

**La actividad bioeléctrica de la corteza cerebral en el ejercicio físico, una revisión
documental**

Grupo de investigación GICAEDS
Línea De Investigación Innovación En
Estudios Del Entrenamiento Deportivo, La Fisiología
Y El Ejercicio Físico Para La Salud

Emily V. Cuellar Alvarado, Daniel E. Franco Ribero y Mateo M. Mena

Grupo Opcion de Grado

Universidad Santo Tomas
División de Ciencias de la Salud
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación
Bogotá
2023

Resumen

Este proyecto de investigación tiene como objetivo señalar la relación de la actividad bioeléctrica de la corteza cerebral durante la ejecución o práctica de ejercicio físico. Se realizaron búsquedas en diferentes bases de datos científicas y se seleccionaron 13 artículos relevantes. Los resultados destacan la abundancia de estudios sobre este tema y revelan hallazgos interesantes. Se demostró una relación entre las señales bioeléctricas y la fuerza muscular, lo que sugiere que estas señales podrían proporcionar información sobre la activación neuromuscular durante el ejercicio. Además, se encontró que el ejercicio aeróbico tiene un impacto en la actividad cerebral, lo que podría estar relacionado con los beneficios cognitivos asociados con el ejercicio físico. También se encontró una escasez individual en la respuesta del cerebro al ejercicio, lo que destaca la importancia de tener en cuenta las diferencias al analizar las señales bioeléctricas. Estos descubrimientos destacan la importancia de comprender estas señales para comprender mejor los procesos neuromusculares y cognitivos relacionados con el ejercicio físico y el deporte.

Palabras clave

Actividad bioeléctrica, corteza cerebral, ejercicio físico, señales bioeléctricas.

Summary

This research project aims to point out the relationship of the bioelectric activity of the cerebral cortex during the execution or practice of physical exercise. Searches were made in different scientific databases and 13 relevant articles were selected. The results highlight the abundance of studies on this topic and reveal interesting findings. A relationship between bioelectric signals and muscle strength was demonstrated, suggesting that these signals could provide information on neuromuscular activation during exercise. Furthermore, aerobic

exercise was found to have an impact on brain activity, which could be related to the cognitive benefits associated with physical exercise. An individual paucity in the brain's response to exercise was also found, highlighting the importance of accounting for differences when analyzing bioelectrical signals. These discoveries highlight the importance of understanding these signals to better understand neuromuscular and cognitive processes related to physical exercise and sport.

Keywords

Bioelectric activity, cerebral cortex, physical exercise, bioelectric signals.

Introducción

El ejercicio físico es un componente sistémico e inherente del ser humano que no solo abarca la ejecución de las acciones motrices, sino que también permea todo un proceso que va desde la recolección de información e interpretación de un estímulo, cuyos procedimientos se dan en el sistema nervioso, para una posterior respuesta fisiológica expresada en otros sistemas como el muscular y metabólico, generando repercusiones a corto, mediano y largo plazo en los individuos. Esto es respaldado por Hopkins y Davis (2017) quienes mencionan que el sistema nervioso juega un papel clave frente al ejercicio físico, pues es responsable de la coordinación y el control del movimiento, así como de las respuestas fisiológicas al esfuerzo. Sumado a esto, este sistema interactúa con otros como el cardiovascular, respiratorio y muscular para asegurar el buen funcionamiento del mismo durante el ejercicio.

En la misma línea, Warburton et al. (2006) mencionan que la práctica de ejercicio físico regular trae consigo una gran cantidad de beneficios para la salud, desde el mejoramiento de la salud ósea, muscular y cardiovascular, hasta la reducción del riesgo de padecer enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) y aspectos psicológicos como la

depresión y la ansiedad, Demostrando así su contribución en la mejora de la calidad de vida y del bienestar general.

Por otra parte, realizar actividad física implica diversos beneficios relacionados con la salud cerebral. Durante el ejercicio, se presenta un aumento en el flujo sanguíneo cerebral que trae consigo mayor recepción de nutrientes al cerebro. Aunado a esto, la realización de ejercicio físico, promueve la producción de proteínas y factores de crecimiento que facilitan la formación de redes neuronales y la neurogénesis. Según Praag (2008) la neurogénesis ocurre en el hipocampo, región del cerebro responsable de procesos cognitivos del aprendizaje y la memoria. Se cree que el aumento de neuronas puede relacionarse con la mejora de la función cognitiva y el estado de ánimo en las personas que hacen ejercicio; en especial, el ejercicio aeróbico ha demostrado ser eficaz en los procesos de neurogénesis en el hipocampo. Esta idea también está respaldada por Barrios y Lopez (2011) que mencionaron que todo estos aspectos del ejercicio pueden tener efectos positivos sobre la cognición, la memoria y el estado de ánimo.

