



Universidad Modelo

Escuela de Ingeniería

Proyectos VIII

Semestre 8

Ariana Marilyn Sanchez Mutul

7 de junio del 2024

Joaquin Antonio Berzunza Gaytan

Tabla de Contenidos

Introducción (Marco Teórico)	
Bioseñales	.....3
EEG (Electroencefalograma)	.....3
Sistem 10/20	.....4
TGAM-1 by NeuroSky Mindwave Mobile.	.....5
Planteamiento del problema	
Hipotesis	.....8
Objetivos	
Objetivo General	.....8
Objetivos especificos	.....8
Materiales y Metodos	
Materiales	.....9
Protocolo de comunicación	.....9
Procesamiento de datos	.....9
Integración	.....10
Resultados	
Facilidad en el Control de la Concentración	.....13
Tendencias de Mejora y Dificultades en el Control de la Concentración	.....13
Limitaciones del Periodo de Pruebas	.....14
Discusión	
Perspectivas a Futuro	.....14
Conclusión	
Referencias	.....16

Indica de Figuras y Tablas

Figuras

Fig. 1. Tipos de onda (EEG)	4
Fig. 2. Diadema NeuroSky Mindwave Mobile	6
Fig. 3. Valores recibidos por la diadema.	7

Tablas

Bytes de Comunicación NeuroSky Mindwave Mobile	6
Lista de Comandos NeuroSky Mindwave Mobile	9

Tecnologías de entretenimiento en el entrenamiento de funciones cognitivas de niños con TDAH

Abstract

This project explores the potential of using video games as a cognitive training tool to enhance concentration, providing a promising foundation for future research in cognitive neuroscience. Preliminary findings indicate that some individuals can develop significant skills in controlling their bio-signals through targeted training. Different stimuli, such as auditory cues, were found to improve concentration, and specific brain wave patterns (alpha and beta) were correlated with optimal concentration levels. The study also emphasized the need for personalized training programs due to individual differences in concentration capabilities. Future research should consider extending the training period, diversifying game types and stimuli, expanding the sample size, and evaluating the integration of this approach with traditional therapies for ADHD. This innovative method has the potential to offer a more engaging and effective alternative to traditional therapies, enhancing cognitive performance and overall well-being.

Resumen

Este proyecto explora el uso de videojuegos como herramienta para mejorar la concentración. Los hallazgos preliminares indican que algunos individuos pueden controlar sus bioseñales con entrenamiento dirigido. Diferentes estímulos, como los auditivos, mejoran la concentración. Patrones específicos de ondas cerebrales (alfa y beta) se correlacionan con niveles óptimos de concentración. La necesidad de programas de entrenamiento personalizados es evidente por las diferencias individuales en la capacidad de concentración. Futuros estudios deben extender el periodo de entrenamiento, diversificar los tipos de juegos y estímulos, y ampliar la muestra. También deben evaluar la integración de este enfoque con terapias tradicionales para el TDAH. Este método innovador puede ofrecer una alternativa más atractiva y efectiva a las terapias tradicionales, mejorando el rendimiento cognitivo y el bienestar general.

Introducción

Bioseñales

La Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial (SMIA) en el 2017 definió que un bioseñal se aplica a todos los tipos de señales que pueden ser medidas y controladas continuamente en los seres biológicos y se refiere tanto a bioseñales eléctricas como no eléctricas [5]. Este tipo de valores adquiridos son claves para el procesamiento de los bioseñales y posteriormente aplicarlas en el campo de la salud, los bioseñales son clasificadas tanto eléctricas como no eléctricas.

Las bioseñales eléctricas se pueden obtener por medio de los siguientes estudios:

- EEG (Electroencefalograma): Mide la actividad eléctrica en el cerebro, utilizado comúnmente en neurociencia y medicina clínica.
- EMG (Electromiograma): Registra la actividad eléctrica de los músculos, útil en el estudio de la función muscular y en aplicaciones médicas y deportivas.
- ECG (Electrocardiograma): Detecta la actividad eléctrica del corazón, siendo esencial para el diagnóstico de problemas cardíacos.

A su vez los bioseñales no eléctricos podemos encontrarlas por medio de:

- Biorritmos: Ciclos biológicos que afectan el estado físico, emocional y mental de un individuo.
- Bioquímica: Señales relacionadas con la concentración de sustancias químicas en el cuerpo, como hormonas y enzimas.
- Respuestas Fisiológicas: Incluyen la temperatura corporal, la presión arterial y otros indicadores físicos que pueden ser medidos para evaluar la salud.

