

**ACTIVIDAD FÍSICA Y SU IMPORTANCIA EN EL DESARROLLO NEUROFUNCIONAL EN  
LOS NIÑOS CON SÍNDROME DE DOWN.**  
**PHYSICAL ACTIVITY AND ITS IMPORTANCE IN NEUROFUNCTIONAL DEVELOPMENT IN  
CHILDREN WITH DOWN SYNDROME.**

**Autores:** <sup>1</sup>Laura Verónica Gallon Obregón y <sup>2</sup>Mayra Jessenia Palma Ramírez.

<sup>1</sup>E-mail de contacto: [gallonobregon@utb.edu.ec](mailto:gallonobregon@utb.edu.ec)

<sup>2</sup>E-mail de contacto: [mpalmar@utb.edu.ec](mailto:mpalmar@utb.edu.ec)

Afiliación: <sup>1\*2\*</sup> Universidad Técnica de Babahoyo (Ecuador)

Artículo recibido: 16 de Octubre del 2023

Artículo revisado: 20 de Octubre del 2023

Artículo aprobado: 26 de Enero del 2024

<sup>1</sup>Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Cultura Física, graduada de la Universidad Técnica de Babahoyo (Ecuador). Posee una maestría en Pedagogía de la Cultura Física graduada de la Universidad Técnica de Manabí (Ecuador).

<sup>2</sup>Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Cultura Física, graduada de la Universidad Técnica de Babahoyo (Ecuador). Posee una maestría en Pedagogía de la Cultura Física graduada de la Universidad Técnica de Manabí (Ecuador).

### **Resumen**

La actividad física vigorosa y estructurada puede mejorar el control cognitivo en los niños con síndrome de Down, pero los estudios que relacionan la actividad física diaria con el control cognitivo han arrojado resultados contradictorios. Si bien la actividad física diaria medida objetivamente resume todos los casos de actividad física dentro de un período registrado, se requiere una duración mínima de actividad física continua para registrar un episodio de actividad física. Debido a que los períodos breves de actividad física de alta intensidad pueden representar una gran proporción del gasto energético diario de los niños relacionado con la actividad, este estudio analizó la actividad física y su importancia en el Desarrollo Neurofuncional en los niños con síndrome de Down. Se analizó un total de 75 niños de entre 8 y 10 años (49 % niñas) llevaron un ActiGraph wGT3X+ en la cadera durante las actividades. La señal de aceleración del eje vertical se resumió en periodos de 1, 5 y 15 minutos. Se midió la actividad física moderada diaria y repetida, la actividad física de moderada a vigorosa y la actividad física vigorosa. Las series de actividad física se expresaron como la frecuencia y el tiempo dedicado a 2 series diferentes de actividad física continua, una que duró  $\geq 10$  s y la otra que duró  $\geq 30$  s a una intensidad determinada. El control inhibitorio se evaluó mediante respuestas conductuales a una tarea de flanqueador modificada. La asignación de recursos

atencionales y la velocidad de procesamiento cognitivo se midieron utilizando la amplitud y latencia del componente P3 de los potenciales cerebrales relacionados con eventos, respectivamente. Las asociaciones entre la actividad física, los índices conductuales de control inhibitorio, la amplitud de P3 y la latencia se evaluaron mediante modelos de regresión jerárquica. La actividad física vigorosa diaria no se relacionó con el tiempo de reacción medio ni con la precisión ni en los ensayos congruentes ni en los incongruentes. Por el contrario, un mayor tiempo dedicado a la actividad física vigorosa que duraron  $\geq 30$  s donde se predijo una latencia P3 más corta en todas las periodos y congruencias de flanqueadores (todos  $\beta \leq -0,24$ , todos  $p \leq 0,04$ ). Las asociaciones entre una latencia P3 más corta y el tiempo dedicado a sesiones de actividad física de moderada a vigorosa que duraron  $\geq 30$  s fueron menos consistentes y se limitaron en gran medida a ensayos congruentes (congruente:  $\beta (-0,31, -0,34)$ ). No se observaron asociaciones significativas tras la corrección de la tasa de descubrimiento falso. El patrón de asociaciones no corregidas se alinea con la literatura sobre actividad-respuesta y sugiere que breves episodios de actividad física vigorosa pueden producir los mayores beneficios para la velocidad de procesamiento cognitivo en los preadolescentes. Se necesitan estudios futuros que utilicen medidas de la estructura y función del cerebro para comprender los mecanismos que vinculan la actividad física vigorosa con la

función neurofuncional en los niños con síndrome de Down.

**Palabras clave: Síndrome de Down, Actividad física, Desarrollo neurofuncional.**

### **Abstract**

Vigorous, structured physical activity may improve cognitive control in children with Down syndrome, but studies linking daily physical activity with cognitive control have yielded conflicting results. Although objectively measured daily physical activity resumes all instances of physical activity within a recorded period, a minimum duration of continuous physical activity is required to record an episode of physical activity. Because short periods of high-intensity physical activity may represent a large proportion of children's daily activity-related energy expenditure, this study examines physical activity and its importance in Neurofunctional Development in children with Down syndrome. A total of 75 children aged 8 to 10 years (49% girls) were tested and wore an ActiGraph wGT3X+ on their hip during activities. The vertical axis acceleration signal will resume in periods of 1, 5 and 15 minutes. Daily and repeated moderate physical activity, moderate to vigorous physical activity, and vigorous physical activity were measured. Physical activity bouts are expressed as the frequency and time spent in 2 different bouts of continuous physical activity, one lasting  $\geq 10$  s and the other lasting  $\geq 30$  s at a given intensity. Inhibitory control was assessed by behavioral responses to a modified flanker task. Attentional resource allocation and cognitive processing speed were measured using the amplitude and latency of the P3 component of event-related brain potentials, respectively. Associations between physical activity, behavioral indices of inhibitory control, P3 amplitude, and latency will be assessed using hierarchical regression models. Daily vigorous physical activity was not related to mean reaction time or accuracy on either congruent or incongruent trials. In contrast, greater time spent in vigorous physical activity lasting  $\geq 30$  s predicted shorter P3 latency across all periods and flanker

congruencies (all  $\beta \leq -0.24$ , all  $p \leq 0.04$ ). . Associations between shorter P3 latency and time spent in bouts of moderate-to-vigorous physical activity lasting  $\geq 30$  s were less consistent and largely limited to congruent trials (congruent:  $\beta (-0.31, -0.3, 4)$ ). No significant associations were observed after correction for the false discovery rate. The pattern of unadjusted associations aligns with the activity-response literature and suggests that brief bouts of vigorous physical activity may produce the greatest benefits for cognitive processing speed in preadolescents. Future studies utilizing brain structure and function are needed to understand the mechanisms linking vigorous physical activity to neurofunctional function in children with Down syndrome.

