



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y TRABAJO SOCIAL

GRADO EN EDUCACIÓN PRIMARIA
MENCIÓN DE EDUCACIÓN FÍSICA

TRABAJO FIN DE GRADO

**Análisis comparativo de la actividad cerebral en recorridos prefijados de
escaladores noveles.**

Luisa Fernanda Pimienta Silva

Tutor: Alfonso García Monge

Curso 2023-2024

Resumen

La escalada es un contenido fundamental de la Educación Física debido a las habilidades psicomotrices, perceptivo-motrices y coordinativas que requiere. Aunque existen diversos estudios sobre su inclusión en las clases y las exigencias cognitivas de este proceso, no hay información acerca de la actividad cerebral involucrada en esta actividad. Este estudio se enfoca en analizar específicamente los procesos cerebrales de cinco participantes, utilizando la técnica de encefalografía, mientras realizan un recorrido prefijado de escalada. Entre los resultados encontramos que en los primeros recorridos hay mayor concentración lo que supone mayor demanda cognitiva, y a medida que se repiten los participantes tienen herramientas que les sirven para realizar el recorrido con mayor facilidad lo que produce que la memoria de trabajo disminuya.

Palabras clave: Escalada, EEG, theta, alpha, beta, memoria de trabajo.

Abstract

Climbing is a fundamental content of Physical Education due to the psychomotor, perceptual-motor and coordination skills that it requires. Although there are several studies on its inclusion in classes and the cognitive demands of this process, there is no information about the brain activity involved in this activity. This study focuses on specifically analyzing the brain processes of five participants, using the encephalography technique, while performing a preset climbing route. Among the results we found that in the first trips there is greater concentration which supposes greater cognitive demand, and as they repeat the participants have tools that serve them to make the trip more easily which produces that the working memory decreases.

Keyword: Climb, EEG, theta, alpha, beta, working memory.

Índice

1. Objetivo.....	1
2. Justificación.....	1
3. Fundamentación teórica.....	1
3.1. Escalada.....	1
3.2. Electroencefalografía.....	4
3.3. Áreas y ondas cerebrales.....	5
4. Metodología.....	6
4.1. Participantes.....	6
4.2. Contexto.....	6
4.3. Procedimiento.....	6
4.4. Preprocesado de la señal.....	7
4.5. Análisis.....	7
5. Resultados.....	8
6. Conclusiones.....	13

1. Objetivo

El objeto de estudio tratado en el presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) es analizar la actividad cerebral en recorridos sencillos prefijados en un rocódromo.

2. Justificación

La escalada es una actividad motriz muy completa que demanda diferentes capacidades psico-motrices: coordinación, resistencia, flexibilidad, destreza, equilibrio, la tolerancia a la frustración, el manejo de los miedos, la autoconfianza, la creatividad en la resolución de problemas, la propiocepción, la atención, la escucha, entre otros. Al ser una actividad motriz que sirve como herramienta para el desarrollo de un conjunto de habilidades y competencias (técnicas, cognitivas, socioafectivas...) su realización en la etapa escolar favorece el crecimiento evolutivo de los niños.

Hay muchos estudios que nos hablan sobre cómo hacer progresiones e iniciación de la escalada, ya que se ha demostrado que el nivel que se requiere tanto de habilidades técnicas como físicas son muy exigentes. Sin embargo, hay muy pocos estudios que nos hablen sobre los procesos corticales, por lo que con este trabajo intentamos aportar luz sobre la “caja negra” que supone nuestra actividad cerebral.

3. Fundamentación teórica.

3.1. Escalada

“Desplazarse por el medio natural implica sortear obstáculos, andar por terreros escarpados y, en ocasiones utilizar brazos y piernas para superar obstáculos verticales, normalmente de roca; esto último es lo que entendemos por trepar o escalar” (Aguado 2001)

La escalada es un deporte caracterizado por el ascenso y descenso, ya sea en roca o estructuras de tipo artificial, en donde la persona que practica este deporte se verá en la necesidad de utilizar su fuerza de tipo física así como de tipo mental, sus miembros superiores para ascender y sus miembros inferiores para poder apoyarse e impulsarse. (Méndez V. H., 2020).