EEG

El cerebro, un órgano asombrosamente complejo, está compuesto por cientos de miles de células especializadas llamadas neuronas. La interacción entre estas neuronas se lleva a cabo mediante un fenómeno bioeléctrico conocido como sinapsis. Estas células transmiten información a través de impulsos que se desplazan alrededor de la membrana, desempeñando un papel esencial en la coordinación de funciones sensoriales, motoras y cognitivas [6].

Para comprender y estudiar la actividad cerebral, se emplean diversas técnicas, siendo la electroencefalografía (EEG) una herramienta fundamental. Este método utiliza electrodos no invasivos en la superficie craneal para detectar y registrar la actividad bioeléctrica. A diferencia de otras técnicas de imagen o observaciones conductuales, el EEG destaca por su excelente resolución temporal, permitiendo la toma de varios registros por segundo a través de múltiples sensores.

Otras técnicas, como la Magnetoencefalografía (MEG), registran la actividad del campo eléctrico generado por las neuronas, ofreciendo una excelente resolución temporal. Sin embargo, su implementación requiere detectores grandes, estacionarios y costosos, además de un mantenimiento especializado y capacitación para su operación. Por otro lado, la Imagen por Resonancia Magnética Funcional (fMRI) mide cambios en el flujo sanguíneo asociados con la actividad neuronal, proporcionando una excelente resolución espacial.

Dada la complejidad de la actividad neuronal humana, las oscilaciones neuronales se estudian como una mezcla de varias frecuencias base. Estas oscilaciones se dividen en rangos específicos, como delta, theta, alpha, beta y gamma, cada una reflejando estados cognitivos, de atención y afectivos particulares.

- Delta (0.5-4 Hz): Estudiada durante el sueño profundo, desempeña un papel crucial en la consolidación de la memoria.
- Theta (4-8 Hz): Relacionada con actividades cognitivas como la atención selectiva, asimilación de información, procesamiento, aprendizaje y memoria de trabajo.
- Alpha (8-12 Hz): Presente en respuestas a estímulos sensoriales, funciones motoras y de memoria, con niveles elevados durante la relajación con los ojos cerrados.
- Beta (12-25 Hz): Generada en regiones occipital y frontal, asociada con estados de pensamiento activo, funciones motoras, coordinación visual y espacial, ansiedad y concentración.
- Gamma (más de 25 Hz): Caracterizadas por frecuencia alta y baja amplitud, su función precisa en el cerebro aún no está claramente definida.

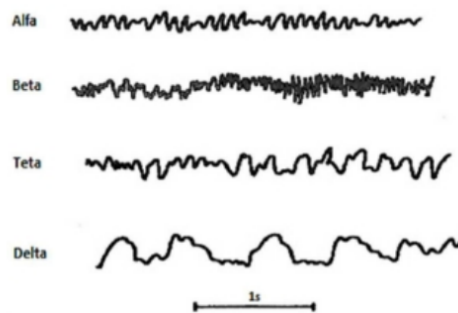


Fig. 1. Ondas Alfa, Beta, Theta y Delta obtenidos usando la diadema NeuroSky Mindwave Mobile

Sistema 10/20

El sistema 10/20 es una forma de describir la ubicación de electrodos en el cuero cabelludo para llevar a cabo electroencefalograma o mapeos cerebrales. Este sistema se utiliza para estandarizar la colocación de electrodos en investigaciones neurológicas y clínicas.

El sistema 10/20, se refiere a la distancia entre los puntos de medición, los electrodos se colocan en el cuero cabelludo siguiendo una disposición específica. El "10" se refiere a que la distancia entre dos electrodos adyacentes es del 10% o 20% de la distancia total entre dos puntos de referencia, mientras que el "20" indica que hay una separación de 20% entre los electrodos.

En el ámbito del proyecto de investigación, el desarrollo de un algoritmo de detección de niveles de concentración para la activación automática de un componente electrónico en una interfaz cerebro-computadora, el sistema 10/20 internacional es utilizado para localizar y seleccionar los electrodos adecuados para registrar las señales cerebrales.

