

ÍNDICE DE MASA CORPORAL VS ANÁLISIS DE IMPEDANCIA BIOELÉCTRICA EN RESIDENTES DE GRAN ALTITUD: VISIÓN DESDE LA FISIOLÓGÍA DE ALTURA

BODY MASS INDEX VS BIOELECTRICAL IMPEDANCE ANALYSIS IN RESIDENTS AT HIGH ALTITUDE: VISION SINCE ALTITUDE PHYSIOLOGY

San Miguel-Simbrón J L ¹

¹ Especialista Médico Pediatra, Subespecialista Pediatra Inmunólogo, Docente investigador Titular Emérito, IINSAD; Jefe de la Unidad de Crecimiento y Desarrollo, Laboratorio de Biología Atómica, UCREDE-LABA-IINSAD, Facultad de Medicina, UMSA.

Lugar donde se realizó la investigación: Unidad de Crecimiento y Desarrollo Infanto-Juvenil, Instituto de Investigación en Salud y Desarrollo, Facultad de Medicina, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA)

Autor para correspondencia: Dr. José Luis San Miguel Simbrón, Facultad de Medicina, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Av. Saavedra 2246. La Paz, Bolivia, josanto10@yahoo.es

RESUMEN

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN: ¿Cuál será la composición corporal relacionada al índice de masa corporal en sujetos adultos residentes permanentes de gran altitud, La Paz, Bolivia, gestiones 2017 y 2018?

OBJETIVO: Determinar la composición corporal y el índice de masa corporal en sujetos adultos residentes permanentes de gran altitud, La Paz, Bolivia, gestiones 2017 y 2018.

MATERIAL Y MÉTODOS: Fue un estudio descriptivo transversal, en 109 universitarios. Fue realizado en una zona urbana de la ciudad de La Paz, a 3600 metros de altitud. Se realizaron, un examen clínico médico; medidas de peso, talla, índice de masa corporal (IMC) (kg/talla²); y la determinación de la composición corporal a través del método de Análisis de Impedancia Bioeléctrica (AIB).

RESULTADOS: Se encontró por IMC >30 (valor de índice de masa corporal que define obesidad), que la frecuencia de obesidad, en mujeres era de 9.7% y en varones del 8.5%. Por AIB, que definió la composición corporal, se encontró exceso de masa grasa en una frecuencia de 70.9% en mujeres y en varones del 18.1%

Acorde a valores de referencias del IMC obtenidos en poblaciones de nivel del mar, con el punto de corte mayor a 30 se definió obesidad. En relación al uso del AIB, se definió el punto de corte de exceso de grasa al valor > a 30% en las mujeres y en los varones > a 25%, acorde a valores de referencias obtenidos en poblaciones de nivel del mar. La presión arterial sistólica en varones fue 107 ± 10 y la diastólica de 73 ± 10; la sistólica en mujeres fue 100 ± 11 y la diastólica de 68 ± 8 mmHg.

CONCLUSIONES: Los universitarios residentes de gran altitud presentaron valores elevados de masa grasa corporal principalmente en las mujeres universitarias, evaluadas a través del método de AIB, reconocido como un estándar de referencia a nivel internacional,

Al comparar la identificación de la frecuencia de obesidad mediante el IMC se mostró valores muy

bajos de alrededor del 9% frente a la identificación de exceso de grasa a través del AIB que supera en las mujeres hasta 7 veces más la frecuencia de obesidad en universitarias residentes permanentes de gran altitud. La presión arterial sistémica presentó valores promedios más bajos que los establecidos a nivel del mar.

La prevención primaria de los factores de riesgo, frente a la enfermedad cardiovascular, debe ser uno de los principales propósitos, de alta prioridad, de las estrategias de salud en nuestro contexto de altitud.

PALABRAS CLAVES: composición corporal, índice de masa corporal, obesidad, análisis de impedancia bioeléctrica, gran altitud.

ABSTRACT

RESEARCH QUESTION: *What will be the body composition related to the body mass index in permanent resident adult subjects of high altitude, La Paz, Bolivia, steps 2017 and 2018?*

OBJECTIVE: *To determine the body composition and body mass index in adult subjects permanent residents of high altitude, La Paz, Bolivia, 2017 and 2018 procedures.*

MATERIAL AND METHODS: *It was a cross-sectional descriptive study in 109 university students. It was carried out in an urban area of the city of La Paz, at 3600 meters of altitude. A medical clinical examination was performed; measures weight, height, body mass index (BMI) (kg/height²); and the determination of body composition through the Bioelectric Impedance Analysis (BIA) method.*

RESULTS: *It was found by BMI > 30 (body mass index value that defines obesity), that the frequency of obesity in women was 9.7% and in men 8.5%. By BIA, which defined body composition, excess fat mass was found at a frequency of 70.9% in women and in men 18.1%*

According to BMI reference values obtained in sea level populations, with the cut-off point greater than 30 obesity was defined. In relation to the use of the BIA, the cut-off point of excess fat was defined at a value > 30% in women and in men > 25%, according to reference values obtained in populations at sea level. The systolic blood pressure in men was 107 ± 10 and the diastolic blood pressure was 73 ± 10; the systolic in women was 100 ± 11 and the diastolic of 68 ± 8 mmHg.

CONCLUSIONS: *High-altitude resident university students presented high levels of body fat mass mainly in university women, evaluated through the BIA method, recognized as an international standard of reference, when comparing the identification of the obesity frequency through the BMI, very low values of around 9% were shown compared to the identification of excess fat through the BIA that exceeds in women up to 7 times the frequency of permanent resident university obesity of high altitude. Systemic blood pressure showed lower average values than those established at sea level.*

The primary prevention of risk factors, against cardiovascular disease, must be one of the main, high priority, purposes of health strategies in our context of altitude.