Otra región del cerebro en la cual existen procesos importantes e interconectados entre un estímulo y una respuesta, en este caso en armonía con el ejercicio físico, es la corteza cerebral que según Purves et al (2001), la definió como la capa exterior del cerebro, responsable de muchas funciones cognitivas superiores, como la percepción, pensamiento, memoria, lenguaje y conciencia. La corteza cerebral está altamente organizada en diferentes regiones especializadas que se encargan de diferentes funciones. Por ejemplo, la corteza visual se encarga del procesamiento de la información visual, mientras que la corteza prefrontal se encarga de la planificación, el razonamiento y la toma de decisiones.

En cuanto a la actividad eléctrica del cerebro, Castelblanco et al (2017) exponen que es la conexión que se presenta entre las neuronas a través de impulsos nerviosos de forma constante, que se puede observar a través de un electroencefalograma en el cual se van a poder evidenciar ondas que se producen por dicha conexión, que tienen características diferentes dependiendo del estado en el que se encuentre el paciente, bien sea despierto o dormido. Las neuronas cerebrales se comunican a través de impulsos eléctricos y están activas todo el tiempo, incluso mientras duermes. Esta actividad se manifiesta como líneas onduladas en un registro electroencefalográfico.

Con base en la bibliografía mencionada, se interpreta que existe literatura amplia acerca del nexo y la importancia que tiene el sistema nervioso frente al ejercicio físico, en este caso, de la actividad bioeléctrica de la corteza cerebral en el mismo. Esto demuestra que el conocimiento de este campo es pertinente para entender más acerca del funcionamiento corporal y qué genera orgánicamente y exteriormente.

Es usual ver que los profesionales de la actividad física, el deporte y la recreación actualmente apliquen sus aprendizajes en cuanto a la programación del ejercicio en relación a la dosificación de la carga (intensidad, volumen, frecuencia y duración), entendimiento de la lógica interna de cada disciplina deportiva, saberes físicos, técnicos y tácticos de los distintos deportes para su enseñanza, el uso del juego como medio pedagógico y de trascendencia para la vida etc. Pero se suelen dejar de lado las bases que sustentan dichas acciones motrices, las repercusiones internas que conlleva cada actividad motriz que se ejecute; saber el origen, funcionamiento y respuesta fisiológica de algunas partes del cerebro como la corteza cerebral y cómo repercuten en el ejercicio físico es clave para un profesional de este campo porque le permitirá tener una línea de base sustentable y organizar su trabajo con cada alumno, paciente

o cliente para mejorar su salud, evitar el deterioro de la misma o aumentar su rendimiento deportivo.

Las herramientas y los saberes pedagógicos son un punto que marca la diferencia en el desarrollo del ejercicio físico, la salud y el deporte. Por ejemplo, pueden favorecer la adherencia al ejercicio gracias a sus características innovadoras que se adaptan a las particularidades sociales y personales de los individuos; por ello, que un profesional de este campo tenga estas competencias es importante, pero antes de ello se debe tener como aprendizaje el sustento teórico de cómo el cuerpo actúa frente al ejercicio.

La fisiología es una rama muy incidente para la planificación de cualquier sesión, según Willmore y Costill (2004) esta estudia los efectos del ejercicio físico sobre el cuerpo humano. Los profesionales del deporte, como los entrenadores, los preparadores físicos y los fisioterapeutas, deben tener un conocimiento sólido de la fisiología del ejercicio para poder diseñar programas de entrenamiento efectivos y seguros, así como para poder entender y abordar lesiones deportivas y problemas de salud relacionados con el ejercicio. Además, el conocimiento de la fisiología del ejercicio puede ayudar a los profesionales del deporte a mejorar el rendimiento deportivo y optimizar el potencial de sus atletas o aumentar el bienestar de cada sujeto.

