

Heredabilidad de los indicadores antropométricos relacionados con obesidad en gemelos de ambos sexos entre 8 a 26 años de Brasil

Michelle Vasconcelos de Oliveira¹, Elys Costa de Sousa¹, Breno Guilherme AT. Cabral¹, Daniel Sierra Sánchez², Luciano Alonso V. dos Santos¹, Paulo Moreira Silva Dantas¹, Telma Maria A. Moura Lemos¹

¹Universidad Federal de Rio Grande del Norte. Brasil. ²Universidad Católica San Antonio de Murcia. Murcia, España.

Recibido: 24.04.2013
Aceptado: 03.10.2013

Resumen

Objetivo: Analizar la heredabilidad de indicadores antropométricos relacionados a obesidad en mujeres y hombres de diferentes franjas de edad, utilizando gemelos monocigóticos y dicigóticos.

Metodología: Muestra compuesta por 130 gemelos, encontrándose 42 monocigóticos y 32 dicigóticos femeninos: pre-puberal n=14 (11,33±1,52), n=11 (10,33±2,08); puberal n=14 (14,67±0,6), n=11 (14,00±1,55); post-puberal n=14 (21,67±2,30), n=10 (22,67±4,2). Y 28 monocigóticos y 28 dicigóticos masculinos: pre-puberal n=10 (8,67±0,6), n=10 (9,67±2,89); puberal n=08 (12,5±0,71), n=08 (17,0±1,4); post-puberal n=10 (21,67±2,08), n=10 (24,0±2,8). Residentes en la ciudad de Natal/RN – Brasil. Se evaluó la estatura, masa corporal, waist[®] y pliegues cutáneos, de acuerdo con la padronización de ISAK, y se calculó el IMC, Σ PC, Σ 3PC y Σ 2PC, %GC y IC, siendo los datos separados por sexo y estadio puberal. Se aplicó también el índice de heredabilidad (h^2) = $((S^2 \text{ DZ} - S^2 \text{ MZ}) / S^2 \text{ DZ}) \times 100$.

Resultados: Para la muestra general, los indicadores antropométricos presentan heredabilidad de moderada alta a alta (64% a 97%) de influencia genotípica. Cuando separada por sexo y estadio puberal, las mujeres presentan heredabilidad predominantemente alta en la mayoría de las variables. Con todo, en la fase puberal, la heredabilidad fue de moderada baja a baja para el IMC, %CG, IC, waist[®] y masa corporal. Los hombres obtuvieron mayor influencia ambiental en el Σ PC y en la waist[®], y en los demás indicadores la heredabilidad fue moderada alta a alta.

Conclusión: Los indicadores antropométricos relacionados a la obesidad reciben influencia hereditaria y ambiental en la determinación de sus valores sobre diferencias individuales. El valor de heredabilidad es variable entre edad y sexo, y es a partir del nivel de influencia ambiental que podrán ocurrir intervenciones para las modificaciones en características físicas relacionadas a obesidad.

Palabras clave:
Gemelos. Composición corporal. Herencia fenotípica. Genotípica. Antropometría.

Heritability of anthropometric indicators related to obesity in twins of both genders with age between 8-26 years from Brazil

Summary

Objective: To analyze the heritability of anthropometric indicators related to obesity in women and men of different age groups, using monozygotic and dizygotic twins.

Methods: Sample consists of 130 twins, separated Female 42 monozygotic and 32 dizygotic: pre-pubescent n = 14 (11.33 ± 1.52), n = 11 (10.33 ± 2.08), pubertal n = 14 (14.67 ± 0.6) n = 11 (14.00 ± 1.55); post pubescent n = 14 (21.67 ± 2.30), n = 10 (22.67 ± 4.2). Male 28 monozygotic and 28 dizygotic: pre-pubescent n = 10 (8.67 ± 0.6), n = 10 (9.67 ± 2.89), pubertal n = 08 (12.5 ± 0.71), n = 08 (17.0 ± 1.4); post-pubescent n = 10 (21.67 ± 2.08), n = 10 (24.0 ± 2.8). Residents in the city of Natal/RN - Brazil. We assessed height, body mass, waist[®] and skinfolds, according to the standardization of ISAK, and calculated BMI, Σ PC, Σ 3PC and Σ 2PC, %GC and IC, with the data separated by sex and pubertal stage. Was also applied heritability index (h^2) = $((S^2 \text{ DZ} - S^2 \text{ MZ}) / S^2 \text{ DZ}) \times 100$.

Results: For the overall sample, the heritability of anthropometric indicators presented moderately high to high (64% to 97%) genotypic influence. When separated by gender and pubertal stage, women are predominantly high heritability in most variables. However, in the pubertal stage, the heritability was low at low to moderate BMI, % GC, IC, body mass and waist[®]. The men were greater environmental influence on Σ PC and the waist[®], and other indicators of heritability was moderately high to high.

Conclusion: Anthropometric indicators related to obesity received hereditary and environmental influence in determining their values on individual differences. The heritability value is variable between age and gender, and is from the level of environmental influence that may occur interventions for changes in the physical characteristics associated with obesity.

Key words:
Twins. Body composition. Heritage. Phenotype. Genotype. Anthropometry.

Correspondencia: Michelle Vasconcelos de Oliveira
E-mail: vasmichelle@gmail.com

Introducción

El sobrepeso y la obesidad conllevan consecuencias múltiples para la salud, con la interacción de diversos factores de riesgo (como el sedentarismo, herencia genética y hábitos alimenticios), generando, progresivamente, una serie de dolencias crónicas degenerativas, incluyendo diabetes, dolencias cardiovasculares y cáncer. Antes consideradas un problema apenas en países desarrollados, estas enfermedades están drásticamente en ascensión en países en vía de desarrollo, principalmente en las áreas urbanas^{1,2}.

Un estilo de vida físicamente inactivo está fuertemente asociado al aumento de factores de riesgo. De acuerdo con VIGITEL³, menos del 50% de la población brasileña se encuentra físicamente activa y la incidencia de exceso de peso es aumentada por la edad. Los individuos obesos, tienden, en general, a ser muy sedentarios, ya que el exceso de peso puede volverse un obstáculo para adoptar un estilo de vida físicamente activo. Este sedentarismo en las personas con sobrepeso y obesidad está fuertemente asociado al aumento de factores de riesgo para la salud, bien como para los índices de morbilidad y mortalidad⁴.

La relación entre la cantidad de distribución de grasa corporal con la distribución de la masa magra puede interferir directamente en el nivel de aptitud física y en el estado de salud de las personas⁵. En ese sentido, la composición corporal, que es un componente de aptitud física relacionada con la salud, es un indicativo de obesidad, volviéndose un factor pronóstico de dolencias crónico-degenerativas. Pudiendo ser evaluada por la antropometría, método duplamente indirecto y de fácil aplicación⁶, a partir de la cual, es posible estimar la cantidad y la distribución de grasa; la composición corporal del individuo tiene como posible factor determinante el componente hereditario. Con todo, el entorno familiar revela una asociación estrecha entre los hábitos de vida de los progenitores y sus descendientes⁷.

El estudio con gemelos permite la identificación de la variación genética y ambiental en pares de individuos idénticos (monocigóticos) e individuos muy parecidos (dicigóticos), siendo estos una muestra de población general; los componentes de cada par están sujetos a las mismas influencias de ambiente. Y las variables que actúan sobre los gemelos monocigóticos (MZ), provocando diferencias fenotípicas intrapar, son las mismas que actúan sobre los gemelos dicigóticos (DZ). Por tanto, los MZ sirven como grupo de control, ya que son genéticamente iguales, y las variables fenotípicas tienden a variar menos que en los DZ, que son genéticamente semejantes⁸⁻¹⁰. Estudios con gemelos muestran que la práctica de actividad física y una mayor participación en actividades deportivas de recreo están relacionadas a una mayor aptitud cardiorespiratoria, menor tasa para la ganancia de peso y una menor obesidad abdominal; y que las relaciones son, en gran parte, explicadas por factores genéticos^{11,12}, provocando beneficios significativos para la salud y posibilidad de reducción de mortalidad⁴.