KEYWORDS: *body composition, body mass index, obesity, bioelectrical impedance analysis, high altitude.*

INTRODUCCIÓN

La obesidad está definida como una condición médica en la que el exceso de la acumulación de masa grasa corporal impacta negativamente en la salud de la población.¹

En la actualidad, es frecuente que se estudie la obesidad basados en el **índice de masa**

corporal (IMC), el cual se basa en el peso corporal, descuidando y sin dar importancia a la evaluación de la composición corporal. Es un índice, por tanto sin magnitud, que surge de la división de la masa corporal individual dada en kg sobre el cuadrado de la talla medida en metros. Lo simple de este índice y los resultados epidemiológicos de asociación del incremento de IMC con eventos cardiovasculares lo hacen de

uso frecuente internacionalmente.²

A pesar de estas observaciones el IMC es utilizado a nivel clínico, pese a su falla en la capacidad de distinguir entre los componentes de masa libre de grasa y masa grasa corporal.³ Los estudios en niños, niñas y adolescentes cobran importancia por la prevención primaria de factores de riesgo que deben ser identificados con plena evidencia. Sin embargo, en adultos también se ha estudiado las limitaciones del IMC.⁴

Así mismo, diferentes autores plantean que a futuro el uso del IMC debe estar relacionado con el tipo de criterio de referencia del IMC utilizado, como es el caso de la Referencia Nacional de datos por edad versus la referencia del Centro de Control de Enfermedades (CDC) o contra la International Obesity Task Force (IOTF), y también acorde al estado fisiológico de pubertad, a las diferencias étnicas y raciales entre pacientes y estudios de seguimiento en diferentes poblaciones⁵⁻⁷.

La evaluación de la obesidad y el sobrepeso cuenta con la herramienta índice de masa corporal, siendo una herramienta antropométrica útil para esta valoración del estado nutricional y de salud de diferentes poblaciones. Así el CDC de estados Unidos de Norteamérica, en un reporte correspondiente a los años 1960 a 2002, indican que el peso promedio y el IMC han ido incrementándose en ambos sexos y en grupos diferentes de razas, en todas sus edades, en los adultos el incremento de peso promedio fue muy importante de 24 veces más.⁸

Diferentes estudios como las revisiones sistemáticas, en los que se incluyen adultos han identificado que valores altos de IMC identifican altos valores de grasa corporal y también riesgo elevado de comorbilidades.⁹

Una revisión sistemática tuvo el objetivo de evaluar herramientas que identifican la validez del IMC para detectar obesidad, que es definida como el exceso de adiposidad en niños y adolescentes. Tomaron en cuenta los autores estudios en los que se comparó el IMC contra técnicas que son consideradas como métodos estándares de referencia para evaluar la adiposidad corporal, entre ellas se identifica la pesada hidrostática, la pletismografía con desplazamiento de aire, la dilución isotópica y el análisis de impedancia

bioeléctrica.

En sus resultados se observa que corrientemente es usado el IMC para definir obesidad demostrándose que tiene una baja sensibilidad para detectar la adiposidad. La revisión concluye que el IMC tiene baja sensibilidad para identificar el exceso de grasa y falla al identificar en más de un cuarto de niños con exceso de grasa corporal.¹⁰

Se plantean problemas al no establecerse evidencia que pueda considerar al IMC contra evaluaciones que midan la grasa corporal con niveles bajos de sesgo y con exactitud aceptable de tipo individual como es el caso de la evaluación del agua corporal total.^{11, 12}

En poblaciones como las africanas la evidencia no es clara, existen sesgos en la identificación de exceso de grasa corporal por el IMC que varía en adultos.¹³

En muchas poblaciones como la Europea, y el sud este de Asia se verifican sesgos, en los segundos se verifica grasa corporal más alta que lo esperado por su IMC.¹⁴

La población universitaria en el sur de Chile, tienen horarios de clases, de estudio, con escasez de presupuesto que no les permiten buenos hábitos alimentarios, haciéndolos sedentarios. Las selecciones deportivas podrían salir de este contexto. Mediante antropometría y marcadores bioquímicos se evidencio que las deportistas universitarias tienen valores normales de IMC y también de parámetros bioquímicos, pero al evaluar mejor el tejido adiposo, se encontró que este era mayor de un 39.9%.¹⁵

En nuestro medio ambiente de altitud y de latitud subtropical la temática nuclear es una ciencia emergente, lo anterior se refiere al aprendizaje y utilización de la tecnología nuclear, como el isótopo estable deuterio (²H) usado en investigación en poblaciones de un contexto de gran altitud. Desde la presión barométrica, la temperatura ambiental, la humedad, la radiación ultravioleta, entre otros y del agua que consumimos tienen diferencias suficientes para que la fisiología de altura sea ciencia que se diferencia de la fisiología que encontramos a nivel del mar. No visibilizar la gran cantidad de componentes que nos afectan

en nuestro funcionamiento sería un error y no buscaríamos día a día diferencias que debemos saber estudiar para constituir el conocimiento científico necesario y suficiente para comprender y mejorar la funcionalidad de nuestros organismos a gran altitud.

El componente genético activado y desarrollado debido a la hipoxia de nuestro medio de gran altitud, es comparado a un conmutador, este es la familia de los “Factores inducibles por hipoxia” (HIF, en inglés). Los mismos operan en la transcripción de unión con el ADN como respuesta al decremento de presión parcial del oxígeno, así se activan genes responsables de la codificación de proteínas que se requieren para administrar oxígeno a los tejidos y para influir sobre el metabolismo energético, como es el caso del HIF-1. Los genes afectados son del factor de crecimiento endotelial vascular que mejora la angiogénesis, genes relacionados con la eritropoyetina para llevar a una mayor producción de glóbulos rojos, entre otros.

