

Coupled ripple oscillations between the medial temporal lobe and neocortex retrieve human memory

Alex P. Vaz, Sara K. Inati, Nicolas Brunel, Kareem A. Zaghoul

22 de Octubre

Section 1

Introducción

Datos previos

- Science (neuroscience) Journal, 2019
- Trabajo previo en memory encoding
- Fenomeno previamente estudiado, principalmente, en consolidación de memoria

Recuperación de memoria y 'ripples'

- Hipótesis central

'Coupled ripples may constitute neural mechanisms for actively retrieving memory representation in the human brain.'

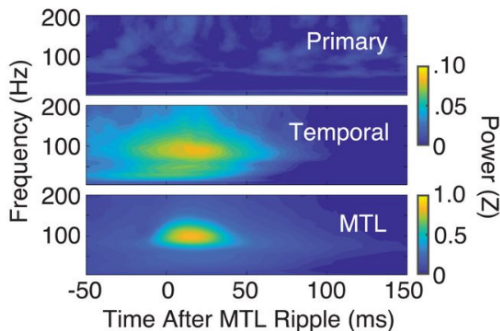


Figure 1: Coupled ripples

Section 2

Método

Tarea

- 14 participantes (9 mujeres; 36.3 ± 3.0 años)
- Aprender nuevas asociaciones entre pares de palabras ('encoding phase')
- Dada una palabra del par, debían decir el par correspondiente ('retrieval period'), mediante la voz
- Dos tipos de tareas muy similares
- 3.9 sesiones por participante, 60, 100 o 150 pares de palabras

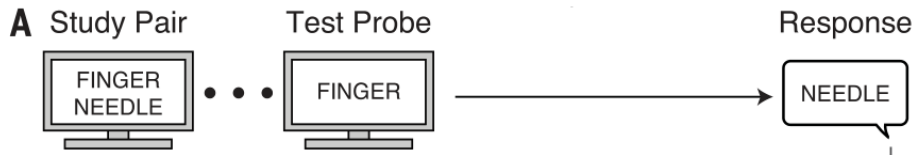


Figure 2: Tarea

Mediciones

- Registros intracraneales ('iEEG')
 - ▶ Tasa de muestreo: [1000, 2000]Hz
 - ▶ 41.1 ± 3.6 puntos de registro (aplicados al estudio)
- Localización (áreas principales)
 - ▶ Lóbulo temporal medial ('MTL') :Subdural:
- Corteza de asociación
 - ▶ Lóbulo temporal anterior ('ATL') :Corteza:
 - ▶ Giro temporal medio ('MTG') :Corteza:
- Control (menor conectividad hipocampal)
 - ▶ Corteza somatosensorial
 - ▶ Corteza motora primaria

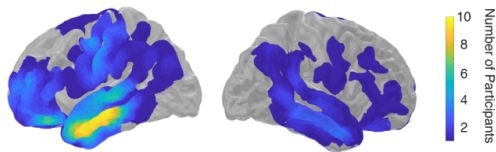


Figure 3: Densidad electrodos

Operacionalización de variables (1)

- Ripples:

- ▶ Filtro paso banda (80-120 Hz)
- ▶ Se obtiene la amplitud instantanea en esta banda¹
- ▶ Selección: 2σ a 3σ de la amplitud media
- ▶ Duración $\geq 25\text{ms}$
- ▶ Se unieron 'ripples' con distancia $< 15\text{ms}$
- ▶ Duración: diferencia entre fin e inicio

¹Transformada de Hilbert

Operacionalización de variables (2)

- Coupled ripples:

- ▶ Idea central: 'ripples' sincronizados
- ▶ Correlación cruzada [ATL, Primary Cortex] y MTL
- ▶ 'Shift predictor'²
- ▶ Eventos localizados, su sincronización cae en los 2 cm

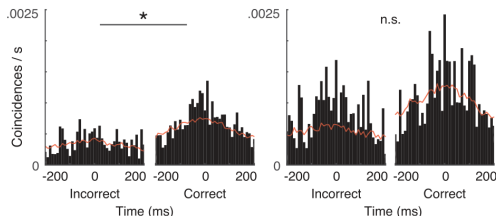


Figure 4: Coupled ripples

²Se considera una línea base por azar. Se crea mediante correlación cruzada entre un trial dado y el resto. Coincidencias por segundo por par de electrodos.

Operacionalización de las variables (3)

- Sincronización

- ▶ Sumatoria ventana $\pm 50\text{ms}$ / área por chance

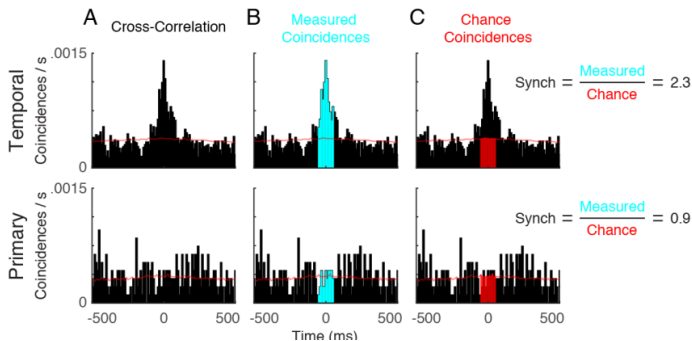


Figure 5: Sincronización

Coupling (1)

- Unión ('coupling') áreas corteza temporal vs corteza primaria
 - ▶ Prueba de t pareada, compara versus distribución por 'chance'
- Unión ('coupling') áreas cerebrales por par de electrodos
 - ▶ Prueba de t pareada, $p < 0.05$ = 'coupled electrode'

Coupling (2)

- Probabilidad condicional

- ▶ $p(\text{electrodo cortical} | \text{electrodo MTL}) = p(m, c) / p(m)$
- ▶ $p(\text{electrodo MTL} | \text{electrodo cortical}) = p(m, c) / p(c)$

Con esto se determina que el incremento de 'coupled ripples' no se debe a un aumento de probabilidad por el hecho de que el electrodo simplemente tenga mas ripples en total y por ende aumenten las coincidencias.

