



UNIVERSIDAD DE CHILE
INSTITUTO DE NUTRICIÓN Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS
Doctor Fernando Monckeberg Barros

“Las características del comportamiento a los 5 años y el desempeño de las funciones ejecutivas predice el estado nutricional en el escolar y adolescente”

Tesista: Laura Iriarte Kamp

Director de Tesis: Dra. Cecilia Algarín

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN NUTRICIÓN Y ALIMENTOS MENCIÓN NUTRICIÓN HUMANA

Fecha: Mayo de 2017

Santiago-Chile

Comisión de Tesis:

Dra. María de los Ángeles Avaria

Dra. Raquel Burrows

Dra. Yasna Orellana

Dedicatoria

A mi familia por apoyarme en todo, a mi tutora, Dra. Algarín, a mis amigos por soportarme todo este tiempo y a Oliver por su infinita paciencia para enseñarme.

Índice

Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vi
Lista de abreviaturas	vii
Resumen	1
Resumen en inglés	3
1. Introducción	5
1.1 Funciones Ejecutivas	5
1.2 Obesidad	7
1.3 Obesidad y funciones ejecutivas	8
2. Hipótesis de trabajo y objetivos	10
2.1 Hipótesis	10
2.2 Objetivo general	10
2.3 Objetivos específicos	10
3. Metodología	11
3.1 Definición de la muestra:	11
3.2 Definición del diseño de la investigación:	11
3.3 Definición de conceptos y variables:	11
3.4 Procedimientos y técnicas que se realizaron:	13
3.5 Elaboración del plan de análisis:	14
3.6 Técnicas estadísticas de análisis:	14
4. Resultados	16
4.1 CABI	16
4.2 TMT	20
4.2.1 Resultados TMT a los 10 años	20
4.2.2 Resultados TMT a los 17 años	23
4.2.3 Resultados TMT longitudinal	26
4.3 Resultados Stroop	27

4.3.1 Stroop transversal	27
4.3.2 Stroop longitudinal.....	28
5. Discusión.....	30
6. Conclusión.....	34
7. Referencias	35

Índice de tablas

Tabla 1. Características sociodemográficas a los 5 años por EN.....	16
Tabla 2. Características sociodemográficas a los 10 años.	20
Tabla 3. Asociación entre el EN y las variables del TMT a los 10 años	21
Tabla 4. Características sociodemográficas a los 17 (n=846) años por EN.....	23
Tabla 5. Asociación entre el EN y las variables del TMT a los 17 años.	24
Tabla 6. Características sociodemográficas a los 17 años por EN.	28
Tabla 7. Diferencia de la media de las variables de la prueba de Stroop entre 17 y 10 años por estado nutricional a los 17 años.	28

Índice de figuras

Figura 1. Comparación del puntaje en la prueba CABI para las distintas dimensiones entre niños NP y con EP a los 5 años.	17
Figura 2. Comparación del puntaje en la prueba CABI para las distintas dimensiones entre niños NP y con EP a los 17 años.	18
Figura 3. Efecto de la conducta hiperactiva de la prueba de CABI a los 5 años en el estado nutricional a los 17 años.	19
Figura 4. Efecto de conducta hiperactiva de la prueba de CABI a los 5 años en el zIMC a los 17 años.....	19
Figura 5. Distribución según EN a los 17 años según percentiles de CABI a los 5 años.	20
Figura 6. Efecto de la cantidad de errores sobre el tiempo de ejecución en la parte A del TMT a los 10 años según EN.....	22
Figura 7. Efecto de la cantidad de errores sobre el tiempo de ejecución en la parte B del TMT a los 10 años según EN.....	23
Figura 8. Efecto de la cantidad de errores sobre el tiempo de ejecución en la parte A del TMT a los 17 años según EN.....	25
Figura 9. Efecto de la cantidad de errores sobre el tiempo de ejecución en la parte B del TMT a los 17 años según EN.....	26
Figura 10. Relación entre Tiempo en B a los 10 y 17 años.....	26

Figura 11. Efecto de los errores en el tiempo en parte B según ganancia de peso a los 17 años..... 27

Lista de abreviaturas

EP: Exceso de peso

NP: Normopeso

FE: Funciones ejecutivas

EN: Estado nutricional

CABI: Child Adaptive Behaviour Inventory

TMT: Trail Making Test

CPF: Corteza prefrontal

CPDL: Corteza prefrontal dorsolateral

CCA: Corteza cingulada anterior

DA: Dopamina

NE: Norepinefrina

NAcc: Núcleo accumbens

TDAH: Trastorno de déficit atencional con hiperactividad

FNDC: Factor neurotrófico derivado del cerebro

Resumen

Los tratamientos para la obesidad generalmente no dan buenos resultados y preocupa especialmente en la niñez, ya que aumenta el riesgo de obesidad y otras complicaciones en la vida adulta. Para establecer una conducta alimentaria saludable, las funciones ejecutivas son claves. Éstas son habilidades cerebrales relacionadas con la inhibición cognitiva y la toma de decisiones. Investigaciones previas han mostrado que el índice de masa corporal se relaciona inversamente con el desempeño en pruebas de función ejecutiva y por otra parte, la pérdida de peso se asocia con una mejoría de las funciones ejecutivas en individuos obesos.

El trabajo tiene por objetivo verificar si existe una relación entre el comportamiento en la infancia y el desarrollo de las funciones ejecutivas y el estado nutricional en la edad escolar y adolescencia.

Los sujetos analizados, provienen de un estudio longitudinal retrospectivo iniciado en 1990. Para evaluar las funciones de funciones ejecutivas se utilizaron pruebas neuropsicológicas: la prueba de Stroop que determina capacidad de inhibición cognitiva, y TMT que define la memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva. El comportamiento a los 5 años fue determinado mediante cuestionario (CABI).

La prevalencia de exceso de peso (EP) fue mayor en los niños que tuvieron puntaje más alto en conducta hiperactiva). La conducta hiperactiva también se asoció a mayor riesgo de presentar EP en la adolescencia, independiente de su estado nutricional (EN) inicial. En el TMT se observó que los sujetos con EP, fueron menos precisos y más lentos que los sujetos (normopeso) NP, demoraron más tiempo al equivocarse y que aquellos sujetos que aumentaron su ZIMC a los 17 años y equivocaron aumentaron significativamente su tiempo de respuesta, presentando una respuesta similar a la obtenida a los 10 años. Para la prueba de Stroop se obtuvo una asociación positiva y significativa entre el ZIMC y la diferencia del tiempo de reacción entre respuestas incongruentes y congruentes (interferencia) en sujetos con EP, sugiriendo un menor desarrollo de función ejecutiva (FE).

Este estudio muestra que la conducta hiperactiva sería un factor de riesgo para presentar EP en la adolescencia, probablemente debido a la mayor impulsividad y falta de atención. Por lo tanto, el buen desarrollo de las FE a una temprana edad podría ser un factor protector en el desarrollo de la obesidad y la elección de estilos de vida más saludables. Sería importante estudiar hasta qué edad persisten estas diferencias, si una adecuada estimulación de las FE a una edad temprana previene el EP y si pruebas más adecuadas permitieran encontrar mayores diferencias entre EP y NP.

Resumen en inglés

Actual obesity treatment has not been efficient to decrease the problem, especially in childhood, increasing the risk of obesity and other complications in adult life. Executive functions play a key role for establishing a healthy eating behavior, since they are high brain functions related to cognitive inhibition and decision making. Previous research has shown that body mass index is inversely related to performance in executive function tests and, on the other hand, weight loss is associated with an improvement in executive functions in obese individuals.

The objective of this study is to determine if there is a relationship between behavior in childhood and the development of executive functions and nutritional status in school age and adolescence.

The subjects analyzed, came from a longitudinal retrospective study that began in 1990. Executive functions were evaluated with neuropsychological tasks: Stroop test that determine cognitive inhibition and the TMT that evaluates working memory and cognitive flexibility. The behavioral measures were obtained through the questionnaire CABI.

Children with a higher score in hyperactivity behavior had a higher prevalence of overweight and at a higher risk of developing overweight in adolescence, regardless of their initial nutritional status. In the TMT the subjects with overweight took more time and make more mistakes than normal weight subjects. The subjects who increase their zBMI had longer time in wrong responses delayed, presenting a curve similar to that obtained at age 10 than that of their normal counterparts. For the Stroop test, a positive and significant association was found between zBMI and the difference between the reaction time of incongruents responses minus congruent responses (interference) in subjects with overweight.

This study shows that hyperactive behavior would be a risk factor for developing overweight in adolescence, probably due to increased impulsivity and inattention. Individuals with overweight have less precision and are slower. Therefore, the adequate development of EFs at an early age could be a protective factor in the development of obesity and the choice of healthier lifestyles. It would be important

to study how old these differences persist and whether adequate stimulation of EFs at an early age prevents overweight.

1. Introducción

1.1 Funciones Ejecutivas

Las funciones ejecutivas (FE) se conciben como un conjunto de habilidades involucradas en la generación, supervisión, regulación, ejecución y reajuste de conductas adecuadas para alcanzar objetivos complejos, especialmente aquellos que son considerados por el individuo como novedosos y precisan una solución creativa (1).

Estos mecanismos cognitivos coordinan e integran la información de los sistemas de entrada, procesamiento y salida y se activan cuando las tareas requieren un esfuerzo consciente y una adaptación, por ejemplo, cuando se necesita recuperar información almacenada, planificar, evaluar logros, seleccionar un curso de acción, predecir consecuencias, resolver un conflicto o proyectar creencias y emociones desde el pasado hacia el futuro (2)(3).

Las funciones ejecutivas más relevantes son: (a) inhibición, suprimir respuestas automáticas que impedirán la realización de una tarea o plan; (b) decisión, el establecimiento de normas óptimas para la resolución de conflictos; (c) flexibilidad cognitiva, capacidad mental de adaptarse a cambios en el ambiente o las situaciones; (d) actualización, la revisión y renovación de las representaciones de la memoria de trabajo; (e) planificación, capacidad de escoger la estrategia más adecuada para resolver un problema o situación y (f) activación o energización, se refiere a la iniciación y el mantenimiento de la respuesta (4). Sin embargo, las más estudiadas son la inhibición, actualización y la flexibilidad cognitiva, de acuerdo a lo propuesto por Miyake (5).

