

*Ja zirnekļi nebūtu agresīvi viens pret otru un tos varētu audzēt tāpat kā zīdārnās, mēs varētu iegūt daudz tīmekļa pavedienu. Tos varētu izmantot bruņvestēs, medicinā, nākotnes superātrajos kvantu datoros un citur.*

V&A IMAGES





Zinātnieki grib izmantot zirnekļa tīkla

# 5 brīnumainās īpašības

Zirnekļa tīkls ir tik unikāls, ka to var izmantot, lai radītu mākslīgus muskuļus, bruņavestis un nākotnes superdatorus. Tagad vācu zinātnieki ar *E. coli* baktēriju un šķīdinātāja starpniecību cenšas atdarināt zirnekļa radīto supermateriālu.

Kad Čingishans pirms 800 gadiem iekaroja lielāko daļu Āzijas, veiksmīgi viņam daļēji nodrošināja zirnekļu armija. Kā vēsta leģenda, viņa karavīri valkāja kreklus, kuru audumā bija ieausti zirnekļu tīklu pavedieni, un tas padarīja drānas tik izturīgas, ka no tiem atlēca ienaidnieka bultas. Lai gan stāsts par mongoļu karavīru krekiem ir izdomāts,

**Lai izgatavotu lielāko audumu, kāds jebkad radīts no zirnekļu pavedieniem, vajadzēja 1 miljonu zirnekļu, četrus gadus un 100 cilvēku.**

VIA IMAGES

zirnekļu tīkliem patiesībā piemīt savdabīgas fiziskās spējas.

Senie grieķi zirnekļu tīmekļus lietoja apsējiem, jo pavedienu ārstnieciskās īpašības lika asinīm sarecēt un pasargāja brūces no infekcijām. 19. gadsimtā astronomi uzklāja zirnekļu tīklus teleskopu lēcām, lai ierīci varētu precīzi nomērķēt pret interesējošo objektu – šo risinājumu vēlāk izmantoja arī Otrajā pasaules karā, kad zirnekļu tīklus izmantoja, lai izveidotu tēmēšanas krustu optiskajos tīmekļos. Pēdējos gados zinātnieki zirnekļu pavedieniem ir atklājuši jaunas optiskās, elektriskās un hidroloģiskās īpatnības, kam piemīt milzīgs potenciāls.

## Ražošana sagādā grūtības

Diemžēl zirnekļus nevar audzēt tāpat kā zīdītāriņus. Ja pavedienu iegūšanai

izveidos zirnekļu fermas, šie posmkāji uzbruks cits citam un sliktākajā gadījumā viens otru apēdis. Zinātniekiem ir jāizdomā, kā sagādāt pietiekami daudz pavedienu, lai mēs no tīmekļa varētu gūt labumu. Viens risinājums būtu pavedienu radīšanu uzticēt dzīvniekiem, piemēram, kazām un pelēm ar kuriem eksperimentēt ir vienkāršāk. Pētnieki ir mēģinājuši radīt zirnekļu pavedienu proteīnus, arī ģenētiski modificējot tabaku un kartupeļus, lai tādējādi iegūtu izturīgus pavedienus.

Jau 2007. gadā ķīniešu zinātniekam Ninam Li no Pekinas Lauksaimniecības universitātes izdevās pārnest *Nephila* zirnekļa ģēnus uz peļu mātītēm, lai tās ražotu un izdalītu pavedienu proteīnus pienā. Tomēr ir grūti panākt, lai proteīni savienotos pareizi un pavedieni iegūtu ▶

## Tīkls ir stiprāks par tēraudu

Ķīmiskās uzbūves dēļ zirnekļa tīkla pavedieni ir ārkārtīgi stipri un elastīgi, tāpēc tos var ērti izmantot dažādos eksperimentos.

	STINGUMS	STIPRĪBA
Zirnekļa tīkls	10	2,9
Kauli	20	0,16
Kevlars šķiedra	130	3,6
Tērauds	200	1,5
Oglekļa šķiedra	300	4

Lai gan zirnekļa tīkls ir daudz elastīgāks par oglekļa šķiedru, tas ir gandrīz tikpat stiprs.