El índice de heredabilidad es una información muy utilizada para obtener estimativas hereditarias (h^2), que consiste en la comparación de diferencias a nivel de dato carácter, observadas en gemelos MZ y DZ. El índice actúa como factor que disminuye la interferencia del factor genético en el análisis de la composición corporal¹⁰. Un carácter será considerado más genético cuanto menos es la influencia de variables

de ambiente sobre la variabilidad fenotípica, y menos genético cuanto mayor es la influencia de ambiente sobre la variabilidad fenotípica⁹. El presente estudio presenta un punto fuerte, ya que estudiar los gemelos MZ y DZ hace que sea posible examinar la influencia de factores genéticos y ambientales ante ciertas características, y ante sus interacciones. De este modo, los pares de gemelos son instrumentos de análisis de heredabilidad¹⁰.

Durante los expuesto y en la tentativa de observar la relación entre fenotipo y genotipo en la composición corporal, el objetivo de este estudio se centra en analizar la heredabilidad de indicadores antropométricos relacionados a obesidad en mujeres y hombres de diferentes franjas etarias, utilizando gemelos monocigóticos y dicigóticos.

Método

Participantes

La muestra fue compuesta por 130 gemelos, siendo femeninos 42 monocigóticos (14 pre-puberales, 14 puberales y 14 post puberales) con edad ($11,33 \pm 1,52$; $14,67 \pm 0,6$; y $21,67 \pm 2,30$); y 32 dicigóticos (11 pre-puberales, 11 puberales y 10 post puberales) con edad ($10,33 \pm 2,08$, $14,00 \pm 1,55$ y $22,67 \pm 4,2$). Y Masculinos 28 monocigóticos (10 pre-puberales, 08 puberales y 10 post puberales) con edad ($8,67 \pm 0,6$; $12,5 \pm 0,71$; $21,67 \pm 2,08$); y 28 dicigóticos (10 pre-puberales, 08 puberales y 10 post puberales) con edad ($9,67 \pm 2,89$; $17,0 \pm 1,4$ y $24,0 \pm 2,8$) respectivamente. En franjas etarias de 08 a 26 años, residentes de la región metropolitana de Natal/Rio Grande do Norte – Brasil.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Hospital Universitario Onofre Lopes – CEP/HUOL, debidamente reconocido por la Comisión Nacional de Ética sobre el protocolo 484/10, conforme a la Resolución CNS196/96, de acuerdo con la declaración de Helsinki 1975, artículo 2000.

Criterios de exclusión

Fueron excluidos del estudio, individuos con diagnóstico de diabetes y dolencias cardiovasculares, portadores de deficiencias físicas, mujeres embarazadas, individuos en tratamiento médico relacionado a la obesidad o portadores de obesidad endógena o secundaria (síndrome de Down, Padrer Willi e hipotiroides), pares de gemelos de sexo diferente y en diferente estado puberal.

Los pares de gemelos que no compartían el mismo ambiente y que tienen discordia en la práctica de actividad física (un hermano activo y el otro inactivo) fueron excluidos del estudio. Todos los datos para los criterios de exclusión fueron recogidos por el cuestionario de anamnesis, realizado previamente a las evaluaciones físicas. En el momento de la evaluaciones antropométricas se observó las diferencias intrapar de estatura y masa corporal. Cuando esa diferencia fue mayor a 5 cm y mayor a 5 kg, respectivamente, entre los MZ, el par fue excluido, con la intención de aumentar la confianza de diagnóstico de cigosidad de la muestra. Así, fue seguido un abordaje general adoptada en estudios anteriores sobre influencia hereditaria en la composición corporal, donde diferentes tamaños de muestra fueron empleados^{13,14}.

Instrumentos

Los instrumentos utilizados para la evaluación antropométrica fueron: balanza electrónica Filizola®110, con capacidad para 150 kg, con unidad de medida de 0,1 kg. La estatura fue obtenida por medio del estadiómetro Sanny®, con unidad de medida de 0,1 cm. Para la evaluación de los pliegues cutáneos utilizamos un plicómetro de Lange - John Bull, British Indicators Limited®, con presión de 10g/m² y para las medidas de perímetría utilizamos una cinta métrica metálica Sanny® con unidad de medida de 0,1 cm.

Procedimientos

En el primer momento de la colecta fue realizada la selección de pares de gemelos de forma no probabilística intencional con la firma del Término de Consentimiento Libre y Esclarecido (TCLE) por los evaluados o responsables. Después de la firma de TCLE, fue aplicado un cuestionario de anamnesis para analizar el estado de salud de cada gemelo. Con el mismo cuestionario, también recogimos datos de práctica de actividad física de cada par, como método de control de ambiente compartido por cada par. Las cuestiones del anamnesis sobre actividad física fueron usadas, a penas, para constatar que los hermanos eran concordantes o discordantes en estos hábitos. Permaneciendo en el estudio solamente los pares concordantes en los hábitos de actividad física, o sea, los hermanos que fueran activos o ambos inactivos, firmado en el criterio de exclusión.

Seguido, los gemelos fueron sometidos a la evaluación de composición corporal por medio de medidas antropométricas, realizadas por un evaluador debidamente entrenado, cuyo Error Técnico de Medida (ETM) es de 1,0% para medidas de perímetro y varía de 3,5% a 4,0% para medidas de pliegues cutáneos¹⁵. Los puntos a tener en cuenta y los protocolos para la evaluación antropométrica utilizados en este estudio siguieron la padronización de *International Society for Advancement in Kinanthropometry* (ISAK)⁶ y las orientaciones del documento de consenso del Grupo Español de Cineantropometría (GREC) de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE)¹⁶.

La masa corporal (*Body mass*®) fue registrada en kilogramos, con precisión de 100 gramos. Considerando la alta precisión de la balanza electrónica, fue cogida apenas una vez. La estatura (*Stature*®) fue registrada en cm, estando el individuo en postura adecuada en el estadiómetro y en apnea, después de una inspiración profunda. El perímetro de cintura (*Waist*®) fue verificado en el nivel más estrecho entre la décima costilla y la cresta ilíaca. El evaluado asumió una posición en pié y relajado con los brazos cruzados sobre el tórax. Después el evaluador antropométrico ajusta la cinta en torno al abdomen del sujeto, siendo instruido a bajar los brazos de posición relajada y la cinta reajustada de acuerdo con la necesidad. El evaluado fue orientado a respirar con normalidad y la medición fue realizada al fin una expiración normal. Los valores de referencia usados para el *waist*® como indicador de obesidad según los puntos de corte de Taylor¹⁷, para individuos de 8 a 18 años. Para los adultos, según la clasificación de la OMS², con puntos de corte de riesgo aumentando de >94 cm < 102 cm (hombres) y > 80 cm < 88 cm (mujeres).

Fueron medidos los pliegues cutáneos: Triceps®, Subscapular®, Iliac crest®, Abdominal®, Front thigh® e Medial calf®. Todas las medidas

de pliegues cutáneos fueron realizadas en el hemicuerpo derecho de los sujetos y repetidas tres veces alternadas en cada punto de cogida⁶, obteniéndose la media y admitiéndose variación máxima entre ellas de unos 0,5 cm. Los individuos participaron en la evaluación con un mínimo de vestimenta y descalzos, en sala silenciosa con una temperatura que oscilaba los 22-24° C. Ningún gemelo participo en la evaluación, teniendo realizado cualquier actividad vigorosa o haber consumido alcohol o cafeína en las 24 horas anteriores a la realización de los testes. Todos fueron informados sobre la importancia de dormir adecuadamente la noche anterior al procedimiento y estaban familiarizados con la investigación.

Los índices antropométricos calculados fueron: el Índice de Masa Corporal (IMC), con las medidas de masa y estatura, y clasificado de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS)¹⁸ y para individuos de 8 a 18 años, el IMC fue clasificado siguiendo las tablas de Cole¹⁹. Se calculo la suma de los 6 pliegues (Σ PC), y como índice de distribución de grasa, se calculo el sumatorio de los tres pliegues cutáneos del tronco (Subscapular®, Iliac crest®, Abdominal®) (Σ 3PC) y el sumatorio de los pliegues cutáneos de los miembros inferiores (Front thigh® y Medial calf®) (Σ 2PC)²⁰. El porcentaje de grasa corporal (% GC) fue calculado por la ecuación CUN-BAE (utilizando las variables de: sexo, IMC y edad)²¹ y también se calculó el Índice de Conicidad (IC)²². La muestra no presento individuos obesos, por tanto, todas las técnicas utilizadas seguirán los protocolos para individuos obesos⁶.

