

ŚWIATNAUKI

POLSKA EDYCJA

swiatnauki.pl • projektpulsar.pl

SCIENTIFIC AMERICAN

Największa zagadka
współczesnej matematyki

Ostatni wywiad
z Craigm Venterem

Pokolenie Z –
jakie jest naprawdę?

Wrzesień 2026 nr 9 (421)

Cena 21 zł (w tym 8% VAT)

NOCNE PRANIE MÓZGU

Jak zdrowy sen
zapobiega demencji

ASTRONOMIA
Miał szpiegować.
Teraz będzie szukać
ciemnej materii i energii

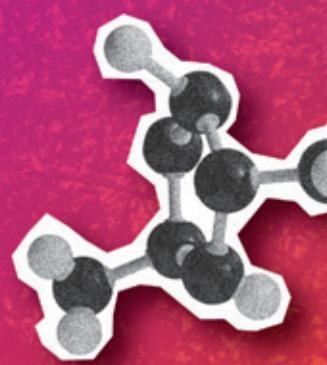




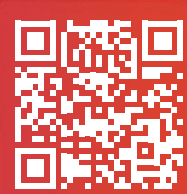
Politechnika
Wrocławska



Studiuj z nami!



Isaac Newton



rekrutacja.pwr.edu.pl

NEURONAUKA

24 SPRZĄTANIE MÓZGU

Usuwanie odpadów to jedna z podstawowych funkcji snu – i może chronić przed demencją.

LYDIA DENWORTH

ASTROFIZYKA

32 NIEOCZEKIWANA

ZMIANA... FUNKCJI

Dawny teleskop przeznaczony do szpiegowania jest teraz potężnym narzędziem NASA mającym badać tajemnice ciemnej energii i ciemnej materii.

JONATHAN O'CALLAGHAN

SOCJOLOGIA

40 TO JAK W KOŃCU JEST

Z TYMI DZIEĆMI?

Prawdopodobnie znacznie lepiej, niż sądzimy.

MELINDA WENNER MOYER

MATEMATYKA

46 NAJSTRASZNIJSZY

PROBLEM MATEMATYCZNY

Najważniejsza zagadka współczesnej matematyki pozostaje nierozwiązana od prawie 170 lat, choć za jej rozwiązanie ustanowiono nagrodę miliona dolarów. Dlaczego mało kto próbuje się z nią mierzyć?

JOSEPH HOWLETT

EKOLOGIA

52 KRONIKA ROZPADU

Badania rozkładających się od czterech dekad pni ściętych drzew ujawniają nieznane wcześniej biologom procesy. Obserwacje zaplanowano na 200 lat.

STEPHEN ORNES

EKOLOGIA

62 TAJEMNICA

ZNIKAJĄCYCH MIĘCZAKÓW

Dlaczego amerykańskie małże słodkowodne znalazły się na skraju zagłady?

ROBERT KUNZIG

6 SIŁA MYŚLI

Wyostriżyć pamięć

JANE ASPELL I UTKARSH GUPTA

7 ZDROWIE

Jak chronić mięśnie

LORI YOUNSHAJEKIAN

10 SKANER

Najstarsi zwierzęcy przodkowie ♦ Bić się jak szympanś z szympansem ♦ Metropolitarna meteorologia ♦ Ziemski hamulec ♦ Bez słodkości nie ma miłości ♦ Pod wodą jak na orbicie ♦ Same geny nie wystarczą

19 Q&A

Jeśli boisz się ryzyka, nie wybieraj zawodu naukowca

JEANNA BRYNER

22 WSZECHŚWIAT

Niewidoczny kosmos

PHIL PLAIT

72 TECHNIKA I BIZNES

AI pomaga w dysleksji

DENI ELLIS BÉCHARD

76 UMYŚŁ GIĘTKI

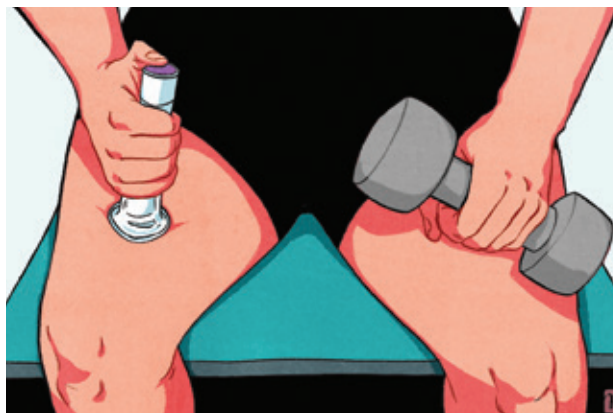
Dodawanie słów

MAREK PENSZKO

80 Z ARCHIWUM „SCIENTIFIC AMERICAN”

Zamiast broni prąd ♦ Nie zawsze samce ssaków są większe ♦ Nowe spojrzenie w kosmos