De la misma forma se encuentran McArdle et al (2015) quienes resaltan la importancia de tener conocimientos en fisiología del ejercicio ya que los conocimientos del campo de la fisiología para el profesional en áreas de la salud y el deporte son esenciales al permitirle entender las respuestas fisiológicas del cuerpo al ejercicio, así como los mecanismos que subyacen a la mejora del rendimiento deportivo. En complemento a esto, el American College of Sports Medicine (2018) dijo que estos conocimientos son pertinentes para prescribir programas de entrenamiento seguros y efectivos e identificar y tratar lesiones

ligadas al ejercicio. Además, la comprensión de la fisiología del ejercicio puede ayudar a los profesionales del deporte a trabajar de manera efectiva con otros profesionales de la salud, como médicos y nutricionistas, para maximizar la salud y el rendimiento de sus atletas, obteniendo como resultado entrenamientos de calidad.

Los investigadores de este campo se han interesado por un aspecto importante entre la conexión de señales y su efecto en el ejercicio, dichas son las señales bioeléctricas que emanan de la corteza cerebral y moderado durante la realización de ejercicio físico. Como punto de partida en las últimas décadas se ha llegado a cuestionar cómo inciden las señales neuronales en relación a las consecución de ejercicio físico.

En correspondencia con lo anterior, se encuentra Brisswalter et al (2002) los cuales expresaron que el ejercicio físico tiene una influencia dentro de los procesos cognitivos ya que se llegó a demostrar aquellos sujetos con una práctica deportiva o ejercicio físico moderado presentaban una mejora en trabajos cognitivos en los cuales se encontraba la velocidad de procesamiento, atención selectiva y la memoria a corto plazo, seguido a esto Alves (2012) expuso que llevado a cabo varias investigaciones con estudios comparativos entre el ejercicio aeróbico y los ejercicios con contrarresistencias, han podido concluir un mejoramiento en el desempeño cognitivo de ambos grupos, al mismo tiempo Uribe et al (2013) identificaron que una práctica deportiva regular de los ejercicios físicos pueden tener una gran influencia sobre las horas que se le dedican a la educación física y los beneficios que se conciben en esta para fomentar el cuidado y prevención en enfermedades cognitivas. Entendiendo a Hillman et al (2008) en su estudio “Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition” a través del electroencefalograma permite una gran comprensión acerca del ejercicio físico y la respuesta positiva a las tareas cognitivas.

Los conocimientos de fisiología del ejercicio en general, sumado a la comprensión de los fenómenos y características que abarcan las señales bioeléctricas en la corteza cerebral en el deporte son fundamentales para que cada profesional en este campo guíe a sus alumnos, deportistas, entrenados etc a una mejor condición de salud o rendimiento deportivo según el caso. Baechle y Earle (2008) afirmaron que la aplicación de los conocimientos de fisiología del ejercicio guían el rendimiento deportivo gracias a la comprensión profunda de cómo funciona el cuerpo durante la práctica física; por medio de programas efectivos que inciden en una mejor condición de resistencia, fuerza y velocidad. Además de esto, dicho conocimiento y aprendizaje permitirá aportar a la prevención o tratamiento de algunas enfermedades como la diabetes o la hipertensión mediante el buen uso del ejercicio físico.

Este estudio es conveniente y pertinente ya que genera una mayor profundidad en temas asociados al comportamiento neurológico mediado por la activación fisiológica que deviene del ejercicio físico, ocasionando una mayor comprensión de los fenómenos que se dan desde el ejercicio físico y así mismo desde un punto de vista interpretativo para los profesionales del campo, utilizar este aprendizaje para guiar una correcta programación del ejercicio según los objetivos que se planteen con el usuario.

Por lo tanto, la utilidad de esta investigación se encuentra en la capacidad de comprender qué efectos se generan en cuanto a las señales bioeléctricas de la corteza cerebral cuando un usuario realiza ejercicio físico, siendo así, una herramienta crucial para los entrenadores para ampliar, complementar y estructurar de una mejor forma sus programas y la misma ejecución del entrenamiento para cada meta.

Al ser una investigación ligada al grupo de estudio GICAEDS, donde se ubica en la línea de investigación innovación en estudios del entrenamiento deportivo, la fisiología y el ejercicio físico para la salud de la Universidad Santo Tomás, los investigadores del campo de

la fisiología del ejercicio y en general los estudiantes de Cultura física, deporte y recreación serían los principales beneficiados dejando en claro, cómo entender los efectos de las señales puede ser un indicativo de programación del ejercicio.

