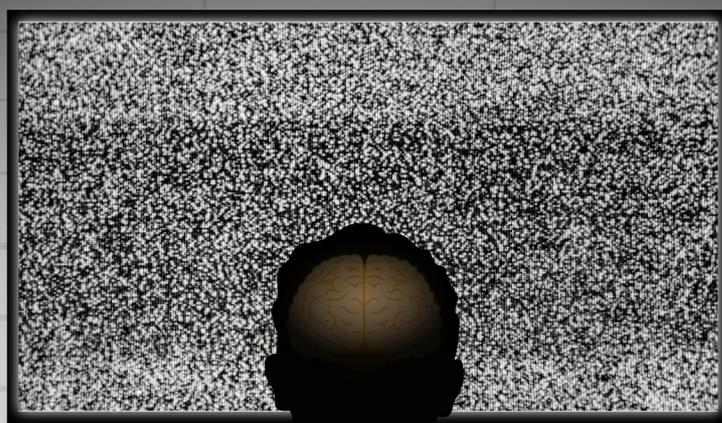


PROGRAMA DE DOCTORADO EN BIOMEDICINA

**Comportamiento sedentario y su relación con la
estructura del cerebro, cognición y rendimiento
académico en niños con sobrepeso/obesidad:
PROYECTO ACTIVEBRAINS**

Juan Pablo Zavala Crichton



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Tesis Doctoral / Doctoral Thesis

**COMPORTAMIENTO SEDENTARIO Y SU RELACIÓN CON LA ESTRUCTURA DEL CEREBRO, COGNICIÓN Y RENDIMIENTO ACADÉMICO EN NIÑOS CON SOBREPESO/OBESIDAD:
PROYECTO ACTIVEBRAINS**

Association of sedentary behavior with brain structure, cognition and academic performance in children with overweight/obesity:
Activebrains project



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

PROGRAMA DE DOCTORADO EN BIOMEDICINA

**DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE
UNIVERSIDAD DE GRANADA**

JUAN PABLO ZAVALA CRICHTON

2021

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Juan Pablo Zavala Crichton
ISBN: 978-84-1306-783-4
URI: <http://hdl.handle.net/10481/66773>

**COMPORTAMIENTO SEDENTARIO Y SU
RELACIÓN CON LA ESTRUCTURA DEL
CEREBRO, COGNICIÓN Y RENDIMIENTO
ACADÉMICO EN NIÑOS CON SOBREPESO/
OBESIDAD.**

PROYECTO ACTIVEBRAINS

Comportamiento sedentario y su relación con la estructura del cerebro, cognición y rendimiento académico en niños con sobrepeso/obesidad: proyecto ActiveBrains

Editor: Universidad de Granada. Tesis doctorales.

Cover Design: The voice of science

Main Design & Layout: Mavericks (www.mavericksmavs.com)(info@mavericksmavs.com)

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL DEPORTE
UNIVERSIDAD DE GRANADA



UNIVERSIDAD
DE GRANADA



FACULTAD DE
CIENCIAS DEL DEPORTE
Universidad de Granada

COMPORTAMIENTO SEDENTARIO Y SU RELACIÓN CON EL CEREBRO, COGNICIÓN Y RENDIMIENTO
ACADÉMICO NIÑOS CON SOBREPESO/OBESIDAD:
PROYECTO ACTIVEBRAINS

Juan Pablo Zavala Crichton

Directores de la Tesis Doctoral / [Doctoral Thesis Supervisors]

Francisco B. Ortega Porcel

PhD

Profesor Titular

Universidad de Granada

Irene Esteban Cornejo

PhD

Investigadora Postdoctoral

Universidad de Granada

Miembros del Tribunal [Doctoral Thesis Committee]

A *Xime*, por su amor y apoyo en toda esta “locura”
de estudiar un doctorado en esta etapa de nuestras vidas.

A mis hijos *Isabel, Manuela e Iñaki*,
por ser mi motor.

A mi *madre y padre* por su apoyo constante.
Por estar siempre.

A *Patricio* y su hermosa familia, por acogerme con cariño.

A mis directores *Fran e Ire*, por aceptarme, guiarme y acompañarme
con generosidad, sabiduría y empatía en todo este proceso.

Índice de Contenidos.

Listado de Tablas.	22
Listado de Figuras.	24
Abreviaturas.	26
Proyecto de investigación y financiación.	28
Concepción gráfica de la presente tesis doctoral.	30
Resumen.	32
Abstract.	34
Definiciones de conceptos claves usados en la presente tesis doctoral.	36
INTRODUCCIÓN GENERAL.	40
La pandemia del sobrepeso y la obesidad infantil.	42
Comportamiento Sedentario y su relación con la salud general en niños.	46
Una visión global de la estructura del cerebro y su implicación cognitiva.	50
Comportamiento Sedentario y estructura del cerebro.	54
Comportamiento Sedentario y cognición.	56
Comportamiento Sedentario y rendimiento académico.	60
Brechas detectadas en la literatura.	64

OBJETIVOS.	66
MATERIALES Y MÉTODOS.	72
Participantes.	74
Variables.	78
Comportamiento Sedentario y estructura del cerebro.	79
Estructura cerebral: volumen de materia gris.	80
Inteligencia.	82
Función ejecutiva.	82
Rendimiento Académico.	97
Covariables.	99
Análisis estadísticos.	100
RESULTADOS.	104
Resultados del capítulo I: <i>Asociación entre comportamiento sedentario, volúmenes de materia gris e inteligencia.</i>	110
Resultados del capítulo II: <i>Asociación entre comportamiento sedentario y la función ejecutiva.</i>	120
Discusión de los resultados del capítulo III: <i>Asociación entre comportamiento sedentario y rendimiento académico.</i>	128
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.	134
Principales hallazgos de la presente tesis doctoral.	136
Discusión de los resultados del capítulo I: <i>comportamiento sedentario, volúmenes de materia gris e inteligencia.</i>	138

Discusión de los resultados del capítulo II: <i>comportamiento sedentario y la función ejecutiva.</i>	142
Discusión de los resultados del capítulo III: <i>comportamiento sedentario y rendimiento académico.</i>	148
Discusión general integrada de los tres capítulos.	152
LIMITACIONES Y FORTALEZAS.	154
CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS.	158
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	164
ANEXOS.	188
Curriculum vitae.	190
Artículo derivado de la presente tesis.	196
Agradecimientos.	

“

Para facilitar la lectura del documento, se ha optado por utilizar en la mayoría de casos el género que globaliza lo masculino y femenino, cuando es necesario referirse a ambos simultáneamente (por ejemplo, niños para niño y niña), sin ninguna intencionalidad de discriminación ni de tratamiento sexista en el lenguaje”

Listado de tablas.

TABLA 1

Resumen de los objetivos y la metodología de la presente tesis doctoral ordenado por capítulos.

TABLA 2

Información resumida de los test para medir la función ejecutiva.

TABLA 3

Definición de los componentes del rendimiento académico de la Batería III Woodcock-Muñoz utilizados en la tesis doctoral.

TABLA 4

Características descriptivas de la muestra estratificada por sexo.

TABLA 5

Asociación entre comportamientos sedentarios y volúmenes de material gris en regiones específicas del cerebro.

TABLA 6

Asociación entre comportamientos sedentarios y volúmenes de material gris en regiones específicas del cerebro ajustado por actividad física total.

TABLA 7

Asociación de los volúmenes de materia gris en regiones específicas del cerebro previamente relacionadas con comportamientos sedentarios y la inteligencia.

TABLA 8

Resultados de los test para medir la función ejecutiva estratificados por sexo.

TABLA 9

Asociación entre comportamientos sedentarios y la función ejecutiva.

TABLA 10

Asociación entre comportamientos sedentarios y la función ejecutiva ajustado por actividad física total.

TABLA 11

Resultados del rendimiento académico estratificados por sexo.

TABLA 12

Asociación entre comportamientos sedentarios y el rendimiento académico.

TABLA 13

Asociación entre comportamientos sedentarios y el rendimiento académico ajustado por actividad física total.

Listado de Figuras.

FIGURA 1

Prevalencia de niñas con sobrepeso/obesidad en el mundo.

FIGURA 2

Prevalencia de niños con sobrepeso/obesidad en el mundo.

FIGURA 3

Ilustración del modelo conceptual de la terminología basada en el movimiento dispuesta alrededor de un período de 24 horas.

FIGURA 4

Organización del cerebro en lóbulos.

FIGURA 5

Distribución de materia gris y materia blanca en el cerebro.

FIGURA 6

Fases del pre-procesamiento de las imágenes del cerebro.

FIGURA 7

Mapa del Zoo Map Test para ambas condiciones.

FIGURA 8

Planillas del Design Fluency Test (DFT) para las condiciones 1, 2 y 3.

FIGURA 9

Tarea computarizada Delayed Non-Match-to-Sample (DNMS) para evaluar la memoria de trabajo de alta demanda cognitiva.

FIGURA 10

Tarea computarizada DNMS para evaluar la memoria de trabajo de baja demanda cognitiva.

FIGURA 11

Condición 1 test de Stroop.

FIGURA 12

Condición 2 test de Stroop.

FIGURA 13

Condición 3 test de Stroop.

FIGURA 14

Condición 4 test de Stroop.

FIGURA 15

Ensayos congruentes de la tarea de flanqueo de Eriksen

FIGURA 16

Ensayos incongruentes de la tarea de flanqueo de Eriksen.

FIGURA 17

Regiones del cerebro asociadas con diferentes comportamientos sedentarios.

FIGURA 18

Asociación de diferentes comportamientos sedentarios con la función ejecutiva.

Abreviaturas.

ACSM: American college of sports medicine.

ANCOVA: Análisis de covarianza.

BDNF: Brain-derived neurotrophic factor.

DARTEL: Diffeomorphic Anatomical Registration Through Exponentiated Lie.

DFT: Design Fluency Test.

DNMS: Delayed Non-Match-to-Sample FOV: Field of view.

GMV: Grey matter volumen.

IC: Intervalo de confianza.

IMC: Índice de masa corporal IMG: Índice de masa grasa IQ: Intelligence quotient.

K: Tamaño de cluster.

K-BIT: Kaufman Brief Intelligence Test.

MET: Metabolic Equivalents.

MNI: Montreal Neurological Institute.

MPRAGE: Magnetization-prepared Rapid Gradient-echo MRI: Magnetic Resonance Imaging.

OMS: Organización Mundial de la Salud PHV: Peak Height Velocity.

RCT: Randomized controlled trial.

SD: Standard deviation.

SPSS: Statistical package for the social science SPM12: Statistical Parametric Mapping software TBV: Total brain volumen.

TE: tiempo de eco.

TI: tiempo de inversión.

TMT: Trail Making Test.

TV: Televisión.

VO2MÁX: Volumen máximo de oxígeno YAP-S: Youth activity profile-Spain.

Proyecto de investigación y financiación.

La presente tesis doctoral se realizó como parte del proyecto de investigación ActiveBrains (<https://profith.ugr.es/activebrains>). Investigador principal: Francisco B. Ortega Porcel.

ActiveBrains: “Efectos de un ensayo controlado aleatorio basado en ejercicio sobre la cognición, la estructura cerebral y la función cerebral en niños con sobrepeso y obesidad”.

Proyecto que fue financiado por las siguientes organizaciones:

Ministerio de Economía y Competitividad de España y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) (DEP2013-47540, DEP2016-79512-R, DEP2017-91544-EXP, BES-2014-068829, FJCI-2014-19563, IJCI-2017- 33642, and RYC-2011-09011).

Ministerio de Educación de España.

Unidad de Excelencia, financiada por la Universidad de Granada, Plan

Propio de Investigación 2016, Excellence actions: Units of Excellence, Unit of Excellence on Exercise and Health (UCEES). Junta de Andalucía, Conserjería de Conocimiento, Investigación y Universidades y European Regional Development Fund (ERDF) (SOMM17/6107/UGR).

Programa Visiting Scholar financiado por la Universidad de Granada, Plan Propio de Investigación 2017-2019.

Programa Operativo de la Junta de Andalucía, financiado con Fondos FEDER (B-CTS-355-UGR18).

Redes temáticas de investigación de investigación cooperativa RETIC (SAMID III) European Regional Development Fund (ERDF) (RD16/0022).

EXERNET Research Network on Exercise and Health in Special Populations (DEP2005-00046/ACTI).

Alicia Koplowitz Foundation.

Juan Pablo Zavala Crichton ha realizado la presente tesis doctoral con apoyo de una Beca Iberoamericana, Santander Investigación Universidades. También ha contado con el apoyo de la Universidad Andrés Bello, Chile.

Concepción gráfica de la presente tesis doctoral.

Para dar un mejor sentido a la comprensión de la presente tesis, procedemos a explicar su concepción gráfica, a través de un análisis de los colores usados, tipografía y una explicación de los elementos gráficos usados.

Personalidad de la tesis: Este documento se ha basado en el *diseño clásico* de los primeros libros manuscritos de Europa, donde existían grandes márgenes verticales y laterales. Además se usan sangrías y el uso de la letra capital en el primer párrafo de cada apartado.

Colores: Se han usado dos tipos de colores en este documento, el naranja #f57500, usado porque es el color del **proyecto activebrains**. Por otro lado, se ha usado el gris #919ba4, la psicología del color nos indica que este color representa respeto y también porque esta tesis doctoral se basa en el estudio de la materia gris cerebral.

Tipografía: En el documento principal se han usado tres tipos de tipografías diferentes, todas ellas poseen la característica clásica de la **serifa**, se ha usado para el título de cada apartado la tipografía **Beau**, para el cuerpo del documento se ha usado la tipografía Times New Roman (la más clásica por antonomasia), y para el título de figuras y tablas la tipografía **Grafier**.

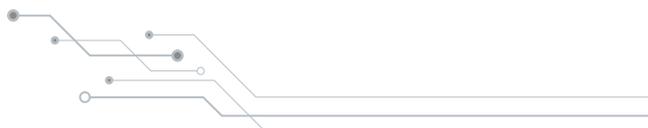
Elementos Gráficos Decorativos: La concepción de los elementos gráficos decorativos está relacionada con la portada de la presente tesis doctoral. Así que basándonos en la importancia capital de la pantalla de televisión con el ruido blanco, el diseño de la separación entre capítulo o bloque, representa una pantalla con ruido blanco y sus distintas capas hasta llegar al panel de circuitos. Los títulos principales se han elaborado con una composición tipográfica de un efecto “glitch” el cual viene a simular una interferencia de las antiguas recepciones televisivas vía antena no digital.

Por otro lado hemos querido incorporar los siguientes elementos gráficos como complemento a esta concepción.

Controles de mando a distancia play, skip, stop y rec:



Circuito básico de cualquier pantalla:



Resumen.

El sobrepeso y la obesidad infantil son uno de los problemas de salud pública más serios que afectan a sociedades desarrolladas y en desarrollo. Paralelamente, otro problema de salud pública es el aumento del tiempo que los niños dedican a actividades sedentarias, es decir, de bajo gasto energético, y en especial al tiempo dedicado al uso de pantallas. Entre las posibles consecuencias más importantes del sobrepeso/obesidad y un exceso de tiempo en comportamientos sedentarios, se encuentra la influencia negativa que podrían ejercer sobre la salud cerebral. La estructura del cerebro es el resultado de una interacción entre factores ambientales y genéticos. La infancia es una etapa de la vida clave para el desarrollo, y un excesivo tiempo en actividades sedentarias podría potencialmente afectar negativamente a la estructura del cerebro y la cognición. En este contexto, investigar la influencia de diferentes comportamientos sedentarios sobre el cerebro, la cognición y el rendimiento académico, específicamente en niños con sobrepeso/obesidad, es de gran relevancia. Por lo tanto, el objetivo de la presente tesis doctoral fue estudiar la asociación del tiempo en diferentes comportamientos sedentarios con la estructura del cerebro y a su vez con la inteligencia (capítulo I), la función ejecutiva (capítulo II) y el rendimiento académico (capítulo III) en niños con sobrepeso/obesidad.

Los resultados mostraron que un mayor tiempo en diferentes comportamientos sedentarios se asocia negativamente con el volumen de materia gris de regiones específicas del cerebro, lo que a su vez influye negativamente en la inteligencia (capítulo I); el tiempo viendo televisión fue el único comportamiento sedentario que se asoció con la función ejecutiva, específicamente con una peor habilidad de planificación y memoria de trabajo, y con una mejor flexibilidad cognitiva (capítulo II); y ninguno de los comportamientos sedentarios se asoció con el rendimiento académico (capítulo III).

Los resultados de la presente tesis doctoral mejoran nuestro entendimiento sobre las asociaciones específicas del tiempo en diferentes comportamientos sedentarios tales como ver televisión, jugar video juegos y el tiempo total sedentario con la estructura cerebral, la cognición y el rendimiento académico en niños con sobrepeso/obesidad.

Abstract.

Childhood obesity is one of the most serious public health problems. In addition, children are increasing time spent in low-energy activities, especially screen time. Sedentary behaviors may increase the risk of developing overweight/obesity, and in turn, both may have a negative influence on brain health. The structure of the brain is the result of an interaction between environmental and genetic factors, which may influence cognition. Childhood is a key life stage for development, and sedentary behaviors might negatively affect brain structure and cognition. In this context, examining how the time spent in specific sedentary behaviors may influence brain and cognition, specifically in overweight / obese children, is of great relevance. Therefore, the objective of this doctoral thesis was to study the association of time spent in different sedentary behaviors with brain structure and in turn with intelligence (chapter I), executive functions (chapter II) and academic performance (chapter III) in children with overweight/obesity.

The results showed that longer time spent in different sedentary behaviors was associated with lower grey matter volume in specific regions of the brain, and in turn intelligence (chapter I); watching television was the only sedentary behavior associated with executive function, specifically with poorer planning ability and working memory and with better cognitive flexibility (chapter II), and that none of the sedentary behaviors were associated with academic performance (chapter III).

The results of the present doctoral thesis improve our understanding about the associations of time in different sedentary behaviors such as watching television, playing video games and total sedentary time with brain structure, cognition and academic performance in overweight/obese children.

Definiciones de conceptos claves usados en la presente tesis doctoral.

Actividad física: cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos que da lugar a un gasto energético mayor al requerido en estado de reposo (1,2).

Angiogénesis: proceso que resulta en la formación de nuevos vasos sanguíneos en el cerebro (3).

Capacidad cardiorrespiratoria: capacidad de los sistemas cardiovascular y respiratorio para realizar ejercicio extenuante y prolongado (4).

Cognición: deriva de la palabra latina cognosco, que significa “conocer por los sentidos”, “ver”, “saber”, “re-

conocer”. Pero también, “conocer por la inteligencia”, “comprender” o “estar informado” (5).

Comportamiento sedentario: cualquier comportamiento, durante el tiempo despierto, caracterizado por un gasto de energético $\leq 1,5$ MET (equivalente metabólico), en una postura sentada, reclinada o acostada (6) (ver Figura 3).

Ejercicio aeróbico: corresponde a las actividades físicas en las que predomina el uso del sistema aeróbico para la generación de energía (2).

Ejercicio físico: una forma de actividad física planificada, estructurada, repetida y realizada con un objetivo definido (2,7).

Factores neurotróficos: son moléculas que intervienen en los procesos de proliferación neuronal debido a que son estimuladoras del crecimiento de las estructuras cerebrales (8).

Función ejecutiva: término general para abarcar un conjunto de habilidades cognitivas de orden superior (9). Se compone de flexibilidad cognitiva, control inhibitorio, planificación, memoria de trabajo y toma de decisiones, que son particularmente importantes para el desempeño de las actividades diarias, el desarrollo motor y las relaciones sociales (10).

Habilidad de planificación: función cognitiva de nivel superior que incluye los procesos de funciones ejecutivas involucrados en la formulación, evaluación y selección de las acciones necesarias para alcanzar una meta (9).

Flexibilidad cognitiva: permite la capacidad de adaptarse a las condiciones ambientales, cambiar y generar nuevas ideas que impulsen la innovación y promuevan el crecimiento y el descubrimiento (11). Permite cambiar de una tarea a otra y está vinculado

con el control inhibitorio y la memoria de trabajo. Requiere habilidades como conceptualizar los criterios de clasificación, hacer hipótesis sobre los criterios, monitorear el desempeño y usar la retroalimentación para modificar la estrategia una vez que la regla ha cambiado (9).

Memoria de trabajo: capacidad de mantener información en línea durante la ejecución de otras funciones cognitivas, como tomar notas durante una conferencia o parafrasear información que escuchamos o leemos (9).

Inhibición cognitiva: implica resistir el impulso inicial o una fuerte atracción para hacer una tarea y, en cambio, actuar de manera más controlada (12). Interactúa con la memoria de trabajo y el control cognitivo para monitorear comportamientos adaptativos como retener o suprimir una respuesta que no es relevante (9).

Inactividad física: un nivel de actividad física insuficiente para cumplir las recomendaciones de los organismos internacionales competentes (6).

Índice de Masa Corporal (IMC): valor que se calcula con el peso (kg), dividido por la talla (m) al cuadrado (13).

Inteligencia cristalizada: se refiere a la aplicación de los conocimientos adquiridos y las habilidades aprendidas para responder preguntas y resolver problemas que presentan materias y procesos ampliamente familiares. Se refleja en pruebas de conocimiento, información general, uso del lenguaje (vocabulario) y una amplia variedad de habilidades adquiridas. La mayoría de las subpruebas verbales de las escalas de inteligencia se clasifican principalmente como medidas de inteligencia cristalizada (14).

Inteligencia fluida: se refiere al razonamiento inductivo, deductivo y cuantitativo con materiales y procesos que son nuevos para la persona que hace el razonamiento. Las habilidades fluidas permiten que un individuo piense y actúe rápidamente, resuelva problemas nuevos y codifique recuerdos a corto plazo. La gran mayoría de las tareas de razonamiento fluido en las pruebas de inteligencia utilizan estímulos no verbales, relativamente libres de cultura, pero requieren una integración del pensamiento verbal y no verbal (14).

Materia blanca cerebral: se encuentra compuesta principalmente por axones que dan forma a las fibras nerviosas, los cuales en su mayoría están cubiertos por la mielina que es la en-

cargada de la conducción de los impulsos nerviosos (15).

Materia gris cerebral: conformada por la mayor parte de los cuerpos, dendritas y axones de las células nerviosas, principalmente de las células gliales (15).

Neurociencia: ciencia que se encarga del estudio del sistema nervioso, del cerebro y de sus respuestas ante diferentes estímulos (15).

Neurogénesis: se refiere al proceso por el cual se forman nuevas neuronas a partir de las ya existentes (16).

Obesidad/sobrepeso: acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud (13).

Plasticidad cerebral: también suele ser llamada como neuroplasticidad, es la capacidad que posee el cerebro y el sistema nervioso de modificarse producto de la exposición a estímulos (17).

Sinaptogénesis: corresponde al proceso por el cual se aumenta la cantidad de sinapsis y complejidad dendrítica (18).

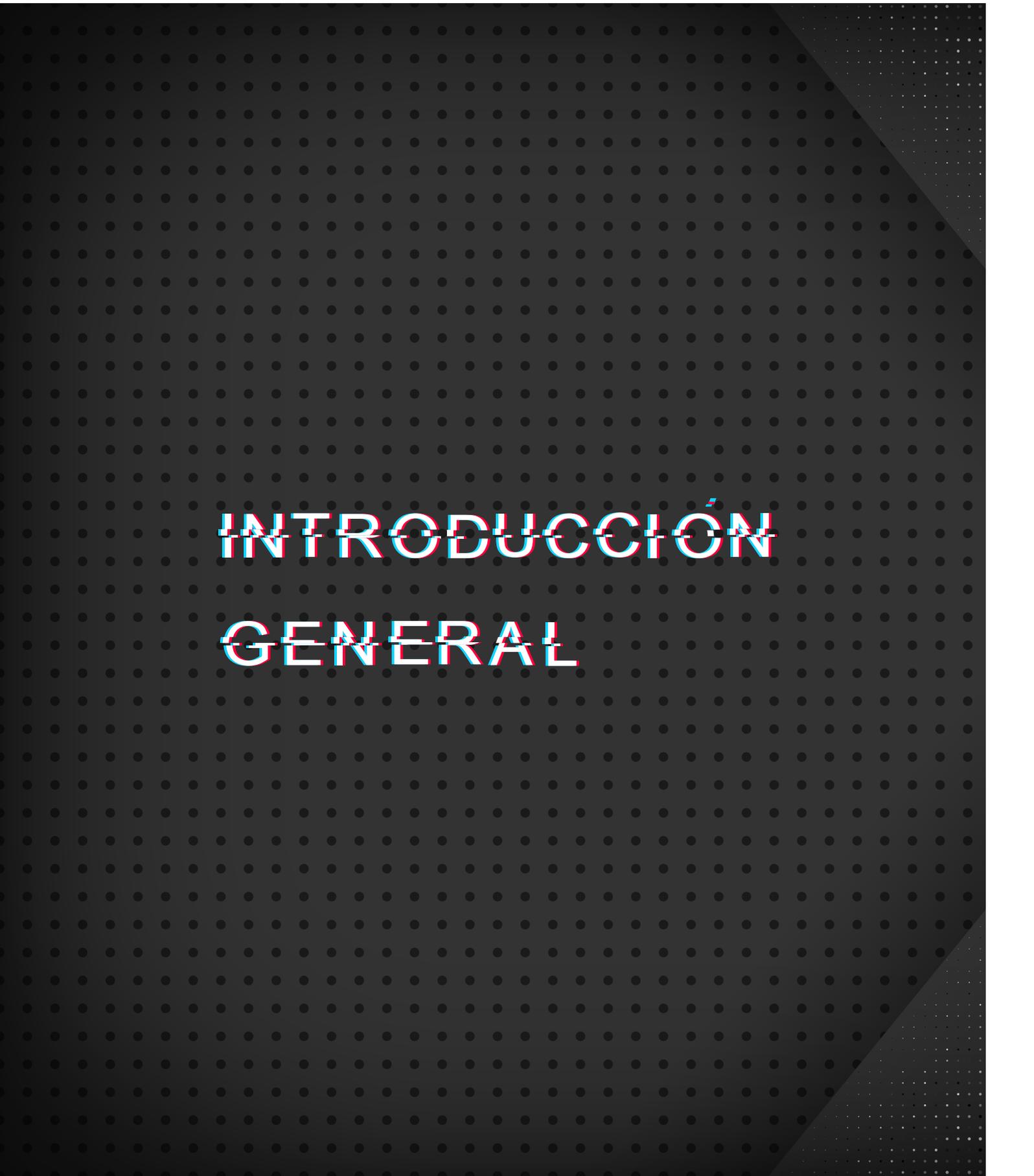
Tiempo frente a la pantalla: tiempo dedicado a comportamientos basados en pantallas. Estos comportamientos pueden realizarse estando sedentario o físicamente activo (6).

Tiempo de pantalla recreativo: tiempo dedicado a comportamientos de pantalla que no están relacionados con la escuela o el trabajo.

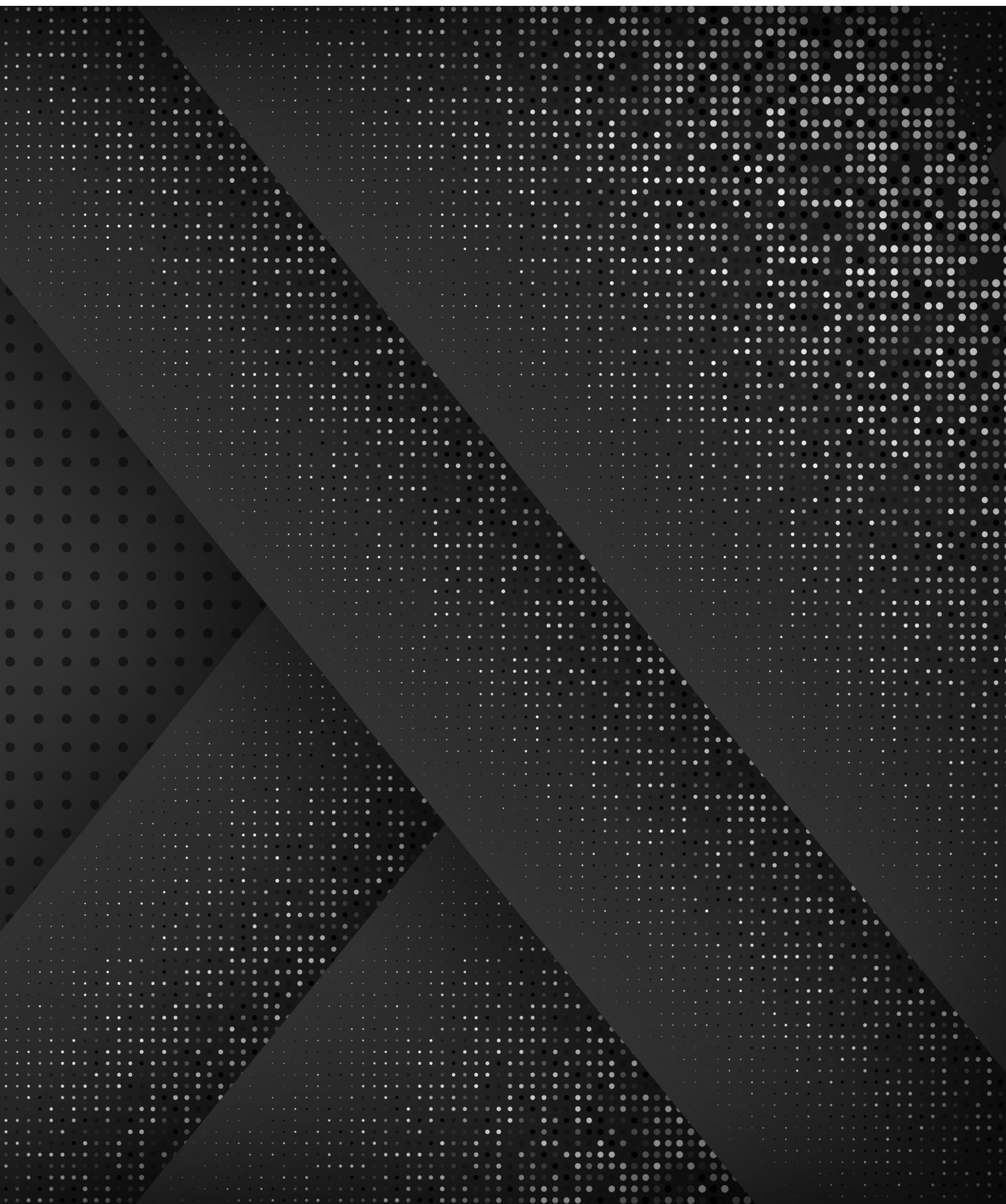
Tiempo de pantalla sedentario: tiempo empleado en el uso de un dispositivo con pantalla (por ejemplo, teléfono inteligente, tableta, computadora, TV) mientras es sedentario en cualquier contexto (por ejemplo, escuela, trabajo, recreación).

Tiempo sedentario no basado en pantallas: tiempo dedicado a comportamientos sedentarios que no implica el uso de pantallas.

Tiempo sedentario recreativo sin pantalla: tiempo sin pantalla basados en comportamientos sedentarios que no están relacionados con la escuela o el trabajo.



INTRODUCCIÓN GENERAL



La pandemia del sobrepeso y la obesidad infantil.

Prevalencia del sobrepeso/obesidad, sus consecuencias y el rol que juegan en la salud cognitiva y cerebral de los niños.

El sobrepeso y la obesidad infantil es uno de los problemas de salud pública más relevantes del siglo XXI (13), y su prevalencia está aumentando en los países desarrollados y en vías de desarrollo (19). La Federación Mundial de Obesidad revela que más de 340 millones de niños y adolescentes presentan sobrepeso u obesidad (20). El aumento de la pandemia de la obesidad pediátrica ha sido dramático y exponencial, de solo 4% en 1975 hasta aproximadamente el 18% en 2016 (20). Datos recientes, destacan que algunos países han logrado cifras alentadoras en niños hasta los 5 años, sin embargo, se produce un retroceso en las etapas siguientes, por lo que sugieren políticas públicas que incluyan especialmente a la niñez y adolescencia a través de una mejor calidad nutricional y un entorno de vida más activo y saludable (21).

En la Figura 1 y Figura 2 se muestra un mapa mundial a partir de los datos de la Federación Mundial de Obesidad, con la prevalencia de niñas y niños con sobrepeso/obesidad, respectivamente.

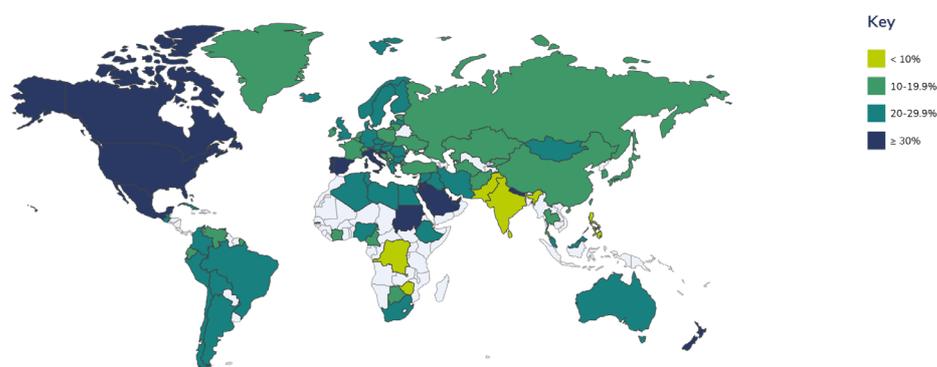


Figura 1. Prevalencia de niñas con sobrepeso/obesidad en el mundo.

Fuente: <https://www.worldobesity.org/>

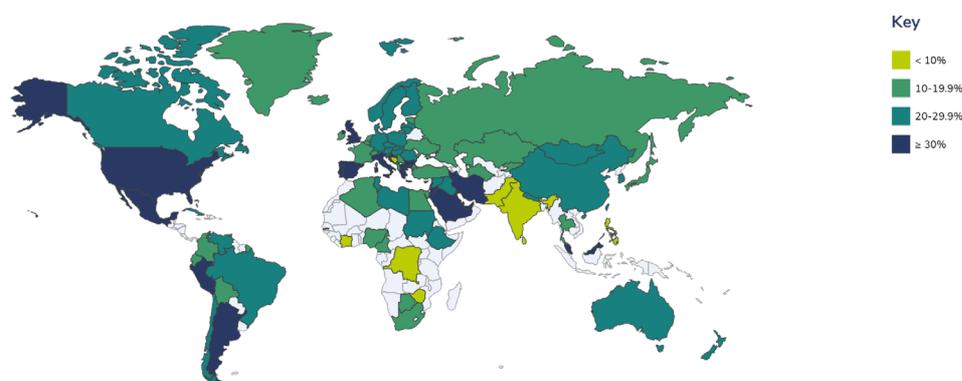


Figura 2. Prevalencia de niños con sobrepeso/obesidad en el mundo.

