

Electroencefalografía cuantitativa y el cálculo en estudiantes de Medicina

RÍOS-VALLES, José Alejandro¹ †*, VARELA-CERVANTES, Luis Daniel¹, FERNANDEZ-ESCARZAGA, Jaime², HERNÁNDEZ-REYES, Mireya²

¹Instituto de Investigación Científica de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED)¹. Universidad y Fanny Anitua SN, Zona Centro, 34000 Durango, Durango

²Facultad de Psicología y Terapia de la Comunicación Humana (FPyTCH)². Blvd Guadiana 501, Fraccionamiento Ciudad Universitaria, 34120 Durango, Durango

Recibido Junio 14, 2017; Aceptado Septiembre 04, 2017

Resumen

Se realizó un estudio exploratorio, descriptivo transversal donde se analizó la función neurocognitiva cálculo además de los promedios de las frecuencias y amplitudes de la actividad electroencefalográfica cuantitativa de alumnos de la carrera de Medicina Campus Durango UJED. Se tuvo una muestra no probabilística por conveniencia de 288 alumnos de la carrera de Medicina (UJED) en Durango. La función del cálculo es de gran importancia dentro del área médica, en este estudio se manifiesta que más del 90% de alumnos se encuentran en rangos normales de la prueba Neuropsi. De acuerdo a la literatura, de igual forma los resultados de los promedios de los ritmos cerebrales (Hz) se encuentran dentro de parámetros normales al igual que los resultados por promedio de la Amplitud del voltaje (μV^2). Para futuras investigaciones resultará interesante conocer la información que pueda generar la fusión de los instrumentos de evaluación utilizados para este estudio (Neuropsi Breve y EEGc) y hacer aportes desde el punto de vista neurofisiológico.

Procesamiento numérico y cálculo, EEG cuantitativa, estudiantes de medicina

Abstract

It performed an exploratory, descriptive cross-sectional study where we analyzed the neurocognitive function calculation in addition to the averages of the frequencies and amplitudes of the quantitative electroencephalographic activity of students of the Medicine Campus Durango UJED. There was a non-probabilistic sample for the convenience of 288 students of the medical career (UJED) in Durango. The function of the calculation is important in the medical field, in this study it is stated that 90% or more students are in normal ranges of the Neuropsi test. According to the literature, the results of the cerebral rhythms (Hz) are within normal parameters as well as the results by average of the Amplitude of the voltage (μV^2). For future research it will be interesting to know the information that could generate the fusion of the evaluation instruments used for this study (Neuropsi and EEGc), and to make contributions from neurophysiology point of view.

Numerical processing and calculation, quantitative EEG, medical students

Citación: RÍOS-VALLES, José Alejandro, VARELA-CERVANTES, Luis Daniel, FERNANDEZ-ESCARZAGA, Jaime, HERNÁNDEZ-REYES, Mireya. Electroencefalografía cuantitativa y el cálculo en estudiantes de Medicina. Revista de Ciencias de la Salud. 2017. 4-12: 1-13

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: alexriva@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

A pesar de la importancia de los procesos cognitivos implicados en el cálculo numérico, no son demasiados los estudios dedicados a este tema en comparación con los que estudian otros procesos cognitivos, por ejemplo, el lenguaje. La aritmética implica distintos procesos cognitivos y estrategias dependiendo del tipo de operación, símbolo numérico usado, etc. (López, 2009)

En la actualidad, la Neuropsicología cognitiva considera que el procesamiento del cálculo corre a cargo de un sistema especializado que incluye un componente de procesamiento de los símbolos aritméticos, un almacén de representaciones de hechos y uno de procedimientos aritméticos. (Pastor, 2008). La capacidad de cálculo debería considerarse más como un conjunto de habilidades en el que interviene el dominio del lenguaje, el reconocimiento espacial, la inteligencia general, la memoria a corto y a largo plazo, la ortografía, el simbolismo numérico, el procesamiento verbal y gráfico de la información y las funciones ejecutivas, que implican un lenguaje de símbolos y que puede utilizarse de un modo verbal fonográfico y de un modo escrito. (P.E. Bermejo-Velasco, 2006; Vargas, 2013).

Bermejo-Velasco (2006) dice que las mujeres puntúan más alto en pruebas de razonamiento matemático, lo cual podría reflejar el uso de estrategias verbales. Los varones puntúan significativamente mejor en problemas de geometría, estadística y probabilidad, en posible relación con una estrategia visuoespacial. Los procesos del aprendizaje resultan de la desincronización (activación) o de la sincronización (inhibición) de frecuencias específicas en determinados circuitos neuronales, relacionados con eventos específicos.

Lopes da Silva propone que la activación representa el proceso de permitir una determinada función, mientras que la inhibición corresponde a impedirla. (H. Brust-Carmona, 2015). Es conocido que las neuronas, por sus características citoarquitectónicas, generan un potencial de membrana que fluctúa por intercambio de iones con el líquido extracelular. Esto genera corrientes iónicas que pueden ser detectadas a distancia colocando electrodos en el cuero cabelludo, donde dichos flujos se detectan como ondas con una determinada amplitud (voltaje) y duración. (Brust Carmona H, 2013).