♦ Prawie 1000 stron o astronomii ♦ To proste – dwie półkule, dwie osobowości ♦ Wyjście ewakuacyjne dla koni



8

Ilustracja Jay Bendt



11

Ilustracja Alex Boesma

OKŁADKA



Gdy śpimy, w naszej głowie uruchamia się niezwykle zaawansowany proces sprzątania. Odkryty niedawno układ glimfatyczny działa jak nocna myjnia – dosłownie przepłukuje tkankę nerwową płynem mózgowo-rdzeniowym i usuwa toksyny. Czy więc głęboki sen może zapobiegać chorobom neurodegeneracyjnym?

Ilustracja agsandrew/Shutterstock.com

Polska wersja okładki Jolanta Kotas



72

Ilustracja Martin Gae

PRENUMERATA „ŚWIATA NAUKI”

SWIATA NAUKI
**SCIENTIFIC
AMERICAN**

Prenumeruj **druk**



KUP TERAZ



Prenumerata roczna

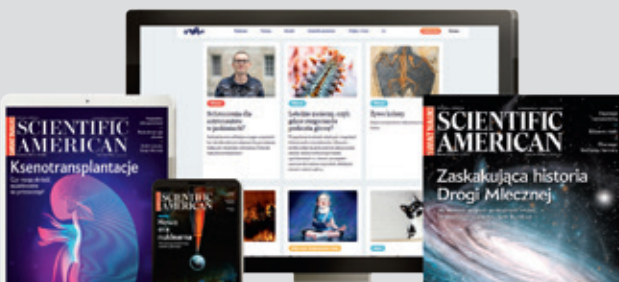
210 zł

Prenumerata półroczna

110 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

299 zł

Prenumerata półroczna

169 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

339 zł

Prenumerata półroczna

189 zł

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



Darmowa dostawa
co miesiąc pod
wskazany adres



Gwarancja
stałej ceny

**MASZ
PYTANIA?**

@ prenumerata@swiatnauki.pl

sklep.polityka.pl

Zapraszamy na wygodne zakupy!

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

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
www.polityka.pl; e-mail: polityka@polityka.pl

Prezes zarządu

Jerzy Baczyński

Dyrektor wydawniczy

Piotr Zmelonek
tel. 22 451 61 33/34

Biurowie reklamy, kampanii i projektów specjalnych

Izabela Kowalczyk-Dudek, Dyrektor
Tel. 22 451 61 45, 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/mnt

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 jakiegokolwiek 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 Jeanna Bryner

Director of Editorial Content **Seth Fletcher**

Copy Director **Maria-Christina Keller**

Chief Art Director **Maria Amador**

Chief of Reporters **Clara Moskowitz**

Chief Special Projects Editor **Megha Satyanarayana**

Breaking News Chief **Claire Cameron**

President Kimberly Lau

Publisher and Vice President **Jeremy A. Abbate**

Vice President, Product and Technology **Dan Benjamin**

Management by LabX Media Group, Inc.

Chairman **Bob Kafato**

President **Chris Pauze**

Szanowni Czytelnicy,

od bieżącego numeru cena egzemplarzowa miesięcznika „Świat Nauki” wynosi 21 zł. Zmiana ta jest konsekwencją wzrostu kosztów wydawania pisma.

W związku z rosnącymi kosztami działalności od 1 września zmianie ulegną również ceny prenumerat. Roczna prenumerata „Świata Nauki” będzie kosztować 210 zł, a półroczna 110 zł.

Ofertę prenumerat papierowej znajdą Państwo na stronie www.sklep.polityka.pl.

Zachęcamy również do korzystania z cyfrowego wydania „Świata Nauki”, dostępnego w ramach subskrypcji portalu popularnonaukowego Pulsar (www.projektpulsar.pl). Subskrypcja obejmuje dostęp do bieżących i archiwalnych numerów „Świata Nauki” w formacie PDF, a także do wszystkich artykułów z miesięcznika „Wiedza i Życie”.

Wydawca „Świata Nauki”

Droży Państwo,

w bieżącym numerze proponujemy wiele ciekawych tematów. Okazuje się na przykład, że sen jest ważniejszy, niż dotychczas sądzono – to czas czyszczenia mózgu w sensie dosłownym (s. 24). Niewykluczone, że zaburzenia tego nocnego sprzątnięcia są odpowiedzialne za chorobę Alzheimera.

