

**LABORATORIO DE BIOSEÑALES Y SISTEMAS  
INTRODUCCIÓN A LA ACTIVIDAD ESPONTÁNEA Y ADQUISICIÓN DE  
SEÑALES EEG  
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**



Diego Andrés Flórez Ruano,  
CC 1193202537  
Facultad de ingeniería, Universidad de Antioquia, Sede Medellín

---

**Artículo 1: “Development of Frontal EEG Differences Between Eyes-Closed and Eyes-Open Resting Conditions in Children: Data From a Single-Channel Dry-Sensor Portable Device” [1].**

El propósito de este estudio fue duplicar los efectos de activación observados previamente en el EEG de niños, empleando un EEG frontal de un solo canal con sensor seco. Además, se buscó ampliar el entendimiento actual sobre la excitación y la activación en la región frontal, considerando los efectos de la edad en una muestra diversa de niños. Asimismo, se exploró cómo se manifiesta la activación atencional descendente en el EEG frontal de los niños. 182 niños entre 7 y 12 años participaron en este estudio, reclutados en tres escuelas primarias de Hangzhou, China. Se organizaron en tres grupos según su edad: 70 niños de 7 a 8 años (32 mujeres, con una edad media de 7,60 años), 70 niños de 9 a 10 años (35 mujeres, con una edad media de 9,51 años) y 42 niños de 11 a 12 años (21 mujeres, con una edad media de 11,74 años).

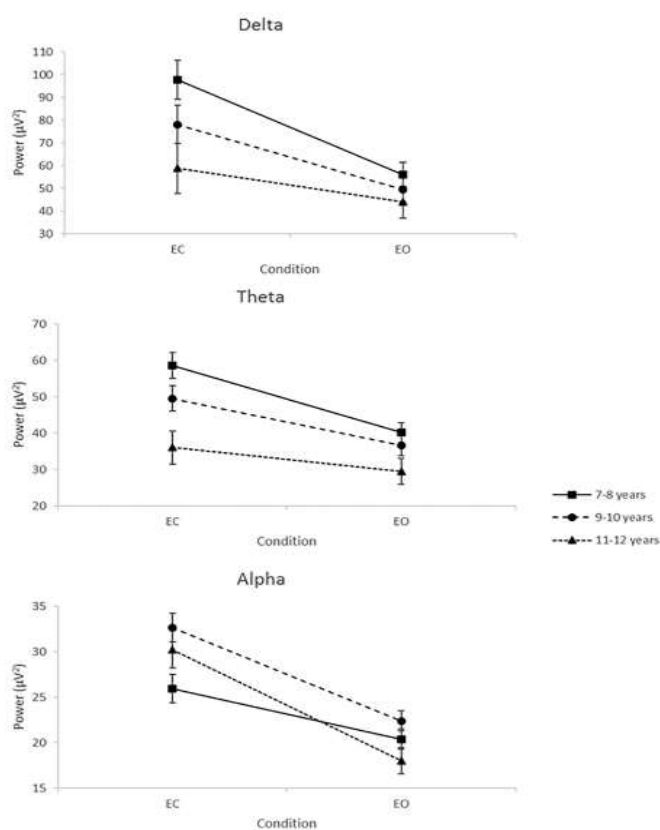
Se excluyeron del estudio aquellos niños con diagnóstico actual o previo de trastorno psicológico o psiquiátrico, así como aquellos con una puntuación media por ítem (ARI) de 1 o más en las categorías de síntomas de inatención o hiperactividad/impulsividad del DSM-5. Veintidós niños fueron excluidos según estos criterios, resultando en la muestra anteriormente mencionada. El protocolo de investigación fue aprobado por la Universidad Normal de Zhejiang, la Universidad de Wollongong y el Comité Ético de Investigación Médica y Sanitaria del Distrito Sanitario Local de Illawarra Shoalhaven antes del inicio de la recopilación de datos.

Los niños se ubicaron individualmente frente a un ordenador portátil con un dispositivo de grabación de EEG y realizaron tres tareas de EEG, cuyo orden fue equilibrado entre los participantes. La primera tarea, llamada "ojos abiertos" (OA), consistió en que el niño observara una imagen pequeña, como

una cara sonriente, en el centro de la pantalla durante 2 minutos. La segunda tarea, denominada "ojos cerrados" (EC), implicaba que el niño permaneciera con los ojos cerrados durante 2 minutos.