Estos flujos de corriente que se analizan como potencia absoluta (PA) en el electroencefalograma cuantitativo (EEGc) son de mayor intensidad, en cuanto más neuronas los generen simultáneamente; éstos se transforman en múltiples frecuencias que se pueden estudiar en el electroencefalograma (EEG). (Brust Carmona H, 2013). Los ensambles neuronales que integran la información sensorial, relacionadas con experiencias previas, activan otras redes que emiten las respuestas somáticas y vegetativas. Estas respuestas generan nuevas señales. Estas modificaciones electrofuncionales, integran la información de «escenario» interno y externo y ocurren en las sinapsis de los ensambles llamadas «engramas», y pueden reflejarse con diferentes ritmos EEG. (Héctor Brust-Carmona, 2014)

Con el EEG cuantitativo (EEGc) es posible estudiar la sintonización de los ensambles neuronales y sus modulaciones por las entradas de excitación y/o inhibición a esos múltiples módulos de circuitos neuronales corticales. Esto convierte al EEGc en un excelente procedimiento para investigar la composición y condición de los generadores corticales en reposo con los ojos cerrados y sus modulaciones por las interacciones entre los circuitos córtico-subcórtico-corticales activados, al «abrir los ojos» o por fotoestimulación u otras estimulaciones sensoriales. (Héctor Brust-Carmona, 2014)

Justificación

La sintonización de la actividad neuronal por oscilaciones espontáneas recurrentes participan en los procesos cognitivos integrando dinámicamente las funciones mentales requeridas para el aprendizaje, a través de la EEGc se desea evaluar las características electrofisiológicas de la actividad cerebral de alumnos de Medicina, así como realizar una evaluación Neuropsicológica de las funciones mentales, en este caso el cálculo.

Problema

Dentro de la educación y formación superior de estudiantes existe una gran expectación por el porcentaje en la eficiencia terminal de los alumnos, en particular con estudiantes del área médica. (J.A. Ríos Valles, 2015). Según Barragan hoy en día el porcentaje de alumnos egresados a término de una carrera universitaria está muy por debajo del porcentaje esperado, además de un estancamiento en los lugares para los alumnos de nuevo ingreso y por último, un gasto al estado y al país. La integración de la tecnología en el proceso enseñanza aprendizaje, 2010.

Haciendo una revisión de los datos de eficiencia terminal de estudiantes de Medicina en Durango, contamos que en los últimos 5 años, se han tenido porcentajes bajos de hasta el 39% de eficiencia terminal en 2012 y 2014, en el año 2013 se encuentra un 46%, y un 40% para el año 2015, en lo que respecta al año anterior estos números se han mantenido entre el 38% y 35% en los ciclos A y B respectivamente. (Anuario Estadístico UJED, 2015, 2016). A la hora de realizar juicios y tomar decisiones sobre la salud, se debe procesar y comprender información numérica. Por ejemplo, en el caso de los médicos, habitualmente reciben información sobre el riesgo de padecer una enfermedad en probabilidades, porcentajes o fracciones.

Sin embargo, muchas personas presentan deficiencias a la hora de comprender esta información. En palabras de Rocio Muñoz las habilidades numéricas en general se relacionan positivamente con el nivel educativo de las personas. No obstante, incluso las personas con alto nivel educativo pueden mostrar serias dificultades a la hora de comprender y utilizar probabilidades y conceptos numéricos básicos. (Rocio Muñoz, 2015).

Dicho lo anterior, se podría identificar algún punto de atención dentro del área de la neurocognición y electrofisiología para la educación médica, que den paso a mejorar el desempeño y la calidad de formación profesional de los estudiantes de medicina.

Hipótesis

La habilidad del cálculo en estudiantes de la carrera de medicina está relacionada con la actividad electroencefalográfica cuantitativa.

Objetivos

Objetivo General

Analizar la función neurocognitiva para el cálculo además de los promedios de las frecuencias y amplitudes de la actividad electroencefalográfica cuantitativa de alumnos de la carrera de Medicina Campus Durango UJED.

Objetivos específicos

- Identificar las frecuencias y proporciones de los resultados de la evaluación del cálculo en el grupo de hombres.
- Identificar las frecuencias y proporciones de los resultados de la evaluación del cálculo en el grupo de mujeres.

Marco Teórico

Actualmente se deben comprender y utilizar diferentes tipos de información numérica para solucionar problemas de la vida diaria. (Rocio Muñoz, 2015). A pesar de la importancia de los procesos cognitivos implicados en el cálculo numérico, no son demasiados los estudios dedicados a este tema en comparación con los que estudian otros procesos cognitivos como, por ejemplo, el lenguaje. Así, mientras que los modelos de procesamiento del lenguaje están bastante bien asentados, no ocurre lo mismo con los modelos de procesamiento de números arábigos o de operaciones aritméticas. (López, 2009).

Al intentar explicar el procesamiento aritmético y describir la relación entre el mismo y los procesos de lenguaje, se han propuesto diversos modelos: En el modelo cognitivo de McCloskey (McCloskey, Caramazza, y Basili, 1985) los procesos psicológicos implicados en el procesamiento numérico y aritmético van desde el reconocer números en sus distintas formas de expresión y su producción hasta el cálculo de operaciones. Ello implica necesariamente que cualquier hecho numérico, antes de ser procesado, ha de ser traducido a ese código abstracto por módulos específicos, igual que otros que se encargarían de traducir ese código abstracto a otros códigos (verbal o arábigo) en la producción numérica (McCloskey et al., 1985; (McCloskey M., 1992; María P. Salguero Alcañiz, 2014)

De acuerdo con este modelo, para la identificación y la producción de los símbolos numéricos se podrá distinguir una forma arábica (de carácter visual hacia áreas cerebrales occipitales y una forma verbal hacia áreas cerebrales temporales) que incluiría la forma escrita y fonológica de los números. (María P. Salguero Alcañiz, 2014).

