



TALLER DEPORTE DE INICIACIÓN Y ALTO RENDIMIENTO

Reactividad del ritmo alfa en atletas masculinos de taekwondo.

Estudio preliminar

Alpha rhythm reactivity in male taekwondo athletes. Preliminary study

Marta Brown Martínez¹, Melvis González Rabeiro², Eduardo Negrete Torres,³ Zamira Díaz Santos⁴

1. Instituto de Medicina Deportiva, Dpto. de Neurofisiología, La Habana, Cuba, email: brownmarta70@gmail.com
2. Centro de Neurociencias de Cuba, Dpto. de Psicología, La Habana, Cuba, email: eduardosilvionegrete torres@gmail.com
3. Instituto de Medicina Deportiva, Dpto. de Control Médico, La Habana, Cuba, email: melvysgonzalezrabeiro@gmail.com
4. Instituto de Medicina Deportiva, Dpto. de Control Médico, La Habana, Cuba, email: zamiradias67@gmail.com

Resumen

Introducción: Varios estudios señalan una asociación entre la fatiga central y la disminución de la capacidad cerebral cortical de responder a estímulos del medio. Esta relación puede ser estudiada mediante la reactividad del ritmo alfa a la apertura ocular. **Objetivo:** Identificar diferencias en la reactividad del ritmo alfa a la apertura ocular, entre atletas de taekwondo de alto rendimiento y sujetos sanos no entrenados. **Métodos:** Se comparó el índice de reactividad cortical, obtenido mediante el electroencefalograma (EEG) de 19 canales, de 16 atletas



masculinos de taekwondo y 33 sujetos masculinos sanos no entrenados. Se evaluó el efecto de la edad biológica y deportiva, así como las alteraciones del EEG presentes en los atletas sobre los parámetros del EEG. **Resultados:** La densidad de poder de la frecuencia pico alfa en el estado de ojos cerrados fue significativamente menor en los atletas (3.48 vs 3.95 $\mu\text{V}/\text{Hz}^2$, $p=0.01$), mientras que en el estado de ojos abiertos fue mayor (2.53 vs 2.11 $\mu\text{V}/\text{Hz}^2$, $p=0.10$). El índice de reactividad cortical fue significativamente inferior en los atletas que los sujetos no atletas (- 27.4 vs - 45, $p=0.01$). La edad biológica y deportiva, así como las alteraciones electroencefalográficas no se relacionaron de manera significativa con los parámetros cuantitativos del EEG. **Conclusiones:** Se comprobó que la reactividad del ritmo alfa a la apertura ocular es menor en atletas masculinos de taekwondo que en sujetos sanos no entrenados. Estudios subsecuentes permitirán evaluar las relaciones de este parámetro del EEG con indicadores de fatiga central.

Palabras claves: Fatiga; reactividad del ritmo alfa; taekwondo; EEG cuantitativo

Abstract:

Introduction: Several studies point out an association between central fatigue and a decrease in cortical brain capacity to respond to environmental stimuli. This relationship can be studied through the reactivity of alpha rhythm to eye opening. **Objective:** To identify differences in alpha rhythm reactivity to eye opening, between high-performance taekwondo athletes and healthy untrained subjects. **Methods:** The cortical reactivity index, obtained by 19-channel electroencephalogram (EEG), was compared between 16 male taekwondo athletes and 33 untrained healthy male subjects. Effects of biological and sporting age, as well as EEG alterations present in athletes on quantitative EEG parameters, was evaluated. **Results:** Power density of alpha peak frequency in eyes closed state was significantly lower in athletes (3.48 vs 3.95 $\mu\text{V}/\text{Hz}^2$, $p=0.01$), while in eyes open state it was higher (2.53 vs 2.11 $\mu\text{V}/\text{Hz}^2$, $p=0.10$). Cortical reactivity index was significantly lower in athletes than non-athlete subjects (- 27.4 vs -



45, $p=0.01$). Biological and sporting ages, as well as electroencephalographic alterations, were not significantly related to quantitative parameters of the EEG. **Conclusions:** It was found that alpha rhythm reactivity to eye opening is lower in male taekwondo athletes than in untrained subjects. Subsequent studies will allow us to evaluate the relationships of this quantitative EEG parameter with indicators of central fatigue.

