

Modelo estadístico para la prevención precoz de desarrollo de sobrepeso/obesidad en población infantil

L. Morlán Herrador⁽¹⁾, A. de Arriba Muñoz⁽¹⁾, I. Martínez Ruiz⁽²⁾, M. de Francisco Ruiz⁽²⁾, J. Pascual Terrel⁽²⁾, J. I. Labarta Aizpún⁽¹⁾, Á. Ferrández Longás⁽²⁾

⁽¹⁾ Hospital Universitario Miguel Servet. Servicio de Endocrinología Pediátrica

⁽²⁾ Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A). Universidad de Zaragoza

[Bol Pediatr Arag Rioj Sor, 2017; 47: 73-80]

RESUMEN

Introducción: la obesidad infantil es uno de los problemas de salud pública del siglo XXI; su prevención supone un gran reto a nivel mundial. **Objetivo:** el objetivo de este trabajo es desarrollar una fórmula que permita identificar de forma precoz el riesgo de desarrollar obesidad en población infantil. **Material y métodos:** trabajo realizado a partir de un estudio longitudinal realizado sobre población sana (122 niños, 120 niñas) consistente en la medida de 14 parámetros antropométricos obtenidos desde el nacimiento a los 18 años de edad. Se ha definido sobrepeso cuando el IMC y el perímetro abdominal fueron superiores a una desviación estándar con respecto a la media poblacional. Mediante regresión logística, se ha creado un modelo diseñado para describir la probabilidad de que un individuo presente sobrepeso a partir de sus datos antropométricos de los 3 primeros años de vida (significación estadística si $p < 0,05$). **Resultados:** se ha desarrollado una fórmula matemática capaz de estimar el riesgo de desarrollar sobrepeso a los 10 años. **Discusión:** se han creado dos modelos muy competitivos, con una capacidad discriminatoria excelente, que pueden ser una herramienta clínica para la prevención de la obesidad.

$$P(\text{sobrepeso}) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \sum \beta_1 X_1)}}$$

PALABRAS CLAVE

Obesidad, prevalente, prevención, sobrepeso, regresión logística.

Statistical model for early prevention of overweight/obesity in children

ABSTRACT

Background: Childhood obesity is one of the most important public health challenges of the 21st century; its prevention is a major challenge worldwide. **Objective:** The aim of the present study is to develop a mathematical formula to identify children with high risk of childhood obesity in an early stage. **Patients and methods:** A national longitudinal population-based study is used (122 boys and 120 girls); it includes 14 anthropometric measures made from birth to 18 years of age. Overweight is defined when measurements of Body mass index (BMI) and abdominal circumference are greater than 1 standard deviation above the standard average. By using logistic regression, it's created a model that predicts the risk of children to develop overweight by using anthropometric data from the first three years of life (statistical significance, $p < 0.05$). **Results:** It's been achieved a mathematical formula that predicts the risk of a subject to develop overweight at the age of ten. **Conclusions:** The two models created are both highly competitive, with high discriminatory power, so they can be a good tool in daily clinical practice to prevent obesity.

$$P(\text{overweight}) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \sum \beta_1 X_1)}}$$

KEY WORDS

Obesity, prevalence, prevention, overweight, logistic regression.

Correspondencia: Laura Morlán Herrador

Hospital Universitario Miguel Servet. Servicio de Endocrinología Pediátrica

Paseo Isabel la Católica, 1-3. 50009 Zaragoza

lauramorlan@gmail.com

Recibido: noviembre 2017. Aceptado: noviembre 2017

INTRODUCCIÓN

La obesidad infantil es uno de los problemas de salud pública más graves del siglo XXI. La OMS sitúa los problemas derivados del sobrepeso y la obesidad como el quinto factor de riesgo de defunción a nivel mundial, siendo la obesidad responsable del 1-3% del gasto sanitario total en la mayor parte de los países desarrollados.

Se estima que, en 2010, el sobrepeso y la obesidad causaron 3,4 millones de muertes en el mundo. Además, se calcula que una persona obesa supone un 25% más en gasto en salud que una no obesa⁽¹⁾.

La prevalencia de la obesidad se ha duplicado en todo el mundo desde 1980, calculándose que en 2012 había 44 millones de niños menores de 5 años con sobrepeso u obesidad. Con estos datos, la prevalencia mundial del sobrepeso y obesidad en la infancia ha aumentado desde un 5% aproximadamente en 1990 hasta un 7% en 2012⁽²⁾.

Está demostrada la asociación entre el aumento del riesgo de padecer enfermedades como la diabetes mellitus tipo 2, la hipertensión arterial y la enfermedad coronaria en adultos, con padecer sobrepeso u obesidad en la infancia, así como la reducción de dicho riesgo al reducir el índice de masa corporal⁽³⁾.