Stingums un stiprība gigapaskālos



# 1 ...stiprs



**Kāds japāņu zinātnieks no zirnekļu pavedieniem izgatavoja vijoles stīgas.**

## Jaunas stīgas vijolei

Šigejoši Osaki no Naras Medicīnas universitātes Japānā audzēja *Nephila* ģints zirnekļus, ieguva no tiem pavedienus, kurus savērpjot izgatavoja vijoles stīgas. Pavedienu skaits noteica tonkārtu: notīm la, re un sol bija attiecīgi 9000, 12 000 un 15 000 pavedienu. Vijolnieki par skaņu bija sajūsmināti. Zinātnieki sapņo iegūt daudz pavedienu, lai radītu stipras virves, tīklus un izpletņus, kas būtu ļoti viegli un neaizņemtu daudz vietas.

### ZIRNEKĻA IEGUVUMS

Zirnekļa upuri bezpalīdzīgi karājas pavedienu lipīgajā vielā un nespēj pārraut ārkārtīgi izturīgo tīklu. Tīmeklī ieauštāis laupījums ir gluži kā iekalts važās, un tam nav ne mazāko cerību atbrīvoties.



### STIEPES STIPRĪBA

Izturīgajam zirnekļa *Nephila clavipes* tīklam ir trīsreiz lielāka stiepes stiprība nekā rūdītam tēraudam. Tas tāpēc, ka atsevišķas tīmekļa proteīna garo ķēžu daļas veido kristālisku struktūru, ko grūti saraut.

S. OSAKI/AFPCANPIX & S. D. MILLER/NATURE PL

► vēlamās īpašības. Zirnekļa tīkla pavedieni sastāv no diviem dažādiem proteīniem, ko izdala dziedzeri tīmekļa kārpās zirnekļa vēdera lejasdaļā. Sākumā pavedienam ir želejai līdzīga konsistence un tas uzkrājas mazā maisiņā. Nepieciešamības gadījumā zirneklis izlaiž pavedienu caur īpašām atverēm, un, nonākot saskarsmē ar gaisu, tas sacietē. Zirneklis, izmantojot pakaļkājas, sekundē parasti savērpj centimetru garu pavedienu, taču to iespējams izdarīt desmitreiz ātrāk, ja zirneklis ir piestiprinājis vienu pavedienu galu pie zara un laižas lejup.

Pavediena īpašības ļoti ietekmē tā vērpšanas ātrums, gaisa temperatūra, gaisa mitrums, pH līmenis un dažādu vielu piemaisījums no zirnekļa dziedzeriem mirklī, kad pavediens sacietē. Zirneklim ir pat astoņi specializēti dziedzeri, un katrs no tiem izdala konkrētas vielas, kas ļauj pavedienu

izmantot tīmekļa ārējam ietvaram vai tīkla piestiprināšanai pie koku vai krūmu zariem. Pavedieni ļoti atšķiras, piemēram, spirāliski savītie ķeršanas pavedieni ir sešreiz elastīgāki par rāmja pavedieniem, toties tiem piemīt tikai ceturtdaļa šo pavedienu stiprības.

Zirnekļa tīkla pavediens sacietē, nonākot saskarē ar gaisu. Zinātnieki mēģina saprast, kāpēc tas notiek, lai šo procesu vēlāk pielāgotu laboratorijas un rūpnieciskās ražošanas apstākļiem, taču pagaidām tas vēl nevienam nav izdevies.

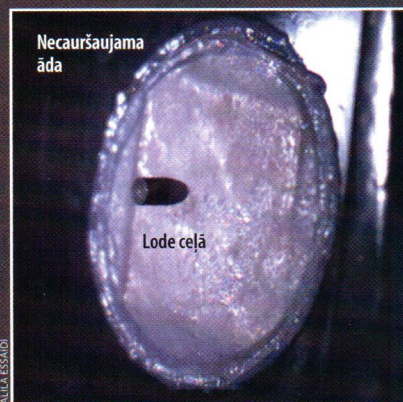
### Sintētiskie pavedieni nav tik stipri

2012. gada decembrī Rendolfs Lūiss no Vaiomingas universitātes ASV izmēģināja slapjās vērpšanas paņēmieni, šajā procesā pavedienus pasargājot no gaisā esošā skābekļa. Zinātnieks izmantoja proteīnus, kas iegūti ģenētiski modificētās *Escherichia coli* baktērijās un ►

