



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN HUMANA

**Composición corporal y ángulo de fase, como indicador del mal estado
nutricio, derivados de bioimpedancia vectorial**

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Maestro en Nutrición Humana

Presenta

L.N. Sanjuana Lanuza Flores

Dirigido por

MNH Laura Regina Ojeda Navarro

Febrero del 2020



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Nutrición Humana

**Composición corporal y ángulo de fase, como indicador del mal estado
nutricio, derivados de bioimpedancia vectorial**

Tesis

**Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Nutrición Humana**

Presenta

Sanjuana Lanuza Flores

Dirigida por

MNH Laura Regina Ojeda Navarro

SINODALES

MNH Laura Regina Ojeda Navarro

Presidente

Dra. Diana Beatriz Rangel Peniche

Secretario

MNC Oscar Martínez González

Vocal

MNH Ma. Guadalupe Martínez Peña

Suplente

Dra. Ma. De los Ángeles Aguilera Barreiro

Suplente

FEBRERO DEL 2020

RESUMEN

La composición corporal está definida como la sumatoria de los tejidos graso y libre de grasa, de acuerdo al método de dos compartimentos. Actualmente existen diversos métodos para evaluarla como la bioimpedancia que a través de resistencia y reactancia, generan un dato que se emplea como indicador indirecto del estado nutricional denominado ángulo de fase. OBJETIVO: Determinar la asociación de los valores de composición

corporal, ángulo de fase derivados de la bioimpedancia eléctrica vectorial en adultos mayores de 18 años. METODOLOGÍA: Se evaluó una población de 313 personas 207 mujeres y 106 hombres de la ciudad de Querétaro, después de previo consentimiento informado se procedió a realizar evaluación antropométrica como peso y estatura, y a través de bioimpedancia (mBCA) se determinó composición corporal. RESULTADOS: En cuanto a la prevalencia de sobrepeso y obesidad en conjunto, para ambos sexos superan el 90 %, se observó que el ángulo de fase disminuye de acuerdo al envejecimiento, por sexo se vio que es menor en mujeres que en hombres aunque en promedio el valor más alto es de los 30-39 años con 5.71 ± 0.6 . Para la población de estudio se identificó una asociación significativa en la categoría de sobrepeso en edad de 30 a 39 años, obesidad grado II en edades comprendidas de 30 a 59 años entre sexos para ángulo de fase. CONCLUSION: El ángulo de fase es un indicador indirecto para la evaluación del estado nutricional, y la prevalencia de obesidad en esta población es más alta que la media nacional.

Palabras Clave: Composición corporal, ángulo de fase, impedancia.

SUMMARY

Body composition is defined as the sum of fatty and fat-free tissues, according to the two-compartment method. Currently there are several methods to evaluate it as the bioimpedance that, through resistance and reactance, generates a data that is used as an indirect indicator of the nutritional state called phase angle. Objective: To determine the association of body composition parameters with phase angle in adults 18 years old and over. Method: Prior acceptance of informed consent, a total of 313 subjects (207 females and 106 males) living in Querétaro city were assessed. Weight and height were obtained and body composition (total body water, intra and extracellular water, percent body fat and muscle mass, among others) was determined through bioimpedance (mBCA). Regarding the prevalence of overweight and obesity as a whole, for both sexes they exceed 90%, the phase angle is modified according to aging, by sex it was found to be lower in women than in men, although on average the highest value he is 30-39 years old with 5.71 ± 0.6 . For the study population, a significant association was identified in the category of overweight in the age of 30 to 39 years, obesity grade II between the ages of 30 and 59 between the sexes for phase angle. Conclusion: Obesity was highly prevalent in this group of subjects, while the phase angle served as an indirect parameter in the assessment of nutritional status.

Keywords: body composition, phase angle, impedance

DEDICATORIAS

Dedicado a mi familia, por las veces que no llegué a tiempo a los festejos o algún evento, ya sea por estar en consulta, clases o un largo trabajo escolar como este y otros más, solo por mencionar algo, técnicamente la tercera es la vencida, así como fue este documento.

Con una dedicación especial a Mamá Marina, mi hermosa madre que sin saber cuánto va a durar mí desvelada, se queda por un lado para hacerme compañía, dice que mínimo para verme un rato o saca cita, lo cual agradeceré siempre.

Dedicado a mis ahijados Santi, Emi y Leo y sobrina Cami que reclaman mi visita y este trabajo evito hacerlo varias veces, los quiero mucho.

Dedicada a todos los que hasta el día de hoy he tenido como alumnos, ya que son parte de la chispa para seguir en esta aventura y a mis pacientes que siempre me preguntan y están atentos de lo que hago, dándome ánimos para seguir en el proceso, al cual pensaba darle carpetazo.

Gracias sobre todo y todas las cosas, a Dios, por darme vida y la oportunidad de cerrar este ciclo, él es el único que tiene el poder para acomodar todo, en tiempo perfecto.

El mayor estímulo para esforzarnos en el estudio y en la vida es el placer del mismo trabajo, el placer de los resultados y la conciencia del valor de los resultados para esa comunidad.

(Albert Einstein)

No es grande el que siempre triunfa, sino el que jamás se desalienta.

(José Luis Martín Descalzo).

AGRADECIMIENTOS

Por mucho que me esfuerce, no encuentro las palabras que se acerquen a lo agradecida que estoy por tener vida y contar con las personas que se han entrelazado en mi camino y he contado y cuento con su apoyo, a mi persona y a mis proyectos.

Agradezco a mi Alma Mater, la Universidad Autónoma de Querétaro, de cual siempre estaré orgullosa, por permitirme la entrada en varias ocasiones y deseo no sea la última.

Gracias Dra. Teresa García Gasca, Dra. Elizabeth Elton Puente, Mtro. Hugo Luna Soria y Dr. Roberto Augusto Ferríz Martínez, por escucharme y darme la oportunidad de cerrar este ciclo, infinitas gracias a todos.

Agradezco a la Maestra Laura Regina Ojeda Navarro por aceptar ser mi Directora de Tesis en una situación complicada de mi vida y a mis sinodales la Dra. Diana Beatriz Rangel Peniche, Dra. Ma. De los Ángeles Aguilera Barreiro, MNH Ma. Guadalupe Martínez Peña y a el MNC Oscar Martínez González, a todos gracias por aceptar y aportar a esta investigación, y no dejar de insistir, además de contar con su amistad y consejos, mil y muchas gracias infinitas, por su tiempo y paciencia, aquí la respuesta.

Gracias Héctor Martínez Ramírez, gran amigo hermano por tu tiempo, apoyo y dedicación a comprender y darle forma a este proyecto, fuiste la chispa que reactivó todo y agradezco a mi amigo socio Oscar Martínez González, por su apoyo incondicional, para cerrar este ciclo de mi vida, desde aquí les agradezco el siempre tener una palabra de aliento, por tenderme una mano y tener una sonrisa y un abrazo para mí, cuando estaba desanimada, gracias por existir, los quiero mucho.

Mi corazón nunca olvidará a los protagonistas de esta hazaña y a mis amigos Gris, Vero, por sus porras, a Noemí que me ayudo a leer mis artículos mientras comía sus ricos guisados, a Patus que aguanto mis enojos durante la maestría y más, agradezco tenerlos de amigos y estar unidos por miles de aventuras y desafíos que hemos podido vencer.

INDICE

| | |
|---|------------|
| RESUMEN | I |
| SUMMARY | II |
| DEDICATORIAS | III |
| ÍNDICE DE TABLAS | VI |
| INDICE DE FIGURAS | VII |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| REVISIÓN LITERARIA | 2 |
| EVALUACIÓN NUTRICIA. | 2 |
| COMPOSICIÓN CORPORAL | 6 |
| MODELOS DE COMPOSICIÓN CORPORAL | 7 |
| ANTROPOMETRÍA. | 9 |
| PLIEGUES CUTÁNEOS. | 12 |
| DENSITOMETRÍA | 13 |
| BIOIMPEDANCIA ELÉCTRICA | 14 |
| IMPORTANCIA DEL AGUA CORPORAL COMO PARTE DE LA COMPOSICIÓN. | 16 |
| ÁNGULO DE FASE | 18 |
| III JUSTIFICACIÓN | 23 |
| IV HIPOTESIS | 25 |
| V OBJETIVOS | 25 |
| VI. MATERIALES Y MÉTODOS | 26 |
| DISEÑO DEL ESTUDIO. | 26 |
| CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA. | 27 |
| CRITERIOS DE EXCLUSIÓN. | 27 |
| CRITERIOS DE ELIMINACIÓN. | 27 |
| RECLUTAMIENTO Y PROCEDIMIENTOS GENERALES. | 27 |
| RECOLECCIÓN DE DATOS | 28 |
| DATOS DEMOGRÁFICOS. | 28 |
| DATOS ANTROPOMÉTRICOS. | 28 |
| DATOS DE COMPOSICIÓN CORPORAL | 29 |
| 4.4 DISEÑO ESTADÍSTICO | 32 |
| VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 33 |
| X. REFERENCIAS | 41 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Puntos de corte para Índice de Masa Corporal (IMC) de la OMS..... | 7 |
| Tabla 2. Clasificación de obesidad por porcentaje de grasa según Gallagher..... | 32 |
| Tabla 3. Datos descriptivos de la población..... | 33 |
| Tabla 4 Prevalencia de Sobrepeso y Obesidad..... | 34 |
| Tabla 5 Valores de Ángulo de Fase por sexo y por categoría de edad e Índice de Masa Corporal | 35 |
| Tabla 6. Ángulo de fase por sexo y por categoría de edad..... | 36 |
| Tabla 7. Valor del Ángulo de Fase por categoría de IMC..... | 37 |
| Tabla 8. Valores del Ángulo de Fase por porcentaje de grasa..... | 38 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Diseño experimental para la evaluación del Ángulo de Fase, Índice de Masa corporal y Composición Corporal..... | 26 |
|---|----|