Pero el problema de la obesidad no afecta solo a nivel de salud inmediata o futuro, sino también al nivel educativo que pueda alcanzar cada niño, así como a la calidad de vida.

La obesidad deriva de la conjunción de varios factores: la exposición a un entorno malsano (entorno obesogénico) y las respuestas conductuales y biológicas inadecuadas a ese entorno⁽⁴⁾.

A día de hoy, la mayor parte de medidas existentes para concienciar a la sociedad y tratar de erradicar la obesidad consisten en medidas de carácter reactivo, es decir, medidas que se toman una vez el problema ya está establecido.

Existen numerosas publicaciones que fomentan este tipo de medidas de carácter reactivo: estrategias para promover la ingesta de frutas y vegetales durante la infancia⁽⁵⁾, programas para promover la actividad física y reducir el sedentarismo en niños y adolescentes⁽⁶⁾, así como para promover entornos escolares saludables mediante la restricción de bebidas azucaradas o alimentos de alto contenido calórico y bajo nivel nutricional⁽⁷⁾.

Sin embargo, la mejor medida radica en la prevención primaria, es decir, comenzando desde la edad infantil, pues esto supondría una gran mejora en la calidad de vida

de la sociedad y conllevaría una reducción importante del gasto sanitario.

De este modo, está surgiendo la necesidad de crear mecanismos inteligentes de previsión de su diagnóstico. Con el auge de las nuevas tecnologías y los avances en la informática y la ingeniería, se disponen de herramientas innovadoras para intentar hacer frente al problema que supone la obesidad a nivel mundial. Por ejemplo, el estudio SPLENDID (Universidad Aristóteles de Salónica) con el uso de sensores para la medición no invasiva de las calorías ingeridas y la actividad física realizada, para promover así hábitos de vida saludables y ayudar a prevenir el sobrepeso⁽⁸⁾.

El presente trabajo pretende elaborar una fórmula matemática, que permita estimar el riesgo que posee cada individuo de desarrollar sobrepeso/obesidad desde edades tempranas de la vida, antes de su aparición, pues de este modo las medidas de prevención se iniciarían de forma muy precoz, siendo capaces de evitar su desarrollo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio antropométrico

Se trata de un estudio realizado a partir de un estudio longitudinal de crecimiento y desarrollo realizado sobre población sana⁽⁹⁾ consistente en la medida de 14 parámetros antropométricos obtenidos desde el nacimiento, a los 3, 6, 9, 12, 18 y 24 meses de vida y posteriormente cada año hasta los 18 años de edad en 122 niños y 120 niñas, previo consentimiento de los pacientes para que aparezcan los datos de dicho estudio.

Los parámetros recogidos en cada exploración son los siguientes: peso (kg), longitud/talla (cm), talla sentada (cm), pliegue tricipital (mm), pliegue subescapular (mm), longitud biacromial (cm), diámetro bicrestal (cm), perímetro del brazo (cm), perímetro cefálico (cm), diámetro biparietal (cm), diámetro frontooccipital (cm), perímetro torácico (cm) y perímetro abdominal (cm). Se han utilizado, además, los siguientes parámetros: el Índice de Masa Corporal ($IMC = \text{peso kg} / \text{talla}^2 \text{ m}^2$), *waist to height ratio* (perímetro abdominal cm / talla cm) y *waist to hip ratio* (perímetro abdominal cm / perímetro de cadera).

Para definir sobrepeso se han usado la unión del parámetro IMC junto con el perímetro abdominal, por tanto, se ha considerado cuando ambos fueron superiores a la media más una desviación estándar con respecto a la media de la población.

Estudio estadístico

Se ha seleccionado un corte de edad a partir de la cual el modelo de regresión logística predice el riesgo de un individuo de presentar sobrepeso/obesidad a los 10 años. Esta edad ha sido los 3 años (t_0), analizando los diferentes parámetros hasta este momento, tanto en cada exploración, como sus variaciones entre ellas.

El software utilizado para crear el algoritmo es MATLAB, desarrollado por *MathWorks*⁽¹⁰⁾. Esta herramienta ofrece la posibilidad de realizar cálculos matemáticos y análisis exhaustivo de datos, así como la visualización de los mismos. Asimismo, se ha utilizado un *cluster* de computación de alto rendimiento llamado HERMES, que permite la realización de cálculos en paralelo, sin tener que esperar a finalizar uno para llevar a cabo el siguiente.

