

AGUA CORPORAL TOTAL Y COMPOSICIÓN CORPORAL: EFECTO DEL EJERCICIO DE 30 MINUTOS Y REHIDRATACIÓN CON AGUA EN ADULTOS RESIDENTES PERMANENTES DE GRAN ALTITUD, LA PAZ-BOLIVIA

TOTAL BODY WATER AND BODY COMPOSITION: EFFECT OF THE 30 MINUTE EXERCISE AND WATER REHYDRATION IN HIGH ALTITUDE PERMANENT RESIDENT ADULTS, LA PAZ-BOLIVIA

San Miguel-Simbrón J L¹, Urteaga-Mamani N A.², Muñoz-Vera M³

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; Profesor de Fisiología y Biofísica, Facultad de Medicina, UMSA.

² Docente Investigador Titular LABA-UCREDE-IINSAD, Médico Cirujano, MSc. Ciencias Biológicas y Biomédicas, UMSA.

³ Asistente de Investigación LABA-UCREDE-IINSAD, MSc. Parasitología, 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), Av. Saavedra 2246. La Paz, Bolivia.

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

RECIBIDO: 08/09/2020

ACEPTADO: 25/11/2020

RESUMEN

Pregunta de investigación: ¿Cuál será la composición corporal, el agua corporal total, y el agua extra e intracelular relacionados a los cambios después del ejercicio submáximo de 30 minutos y post rehidratación con agua pura en adultos residentes permanentes de gran altitud, La Paz, Bolivia, gestión 2019?

Objetivo: Determinar la composición corporal, el agua corporal total, y el agua extra e intracelular relacionados a los cambios después del ejercicio submáximo de 30 minutos y post rehidratación con agua pura en adultos residentes permanentes de gran altitud, La Paz, Bolivia, gestión 2019.

Material y métodos: El trabajo de investigación fue tipo experimental, antes y después, sobre Fisiología de Altitud, en 29 jóvenes residentes de gran altitud (3600 m.s.n.m.). Se evaluó variables antes y después de realizar una prueba de ejercicio submáxima, de 30 minutos, y la rehidratación post ejercicio, tras el consumo de agua pura. Variables dependientes fueron: 1. Composición corporal, medida a través del análisis de impedancia bioeléctrica (AIB), 2. Volumen de agua corporal total, determinado por AIB. 3. Agua extra e intracelular evaluada por AIB y 4. Estado de rehidratación, evaluado por el cambio de peso post ejercicio, y mediante el AIB. Las variables independientes fueron el ejercicio a través de la prueba submáxima de 30 minutos y la rehidratación con agua pura.

Resultados: En jóvenes residentes de gran altitud, se estima que el porcentaje de agua corporal total en las mujeres está disminuida en relación a la referencia de poblaciones del nivel del mar. La masa grasa corporal está muy incrementada en las mujeres. La diferencia de agua basal versus el agua post ejercicio entre varones y mujeres no es significativa. La diferencia de agua del líquido extra e intracelular basal versus el agua post ejercicio entre varones y mujeres no es significativa. La

diferencia en la distancia recorrida en 30 minutos de ejercicio de trote submáximo es estadísticamente significativa a favor de los varones (4424 vs. 3619 metros).

La correlación del IMC y el porcentaje de masa grasa es muy baja ($r=0.109$). El IMC entre varones y mujeres no presenta diferencia estadísticamente significativa (26 ± 3 vs 24 ± 3 respectivamente). La frecuencia de exceso de grasa corporal evaluada por AIB, es del 55% en las mujeres y de 0% en varones.

La presión arterial sistémica en varones (PS: 107 ± 6 y PD: 73 ± 4 mmHg) y en mujeres (PS: 104 ± 8 y PD: 70 ± 7 mmHg), está disminuida en relación a referencia del nivel del mar. La frecuencia respiratoria esta incrementada tanto en varones (21 ± 2) y mujeres (23 ± 3).

Conclusiones: El método de AIB permite evaluar la composición corporal y el agua corporal total y por tanto la masa grasa, mismo que fue validado en altitud por el método estándar de referencia de dilución isotópica en estudios previos en altitud.

El ejercicio de trote submáximo ejecutado, ha exigido más a los universitarios estudiados. Se verifica que en el mismo tiempo los varones han recorrido una mayor distancia que las mujeres.

Se estima que en mujeres la masa grasa corporal (MGC) esta incrementada y que el exceso de grasa (obesidad) es del 55%. La diferencia del agua al momento basal y post ejercicio y el LEC y LIC entre varones y mujeres no es significativa.

El IMC subestima en este grupo la frecuencia de obesidad, principalmente en mujeres.

El uso de técnicas nucleares, ha permitido a través del análisis del deuterio estudiar el agua, la composición corporal, y se asocia fuertemente con determinaciones similares mediante el uso de la bioimpedancia eléctrica.

Palabras claves: Ejercicio, agua corporal, composición corporal, líquido intra y extracelular, análisis de impedancia bioeléctrica, gran altitud.

ABSTRACT

Research question: *What will be the body composition, the total body water, and the extra and intracellular water related to the changes after submaximal exercise of 30 minutes and post rehydration with pure water in permanent resident adults of high altitude, La Paz, Bolivia, management 2019?*

Objective: *To determine the body composition, the total body water, and the extra and intracellular water related to the changes after submaximal exercise of 30 minutes and post rehydration with pure water in permanent residents of high altitude adults, La Paz, Bolivia, management 2019.*

Material and methods: *The research work was experimental, before and after, on Altitude Physiology, in 29 young residents of high altitude (3600 m.a.s.l.). Variables were evaluated before and after performing a 30-minute submaximal exercise test and post-exercise rehydration after consuming pure water. Dependent variables were: 1. Body composition, measured through bioelectrical impedance analysis (AIB), 2. Total body water volume, determined by AIB. 3. Extra and intracellular water evaluated by AIB and 4. Rehydration status, evaluated by post-exercise weight change, and by AIB. The independent variables were exercise through the 30-minute submaximal test and rehydration with pure water.*

Results: *In young residents of high altitude, it is estimated that the percentage of total body water in women is decreased in relation to the reference of sea level populations. Body fat mass is greatly increased in women. The difference in basal water versus post-exercise water between men and women is not significant. The difference in water from basal extra and intracellular fluid versus post-exercise water between men and women is not significant. The difference in distance covered in 30 minutes of submaximal jogging exercise is statistically significant in favor of men (4424 vs. 3619 meters).*

The correlation of BMI and the percentage of fat mass is very low ($r = 0.109$). The BMI between men

and women did not present a statistically significant difference (26 ± 3 vs 24 ± 3 respectively). The frequency of excess body fat evaluated by AIB is 55% in women and 0% in men.