Dirección General de Bibliotecas UAQ

INTRODUCCIÓN

La evaluación del estado nutricional de un individuo o grupos de población, constituye un área fundamental en la cual deben estar capacitados los profesionales de la nutrición que trabajen en campo. La apropiada utilización de los métodos y técnicas de evaluación del estado nutricional, requiere tanto del conocimiento científico, como del desarrollo de una actitud crítica para su selección, aplicación e interrelación ante una situación específica (Ravasco P. E., 2010). La antropometría es una representación cuantitativa sistemática del individuo con el propósito de entender su variación física, a través de técnicas antropométricas se establecen las dimensiones humanas (Lescay, 2016).

Con el paso del tiempo, los cambios en el estilo de vida, afectan el estado de nutrición, en cuanto a composición corporal con frecuencia se muestra una ganancia de tejido graso y no forzosamente se aumenta de peso, contribuyendo en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y metabólicas, como dislipidemias, resistencia a la insulina, tensión arterial, obesidad, entre otras. De la misma forma se puede observar disminución de masa muscular, viendo reducida la capacidad de movimiento (Latorre, 2012).

La bioimpedancia eléctrica (BIA) es un método para la medida de la composición corporal que se basa en la capacidad del cuerpo humano para transmitir la corriente eléctrica, siendo por su bajo costo, su comodidad de uso y por ser poco invasivo el más extendido en la práctica clínica. La bioimpedancia eléctrica vectorial (BIVA) permite medir de forma directa la impedancia eléctrica (Z), determinada por la relación vectorial entre la resistencia (R), que representa el estado de hidratación, y la reactancia (X_c), que se relaciona con la integridad de las membranas celulares. El ángulo formado por ambos vectores se le llama ángulo de fase (AF), cuyo valor nos habla de la salud celular (Molina Vega, 2017).

El ángulo de fase (AF) ha sido considerado una herramienta sensible para evaluar el estado nutricional y la efectividad de las intervenciones dietoterapéuticas (Reis de Lima e Silva, 2015). Por ello el determinar la asociación de la composición corporal con el ángulo de fase derivados de la bioimpedancia eléctrica vectorial en adultos, ayudaría a tener una mejor interpretación de lo que incluye el peso corporal de las personas.

REVISIÓN LITERARIA

Evaluación nutricia.

La evaluación adecuada del estado de nutrición es un requisito indispensable en la consulta del adulto sano e imperativa en el adulto enfermo, esto permite la identificación temprana de alteraciones y facilita la posibilidad de tratamiento oportuno; además de servir para la prevención primaria de desarrollo futuro de obesidad o de desnutrición y, por ende, de enfermedades crónicas degenerativas (Altamirano-Bustamante, 2014) (Valtueña, 2001).

La relación entre estado de nutrición y salud resulta un hecho indiscutible; la variedad, cantidad, calidad, costo; accesibilidad de los alimentos y los patrones de consumo representan uno de los factores que más afectan la salud del individuo y de las poblaciones. La conocida frase “somos lo que comemos” no es una falacia. La relación enfermedad-alimentación es una de las áreas de salud y enfermedad más estudiadas a lo largo de la historia.

A pesar de los avances científicos, los datos mundiales apuntan a que las causas de mala nutrición en el mundo no han cambiado radicalmente, ya que la pobreza, la educación, la enfermedad, el inadecuado suministro de alimentos, los ambientes insalubres, el estrés social y la discriminación, persisten como la gran gama de factores desencadenantes de los problemas en materia de salud.

Esto ha contribuido con la prevalencia en las enfermedades crónicas no transmisibles como la obesidad, las enfermedades cardiovasculares, los accidentes cerebrovasculares, la diabetes y algunas formas de cáncer relacionadas con dietas excesivas en grasa saturada, grasa trans, sodio o cloruro de sodio, azúcares simples, como la reducción de frutas, verduras y alimentos fuentes de fibra, sumado a esto el consumo energético excesivo (Suverza Fernández, 2010), lo que provoca cambios en la composición corporal de los individuos, cambiando el desarrollo de masa muscular por un incremento de grasa corporal, que hoy en día se sabe es la base fundamental en el desarrollo de las enfermedades crónico no transmisibles.

En la actualidad, en las sociedades desarrolladas, la obesidad, el cáncer y el SIDA provocan trastornos en el metabolismo de lípidos y carbohidratos, mientras que el exceso de grasa corporal incrementa el riesgo de hipertensión arterial, de hiperlipidemia y de diabetes mellitus no insulino dependiente. En los países subdesarrollados, la mala nutrición por defecto se acompaña de trastornos en la distribución del agua corporal y de la reducción de los tejidos magro y graso; además de los trastornos psicológicos (anorexia nerviosa, depresión) y genéticos (fibrosis quística) provocando cambios en la composición corporal; por lo que siempre ha existido interés en los métodos que contribuyan a su conocimiento. Existen numerosos métodos para el análisis de la composición corporal, pero cada uno de ellos, por sus características técnicas y por la información aportada, presentan limitaciones en su uso (Roman, 2003).

El método más conocido para establecer un diagnóstico nutricional relacionando el peso y la talla es el índice de masa corporal (IMC) el cual fue desarrollado en 1871 y actualmente continúa siendo uno de los índices más usados en adultos a nivel mundial intenta establecer o relacionar el peso corporal óptimo de una persona en función a su estatura. De manera muy general, a la par de imprecisa y subjetiva, indica cual debería ser el peso ideal de una persona, en el que debería de haber un predominio de la masa magra sobre la masa grasa, pero sin cuantificarlas (Pairazaman, 2017)

Para calcular el IMC también llamado Índice de Quetelet, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{IMC} = \frac{\text{Peso corporal en kg}}{(\text{Estatura en m})^2}$$

Es importante considerar que en caso de personas con una mayor cantidad de tejido magro más de lo normal (atletas o deportistas), el IMC no es útil para determinar la composición corporal y por ende el peso ideal del sujeto a evaluar (Ravasco P. A., 2010).

Existen diferentes puntos de corte establecidos para la evaluación del IMC, siendo los de mayor aceptación los fijados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en 1995. Estos puntos de corte se presentan en la siguiente tabla 1 (OMS, 2018).

Tabla 1. Puntos de corte para Índice de Masa Corporal (IMC) de la OMS.

| IMC Kg/m ² | DIAGNÓSTICO IMC | CONSECUENCIAS |
|-----------------------|------------------|---|
| < 18.5 | Bajo peso | Insuficiencia cardiaca Sistema inmune deprimido Anemia |
| 18.5 – 24.9 | Normal | Hipertensión, Diabetes tipo II |
| 25.0 – 29.9 | Sobrepeso | Hiperlipidemia, Neuropatía Coronaria |
| 30.0 – 34.9 | Obesidad grado 1 | Enfermedades Articulares degenerativas |
| 35.0 – 39.9 | Obesidad grado 2 | Cáncer, (Colon, recto, próstata, útero, vías biliares, mama y ovario) |
| >40.0 | Obesidad grado 3 | Insuficiencia cardiaca Sistema inmune deprimido Anemia |

(OMS, 2018, Herrera-Covarrubias, 2015)

Los criterios de corte para IMC fueron desarrollados con base en la asociación entre IMC y el riesgo de mortalidad en poblaciones saludables.

Actualmente se reconoce que el peso corporal representa un reflejo del riesgo de un individuo a desarrollar enfermedades ya sea por la disminución o por el incremento del mismo. Basándose en lo anterior, se considera que el IMC es uno de los índices con mayor sensibilidad y especificidad para detectar riesgos en la persona; rango de normalidad (18.5 a 24.9 kg/m²) determinado con base en la disminución de riesgos de enfermedades.

Limitantes asociadas con IMC

- La grasa corporal puede ser subestimada para los adultos mayores, y sobreestimada para atletas.
- Depende en la precisión de la estatura reportada.
- Se afecta por cambios en peso de fluidos.
- Se ve influenciado por la edad y el género.

Los valores elevados de IMC se asocian con el riesgo de mortalidad para algunos tipos de cáncer, enfermedad coronaria y diabetes mellitus.

