

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
UNAN León**



Facultad de Ciencias Médicas

Carrera de Medicina

Tesis para optar al título de Médico y Cirujano

Tema:

Uso de bioimpedancia eléctrica para determinar el grado de deshidratación,
en personas que asisten al gimnasio en la ciudad Corinto, Chinandega.
Período septiembre, año 2018.

Autores:

Br. Miguel Ángel Pérez Castillo

Br. Dania Aracely Picado Durán

Tutor clínico:

Dr. Edmundo Torres Godoy
PhD.

Asesor Metodológico:

Lic. Fidel García
MSc.

¡A la libertad por la Universidad!



ÍNDICE

Introducción	1
Antecedentes	3
Justificación	5
Planteamiento del problema	6
Objetivos	8
Marco teórico:	
1. Deshidratación:	
1.1. Concepto.....	9
1.2. Epidemiología.....	10
1.3. Factores de riesgo.....	11
1.4. Mecanismos fisiológicos.....	11
1.5. Cuadro clínico.....	15
1.2. Métodos diagnósticos:	
1.2.1. Peso corporal.....	16
1.2.2. Gravedad específica de la orina.....	16
1.2.3. Bioimpedancia eléctrica.....	19
2. Generalidades de bioimpedancia eléctrica:	
2.1. Concepto de bioimpedancia eléctrica.....	20
2.2. Opciones sobre la posición de electrodos.....	22
2.3. Opciones sobre la interpretación de la medida.....	24
2.4. Empleo clínico del BIA convencional y vectorial.....	25
Diseño Metodológico	26
Resultados	32
Discusión	37
Conclusiones	40
Recomendaciones	41
Referencias bibliográficas	42
Anexos	49



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por prestarnos el tiempo de vida suficiente para alcanzar nuestra meta el cual ha sido tan gran proyecto desde el inicio.

A nuestros padres, por su ejemplo y motivación, su apoyo incondicional y por brindarnos la educación correcta y valores indispensables en la vida de cada persona.

A nuestros tutores, Dr. Edmundo Torres y Lic. Fidel García por su paciencia y dedicación, por facilitarnos de manera indispensable los instrumentos necesarios para ejecutar este estudio y por su valioso tiempo brindado de manera incondicional.

A todos nuestros maestros, que durante estos seis años nos brindaron la mejor educación y nos guiaron por la senda del saber, iluminándonos con la luz de su experiencia.



DEDICATORIA

Dedicamos de manera especial este estudio a nuestras familias, ya que nuestro triunfo representa también triunfo de ellos. Fue nuestra primera escuela, donde nos enseñaron las bases de responsabilidad y deseos de superación; los valores y virtudes necesarias, la calidez y amor incondicional que todo ser humano requiere para ser un profesional de calidad.



GLOSARIO

Acuaporinas-2: (AQP) proteína de membrana encargada de transportar el agua a través de los compartimientos de las células, formada por un haz de seis hélices α , que dejan una estrecha abertura en su interior por la que pueden pasar moléculas de agua. Las AQP subtipo 2 están localizadas en el túbulo colector de la nefrona.

Aldosterona: Hormona esteroidea producida por la corteza suprarrenal encargada de regular el equilibrio de sodio y potasio en la sangre.

Aparato yuxtaglomerular: Acúmulo de células situadas junto a cada glomérulo renal, constituido por una porción del túbulo contorneado distal que se origina en ese glomérulo, segmentos de las arteriolas aferente y eferente más próximas al glomérulo y células situadas entre estas estructuras.

Barorreceptores: Terminaciones nerviosas sensibles a la presión localizada en las paredes de la aurícula cardíaca, la vena cava, el cayado aórtico y el seno carotídeo. Estimulan los mecanismos reflejos centrales que permiten el ajuste

fisiológico y la adaptación a los cambios de presión arterial mediante vasodilatación o vasoconstricción.

Diálisis: técnica médica para extraer determinados elementos de la sangre o la linfa en virtud de la diferencia de sus velocidades de difusión a través de una membrana semipermeable externa o, en el caso de la diálisis peritoneal, a través del peritoneo.

Estupor: Estado de letargo y falta de respuesta en el cual una persona parece no darse cuenta de lo que le rodea.

Euhidratación: Contenido de agua corporal total considerado como normal.

Fenestraciones: poros localizados en las paredes de algunos capilares sanguíneos.

Hemoconcentración: Aumento en el número de hematíes por una disminución del volumen de plasma o por un aumento de la producción de hematíes.

Hemodiálisis: Procedimiento para eliminar las impurezas y sustancias de desecho de la sangre, utilizado en el



tratamiento de la insuficiencia renal y en diferentes procesos tóxicos. La sangre del paciente pasa a través de una máquina por difusión y ultrafiltración y después se devuelve a la circulación del paciente.

Hipertonicidad: estado de un líquido o de una solución que tienen una presión osmótica más elevada que la de otro líquido con el que se pone en contacto.

Hipoperfusión: disminución del flujo sanguíneo que pasa por un órgano.

Hipotónico: solución que tiene menor concentración de soluto en el medio exterior en relación al medio interior de la célula.

Impedancia: Forma de resistencia eléctrica observada en la corriente alterna, análoga a la resistencia eléctrica clásica de un circuito de corriente continua.

Isotónica: estado donde la concentración del soluto es la misma a ambos lados de la membrana de la célula.

Oliguria: Disminución de la capacidad para formar y eliminar orina, menos de 500 ml en 24 horas, de forma que los

productos finales del metabolismo no se pueden excretar de una forma eficaz.

Órgano circunventricular: estructuras cerebrales especializadas que se localizan alrededor del tercer y del cuarto ventrículo. Se diferencian del resto del parénquima cerebral porque son áreas altamente vascularizadas y no poseen barrera hematoencefálica.

Osmorreceptor: neurona situada en el hipotálamo, sensible a cambios en la concentración plasmática de los líquidos, regula la secreción de hormona antidiurética.

Prisma: figura sólida, con una sección transversa triangular o poligonal, limitada de paralelogramos.

Refractómetro: Instrumento que se utiliza principalmente para medir el índice de refracción de una sustancia, la capacidad de refracción de las soluciones.

Vasopresina: Hormona del lóbulo posterior de la hipófisis, que aumenta la tonicidad de los vasos y disminuye el volumen de la orina.



ABREVIATURA

ACT: agua corporal total.

PVC: presión venosa central.

AMPc: adenosin monofosfato cíclico.

PVN: núcleo paraventricular.

BIA: (bioelectrical impedance analysis),
análisis de bioimpedancia eléctrica.

SON: núcleo supraóptico.

BI: (Bioelectrical impedance)
bioimpedancia eléctrica.

BIVA: (Bioelectrical Impedance Vector
Analysis) Análisis vectorial de
bioimpedancia eléctrica.

GEO: gravedad específica de la orina.

IMC: índice de masa corporal.

KCT: Potasio corporal total

MCC: Masa celular corporal

MLG: masa libre de grasa

MME: masa músculo-esquelética.

OCV: órgano circunventricular.



RESUMEN

Existen diferentes métodos para cuantificar el grado de hidratación, sin embargo no existe una prueba de oro para el diagnóstico de deshidratación. La BI es un método sencillo, rápido, barato y no invasivo que permite una cuantificación en base a percentiles la composición hídrica del organismo. En nuestro país no existen estudios previos que nos faciliten información del uso de bioimpedancia para cuantificar deshidratación. El estudio de la “Estimación de la MME mediante el BIA”, expresa que la validez del análisis en individuos cuyo estado de hidratación puede ser alterado, requiere investigación y se necesitan estudios para determinar la sensibilidad de la BI; estudio realizado por la revista Sport Med sobre el “Uso de BI para estimar los cambios en el estado de la hidratación” reveló que los valores absolutos de ACT derivados de BIA están bien correlacionados con los valores de ACT determinados por la dilución isotópica. En el caso de nuestra población, individuos que se ejercitan en un gimnasio, el estrés físico producido por su tipo de rutina y la restricción de líquido que practica la mayoría de ellos, conllevará de manera fisiológica a deshidratación.

Se realizó un estudio descriptivo, de corte transversal en 56 personas que asisten al gimnasio Treminio en la ciudad Corinto, Chinandega con el objetivo de determinar el grado de deshidratación por tres métodos: diferencia de peso corporal, GEO y ACT medido por BIA. Se realizaron tomas antes y después de 60 minutos de ejercicio con restricción de líquidos: peso corporal, muestras de orina y medición del ACT a través de una báscula inteligente. Los datos fueron procesados por el programa SPSS Versión 22 efectuando un análisis de relación lineal. La mayoría de los participantes presentaron deshidratación leve con predominio del sexo femenino y promedio de edad de 26 años. Las pérdidas de agua promedio fueron de 0.65 y 0.21 litros. Existe correlación y asociación estadística entre las variables de diferencia de ACT determinada a través de BIA y la diferencia de peso corporal, por lo cual se determina que la BI es un método útil en la valoración del estado de deshidratación. No se encontró correlación mínima sin significancia estadística entre la pérdida de ACT por BIA y variaciones de GEO, en base a determinamos que la densidad urinaria no es un instrumento que nos permita valorar el estado de deshidratación.



INTRODUCCIÓN

En la práctica clínica existen diferentes métodos para cuantificar o cualificar el grado de hidratación. La evaluación de esta es un componente clave para la prevención de los trastornos hidroelectrolíticos.¹ No existe un método o prueba de oro para el diagnóstico de deshidratación², por lo que se han tratado de encontrar métodos para la valoración de la pérdida de líquido corporal, entre estas, los cambios de peso o el aumento de la densidad de la orina por acción de la hormona vasopresina.¹

En los métodos no invasivos capaces de valorar variaciones corporales hídricas, independiente de la condición clínica; existe el uso de impedancia en los tejidos blandos⁵, a través del cual se puede obtener un valor “semicuantitativo” del estado de hidratación de un individuo sin depender de su composición corporal o del peso. Gracias a sus propiedades, podríamos convertir el BIA en un instrumento de rutina; sin embargo aún se debe confirmar su utilidad en el análisis de composiciones corporales en situaciones especiales; como por ejemplo, los cambios nutricionales.⁵

La bioimpedancia eléctrica es un método sencillo, rápido, relativamente barato y no invasivo que permite una cuantificación en base a percentiles de la composición hídrica del organismo³, esta se basa en el principio de impedancia corporal y como cualquier método indirecto, depende de ciertos parámetros relativos a las propiedades eléctricas de nuestro organismo: su composición y estado de maduración, su nivel de hidratación, edad, sexo, etnia y condición física.⁴

En estudios previos, donde se ha aplicado el método de bioimpedancia, refieren que esta nueva técnica es aceptada para estimación de composición hídrica pero en personas en un ambiente controlado⁴, siempre y cuando se usen fórmulas específicas; por lo que es necesario el desarrollo de estudios y de ecuaciones que permitan determinar la validación de la BI en distintos tipos de población; específicamente en individuos que estén en constantes desbalances de composición hídrica.



Dentro de la clínica, uno de los grupos propensos a desarrollar deshidratación son aquellas personas quienes se someten a estrés por calor, específicamente las personas que practican ejercicio físico; que da como resultado una pérdida neta de fluidos corporales hipotónicos (sudoración), sumada la restricción o poca disponibilidad de líquidos durante sus rutinas¹.

La pérdida de 1 litro de agua por hora se considera una sudoración intensa si se prolonga durante 8 horas.⁶ La depleción de 1.5 litros de agua puede ser suficiente para que se produzca un desbalance hídrico y cambios fisiológicos en el organismo como: aumento del gasto cardíaco, disminución del volumen sanguíneo y hemoconcentración.⁷ esta situación dependerá de la condición clínica de cada persona.

Cuando se realiza ejercicio en temperaturas ambientales mayores a las de nuestro organismo, el cuerpo gana calor y la temperatura corporal puede aumentar hasta valores peligrosos para nuestro equilibrio fisiológico. El mecanismo compensatorio es la evaporación por sudor; dicho líquido proviene del plasma sanguíneo. Si el individuo se somete a un ejercicio prolongado, en ambientes calurosos, producirá una mayor pérdida hídrica (hasta de 4-6 litros) y el funcionamiento termorregulador y cardiovascular se ve alterado.^{8,9}

El desempeño cognitivo decrece a medida que aumentan los grados de deshidratación, con pérdidas en masa corporal de al menos el 2%. En estos individuos, la disipación de calor por sudoración es uno de los mecanismos más importantes para la termorregulación corporal; sin embargo si este no logra mantener un equilibrio hídrico (con ingesta de líquidos adecuados durante sus horas de ejercicio) su función motriz estaría afectada y como consecuencia disminuyen la calidad de la rutina¹⁰

En nuestro país no existen estudios previos que nos faciliten información del uso de bioimpedancia para cuantificar deshidratación.^{4,11} Por lo que consideramos viable el uso de esta nueva técnica para cuantificar dicha situación clínica. A su vez estimar la correlación de este nuevo método (BIA) con los cambios de peso corporal y GEO con el fin de permitir su ulterior uso en prácticas clínicas e investigaciones de gran interés.