Desde el punto de vista anatómico, en el meta-análisis de Niendam y colaboradores se muestra que las FE se apoyan en una red de áreas cerebrales centradas en la corteza prefrontal (CPF) que incluye la corteza prefrontal dorsolateral (CPDL), corteza frontopolar, corteza orbitofrontal y la corteza cingulada anterior (CCA). Otras regiones de activación incluyen corteza parietal superior e inferior, corteza occipital y temporal y regiones subcorticales como el núcleo caudado y putamen, tálamo y el cerebelo (6).

Las conexiones con regiones sensoriales y motoras (incluyendo el cerebelo) permiten a la CPDL tener un rol central en la mantención de reglas para la acción, selección de la respuesta e inhibición. La CCA y regiones frontales mediales relacionadas serían la base del control cognitivo al detectar condiciones (como el procesamiento de conflictos) que indican la necesidad de control, lo que lleva al compromiso de la CPDL. Las catecolaminas son necesarias para las FE, que están mediadas en la CPF por dopamina (DA) y norepinefrina (NE). Niveles adecuados de NE actuando sobre α -2A-adrenoceptores y de dopamina actuando sobre los receptores de dopamina D1 son necesarios para mantener FE óptimas (7). Esta alteración podría estar afectando el sistema de DA hacia el núcleo accumbens (NAcc) lo que tiene un rol establecido en impulsividad, sistema de recompensa y abuso de sustancias (8), Estos resultados podrían explicar la conexión entre el trastorno de déficit atencional con hiperactividad (que se caracteriza por un déficit de las FE) con la obesidad y el abuso de sustancias (9) debido a un sistema de recompensa deficitario (10).

Las FE se comienzan a desarrollar en los primeros años de vida y se van reforzando durante la infancia y adolescencia. La inhibición aparece en la edad preescolar y de los 5 a los 8 años mejora particularmente en pruebas que incorporan inhibición y memoria de trabajo (11). En la adolescencia y adultez el desarrollo sería más lento pero de forma continua (12). Los mecanismos propuestos incluyen maduración cerebral, aumento de la habilidad de manejar tareas complejas, aumento de la habilidad de usar reglas y la metacognición. La memoria de trabajo por su parte, tiene un desarrollo lineal desde la edad preescolar hasta la adolescencia. Al igual que en el caso de la inhibición cognitiva, el circuito de la memoria de trabajo involucra cambios progresivos y regresivos, lo que resulta en un patrón localizado de actividad en la red fronto-parietal, incluyendo la CPDL (11). La flexibilidad cognitiva tiene un desarrollo prolongado hasta la adolescencia. Durante la adolescencia ya se realiza el monitoreo de los errores propios y la capacidad de intercambiar entre tareas complejas alcanza niveles adultos. Debido a una mayor necesidad de procesos cognitivos múltiples,

la madurez de la flexibilidad cognitiva probablemente involucra una red de actividad en muchas regiones de la CPF (11).

La importancia de mantener un buen funcionamiento de las FE radica en que el desempeño de éstas en los primeros años de vida podrían predecir el éxito, la salud, el bienestar económico y la calidad de vida (13). Las FE son especialmente importantes en el ámbito de la nutrición, ya que se asocian con comer en exceso (14), obesidad, mala adherencia al tratamiento (15) y abuso de sustancias (16). El estudio de las FE en el marco de la obesidad cobra especial importancia debido a que regulan la dinámica de la cognición humana y la acción, siendo un componente central del autocontrol y la autorregulación (o “fuerza de voluntad”) que intenta explicar por qué algunas personas son capaces de resistir la tentación y otros no (5).

1.2 Obesidad

Estudios epidemiológicos han mostrado un aumento de la obesidad producto de un “ambiente obesogénico” causado por un aumento de la disponibilidad de alimentos de alta densidad energética y una disminución de la actividad física. Sin embargo, no todas las personas expuestas a estas condiciones se hacen obesos ni todos los obesos estuvieron expuestos a dicho ambiente (17). Las causas de la obesidad son diversas y se han identificado más de 16 de ellas (18).

Ningún país en el mundo ha podido revertir la epidemia de la obesidad y a pesar las medidas adoptadas, los resultados obtenidos han sido irregulares e insuficientes (19). Esto es un problema grave, principalmente en niños ya que la obesidad y sus consecuencias aumentan los años de vida saludable perdidos (AVISA) y que en Chile representan el 70% de éstos(20). En el campo de la salud pública se han desplegado grandes esfuerzos en educación, etiquetado y marketing de alimentos, programas de asistencia alimentaria, asistencia médica y entrenamiento, transporte y desarrollo urbano, impuestos específicos y desarrollo de políticas, con escasos resultados (21).

Debido a la baja efectividad de las soluciones que existen para prevenir y tratar la obesidad, se ha propuesto que la obesidad podría tener un fuerte componente de

patología neurosicológica por sus asociaciones con alteraciones del estado de ánimo, alteraciones de la percepción de la recompensa, motivación y comportamiento adictivo (22).

Kleinert y Horton proponen que la obesidad no se puede ver como un problema puntual y replantean la obesidad como consecuencia de la "naturaleza recíproca de la interacción entre el medio ambiente y el individuo", creando retroalimentación entre uno y otro (23). Este círculo vicioso de malos hábitos puede romperse al desarrollar FE que permitan tomar buenas elecciones de salud.

1.3 Obesidad y funciones ejecutivas

Como las FE son básicas para la auto-regulación de la conducta, toma de decisiones o la planificación, un reflejo concreto de su disfunción es la elección del estilo de vida, por ejemplo: tener bajos niveles de auto-control se relaciona con 9 problemas de salud, incluyendo colesterol y presión arterial elevados (16)(24)(25)(26).

En estudios imagenológicos se ha observado que los niños con malnutrición por exceso presentan sustancia blanca reducida en el cerebelo izquierdo y cuerpo calloso medio-posterior, región asociada a las funciones ejecutivas. Además encontraron una relación positiva entre IMC y volumen del globo pálido izquierdo, región asociada al "gusto" (liking) de los alimentos y el "querer" (wanting) y una reducción del volumen hipocampal izquierdo, asociado al aprendizaje y memoria (27). Adolescentes obesos mostraron diferencias significativas de activación de la corteza orbito-frontal antes y después de una comida con respecto a los normopeso (25).

Pauli-Pott y colaboradores estudió en un grupo de niños con sobrepeso y obesidad de 8 a 15 años de edad por medio de las pruebas Go/No Go y de interferencia, observando que los niños/adolescentes más obesos tenían reacciones más variables, lentas e inexactas, lo que indica un mal control inhibitorio debido a una menor capacidad de atención. En los niños más pequeños, un mayor peso corporal se asoció con respuestas rápidas e inexactas, lo que indica bajo control inhibitorio debido a la impulsividad (28). Otro estudio por

Blanco-Gómez y colaboradores mostró que los niños con malnutrición por exceso presentan significativamente menor inhibición y flexibilidad cognitiva, concluyendo que los niños con exceso de peso tienen una menor habilidad de inhibir respuestas involuntarias y cambiar entre diferentes operaciones mentales (29). En otro estudio se observó que la circunferencia de cintura se asoció negativamente al control inhibitorio y el IMC al control de impulsos (30).

FE deficitarias se relacionan con el consumo de alimentos poco saludables, comer sin hambre, mayor desinhibición de la conducta alimentaria, comer emocional y comer sin control (30)(31)(32)(33)(34). En niños, la auto-regulación asociada a alimentos (pero no otras formas de auto-regulación) se relacionó con el IMC (35). En otro estudio las habilidades de FE se asociaron negativamente con el uso de sustancias, consumo de snacks altos en calorías y sedentarismo. Y las habilidades de FE se relacionaron positivamente con el consumo de frutas y verduras y actividad física (14). Esto refleja que las conductas saludables tendrían una base común.

Finalmente, en la revisión sistemática Reinert y colaboradores, mostraron que los niños obesos tenían menor desempeño en pruebas de control inhibitorio y que los resultados de éstas tendrían un valor predictivo. Las niñas obesas también muestran una peor capacidad de atención que sus contrapartes sanas. En el caso de los adolescentes, los obesos mostraron un menor control inhibitorio además de peor atención y memoria de trabajo (25).

A pesar de lo expuesto anteriormente, el estudio de las FE presenta resultados variables. En la revisión de Fitzpatrick se encontraron 2 estudios en los cuales no hubo asociación entre IMC e inhibición cognitiva (medido a través de la prueba de Stroop)(24). Esto muestra que es necesario seguir estudiando el rol de las FE en la obesidad para lograr comprender su importancia.

La relación causal entre FE y obesidad no está clara, ya que quienes obtienen peores resultados en pruebas de función neurológica presentaron mayor riesgo de ser obesos en la adultez (36) pero también que la reducción de peso contribuye a mejorar las FE (37). Debido a que los estudios longitudinales son escasos,

especialmente en niños, en este estudio se busca determinar si existe una relación entre el comportamiento en la infancia y el desarrollo de las funciones ejecutivas - evaluado a través de pruebas neuropsicológicas a los 10 años- y el estado nutricional en la edad escolar y en la adolescencia.

2. Hipótesis de trabajo y objetivos

2.1 Hipótesis

El comportamiento a los 5 años predice el estado nutricional del individuo en la adolescencia.

2.2 Objetivo general

Determinar si existe una relación entre el comportamiento a los 5 años y el desarrollo de las funciones ejecutivas y el estado nutricional en la edad escolar y adolescencia.

2.3 Objetivos específicos

Evaluar la relación entre el comportamiento a los 5 años y el estado nutricional a los 10 y 17 años.

Evaluar longitudinalmente la variación que existe entre los resultados de las pruebas que evalúan la FE entre los 10 y 17 años en función del estado nutricional.

Evaluar la relación en pruebas que evalúan la función ejecutiva a los 10 y 17 años y el estado nutricional.

3. Metodología

3.1 Definición de la muestra:

Se compone de 896 niños, que forman parte de una cohorte que estudia los efectos de la anemia por deficiencia de hierro en niños de 6 meses de edad sobre el desarrollo comportamental y neurofuncional en la niñez y adolescencia y actualmente en la adultez temprana. Esta cohorte forma parte de un proyecto colaborativo entre el Centro para el Desarrollo y Crecimiento Humano de la Universidad de Michigan y el Laboratorio de Sueño y Neurofisiología del INTA de la Universidad de Chile.

