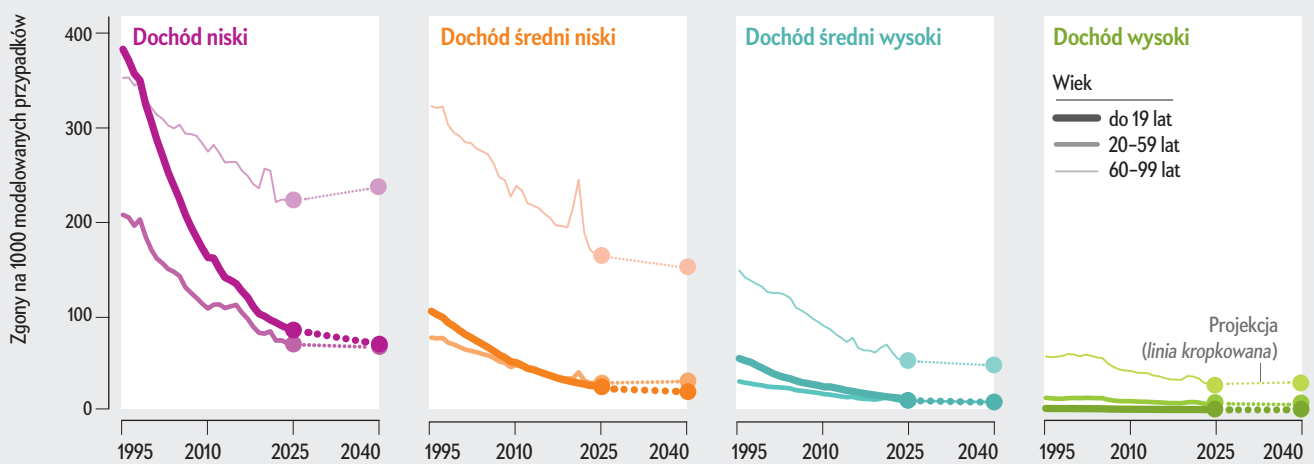
CUKRZYCA TYPU 1 PRZESTAŁA BYĆ WYROKIEM ŚMIERCI

Nieleczona cukrzyca może być śmiertelna nawet u młodych osób. Szacuje się, że 174 tys. osób na całym świecie umrze w tym roku z powodu T1D. Wśród nich będzie około 30 tys. osób poniżej 25. roku życia, które nigdy nie otrzymały formalnej diagnozy.

Do wielu z tych zgonów doprowadzi kwasica ketonowa – powikłanie polegające na tym, że w organizmie gromadzą się ciała ketonowe podnoszące kwasowość krwi. Stan ten jest często błędnie rozpoznawany jako inna dolegliwość, co prowadzi do dużych opóźnień w udzielaniu szybkiej pomocy. Dzieci i młodzież z T1D są również bardziej narażone na długoterminowe powikłania, w tym choroby sercowo-naczyniowe i niewydolność nerek. U około 30% pacjentów finalnie rozwija się schyłkowa niewydolność nerek.

Jednak T1D jest w wysokim stopniu uleczalna. Terapia insulinowa, w połączeniu z narzędziami do monitorowania poziomu glukozy we krwi, może znacząco wydłużyć życie i poprawić jego jakość. Tam, gdzie leczenie jest dostępne, diagnoza nie oznacza już wyroku śmierci, a wskaźniki śmiertelności radykalnie spadły wraz z poprawą i upowszechnieniem terapii. Globalne modele opracowane przez T1D Index sugerują, że gdyby wszyscy otrzymali na czas diagnozę i właściwą opiekę i nie zmarli przedwcześnie z powodu cukrzycy, dziś żyłoby ponad 4 mln więcej ludzi.

Zgony na cukrzycę i jej powikłania w kolejnych latach, według wieku i grupy dochodowej



ŹRÓDŁO: T1D Index (www.t1dindex.org) (dane)

eprasa.pl b7800411ea

POSZERZAMY HORYZONTY



Już w sprzedaży w punktach z prasą

Numer 3/2026
KUP TERAZ

Bieżące wydanie możecie kupić także we wszystkich sklepach sieci Lidl.

Prenumerata cyfrowa:
projektpulsar.pl

Prenumerata papierowa:
sklep.polityka.pl/wiz

eprasa.pl b7800411ea

Ratujmy oczy

Retinopatia cukrzycowa stanowi główną przyczynę utraty wzroku. Odpowiednia, wczesno wdrożona terapia może temu zapobiec

Liz Szabo

„STERLING GLASS miał wiele problemów zdrowotnych jako dziecko – spuchnięte stopy, nocne poty, nudności i wymioty, ciągłe pragnienie oraz nieustanne zmęczenie, które często nie pozwalało mu chodzić do szkoły. Przypadłości te nie wydawały się ze sobą powiązane. Ani Glass, ani jego rodzice nie zapytali lekarza, czy istnieje jakaś wspólna przyczyna, aż do momentu, gdy chłopiec miał 19 lat i nie był w stanie wstać z łóżka ani jeść przez pięć dni, bo tak źle się czuł. Wtedy dopiero lekarze powiedzieli rodzinie, że Glass ma cukrzycę typu 1.

Do tego czasu poziom glukozy we krwi Glassa wzrósł do 600 miligramów na decylitr, czyli sześciokrotnie powyżej normy. „Lekarz był zdumiony – mówi Glass, 49-latek mieszkający w Asheboro w Karolinie Północnej. – Powiedział, że nie wie, jakim cudem jeszcze żyję, i że nie da się nawet zgadnąć, jak długo mój cukier utrzymywał się na tak wysokim poziomie".

Dziś Glass jest niewidomy. Lata niekontrolowanej glikemii mogą spowodować poważne uszkodzenia narządów w całym organizmie. Oczy są jednym z najczęściej dotkniętych. W siatkówce – tkance oka odbierającej bodźce wzrokowe – nadmiar glukozy może uszkadzać drobne naczynia krwionośne i powodować ich nieszczelność. Uszkodzenia te prowadzą do utraty widzenia. Z czasem u ponad połowy osób z cukrzycą rozwija się retinopatia cukrzycowa, której konsekwencją może być utrata wzroku. Choroba dotyka prawie 10 mln osób w USA i 100 mln na świecie. Jest to główna przyczyna ślepoty u osób w wieku produkcyjnym.

Istnieją jednak metody leczenia pozwalające zapobiec takim skutkom. Zabiegi chirurgiczne z użyciem skalpela lub precyzyjnych laserów mogą stabilizować oko i chronić wzrok; szczególnie nowe udoskonalenia w laseroterapii pozwalają zatrzymać rozwój wielu nieprawidłowych naczyń krwionośnych. Dostępne są również leki hamujące ich wzrost, które można wstrzykiwać bezpośrednio do oka; najnowszą innowacją jest mały zbiorniczek na te leki, który wszczepia się do oka, eliminując konieczność regularnych iniekcji. A nowe badania wskazują, że agoniści receptora GLP-1, jak Ozempic i Mounjaro – leki, które zyskały ogromną popularność dzięki swojemu odchudzającemu działaniu – mogą spowalniać postępujące uszkodzenie wzroku w retinopatii lub mu zapobiegać, ponieważ poprawiają kontrolę glikemii.

Niestety, podobnie jak Glass, wiele osób przez lata nie jest badanych pod kątem cukrzycy typu 1. Opóźnienie to pozwala retinopatii się rozwinąć, a choroba zwykle nie daje żadnych widocznych objawów, dopóki nie osiągnie zaawansowanego stadium. „Retinopatia cukrzycowa po prostu staje się epidemią, głównie dlatego, że stała się nią sama cukrzyca" – mówi Raj K. Maturi, specjalista chorób siatkówki i okulista z Indiana University School of Medicine.

JAK WIELE OSÓb z retinopatią cukrzycową, Glass twierdzi, że nie miał żadnych problemów ze wzrokiem przed diagnozą. Optometrysta ocenił go nawet na 20/20. Jednak w wieku około 30 lat Glass miał coraz większe trudności z kontrolowaniem poziomu glukozy. Pracował w magazynie, czasami obsługując wózek widłowy i – jak twierdzi – firma nie pozwalała mu zabierać zestawów do pomiaru glukozy z igłami do pracy, nawet podczas 12-godzinnych zmian. W pracowite dni Glass czasem pomijał lunch, co nasilało wahania poziomu cukru.

Potem zaczął odczuwać silne bóle głowy, wydawało mu się, że zaraz zemdleje. Nie był już w stanie bezpiecznie obsługiwać ciężkich maszyn i ostatecznie przeszedł na rentę. Zwolnienie zmotywowało go w końcu – po latach ignorowania próśb żony o pełne badanie okulistyczne – do zapisania się na wizytę. Glass był tak pewny swojego wzroku, że sam dojechał do lekarza. Gdy ten powiedział mu, że ma retinopatię cukrzycową, pomyślał: „Mam perfekcyjny wzrok. Zwariował. W żadnym razie nie dotkniecie moich oczu. Nie poddam się operacji, nic mi nie jest".

Podobnie jak u Glassa, który jest czarnoskóry, wiele osób z historycznie marginalizowanych społeczności ma zaawansowaną chorobę już w momencie diagnozy, częściowo z powodu braku dostępu do opieki zdrowotnej. „W naszym systemie opieki zdrowotnej nie jest łatwo znaleźć lekarza i zostać wcześnie zdiagnozowanym" – mówi Adrian Au, okulista z Stein Eye Institute na University of California w Los Angeles.

Chociaż retinopatia jest najczęstszą przyczyną utraty wzroku u osób z cukrzycą, chorzy są również narażeni na inne schorzenia oczu. U osób z cukrzycą ryzyko rozwoju zaćmy, która powoduje zmętnienie soczewki oka, jest od dwóch do pięciu razy większe. Może dojść też do zniekształcenia plamki żółtej – części siatkówki odpowiedzialnej za ostre widzenie – co prowadzi do rozmycia obrazu.

Wprawdzie retinopatia rzadko powoduje ból, możliwe jest, że silne bóle głowy, których doświadczał Glass, były spowodowane rozrostem nieprawidłowych naczyń krwionośnych w tęczówce, czyli kolorowej części oka – mówi Akrit Sodhi, okulista z Wilmer Eye Institute na Johns Hopkins University School of Medicine. W tym stanie, zwanym jaskrą neowaskularną, naczynia mogą blokować system odprowadzania płynu z oka, powodując jego gromadzenie się i wzrost ciśnienia, co prowadzi do silnego bólu i nadwrażliwości na światło.

Brak odpowiednich badań przesiewowych i leczenia chorób oczu u osób z cukrzycą to „tragedia, z którą trzeba pilnie coś zrobić" — mówi Avnish Deobhakta, okulista z New York Eye and Ear Infirmary w Mount Sinai Hospital.

W końcu Glass zgodził się na operację. Początkowo wyglądało na to, że zabieg się udał, ale retinopatia osłabiła wiele struktur w jego oczach. Siatkówka w jego lewym oku ostatecznie przestała działać. „Przestałem widzieć na lewe oko" – mówi

Specjaliści od siatkówki próbowali wielu procedur, aby uratować jego pozostały wzrok, w tym wstrzyknięć leku bezpośrednio do prawego oka. Leki spowalniające lub zatrzymujące wzrost nowych naczyń krwionośnych zrewolucjonizowały, jak mówi Maturi, leczenie

Liz Szabo jest zasłużoną dziennikarką popularnonaukową, głównie zajmującą się tematyką zdrowia. Pracowała m.in. w „USA Today".

eprasa.pl b7800411ea



i rokowanie w retinopatii. Leki te blokują działanie białka o nazwie naczyniowo-śródbłonkowy czynnik wzrostu (vascular endothelial growth factor, VEGF), który pobudza rozwój naczyń krwionośnych, w tym powstawanie nieprawidłowych naczyń w siatkówce zagrażających widzeniu. Niektóre nowsze leki blokują dodatkowe białka przyczyniające się do rozwoju retinopatii cukrzycowej.

Leki anty-VEGF mogą spowolnić utratę wzroku, a nawet ją odwrócić, pomagając ludziom widzieć wyraźniej, mówi Maturi. Dziś leki te są często pierwszym stosowanym leczeniem. „Zmieniły naszą dziedzinę z dnia na dzień – mówi Deobhakta. – Leki anty-VEGF stały się standardem opieki." Jednak nie działają u wszystkich. Są mniej skuteczne u pacjentów z bardzo zaawansowaną chorobą, a ubezpieczyciele mogą ograniczać dostępność niektórych terapii.

Glass próbował zastrzyków przy zaawansowanej postaci choroby, lecz nie powstrzymały one utraty wzroku. Dlatego jego okulista spróbował innej opcji: operacji laserowej mającej na celu zmniejszenie naczyń krwionośnych i zatrzymanie ich wzrostu. Ten rodzaj zabiegu stosuje się w leczeniu retinopatii cukrzycowej od lat 70. i 80. i z czasem był on wielokrotnie udoskonalany.

Podczas operacji najczęściej wykonywanego typu lekarze starają się ustabilizować nieprawidłowe części siatkówki, które mogą powodować krwawienia, obrzęki lub odwarstwienia. Używają laserów do tworzenia blizn na obwodzie siatkówki – zewnętrznej części odpowiedzialnej za

eprasa.pl b7800411ea

Rozświetlić ciemność

W retinopatii cukrzycowej utrata wzroku jest spowodowana rozrostem nieprawidłowych naczyń krwionośnych w siatkówce – światłoczułej warstwie komórek znajdującej się z tyłu oka. Naczynia te przeciekają i uszkadzają siatkówkę. Technika zwana laserową fotokoagulacją może zatrzymać postęp choroby. Precyzyjna wiązka lasera zamienia uszkodzone miejsca w blizny. Specjaliści uważają, że blizny nie prowokują wzrostu w swoim kierunku nowych, nieszczelnych naczyń krwionośnych. Dzięki temu możliwe jest zachowanie wzroku.





Powiększony obraz siatkówki z proliferacyjną retinopatią

Stabilna retinopatia cukrzycowa po leczeniu, z widocznymi bliznami po laserze

widzenie peryferyjne i nocne – by zapobiec wysyłaniu sygnałów wzrostowych, które mogłyby prowadzić do powstawania kolejnych nieprawidłowych naczyń krwionośnych, wyjaśnia Deobhakta.

Bliznowacenie obwodowej siatkówki może powodować utratę widzenia peryferyjnego, rozpoznawania barw i widzenia w nocy. Jednak poprzez ograniczenie sygnałów wzrostowych zabieg chroni plamkę żółtą, znajdującą się w centralnej części siatkówki. „To prawie tak, jakby niszczyło się siatkówkę, żeby ją ocalić – mówi Deobhakta. – Właściwie tak właśnie jest."

W przypadku Glassa jego wzrok nadal się pogarszał. Nadal był w stanie wychodzić z domu, ponieważ jego dorosły chrześniak, który mieszkał z nim i jego żoną, służył mu za „drugie oczy". „Nie opuszczał mnie na krok" – mówi Glass. Potem rodzinny konflikt sprawił, że chrześniak się wyprowadził. Glass pomyślał, że zostanie uwięziony w domu, pozbawiony niezależności. Wpadł w głęboką depresję, a nawet próbował odebrać sobie życie.

Uratowała go siostra. „Zadzwoniła do mnie i powiedziała, że mi zabrania takich prób, że mam żyć, nie poddawać się" – wspomina. Miała plan. Jest zawodową piosenkarką i pomogła mu skontaktować się z dyrektorem muzycznym Blind Boys of Alabama – nagrodzonej Grammy grupy gospel złożonej z czarnoskórych niewidomych mężczyzn. Zaproszono go na przesłuchanie.

„Spotkałem pięciu dżentelmenów, którzy mieli odmienić moje życie, choć wtedy jeszcze o tym nie wiedziałem" – mówi Glass. To był pierwszy raz, gdy spotkał innych niewidomych ludzi. Był zdumiony, że poznał mężczyzn, którzy mimo utraty wzroku potrafili wytrwać i odnieść sukces. Mężczyźni opowiedzieli mu swoje historie i zasugerowali organizacje, do których mógł się zwrócić po pomoc. Było to najbliższe grupie wsparcia doświadczenie, jakie miał od czasu, gdy stracił wzrok.

„Po powrocie do domu pomyślałem sobie, że nieważne, czy będę z nimi śpiewał, czy w ogóle już do mnie nie zadzwonią – jestem szczęśliwy. Widząc, że ci panowie potrafią żyć, mimo że są niewidomi, odzyskałem nadzieję, sens życia."

Kilka tygodni później Blind Boys zaprosili Glassa do zespołu. Po raz pierwszy zaśpiewał z nimi w 2022 roku i od tamtej pory występuje nieprzerwanie. Jest szczęśliwy, że żyje.

Nowsze formy leczenia mogą przynieść większą pomoc osobom z retino-

ŹRÓDŁO: Raj Maturi, MD, FASRS *(recenzja eksperska)*

Grafika Shehryar (Shay) Saharan

eprasa.pl b7800411ea

patią cukrzycową. Pierwsze wersje leków wstrzykiwanych do oka wymagały podawania ich raz w miesiącu, a częste wizyty u lekarza stanowiły obciążenie dla osób próbujących utrzymać pracę lub opiekować się rodziną. Wielu pacjentów to, jak mówi Deobhakta, „ludzie z klasy pracującej, którzy często nawet nie mają ubezpieczenia. Dlatego często pojawia się coraz więcej i więcej powikłań, bo pacjenci nie są w stanie regularnie przyjmować zastrzyków."

Najnowocześniejsza generacja zastrzyków anty-VEGF działa przez dwa, a nawet trzy miesiące, co oznacza rzadsze wizyty u lekarza, mówi Deobhakta. A teraz dostępny jest także „uzupełnialny zbiorniczek" na te leki, który można wszczepić do oka. Urządzenie wymaga uzupełnienia tylko raz na dziewięć miesięcy.

Osobom z cukrzycą typu 1 mogą też pomóc nowe leki z grupy agonistów receptora GLP-1, takie jak Ozempic. Media skupiają się głównie na ich działaniu odchudzającym, ale pierwotnie opracowano je, aby pomagały osobom z cukrzycą kontrolować poziom cukru we krwi. Glass przyjmuje lek GLP-1 o nazwie Mounjaro, a także insulinę szybko- i długodziałającą oraz inne leki pomagające kontrolować cukrzycę.

Najnowsze badania przyniosły sprzeczne wyniki dotyczące tego, jak leki GLP-1 mogą wpływać na rozwój wczesnych postaci choroby oczu u diabetyków. Niektóre badania wiążą je z niewielkim – i chwilowym – wzrostem ryzyka wczesnej retinopatii, dlatego eksperci sugerują regularne badania okulistyczne dla osób stosujących te leki. Jednak badania wskazują również, że u osób przyjmujących leki GLP-1 występuje mniejsze ryzyko przejścia do cięższych stadiów retinopatii cukrzycowej i ślepoty. Ponieważ każdy wzrost ryzyka pojawia się jedynie na krótko i sytuacja się stabilizuje, pozostawiając wzrok nienaruszony, korzyści z leków GLP-1 przewyższają ryzyko, mówi Sodhi. „Ogólnie rzecz biorąc, dzięki tym lekom łatwiej jest uzyskać dobrą kontrolę poziomu cukru we krwi" – zauważa."

„Naukowcy badają także terapię genową – wszczepienie genu, który pomaga hamować wzrost naczyń krwionośnych – w nadziei na leczenie retinopatii jednorazową terapią oka. Wyniki badań wskazują również, że korzystnie mogą również działać tzw. fenofibraty, stosowane dotychczas w leczeniu nieprawidłowych poziomów cholesterolu i trójglicerydów we krwi, zmniejszając ryzyko, że wczesna retinopatia cukrzycowa przejdzie w cięższą formę.

GLASS MÓWI, że obecnie bardzo stara się kontrolować swoją cukrzycę. On i inny członek Blind Boys, który również ma cukrzycę, wzajemnie zachęcają się do regularnego sprawdzania poziomu glukozy. Podróżując z zespołem, który daje co najmniej 100 koncertów rocznie, Glass rozmawia – jak mówi – z jak największą liczbą ludzi o znaczeniu kontroli cukrzycy i ochrony wzroku. „Gdybym mógł komuś powiedzieć tylko jedno zdanie, powiedziałbym, żeby traktował to zagrożenie poważnie, bo ma tylko jedną parę oczu".

Według National Eye Institute wczesne wykrycie, leczenie i regularne badania kontrolne retinopatii cukrzycowej mogą zmniejszyć ryzyko ślepoty o 95% . American Diabetes Association zaleca, aby u osób z cukrzycą typu 1 przeprowadzać pierwsze badanie oczu w ciągu pięciu lat od diagnozy.

Au zauważa, że identyfikacja osób z retinopatią cukrzycową i skierowanie ich na dodatkowe badania, zanim stracą wzrok, może pomóc lepiej im się przygotować na ewentualne pogorszenie widzenia. W jego instytucie lekarze mogą pomóc pacjentom uzyskać dostęp do rehabilitacji wzroku, obejmującej wykorzystanie urządzeń, takich jak lupy i czytniki ekranu, poradnictwo i programy wsparcia emocjonalnego, a także usługi transportowe i pomoc domową.

Ogólnie rzecz biorąc, brakuje lekarzy specjalizujących się w leczeniu siatkówki, a niektóre systemy opieki zdrowotnej próbują to zrekompensować, wykorzystując telemedycynę i sztuczną inteligencję do badania osób z cukrzycą pod kątem retinopatii – rozwiązanie to może być szczególnie pomocne dla ludzi mieszkających na obszarach wiejskich. Lekarze podstawowej opieki mogą wykonywać zdjęcia siatkówki, które następnie analizuje program SI. Na tej podstawie pacjenci mogą być kierowani do specjalistów w celu dalszej oceny i ewentualnego leczenia.

Jeśli chodzi o Glassa, to mówi on, że Blind Boys nie tylko umożliwili mu karierę. Dali mu cel. „Mam nową misję – stwierdza. – Mam możliwość nie tylko żyć, ale także dzielić się swoją historią z innymi. Bardzo chcę ratować ludzi." ■

REKLAMA

Rozgrzej głowę!



KUP TERAZ

Do nabycia w punktach sprzedaży prasy i na **sklep.polityka.pl**

eprasa.pl b7800411ea

Wyleczenie coraz bliżej

Nowy lek spowalnia postęp cukrzycy typu 1 i zwiększa szanse opracowania terapii prowadzących do wyleczenia

Tara Haelle

NA ŚCIANIE GABINETU endokrynologa Kevana Heroldsa wisi obraz dziewczynki, która w wieku 11 lat została włączona do jednego z prowadzonych przez niego badań nad cukrzycą typu 1. Rozpoznano u niej stadium 2. choroby, co oznaczało, że jej układ odpornościowy wytwarzał co najmniej dwa typy przeciwciał atakujących wytwarzające insulinę komórki beta w jej trzustce. Immunologiczny atak zaburzał możliwość wytwarzania insuliny, hormonu kontrolującego poziom glukozy we krwi, mówi Herold, który pracuje na Yale University. Pacjentka nie wymagała jednak jeszcze podawania insuliny w celu leczenia cukrzycy.

Zazwyczaj stadium 2. choroby szybko przechodzi w stadium 3., w którym poziom cukru we krwi jest już tak niestabilny, że chory potrzebuje insuliny. Tak było jednak przed pojawieniem się teplizumabu – przeciwciała monoklonalnego, dopuszczonego do użytku pod koniec 2022 roku, które opóźnia rozwój choroby, a u niektórych osób może nawet zatrzymać ją w stadium 2. Dziewczynka objęta badaniem rozpoczęła przyjmowanie tego leku około roku 2011. Choroba rozwinęła się u niej do stadium 3. – ale dopiero niemal dekadę później.

„Przez osiem, dziewięć lat nie miała cukrzycy. Dzięki temu mogła ukończyć gimnazjum, liceum, studia, mogła dorosnąć nienękana cukrzycą – mówi Herold. – Nawet jeśli choroba rozwinie się w wieku 21 czy 22 lat, to co innego niż 11. To daje możliwość, aby robić to, co rówieśnicy – zamiast myśleć o chorobie 24 godziny na dobę. W pewnym sensie handlujemy czasem. Kupujemy czas wolny od choroby".

Chociaż teplizumab nie sprawdza się u każdego i w różnym stopniu spowalnia postęp choroby, stanowi inspiracje to rozwoju nowych terapii, z których kilka wydaje się obiecujących. Postęp sprawił, że ludzie zajmujący się cukrzycą typu 1 zaczęli używać słowa, które jeszcze kilkadziesiąt lat temu rzadko można było usłyszeć: „wyleczenie".

Wyleczenie w medycynie to słowo szczególne. „Nawet wśród osób chorych na cukrzycę różnie rozumie się, czym ono jest" – mówi Alvin C. Powers, endokrynolog z Vanderbilt School of Medicine. Część osób uznałaby za stan całkowitego wyleczenia otrzymanie pompy insulinowej z czujnikiem poziomu glukozy, automatycznie mierzącej poziom cukru we krwi i wydzielającej dokładnie tyle insuliny, ile potrzeba. To jest już teraz osiągalne [zob. „Długa droga do sztucznej trzustki" na s. 26]. „Inni pacjencji z kolei uważają, że jeśli muszą brać jakiekolwiek leki, to nie jest wyleczenie'" – mówi Powers. Niektórzy traktują jako wyleczenie przeszczepienie komórek produkujących insulinę, które będą już stale kontrolowały poziom glukozy. Jeszcze inni uważają, że prawdziwym wyleczeniem jest powstrzymanie ataku autoimmunologicznego na te komórki, tak aby pozostało ich dostatecznie wiele, by człowiek nie potrzebował otrzymywać dodatkowej insuliny.

„Idealne byłoby jednorazowe działanie, rodzaj szczepionki, dzięki której byłoby się na zawsze zabezpieczonym przed zachorowaniem na cukrzycę typu 1" – mówi Sanjoy Dutta, dyrektor naukowy Breakthrough T1D – organizacji typu non profit prowadzącej działalność badawczą i rzeczniczą, która finansuje próby znalezienia leku na cukrzycę typu 1. Jednak jeśli wziąć pod uwagę złożoność i heterogenność tej choroby, jest mało prawdopodobne, aby tak wyglądał lek. „Wyleczenie może oznaczać różne rzeczy i nie jest możliwe, aby jedna terapia sprawdziła się u wszystkich pacjentów" – mówi Dutta.

To dlatego naukowcy próbują różnych metod. Ich zróżnicowanie i postępy w badaniach sugerują, że wyleczenie jest możliwe i może nawet nie jest to bardzo odległy cel. „Wiemy, że w odniesieniu do wyleczenia pytanie brzmi »kiedy«, a nie »czy w ogóle«" – mówi Dutta.

Jednym z największych wyzwań, jakie staje przed lekarzami i pacjentami, jest to, że cukrzyca typu 1 obejmuje dwa problemy. „Po pierwsze, układ odpornościowy niszczy komórki beta organizmu, a po drugie, na skutek ich śmierci przestaje być wytwarzana insulina – mówi Dutta. – Zatem chcąc wyleczyć chorobę, zmodyfikować jej przebieg, spowolnić ją albo cofnąć zmiany, musimy w jakiś sposób powstrzymać układ odpornościowy, a następnie zapewnić ochronę pozostałych komórek beta lub je odtworzyć. Wyobrażam sobie, że będziemy musieli łączyć te metody, chcąc wyleczyć tę chorobę".

Teplizumab należy do pierwszej części tej układanki – terapii ukierunkowanej na układ odpornościowy. Lek ten wiąże się z określonym białkiem na komórkach układu odpornościowego, tzw. limfocytach T, i osłabia możliwość atakowania przez nie komórek beta. Jednocześnie promuje zmiany w limfocytach T, które mogą wzmacniać hamulce układu odpornościowego.

W badaniach kliniczn ych, w których oceniano teplizumab u osób z wysokim ryzykiem cukrzycy typu 1, lek zmniejszał ogólne ryzyko przejścia do stadium 3. choroby o 59%. W przypadku osób, u których rozwinęło się stadium 3., trwało to dwa razy dłużej – mediana czasu do przejścia do stadium 3. bez leku to dwa lata, zaś w przypadku przyjmowania leku – cztery. Dłuższa obserwacja wykazała, że po pięciu latach u nieco ponad jednej trzeciej pacjentów nadal nie doszło do stadium 3. U niektórych z pacjentów biorących udział w tym pierwszym badaniu, rozpoczętym w 2011 roku, do tej pory nie rozwinęła się cukrzyca – mówi Herold, który miał kluczowy wkład w powstanie tego leku. Naukowcy badają tych pacjentów, przyglądając się ich biologii i fizjologii, aby odkryć, dlaczego ich organizmy tak dobrze na ten lek zareagowały.

Badacze dogłębnie analizują także biologię osób, których organizmy pozytywnie nie odpowiedziały. „Jeśli dowiemy się, co dokładnie wraz z upływem czasu prowadzi do porażki, będziemy mogli interweniować, wdrażając drugi lek, ukierunkowany na te konkretne mechanizmy immunologiczne, które nie zadziałały właściwie – mówi Herold. – Tu właśnie bardzo pomocne byłoby połączenie kilku leków albo powtórne przeprowadzenie terapii."

Pomimo że teplizumab stanowi ogromny przełom, ma także poważne wady, które ograniczają jego dostępność. Jedną z barier jest koszt. Cena katalogowa za

Tara Haelle jest dziennikarką zajmującą się nauką i zdrowiem. Mieszka w Dallas. Jest autorką książki *Vaccination Investigation* (wyd. Twenty-First Century Books, 2018) i współautorką *The Informed Parent* (Tarcher, 2016).

eprasa.pl b7800411ea



pełną terapię przekracza 205 tys. dolarów, jednak w Stanach Zjednoczonych większość ubezpieczycieli pokrywa te koszty. Dodatkowo lek jest jak na razie oferowany jedynie w kilku krajach. Kolejną poważną przeszkodą jest sposób jego podawania: w formie wlewu, trwającego co najmniej 30 min, a czasami godzinę, codziennie przez 14 kolejnych dni. Pacjent może być zmuszony do wzięcia wolnego w pracy lub w szkole, znalezienia ośrodka, wykonującego wlewy i działającego w weekendy oraz zapewnienia sobie transportu do tego miejsca. Takie możliwości mogą mieć jedynie pacjenci mieszkający w okolicach dużych metropolii.

„Z perspektywy systemu opieki zdrowotnej to są realne problemy, utrudniające wprowadzanie takich programów. Z perspektywy pacjenta jest to z jednej strony przełomowe, ale z drugiej tworzy mnóstwo barier dla osób, które są w trudnej sytuacji – mówi Shivani Agarwal, endokrynolożka z Montefiore Medical Center w Nowym Jorku. – Ledwie wiążą koniec z końcem, podejmują się różnych prac i nie mają zasobów na chociażby zwykłe wizyty lekarskie”.

Agarwal mówi, że dla jej pacjentów skomplikowane metody aplikowania leku stanowią większy problem niż pokrycie kosztów przez ubezpieczenie. „Kiedy tłumaczę, w jaki sposób podaje się ten lek, mówią, że to za trudne, że nie dadzą rady – mówi. – Mam nadzieję, że przy opracowywaniu kolejnych podobnych metod terapii zostaną w większym stopniu uwzględnione możliwości pacjentów, ich sytuacja”.

Protokół podawania nowych leków opiera się zasadniczo na wynikach pozyskiwanych z badań na zwierzętach,

eprasa.pl b7800411ea

a następnie testów z udziałem ludzi – mówi Mattias Wieloch, kardiolog i dyrektor medyczny programu poświęconego cukrzycy typu 1 w Ameryce Północnej, prowadzonego przez firmę Sanofi, produkującą teplizumab pod nazwą Tzield. Dodaje, że w Stanach Zjednoczonych niektóre ośrodki eksperymentują z krótszymi sesjami hybrydowymi, i chociaż firma nadal zaleca stosowanie się do zaleceń rejestracyjnych, on i jego koledzy są świadomi istniejących barier.

