




Desarrollo de ecuaciones y software para la estimación de peso en niños y niñas con parálisis cerebral

MARIA DE LAS MERCEDES RUIZ BRUNNER^{1,2}  | MARIA ELISABETH CIERI^{1,2}  | CHARLENE BUTLER³ | EDUARDO CUESTAS^{1,2,4} 

1 Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Córdoba, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (INICSA-UNC-CONICET), Córdoba; **2** Instituto de Investigaciones Clínicas y Epidemiológicas (INICyE), Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. **3** American Academy for Cerebral Palsy and Developmental Medicine, Milwaukee, Wisconsin, USA. **4** Catedra de Pediatría, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

Correspondencia a María de las Mercedes Ruiz Brünner, INICSA-UNC-CONICET (Box 12), Blvd de la Reforma esq. Enfermera Gordillo, Pabellón de Biología Celular. Ciudad Universitaria, CP 5016, Córdoba Capital, Argentina. E-mail: mercedesruizb@fcm.unc.edu.ar

PUBLICATION DATA

Published online

ABBREVIATIONS

IMC/E	Índice de masa corporal para la edad
CMB	Circunferencia media de brazo

OBJETIVO Desarrollar ecuaciones y software para estimar peso usando medidas de segmentos corporales en niños con parálisis cerebral (PC).

MÉTODO Este fue un estudio transversal. Se incluyeron niños y adolescentes con PC de ambos sexos de 2 a 19 años de cinco ciudades de Argentina. Se recolectó el peso, la circunferencia media del brazo (CMB) y covariables clínicas. Se desarrollaron modelos de regresión lineal con el peso como variable dependiente y las medidas de los segmentos corporales como predictores, y se compararon para R^2 , R^2 ajustado y la raíz cuadrada media del error.

RESULTADOS En total, se incluyeron 381 niños y adolescentes con diagnóstico confirmado de PC (edad media 10 años y 5 meses [DE 4 años 9 meses], rango de 2 a 19 años; 231 hombres, 150 mujeres). La función motora gruesa basada en el Sistema de clasificación de función motora gruesa (GMFCS) fue la siguiente: nivel I, 59; II, 55; III, 59; IV, 69; V, 139. Se analizó la interacción entre el peso y otras variables como CMB, sexo, GMFCS y edad. El coeficiente de correlación de concordancia entre el peso estimado y el observado fue de 0,94 (IC 95%: 0,93–0,95). A partir de los resultados de las ecuaciones, se desarrolló una herramienta de software gratuita, denominada Calculador de Peso PC.

INTERPRETACIÓN El peso de los niños con parálisis cerebral se puede predecir utilizando CMB, GMFCS y edad. Calculador de Peso PC se puede utilizar en la práctica clínica cuando no se puede obtener el peso directo.

Los niños con parálisis cerebral (PC) tienden a presentar un peso más bajo y una altura más baja que los niños con desarrollo típico. En los países de ingresos bajos y medianos, la desnutrición tiende a afectar a más de la mitad de los niños con parálisis cerebral.^{1–6} Por otro lado, los niños con PC en países de altos ingresos tienden a alcanzar un estado nutricional normal, y se puede observar un aumento de la prevalencia de sobrepeso y la obesidad.^{7–9} Una nutrición adecuada es fundamental para que estos niños mantengan la función adecuada de sus sistemas inmunológico, nervioso, respiratorio, miocárdico, musculoesquelético y cognitivo, así como para sobrellevar enfermedades.^{10–12} La malnutrición genera un aumento de las necesidades de atención de la salud y reduce la participación del niño en las actividades educativas y sociales.^{13,14}

La valoración antropométrica en los niños refleja su salud general y se utiliza para evaluar el estado nutricional, y para esto, el peso resulta una medida esencial para evaluar el crecimiento. En los niños mayores de 2 años con

PC, la obtención del peso mediante medición directa se vuelve más difícil por su desequilibrio y su compromiso motor, ya que les cuesta mantenerse quietos en una balanza convencional. Esta dificultad aumenta en los países de ingresos bajos y medios donde las básculas adaptadas para sillas de ruedas, o incluso básculas convencionales, no están disponibles, por lo que no se puede registrar el peso.^{15,16}

