

Ondas Cerebrales en el Aula de Anatomía: Un Análisis de Estrategias Didácticas Utilizando Electroencefalografía en Estudiantes de Medicina

Brain Waves in the Anatomy Classroom: An Analysis of Didactic Strategies Using Electroencephalography in Medical Students

Liliana Valladares-Torres¹; Manuel Hernando Franco-Arias²; Alejandro Arboleda-Carvajal²; Gustavo Montealegre Lynett³ & Gloria Patricia Baena-Caldas^{4,5,6}

VALLADARES-TORRES, L.; FRANCO-ARIAS, M. H.; ARBOLEDA-CARVAJAL, A.; MONTEALEGRE LYNETT, G. & BAENA-CALDAS, G. P. Ondas cerebrales en el aula de anatomía: Un análisis de estrategias didácticas utilizando electroencefalografía en estudiantes de medicina. *Int. J. Morphol.*, 42(5):1189-1194, 2024.

RESUMEN: Son escasos los estudios de neurociencia cognitiva que permitan comprender, de manera objetiva, las manifestaciones electrofisiológicas de los estudiantes de medicina expuestos a diferentes herramientas pedagógicas utilizadas en el área de anatomía. El objetivo de este trabajo fue explorar la tendencia en la expresión de las ondas cerebrales de estudiantes de medicina, al utilizar diferentes estrategias didácticas en el aprendizaje de la anatomía. Se realizó un estudio exploratorio, observacional, de corte transversal en 22 estudiantes de medicina de primer semestre en anatomía. Utilizando estrategias didácticas con diferentes herramientas pedagógicas; como modelos biológicos (cráneos humanos y corazones porcinos) y/o aplicación digital (software Visible Body (SVB)), y diferente método de evaluación, se agruparon los estudiantes en tres grupos: “EOR1” estudiantes que aprendieron usando un cráneo y se evaluaron con este, “EOV1” estudiantes que aprendieron usando un corazón porcino y fueron evaluados con el SVB, y “EOV2” para los estudiantes que aprendieron a través del SVB y fueron evaluados con este. Durante la evaluación, cada estudiante fue monitorizado en tiempo real, utilizando un electroencefalograma y el sistema interfaz cerebro – computadora Emotiv EPOC para registrar la actividad electrofisiológica de las ondas beta (B), theta (T) y gamma (G). Los datos obtenidos (tendencia de la actividad eléctrica de cada onda y su relación con el desempeño de los estudiantes en cada estrategia didáctica) fueron analizados usando el índice de correlación de Pearson. Los grupos EOR1 y EOV1, tuvieron resultados satisfactorios en sus evaluaciones y presentaron predominio de ondas B ($X=67,33$) y T ($X=57,67$), además, se evidenció una correlación fuertemente positiva ($r=0,82$) entre la presencia de B y el tiempo de permanencia de T. Los estudiantes que utilizaron modelos biológicos tridimensionales como herramienta pedagógica presentaron predominio de las ondas B y T, asociadas con aprendizajes sensoriomotores y de tipo exploratorio necesarios para el estudio en anatomía.

PALABRAS CLAVE: Ondas cerebrales; Anatomía; Electroencefalograma; Aprendizaje; Neurociencia cognitiva.

INTRODUCCIÓN

La anatomía es esencial para el desarrollo de competencias diagnósticas y de manejo quirúrgico necesarias durante la práctica clínica (Estai & Bunt, 2016), y con ella las diferentes herramientas pedagógicas que enriquecen el proceso de aprendizaje-enseñanza, principalmente en la formación académica de los estudiantes de medicina; tales como la disección de cuerpos y el uso de aplicaciones digitales (Cahill *et al.*, 2000; Feigl & Sammer, 2022). A lo largo de

los últimos años, han aumentado los estudios descriptivos, de revisión de literatura, revisiones sistemáticas y metaanálisis que evidencian los pros y contras de la disección y del uso de aplicaciones digitales en la enseñanza de la anatomía (Wilson *et al.*, 2018; Georgakarakos *et al.*, 2023); sin embargo, la mayoría de estos estudios se basan en métodos de recolección de datos subjetivos, que suelen obtenerse a partir de encuestas aplicadas a los estudiantes.