Las actividades en el medio natural permiten el desarrollo de las capacidades físicas, activando la capacidad de exploración y de reconocimiento del entorno real en contacto

con el medio natural. Son actividades que implican de forma global (mente, cuerpo y sentimientos) y favorecen el redescubrimiento sensorial. Se basan en experiencias directas en entornos atractivos y normalmente nuevos, que invitan y animan a aprender. (Parra, 2001)

Se conoce que la escalada es tanto física como psicológicamente exigente (Giles, Rhodes y Taunton 2006, Lee y Ewer.2019, Monasterin& Brymer, 2021, Saúl et al. 2019). Sánchez y Torregrossa (2005) desarrollaron el modelo de factores psicológicos implicados en la escalada deportiva. Según este modelo, existen tres dimensiones psicológicas principales: Procesos básicos para captar y procesar información, aspectos motivacionales y mecanismos emocionales.

Procesos básicos para captar y procesar información.	Aspectos motivacionales.	Mecanismos emocionales.
<ul style="list-style-type: none"> • Anticipación. • Atención-concentración. • Memorización-imaginación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Autoeficacia. • Autoconfianza. • Motivación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo del estrés. • Gestión de riesgos. • Gestión de activaciones

En un contexto educativo, este tipo de prácticas sirven al alumnado, no sólo como adquisición de aspectos motrices, sino también como recurso para organizar su tiempo libre y como medio para disfrutar de la naturaleza. Además, ofrecen la posibilidad de situar al alumnado en un ambiente saludable que al mismo tiempo proporcione infinidad de motivaciones para el juego, la aventura, el ejercicio físico natural, y la adquisición de destrezas manuales (Baena y Granero, 2008)

Las posibilidades educativas que ofrecen las AFMN son múltiples, pudiendo destacar (Granero y Baena 2007)

- Contribuyen a una educación de carácter integral.
- Favorecen la socialización (respeto de normas, cooperación, trabajo en equipo).
- Desarrollan la creación de hábitos saludables.
- Desarrollan la capacidad de adaptación a entornos no conocidos.
- Posibilitan un aprendizaje significativo.
- Desarrollan la autonomía del alumnado.

- Estimulan la capacidad de autosuperación.
- Incrementan el aprendizaje de destrezas y habilidades motrices básicas.
- Son motivadoras
- Estimulan el conocimiento y respeto del medio natural.

La escalada, reúne todas estas posibilidades, pero sus características específicas añaden nuevas posibilidades educativas de gran interés como:

- La mejora de la autoestima.
- El incremento de la seguridad en uno mismo.
- El desarrollo de capacidad de autocontrol.
- La superación de miedos y fobias.
- El fomento de la responsabilidad.

Por último, unida a todas estas circunstancias y completamente ligada a la práctica de la escalada, encontramos el hecho de poner nuestra seguridad en manos de otra persona lo que aporta nuevas posibilidades pedagógicas, facilitando las relaciones sociales en el grupo y dotándolas de un carácter muy diferente al del aula:

- Desarrollo de la confianza en los compañeros.
- La convivencia del grupo.

En la escalada la práctica imaginaria se utiliza de manera recurrente y sus aplicaciones en el ámbito deportivo son muchas y muy variadas. La práctica mental es el ensayo imaginario de un acto motor para aprenderlo y mejorarlo por medio de la simulación interna de los movimientos acordes a la ejecución deseada (Drubach y col., 2007). En los últimos años ha empezado a cobrar cada vez mayor importancia en todo tipo de deportes, al identificarse los beneficios físicos y sobre todo mentales que conlleva su entrenamiento y utilización (Grosser 2012)

Driskell y col. (1994) decían que la práctica mental puede producir mejoras variables en habilidades y el rendimiento según la naturaleza de la tarea, la cantidad de práctica y cuándo se realice. En la escalada visualizar qué vamos a hacer ayuda a poner en marcha los recursos reales que necesitaremos para dicha situación, porque el subconsciente no diferencia entre realidad e imaginación. Estudios han demostrado que, el simple hecho de imaginar una práctica física, ya solicita las mismas partes del cerebro que si se realiza (Decety y Jeannerod, 1995).

3.2. Electroencefalografía

La electroencefalografía (EEG) es una técnica que se utiliza para medir la actividad eléctrica del cerebro. Esta actividad eléctrica se manifiesta en forma de ondas cerebrales que se pueden registrar a través de electrodos colocados sobre la superficie del cuero cabelludo (Iriarte & Artieda, 2012). La actividad EEG se mide como diferencias en los voltajes registrados en diferentes lugares del cuero cabelludo que constituyen la suma de los potenciales postsinápticos de grupos de neuronas en la corteza cerebral, cerca de cada electrodo de registro. Dado que esos cambios de polaridad producidos en los axones neuronales deben atravesar varias capas, la señal recibida de polaridad no es tan fuerte como la que pudiera provenir de la actividad muscular o cardiaca. `

El dispositivo utilizado (Epoc Flex) consta de 32 canales y presenta un amplio rango de adaptación a las variaciones de tamaños y formas de las cabezas, ya que la flexibilidad del neopreno hace que se adapte perfectamente.