Mediante regresión logística, se ha creado un modelo diseñado para describir la probabilidad o riesgo de que un individuo presente sobrepeso a partir de sus datos antropométricos de los 3 primeros años de vida. Debido a la gran cantidad de variables existentes, se ha usado la técnica *stepwise* para reducir el número de ellas que van a estar contenidas en el modelo y así evitar que esté sobreparametrizado. Con esta técnica, las variables son seleccionadas por inclusión o exclusión del modelo en un procedimiento secuencial basado solo en su significación estadística. Para medir la significación estadística de cada variable y su posible exclusión o inclusión del modelo se ha usado el test cociente de verosimilitud o *Likelihood Ratio test* (LR). Posteriormente, se ha usado el Test de *Wald* para conocer la significación de cada variable dentro del modelo estadístico, una vez diseñado. Además, se ha llevado a cabo la detección de *outliers* o datos atípicos, causados por errores de medición o la heterogeneidad intrínseca de los parámetros observados.

Para poder evaluar la validez estadística de los modelos se ha utilizado la técnica de la validación cruzada: se usa un individuo como sujeto de prueba, mientras que el resto de individuos son usados como sujetos de entrenamiento del modelo.

Por último, se aplica cada modelo a una curva ROC, que sirve para evaluar la calidad del mismo. El área bajo la curva mide la discriminación de un modelo, es decir, la habilidad de este para clasificar correctamente a aquellos sujetos con o sin sobrepeso; así, cuanto más se acerque a 1, más discriminador será el modelo.

La fórmula obtenida está formada por diferentes parámetros:

- Coeficiente estimado (α): es el coeficiente estimado para cada predictor del modelo estadístico.
- SE (β): error estándar para cada predictor.
- tStat: estadístico del test de *Wald*, que indica que un término es más significativo cuanto más alejado esté de 0.
- p-valor asociado al estadístico de *Wald*: se considera que un término es significativo si su p-valor está por debajo de 0,05.

RESULTADOS

La ecuación que resume la probabilidad de que un individuo presente sobrepeso a los 10 años de edad es la siguiente:

$$P(\text{sobrepeso}) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \sum \beta_i X_i)}}$$

$$P(\text{sobrepeso} = 1 | X_1, X_2, \dots, X_k) = 1 / (1 + e^{-(\alpha + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i)})$$

Figura 1. Ecuación del cálculo del sobrepeso.

Para cada modelo se presenta una tabla (tablas 1 y 2) con los parámetros necesarios a introducir en la fórmula. El uso de la fórmula se explica de la siguiente manera:

α : este término se denomina *intercept* y es un término independiente.

$\sum \beta + |x|$: es el sumatorio del producto del valor de cada variable con su coeficiente estimado.

Los resultados deben de ser separados en mujeres y en varones, por lo que se tratará cada modelo obtenido para cada sexo de forma independiente.

A) Modelo de mujeres

El modelo de mujeres se compone de 10 predictores, que aparecen en la tabla por orden de importancia (tabla 1 y figura 2).

De este modo se han pasado de tener más de 600 variables potenciales predictoras a utilizar solo 10. A efectos prácticos de medida, supondría tomar un total de 15 medidas a lo largo de los 3 primeros años de vida de la

Tabla 1. Parámetros antropométricos predictores del modelo de mujeres.

| | Coefficiente estimado (β) | SE (β) | tStat | p-valor |
|------------------------|-----------------------------------|----------------|---------|---------|
| Intercept (α) | 0 | — | — | — |
| lmc3 | 25,4662 | 8,2894 | 3,0722 | 0,0221 |
| lmc2_75 | -19,1074 | 6,7267 | -2,8405 | 0,0045 |
| tallaS1_5 | -3,3415 | 1,1794 | -2,8333 | 0,0046 |
| wthip0 | -10,9374 | 3,9479 | -2,7705 | 0,0056 |
| pTri0_75d025 | 2,6447 | 0,9994 | 2,6463 | 0,0081 |
| TallaI_25 | 1,6515 | 0,6356 | 2,5984 | 0,0094 |
| pBra0_25 | -2,9011 | 1,1602 | -2,5005 | 0,0124 |
| pCef0_25 | -1,5789 | 0,6450 | -2,4478 | 0,0144 |
| dBia0_75d075 | 4,0726 | 1,7218 | 2,3653 | 0,0180 |
| dBia2 | 2,5140 | 1,1082 | 2,2684 | 0,0233 |

lmc3: IMC a los 3 años; lmc 2_75: IMC a los 2 años y 9 meses; Talla S1_5: talla sentada al año y 6 meses; Wthip0: waist to hip ratio (Perímetro abdominal / Diámetro bicrestal) al nacimiento; pTri0_75d025: diferencia entre el pliegue tricípital medido a los 9 meses y a los 6 meses; TallaI_25: talla medida al año y a los 3 meses; pBra0_25: perímetro del brazo medido a los 3 meses; pCef0_25: perímetro cefálico a los 3 meses; dBia0_75d075: diferencia entre diámetro biacromial medido a los 9 meses y al nacimiento; dBia2: diámetro biacromial medido a los 2 años.