Se ha logrado establecer el agua corporal total de sujetos residentes de gran altitud, en los que se ha calculado la masa libre de grasa (MLG) y la masa grasa (MG) por el modelo de dos compartimentos. La MLG se calcula dividiendo el ACT sobre el factor de hidratación, tomando en cuenta datos de referencia de hidratación de Fomon (1982) específicos para edad y sexo. La MG se calcula como la diferencia entre el peso corporal menos MLG.¹⁶

San Miguel (2011), invitado por la OPS/OMS a Lima, Perú como experto a la reunión de Expertos sobre el Uso de los Patrones internacionales de crecimiento infantil de poblaciones de altitud. Expuso sobre los estudios realizados sobre crecimiento en altitudes de 3600 y 4000 metros sobre el nivel del mar, y aplicó el patrón de crecimiento de la OMS-2006. Sin embargo, ha fundamentado que los estudios de crecimiento deben ser complementados con la determinación de la composición corporal de los niños y niñas estudiadas a gran altitud, el autor y col., vienen realizando dicha evaluación mediante la dilución del deuterio, que aporta un cálculo preciso de la masa grasa (MG) y la masa libre de grasa (MLG)

ello aportará un mejor conocimiento sobre el crecimiento a gran altitud.¹⁷

El propósito del presente trabajo fue determinar la composición corporal y el índice de masa corporal en sujetos adultos residentes permanentes de gran altitud.

METODOLOGÍA

El estudio fue realizado en una zona urbana, en la ciudad de La Paz, a gran altitud, 3600 metros sobre el nivel del mar, y corresponde a estudios realizados en las gestiones 2017 y 2018. El mismo fue conducido en la Unidad de Crecimiento y Desarrollo, del Instituto de Investigación en Salud y Desarrollo (IINSAD) y en la Cátedra de Fisiología y Biofísica de la Facultad de Medicina, de la Universidad Mayor de San Andrés. El estudio contiene componentes de investigación de un Programa de investigación sobre Agua Corporal Total y Composición Corporal en altitud. Se desarrolló en una estación fría, con temperaturas de 16 a 20 C, con una humedad relativa ambiente de 20 a 24%, con una presión barométrica de 498 ± 0.6 mmHg.

El diseño de investigación realizado fue de tipo descriptivo transversal. Las muestras estuvieron constituidas, por universitarios, con edades comprendidas entre los 18 a 30 años, de zonas urbana de nivel socioeconómica medio.

Los universitarios fueron 109 sujetos seleccionados de forma no probabilística, por conveniencia. Se incluyeron a todos los universitarios que asistían a clases de Fisiología y los mismos firmaron el consentimiento informado para ser parte de la evaluación.

Previo al inicio del estudio se ha obtenido el aval ético del Comité de Ética en la Investigación, del Instituto de Investigación en Salud y Desarrollo (CEI-IINSAD).

Los universitarios debieron ser residentes permanentes de altitud. Posterior a un examen clínico médico, debiendo cumplir criterios de inclusión para su estudio, fueron excluidos del estudio si presentaban infección aguda o crónica, enfermedades crónicas y/o metabólicas, como también en caso de presentar deficiencia física o

motora, o desnutrición severa, o estar medicados con tratamiento de radioterapia, citostáticos y otros inmunosupresores.

Procedimientos y técnicas

Se ha obtenido datos en los universitarios mediante entrevista directa. Toda la información, identificación de los universitarios, datos generales, variables antropométricas, el examen clínico médico, se registraron en formularios de evaluación individual.

Para la obtención de las variables antropométricas, se adoptó lo propuesto en el Manual de Antropometría Infanto-Juvenil (San Miguel, 2009)¹⁸. Así se midió el peso, talla, para obtener el índice de masa corporal (kg/talla^2); y la circunferencia de la cintura.

Medidas antropométricas

La masa corporal (kg), se midió con una balanza de piso, electrónica, (Seca, Japón), con precisión de 100 g y una escala de 0 a 120 kg.

La talla (m), se midió mediante un estadiómetro de plástico, (Seca, Japón), graduado en milímetros con una escala de 0 a 2.2 m. La antropometría fue ejecutada por personal de investigación entrenado.

Al combinar el peso y la talla, se pudo establecer el índice de Quetelet: $\text{IMC} = \text{peso (kg)} / \text{talla (m)}^2$. El mismo permitió establecer el estado nutricional. Se adoptaron los puntos de corte acorde a las referencias de WHO 10 y WHO ANTHRO PLUS.

Los datos fueron recolectados del sujeto de estudio en los laboratorios de la UCREDE.

Antes de iniciar la toma de medidas, se dejó a los universitarios en condición de reposo por 20 a 30 minutos. Se atemperó el ambiente y calibró todos los equipos, dentro del mismo ambiente, existió un área para que se pueda vestir y desvestir el adulto. Se dispuso de los formularios, bolígrafos y todos los instrumentos a la mano.

Análisis de Impedancia Bioeléctrica (AIB)

El análisis de impedancia bioeléctrica fue realizado con un equipo tetrapolar, Quad Scan 4000, Bodystat.

En la actualidad se cuenta con equipos multifrecuencia, con diferentes frecuencias de

estímulo eléctrico usado en el sujeto de estudio. Estas frecuencias son de 5 khz, 50 khz, y de alta frecuencia como 100 khz y 200 khz, que logran atravesar la membrana celular; siendo capaz de diferenciar compartimentos tanto intracelular como extracelular, a partir del cual se puede estimar la masa celular corporal.