El estadio puberal de cada par de gemelos fue evaluado por medio del protocolo de autoevaluación de la maduración sexual con la tabla de Tanner²³. Cada gemelo realizó la evaluación en la presencia de un responsable y del evaluador, en sala reservada.

La determinación de cigosidad fue realizada a través de un cuestionario de cigosidad aplicado a las madres de los gemelos, validado por Peeters²⁴. Además de eso, realizamos una observación de la similitud de cada par de gemelos verificando el color de pelo, color de ojos, trazos faciales, estatura y peso²⁵, métodos por los cuales, clasificamos los pares como monocigóticos y dicigóticos.

Análisis estadístico

Las variables de estudio fueron evaluadas cuanto a su distribución a través de la media, desvío padrón, asimetría y curtosis. Como estos presupuestos no fueron atendidos para afirmar la normalidad de distribución, todo el análisis de datos fue obtenido por medio de la estadística no paramétrica, tratados en el programa IBM SPSS Statistics 20.

Los análisis fueron realizados con base en la variancia intrapar de gemelos, de esta forma, controlamos variables eventuales de confusión como la edad y estadio puberal. Siendo calculadas, la mediana y su respectivo intervalo de confianza (IC 95%). Los análisis, inicialmente, fueron realizados con el banco de datos sin división de sexo y edad. Con todo, con el instinto de comprender la contribución hereditaria de los presentes indicadores antropométricos en diferentes etapas de crecimiento y desarrollo humano, realizamos la división del grupo de muestras en femenino y masculino, y también por el estadio puberal. Presentando los resultados de caracterización de la muestra por la media desvío \pm padrón (DP). Los individuos del estadio puberal 1 fueron clasificados como pre-puberales; los de estadio 2, 3 y 4 fueron clasificados

como puberales y los de estadio 5 como post-puberales, y fue calculada la edad media en cada grupo.

La área total sobre la curva ROC fue calculada como medida de exactitud de los test, para los indicadores: IMC, % GC, IC, *Waist*[®], Σ PC, Σ 3PC y Σ 2PC, separados por sexo y estadio puberal. Cuanto mayor la área sobre la curva ROC, mayor el poder discriminatorio (diferencia) de los indicadores antropométricos en los gemelos. Se utilizó el intervalo de confianza (IC 95%) que determina que si la capacidad predictiva de los indicadores de obesidad no es la debida por casualidad. Un área sobre la curva de 0,5 confirma la hipótesis nula (no hay diferencias significativas) y encima de 0,70 es considerada verdadera positiva (donde hay diferencia significativa).

Después del tratamiento estadístico, se aplicó el índice de heredabilidad, demostrando cuanto cada variable posee de carácter genotípico y fenotípico⁸⁻¹⁰. Para caracteres de variación cuantitativa, tomamos las diferencias entre pares de gemelos MZ y entre pares de gemelos DZ y utilizamos la siguiente fórmula: $h^2 = ((S^2 DZ - S^2 MZ) / S^2 DZ) \times 10010$, donde S^2 representa la variancia de cada serie de diferencias. Cuando $h^2 = 100\%$, la variancia de carácter es atribuible exclusivamente a causas hereditarias, ya que los gemelos MZ son concordantes: $S^2 = 0$ y el carácter presentado en cada par es una expresión constante. Cuando $h^2 = 0$, la variación es enteramente explicada por los efectos ambientales. En ambos casos, presuponemos que los errores de medida son aleatorios y tienden, por tanto, a anularse.

Los resultados de heredabilidad, fueron categorizados en cuartos de 25% en 25%, siendo denominado el menor cuarto por debajo del 25% como baja heredabilidad, de 26% a 50%, como moderada baja, de 51% a 75%, moderada alta y mayor que 75% como alta heredabilidad. Los criterios utilizados para confirmar una mayor heredabilidad o influencia

ambiental en el recorrido de las franjas etarias, fueron: semejanza (misma franja categórica) de los valores de heredabilidad en por lo menos tres grupos (general, pre-puberal, puberal y post-puberal) o los valores de heredabilidad presenten un mismo comportamiento categórico de heredabilidad en el grupo general y en el grupo post-puberal.

Resultados

En la Tabla 1 son presentados los valores de heredabilidad para la muestra general, sin la distinción de sexo y edad. En la Tabla 2 y la Tabla 3 son exhibidos la media \pm DP de cada variable, separadas por sexo y edad. Los indicadores antropométricos relacionados a la obesidad, demostraron valores elevados de heredabilidad (moderado alto a alto) en comparación con las heredabilidades de la muestra separada por franjas etarias, que presentaron mayores variaciones en sus valores, principalmente en el sexo masculino (Tabla 4, Figura 1 y Figura 2). Observándose que la muestra no presenta características sobre la obesidad, con indicadores antropométricos dentro de los parámetros de normalidad establecidos, con excepción de los grupos post-puberales masculinos, que están con una pequeña elevación en el valor del IMC, lo que puede estar siendo sobrevalorado, pues, el valor de perímetro de cintura de este grupo se encuentra dentro de los valores permitidos para edad y sexo. Además, el IMC no hace distinción de masa muscular, masa grasa y masa ósea, por tanto, el % CG refleja con mayor claridad los valores de grasa corporal de la muestra, pues, su valor es corregido por el sexo y edad; presentando una heredabilidad mayor en el sexo femenino, excepto en la fase puberal. El Σ PC y el índice de distribución de grasa (Σ 3PC e Σ 2PC) demostraron que las mujeres presentarán

Tabla 1. Heredabilidad y medianas de las variables antropométricas relacionadas a la obesidad en gemelos monocigóticos y dicigóticos sin distinción de sexo y edad.

Mostra Geral	Monocigóticos (n=70)		Dicigóticos (n=60)		h ²
	Med	(IC 95%)	Med	(IC 95%)	
Edad	13,5	(13,00-19,00)	14,5	(11,25-22,50)	-
Stature [®]	1,54	(1,49-1,59)	1,59	(1,44-1,72)	64%
Body mass [®]	44,65	(39,30-49,63)	51,55	(43,43-68,03)	74%
IMC	18,96	(15,99-20,21)	20,86	(18,44-23,02)	80%
% GC	25,22	(21,88-36,74)	25,88	(21,97-35,58)	86%
IC	1,11	(1,08-1,13)	1,13	(1,08-1,16)	60%
Waist [®]	65,05	(62,10-66,84)	70,9	(64,13-74,44)	86%
Triceps [®]	10,15	(8,34-16,33)	14,88	(11,10-18,64)	81%
Subscapular [®]	8,58	(6,40-11,29)	11,2	(8,64-16,04)	87%
Iliac crest [®]	11,15	(7,40-16,29)	22,2	(10,73-25,78)	86%
Abdominal [®]	14,58	(7,30-18,36)	18,98	(13,53-24,88)	97%
Front thigh [®]	17,1	(11,94-22,39)	20,7	(17,35-25,91)	80%
Medial calf [®]	9,78	(6,13-14,20)	13,63	(8,49-16,98)	89%
Σ PC	69,73	(46,48-101,76)	102,25	(72,06- 130,54)	84%
Σ 3PC	43,28	(24,8 -54,3)	42,48	(28,63-59,98)	92%
Σ 2PC	29,78	(21,30-38,75)	32,95	(24,63-40,70)	81%

Med: Mediana; % GC: Porcentaje de grasa corporal por la ecuación CUN-BAE; IC: Índice de Conicidad; IC (95%) – Intervalo de confianza a 95%; Σ PC: Sumatorio de los pliegues cutáneos (Triceps[®], Subscapular[®], Iliac crest[®], Abdominal[®], Front thigh[®] y Medial calf[®]); Σ 3PC (sumatorio Subscapular[®], Iliac crest[®], Abdominal[®]); Σ 2PC: (sumatorio Front thigh[®] y Medial calf[®]); h²: heredabilidad.

Tabla 2. Media y desvío padrón de las variables antropométricas relacionadas a la obesidad en gemelos femeninos monocigóticos y dicigóticos separados por estadio puberal (caracterización de la muestra).