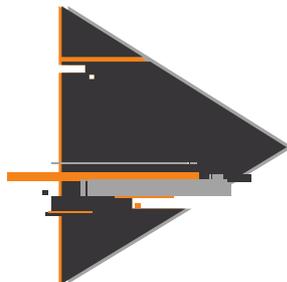
Fuente: <https://www.worldobesity.org/>

España se encuentra entre los 5 países de Europa que tienen una mayor prevalencia de sobrepeso y obesidad pediátrica, con un 34% en niñas y 32% en niños (<https://www.worldobesitydata.org/translated-summary-country-cards/>). Aunque algunos estudios han reportado una estabilización de las cifras de sobrepeso y obesidad infantil en Europa, la prevalencia sigue siendo preocupante (22). Además, el sobrepeso y la obesidad en la infancia han demostrado que aumenta las probabilidades de tener sobrepeso y obesidad en la etapa adulta (23), lo que refuerza la relevancia de que se trata de un problema de salud pública (19).

La obesidad infantil tiene severas consecuencias entre las cuáles la evidencia científica ha destacado las siguientes: se asocia con morbilidad y mortalidad futura, así como con un mayor riesgo y un inicio más temprano de enfermedades crónicas no transmisibles como por ejemplo las enfermedades cardiovasculares, la diabetes tipo 2 y el cáncer (24–26). También, la obesidad en etapas tempranas ha sido considerada como un factor de riesgo para desarrollar trastornos psiquiátricos (27,28); específicamente, el sobrepeso y la obesidad se han asociado de manera bidireccional con un mayor riesgo de depresión (29), y los niños con sobrepeso y obesidad muestran peor autoestima y peor auto concepto físico, así como niveles más altos de trastornos del estado de ánimo que los niños de peso normal (30). Por último, la obesidad en edades pediátricas se ha asociado a un mayor riesgo de desarrollar un trastorno

psiquiátrico en el futuro, de tener una pensión por incapacidad debido a una enfermedad psiquiátrica y de morir por suicidio (31,32).

Un aspecto muy relevante es el rol que el sobrepeso y la obesidad pueden tener en la salud cognitiva y cerebral de los niños (33–36). La obesidad puede afectar negativamente a la función ejecutiva, la inteligencia y el rendimiento académico durante la infancia (37–40). Por ejemplo, los niños con sobrepeso y obesidad tienen una peor función ejecutiva y rendimiento académico en comparación con los niños con peso normal (38,39). Por otra parte, la estructura del cerebro de las personas con sobrepeso u obesidad es 10 años “mayor” que el de sus pares normopeso, y este envejecimiento cerebral se aprecia desde la edad adulta temprana en adelante (41). De hecho, la obesidad se ha asociado con diferencias estructurales en el cerebro en comparación con los cerebros de individuos de peso normal ya durante la infancia y la adolescencia (42). Por ejemplo, el índice de masa corporal (IMC) se ha asociado negativamente con el volumen de materia gris en niños y adolescentes (34,43). Estos hallazgos destacan la importancia de examinar las posibles consecuencias de un mayor tiempo en comportamientos sedentarios para la salud del cerebro en el contexto del sobrepeso y la obesidad durante las primeras etapas de la vida.



Comportamiento sedentario y su relación con la salud general en niños.

Características del comportamiento sedentario, prevalencia del tiempo en diferentes comportamientos sedentarios y su relación con la salud en niños.

Un consenso terminológico publicado el año 2017 y en el que participaron 87 investigadores de prestigiosas universidades del mundo, definió al comportamiento sedentario como cualquier comportamiento en estado de vigilia con un gasto de energía ≤ 1.5 equivalentes metabólicos (MET) mientras se está sentado, reclinado o acostado (6). Los autores ilustran un modelo conceptual de la terminología basada en el movimiento correspondiente a 24 horas como se muestra en la Figura 3 (6). En el modelo, se aprecia la división de las 24 horas de un día en las dimensiones “dormir”, actividad física” y “comportamiento sedentario”.

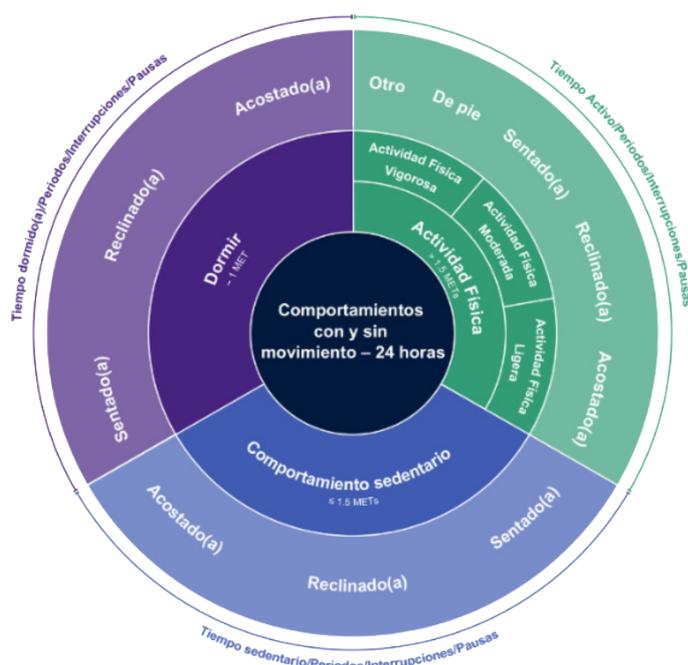


Figura 3. Ilustración del modelo conceptual de la terminología basada en el movimiento dispuesta alrededor de un período de 24 h. La figura organiza los movimientos que tienen lugar a lo largo del día en dos componentes: el anillo interno representa las principales categorías de comportamiento utilizando el gasto de energía. El anillo exterior proporciona categorías generales usando la postura. La proporción del espacio ocupado por cada comportamiento en esta figura no es prescriptiva del tiempo que se debe dedicar a estos comportamientos cada día.

Fuente: <https://www.sedentarybehaviour.org/sbrn-terminology-consensus-project/>

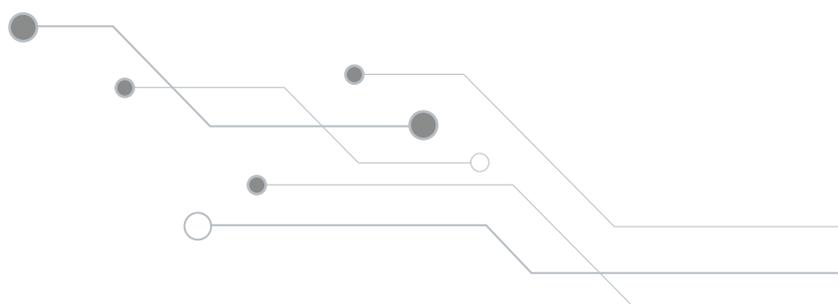
Si bien el comportamiento sedentario y la inactividad física son conceptos que se relacionan (44) es importante entender sus diferencias y que ambos actúan de manera independiente sobre nuestra salud (45–48). La inactividad física se define como un nivel insuficiente de actividad física para cumplir las recomendaciones actuales de actividad física (6) y es considerada el cuarto factor de riesgo de mayor mortalidad en el mundo (49). Ser inactivo físicamente para preescolares (1 a 4 años) significa no alcanzar 180 minutos de actividad física de cualquier intensidad al día, y en el caso de niños y adolescentes (5 a 17 años) significa no alcanzar 60 minutos de actividad moderada a vigorosa al día (6).

El comportamiento sedentario es multifacético e incluye acciones o conductas que se realizan en la escuela, en casa, utilizando un medio de transporte o en el tiempo libre. De manera similar a la actividad física, el comportamiento sedentario se puede clasificar en múltiples dominios que incluyen el modo de transporte (transporte pasivo al colegio), ocupacional / laboral (sentarse mientras se usa un ordenador o se estudia) y en el tiempo libre (sentarse en el parque, jugando a video juegos o mientras se ve la TV) (50).

El comportamiento sedentario representa aproximadamente el 60% del tiempo de vigilia de los niños y se ha informado un aumento en los últimos años (51,52). Específicamente, el tiempo en pantallas es reconocido como el comportamiento sedentario más popular entre niños y adolescentes (53); entre otras razones, porque existe un aumento en la disponibilidad de formas electrónicas de entretenimiento, incluyendo televisión, internet, teléfonos móviles y video juegos, lo que ha resultado en un aumento en el tiempo dedicado a comportamientos sedentarios y se ha convertido en la actividad más común para pasar el tiempo libre entre niños y adolescentes (51,54,55). En promedio, durante su tiempo libre, los niños y adolescentes ven televisión entre 1.8 y 2.8 horas, juegan video juegos durante 40 minutos y usan una computadora 34 minutos al día (55). El 28% de los niños y adolescentes se dedica a estas actividades basadas en las pantallas más de 4 horas por día, con mayor prevalencia entre niños que niñas (30% frente a 25%) (55).

Lamentablemente, una proporción relativamente grande de padres, reporta que sus hijos (preescolares y niños) no cumplen con las recomendaciones basadas en el tiempo para ver TV (<2 h / día) (56). Se recomienda dedicar no más de 2 horas al día de tiempo recreacional frente a una pantalla, y reducir el tiempo prolongado de estar sentado (57). Se ha documentado que entre la niñez y la adolescencia se produce un aumento del tiempo en el uso de pantallas, lo que indica que las políticas educativas en referencia a este tema deben comenzar en la niñez (58).

Si bien el acceso a esta amplia variedad de recursos electrónicos, mejora el acceso a la información, aumenta la velocidad de la comunicación y produce una mayor conexión social (59), lo que se puede calificar como un efecto positivo; hay evidencia convincente que muestra que el aumento de los comportamientos sedentarios puede afectar al sueño, la salud física, mental, social y cognitiva en niños y adolescentes (51,60–65). Por ejemplo, existe evidencia de que un aumento del tiempo en comportamientos sedentarios, y concretamente el tiempo viendo TV, se asocia con un mayor riesgo para la salud (66), como el desarrollo de síndrome metabólico y enfermedad cardiovascular (51), de manera independiente de los niveles de actividad física (48,67–72). Del mismo modo, un estilo de vida sedentario en los niños, en particular ver TV durante dos o más horas al día, se asocia con el desarrollo de sobrepeso u obesidad (73). Sin embargo, se debe investigar con mayor precisión qué comportamientos sedentarios y en qué medida afectan a los diferentes indicadores de salud, y concretamente a indicadores de salud cognitiva y cerebral.



Una visión global de la estructura del cerebro y su implicación cognitiva.

Características generales de la estructura del cerebro y su relación con la función ejecutiva.

Las comunidades científicas, educativas y de salud pública han demostrado un creciente interés en investigar enfoques que puedan mejorar la salud cerebral, entre otras razones, porque tiene profundas consecuencias en la capacidad de tomar decisiones, las oportunidades educativas y profesionales, y en la calidad de vida de las personas (74).

El cerebro, como parte fundamental del sistema nervioso central, es el encargado de los comportamientos físicos, conductuales y cognitivos de los seres humanos (15). Para su estudio, se puede organizar por regiones de interés, como ejemplo, por lóbulos: frontal, parietal, temporal y occipital (75) como se aprecia en la Figura 4.

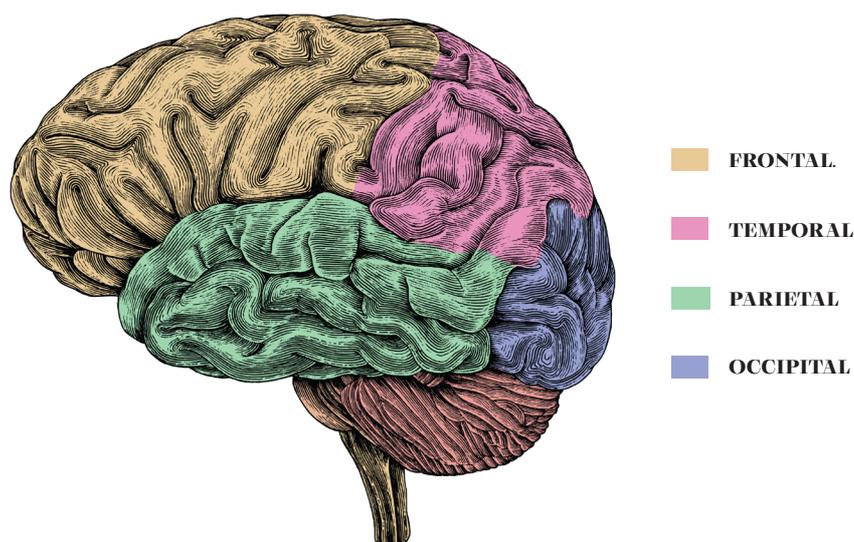
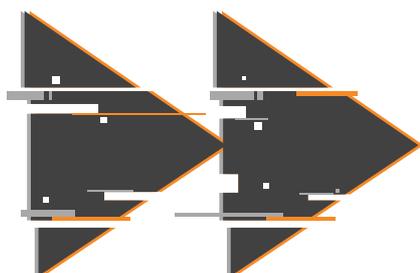


Figura 4. Estructura del cerebro por lóbulos.

Fuente: Elaboración propia.

La estructura del cerebro es el resultado de procesos sincronizados que reflejan una interacción entre factores ambientales y genéticos que afectan funciones neuronales específicas (76). Algunos de los procesos que tienen influencia del ambiente son la neurogénesis (16), sinaptogénesis (18), y angiogénesis (3), que junto a factores neurotróficos que intervienen como estimuladores del crecimiento de las estructuras cerebrales (8), dan cuenta de la plasticidad cerebral (17). En ese sentido, el desarrollo de la corteza prefrontal (ubicada en el lóbulo frontal) es un área particularmente importante, dado que es una región cerebral de integración por excelencia, gracias a la información que envía y recibe de virtualmente todos los sistemas sensoriales y motores (77) y más comúnmente asociada con la función ejecutiva (77,78). La función ejecutiva es un término general para abarcar un conjunto de habilidades cognitivas de orden superior (9). Se compone de flexibilidad cognitiva, control inhibitorio, planificación, memoria de trabajo y toma de decisiones, que son particularmente importantes para el desempeño de las actividades diarias, el desarrollo motor y las relaciones sociales (10). Además, la función ejecutiva, y concretamente, el control inhibitorio y la memoria de trabajo han mostrado implicaciones directas en habilidades de matemáticas y lectura (79), lo que resalta la importancia de la función ejecutiva en el desempeño escolar (79–81).

Mientras que para la actividad física, existe evidencia importante del efecto positivo de intervenciones con intensidad moderada a vigorosa en la estructura y función del cerebro de niños (74), existe poco conocimiento sobre el efecto y la relación entre el tiempo en diferentes comportamientos sedentarios, la salud cerebral y cognitiva, considerando también, sus implicaciones académicas en niños (7).



Comportamiento sedentario y estructura del cerebro.

Se analiza la evidencia que relaciona el tiempo en diferentes comportamientos sedentarios con la estructura del cerebro.

El comportamiento sedentario es un factor ambiental que puede influir en la estructura y función del cerebro (82). En niños sanos, hay pocos estudios que examinen la influencia de los comportamientos sedentarios en el cerebro (7); en concreto, uno de ellos está centrado en conectividad cerebral (83) y los otros tres sobre la estructura cerebral (76,84,85). Por ejemplo, el estudio de Horowitz-Kraus & Hutton, evidenció que un mayor tiempo expuesto a pantallas puede reducir la conectividad funcional entre áreas cognitivas del cerebro (83).

Por otra parte, los estudios longitudinales de Takeuchi et al. en niños con normopeso mostraron que más tiempo viendo TV se asoció con un mayor volumen regional de materia gris en el área prefrontal, fronto polar y medial, el hipotálamo y las áreas sensorio motoras, mientras que el uso frecuente de internet se asoció con una reducción en el volumen regional de materia gris en el área prefrontal, el cíngulo anterior, la ínsula y áreas temporal y occipital (84,85). Por lo tanto, parece relevante examinar los comportamientos sedentarios en global y por separado (tiempo viendo TV, tiempo en video juegos, entre otros), y su relación con la estructura cerebral en niños, dado que los estudios hasta la fecha, son escasos y muestran resultados controvertidos.

En niños con sobrepeso/obesidad, es especialmente importante porque un mayor tiempo en comportamientos sedentarios, con frecuencia conduce a un aumento de peso (73), lo que a su vez, puede afectar negativamente a la estructura cerebral (34,42,43) y a la función ejecutiva, (38,39). Por ejemplo, un estudio realizado con la misma muestra de la presente tesis doctoral, concluyó que reasignar 20 minutos al día de actividades sedentarias (medido con acelerometría) por actividad física de intensidad moderada-vigorosa, se asoció con mayor volumen de materia gris en el hipocampo derecho en niños con obesidad tipo I (86).

Por último, a pesar de la importancia de la capacidad cardiorrespiratoria en el volumen de materia gris en niños de peso normal (87,88) y en niños con sobrepeso/obesidad (89), estudios previos no consideraron la capacidad cardiorrespiratoria al examinar la influencia de los comportamientos sedentarios en la estructura cerebral en los niños.

Por lo tanto, parece relevante realizar estudios para examinar como el tiempo en diferentes comportamientos sedentarios puede influir en la estructura cerebral durante la niñez (7), particularmente en niños con sobrepeso/obesidad.

Comportamiento sedentario y cognición.

Se analiza la evidencia que relaciona diferentes comportamientos sedentarios con las funciones ejecutivas y la inteligencia en niños.

Investigar enfoques que puedan mejorar la función cognitiva ha sido de gran interés para instituciones educativas y de salud pública, entre otras consecuencias, por el efecto que puede tener en la calidad de vida de las personas (74).

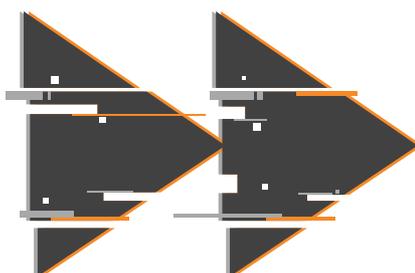
Entre los diversos aspectos de la cognición, la función ejecutiva parece ser la función más estrechamente relacionada con la condición física y la actividad física (90). Estudios recientes muestran como la actividad física y la condición física, particularmente la capacidad cardiorrespiratoria, se asocia positivamente con las funciones ejecutivas en niños y adolescentes (74,91–94). Un estudio de corte transversal, que forma parte del proyecto ActiveBrains, evidenció que la fuerza muscular, la velocidad, la agilidad y la capacidad cardiorrespiratoria se asociaron positivamente con funciones ejecutivas en niños con sobrepeso/obesidad, sin embargo, medidas objetivas de actividad física y tiempo sedentario no se asociaron con las funciones ejecutivas (93).

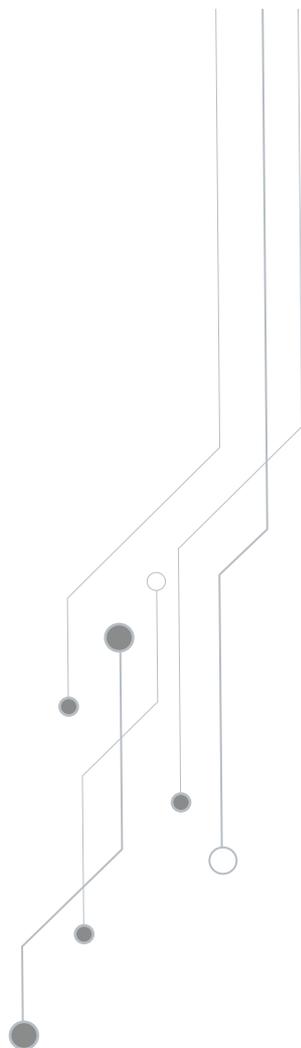
Por otra parte, y en lo que concierne específicamente a la presente tesis doctoral, se considera emergente la evidencia que asocia los comportamientos sedentarios con la cognición, y particularmente con la función ejecutiva (90,95,96), siendo muy pocos los estudios que han examinado explícitamente la relación entre el comportamiento sedentario y la función ejecutiva en niños (97). No obstante, existe evidencia preliminar que muestra como un mayor tiempo en comportamientos sedentarios se asocia con una menor función ejecutiva en niños de 9 a 10 años (98). Parte de esa evidencia en los últimos años, sugiere que un mayor tiempo en comportamientos sedentarios y particularmente el tiempo viendo TV, podría desempeñar un papel clave en la cognición de niños y adolescentes (99). En relación a la inteligencia, evidencia previa señala que ver televisión más de 3 horas al día se asocia con un rendimiento más bajo en un test de inteligencia (51).

Es importante destacar que la influencia de los comportamientos sedentarios en la cognición puede variar (positiva o negativamente) según el tipo de comportamiento sedentario (con o sin implicación cognitiva) (90,100). Por ejemplo, una revisión sistemática evidenció que un mayor tiempo usando la computadora se asoció favorablemente con la memoria de trabajo, mientras que el tiempo viendo TV mostró una asociación inversa con la memoria de trabajo (101), en ambos casos, no se consideró el contenido y la implicancia cognitiva (101). Por otra parte, un estudio que reclutó a más de 220 niños finlandeses (12.2 años), mostró que diferentes comportamientos sedentarios podrían tener un potencial negativo en las funciones ejecutivas (102), un mayor tiempo jugando video juegos se asoció con un menor rendimiento en la prueba de memoria de trabajo, mientras que un mayor tiempo usando la computadora se

asoció con un menor rendimiento en la prueba que mide flexibilidad en procesos atencionales, los autores concluyeron que el uso excesivo de los video juegos y la computadora puede tener una influencia desfavorable en las funciones cognitivas (102). En conjunto, existe evidencia contradictoria en cuanto a la relación de los diferentes comportamientos sedentarios y los indicadores de la función ejecutiva, así como del potencial rol de la actividad física en esta asociación.

Los hallazgos mencionados anteriormente enfatizan la relevancia de examinar las asociaciones de comportamientos sedentarios con la cognición en diferentes poblaciones dianas, como por ejemplo los niños con sobrepeso/obesidad (7,97).





Comportamiento sedentario y rendimiento académico.

Se analiza la evidencia que relaciona diferentes comportamientos sedentarios con el rendimiento académico en niños.

Es importante destacar que la influencia de los comportamientos sedentarios en el rendimiento académico puede variar según el tipo de comportamiento sedentario; los de características educativas o con implicación cognitiva puede influir positivamente en el rendimiento académico, mientras que un comportamiento sedentario de carácter no educativo puede afectar negativamente el rendimiento académico (53,66,103–105).

Así, estudios previos de diseño transversal que examinaron la asociación entre comportamientos sedentarios y rendimiento académico, particularmente se han centrado en el tiempo de pantalla, y han mostrado resultados controvertidos; algunos reportan asociaciones negativas (83,99,106,107), otros asociaciones positivas (108,109), y otros han reportado asociaciones nulas (95).

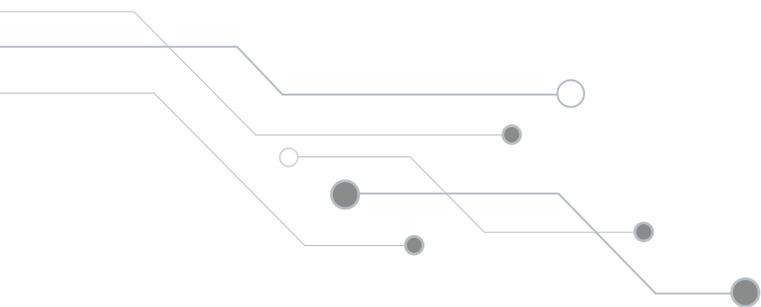
Además, revisiones sistemáticas en poblaciones de niños y adolescentes han centrado su objetivo en determinar la asociación del tiempo viendo TV y el tiempo en video juegos con variables del rendimiento académico (51,110). Por ejemplo, Tremblay y colaboradores analizaron 32 estudios transversales y 3 longitudinales con un total de 161.167 participantes y mostraron una asociación negativa entre los participantes que vieron más de 2 horas al día de pantallas y su rendimiento académico (51). Por otra parte, un meta análisis más reciente que incluyó 101 estudios, evidenció una asociación negativa entre el tiempo jugando video juegos y el rendimiento académico (110).

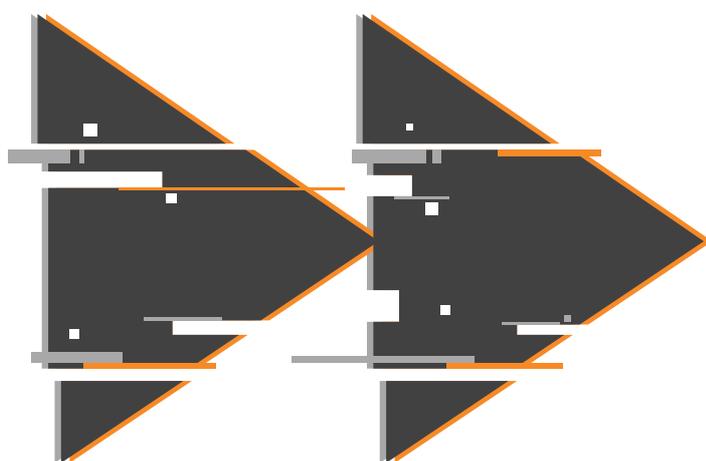
Coincidentemente con los resultados anteriores, una revisión sistemática que investigó sobre el tiempo de pantalla en niños y adolescentes concluyó que cada actividad basada en el uso de pantallas debe analizarse individualmente debido a su asociación específica con el desempeño académico; ver TV y jugar video juegos parecen ser las actividades más negativamente asociadas con el rendimiento académico y con mayor especificidad en adolescentes (53). Destacando la necesidad de más investigación sobre la asociación del uso de internet, la computadora y el teléfono móvil con el rendimiento académico en niños y adolescentes, dado que estas asociaciones parecen ser complejas y pueden estar moderadas y / o mediadas por factores potenciales, como el propósito, el contenido y el contexto del uso de los medios de pantalla (53).

Por último, estudios que incluyeron tanto medias objetivas como auto-reportadas para determinar el tiempo sedentario, mostraron resultados dispares dependiendo del instrumento para valorar el comportamiento sedentario. Por ejemplo, un estudio que reclutó a más de 270 niños finlandeses con un promedio de 12 años de edad, demostró que el tiempo sedentario

medido objetivamente no se asoció con las notas académicas. Sin embargo, el tiempo viendo pantallas medido con cuestionario se asoció negativamente con las notas académicas (106). Coincidentemente, otro estudio que reclutó a 1146 niños y adolescentes españoles, mostró que el tiempo libre sedentario medido objetivamente no se asoció significativamente con el rendimiento académico, sin embargo, medidas subjetivas del tiempo en diferentes comportamientos sedentarios, como estar sentado sin hacer nada o navegando por internet, se asociaron negativamente con el rendimiento académico, mientras que el tiempo dedicado a hacer deberes/estudiar sin computadora y leer por diversión fueron asociados positivamente (103). Ambos estudios concluyen que dominios específicos del comportamiento sedentario auto informado, pero no medido objetivamente, pueden influir en el rendimiento académico (103,106).

En conjunto, la evidencia mencionada anteriormente enfatiza la relevancia de examinar la asociación de los diversos comportamientos sedentarios de manera individual con el rendimiento académico, ya que su influencia puede ser opuesta, y más concretamente en poblaciones diana, como por ejemplo niños con sobrepeso/obesidad.





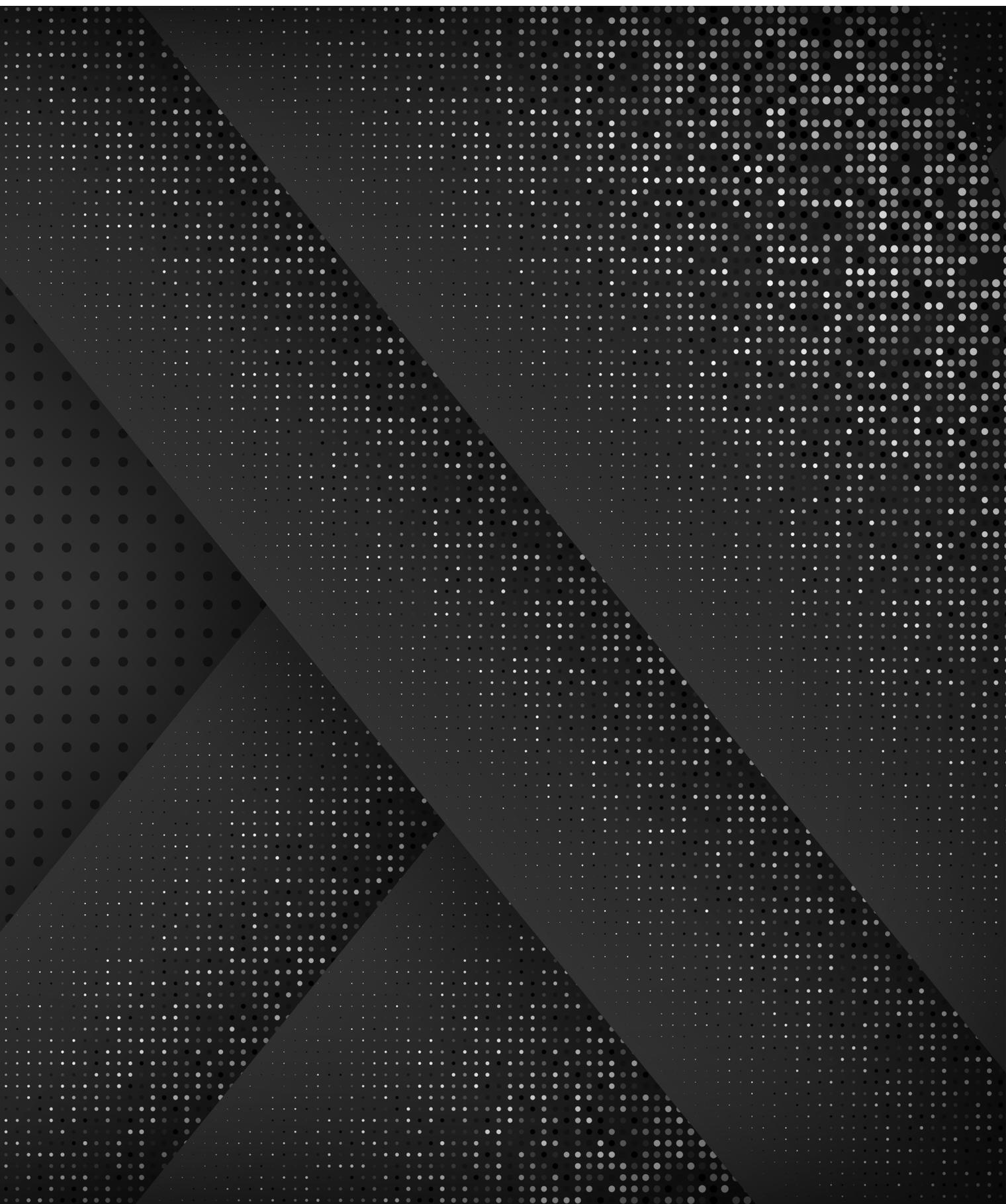
Brechas detectadas en la literatura.

Se detallan las brechas de la literatura y se asocian con cada uno de los capítulos de la presente tesis doctoral.

Estas son las principales brechas detectadas en la literatura:

- Hasta la fecha, ningún estudio previo ha examinado la influencia del tiempo en diferentes comportamientos sedentarios en la estructura cerebral en niños con sobrepeso/obesidad; ni cómo esto a su vez podría asociarse con la inteligencia. (Capítulo I)
- Existe evidencia limitada y emergente sobre la asociación entre diferentes comportamientos sedentarios y la función ejecutiva, en niños con sobrepeso/obesidad. (Capítulo II)
- Aunque estudios previos han examinado la asociación del comportamiento sedentario con el rendimiento académico, los resultados son controvertidos, y en general no la investigan en una población particularmente sensible como son los niños con sobrepeso/obesidad. (Capítulo III)
- Se desconoce en gran medida el rol que podría jugar la capacidad cardiorrespiratoria y la actividad física en las asociaciones de comportamientos sedentarios con estructura cerebral, función ejecutiva y rendimiento académico (Capítulo I a III).

OBJETIVOS



Objetivo General.

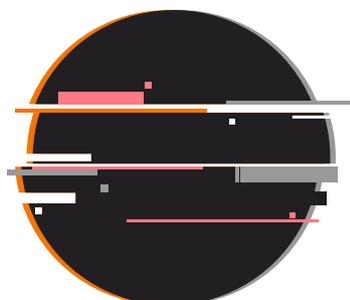
El objetivo general de esta Tesis Doctoral ha sido analizar la asociación de diferentes comportamientos sedentarios con la estructura cerebral, la cognición y el rendimiento académico en niños con sobrepeso/obesidad.

Objetivos Específicos:

Determinar la asociación entre diferentes comportamientos sedentarios con la estructura cerebral y la inteligencia en niños con sobrepeso/obesidad (Capítulo I).

Determinar la asociación entre diferentes comportamientos sedentarios y la función ejecutiva en niños con sobrepeso/obesidad. (Capítulo II)

Determinar la asociación entre diferentes comportamientos sedentarios y el rendimiento académico en niños con sobrepeso/obesidad (Capítulo III).



Overall Aim.

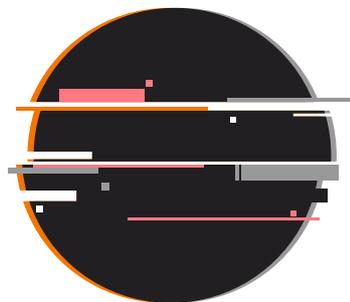
The overall objective of the present Doctoral Thesis has been to analyze the association of different sedentary behaviors and brain structure, cognition and academic performance in children with overweight or obesity.