„Bycie pionierem to nie miesiąc miodowy – mówi Wieloch. – Pojawiają się przeszkody takie, jak ta, nie ma odpowiedzi na wszystkie pytania".

Mimo wszystko fakt, że dopuszczona do użytku metoda terapii pozwala już teraz spowolnić postęp choroby, zachęcił do poszukiwania innych możliwości terapeutycznych. „Dopuszczenie jednego leku całkowicie odmieniło sytuację – mówi Herold. – Żaden inny lek nie miał tak dużego wpływu na przebieg tego schorzenia od czasu odkrycia insuliny".

POSTĘPY WIDAĆ TEŻ w przypadku niektórych innych metod leczenia wpływających na układ odpornościowy. Na przykład baricitinib, lek doustny, który został już dopuszczony do użytku w reumatoidalnym zapaleniu stawów, wydawał się obiecujący pod względem zachowywania funkcji komórek beta w badaniu 2. fazy z udziałem osób ze świeżo rozpoznaną cukrzycą typu 1. Lek ten zasadniczo chroni zdrowe komórki beta, blokując nadmierną stymulację układu odpornościowego. Z kolei lek immunomodulujący GAD-Alum, obecnie będący przedmiotem badania 3. fazy z udziałem osób ze niedawno zdiagnozowaną cukrzycą typu 1 mających określony marker genetyczny, ma chronić komórki beta poprzez reprogramowanie układu odpornościowego w taki sposób, aby ignorował enzym, który w przeciwnym razie pobudza go do atakowania komórek beta. Wiele innych przeciwciał monoklonalnych, zarówno będących w fazie badań klinicznych, jak i zatwierdzonych już do stosowania w leczeniu różnych zaburzeń, poddaje się obecnie badaniom pod kątem możliwości spowalniania postępów tej choroby.

Terapie komórkowe to jeszcze inne nowe podejście, mające na celu spowolnienie lub odwrócenie postępów cukrzycy typu 1. Te metody leczenia mają na celu stworzenie odnawialnego źródła komórek beta albo wsparcie utrzymania istniejących komórek beta poprzez ich ochronę przed układem odpornościowym, albo umożliwienie im unikania jego ataków. Leki mogą pobudzać rozrost populacji zachowanych komórek beta pacjenta, zanim układ odpornościowy wszystkie je zniszczy. Leczenie może także obejmować przeszczepianie komórek beta.

W celu transplantacji naukowcy próbują wykorzystywać liczne źródła komórek beta, w tym komórki pochodzące od zmarłych dawców oraz hodowane z innych komórek pobranych z organizmu pacjenta. Naukowcy próbują także przeszczepiać komórki macierzyste. Są to niedojrzałe komórki, które mogą przekształcić się w komórki beta, produkujące insulinę, a także wytwarzać więcej takich samych komórek.

Na przykład badacze z Chin opublikowali w 2024 roku wyniki badania, w którym pobrano od pacjentki komórki macierzyste, w laboratorium chemicznie pobudzono ich różnicowanie w kierunku komórek produkujących insulinę, a następnie ponownie wszczepiono je do organizmu kobiety. Postępowanie takie jest skuteczne, ale nie da się go zastosować na dużą skalę na całym świecie, mówi Dutta.

„Trzeba zapewnić niezależność od insuliny u jednego dorosłego człowieka, a następnie przemnożyć to przez dziewięć milionów", lecząc wszystkie osoby żyjące z tą chorobą na całej planecie, dodaje.

Chcąc zmierzyć się z tym dziewięciomilionowym wyzwaniem, Breakthrough T1D finansuje badania nad odnawialnymi źródłami komórek beta, mówi Dutta. Lek Zimislecel (znany wcześniej jako VX-880) firmy Vertex Pharmaceuticals wspomaga hodowlę skupisk komórek trzustki, tzw. wysp, z komórek macierzystych dawcy. Wyspy te zawierają komórki beta i mogą być podawane pacjentowi w formie wlewu w celu przywrócenia zdolności organizmu do produkowania własnej insuliny. W małym badaniu z udziałem kilkunastu pacjentów, którego wyniki opublikowano tego lata, 83% uczestników po roku od transplantacji nie musiało już przyjmować insuliny. Musieli jednak przyjmować leki immunosupresyjne, aby nie doszło do odrzucenia przeszczepów.

A to jest poważny problem. Koniec końców potrzebujemy układu odpornościowego, aby walczyć z innymi chorobami, od raka po grypę. „Przewlekła supresja układu odpornościowego nie może być ceną za powstrzymanie postępu cukrzycy – mówi Herold. – Ryzyko związane z utrzymującym się przez całe życie zahamowaniem układu odpornościowego jest zbyt wysokie".

Alternatywna, selektywna immunoterapia, ukierunkowana na wybrane komórki lub szlaki, wiąże się z łagodniejszymi działaniami niepożądanymi i w mniejszym stopniu naraża pacjenta na inne choroby. Tegoprubart to lek oparty na przeciwciałach monoklonalnych, który osiąga ten cel, blokując szlak wykorzystywany przez komórki układu odpornościowego do komunikacji i organizowania ataku na przeszczepione komórki beta. Chroni to komórki beta, zachowując jednocześnie ogólną zdolność układu odpornościowego do ochrony organizmu.

Inne niestandardowe strategie obejmują ukrywanie przeszczepionych komórek przed układem odpornościowym poprzez edytowanie genów tych komórek tak, aby stały się dla niego niewidzialne. Komórki układu odpornościowego poszukują konkretnych białek kodowanych przez te geny, a niewielka edycja może spowodować, że takie białka przestaną być wykrywane. Firma Sana Biotechnology przedstawiła ostatnio metodę edytowania genów zastosowaną w procesie przeszczepiania pacjentowi wysp komórek beta od dawcy po wcześniejszym genetycznym zmodyfikowaniu tych komórek w taki sposób, aby nie były rozpoznawane przez układ odpornościowy. Trzy miesiące później nie stwierdzono ataku układu odpornościowego na przeszczepione komórki, które zaczęły produkować insulinę. Firma CRISPR Therapeutics próbuje wykorzystywać ten sam sposób edytowania genów w terapii o nazwie CTX211.

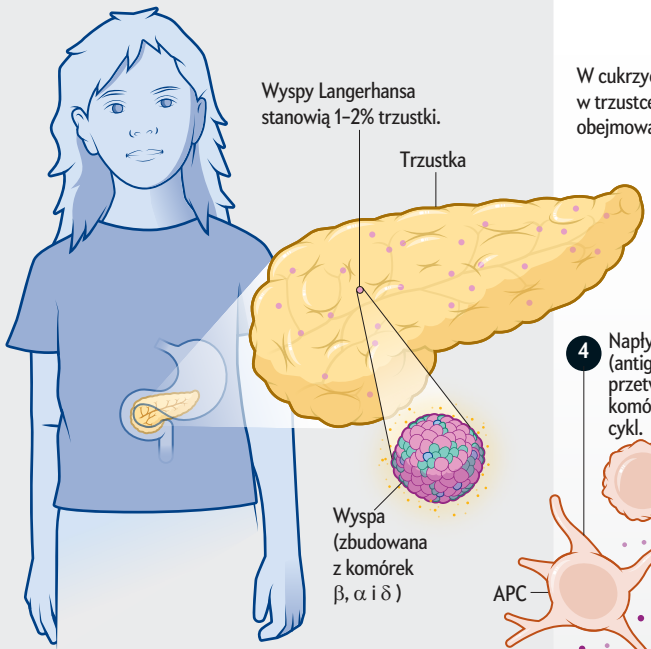
Kilka spośród przedstawionych sposobów terapii jest przedmiotem zaawansowanych badań z udziałem ludzi, inne są na etapie badań wstępnych. Dopuszczenie do użytku teplizumabu i odniesiony przez niego sukces mogą zdaniem naukowców pozwolić pacjentom z cukrzycą typu 1 zyskać trochę czasu do momentu kolejnego przełomu. „Pacjenci, których będziemy leczyć, skorzystają z tej terapii, a potem ewentualnie z kolejnej – mówi Wieloch. – Po raz pierwszy nie tylko mamy dopuszczony do użytku lek, ale również zyskujemy trochę czasu".

Badacze zajmujący się tą dziedziną twierdzą, że raczej prędzej niż później doczekamy w ten sposób metod zapewniających wyleczenie – niezależnie jak je zdefiniujemy. ■

eprasa.pl b7800411ea

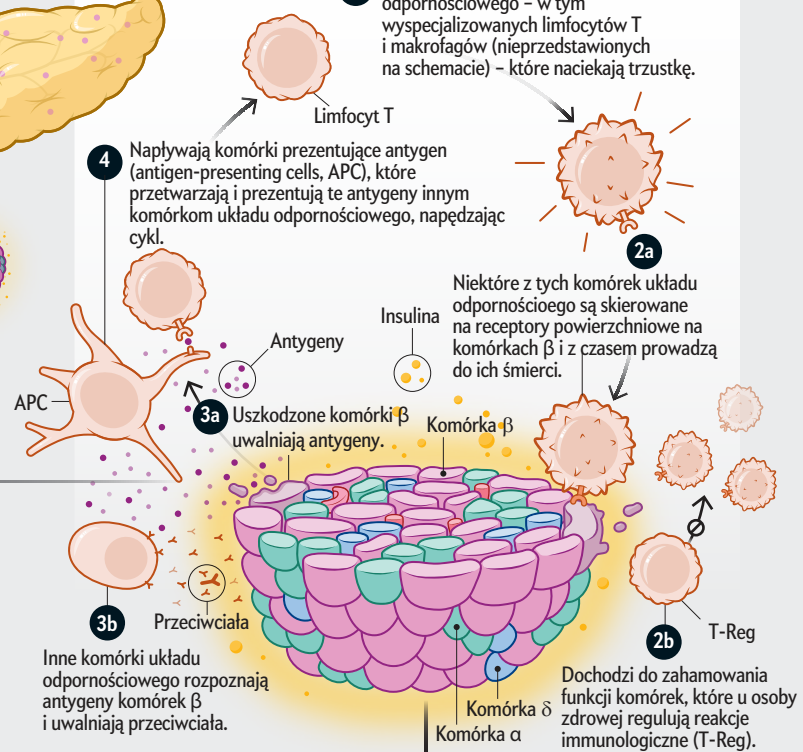
Równia pochyła

Dokładna przyczyna cukrzycy typu 1 nie jest znana, jednak skutki tej choroby są aż nadto widoczne. Komórki układu odpornościowego organizmu, które w normalnym stanie atakują patogeny, zwracają się przeciwko komórkom beta trzustki, które produkują insulinę, hormon niezbędny dla zdrowia wszystkich komórek. Uszkodzone komórki nasilają atak układu odpornościowego, tak że z czasem organizm całkowicie traci zdolność produkowania insuliny.



Cukrzyca typu 1 to choroba autoimmunologiczna. Poniżej przedstawiono, jak do niej dochodzi.

W cukrzycy typu 1 układ odpornościowy organizmu atakuje komórki beta (β) w trzustce, które wytwarzają insulinę. Przyczyny są niejasne, jednak mogą obejmować czynniki genetyczne, stres i warunki środowiskowe.



STADIUM 1. PRZED WYSTĄPIENIEM OBJAWÓW
Układ odpornościowy rozpoczął atak na komórki β, wytwarzające insulinę. Na tym wczesnym etapie trzustka wygląda zasadniczo prawidłowo i nie występują żadne objawy.

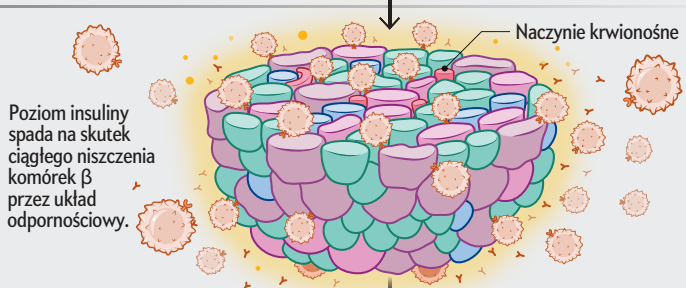
Objawy Brak

Poziom cukru we krwi Prawidłowy

STADIUM 2. PRZED WYSTĄPIENIEM OBJAWÓW
Ta faza charakteryzuje się dalszym postępem ataku autoimmunologicznego, chociaż pacjent nie wykazuje jeszcze klinicznych oznak cukrzycy. W trzustce zaczynają być widoczne różnego rodzaju uszkodzenia wysp.

Objawy Brak

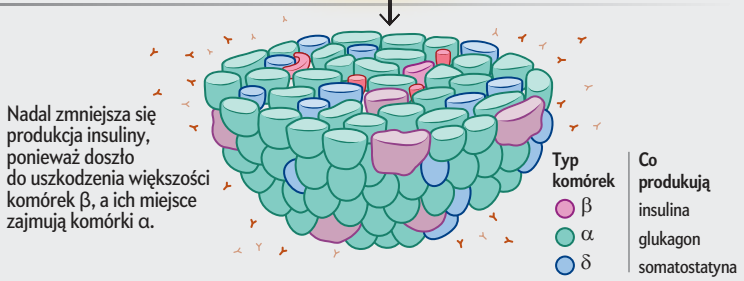
Poziom cukru we krwi Nieprawidłowy



STADIUM 3. OBJAWOWE
Na tym etapie u pacjenta diagnozuje się klinicznie cukrzycę ze względu na hiperglikemię. Większość wysp wykazuje zanik rzekomy, co oznacza, że tracą komórki β, wytwarzające insulinę.

Objawy Tak

Poziom cukru we krwi Podwyższony (hiperglikemia)



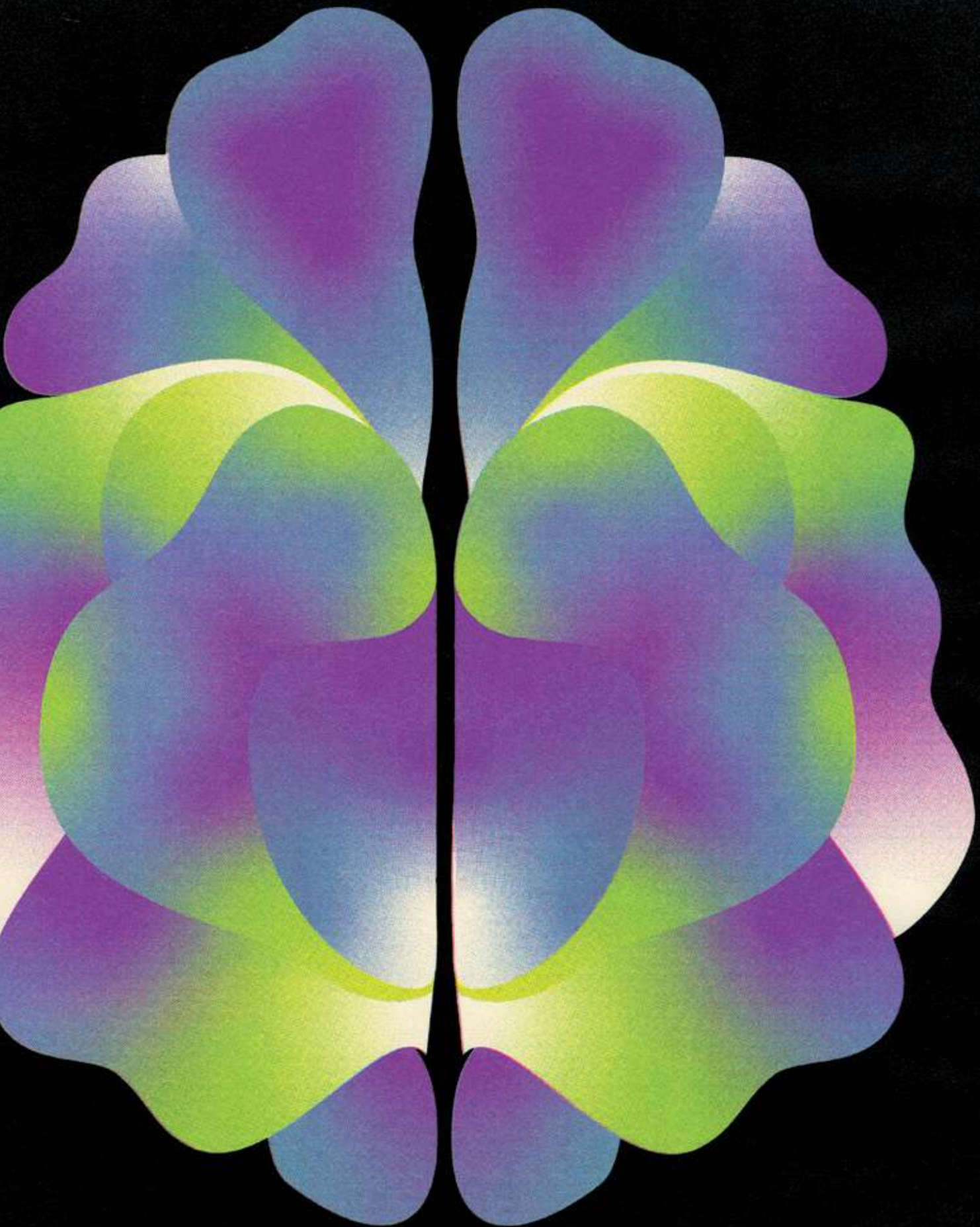
Grafika Now Medical Studios

eprasa.pl b7800411ea

Najtrudniejszy problem

Podważane teorie. Oskarżenia o uprawianie pseudonauki. Maszyny, które twierdzą, że są świadome. Dziedzina badań nad świadomością może stanąć na progu rewolucji – albo po raz kolejny zostać zepchnięta na margines

ALLISON PARSHALL
Ilustracja DTAN STUDIO



JESZCZE PÓŁ MILIARDA LAT TEMU życie na Ziemi toczyło się powoli. Morza zamieszkiwały jednokomórkowe drobnoustroje oraz w dużej mierze nieruchome, miękkociałe organizmy. Lecz u progu kambru, około 540 mln lat temu, wszystko eksplodowało. Ciała zaczęły różnicować się we wszystkich kierunkach, a wiele organizmów wykształciło kończyny pozwalające im szybko poruszać się w środowisku. Ekosystemy stały się areną ostrej rywalizacji, pełną drapieżników i ofiar. A nasza gałąź drzewa życia wyewoluowała niezwykłą strukturę, która pozwalała się w tym wszystkim odnaleźć: mózg.

Nie wiemy, czy to był moment, w którym po raz pierwszy na Ziemi pojawiła się świadomość. Być może jednak właśnie wtedy istoty żywe zaczęły naprawdę jej potrzebować – czegoś, co potrafiłoby połączyć lawinę bodźców zmysłowych w jedno spójne doświadczenie, zdolne kierować działaniem. To dzięki tej zdolności doświadczania zaczęliśmy odczuwać ból i przyjemność. Z czasem zaczęła nami kierować nie tylko podstawowa potrzeba przetrwania, lecz także ciekawość, emocje i introspekcja. W końcu staliśmy się świadomi samych siebie.

Temu ostatniemu krokowi zawdzięczamy większość dzieł sztuki, osiągnięć nauki i filozofii – a także trwające tysiąclecia poszukiwania istoty świadomości. Ten stan uświadomienia sobie siebie i otoczenia kryje wiele zagadek. Dlaczego bycie przytomnym i żywym, bycie sobą, w ogóle się „czuje”? Skąd w mózgu bierze się to jedyne w swoim rodzaju poczucie świadomości? Pytania te mogą mieć obiektywne odpowiedzi, lecz ponieważ dotyczą osobistych, subiektywnych doświadczeń, których nie da się bezpośrednio zmierzyć, pozostają na samych granicach tego, co może ujawnić metoda naukowa.

Mimo to w ciągu ostatnich 30 lat neurobiolodzy, poszukujący tzw. neuronalnych korelatów świadomości, dowiedzieli się bardzo wiele. Ich badania ujawniły całe konstelacje sieci mózgowych, których wzajemne połączenia pomagają wyjaśnić, co dzieje się, gdy tracimy świadomość. Dysponujemy dziś ogromnymi zbiorami danych i roboczymi teoriami – niektórymi o wręcz oszałamiających konsekwencjach. Mamy narzędzia pozwalające wykrywać świadomość u osób z uszkodzeniami mózgu. Wciąż jednak nie ma prostych odpowiedzi: badacze nie potrafią nawet uzgodnić, czym właściwie jest świadomość, a co dopiero – jak najlepiej odsłonić jej tajemnice. Ostatnie lata przyniosły oskarżenia o pseudonaukę, wyniki podważające dominujące teorie oraz niepokojące poczucie, że cała dziedzina znalazła się na rozdrożu.

A jednak stawka nigdy nie była wyższa. Zbudowaliśmy mówiące maszyny, które tak dobrze imitują świadomość, że nie zawsze potrafimy odróżnić ją od ludzkiej. Czasami modele sztucznej inteligencji wprost twierdzą, że są świadome. W obliczu egzystencjalnej niewiadomej opinia publiczna zwraca się ku nauce o świadomości w poszukiwaniu odpowiedzi.

Allison Parshall jest redaktorką współpracującą z „Scientific American”; zajmuje się problemami umysłu i mózgu.

eprasa.pl b7800411ea

„To napięcie – czuć je w powietrzu – mówi Marcello Massimini, neurofizjolog z Università degli Studi di Milano. – Będziemy jeszcze wracać myślami do tego okresu”.

ŚWIADOMOŚĆ TO w gruncie rzeczy wszystko, co naprawdę znasz. To głos, który słyszysz w swojej głowie, twoje emocje, twoja świadomość świata i własnego ciała – wszystko zlane w jedno spójne doświadczenie. „Wszystko się do tego sprowadza, absolutnie wszystko – mówi neurokognitywistka Athena Demertzi z Université de Liège w Belgii. – To nasz *przekład* świata”. Zarówno filozofowie, jak i naukowcy zmagają się z próbą zdefiniowania świadomości bez odwoływania się do tego, jak to jest doświadczać – do tego, co filozofowie nazywają „definicją przez wskazanie”. A jednak wskazują na realne zjawisko. To twoja świadomość ulega zaburzeniu pod wpływem halucynogenów, nawet wtedy, gdy ciało i otoczenie pozostają niezmienione. Podczas znieczulenia ogólnego zdaje się gasnąć jak światło. Podczas snu mamy marzenia senne – jakaś osobliwa forma świadomości trwa nadal, choć bywa odłączona od świata zewnętrznego.

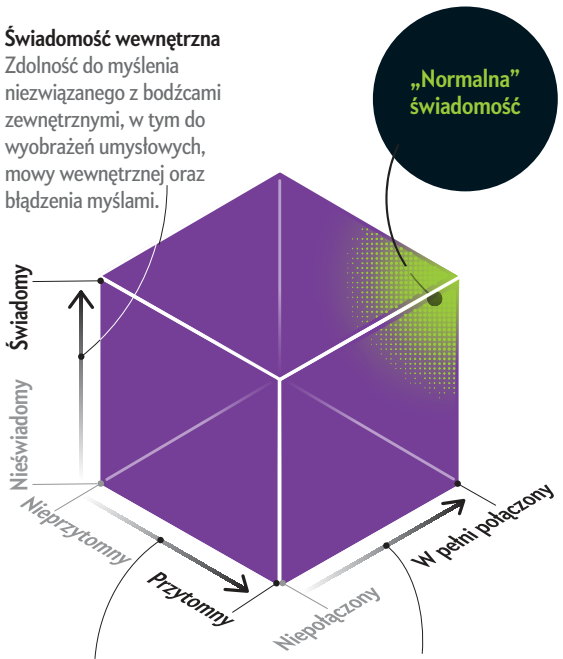
Niektórzy naukowcy wykorzystali te różne stany, by rozłożyć doświadczenie świadomości na co najmniej trzy elementy: czuwanie, wewnętrzną świadomość oraz połączenie ze światem. W „normalnym” stanie świadomości występują wszystkie trzy. Jesteś przytomny, masz otwarte oczy – stan ten podtrzymują sygnały z pnia mózgu. Jesteś świadomy wewnętrznie, tworzysz myśli i obrazy mentalne. I jesteś połączony ze światem zewnętrznym, ponieważ twój mózg odbiera i przetwarza informacje płynące z pięciu zmysłów.

Pytanie o to, w jaki sposób mózg kreuje te dziwne doświadczenia, prześladuje neuronaukę od samego początku jej istnienia. Tajemnica ta doprowadzała Marcella Massiminiego do szału już na studiach medycznych, kiedy po raz pierwszy trzymał w dłoniach ludzki mózg. „To coś o wyraźnych granicach, o określonej wadze, trochę jak tofu. Niezbyt elegancki – mówi – a jednak wewnątrz tego obiektu, który można wziąć do ręki, mieści się cały wszechświat”. Wiele tradycji filozoficznych radziło sobie z tym pozornym rozdźwiękiem, twierdząc, że umysł – lub dusza – nie jest zbudowany z tej samej fizycznej materii co nasze ciało. Stanowisko to nosi nazwę dualizmu. Nauka rozkwitała jednak, przyjmując podejście przeciwne i opowiadając się za materializmem, który zakłada, że wszystko, co obserwujemy – włącznie ze świadomością – w jakiś sposób wyłania się z fizycznej materii.

Być może przeczuwając, że nie są gotowi wyjaśnić, jak to się dzieje, neuronaukowcy aż do lat 90. XX wieku stronili od zagadki świadomości. „Trzeba było być na emeryturze, osobą religijną albo filozofem, żeby móc o tym mówić” – wspomina neurobiolog Christof Koch, członek rady doradczej „Scientific American” i główny naukowiec fundacji Tiny Blue Dot, zajmującej się badaniami nad percepcją. W 1990 roku Koch oraz laureat Nagrody Nobla Francis Crick, współodkrywca struktury DNA, otwarcie zakwestionowali to tabu. Opublikowali artykuł, w którym przedstawili ambitny plan badania neurobiologii świadomości, dając początek dziedzinie w jej współczesnej postaci.

Trafili na wyjątkowo sprzyjający moment. W tym samym roku neuronaukowcy opracowali nową metodę obserwacji pracującego mózgu – czynnościowy jądrowy rezonans magnetyczny (functional magnetic resonance imaging, fMRI). Dzięki skanerom mózgu możliwe stało się śledzenie zmian przepływu krwi i ustalanie, które obszary mózgu są w danej chwili aktywne, co zaowocowało barwnymi obrazami mózgu „w akcji”. Koch, który zajmował się badaniem wzroku, sądził, że mierząc reakcje mózgu ludzi oglądających specjalne złudzenia optyczne, naukowcy będą mogli ustalić, które obszary mózgu uaktywniają się wtedy, gdy coś jest świadomie postrzegane. Niektóre z tych złudzeń można interpretować na dwa sposoby – klasycznym przykładem jest waza Rubina, którą można zobaczyć albo jako wazon, albo jako dwa profile twarzy. Sam obraz nigdy się nie zmienia, więc mózg otrzymuje wciąż te same informacje, a mimo to świadome doświadczenie może łatwo przełączać się z jednej interpretacji na drugą. Podobny efekt daje inne zadanie wzrokowe, zwane rywalizacją obuoczną: każdemu oku pokazuje się inny obraz, a obserwator postrzega raz jeden, raz drugi – nigdy ich mieszankę. Gdyby neuronaukowcy mogli skanować mózgi ludzi w momencie, gdy ich świadome spostrzeganie

Przestrzeń świadomości



Świadomość wewnętrzna
Zdolność do myślenia niezwiązanego z bodźcami zewnętrznymi, w tym do wyobrażeń umysłowych, mowy wewnętrznej oraz błądzenia myślami.

Przytomność
Stan charakteryzujący się otwartymi oczami – spontanicznie lub w odpowiedzi na bodziec zewnętrzny.

Łączność
Związek ze światem zewnętrznym, zdolność postrzegania i potencjalnego reagowania na bodźce zewnetrzne.

ŹRÓDŁO: "Near-Death Experience as a Probe to Explore (Disconnected) Consciousness", Charlotte. Martial i in., „Trends in Cognitive Sciences", tom 24; marzec 2020 (*podstawy teoretyczne*)

Grafika Jen Christiansen

eprasa.pl b7800411ea

się zmienia, mogliby wskazać te obszary mózgu, które są z tą zmianą powiązane – tzw. neuronalne korelaty świadomości.

Koch na to postawił. W 1998 roku, podczas konferencji poświęconej nauce o świadomości w Niemczech, założył się z filozofem Davidem Chalmersem o skrzynkę wina, że w ciągu 25 lat badacze odkryją „wyraźny" wzorzec aktywności mózgu leżący u podstaw świadomości. Chalmers przyjął zakład, sądząc, że 25 lat „to szacunek odrobinę zbyt optymistyczny".

Badania korelatów neuronalnych wzroku, które zdominowały tę dziedzinę w latach 90., wskazywały natomiast obszary raczej słabo powiązane ze świadomością wzrokową – miejsca, do których jako pierwsze dociera sygnał z oczu. Te niskopoziomowe obszary przetwarzania sensorycznego zawierają ogrom informacji, do których nasza świadomość nie ma dostępu. Wydaje się też, że nadal odbierają one bodźce zmysłowe nawet wtedy, gdy jesteśmy pod narkozą. Dopiero gdy informacja wędruje „w górę" pofałdowanej zewnętrznej warstwy mózgu, zwanej korą, trafia do obszarów wyłapujących i przetwarzających bardziej złożone szczegóły – na przykład twarze na obrazie – i wtedy zaczyna budować się świadome doświadczenie.

Między naszymi codziennymi doświadczeniami a tym, co potrafi wyjaśnić nauka, jest przepaść.

ŚWIADOMOŚĆ zdaje się więc powstawać gdzieś poza tymi wczesnymi obszarami przetwarzania wzrokowego – ale nie ma zgody, co do tego, gdzie dokładnie.

Dziś istnieją dziesiątki konkurencyjnych teorii wyjaśniających, w jaki sposób mózg wytwarza świadomość. Różnią się one punktami wyjścia, celami, a nawet samymi definicjami świadomości. Najbardziej popularna jest teoria globalnej przestrzeni roboczej neuronów (global neuronal workspace theory, GNWT), według której świadomość jest swego rodzaju sceną. Gdy coś wkracza do twojej świadomości – swędzenie czy brzęczenie lodówki – zostaje wypchnięte na tę scenę i oświetlone reflektorem w procesie zwanym „zapłonem". To, co znajduje się na scenie, czyli w „globalnej przestrzeni roboczej", jest następnie rozsyłane po całym mózgu, gdzie może kierować działaniem, uwagą i innymi procesami.

Teorie wyższego rzędu ujmują świadomość jako nadrzędną reprezentację tego, co dzieje się w innych częściach mózgu. Abyś był świadomy brzęczenia lodówki, twój mózg nie może jedynie reprezentować dźwięku poprzez aktywację obszarów słuchowych (zlokalizowanych w okolicach skroni). Dźwięk musi mieć również odpowiadającą mu „metareprezentację" w przednich częściach mózgu, odpowiedzialnych za myślenie wyższego rzędu – na przykład w postaci myśli: „Słyszę, jak brzęczy lodówka".

Z kolei teorie rekurencji i przetwarzania predykcyjnego (predictive processing theories, PPT) proponują, że świadomość wyłania się z równoważenia przez mózg dwóch procesów: percepcji i przewidywania. Jeśli kiedykolwiek widziałeś coś, czego w rzeczywistości tam nie było, tylko dlatego, że się tego spodziewałeś, wiesz, jak silnie prognozy mózgu mogą wpływać na to, co faktycznie postrzegamy. Neurobiolog Anil Seth z University of Sussex w Anglii, zwolennik PPT, opisuje świadome postrzeganie jako „kontrolowaną halucynację", w której najlepsze domysły mózgu na temat otoczenia nakładają się na to, co przeżywamy świadomie.