Para la colocación de los electrodos, implica una técnica estandarizada que sigue una disposición específica en el cuero cabelludo, este método se basa en la distancia relativa entre puntos anatómicos clave en la cabeza de una persona. Se debe tener en cuenta los siguientes puntos clave:

- Nivel del nasión: Es el punto entre la frente y la nariz.

- Nivel de ini3n: Es el punto m1s bajo del cr1neo, en la parte posterior de la cabeza, normalmente identificado por un tope prominente.
- Puntos preauriculares: Se colocan anterior al 3ido.

La colocaci3n de electrodos sigue una convenci3n de etiquetado que combina letras y n1meros para designar la ubicaci3n espec1fica en el cuero cabelludo. Las letras identifican las regiones siguientes regiones:

- F para frontal
- T para temporal
- P para parietal
- O para occipital
- C para central

Mientras que los n1meros indican la posici3n anterior-posterior en cada regi3n, siendo los n1meros impares para el hemisferio izquierdo y pares para el derecho.

Los electrodos se colocan en diferentes lugares seg1n el porcentaje especificado en el sistema 10/20 internacional. Por ejemplo, los electrodos Fpz y Oz se colocan a 10% arriba del nasi3n y del ini3n, respectivamente. Los electrodos Fz y Pz se colocan a 20% de las primeras marcas, y as1 sucesivamente [7]. Los resultados de un EEG realizado utilizando el sistema 10/20 pueden mostrar patrones de actividad cerebral en forma de ondas cerebrales. Estas ondas pueden ser clasificadas en diferentes frecuencias, como las ondas delta (regi3n frontal), theta (l3bullo temporal y parietal), alpha (regi3n occipital), beta (regi3n frontal) y gamma (distribuidas en todo el cerebro), que est1n asociadas con diferentes estados mentales y funciones cognitivas.

Esto implica analizar la distribuci3n espacial y temporal de estas ondas cerebrales registradas en las distintas 1reas del cuero cabelludo. Los patrones de actividad pueden proporcionar informaci3n sobre la funci3n cerebral, identificar anomal1as o patrones asociados con ciertas condiciones neurol3gicas como epilepsia, trastornos del sue1o, lesiones cerebrales, entre otros.

TGAM-1 by NeuroSky Mindwave Mobile.

MindWave Mobile de NeuroSky (Figura 2) es una Interfaz Cerebro-Computadora (ICC) en una diadema que captura las ondas EEG (Figura 1) y el parpadeo de los ojos de un usuario. Este dispositivo resulta interesante para los desarrolladores, ya que permite programar algoritmos potentes con una interfaz para conectarse f1cilmente a dispositivos m3viles y utilizarlo en aplicaciones de investigaci3n [8].



Fig. 2. Diadema NeuroSky Mindwave Mobile

El biosensor EEG de NeuroSky digitaliza y amplifica las señales cerebrales analógicas crudas con el fin de proporcionar entradas concisas. Las características fundamentales de este biosensor son las siguientes:

- Conexión directa a electrodos secos: Este biosensor permite una conexión directa a electrodos secos, eliminando la necesidad de utilizar soluciones o geles especiales para la conducción eléctrica.
- Un canal EEG, referencia y tierra: El dispositivo dispone de un canal EEG principal, así como conexiones para referencia y tierra, proporcionando una configuración básica pero esencial para la monitorización de las ondas cerebrales.
- Detección de señal a niveles extremadamente bajos: La capacidad de detectar señales cerebrales a niveles mínimos es una característica destacada de este biosensor, permitiendo una captura precisa incluso de señales débiles.
- Filtro avanzado con alta inmunidad al ruido: El biosensor incorpora un filtro avanzado que ofrece una alta inmunidad al ruido, garantizando la calidad y la integridad de las señales registradas en entornos con interferencias electromagnéticas.
- EEG crudo a 512 Hz: Proporciona datos de EEG crudos a una frecuencia de muestreo de 512 Hz, lo que permite una alta resolución temporal en la adquisición de datos cerebrales.

El código que puede aparecer en los paquetes ThinkGear se encuentra detallado en la Tabla 1.