Key words: Fatigue; alpha rhythm reactivity; taekwondo; quantitative EEG



1. Introducción

La fatiga y la recuperación constituyen un proceso de gran importancia en el ámbito deportivo, puesto que influyen directamente en el desempeño físico y cognitivo de los atletas y en la incidencia de lesiones deportivas (Bestwick-Stevenson et al., 2022). Comprender estos fenómenos permite establecer estrategias adecuadas para lograr una óptima preparación de los atletas.

Los estudios sobre la fatiga se remontan al siglo XIX y desde entonces ha sido conceptualizada de distintas formas. Actualmente se reconoce la existencia de un origen central y uno periférico de la fatiga, que interactúan entre sí (Tornero-Aguilera et al., 2022). La fatiga de origen central se relaciona con una disminución en la activación de las motoneuronas espinales y/o de la corteza motora cerebral, conduciendo a una disminución de la activación voluntaria de los músculos. La fatiga periférica se corresponde con la disminución de la fuerza contráctil de las fibras musculares en relación a procesos que subyacen en el mecanismo de transmisión de los potenciales de acción en dichas fibras (Chesbro et al., 2024).

Varios estudios señalan una asociación entre la fatiga central y la disminución de la capacidad cerebral cortical de responder a estímulos del medio (Clemente-Suárez, 2017). Esta relación puede ser estudiada con el electroencefalograma (EEG) mediante los cambios de la densidad de poder del ritmo alfa a la apertura ocular, lo cual habitualmente se conoce como reactividad del ritmo alfa y es considerado un marcador inverso del grado de excitabilidad cortical (Barry et al., 2020) y un indicador en el ámbito clínico de la integridad funcional de la corteza cerebral (Li & Smith, 2021). La disminución de la reactividad cortical de una persona puede afectar la percepción de los estímulos externos e internos y así incidir negativamente en el nivel de fatiga central y en la percepción del esfuerzo (Tornero-Aguilera et al., 2022).

Por otra parte, estudios previos han reportado una disminución de la reactividad cortical en atletas, comparados con sujetos sanos no entrenados, en condiciones de reposo, o relacionado con la ejecución de determinada tarea motora (Del Percio et al., 2009; Schomer D & da Silva, 2017). Este fenómeno ha sido interpretado no como una disminución de la capacidad de percibir los



estímulos del medio, sino que ha sido explicado sobre la base de la teoría de la eficiencia neural (Fang et al., 2022). Esta es una teoría controversial que ha sido evaluada en varios estudios con distintas metodologías (Bazanov & Vernon, 2014). En especial, estudios de neuroimágenes funcionales han demostrado que las personas con mayor capacidad cognitiva (memoria, fluencia verbal, capacidades espaciales) presentan respuestas corticales de menor magnitud. Se plantea que estas personas presentan un procesamiento más eficiente de la información, con una menor utilización de recursos neuronales y por ende, una menor modificación de las respuestas corticales ante determinada demanda (Rypma et al., 2002; Rypma et al., 2005; Rypma & Prabhakaran, 2009)

Considerando estos argumentos, podría resultar relevante la exploración de las relaciones entre la reactividad del ritmo alfa y el componente central de la fatiga en atletas. En esta línea de investigación se desarrolla el presente trabajo, que tiene como objetivo inicial identificar diferencias en la reactividad del ritmo alfa a la apertura ocular, entre atletas de taekwondo de alto rendimiento y sujetos sanos no entrenados, lo cual permitirá verificar la factibilidad de esta variable en el estudio de la fatiga mediante parámetros cuantitativos del EEG.

2. Metodología

Se realizó un estudio transversal en el laboratorio de neurofisiología clínica del Instituto de Medicina Deportiva (IMD) que incluyó 18 atletas masculinos de taekwondo de alto rendimiento. El grupo control estuvo constituido por 33 sujetos masculinos sanos no entrenados, sin antecedentes personales patológicos, provenientes de la base de datos del Proyecto Cubano de Mapeo Cerebral Humano del Centro de Neurociencias de Cuba. Las evaluaciones fueron realizadas en etapa pre-competitiva, en el horario matutino.