El proyecto puede ser de interés dentro del plan de estudios de la universidad, semilleros de investigación o ser un punto base para la investigación de fenómenos asociados en otras universidades y sus carreras afines al entrenamiento (deportivo y/o para la salud), las neurociencias y ciencias médicas. Siendo así todos los futuros profesionales de este campo otros beneficiados para amplificar sus conocimientos sobre este tema. Teniendo en cuenta lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo realizar una revisión documental-sistemática donde se evidencie la relación de la actividad bioeléctrica de la corteza cerebral durante la ejecución o práctica de ejercicio físico.

Metodología

Enfoque

El enfoque de esta investigación es cualitativo por lo que se fundamenta en la recolección de información que corresponde al tema de interés, para después ser interpretada y comprendida; todo desde un abordaje profundo y amplio en concordancia con el objeto de investigación en donde se aborde un proceso de exploración y observación del problema, descripción del mismo y producción de una perspectiva teórica con base en la información obtenida; por ello el tipo de estudio es descriptivo. Este proyecto es construido desde la realidad científica gracias a las investigaciones que exploran el tema, adoptando un fenómeno y una realidad en el marco de la interpretación y la contextualización por la revisión bibliográfica que se obtiene. Respaldando esto, Merriam (2009) menciona la recolección de información como un medio clave e importante en la investigación cualitativa, ya que le da la

opción al investigador de obtener una comprensión más profunda del contexto y antecedentes del tema de estudio.

Paradigma

El paradigma de la presente investigación es interpretativo, ya que según Denzin y Lincoln (2011), este se basa en estudiar de forma recóndita la experiencia humana y los fenómenos que la permean ya que busca la comprensión de una experiencia humana que en este caso, se refiere al estudio vasto de muchas personas o investigadores en relación a las señales bioeléctricas en ejercicio.

Diseño

El diseño de investigación de este proyecto es la investigación documental ya que este ayuda a la ampliación de constructos y aprendizajes contruidos para darle interpretación a una realidad específica frente al tema que se trate. En complemento a esto Neuman (2013) la expone como un diseño de investigación que explora la literatura existente sobre un tema en particular; donde el investigador usa los documentos relevantes como libros, informes, artículos etc para recopilar información y generar una comprensión más profunda del tema de estudio. Por lo anterior, esta investigación al pretender darle una comprensión más amplia frente un fenómeno y que dicha se logre por medio del análisis de datos ya estructurados se encuentra con dicho diseño.

Recolección de la información

Para la obtención de la información, que corresponde a las señales bioeléctricas de la corteza cerebral en el ejercicio, la unidad de análisis del proyecto es la interpretación de la bibliografía encontrada con base en la temática abordada, por ello, la fuente de información es de origen secundario al provenir de una información ya construida o recopilada por otros autores. Dicha información se obtiene por medio de la técnica de recolección de datos

conocida como revisión documental, esta con base en los descriptores de búsqueda, se realizó una revisión bibliográfica en bases de datos como Dialnet, SportDiscus y Proquest; los descriptores empleados fueron; “señales bioeléctricas en ejercicio físico”, “señales bioeléctricas de la corteza cerebral” y “corteza cerebral y ejercicio físico”. Como criterios de inclusión se tomó en cuenta que la información obtenida de los artículos científicos estuvieran publicados entre el 2000 y el 2023 para asegurar información concorde a los avances científicos relativamente actuales; además de ello, también se tuvo en cuenta que la información tuviera sustentos neurofisiológicos como base para entrar en esta revisión.

El instrumento para organizar, estructurar y construir la interpretación en relación a la información recolectada es la matriz de registro en donde se clasifican las fuentes bibliográficas, su resumen correspondiente y los resultados o hallazgos frente a la investigación.

Resultados

Tabla 1

Bibliometría

Descriptores/Bases de datos	Señales bioeléctricas en ejercicio físico	Señales bioeléctricas de la corteza cerebral	Corteza cerebral y ejercicio físico
Dialnet	2	3	5
SportDiscus	38	12	12
Proquest	1	2	128

Nota. Esta tabla presenta la cantidad de actividad científica encontrada en relación a las bases de datos expuestas.

Posterior a la búsqueda correspondiente a la información en los diferentes descriptores; se encontraron 203 artículos en bases de datos Dialnet, SoportDiscus y Proquest, de los cuales tras la lectura de títulos y resúmenes se seleccionaron 22 artículos acorde a la pertinencia de la investigación. Posterior a la lectura completa de los artículos y en concordancia con los criterios de inclusión y exclusión establecidos para la investigación se identificaron un total de 20 artículos, los cuales fueron reexaminados para un total de 13 artículos que presentaban los criterios de inclusión planteados.