Con el posicionamiento de cada electrodo se pretende recoger información de la actividad en el área de ubicación, así, cuantos más electrodos se coloquen en el cuero cabelludo, se podrá obtener una información más detallada de un mayor número de zonas. (García Monge et al., 2023).

Los electrodos frontales, centrales, temporales, parietales y occipitales del casco de electroencefalografía se reconocen con las letras: F, C, T y O respectivamente. El subíndice par indica el hemisferio derecho mientras que el impar el hemisferio izquierdo.



3.3. Áreas y ondas cerebrales

Las ondas en el EEG se clasifican de acuerdo con su frecuencia (número de veces que la onda se repite en un segundo), unas son más rápidas y otras más lentas, en cinco tipos: Delta, Theta, Alpha y Beta y Gamma. (Babiloni et al., 2020). Según el autor consultado las bandas de frecuencia de las diferentes ondas pueden tener una variación de entre 0,5 y 1 Hz.

Bandas de frecuencia de las diferentes ondas (Babiloni et al., 2020):

Onda	Banda de frecuencia
Delta	0 Hz. – 4 Hz.
Theta	4 Hz. – 8 Hz.
Alpha	8 Hz. – 13 Hz.
Beta	13 Hz. – 30 Hz.
Gamma	> 30 Hz.

Las bandas de frecuencia tienen características que las distinguen y se le han atribuido ciertas funciones describiendo su participación en diferentes procesos, siendo necesario conocerlas para poder hacer una buena interpretación de ellas. Para nuestro estudio analizaremos tres bandas de frecuencia (Theta, Alpha, y Beta) estas ondas tienen diferentes interpretaciones:

- **Theta:**

Según (Basar & Bahar, 2008) las ondas Theta predominan cuando los sentidos están procesando información interna y el individuo se encuentra desconectado del mundo exterior, es decir, aumenta la actividad theta durante las tareas mentales que requieren memoria de trabajo.

- **Alpha:**

Las ondas Alpha tienen un rango entre Beta y Theta. La aparición de Alpha es debido a una menor carga cognitiva. (Sauseng et al., 20005)

- **Beta:**

Según Yousef y Florence (2022), la onda Beta se relaciona con la atención y la concentración. Tienen mayor intensidad mientras se realizan actividades y

conversaciones, y se asociaron con operaciones cerebrales sensoriomotoras (Gourab y Schmit 2010), así como actividades cognitivas activas, concentradas o ansiosas (Baumeister et al., 2008).

Siguiendo a Carrobles (2016) las ondas Beta están claramente relacionadas con un estado de activación cerebral y mental asociado a una actividad cognitiva de alerta y de conciencia de uno mismo y del entorno.

4. Metodología

4.1. Participantes.

El grupo experimental para este estudio es de 5 estudiantes de 4º de Educación Primaria, con 2 mujeres y 3 hombres (de entre 22 y 25 años). Todos los participantes han tenido un contacto previo con la escalada en el rocódromo utilizado para el estudio. El nivel de habilidad de escalada es nivel de iniciación, aunque hay que mencionar que cada participante tiene sus propios límites físico-técnicos, haciendo que la percepción de la dificultad sea relativa a cada persona.

4.2. Contexto.

Utilizamos un rocódromo, una vía transversal de cinco metros de longitud por tres metros de altura. Las presas son de diferentes tamaños con facilidad para el apoyo de los pies y el agarre y con una distancia máxima entre presas de 30 cm.

4.3. Procedimiento.

Para la recogida de la señal EEG se utilizó un dispositivo EPOC Flex (Emotiv, San Francisco). Se trata de un dispositivo de 32 canales con sensores pasivos de Ag/AgCl (EasyCap, Herrsching) montados sobre un gorro de neopreno de EasyCap que permite elegir las posiciones de montaje. La conductividad se facilita por un gel. La frecuencia de muestreo es de 128Hz. El amplificador de Emotiv colocado en el gorro, envía de forma inalámbrica la señal al ordenador donde se recoge a través de una aplicación on-line (Emotiv Pro) desde la que, posteriormente, se pueden descargar los datos en formatos CSV o EDF. En el trabajo de Williams et al. (2020) se recoge su validación.