	Femenino MZ			Femenino DZ		
	Pre-puberal N=14	Puberal N=14	Post-puberal N=14	Pre-puberal N=11	Puberal N=11	Post-puberal N=10
Edad	11,33±1,37	14,67±0,52	21,67±2,07	10,33±1,862	14,00±1,55	22,67±3,72
Stature [®]	1,46±0,09	1,56±0,06	1,57±0,03	1,40±0,13	1,64±0,06	1,59±0,04
Body mass [®]	39,44±8,89	51,02±2,49	48,97±4,53	35,68±10,43	55,55±4,22	51,78±5,58
IMC	18,25±2,17 *18,35-22,14	20,95±1,43 *23,34-24,17	19,84±2,56 **18,5-24,9	17,67±2,69 *18,35-21,68	20,52±0,83 *22,14-24,17	20,71±3,05 **18,5-24,9
% GC	18,80±4,76	24,87±2,72	23,95±4,83	17,28±6,10	23,96±1,70	25,71±6,17
IC	112,34±3,22	106,07±1,35	110,65±1,69	112,67±4,70	110,88±5,10	104,9±2,37
Waist [®]	63,05±4,86 # 69,6 -75,6	63,05±4,86 # 75,6 - 78,3	67,18±3,61 ## <88,0	61,05±6,90 # 69,6 -73,8	70,18±4,16 # 75,6 - 79,1	65,24±3,51 ## <88,0
Triceps [®]	13,44±4,91	13,44±4,91	13,77±2,96	12,97±3,12	15,61±3,55	16,27±3,95
Subscapular [®]	10,99±3,68	10,99±3,68	11,02±1,65	10,47±6,37	11,15±4,62	10,94±2,78
Iliac crest [®]	15,08±5,17	15,08±5,17	14,82±1,44	13,88±7,14	23,55±4,90	18,72±8,14
Abdominal [®]	16,15±6,99	16,15±6,99	17,78±2,55	15,13±6,19	20,55±3,69	20,37±8,53
Front thigh [®]	17,58±4,95	17,58±4,95	21,20±2,35	18,93±4,88	24,35±5,69	27,53±7,93
Medial calf [®]	13,57±3,12	13,57±3,12	14,66±4,41	12,67±5,43	15,67±2,39	18,03±8,77
Σ PC	86,81±27,70	86,81±27,70	93,24±12,75	84,04±31,14	110,88±21,8	111,85±38,0
Σ 3PC	42,22±15,16	39,47±11,95	43,62±4,22	39,48±19,12	55,25±12,81	50,03±18,96
Σ 2PC	31,15±7,96	34,35±9,57	35,86±6,31	31,59±10,14	40,02±6,59	45,56±16,24

% GC: Porcentaje de grasa corporal por la ecuación CUN-BAE; IC: Índice de Conicidad; Σ PC: Sumatorio de los pliegues cutáneos (Triceps[®], Subscapular[®], Iliac crest[®], Abdominal[®], Front thigh[®] y Medial calf[®]); Σ 3PC: (sumatorio Subscapular[®], Iliac crest[®], Abdominal[®]); Σ 2PC: (sumatorio Front thigh[®] y Medial calf[®]).

*Franja de normalidad para el IMC en la franja etaria especificada, de acuerdo con la tabla de Cole¹⁹; ** Franja de normalidad para el IMC en mujeres, según la OMS². #Identificación perímetro de cintura elevado para la franja etaria especificada y sexo, según Taylor¹⁷. ## Valor de referencia para perímetro de cintura elevado en mujeres, según OMS².

mayor adiposidad en los miembros inferiores en comparación con los hombres, y el grupo post-puberal masculino obtuvo mayor adiposidad en el tronco superior, en comparación a los otros grupos.

El cálculo de la curva ROC generó las aéreas sobre la curva entre las variables IMC, %GC, IC, *Waist*[®], Σ PC, Σ 3PC y Σ 2PC, separadas por sexo y estadio puberal, posibilitando cuantificar la exactitud y la sensibilidad para comparar las variables evaluadas. Se observa en la Tabla 5 que los valores de los gemelos DZ de sexo femenino y masculino obtuvieron mayores diferencias que los gemelos MZ en todas las franjas de edad, o sea, los gemelos MZ confirmaron la hipótesis nula y los DZ presentaron satisfactoria diferencia de sus valores.

Discusión

Con el objetivo de estimar la heredabilidad utilizando una muestra en diferentes franjas etarias y estadios puberales, utilizamos de forma intencional, una muestra con edades heterogéneas, contra produciéndose así con estudios de muestras de variación de edad baja^{13,26}. Esto se dio para que pudiera observarse que presentándose una franja etaria grande, los datos de la muestra general (sin división por sexo y edad) recibieran influencia significativa del medio. Se constató entonces,

que mismo con diferencias en las edades de los sujetos, las variables antropométricas recibieran una mayor influencia hereditaria, en cuanto, realizada la división por el estadio puberal, las heredabilidades sufrieron algunas variaciones en sus categorizaciones.

La *estature*[®] y la *body mass*[®] se comportaron como las variables influenciadas por la herencia genética, debido a sufrir poca variación en la división de las franjas etarias, manteniéndose en heredabilidad moderada alta a alta, con excepción de la masa en el grupo femenino. Lo mismo tiene sucedido en el estudio de Poveda²⁷, donde la estatura fue influenciada fuertemente por los efectos genéticos y la masa corporal presentó variaciones en la heredabilidad de 28,81% a 65,77% en individuos de 2 a 18 años de edad, indicando una mayor acción del ambiente de esas variables en diferentes franjas de edad.

La alta heredabilidad encontrada en nuestros estudios en cuanto al IMC corrobora con estudios realizados con gemelos o estudios de familia, donde los factores hereditarios ejercen un fuerte efecto²⁸⁻³⁰. De acuerdo con las investigaciones sobre heredabilidad de variables en grasa corporal, existe, en gran parte, una contribución genética para el IMC, con la h^2 variando entre 42% y 79%^{26,27}. En nuestro estudio, el IMC en el sexo femenino se comportó con alta heredabilidad en la mayoría de las franjas de edad, con excepción de los grupos puberales; ya en el masculino se mantuvo en la franja moderada alta a alta heredabilidad.

Figura 1. Gráfico de comparación de heredabilidad de los indicadores antropométricos relacionados a la obesidad, en el sexo femenino en diferentes estadios puberales.

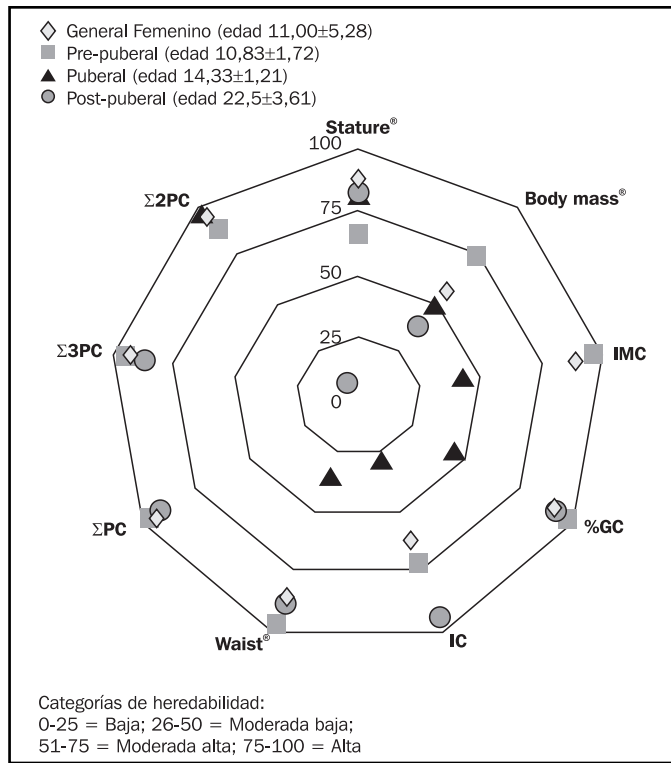


Figura 2. Gráfico de comparación de heredabilidad de los indicadores antropométricos relacionados a la obesidad, en el sexo masculino en diferentes estadios puberales.