The systemic blood pressure in men (PS: 107 ± 6 and PD: 73 ± 4 mmHg) and in women (PS: 104 ± 8 and PD: 70 ± 7 mmHg), is decreased in relation to the sea level reference. Respiratory rate is increased in both men (21 ± 2) and women (23 ± 3).

Conclusions: The AIB method allows evaluating body composition and total body water and therefore fat mass, which was validated at altitude by the isotopic dilution reference standard method in previous studies at altitude.

The submaximal trot exercise performed has demanded more from the university students studied. It is verified that in the same time the men have traveled a greater distance than the women.

It is estimated that in women the body fat mass (FGM) is increased and that the excess fat (obesity) is 55%. The difference in water at baseline and post-exercise and the LEC and LIC between men and women is not significant.

The BMI underestimates the frequency of obesity in this group, mainly in women.

The use of nuclear techniques has allowed the analysis of deuterium to study water, body composition, and is strongly associated with similar determinations through the use of electrical bioimpedance.

Key words: Exercise, body water, body composition, intra and extracellular fluid, bioelectrical impedance analysis, high altitude.

INTRODUCCIÓN

El estrés por actividades físicas al aire libre en altitud conlleva un estado de homeostasis se convierte en un reto para el sujeto que realiza ejercicio. Se debe tomar en cuenta su capacidad física, su peso e índice de masa corporal, y esencialmente su estado de agua corporal total.¹

El entrenamiento en altitud busca un mejor rendimiento a nivel del mar, sin embargo los deportistas son incapaces de entrenarse con el mismo volumen e intensidad de esfuerzo que a nivel del mar. Con frecuencia existe deshidratación y pérdida de la masa libre de grasa. Entrenadores y deportistas están convencidos que entrenarse en gran altitud, mejora el rendimiento en natación de competición.²

En altitud, la hipoxia disminuye la capacidad de rendimiento físico. En reposo, los sujetos expuestos a gran altitud incrementaron su frecuencia cardíaca, y en esfuerzo submáximo disminuyeron de forma significativa su frecuencia cardíaca.³

Así mismo, se plantea que el entrenamiento en altitud generaría una sobrecarga adicional que afecta a nivel sistémico en el deportista, que mejoraría el rendimiento para competir a nivel del

mar o sino en la misma altitud, principalmente en altitud mayor a 3000 metros, aconsejan el entrenamiento en altitudes escalonadas, hasta con ascensos y descensos. Con entrenamiento en altitud esperan mejoras en la resistencia de base, en la resistencia a la fuerza mejorando la capacidad glucolítica anaeróbica y con mejor tolerancia a la fatiga.⁴

Entrenarse entre los 2000 a 3000 metros ofrece pocas ventajas a los deportistas, ya que al retornar a nivel del mar, los cambios que se producen son breves, transitorios y son reversibles al quitarse el estímulo de la altitud. El atleta es beneficiado por horas y días y alguna vez unas pocas semanas.⁵

En nativos aymaras de gran altitud, a 4100 metros, versus nativos daneses del nivel del mar aclimatizados, demostraron que los aymaras preservan una muy alta saturación de oxígeno durante el ejercicio en hipoxia, posiblemente debido a la gran capacidad de difusión pulmonar de los aymaras, pero el efecto en la capacidad máxima de consumo de oxígeno esta reducida, por una baja habilidad para extraer oxígeno a nivel del músculo.⁶ Según Fulco, el consumo de oxígeno máximo se ve reducido en un 1% cada 100 metros de elevación por encima de los 2500 metros de altitud.⁷

En ejercicio la pérdida de agua durante la sudoración es un medio de enfriamiento del cuerpo; y se pierde el calor y líquidos; con la hiperventilación también se produce pérdida de agua corporal. Se recomienda consumir 2 litros diarios de agua en un adulto joven y si realiza ejercicios activos sube el requerimiento a 3 litros por día.⁸

En relación a la rehidratación post ejercicio, rehidratarse permite continuar ejercitándose en días sucesivos y mejora el rendimiento físico. El propósito es recuperar el peso perdido por el ejercicio realizado, inmediato al tiempo en que fue perdido.⁹ La reposición hídrica debe ser del 150 a 200 % del peso perdido post ejercicio, ello recupera las pérdidas por la sudoración y la producción de orina.¹⁰

El estado de hidratación se lo denomina como euhidratación, es la situación donde existe un balance de agua corporal. En la deshidratación existe pérdida de agua desde el cuerpo, y a la inversa el estado de rehidratación es el proceso en el que el cuerpo gana agua. En el estado de hiperhidratación existe un balance de agua positivo, siendo un estado de exceso de agua. En la hipohidratación existe un balance negativo de agua, o déficit de agua. Estar euhidratado, es un estado dinámico, en el que continuamente perdemos agua del cuerpo. No es un estado de equilibrio estático, existen variaciones constantes de pérdidas y ganancias de agua. (Shirreffs, 2003).¹¹