Specific aims:

To analyze the association of different sedentary behaviors with brain structure and intelligence in children with overweight/obesity. (Chapter I)

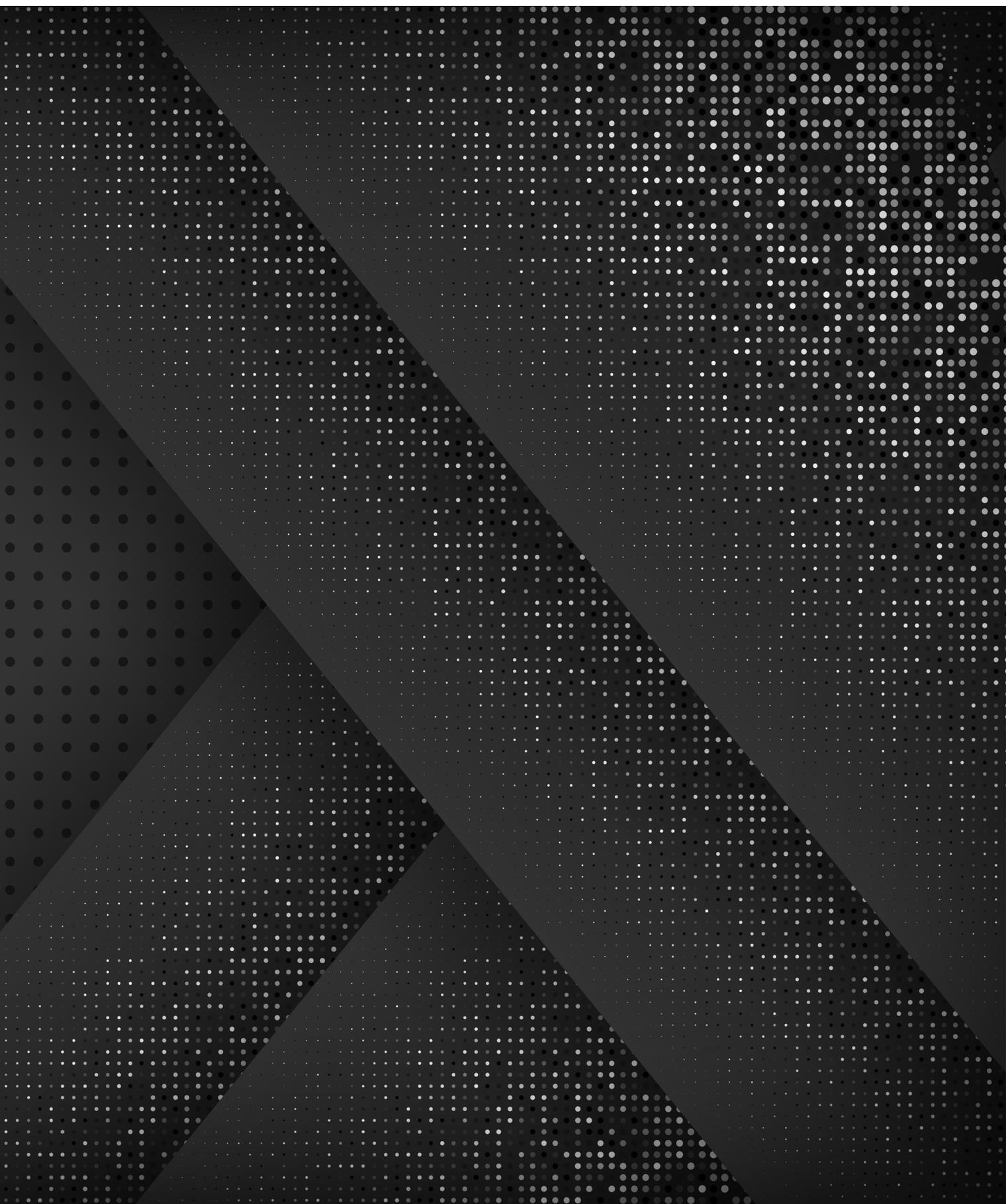
To analyze the association of different sedentary behaviors with executive functions in children with overweight/obesity. (Chapter II)

To analyze the association of different sedentary behaviors with academic performance in children with overweight/obesity. (Chapter III)





MATERIALES Y MÉTODOS



Participantes.

Se describen los criterios de inclusión y exclusión, el proceso de reclutamiento y la selección de los participantes de esta investigación para cada uno de los capítulos.

Los participantes de este estudio fueron parte del Proyecto ActiveBrains (<http://profith.ugr.es/activebrains>). ActiveBrains es un ensayo randomizado controlado diseñado para examinar los efectos de un programa de ejercicio en el cerebro, la cognición y el rendimiento académico, así como en variables de salud física y mental en niños con sobrepeso/obesidad (111). La muestra inicial incluyó 110 niños con sobrepeso/obesidad de 8 a 11 años de edad provenientes del proyecto ActiveBrains (categorizados en base a los puntos de corte de la Federación Mundial de Obesidad) (112).

El proyecto ActiveBrains se realizó en tres oleadas diferenciadas temporalmente. Los participantes elegibles eran niñas y niños que además de cumplir con la edad señalada anteriormente y ser clasificados con sobrepeso u obesidad, debían cumplir con los siguientes criterios de inclusión / exclusión:

- no tener discapacidades físicas o trastornos neurológicos que les impidan realizar ejercicio físico;
- en el caso de las niñas, no haber comenzado la menstruación en el momento de las evaluaciones de referencia;
- un informe que verifique que no haya uso de medicamentos que influyan en la función del sistema nervioso central;
- ser diestro (medido con el inventario Edinburgh) (113). Dado que los individuos diestros difieren sustancialmente en la estructura del hemisferio cerebral (hemisferio dominante y no dominante) en relación a los zurdos;
- no presentar trastorno de hiperactividad por déficit de atención (TDAH) en el percentil 85 (medido por la escala de calificación de TDAH) (114).

El proceso de reclutamiento, consistió en tomar contacto con las familias de niños con sobrepeso/obesidad a partir de bases de datos de la Unidad de Pediatría de los Hospitales Universitarios San Cecilio y Virgen de las Nieves (Granada, España). Otras estrategias de reclutamiento incluyeron ponerse en contacto con directores de centros escolares, públicos y privados de Granada para difundir folletos informativos. Por otra parte, la publicidad relacionada con el proyecto fue difundida en los medios locales, mediante el periódico, la radio y la televisión.

Los datos fueron tomados entre noviembre del 2014 y febrero del 2016. Padres y tutores fueron informados del propósito del estudio y firmaron el consentimiento informado. El proyecto ActiveBrains fue realizado siguiendo la Declaración de Helsinki, fue aprobado por el

Comité de Ética en Investigaciones Humanas de la Universidad de Granada y fue registrado en ClinicalTrials.gov (identificador: NCT02295072).

La presente tesis doctoral tiene un diseño transversal, utilizando por tanto los datos de la evaluación pre-intervención del proyecto ActiveBrains, previo a la randomización por grupos, e incluyó a 106 participantes. Para el análisis del capítulo I se incluyeron a un total de 99 participantes (10.0 ± 1.1 años; 39.4% niñas) con datos válidos de comportamiento sedentario, estructura cerebral e inteligencia. Para el análisis del capítulo II y III se incluyeron a un total de 106 participantes (10.0 ± 1.1 años; 40.6% niñas) con datos válidos de comportamiento sedentario, funciones ejecutivas y rendimiento académico. En el análisis de los tres capítulos, el sexo, el estado de madurez puberal (PHV), el nivel educativo de los padres, IMC y la capacidad cardiorrespiratoria se utilizaron como covariables. La información se resume en la **Tabla 1**.

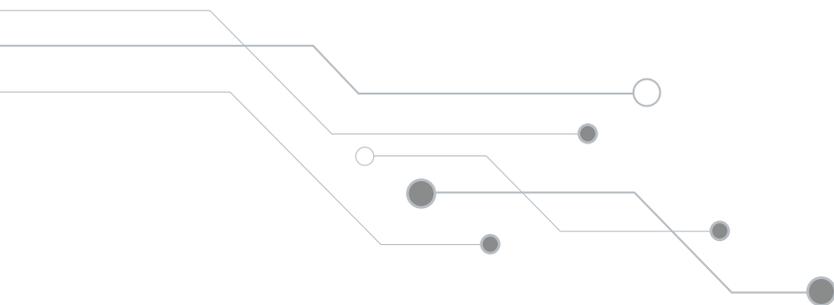


Tabla 1. Resumen de los objetivos y de la metodología de la presente Tesis Doctoral ordenado por capítulos.

Capítulo	Objetivo	Diseño	Participantes	Variables Predictoras	Variables Independientes
I	Determinar la asociación entre diferentes comportamientos sedentarios con la estructura cerebral y la inteligencia.	Transversal	99 niños (10.01 ± 1.14 años; 39 niñas)	Tiempo viendo TV, tiempo en video juegos, tiempo total sedentario.	Estructura del cerebro: volúmenes de materia gris en diferentes regiones del cerebro. Inteligencia: fluida, cristalizada y compuesta (considera fluida y cristalizada).
II	Determinar la asociación entre diferentes comportamientos sedentarios y la función ejecutiva.	Transversal	106 niños (10.03 ± 1.14 años; 43 niñas)	Tiempo viendo TV, tiempo en video juegos, tiempo total sedentario.	Funciones Ejecutivas: planificación, flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo e inhibición cognitiva.
III	Determinar la asociación entre diferentes comportamientos sedentarios y el rendimiento académico.	Transversal	106 niños (10.03 ± 1.14 años; 43 niñas)	Tiempo viendo TV, tiempo en video juegos, tiempo total sedentario.	Rendimiento Académico: lenguaje oral, lectura, escritura, expresión escrita, matemáticas, habilidades de cálculo matemático, ciencias, habilidades académicas, fluidez académica, aplicaciones académicas y rendimiento total.

Fuente. Elaboración propia.

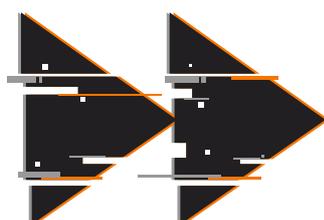
Variables.

Se describe en detalle la metodología y los instrumentos utilizados para cuantificar las variables.

Comportamiento Sedentario

El Comportamiento sedentario fue medido utilizando el cuestionario Youth Activity Profile-Spain (YAP-S), una versión adaptada de la versión original del cuestionario YAP. El YAP original fue desarrollado por el laboratorio de Actividad Física y Promoción de la Salud de la Universidad del Estado de Iowa (www.physicalactivitylab.org) y validado utilizando acelerometría en una serie de estudios de Saint-Maurice y colaboradores (115,116). Específicamente, la correlación entre los minutos medidos y los pronosticados del comportamiento sedentario total fue alta ($r = 0.75$, $p < 0.001$) (116). El cuestionario YAP fue traducido (al español) y re-traducido al inglés (para probar posibles desviaciones de la versión original en inglés), así como adaptado culturalmente, en colaboración con los autores originales del YAP (más detalles en <http://profith.ugr.es/yap>).

El YAP-S es un cuestionario auto administrado de recuerdo de 7 días para niños y adolescentes. El YAP-S incluye una sección para evaluar el comportamiento sedentario con 4 breves ítems de auto informe que preguntan sobre el tiempo que pasan viendo TV, jugando video juegos, usando el ordenador, usando el teléfono móvil, y también un ítem general del tiempo sedentario total. A los participantes se les preguntó acerca de “cuánto tiempo”, en promedio, pasaron en cuatro actividades sedentarias por día durante la última semana (es decir, viendo TV, jugando video juegos, usando ordenador y un teléfono móvil). Cada pregunta se califica utilizando una escala que varía de 1 a 5: (i) 0 min, (ii) menos de 1 hora, (iii) entre 1 y 2 horas, (iv) entre 2 y 3 horas y (v) más de 3 horas. Se excluyeron los ítems sobre el uso del ordenador y el uso de un teléfono móvil porque el 91% (1.54 ± 0.82) y el 86% (1.71 ± 1.06) de la muestra, respectivamente, se clasificaron como 0 min y menos de 1 hora en esos comportamientos. Además, se preguntó a los participantes sobre “cuánto tiempo” dedicaron en total en comportamientos sedentarios en una “semana normal” y las respuestas variaron de 1 = “casi nada de tiempo libre sentado” a 5 = “casi todo el tiempo libre sentado”.



Estructura cerebral: volumen de materia gris.

La estructura cerebral se evaluó con imágenes de resonancia magnética (MRI) utilizando un equipo 3.0 Tesla Magnetom Tim Trio system (Siemens Medical Solutions, Erlangen, Germany) con una bobina principal de 32 canales. Se tomaron imágenes tridimensionales, de alta resolución, ponderadas en T1, utilizando una secuencia de eco gradiente rápido (MPRAGE) preparada para magnetización. Los parámetros fueron los siguientes: tiempo de repetición (TR) = 2300 ms, tiempo de eco (TE) = 3.1 ms, tiempo de inversión (TI) = 900 ms, ángulo de giro = 9°, campo de visión (FOV) = 256 x 256, adquisición matriz = 320 x 320, 208 cortes, resolución = 0.8 x 0.8 x 0.8 mm, y duración de escaneo de 6 minutos y 34 segundos.

Los datos de imágenes se procesaron previamente utilizando el software de mapeo estadístico paramétrico (SPM12; Wellcome Department of Cognitive Neurology, Londres, Reino Unido) implementado en Matlab (The MathWorks, Inc, Natick, MA). Previo a la clasificación de los tejidos, se verificó cada imagen individual para detectar artefactos de adquisición y alineación a lo largo de la comisura anterior horizontal y el plano de la comisura posterior.

La información detallada sobre los pasos de pre-procesamiento está descrita en un estudio previo (89). Se utilizó la última segmentación de algoritmo implementado en SPM12, se segmentaron las imágenes T1 estructurales ponderadas de cada participante en tejido de materia gris, tejido de materia blanca y líquido cefalorraquídeo (117). Luego, se creó una plantilla personalizada usando Diffeomorphic Registro anatómico a través del álgebra de Lie exponencial (DARTEL), utilizando los tejidos de materia gris segmentados de cada participante (118). DARTEL estima un mejor conjunto de deformaciones suaves del tejido de cada participante a su promedio común y reitera el proceso hasta la convergencia. Las imágenes resultantes fueron normalizadas espacialmente de acuerdo al Instituto Neurológico de Montreal (MNI) afín al espacio de transformación para crear la plantilla DARTEL. Posteriormente, para cada participante las imágenes segmentadas se normalizaron a la plantilla DARTEL mediante transformación no lineal. Para realizar una corrección de cambio de volumen, las imágenes de materia gris normalizadas se modularon con determinantes jacobianos derivados de la normalización espacial (119). Finalmente, las imágenes volumétricas fueron suavizadas envolviéndolas con un núcleo gaussiano isotrópico de 8 mm de ancho completo en medio máximo (FWHM).

En resumen, el pre-procesamiento de imágenes incluyó: el control de calidad y la alineación (1,2), la segmentación en tejido de materia gris, tejido de materia blanca y líquido cefalorraquídeo (3), la creación de una plantilla personalizada utilizando DARTEL (4), la normalización espacial (5) y el suavizado espacial (6) (Figura 6) (89). En la presente tesis doctoral se usó la segmentación del tejido de materia gris para realizar los análisis volumétricos a cerebro completo.

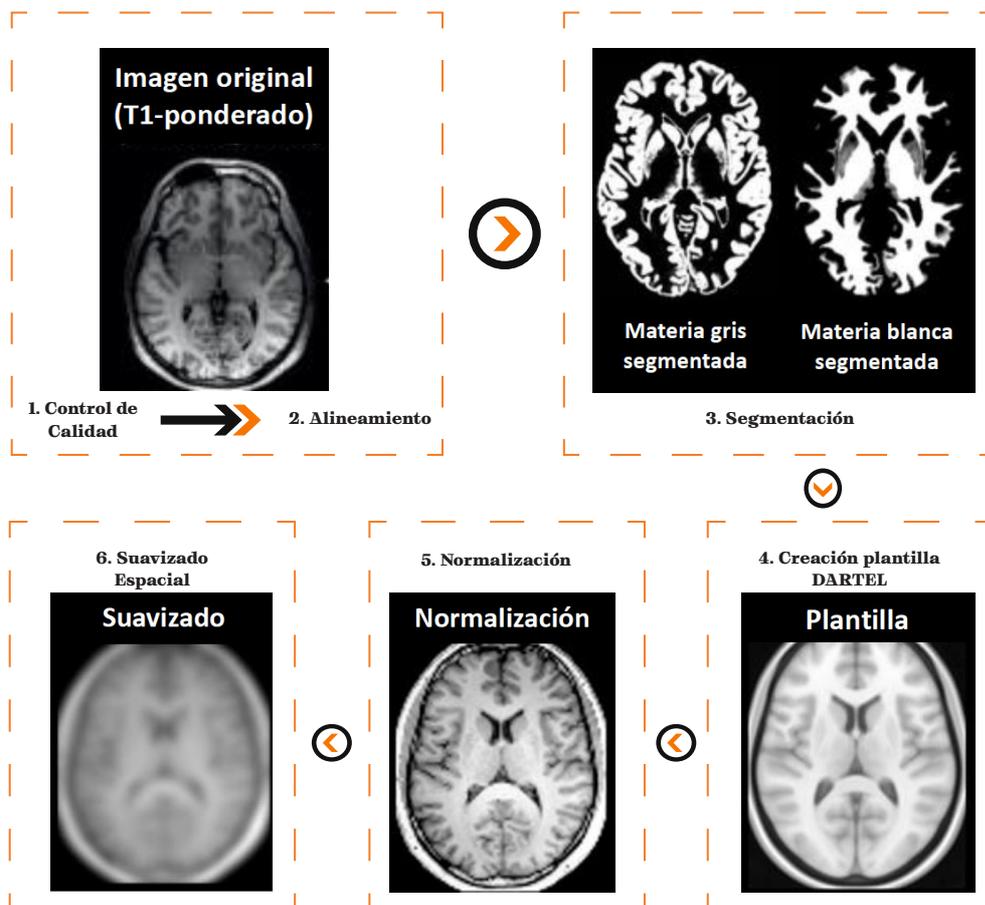


Figura 6. Etapas del procesamiento de los datos. GM, tejidos de materia gris; WM, tejidos de materia blanca; CSF, fluido cerebroespinal. Fuente: A whole brain volumetric approach in overweight/obese children: Examining the association with different physical fitness components and academic performance (89).

Inteligencia.

La inteligencia fue medida con el Kaufman Brief Intelligence Test (K-BIT), diseñado para la evaluación de la inteligencia verbal y no verbal. Consiste en dos sub-pruebas, vocabulario y matrices. Vocabulario mide habilidades verbales relacionadas con el aprendizaje escolar apoyándose en el conocimiento de palabras y la formación de conceptos verbales. Matrices mide habilidades no verbales y la capacidad para resolver nuevos problemas a partir de la aptitud del sujeto para percibir relaciones y completar analogías.

El K-BIT ha demostrado una buena validez de constructo y externa (120). Específicamente, las puntuaciones brutas de la sub-prueba de vocabulario muestran un aumento constante durante la edad adulta temprana, mientras que alcanzan su punto máximo durante la edad adulta media y disminuyen gradualmente durante el resto de la vida; este patrón de crecimiento es consistente con las teorías de la inteligencia cristalizada (121); y las puntuaciones brutas de la sub-prueba de matrices alcanzan el máximo en la adolescencia tardía/edad adulta temprana y disminuyeron gradualmente durante el resto de la edad adulta; que es consistente con las teorías de la inteligencia fluida (121,122). Como tal, la sub-prueba de vocabulario estima una puntuación de inteligencia cristalizada y la sub-prueba de matrices estima una puntuación de inteligencia fluida (123). K-BIT fue administrado individualmente a cada participante por evaluadores capacitados (120). El registro y puntuación de todos los ítems del K-BIT es de carácter dicotómico, donde las respuestas correctas se puntúan con 1 y las incorrectas con 0. Las variables incluidas en los análisis fueron el percentil específico de la puntuación cristalizada y fluida de acuerdo a la edad; y una puntuación de inteligencia compuesta que incluye ambas variables (124).

Función Ejecutiva.

La función ejecutiva fue medida usando los dominios de habilidad de planificación, flexibilidad cognitiva, inhibición cognitiva y memoria de trabajo. Todos los test se realizaron siempre en el mismo orden. Los examinadores fueron capacitados antes del comienzo de la investigación para realizar las pruebas de manera estandarizada. Información resumida de los test se muestran en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Información resumida de los test para medir la función ejecutiva.

Nombre	Nombre Corto	Componente Valorado	Condiciones	Tiempo Máximo de Ejecución*	Formato
Zoo Map Test	Zoo Test	Habilidad De Planificación	2	Sin restricción de tiempo	Papel
Design Fluency Test	DFT	Flexibilidad Cognitiva	3	60s para cada condición. (3 minutos)	Papel
Trail Making Test	TMT	Flexibilidad Cognitiva	5	150s para las condiciones 1,2,3 y 5. 240s para la condición 4 (14 minutos)	Papel
Delayed non matched to sample task	DNMS Task	Memoria de trabajo	2	12s por 100 ensayos en condición alta demanda. 12s por 40 ensayos condición baja demanda. (28 minutos)	Ordenador
Stroop Test	Stroop Test	Inhibición cognitiva	4	90s para las condiciones 1 y 2. 180s para las condiciones 3 y 4. (9 minutos)	Papel
Eriksen flanker task	MFT	Inhibición cognitiva	2	9s por 72 ensayos en condición congruente. 9s por 72 ensayos en condición incongruente. (21 minutos)	Ordenador

Fuente: creación propia a partir de los protocolos de cada test. *Considera el tiempo de la tarea propiamente tal, sin tomar en cuenta el tiempo de instrucciones, de entrenamiento ni entre pruebas.

La **habilidad de planificación** se evaluó mediante el Zoo Map Test, que corresponde a uno de los sub-test de la evaluación conductual (125). En este test los participantes deben resolver dos condiciones similares con dificultad progresiva. En ambas, los participantes tienen que planificar una ruta a través de un mapa (**Figura 7**), cumpliendo con un conjunto de reglas.

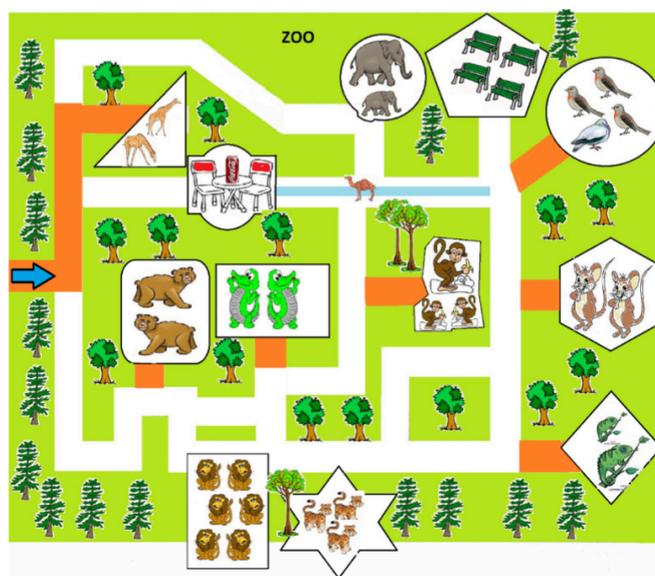


Figura 7. Mapa del Zoo Map Test para ambas condiciones.
Fuente: Behavioural assessment – Manual (125)

La condición 1 fue la más compleja, dado que no se indicaron instrucciones sobre qué camino debían seguir, mientras que la condición 2 incluyó instrucciones que permitieron a los participantes conocer previamente los lugares que debían visitar y el orden en que debían visitar cada uno. Una puntuación de secuencia de cada condición (entre 0-8 puntos) se basó en la suma de las ubicaciones visitadas en el orden correcto, y se redujeron puntos si se cometió un error. Se reconoció como error de los participantes cuando:

- se utilizó una ruta más de una vez;
- hubo una desviación del camino;
- no se trazó una línea continua, como los saltos;
- se visitó un lugar inapropiado con respecto al orden indicado.

En este test se registró la siguiente información:

- *Tiempo de planificación (segundos)*: considera el tiempo de preparación y análisis de los posibles caminos para llegar a los lugares indicados. Refiere al tiempo que toma el participante previo a la ejecución de la ruta.
- *Tiempo total (segundos)*: incluye el tiempo de planificación y el tiempo de ejecución de los caminos en el mapa (tiempo total de la tarea).
- *Orden de los lugares visitados*: se registran todos los lugares visitados según el orden en que el participante completa la tarea. En cada condición se obtuvo una puntuación de secuencia (de 0-8 puntos) en base a la suma de lugares visitados en el orden correcto (por ejemplo, 4 lugares visitados en el orden correcto de 8 lugares totales = 4 puntos).
- *Puntuación total*: es la suma de la puntuación obtenida en la condición 1 y 2.

Se utilizó la puntuación total que se calculó como la suma de las puntuaciones de secuencia de las condiciones 1 y 2 (es decir, de 0 a 16 puntos).

Para medir la flexibilidad cognitiva se utilizaron dos pruebas de las 9 sub-escalas del sistema de función ejecutiva Delis-Kaplan (D-KEFS) (126). Esta batería tiene una fiabilidad test-retest que varía en el rango de 0,62 a 0,80 (127). Concretamente, la flexibilidad cognitiva se evaluó mediante el Design Fluency Test (DFT) y el Trail Making Test (TMT).

El DFT forma parte de la batería D-KEFS y mide la habilidad para dibujar tantos diseños, diferentes unos de otros, como sean posibles en 60 segundos. Este test se compone de una serie de filas constituidas por recuadros formados, a su vez, por un despliegue de puntos situados siempre en la misma posición. La tarea consiste en dibujar diseños diferentes en cada recuadro uniendo los puntos que en ellos se encuentran, siendo requisito indispensable el uso total de cuatro líneas para unir los puntos y que cada línea contacte con al menos otra de ellas sobre los puntos. El test se completa en un formulario que se separa en tres condiciones

(Figura 8). La tarea en cada condición es la siguiente:

Condición 1: los recuadros de respuesta contienen sólo puntos negros; el participante debe dibujar diseños diferentes uniendo estos puntos con 4 líneas. Esta condición mide la fluidez de diseño.

Condición 2: los recuadros de respuesta contienen tanto puntos negros como blancos; el participante únicamente debe unir los puntos blancos e inhibir la respuesta previa de la condición 1 (unión de puntos negros). Esta condición mide tanto fluidez de diseño como respuesta inhibitoria.

Condición 3: los recuadros contienen tanto puntos negros como blancos; el participante debe unir alternativamente puntos negros y blancos. Esta condición mide tanto la fluidez de diseño como la flexibilidad cognitiva.

Para los análisis, se utilizó el número total de diseños dibujados correctamente en las 3 condiciones.

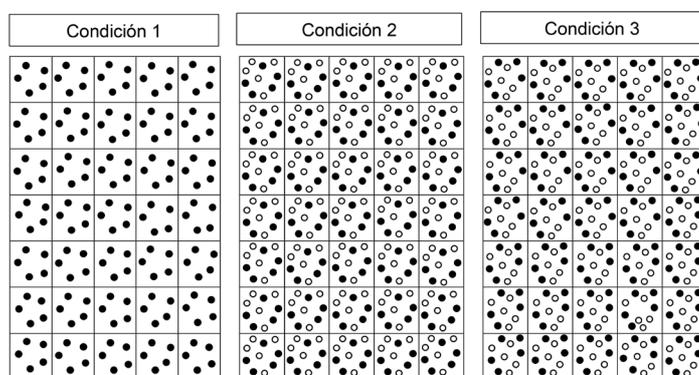


Figura 8. Planillas del Design Fluency Test (DFT) para las condiciones 1, 2 y 3.

Fuente: Executive Function System (D-KEFS) (126) Adaptado por Zavala-Crichton J.P.

El TMT consiste en una tarea de cancelación visual. El test tiene 5 condiciones. La tarea principal que evalúa la función ejecutiva es la condición 4: unión de números y letras, la cual mide la flexibilidad del pensamiento ante una tarea de secuencia visuo-motora. Las otras

cuatro condiciones permiten al examinador cuantificar y derivar valores normativos de varios componentes claves para el desarrollo de una tarea de unión. A continuación, se detalla cada una de ellas y su tiempo máximo de ejecución:

Condición 1: escaneo visual (150 segundos), consiste en marcar el número que indique el examinador todas las veces que ese número se encuentre en la planilla. La planilla contiene números y letras. El participante debe realizar la tarea en el menor tiempo posible e intentando no equivocarse (marcando otro número o dejando algún número indicado por el examinador sin marcar).

Condición 2: secuencia de números (150 segundos), consiste en unir con una línea los números que están dibujados en una planilla, comenzando con el número 1, siguiendo con el 2 y así sucesivamente hasta llegar al número 16. La planilla contiene números y letras. El participante debe realizar la tarea en el menor tiempo posible e intentando no equivocarse.

Condición 3: secuencia de letras (150 segundos), consiste en unir con una línea las letras que están dibujadas en una planilla, comenzando con la letra A, siguiendo con la B y así sucesivamente hasta llegar a la letra P. La planilla contiene números y letras. El participante debe realizar la tarea en el menor tiempo posible e intentando no equivocarse.

Condición 4: unión de números y letras (240 segundos), consiste en unir con una línea los números y letras que están dibujados en una planilla. Comenzando en el número 1, uniéndolo con la letra A, para luego unir la letra A con el número 2 y luego seguir con la letra B y así sucesivamente hasta llegar a la letra P. La planilla contiene números y letras. El participante debe realizar la tarea en el menor tiempo posible e intentando no equivocarse.

Condición 5: velocidad motora (150 segundos), consiste en unir con una línea los círculos que están dibujados en una planilla, comenzando en el círculo que tiene escrito la palabra “inicio”, y terminando con el círculo que tiene escrito la palabra “final”. La planilla contiene sólo círculos que están unidos por una línea discontinua. El participante debe realizar la tarea en el menor tiempo posible e intentando no equivocarse. Las líneas no deben ser rectas, sin embargo, siempre deben tocar los círculos.

En los análisis de la presente tesis doctoral se utilizó la resta del tiempo total de finalización de TMT-A (condición 2) del tiempo total de finalización de TMT-B (condición 4). Se invirtió la diferencia B – A multiplicando esta puntuación por -1, de modo que una puntuación más alta indicaba una mejor flexibilidad cognitiva.

La memoria de trabajo se evaluó mediante una versión modificada de la tarea computarizada Delayed Non-Match-to-Sample (DNMS) (128). Todos los ensayos se presentaron en un ordenador usando el software E-Prime (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA). Cada ensayo consistió en dos fases: muestra y elección. La fase de muestra incluyó un conjunto de cuatro estímulos secuenciales de memoria. Los estímulos fueron adaptados para niños, por lo tanto, se presentaron dibujos animados de Pokémon sobre un fondo azul. Se pidió a los participantes que recordaran 4 estímulos mostrados uno detrás de otro durante 500 ms con un intervalo entre estímulos de 1000 ms. Después de la presentación de los 4 estímulos, y después de un intervalo de retraso de 4000 ms, se mostró un objetivo consistente en 2 Pokémon diferentes presentados juntos durante la fase de elección durante 1800 ms. Durante esta fase, se les pidió a los participantes que seleccionaran la caricatura que no se mostraba en los 4 estímulos anteriores.

Se presentaron un total de 16 ensayos de práctica más 140 ensayos experimentales. La fase de práctica se realizó antes de la presentación de los ensayos experimentales para asegurarse de que todos los participantes estuvieran familiarizados con los dibujos animados y comenzaran la tarea experimental en igualdad de condiciones. Luego, el total de 140 ensayos se mostró de manera aleatoria en 4 bloques de 35 ensayos cada uno. Para la condición de alta demanda de memoria (100 ensayos) se presentaron 4 estímulos diferentes antes de la fase de elección exigiendo una mayor capacidad de memoria de trabajo (**Figura 9**), mientras que para la condición de baja demanda de memoria (40 ensayos), los 4 estímulos presentados durante la fase de muestra fueron iguales (**Figura 10**). La duración de la tarea varió de 35 min a 45 min. Se registró el tiempo medio de reacción (TR) en segundos (s) y la precisión de la respuesta (%). Con estos resultados se creó la variable ratio de precisión de la respuesta / TR, tanto para la tarea con baja demanda de memoria de trabajo como para la tarea con alta demanda de memoria de trabajo. Esta última variable se utilizó en los análisis de la tesis doctoral.

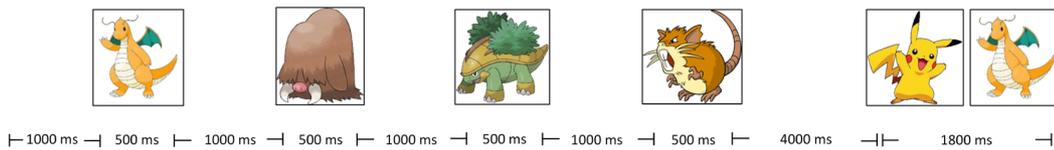


Figura 9. Ejemplo de la tarea computarizada para evaluar la memoria de trabajo de alta demanda cognitiva (DNMS). Los participantes deben recordar los 4 estímulos iniciales (4 dibujos diferentes de Pokémon) para en el estímulo final, después de 4000 ms de pausa, elegir entre dos dibujos, el Pokémon que no se mostró entre los 4 estímulos iniciales.

Fuente: Fitness, physical activity, working memory, and neuroelectric activity in children with overweight/obesity (129). Adaptado por Zavala-Crichton, J.P.

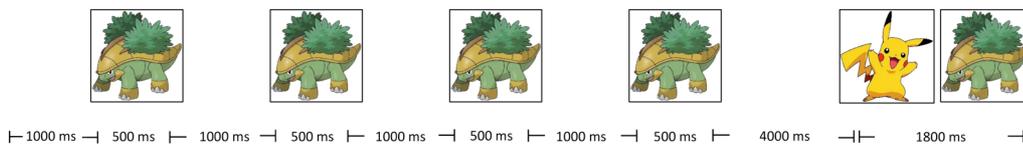


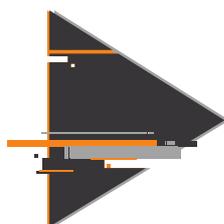
Figura 10. Ejemplo de una tarea computarizada para evaluar la memoria de trabajo de baja demanda cognitiva (DNMS). Los participantes deben recordar los 4 estímulos iniciales (4 dibujos iguales de Pokémon) para en el estímulo final, después de 4000 ms de pausa, elegir entre dos dibujos, el Pokémon que no se mostró en los 4 estímulos iniciales.

Fuente: Fitness, physical activity, working memory, and neuroelectric activity in children with overweight/obesity (129). Adaptado por Zavala-Crichton, J.P.