¹ Grupo de investigación Biomédica, Departamento de Ciencias Básicas Médicas, Universidad Icesi, Cali, Colombia.

² Grupo de investigación GICITTI, Programa de Ingeniería Biomédica, Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia.

³ Universidad San Buenaventura, Cali, Colombia.

⁴ Grupo de investigación TEBLAMI, Departamento de Morfología, Escuela de Ciencias Básicas, Facultad de Salud, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

⁵ Department of Pathology, SUNY Downstate Health Sciences University, Brooklyn, NY, USA.

⁶ Grupo de Investigación Neurociencias y Neurocirugía. Sección de Neurocirugía, Escuela de Medicina, Facultad de Salud, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Subvencionado por: Convocatoria Interna de apoyo a tesis doctorales de tiempo completo (TC), aprobado el 12 de diciembre de 2018 por la Dirección de Investigaciones de la Universidad Icesi. Código Interno: COL0099642-896.

El electroencefalograma (EEG) es una técnica no invasiva, que consiste en la adquisición y cuantificación de la actividad bioeléctrica del cerebro, conocida como ondas cerebrales (Yadav & Maini, 2023). El EEG puede adquirir información cognitiva, emocional, así como detectar el procesamiento visual y auditivo del usuario en tiempo real, al trabajar al unísono con sistemas de interfaz cerebro – computadora; como el Emotiv EPOC (Peña *et al.*, 2017). Últimamente, el EEG y el Emotiv EPOC están siendo considerados de utilidad en investigación educativa al utilizarse en conjunto, por proveer la ventaja de registrar un amplio campo neuronal en diferentes áreas del cerebro, dentro de entornos académicos interesados en estudios neurodidácticos (de Wit *et al.*, 2017).

Debido a que el EEG en conjunto con el sistema Emotiv EPOC permiten, en tiempo real, cuantificar y analizar de manera objetiva la percepción de los estudiantes al estar expuestos a diferentes estrategias pedagógicas durante su formación académica (Anderson *et al.*, 2019), el presente estudio pretendió explorar la tendencia en la expresión de las ondas cerebrales de estudiantes de medicina, al utilizar diferentes estrategias didácticas en el aprendizaje de la anatomía humana.

MATERIAL Y MÉTODO

Este trabajo de investigación es un estudio de tipo exploratorio, no experimental, observacional y de corte transversal. Se empleó una muestra de 22 estudiantes de medicina de la Universidad Icesi en Cali, Colombia. Para la selección de la muestra se tuvo como criterios de inclusión que fueran estudiantes de primer semestre de medicina, mayores de 18 años, que voluntariamente quisieran participar en el estudio; mientras que los criterios de exclusión correspondieron a estudiantes que se encontraran bajo los efectos de medicamentos y/o sustancias psicoactivas que afectaran su estado de alerta y concentración. Con cada integrante de la muestra se diligenció un formato de consentimiento informado. Este trabajo de investigación fue avalado por el Comité de Ética Humana de la Universidad Icesi en el año 2020, bajo el Acta de Aprobación número 216.

Para llevar a cabo el estudio, se utilizaron como herramientas pedagógicas dos modelos biológicos (cráneo humano y corazón porcino), y una aplicación digital (software tridimensional de anatomía humana Visible Body, versión 2019). El software fue instalado en un dispositivo digital tipo Tablet de marca Samsung Tab S5e, y utilizado por uno de los grupos de estudiantes durante el proceso experimental. Se establecieron tres estrategias didácticas utilizando las diferentes herramientas pedagógicas; para ello

los estudiantes fueron agrupados de manera aleatoria de la siguiente forma: a) Evaluación en órgano real 1 (EOR1): el estudiante que aprendió y fue evaluado en un órgano real, que para esta variable fue un cráneo humano; b) Evaluación en órgano virtual 1 (EOV1): el estudiante que aprendió en un corazón porcino y fue evaluado a través del software Visible Body utilizando el dispositivo digital; c) Evaluación en órgano virtual 2 (EOV2): el estudiante que aprendió y fue evaluado con el software Visible Body utilizando el dispositivo digital.