El balance de agua se logra por una regulación fina entre el agua ingerida y lo eliminado, se compensa constantemente, y los ingresos se igualen a la salida de agua corporal. La osmolaridad de líquidos corporales aumenta o disminuye acorde a la eliminación o ingresos de agua respectivamente. Los componentes del agua que pueden ser regulados son el ingreso de agua debido a la sed, y el agua perdida de las pérdidas insensibles sudor y aire exhalado, pérdidas gastrointestinales y a nivel renal. El componente no regulado de los ingresos de agua proviene de la producción de agua de los alimentos y se suma el consumo variable de líquidos, que está influenciado por factores culturales y sociales. El componente regulado tanto de ingesta como de

eliminación, está sujeta a la acción de la hormona antidiurética, que regula la cantidad de agua eliminada y a su vez la ingesta de agua por el mecanismo de la sed. Lo anterior se produce ante la necesidad de una regulación.¹²

En el cuerpo la molécula más abundante es el agua. En mujeres de 17 a 35 años representa el 55% del peso corporal; y en los varones representa el 60% del peso corporal. Una mujer de 60 kg de masa corporal tiene alrededor de 30 litros de agua corporal y en un varón de 70 kg, el agua representa unos 42 litros. Diariamente se producen ingresos y egresos de agua en el cuerpo, y se produce un estado de balance constante, de ahí que el egreso de agua debe ser compensado por el ingreso de la misma, que se produce por la absorción a nivel del tubo digestivo, siendo en promedio en un adulto un poco más de 2 litros/día.

En el proceso de metabolismo celular, principalmente durante la respiración celular normal, mediante la combinación de glucosa más oxígeno, se produce agua endógena alrededor de 0.3 litros, siendo el ingreso total alrededor de 2.5 litros/día.

El balance de agua se logra, en base a la compensación homeostática adecuada, para que exista un cambio fundamentado en el principio fisiológico denominado equilibrio de masas, establece que se debe eliminar cualquier líquido o soluto agregado al cuerpo, o lo que se haya perdido debe reemplazarse.¹³

Un método para estudiar el agua corporal total es la bioimpedancia eléctrica cuyo principio físico consiste en la oposición que ofrece un tejido biológico al paso de la corriente eléctrica alterna. A mayor contenido de masa grasa y menor contenido de agua se produce una mayor resistencia al paso de la corriente eléctrica.¹⁴

El uso de la bioimpedancia eléctrica a gran altitud, ha sido demostrado por el trabajo de Boos, 2014, quién ha comparado el estudio del agua corporal total y su relación con el peso corporal total utilizando dos métodos no invasivos como los equipos de biomedancia NICas de una sola frecuencia, y el BodyStat QuadScan 4000 de multifrecuencia. Se realizaron mediciones en 47 sujetos en un rango de edades de 21 a 54 años.

Evaluándose el agua corporal total a nivel del mar y a gran altitud (3833 metros), a 4450 m y a 5129 m., tanto en un momento basal como post ejercicio. Se encontró una fuerte correlación entre el ACT estudiada con ambos métodos a nivel del mar ($r= 0.90$, $p < 0.0001$, así mismo a gran altitud ($r=0.92$, $p < 0.0001$). Se encontró una gran correlación entre el ACT y el peso corporal con el equipo QuadScan ($r=0.91$, $p < 0.0001$).¹⁵

San Miguel y col, 2018, evaluó el ACT en adultos jóvenes residentes permanentes de gran altitud, a 3600 metros de altitud, en la ciudad de La Paz, Bolivia, con edades entre los 21 a 29 años, de ambos sexos. Se utilizó como gold estándar a la dilución isotópica a través del uso del óxido de deuterio y se comparó con la bioimpedancia eléctrica, usándose el equipo de BodyStat QuadScan 4000. En condiciones basales se encontró una muy fuerte correlación entre el gold estándar Oxido de Deuterio y la bioimpedancia eléctrica ($r= 0.967$, $p < 0.000$).¹⁶

En nuestro medio no contamos con estudios con carácter analítico y comparativo con grados de precisión adecuada sobre los cambios del agua corporal total y el agua extra e intracelular post ejercicio físico, en condiciones de actividad al aire libre, en sujetos que no se entrenan para competición deportiva alguna.

El agua corporal total es un factor fundamental para favorecer la actividad física cotidiana, ya que constituye un componente benefactor para Enfermedades Crónicas No Transmisibles que impactan en la salud de nuestra población. Conocer la magnitud de los cambios del agua corporal total a gran altitud permitiría prevenirla y tratarla, para logra un nivel óptimo de actividad física común, para zonas de altitud y gran altitud, como en nuestro país donde viven más de 6 millones de habitantes en altitud.

El propósito del presente estudio fue determinar la composición corporal, el agua corporal total, y el agua extra e intracelular relacionados a los cambios después del ejercicio submáximo de 30 minutos y post rehidratación con agua pura en adultos residentes permanentes de gran altitud, La Paz, Bolivia, gestión 2019.

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 un estudio ejecutado en la gestión 2019. 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 templada, con La temperatura ambiente fue entre 20.9 a 29.3 °C, y la humedad relativa ambiente de 20%, con una presión barométrica de 498 ± 0.6 mmHg.

El diseño de investigación realizado fue cuasi-experimental, de tipo Ensayo clínico antes y después, o con autocontrol. La muestra estuvo constituida, por universitarios, con edades comprendidas entre los 18 a 30 años, de zonas urbana de nivel socioeconómico medio.

Los universitarios fueron 34 sujetos seleccionados de forma no probabilística, por conveniencia. Se excluyeron a 5 y se incluyeron a 29 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.

Se realizó la investigación en laboratorios de la Unidad de Crecimiento y Desarrollo Infanto-Juvenil del IINSAD, en el Laboratorio de Biología Atómica (LABA), con el apoyo de material de la

cátedra de Fisiología Humana y Biofísica, con la ejecución de los ECG de reposo previo al ejercicio y el análisis de los mismos por especialista Cardiólogo.

Procedimientos y técnicas

Se obtuvo datos de 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 Infante-Juvenil (San Miguel, 2009). 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 precisión de 1 mm, con una escala de 0 a 2.2 m. La antropometría fue ejecutada por personal de investigación entrenado.¹⁷

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.

A tiempo basal (TB), en condición de reposo se realizó la toma de signos vitales, incluida la presión arterial sistémica¹⁸, la antropometría y el examen físico básico, electrocardiograma en reposo. Toma de microhematocrito y glucemia del pulpejo del dedo.