La cohorte está compuesta por niños sanos y los criterios de inclusión fueron: peso al nacer ≥ 3.0 kg, sin complicaciones perinatales, sin enfermedades agudas o crónicas y que en ese momento vivían cerca a las dependencias del INTA (Lozoff y cols., 2003).

El estudio fue iniciado en 1991 con seguimiento a los: 6 meses, 12 meses, 18 meses, 5 años, 10 años y 17 años. En cada etapa de la evaluación se realizaron estudios hematológicos para comprobar que no tuvieran anemia por deficiencia de hierro ni ninguna otra patología y se practicaron diferentes evaluaciones entre las que se cuentan pruebas cognitivas, metabólicas, antropometría, ingesta alimentaria y caracterización sociodemográficas.

Para este estudio se incluyeron niños que cuenten con los datos de las pruebas Child Adaptive Behaviour Inventory (CABI), Trail Making Test (TMT) y Stroop y los respectivos datos antropométricos a la edad de aplicación de la prueba.

3.2 Definición del diseño de la investigación:

Tipo longitudinal retrospectivo.

3.3 Definición de conceptos y variables:

Variable dependiente:

z-score IMC: > -1 y ≤ 1 Normal y > 1 Exceso de peso.

Variables independientes:

Stroop:

- a) Porcentaje de error: porcentaje de error en las respuestas congruentes e incongruentes.
- b) Inhibición cognitiva: tiempo de reacción de las respuestas incongruentes correctas.
- c) Adaptación al conflicto: tiempo de reacción de los estímulos incongruentes posteriores a estímulos congruentes.
- d) Adaptación a los cambios: tiempo de reacción de los estímulos congruentes posteriores a estímulos incongruentes.
- e) Interferencia: tiempo de reacción de los estímulos incongruentes menos el tiempo de reacción de los estímulos congruentes.

Trail Making Test:

- a) Tiempo en completar la parte A, parte B y tiempo total en segundos.
- b) Tiempo B-A: Tiempo en completar la parte B menos la parte A.
- c) Número de errores en la parte A y en la parte B.

Child Adaptive Behaviour Inventory (CABI):

- a) Ansioso
- b) Distráido
- c) Hostil
- d) Hiperactivo
- e) Orientado a la tarea
- f) Oposicional

Variables controles:

Graffar: Escala Graffar modificada (Álvarez, Muzzo & Ivanovic, 1985). Permite categorizar el nivel socioeconómico a partir de indicadores de escolaridad, ocupación del jefe de hogar y características de la vivienda. Se considera como variable dicotómica, NSE medio-alto y NSE bajo (38).

Educación materna: Años cronológicos de escolaridad de la madre.

Presencia o ausencia de anemia: Por deficiencia de hierro.

3.4 Procedimientos y técnicas que se realizaron:

Stroop test: Esta prueba evalúa la capacidad de atención, inhibición del estímulo preponderante y flexibilidad cognitiva. En este caso se utilizó la versión computarizada en la cual se presentan en un monitor palabras de colores (azul, rojo y verde) para crear estímulos congruentes, palabras de colores en su respectivo color (“rojo” escrito en rojo) y estímulos incongruentes (“rojo” escrito en azul).

Se presenta una secuencia de estímulos y los individuos deben responder con el color del estímulo e ignorar el nombre. Al igual que en estudios anteriores publicados (39), se analizará la capacidad de inhibir el estímulo preponderante.

Trail Making Test: Esta prueba mide habilidades visuoespaciales (parte A), memoria de trabajo y cambio de tareas (parte B) y habilidades de control ejecutivo (parte B menos parte A) (40). Se evalúa el tiempo (segundos) que emplea en responder y los errores cometidos.

En la parte A, se le pide a los sujetos que dibujen una línea uniendo números consecutivos (1, 2, 3...) sin levantar el lápiz lo más rápido posible. En la parte B se debe unir alternando estímulos numéricos y alfabéticos (1, A, 2, B...) (41).

Child Adaptive Behaviour Inventory: Esta prueba se utiliza para medir el comportamiento adaptativo (capacidad para adaptarse a diferentes situaciones). Consta de 60 preguntas que se enfocan en la competencia académica (“se mantiene en la tarea” o “es habilidoso para la edad”), comportamiento externo (“no se enoja fácilmente”) y comportamiento interno (“es tímido”) y se puntúa de 1 a 4 (nunca a la mayoría de las veces) (42).

Para este estudio se utilizaron sólo los grupos de preguntas que tuvieran relación con las funciones ejecutivas (ansioso, hiperactivo, orientado a la tarea, hostil, distraído y oposicional) puntuando de 1 a 4 por cada pregunta con un máximo de 12 puntos por grupo. El mayor puntaje indica un comportamiento más marcado en cada dimensión evaluada.

Antropometría: Personal capacitado obtuvo medidas antropométricas utilizando protocolos estandarizados (sin zapatos, vestido con ropa interior y en la posición de Frankfurt) en la misma máquina calibrada cada día. Se utilizó una escala SECA (modelo 700, Seca, Hamburgo, Alemania) con una precisión de 100 gramos y 1 mm. IMC fue calculado para cada participante como la relación entre el peso en kilogramos dividido por el cuadrado de la altura en metros. Se calculó el IMC y se clasificó el estado nutricional de acuerdo al z-score de IMC basado en el criterio de la OMS (WHO, 2007).

3.5 Elaboración del plan de análisis:

Se compilaron y tabularon las bases de datos de las pruebas provenientes de test de Stroop (10 y 17 años); Trail Making Test (10 y 17 años); CABI (5 años); datos antropométricos a cada edad correspondiente y datos sociodemográficos para variables de control al inicio en bases de datos individuales archivadas y etiquetadas en formato de MS Excel (.xlsx) para buscar anomalías en el registro de datos. Posteriormente fueron exportadas a Stata, v.13.1 (.dta), programa en el que se combinaron las distintas fuentes de información para consolidar una sola base de datos para realizar los análisis. Las representaciones gráficas se realizaron con el programa GraphPad PRISMTM 6.

3.6 Técnicas estadísticas de análisis:

En una primera etapa se realizó un análisis descriptivo de las variables donde se estimaron promedios, desviación estándar, medianas, porcentajes y gráficos para evaluar la distribución y presencia de valores extremos en las variables de interés.

En una segunda etapa se realizó un análisis exploratorio que consistió en evaluar correlaciones y diferencias, dependiendo del tipo de variable (continua o discreta) y su distribución (normal o no normal). Se utilizó para asociación el coeficiente de correlación de Pearson y correlación de Spearman, respectivamente. Las diferencias se evaluarán mediante la prueba t de student en el caso de las variables normales y test de Mann-Whitney en el caso de variables no normales.

Finalmente y con el objeto de profundizar en el estudio de las relaciones encontradas en el análisis exploratorio y/o descriptivo se utilizaron distintos modelos de regresión y modelos ANOVA para evaluar y medir el impacto que pudieran tener las covariables consideradas. Por ejemplo medir el impacto que pudiera tener el nivel socioeconómico (Graffar), sexo, etc. sobre los resultados encontrados.

4. Resultados

4.1 CABI

A los 5 años el cuestionario fue aplicado a 835 niños cuyas características sociodemográficas se encuentran resumidas en la Tabla 1.

Tabla 1. Características sociodemográficas a los 5 años por EN.

Variable	Normopeso		Exceso de peso		Total		Chi 2	p Valor
	N=454		N=381					
	N	%	N	%	N	%		
NSE bajo	402	88.55	326	85.56	728	87.19	1.64	0.19
Antecedentes de anemia (%)	81	17.84	72	18.9	153	18.32	0.15	0.69
Educación materna (<12 años) (%)	312	68.72	254	66.67	566	67.78	0.4	0.52
% Mujeres	218	48.02	172	45.14	390	46.71	0.68	0.47
Prueba de Chi2.								

Los resultados exploratorios del análisis de la prueba CABI a los 5 años muestran un puntaje mayor en promedio en niños con EP a la misma edad, alcanzando una diferencia significativa para las variables distraído e hiperactivo. Por otro lado en la variable capacidad de concentración en una tarea obtuvieron un puntaje significativamente menor (Figura 1).

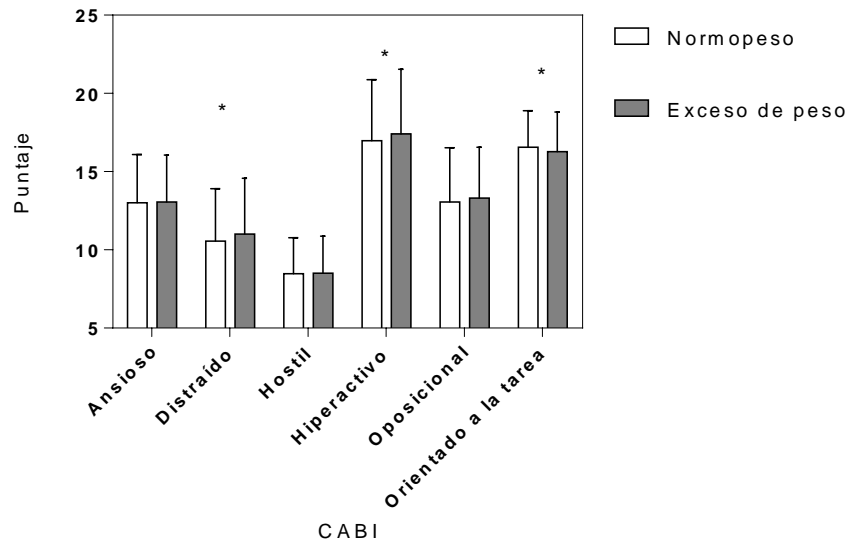


Figura 1. Comparación del puntaje en la prueba CABI para las distintas dimensiones entre niños NP y con EP a los 5 años.

Para poder ver el impacto de estas variables en el estado nutricional a los 10 años se realizó una prueba de t-student y se encontró una asociación significativa entre el puntaje de conducta hiperactiva de los 5 años al comparar por EN (NP 16.67 ± 4.19 y EP 17.46 ± 3.86 , $p=0.01$).

Luego, para evaluar el impacto de las variables de la prueba de CABI de los 5 años con el estado nutricional a los 17 años primero se realizó una prueba de t-student y se encontró que la diferencia se mantiene para hiperactivo (Figura 2).