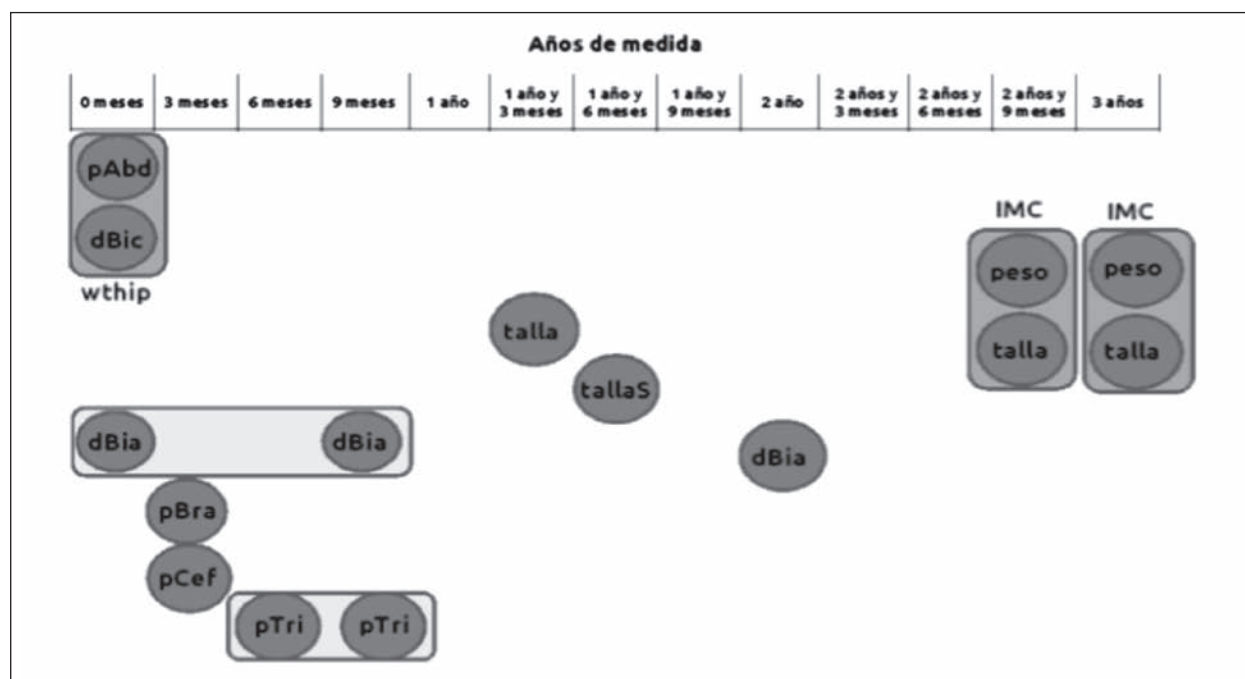


Figura 2. Diagrama de los predictores del modelo de mujeres.

niña. La variable más influyente es el índice de masa corporal medido al año 3 de vida.

El modelo presenta una sensibilidad del 96,65% y una especificidad del 92,13%, con un valor predictivo positivo del 92,3% y valor predictivo negativo del 95,8%. Al poner los resultados en una curva ROC, el área bajo la curva tiene un valor de 0,9377, con un intervalo de confianza del 95%, lo que implica una calidad discriminadora excelente.

B) Modelo de varones

Se compone también de 10 predictores (tabla 2 y figura 2).

La variable que mayor impacto tiene en la estimación del riesgo es la interacción de la variación que presenta el pliegue subescapular entre los 2 años y 2 años y 3 meses asociado a la diferencia existente entre el perímetro de muslo medido a los 2 años y 6 meses con el medido a los 2 años y 9 meses.

Tabla II. Parámetros antropométricos predictores del modelo de varones.

| | Coefficiente estimado (β) | SE (β) | tStat | p-valor |
|---------------------------|-----------------------------------|----------------|---------|---------|
| Intercept (α) | -27,3543 | 8,9882 | -3,0434 | 0,0023 |
| dBia0_75d025:dBic3d025 | 27,9645 | 9,2421 | 3,0258 | 0,0025 |
| Wthip0_5d025:tallaS1 d025 | -23,7834 | 8,0423 | -2,9573 | 0,0031 |
| dBic1 d1 | 4,8652 | 1,6642 | 2,9234 | 0,0035 |
| pMus2_75d025 | 12,2667 | 4,3996 | 2,7881 | 0,0053 |
| dBic0_5d025 | -7,8747 | 2,9689 | -2,6524 | 0,0080 |
| pSub2_25d025 | -34,3391 | 13,330 | -2,5761 | 0,0100 |
| pSub2_25d025:pMus2_75d025 | 48,9172 | 20,5487 | 2,3805 | 0,0173 |
| pMus1_5d1 | -0,8233 | 0,3690 | -2,2315 | 0,0256 |
| dBia0_75d025 | -3,0773 | 1,3848 | -2,2222 | 0,0263 |
| tallaS1_25d025 | -2,5331 | 1,3187 | -1,9209 | 0,0547 |