Registros de EEG

Se obtuvieron registros de EEG de vigilia en reposo (5 minutos en estado de ojos cerrados y 3 en estado ojos abiertos) en condiciones adecuadas y con los procedimientos estandarizados para el mismo. Se empleó el electroencefalógrafo Fénix 5 (Neuronic S.A.) y las derivaciones del sistema internacional 10/20 de colocación de electrodos (Fp1, Fp2, F3, Fz, F4, F7, F8, T3, C3, Cz, C4,



T4, T5, P3, Pz, P4, T6, O1 y O2). Los trazados de EEG fueron analizados visualmente por un evaluador, para categorizar a los atletas según la presencia o no de alteraciones electroencefalográficas que pudieran influir en el análisis. Dos atletas fueron excluidos del estudio por presentar, en un caso, alteraciones del EEG que modificaron de modo patológico la frecuencia pico del espectro de potencias y en otro caso, la presencia de artefactos técnicos no permitió obtener suficientes datos para el análisis cuantitativo del EEG en el estado de ojos abiertos.

Previo al análisis cuantitativo del EEG se aplicó a todos los registros un método automatizado de extracción de artefactos (análisis de componentes individuales/EEGlab/Matlab). Posteriormente, se seleccionaron fragmentos del trazado en ventanas de análisis de 2.5 segundos, libres de artefactos remanentes, actividad paroxística, y períodos de somnolencia. Dichas ventanas fueron procesadas utilizando el montaje monopolar con referencia biaural. Para ello se empleó el programa EEG Cuantitativo (Neuronic S.A.) y se aplicó la transformada rápida de Fourier, utilizando ventanas de Thompsom, para llevar los datos del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia, en un rango de frecuencias entre los 0.39-19.11 Hz.

A continuación, se obtuvo de manera automática en cada sujeto, la frecuencia pico del espectro de potencias (frecuencia alfa pico) en los estados de ojos abiertos y ojos cerrados. Posteriormente, mediante un análisis visual de los espectros en cada derivación, se seleccionó la mayor densidad de poder en esa frecuencia, entre todas las derivaciones del EEG. Con estos datos se calculó para cada sujeto el índice de reactividad (IRc) mediante la siguiente fórmula:

$$IRc = \frac{DPAA - DPAC}{DPAC} \times 100$$

Donde DPAA y DPAC indican la densidad de poder alfa en el estado de ojos abiertos y de ojos cerrados, respectivamente. Este procedimiento es similar a los empleados por otros autores previamente^{8, 14} y representan cambios de voltaje de las oscilaciones alfa predominantes en el espectro del EEG de reposo en condiciones estables, no relacionadas con la ejecución de una tarea. Los valores negativos del IRc representan una menor densidad de poder de la frecuencia pico alfa, como reflejo del proceso de desincronización del ritmo alfa que habitualmente ocurre



en individuos normales, debido al procesamiento de la información visual en el estado de ojos abiertos.

Análisis estadístico

Se comprobó la distribución normal de las variables mediante el test de Kolmogorov-Smirnov, por lo que se empleó la prueba de comparación de muestras independientes T Student para identificar diferencias entre los grupos de estudio, y los coeficientes de correlación de Pearson para evaluar la relación del IRC con otras variables. Se utilizó el programa estadístico Statistic, versión 10 con un nivel de significación estadística menor a 0.05.

3. Resultados y discusión

La tabla 1 muestra las características de los participantes en el estudio. La edad biológica de los atletas fue similar a los sujetos controles y la edad deportiva promedio fue mayor de 13 años. En el 44% (n=7) de los atletas se encontraron alteraciones del EEG, fundamentalmente alteraciones paroxísticas de ligera intensidad.

Tabla I. Características de los grupos de sujetos estudiados.

Variables	Atletas		No atletas		p
	media	DS	media	DS	
Edad biológica (años)	21.5	3.5	23.2	3.5	0.10
Edad deportiva (años)	13.4	5.7	-	-	-
Frecuencia pico OC (Hz)	10.1	0.9	10.1	0.5	0.92
Frecuencia pico OA (Hz)	10.9	1.2	10.4	0.7	0.04
DPAC (μ v/Hz)	3.5	0.7	4.0	0.6	0.01
DPAA (μ v/Hz)	2.5	1.0	2.1	0.8	0.10
Índice de Reactividad cortical	-27.4	24	-45	18.6	0.01

DS: desviación estándar, OC: ojos cerrados, OA: ojos abiertos, DPAC: densidad de poder alfa en ojos cerrados, DPAA: densidad de poder alfa en ojos abiertos.