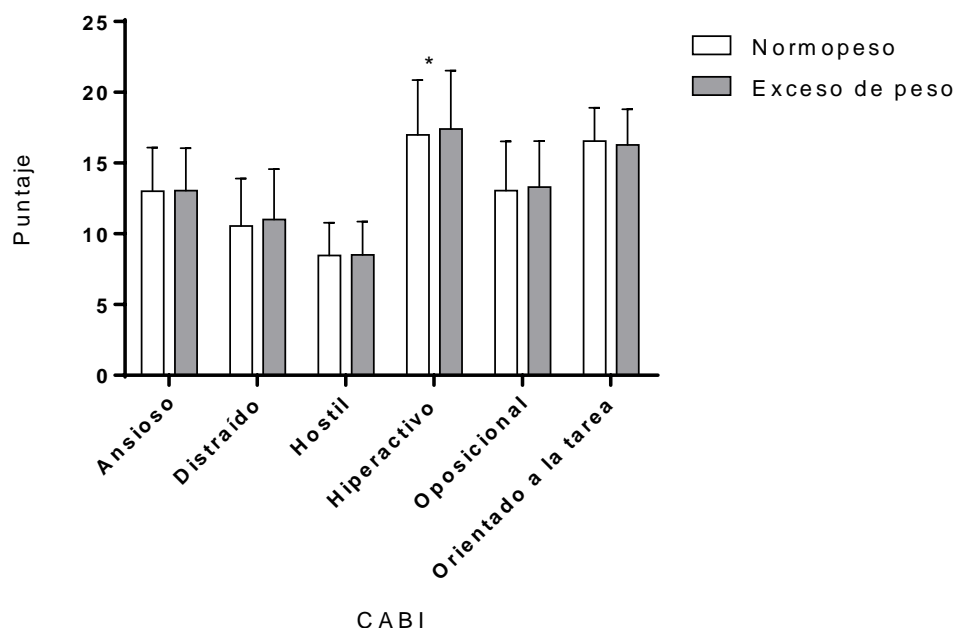


Figura 2. Comparación del puntaje en la prueba CABI para las distintas dimensiones entre niños NP y con EP a los 17 años.

Para profundizar en el efecto de la conducta hiperactiva sobre la probabilidad de presentar EP a los 17 años se realizó una regresión logística para evaluar cómo influye la conducta hiperactiva de los 5 años en la probabilidad de presentar EP a los 17 años y se observó que entre el valor mínimo y máximo del puntaje de conducta hiperactiva, la probabilidad de presentar EP a los 17 años aumenta de un 30 a un 60%, lo que equivale a un 30% ($p=0.019$), evaluado como factor de riesgo el OR asociado a la hiperactividad es de 1.04 (IC=1.01-1.09) (Figura 3). Para ahondar en el impacto de la conducta hiperactiva sobre la probabilidad de presentar EP a los 17 años, se evaluó el impacto del EN inicial y se observó que la hiperactividad tiene el mismo efecto en ambos grupos y es independiente del EN a los 5 años (Figura 4).

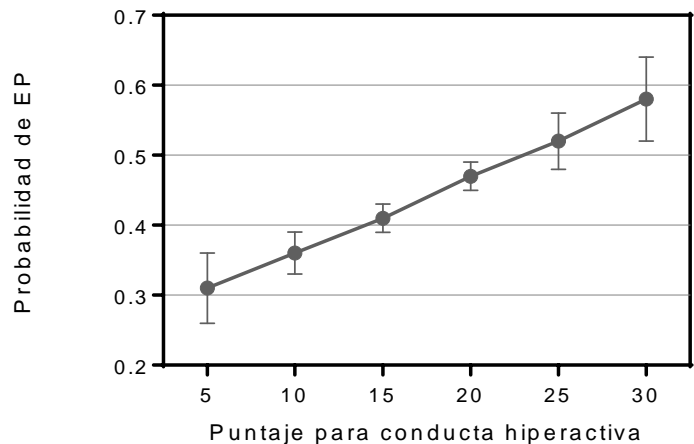


Figura 3. Efecto de la conducta hiperactiva de la prueba de CABI a los 5 años en el estado nutricional a los 17 años.

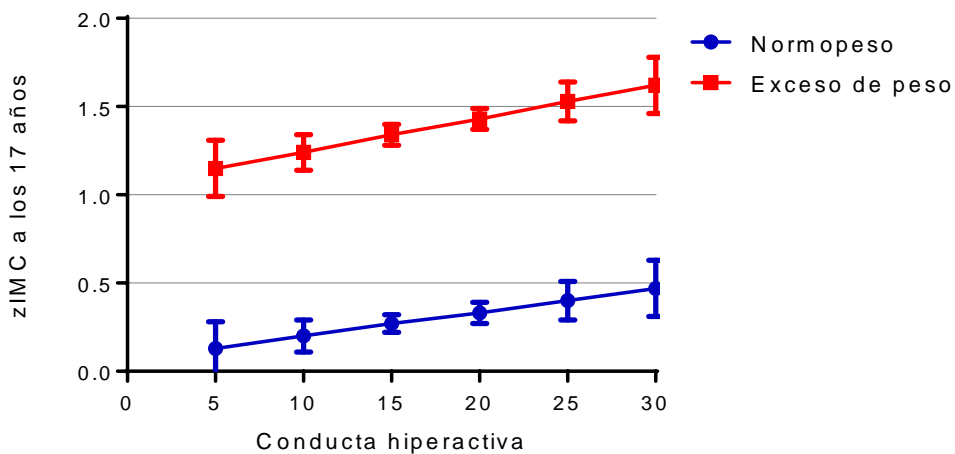


Figura 4. Efecto de conducta hiperactiva de la prueba de CABI a los 5 años en el zIMC a los 17 años.

Finalmente, se obtuvo la distribución del EN a los 17 años en relación con los percentiles de distribución del puntaje obtenido en la prueba de CABI a los 5 años. Se encontró que en el p5 la prevalencia de sujetos con EP es de 42%, luego comienza a aumentar siendo igual en el p30 y continúa aumentando hasta que alcanza el 60% de la muestra, donde se estabiliza por lo que de este punto en adelante no afecta el puntaje obtenido en la conducta hiperactiva y la probabilidad de EP y que el grupo más hiperactivo tiene un 20% más de prevalencia de EP. En el p90, existe un 62% de EP y la diferencia entre sujetos NP y EP es estadísticamente significativa ($p=0,049$). En términos descriptivos se observa que

el aumento en la hiperactividad se asocia con un aumento en la prevalencia de EP, hasta el 60% de la muestra y luego se estabiliza, (Figura 5).

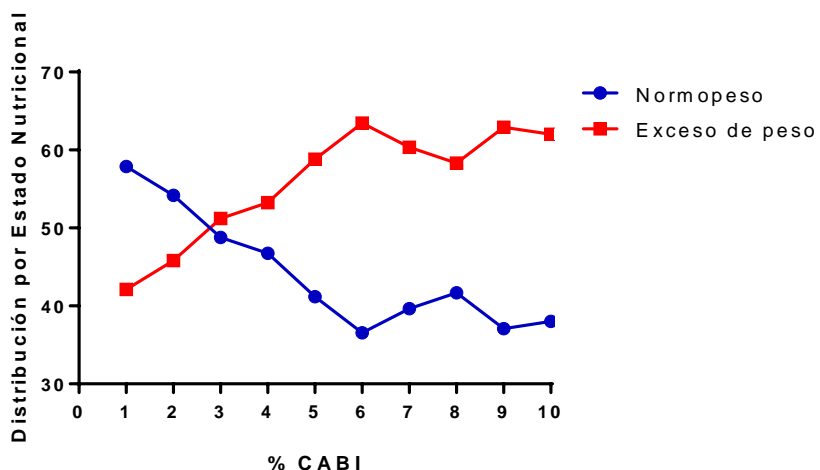


Figura 5. Distribución según EN a los 17 años según percentiles de CABI a los 5 años.

4.2 TMT

4.2.1 Resultados TMT a los 10 años

Las características generales de la muestra se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Características sociodemográficas a los 10 años.

Variable	Normopeso, N=248		Exceso de peso, N=468		Total		Chi 2	P Valor
	N	%	N	%	N	%		
NSE bajo (%)	344	82.69	386	84.46	730	83.62	0.3	0.58
Antecedentes de anemia (%)	72	16.82	72	17.09	152	16.96	0	0.99
Educación materna (% <12 años)	312	73.24	293	62.61	605	67.67	10.9	<0.05
% Mujeres	194	45.33	211	45.09	405	45.2	0.005	0.94
Prueba de Chi2.								

Los resultados exploratorios de las variables del TMT a los 10 años se muestran en la Tabla 3, y se puede observar que solamente el Error en la parte A muestra

diferencias significativas ($p=0.05$) entre NP (0.21 ± 0.52) y EP (0.27 ± 0.56). El análisis de correlación entre las partes A y B (tiempo, errores, alternancia y orden correcto) no muestran resultados significativos.

Tabla 3. Asociación entre el EN y las variables del TMT a los 10 años

Variable	Normopeso, N=248		Exceso de peso, N=468		Valor t/z	P Valor
	Medi a	DE	Medi a	DE		
Tiempo A (seg)	70.34	19.73	71.49	19.89	-0.9	0.19
Tiempo B (seg)	162.98	56.49	166.8	60.32	-1.22	0.16
Tiempo B-A (seg)	91.54	49.33	94.84	53.56	-0.95	0.17
Nº Error A*	0.21	0.52	0.27	0.56	-1.89	0.05
Nº Error B	0.97	1.28	0.96	1.22	0.04	0.96
Nº Error alternancia	0.4	0.68	0.44	0.74	-0.64	0.51
Nº Error orden	0.44	0.8	0.39	0.72	0.66	0.51
Se utilizó la prueba de t de Student para las variables tiempo y el test de Wilcoxon para los errores.						

Al separar los sujetos en dos grupos según la precisión de la respuesta: ningún error o un error, los sujetos con EP presentaron nuevamente una tendencia a cometer más errores que aquellos con PN (58.1 % vs 41.9%, $p=0.06$).