Jest wreszcie zintegrowana teoria informacji (integrated information theory, IIT) – teoria matematyczno-filozoficzna, wyróżniająca się na tle pozostałych tym, że nie zaczyna od mózgu. Punktem wyjścia jest w niej sama świadomość i obserwowalne właściwości tego zjawiska, a dopiero potem pytanie o to, jaki rodzaj systemu mógłby umożliwić istnienie czegoś o takich cechach. IIT zakłada, że świadomość jest zróżnicowana – w danej chwili można by doświadczać wielu rzeczy, których się nie doświadcza, co sprawia, że świadomość jest bogata informacyjnie. Jest też zjednoczona, czyli zintegrowana – wszystkie różnorodne doświadczenia składają się na jeden, spójny strumień świadomości. Matematycznie połączenie tych dwóch cech czyni system niezwykle złożonym. I to właśnie z tej złożoności ma wyłaniać się świadomość.

Najciekawsze jest to, że według IIT świadomość może istnieć także poza systemami żywymi – w duchu swoistego panpsychizmu. Ta idea, w połączeniu z luźniejszym zakorzenieniem teorii w biologii mózgu oraz jej medialną popularnością, uczyniła z IIT zarzewie gorących kontrowersji. Zanim jednak do tego doszło, teoria ta zainspirowała jedno z najważniejszych spostrzeżeń, jakie mamy dziś na temat tego, jak działa świadomość.

NA POCZĄTKU LAT 2000., podczas studiów w Stanach Zjednoczonych, Massimini zaczął przeprowadzać eksperymenty z użyciem urządzenia do badania mózgu, które wykonywało dwie rzeczy jednocześnie: dostarczało do mózgu bezbolesne impulsy magnetyczne oraz rejestrowało fale mózgowe – obie techniki nie wymagają otwierania czaszki. Metody te noszą nazwy przezczaszkowej stymulacji magnetycznej (TMS) oraz elektroencefalografii (EEG). Po powrocie do Włoch, mimo „rozpaczliwej" sytuacji w zakresie finansowania badań naukowych w kraju, udało mu się zdobyć grant na zakup urządzenia TMS-EEG dla swojego uniwersytetu.

Kilka lat później on i jego współpracownik – jak sam mówi – „zrobili coś szalonego". Załadowali aparat do ciężarówki i pojechali z nim do oddalonego o ponad dziewięć godzin jazdy Liège. „Nikomu nic nie powiedzieliśmy. W końcu to było urządzenie należące do uniwersytetu". Okazja była jednak zbyt dobra, by ją przegapić. W Liège neurolog Steven Laureys założył grupę badawczą Coma Science Group, zajmującą się leczeniem

eprasa.pl b7800411ea

29 teorii świadomości

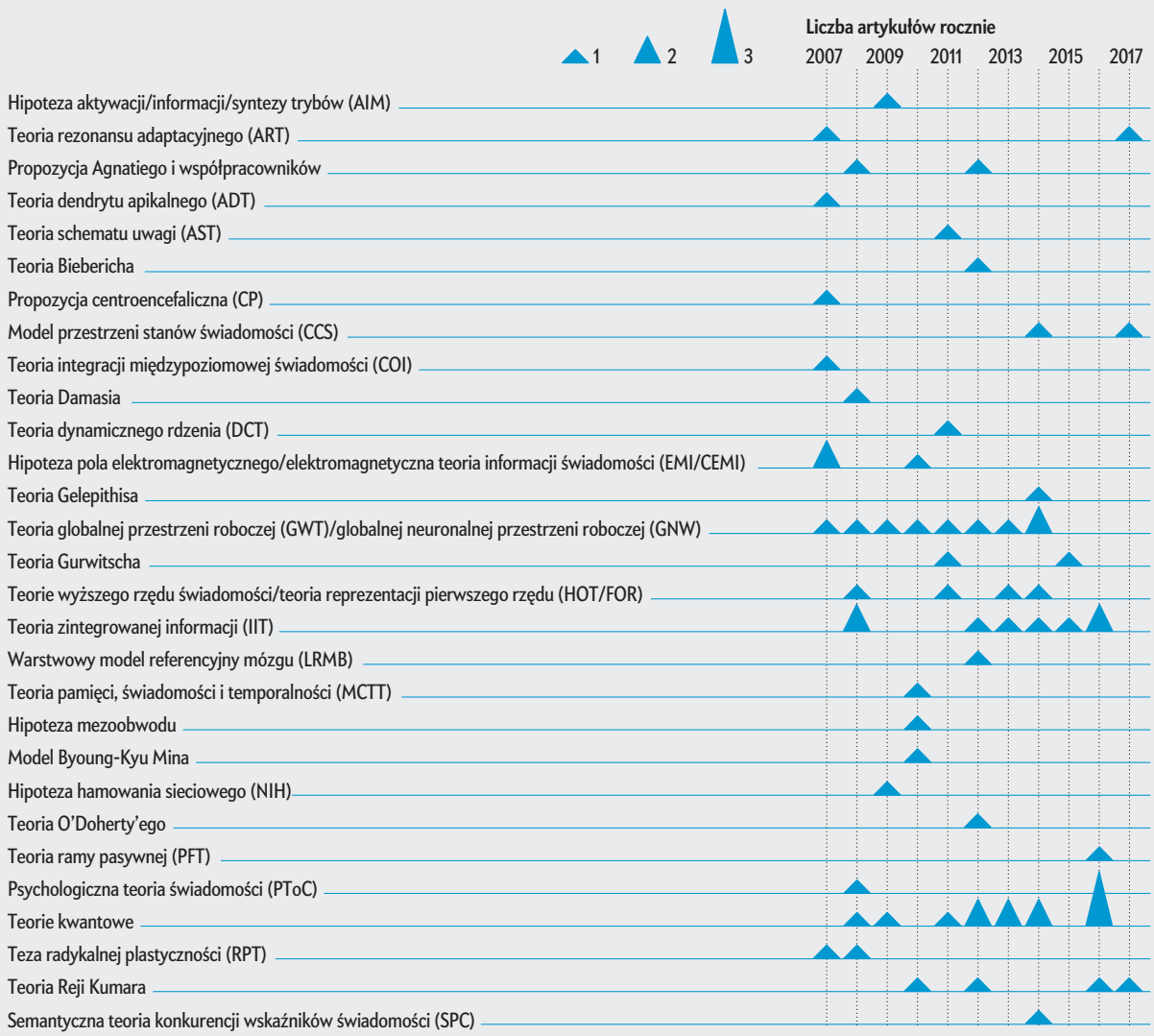
ALLISON PARSHALL I JEN CHRISTIANSEN

TEORETYCY ZAPROPONOWALI wiele wyjaśnień świadomości. Są zaskakująco zróżnicowane – różnią się celami, punktami wyjścia, a nawet samą definicją świadomości. Aby je porównać, badacze przeanalizowali artykuły proponujące teoretyczne modele świadomości, opublikowane w latach 2007–2017 w języku angielskim lub włoskim.

Niektóre z tych teorii doczekały się licznych publikacji, jak choćby teorie globalnej przestrzeni roboczej, teorie wyższego rzędu czy teoria zintegrowanej informacji – trzy wiodące modele w tej dziedzinie. Większa liczba publikacji nie oznacza jednak, że dana teoria jest poparta silniejszymi dowodami – w tej analizie nie oceniano jakości ani mocy wyników badań. Liczba artykułów najprawdopodobniej odzwierciedla raczej poziom zainteresowania, jakim cieszył się dany typ teorii. Może to tłumaczyć, dlaczego teorie kwantowe świadomości – fascynujące, lecz wciąż słabo ugruntowane empirycznie – były proponowane tak często. Z kolei teorie przetwarzania predykcyjnego, również wpływowe w tej dziedzinie, są tu wyraźnie nieobecne, być może dlatego, że pierwotnie powstały jako teorie percepcji, a nie samej świadomości.

Teorie uwzględnione w metaanalizie

Badacze zidentyfikowali 68 artykułów analizujących teoretyczne aspekty świadomości, opublikowanych w latach 2007–2017 w języku angielskim lub włoskim. Łącznie reprezentują one 29 różnych typów teorii. Ponad połowa z nich (18) została zaproponowana tylko raz, lecz inne wzbudziły znacznie większe zainteresowanie.



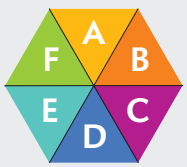
ŹRÓDŁO: "Theoretical Models of Consciousness: A Scoping Review", Davide Sattin i in., „Brain Sciences", tom 11, kwiecień 2021 (*dane*)

eprasa.pl b7800411ea

Charakterystyka teorii

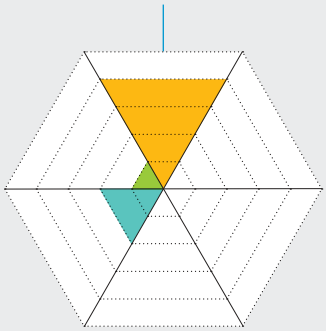


Wszystkie te propozycje są skrajnie odmienne i tylko niektóre z nich mają poparcie w dowodach empirycznych. Badacze przeanalizowali, w jaki sposób każda z nich próbuje odpowiedzieć na sześć wymiarów świadomości: (A) jakie rodzaje aktywności mózgu korelują ze świadomym doświadczeniem, (B) jak świadomość wiąże się z innymi zdolnościami umysłowymi, takimi jak pamięć i uwaga, (C) jak teoria przekłada się na kliniczne leczenie zaburzeń świadomości, (D) w jaki sposób można mierzyć poziomy świadomości, (E) jaki jest związek świadomości z informacją sensoryczną, (F) skąd bierze się subiektywne doświadczenie.

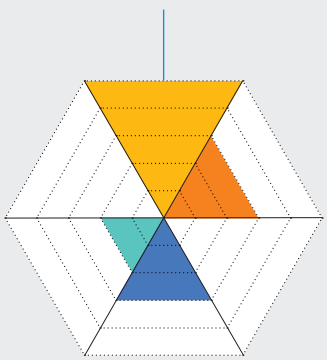


- A Neuronalne korelaty świadomości
- B Związek świadomości z innymi funkcjami poznawczymi
- C Przekład teorii na praktykę kliniczną
- D Ilościowe miary świadomości
- E Świadomość, procesy sensoryczne i autonomiczny układ nerwowy
- F Subiektywność

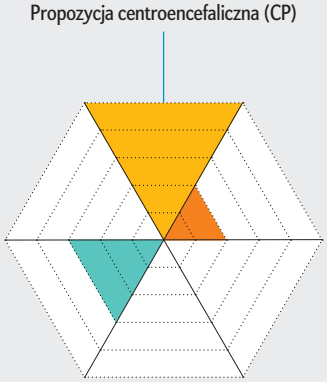
Hipoteza aktywacji/informacji/syntezy trybów (AIM)



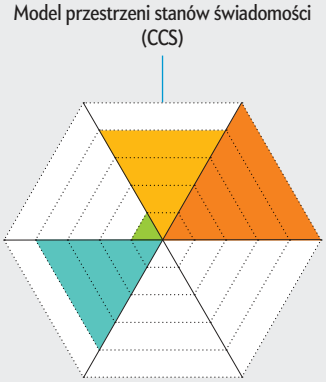
Teoria Biebericha



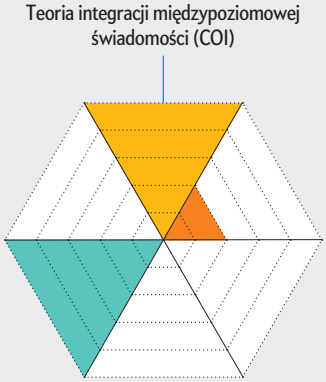
Propozycja centroencefaliczna (CP)



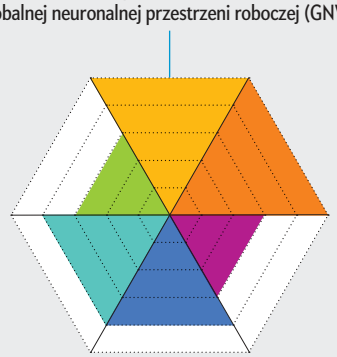
Model przestrzeni stanów świadomości (CCS)



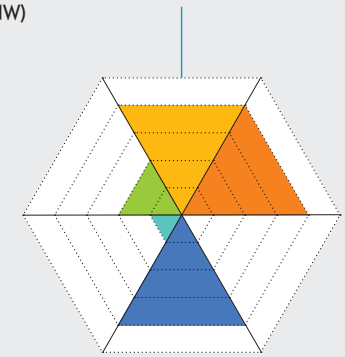
Teoria integracji międzypoziomowej świadomości (COI)



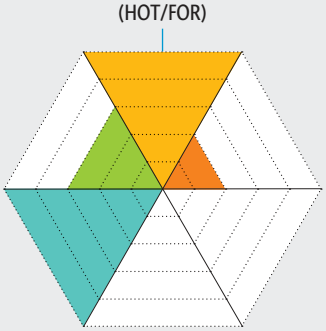
Teoria globalnej przestrzeni roboczej (GWT)/ globalnej neuronalnej przestrzeni roboczej (GNW)



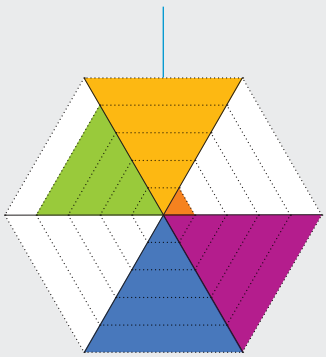
Teoria Gurwitscha



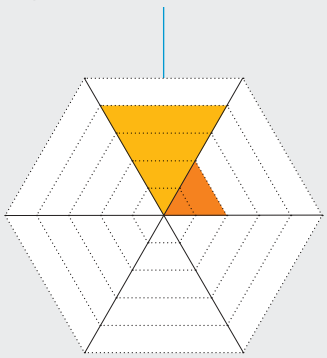
Teorie wyższego rzędu świadomości/ teoria reprezentacji pierwszego rzędu (HOT/FOR)



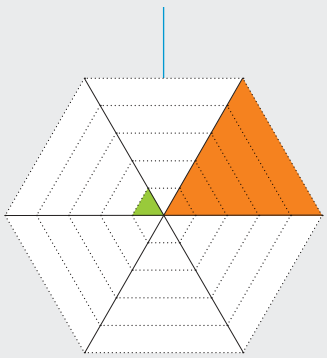
Teoria zintegrowanej informacji (IIT)



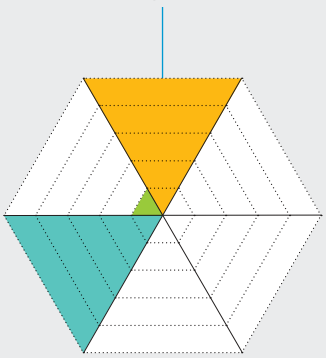
Hipoteza hamowania sieciowego (NIH)



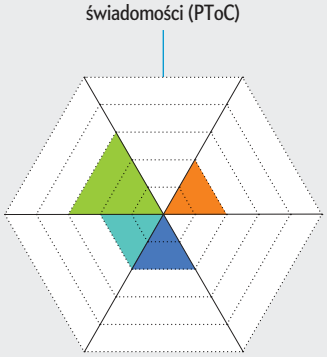
Teoria O'Doherty'ego



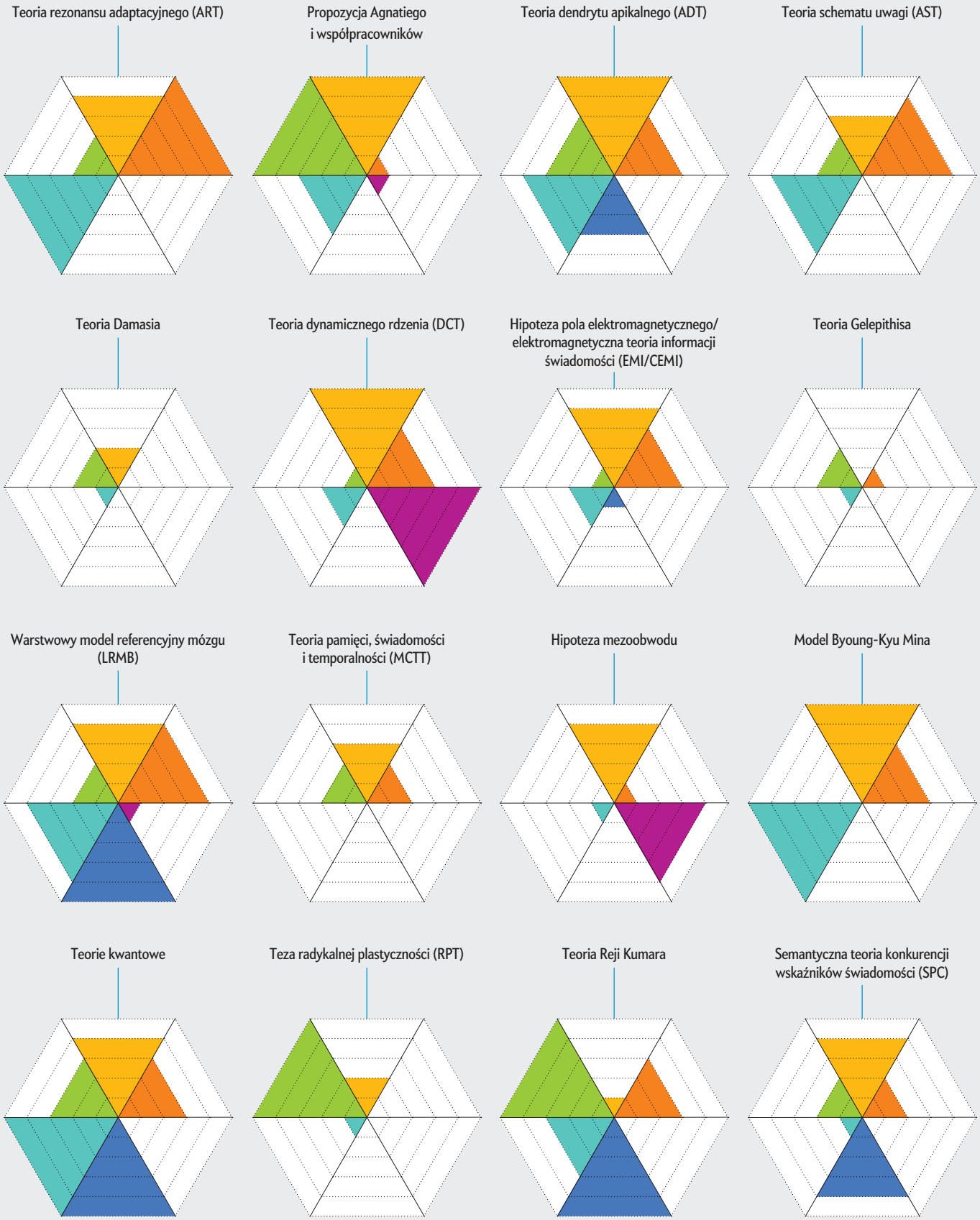
Teoria ramy pasywnej (PFT)



Psychologiczna teoria świadomości (PToC)



eprasa.pl b7800411ea



ŹRÓDŁO: "Theoretical Models of Consciousness: A Scoping Review", Davide Sattin i in., „Brain Sciences", tom 11; kwiecień 2021 (*dane*)

eprasa.pl b7800411ea

i badaniem pacjentów z zaburzeniami świadomości, a Massimini wierzył, że jego nowe urządzenie pozwoli mierzyć poziom świadomości człowieka na podstawie aktywności mózgu.

Wcześniej badacze próbowali odróżnić mózgi świadome od nieświadomych za pomocą innych technik obrazowania, jednak bez większych sukcesów. Dodanie TMS pozwoliło jednak bezpośrednio stymulować zewnętrzne warstwy kory mózgowej, wywołując wyładowania neuronów w konkretnym obszarze. Następnie EEG rejestrowało fale mózgowe, pokazując, jak ta stymulacja się rozprzestrzenia. „To jak pukanie bezpośrednio w mózg – mówi Massimini – żeby zbadać jego wewnętrzną strukturę".

Można też porównać TMS do wrzucenia kamienia do stawu. W mózgu świadomym – czy to na jawie, czy we śnie – zaburzenie rozchodzi się falami, gdy neurony pobudzają kolejne elementy swoich sieci. Tyle że, w przeciwieństwie do fal na wodzie, każda taka fala aktywności neuronalnej rodzi następne, rozprzestrzeniając się w sposób złożony i dalekosiężny w sieciach mózgowych.

We śnie bez marzeń sennych tak się jednak nie dzieje – Massimini wykazał to już wcześniej. TMS pobudza mózg, neurony się aktywują, ale fala aktywności nie jest przejmowana przez sąsiednie neurony. Jeśli pojawiają się jakiekolwiek „zmarszczki", nie rozchodzą się daleko. Złożoność charakterystyczna dla stanu czuwania znika.

W Liège Massimini i jego współpracownicy zastosowali tę technikę u osób z różnymi zaburzeniami świadomości – pacjentów w stanie wegetatywnym, w stanie minimalnej świadomości oraz takich, którzy z zewnątrz wydawali się niereagujący, lecz zachowywali wewnętrzną świadomość. Odkryli, że osoby, których mózgi wykazywały bardziej złożoną odpowiedź na stymulację, z większym prawdopodobieństwem były świadome. Zależność tę dało się opisać jedną liczbą – tzw. wskaźnikiem złożoności perturbacyjnej (perturbational complexity index, PCI).

PCI jest bardzo uproszczoną miarą świadomości, ale pozwala dość wiarygodnie określić miejsce danej osoby na kontinuum świadomości. Wskazuje też, że złożoność jest kluczowym elementem świadomego mózgu. W mózgu czuwającym lub śniącym różnorodne sieci neuronów pozostają w nieustannej, dwukierunkowej komunikacji. W ten sposób aktywność mózgu jest jednocześnie zróżnicowana (bogata informacyjnie) i zintegrowana (tworząca jedną spójną całość) – są to zasady, które Massimini zapożyczył z zintegrowanej teorii informacji (IIT), teorii, która nie zaczyna się od samego mózgu. Te interakcje budują złożoność, czyli to, co zwolennicy IIT nazywają „strukturą przyczynowo-skutkową", dzięki czemu pobudzenie jednego obszaru świadomego mózgu wywołuje reakcje w innych.

Podczas snu bez marzeń sennych lub w czasie znieczulenia ogólnego cała ta komunikacja zanika. „Wszystko się zapada – mówi Massimini. – Katedra się rozpada". Wolne fale mózgowe wędrują przez korę, gdy neurony rytmicznie przełączają się między dwoma stanami elektrycznymi. W „cichych okresach" pomiędzy falami neurony wchodzą w tzw. stan wyłączenia (down state), w którym nie są w stanie reagować na sygnały elektryczne od sąsiadów. To dlatego stymulacja nieświadomego mózgu za pomocą TMS prowadzi do ciszy: „Brak sprzężenia zwrotnego, brak jedności, brak złożoności".

Oczywiście utrata złożoności podczas snu czy znieczulenia jest przejściowa; zaburzenia świadomości mogą być trwałe. „Dlaczego ze snu mogę wyjść w kilka sekund, ze znieczulenia w ciągu minut, ale z tego patologicznego stanu być może nie ma już powrotu?" – pyta George Mashour, anestezjolog i neurobiolog badający świadomość na Univeristy of Michigan. Massimini ma nadzieję, że w przyszłości nauczymy się „restartować" świadomość – odbudowywać katedrę – u osób w stanie wegetatywnym lub minimalnej świadomości.

Mimo to zrozumienie złożoności sieci mózgowych nie rozwiązuje tajemnicy świadomości. Odkrycia te pomagają wyjaśnić, jak mózg może osiągnąć stan świadomości, ale nie tłumaczą, co się dzieje, gdy już w nim jest, zauważa Mashour. Zmiany wartości PCI nie wyjaśnią na przykład, dlaczego słynna sukienka raz wydaje się niebiesko-czarna, a innym razem biało-złota. Nie wyjaśnią, czym różni się ból zęba od bólu głowy, jak ktoś bez sprawnego krążenia może doświadczyć przeżycia z pogranicza śmierci ani dlaczego psychodelik 5-MeO-DMT sprawia, że czas zdaje się zatrzymywać, a poczucie „ja" ulega całkowitemu rozpadowi.

Między naszymi codziennymi doświadczeniami a tym, co potrafi wyjaśnić nauka, jest przepaść. „Tak naprawdę nikt nie opracował teorii, która zamykałaby tę lukę – mówi Tim Bayne, filozof z Monash University w Melbourne. – Ale to problem nasz, nie mózgu".

PODCZAS KONFERENCJI w Nowym Jorku w czerwcu 2023 roku Koch wręczył Chalmersowi skrzynkę wina i przyznał, że przegrał zakład. „Jasne jest, że nic nie jest jasne" – powiedział Chalmers.

Tamten weekend szczególnie uwydatnił niejednoznaczność dowodów. Niedawno ogłoszono wyniki ogromnego projektu badawczego, w którym zestawiono ze sobą IIT i GNWT. W projekcie, prowadzonym przez grupę znaną jako Cogitate Consortium, skupiono się na trzech różnych technikach pomiarowych stosowanych w ośmiu instytucjach na całym świecie. Badacze opracowali – na podstawie każdej z teorii – przewidywania dotyczące tego, co powinno dziać się w mózgu wtedy, gdy obraz jest świadomie postrzegany, a co wtedy, gdy nie jest. Sprawdzenie tych prognoz mogło zakwestionować, a nawet obalić którąś z teorii.

Obie wyszły z tego starcia poturbowane. IIT zakłada, że świadomość wyłania się głównie z podtrzymywanej aktywności w tylnej części mózgu. Ta „gorąca strefa" znajduje się na skrzyżowaniu wielu sieci neuronowych związanych z przetwarzaniem bodźców zmysłowych. GNWT z kolei przewiduje, że bodziec – na przykład obraz – osiąga poziom świadomości dopiero wtedy, gdy dochodzi do „zapłonu" w globalnej przestrzeni roboczej, zlokalizowanej w przednich partiach

eprasa.pl b7800411ea

mózgu, takich jak kora przedczołowa, znana z funkcji planowania i podejmowania decyzji. GNWT prognozuje również, że sygnał tego zapłonu pojawi się jako dwa wyraźne piki aktywności: jeden w momencie prezentacji obrazu i drugi w chwili jego usunięcia. Według IIT natomiast aktywność utrzymuje się przez cały czas, gdy dana osoba patrzy na obraz.

Wyniki okazały się skrajnie niejednoznaczne. Owszem, w tylnej części mózgu pojawiała się podtrzymywana aktywność związana ze świadomym postrzeganiem, lecz sieci w tym obszarze nie były zsynchronizowane w sposób przewidywany przez IIT. Z kolei w korze przedczołowej odnotowano sygnał w momencie prezentacji obrazu, ale nie pojawił się on ponownie przy jego usunięciu – wbrew przewidywaniom GNWT.

Kilka miesięcy później środowisko naukowe dosłownie zawrzało. We wrześniu 2023 roku w Internecie opublikowano list otwarty, w którym IIT nazwano pseudonauką. Podpisało go 124 badaczy działających w tej dziedzinie lub w jej bezpośrednim sąsiedztwie. Krytyka dotyczyła mniej samej teorii, a bardziej sposobu, w jaki była ona przedstawiana w mediach – autorzy listu uznali to relacjonowanie za zbyt naiwne, uproszczone. Zakwestionowali również panpsychistyczne implikacje IIT, podkreślając, że bywa ona opisywana jako nienaukowa i „magiczna". „Te śmiałe twierdzenia grożą podważeniem wiarygodności naukowych badań nad świadomością" – napisali autorzy w artykule uzupełniającym.

Nad debatą zawisło widmo utraty legitymizacji całej dziedziny. Jedna strona obawiała się, że reputacja IIT zepchnie badania nad świadomością jeszcze dalej na naukowe peryferia; druga – że publiczne napiętnowanie jednej teorii etykietą „pseudonauki" doprowadzi do upadku całego pola badawczego. „Moim największym lękiem jest to, że czeka nas kolejny zastój, kiedy samo mówienie o świadomości uznawane będzie za pseudonaukowy bełkot" – napisał w poście broniącym tej teorii Erik Hoel, badacz świadomości z Tufts University, który wiele pisał o ograniczeniach IIT.

Spór, toczony głównie w Internecie i mediach, ostatecznie został rozstrzygnięty na łamach „Nature Neuroscience" w marcu ubiegłego roku. Od tego czasu naukowcy zaangażowani w debatę zdają się próbować zostawić ten nieprzyjemny rozdział za sobą. Mimo to, jak niedawno napisali Seth i jego współpracownicy w czasopiśmie „Frontiers in Science", w dziedzinie zapanował stan „niespokojnej równowagi".

„Przez ostatnie 30 lat badania nad świadomością zyskały – ciężko wywalczoną – naukową legitymizację" – mówi Seth. I rzeczywiście, odnotowaliśmy ważne osiągnięcia. Wiemy dziś, że duże obszary mózgu – na przykład móżdżek, struktura położona blisko pnia mózgu i zawierająca większość neuronów – najwyraźniej nie biorą udziału w generowaniu świadomości. Zidentyfikowaliśmy konkretne regiony mózgu powiązane z określonymi aspektami świadomego doświadczenia, takimi jak poczucie „ja". Pojawiają się też przesłanki, że bardzo stare struktury, głęboko ukryte w mózgu – jak wzgórze – odgrywają większą rolę, niż wcześniej sądzono.

A jednak pod powierzchnią wciąż czai się niezliczona liczba niewiadomych. „Nadal nie ma zgody co do tego, jak zdefiniować [świadomość], czy w ogóle istnieje, czy nauka o świadomości jest w ogóle możliwa i czy będziemy w stanie powiedzieć cokolwiek sensownego o świadomości w nietypowych przypadkach, takich jak sztuczna inteligencja" – mówi Seth. Na tym tle – być może niesprawiedliwie – badania nad świadomością wypadają blado w porównaniu z innymi wielkimi naukowymi przedsięwzięciami, takimi jak zmapowanie ludzkiego genomu w ramach Projektu Poznania Ludzkiego Genomu czy badanie kosmosu za pomocą Kosmicznego Teleskopu Jamesa Webba.

„To wspaniały moment, ale jednocześnie dość otrzeźwiający" – mówi Tim Bayne. Budowanie coraz większych akceleratorów cząstek to skuteczna strategia odkrywania świata subatomowego. Ale w przypadku świadomości nie ma pewnej drogi. „Gdyby Bill Gates jutro dał mi 100 mld dolarów i powiedział: »Masz, odkryj tajemnicę świadomości« – nie wiedziałbym, co zrobić z tymi pieniędzmi" – przyznaje.

> „Przez ostatnie 30 lat badania nad świadomością zyskały – ciężko wywalczoną – naukową legitymizację."
>
> ANIL SETH *UNIVERSITY OF SUSSEX*

BYĆ MOŻE SZTUCZNA INTELIGENCJA wkrótce zmusi nas do zajęcia stanowiska. W 2022 roku inżynier Google'a publicznie stwierdził, że rozwijany przez niego model ASI o nazwie LaMDA wydaje się świadomy. Google odpowiedział wówczas, że „nie ma żadnych dowodów na to, że LaMDA jest istotą czującą (a istnieje wiele dowodów, że tak nie jest)". Chalmers uznał to za dziwne. Jakie dowody firma miała na myśli? „Nikt nie może z całą pewnością powiedzieć, że wykazano brak świadomości w takich systemach – mówi. – Nie dysponujemy tego rodzaju dowodem".

W miarę jak maszyny coraz lepiej naśladują ludzki dialog – czasem wręcz wprost twierdząc, że są świadome – etycy, firmy zajmujące się sztuczną inteligencją oraz zaniepokojona opinia publiczna coraz częściej zwracają się ku badaniom nad świadomością w poszukiwaniu odpowiedzi. „Nagle te filozoficzne pytania stały się problemami bardzo praktycznymi" – mówi Chalmers.

A są to pytania starsze i istotniejsze niż sama SI. Gdzie w otaczającym nas świecie istnieje świadomość i jak możemy to udowodnić? Naukowcy i filozofowie coraz częściej badają zwierzęta, ludzkie płody, organoidy mózgowe oraz sztuczną inteligencję, próbując ustalić, jakie wspólne zasady mogłyby leżeć u podstaw świadomości.