De la misma manera, una disminución en el IMC se relaciona con un incremento en la mortalidad debido a infecciones respiratorias y gastrointestinales, cáncer de estómago y pulmón al ofrecer datos diagnósticos de desnutrición, tabla 1. Clasificación internacional del estado nutricional de acuerdo con el IMC y sus enfermedades resultantes (Herrera-Covarrubias, 2015)

Composición Corporal

La composición corporal es la rama de la biología humana que se ocupa de la cuantificación *in vivo* de los componentes corporales, las relaciones cualitativas entre los componentes y los cambios cuantitativos en los mismos, relacionado con factores influyentes como los efectos de la dieta asociados al estado de nutrición, el ejercicio físico, la enfermedad y el crecimiento físico. La composición corporal se describe multifactorial, de ahí el interés de su estudio, el cual inició desde hace varios siglos, pero no fue hasta la segunda guerra mundial cuando se retomó la importancia de su valoración (Sánchez J. Baron, 2009).

Los primeros estudios sobre la composición corporal datan de mediados del siglo pasado. A partir de entonces, el interés por la composición química del cuerpo y sus variaciones cuantitativas y cualitativas, fisiológicas y patológicas, ha ido creciendo progresivamente hasta la actualidad (Heymsfield SB, 1997).

A partir de los años ochenta, el interés se incrementó aún más por los estudios aplicados a la fisiología, la nutrición y el deporte. El estudio de la composición corporal resulta imprescindible para comprender el efecto que tiene la dieta, el crecimiento, la actividad física, la enfermedad y otros factores del entorno sobre el organismo (Sánchez J. Baron, 2009).

Más concretamente, constituye el eje central de la valoración del estado nutricional, de la monitorización de pacientes con desnutrición aguda y crónica y del diagnóstico y tipificación del riesgo asociado a la obesidad, además de contribuir de distintas formas y en diferentes grados al diagnóstico, tratamiento y evaluación del mismo en numerosas especialidades médicas (Heymsfield SB, 1997).

Los cambios en la composición corporal con la edad empiezan, literalmente, al momento de la concepción y terminan sólo con la muerte y la descomposición subsiguiente de un organismo (Baumgartner, 1998).

En las últimas décadas, se ha intensificado la investigación tanto en el desarrollo de nuevas técnicas de medición como en los modelos teóricos de composición corporal y sus aplicaciones clínicas (Heymsfield SB, 1997)

Los métodos de estudio de la composición corporal, según su campo de aplicación, se pueden dividir en tres clases: epidemiológicos, clínicos y de investigación. La composición corporal se ha estudiado a través de diversos métodos, modelos y técnicas. Los modelos que han sido utilizados para su estudio se clasifican de acuerdo con el tipo de entidades o componentes que se quieran evaluar. Dichos modelos se encuentran clasificados en cinco niveles de estudio (Lukaski, 1995) (Roman, 2003).

Modelos de composición corporal

- a) **Modelo Bicompartimental:** Masa Grasa y Masa Libre de Grasa. De acuerdo con este modelo, las características químicas y densidad de ambos compartimentos permanecen constantes, siendo la densidad de la masa grasa total de 0.9007 g/mL a 36 °C de temperatura, en la masa libre de grasa presenta una densidad de 1.100 g/mL a la misma temperatura y con un contenido de agua del 73 %, en donde cabría destacar una concentración de potasio de 150 mEq/L. Cabe mencionar que en el adulto joven el músculo esquelético comprende 45 a 50 % de la masa corporal total y el 80 a 85 % de la masa libre de grasa. En el adulto mayor en edad de 65 años o más solamente corresponde el 35 % de la masa corporal total y 40 % de la masa libre de grasa (Fuenmayor, 2007).
- b) **Modelo Tetra compartimental:** Masa Grasa, Masa ósea, Masa Muscular y Masa Residual
- c) **Modelo Penta compartimental:** Estudia cinco niveles, el atómico o elemental (oxígeno 60 %, carbono 20 %, hidrógeno 15 %, calcio y nitrógeno 1%), nivel molecular o químico (agua 60 %, lípidos 15 %, proteínas 18 %, glucógeno en 1% y minerales en 6%), nivel celular (masa celular, líquidos extracelulares,

sólidos extracelulares y grasa), nivel tisular (músculo esquelético, músculo no esquelético, tejidos blandos, el tejido adiposo y el hueso), y nivel corporal total (González, 2012).

La composición corporal resulta ser una variable de importancia en la salud, por las diversas condiciones patológicas que la modifican. Normalmente cambios en la masa grasa, evidenciado por el análisis del modelo bicompartimental de masa grasa y masa libre de grasa, aunque actualmente la pérdida de masa muscular ha cobrado interés motivado por el uso de métodos que miden la composición corporal *in vivo* como la absorciometría dual de rayos X, métodos de imagenología y espectroscopia por medir cuantitativa y cualitativamente la masa músculo esquelética (Prado, 2012).

Dirección General de Bibliotecas UAQ

Antropometría.

La antropometría es una ciencia muy antigua y su desarrollo es muy grande debido a la diversidad de los colectivos profesionales que han contribuido a la misma. Sin embargo, este hecho también ha originado ciertas confusiones, por la falta de normalización en la identificación de los puntos y técnicas de medición, lo que ha dificultado comparar las mediciones tomadas en diferentes momentos y lugares (Esparza, 2019).

El término Antropometría se refiere al estudio de la medición del cuerpo humano en términos de las dimensiones del hueso, músculo y adiposidad (grasa) del tejido. La palabra antropometría se deriva de la palabra griega antropo, que significa ser humano y la palabra griega metron, que significa medida (Lescay, 2016).

Antes de medir, el antropometrista debe desarrollar una técnica apropiada. Esto permite reducir el nivel de error en las medidas repetidas y entre investigadores (Esparza, 2019).

El campo de la antropometría abarca una variedad de medidas del cuerpo humano, las más comunes el peso, la estatura (altura de pie), además la longitud reclinada, pliegues cutáneos, circunferencias (cabeza, la cintura, etc.), longitud de las extremidades, y anchuras (hombro, muñeca, codo, etc.) Por lo antes escrito confirmamos que la antropometría estudia todas las medidas corporales. Siendo la antropometría una representación cuantitativa sistemática del individuo con el propósito de entender su variación física. Arellano (2009) dice que la antropometría es la ciencia de la determinación y aplicación de las medidas de cuerpo humano, tanto en reposo como en movimiento; estas medidas están determinadas por la longitud de los huesos, músculos y de la forma de las articulaciones (Lescay, 2016).

El examen antropométrico consiste en mediciones corporales que permiten apreciar los diferentes grados de nutrición del individuo, también permiten la obtención de

parámetros comparables con tablas de población normal, e índices antropométricos de la composición corporal derivados de una medición (peso para la edad, talla para la edad, entre otras relaciones.) o de una combinación de mediciones (peso, altura, perímetros, pliegues cutáneos y más.) (Gírolami, 2004).

El propósito de la antropometría es cuantificar la cantidad y distribución de los componentes del peso corporal de un individuo, por lo que hace posible no sólo delimitar dimensiones físicas del individuo, sino también conocer su composición corporal, aspecto que se relaciona con la utilización de los nutrimentos en el organismo.

Las principales desventajas de la antropometría, es que requiere de habilidad técnica para aplicarla apropiadamente y que resulte exacta y reproducible.

Los índices antropométricos son las herramientas más comunes utilizadas en salud pública en países en desarrollo (Antonio Prista, 2013).

Los indicadores antropométricos miden, por un lado, el crecimiento físico del niño y del adolescente, y por otro las dimensiones físicas del adulto, a partir de la determinación de la masa corporal total y de la composición corporal tanto en la salud como en la enfermedad. Son de fácil aplicación, bajo costo y reproducibilidad en diferentes momentos y con distintas personas.

- ✓ Indicadores que evalúan Masa Corporal Total: Índice de Peso para la Talla (IPT), porcentaje de peso de referencia (%PR), porcentaje de peso usual o habitual (%PU) y Porcentaje de pérdida reciente de peso (%PRP).
- ✓ Indicadores de Masa Grasa o de adiposidad: La masa grasa está constituida principalmente por el tejido adiposo subcutáneo y perivisceral, incluye el Índice de masa corporal (IMC), % de grasa corporal (%GC), circunferencia de cintura (CC), pliegue tricípital (PT), pliegue subescapular (PSe), pliegue

suprailíaco (PSi) y pliegue abdominal (PAb). En el adulto sano, la masa grasa tiene valores de 10 a 20% en el hombre y de 15 a 30% en la mujer.

- ✓ Indicadores de Masa Muscular o magra o masa libre de grasa (MLG): representa aproximadamente 80% del peso corporal total, incluye todos los componentes funcionales del organismo implicados en los procesos metabólicamente activos. Por ello, las necesidades nutricionales están generalmente relacionadas con el tamaño de este compartimiento. Comprende huesos, músculos, agua extracelular, tejido nervioso y todas las demás células que no son adipocitos o células grasas.

