

EFECTOS DEL PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DEL SEGUIMIENTO OCULAR POR ESTUDIANTES CON ENFERMEDAD NEUROMUSCULAR

EFEITOS DO PROGRAMA DE TREINAMENTO DE RASTREADOR OCULAR PARA ALUNO COM DOENÇA NEUROMUSCULAR

EFFECTS OF THE EYE TRACKER TRAINING PROGRAM FOR STUDENTS WITH NEUROMUSCULAR DISEASE

Juliana Roberta FANTI¹
Ligia Maria Presumido BRACCIALLI²

RESUMEN: Este artículo presenta parte de una investigación de maestría que elaboró, aplicó y analizó un programa de capacitación sobre el uso de un seguidor ocular como dispositivo de acceso a computadoras para estudiantes con enfermedades neuromusculares, verificando el efecto del programa en el desempeño motor. La investigación se caracterizó como experimental con un diseño de un solo sujeto de tipo A-B-A. Las variables investigadas fueron precisión, tiempo de reacción, tiempo de movimiento y error, medidos por el software Discrete Aiming Task 2.0, Tracking Task 2.0 y Single Switch Performance Test 1.0. Los resultados evidencian un cambio positivo en el desempeño motor del participante, excepto de la frecuencia de errores, que aumenta proporcionalmente al porcentaje de tiempo de movimiento, lo que indica una relación positiva entre las variables, relacionadas con la demanda de la tarea. Se concluye que el programa de capacitación mejoró el desempeño motor del alumno en el uso del eye tracker, brindando el uso independiente del recurso en el entorno escolar.

PALABRAS CLAVE: Educación especial. Tecnología de asistencia. Enfermedades neuromusculares. Rastreador de ojos. Aprendizaje motor.

RESUMO: *Este artigo apresenta parte de uma pesquisa de mestrado que elaborou, aplicou e analisou um programa de treinamento de uso de rastreador ocular como dispositivo de acesso ao computador para alunos com doenças neuromusculares, verificando o efeito do programa sobre o desempenho motor. A pesquisa caracterizou-se como experimental com delineamento de sujeito único do tipo A-B-A. As variáveis pesquisadas foram acurácia, tempo de reação, tempo de movimento e erro, mensuradas pelos softwares Discrete Aiming Task 2.0, Tracking Task 2.0 e Single Switch Performance Test 1.0. Os resultados demonstram mudança positiva no desempenho motor da participante, exceto na frequência de erros, que aumentou proporcionalmente à porcentagem de tempo de movimento, indicando uma relação positiva entre as variáveis, relacionada à demanda da tarefa. Conclui-se que o programa de treinamento melhorou o desempenho motor da aluna no uso do rastreador ocular, proporcionando o uso independente do recurso no ambiente escolar.*

¹ Universidad Estatal Paulista (UNESP), Marília – SP – Brasil. Maestría en Educación. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4698-0449>. E-mail: julianafanti@yahoo.com.br

² Universidad Estatal Paulista (UNESP), Marília – SP – Brasil. Profesora jubilada del Departamento de Educación Especial. Doctorado en Educación Física (UNICAMP). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2540-3725>. E-mail: ligia.braccialli@unesp.br

PALAVRAS-CHAVE: Educação especial. Tecnologia assistiva. Doenças neuromusculares. Rastreador ocular. Aprendizagem motora.

ABSTRACT: *This Article presents part of an research of master's degree that was elaborated, applicated and analyzed an training program of use of eye tracking as dispositive access to computer to students with neuromuscular diseases, checking the effects about the motor performance. The research characterizes as experimental with outline as subject unique as type A-B-A. The resource variety where accurate, reaction time, moviment time and error, measured by the softwares Discrete Aiming Task 2.0, Tracking Task 2.0 and Single Switch Performance Test 1.0. The results demonstrate positive changes on motor performance, except on error frequency, that raised proportionally to the percentage of moving time, showing an positive relation between the variants, on the demanding of the task. It oncludes that the training program raised up the motor performance of the student that used eye tracking, giving independency to the source on school ambient.*

KEYWORDS: *Special education. Supportive tecnlogy. Neuromuscular diseases. Eye tracking. Motor learning.*

Introducción

Este artículo presenta una sección de una disertación de un programa de posgrado *strictu sensu* de una universidad pública estatal ubicada en la ciudad de Marília, en el estado de São Paulo, y parcialmente financiada por el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico - CNPq. sobre el rendimiento motor del estudiante, después de la aplicación del programa por parte del investigador, en un estudio de diseño de tipo A-B-A de una sola asignatura, y este diseño de investigación fue seleccionado debido al número de participantes, que contemplaron los requisitos de inclusión en este estudio.

El texto de este artículo discute la aplicación del programa de entrenamiento y sus efectos en la medición del rendimiento motor de los estudiantes con enfermedad neuromuscular, considerando las variables precisión, tiempo de reacción, tiempo de movimiento y error.

El proceso de inclusión de niños con discapacidad física por enfermedad neuromuscular progresiva es bastante desafiante, ya que estos estudiantes necesitan modificaciones y adaptaciones de recursos y estrategias pedagógicas para así su participación, autonomía e independencia en el contexto escolar, manteniendo su calidad de vida. Las adaptaciones para estos estudiantes deben centrarse en el uso de sus funciones residuales y ofrecer el menor gasto de energía y esfuerzo motor posible durante las actividades. Sin embargo, la disponibilidad del recurso pedagógico adaptado no siempre es suficiente para que su uso se produzca de manera

efectiva, y en ocasiones son necesarias las tecnologías y equipos que permiten el acceso a estos recursos.

Entre los recursos de la tecnología de asistencia, la computadora se destaca como un equipo que puede promover la estimulación de las funciones motoras residuales, la independencia y la inclusión de los niños con discapacidades físicas graves.

La computadora ofrece varias posibilidades para leer, buscar, comunicar y registrar la escritura de contenido pedagógico, cuando estas funciones se ven significativamente afectadas por deficiencias de las estructuras motoras.