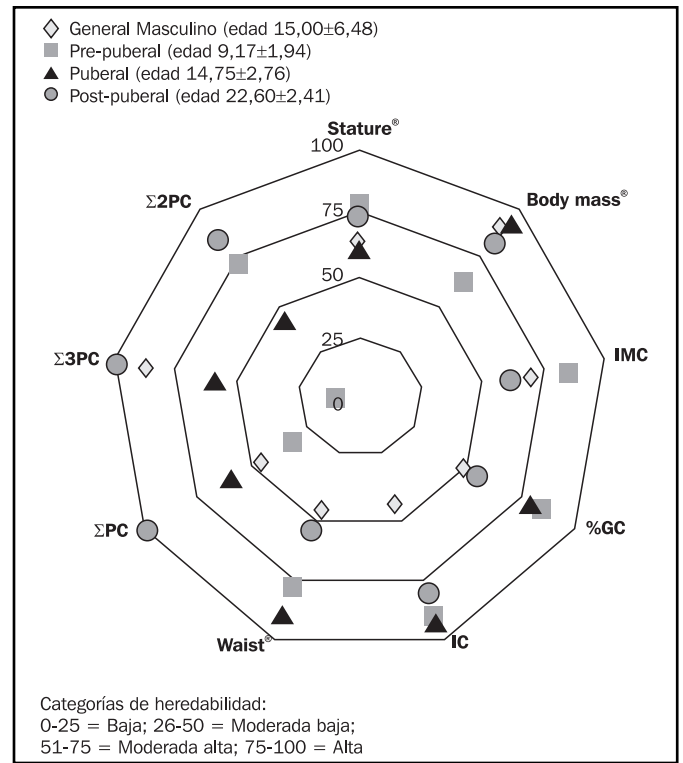


Tabla 3. Media y desvío padrón de las variables antropométricas relacionadas a la obesidad en gemelos masculinos monocigóticos y dicigóticos separados por estadio puberal (caracterización de la muestra).

	Pre-puberal N=10	Masculino MZ Puberal N=08	Post-puberal N=10	Pre-puberal N=10	Masculino DZ Puberal N=08	Post-puberal N=10
Edad	8,67±0,52	12,50±0,58	21,67±1,86	9,67±1,58	17,00±1,15	24,00±2,31
Stature [®]	1,34±0,11	1,53±0,06	1,70±0,06	1,32±0,10	1,68±0,05	1,91±0,04
Body mass [®]	33,30±11,82	41,58±3,50	76,36±2,97	31,22±5,89	64,86±8,29	102,15±19,0
IMC	18,01±3,79	17,98±2,96	26,70±2,58	17,81±1,75	22,87±1,75	27,81±4,01
	*18,44-19,1	*21,20-22,58	**18,5-24,9	*18,44-20,55	*23,60-25	**18,5-24,9
% GC	29,70±7,83	30,73±6,03	47,52±3,53	29,83±3,73	40,94±3,15	49,13±5,06
IC	114,30±5,01	110,29±2,48	114,52±5,64	117,20±1,72	106,67±1,19	116,49±0,92
Waist [®]	61,40±10,91	62,75±5,24	83,77±4,94	61,75±3,80	72,05±3,69	92,40±7,15
	# 65,3-67,7	# 72,4-76,9	## < 102,0	# 65,3-70,1	# 83,1-86,7	## < 102,0
Triceps [®]	9,50±4,56	7,08±2,78	11,20±3,67	10,61±4,66	6,19±2,65	20,09±2,69
Subscapular [®]	8,63±6,00	6,75±0,79	17,22±4,92	7,51±1,68	8,66±2,25	17,94±3,65
Iliac crest [®]	14,18±12,13	7,28±1,85	24,40±5,57	11,30±3,74	7,91±2,72	27,05±3,67
Abdominal [®]	12,70±9,57	7,56±2,58	24,68±5,59	12,95±6,01	8,18±5,35	24,33±5,11
Front thigh [®]	15,43±7,75	11,80±4,34	15,07±4,69	16,23±5,86	9,29±1,77	23,15±5,38
Medial calf [®]	9,52±6,28	6,94±1,74	12,83±3,47	10,12±3,19	6,30±1,72	15,50±4,37
Σ PC	67,39±46,77	47,40±13,22	105,39±26,8	68,71±24,27	46,53±15,47	128,05±21,1
Σ 3PC	35,52±27,64	21,59±5,02	66,29±15,74	31,76±11,28	24,75±10,28	69,31±10,96
Σ 2PC	22,38±15,15	18,74±6,04	27,90±8,10	26,34±8,89	15,59±3,28	38,65±9,31

% GC: Porcentaje de grasa corporal por la ecuación CUN-BAE; IC: Índice de Conicidad; Σ PC: Sumatorio de los pliegues cutáneos (Triceps[®], Subscapular[®], Iliac crest[®], Abdominal[®], Front thigh[®] y Medial calf[®]); Σ 3PC: (sumatorio Subscapular[®], Iliac crest[®], Abdominal[®]); Σ 2PC: (sumatorio Front thigh[®] y Medial calf[®]).

*Franja de normalidad para el IMC en la franja etaria especificada, de acuerdo con la Tabla de Cole¹⁹; **Franja de normalidad para el IMC en hombres, según la OMS²; ## Identificación perímetro de cintura elevado para la franja etaria especificada y sexo, según Taylor¹⁷; ### Valor de referencia para perímetro de cintura elevado en hombres, según OMS².

Tabla 4. Heredabilidad de las variables antropométricas relacionadas a la obesidad en gemelos monocigóticos y dicigóticos categorizados por sexo y estadio puberal.

	Heredabilidad femenino			
	General F (n=74)	Pre-puberal (n=25)	Puberal (n=25)	Post-Puberal (n=24)
Edad (años)	11,00±5,28	10,83±1,72	14,33±1,21	22,5±3,61
Stature [®]	88%	66%	80%	80%
Body mass [®]	56%	74%	48%	37%
IMC	90%	96%	43%	95%
% GC	91%	97%	45%	92%
IC	60%	72%	27%	95%
Waist [®]	86%	97%	33%	88%
Triceps [®]	95%	74%	76%	91%
Subscapular [®]	48%	63%	75%	45%
Iliac crest [®]	87%	83%	21%	98%
Abdominal [®]	97%	88%	97%	80%
Front thigh [®]	91%	79%	79%	99%
Medial calf [®]	98%	99%	97%	62%
Σ PC	96%	97%	97%	93%
Σ 3PC	94%	95%	96%	88%
Σ 2PC	95%	88%	97%	70%

	Heredabilidad masculino			
	General F (n=56)	Pre-puberal (n=20)	Puberal (n=16)	Post-Puberal (n=20)
Edad /años)	15,00±6,48	9,17±1,94	14,75±2,76	22,60±2,41
Stature [®]	63%	80%	63%	77%
Body mass [®]	92%	64%	94%	86%
IMC	67%	86%	84%	63%
% GC	50%	82%	80%	55%
IC	41%	89%	91%	81%
Waist [®]	45%	76%	89%	52%
Triceps [®]	87%	62%	86%	95%
Subscapular [®]	74%	53%	71%	99%
Iliac crest [®]	63%	11%	13%	93%
Abdominal [®]	68%	76%	67%	76%
Front thigh [®]	7%	41%	34%	84%
Medial calf [®]	65%	67%	60%	92%
Σ PC	46%	30%	59%	96%
Σ 3PC	87%	9%	58%	98%
Σ 2PC	32%	73%	46%	87%

% GC: Porcentaje de grasa corporal por la ecuación CUN-BAE; IC: Índice de Conicidad; Σ PC: Sumatorio de los pliegues cutáneos (Triceps[®], Subscapular[®], Iliac crest[®], Abdominal[®], Front thigh[®] y Medial calf[®]); Σ 3PC (sumatorio Subscapular[®], Iliac crest[®], Abdominal[®]); Σ 2PC (sumatorio Front thigh[®] y Medial calf[®]); h²: heredabilidad; General F: grupo femenino sin división por estadio puberal; General M: Grupo masculino sin división por estadio puberal.

En la ecuación del IMC¹⁸ observamos que la masa corporal es corregida por la estatura, la cual posee una mayor estabilidad en los valores de heredabilidad en comparación a la masa, principalmente en el sexo femenino. Lo que indica una fragilidad en su utilización como único indicador de obesidad, cuando puede ser propiamente visto como indicador de peso corporal y no de grasa corporal, y su efecto genético

puede afectar a las contribuciones de músculos, de masa ósea y de otros tejidos³¹, siendo necesaria también una corrección por el sexo y edad, la cual es realizada por el % GC²¹.