**Keywords: Down syndrome, Physical activity, Neurofunctional development.**

### **Sumário**

A atividade física vigorosa e estruturada pode melhorar o controle cognitivo em crianças com síndrome de Down, mas estudos que relacionam a atividade física diária com o controle cognitivo produziram resultados conflitantes. Embora a atividade física diária medida objetivamente retome todos os casos de atividade física dentro de um período registrado, é necessária uma duração mínima de atividade física contínua para registrar um episódio de atividade física. Como curtos períodos de atividade física de alta intensidade podem representar uma grande proporção do gasto energético diário das crianças relacionado às atividades, este estudo examina a atividade física e sua importância no desenvolvimento neurofuncional em crianças com síndrome de Down. Um total de 75 crianças com idades entre 8 e 10 anos (49% meninas) foram testadas e usaram um ActiGraph wGT3X+ no quadril durante as atividades. O sinal de aceleração do eixo vertical será retomado em períodos de 1, 5 e 15 minutos. Atividade física moderada diária e repetida, atividade física moderada a vigorosa e atividade física vigorosa foram medidas. As sessões de atividade física são expressas como a frequência e o tempo gasto em 2 sessões

diferentes de atividade física contínua, uma com duração  $\geq 10$  segundos e outra com duração  $\geq 30$  segundos em uma determinada intensidade. O controle inibitório foi avaliado por respostas comportamentais a uma tarefa de flanqueador modificada. A alocação de recursos atencionais e a velocidade de processamento cognitivo foram medidas usando a amplitude e a latência do componente P3 dos potenciais cerebrais relacionados a eventos, respectivamente. Associações entre atividade física, índices comportamentais de controle inibitório, amplitude do P3 e latência serão avaliadas por meio de modelos de regressão hierárquica. A atividade física vigorosa diária não foi relacionada ao tempo médio de reação ou à precisão em ensaios congruentes ou incongruentes. Em contraste, um maior tempo gasto em atividade física vigorosa com duração  $\geq 30$  s previu menor latência do P3 em todos os períodos e congruências nos flancos (todos  $\beta \leq -0,24$ , todos  $p \leq 0,04$ ). Associações entre latência mais curta do P3 e tempo gasto em sessões de atividade física moderada a vigorosa com duração  $\geq 30$  s foram menos consistentes e amplamente limitadas a ensaios congruentes (congruente:  $\beta (-0,31, -0,3,4)$ ). Nenhuma associação significativa foi observada após correção para a taxa de descoberta falsa. O padrão de associações não ajustadas está alinhado com a literatura de resposta à atividade e sugere que breves períodos de atividade física vigorosa podem produzir os maiores benefícios para a velocidade de processamento cognitivo em pré-adolescentes. Estudos futuros utilizando a estrutura e função cerebral são necessários para compreender os mecanismos que ligam a atividade física vigorosa à função neurofuncional em crianças com síndrome de Down.

**Palavras-chave:** Síndrome de Down, Atividade física, Desenvolvimento neurofuncional.

### Introducción

Más del 80% de los niños y adolescentes en todo el mundo están físicamente inactivos (es decir, realizan <60 minutos de actividad física

de moderada a vigorosa diariamente). Cada vez hay más pruebas que sugieren que la inactividad física contribuye no sólo a niveles epidémicos de obesidad, sino también a un desarrollo y una función cerebral subóptimos en los niños. Debido a que la plasticidad neuronal aumenta en el cerebro en desarrollo durante la infancia, es un período importante durante el cual promover la salud neurocognitiva a largo plazo. Dado que la corteza prefrontal, que apoya la cognición de orden superior, responde particularmente a la experiencia y al ejercicio, una mayor participación en la actividad física durante la infancia puede ayudar a optimizar el desarrollo neurocognitivo (Pino, 2024).

Sesiones estructuradas y monitoreadas de actividad física de moderada a vigorosa durante intervenciones de actividad física de 3 a 9 meses promueven mejoras en el control cognitivo, es decir, las funciones cognitivas que guían el comportamiento dirigido a objetivos. Una intervención de actividad física de 9 meses mejoró el rendimiento en el control inhibitorio (es decir, la capacidad de atender estímulos relevantes en el entorno y retener respuestas inapropiadas) y la flexibilidad mental (es decir, la capacidad de adaptar el rendimiento a conjuntos de reglas cambiantes) en preadolescentes (González Morocho, 2023).

Asimismo, una intervención de 3 meses de actividad física vigorosa estructurada mejoró el desempeño de los niños en una tarea de planificación. Estos estudios de intervención contribuyen así a nuestra comprensión de cómo los mayores niveles de actividad física estructurada se relacionan con el control cognitivo en los niños con síndrome de Down. Sin embargo, también es importante comprender la relación entre la actividad física diaria y el control cognitivo en ausencia de una intervención debido a la intermitencia de la

actividad física de los niños y los bajos niveles de actividad física moderada a vigorosa en la población general de niños con síndrome de Down (Negrete, 2024).

Los estudios observacionales complementan los estudios experimentales y pueden ayudar a identificar características de la actividad física diaria de los niños con síndrome de Down que pueden beneficiar la función neurocognitiva (Miranda-Paredes, 2024). Sin embargo, una investigación transversal que examina las asociaciones entre la actividad física moderada a vigorosa diaria medida objetivamente y el control cognitivo en niños y adolescentes ha arrojado resultados equívocos (Torres, 2024). En concreto, se han informado asociaciones positivas, nulas y negativas con el control cognitivo. Una razón para estos hallazgos discrepantes puede estar relacionada con el hecho de que potencialmente se requiere una dosis mínima de actividad física para que surjan los beneficios cognitivos. En un intento por confirmar este hallazgo, varios estudios observaron efectos dosis-respuesta de la actividad física sobre las funciones neurocognitivas en niños con síndrome de Down. En particular, cuando se consideraron los efectos de la intensidad, sólo la actividad física vigorosa se relacionó positivamente con el control inhibitorio en los preadolescentes (Reyes, 2024). Es necesario investigar más a fondo si se pueden observar relaciones similares entre la actividad física vigorosa diaria y la función neurocognitiva en preadolescentes con síndrome de Down.

Los patrones diarios de actividad física de los niños son espontáneos e intermitentes. La actividad física vigorosa se acumula en breves períodos de 3 a 5 s que se intercalan con actividad física ligera e inactividad. Debido a que la actividad física vigorosa medida con

acelerómetros en niños disminuye a medida que aumenta la duración de la actividad, los episodios breves de actividad física vigorosa pueden pasar desapercibidos cuando se utilizan ventanas de muestreo más largas. Específicamente, picos de 3 a 5 s de señales del acelerómetro de alta intensidad que indican episodios tan breves de actividad física vigorosa en los niños con síndrome de Down, los cuales pueden promediarse con señales del acelerómetro de menor intensidad indicativas de actividad física moderada, actividad física ligera y tiempo sedentario. A diferencia de la actividad física vigorosa, las estimaciones de la actividad física moderada a vigorosa generalmente aumentan a medida que aumenta la duración de la actividad (Benavides Pando, 2023).

La relación entre la actividad física y el control inhibitorio también puede depender del patrón en el que se acumula la actividad física vigorosa. En los preadolescentes, los episodios de actividad física de alta intensidad que duraron un promedio de 25 s representaron el 40% del gasto energético relacionado con la actividad física (Negrete, 2024). El gasto de energía relacionado con la actividad física se relacionó positivamente con un mayor volumen dentro de las estructuras cerebrales que sirven al control cognitivo (es decir, lóbulos frontal, temporal y parietal bilaterales) en adultos.

