

ARTICULO DE REVISIÓN

DOI: <http://dx.doi.org/10.14482/sun.36.2.616.398>

Control postural en niños con sobrepeso y obesidad: una revisión de la literatura

*Postural control in children with overweight and obesity:
A review of literature*

EDUARDO GUZMÁN-MUÑOZ¹, PABLO VALDÉS-BADILLA²,
MARCELO CASTILLO-RETAMAL³

¹ PHD. Escuela de Kinesiología, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás (Chile).

² PHD. Pedagogía en Educación Física, Facultad de Educación, Universidad Autónoma de Chile (Chile).

³ PHD. Departamento de Ciencias de la Actividad Física, Universidad Católica del Maule, Talca (Chile).

Correspondencia: Eduardo Enrique Guzmán Muñoz. Avenida Carlos Shorr 255, Talca (Chile). Teléfono: +56 9 77666128. eguzmanm@santotomas.cl

■ RESUMEN

El sobrepeso y obesidad infantil se han convertido en un problema de salud a nivel mundial. A medida que la incidencia y la gravedad del sobrepeso y la obesidad siguen aumentando en niños y niñas, la determinación de los efectos fisiológicos y consecuencias funcionales se hacen cada vez más importantes. Estas últimas han sido las menos estudiadas, subestimándose su impacto sobre el desempeño motor. El control postural juega un papel importante en el desarrollo motor del niño, ya que es necesario para lograr nuevas posturas en etapas tempranas de la vida y para la adquisición de habilidades motoras más complejas. Esta revisión revela que los niños y niñas con sobrepeso y obesidad presentan un déficit del control postural evidenciado principalmente a partir de evaluaciones estáticas en una plataforma de fuerza y el análisis de la excursión del centro de presión. Entre las causas de la alteración del equilibrio en los niños y niñas con exceso de peso destaca la interacción de factores mecánicos, sensoriales y neuromusculares. Un pobre control postural provocaría un aumento del riesgo de caídas y lesiones, retraso en el desarrollo motor, limitaciones de la movilidad, alteración de la marcha y dificultad para la adquisición de otras habilidades motoras.

Palabras clave: sobrepeso, obesidad, control postural, niños.

■ ABSTRACT

Overweight and childhood obesity have become a global health problem. As the incidence and severity of overweight and obesity in children continue to rise, determining the physiological effects and functional consequences are becoming increasingly important. The latter have been the least studied, underestimating its impact on motor performance. Postural control plays an important role in the motor development of the child, as it is necessary to achieve new postures in the early stages of life and to acquire more complex motor skills. This review reveals that children with overweight and obesity have a deficit of postural control evidenced mainly from static assessments in a force platform and the analysis of the excursion of the center of pressure. Among the causes of impaired balance in overweight children is the interaction of mechanical, sensory and neuromuscular factors. Poor postural control would lead to an increased risk of falls and injuries, delayed motor development, limited mobility, impaired gait, and difficulty in acquiring other motor skills.

Keywords: overweight, obesity, balance, children.

INTRODUCCIÓN

El sobrepeso y obesidad infantil se han convertido en un problema de salud a nivel mundial, alcanzando una prevalencia superior al 10 % (1). En las últimas décadas, países como Estados Unidos, Italia, España y Portugal han reportado aumentos sustanciales del sobrepeso y obesidad infantil, llegando a triplicar su prevalencia (2, 3). En Latinoamérica la situación es similar, donde, por ejemplo, Colombia ha establecido que uno de cada cuatro niños presenta exceso de peso (4).

El sobrepeso y obesidad han sido definidos como una acumulación anormal y excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud, y que se manifiesta por un exceso de peso y volumen corporal (5). Al respecto, el índice de masa corporal (IMC) ha sido aceptado internacionalmente para establecer el estado nutricional, tanto de niños como de la población en general, demostrando con robustez ser un fuerte predictor de mortalidad por enfermedades cardiovasculares (6). Diversas investigaciones han señalado que aproximadamente el 70% de las personas obesas en la infancia se convierten en obesos en la adultez (7), siendo un importante factor de riesgo debido a su frecuente asociación a comorbilidades en ambas etapas de la vida (8).

La obesidad infantil puede afectar el desempeño de muchas actividades funcionales, tales como el equilibrio, la estabilidad y la locomoción (9). Se ha señalado que las personas con aumento de peso corporal disminuyen la eficiencia cuando se realiza un gesto motor en postura bípeda, posiblemente a causa de la restricción del control postural provocada por el exceso de peso (10). Esto aumenta la predisposición a lesiones y el riesgo de caídas debido a las limitaciones en la biomecánica de actividades de la vida diaria (9). En este sentido, se ha demostrado que el peso corporal es un fuerte predictor de la estabilidad postural, y que la pérdida de peso se vincula directamente con una mejora en el control postural (11, 12).