dBic1 d1: diferencia entre el diámetro bicrestal medido al año y el medido al nacer; pMus1_5d1: diferencia entre el perímetro del muslo medido al año y 6 meses y el medido a los 6 meses; dBic0_5d025: diferencia entre el diámetro bicrestal medido a los 6 meses y el medido a los 3 meses; dBia0_75d025: diferencia entre el diámetro biacromial medido a los 9 meses y el medido a los 6 meses; pSub2_25d025: diferencia entre el pliegue subescapular medido a los 2 años y 3 meses y el medido a los 2 años; pMus2_75d025: diferencia entre el perímetro del muslo medido a los 2 años y 9 meses y el medido a los 2 años y 6 meses; tallaS1_25d025: diferencia entre la talla sentada medida al año y 3 meses y la medida al año; wthip0_5d025:tallaS1 d025: interacción (producto) de la diferencia entre el waist-to-hip ratio medido a los 6 meses y el medido a los 3 meses con la diferencia entre la talla sentada medida al año y la medida a los 9 meses; pSub2_25d025:pMus2_75d025: interacción (producto) de la diferencia entre el pliegue subescapular medido a los 2 años y 3 meses y el medido a los 2 años con la diferencia entre el perímetro del muslo medido a los 2 años y 9 meses y el medido a los 2 años y 6 meses; dBia0_75d025:dBic3d025: interacción (producto) de la diferencia entre el diámetro biacromial medido a los 9 meses y el medido a los 6 meses con la diferencia entre el diámetro bicrestal medido a los 3 años y el medido a los 2 años y 9 meses.

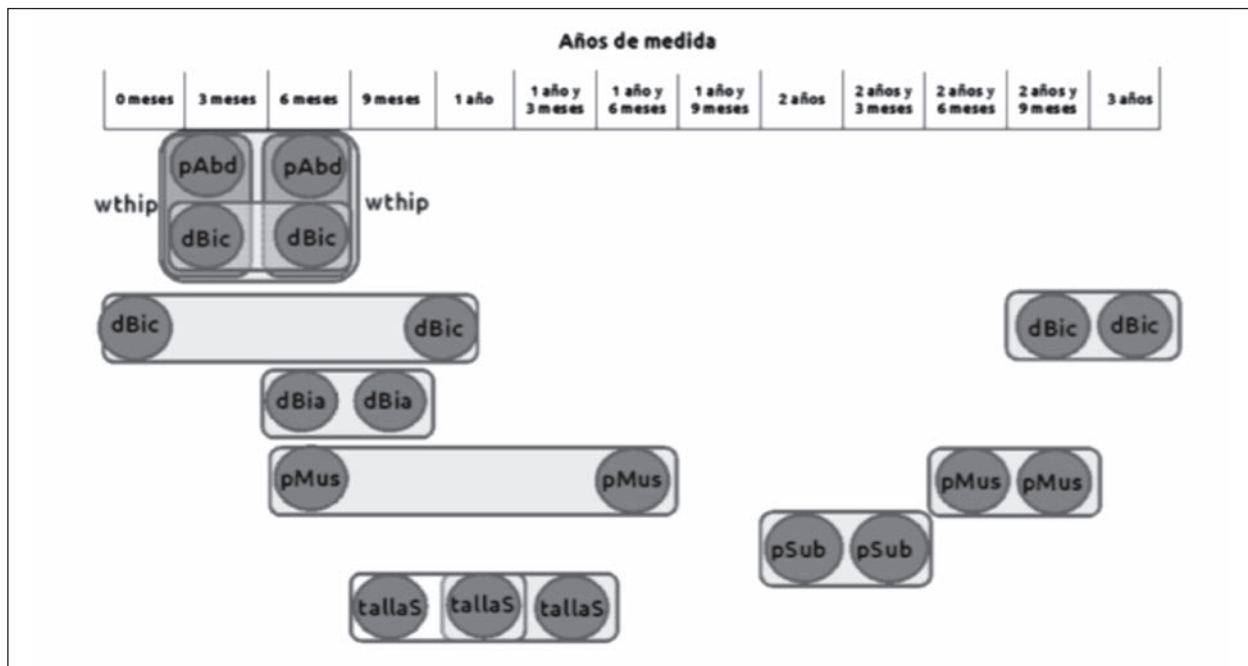


Figura 3. Diagrama de los predictores del modelo de varones.