Para el tiempo de ejecución en el TMT el análisis de correlación general (todos los sujetos) mostró una correlación positiva entre el tiempo de ejecución y errores en la parte A y B [(error en A y tiempo en A ($r=0.14$; $p<0.01$) y error en B y tiempo en B ($r=0.51$; $p<0.01$)], lo que muestra que aquellos sujetos que obtienen un mayor tiempo de reacción también tienen una menor precisión.

Para el grupo EP la diferencia entre no cometer errores y cometer 1 error mostró una diferencia significativa en el tiempo de ejecución de la parte A (70.5 ± 1.02 segundos y 75.9 ± 2.2 segundos respectivamente, $p=0.026$) (Figura 6), lo que

muestra que los sujetos con EP tienen una respuesta diferente que sus contrapartes NP.

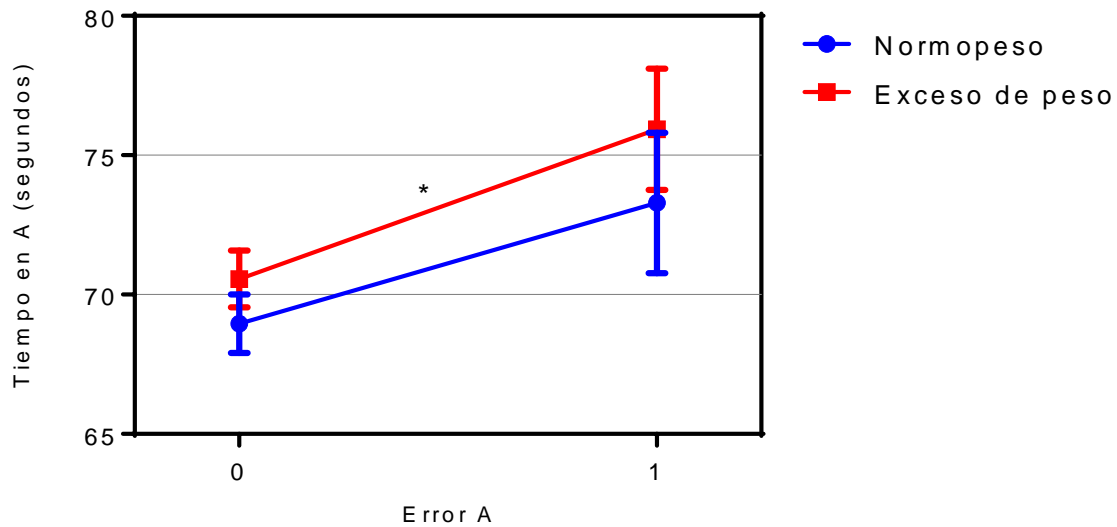


Figura 6. Efecto de la cantidad de errores sobre el tiempo de ejecución en la parte A del TMT a los 10 años según EN.

Al analizar el tiempo B la relación entre error y zIMC presentó una tendencia a la separación de los grupos a medida que la cantidad de errores aumenta, la significación estadística entre cero y tres errores aumenta cuando se alcanzan los tres errores, siendo mayor en aquellos con EP ($p=0.02$) (Figura 7). Es decir, los sujetos con EP con menor precisión también responden más lentamente.

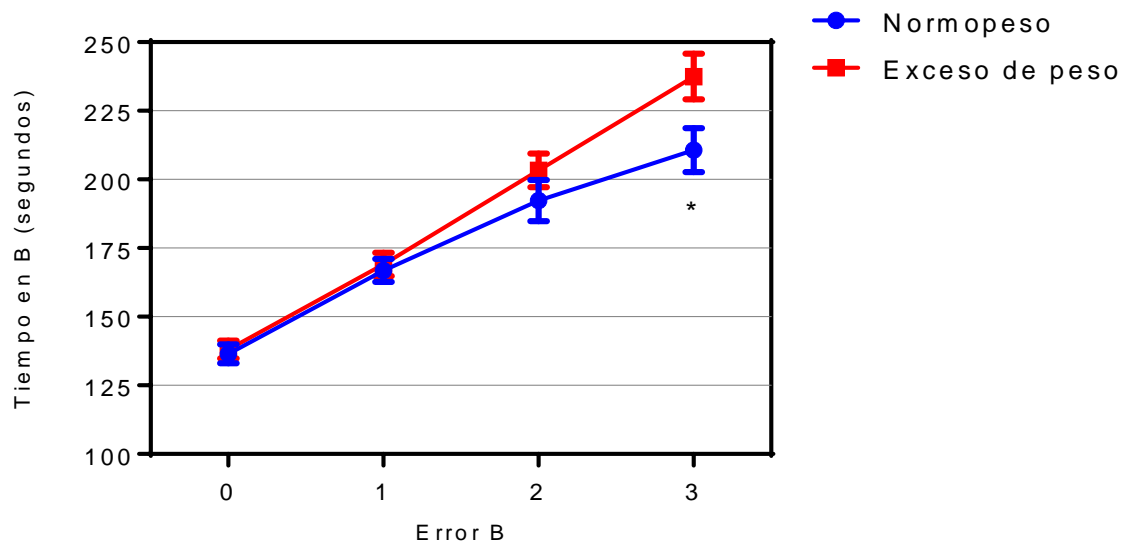


Figura 7. Efecto de la cantidad de errores sobre el tiempo de ejecución en la parte B del TMT a los 10 años según EN.

4.2.2 Resultados TMT a los 17 años

Las características generales de la muestra según EN a los 17 años se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Características sociodemográficas a los 17 (n=846) años por EN.

Variables	Normopeso		Exceso de peso		Total		Chi 2	p Valor
	N	%	N	%	N	%		
NSE Bajo (%)	399	84.89	330	88.24	729	86.37	1.97	0.16
Antecedentes de anemia (%)	68	14.47	63	16.84	131	15.5	0.89	0.34
Educación materna (<12 años) (%)	319	67.87	250	67.02	569	67.5	0.07	0.79
% Mujeres	220	46.81	203	54.28	423	50.12	4.64	0.03
Prueba de chi2								

Los resultados exploratorios del análisis del TMT a los 17 años muestran un mayor tiempo en promedio en sujetos EP, pero sin alcanzar una significancia estadística (Tabla 5).

Tabla 5. Asociación entre el EN y las variables del TMT a los 17 años.

Variable	Normopeso N=470		Exceso de peso N=374		Valor de t/z	P Valor
	Media	DE	Media	DE		
Tiempo A (seg)	49.84	15.22	50.87	15.84	-0.96	0.16
Tiempo B (seg)*	86.21	27.41	89.35	32.02	-1.53	0.06
Tiempo B-A (seg)	35.75	21.31	35.7	23.37	0.03	0.48
Error A (n)	0.13	0.39	0.17	0.46	-1.2	0.22
Error B (n)	0.41	0.76	0.36	0.83	1.45	0.14
Error alternancia (n)	0.17	0.43	0.16	0.44	0.65	0.51
Error orden (n)	0.23	0.58	0.19	0.58	1.15	0.22

Se utilizó la prueba de T de Student para los tiempos y prueba de Wilcoxon para las variables errores.

Al igual que a los 10 años, se combinó el estado nutricional con los niveles de error y también se observó que los sujetos con EP (55 segundos) que tienen errores se demoran significativamente más que aquellos con EP que no se equivocan (50.18 segundos) ($p=0.02$), lo que no ocurre en sujetos con NP.

El modelo ANOVA con interacción considerando el efecto del estado nutricional y los errores sobre el tiempo (controlando por sexo, antecedentes de anemia, educación de la madre y NSE) entre tiempo A y error en A se observa una diferencia significativa ($p=0.016$) entre el tiempo de los que no cometen errores (49.9 ± 0.86 segundos) y los que cometen 1 error (56.0 ± 2.4 segundos) en sujetos con EP, no así en los sujetos NP (Figura 8).

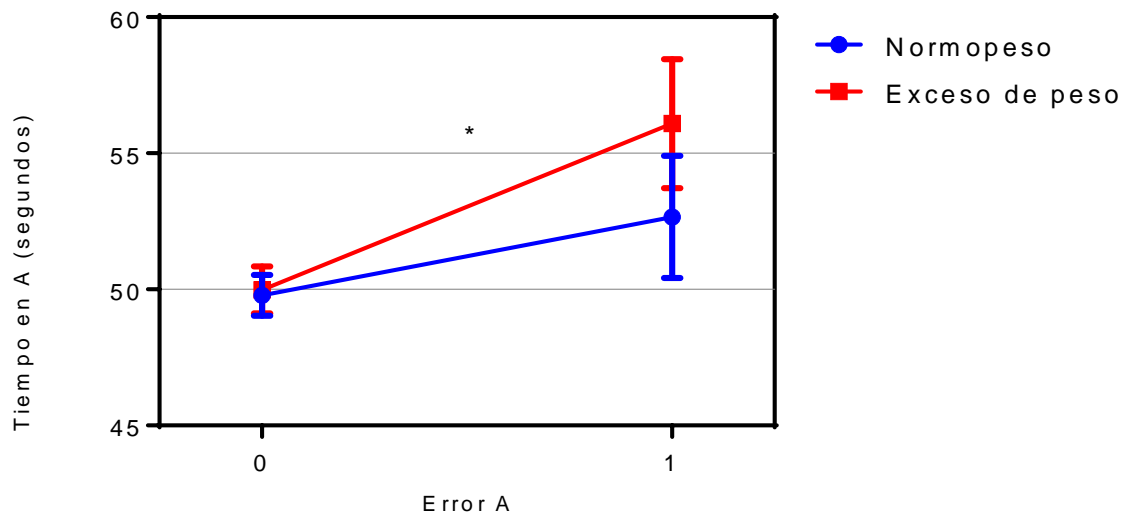


Figura 8. Efecto de la cantidad de errores sobre el tiempo de ejecución en la parte A del TMT a los 17 años según EN.

Para el tiempo en B y errores en B se realizó un modelo ANOVA con interacción considerando el efecto del estado nutricional y los errores sobre el tiempo (ya que el tiempo y los errores en B están correlacionados) controlando por las variables sexo, antecedentes de anemia, NSE y educación de la madre. Se observaron diferencias por número de errores para ambos grupos (0-1; 1-2; 2-3) y diferencias entre sujetos NP y EP significativo en 1 error ($p=0.008$) y en 3 errores ($p=0.001$).