El equilibrio o balance postural corresponde a la capacidad de controlar el centro de gravedad en relación con la base de sustentación, mientras que el control postural ha sido considerado como la habilidad motora compleja que a partir de múltiples procesos sensoriomotores tiene como objetivo lograr un adecuado equilibrio postural tanto en actividades estáticas (estar de pie) como dinámicas (realizando un gesto motor) (13-15). El control postural se desarrolla temprano en la vida siguiendo un patrón específico. En los lactantes, como la actividad del reflejo postural emerge, el enderezamiento y la orientación de la cabeza y el cuerpo en el espacio es posible. Estos reflejos posturales proporcionan al niño en el primer año de vida la capacidad de lograr y mantener varias

posturas, como sentarse y estar de pie independientemente (16). Un niño con desarrollo típico es capaz de mantenerse de pie de forma independiente aproximadamente a la edad de 12 meses (16). Sin embargo, después de alcanzar el hito motor de la postura bípeda independiente, el perfeccionamiento del control postural continúa desarrollándose durante la infancia (17). El control preciso y eficaz de la postura requiere el funcionamiento adecuado y la integración de múltiples sistemas sensoriales y motores. Como tal, las contribuciones, en conjunto, del sistema visual, somatosensorial y vestibular se han identificado como esenciales para mantener el balance postural en las personas (14). El control postural juega un papel importante en el desarrollo del niño, ya que es necesario para lograr nuevas posturas en etapas tempranas de la vida y para la adquisición de habilidades motoras más complejas(16, 17). Cuando el control postural no se desarrolla adecuadamente, el desarrollo motor general se ve comprometido (16). Por lo tanto, es de relevancia identificar los efectos que tiene el aumento de la masa corporal sobre el control postural en la infancia para aplicación temprana de estrategias que ayuden a corregir este déficit y prevengan el deterioro motor del individuo.

METODOLOGÍA

Estrategia de búsqueda

En el periodo de enero a abril de 2018 se realizó una búsqueda exhaustiva de la literatura científica sobre los vínculos existentes entre el control postural y el sobrepeso/obesidad en población infantil. Para buscar y obtener los artículos académicos se utilizaron las siguientes bases de datos: PubMed, Scopus, Scienedirect, SciELO y Ovid. Se usaron combinaciones de las siguientes palabras clave para realizar la búsqueda: términos asociados al control postural (“postural control”, “postural balance”, “balance”, “posture equilibrium”); términos asociados a población infantil (“children”, “child”, “schoolchildren” y “preschool child”) y términos asociados al estado nutricional (“obesity”, “pediatric obesity”, “overweight”, “body mass index”).

Selección de estudios

Los artículos seleccionados se encuentran en español, inglés y portugués. La selección se realizó mediante tres filtros: 1) los artículos encontrados en las bases de datos fueron seleccionados inicialmente por sus títulos, y se descartaron publicaciones que claramente no estaban relacionadas con el objetivo del estudio; 2) a continuación, se leyeron los resúmenes, y se los estudios que es-

taban directamente relacionados con el interés central de este trabajo. Luego se recuperaron los textos completos de los artículos potenciales para pasar por el filtro final; 3) en esta fase se realizó una lectura crítica, análisis y evaluación en cada estudio, para verificar la veracidad metodológica y la calidad. Cada estudio fue evaluado de forma independiente por al menos 2 de los autores. Finalmente, para desarrollar cada componente de este estudio, se incluyeron publicaciones con la mayor relevancia e importancia.

RESULTADOS

La revisión exhaustiva de la literatura obtenida durante la búsqueda de las bases de datos consultadas arrojó un total de 71 artículos potencialmente elegibles, de los cuales se tomó una muestra de 27 en los que los autores respaldaron sus hallazgos con las mejores bases teóricas, además de utilizar una metodología efectiva y tener mayor relevancia científica.

Evaluación del control postural

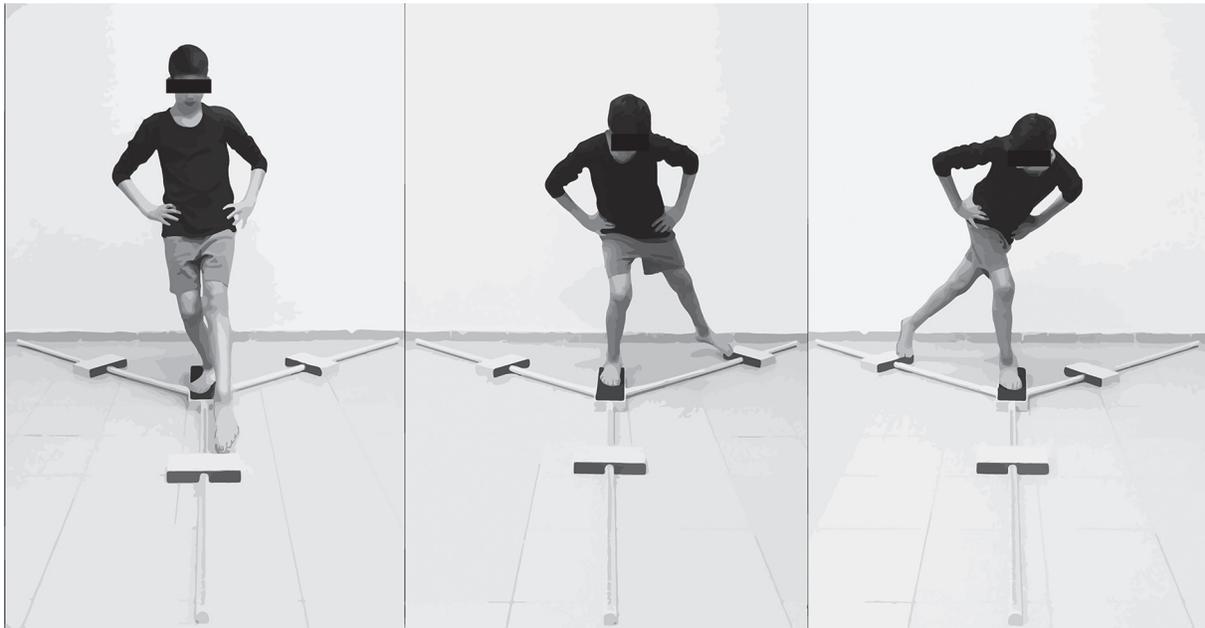
El método universalmente aceptado para cuantificar el control postural estático corresponde al desplazamiento del centro de presión (CP) utilizando una plataforma de fuerza que mide las oscilaciones posturales (18). A partir del CP se pueden obtener variables como área, velocidad y los componentes medio-lateral (ML) y antero-posterior (AP) de su desplazamiento (18). En los últimos años, diversos estudios han utilizado este tipo de evaluación para analizar el control postural en niños y niñas con sobrepeso y obesidad (12, 19-28). La forma de evaluación ha sido con el niño de pie, en una postura erguida, brazos al costado del cuerpo relajados y con los pies con una separación similar al ancho de los hombros (figura 1). Generalmente, la prueba es realizada en las siguientes condiciones de ojos abiertos (12, 19, 20, 23-26, 28), ojos cerrados (12, 19, 20, 24-26, 28), apoyo unipodal (21, 29) y apoyo bipodal (12, 19, 20, 24-26, 28, 30). Algunos estudios han incorporado el uso de una esponja entre la plataforma y los pies del niño en la evaluación con el objetivo de alterar el sistema somatosensorial (20, 25, 31). La evaluación en posición sedente también ha sido utilizada en la evaluación de niños y niñas con aumento de masa corporal (22, 30).