La circunferencia media del brazo (CMB) es una medida de un segmento corporal que ha demostrado evaluar indirectamente el crecimiento y los cambios en la ingesta calórica y proteica.^{17,18} La medición de CMB utiliza el área de grasa, huesos y músculos del brazo como una medida indirecta para evaluar el peso corporal.^{19,20} La Organización Mundial de la Salud recomienda el uso de CMB como una medida que, junto con el peso para la edad, puede ser un criterio de diagnóstico para la desnutrición aguda severa en niños con desarrollo típico,²¹ sin embargo no se ha estudiado esta medida segmentaria para estimar el peso en niños con PC.

En un artículo anterior, desarrollamos ecuaciones para estimar el peso en niños argentinos con un desarrollo típico.²² En este estudio se observó que la CMB fue la mejor medida de segmento corporal para estimar el peso combinado con variables como la edad y el sexo.²² En nuestro conocimiento, no existen ecuaciones disponibles para estimar el peso en niños con PC. El objetivo de este estudio, por tanto, es desarrollar una ecuación para estimar el peso utilizando medidas de segmentos corporales en niños con PC de 2 a 19 años, y luego crear una herramienta de software que ayude a utilizar la ecuación en la práctica clínica.

MÉTODO

Se utilizó un diseño de estudio transversal para recopilar datos sobre peso y estatura, así como CMB. El protocolo del estudio se registró en ClinicalTrials.gov (NCT03303755). Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de todos los participantes y de sus padres o tutores legales. El Consejo de Evaluación Ética de la Investigación en Salud (COEIS) de la provincia de Córdoba aprobó el proyecto (número REPIS 3262/3236).

Los participantes fueron niños con diagnóstico confirmado de PC, de 2 a 19 años. Se excluyeron aquellos con síndromes genéticos o metabólicos que podrían afectar o haber afectado el crecimiento (por ejemplo, síndrome de Down, síndrome de Angelman, anomalía cromosómica, etc.). Participaron del estudio niños de 17 centros de rehabilitación y educación terapéutica especializados en rehabilitación motora de cinco ciudades de Argentina (Córdoba, Buenos Aires, Jujuy, Santiago del Estero y Catamarca). De los 433 niños potenciales, 381 aceptaron participar y estuvieron disponibles para las fechas de recolección de datos.

Medidas antropométricas

El peso se obtuvo en kilogramos con precisión de 100g utilizando una balanza apta para silla de ruedas (BIOTECNICA Argentina, con capacidad hasta 300kg y precisión de 50g) o una balanza digital (TANITA modelo 585 FITSCAN, con capacidad hasta 150kg y precisión de 100g), según las habilidades del niño. La CMB se midió en el punto medio entre el acromion y el olécranon usando una cinta métrica flexible e inelástica SECA (en centímetros y milímetros) midiendo el lado menos afectado del cuerpo.²³ Durante la medición, el niño estaba de pie con el brazo doblado 90° en el codo, la palma derecha hacia arriba y el brazo desnudo. Sobre la base de los resultados de nuestro estudio anterior con niños con desarrollo típico,²² se estableció que la CMB es confiable y fácil de medir en la práctica clínica, ya que el equipo de medición requerido es accesible en la mayoría de los países y se ha demostrado que es una medida relacionada con la desnutrición.²¹ Por tanto, en este estudio, la CMB fue el único segmento corporal estudiado relacionada con el peso.

Para los niños que podían pararse, la altura o la longitud se midió en centímetros al milímetro más cercano con un estadiómetro portátil (SECA modelo 213). Cuando no se

Lo que agrega este artículo

- Se pueden utilizar ecuaciones para estimar el peso en niños con parálisis cerebral a través de segmentos corporales.
- El peso se puede estimar considerando la edad y la función motora gruesa.
- La diferencia promedio entre los pesos estimados y observados fue de 119g.

pudo obtener la altura directa, se estimó utilizando las ecuaciones publicadas para niños con PC utilizando la altura de la rodilla.²⁴ Todos los asistentes de investigación fueron capacitados en el método de medición de acuerdo con estándares internacionales.²⁵ Los profesionales de la salud tomaron dos medidas y se utilizó la medida promedio para el análisis. En caso de observarse una diferencia mayor de 0,5cm para la altura o 2mm para la CMB, se repetía la medición.

