

Martes, 16 de septiembre de 2025

Los ritmos cerebrales revelan cómo el cerebro elige las rutas para procesar la información

- El estudio muestra que el equilibrio entre dos tipos de inhibición regula cómo se comunican los ritmos cerebrales, y permite un enrutamiento flexible y eficiente de la información
- La investigación ha sido desarrollada por el Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos, el Instituto de Neurociencias y la Université Aix-Marseille (Francia)



El cerebro cambia de manera flexible los canales de comunicación en función del contexto / GDJ_Pixabay

Cuando recordamos algo familiar o exploramos una situación nueva, el cerebro no siempre utiliza las mismas rutas de comunicación. Un estudio internacional liderado por **Claudio Mirasso** en el Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos (IFISC), centro mixto del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universitat de les Illes Balears (UIB), y **Santiago Canals** en el Instituto de Neurociencias (IN), centro mixto del CSIC y la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche, ha descubierto cómo el cerebro cambia de manera flexible sus vías de comunicación modulando el equilibrio entre dos circuitos inhibitorios fundamentales.

Estos resultados, publicados recientemente en la revista *PLoS Computational Biology*, muestran que esta flexibilidad depende del equilibrio entre dos tipos de mecanismos inhibitorios, que regulan cómo interactúan los ritmos lento (theta) y rápido (gamma). Gracias a este mecanismo, el cerebro puede seleccionar distintas fuentes de información como, por ejemplo, la procedente de estímulos sensoriales del exterior y la experiencia sensorial almacenada en memoria.

Para llegar a estas conclusiones, los investigadores combinaron modelos computacionales con registros experimentales en el hipocampo, una región del cerebro clave para la memoria y la navegación. Observaron que, en entornos familiares en los que la experiencia sensorial ya es conocida, las neuronas favorecen un modo de comunicación directo, que facilita la transmisión desde la corteza entorrinal hacia el hipocampo. En este modo se prioriza la reactivación de la memoria ya establecida. En cambio, al enfrentarse a la novedad, el cerebro activa otro modo que integra la reactivación de la memoria con las entradas sensoriales novedosas. En este modo se prioriza la actualización de la memoria.

Ritmos cerebrales lentos

Hasta el momento, se consideraba que la fase de los ritmos cerebrales lentos organizaba la amplitud de la actividad más rápida; sin embargo, este estudio demuestra que la relación es bidireccional. “Este trabajo proporciona una explicación mecanicista de cómo el cerebro cambia de manera flexible los canales de comunicación en función del contexto”, señala el primer autor del estudio, **Dimitrios Chalkiadakis**, investigador en el Instituto del Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos. “Ajustando el equilibrio entre distintos tipos de inhibición, los circuitos pueden decidir qué entradas priorizar, ya vengan de vías relacionadas con la memoria o de nueva información sensorial”, destaca el investigador.

A través de un marco teórico que integra datos electrofisiológicos de ratas explorando entornos nuevos y familiares, los expertos identificaron dos modos de funcionamiento: en uno, la inhibición *feedforward* conduce a interacciones gamma-a-theta, mientras que, en el otro, la inhibición *feedback* produce interacciones theta-a-gamma. Los circuitos neuronales en el cerebro implementan de forma natural ambos modos de conectividad inhibitoria, el estudio muestra que la transición entre ambos modos es continua, y priorizar una u otra tan solo depende de la fuerza de las conexiones sinápticas entre las neuronas del circuito. Esto permite ajustar de forma flexible el modo de funcionamiento al contexto y a las necesidades cognitivas.

El estudio sugiere que esta forma flexible de coordinación entre ritmos cerebrales podría extenderse a otras funciones cognitivas, como la atención. De hecho, trabajos recientes en humanos muestran patrones compatibles con el modelo computacional. Esto apunta a un principio general del cerebro: el equilibrio entre circuitos de inhibición resulta clave para dirigir la información en su compleja red de conexiones.

Optimización del procesamiento

“Nuestros resultados ayudan a unificar visiones contrapuestas sobre cómo interaccionan los ritmos cerebrales de distinta frecuencia”, explica Mirasso. “En lugar de ser puramente local o heredado de regiones anteriores, estos ritmos emergen de la interacción entre entradas externas y dinámicas inhibitorias locales. Este doble mecanismo permite al cerebro optimizar el procesamiento de la información bajo diferentes condiciones”, añade Canals.

De cara al futuro, los investigadores pretenden ampliar su modelo para incluir una mayor diversidad de tipos neuronales y arquitecturas específicas de cada región cerebral. El objetivo es comprender mejor cómo se altera este equilibrio en patologías como la epilepsia, la adicción o la enfermedad de Alzheimer: “Estudiar estas dinámicas a nivel mecanicista podría, en última instancia, inspirar nuevas estrategias de intervención terapéutica”, concluyen ambos autores.

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades a través del programa de Proyectos de I+D+I (Generación de Conocimiento y Retos de Investigación) y de la Agencia Estatal de Investigación a través del Programa de Centros de Excelencia Severo Ochoa y de Unidades de Excelencia María de Maeztu.

Chalkiadakis, D., Sánchez-Claros, J., López-Madrona, V.J., Canals, S. and Mirasso, C.R. (2025). **The role of feedforward and feedback inhibition in modulating theta-gamma cross-frequency interactions in neural circuits.** *PLoS Computational Biology*, 21(8): e1013363. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1013363>

IN (CSIC-UMH) / CSIC Comunicación

comunicacion@csic.es