En los universitarios se utilizó 4 electrodos, estos fueron de a pares, siendo un par los transmisores y el otro par actuando como receptores. La corriente aplicada fue mínima y de imperceptible cuantía, a través de los electrodos distales o transmisores, el voltaje fue detectado por los electrodos receptores o proximales. Se estandarizó el lugar de aplicación de los electrodos.

La técnica de aplicación de los electrodos de la impedancia bioeléctrica, el sujeto se colocó en decúbito dorsal en una camilla, induciéndole un estado de tranquilidad; con los miembros superiores e inferiores separados del cuerpo en un ángulo de 45 grados, con la muñeca y la mano derecha libres de ropa, se realizó una limpieza de grasa cutánea, mediante el uso de torundas de algodón y alcohol. Así mismo el tobillo y el pie derecho estuvieron desnudos, se realizó también la limpieza cutánea. Mediante protocolo establecido, se conectaron cables provenientes del impedanciómetro a 4 electrodos (dos transmisores y dos receptores), que se ubican en la zona dorsal de las zonas antes descritas, a nivel de la articulación metacarpo falángica y metatarso falángica los cables distales y los proximales en la posición mediana entre la eminencia distal del radio y del cúbito de la muñeca y entre el maléolo lateral y medial del tobillo. La distancia entre ambos electrodos debe ser constante de 5 cm en la mano y de 6 cm en el pie.¹⁹

El impedanciómetro fue un equipo, cuya fuente de energía es de 4 baterías pequeñas, y emite muy bajas cantidades de energía eléctrica hacia el cuerpo del sujeto de estudio, mide la resistencia y la impedancia del organismo que es un conductor natural. El equipo captó las frecuencias eléctricas mediante la medición de la Resistencia y la Capacitancia. El tiempo requerido son alrededor de 5 minutos.

El equipo BodyStat, es de la marca QuadScan 4000, Hydration/BodyComposition, USA.

Tratamiento estadístico

Los resultados se analizaron a través de la estadística descriptiva, usando la media aritmética, la desviación estándar, la mediana, frecuencias y porcentajes. Las diferencias entre universitarios con y sin exceso de grasa se verificaron a través del test de ANOVA. Otras diferencias se verificaron a través del test "t". En todo el análisis estadístico, se adoptó una $p < 0.05$. Se utilizaron software estadísticos como el SPSS, versión 11.5, y el NCSS, 2007.

El programa de investigación científica sobre el "Agua corporal total y composición corporal en Altitud", tiene a este trabajo como uno de los varios proyectos que se están desarrollando en nuestra Unidad de Investigación, con el propósito doble de realizar proyectos de investigación científica y el objetivo académico de mejorar la formación del pregrado en Medicina. El contexto de gran altitud, nos obliga a reflexionar sobre cada uno de los temas que se enfrentan en adultos jóvenes como los universitarios, para buscar soluciones realistas y de beneficio a la comunidad, como es el caso de la presente publicación.

RESULTADOS

Los 109 universitarios estudiados residentes permanentes de gran altitud, fueron evaluados en su composición corporal, en la que se verificó la masa grasa medida por análisis de Impedancia bioeléctrica (AIB). Un estudio previo en universitarios de gran altitud (2018) demostró la

importancia de conocer la composición corporal mucho más que el peso corporal de un individuo y se logró validar el uso de la AIB, que obtuvo un valor de correlación alto de $r = 0.967$, frente al gold estándar del deuterio, en nuestra población de adultos jóvenes de gran altitud.

La evaluación de la composición corporal, que supera la evaluación solo del peso corporal, como se ha indicado demostraron niveles de correlación altos entre el AIB vs y la medición de la masa grasa corporal evaluada por el método de la dilución isotópica y se definió el exceso de porcentaje de grasa corporal como mayor a 25% en varones y mayor a 30% en mujeres.

En base a esta clasificación, se pudo obtener dos grupos de universitarios, los que presentaron exceso de grasa corporal, por lo tanto obesidad, y los que no presentaban exceso.

En 57 sujetos estudiados que no tenían exceso de grasa medido por AIB, se observa una talla promedio en varones de 168 cm y en las mujeres de 155 cm, con una diferencia estadísticamente significativa en favor de los varones. El IMC promedio se encuentra en los rangos de normalidad con respecto a los estándares y referencias de nivel del mar. A diferencia, que con los sujetos con exceso de grasa, en los que predominan las mujeres, el IMC se encuentra elevado a un nivel de sobrepeso como promedio. Así mismo, se observa que los valores de circunferencia de cintura son estadísticamente más elevados en el grupo con exceso de grasa. Cuadro N° 1.

Cuadro N°1. Características de Antropometría de Ambos Sexos.

	Sin Exceso de grasa		Con Exceso de grasa		p ^b
	Varones n= 39	Mujeres n= 18	Varones n= 8	Mujeres n= 44	
Edad (años) ^a	23.2 ± 2.7	22.0 ± 2.3	25.2 ± 3.9	23.0 ± 2.5	
Peso (kg)	67.1 ± 9	52.3 ± 6	83.7 ± 11.3	64.4 ± 8.8	0.11
Talla (cm)	167.7 ± 6	155.4 ± 5	170.0 ± 3.1	156.5 ± 4.5	0.001
IMC	23.8 ± 3	21.6 ± 1.8	28.4 ± 3	26.2 ± 3.3	0.66
Circunferencia cintura (cm)	84.6 ± 7.8	73.8 ± 5	98.7 ± 9.3	85.5 ± 7.9	0.04

IMC: índice de masa corporal

^a Valores expresados en promedio y desvío estándar

^b p : diferencia significativa entre mujeres y varones, $p = 0.05$

La frecuencia de exceso de masa grasa corporal definida por el análisis de impedancia bioeléctrica es de 70.9% en mujeres y de 18 % en varones. La frecuencia de obesidad definida por el IMC está alrededor del 9% tanto en varones como en mujeres residentes de gran altitud. La

subestimación de la frecuencia de obesidad al utilizar el IMC es llamativa principalmente en las mujeres, que al ser evaluadas por el exceso de grasa corporal mediante AIB está casi 7 veces más elevada. Este es uno de los hallazgos más importante en el presente estudio. Cuadro 2.