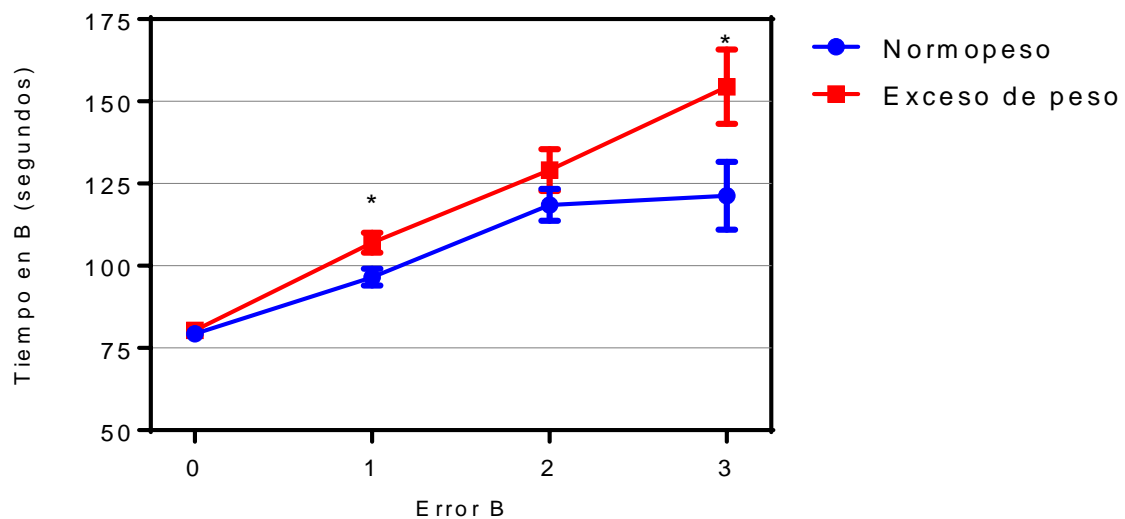


Figura 9. Efecto de la cantidad de errores sobre el tiempo de ejecución en la parte B del TMT a los 17 años según EN.

4.2.3 Resultados TMT longitudinal

Para realizar los análisis longitudinales se contó con los datos de 633 individuos, que tuvieron esta prueba realizada a los 10 y 17 años, con un 49,9% de mujeres (316).

Se encontró una correlación positiva al comparar los tiempos de la prueba a los 10 y 17 años: tiempo A ($r=0.2$, $p<0.01$), tiempo B ($r= 0.45$, $p<0.01$) y tiempo B-A ($r=0.34$, $p<0.01$). Esto también se repite para los errores en el tiempo B ($r=0.18$, $p<0.01$). Esto significa que aquellos que demoran más a los 10 años, también demoran más a los 17 años.

Se calculó el delta de la variables entre 10 y 17 años. Se encontró que el delta del error en B era mayor en los sujetos con EP ($p=0.04$).

El modelo ANOVA para estimar el impacto de los resultados a los 10 años en el estado nutricional a los 17 años, muestra que si bien el mayor impacto en el tiempo B a los 17 años es por el tiempo en B a los 10 años, éste es mayor entre quienes aumentan de peso haciéndose significativo luego de los 230 segundos (Figura 10).

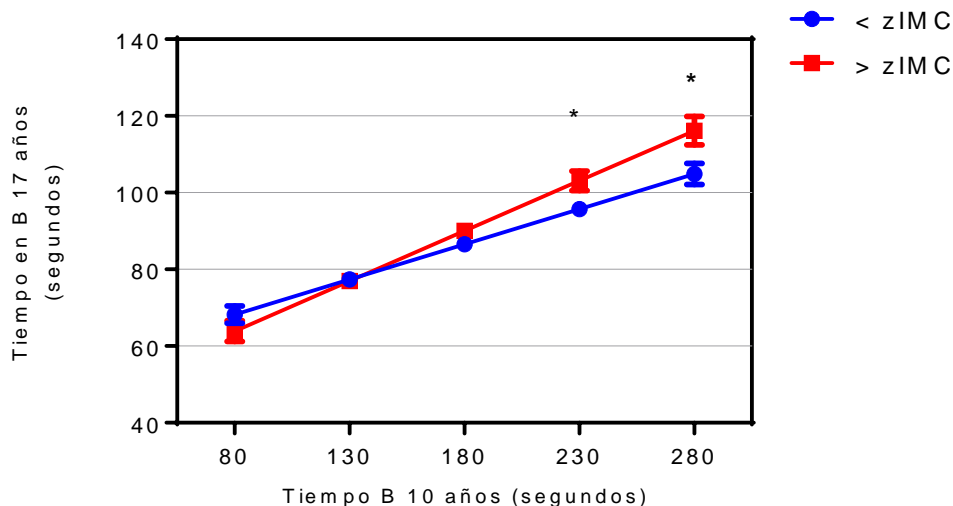


Figura 10. Relación entre Tiempo en B a los 10 y 17 años.

Finalmente, se observó que a los 17 años, la combinación de mayor tiempo de respuesta y menor precisión es mayor en los sujetos que aumentan de peso (Figura 11).

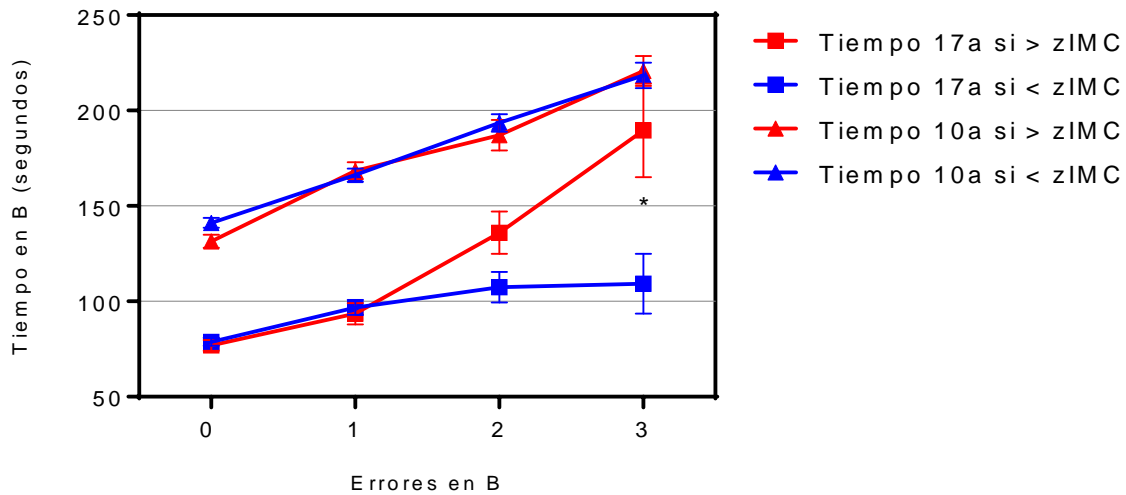


Figura 11. Efecto de los errores en el tiempo en parte B según ganancia de peso a los 17 años.

4.3 Resultados Stroop

4.3.1 Stroop transversal

A los 10 años se realizó la prueba de Stroop a 198 niños, sin embargo no se observaron resultados significativos por estado nutricional a esta edad.

A los 17 años se utilizaron los datos de 442 adolescentes cuyas características se encuentran resumidas en la Tabla 6.

Tabla 6. Características sociodemográficas a los 17 años por EN.

Variables	Normopeso=217		Exceso de peso=225		Total =442		Valor t/z	p Valor
	N	%	N	%	N	%		
NSE Bajo (%)	191	88.02	193	85.78	384	86.88	0.12	0.72
Antecedentes de anemia (%)	52	23.96	55	24.44	107	24.21	0.2	0.9
Educación materna (<12 años)	144	66.36	145	64.44	289	65.38	0.51	0.47
% Mujeres	100	46.73	114	50.67	214	48.42	1.01	0.32

Se utilizó la prueba de Chi2.

No se encontraron diferencias significativas entre los resultados de esta prueba según EN. Sin embargo, mediante una correlación de Pearson se encontró asociación positiva y significativa entre el zIMC y la interferencia (tiempo de reacción de los estímulos incongruentes menos el tiempo de reacción de los estímulos congruentes) en sujetos con EP ($r=0.19$, $p=0.003$).

4.3.2 Stroop longitudinal

Como era de esperarse en la prueba de Stroop, e los sujetos a los 17 años presentan una reducción significativa en el tiempo de reacción (TR) en todas las variables estudiadas.

Tabla 7. Diferencia de la media de las variables de la prueba de Stroop entre 17 y 10 años por estado nutricional a los 17 años.

Variable	Normopeso		Exceso de peso		Diferencia Media	Valor t	P Valor
	Di f.	DE	Di f.	DE			
Promedio respuestas incongruentes (ms)	453.72	230.6	509.89	251.5	56.1	-1.11	0.13
Promedio de respuestas congruentes (ms)*	399.09	210.3	466.14	186.1	67.05	-1.83	0.03
Interferencia	54.63	147.7	43.75	124.6	10.88	0.43	0.66
Adaptación al conflicto (ms)	447.25	311	518.03	272.9	70.83	-1.31	0.09
Adaptación al cambio (ms)*	397.32	233.2	463.39	184.6	66.07	-1.69	0.04

Se utilizó la prueba de t de Student para variables pareadas.

Se calculó el delta del TR (dTR) de las respuestas entre los 10 y 17 años. Al comparar estos resultados según EN se observaron diferencias significativas para el dTR de estímulos congruentes entre los sujetos NP y EP a los 17 años (NP 399.09 ± 210.3 y EP 466.14 ± 186.1 , $p=0.03$) y dTR de adaptación al cambio entre los grupos (NP 397.32 ± 233.2 y EP 463.39 ± 184.6 , $p=0.04$) (Tabla 7).

5. Discusión

En nuestro estudio, la conducta hiperactiva a los 5 años evaluada a través de la prueba de CABI se relaciona con el exceso de peso a los 5, 10 y 17 años. En esta muestra, entre los jóvenes calificados con mayor comportamiento hiperactivo a los 5 años hay un 20% más de sujetos con sobrepeso que entre los jóvenes que no fueron hiperactivo a los 5 años. De acuerdo a nuestros resultados, la conducta hiperactiva en la infancia sería un factor de riesgo para la ganancia de peso en la adolescencia. White y colaboradores (2012) analizaron la conducta hiperactiva a los 5 años y el riesgo de presentar exceso de peso en la vida adulta en una cohorte de más de 10.000 individuos encontrando que había un 30% más de sobrepeso, similar a los valores obtenidos en nuestra cohorte (43).

