

UN MAYOR ÍNDICE DE MASA CORPORAL (IMC) SE ASOCIA CON UN DÉFICIT DE MEMORIA DE TRABAJO EN NIÑOS

A HIGHER BODY MASS INDEX (BMI) IS ASSOCIATED WITH A DEFICIT OF WORKING MEMORY IN CHILDREN

ANGELO FRANCO PIETRA ROJAS*

Resumen

Existe una gran cantidad de evidencia que respalda que el exceso de peso corporal se encuentra asociado a cambios en la estructura y función del cerebro, debido a una serie de factores que impulsan un déficit cognitivo. En particular, se sugiere que la obesidad está asociada con el hipocampo y una disfunción en el lóbulo frontal, donde se prevé que afecta, en algunos, casos a la inteligencia. Sin embargo, la evidencia sobre aquellos resultados actualmente es limitada. Se plantea la hipótesis de que un mayor Índice de Masa Corporal (IMC) se asocia con un rendimiento reducido en una prueba de Memoria de Trabajo. Se evalúa un total de 598 niños entre 4 a 9 años, con un IMC que varía entre 10,2 a 33,1.

Se aplica un Test de Evaluación Neuropsicológica Infantil (TENI) de Memoria de Trabajo, desarrollado por CEDETI-UC. Se controlan las variables de rendimiento en el test, IMC y sexo. El resultado indica que un mayor IMC se asocia a una media significativamente menor en las pruebas de Memoria de Trabajo.

El déficit de Memoria de Trabajo en la obesidad es motivo de preocupación, dada la evidencia emergente de un papel central de las capacidades cognitivas en la regulación del apetito y es un tema relevante en el desarrollo de políticas públicas asociadas a la salud de la persona y su desarrollo corporal. Se discuten las conclusiones sobre la necesidad de generalizar resultados hacia diferentes tipos de poblaciones.

Palabras clave: Neuropsicología, memoria, rendimiento escolar, obesidad, alimentación escolar.

* Doctor (c) en Ciencias de la Educación. Universidad Marista de Guadalajara de México, email: apietra@gmail.com.

Abstract

A large body of evidence supports that an increased body weight is related to structural and functional changes in the brain due to several factors leading to cognitive impairment.

In particular, it is suggested that obesity is related to the hippocampus and a dysfunction in the frontal lobe. This is expected to affect in some cases, intelligence. However, those results are currently supported by scarce evidence. The hypothesis is that a higher Body Mass Index (BMI) is associated with a reduced performance in a Work Memory test. A total of 598 children between 4 to 9 years are evaluated, with a BMI ranging from 10.2 to 33.1.

A Child Neuropsychological Evaluation Test (TENI) of Work Memory is applied, developed by CEDETI-UC. The variables of performance in the test, BMI and sex are controlled. The result indicates that a higher BMI is associated with a significantly lower average in the Work Memory tests.

The deficit of Work Memory in obesity is of concern, given the emerging evidence of a central role of cognitive abilities in the regulation of appetite and is a relevant issue in the development of public policies associated with the health of the person and their body development. Conclusions about the need to generalize results towards different types of populations are discussed.

Keywords: Neuropsychology, memory, school performance, obesity, school feeding.

Introducción

LA OBESIDAD SE HA convertido en una de las enfermedades más significativas en el mundo occidental. En Chile, alrededor del 22% de los niños entre 5 a 7 años son obesos (IPSUSS, 2017), considerando que esta condición es un factor de riesgo para una mortalidad prematura (Kopelman, 2000). Como tal, para la investigación educacional, entender este problema es de alta prioridad. La evidencia reciente indica que los efectos de la obesidad en la salud física contienen un elemento psicológico significativo (Cheke, Simons y Clayton, 2016) y se sugiere que la obesidad trae consigo problemas a la salud (como diabetes e hipertensión) y tiene un impacto significativo en la función del cerebro (Bruehl, Sweat, Tirsi, Shah y Convit, 2011; Jagust, Harvey, Mungas y Haan, 2005; Mueller y otros, 2012; Raji y otros, 2010; Smith y otros, 2015; Ursache, Wedin, Tirsi y Convit, 2012).

Se sostiene que el avance del síndrome de la obesidad a través del alto consumo alimenticio y bajo gasto energético evidencia cambios cognitivos.

La Memoria de Trabajo (MT) es un área crítica de funcionamiento que está íntimamente ligada a las Funciones Ejecutivas (FE). Un grupo de investigadores ha descrito la Memoria de Trabajo como el componente neuropsicológico válido para explicar las capacidades cognitivas de las personas (Séguin, Nagin, Assaad y Tremblay, 2004). El concepto describe la capacidad de tener en cuenta y manipular la información durante breves periodos de tiempo en tareas cognitivas (Goldstein y Naglieri, 2014); esto no solo implica la manipulación de las representaciones mentales, sino también la generación de acciones en secuencia de manera potencial. (Roberts y Pennington, 1996).