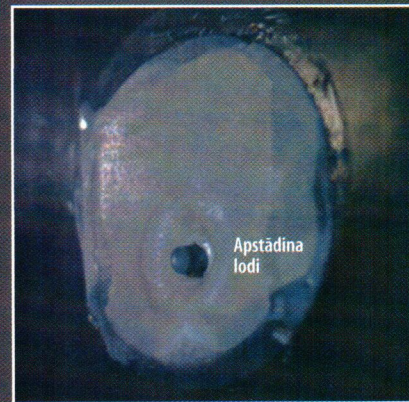
# 2 ...absorbējošs

## Bruņuvestis ādas plānumā

Trauslais zirnekļa tīkls absorbē enerģiju un maina formu nesaplīstot. Zinātnieki grib atdarināt šīs īpašības, lai radītu jaunas bruņuvestis.



2011. gadā ar zirnekļu proteīna starpniecību tika radīta mākslīgā āda.



Eksperiments atklājās, ka mākslīgā āda droši spēj stāties preti lodei.



# 3...elastīgs

## Ūdens liek tīklam sarauties

Lielā gaisa mitrumā zirnekļa tīkla pavedieni saraujas, demonstrējot milzīgu spēku. 2009. gadā to pierādīja profesors Tods Bleklidžs no Akronas universitātes, Ohaio. Eksperimenta laikā viņš pakāra svaigi noplūktu zāles stiebru vienā vienīgā zirnekļa pavedienā un pārmaiņus virzīja uz to mitra un sausa gaisa plūsmu. Katru pavedienu uzsūca gaisa mitrumu, zāles stiebrs tika pacelts apmēram milimetru augstāk. Stiebrs sver daudz vairāk nekā smalkais un ar neapbruņotu

aci knapi saskatāmais zirnekļa pavediens, un tas nozīmē, ka pavediens spēj veikt 50 reizu lielāku darbu nekā cilvēka muskuļi. Turklāt neatlaidīgais zinātnieks no Ohaio pierādīja, ka vairāki pavedieni kopā var pacelt smagākas nastas. Savērpjot 90 pavedienu, to kopējais spēks 30 reizu pārspēja atsevišķa pavediena spēku.

Šis zināšanas pētnieki grib izmantot, lai no zirnekļu pavedieniem radītu mākslīgus muskuļus, ko varētu pielāgot jebkāda svara pacelšanai.



**ELASTĪGS** Ūdens molekulas no gaisa iekļūst zirnekļa tīklā un sarauj ūdeņraža saites, kas nodrošina proteīnu otrējo struktūru. Tas liek tiem pieņemt jaunu telpisko struktūru, un zirnekļu pavedienu šķiedras saraujas divreiz īsākas.

### ZIRNEKĻA IEGUVUMS

Šķietami trauslais tīkls reaģē uz gaisa mitrumu. Lietus laikā zarus un zāles stiebrus, pie kuriem piestiprināts zirnekļa tīkls, noliec ūdens svars. Ja zīda pavedieni nespētu mainīt savu garumu, tīmeklis sabruktu.

### GAISA MITRUMS

0,4% 90%



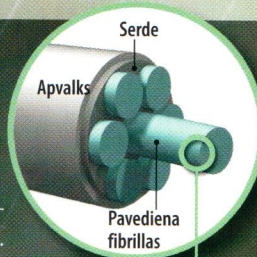
**Palielinoties gaisa mitrumam, zirnekļa tīkla pavediens saraujas.**

2012. gadā trīs Lesteras universitātes fizikas studenti Anglijā aprēķināja, ka pietiekami liels zirnekļa tīkls nesaplīstot varētu apturēt ātri braucošu pasažieru vilcienu. Šī situācija attēlota filmā "Zirnekļcilvēks 2". Tā ir tikai fantāzija, taču zinātnieki ir aizrāvušies ar hipotēzēm, kādas paver tīmekļa spēja absorbēt enerģiju nesaplīstot. Vairāki zinātnieki ir mēģinājuši uzkonstruēt bruņuvēstī, kas spētu apturēt lodi tikpat efektīvi kā kevlarā šķiedras veste, bet būtu daudz plānāka un vieglāka.