Cuadro N° 2. Obesidad definida por IMC y por la Masa Grasa Corporal en Ambos Sexos

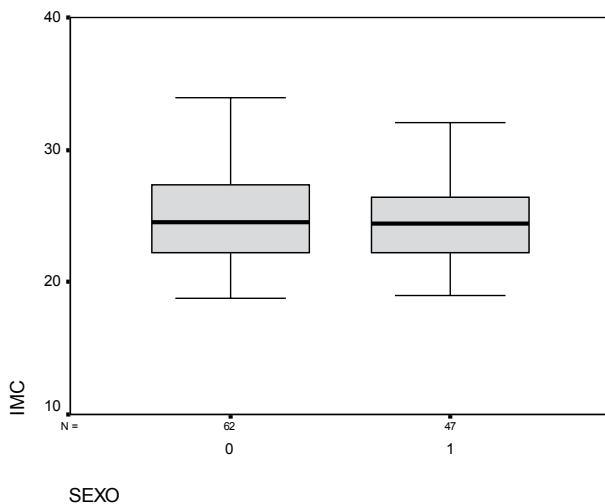
	Índice de masa corporal				% masa grasa por AIB			
	Varones n= 47		Mujeres n= 62		Varones n= 44		Mujeres n= 55	
	^a 24.6	3.4	24.9	3.6	20.1	5.2	32.9	4.6
Obesidad	8.5%		9.7%		18.1%		70.9%	

AIB: Análisis de impedancia bioeléctrica

^a Valores expresados en promedio y desvío estándar

El gráfico de caja que representa al IMC por sexo demuestra las medianas muy similares en varones y mujeres, así como en el primer cuartil de la distribución. En las líneas verticales no se observan puntos extremos en ambos sexos. Figura 1.

Figura N° 1. Distribución del Índice de Masa Corporal Evaluado en Ambos Sexos



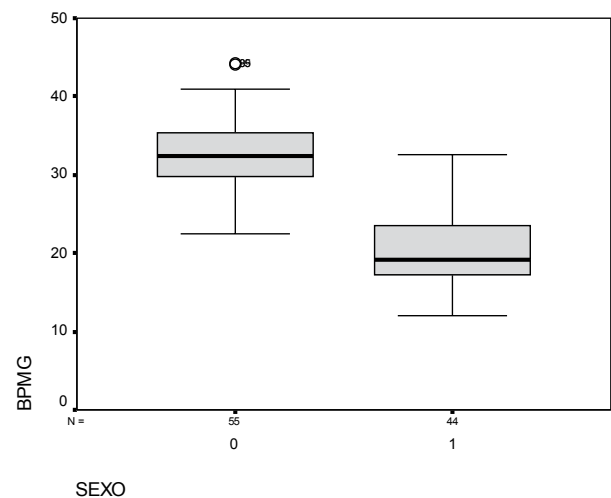
Mujeres: 0; varones: 1

El gráfico de caja que representa al porcentaje de masa grasa medida por AIB por sexo demuestra las medianas diferentes en varones y mujeres, siendo la masa grasa más elevada en las mujeres. Tanto el primer y tercer cuartil de la distribución están muy elevados en las mujeres. En las líneas verticales o "barbas", en valores superiores se

observa un punto extremo en las mujeres. Figura 2.

Se hace evidente con esta información que la composición corporal evaluada por impedancia bioeléctrica permite una diferenciación entre mujeres y varones, siendo que en las primeras la masa grasa es más elevada que en los varones por un componente fisiológico como el endocrino. A diferencia que el IMC no permite una evaluación directa de la composición corporal porque no diferencia la masa libre de grasa y la masa grasa.

Figura N° 2. Distribución de la Masa Grasa Corporal Evaluada en Ambos Sexos



Mujeres: 0; varones: 1

En el cuadro 3 se observan los valores promedio de la presión arterial sistémica evaluada en condiciones de reposo. Los datos obtenidos, tanto en sus componentes de presión sistólica y diastólica se evidencian valores promedio en nuestro contexto de gran altitud que están muy

por debajo de los valores promedio identificados a nivel del mar. Al igual que el valor promedio de la presión arterial media.

No existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos con y sin exceso de grasa.

Cuadro N° 3. Características de Valores de Presión Arterial Sistémica en Ambos Sexos

	Sin Exceso de grasa		Con Exceso de grasa		P ^b
	Varones n= 38	Mujeres n= 18	Varones n= 8	Mujeres n= 44	
Presión Sistólica ^a (mmHg)	107.2 ±10	100.2 ± 11	101.1 ± 8	101.1 ±9	0.19
Presión Diastólica (mmHg)	73.3 ± 10	67.8 ±8	71.4 ± 11	68.9 ± 6.5	0.15
Presión Media (mmHg)	84.5 ±7.8	78.5 ±8	81.3 ± 9	79.6 ±6.5	0.15

^a Valores expresados en promedio y desvío estándar

^b p : diferencia significativa entre mujeres y varones, p = 0.05

El uso de la tecnología nuclear, con la aplicación del principio de dilución isotópica utilizando el deuterio, ha permitido evaluar con un alto grado de precisión el agua corporal total y la masa grasa corporal en universitarios habitantes permanentes de gran altitud. Habiéndose obtenido una correlación muy alta con el método del análisis de impedancia bioeléctrica (AIB). Asumiendo los criterios de inclusión en los estudios realizados y la selección de universitarios sin exceso de grasa corporal, se verifica que el ACT en los varones en promedio es del 58% y en las mujeres del 53%, valores similares a los del nivel del mar, de 60% y 55% respectivamente.