El estudiante estuvo expuesto durante una hora a las herramientas pedagógicas, y después de este tiempo, se le realizó una evaluación teórico-práctica de anatomía con enfoque clínico, que contenía tres preguntas abiertas, con el fin de evaluar un aprendizaje profundo (Biggs *et al.*, 2001). Al momento de realizar la evaluación teórico-práctica, todos los estudiantes fueron monitorizados con un equipo de electroencefalografía y un sistema de interfaz Emotiv EPOC. Para la evaluación de la estrategia se tuvieron en cuenta los siguientes criterios: a) El estudiante que obtenía más de dos respuestas correctas, su resultado era considerado como satisfactorio; b) El estudiante que solo obtenía una respuesta correcta o carecía de ellas, su resultado era considerado como no satisfactorio.

Durante la captura de la señal electroencefalográfica se empleó la diadema Emotiv EPOC+, dispositivo que cuenta con 14 canales de medición: AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8, AF4, y dos referencias CMS/DRL, más dos canales para los procesos mastoideos de los huesos temporales. Este equipo fue conectado a un ordenador mediante tecnología bluetooth de baja potencia, generándose una resolución de 0,51 microvoltios (mV), obteniéndose una frecuencia de muestreo de 2048 Hertzios (Hz) remuestrada a 128 y 256 Hz. La adquisición de la señal se realizó mediante el software Visual Studio en interfaz de captura y se registraron las señales de las ondas beta (B), gamma (G) y theta (T), en todo el registro temporal. Las ondas delta (D) y alfa (A) no fueron registradas, debido a que las D no son registrables en una persona despierta y las A requieren que en estado de vigilia el participante mantenga cerrados los ojos (Bucci *et al.*, 2011). Para el procesamiento offline de la señal, se empleó el software Matlab; el procesamiento incluyó un filtrado mediante Wavelet de quinto orden para la obtención de los momentos de activación de cada onda mencionada (Ramirez & Vamvakousis, 2012). Derivado de este procesamiento, se obtuvieron las variables electroencefalográficas del estudio (Tabla I).

Con el fin de mostrar la tendencia de la actividad eléctrica en cada una de las ondas cerebrales estudiadas,

Tabla I. Descripción de las variables cuantitativas.

VARIABLES	DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES
Ondas B, T, G	Ondas cerebrales utilizadas en el estudio
RP: Presencia de la onda cerebral	Cantidad total de las ondas cerebrales registradas por electroencefalografía, en tiempo real, durante la evaluación práctica
RT: Tiempo de permanencia	Mide la diferencia entre el tiempo en segundos (s) en que aparece el primer pico de la onda cerebral y el tiempo en que se visualiza el último pico de dicha onda
OPM: Picos máximos	Cantidad de picos máximos de las ondas cerebrales registradas por electroencefalografía, en tiempo real, durante la evaluación práctica
RM: Mayores amplitudes	Mide las mayores amplitudes que corresponden a los picos máximos de las ondas registradas por electroencefalografía, partiendo desde su línea de base hasta su punto más alto
RTM: Tiempomayores amplitudes	Mide ladiferencia entre el tiempo (s) en que aparece el primer pico máximo de la onda cerebral registrada por electroencefalografía y el tiempo en que se visualiza el último pico máximo de dicha onda
ER: Evaluación respuesta	De tres preguntas realizadas: si el estudiante obtuvo entre 2– 3 respuestas correctas, la evaluación es satisfactoria y se asigna a la variable un valor de ER=1; si obtuvo entre 0– 1 respuesta acertada, se asigna a la variable un valor de ER=0
NRC: Número de respuestas correctas	Número de respuestas acertadas

así como su relación con el desempeño de los estudiantes en cada estrategia didáctica, se utilizó el índice de correlación de Pearson para la exploración de los datos, con un tamaño del efecto ($d \geq 0,5$) (Hernández Lalinde *et al.*, 2019). Dado que no se realizaron proyecciones sobre los datos, no fue necesario probar supuestos. Los datos cuantitativos fueron procesados a través del programa estadístico R proyect, versión R 4,0,3, spyder 4,1,5 y el scientific pyton development enviroment, versión 3,8,5.