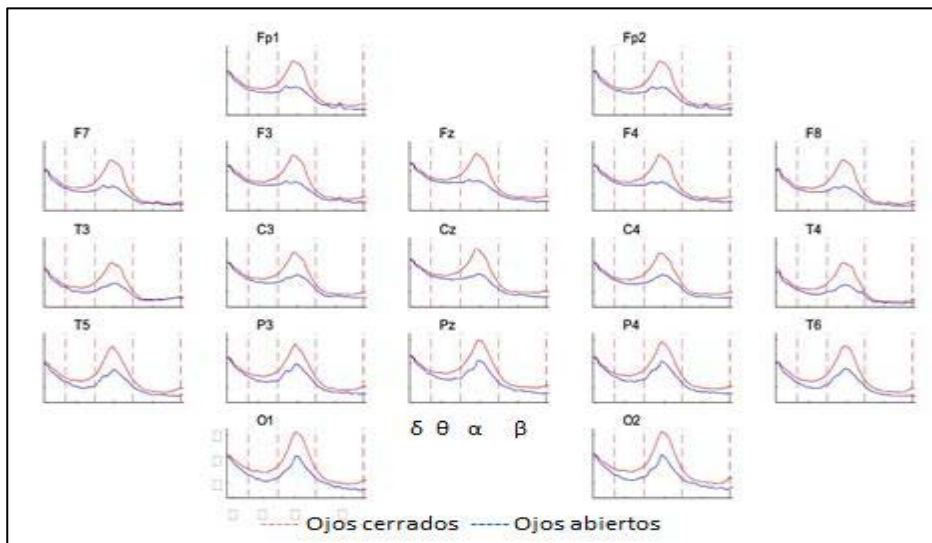
La edad biológica de los participantes en general (atletas: $R = -0.12$, $p = 0.66$; no atletas: $R = -0.23$, $p = 0.19$) y la edad deportiva de los atletas ($R = -0.27$, $p = 0.33$) no se correlacionaron significativamente con las variables del EEG.

En todos los sujetos la frecuencia pico de ambos estados estuvo alrededor de 10 Hz, con un aumento de la misma a la apertura ocular, como corresponde con en este grupo de adultos sanos jóvenes (Garcia-Rill et al., 2016; Li & Smith, 2021). Sin embargo, el aumento de la frecuencia pico fue significativamente más pronunciado en los atletas.

Los atletas con alteraciones en el EEG presentaron menor IRC (-19 vs -33.8 , $p = 0.22$), menor DPAC (3.2 vs 3.6 $\mu\text{v}/\text{Hz}$, $p = 0.27$) y mayor DPSA (2.7 vs 2.4 $\mu\text{v}/\text{Hz}$, $p = 0.50$) que aquellos con EEG normal, sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Un EEG anormal frecuentemente se asocia con modificaciones patológicas de sus parámetros cuantitativos. En particular, en estudios previos aun no publicados de estos atletas (Proyecto de investigación del IMD: "Análisis cuantitativo de la actividad eléctrica cerebral basal en atletas de boxeo y taekwondo de alto rendimiento"), se observaron modificaciones de los parámetros cuantitativos solamente en el rango de frecuencias de 12.9 a 14.8 Hz en regiones occipitales, en atletas con alteraciones del EEG en el análisis visual. Sin embargo, la frecuencia pico de estos atletas estuvo por debajo de este rango en ambos estados, a excepción de dos casos con frecuencia pico en ojos abiertos de 12.9 Hz y 12.5 Hz. Igualmente, el valor promedio de la frecuencia pico del grupo estuvo alrededor de los 10 Hz, lo que justificaría la ausencia del efecto de las alteraciones del EEG sobre las diferencias encontradas.

La figura 1 muestra los espectros promedios de cada grupo en ambos estados, donde se evidencian los niveles menores de DPAC y mayores de DPAA en los atletas con respecto a los sujetos controles. Por consiguiente, se obtuvo un IRC significativamente menor en los atletas.