Fuente: Imagen creada por los autores.

Figura 1. Evaluación del control postural en una plataforma de fuerza

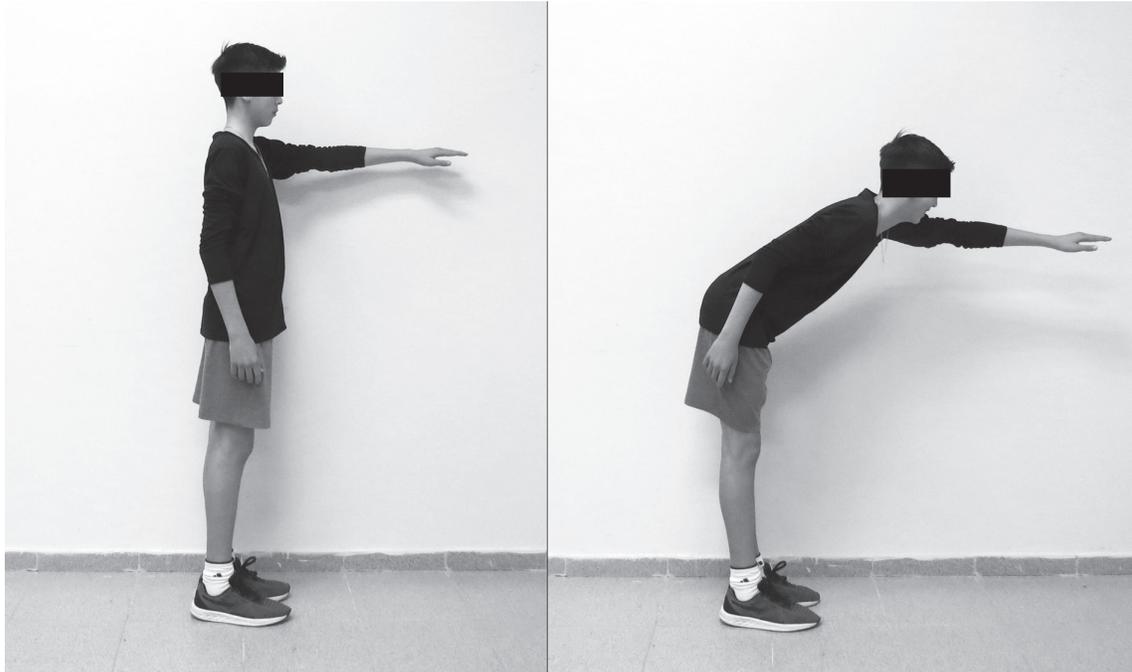
De forma dinámica, uno de los instrumentos utilizados para evaluar el control postural en niños y niñas es el *Star Excursion Balance Test* (SEBT) o su modificación conocida como SEBTm (12, 32). El SEBT consiste en realizar alcances con la extremidad inferior en 8 sentidos: anterior, anterolateral, anteromedial, lateral, medial, posterior, posterolateral y posteromedial, mientras que el SEBTm solo incluye la dirección anterior, posteromedial y posterolateral (33) (figura 2). Para realizar esta prueba se requiere fuerza, flexibilidad y coordinación para mantener el apoyo unipodal mientras se logra un alcance lo más lejos posible con la pierna contralateral (33). La prueba es considerada válida cuando el niño no despegue el pie de apoyo del suelo y puede volver con su extremidad a la posición inicial (33, 34). En escolares de educación primaria se ha reportado una confiabilidad de moderada a buena de estos test (34).



Fuente: Imagen creada por los autores.

Figura 2. Evaluación del SEBTm en la dirección anterior, posteromedial y posterolateral

Otra forma de evaluar el balance dinámico en niños y niñas es a través de la prueba de alcance funcional. El test consiste en estar de pie con los brazos en flexión de 90° , y desde esta posición se le solicita al niño que con una flexión de tronco alcance el mayor desplazamiento posible hacia anterior sin despegar los pies del suelo ni perder el equilibrio (35) (figura 3). Una buena confiabilidad de la prueba de alcance funcional ha sido reportada en niños (36).