RESULTADOS

Durante la evaluación práctica, el grupo EOR1 presentó el promedio más alto en las ondas B ($\bar{X}=67,33$), T ($\bar{X}=57,67$) y G ($\bar{X}=47,78$), tal como se detalla en la Figura 1.

La relación entre la presencia de las B (RPB) y el tiempo de permanencia de las T (RTT) mostró un $r=0,821$ con tamaño de efecto grande en el grupo EOR1 que obtuvo una ER=1; mientras que el grupo EOV2 con una ER=0 tuvo menor presencia de estas ondas, con $r=-0,026$ y un tamaño de efecto pequeño.

La relación entre el RT de las B (RTB) y el RT de las T (RTT) para el grupo EOR1 con una ER=1 tuvo un índice de correlación de $r=0,962$, con tamaño de efecto grande. Por su parte, el grupo EOV2 mostró un mayor RTB, en contraste con el EOV1 que presentó una menor actividad en las B. Además, las T permanecieron activas por más tiempo entre las variables RTB - RTT en el grupo EOV2 con una ER=0, evidenciando un $r=0,273$ con tamaño de efecto pequeño.

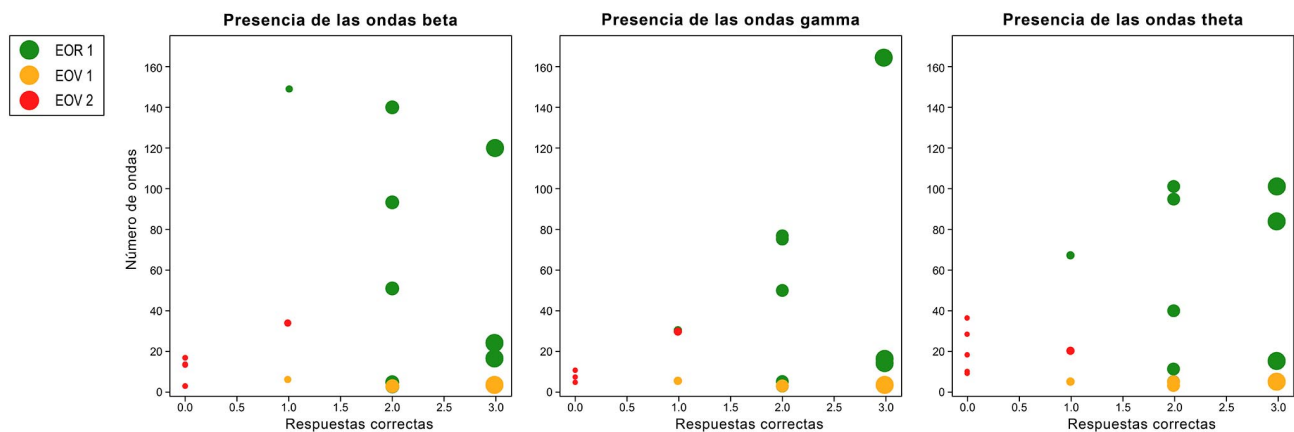


Fig. 1. Diagrama de dispersión de los promedios de la presencia de las ondas beta, gamma y theta según la estrategia de aprendizaje y el resultado de la evaluación práctica en anatomía. EOR1: Evaluación en órgano real 1, EOV1: Evaluación en órgano virtual 1, EOV2: Evaluación en órgano virtual 2.

El grupo EO1V1 mostró mayores amplitudes de las T (RMT) en los estudiantes que tuvieron entre 1, 2 y 3 respuestas correctas, observándose un comportamiento similar en el grupo EO2V2; cabe resaltar que en estos grupos se evidenció una menor RPB. La relación entre las variables RMT – RPB para los estudiantes del grupo EO1V1 con una ER=1 mostró un $r=-0,679$ con tamaño de efecto grande, presentando amplitudes más bajas en las RMT y una presencia notoria de la RPB.