Atletas



No Atletas

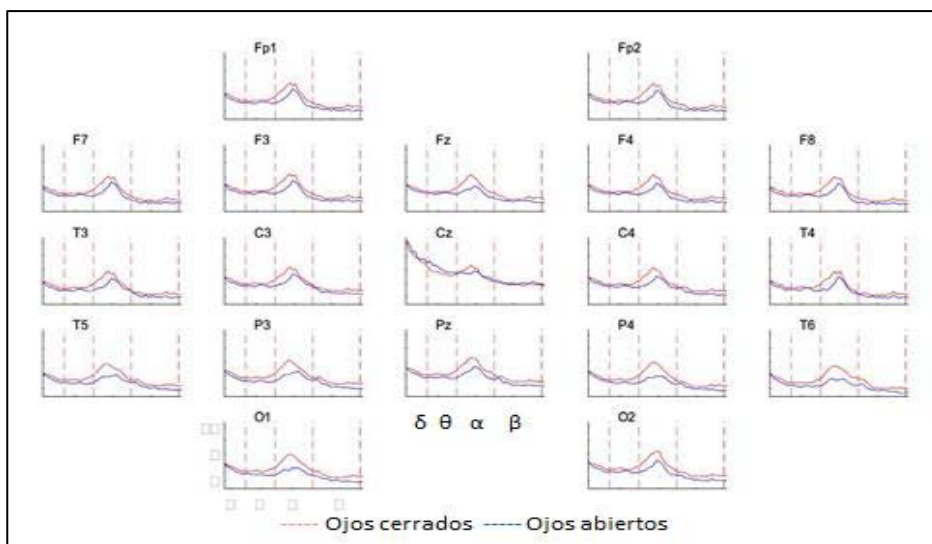


Figura 1. Espectros promedios de la densidad de poder de las 19 derivaciones del EEG en no atletas (panel superior) y atletas (panel inferior) en los estados de ojos cerrados y de ojos abiertos.



La desincronización del ritmo alfa a la apertura ocular es un fenómeno típico, descrito por Berger desde los inicios de la electroencefalografía y refleja el paso de un estado donde las oscilaciones alfa se encuentran sincronizadas y son de mayor amplitud (ojos cerrados), a un estado de procesamiento de información visual (ojos abiertos) (Li & Smith, 2021), donde las oscilaciones alfa se desincronizan, o sea disminuyen en amplitud y aumentan en frecuencia. En el estado de ojos cerrados, las oscilaciones alfa cumplen un rol inhibitorio-modulador del procesamiento cortical de estímulos del medio, necesario para la optimización de las demandas energéticas; mientras que, en el estado de ojos abiertos, se produce una liberación de esta inhibición asociada con la emergencia de un proceso de activación producido por la aferencia de información visual (Pfurtscheller & Silva, 2017). Generalmente, este fenómeno de desincronización del ritmo alfa a la apertura ocular presenta las mismas demandas a cualquier sujeto evaluado, al iniciarse un procesamiento de información visuo-espacial inespecífica y estable. Dicha respuesta de desincronización depende solamente de características propias de los sujetos evaluados, que en este caso se diferencian principalmente en el alto grado de entrenamiento cognitivo-motor presente en los atletas. De esta forma consideramos que las condiciones de experimentación (ojos cerrados/ojos abiertos) de este estudio resultan metodológicamente adecuadas, para el objetivo propuesto.

La teoría de la eficiencia neural podría explicar los niveles significativamente inferiores de DPAC en los atletas. En este sentido, podría interpretarse que los atletas para mantener el estado de control inhibitorio durante los ojos cerrados utilizan sistemas neuronales con un nivel menor de activación, como resultado del entrenamiento sistemático, lo que se refleja en una menor densidad de poder de la frecuencia alfa pico. De manera similar, varios estudios han reportado que el aprendizaje de determinadas tareas motoras provoca, inicialmente, un aumento en la desincronización de las oscilaciones cerebrales, que se reduce una vez el movimiento se produce automáticamente (Schomer D & da Silva, 2015).

La desincronización del ritmo alfa en el estado de ojos abiertos de los atletas fue de menor magnitud, como se refleja en la DPAA y en el IRc. Basado en la teoría de la eficiencia neural,

esta diferencia puede ser explicada por un menor reclutamiento de sistemas neuronales para el procesamiento de la información visual emergente, en individuos con capacidades visuo-espaciales más eficientes alcanzadas mediante el entrenamiento (Fang et al., 2022).

De manera ilustrativa se construyeron mapas representando la densidad de poder del ritmo alfa en ambos estados (ojos abiertos y ojos cerrados) en los atletas y los no atletas. En los mismos se pueden observar diferencias espaciales importantes de estas variables.