Kolejny artykuł opisuje dość nietypowe losy teleskopu Nancy Grace Roman, który, jeśli wszystko dobrze pójdzie, powinien już za chwilę znaleźć się w kosmosie (s. 32). Jego obecnym zadaniem ma być poszukiwanie ciemnej materii i ciemnej energii, a także egzoplanet, natomiast pierwotnie przeznaczony był do... szpiegowania.

Mamy początek roku szkolnego i wracają problemy z dziećmi. Co to za pokolenie... Cóż z nich wyrośnie... Czy naprawdę są powody, by się martwić? (s. 40)

Łamać głowę można sobie nad czymś innym – wciąż (od 170 lat) nierozwiązanym problemem matematycznym. Choć za udowodnienie hipotezy Riemanna wyznaczono nagrodę miliona dolarów, matematykom jest już wszystko jedno – chcą po prostu poznać odpowiedź, nawet gdy dostarczy jej sztuczna inteligencja (s. 46).

Problemy naukowe czekające dziesiątki lat na rozwiązanie to wcale nie taka rzadkość. Inaczej jest jednak z eksperymentami – tu przyjmuje się zwykle krótsze zakresy. Nietypowy jest więc projekt polegający na obserwacji rozkładu powalonych drzew. Jego pomysłodawca zaplanował doświadczenie na 200 lat! (s. 52)

Na koniec polecam tekst o kolejnej enigmatycznej – w Ameryce Północnej znikają z rzek i strumieni słodkowodne małże (s. 62). Tym razem za tym wymieraniem prawdopodobnie nie stoi człowiek. Nie znaczy to jednak, że słodkowodnych małżów ludzie nie wykorzystywali. Smakują ponoć nieszczególnie, ale jakie z ich muszli można wytwarzać piękne guziki!

Życzę Państwu przyjemnej 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 STALI WSPÓŁPRACOWNICY

dr Michał Czerny

dr n. med. Ewa Grabowska

Andrzej Holdys

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.

Kosmiczny lód VII

Naukowcy z UW badają lód z wnętrza ciał planetarnych

Ponad 20 odmian lodu, ekstremalne ciśnienie i totalny brak reguł. Woda w kosmosie rządzi się własnymi prawami. Kryje w sobie fascynujący, mikroskopijny chaos. Badacze z Uniwersytetu Warszawskiego dowodzą, że lód VII nie jest tak idealnie uporządkowany, jak zakładano.

Woda to jedna z najpowszechniej występujących substancji chemicznych we Wszechświecie. Spotyka się ją zwykle w stanie stałym. We wnętrzu niektórych ciał niebieskich prym wiedzie lód VII, który powstaje pod ekstremalnie wysokim ciśnieniem (20 tysięcy do 900 tysięcy razy większym niż ciśnienie atmosferyczne). Odmiany lodu, oznaczane cyframi rzymskimi, różnią się tym, w jaki sposób cząsteczki wody układają się w ciele stałym.

Zwykły lód topi się na dłoni. Lód VII, pod odpowiednio ogromnym ciśnieniem, może pozostać ciałem stałym nawet w temperaturze kilkuset °C! Badanie tego lodu jest istotne dla zrozumienia budowy wnętrza ciał planetarnych, a także dla samej nauki o materii. Wykorzystując strumienie neutronów oraz zaawansowane metody modelowania komputerowego, badacze z Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego pod kierownictwem prof. dra hab. Krzysztofa Woźniaka oraz dra hab. Wojciecha Sławińskiego, wraz z naukowcami z USA i Wielkiej Brytanii, zajrzeli w głąb lodowej sieci krystalicznej.

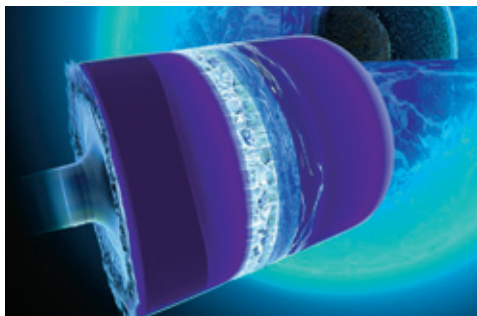
Co kryje głębia?

Zobaczyli tam ukryty lokalny nieład, który przeczy dotychczasowym teoriom, że struktura wody w stanie stałym jest prosta i idealnie symetryczna. Z bliska widać drobne przesunięcia i lokalny nieład, którego klasyczne modele nie potrafiły wychwycić. – *Pokazujemy, że w lodzie VII nie ma idealnie uporządkowanych wiązań wodorowych. Każda cząsteczka wody oddziałuje z sąsiadami nieco inaczej, dlatego lokalne otoczenie atomów nie jest identyczne* – tłumaczy prof. Woźniak.

