

Función Atencional en Clínica Neuropsicológica: Estudio con Electroencefalografía de Bajo Costo, Neuroheadset-Epoc y Prueba d2

Marcelo Gaete Fernández & Marcela Véliz F.

Unidad de Neuropsicología dependiente del Centro de Salud, Facultad de Ciencia de la Salud, Universidad Arturo Prat de Iquique. Iquique, Chile.

Correspondencia: Marcelo Gaete Fernández. Unidad Neuropsicología, UNAP. Avenida Arturo Prat, 2120. Iquique, Chile. Teléfono: (+56) 985127445. Correo electrónico: marcelogaeteub@gmail.com

Resumen

En Chile la prevalencia de patologías que implican una disminución en las funciones cognitivas superiores muestran alto nivel de incidencia en el sistema de salud. Esto deja en evidencia la necesidad de diseñar nuevas estrategias para evaluación y diagnóstico. Se registró la actividad eléctrica-cerebral a través de dispositivo neuroheadset-Epoc, a 31 sujetos, durante aplicación de prueba neuropsicológica que evalúa función atencional test-d2. El proyecto se basó en que el dispositivo neuroheadset-Epoc, es capaz de medir parámetros en función atencional. El análisis de los datos utilizó prueba de normalidad Shapiro-Wilk, la cual arrojó resultados paramétricos para test d2, prueba t para una muestra, en donde las variables *Atención*, *Activación* y *Arousal*, no presentan diferencias estadísticamente significativas $p < .000$, mientras que se encontró diferencia estadísticamente significativa en el parámetro *Frustración* ($t = 1.263$; sig: .216; $p < .005$). La confiabilidad de los resultados se obtuvo a partir del alfa de Cronbach, el cual fue de .815. Finalmente, el coeficiente r Pearson arrojó correlaciones significativas entre dimensiones. Se planteó que es posible obtener segmentos de actividad electroencefalográfica, que reflejen los cambios en el potencial neuroeléctrico, constituyéndose en una estrategia de bajo costo, para evaluación e intervención en clínica neuropsicológica.

Palabras claves: Función atencional, neuroheadset-Epoc, test-d2.

Attentional Function in Clinical Neuropsychology: Study of a Low-cost Neuroheadset Epoc on Electroencephalogram (EEG) System-based and d2 Test

Summary

The present study registered neuro electrical activity using the Epoc neuroheadset device on 31 university students in the city of Iquique when submitted to a neuropsychological test that evaluates functional attention called d2 test. The Epoc neuroheadset device is considered to be a capable instrument for measuring attentional processes through EEG activity. In order to analyze data Shapiro-Wilks test of normality threw parametric results for test d2, test T for a sample, pointing the variants Engagement, Excitement and Valence, have no statistical significance $p < 0.000$ whereas it is acknowledged a statistically significant difference in the Frustration parameter ($t = 1,263$; $p < 0,05$). Confiability results derived from the Epoc are obtained through Cronbach's Alpha 0,815; finally, r coefficient of Pearson shows significant correlations between the evaluated variables. This study states the possibility to obtain a segment of electroencephalographic activity, which demonstrates the changes in bioelectric potential associated with the stimulus and explored cognitive function, contributing as a low-cost strategy capable of supporting in the field of evaluation and intervention of the clinical neuropsychology.

Keywords: Functional attention, Epoc neuroheadset, d2-test.

Introducción

El estudio de la función atencional ha sido en el último tiempo, foco de interés en el ámbito de las neurociencias, principalmente en relación al incremento de técnicas y metodologías de carácter no invasivo que permiten evaluar la actividad cerebral con una resolución espacial y temporal, que deja en evidencia las estructuras comprometidas en cada proceso sensorial, perceptual y cognitivo (Lavados & Slachevsky, 2013). Si bien los avances descritos fortalecen los procesos de investigación, dichas tecnologías se asocian de manera directa con altos costos, lo cual hace poco probable ampliar a los distintos contextos, este tipo de estudios respecto de las funciones cognitivas, haciéndose necesario plantear nuevas estrategias con el propósito de innovar y consolidar formas de evaluación, diagnóstico y rehabilitación desde un modelo de intervención neuropsicológico.

En Chile la incidencia del Trastorno por Déficit Atencional (TDA) presenta según recientes estudios, una prevalencia del 10% en el segmento de 4 a 18 años (De la Barra, Benjamín, Saldivia, & Melipillan, 2015). Por otra parte, el sistema de salud público chileno intenta abordar esta problemática a través de la publicación de guías de orientación para padres, así como también mediante el manejo dentro del modelo educacional; dichos enfoques ponen en relevancia los factores de comorbilidad asociados al trastorno en cuestión.