La relación del tiempo de aparición de las T con mayores amplitudes (RTMT) y las mayores amplitudes registradas de las G (RMG) mostró que la duración de las RTMT fue mayor en el grupo EO1V1 con una ER=1, evidenciándose a través de un $r=0,211$ con tamaño de efecto pequeño. Las RMG fue mayor en el grupo EO1V1 con 1 y 3 respuestas correctas. En contraste, el grupo EO1V1 presentó una tendencia a las RMG de menor amplitud en aquellos estudiantes con una ER=0 y un $r=-0,512$ con tamaño de efecto grande, hallazgo que coincidió con el comportamiento de estas ondas en el grupo EO2V2.

DISCUSIÓN

La adquisición y procesamiento de nueva información ante un evento cognitivo requiere de la actividad de las ondas cerebrales que, al trabajar en conjunto, favorecen una adecuada percepción, asimilación y permanencia del conocimiento (Bergus & Bonawitz, 2020). En general, durante los diversos procesos de construcción del aprendizaje se le han atribuido funciones específicas a cada onda; como por ejemplo a B se le asocia con propiciar el aprendizaje sensoriomotor (Herrmann *et al.*, 2016), mientras que a T se le relaciona con el aprendizaje de tipo exploratorio (Malezieux *et al.*, 2020) y a G se le atribuye mantener el equilibrio cerebral (Herrmann *et al.*, 2016). Es importante profundizar en el estudio y entendimiento de estas ondas cerebrales en eventos de aprendizajes específicos, donde se requiere una comprensión tridimensional compleja, como en el estudio de la anatomía humana.

Las oscilaciones de G se han asociado con la nivelación de los mecanismos neuronales excitatorios e inhibitorios para mantener el equilibrio de la función cerebral, y están activas en un aprendizaje experiencial de muy alto nivel; como en la atención focalizada que requiere la memoria de trabajo, la toma de decisiones y durante la integración sensoriomotora (Tallon-Baudry, 2009; Hu *et al.*, 2022). Cabe destacar que alrededor del 80 % de las neuronas de la corteza cerebral son excitatorias, siendo las células piramidales sus mayores representantes (Xu *et al.*, 2016). Estos efectos excitatorios son contrarrestados por el 20 % de la población neuronal formada por

interneuronas inhibitorias, manteniendo así una homeostasis cerebral (Fishell & Kepecs, 2020). Dichas interneuronas tienden a oscilar con frecuencias del rango de las G, mientras que las células piramidales tienen una tendencia a las T (Kota *et al.*, 2020; Guan *et al.*, 2022). En los resultados del presente estudio pudo observarse que los estudiantes que no aprobaron la evaluación evidenciaron una influencia excitatoria de T (en cuanto al tiempo en que sus mayores amplitudes se expresaron en el trazado del RTMT), mientras la influencia de la actividad gamma mostró amplitudes grandes en el comportamiento eléctrico de las RMG pero con una asociación fuertemente negativa de estas ondas; estos resultados podrían atribuirse a que no se logró el equilibrio necesario para regular la actividad excitatoria inherente a las T.

Con respecto a las T, sus oscilaciones se han asociado a la activación de la memoria visual y a la toma de decisiones, detectable en las áreas cerebrales temporal, parietal y occipital, con una expresión adicional de las A que favorece a la memoria de reconocimiento asociativo (Portoles *et al.*, 2018). En el actual estudio, la relación entre RPB y RTT mostró una correlación fuertemente positiva en los estudiantes del grupo EO1V1 que aprobaron la evaluación, indicando que la coexistencia de estas ondas proporciona un ambiente favorable para el aprendizaje experiencial, de tipo exploratorio y de ubicación espacial (Kahana *et al.*, 1999). Lo anterior se apoya en el estudio realizado por Malezieux *et al.* (2020), quienes reportaron que el tiempo de permanencia de las T puede ayudar a predecir la tasa de adquisición y calidad de la memoria, sugiriendo que esta onda es fundamental en la formación de recuerdos, además de correlacionarse con la exploración del entorno desde la experiencia y el uso de los sentidos, lo cual resalta su importancia en el aprendizaje de la anatomía. Acorde con lo anterior, en el presente estudio se observó disminución en el tiempo de expresión de las T en presencia de las B durante la evaluación en los estudiantes que no presentaron resultados satisfactorios; esto fue coherente con la correlación negativa pequeña obtenida entre las variables RPB y RTT, lo cual pudo haber influido en la reprobación de la prueba.