Sin embargo, los equipos periféricos que permiten el acceso a la computadora, como el ratón y el teclado, no siempre son eficientes para las personas con enfermedades neuromusculares, reduciendo significativamente las oportunidades para que esta población participe en tecnologías (RAYA *et al.*, 2010).

Existen muchas ofertas de software y dispositivos de acceso a computadoras, como teclado virtual, sistema de escaneo, unidad de comando de voz o movimientos de la cabeza, sin embargo, la progresión continua de la discapacidad motora en estudiantes con enfermedad neuromuscular puede impedir el uso de la computadora y dispositivos de acceso más comunes, requiriendo una característica de tecnología de asistencia que es más sensible al movimiento y requiere menos funciones motoras para su activación.

El rastreador ocular se considera un dispositivo apropiado para diversos fines de control comunicativo y ambiental para personas con discapacidades físicas graves, incluidas las enfermedades neuromusculares (MAJARANTA; DONEGAN, 2012).

Sin embargo, también se encuentran limitaciones en el uso de estos dispositivos, como el agotamiento visual, la ergonomía y las condiciones ambientales, la calibración y la configuración del sistema, el alto costo y la capacitación (SPATARO *et al.*, 2014; KÄTHNER; KÜBLER; HALDER, 2015; GARRY *et al.*, 2016; CHANG *et al.*, 2017).

Para las personas con enfermedades neuromusculares, estas limitaciones aumentan la tasa de desuso del dispositivo de detección. Según Federici y Borsci (2014), para resolver estas limitaciones se debe presentar una "solución asistencial", que implica además de la oferta del dispositivo, una capacitación y monitoreo realizado por un profesional especializado para el uso del recurso.

La realidad en diferentes países ha demostrado que la adquisición y uso de recursos de tecnología de asistencia, ya sea de bajo o alto costo, tiene que ir acompañada de programas de capacitación con el usuario y con profesionales de la educación. La falta de un programa de

capacitación ha sido una razón para el abandono del recurso, a menudo sin haber sido utilizado nunca.

Para la efectividad del entrenamiento del uso del rastreador ocular, se debe proponer un programa para favorecer un cambio en el rendimiento motor ocular del individuo, considerando que este dispositivo de acceso requiere funciones oculomotoras específicas de los humanos, que son diferentes del uso habitual de los ojos.

A partir de esta información, se cuestionó: ¿puede un programa de entrenamiento para el uso de dispositivos de rastreador ocular mejorar el rendimiento oculomotor en el acceso a la computadora de un estudiante con enfermedad neuromuscular progresiva?

El estudio tuvo como objetivo comparar el rendimiento oculomotor de los estudiantes con enfermedad neuromuscular antes y después de la aplicación de un programa de entrenamiento individualizado.

Método

La investigación fue llevada a cabo por un estudio de un solo sujeto, A-B-A, caracterizado por la recolección con un solo participante, y él fue su propio control. Sus conclusiones se obtuvieron por el efecto de una intervención en condiciones controladas, y el comportamiento medido repetidamente hasta la estabilidad o variaciones mínimas. La variable dependiente es el comportamiento medido, en el que el investigador aplica su intervención y mide sus efectos. La línea de base (A) describe las respuestas del período sin intervención, reflejando el rendimiento natural del comportamiento medido, mientras que la línea B, llamada intervención, mide las respuestas de rendimiento durante la intervención. En este modelo de investigación experimental (A-B-A), la línea de base se replica después de la intervención, con el fin de demostrar que los cambios en el rendimiento se mantienen incluso después de que se cierra la intervención (GAST, 2010).

Ética en la investigación

En un primer momento, se contactó con el Departamento Municipal de Educación y la Dirección Regional de Educación de una ciudad mediana del interior de São Paulo para esclarecer la investigación y posteriormente autorizar su realización.

Después de la autorización, se solicitó a las instituciones mencionadas que encuestaran a los estudiantes matriculados en la educación común de las escuelas públicas del municipio y

la región, registrados en la Empresa de Procesamiento de Datos del Estado de São Paulo (PRODESP) con enfermedades neuromusculares, en el grupo de edad entre siete y diecisiete años. Los sectores responsables de Educación Especial de las dos instituciones colaboraron con la investigación proporcionando los nombres de las escuelas y salas de servicio especializadas que tenían estudiantes con discapacidades físicas matriculados. Hasta ahora no había información sobre los diagnósticos de los estudiantes con discapacidades físicas.

Luego, el investigador acudió personalmente a cada escuela indicada, para identificar a los posibles participantes para la investigación. Con el propósito de identificar a los estudiantes diagnosticados con enfermedad neuromuscular, el investigador tuvo acceso a los registros escolares de cada estudiante con discapacidades físicas.

Los estudiantes con enfermedad neuromuscular comprobada por informe médico fueron listados por el investigador y posteriormente, se solicitó autorización al director de la escuela para la recolección de datos en el entorno escolar, estableció días, hora y lugar para la recolección, y luego se contactó a los familiares de los estudiantes seleccionados para la presentación de la investigación y la entrega del Formulario de Consentimiento Libre e Informado, si aceptaron participar en el estudio.

Inicialmente, siete participantes fueron identificados con los criterios necesarios para la inclusión en el estudio, pero uno se trasladó a otra jurisdicción, otros dos no autorizaron la participación en la investigación, uno murió en la fecha de inicio de la recolección, por lo que solo tres participantes comenzaron la investigación. Después de una semana de recolección de datos, dos participantes no pudieron continuar en la investigación, porque hubo suspensión del transporte escolar debido al mantenimiento y no pudieron ir a la escuela, y solo un participante completó la investigación.

El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación con el número CAAE: 81841417.1.0000.5406. Siguiendo los criterios éticos, el Formulario de Consentimiento Libre e Informado y el Formulario de Consentimiento fueron leídos y firmados por la persona responsable y participante respectivamente, antes del inicio de la recolección de datos.

Participante

Participó en la investigación una niña de 9 años diagnosticada con Distrofia Muscular, tipo no especificado, estudiante de 4º año de una escuela común.