Existen estudios que muestran que el trastorno de déficit atencional con hiperactividad está relacionado con el aumento de la ingesta de alimentos y la ganancia de peso (44). Para explicar esta relación se han planteado 3 mecanismos: 1) la obesidad y/o factores asociados con la obesidad que se manifiestan como síntomas de TDAH, como por ejemplo en el caso de la bulimia nerviosa o trastorno por atracones los individuos presentan mayores índices de impulsividad (que es un síntoma del TDAH); 2) una base común entre el TDAH y la obesidad, conocido como “síndrome de déficit de recompensa”, presentando alteraciones en los receptores de DA o alteraciones en la codificación de FNDC y 3) que el TDAH contribuye a la obesidad debido a sus componentes de inatención, hiperactividad e impulsividad (45). Esto podría explicar el aumento del riesgo de EP en niños con mayor puntaje en este ítem en la prueba de CABI encontrado en este estudio. Adicionalmente, un meta análisis realizado por Cortese y colaboradores muestra un aumento del riesgo del 27% de desarrollar obesidad al presentar TDAH (44).

Los estudios sobre la conducta de atención en niños han mostrado que su desarrollo empieza en épocas tan tempranas como los primeros meses de vida y es una parte importante de la base para el desarrollo de otras funciones ejecutivas (46) como la inhibición cognitiva y la memoria de trabajo.

A medida que aumenta el neurodesarrollo es posible aplicar pruebas más complejas que evalúan las FE, y se observa que los sujetos con EP no responden igual que los sujetos con NP. Las FE que más se ven afectadas en obesidad son la inhibición cognitiva, flexibilidad cognitiva y la memoria de trabajo (47). Esto lo vemos reflejado en nuestro estudio en el que se observa en forma generalizada en las variables del TMT que los sujetos con EP tienen mayor tiempo y errores que los sujetos con NP. A los 10 años observamos una diferencia significativa en los errores en la parte A de la prueba, al comparar sujetos con y sin EP. Algunos autores sugieren que puede deberse a que los individuos con exceso de peso son más impulsivos y propensos a cometer errores (48)(28).

Por otra parte a los 17 años observamos una tendencia a la diferencia en el tiempo en la parte B de la prueba, lo que podría indicar que sujetos con sobrepeso tienen peor flexibilidad cognitiva y memoria de trabajo que los con peso normal. Independiente de la edad, observamos en los sujetos con EP que a medida que aumenta el número de errores también aumenta el tiempo de respuesta, siendo menos precisos y más lentos. Estas características podrían deberse a una menor capacidad de atención, que sería clave en el desarrollo de la obesidad probablemente debido a que podría aumentar la ingesta de alimentos. Por lo tanto, los sujetos con EP no se comportan igual que los sujetos con NP.

Estudios realizados en adolescentes y adultos muestran que los sujetos con sobrepeso presentan un tiempo de respuesta en el TMT significativamente mayor que los normopeso, asociada a una peor flexibilidad cognitiva que sus contrapartes con NP (49)(50). La flexibilidad cognitiva está estrechamente relacionada con la obesidad, como evidencia Wu y colaboradores en un metaanálisis y que esta deficiencia contribuiría a mantener la obesidad por la dificultad de estos sujetos de modificar conductas (51), que en este caso sería la ingesta de alimentos.

En nuestro estudio hubo una correlación significativa a los 17 años entre el zIMC y la interferencia en sujetos con exceso de peso, lo que sugiere que una deficiencia en las funciones ejecutivas cerebrales pudiesen tener un efecto en el estado

nutricional, debido a la relevancia de las FE para mantener estilos de vida saludables. Si bien en nuestro estudio no obtuvimos diferencias significativas en variables de inhibición cognitiva, ésta es la FE que más fuertemente se relaciona con la obesidad (47). Existe una gran variedad en las pruebas que la evalúan lo que lleva a que algunos estudios no hayan encontrado resultados con la prueba de Stroop (50). Sin embargo, en una revisión Reinert y colaboradores concluyeron que el control inhibitorio, evaluado a través de diversas pruebas neuropsicológicas, fue la función ejecutiva más consistentemente alterada (25). En base a los resultados obtenidos se hace necesario contar con evaluaciones que puedan medir de forma más precisa cuáles son las alteraciones que ocurren en la FE de los sujetos obesos, ya que estas pruebas se utilizan para evaluar daño cognitivo o cerebral (40) (52) y es posible que las alteraciones que ocurren en obesidad sean más sutiles.

Una hipótesis es que los sujetos obesos son más sensibles a los estímulos de comida, presentando un sesgo atencional hacia ella lo que provoca diferencias en las pruebas que evalúan las FE cuando tienen como estímulo un alimento (53). Un estudio reciente se muestra que mujeres obesas (pero no hombres) muestran un déficit para aprender estímulos de recompensa asociados a alimentos altamente apetitosos, no así con recompensas monetarias (54). Sujetos obesos con trastorno por atracones presentan peores resultados en pruebas de inhibición cognitiva cuando el estímulo está asociado a alimentos (55). Sin embargo esta relación no fue encontrada en un estudio similar, que no mostró peores resultados en pruebas de inhibición cognitiva cuando el estímulo era asociado a comida (56). Por todo lo anterior, se hace necesario determinar pruebas adecuadas para analizar las diferencias en FE en sujetos con exceso de peso.

Dentro de las debilidades de este estudio se encuentran que la prueba de CABI ha sido poco utilizada en la literatura desde los años 90 y hasta este trabajo nunca relacionado con la obesidad, lo que hace poco comparables estos resultados con otros estudios que evalúan conductas. Esta prueba no se realizó a edades posteriores lo que nos hubiera permitido analizar la evolución de la conducta, lo que sería interesante. Asimismo, en la aplicación del TMT se utiliza principalmente

la variable tiempo B-A y generalmente no se consideran los errores más que para aplicación clínica (57), lo que hace nuestros resultados poco comparables con otros utilizados en el estudio de la obesidad y las FE e impide compararlas demás variables analizadas en este estudio. Por otra parte, por diversas razones no se pudo aplicar las mismas pruebas al mismo número de individuos, lo que explica la variación en los N de las pruebas.

Estudios relativamente recientes muestran prometedores resultados en el entrenamiento de las FE y el control de la obesidad, sin embargo, son estudios de corta duración y aparentemente el efecto protector se pierde con la falta de entrenamiento (47).

Sería interesante identificar pruebas neuropsicológicas que permitan reconocer diferencias sutiles en las FE cuando no hay daño cognitivo pero que como en el caso de la obesidad sí podrían afectar la toma de decisiones. También se deberían estudiar metodologías que fortalezcan las FE en la infancia como forma de prevención de obesidad y determinar a qué edad se debe intervenir para lograr mejores resultados porque las FE se desarrollan durante toda la infancia y hasta la adultez, aunque en nuestro trabajo encontramos que a edades tan tempranas como los 5 años ya se observan alteraciones en la conducta asociada a hiperactividad. Sería relevante estudiar si estas alteraciones comienzan a edades más tempranas que los 5 años, aplicando pruebas adecuadas para niños a esas edades.

6. Conclusión

Diferencias en el comportamiento como presentar una conducta más hiperactiva a los 5 años aumenta el riesgo de presentar exceso de peso en la adolescencia. Adicionalmente, diferencias en las FE de sujetos con EP y NP muestran que los individuos con EP cometen más errores y son más lentos que sus contrapartes normales, comportándose de una forma distinta.

Estos resultados sugieren que una deficiencia en las funciones ejecutivas cerebrales como la flexibilidad cognitiva, la memoria de trabajo y la inhibición cognitiva pueden tener un efecto en el estado nutricional y que la identificación temprana y fortalecimiento de estas funciones podría contribuir a una mejor toma de decisiones en salud y por lo tanto a la prevención de la obesidad ya que permitiría cerrar el círculo vicioso provocado por la disfunción de las funciones ejecutivas que llevan a tomar malas decisiones en salud provocando obesidad y otras complicaciones asociadas.

7. Referencias

1. Tirapu-Ustárróz J, García-Molina A, Luna Lario P, Verdejo García A, Ríos Lago M. Funciones ejecutivas y regulación de la conducta. *Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas*. 2012. p. 89–120.
2. Fuster JM. Upper processing stages of the perception-action cycle. *Trends Cogn Sci*. 2004;8(4):143–5.
3. Godefroy O. Frontal syndrome and disorders of executive functions. *J Neurol*. 2003;250(1):1–6.
4. Sanz de Acedo Lizarraga ML, Sanz de Acedo Baquedano MT, Villanueva OA. Critical thinking, executive functions and their potential relationship. *Think Ski Creat* [Internet]. Elsevier Ltd; 2012;7(3):271–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tsc.2012.04.008>
5. Miyake A, Friedman NP. The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions. *Curr Dir Psychol Sci*. 2012;21(1):8–14.
6. Niendam T a., Laird AR, Ray KL, Dean YM, Glahn DC, Carter CS. Meta-analytic evidence for a superordinate cognitive control network subserving diverse executive functions. *Cogn Affect Behav Neurosci*. 2012;12(2):241–68.
7. Arnsten AFT, Li BM. Neurobiology of executive functions: Catecholamine influences on prefrontal cortical functions. *Biol Psychiatry*. 2005;57(11):1377–84.
8. Robbins TW. ADHD and addiction. *Nat Med*. 2002;8(1):24–5.
9. Cortese S, Angriman M, Maffei C, Isnard P, Konofal E, Lecendreux M, et al. Attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) and obesity: a systematic review of the literature. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2008;48(6):524–37.
10. Bazar K a., Yun AJ, Lee PY, Daniel SM, Doux JD. Obesity and ADHD may represent different manifestations of a common environmental oversampling