Tras colocar los cascos de EEG se realizaba un registro de base de dos minutos con los ojos cerrados y dos minutos con los ojos abiertos mirando a un punto fijo. Tras ello se trasladan al polideportivo y se les explica las tareas que tienen que realizar.

La tarea de escalada consistió en cinco intentos en un recorrido que tenían que memorizar y en el que no podían utilizar todas las presas que disponía el rocódromo. Llamaremos a este recorrido como “medio” y cada uno de los intentos le asignaremos un número del 1 al 5. Así, por ejemplo, “medio 3” será el tercer intento en este recorrido prefijado. Previo al comienzo de la tarea se realiza un “cheeking” para visualizar las presas que posteriormente utilizará el participante. Se realizan cuatro intentos seguidos y tras el último se lleva a cabo una práctica imaginaria con los ojos cerrados y con los ojos abiertos, y por último, se realiza el quinto intento con el objetivo de ver si se ha producido una mejoría en el recorrido.

4.4. Preprocesado de la señal.

Para el procesado de la señal se ha utilizado la caja de herramientas EEGLAB (v. R2022b) para Matlab (Delorme y Makeig, 2004)

En el pre-procesado se aplicaron filtros IIR Butterworth de paso alto (0,5Hz) y paso bajo (45 Hz), Se limpiaron los datos de artefactos con una primera inspección visual, tras la que se aplicó un algoritmo de reconstrucción del subespacio de artefactos (ASR) para descartar los canales silenciados más de 5 segundos o con ruido de alta frecuencia de más de 4 desviaciones. Seguidamente, se referenciaron los datos mediante el cómputo de la referencia promedio (CAR). Finalmente se aplicó el análisis de componentes independientes (ICA) y se descartaron los componentes en los que predominaban fuentes no neuronales (artefactos).

4.5. Análisis.

Para el análisis de las características de las bandas de frecuencia se utilizó la aplicación “Study” de EEGlab que nos permitió comparar diferentes bandas de frecuencia en distintos situaciones, sujetos y canales. Esta aplicación nos permite obtener diferentes parámetros espectrales como la media, la modo, la mediana, la desviación estándar y el rango. A la vez que nos permite hacer pruebas de análisis de varianza a través de estadísticos no paramétricos basados en permutaciones.

5. Resultados

ONDA THETA

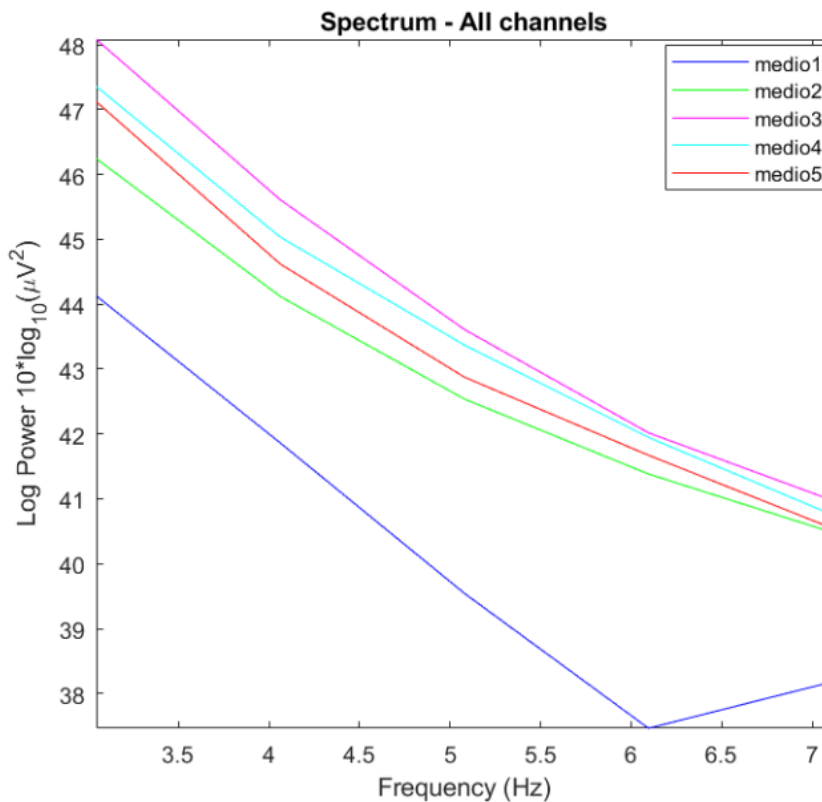


Figura 1. Gráfica promediado "nivel medio" del espectro de frecuencia Theta.