Existe evidencia reciente que sugiere que la memoria puede desempeñar un papel importante en las personas, asociadas fundamentalmente al trabajo de la Memoria Viso-constructiva (Cheke, Simons y Clayton, 2016). Esto se ha ejemplificado en pacientes con amnesia que presentan incapacidad de recordar la ingesta reciente de alimentos, lo que determina un consumo masivo de alimentos sin informar saciedad o malestar (Hebben, Corkin, Eichenbaum y Shedlack, 1985; Higgs, Williamson y Attwood, 2008; Rozin, Dow, Moscovitch y Rajaram, 1998); en ellos se evidencia que la memoria condiciona el consumo de alimentos y en algunos casos, dañan áreas cerebrales asociados a ella (Burgos, 2005).

Hasta la fecha existen investigaciones que permiten asociar la actividad física y el aumento del rendimiento académico de los estudiantes (Reloba, Chiroso y Reigal, 2016), sin embargo, parece poco adecuado utilizar este parámetro, considerando que sus resultados son débiles o nulos (Syväoja y otros, 2013; Hansen, Herrmann, Lambourne, Lee y Donnelly, 2014). Existe evidencia de asociación entre la actividad física y las Funciones Ejecutivas, específicamente lo relacionado con la atención y planificación (Booth y otros, 2013; Pirrie y Lodewyk, 2012).

Existen estudios en los que se ha encontrado información acerca de la adiposidad en las personas y su asociación a la neuro-inflamación (Erion y otros, 2014), lo que sugiere que el sobrepeso puede ser sufi-

ciente para causar alteraciones en la función cerebral, independiente de la forma en cómo se adquiere la obesidad. Esto incluye a los problemas de la salud relacionados con la comorbilidad (Cheke, Simons y Clayton, 2016).

La asociación entre la obesidad y la Memoria de Trabajo aún es poco clara. Existen investigaciones en personas adultas que han sido evaluadas en su desempeño tales como el recuerdo retardado y el reconocimiento de la información, obteniendo, por lo general, déficit en sus resultados de acuerdo a su IMC (Cournot y otros, 2006; Elias, Elias, Sullivan, Wolf y D'Agostino, 2003; Gunstand, Paul, Cohen, Tate y Gordon, 2006; Alcaraz, Ramírez, Oalafoz y Reyes, 2015). Sin embargo, existen otros estudios donde se puede encontrar evidencia respecto a la cognición y su escasa relación con la obesidad (Conforto y Gershman, 1985; Holloway y otros, 2011; Nilsson y Nilsson, 2009). Esta situación, compleja de analizar en todos sus aspectos, puede ser producto del tratamiento metodológico de la información que aborda aspectos de la cognición y no solamente de la memoria.

Dada la relevancia de las Funciones Ejecutivas y la prevalencia de la obesidad en niños, es importante establecer si los parámetros del Índice de Masa Corporal se asocian con un déficit de la Memoria de Trabajo. Es así como el presente estudio tiene como objetivo investigar si el sobrepeso y obesidad tienen un impacto en el deterioro de la Memoria de Trabajo en niños de contextos vulnerables, especialmente si son menos capaces de desarrollar la evaluación con puntajes asociados a un grado de estandarización normal. La hipótesis es que la obesidad en niños puede tener una influencia en el déficit de Memoria de Trabajo.

Marco referencial

Funciones Ejecutivas

Las Funciones Ejecutivas son destrezas cognitivas fundamentales para el éxito escolar y la vida (Diamond y Lee, 2011). La mayoría de

los niños de corta edad, sin importar sus antecedentes, se encuentran rezagados en estas destrezas fundamentales en comparación a otras generaciones. El mejoramiento temprano de las FE prepara a niños a despegar en un camino hacia el éxito.

Se desarrolla en el córtex prefrontal y es la parte del ser humano que más nos diferencia de otros seres vivos y que mejor refleja nuestra especificidad. Constituye aproximadamente el 30% de la corteza cerebral (Goldman-Rakic, 1984). Desde un punto de vista funcional, se puede afirmar que en esta región cerebral se encuentran las funciones cognitivas más complejas y evolucionadas del ser humano (Tirapu-Ustárrroz, Muñoz-Céspedes y Pelegrin-Valero, 2002), como la creatividad, la ejecución de actividades complejas, el desarrollo de operaciones formales del pensamiento, el desarrollo de la conducta social, la toma de decisiones, juicios éticos, morales, etc.

Una clasificación ampliamente utilizada en la actualidad es la que divide las FE en “frías” y “calientes” (Zelazo y Müller, 2010). Para los propósitos de esta investigación nos centraremos en las FE frías, haciendo referencia al pensamiento que se lleva a cabo en ausencia de componentes emocionales y motivacionales e implican la actividad de la corteza prefrontal dorsolateral y corteza parietal lateral (Zelazo y Muller, 2010).