ANTECEDENTES

En un estudio descriptivo transversal que se realizó en Bogotá, Colombia se encontró que el uso de la bioimpedancia en paciente en hemodiálisis permitió una mayor exactitud en el cálculo del agua corporal total, peso seco y estado nutricional de los pacientes en hemodiálisis.¹²

En una investigación sobre la “Predicción de masa celular corporal, masa sin grasa y agua corporal total con análisis de impedancia bioeléctrica”, se compararon las relaciones entre los cambios a corto plazo en Masa Celular Corporal (MCC) y Masa Libre de Grasa (MLG) observados con BIA y los métodos de criterio en 109 estudios repetidos en 21 sujetos. Muchos casos individuales mostraron correlaciones obvias, estrechas entre valores medidos y calculados directamente.¹³

Las estimaciones predictivas de cambio en MLG y potasio corporal total (KCT) por BIA fueron moderadamente precisas, en comparación con mediciones por los métodos de criterio, con valores de r de 0,77 y 0,58, respectivamente. La capacidad de BIA para detectar un cambio en MCC en MLG aumentó a medida que las diferencias reales aumentaron, por lo que el BIA siempre fue capaz de detectar un cambio en $MLG > 5\%$.¹³

En México se realizó un estudio acerca de la “Estimación de la masa muscular esquelética mediante análisis de impedancia bioeléctrica”, dentro del estudio se utilizaron diferentes fórmulas para medir su grado de exactitud y en sus resultados expresan que la validación cruzada de las ecuaciones BIA para la predicción de masa músculo-esquelética (MME) fue exitosa, y la magnitud del error en la predicción de MME del BIA fue pequeña. Estas observaciones son alentadoras y sugieren que la BI puede proporcionar estimaciones rápidas y precisas de ME en las poblaciones adultas.¹⁴

En dicho estudio también se explica que la validez del método BIA en individuos cuyo estado de hidratación puede ser alterado, como atletas, ancianos de avanzada edad y personas enfermas, requiere investigación y que también se necesitan estudios para



determinar la sensibilidad de la BI para detectar cambios en la masa de MME en respuesta a las intervenciones nutricionales y de ejercicio, así poder desarrollar una ecuación específica de la raza, ya que se encontró que los resultados de las ecuaciones pueden variar en dependencia de esta.¹⁴

En un artículo publicado por la revista andaluza, España, se determinó que la BI es un método aceptado para la estimación de la composición corporal y el agua corporal, para personas sanas, siempre y cuando se apliquen las correspondientes ecuaciones específicas de estimación y no sean generalizadas en todos los casos.⁴

En un artículo publicado por Hospital Gregorio Mar Anón, Madrid, sobre “Evolución y aplicaciones de la bioimpedancia en el manejo de la enfermedad renal crónica” se encontró que los parámetros de hidratación y nutrición proporcionados por los analizadores de bioimpedancia son de gran utilidad como marcadores precoces de supervivencia/mortalidad en pacientes con enfermedad renal crónica con/sin necesidad de diálisis. También se determinó que la bioimpedancia eléctrica es una herramienta de extraordinaria utilidad en el tratamiento de los pacientes con enfermedad renal crónica y debería incorporarse en todas las unidades por la información que proporciona, por su facilidad de uso, la inmediatez de resultados, su inocuidad y su bajo coste.³

El estudio realizado en New York por la revista Sport Med sobre el “Uso de impedancia bioeléctrica para estimar los cambios en el estado de la hidratación” reveló que los valores absolutos de agua corporal total (ACT) derivados de mediciones de bioimpedancia están bien correlacionados con los valores de ACT determinados por la dilución isotópica, el "patrón oro" aceptado para determinar ACT. Esas validaciones se realizaron bajo condiciones clínicas estandarizadas en individuos euhidratados.¹⁵



JUSTIFICACIÓN

La bioimpedancia eléctrica ha surgido como una nueva estrategia para la medición de los porcentajes de masa corporal, tanto masa grasa y masa magra. Esta técnica únicamente se ha utilizado en población controlada, es decir que no ha tenido desbalances hídricos durante el desarrollo del estudio.⁵ Pese a la existencia de otros métodos para medir las pérdidas hídricas, consideramos que el uso de la BI, por sus principios bioeléctricos será válido para determinar deshidratación en nuestra población a través de la comparación de porcentajes de agua corporal total.¹⁶

En el caso de nuestra población, individuos que se ejercitan en un gimnasio, el estrés físico producido por su tipo de rutina y la restricción de líquido que practica la mayoría de ellos, conllevará de manera fisiológica a deshidratación y alteraciones electrolíticas. Si sumamos a este estrés físico, la exposición constante al clima caluroso característico de la ciudad de Corinto se crea una alimentación positiva para la pérdida de fluido hipotónico, convirtiéndose en un riesgo para su salud.

Desde el punto de vista conductual, las excesivas pérdidas hídricas alteran la actividad y productividad física.⁷ Hay pérdida motivacional, alteraciones en la concentración con riesgo de accidentes en el gimnasio y disminución de calidad y rendimiento en el oficio hasta en un 40%.⁷

La meta de este estudio es determinar el nivel de deshidratación de estos individuos y relacionar los resultados de BIA con los obtenidos por otros métodos ya conocidos. A su vez, queremos permitirle al individuo calidad en su salud y una mayor productividad durante sus rutinas de ejercicio. Con nuestros resultados queremos abrir las puertas a nuevas técnicas que sean viables, accesibles al investigador, de bajo costo y no invasivas para facilitar el desarrollo de temas de investigación.



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El balance hídrico es un tema de gran importancia en personas quienes están expuestos a constantes pérdidas hídricas, o bien que son incapaces de mantener un equilibrio en la composición de agua corporal. Entre estos están aquellos individuos que están expuestos durante sus horas de ejercicio físico a elevadas temperaturas, que no ingieren en el momento adecuado y/o la cantidad adecuada de líquidos, o que realizan rutinas fatigantes.

Cuando la reducción del agua corporal es de un 1% o inferior se reduce la capacidad de trabajo y la tolerancia al calor; una pérdida de un 2% aumenta el riesgo de lesión y disminuye la habilidad de la persona; una reducción del 5% entorpece la realización de cualquier oficio y crea una situación potencialmente peligrosa; con una reducción del 15-20% sobreviene a la muerte.¹⁷

El déficit de agua implica una serie de eventos fisiológicos que surgen como respuesta al desequilibrio de nuestro organismo, aunque estos mecanismos ya son bien conocidos, no existe un estándar de oro para su medición¹⁸; el método mayormente utilizado (o que se aproxima a la pérdida real) es el de las diferencias de peso corporal y ha tenido buena aceptación por los clínicos.

Los habitantes de la zona occidente que están directamente expuestos a las altas temperaturas de nuestro país son posiblemente propensos a sufrir de deshidratación y las posibles consecuencias que esta implica. La valoración del grado de deshidratación en estos individuos es crucial para prevenir posibles lesiones a corto y/o largo plazo, así como también para lograr el 100% de productividad en sus rutinas de ejercicios físicos.

Pese a la existencia de las técnicas existentes para evaluar deshidratación, el BIA ha sido un método que ha tomado gran auge en los últimos años, logrando establecerse como uno de los métodos más usados, sin embargo aún no se conoce con exactitud su utilidad en base a su validez, dato avalado por la revista Sport Med en New York, quienes publicaron que no está claro si el BIA puede utilizarse con éxito para estimar ACT en condiciones típicamente



encontradas como medicina ocupacional y deportiva.¹⁵ Por tal razón surge este trabajo investigativo, con el deseo de introducir a la práctica clínica y el campo investigativo una nueva estrategia, que sea mayormente específica y cómoda para el individuo a estudiar.

Por esta razón, se hace la pregunta:

¿Cuál es el grado de deshidratación que presentan las personas al realizar ejercicio físico en el gimnasio?



OBJETIVO GENERAL:

Determinar el grado de deshidratación por tres métodos, en personas que asisten al gimnasio en la ciudad Corinto, Chinandega. Período septiembre, año 2018.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Describir las características antropométricas de la población en estudio.
2. Cuantificar nivel de deshidratación a través de peso corporal, gravedad específica de la orina y análisis bioimpedancia eléctrica.
3. Establecer la correlación del método de bioimpedancia en la determinación de la deshidratación con los demás métodos.



MARCO TEÓRICO

-DESHIDRATACIÓN-

1. Concepto:

Se define como una condición compleja causada por la pérdida de agua corporal, proveniente del compartimento intracelular a consecuencia de un trastorno en el metabolismo del agua y se acompaña por un estado de hipertonicidad. Es importante diferenciarlo del término “depleción de volumen” el cual refiere pérdida de sodio total y reducción del volumen intravascular y del intersticio (agua del espacio extracelular), causado por una pérdida sanguínea o reducción del sodio total. Sin embargo en la práctica clínica y para mayor entendimiento de esta condición, se prefiere utilizar el término de deshidratación para ambas entidades.^{19,20}

2. Causas:

Puede deberse a un déficit hídrico o un déficit de sal y agua, dentro de las causas más específicas de deshidratación tenemos:

Pérdidas de sangre: hemorragias de cualquier origen¹⁹, estas producen una pérdida directa del volumen hídrico corporal, la gravedad de la deshidratación dependerá de la magnitud de la hemorragia y de la reanimación hídrica correcta.

Pérdidas renales: uso de fármacos diuréticos, diuresis osmótica, patologías como: diabetes insípida, insuficiencia suprarrenal, hipoaldosteronismo, nefropatías perdedoras de sal²⁰. La excreción de sodio y agua a través del riñón está ajustada en dependencia de la ingesta. Luego de la filtración a través de los glomérulos renales, se da una reabsorción del 98% aproximadamente del filtrado, el resto es convertido en orina para su posterior eliminación a través de la micción, si el agua que se ha eliminado no se reemplaza puede resultar un agotamiento de volumen severo.²¹

Pérdidas gastrointestinales: vómitos, aspiración nasogástrica, diarreas, síndromes de malabsorción, fístulas y drenajes biliares, pancreáticos, de intestino delgado. A través de las



heces se pierde aproximadamente 100-200 ml de agua por día, esto se debe a que todo los fluidos que se secretan en el tracto gastrointestinal son reabsorbidos, en este caso, la depleción de volumen puede ocurrir cuando la secreción excede la capacidad de reabsorción.²¹

Pérdidas cutáneas: actividad física extrema, fiebre, golpe de calor, quemaduras, dermatitis graves. La piel funciona como una barrera mecánica que evita la pérdida de líquido intersticial hacia el exterior, sin embargo cuando esta barrera fisiológica pierde su continuidad, se puede perder gran cantidad de líquido. A su vez, la sudoración de manera basal es baja, pero en sujetos que realizan ejercicio físico y que están expuestos a temperaturas altas, sus pérdidas pueden alcanzar hasta los dos litros por hora.²¹

Secuestro en un “tercer espacio”: peritonitis, pancreatitis, obstrucción intestinal, aplastamiento muscular.²⁰ El agotamiento del volumen puede producirse por la pérdida de fluido intersticial e intravascular en un tercer espacio que no está en equilibrio con el fluido extracelular.

3. Epidemiología:

El grupo de población en la cual existe una mayor prevalencia de deshidratación son niños, esto se debe a su composición corporal (mayor porcentaje de agua) especialmente lactantes los cuales tienen una mayor proporción superficie-volumen con pérdidas insensibles proporcionalmente altas y que se acentúan en estados patológicos como fiebre, además no pueden comunicar su necesidad de líquido o no pueden acceder a ellos de manera fácil a como ocurre en el adulto.

Esta mayor prevalencia en niños también se debe a las patologías que comúnmente afectan en esta etapa: enfermedades gastrointestinales como diarrea y vómitos.²² En nuestro país no se encuentran suficientes estudios respecto a la prevalencia de deshidratación ya que esta se asocia mayormente a su causa.



4. Factores de riesgo²³:

Los factores de riesgo dependen de la causa de la deshidratación, la cual ha quedado claro que es multifactorial. Sin embargo existen ciertos grupos de población en riesgo, los cuales son más propensos a sufrir de desbalances hídricos negativos, ya sea por su estado fisiológico o por el tipo de patología a la cual están expuestos.

Neonatos: la deshidratación en esta población es de mayor gravedad y se relaciona por una reducción en la ingesta de líquidos, la cual depende de la madre (lactancia), de igual manera los estados de diarrea, vómito o fiebre facilita el cuadro de deshidratación por la composición corporal de ellos, mayor porcentaje de agua que en el adulto.