La moderada baja heredabilidad de esas variables en el grupo puberal femenino puede ser justificada por ser una fase de grandes modificaciones fisiológicas, corporales y hormonales en la pubertad, siendo muy influenciada por el medio²³. El % GC presentó el comportamiento un de heredabilidad semejante al IMC en todas las franjas de edad, con mayor heredabilidad en mujeres que en hombres. Esa ecuación lleva en consideración el efecto de edad y presenta correlaciones con factores de riesgo cardio-metabólicos y con IMC, siendo dependientes de la edad y del sexo²¹. En el estudio de Pérusse³² el porcentaje de grasa fue determinada por la ecuación de Siri³³, en él encontramos el valor de heredabilidad mayor también para el sexo femenino (76%) que para el sexo masculino (69%), siendo en gran parte determinada por factores genéticos. Los valores de % GC CUN-BAE caracterizó la adiposidad corporal de cada grupo de manera coherente con el IMC, *Waist[®]*, IC e Σ PC, para cada grupo de edad y sexo, y de acuerdo con las tablas de Cole¹⁹. En esta ecuación, la edad está incluida en la predicción y en la interacción con los componentes de IMC, reduciendo errores por las diferencias de edad en la determinación del % GC²¹, siendo, por tanto, óptimo para predecir la grasa corporal en diferentes edades.

Valores de IMC y % GC encima de los límites permitidos aumentan los riesgos para la salud en consecuencia a un peso corporal elevado^{18,21}. Verificándose, que esos indicadores están altamente asociados a la composición corporal del individuo, bien como por factores hereditarios (de clasificación moderada a alta heredabilidad), presentando diferencias por sexo. Además, los factores comportamentales (sedentarismo, por ejemplo) pueden ser modificados por los efectos genéticos relacionados a la composición corporal²⁹. Según McCaffery³⁴, la actividad física vigorosa reduce la heredabilidad del IMC, comprobado en veteranos de guerra del Vietnam de media edad. Y un estudio realizado con pares de gemelos, utilizando modelos de interacción genética - ambiental, indico que los gemelos físicamente activos son más delgados y presentan un menor IMC y *waist[®]* que los gemelos sedentarios²⁶. Lo que quedo demostrado en nuestro estudio principalmente para el sexo masculino y para la fase puberal de sexo femenino, por el valor de heredabilidad de estas variables.

Se verifica que el valor del *waist[®]*, en el presente estudio, está por encima de otras investigaciones que observaron variaciones de 56% al 71% (moderada alta) para la muestra general^{13,26}, con todo, cuando realizamos las divisiones, la heredabilidad se mantuvo alta en el sexo femenino, cayendo en la fase de la pubertad, con el mismo comportamiento para el IMC y % GC. La heredabilidad moderada baja del grupo general masculino no presentó un mismo comportamiento categórico en la división por franja etaria, indicando que el perímetro de cintura sufre variaciones en la heredabilidad, pudiendo haber mayor interferencia del medio en esa variable para diferentes franjas etarias. Según Mateo-Gallego³⁵ la edad desempeña un papel importante en la asociación entre perímetro de cintura y grasa visceral abdominal. Ese indicador realiza una medida estimada de grasa visceral abdominal, presentando un límite normal diferenciando para hombres, mujeres, niños y adolescentes, demostrado por la OMS² y por Taylor¹⁷, respectivamente. Pudiendo ser utilizada como método para estimar riesgos cardiovasculares, pues, exis-

Tabla 5. Área de la curva ROC de los indicadores antropométricos categorizado por el sexo y estadio puberal de gemelos monocigóticos y dicigóticos.

Femenino	Área de la curva ROC Monocigóticos (IC 95%)			Área de la curva ROC Dicigóticos (IC 95%)		
	Pre-puberal (n=14)	Puberal (n=14)	Post-puberal (n=14)	Pre-puberal (n=11)	Puberal (n=11)	Post-puberal (n=10)
IMC	0,11 (0,00-0,40)	0,33 (0,00-0,87)	0,11 (0,00-0,40)	0,89 (0,59-1,00)	0,67 (0,13-1,00)	0,89 (0,59-1,00)
Waist®	0,11 (0,00-0,40)	0,33 (0,00-0,80)	0,33 (0,00-0,87)	0,89 (0,59-1,00)	0,67 (0,20-1,00)	0,67 (0,13-1,00)
% GC	0,11 (0,00-0,40)	0,33 (0,00-0,87)	0,11 (0,00-0,40)	0,89 (0,59-1,00)	0,67 (0,13-1,00)	0,89 (0,59-1,00)
IC	0,44 (0,00-0,97)	0,44 (0,00-0,97)	0,11 (0,00-0,40)	0,56 (0,03,00)	0,56 (0,03-1,00)	0,89 (0,59-1,00)
Σ PC	0,22 (0,00,65)	0,11 (0,00-0,40)	0,33 (0,00-0,87)	0,78 (0,35-1,00)	0,89 (0,59-1,00)	0,67 (0,13-1,00)
Σ 3PC	0,22 (0,0-0,65)	0,22 (0,0-0,65)	0,33 (0,0-0,87)	0,78 (0,35-1,00)	0,78 (0,35-1,00)	0,67 (0,13-1,00)
Σ 2PC	0,0 (0,0-0,0)	0,0 (0,0-0,0)	0,33 (0,0-0,87)	1,00 (1,00-1,00)	1,00 (1,00-1,00)	0,67 (0,13-1,00)
Masculino	Pre-puberal (n=10)	Puberal (n=8)	Post-puberal (n=10)	Pre-puberal (n=10)	Puberal (n=8)	Post-puberal (n=10)
IMC	0,33 (0,00-0,87)	0,00 (0,00-0,00)	0,33 (0,00-0,89)	0,67 (0,13-1,00)	1,00 (1,00-1,00)	0,67 (0,10-1,00)
Waist®	0,22 (0,00-0,65)	0,00 (0,00-0,00)	0,17 (0,00-0,57)	0,78 (0,35-1,00)	1,00 (1,00-1,00)	0,83 (0,43-1,00)
%GC	0,33 (0,00-0,87)	0,00 (0,00-0,00)	0,33 (0,00-0,89)	0,67 (0,13-1,00)	1,00 (1,00-1,00)	0,67 (0,10-1,00)
IC	0,22 (0,00-0,65)	0,25 (0,00-0,80)	0,00 (0,00-0,00)	0,78 (0,35-1,00)	0,75 (0,20-1,00)	1,00 (1,00-1,00)
Σ PC	0,44 (0,00-0,97)	0,25 (0,00-0,80)	0,17 (0,00-0,57)	0,56 (0,03-1,00)	0,75 (0,20-1,00)	0,83 (0,43-1,00)
Σ 3PC	0,44 (0,0-0,97)	0,25 (0,0-0,80)	0,17 (0,0-0,57)	0,56 (0,03-1,00)	0,75 (0,20-1,00)	0,83 (0,43-1,00)
Σ 2PC	0,33 (0,0-0,87)	0,25 (0,0-0,80)	0,50 (0,0-1,00)	0,67 (0,13-1,00)	0,75 (0,20-1,00)	0,50 (0,0-1,00)

% GC: Porcentaje de grasa corporal por la ecuación CUN-BAE; IC: Índice de Conicidad; IC (95%). Intervalo de confianza a 95%; Σ PC: Sumatorio de los pliegues cutáneos (Triceps®, Subscapular®, Iliac crest®, Abdominal®, Front thigh® e Medial calf®); Σ 3PC: (sumatorio Subscapular®, Iliac crest®, Abdominal®); Σ 2PC: (sumatorio Front thigh® y Medial calf®);

te una alta relación de perimetría de la cintura con la grasa abdominal total³⁵, además, el análisis genético bivariado mostró las correlaciones genéticas entre IMC y *waist*® fueron fuertes para niños y adolescentes³⁶.

A pesar de nuestros hallazgos demostraran alto índice de heredabilidad para *waist*®, en la mayoría del grupo de muestra, hay evidencias de que gemelos con bajo nivel de actividad física presentan mayor *waist*® que los hermanos activos, y gemelos con susceptibilidad genética para la obesidad son más propensos a tener elevado *waist*® (siendo sedentarios), que gemelos sin susceptibilidad genética^{12,26,37}; demostrando que la interferencia del medio disminuye el componente genético de ese indicador antropométrico, siendo la actividad física y hábitos alimenticios importantes factores de modulación de esa variable.