Se destacan diversos hallazgos en los descriptores mencionados que serán expuestos a continuación. Antes de ello y con el fin de dar un abordaje adecuado a la conceptualización que se pretende, se hace necesario describir los elementos claves que allí se mencionan, permitiendo evitar interpretaciones distintas a las que se aspiran emitir, como también que en caso de no tener conocimientos al respecto, el lector se contextualice. Estos conceptos son; ejercicio físico, señales bioeléctricas y corteza cerebral.

Ejercicio Físico

Al hablar de ejercicio físico, es posible que se den diferentes definiciones en función de la planificación o el nivel de activación fisiológica necesario para lograr esta denominación, para efectos de la presente investigación, el ejercicio físico estará enmarcado dentro de la definiciones como la de Aranda (2018), que define al ejercicio físico como toda actividad que requiere un movimiento y debe ser planificada, estructurada y repetitiva. En la misma línea, Escalante (2011) lo define como "la actividad física planificada, estructurada y repetida, cuyo objetivo es adquirir, mantener o mejorar la condición física" (p. 326).

Al ser tan amplia la definición, el ejercicio físico tiene varias formas de clasificación, las cuales a su vez se subdividen cada vez en formas más específicas de la realización de ejercicios físicos, González-Chávez et al (2001) lo clasifican de la siguiente manera:

El ejercicio se distingue en: aeróbico y anaeróbico de acuerdo al tipo de metabolismo muscular (de sustrato) requerido para su realización, en isométrico o isotónico según las características del esfuerzo contráctil, y desde un enfoque psico-pedagógico, se clasifica en deporte de resistencia, de conjunto, de coordinación y arte competitivo, de combate, de fuerza y fuerza rápida. (p. 170)

Señales Bioeléctricas

Se pueden definir como señales propias del cuerpo humano y que se producen gracias al desplazamiento de iones en disolución los cuales representan una carga sobre los fluidos del organismo, generalmente corresponden al Na^+ , K^+ y Cl^- . El desplazamiento mencionado anteriormente se produce debido a diferencias entre la concentración de los diferentes fluidos del organismo (líquido extracelular, intersticial y extracelular) (Alvarez Osorio, 2007).

Las señales bioeléctricas son entonces determinables gracias a la utilización de elementos que permiten captar el componente eléctrico de las ondas electromagnéticas, entre los tipos de señales bioeléctricas Alvarez Osorio (2007), destaca la Electrocardiografía (ECG), la electromiografía (EMG) y la electroencefalografía (EEG). Aunque otro de los más utilizados es el análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) que valora el estado de la composición corporal, estado nutricional, el estado de hidratación e incluso estima los niveles de entrenamiento y rendimiento (Castizo-Olier et al, 2018).

En cuanto a la EEG (que será la el tipo de señales bioeléctricas de mayor utilidad para la presente investigación), Maureira, 2016 como se citó en Flores et al (2019) lo definen

como una técnica para el estudio de la actividad eléctrica cerebral que es captada mediante electrodos que se ubican en el cuero cabelludo. Por medio del electroencefalograma se captan cinco distintos tipos de ondas cerebrales, estas se distinguen entre sí por su frecuencia medida en Hertz (HZ) y su amplitud (diferencia entre los voltajes min y max de la onda) y se mide en microvoltios (Talamillo, 2011 como se citó en Flores et al, 2019)

Maureira, 2018 como se citó en Flores et al (2019) exponen que las ondas del cerebro, poseen una clasificación de la siguiente manera:

- a) ondas alfa (8-12 Hertz), características de un sujeto despierto, relajado y con los ojos cerrados;
- b) ondas beta (13-30 Hz), que se producen cuando un sujeto está despierto realizando trabajos cognitivos y percibiendo los estímulos del ambiente;
- c) ondas gamma (>30 Hz) característicos de sujetos en estados de meditación profunda;
- d) ondas theta (3,5 a 8 Hz) que se presentan cuando un sujeto se encuentra en las primeras etapas del sueño (sueño ligero);
- e) ondas delta (1,5 a 3,5 Hz) que ocurren durante las etapas de sueño profundo. (p. 392)

En la misma línea Lin (2021), explica que la oscilación gamma es la resonancia del potencial de campo local (LFP) a 30-80 Hz que se da a causa de la activación de un bucle local que se compone por neuronas excitatorias y neuronas inhibitoras rápidas, esta actúa en la función cognitiva avanzada del cerebro y que además interviene sobre el ajuste de funciones cognitivas tales como la percepción, la atención, el aprendizaje y la memoria.