El estado nutricional se definió en función del peso para la edad, la talla para la edad y el índice de masa corporal para la edad (IMC/E) según el sexo. Las mediciones se convirtieron en puntuaciones z sobre la base de las tablas de crecimiento de la Organización Mundial de la Salud²⁶ utilizando el software WHO Anthro Plus versión 1.0.4 (OMS, Ginebra, Suiza). Los puntos de corte para evaluar el estado antropométrico nutricional se definieron de la siguiente manera. Se consideró normal el peso para la edad e IMC/E con puntuaciones z entre -1,99 y 1,99, y una talla para la edad superior a -2,0. La desnutrición moderada se estableció cuando las puntuaciones z del peso para la edad, la talla para la edad o el IMC/E estaban entre -2 y -2,99, mientras que la desnutrición severa se consideró cuando las puntuaciones z del peso para la edad, la talla para la edad o el IMC/E fueron menores que -3. El sobrepeso se definió cuando las puntuaciones z de IMC/E estaban entre 2 y 3, y la obesidad cuando las puntuaciones z de IMC/E eran superiores a 3.

Características clínicas y demográficas

El Sistema de Clasificación de la Función Motora Gruesa (GMFCS) describe cinco niveles de función motora en niños con PC de acuerdo con las directrices internacionales.²⁷ Los niveles de GMFCS fueron clasificados por médicos y fisioterapeutas de acuerdo con la definición ampliada y revisada durante las evaluaciones físicas y los procesos de rehabilitación.

La edad, el sexo y otras características se obtuvieron de las historias clínicas. Estos datos incluyeron información sobre el tipo de PC, la vía de alimentación y resultados nutricionales de la desnutrición.

Análisis estadístico

Los datos discretos se informaron en frecuencias absolutas y relativas (porcentaje) con un intervalo de confianza (IC) del 95% y los datos continuos como media (DE) o mediana y rango intercuartílico. Para identificar la relación entre el peso y el segmento corporal CMB, se utilizó la correlación de Pearson en variables de distribución normal y la correlación de Spearman en el caso de no normalidad, y se calculó la determinación de R^2 . Se realizaron modelos

de regresión lineal para desarrollar las ecuaciones, calculando R^2 , R^2 ajustado y la raíz cuadrada media del error. Un valor de p menor que 0,05 fue predefinido como estadísticamente significativo para una prueba de dos colas.

Para analizar el grado de concordancia entre los pesos observados y estimados, se realizaron diagramas de Bland-Altman con un límite de concordancia del 95%,²⁸ y se calcularon coeficientes de concordancia de correlación con su IC95%. La diferencia promedio (d) entre los pesos estimados y observados se calculó con IC 95%.²⁹ Para el análisis se utilizó STATA 13.0 (Stata Corp LP, College Station, TX, EE. UU.). El software fue desarrollado utilizando JAVA por el equipo de investigación del Instituto de Investigaciones Clínicas y Epidemiológicas (INICyE), Universidad Nacional de Córdoba (Córdoba, Argentina).

RESULTADOS

De la muestra de 381 niños y adolescentes, 231 (60,6%) eran hombres y 150 (39,4%) eran mujeres. La edad media fue de 10 años 5 meses (DE 4 y 9 meses). Las características de los niños con parálisis cerebral se pueden ver en la Tabla S1 (información complementaria en línea).

Ni el peso ni el CMB presentaron una distribución normal, por lo que se analizaron mediante la correlación de Spearman. CMB mostró una correlación de Spearman con el peso de $\rho=0,87$ (0,83–0,90) ($R^2=0,81$) en los hombres, y de $\rho=0,88$ (0,83–0,91) ($R^2=0,79$) en las mujeres, ambos con una significación de $p<0,001$. Los diagramas de dispersión por sexo se muestran en la Figura S1 (información complementaria en línea).