Se observaron efectos positivos sobre el control inhibitorio en preadolescentes después de un entrenamiento interválico de alta intensidad de 6 semanas que empleó sesiones de 6 minutos de intervalos de alta intensidad que duraron 20 s. Los efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad sobre el control inhibitorio fueron comparables con los efectos de una intervención de actividad física de 9 meses que incorpora  $\geq 60$  min de actividad física moderada

a vigorosa por sesión (Pino, 2024). Por lo tanto, la participación diaria en breves episodios de actividad física vigorosa puede ser particularmente relevante para la función neurocognitiva de los niños debido a su relación con el control inhibitorio (Torres, 2024).

Los potenciales cerebrales relacionados con eventos se utilizan para complementar la información disponible a partir de medidas conductuales de cognición y rendimiento. Los potenciales cerebrales relacionados con eventos son respuestas neuroeléctricas a un evento que están asociadas con procesos cognitivos específicos involucrados entre la codificación del estímulo y la ejecución de la respuesta. Se cree que la amplitud del componente P3 bloqueado por estímulos de los potenciales cerebrales relacionados con eventos representa la asignación de recursos de atención durante la actualización de la memoria de trabajo, mientras que la latencia del P3 representa la velocidad de procesamiento de la detección y evaluación de estímulos.

En los niños, una mayor amplitud de P3 se asocia con un mejor control cognitivo y un mayor rendimiento académico. Una mayor aptitud aeróbica se ha relacionado consistentemente con una mayor amplitud de P3 a lo largo de la vida (Magallanes Nalé, 2023). Del mismo modo, la participación en una intervención de actividad física de 9 meses dio como resultado aumentos en la amplitud de P3 y una latencia más corta de P3, que fueron específicos de condiciones de tareas más exigentes cognitivamente.

Los estudios en adultos con síndrome de Down sugieren que la actividad física habitual autoinformada se relaciona positivamente con una latencia de P3 más corta y amplitudes de P3 más grandes (Gutiérrez Rodríguez, 2023). Sin

embargo, las inferencias extraídas de estos estudios siguen siendo algo limitadas debido a un gran sesgo de medición inherente a las estimaciones de actividad física a partir de cuestionarios. Hasta donde sabemos, sólo un estudio inspeccionó las relaciones entre la actividad física medida objetivamente y la función cerebral en niños con síndrome de Down, y reportó hallazgos nulos (Herrero, 2011).

Específicamente, los patrones de activación dentro de la corteza prefrontal anterior, así como en la corteza frontal media (medidos con espectroscopia de infrarrojo cercano mientras los niños realizaban una tarea de control cognitivo), no difirieron con el nivel de actividad física moderada a vigorosa del niño. Es de destacar que estas regiones del cerebro se activan constantemente cuando aumenta la demanda de control cognitivo. Sin embargo, los puntos de corte aplicados para definir actividad física moderada a vigorosa en el estudio no fueron validados para los acelerómetros de muñeca, lo que impide sacar conclusiones firmes.

En consecuencia, el objetivo del presente estudio fue abordar esta brecha en la literatura e inspeccionar las relaciones de los episodios diarios de la actividad física vigorosa y la actividad física vigorosa, medidos con acelerómetro con los índices conductuales y neuroeléctricos de control inhibitorio. Dado que la literatura previa sugiere la importancia de la actividad física vigorosa para el gasto energético diario, el control inhibitorio y perfiles conductuales y neuroeléctricos óptimos entre los adultos jóvenes (Herrero, 2011).

## **Métodos.**

### **Participantes**

Para calificar para el estudio, los niños debían tener (1) trastornos neurológicos, (2) discapacidades físicas y (3) un diagnóstico clínico de síndrome de Down. Los participantes incluidos en los análisis tenían (1) una puntuación de cociente intelectual (CI) de  $\geq 85$  y (2)  $\geq 3$  días válidos de uso del acelerómetro (es decir,  $\geq 8$  h de tiempo válido de uso por día). Un niño con un coeficiente intelectual de 84 (es decir, 1 punto por debajo de 1 desviación estándar de la media) no fue un valor atípico estadístico en las medidas cognitivas y se mantuvo en los análisis. Después de exclusiones basadas en datos neurofisiológicos faltantes ( $n = 4$ ), desgaste insuficiente del acelerómetro ( $n = 7$ ), bajo rendimiento en una tarea de control inhibitorio (precisión  $< 50\%$ ,  $n = 10$ ), datos faltantes en la tarea cognitiva ( $n = 2$ ), y  $< 20$  ensayos aceptables por condición después de la reducción de potenciales cerebrales relacionados con eventos ( $n = 8$ ), se incluyeron en los análisis 75 niños (edad media,  $8,7 \pm 0,6$  años; 49% niñas).

### **Procedimiento de estudio**

Los participantes completaron una sesión de prueba de 2 a 3 h en la Unidad Educativa Eugenio Espejo de la ciudad de Babahoyo en 2 ocasiones separadas por  $\geq 7$  días. Al comienzo de la primera visita, las investigadoras explicaron los procedimientos experimentales a el tutor legal, después de lo cual el tutor legal firmó un consentimiento informado y un asentimiento por escrito, respectivamente. A continuación, se recopiló información demográfica y un historial de salud. Durante la misma visita, los niños completaron una prueba de inteligencia, evaluaciones antropométricas y de aptitud aeróbica, y fueron enviados a casa con un acelerómetro colocado en la cadera.

Durante la segunda visita, se realizaron registros electroencefalográficos mientras los niños completaban una tarea de flanco modificada en una cámara de prueba con sonido atenuado.

### **Procesamiento de datos del acelerómetro y variables de la actividad física.**

Los participantes usaron un acelerómetro en la cintura en la línea axilar anterior derecha sobre un cinturón elástico durante 7 días mientras realizaban actividades físicas. Los niños usaban el acelerómetro durante las horas de vigilia, excepto durante las actividades acuáticas. El tiempo sin uso, que se excluyó de los análisis, se definió como 60 minutos consecutivos de conteo 0, permitiendo 2 minutos de interrupciones distintas de cero. Aunque se adoptaron como criterio de inclusión al menos 3 días válidos de uso del acelerómetro, todos los niños excepto uno (que proporcionaron 3 días de uso) contribuyeron con  $\geq 4$  días válidos de tiempo de uso, lo que arrojó coeficientes de confiabilidad intraclase de 0,80 para estimar la actividad física moderada a vigorosa habitual en niños con síndrome de Down de una edad similar.

Los datos de aceleración se convirtieron en recuentos de eje vertical durante períodos de 1s, 5s y 15s. Los fundamentos para explorar el impacto de las duraciones de las actividades físicas seleccionadas en los resultados cognitivos son los siguientes:

- 15 min: utilizados para desarrollar los puntos de corte de intensidad de Evenson comúnmente utilizados en la investigación cognitiva infantil (Marín, 2023);
- 5 min: en comparación con periodos más largos, una actividad de 5 minutos minimiza los errores cuadráticos medios en las

estimaciones de actividad física moderada a vigorosa entre niños; y

- 1 minuto: esta es la duración más corta posible, lo que puede minimizar la posible clasificación errónea de aquellas señales de movimiento que se encuentran justo por encima del punto de corte de la actividad física vigorosa debido al promedio de la señal durante una época más larga.