Noel y Seron, por otra parte, habían planteado la hipótesis de un único código de entrada preferido, que se utilizaría para el número de acceso de conocimientos y rutas de cálculo, pero que puede ser verbal o arábigo, dependiendo de la idiosincrasia del sujeto. (Dehaene S. B., 1993).

Modelo anatómico funcional de Dehaene

Este modelo considera que existen tres tipos de representaciones mentales para los números: forma visual arábica, estructura verbal de la palabra y representación analógica de la magnitud. (M.P. Salguero Alcañiz & Alameda Bailén, 2007, 2010) En la forma visual-arábica los números son representados como cadenas de dígitos, es una representación de carácter visoespacial. Se localiza en las áreas occipito-temporal inferior ventral de ambos hemisferios. (María P. Salguero-Alcañiz, 2013).

La estructura verbal de la palabra es la representación de los números en forma de secuencias de palabras organizadas sintácticamente. Se localiza en las áreas perisilvianas clásicas del lenguaje del hemisferio izquierdo. (M.P. Salguero-Alcañiz, 2004). Por último, confirmado por los estudios de investigación de Salguero Alcañiz y Alameda Bailén (2013) con estudios de pacientes con daño cerebral adquirido, confirman que en la representación analógica de la magnitud es donde está representado el significado de los números, ya que ni la forma visual numérica arábica ni la estructura verbal de la palabra contienen información semántica.

Es en este nivel donde la cantidad o magnitud asociada con un número se recupera y a partir de ahí puede ponerse en relación con otras cantidades. Esta representación estaría localizada en las áreas parieto-occipito-temporal de ambos hemisferios y estarían conectadas por el cuerpo caloso. (Dehaene & Cohen, 1995; Alameda Bailén, 2007).

Procesamiento numérico y sistema de cálculo

En palabras de McCloskey (1985), el procesamiento del sistema de numeración comprende los mecanismos de comprensión y producción de los números, mientras que el sistema de cálculo consiste en los hechos y los procedimientos requeridos específicamente para la realización de cálculos. Dentro de los mecanismos de comprensión y producción arábica y verbal distinguimos componentes de procesamiento léxico-sintácticos.

Lo que parece intuitivo es que los procesos aritméticos están relacionados de alguna manera con los procesos lingüísticos: aprendemos a multiplicar con estrategias verbales, contar es aparentemente una tarea verbal pura, los números también son, en definitiva, palabras. Sin embargo, esta relación entre lenguaje y aritmética no está clara. (Luis Radford, 2009; López 2009).

Salguero-Alcañiz y sus colaboradores establecen que el procesamiento numérico se asocia, normalmente, con el manejo de símbolos y palabras "...que representan cantidades y pueden manipularse mediante procedimientos de cálculo. Los números son símbolos y por tanto, al igual que las palabras, están formados por significado y significante". (M.P. Salguero-Alcañiz, 2010).

El procesamiento léxico implica la comprensión o la producción de los elementos individuales en un número (por ejemplo, el dígito 3 o la palabra tres). El procesamiento sintáctico, por otra parte, implica el procesamiento de las relaciones entre los elementos con el fin de comprender o producir un número como un todo. (McCloskey M. C., 1985). Se considera pues que, el procesamiento numérico y el cálculo es un sistema formado por distintos elementos que pueden funcionar de manera independiente. (McCloskey M. C., 1985; M.P. Salguero Alcañiz, 2003, 2010, 2013).

Bases Neurales para el cálculo

Los circuitos neurales del procesamiento numérico se localizan principalmente en el lóbulo parietal, aunque otras regiones cerebrales, como la corteza prefrontal, la parte posterior del lóbulo temporal, la corteza cingulada y distintas regiones subcorticales también contribuyen al correcto funcionamiento de estas capacidades. (John Whalen, 1997; J.M. Serra-Grabulosa, 2010).

Lóbulo parietal

Generalmente está implicado en los cálculos numéricos, y además se asocia con sensaciones somáticas y varias funciones complejas, como la multimodalidad sensorial (visual, auditiva y táctil), la comprensión del lenguaje, la atención y la conciencia espacial. En él se han identificado dos regiones fundamentales durante la realización de tareas numéricas: el segmento horizontal del surco intraparietal (SHSIP) y el giro angular. (Ardila A, 2002; Luis Radford, 2009).

Surco intraparietal

Sustentaría la representación interna de las cantidades y la relación existente entre éstas. Mediante el uso de la técnica de imagen por resonancia magnética funcional, se han observado activaciones del SHSIP en tareas que implican el procesamiento numérico frente a otro tipo de estímulos, como colores y letras. (John Whalen, 1997; Egel E, 2003).