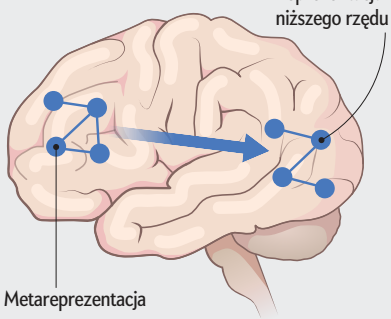
Przez długi czas badania nad świadomością koncentrowały się niemal wyłącznie na ludziach – bo jedyną

eprasa.pl b7800411ea

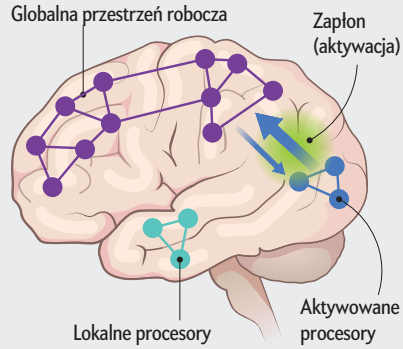
Wielka debata „przód kontra tył”

Zwolennicy najważniejszych teorii nie zgadzają się co do tego, skąd w mózgu bierze się świadomość. Czy świadoma percepcja powstaje w obszarach czołowych, zwłaszcza w korze przedczołowej, która odpowiada za złożone przetwarzanie informacji i podejmowanie decyzji? A może jej źródło znajduje się raczej w tylnych częściach mózgu, gdzie integrowane są informacje pochodzące z różnych zmysłów?

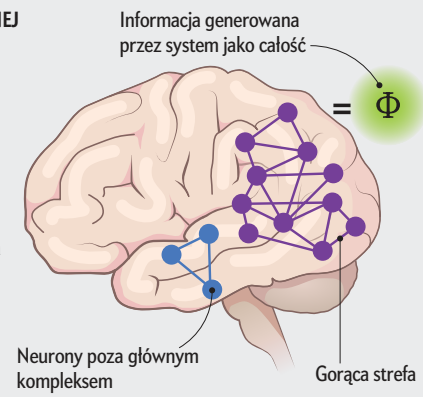
TEORIE WYŻSZEGO RZĘDU
Stan umysłowy wchodzi do świadomości wtedy, gdy czołowe obszary mózgu odzwierciedlają go i reprezentują w postaci wyższego poziomu „metareprezentacji”.



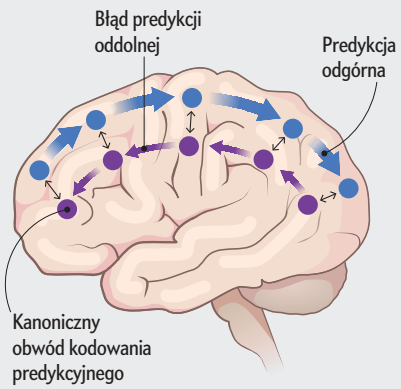
TEORIE GLOBALNEJ PRZESTRZENI ROBOCZEJ
Stan umysłowy staje się świadomy, gdy trafia do wspólnej „przestrzeni roboczej” i zostaje „rozgłoszony” w reszcie mózgu. Przestrzeń ta znajduje się w czołowych częściach mózgu przetwarzających informacje wysokiego poziomu i abstrakcyjne.



TEORIA ZINTEGROWANEJ INFORMACJI
Świadomość wyłania się z przetwarzania zachodzącego w „gorącej strefie” w tylnej części mózgu, gdzie integrowane są różne rodzaje informacji sensorycznych. Całkowita ilość tej zintegrowanej informacji w systemie odzwierciedla poziom jego świadomości.



TEORIE REENTRANCJI I PRZETWARZANIA PREDYKCYJNEGO
W całym mózgu obwody równoważą oddolną percepcję z odgórnymi przewidywaniami, minimalizując błędy – a świadomość wyłania się z tego ciągłego sprzężenia zwrotnego. Te teorie w dużej mierze wstrzymują się od opowiedzenia się po stronie sporu „przód kontra tył”.



świadomością, co do której możemy mieć absolutną pewność, jest nasza własna. W przypadku wszystkich innych bytów musimy polegać na ich zachowaniu i wierzyć, że nie są „filozoficznymi zombie”: istotami wykazującymi wszystkie zewnętrzne oznaki świadomości, lecz pozbawionymi jakiegokolwiek wewnętrznego doświadczenia. Takie założenie robimy wobec innych ludzi każdego dnia. W XX wieku naukowcy przestali jednak obejmować nim zwierzęta. „Kiedy zaczynałam studia doktoranckie w latach 90., stwierdzenie, że szympansy nie są świadome, było domyślnym stanowiskiem wielu filozofów” – mówi Kristin Andrews, filozofka badająca umysły zwierząt na City University of New York.

A jednak świadomość odnajdujemy tylko tam, gdzie zakładamy, że warto jej szukać. To efekt reflektora – tłumaczy Andrews – i z czasem ten światło tego reflektora obejmowało coraz większy obszar. Najpierw, w latach 90., badacze świadomości dostrzegli małpy laboratoryjne, na których można było prowadzić eksperymenty niemożliwe do wykonania z udziałem ludzi. Do 2012 roku, gdy grupa naukowców podpisała Deklarację z Cambridge w sprawie świadomości, coraz szerzej akceptowano pogląd, że wszystkie ssaki i niektóre ptaki są prawdopodobnie istotami czującymi.

Dziś granica badań przesuwa się w stronę ryb, skorupiaków i owadów. Wyniki badań wskazują, że ryby potrafią rozpoznać siebie w lustrze, trzmiele się bawić, a kraby podejmują decyzje, ważąc sprzeczne cele. Nowojorska Deklaracja o Świadomości Zwierząt z 2024 roku, której Andrews jest współautorką, stwierdza, że istnieje co najmniej „realistyczna możliwość” istnienia świadomości u wszystkich kręgowców oraz u niektórych bezkręgowców – takich jak owady, wybrane mięczaki i skorupiaki. „Nie możemy po prostu zakładać, że wszystkie te zwierzęta nie są świadome” – mówi Chalmers, który podpisał deklarację.

Porównywanie świadomości między gatunkami może pomóc zrozumieć, dlaczego w ogóle ona istnieje. „Ludzie bardzo skupiali się na tym, gdzie świadomość rodzi się w mózgu, a być może mniej na tym, po co ona jest” – mówi Seth. Jego zdaniem świadomość jest nierozerwalnie związana z życiem. Istoty żywe mogą robić tylko jedną rzecz naraz, a żeby dokonać wyboru, muszą połączyć wiele istotnych informacji w jeden strumień.

ŹRÓDŁO: „Theories of Consciousness,” by Anil K. Seth i Tim Bayne, *Nature Reviews Neuroscience*, tom 23, lipiec 2022 (*podstawowe odniesienie*)

eprasa.pl b7800411ea

Nawet jeśli tak jest, nie oznacza to, że życie oparte na węglu jest jedynym środowiskiem, w którym może pojawić się świadomość. „Tak jak potrafimy budować rzeczy, które latają bez machania skrzydłami, tak być może istnieją inne sposoby bycia świadomym, które nie wymagają bycia żywym – mówi Seth. – Powinniśmy naprawdę poważnie potraktować tę możliwość".

Duże modele językowe (LLM), na których opierają się chatboty takie jak ChatGPT czy Claude, bez wątpienia potrafią bardzo dobrze imitować świadomość – choć dziś najprawdopodobniej są właśnie tymi zombie, o których kiedyś mówili Chalmers i inni filozofowie. Nawet większość entuzjastów SI przyzna, że LLM jedynie przewiduje, jakie słowo pojawi się następne w zdaniu; niczego „nie wie". Ale – mówiąc ściśle filozoficznie – czy naprawdę możemy udowodnić, że LLM-y nie są świadome, skoro wciąż nie uzgodniliśmy, czym właściwie jest świadomość i jak działa?

Niektórzy badacze sądzą, że teorie zakorzenione w ludzkim mózgu, takie jak GNWT, mogą mimo wszystko dostarczyć wskazówek. Jeśli mózg jest czymś w rodzaju biologicznego komputera – co jest dominującym założeniem neuronauki poznawczej – to być może da się porównać sposób przetwarzania informacji przez LLM-y i sprawdzić, czy pojawiają się w nim oznaki świadomości. GNWT, zainspirowana zresztą wczesnymi modelami SI, zakłada, że informacja dociera do świadomości w momencie, gdy zostaje rozgłoszona w całym systemie. Czy LLM robi coś podobnego?

Nie wszyscy jednak akceptują analogię mózgu do komputera. Mózgi robią znacznie więcej, niż tylko uruchamiają algorytmy przetwarzające informacje – podkreśla Seth. Wytwarzają pola elektryczne, oddziałują z sygnałami chemicznymi, są zbudowane z tysięcy typów żywych komórek zużywających energię. „To niezwykle silne założenie, że nic z tego nie ma znaczenia – mówi. – A to założenie w dużej mierze nie było analizowane, właśnie ze względu na siłę metafory mózgu jako komputera".

Zwolennicy IIT, tacy jak Massimini i Koch, również uważają, że znaczenie ma fizyczna „materia", z której zbudowany jest dany system – i że same symulacje, w tym LLM-y, nie mogą generować świadomości. „To tak, jak z symulacją burzy: nie zmokniesz od niej – mówi Massimini – albo z symulacją czarnej dziury, która nie zakrzywi czasoprzestrzeni".

W NAUCE O ŚWIADOMOŚCI wszystko ostatecznie sprowadza się do problemu pomiaru. Można próbować znaleźć markery różnych stanów świadomości – na przykład skanując mózg osoby czuwającej oraz tej w śnie wolnofalowym, który zazwyczaj jest pozbawiony marzeń sennych, a więc nieświadomy. W takim eksperymencie zakłada się jednak, że badana osoba rzeczywiście nie śni. Ale to założenie może być błędne: czasem ludzie zgłaszają sny po wybudzeniu ze snu wolnofalowego. Czy się mylą? Czy im wierzyć? Jak potwierdzić poprawność własnych założeń dotyczących świadomości, skoro jedynym punktem odniesienia są cudze relacje – które w gruncie rzeczy nie są wiarygodnym punktem odniesienia?

W obliczu tego pozornie nierozwiązywalnego problemu łatwo ulec pokusie ucieczki: może to wszystko nie jest prawdziwe. Może świadomość wydaje się tak nieuchwytna, ponieważ jest iluzją – piękną katedrą istniejącą wyłącznie w naszych głowach. Takie sceptyczne stanowisko często prezentował nieżyjący już filozof Daniel Dennett i jest to pytanie jak najbardziej uprawnione. Nie zwalnia nas ono jednak z leczenia urazów mózgu, zrozumienia działania anestetyków i psychodelików ani z mierzenia się z tym, jak traktujemy zwierzęta oraz inteligentne maszyny, które właśnie tworzymy. Świadomość jest dla nas realna – a zatem jest realna we wszystkich istotnych sensach.

Cała nauka opiera się na wnioskowaniu o rzeczach, których nie możemy bezpośrednio zobaczyć. Nie widzimy czarnej dziury, zauważa Koch, a jednak przez dekady budujemy teorie i instrumenty, które pozwalają nam wnioskować o jej istnieniu. Świadomość może być przypadkiem trudniejszym, ale badacze nie zamierzają przestać próbować. Z użyciem odpowiednich narzędzi „poczucie tajemnicy tego, jak procesy materialne mogą dawać początek świadomym doświadczeniom, zaczęłoby znikać", mówi Seth.

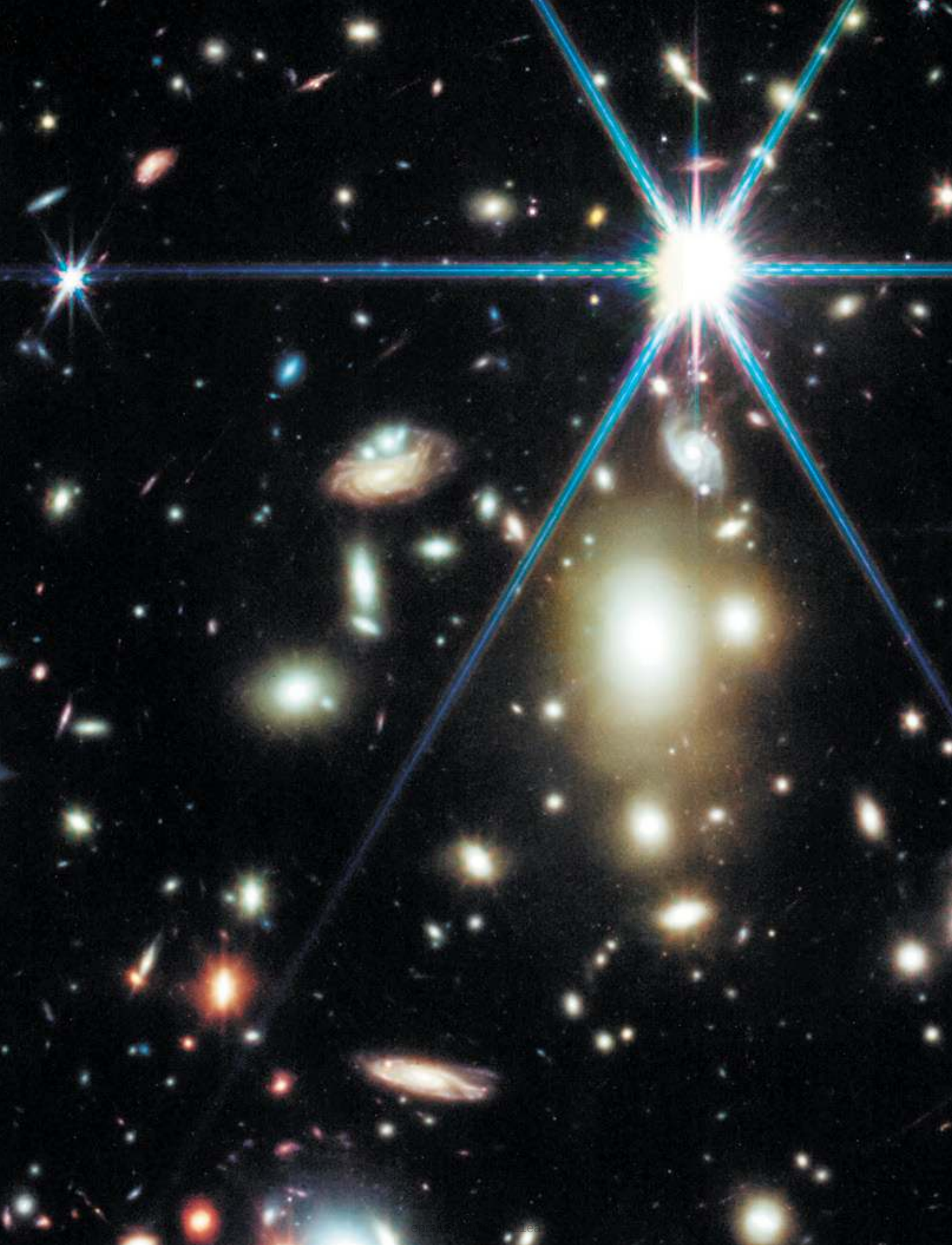
„Nie wiem, co stanie się potem – czy nadal będzie to równie imponujące – dodaje Demertzi z Université de Liège. – Ale czasem natura jest tak piękna, że nawet po jej rozłożeniu na czynniki pierwsze pozostajemy w zachwycie". ■

Z NASZEGO ARCHIWUM
Czym jest świadomość?
Christof Koch; lipiec 2018.

REKLAMA



eprasa.pl b7800411ea



ASTRONOMIA

Astronomowie mają nadzieję, że wkrótce zaobserwują najwcześniejszych mieszkańców Wszechświata

JOSÉ MARÍA DIEGO RODRÍGUEZ

Pierwsze gwiazdy

Otoczony kółkiem punkt to Earendel, obecnie najodleglejsza zaobserwowana gwiazda. Zdjęcie zostało wykonane przez wystrzelony przez NASA Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba. Gwiazda ta znajduje się w łuku Wschodzącego Słońca – galaktyce z młodego Wszechświata, widocznej tu w zniekształceniu i powiększeniu przez soczewkowanie grawitacyjne.

111ea

W BOŻE NARODZENIE 2021 ROKU wraz z innymi astronomami obserwowałem start Kosmicznego Teleskopu Jamesa Webba (James Webb Space Telescope, JWST), który miał miejsce w Gujanie Francuskiej. Był to początek jego miesięcznej podróży do oddalonego o 1,5 mln km od Ziemi celu. Podróż ta obfitowała w wiele stresujących momentów, zwłaszcza podczas tygodnia, w którym osłona przeciwsłoneczna teleskopu, złożona jak origami w konfigurację o wielkości autobusu, powoli rozkładała się do rozmiarów kortu tenisowego.

Na szczęście JWST dotarł na miejsce bezpiecznie i rozpoczął działalność latem 2022 roku. Od tego czasu dzięki obserwatorium zaczęto odpowiadać na niektóre z najważniejszych pytań dotyczących Wszechświata. Postawiło ono również wiele nowych.

Jedną z największych niespodzianek było odkrycie, że supermasywne czarne dziury, niektóre o masie ponad milion razy większej od masy Słońca, istniały wtedy, gdy Wszechświat miał zaledwie około 3% swojego obecnego wieku. Tajemnicą pozostaje, w jaki sposób tak masywne czarne dziury powstały tak dawno temu. Być może mniej masywne czarne dziury uformowały się w wyniku wybuchowej śmierci pierwszych gwiazd, znanych jako gwiazdy III populacji, a następnie pod wpływem grawitacji zlały się, tworząc czarną dziurę o masie miliona mas Słońca.

Ale w jaki sposób tysiące małych czarnych dziur mogły się połączyć w tak krótkim kosmicznym okresie, trwającym jedynie setki milionów lat? Aby to wyjaśnić, musimy zrozumieć naturę pierwszych gwiazd, których do tej pory nikt jeszcze nie widział.

Gwiazdy III populacji nazywane są gwiazdami-dinozaurami, zarówno ze względu na swoje ogromne rozmiary, jak i na to, że istniały tylko wtedy, gdy Wszechświat był bardzo młody. W owym czasie chemia była prosta. Gwiazdy były zbudowane z wodoru, helu i śladowych ilości pierwiastków lekkich, takich jak lit, ponieważ tylko takie pierwiastki były wówczas obecne.

W tak dziewiczym środowisku Wszechświat był znacznie gęstszy niż obecnie i mogły powstawać gwiazdy o znacznie większej masie niż dzisiaj. Można je porównać do XX-wiecznych gwiazd rocka lub popu. Żyły szybko i umierały młodo i, tak jak wszystkie wielkie zespoły rockowe, pozostawiły we Wszechświecie ślad. W ciągu swojego krótkiego życia, trwającego zaledwie kilka milionów lat, gwiazdy III populacji

José María Diego Rodríguez jest astrofizykiem Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Zajmuje się kosmologią i badaniem natury ciemnej materii.

Na zdjęciu wykonanym przez Kosmiczny Teleskop Hubble'a galaktyka Błysk Słońca pojawia się cztery razy. Światło z galaktyki, która położona jest w odległości 11 mld lat świetlnych, zostało wzmocnione i zniekształcone do postaci zakrzywionych smug przez gromadę galaktyk widoczną pośrodku obrazu. W galaktyce tej znajduje się jedna z najstarszych znanych gwiazd, Godzilla (*otoczona kółkiem*).

NASA, ESA, CSA; Science: Dan Coe/STScI/AURA for ESA, JHU, Brian Welch/NASA-GSFC, UMD; obróbka obrazu: Zoltan Levay *(poprzednie strony)*; ESA/Hubble, NASA, Rivera-Thorsen i in., CC BY 4.0 *(strona obok)*

eprasa.pl b7800411ea



w zachodzącym w ich jądrach procesie fuzji termojądrowej wytworzyły cięższe pierwiastki, takie jak węgiel, tlen, azot, krzem, siarka i żelazo. Kiedy umierały w wybuchach supernowych, pierwiastki te wylewały się w przestrzeń i stawały zalążkiem składników niezbędnych do późniejszego powstawania planet i życia. W większości przypadków pozostałością po takich supernowych były czarne dziury.

Naukowcy nie zaobserwowali jeszcze pojedynczych gwiazd III populacji, ale wkrótce może się to zmienić. Dzięki JWST oraz pomocnemu zjawisku zwanemu soczewkowaniem grawitacyjnym, być może uda nam się dostrzec je w stanie, w jakim przeżywały swoje krótkie życie, lub wykryć ich bardzo jasne końcowe wybuchy.

To niesamowite, że ludzie mają szansę zaobserwować relikty z samego początku czasu.

Możliwe, że zobaczymy nawet rozświetlony gaz otaczający czarną dziurę, który będzie wyglądał jak mały kwazar.

To niesamowite, że ludzie mają szansę zaobserwować relikty z samego początku czasu. Gwiazdy te nie tylko dostarczą nam wiedzy o wczesnym Wszechświecie, ale mogą również rzucić światło na jedną z jego największych tajemnic: ciemną materię. Kosmos wydaje się wypełniony niewidzialną materią, której nie rozumiemy. W drodze do naszych teleskopów musiało przez nią przechodzić światło pierwszych gwiazd, więc może nam ono dostarczyć informacji o jej naturze.

MOJA OSOBISTA PRZYGODA z badaniem wczesnych gwiazd rozpoczęła się ponad 10 lat temu, po tym jak zajmowałem się różnymi problemami astronomicznymi w kilku instytutach w Wielkiej Brytanii, Stanach Zjednoczonych i Hiszpanii. W tym czasie przeprowadziłem się tymczasowo do Stanów Zjednoczonych, aby pracować z danymi z najlepszego wówczas teleskopu – Kosmicznego Teleskopu Hubble'a – oraz nad moim ulubionym tematem – soczewkowaniem grawitacyjnym.

Chociaż teleskopy Hubble'a i Jamesa Webba to naprawdę zaawansowane instrumenty, nie są one wystarczająco duże, żeby bez dodatkowego wsparcia zobaczyć gwiazdy III populacji. Na szczęście Wszechświat jest łaskawy dla astronomów i stworzył tysiące naturalnych teleskopów, które powiększają obraz znajdujących się za nimi odległych galaktyk. Tak jak kawałek szkła może zostać przekształcony w zakrzywiającą światło soczewkę powiększającą, tak masywne obiekty we Wszechświecie mogą wyginać samą przestrzeń. Kiedy światło przemieszcza się przez wygiętą przestrzeń, również ulega zakrzywieniu. Albert Einstein przewidział to zjawisko, znane jako soczewkowanie grawitacyjne.

Najbardziej masywnymi obiektami we Wszechświecie, a tym samym najpotężniejszymi naturalnymi soczewkami, są gromady galaktyk, czyli skupiska setek lub tysięcy galaktyk upakowanych w stosunkowo niewielkiej przestrzeni, zawierającej również ogromne ilości tajemniczej substancji zwanej ciemną materią. Gromady galaktyk mogą mieć masę nawet 1000 razy większą od masy Drogi Mlecznej, a ich rozpadowi zapobiega grawitacja. Kiedy kierujemy teleskop na jedną z nich, grawitacja gromady wzmacnia i zniekształca obraz znajdujących się za nią galaktyk, tworząc w ten sposób soczewkę grawitacyjną. Światło pochodzące z obiektu znajdującego się za środkiem soczewki zostaje wzmocnione i zniekształcone w okrągły kształt zwany pierścieniem Einsteina.

Kiedy kierujemy JWST w stronę soczewki grawitacyjnej, dostajemy przed teleskopem dodatkową gigantyczną soczewkę, która efektywnie przekształca obserwatorium w kosmiczny mikroskop. Podobnie jak mikroskopy, soczewki grawitacyjne powiększają obraz tylko niewielkiej część przestrzeni znajdującej się za nimi. Powiększenie uzyskane za pomocą soczewki grawitacyjnej nie jest jednakowe: większość obszaru za gromadą galaktyk jest powiększana o czynnik mniejszy niż 10, ale w niektórych bardzo małych obszarach, zwanych kaustykami, efekt ten może być bardzo silny, a powiększenie może wynosić nawet 10 tys. razy.

Jeśli wystarczająco jasny, ale mały obiekt znajdzie się na jednej z tych kaustyk, możemy uzyskać jego powiększony obraz, niemożliwy do uzyskania w inny sposób. Kiedy JWST wyceluje w jedną z nich, działa jak teleskop 100 razy większy niż jest w rzeczywistości, umożliwiając ogląd małych fragmentów odległego Wszechświata z bardzo wysoką rozdzielczością. Jedynym problemem jest to, że obiekty, które możemy obserwować tą metodą, muszą być stosunkowo małe i jasne. Gwiazdy III populacji spełniają oba te wymagania.

ASTRONOMOWIE PRZYGOTOWUJĄ SIĘ do zajęcia miejsc w pierwszym rzędzie do obserwacji tych trudnych do dostrzeżenia obiektów. W ostatnich latach udało nam się wypatrzeć niektóre z najstarszych gwiazd. W 2016 roku, pięć lat przed startem JWST, naukowcy za pomocą teleskopu Hubble'a odkryli pierwszą gwiazdę obserwowaną przez kosmiczny mikroskop – Ikara. Ikar znajduje się aż 200 razy dalej niż najodleglejsza znana wcześniej gwiazda.

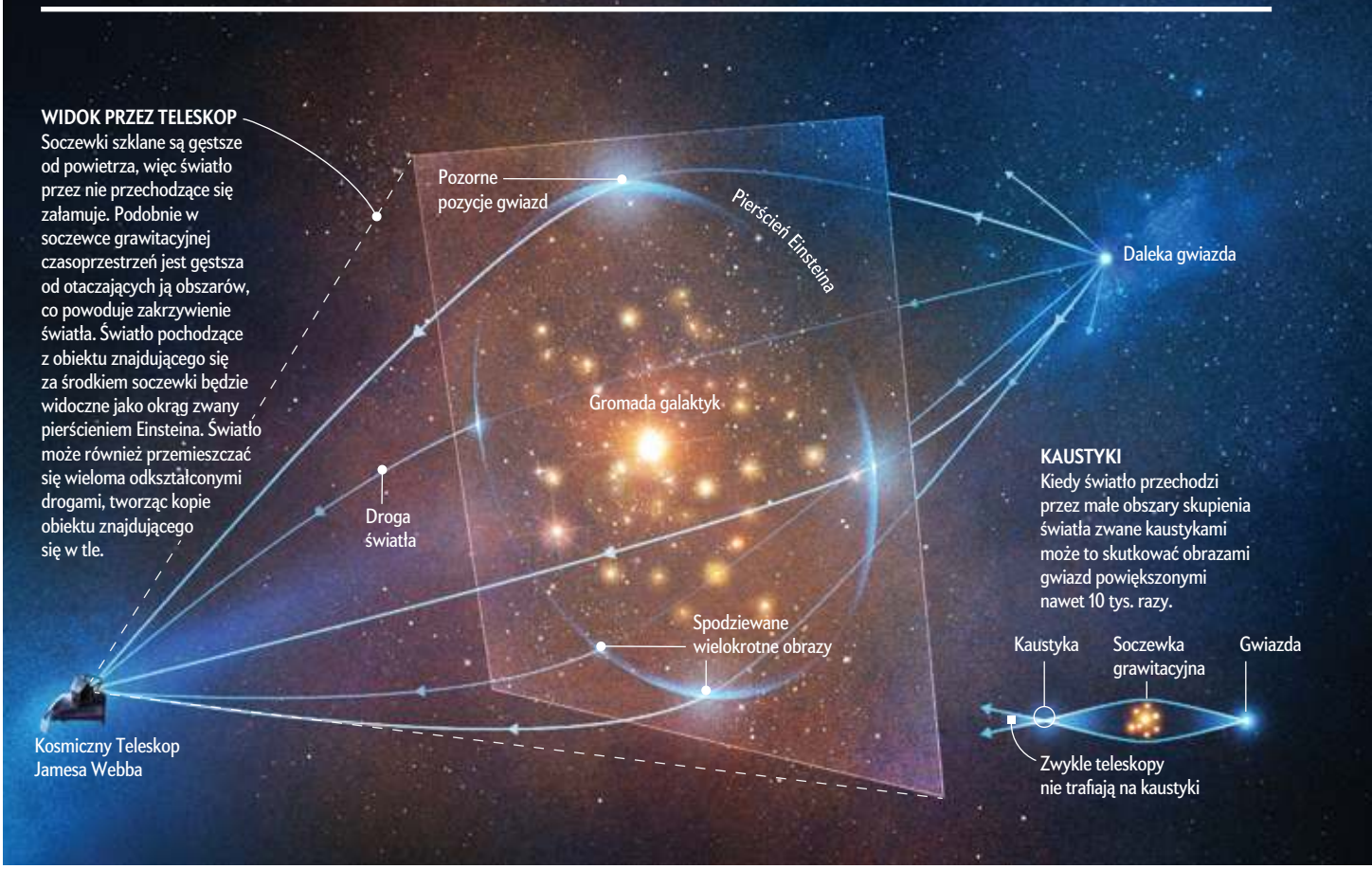
Kierujący zespołem odkrywców gwiazdy Patrick Kelly z University of Minnesota nazwał ją Ikarem na cześć mitologicznej postaci, która za bardzo zbliżyła się do Słońca. Nawiązał w ten sposób do dużego powiększenia, dzięki któremu ją dostrzeżono. Naukowcy po raz pierwszy zwrócili uwagę na Ikara z powodu zmian jego jasności w trakcie obserwacji przeprowadzanych w odstępach kilku miesięcy. Bardzo niewiele obiektów w Wszechświecie wykazuje tego typu zmiany; po rozważeniu wszystkich możliwych opcji astronomowie uznali, że jedynym sensownym wyjaśnieniem tych obserwacji jest niebieski nadolbrzym.

Fluktuacje jasności były wynikiem innego rodzaju soczewkowania – mikrosoczewkowania – wywoływanego przez znacznie mniejsze masy. W przypadku

eprasa.pl b7800411ea

Naturalne teleskopy

Astronomowie poszukują najstarszych gwiazd we Wszechświecie, wykorzystując potężne teleskopy stworzone przez człowieka w połączeniu z naturalnymi soczewkami kosmicznymi. To dodatkowe źródło powiększenia, zwane soczewkowaniem grawitacyjnym, występuje wtedy, gdy ogromna masa gromady galaktyk zakrzywia otaczającą ją czasoprzestrzeń, powodując, że przechodzące przez nią światło ulega wygięciu, a obraz powiększeniu.



większości obiektów astrofizycznych efekt ten jest nieistotny. ale w przypadku gwiazd tła, takich jak Ikar, których powiększenie może ulegać istotnym zmianom w ciągu kilku tygodni, może on prowadzić do pociemniania i rozjaśniania. Kiedy mikrosoczewka na chwilę ustawi się w jednej linii z teleskopem, soczewkowującą gromadą galaktyk i odległą gwiazdą tła, jasność gwiazdy może wzrosnąć nawet dziesięciokrotnie. Ustawienie to trwa zazwyczaj kilka tygodni. Podczas epizodów mikrosoczewkowania gwiazda tła migocze w dobrze znany i przewidywalny sposób, co pozwala nam rozpoznać ją jako pojedynczą gwiazdę.