Jūtas štata universitātes zinātnieki ASV 2011. gadā ģenētiski modificēja kazas, lai tās ražotu pienu ar lielu daudzumu zirnekļa tīmekļa proteīnu. Pēc tam šos proteīnus savērpā pavedienos un noauda plānu audumu.

Audumam pievienoja ādas šūnas un to ievietoja barības vielu maisījumā, kur tas sešu nedēļu laikā pārvērtās par dzīvu, ložu necaurīdīgu ādu. Izmēģinājumi pierādīja, ka šī āda patiešām spēj apstādināt lodi, kas lido ar samazinātu ātrumu.

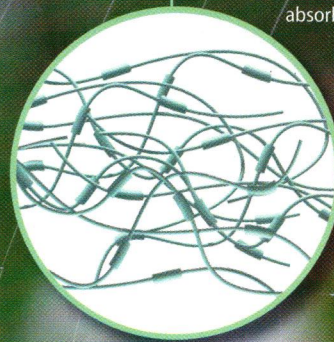
Mākslīgā āda tika izstrādāta sadarbībā ar holandiešu mākslinieci Džalilu Esaidi, kura šajā zinātniskajā eksperimentā un vienlaikus mākslas akcijā aktualizēja tēmu par cilvēka fizisko drošību, ko spētu radīt jaunās biotehnoloģijas. Pēc viņas domām, leģenda par Ahilleju, kura ķermenis bija neievainojams, izņemot papēdi, liecina, ka cilvēki jau senatnē vēlējās padarīt savus ķermeņus ļoti izturīgus.



### Pavediena uzbūve

Zirnekļa pavedienam ir apvalks, kodols un šķiedras.

Salocītas proteīna ķēdes pēc trieciena var iztaisnot. Šāda uzbūve ļauj pavedienam absorbēt enerģiju.



### ZIRNEKĻA IEGUVUMS

Zirneklis savu tīklu izmanto, lai noķertu kukaiņus, kas, neko nenojauzdami, lielā ātrumā ielido tieši slazdā. Ja noaustais tīkls nebūtu lokans, notvertā kukaiņa izmīšīgā pretošanās liktu tīmeklim saplīst kā stiklam, pa kuru iemests akmens. Taču tīkls šo enerģiju absorbē un atjauno savu sākotnējo formu.



### GUMIJAS KONSISTENCE

Pēc izskata trauslie zirnekļa tīkla pavedieni ir daudz izturīgāki par jebkuru citu elastīgu materiālu, jo tajā proteīna garo ķēžu daļa, kas atrodas starp kristāliskajām, stiprību nodrošinošajām daļām, ir nestrukturēta un spēj viegli izstiepties. Tas šos pavedienus padara desmitreiz spēcīgākus un triecienizturīgākus par citiem materiāliem, ko izmanto bruņuvēstēs.





# 4 ...rada elektrību

Zinātnieki grib izmantot zirnekļa tīkla pjezoelektriskās īpašības.

## Tīkls klūs par nākotnes biosensoru

Kvarcam un vairākiem citiem materiāliem piemīt kāda pjezoelektriskā īpašība. Ja uz kvarcu iedarbojas mehāniski spēki, kristāls reaģē, radot vāju strāvu, ko iespējams izmērīt uz kristāla virsmas. Arī zirnekļa

tīklam piemīt pjezoelektriskās īpašības, turklāt tas spēj bioloģiski sadalīties. Tā kā tīkls neizraisa imūnsistēmas reakciju, zinātnieki cer, ka tā pjezoelektriskās īpašības tuvākajā nākotnē varēs izmantot sensoros medicīnas jomā. 2013. gadā Oliva Mērfija no Londonas Impērijas koledžas uzkonstruēja pjezoelektrisko sensoru, ko pēc tam ieoperēja cūkas sirdī. Kad dzīvnieka asinsspiediens pie katra sirdspuksta mainījās, sensors radīja elektrisko signālu, kuru radioviļņa veidā nosūtīja uz mērierīci. Eksperimentā izmantoja kvarca sensoru, taču Mērfija uzskata, ka varētu likt lietā arī zirnekļa tīklu.