Se compararon las diferencias de peso para cada grupo de edad de los niños con PC entre varones versus mujeres, y según los niveles de GMFCS I a III versus niveles IV y V. No se observaron diferencias estadísticamente significativas en el peso según el sexo y entre la medida de la CMB de varones y mujeres: 28,6kg (15,7) frente a 28,2kg (14,1), $p=0,775$ y 19,7cm (4,7) frente a 19,9cm (4,6), $p=0,524$ respectivamente. Por otro lado, hubo diferencias estadísticamente significativas en peso y CMB según el nivel I a III del GMFCS versus IV y V: 31,9kg (15,7) versus 25,6kg (13,9), $p<0,001$ y 20,8cm (4,2) versus 19,0cm (4,8), $p<0,001$.

Para estimar el peso, se analizó CMB con diferentes covariables para ver cuál daba el mejor ajuste al valor predicho (Tabla 1). Se observó que la edad y el nivel de GMFCS son variables que ajustan mejor los resultados de la ecuación para predecir el peso. La ecuación para estimar el peso en niños con PC se presenta en la Tabla 2, y las constantes y coeficientes del modelo final de regresión lineal múltiple se presentan en la Tabla S2 (información complementaria en línea). La distribución de los residuos se verificó en ambos modelos (niveles I-III y IV-V de GMFCS) con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, resultando en $d=0,08$, $p=0,225$, y $d=0,09$, $p=0,085$ respectivamente. Los modelos se validaron mediante bootstrapping. Si se comparan los valores estimados por bootstrapping con los devueltos por las funciones de los modelos, se observa una diferencia muy pequeña (Tabla S2). La correlación de concordancia confiable entre el peso estimado y observado fue de 0,94 (IC95%: 0,93 a 0,95). La diferencia media (d) entre los pesos estimados y observados en todos los niños con PC fue de 119g (IC del 95%: -196 a 220), $p=0,911$. Un análisis de acuerdo con GMFCS mostró que la diferencia promedio entre los pesos estimados y observados para los niveles I a III de GMFCS ($n=173$) fue de 250g (95% CI 70–430), $p=0,879$, y la diferencia promedio entre los pesos estimados y observados para los niveles IV y V de GMFCS ($n=208$) fue -20g (IC del 95%: -37 a 3), $p=0,994$.

El gráfico de Bland-Altman muestra que los valores de peso estimados predicen los valores de peso observados con una precisión razonable (Figura 1). A nivel clínico individual, el 81,9% de los niños incluidos en el estudio tenían un peso estimado con una diferencia de 0 a 5kg con su peso real, el 10,5% un peso estimado con una diferencia de 6 a 9,9kg con su peso real y el 7,6% presentó una diferencia de más de 10kg en comparación con su peso real. No se encontraron diferencias de estos valores entre los niveles de GMFCS (Tabla S3, información complementaria en línea).

Cuando se analizaron las medias y los IC del 95% del peso estimado y los valores de peso observados por grupo de edad, no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las edades de 2 a 19 años, como se muestra en la Figura 2.

Tabla 1: Regresión lineal entre peso y la CMB ($n=381$)

Parámetros incluidos en el modelo	<i>N</i>	R^2	R^2 Ajustado	RMSE	<i>p</i>
CMB	381	0.80	0.80	6.76	<0.001
CMB y edad	381	0.87	0.87	5.38	<0.001
CMB según sexo					
Femeninos	150	0.79	0.79	6.44	<0.001
Masculinos	231	0.81	0.81	6.88	<0.001
CMB según nivel de GMFCS					
I-III	173	0.82	0.82	6.66	<0.001
IV y V	208	0.79	0.78	6.41	<0.001
CMB según nivel de GMFCS y edad					
I-III	173	0.90	0.90	4.97	<0.001
IV y V	208	0.86	0.86	5.18	<0.001

RMSE, Raíz cuadrada media del error; CMB, circunferencia media del brazo; GMFCS, Sistema de clasificación de la función motora gruesa.

Tabla 2: Ecuaciones para estimar el peso en niños y adolescentes con parálisis cerebral

Parametro	Ecuación
GMFCS niveles I-III	$PE=2.52 \times CMB (cm)+1.19 \times edad (a)-32$
GMFCS niveles IV-IV	$PE=2.02 \times CMB (cm)+0.97 \times edad (a)-22.5$

Cada ecuación debe completarse con el valor de la edad en años, sin considerar los meses. GMFCS, sistema de clasificación de la función motora gruesa; PE, peso estimado; CMB, circunferencia media del brazo.