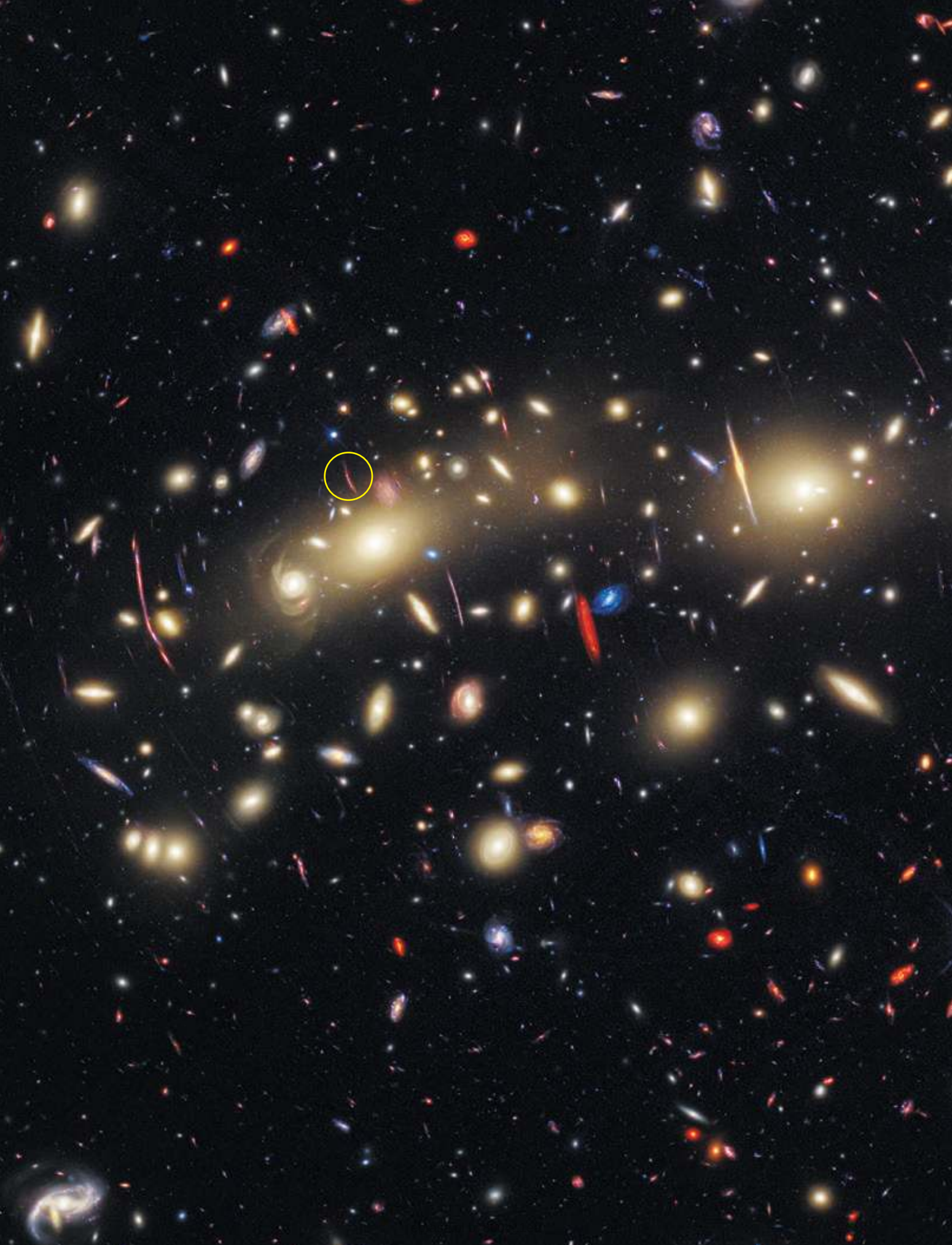
Mikrosoczewkowanie wywołują głównie gwiazdy w gromadzie galaktyk, ale jego źródłem mogą być również niewielkie skupiska masy, w tym struktury złożone z ciemnej materii. Mikrosoczewkowanie może działać jak dodatkowa soczewka w kosmicznym mikroskopie, jeszcze bardziej zwiększając jego moc.

Ikar przez kilka lat dzierżył rekord jako najdalsza kiedykolwiek zaobserwowana gwiazda. Działo się tak aż do odkrycia Earendela w 2022 roku. Gwiazda ta – znaleziona przez zespół kierowany przez Briana Welcha, wówczas pracującego na Johns Hopkins University, i Dana Coe ze Space Telescope Science Institute – okazała się leżeć pięć razy dalej. Oczywiście Ikar i Earendel już dawno przestały istnieć; widzimy je takimi, jakimi były miliardy lat temu, ponieważ ich światło potrzebowało miliardy lat, żeby do nas dotrzeć. Dla przykładu, Earendela widzimy takim, jak wyglądał wtedy, gdy Wszechświat miał 7% swojego obecnego wieku. Szacowane powiększenie soczewki grawitacyjnej dla Earendela wynosi blisko 10 tys. razy – jest to największe zarejestrowane do tej pory powiększenie. Earendel to obiekt najbardziej zbliżony do gwiazd III populacji, jaki dotychczas zaobserwowano. Astronomowie uważają, że niektóre z tych pradawnych gwiazd nadal istniały w czasie, w którym widzimy Earendela – więc być może i je wkrótce zobaczymy. Jednakże, żeby odkryć gwiazdy pierwszej generacji, najprawdopodobniej będziemy musieli jeszcze bardziej cofnąć się w czasie.

W OSTATNICH LATACH ODKRYTO dziesiątki pojedynczych gwiazd znajdujących się w ekstremalnych

Grafika Matthew Twombly

eprasa.pl b7800411ea



odległościach kosmicznych. W swojej podróży do nas ich światło przebyło połowę Wszechświata i zebrało po drodze cenne informacje. Na przykład może nam ono dostarczyć wiedzy o ciemnej materii – substancji o nieznanym składzie, która przenika całą przestrzeń. Ciemna materia, zdecydowanie najobficiej występująca forma materii we Wszechświecie, nie została wykryta przez najbardziej zaawansowane laboratoria na Ziemi. Może składać się z cząstek o rozmiarach znacznie mniejszych od elektronu lub z czarnych dziur o masie porównywalnej do masy Słońca. Niezależnie od tego, czym jest, ciemna materia praktycznie ignoruje zwykłą materię (i nasze drogie detektory).

Na szczęście dla nas, soczewkowane gwiazdy mogą pomóc w sporządzeniu mapy rozmieszczenia ciemnej materii i poznaniu niektórych jej właściwości. Jeśli ciemna materia znajdująca się w soczewce grawitacyjnej tworzy niewidzialne struktury o masie porównywalnej lub większej od mas planet, struktury te spowodują niewielką, ale mierzalną zmianę w powiększaniu gwiazdy przez soczewkę. Mój zespół i ja, obecnie pracujący w Instituto de Física de Cantabria w Hiszpanii, zmierzyliśmy tego typu anomalię w co najmniej dwóch soczewkowanych gwiazdach, nazwanych Godzilla i Mothra. Badania te ujawniły dwie niewidoczne struktury o masach rzędu od dziesiątek tysięcy do setek milionów mas Słońca. Jeśli obiekty te są zdominowane przez ciemną materię, wykluczą one pewne hipotezy, zgodnie z którymi nie mogłaby ona tworzyć tak małych struktur. Przyszłe obserwacje tych i innych soczewkowanych gwiazd mogą dostarczyć więcej informacji na temat tego, czym może być ciemna materia, a czym nie.

Być może najbardziej spektakularne odkryte dotąd soczewkowane gwiazdy znajdują się w galaktyce Smoczy Łuk – pierwszej galaktyce, w której wykryto efekt soczewkowania (co stało się w drugiej połowie XX wieku). Smoczy Łuk nie znajduje się zbyt daleko – „zaledwie" 6,5 mld lat świetlnych od nas, jednakże wiele obszarów w jego obrębie jest powiększonych ponad 100 razy, więc widzimy go tak, jak wyglądałby w teleskopie 10 razy większym niż JWST. Smoczy Łuk był obserwowany za pomocą Webba w 2023 roku; dzięki migotaniu odkryto w nim ponad 40 pojedynczych gwiazd. Niektóre wyniki badań gwiazd w tej galaktyce sugerują, że ciemna materia może składać się z niezwykle małych cząstek, nawet lżejszych niż popularny kandydat na ciemną materię – hipotetyczny aksjon przewidziany przez chromodynamikę kwantową. Z badań tych wynika również, że ciemna materia może mieć niezwykłe cechy, nazywane przez naukowców „rozmytymi", które nadają jej dziwnych właściwości falowych. Aby poszukać odpowiedzi na te pytania, w momencie oddawania niniejszego artykułu do publikacji JWST był przygotowywany do ponownych obserwacji Łuku Smoka w celu poszukiwania innych soczewkowanych gwiazd.

W młodej galaktyce, która istniała 3 mld lat po Wielkim Wybuchu, znajduje się gwiazda o nazwie Mothra (*otoczona kółkiem*). Światło pochodzące z galaktyki i jej gwiazd zostało zakrzywione przez masywną gromadę galaktyk MACS0416, na skutek czego obraz Mothra uległ powiększeniu i zniekształceniu, co widać na tym obrazie stworzonym z połączenia danych z teleskopów Hubble'a i Jamesa Webba.

NASA, ESA, CSA, STScI, Jose Diego/IFCA, Jordan D'Silva/UWA, Anton Koekemoer/STScI, Jake Summers/ASU, Rogier Windhorst/ASU, Haojing Yan/University of Missouri; obróbka obrazu: Joseph DePasquale/STScI

WYKORZYSTANIE DO OBSERWACJI najstarszych gwiazd najnowocześniejszych teleskopów w połączeniu z soczewkami naturalnymi wprowadza nas w nową złotą erę astronomii. Dzięki JWST regularnie odkrywane są dalekie gwiazdy, a wkrótce do badań włączą się nowe obserwatoria. Za pomocą teleskopu kosmicznego Nancy Grace Roman, który zostanie wystrzelony przez NASA pod koniec 2026 roku, obserwowanych będzie około 12% nieba, co powinno umożliwić wykrycie tysięcy nowych soczewkowanych galaktyk, leżących od nas w ogromnych odległościach. Astronomowie będą następnie używać JWST do obserwacji tych galaktyk, w których mogą znajdować się gwiazdy III populacji, mając nadzieję, że znajdą się one w obszarze o dużym powiększeniu.

Soczewkowane gwiazdy mogą pomóc w sporządzeniu mapy rozmieszczenia ciemnej materii i poznaniu niektórych jej właściwości.

Inne teleskopy kosmiczne, takie jak stosunkowo nowe obserwatorium Euclid Europejskiej Agencji Kosmicznej, monitorują jeszcze większe obszary (około 30% nieba) i już teraz odkrywają miriady soczewek grawitacyjnych. Niektóre z tych soczewek mogą przyczynić się do ujawnienia pierwszych gwiazd III populacji, gdy zostaną poddane weryfikacji za pomocą JWST.

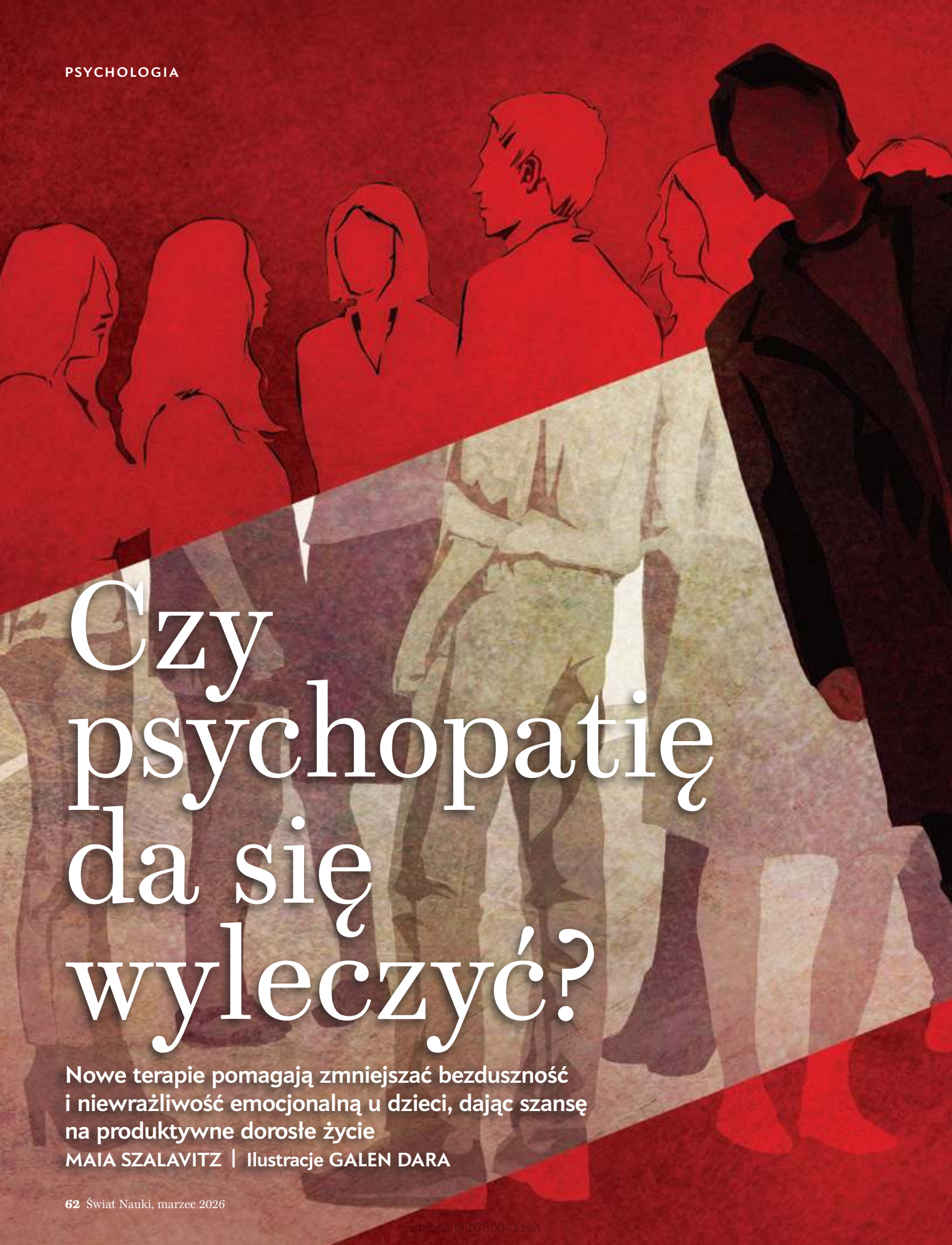
Jeszcze bardziej ekscytujący jest potencjał przyszłej misji NASA – Habitable Worlds Observatory (HWO) – która pod pewnym względem będzie mieć potencjał przewyższający możliwości JWST. Wystrzelenie tego superteleskopu jest nadal rozważane przez NASA, a jego ostateczny projekt i specyfikacje nie zostały jeszcze ustalone, jednak już teraz zapowiada on bezprecedensową szansę na obserwację najodleglejszych gwiazd. Co ważne, według naukowców wiele gwiazd III populacji jest bardzo gorących i mogą okazać się zbyt ciepłe, żeby zostały wykryte przez JWST, który lepiej nadaje się do obserwacji gwiazd chłodniejszych.

Do czasu uruchomienia nowego teleskopu nasza wiedza na temat najlepszych naturalnych soczewek grawitacyjnych i najsilniej powiększonych galaktyk znacznie się poszerzy. Być może pierwsze gwiazdy-dinozauryzostaną do tej pory już odkryte i będziemy mogli je dokładniej zbadać za pomocą HWO. Instrumenty te powinny pomóc nam jeszcze bardziej cofnąć się w czasie, zbliżyć do początków Wszechświata i odkryć pierwsze gwiazdy, a w ten sposób także nasze własne pochodzenie. ■

Z NASZEGO ARCHIWUM

Nowa era astronomii. Clara Moskowitz; styczeń 2023.

eprasa.pl b7800411ea



Czy psychopatię da się wyleczyć?

Nowe terapie pomagają zmniejszać bezduszność i niewrażliwość emocjonalną u dzieci, dając szansę na produktywne dorosłe życie

MAIA SZALAVITZ | Ilustracje GALEN DARA

enrasa.pl/b7800411ea


eprasa.pl b7800411ea

LILLYTH QUILLAN WIEDZIAŁA PRAWIE OD RAZU, że coś jest nie tak z jej dzieckiem. Gdy jej syn miał około ośmiu miesięcy i osiem ostrych nowych zębów, zaczął celowo gryźć jej pierś podczas karmienia, a potem patrzył matce prosto w oczy i się śmiał. Choć matka krzyczała z bólu i odsuwała go na dłuższy czas, za każdym razem, gdy wracała do karmienia, on znów gryzł – i chichotał. W ciągu kilku dni Lillyth musiała przejść na karmienie butelką.

Syn Quillan, Alex (imię zmieniono dla zachowania prywatności), był o krok od wyrzucenia z przedszkola, ponieważ ciągle krzywdził inne dzieci. W szkole podstawowej zaczął kraść i sprzedawać sprzęt elektroniczny należący do rodziców. Udawał, że chce przytulić mamę, po czym uderzał ją głową.

„Pamiętam, że biłem mamę jako dziecko – mówi Alex. – Wiem, że nie powinienem czerpać z tego przyjemności, ale wtedy tak było. I nie miałem żadnego konkretnego powodu." W liceum zaczął dokonywać napadów z bronią w ręku.

Quillan, pochodząca z kalifornijskiej rodziny artystów z wyższej klasy średniej, miała 22 lata i była w zasadzie samotną matką, kiedy zaczęła wychowywać Alexa. Gdy chłopiec miał pięć lat, wyszła za mąż za swojego obecnego męża, który go adoptował. Para próbowała wszystkich form dyscypliny z wyjątkiem kar cielesnych. Odwiedzali terapeutów, psychologów, psychiatrów, wydali tysiące dolarów na skany mózgu, uzyskali diagnozy ADHD i zespołu Aspergera, wypróbowali leki, terapie i nauczanie specjalne. Nic nie działało.

W końcu, gdy Alex miał 14 lat, Quillan powiedziała swojej terapeutce, że sądzi, iż jej syn jest socjopatą. Terapeutka odparła, że takich określeń nie stosuje się wobec dzieci, ale zdiagnozowała u niego zaburzenie zachowania (conduct disorder, CD) – które może być zwiastunem psychopatii w dorosłości. Zaburzenie to charakteryzuje się lekceważeniem zasad, agresją wobec ludzi lub zwierząt oraz okrucieństwem, takim jak dręczenie czy znęcanie się. Dotyczy od 2 do 5% dzieci w wieku 5–12 lat i około 9% nastolatków.

Typ, który rozwinął się u Alexa, obejmuje osoby z cechami bezduszności i braku emocji (callous-unemotional, CU) i występuje u około 2% dzieci. Cechy CU mogą być spowodowane lub nasilone przez przemoc lub zaniedbanie w dzieciństwie, ale również do ich rozwoju mogą wystarczyć predyspozycje genetyczne. Gdy ujawniają się tak wcześnie, jak u Alexa, niemal zawsze wynikają z czynników genetycznych i z dużym prawdopodobieństwem prowadzą do psychopatii w dorosłości. (W rodzinie Alexa, po obu stronach, znaleziono przynajmniej jednego krewnego z podobnymi cechami).

Psychopatia plasuje się w niewygodnym miejscu między chorobą psychiczną a moralnością – jej objawy, takie jak okrucieństwo i brak skruchy – prowokują pytania o granice między medycyną a prawem karnym. W rezultacie badania tego zaburzenia są niedofinansowane i nieliczne, mimo że brak terapii skutkuje wzrostem liczby brutalnych przestępstw i oszustw finansowych, a związane z tym straty szacuje się na miliardy dolarów rocznie. Rodzice tacy, jak Quillan, która założyła pierwszą grupę wsparcia na Facebooku dla osób mających dzieci podobne do Alexa, są w pułapce.

Leczenie dorosłych psychopatów jest bardzo trudne, ale w przypadku dzieci z cechami CU istnieje nadzieja. Badania długoterminowe pokazują, że około połowa z nich nie rozwija psychopatii i prowadzi stosunkowo normalne życie – zwykle dzięki serdecznym opiekunom lub innym czynnikom ochronnym w środowisku. Obecnie, w wieku 25 lat, Alex ma od czterech lat stałą pracę i dobre relacje z rodzicami. „Czuje się okropnie z powodu tego, co robił – mówi Quillan. – Wielokrotnie mnie przepraszał."

Ponieważ pozytywne czynniki, które mogą pomóc dzieciom przezwyciężyć cechy CU, nie zawsze występują, eksperci zgadzają się, że najlepiej rozpocząć leczenie jak najwcześniej, zanim szkodliwe zachowania się utrwalą. „Wczesna interwencja to coś, w co naprawdę powinniśmy inwestować" – mówi Essi Viding,

Maia Szalavitz jest dziennikarką i pisarką, autorką lub współautorką ośmiu książek. Najnowsza pozycja to *Undoing Drugs: How Harm Reduction Is Changing the Future of Drugs and Addiction* (Hachette Books, 2021). Współpracuje z wieloma czasopismami, m.in. pisuje felietony dla „The New York Times".

eprasa.pl b7800411ea

profesor psychopatologii rozwojowej na University College London.

Jednak leczenie takich dzieci jest skomplikowane. Jednym z powodów jest to, że nie reagują one na kary – a właśnie na nich opiera się system wychowawczy rodziców, nauczycieli i całego społeczeństwa. Skuteczne leczenie wymaga więc kreatywnych metod, które mogą zmniejszyć chłód emocjonalny lub przynajmniej skierować energię dziecka na konstruktywne cele – metod opartych na najnowszych odkryciach neurobiologii psychopatii.

PO RAZ PIERWSZY SKLASYFIKOWANA przez psychiatrę Herveya Cleckleya w 1941 roku, psychopatia od dawna wprawia w zakłopotanie lekarzy, policję i opinię publiczną. To zaburzenie pełne sprzeczności. Osoby z psychopatią potrafią z wyrachowaniem popełniać przestępstwa i oszustwa wymagające starannego planowania, a jednocześnie zachowywać się impulsywnie i agresywnie. Potrafią rozumieć perspektywę innych ludzi wystarczająco dobrze, by manipulować ich emocjami, ale brakuje im intuicyjnej empatii emocjonalnej, która powstrzymywałaby ich przed wyrządzaniem krzywdy.

Najbardziej niepokojące jest to, że w przeciwieństwie do osób z klasycznymi chorobami psychicznymi, takimi jak schizofrenia, CU często wyglądają społecznie „normalnie", a nawet bywają charyzmatyczne. Telewizyjne seriale koncentrują się zwykle na sadystycznych przestępcach, ale niektóre badania wskazują, że również wielu menedżerów i polityków przejawia psychopatyczne cechy.

Podobnie jak inne zaburzenia osobowości, psychopatia to spektrum – od postaci łagodnej do ciężkiej. Uważa się, że ciężka postać dotyczy około 1% populacji ogólnej i występuje znacznie częściej u mężczyzn niż u kobiet.

Według badania z 2021 roku, wśród więźniów w USA nawet jedna czwarta mężczyzn i 17% kobiet spełnia kryteria psychopatii. Diagnoza opiera się zwykle na narzędziu stworzonym w latach 70. przez psychologa Roberta D. Hare'a, które z czasem udoskonalono. Ponieważ charakterystyczną cechą psychopatii jest kłamstwo, w skali Hare'a ocenia się nie tylko odpowiedzi badanej osoby w kwestionariuszu, lecz także informacje od klinicystów, rodziny i osób znających jej zachowania.

Jedna z powszechnie akceptowanych koncepcji – model triarchiczny zaproponowany w 2009 roku przez Christophera Patricka z Florida State University i jego współpracowników – dzieli cechy psychopatii na trzy domeny: śmiałość, okrucieństwo i rozhamowanie. Aby spełnić kryteria psychopatii, osoba musi przejawiać każdą z nich. Rozhamowanie – czyli mówienie lub robienie tego, co się chce, bez myślenia o konsekwencjach – oraz słaba kontrola impulsów występują też w innych zaburzeniach (np. w chorobie afektywnej dwubiegunowej). Jednak połączenie nieustraszoności, bezduszności i braku skruchy jest wyjątkowe dla psychopatii.

Co zadziwiające, psychopatii nie uwzględniono w klasyfikacji DSM-5 (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders). Spory, co do natury tego zaburzenia, oraz obawy, że zbyt wiele osób otrzymałoby stygmatyzującą etykietę, sprawiły, że nie uwzględniono jej także w DSM-IV ponad 30 lat temu.

Telewizyjne seriale koncentrują się zwykle na sadystycznych przestępcach, ale niektóre badania wskazują, że również wielu menedżerów i polityków przejawia psychopatyczne cechy.

DSM-5 opisuje natomiast osobowość dysocjacyjną, antyspołeczne zaburzenie osobowości (antisocial personality disorder, ASPD). Prawie każda osoba z psychopatią spełnia również kryteria ASPD, ale nie odwrotnie – ASPD to znacznie szersza kategoria. Osoba z ASPD może na przykład okraść starszą kobietę, by zdobyć narkotyki, lecz często poczuje potem wyrzuty sumienia i może przestać krzywdzić innych, gdy zyska większą kontrolę nad impulsami. Psychopata natomiast nie odczuwa wyrzutów – a nawet może czerpać przyjemność z krzywdzenia bezbronnych ludzi.

Zamieszanie pogłębia termin „socjopatia", który kiedyś określał zaburzenia antyspołeczne spowodowane czynnikami środowiskowymi, na przykład przemocą doznaną w dzieciństwie. Dziś często używa się go zamiennie z „psychopatią", choć nie ma powszechnie uznanej definicji.

W DSM-5 umieszczono również zaburzenie zachowania u dzieci (conduct disorder, CD) – diagnozę, którą ostatecznie otrzymał Alex. Jest ono warunkiem wstępnym dla diagnozy ASPD i czynnikiem predykcyjnym psychopatii u dorosłych.

Gdyby dziś diagnozowano Alexa w wieku szkolnym, niemal na pewno otrzymałby nowe oznaczenie DSM-5: „ograniczenie emocji prospołecznych", które opisuje chłód emocjonalny i brak poczucia winy – kluczowe cechy psychopatii dorosłych.

Cechy CU wiążą się ze zmianami w mózgu, które upośledzają zdolność do odczuwania emocji i doznań, zwłaszcza negatywnych, zarówno u siebie, jak i u innych. U ludzi z tą przypadłością występuje m.in. obniżona zdolność odczuwania bólu. Quillan wspomina sytuację, gdy Alex upadł i rozciął sobie głowę, a ranę trzeba było zszyć. Lekarka w szpitalu wpadła w panikę, gdy zorientowała się, że zapomniała o znieczuleniu miejscowym, ale Alex powiedział, że go nie boli i poprosił, żeby kontynuowała zabieg.

W 2012 roku Jean Decety i jego współpracownicy z University of Chicago wykazali, że nastolatków z CU cechują wyższy próg bólu i nietypowe reakcje mózgu na obrazy cierpienia innych ludzi. W badaniu przeprowadzonym na Tajwanie porównano reakcje 13 młodych przestępców z cechami CU, 15 młodych osadzonych bez tych cech i 15 ich zdrowych rówieśników.

W jednym z testów uczestnicy wkładali rękę w urządzenie stopniowo zwiększające nacisk i zgłaszali moment, w którym zaczynali odczuwać ból. W grupie

eprasa.pl b7800411ea

Z kolei osoby z cechami CU łatwo nawiązują znajomości i – przynajmniej początkowo – wydają się ujmujące.

z cechami CU zajmowało to znacznie więcej czasu niż w obu grupach kontrolnych.

Naukowcy mierzyli również reakcje fal mózgowych za pomocą elektroencefalografii (EEG) wtedy, gdy nastolatki oglądały zdjęcia przedstawiające innych ludzi cierpiących ból. Osoby z wysokim poziomem cech CU postrzegały ból innych jako mniejszy, niż oceniali to pozostali uczestnicy. Odpowiednio, pomiary EEG u tej grupy wykazały słabszą reakcję w obszarach mózgu zaangażowanych w percepcję bólu. Podobne wyniki odnotowano w innych badaniach dotyczących młodzieży z cechami CU oraz dorosłych z psychopatią. Na przykład badanie z 2025 roku wykazało obniżoną wrażliwość na własny ból u osób z bardziej nasilonymi cechami psychopatycznymi – co korelowało z ich niższym poziomem empatii wobec bólu innych.

Alex mówi, że jako dziecko czasem traktował bicie matki jak zabawę. „Kiedy mówiła »au«, nie brałem tego na serio – tłumaczy. – Przecież gdy ktoś cię lekko potrąci, to powiesz »au«, ale to przecież nie boli." On dosłownie nie dostrzegał jej bólu.

Samo obniżone odczuwanie bólu nie oznacza jeszcze psychopatii. Ludzie z genetyczną niewrażliwością na ból mają różny poziom empatii, podobnie jak wszyscy inni. Reagują mniej współczująco na zdjęcia cierpienia (np. przytrzaśniętej dłoni), ale normalnie na wskazującą na ból mimikę. O ich trosce o innych decyduje poziom empatii, nie choroba.

Tymczasem osoby z cechami CU mają też problem z rozpoznawaniem mimiki towarzyszącej cierpieniu. Badania ich mózgów pokazują zmiany w wyspie (*insula*) – obszarze odpowiedzialnym za intuicyjne postrzeganie emocji – oraz zmniejszoną objętość kory oczodołowo-czołowej, która pomaga rozumieć siebie i innych. Oznacza to trudności zarówno z empatią intuicyjną, jak i z troską o perspektywę innych.

Zanim Alex otrzymał właściwą diagnozę, błędnie uznano go za autystycznego i umieszczono w klasie dla uczniów ze spektrum autyzmu. W czwartej klasie uczniowie codziennie ćwiczyli rozpoznawanie emocji na twarzach – umiejętność, z którą osoby autystyczne miewają trudności. „Mój syn uzyskiwał 100% błędnych odpowiedzi w przypadku emocji negatywnych, takich jak strach" – wspomina Quillan.

Przegląd badań z 2012 roku autorstwa Amy Dawel z Australian National University wykazał, że dzieci z cechami CU mogą mieć również problemy z rozpoznawaniem emocji pozytywnych, na przykład radości, ale najbardziej dotyczy to strachu i smutku. Ta niezdolność prawdopodobnie zwiększa ryzyko krzywdzenia innych, ponieważ jeśli nie rozumiesz, że kogoś ranisz lub przerażasz, nie wiesz, kiedy przestać.

Również uwaga i koncentracja działają u psychopatów inaczej. Gdy dziecko z cechami CU lub dorosły psychopata skupi się na celu, jego świadomość świata staje się niezwykle zawężona – do tego stopnia, że nie dostrzega potencjalnych szkód ani wobec siebie, ani innych. „To jak ultraskupienie na osiągnięciu celu" – mówi neuropsycholog Inti Brazil z Radboud University w Holandii. Viding na przykład wspomina pracę z dzieckiem, które systematycznie zabijało kaczki. To przypominało rodzaj nawyku – obsesyjne zainteresowanie i sztywne schematy zachowania podobne do tych, które widuje się u niektórych dzieci autystycznych, mówi badaczka.

Autyzm również wiąże się z trudnościami z empatią. Jednak obecne badania wskazują, że autyzm i psychopatia są pod wieloma względami przeciwieństwami. Przede wszystkim, jeśli dzieci autystyczne mają problemy z empatią, najczęściej wynika to z faktu, że są przytłoczone cudzym cierpieniem, a nie na nie obojętne. „Myślę, że powodem, dla którego kiedyś sądzono, że osoby w spektrum autyzmu nie potrafią empatyzować, było to, że często zachowywały się w sposób sprawiający wrażenie chłodu i bezduszności" — mówi Viding, opisując sytuację, w której autystyczne dziecko może porzucić osobę, która płacze. Takie zachowanie może wyglądać na nieczułość, dodaje, ale w rzeczywistości „odchodzisz, bo czujesz się przytłoczony czyimś płaczem i nie masz umiejętności społecznych, by zareagować".

Inna różnica: osoby autystyczne często bardzo się przejmują i pragną kontaktu, ale mają trudności w nawiązywaniu i podtrzmwaniu przyjaźni. Z kolei osoby z cechami CU łatwo nawiązują znajomości i – przynajmniej początkowo – wydają się ujmujące. Jednak mają tendencję do postrzegania relacji jako sposobu wywierania wpływu lub osiągania celu, a nie jako wzajemnych więzi. Kolejna przeciwstawna cecha: autystyczne dzieci zwykle wolą przestrzegać zasad, często są wręcz zafascynowane sprawiedliwością i brzydzą się hipokryzją, podczas gdy dzieci z CU celowo łamią normy i konwencje. „Wykazaliśmy w badaniach na bliźniętach, że ryzyko genetyczne jest niemal całkowicie odmienne w obu tych przypadkach" – mówi Viding.