En el ámbito de la salud mental y en especial en la clínica psicológica, los procesos asociados a la función atencional también son un foco de interés, pues la experiencia indica que las funciones cognitivas se ven afectadas en una diversidad de pacientes, esto asociado

principalmente a secuelas derivadas de lesiones por traumatismo encéfalo craneano (Ariza, Pueyo, & Serra, 2004), así como también en pacientes con deterioro cognitivo leve y Alzheimer, producto del envejecimiento humano, siendo la atención un factor relevante a la hora de evaluar, diagnosticar e intervenir (Velilla, Soto, & Pineda, 2010).

La función atencional, como área de estudio, ha evidenciado una serie de propuestas teóricas; para efectos del presente estudio se trabajó bajo el modelo teórico propuesto por Posner, quien planteó inicialmente que las manifestaciones atencionales son producto de sistemas o estructuras cerebrales separadas, aunque relacionados entre sí (Posner & Dehaene, 1994). Bajo esta conceptualización, la atención sería comprendida como un sistema modular compuesto por tres redes: la red atencional posterior o de orientación, la red de vigilancia o de alerta y la red anterior o de control ejecutivo. Cada una de estas redes estaría encargada de funciones atencionales distintas y a su vez estarían asociadas a áreas cerebrales diferenciadas en un trabajo conjunto que, además considera la individualidad del sujeto, al incorporar aspectos evolutivos, psicosociales y emocionales (Petersen & Posner, 2012).

La evidencia señala que la atención es la base fundamental para el desarrollo eficiente de procesos cognitivos y de manejo conductual en la infancia y adolescencia (García & Ramos, 2012), así como en procesos asociados a distintas patologías neuropsiquiátricas en edad adulta y vejez (Sánchez Gill & Pérez Martínez, 2008). Esto hace necesario plantear nuevas estrategias para orientar el

manejo de la evaluación, el diagnóstico y la intervención en el ámbito clínico.

En este sentido, el trabajo en clínica en especial desde el enfoque neuropsicológico, pone énfasis en la función atencional del sujeto a través de una serie de pruebas, test o baterías que intentan explicarla desde una perspectiva centrada en el rendimiento, lo cual no permite incorporar de manera directa, parámetros de la actividad neurofuncional del paciente.

La presente investigación pretende integrar los conceptos teóricos sobre la función atencional, respecto a una propuesta descriptiva del uso de equipamiento BCI neuroheadset Epoc, sistema de bajo costo y fácil aplicación, asociado a la administración de una prueba estandarizada como es el test d2 (Brickenkamp, 2012).

El propósito del trabajo será describir la actividad bioeléctrica cortical mediante el uso del equipamiento Epoc, en relación a la función atencional, durante la ejecución de la prueba psicométrica denominada test d2.

La realización del proyecto se basa en la idea de vincular ambos instrumentos, en donde la hipótesis de trabajo plantea que el dispositivo neuroheadset Epoc, es un instrumento capaz de medir, a partir de la actividad eléctrica cerebral, parámetros relacionados con los procesos atencionales.

Método

Diseño

La investigación de carácter no experimental y de diseño transeccional exploratorio, se circunscribió a la observación de una situación única en el tiempo, con el propósito de describir variables y analizar la incidencia de ellas en

un momento determinado, recolectando datos sobre una nueva área, sin contar con ideas prefijadas (Hernández, Fernández, & Baptista, 2006).

Según lo anterior, se integró un modelo teórico con base en la función atencional y

se correlacionó con el rendimiento obtenido por un grupo de personas, mediante la aplicación de una prueba psicométrica estándar (test d2) y el monitoreo mediante tecnología BCI que entrega el dispositivo Epoc (Tabla 1).

Tabla 1
Características técnicas del Emotiv Epoc (Emotiv, 2016).

Número de Canales	16
Nombre de los Canales (Loc.: Int. 10-20)	AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, P3, P4, P7, P8, T7, T8, O1, O2
Método de Muestreo	Muestreo Secuencial, Solamente ADC
Frecuencia de Muestreo	~128Hz (2048Hz internos)
Resolución	16 bits (14 bits efectivos) 1 LSB = 0.51µV
Ancho de Banda	0.2 - 45Hz, filtros digitales de corte (50Hz y 60Hz)
Rango Dinámico	256mVpp
Modo de Acoplamiento	Acoplamiento AC
Conectividad	Wireless, Banda de 2.4GHz
Tipo de Batería	Litio-polímero
Duración de la Batería	12 h
Medición de Impedancia	Por Contactos
Electrodos de Referencia	P4 (CMS) y P5 (DRL)

Se planteó que es posible obtener un segmento de actividad electroencefalográfica, que demuestre los cambios en el potencial eléctrico cerebral relacionados específicamente con el estímulo y función cognitiva explorada, constituyéndose de esta forma en un patrón capaz de aportar en el ámbito de las evaluaciones neuropsicológicas, al complementar los datos y puntuaciones derivadas de la aplicación de un test específico.