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, se dispuso de un área para que se pueda vestir y desvestir el adulto, lo suficientemente cómoda. Se dispuso de los formularios, bolígrafos y todos

los instrumentos a la mano.

Un segundo día se realizó: a) La primer etapa, a tiempo previo y post ejercicio, se realizó la medición del agua corporal total y agua extra e intracelular mediante el análisis de la impedancia bioeléctrica (AIB) y la oximetría de pulso, la toma de signos vitales, el peso corporal, junto al tiempo de ejercicio que ha desarrollado cada participante; b) En la segunda etapa: Se realizó la rehidratación con agua pura en los sujetos de estudio que cumplieron el componente de ejercicio físico, en la que se midió el volumen de agua corporal total, el agua extra e intracelular, la composición corporal y el peso corporal.

El ejercicio submáximo fue un trote de 30 minutos, se dividió en 2 etapas de 15 minutos cada uno, en un espacio abierto, se verificó la distancia recorrida por cada participante. Se les realizó evaluaciones en las 2 etapas de su frecuencia cardíaca, teniendo en cuenta la FC máxima – Edad (años) y la intensidad moderada del ejercicio a realizar, se evaluó la saturación de oxígeno, y se aplicó la escala de percepción de esfuerzo de Borg, por la misma en caso que ameritó se decidió el cese del ejercicio de universitarios; de la misma forma cada sujeto voluntariamente pudo suspender el ejercicio y descansar en el momento necesario.

Análisis de Impedancia Bioeléctrica (AIB)

La impedancia bioeléctrica se inició en los años 1960 (Thomasset) y a partir de sus trabajos se estableció la existencia de una asociación entre la impedancia eléctrica y el agua corporal total (ACT) de un ser vivo.¹⁹

El análisis de impedancia bioeléctrica fue realizado con un equipo tetrapolar, QuadScan 4000, Bodystat, Reino Unido. Se dispuso de equipo multifrecuencia, con diferentes frecuencias de estímulo eléctrico usado en el sujeto de estudio. Estas frecuencias fueron 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.²⁰

Se utilizó 4 electrodos en los universitarios, estos fueron de a pares, siendo un par los transmisores y el otro par actuando como receptores. La corriente

aplicada fue mínima y de cuantía imperceptible, 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.²¹

Durante 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 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 los 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.^{22, 23}

El impedanciómetro fue un equipo, cuya fuente de energía era de 4 baterías pequeñas corrientes, 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 fue de alrededor de 5 minutos por cada sujeto.

Tratamiento estadístico

Los datos del agua corporal total, la antropometría y las otras variables tomadas a los adultos jóvenes, se analizaron en programas estadísticos como el SPSS versión 11 y el NCSS 2005.

Se realizó una expresión de los datos mediante el promedio y el desvío estándar; así mismo las diferencias estadísticas entre grupos no pareados fueron comparadas utilizando el test t no pareado o como en los cuadros presentados con el test U de Mann-Whitney, acorde a la distribución

normal de las variables. También se realizó análisis univariados, bivariados y multivariados acorde a las diferentes necesidades de análisis de los datos que se tuvo.

Los datos de composición corporal y agua corporal total se analizaron en una base de datos de Excel. Se realizó una expresión de los datos mediante el promedio y el desvío estándar, antes y después del ejercicio, y su relación mediante la correlación de Pearson, todo lo anterior se utilizó ante las variables cuantitativas.

Las variables cualitativas fueron descritas como proporción y porcentajes.

RESULTADOS

Se estudió a 34 universitarios en la gestión 2019. El proyecto es parte del programa de investigación científica: Ciencia Nuclear, agua corporal total y la composición corporal en residentes de gran altitud. A través del principio fisiológico de dilución isotópica y de la relación fisiológica del agua corporal e impedancia bioeléctrica que existe en tejidos vivos, para evaluar el agua corporal total. Se les realizó un examen médico, determinación de glucosa y hemoglobina y un electrocardiograma basal.

Del total de 34 sujetos de estudio en inicio, se logró completar el trabajo en 29 sujetos, no pudiendo hacerlo 5 sujetos por: embarazo, infección aguda, valvulopatía a descartar y alteraciones electrocardiográficas, que obligaban a profundizar sus estudios complementarios antes de ser sometidos a ejercicio físico alguno.

La antropometría entre varones y mujeres, demuestran que no existe diferencia significativa en el índice de masa corporal (IMC). Existe diferencia estadísticamente significativa en la circunferencia de cintura y la circunferencia de cuello a favor de los varones. Los signos vitales muestran valores incrementados en la frecuencia respiratoria (FR) en relación a valores del nivel del mar, no existe diferencia entre sexo. Los valores promedio de la presión arterial sistémica tanto sistólica como diastólica son más elevados en los varones sin diferencia estadísticamente significativa. Estos últimos difieren de los valores promedio de nivel del mar. Cuadro 1.

Cuadro N° 1. Características de antropometría y signos vitales basales de ambos sexos

	Varones N= 9	Mujeres N= 20	P ^b
Edad (años) ^a	22.5 ± 1.5	23.3 ± 3.5	
Peso (kg)	73.2 ± 11	57.9 ± 7.5	
Talla (cm)	166.9 ± 5.7	155.3 ± 4.4	
IMC	26.3 ± 3.6	24 ± 2.7	0.06
Circunferencia cintura(cm)	90 ± 8.3	79.1 ± 5.5	0.001
Circunferencia Cuello (cm)	38.6 ± 2.3	33.4 ± 1.6	0.000
Presión sistólica(mmHg)	107.7 ± 6	104.3 ± 8	0.47
Presión Diastólica(mmHg)	73.4 ± 4	70.1 ± 8	0.34
Frecuencia cardíaca (pulsaciones/min)	72.4 ± 8	74.5 ± 8	0.47
Frecuencia respiratoria (movimientos respiratorios / min)	21.5 ± 2.4	23 ± 2.8	0.23
Temperatura corporal (°C)	36.1 ± 0.5	36.2 ± 0.4	1.0

IMC: índice de masa corporal

^aValores expresados en promedio y desvío estándar

^b Prueba Mann-Whitney, p: diferencia significativa entre mujeres y varones, p = 0.05

La química sanguínea entre varones y mujeres, demuestran que en hematocrito y hemoglobina existen diferencias estadísticamente significativas a favor de los varones, se encontró a 2 mujeres anémicas. Existe diferencia significativa en promedio de glucemia a favor de las mujeres. Cuadro 2.