En el otro extremo los universitarios con exceso de grasa corporal muestran el ACT en varones en

valores del 52% (es un 6% menos de agua que los varones sin exceso de grasa) y las mujeres tienen un 46%(es un 7% menos de agua que las mujeres sin exceso de grasa). Estos componentes podrían ser de gran ayuda para la terapia que involucra el manejo de líquidos corporales en centros hospitalarios y clínicas donde se trata este tipo de situaciones clínicas y quirúrgicas en nuestro medio de altitud. Cuadro 4.

En la MG se observa entre varones con y sin exceso de grasa una diferencia del 10.7%; y entre las mujeres del 7.6%.

La diferencia estadística significativa es evidente entre los grupos con y sin exceso de grasa corporal, residentes de gran altitud.

Cuadro N° 4. Características del Agua Corporal Total y Masa Grasa determinada por Bioimpedancia en Ambos Sexos

	Sin Exceso de grasa		Con Exceso de grasa		P ^b
	Varones n= 38	Mujeres n= 18	Varones n= 8	Mujeres n= 44	
	X	DE	X	DE	
Agua corporal ^a Total (%)	58.0 ± 4.1	52.8 ± 2.6	51.5 ± 1.8	46.3 ± 2.6	0.000
Masa grasa (%)	18.2 ± 3.4	27.5 ± 2.1	28.9 ± 2.4	35.1 ±3.5	0.000

^a Valores expresados en promedio y desvío estándar.

^b p : diferencia significativa entre mujeres y varones, p = 0.05

DISCUSIÓN

En el presente estudio descriptivo en universitarios, habitantes permanentes de gran altitud, se ha establecido que el IMC que define obesidad subestima la frecuencia del exceso de grasa corporal. El exceso de masa grasa está presente en más de dos tercios de las mujeres y en un quinto de los varones, lo cual sugiere que a gran altitud los residentes urbanos estarían expuestos a un medio altamente obesogénico, principalmente para las mujeres. El exceso de grasa es 7 veces más elevado que la obesidad definida por el IMC.

Los niveles de decisiones sobre salud pública deben prevenir y controlar la obesidad con mayor énfasis y relevancia que solo por los valores del IMC que revelan una frecuencia del 9%, frente a valores del 70% de exceso de grasa en las mujeres universitarias de nuestro medio.

El mayor estudio e integración del análisis de los resultados sobre composición corporal en habitantes de altitud, deberían buscar mejorar la estimación de la prevalencia a través de un punto de corte en la distribución del IMC más bajo que el valor de 30, acorde al poder diagnóstico definido por el valor de sensibilidad y especificidad del IMC en las poblaciones habitantes de gran altitud. Lo anterior es posible por el solo hecho que las revisiones sistemáticas sobre el tema demuestran la importancia de comparar la distribución del IMC versus métodos que evalúan específicamente la composición corporal, que permiten evaluar tanto la masa libre de grasa y la masa grasa, ya que ambas son dependientes.²⁰

En ese sentido el uso de la dilución isotópica en nuestro medio de altitud, en poblaciones vulnerables, junto al análisis de impedancia bioeléctrica (AIB) permitirán una mayor y mejor evidencia para estimar la prevalencia real de la obesidad a gran altitud.

El programa de investigación científica de la UCREDE-IINSAD, sobre "Agua corporal total y composición corporal en altitud", ha permitido encontrar una correlación muy alta entre la AIB frente a la dilución isotópica, es decir frente al gold estándar del deuterio, en jóvenes universitarios con un valor de $r = 0.967$, por lo tanto, un coeficiente de determinación de $R^2 =$

0.935; lo que indica que tan fuerte es en realidad esta relación. Esta asociación es fundamental, ya que la variable ACT o MG medida por AIB frente al ACT o MG medida por dilución de deuterio están altamente asociadas, lo que mide un método también lo mide el otro método (los valores de Y (AIB) están altamente determinados por los valores de X (deuterio) donde se identifica a la masa libre de grasa y a la masa grasa en forma precisa.¹⁶

Por lo expuesto, es necesario realizar un diseño de test diagnóstico que permita obtener los niveles de sensibilidad, especificidad y otros de una prueba para compararla con otra prueba que debe ser un "patrón de oro" que valide la prueba que se desea utilizar para diagnosticar un padecimiento o enfermedad.