Calculador de peso para PC

Se desarrolló una herramienta de software para calcular el peso estimado en niños y adolescentes con PC. El Calculador de peso PC es de acceso gratuito (<http://inicye.web.s.fcm.unc.edu.ar/weight-calculator-cp>).

DISCUSIÓN

En nuestro conocimiento, este es el primer estudio que: (1) presenta el desarrollo de una ecuación para estimar el peso en niños con PC y (2) desarrolla una herramienta de software gratuito en línea que se puede utilizar en la práctica clínica para este propósito.

En un contexto clínico, esta ecuación permitirá a los profesionales de la salud estimar fácilmente el peso de los niños con PC utilizando solo una cinta métrica flexible, especialmente en entornos de países de ingresos bajos y medios donde el acceso a balanzas es extremadamente limitado, particularmente balanzas aptas para sillas de ruedas, con un error de estimación muy razonable que oscila entre $-130g$ y $+150g$ en promedio.

La CMB se ha utilizado anteriormente como una medida indirecta para evaluar el crecimiento y la masa corporal, y

para detectar la desnutrición debido a su asociación con el peso,^{17,21} en concordancia con nuestros resultados. Estudios previos también han demostrado que la CMB se puede utilizar como variable para predecir el peso en niños, aunque se incluyeron otras medidas como la talla u otros segmentos corporales.³⁰⁻³³ Nuestro estudio muestra que la CMB combinada con la edad y el nivel de función motora gruesa puede predecir el peso en niños y adolescentes con PC.

Las ecuaciones para estimar la talla en niños con PC han demostrado previamente que el sexo no era una variable que mejorara la ecuación.²⁴ En este estudio analizamos la influencia del sexo en el peso y las ecuaciones y, en concordancia con estudios previos, esta variable no resultó significativa. Se ha demostrado que el nivel de función motora gruesa establecido con el GMFCS afecta el crecimiento de una manera mucho más significativa que el sexo en los niños ya que, con un compromiso motor más severo y a medida que aumenta la edad y el GMFCS, el crecimiento se ve más comprometido.^{13,34} De acuerdo con nuestro estudio, esto posiblemente podría explicar que el nivel de GMFCS y la edad fueran mejores variables predictoras que el sexo para nuestra ecuación para estimar el peso.

Una posible limitación de la ecuación para estimar el peso es que se basa en datos normativos de poblaciones de muestra que varían ampliamente. En este caso, se basa en una población argentina de niños con PC. Por ello, se debe tener precaución al aplicar estas ecuaciones a niños de otro grupo étnico y cuando se utilice a nivel individual. Sin embargo, no encontramos estudios publicados que muestren diferencias antropométricas entre niños con PC de diferentes naciones que comparen países de ingresos altos con países de ingresos bajos y medios. Hasta que se demuestre lo contrario, la generalización de nuestros hallazgos debe limitarse a poblaciones