Los resultados de activación se obtuvieron de una región frontal del cuero cabelludo y confirmaron los efectos de activación frontal previamente identificados en este grupo de edad para las frecuencias de ondas delta, theta, alfa y beta. Se detectan diferencias en la distribución de las frecuencias de las ondas cerebrales entre las condiciones de ojos cerrados y ojos abiertos. Por ejemplo, puede haber una mayor predominancia de ondas alfa (8-13 Hz) en el estado de ojos cerrados (Figura 1), lo que indica un estado de relajación o incluso de somnolencia.

Además, se observaron reducciones en la potencia de las ondas delta y theta, cuya distribución topográfica varía, y estas reducciones están presentes en la región frontal tanto en niños como en adultos jóvenes y mayores. También se registró un aumento en la potencia de las ondas beta de ojos cerrados a ojos abiertos en la región frontal, un fenómeno observado en niños y adultos jóvenes, pero no en adultos mayores.



**Figura 1.** Las interacciones entre condición y edad para la potencia delta frontal, theta y alfa. Las barras de error muestran el error estándar. EC, ojos cerrados; EO, ojos abiertos.

Por otro lado, se observa una mayor amplitud y variabilidad en la actividad eléctrica cerebral en la región frontal cuando los sujetos tienen los ojos cerrados en comparación con cuando los tienen

abiertos. Esto sugiere que el estado de los ojos influye en la actividad eléctrica cerebral, con una tendencia hacia una mayor actividad en reposo con los ojos cerrados.

La coherencia de las señales EEG entre diferentes regiones del cerebro puede variar según el estado de los ojos. Por ejemplo, puede haber una mayor coherencia entre regiones frontales durante la condición de ojos cerrados en comparación con la condición de ojos abiertos. Estas diferencias pueden ser más pronunciadas en niños en comparación con adultos, lo que sugiere un desarrollo progresivo de la capacidad del cerebro para modular la actividad en reposo en respuesta a los estímulos sensoriales, como la apertura y el cierre de los ojos.

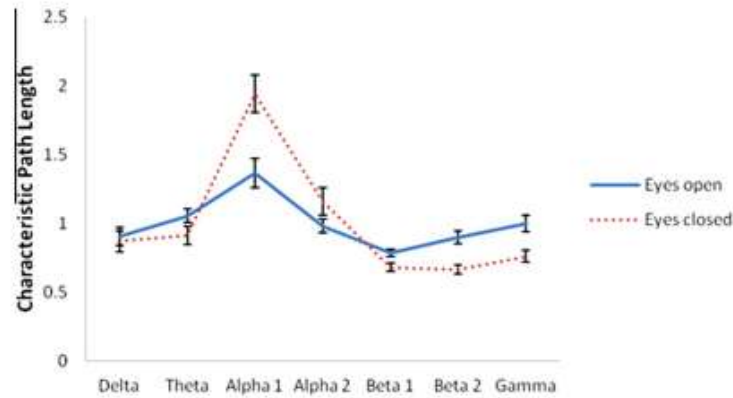
Para cada grupo de edad, los niños que presentaron menor potencia alfa frontal en la condición de ojos cerrados (EC) mostraron una mayor activación alfa frontal; esta correlación se fortaleció con la edad. Se ha interpretado la activación/reactividad alfa global como evidencia de que el cambio alfa se debe principalmente a un aumento de la excitación, influenciado por cambios que respaldan el procesamiento visual. La reducción de los delta y theta localizados en la condición de ojos abiertos (EO) se ha considerado como indicativo de un incremento de la activación asociada al procesamiento visual no estructurado del entorno inmediato en ausencia de una tarea.

## **Artículo 2: “EEG characteristics in “eyes-open” versus “eyes-closed” conditions: Small-world network architecture in healthy aging and age-related brain degeneration” [2].**

Este estudio se centró en investigar las diferencias en las características de la actividad eléctrica cerebral (EEG) entre las condiciones de ojos cerrados y ojos abiertos en sujetos con deterioro cognitivo leve amnésico (aMCI) y enfermedad de Alzheimer (AD) con respecto a ancianos normales (Nold). Se registraron EEG en 30 Nold, 30 aMCI y 30 AD (procedentes de la Unidad Neuropsicológica y de Alzheimer de la Universidad Católica para trastornos cognitivos y de memoria) durante EC y EO. Se construyó una red cerebral cortical no dirigida y ponderada para evaluar las medidas del núcleo gráfico. El objetivo principal fue comprender cómo la actividad cerebral en reposo se relaciona con la arquitectura de la red cerebral y cómo estos patrones pueden cambiar con el envejecimiento y la degeneración cerebral. El estudio (aprobado por el comité ético local) se ajustó a la Declaración de Helsinki y a las directrices nacionales y las directrices nacionales.