Reinstanciamiento (3)

- Reinstanciamiento ('reinstatement')

- ▶ Vector de características codificación ('encoding')

$$E_i = [Z_{1,1}(i) \dots Z_{1,F}(i) \dots Z_{L,F}(i)]$$

- ▶ Vector de características evocación ('retrieval')

$$E_j = [Z_{1,1}(j) \dots Z_{1,F}(j) \dots Z_{L,F}(j)]$$

Los subíndices representan número de electrodo y número de la banda de frecuencia³, respectivamente, en unidad de puntuación estándar.

Se calculó la similitud de coseno para cada época del par de entradas en el vector [encoding - retrieval].

- Test de permutaciones (test de t) para diferencias entre correctos e incorrectos

³[delta, theta, alpha, beta, gamma, ripple band(80-120)]Hz

Section 3

Resultados

‘Coupled ripples’

- La corteza presenta un aumento de poder en la banda (80-120Hz, ‘Ripple banda’), dentro de una ventana de 50ms luego de presencia de ‘ripples’ en el MTL versus 50 ms antes. [$t(13) = 2.41$, $p < 0.05$, *t-test pareado*]
- Esto no sucede con la corteza primaria (control) [$t(8) = -0.85$, $p > 0.05$]
- $16.4 \pm 5.3\%$ de electrodos de la corteza temporal están acoplados con el MTL
- $3.3 \pm 2.8\%$ de electrodos de la corteza primaria están acoplados con el MTL

‘Coupled ripples’ y tarea experimental

- El tasa de ‘coupled ripples’ entre MTL y la corteza temporal es más alta en trial correctos que incorrectos [$t(13) = 3.33$, $p < 0.01$]
- Para descartar que este acoplamiento sea por el hecho de aumentar la tasa de ‘ripples’ en el MTL:
 - ▶ Se calculó la probabilidad condicional $p(m|c)$ y $p(c|m)$, descartando el aumento por chance
 - ▶ Se descarta efecto por conducción de volumen (del MTL al resto) con referencia bipolar y dada la distribución cuasi-uniforme de las diferencias de fase (se esperaría ~ 0 lag si fuese por conducción por volumen, y por lo mismo un ‘peak’ acentuado)

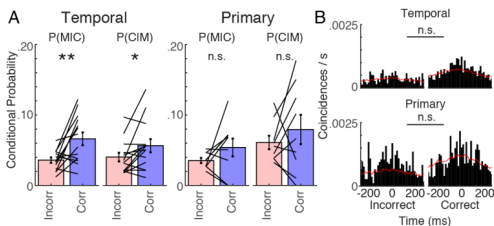


Figure 6: Correctos/Incorrectos

Sincronización

- La corteza temporal está más 'sincronizada' con el MTL
[*Sincronización* = 1.26 ± 0.08 ; $t(13) = 3.19$, $p < 0.01$, versus 'línea base']
- Por otro lado, la corteza primaria no lo está [*Sincronización* = 1.07 ± 0.04 ; $t(8) = 1.77$, $p > 0.05$]

Sincronización y tarea experimental

- En trials correctos, en todas las épocas comparadas con la 'línea base', hubo mayor sincronización entre corteza temporal y MTL [*Sincronización* = 1.37 ± 0.11 ; $t(13) = 2.83$, $p < 0.05$, *t-test pareado*]
- Este efecto también se observa 500ms pre-vocalización (trial correctos versus incorrectos) [$t(13) = 2.26$, $p < 0.05$, *t-test pareado*]

Los 'coupled ripples' pueden re-instanciar representaciones neurales de los respectivos períodos de codificación

- Se realiza la operacionalización de una representación a nivel corteza mediante un vector de características compuesto por el puntaje z del poder por electrodo por banda de frecuencia
 - ▶ El reinstanciamiento es mayor en trials correctos que incorrectos [$p < 0.01$, *test de permutaciones*]
 - ▶ El reinstanciamiento medio es mayor en trials correctos que incorrectos, a través de participantes [$t(13) = 3.83$, $p < 0.01$]
 - ▶ Es 'ripple-locked' [*asignación aleatoria de índices temporales, correctos versus incorrectos* $t(13) = 2.42$, $p < 0.05$]
 - ▶ Son patrones específicos para cada memoria ('ripple locked').
[condiciones verdaderas versus condiciones barajadas ($p < 0.01$)]*]

Section 4

Conclusiones

Conclusiones

- Existe un proceso activo para 'recuperar' memorias
- Se basa en el reinstanciamiento de patrones previamente realizados en la corteza (que representó dicha memoria)
- Parece ser que un eje relevante de esto son los 'coupled ripples', esto es, sincronización entre MTL y corteza temporal de asociación en la banda 80-120Hz
- ¿Que tan bien se puede caracterizar la representación de una memoria? ¿A qué punto es válido?

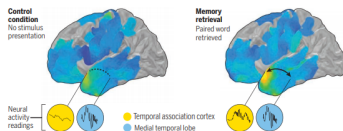


Figure 7: Coupled ripples