Los métodos que se utilizan para medir la masa muscular son: a) las áreas musculares de los segmentos corporales, b) el componente mesomórfico del somatotipo antropométrico de Health y Carter, c) los índices de relación peso-talla, d) la masa libre de grasa del modelo bicompartimental de fraccionamiento químico de la masa corporal total y e) las ecuaciones antropométricas para estimar la masa muscular esquelética total y apendicular

Así mismo, la antropometría representa un indicador de gran valor para dar seguimiento a los efectos de una intervención nutricia y se considera el método de elección para evaluar la composición corporal en la práctica clínica debido a su bajo costo y facilidad de utilización. Las mediciones de la composición corporal del individuo permiten establecer juicios clínicos para definir terapias nutricias, prever riesgos y elaborar diagnósticos, que forman parte de la evaluación del estado de nutrición, ya que permiten conocer en qué grado se están los requerimientos nutrimentales, ya que la composición corporal de un individuo refleja el balance energético y nutrimental a lo largo de su vida. Cuando esta composición corporal se desequilibra, se pueden desarrollar más de 40 síndromes resultantes de las bajas o altas concentraciones nutrimentales en el organismo (Suverza Fernández, 2010).

Pliegues Cutáneos.

Medir los pliegues cutáneos permite valorar los depósitos de grasa del cuerpo humano. Su medición es compleja, requiere de conocimientos y de extremo cuidado de la técnica para obtener resultados consistentes. A partir de la medición de pliegues se puede predecir mediante el uso de fórmulas la densidad corporal, la masa libre de grasa y la masa grasa, información necesaria para poder determinar el estado de nutrición de una persona. Se aprende y practican las técnicas de medición de los pliegues cutáneos: bicipital, tricipital, subescapular, suprailíaco, supra espinal y abdominal. Se requiere de torundas con alcohol, lápiz de fibra fino, cinta antropométrica y plicómetro. Para medir cualquiera de los pliegues mencionados se debe ubicar el sitio anatómico de referencia, marcarlo y medirlo siempre sosteniendo el pliegue hasta finalizar el uso del plicómetro. Utilizando el método de Durnin por sumatoria de 4 pliegues se obtiene la masa grasa en kilogramos y el porcentaje de grasa (Pérez-Lizaur, 2014) (Pairazaman, 2017).

De todas las mediciones antropométricas los pliegues cutáneos tienen el nivel más bajo de certeza y precisión. Por esta razón, se requiere realizar la medición con un cuidado extremo y por una persona certificado ISAK, el cual ya fue capacitado en la técnica de medición antropométrica.

El punto del pliegue cutáneo debe ser localizado cuidadosamente, empleando la marca antropométrica correcta.

El protocolo estándar de ISAK para la medición de todas las medidas, establece que cada variable debe ser tomada una primera y una segunda vez y en caso necesario una tercera vez. Esto ayuda a reducir los efectos de la compresibilidad del pliegue cutáneo (Esparza, 2019)

Densitometría

Absorciometría dual con rayos X de doble energía (DXA): Se diseñó inicialmente para el estudio de la masa ósea, pero permite valorar claramente la masa grasa y la masa libre de grasa irradiando poco al individuo (Breton I., 1997) (Lorente Ramos, 2012).

Se ha descrito que, en personas muy obesas con panículos subcutáneos muy gruesos, se sobreestima la grasa total, pero, en general se ha observado que presenta gran fiabilidad con coeficientes de variación pequeños 0.8% para la grasa corporal total, 1 % para la masa ósea y 2% para el tejido magro.

Con el uso del DXA se ha mostrado que existen personas que no se clasifican como obesas según los criterios de IMC o con ecuaciones basadas en pliegues cutáneos, pero que realmente presentan más del 25 % de grasa en hombres y 33% en mujeres; porcentajes considerados como criterios de corte, según el Consenso de la sociedad española para el estudio de la obesidad (SEEDO) y otras organizaciones (Oria, 2002) (Sociedad Española para el estudio de la obesidad, 1996)

La DXA es una herramienta importante para la medición de la composición corporal, al cuantificar el cuerpo en su totalidad y por regiones (masa grasa, masa libre de grasa y densidad de masa mineral ósea). Los equipos reportan las mediciones en componentes anatómicos específicos: tronco, piernas, brazos y cabeza. La masa libre de grasa (no masa mineral ósea, no grasa) de las extremidades es muy grande, puede ser hasta el 76% del músculo esquelético y es considerada como músculo esquelético apendicular. DXA y medidas del músculo esquelético han mostrado tener una correlación alta ($r= 0.94$, $P< 0.001$) en adultos. El DXA puede determinar la relación de grasa central/ginecoide, el porcentaje de grasa por extremidades y un porcentaje de grasa total, aunque aún no se cuenta con un punto de corte para estos parámetros (Gallagher, 2003) (Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO) , 2000).

Bioimpedancia eléctrica

La bioimpedancia eléctrica (BIA) es un método rápido, no invasivo, indoloro, relativamente barato y reproducible para evaluar los compartimientos corporales, apto para la rutina médica, La BIA se fundamenta en el principio de que los componentes corporales ofrecen una resistencia diferenciada al paso de corriente eléctrica. Los tejidos magros son buenos conductores de corriente eléctrica, debido a la gran cantidad de agua y electrólitos, con baja resistencia al paso de corriente eléctrica. La grasa, el hueso y la piel presentan baja conductividad y elevada resistencia. La resistencia es la oposición ofrecida por el cuerpo al paso de la corriente eléctrica, mientras la reactancia refleja la capacidad de conducción de las membranas celulares. A partir de la identificación de los niveles de resistencia y reactancia del organismo, se obtienen el agua corporal total, la masa magra, la masa grasa y el agua extracelular (Esparza, 2019) (da Silva Duarte, 2019).

Además ha tenido una aplicación creciente en áreas de la salud para determinar la estructura corporal y líquidos corporales en pacientes con diversas patologías y ha ganado popularidad en la evaluación y el monitoreo del estado nutricional (Piccoli, 2002) (Fiedler, 1992) (Llames, 2013).

El equipo de bioimpedancia obtiene los parámetros eléctricos del cuerpo humano (resistencia, reactancia y ángulo de fase) y calcula volúmenes y masas corporales con ecuaciones de predicción que incluyen los datos eléctricos y otras variables, como peso, talla, edad y sexo.

La bioimpedancia divide al cuerpo en 2 o 3 compartimientos, pero siempre partiendo de un fraccionamiento bicompartimental, es decir masa grasa y masa libre de grasa (Berral, 2007)

La estimación del agua corporal total (ACT), de la masa grasa (MG), de la masa libre de grasa (MLG) y de la masa mineral ósea, permite la adecuada caracterización de la composición corporal, así como la asociación temprana entre

la deficiencia o exceso de estos compartimientos con la aparición del riesgo para algunas enfermedades crónicas (Espinoso–Cuevas, 2007) (Sanchez Jaeger, 2009).

La base fundamental de esta técnica es la medición de la impedancia (Z), medida en ohmios, y es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la resistencia (R) y la reactancia (Xc) y es dependiente de la frecuencia. La Impedancia es la respuesta de los tejidos, al paso de una corriente eléctrica alterna con una intensidad de voltaje muy baja, por debajo de los umbrales de percepción del cuerpo humano. La R es la oposición pura de un conductor biológico al flujo de una corriente eléctrica alterna, mientras que la Xc es el efecto debido a la capacitancia, almacenamiento de carga eléctrica de un condensador, producida por las interfases de los tejidos y las membranas celulares. La capacitancia hace que la corriente deje atrás la tensión, creando un cambio de fase. Este cambio se cuantifica geométricamente como la transformación angular de la relación de la Xc a la R, o el ángulo de fase, es decir este se puede calcular directamente de la R y la Xc como el arco tangente $(Xc/R) \times 180^\circ / \pi$ (Fiedler, 1992) (Llames, 2013).

La membrana plasmática representa una barrera física entre el interior celular y su medio circundante. Diversos mecanismos permiten la transferencia de cargas eléctricas, principalmente iones, a través de la membrana, haciendo posible no sólo la comunicación entre ambos espacios, sino la generación de determinadas señales biológicas. La membrana celular actúa como una interfase dieléctrica (aislante). Por otra parte, los fluidos corporales intra y extracelulares son buenos conductores eléctricos. Al aplicar un campo eléctrico de corriente alterna, a medida que aumenta la frecuencia, la pared celular pierde su efecto de capacitancia (Xc) ó resistencia generada por la membrana celular, dejando pasar la corriente (Teruel-Briones, 2012) (Peres, 2012) (Llames, 2013).

Importancia del agua corporal como parte de la composición.

El ser humano está constituido en promedio por 60% de agua; el restante 40% se distribuye como sigue: 18% de proteínas, 15% de grasa y 7% de minerales. El contenido de agua varía en los diferentes tejidos; por ejemplo, el tejido muscular tiene alrededor de 75%, en tanto que el tejido adiposo tiene sólo 10%. El porcentaje de agua también cambia de acuerdo con la edad, el sexo y la constitución corporal. En el recién nacido llega a 70%, en tanto que en las personas de la tercera edad es sólo de 50%. En relación con el sexo, el porcentaje de agua en los varones es mayor que en las mujeres debido al mayor contenido de grasa en el cuerpo femenino. En la obesidad, el contenido de agua puede ser tan bajo como 45%. Debido a estas variaciones, el límite de normalidad se sitúa entre 50 y 70%; en el adulto masculino sano de 70 kg es de 60%, que es el ejemplo utilizado para los valores fisiológicos normales.

El agua corporal se distribuye en dos compartimientos principales: el líquido intracelular (LIC) y el líquido extracelular (LEC), que se localizan, como sus nombres lo indican, en el interior y el exterior de las células, respectivamente.