En este caso, se vuelve a reducir el número de predictores de más de 600 a 10, y se deberán tomar un total de 19 medidas a lo largo de sus primeros tres años de vida para poder predecir su riesgo de padecer sobrepeso utilizando este modelo.

Usando el test de *Wald* en este modelo, se puede observar que todos los valores están por debajo de 0,05, a excepción de la diferencia de talla sentada medida al año y 3 meses y la medida al año. Se ha mantenido esta variable dentro del modelo porque al hacer un análisis de

sensibilidad se comprobó que su extracción suponía un empeoramiento considerable en la tabla de aciertos y en la de validación cruzada.

El modelo presenta una sensibilidad del 96,3% y una especificidad del 94,1%, con un valor predictivo positivo del 94,1% y valor predictivo negativo del 95,9%. Al poner los resultados en la curva ROC, el área bajo la curva tiene un valor de 0,941111, con un intervalo de confianza del 95%, pudiendo decir así que el modelo estadístico para varones tiene una capacidad discriminatoria excelente.

DISCUSIÓN

La alta prevalencia de sobrepeso y obesidad es una realidad en países industrializados y en aquellos que están en vías de desarrollo. La información y las estadísticas de las que se dispone indican un aumento acelerado en su prevalencia, lo cual supone un problema de salud pública a nivel mundial. En Estados Unidos se calcula que más de dos tercios de la población es obesa o tiene sobrepeso, y la OMS estima que si se mantienen las tendencias actuales, el número de lactantes y niños pequeños con sobrepeso aumentará a 70 millones para el año 2025⁽⁴⁾.

Un estudio realizado en 2006 estima que la mortalidad atribuible al exceso de muertes en España supuso un 15,8% del total de muertes en varones y un 14,8% en mujeres, pero si solo es referido a aquellas causas donde el exceso de peso es un factor de riesgo, las cifras se elevan hasta un 31,6% en varones y un 28% en mujeres siendo la causa más frecuente de mortalidad atribuible la enfermedad cardiovascular (58% del total)⁽¹¹⁾.

En España la estrategia NAOS (estrategia para la nutrición, actividad física y la prevención de la obesidad) es una iniciativa creada por el Ministerio de Sanidad y Consumo, que consiste en la elaboración de un documento para determinar las acciones necesarias y más eficaces para prevenirla. La estrategia NAOS recoge las estrategias más eficaces hasta el momento en prevención de obesidad: promoción de actividad física, recomendaciones nutricionales para cada etapa de la vida desde el nacimiento hasta la edad adulta, intervención en el ámbito familiar, comunitario, escolar, empresarial, hostelero y sanitario⁽¹²⁾. A nivel internacional, las estrategias llevadas a cabo por otros países para tratar de combatir este son similares a las observadas en nuestro país⁽¹³⁻¹⁵⁾.

Estas estrategias de prevención no solo tienen un alto impacto económico a nivel de salud. Se calcula que en 2010 las intervenciones con este fin, tuvieron la capacidad de disminuir los costes sanitarios en alrededor de 2 billones de dólares⁽¹⁶⁾.

Dada la actual situación epidemiológica de la obesidad, cuya prevalencia aumenta a nivel mundial a pesar de las medidas propuestas, surge la necesidad de nuevas líneas⁽¹⁷⁾. Se ha demostrado que la edad preescolar supone una etapa fundamental de crecimiento y desarrollo, y por tanto una oportunidad importante para la prevención de la obesidad y las enfermedades en la infancia⁽¹⁸⁾.

Los primeros 1.000 días (270 de embarazo, 365 del primer año de vida y 365 del 2º año), son claves para el desarrollo cognitivo, crecimiento físico, la maduración inmunológica y la programación metabólica. Este período se considera una ventana de oportunidad desde el punto de vista nutricional, ya que una adecuada alimentación durante este período supone un gran impacto en la salud y en el desarrollo físico e intelectual del niño⁽¹⁹⁾. Así, el daño en el crecimiento y el desarrollo durante la etapa fetal y la primera infancia están relacionadas con la obesidad tanto infantil como en la edad adulta^(20,21); por tanto, los hábitos de vida y alimenticios que se comiencen a establecer en este período serán fundamentales para su vida futura.

A los 3 años de vida, el niño ya tiene consolidados sus hábitos nutricionales, es por esto que las estrategias deben centrarse en actuar antes de esta edad, para intentar cambiar o establecer los mejores hábitos nutricionales posibles, y tratar así de prevenir la obesidad incluso antes de que se establezca⁽²²⁾.