Se utilizó el software ActiLife para calcular el tiempo dedicado a las intensidades de las actividades físicas (min/día); actividad física vigorosa, actividad física moderada y actividad física moderada a vigorosa se definieron utilizando los puntos de corte de Evenson (Marín, 2023). También se calculó la frecuencia y el tiempo dedicado a las actividades físicas por día. Las actividades físicas se clasificaron como de duración continua de  $\geq 10$  min y  $\geq 30$  min en una sola intensidad de actividades físicas. Se usaron 10 s para indicar una serie más corta porque la mayoría de la actividad física vigorosa y la actividad física moderada a vigorosa de los niños con síndrome de Down se acumuló en series de  $< 10$  min. Se definieron los episodios más largos como los que duran  $\geq 30$  min.

- En función de la duración de los episodios de actividades físicas de alta intensidad que contribuyen en un 40% al gasto energético relacionado con la actividad en los niños (es decir, 25 min),
- En función de la duración de un período alto con intervalos de actividades físicas de intensidad aplicados en el entrenamiento interválico de alta intensidad, y
- Para garantizar la comparabilidad entre periodos.

### **Control inhibitorio**

Para medir el control inhibitorio se utilizó una tarea de flanqueo de Eriksen modificada, que

mide la capacidad de suprimir distractores y atender a información relevante en el entorno. Los estímulos se presentaron en una pantalla de computadora, desde una distancia de aproximadamente 1m, utilizando el software Neuroscan. Se pidió a los participantes que respondieran presionando con el pulgar una almohadilla de respuesta para indicar la dirección del estímulo objetivo presentado centralmente (un pez dorado de 3 cm de altura presentado sobre un fondo azul). en medio de 4 estímulos idénticos, que apuntan en la misma dirección (por ejemplo, un archivo externo que contiene una imagen, una ilustración, etc.

Los ensayos incongruentes crean conflictos de percepción y respuesta, lo que conduce a una menor precisión y un tiempo de reacción más prolongado. Antes y después de los bloques de prueba, cada participante recibió instrucciones y estímulos que enfatizaban la precisión, con instrucciones secundarias que fomentaban la velocidad de respuesta para mantener la respuesta dentro de la ventana de respuesta asignada. Los participantes primero completaron 40 pruebas de práctica. Si tenían precisión en  $\geq 70\%$  de las pruebas, procedían a bloques experimentales. Los participantes completaron 2 bloques de 84 ensayos, presentados aleatoriamente con congruencia y direccionalidad equiprobables durante 200 ms con un intervalo entre ensayos variado aleatoriamente de 1600 ms, 1800 ms y 2000 ms. Las medidas de resultado incluyeron precisión y tiempo de reacción medio en ensayos congruentes e incongruentes.

### **Actividad electroencefalográfica**

La actividad electroencefalográfica se registró utilizando un Neuroscan Quik-Cap donde todos los electrodos mantuvieron impedancias previas al registro de  $< 10$  k $\Omega$ . Las grabaciones continuas en línea se referenciaron a un

electrodo centro-centro-parietal de la línea media, con un electrodo anterofrontal de la línea media que sirvió como electrodo de tierra. La actividad electrooculográfica se controló con electrodos colocados por encima y por debajo de la órbita izquierda y el canto externo de cada ojo; Se utilizaron grabaciones bipolares separadas para monitorear la actividad electrooculográfica vertical y electrooculográfica horizontal. Los datos continuos en línea se digitalizaron a una frecuencia de muestreo de 500 Hz, se amplificaron 500 veces con un filtro de corriente continua a 70 Hz y se aplicó un filtro de muesca de 60 Hz utilizando un amplificador Neuroscan SynAmps2. Los datos de la actividad electroencefalográfica se tomaron como referencia a los mastoides promedios (M1, M2). Los parpadeos se identificaron mediante análisis de componentes independientes y se rechazaron mediante un procedimiento de autocorrelación. Se eliminaron un máximo de 2 componentes de análisis de componentes independientes con un coeficiente de correlación  $>0,30$ .

Se crearon periodos bloqueados por estímulo para las pruebas correctas (-100 a 1000 ms en relación con el inicio del estímulo), se corrigieron con la línea de base al período previo al estímulo y se filtraron utilizando un filtro de paso bajo de desplazamiento de fase cero a 30 Hz. Los artefactos se identificaron y rechazaron si la amplitud de pico a pico de una ventana en movimiento excedía los 100  $\mu\text{V}$  (ancho de ventana de 100 ms y un paso de ventana de 50 ms) y si la varianza general de la época excedía  $\pm 3$  de la media local (por sitio de electrodo) y periodos aceptados global (todos los sitios de electrodo). Luego se promediaron las pruebas sin artefactos asociadas con respuestas correctas. Se excluyeron los participantes con  $<20$  ensayos válidos,

congruentes o incongruentes. El número promedio de ensayos fue de  $54,2 \pm 10,7$  (media  $\pm$  DE) en ensayos congruentes y de  $47,7 \pm 10,7$  (media  $\pm$  DE) en ensayos incongruentes. El componente P3 se evaluó como la amplitud media dentro de un intervalo de 50 ms que rodea el pico positivo más grande dentro de una ventana de latencia de 300 a 600 ms. La latencia máxima se definió como el punto de tiempo correspondiente a la amplitud máxima. Valores promediados a través de los electrodos de la línea media (es decir, frontal, fronto central, central, centro parietal, parietal y parietooccipital, donde z (para cero) indica una ubicación en la línea media) para la amplitud de P3 y se utilizaron como resultados la latencia en ensayos congruentes e incongruentes (Villavelázquez, 2024).

### **Covariables**

#### ***Consumo máximo de oxígeno***

El consumo máximo de oxígeno se midió durante un protocolo Balke modificado (de Lima, 2024) utilizando un sistema de calorimetría indirecta computarizado. Los percentiles de consumo máximo de oxígeno se calcularon según las normas publicadas.

#### ***Percentil del índice de masa corporal***

La altura de pie se midió con un estadiómetro telescópico Seca modelo 220 al milímetro más cercano, y el peso se evaluó con una báscula de columna electrónica Seca 769 mientras los niños vestían ropa y zapatos livianos. Los percentiles del índice de masa corporal se calcularon utilizando las tablas de crecimiento del Ministerio de Salud del Ecuador.

#### ***Coefficiente intelectual***

El coeficiente intelectual se evaluó mediante la prueba Woodcock-Johnson III (Schrank, 2011) de habilidades cognitivas utilizando una

puntuación estandarizada con  $100 \pm 15$  puntos como media  $\pm$  DE.

### ***Estado socioeconómico***

El estado socioeconómico se calculó utilizando un índice tricotómico basado en informes de los padres sobre (1) el uso por parte de los niños de programas de ayuda social, (2) el nivel más alto de educación obtenido por la madre y el padre, y (3) el número de padres que trabajan a tiempo completo.

### ***Estado puberal***

Los padres (o tutores legales) proporcionaron calificaciones en un cuestionario de evaluación puberal, una escala pictórica basada en criterios especificados por Tanner. Los padres calificaron los dibujos de líneas específicas de género del desarrollo de los senos y el vello púbico en las niñas o del pene y el escroto, así como el desarrollo del vello púbico en los niños en una escala de 5 puntos, donde 1 indica un estado prepuberal y 5 indica el estado de madurez total. Las calificaciones de los padres en esta escala tienen una validez aceptable para diferenciar entre el estado prepuberal y puberal (Beatriz Oros, 2014).

