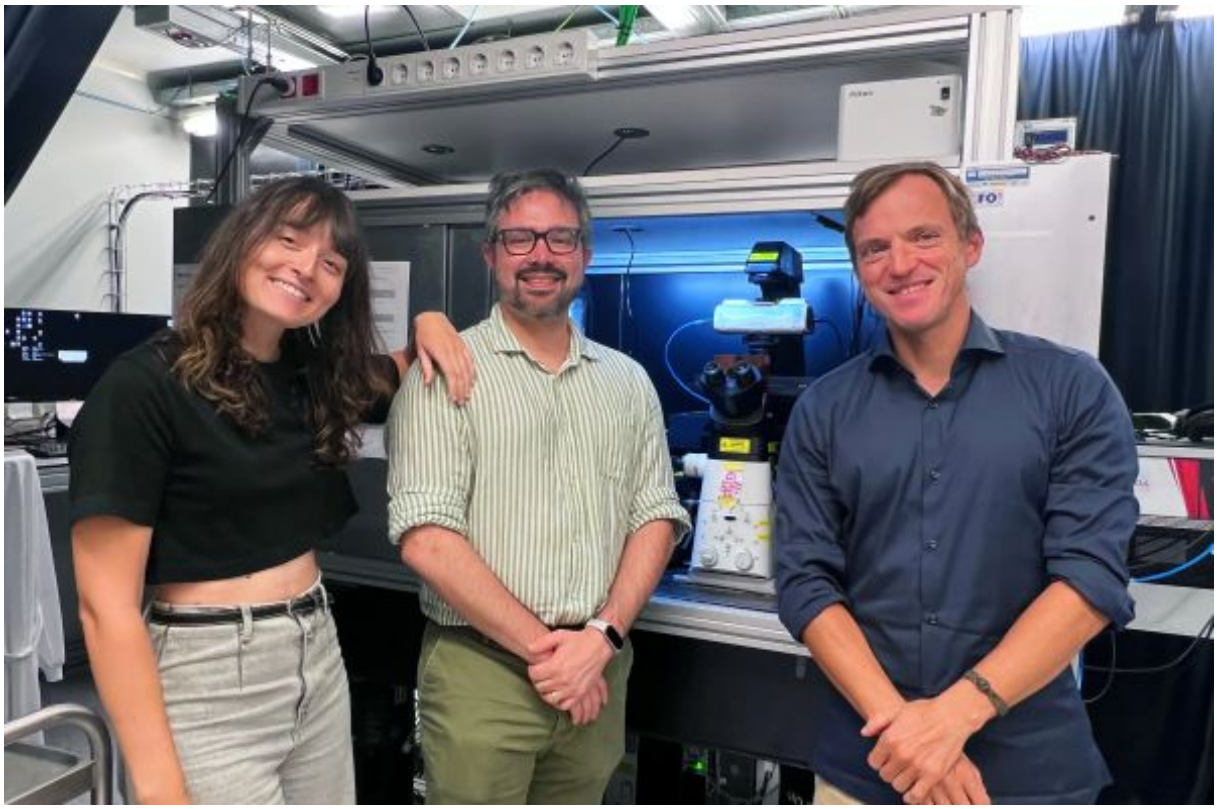


Nuevas pistas sobre como se propagan las fuerzas fisicas en las neuronas

Partiendo de un proyecto piloto nacido de la curiosidad, investigadores del ICFO y sus colaboradores han acabado descubriendo nuevos indicios sobre como se propagan las tensiones fisicas (que pueden codificar informacion mecanica) a traves de las membranas de las neuronas. En un articulo publicado en Nature Physics, el equipo presenta la descripcion mas detallada hasta la fecha de este proceso, el cual resulta clave para explicar como se desarrollan varios procesos biologicos fundamentales, desde el desarrollo embrionario hasta el sentido del tacto.

October 29, 2025

¿Como se desarrollan los embriones? ¿Por que se pliega la corteza del cerebro de l
s mamiferos? ¿Como sentimos el tacto en las yemas de los dedos? Estas y otras pregun

as biologicas fundamentales permanecen abiertas. Sin embargo, los cientificos y cientifi
as saben que hay un principio comun en todas ellas: la conversion de un estimulo fisico en
na senal bioquimi
a. El campo de la mecanobiologia ha obtenido recientemente nuevos indicios sobre
ue senales fisicas viajan a traves de las celulas y hasta donde se propagan. Uno de los hallaz
os clave es que las propiedades reologicas de la membrana celular (como se deforma y fl
ye cuando se le aplica una fuerza fisica) desempenan un papel central en dicha propagaci
n. Aun asi, muchos detalles de este intrincado mecanismo siguen sin estar clar
s. El **Dr. Frederic Catala-Castro** y la **Dra. Neus Sanfeliu-Cerdan** del ICFO, dirigidos por el **Prof. del ICFO Michael Krieg**, junto con el grupo del Prof. Rangamani en la Universidad de California en San Diego, han aportado ahora nueva luz sobre **como las neuronas transmiten presiones y tensiones a traves de sus membranas**. En un articulo en Nature Physics, presentan **la descripcion mas detallada hasta la fecha de los procesos moleculares que sustentan este fenomeno**. El estudio se centra en dos mecanorreceptores distintos en el gusano llamado Caenorhabditis elegans: los receptores tactiles, que responden muy rapidamente al contacto, y los propioceptores, que detectan deformaciones rapidas del propio cuerpo durante el movimiento.