TABLA I THINKGEAR CODE			
Código	Longitud	Valor	Valor por defecto
0x02	N/A	Baja Calidad (0-200)	ON
0x04	N/A	eSense Atención (0-100)	ON
0x05	N/A	eSense Meditación (0-100)	ON
0x80	2	10-Bit de EEG sin procesar	OFF
0x83	24	Potencia EEG (integrado)	ON

TGAM1 cuenta con pads de configuración que pueden utilizarse para modificar dos configuraciones predeterminadas aplicadas al encender el chip. Estos pads de configuración están ubicados en la parte posterior de TGAM1, como se indica en el cuadro rojo de la Figura 3.

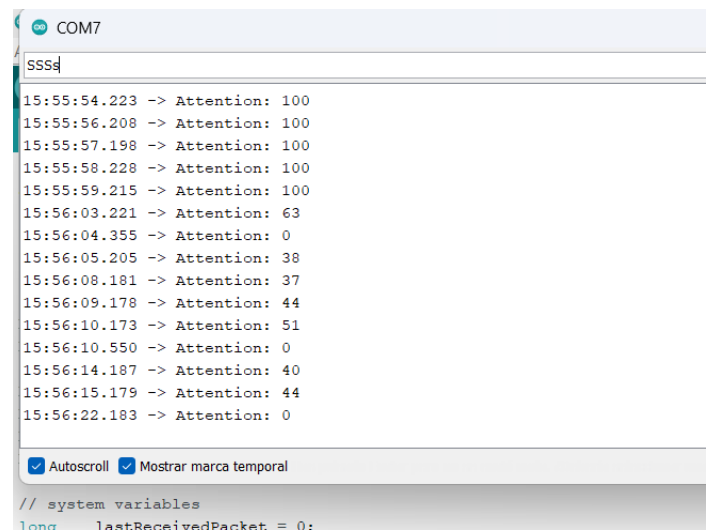


Fig. 3. Valores de la frecuencia recibida por la diadema.

Según la Tabla 2, los pads BR0 y BR1 configuran la velocidad de baudios de salida y el contenido de datos después de que TGAM1 se enciende. El pad M configura la frecuencia del filtro de muesca. El modo de salida normal incluye los siguientes datos de salida: valor de baja calidad, valor de EEG, valor de atención y valor de meditación.

Planteamiento del Problema.

La atención o concentración a lo largo del tiempo ha llevado diversas definiciones una de las más relevantes es mencionada por Marietan (1994) quien afirma que la atención es la focalización de la conciencia, se trata de una actividad direccional energizadora que participa y facilita el trabajo de todos los procesos cognitivos.

En consecuencia la atención sería un mediador funcional indispensable de todos los procesos cognitivos, es el proceso encargado de la admisión sistemática de los datos perceptuales en la conciencia [1].

Dentro de los resultados gráficos del EEG se han detectado la presencia de ondas con frecuencias variadas que se han relacionado con diversos estados cognitivos, como lo son las ondas alfa y beta en relación a estados de relajación y concentración, respectivamente. [3]

En México, el trastorno por déficit de atención e hiperactividad ha ganado una mayor atención en los últimos años, pero aún enfrenta varios desafíos en términos de diagnóstico, tratamiento y apoyo, se caracteriza por síntomas como dificultad para concentrarse, impulsividad y comportamiento hiperactivo. A pesar del conocimiento reconocido en México en comparación con el pasado, todavía puede haber casos no diagnosticados debido a la falta de conciencia y educación pública sobre el trastorno. Esto puede llevar a retrasos en la identificación y tratamiento adecuado. Existen varios productos y enfoques diseñados para abordar el trastorno, además de la terapia conductual y la medicación. Desde programas de entrenamiento cognitivo y ejercicios diseñados para mejorar las habilidades cognitivas, la atención y la memoria, aplicaciones y dispositivos específicos. Además de la terapia conductual tradicional, existen enfoques de modificación de conducta. Estos enfoques se centran en la modificación de comportamientos problemáticos y la enseñanza de estrategias de autorregulación [13]. Uno de los desafíos clave en el manejo del TDAH es la falta de motivación para el tratamiento, que a menudo implica terapia conductual y medicación. Muchos pacientes, especialmente niños y adolescentes, pueden tener dificultades para comprometerse con el tratamiento, tal como expresó Toomey en su artículo sobre las razones por las cuales los pacientes no continúan el tratamiento [15].