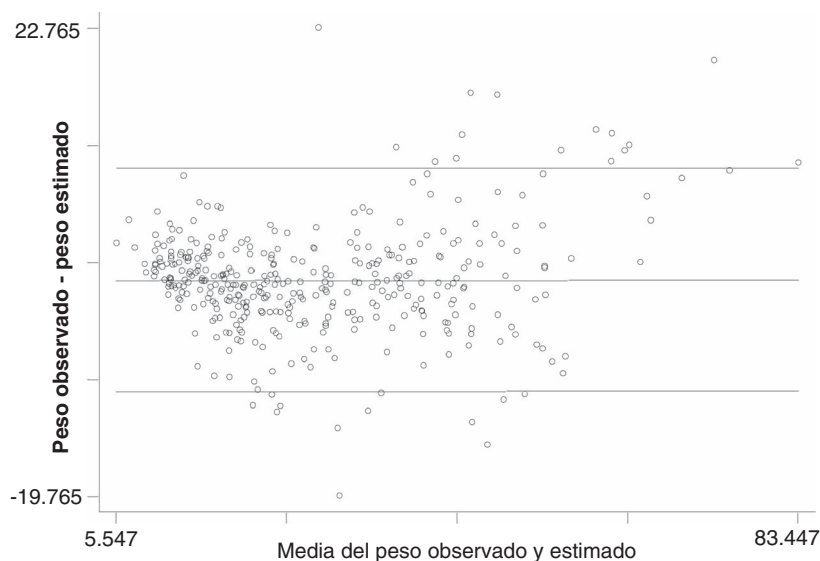


Figura 1: Gráfico de Bland-Altman para el peso observado y estimado en niños y adolescentes con parálisis cerebral ($n=381$). Los puntos de datos representan a los niños individuales. La media está representada por la línea central ($-0,119$) y las líneas superior e inferior representan la desviación estándar de 1,96 y los intervalos de confianza del 95% para la concordancia ($-10,0$ a $9,8$).

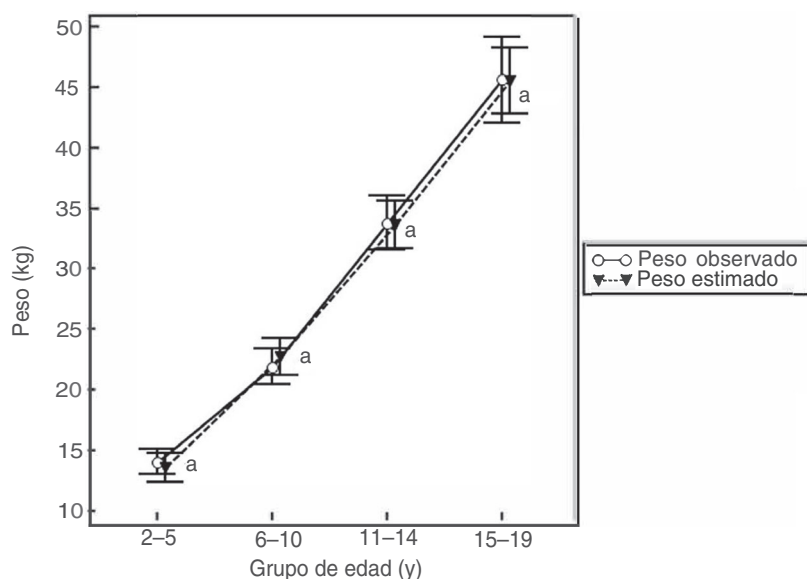


Figura 2: Intervalos de confianza media e 95% del peso estimado y peso observado según grupo de edad ($n=381$). ^a $p<0.05$.

similares étnicamente.³⁵ A nivel clínico, se pueden encontrar diferencias mayores de 10kg en el peso estimado con respecto al peso observado en algunos niños. Por esta razón, los profesionales de la salud deben tener cuidado al interpretar únicamente las estimaciones de peso a nivel individual. En consecuencia, se recomienda utilizar mediciones directas de CMB junto con peso estimado para evaluar hasta qué punto los cambios de CMB están asociados con cambios de peso estimados considerando el criterio profesional.²³ Se necesitan más estudios para ver qué factores hacen que los niños sean más propensos a errores en su estimación.

Sin embargo, este estudio tiene varios puntos fuertes. Es uno de los estudios transversales más grandes publicados para proponer ecuaciones para niños con PC y, hasta donde sabemos, el primero en desarrollar una ecuación y un software para estimar el peso en esta población, y el primero en ser desarrollado en países de ingresos bajos y medios donde es más difícil acceder a balanzas adecuadas. El peso se puede estimar en poblaciones de niños con PC cuando no se puede obtener de forma directa. Otra ventaja es que la ecuación desarrollada para estimar el peso utiliza CMB, que es una medida simple y confiable y el software diseñado es muy fácil de usar. Además, la ecuación incluye niños de 2 a 19 años, lo que la hace útil para todo el rango de edad pediátrica.

