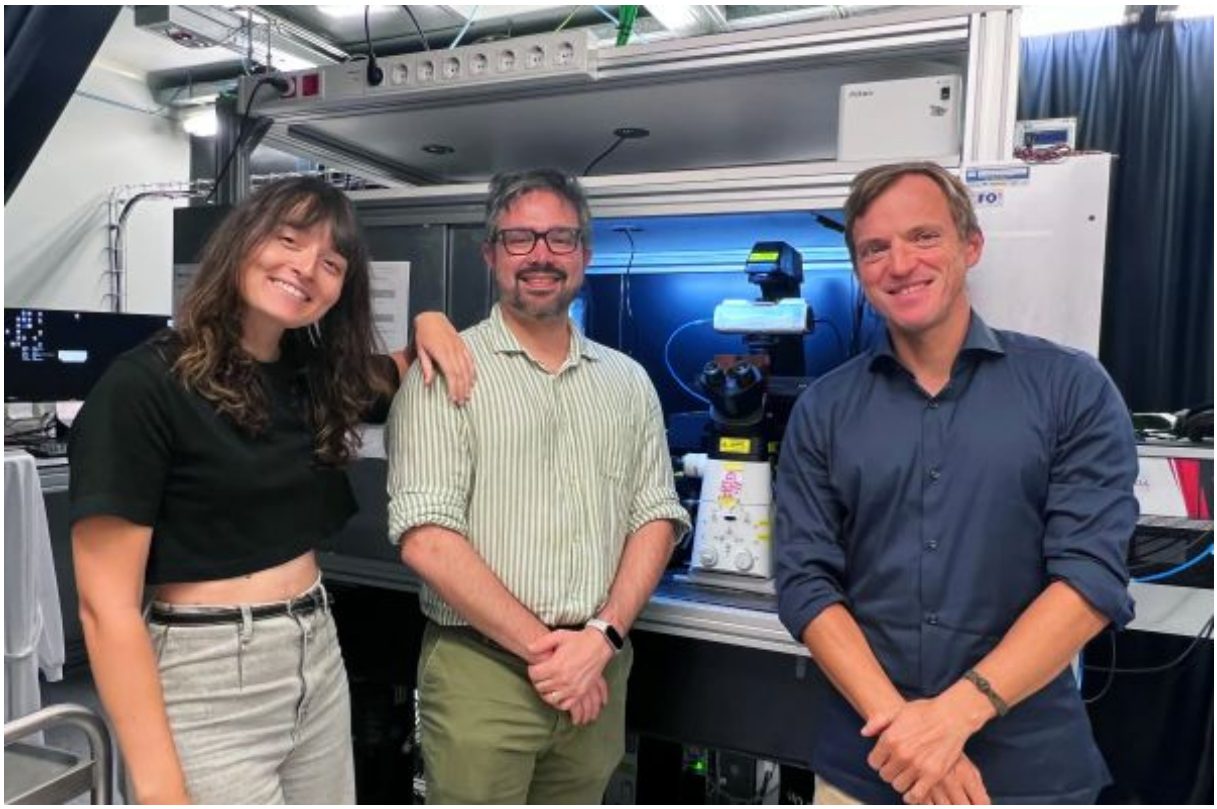


Noves pistes sobre com es propaguen les forces fisiques a les neurones

Partint d'un projecte pilot nascut de la curiositat, investigadors de l'ICFO i els seus col·laboradors han acabat descobrint nous indici sobre com es propaguen les tensions fisiques (que pode codificar informacio mecanica) a traves de les membranes de le neurones. En un article publicat aNature Physics, l'equip presenta la descripcio mes detallada fins ara d'aquest proces, el qual resulta clau per explicar com es desenvolupen diversos processos biologics fonamentals, des del desenvolupament embrionari fins al sentit del tacte.

October 29, 2025

Com es desenvolupen els embrions? Per que es plega l'escorca del cervell dels mamifers? Com sentim el tacte a les puntes dels dits? Aquestes i altres preguntes biologiques fonamentals continuen obertes. Tanmateix, els cientifics i cientifiques saben que hi ha un principi comu en totes elles: la conversio d'un estimul fisic en un senyal bioquimic.
El camp de la mecanobiologia ha obtingut recentment nous indicis sobre quins senyals fisics

viatgen a traves de les cel·lules i fins on es propaguen. Un dels descobriments clau es que le
propietats reologiques de la membrana cel·lular (com es deforma i flueix quan se li aplica u
a forca fisica) tenen un paper central en aquesta propagacio. Tot i aixo, molts detalls d'aque
t mecanisme complex continuen sense estar clar
. **Dr. Frederic Catala-Castro** i la **Dra. Neus Sanfeliu-Cerdan** de l'ICFO, dirigits pel **Prof. del ICFO Michael Krieg**, juntament amb el grup del Prof. Rangamani de la Universitat de California a San Diego, han aportat ara nova llum sobre **com les neurones transmeten pressions i tensions a traves de les seves membranes**. En un article a Nature Physics, presenten **la descripcio mes detallada fins ara dels processos moleculars que sustenten aquest fenomen**. L'estudi se centra en dos mecanoreceptors diferents en el cuc anomenat Caenorhabditis elegans: els receptors tactils, que responen molt rapidament al contacte, i els propioceptors, que detecten deformacions rapides del propi cos durant el moviment.