Corteza Cerebral

La corteza cerebral se representa por una lámina de materia gris la cual cubre los hemisferios cerebrales. Supone una estructura de suma complejidad en la que diversos órganos sensoriales se representan en zonas específicas que se conocen como áreas

sensoriales primarias. Además de esto, la corteza cuenta con varias áreas somáticas secundarias, de asociación y motoras, en donde múltiples sistemas aferentes, corticales y de asociación forman respuestas complejas de aprendizaje (Valverde, 2002).

Valenzuela y Salas (2017) también definen la corteza cerebral y la denominan como la superficie densa de cuerpos neuronales, ubicada en la superficie externa de los hemisferios cerebrales, debajo de la piamadre craneal. Esta se encuentra compuesta por diferentes áreas funcionales, como las motoras, sensitivas y de asociación, las cuales tienen diversas funciones como lo son: la percepción e interpretación de la información sensitiva y la planeación e iniciación de la actividad motora. Esta parte del cerebro recibe señales que son importantes frente al ejercicio físico; en este sentido, la actividad bioeléctrica de la corteza cerebral se relaciona con la realización de ejercicio físico aquí se encuentra la denominada actividad bioeléctrica de la corteza cerebral.

Al respecto, Lopez (2019) recalcó que el procesamiento central, puntualmente, el proveniente de la corteza cerebral puede inferir en la determinación de una tarea motriz o la extenuación de la misma gracias a las redes neuronales que la componen y la velocidad de una señal que produce un movimiento rápido. En relación con lo anterior, Pesce et al (2007) mencionaron que esta refleja cambios en amplitud y frecuencia de ondas cerebrales, estos cambios influyen en el rendimiento de la cognición, atención y percepción, además tiene implicaciones en la mejora del rendimiento deportivo y la prevención de lesiones cerebrales traumáticas.

Durante el ejercicio físico, diversas reacciones fisiológicas son exacerbadas, esto debido generalmente al componente excitatorio que trae consigo la demanda de energía requerida para generar contracciones isométricas o isocinéticas voluntarias e involuntarias. Pereira et al (2016) realizaron una prueba de fuerza isométrica máxima y de las señales

electromiográficas del vasto lateral, medial y recto femoral para una extensión unilateral de la rodilla dominante en 24 mujeres post menopausia; en donde los resultados arrojaron un desarrollo decreciente de la fuerza al paso del tiempo desde la contracción. Esto denota que las señales bioeléctricas producidas en el sistema neuromuscular en ejercicio permiten una contracción rápida, efectiva y más duradera, puesto que una incapacidad en dicho sistema afecta el desarrollo de la fuerza.

En su estudio con imágenes de redes neuronales artificiales para explorar los efectos del ejercicio aeróbico en el ritmo gamma del período theta en el área CA1 del hipocampo de ratones, Lin (2021) encontró que el ejercicio aeróbico puede mejorar el estado de la red neuronal del modelo AD (nombre del modelo de sus ratones) y aumentos en la energía de gamma durante el periodo de Theta del área CA1 del hipocampo.

Por su parte, Ferro et al (2019) en un estudio para evidenciar la actividad cerebral inducida por el ejercicio aeróbico de 14 varones (siete grupo control y siete grupo experimental); encontraron que posterior a la realización de 30 minutos de ejercicio aeróbico no se encontraron diferencias significativas en la actividad cerebral frente al grupo control quienes realizaban actividades de atención.

Ferro et al (2020) en un estudio de la actividad cerebral en estado de reposo y después de 20 minutos de ejercicio encontraron que existe una variabilidad en las señales que genera el sistema neuronal; pero esta misma se encuentra ligada a cada sujeto, es decir, los cambios en la actividad de la corteza parietal, temporal y occipital carecen de un sustento explicativo pues en cada persona a pesar de que el protocolo fue el mismo la respuesta fue distinta.