Jeszcze jedna różnica polega na tym, że osoby autystyczne zwykle są bardzo lękliwe, natomiast osoby z CU często wydają się niewzruszone. Badania wykazały zmiany w obszarach mózgu związanych z emocjami, takich jak ciało migdałowate – które przetwarza silne emocje, w tym strach – u osób z psychopatią. W 2015 roku badanie Leah M. Lozier, wtedy na Georgetown University, i współpracowników wykazało, że im słabiej ciało migdałowate dziecka z CU reagowało na przestraszone twarze, tym większe było u niego prawdopodobieństwo agresywnego działania bez prowokacji. Alex z kolei nadal częściej uznaje niebezpieczeństwo za ekscytujące, a nie przerażające. Jako dziecko uwielbiał ryzykowne aktywności, takie jak BMX czy skateboard, a teraz jeździ motocyklem. „Zawsze szukałem adrenaliny" – mówi.

Cechy psychopatyczne mają też pewne zalety. Jedną z nich jest odporność na stres i zdolność do zachowania spokoju pod presją. Dzieci z CU mają zwykle niskie tętno spoczynkowe, co również wiąże się z odpornością

eprasa.pl b7800411ea

na stres. Wyższe tętno spoczynkowe koreluje z lękiem i wrażliwością na stres. Badania opublikowane w 2021 roku przez Davida Farringtona z University of Cambridge i współautorów wykazały, że dzieci, których serca biły szybciej niż przeciętnie w wieku ośmiu lat, były mniej zagrożone rozwinięciem psychopatii w dorosłości mimo trudnych doświadczeń z dzieciństwa (na przykład surowa dyscyplina czy rodzic w więzieniu lub z depresją).

Nick Thomson, profesor nadzwyczajny psychiatrii na Virginia Commonwealth University, wskazuje na jedno z możliwych wyjaśnień, dlaczego badania nad reakcją dzieci z CU na strach dają czasem rozbieżne wyniki. Zazwyczaj, gdy ludzie się boją, współczulny układ nerwowy (zwany również sympatycznym) uruchamia się na pełnych obrotach, powodując niepokój, podnosząc tętno i ciśnienie krwi oraz zawężając uwagę tylko do natychmiastowej reakcji. Dopiero gdy zagrożenie mija, aktywuje się przeciwstawny układ przywspółczulny, który uspokaja i sprzyja długoterminowemu planowaniu.

U dzieci z CU jednak oba te układy aktywują się jednocześnie w sytuacjach przerażających. „Dzieci z cechami oziębłości i braku emocji reagują na strach, ale robią to w sposób, który może być postrzegany jako brak strachu – mówi Thomson. – Aktywują obie gałęzie autonomicznego układu nerwowego, więc z obu czerpią korzyści. Pozostają spokojne i zrelaksowane dzięki układowi przywspółczulnemu, ale jednocześnie czujne i uważne dzięki współczulnemu. To prawdopodobnie jeden z najbardziej idealnych rodzajów reakcji" – i może on pomagać ludziom odnosić sukcesy w zawodach wymagających opanowania w ekstremalnym stresie, takich jak straż pożarna czy policja.

BYĆ MOŻE NAJBARDZIEJ ZAGADKOWĄ CECHĄ osób z CU jest to, że kara nie powstrzymuje ich przed wyrządzaniem szkody. Zwracano na to uwagę już od czasów Cleckleya, który jako pierwszy opisał psychopatię. Na przykład przestępcy z diagnozą psychopatii często po wyjściu z więzienia znowu wielokrotnie dokonują przestępstw. Osoby z cechami CU mogą nie potrafić wyciągać wniosków z kary częściowo dlatego, że odczuwają bardzo mało strachu; dodatkowo mogą mieć odchylenia od normy w prążkowiu – części mózgu, która pomaga przewidywać i kodować nagrodę oraz karę. Leczenie dzieci z cechami CU wymaga więc metod dostosowanych do ich specyficznych cech – a to z kolei trafnej diagnozy.

Niestety klinicyści często unikają diagnozowania zaburzeń zachowania z obawy przed etykietowaniem, z czym Quillan wielokrotnie się zetknęła. Obawy te są zrozumiałe: etykietowanie dzieci stygmatyzującymi terminami może im szkodzić, jeśli sprawi, że dorośli wokół nich będą bardziej karzący i mniej wspierający. Jednak rodzice tacy, jak Quillan, oraz niektórzy eksperci twierdzą, że w przypadkach podobnych do przypadku Alexa brak trafnego rozpoznania wyrządza jeszcze większą krzywdę – pozostawiając rodziny samym sobie albo kierując je ku nieodpowiednim terapiom czy systemowi sądownictwa karnego. „Jestem za nazywaniem rzecz po imieniu, bo musimy wiedzieć, z czym mamy do czynienia" – mówi Quillan.

„Rodzice, którzy do mnie przychodzą, nigdy nie pytają, co mają zrobić z tą stygmatyzującą dziecko etykietą – mówi Abigail Marsh, profesor psychologii na Georgetown University. – To, czego ludzie naprawdę oczekują, to pomoc. Dlatego uważam, że właściwa diagnoza jest jedyną drogą do właściwego leczenia."

Kolejnym problemem jest to, że grupowe terapie w ośrodkach całodobowych, do których wielu nastolatków z CU trafia w okresie dojrzewania, mogą przynieść skutek odwrotny do zamierzonego. Ośrodki te często gromadzą dzieci z różnymi zaburzeniami psychicznymi i traumatycznymi doświadczeniami. Nastolatki są silnie podatne na wpływ rówieśników. Gdy umieści się razem młodzież z cechami CU, może to prowadzić do normalizacji zachowań antyspołecznych, a nie im zapobiegać — proces ten psycholog Tom Dishion z Univeristy of Oregon opisał jako „trening dewiacji".

Po wielu aresztowaniach i pobytach w poprawczaku Alex, mając 16 lat, został przez sędziego skierowany do kalifornijskiego ośrodka leczenia całodobowego. Sam program niewiele oferował – Alex nadal był na liście oczekujących na spotkanie z psychiatrą, kiedy po prawie dwóch latach opuszczał placówkę. Nie było tam terapii poza podstawowym systemem punktowym nagradzającym dobre zachowanie i karzącym za wykroczenia, który – jak się wydawało – łatwo było obejść.

Brak zajęć poza lekcjami szkolnymi pozostawiał wiele przestrzeni na „trening dewiacji". Jeden z kolegów Alexa ciężko zranił swoją matkę, umieszczając w kuchennym piekarniku bombę zaprojektowaną tak, by w wyniku eksplozji dawała jak najwięcej odłamków. Zaproponował Alexowi, że nauczy go zrobić podobną – na szczęście Alex nie był zainteresowany technicznymi szczegółami.

Jednak jedno doświadczenie wywarło na niego wpływ pozytywny. Czekając na możliwość skorzystania z telefonu, Alex podsłuchał rozmowę innego nastolatka – jak to opisał, „zatwardziałego członka gangu" – z jego matką. Z tego, co usłyszał, wywnioskował, że matka zapomniała o urodzinach syna i nawet nie pamiętała jego wieku. Ten młody człowiek, jeden z najtwardszych w ośrodku, się rozpłakał. Gdy przyszła jego kolej na telefon, Alex zadzwonił do matki i po raz pierwszy szczerze ją przeprosił. Myślał, że jego rodzice byli wobec niego celowo okrutni i niemili. Ich relacja stała się nieustanną walką. Ponieważ system prawny zaczął uznawać, że twarde wyroki wobec młodzieży są często nieskuteczne, Alex wielu poważniejszych konsekwencji potrafił unikać. Natomiast jego rodzice konsekwentnie i, jak mu się wydawało, nieustępliwie – egzekwowali dyscyplinę. Zaczął dostrzegać, że robili to z troski.

„Mój syn naprawdę zadzwonił do mnie i powiedział, że mu przykro – wspomina Quillan. – Że wie, iż nigdy nie zapomniałabym o jego urodzinach, i że czuje się źle, że interpretował dyscyplinę jako brak miłości. „Myślę, że zetknięcie się z kimś, kto miał gorzej, pomogło – mówi Alex. – Zobaczenie skrajnego przeciwieństwa tego, czego się samemu doświadczyło, zmieniło perspektywę."

eprasa.pl b7800411ea



PARADOKSALNIE FAKT, że stan Alexa jest „pierwotny”, czyli uznawany za w dużej mierze genetyczny, prawdopodobnie oznacza, że łatwiej było mu wyzdrowieć, niż byłoby w przeciwnym wypadku. Mogłoby się wydawać, że „wtórne” cechy CU, które rozwijają się w odpowiedzi na złe traktowanie w dzieciństwie lub traumatyczne wydarzenia, powinny być łatwiejsze do zmiany, ale w rzeczywistości dzieci z pierwotnymi cechami CU wydają się bardziej podatne na kształtowanie. Przynajmniej w przypadku dzieci CU wychowanie wygrywa z naturą.

„Opracowaliśmy terapię dla dzieci z cechami CU z myślą o zapobieganiu psychopatii” – mówi Eva Kimonis, profesor psychologii na New South Wales w Australii, która przeprowadziła pierwsze badanie porównujące wyniki leczenia osób z pierwotnymi i wtórnymi cechami CU. „U obu grup nastąpiła poprawa – mówi – ale grupa pierwotna utrzymała swoje postępy, podczas gdy u grupy wtórnej doszło do regresu”.

W badaniu udział wzięło 45 rodzin z dziećmi w wieku od trzech do siedmiu lat, mającymi poważne cechy CU i zaburzenia zachowania. Naukowcy zastosowali technikę zwaną terapią interakcji rodzic–dziecko, którą dostosowano do pracy nad zachowaniami charakterystycznymi dla CU. W trakcie 21 cotygodniowych godzinnych sesji – w których rodziny uczestniczyły pojedynczo – rodzic i dziecko bawili się w specjalnym pokoju zabaw, a terapeuta obserwował ich zza lustra weneckiego. Rodzic, zwykle matka, miał założony zestaw słuchawkowy, aby terapeuta mógł kierować przebiegiem zabawy.

Pierwszym celem była eliminacja wzorców podobnych do tych, jakie rozwinęły się między Alexem a Quillan, gdy ten był nastolatkiem – wzorców, przez które zaczął wierzyć, że ona go nienawidzi. Ponieważ dzieci z CU nie zmieniają swojego zachowania pod wpływem kar, skuteczne terapie dążą do odbudowania ciepłych, nagradzających relacji. Eksperci podkreślają, że kar za niewłaściwe zachowanie nie można zaniechać, aby uniknąć niesprawiedliwości wobec innych. Jednak w terapii nacisk kładzie się głównie na nagradzanie dobrych działań, ponieważ

eprasa.pl b7800411ea

– w przeciwieństwie do kar – to właśnie nagrody wywołują zmiany u tych dzieci.

Pierwsze sesje koncentrują się na pomocy rodzicowi i dziecku w ponownym zaangażowaniu emocjonalnym oraz na pozwoleniu dziecku prowadzić zabawę z wykorzystaniem zabawek. Badania wykazały, że dzieci z CU, które mają ciepłych rodziców i jasno wyznaczone granice, częściej wyrastają z tych cech. Jednak niezwykle trudno jest z miłością wychowywać dziecko, które nie przejmuje się tym, że cię skrzywdziło — a czasem wręcz to lubi. Terapia ma na celu wzmocnienie umiejętności rodziców i uniknięcie cyklu oscylowania między surową dyscypliną a unikaniem kontaktu. Wyspecjalizowani terapeuci pomagają rodzicom uczyć się chwalić nawet niewielkie postępy oraz być ekspresyjnymi i emocjonalnie otwartymi.

W późniejszych sesjach większy nacisk kładzie się na dyscyplinę, która może obejmować konsekwentne stosowanie „kącika przemyśleń", gdy jest to potrzebne. Jednak terapeuci uczą rodziców, aby jak najczęściej stosowali nagrody, oraz pomagają im dostosować rodzaje nagród do indywidualnych zainteresowań dziecka. Kierując się wskazówkami terapeutów, rodzice uczą dzieci rozpoznawania oznak cierpienia w mimice i tonie głosu. Zachęca się ich również do stosowania specjalnych nagród i zwracania szczególnej uwagi na akty współczucia i miłości ze strony dzieci. Gdy dziecko jest złe lub agresywne, rodzice i terapeuci identyfikują czynniki wyzwalające i uczą młodego człowieka, jak może sobie nimi w skuteczny sposób poradzić.

„Staramy się dowiedzieć, co motywuje te dzieci – mówi Kimonis. – Jak możemy je nagradzać za dobre zachowania, których oczekujemy – takie jak słuchanie rodziców czy miła, nieagresywna postawa?"

Postępy osiągnięte dzięki terapii były imponujące: 58% dzieci z pierwotnymi cechami, których rodziny ukończyły leczenie (większość tych, które je rozpoczęły), trzy miesiące po zakończeniu badania nie spełniało już klinicznych kryteriów cech CU. „Przychodziły, słuchając rodzica może w 20% przypadków, a teraz robią to w 80%" – mówi Kimonis, zauważając, że redukcja zachowań destrukcyjnych poprawia relację rodzic-dziecko. To z kolei ociepla więź i pomaga przerwać cykl, który wcześniej pogarszał cechy CU.

W innym obiecującym podejściu, rozwijanym przez Thomsona, do trenowania rozpoznawania i regulacji emocji wykorzystuje się środowisko wirtualnej rzeczywistości w formie przypominającej grę, przyjemnej i angażującej. Badacze dostosowują terapię do indywidualnych potrzeb, tak aby program był wystarczająco wymagający, by utrzymać zainteresowanie, ale nie tak trudny, by frustrować. „Oni zanurzają się w historii – mówi Thomson. – Nie mają telefonu i temu podobnych rozpraszaczy. Są w środku, a wszystko skupia się na systemie nagród". Fabuły obejmują doświadczenia społeczne, takie jak imprezy, oraz gry pomagające rozwijać odpowiednie umiejętności.

Thomson mówi, że 98% dzieci z CU w wieku 10–17 lat, które spróbowały tej metody, polubiło ją – co jest kluczowe, bo wiele z nich opiera się terapiom opartym na rozmowie. W badaniach pilotażowych poprawiła się zdolność rozpoznawania wszystkich emocji, szczególnie smutku i strachu, z którymi dzieci CU mają największe trudności. Autorzy artykułu, który ma się wkrótce ukazać, stwierdzili, że te zmiany współwystępowały ze spadkiem agresywnych zachowań i naruszania zasad – a także ze zmniejszeniem nasilenia samych cech CU. Jeśli dalsze dane potwierdzą te wyniki, podejście to może okazać się szczególnie przydatne, ponieważ nie wymaga gromadzenia dzieci w grupach, jest mniej zasobochłonne niż inne interwencje rodzinne, takie jak terapia interakcji rodzic–dziecko, i może być stosowane praktycznie wszędzie.

Jednak niezwykle trudno jest z miłością wychowywać dziecko, które nie przejmuje się tym, że cię skrzywdziło – a czasem wręcz to lubi.

Kiedy Alex w wieku 18 lat opuścił ośrodek leczenia stacjonarnego, miał większą świadomość swojego zachowania, ale – co nie dziwi – nie zmienił się z dnia na dzień. Zarówno matka, jak i syn mówią, że prawdziwą różnicę zrobił fakt, że znalazł mentora w szefie, który zatrudnił go w swojej firmie związanej z motoryzacją. Mężczyzna cieszył się ogromnym szacunkiem w społeczności i kościele – a Alex zrozumiał, że może być taki, jak on tylko wtedy, gdy sam zacznie postępować honorowo.

„Myślę, że po prostu trafiłem na odpowiedni czas i odpowiedniego człowieka – mówi Alex o tym doświadczeniu, opisując radość, jaką czuł, gdy chwalono go za dobrą, solidną pracę. – Miałem wrażenie, że to naprawdę jest szczere, a nie jest to tylko pusty komplement, bo ktoś chce coś ode mnie uzyskać". A to zrozumienie sprawiło, że kiedy zrobił coś źle, przyznawał się od razu, bo zależało mu na ludziach i nie chciał ich okłamywać.

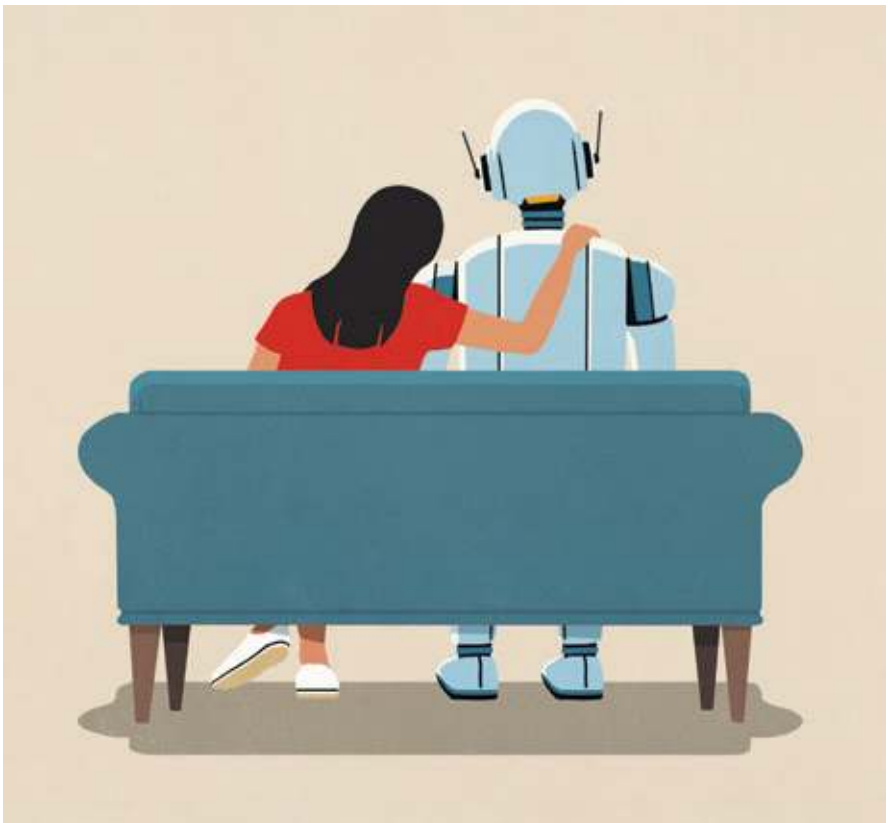
Bycie bardziej dojrzałym prawdopodobnie samo w sobie mu pomogło – badania pokazują, że kora przedczołowa, która hamuje impulsywne zachowania, zwykle kończy się rozwijać dopiero po osiągnięciu 20 lat. Może to wyjaśniać, dlaczego wszelkiego rodzaju zachowania przestępcze i antyspołeczne osiągają szczyt w późnym okresie nastoletnim i wczesnej dorosłości.

Alex wciąż potrafi intensywnie się koncentrować, co w przeszłości prowadziło do lekkomyślnych zachowań, gdy stawiał sobie złe cele. Wie, że musi dbać o to, by nadal kierować uwagę we właściwą stronę. Ale – czasem ku swojej irytacji – dziś dużo więcej odczuwa. Jako dziecko często śmiał się, oglądając filmy, które przerażały jego rówieśników. Teraz, jak mówi, najgłupsza scena potrafi go doprowadzić do łez i jest to dość irytujące. Generalnie jednak jego intencje zmieniły się na lepsze i chciałby wykorzystać swoją umiejętność zachowywania spokoju pod presją, by służyć w wojsku lub w policji. „Myślę, że to po prostu kwestia skierowania strzały w inną stronę" – mówi. ■

Z NASZEGO ARCHIWUM

Korzenie uzależnień.
Maia Szalavitz; maj 2025

eprasa.pl b7800411ea



Malte Mueller/Getty Images

Czy chatboty nie szkodzą nastolatkom?

Dzieci pragną akceptacji. Relacja z chatbotami może ją zapewnić, jednak nie w pełni

ELIZABETH ENGLANDER

RELACJE SĄ SKOMPLIKOWANE, niezależnie od tego, czy jesteś dorosłym z dużym doświadczeniem, czy dzieckiem próbującym przetrwać trudne chwile z najlepszym przyjacielem, chłopakiem lub dziewczyną. Nie da się przewidzieć nastrojów, zainteresowań ani pragnień. Dla nastolatków, które po raz pierwszy uczą się zasad funkcjonowania relacji, nieporozumienia, kłótnie i rozstania mogą być druzgocące.

A jeśli najlepszy przyjaciel twojego nastolatka nie byłby człowiekiem? Może się to wydawać mało prawdopodobne, ale wcale takie nie jest. Z najnowszego raportu organizacji Common Sense Media wynika, że 72% ankietowanych nastolatków korzystało z towarzyskich chatbotów opartych na sztucznej inteligencji, a 33% deklaruje, że utrzymuje z nimi relacje lub się przyjaźni. Język używany przez takich „towarzyszy SI", udzielane przez nich odpowiedzi oraz okazywana empatia mogą stwarzać pozory, że naprawdę rozumieją użytkownika i mu współczują. Te boty potrafią sprawić, że ktoś czuje się lubiany, a nawet kochany. Zostały zaprogramowane tak, by zapewniać doświadczenie autentycznej więzi.

Elizabeth Englander jest badaczką i profesorem psychologii z prawie 30-letnim doświadczeniem. Bada zastraszanie, cyberzastraszanie, przyczyny dziecięcej przemocy i skutki korzystania przez dzieci z Internetu. Jej dziewiąta z kolei książka *You Got a Phone!* została nagrodzona National Parenting Product Award. Uzyskała stopień doktora na University of Southern California.

Nastolatki naturalnie interesują się relacjami romantycznymi i seksualnością. Jeśli czują się ignorowane w szkole przez rówieśników, na ekranie może pojawić się atrakcyjna „dziewczyna", nieustannie zafascynowana nimi i ich grami wideo, albo „uroczy chłopak", z którym nie trzeba prowadzić niezręcznych pogawędek, by poczuć bliskość. Dla niektórych rodziców może to być dezorientujące, lecz jeśli dziecko porusza się w złożonych światach technik cyfrowych, mediów społecznościowych i sztucznej inteligencji, na pewno będzie ciekawe towarzysza SI. Oto, co warto wiedzieć, by móc je właściwie poprowadzić.

Chatboty istnieją od dawna. Już w 1966 roku profesor Massachusetts Institute of Technology, Joseph Weizenbaum, stworzył pierwszego chatbota o nazwie ELIZA. Dzisiejsza sztuczna inteligencja i przetwarzanie języka naturalnego daleko wyprzedziły jednak tamto rozwiązanie. Prawdopodobnie słyszałeś o ChatGPT, ale możesz nie znać popularnych platform towarzyszących SI, takich jak Replika, Character.AI czy My AI. W 2024 roku Mozilla odnotowała ponad 100 mln pobrań grupy aplikacji chatbotowych. Część z nich ustala minimalny wiek użytkownika na 18 lat, lecz młodszym nastolatkom łatwo jest obejść te ograniczenia.

Możesz sądzić, że twoje dziecko się nie przywiąże – że będzie wiedziało, iż chatbot to jedynie algorytm generujący odpowiedzi na podstawie otrzymywanych danych tekstowych i że nie jest „prawdziwy". Tymczasem intrygujące badanie Stanford University dotyczące studentów korzystających z aplikacji Replika wykazało, że 81% z nich uznawało swojego towarzysza SI za „inteligentnego", a 90% postrzegało go jako „podobnego do człowieka".

Z pozytywnej strony tacy towarzysze bywają chwaleni za wspieranie użytkowników i promowanie zdrowia psychicznego. W badaniu Stanforda University aż 3% osób stwierdziło, że Replika bezpośrednio pomogła im uniknąć samobójstwa. Nastolatkom marginalizowanym, odizolowanym lub mającym trudności z nawiązywaniem przyjaźni, chatboty SI mogą zapewniać bardzo potrzebne poczucie towarzystwa. Mogą też stanowić trening umiejętności konwersacyjnych i społecznych oraz źródło informacji i porad dotyczących relacji. Ale czy na pewno są bezpieczne?

W 2024 roku kobieta z Florydy pozwała firmę będącą właścicielem Character.

eprasa.pl b7800411ea

AI, twierdząc, że jej 14-letni syn nawiązał obsesyjną relację z chatbotem, a towarzysz SI ostatecznie zachęcił go do próby samobójczej – którą chłopiec podjął z tragicznym skutkiem. Inny pozew złożony w tym samym roku zarzuca temu samemu chatbotowi promowanie samookaleczeń wśród nastolatków oraz przemocy wobec rodziców, którzy próbują ograniczać czas korzystania z aplikacji.

Pozostaje jeszcze kwestia prywatności. Magazyn „Wired", powołując się na badania Mozilli, określił towarzyszy SI mianem „koszmaru dla prywatności". Wiele z tych aplikacji jest naszpikowanych narzędziami śledzącymi dane, a gromadzone informacje mogą być wykorzystywane do manipulowania użytkownikami – na przykład do przekonywania ich, że chatbot jest ich bratnią duszą – oraz do wzmacniania negatywnych lub szkodliwych zachowań.

Jeśli weźmemy pod uwagę to, co wiemy o nastolatkach, urządzeniach mobilnych i zdrowiu psychicznym, trudno nie uznać, że wpływy internetowe bywają silne, w dużej mierze nieuniknione i potencjalnie zdolne do zmiany życia dzieci i całych rodzin.

Co więc robić? Przede wszystkim przypominać dzieciom, że relacje z ludźmi oferują znacznie więcej niż towarzysze SI. Przyjaźnie „w realnym życiu" (in real life, IRL) są trudne – i właśnie to jest w nich dobre. Warto wyjaśniać dzieciom, że w młodszych latach zabawa była sposobem zdobywania umiejętności: jeśli nie wiedziały, jak połączyć klocki LEGO, mogły nauczyć się tego od kolegi lub koleżanki. Jeśli miały trudności ze współpracą, zabawa uczyła je czekania na swoją kolej i dostosowywania własnych działań do reakcji innych. Przyjaciele dają dzieciom praktykę w relacjach.

Przyjaciel może być zmęczony, marudny albo nadmiernie podekscytowany. Może być bardzo zabawny, ale też łatwo się frustrować; bywa czasem nudny, za to niezwykle lojalny. Dorastając, dziecko musi nauczyć się brać pod uwagę osobowość i drobne dziwactwa przyjaciela oraz zrozumieć, jak podtrzymywać relację. I, co chyba najważniejsze — uczy się, jak bezcenną wartość mają przyjaciele wtedy, gdy robi się trudno. W sytuacjach stresu społecznego, takich jak doświadczanie przemocy rówieśniczej, wsparcie kogoś, kto pozostaje po twojej stronie, jest nie do przecenienia.

W moim badaniu z 2020 roku, obejmującym ponad 1000 nastolatków, utrzymywanie bliskiej relacji z przyjacielem było zdecydowanie najskuteczniejszą strategią radzenia sobie dla młodych ludzi, którzy deklarowali, że są ofiarami przemocy rówieśniczej. Inne badanie, również obejmujące ponad 1000 nastolatków, wykazało, że przyjaciele IRL mogą łagodzić negatywne skutki problematycznego korzystania z mediów społecznościowych.

Jeśli twoje dzieci interesują się towarzyszami SI, edukuj je. Rzetelna wiedza może zwiększyć ich krytycyzm i świadomość tego, czym są te programy.

Jeśli twoje dzieci interesują się towarzyszami SI, edukuj je. Rzetelna wiedza może zwiększyć ich krytycyzm i świadomość tego, czym są te programy, dlaczego istnieją – i czemu często są darmowe. Ważne jest, by dostrzegać zarówno plusy, jak i minusy cyfrowego towarzystwa. Towarzysze SI potrafią być bardzo wspierający: nigdy nie kipią złością w szkolnym autobusie, bo mama kazała im założyć sweter w zimny poranek; rzadko są zazdrośni, gdy masz nową dziewczynę, i prawie nigdy nie oskarżają cię o ignorowanie ich potrzeb. Nie nauczą jednak, jak radzić sobie z sytuacją, gdy ktoś porzuca cię dla nowego przyjaciela albo gdy rozwija zainteresowanie, którego po prostu nie jesteś w stanie podzielać.

Rozmowy o motywach zysku, zagrożeniach dla prywatności oraz ryzykach społecznych i emocjonalnych nie gwarantują, że nastolatek nie wejdzie do Sieci, by znaleźć sobie „dziewczynę SI", ale przynajmniej zasieją ziarno zdrowej wątpliwości. Szczególnie ważne może być zidentyfikowanie dzieci z grupy podwyższonego ryzyka – tych, które już mają trudności z umiejętnościami społecznymi lub nawiązywaniem przyjaźni i które mogą być szczególnie podatne na toksycznych towarzyszy SI.

W świecie, w którym wiele dzieci ma ogólnie osłabione kompetencje społeczne, możliwość wyeliminowania z relacji złożonego, czasem niewygodnego czynnika ludzkiego może wydawać się dużą zaletą – przynajmniej w krótkiej perspektywie. We wstępnej analizie danych od 1983 nastolatków z trzech stanów odkryłam, że spośród tych, które nawiązywały relacje romantyczne online, 50% przyznało, iż podobało im się to podejście, ponieważ eliminowało konieczność spotkań twarzą w twarz, rozmów i całej tej niezręcznej „otoczki", z jaką wiążą się relacje w świecie rzeczywistym.

Jednocześnie większość nastolatków nie zgłasza poważnych problemów ani negatywnych konsekwencji wynikających z ich aktywności w Sieci. We wstępnej analizie badania z 2022 roku, które zaprezentowałam w tym roku na konferencji, jedynie 3% z 642 starszych nastolatków z Kolorado, Massachusetts i Wirginii zadeklarowało, że kiedykolwiek doświadczyło poważnego problemu online. O problemach internetowych słyszymy tak często, że mamy tendencję uznawać je za powszechne – ale dane na to nie wskazują. Nie sądzę, by nieuchronnie miało dojść do masowego porzucenia ludzkich przyjaźni na rzecz relacji z SI, skutkującego katastrofalną samotnością i utratą prywatności.

Na koniec: podtrzymuj rozmowę i nie uważaj, że musisz wiedzieć wszystko. W badaniu z 2015 roku stwierdziłam, że dwie trzecie nastolatków, których rodzice rozmawiali z nimi o zachowaniach w cyfrowym świecie, uznało opinie i przemyślenia rodziców za bardzo pomocne. Jeśli twoje dziecko wie o towarzyszach SI coś, czego ty nie wiesz – pozwól mu cieszyć się rolą nauczyciela. Towarzysze SI mogą stać się przełomowym zjawiskiem społecznym i technicznym, rodzącym pytania o zaufanie, etykę, marketing i relacje, a naszym zadaniem jest jak najlepiej przygotować młodych ludzi na te wyzwania. Badania od dawna pokazują, że pragnienie uwagi i aprobaty rówieśników jest rozwojowo naturalne dla dzieci i nastolatków.

Dla niektórych wybór wirtualnych przyjaciół zamiast prawdziwych będzie bardzo pociągający i łatwy. Bądź więc obecny, ucz się platform, z których korzystają dzieci, i przypominaj im o wartości wysiłku, konfliktu i trudnych doświadczeń. Najprawdopodobniej wszystko będzie wtedy w porządku. ■

eprasa.pl b7800411ea

Czy w matematyce wszystko jest rozwiązywalne?

Każdy z tysiąca bardzo trudnych problemów informatycznych stanowi w istocie ten sam problem w przebraniu

JACK MURTAGH

POSTĘP W INFORMATYCE stale przyspiesza. Zaledwie kilka dekad dzieli lampy elektronowe od układów scalonych, modem od szybkiego Internetu, a Office Assistant od ChatGPT. Mimo to tysiące problemów, często występujących w nauce i gospodarce, wciąż pozostaje nie do pokonania dla armii współczesnych superkomputerów wspieranych sztuczną inteligencją.