El surco intraparietal y el segmento horizontal en particular se encargan de la representación interna de las cantidades y del procesamiento abstracto de las magnitudes, sin diferenciar el formato (simbólico o no simbólico) de los estímulos. (Luis Radford, 2009).

El surco intraparietal también se ha relacionado con el procesamiento espacial. Se ha sugerido la existencia de una red neural común para el procesamiento numérico y espacial situada en este surco, en concreto en las regiones lateral y ventral, clave en el procesamiento numérico y en el cálculo aritmético. (Hubbard EM, 2005; W. Fias, 2016).

Giro angular

El giro angular, especialmente el izquierdo, muestra una elevada activación en procesos mediados por el lenguaje, como la lectura o las tareas verbales de memoria a corto plazo. Desempeña funciones relacionadas con el procesamiento numérico y el cálculo, en concreto con aquellas tareas que requieren un procesamiento verbal. (Price, 1998). La activación del giro angular es mayor en tareas de cálculo exacto que aproximado. El cálculo exacto ('hechos numéricos') consiste en operaciones aritméticas sencillas y automatizadas almacenadas en la memoria verbal. (Dehaene S, 1999; Kalamian D, 2007). Las sumas de cantidades mayores requieren otras estrategias para su resolución, e implican una representación abstracta de las cantidades, por lo que necesitan otras regiones de los lóbulos parietal y frontal. (Dehaene & Cohen, 1995). La realización de multiplicaciones entrenadas, respecto a las no entrenadas, produce una mayor activación del giro angular izquierdo, relacionada con la automatización resultante del entrenamiento. (Benke T, 2003).

Otras regiones del lóbulo parietal

El sistema parietal posterior superior está implicado en los procesos atencionales necesarios para la resolución del cálculo. Esta región se encuentra especialmente activa durante tareas de comparación numérica, de cálculo aproximado, durante la realización de restas y en tareas de contabilización. (Pinel P, 2001; Dehaene S, 1999).

Lóbulo frontal

El lóbulo frontal participa también en el procesamiento aritmético. La activación de la corteza prefrontal –regiones lateral y ventral– parece estar vinculada a funciones relacionadas con la memoria de trabajo, como el mantenimiento provisional de los resultados intermedios, la planificación y la ordenación temporal de los componentes de las tareas, o la comprobación de resultados y la corrección de errores. (Okamoto, 2016, Valentín Iglesias-Sarmiento, 2012).

Algunos estudios también han observado la participación de la región prefrontal, en la ejecución de tareas de operaciones aritméticas incorrectas existe una mayor activación de la corteza prefrontal lateral izquierda y de los giros frontales medio e inferior. (Menon V, 2002).

Otras regiones cerebrales implicadas

La ínsula anterior izquierda y la corteza cerebelosa se han relacionado con la recuperación de los hechos numéricos. (Josep M. Serra-Grabulosa, 2010). La activación de la corteza cerebelosa durante la ejecución de multiplicaciones simples se ha relacionado con la activación de una red de representación motora digital. De hecho, la corteza cerebelosa precentral se vincula con el aprendizaje de secuencias de movimientos realizadas con los dedos y con la manipulación de objetos en tres dimensiones. (Seitz Rj, 1992).

La corteza cingulada se activa al realizar tareas aritméticas simples o de elevada complejidad aritmética. Actúa como 'soporte', al estar implicada en funciones para llevar a término adecuadamente el cálculo, como la atención, la memoria de trabajo, la toma de decisiones, la monitorización o la selección de respuestas. (Allman JM, 2001; Kong J, 2005).

Electroencefalografía

El electroencefalograma fue introducido en la década de 1920 por Berger (1929). El método permite la evaluación estándar no invasiva de la actividad neural resultante de la comunicación neuronal local y de largo alcance a través de escalas espaciales diferentes en resolución temporal de milisegundos. (Faranak F, 2016; F. Ramos-Arguelles, 2009; Teresa, 2011; Milagros Merino, 2007).

La colocación de electrodos sobre el cuero cabelludo está sujeta a un sistema internacional o sistema 10-20, denominado así porque los electrodos están espaciados entre el 10% y el 20% de la distancia total entre puntos reconocibles del cráneo. Estos puntos clave, a partir de los cuales se realizan las medidas, son:

- Nasion: identificación entre frente y nariz.
- Inion: protuberancia occipital.
- Punto preauricular; delante del trago de cada pabellón de la oreja. (F. Ramos-Arguelles, 2009; Teresa, 2011)

Existe una nomenclatura de los electrodos, que obedece a la región cerebral sobre la que yacen y una numeración que va de menor a mayor, empezando desde áreas anteriores hacia posteriores y, correspondiendo los números impares al lado izquierdo (Fp1) y los pares al derecho (Fp2). (Faranak F, 2016).

La duración que ha de tener un EEG estándar es de al menos 30 minutos de registro e incluye técnicas de activación, principalmente la fotoestimulación intermitente, audioestimulación y la hiperventilación. Estas técnicas están dirigidas a provocar o intensificar la aparición de anomalías en la actividad cerebral. (Liane Aguilar Fabré, 2014).