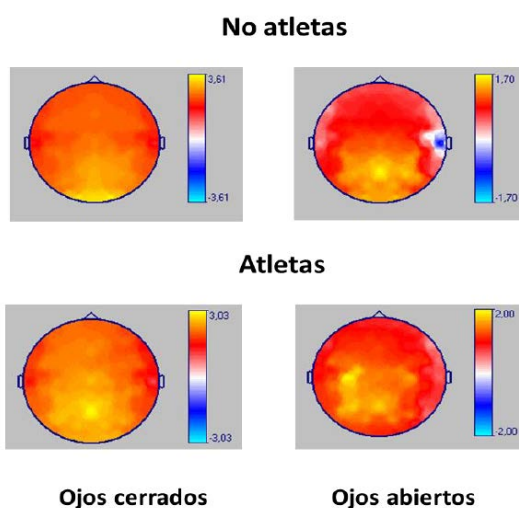


Figura 2. Mapas de distribución topográfica de la densidad de poder alfa en los estados ojos abiertos y ojos cerrados en atletas y no atletas. La escala de color refleja los valores promedios máximo y mínimo de la densidad de poder alfa, en las 19 derivaciones del EEG.

Los mapas de los sujetos no entrenados muestran que la frecuencia dominante del espectro en ojos cerrados tiene una mayor densidad de poder en las derivaciones occipitales, acorde con la localización habitual del ritmo alfa en estas regiones; mientras que en los atletas se localiza en derivaciones parietales, fundamentalmente de la línea media. Las regiones corticales que subyacen a estas derivaciones parietales están involucradas en funciones de procesamiento sensorial visuo-espacial y de integración de varias modalidades de percepción sensitiva. Esta diferencia de distribución espacial puede corresponder con el desarrollo más acentuado de estas



áreas cerebrales, relacionado con mayores demandas sensitivo-perceptuales requeridas en la práctica de este deporte (Fang et al., 2022).

Posterior a la apertura ocular, en los sujetos no entrenados, se observa una disminución de la densidad de poder alfa en las derivaciones occipitales (desincronización), con un aumento relativo en derivaciones parietales; mientras que en los atletas, la densidad de poder alfa de las derivaciones parietales derecha y central disminuye (desincronización) con un aumento relativo en las derivaciones central (C3) y parietal izquierdas (P3), que se corresponden con las áreas primarias motora y sensorial izquierdas, en el hemisferio dominante para la mayoría de los atletas de este estudio.

Este hallazgo es similar al reportado por otros autores que describen una desincronización de la actividad alfa, con una sincronización simultánea en áreas corticales vecinas que procesan iguales o distintas modalidades de información, durante tareas o eventos sensori-motores específicos. En la misma línea, investigaciones previas han demostrado un aumento del ritmo mu (alrededor de 10Hz) en regiones centrales, unido al bloqueo del ritmo alfa durante la estimulación visual a patrón. Estos autores plantearon que este fenómeno puede corresponder con un mecanismo de atención selectiva a los subsistemas motores que, de manera similar, puede haberse expresado en estos atletas de este estudio, expuestos a altas demandas de activación de los sistemas corticales sensori-motores (Pfurtscheller & Silva, 2017)

De forma general, la concordancia de los hallazgos de este estudio con reportes previos, apuntan hacia una confiabilidad de constructo del índice de reactividad cortical obtenido en este trabajo. Estos resultados básicamente replican los de investigaciones similares en la literatura y apoyan la utilización de este índice como indicador de la capacidad cerebral cortical de responder a estímulos del medio, en el estudio de la fatiga central de los atletas evaluados.

Teniendo en cuenta la teoría de la eficiencia neural, es plausible esperar una relación directamente proporcional entre el índice de reactividad cortical a la apertura ocular y los indicadores de fatiga central, aspecto que será explorado en trabajos posteriores.



4. Conclusiones

En el presente estudio se comprobó que la reactividad del ritmo alfa a la apertura ocular en condiciones de reposo es menor en los atletas de taekwondo masculinos que en sujetos no entrenados. Estudios subsecuentes realizados en estos atletas permitirán evaluar las relaciones entre de este parámetro cuantitativo del EEG con indicadores de fatiga central, lo cual constituye el propósito de futuros trabajos.