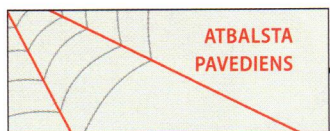
## ZIRNEKĻA IEGUVUMS

Pagaidām bioloģiem nav izdevies noskaidrot, vai zirnekļi izmanto tīkla pjezoelektriskā efekta elektriskos signālus, lai noteiktu, kas – medijums vai vējš – saspiež tīkla pavedienus kopā un rada vāju strāvu. Zinātnieki pieņem, ka daži mazie zirnekļi no *Ariadna* ģints to dara.

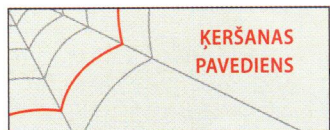


**PJEZOELEKTRISKS** Zirnekļa tīkla proteīni satur pretēji lādētas ķīmisko vielu grupas, kas, proteīniem salokoties, nonāk ciešā kontaktā viena ar otru, un lādiņi neitralizējas. Kad pavedienus saspiež kopā, elektriskie lādiņi novirzās, radot vāju elektrisko strāvu – pjezoelektrisko efektu.

ALAMY/IMAGESELECT



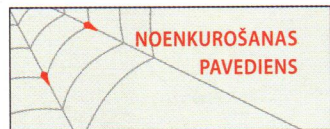
ATBALSTA PAVEDIENS



ĶERŠANAS PAVEDIENS



SPIRĀLES PAVEDIENS



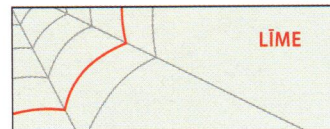
NOENKUROŠANAS PAVEDIENS



CIETA OLAS ČAUMALA



MĪKSTA IEKŠĒJĀ ČAUMALA



LĪME



CHAS LUNDA/SUTTERSTOCK

► iemaisīti šķīdinātājā. Pēc tam maisījumu iepildīja šļircē un caur 0,1 mm tievu adatu izspieda traukā ar izopropanolu, kas lika proteīniem sacietēt tievos, 2–3 metrus garos pavedienos. Pavedienus izcēla ar pinceti, savērpa kopā pa divi un

### Pavedieni jebkuram mērķim

Zirnekļi no vairākiem dziedzējiem izdala dažādu veidu pavedienus.

beidzot izstiepa trīskārt garākus.

Tomēr, laboratorijā radītajiem pavedieniem pārbaudot vairākas fizikālās īpašības, zinātnieks bija spiests atzīt savu sakāvi. Sintētisko pavedienu stiprība bija piecdesmit reižu mazāka, bet izturība – piecreiz zemāka nekā dabiskajiem pavedieniem, pēc slozdes tie arī nespēja tik labi atgūt savu sākotnējo formu.

Līdz šim Rendolfs Lūiss un citi zinātnieki ir sasnieguši labākus rezultātus ar laboratorijā radītiem pavedieniem, kuri gan nav tik līdzīgi dabiskajiem, jo satur tikai vienu no diviem proteīniem.

2013. gadā Lūiss noskaidroja, ka pavediena elastību un stiprību ietekmē atšķirīgas proteīna sastāvdaļas. Mainot ģēnus,

lai tos nolasot veidotos proteīni ar abu izšķirīgo sastāvdaļu kopijām lielākā vai mazākā skaitā, zinātnieks varēja regulēt pavediena stiprību un elastību.

Līdzīga pieeja ir palīdzējusi citiem zinātniekiem laboratorijas apstākļos radīt mākslīgos pavedienus, kuru dažas īpašības ir ļoti līdzīgas dabiskajiem zirnekļa tīkla pavedieniem.

### Zirnekļi palīdz ārstiem

Taču zinātnieki cer atdarināt ne tikai klasiskās zirnekļa tīkla īpašības – stiprību un izturību. Pavedieniem piemīt arī īpašības, kas varētu būt noderīgas medicīnā.

Zirnekļa tīkla pavedieni ne tikai bioloģiski sadalās, bet tos arī pieņem imūnsistēma, tāpēc tie izmantojami kā ķirurģiskie diegi, kas savēl kopā brūci un pēc tam sadalās organismā. Savienojamība ar mūsu imūnsistēmu ir mudinājusi zinātniekus pētīt arī sarežģītākas izmantošanas iespējas. 2011. gadā vācu zinātnieki atklāja, ka zirnekļa tīklu var izmantot, lai atjaunotu nervu šūnu piesaisti pie muskuļaudiem, ja tie kādā nelaimes gadījumā ir pārrauti un tiem no jauna jāizaug cauri audiem, lai atjaunotu saikni ar muskuli.