Memoria de Trabajo

La Memoria de Trabajo se define como un sistema que mantiene y manipula temporalmente la información, por lo que interviene en la realización de importantes tareas cognitivas, tales como la comprensión del lenguaje, lectura, pensamiento, etc. (Tirapu-Ustárrroz, Muñoz-Céspedes y Pelegrin-Valero, 2002). La MT participa por lo menos en dos tipos de procesos: Control Ejecutivo, que hace referencia al mecanismo de procesamiento de la información; y Sosténimiento Activo, que constituye el concepto de almacenamiento temporal (Etchepareborda y Abad-Mas, 2005).

La mayor parte de la investigación sobre la MT se ha centrado en el sistema presentado por Baddeley (Baddeley y Hitch, 1974; Badde-

ley, 2003), quien fragmenta la Memoria de Corto Plazo en tres componentes diferentes: el Sistema Ejecutivo Central, Bucle Fonológico y la Agenda Visoespacial. El segundo sistema es el que hace referencia específica a la Agenda Visoespacial, cuya función principal es crear y manipular imágenes (Tirapu-Ustárroz, Muñoz-Céspedes y Pelegrin-Valero, 2002; Etchepareborda y Abad-Mas, 2005). Sin embargo, ambas llegan a la conclusión de que la MT tiende a convertirse en una protección conceptual para explicar procesos mentales complejos, como el modo en que la información se combina en el cerebro y su forma de seleccionar y operar las estrategias en determinadas situaciones (Tirapu-Ustárroz, Muñoz-Céspedes y Pelegrin-Valero, 2002).

Índice de Masa Corporal

El Índice de Masa Corporal (IMC) es una medida que se asocia el peso y la talla para determinar el estado nutricional de una persona (OMS, 2017). Para el caso de los niños, niñas y adolescentes, el valor del IMC varía según la edad y el género. Existen tablas con percentiles para hombres y mujeres, siendo el normal IMC que se sitúa entre los percentiles 10 y 85. El IMC se calcula $\text{peso (kg)}/\text{talla}^2 \text{ (mt)}$.

El sobrepeso y la obesidad se definen como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. Para ello se utiliza el IMC como un indicador simple de la relación entre el peso y la talla. En el caso de los niños de 5 a 9 años, se define el sobrepeso y la obesidad como una medida de más de una desviación típica por encima de la mediana establecida en los patrones de crecimiento infantil de la OMS y dos desviaciones típicas por encima de la mediana para definir a la obesidad (OMS, 2017).

Para el año 2016, se estima que 41 millones de niños menores de cinco años tenían sobrepeso o eran obesos. Si bien el sobrepeso y la obesidad eran un problema propio de países de altos ingresos, actualmente estos trastornos aumentan en los países de bajos y medianos ingresos, en particular en los entornos urbanos (OMS, 2017).

La causa fundamental es un desequilibrio energético entre calorías

consumidas y gastadas, considerando un amento de alimentos con alto contenido calórico que son ricos en grasas y un descenso en la actividad física, debido a la naturaleza cada vez más sedentaria de muchas formas de trabajo, los nuevos modos de transporte y la creciente urbanización (OMS, 2017).

Método

Se realiza un estudio observacional, transeccional y analítico.

Instrumento

Se utiliza el Test de Evaluación Neuropsicológica Infantil (TENI) desarrollada por CEDETi UC. Es una prueba implementada en un dispositivo de pantalla táctil que permite la exploración de las funciones cognitivas superiores en niños de 3 a 9 años (Delgado, Uribe, Alonso y Díaz, 2014). Teóricamente, TENI ofrece una exploración de los niveles cognitivos superiores en niños, que incluyen la atención, habilidades viso espaciales, habilidades viso motoras, memoria y funciones ejecutivas (Delgado, Uribe, Alonso y Díaz, 2014). Las características generales de cada una de las pruebas se presentan agrupadas según su función cognitiva. Para este caso, solo se utilizará la evaluación de Memoria de Trabajo.

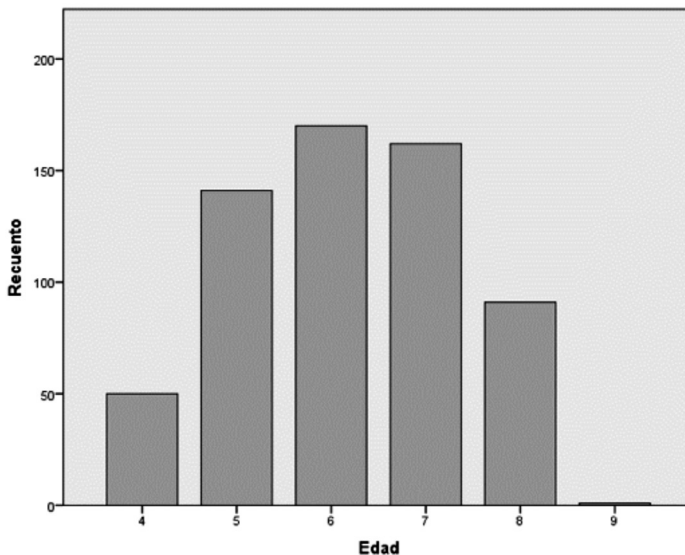
Participantes

En el estudio participaron voluntariamente 598 niños y niñas distribuidos en una muestra aleatoria estratificada por género y grado escolar, desde Pre-Kínder hasta Segundo Básico (ver tabla 1), 302 (50,5%) corresponden al sexo femenino y 296 (49,5%) corresponden al sexo masculino. El rango de edad varía entre los 4 a los 9 años con una media de 6,1 años (ver Figura 1).