- syndrome: A model for revealing mechanistic overlap among cognitive, metabolic, and inflammatory disorders. *Med Hypotheses*. 2005;66(2):263–9.
11. Best J, Miller P. A developmental perspective on executive function. *Child Dev* [Internet]. 2010;81(6):1641–60. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x/full>
 12. Best JR, Miller PH, Jones LL. Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Dev Rev* [Internet]. Elsevier Inc.; 2009;29(3):180–200. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dr.2009.05.002>
 13. Diamond A. Executive Functions. *Annu Rev Psychol*. 2013;64:135–68.
 14. Riggs NR, Spruijt-Metz D, Sakuma K-L, Chou C-P, Pentz MA. Executive Cognitive Function and Food Intake in Children. *J Nutr Educ Behav*. 2010;42(6):398–403.
 15. Crescioni AW, Ehrlinger J, Alquist JL, Conlon KE, Baumeister RF, Schatschneider C, et al. High trait self-control predicts positive health behaviors and success in weight loss. *J Health Psychol*. 2011;16(5):750–9.
 16. Miller HV, Barnes JC, Beaver KM. Self-control and Health Outcomes in a Nationally Representative Sample. *Am J Health Behav*. 2011;35(1):15–27.
 17. Dhurandhar EJ, Keith SW. The aetiology of obesity beyond eating more and exercising less. *Bailliere's Best Pract Res Clin Gastroenterol* [Internet]. Elsevier Ltd; 2014;28(4):533–44. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpg.2014.07.001>
 18. Wright SM, Aronne LJ. Causes of obesity. *Abdom Imaging*. 2012;37(5):730–2.
 19. Roberto C a, Swinburn B, Hawkes C, Huang TT-K, Costa S a, Ashe M, et al. Patchy progress on obesity prevention: emerging examples, entrenched barriers, and new thinking. *Lancet* [Internet]. Elsevier Ltd; 2015;6736(14). Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014067361461744X>

20. Crovetto M, Vio F. International and national background of the Chilean health promotion policy: lessons learned and future projections. *Rev Chil Nutr* [Internet]. 2009;36:32–45. Available from: <http://www.scielo.cl/pdf/rchnut/v36n1/art04.pdf>
21. Callahan D. Obesity: Chasing an Elusive Epidemic. *Hastings Cent Rep*. 2013;43(1):34–40.
22. Jauch-Chara K, Oltmanns KM. Obesity - A neuropsychological disease? Systematic review and neuropsychological model. *Prog Neurobiol* [Internet]. Elsevier Ltd; 2014;114:4–101. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pneurobio.2013.12.001>
23. Kleinert S, Horton R. Comment Rethinking and reframing obesity. 2015;6736(14):15–6.
24. Fitzpatrick S, Gilbert S, Serpell L. Systematic review: Are overweight and obese individuals impaired on behavioural tasks of executive functioning? *Neuropsychol Rev*. 2013;23(2):138–56.
25. 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):820956. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3595670&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
26. Liang J, Matheson BE, Kaye WH, Boutelle KN. Neurocognitive correlates of obesity and obesity-related behaviors in children and adolescents. *Int J Obes (Lond)* [Internet]. Nature Publishing Group; 2014;38(4):494–506. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23913029>
27. Bauer CCC, Moreno B, González-Santos L, Concha L, Barquera S, Barrios F a. Child overweight and obesity are associated with reduced executive cognitive performance and brain alterations: a magnetic resonance imaging study in Mexican children. *Pediatr Obes* [Internet]. 2015;10(3):196–204. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24989945>

28. Pauli-Pott U, Albayrak O, Hebebrand J, Pott W. Association between inhibitory control capacity and body weight in overweight and obese children and adolescents: dependence on age and inhibitory control component. *Child Neuropsychol.* 2010;16(6):592–603.
29. Blanco-Gómez A, Ferré N, Luque V, Cardona M, Gispert-Llauradó M, Escribano J, et al. Being overweight or obese is associated with inhibition control in children from six to ten years of age. *Acta Paediatr* [Internet]. 2015;104(6):619–25. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/apa.12976>
30. Pieper JR, Laugero KD. Preschool children with lower executive function may be more vulnerable to emotional-based eating in the absence of hunger. *Appetite* [Internet]. Elsevier Ltd; 2013;62:103–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2012.11.020>
31. Cohen J, Yates K, Duong M, Convit A. Obesity, orbitofrontal structure and function are associated with food choice: a cross-sectional study. *BMJ Open* [Internet]. 2011;1(2):1–8. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3191593&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
32. Maayan L, Hoogendoorn C, Sweat V, Convit A. Disinhibited eating in obese adolescents is associated with orbitofrontal volume reductions and executive dysfunction. *Changes.* 2012;29(6):997–1003.
33. Groppe K, Elsner B. Executive function and food approach behavior in middle childhood. *Front Psychol.* 2014;5(MAY):1–12.
34. Manasse SM, Juarascio AS, Forman EM, Berner LA, Butryn ML, Ruocco AC. Executive functioning in overweight individuals with and without loss-of-control eating. *Eur Eat Disord Rev.* 2014;22(5):373–7.
35. Hughes SO, Power TG, O'Connor TM, Fisher JO. Executive functioning, emotion regulation, eating self-regulation, and weight status in low-income preschool children: How do they relate? *Appetite* [Internet]. Elsevier Ltd; 2015;89:1–9. Available from:

<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0195666315000185>

36. Osika W, Montgomery SM. Physical control and coordination in childhood and adult obesity: Longitudinal Birth Cohort Study. *BMJ*. 2008;337:a699.
37. Siervo M, Arnold R, Wells JCK, Tagliabue A, Colantuoni A, Albanese E, et al. Intentional weight loss in overweight and obese individuals and cognitive function: A systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2011;12(11):968–83.
38. Kang Sim DE, Cappiello M, Castillo M, Lozoff B, Martinez S, Blanco E, et al. Postnatal Growth Patterns in a Chilean Cohort: The Role of SES and Family Environment. *Int J Pediatr* [Internet]. 2012;2012:354060. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3361171&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
39. Reyes S, Peirano P, Luna B, Lozoff B, Algarín C. Potential effects of reward and loss avoidance in overweight adolescents. *Pediatr Res* [Internet]. 2015;(January):1–6. Available from: <http://www.nature.com/doi/10.1038/pr.2015.82>
40. Sánchez-Cubillo I, Periañez J a, Adrover-Roig D, Rodríguez-Sánchez JM, Ríos-Lago M, Tirapu J, et al. Construct validity of the Trail Making Test: role of task-switching, working memory, inhibition/interference control, and visuomotor abilities. *J Int Neuropsychol Soc*. 2009;15(3):438–50.
41. Lukowski AF, Koss M, Burden MJ, Jonides J, Nelson C a, Kaciroti N, et al. Iron deficiency in infancy and neurocognitive functioning at 19 years: evidence of long-term deficits in executive function and recognition memory. *Nutr Neurosci*. 2010;13(2):54–70.
42. Johnson VK, Cowan PA, Cowan CP. Children's classroom behavior: The unique contribution of family organization. *J Fam Psychol* [Internet]. 1999;13(3):355–71. Available from: <Go to ISI>://WOS:000082638600004
43. White B, Nicholls D, Christie D, Cole T, Viner R. Childhood psychological function and obesity risk across the lifecourse: findings from the 1970 British

- Cohort Study. *Int J Obes* [Internet]. Nature Publishing Group; 2012;36(4):511–6. Available from: <http://discovery.ucl.ac.uk/1335581/>
44. Cortese S, Moreira-Maia CR, St. Fleur D, Morcillo-Peñalver C, Rohde LA, Faraone S V. Association Between ADHD and Obesity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am J Psychiatry* [Internet]. 2015;(January):appi.ajp.2015.1. Available from: <http://ajp.psychiatryonline.org/doi/10.1176/appi.ajp.2015.15020266>
 45. Cortese S, Morcillo-Peñalver C. Comorbidity between ADHD and Obesity : Comorbidity Between ADHD and Obesity : Exploring Shared Mechanisms and Clinical Implications. 2016;5481(October):88–96.
 46. Colombo J, Cheatham CL. The emergence and basis of endogenous attention in infancy and early childhood. *Adv Child Dev Behav*. 2006;34:283–322.
 47. Jansen A, Houben K, Roefs A. A cognitive profile of obesity and its translation into new interventions. *Front Psychol*. 2015;6(NOV):1–9.
 48. Mobbs O, Iglesias K, Golay A, Van der Linden M. Cognitive deficits in obese persons with and without binge eating disorder. Investigation using a mental flexibility task. *Appetite* [Internet]. Elsevier Ltd; 2011;57(1):263–71. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2011.04.023>
 49. Guo X, Zhang Z, Wei Q, Lv H, Wu R, Zhao J. The relationship between obesity and neurocognitive function in Chinese patients with schizophrenia. *BMC Psychiatry* [Internet]. *BMC Psychiatry*; 2013;13(1):109. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3627610&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
 50. Verdejo-García A, Pérez-Expósito M, Schmidt-Río-Valle J, Fernández-Serrano MJ, Cruz F, Pérez-García M, et al. Selective Alterations Within Executive Functions in Adolescents With Excess Weight. *Obesity* [Internet]. Nature Publishing Group; 2010;18(8):1572–8. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1038/oby.2009.475>

51. Wu M, Brockmeyer T, Hartmann M, Skunde M, Herzog W, Friederich H-C. Set-shifting ability across the spectrum of eating disorders and in overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis. *Psychol Med* [Internet]. 2014;44(16):3365–85. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25066267>
52. Homack S, Riccio C. A meta-analysis of the sensitivity and specificity of the Stroop Color and Word Test with children. *Arch Clin Neuropsychol* [Internet]. 2004;19(6):725–43. Available from: <http://acn.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1016/j.acn.2003.09.003>
53. Houben K, Nederkoorn C, Jansen A. Eating on impulse: The relation between overweight and food-specific inhibitory control. *Obesity*. 2014;22(5).
54. Zhang Z, Manson KF, Schiller D, Levy I. Impaired associative learning with food rewards in obese women. *Curr Biol* [Internet]. Elsevier Ltd; 2014;24(15):1731–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2014.05.075>
55. Svaldi J, Naumann E, Trentowska M, Schmitz F. General and food-specific inhibitory deficits in binge eating disorder. *Int J Eat Disord*. 2014;47(5):534–42.
56. Losses D, Larger L. Slowing down and taking a second look: inhibitory deficits associated with binge eating are not food-specific. *Appetite*. 2016;16(3):338–48.
57. Ashendorf L, Jefferson AL, O'Connor MK, Chaisson C, Green RC, Stern RA. Trail Making Test errors in normal aging, mild cognitive impairment, and dementia. *Arch Clin Neuropsychol*. 2008;23(2):129–37.