### **Análisis estadístico**

A tres participantes (4% de la muestra) les faltaban datos en  $\geq 1$  de las covariables (4 valores faltantes en total: percentil del consumo máximo de oxígeno,  $n=1$ ; percentil de índice de masa corporal,  $n=1$ ; y etapa puberal,  $n=1$ ). Los datos de estos participantes se imputaron como la media de la muestra. Las diferencias de sexo en los resultados y las variables de actividad física se evaluaron con análisis de covarianza con el tiempo de uso del acelerómetro como covariable. Las diferencias intrasujetos en las variables de actividad física por duración de la actividad se examinaron mediante análisis de varianza de medidas repetidas. Cuando se violó

el supuesto de esfericidad, se utilizó la corrección de Greenhouse-Geisser (Rodríguez, 2017). A continuación, se calcularon coeficientes bivariados de correlación de momento de Pearson entre variables demográficas, coeficiente intelectual, y estado puberal, consideradas como variables independientes, y conductuales (es decir, precisión y tiempo de respuesta en ensayos congruentes e incongruentes) y variables neuroeléctricas dependientes (es decir, la amplitud y la latencia del P3 en ensayos congruentes e incongruentes). Las variables independientes que se asociaron significativamente con una variable neurocognitiva específica se ingresaron luego como variables molestas en modelos de regresión posteriores. Por ejemplo, si la edad estaba significativamente relacionada con la latencia de P3, pero no con la precisión en ensayos congruentes, solo se ingresaba en los modelos de regresión que predecían la latencia de P3 congruente.

Se realizaron modelos de regresión jerárquica múltiple de tres pasos para cada variable dependiente neuroeléctrica y conductual para evaluar su relación con cada predictor de actividad física, así como la frecuencia y el tiempo dedicado a las actividades. El fundamento para utilizar modelos de regresión jerárquica fue evaluar cuánta varianza en los resultados neurocognitivos se explicaba únicamente por la actividad física medida objetivamente, más allá de la contribución de:

- Factores relacionados con el desempeño neurocognitivo en la literatura y asociado significativamente con variables neurocognitivas en la muestra del estudio, y
- La contribución única de la aptitud aeróbica debido a su relación establecida

con el componente P3 y la capacidad inhibidora.

En consecuencia, en el Paso 1 se ingresaron el tiempo de uso del acelerómetro y las covariables significativamente relacionadas con un resultado determinado, en el Paso 2 se ingresó el percentil del consumo máximo de oxígeno y en el Paso 3 se ingresó la variable actividad física. Se introdujeron cinco modelos por intensidad de la actividad física para cada resultado dentro de cada duración de época. realizados, incluyendo lo siguiente: 1 modelo para la actividad física diaria (min/día) y 2 modelos para cada definición de actividad física ( $\geq 10$  s y 30 s, teniendo en cuenta la frecuencia y el tiempo en las actividades). Se evaluó la normalidad de la distribución de los términos de error, los valores atípicos univariados y multivariados y los casos influyentes utilizando la distancia de Cook en todos los modelos.

Casos con residuos de regresión estandarizados de  $\geq |3|$  y la distancia de Cook de  $\geq 1$  se excluyeron de los modelos. También se excluyeron los casos con una distancia de Mahalanobis  $> 15$  en varios modelos dentro de cada intensidad. Con base en estos criterios, se excluyeron de los análisis un máximo de 4 casos (Portillo, 2008). El tiempo de reacción medio se transformó logarítmicamente utilizando un logaritmo de base 10 para ajustarse a la normalidad de distribución de los términos de error.

Los datos se analizaron utilizando el SPSS Versión 24.0. Se utilizó un nivel  $\alpha$  de 0,05 para indicar significación estadística. Para controlar el error tipo I debido a comparaciones múltiples, se aplicó el procedimiento de tasa de descubrimiento falso de Benjamini y Hochberg dentro de cada variable cognitiva ( $n = 37$ ). Los valores de  $p$  no ajustados se ordenaron de menor

a mayor. Si el valor de  $p$  no ajustado para la prueba era inferior a  $0,05 \times k/n$ , la prueba era estadísticamente significativa. Informamos los valores de  $p$  no ajustados para todas las pruebas, así como la significación estadística después de los ajustes para tasa de descubrimiento falso de Benjamini y Hochberg (Malavera, 2018).

## **Resultados**

### ***Participantes***

Las características de la muestra se presentan en la Tabla 1. Los participantes incluidos en el estudio no difirieron de los excluidos de los análisis en el consumo máximo de oxígeno relativo, el índice de masa corporal o la distribución del sexo, el sobrepeso y el estado de obesidad. No se observaron diferencias en la actividad física vigorosa entre los incluidos y excluidos de los análisis. Los excluidos de los análisis tuvieron una actividad física moderada más alto usando periodos de 1 y 5 minutos ( $\Delta M = 4,21$  min y  $5,27$  min, todos  $p \geq 0,04$ ). Como se esperaba según el criterio de inclusión de  $\geq 50\%$  de precisión, los participantes incluidos en el estudio tuvieron una mayor precisión en los ensayos congruentes ( $\Delta M = 17,5\%$ ,  $p < 0,001$ ) e incongruentes ( $\Delta M = 17,2\%$ ,  $p < 0,001$ ). Los incluidos en el estudio tuvieron un tiempo de reacción medio más largo ( $\Delta M = 67,7$  ms,  $p = 0,01$ ) pero una latencia P3 más corta en los ensayos incongruentes ( $\Delta M = 43,5$  ms,  $p = 0,008$ ). No se observaron más diferencias entre los participantes del estudio y los excluidos de los análisis.

Dentro de la muestra del estudio, en comparación con las niñas, los niños fueron más precisos en los ensayos congruentes ( $\Delta M = 5,93\%$ ,  $p = 0,01$ ). Por lo tanto, el sexo se utilizó como covariable en los modelos que predicen la precisión congruente de las variables de actividad física.