Según las descripciones referidas a la actividad eléctrica y la capacidad de los

sistemas EEG de captar y procesar las distintas gamas de frecuencia, se diseñó una tarea que permitiera evaluar la función atencional y paralelamente obtener un registro de dicha actividad de acuerdo a los parámetros que refleja la plataforma Epoc. El dispositivo, al ser conectado entrega los siguientes datos:

- Engagement (Atención): Definido como el nivel de atención del sujeto, se ha correlacionado a un incremento en las ondas beta 1 (15 a 20 Hz) y un decrecimiento en la amplitud de las ondas alfa (Escobar, Schmidt, & Sardinas, 2011).

- Excitement (Activación): Definido como el nivel de alerta y explicado por un aumento de las ondas beta 2 (20-38 Hz) (Slanzi, 2014).
- Frustration (Frustración): Nivel de frustración y/o nivel de estrés, explicado por un aumento en el nivel de las ondas beta, alfa y actividad de ondas theta.
- Valence (Arousal): Definido como el nivel de actividad o arousal, refiere al nivel de activación global del sujeto frente a un determinado estímulo o tarea, considerando el incremento de ondas beta y alfa, lo que según algunas teorías sería descrito como una actividad global con una curva de incremento asociada a mayor o menor rendimiento frente a una actividad o tarea determinada (Landers, 1981).

Para cada una de las variables, el sistema Epoc arrojó un valor que va desde 0 a 1, asignándosele durante la aplicación del test d2, los siguientes parámetros:

- Nivel bajo de actividad: de 0 a 0,3.
- Nivel medio de actividad: de 0,4 a 0,6
- Nivel alto de actividad: de 0,7 a 1,0

Participantes

La investigación incluyó a 31 sujetos de ambos sexos (8 varones y 23 mujeres), con edades entre los 18 y 29 años ($M=19.90 \pm 2.90$ años). Los sujetos fueron seleccionados aleatoriamente entre alumnos de primer año de la carrera de psicología de la Universidad Arturo Prat, quienes aceptaron y ratificaron voluntariamente la invitación para ser parte del estudio. A cada participante se le informó sobre la finalidad del trabajo y la confidencialidad respecto a sus datos de identificación. Se aplicó el proceso de ingreso mediante la firma del respectivo consentimiento informado y se excluyó a

sujetos que estuvieran recibiendo tratamiento neuropsicológico o farmacológico, o con antecedentes de otras alteraciones psicológicas y psiquiátricas.

Entorno

La toma de muestras se realizó a inicios de 2016, en el Centro de Salud de la Universidad Arturo Prat, sede Iquique, en específico la Unidad de Neuropsicología, entidad que integra los trabajos clínicos y de docencia para las carreras de Psicología y Fonoaudiología de esta casa de estudios.

Instrumentos

· Test d2. El test d2 pertenece a la categoría de instrumentos que intentan abordar la función atencional, definiendo criterios asociados a resultados cuantitativos, estableciendo aspectos tales como; nivel de concentración mental y el esfuerzo o control atencional durante el desarrollo de una tarea determinada (Brickenkamp, 2012).

Desde la perspectiva de Rolf Brickenkamp, creador del test, el instrumento fue concebido como una herramienta que contempla la concentración como el resultado de desarrollar un proceso de atención selectiva a partir de la capacidad del evaluado para centrarse en uno o dos estímulos importantes, mientras se suprime deliberadamente la conciencia de otros estímulos distractores (Zillmer & Spiers, 1998).

El constructo de vigilancia o atención sostenida, con el que la atención selectiva está relacionada, se refiere a la capacidad de mantener la actividad atencional durante un período de tiempo (Bates & Lemay, 2004). El test d2 otorga una medida concisa de la atención selectiva y la concentración mental. Estos dos aspectos, se reflejan en tres componentes de la conducta

atencional:

- La velocidad o cantidad de trabajo, esto es, el número de estímulos que se han procesado en un determinado tiempo (un aspecto de la motivación o intensidad de atención).

- La calidad del trabajo, esto es, el grado de precisión que está inversamente relacionado con la tasa de errores (un aspecto del control de la atención).

- La relación entre la velocidad y la precisión de la actuación, lo que permite establecer conclusiones tanto sobre el comportamiento como sobre el grado de actividad, la estabilidad y la consistencia, la fatiga y la eficacia de la inhibición atencional.