La investigación propuesta tiene como objetivo la implementación de un algoritmo de detección de niveles de concentración mediante una diadema comercial para controlar un videojuego. De esta manera presentando una alternativa más llamativa para los entrenamientos de habilidades cognitivas de los jóvenes que padecen del trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH). Los resultados obtenidos se utilizarán para validar la efectividad del algoritmo en la mejora de estas habilidades. La realización de estos experimentos permitirán evaluar la viabilidad y la aplicabilidad práctica del algoritmo desarrollado, contribuyendo así al avance de la investigación en interfaz cerebro-computadora y sus aplicaciones en el ámbito de la mejora del rendimiento cognitivo.

Hipotesis

La implementación de tecnologías de entretenimiento son una herramienta viable para el entrenamiento de la capacidad cognitiva, mientras le permite los pacientes sentirse más involucrados en sus terapias de comportamiento cognitivo-conductual.

Objetivos

General. Emplear los alcances de las bioseñales con el fin de proponer una herramienta para el posible entrenamiento de funciones cognitivas juvenes diagnosticados con el déficit de atención.

E.1. Realizar un análisis mediante literatura acerca del déficit de atención.

E.2. Determinar el tipo de tecnología a aplicar para el tratamiento a pacientes con déficit de atención.

E.3. Desarrollar un software atractivo que permita a los pacientes que sufren de déficit de atención sentirse más interesados e involucrados en los entrenamientos.

E.4. Demostrar que el uso de estas tecnologías con fines de entretenimiento puede emplearse para fines de rehabilitación.

Materiales y metodos

Materiales

- Arduino Nano
- Computadora
- Componente Bluetooth HC-06
- Neurosky Mindwave
- Unity (Software de programación)

Protocolo de comunicación

Mediante el uso del software de IDE Arduino y el microprocesador Arduino UNO se realizó el enlace *bluetooth* con el sistema de la diadema *Mindwave* principalmente por medio del módulo bluetooth. Para poder realizar la configuración del componente se empleó la consola serial del software. Donde fue necesario el uso de una lista de comandos nos permiten realizar la configuración correcta para el emparejado de nuestros dispositivos. Estos comandos nos permiten modificar diferentes parámetros del componente al igual que realizar distintas pruebas que pueden indicar información sobre su comportamiento.

Para poder agilizar la conexión entre los dispositivos se limitó el rango de búsqueda para que al momento de encender, este en seguida buscará conectarse con la diadema, esto se logró modificando el modo del componente y posteriormente enlazando con la dirección de acceso del sensor. Como solamente se está recibiendo información, el rol configurado fue el de maestro para darle la oportunidad de construir la transmisión de data transparente. Igualmente, los baudios fueron modificados con la finalidad de obtener la mayor cantidad de datos con los que podemos trabajar.

TABLA II
HC-05 LIST OF COMMANDS

Function	AT COMMAND	Parameter (Px)
Test	AT	None
Reset	AT+RESET	None
Set/Inquire connection mode	AT+CMODE=P1	0
Bind Bluetooth address	AT+BIND=P1	2068,9d,3f4805
Set/Inquire module role	AT+ROLE=P1	1
Set/Inquire serial parameter	AT+UART=P1, P2, P3	115200,0,0
Inquire access code	AT+INQM=P1, P2, P3	1,1,48

Procesamiento de datos.

Mediante la literatura disponible, gracias al acceso a la información que permite la compañía NeuroSky sobre sus productos, se adquirieron los datos necesarios para poder procesar la información. El sensor de EEG analiza la frecuencia de la señal para poder identificar el tipo de información que está obteniendo. Esto permite distinguir entre ruido y actividad cerebral. Teniendo en cuenta el sistema intencional establecido para la colocación de electrodos, observamos que el punto que se está analizando es el punto prefrontal 1. Al trabajar con esta zona, una vez identificadas las frecuencias deseadas, dependiendo de la actividad eléctrica que sea generada por el encéfalo podemos obtener indicios de concentración en la persona o si esta es casi inexistente diríamos que esta se encuentra en un estado de reposo o bien practicando meditación.

Integración (Unity).

Dado que el objetivo de la herramienta es generar interés en los pacientes, la interfaz del usuario debe ser atractiva ya que de esta manera se empieza a despertar la curiosidad. Empleando softwares de edición de imágenes como Photoshop o Procreate, se diseñarán diferentes objetos y escenarios donde se pretende que el usuario se encuentre al momento de hacer uso de la herramienta didáctica. Esencialmente se necesitarán 3 elementos. Un cronometro, una barra de progreso y un contador para la puntuación.