Por otro lado, en cuanto a la estructura anatómica del cerebro, según Silva et al (2009) diversos estudios en los que se llevó a cabo estudios de neuroimagen, el lóbulo frontal

y parietal presentó un incremento en la actividad durante la realización de pruebas motoras. Así mismo exponen que en diversos estudios, se utilizaron muchas metodologías para probar la hipótesis de que el lóbulo frontal se activa concomitantemente con las áreas parietales, y los resultados encontrados fueron similares.

Conclusiones

Se puede evidenciar que el trabajo del sistema neuronal, específicamente, el labor de la corteza cerebral para la mayoría de los autores es un pilar fundamental para la consecución del ejercicio físico o el deporte; puesto que las señales que emanan de ella definen una correcta consecución contráctil por parte de los músculos, esto resulta en un desarrollo de la fuerza efectivo, rápido y constante durante un periodo de tiempo. Por lo anterior, la relación existente entre las señales bioeléctricas que surgen de la corteza cerebral y el ejercicio físico se encuentra en que ambas son procesos inherentes ya que si no hay una señal correcta, no se emplea una acción determinada de forma precisa. Todas estas investigaciones se respaldaron gracias a la utilización de pruebas de esfuerzo mental, estudios de neuroimagen y EEG que permitieron identificar el comportamiento neuronal en reposo, antes de la práctica de ejercicio físico y posterior a ella.

Pese a lo mencionado anteriormente, algunos autores refirieron en sus estudios un comportamiento poco variable en la actividad cerebral en relación a la consecución de ejercicio físico respecto a otras pruebas de esfuerzo mental; por ello se recomienda ahondar un poco más en el tema y esclarecer a profundidad el comportamiento neuronal en los distintos tipos de ejercicio que se pueden ejecutar, variando la intensidad, volumen, frecuencia, práctica deportiva etc.

Se recomienda realizar una investigación adicional para comprender mejor los mecanismos subyacentes y las sugerencias prácticas de estos resultados. En general, estos resultados resaltan la estrecha relación entre el cerebro y el ejercicio físico, y el potencial que tiene el análisis de las señales bioeléctricas para mejorar nuestra comprensión y aprovechamiento de los beneficios del ejercicio.

Referencias

- Alvarez Osorio, L. (2007). *Acondicionamiento de señales bioeléctricas*. [Tesis de grado inédita]. Universidad Tecnológica de Pereira
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/b103d5c7-9c46-4c79-9bef-70ec3e0bbe6d/content>
- Alves, C., Gualano, B., Takao, P., Avakian, P., Fernandes, R., Morine, D., et al. (2012). Effects of acute physical exercise on executive functions: a comparison between aerobic and strength exercise. *J Sport Exerc Psychol*, 34(4), 539-549.
- American College of Sports Medicine (ACSM). (2018). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (10th ed.). Philadelphia, PA: Wolters Kluwer.
- Barrios, L., & López, A. (2011). Aportes del ejercicio físico a la actividad cerebral.
- Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2008). *Essentials of strength training and conditioning* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Brisswalter, J., Collardeau, M., & Rene, A. (2002). Effects of acute physical exercise characteristics on cognitive performance. *Sports Med*, 32(9), 555-566.
- Castelblanco-Montañez, I. A., Peña-Maldonado, K., & Moreno-Durán, C. H. (2017). Variación en la actividad eléctrica de la corteza cerebral prefrontal, frontal y temporal en consumidores de Cannabis. *Actualidades Biológicas*, 39(106), 60-70.
- Castizo-Olier, J., Irurtia, A., Jemni, M., Carrasco-Marginet, M., Fernandez-Garcia, R., & Rodriguez, F. A. (2018). Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) in sport and exercise: Systematic review and future perspectives. *PloS one*, 13(6), e0197957.