*Tabla 1 Características demográficas y descriptivas de la muestra.*

	<b>Niños (n = 38)</b>	<b>Niñas (n = 37)</b>	<b>Total (n = 75)</b>
<b>Edad</b>	8.71 ± 0.58	8.64 ± 0.55	8.67 ± 0.56
<b>Nivel socioeconómico bajo</b>	12 (31.6)	10 (27.0)	22 (29.3)
<b>Etnia (blanca)</b>	21(55.3)	22 (59.5)	43 (57.3)
<b>IQ</b>	112.6 ± 13.9	110.3 ± 12.2	111.5 ± 13.0
<b>Altura (cm)</b>	135.5 ± 6.5	135.8 ± 7.3	135.6 ± 6.7
<b>Peso (kg)</b>	34.0 ± 9.0	36.0 ± 12.1	35 (10.6)
<b>Índice de masa corporal (kg/m2)</b>	18.4 ± 3.8	19.2 ± 4.9	18.8 ± 4.4
<b>Obesidad/sobrepeso</b>	13 (34.2)	14 (37.8)	27 (36.0)
<b>Índice de masa corporal perceptible (%)</b>	65.2 ± 28.2	65.3 ± 32.2	65.3 ± 30.0
<b>Consumo máximo de oxígeno (mL/kg/min)</b>	45.0 ± 8.0	41.3 ± 8.3	43.1 ± 8.3
<b>Consumo máximo de oxígeno perceptible (%)</b>	35.2 ± 31.8	41.6 ± 34.9	38.4 ± 33.3
<b>Etapa puberal &gt;I</b>	8 (21.1)	7 (18.9)	15 (20.0)
<b>Actividad física</b>			
<b>Días validos (Media (RIQ))</b>	6.0 (1.3)	6 (1.0)	6.0 ± 1.0
<b>Tiempo de uso (min/día)</b>			
<b>1 minuto</b>	851.6 ± 93.1	810.8 ± 113.8	831.5 ± 105.2
<b>5 minutos</b>	847.9 ± 93.6	806.3 ± 110.5	827.4 ± 103.7
<b>15 minutos</b>	840.8 ± 88.2	797.9 ± 104.6	819.6 ± 98.4
<b>Cuentas por minuto</b>			
<b>1 minuto</b>	522.8 ± 163.4	525.8 ± 151.0	524.3 ± 156.3
<b>5 minutos</b>	525.1 ± 164.0	528.3 ± 151.1	526.7 ± 156.7
<b>15 minutos</b>	529.0 ± 164.3	533.3 ± 152.2	531.1 ± 157.4
<b>Actividad física moderada a vigorosa ≥ 60 min/día</b>			
<b>1 minuto</b>	23 (60.5)	17 (45.9)	40 (53.3)
<b>5 minutos</b>	21 (55.3)	16 (43.2)	37 (49.3)
<b>15 minutos</b>	18 (47.4)	12 (32.4)	30 (40.0)
<b>Latencia P3</b>			
<b>Congruente</b>			
<b>Amplitud media (µV)</b>	8.6 ± 6.4	10.4 ± 5.0	9.5 ± 5.8
<b>Latencia máxima (ms)</b>	545.5 ± 72.1	560.3 ± 69.3	552.8 ± 70.6
<b>Incongruente</b>			
<b>Amplitud media (µV)</b>	9.7 ± 6.6	10.4 ± 5.6	10.0 ± 6.1
<b>Latencia máxima (ms)</b>	565.4 ± 55.6	578.5 ± 56.2	571.9 ± 55.9
<b>Rendimiento de la Tarea de Flanker</b>			
<b>Congruente</b>			
<b>Media de tiempo de reacción (ms)</b>	539.8 ± 142.4	512.3 ± 148.3	535.7 ± 122.2
<b>Precisión (% correcto)</b>	84.3 ± 9.6	78.4 ± 10.0	81.4 ± 10.2
<b>Incongruente</b>			
<b>Media de tiempo de reacción (ms)</b>	582.9 ± 168.1	586.6 ± 163.0	586.2 ± 164.0
<b>Precisión (% correcto)</b>	74.8 ± 11.5	72.3 ± 10.4	73.6 ± 11.0

Los autores

### **Efectos de la duración de la época en la actividad física.**

Las estimaciones de los minutos dedicados a la actividad física diaria y por intervalos por intensidad y duración de la época se presentan en la Tabla 2. La actividad física vigorosa y la actividad física moderada a vigorosa diarias disminuyeron al aumentar la duración de la actividad, con aumentos simultáneos en la actividad física moderada diaria,  $F(2,148) \geq 80,7$  (todos  $p < 0,001$ ). El mayor efecto de la duración de la actividad se observó para la actividad física vigorosa ( $\eta^2p=0,91$ ; intervalo de confianza del 90%: 0,89–0,93) en comparación con la actividad física moderada a vigorosa ( $\eta^2p=0,58$ , IC del 90%: 0,50–0,64) y MPA ( $\eta^2p=0,52$ , IC90%: 0,43–0,59).

Todas las comparaciones por pares entre las actividades, excepto una, fueron estadísticamente significativas (todas  $p \leq 0,001$ ). Específicamente, se observó una tendencia en la diferencia en las estimaciones de la actividad física moderada a vigorosa comparando actividades de 1 minuto y 5 minutos ( $p=0,07$ ). Las estimaciones de la actividad física vigorosa (min/día) disminuyeron al aumentar la duración de la actividad en un 21 % y un 53 % utilizando periodos de 5 minutos y 15 minutos en comparación con una actividad de 1 minutos, respectivamente. Del mismo modo, hubo un efecto significativo de la duración de la actividad en la frecuencia y el tiempo dedicado a las actividades físicas en todas las intensidades, actividades  $\geq 10$  min,  $F(1, 74) \geq 312,3$  (todos  $p \leq 0,001$ ) y combates  $\geq 30$  min,  $F(2,148) \geq 332,0$  ( $p < 0,001$ ). El número total de actividades y el tiempo dedicado a la actividad física, actividad física vigorosa y actividad física moderada a vigorosa aumentaron al aumentar la duración de la actividad.

### **Actividad física vigorosa**

La actividad física vigorosa diaria no estaba relacionada con la latencia de P3 (todos  $p \geq 0,08$ ). Por el contrario, el tiempo pasado en actividad física vigorosa predijo una latencia P3 más corta en todas las periodos y congruencias. El tiempo transcurrido en episodios de actividad física vigorosa que duraron  $\geq 30$  minutos se asoció con una latencia P3 congruente más corta entre actividades, actividades de 1 minuto de duración:  $F(4, 69) = 3,00$  ( $p < 0,05$ ); y actividades de 5 minutos y 15 minutos de duración:  $F(4, 68) \geq 2,97$  ( $p \leq 0,03$ ).

En los ensayos incongruentes, estas asociaciones fueron estadísticamente significativas en los análisis de época de 5 y 15 minutos de duración,  $F(6, 66) \geq 3,33$  ( $p < 0,006$ ) y tendieron en la misma dirección utilizando actividades de 1 minutos de duración. El tiempo dedicado a las actividades físicas vigorosas explicó entre el 6% y el 9% de la variación en la latencia de P3. La fuerza de estas asociaciones fue comparable entre congruencias y periodos (congruente,  $\beta(-0,28, -0,33)$ ; incongruente,  $\beta(-0,24, -0,29)$ ).

En apoyo de estos hallazgos, la frecuencia de episodios de la actividad física vigorosa más prolongados que duraron  $\geq 30$  minutos de duración predijo una latencia P3 incongruente más corta utilizando periodos  $\beta$  de 1 y 5 minutos de duración ( $-0,28, -0,32$ ); actividades de 1 minuto de duración,  $F(6, 67) = 4,59$  (todos  $p \leq 0,003$ ); actividades de 5 minutos de duración,  $F(6, 66) = 3,65$  ( $p = 0,003$ ), y explicó entre el 7% y el 8% de la varianza en la latencia P3. Por el contrario, la relación entre la frecuencia y el tiempo empleado en las actividades físicas vigorosas más cortas que duraron  $\geq 10$  minutos de duración y la latencia P3, entre congruencias, se limitó a las actividades de 1 minuto de duración, congruente,  $F(4, 69) \geq 2,58$  (todos  $p$

$\leq 0,045$ ); incongruente,  $F(6, 67) = 3,96$  ( $p \leq 0,002$ ). Entre las covariables, el aumento de la edad predijo una latencia P3 congruente más corta entre periodos: actividades de 1 minuto de duración,  $F(4,69) \geq 2,58$  (todos  $p \leq 0,02$ ); Periodos de 5 y 15 minutos de duración,  $F(4, 68) \geq 2,97$  ( $p \leq 0,04$ ).