Cuadro N° 2. Características de los valores de la química sanguínea de ambos sexos

	Mujeres (n= 20)	Varones (n= 9)	P ^b
Hematocrito (%) ^a	45 ± 3	51.8 ± 2.8	0.000
Hemoglobina (g/dL)	14.3 ± 1	16.6 ± 0.8	0.000
Glucemia (mg/dL)	91 ± 5	84.3 ± 7	0.01

^aValores expresados en promedio y desvío estándar

^b Prueba Mann-Whitney, p: diferencia significativa entre mujeres y varones, p = 0.05

Uso de la impedancia bioeléctrica, a tiempo basal

La referencia utilizada por el método de análisis de impedancia bioeléctrica (AIB) establece, para varones un promedio de porcentaje de agua corporal de 60%, con umbrales de límite inferior de

55% y superior de 65 %. En mujeres la referencia indica el promedio de porcentaje de agua corporal de 55 %, con valores de límite inferior y superior de 50% a 60 % respectivamente.

Los resultados en varones en promedio de agua corporal fue de 57.1% y en las mujeres estaba reducido con valores de 50.5%. La composición corporal fue evaluada por AIB. En las mujeres la masa grasa corporal (MGC) esta incrementada, existiendo diferencias estadísticamente significativas por sexo. Cuadro 3.

Cuadro N° 3. Características del agua corporal total determinado por el análisis de impedancia bioeléctrica en ambos sexos

	Mujeres (n= 20)	Varones (n= 9)	P ^b
Bioimpedancia:			
Agua corporal total (%) ^a	50.5 ± 4	57 ± 3.4	0.001
Masa grasa corporal total (%)	30.2 ± 3.6	18.3 ± 2.9	0.000

^aValores expresados en promedio y desvío estándar

^b Prueba Mann-Whitney, p: diferencia significativa entre mujeres y varones, p = 0.05

La obesidad es definida como un estado de exceso de masa grasa corporal, en las mujeres es considerado como un incremento de la MGC por encima del 30%, para los varones por encima del 25%, valores tomados en cuenta en las referencias para poblaciones habitantes a nivel del mar. La utilización del método AIB ha permitido evaluar con alto grado de precisión el porcentaje de masa grasa en ambos sexos, observándose una frecuencia de obesidad del 55% en las mujeres y de 0% en los varones. Cuadro 4.

Cuadro N° 4. Características de la masa grasa corporal evaluada por AIB, en sujetos normales y obesos, por sexo

	Mujeres (n= 20)	Varones (n= 9)
Normales	9 (45 %)	9 (100 %)
Obesos	11 (55 %)	

Correlaciones

La relación de IMC y del porcentaje de masa grasa en todos los universitarios, medida por bioimpedanciometría a tiempo basal ha mostrado una $r = 0.109$, siendo considerada la misma nula, siendo la R^2 de 0.011.

Efecto del ejercicio y la rehidratación sobre el peso

El ejercicio aplicado mediante el trote moderado de 30 minutos a los universitarios, fue de tipo submáximo, no se ha exigido realizar pruebas intensas y prolongadas. Se realizaron pruebas previas en los varones y las mujeres para acostumbrar a las condiciones de realización de ejercicio físico no máximo.

El trote realizado, se dividió en 2 etapas de 15 minutos cada una, con un período de descanso de 2 minutos para evaluar su estado post trote, y se alcanzó unos 30 minutos de actividad física. En el cuadro 5, se muestra que post ejercicio, se ha producido una disminución del peso corporal en promedio, la diferencia encontrada entre el peso basal menos el peso post ejercicio en varones fue de 500 g y en las mujeres de 470 g, no existiendo entre sexos una diferencia estadísticamente significativa. Posterior al ejercicio se pasó a la etapa de **rehidratación** administrándose agua

pura. El volumen de rehidratación administrado a cada sujeto de estudio fue el equivalente al peso perdido durante el ejercicio de 30 minutos, al 100% del volumen de líquido perdido se le agrega un 50% más, haciendo un volumen total administrado de 150% del peso perdido post trote.

La evaluación **post rehidratación** del estado del ACT post ejercicio a través del AIB fue realizada como mínimo a los 30 minutos post conclusión de la ingesta de agua pura administrada a cada sujeto de estudio. En ese sentido, post rehidratación, se ha producido un equilibrio del peso corporal en promedio, la diferencia encontrada entre el peso basal menos el peso post rehidratación en varones y mujeres no fue una diferencia estadísticamente significativa. Cuadro 5.

Cuadro N° 5. Características generales de la diferencia de peso basal vs. peso post ejercicio y post rehidratación, por sexo

	Varones (n= 9)	Mujeres (n=20)	P ^b
Diferencia peso post-ejercicio (kg) ^a	0.500 ± 4	0.470 ± 0.2	0.72
Diferencia peso basal post rehidratación	-0.167 ± 0.36	-0.04 ± 0.30	0.36

^aValores expresados en promedio y desvío estándar

^b Prueba Mann-Whitney, p : diferencia significativa entre mujeres y varones, $p = 0.05$

En el Cuadro 6, se presenta valores de las distancias recorridas y el volumen de consumo de agua por varones y mujeres, en ambas se observa una diferencia estadísticamente significativa por sexo a favor de los varones.