Una vez completados los modelos, la interfaz y el haberse familiarizado con el comportamiento del sensor, será necesario integrar todos los elementos en un mismo proyecto. Utilizando la plataforma de desarrollo de videojuegos Unity, se puede desarrollar el ambiente de juego haciendo uso de los modelos. Para poder controlar la interfaz de juego se empleará Matlab, ya que es capaz de realizar acciones en la computadora una vez la actividad eléctrica haya superado el umbral establecido. Es decir, una vez se detecte el estímulo deseado, esto presionara una tecla digital la cual indicara al juego que se ha cumplido el objetivo y presentara una nueva situación. Siguiendo esta lógica se seguirán el siguiente listado de pasos.

1. Configurar la escena según las necesidades. (Timer, Score, Progress)

2. Crear un nuevo script en C# para manejar la comunicación serial.
3. Crea una interfaz gráfica (GUI) en Unity para mostrar los datos recibidos del puerto serial.
4. En el script que maneja la interfaz gráfica, acceder al componente y actualizar sus valores con los datos recibidos del puerto serial.
5. Ejecutar el juego en Unity y comprobar si los datos del puerto serial se muestran correctamente en la interfaz gráfica.
6. Reparar cualquier bug que podría llegar a presentarse.

Dado que se busca medir el nivel de eficacia de este tipo de tecnología en los pacientes se realizará una prueba con 5 voluntarios, diagnosticados con cierto nivel de TDAH, para poder medir su progreso cognitivo a lo largo del estudio. Si al finalizar el periodo de evaluación la retroalimentación muestra resultados positivos, podríamos concluir que estas tecnologías si tienen la capacidad de darle a las personas la capacidad de entrenar sus capacidades de una manera más divertida e interesante.

El juego seleccionado para los entrenamientos fue "Pong", un juego sencillo que permitía la cuantificación de los resultados de las pruebas de concentración. Utilizando los bioseñales de la corteza prefrontal en el lóbulo frontal del encéfalo, se controlaba la posición de la barra del juego. Los jugadores obtenían puntos cada vez que la pelota rebotaba, proporcionando una métrica directa y continua del rendimiento del jugador. Para corroborar la viabilidad del modelo de entrenamiento, se esperaba observar alguna tendencia de mejora en los resultados a lo largo del periodo de pruebas. El estudio se llevara a cabo durante dos semanas, utilizando los días hábiles para realizar las pruebas con los participantes seleccionados.

Resultados

Facilidad en el Control de la Concentración

Conforme avanzaba el estudio, se descubrió que algunos sujetos de prueba mostraban una mayor facilidad para controlar sus niveles de concentración. Estos participantes, a lo largo de las sesiones de entrenamiento, comenzaron a mostrar mejoras consistentes en su capacidad para mantener la concentración y controlar la barra del juego de manera más efectiva. Un ejemplo destacado fue un usuario que podía mover su enfoque de manera más precisa al escuchar ciertos ruidos. Este hallazgo sugiere que algunos individuos pueden desarrollar habilidades de concentración mejoradas mediante la exposición repetida y el entrenamiento dirigido.

Tendencias de Mejora y Dificultades en el Control de la Concentración

Entre aquellos que mostraron mejoras, se observó una tendencia positiva en la capacidad de mantener la concentración durante periodos más largos y con mayor precisión en el control del juego. Sin embargo, esta tendencia fue más marcada en algunos individuos que en otros. En particular, los

participantes que lograron mejores puntuaciones tendieron a desarrollar estrategias personales para mantener su concentración, como focalizar su atención en respuesta a estímulos auditivos.

Por otro lado, algunos participantes presentaron muchas dificultades para controlar sus niveles de concentración. Estos individuos mostraron poco o ningún avance en el control de la barra del juego a lo largo del periodo de pruebas. Las razones para estas dificultades varían, pero pueden incluir diferencias individuales en la capacidad de concentración, la familiaridad con el entorno del juego o incluso la fatiga mental.

Limitaciones del Periodo de Pruebas

A pesar de las observaciones prometedoras, el periodo de pruebas de dos semanas fue demasiado corto para obtener conclusiones definitivas sobre la efectividad del entrenamiento basado en videojuegos para mejorar la concentración. Los avances observados en algunos participantes sugieren que un periodo de entrenamiento más prolongado podría resultar en mejoras más significativas y consistentes.