En el estudio se detecta un aumento en la potencia del EEG en la banda Theta a partir del primer intento. Señalando a Basar & Bahar (2008) las ondas Theta predominan cuando los sentidos están procesando información interna y el individuo se encuentra desconectado del mundo exterior, es decir, se produce un aumento de la actividad Theta durante las tareas mentales que requieren memoria de trabajo, por lo que se podría decir que en el intento 1 hemos puesto atención en la actividad, ya que es el nivel en el que construimos nuestro propio recorrido, pero lo hemos realizado sin ninguna preocupación y como una toma de contacto con las presas del rociódro. De esta forma la concentración y la memoria de trabajo era mínima., procesando la información de manera inconsciente.

Varios autores defienden que la actividad Theta desempeña un papel importante en las funciones de la memoria de trabajo (Gevins et al., 1997; Sarnthein et al., 1998; Gevins y Smith, 2000; Sammer et al., 2007). Los resultados muestran que el espectro de Theta es más prominente a partir del segundo intento, esto podría deberse a que los participantes

han puesto mayor atención al ejecutarlo, ya que debían recordar y emplear mayor memoria de trabajo con el objetivo de memorizar las presas utilizadas durante el recorrido, lo que ha supuesto mayor demanda cognitiva.

A continuación veremos las medias asociadas a cada intento en la banda de frecuencia Theta:

	Theta	Theta
	media	std
Medio 1	39.54	2.746
Medio 2	42.54	2.287
Medio 3	43.61	2.848
Medio 4	43.37	2.598
Medio 5	42.88	2.585

Los valores más bajos los encontramos en la condición “medio 1” (M= 39,54; std:2,74). A partir de este recorrido se produce una progresión en aumento de la franja Theta.

En el intento cuatro se ha pasado de una media de 43.37 a una media de 42.88 en el intento cinco. Siguiendo a Driskell y col. (1994) la práctica mental puede producir mejoras variables en habilidades y el rendimiento, por lo que este nivel más bajo de la banda de frecuencia Theta puede ser debido a la práctica imaginaria que hemos realizado entre el intento cuarto y quinto. Estudios han demostrado que, el simple hecho de imaginar una práctica física, solicita las mismas partes del cerebro que si se realiza (Decety y Jeannerod, 1995) por lo que realizar una visualización, con los ojos abiertos y cerrados y algunos participante reproduciendo con las manos los distintos movimientos previamente realizados, han podido mejorar la práctica disminuyendo la carga cognitiva, ya que en el último intento teníamos las presas de nuestro recorrido localizadas, realizándolo de forma más eficaz y eficiente.

Apreciamos diferencias significativas ($Z = -2.93$; $p = .0033$) entre el primer intento (M= 39.54; std= 2.74) y el cuarto intento del nivel medio (M=43.88; std= 2.58). Con respecto a la actividad Theta Clayton (2015) informa sobre un aumento prominente de Theta en tareas cognitivas y de memoria de trabajo, siendo más pronunciado en condiciones más exigentes, por lo que el aumento de la banda de frecuencia Theta del intento 1 al 4 podría

ser debido a una mayor demanda de atención y rendimiento cognitivo, donde se requiere una concentración prolongada mientras se ejecuta el recorrido.