Para describir las limitaciones y potencialidades motoras del niño, el niño fue sometido a evaluación utilizando la escala de Medición de la Función Motora en Enfermedades

Neuromusculares - MFM, y la información obtenida fue organizada y presentada por la Figura 1. El niño presentó deterioro motor severo en los miembros superiores e inferiores, disminución del rango de movimiento en los hombros, compensación postural para realizar los movimientos deseados. Otra información relevante para la descripción de la participante es que utilizó una silla de ruedas con banda abdominal para el posicionamiento y uso del transporte escolar adaptado. Por otro, la mesa escolar no presentó ninguna adaptación. En las actividades de grabación de contenido pedagógico, hubo lentitud en la copia, y la adaptación propuesta por la escuela para esta tarea fueron las impresiones de algunas actividades escolares. A su vez, el estudiante asistía a la sala de apelación de discapacidad física, en la propia escuela, dos veces por semana.

Figura 1 - Puntuación de la capacidad del motor como % del participante

| Dimensiones | Cálculo de la puntuación en % |
|------------------|-------------------------------|
| Dimensión 1 (D1) | 0 |
| Dimensión 2 (D2) | 58,3 |
| Dimensión 3 (D3) | 76,1 |
| Puntuación total | 38,5 |

Fuente: Elaboración propia

D1= posición de pie y transferencias; D2 = motricidad axial y proximal; D3 = motricidad distal

Recogida de datos

Para el posicionamiento del estudiante durante la recolección de datos, se utilizó una mesa escolar rectangular común con las siguientes dimensiones: altura de 76cm, longitud de 60cm y ancho de 45cm; silla de ruedas común con ancho total de 64,5 cm, altura total de 88 cm.

Siguiendo los estándares ergonómicos, además de la mesa, se utilizó soporte reclinable para portátiles con inclinación variable de 0 a 90°.

Para la recopilación de datos, un *Notebook HP Touch Smart* PC, con un monitor de 12,1 pulgadas, sistema operativo Windows Vista y rastreador ocular del dispositivo *Tobii PCEye Go* (Tobii Dynavox), que se acopló a la visualización del *notebook* permitiendo al usuario controlar las actividades en la pantalla con movimientos oculares, sin el uso *del ratón* o teclado común (TOBII DYNAVOX, 2015).

La Figura 2 contextualiza temporalmente las cinco semanas de recolección de datos y las actividades desarrolladas durante este período, incluyendo la capacitación del profesional de apoyo pedagógico, quien se encargó de la aplicación de las pruebas, para que no haya sesgo

en la investigación, y también la evaluación motora del estudiante y la medición de datos a través de un software específico, las líneas de base y la intervención.

Figura 2 - Cronología de la recopilación de datos con el participante A

| | Formación - apoyo pedagógico profesional (evaluador) | Evaluación motora - MFM | Línea de base - A ¹ | Intervención - B | Línea de base - A ² |
|-----------------|------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|
| Semana 1 | | | | | |
| Semana 2 | | | | | |
| Semana 3 | | | | | |
| Semana 4 | | | | | |
| Semana 5 | | | | | |

Fonte: Elaborado pelos autores

Inicialmente, el investigador realizó la evaluación motora del participante del estudio. También en la primera semana, se realizó una capacitación con el profesional de apoyo pedagógico sobre los siguientes contenidos: dispositivo para el acceso a la computadora por rastreador ocular (*Tobii PCEye Go*) y uso de software de medición del rendimiento motor. Este profesional, durante la recolección de datos, realizó la calibración diaria del dispositivo de rastreador ocular y aplicó las pruebas a través del software de medición, *Discrete Aiming Task 2.0* (DAT) (OKAZAKI, 2008), *Tracking Task 2.0* (TT) (OKAZAKI, 2008) y *Single Switch Performance Test 1.0* (SSPT), que midió el rendimiento motor del estudiante. Las evaluaciones fueron realizadas por este profesional para que no hubiera sesgo en la investigación, ya que el investigador desarrolló el programa de intervención.

Las cuatro semanas siguientes incluyeron la recolección de datos del rendimiento oculomotor en el uso del dispositivo de tecnología de detección ocular asistida, totalizando veinte sesiones, cinco días escolares por semana.

Los primeros cinco días escolares de recolección de datos se caracterizaron por la medición del rendimiento oculomotor natural de la línea de base A¹. Los siguientes diez días escolares, la segunda y tercera semana, caracterizaron la fase de intervención (B), en la que se aplicó el programa de entrenamiento del uso del rastreador ocular.

La cuarta y última semana, durante los cinco días lectivos, se contempló la fase final de recolección de datos, la Línea base A², que midió el rendimiento oculomotor natural del

estudiante en el uso del dispositivo de rastreador ocular después del período de intervención, es decir, sin la aplicación del programa de entrenamiento.

Durante los veinte días de recolección de datos, se desarrolló un diario de campo en formato descriptivo, con notas sobre los comportamientos del estudiante frente al uso del dispositivo de tecnología de asistencia.

Diariamente, durante el período resultante de la recolección de datos, el investigador organizó los materiales, el mobiliario y el equipo, y solo entonces el estudiante fue dirigido por el profesional de apoyo educativo a la sala para su recolección. Luego, el profesional de soporte posicionó al participante y realizó la calibración y configuración del dispositivo utilizando el software *Gaze Interaction*, que acompaña al propio equipo, *Tobbi PCEye Go*.

El método de activación se configuró individualmente para que el participante de ambas maneras posibles permaneciera y parpadeara, estando en el resto con tipo reloj de retroalimentación, en color rojo y tiempo de permanencia de 640 milisegundos. El tamaño del punto fue de 68 px, con opacidad al 80%; y parpadeo con duración mínima de activación de 162 milisegundos y duración máxima de activación de 644 milisegundos, tipo punto pulsante de retroalimentación, rojo, con tamaño de 68 px y opacidad del 80%.