Badania strukturalne, a w tym przypadku badania dyfrakcji neutronowej, mogą dostarczyć informacji o tym, w jaki sposób każda pojedyncza cząsteczka zajmuje miejsce względem swojej sąsiadki.

Prace badawcze zespołu z UW były prowadzone z wykorzystaniem ciężkiej wody, co oznacza, że wodór w cząsteczce H_2O zastąpiono deuterem (D – pod względem reaktywności chemicznej różnice są niemal niezauważalne). – *D_2O ma znacznie niższe rozpraszanie niekoherentne, dzięki temu 30–40 razy lepiej mierzy się informację strukturalną, jeżeli zamiast wodoru mamy deuter. Izotop ten jest również dwukrotnie cięższy, więc ruchy termiczne atomów D są mniejsze – możemy je lepiej zlokalizować w sieci krystalicznej* – mówi naukowiec.

Badacze następnie umieścili próbkę ciężkiej wody w prasie o nacisku do 40 t i skierowali przez nią strumień neutronów, który przenikał przez jej całą objętość i rejestrował ob-



Artystyczna wizja powstawania lodu VII.

raz dyfrakcji neutronów na próbce, co po złożonym procesowaniu danych przekłada się na położenie atomów.

Gdy klasyczne metody zawodzą

Powyższa metoda może jednak ukrywać drobne różnice między pojedynczymi atomami – a one właśnie bywają najważniejsze. Dlatego badacze zastosowali dodatkowe metody. Pierwsza pozwoliła sprawdzić odległości pomiędzy parami atomów. Druga polegała na komputerowym

modelowaniu struktury lodu VII.

Model obejmował 82 944 atomy.

– *Sprawdzaliśmy też model nawet dziesięć razy większy. Chodziło o to, żeby uniknąć sztucznego powtarzania tych samych układów atomów, które mogłoby zafałszować wynik. W takim modelu nie narzucamy symetrii z góry. Pozwalamy atomom szukać najlepszych pozycji, zgodnych z danymi z dyfrakcji neutronowej. Dopiero potem obliczamy parametry struktury lodu VII – wyjaśnia badacz.*

W lodzie VII widać dwie grupy cząsteczek ciężkiej wody: w jednej atomy deuteru są skierowane w jedną stronę, w drugiej – przeciwnie.

Nieporządek, który ma znaczenie

Dodatkowe obliczenia teoretyczne potwierdziły, że taki lokalny nieład w strukturze lodu VII nie jest błędem pomiaru. Przeciwnie – to układ stabilny i energetycznie korzystny. Lokalna asymetria i subtelny chaos pozwalają strukturze optymalnie zminimalizować napięcia międzyatomowe. W efekcie cały układ staje się znacznie stabilniejszy, niż gdyby był idealnie, wręcz na siłę uporządkowany. – *Krótko mówiąc, badania pokazują, że korzystna energetycznie jest sytuacja braku symetrii. Ta struktura lokalna jest zupełnie inna niż ludzom się wydaje* – dodaje prof. Woźniak.

Woda jest jedną z najważniejszych substancji we Wszechświecie, a lód VII może występować głęboko we wnętrzach ciał planetarnych. To odkrycie poprawia mapę świata, którego na co dzień nie widzimy. Pomaga lepiej rozumieć, jak zachowuje się materia we wnętrzach planet i lodowych księżyców.



UNIwersytet
WARSAWSKI | SERWIS
NAUKOWY

Artykuł jest częścią cyklu
poświęconego badaniom realizowanym
na Uniwersytecie Warszawskim.



Wyostrzyć pamięć

Sprawiając, że ludzie czują, jakby ich twarz była młodsza, naukowcy mogą spowodować, że wspomnienia z dzieciństwa stają się wyraźniejsze JANE ASPELL I UTKARSH GUPTA

JEDNĄ Z FRUSTRACJI związanych ze starzeniem się jest to, że niektóre wcześnie wspomnienia czasem przygasają i zanikają. Wraz z upływem lat szczegóły słonecznych dni spędzonych w dzieciństwie nad morzem wydają się rozplywać niczym morska piana. Czy istnieje jakiś sposób, by je odzyskać?