ONDA ALPHA

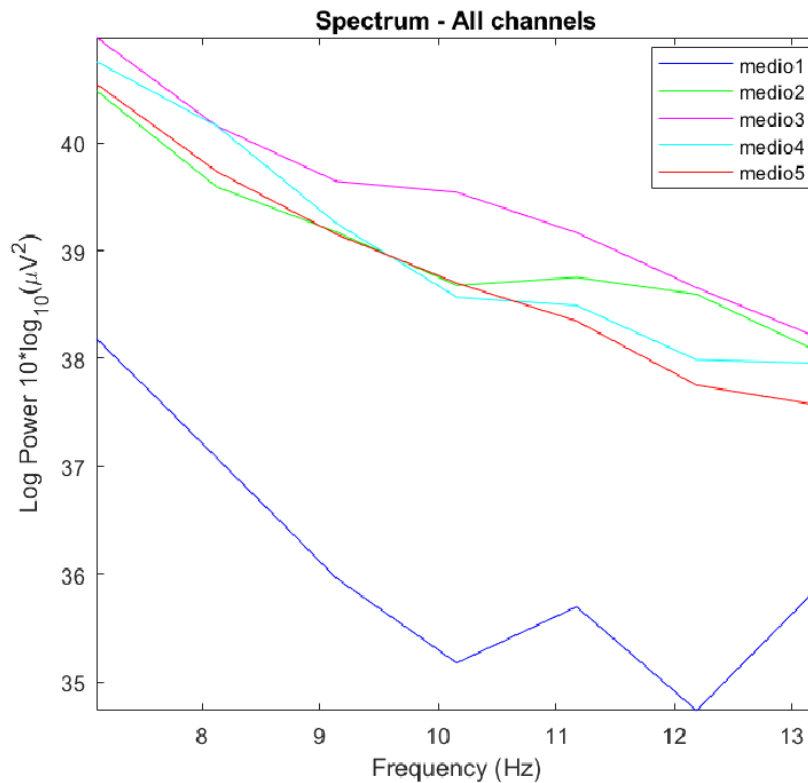


Figura 2. Gráfica promediado "nivel medio" del espectro de frecuencia Alpha.

En esta gráfica podemos observar como en el intento 1 la frecuencia de la onda Alpha es baja y a medida que se repite el recorrido aumenta. Siguiendo a Sauseng et al., (2005) la aparición de Alpha es debido a una menor carga cognitiva, por lo que podría ser que la primera vez que realizan el recorrido hay mayor actividad cerebral, para los participantes este recorrido demanda mayor atención en la tarea y por tanto, mayor carga cognitiva. En los siguientes intentos los participantes podrían encontrarse más relajados, debido a que repetir el recorrido les ha podido proporcionar herramientas que les sirven para realizarlo con mayor calma y facilidad disminuyendo la carga de memoria de trabajo.

Veremos a continuación las medias asociadas a cada intento en la banda de frecuencia Alpha:

	Alpha	Alpha
	media	std
Medio 1	35.86	1.173
Medio 2	38.75	0.7905
Medio 3	39,54	0.9252
Medio 4	38.57	1.082
Medio 5	38.7	1.07

Los valores más bajos los encontramos en la condición “medio 1” (M= 35,86; std:1.17). En los intentos “medio 2” (M= 38.75; std;0.79) y “medio 3” (M= 39,54; std: 0.92) se produce una subida de las medias lo que podría indicar una evolución, consiguiendo disminuir la carga cognitiva y por tanto los participantes consiguen mejorar. En el “medio 4” se detecta una disminución de la potencia y esto puede ser por fatiga acumulada, pero tras la práctica imaginaria

ONDA BETA

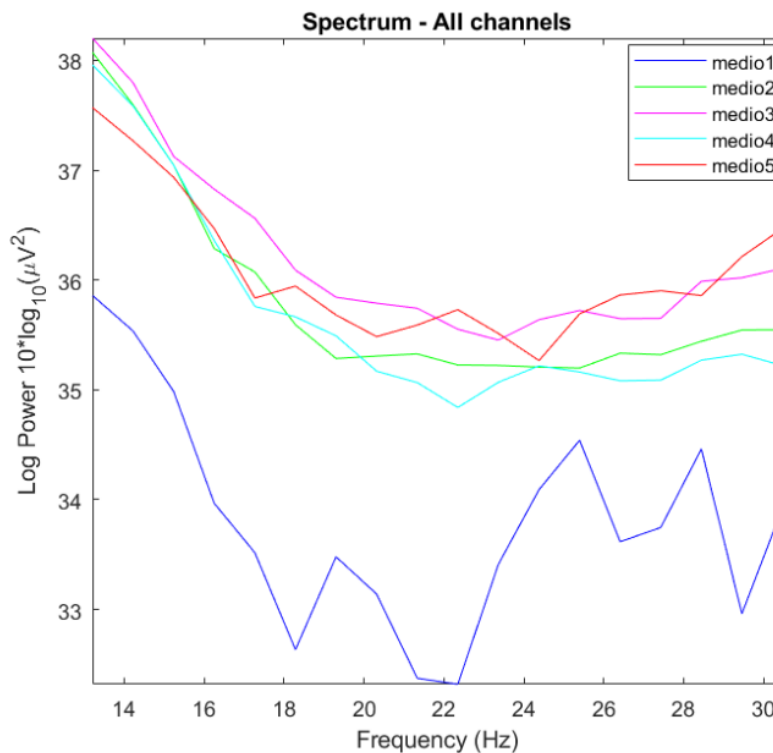


Figura 3. Gráfica promediado “nivel medio” del espectro de frecuencia Beta.