5. Referencias bibliográficas

- Barry, R. J., De Blasio, F. M., Fogarty, J. S., & Clarke, A. R. (2020). Natural alpha frequency components in resting EEG and their relation to arousal. *Clin Neurophysiol*, 131(1), 205-212. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.10.018>
- Bazanov, O. M., & Vernon, D. (2014). Interpreting EEG alpha activity. *Neurosci Biobehav Rev*, 44, 94-110. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.05.007>
- Bestwick-Stevenson, T., Toone, R., Neupert, E., Edwards, K., & Kluzek, S. (2022). Assessment of Fatigue and Recovery in Sport: Narrative Review. *Int J Sports Med*, 43(14), 1151-1162. <https://doi.org/10.1055/a-1834-7177>
- Clemente-Suárez, V. J. (2017). The Application of Cortical Arousal Assessment to Control Neuromuscular Fatigue During Strength Training. *J Mot Behav*, 49(4), 429-434. <https://doi.org/10.1080/00222895.2016.1241741>
- Chesbro, G. A., Owens, C., Reese, M., L, D. E. S., Kellawan, J. M., Larson, D. J., Wenger, M. J., & Larson, R. D. (2024). Changes in Brain Activity Immediately Post-Exercise Indicate a Role for Central Fatigue in the Volitional Termination of Exercise. *Int J Exerc Sci*, 17(1), 220-234. <https://doi.org/10.70252/bewm4588>
- Del Percio, C., Babiloni, C., Marzano, N., Iacoboni, M., Infarinato, F., Vecchio, F., Lizio, R., Aschieri, P., Fiore, A., Toràn, G., Gallamini, M., Baratto, M., & Eusebi, F. (2009). "Neural efficiency" of athletes' brain for upright standing: a high-resolution EEG study. *Brain Res Bull*, 79(3-4), 193-200. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2009.02.001>
- Fang, Q., Fang, C., Li, L., & Song, Y. (2022). Impact of sport training on adaptations in neural functioning and behavioral performance: A scoping review with meta-analysis on EEG research. *J Exerc Sci Fit*, 20(3), 206-215. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2022.04.001>
- Garcia-Rill, E., D'Onofrio, S., Luster, B., Mahaffey, S., Urbano, F. J., & Phillips, C. (2016). The 10 Hz Frequency: A Fulcrum For Transitional Brain States. *Transl Brain Rhythm*, 1(1), 7-13.
- Li, L., & Smith, D. M. (2021). Neural Efficiency in Athletes: A Systematic Review. *Front Behav Neurosci*, 15, 698555. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2021.698555>
- Pfurtscheller, G., & Silva, F. L. d. (2017). EEG Event-Related Desynchronization and Event-Related Synchronization. In D. L. Schomer, F. H. Lopes da Silva, D. L. Schomer, & F. H. Lopes da Silva (Eds.), *Niedermeyer's Electroencephalography: Basic Principles, Clinical*



- Applications, and Related Fields* (pp. 0). Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/med/9780190228484.003.0040>
- Rypma, B., Berger, J. S., & D'Esposito, M. (2002). The influence of working-memory demand and subject performance on prefrontal cortical activity. *J Cogn Neurosci*, 14(5), 721-731.
<https://doi.org/10.1162/08989290260138627>
- Rypma, B., Berger, J. S., Genova, H. M., Rebbeschi, D., & D'Esposito, M. (2005). Dissociating age-related changes in cognitive strategy and neural efficiency using event-related fMRI. *Cortex*, 41(4), 582-594. [https://doi.org/10.1016/s0010-9452\(08\)70198-9](https://doi.org/10.1016/s0010-9452(08)70198-9)
- Rypma, B., & Prabhakaran, V. (2009). When less is more and when more is more: The mediating roles of capacity and speed in brain-behavior efficiency. *Intelligence*, 37(2), 207-222.
<https://doi.org/10.1016/j.intell.2008.12.004>
- Schomer D, & da Silva, F. L. (2017). *Niedermeyer's Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields*. Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/med/9780190228484.001.0001>
- Schomer D, & da Silva, F. L. (2015). Neurocognitive processes and the EEG/MEG. In Schomer D & F. L. da Silva (Eds.), *Niedermeyer's electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields*. (pp. 1083-1112).
- Tornero-Aguilera, J. F., Jimenez-Morcillo, J., Rubio-Zarapuz, A., & Clemente-Suárez, V. J. (2022). Central and Peripheral Fatigue in Physical Exercise Explained: A Narrative Review. *Int J Environ Res Public Health*, 19(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph19073909>