Niños en edad preescolar y escolar: causado por el síndrome diarreico agudo, a nivel mundial es la principal causa de deshidratación en niños de estas edades sin excluir a nuestro país.

Deportistas, embarazadas: se produce por el ejercicio intenso y baja reposición de líquido o a las pérdidas gastrointestinales (hiperemesis gravídica), de igual forma ocurre con los adultos mayores, quienes además reducen el consumo de agua por olvido o por privación de las personas que los cuidan.

5. Mecanismos fisiológicos:

Bajo las condiciones diarias de flujo corporal, la hormona antidiurética (también conocida como vasopresina) mantiene la presión osmótica normal, esta actúa directamente sobre el riñón, permitiendo la excreción y conservación de agua como respuesta a los cambios de fluidos intravasculares.¹⁸ La reducción del agua corporal provoca un aumento en la osmolalidad plasmática que se detecta por neuronas magnocelulares especializadas, osmóticamente sensible, ubicadas en el órgano circunventricular (OCV).

El OCV está situado en una zona del hipotálamo anterior donde las fenestraciones de la barrera hematoencefálica permiten acceso del plasma al tejido neuronal. Cuando hay una estimulación de estos osmorreceptores, hay una activación de los núcleos supraópticos



(SON) y paraventriculares (PVN) del hipotálamo. Los cuales son los encargados de la síntesis de la hormona antidiurética.²⁴

Las concentraciones basales de la hormona antidiurética pueden fluctuar considerablemente en respuesta a la postura normal y la temperatura de la piel, sin embargo, una reducción del umbral de la sangre intravascular del 10% es necesaria para obtener mayor secreción de la hormona, y una reducción menor a este valor actúan principalmente mejorando la sensibilidad de la respuesta a los osmorreceptores, un aumento del 2% en la presión osmótica produce deshidratación intravascular, desencadenando de esta manera los mecanismos compensatorios.¹⁸

Al estimularse los núcleos SON y PVN del hipotálamo, se secreta a través de la porción posterior de la hipófisis, la hormona antidiurética al torrente sanguíneo, alcanzando los túbulos colectores renales y estimulando los receptores V2, sensibles a vasopresina. La activación de los receptores de vasopresina activa a la adenil ciclasa y generan AMP cíclico intracelular, causando fusión de las vesículas ricas en acuaporinas-2, que actúan como poros o canales para el paso del agua en la membrana apical de las células del conducto colector. Esto permite un aumento de la permeabilidad del agua y reduce la excreción de esta a nivel renal.²⁴

Cuando ocurre la conservación renal de agua, simultáneamente ocurre otro mecanismo activación de la sed, el cuerpo debe obtener líquido a través de otra vía: por la ingesta de agua. El umbral de los osmorreceptores para la sed es altamente variable y los mecanismos están sujetos a numerosas influencias no relacionadas con el equilibrio hídrico.¹⁹ La estimulación de los osmorreceptores activaran el mecanismo de sed, donde su meta es equilibrar los balances hídricos a través de la ingesta de líquido.²⁵ Una forma de intentar acelerar la absorción del agua es añadirle glucosa y sodio.²⁵

Cuando estos dos mecanismos de conservación (riñón) y adquisición (sed) permiten normalizar la presión osmótica del plasma, se produce una abolición de la secreción de vasopresina y del mecanismo de la sed con el objetivo de que el individuo no se sobre



hidrate. El umbral de osmolalidad del plasma para que esto ocurra debe ser de 284 mOsm/kg aproximadamente.²⁴

La variación humana típica de la masa corporal en día-día es 1%, cuando la ingesta de líquidos y la actividad están estrechamente controlados. Como consecuencia, el cambio en masa corporal debe superar el 1% y aproximarse al 2% para ser considerado verdaderamente atípico. Un aumento del 2% en presión osmótica (aprox. 5 mOsmol / kg) y una disminución del 10% en sangre intravascular son los umbrales fisiológicos comúnmente citados para la conservación y adquisición de agua compensatoria.¹⁸

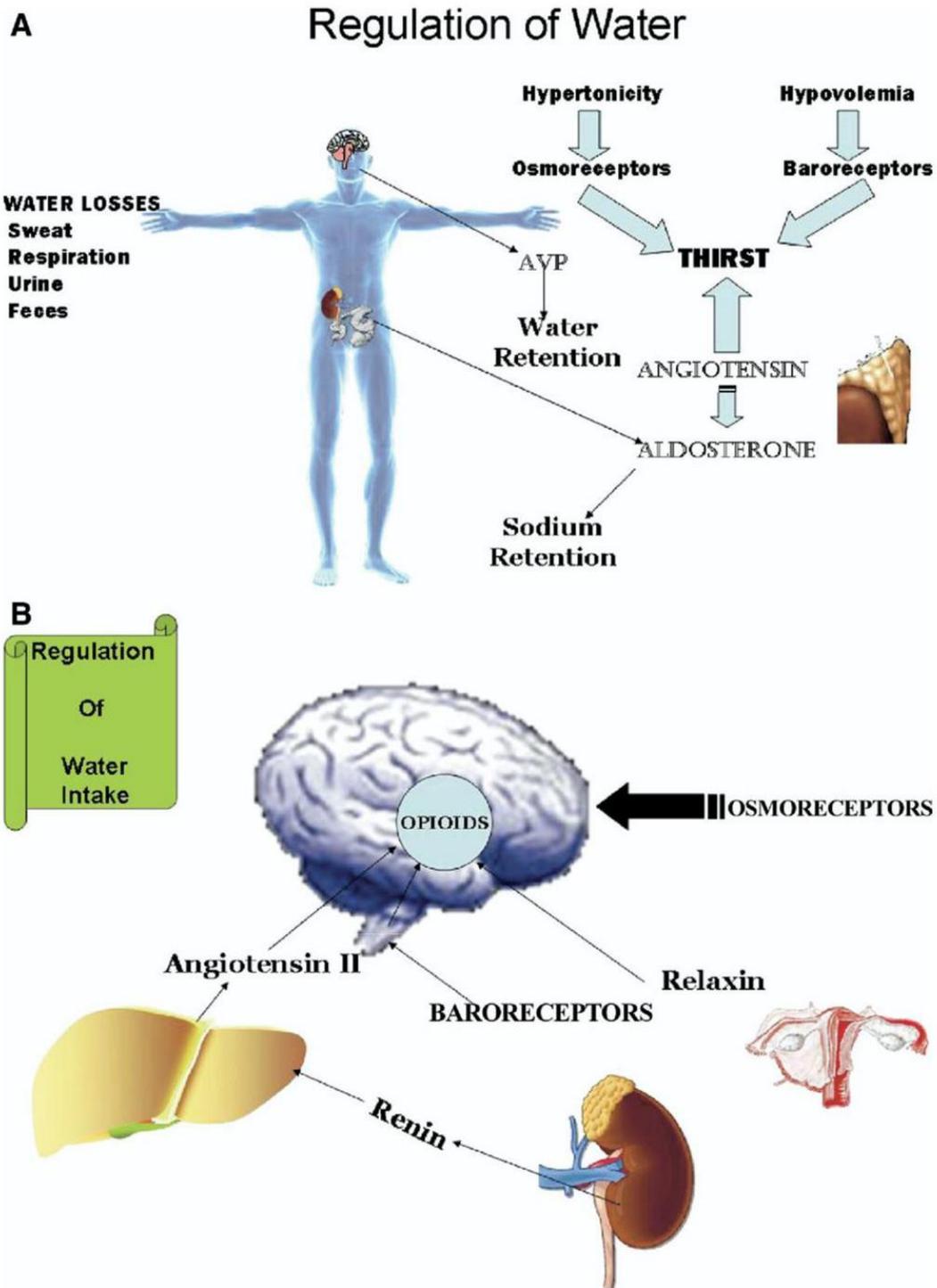
Otro mecanismo que se activa durante el desequilibrio hídrico corporal, son los receptores que se estimulan por la distensión, sensibles a los cambios de presión arterial conocidos como barorreceptores. Existen tres áreas del cuerpo donde están ubicadas estas células especializadas²⁶:

Riñón: ubicadas en el aparato yuxtaglomerular, en la arteriola glomerular aferente, detectan la presión de perfusión en el riñón y son un determinante importante de la actividad del sistema renina-angiotensina-aldosterona.

Seno carotídeo y cayado aórtico: regulan la actividad del sistema nervioso simpático. El aumento de la actividad simpática también aumenta la liberación de renina.

Corazón: a nivel de la aurícula izquierda, regulan la liberación de péptido natriurético atrial (principalmente de las aurículas) y péptido natriurético cerebral (principalmente de los ventrículos).

La estimulación de los barorreceptores envía señales aferentes al cerebro y activan la producción de vasopresina, si la sed se agrava, los barorreceptores renales activa el sistema renina-angiotensina y con esto la secreción de aldosterona, lo cual en consecuencia permitiría una vasoconstricción y disminución de la diuresis.²⁵ El umbral para que se activen los barorreceptores debe ser de una disminución del 10% del volumen sanguíneo.



(A) Factores periféricos implicados en la regulación del metabolismo del agua.

(B) Factores centrales implicados en la regulación de la ingesta de agua.²⁰



6. Cuadro clínico¹⁹:

Síntomas: De manera inicial, el individuo presenta debilidad, fatiga y sed. Según el grado de deshidratación se presenta cefaleas, náuseas, calambres, hipotensión y mareos posturales. Cuando la depleción del volumen extracelular es de un 10-15% aparece hipoperfusión renal con oliguria y retención de sodio y agua. Si la hipovolemia es intensa, con pérdidas superiores al 15-25% del volumen sanguíneo, se presenta shock hipovolémico con hipotensión, taquicardia, vasoconstricción periférica: extremidades frías y cianóticas, estupor y coma.

Signos: Sequedad de piel y mucosas, turgencia cutánea, taquicardia en reposo, la hipotensión postural (descenso de más de 5-10 mm Hg de la presión arterial en sedestación o bipedestación), la disminución de la PVC que se traduce en un aplanamiento o falta de visualización de las venas yugulares en decúbito supino o en un registro de presión venosa central baja (menos de 3 cm H₂O), la oliguria y la hipotensión arterial.

Los signos más fidedignos en la evaluación de la hipovolemia son la taquicardia y la hipotensión postural.

7. Métodos diagnósticos:

⊕ **Peso corporal**

El cambio del peso corporal se considera el método más confiable para la medición de deshidratación. La medición de la pérdida de peso se efectúa pesando al sujeto antes y después de la actividad con una báscula cuya precisión debe ser al menos de 50 gramos, deduciendo del peso final el saldo resultante de los líquidos y los alimentos ingeridos y excretados durante la jornada, lo que obliga a pesar meticulosamente todo lo que entre y salga del cuerpo durante la actividad. Otro aspecto que hay que tener en cuenta es el sudor que se acumula en la ropa, por lo que se recomienda efectuar las mediciones inicial y final, del sujeto desnudo y seco.⁷

Aunque los cambios en el peso corporal pueden utilizarse para evaluar las alteraciones durante un ejercicio único durante períodos de tiempo prolongados, estos pueden estar



influenciados por la ingesta de alimentos, los movimientos intestinales o cambios en la composición corporal.²⁷

Otros factores de confusión que afectan la masa corporal durante un ejercicio físico extremo incluyen: oxidación de sustrato, agua de oxidación, pérdidas respiratorias, agua no disponible en la vejiga y agua liberada del glucógeno permitiendo una pérdida de hasta el 2% de la masa corporal. Por lo tanto se considera que, para que haya una estimulación de los osmorreceptores, debe haber una pérdida de peso corporal de 4%; valor que también se considera basal para determinarlo como “deshidratación”.²⁸

⊗ **Gravedad específica de la orina**

La orina es un indicador de deshidratación de nuestro organismo, como conocemos, este fluido es uno de los medios por los que se pierde mayor cantidad de agua en el cuerpo, lo que hace interesante y muy útil su uso en la práctica clínica. Evidentemente, a menor contenido de agua en el cuerpo (estado de deshidratación), habrá una menor producción de orina y una mayor concentración de solutos en la misma.²⁹ La GEO (densidad urinaria) parece útil para calcular un valor de cambio de referencia, sin embargo, hay muchas situaciones clínicas en las que este método no es intercambiable.³⁰

La concentración de orina varía inversamente con el volumen de líquido corporal total. Sin embargo, la orina concentrada puede ser el resultado de una reducción de la fracción de agua en orina (deshidratación) o adición de soluto. Se considera orina “concentrada” cuando el valor de la densidad urinaria está por encima de 1.030.³¹ En estudios realizados para medir estado de hidratación en atletas, se considera valor aceptable de euhidratación una GEO <1.020.^{9,32}

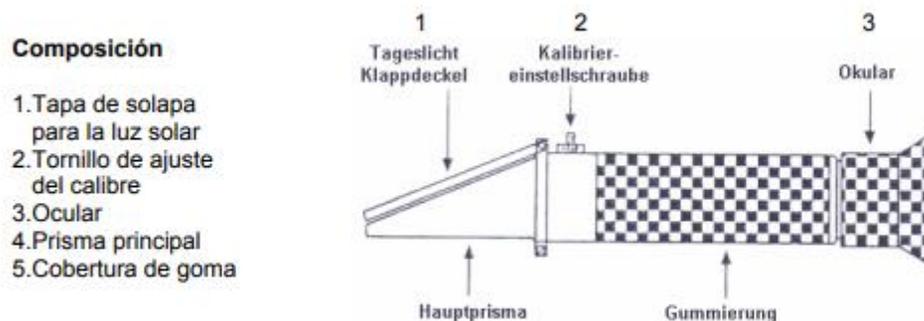
La adición de soluto puede provenir del catabolismo de la dieta, subproductos del metabolismo de las proteínas (enfermedad y ejercicio), o los efectos del ejercicio sobre la reducción del flujo sanguíneo renal; por lo tanto, aumentar las medidas de concentración de orina, es por ello que se prefiere el uso de la primera orina de la mañana ya que estas



muestras son más uniformes y generalmente son inmunes a las alteraciones en la dieta, ingesta de líquidos o actividad.