En el estudio se detecta un aumento en la potencia del EEG en la banda Beta a partir del primer intento, pero disminuye en el cuarto y vuelve a subir en el último. Según Yousef y Florence (2022), la onda beta se relaciona con la atención y concentración, por lo que este aumento de la banda de frecuencia Beta podría deberse a que la primera vez la concentración es menor, utilizando menos recursos mientras que en los siguientes intentos debido a que ya se ha procesado mejor la información hacemos uso de los recuerdos para utilizar herramientas que nos hayan servido en intentos anteriores. En los intentos “medio 2” y “medio 3” se producen los niveles más altos de la onda Beta, siguiendo a Carrobbles (2016) las ondas beta están claramente relacionadas con un estado de activación cerebral y mental asociado a una actividad cognitiva de alerta y de conciencia de uno mismo y del entorno, esto podría ser porque son los intentos en los que estamos más concentrados con el fin de recordar los movimientos. Y por último, en el intento 4 hay una bajada con respecto al intento 3 que podría ser a una menor concentración por cansancio acumulado, pero que posteriormente en el intento 5 hay una subida que ha podido ser por la visualización previa que ha permitido analizar visualmente el recorrido, es decir hacer una simulación motora, pero siendo a la vez un pausa para descansar.

Se produce una mayor intensidad de la frecuencia de onda Beta mientras se realizan actividades y conversaciones, y se asocian con operaciones cerebrales sensoriomotoras (Gourab y Schmit 2010), así como actividades cognitivas activas, concentradas o ansiosas (Baumeister et al., 2008).

Veremos a continuación las medias asociadas a cada intento en la banda de frecuencia Beta:

	Beta	Beta
	media	std
Medio 1	33.68	0.995
Medio 2	35.39	0.877
Medio 3	35.92	0.791
Medio 4	35.24	0.926
Medio 5	35.86	0.636

Los valores más bajos los encontramos en la condición “medio 1” (M= 33,68; std:0.99). A partir de este recorrido se produce una progresión en aumento de la franja Beta.

En el intento cuatro se produce una disminución en la banda de frecuencia Beta (M=35.24; std; 0.92) y posteriormente sube en el “medio 5” (M= 35.86; std; 0.63). Según Antonenko (2016) un aumento en el espectro de la banda beta parece estar relacionado con mayores niveles de compromiso con la tarea y concentración, por lo que esta disminución en el “medio 4” puede deberse a falta de atención en el recorrido, quizás por fatiga mental.

En el intento cuatro se ha pasado de una media de 43.37 a una media de 42.88 en el intento cinco. Siguiendo a Driskell y col. (1994) la práctica mental puede producir mejoras variables en habilidades y el rendimiento, por lo que este nivel más bajo de la banda de frecuencia theta puede ser debido a la práctica imaginaria que hemos realizado entre el intento cuarto y quinto. Estudios han demostrado que, el simple hecho de imaginar una práctica física, solicita las mismas partes del cerebro que si se realiza (Decety y Jeannerod, 1995) por lo que realizar una visualización, con los ojos abiertos y cerrados y algunos participante reproduciendo con las manos los distintos movimientos previamente realizados, han podido mejorar la práctica disminuyendo la carga cognitiva, ya que en el último intento teníamos las presas de nuestro recorrido localizadas, realizándolo de forma más eficaz y eficiente.

6. Conclusiones.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el estudio podríamos decir que las primeras veces que los participantes realizan el recorrido el cerebro ordena y analiza la información para responder poco a poco de manera eficaz, por ello al principio escalan lento y de forma ineficiente, pero a medida que lo repiten, al tener más recursos y herramientas obtenidas de repeticiones previas el ritmo de los movimientos mejora y esto supone menor demanda cognitiva.