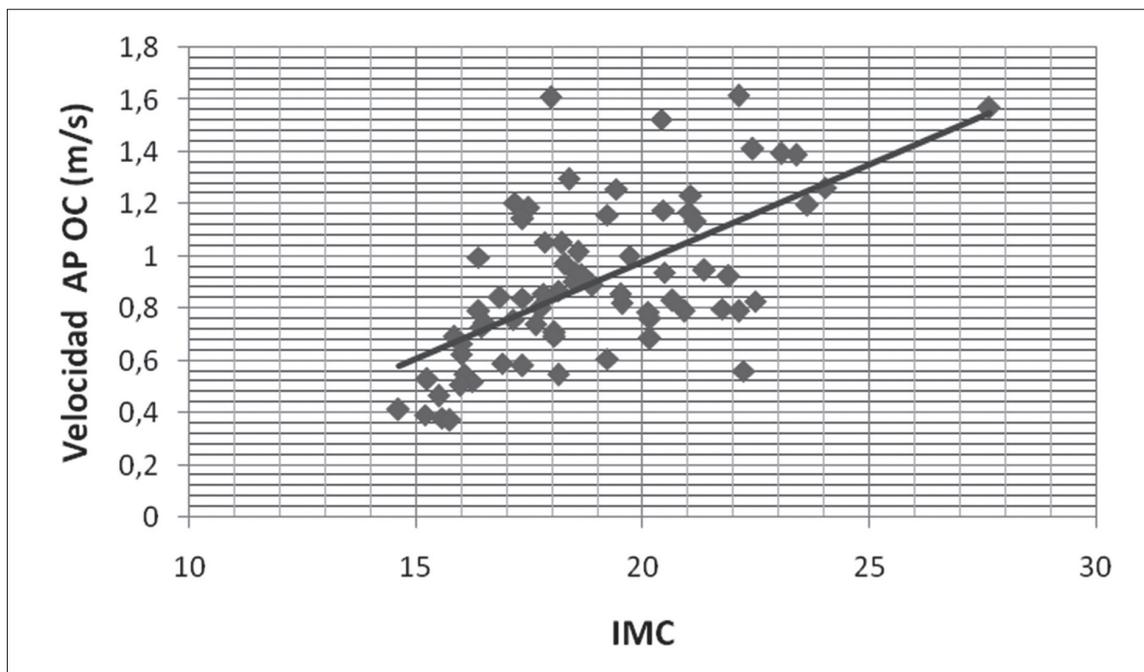
Fuente: Imagen creada por los autores.

Figura 3. Prueba de alcance funcional

Control postural en niños y niñas con sobrepeso y obesidad

La literatura señala que niños y niñas con sobrepeso y obesidad presentan un déficit del control postural en comparación con sus pares normopesos (19, 21-23, 26, 28-30, 32). En posición bípeda y estática, Guzmán-Muñoz et al. (2017) evaluaron 186 escolares chilenos entre 6 y 9 años de edad y obtuvieron como principales resultados que los niños clasificados como sobrepesos y obesos presentaron un peor control postural que los normopesos (28). En este sentido, se ha establecido que existe correlación entre el aumento de las oscilaciones posturales y el aumento del IMC en niños y niñas (12, 19, 37, 38) (figura 4). En apoyo monopodal, a pesar de no existir significancia estadística, también se ha observado un pobre equilibrio postural en los niños y niñas con sobrepeso y obesidad (21, 29). Las investigaciones proponen que los cambios del control postural provocados por el exceso de peso se manifiestan tanto en la dirección anteroposterior (23, 26, 27) como en la mediolateral (22, 23, 26, 27), donde los niños tienen una tendencia a un peor equilibrio que las niñas (19, 23). Se cree que la mayor hiperactividad motora observada en los varones

de este grupo etario sería la causa de un retraso en la maduración del sistema vestibular, lo cual afectaría directamente el desarrollo del equilibrio postural (20). Esto explicaría que el género y la edad sean factores determinantes en el equilibrio postural estático en niños y niñas con sobrepeso y obesidad. En niños y niñas sobrepesos-obesos, la variable del CP que más cambios presenta por el aumento de peso es la velocidad (26-28).



Fuente: Imagen creada por los autores.

Figura 4. Correlación entre la velocidad anteroposterior del centro de presión y el IMC. Se observa que a mayor IMC mayor velocidad anteroposterior, es decir, peor equilibrio postural

También se ha estudiado el control postural durante la ejecución de una tarea motora de extremidad superior en niños y niñas entre 8 y 11 años (30). La prueba consistió en trazar una línea vertical sobre una mesa con la mayor precisión y rapidez posible luego de un estímulo auditivo que indicaba el inicio de la prueba. Se midieron la cinemática de la extremidad superior, la cinemática del puntero con el que se trazaba la línea y el control postural. Los hallazgos mostraron que los

niños y niñas con sobrepeso-obesidad fueron más lentos e imprecisos, lo cual se asociaba a un peor control postural tanto en bípedo como sentado (30). Por lo tanto, estos resultados sugieren que la obesidad infantil no solo provoca una limitación en el control postural, sino que, subyacentemente, también afecta la ejecución de movimientos voluntarios de precisión.