Los registros de EEG se realizaron en reposo a última hora de la mañana con los ojos cerrados y abiertos en condiciones "sin tarea" (5 min para cada condición). Los sujetos estaban sentados y relajados en una sala insonorizada y tenuemente iluminada. Durante la condición EO, se les indicó que fijaran un punto delante de ellos. El EEG se registró a partir de 19 electrodos de Ag-AgCl (según el sistema International 10-20).

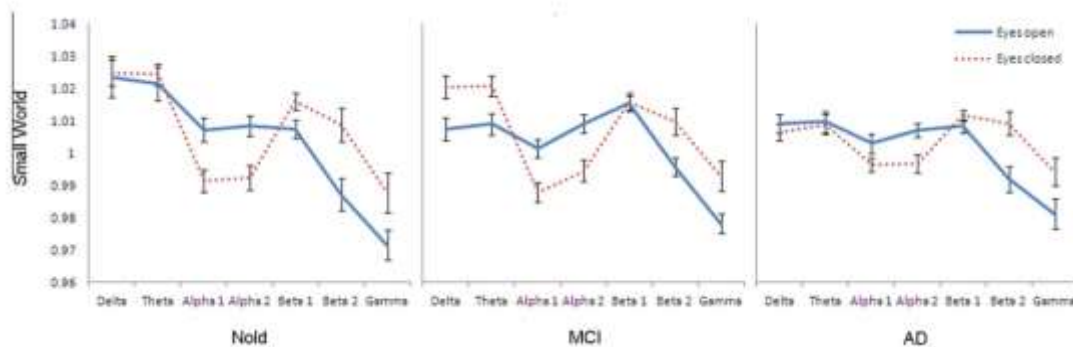
Los resultados del estudio revelaron diferencias significativas en la actividad cerebral en reposo entre las condiciones de ojos cerrados y ojos abiertos, así como entre diferentes grupos de edad y condiciones de salud cerebral. Se observó una mayor integración y coherencia de la red cerebral en la condición de ojos cerrados, así como diferencias en la organización de la red cerebral entre adultos mayores y adultos más jóvenes.



**Figura 2.** Valores medios y errores estándar del coeficiente normalizado de longitud característico entre los factores Banda (delta, theta, alfa 1, alfa 2, beta 1, beta 2, gamma).

Se encontró que la actividad cerebral en reposo variaba significativamente entre las condiciones de ojos cerrados y ojos abiertos en todos los grupos de edad. En la condición de ojos cerrados, se observó una mayor amplitud de las ondas alfa y una menor actividad en las bandas de frecuencia delta y theta en comparación con la condición de ojos abiertos (Figura 2). Esto sugiere que el cierre de los ojos puede inducir un estado de relajación o descanso, caracterizado por una mayor prevalencia de ondas alfa y una disminución en la actividad cerebral en general.

Se encontraron diferencias en la conectividad funcional entre las regiones cerebrales durante las condiciones de ojos cerrados y ojos abiertos. En la condición de ojos cerrados, se observó una mayor sincronización y coherencia entre las regiones cerebrales, lo que sugiere una red cerebral más integrada y eficiente en reposo. Por otro lado, en la condición de ojos abiertos, hubo una mayor variabilidad en la conectividad funcional, lo que podría reflejar la mayor atención y procesamiento de la información visual durante esta condición.



**Figura 3.** Sincronización y coherencia entre las regiones cerebrales en sujetos con deterioro cognitivo leve amnésico (MCI) y enfermedad de Alzheimer (AD) con respecto a ancianos normales (Nold)

En el estudio, se observaron diferencias significativas en los resultados entre sujetos sanos (Nold) y aquellos con condiciones de salud cerebral alteradas (MCI y AD), como el envejecimiento y la degeneración cerebral relacionada con la edad (Figura 3). Los sujetos sanos mostraron una mayor coherencia y sincronización de la actividad cerebral en reposo durante la condición de ojos cerrados. Esto sugiere que en condiciones de privación visual, los sujetos sanos tienden a exhibir una red

cerebral más integrada y eficiente en reposo, caracterizada por una mayor coherencia funcional entre regiones cerebrales.