CONCLUSIÓN

Las ecuaciones para estimar el peso usando CMB y el software Calculador de peso PC desarrollado en este estudio

son precisas para estimar el peso en niños con PC de 2 a 19 años de edad. La única información necesaria es: CMB, edad y nivel de GMFCS. Esta información se obtiene fácilmente de informes clínicos o se puede medir. Las herramientas desarrolladas son fáciles de usar, de bajo costo y pueden distribuirse ampliamente en poblaciones similares.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado por una beca de la Universidad Nacional de Córdoba (Resolución SECyT 313/16). El concesionario no ejerció ninguna influencia sobre la realización o el informe del estudio. Los autores han declarado que no tenían intereses que pudieran percibirse como un conflicto o sesgo.

SUPPORTING INFORMATION

The following additional material may be found online:

Tabla S1. Características de la muestra de estudio

Tabla S2. Coeficientes del modelo final de regresión lineal múltiple con intervalos de confianza del 95% y validación de modelos de regresión lineal usando bootstrapping con 1000 iteraciones

Tabla S3. Diferencia entre el peso observado y estimado en niños con parálisis cerebral

Figura S1. Diagramas de dispersión del peso y la circunferencia del brazo medio superior según el sexo para la parálisis cerebral.

REFERENCES

1. Silva BNS, Brandt KG, Cabral PC, Mota VVDL, Camara MMA, Antunes MMD. Malnutrition frequency among cerebral palsy children: differences in onset of nutritional intervention before or after the age of five years. *Rev Nutr* 2017; **30**: 713–22.
2. Novak I, Morgan C, Adde L, et al. Early, accurate diagnosis and early intervention in cerebral palsy: advances in diagnosis and treatment. *JAMA Pediatr* 2017; **171**: 897–907.
3. Polack S, Adams M, O'Banion D, et al. Children with cerebral palsy in Ghana: malnutrition, feeding challenges, and caregiver quality of life. *Dev Med Child Neurol* 2018; **60**: 914–21.