Un coeficiente intelectual más alto predijo una latencia P3 más corta en ensayos incongruentes entre actividades: 1 minuto de duración,  $F(6, 67) \geq 3,96$  ( $p < 0,06$ ); actividades de 5 y 15 minutos de duración,  $F(6, 66) \geq 3,00$  ( $p \leq 0,005$ ). La etapa puberal se relacionó negativamente con la latencia P3 incongruente en las actividades de de 1 y 5 minutos de duración: actividad de 1 minuto de duración,  $F(6, 67) \geq 3,96$  ( $p \leq 0,03$ ); actividades de 15 minutos de duración,  $F(6, 66) \geq 3,00$  ( $p < 0,05$ ). El consumo máximo de oxígeno no estuvo relacionado con la latencia P3 (todos  $p \geq 0,67$ ).

### **Actividad física moderada a vigorosa**

La actividad física moderada a vigorosa diaria no estaba relacionada con la latencia de P3 (todos  $p \geq 0,39$ ). Por el contrario, la actividad física moderada a vigorosa igualada se relacionó con una latencia P3 más corta, principalmente en ensayos congruentes. Sólo la asociación entre el aumento del tiempo dedicado a episodios de actividad física moderada a vigorosa que duraron  $\geq 30$  minutos de duración y la latencia P3 congruente más corta fue significativa en actividades más cortas, a saber: actividades de 1 y 5 minutos de duración,  $F(4, 69) \leq 2,81$  ( $p \leq 0,03$ ). Las asociaciones entre la frecuencia y el tiempo empleado en las actividades físicas moderadas a vigorosa y la latencia P3 incongruente se limitaron al tiempo empleado en actividades más largas que duraron  $\geq 30$  minutos de duración y una única actividad: de 5 minutos de duración,  $\beta = -0,23$ ,  $F(6, 66) = 3,24$ ,  $p = 0,01$ . La

fuerza de estas asociaciones fue comparable entre actividades: congruente:  $\beta(-0,31, -0,34)$ ; incongruente:  $\beta(-0,23, -0,24)$ . Entre las covariables, solo el coeficiente intelectual predijo una latencia P3 más corta en ensayos incongruentes en actividades de 1 y 15 minutos de duración: actividades de 1 minutos de duración,  $F(6, 68) = 4,06$  (todos  $p \leq 0,006$ ); actividad de 5 minutos de duración,  $F(6, 66) = 3,24$  ( $p \leq 0,006$ ). El el consumo máximo de oxígeno no se asoció con la latencia de P3 en todos los modelos (todos  $p \geq 0,63$ ).

### **Discusión**

Contrariamente a la hipótesis, no se observó asociaciones significativas entre la actividad física vigorosa diaria con índices conductuales o neuroeléctricos de control cognitivo en análisis corregidos y no corregidos. Asimismo, la actividad física moderada a vigorosa diaria generalmente no se relacionó con el control cognitivo. Estudios anteriores sobre la actividad física diaria y el control cognitivo medidos objetivamente se centraron en la actividad física moderada a vigorosa y reportaron hallazgos mixtos. Cuando se incluyó en los análisis, la actividad física vigorosa diaria no se relacionó con la atención selectiva o el control de los impulsos en los adolescentes.

Sin embargo, las diferencias en la edad de las muestras en el momento de la evaluación cognitiva, el diseño del estudio y las medidas cognitivas impiden comparaciones significativas con otros estudios previos. Por ejemplo, en este estudio se incluye a preadolescentes cuyo control inhibitorio todavía se está desarrollando dinámicamente; mientras que en los adolescentes se han observado menores avances en el control inhibitorio (González Morocho, 2023). Por el contrario, Magallanes Nalé (2023) encontró que la actividad física moderada a vigorosa diaria se

asociaba positivamente con la atención selectiva, la flexibilidad cognitiva y la planificación en niños con síndrome de Down de edad similar a la de los participantes de nuestro estudio.

Además, no se encontró asociaciones entre la actividad física vigorosa diaria, una mayor asignación de atención (mayor amplitud del P3) y un procesamiento cognitivo más rápido (menor latencia del componente P3). Estos hallazgos fueron sorprendentes, porque Gutiérrez Rodríguez (2023) informó relaciones positivas entre la actividad física habitual y la amplitud de P3 en adultos. En comparación con los adultos inactivos, los adultos físicamente activos mantuvieron mayores amplitudes de P3 en todas las condiciones de la tarea de cambio, que variaron en demandas cognitivas. Asimismo, observaron una disminución de la amplitud de P3 con demandas de tarea crecientes entre adultos jóvenes inactivos, mientras que los adultos activos mantuvieron niveles similares de asignación de recursos de atención en todas las condiciones de tarea.

Los efectos medidos en estos estudios pueden reflejar diferencias en la aptitud aeróbica porque tanto Gutiérrez Rodríguez (2023) reclutó intencionalmente adultos para grupos polarizados basados en la participación habitual en ejercicio aeróbico. Por el contrario, se incluyeron participantes en todo el espectro de actividad física. Por lo tanto, la medida de actividad física refleja diferencias individuales en la actividad física vigorosa y la actividad física moderada a vigorosa diarias tantas incidentales como estructurados. También es posible que para que surjan estas asociaciones sea necesaria una tarea que desafíe el control cognitivo en mayor medida que la manipulación de la congruencia en la tarea de flanco. Se necesitan estudios adicionales que utilicen

metodologías de acelerometría mejoradas y tareas cognitivas que modulen de manera flexible el control cognitivo para probar esta hipótesis.

Se descubrió que una mayor participación en la actividad física moderada diaria se relacionaba con una peor precisión de respuesta en ensayos congruentes en análisis no corregidos. Dos estudios previos evaluaron la actividad física moderada diaria en relación con el control inhibitorio e informaron asociaciones tanto negativas como positivas. Sin embargo, debido a las diferencias en las medidas cognitivas y los puntos de corte del acelerómetro. Existe la posibilidad de que estos hallazgos de actividad física moderada diaria sean falsos porque las asociaciones se limitaron a ensayos congruentes, no se generalizaron en todas las actividades y no fueron significativas después de las correcciones.

La hipótesis de que los episodios breves de actividad física vigorosa estarían relacionados positivamente con un mayor control cognitivo se confirmó en los análisis no corregidos, aunque no sobrevivió a los ajustes para comparaciones múltiples. El patrón de estas asociaciones, que es consistente a lo largo de las actividades y se alinea con la literatura sobre la respuesta a la dosis, plantea la posibilidad de que los hallazgos nulos en los análisis corregidos puedan estar relacionados con el poder limitado del estudio para detectar efectos pequeños. Por lo tanto, se discute los resultados de los análisis no corregidos a la luz de la literatura previa, al tiempo que se reconoce la necesidad de una interpretación y replicación cautelosas en estudios futuros. Se observó latencias P3 más cortas con un mayor tiempo dedicado a episodios de actividad física vigorosa más largos, que duraron  $\geq 30$  minutos de duración, en ensayos incongruentes.

También se observó asociaciones positivas del tiempo dedicado a las actividades físicas vigorosas que duraron  $\geq 30$  minutos de duración y una latencia P3 más corta en ensayos congruentes.