El software utilizado en esta investigación para medir el rendimiento oculomotor del participante durante la recolección de datos de la línea de base A¹ y A² y la fase B de intervención fueron desarrollados por el investigador Prof. Dr. Victor Hugo Alves Okazaki, en 2008, y están disponibles para su descarga gratuita en el sitio web (<https://okazaki.webs.com/softwaredownloads.htm#297051518>), siendo el *Discrete Aiming Task* utilizado para medir la precisión, el *Tracking Task* para medir el tiempo de reacción y *Single Switch Performance Test* se utiliza para medir el tiempo de movimiento y los errores, todo se mide mediante el uso del dispositivo de acceso de rastreador ocular.

En cuanto al programa de formación, utilizando la fase de intervención B de la investigación, fue elaborado por el investigador a partir del marco teórico propuesto por Hagedorn (2007), el nivel de ocupación del desarrollo, que utiliza desde una perspectiva reduccionista para pequeños episodios de desempeño, es decir, el uso de tareas graduadas desde el nivel simple hasta el más complejo para entrenar aspectos específicos de las funciones.

La duración de las sesiones de intervención, línea B, fue de una hora, en la que en los primeros quince minutos se realizaron ejercicios de estimulación oculomotora y los otros cuarenta y cinco minutos se utilizaron para realizar las tareas del programa de entrenamiento elaborado por el investigador.

Análisis de datos

Las mediciones de rendimiento del motor analizadas fueron precisión, tiempo de reacción, tiempo de movimiento y errores.

Para la medición, la precisión variable se fragmentó en dos medidas, el tiempo total de movimiento, que es el tiempo dedicado a seleccionar el objetivo en la tarea y el tiempo por movimiento, que es el tiempo promedio dedicado a activar el objetivo de la tarea.

Para medir el tiempo de reacción, esta variable se dividió en tres medidas, el tiempo de activación promedio, que es el tiempo promedio dedicado a activar el objetivo de la tarea, el tiempo de activación más rápido, que es el tiempo más corto dedicado a activar el objetivo de la tarea y el tiempo de activación más lento, que es el tiempo dedicado más tiempo para activar el objetivo de la tarea.

El tiempo de movimiento y los errores se consideraron una sola variable, porque son inversamente proporcionales, estando fragmentados en porcentaje de tiempo en el círculo, que es el porcentaje de tiempo que el cursor permaneció dentro del círculo durante el tiempo de la tarea, y en frecuencia de errores, que son los errores cometidos en el seguimiento del objetivo durante la tarea.

Los datos recogidos, *con el software* para la medición rendimiento del motor *Discrete Aiming Task, Tracking Task y Single Switch Performance Test*, después de ser medidos, fueron exportados automáticamente *a Microsoft Excel por el propio software*, y representados por gráficos de líneas; más tarde, fueron enviados a tres jueces para su análisis visual y luego sus respuestas enviadas para el análisis de concordancia.

Para hacer los gráficos se transcribieron todos los datos relativos al tiempo de ejecución de la tarea en decisegundos y el eje vertical apropiado en todos los gráficos, así como se agregó una línea de tendencia en cada gráfico para una mejor visualización de los cambios de medición en las variables investigadas en este estudio.

El análisis visual fue realizado por tres jueces independientes, con formación y especialización en educación especial y desarrollo motor, y los gráficos fueron enviados a través de una dirección de correo electrónico junto con un protocolo de análisis visual basado en Vieira (2007).

El protocolo de análisis visual tuvo como cuerpo cinco preguntas dirigidas a las características de tendencia presentadas por gráfico en cada fase de la investigación, líneas de base e intervención, así como al cambio notable en el comportamiento oculomotor resultante del aprendizaje motor.

El acuerdo entre los jueces fue evaluado por el índice de acuerdo de Fagundes (1999), considerándose valores entre 66% y 90%, donde el índice mayor al 90% representa una confiabilidad muy alta, el índice entre el 80% y el 89% representa una alta confiabilidad, el índice entre el 66% y el 79% de confiabilidad aceptable, y el índice menor al 66% representa baja confiabilidad (BAUER; GASKELL, 2004).

Resultados

Los resultados se representaron en gráficos, presentando la relación de las variables: (1) precisión, (2) tiempo de reacción y (3) tiempo de movimiento/error.

Como se describió anteriormente, la precisión es la precisión con la que se realizó la tarea, y se mide el tiempo total de respuesta y el tiempo por movimiento.

El tiempo de reacción (RT) mide la cantidad de tiempo en decisegundos que el usuario tardó en iniciar la tarea, es decir, el tiempo entre el inicio del estímulo de la tarea y el inicio de la acción del usuario, y el estímulo está representado por una señal de luz, sonido o palabra escrita, en este caso un estímulo visual y sonoro. Para esta variable, se midió el tiempo de conducción promedio, el tiempo de conducción más rápido y el tiempo de conducción más lento.

En cuanto a la medida de errores, esta puntúa el desempeño de la acción con respecto a la precisión, considerando la cantidad de errores cometidos en el desempeño de la acción requerida por la tarea.

Por otro lado, el tiempo de movimiento considera la velocidad requerida por la acción de la tarea, definida por la variación de la posición del objeto en función del tiempo.