Tabla 1. Estándares y referencias situación nutricional JUNAEB 2016.

	Estado Nutricional (IMC)
Pre-kínder <5 años	OMS 2006
Pre-kínder >5 años	OMS 2007
Kínder <5 años	OMS 2006
Kínder >5 años	OMS 2007
Primero Básico	OMS 2007
Segundo Básico	OMS 2007

Los niños y niñas realizan ambas evaluaciones. Todos los participantes son estudiantes regulares de colegio con alto índice de vulnerabilidad escolar, con nivel socioeconómico Medio-Bajo. Se presenta como criterio de exclusión manifestar algún elemento asociado a la obesidad extrema que se encuentre vinculado a una comorbilidad externa al IMC.

**Figura 1.** Distribución de estudiantes por edad (Elaboración propia).

Procedimiento

El primer paso fue realizar el contacto con los apoderados y estudiantes del establecimiento para presentar el proyecto. Posteriormente, se firman los consentimientos informados por parte de los apoderados, autorizando la participación de su hijo o hija en el estudio. Adicionalmente al consentimiento, se pide un asentimiento a cada niño y niña. Durante el mes de marzo del año 2018, el equipo de investigación aplica los instrumentos de evaluación en una sala iluminada, comenzando a las 10:00 horas, durante la semana, por un periodo de 10 días hábiles, como forma de controlar el desayuno de todos los estudiantes que participan en el estudio. Estas evaluaciones fueron aplicadas en dos momentos. Primero de forma individual se toma la evaluación de Memoria de Trabajo y posteriormente las medidas antropométricas de los estudiantes de acuerdo a protocolo establecido por la OMS.

Análisis de datos

Para realizar las comparaciones se utilizan las cinco categorizaciones del Índice de Masa Corporal de acuerdo a las normas establecidas por la OMS para la edad y puntuación Z para niños y niñas. En el análisis de Memoria de Trabajo se utiliza el puntaje determinado por norma estandarizada para Chile. Las medias obtenidas por los estudiantes son comparadas de acuerdo a su clasificación de IMC por medio de ANOVA de un factor. Los datos fueron analizados con el programa Minitab 18.

Resultados

Se presentará los resultados siguiendo el orden de estadísticos descriptivos y posteriormente estadísticos inferenciales. Estos a su vez se controlan por la variable de sexo.

Estadísticos descriptivos

De acuerdo a los lineamientos entregados por OMS para la obtención del IMC según distribución y puntaje z, se obtienen rango de variación entre 10,2 y 33,1 ($m=17,6$) de acuerdo a la Figura 2:

Tabla 2. Distribución de estudiantes por IMC (Elaboración propia).

Categoría IMC	Cantidad estudiantes	%
Desnutrición severa	3	0,5%
Desnutrición moderada	9	1,5%
Normal	278	47,8%
Sobrepeso	161	27,7%
Obesidad	131	22,5%

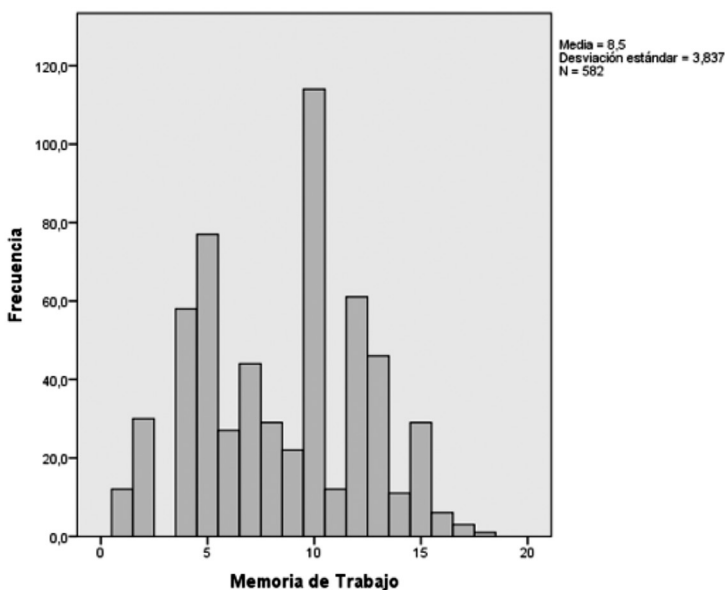


Figura 2. Distribución estudiantes prueba Memoria de Trabajo.