Durante la condición de ojos abiertos, se observó una mayor variabilidad en la conectividad funcional en los sujetos sanos. Esta mayor variabilidad puede reflejar la mayor atención y procesamiento de la información visual en condiciones de estimulación visual, lo que lleva a una red cerebral más dinámica y adaptable.

Los sujetos con degeneración cerebral relacionada con la edad pueden mostrar patrones alterados de actividad cerebral en reposo, incluida una menor coherencia y sincronización entre regiones cerebrales. Estos hallazgos sugieren que la degeneración cerebral puede afectar la organización y la eficiencia de la red cerebral en reposo, lo que puede contribuir a los déficits cognitivos asociados con esta condición.

### **Artículo 3: “Age differences in resting state EEG and their relation to eye movements and cognitive performance” [3].**

Este estudio investigó las diferencias en las señales EEG adquiridas en reposo entre sujetos sanos de diferentes edades, y cómo estas diferencias están relacionadas con los movimientos oculares y el rendimiento cognitivo. Los investigadores se centraron en relacionar las diferencias de edad en el EEG con las diferencias de edad en el rendimiento conductual, lo cual es necesario para establecer cómo se corresponde la neuro actividad con el éxito y el deterioro del envejecimiento. Se recogieron datos de 86 participantes, pero se eliminaron 11 participantes debido a que sus datos eran incompletos o excesivamente ruidosos. Por lo tanto, la muestra final fue de 75 participantes con datos completos de EEG y comportamiento, entre los que incluían 31 adultos jóvenes (de 18 a 30 años, 21 mujeres, 10 hombres) y 44 adultos mayores (de 61 a 90 años, 28 mujeres, 16 hombres). La aprobación ética fue obtenida desde el Servicio Nacional de Salud (NHS).

En primer lugar, se administraron las siguientes pruebas, cuya duración figura entre paréntesis entre paréntesis: Digit span (5 min), Spatial span (5 min), Word Fluency (5 min) y el Hopkins Verbal Learning Test Revised (5 min). A continuación, se configuró el EEG y se registró el EEG en estado de reposo (45 minutos). A continuación, los participantes tuvieron un breve descanso de 5 minutos. A continuación se realizó el seguimiento ocular (25 minutos),

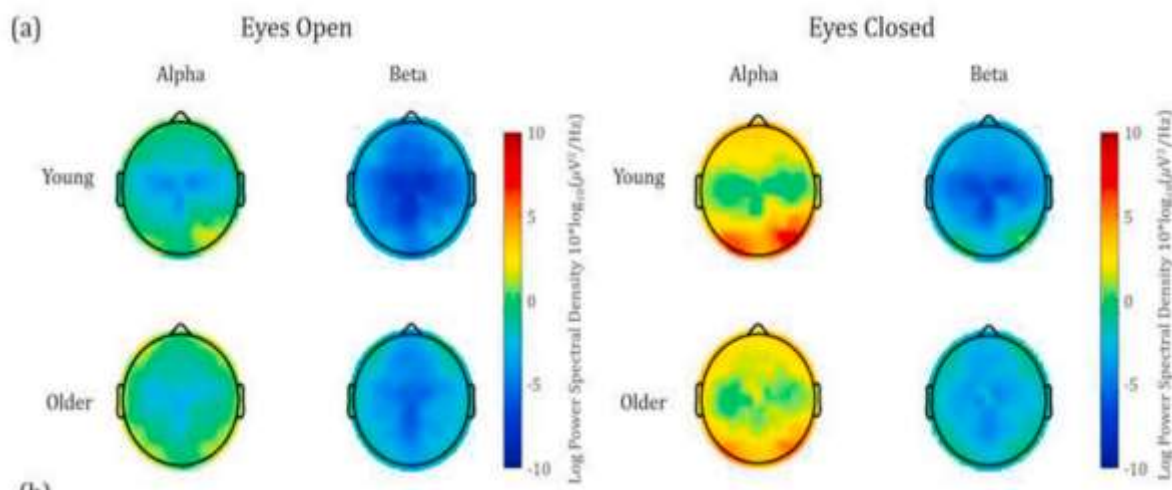
El EEG en estado de reposo se registró en dos condiciones: 5 minutos con los ojos abiertos y 5 minutos con los ojos cerrados. En cada condición, los participantes completaron 2,5 minutos y luego tuvieron un descanso seguido de otro bloque de 2,5 minutos. Con los ojos abiertos, el participante miraba una cruz de fijación blanca en una pantalla gris. Se utilizó un sistema Biosemi ActiveTwo (Ámsterdam, Países Bajos) y un tapón de electrodos se utilizaron para registrar EEG continuos de 128 canales, basados en el sistema 5% (10-5) (frecuencia de muestreo = 2048 Hz).