A partir de la diferencia en los valores de heredabilidad presentados en el sexo femenino y masculino, verificándose que *waist*® es un predictor óptimo de obesidad abdominal, principalmente para los hombres,

ya que la acción del medio es mayor. A pesar de eso, el sexo masculino sufre mucho más con la acción del ambiente en la acumulación de grasa en la región abdominal que el sexo femenino, justificado por la obesidad androide más frecuente en hombres³⁸. Otros estudios también demostraron que los individuos de sexo masculino, de diferentes franjas etarias, presentaron mayor incidencia de grasa visceral abdominal en comparación con las mujeres^{31,35}. Con todo, mismo que el individuo presente una genética favorable (o desfavorable) de los padres, puede sufrir influencias del ambiente, sea para el aumento del perímetro o para su disminución, a partir de la adopción de hábitos de vida saludables³⁰. El índice de conicidad (IC) obtuvo un comportamiento de heredabilidad semejante a las variables anteriores, moderada alta a alta en el femenino, obteniendo una disminución en la fase puberal; ya en el masculino la mayoría presentó alta heredabilidad. Ese índice corrige los valores de perímetro de cintura por masa y estatura, y según Pitanga³⁹, se presenta

como un indicador de obesidad con óptimos valores de sensibilidad y especificidad para discriminar el elevado riesgo coronario.

El Σ PC y el índice de distribución de grasa corporal (Σ 3PC y Σ 2PC), de nuestro estudio, presentaron alta heredabilidad en la muestra general, y cuando son separados por sexo, demostraron variaciones en esos valores. Donde en el femenino se obtiene variables estables, con alta heredabilidad, demostrando en el sexo masculino una mayor influencia ambiental. Creemos que este hallazgo se debe a la observación directa sin la interferencia de otras variables que compone una ecuación. Las medidas de pliegues cutáneos siguen un principio base al cual la cantidad de grasa subcutánea es proporcional a la cantidad total de grasa corporal y varía de acuerdo con el sexo, edad y etnia⁵. De esa forma, pueden ocurrir variaciones en los valores de heredabilidad de un grupo de muestra para otro grupo, como también por la diferencia de sexo, donde la adiposidad en los miembros inferiores tiende a ser mayor en el sexo femenino, en comparación al masculino, que tiende a tener mayor adiposidad en el tronco³⁸.

En el estudio de Koziel³¹, la contribución de la heredabilidad para los pliegues cutáneos fue mayor para el sexo femenino (53% a 85%) que para el masculino (37% a 83%) y en el estudio de Beardsall⁴⁰ el sumatorio de los pliegues cutáneos (biceps, triceps, subscapular e *Iliac crest*) en gemelos pre-puberales, presento alta heredabilidad (89%). Valores que se concilian con nuestro estudio en la clasificación de moderada alta a alta heredabilidad en esas variables, con excepción de la subscapular[®] en el sexo femenino, con heredabilidad moderada baja en general y un aumento de la heredabilidad en la fase puberal. La mayor acción del medio en los pliegues subscapular[®] de las niñas, puede ser justificada por el aumento de estrógeno a partir de la fase puberal, quedando comprobado por los presentes datos. Otro valor que presentó mucha diferencia por el sexo fue el pliegue cutáneo *front thigh*[®], con alta heredabilidad para las mujeres y baja heredabilidad para la mayoría del grupo masculino, con excepción de los post-puberal. Con todo, de acuerdo a nuestro criterio de aceptación, se torna una variable con gran influencia ambiental para el sexo masculino, indicando que los hombres sufren mayor influencia del medio para la modificación de ese pliegue cutáneo, diferentemente de a las mujeres. Creemos que por ese motivo, algunas ecuaciones de predicción de la grasa corporal, a partir de los pliegues cutáneos, utilizan el pliegue *front thigh*[®] apenas en mujeres¹⁶.

Los valores de la Tabla 4 validan nuestros datos, la presuposición del estudio y el método de gemelos^{9,10,25}, donde el punto más importante es la observación de los MZ. Su mayor varianza o diferencia es determinante en la ecuación de la h^2 . Cuando la varianza es muy baja, en determinada variable, ella es predictiva de una alta heredabilidad¹⁰. Demostrado por nuestros datos, los gemelos DZ presentan mayor diferencia en la varianza intrapar que los MZ, generando los valores de heredabilidad, lo que también es confirmado por Koziel³¹, donde el grado de semejanza de los indicadores de adiposidad fue significativamente mayor en gemelos MZ que en los gemelos DZ de ambos sexos.

El análisis de datos de la muestra general y en determinadas franjas de edad, encontramos una fuerte influencia hereditaria para los indicadores antropométricos de obesidad, principalmente en el sexo femenino. Lo mismo ocurrió en el estudio de Koziel³¹ donde las estimativas de heredabilidad fueron significativas para todos los indicadores de adiposidad, pero fue mayor para las niñas que para los niños, como

también encontramos en Chatterjee⁴¹ y Jelenkovi⁴² que encontraron una mayor influencia genética sobre las medidas antropométricas y sobre características de obesidad, relacionadas con la edad y sexo.

La mayor heredabilidad de esas características puede ser un factor positivo si los antecesores del individuo presentaran una composición corporal dentro de los padrones normales para la salud². Pudiendo ser negativo cuando se presenta una familia con mayor predominancia de factores de obesidad; con más oportunidades de heredar estas características en mujeres que en hombres, verificado por los valores de heredabilidad del presente estudio. Con todo, de acuerdo a los estudios anteriores^{12,26,37}, mismo con alta influencia hereditaria, el factor ambiental también presenta una parte de contribución en los indicadores antropométricos de obesidad, pues, si el individuo presenta predisposición genética y posee comportamientos de inactividad física, podrá ser propenso al desarrollo de un peso elevado, una vez que, factores ambientales comunes (dieta y ejercicio físico) afecten a la composición corporal⁷. Por tanto, los factores ambientales también muestra un papel fundamental en la variación de la morfología y la composición corporal, con su contribución relativa variando con el contexto en que se desarrolla la vida del individuo⁴².

Individuos físicamente activos pueden presentar reducción en la variación genética del peso corporal, sugiriendo que la actividad física es capaz de modificar la acción de los genes responsables para la predisposición de obesidad; y las actividades sedentarias durante la adolescencia puede interactuar con factores genéticos para producir cambios en la masa corporal entre la adolescencia y la edad adulta²⁹. En el estudio de Siventoinen³⁰, el alto nivel de actividad física fue inversamente asociado con elevados valores de IMC, perímetro de cintura, y % GC. Por tanto, individuos con mayor riesgo genético para la obesidad son beneficiados con una mayor práctica de actividad física^{7,12,30}, de manera que, programas de ejercicio aeróbico y anaeróbico, asociados a la orientación nutricional, son satisfactorios para el tratamiento de la obesidad, promoviendo cambios corporales y comportamentales importantes, y auxiliando en el combate a la obesidad en la adolescencia y previniendo futuras complicaciones en la fase adulta⁵.

Conclusión

Los indicadores antropométricos relacionados a la obesidad reciben influencia hereditaria y ambiental sobre la determinación de sus valores en las diferencias individuales. El valor de heredabilidad es variable entre la edad y sexo, presentando mayor estabilidad, predominantemente, en mujeres; lo que implica en mayor capacidad de heredar esas características relacionadas a obesidad. En contrapartida, parece no haber esta misma estabilidad en los hombres, debido a la oscilación entre los valores de heredabilidad por franja etaria, indicando que la obesidad en el sexo masculino sufre mayores influencias de fenotipo. El entendimiento de esa contribución hereditaria y ambiental es de fundamental importancia en el desarrollo de estrategias para combatir la obesidad, pues, a partir del nivel de influencia ambiental, podrán ocurrir intervenciones para modificar las características relacionadas a la obesidad y cuanto mayor heredabilidad, mayor trabajo y dedicación de tiempo para la reducción de grasa en el seguimiento corporal.