Discusión

Este proyecto demuestra el potencial de los videojuegos como herramienta para el entrenamiento cognitivo, especialmente en la mejora de la concentración, lo que ofrece una base prometedora para futuras investigaciones en neurociencia cognitiva. Los hallazgos preliminares sugieren que algunos individuos pueden desarrollar habilidades significativas para controlar sus bioseñales a través del entrenamiento dirigido. Se observó que diferentes estímulos, como los auditivos, pueden mejorar la concentración, y que los patrones de ondas cerebrales específicas (alfa y beta) pueden correlacionarse con niveles óptimos de concentración. El estudio también destacó la importancia de personalizar los programas de entrenamiento debido a las diferencias individuales en la capacidad de concentración. Futuras investigaciones deberían considerar extender el periodo de entrenamiento, diversificar los tipos de juegos y estímulos, ampliar la muestra y evaluar la integración de este enfoque con terapias tradicionales para el TDAH. Este enfoque innovador tiene el potencial de proporcionar una alternativa más atractiva y efectiva a las terapias tradicionales, mejorando el rendimiento cognitivo y el bienestar general.

Perspectivas a futuro

Los resultados preliminares indican que el uso de videojuegos como herramienta de entrenamiento para mejorar la concentración podría ser viable y efectiva para algunos individuos. Las observaciones sugieren que con un periodo de entrenamiento más largo, se podrían identificar mejoras más robustas y sostenidas en la capacidad de concentración.

Futuras investigaciones deberían considerar un diseño de estudio con un periodo de pruebas extendido y una muestra más grande para validar estos hallazgos. Además, se podrían explorar variaciones en los tipos de juegos utilizados y los estímulos asociados para identificar las condiciones óptimas para el entrenamiento de la concentración en individuos con TDAH. Este enfoque tiene el potencial de proporcionar una alternativa más atractiva y efectiva a las terapias tradicionales, haciendo que los pacientes se sientan más involucrados y motivados en sus tratamientos de comportamiento cognitivo-conductual.

Además, durante el proceso de investigación, pueden descubrirse nuevas variables que se asocian al control y análisis de las bioseñales. Estas variables podrían incluir factores como el tipo de estímulo auditivo o visual que mejor facilita la concentración, las diferencias individuales en las respuestas neurofisiológicas a los videojuegos, y la identificación de patrones específicos de ondas cerebrales que se correlacionan con niveles óptimos de concentración. La exploración de estas variables no solo podría mejorar la comprensión de cómo se puede utilizar la tecnología de entretenimiento para el entrenamiento cognitivo, sino también abrir nuevas vías para personalizar y optimizar los tratamientos para el TDAH basados en bioseñales.

Conclusión

Si bien el proyecto fue capaz de producir resultados que quizá no hayan sido los esperados se logró aprender muchos conceptos, desde protocolos de comunicación hasta diseño de interfaces gráficas. Se resalta el valor de los estímulos auditivos y visuales en el proceso de concentración, sugiriendo que la combinación adecuada de estos puede potenciar los resultados del entrenamiento. Aunque los resultados preliminares son prometedores, se requiere de investigaciones adicionales con un mayor número de participantes y un periodo de entrenamiento más prolongado para validar estos hallazgos y mejorar la precisión de los métodos utilizados. Es importante resaltar que se tiene el potencial de transformar las terapias tradicionales para el TDAH y otros trastornos de atención, proporcionando una opción más atractiva y motivadora para los pacientes. Al integrar la tecnología de entretenimiento con técnicas de neurociencia cognitiva, se abre un nuevo camino para mejorar el bienestar general de manera más efectiva y personalizada. Aun queda mucho por aprender pero se considera un buen punto de partida para más adelante.