Por otro lado, en los estudiantes que no obtuvieron resultados satisfactorios se encontró una diferencia en la evaluación con respecto a la relación entre las variables RTB y RTT, que disminuyó notoriamente su fuerza de asociación comparado con el grupo de estudiantes que aprobó la evaluación. De igual manera, se notó una mayor RPT y RTT en el grupo de estudiantes EO1V1 que mostraron resultados satisfactorios, y una menor cantidad de ellas en el grupo EO2V2 con resultados no satisfactorios. Adicionalmente, se encontró un mayor RTB en el grupo

EOR1, que fue notablemente inferior en el grupo EOVI. Cabe destacar que, en general, los grupos de estudiantes EOR1 y EOVI mostraron resultados satisfactorios, hallazgo que puede estar relacionado con el hecho de que ambos grupos estuvieron expuestos al uso de órganos biológicos durante el aprendizaje de la anatomía, y sólo fue el método de evaluación la única diferencia entre ellos.

Como lo plantearon Brust-Carmona *et al.* (2013), las oscilaciones de las ondas cerebrales generan un estado hiperpolarizante, cuya sincronización permite el envío y recepción de la información de un grupo neuronal a otro de forma cooperativa. Lo anterior concuerda con los datos obtenidos en el actual estudio donde se observó una correlación negativa fuerte en la relación entre RMT y RPB en el grupo de estudiantes que aprobó la evaluación, lo que podría indicar una posible disminución de las T de mayor voltaje. Esto último induce a pensar que, la presencia de ondas con amplitudes más bajas durante la actividad cognitiva propicia la obtención de resultados satisfactorios.

CONCLUSIÓN

Los grupos de estudiantes EOR1 y EOVI que utilizaron un órgano biológico como estrategia de aprendizaje, presentaron en general resultados satisfactorios en su evaluación y mostraron predominio de las ondas T y B; cabe resaltar que estas ondas se asocian con el aprendizaje sensoriomotor y de tipo exploratorio, que favorece la memoria de reconocimiento asociativo fundamental en el aprendizaje de la anatomía. Por otro lado, los estudiantes con resultados no satisfactorios en la evaluación evidenciaron alteración en la homeostasis eléctrica de las G y T.

El aprendizaje experiencial y tridimensional implícito en el estudio de la anatomía humana requiere de investigaciones objetivas; como las que brinda la disciplina denominada “neurociencia cognitiva”. Tal como se observó en el presente estudio, esta disciplina permitió evidenciar los cambios neurofisiológicos de los estudiantes expuestos a diferentes estrategias didácticas, con el fin de comprender la eficacia de algunas herramientas pedagógicas y optimizar su uso en la actualidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Icesi y a la Universidad Autónoma de Bucaramanga por el apoyo durante las actividades académicas relacionadas con la obtención de los datos. A Jesus Lopez por revisar críticamente la traducción del manuscrito y a Fabián Cabrera Pazmino, profesor de la Universidad del Valle, por su colaboración en el diseño gráfico del presente estudio.

VALLADARES-TORRES, L.; FRANCO-ARIAS, M.H.; ARBOLEDA-CARVAJAL, A.; MONTEALEGRE LYNETT, G. & BAENA-CALDAS, G.P. Brain waves in the anatomy classroom: An analysis of didactic strategies using electroencephalography in medical students. *Int. J. Morphol.*, 42(5):1189-1194, 2024.