Características de la actividad cerebral

El origen de la señal eléctrica está en las células piramidales de la corteza cerebral. Cada una de dichas neuronas constituye un diminuto dipolo eléctrico, cuya polaridad depende de que el impulso a la célula sea inhibitorio o excitatorio. Para poder recoger y registrar una señal de la actividad eléctrica en cada región cerebral a través de la superficie craneal, se colocan electrodos que captan la diferencia de potencial entre ellos. (Teresa, 2011; Marlon Igor Martínez B, 2006) La actividad cortical recogida en el EEG, se compone de un número variado de ondas que aparecen aisladas o en grupos (ritmo). Estas ondas, se diferencian unas y otras por los siguientes parámetros:

Frecuencia: número de veces que aparece un tipo de onda formando parte de un ritmo. Se expresa en ciclos por segundo o Hercios (Hz) estableciéndose las siguientes bandas de frecuencia de menor a mayor:

Delta: actividad de menos de 4 Hz. Propia de la infancia, niños menores de 3 meses, se presentan durante el sueño profundo, en la infancia y en enfermedades orgánicas cerebrales graves. Amplitud variable, mayor de 50 μ V. Su aparición en el adulto debe ser considerado anormal.
Tetha: actividad de 4 a 8 Hz., se presentan en la infancia (3 meses y 5 años) aunque también pueden presentarlas los adultos en períodos de estrés emocional y frustración. Su distribución es frontocentral y parieto-temporal. El voltaje es mayor de 40 μ V, si es menor de 15 μ V puede ser considerada anormal, pero si se encuentra acompañada de un ritmo Alfa bien establecido se considera normal.
Alfa: actividad de 8 a 13 Hz., amplitud comprendida entre 20 y 200 y su amplitud media es de 50 μ V, localización occipital y bloqueo ante la apertura de los ojos. El voltaje puede variar según: la edad, a mayor edad, menor voltaje. Una asimetría mayor del 50% se considera anormal. Se bloquea con la apertura palpebral concentración.
Beta: poseen frecuencias entre 14 y 30Hz, aunque pueden llegar hasta los 50Hz; se registran fundamentalmente en las regiones parietal y frontal. Aparecen cuando se activa intensamente el SNC o cuando el sujeto está bajo tensión.

Tabla 1 Banda de Frecuencias (Hz) (Milagros Merino, 2007; Teresa, 2011; Farank, 2016; Marlon Igor Martínez B, 2006)

Las dos primeras (theta y delta) son actividades lentas que se registran en proporciones variables en función del grado de madurez cerebral (p. ej., la actividad lenta occipital es fisiológica antes de los 30 años de edad). (Milagros Merino, 2007).

Distribución topográfica: indica el lugar cerebral en el que aparece un fenómeno eléctrico. También hace referencia a la ubicación fisiológica de las distintas frecuencias dependiendo del área cerebral correspondiente. Así, en áreas anteriores, se encuentra el ritmo Beta y a medida que descendemos a áreas posteriores, nos va apareciendo el ritmo Alfa. (Faranak F, 2016).

Forma y Amplitud: la forma de una onda aislada puede ser: regular, irregular, aguda, compleja, bifásica, trifásica, etc. La amplitud se mide en microvoltios siendo lo habitual que fluctúe entre 20-40 uV. (Teresa, 2011; Julia C, 2017).

Análisis

El análisis del EEG implicar la cuantificación de sus señales descomponiéndolas en series de Fourier en términos de amplitud, frecuencia, fase, la organización espacio-temporal de los potenciales postsinápticos excitatorios e inhibidores y su reactividad ante los estímulos. (Milagros Merino, 2007; Faranak F, 2016; Liane Aguilar Fabré, 2014).

Metodología de Investigación

Se realizó una investigación cuantitativa descriptiva, no experimental, transeccional, exploratoria, observacional, por encuesta. La muestra se obtuvo de manera no probabilística por conveniencia.

Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo descriptivo, transversal, exploratorio. El universo de estudio constaba de 1150 alumnos de la Facultad de Medicina de la UJED Campus Durango, de los cuales aceptaron participar 352 a través de un consentimiento informado donde se les garantizó la reserva de los datos y seguimiento del protocolo del estudio y por depuración de la base de datos, resultaron 288 estudios con información completa. Todos ellos pertenecientes a la carrera de Medicina de 1° a 10° semestre, operando en la toma de datos durante el período de Agosto de 2013 a Julio del 2016.

Para la evaluación del cálculo se empleó la batería neuropsicológica breve en español NEUROPSI, de la doctora Feggy Ostrosky Solís, donde se tomó la variable en estudio Cálculo dentro del sub-apartado Conceptual. Se le pide al sujeto que resuelva mentalmente las correspondientes operaciones y problemas aritméticos, no tiene límite ni bonificación de tiempo. Las respuestas fueron calificadas con un valor 0=respuesta incorrecta y 1= respuesta correcta, el puntaje máximo es de 3 puntos.

Para el estudio de la actividad cerebral se utilizó un electroencefalógrafo cuantitativo digital NEURON-SPECTRUM, el registro se obtuvo durante la vigilia con privación de sueño a partir de las 4:00 am., en reposo y con ojos cerrados, colocando 19 electrodos en el cráneo de acuerdo al sistema internacional 10-20. Del EEG se estudiaron 32 variables, 16 (8 en hemisferio izquierdo y 8 en hemisferio derecho) correspondientes al promedio de la amplitud de la actividad cerebral registrada en cada electrodo colocado y los otras 16 (igualmente 8 en cada hemisferio) correspondientes de la promediación de los diferentes ritmos cerebrales (frecuencia media) registrados en cada electrodo.