El LEC a su vez se divide en dos compartimientos: el interior del árbol circulatorio, que constituye el líquido intravascular o plasma sanguíneo, y el exterior de los vasos sanguíneos, que forma el líquido intersticial que se encuentra entre las células. Los porcentajes de agua en cada uno de estos compartimientos son los siguientes: líquido intracelular, 40% del peso corporal; líquido extracelular, 20% del peso corporal, el cual a su vez se divide en plasma, 5% del peso corporal; líquido intersticial, 15% del peso corporal.

Para calcular el agua corporal se considera que 1 kg 1 L; por lo tanto, en un sujeto adulto de 70 kg el agua se encuentra distribuida de la siguiente manera: agua corporal total, 42 L; líquido intracelular, 28 L; líquido extracelular, 14 L; líquido intravascular o plasma, 3.5 L, y líquido intersticial, 10.5 L.

Existen otros compartimientos líquidos en el organismo que reciben en conjunto el nombre de líquidos transcelulares, entre los cuales se incluyen líquido cefalorraquídeo, líquido sinovial y humor acuoso. Estos líquidos corresponden al líquido extracelular (López Chicharro, 2008).

El análisis de las variaciones de impedancia de los tejidos blandos es actualmente, la única técnica no invasiva capaz de valorar específicamente variaciones de hidratación en cualquier condición clínica, e independiente del peso corporal (Peres, 2012).

En BIA, hay dos tipos de medición, de cuerpo parcial (de pie a pie, de mano a mano), de cuerpo total (medición de mano a pie) o segmental (medición de la impedancia del tronco y/o de los segmentos).

El BIA se utiliza dentro del ámbito hospitalario para:

- Estimar composición corporal.
- Monitorear el desgaste o deterioro celular.
- Evaluar nivel y distribución del agua corporal.
- Observar fluctuaciones de los fluidos corporales.

Limitantes de análisis de bioimpedancia

Estas ecuaciones son distintas para cada monitor; la mayoría sólo incluye el componente de resistencia y en muchas ocasiones son difíciles de conocer.

El BIA sólo puede analizar el compartimiento de los tejidos blandos, atribuibles a la masa magra sin hueso y a la masa grasa (Quesada Leyva, 2016)

Bioimpedancia Vectorial

En el estudio del BIA, se debe considerar que existen diversas técnicas que varían con el número de frecuencias del estímulo eléctrico aplicado y en el tipo de

medición. En la actualidad se encuentran equipos de BIA mono y multifrecuencia. Así, la BIA de frecuencia única (50 khz), sólo permite medir el agua corporal total en tanto que la de múltiple frecuencia (frecuencias de 100 khz a 1,000 khz) permite discriminar entre agua extra e intracelular, lo que hace más sencillo cuantificar el volumen de estos compartimentos, la masa celular corporal y la masa extracelular, dado que la aplicación de altas frecuencias logran penetrar la membrana celular (Piccoli, 2002).

Ángulo de Fase

El ángulo de fase (AF), es una medida obtenida desde la relación entre las medidas directas de R y Xc: $\text{Ángulo de fase} = \arctan(\text{reactancia} / \text{resistencia}) \times 180^\circ / \pi$, siendo independiente de las ecuaciones de regresión o del peso, pudiendo ser medido incluso en situaciones en que las hipótesis de BIA no son válidas (obesidad y disturbios de hidratación, como ascitis y edema), eliminando una gran fuente de error causal. Estudios tienen sugerido que este parámetro puede ser una herramienta sensible para evaluar el estado nutricional y la efectividad de las intervenciones dietoterapéuticas, por el hecho de poder prever la masa corporal de células (Reis de Lima e Silva, 2015).

El parámetro bioeléctrico AF, es dependiente de la capacitancia de los tejidos (Xc) asociado con la celularidad, tamaño de la célula, e integridad de la membrana celular, y por otro lado del comportamiento de la R, que depende principalmente de la hidratación de los tejidos (Llames, 2013).

Como vemos, por definición, el AF se asocia positivamente con la reactancia (masa celular, integridad, función y composición de las membranas celulares) y negativamente con la resistencia (grado de hidratación de los tejidos) (Molina Vega, 2017).

El ángulo de fase ha sido empleado para predecir la masa celular corporal (MCC), por ende como indicador nutricional en adultos y niños, además, varios estudios sugieren que el AF puede ser un marcador pronóstico útil, una herramienta importante para evaluar el resultado clínico o para evaluar la progresión de la enfermedad e incluso han apuntado su superioridad a otros indicadores nutricionales, bioquímicos o antropométricos. En su valoración hay que considerar que el ángulo de fase varía con el estado de hidratación. Los valores altos de ángulo de fase significan membranas celulares en buen estado, con una presión osmótica y concentración de iones correcta y mucha masa celular (Teruel-Briones, 2012) (Peres, 2012) (Llames, 2013).

Se considera un ángulo de fase saludable mayor a 6° en hombres y mayor a 5° en mujeres. Las estrategias para tener un ángulo de fase mayor es el incremento de la masa muscular por medio de ejercicio físico, lograr una composición corporal adecuada para el peso de la persona, tener una alimentación balanceada con un buen aporte de proteína, agua y antioxidantes y teniendo un descanso adecuado con horas de sueño que permitan la recuperación y reparación del cuerpo (no menos de 7 horas de sueño en adultos), entre otras (Pairazaman, 2017).

Estudios de Bioimpedancia Eléctrica, Ángulo de Fase y Composición Corporal.

En el 2007 Espinosa y colaboradores realizaron un estudio utilizando vectores de impedancia bioeléctrica para evaluar la Composición Corporal en población mexicana en 439 sujetos (204 hombres y 235 mujeres), de 18 a 82 años de edad, con un IMC entre 18-31 kg/m², utilizando un impedanciómetro Quadsacan 4000. Obteniendo los siguientes resultados: Edad promedio de los hombres fue de 47.1 ± 16 años y 42.4 ± 13 para las mujeres, el peso promedio (73.4 ± 9 & 60.1 ± 8) y la estatura (1.68 & 1.55) fueron significativamente mayores en hombres que en mujeres ($p < 0.002$). El ángulo de fase fue mayor en hombres con una diferencia estadísticamente significativa ($7.33^\circ \pm 0.88$ & $6.36^\circ \pm 0.97$; $p < 0.0001$). Las elipses

de tolerancia (50%, 75% y 95%) elaboradas en población italiana sana fueron probadas para la población mexicana, encontrándose que éstas tienden a situarse en el extremo superior de las elipses de población mexicoamericanas e italianas de referencia con una diferencia significativa de $p < 0.05$, por lo que se realizaron nuevas elipses de tolerancia para población mexicana (Espinosa–Cuevas, 2007).

Un estudio realizado por Marcela Patricia Arellano Salazar y colaboradores en el 2006, con el método de vectores en población adulta de entre 40 y 80 años, siendo 160 participantes, 76% mujeres y 24% hombres, la estatura promedio de 1.56m en mujeres y 1.67m en hombres, el peso promedio de 68 kg en mujeres y 81 kg en hombres y el IMC de 29.5 Kg/m² encontrándose en el rango de sobrepeso, donde el 27% presentó un rango de peso normal y el 73% presentaron grados de sobrepeso y obesidad, según IMC. Esto se comprueba con BIA y BIVA, donde el 49% de los participantes presentaron un alto nivel de grasa u obesos, solo 30% clasificados como atletas, ajustado por la estatura de los participantes. La grasa corporal mostro una tendencia a disminuir después de los 50 años en los hombres, pero se observó lo contrario en mujeres. Se comprobó también que a medida que aumenta la edad, la funcionalidad de las células musculares disminuye usando el ángulo de fase como indicador. La calidad de masa muscular en las mujeres mostró un deterioro en la edad de la perimenopausia y a partir de los 65 años. Para el sexo masculino la misma situación se observa a partir de los 50 años. Con respecto al riesgo de enfermedades cardiovasculares, el 48% de la población está en peligro de padecer alguna de estas enfermedades (Arellano Salazar, 2006).

En un estudio realizado por Renata Reis de Lima e Silva, se propuso evaluar el AF como indicador del estado nutricional y pronóstico en pacientes críticos, donde participaron 110 pacientes, en donde se verificó la asociación entre bajo AF e insuficiencia renal en diálisis, donde se encontró que el AF se correlacionó positivamente con la circunferencia de pantorrilla e inversamente con el tiempo de internación ($p=0,006$), demostrando que el AF en la Unidad de Cuidados Intensivos

parece ser útil para identificar a pacientes desnutridos precozmente y como indicador pronóstico (Reis de Lima e Silva, 2015).