Al controlar la variable de sexo, se establece que las mujeres ($m=17,8$) tienen un IMC levemente superior que los hombres ($m=17,4$) como lo representa la Figura 3:

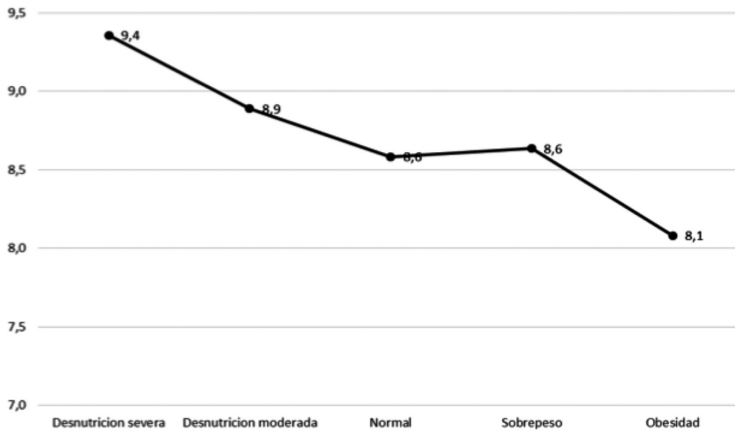


Figura 3. Resultado de la prueba Memoria de Trabajo por IMC (Elaboración propia).

En la Figura 4 se muestra la distribución de estudiantes en la prueba de Memoria de Trabajo.

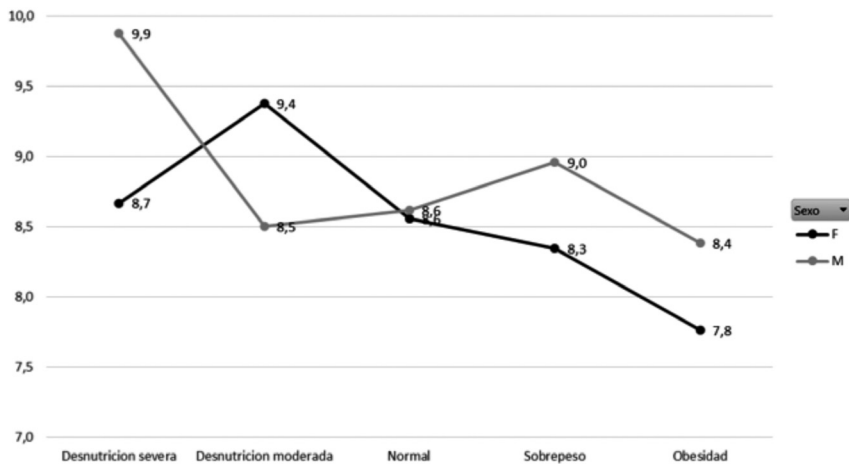


Figura 4. Resultado de la prueba Memoria de Trabajo por IMC controlado por sexo (Elaboración propia).

Al controlar por la variable de sexo se observa que las mujeres ($m=8,3$) obtienen un resultado levemente inferior que los hombres ($m=8,6$).

Para la verificación de hipótesis se comparan las medias, buscando una aproximación de relación entre la variable de IMC y la Memoria de Trabajo. Posteriormente, se realiza el mismo procedimiento, controlando la variable de sexo.

El resultado evidencia un efecto significativo en relación con aumento en la clasificación del IMC asociado a la obesidad y el rendimiento en la prueba de Memoria de Trabajo. Para ello, se estimó una diferencia de hasta $M=0,5$ en relación con el rango de normalidad. Esta diferencia se incrementa cuando se pasa a niveles de desnutrición (1,0), pero no puede tomarse como una generalización dada la cantidad de estudiantes en este rango ($n=32$). A través de la medición de ANOVA, se establece la diferencia significativa entre cada uno de los grupos según su clasificación del IMC ($F[20,536]=0,012$).

Al controlar por la variable de sexo, se observan diferencias significativas para el sexo femenino ($F [30,842]=0,009$) y no tan determinantes para el sexo masculino ($F [44,639]=0,036$), cuyo factor más bajo corresponde a la desnutrición moderada.

Los resultados sugieren diferencias negativas para los estudiantes con obesidad, siendo progresivas y de manera más acentuada en mujeres que hombres. Se propone que con el aumento del IMC en los estudiantes, los resultados de la tarea se asumen con mayor dificultad de realizarla de manera esperada.

Discusión

Los resultados actuales indican que con un alto IMC, los niños, independiente de su condición de salud, muestran una significativa capacidad reducida en el desarrollo de la prueba de MT. Aquellos con mayor IMC dan cuenta de un rendimiento deteriorado, con diferencias significativas en relación con los grupos con IMC normales e inclusive en rango de desnutrición, sobre todo en mujeres.

Este hallazgo puede sugerir cambios en las funciones neuronales

de los estudiantes, que se pueden demostrar en aquellos que presentan un alto IMC acompañados por una capacidad significativamente reducida para formar y/o recuperar elementos de la memoria.