El test d2 permite medir la velocidad de procesamiento, seguimiento de instrucciones y las características del sujeto durante la ejecución de una tarea que requiere discriminar estímulos visuales similares (señalar por líneas, en un tiempo limitado, las letras d con un rasgo particular). Este proceso permite la estimación de los niveles de atención y de concentración de sujetos de entre 8 a 88 años de edad y según las referencias de ponderación establecidas, definir las puntuaciones resultantes en las siguientes categorías:

-TR, total de respuestas: número de elementos intentados en las 14 líneas.

-TA, total de aciertos: número de elementos relevantes correctos.

-O, omisiones: números de elementos relevantes intentados, pero no marcados.

-C, comisiones: número de elementos irrelevantes marcados.

-TOT, efectividad total en la prueba, es decir TR-(O+C).

-CON, índice de concentración o TA-C.

-TR+, línea con mayor número de elementos intentados.

-TR -, línea con menor número de elementos intentados.

-VAR, índice de variación o diferencia (TR+)-(TR-).

El test d2 ha sido considerado desde sus orígenes como un instrumento de aplicación clínica (Brickenkamp, 2012) y en términos de confiabilidad y validez, ha sido contrastado en diversos estudios, demostrando que es una herramienta psicométrica adecuada para la evaluación de la función atencional (Cuesta et al., 2007). Los datos derivados de estudios normativos en distintos tipos de población señalan altos niveles de consistencia interna del instrumento (Jiménez et al., 2012), permitiendo contrastar resultados estandarizados, con los patrones de actividad electroencefalográfica obtenidos durante la aplicación de dicha prueba mediante el sistema neuroheadset Epoc.

Sistema Brain computer Interface Neuroheadset Epoc

El diseño de la investigación consideró el uso de tecnología BCI con capacidad electroencefalográfica de bajo costo. Estudios previos señalan que el dispositivo neuroheadset EPOC, desarrollado por la empresa Emotiv (costo asociado US\$750) presentaría características técnicas que facilitan su uso en distintos contextos (Harrison, 2013), esto a partir de aspectos como portabilidad, durabilidad de carga, mantención del equipo y soporte técnico (Emotiv, 2016).

En 2013, la U.S. Food and Drug Administration (FDA) aprobó la comercialización del primer examen de ondas cerebrales para evaluar el trastorno de déficit de atención e hiperactividad en

niños y adolescentes (FDA, 2013). El dispositivo denominado Sistema de Ayuda para la Evaluación Neuropsiquiátrica basado en Electroencefalograma (NEBA), consiste en un examen no invasivo de 15 a 20 minutos que calcula la relación entre dos frecuencias de ondas cerebrales estándar, conocidas como ondas theta y beta; el dispositivo señala la existencia de una relación de actividad de ondas theta/beta la cual demostró ser superior en niños y adolescentes con Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) en comparación a niños sin este trastorno (Snyder, Rugino, Horning, & Stein, 2013). Cabe hacer presente que no se logró encontrar referencias de su uso o aplicación en Chile.

Los sistemas BCI, sustentan su funcionalidad en los potenciales bioeléctricos corticales, los cuales son detectados mediante electrodos puestos sobre el cuero cabelludo. Las propiedades de estas señales (forma, intensidad, ubicación espacial) están correlacionadas con estados mentales asociados a las actividades motoras o sensoriales (Deutsch & Deutsch, 1992), lo cual hace posible determinar un estado mental a partir de las señales que entrega la actividad electroencefalográfica.

Las variables que entrega el dispositivo Epoc, permiten distinguir parámetros funcionales a través del software asociado (Xavier Control Panel V. 3.0.0.44), según los parámetros de actividad eléctrica que se generan a nivel cortical. Estos patrones son capturados por el sistema electroencefalográfico, generando según su frecuencia, amplitud, morfología y

principalmente su reactividad, una serie de rangos definidos (*Engagement, Excitement, Valance, Frustration*).

El sistema Epoc utiliza la nomenclatura del Sistema 10-20 Internacional para la distribución y aplicación de electrodos, los cuales, al ser ubicados en la superficie del cráneo humano, son capaces de captar y amplificar las señales registradas (American Electroencephalographic Society, 1991).

Para el proceso de captación de señales, el sistema Epoc interpreta la actividad eléctrica cerebral, la cual está conformada y ha sido descrita a partir de los rangos de frecuencias y amplitudes de onda.

Procedimiento

El protocolo de evaluación se llevó a cabo según la secuencia que a continuación se indica (Tabla 2), la que se elaboró posterior a pilotaje aplicado a un total de 10 voluntarios.