Por otra parte, se ha señalado que los niños y niñas normopesos y con sobrepeso-obesidad van empeorando su equilibrio a medida que los sistemas sensoriales se modifican (20, 25, 29, 31). Las oscilaciones posturales aumentan cuando los niños y niñas cierran los ojos (ausencia input visual) (12, 20, 25, 28) y son sometidos a una alteración del sistema somatosensorial (esponja entre plataforma y pies) (20, 25, 29, 31), siendo la combinación de ambas situaciones la causante de la mayor disminución del control postural (20, 25). Además, se ha logrado advertir una menor sensibilidad cutánea en la planta de los pies en los niños y niñas con un IMC sobre lo normal (20), lo cual podría asociarse a una disminución del control postural debido a un déficit del sistema somatosensorial.

Dinámicamente, existen pocos estudios que revelen cambios del control postural en niños y niñas con sobrepeso y obesidad. Barati et al. (2013) observaron que los niños y niñas normopesos tienen un mejor balance postural que sus pares con sobrepeso-obesidad durante la ejecución del SEBTm en las tres direcciones evaluadas. Sin embargo, solo se encontró significancia estadística en la dirección anterior (32). Recientemente, un estudio reportó que en niños y niñas entre 6 y 9 años, un mayor IMC se relacionaba a un menor alcance en las tres direcciones del SEBTm, lo cual revela el deterioro del control postural en los niños y niñas con exceso de peso (12).

Causas de la alteración del control postural por exceso de peso

En la literatura se encuentran teorías que explican el déficit del balance en niños y niñas con aumento de la masa corporal. Algunos autores señalan que el déficit del control postural podría ser explicado por los cambios biomecánicos del centro de masa (CM) (39). El aumento del peso corporal desplazaría anteriormente el CM, generando mayores oscilaciones y, por lo tanto, una mayor demanda a los mecanismos de control postural. Esta hipótesis se basa en la teoría biomecánica del *péndulo invertido*, que señala que en el plano sagital los individuos en posición bípeda presentan oscilaciones anteroposteriores a partir de una estructura fija que son los pies y una estructura pendular que es la masa corporal (40). Por lo tanto, si la masa del péndulo aumenta, la musculatura deberá generar mayores torques para mantener el balance. Esto provocaría un mayor riesgo de caer cuando están expuestos a perturbaciones (41). La modificación de la ubicación del CM podría estar relacionada

con los cambios antropométricos y de la composición corporal que sufren los individuos con sobrepeso-obesidad. Estudios recientes señalan que mayores valores en talla, longitud del brazo y longitud del pie han sido relacionados con un mejor equilibrio dinámico (42), mientras que el aumento de la grasa corporal, perímetro de cintura, suma de pliegues y componente endomórfico han sido relacionados con la pérdida del control postural tanto estático como dinámico (12, 37, 38).

Otra explicación se basa en los cambios de los sistemas sensoriales que influyen en el control postural. Los niños y niñas con sobrepeso tienen la tendencia a desarrollar pie plano debido a la acumulación de grasa en el área del medio-pie (43). Este cambio en el apoyo plantar modificaría las zonas de soporte de peso del pie y, presuntamente, generaría cambios somatosensoriales a nivel plantar que alterarían el mecanismo de control postural (20, 29, 31, 43). Si bien la relación entre la grasa plantar y la modificación del control postural no es categórica, algunos trabajos han reportado una relación moderada entre la modificación de la sensibilidad plantar y el control postural (20, 44). La alteración propioceptiva provocada por la grasa plantar provocaría un inadecuado procesamiento de la información a nivel cortical y desencadenaría respuestas musculares ineficientes que se traducirían en un déficit de los mecanismos de control postural.

Se plantea también que la deficiencia del control postural en niños y niñas con exceso de peso se debe a una disminución del control neuromuscular. Estudios plantean que el pobre equilibrio observado en niños y niñas sobrepesos-obesos es debido a la disminución porcentual de la masa muscular en relación con su peso corporal (45), lo cual provocaría una mayor demanda al sistema muscular para controlar y mover segmentos corporales más pesados, lo que afectaría directamente el desempeño motor. Blakemore et al. (2013) compararon la actividad electromiográfica de escolares obesos y no obesos durante la marcha (46). En los niños y niñas con exceso de masa corporal se reportó un aumento de la actividad de los músculos vasto lateral y tibial anterior durante la fase oscilante y una actividad de mayor duración del gastrocnemios durante la fase portante (46). Estos resultados revelan una ineficacia neuromuscular provocada por el exceso de masa corporal que podrían explicar el déficit del control postural en niños y niñas con sobrepeso y obesidad. Se postula que la infiltración de grasa intramuscular provoca un desequilibrio electroquímico en fibra muscular por un aumento de citocinas proinflamatorias, lo cual provocaría una disminución en la velocidad de conducción de los potenciales de acción (47). Esto generaría una modificación en el orden de reclutamiento muscular (48), que afectaría negativamente el rendimiento de los ajustes posturales anticipatorios y compensatorios que participan en el control de las oscilaciones posturales.

Probablemente, la combinación de los factores mecánicos, sensoriales y neuromusculares expliquen los cambios del control postural provocados por el exceso de peso corporal en los niños y niñas (26).