En estudios poblacionales se observó que el AF fue mayor en hombres que en mujeres, excepto para los mayores de 70 años. Los grupos por edad y sexo tendían a aumentar el AF a medida que aumenta el IMC hasta el valor de 35 kg/m², y disminuía en los grupos de mayores IMC. El AF tiene correlación negativa con la edad. También se observó diferencia en el AF según la población sana estudiada, por lo que deberían realizarse trabajos poblacionales con los valores de AF nacionales para poder realizar la interpretación por DE y percentiles (Llames, 2013)

El AF en nuestra muestra de pacientes con sobrepeso y obesidad es significativamente más alto en hombres que en mujeres y disminuye con la edad. La correlación del AF con el IMC se pierde con IMC por encima de 35, probablemente por un aumento de la ratio agua extracelular/agua intracelular existente en la obesidad. El AF podría ser utilizado como un índice de muscularidad en pacientes con sobrepeso y obesidad. Los pacientes obesos con menor AF tienen mejor perfil metabólico, a pesar de tener más MG medida por BIA, y mayor adiponectina, por lo que pensamos que el AF podría servir en la identificación del obeso metabólicamente sano, aunque serían necesarios más estudios para confirmar estos resultados (Bellido Castañeda, 2014).

En 2017, dentro de la población sana, el AF varía de forma fisiológica en función del sexo (mayor en varones que en mujeres), de la edad (relación directa) y con el IMC (relación directa en valores más bajos e inversa en rango de obesidad importante). Múltiples trabajos han relacionado el valor del AF con el estado nutricional y el pronóstico en distintas patologías y situaciones clínicas (cáncer, paciente crítico y enfermedad hepática o renal crónica, entre otras), siendo en todas ellas los valores de AF menores indicativos de mayor morbimortalidad (Molina Vega, 2017)

En 2019, Topete-Reyes y colaboradores, dicen que la bioimpedancia eléctrica multifrecuencia (BIE) evalúa con precisión la composición corporal. Realizaron un estudio en 99 pacientes en hemodiálisis. En 99 pacientes en hemodiálisis (43.6 ± 17.2 años, 58.8 % varones) se evaluó IMC, BIE y puntuación de desnutrición (DMS, Dialysis Malnutrition Score). La independencia de las asociaciones del IMC y el ángulo fase con el DMS se determinó con regresión lineal múltiple. Reportando que el riesgo de desnutrición ($DMS > 13$) se incrementó gradualmente entre los sujetos con IMC y ángulo fase normales (44.4 %), IMC bajo (45.8 %), ángulo fase bajo (64.0 %) y en aquellos con ambos parámetros anormales (68.0 %). El ángulo fase fue la única variable asociada independientemente con el estado nutricional de los pacientes (coeficiente beta estandarizado -0.372 , $p < 0.001$), lo que explicó 13.8 % de la variación en el DMS, concluyendo que el ángulo fase se asocia inversa e independientemente con el riesgo de desnutrición en pacientes con Enfermedad Renal Terminal (ERT), lo que sugiere que la composición corporal evaluada por BIE pudiera ser mejor que el IMC en la valoración clínica de pacientes con esta enfermedad (Topete-Reyes JF1, 2019).

III JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, un gran número de métodos para evaluar el estado nutricional se vienen desarrollando, sin embargo, consensualmente no hay un método patrón oro (Reis de Lima e Silva, 2015).

Siendo importante tener cada día parámetros más precisos y menos invasivos para diagnosticar al paciente con peso excesivo, peso regular o peso deficiente, ya que en diversas ocasiones se pueden generar diagnósticos erróneos, como sucede con el IMC que clasifica a las personas obesas solo por el peso para la estatura y no por su cantidad de grasa corporal o saber si realmente el paciente está excedido de peso o su hidratación rebasa la cantidad de líquidos corporales que necesita (Espinosa–Cuevas, 2007).

El AF se ha utilizado para predecir la calidad de masa celular corporal (MCC), por esta razón, también se ha utilizado como un indicador nutricional en adultos y niños

En las últimas décadas se ha intensificado la investigación tanto en el desarrollo de nuevas técnicas de medida, como en los modelos teóricos de composición corporal y sus aplicaciones clínicas (Espinosa–Cuevas, 2007).

De acuerdo con proyecciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) se estima que más de dos tercios de la población mundial tendrán sobrepeso u obesidad en el año 2020 (Dávila-Torres. J., 2015).

El sobrepeso y la obesidad representan un problema de salud pública que afecta al desarrollo económico de México (Torres, 2018.). De aquí la importancia de usar el AF para mejor diagnóstico y no juzgar solo el peso para la talla.

El método de vectores de impedancia bioeléctrica (VIBE) contrarresta las dificultades metodológicas de la IBE convencional en los estados de composición corporal extrema (anasarca, deshidratación, obesidad, caquexia, entre otras). La utilización de los vectores de impedancia permite conocer la composición corporal de un sujeto, dependiendo de sus valores de resistencia y de reactancia, así como el ángulo de fase. Una propiedad importante del método es la de funcionar independientemente del conocimiento del peso corporal.

Por lo cual el presente trabajo tuvo el propósito de evaluar el estado nutricional a través del método de impedancia bioeléctrica de manera integral, donde antes de darle importancia al peso, se les dio importancia a los datos de composición corporal y ángulo de fase en relación con el Índice de Masa Corporal y la edad, como una propuesta de valores de ángulo de fase.

IV HIPOTESIS

La composición corporal y el ángulo de fase son un buen indicador del mal estado nutricional.

V OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar la composición corporal y ángulo de fase como indicador de mal estado nutricional en mayores de 18 años de un centro recreativo de la ciudad de Querétaro.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la prevalencia de sobrepeso y obesidad por IMC en mayores de 18 años de un centro recreativo de la ciudad de Querétaro.
2. Identificar el valor de Ángulo de fase por década y por sexo en mayores de 18 años de un centro recreativo de la ciudad de Querétaro.
3. Establecer el valor del Ángulo de Fase por categoría del IMC en adultos mayores de 18 años de un centro recreativo de la ciudad de Querétaro.
4. Establecer el valor del Ángulo de Fase por porcentaje de grasa en adultos mayores de 18 años de un centro recreativo de la ciudad de Querétaro.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación realizó un escrutinio de un total de 515 personas adultas obtenidas de un centro de recreación de las cuales se tomaron únicamente 313 que cumplieron con todos los criterios de selección, 207 son mujeres y 106 hombres de zona urbana.

Diseño del estudio.

Estudio de tipo transversal, descriptivo, realizado en el estado de Querétaro.

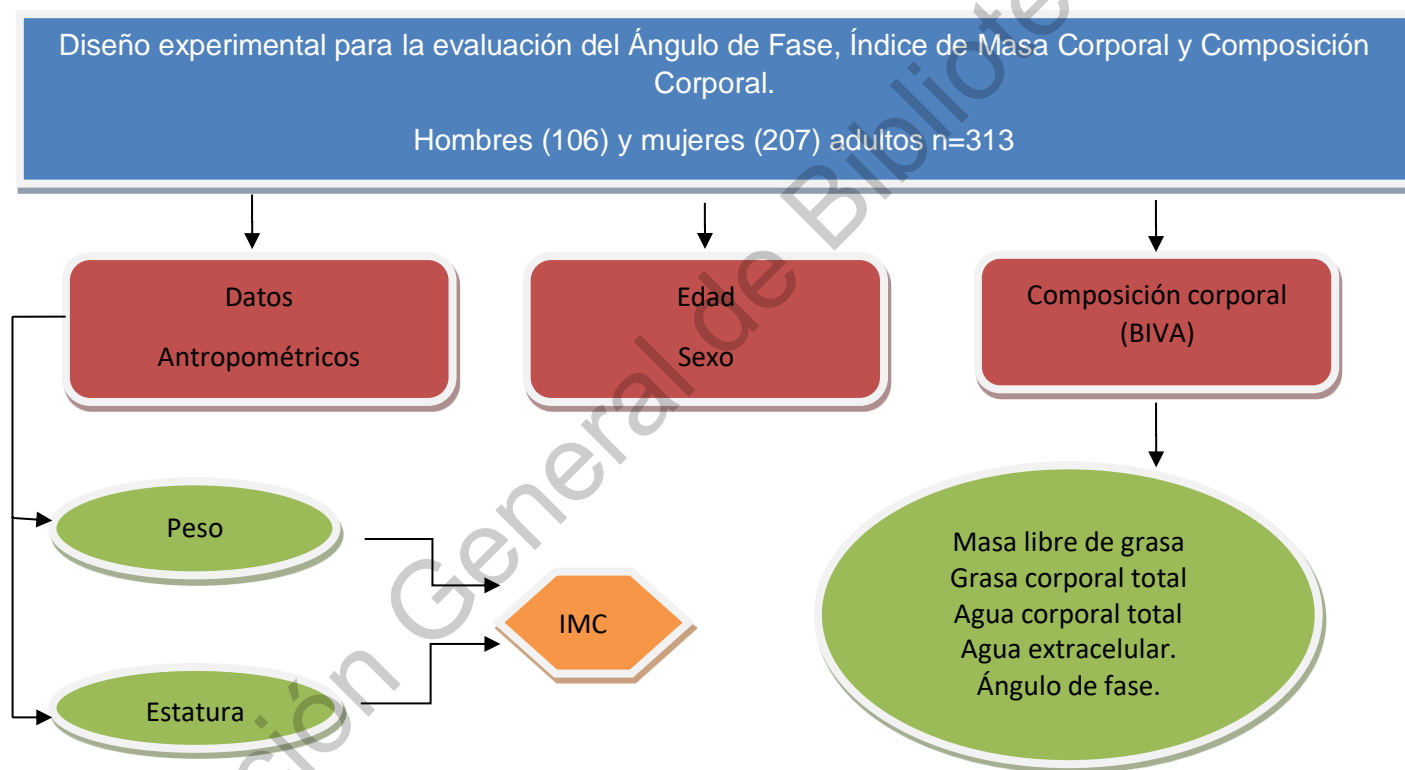


Figura 1. Diseño experimental para la evaluación de la Composición Corporal, Ángulo de fase (AF) y el Índice de Masa Corporal.