Los tres electrodos adicionales se utilizaron, uno para la tierra física y 2 mas se utilizaron cada uno como puntos de referencia de cada hemisferio correspondiente (A1 y A2). Se realizó un análisis de la confiabilidad y validez de los instrumentos de evaluación a través de la obtención del Alfa de Cronbach donde se obtuvo un puntaje de .94 para el electroencefalograma y .54 para la Batería NEUROPSI. Para el procedimiento del análisis estadístico se empleó una base de datos a través del programa Excel, obteniendo medidas de tendencia central, de dispersión y frecuencias y proporciones.

Resultados

La muestra obtenida para la presente investigación es de 288 alumnos de la carrera de Medicina de la FAMEN de la UJED campus Durango que pertenecen del 1° a 10° semestre, de esta muestra 126 (43.75%) pertenecen al sexo masculino y 162 (56.25%) al sexo femenino. La edad de los participantes oscila en un rango de 18 a 43 años. La media de la edad fue de 21.7 años, con una moda de 20 años y una mediana de 21 años, la desviación estándar fue de 2.35 años de edad.

Resultados por Ritmo (Hz)

Los promedios por cada área de registro de los ritmos de actividad cerebral de la muestra se describen a continuación:

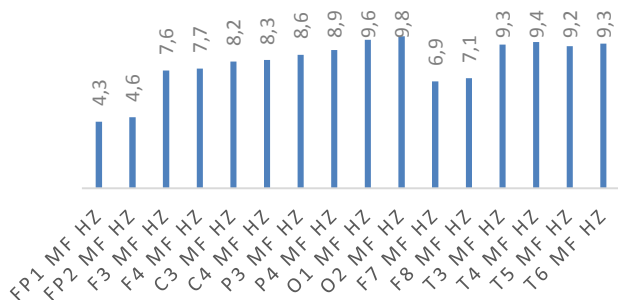


Grafico 1 Promedio de frecuencia media. Ritmo Delta (0.1-4Hz), Tetha (4-8Hz), Alfa (8-13Hz), Beta (13-30Hz). Unidad de medición Hz

En la tabla dos, se observa que los ritmos registrados en cada uno de los electrodos empleados, mostraron en su mayoría un rango de promedio de ritmo Alfa, con excepción de los electrodos de las áreas frontales de ambos hemisferios que mostraron promedio de actividad del rango Tetha. De acuerdo con la literatura esto indica una correcta funcionalidad normal en la actividad cerebral, a pesar de haber encontrado actividad del rango Tetha en las áreas frontales, ya que se considera normal cuando se acompaña de actividad Alfa.

Resultados por voltaje (Amplitud= μV^2)

En cuanto al promedio de los voltajes de los diferentes ritmos de actividad cerebral encontrados en cada área de registro, los resultados fueron los siguientes (grafico 2):

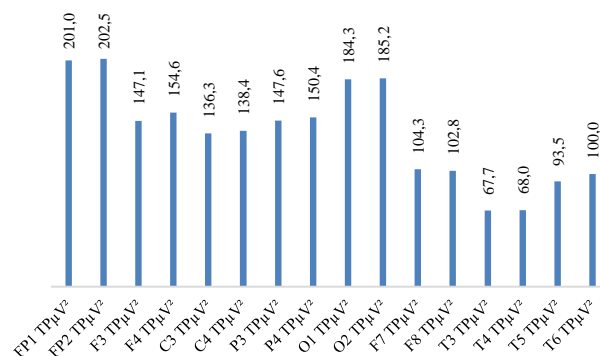


Grafico 2 Promedio de la Amplitud del voltaje. Unidad de medida (μV^2)

En el grafico 2 se observa que el promedio de la amplitud de la actividad cerebral registrada en cada electrodo oscila entre valores de $67.7 \mu V^2$ (T3) y $202.5 \mu V^2$ (Fp2). Valores que se pueden considerar dentro de parámetros normales, de acuerdo a lo referido por los autores Milagros Merino, Teresa, Farank e Igor Martínez (ver tabla 1).

Por su parte, la evaluación del cálculo se realizó mediante la Batería Neuropsicológica Breve en Español (Neuropsi) y se obtuvieron los siguientes resultados: Aquí se encontró una media de 2.57, moda y mediana de 3 con una desviación estándar de 0.65 del total de la muestra de los 288 participantes. De estas calificaciones, solo un participante tuvo un puntaje de 0 en la evaluación del cálculo, calificándolo con base en la prueba como una alteración severa, 23 (7.98%) de los participantes obtuvieron un puntaje de 1 que se califican en la batería como alteración moderada, 74 de los participantes equivalen al 25.7% y obtuvieron una calificación de 2 en la evaluación, calificándose con un nivel normal para la función del cálculo. Por último 190 de los participantes obtuvieron el puntaje máximo requerido en la prueba que es 3, equivalente al 65.97% de la muestra y calificándose según la batería con un nivel levemente por encima de lo normal.