Naukowcy nazywają wspomnienia konkretnych faktów i doświadczeń z naszego własnego życia „autobiograficzną pamięcią epizodyczną”. Umożliwiają nam one mentalne podróżowanie w czasie do wydarzeń z naszej przeszłości, pozwalając ponownie doświadczać szczegółów tego, co widzieliśmy, słyszeliśmy,

smakowaliśmy, czego dotykaliśmy i co wąchaliśmy, a także emocji, które wtedy odczuwaliśmy. Ale co z ciałem, które kiedyś zamieszkiwaliśmy?

Jane Aspell zajmuje się neuronauką poznawczą na Anglia Ruskin University w Anglii. Bada, w jaki sposób mózg tworzy nasze poczucie własnego „ja”.

Utkarsh Gupta jest neuronaukowcem kognitywnym na University of North Dakota. Wykorzystuje metody behawioralne, neuroobrazowanie oraz neuromodulację do badania cielesnego „ja”, pamięci autobiograficznej, pamięci roboczej, obciążenia umysłowego, uwagi i wielozadaniowości.

W każdej minionej (a także obecnej) chwili nasz mózg otrzymywał bogaty, ciągle strumień wielozmysłowych sygnałów płynących z naszego ciała – w tym tych związanych ze stanem organizmu. Nasze wspomnienia przeszłości powinny więc zawierać informacje o rodzaju ciała, jakie mieliśmy w różnych okresach życia, gdy powstawały poszczególne wspomnienia – choć dotąd zaskakująco niewiele badań poświęcono temu zagadnieniu.

Jako neuronaukowcy zastanawialiśmy się, czy moglibyśmy wykorzystać to połączenie między mózgiem a ciałem, aby ożywić dawno utracone wspomnienia – sprawiając, że ludzie niejako „powrócą do wnętrza” ciało, które mieli w młodszy wiek. W wyjątkowym eksperymencie odkryliśmy, że tymczasowa zmiana postrzeganego przez człowieka własnego ciała wpływa na dostęp do wspomnień z określonych okresów życia. Wykazaliśmy, że subtelna iluzja, w której uczestnicy oglądali dziecięcą wersję własnej twarzy poruszającą się synchronicznie z ich ruchami – tak jak odbicie w lustrze – mogła poprawić zdolność przywoływania wczesnych wspomnień.

Mózg nieustannie monitoruje ciało. Wyspecjalizowane obszary mózgu tworzą mapy jego położenia, kształtu i stanu fizycznego – obejmujące wszystkie informacje zmysłowe. Neuronaukowcy nazywają tę mentalną reprezentację „cielesnym ja” (bodily self). Przez długi czas badacze zakładali, że ta reprezentacja jest stosunkowo niezmienna. Jednak odkrycia z ostatnich kilku dekad pokazują, że cielesne ja jest zaskakująco plastyczne. Mózg

nieustannie aktualizuje ten obraz w odpowiedzi na to, co człowiek widzi, czuje i słyszy.

Naukowcy mogą celowo zmieniać czyjąś reprezentację własnego ciała, tworząc sytuacje, które oszukują mózg za pomocą niezgodnych ze sobą informacji zmysłowych. W klasycznym eksperymencie z iluzją gumowej ręki człowiek widzi gumową rękę, której ktoś dotyka, i jednocześnie czuje dotyk własnej ręki w tym samym miejscu i czasie. W rezultacie zaczyna odczuwać, jakby sztuczna ręka była częścią jego własnego ciała. Nowsze techniki wykorzystujące rzeczywistość wirtualną pozwalają posunąć się jeszcze dalej. W eksperymentach z iluzją całego ciała uczestnicy mogą odczuwać, jakby mieli zupełnie inne ciało. Z kolei w iluzji twarzy (enfacement illusion) mogą przez chwilę doświadczać innej twarzy jako własnej.

Łącznie te zmiany pokazują, że nasze poczucie cielesnego „ja” nie jest ustalone. Możemy je zmodyfikować – przynajmniej na krótki czas – poprzez zmianę informacji, które otrzymuje mózg.

W naszym badaniu wykorzystaliśmy ten fakt, aby sprawić, że ludzie poczuć się młodszy. Zaprosiliśmy 50 zdrowych dorosłych osób do udziału w internetowym eksperymencie, w którym wykorzystaliśmy iluzję twarzy, aby wywołać poczucie, że jest się młodszym. Uczestnicy oglądali na ekranie obraz wideo przedstawiający w czasie rzeczywistym ich własną twarz.

Półowa z nich widziała swoją twarz całkowicie niezmienną. Druga połowa oglądała młodszą, dziecięcą wersję siebie, stworzoną za pomocą filtra obrazu.

Kiedy uczestnicy poruszali głową na boki, obserwując zsynchronizowany z ich ruchami obraz, zwykle doświadczali silnej iluzji, że młodsza twarz rzeczywiście należy do nich.