Exactitud

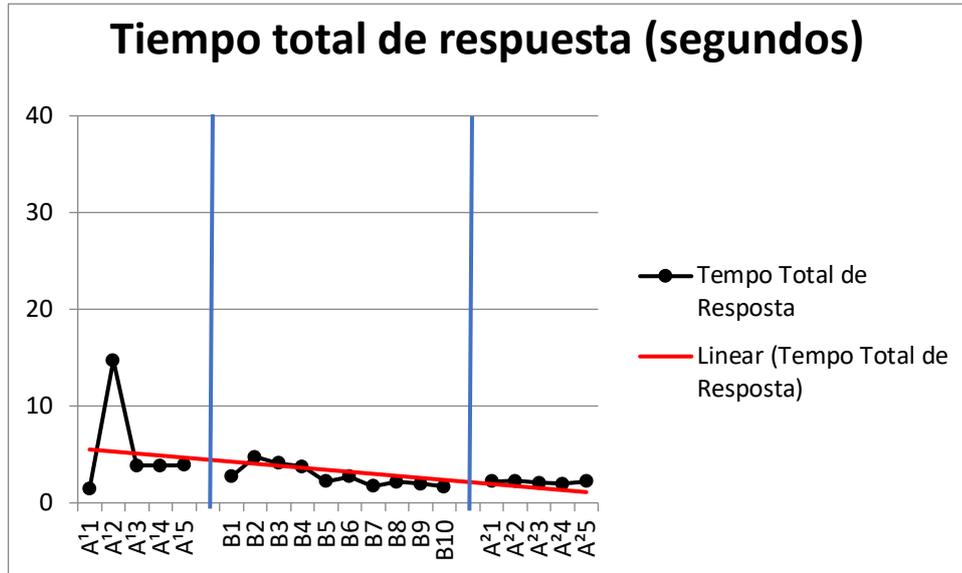
En cuanto a la precisión, se midieron dos variables, el tiempo total de respuesta y el tiempo por movimiento.

La figura 3 representa la variable de tiempo por movimiento en un gráfico.

Los datos presentados en la Figura 3 indicaron una línea de tendencia estable en el tiempo de respuesta total de la fase inicial, que fue disminuyendo en la fase B y estabilizada en la fase final, reduciendo su tiempo en 16,6 decisegundos desde la línea de base A¹ hasta la línea de base A².

El análisis visual del gráfico mostró un índice de acuerdo del 100% para la disminución del cambio de tendencia y el rendimiento motor. En el acuerdo sobre el aprendizaje, el índice fue del 66%, lo que representa una fiabilidad aceptable.

Figura 3 - Gráfico de tiempo por movimiento (segundos de decisión)³



Fuente: Elaboración propia

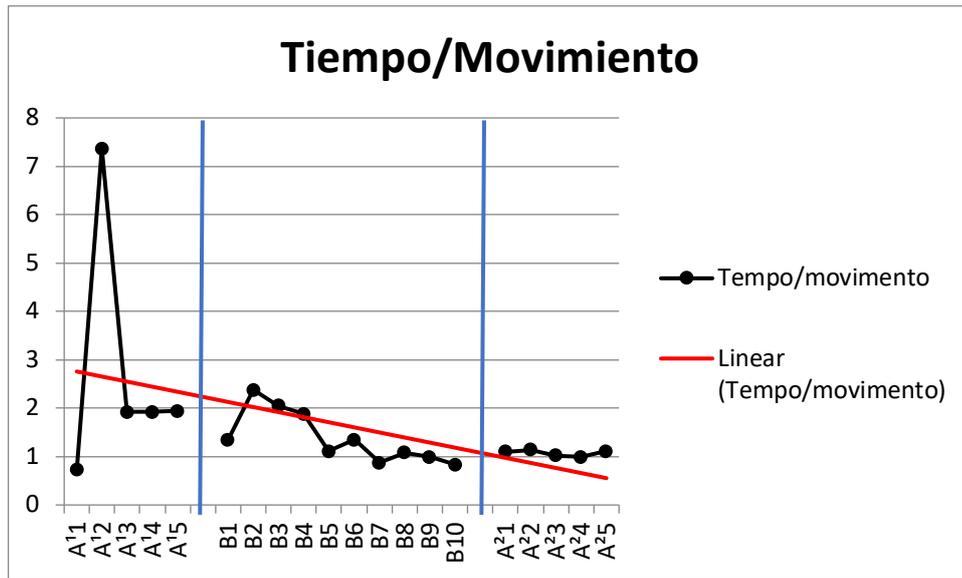
Otra variable relacionada con la precisión se representó en la Figura 4, en la que el gráfico muestra las mediciones del tiempo por movimiento.

Los datos presentados en la Figura 4 indicaron una tendencia decreciente en la división del tiempo total por cada movimiento realizado, reduciendo su tiempo en 8,3 decisegundos.

El análisis visual del gráfico mostró un índice de acuerdo del 100% tanto para el cambio de tendencia decreciente como para el rendimiento motor. En el acuerdo sobre el aprendizaje, el índice fue del 66%, lo que representa una fiabilidad aceptable.

³ Línea negra - Tiempo Total de Respuesta; Línea roja - Lineal (Tiempo de Respuesta)

Figura 4 - Gráfico de tiempo por movimiento (segundos de decisión)⁴



Fuente: Elaboración propia

Tiempo de reacción

La variable de tiempo de reacción se fragmentó en tiempo de conducción promedio, tiempo de conducción más rápido y tiempo de conducción más lento.

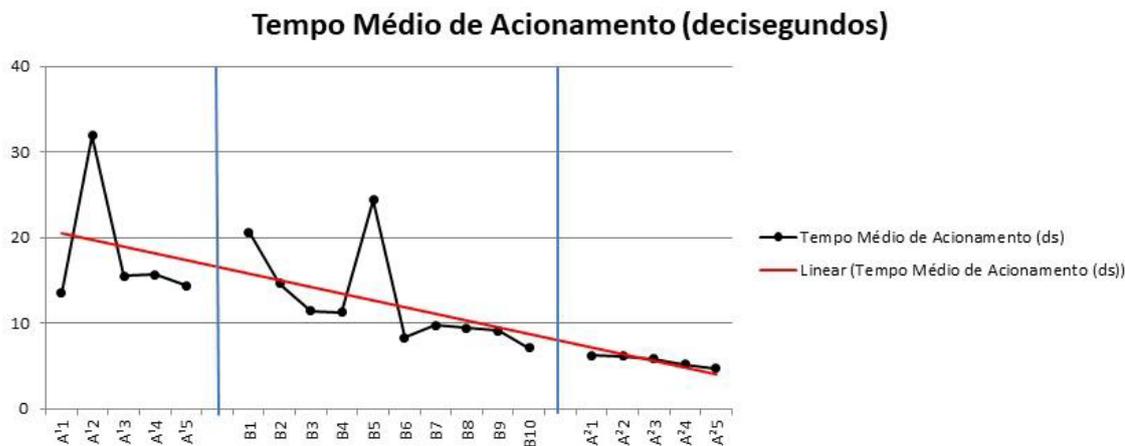
La Figura 5 grafica la variable del tiempo medio de conducción.