También se demostró que la concentración de la primera orina de la mañana refleja concentraciones de 24 horas y existe cierta diferencias de concentración respecto a una muestra de orina puntual y son menos confiables, por lo que se sugiere la práctica de esta muestra si se desea valorar deshidratación.³⁰

El refractómetro se ha utilizado para cuantificar la concentración exacta de la orina. Es un instrumento preciso, el cual mide en unidad BRIX (%) el cociente total de materia seca disuelta en un líquido. Este hace uso del principio de refracción total de la luz, el cual tiene lugar en la capa límite entre el prisma y la muestra. Por lo que el índice de refracción dependerá de la composición particular de la sustancia en estudio; cuanto más denso sea un líquido mayor será la refracción.³³

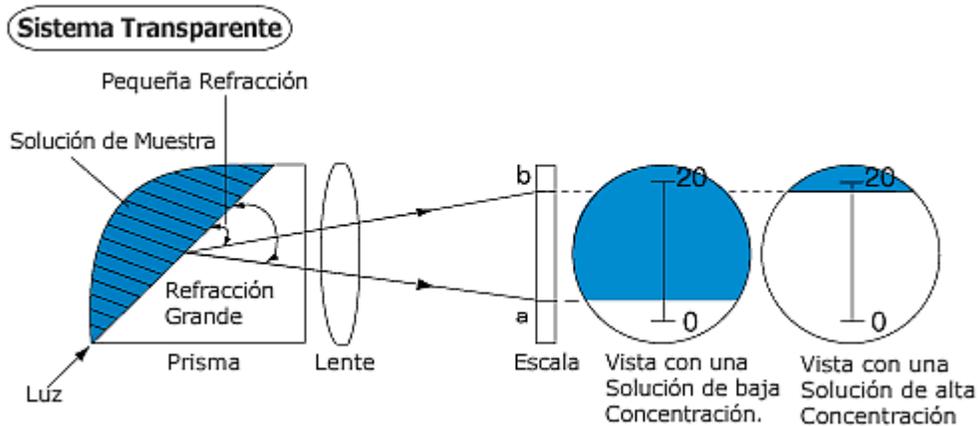


Composición refractómetro de mano³³

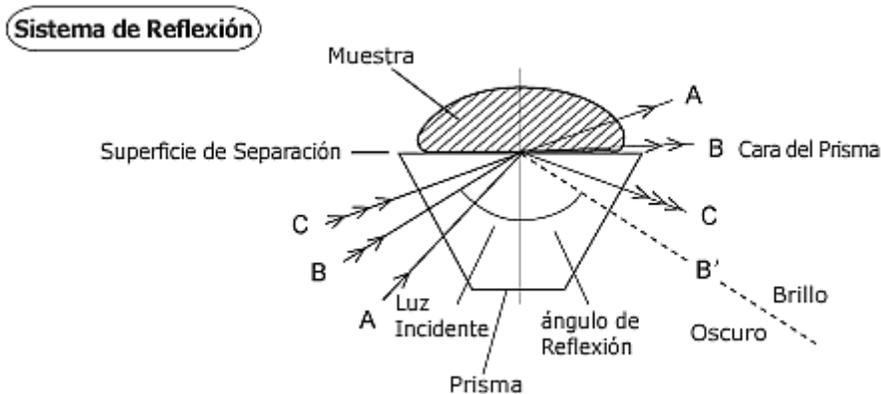
Según la función de detección del índice refractario, se clasifican en dos tipos de refractómetros: los que utilizan el sistema transparente y los que utilizan el sistema de reflexión. Los refractómetros portátiles y los refractómetro Abbe (dados así por su creador) usan los sistemas transparentes, mientras que los refractómetros digitales usan los sistemas de reflexión.³³



Sistema transparente: La detección es hecha utilizando el fenómeno refractivo producido en el límite del prisma, si la muestra es de baja concentración, el ángulo de refracción es grande debido a la gran diferencia en el índice de refracción entre el prisma y la muestra, en cambio si la muestra es concentrada, el ángulo de refracción es pequeño debido a la pequeña diferencia en el índice de refracción entre el prisma y la muestra.³⁴



Sistema de reflexión: Este método se explica con la figura abajo del texto, "El haz de luz A, que incide desde la parte baja izquierda del prisma, no es reflejada por el limite, pero pasa a través de la muestra. El haz de luz B se refleja por la cara derecha, directamente a lo largo del límite del prisma. El haz de luz C, incide en un ángulo demasiado grande para pasar a través de la muestra, sino que es totalmente reflejado hacia el lado bajo y derecho del prisma. Como resultado, la línea límite es producida dividiendo la luz y la sombra en el otro lado de la línea punteada B en la figura. El ángulo de reflexión de esta línea es proporcional al índice de refracción, la posición de la línea límite entre la luz y los campos oscuros son captados por un sensor y convertidos en índices refractivos."³³





La refractometría es un método sencillo, rápido y barato, el cual se ha aplicado en distintos campos de la industria y medicina, por ejemplo en el ámbito nutricional, para valorar el vaciado gástrico a través del estudio del volumen residual gástrico.^{33,35}

⊗ **Bioimpedancia eléctrica**

La bioimpedancia eléctrica es un método con alta precisión y de bajo costo para determinar la composición corporal y agua corporal total, por lo cual se puede incorporar como una de las técnicas de elección tanto para el investigador como para el participante, ya que la exposición a este no representa ningún peligro a su salud. Sin embargo no se ha demostrado su uso en población bajo deshidratación, es decir sus usos clínicos se han limitado en población “controlada” o bien para cuantificar estados nutricionales.

-GENERALIDADES DE LA BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA-

Métodos de estudio de la composición corporal: Existen diferentes métodos para valorar la composición corporal, aunque ninguno de ellos es perfecto, por lo que es necesario conocer sus limitaciones.³⁶

Métodos de estudio de la composición corporal					
Técnica	Precisión	Coste	Duración (min)	Dificultad	Peligro
AA	Muy Alto	Muy Alto	30	Muy Alta	Irradiación
RMN	Alto	Muy Alto	30-60	Muy Alta	No
Densitometría	Muy Alta	Alto	20	Alta	No
DEXA	Alta	Alto	20	Alta	Irradiación
TOBEC	Alta	Muy Alto	10	Baja	No
Antropometría	Baja	Bajo	5	Baja	No
NIR	Baja	Bajo	5	Baja	No
BIA	Alta	Bajo	5	Baja	No

*AAN: Análisis de activación neutrónica. RMN: Resonancia nuclear magnética; DEXA: Densitometría de rayos X con doble nivel de energía. TOBEC: Conductancia eléctrica corporal total. NIR: Infrarrojo próximo. BIA: Análisis de la impedancia bioeléctrica.*³⁷



1. Concepto de bioimpedancia eléctrica:

Método para el estudio de la composición corporal, se basa en la naturaleza de la conducción de la corriente eléctrica a través de tejidos biológicos. Es rápido, portátil, no invasivo, barato y con poca dificultad técnica.³⁷

El análisis de Bioimpedancia Eléctrica (BIA) ha ganado mucha atención como un método para estimar el ACT y la densidad corporal. Estas estimaciones podrían ser usadas para establecer y monitorear clasificaciones de peso corporal en atletas, así como para monitorear el estado de hidratación para mantener la salud y desempeño de los trabajadores.³⁷

Si la BI pudiera proporcionar las estimaciones exactas de ACT incluso en condiciones de estado de hidratación alterada, más información podría ser obtenida de esta simple medición en comparación a la obtenida solo por el peso corporal.³⁷

Este método mide la impedancia u oposición al flujo de una corriente eléctrica a través de los líquidos corporales contenidos fundamentalmente en los tejidos magro y graso. La impedancia es baja en el tejido magro, donde se encuentran principalmente los líquidos intracelulares y los electrólitos, y alta en el tejido graso, por lo que es proporcional al ACT. La impedancia de un tejido biológico comprende 2 componentes, la resistencia (R) y la reactancia (Xc).³⁷

El principio en el que se basa el BIA es que la impedancia de un conductor geométrico isotrópico se relaciona con su longitud, configuración (r), área de sección y frecuencia de señal aplicada $Z=r L/A$.³⁷

Los términos “impedancia eléctrica” y “resistencia” se usan indistintamente, ya que el valor de la reactancia es muy bajo en el ser humano, por ello la ecuación a veces la encontramos como $V=r L^2/R$.



Si r es constante vemos que $L2/R$ es directamente proporcional al volumen del compartimento magro, por tanto es una medida de él y como éste se compone mayoritariamente de agua concluimos que habría una fuerte correlación entre $L2/R$ y ACT. R es la oposición pura al paso de una corriente alterna y es función del área de sección, configuración, longitud del conductor y frecuencia de la corriente. Xc es la oposición al paso de una corriente eléctrica causada por la capacitancia producida por las interfases entre tejidos y membranas celulares.³⁷

Condiciones de medida para la técnica de impedancia bioeléctrica tetrapolar³⁶

Posición de supino sobre superficie no conductora

Miembros en abducción de 45°

Limpieza de la piel con alcohol

Colocación exacta de los electrodos en los lugares anatómicos

Temperatura de la habitación normal

Ayuno de al menos 2 horas

Sin ejercicio vigoroso previo, ingerir alcohol o estar deshidratado (al menos durante 12 horas)

El procedimiento general incluye la realización del procedimiento dos horas después de comer y 30 minutos después de orinar. El sujeto puede estar vestido pero sin zapatos ni calcetines y en decúbito supino sobre una cama, los pies deben tener una separación de 45° y los brazos de 30° respecto al tronco. Se limpia el lugar de colocación de los electrodos en la piel con alcohol y una torunda de algodón. Se pueden usar distintos tipos de electrodos y se aconseja repetir las medidas tres veces y obtener la media. El incumplimiento de las condiciones expuestas puede ocasionar errores en la medición³⁷

Obtenidas las medidas, para calcular el ACT, se emplean una serie de ecuaciones de predicción que se han obtenido frente a otras técnicas "patrón oro". Dichas ecuaciones siguen los siguientes esquemas generales:



$$TBW = a HT^2/R + c.$$

$$TBW = a HT^2/R + b Wt + c.$$

HT: talla; Wt: peso; a,b,c = constantes

Otras ecuaciones convencionales incluyen además: sexo, edad, pliegues u otros parámetros, pero en general mejoran muy poco su exactitud a costa de una mayor complicación o fragilidad frente a violaciones de las hipótesis (típicamente la asunción de hidratación de tejidos.³⁵ En resumen, transforman la propiedad eléctrica medida (impedancia) en volúmenes (intracelular, extracelular), masas (grasa, delgada, celular), metabolismo basal, y otras variables (densidad corporal, Na^+/K^+ celular) de composición corporal.⁵

Actualmente, la única técnica no invasiva capaz de valorar específicamente variaciones de hidratación en cualquiera condición clínica, e independientemente del peso corporal, es el análisis de las variaciones de impedancia de los tejidos blandos.