Estas asociaciones fueron en gran medida consistentes en todas las actividades. Como se predijo, estas relaciones fueron selectivas para las actividades físicas vigorosas más largas, ya que las asociaciones con actividades más cortas, que duraron  $\geq 10$  minutos de duración, se limitaron a análisis de las actividades de 1 minutos de duración. El patrón de estos resultados en los análisis no corregidos sugiere que estas asociaciones dependían de la dosis en términos de intensidad creciente; Surgieron asociaciones menos consistentes entre los periodos para las actividades físicas moderadas a vigorosa, mientras que las actividades físicas moderadas no se relacionaron con la latencia de P3. Contrariamente a la hipótesis de estudio, se observó asociaciones generalizadas entre la actividad física vigorosa y la latencia P3 en todas las congruencias. Un patrón similar de resultados surgió para las actividades físicas moderadas a vigorosa; sin embargo, estas asociaciones fueron menos consistentes entre la duración y las congruencias de las actividades.

Estos hallazgos exploratorios sugieren que la relación entre la actividad física y el desarrollo Neurofuncional en niños con síndrome de Down puede ser específica de la actividad física, dependiente de la dosis y selectiva del procesamiento cognitivo. Estudios anteriores en adultos y niños informaron una relación positiva entre el estado habitual de la actividad física y la participación en una intervención de 9 meses tanto en la amplitud como en el desarrollo Neurofuncional. En relación con la latencia P3, estos efectos previos fueron específicos de las condiciones de la tarea que

regulaban positivamente el control cognitivo (por ejemplo, las pruebas heterogéneas de la tarea de cambio o las pruebas incongruentes en la tarea de flanco). La principal diferencia entre el presente estudio y estos estudios previos es el constructo de la actividad física medido. Si bien se capturaron la aparición de episodios breves de la actividad física vigorosa con acelerometría, estudios previos midieron las diferencias en el ejercicio aeróbico o introdujeron la actividad física moderada a vigorosa estructurado en entrenamientos suficientes para aumentar la aptitud aeróbica.

Los efectos informados del ejercicio aeróbico y la actividad física moderada a vigorosa estructurada sobre la amplitud y el desarrollo Neurofuncional en estos estudios pueden estar mediados por cambios en las redes neuronales que apoyan el control cognitivo, así como por aumentos inducidos por el ejercicio en los factores neurotróficos. Niveles más altos de episodios breves de la actividad física vigorosa pueden promover una mayor eficiencia cognitiva a través de mecanismos similares. Las diferencias en las asociaciones observadas entre este estudio y trabajos anteriores pueden, por lo tanto, ser función de una mayor dosis de actividad física porque los estudios anteriores utilizaron un umbral predefinido como criterio de reclutamiento ni introdujeron una dosis fija de actividades físicas durante una intervención.

### **Conclusión**

Este estudio exploró las asociaciones entre la actividad física diaria de los niños con síndrome de Down, los episodios breves de actividad física y los índices conductuales y neuroeléctricos del control cognitivo. En los análisis exploratorios, se encontró que las asociaciones más consistentes fueron entre el tiempo dedicado a episodios de actividad física vigorosa que duraron  $\geq 30$  minutos y la

eficiencia en el procesamiento cognitivo en periodos y condiciones de tareas que variaron en las demandas de control cognitivo. Las asociaciones para la actividad física moderada a vigorosa fueron menos consistentes y la actividad física moderada no estuvo relacionada con el desarrollo Neurofuncional. En conjunto, estos hallazgos sugieren que la actividad física intensa puede estar relacionada con un procesamiento cognitivo más eficiente en los niños con síndrome de Down en una forma de respuesta. Sin embargo, estos hallazgos exploratorios requieren replicación en estudios futuros.

Este estudio subraya la importancia de medir objetivamente los patrones de actividad física en relación con la salud neurocognitiva durante la infancia, así como de utilizar medidas urgentes de la función cerebral. Al utilizar las potenciales cerebrales relacionados con eventos, se pudo corroborar que los efectos de la actividad física vigorosa y la actividad física moderada a vigorosa eran específicos de etapas anteriores del procesamiento de información. Estos hallazgos allanaran el camino para futuros estudios, que incluyan medidas de la función y estructura del cerebro para probar los mecanismos subyacentes.

### **Referencias Bibliográficas**

- Beatriz Oros, L. (2014). Nuevo cuestionario de emociones positivas para niños. *Anales de psicología*, 30(2), 522-529.
- Benavides Pando, V. (2023). Actividad física en jóvenes con Síndrome de Down. *Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación*, 50.
- de Lima, C. (2024). Nível de atividade física e aptidão cardiorrespiratória de adolescentes com diabetes mellitus tipo 1: resposta no perfil lipídico. *RBONE-Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento*, 18(112), 21-29.
- González Morocho, A. (2023). Desarrollo psicomotor neurofuncional en niños de 3 a 6 años: Guía de estimulación neurofuncional (Master's thesis, Universidad del Azuay).
- Gutiérrez Rodríguez, E. (2023). Envejecimiento y síndromes geriátricos en la población adulta mayor con síndrome de Down.
- Herrero, B. (2011). Aportes del ejercicio físico a la actividad cerebral. *Lecturas: Educación física y deportes*, (160), 1-7.
- Magallanes Nalé, V. (2023). Discapacidad y familia: anomalías congénitas, síndrome de Down y cardiopatías: aportes desde una perspectiva sistémica.
- Malavera, B. (2018). Control de falsos descubrimientos en mapeo asociativo con poblaciones estructuradas false discovery rate control in association mapping with genetically structured populations. *Journal of Basic and Applied Genetics*, 29(1), 37-49.
- Marín, L. (2023). La clase de Educación Física como referencia para identificar actividades vigorosas con acelerometría en niños de 8 y 9 años. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 12(3), 65-84.
- Miranda-Paredes, G. (2024). Actividades recreativas para el desarrollo motriz de niños con Síndrome de Down. *Revista InveCom/ISSN en línea: 2739-0063*, 4(1), 1-15.
- Negrete, L. (2024). La actividad física y sus beneficios en niños con síndrome de Down: revisión sistemática. *Revista científica especializada en Ciencias de la Cultura Física y del Deporte*, 21(1), 1-18.
- Pino, C. (2024). Juegos deportivos y habilidades motoras en niños adolescentes y jóvenes con discapacidad intelectual en el Ecuador. *Ciencia y Educación*, 5(1), 6-15.
- Portillo, E. (2008). P. CH. Mahalanobis y las aplicaciones de su distancia estadística. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 5(27), 13-20.
- Reyes, S. (2024). Programa de actividades para el fomento del aprendizaje en niños con síndrome de Down. *Revista Científica FIPCAEC (Fomento de la investigación y*

publicación científico-técnica multidisciplinaria). ISSN: 2588-090X. Polo de Capacitación, Investigación y Publicación (POCAIP), 2024, vol. 9, no 1, 116-129.

Rodríguez, E. (2017). Estilos de personalidad dependiente y autocrítico: desempeño cognitivo y sintomatología depresiva. *Revista latinoamericana de psicología*, 49(2), 102-109.

Schrank, A. (2011). Woodcock-Johnson III Pruebas de Habilidades Cognitivas.

Torres, B. (2024). Estrategia metodológica: Una práctica de inclusión de estudiantes con

Síndrome de Down en Educación Física. *Journal of Science and Research*, 9(1).

Villavelázquez, G. (2024). Electroencefalografía, índice biespectral y entropía. *Neuromonitoreo en medicina intensiva y anestesiología*, 151.



**Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional. Copyright © Laura Verónica Gallon Obregón y Mayra Jessenia Palma Ramírez.**