Cuadro N° 6. Características de la distancia recorrida y el volumen de agua pura de rehidratación consumida, por sexo

	Distancia recorrida en ejercicio (m)	Volumen solución de rehidratación
Varones (n= 9) ^a	4424 ± 366	1037 ± 468
Mujeres (n= 20)	3619 ± 263	752 ± 316
P ^b	0.000	0.05

^aValores expresados en promedio y desvío estándar

^b Prueba Mann-Whitney, p : diferencia significativa entre mujeres y varones, $p = 0.05$

En el cuadro 7 se describe en promedio el agua basal y el agua post ejercicio, así mismo el

agua del líquido extra e intracelular (LEC y LIC respectivamente) entre varones y mujeres. En estos espacios el agua evaluada post ejercicio se encuentra incrementada en todos los casos y en primera instancia es significativa la diferencia a favor de los varones.

El incremento del agua corporal comparada en cada sexo entre el momento basal y post ejercicio se ve aumentada, representando ello la **producción de agua endógena** por el propio metabolismo generado durante el ejercicio (para varones incremento del 0.4 L y mujeres del 0.9 L).

En el cuadro 8 se describe la diferencia de agua basal y la diferencia post ejercicio, que es la producción de agua endógena, entre varones y mujeres, antes y después del ejercicio, no siendo

significativas estas diferencias entre ambos sexos.

Cuadro N° 7. Distribución de agua basal vs. post ejercicio, por sexo

	Varones N= 9	Mujeres N= 20	P ^b
Agua basal (L) ^a	41.0 ± 2.7	29.2 ± 2	0.000
Agua post ejercicio(L)	41.4 ± 4	30.1 ± 2.2	0.000
LEC basal(L)	16.9 ± 1.6	13.6 ± 0.9	0.000
LEC post ejercicio(L)	17.2 ± 1.6	14.1 ± 1	0.000
LIC basal(L)	23.4 ± 2.1	15.5 ± 1.4	0.000
LIC post ejercicio(L)	23.8 ± 2.4	15.8 ± 1.4	0.000

^aValores expresados en promedio y desvío estándar

^b Prueba Mann-Whitney, p: diferencia significativa entre mujeres y varones, p = 0.05

LEC: Líquido extracelular; LIC: Líquido intracelular

Cuadro N° 8. Diferencia de agua postejercicio vs. agua basal por sexo

	Varones (n= 9)	Mujeres (n= 20)	P ^b
Diferencia de agua post ejercicio vs. basal (L) ^a	0.356 ± 2.4	0.880 ± 0.726	0.90
Diferencia de LEC post ejercicio vs. basal (L)	0.278 ± 0.286	0.420 ± 0.3s.08	0.41
Diferencia de LIC post ejercicio vs. basal (L)	0.367 ± 0.689	0.295 ± 0.351	0.83

^aValores expresados en promedio y desvío estándar

^b Prueba Mann-Whitney, p: diferencia significativa entre mujeres y varones, p = 0.05

LEC: Líquido extracelular; LIC: Líquido intracelular

En el cuadro 9 se describe en promedio el agua post ejercicio versus el agua post rehidratación, así mismo el agua del líquido extra e intracelular (LEC y LIC respectivamente) entre varones y mujeres, en estos espacios el agua evaluada post ejercicio se encuentra disminuida casi en todos los casos. Fue significativa la diferencia de agua post ejercicio y de rehidratación a favor de los varones. La disminución del agua corporal comparada en cada sexo entre el momento post ejercicio versus post rehidratación, representando ello probablemente la necesidad de un mayor tiempo de equilibrio del agua ingerida en la rehidratación o de lo contrario la necesidad de mayor volumen de consumo de agua pura en la rehidratación.

En el cuadro 10 se describe la diferencia de frecuencia cardíaca post ejercicio vs. la basal entre varones y mujeres, se demuestra un incremento alrededor del doble de la frecuencia cardíaca basal en cada sexo. No existe una

diferencia significativa entre ambos sexos.

Cuadro N° 9. Distribución de agua postejercicio vs. agua rehidratación, por sexo.

	Varones N= 9	Mujeres N= 20	P ^b
Agua post ejercicio ^a	41.4 ± 4	30.1 ± 2.2	0.000
Agua rehidratación	40.9 ± 3.9	29.0 ± 2	0.000
LEC post ejercicio	17.2 ± 1.6	14.1 ± 1	0.000
LEC rehidratación	17.0 ± 1.7	13.6 ± 0.9	0.000
LIC post ejercicio	23.8 ± 2.4	15.5 ± 1.4	0.000
LIC rehidratación	23.9 ± 2.3	15.4 ± 1.4	0.000

^aValores expresados en promedio y desvío estándar

^b Prueba Mann-Whitney, p: diferencia significativa entre mujeres y varones, p = 0.05

LEC: Líquido extracelular; LIC: Líquido intracelular

La saturación de oxígeno post ejercicio vs. la basal en varones disminuyo en un 4.3%; y en las mujeres disminuyo en un 1.7%. No existe una diferencia significativa entre ambos sexos.

Respecto a las variables cualitativas de disnea post ejercicio de la segunda etapa vs. la primera etapa del ejercicio no se observa cambios siendo en ambas como muy muy leve en ambos sexos.

En el caso de fatiga post ejercicio de la segunda etapa vs. la primera etapa del ejercicio se observa cambios como muy leve en las mujeres y en los varones como nada.

Cuadro N° 10. Características de la frecuencia cardíaca, la saturación de oxígeno, la disnea y fatiga post ejercicio, por sexo

	Varones (n= 9)	Mujeres (n= 20)		Varones (n= 9)	Mujeres (n= 20)	P ^b
Frecuencia cardiaca basal ^a	78.2 ± 7	78.4 ± 9				
Frecuencia cardiaca post ejercicio	148 ± 20	146.7 ± 20	Dif-FC-eb	70.7 ± 23	68.5 ± 16	0.85
Saturación oxígeno basal	90.1 ±	91.2 ± 2				
Saturación oxígeno post ejercicio	85.8±3	89.5 ± 2	Dif-SAOX-eb	-4.5 ± 3.1	-1.7 ± 2.6	0.06
Disnea 1	1.2 ± 1.4	0.9 ± 1				
Disnea 2	0.75 ±0.88	0.21 ± 0.7	Dif-DISN-ee	0.25 ± 1.7	0.63 ± 1	0.65
Fatiga 1	1.5 ± 2	0.2 ± 1.5				
Fatiga 2	1.7 ± 2	0.6 ± 1.2	Dif-FATIG-ee	0.0 ± 2.3	0.65 ± 1.5	0.23