La inhibición cognitiva se evaluó mediante una versión modificada de la prueba Stroop (130) y una versión modificada basada en imágenes de la tarea de flanqueo de Eriksen (131).

La prueba Stroop consiste en un test de inhibición cognitiva que tiene 4 condiciones diferentes. El objetivo principal de esta prueba es medir la capacidad de inhibir la interferencia, es decir, la capacidad del individuo para controlar la interferencia que producen las respuestas previamente automatizadas y no intencionadas, a favor de otras respuestas controladas y voluntarias demandadas por la situación. En este caso, el “efecto de interferencia Stroop” se describe como el fenómeno de disminución en la velocidad de identificación de colores; fenómeno que se produce cuando el sujeto debe nombrar el color de la tinta con que están escritos los nombres de algunos colores cuyo significado no suele coincidir con el color con el que están escritos. Las cuatro condiciones y tiempos máximos de ejecución se detallan a continuación:

Condición 1: Denominación de colores (90 segundos): en la condición 1, los examinadores mostraron a los participantes una planilla con cuadrados de colores (**Figura 11**). En el menor tiempo posible, los participantes debían mencionar en voz alta los colores de los cuadrados sin saltarse ninguno e intentando no equivocarse. En este caso, se señaló 90 segundos como tiempo de ejecución. El examinador registró los colores mencionados correctamente, los errores, las autocorrecciones y el tiempo total. Si el participante no completa la tarea en 90 segundos, el examinador lo detiene y señala el último estímulo que alcanzó a mencionar. Los estímulos que el participante no alcanzó a realizar porque se acabó el tiempo, no se consideraron como errores.



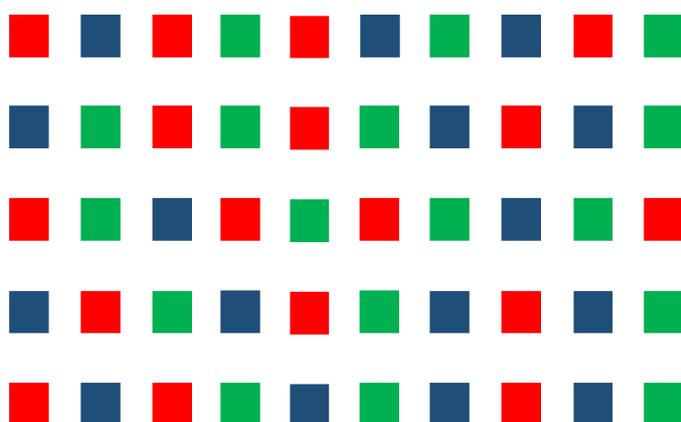


Figura 11. Ejemplo de planilla para evaluar la condición 1 del test de Stroop. Los participantes deben mencionar en voz alta los colores de los cuadrados en el menor tiempo posible sin saltarse ninguno e intentando no equivocarse.

Fuente: Executive Function System (D-KEFS) (126) Adaptado por Zavala-Crichton J.P.

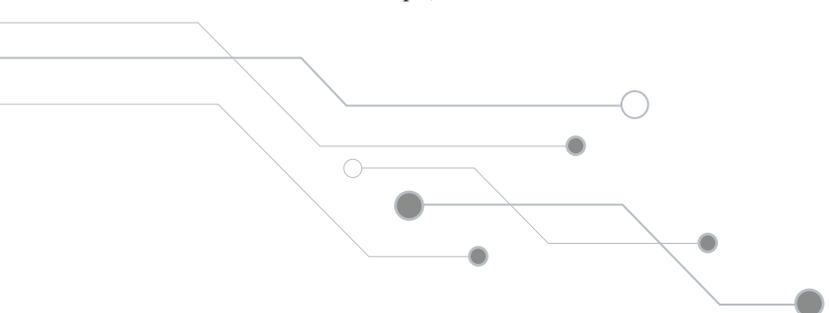
Condición 2: Lectura de palabras (90 segundos): en la condición 2, los examinadores mostraron a los participantes una planilla con filas de palabras escritas en tinta negra (Figura 12). En el menor tiempo posible, los participantes debían leer en voz alta las palabras sin saltarse ninguna e intentando no equivocarse. El examinador registró las palabras correctas, los errores, las autocorrecciones y el tiempo total. Si el participante no completa la tarea en 90 segundos, el examinador lo detiene y señala el último estímulo que alcanzó a mencionar. En este caso, se señaló 90 segundos como tiempo de ejecución. Las palabras que el participante no alcanzó a leer porque se acabó el tiempo, no se consideraron como errores.

verde	rojo	azul	verde	azul	rojo	azul	verde	azul	verde
rojo	verde	azul	verde	azul	verde	rojo	azul	rojo	verde
rojo	verde	azul	verde	rojo	azul	verde	rojo	azul	rojo
azul	verde	rojo	azul	verde	rojo	azul	verde	azul	rojo
verde	rojo	azul	rojo	azul	verde	rojo	azul	rojo	verde

Figura 12. Ejemplo de planilla para evaluar la condición 2 del test de Stroop. Los participantes deben leer en voz alta las palabras en el menor tiempo posible sin saltarse ninguna e intentando no equivocarse.

Fuente: Executive Function System (D-KEFS) (126) Adaptado por Zavala-Crichton J.P.

Condición 3: Interferencia 1 (180 segundos): en la condición 3, los examinadores mostraron a los participantes una planilla con filas de palabras escritas en tintas de colores (**Figura 13**). En el menor tiempo posible, los participantes debían mencionar en voz alta el color de la tinta con la cuál estaban escritas las palabras, sin saltarse ninguna e intentando no equivocarse. En este caso, el participante debe inhibir la lectura de la palabra y concentrarse en el color de la tinta con la que está escrita. Se señaló 180 segundos como tiempo de ejecución. El examinador registró las palabras correctas, los errores, las autocorrecciones y el tiempo total. Si el participante no completa la tarea en 180 segundos, el examinador lo detiene y señala el último estímulo que alcanzó a mencionar. Las palabras que el participante no alcanzó a leer porque se acabó el tiempo, no se consideraron como errores.

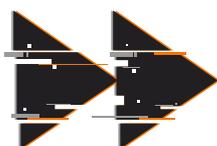


azul verde azul rojo azul rojo azul rojo azul rojo
 azul verde azul verde rojo verde azul rojo azul verde
 rojo verde rojo azul verde rojo verde rojo azul verde
 azul verde azul rojo verde azul rojo verde rojo verde
 verde azul rojo azul verde rojo azul verde rojo azul

Figura 13. Ejemplo de planilla para evaluar la condición 3 del test de Stroop. Los participantes deben mencionar en voz alta el color de la tinta en que están escritas las palabras en el menor tiempo posible sin saltarse ninguna e intentando no equivocarse.

Fuente: Executive Function System (D-KEFS) (126) Adaptado por Zavala-Crichton J.P.

Condición 4: Condición 4: Interferencia 2 (180 segundos): en la condición 4, los examinadores mostraron a los participantes una planilla con filas de palabras escritas en tintas de colores. A diferencia de la condición 3, algunas palabras estaban encerradas en una caja (**Figura 14**). En el menor tiempo posible, los participantes debían mencionar en voz alta el color de la tinta con la cuál estaban escritas las palabras que no se encontraban encerradas en una caja. En el caso de las palabras encerradas en una caja, los participantes debían leer la palabra. Al igual que en las tres condiciones anteriores, debían hacerlo sin saltarse ninguna e intentando no equivocarse. El examinador registró las palabras correctas, los errores, las autocorrecciones y el tiempo total. Si el participante no completa la tarea en 180 segundos, el examinador lo detiene y señala el último estímulo que alcanzó a mencionar o leer (según sea el caso). En este caso, se señaló 180 segundos como tiempo de ejecución. Las palabras que el participante no alcanzó a mencionar o leer porque se acabó el tiempo, no se consideraron como errores.



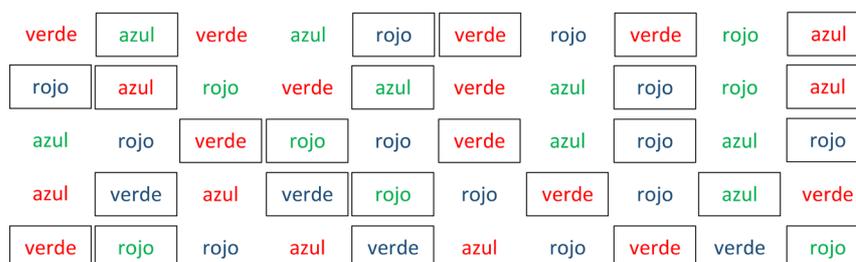


Figura 14. Ejemplo de planilla para evaluar la condición 4 del test de Stroop. Los participantes deben mencionar en voz alta el color de la tinta en que están escritas las palabras que no están encerradas en cajas. Y en el caso de las que están encerradas en cajas, deben leer en voz alta las palabras. Ambas tareas, en el menor tiempo posible sin saltarse ninguna e intentando no equivocarse.

Fuente: Executive Function System (D-KEFS) (126) Adaptado por Zavala-Crichton J.P.

En la presente tesis doctoral se calculó una puntuación de interferencia que se obtuvo restando el tiempo de finalización de la condición 3 - tiempo de finalización de la condición 1. Este puntaje se invirtió multiplicándolo por -1, de modo que los puntajes más altos indicaban una mejor inhibición cognitiva en los resultados del test de Stroop.

La tarea de flanqueo de Eriksen se realizó de manera computarizada usando el software E-Prime (Psychology Software Tools, Pittsburgh, PA). Los ensayos de esta tarea consistieron en cinco figuras de vacas que fueron presentadas focalmente (ángulo visual de 1,2°) en la pantalla. Se instruyó a los participantes para que respondieran de la manera más rápida y precisa posible con su mano dominante, presionando con el dedo índice utilizando el mouse sobre la dirección (derecha o izquierda) del objetivo centralmente presentado (una vaca de 1,2 cm de altura). Hubo dos ensayos diferentes, ensayos congruentes (baja demanda cognitiva) y ensayos incongruentes (alta demanda cognitiva). Lo anterior, dependiendo de las direcciones de los estímulos que flanqueaban la vaca objetivo (cuatro vacas idénticas posicionadas hacia la misma dirección). Por lo tanto, para los ensayos congruentes, tanto el objetivo como los estímulos de flanqueo se colocaron en la misma dirección, ya sea derecha o izquierda (**Figura 15**). Para ensayos incongruentes, el estímulo objetivo y los estímulos flanqueadores se colocaron en direcciones opuestas entre sí, lo que requiere la regulación ascendente del control

inhibitorio para excluir la interferencia perceptual y los esquemas de respuesta asociados con la dirección de los estímulos que generan las figuras que flanquean el objetivo (**Figura 16**).



Figura 15. Ejemplo de ensayo congruente de la tarea de flanqueo de Eriksen para evaluar la inhibición cognitiva de baja demanda. Los participantes deben responder en el menor tiempo posible con su mano dominante, presionando con el dedo índice utilizando el mouse sobre la dirección (derecha o izquierda) del objetivo centralmente presentado (la vaca del centro).

Fuente: Fitness, physical activity, sedentary time, inhibitory control, and neuroelectric activity in children with overweight or obesity: The ActiveBrains Project (132). Adaptado por Zavala-Crichton, J.P.

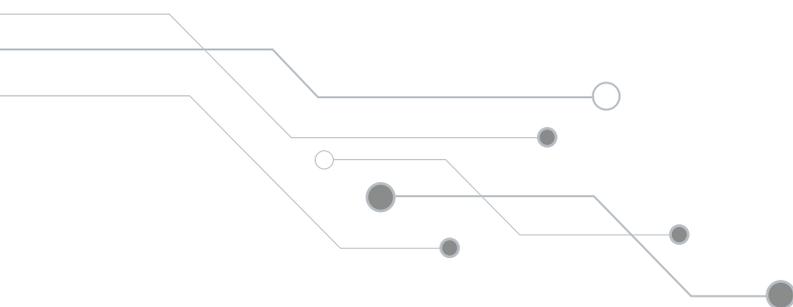


Figura 16. Ejemplo de ensayo incongruente de la tarea de flanqueo de Eriksen para evaluar la inhibición cognitiva de alta demanda. Los participantes deben responder en el menor tiempo posible con su mano dominante, presionando con el dedo índice utilizando el mouse sobre la dirección (derecha o izquierda) del objetivo centralmente presentado (la vaca del centro).

Fuente: Fitness, physical activity, sedentary time, inhibitory control, and neuroelectric activity in children with overweight or obesity: The ActiveBrains Project (132). Adaptado por Zavala-Crichton, J.P.

Primero, se les indicó a los participantes que se enfocaran en un punto de fijación (“+”) presentado durante un tiempo promedio de 1250 ms (que varía aleatoriamente entre 833 ms y 2160 ms) en el centro de la pantalla. A continuación, el punto de fijación desapareció y el objetivo se presentó con una ventana de respuesta de hasta 1700 ms. Los participantes recibieron instrucciones de centrarse en la vaca media que aparece en el mismo lugar donde se había presentado el punto de fijación. Después de completada la tarea, se mostró un mensaje de retroalimentación (“Felicidades, esto es correcto”; “Incorrecto, sigue intentándolo”) durante 1000 ms. La retroalimentación se utilizó para mantener la motivación y la atención como en estudios anteriores (132–134). El intervalo entre ensayos (ITI) varió de 3682 ms a 6158 ms (ITI promedio = 4875 ms).

Los participantes recibieron un bloque de práctica que consta de 12 ensayos. Posteriormente, se presentaron al azar un total de 144 ensayos experimentales en tres bloques de 48 ensayos cada uno, con la misma probabilidad de aparición para ensayos congruentes e incongruentes. Se recogieron medidas del tiempo medio de reacción (TR) en segundos (s) y la precisión de la respuesta (%). Con estos resultados se creó la variable ratio precisión de la respuesta / TR tanto para la tarea congruente como para la tarea incongruente. Esta última variable se utilizó en los análisis de la tesis doctoral.



Rendimiento Académico.

El rendimiento académico fue evaluado con la versión española de la batería Woodcock-Johnson III (Batería III Woodcock-Muñoz). Esta batería es una medida validada de rendimiento académico (135). Se aplicaron 12 test: 11 de la batería estándar (1 test de matemáticas, 3 test de lectura, 2 test de lenguaje oral y 3 test de lenguaje escrito) y un test de la batería extendida (una prueba basada en ciencias, ciencias sociales y humanidades) (136).

Las medidas utilizadas fueron los puntajes estándar de 11 indicadores académicos: lenguaje oral, lectura, escritura, expresión escrita, matemáticas, habilidades de cálculo matemático, ciencias, habilidades académicas, fluidez académica, aplicaciones académicas y rendimiento total (137). Todas las pruebas fueron administradas individualmente por un evaluador capacitado en una sesión de 100-120 min. Los datos recopilados para cada participante fueron verificados independientemente por dos evaluadores entrenados. Todos los datos se procesaron en Compuscore y en la versión 3.1 del software perfil (Riverside Publishing Company, Itasca, IL, EE. UU.). En la Tabla 3 se presentan cada uno de los componentes utilizados en la presente tesis y su respectiva definición.

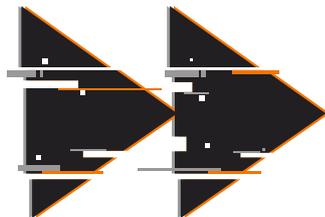


Tabla 3. Definición de los componentes del rendimiento académico de la Batería III Woodcock-Muñoz utilizados en la tesis doctoral.

Componente	Definición
<i>Rendimiento académico total</i>	Medida general del rendimiento académico basado en la lectura, matemáticas y escritura.
<i>Lectura</i>	Medida amplia del rendimiento en lectura que incluye identificación de palabras, velocidad de lectura y comprensión.
<i>Matemáticas</i>	Medida amplia del rendimiento en matemáticas que incluye habilidades de cálculo, resolución de problemas y la capacidad de restar, sumar, multiplicar o dividir rápidamente.
<i>Escritura</i>	Medida amplia del rendimiento del lenguaje escrito, que incluye ortografía, calidad de las oraciones escritas y velocidad de escritura.
<i>Lenguaje oral</i>	Medida de la competencia lingüística, la capacidad de escucha y la comprensión oral.
<i>Habilidades de cálculo</i>	Medida combinada de matemáticas basada en realizar cálculos sencillos de forma rápida y la capacidad de realizar cálculos matemáticos.
<i>Expresión escrita</i>	Medida combinada entre la velocidad de escritura y la calidad de la oración.
<i>Habilidades académicas</i>	Medida global de la decodificación de la lectura, el cálculo matemático y ortografía que brinda una puntuación general de las habilidades académicas.
<i>Fluidez académica</i>	Medida combinada de la fluidez en lectura (habilidad de lectura rápida de oraciones simples), fluidez en matemáticas (habilidad para resolver con rapidez factores simples de suma, resta y multiplicación) y fluidez de la escritura (destrezas para formular y redactar rápidamente oraciones sencillas), resultando en un índice general de la fluidez académica.
<i>Aplicaciones académicas</i>	Medida combinada de la comprensión de textos, de la resolución de problemas matemáticos y de la destreza para producir oraciones escritas.
<i>Ciencias</i>	Medida del conocimiento en ciencias, historia, geografía, gobierno, economía, arte, música y literatura.

Fuente: Fitness, physical activity and academic achievement in overweight/obese children (136). Adaptado por Zavala-Crichton, J.P.

Covariables.

El sexo, PHV, el nivel educativo de los padres, IMC y la capacidad cardiorrespiratoria se utilizaron como covariables.

El PHV se determinó usando variables antropométricas (peso, talla y talla sentado) a través de la ecuación de Moore et al. para niños y niñas (138). El PHV se calculó por la diferencia entre la edad PHV y la edad cronológica.

Se solicitó a los padres (ambos, madre y padre) completar un cuestionario con la información sobre su nivel educativo más alto alcanzado y las respuestas se clasificaron en tres categorías: ninguno de los padres tenía un título universitario, uno de los padres tenía un título universitario o ambos padres tenían un título universitario.

El IMC se calculó como el peso en kilogramos dividido por la altura en metros al cuadrado (kg/m^2). El peso corporal se midió con una balanza electrónica (SECA 861, Hamburgo, Alemania) y la altura con un estadiómetro (SECA 225, Hamburgo, Alemania). Ambas mediciones se realizaron dos veces, por el mismo investigador entrenado, con los participantes descalzos y llevando ropa ligera, y se registraron las medias, de acuerdo con los procedimientos estandarizados. Se utilizaron los puntos de corte de la Federación Mundial de Obesidad (112,139) para categorizar a los participantes de forma específica para su edad y sexo.

La capacidad cardiorrespiratoria se evaluó a través del course navette y se calculó el consumo máximo de oxígeno (VO_2max , $\text{mL}/\text{kg}/\text{min}$) a través de la ecuación de Lèger (140). Se incluyó la capacidad cardiorrespiratoria como covariable, porque en estudios previos con la presente muestra, la capacidad cardiorrespiratoria estaba asociada con el volumen de materia gris en varias regiones cerebrales corticales y subcorticales, con las funciones ejecutivas y con el rendimiento académico (89,93,136).

Análisis estadístico.

Se describen los análisis estadísticos utilizados para lograr los objetivos planteados para cada uno de los capítulos.

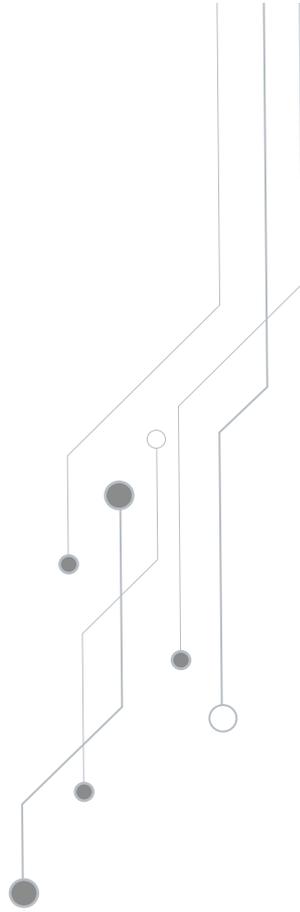
Antes del análisis de los datos, se verificó la normalidad de distribución de todas las variables utilizando el test de Kolmogorov-Smirnov en IBM SPSS (versión 21 para Macintosh; P establecido en <0.05), y dados los resultados del test, no se realizaron transformaciones de las variables. Las características de los participantes se muestran como media y desviación estándar (DE) para variables continuas, y porcentaje para variables categóricas.

Para el análisis de los datos de imágenes de cerebro estructurales (objetivo 1), se realizaron análisis de morfometría basados en voxeles de todo el cerebro a través de modelos de regresión múltiple en SPM12. Las asociaciones entre comportamientos sedentarios (tiempo viendo TV, tiempo jugando video juegos y tiempo sedentario total) y el volumen de materia gris, se realizaron en regresiones separadas utilizando dos modelos. El modelo 1 se ajustó por sexo, PHV, educación parental e IMC. El modelo 2 incluyó el ajuste del modelo 1 más la capacidad cardiorrespiratoria. Además, se realizaron análisis de sensibilidad para confirmar si los resultados mostrados con el modelo 1 se mantenían después de ajustar por la actividad física total evaluada con YAP-S en lugar de la capacidad cardiorrespiratoria.

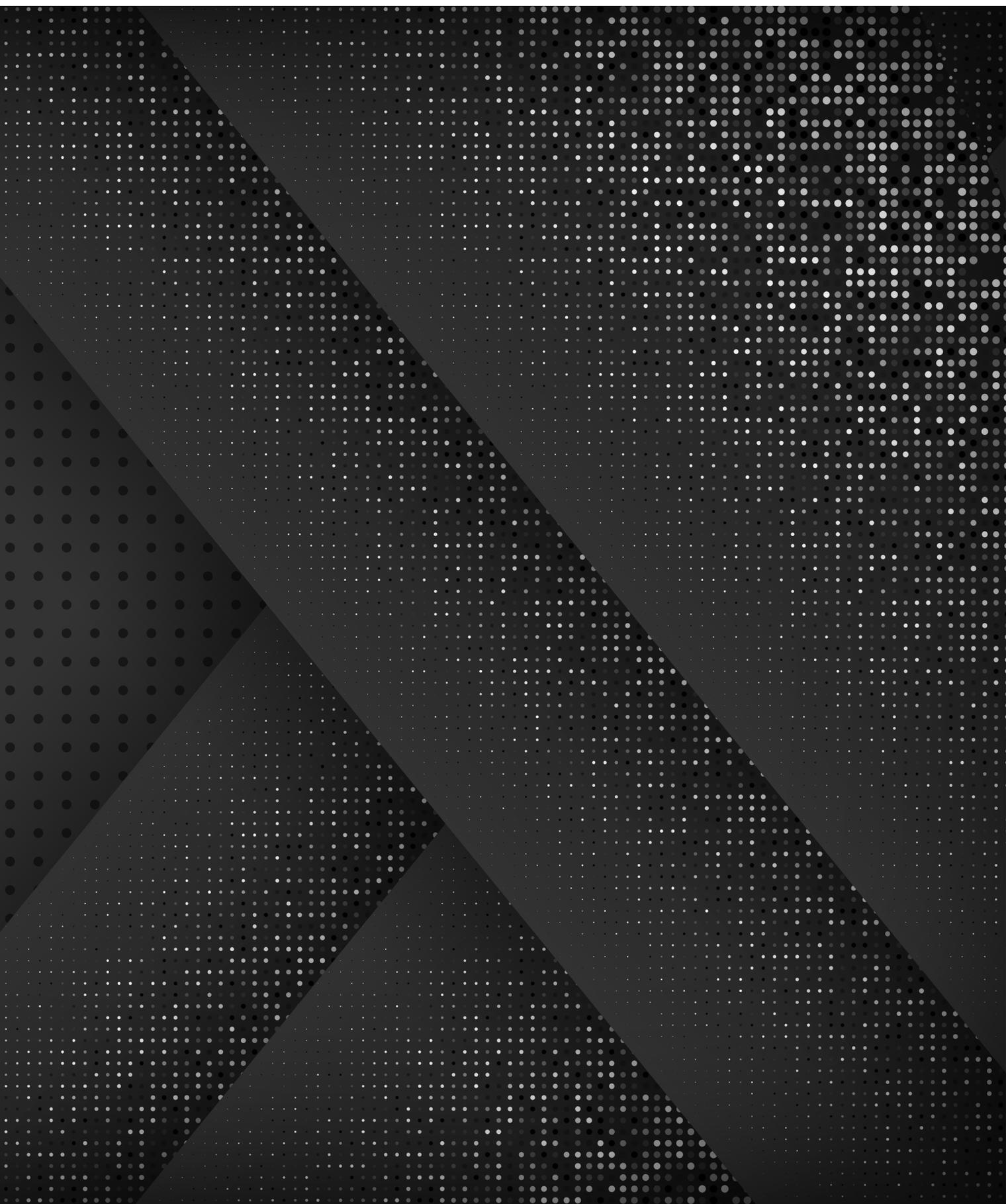
El umbral de extensión espacial se determinó mediante el uso de AlphaSim tal como se implementó en Resting-State fMRI Analysis Toolkit toolbox (RESTplus). Los parámetros de entrada incluyeron una máscara cerebral de 128190 y un radio de conexión de clúster de 5 mm considerando la suavidad real de los datos después de la estimación del modelo. La significación estadística alfa a nivel de voxel (umbral, $p < 0.001$ sin corregir) junto con el tamaño del clúster apropiado para controlar las comparaciones múltiples en cada análisis se indicaron en los resultados. Finalmente, para tener en cuenta la suavidad no isotrópica de las imágenes estructurales se aplicó la corrección de Hayasaka. (141).

Además, se extrajeron los valores de las coordenadas pico de cada clúster significativo que mostró asociación con las variables de comportamiento sedentario. Para estimar la varianza explicada para cada variable de comportamiento sedentario en relación con las regiones cerebrales, fueron realizados modelos de regresión separados en SPSS que incluyen cada variable de comportamiento sedentario como predictor y el valor de la coordenada pico como variable dependiente, ajustado para las covariables mencionadas anteriormente. Por último, se realizaron regresiones lineales en SPSS para examinar la asociación entre los volúmenes medios de materia gris relacionados previamente con el comportamiento sedentario y la inteligencia ajustado por sexo, PHV, nivel educación parental e IMC en el modelo 1, y adicionalmente ajustado por la capacidad cardiorrespiratoria en el modelo 2. Se usó la corrección de Benjamini-Hochberg q menor que 0.05 para corregir por comparaciones múltiples.

Para el análisis de los datos comportamentales (objetivo 2 y 3), se realizaron regresiones lineales en SPSS usando los comportamientos sedentarios (tiempo viendo TV, tiempo jugando video juegos y tiempo total sedentario) como variables independientes, y los indicadores de la función ejecutiva y rendimiento académico como variables dependientes, mediante los dos modelos mencionados anteriormente (modelo 1: sexo, PHV, educación parental e IMC; y modelo 2: modelo 1 más la capacidad cardiorrespiratoria). Se usó la corrección de Benjamini-Hochberg q menor que 0.05 para corregir por comparaciones múltiples. Igualmente se realizaron análisis de sensibilidad para confirmar si los resultados mostrados con el modelo 1 se mantenían después de ajustar por la actividad física total evaluada con YAP-S en lugar de la capacidad cardiorrespiratoria.



RESULTADOS



Resultados.

Se presentan los resultados organizados por capítulos, para una mejor comprensión de los mismos.

A continuación, se organizan los resultados de la presente Tesis Doctoral. Con el fin de facilitar la comprensión de los resultados, se han segmentado los mismos en tres apartados correspondiendo con cada uno de los objetivos específicos. Comenzando por una descripción de las características generales de la muestra, para luego presentar los resultados del primer, segundo y tercer objetivo específico.

Las características descriptivas de la muestra estratificada por sexo se pueden apreciar en la **Tabla 4**. Se observa una edad media de 10.03 años (desviación típica 1.14 años), un peso medio de 56.09 kg (desviación típica 11.10 kg) y una talla de 144.11 cm (desviación típica 8.40 cm). Un 25.5% de la muestra tiene sobrepeso, un 44.3% tiene obesidad tipo I y 30.2% tiene obesidad tipo II/III. En general, los niños tienen mayor velocidad de crecimiento y volumen total de material gris que las niñas ($p < 0.001$). Por otra parte, los niños pasan más tiempo viendo TV ($p=0.033$) y jugando video juegos ($p<0.001$) que las niñas.

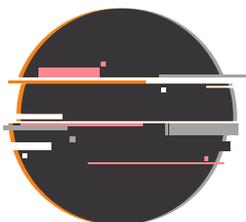
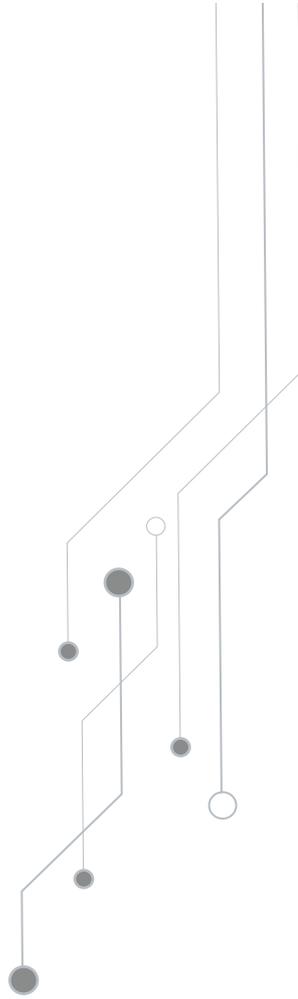


Tabla 4. Características descriptivas de la muestra estratificada por sexo.

	Total	Niños	Niñas	P por sexo
N	106	63	43	
Características físicas				
Edad (años)	10.03 ± 1.14	10.16 ± 1.16	9.85 ± 1.08	0.168
Peso (kg)	56.09 ± 11.10	56.73 ± 10.88	55.15 ± 11.48	0.472
Talla (cm)	144.11 ± 8.40	144.76 ± 7.83	143.17 ± 9.18	0.340
Velocidad pico de crecimiento (años)	-2.27 ± 0.99	-2.65 ± 0.81	-1.72 ± 0.98	< 0.001
Capacidad cardiorrespiratoria (mL/kg/min)*	40.68 ± 2.71	40.79 ± 2.72	40.53 ± 2.71	0.636
Índice Masa Corporal (kg/m ²)	26.80 ± 3.61	26.89 ± 3.72	26.66 ± 3.48	0.740
Categoría Índice Masa Corporal (%)				0.636
Sobrepeso	25.5	25.4	25.6	
Obesidad tipo I	44.3	47.6	39.5	
Obesidad tipo II/III	30.2	27.0	34.9	
Nivel educacional universitario parental (%)				0.345
Ninguno de los padres	66.0	71.4	58.0	
Uno de los dos padres	18.0	15.8	21.0	
Ambos padres	16.0	12.8	21.0	
Inteligencia**				
Compuesta	46.33 ± 25.23	44.13 ± 25.40	49.56 ± 24.93	0.279
Fluida	44.73 ± 25.86	41.18 ± 26.68	49.93 ± 23.96	0.087
Cristalizada	56.10 ± 25.83	56.17 ± 26.62	56.00 ± 24.94	0.973
Comportamientos Sedentarios (1-5)***				
Tiempo viendo TV	2.92 ± 0.96	3.08 ± 1.07	2.67 ± 0.71	0.032
Tiempo jugando video juegos	1.92 ± 1.06	2.27 ± 1.08	1.42 ± 0.79	< 0.001
Tiempo total sedentario	2.45 ± 1.12	2.38 ± 1.07	2.56 ± 1.20	0.427
Volumen total de materia gris (cm ³)	793.56 ± 66.56	819.49 ± 56.13	753.67 ± 61.95	< 0.001

Valores se muestran como promedios ± desviaciones estándar o porcentajes. *Medido con el 20-m shuttle run test. Ecuación de Léger para transformar a VO₂max (mL/kg/min). **Medido con The Kaufman Brief Intelligence Test (K-BIT). *** Medido con el cuestionario Youth Activity Profile-Spain (YAP-S).



Resultados

Resultados

Capítulo I:

Asociación entre comportamientos sedentarios, volúmenes de materia gris e inteligencia.



Infografía 1

Capítulo I



3 Participantes

99 niños
(10.01 ± 1.14 años;
39 niñas).



4 Variables Predictoras

Tiempo viendo TV,
tiempo en video
juegos, tiempo total
sedentario.



5 Variables Independientes

Estructura del cerebro:
Volúmenes de materia
gris en diferentes regio-
nes del cerebro.
Inteligencia: fluida, cris-
talizada y compuesta
(fluida y cristalizada).

Los análisis estadísticos realizados a partir de regresiones lineales mostraron asociaciones negativas entre un mayor tiempo en los diferentes comportamientos sedentarios y los volúmenes de materia gris en regiones específicas del cerebro, después de ajustar por potenciales variables confusoras (**Tabla 5**). Se puede apreciar que no existieron asociaciones positivas, es decir, un mayor tiempo en comportamiento sedentario no se asoció con mayores volúmenes de materia gris en regiones específicas del cerebro. La **Figura 17** muestra de manera gráfica las asociaciones negativas separadas por cada comportamiento sedentario analizado, (A) tiempo viendo TV, (B) tiempo jugando video juegos y (C) tiempo total sedentario, con volúmenes de materia gris en regiones específicas del cerebro.

Tiempo viendo Televisión

En el modelo 1 (ajustado por sexo, PHV, educación de los padres e IMC), un mayor tiempo viendo TV se asoció con menores volúmenes de materia gris ($P < 0.001$, $k=77$) en 6 clúster con rangos para β de -0.314 a -0.489 y tamaños de clúster entre 106 y 323 voxeles, específicamente en regiones frontales (giro frontal medio y giro frontal inferior, par triangular), regiones parietales (giro parietal inferior y giro postcentral), regiones occipitales (giro lingual) y la corteza calcarina. En el modelo 2, después de ajustar por la capacidad cardiorrespiratoria, los mismos 6 clúster permanecieron asociados de manera significativa ($P < 0.001$, $k=75$) con rangos para β de -0.312 a -0.488 y tamaños de clúster entre 99 y 340 voxeles (**Tabla 5 y Figura 17A**).