Es importante destacar que este efecto está presente en niños, desde los 4 a los 9 años. Esto se suma a los datos crecientes sobre el deterioro cognitivo que acompaña a la obesidad en las personas en edad adulta y que no son impulsados por la diabetes (Cheke, Simons y Clayton, 2016). Sin embargo, cabe señalar que la muestra de los estudiantes evaluados no considera otras condiciones que son asociadas a la obesidad como la hipertensión y la apnea del sueño, también asociadas a déficit cognitivos (Décary, Rouleau y Montplaisir, 2000; Kilander, Nyman, Boberg, Hansson y Lithell, 1998). Además, aunque los participantes con obesidad no han recibido un diagnóstico de diabetes conocido, esto no excluye la posibilidad de tener algún tipo de resistencia a la insulina, que puede afectar directamente a la memoria.

Para la labor educativa, esto es de especial relevancia. Las Funciones Ejecutivas son altamente predictivas para el rendimiento en la lectura y las matemáticas (Diamond y Lee, 2011), especialmente para una adecuada adaptación del niño a las exigencias específicas de cada una de las asignaturas. Las indicaciones actuales otorgadas por las Bases Curriculares tanto en Educación Parvularia como Primer Ciclo de Enseñanza Básica son relevantes. Ambas relevan el rol de la memoria con un papel evidente en los procesos de aprendizajes, lo que permite al estudiante enfrentar situaciones novedosas y tomar las decisiones adecuadas para las diferentes materias del nivel (MINEDUC, 2018; MINEDUC, 2012).

Hasta la fecha, la asociación entre la obesidad y la MT aún no ha sido demostrada convincentemente en humanos. Dadas las conclusiones actuales, puede que el fracaso de la investigación previa en seres humanos impida reproducir de forma fiable los hallazgos encontrados en roedores (Cheke, Simons y Clayton, 2016).

A pesar de tener un gran tamaño de muestra, debemos mantener la cautela con la interpretación, sobre todo teniendo en cuenta que el lugar de estudio solo se realiza en contextos de alta vulnerabilidad, pudiendo presentar resultados totalmente inversos en otros contextos

educacionales. Para lo que se sugiere, respecto a la disminución de la MT asociado al IMC, la evidencia puede ser robusta para el contexto de vulnerabilidad asociada en el sector donde se estudia.

Es necesario establecer si los resultados de este estudio pueden ser generalizados en otros contextos y para ello se requiere más investigación, por ejemplo, estableciendo si estos resultados se replican en personas con sobrepeso de manera general en la MT e inclusive en la vida diaria. Sin embargo, la posibilidad de que pueda existir episodios sobre el déficit de MT en personas con sobrepeso reviste una mayor preocupación, especialmente teniendo en cuenta que la memoria de trabajo incide en el comportamiento alimentario y el apetito, sobre todo en personas con Alzheimer (Robinson y otros, 2014).

La idea de que el deterioro del rendimiento de la MT y la obesidad pueda afectar la regulación del consumo, se puede observar en los trabajos de Gunstand y Selborn (Selborn y Gunstand, 2012) y Davidson y otros (Davidson y otros, 2010; Davidson, Kanoski, Walls y Jarrad, 2005; Kanoski y Davidson, 2011), donde se proponen modelos “viciosos” entre el deterioro de la inteligencia, asociada a la cognición y la obesidad, que incide directamente en el aprendizaje e impacta a la capacidad de regular el peso (Davidson, Tracy, Schier y Swithers, 2014).

Los presentes hallazgos pueden aplicarse hacia las advertencias y condiciones que tienen los estudiantes para realizar una tarea, considerando que este es el primer estudio que utiliza la Batería TENI para este caso y, como tal, no se han establecido normas para desarrollar la tarea en diferentes contextos. Gracias a la gran cantidad de muestra utilizada para el análisis de resultados, que son generalizables para el contexto escolar en el cual se desenvuelve el colegio, se puede concluir con confianza que el IMC es un predictor de la MT en los estudiantes.

Los estudios futuros deberían establecer el control de los grupos en diferentes contextos de aplicación e incluir el tipo de alimentación consumida por el estudiante, para establecer si estos resultados son generalizables y evaluar las diferencias de forma independiente, controlando, por sobre todo, las variables socioeconómicas y sexo de las personas.

Finalmente, esta investigación se ha concentrado en el impacto del exceso de IMC en la MT de niños, considerando que la obesidad está

asociada con alteraciones en un rango de factores cognitivos de distinta índole. Como elementos para abordar en investigaciones futuras, es necesario considerar rasgos de hipertensión y/o apnea del sueño, teniendo en cuenta que ambos tienen impacto en el rendimiento de pruebas cognitivas.