Consecuencias funcionales

El control postural comienza a desarrollarse en etapas tempranas de la vida. En los lactantes, una vez que aparece la actividad del reflejo postural es posible el logro del enderezamiento y la orientación de la cabeza y el cuerpo en el espacio. Estos reflejos posturales proporcionan al niño la capacidad de lograr y mantener varias posturas, como sentarse y estar de pie independientemente (16). El perfeccionamiento del control postural continúa desarrollándose durante toda la infancia y adolescencia. Sin embargo, se ha señalado que el sobrepeso y obesidad infantil afectan negativamente la adquisición de patrones básicos del movimiento como el equilibrio, lo cual podría desencadenar un retraso en el desarrollo psicomotor (49).

El control postural en los niños y niñas es un componente esencial en las actividades de la vida diaria y en el desarrollo de habilidades motoras (13-15). Se ha reportado que niños y niñas con sobrepeso-obesidad con alteraciones del equilibrio caminan con una base de sustentación más amplia y aumentan el tiempo que pasan en contacto con el suelo, disminuyendo la longitud del paso y aumentando el tiempo de la fase de doble apoyo (46, 50, 51). Esto con el objetivo de mejorar la estabilidad durante la marcha.

Además, la habilidad de controlar el balance estático y dinámico es importante y necesario para la práctica de actividad física y deportes. Particularmente, en niños y niñas con exceso de peso se especula que un pobre control postural dificulta la movilidad del individuo y el desarrollo de tareas motoras de coordinación, que repercute en la capacidad de realizar actividad física vigorosa (52, 53). Por lo tanto, bajos niveles de actividad física durante la infancia combinados con exceso de peso contribuyen a una deficiente funcionalidad y condición física, que reducen la confianza en las habilidades motoras de dichos niños y niñas para participar en el deporte y la actividad física (54). En contraste, la mejora de las habilidades motoras tiene el potencial de mejorar la motivación de los niños y niñas para participar en la actividad debido a una mejor autoestima y mayor diversión, lo cual podría ayudar a romper el círculo vicioso de la obesidad (54). También se ha reconocido que el aumento de peso aumenta el riesgo de caídas y la predisposición a lesiones, lo que repercute en las actividades de la vida diaria y en la participación social (9).

CONCLUSIONES

Los niños y niñas con sobrepeso y obesidad presentan un déficit del control postural, evidenciado principalmente a partir de evaluaciones estáticas en una plataforma de fuerza y el análisis de la excursión del centro de presión. Entre las causas de la alteración del equilibrio en los niños y niñas con exceso de peso destaca la interacción de factores mecánicos, sensoriales y neuromusculares. Un pobre control postural provocaría un aumento del riesgo de caídas y lesiones, retraso en el desarrollo motor, limitaciones de la movilidad, alteración de la marcha y dificultad para la adquisición de otras habilidades motoras. Por lo tanto, la prevención de la obesidad en edades tempranas resulta fundamental para evitar consecuencias funcionales que puedan comprometer el desarrollo del niño y afectar su desempeño motor en otras etapas de la vida (adolescencia y adultez). A partir de lo revisado se sugiere la evaluación de habilidades motoras, como el balance postural, tanto en la primera infancia como en población escolar y adolescentes, debido a que la detección e intervención oportuna de las deficiencias motoras podrían influir en la motivación hacia la práctica regular de actividad física, ayudando a combatir la obesidad infantil.

Para futuras investigaciones se recomienda analizar el control postural en situaciones dinámicas y complementar con otras evaluaciones, como las medidas antropométricas, composición corporal, nivel de actividad física, entre otras.

Conflicto de intereses: Ninguno.

REFERENCIAS

1. Aschemeier B, Kordonouri O, Danne T, Lange K. Paediatric obesity and type 2 diabetes: strategies for prevention and treatment. *Practical Diabetes International*. 2008;25(9):368-75. Doi: <https://doi.org/10.1002/pdi.1312>
2. Spinelli A, Buoncristiano M, Kovacs VA et al. Prevalence of Severe Obesity among Primary School Children in 21 European Countries. *Obes Facts*. 2019;12(2):244-258. Doi: <http://dx.doi.org/10.1159/000500436>
3. Skinner AC, Perrin EM, Skelton JA. Prevalence of obesity and severe obesity in US children, 1999-2014. *Obesity*. 2016;24(5):1116-1123. Doi: <http://dx.doi.org/10.1002/oby.21497>