También en el estudio se ha podido observar como las visualizaciones podrían ser un factor positivo en el aprendizaje de la escalada, ya que no solo es una opción para descansar sino un momento en el que se puede revivir las sensaciones a través de los sentidos. Las prácticas imaginarias no solo nos sirven en escalada, sino también pueden

utilizarse en el contexto educativo con el fin de que el alumnado sea consciente de sus errores y puedan mejorar sus habilidades de manera más eficaz y eficiente.

Referencias

- Basar, E., & Bahar, G. (2008). A Review of Brain Oscillations in Cognitive Disorders and the Role of Neurotransmitters. *Brain Research*, 1235, 172-193. doi: 10.1016/j.brainres.2008.06.103.
- Baumeister, J., Barthel, T., Geiss, K. R., & Weiss, M. (2008). Influence of phosphatidylserine on cognitive performance and cortical activity after induced stress. *Nutritional Neuroscience*, 11(3), 103–110. doi:[10.1179/147683008X301478](https://doi.org/10.1179/147683008X301478).
- Clayton MS, Yeung N, Cohen Kadosh R. The roles of cortical oscillations in sustained attention. *Trends in Cognitive Sciences*. 2015; 19: 188-195.
- Decety, J. y Jeannerod, M. (1995). Movimientos simulados mentalmente en realidad virtual: ¿se cumple la ley de Fitt en imágenes motoras?. *Investigación del comportamiento del cerebro*, 72 (1-2), 127-134.
- Driskell, JE, Copper, C. y Moran, A. (1994). ¿La práctica mental mejora el rendimiento? *Revista de Psicología Aplicada*, 79 (4), 481–492. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.79.4.481>
- Drubach, David, E. E. Benarroch, and F. J. Mateen. «Imaginación: definición, utilidad y neurobiología.» *Rev. neurol. (Ed. impr.)* (2007)
- Extremera, A. B., & Gallegos, A. G. (2008). Las actividades físicas en la naturaleza en el currículum actual: contribución a la educación para la ciudadanía y los derechos humanos. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (14), 48-53.
- Gallegos, A. G., & Extremera, A. B. (2007). Importancia de los valores educativos de las actividades físicas en la naturaleza. *Habilidad Motriz: revista de ciencias de la actividad física y del deporte*, (29), 5-14.
- Gourab, K., & Schmit, B. D. (2010). Changes in movement-related β -band EEG signals in human spinal cord injury. *Clinical Neurophysiology*, 121(12), 2017–2023. doi:[10.1016/j.clinph.2010.05.012](https://doi.org/10.1016/j.clinph.2010.05.012).
- Grosser, S. M. (2012). La visualización motora en la psicología del deporte en Costa Rica y su uso para mejorar el aprendizaje motor en deportistas. *Wímb lu*, 7(1), 109-209.
- Jeannerod M, Decety J. Mental motor imagery: a window into the representational stages of action. *Curr Opin Neurobiol*. 1995 Dec;5(6):727-32. doi: 10.1016/0959-4388(95)80099-9. PMID: 8805419.

- Méndez, M. V. (21 de Febrero de 2020). Escalada Terapeutica en el Ecuador. (M. F. Quintero, Entrevistador)
- Miguel Aguado, A. (2001). Actividades Físicas en el Medio Natural en la Educación Física Escolar. Cuadernos técnicos. Palencia: Edita, Patronato Municipal de Deportes, Ayuntamiento de Palencia.
- Monge, A. G., Navarro, H. R., & Prieto, J. M. M. (2023). Potencialidades y limitaciones de la usabilidad de dispositivos EEG en contextos educativos. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, (76), 47-58.
- Pérez Ordás, R., Hernández Hernández, E., & García Sánchez, I. (2011). Relación entre el nivel de habilidad motriz y la ansiedad percibida antes y después de una práctica de escalada en niños de Educación Primaria. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, (19), 25-29.
- Santolaya, M., Rubio, V., & Ruiz-Barquín, R. (2022). Lista de control de variables psicológicas implicadas en la escalada. Operacionalización del conocimiento del experto. *Revista de Psicología del Deporte*, 31 (4), 152-166.
- Sauseng, P. Griesmayr, B. Freunberger, R. y Klimesch, W. (2010). Control mechanisms in working memory: A possible function of EEG theta oscillations. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(7), 1015 – 1022. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.12.006>
- Williams, N. S., McArthur, G. M., de Wit, B., Ibrahim, G., & Badcock, N. A. (2020b). A validation of Emotiv EPOC Flex saline for EEG and ERP research. *PeerJ*, 8, e9713. <https://doi.org/10.7717/peerj.9713>