Referencias

- Alcaraz, M., Ramírez, D., Oalafoz, G. y Reyes, J. (2015). El déficit cognitivo relacionado con el índice de masa corporal elevado. *Vertientes*, 18(1), 33-38.
- Baddeley, A. y Hitch, G. (1974). *Working Memory: In Bower GA. The psychology of learning and cognition*. New York: Academic Press.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4, 829-839.
- Booth, J., Tomporowski, P., Boyle, J., Ness, A., Joinson, C. y Leary, S. (2013). Associations between executive attention and objectively measured physical activity in adolescence: Findings from ALSPAC, a UK cohort. *Ment Health Phys Act*, 6(3), 212-219.
- Bruehl, H., Sweat, V., Tirsi, A., Shah, B. y Convir, A. (2011). Obese adolescents with type 2 diabetes mellitus have hippocampal and frontal lobe volume reductions. *Neuroscience & Medicine*, 2(1), 34-42.
- Burgos, S. (2005). *Análisis de las relaciones entre inteligencia, aptitudes cognitivas, condicion física y gimnasia de alto rendimiento*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Cheke, L., Simons, J. y Clayton, N. (2016). Higher body mass index is associated with episodic memory deficits in young adults. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1-12.
- Conforto, R. y Gershman, L. (1985). Cognitive processing differences between obese and nonobese subjects. *Addictive Behaviors*, 10(1), 83-85.
- Cournot, M., Marquie, J., Ansiau, D., Martinaud, C., Fonds, H., Ferrieres, J. y Ruidavets, J. (2006). Relation between body mass index and cognitive function in healthy middle-aged men and women. *Neurology*, 67(7), 1208-1214. doi:10.1212/01.wnl.0000238082.13860.50
- Davidson, T., Kanoski, S., Chan, K., Clegg, D., Benoit, S. y Jarrad, L. (2010). Hippocampal lesions impair retention of discriminative responding based on energy state cues. *Behavioral Neuroscience*, 124(1), 97-105. doi:2010-01915-020 [pii] 10.1037/a0018402

- Davidson, T., Kanoski, S., Walls, E. y Jarrad, L. (2005). Memory inhibition and energy regulation. *Physiology & Behavior*, 86(5), 731-746. doi:S0031-9384(05)00401-4 [pii] 10.1016/j.physbeh.2005.09.004
- Davidson, T., Tracy, A., Schier, L. y Swithers, S. (2014). A view of obesity as a learning and memory disorder. *Journal of Experimental Psychology: Animal Learning and Cognition*, 40(3), 261-279. doi:10.1037/xan0000029
- Décary, A., Rouleau, I. y Montplaisir, J. (2000). Cognitive deficits associated with sleep apnea syndrome: A proposed neuropsychological test battery. *Sleep: Journal of Sleep Research & Sleep Medicine*, 23(3), 369-381.
- Delgado, M., Uribe, P., Alonso, A. y Díaz R. (2014). TENI: A comprehensive battery for cognitive assesment based on games and technology. *Child Neuropsychology*, 22(3), 276-291. doi:10.1080/09297049.2014.977241
- Diamond, A. y Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333(6045), 959-964.
- Elias, M., Elias, P., Sullivan, L., Wolf, P. y D'Agostino, R. (2003). Lower cognitive function in the presence of obesity and hypertension: The Framingham heart study. *International Journal of Obesity*, 27(2), 260-268. doi:10.1038/sj.ijo.802225802225 [pii]
- Erion, J., Wosiki-Kuhn, M., Dey, A., Hao, S., Davis, C., Pollock, N. y Stranahan, A. (2014). Obesity elicits interleukin 1-mediated deficits in hippocampal synaptic plasticity. *The Journal of Neuroscience*, 34(7), 2618-2631.
- Etchepareborda, M. y Abad-Mas, L. (2005). Memoria de trabajo en los procesos básicos del aprendizaje. *Revista de Neurología*, 40(Supl.), 79-83.
- Goldman-Rakic, M. (1984). The frontal lobe: uncharted provinces of the brain. *Trends in Neuroscience*, 7, 425-429.
- Goldstein, S. y Naglieri, J. (2014). *Handbook of Executive Functioning*. New York: Springer.
- Gunstand, J., Paul, R., Cohen, R., Tate, D. y Gordon, E. (2006). Obesity is associated with memory deficits in young and middle-aged adults. *Eating and Weight Disorders - Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity*, 11(1), e15-e19. doi:1921 [pii]
- Hansen, D., Herrmann, S., Lambourne, K., Lee, J. y Donnelly, J. (2014). Linear/nonlinear relations of activity and fitness with children's academic achievement. *Med Sci Sports Exerc.*, 46(12), 2279-2285.
- Hebben, N., Corkin, S., Eichenbaum, H. y Shedlack, K. (1985). Diminished ability to interpret and report internal states after bilateral medial temporal resection: Case H.M. *Behavioral Neuroscience*, 99(6), 1031-1039.
- Higgs, S., Williamson, A. y Attwood, A. (2008). Recall of recent lunch and its effect on subsequent snack intake. *Physiology & Behavior*, 94(3), 454-462.