4. Jahan I, Muhit M, Karim T, et al. What makes children with cerebral palsy vulnerable to malnutrition? Findings from the Bangladesh Cerebral Palsy Register (BCPR). *Disabil Rehabil* 2019; **41**: 2247–54.
5. Herrera-Anaya E, Angarita-Fonseca A, Herrera-Galindo VM, Martínez-Marín RDP, Rodríguez-Bayona CN. Association between gross motor function and nutritional status in children with cerebral palsy: a cross-sectional study from Colombia. *Dev Med Child Neurol* 2016; **58**: 936–41.
6. de las Ruiz Brunner M, Cieri ME, Rodríguez Marco MP, Schroeder AS, Cuestas E. Nutritional status of children with cerebral palsy attending rehabilitation centers. *Dev Med Child Neurol* 2020; **62**: 1383–8.
7. Pascoe J, Thomason P, Graham HK, Reddihough D, Sabin MA. Body mass index in ambulatory children with cerebral palsy: a cohort study. *J Paediatr Child Health* 2016; **52**: 417–21.
8. Benfer KA, Weir KA, Ware RS, et al. Parent-reported indicators for detecting feeding and swallowing difficulties and undernutrition in preschool-aged children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2017; **59**: 1181–7.
9. Duran I, Schulze J, Martakis KS, Stark C, Schoenau E. Diagnostic performance of body mass index to identify excess body fat in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2018; **60**: 680–6.
10. Kuperminc MN, Stevenson RD. Growth and nutrition disorders in children with cerebral palsy. *Dev Disabil Res Rev* 2008; **14**: 137–46.
11. Sangermano M, D'Aniello R, Massa G, et al. Nutritional problems in children with neuromotor disabilities: an Italian case series. *Ital J Pediatr* 2014; **40**: 61.
12. Le Roy OC, Rebollo GMJ, Moraga MF, et al. Nutrición del niño con enfermedades neurológicas prevalentes. *Rev Chil Pediatr* 2010; **81**: 103–13.
13. Stevenson RD, Conaway M, Chumlea WC, et al. Growth and health in children with moderate-to-severe cerebral palsy. *Pediatrics* 2006; **118**: 1010–8.
14. Worley G, Houlihan CM, Herman-Giddens ME, et al. Secondary sexual characteristics in children with cerebral palsy and moderate to severe motor impairment: a cross-sectional survey. *Pediatrics* 2002; **110**: 897–902.
15. Batmanabane G, Jena PK, Dikshit R, Abdel-Rahman S. Using the Mercy method for weight estimation in Indian children. *Glob Pediatr Heal* 2015; **2**: 1–7.
16. Abdel-Rahman SM, Ridgen A, Kearnsn GL. Estimation of body weight in children in the absence of scales: a necessary measurement to insure accurate drug dosing. *Arch Dis Child* 2014; **99**: 570–4.
17. Rabito EI, Vannucchi GB, Suen VMM, Neto LLC, Marchini JS. Weight and height prediction of immobilized patients. *Rev Nutr* 2006; **19**: 655–61.
18. Olga Martín A, Rosa A, Hernández H. Ecuaciones de predicción del peso corporal para adultos venezolanos. *Antropo* 2013; **29**: 133–40.
19. Henríquez-Pérez G, Rached-Paoli I. Efectividad de la circunferencia del brazo para el despistaje nutricional de niños en atención primaria. Mid-arm circumference effectiveness for the nutritional screening of children in primary care. *Introducción. An Venez Nutr* 2011; **24**: 5–12.
20. Miller MA, Mallory K, Escobedo M, Tarot AC, Abdel-Rahman S. Assessing effectiveness of a novel mid-upper arm circumference Z-score tape in a community setting in Guatemala. *Arch Public Heal* 2019; **77**: 1–10.
21. World Health Organization, UNICEF. Child growth standards and the identification of severe acute malnutrition in infants and children: a joint statement by the World Health Organization and the United Nations Children's Fund, 2009.
22. de las Ruiz Brunner M, Butler C, Cuestas E. Development of regression equations for estimating height and weight using body segments in Argentine children. *Nutrition* 2018; **57**: 1–5.
23. Bell KL, Davies PS, Boyd RN, Stevenson RD. Use of segmental lengths for the assessment of growth in children with cerebral palsy. In: Preedy V, editor. *Handbook of Anthropometry: Physical Measures of Human Form in Health and Disease*. New York, NY: Springer Science+Business Media, 2012: 1279–97.
24. Stevenson RD. Use of segmental measures to estimate stature in children with cerebral palsy. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1995; **149**: 658–62.
25. Hall JG, Allanson JE, Gripp KW, Slavotinek AM. *Handbook of Physical Measurements*. 2nd edn. Oxford: Oxford University Press, 2007.
26. WHO Multicentre Growth Reference Study Group. WHO child growth standards based on length / height, weight and age. *Acta Paediatr* 2006; **450**(Suppl): 76–85.
27. Palisano RR, Rosenbaum P, Bartlett D, Livingstone M, Walter S, Russell D. Gross Motor Function Classification System. Extendida y Revisada. *Cbilda Glob J Child Res* 2007; **39**: 214–33.
28. Martin Bland J, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; **327**: 307–10.
29. Cumming G. *Understanding the New Statistics: Effect Sizes, Confidence Intervals, and Meta-analysis*. New York, NY: Routledge, 2012.
30. Cattermole GN, Graham CA, Rainer TH. Mid-arm circumference can be used to estimate weight of adult and adolescent patients. *Emerg Med J* 2017; **34**: 231–6.
31. Cattermole GN, Leung PYMM, Mak PSKK, Graham CA, Rainer TH. Mid-arm circumference can be used to estimate children's weights. *Resuscitation* 2010; **81**: 1105–10.
32. Abdel-Rahman SM, Paul IM, James LP, Lewandowski A. Evaluation of the Mercy TAPE: performance against the standard for pediatric weight estimation. *Ann Emerg Med* 2013; **62**: 332–9.
33. Wells M, Goldstein L, Bentley A. A validation study of the PAWPER XL tape: accurate estimation of both total and ideal body weight in children up to 16 years of age. *Trauma Emerg Care* 2017; **2**: 1–8.
34. Brooks J, Day S, Shavelle R, Strauss D. Low weight, morbidity, and mortality in children with cerebral palsy: new clinical growth charts. *Pediatrics* 2011; **128**: e299–307.
35. Avena S, Via M, Ziv E, et al. Heterogeneity in genetic admixture across different regions of Argentina. *PLoS ONE* 2012; **7**: e34695.