Referencias

- [1] Alchalabi, A. E., Shirmohammadi, S., N. Eddin, A., & Elsharnouby, M. (2018). FOCUS: Detecting ADHD patients by an EEG-based serious game. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 67(7), 1512–1520. <https://doi.org/10.1109/tim.2018.2838158>
- [2] Ramos-Argüelles, F., Morales, G., Egozcue, S., Pabón, R., & Alonso, M. (2009). Técnicas básicas de electroencefalografía: principios y aplicaciones clínicas. *An. Sist. Sanit. Navar*, 32, 69–82.
- [3] Pfurtscheller, G., & Klimesch, W. (1992). Event-related synchronization and desynchronization of alpha and beta waves in a cognitive task. In *Induced Rhythms in the Brain* (pp. 117–128). https://doi.org/10.1007/978-1-4757-1281-0_6
- [4] LaRocco, J., Le, M. D., & Paeng, D.-G. (2020). A systemic review of available low-cost EEG headsets used for drowsiness detection. *Frontiers in Neuroinformatics*, 14. <https://doi.org/10.3389/fninf.2020.553352>
- [5] Reyes Garcia, C. A. (2017). Procesamiento y clasificación de bioseñales con inteligencia computacional. *smia.mx*. http://smia.mx/comia/2017/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=127#:~:text=El%20t (accessed Dec. 19, 2023).
- [6] Valdez, E. G., Díaz, M. S. G., & Hernández, D. A. G. (2019). Aplicación móvil para medir el nivel de atención y concentración en niños con autismo grado 1. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 6. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3117/2581> (accessed Dec. 19, 2023).
- [7] Molano-Pulido, R. M., Parca-Acevedo, F., Cabrera, F. M., & Ñungo-Londoño, H. (2021). Prototipo control de vehículo robot por señales EMG. *Visión Electrónica*, 15(2), 264–271. <https://doi.org/10.14483/22484728.18948>
- [8] Moreno, J., Morales, O., Chanona, L., Tejeida, R., Flores, P., & Calderón, V. (2019). Design of a brain-computer system to measure brain activity during a dolphin-assisted therapy using the TGAM1 EEG sensor. *Research in Computing Science*, 148(11), 139–151. <https://doi.org/10.13053/rcs-148-11-11>
- [9] Chaarani, B., Ortigara, J., Yuan, D., Loso, H., Potter, A., & Garavan, H. (2022). Association of video gaming with cognitive performance among children. *JAMA Network Open*, 5(10), e2235721. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.35721>
- [10] Granic, I., Lobel, A., & Engels, R. (2014, January). The benefits of playing video games. *Radboud University Nijmegen*. <https://www.apa.org/pubs/journals/releases/amp-a0034857.pdf>
- [11] Malinverni, L., Mora-Guiard, J., Padillo, V., Valero, L., Amaia, H., & Parés, N. (2017). An inclusive design approach for developing video games for children with autism spectrum disorder. *Computers in Human Behavior*, 71, 535–549. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.01.018>
- [12] Qiu, N., Ma, W., Fan, X., Zhang, Y., Li, Y., Yan, Y., Zhou, Z., Li, F., Gong, D., & Yao, D. (2018). Rapid improvement in visual selective attention related to action video gaming experience. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00047>

- [13] Rapport, M. D., Orban, S. A., Kofler, M., & Friedman, L. M. (2013). Do programs designed to train working memory, other executive functions, and attention benefit children with ADHD? A meta-analytic review of cognitive, academic, and behavioral outcomes. *Clinical Psychology Review*, 33(8), 1237-1252.
<https://doi.org/10.1016/j.cpr.2013.08.005>
- [14] Sújar, A., Martín-Moratinos, M., Rodrigo-Yanguas, M., Bella-Fernández, M., González-Tardón, C., Gómez, D., & Blasco-Fontecilla, H. (2022). Developing serious video games to treat attention deficit hyperactivity disorder: Tutorial guide. *JMIR Serious Games*, 10(3), e33884. <https://doi.org/10.2196/33884>
- [15] Toomey, S. L., Sox, C. M., Rusinak, D., & Finkelstein, J. A. (2012). Why do children with ADHD discontinue their medication? *Clinical Pediatrics*, 51(8), 763–769. <https://doi.org/10.1177/0009922812446744>
- [16] Vuorre, M., Johannes, N., Magnusson, K., & Przybylski, A. K. (2022). Time spent playing video games is unlikely to impact well-being. *Royal Society Open Science*, 9(7). <https://doi.org/10.1098/rsos.220411>
- [17] Krull, K. R., & Chan, E. (2023). Patient education: Treatment of attention deficit hyperactivity disorder in children. *UpToDate*.
<https://www.uptodate.com/contents/treatment-of-attention-deficit-hyperactivity-disorder-in-children-beyond-the-basics#H13>