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA.

Criterios de Inclusión.

- Adultos, ambos sexos mayores de 18 años.
- Que vivan en la zona urbana del estado de Querétaro.
- Sin amputaciones de extremidades.
- No tener prótesis, implante o marcapasos.

Criterios de exclusión.

- Mujeres que se encuentren lactando o embarazadas.
- Personas con diagnóstico de cáncer, insuficiencia renal, hepática, respiratoria o algún otro problema grave.
- Personas con discapacidad física.
- Personas que tengan marcapasos.

Criterios de eliminación.

- Personas con datos en expediente clínico incompletos.
- Personas a quienes no se les realizaron todos los estudios y procedimientos.

RECLUTAMIENTO Y PROCEDIMIENTOS GENERALES.

Para participar en este estudio se invitó a la población por medio de anuncios escritos en carteles e Internet, además se realizó invitación de forma oral.

Los participantes llegaron de manera voluntaria, se vio quienes cumplían con los criterios del estudio, a los que cubrieron todos los criterios, se les preguntaron datos personales y demográficos.

El reclutamiento de los participantes voluntarios, se llevó a cabo en la Unidad Deportiva Querétaro 2000 de la zona urbana de ciudad Querétaro. Los participantes firmaron carta de consentimiento informado.

RECOLECCIÓN DE DATOS

Recomendaciones para la bioimpedancia

Temperatura ambiental estable, de 20° a 35°c.

La persona no debe usar diuréticos.

No beber alcohol por 48 horas antes del examen.

No realizar ejercicio intenso por lo menos 12 horas antes.

No ingerir alimentos ni bebidas cuatro horas antes.

Vaciar la vejiga antes del análisis.

No portar objetos metálicos, ni celular en el momento de la medición.

Datos Demográficos.

El equipo de bioimpedancia genera los datos a partir de ingresarlos: fecha de nacimiento, nombre, nivel de actividad física, si existe prótesis implantes y marcapasos, a su vez genera un número de identificación.

Datos antropométricos.

Con el fin de cumplir los objetivos, se les tomaron los siguientes datos antropométricos, previa estandarización, el peso, estatura de acuerdo al método ISAK y composición corporal, registrados de manera automática en la pantalla táctil de analizar seca mBCA, donde se registra nombre fecha de nacimiento de cada participante, mismos que van dentro de un formato correspondiente a el expediente de cada participante, solicitando que dicha persona acuda a su cita en ayuno de 12 horas.

- a) PESO: Esta técnica se realizó a cada participante en un analizador marca seca mBCA 514, Hamburgo, Alemania. Se tomó en condiciones de ayuno de

12 horas, con el mínimo de ropa, playera o blusa y falda o pantalón. El valor del peso se registró en kilogramos y gramos.

- b) ESTATURA:** Se midió con un estadímetro electrónico modelo 274 rango de medición 2.20 metros con divisiones de 1 mm (Seca, Hamburgo Alemania). La técnica consistió en colocar al participante de pie sin zapatos, con los talones juntos, las puntas de los pies ligeramente separadas en “V”, cabeza erguida, hombros, glúteos y talones estaban en contacto con el plano vertical de Frankfort y formar un ángulo de 90°, para tomar la lectura se deslizo la parte superior del estadímetro y cuando este tocara la parte superior más prominente de la cabeza del paciente se tomó la lectura, de acuerdo a las normas internacionales.
- c) IMC:** Con los valores promedio de peso y estatura el seca mBCA calcula directamente el índice de masa corporal o de Quetelet, mediante la expresión matemática:

$$\text{IMC} = \frac{\text{Peso en kg}}{\text{Estatura en m}^2}$$

Los participantes se clasificaron de acuerdo a los valores cohorte de la OMS del 2018.

DATOS DE COMPOSICIÓN CORPORAL

La determinación de la composición corporal de los participantes se realizó por medio de bioimpedancia vectorial, analizador de composición corporal seca mBCA 514, cuyos datos técnicos son los siguientes; capacidad: 300 kg. Graduación: 50 g. Producto Sanitario Clase: I. Dimensiones (AxAxP): 976 x 1251 x 828 mm. Tipo de pantalla: Pantalla táctil de 8,4”, giratoria en 360°. Interfases: 360° wireless (Radiofrecuencia), USB 2.0 Ethernet. Método de medición: Análisis de impedancia

bioeléctrica de 8 puntos. Corriente eléctrica de medición: 100 μ A. Duración de la medición en modo normal: máx. 20 segundos.

A los participantes citados previamente en ayuno de 12 horas, se les pidió se retirarían todos los objetos metálicos como aretes, relojes, pulseras y collares que portarán, como portar el mínimo de ropa.

Antes de cada prueba de bioimpedancia vectorial, se les pidió a los participantes que vaciaran su vejiga e intestino en caso de ser necesario.

El analizador mBCA que cuenta con el software para PC seca analytics mBCA 115, donde los requerimientos del sistema son una serie de sistemas operativos avalados: Windows XP (SP3), Windows Vista (SP1), Windows 7, Windows Server 2003 (SP2) y Windows Server 2008 R1 (SP2). Procesador: 1,2 GHz o mayor. Memoria libre necesaria de disco duro: al menos 1 GB. Memoria principal libre necesaria: Al menos 512 MB RAM. Periféricos: Unidad óptica DVD. Puertos: Para el uso con aparatos seca USB 2.0 o interfaces en serie (RS232). Pantalla: 1024x768, Alta resolución a color (16-bit), 32-bit (recomendado)

El analizador cuenta con paquete computacional instalado en el equipo, con el cual se obtuvo el reporte de la composición corporal, que contenía la información sobre contenido de agua corporal total, agua extracelular, % de hidratación corporal, ángulo de fase, masa grasa, masa magra, kilogramos de grasa total y % de grasa total, además de los datos antropométricos como lo son la estatura, peso, IMC de cada uno de los participantes.

- a) Agua corporal total (TBW): es la determinación del líquido corporal total sirve para establecer el estado de líquidos de un paciente y para estimar las variaciones del volumen del líquido corporal. Estas últimas pueden ser a consecuencia de, entre otras, enfermedades tumorales o bien de una insuficiencia cardíaca, hepática o renal.

- b) Agua extracelular (ECW): La determinación del líquido extracelular ECW se usa para considerar de manera más diferenciada el líquido corporal total. Por ejemplo, un incremento del valor ECW constituye un indicio de acumulaciones de líquido en el espacio extracelular, que también se conocen como edemas. Los edemas suelen ser la consecuencia de una enfermedad subyacente, como, por ejemplo, insuficiencia cardiaca, hepática y renal.
- c) Balance hídrico: la hidratación define la relación entre el agua extracelular ECW y el agua intracelular (ICW) y sirve como indicador de la distribución del agua en el cuerpo. Aquí se distingue entre desplazamientos de líquido desde el espacio intracelular al espacio extracelular (contracción celular). Estas variaciones de la composición del cuerpo aparecen habitualmente antes del aumento o la disminución del peso corporal y de la masa magra FFM, dado que el incremento del ECW, por ejemplo, puede ocultar las pérdidas simultáneas del ICW, de modo que el FFM y el peso permanecen inalterados inicialmente.
- d) Masa grasa (FM), permite una evaluación diferenciada de los cambios de peso. Además, la FM es el principal indicador del balance energético y permite determinar las reservas de energía del cuerpo (Piccoli, 2002).

Tabla 3. Clasificación de obesidad por porcentaje de grasa

| Mujeres | | | | | Hombres | | | |
|---------|---------------|---------|-----------|--------------|---------------|---------|-----------|--------------|
| Edad | Baja grasa | Normal | Sobrepeso | Obeso | Baja grasa | Normal | Sobrepeso | Obeso |
| 20-39 | < 20.9 | 21-32.9 | 33-38.9 | Igual o > 39 | < 7.9 | 8-19.9 | 20-24.9 | Igual o > 25 |
| 40-59 | < 22.9 | 23-33.9 | 34-39.9 | Igual o > 40 | < 10.9 | 11-21.9 | 22-27.9 | Igual o > 28 |
| 60-79 | < 23.9 | 24-35.9 | 36-41.9 | Igual o > 42 | < 12.9 | 13-24.9 | 25-29.9 | Igual o > 30 |

Adaptado de: Gallagher y cols. Am J Epidemiology 143(1996)228-239. Centro de Investigación para la obesidad de NY y Gallagher, 2000

e) Masa magra (FFM), permite una evaluación diferenciada de los cambios de peso. Además, la FM es el principal indicador de balance energético y permite determinar las reservas de energía del cuerpo. Por lo tanto, sirve, por ejemplo, como base para un asesoramiento sobre alimentación.