En la distribución de frecuencias de una variable, se tienen valores que se aproximan al exceso y valores que se aproximan al déficit, mismos que se alejan del valor promedio de dicha variable. En el caso de la deficiencia, se tiene el ejemplo de la variable anemia ferropénica, una de las causas más importantes de la "Anemia". En este caso, se tiene experiencias de investigación en altitud, en poblaciones infantiles; las que han merecido reconocimiento a nivel regional e internacional, por su propósito de definir el umbral de concentración de hemoglobina óptimo que defina anemia en niños y niñas habitantes de gran altitud. Berger & San Miguel, lograron ejecutar un programa de investigación, en parte como diseño de test diagnóstico, en el que el test puesto a prueba era la Hemoglobina y el "patrón de oro" se tuvo que obtener, por la suplementación de hierro-folato en la población estudiada, para definir anemia post-prueba de la suplementación con hierro-folato durante 3 meses, en forma diaria, a niños y niñas de 6 meses a 9 años de edad. Los niños que incrementaban por encima de 1 g/dL de hemoglobina después de la suplementación eran definidos retrospectivamente como anémicos y los que no incrementaban este valor eran definidos como no anémicos retrospectivamente. Con este ensayo clínico de antes y después de la suplementación se obtuvo el patrón de oro para validar y encontrar el punto de corte óptimo de la concentración de hemoglobina que definió anemia. Mediante modelos de regresión lineal se

pudo establecer que a 3600 metros de altitud, en los niños estudiados el umbral adecuado y pertinente fue de 14.4 g/dL, valores por debajo de este umbral definen la anemia ferropénica a gran altitud.²¹

Para el caso de la obesidad en universitarios habitantes de gran altitud, por todo lo analizado en esta primera publicación al respecto, nos lleva a indicar que a futuro un análisis mayor y su publicación correspondiente, con el uso de la correlación entre el IMC y el porcentaje de masa grasa, y así también el uso del Test Diagnóstico nos permitirá aportar mayor evidencia para obtener el umbral óptimo de IMC que defina obesidad en nuestra población de adultos jóvenes como los universitarios. A diferencia del caso de anemia ferropénica arriba descrito en forma resumida, en el caso de la obesidad se tiene al test a prueba al IMC frente al patrón de oro que es la determinación del exceso de grasa evaluado por AIB y por la dilución de deuterio, simplificándose la necesidad de un patrón de oro, ya que la tecnología nuclear instalada en la UCREDE-IINSAD permite tener dicha información.^{22, 23}

Ahora bien, como ha sido indicado anteriormente, los habitantes sanos y bien nutridos de altitud, están expuestos a una presión parcial de oxígeno ambiental baja, con la consecuente disminución del contenido de oxígeno en sangre y por ende en sus tejidos corporales, en consecuencia se activan factores de transcripción como el Factor Inducible por Hipoxia, HIF-1 alfa, denominado **“Regulador maestro de la homeostasis del oxígeno”**, estudiado por el grupo de investigación de Semenza (1998). Este factor HIF-1 alfa, es el regulador de la producción de eritropoyetina.

Así mismo, se ha establecido que el HIF-1 alfa, ante condiciones de hipoxia, en las células se estabiliza y permanece activo mayor tiempo, induce cambios genéticos sobre una gran variedad de vías metabólicas, fisiológicas, que buscan “adaptar” las funciones de nuestro organismo a nuestro medio ambiente de gran altitud (Guyton, 2016)²⁴. Los genes que son estimulados por este factor, se relacionan con muchas respuestas fisiológicas inducidas por un medio de hipoxia hipobárica como el nuestro. Estos hechos demostrados, fundamentan que

los habitantes de altitud, tienen diferencias en parámetros fisiológicos con los sujetos del nivel del mar, lo anterior demostrado en estudios de los sistemas sanguíneos y a nivel cardiorespiratorio. Un estudio de ensayo clínico en poblaciones infantiles de Bolivia, demostró que los escolares de gran altitud, sanos y bien nutridos, tienen un consumo de oxígeno de 184 mL/min, a diferencia de los 153 mL/min, en niños de baja altitud, con una diferencia estadísticamente significativa (San Miguel, 2002)²⁵. Por lo tanto, los cambios fisiológicos inducidos por la altitud, pudieran generar un incremento en el gasto energético en las poblaciones residentes de gran altitud, y por ende también podrían existir diferencias en los parámetros fisiológicos de la masa grasa corporal que manejan diariamente.

Por lo tanto, los resultados encontrados en universitarios, deben ser analizados con el criterio de poder identificar si la masa libre de grasa y la masa grasa son o no diferentes a los valores de referencia de nivel del mar

El propósito, debe estar dirigido a prevenir el desarrollo de los factores de riesgo que lleven a los jóvenes adultos hacia enfermedades cardiovasculares (ECU) y desarrollar estrategias de prevención y tratamiento adecuados a nuestro contexto.

Existen múltiples variables involucradas en el desarrollo de la ECV, y ellas establecen lo complejo de su análisis e interpretación, debiéndose tomar en cuenta, las alteraciones del metabolismo de glúcidos, la presión arterial sistémica, la respuesta inflamatoria, la dieta y la actividad física para lograr predecir el futuro en nuestros universitarios habitantes de gran altitud.

CONCLUSIONES

Se establece en nuestro estudio que los universitarios residentes de gran altitud presentaron valores elevados de masa grasa corporal principalmente en las mujeres universitarias, evaluadas a través del método de análisis de impedancia bioeléctrica (AIB), reconocido como un estándar de referencia a nivel internacional,

Al comparar la identificación de la frecuencia de obesidad mediante el IMC se mostró valores muy

bajos de alrededor del 9% frente a la identificación de exceso de grasa a través del AIB que supera en las mujeres hasta 7 veces más la frecuencia de obesidad en universitarias residentes permanentes de gran altitud. La presión arterial sistémica presentó valores promedios más bajos que los establecidos a nivel del mar.

La prevención primaria de los factores de riesgo, frente a la enfermedad cardiovascular, debe ser uno de los principales propósitos, de alta prioridad, de las estrategias de salud en nuestro contexto de altitud.

AGRADECIMIENTO

Expreso el sincero agradecimiento a las autoridades de Cátedra de Fisiología y Biofísica, por el apoyo y la colaboración en los proyectos de investigación que se desarrollan. Así mismo, a la activa participación de los universitarios de la cátedra de Fisiología y Biofísica, por su dedicación y entusiasmo efectivo en el desarrollo de los proyectos de investigación conjunto que se realizan.