La curiosidad condujo a una pista cientifica valiosa

Curiosamente, esta investigacion comenzo como un proyecto secundario para el grupo, motivado por informes contradictorios en la literatura. i¿½Nuestros trabajos previos
e centraban en el citoesqueleto, pero empezamos a preguntarnos si la membrana plasmati
a tambien podria transmitir informacion mecanicai¿½, explica el profesor Michael Krieg, a
tor principal del estu
io. Para investigarlo, utilizaron un sistema de pinzas opticas, una herramienta basada en h
ces laser altamente enfocados que puede manipular objetos microscopicos y medir fuerzas con una precision extraordinaria. En sus experimentos, los investigadores unieron dos microesferas de plastico a los axones o neuritas de las neuronas aisladas, tiraron de ellas con las pinzas opticas y midieron con gran precision como viajaba la tension generada de una microesfera a la otra (con una exactitud en el rango de picoNewtons y milisegund
s). Los resultados mostraron que la propagacion de la tension es mas rapida en los recept
res tactiles que en los propioceptores. Curiosamente, los investigadores tambien descubri
ron que **la propagacion no esta influida unicamente por la presencia de obstaculos** en la membrana (principalmente proteinas incrustadas), **sino tambien por como estan dispuestos.** El modelado matematico, junto con los datos experimentales, revelo que cuando los obstaculos estan alineados en un patron regular, restringen la propagacion a distancias mas cortas. Segun los investigadores, una propagacion controlada y limitada de la tension no es necesariamente una desventaja. Por el contrario, puede ayudar a las neuronas a localizar con precision donde se aplica una fuerza, distinguir entre diferentes estimulos y generar

respuestas localizadas sin afectar a toda la celula. Esto, a su vez, podria mejorar la capacidad de la neurona para el procesamiento sensorial o producir respuestas motoras mas adaptativas. Por otro lado, una disposicion aleatoria de obstaculos permite que la tension viaje mucho mas lejos, lo que podria ayudar a las celulas a distribuir informacion mecanica a mayores distancias.

El modelado 3D desarrollado en el laboratorio de Rangamani fue crucial para revelar el papel de la disposicion de los obstaculos, ya que permitio a los investigadores integrar finalmente sus multiples observaciones bajo un marco teorico comun. i¿½La variabilidad de l
s mediciones, la heterogeneidad celular y la estocasticidad de los procesos molecular
s subyacentes supusieron retos significativos para la interpretacion de los resultadosi?
½, recuerda el profesor Krieg. i¿½Desarrollar el modelo 3D lo cambio todo. Nos dio la cohe
encia necesaria para sacar conclusiones solidas, convirtiendo una idea en un ha
lazgo emocionan

Hacia un entendimiento completo de la propagacion de la tension en neuronas

De cara al futuro, los investigadores planean explorar otras interacciones de la celula con su entorno, muchas de las cuales han sido tradicionalmente ignoradas, asi como identificar la naturaleza molecular de los obstaculos y como se regulan. i¿½Incluso podria ser que
a propia tension de la membrana plasmatica regule los obstaculos, retroalimentandose
n buclei¿½, especu
an. Por ahora, el estudio ya supone un avance importante en la mecanobiologia. La Dr. Eva Kreysing, experta en neurociencia del desarrollo de la Universidad de Cambridge qu
no participo en esta investigacion, declaraNature Physics: i¿½Este es un articulo m
y oportuno. Dado el importante papel que se ha demostrado que tiene la tension de
a membrana en la regulacion de la funcion celular, es fundamental entender cuan localiza
o esta este parametro y hasta que punto se propagai?
½. El siguiente desafio sera vincular estas intuiciones fisicas con mecanismos molecul
res especificos, pudiendo asi entender con mas detalle la relacion entre las fuerzas mecan
cas en la membrana y las decisiones biologicas que estas impul

###

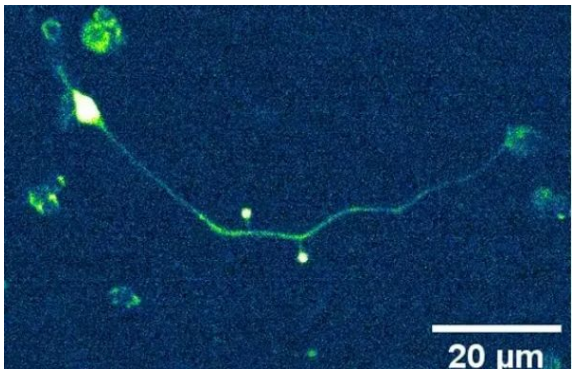
Referencia:

F. Catala-Castro, M. Bonilla-Quintana, N. Sanfeliu-Cerdan, P. Rangamani, M. Krieg, Periodic Obstacles Regulate Membrane Tension Propagation to Enable Localized Mechanotransduction.

DOI: 10.1038/s41567-025-03037-x

Agradecimientos:

MK acknowledges financial support from the ERC (MechanoSystems, 715243), Human Frontiers Science Program (RGP021/2023), MCIN/ AEI/10.13039/501100011033/ FEDER i¿? A way to
make Europei¿½ (PID2021-123812OB-I00, CNS2022-135906), i¿½Severo Ochoai¿½ progr m for Centres of
Excellence in R&D (CEX2019-000910-S), from Fundacio Privada Cellex, Fundacio Mir-Puig, and from
Generalitat de Catalunya through the CERCA and Research program. ICFO is the recipient of the Severo
Ochoa Award of Excellence of MINECO (Government of Spain). P.R. was supported by 1RF1DA055668-
01 and the Air Force Office of Scientific Research Grant FA9550-18-1-0051.



Instantanea del experimento que muestra una neurona aislada de Caenorhabditis elegans con dos microesferas adheridas.