2. Opciones sobre la posición de los electrodos:

Desde el estudio de Hoffer⁵, todos los investigadores han utilizado, esencialmente, un sistema tetrapolar en el lado derecho del cuerpo porque este minimiza la resistencia de contacto y la interacción electrodo-piel.⁵

BIA distal: Es la configuración BI estándar a cuerpo entero (whole body) o mano-piel. En esta configuración, la impedancia total de un sujeto a hidratación normal es determinada por el 50% de la impedancia de los miembros inferiores, por el 40% de la impedancia de los miembros superiores, y por el 10% de la impedancia del tronco.³⁸ Una pareja de electrodos (un inyector y un sensor) es colocada dorsalmente sobre la mano (tercera articulación metacarpo-falángica y del carpo, respectivamente) y sobre el pie entre el maléolo medial y el lateral del tobillo (posición estándar).³

BIA proximal: Para mejorar la estimación de los compartimentos del BIA convencional, en particular de los fluidos y de la masa delgada, han sido propuestas diferentes modalidades de posicionamiento de los electrodos cutáneos (con las mismas consideraciones sobre



conductores cilíndricos e isótropos). Posicionando los electrodos sensores sobre la fosa antecubital y en la fosa poplítea se consigue un BIA proximal, según Lukaski y Scheltinga.³⁷ La superioridad del BIA proximal no ha sido confirmada con respecto de la distal en la estima de los compartimentos en el adulto sano, ni en sistemas a una frecuencia ni en multifrecuencia.⁵

BIA segmental: se consigue colocando los electrodos en los extremos del miembro superior, inferior y del tronco, según varias modalidades. La técnica sin embargo todavía no está estandarizada, y presenta dificultades operativas al identificar los puntos de referencia en la raíz de los miembros y sobre el tronco, sobre todo en los edematosos y en los obesos. La difusión de la corriente en los tejidos no tiene por límite la frontera de los segmentos corporales, razón del fracaso de la técnica en discriminar diferentes grados de expansión de los fluidos, tanto en el análisis convencional cómo utilizando las medidas directas de R y Xc con el análisis vectorial.⁵

La posición de los electrodos y, sobre todo, la del sensor, es uno de los factores más críticos en las medidas BI. Existen más de 30 fabricantes de analizadores de BI en todo el mundo, sin embargo el más utilizado es el RJL BIA-101 (RJL Systems, Detroit, MI) que usa una corriente alterna constante de 800 μ A a una frecuencia fija de 50 kHz.⁵

- **Sistema bipolar:**

Cosiste en una báscula inteligente, la cual tiene integrados cuatro electrodos que hacen contacto con el tercio anterior (antepie) y el tercio posterior (talón) de la planta del pie. A través de una aplicación se reciben vía bluetooth los parámetros medidos a través de una señal eléctrica segura de baja tensión que pasa a través del cuerpo: peso corporal en kg, IMC, porcentaje de agua corporal, porcentaje de masa grasa, masa muscular en kg, porcentaje de músculo esquelético, porcentaje de agua corporal total, peso en kg de masa ósea, porcentaje de proteínas, requerimientos metabólicos basales y edad metabólica.

Anterior a la medición, se deben añadir a la aplicación, datos específicos para cada usuario: sexo, edad exacta, estatura. Funciona en un ambiente de: 0 ~ 40 °C, capacidad de peso hasta



180kg, incrementos de graduación de 0.05 kg. (Estos datos han sido tomados del manual de RENPHO®).

Condiciones de uso para el método bipolar

Coloca la báscula en un suelo duro, plano. Evita cualquier alfombra

No recomendada para embarazadas, personas con marcapasos u otros dispositivos internos

Habilita el Bluetooth en tu celular. Para Android 6.0⁺, debes encender tu ubicación

No se debe utilizar con artefactos metálicos: anillos, sostén con aro de metal, piercing, etc.

Pies deben estar secos, descalzos y tocando las 4 áreas de electrodos

Ingresa información personal actual antes de usar

Las medidas de porcentaje de grasa corporal son para usuarios entre 18 y 80 años

Para limpieza de la superficie, se utiliza utilice un paño húmedo o un limpiador de vidrios.

Estudios han revelado que el uso de básculas inteligentes, que utilizan el método de bioimpedancia para valorar composición corporal, se compara con otros métodos ya conocidos en el área clínica. Se considera una estrategia que podría ser aplicada en la clínica o en trabajo de campo gracias a sus beneficios: buen costo, fácil de transportar, no invasiva, procedimiento rápido y los pacientes no se someten a radiación para su uso.^{37, 39} sin embargo hay que tener en cuenta datos como el sexo, del cual depende la distribución de grasa corporal (femenino glúteo-femoral, masculino toracoabdominal)³⁹ ya que la técnica pie-pie subvalora la grasa superior.⁴⁰

3. Opciones sobre la interpretación de la medida

BIA convencional: Se asume que el cuerpo es un conductor isótropo cilíndrico de sección constante, y con ecuaciones de regresión, se estima el volumen eléctrico total (agua corporal total, ACT, en L) del componente R, y de este, asumiendo una hidratación constante de los tejidos blandos, la masa libre de grasa (en kg). Por diferencia de la masa libre de grasa del peso corporal es estimada la masa grasa. En la mayor parte de las ecuaciones de regresión (ecuaciones de predicción) el componente Xc es ignorado.⁵



BIA vectorial: En el análisis de BI vectorial (BIVA, Bioelectrical Impedance Vector Analysis) las dos medidas R y Xc, conseguidas por el analizador BI, son consideradas simultáneamente como miembros del vector impedancia Z. El vector de un nuevo sujeto, estandarizado por la estatura, es confrontado por vía gráfica (Grafo RXc) con la distribución de los vectores de la población sana de referencia. En el método BIVA no se realizan asunciones de isotropía de los tejidos ni sobre modelos de tejidos o del cuerpo.⁵

4. Empleo clínico del BIA convencional y vectorial

Las bases racionales de la BI indican que la impedancia de los tejidos es generada por las soluciones electrolíticas intra y extracelulares (componente R) y de las estructuras de células y tejidos que las contienen (componente Xc) y que el reparto de los fluidos intra y extracelulares no puede venir directamente medidos por la impedancia, tampoco en multifrecuencia, a causa de la anisotropía de los tejidos. Entonces el potencial diagnóstico específico y peculiar de la BI tiene que estar en la valoración global y combinada de los fluidos y de las estructuras de sus tejidos.⁵



DISEÑO METODOLÓGICO

Tipo de estudio: Descriptivo, de corte transversal.

Área de estudio: Gimnasio Treminio de la ciudad de Corinto, Chinandega.

Período de estudio: Septiembre, año 2018.

Población de estudio: 65 clientes del gimnasio Treminio, ciudad de Corinto.

Muestra: 56 personas, se obtuvo a través del programa Epi Info 7.2.1.0 con valores de probabilidad del 50%, un intervalo de confianza del 95% y margen de error 5%.

Muestreo: Se realizó un muestreo no probabilístico (conveniencia).

Criterios de inclusión:

- Mayores de 18 años.
- Clientes activos del gimnasio “Treminio”.
- Personas que no ingirieron líquidos durante la hora de ejercicio a la que serán sometidos.
- Personas con peso menor de 180 kg.

Criterios de exclusión:

- Que posean una patología renal de base.
- Que tengan marcapasos, prótesis metálica u algún objeto metálico el cual no se pueda o quieran extraer.
- Personas que tomaron agua durante la hora de ejercicio a la que serán sometidos.
- Participantes que desearon retirarse del estudio durante el proceso de este.

Fuentes de información:

Primaria: Fichas de datos, entrevista, bioimpedancia.



Secundaria: Se utilizaron los códigos de registro de los clientes para realizar la selección de los participantes, dichos códigos son anónimos.

Procedimiento de la recolección de datos:

El método de recolección de datos fue la encuesta a través de la técnica de la entrevista y la aplicación de tres métodos de medición de deshidratación, tomados antes y después de someter a los participantes a 60 minutos (como mínimo) de ejercicio. El primer paso realizado fue solicitar con documento escrito y autorizado por nuestra Universidad, el permiso de desarrollar este trabajo investigativo al gimnasio “Treminio” de la ciudad de Corinto.

Posterior a la aprobación del negocio, procedimos a explicar a los participantes los objetivos de la investigación y estuvimos prestos a aclarar las dudas respecto al tema, se extendió consentimiento informado hacia aquellos que desearon formar parte de este estudio, y en coordinación con el gimnasio se valoraron los horarios de servicio para planificar los días de llenado de la ficha de datos a través del método establecido.

Para el procedimiento de las pruebas se garantizó la privacidad y confort de los participantes, se establecieron mamparas en las instalaciones de la empresa para realizar la recolección de los datos antropométricos, muestra de orina y mediciones de bioimpedancia eléctrica, estos datos se midieron al inicio y al final de la rutina de ejercicio físico de los participantes.

En cuanto a la recolección de orina para la medición de la gravedad específica de la orina, se cumplieron con los protocolos establecidos para una adecuada toma, transporte y análisis de muestra, las mediciones se realizaron por ambos investigadores de dicha tesis con la finalidad de evitar sesgos al ser realizadas sólo por uno de ellos. La entrevista se dirigió a los participantes antes del inicio del ejercicio con el fin de identificar los datos asociados a la deshidratación y poder proceder al análisis.



Aquellos participantes que consideraron se estaba afectando su integridad tuvieron la oportunidad de retirarse del estudio, la información recolectada fue utilizada solo para fines de esta investigación.

Instrumento de recolección de datos:

Se aplicó una ficha de datos que contiene las características básicas como sexo y edad para caracterizar a la población y medidas antropométricas.

Para determinar el grado de deshidratación de los trabajadores se aplicaron dos métodos objetivos que fueron comparados con los resultados obtenidos por el uso de bioimpedancia.

Método 1. Comparación de peso corporal: se midió el peso en kilogramos del participante con una báscula, inmediatamente antes de iniciar su rutina de ejercicio, con la mínima cantidad de ropa, este no debió presentar alteraciones en sus hábitos defecatorios. Se realizó una segunda medición de peso al mismo participante, con los mismos parámetros, pero esta vez se efectuó inmediatamente después de terminar el ejercicio físico.

Método 2. Gravedad específica de la orina: Se le pidió a los participantes dos muestras de orina, la número 1 antes del ejercicio y la muestra número 2 inmediatamente después de realizar el ejercicio. Se marcaron con un código según el número de ficha de cada participante. El análisis de la orina se realizó por ambos investigadores, mediante el uso de un refractómetro manual marca ATAGO modelo A300CL y con orina a una temperatura de 20°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) utilizando un termómetro ambiental. Los resultados se anotaron en la hoja de ficha de cada participante.

Método 3. Bioimpedancia: Se utilizó una báscula inteligente, marca RENPHO® modelo ES-CS20M, la cual estaba conectada vía bluetooth a un Smartphone, en dicha aplicación se introdujeron los datos específicos de cada participante a estudiar (sexo, edad exacta, talla en cm). Se le hicieron mediciones a los participantes antes y después del ejercicio físico y los datos obtenidos se registraron en la hoja de ficha de cada participante. Previo a la toma se le solicitó al individuo:



1. Orinar antes de las mediciones.
2. Tener el mínimo de ropa posible, utilizar únicamente una bata y short desechable que fue facilitado por los investigadores.
3. No utilizar ningún objeto de metal durante el proceso (aros de sostén, piercing, anillos, cadenas, etcétera).
4. Debía estar totalmente seco y quieto durante el proceso.
5. Pies limpios y descalzos.

Operacionalización de variables

Variable	Descripción	Valores
Sexo	Características fenotípicas del participante	-Femenino -Masculino
Edad	Cantidad de años cumplidos al momento de la entrevista	Años
Estatura	Altura de una persona desde los pies al vértice de la cabeza medida en centímetros	Centímetros
Peso	Masa de un individuo expresada en kilogramos, tomada antes y después del esfuerzo físico	Kg
IMC	Relación entre el peso y la altura, expresado en kg/m^2	-Bajo peso -Normopeso -Sobrepeso -Obesidad
ICC	Padece de insuficiencia cardiaca congestiva	-Si -No
Diuréticos	Ingiere algún diurético actualmente	-Si (cantidad) -No
Esfuerzo físico	Realización de algún esfuerzo físico intenso antes del examen	-Si (horas) -No
Alcohol	Consumo de bebidas alcohólicas en las últimas 12 horas	-Si -No
Menstruación	En el caso de las mujeres, está con su menstruación o está próxima (aprox. Tres días)	-Si -No
Turno de ejercicio	Turno del día en el que se aplica el examen	-Matutino -Vespertino



		-Nocturno
Duración ejercicio	Tiempo en el que realizó el ejercicio expresado en minutos	Sin valor
Gravedad específica de la orina	Concentración total del solutos en una muestra de orina, tomada antes y después de su jornada laboral.	Sin valor
ACT	Agua corporal total expresada en litros, medida antes y después de realizar el ejercicio	Sin valor
Diferencia de peso	Diferencia de peso al inicio y al finalizar su jornada laboral	Sin valor
Masa grasa	Peso de la masa grasa corporal en kilogramos	Sin valor
Peso sin grasa	Peso de la masa libre de grasa en kilogramos	Sin valor
Masa muscular	Peso de la masa muscular en kilogramos	Sin valor
Masa ósea	Peso de la masa ósea en kilogramos	Sin valor
Peso en proteínas	Peso de las proteínas corporales en kilogramos	Sin valor
Diferencia GEO	Diferencia de gravedad específica de la orina luego de realizar el ejercicio	-Aumentada -Sin cambios -Disminuida
Diferencia ACT	Diferencia de agua corporal total, después de realizar el ejercicio expresada en litros	Sin valor

Procesamiento y análisis de resultados:

Los datos fueron procesados utilizando el programa de computación SPSS Vers. 22 efectuando un análisis de relación lineal de los valores de peso seco y gravedad específica de la orina en comparación con los análisis resultantes de la técnica de bioimpedancia eléctrica, de esta forma determinar si los valores presentan relación entre sí y de ser así se establecerán análisis de correlación para determinar la dirección y magnitud de dicha relación en cuanto a la medición de los niveles de deshidratación en los trabajadores.