Tiempo jugando video juegos

En el modelo 1, una mayor cantidad de tiempo jugando video juegos se relacionó con menores volúmenes de materia gris ($P < 0.001$, $k=44$) en 3 clúster con rangos para β de -0.391 a -0.359 y tamaños de clúster entre 96 y 461 voxeles, y esta relación solo se observó en regiones temporales (el giro fusiforme y el giro bilateral temporal inferior). En el modelo 2, solo dos regiones permanecieron asociadas de manera significativa ($P < 0.001$, $k=45$), específicamente el giro fusiforme ($\beta = -0.372$, $k=277$) y el giro temporal inferior izquierdo ($\beta = -0.378$, $k=229$) (**Tabla 5 y Figura 17B**).

Tiempo total sedentario

En el modelo 1, un mayor tiempo total sedentario se asoció con menores volúmenes de material gris ($P < 0.001$, $k=62$) en 2 clúster del cerebelo, específicamente la región crus I ($\beta = -0.341$, $k=897$) y en la región crus II ($\beta = -0.352$, $k=2455$). En el modelo 2, después de ajustar también por la capacidad cardiorrespiratoria, las asociaciones desaparecieron (**Tabla 5 y Figura 17C**).

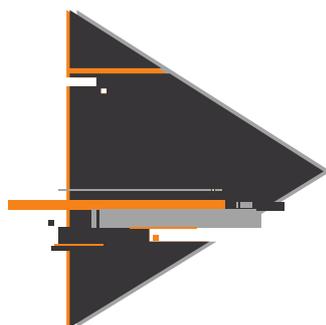


Tabla 5. Asociación entre comportamientos sedentarios y volúmenes de material gris en regiones específicas del cerebro (n=99).

Regiones del cerebro (mm ³)	Modelo 1			Modelo 2								
	x	y	z	t	Clúster	B (95% CI)	β	t	Clúster	B (95% CI)	β	
Tiempo viendo TV												
Giro frontal medio	38	44	9	-5.45	228	-0.051 (-0.069,-0.032)	-0.489	-5.47	231	-0.051 (-0.069,-0.032)	-0.488	
Giro frontal inferior, par triangular	-39	20	27	-4.03	127	-0.051 (-0.076,-0.026)	-0.387	-4.03	132	-0.051 (-0.075,-0.026)	-0.386	
Giro parietal inferior	-53	-36	41	-3.89	105	-0.026 (-0.039,-0.013)	-0.336	-3.87	102	-0.026 (-0.039,-0.013)	-0.336	
Giro lingual	11	-87	-11	-4.35	323	-0.025 (-0.036,-0.013)	-0.378	-4.34	340	-0.024 (-0.035,-0.013)	-0.382	
Corteza calcarina	24	-59	12	-3.35	162	-0.031 (-0.049,-0.013)	-0.314	-3.37	180	-0.031 (-0.049,-0.013)	-0.312	
Giro postcentral	-63	-12	11	-3.73	106	-0.022 (-0.033,-0.010)	-0.357	-3.72	99	-0.021 (-0.033,-0.010)	-0.356	
Tiempo jugando video juegos												
Giro fusiforme	33	-14	-33	-4.95	461	-0.025 (-0.037,-0.012)	-0.376	-3.88	277	-0.024 (-0.037,-0.012)	-0.372	
Giro temporal inferior	62	-24	-30	-3.52	96	-0.019 (-0.030,-0.008)	-0.359	-	-	-	-	
Giro temporal inferior	-54	-30	-21	-4.03	314	-0.030 (-0.045,-0.015)	-0.391	-3.90	229	-0.029 (-0.044,-0.014)	-0.378	
Tiempo total sedentario												
Cerebelo Crus I	20	-81	-27	-3.62	897	-0.025 (-0.039,-0.011)	-0.341	-	-	-	-	
Cerebelo Crus II	-42	-60	-42	-3.92	2455	-0.022 (-0.034,-0.011)	-0.352	-	-	-	-	

Análisis ajustados por sexo, velocidad pico de crecimiento (años), nivel educacional universitario de los padres (ninguno/uno/ambos) e índice de masa corporal (kg/m²) en el modelo 1. Modelo 2: Ajustado por el modelo 1 más la capacidad cardiorrespiratoria (mL/kg/min). Todos los contrastes ajustados usando AlphaSim at P < 0.001 con k=77 voxeles en el modelo 1 y k=75 en el modelo 2 para ver TV, k=44 voxeles en modelo 1 y k=45 en modelo 2 para jugar video juegos, y k=62 voxeles en modelo 1 y k=46 en modelo 2 para tiempo total sedentario; y posterior corrección de Hayasaka. Coordinadas anatómicas (x, y, z) son obtenidas de acuerdo al espacio Atlas del Instituto Neurológico de Montreal (MNI). Ninguna región del cerebro mostró asociación positiva (estadísticamente significativa) entre variables del comportamiento sedentario y volúmenes de materia gris.

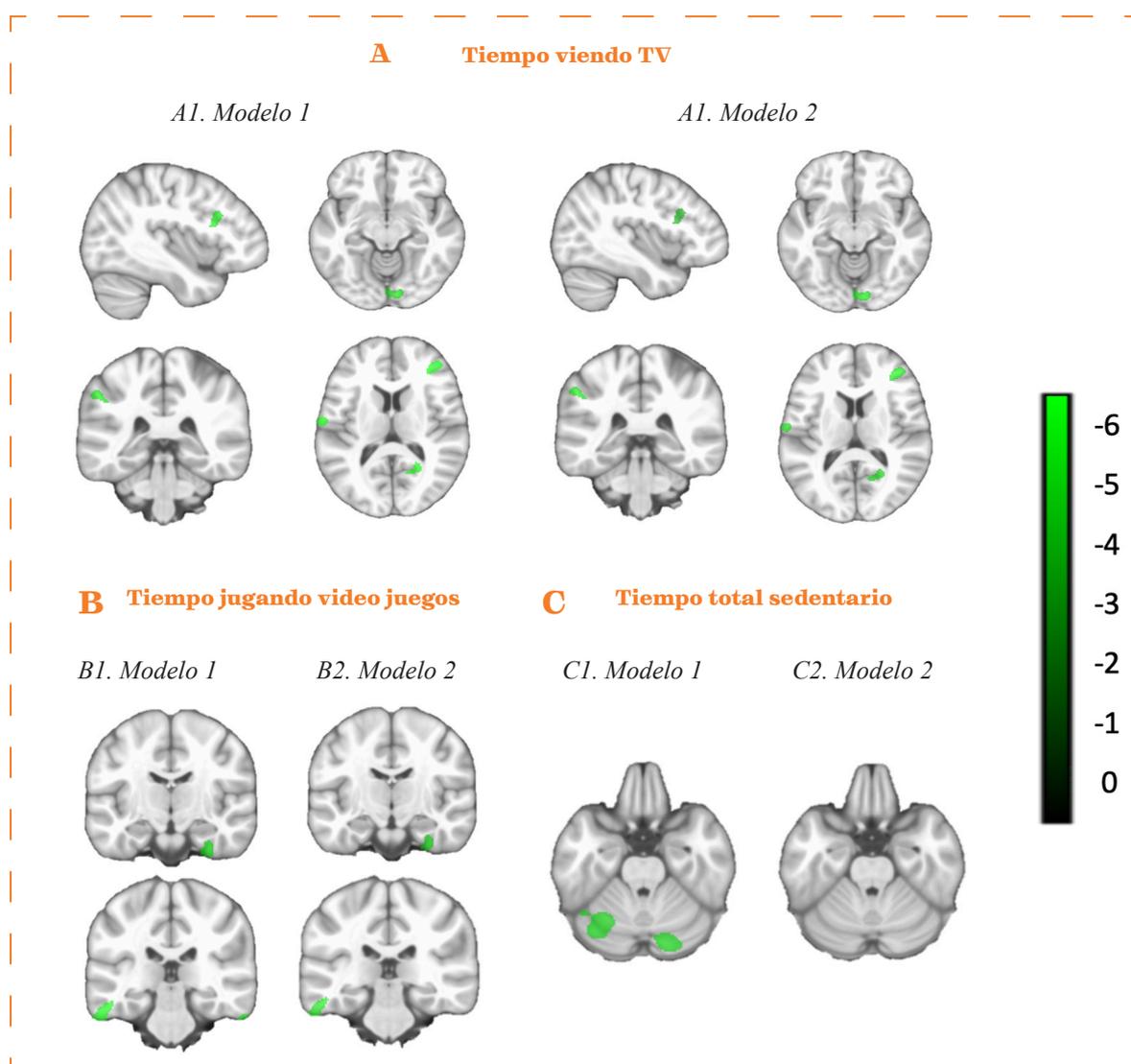


Figura 17. Regiones del cerebro muestran negativas asociaciones separadas por (A) Tiempo viendo TV, (B) Tiempo jugando video juegos y (C) Tiempo total sedentario con volúmenes de materia gris. Análisis ajustados por sexo, velocidad pico de crecimiento (años), nivel educacional universitario de los padres (ninguno/uno/ambos) e índice de masa corporal (kg/m²) en el modelo 1. Modelo 2: Ajustado por el modelo 1 más la capacidad cardiorrespiratoria (mL/kg/min). Mapas fueron ajustados usando AlphaSim at $P < 0.001$ con $k=77$ voxeles en el modelo 1 y $k=75$ en el modelo 2 para ver TV, $k=44$ voxeles en modelo 1 y $k=45$ en modelo 2 para video juegos, y $k=62$ voxeles en modelo 1 y $k=46$ en modelo 2 para tiempo total sedentario; luego de superar la corrección de Hayasaka. El color de la barra representa T-valores, el color verde claro indica una mayor asociación significativa. Imágenes se muestran de acuerdo a convención neurológica, por lo tanto, el hemisferio derecho corresponde al lado derecho en el plano coronal. Los planos sagitales muestran el hemisferio izquierdo. Ninguna región del cerebro mostró asociación positiva (estadísticamente significativa) entre variables del comportamiento sedentario y volúmenes de materia gris.

Por último, todos los análisis anteriores se repitieron incluyendo la variable actividad física total medida con YAP-S reemplazando a la variable capacidad cardiorrespiratoria en el modelo 2 (análisis de sensibilidad). Los resultados se mantuvieron similares tal como se evidencia en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Asociación entre comportamientos sedentarios y volúmenes de material gris en regiones específicas del cerebro ajustado por actividad física total (n=99).

Regiones del cerebro (mm ³)	x	y	z	t	Tamaño clúster
Tiempo viendo TV					
Giro frontal medio	38	44	9	-5.37	201
Giro frontal inferior, par triangular	-39	20	27	-3.85	88
Giro parietal inferior	-53	-36	41	-3.66	61
Giro lingual	11	-87	-11	-4.45	354
Corteza calcarina	24	-59	12	-	-
Giro postcentral	-63	-12	11	-3.50	60
Tiempo jugando video juegos					
Giro fusiforme	33	-14	-33	-3.83	432
Giro temporal inferior	62	-24	-30	-3.74	270
Giro temporal inferior	-54	-30	-21	-4.05	300
Tiempo total sedentario					
Cerebelo Crus I	20	-81	-27	-3.46	515
Cerebelo Crus II	-42	-60	-42	-3.93	2283

Análisis fueron ajustados por sexo, velocidad de crecimiento (años), nivel educacional universitario de los padres (ninguno/uno/ambos), índice de masa corporal (kg/m²) y actividad física total medida con YAP-S. Todos los contrastes ajustados usando AlphaSim $P < 0.001$ con $k=56$ para Tiempo viendo TV, $k=43$ para Tiempo jugando video juegos, y $k=56$ para Tiempo total sedentario; luego de superar la corrección de Hayasaka. Coordinadas anatómicas (x, y, z) son obtenidas de acuerdo al espacio Atlas del Instituto Neurológico de Montreal (MNI). Ninguna región del cerebro mostró asociación positiva (estadísticamente significativa) entre variables del comportamiento sedentario y volúmenes de materia gris.

Se analizaron los volúmenes de materia gris en regiones específicas del cerebro previamente relacionadas con comportamientos sedentarios y su asociación con la inteligencia, después de controlar por potenciales variables confusoras. Con respecto a las regiones del cerebro previamente asociadas con comportamientos sedentarios, 2 de 11 regiones se asociaron con los indicadores de inteligencia. Específicamente, el giro temporal inferior se relacionó positivamente y marginalmente con la inteligencia cristalizada ($\beta = 0.191$, $P = 0.063$ en el modelo 1 y $\beta = 0.178$, $P = 0.087$ en el modelo 2). El cerebelo crus II se asoció positivamente con la inteligencia cristalizada ($\beta = 0.292$, $P = 0.003$ en el modelo 1, y $\beta = 0.288$, $P = 0.005$ en el modelo 2) y con la puntuación compuesta ($\beta = 0.229$, $P = 0.020$ en el modelo 1 y $\beta = 0.195$, $P = 0.055$ en el modelo 2). Sin embargo, después de corregir por comparaciones múltiples, solo el cerebelo crus II se mantuvo significativamente relacionado con la puntuación de inteligencia cristalizada, como se aprecia en la **Tabla 7**.

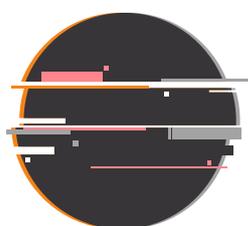
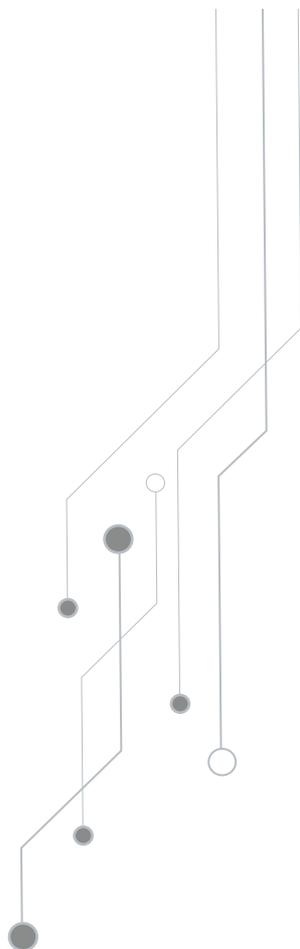


Tabla 7. Asociación entre comportamientos sedentarios y volúmenes de material gris en regiones específicas del cerebro ajustado por actividad física total (n=99).

	Inteligencia Cristalizada			Inteligencia Fluida			Inteligencia Compuesta					
	Modelo 1		Modelo 2	Modelo 1		Modelo 2	Modelo 1		Modelo 2			
	β	P	β	β	P	β	β	P	β	P		
Tiempo viendo TV												
Giro frontal medio	-0.072	0.455	-0.087	0.374	-0.085	0.395	-0.116	0.237	-0.087	0.359	-0.112	0.235
Giro frontal inferior, par triangular	0.069	0.470	0.058	0.544	0.050	0.611	-0.078	0.426	0.026	0.781	0.006	0.952
Giro parietal inferior	-0.105	0.326	-0.110	0.303	-0.030	0.787	-0.041	0.703	-0.077	0.466	-0.086	0.409
Giro Lingual	-0.006	0.956	-0.017	0.871	-0.136	0.208	-0.163	0.124	-0.080	0.437	-0.101	0.322
Corteza calcarina	0.126	0.207	0.113	0.267	-0.013	0.903	-0.053	0.611	0.070	0.480	0.041	0.680
Giro postcentral	-0.004	0.966	-0.014	0.886	0.127	0.207	0.106	0.286	0.091	0.340	0.075	0.433
Tiempo jugando video juegos												
Giro fusiforme	0.029	0.783	0.021	0.841	-0.026	0.809	-0.045	0.676	0.013	0.900	-0.001	0.990
Giro temporal inferior derecho	-0.054	0.591	-0.075	0.461	-0.044	0.673	-0.090	0.386	-0.040	0.684	-0.076	0.442
Giro temporal inferior izquierdo	0.191	0.063	0.178	0.087	-0.007	0.947	-0.049	0.643	0.129	0.202	0.101	0.323
Tiempo total sedentario												
Cerebelo Cruz I	0.111	0.254	0.097	0.325	-0.036	0.720	-0.077	0.445	0.040	0.680	0.010	0.916
Cerebelo Cruz II	0.292	0.003*	0.288	0.005*	0.140	0.179	0.084	0.434	0.229	0.020	0.195	0.055

Valores son coeficientes de regresión estandarizados (β). Modelo 1: Análisis fueron ajustados por sexo, velocidad pico de crecimiento (años), nivel educacional universitario de los padres (ninguno/uno/ambos) e índice masa corporal (kg/m²). Modelo 2: Ajustado por modelo 1 más la capacidad cardiorrespiratoria (mL/kg/min). Valores estadísticamente significativos son destacados en negro ($p < 0.05$), y valores que bordean la significancia son destacados en cursiva ($p < 0.1$). *Asociaciones permanecen significativas cuando el valor P fue ajustado por comparaciones múltiples usando el método Benjamini y Hochberg para el control de la tasa de falsos descubrimientos.



Resultados

Resultados

Capítulo II:

Asociación entre comportamientos sedentarios y la función ejecutiva.



Infografía 2

Capítulo II



En la **Tabla 8** se muestran los resultados de los test para medir la función ejecutiva estratificados por sexo. Se puede apreciar que no existieron diferencias significativas en ninguna de las pruebas de las funciones ejecutivas al comparar por sexo ($p>0.05$).

Tabla 8. Resultados de los test para medir la función ejecutiva estratificados por sexo.

		Total	Niños	Niñas	P por sexo
	N	106	63	43	
Habilidad de planificación					
Zoo Map Test (puntos) [†]	105	11.50 ± 3.78	11.58 ± 3.85	11.40 ± 3.71	0.806
Flexibilidad cognitiva					
Trail Making Test (segundos) ^{††}	101	-91.31 ± 42.80	-87.63 ± 43.57	-96.70 ± 41.60	0.298
Design Fluency Test (diseños correctos) ^{†††}	106	20.02 ± 6.56	20.59 ± 6.87	19.19 ± 6.06	0.282
Memoria de trabajo					
DNMS Task (alta demanda) [‡]	105	0.08 ± 0.03	0.08 ± 0.03	0.07 ± 0.03	0.591
DNMS Task (baja demanda) [‡]	105	0.09 ± 0.03	0.09 ± 0.03	0.09 ± 0.03	0.416
Inhibición cognitiva					
MFT (alta demanda) [‡]	106	0.10 ± 0.03	0.10 ± 0.04	0.11 ± 0.03	0.344
MFT (baja demanda) [‡]	106	0.12 ± 0.03	0.12 ± 0.03	0.12 ± 0.03	0.988
Stroop Test (segundos) ^{‡‡}	106	-41.50 ± 19.52	-39.14 ± 14.80	-44.96 ± 24.67	0.132

Valores se muestran como promedios ± desviaciones estándar o porcentajes. [†] Puntuación que se calculó como la suma de las puntuaciones de secuencia de las condiciones 1 y 2. ^{††} Resta del tiempo total en segundos de finalización de la Parte-A (condición 2) del tiempo total de finalización de Parte-B (condición 4). Se invirtió la diferencia B – A multiplicando esta puntuación por -1, de modo que una puntuación más alta indicaba una mejor flexibilidad cognitiva. ^{†††} Expresado como número total de diseños correctos sumando las tres condiciones. [‡] Se utilizó la variable ratio que se obtuvo dividiendo la precisión de la respuesta expresada como porcentaje por el tiempo medio de reacción en segundos. ^{‡‡} Se utilizó una puntuación de interferencia que se obtuvo restando el tiempo de finalización de la condición 3 - tiempo de finalización de la condición 1. Este puntaje se invirtió multiplicándolo por -1, de modo que los puntajes más altos indicaban una mejor inhibición cognitiva.

En la **Tabla 9** y **Figura 18** se puede apreciar las asociaciones entre el tiempo viendo TV, tiempo jugando video juegos y tiempo total sedentario con la función ejecutiva. El único comportamiento sedentario que se relacionó de manera significativa ($P < 0.05$) con las variables de función ejecutiva fue el tiempo viendo TV. Un mayor tiempo viendo televisión se asoció negativamente con la habilidad de planificación ($\beta = -0.210$, $P = 0.029$ en el modelo 1 y $\beta = -0.207$, $P = 0.032$ en el modelo 2). Un mayor tiempo viendo televisión se asoció positivamente con la flexibilidad cognitiva medida con el DFT ($\beta = 0.189$, $P = 0.028$ en el modelo 1 y $\beta = 0.196$, $P = 0.021$ en el modelo 2). No existieron asociaciones con el otro test que evaluó la flexibilidad cognitiva, el TMT. Finalmente, un mayor tiempo viendo televisión se asoció con una menor memoria de trabajo tanto para la tarea de alta demanda cognitiva ($\beta = -0.231$, $P = 0.017$ en el modelo 1 y $\beta = -0.224$, $P = 0.019$ en el modelo 2) como para la tarea de baja demanda cognitiva ($\beta = -0.246$, $P = 0.010$ en el modelo 1 y $\beta = -0.242$, $P = 0.011$ en el modelo 2). Asociaciones permanecen ($p < 0.1$) cuando el valor P fue ajustado por comparaciones múltiples usando el método Benjamini y Hochberg para el control de la tasa de falsos descubrimientos (**Tabla 9**).

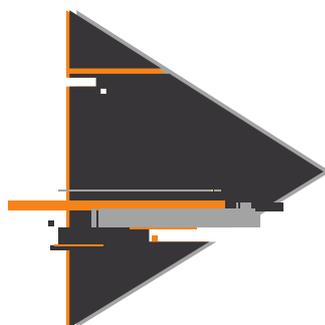


Tabla 9. Asociación entre comportamientos sedentarios y la función ejecutiva.

	n	Tiempo viendo TV				Tiempo jugando video juegos				Tiempo total sedentario			
		Modelo 1		Modelo 2		Modelo 1		Modelo 2		Modelo 1		Modelo 2	
		β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p
Habilidad de planificación													
Zoo Map Test (puntos)	105	-0.210*	0.029*	-0.207*	0.032*	-0.067	0.524	-0.061	0.566	0.019	0.839	0.046	0.641
Flexibilidad cognitiva													
Trail Making Test (segundos)	101	0.089	0.368	0.107	0.270	0.010	0.925	0.032	0.768	-0.026	0.793	0.037	0.710
Design Fluency Test (diseños correctos)	106	0.189*	0.028*	0.196*	0.021*	0.041	0.662	0.054	0.566	0.038	0.658	0.087	0.320
Memoria de trabajo													
DNMS Task (alta demanda)	105	-0.231*	0.017*	-0.224*	0.019*	-0.027	0.803	-0.013	0.903	0.050	0.607	0.107	0.278
DNMS Task (baja demanda)	105	-0.246*	0.010*	-0.242*	0.011*	-0.033	0.755	-0.026	0.809	0.038	0.689	0.070	0.482
Inhibición cognitiva													
MFT (alta demanda)	106	-0.161	0.094	-0.154	0.105	0.001	0.993	0.013	0.902	0.026	0.783	0.073	0.453
MFT (baja demanda)	106	-0.141	0.138	-0.135	0.153	-0.045	0.668	-0.032	0.753	0.075	0.422	0.128	0.183
Stroop Test (segundos)	106	0.021	0.815	0.022	0.814	0.044	0.659	0.044	0.657	0.028	0.754	0.032	0.733

Valores son coeficientes de regresión estandarizados (β). Modelo 1: Análisis fueron ajustados por sexo, velocidad pico de crecimiento (años), nivel educacional universitario de los padres (ninguno/uno/ambos) e índice masa corporal (kg/m²). Modelo 2: Ajustado por modelo 1 más la capacidad cardiorrespiratoria (mL/kg/min). Valores estadísticamente significativos son destacados en negro (p<0.05), y valores que bordean la significancia son destacados en cursiva (p<0.1). * Asociaciones permanecen (p<0.1) cuando el valor P fue ajustado por comparaciones múltiples usando el método Benjamini y Hochberg para el control de la tasa de falsos descubrimientos.

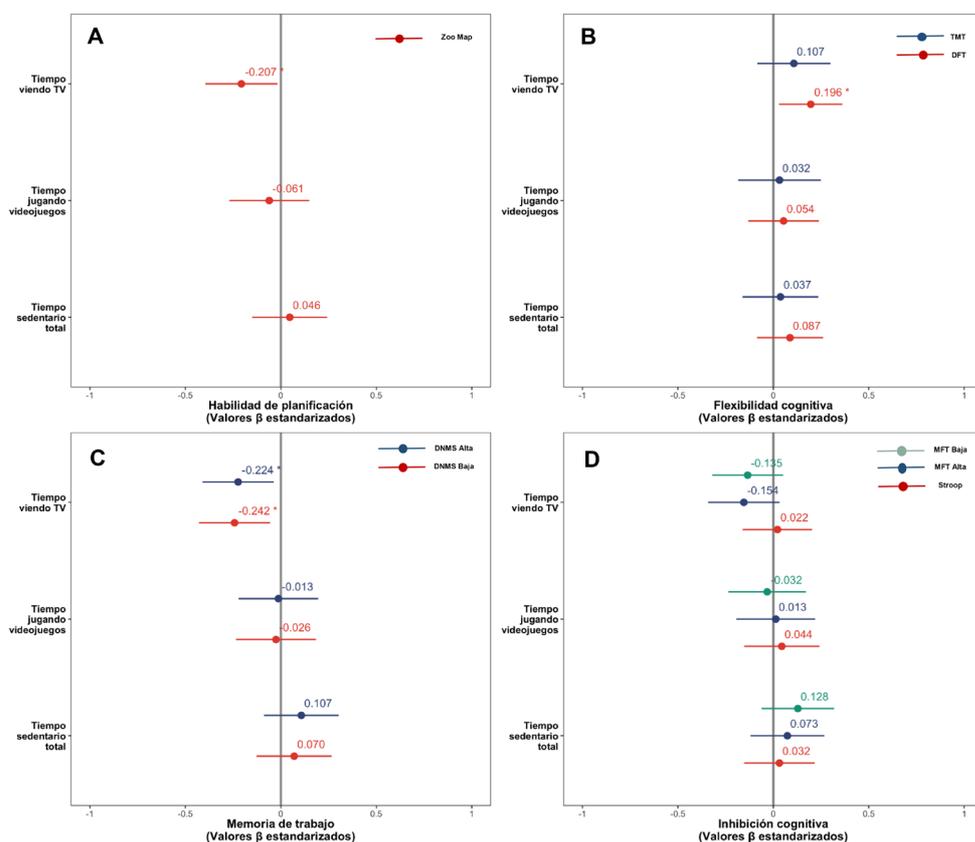


Figura 18. En el modelo 1, una mayor cantidad de tiempo jugando video juegos se relacionó con menores volúmenes de material gris ($P < 0.001$, $k=44$) en 3 clúster con rangos para β de -0.391 a -0.359 y tamaños de clúster entre 96 y 461 voxeles, y esta relación solo se observó en regiones temporales (el giro fusiforme y el giro bilateral temporal inferior). En el modelo 2, solo dos regiones permanecieron asociadas de manera significativa ($P < 0.001$, $k=45$), específicamente el giro fusiforme ($\beta= -0.372$, $k=277$) y el giro temporal inferior izquierdo ($\beta= -0.378$, $k=229$) (Tabla 5 y Figura 17B).

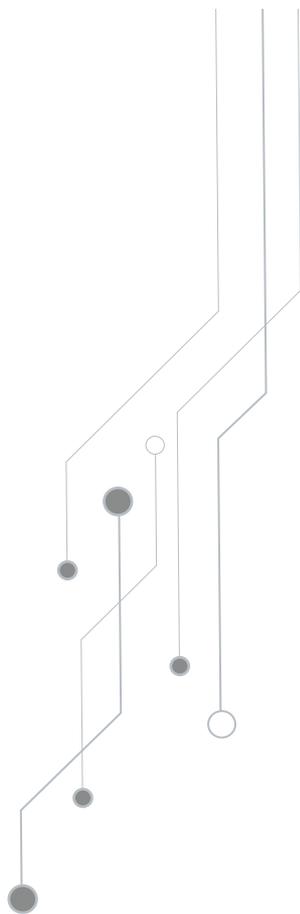
En la **Tabla 10** se muestran las asociaciones entre los diferentes comportamientos sedentarios y las variables de función ejecutiva, ajustado por actividad física total, en lugar de por capacidad cardiorrespiratoria. Se puede apreciar que los resultados de las asociaciones expresados en valores de beta estandarizada y valores de p son similares a los que se muestran en la Tabla 9. Específicamente, se mantienen las asociaciones significativas para el tiempo viendo TV con la habilidad de planificación ($\beta = -0.237$, $P = 0.016$) y con la flexibilidad cognitiva medida para el DFT ($\beta = 0.198$, $P = 0.024$) pero no para el TMT; finalmente, un mayor tiempo viendo televisión se asoció con una menor memoria de trabajo tanto para la tarea de alta demanda cognitiva ($\beta = -0.231$, $P = 0.019$) como para la tarea de baja demanda cognitiva ($\beta = -0.247$, $P = 0.012$). La inhibición cognitiva no se asoció significativamente con ninguno de los comportamientos sedentarios, tanto en el modelo 1 como en el modelo 2.

Tabla 10. Asociación entre comportamientos sedentarios y la función ejecutiva ajustado por actividad física total.

	n	Tiempo viendo TV		Tiempo jugando video juegos		Tiempo total sedentario	
		Modelo 1 + AF		Modelo 1 + AF		Modelo 1 + AF	
		β	p	β	p	β	p
Habilidad de planificación							
Zoo Map Test (puntos)	105	-0.237*	0.016*	-0.076	0.476	0.025	0.804
Flexibilidad cognitiva							
Trail Making Test (segundos)	101	0.125	0.208	0.039	0.723	0.055	0.590
Design Fluency Test (diseños correctos)	106	0.198*	0.024*	0.050	0.601	0.084	0.355
Memoria de trabajo							
DNMS Task (alta demanda)	105	-0.231*	0.019*	-0.011	0.917	0.117	0.252
DNMS Task (baja demanda)	105	-0.247*	0.012*	-0.022	0.837	0.081	0.429
Inhibición Cognitiva							
MFT (alta demanda)	106	-0.156	0.112	0.017	0.870	0.085	0.400
MFT (baja demanda)	106	-0.141	0.146	-0.033	0.754	0.137	0.170
Stroop Test (segundos)	106	0.019	0.840	0.043	0.673	0.030	0.759

Análisis fueron ajustados por sexo, velocidad de crecimiento (años), nivel educacional universitario de los padres (ninguno/uno/ambos), índice de masa corporal (kg/m²) y actividad física (AF) total medida con YAP-S.

Resultados



Resultados

Capítulo III:

Asociación entre comportamientos sedentarios y rendimiento académico.



Infografía 3

Capítulo III



El rendimiento académico fue medido con el test de rendimiento académico Woodcock-Muñoz en una muestra total de 106 participantes, excepto en las pruebas de Lenguaje oral y Ciencia que se obtuvieron datos de 105 sujetos. No existieron diferencias significativas en las puntuaciones de las pruebas entre niñas y niños, como se observa en la **Tabla 11**. En global, en Matemáticas, la media total fue de 101.70 puntos (desviación típica de 10.70 puntos). En Lectura, la media fue de 108.29 puntos (desviación típica de 12.79 puntos). En Escritura, el resultado fue de 113.76 puntos (desviación típica de 12.77 puntos). En la variable de Fluidez académica, la media fue de 103.82 puntos (desviación típica de 11.97 puntos). Finalmente, el resultado de la Puntuación total del rendimiento académico, la media total fue de 109.24 puntos (desviación típica de 11.75 puntos), como se puede apreciar en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Resultados del rendimiento académico estratificados por sexo.

	<i>Total</i>	<i>Niños</i>	<i>Niñas</i>	<i>P por sexo</i>
<i>N</i>	106	63	43	
Rendimiento académico total	109.24 ± 11.75	109.06 ± 10.82	109.49 ± 13.13	0.856
Lectura	108.29 ± 12.79	108.56 ± 11.07	107.91 ± 15.09	0.799
Matemáticas	101.70 ± 10.70	102.21 ± 11.41	100.95 ± 9.63	0.556
Escritura	113.76 ± 12.77	112.52 ± 11.89	115.58 ± 13.92	0.228
Lenguaje oral*	90.38 ± 13.56	90.35 ± 13.33	90.42 ± 14.04	0.981
Habilidades de cálculo	103.32 ± 11.95	102.63 ± 12.87	104.33 ± 10.52	0.477
Expresión escrita	103.55 ± 8.80	102.78 ± 8.67	104.67 ± 8.99	0.278
Habilidades académicas	118.62 ± 15.74	117.57 ± 14.55	120.16 ± 17.40	0.408
Fluidez académica	103.82 ± 11.97	104.22 ± 10.92	103.23 ± 13.48	0.678
Aplicaciones académicas	99.42 ± 9.08	99.97 ± 9.39	98.63 ± 8.64	0.458
Ciencias*	96.01 ± 13.06	96.48 ± 11.62	95.33 ± 15.01	0.657

Valores se muestran como promedios ± desviaciones estándar. Medido con la batería Woodcock-Muñoz. *El número de participantes es de 105 en estos tests.

La **Tabla 12** muestra las asociaciones entre tiempo viendo TV, tiempo jugando video juegos y tiempo total sedentario con el rendimiento académico medido con la batería Woodcock-Muñoz. Ninguno de los comportamientos sedentarios se relacionó de manera significativa ($P < 0.05$) con las variables del rendimiento académico. El tiempo sedentario total se relacionó marginalmente y positivamente con la puntuación en la prueba de lenguaje oral ($\beta = 0.164$, $P = 0.095$ en el modelo 1 y $\beta = 0.193$, $P = 0.057$ en el modelo 2). El tiempo sedentario total se relacionó de manera marginal y negativamente con la puntuación en la prueba de expresión escrita sólo en el modelo 1 ($\beta = -0.166$, $P = 0.076$) y se atenúan en el modelo 2 ($\beta = -0.082$, $P = 0.372$). Sin embargo, después de corregir por comparaciones múltiples, las asociaciones no se mantienen (**Tabla 12**).

Tabla 12. Asociaciones entre comportamientos sedentarios y el rendimiento académico (n=106).