Po wykonaniu ruchów głową i obejrzeniu obrazu uczestnicy zostali poproszeni o przypomnienie sobie wspomnień z dzieciństwa lub niedawnej przeszłości tak szczegółowo, jak to możliwe. Następnie zadaliśmy im serię pytań dotyczących tych wspomnień (co nazwaliśmy wywiadem dotyczącym pamięci autobiograficznej). Po zebraniu odpowiedzi dwóch oceniających – którzy nie wiedzieli, w jakich konkretnych warunkach uczestnicy znajdowali się przed podzieleniem się wspomnieniami – oceniło te odpowiedzi za pomocą skali liczbowej określającej, jak bogate były opisywane wspomnienia.

Chociaż nie wiemy, jak dokładna była relacja badanych, ta metoda wywiadu nadal zapewniła nam solidny sposób porównania wyrazistości wspomnień różnych osób.

Odkryliśmy, że badani przypominali sobie znacznie więcej szczegółów wspomnień z dzieciństwa po obejrzeniu swojej młodszej twarzy niż niezmienną. Uczestnicy eksperymentu przedstawiali bogatsze i żywsze opisy, obejmujące wspomnienia konkretnych miejsc, emocji oraz doznań zmysłowych. Efekt ten występował wyłącznie w przypadku wspomnień z dzieciństwa, a nie wspomnień niedawnych, co świadczy, że iluzja sięga do głębokich powiązań między reprezentacją ciała a wspomnieniami zakorzenionymi w przeszłości.

Wyniki wskazują na fascynującą możliwość: mózg nie przechowuje informacji związanych z przeszłymi wydarzeniami jedynie jako surowych doznań, lecz także łączy je ze wspomnieniami ciała, które dana osoba miała w chwili, gdy te wydarzenia się rozgrywały.

Ponieważ zmiana postrzegania własnego ciała może zwiększyć dostęp do starszych wspomnień, można argumentować, że cielesne „ja” nie jest jedynie tłem dla pamięci, lecz stanowi fundament tego, jak wspomnienia są zapisywane i organizowane w mózgu.

Badania te to nie jedynie ciekawa sztuczka poprawiająca pamięć. Na bardziej fundamentalnym poziomie sugerują głębokie splecenie ciała i naszego poczucia własnej tożsamości – pokazują, że przemiany, którym podlega nasze ciało w czasie, nie są oddzielone od naszej psychicznej ewolucji.

W przyszłych eksperymentach można zbadać strategie wspierające osoby mające trudności z dostępem do wspomnień – na przykład ludzi z demencją lub po urazach mózgu. Jeśli mózg łączy wczesne wspomnienia z reprezentacją ciała, ukierunkowane iluzje lub interwencje sensoryczne mogłyby pewnego dnia pomóc w terapeutycznym odzyskiwaniu wspomnień.

Wspomnienia nie są prostymi, odizolowanymi zbiorami danych przechowywanymi w mózgu. Są złożonymi reprezentacjami powiązanych z postrzeganiem własnego ciała przez człowieka w różnych okresach życia. Ponowne połączenie się z ciałem z przeszłości może pozwolić otworzyć drzwi do wspomnień, które nas ukształtowały. ■

Jak chronić mięśnie

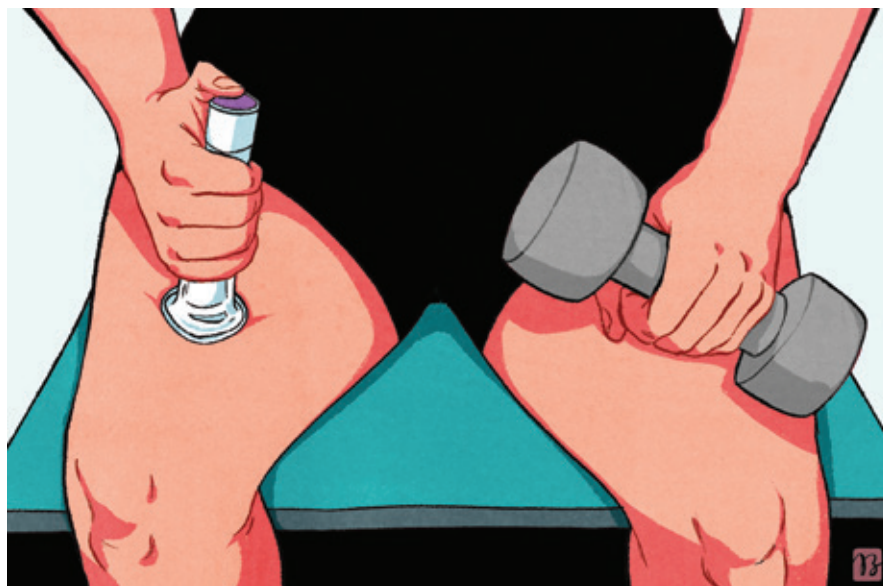
Odchudzanie się może wpływać na zmniejszenie masy mięśniowej, co jest groźne szczególnie dla seniorów. Nowe leki mogą temu zapobiec