Se establecieron tablas de contingencia para analizar los factores asociados a la deshidratación tomando como medida base el análisis del X^2 y como referencia el valor de 0.05, un valor de X^2 igual o menor a este significará la presencia de asociación entre



variable. Todos los datos fueron presentados en tablas de acuerdo a la distribución de variables y objetivos del estudio.

Aspectos éticos del estudio:

El primer paso a tomar en cuenta fue la aprobación por la propietaria del gimnasio Treminio para la ejecución de este estudio, posterior se realizó una presentación oral con la población para aclarar los objetivos y contexto de nuestro estudio, explicando los beneficios y posibles riesgos al participar en esta investigación. Consecuente, se aplicó un documento de consentimiento informado para que la población confirme su participación voluntaria. Al momento de obtener las medidas antropométricas se priorizó realizarlo en un área privada, para respetar el pudor del participante.



RESULTADOS

Al analizar las características antropométricas de la población en estudio se encontró que la mayoría de los participantes son de sexo femenino y la edad promedio fue de 24.92 años para hombres y 27.37 años para mujeres, con un promedio de altura de 170.54 y 156.13 cm respectivamente, los participantes tuvieron un rango de peso entre 46.20 - 101.50 kg, siendo las mujeres las que presentaron las cifras más bajas de peso corporal y según el IMC la mayor parte de los participantes estaban en normopeso. (Ver tabla 1)

Tabla No. 1 Características antropométricas de la población en estudio (n=56).

Características de los participantes	Hombres N=26		Mujeres N=30	
	Media	Rango	Media	Rango
Edad	24.92	18 - 44	27.37	18 - 66
Altura (cm)	170.54	161 - 183	156.13	147 - 183
Peso (Kg)	75.06	56 - 101.50	60.05	46.20 - 84.35
Peso sin grasa	59.73	52.20 - 69.90	44.06	37.30 - 58.90
Masa Grasa (Kg)	14.89	3.53 - 31.67	15.9	8.31 - 30.28
Masa muscular (Kg)	38.84	33.75 - 45.17	25.9	21.71 - 38.04
Masa ósea (Kg)	2.99	2.00 - 3.50	2.6	2.20 - 3.30
Peso en proteína (Kg)	13.70	11.95 - 15.61	10.35	8.96 - 13.44
Índice de masa corporal	Bajo peso	Normopeso	Sobrepeso	Obesidad
	1	27	22	6

En base a los diferentes métodos usados para la determinación de deshidratación, se obtuvo que todos los participantes tuvieron una disminución de su peso corporal posterior al ejercicio físico, 46 personas presentaron aumento de gravedad específica de la orina y todos los participantes tuvieron disminución de agua corporal total medido a través de bioimpedancia. (Ver tabla 2).



Tabla No. 2 Variaciones en los valores según los distintos métodos de medición: peso corporal, gravedad específica de la orina y agua corporal total por bioimpedancia (n=56).

Variable	Peso Corporal		GEO		ACT por bioimpedancia	
	N	%	N	%	N	%
Aumento	0	0	46	82.2	0	0
Disminución	56	100	6	10.7	56	100
Sin variación	0	0	4	7.1	0	0
Total	56	100	56	100	56	100

A través de los diferentes métodos utilizados para determinar el nivel de deshidratación se encontró que, según la pérdida de peso corporal posterior al ejercicio físico, 51 participantes (91.8%) presentaron deshidratación leve, en su mayoría mujeres y 5 (8.9%) presentaron deshidratación moderada, el promedio de pérdida de peso fue de 0.65 kg; según la pérdida de agua corporal total medida a través de bioimpedancia. Su representación en cuanto al porcentaje de peso corporal se encontró que todos los participantes presentaron deshidratación leve con promedio de pérdida de agua de 0.21 l, en base a la gravedad específica de la orina (GEO) posterior al ejercicio se encontró que 46 (82%) tenían un incremento de la GEO, 4 participantes (7.2%) no presentaron variaciones y 6 (10.8%) presentaron una GEO disminuida (Ver tabla 3).



Tabla No. 3 Nivel de deshidratación según la variación en el peso corporal de los participantes (n=56).

SEXO	Nivel de deshidratación según porcentaje de pérdida de peso corporal.							
	Leve (<2%)		Moderada (2-9%)		Severa (>10%)		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Masculino	22	39.3	4	7.1	0	0	26	46.4
Femenino	29	51.8	1	1.8	0	0	30	53.6
Total	51	91.1	5	8.9	0	0	56	100
Pérdida de Peso en kilogramos según frecuencia								
Media				Moda				
0.65				0.25				
SEXO	Nivel de deshidratación según agua corporal perdida medida a través de BIA							
	Leve (<2%)		Moderada (2-9%)		Severa (>10%)		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Masculino	26	46.7	0	0	0	0	26	46.4
Femenino	30	53.3	0	0	0	0	30	53.6
Total	56	100	0	0	0	0	56	100
Pérdida de agua en litros según frecuencia								
Media				Moda				
0.21				0.10				
SEXO	Diferencia de gravedad especifica de la orina.							
	Aumentada		Sin variación		Disminuida		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Masculino	22	39.1	2	3.6	2	3.6	26	46.4
Femenino	24	42.9	2	3.6	4	7.2	30	53.6
Total	46	82	4	7.2	6	10.8	56	100
<i>1 Litro = 1 Kilogramo</i>								

En cuanto a la correlación entre la diferencia de agua corporal total medida a través de BIA con diferencia de peso corporal y GEO, se encontró fuerte correlación ente las variables



“diferencia de agua corporal” y “diferencia de peso corporal” con una significancia estadística de cero, la correlación entre las variables “diferencia de agua corporal” y “gravedad específica de la orina” es mínima y no existe significancia estadística.

Tabla No. 4 Correlación entre la diferencia de agua corporal, diferencia de peso corporal y gravedad específica de la orina posterior a la realización del ejercicio.

Correlación entre BIA, GEO y Peso Corporal			
Variables		Diferencia de peso Corporal	Diferencia de GEO
Diferencia de agua corporal Total	Correlación de Pearson	0.610	0.111
	significancia	0.000	0.399

* La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral)

Gráfico No. 1 correlación entre las variables diferencia de agua corporal por BIA con diferencia de peso corporal con valor de P: 0.610 y significancia de 0.000

(n= 56)

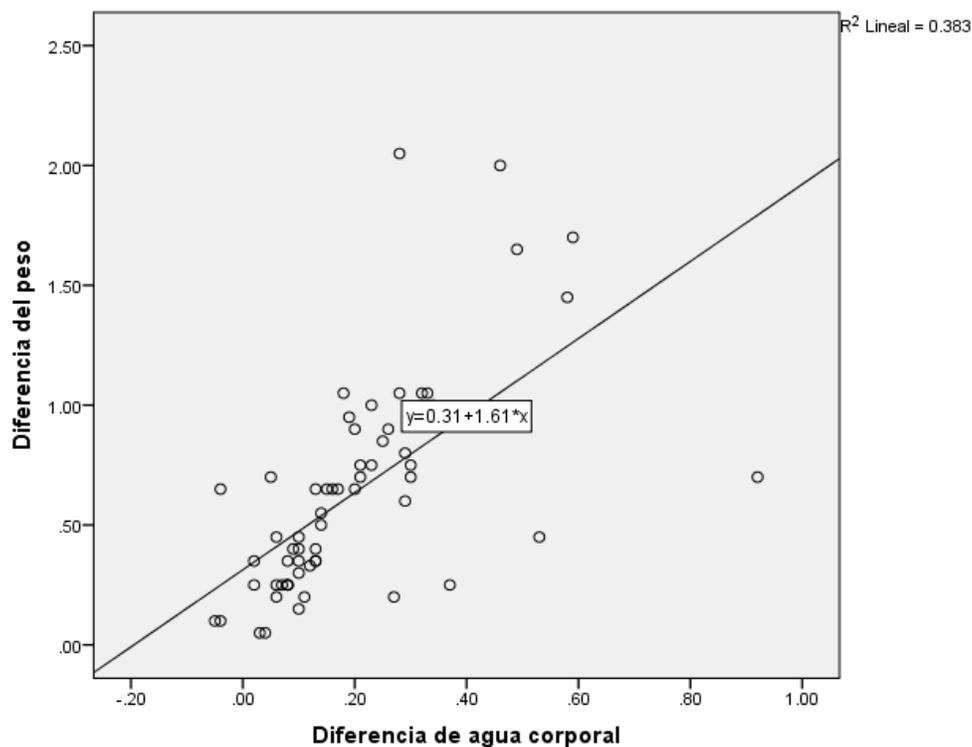
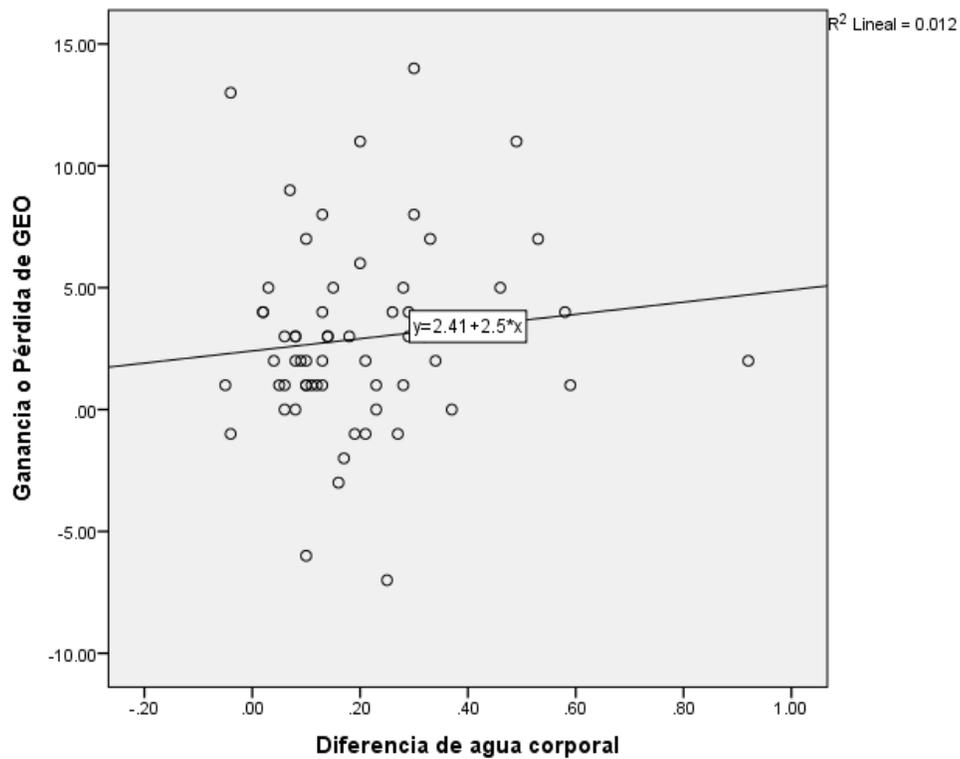




Gráfico No. 2 correlación las variables diferencia de agua corporal por BIA y Diferencia de gravedad específica de la orina, Valor de P: 0.111, significancia: 0.399 (n= 56)





DISCUSIÓN

En el estudio, se observan los cambios en el ACT que se presentan antes y después de una hora de actividad física evidenciados a través del BIA, peso corporal y modificaciones en la gravedad específica de la orina; encontrando utilidad de BIA y peso corporal como marcadores de deshidratación en la población en estudio; según estos métodos la mayoría de los participantes presentaron deshidratación leve.

El nivel de deshidratación obtenido en nuestro estudio posterior al ejercicio físico guarda relación con el estudio realizado en Europa sobre cambios en el volumen de plasma, durante y después de las variaciones agudas del nivel de hidratación corporal en humanos⁴¹ en donde se encontró que las pérdidas de agua corporal inducida por el ejercicio en áreas a temperatura ambiente son de aproximadamente 0.9-1.7% del peso corporal en una hora.