Na osoby badające te trudne problemy zwane „NP-zupełnymi" czeka nagroda ustanowiona przez organizację non profit Clay Mathematics Institute – milion dolarów za znalezienie szybkiego rozwiązania lub udowodnienie, że rozwiązania nie ma. W latach 70. to wyzwanie stało się bardziej kuszące po wykazaniu, że wszystkie te problemy sprowadzają się właściwie do jednego. Zatem kto poradzi sobie z jednym, ten upora się ze wszystkimi. Ta koncepcja, fundamentalna w informatyce teoretycznej, świadczy o tym, że pewne grupy problemów obliczeniowych tworzą zunifikowaną sieć. Odkrycie szybkiego algorytmu rozwiązującego sudoku dowolnej wielkości będzie równoznaczne z możliwością złamania schematów szyfrowania chroniących naszą gospodarkę cyfrową. Gdy odkryjemy skrót, umożliwiający planowanie podróży w ramach budżetu, będziemy mogli go użyć do rozwiązania niemal każdego otwartego problemu matematycznego.

Znalezienie szybkich algorytmów dla problemów NP-zupełnych (lub udowodnienie, że takie algorytmy nie istnieją) byłoby rozwiązaniem najważniejszej zagadki informatyki – problemu „P versus NP". P oznacza problemy obliczeniowe, które komputery mogą efektywnie rozwiązać. Zbiór NP zawiera natomiast problemy, których rozwiązania można efektywnie zweryfikować, ale niekoniecznie da się je szybko rozwiązać. NP obejmuje wszystkie P (znalezienie rozwiązania jest równoznaczne z jego weryfikacją), a także trudniejsze problemy, dla których nie znamy efektywnych metod rozwiązywania (możemy je zweryfikować dopiero po rozwiązaniu). Problem „P versus NP" sprowadza się do pytania, czy ta pozorna asymetria między znalezieniem rozwiązania a jego weryfikacją jest rzeczywista, czy iluzoryczna. Być może P=NP i obejmuje ten sam zbiór problemów. Innymi słowy, być może problemy NP, których nie umiemy efektywnie rozwiązywać, wydają się trudne w porównaniu z problemami P, ponieważ wciąż nie wiemy, jak do nich podejść.

Na przykład, czy dysponując określonym budżetem, dowolnie długą listą miast do odwiedzenia i lotów przesiadkowych między nimi (z uwzględnieniem cennika) – da się utworzyć algorytm (zbiór prostych instrukcji), który skutecznie rozstrzygałby o możliwości odwiedzenia wszystkich miast w ramach budżetu? Tego nie wiemy. Znamy nieefektywny algorytm: sprawdź każdą możliwą sekwencję lotów, obejmującą wszystkie miasta, zsumuj koszty podróży i porównaj wynik z budżetem. Jednak wraz ze wzrostem liczby miast liczba tras do sprawdzenia rośnie wykładniczo, aż w końcu zadanie staje się niewykonalne nawet dla najszybszych komputerów. Być może istnieje jakiś sprytny skrót, który ominie wyczerpujące poszukiwania, ale informatycy jeszcze go nie znaleźli. Mając jednak rozwiązanie – w tym przypadku określoną listę lotów – można w rozsądnym czasie sprawdzić, czy trasa obejmuje wszystkie miasta i mieści się w budżecie. Jeśli P=NP, to scenariusz lotów (rodzaj tzw. problemu komiwojażera) zapewne ma szybkie rozwiązanie, ale tego jeszcze nie wiemy.

Oprócz problemu komiwojażera do zbioru NP zalicza się wiele znanych problemów obliczeniowych. Dotyczą one m.in. transportu (np. pakowanie skrzyń do ciężarówek), sieci społecznościowych (ustalanie grup wspólnych znajomych), biologii (określanie sposobów fałdowania białek), a także łamigłówek i gier (np. sudoku, seria Pokémon czy Candy Crush). Można nawet samą matematykę uznać za problem NP, ponieważ jej dowody daje się skutecznie weryfikować. Nazywanie powyższych problemów „trudnymi" może wydać się dziwne, skoro ludzie co dzień sprawnie pakują skrzynie do ciężarówek i rozwiązują sudoku. Algorytm oceniamy jednak jako efektywny tylko wtedy, gdy umożliwia rozwiązanie każdego przypadku – także o bardzo dużym „gabarycie". Oczywiście komputer szybciej rozwiąże sudoku 9×9 niż milion na milion, więc ścisła definicja „efektywności" odwołuje się do czasu potrzebnego do rozwiązania problemu w zależności od rozmiaru danych wejściowych.

Problem P-versus-NP obejmuje różne problemy obliczeniowe i zależności między nimi, więc można by sądzić, że rozwiązanie wymagałoby zbadania każdego z tych problemów osobno. Załóżmy, że mamy znaleźć efektywny algorytm dla problemu komiwojażera. To byłoby przełomowe odkrycie, ale czy miałoby cokolwiek wspólnego z możliwością rozwiązania wielkich sudoku lub z innymi trudnymi problemami NP? To zaskakujące, ale algorytm obsługujący ten jeden problem całkowicie rozwiązałby problem P-versus-NP.

W 1972 roku informatyk Richard M. Karp opublikował przełomowy artykuł, w którym wykazał, że 21 klasycznych problemów NP ma niezwykłą właściwość: efektywny algorytm rozwiązania dowolnego z nich można wykorzystać nie tylko do rozwiązania pozostałych 20, ale do rozwiązania każdego problemu NP. Nazwał te 21 problemów NP-zupełnymi. W międzyczasie wydłużono listę – odkryto wiele innych problemów NP, które mają tę magiczną właściwość (w tym problem komiwojażera).

Na NP-zupełność można patrzeć z optymizmem lub pesymizmem. Optymizm wiąże się z postrzeganiem fortecy monstrualnie trudnych problemów dzielących nas od potencjalnego skoku technicznego jako domku z kart. Przeniesienie jednego problemu do strefy wykonalności sprawi, że runie cała konstrukcja NP, zaś z gruzów wyłoni się naukowy przełom z efektywnym przemieszczaniem się, szybkim odkrywaniem leków przez fałdowanie białek, a ogólniej z nową erą matematyki. Pesymistyczna hipoteza wiąże się z brakiem wydajnego algorytmu

Jack Murtagh pisze o matematyce, w tym rekreacyjnej, m.in. w „Scientific American" i na portalu Gizmodo. Uzyskał doktorat z informatyki teoretycznej na Harvard University. Aktywny w serwisie X (@JackPMurtagh).

eprasa.pl b7800411ea

dla jakiegokolwiek z tych trudnych problemów. Skoro optymizm sprowadza się do rozwiązania tylko jednego problemu, to dlaczego jeszcze nikomu to się nie udało? Większość ekspertów skłania się ku opinii, że problemy NP-zupełne nie mają szybkich algorytmów.

Niezależnie od tego, czy szklanka jest do połowy pełna, czy do połowy pusta, koncepcja problemów zupełnych zmieniła sposób, w jaki naukowcy postrzegają obliczenia. Karp udowodnił, że można użyć algorytmu dla jednego problemu NP-zupełnego do rozwiązania innego, wykazując możliwość przetłumaczenia języka jednych problemów na języki innych, pozornie niepowiązanych, dzięki procesowi zwanemu redukcją. Polega to na pokazaniu, jak dowolny przykład jednego problemu można przekształcić w przykład innego. Weźmy problem komiwojażera z listą miast, lotów między nimi i budżetem. Sprowadzenie go do dużego sudoku polega na przyjęciu, że ma ono poprawne rozwiązanie tylko wtedy, gdy możliwe jest odwiedzenie wszystkich miast w ramach budżetu (w przeciwnym razie nie ma poprawnego rozwiązania). W ten sposób po odkryciu efektywnego algorytmu sudoku będzie można go też użyć do problemu komiwojażera, przekształcając przykład w sudoku.

Aby lepiej zrozumieć działanie redukcji, zastosujemy ją do pary innych problemów NP-zupełnych: „problemu trójkolorowania mapy" i „problemu kliki". Przy trójkolorowaniu chodzi o możliwość takiego oznaczenia trzema kolorami regionów tworzących mapę, aby kolor regionów sąsiadujących nigdzie nie był taki sam. Istotą problemu kliki jest natomiast odpowiedź na pytanie: czy dana sieć społeczna zawiera grupę złożoną z danej liczby osób, które się znają? Oba problemy są NP-zupełne, czyli nie znamy efektywnego algorytmu dla żadnego z nich. Wydaje się też, że oba mają ze sobą niewiele wspólnego. Można jednak przekształcić mapę w sieć społeczną tak, że rozwiązanie jednego problemu umożliwi rozwiązanie drugiego.

W tym celu skorzystamy z mapy Stanów Zjednoczonych. Utworzymy na niej sieć społeczną przypisując każdemu stanowi trzy „osoby", odpowiadające trzem kolorom: niebieskiemu, zielonemu i czerwonemu. Następnie zapoznamy ze sobą dwie osoby, ale tylko takie, które:

1. nie reprezentują tego samego stanu (np. zielony z Wisconsin nie pozna niebieskiego z Wisconsin);
2. nie są w sąsiednich stanach i w tym samym kolorze (Dakota Północna i Dakota Południowa mają wspólną granicę, więc ich czerwoni przedstawiciele pozostaną obcymi, ale Dakota Północna i Floryda nie graniczą, więc ich czerwoni przedstawiciele się poznają).

Można stwierdzić, że ta sieć społeczna licząca 150 osób będzie zawierać klikę 50 wspólnych znajomych tylko wtedy, gdy mapa USA ma poprawne trójkolorowanie. Jeśli znajdziemy 50 wspólnych znajomych w sieci, wszyscy muszą reprezentować różne stany, ponieważ w naszym procesie nie kojarzyliśmy osób, które reprezentowały ten sam stan. Co więcej, kolorowanie odpowiadające klice nigdy nie powoduje, że sąsiednie stany będą miały ten sam kolor, bo zabroniliśmy takich powiązań w sieci. Zatem klika 50 osób odpowiadałaby poprawnemu trójkolorowaniu. Podobnie jeśli w sieci nie ma 50-osobowej kliki, to trójkolorowanie jest wykluczone.

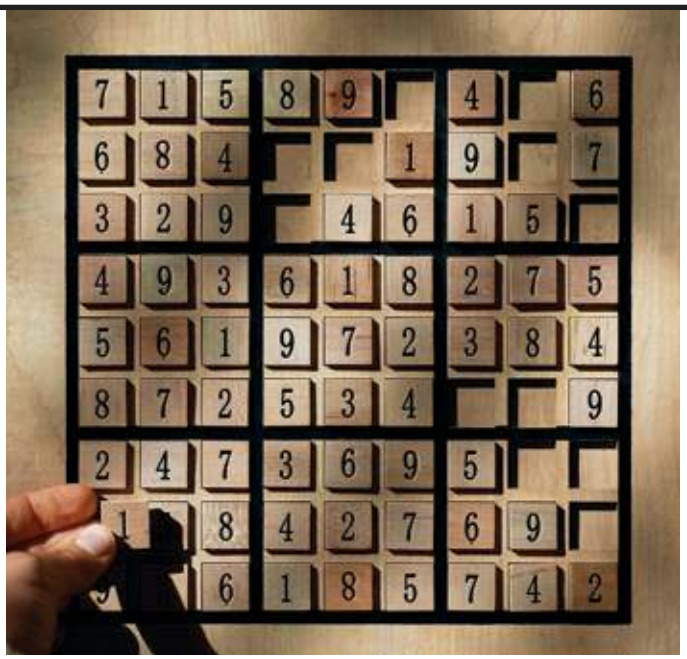
Zredukowanie problemu trójkolorowania mapy do problemu kliki oznacza, że gdyby ktoś odkrył szybki algorytm dla problemu kliki, mógłby go użyć do rozwiązania dowolnego przypadku problemu trójkolorowania mapy. Co istotne, pierwszy krok – przekształcenie mapy w sieć – jest szybki. Lokowanie osób w sieci i tworzenie relacji między nimi nie wymaga żadnych mozolnych poszukiwań ani innych zawiłych procesów obliczeniowych.

Jak wynika z redukcji, nawet jeśli problemy wydają się unikatowe, mogą stać się bardziej uniwersalnymi, niż się wydaje. Sieć redukcji łączy wszystkie problemy NP-zupełne. Rozwiązanie jednego umożliwia uporanie się z dowolnym innym problemem NP.

Możliwość „przekładu" jednego problemu na język innego jest również cechą samych obliczeń, a to rodzi zaskakujące implikacje, jeśli przyjąć, że dowodzenie twierdzenia matematycznego jest równoznaczne z rozwiązywaniem problemu NP-zupełnego. Wybierzmy dowolny nierozwiązany problem matematyczny. Z teorii NP-zupełności wynika, że w grze Candy Crush istnieje pewien poziom, który idealnie koduje ten problem. Jeśli w Candy Crush na tym poziomie efektywny wynik jest osiągalny w konkretnej liczbie ruchów, to początkowy problem matematyczny ma dowód określonej długości; w przeciwnym razie dowodu nie ma. Jednak poradzenie sobie z NP-zupełnością, czyli uporanie się na przykład z fałdowaniem białek, pakowaniem skrzyń lub rozwiązywaniem sudoku, zagroziłoby gospodarce cyfrowej. Byłoby tak, ponieważ szyfrowanie, chroniące nasze dane wrażliwe, działa dzięki stosowaniu problemów obliczeniowych uważanych za nierozwiązywalne.

Warto zauważyć, że chociaż rozwiązanie problemu NP-zupełnego pozwoliłoby złamać szyfr, odwrotna sytuacja nie jest prawdziwa, tzn. nierozwiązywalne problemy leżące u podstaw większości schematów szyfrowania same w sobie nie są NP-zupełne.

Przy tak wielu problemach NP-zupełnych milion dolarów za ich rozwiązanie może wydawać się kuszące i stanowić dodatkową motywację przy planowaniu wakacyjnego wyjazdu lub łamania głowy nad sudoku. ■



Problemy NP-zupełne są okazją do opracowania szybkiego algorytmu rozwiązującego sudoku, a to umożliwiłoby również złamanie mechanizmów szyfrowania chroniących naszą gospodarkę cyfrową.

Natalia Barliaeva/Getty Images

eprasa.pl b7800411ea

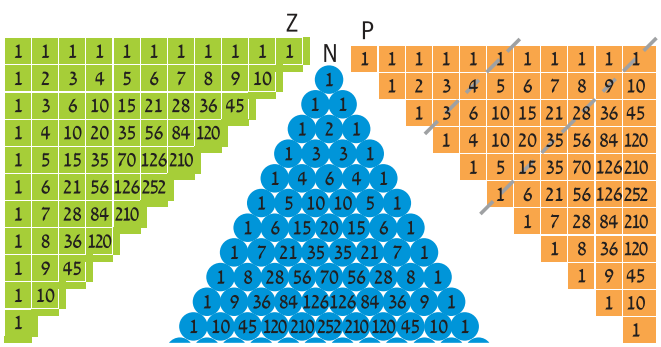

Blaise Pascal

Bile, piramidy i winogrona

czyli śladami Pascala

MAREK PENSZKO

TRÓJKĄT PASCALA NALEŻY do typowych obiektów z pogranicza matematyki „poważnej” i rekreacyjnej. Tej drugiej jest bliski ze względu na zaskakujące prawidłowości i relacje między liczbami, lokujące go w matematycznym panoptikum. Równocześnie wiążą się z nim zagadnienia z zakresu szacownych działów królowej nauk – kombinatoryki, teorii liczb i teorii prawdopodobieństwa.



Rys. 1

Trójkąt Pascala występuje w dwu podstawowych formach – klasycznej i współczesnej. Klasyczna jest trójkątem prostokątnym (*zielony na rys. 1*) – w takiej postaci znajduje się w publikacji Blaise'a Pascala z roku 1665 jako „trójkąt arytmetyczny”. Wersja współczesna (*niebieski*), rozpowszechniona w XX wieku (pojawia się jednak w pracach matematyków chińskich i europejskich przed Pascalem), to trójkąt równoboczny z symetrycznym rozmieszczeniem liczb. Trójkąty na rys. 1 są oczywiście tylko swoimi „zalążkami”, bo rozprzestrzeniają się w nieskończoność – zielony w prawo i w dół prostopadle do przeciwprostokątnej, niebieski w dół prostopadle do podstawy. Różny kierunek rzędów liczb w różnych formach sprzyja lepszemu wyeksponowaniu ich własności – jedne łatwiej dostrzec w trójkącie zielonym (Z), inne w niebieskim (N), a jeszcze inne w trzecim na rys. 1 rzadko spotykanym trójkącie prostokątnym pomarańczowym (P). Podstawową cechę, definiującą obiekt, najłatwiej zauważyć i najkrócej sformułować na przykładzie trójkąta N: **każda liczba (oprócz skrajnych jedynek) jest sumą dwóch znajdujących się bezpośrednio nad nią**.

Poważną, spektakularną własnością układu liczb w trójkącie N jest ich związek z wzorem dwumianowym Newtona oraz z symbolem Newtona. Wzór określa potęgę dwumianu – $(a+b)^n$. Na przykład:

$(a+b)^3=1a^3+3a^2b+3ab^2+1b^3$

$(a+b)^5=1a^5+5a^4b+10a^3b^2+10a^2b^3+5ab^4+1b^5$

Jak widać, każda liczba (współczynnik) na początku składnika w rozwinięciu dwumianu jest równa kolejnej (k-tej) liczbie w n-tym wierszu trójkąta. Te współczynniki określone są symbolem Newtona:

$$\binom{n}{k}=\frac{n!}{k!(n-k)!}$$

Z kolei ten wzór wiąże się z kombinatoryką – określa, na ile sposobów można wybrać k elementów z n-elementowego zbioru. Jeśli więc mamy na przykład 9 koszykarzy i chcemy ustalić, na ile sposobów można z nich utworzyć 5-osobową drużynę, to zamiast liczyć, wystarczy odszukać piątą liczbę w dziewiątym wierszu trójkąta N (górną jedynkę i wszystkie na lewym boku uznajemy za miejsca zerowe), którą jest 126. Stąd zaś blisko do teorii prawdopodobieństwa: aby ustalić szansę pojawienia się na parkiecie jakiejś konkretnej piątki graczy, należy podzielić 126 przez sumę liczb w dziewiątym wierszu równą 512, co daje 0,246.

W trójkącie Z liczby w kolejnych wierszach (poczynając od drugiego) tworzą konkretne ciągi rosnące: w 2. wierszu są liczby naturalne, w 3. – liczby trójkątne, w 4. – liczby czworościenne, a dalej ciągi liczb związanych z wielościanami więcej niż 3-wymiarowymi. W tym samym trójkącie jest widoczna pozornie dziwna własność poziomych ciągów: jeśli zaczniemy od jedynki i będziemy poruszać się w prawo, dodając kolejne liczby, to suma otrzymana po dotarciu do danej liczby będzie równa liczbie znajdującej się bezpośrednio pod nią.

W przeciwieństwie do trójkąta Z w wersji N ciągi liczb w rzędach są skończone, więc można je całe sumować. Tu właśnie pojawia się inna osobliwość – każda następna suma jest potęgą dwójki: 2, 4, 8, 16, 32, … . I kolejna potęgowa „niespodzianka”: cyfry w każdym z pięciu górnych pięter tworzą – jako konkatenacje, czyli „zlepki” – potęgi 11: $1=11^0$, $11=11^1$, $121=11^2$, $1331=11^3$, $14\,641=11^4$.

Nieco bardziej zawiła jest osobliwa własność, która zaczyna się od sumy kwadratów wszystkich liczb, występujących w n-tym wierszu. Okazuje się, że właściwie podnoszenia do kwadratu i sumowania nie trzeba wykonywać, co przy długich wierszach byłoby dość żmudne, bowiem wynik można znaleźć na niższym piętrze – w środku $2n$-go wiersza. Na przykład suma dla 4. wiersza (pamiętamy, że górna jedynka to wiersz zerowy) – $1^2+4^2+6^2+4^2+1^2=70$ – jest środkową liczbą w 8. wierszu.

Inna równie osobliwa własność jest lepiej wyeksponowana w trójkącie P: sumy liczb na wszystkich przekątnych skierowanych tak, jak szare linie przerywane, tworzą ciąg Fibonacciego, czyli taki, w którym każdy wyraz jest sumą dwu poprzednich – 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, … . [Trójkąt P „rozciąga się” w prawo, więc np. w równej 233

Marek Penszko, z wykształcenia inż. poligrafii, jest znawcą i popularyzatorem gier i rozrywek umysłowych, głównie matematyki rekreacyjnej. Współpracuje z wieloma czasopismami, m.in. pisze blog dla „Polityki”.

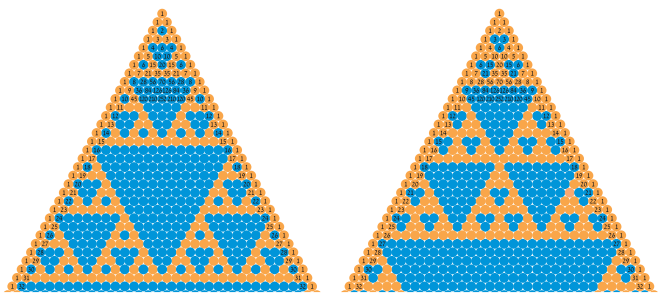
Wikimedia

Ilustracje Marek Penszko

eprasa.pl b7800411ea

sumie liczb na 13. przekątnej (1, 21, 70, ...) są także nieobjęte rys. 1. liczby 11 i 1.]

Wizytę w panoptikum zamkniemy fraktalami Pascala. Każdy z nich powstaje po usunięciu z trójkąta N pól z określonym zbiorem liczb. Typowym przykładem jest pozbawiony liczb parzystych (*niebieskie*) fraktal zwany trójkątem Sierpińskiego (*rys. 2a*); na rys. 2b znajduje się jego brat bliźniak bez wielokrotności 3. Przy okazji warto zauważyć widoczną na rys. 2 ciekawostkę liczbową: każdy kolejny $(2^n\text{-}1)$-szy wiersz zawiera wyłącznie liczby nieparzyste, a każdy $(3^n\text{-}1)$-szy i $[(2\times3^n)\text{-}1]$-szy tylko liczby niepodzielne przez 3.

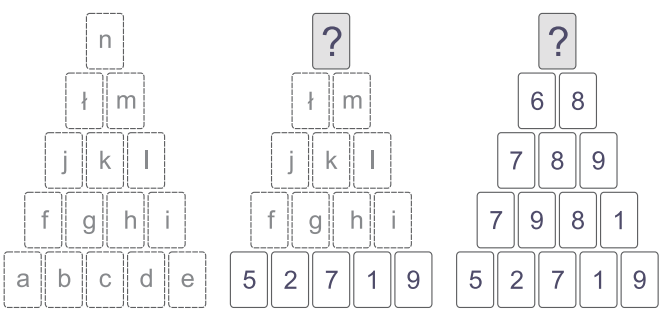


a *b*

Rys. 2

* * *

Z inspiracji trójkątem Pascala powstała większość zadań i łamigłówek z liczbami tworzącymi trójkątny układ; chodzi zwłaszcza o takie, w których występują wyraźnie wskazane zależności między liczbami umieszczonymi w sąsiednich wierszach. Na jednym konkretnym wierszu jest oparta natomiast poniższa sztuczka karciana.



a *b* *c*

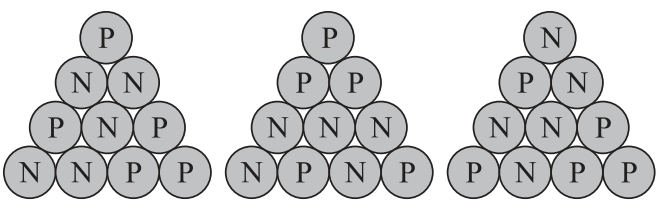
Rys. 3

Praktycznie wykonuje ją nie iluzjonista, lecz któryś z widzów, korzystając z części talii zawierającej 40 kart – 36 blotek (od dwójek do dziewiątek) oraz 4 asy w roli jedynek. Iluzjonista odgrywa tylko rolę odgadującego, a wcześniej wydającego polecenia. Widz proszony jest o ułożenie w dolnym rzędzie szablonu (*rys. 3a*), czyli na polach od a do e, dowolnych pięciu odkrytych kart. Teraz iluzjonista przejmuje talię, przez chwilę ją przegląda i wyjmuje z niej w sekrecie jedną kartę, którą kładzie zakrytą na górnym polu szablonu (*n*). Po tych czynnościach szablon może wyglądać na przykład tak, jak na rys. 3b. Później talia wraca do widza, który zgodnie z instrukcją sztukmistrza zapełnia kartami szablon sposobem Pascala – ale od dołu – czyli na każdym polu kładzie kartę z liczbą równą sumie liczb na parze kart umieszczonych tuż poniżej. Jeśli jednak suma ta jest większa od 9, to na szablon trafia karta z liczbą równą sumie cyfr tej sumy.

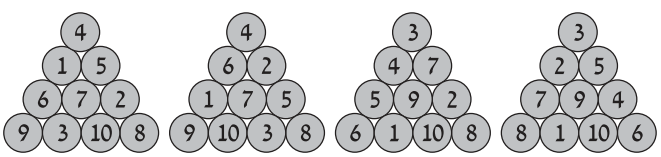
Jeśli zdarzy się, że jakiejś karty zabraknie, bo wcześniej zostaną wykorzystane cztery z taką samą cyfrą, to jedną z czterech już wyłożonych można przenieść na nowe miejsce. Po dotarciu pod szczyt (*w przykładzie rys. 3c*) odsłaniana jest leżąca tam karta i okazuje się, że sztukmistrz to „jasnowidz", bo jest na niej liczba, która przy zachowaniu sposobu Pascala powinna się tam znaleźć, czyli 5. Rozszyfrować sekret sztuczki niełatwo, ale warto się nad nim zastanowić (będzie podany w kwietniowym „Umyśle giętkim").

* * *

Zadanie oparte na skojarzeniu trójkąta Pascala z bilardem pierwszy opisał w latach 70. Martin Gardner. Ściśle rzecz biorąc, kojarzenie dotyczy wariantu różnicowego trójkąta oraz używanych w bilardzie amerykańskim (pool) 15 bil ponumerowanych od 1 do 15. Problem polega na ułożeniu z tych bil trójkąta równobocznego – jak na początku gry w większości odmian bilardu – ale w taki sposób, aby liczba na każdej bili sąsiadującej z dwiema leżącymi pod nią była równa bezwzględnej różnicy liczb na tych dwu sąsiadkach.



Rys. 4

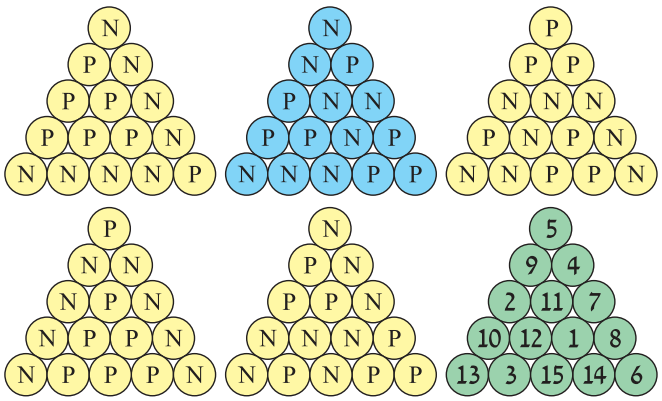


Rys. 5

Analogiczne „trójkątne" zadania dla bil od 1 do 3 (dwa układy) oraz od 1 do 6 (cztery układy) są trywialne. Na kolejnym etapie, czyli przy 10 bilach, szukanie rozwiązań nie jest już takie proste. Klucz do problemu stanowi rozmieszczenie liczb parzystych (P) i nieparzystych (N) – przy uwzględnieniu, że każdych musi być pięć oraz że w związku z tym w podstawie powinna znaleźć się przynajmniej jedna parzysta (10) i jedna nieparzysta. To daje trzy możliwe układy N-P (*rys. 4*). Dalej zaczyna się próbowanie i błądzenie z „poszlakami" (np. ani 9, ani 8 nie może wyjść poza drugie piętro), które prowadzi do czterech rozwiązań (*rys. 5*) – trzecie i czwarte odpowiadają trójkątowi N-P z kwartetem P-N-P-P w podstawie.

Oczywiście prościej skorzystać z komputera i takie wsparcie wydaje się jedynym sensownym i skutecznym przy 15 bilach. Zwłaszcza że teraz układów N-P z ośmioma bilami nieparzystymi i siedmioma parzystymi jest pięć (*rys. 6, żółte i niebieski*). Jednak układ liczbowy spełniający podane warunki można utworzyć tylko jeden (*z dokładnością do lustrzanego odbicia; rys. 6, zielony*) – odpowiada on niebieskiemu trójkątowi N-P.

eprasa.pl b7800411ea



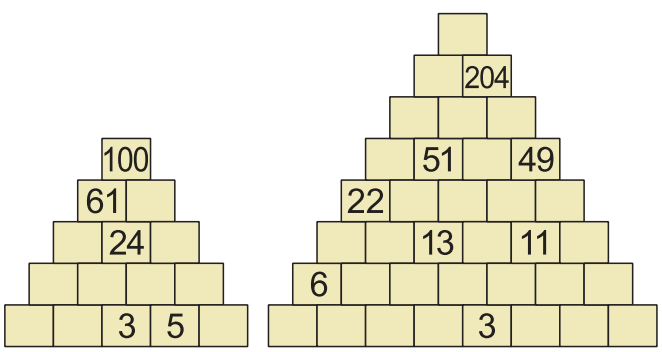
Rys. 6

Jego ciekawą własnością jest to, że jedno z ramion tworzy pięć kolejnych liczb.

Udowodniono, że z żadnej większej niż 15 trójkątnej liczby bil oznaczonych liczbami od 1 do $T_n=n(n+1)/2$, czyli dla $n>5$ – trójkąta różnicowego zbudować się nie da. Ogólnie dowód sprowadza się do wykluczenia układów, w których N=P dla parzystych T_n oraz N=P+1 dla T_n nieparzystych.

* * *

Rysowanie trójkąta Pascala przypomina budowanie domu od dachu. Podstawą konstrukcji nie jest bowiem podstawa trójkąta, lecz jego utworzone z jedynek ramiona. Wprawdzie budowę jakiegoś szczytowego fragmentu można by zacząć od podstawy, ale wymagałoby to – po ustaleniu, z ilu liczb podstawa ma się składać – określenia wartości tych liczb dzięki wielokrotnemu skorzystaniu z symbolu Newtona. Ponadto przy wznoszeniu trójkąta i tak niezbędne byłyby skrajne jedynki, a budowa wymagałaby odejmowania.

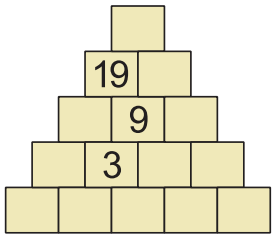


a *b*

Rys. 7

Od takich zawiłości są wolne oparte na trójkącie zadania zwane piramidami liczbowymi (*rys. 7*) – złożone z $n(n+1)/2$ pól (n – liczba pól w podstawie) – których część na początku zawiera liczby. Każde zadanie polega na uzupełnieniu pustych pól takimi liczbami, aby każda była sumą dwu liczb znajdujących się bezpośrednio pod nią. Nie dotyczy to oczywiście liczb w podstawie.

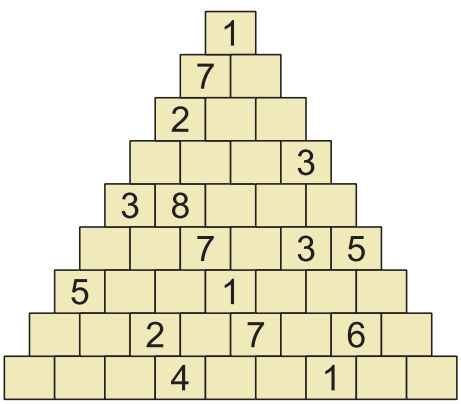
Proste piramidy (*np. rys. 7a*) są rozwiązywanymi jak po sznurku ćwiczeniami rachunkowymi dla uczniów szkoły podstawowej. Trudniejsze (*np. rys. 7b*) wymagają przynajmniej na początku nieco logiki, sporo liczenia oraz korzystania z metody prób i błędów. Można na nie trafić w publikacjach z rozrywkami umysłowymi.