	Tiempo viendo TV				Tiempo jugando video juegos				Tiempo total sedentario			
	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 1		Modelo 2		Modelo 1		Modelo 2	
	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p	β	p
Rendimiento académico total	0.054	0.556	0.062	0.497	0.036	0.723	0.049	0.619	-0.019	0.835	0.031	0.740
Lectura	0.070	0.461	0.075	0.429	0.054	0.596	0.063	0.537	0.063	0.479	0.101	0.293
Matemáticas	0.055	0.554	0.061	0.507	0.001	0.991	0.012	0.903	-0.046	0.614	-0.008	0.935
Escritura	-0.021	0.825	-0.012	0.897	0.032	0.757	0.049	0.632	-0.115	0.222	-0.062	0.522
Lenguaje oral*	0.093	0.352	0.096	0.339	0.004	0.971	0.010	0.925	<i>0.164</i>	<i>0.095</i>	<i>0.193</i>	<i>0.057</i>
Habilidades de cálculo	0.017	0.857	0.019	0.837	0.037	0.713	0.042	0.680	-0.056	0.540	-0.044	0.647
Expresión escrita	0.098	0.306	0.112	0.212	0.023	0.827	0.049	0.621	-0.166	0.076	-0.082	0.372
Habilidades académicas	-0.011	0.908	-0.008	0.934	0.026	0.798	0.031	0.755	-0.001	0.989	0.020	0.831
Fluidez académica	0.086	0.385	0.096	0.323	0.072	0.504	0.089	0.395	-0.014	0.882	0.050	0.611
Aplicaciones académicas	0.099	0.281	0.108	0.229	0.017	0.865	0.033	0.736	-0.039	0.664	0.018	0.841
Ciencias*	0.031	0.748	0.031	0.752	0.028	0.791	0.027	0.796	-0.042	0.656	-0.048	0.627

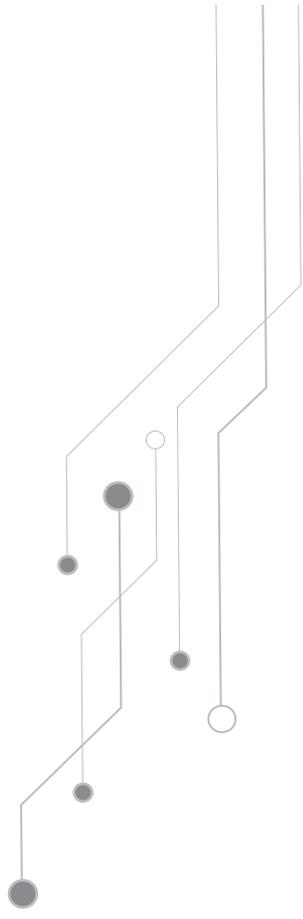
Valores son coeficientes de regresión estandarizados (β). Modelo 1: Análisis fueron ajustados por sexo, velocidad pico de crecimiento (años), nivel educacional universitario de los padres (ninguno/uno/ambos) e índice masa corporal (kg/m²). Modelo 2: Ajustado por modelo 1 más la capacidad cardiorrespiratoria (mL/kg/min). Valores marginales son destacados en cursiva ($p < 0.1$). Los valores en cursiva, no permanecen ($p < 0.1$) cuando el valor P fue ajustado por comparaciones múltiples usando el método Benjamini y Hochberg. * El número de participantes es de 105 en estos tests.

En la **Tabla 13** se muestran las asociaciones entre los diferentes comportamientos sedentarios y el rendimiento académico, ajustando por actividad física total, en lugar de por la capacidad cardiorrespiratoria. Se puede apreciar que los resultados de las asociaciones expresados en valores de beta estandarizada y valores de p son similares a los que se muestran en la Tabla 12, manteniendo las nulas asociaciones significativas para las variables. En ese sentido, el tiempo sedentario total se relacionó marginalmente y positivamente con la puntuación en la prueba de lenguaje oral ($\beta = 0.193$, $P = 0.057$).

Tabla 13. Asociación entre comportamientos sedentarios y el rendimiento académico ajustado por actividad física total (n=106).

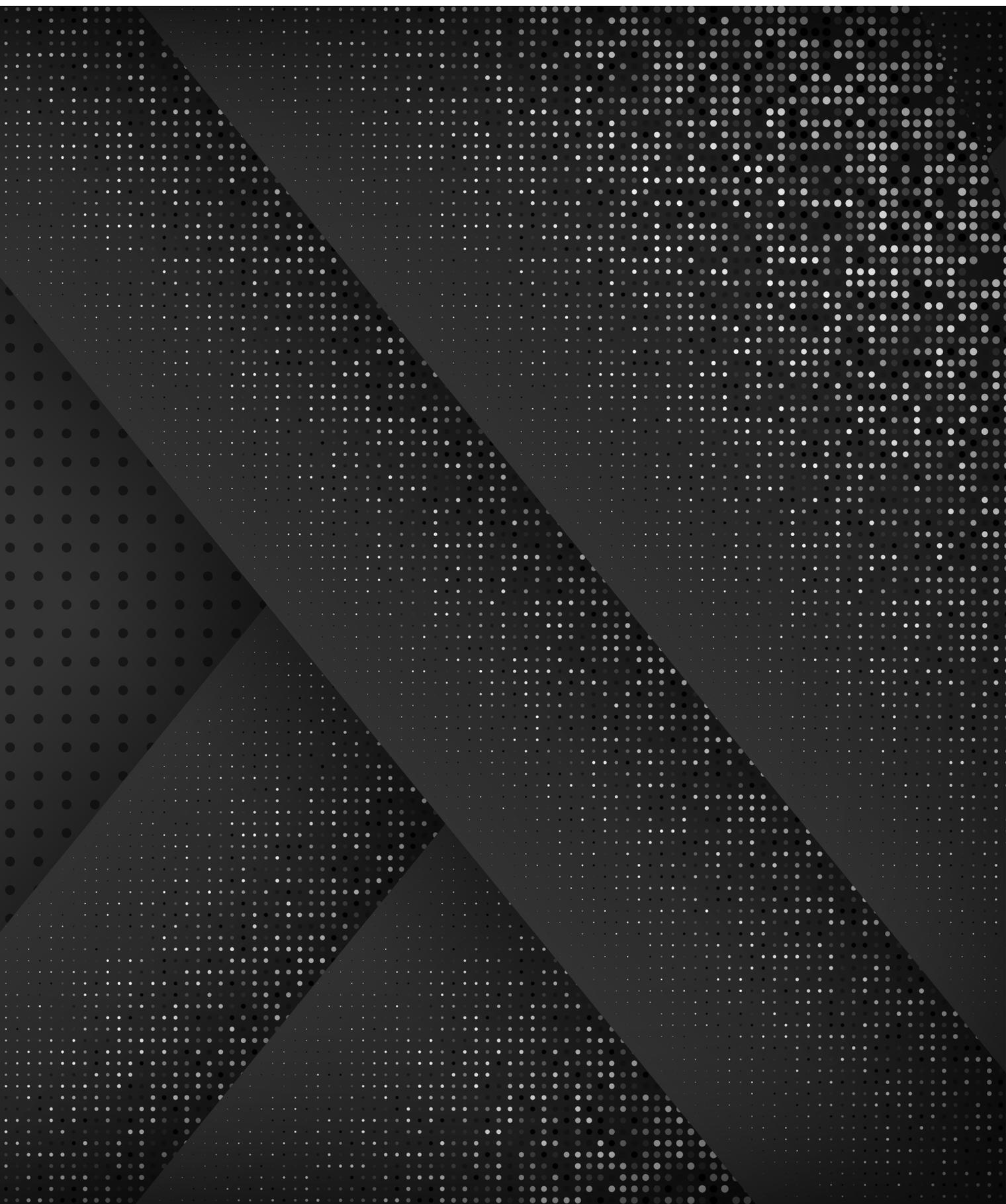
	Tiempo viendo TV		Tiempo jugando video juegos		Tiempo total sedentario	
	Modelo 1 + AF		Modelo 1 + AF		Modelo 1 + AF	
	β	<i>p</i>	β	<i>p</i>	β	<i>p</i>
Rendimiento académico total	0.062	0.497	0.049	0.619	0.031	0.740
Lectura	0.075	0.429	0.063	0.537	0.101	0.293
Matemáticas	0.061	0.507	0.012	0.903	-0.008	0.935
Escritura	-0.012	0.897	0.049	0.632	-0.062	0.522
Lenguaje oral*	0.096	0.339	0.010	0.925	<i>0.193</i>	<i>0.057</i>
Habilidades de cálculo	0.019	0.837	0.042	0.680	-0.044	0.647
Expresión escrita	0.112	0.212	0.049	0.621	-0.082	0.372
Habilidades académicas	-0.008	0.934	0.031	0.755	0.020	0.831
Fluidez académica	0.096	0.323	0.089	0.395	0.050	0.611
Aplicaciones académicas	0.108	0.229	0.033	0.736	0.018	0.841
Ciencias*	0.031	0.752	0.027	0.796	-0.048	0.627

Análisis fueron ajustados por sexo, velocidad de crecimiento (años), nivel educacional universitario de los padres (ninguno/uno/ambos), índice de masa corporal (kg/m²) y actividad física (AF) total medida con YAP-S. Valores marginales son destacados en cursiva ($p < 0.1$). Los valores en cursiva, no permanecen ($p < 0.1$) cuando el valor P fue ajustado por comparaciones múltiples usando el método Benjamini y Hochberg.



Resultados

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS



Principales hallazgos de la presente tesis doctoral.

A continuación destacamos brevemente los principales hallazgos de los tres capítulos.

Capítulo I: Comportamiento sedentario, volúmenes de materia gris e inteligencia.

Los principales hallazgos en relación a la estructura del cerebro fueron que (i) diferentes comportamientos sedentarios fueron negativamente asociados con el volumen de materia gris en niños con sobrepeso/obesidad, siendo el tiempo viendo TV el comportamiento sedentario asociado con la mayor cantidad de regiones cerebrales específicas. Particularmente, el tiempo viendo TV se relacionó con volúmenes más bajos de materia gris en las regiones frontal, parietal y occipital; el tiempo jugando video juegos se asoció con menores volúmenes de materia gris en las regiones occípito-temporales; y el tiempo total sedentario fue asociado con menores volúmenes de materia gris en el cerebelo; (ii) la asociación de ver TV y el volumen de materia gris era independiente de la capacidad cardiorrespiratoria de los niños, mientras que las asociaciones del tiempo jugando video juegos y el tiempo total sedentario con el volumen de materia gris se atenuaron cuando se consideró la capacidad cardiorrespiratoria; y (iii) la materia gris en el cerebelo se asoció positivamente con la inteligencia, específicamente con la puntuación de la inteligencia cristalizada y la puntuación de la inteligencia compuesta.

Capítulo II: Comportamiento sedentario y función ejecutiva.

En relación a la función ejecutiva, los principales hallazgos fueron que (i) el único comportamiento sedentario que se relacionó de manera significativa con las funciones ejecutivas fue el tiempo viendo TV. Tanto el tiempo jugando video juegos como el tiempo total sedentario no se asociaron con las funciones ejecutivas; (ii) un mayor tiempo viendo TV se asoció negativamente con la habilidad de planificación y con la memoria de trabajo para la tarea de alta y baja demanda cognitiva, independientemente de la capacidad cardiorrespiratoria; y (iii) un mayor tiempo viendo televisión se asoció positivamente con la flexibilidad cognitiva medida con el DFT, pero no con el TMT.

Capítulo III: Comportamiento sedentario y rendimiento académico.

En relación al rendimiento académico, no se encontraron asociaciones significativas entre los comportamientos sedentarios con ninguna de los 11 indicadores académicos.

Discusión de los resultados del capítulo I:

*Comportamiento sedentario, volúmenes de
materia gris e inteligencia.*

Comportamiento sedentario, volúmenes de materia gris e inteligencia.

Solo hay dos estudios longitudinales previos que examinan la influencia de los comportamientos sedentarios (ver la TV y el uso de internet) sobre el volumen de materia gris en niños (84,85). Un estudio encontró que un mayor tiempo viendo TV se asoció con un mayor volumen de materia gris en la región frontopolar y en áreas prefrontales mediales, tanto en análisis transversales como longitudinales; así como también mostró asociaciones positivas en áreas de la corteza visual al realizar análisis transversales; y por último, evidenció asociaciones positivas en el hipotálamo y las áreas sensoriomotoras en análisis longitudinales (84). Por el contrario, el estudio más reciente de Takeuchi y col. reveló que la frecuencia de uso de internet no se asoció con volúmenes de materia gris en análisis transversales. Sin embargo, el análisis longitudinal reveló que la frecuencia en el uso de internet se asoció con reducciones de materia gris en algunas regiones específicas, incluido el área bilateral perisilviana, el cerebelo y las regiones subcorticales (por ejemplo, el hipocampo, la amígdala o los ganglios basales) (85).

En la presente tesis doctoral, encontramos que, independientemente del tipo de comportamiento sedentario, un mayor tiempo se asoció con un menor volumen de materia gris. En particular, el tiempo viendo TV estaba relacionado con volúmenes más bajos de materia gris en región frontal (específicamente en el giro frontal media y el pars triangularis del giro frontal inferior), en la región parietal (específicamente en el giro parietal inferior y en el giro poscentral) y regiones occipitales (específicamente en la circunvolución lingual y la corteza calcarina). El tiempo jugando video juegos se asoció con menores volúmenes de materia gris en las regiones temporales (específicamente en el giro fusiforme y el giro bilateral temporal inferior). Un mayor tiempo total sedentario se asoció con menores volúmenes de materia gris en el cerebelo (específicamente en el crus I y II). Curiosamente, mientras Takeuchi y col. encontraron asociaciones positivas y negativas entre sedentarismo y volumen de materia gris dependiendo del tipo de comportamiento sedentario (tiempo viendo TV y uso de Internet, respectivamente), en esta tesis doctoral encontramos un asociación consistentemente inversa y específica de la región cerebral, entre comportamientos sedentarios (tiempo viendo TV, tiempo jugando video juegos y tiempo total sedentario) y volumen de materia gris. Por lo tanto, el comportamiento sedentario puede asociarse negativamente con el volumen de materia gris y cada comportamiento puede tener regiones cerebrales específicas asociadas, en niños con sobrepeso/obesidad.

Mientras el tiempo viendo TV se relacionó principalmente con la región frontal y regiones parietales, el tiempo jugando video juegos estuvo relacionado con las regiones temporales; además, ambos comportamientos estaban relacionados con regiones específicas de la corteza occipital (tiempo viendo TV con la corteza calcarina y el giro lingual, y el tiempo jugando video juegos con el giro fusiforme). Hay varias potenciales razones por las que ver TV y jugar video juegos puede estar asociado con diferentes partes del cerebro. Por ejemplo, mientras que en ver TV se ha demostrado que están implicadas las estructuras corticales y subcorticales relacionadas con los procesos visuales (84), el tiempo jugando video juegos se ha relacionado con las estructuras corticales implicadas en atención sostenida y memoria verbal (142). Es importante destacar que las asociaciones identificadas para cada comportamiento sedentario y los volúmenes de materia gris fueron diferentes para cada comportamiento sedentario, lo que sugiere que comportamientos sedentarios específicos pueden influir en la estructura de regiones cerebrales distintivas. Sin embargo, estudios futuros en niños deberían incluir resonancia magnética funcional mientras realizan diferentes comportamientos sedentarios para contrastar estas hipótesis.

Otro hallazgo importante es el papel de la capacidad cardiorrespiratoria en las asociaciones anteriormente mencionadas. La asociación entre ver TV y el volumen de materia gris fue independiente de la capacidad cardiorrespiratoria, mientras que para el tiempo jugando video juegos una de las tres regiones no se asoció significativamente (específicamente, el giro temporal inferior derecho), y para el tiempo sedentario total ambas regiones del cerebro (crus I y crus II) no se asociaron significativamente después de un ajuste adicional por la capacidad cardiorrespiratoria. Esto puede estar relacionado con estudios previos que muestran que la capacidad cardiorrespiratoria se asocia positivamente con la estructura del cerebro humano preadolescente (87–89,143). Por ejemplo, en un estudio previo con la presente muestra, se encontró que una mayor capacidad cardiorrespiratoria fue relacionada con un mayor volumen de materia gris en las regiones frontales (la corteza premotora y la corteza motora primaria medial), los núcleos subcorticales (el hipocampo y el caudado), regiones temporales (el giro temporal inferior y el giro parahipocampal) y la corteza calcarina (89). Específicamente, el giro temporal inferior fue influenciado negativamente por un mayor tiempo jugando video juegos, como encontramos en el presente estudio, y positivamente influenciado por la capacidad cardiorrespiratoria (89), lo que destaca aún más el papel específico de la capacidad cardiorrespiratoria con la asociación del tiempo jugando video juegos y la estructura del cerebro. Además, tres estudios previos encontraron que una mayor capacidad cardiorrespiratoria estaba relacionada a un mayor volumen de materia gris en regiones subcorticales en niños (87,88,143). Chaddock y col. encontró que los niños con mayor capacidad cardiorrespiratoria tenían un mayor volumen del hipocampo y el núcleo estriado

dorsal de los ganglios basales que los niños con menor capacidad cardiorrespiratoria (87,88). Ortega y col. encontró que los niños con mayor capacidad cardiorrespiratoria tenían regiones más grandes en la amígdala, hipocampo, putamen bilateral y pallidum (143). Por lo tanto, la capacidad cardiorrespiratoria puede desempeñar un papel relevante en las asociaciones entre los comportamientos sedentarios y los volúmenes de materia gris en niños.

Interesantemente, el tiempo sedentario total se relacionó de forma específica con un menor volumen de materia gris en el cerebelo y, a su vez, el cerebelo se asoció positivamente con la inteligencia cristalizada, pero no con la inteligencia fluida. En primer lugar, esto puede no ser una asociación directa (es decir, más tiempo sedentario total), sino una influencia indirecta (niveles más bajos de actividad física), que afecta al papel clave que tiene el cerebelo en el control motor y el movimiento (144–146). En segundo lugar, la importancia del cerebelo sobre la inteligencia se ha relevado previamente en algunas poblaciones, y la asociación específica con la inteligencia cristalizada, más que con la inteligencia fluida, puede estar respaldada por estudios funcionales previos que muestren activación en relación con el lenguaje, la atención y las imágenes mentales (147–149). Sin embargo, en el presente estudio mostramos correlaciones con la estructura del cerebro, y no la función, y todas estas especulaciones deben considerarse con cautela. Por tanto, los estudios futuros deberían examinar las asociaciones entre comportamientos sedentarios y función cerebral en los niños.

No hay evidencia suficiente disponible que explique los mecanismos que podrían explicar las asociaciones entre el comportamiento sedentario y los volúmenes de materia gris, aunque se pueden hipotetizar algunos de ellos. Una disminución de las espinas dendríticas debido a una reducción de la plasticidad dependiente del uso puede ser uno de esos mecanismos (82,85). La mayoría de los estudios mencionan los posibles mecanismos que influyen en la estructura cerebral desde el punto de vista de la actividad física, tales como la liberación de factores de crecimiento (por ejemplo, BDNF, IGF1, VEGF) (8,37,150–155), sinaptogénesis y neurogénesis (16,18,156), o aumento del flujo sanguíneo en el cerebro que promueve el desarrollo de nuevas neuronas (157). Se esperaría que estos mecanismos ocurrieran a la inversa cuando se pasa mayor tiempo en comportamientos sedentarios en lugar de activos. Sin embargo, se necesitan más estudios para dilucidar los posibles mecanismos subyacentes a la asociación entre los comportamientos sedentarios concretos, como por ejemplo ver la TV, y la estructura cerebral en niños.

En conjunto, este capítulo sugiere que diferentes comportamientos sedentarios, como lo son el tiempo viendo TV, el tiempo jugando video juegos y el tiempo total sedentario tienen el potencial de influir en la estructura del cerebro y, a su vez, en la inteligencia, mientras que algunas de las asociaciones pueden verse atenuadas por una mejor capacidad cardiorrespiratoria.

Discusión de los resultados del capítulo II:

*Comportamiento sedentario y la función eje-
cutiva*

Comportamiento sedentario y la función ejecutiva

En relación a los comportamientos sedentarios y la función ejecutiva en niños con sobrepeso/obesidad, específicamente el tiempo que pasan viendo TV puede tener una influencia negativa en la habilidad de planificación y la memoria de trabajo tanto para pruebas de alta demanda como para pruebas de baja demanda cognitiva, independientemente de la capacidad cardiorrespiratoria. Sin embargo, y en contra de lo esperado, el tiempo viendo TV mostró una asociación positiva con la flexibilidad cognitiva medida con el DFT, pero no con el TMT. Por último, el tiempo dedicado a los video juegos, así como el tiempo total sedentario, no se asociaron con la función ejecutiva.

Hasta hace pocos años, escasos estudios habían examinado explícitamente la relación entre el comportamiento sedentario y la función ejecutiva (97). Parte de la evidencia, sugiere que un mayor tiempo en comportamientos sedentarios, y particularmente el tiempo viendo TV, podría desempeñar un papel clave en la función ejecutiva de niños y adolescentes (99,158). Coincidentemente con lo que plantea Kostyrka-Allchorne y col. (99), entre los hallazgos de la presente tesis doctoral, solamente el tiempo viendo TV se asoció con las funciones ejecutivas, en este caso en niños con sobrepeso/obesidad. Para una mejor comprensión de la discusión de los resultados asociados al objetivo específico 2 de la presente tesis doctoral, se ha estructurado por cada función ejecutiva evaluada.

Habilidad de planificación

En esta tesis doctoral, un mayor tiempo viendo TV se asoció con una menor habilidad de planificación. Para nuestro conocimiento, no hay evidencia en la literatura que permita realizar un análisis comparativo de variables similares a las reportadas en esta tesis doctoral (diferentes comportamientos sedentarios y la habilidad de planificación). En ese sentido, un estudio reportó asociación nula entre un mayor tiempo total sedentario al día (medido con acelerometría) y la habilidad de planificación (medida con el test Tower of London) y a su vez, un mayor tiempo de actividad física diaria se asoció con una mejor habilidad de planificación (159) en niños holandeses de 8-12 años. Así, también se ha evidenciado que un programa de ejercicio aeróbico con una duración de trece semanas, alcanzando intensidades vigorosas de manera intermitente, incluyendo juegos de carrera, saltar la cuerda, baloncesto y fútbol modificados en niños de 7-11 años con sobrepeso, tuvo un efecto positivo en la habilidad de planificación valorada con el test Cognitive Assessment System (160). Estos resultados en su conjunto sugieren que mientras evidencia previa resalta el rol de la actividad

física en la habilidad de planificación (160,161), en relación a diferentes comportamientos sedentarios, particularmente al tiempo viendo TV, los hallazgos de la presente tesis doctoral son novedosos e invitan a plantear hipótesis y contrastarlas con estudios longitudinales con mayor muestra.

Memoria de trabajo

En la presente tesis doctoral, un mayor tiempo viendo TV se asoció significativamente con un menor rendimiento en una prueba de memoria de trabajo tanto para la tarea de alta demanda cognitiva como para la tarea de baja demanda cognitiva; sin embargo, el tiempo jugando video juegos y el tiempo total sedentario no mostró asociaciones con la memoria de trabajo.

Una revisión sistemática incluyó ocho estudios transversales y prospectivos en niños y adolescentes, tres estudios demostraron que una mayor cantidad de tiempo sedentario se asoció con un peor rendimiento de la memoria (en uno de ellos, específicamente un mayor tiempo viendo TV y en otro, mayor tiempo jugando en el ordenador), otros tres concluyeron asociación nula y uno estudio sugirió una asociación positiva (en este último, el tiempo sedentario fue medido con acelerometría) (101). La revisión concluye que, existe evidencia contradictoria de la relación entre el comportamiento sedentario y la memoria de trabajo, resaltando la necesidad de nuevos estudios para entender estas complejas interrelaciones, considerando conjuntamente cómo la actividad física puede o no moderar estas relaciones (101).

Considerando estudios longitudinales, en una población española de 278 sujetos, aquellos que veían una mayor cantidad de horas a la semana de TV en la niñez, tendían a mostrar mayores latencias en tiempos de reacción para tareas de la memoria de trabajo durante la adolescencia, aunque después de ajustar por factores de confusión (sexo, IMC, clase social y nivel educacional de madre y padre, consumo de alcohol durante el embarazo y haber tenido una personada cuidando a los hijos hasta los 4 años) esta asociación desapareció (162). Un estudio, con 4 años de seguimiento, en el que participaron 1150 niños de Estados Unidos (EEUU) con 3 a 7 años de edad, mostró que una mayor cantidad de tiempo viendo TV se asoció con una menor memoria de trabajo medido con el Memory for Digit Span, aunque no consideraron el ajuste por actividad física (163). En el mismo sentido, un estudio longitudinal con una población de más de 1000 niños y adolescentes españoles, concluyó que el comportamiento sedentario en edades tempranas puede influir negativamente en la memoria de trabajo (medida con n-back) en la adolescencia (solo en hombres), sin embargo, en este

caso tampoco consideraron importantes variables de ajuste como la actividad física (164). En parte, los estudios longitudinales coinciden con los hallazgos de la presente tesis doctoral, donde un mayor tiempo viendo TV se asoció significativamente con un menor rendimiento en la prueba de memoria de trabajo. Se destaca, al comparar con otros estudios, que la presente tesis doctoral consideró importantes variables de ajuste como la capacidad cardiorrespiratoria y la actividad física.

En relación a los video juegos, un estudio que reclutó a más de 220 niños finlandeses (12.2 años), encontró que un mayor tiempo jugando video juegos se asoció con un menor rendimiento en la tarea de memoria visual medida con Pattern Recognition Memory Test (102). Sin embargo, este estudio no incluyó importantes variables de ajustes como el IMC, la actividad física o la capacidad cardiorrespiratoria. En relación al tiempo total sedentario, van der Niet y col. no encontraron asociaciones entre el tiempo total sedentario diario (medido con acelerometría) y la memoria de trabajo (medido con el test Visual Memory Span) (159) en niños de 8 a 12 años. Esto coincide con los resultados analizados en la presente tesis doctoral, aunque mientras que el estudio de van der Niet y col. usó medidas objetivas como la acelerometría, nuestro estudio usó medidas autoreportadas.

Flexibilidad cognitiva

Otro aspecto importante a la hora de analizar las asociaciones entre comportamiento sedentario y las diferentes dimensiones de la función ejecutiva son las distintas pruebas disponibles para evaluar las mismas funciones, lo que podría explicar algunas inconsistencias en los hallazgos. En particular, en la presente tesis doctoral se encontraron resultados contradictorios cuando se examinó el tiempo viendo TV y dos pruebas diferentes que se consideraron como indicadores de flexibilidad cognitiva (DFT y TMT) (126,127,165). Al estudiar la asociación del tiempo viendo TV con la flexibilidad cognitiva utilizando estas dos pruebas por separado, se observó una relación significativa y positiva con el rendimiento en DFT ($p < 0,5$), mientras que para el TMT no se observó asociación. Esta diferencia observada entre estas dos pruebas podría deberse a la diferente naturaleza de las pruebas. Aunque el DFT generalmente se clasifica como una prueba de flexibilidad cognitiva, tiene una naturaleza multifactorial que incluye no solo la flexibilidad cognitiva sino también otros procesos cognitivos múltiples como puede ser la creatividad (126,166,167). Por otro lado, el TMT puede ser considerado un test de carácter más concreto basado principalmente en la evaluación de la flexibilidad cognitiva, y no de otras habilidades asociadas (166). Estas diferencias

podrían explicar potencialmente los diferentes resultados contradictorios observados en las dos pruebas utilizadas, y a su vez, los resultados aparentemente inesperados entre el tiempo viendo TV y un mejor rendimiento en la prueba de DFT asociado al aspecto de creatividad.

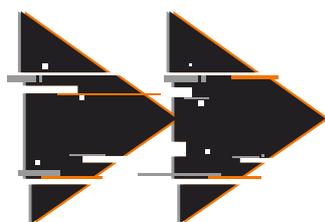
Existe poca evidencia en relación al tiempo sedentario total y la flexibilidad cognitiva. Coincidentemente con los hallazgos de esta tesis doctoral, un estudio de diseño transversal, que también utilizó el TMT, no encontró asociación entre un mayor tiempo total sedentario y la flexibilidad cognitiva en niños de 8 a 12 años (159). De nuevo, mientras este estudio usó medidas objetivas (acelerometría), nuestro estudio usó medidas auto-reportadas para determinar el tiempo sedentario.

Inhibición cognitiva

En la presente tesis doctoral, el comportamiento sedentario (ver TV, jugar a video juegos o tiempo sedentario total) no se asoció significativamente con la inhibición cognitiva en ninguna de las dos pruebas utilizadas (Test de Stroop y Tarea de flanqueo de Eriksen). Sin embargo, un estudio longitudinal encontró que los niños que veían mayor cantidad de horas de TV tenían una peor atención en la adolescencia (168). De manera similar, una revisión sistemática que incluyó estudios longitudinales con un total de 3530 participantes concluyó que ver TV más de 1 hora al día se asoció con una peor capacidad de atención, en comparación con que quienes veían la TV menos de 1 hora al día (51). Igualmente, un estudio de diseño transversal en una muestra de 80 escolares holandeses, encontró una correlación negativa entre el tiempo en actividades sedentarias (medidas con acelerometría) y la puntuación en el test de Stroop en niños de 8 a 12 años, lo que indicaría que los niños que pasaron más tiempo sedentarios mostraron una peor inhibición cognitiva (159).

Los hallazgos de la presente tesis doctoral y los de otras investigaciones mencionados anteriormente enfatizan la relevancia de examinar las asociaciones de distintos comportamientos sedentarios con la función ejecutiva en diferentes poblaciones dianas considerando importantes variables de ajuste (7,97). Sin embargo, algunas consideraciones generales que se deben tener en cuenta a la hora de contrastar los hallazgos de la presente tesis doctoral con la literatura entre el tiempo en diferentes comportamientos sedentarios y su asociación con las funciones ejecutivas son la utilización de diferentes pruebas o test cognitivos, la metodología para medir el tiempo en diferentes comportamientos sedentarios (cuestionario vs. acelerometría) y el diseño transversal o longitudinal de los estudios. Por último, resaltar la importancia de examinar diferentes tipos de comportamiento sedentario de manera específi-

ca, y no el tiempo sedentario total, en relación a la función ejecutiva, ya que las asociaciones puede ser opuestas en función del tipo comportamiento sedentario valorado (90,100).



Discusión de los resultados del capítulo III:

*Comportamiento sedentario y rendimiento
académico.*

Comportamiento sedentario y rendimiento académico

En la presente tesis doctoral, no se encontraron asociaciones entre el tiempo en diferentes comportamientos sedentarios y el rendimiento académico, lo que se contrapone a los resultados de otras investigaciones previas (83,103,106,107,169–171). Si bien la evidencia científica reporta resultados controvertidos (108,109), existe cierto acuerdo en que el comportamiento sedentario de mayor influencia negativa para el rendimiento académico es el tiempo viendo TV (53,99). En los hallazgos de la presente tesis doctoral, el tiempo viendo TV no se asoció con el rendimiento académico, sin embargo, se asoció con un menor volumen de materia gris en seis regiones específicas del cerebro como también con variables de la función ejecutiva.

Un estudio longitudinal con una muestra de 1239 niños de 8 a 9 años mostró que ver la TV se asoció con una peor lectura, y el uso del ordenador con una peor habilidad aritmética (171). Sin embargo, es importante resaltar que en este estudio el comportamiento sedentario fue reportado por los padres, y no por los propios participantes, lo que suele infraestimar el tiempo sedentario informado (171). También relacionado con la lectura, otro estudio longitudinal evidenció que los niños que veían mayor cantidad de horas de TV mostraban una menor progresión en el nivel de lectura (172). Otros datos longitudinales indican que los niños menores de 3 años con exposición a la TV menos de tres horas al día, mostraban un mejor desempeño en lectura y matemáticas que aquellos con una exposición de tres o más horas de TV (163). Además, un estudio en el que participaron niños griegos de 10 -12 años de edad, concluyó una relación inversa entre el tiempo viendo TV y el rendimiento académico (173); sin embargo, la muestra estaba formada por niños normopeso y sobrepeso/obesidad (33% de la muestra), y no mostraron asociaciones segmentadas por estatus ponderal; en nuestro caso, el total de los niños tenían sobrepeso/obesidad, lo que podría explicar parcialmente las diferencias entre los estudios.

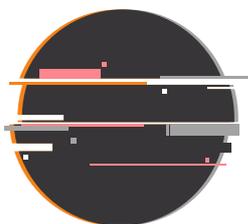
Entre nuestros hallazgos, el tiempo jugando video juegos no se asoció con el rendimiento académico, lo que es coincidente con los resultados de otros estudios en niños y adolescentes (95,171). Particularmente relevante son los resultados en una muestra de 1239 niños australianos de 8 a 9 años, tanto en los análisis transversales como longitudinales, no hubo evidencia a corto o largo plazo de la asociación entre el uso de video juegos y el rendimiento académico (171). Sin embargo, en adolescentes de países asiáticos, son varios los estudios que evidencian que un mayor tiempo jugando video juegos se asoció negativamente con el rendimiento académico (174–176) así como también en adolescentes de los EEUU (177). Lo

anterior es coincidente con un metanálisis publicado el año 2019 que demostró que un mayor tiempo jugando video juegos se asoció inversamente con el rendimiento académico en adolescentes, pero no en niños (53). El mismo estudio sugiere que la duración total de actividades basadas en pantallas puede tener una mayor asociación con el rendimiento académico en adolescentes que en niños (53). En ese sentido, la edad de los participantes en la presente tesis doctoral, podría estar influyendo en los resultados, dado que en general, los estudios con niños menores de 12 años no presentan asociaciones entre el tiempo jugando video juegos y el rendimiento académico, (53,171) y los niños de la presente tesis doctoral tienen edades comprendidas entre los 8 y 11 años. Por otra parte, dependiendo del contenido del juego, la evidencia ha indicado que jugar video juegos requiere que los jugadores comprendan exitosamente el lenguaje (178) y eso podría aumentar su compromiso con el aprendizaje del mismo (179); sin embargo en la presente tesis doctoral no se incluye información sobre el contenido de los video juegos, y este aspecto podría determinar la asociación nula entre jugar a video juegos y rendimiento académico.