- Holloway, C., Cochlin, L., Emmanuel, Y., Murray, A., Codreanu, I., Edwards, L., ...Clarke, K. (2011). A high-fat diet impairs cardiac high-energy phosphate metabolism and cognitive function in healthy human subjects. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 93(4), 748-755.
- IPSUSS (3 de Julio de 2017). *Instituto de Políticas Públicas en Salud*. Obtenido de Chile: primer lugar en obesidad infantil en América Latina y sus consecuencias físicas, psicológicas y en la salud de la sociedad: <http://www.ipsuss.cl/ipsuss/actualidad/obesidad/chile-primer-lugar-en-obesidad-infantil-en-america-latina-y-sus/2016-01-26/171149.html>
- Jagust, W., Harvey, D., Mungas, D. y Haan, M. (2005). Central obesity and the aging brain. *Archives of Neurology*, 62(10), 1545-1548.
- Kanoski, S. y Davidson, T. (2011). Western diet consumption and cognitive impairment: Links to hippocampal dysfunction and obesity. *Physiology & Behavior*, 103(1), 59-68. doi:S0031-9384(10)00450-6 [pii] 10.1016/j.physbeh.2010.12.003
- Kilander, L., Nyman, H., Boberg, M., Hansson, L. y Lithell, H. (1998). Hypertension is related to cognitive impairment a 20-year follow-up of 999 men. *Hypertension*, 31(3), 780-786.
- Kopelman, P. (2000). Obesity as a medical problem. *Nature*, 404(6778), 635-643.
- MINEDUC (2012). *Bases curriculares para la Educación Básica*. Santiago, Chile: Ministerio de Educación, Unidad de Currículum y Evaluación.
- MINEDUC. (2018). *Bases Curriculares de Educación Parvularia*. Santiago: Subsecretaría de Educación Parvularia.
- Mueller, K., Sacher, J., Arelin, K., Holiga, S., Kratzsch, J., Villringer, A. y Schroeter, M. (2012). Overweight and obesity are associated with neuronal injury in the human cerebellum and hippocampus in young adults: A combined MRI, serum marker and gene expression study. *Translational Psychiatry*, 2.
- Nilsson, L. y Nilsson, E. (2009). Overweight and cognition. *Scandinavian journal of psychology*, 50(6), 660-667.
- OMS (12 de septiembre de 2017). *Centro de prensa*. Obtenido de Obesidad y sobrepeso: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>
- Pirrie, A. y Lodewyk, K. (2012). Investigating links between moderate-to-vigorous physical activity and cognitive performance in elementary school students. *Ment Health Phys Act.*, 5(1), 93-98.
- Raji, C., Ho, A., Parikshak, N., Becker, J., Lopez, O., Kuller, L. y Thompson, P. (2010). Brain structure and obesity. *Hum Brain Mapp*, 31(3), 352-364.
- Reloba, S., Chiroso, L. y Reigal, R. (2016). Relación entre actividad física,

- procesos cognitivos y rendimiento académico de escolares: revisión de la literatura actual. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 9(4), 166-172. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ramd.2015.05.008>
- Roberts, Jr. y Pennington, B. F. (1996). An interactive framework for examining prefrontal cognitive processes. *Developmental Neuropsychology*, 12(1), 105-126.
- Robinson, E., Aveyard, P., Daley, A., Jolly, K., Lewis, A., Lycett, D. y Higgs, S. (2014). Eating attentively: A systematic review and meta-analysis of the effect of food intake memory and awareness on eating. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 97(4), 728-742.
- Rozin, P., Dow, S., Moscovitch, M. y Rajaram, S. (1998). What causes humans to begin and end a meal? A role for memory for what has been eaten, as evidenced by a study of multiple meal eating in amnesic patients. *Psychological Science*, 9(5), 392-396.
- Séguin, J. R., Nagin, D., Assaad, J.M. y Tremblay, R. (2004). Cognitive-neuropsychological function in chronic physical aggression and hyperactivity. *Journal of Abnormal Psychology*, 113(4), 603.
- Selborn, K. y Gunstand, J. (2012). Cognitive function and decline in obesity. *Journal of Alzheimers Disease*, 30, 89-95. doi:U21L0511P5381202 [pii] 10.3233/JAD-2011-111073
- Smith, D., Jones, P., Williams, G., Bullmore, E., Robbins, T. y Ersche, K. (2015). Overlapping decline in orbitofrontal gray matter volume related to cocaine use and body mass index. *Addiction Biology*, 20(1), 194-196.
- Syväoja, H., Kantomaa, M., Ahonen, T., Hakonen, H., Kankaanpää, A. y Tammelin, T. (2013). Physical activity, sedentary behavior, and academic performance in Finnish children. *Med Sci Sports Exerc*, 45(11), 2098-2104.
- Tirapu-Ustárroz, J., Muñoz-Céspedes, J. y Pelegrin-Valero, C. (2002). Funciones ejecutivas: necesidad de una integración conceptual. *Neurol*, 347, 673-685.
- Ursache, A., Wedin, W., Tirsi, A. y Convit, A. (2012). Preliminary evidence for obesity and elevations in fasting insulin mediating associations between cortisol awakening response and hippocampal volumes and frontal atrophy. *Psychoneuroendocrinology*, 37(8), 1270-1276.
- Zelazo, P. y Müller, U. (2010). *Executive Function in Typical and Atypical Development* (Second edition ed.). Oxford, UK: Wiley-Blackwell.

Recibido: 17.04.2018. Aceptado: 06.10.2018