^aValores expresados en promedio y desvío estándar

^b Prueba Mann-Whitney, p: diferencia significativa entre mujeres y varones, p = 0.05

DISCUSIÓN

En el presente estudio se utilizó el método del AIB para determinar la composición corporal y el agua corporal total; los resultados fueron muy importantes, se estima que el porcentaje de agua corporal total en promedio en las mujeres esta disminuido en relación a la referencia internacional de poblaciones del nivel del mar, no así en los varones. Otro hallazgo post ejercicio de trote moderado fue la disminución del peso corporal en ambos sexos. Se verifica que en el mismo tiempo los varones han recorrido una mayor distancia que las mujeres. En mujeres la masa grasa corporal (MGC) esta incrementada y que el exceso de grasa (obesidad) es del 55%. La diferencia del agua corporal al momento basal y post ejercicio y el LEC y LIC entre varones y mujeres no es significativa.

En mujeres el IMC subestima la frecuencia de obesidad, debido a que muestra una casi nula relación vs. el AIB, con valores bajos de r = 0.109.

Un estudio de la gestión 2018 obtuvo un hallazgo muy importante, haber identificado

una correlación entre agua corporal medida por deuterio frente a agua corporal medida por bioimpedancia, AIB, a tiempo basal, con una r = 0.978, siendo considerada la misma muy fuerte, y a la vez significativa (p < 0.000), y una R² de 0.957, siendo por lo tanto la relación muy fuerte entre deuterio y AIB. Este argumento habilita con gran fundamento el uso de la bioimpedanciometría eléctrica en sujetos adultos jóvenes de nuestro medio de gran altitud, siendo esta técnica mucho más fácil, segura, con uso de poco tiempo, buena confiabilidad y de bajo costo.¹⁶

La ingesta de líquido, su pérdida y las necesidades corporales varían ampliamente en las condiciones de vida libre de una población y está influida fuertemente por su actividad física, por el estrés del medio ambiente y por los componentes culturales y hábitos de la población.²⁴ En general, se plantea que a gran altitud el medio ambiente se caracteriza por presión barométrica baja, con un estado de hipoxia hipobárica por presentar una presión parcial de oxígeno disminuida, con un medio ambiente frío, seco, con humedad relativa del ambiente que puede alcanzar 18% a

35%, con cambios importantes en la temperatura ambiente y su variación puede ser de 19 a 20 °C de diferencia durante el día, con incremento de la radiación solar, tanto infrarroja como ultravioleta. Así mismo, desde el punto de vista fisiológico, se habría establecido que a mayor altitud existe una menor cantidad de agua corporal total.

Los universitarios estudiados tuvieron temperaturas de 18°C en el laboratorio donde realizaron la antropometría y el examen clínico y se expusieron en el trote en un espacio abierto, a plena luz del sol entre 20 a 29 °C y una humedad relativa del 20%.

Al tomar en cuenta la actividad física a gran altitud, se considera el incremento fisiológico de la concentración de hemoglobina, que mejora la entrega de oxígeno al tejido muscular y mejora el rendimiento aeróbico del cuerpo.²⁵ Así mismo, en sujetos que se exponen al entrenamiento a gran altitud, en las primeras etapas se produce un estado de deshidratación debido a un incremento de la pérdida de agua por aumento de la ventilación pulmonar.²⁶ En estas mismas condiciones se ha mostrado que existe un incremento de la pérdida de agua por orina debido a una alteración de la regulación hormonal de la renina-angiotensina, siendo la pérdida de alrededor de 500 ml por día.²⁷

Así mismo, a gran altitud en residentes permanentes, el número promedio de movimientos respiratorios en un minuto es mayor que a nivel del mar, por lo tanto en condiciones de reposo, existe una mayor pérdida de agua insensible en los movimientos respiratorios que deben humidificar y calentar el aire que constantemente se está intercambiando con el medio ambiente. Los sujetos estudiados presentaron valores de frecuencia respiratoria promedio en varones y mujeres de 21 a 23 movimientos respiratorios por minuto respectivamente.

Existen pocos estudios sobre ejercicio y deshidratación en grupos poblacionales no expuestos a entrenamiento competitivo en forma periódica. Tampoco se han realizado estudios en condiciones libres en poblaciones a diferentes altitudes. Los resultados encontrados muestran una disminución del peso corporal, que en el presente estudio presento valores de 500 g de pérdida de peso.

La distancia recorrida en trote moderado fue en promedio de 4.4 km para varones y de 3.6 Km en las mujeres, durante los 30 minutos de ejercicio.

El volumen de consumo de la solución de rehidratación no presentó diferencia estadística significativa entre sexos.

Los resultados demuestran que el agua corporal tiene una tendencia a su disminución y la masa grasa corporal (MGC) esta incrementada en las mujeres. La diferencia de agua basal y la diferencia de agua post ejercicio y el agua del LEC y el LIC entre varones y mujeres no es significativa.

CONCLUSIONES

El método de AIB permite evaluar la composición corporal y el agua corporal total y por tanto la masa grasa, mismo que fue validado en altitud por el método estándar de referencia de dilución isotópica en estudios previos en altitud.

El ejercicio de trote submáximo ejecutado, a diferencia de la caminata, ha exigido más a los universitarios estudiados. Se verifica que en el mismo tiempo los varones han recorrido una mayor distancia que las mujeres.

Se estima que en mujeres la masa grasa corporal (MGC) esta incrementada y que el exceso de grasa (obesidad) es del 55%. La diferencia del agua al momento basal y post ejercicio y el LEC y LIC entre varones y mujeres no es significativa.

El IMC subestima en este grupo la frecuencia de obesidad, principalmente en mujeres.

El uso de técnicas nucleares, ha permitido a través del análisis del deuterio estudiar el agua, la composición corporal, y se asocia fuertemente con determinaciones similares mediante el uso de la bioimpedancia.