En nuestra investigación se puede observar que existe correlación y asociación estadística entre las variables de diferencia de agua corporal determinada a través de BIA y la diferencia de peso corporal; lo cual concuerda con un estudio realizado en Italia sobre análisis convencional y vectorial de bioimpedancia en la práctica clínica⁵ que expresa que el BIA puede determinar el estado de hidratación de un sujeto en cualquier condición clínica, sin necesidad de adoptar ningún modelo de composición corporal, o de hidratación, y es independiente del peso corporal, no obstante ambas variables están relacionadas, por lo cual podemos determinar que la BI es un método útil en la valoración del estado de deshidratación al igual que las variaciones en el peso seco.

En este estudio se encontró correlación mínima, sin significancia estadística entre la pérdida de agua corporal medida por BIA, con las variaciones en la GEO de la orina. En base a estos datos se podría determinar que la densidad urinaria no es un instrumento que nos permita valorar el estado de deshidratación; esta información es contradictoria a la expresada por algunos estudios en los que se ha demostrado que los parámetros urinarios ofrecen un buen diagnóstico en el estado de hidratación,⁴³ no obstante algunos estudios coinciden con nuestros hallazgos⁴⁴ y explican dicha discordancia en cuanto a la utilidad de



la gravedad urinaria por un retraso en la sensibilidad de la misma cuando sucede un recambio rápido del fluido corporal, por lo cual su mayor sensibilidad es en la deshidratación crónica o en la valoración del estado de hidratación previa actividad física.

Es de importancia explicar que, aunque no se encontró correlación entre las variables GEO y BIA, al examinar las muestras de orina posterior al ejercicio físico se notó que la mayoría de los participantes que perdieron agua corporal, presentaban orinas más concentradas en comparación a las previas al ejercicio, así mismo algunos participantes que refirieron no tomar agua durante la hora de ejercicio realizada, presentaron en la toma de mediciones posteriores un aumento del peso y agua corporal total medida a través de BIA, por tal razón, al interrogársele de nuevo, admitían la ingesta de líquido que correspondía con el incremento registrado por el equipo y aunque no fueron incluidos en el estudio, se realizó la medición de la gravedad de la orina encontrando que estos participantes tenían orinas más diluidas al terminar el ejercicio.

Así mismo dentro de la utilización de la báscula inteligente se encontró que esta no realizaba mediciones en participantes que poseían algún tipo de objeto metálico en el cuerpo, sin importar el tamaño; en varias ocasiones la báscula reflejo que no se podía realizar medición de BIA y al preguntarle de nuevo a los participantes si poseían objetos metálicos. Se encontró que todos habían olvidado retirarse algunos objetos como anillos, aretes, y pulseras; dicha situación aumentó la confiabilidad en el uso del equipo ya que cumplía con las especificaciones que el fabricante detalla.

Entre las fortalezas de nuestro estudio se encuentra su diseño, con recolección personalizada de los datos y muestras de los participantes, las mediciones de BIA se realizaron siguiendo las normas establecidas por el fabricante del equipo para evitar resultados erróneos, las muestras de orina se analizaron por duplicado de investigadores para garantizar la confiabilidad de los hallazgos.

Dentro de las debilidades, la de mayor relevancia es el número de participantes y el tiempo de exposición a actividad física, Dado el valor de P 0.111 para asociación estadística de



BIA con GEO se determina que probablemente de aumentarse la población y el tiempo de exposición a la actividad física se hubiera encontrado asociación estadística entre estas variables y una mayor correlación, basamos dicho comentario en base a la ley de los grandes números en la que se establece que tendencias débiles son muy improbables, desde la Hipótesis nula, en grandes masas de datos, mientras que tendencias fuertes pueden ser relativamente probables en un tamaño pequeño de muestra, dicho de otra forma una correlación de $P: 0.111$ podría ser significativa en una muestra suficientemente grande y otra correlación de 0.8 no serlo en una muestra pequeña.

Otra de las debilidades fue el uso de un equipo de bioimpedancia eléctrica bipolar en lugar de un tetrapolar que cuentan con mayor sensibilidad, así mismo el instrumento cuenta con certificaciones extendidas por la FDA y asociaciones europeas para la regulación de los estándares de calidad para equipos médicos pero no cuenta con validación clínica.

Finalmente, tras una búsqueda exhaustiva en la literatura no se logró encontrar otros artículos similares al tema estudiado, por lo que la comparabilidad en este es escasa. Existen estudios previos que determinan la cantidad de agua corporal total usando como método el BIA, pero no se ha comparado si estas pérdidas son equivalentes a las obtenidas por variación de peso seco o gravedad específica de la orina, que son métodos no invasivos frecuentemente usados como referencia para medir el grado de deshidratación.

Por tal razón, ante el insuficiente nivel de investigación sobre el uso de la bioimpedancia para determinar el grado de hidratación y su equivalencia con otros métodos, es necesario continuar con esta línea de investigación y así poder validar la utilidad de un método que es caracterizado por ser rápido, portátil, no invasivo, barato y con poca dificultad técnica.



CONCLUSIONES

Según resultados la mayor parte de los participantes presentaron deshidratación leve con predominio del sexo femenino y promedio de edad de 26 años.

Las pérdidas de agua promedio según peso corporal y bioimpedancia fueron de 0.65 y 0.21 litros respectivamente que no se correspondieron con los resultados en las variaciones de gravedad específica de la orina.

Los hallazgos sugieren que la determinación del agua corporal total por el método de BIA permite valorar las variaciones en el estado de hidratación durante la deshidratación aguda y guarda relación con el peso corporal, por lo tanto, se ofrece como una nueva aplicación, con poca necesidad adicional de entrenamiento y consumo de tiempo, que permite de manera fácil, rápida, no invasiva y confiable la estimación del agua corporal total.

El uso de gravedad específica de la orina según los hallazgos encontrados no es un marcador útil en la determinación de deshidratación aguda.



RECOMENDACIONES

Realizar nuevos estudios en esta población usando bioimpedancia tetrapolar para realizar comparabilidad de los hallazgos encontrados con la bioimpedancia bipolar y confirmar la utilidad de un instrumento de mejor alcance económico.

En base a la disminución de la densidad urinaria que se encontró en algunos participantes, posterior a la realización del ejercicio, se recomienda a nuevos investigadores, realizar estudios que analicen a mayor profundidad estas variables, haciendo énfasis en la búsqueda de consumo de diuréticos en la población de estudio.

Se recomienda incrementar la cantidad de población para poder comprobar la relación que existe entre el incremento de la densidad urinaria con la pérdida del agua corporal.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sollanek K, Kenefick RW, Walsh NP, Fortes MB, Esmacelpour M, Cheuvront SN. Assessment of thermal dehydration using the human eye: What is the potential? Revista Elsevier. Dic 2012; (37): 111–117.
2. Rivera AB, Hydration Status in Adolescent Judo Athletes before and after Training in the Heat. Rev. JSPP. Agos 2011; 7 (1): 29-40. Available in: https://www.researchgate.net/publication/51664507_Hydration_Status_in_Adolescent_Judo_Athletes_before_and_after_Training_in_the_Heat
3. López J. Evolución y aplicaciones de la bioimpedancia en el manejo de la enfermedad renal crónica, Rev. Nefro. 2011; 31 (5): 537-544. Disponible en: <http://www.revistanefrologia.com/es-publicacion-nefrologia-articulo-evolucion-aplicaciones-bioimpedancia-el-manejo-enfermedad-renal-cronica>
4. Alvero-Cruz J, Correas L, Ronconi M, Fernández R, Porta J. La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal: normas prácticas de utilización, Rev. Andal. Med. Deporte. 2010; 3 (3): 167-74. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3233/323327668006.pdf>
5. Piccoli A, Nescolard L, Rosell J. Análisis convencional y vectorial de bioimpedancia en la práctica clínica. Rev. Nefro. 2002; 22 (3): 228-38. Disponible en: <http://www.revistanefrologia.com/es-publicacion-nefrologia-articulo-analisis-convencional-vectorial-bioimpedancia-practica-clinica>
6. Buffer R, Mereu R, Putzu P, Floris G, Marini E. Bioelectrical impedance vector analysis detects low body cell mass and dehydration in patients with alzheimer's disease. J Nutr Health Aginn. 2010; 14 (10): 823-7. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21125199>



7. Mondelo P, Gregori E, Comas S, Castejón E, Bartolomé E. Ergonomía 2: Confort y estrés térmico. Vol. 2, 3^{ra} ed. Barcelona: Edit Alfaomega; 1999.
8. Marín A, de la Vega. E, Efecto de la deshidratación en la motricidad. Plaz depor. 2014; 1 (1): 203-12.
9. Hernández A. Cuantificación de los niveles de riesgo ergonómico, ruido, intensidad luminosa y estrés térmico a los cuales están expuestos los trabajadores de una planta industrial en El Salvador. Univ EL Salv, 1^{ra} ed. UES, San Salvador, 2013 (12 mayo, 2017).
10. Chevront SN, Sawka MN. Evaluación de la hidratación en atletas. Rev. SSE. 2005; 18 (2): 1-8. Disponible en: <https://www.gssiweb.org/es-mx/sports-science-exchange/art%C3%ADculo/sse-97-evaluaci%C3%B3n-de-la-hidrataci%C3%B3n-en-atletas>
11. Ramírez D, Almanza D, Ángel L. Estimación del agua corporal total y del peso seco, usando impedancia bioeléctrica tetrapolar de multifrecuencia (BIA-4) en pacientes en hemodiálisis; Rev. Fac. Med. 2015; 63(1): 19-31. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v63n1/v63n1a03.pdf>
12. Kotler D, Burastero S, Wang J, Pierson R. Prediction of body cell mass, fat-free mass and total body water with bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex, and disease. Am J Clin Nutr. 1996; 64(3): 489-97. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8780369>
13. García BA, Vásquez VJ. Comparación de 4 métodos para el análisis del porcentaje de grasa corporal: bioimpedancia, portátil y fija, antropometría y densitometría ósea en mujeres con índice de masa corporal normal: estudio transversal comparativo de licenciada en nutrición. México: 2016.



14. Janssen I, Heymsfield S, Richard N, Baumgartner R. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol (1985)*. 2000; 89 (2): 465-71. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10926627>
15. Brien CA, Young J, Sawka M. Bioelectrical Impedance to Estimate Changes in Hydration Status. *Int J Sports Med*. 2002; 23 (5): 361-6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12165888>
16. Ginebra. Peso máximo de las cargas que pueden ser transportadas por un trabajador. Conf. Intern. del Trab. 1967; 6 (127): 00-59. Disponible en: http://staging.ilo.org/public/libdoc/ilo/1966/66B09_179_span.pdf
17. Nogareda S. Ambiente térmico y deshidratación. Ministerio de trabajo y asuntos sociales España, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo; 1999.
18. Chevront S, Kenefick R, Charkoudian N, Sawka M. Physiologic basis for understanding quantitative dehydration assessment. *Am J Clin Nutr* 2013; 97: 455–62. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23343973>
19. Martínez V. Alteraciones del metabolismo hidrosalino. En: Rozman C, Cardellach F, Farreraz P. *Medicina Interna*, 17ma edición, ed. Elsevier; España; 2012: 771-82.
20. Thomas D, et al, Understanding Clinical Dehydration and Its Treatment. *J Am Med Dir Assoc*. 2008 Jun; 9 (5): 292-301. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18519109>
21. Sterns R. Etiology, clinical manifestations, and diagnosis of volume depletion in adults. *UTD* 2016, 1 (1): 01-12. Disponible en:



<https://www.uptodate.com/contents/etiology-clinical-manifestations-and-diagnosis-of-volume-depletion-in-adults>

22. Somers M. Clinical assessment and diagnosis of hypovolemia (dehydration) in children. UTP, 2017; 1 (1): 01-18. Disponible en: <https://www.uptodate.com/contents/clinical-assessment-and-diagnosis-of-hypovolemia-dehydration-in-children>.

23. Bustamante G, Magne G. Deshidratación; Rev act clin med; 36 (1): 1857-61. Disponible en: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2304-37682013000900004&script=sci_arttext

24. Moore K, Thompson C, Trainer P. Disorders of water balance. *Clin Med* 2003; 3: 28- 33. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Kevin_Moore13/publication/10874125_Disorders_of_water_balance/Disorders-of-water-balance.pdf?origin=publication_detail

25. Rosado I, Villarino A, Martínez J, Cabrerizo L, Gargallo M, Lorenzo H, et al. Importancia del agua en la hidratación de la población española: documento FESNAD 2010; Nutr Hosp. 2011; 26 (1): 27-36, disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112011000100003

26. Sterns R. General principles of disorders of water balance (hyponatremia and hypernatremia) and sodium balance (hypovolemia and edema). UTD; 2017; 1 (1): 00-16. Disponible en: <https://www.uptodate.com/contents/general-principles-of-disorders-of-water-balance-hyponatremia-and-hypernatremia-and-sodium-balance-hypovolemia-and-edema>.