En cuanto al tiempo total sedentario medido con auto reporte, en la presente tesis doctoral no se encontraron asociaciones significativas con el rendimiento académico. Específicamente, la pregunta del cuestionario aplicado hace referencia al tiempo libre sentado. Estos resultados están en línea con estudios que utilizaron medidas objetivas (acelerometría) para medir el tiempo sedentario (103,106,180). Una investigación que contó con una muestra de 213 niños portugueses ($9,46 \pm 0,43$ años) concluyó que el tiempo sedentario total medido objetivamente no se asoció con el rendimiento académico (lenguaje y matemáticas) después de ajustar por posibles factores de confusión (180). Coincidentemente, otro estudio que reclutó a 1146 niños y adolescentes españoles, mostró que el tiempo libre sedentario medido objetivamente no se asoció significativamente con el rendimiento académico, sin embargo, medidas subjetivas del tiempo en diferentes comportamientos sedentarios, como estar sentado sin hacer nada o navegando por internet, se asociaron negativamente con el rendimiento académico, mientras que el tiempo dedicado a hacer deberes/estudiar sin computadora y leer por diversión fueron asociados positivamente (103). Lo anterior, puede explicarse porque el tiempo sedentario medido objetivamente incluye comportamientos que pueden ser tanto beneficiosos como perjudiciales para el rendimiento académico, lo que neutralizaría esta asociación (181). Ambos estudios concluyen que dominios específicos del comportamiento sedentario auto informado, pero no medido objetivamente, pueden influir en el rendimiento académico (103,181). Por lo tanto, sería relevante examinar dominios específicos del comportamiento sedentario, y no únicamente el tiempo sedentario total, en relación al rendimiento académico.

Por otra parte, los estudios longitudinales que relacionan el comportamiento sedentario medido objetivamente (acelerometría) con el rendimiento escolar, indicaron que niveles altos de comportamiento sedentario a los 7 años de edad se asociaron con una reducción de las habilidades de razonamiento verbal a los 11 años (182), y que niveles bajos de comportamiento sedentario se asociaron con un mayor rendimiento escolar entre los 10 y los 11 años (183).

Colectivamente, la discusión de los hallazgos de la presente tesis doctoral con los de otros estudios que consideraron tanto medidas objetivas de tiempo sedentario como de auto reporte en relación con el rendimiento académico, sugieren que las asociaciones con el rendimiento académico parecen ser complejas y pueden estar mediadas por otros factores, como el tipo de la actividad, el contenido y el contexto en que los niños participan en este tipo de comportamientos.



Discusión general integrada de los tres capítulos.

Se presenta una discusión global de los tres capítulos.

Los resultados de la presente tesis doctoral junto con la mayor parte de la evidencia científica revisada, apoyan la asociación entre el tiempo en comportamiento sedentario, el cerebro y la función ejecutiva. Además, destacan la importancia de evaluar los comportamientos sedentarios de manera específica, dado que podrían tener una influencia diferente en el cerebro, la función ejecutiva y el rendimiento académico.

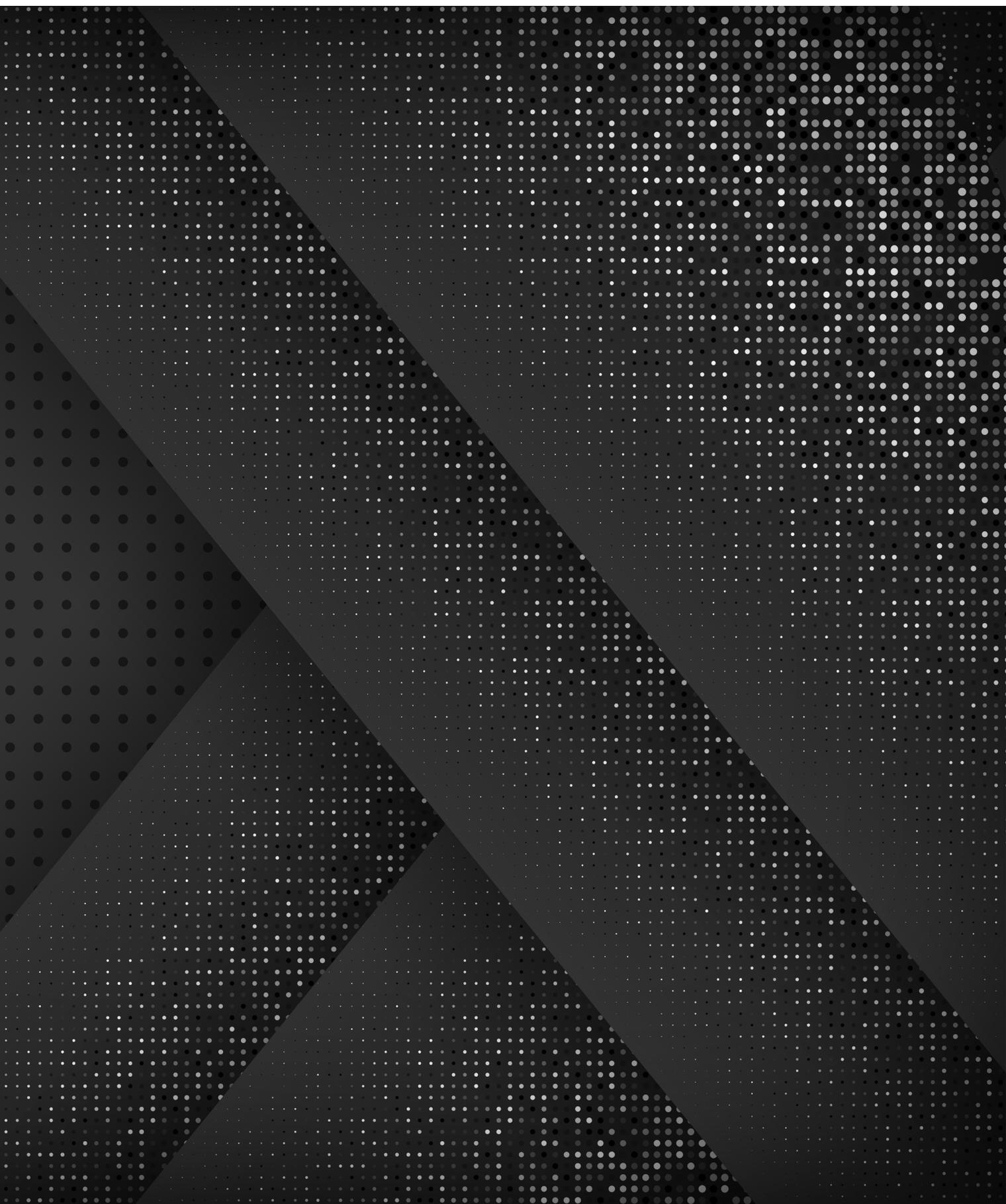
La comprensión de la asociación del comportamiento sedentario en la salud del cerebro está en sus inicios (7). Dado que la evidencia reciente indica que el efecto del comportamiento sedentario es distinto de la inactividad física en la salud (70,71), una mayor comprensión de la asociación de los diferentes comportamientos sedentarios con la salud del cerebro puede informar y orientar las intervenciones destinadas a mejorar la salud del cerebro en una variedad de poblaciones, incluidos los niños en edad escolar (7).

Un estilo de vida sedentario en niños, en particular el tiempo viendo TV, puede reemplazar las oportunidades de participar en actividades que promuevan la educación y el desarrollo cognitivo (184). Un menor nivel educacional de los padres se asocia con un mayor tiempo que sus hijos destinan a ver pantallas, así como también con un peor estado nutricional (185). Por lo tanto, comprender la interacción de las variables que inciden en las asociaciones mencionadas anteriormente es fundamental para poder hacer frente a los factores de riesgo que rodean a los niños y adolescentes. Es por ello que se consideraron importantes covariables en esta tesis doctoral como lo son el sexo, el IMC, el nivel educacional parental, el estado de madurez puberal, la capacidad cardiorrespiratoria y la actividad física.

Las políticas públicas, especialmente las relacionadas con la salud y la educación, deben considerar la relevancia de informar a los padres, tutores, directores de escuelas, profesores y escolares de la influencia que pueden tener diferentes comportamientos sedentarios en el cerebro, la cognición y en el rendimiento académico. Además, se deben generar intervenciones que favorezcan la disminución del tiempo en comportamientos sedentarios y especialmente el tiempo en pantallas, buscando reemplazar esas actividades sedentarias por juegos activos, actividad física y programas de ejercicios para que los niños se desarrollen saludablemente.



LIMITACIONES Y FORTALEZAS



Limitaciones y fortalezas.

Se presentan las principales fortalezas y limitaciones de la investigación.

Limitaciones

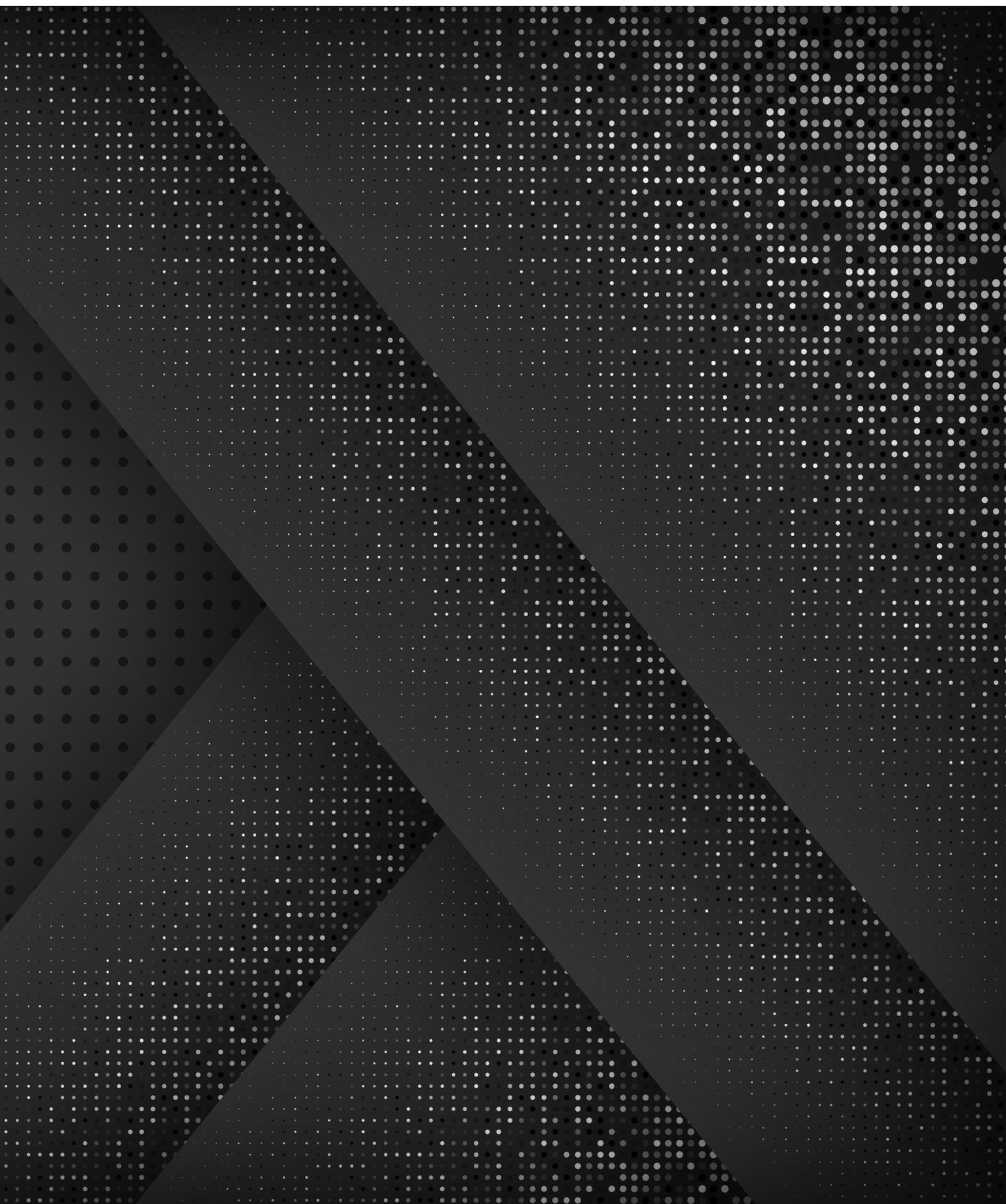
La presente tesis doctoral no está exenta de limitaciones. Por ejemplo, debido a su diseño transversal, no se puede determinar la causalidad entre el comportamiento sedentario y el volumen de materia gris, la función ejecutiva o el rendimiento académico. Además, la muestra de niños con sobrepeso y obesidad limita la generalización de los hallazgos, y no se pueden extrapolar a toda la población pediátrica. Por último, el cuestionario YAP no proporcionó información sobre algunos comportamientos sedentarios, como podrían ser comportamientos educativos como leer un libro, estudiar, ver programas educativos de televisión, entre otros.

Fortalezas

Una de las principales fortalezas de esta tesis doctoral incluye la muestra relativamente grande de niños con evaluación de resonancia magnética para analizar la estructura del cerebro; otra fortaleza tiene que ver con la información reportada sobre diferentes comportamientos sedentarios e incorporar en el análisis, importantes variables de confusión como el IMC, la capacidad cardiorrespiratoria o la actividad física total. Finalmente, una de las fortalezas más importantes es que se trata de una investigación novedosa dada la escasa evidencia que existe en la literatura en relación a los comportamientos sedentarios y la estructura del cerebro en niños.



CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS



Conclusión general de la tesis.

Los resultados de la presente tesis doctoral sugieren que el tiempo en diferentes comportamientos sedentarios y especialmente el tiempo viendo TV, se asocia con la estructura del cerebro y la cognición, considerando importantes variables de ajuste como el sexo, IMC, PHV, nivel educacional parental, capacidad cardiorrespiratoria y actividad física.

Conclusiones específicas por capítulo.

Conclusión específica capítulo I

Nuestros resultados sugieren que un mayor tiempo en comportamientos sedentarios (tiempo viendo TV, tiempo jugando video juegos y tiempo sedentario total) podrían afectar negativamente la estructura del cerebro y, esto a su vez, afectar negativamente a la inteligencia cristalizada en niños con sobrepeso/obesidad. La capacidad cardiorrespiratoria podría jugar un papel atenuador en algunas de estas asociaciones; sin embargo, se necesitan estudios longitudinales y experimentales que confirmen o contrasten nuestros resultados.

Conclusión específica capítulo II

En relación a los comportamientos sedentarios y la función ejecutiva en niños con sobrepeso/obesidad, específicamente el tiempo viendo TV puede tener una influencia negativa en la habilidad de planificación y la memoria de trabajo tanto para pruebas de alta demanda como para pruebas de baja demanda cognitiva, independientemente de la capacidad cardiorrespiratoria; en cambio, un mayor tiempo viendo TV se asoció positivamente con la flexibilidad cognitiva medida con el DFT, pero no con el TMT. El tiempo dedicado a los video juegos, así como el tiempo total sedentario, no se asoció con la función ejecutiva.

Conclusión específica capítulo III

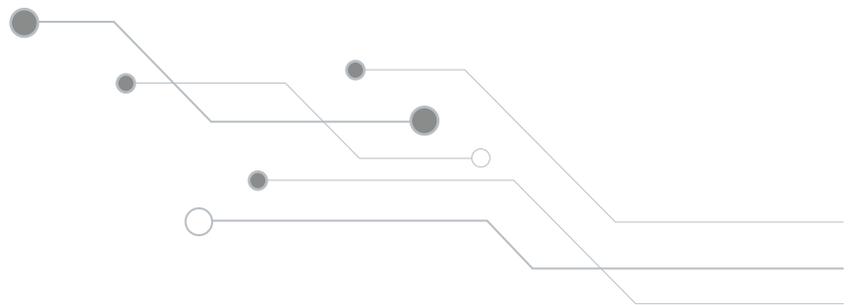
Nuestros resultados no sostienen que exista una asociación entre un mayor tiempo en diferentes comportamientos sedentarios (tiempo viendo TV, tiempo jugando video juegos y tiempo total sedentario) y el rendimiento académico en niños con sobrepeso/obesidad.

Perspectivas futuras.

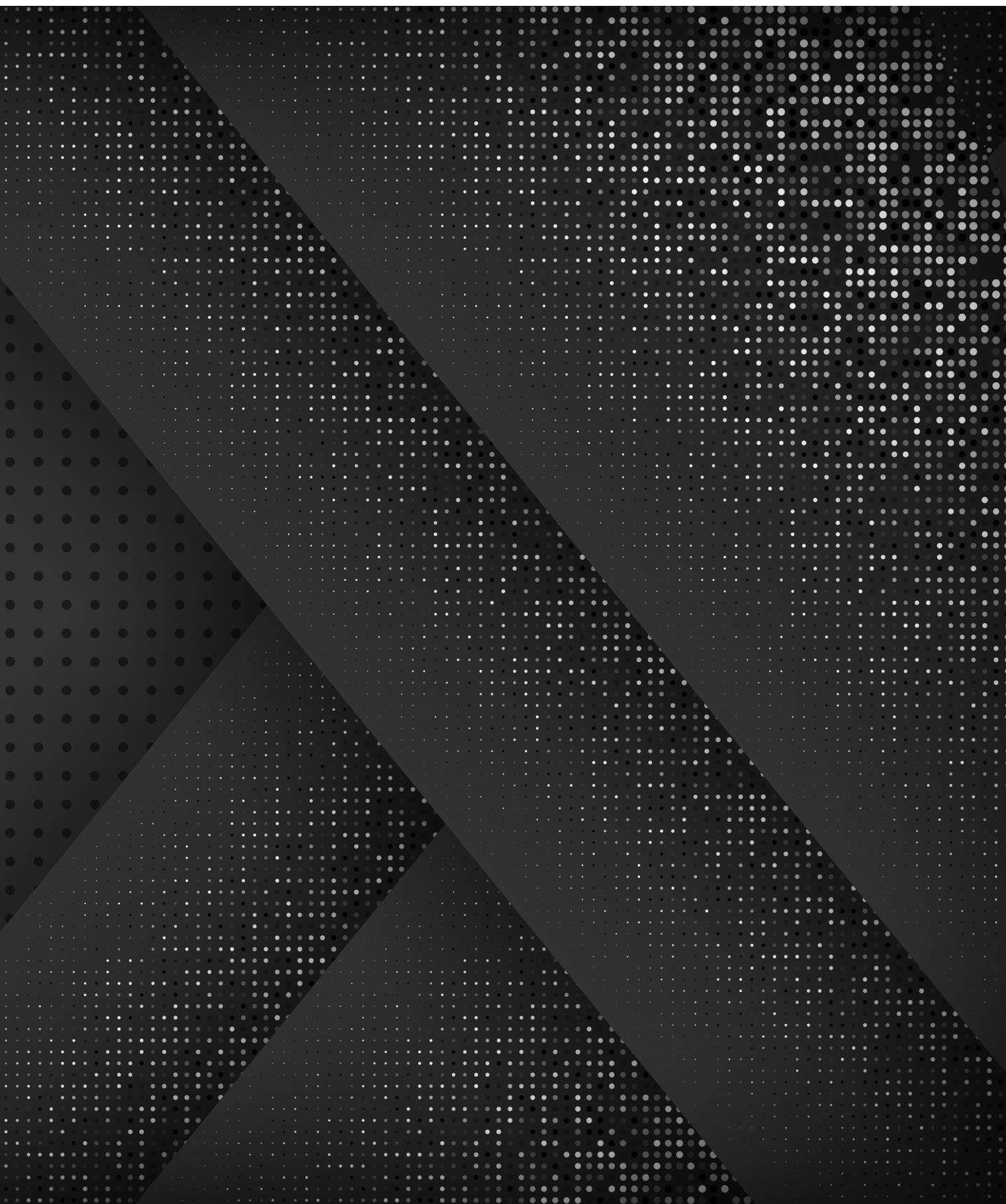
Se describen posibles líneas de investigación futura, que permitan confirmar nuestros hallazgos y determinar los mecanismos, por los cuales el comportamiento sedentario afecta a la estructura del cerebro.

Estudios longitudinales y experimentales con muestras mayores son necesarios para confirmar la relevancia de disminuir el tiempo dedicado a comportamientos sedentarios específicos (utilizando medidas objetivas del tiempo sedentario, asociadas a medidas subjetivas del tiempo en diferentes comportamientos sedentarios) en la estructura y función cerebral, función ejecutiva y rendimiento académico en niños, considerando importantes variables de ajustes.

Mientras los mecanismos por los cuáles la actividad física produce beneficios en la salud del cerebro (entre ellos la estructura) se han estudiado con mayor profundidad en los últimos años, falta conocimiento para determinar cuáles son los mecanismos específicos por los cuáles diferentes comportamientos sedentarios afectan de manera particular la estructura del cerebro.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Referencias Bibliográficas.

1. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM.

Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research. *Public Heal Rep.* 1985;100(2):126–31.

2. American College of Sport Medicine.

ACSM Manual for Assessment of Health Related Fitness. 4th ed. Wolters Kluwer Health., editor. Barcelona; 2014.

3. Bloor CM.

Angiogenesis during exercise and training. *Angiogenesis.* 2005;8:263–71.

4. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjörström M.

Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes.* 2008;32:1–11.

5. Ojeda C. Francisco Varela and the Cognitive Sciences.

Rev Chil Neuropsiquiatr. 2001;39(4):286–95.

6. Tremblay MS, Aubert S, Barnes JD, Saunders TJ, Carson V, Latimer-Cheung AE, et al.

Sedentary Behavior Research Network (SBRN) - Terminology Consensus Project process and outcome. *Int J*

Behav Nutr Phys Act. 2017;14(1):1–17.

7. U.S. Department of Health and Human Services.

2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee Scientific Report To the Secretary of Health and Human. 2018 Phys Act Guidel Advis Comm Sci Report To Secr Heal Hum Serv [Internet]. 2018;779. Available from: https://health.gov/paguidelines/second-edition/report/pdf/PAG_Advisory_Committee_Report.pdf

8. Park H, Poo M.

Neurotrophin regulation of neural circuit development and function. *Nat Rev Neurosci* [Internet]. 2013;14:7–23. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nrn3379>

9. Cristofori I, Cohen-zimmerman S, Grafman J.

Executive functions. In: *Handbook of Clinical Neurology.* 2019.

10. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A, Wager TD.

The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex “Frontal Lobe” Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cogn Psychol.* 2000;41:49–100.

- 11. Badre D, Wagner AD.**
Computational and neurobiological mechanisms underlying cognitive flexibility. *PNAS*. 2006;103(18):7186–91.
- 12. Diamond A.**
Executive Functions. *Annu Rev Psychol*. 2013;64:135–68.
- 13. World Health Organization.**
Childhood overweight and obesity Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health World Health Organization (WHO). 2017. p. <https://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood>.
- 14. Willis JO, Dumont R, Kaufman AS.**
Factor-Analytic Models of Intelligence. In: Sternberg RJ, Kaufman SB, editors. *The Cambridge handbook of intelligence*. New York; 2011. p. 39–57.
- 15. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Hall WC, LaMantia A-S, Mooney RD, et al.**
Neuroscience. 6ta Ed. USA Press, editor. New York: Oxford University; 2018.
- 16. Katsimpari L, Lledo P.**
ScienceDirect Regulation of neurogenesis in the adult and aging brain. *Curr Opin Neurobiol* [Internet]. 2018;53:131–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.conb.2018.07.006>
- 17. Cai L, Chan JSY, Yan JH, Peng K.**
Brain plasticity and motor practice in cognitive aging. *Front Aging Neurosci*. 2014;6(31):1–12.
- 18. May A.**
Experience-dependent structural plasticity in the adult human brain. *Trends Cogn Sci* [Internet]. 2011;15(10):475–82. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2011.08.002>
- 19. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al.**
Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*. 2014;384(9945):766–81.
- 20. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC).**
Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. *Lancet*. 2017;390(10113):2627–42.

21. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC).

Height and body-mass index trajectories of school-aged children and adolescents from 1985 to 2019 in 200 countries and territories: a pooled analysis of 2181 population-based studies with 65 million participants. *Lancet*. 2020;396(7):1511–24.

22. Garrido-Miguel M, Cavero-Redondo I, Álvarez-Bueno C, Rodríguez-Artalejo F, Moreno LA, Ruiz JR, et al.

Prevalence and Trends of Overweight and Obesity in European Children from 1999 to 2016: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Pediatr*. 2019;173(10).

23. Singh AS, Mulder C, Twisk JWR, Van Mechelen W, Chinapaw MJM.

Tracking of childhood overweight into adulthood: A systematic review of the literature. *Obes Rev*. 2008;9(5):474–88.

24. Ortega FB, Lavie CJ, Blair SN.

Obesity and cardiovascular disease. *Circ Res*. 2016;118(11):1752–70.

25. GBD 2015 Obesity Collaborators.

Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years. *N Engl J Med*. 2017;377(1):13–27.

26. Reilly JJ, Kelly J.

Long-term impact of overweight and obesity in childhood and adolescence on morbidity and premature mortality in adulthood: Systematic review. *Int J Obes*. 2011;35(7):891–8.

27. Esteban-Cornejo I, Ortega FB, Catena A.

Neural perspectives on cognitive control development during childhood and adolescence should take into account how the obesity affects brain development. *Acta Paediatr Int J Paediatr*. 2018;107(4):720–1.

28. Lobstein T, Baur L, Uauy R.

Obesity in children and young people: A crisis in public health. *Obes Rev Suppl*. 2004;5(1):4–104.

29. Luppino FS, De Wit LM, Bouvy PF, Stijnen T, Cuijpers P, Penninx BW, et al.

Overweight, Obesity, and Depression. *Arch Gen Psychiatry*. 2010;67(3):220–9.

30. Sanders RH, Han A, Baker JS, Copley S.

Childhood obesity and its physical and psychological co-morbidities: a

systematic review of Australian children and adolescents. *Eur J Pediatr*. 2015;174(6):715–46.

31. Henriksson P, Henriksson H, Tynelius P, Berglind D, Löf M, Lee IM, et al.

Fitness and body mass index during adolescence and disability later in life. *Ann Intern Med*. 2019;170(4):230–9.

32. Ortega FB, Silventoinen K, Tynelius P, Rasmussen F.

Muscular strength in male adolescents and premature death: cohort study of one million participants. *BMJ Open*. 2012;Nov20(345):1–12.

33. Bauer CCC, Moreno B, González-Santos L, Concha L, Barquera S, Barrios FA.

Child overweight and obesity are associated with reduced executive cognitive performance and brain alterations: A magnetic resonance imaging study in Mexican children. *Pediatr Obes*. 2015;10(3):196–204.

34. Ou X, Andres A, Pivik RT, Cleves MA, Badger TM.

Brain gray and white matter differences in healthy normal weight and obese children. *J Magn Reson Imaging*. 2015;42(5):1205–13.

35. Yang Y, Shields GS, Guo C, Liu Y.

Executive function performance in obesity and overweight individuals: A meta-analysis and review. *Neurosci Biobehav Rev* [Internet]. 2018;84:225–44. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.11.020>

36. Gracia-Marco L, Esteban-cornejo I, Ubago-guisado E, Solis-urra MRJMP, Cadenas-sanchez C, Verdejo-roman J, et al.

Lean mass index is positively associated with white matter volumes in several brain regions in children with overweight / obesity. *Pediatr Obes*. 2020;15:1–10.

37. Hillman CH, Erickson KI, Kramer AF.

Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nat Rev Neurosci*. 2008;9:58–65.

38. Kamijo K, Khan NA, Pontifex MB, Scudder MR, Drollette ES, Raine LB, et al.

The relation of adiposity to cognitive control and scholastic achievement in preadolescent children. *Obesity* [Internet]. 2012;20(12):2406–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/oby.2012.112/nature06264>

39. Kamijo K, Pontifex MB,

Khan NA, Raine LB, Scudder MR, Drollette ES, et al.

The negative association of childhood obesity to cognitive control of action monitoring. *Cereb Cortex*. 2014;24(3):654–62.

40. Yu ZB, Han SP, Cao XG, Guo XR.

Intelligence in relation to obesity: A systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2010;11(9):656–70.

41. Ronan L, Alexander-Bloch AF, Wagstyl K, Farooqi S, Brayne C, Tyler LK, et al.

Obesity associated with increased brain age from midlife. *Neurobiol Aging*. 2016;47:63–70.

42. Reinert KRS, Po'e EK, Barkin SL.

The Relationship between Executive Function and Obesity in Children and Adolescents: A Systematic Literature Review. *J Obes* [Internet]. 2013;2013(2):1–10. Available from: <http://www.hindawi.com/journals/job/2013/820956/>

43. Maayan L, Hoogendoorn C, Sweat V, Convit A.

Disinhibited eating in obese adolescents is associated with orbitofrontal volume reductions and executive dysfunction. *Obesity* [Internet].

2011;19(7):1382–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/oby.2011.15/nature06264>

44. Cristi-Montero C, Rodríguez R. F.

The paradox of being physically active but sedentary or sedentary but physically active. *Rev Med Chil*. 2014;142(1):72–8.

45. Kulinski JP, Khera A, Ayers CR, Das SR, De Lemos JA, Blair SN, et al.

Association between cardiorespiratory fitness and accelerometer-derived physical activity and sedentary time in the general population. *Mayo Clin Proc* [Internet]. 2014;89(8):1063–71. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mayocp.2014.04.019>

46. Cristi-Montero C, Celis-Morales C, Ramírez-Campillo R, Aguilar-Farías N, Álvarez C, Rodríguez-Rodríguez F.

¡Sedentarismo e inactividad física no son lo mismo!: Una actualización de conceptos orientada a la prescripción del ejercicio físico para la salud. *Rev Med Chil*. 2015;143(8):1089–90.

47. Hamilton MT, Healy GN, Dunstan DW, Zderic TW, Owen N.

Too Little Exercise and Too Much Sitting : Inactivity Physiology and the

Need for New Recommendations on Sedentary Behavior. *Curr Cardiovasc Risk Rep.* 2008;2:292–8.

48. Andersen LB, Mota J, Pietro L Di.

Update on the global pandemic of physical inactivity. *Lancet* [Internet]. 2016;388(10051):1255–6. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30960-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30960-6)

49. World Health Organization.

Global Health Risks Mortality and burden of disease attributable to selected major risks. 2019.

50. Voss MW, Carr LJ, Clark R, Weng T.

Revenge of the “sit” II: Does lifestyle impact neuronal and cognitive health through distinct mechanisms associated with sedentary behavior and physical activity? *Ment Health Phys Act* [Internet]. 2014;7(1):9–24. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mhpa.2014.01.001>

51. Tremblay MS, LeBlanc AG, Kho ME, Saunders TJ, Larouche R, Colley RC, et al.

Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. *Int J Behav Nutr Phys Act* [Internet]. 2011;8(1):98. Available from: <http://www.ijbnpa.org/>

content/8/1/98

52. Rideout V, Foehr U, Roberts D.

Generation M2. 2010.

53. Adelantado-Renau M, Moliner-Urdiales D, Cavero-Redondo I, Beltran Valls MR, Martínez-Vizcaino V, Álvarez-Bueno C.

Association Between Screen Media Use and Academic Performance Among Children and Adolescents A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Pediatr.* 2019;1–10.

54. Pate RR, Mitchell JA, Byun W, Dowda M.

Sedentary behaviour in youth. *Br J Sports Med.* 2011;45(11):906–13.

55. Marshall SJ, Gorely T, Biddle SJH.

A descriptive epidemiology of screen-based media use in youth: A review and critique. *J Adolesc.* 2006;29(3):333–49.

56. Loprinzi PD, Davis RE.

Secular trends in parent-reported television viewing among children in the United States, 2001-2012. *Child Care Health Dev.* 2016;42(2):288–91.

57. Tremblay MS, Carson V, Chaput J, Gorber SC, Dinh T, Duggan M, et al.

Canadian 24-Hour Movement Guidelines for Children and Youth : An Integration of Physical Activity , Sedentary Behaviour , and Sleep 1. 2016;327(June).

58. Gebremariam MK, Totland TH, Andersen LF, Bergh IH, Bjelland M, Grydeland M, et al.

Stability and change in screen-based sedentary behaviours and associated factors among Norwegian children in the transition between childhood and adolescence. BMC Public Health [Internet]. 2012;12(1):104–13. Available from: <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/12/104>

59. O’Keeffe GS, Clarke-Pearson K, On CC, Media A.

Clinical Report — The Impact of Social Media on Children , Adolescents , and Families. Pediatrics. 2020;2011(127):800–4.

60. Hancox RJ, Milne BJ, Poulton R.

Association between child and adolescent television viewing and adult health: A longitudinal birth cohort study. Lancet. 2004;364(9430):257–62.

61. Rodriguez-Ayllon M, Cadenas-Sánchez C, Estévez-López F, Muñoz NE, Mora-Gonzalez J, Migueles JH, et al.

Role of Physical Activity and Sedentary Behavior in the Mental Health of Preschoolers, Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sport Med. 2019;

62. Rezende LFM de, Rodrigues Lopes M, Rey-López JP, Matsudo VKR, Luiz O do C.

Sedentary Behavior and Health Outcomes: An Overview of Systematic Reviews. PLoS One [Internet]. 2014;9(8):e105620. Available from: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0105620>

63. Lissak G.

Adverse physiological and psychological effects of screen time on children and adolescents: Literature review and case study. Environ Res [Internet]. 2018;164(October 2017):149–57. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.015>

64. Cain N, Gradisar M.

Electronic media use and sleep in school-aged children and adolescents : A review. Sleep Med [Internet]. 2010;11(8):735–42. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sleep.2010.02.006>

65. Kato T, Yorifuji T, Yamakawa M, Inoue S.

National data showed that delayed sleep in six-year-old children was associated with excessive use of electronic devices at 12 years. *Acta Paediatr Int J Paediatr*. 2018;107:1439–48.

66. Carson V, Hunter S, Kuzik N, Gray CE, Poitras VJ, Chaput J-P, et al.

Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: an update 1. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016;41(June):240–65.

67. Katzmarzyk PT, Church TS, Craig CL, Bouchard C.

Sitting time and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(5):998–1005.

68. Owen N, Bauman A, Brown WJ.

Too much sitting: a novel and important predictor of chronic disease risk? *Br J Sports Med*. 2009;43(2):81–3.

69. Wijndaele K, Healy GN, Dunstan DW, Barnett AG, Salmon J, Shaw J, et al.

Increased cardio-metabolic risk is associated with increased TV viewing time. *Med Sci Sport Exerc*.

2010;42(8):1511–8.

70. Keane E, Li X, Harrington JM, Fitzgerald AP, Perry IJ, Kearney PM.

Physical Activity, Sedentary Behaviour and the Risk of Overweight and Obesity in School Aged Children. *Pediatr Exerc Sci*. 2017;29(3):408–18.

71. Patterson R, McNamara E, Tainio M, de Sá TH, Smith AD, Sharp SJ, et al.

Sedentary behaviour and risk of all-cause, cardiovascular and cancer mortality, and incident type 2 diabetes: a systematic review and dose response meta-analysis. *Eur J Epidemiol*. 2018;33(9):811–29.