Los resultados del Programa de Investigación de Agua Corporal y Composición Corporal obtenidos mediante el uso de la ciencia nuclear a gran altitud, permitirán mejorar los niveles de estimación de estas variables en el presente y en el futuro en nuestro contexto.

AGRADECIMIENTO

Expresamos 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. Urdanpilleta A, Martínez-Sanz JM, Julia-Sánchez S, Álvarez-Herms J. Protocolo de hidratación antes, durante y después de la actividad físico deportiva. *Med Eu J HumMov* 2013;31:57-76.
2. Wilore JH, Costill DL. *Fisiología del esfuerzo y el deporte*. 3ra ed. Barcelona, Editorial Pailotribo.
3. Rodríguez V. Respuesta cardíaca en reposo y durante el esfuerzo submáximo, en el proceso de aclimatación a la altura, implicaciones para el entrenamiento. *RevIntMed Cien de Acti Fis Deporte* 2002;2:235-243.
4. ParajónViscido M. Entrenamiento en la altura. *PubliCE Standard* 2000:1-12.
5. Subiela JV. Mitos y realidades del entrenamiento en altura (revisión). *Academia Biomédica Digital* 2014;57:1-18.
6. Lundby C, Calbet JA. Why are high-altitude natives so strong at altitude? Maximal oxygen transport to the muscle cell in altitude natives. *AdvExp Med Biol* 2016;903:65-81.
7. Fulco CS, Rock PB, Cymerman A. Maximal and submaximal exercise performance at altitude. *Aviat Space Environ Med* 1998;69:793-801.
8. Murray B. Hydration and physical performance. *J Am CollNutr* 2007;26S542-8.
9. Palacios N, Franco L, Manonelles P y col. Consenso sobre bebidas para los deportistas. Composición y pautas de reposición de líquidos. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2008;15:245-258.
10. Evans GH, Shirreffs SM, Maughan RJ. Postexerciserehydration in man: the effects of osmolality and carbohydrate content of ingested drinks. *Nutrition* 2009;25:905-913.
11. Shirreffs SM. Markers of hydration status. *Eur J ClinNutr* 2003;57:Suppl 2, S6-S9.
12. Rodríguez F, Nasjletti A, Cachafeiro V. Regulación del volumen y la osmolaridad del líquido extracelular. En, Tresguerres JA, Ariznavarreta C, Cachafeiro V. *Fisiología Humana*, 4ta. ed. México:Mc Graw Hill. 2010.
13. Silverthorn DU, Ober W, Garrison C, Silverthorn A, Johnson B. *Fisiología Humana: Un enfoque integrado*. 4ta. ed. Buenos Aires: Panamericana. 2013.
14. Quesada Leyva L, León Ramentol CC, Betancourt Bethencourt J, Nicolau Pestaña E. Elementos teóricos y prácticos sobre la bioimpedancia eléctrica en salud. *Rev. ArchMedCamaguey* 2016;20:
15. Boss CJ, Holdsworth DA, Hall DP, Mellor A, O'Hara J, Woods DR. Comparison of two methods of assessing total body water at sea level and increasing high altitude. *ClinPhysiolFunct Imaging* 2014;34:478-484.
16. Dr. José Luis San Miguel Simbrón, Dra. Noelia Urteaga, Lic. Maruska Muñoz. Agua corporal total, composición corporal y gasto energético: Cambios después de caminata de 6 minutos en 4 etapas y rehidratación hipotónica en sujetos adultos residentes permanentes de gran altitud, La Paz, Bolivia. Colección de Altura; Capítulo: Agua corporal y ejercicio, universitarios habitantes de gran altitud. UCREDE-IINSAD, La Paz 2018: 3 pág.
17. San Miguel JL, Urteaga N, Muñoz M, Aguilar AM, Manual de antropometría infanto juvenil, Unidad de Crecimiento y Desarrollo Infanto-Juvenil IINSAD, Facultad de Medicina UMSA, La Paz, Bolivia PROINSA; 2009 : 14-40.
18. Perloff D, Grim C, Flack J, et al. human blood pressure determination by sphyngomanometry. *Circulation* 1993;88:2460-2470.
19. De Lorenzo A, Abdreoli A, Maite J, Withers P. Predicting body cell mass with bioimpedance by using theoretical methods: a technological review. *J ApplPhysiol* 1997;82:1542-1558.
20. Berral de la Rosa F, Rodríguez Bies E. Impedancia bioeléctrica y su aplicación en el ámbito hospitalario.
21. Gartner A, Maire B, Delpeuch F, Sarda P, Dupuy RP, Rieu D. Importance of electrode position in bioelectrical impedance analysis. *Am J ClinNutr* 1992;56:1067-1068.

22. Gartner A, Sarda P, Dupuy RP, Maire B, Delpeuch F, Rieu D. Bioelectrical impedance analysis in small and appropriate-for-gestational-age newborn infants 1994, *Eu J Clin Nutr* 1994;48:425-432.
23. Gartner A, Berger J, Simondon KB, Maire B, Traissac P, Ly C, San Miguel JL, Simondon F, Delpeuch F. Change in body water distribution index in infants who become stunted between 4 and 18 months of age. *Eu J Clin Nutr* 2003;57:1097-1106.
24. Rodriguez F, Nasjetti A, Cachofeiro V. Regulación del volumen y la osmolaridad del líquido extracelular. En, Tresguerres JA, Ariznavarreta C, Cachofeiro V. *Fisiología Humana*, 4ta. ed. México:Mc Graw Hill. 2010.
25. Murray B. Hydration and physical performance. *J Am Coll Nutr* 2007;26S542-8.
26. Palacios N, Franco L, Manonelles P y col. Consenso sobre bebidas para los deportistas. Composición y pautas de reposición de líquidos. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2008;15:245-258.
27. Evans GH, Shirreffs SM, Maughan RJ. Postexerciserehydration in man: the effects of osmolality and carbohydrate content of ingested drinks. *Nutrition* 2009;25:905-913.