4. Sierra D, Miguel Á, Yusungaira M, Marulanda L, Tovar L, Gutiérrez G. Indicadores de protección de la salud en la infancia: Bajo peso, sobrepeso y obesidad en niñas y niños de las escuelas públicas de la ciudad de Neiva-Colombia. *REIB*. 2019;12(1):182-201.
5. World Health Organization. Obesity and overweight [Internet]. WHO. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>
6. Ortega FB, Sui XM, Lavie CJ, Blair SN. Body Mass Index, the Most Widely Used But Also Widely Criticized Index: Would a Criterion Standard Measure of Total Body Fat Be a Better Predictor of Cardiovascular Disease Mortality? *Mayo Clin Proc*. 2016;91(4):443-55. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2016.01.008>
7. Dehghan M, Akhtar-Danesh N, Merchant AT. Childhood obesity, prevalence and prevention. *Nutr J*. 2005;4:24. Doi: <https://doi.org/10.1186/1475-2891-4-24>
8. Rajmil L, Bel J, Clofent R, Cabezas C, Castell C, Espallargues M, editors. Clinical interventions in overweight and obesity: a systematic literature review 2009-2014. *An Pediatr (Barc)*. 2017;86(4):197-212. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anpede.2016.03.013>
9. King AC, Challis JH, Bartok C, Costigan FA, Newell KM. Obesity, mechanical and strength relationships to postural control in adolescence. *Gait Posture*. 2012;35(2):261-5. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.09.017>
10. Guzmán-Muñoz E, Sazo-Rodríguez S, Concha-Cisternas Y et al. Four Weeks of Neuromuscular Training Improve Static and Dynamic Postural Control in Overweight and Obese Children: A Randomized Controlled Trial. *J Mot Behav*. 2019;1-9. Doi: <http://dx.doi.org/10.1080/00222895.2019.1694486>
11. Hue O, Simoneau M, Marcotte J, Berrigan F, Dore J, Marceau P et al. Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait Posture*. 2007;26(1):32-8. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.07.005>
12. Guzman-Munoz E, Valdes-Badilla P, Mendez-Rebolledo G, Fabiola Concha-Cisternas Y, Eduardo Castillo-Retamal M. Relationship between anthropometry and balance of postural control in children 6-9 years old. *Nutricion Hospitalaria*. 2019;36(1):32-8. Doi: <https://doi.org/10.20960/nh.02072>
13. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing*. 2006;35:7-11. Doi: <https://doi.org/10.1093/ageing/afl077>
14. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: translating research into clinical practice. Lippincott Williams & Wilkins; 2007.

15. Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. What is balance? *Clin Rehabil.* 2000;14(4):402-6. Doi: <https://doi.org/10.1191%2F0269215500cr342oa>
16. Tecklin JS. *Pediatric physical therapy*: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
17. Verbecque E, Vereeck L, Hallemans A. Postural sway in children: A literature review. *Gait Posture.* 2016;49:402-10. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.08.003>
18. Duarte M, Freitas SMSF. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14(3):183-92. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552010000300003>
19. Guzmán-Muñoz E, Valdes-Badilla P, Concha-Cisternas Y, Mendez-Rebolledo G, Sazo-Rodriguez S. Influencia del estado nutricional sobre el equilibrio postural en niños: un estudio piloto. *Rev Esp Nutr Hum Diet.* 2017;21(1):49-54. Doi: <http://dx.doi.org/10.14306/renhyd.21.1.297>
20. D'Hondt E, Deforche B, De Bourdeaudhuij I, Gentier I, Tanghe A, Shultz S et al. Postural balance under normal and altered sensory conditions in normal-weight and overweight children. *Clin Biomech.* 2011;26(1):84-9. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2010.08.007>
21. Nieto ML, Alegre LM, Laín SA, Vicén JA, Casado LM, Jódar XA. ¿Afecta el sobrepeso a la huella plantar y al equilibrio de niños en edad escolar? *Apunts Med. Esport.* 2010;45(165):9-16. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2009.02.002>
22. Dinkel D, Snyder K, Molfese V, Kyvelidou A. Postural control strategies differ in normal weight and overweight infants. *Gait Posture.* 2017;55:167-71. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.04.017>
23. Neves JCD, Souza AKV, Fujisawa DS. Postural control and physical activity in eutrophic, overweight and obese children. *Rev Bras Med Esporte.* 2017;23(3):241-5. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1517-869220172303157674>
24. Steinberg N, Nemet D, Kohen-Raz R, Zeev A, Pantanowitz M, Eliakim A. Posturography characteristics of obese children with and without associated disorders. *Percept Mot Skills.* 2013;116(2):564-80. Doi: <https://doi.org/10.2466/25.10.26.PMS.116.2.564-580>
25. Martino SA, Lamberg EM, McKenna R, Sniffen J. Postural balance, sensation, flexibility and strength in overweight and healthy weight children: pilot cohort study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014;95(10):e102-e3. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.07.347>

26. Villarrasa-Sapina I, García-Masso X, Serra-Ano P, García-Lucerga C, González LM, Lurbe E. Differences in intermittent postural control between normal-weight and obese children. *Gait Posture*. 2016;49:1-6. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.06.012>
27. McGraw B, McClenaghan BA, Williams HG, Dickerson J, Ward DS. Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000;81(4):484-9. Doi: <https://doi.org/10.1053/mr.2000.3782>
28. Guzmán-Muñoz E, Sazo-Rodríguez S, Valdés-Badilla P, Méndez-Rebolledo G, Concha-Cisternas Y, Castillo-Retamal M. Valoración del control postural en niños con sobrepeso y obesidad. *Nutr. clín. diet. hosp*. 2017;37(3):83-8. Doi: <http://doi.org/10.12873/373guzman>
29. Deforche BI, Hills AP, Worringham CJ, Davies PSW, Murphy AJ, Bouckaert JJ et al. Balance and postural skills in normal-weight and overweight prepubertal boys. *Int J Pediatr Obes*. 2009;4(3):175-82. Doi: <http://doi.org/10.1080/17477160802468470>
30. Boucher F, Handrigan GA, Mackrous I, Hue O. Childhood obesity affects postural control and aiming performance during an upper limb movement. *Gait Posture*. 2015;42(2):116-21. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.04.016>
31. D'Hondt E, Deforche B, De Bourdeaudhuij I, Lenoir M. Childhood obesity affects fine motor skill performance under different postural constraints. *Neurosci. Lett*. 2008;440(1):72-5. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2008.05.056>
32. Barati AH, Bagheri A, Azimi R, Darchini MA, Nik HN. Comparison balance and footprint parameters in normal and overweight children. *Int J Prev Med*. 2013;4(Suppl 1):S92.
33. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. *J Athl Train*. 2012;47(3):339-57. Doi: <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.3.08>
34. Calatayud J, Borreani S, Colado JC, Martin F, Flandez J. Test-Retest Reliability of the Star Excursion Balance Test in Primary School Children. *Phys Sportsmed*. 2014;42(4):120-4. Doi: <https://doi.org/10.3810/psm.2014.11.2098>
35. Yuksel E, Ozcan Kahraman B, Nalbant A, Kocak UZ, Unver B. Functional Reach and Lateral Reach Tests in Turkish Children. *Phys Occup Ther Pediatr*. 2017;37(4):389-398. Doi: <https://doi.org/10.1080/01942638.2016.1205164>