SUMMARY: There exists a scarcity of neurocognitive research that has successfully used electrophysiology as an objective tool to assess different learning modalities that are commonly used in anatomy. The objective of this study was to explore the trend in the expression of brain waves in medical students when using different didactic strategies in learning anatomy. An exploratory, observational, cross-sectional study was conducted on 22 first-semester medical students in anatomy. Using didactic strategies with different pedagogical tools such as biological models (human skulls and pig hearts) and/or digital application (Visible Body software), and different evaluation methods, students were grouped into three groups: "EOR1" students who learned using a skull and were evaluated with it; "EOVI" students who learned using a pig heart and were evaluated with the Visible Body software; and "EOV2" for students who learned through the Visible Body software and were evaluated with it. During the evaluation, each student was monitored in real-time using an electroencephalogram and the Emotiv EPOC brain-computer interface system to record the electro-physiological activity of beta (B), theta (T), and gamma (G) waves. The data obtained (the trend of the electrical activity of each wave and its relationship with students' performance in each didactic strategy) were analyzed using Pearson's correlation coefficient. Groups EOR1 and EOVI had satisfactory results in their evaluations and showed a predominance of B waves ($\bar{x}=67.33$) and T waves ($\bar{x}=57.67$). Additionally, a strongly positive correlation ($r=0.82$) was found between the presence of B waves and the duration of T waves. Students who used three-dimensional biological models as a pedagogical tool showed a predominance of B and T waves, which are associated with sensorimotor and exploratory learning necessary for studying anatomy.

KEY WORDS: Brain waves; Anatomy; Electroencephalogram; Learning; Cognitive neuroscience.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, S. J.; Jamniczky, H. A.; Krigolson, O. E.; Coderre, S. P. & Hecker, K. G. Quantifying two-dimensional and three-dimensional stereoscopic learning in anatomy using electroencephalography. *NPJ Sci. Learn.*, 4(1):10, 2019.
- Begus, K. & Bonawitz, E. The rhythm of learning: Theta oscillations as an index of active learning in infancy. *Dev. Cogn. Neurosci.*, 45:100810, 2020.
- Biggs, J.; Kember, D. & Leung, D. Y. The revised two-factor Study Process Questionnaire: R-SPQ-2F. *Br. J. Educ. Psychol.*, 71(Pt. 1):133-49, 2001.
- Brust-Carmona, H.; Valadez, G.; Galicia, M.; Flores-Ávalos, B.; Sánchez, A.; Espinosa, R. & Yáñez, Ó. Desincronización/sincronización de ritmos EEG laterales en la habituación a la fotoestimulación en adultos. *Rev. Invest. Clin.*, 65(5):436-44, 2013.
- Bucci, P.; Mucci, A. & Galderisi, S. *Normal EEG patterns and waveforms*. En: Boutros, N.; Galderisi, S.; Pogarell, O. & Riggio, S. *Standard Electroencephalography in Clinical Psychiatry: A Practical Handbook*. Hoboken, Wiley, 2011. pp.33-57.