LORI YOUNSHAJEKIAN

LEKI TAKIE JAK Wegovy i Ozempic mogą prowadzić do spektakularnej utraty masy ciała, ale z organizmu znika nie tylko tłuszcz. Około 25–40% kilogramów utraconych dzięki tym terapiom stanowi beztłuszczowa masa ciała, w tym mięśnie. Ten niepożądany skutek niepokoi szczególnie osoby starsze, które i tak zmagają się z postępującą wraz z wiekiem utratą masy mięśniowej, co zwiększa ryzyko upadków i złamań kości. Zachowanie masy mięśniowej ma jednak znaczenie również dla ludzi młodych: im więcej mięśni mamy po trzydziestce, tym więcej zachowamy po sześćdziesiątce. Utrata nawet niewielkiej ilości mięśni może zwiększać ryzyko różnych problemów zdrowotnych, takich jak pogorszenie sprawności fizycznej i funkcji metabolicznych.

Każda metoda odchudzania – od diet, przez chirurgię bariatryczną, po leki będące agonistami receptora peptydu glukagonopodobnego 1 (GLP-1), takie jak Wegovy – w pewnym stopniu prowadzi do utraty mięśni wraz z tkanką tłuszczową. Jednak gwałtowny wzrost popularności leków z grupy GLP-1 skłania naukowców do opracowywania eksperymentalnych preparatów, które mogłyby umożliwić redukcję masy ciała przy niemal całkowitym zachowaniu mięśni.

Mięśnie zapewniają znacznie więcej niż tylko siłę fizyczną. Te pasma włókniastej tkanki są ważnym miejscem magazynowania glukozy i jej metabolizowania. Masa mięśniowa jest także jednym z najlepszych wskaźników pozwalających przewidzieć sprawność ruchową człowieka w późniejszym wieku. Między 20. a 80. rokiem życia tracimy stopniowo około 30% masy mięśniowej. Badania wskazują, że leki z grupy GLP-1 mogą ten proces przyspieszać. Z danych z badań klinicznych nad semaglutylem (agonistą



GLP-1 sprzedawanym m.in. jako Wegovy i Ozempic) oraz tirzepatydem (sprzedawanym jako Zepbound i Mounjaro) wynika, że w ciągu kilku lat od rozpoczęcia leczenia pacjenci mogą utracić tyle masy mięśniowej, ile normalnie ubywa w ciągu około 20 lat starzenia.

Niektórzy badacze podkreślają jednak, że ilość mięśni traconych przez wiele osób podczas terapii GLP-1 jest w przybliżeniu proporcjonalna do utraty masy ciała i sama w sobie nie stanowi problemu zdrowotnego. Osoby starsze mają jednak już wcześniej zmniejszoną masę mięśniową, a jednocześnie stosunkowo często otrzymują recepty na leki z tej grupy. Połączenie tych dwóch czynników może prowadzić do pogorszenia siły i sprawności fizycznej. Ponadto nowe badania, które wciąż oczekują na recenzję naukową, świadczą o istnieniu związku między stosowaniem leków GLP-1 a zwiększonym ryzykiem osteoporozy.

Firmy farmaceutyczne mają silną motywację do znalezienia rozwiązania tego problemu. Eli Lilly, producent leku odchudzającego Zepbound i przeciwcukrzycowego Mounjaro, opracowuje preparat pomagający zachować mięśnie o nazwie bimagrumab. Lek ten blokuje miostatynę – kluczowe białko hamujące wzrost mięśni. Mutacje genu kodującego miostatynę osłabiają działanie tego białka, a zwierzęta rodzące się z takimi zmianami mogą rozwijać wyjątkowo dużą masę mięśniową. Takie mutacje oraz związany z nimi

niezwykły rozrost mięśni opisano również przynajmniej u jednego człowieka.