72. Stamatakis E, Hamer M, Dunstan DW.

Screen-Based Entertainment Time , All-Cause Mortality , and Cardiovascular Events. *J Am Coll Cardiol* [Internet]. 2011;57(3):292–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2010.05.065>

73. Rey-López JP, Vicente-Rodríguez G, Biosca M, Moreno LA.

Sedentary behaviour and obesity development in children and adolescents. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2008;18:242–51.

74. Erickson KI, Hillman C, Stillman CM, Ballard RM, Bloodgood B, Conroy DE, et al.

Physical Activity, Cognition, and Brain Outcomes: A Review of the 2018 Physical Activity Guidelines. *Med Sci Sports Exerc.* 2019;51(6):1242–51.

75. Allen JS, Bruss J, Damasio H.

The Structure of the Human Brain. *Am Sci.* 2004;92.

76. Paulus MP, Squeglia LM, Bagot K, Jacobus J, Kuplicki R, Breslin FJ, et al.

Screen media activity and brain structure in youth: Evidence for diverse structural correlation networks from the ABCD study. *Neuroimage.* 2019;185(June 2018):140–53.

77. Munakata Y, Casey BJ, Diamond A.

Developmental cognitive neuroscience : progress and potential. *Trends Cogn Sci.* 2004;8(3):122–8.

78. Koechlin E, Summerfield C.

An information theoretical approach to prefrontal executive function. *Trends Cogn Sci.* 2007;11(6):229–35.

79. Bull R, Scerif G.

Executive Functioning as a Predictor of Children ' s Mathematics Ability : Inhibition , Switching , and Working Memory. *Dev Neuropsychol.* 2001;19(3):273–93.

80. Diamond A, Barnett WS, Thomas J, Munro S.

Preschool Program Improves Cognitive Control. *Science (80-).* 2007;318(5855):1387–8.

81. Blair C, Razza RP.

Relating Effortful Control, Executive Function, and False Belief Understanding to Emerging Math and Literacy Ability in Kindergarten. *Child Dev.* 2007;78(2):647–63.

82. Takeuchi H, Kawashima R.

Neural Mechanisms and Children ' s Intellectual Development: Multiple Impacts of Environmental Factors. *Neuroscientist.* 2016;22(6):618–31.

83. Horowitz-Kraus T, Hutton JS.

Brain connectivity in children is increased by the time they spend reading books and decreased by the length of exposure to screen-based media. *Acta Paediatr Int J Paediatr.* 2018;107(4):685–93.

84. Takeuchi H, Taki Y, Hashizume H, Asano K, Asano M, Sassa Y, et al.

The impact of television viewing on brain structures: Cross-sectional and longitudinal analyses. *Cereb Cortex*. 2015;25(5):1188–97.

85. Takeuchi H, Taki Y, Asano K, Asano M, Sassa Y, Yokota S, et al.

Impact of frequency of internet use on development of brain structures and verbal intelligence: Longitudinal analyses. *Hum Brain Mapp* [Internet]. 2018;(June):1–9. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/hbm.24286>

86. Migueles JH, Cadenas-sanchez C, Esteban-cornejo I, Torres-lopez L V, Aadland E, Chastin SF, et al.

Associations of Objectively-Assessed Physical Activity and Sedentary Time with Hippocampal Gray Matter Volume in Children with Overweight / Obesity. *J Clin Med*. 2020;9:1–16.

87. Chaddock L, Erickson KI, Prakash RS, Kim JS, Voss MW, Vanpatter M, et al.

A neuroimaging investigation of the association between aerobic fitness, hippocampal volume, and memory performance in preadolescent children. *Brain Res* [Internet]. 2010;1358:172–83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.brainres.2010.08.049>

[g/10.1016/j.brainres.2010.08.049](http://dx.doi.org/10.1016/j.brainres.2010.08.049)

88. Chaddock L, Erickson KI, Prakash RS, Vanpatter M, Voss MW, Pontifex MB, et al.

Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. *Dev Neurosci*. 2010;32(3):249–56.

89. Esteban-Cornejo I, Cadenas-Sanchez C, Contreras-Rodriguez O, Verdejo-Roman J, Mora-Gonzalez J, Migueles JH, et al.

A whole brain volumetric approach in overweight/obese children: Examining the association with different physical fitness components and academic performance. The ActiveBrains project. *Neuroimage*. 2017;159(July):346–54.

90. Donnelly JE, Hillman CH, Castelli DM, Etnier JL, Lee S, Tomporowski P, et al.

Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. Vol. 48, *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2016. 1197-1222 p.

91. Hillman CH, Pontifex MB, Castelli DM, Khan NA, Raine LB, Scudder MR, et al.

Effects of the FITKids Randomized Controlled Trial on Executive Control and Brain Function. *Pediatrics*. 2014

Oct;134(4):e1063–71.

92. Kamijo K, Pontifex MB, O’Leary KC, Scudder MR, Wu CT, Castelli DM, et al.

The effects of an afterschool physical activity program on working memory in preadolescent children. *Dev Sci*. 2011 Sep;14(5):1046–58.

93. Mora-Gonzalez J, Esteban-Cornejo I, Cadenas-Sanchez C, Migueles JH, Molina-García P, Rodríguez-Ayllon M, et al.

Physical Fitness, Physical Activity, and the Executive Function in Children with Overweight and Obesity. *J Pediatr*. 2019;208:50–56.e1.

94. Álvarez-bueno C, Pesce C, Cavero-redondo I, Sánchez-lópez M, Martínez-hortelano JA, Martínez-vizcaino V.

The Effect of Physical Exercise Activity Interventions on Children’s Cognition and Metacognition: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* [Internet]. 2017;56(9):729–38. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaac.2017.06.012>

95. Drummond A, Sauer JD.

Video-games do not negatively impact adolescent academic performance

in science, mathematics or reading. *PLoS One*. 2014;9(4):23–5.

96. Regondola EN, Barbado LN.

Media Habits and Academic Performance of Elementary Pupils of the Camarines Norte State College Laboratory School. undefined. 2017;

97. Buckley J, Cohen JD, Kramer AF, Mcauley E, Mullen S.

Cognitive control in the self-regulation of physical activity and sedentary behavior. *Front Hum Neurosci*. 2014;8:1–15.

98. Riggs NR, Spruijt-metz D, Chou C, Pentz MA.

Relationships between executive cognitive function and lifetime substance use and obesity-related behaviors in fourth grade youth. *Child Neuropsychol*. 2012;18(1):1–11.

99. Kostyrka-Allchorne K, Cooper NR, Simpson A.

The relationship between television exposure and children’s cognition and behaviour: A systematic review. *Dev Rev* [Internet]. 2017;44:19–58. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dr.2016.12.002>

100. Falck RS, Davis JC, Liu-Ambrose T.

What is the association between sedentary behaviour and cognitive function? A systematic review. *Br J Sports Med.* 2017;51(10):800–11.

101. Loprinzi PD.

The effects of sedentary behavior on memory and markers of memory function: a systematic review. *Phys Sportsmed.* 2019;47(4):387–94.

102. Syväoja HJ, Tammelin TH, Ahonen T, Kankaanpää A, Kantomaa MT.

The Associations of Objectively Measured Physical Activity and Sedentary Time with Cognitive Functions in School-Aged Children. *PLoS One* [Internet]. 2014;9(7):e103559. Available from: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0103559>

103. Esteban-Cornejo I, Martinez-Gomez D, Sallis JF, Cabanas-Sánchez V, Fernández-Santos J, Castro-Piñero J, et al.

Objectively measured and self-reported leisure-time sedentary behavior and academic performance in youth: The UP&DOWN Study. *Prev Med (Baltim)* [Internet]. 2015;77:106–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.yjpm.2015.05.013>

104. Faught EL, Ekwaru JP, Gledhill D, Storey KE, Asbridge M, Veugelers PJ.

The combined impact of diet, physical activity, sleep and screen time on academic achievement: A prospective study of elementary school students in Nova Scotia, Canada. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2017;14(1):1–13.

105. Haapala EA, Väistö J, Lintu N, Westgate K, Ekelund U, Poikkeus AM, et al.

Physical activity and sedentary time in relation to academic achievement in children. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2017;20(6):583–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2016.11.003>

106. Syväoja HJ, Kantomaa MT, Ahonen T, Hakonen H, Kankaanpää A, Tammelin TH.

Physical activity, sedentary behavior, and academic performance in Finnish children. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45(11):2098–104.

107. Morita N, Nakajima T, Okita K, Ishihara T, Sagawa M, Yamatsu K.

Relationships among fitness, obesity, screen time and academic achievement in Japanese adolescents. *Physiol Behav* [Internet]. 2016;163:161–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.04.055>

108. Ozmert E, Toyran M, Yurdakok K.

Behavioral correlates of television viewing in primary school children evaluated by the Child Behavior Checklist. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2002;156:910–4.

109. Skoric MM, Teo LLC, Neo RL.

Children and video games: Addiction, engagement, and scholastic achievement. *Cyberpsychology Behav.* 2009;12(5):567–72.

110. Ferguson CJ.

Do Angry Birds Make for Angry Children? A Meta-Analysis of Video Game Influences on Children's and Adolescents' Aggression, Mental Health, Prosocial Behavior, and Academic Performance. *Perspect Psychol Sci.* 2015;10(5):646–66.

111. Cadenas-Sánchez C, Mora-González J, Migueles JH, Martín-Matillas M, Gómez-Vida J, Escollano-Margarit MV, et al.

An exercise-based randomized controlled trial on brain, cognition, physical health and mental health in overweight/obese children (Active-Brains project): Rationale, design and methods. *Contemp Clin Trials* [Internet]. 2016;47:315–24. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cct.2016.02.007>

cct.2016.02.007

112. Cole TJ, Lobstein T.

Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatr Obes.* 2012;7(4):284–94.

113. Oldfield RC.

The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia.* 1971;9:97–113.

114. DuPaul GJ, Power TJ, Anastopoulos AD, Reid R.

ADHD Rating Scale — IV : Checklists , norms , and clinical interpretation. Guildford Press. 1998.

115. Saint-Maurice PF, Welk GJ, Beyler NK, Bartee RT, Heelan KA.

Calibration of self-report tools for physical activity research: The Physical Activity Questionnaire (PAQ). *BMC Public Health.* 2014;14(1):1–9.

116. Saint-Maurice PF, Welk GJ.

Validity and Calibration of the Youth Activity Profile. *PLoS One.* 2015;10(12):1–16.

117. Ashburner J, Friston KJ. Unified segmentation.

Neuroimage. 2005;26(3):839–51.

- 118. Ashburner J.**
A fast diffeomorphic image registration algorithm. *Neuroimage*. 2007;38(1):95–113.
- 119. Ashburner J, Friston KJ.**
Voxel-based morphometry - The methods. *Neuroimage*. 2000;11(6 I):805–21.
- 120. Kaufman AS, Kaufman NL (1990):**
Kaufman Brief Intelligence Test. Circle Pines, AGS. 1990.
- 121. Wang, J., & Kaufman AS.**
Changes in fluid and crystallized intelligence across the 20- to 90-year age range on the K-BIT. *J Psychoeduc Assess*. 1993;11:29–37.
- 122. Woolgar A, Duncan J, Manes F, Fedorenko E. Fluid intelligence is supported by the multiple-demand system not the language system.**
Nat Hum Behav [Internet]. 2018;2(3):200–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41562-017-0282-3>
- 123. Esteban-Cornejo I, Mora-Gonzalez J, Cadenas-Sanchez C, Contreras-Rodriguez O, Verdejo-Román J, Henriksson P, et al.**
Fitness, cortical thickness and surface area in overweight/obese children: The mediating role of body composition and relationship with intelligence. *Neuroimage*. 2019;186(November 2018):771–81.
- 124. Kaufman A.**
Intelligence Test. American G Circle Pines, MN: American Guidance. 2000. p. 113.
- 125. Wilson BA, Alderman N, Burgess PW, Emslie H, Evans JJ.**
Behavioural assessment of dysexecutive syndrome - Manual. In San Antonio (TX); 1996.
- 126. Delis D, Kaplan E, Kramer J.**
Delis-Kaplan Executive Function System (D-KEFS). San Antonio (TX) The Psychological Corporation. In San Antonio (TX); 2001.
- 127. Homack S, Lee D, Riccio CA.**
Test review: Delis-Kaplan executive function system. *J Clin Exp Neuropsychol*. 2005;27(5):599–609.
- 128. Robinson JL, Bearden CE, Monkul ES, Tordesillas-Gutiérrez D, Velligan DI, Frangou S, et al.**
Fronto-temporal dysregulation in remitted bipolar patients: An fMRI delayed-non-match-to-sample (DNMS) study. *Bipolar Disord*. 2009;11(4):351–60.

129. Mora-Gonzalez J, Esteban-Cornejo I, Cadenas-Sanchez C, Migueles JH, Rodriguez-Ayllon M, Molina-Garcia P, et al.

Fitness, physical activity, working memory, and neuroelectric activity in children with overweight/obesity. *Scand J Med Sci Sport*. 2019;0(April):1–12.

130. Dupuy O, Gauthier CJ, Fraser SA, Desjardins-Crèpeau L, Desjardins M, Mekary S, et al.

Higher levels of cardiovascular fitness are associated with better executive function and prefrontal oxygenation in younger and older women. *Front Hum Neurosci*. 2015;9(FEB):1–12.

131. Eriksen BA, Eriksen CW.

Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Percept Psychophys*. 1974;16(1):143–9.

132. Mora-Gonzalez J, Esteban-Cornejo I, Solis-Urra P, Migueles JH, Cadenas-Sanchez C, Molina-Garcia P, et al.

Fitness, physical activity, sedentary time, inhibitory control, and neuroelectric activity in children with overweight or obesity: The ActiveBrains project. *Psychophysiology*. 2020;(February):1–18.

133. Lewis FC, Reeve RA, Johnson KA.

A longitudinal analysis of the attention networks in 6- to 11-year-old children. *Child Neuropsychol* [Internet]. 2016;24(2):145–65. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/09297049.2016.1235145>

134. Richardson C, Anderson M, Reid CL, Fox AM.

Development of inhibition and switching: A longitudinal study of the maturation of interference suppression and reversal processes during childhood. *Dev Cogn Neurosci* [Internet]. 2018;34(January 2017):92–100. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2018.03.002>

135. Schrank FA, McGrew KS, Woodcock RW.

Woodcock-Johnson III. Technical Manual (Woodcock-Johnson III). Itasca; 2001.

136. Cadenas-Sanchez C, Migueles JH, Esteban-Cornejo I, Mora-Gonzalez J, Henriksson P, Rodriguez-Ayllon M, et al.

Fitness, physical activity and academic achievement in overweight/obese children. *J Sports Sci* [Internet]. 2020;38(7):731–40. Available from: <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1729516>

137. Davis CL, Tomporowski PD, McDowell JE, Austin BP, Miller PH, Yanasak NE, et al.

Exercise Improves Executive Function and Achievement and Alters Brain Activation in Overweight Children: A Randomized, Controlled Trial. *Heal Psychol.* 2011;30(1):91–8.

138. Moore SA, McKay HA, Macdonald H, Nettlefold L, Baxter-Jones ADG, Cameron N, et al.

Enhancing a somatic maturity prediction model. *Med Sci Sports Exerc.* 2015;47(8):1755–64.

139. Bervoets L, Massa G.

Defining morbid obesity in children based on BMI 40 at age 18 using the extended international (IOTF) cut-offs. *Pediatric Obes.* 2014;9(e):94–8.

140. Léger LA, Mercier D, Gadowry C, Lambert J.

The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci.* 1988;6(2):93–101.

141. Hayasaka S, Phan KL, Liberson I, Worsley KJ, Nichols TE.

Nonstationary cluster-size inference with random field and permutation methods. *Neuroimage.* 2004;22(2):676–87.

142. Peracchia S, Curcio G.

Exposure to video games: Effects on sleep and on post-sleep cognitive abilities. A systematic review of experimental evidences. *Sleep Sci.* 2018;11(4):302–14.

143. Ortega FB, Campos D, Cadenas-Sanchez C, Altmäe S, Martínez-Zaldívar C, Martín-Matillas M, et al.

Physical fitness and shapes of subcortical brain structures in children. *Br J Nutr.* 2017;1–10.

144. Cotterill RMJ.

Cooperation of the basal ganglia, cerebellum, sensory cerebrum and hippocampus: Possible implications for cognition, consciousness, intelligence and creativity. *Prog Neurobiol.* 2001;64(1):1–33.

145. Gibson KR.

Evolution of human intelligence: The roles of brain size and mental construction. *Brain Behav Evol.* 2002;59:10–20.

146. Yoon YB, Shin WG, Lee TY, Hur JW, Cho KIK, Sohn WS, et al.

Brain structural networks associated with intelligence and visuomotor ability. *Sci Rep.* 2017;7(1):1–9.

147. Vias C, Dick AS.

Cerebellar Contributions to Lan-

guage in Typical and Atypical Development: A Review. *Dev Neuropsychol* [Internet]. 2017;42(6):404–21. Available from: <https://doi.org/10.1080/87565641.2017.1334783>

148. Moore DM, Mello AMD, McGrath LM, Stoodley CJ.

Developmental Cognitive Neuroscience The developmental relationship between specific cognitive domains and grey matter in the cerebellum. 2017;24:1–11.

149. Mariën P, Borgatti R.

Language and the cerebellum. *Handb Clin Neurol*. 2018;154:181–202.

150. Cotman CW, Berchtold NC, Christie LA.

Exercise builds brain health: key roles of growth factor cascades and inflammation. *Trends Neurosci*. 2007;30(9):464–72.

151. Leckie RL, Weinstein AM, Hodzic JC, Erickson KI.

Potential moderators of physical activity on brain health. *J Aging Res*. 2012;2012.

152. Hillman CH, Biggan JR.

A Review of Childhood Physical Activity, Brain, and Cognition: Perspectives on the Future. *Pediatr Exerc Sci*. 2017;29(2).

153. Pedersen BK. Physical activity and muscle–brain crosstalk.

Nat Rev Endocrinol [Internet]. 2019;15(7):383–92. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41574-019-0174-x>

154. Stillman CM, Cohen J, Lehman ME, Erickson KI.

Mediators of Physical Activity on Neurocognitive Function: A Review at Multiple Levels of Analysis. *Front Hum Neurosci*. 2016;10(December):1–17.

155. Stillman CM, Weinstein AM, Marsland AL, Gianaros PJ, Erickson KI.

Body-brain connections: The effects of obesity and behavioral interventions on neurocognitive aging. *Front Aging Neurosci*. 2017;9(MAY):1–18.

156. Voss MW, Soto C, Yoo S, Sodomá M, Vivar C, van Praag H.

Exercise and Hippocampal Memory Systems. *Trends Cogn Sci* [Internet]. 2019;23(4):318–33. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.01.006>

157. Arnardottir NY, Koster A, Van Domelen DR, Brychta RJ, Caserotti P, Eiriksdottir G, et al.

Association of change in brain structure to objectively measured physical activity and sedentary behavior in older adults: Age, Gene/Environment Susceptibility-Reykjavik Study. *Behav Brain Res* [Internet]. 2016;296:118–24. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2015.09.005>

158. Lonner WJ, Thorndike RM, Forbes NE, Ashworth C.

The influence of television on measured cognitive abilities: A study with Native Alaskan children. *J Cross Cult Psychol*. 1985;16(3):355–80.

159. van der Niet AG, Smith J, Scherder EJA, Oosterlaan J, Hartman E, Visscher C.

Associations between daily physical activity and executive functioning in primary school-aged children. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2015;18(6):673–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.006>

160. Davis CL, Tomporowski PD, Mcdowell JE, Austin BP, Miller PH, Allison JD, et al.

Exercises improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children A randomized controlled trial. *Nih*. 2011;30(1):91–8.

161. van Der Niet AG, Smith J, Scherder EJA, Oosterlaan J, Hartman E, Visscher C.

Associations between daily physical activity and executive functioning in primary school-aged children. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2015;18(6):673–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2014.09.006>

162. Connor GO, Piñero M, Basagaña X, López M, Davand P, Torrent M, et al.

Television viewing duration during childhood and long- association with adolescent neuropsychological outcomes. *Prev Med Reports* [Internet]. 2016;4:447–52. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmedr.2016.08.013>

163. Zimmerman FJ, Christakis DA.

Children's television viewing and cognitive outcomes. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2005;159(July):619–25.

164. López-vicente M, Garcia-aymerich J, Torrent-pallicer J, Fornis J, Ibarluzea J, Lertxundi N, et al.

Are Early Physical Activity and Sedentary Behaviors Related to Working Memory at 7 and 14 Years of Age? *J Pediatr* [Internet]. 2017;188:35–41.e1. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.05.079>

165. Delis DC, Kramer JH, Kaplan E, Holdnack J.

Reliability and validity of the Delis-Kaplan Executive Function System: An update. *J Int Neuropsychol Soc.* 2004;10(2):301–3.

166. Vestberg T, Gustafson R, Maurex L, Ingvar M, Petrovic P.

Executive Functions Predict the Success of Top-Soccer Players. *PLoS One.* 2012;7(4):1–5.

167. Huijgen BCH, Leemhuis S, Kok NM, Verburgh L, Oosterlann J, Elferink-Gemser M, et al.

Cognitive Functions in Elite and Sub-Elite Youth Soccer Players Aged 13 to 17 Years. *PLoS One.* 2015;1–13.

168. Johnson JG, Cohen P, Kasen S, Brook JS.

Extensive Television Viewing and the Development of Attention and Learning Difficulties During Adolescence. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2007;161:480–6.

169. Dumuid D, Hons B, Olds T, Lewis LK, Cassidy L, Maher C.

Academic Performance and Lifestyle Behaviors in Australian School Children : A Cluster Analysis. *Heal Educ Behav.* 2017;1–10.

170. Peiró-Velert C, Valencia-Peiris A, González LM, García-Massó X, Serra-Añó P, Devis-Devis J.

Screen Media Usage , Sleep Time and Academic Performance in Adolescents : Clustering a Self-Organizing Maps Analysis. *PLoS One.* 2014;9(6):1–9.

171. Mundy LK, Canterford L, Hoq M, Olds T, Moreno-betancur M, Sawyer S, et al.

Electronic media use and academic performance in late childhood : A longitudinal study. *PLoS One* [Internet]. 2020;1–15. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0237908>

172. Ennemoser M, Schneider W.

Relations of Television Viewing and Reading : Findings From a 4-Year Longitudinal Study. *J Educ Psychol.* 2007;99(2):349–68.

173. Vassiloudis I, Yiannakouris N, Panagiotakos DB, Apostolopoulos K, Costarelli V.

Academic Performance in Relation to Adherence to the Mediterranean Diet and Energy Balance Behaviors in Greek Primary Schoolchildren. *J Nutr Educ Behav* [Internet]. 2014;46(3):164–70. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jneb.2013.11.001>

- 174. Jeong EJ, Kim DH.** Social Activities, Self-Efficacy, Game Attitudes, and Game Addiction 1. *Cyberpsychology, Behav Soc Netw.* 2011;14(4):213–21.
- 175. Kiatrungrit K, Hongsguansri S.** Cross-sectional study of use of electronic media by secondary school students in Bangkok, Thailand. *2014;26(4):216–26.*
- 176. Eow YL, Wan Ali WZ, Mahmud R, Baki R.** Form one students' engagement with computer games and its effect on their academic achievement in a Malaysian secondary school. *Comput Educ [Internet].* 2009;53:1082–91. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2009.05.013>
- 177. Sharif I, Sargent JD.** Association Between Television, Movie, and Video Game Exposure and School Performance. *Pediatrics.* 2006;118(4):1061–70.
- 178. van Schie E, Wiegman O.** Children and Videogames: Leisure Activities, Aggression, Social Integration, and School Performance. *J Appl Soc Psychol.* 1997;27(13):1175–94.
- 179. Bowers AJ, Berland M.** Does Recreational Computer Use Affect High School Achievement? *Educ Technol Res Dev.* 2013;61(1):51–69.
- 180. Lopes L, Santos R, Mota J, Pereira B, Lopes V.** Objectively measured sedentary time and academic achievement in schoolchildren. *J Sports Sci.* 2017;35(5):463–9.
- 181. Syväoja HJ, Kankaanpää A, Kallio J, Hakonen H, Kulmala J, Hillman CH, et al.** The Relation of Physical Activity, Sedentary Behaviors, and Academic Achievement Is Mediated by Fitness and Bedtime. *J Phys Act Heal.* 2018;15:135–43.
- 182. Aggio D, Smith L, Fisher A, Hamer M.** Context-Specific Associations of Physical Activity and Sedentary Behavior With Cognition in Children. *Am J Epidemiol.* 2016;183(12):1075–82.
- 183. Aadland KN, Moe VF, Aadland E, Anderssen SA, Resaland GK, Ommundsen Y.** Relationships between physical activity, sedentary time, aerobic fitness, motor skills and executive function and academic performan-

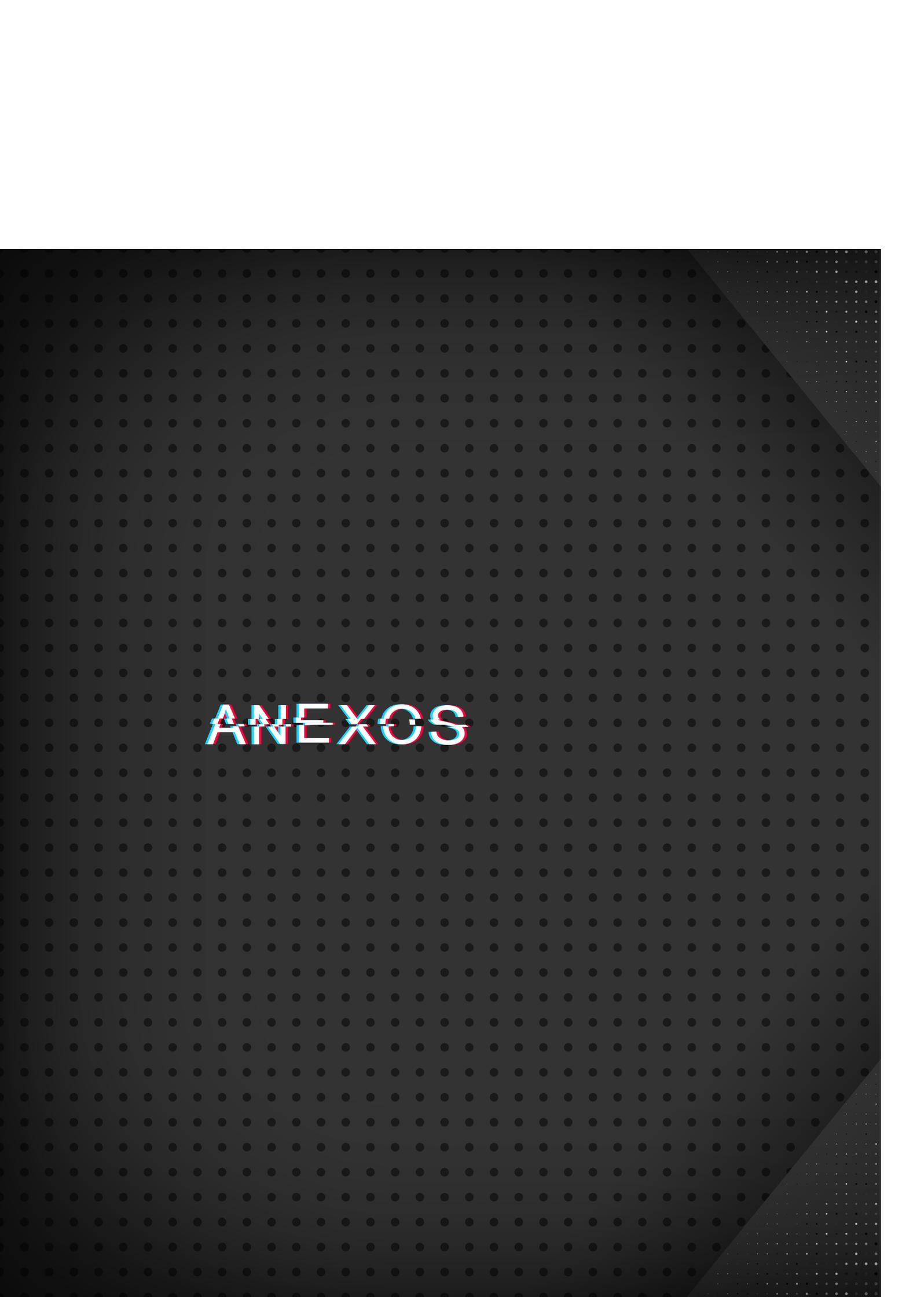
ce in children. *Ment Health Phys Act* [Internet]. 2017;12:10–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mhpa.2017.01.001>

184. Martin A, Saunders David H, Shenkin Susan D, Sproule J.

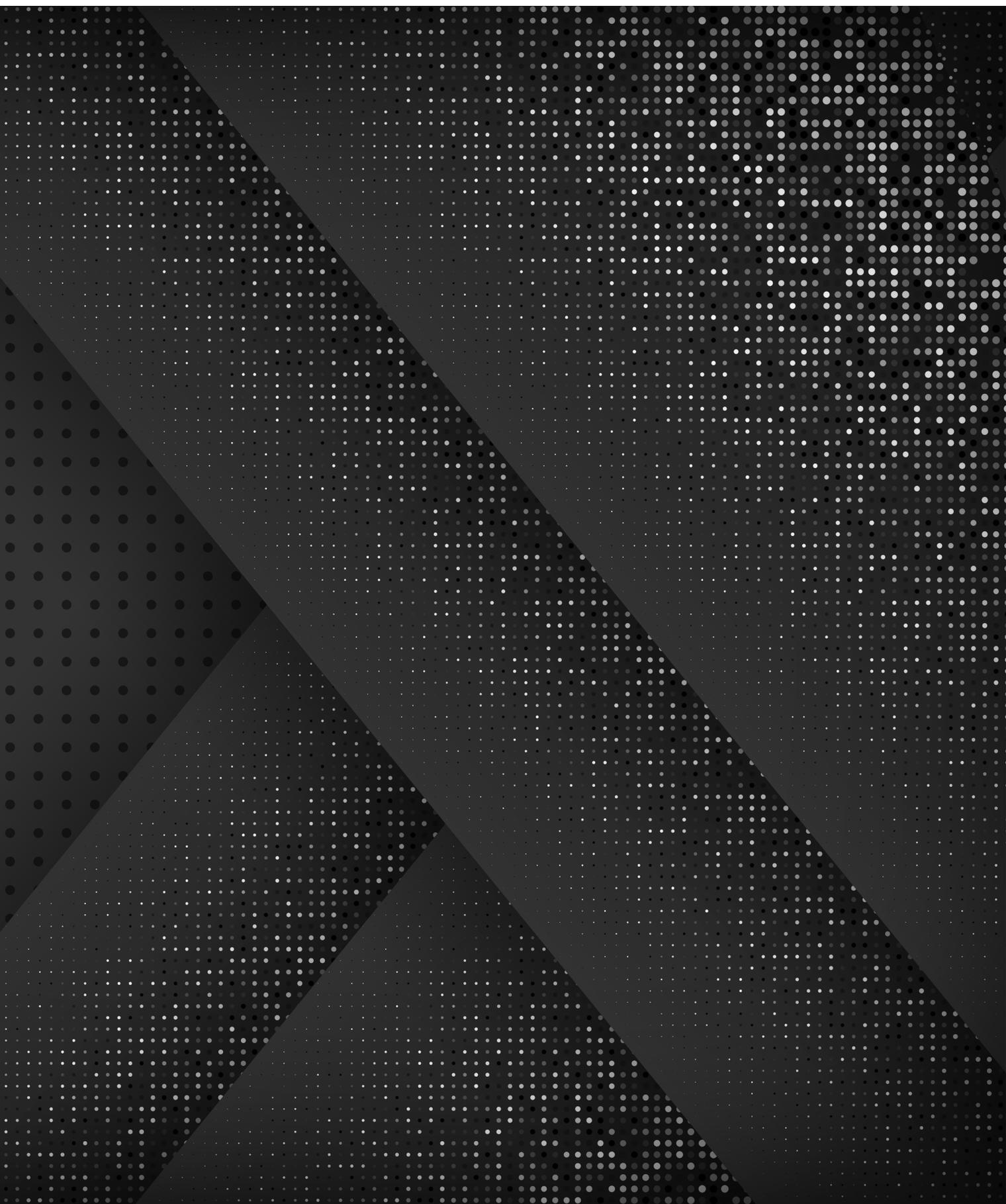
Lifestyle intervention for improving school achievement in overweight or obese children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2014;(3). Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/14651858.CD009728.pub2/abstract>

185. Furthner D, Ehrenmueller M, Lanzersdorfer R, Halmerbauer G, Schmitt K, Biebl A.

Education , school type and screen time were associated with overweight and obesity in 2930 adolescents. *Acta Paediatr Int J Paediatr*. 2018;107:517–22.

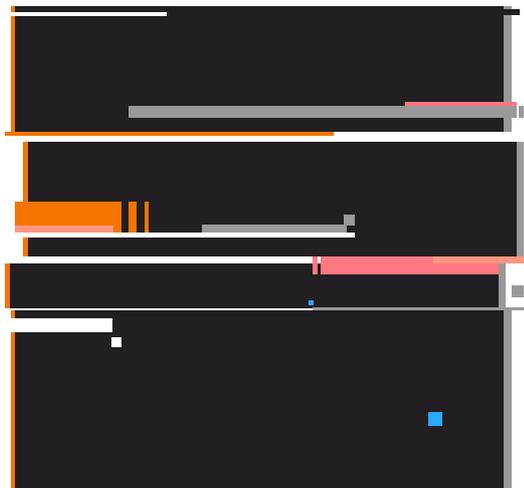


ANEXOS



Artículo derivado de la presente tesis doctoral.

Zavala-Crichton Juan P, Irene Esteban-Cornejo, Patricio Solis-Urra, José Mora-Gonzalez, Cristina Cadenas-Sanchez, María Rodríguez-Ayllon, Jairo H Migueles, Pablo Molina-García, Juan Verdejo-Roman, Arthur F Kramer, Charles H Hillman, Kirk I Erickson, Andrés Catena, Francisco B Ortega Association of Sedentary Behavior with Brain Structure and Intelligence in Children with Overweight or Obesity: The ActiveBrains Project. *J. Clin. Med.* 2020, 9, 1101; <https://doi:10.3390/jcm9041101>
Revista:Q1 Factor de Impacto: 5.6



DOCTORAL PROGRAMME IN BIOMEDICINE

Association of sedentary behavior with brain structure, cognition and academic performance in children with overweight or obesity:

ACTIVEBRAINS PROJECT

Juan Pablo Zavala Crichton 2017-2021