El rendimiento global en las pruebas cognitivas fue similar en adultos jóvenes y mayores, con las siguientes excepciones. Se observaron ligeros déficits cognitivos, ya que los adultos más jóvenes eran mejores en las tareas de memoria de trabajo y control en comparación con los mayores. El conocimiento del vocabulario era superior en los adultos mayores, lo que era de esperar, ya que el vocabulario se desarrolla con la edad e indica una capacidad intacta en la muestra de más edad, al igual que las puntuaciones saludables en las medidas de depresión y demencia. Como era de esperar los adultos mayores mostraron una frecuencia alfa máxima reducida en comparación con en

comparación con los adultos más jóvenes (por ejemplo, Klimesch, 1999). mayor actividad beta (Dustman et al., 1999).

Las diferencias en la activación del EEG entre los grupos de edad jóvenes y mayores pueden sugerir cambios normales en la actividad cerebral como resultado del envejecimiento saludable. El aumento de la actividad beta en el grupo de adultos mayores en comparación con el grupo de jóvenes es coherente con los hallazgos que sugieren que la beta aumenta con la edad (antes de disminuir a los 60 años).

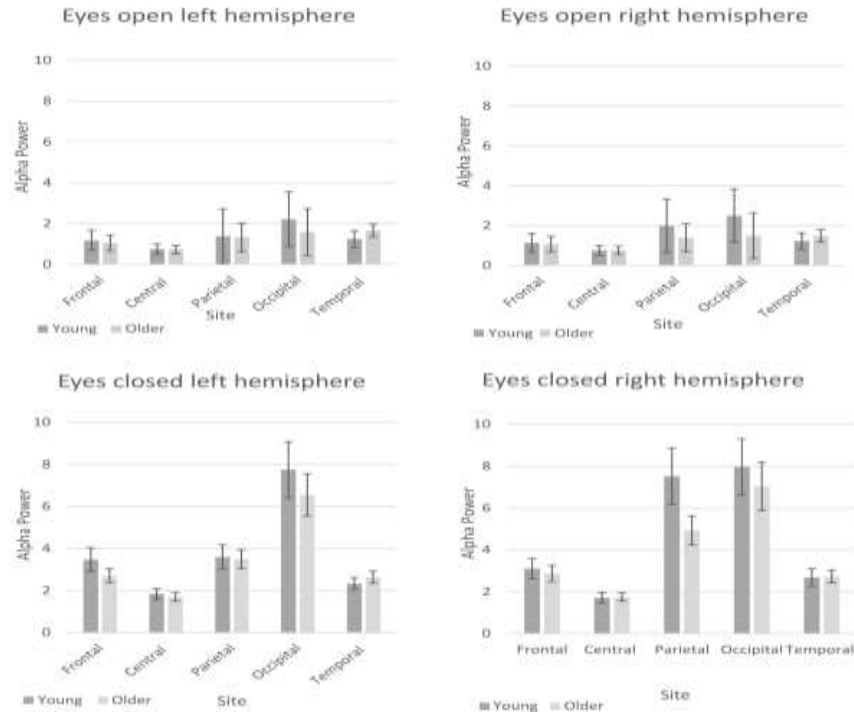
Además, se ha informado previamente de la disminución de la frecuencia pico alfa con el aumento de la edad, así como de la supresión de la potencia alfa junto con un aumento de la potencia beta. En conjunto, estos cambios en el EEG en estado de reposo se suman a la evidencia que sugiere que el aumento de la frecuencia pico beta y la reducción de la frecuencia pico alfa en adultos mayores son biomarcadores de envejecimiento saludable.