Análisis Estadístico

El análisis de los datos se realizó a través del software estadístico Spss (versión 21). Para estos efectos a continuación se señalan los estadísticos descriptivos de la muestra en relación al test d2 (Tabla 3). Los resultados obtenidos de la prueba psicométrica mostraron una distribución normal en los indicadores valor TR, valor TOT, valor TA e índice de concentración CON (Tabla 4). Esto según los baremos que ofrece el manual de aplicación del instrumento (Brickenkamp, 2012). La muestra, además, se ajustó a los parámetros de distribución esperados para el tipo de población evaluado (18 a 29 años).

Tabla 2

Protocolo de evaluación función atencional.

Protocolo de evaluación	
-	Ingreso al protocolo, con firma de consentimiento informado y verificación de criterios de inclusión y exclusión.
-	Ingreso a box de evaluación.
-	Colocación de equipamiento Electroencefalográfico Epoc (Figura 1).
-	Creación del perfil de usuario en equipo computacional asociado al dispositivo Epoc.
-	Calibración del equipamiento.
-	Aplicación de test d2.
-	Grabación de la actividad electroencefalográfica durante la aplicación del Test d2.
-	Revisión de protocolo test d2.
-	Ingreso de puntuaciones a software estadístico SPSS V.21
-	Segmentación de la actividad electroencefalográfica por línea de rendimiento del protocolo d2.



Figura 1. Instalación de equipamiento Epoc Emotiv fuente (Emotiv, 2016).

Tabla 3

Estadísticos descriptivos obtenidos del test d2 (elaboración propia).

	N	Mínimo	Máximo	M	(D.T.)	Asimetría		Curtosis	
						Estadístico	E.T.	Estadístico	E.T.
Total Respuesta	31	256.00	621.00	432.3548	93.11303	.069	.421	-.477	.821
Efectividad (TOT)	31	218.00	599.00	402.5484	87.81983	.100	.421	-.035	.821
Total Aciertos (TA)	31	102.00	263.00	160.3548	37.42775	.856	.421	.768	.821
Índice Concentración	31	66.00	261.00	153.7097	41.16972	.207	.421	.980	.821
Índice de Error	31	1.95	24.35	6.6359	5.34025	2.300	.421	5.547	.821
N válido	31								

*Puntajes obtenidos, refieren a las variables d2

Tabla 4

Prueba de normalidad obtenidos del test d2 (elaboración propia).

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Índice Concentración (CON)	.976	31	.694
Total Respuestas (TR)	.975	31	.677
Efectividad Total (TOT)	.989	31	.986
Total Aciertos (TA)	.948	31	.137

Resultados

Los resultados obtenidos mediante la utilización del dispositivo Epoc durante la aplicación del test d2, evidenciaron que el total de la muestra mantuvo a lo largo de la tarea en el parámetro *Engagement*, niveles medios-altos, misma condición en el parámetro *Excitement* (Tabla 5). Respecto

a los niveles asociados al parámetro *Valence* y *Frustration*, se observa que la muestra entrega una puntuación que fluctúa entre bajo y alto nivel a lo largo de la prueba, pudiendo, a partir de estas diferencias, realizar algunas inferencias referidas al rendimiento obtenido por cada participante durante el test d2 (Figura 2).

Tabla 5

Estadísticos descriptivos de los parámetros funcionales de Emotiv Epoc (elaboración propia).

	N	Mínimo	Máximo	M	(D.T.)	Asimetría		Curtosis	
						Estadístico	E.T.	Estadístico	E.T.
PROMENGAGEMENT	31	.50	.70	.6097	.08701	-.196	.421	-1.682	.821
PROMEXCITEMENT	31	.50	.70	.5968	.08360	.063	.421	-1.574	.821
PROMVALENCE	31	.40	.80	.5742	.08932	.253	.421	.355	.821
PROMFRUSTATION	31	.20	1.00	.5290	.16369	.619	.421	1.380	.821
N válido (según lista)	31								

Los resultados obtenidos mediante la prueba t para una muestra, con un valor equivalente a .5 (nivel promedio) permitió señalar que tanto las variables *Engagement*, *Excitement* y *Valence*, no presentan una diferencia estadísticamente significativa $p < .000$. Se encontró una diferencia estadísticamente significativa en el

parámetro *Frustration* ($t = 1.263$; sig: .216; significativa al nivel de $p < .05$).

Mediante el método de consistencia interna, se evaluó la confiabilidad del instrumento neuroheadset Epoc; para este efecto se utilizó el método de Alfa de Cronbach .815. Este resultado otorgó un buen nivel de confiabilidad de los parámetros que entregó

el dispositivo. El análisis correlacional entre los parámetros que arrojó el sistema Epop, deja en evidencia la interacción de cada uno de estos en términos de su direccionalidad positiva o negativa (Tabla 6). Los resultados obtenidos reflejaron cómo el

parámetro *Engagement* correlacionó de manera significativa con el de *Excitement* ($r=.921$), en contraste con *Frustration* se observó con un nivel significativo de correlación de carácter negativo ($r=-.652$).