- Chmura, J., Nazar, K., & Kaciuba-Uscilko, H. (1994). Choice reaction time during graded exercise in relation to blood lactate and plasma catecholamine thresholds. *Int J Sports Med*, 15(4), 172-176.
- Cid, F. M., Ferro, E. F., Muñoz, H. D., Dos Reis, H. B., Barroso, C. R. R., Rojas, P. B., ... & Briceño, M. H. (2020). Efectos de una sesión de ejercicio físico sobre la actividad no lineal de las ondas cerebrales en estado basal. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (38), 180-187.
- Ferro, E. F., Cid, F. M., Muñoz, H. D., Aburto, B. A. N., Nogales, O. G., & Pérez, A. M. (2019). Efectos de una sesión de ejercicio físico sobre la actividad neurofisiológica durante la resolución de una prueba de atención selectiva. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (36), 391-397.
- González-Chávez, A., Becerra-Pérez, A. R., Carmona-Solís, F. K., Cerezo-Goiz, M. I. A., Hernández, H., & Lara-Esqueda, A. (2001). Ejercicio físico para la salud. *Revista Mexicana de Cardiología*, 12(4), 168-180.
<https://www.medigraphic.com/pdfs/cardio/h-2001/h014c.pdf>
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., ... & Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the national academy of sciences*, 108(7), 3017-3022.
- Escalante, Y. (2011). Actividad física, ejercicio físico y condición física en el ámbito de la salud pública. *Revista española de salud pública*, 85(4), 325-328.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5274984>
- Flores, F., Maureira, C., Diaz, M., Navarro, B., Gavotto, N., & Matheu, P. (2019). Efectos de una sesión de ejercicio físico sobre la actividad neurofisiológica durante la resolución

de una prueba de atención selectiva. Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación, (36), 391-397.

Hillman, C. H., Erickson, K. I., & Kramer, A. F.(2008). Be smart, exercise your heart:exercise effects on brain and cognition. Nat Rev Neurosci, 9(1), 58-65.

Hopkins, M., & Davis, J. (2019). El sistema nervioso en el ejercicio físico. Journal of Sport and Health Science, 8(6), 484-485.

Lin, M. (2021). Investigación experimental sobre el índice de pronóstico del análisis de ejercicio aeróbico de imagen biológica de la red neuronal artificial. Revista Brasileira de Medicina do Esporte , 27 , 405-409.
<https://www.scielo.br/j/rbme/a/KWGMq8gj389XRmtFvQz7mXQ/abstract/?lang=en>

López Pérez, M. E. (2019). Respuestas psicofisiológicas al ejercicio de alta intensidad con máscara de restricción de flujo de aire.

Martín Aranda, R. (2018). Actividad física y calidad de vida en el adulto mayor. Una revisión narrativa. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 17(5), 813-825.

McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2015). Fisiología del ejercicio: nutrición, energía y rendimiento humano. Barcelona: Paidotribo.

Merriam, S. B. (2009). Qualitative research: A guide to design and implementation. San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Neuman, W. L. (2013). Social research methods: Qualitative and quantitative approaches. Pearson.

- Pereira, P. M. G., Araújo, A. L. F. D., Oliveira, E. R. L. D., Costa, M. D. G. D. S., Geraldes, A. A. R., & Cirilo-Sousa, M. D. S. (2016). Taxa de desenvolvimento de força e ativação neural em mulheres pós-menopausadas. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 22, 340-344.
- Pesce, C., Cereatti, L., Casella, R., & Baldari, C. (2007). La actividad bioeléctrica cerebral durante el ejercicio físico. *Revista de Neurología*, 44(9), 527-531.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., LaMantia, A. S., McNamara, J. O., & Williams, S. M. (Eds.). (2001). *Neurociencia*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Silva, JRV, Simão Junior, RF, Nunes, WJ, Vasconcelos, CEF, & da Silva, VF (2009). SINERGIA ENTRE EL LÓBULO FRONTAL Y PARIETAL DURANTE PRUEBAS DE COORDINACIÓN GLOBAL MOTORA. *Fitness & Performance Journal* (Edición en línea) , 8 (5).
- Uribe, D. et al. (2013). Ejercicio físico y su influencia en los procesos cognitivos. *Revista No13 Motricidad y Persona*.
- Valenzuela Bonilla, E. B., & Salas Picón, W. M. (2017). Unidades cerebrales de control interno: hipotálamo, sistema límbico y corteza cerebral.
- Valverde, F. (2002). Estructura de la corteza cerebral. Organización intrínseca y análisis comparativo del neocórtex. *Rev Neurol*, 34(8), 758-780.
- Van Praag, H. (2008). Ejercicio y neurogénesis en el cerebro. *The Neuroscientist*, 14(5), 389-399.
- Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2004). *Fisiología del ejercicio y el deporte*. Barcelona: Paidotribo.

Warburton, D. E. R., Nicol, C. W., & Bredin, S. S. D. (2006). Beneficios para la salud del ejercicio físico: evidencia y consejos para la prescripción del ejercicio. *Canadian Medical Association Journal*, 174(6), 801-809.