Los datos presentados en la Figura 5 indicaron una línea de tendencia decreciente desde la línea de base A¹ hasta la línea de base A², reduciendo significativamente su tiempo en 9,68 decisegundos.

El análisis visual del gráfico mostró un índice de acuerdo del 100% para la disminución del cambio de tendencia y el rendimiento motor. En el acuerdo sobre el aprendizaje, el índice fue del 66%, lo que representa una fiabilidad aceptable.

⁴ Línea Negra - Tiempo / Movimiento; Línea Roja - Lineal (Tiempo / Movimiento)

Figura 5 - Tiempo medio de conducción (segundos de decisión)⁵



Fuente: Elaboración propia

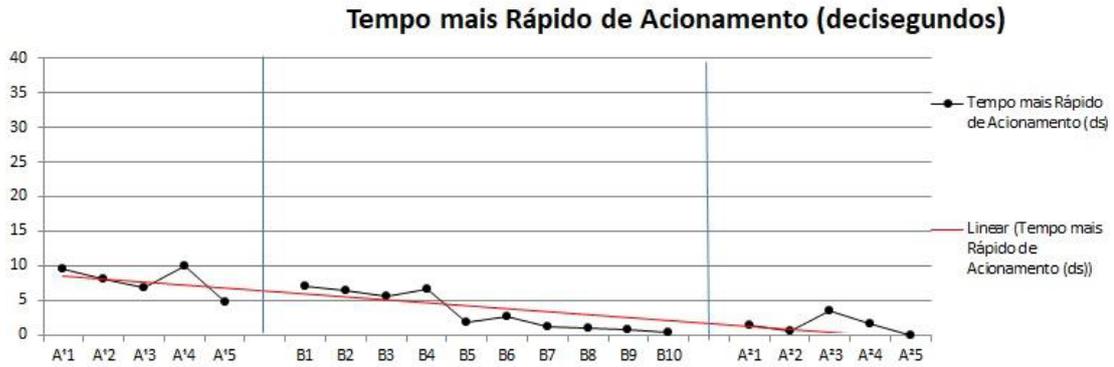
La segunda medida de la variable de tiempo de reacción se representó en la Figura 6, en la que el gráfico muestra las mediciones de tiempo de activación más rápidas.

Los datos presentados en la Figura 6 indicaron una tendencia decreciente en la fase de intervención, reduciendo su tiempo en 4,88 decisegundos, con el tiempo de activación más largo de 4,89 decisegundos y el tiempo de activación más corto de 0,01 decisegundos.

El análisis visual del gráfico mostró un índice de acuerdo del 100% tanto para el cambio de tendencia decreciente como para el rendimiento motor. En el acuerdo sobre el aprendizaje, el índice fue del 66%, lo que representa una fiabilidad aceptable.

⁵ Tiempo medio de activación (decisegundos): Línea negra - Tiempo medio de activación (ds); Lineal (Tiempo medio de conducción (ds))

Figura 6 - Tiempo de activación más rápido (segundos de decisión)⁶



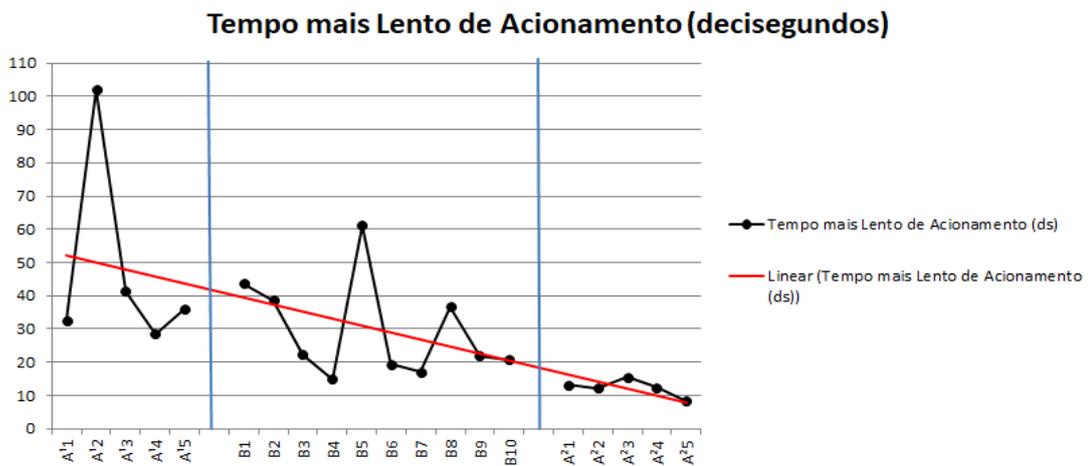
Fuente: Elaboración propia

La última medida de la variable de tiempo de reacción se representó en la Figura 7, en la que el gráfico muestra las mediciones de tiempo de activación más lentas.

Los datos presentados en la Figura 7 indicaron una tendencia decreciente en la fase de intervención, demostrando una reducción relevante de la toma de decisiones de 27,82, siendo el tiempo de conducción más lento más largo de 36,12 decisegundos y el tiempo de conducción más lento más corto de 0.01 decisegundos.

El análisis visual del gráfico mostró un índice de acuerdo del 100% tanto para el cambio de tendencia decreciente como para el rendimiento motor. En el acuerdo sobre el aprendizaje, el índice fue del 50%, sin embargo, solo dos examinadores respondieron a esta pregunta.

Figura 7 - Tiempo de activación más lento (segundos de decisión)⁷



Fuente: Elaboración propia

⁶ Tiempo de disparo más rápido (decisegundos): Línea negra - Tiempo de disparo más rápido (ds); Línea roja - Lineal (Tiempo de disparo más rápido (ds))

⁷ Tiempo de conducción más lento: Línea negra: Tiempo de conducción más lento (ds); Línea roja: Lineal (tiempo de disparo más lento (ds)).