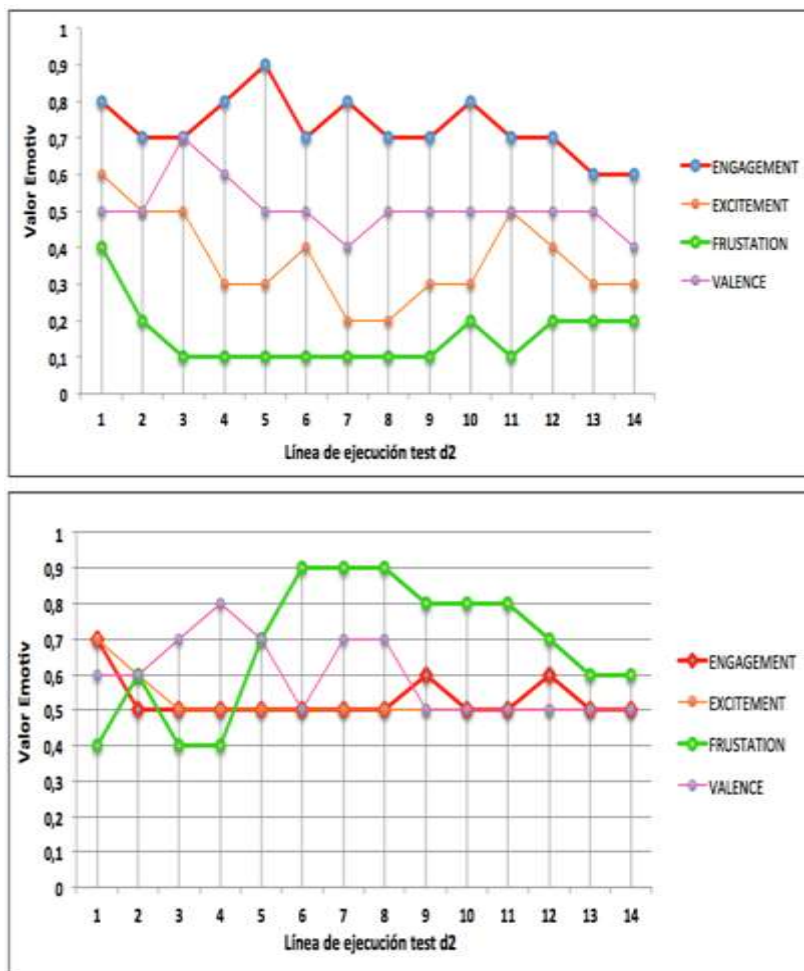


Figura 2. Parámetros comparados de actividad cortical según instrumento EPOC y rendimiento en variable concentración (CON), según baremos de test d2. Esto es según el registro comparado de actividad cortical de sujeto con mayor rendimiento atencional, nivel de concentración en test-d2 (percentil 80) y sujeto con menor rendimiento en test-d2 (percentil 5).

Discusión

Los resultados obtenidos evidencian los niveles de rendimiento asociados a parámetros derivados del test d2,

principalmente en relación con el ítem concentración de la prueba (CON). Se pudo distinguir que el patrón *Engagement* en valores sobre .6 (niveles medio y alto),

asociado al dispositivo Epoc, correlaciona con sujetos con mayor rendimiento atencional percentil 98, los cuales, de acuerdo a los parámetros de actividad electroencefalográfica se encontrarían

trabajando en una gama de frecuencias Beta1 (15 a 20 Hz), activando principalmente la red de control ejecutivo a nivel frontoparietal y corteza prefrontal.

Tabla 6

Correlación lineal de Pearson según resultados Epoc.

	ENGAGEMENT	EXCITEMENT	FRUSTATION	VALENCE
ENGAGEMENT	1			
EXCITEMENT	.921**	1		
FRUSTATION	-.652**	-.553**	1	
VALENCE	-.481**	-.369*	.304	1

**La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

*La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

Por otra parte, sujetos cuyos registros en el indicador CON no superaron el percentil 25, presentaron un patrón en patrón *Engagement*, que no superó el valor .5 (nivel medio). Si bien la muestra mantuvo una M=.60 (nivel medio) en este parámetro, al analizar la actividad por individuos, se puede determinar que existen patrones que interfieren en el desempeño de la tarea, principalmente se observa que el indicador *Frustration* (Figura 2) juega un rol importante en el desarrollo de la función atencional, pues como se observa, el 19,2% de la muestra que obtuvo valores altos en este indicador, se correlacionan con el grupo de sujetos que obtuvo los menores valores en relación al indicador CON y TR. Estos resultados correlacionan con lo planteado por Delgado, Palencia, Mogollón, y Etchepareborda (2014), en el sentido que el exceso de actividad beta frontal es una característica en poblaciones con diagnósticos asociados a déficit atencional combinado.