En la línea de estas nuevas estrategias, centradas en las primeras etapas de la vida como prevención primaria de la obesidad, surge el trabajo que se presenta y por lo que se ha elegido la edad de 3 años como momento clave, ya que es el momento en el que el niño ya tiene establecidos sus hábitos de vida y alimenticios⁽²²⁾ y el modelo puede predecir el riesgo de forma más fiable. Con la creación de una fórmula matemática que estima la probabilidad de padecer sobrepeso/obesidad a los 10 años desde edades muy tempranas de la vida, se pretende dar una nueva estrategia para tratar de prevenir su aparición, pues en aquellos casos en los que se detecte una probabilidad alta de padecerlo, se tratará de actuar de forma precoz, intentando así evitar el desarrollo del mismo.

Una vez establecidos los algoritmos predictores, y realizada la validación estadística, el siguiente paso es interpretarlos de forma clínica y ver si son aplicables y útiles en la práctica clínica diaria. Respecto al modelo de mujeres, los predictores más influyentes en la probabilidad de desarrollar sobrepeso en orden de importancia son el IMC a los 3 años, el IMC a los 2 años y 9 meses y

el *Waist to hip ratio* al nacimiento. El IMC a los 3 años es el parámetro más influyente e implica que a mayor IMC a los 3 años, mayor riesgo de desarrollar sobrepeso en el futuro. Además, la ganancia de peso en los 3 meses previos es de vital importancia y así, se observa que una mayor ganancia de IMC durante ese período supone un gran riesgo de padecer obesidad, siendo el período clave durante la infancia, tal y como han reportado distintos autores^(23,24,25).

El valor obtenido para el *Waist to hip ratio* al nacimiento implica que a menor perímetro abdominal en relación con el diámetro bicrestal, la probabilidad de desarrollar obesidad en el futuro aumente; este dato podría ir en contra de lo que parecería lógico en un principio, pero es algo ya descrito en los niños nacidos pequeños para la edad gestacional, que presentan mayor riesgo de desarrollo de sobrepeso si realizan un crecimiento recuperador exagerado y rápido, a pesar que nacer con menor perímetro abdominal de los niños nacidos adecuados para la edad gestacional^(26,27).

Respecto al modelo de varones, los predictores más importantes en este modelo son el diámetro biacromial y bicrestal. El riesgo de desarrollar sobrepeso es mayor cuando se observa una ganancia importante entre los 2 años y 9 meses y los 3 años del diámetro biacromial y el diámetro bicrestal. Además, el riesgo también aumenta cuando la interacción de la diferencia entre el pliegue subescapular medido a los 2 años y 3 meses y el medido a los 2 años con la diferencia entre el perímetro del muslo medido a los 2 años y 9 meses y el medido a los 2 años y 6 meses aumenta.

No se han encontrado referencias a proyectos similares como el que se presenta, es decir, una herramienta que, combinando tecnología, ciencia y estadística, ayude a los profesionales sanitarios a detectar quiénes serán los sujetos que presenten obesidad en un futuro, y de esta manera, con datos objetivos ser capaces de concienciar a las familias y a los propios sujetos para llevar a cabo todas las medidas necesarias para evitar su desarrollo. Sin embargo, se trata de una fórmula compleja que precisa mediciones que no suelen realizarse en la práctica clínica diaria, por lo que se pretende simplificarla en la medida de lo posible, perdiendo sensibilidad y especificidad, pero haciéndola aplicable a cualquier profesional de la salud.

CONCLUSIONES

Se han creado unos modelos por sexos para predecir el desarrollo de sobrepeso, siendo ambos muy competitivos y con una capacidad discriminadora excelente. Desde