Tiempo de movimiento y error

El tiempo de vanidad de movimiento y error estaba representado por el porcentaje de tiempo en el círculo, la frecuencia de los errores y el porcentaje de tiempo por frecuencia de los errores.

La Figura 8 muestra la variable de porcentaje de tiempo en el círculo.

Los datos presentados por la Figura 8 indicaron una línea de tendencia creciente desde la línea de base A¹ hasta la línea de base A², aumentando su tiempo dentro del círculo en 18,7 decissegundos, siendo el tiempo más corto dentro del círculo del 19,7% y la duración más larga de la estancia en el círculo del 38,4%.

El análisis visual del gráfico mostró un índice de concordancia del 100% para aumentar el cambio de tendencia, el rendimiento y el aprendizaje motores.

Figura 8 - Porcentaje de tiempo en el círculo⁸



Fuente: Elaboración propia

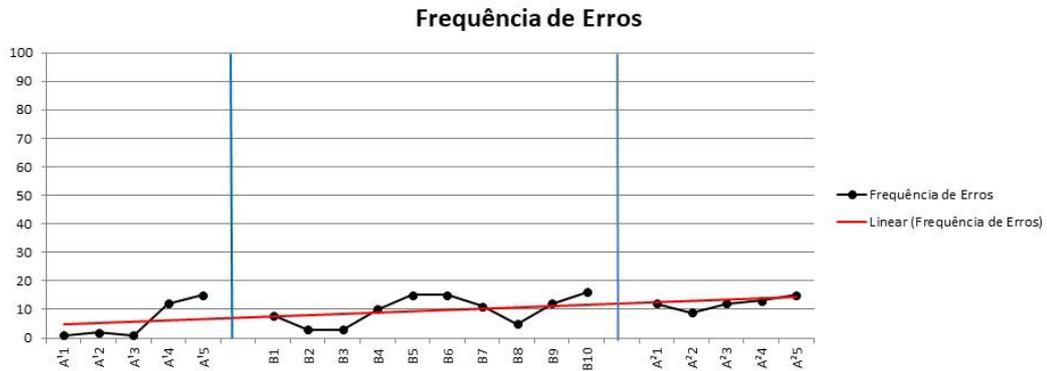
Otra medida de la variable tiempo de movimiento/errores se representó en la Figura 9, en la que el gráfico muestra las mediciones de frecuencia de error, que deben ser inversamente proporcionales al tiempo del círculo.

Los datos presentados en la Figura 9 indicaron una tendencia creciente.

El análisis visual del gráfico mostró un índice de acuerdo del 100% tanto para el cambio de tendencia decreciente como para el rendimiento motor. En el acuerdo sobre el aprendizaje, el índice fue del 66%, lo que representa una fiabilidad aceptable.

⁸ Porcentaje de tiempo en el círculo: Línea Negra: Tiempo en el círculo; Línea roja: Lineal (% Tiempo de círculo)

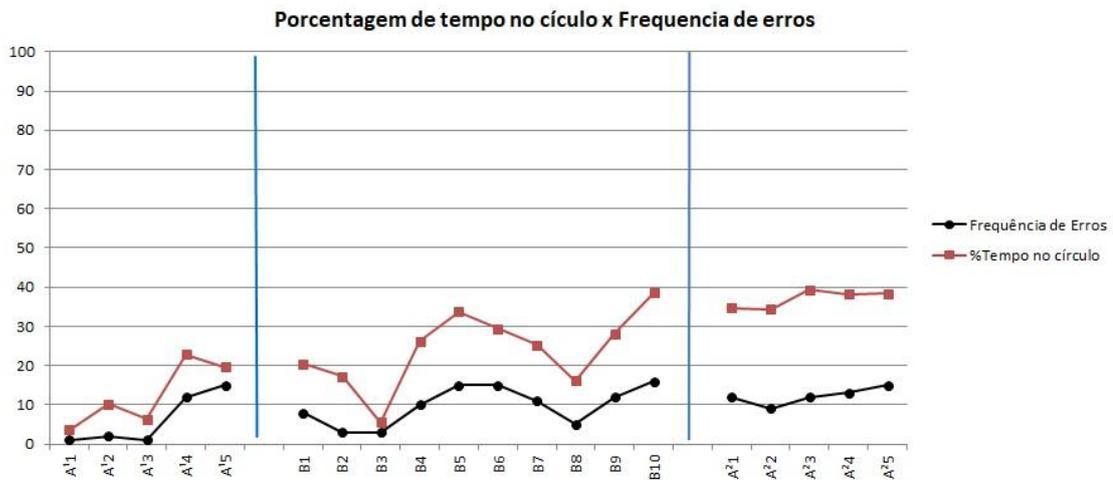
Figura 9 - Frecuencia de errores⁹



Fuente: Elaboración propia

Como se describió anteriormente, existe una relación en el porcentaje de personas en el círculo y el número de errores, y los resultados pueden sugerir que las variables presentaron una relación directamente proporcional.

Figura 10 - Porcentaje de tiempo x frecuencia de errores¹⁰



Fuente: Elaboración propia

⁹ Frecuencia de errores: Línea negra: Frecuencia de errores; Línea roja: Lineal (Frecuencia de errores)

¹⁰ Porcentaje de tiempo en el círculo x Frecuencia de errores: Línea negra: Frecuencia de errores; Línea roja: % de tiempo de círculo;

Consideraciones finales

El presente estudio es un recorte de tesis de maestría que discute la elaboración y aplicabilidad de un programa de entrenamiento para el uso de dispositivo de rastreador ocular por estudiante con enfermedad neuromuscular, analizándose variables medibles del rendimiento oculomotor para verificar si el programa elaborado puede generar aprendizaje motor a través de la mejora en el rendimiento motor del estudiante.