Lo anterior permite explicar, que pese a tener un indicador promedio en el

parámetro *Engagement*, al aparecer el indicador *Frustration* en la actividad electroencefalográfica, el sujeto comienza a experimentar un incremento en su actividad theta/beta, lo que genera una merma en su capacidad atencional durante la prueba, interfiriendo su capacidad de concentración, a pesar de realizar la tarea e intentar mantener un proceso de atención sostenida y selectiva.

Se encontró que la variable *Excitement* correlaciona con un rendimiento apropiado en la categoría TR, lo que apunta a que este indicador puede ser asociado a un nivel de activación adecuado de la red de vigilancia o de alerta. En algunos casos observados, cuando este patrón se encuentra en niveles medios o altos, se observó pese al correcto desempeño en el valor TR, una merma en los indicadores CON.

Los resultados iniciales respecto a la integración de tecnología electroencefalográfica de bajo costo denominado neuroheadset Epoc, lograron cumplir con el propósito planteado en la

investigación, pues apuntan a la posibilidad de ser incorporado como un instrumento válido para el análisis de la función atencional a partir de la actividad bioeléctrica en combinación con el uso de pruebas estandarizadas.

La experiencia obtenida permite plantear a futuro, la exploración de la función atencional en personas que presenten dificultades en el manejo de esta (TDAH, deterioro cognitivo, Alzheimer, etc.), abriendo un campo de evaluación en el contexto clínico capaz de integrar además del rendimiento por test o pruebas psicométricas, parámetros de actividad neurofuncional.

Según lo planteado, la evaluación de pacientes a través de parámetros psicométricos mediante el uso de test o baterías estandarizadas, ha permitido describir y analizar una serie de procesos y/o funciones cognitivas las que se encuentran en un plano de consolidación que facilita en la clínica llevar a efecto la evaluación, diagnóstico e intervención en pos de lograr el bienestar del consultante.

La experiencia clínica permite igualmente comprender que los instrumentos disponibles, en ocasiones no logran explicar el fenómeno en evaluación, o simplemente los evaluados se encuentran fuera de la norma por circunstancias como la edad, el nivel de escolarización o producto de un daño agudo o derivado de un déficit en su neurodesarrollo.

Los resultados de esta investigación permiten proponer una estrategia de evaluación de la función atencional de modo de incorporar el uso de tecnología BCI, de acceso y aplicación sencilla, al manejo clínico. Los parámetros que ofrece el dispositivo Epop, evidencian la capacidad de ser asociado a la medición y descripción

del rendimiento atencional, pues el análisis de los datos, reflejó que los parámetros obtenidos durante la aplicación del test d2, correlacionan con un determinado patrón de actividad bioeléctrica cortical de los sujetos.

La realidad nacional en el manejo clínico de patologías asociadas al deterioro de las funciones cognitivas superiores, surge como una necesidad emergente, tanto para una población infanto-adolescente la cual, según los estudios, presentan alta incidencia de problemáticas asociadas al neurodesarrollo, como para aquel segmento que envejece y que refleja alta prevalencia en patologías asociadas al deterioro del sistema nervioso central.

Lo anterior, deja en evidencia la necesidad de potenciar el trabajo con las diversas problemáticas referidas al estudio de las funciones cerebrales y exige el desarrollo de estrategias de intervención que faciliten el acceso de los pacientes a diagnósticos certeros.

Desde la perspectiva clínica el manejo de técnicas desde un enfoque neuropsicológico capaz de incorporar una perspectiva integral de la funcionalidad del paciente, permitirá al clínico mejorar las estrategias de evaluación y diagnóstico, así como la forma adecuada para intervenir y reinsertar, según la particularidad de las distintas patologías asociadas a las funciones cognitivas superiores.

Referencias

American Electroencephalographic Society. (1991). Guidelines for standard electrode position nomenclature. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 8, 200-202. Recuperado de http://journals.lww.com/clinicalneurophys/Citation/1991/04000/American_Electroenceph

alographic_Society.7.aspx

Ariza, M., Pueyo, R., & Serra, J. (2004). Secuelas neuropsicológicas de los traumatismos craneoencefálicos. *Anales de Psicología*, 2(2), 303-316. Recuperado de [http://www.ub.edu/neuropsychology/Articles_jmsg/Neuropsychologic_sequelaes_of_traumatic_bran_injury_\(Spanish\).pdf](http://www.ub.edu/neuropsychology/Articles_jmsg/Neuropsychologic_sequelaes_of_traumatic_bran_injury_(Spanish).pdf)

Bates M., & Lemay E. (2004). The d2 test of attention: Construct validity and extensions in scoring techniques. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 10(3), 392-400. doi:10.1017/S135561770410307X

Brickenkamp, R. (2012). *D2, Test de atención*. Madrid: TEA Ediciones.