27. Chevront, S, Ely B, Kenefick R, Sawka M, Biological variation and diagnostic accuracy of dehydration assessment markers. Am J Clin Nutr 2010; 92: 565–73. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20631205>

28. McGarvey J, Thompson J, Hanna C, Noakes T, Stewart J, Speedy D. Sensitivity and specificity of clinical signs for assessment of dehydration in endurance athletes. Br J Sports Med 2010; 44: 716–19. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18981042>

29. Rodríguez B. Estudio de la deshidratación leve y sus causas ambientales con técnicas de procesado de imagen. Vol. 1, ed. Única; Madrid; Univ. De Madrid, 2014; (2014; 11-06-2017).

30. Chevron S, Kenefick R, Dehydration: Physiology, assessment, and performance effects. Amer Phys SOC; 2014; 4 (1): 257-85. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24692140>.

31. Ministerio de salud, Formulario Nacional de Medicamentos, 7ma edición; Biblioteca nacional de salud, Nicaragua; 2014.

32. AE, Sánchez JM, Escalante J, Caballero O. Utilidad de la densidad urinaria en la evaluación del rendimiento físico. Rev Mex Patol Clin Oct-Dic 2008; 55 (4): 239-253. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/patol/pt-2008/pt084h.pdf>

33. PCE Ibérica Albacete-España. Refractómetro de mano: Instrucciones de uso Disponible en: www.pce-iberica.es

34. Krüss Optronics Hamburg, Germany. Refractómetros. Feb 2016. Versión 1.7 Disponible en: www.kruess.com



35. Hermosa C, Torrejón I, Enciso V. Utilidad del refractómetro como indicador de la mal posición de una sonda enteral. Rev Dep Med intens. Mar 2013; 37 (2): 61-126. Disponible en: <http://www.medintensiva.org/en-utilidad-del-refractometro-como-indicador-articulo-S0210569112001970>
36. Casanova R. Técnicas de valoración del estado nutricional. Servicio de Pediatría. Hospital del SAS de La Línea. La Línea, Cádiz. VOX PAEDIATRICA, 2003; 11 (1): 26-35. Disponible en: <http://spaoyex.es/sites/default/files/pdf/Voxpaed11.1pags26-35.pdf>
37. Ludaski H, Scheltinga R. Improved sensitivity of the tetrapolar bioelectrical impedance method to assess fluid status and body composition: use of proximal electrode placement. Age Nutr 5; 1994; 1 (1): 123-129
38. Serrano M, Santos B, Mesa S, Cabañas A, González M, Pacheco J. Técnicas analíticas en el estudio de la composición corporal. Antropometría frente a sistemas de bioimpedancia bipolar y tetrapolar. Rev Nutr Clin Diet. 2007; 27 (1): 11-19. Disponible en: <http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/antropometria/tecnicas%20anal%C3%ADticas%20BIA.pdf>
39. Aristizábal C, Olaya SM, Giraldo A. Comparación de la composición corporal obtenida por bioimpedancia e hidrodensitometría en mujeres de 38 a 60 años de Medellín-Colombia. Rev. Biomédica INS. Jul-Dic 2015; 17 (2): 141-150. Disponible en: <https://www.revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/217>
40. Nuñez c et. al. Bioimpedance analysis: evaluation of leg-to leg system based on pressure contact foot-pad electrodes. Rev: Medicine & Science in Sports & Exercise. Apr 1997; 29 (4): 524-531. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9107636>



41. Allevard AM, Jimenez C, Koulmann N, Launay JC, Melin B, Savourey G. Plasma volume changes during and after acute variations of body hydration level in humans. *Europ J Appl Physiol Occup Physiol* 1999; 80 (1): 1-8.

42. Armstrong LE, Soto JA, Hacker FT, Casa JR, Kavouras Zamarrees CM. Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration. *J Sport Nutr* 1998; 8: 345-355.

43. Shirreffs SM, Maughan RJ. Urinary osmolality and conductivity as indices of hydration status in athletes in the heat. *Med Sci Sports Exer* 1998; 30: 1598-1602.

44. Opowski LA, Oppliger RA, Lambert P et al. Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration. *Med Sci Sports Exer* 2001; 33: 747-753.



ANEXOS

Hoja de consentimiento informado

He sido informado(a) y he leído la ficha de recolección de datos; así como también estoy enterado(a) de los objetivos que se persiguen con la realización de esta investigación, los cuales son obtener información sobre la utilidad de la bioimpedancia eléctrica para medir el grado de deshidratación en las personas que se ejercitan en el gimnasio de la ciudad de Corinto.

Después de haber sido informado(a) que se tendrá acceso a ciertos datos personales y conozco los procedimientos de los que seré parte: análisis de bioimpedancia eléctrica, medición de peso corporal y análisis de muestra de orina; sus indicaciones y tiempo de espera para la entrega de los resultados, conociendo también que es un proceso NO INVASIVO y sin complicaciones en mi salud, también se me ha informado, que si no deseo continuar participando en este estudio puedo retirarme sin ninguna repercusión, estoy de acuerdo de ser parte de esta investigación.

POR LO QUE:

YO, _____, autorizo mi participación en este tema investigativo.

Dado en la ciudad de León a los _____ días del mes de _____ del año dos mil dieciocho.

Firma de participante

Firma de investigadores



No. Ficha: _____

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-León
MEDICIONES DE BIOIMPEDANCIA Y COMPOSICIÓN CORPORAL

Fecha: ____/____/____ Nombre del investigador: _____

Nombre del paciente: _____

Sexo: M F Edad: ____ años Talla: ____ cm

¿Sufre de insuficiencia cardiaca? Sí ___ No ___ ¿Toma diuréticos? Sí ___ No ___

¿Ha hecho un esfuerzo físico excesivo antes de este examen? Sí ___ No ___

Si su respuesta es afirmativa ¿Hace cuánto tiempo? _____ Horas

¿Ha consumido alcohol durante las últimas 12 horas? Sí ___ No ___

Si es mujer en edad fértil: ¿Se encuentra en el período de la menstruación o está por venirle? Sí ___ No ___

Mediciones

Hora de inicio: _____

Hora de finalización: _____

Tiempo del ejercicio: _____

Variable	ANTES del esfuerzo físico		DESPUÉS del esfuerzo físico	
Peso corporal	kg		kg	
IMC	kg/m2		kg/m2	
Grasa Corporal	%		%	
Peso Corporal sin Grasa	kg	%	kg	%
Agua corporal total (TBW)	kg	%	kg	%
Músculo esquelético	kg	%	kg	%
Masa Muscular	kg	%	kg	%
Masa Ósea	kg	%	kg	%
Proteína	kg	%	kg	%
BMR	kcal		kcal	
Edad Metabólica	años		años	

Diferencia de peso después del esfuerzo físico en kg: _____

Muestra de orina			
Antes del esfuerzo físico		Después del esfuerzo físico	
T°	GEO	T°	GEO

Observaciones: _____



8 de Septiembre del 2018

Corinto, Nicaragua

Dra. Desiree Belatrack Argüello Connoly

Propietaria gimnasio Treminio

A sus manos.

El motivo de la presente es para solicitar su consentimiento para incluir en nuestra investigación, a los clientes del gimnasio del cual es usted propietaria.

Somos estudiantes del VI año de la carrera de Medicina en UNAN-LEÓN y como requisito para poder graduarnos debemos realizar una investigación concerniente al área de la salud, en una población no estudiada. Los investigadores nos identificamos como Miguel Ángel Pérez Castillo, con número de cédula, 081-010695-0006Q, número de carnet 13-02308-0 originario de Corinto y Dania Aracely Picado Durán, con número de cedula, 601-080895-0000F, número de carnet 13-10006-0 originaria de Bluefields.

Nuestra investigación consiste en determinar el nivel de deshidratación de los usuarios del gimnasio a través de 3 métodos (bioimpedancia eléctrica, densidad urinaria y peso corporal), cabe destacar que de obtener su autorización solo se incluirán a aquellos individuos que voluntariamente acepten participar en la investigación y cumplan con los requisitos de inclusión, así mismo nos comprometemos a cumplir con las normas de confidencialidad de los datos encontrados y solamente se entregarán las conclusiones y recomendaciones de la investigación a las personas que lo soliciten, esto con el fin de optimizar la productividad en las rutinas de sus clientes, manteniendo siempre el respeto hacia ellos.



Hemos considerado trabajar con esta población porque no hemos encontrado estudios previos en la misma, cumplen con todas las características que incluimos en nuestro protocolo, además son geográficamente accesibles.

La investigación tendrá una duración de aproximadamente 1 semanas en las cuales será necesario realizar una única entrevista de aproximadamente 5 minutos y tomar medidas antropométricas, muestra de orina y análisis por bioimpedancia eléctrica (báscula inteligente) al inicio y al final de una hora de ejercicio físico, restringido de ingesta de líquidos durante ese período.

Sin más a que referirnos nos despedimos deseándole éxito en sus labores y agradeciéndole de antemano su tiempo.

Atte.

Br. Miguel Pérez

Br. Dania Picado



Báscula inteligente para medir composición corporal a través de bioimpedancia eléctrica (bipolar)



Termómetro ambiental utilizado para cuantificar la temperatura de las muestras de orina



Refractómetro utilizado para medir la GEO



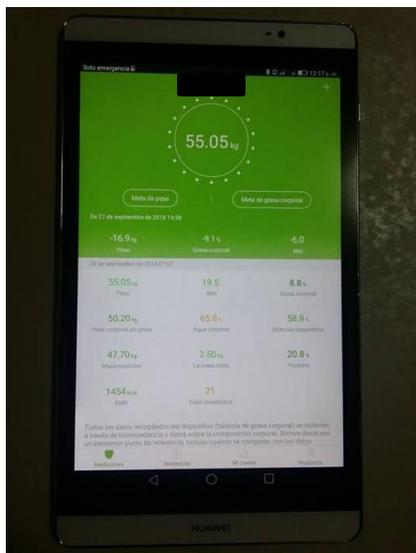
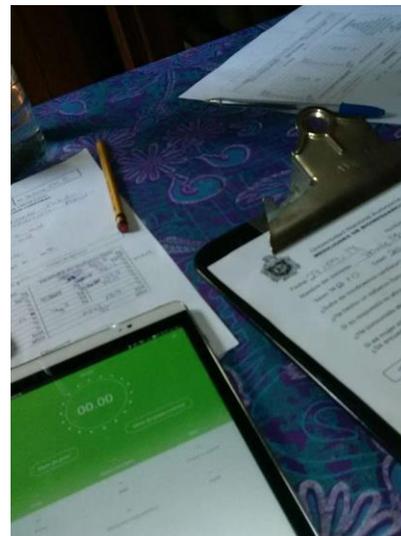
Mesa de trabajo

Investigadores analizando las muestras de orina

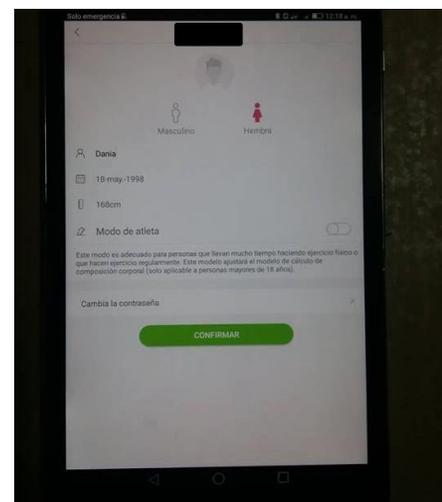




Proceso de medición a participantes



Parámetros y datos a ingresar en la aplicación de la báscula de bioimpedancia eléctrica





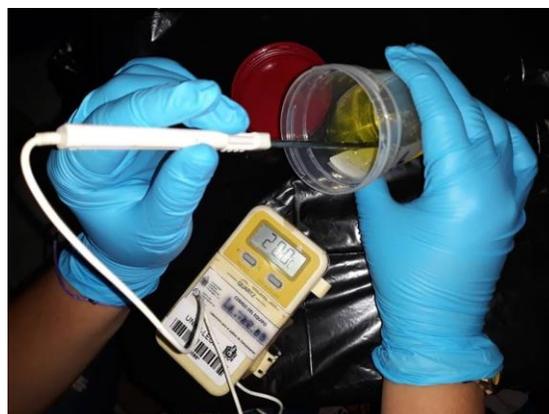
Investigador analizando la GEO



Las muestras de orina fueron guardadas a baja temperatura mientras se iniciaba el análisis



Muestras de orina debían estar a la temperatura idónea para realizar el análisis de GEO



Todos los instrumentos fueron lavados y secados adecuadamente para cada muestra a analizar