REFERENCIAS

1. WHO. *Fact sheet on obesity and overweight*. World Health Organization Media Center, Geneva, Switzerland, 2006.
2. Reilly JJ, Kelly J, Wilson DC. *Accuracy of simple clinical and epidemiological definition of childhood obesity: systematic review and evidence appraisal*. *Obes Rev* 2010;11:645-655.
3. Reilly JJ, Dorosty AR, Emmett PM. *Identification of the obese child: adequacy of the body mass index for clinical practice and epidemiology*. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000;24:1623-1627.
4. Romero-Corral A, Somers VK, Sierra-Johnson J, et al. *Accuracy of body mass index in diagnosing obesity in the adult general population*. *Int J Obes (Lond)* 2008;32:959-966.
5. Kuczmarski RJ, Ogden CL, Grummer-Strawn LM, et al. *CDC growth charts: United States*. *Adv Data* 2000;314:1-27.
6. Bellizzi MC, Dietz WH. *Workshop on childhood obesity: summary of the discussion*. *Am J Clin Nutr* 1999;70:173S-175S.
7. Da Veiga GV, Dias PC, dos Anjos LA. *A comparison of distribution curves of body mass index from Brazil and the United States for assessing overweight and obesity in Brazilian adolescents*. *Rev Panam Salud Publica* 2001;10:79-85.
8. Ogden CL, Fryar CD, Carroll MD, et al. *Mean weight, height, and body mass index United States 1960-2002*. *CDC Advance Data* 2004;347.
9. Okorodudu DO, Jumean MF, Montori VM, Romero-Corral A, Somers VK, Erwin PJ, et al. *Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity: a systematic review and meta-analysis*. *Int J Obes* 2010;34:791-799.
10. Javed A, Jumean M, Murad MH, Okorodudu D, Kumar S, Somers VK, et al. *Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis*. *Pediatr Obes* 2014;10: 234-244.
11. Hills A, Davidsson L. *Stable isotope methods to develop and monitor nutrition interventions*. *Curr Nutr Food Sci* 2010;6:289-293.
12. Wells JC, Fewtrell MS. *Measuring body composition*. *Arch Dis Child* 2006;91:612-617.
13. Hruschka DJ, Hadley C. *How much do universal anthropometric standards bias the global monitoring of obesity and undernutrition?* *Obes Rev* 2016;11:1030-1039.
14. Liu A, Byrne NM, Kagawa M, Ma G, Poh BK, Ismail MN, et al. *Ethnic differences in the relationship between body mass index and percentage body fat among Asian children from different backgrounds*. *Br J Nutr* 2011;106:1390-1397.
15. Godoy-Cumillaf AE, Cárcamo-Araneda CR, Hermosilla-Rodríguez FP, Oyarzún-Ruiz JP, Viveros-Herrera JF. *Estado nutricional mediante parámetros antropométricos y bioquímicos de basquetbolistas universitarias*. *Nutr Hosp* 2015;32:2828-2831.

16. San Miguel Simbrón JL. *Jornadas científicas de ciencia nuclear y fisiología de altura. Introducción a la ciencia nuclear y fisiología de altura: visión global de resultados. Cuadernos* 2019;60(2):82-91.
17. Organización Panamericana de la Salud. *Informe de la reunión de expertos sobre el uso de los patrones internacionales de crecimiento infantil en poblaciones Alto-Andinas. Lima 21 y 22 de Noviembre 2011. Lima, OPS, 2012, 23 pág.*
18. San Miguel JL, Urteaga NA, Muñoz M, Aguilar AM. *Manual de antropometría infanto-juvenil. La Paz: Proinsa-Industria Gráfica;2009.*
19. Gartner A, Maire B, Delpeuch F, Sarda P, Dupuy RP, Rieu D. *Importance of electrode position in bioelectrical impedance analysis. Am J Clin Nutr* 1992;56:1067-1068.
20. Wells JCK, Cole TJ, ALSPAC Study TEAM. *Adjustment of fat free mass and fat mass for height in children aged 8 years. Int J Obes* 2002;26:947-952.
21. Berger J, San Miguel JL, Aguayo VM, Tellez W, Lujan C, Traissac P. *Definición de la anemia en la altura: Efecto de una suplementación con hierro y folatos sobre los indicadores hematológicos y evaluación del estado nutricional de los niños del altiplano boliviano. Informe de Estudio ORSTOM/IBBA a OPS 1994, 110 pag., 2 versiones: español y francés. Centro de Documentación OPS/OMS, BO, WH 170, B 496 B.*
22. San Miguel JL. *Principio y práctica de la ciencia nuclear en salud: Evaluación del agua corporal total y la composición corporal, en población residente de gran altitud, La Paz, Bolivia. Cuadernos* 2018;59(1):75-80.
23. San Miguel Simbrón JL, Muñoz M, Urteaga N, Espejo E. *La ciencia nuclear en investigación científica en poblaciones residente de gran altitud: Estudio de agua corporal y ejercicio a gran altitud, La Paz, Bolivia. Colección de Altura; Capítulo: Agua corporal y ejercicio en habitantes de gran altitud. UCREDE-IINSAD, La Paz 2017: 10 pág.*
24. Guyton AC, Hall JE. *Tratado de fisiología médica. 13th ed. Barcelona:Elsevier; 2016.*
25. San Miguel JL, Spielvogel H, Berger J, Araoz M, Lujan C, Tellez W, Caceres E, Gachon P, Coudert J, Beaufrere B. *Effect of high altitude on protein metabolism in Bolivian children. High AltitudeMedecine&Biology* 2002, 3: 377-386.