La descripción de los resultados del cálculo entre hombres y mujeres es la siguiente:

En el grupo de hombres (126), la prueba de cálculo arrojó 9 (3.12%) hombres con calificación 1, 27 (9.37%) de ellos obtuvieron una calificación de 2 y por último 90 (31.25%) los que obtuvieron la calificación máxima de la prueba. En el caso de las mujeres (162) se tuvo solo un caso con puntuación 0 en la prueba, 14 (4.86%) con calificación de 1, 47 (16.31%) mujeres obtuvieron un calificación de 2 y por último 100 (34.72%) de ellas obtuvieron la calificación de 3.

Conclusiones

Con la presente investigación se ha logrado el objetivo de conocimiento y determinación de las pruebas evaluadas. De acuerdo a la literatura los resultados de los promedios de los ritmos cerebrales (Hz) se encuentra dentro de parámetros normales al igual que los resultados por promedio de la Amplitud del voltaje (μV^2).

En cuanto a la función del cálculo se puede concluir que es de gran importancia dentro del área médica, en este estudio se manifiesta que más del 90% de alumnos se encuentran en rangos normales y una desviación estándar por encima de lo normal los valores de la prueba, concluyendo que existe una eficiente habilidad para el cálculo en esta población.

Con la descripción de los resultados observados en el grupo de hombres y mujeres se encontró diferencia en los puntajes y porcentajes de cálculo de la batería Neuropsi, cabe mencionar que los ítems de la prueba son preguntas que evalúan un razonamiento matemático, esto dio como resultado que los hombres tuvieron un desempeño ligeramente más bajo en comparación con las mujeres, señalando lo que marcaba Bermejo Velazco al referir que se requiere de habilidades de tipo verbal para la resolución de este tipo de problemas, se encontró coincidencia que en el grupo de mujeres se observó mejor habilidad para el cálculo que en el grupo de los hombres.

Por otro lado, en las futuras investigaciones resultará interesante conocer la información que pueda generar la fusión de ambos instrumentos de evaluación, tanto el EEG como la Batería Neuropsicológica empleada en este estudio y hacer un aporte a lo que otros investigadores han encontrado desde el punto de vista neurofisiológico.

Agradecimiento

Al Instituto de Investigaciones Científicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) y a la Facultad de Medicina y Nutrición (FAMEN) de la UJED por haber el apoyo invaluable para la realización del proyecto.

Referencias

Académico, D. d. (2015, 2016). *Anuarios Estadísticos - Dirección de Planeación y Desarrollo Académico*. Obtenido de http://planeacion.ujed.mx/publico/ei_anuariosestadisticos.aspx

Alameda Bailén, S. A. (2007). Conocimiento numérico cuantitativo y léxico: evidencia de doble disociación. *Psicothema*, 381-387.

Allman JM, H. A. (2001). The anterior cingulate cortex. The evolution of an interface between emotion and cognition. *Ann NY Acad Sci*, 107-117.

Ardila A, R. M. (2002). Acalculia and dyscalculia. *Neuropsychol . Rev* , 179-231.

Barragán Sánchez, J. (2010). *LA INTEGRACION DE LA TECNOLOGIA EN EL PROCESO ENSEÑANZA APRENDIZAJE*. Obtenido de <http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx>: http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx/concurso/tematica_e/0132.pdf

Benke T, D. M. (2003). Basal ganglia lesions and the theory of fronto-subcortical loops. Neuropsychological findings in two patients with left caudate lesions. *Neurocase*, 70-85.

Brust Carmona H, e. a. (2013). Evolución clínica y electroencefalográfica de las secuelas de encefalopatía anóxico-isquémica. Informe de un caso. *Medigraphic Vol. 2 Núm. 2*, 86-98.

Dehaene S, S. E. (1999). Sources of mathematical thinking: behavioural and brain-imaging evidence. . *Science*, 970-974.

Dehaene, & Cohen. (1995). Towards an anatomical and functional model for number processing. *Math Cogn*, 83-120.

Dehaene, S. B. (1993). Te Mental Representation of Parity and Number Magnitude. *Journal of Experimental Psychology*, 371-396.

Egel E, S. P. (2003). A supramodal number representation in human intraparietal cortex. *Neuron*, 719-725.

F. Ramos-Arguelles, G. M. (2009). Técnicas básicas de electroencefalografía: principios y aplicaciones clínicas. *An. Sist. Sanit. Navar.*, 69-82.

Faranak F, V. M.-L. (2016). Characterizing and Modulating Brain Circuitry through Transcranial Magnetic Stimulation Combined with Electroencephalography. *Front. Neural Circuits*, 1-24.

H. Brust-Carmona, M. G.-A. (2015). Evolución de la potencia absoluta, relativa e índices de ritmos electroencefalográficos en estudiantes de primaria, licenciatura y maestría. *Salud Mental*, 25-35.

Héctor Brust-Carmona, M. G.-A. (2014). Evolución electroencefalográfica en un paciente con secuelas postraumatismo cerebral grave. *Medigraphic Vol. 3 Núm. 3*, 132-146.

Hubbard EM, P. M. (2005). Interactions between number and space in parietal cortex. . *Nat Rev Neurosci*, 435-448.

J. Alducin Castillo, O. Y. (2016). Análisis electroencefalográfico de la conectividad funcional en habituación por teoría de gráficas. *Revista Mexicana de Ingeniería*, 181-199.

J.A. Ríos Valles, J. H. (2015). Electroencefalografía y desempeño académico en estudiantes de Medicina UJED Durango. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*.