La curiositat va donar lloc a una pista cientifica valuosa

Curiosament, aquesta investigacio va comencar com un projecte secundari per al grup, motivat per informes contradictoris a la literatura. i¿½Els nostres treballs previs se centrav
n en el citoesquelet, pero vam comencar a preguntar-nos si la membrana plasmatica tam
e podria transmetre informacio mecanicai¿½, explica el professor Michael Krieg, autor princ
pal de l'est
di. Per investigar-ho, van utilitzar un sistema de pinces optiques, una eina basada en feixos l
ser altament enfocats que pot manipular objectes microscopics i mesurar forces amb
una precisio extraordinaria. En els seus experiments, els investigadors van unir dues microesf
res de plastic als axons o neurites de les neurones aillades, van estirar-les amb les pi
ces optiques i van mesurar amb gran precisio com la tensio generada viatjava d'una microes
era a l'altra (amb una exactitud en l'ordre de piconewtons i mil·liseg
ns). Els resultats van mostrar que la propagacio de la tensio es mes rapida en els receptors ta
tils que en els propioceptors. Curiosament, els investigadors tambe van descobrir que la **propagacio no esta influida unicament per la presencia d'obstacles a la membrana** (principalment proteines incrustades), **sino tambe per com estan disposats**.

El modelatge matematic, juntament amb les dades experimentals, va revelar que quan els obstacles estan alineats en un patro regular, la propagacio queda restringida a distancies mes curtes. Segons els investigadors, una propagacio controlada i limitada de la tensio no es necessariament un inconvenient. Al contrari, pot ajudar les neurones a localitzar amb precisio on s'aplica una forca, distingir entre diferents estimuls i generar respostes localitzades sense afectar tota la cel·lula. Aixo, al seu torn, podria millorar la capacitat de l
neurona per al processament sensorial o produir respostes motores mes adaptatives. Pe
altra banda, una disposicio aleatoria d'obstacles permet que la tensio viatgi molt mes lluny
cosa que podria ajudar les cel·lules a distribuir informacio mecanica a distancies mes gran
. El modelatge 3D desenvolupat al laboratori de Rangamani va ser crucial per revelar el pap

r de la disposicio dels obstacles, ja que va permetre als investigadors integrar finalment l s seves multiples observacions dins d'un marc teoric comu. i¿½La variabilitat de les mesu es, l'heterogeneitat cel·lular i l'estocasticitat dels processos moleculars subjacents van su osar reptes significatius per a la interpretacio dels resultatsi¿½, recorda el professor Krieg. i¿½Desenvolupar el model 3D ho va canviar tot. Ens va donar la coherencia neces aria per extreure conclusions solides, convertint una idea en un descobriment emoci

Cap a un coneixement complet de la propagacio de la tensio en neurones

De cara al futur, els investigadors planegen explorar altres interaccions de la cel·lula amb e seu entorn, moltes de les quals han estat tradicionalment ignorades, aixi com identificar l naturalesa molecular dels obstacles i com es regulen. i¿½Fins i tot podria ser que la mate xa tensio de la membrana plasmatica reguli els obstacles, retroalimentant-se en buclei ?½, espec
len. De moment, l'estudi ja suposa un avenc important en la mecanobiologia. La Dra Eva Kreysing, experta en neurociencia del desenvolupament de la Universitat de Cambridg que no va participar en aquesta investigacio, va declarar a Nature Physics: i¿½Aquest es un artic e molt oportu. Donat l'important paper que s'ha demostrat que te la tensio de la membrana n la regulacio de la funcio cel·lular, es fonamental entendre com de localitzat esta aqu st parametre i fins a quin punt es propagai
?½. El següent repte sera vincular aquestes intuicions fisiques amb mecanismes mole ulars especifics, per poder entendre amb mes detall la relacio entre les forces mecanique a la membrana i les decisions biologiques que aquestes imp

###

Referencia:

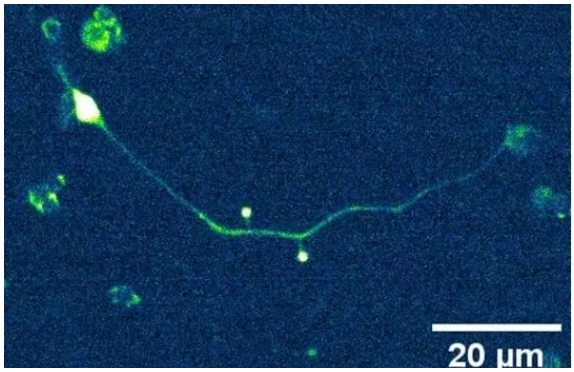
F. Catala-Castro, M. Bonilla-Quintana, N. Sanfeliu-Cerdan, P. Rangamani, M. Krieg, Periodic Obstacles Regulate Membrane Tension Propagation to Enable Localized Mechanotransduction.

DOI: 10.1038/s41567-025-03037-x

Agraiments:

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.



Instantania de l?experiment que mostra una neurona aillada de Caenorhabditis elegans amb dues microesferes adherides.