**Figura 4.** Mapas de calor topográficos que muestran la potencia alfa y beta para adultos jóvenes y mayores.

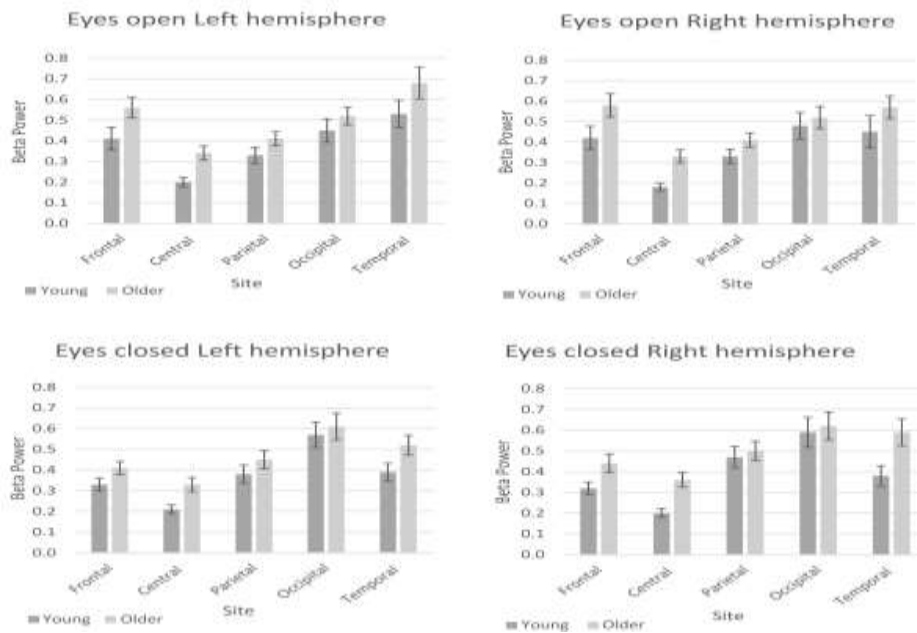
Se observó una variación en la actividad cerebral entre las condiciones de ojos cerrados y ojos abiertos. los cambios delta, theta, alfa y beta entre los ojos cerrados y los ojos abiertos EEG eran más pequeños para los adultos mayores que para los jóvenes (Figura 4). Durante la condición de ojos cerrados, se encontraron patrones de actividad cerebral asociados con un estado de relajación y descanso, como una mayor amplitud de ondas alfa. Por el contrario, durante la condición de ojos abiertos, hubo una mayor actividad cerebral relacionada con el procesamiento visual y la atención.

También se encontró una menor reactividad en la potencia alfa en los adultos mayores (Figura 5), debido a que los adultos mayores mostraron una disminución en la amplitud de las ondas alfa en comparación con los adultos más jóvenes durante la condición de ojos cerrados, lo que puede reflejar cambios en la función cerebral relacionados con el envejecimiento, específicamente con la demencia en comparación con controles sanos de edad avanzada.



**Figura 5.** Potencia alfa de adultos jóvenes y mayores en las zonas frontal, central, parietal, occipital y temporal y en los hemisferios izquierdo y derecho con los ojos abiertos y cerrados.

Por último, se observó un aumento en la potencia de las ondas beta de la condición de ojos cerrados a la condición de ojos abiertos en la región frontal del cerebro en sujetos sanos. Este fenómeno se documentó tanto en niños como en adultos jóvenes, lo que sugiere una modulación de la actividad cerebral en respuesta a la estimulación visual y la atención dirigida hacia el entorno (Figura 6).



**Figura 6.** Beta power for young and older adults across frontal, central, parietal, occipital and temporal sites and across left and right hemispheres for eyes open and eyes closed conditions.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Johnstone, S. J., Jiang, H., Sun, L., Rogers, J. M., Valderrama, J. T., & Zhang, D. (2020). Development of Frontal EEG Differences Between Eyes-Closed and Eyes-Open Resting Conditions in Children: Data From a Single-Channel Dry-Sensor Portable Device. *Clinical EEG And Neuroscience*, 52(4), 235-245. <https://doi.org/10.1177/1550059420946648>
- [2] Miraglia, F., Vecchio, F., Bramanti, P., & Rossini, P. M. (2016). EEG characteristics in “eyes-open” versus “eyes-closed” conditions: Small-world network architecture in healthy aging and age-related brain degeneration. *Clinical Neurophysiology*, 127(2), 1261-1268. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2015.07.040>
- [3] Stacey, J. E., Crook-Rumsey, M., Sumich, A., Howard, C. J., Crawford, T. J., Livne, K., Lenzoni, S., & Badham, S. P. (2021). Age differences in resting state EEG and their relation to eye movements and cognitive performance. *Neuropsychologia*, 157, 107887. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2021.107887>