John Whalen, M. M. (1997). Localizing Arithmetic Processes in the Brain: Evidence from a Transient Deficit During Cortical Stimulation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 409-417.

Josep M. Serra-Grabulosa, A. A. (2010). Bases neurales del procesamiento numérico y del cálculo. *Rev Neurol*, 39-46.

Julia C, L. B. (2017). Expertise-related functional brain network efficiency in healthy older adults. *BMC Neuroscience*, 1-15.

Kalamian D, L. J. (2007). Working memory demands of exact and approximate addition. *Eur J Cogn Psychol*, 187-212.

Kong J, W. C. (2005). The neural substrate of arithmetic operations and procedure complexity. *Cogn Brain Res*, 397-405.

Liane Aguilar Fabré, R. F. (2014). La electroencefalografía en el manejo de la epilepsia. *Medicina, Salud y Sociedad*, 357-380.

López, J. D. (2009). ¿Qué código subyace a las Multiplicaciones? Evidencias de una tarea de magnitud con priming enmascarado. *Escritos de Psicología*, 27-34.

Luis Radford, M. A. (2009). Cerebro, cognición y matemáticas. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 215-250.

M.P. Salguero Alcañiz, J. L.-M. (2003). Procesamiento numérico y cálculo: evidencia de un caso desde la Neuropsicología cognitiva. *Revista de Neurología*, 817-820.

M.P. Salguero-Alcañiz, J. L.-M.-B. (2004). Independencia funcional del conocimiento numérico léxico y la representación de la magnitud: evidencia de un caso. *Revista de Neurología*, 1038-1042.

María P. Salguero Alcañiz, J. R.-B. (2014). Differences between oral and written calculation: evidence from cognitive neuropsychology from six brain-damage patients. *anales de psicología*, 684-690.

María P. Salguero-Alcañiz, J. R.-B. (2013). Independence of basic arithmetic operations: Evidence from cognitive neuropsychology. *Anales de psicología*, 1006-1012.

María Pilar Salguero Alcañiz, J. R. (2010). Diferencias neuroanatómicas y funcionales entre razonamiento numérico y cálculo: evidencia de doble disociación. *Análisis y Modificación de Conducta*, 33-42.

Marlon Igor Martínez B, G. T. (2006). Conceptos básicos de electroencefalografía. *DUAZARY*, 18-23.

McCloskey, M. (1992). Cognitive mechanisms in numerical processing: Evidence from acquired dyscalculia. *Cognition*, 107-157.

McCloskey, M. C. (1985). Cognitive mechanisms in number processing and calculation: Evidence from dyscalculia. *Brain and Cognition*, 4, 171-196.

Menon V, M. K. (2002). Prefrontal cortex involvement in processing incorrect arithmetic equations: evidence from event-related fMRI. *Hum Brain Mapping*, 119-130.

Milagros Merino, A. M. (2007). Electroencefalografía convencional en pediatría: técnica e interpretación. *An Pediatr. Contin.*, 105-108.

Okamoto, K. M. (2016). The Role of the Updating Function in Solving Arithmetic Word Problems. *Journal of Educational Psychology*, 1-12.

P.E. Bermejo-Velasco, L. C.-M. (2006). Acalculia: clasificación, etiología y tratamiento clínico. *REVISTA DE NEUROLOGÍA*, 223-227.

RÍOS-VALLES, José Alejandro, VARELA-CERVANTES, Luis Daniel, FERNANDEZ-ESCARZAGA, Jaime, HERNÁNDEZ-REYES, Mireya. Electroencefalografía cuantitativa y el cálculo en estudiantes de Medicina. *Revista de Ciencias de la Salud*. 2017.

Pastor, I. G. (2008). Alteraciones en el procesamiento del cálculo en pacientes con demencia tipo Alzheimer. Madrid, España. *IMERSO*.

Pesenti M, Z. L. (2001). Mental calculation in a prodigy is sustained by right prefrontal and mental temporal areas. *Nat Neurosci* , 103-107.

Pinel P, D. S. (2001). Modulation of parietal activation by semantic distance in a number comparison task. . *Neuroimage* , 1013-1026.

Price. (1998). The functional anatomy of word comprehension and production. *Trend Cogn Sci*, 281-288.

Rocio Muñoz, Y. O.-R. (2015). Habilidades numéricas y salud: una revisión crítica. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 111-123.

Salguero-Alcañiz MP, A. (2013). Sistema de procesamiento numérico y cálculo: evidencia desde la neuropsicología cognitiva. *Revista de Neurología*.

Seitz Rj, R. P. (1992). Learning of sequential finger movements in man: a combined kinematic and positron emission tomography (PET) study. *Eur J Neurosci*, 156-165.

Teresa, T. G. (2011). Manual básico para enfermeros en electroencefalografía. *Enfermería Docente*, 29-33.

Valentín Iglesias-Sarmiento, S. A.-D. (2012). PROCESAMIENTO COGNITIVO Y LOGRO ARITMÉTICO. *International Journal of Developmental and Educational Psychology* , 229-238.

Vargas, R. A. (2013). Matemáticas y neurociencias: una aproximación al desarrollo del pensamiento matemático desde una perspectiva biológica. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 37-46.

W. Fias, J.-P. v. (2016). The Temporary Nature of Number-Space Interactions. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 33-40.