el punto de vista médico, se han podido explicar cada uno de los predictores que aparecen en ambos modelos, por lo que son aplicables desde el punto de vista clínico-asistencial. El siguiente objetivo consiste en simplificar dicho modelo, en aras de conseguir una mayor aplicabilidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ng M, Fleming T, Robinson M, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*. 2014; 384: 766-81. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)60460-8
2. Levels and trends in child malnutrition: UNICEF-WHO-World Bank joint child malnutrition estimates. UNICEF, Nueva York; OMS, Ginebra; Banco Mundial, Washington, D.C.: 2015.
3. Park MH, Falconer C, Viner R, et al. The impact of childhood obesity on morbidity and mortality in adulthood: a systematic review. *Obes Rev*. 2012; 13:985-00. DOI: 10.1111/j.1467-789X.2012.01015.x
4. Informe de la comisión para acabar con la obesidad infantil. Organización Mundial de la Salud, 2016.
5. Mennella JA, Nicklaus S, Jagolino AL, et al. Variety is the spice of life: strategies for promoting fruit and vegetable acceptance during infancy. *Physiol Behav*. 2008; 94: 29-38. DOI: 10.1016/j.physbeh.2007.11.014
6. Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 2010.
7. Hawkes C, Smith TG, Jewell J, et al. Smart food policies for obesity prevention. *Lancet*. 2015;385:2410-21. DOI: 10.1016/S0140-6736(14)61745-1spl
8. Delopoulos AN. SPLENDID: Personalised guide for eating and activity behaviour for the prevention of obesity and eating disorders [Internet]. Thessaloniki, Greece. Dept. of Electrical & Computer Engineering Aristotle University of Thessaloniki. 2013 Oct. Disponible en: <http://splendid-program.eu>
9. Ferrández A, Baguer L, Labarta JI, et al. Estudio longitudinal de niños españoles normales desde el nacimiento hasta la edad adulta (2005). Fundación Andrea Prader, Zaragoza, ISBN 609, 3217-6, 1-259.
10. Little J, Moler C. MathWorks [Internet]. Natick, MA. 1984. Disponible en: <https://es.mathworks.com/products/matlab>
11. Martín-Ramiro JJ, Álvarez-Martín E, Gil-Prieto R. Mortalidad atribuible al exceso de peso en España. *Med Clin* 2014; 142: 526-30. DOI: 10.1016/j.medcli.2013.04.047
12. Agencia Española de Seguridad y Nutrición del Ministerio de Sanidad y Política Social (2005). Estrategia NAOS. Invertir la tendencia de la obesidad. Estrategia para la Nutrición, Actividad Física y Prevención de la Obesidad. Ministerio de Sanidad y Política Social: Madrid.

13. Waters E, de Silva-Sanigorski A, Hall BJ, Brown T, et al. Interventions for preventing obesity in children. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011 Dec 7; (12): CD 001871. DOI: 10.1002/14651858.CD001871
14. Ward DS, Welker E, Choate A, et al. Strength of obesity prevention interventions in early care and education settings: a systematic review. *Prev Med.* 2016 Sep 28. DOI: 10.1016/j.ypmed.2016.09.033
15. Tucker JM, Howard K, Guseman EH, et al Association between the Family Nutrition and Physical Activity Screening Tool and obesity severity in youth referred to weight management. *Obes Res Clin Pract.* 2016 Oct 4. DOI: 10.1016/j.orcp.2016.09.007
16. Cecchini M, Sassi F. Preventing Obesity in the USA: Impact on Health Service Utilization and Costs. *Pharmacoeconomics.* 2015 Jul; 33(7): 765-76. DOI: 10.1007/s40273-015-0301-z.
17. Pigeot I, Baranowski T, Lytle L, et al. Prevention of overweight and obesity in children and adolescents: Critical appraisal of the evidence base. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung.* 2016 Oct 5.
18. López L, Audisio Y, Berra S. Efectividad de las intervenciones de base poblacional dirigidas a la prevención del sobrepeso en la población infantil y adolescente. *Med Clin* 2010; 135:462-9. DOI: 10.1016/j.medcli.2009.06.010
19. Victora C. Los mil días de oportunidad para intervenciones nutricionales. De la concepción a los dos años de vida. *Arch Argent Pediatr* 2012; 110(4): 311-17. DOI: 10.5546/aap.2012.311.
20. Johnson DB, Gerstein DE, Evans AE, et al. Preventing obesity: A life cycle perspective. *Journal of the American Dietetic Association* 2006; 106(1): 97-102.
21. Jackson AA, Langley-Evans SC, McCarthy HD. Nutritional influences in early life upon obesity and body proportions. *Ciba Foundation Symposium* 1996;201:118-29, discussion 129-37, 188-93.
22. Alimentación del preescolar y escolar. Luis Peña Quintana, Luis Ros Marl. *Asociación Española de Pediatría, protocolos de gastroenterología y nutrición.*
23. Polk S, Thomson RJ, Caulfield L, et al. Rapid infant weight gain and early childhood obesity in low-income Latinos and non-Latinos. *Public Health Nutr.* 2016 Jul; 19(10): 1777-84. DOI: 10.1017/S1368980015003201.
24. Taylor BJ, Heath AL, Galland BC, et al. Prevention of Overweight in Infancy (POI.nz) study: a randomised controlled trial of sleep, food and activity interventions for preventing overweight from birth. *BMC public Health.* 2011 Dec 19; 11: 942. DOI: 10.1186/1471-2458-11-942.
25. Baird J, Fisher D, Lucas P, et al. Being big or growing fast: systematic review of size and growth in infancy and later obesity. *BMJ.* 2005; 331(7522): 929.
26. Whincup PH, Kaye SJ, Owen CG, et al. Birth weight and risk of type 2 diabetes. A systematic review. *JAMA* 2008; 300:2886-97. 9. DOI: 10.1001/jama.2008.886.
27. Wells JC, Chomtho S, Fewtrell MS. Programming of body composition by early growth and nutrition. *Proceedings of the Nutrition Society* 2007; 66: 423-34.