Miostatyna wiąże się z receptorami aktywiny typu II na komórkach mięśniowych, gdzie działa jak „wylłącznik”, zatrzymując rozwój mięśni. Bimagrumab blokuje receptory, unieczynniając ten wyłącznik i umożliwiając dalszy wzrost mięśni. Co więcej, działanie leku może wykraczać poza samą tkankę mięśniową. Bimagrumab blokuje również receptory aktywiny typu II na komórkach tłuszczowych, a wydaje się, że prowadzi to do zmniejszenia ilości tkanki tłuszczowej, mówi Steven Heymsfield, specjalista w dziedzinie otyłości i składu ciała z Pennington Biomedical Research Center w Luizjanie. (Heymsfield współpracuje z firmą Eli Lilly jako konsultant i brał udział w badaniach klinicznych nad bimagrumabem).

W badaniu klinicznym II fazy finansowanym przez Eli Lilly i opublikowanym w „Nature Medicine” zespół naukowców kierowany przez Heymsfielda wykazał, że połączenie bimagrumabu z semaglutydem prowadziło w ciągu 72 tygodni do zmniejszenia masy ciała o 22%. Jednak aż 92% utraconej masy stanowił tłuszcz, podczas gdy u osób przyjmujących wyłącznie semaglutyd odsetek ten wynosił 76%. Osoby

otrzymujące bimagrumab nie tylko zachowały więcej mięśni niż pacjenci leczeni samym semaglutydem, lecz wręcz wytworzyły nowe włókna mięśniowe. Ponadto uczestnicy przyjmujący oba leki uzyskali największą poprawę siły chwytu dłoni.

Nie wszystkie wyniki są jednak równie obiecujące. We wcześniejszych badaniach nad bimagrumabem osoby starsze rzeczywiście zwiększały masę mięśniową, ale nie odnotowano u nich istotnej poprawy siły chwytu, prędkości chodzenia ani wytrzymałości. Zdaniem Dimitrisa Papatheodorou, badacza otyłości z University of Leicester w Anglii, może to oznaczać, że lek „po prostu powiększa mięśnie, nie przynosząc korzyści w zakresie ich funkcji metabolicznych i sprawności fizycznej”.

Obecnie prowadzone są kolejne badania z zastosowaniem tirzepatytu i bimagrumabu.

Naukowcy pracują również nad inną grupą eksperymentalnych leków chroniących mięśnie – tzw. SARM-ami (selective androgen receptor modulators, selektywnymi modulatorami receptora androgenowego).

Te syntetyczne związki zaprojektowano tak, aby aktywowały receptory androgenowe organizmu w sposób podobny do testosteronu – hormonu pobudzającego wzrost mięśni. Testosteron działa jednak w całym organizmie, co może powodować działania niepożądane dotyczące m.in. serca i prostaty. Natomiast SARM-y skonstruowano tak, aby oddziaływały głównie na mięśnie i kości, potencjalnie stymulując rozwój mięśni przy mniejszym ryzyku działań niepożądanych niż testosteron. Przegląd badań opublikowany w 2025 roku wykazał, że stosowanie SARM-ów wiąże się z poprawą sprawności fizycznej i korzystnymi zmianami składu ciała, jednak ich profil bezpieczeństwa nadal pozostaje niejasny.

Do czasu, aż nowe leki zostaną uznane za bezpieczne i skuteczne w kolejnych badaniach klinicznych z udziałem ludzi, trening oporowy oraz odpowiednia podaż białka pozostają najlepiej udokumentowanymi metodami ochrony mięśni – podkreśla Ian Neeland, kardiolog i specjalista w dziedzinie otyłości z Case Western Reserve University. „Zdecydowana większość osób starszych bardzo dobrze toleruje leki z grupy GLP-1” – mówi. Jednocześnie Neeland zaleca, aby osoby przyjmujące te preparaty spożywały około 1,2–1,6 g białka na kilogram masy ciała dziennie, czyli mniej więcej dwukrotnie więcej, niż wynoszą standardowe zalecenia. Radzi również, aby około jedną trzecią całkowitego czasu przeznaczonego na aktywność fizyczną stanowiły ćwiczenia siłowe. ■

Lori Youmshajekian

jest dziennikarką popularyzującą naukę. Píše o zdrowiu publicznym, ekologii i naukowych nadużyciach. Jej artykuły ukazują się m.in. w „National Geographic”, „Wired” i „Retraction Watch”.



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
- podcasty „Pulsar nadaje” – już ponad 170 rozmów z najciekawszymi polskimi naukowcami



PAWEŁ SIKORSKI:
Wirusy celowo zakładają czapki

**DOROTA ROSIŃSKA,
MAREK SZCZEPAŃCZYK:**
Chcemy sięgnąć
początków Wszechświata



KATARZYNA SZNAJD-WERON:
O ruchach ciał społecznych