Los resultados indicaron una evolución positiva en el rendimiento oculomotor del participante para la precisión, el tiempo de movimiento y el seguimiento del objetivo, después de la intervención con un programa de entrenamiento desarrollado, lo que sugiere la efectividad del programa para la destreza y funcionalidad del uso del dispositivo de acceso informático mediante rastreador ocular.

Considerando las actividades del aula común, la demanda de registro de contenidos y actividades, y la agilidad requerida en la ejecución de las tareas de este contexto, la computadora puede ser un recurso indispensable para estudiantes con discapacidades físicas severas, sin embargo solo este recurso no es suficiente para que el estudiante con discapacidad física pueda realizar las acciones motoras requeridas principalmente para el registro y la investigación, se requiere el uso de dispositivos de acceso informático distintos de los utilizados. En el caso de los estudiantes con enfermedades neuromusculares, la implicación de los movimientos y la amplitud articular en los miembros superiores, además de la fatiga muscular constante, reducen los recursos de tecnología asistencial eficaz para acceder al ordenador, y el dispositivo de acceso de rastreador ocular encaja como el más indicado para ser utilizado con esta población, pero se observan altas tasas de desuso por falta de entrenamiento, por el equipo requieren funciones oculomotoras no convencionales para los ojos humanos.

Así, un programa de formación dirigido a funciones oculomotoras específicas, tal y como demuestra el estudio, potencia el uso funcional del dispositivo, haciéndolo efectivo como adaptación escolar del acceso al currículo.

Otra información relevante señalada por el estudio es la capacitación extendida de instalación y las configuraciones de recursos para profesionales de apoyo para estudiantes con discapacidades, y el estudiante había necesitado este apoyo para colocar recursos y equipos, además de encender, calibrar y apagar.

La capacitación del estudiante y el equipo escolar, como maestro de apoyo, cuidador, maestro de sala común son de la misma importancia, considerando que los recursos de tecnología de asistencia tienen características específicas y uso personalizado para cada

estudiante, lo que refuerza la asociación entre los profesionales de la salud y los servicios de educación y tecnología de asistencia.

Se espera que este estudio estimule más investigaciones con este dispositivo de acceso informático, tanto en estudiantes con enfermedades neuromusculares como en otras poblaciones de estudiantes con discapacidades físicas.

REFERENCIAS

BAUER, M. W.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: Um manual prático**. Rio de Janeiro: Vozes, 2004.

CHANG, W. *et al.* Development of an electrooculogram-based eye-computer interface for communication of individuals with amyotrophic lateral sclerosis. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 14, n. 89, p. 1-13, 2017. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12984-017-0303-5>. Acceso: 14 feb. 2021.

FAGUNDES, A. J. F. M. **Descrição, definição e registro de comportamento**. 12. ed. São Paulo: EDICON, 1999.

FEDERICI, S.; BORSCI, S. Providing assistive technology in Italy: The perceived delivery process quality as affecting abandonment. **Disability and Rehabilitation Assistive Technology**, p. 22-31, 2014. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/17483107.2014.930191>. Acceso: 10 marzo 2021.

GARRY, J. *et al.* A pilot study of eye-tracking devices in intensive care. **Surgery**, n. 3, v. 159, p. 938-944, 2016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039606015006340>. Acceso el: 08 marzo 2021.

GAST, D. L. **Single Subject Research Methodology in Behavioral Sciences**. New York: Routledge, 2010.

HAGEDORN, R. **Ferramentas para a prática em Terapia Ocupacional**. 1. ed. São Paulo: Roca, 2007.

KÄTHNER, I.; KÜBLER, A.; HALDER, S. Comparison of eye tracking, electrooculography and an auditory brain-computer interface for binary communication: A case study with a participant in the locked-in state. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 12, n. 76, p. 1-11, 2015. Disponible en: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12984-015-0071-z>. Acceso: 06 feb. 2021.

MAJARANTA, P.; DONEGAN, M. Introduction to gaze interaction. *In*: MAJARANTA, P.; DONEGAN, M. **Gaze Interaction and Applications of Eye Tracking: Advances in Assistive Technologies** Medical Information Science Reference. 2012.

OKAZAKI, V. H. A. Discrete Aiming Task (v.2.0): Software de análise da tarefa de rastreamento. **Okazaki.webs**, 2008. Disponible en: <http://okazaki.webs.com/softwaredownloads.htm>. Acceso: 9 oct. 2021.

RAYA, R. *et al.* Wearable inertial mouse for children with physical and cognitive impairments. **Sensors and Actuators A: Physical**, v. 162, p. 248-259, 2010. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924424710001950>. Acceso: 11 feb. 2021.

SPATARO, R. *et al.* The eye-tracking computer device for communication in amyotrophic lateral sclerosis. **Acta Neurologica Scandinavica**, v. 130, p. 40-45, 2014. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ane.12214>. Acceso: 22 feb. 2021.

TOBII DYNAVOX. Tobii PCEye Go: Manual do usuário. **Tdvox**, 2015. Disponível em: http://tdvox.webdownloads.s3.amazonaws.com/PCEye/documents/TobiiDynavox_PCEyeGo_UsersManual_v2-8_pt-BR.pdf. Acesso em: 05 out. 2021.

VIEIRA, D. S. R. **Efeitos de um programa de treinamento de endurance em paciente com doença pulmonar obstrutiva crônica**: Um estudo experimental de caso único. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponible en: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/MSMR-7CHKEQ>. Acceso el: 05 marzo 2021.

Cómo hacer se refiere a este artículo

FANTI, J. R.; BRACCIALLI, L. M. P. Efectos del programa de entrenamiento del seguimiento ocular por estudiantes con enfermedad neuromuscular. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 17, n. 3, p. 1665-1683, jul./sept. 2022. e-ISSN: 1982-5587. DOI: <https://doi.org/10.21723/riaee.v17i3.15745>

Enviado en: 15/10/2021

Revisiones requeridas en: 17/02/2022

Aprobado en: 29/03/2022

Publicado en: 01/07/2022

Procesamiento y edición: Editora Ibero-Americana de Educação.

Corrección, formateo, normalización y traducción.