- Cahill, D. R.; Leonard, R. J. & Marks, S. C. Standards in health care and medical education. *Clin. Anat.*, 13(2):150, 2000.
- de Wit, B.; Badcock, N. A.; Grootswagers, T.; Hardwick, K.; Teichmann, L.; Wehrman, J.; Williams, M. & Kaplan, D. M. Neurogaming technology meets neuroscience education: A cost-effective, scalable, and highly portable undergraduate teaching laboratory for neuroscience. *J. Undergrad. Neurosci. Educ.*, 15(2):A104-9, 2017.
- Estai, M. & Bunt, S. Best teaching practices in anatomy education: A critical review. *Ann. Anat.*, 208:151-7, 2016.
- Feigl, G. & Sammer, A. The influence of dissection on clinical anatomical knowledge for surgical needs. *Surg. Radiol. Anat.*, 44(1):9-14, 2022.
- Fishell, G. & Kepecs, A. Interneuron Types as Attractors and Controllers. *Annu. Rev. Neurosci.*, 43:1-30, 2020.
- Georgakarakos, E.; Papadopoulou, M.; Karangelis, D. & Fiska, A. Teaching vascular anatomy: the anatomy we know, the anatomy we see or the anatomy we need? *Surg. Radiol. Anat.*, 45(9):1155-64, 2023.
- Guan, A.; Wang, S.; Huang, A.; Qiu, C.; Li, Y.; Li, X.; Wang, J. & Deng, B. The role of gamma oscillations in central nervous system diseases: Mechanism and treatment. *Front. Cell. Neurosci.*, 16:962957, 2022.
- Hernández Lalinde, J. D.; Espinosa Castro, J. F.; Peñaloza Tarazona, M. E.; Rodríguez, J. E.; Chacón Rangel, J. G.; Toloza Sierra, C. A.; Arenas Torrado, M. K.; Carrillo Sierra, S. M. & Bermúdez Pirela, V. J. Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Arch. Venez. Farmacol. Ter.*, 37(5):587-95, 2019.
- Herrmann, C. S.; Strüber, D.; Helfrich, R. F. & Engel, A. K. EEG oscillations: From correlation to causality. *Int. J. Psychophysiol.*, 103:12-21, 2016.
- Hu, Y.; Ouyang, J.; Wang, H.; Zhang, J.; Liu, A.; Min, X. & Du, X. Design meets neuroscience: An electroencephalogram study of design thinking in concept generation phase. *Front. Psychol.*, 13:832194, 2022.
- Kahana, M. J.; Sekuler, R.; Caplan, J. B.; Kirschen, M. & Madsen, J. R. Human theta oscillations exhibit task dependence during virtual maze navigation. *Nature*, 399(6738):781-4, 1999.
- Kota, S.; Rugg, M. D. & Lega, B. C. Hippocampal theta oscillations support successful associative memory formation. *J. Neurosci.*, 40(49):9507-18, 2020.
- Malezieux, M.; Kees, A. L. & Mulle, C. Theta oscillations coincide with sustained hyperpolarization in CA3 pyramidal cells, underlying decreased firing. *Cell Rep.*, 32(1):107868, 2020.
- Peña, C.; Caicedo, S.; Moreno, L. U. Z.; Maestre, M. & Pardo, A. Use of a low cost neurosignals capture system to show the importance of developing didactic activities within a class to increase the level of student engagement (case study). *WSEAS Trans. Comput.*, 16:172-8, 2017.
- Portoles, O.; Borst, J. P. & van Vugt, M. K. Characterizing synchrony patterns across cognitive task stages of associative recognition memory. *Eur. J. Neurosci.*, 48(8):2759-69, 2018.
- Ramirez, R. & Vamvakousis, Z. *Detecting Emotion from EEG Signals Using the Emotive Epoc Device*. Berlin, International Conference on Brain Informatics, 2012.
- Tallon-Baudry, C. The roles of gamma-band oscillatory synchrony in human visual cognition. *Front. Biosci.*, 14(1):321-32, 2009.
- Wilson, A. B.; Miller, C. H.; Klein, B. A.; Taylor, M. A.; Goodwin, M.; Boyle, E. K.; Brown, K.; Hoppe, C. & Lazarus, M. A meta-analysis of anatomy laboratory pedagogies. *Clin. Anat.*, 31(1):122-33, 2018.
- Xu, J. C.; Fan, J.; Wang, X.; Eacker, S. M.; Kam, T. I.; Chen, L.; Yin, X.; Zhu, C.; Chi, Z.; Jiang, H.; et al. Cultured networks of excitatory projection neurons and inhibitory interneurons for studying human cortical neurotoxicity. *Sci. Transl. Med.*, 8(333):333ra48, 2016.
- Yadav, H. & Maini, S. Electroencephalogram based brain-computer interface: Applications, challenges, and opportunities. *Multimed. Tools Appl.*, 82(30):47003-47, 2023.

Dirección para correspondencia:

Gloria Patricia Baena-Caldas, DDM, M,Sc, PhD.

Facultad de Salud

Universidad del Valle

Calle 4B # 36-00 Edificio 116

Cali

COLOMBIA

Email: gloria.baena@correounivalle.edu.co

gloria.baenacaldas@downstate.edu