Bibliografía

- Silva VS, Petroski EL, Souza I, Silva DAS. Prevalência e fatores associados ao excesso de peso em adultos do Brasil: um estudo de base populacional em todo território nacional. *Rev Bras Ciênc Esporte*. 2012;34:713-26.
- Organization WH. *Waist circumference and waist-hip ratio: report of a WHO expert consultation*. Geneva, 8-11 December 2008. WHO 2011.
- VIGITEL. *Vigitel Brasil 2011: vigilância de fatores e risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico*. Brasil: Ministério da Saúde; 2011.
- Waller K, Kujala UM, Rantanen T, Kauppinen M, Silventoinen K, Koskenvuo M, et al. Physical activity, morbidity and mortality in twins: a 24-year prospective follow-up. *Eur J Epidemiol*. 2010;25(10):731-9.
- Thompson WR, Gordon NF, Pescatello LS. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Hubsta Ltd; 2009.
- Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter L. *International Standards for Anthropometric Assessment*. Potchefstroom, South Africa: ISA; 2006.
- Segal NL, Feng R, McGuire SA, Allison DB, Miller S. Genetic and environmental contributions to body mass index: comparative analysis of monozygotic twins, dizygotic twins and same-age unrelated siblings. *Int J Obes*. 2009;33(1):37-41.
- Beiguelman B, Franchi-Pinto C, Krieger H, Magna L. Twinning rate in a southeastern Brazilian population. *Acta Genet Med Gemellol*. 1996;45(3):317.
- Beiguelman B. *Dinâmica dos genes nas famílias e nas populações*. Ribeirão Preto: Soc. Bras. Genét. 1994.
- Clark PJ. The heritability of certain anthropometric characters as ascertained from measurements of twins. *Am J Hum Genet*. 1956;8(1):49.
- Mustelin L, Latvala A, Pietiläinen KH, Piirilä P, Sovijärvi AR, Kujala UM, et al. Associations between sports participation, cardiorespiratory fitness, and adiposity in young adult twins. *J Appl Physiol*. 2011;110(3):681-6.
- Waller K, Kaprio J, Kujala U. Associations between long-term physical activity, waist circumference and weight gain: a 30-year longitudinal twin study. *Int J Obes*. 2008;32(2):353-61.
- Mustelin L, Joutsen J, Latvala A, Pietiläinen KH, Rissanen A, Kaprio J. Genetic Influences on Physical Activity in Young Adults. A Twin Study. *Med Sci Sports Exerc*. 2011.
- Liu A, Byrne N, Kagawa M, Ma G, Kijboonchoo K, Nasreddine L, et al. Ethnic differences in body fat distribution among Asian pre-pubertal children: a cross-sectional multicenter study. *BMC Public Health* 2011;11(1):500.
- Perini TA, Oliveira GL, Ornellas JS, Oliveira FP. Cálculo do erro técnico de medição em antropometria. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11(1):81-5.
- Alvero Cruz JR, Cabañas Armesilla MD, Herrero de Lucas A, Martínez Rianza L, Moreno Pascual C, Porta Manzanedo J, et al. Protocolo de valoración de la composición corporal para el reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del Grupo Español de Cineantropometría (GREC) de la Federación Española de Medicina del Deporte (FEMEDE). 2010. *Arch Med Deporte*. 2010;27(5):330-44.
- Taylor RW, Jones IE, Williams SM, Goulding A. Evaluation of waist circumference, waist-to-hip ratio, and the conicity index as screening tools for high trunk fat mass, as measured by dual-energy X-ray absorptiometry, in children aged 3–19 y. *Am J Clin Nutr*. 2000;72(2):490-5.
- Organización Mundial de la Salud. Expert Committee on Physical Status TU, Anthropometry lo. *Physical status, the use and interpretation of anthropometry: report of a WHO expert committee*. WHO; 1995.
- Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000;320(7244):1240.
- Casajús JA, Leiva MT, Ferrando JA, Moreno L, Aragonés MT, Ara I. Relación entre la condición física cardiovascular y la distribución de grasa en niños y adolescentes. *Apunts Med Esport*. 2006;41(149):7-14.
- Gómez-Ambrosi J, Silva C, Catalán V, Rodríguez A, Galofré JC, Escalada J, et al. Clinical Usefulness of a New Equation for Estimating Body Fat. *Diabetes Care*. 2012;35(2):383-8.
- Valdez R. A simple model-based index of abdominal adiposity. *J Clin Epidemiol*. 1991;44(9):955-6.
- Tanner JM. Growth and maturation during adolescence. *Nutr Rev*. 1981;39(2):43-55.
- Peeters H, Van Gestel S, Vlietinck R, Derom C, Derom R. Validation of a Telephone Zygosity Questionnaire in Twins of Known Zygosity. *Behav Genet*. 1998;28(3):159-63.
- Beiguelman B. *O estudo de gêmeos*. Ribeirão Preto: SBG 2008.
- Mustelin L. Physical activity reduces the influence of genetic effects on BMI and waist circumference: a study in young adult twins. *Int J Obes (Lond)*. 2009;33(1):29-36.
- Poveda A, Jelenkovic A, Salces I, Ibanez ME, Rebato E. Heritability variations of body linearity and obesity indicators during growth. *Homo*. 2012;63(4):301-10.
- Nan C, Guo B, Warner C, Fowler T, Barrett T, Boomsma D, et al. Heritability of body mass index in pre-adolescence, young adulthood and late adulthood. *Eur J Epidemiol* 2012;27(4):247-53.
- Graff M, North KE, Monda KL, Lange EM, Lange LA, Guo G, et al. The combined influence of genetic factors and sedentary activity on body mass changes from adolescence to young adulthood: the National Longitudinal Adolescent Health Study. *Diabetes Metab Res Rev*. 2011;27(1):63-9.
- Silventoinen K, Hasselbalch AL, Lallukka T, Bogl L, Pietiläinen KH, Heitmann BL, et al. Modification effects of physical activity and protein intake on heritability of body size and composition. *Am J Clin Nutr*. 2009;90(4):1096-103.
- Koziel S, Nowak N, Malina RM. Changes in the Genetic Variance and Heritability of the Body Mass Index and Skinfolds among Polish Twins Aged 8–18 Years. *Coll Anthropol*. 2013;37(2):343-50.
- Pérusse L, Despres J, Lemieux S, Rice T, Rao D, Bouchard C. Familial aggregation of abdominal visceral fat level: results from the Quebec family study. *Metabolism* 1996;45(3):378-82.
- Siri W. The gross composition of the body. *Adv Biol Med Phys*. 1956;4:239.
- McCaffery JM, Papandonatos GD, Bond DS, Lyons MJ, Wing RR. Gene × environment interaction of vigorous exercise and body mass index among male Vietnam-era twins. *Am J Clin Nutr*. 2009;89(4):1011-8.
- Mateo-Gallego R, Bea AM, Jarauta E, Perez-Ruiz MR, Civeira F. Age and sex influence the relationship between waist circumference and abdominal fat distribution measured by bioelectrical impedance. *Nutr Res*. 2012;32(6):466-9.
- Ning F, Silventoinen K, Pang Z, Kaprio J, Wang S, Zhang D, et al. Genetic and Environmental Correlations Between Body Mass Index and Waist Circumference in China: The Qingdao Adolescent Twin Study. *Behav Genet*. 2013:1-8.
- Karnehed N, Tynelius P, Heitman BL, Rasmussen F. Physical activity, diet and gene?environment interactions in relation to body mass index and waist circumference: The Swedish Young Male Twins Study. *Public Health Nutr*. 2006;9(07):851-8.
- Patel P, Abate N. Body Fat Distribution and Insulin Resistance. *Nutrients*. 2013;5(6):2019-27.
- Pitanga JFG, Lessa I. Indicadores antropométricos de obesidade como instrumento de triagem para risco coronariano elevado em adultos na cidade de Salvador-Bahia. *Arq Bras Cardiol*. 2005;85(1):26-31.
- Beardsall K, Ong KK, Murphy N, Ahmed ML, Zhao JH, Peeters MW, et al. Heritability of childhood weight gain from birth and risk markers for adult metabolic disease in prepubertal twins. *J Clin Endocrinol Metab*. 2009;94(10):3708-13.
- Chatterjee S, Das N, Chatterjee P. The Estimation of the Heritability of Anthropometric Measurements. *Applied Human Science*. 1999;18(1):1-7.
- Jelenkovic A, Rebato E. Association among Obesity-Related Anthropometric Phenotypes: Analyzing Genetic and Environmental Contribution. *Hum Biol*. 2012;84(2):127-37.