Cuesta, M., de Iscar, M., Begega, M., Méndez, M., Álvarez, L., Solís, G.,...Arias, J. (2007). Psychometric properties of the d2 selective attention test in a sample of premature and born-at-term babies. *Psicothema*, 19, 706-710. Recuperado de <http://www.psicothema.com/pdf/3420.pdf>

De la Barra, F., Benjamín, V., Saldivia, S., & Melipillan, R. (2015). Epidemiología del TDAH en niños y adolescentes chilenos. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(5), 521-529. Recuperado de https://www.clinicalascondes.cl/Dev_CLC/media/Imágenes/PDF%20revista%20m%C3%A9dica/2012/5%20sept/Rev-med_Sept-2012_dev.impr-20.pdf

Delgado, I., Palencia, L., Mogollón, A., & Etchepareborda, M. (2014). Cociente theta/beta (NEBA) en diagnóstico del Trastorno por Déficit de Atención/Hiperactividad. *Revista de Neurología*, 58(Supl. 1), S57-S63.

Recuperado de <https://www.neurologia.com/articulo/2014013>

Deutsch, S., & Deutsch, A. (1992). *Understanding the nervous system*. S. l.: IEEE Press.

Emotiv. (2016). Recuperado de <http://www.emotiv.com/>

Escobar, E., Schmidt, G., & Sardinas, S. (2011). Alteraciones electroencefalográficas y trastorno por déficit de atención. *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*, 50(1), 3-6. Recuperado de https://www2.bago.com.bo/sbp/revista_ped/Vol50_1/Rev%20Pediatría%20N%2050%20vol%201%202011.pdf

Food and Drug Administration (2013). Food code. U.S.: Department of Health and Human Services. Recuperado de <https://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/RetailFoodProtection/FoodCode/UCM374510.pdf>

García, G., & Ramos, C. (2012). Propuesta didáctica para niños con déficit atencional: Estimulando el razonamiento analógico verbal para desarrollar la oralidad tardía. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 38(1), 131-148. doi: 10.4067/S0718-07052012000100008

Harrison, T. (2013). The Emotiv mind: Investigating the accuracy of the Emotiv EPOC in identifying emotions and its use in an Intelligent Tutoring System.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.

Jiménez, J., Hernández, S., García, E., Díaz, A., Rodríguez, C., & Martín, R. (2012). Test de atención D2: Datos normativos y desarrollo evolutivo de la atención en educación primaria. *European Journal of Education and Psychology*, 5(1), 93-106. doi: doi: 10.1989/ejep.v5i1.86

Landers, D. (1981). Arousal, attention, and skilled performance: Further considerations. *Quest*, 33(2), 271-283. doi: 10.1080/00336297.1981.10483758

Lavados, J., & Slachevsky, A. (2013). *Neuropsicología: Bases neuronales de los procesos mentales*. Santiago: Mediterráneo.

Petersen, S., & Posner, M. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, 35, 73-89. doi: 10.1146/annurev-neuro-062111-150525

Posner, M. I., & Dehaene, S. (1994). Attentional networks. *Trends in Neurosciences*, 17(2), 75-79. doi: 10.1016/0166-2236(94)90078-7

Sánchez Gill, I. Y., & Pérez Martínez, V. T. (2008). El funcionamiento cognitivo en la vejez: Atención y percepción en el adulto

mayor. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 24(2), 1-7. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/mgi/v24n2/mgi11208.pdf>

Slanzi, G. (2014). Estudio del impacto del uso de electroencefalograma en la identificación de website keyobjectcts. Universidad de Chile.

Snyder, S., Rugino, T., Horning, M., & Stein, M. (2013). *Evaluation of a method that integrates an electroencephalographic biomarker with a clinician's assessment of attention-deficit/hyperactivity disorder*. Neba Health.

Velilla, L., Soto, E., & Pineda, D. (2010). Efectos de un programa de estimulación cognitiva en la memoria operativa de pacientes con deterioro cognitivo leve amnésico. *Revista Chilena de Neuropsicología*, 5(3), 185-198. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1793/179318868002.pdf>

Zillmer, E., & Spiers, M. (1998). *Principles of clinical neuropsychology*. Pacific Groove, CA: Brooks/Cole.