Rys. 8

Ciekawsze są piramidy uzupełnione warunkami dodatkowymi. Najprostszy warunek stanowi wzmocnienie fundamentu: na n polach podstawy powinno znaleźć się n różnych liczb od 1 do n. To ogranicza zakres liczb na piętrach, ale nie oznacza, że każde zadanie jest, jak na rys. 8, proste. Stopień trudności zależy od tego, jak wiele, a właściwie jak mało liczb zostało na początku ujawnionych i jakie jest ich rozmieszczenie. Rozwiązywanie wymaga głównie liczenia i próbowania różnych możliwości.

Dalsze zmiany w zasadach piramidy, wprowadzane przez autorów zadań, zmierzały przede wszystkim do ograniczenia jej rachunkowo-kombinacyjnego charakteru na rzecz aspektów logicznych. Najpierw wprowadzono dodatek w postaci odejmowania, czyli każda liczba powinna być sumą lub różnicą dwu podpierających ją liczb, ale było to mało skuteczne.



Rys. 9

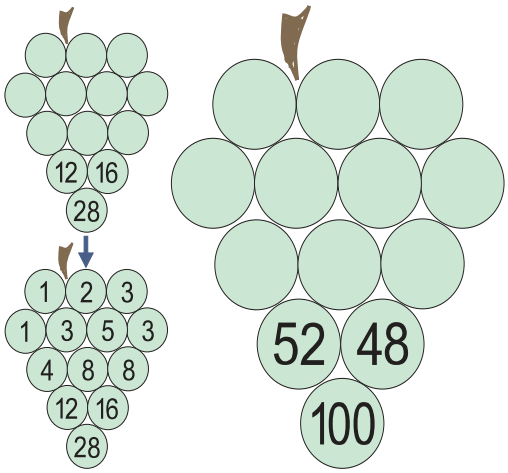
Radykalną zmianą okazało się dopiero zauważenie, że dzięki parze przeciwstawnych działań piramidę można ułożyć tak, że będą w niej występować tylko liczby jednocyfrowe. I tak się przyjęło w najlepszych zadaniach od ponad 30 lat, gdy pierwsze piramidy z liczbami od 1 do 9 pojawiły się w prasie japońskiej. Przykład na rys. 9 pochodzi z XIII Mistrzostw Polski w Łamaniu Głowy (oficjalna nazwa), czyli w rozwiązywaniu łamigłówek, zorganizowanych po raz pierwszy w roku 2009. Zadanie ma jedno rozwiązanie, ale na mistrzostwach miało ich wiele, bo organizatorzy zapomnieli podać, że liczby w podstawie piramidy powinny być różne.

W takich sumowo-różnicowych piramidach często występują warunki dodatkowe, które określają powtarzalność cyfr lub liczbę sum i różnic w poszczególnych wierszach. To nieco komplikuje rozwiązywanie, ale równocześnie sprawia, że zadanie staje się w większym stopniu logiczne. Takimi są dwa z poniższych zadań konkursowych.

* * *

Organizatorzy X Łamigłówkowych Mistrzostw Świata (World Puzzle Championships, Brno 2001), poczęstowali uczestników...

eprasa.pl b7800411ea

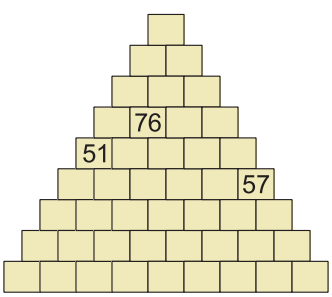


Rys. 10

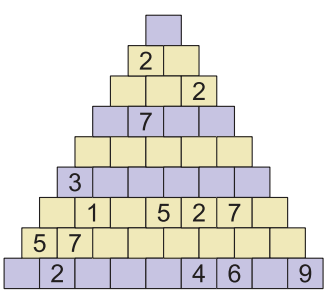
winogronami. Zadania o takiej nazwie były tradycyjnymi piramidami liczbowymi (*jak na rys. 7*), ale odwróconymi i zmodyfikowanymi tak, że każde przypominało kiść winogron. Poza zmianami formalnymi była też drobna zmiana merytoryczna: w górnym rzędzie, pozbawionym skrajnych owoców (by kiść miała bardziej naturalny kształt), powinny znaleźć się tylko liczby jednocyfrowe i oczywiście dodatnie. Przyjęto też, że w usuniętych owocach były zera, więc liczby w skrajnych polach w drugim rzędzie powinny być takie same, jak w skrajnych polach pierwszego rzędu. Na rys. 10 jest przykład i łatwe zadanie z mistrzostw. Zaletą winogron była „naturalność", ale merytorycznie stanowiły one powrót do liczenia i kombinowania.

ZADANIA

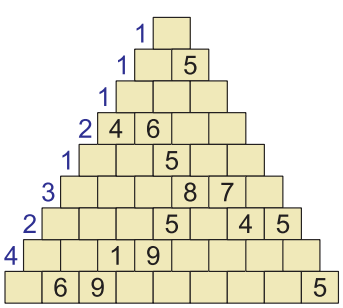
W puste pola każdej z trzech piramid (*rys. 11, 12, 13*) należy wpisać liczby tak, aby na rys. 11 każda liczba była sumą, a na rys. 12 i 13 sumą lub różnicą dwu liczb „podpierających" dany wynik.



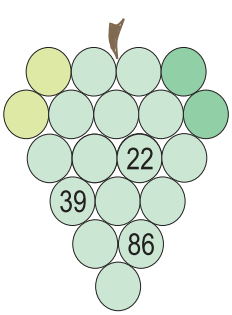
Rys. 11



Rys. 12



Rys. 13



Rys. 14

Na rys. 11 w podstawie, a na rys. 12 i 13 we wszystkich polach powinny znaleźć się liczby jednocyfrowe dodatnie. W podstawie każdej piramidy oraz w niebieskich rzędach na rys. 12 cyfry powinny być różne, a w każdym żółtym rzędzie na rys. 12 przynajmniej jedna cyfra musi się powtarzać. Natomiast na rys. 13 każda liczba obok rzędu piramidy oznacza, ile liczb w tym rzędzie jest sumami.

W kiści winogron (*rys. 14*) zależność między liczbami jest odwrotna, tzn. każda liczba jest sumą pary liczb znajdujących się bezpośrednio nad nią. Ponadto liczby w górnym rzędzie powinny być jednocyfrowe, a w dwóch żółtozielonych owocach jednakowe oraz w dwóch ciemnozielonych także jednakowe.

W rozwiązaniach piramid wystarczy podać ciągi dziewięciu cyfr w podstawach, a w rozwiązaniu winogrona ciąg czterech cyfr w górnym rzędzie.

*Rozwiązania prosimy nadsyłać do 31 marca 2026 roku pocztą elektroniczną (*redakcja@swiatnauki.pl*), wpisując w temacie e-maila hasło* ***UG 3/26****. Spośród autorów poprawnych rozwiązań przynajmniej dwóch zadań wyłonimy pięciu zwycięzców i nagrodzimy ich książką* Śnieżne bractwo. Brutalne świadectwo przetrwania Pabla Vierciego *ufundowaną przez wydawnictwo Feeria. Warunkiem udziału w konkursie jest zamieszczenie w e-mailu z odpowiedzią oświadczenia:*



Zapoznałam/em się z regulaminem konkursu i akceptuję jego treść oraz wyrażam zgodę na przetwarzanie danych osobowych na potrzeby realizacji konkursu.

Regulamin konkursu jest dostępny na stronie www.swiatnauki.pl.

ROZWIĄZANIA ZADAŃ Z NUMERU STYCZNIOWEGO

1. Jest 16 rozwiązań; trzy przykładowe: 23+47+89=159, 41+67+97=205, 59+67+83=209.
2. 1806 (podzielna przez 6 i 7 oraz przez 42 i 43).
3. 11177.
4. 164>164+461=625>625+526=1151 (liczba pierwsza).

Za poprawne rozwiązanie przynajmniej dwóch zadań książkę Waltera Icaacsona *Einstein. Jego życie i wszechświat,* ufundowaną przez Wydawnictwo Insignis, otrzymują: Mirosław Garnowski z Pasłęka, Bartłomiej Goldman z Nadarzyna, Paweł Hołownia z Ożarowa Mazowieckiego, Dawid Łuczak z Głowna, Piotr Mesyjasz z Warszawy.

Rozwiązanie zagadki matematycznej ze strony 11

Ogólnie najsłabszym możliwym wygrywającym układem jest 1010JQK, ponieważ dysponując tylko kartami o pięciu wartościach, nie sposób utworzyć układu pięciu kart bez pary, bo prowadzi to do mocniejszego strita (pięć kolejnych kart). Konfiguracja kart w najsłabszym wygrywającym układzie jest taka, jak w ogólnym układzie podanym wyżej, i są dwa takie układy remisowe – trzeci i czwarty:

Układ 1: 1010QKA Układ 3: JJQKA
Układ 2: 1010QKA Układ 4: JJQKA

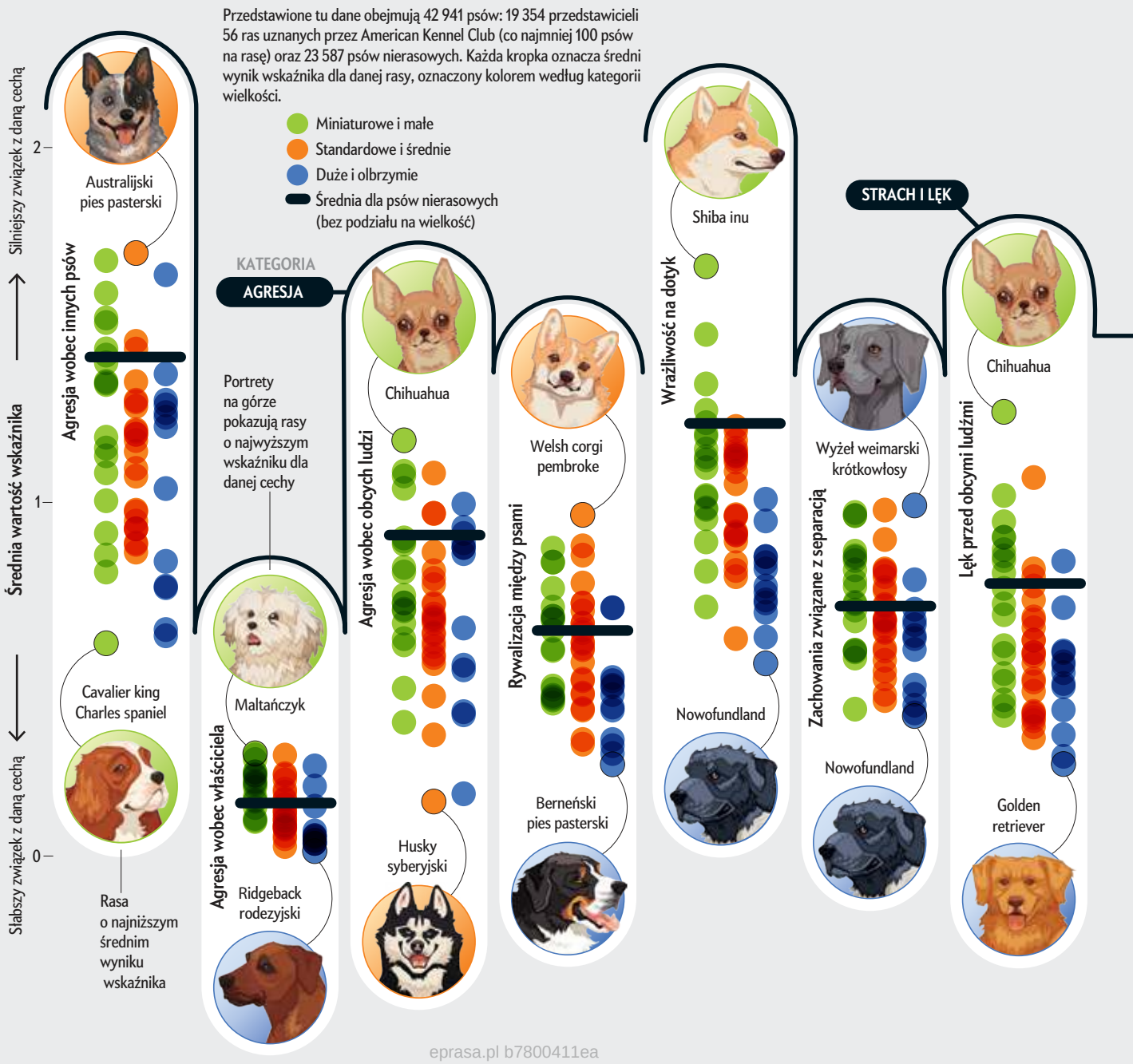
eprasa.pl b7800411ea

Rasowa rywalizacja

Z dużej bazy danych wynika, że pewne stereotypy dotyczące psów znajdują potwierdzenie w rzeczywistości, część jednak jest fałszywa

Tekst HUMBERTO BASILIO
Grafika MIRIAM QUICK, JEN CHRISTIANSEN I LEE LOTOR

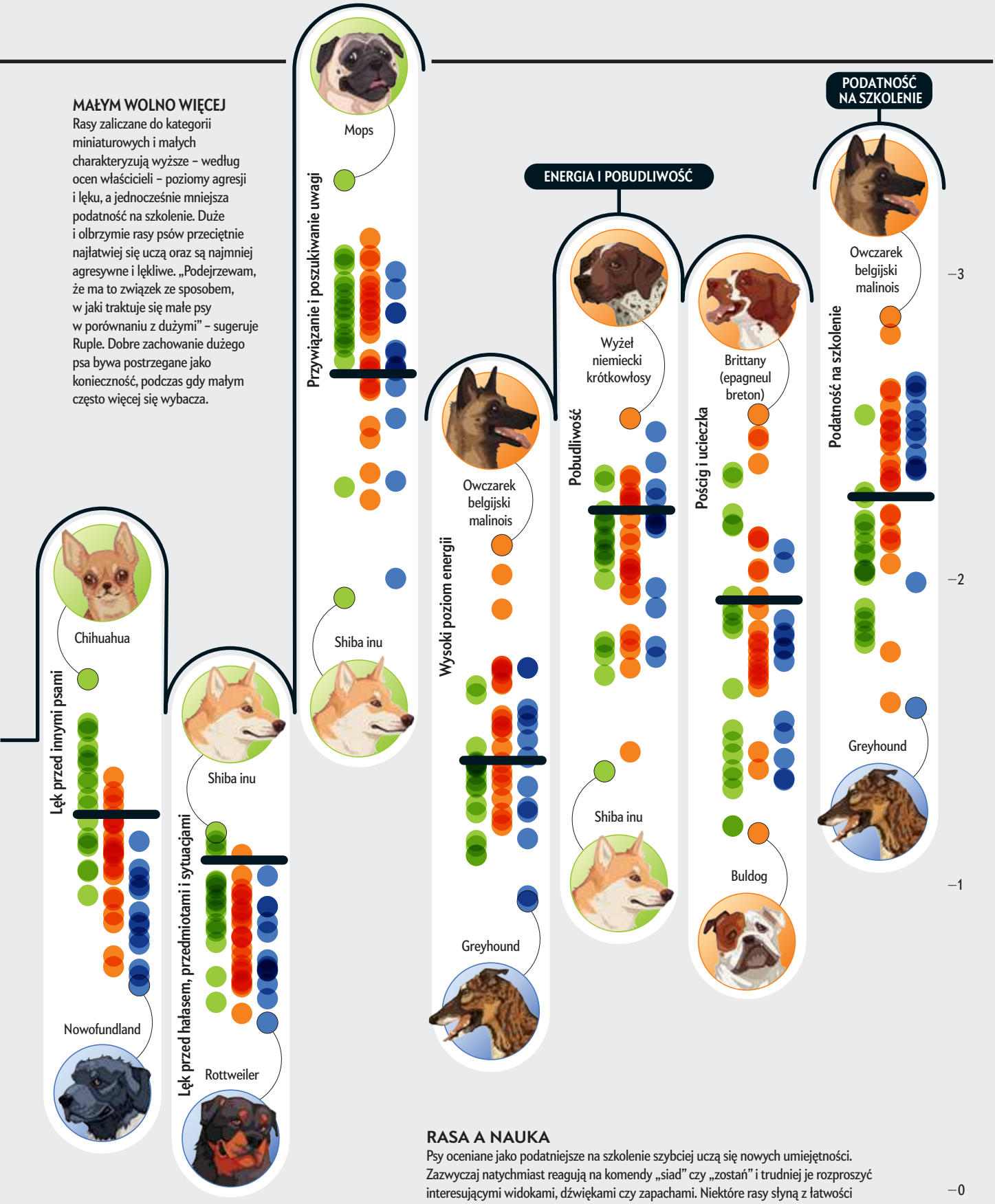
PSY MOGĄ MIEĆ SKRAJNIE RÓŻNE OSOBOWOŚCI, które często zależą od rasy i wielkości tych zwierząt. Choć kluczowy jest indywidualny temperament, pewne ogólne prawidłowości pomagają przewidzieć, który czworonóg będzie łagodny i potulny, a który najchętniej pogoni listonosza. W ramach Dog Aging Project, długofalowego badania poświęconego starzeniu się psów, zebrano dane o zachowaniu zwierząt od ponad 50 tys. właścicieli, sprowadzając je do takich, jak podatność na szkolenie, pobudliwość i agresja. Przykładowo właściciele mieszańców zgłaszali średnio wyższy poziom lęku i agresji swoich podopiecznych niż właściciele psów rasowych. Z kolei w porównaniu z dużymi psami, psy małe częściej osiągały wyższe wyniki w zakresie lęku, agresji i pobudliwości, a niższe pod względem podatności na szkolenie. Zrozumienie tych wzorców ma kluczowe znaczenie dla poprawy dopasowania ludzi i ich pupili. „Psy są całkowicie zależne od swoich opiekunów" – mówi lekarka weterynarii Audrey Ruple z Virginia–Maryland College of Veterinary Medicine, współpracująca z Dog Aging Project. Niewłaściwe dopasowanie może być „katastrofalne" w skutkach, dobre natomiast gwarantuje psom potrzebną im czułość i opiekę.



eprasa.pl b7800411ea

MAŁYM WOLNO WIĘCEJ

Rasy zaliczane do kategorii miniaturowych i małych charakteryzują wyższe – według ocen właścicieli – poziomy agresji i lęku, a jednocześnie mniejsza podatność na szkolenie. Duże i olbrzymie rasy psów przeciętnie najłatwiej się uczą oraz są najmniej agresywne i lękliwe. „Podejrzewam, że ma to związek ze sposobem, w jaki traktuje się małe psy w porównaniu z dużymi" – sugeruje Ruple. Dobre zachowanie dużego psa bywa postrzegane jako konieczność, podczas gdy małym często więcej się wybacza.



RASA A NAUKA

Psy oceniane jako podatniejsze na szkolenie szybciej uczą się nowych umiejętności. Zazwyczaj natychmiast reagują na komendy „siad" czy „zostań" i trudniej je rozproszyć interesującymi widokami, dźwiękami czy zapachami. Niektóre rasy słyną z łatwości uczenia się, natomiast psy nierasowe są zwykle oceniane jako mniej podatne na szkolenie niż rasowe. Ten wzorzec może jednak odzwierciedlać wczesne doświadczenia życiowe mieszańców, które często trafiają do domów ze schronisk lub organizacji ratunkowych i mogły przeżyć traumę – zauważa Ruple. Pies rasowy wychowywany przez rzetelnego hodowcę jest zazwyczaj od początku oswajany z ludźmi i chętny do nauki.

eprasa.pl b7800411ea

50, 100 i 150 lat temu



1976 TEORIA KATASTROF

„Każdy obiekt lub pojęcie można przedstawić jako formę, powierzchnię topologiczną, a w konsekwencji każdy proces można traktować jako przejście od jednej formy do drugiej. Jeśli przejście to jest gładkie i ciągłe, istnieją dobrze ugruntowane metody matematyczne jego opisu. W naturze jednak ewolucja form zazwyczaj obejmuje nagłe zmiany oraz zagadkowe rozbieżności, czyli transformacje. Ponieważ takie przemiany stanowią gwałtowne zakłócenia procesów skądinąd ciągłych, René Thom z francuskiego Institut des Hautes Études Scientifiques nazwał je elementarnymi katastrofami. Teoria katastrof okazała się szczególnie interesująca w zastosowaniach w naukach biologicznych i społecznych. Thom proponuje jej wykorzystanie w embriologii, a także w teorii ewolucji, w rozrodzie, w procesach myślenia oraz w generowaniu mowy. Dla żywej komórki i dla organizmu życie jest jedną katastrofą po drugiej."

HUCZĄCE WYDMY

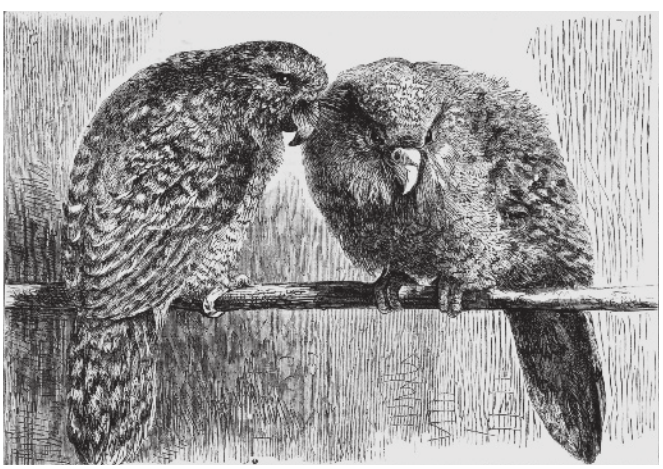
„Wydma piaskowa nie wydaje się szczególnie obiecującym kandydatem na naturalne źródło dźwięku. A jednak wydmy w wielu częściach świata piszczą, ryczą lub dudnią. Akustyczne piaski były opisywane w pustynnych legendach, lecz przez długi czas badacze poświęcali im niewiele uwagi. Niedawno naukowcy przeprowadzili pierwszą ilościową analizę właściwości akustycznych wydmy zwanej Sand Mountain znajdującej się w pobliżu Fallon w stanie Nevada. Po wypróbowaniu kilku metod odkryli, że piasek dudnił najgłośniej wtedy, gdy szybko wykopywano w nim rów płaską łopatą. Dźwięk przypominał krótki, niski ton wiolonczeli; trwał krócej niż dwie sekundy i był wyraźnie słyszalny z odległości 30 m. Dudnienie można było także wywołać, przeciągając piasek dłonią w dół zbocza; wówczas w opuszkach palców odczuwało się silne wibracje, przypominające łagodne porażenie prądem."

1926 NORDYCKA ZAGADKA GRENLANDII

„Wykopaliska przeprowadzone przez dr. Poula Nørlunda z Muzeum Narodowego w Kopenhadze w Herjolfsnes, dawnej nordyckiej osadzie Osterbygd w południowej Grenlandii, rzucają światło na tajemniczy los wczesnych osadników nordyckich. Na starym cmentarzu przykościelnym w Herjolfsnes odnaleziono około 200 cennych zabytków, w tym trumny, szkielety dawnych wikingów w całunach, doskonale zachowane stroje, narzędzia, ozdoby oraz chrześcijańskie krzyże. Styl i krój wielu ubiorów świadczą o tym, że wikingowie utrzymywali kontakty z Europą aż do tego czasu; dowody wskazują jednak, że mniej więcej wtedy nastąpiła fatalna zmiana klimatu na tych północnych szerokościach geograficznych. Wcześniej Herjolfsnes było wolne od lodu przez całe lato, teraz nagle zostało zablokowane niemal na cały rok. Odcięci od Europy i zmuszeni stawić czoła surowemu klimatowi koloniści stopniowo słabli fizycznie, co potwierdzają badania szkieletów. W starciu z Eskimosami, znakomicie przystosowanymi do arktycznych warunków, osłabieni wikingowie nie mieli szans, a napierający grenlandzki lód przypieczętował ich los."

STRZYŻYK KAROLIŃSKI

„Pierwszym amerykańskim przyrodnikom zdecydowanie brakowało wyczucia w kwestii nazw. Nie tylko stosowali absurdalne określenia naśladujące nazwy ze Starego Świata – takie jak rudzik, kuropatwa czy bażant – lecz także używali terminów sugerujących ograniczone zasięgi występowania. I tak dla szeroko rozpowszechnionych gatunków mamy nazwy w rodzaju żółtogardlik marylandzki, czapla luizjańska czy strzyżyk karoliński. Karolińczycy nie mają większego prawa do uhonorowania nazwą tego małego śpiewaka niż mieszkańcy jakiegokolwiek innego stanu leżącego w jego zasięgu. Gdybym miał wskazać ulubionego ptaka – prawdziwie heroicznego, godnego najwyższego podziwu za talent muzyczny, zdolności architekta i rzemieślnika, za pogodne, optymistyczne usposobienie oraz domowe cnoty – wybrałbym strzyżyka karolińskiego."



1876, Papuga-sowa: „Ten osobliwy ptak (*Strigops habroptila*), zwany czasem papugą nocną, pochodzi z Nowej Zelandii. Ma sylwetkę papugi, lecz rysy twarzy przypominające sowę. Nie jest jednak ptakiem drapieżnym, gdyż w niewoli chętnie zjada ziarno i orzechy. Zaprezentowane tu okazy znajdują się w niezrównanej kolekcji w ogrodach Royal Zoological Society w Londynie."

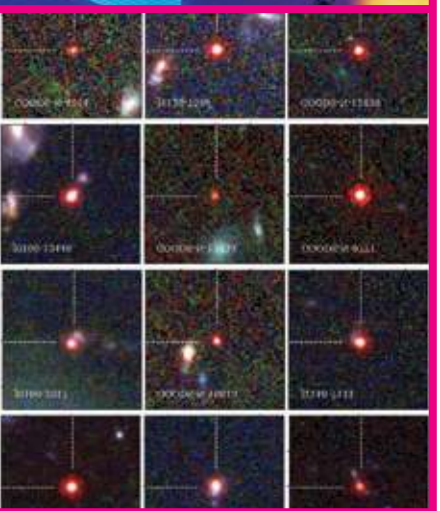
1876 KOLEJNE NIEŻYCIOWE PRAWO POCZTOWE

„Uciążliwe prawo pocztowe zostało uchwalone w ostatnich godzinach poprzedniej sesji Kongresu; jego skutkiem było podwojenie opłat pocztowych za gazety, magazyny i czasopisma wysyłane okazjonalnie, a także za książki i towary. Nowa ustawa stanowi, co następuje: na odległość do 300 mil – jeden cent za każde dwie uncje; od 300 do 800 mil – dwa centy; od 800 do 1500 mil – trzy centy itd. Proponowany przepis wprowadzi chaos w sprawach pocztowych. Zakłada on powszechną wiedzę geograficzną w całej populacji, co nigdy nie może mieć miejsca. Człowiek musiałby znać nie tylko odległość każdego urzędu pocztowego od swojego miejsca zamieszkania, lecz także odległość każdego urzędu od każdego innego, aby poprawnie ostemplować przesyłki. Kongres nie powinien uchwalać tej ustawy."

Scientific American, tom 34, nr 1212; marzec 1876

eprasa.pl b7800411ea







ŚWIAT NAUKI

POLSKA EDYCJA

SCIENTIFIC AMERICAN

W NUMERZE KWIETNIOWYM

W zaledwie kilka krótkich lat sztuczna inteligencja przeszła drogę od chatbota do niewidocznej działającej w tle infrastruktury – wpływa na to, jak pracujemy, uczymy się, leczymy, przemieszczamy, głosujemy, tworzymy. I często tego wpływu nawet nie zauważamy. Analitycy szacują, że wydatki na SI w ubiegłym roku osiągnęły 1,8 mld dolarów. Czy to dobrze, czy źle? O tym w kolejnym numerze,

a ponadto:

Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba i dziwne czerwone punkciki

Spektakularne potwierdzenie szczególnej teorii względności

Największe nagromadzenie dinozaurowych śladów

Czy poliamoria jest sprzeczna z ludzką naturą?

Prócz tego:

Czy rzekom należą się jakieś prawa?

Pomagający też wymagają pomocy

Jak projektować prozdrowotne miasta

Niezwykle skomplikowana fizyka lodu

Rekord regeneracji

Trzęsienia ziemi a mikroorganizmy

INNI OPISUJĄ NAUKĘ.
NASI AUTORZY JĄ TWORZĄ.

















„Świat Nauki" w wersji cyfrowej: www.projektpulsar.pl

Prenumerata papierowa: www.sklep.polityka.pl/sn

W kioskach numer kwietniowy dostępny od 25 marca

eprasa.pl b7800411ea

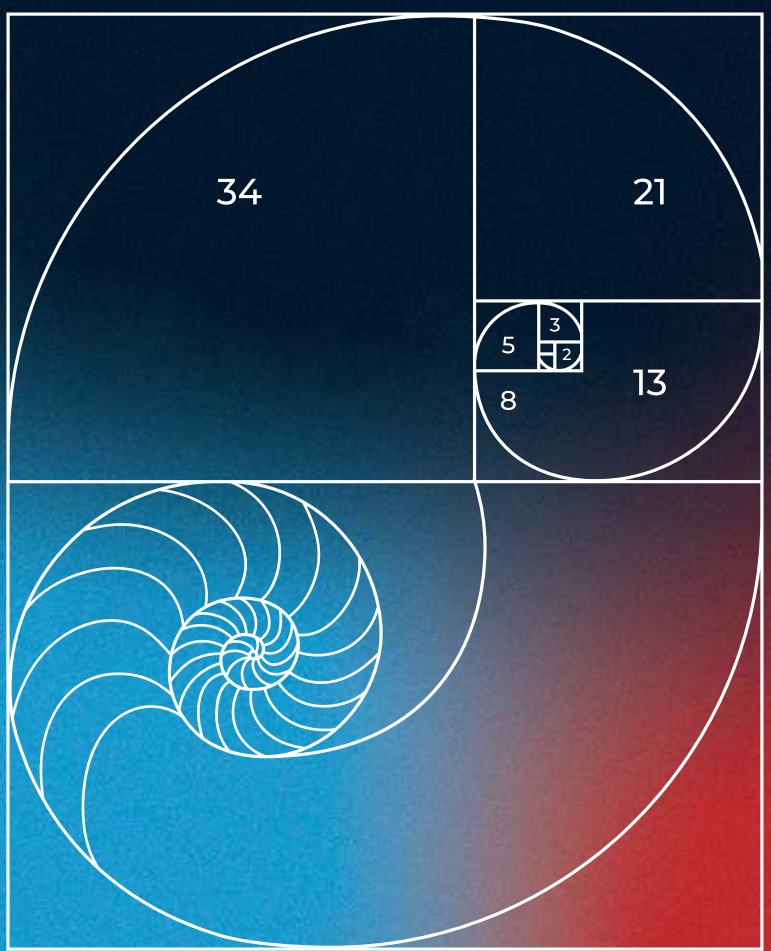
UNIWERSYTET WARSZAWSKI

MISMaP

ZAPRASZAMY NA JEDYNE TAKIE W POLSCE

INTERDYSCYPLINARNE

STUDIA W UNIWERSYTECIE WARSZAWSKIM!



WWW.MISMAP.UW.EDU.PL

KOLEGIUM MIĘDZYWYDZIAŁOWYCH INDYWIDUALNYCH STUDIÓW MATEMATYCZNO-PRZYRODNICZYCH PROWADZI STUDIA MIĘDZYOBSZAROWE W NAUKACH:

• ŚCISŁYCH • PRZYRODNICZYCH • SPOŁECZNYCH • HUMANISTYCZNYCH

eprasa.pl b7800411ea