36. Donahoe B, Turner D, Worrell T. The Use of Functional Reach as a Measurement of Balance in Boys and Girls Without Disabilities Ages 5 to 15 Years. *Pediatr Phys Ther.* 1994;6(4):189-93.
37. Gouladins JB, Rigoli D, Piek JP, Kane R, Palacio SG, Casella EB et al. The relationship between motor skills, ADHD symptoms, and childhood body weight. *Res Dev Disabil.* 2016;55:279-86. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2016.05.005>
38. Guzmán-Muñoz E. Correlación entre el índice de masa corporal y el control postural en escolares chilenos. 2016;33(suppl 5):46.
39. Blaszczyk JW, Cieslinska-Swider J, Plewa M, Zahorska-Markiewicz B, Markiewicz A. Effects of excessive body weight on postural control. *J Biomech.* 2009;42(9):1295-300. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2009.03.006>
40. Michimoto K, Suzuki Y, Kiyono K, Kobayashi Y, Morasso P, Nomura T. Reinforcement learning for stabilizing an inverted pendulum naturally leads to intermittent feedback control as in human quiet standing. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2016;2016:37-40. Doi: <https://doi.org/10.1109/EMBC.2016.7590634>
41. Simoneau M, Teasdale N. Balance control impairment in obese individuals is caused by larger balance motor commands variability. *Gait Posture.* 2015;41(1):203-8. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.10.008>
42. Butz SM, Sweeney JK, Roberts PL, Rauh MJ. Relationships Among Age, Gender, Anthropometric Characteristics, and Dynamic Balance in Children 5 to 12 Years Old. *Pediatr Phys Ther.* 2015;27(2):126-33. Doi: <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000128>
43. Riddiford-Harland DL, Steele JR, Storlien LH. Does obesity influence foot structure in prepubescent children? *Int J Obes.* 2000;24(5):541-4.
44. Wu X, Madigan ML. Impaired plantar sensitivity among the obese is associated with increased postural sway. *Neurosci Lett.* 2014;583:49-54. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2014.09.029>
45. Goulding A, Jones IE, Taylor RW, Piggot JM, Taylor D. Dynamic and static tests of balance and postural sway in boys: effects of previous wrist bone fractures and high adiposity. *Gait Posture.* 2003;17(2):136-41. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(02\)00161-3](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(02)00161-3)
46. Blakemore VJ, Fink PW, Lark SD, Shultz SP. Mass affects lower extremity muscle activity patterns in children's gait. *Gait Posture.* 2013;38(4):609-13. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.02.002>

47. Pajoutan M, Sangachin MG, Cavuoto LA. Central and peripheral fatigue development in the shoulder muscle with obesity during an isometric endurance task. *Bmc Musculoskeletal Disorders*. 2017;18. Doi: <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1676-0>
48. Méndez-Rebolledo G, Guzmán-Muñoz E, Ramírez-Campillo R, Valdés-Badilla P, Cruz-Montecinos C, Morales-Verdugo J et al. Influence of adiposity and fatigue on the scapular muscle recruitment order. *Peerj*. 2019;7:e7175. Doi: <https://doi.org/10.7717/peerj.7175>
49. Cigarroa I, Sarqui C, Zapata-Lamana R. Efectos del sedentarismo y obesidad en el desarrollo psicomotor en niños y niñas: Una revisión de la actualidad latinoamericana. *Rev Univ. Salud*. 2016;18(1):156-69.
50. McMillan AG, Pulver AME, Collier DN, Williams DSB. Sagittal and frontal plane joint mechanics throughout the stance phase of walking in adolescents who are obese. *Gait Posture*. 2010;32(2):263-8. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.05.008>
51. Nantel J, Brochu M, Prince F. Locomotor strategies in obese and non-obese children. *Obesity*. 2006;14(10):1789-94. Doi: <https://doi.org/10.1038/oby.2006.206>
52. Wilson PB, Haegele JA, Zhu X. Mobility Status as a Predictor of Obesity, Physical Activity, and Screen Time Use among Children Aged 5-11 Years in the United States. *J Pediatr*. 2016;176:23-29.e1. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.06.016>
53. Keane E, Li X, Harrington JM, Fitzgerald AP, Perry IJ, Kearney PM. Physical Activity, Sedentary Behavior and the Risk of Overweight and Obesity in School-Aged Children. *Pediatr Exerc Sci*. 2017;29(3):408-418. Doi: <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0234>
54. Loprinzi PD, Davis RE, Fu Y-C. Early motor skill competence as a mediator of child and adult physical activity. *Prev med rep*. 2015;2:833-8. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2015.09.015>