Kad zinātnieki iemācīsies laboratorijas apstākļos saražot pietiekami daudz kvalitatīvu zirnekļa pavedienu, tos gaida plašas perspektīvas. □



## Ceļā uz jauniem superdatoriem

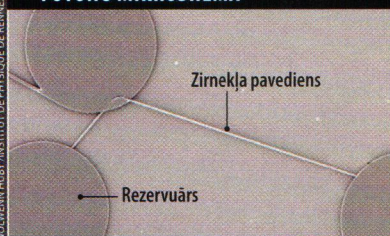
No zirnekļu tīkliem veidotas mikroshēmas varētu kļūt par svarīgām daļām nākotnes superātrajos kvantu datoros.

No zirnekļu tīkliem veidotas superātras mikroshēmas varētu izmantot nākotnes datoros. To 2013. gadā pierādīja fiziķe Nolvenna Ibī no Rennas Fizikas institūta Francijā. Viņa izmantoja tīkla optiskās īpašības, lai vadītu gaismu tā sauktajās fotonu mikroshēmās. Tā vietā, lai ar elektrisko strāvu sūtītu informāciju pa vadiem, kā to dara parasta mikroshēma, fotonu mikroshēmas izmanto gaismu optiskajās šķiedrās, un tas paver iespēju izstrādāt ārkārtīgi

ātrus nākotnes kvantu datorus. Eksperiments atklāja, ka zirnekļa tīkls gaismu mikroshēmā spēj vadīt pareizajā virzienā, nezaudējot tās intensitāti, un gaismu var arī mainīt virzienu, tāpēc ierīces dažādās sastāvdaļās spēj "sazināties" cita ar citu. Optiskās īpašības pat ļauj vadīt gaismu pa likumotu ceļu, kas paver ļoti plašas iespējas zirnekļa pavedienu izmantošanai dažādās fizikas nozarēs.

Fjorencio Omeneto no Tuftas universitātes ASV zirnekļa tīkla optiskās īpašības izmanto sensoros, kas var novērot organisma procesus. 2012. gadā viņš ieoperēja pelei zirnekļa tīkla mikroprizmu, kas pastiprināja lāzera staru un pāvēra iespēju novērot audus ļoti dziļi ķermeņa iekšienē. 2013. gadā zinātnieks savienoja pavediena proteīnus ar acs tīklenes gaismjutīgo pigmentu un ieguva materiālu, kas reaģē uz noteikta viļņu garuma gaismu, un tas ļāva dozēt precīzu medikamenta devu tieši slimajos audos.

### FOTONU MIKROSHĒMA



Zirnekļa pavediens vada gaismu starp rezervuāriem, kuros glabājas fotoni kvantu datora fotonu mikroshēmā.

Zirnekļa tīkls ir caurspīdīgs un saplūst ar apkārtni.

THINKSTOCK

### ZIRNEKĻA IEGUVUMS

Uz dabā visbiežāk sastopamās zaļās veģetācijas fona zirnekļa tīklu ir ļoti grūti saskatīt, jo zaļā gaismā tiek lauza un atstarota noteiktā leņķī. Tomēr tīkls atstaro arī saules ultravioletos starus, kas padara to redzamu putniem, turklāt optiskās īpašības ļauj tīklam piesaistīt kukaiņus, atstarojot gaismu visās varavīksnes krāsās, un tādējādi ievilināt tos slazdā.



### KRISTĀLI

Tīkla pavediens sastāv no vairākām caurspīdīgām proteīna kārtām, kas satur šķīdriem kristāliem līdzīgus segmentus un kristāliskus segmentus, kuros molekulas sakārtotas regulāri perfektos trīsdimensiju kristālos. Kopā tie izveido tādu kā lēcu, kas lauž, vada un atstaro gaismu pavisam unikālā veidā.

Fjorencio Omeneto izmanto tīkla optiskās īpašības jaunās mikroprizmās.

JOHN SOARES