Por lo tanto, el conocer la masa grasa y la masa magra de cada individuo, nos ayuda, por ejemplo, como base para un asesoramiento sobre alimentación (Gallagher., 2000).

4.4 DISEÑO ESTADISTICO

Se realizó estadística descriptiva, para las características generales de la población.

Así como una correlación de Pearson para evaluar asociaciones entre variables continuas y Anova de un factor.

Todos los análisis se realizaron con ayuda del programa SPSS versión 23.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla No. 3 Datos descriptivos de la población.

| Variables | Total n= 313 | Mujer n= 207 | Hombre n=106 | p |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-------|
| Edad años | 37.9 ± 10.1 | 38.0 ± 10.6 | 37.5 ± 9.1 | 0.675 |
| Peso kg | 87.4 ± 18.8 | 80.4 ± 14.8 | 100.9 ± 18.6 | 0.000 |
| Índice de Masa Corporal kg/m ² | 32.6 ± 5.7 | 31.8 ± 5.7 | 34.0 ± 5.5 | 0.001 |
| Masa Grasa % | 41.4 ± 5.9 | 43.6 ± 5.0 | 37.1 ± 5.3 | 0.000 |
| Masa Libre de Grasa % | 58.5 ± 5.9 | 56.3 ± 5.0 | 62.8 ± 5.3 | 0.000 |
| Masa Grasa kg | 36.5 ± 10.8 | 37.9 ± 10.9 | 33.8 ± 10.0 | 0.002 |
| Masa Libre de grasa kg | 50.8 ± 10.7 | 51.2 ± 10.7 | 50.2 ± 11.0 | 0.468 |
| Impedancia ohm | 603.8 ± 90.8 | 638.2 ± 84.3 | 536.6 ± 60.6 | 0.000 |
| Reactancia ohm | -57.9 ± 8.3 | -58.8 ± 8.3 | -56.1 ± 7.9 | 0.007 |
| Ángulo de Fase | 5.5 ± 0.6 | 5.2 ± 0.4 | 5.9 ± 0.6 | 0.000 |
| Agua Corporal L | 37.7 ± 7.8 | 33.4 ± 4.3 | 46.0 ± 6.2 | 0.000 |
| Agua Extracelular L | 16.3 ± 3.1 | 14.9 ± 2.1 | 19.1 ± 2.8 | 0.000 |
| Balance Hídrico % | 77.4 ± 7.2 | 80.8 ± 5.9 | 70.7 ± 4.4 | 0.000 |

p < 0.05 con significancia estadística de acuerdo a que prueba chi²

La tabla No. 3 muestra la descripción de las variables antropométricas y de impedancia bioeléctrica donde se observa diferencia estadística en todas las variables salvo la masa libre de grasa en Kg, que de acuerdo al IMC en general la población estudiada cursa con un diagnóstico de obesidad grado I, se observa que tanto en los hombres como las mujeres coinciden con el mismo diagnóstico. En cuanto al porcentaje de grasa corporal ambos sexos tienen un porcentaje de grasa elevado tomando como referencia el promedio de edad y por sexo de acuerdo a Gallagher. La masa libre de grasa en porcentaje es de 62.8 ± 5.3 en hombres, con respecto a un 56.3 ± 5.0 en mujeres. En cuanto a los datos obtenidos por impedancia se observa que las mujeres muestran un valor más alto de impedancia (638.2 ± 84.3) con respecto a los hombres (536.6 ± 60.6). En cuanto al valor de reactancia son similares entre sexos, aun cuando se observa diferencia significativa entre sexos. En la variable de ángulo de fase los hombres muestran un valor más alto (5.9 ± 0.6) en comparación las mujeres (5.2 ± 0.4), al igual que los valores de agua corporal total y extracelular mostrando también una diferencia significativa

entre sexos. Esto mismo encontró (Bosy-Westphal, 2006) que observaron que el ángulo de fase fue mayor en hombres que en mujeres, excepto para los mayores de 70 años, y eso mismo se encontró en personas con edad mayor a 60 años donde el ángulo de fase disminuye en ambos. A diferencia de Llamas en 2013, quien observó que el AF fue mayor en hombres que en mujeres, excepto para los mayores de 70 años, en este estudio disminuye a partir de los 40 años.

Tabla 4. Prevalencia de Sobrepeso y Obesidad

| Diagnóstico por IMC | Total %, (n) (n=313) | Mujer % (n=207) | Hombre %, (n=106) |
|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Normopeso | 8.3 | 9.7 | 5.7 |
| Sobrepeso | 24.9 | 30.0 | 15.1 |
| Obesidad I | 38.7 | 39.6 | 36.8 |
| Obesidad II | 17.9 | 12.1 | 29.2 |
| Obesidad III | 10.2 | 8.7 | 13.2 |

En la tabla 4, podemos apreciar las prevalencias de acuerdo al IMC de nuestra población de manera general, solo el 8.3 % del total de la población tiene un peso normal, por sexo el 5.7 % de los hombres y 9.7 % de las mujeres. Al hablar de sobrepeso y obesidad se encontró que el 91.7% de la población total está clasificado como sobrepeso u obesidad, podemos observar que el grupo de estudio se encuentra por arriba del valor de la prevalencia nacional reportados en la encuesta nacional de salud y nutrición de 2018 en el que el porcentaje en promedio de estos dos diagnósticos no supera el 75.2% ambos sexos, del cual el 39.1% es sobrepeso y 36.1% es obesidad. Al revisar el diagnóstico de sobrepeso únicamente vemos que el porcentaje fue más alto en las mujeres con un 30 % respecto a los hombres cuyo porcentaje fue del 15.1 %. El porcentaje de mujeres con obesidad grado I fue del 39.6 % y de los hombres el 36.8 % de los hombres. El 12.1 % de las mujeres y el 29.2 % de los hombres presentan obesidad grado II. Y por último la obesidad grado III fue del 8.7 % en las mujeres y el 13.2 % en los hombres. Es alarmante que una población en edad productiva se encuentre con una mala condición de salud derivada de su composición corporal secundaria muy probablemente al estilo de vida en general.

Tabla 5. Valores de Ángulo de Fase por sexo y por categoría de edad e Índice de Masa Corporal

| Década / Diagnóstico Nutricio | AF Promedio | AF Mujer | AF Hombre | P Valor |
|--------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------|----------------|
| Normopeso | | | | |
| 19-29 años | 5.5 ± 0.2 | | 5.5 ± 0.0 | 0.312 |
| 30-39 años | 4.5 ± 0.2 | | | |
| 40-49 años | 5.1 ± 0.2 | | 5.5 ± 0.0 | |
| 50-59 años | | | | |
| > 60 años | 4.4 ± 0.4 | 4.1 ± 0.0 | 4.8 ± 0.0 | |
| Sobrepeso | | | | |
| 19-29 años | 5.3 ± 0.5 | 5.2 ± 0.4 | 6.0 ± 0.0 | 0.053 |
| 30-39 años | 5.6 ± 0.5 | 5.3 ± 0.3 | 6.0 ± 0.5 | 0.002 |
| 40-49 años | 5.3 ± 0.5 | 5.1 ± 0.3 | 6.1 ± 0.2 | 0.010 |
| 50-59 años | 5.0 ± 0.4 | 5.0 ± 0.4 | 5.7 ± 0.0 | |
| > 60 años | 4.9 ± 0.0 | | | |
| Obesidad grado I | | | | |
| 19-29 años | 5.6 ± 0.7 | 5.4 ± 0.4 | | |
| 30-39 años | 5.7 ± 0.5 | 5.4 ± 0.3 | | |
| 40-49 años | 5.6 ± 0.5 | 5.4 ± 0.4 | | |
| 50-59 años | 5.2 ± 0.6 | 5.1 ± 0.6 | 5.7 ± 0.0 | 0.027 |
| > 60 años | 5.4 ± 0.0 | 5.4 ± 0.0 | | |
| Obesidad grado II | | | | |
| 19-29 años | 5.3 ± 0.7 | 5.4 ± 0.4 | 4.8 ± 1.3 | 0.088 |
| 30-39 años | 5.9 ± 0.5 | 5.5 ± 0.3 | 6.1 ± 0.4 | 0.003 |
| 40-49 años | 5.6 ± 0.5 | 4.7 ± 0.0 | 5.8 ± 0.1 | 0.000 |
| 50-59 años | 5.4 ± 0.3 | 5.2 ± 0.1 | 5.8 ± 0.0 | 0.000 |
| > 60 años | | | | |
| Obesidad grado III | | | | |
| 19-29 años | | | | |
| 30-39 años | 5.8 ± 0.7 | 5.5 ± 0.5 | 6.2 ± 0.8 | |
| 40-49 años | 5.4 ± 0.5 | 5.2 ± 0.3 | 6.2 ± 0.0 | 0.334 |
| 50-59 años | 5.0 ± 0.3 | 4.8 ± 0.0 | 5.3 ± 0.4 | 0.134 |
| > 60 años | | | | |

IMC = Índice de Masa Corporal AF= Ángulo de Fase ANOVA P < 0.05

Como se observa en la tabla no. 5 los valores de ángulo de fase por sexo y diagnóstico nutricional por IMC a diferentes rangos de edad, muestran tendencia de ángulos de fase mayores en hombres que mujeres, en el caso de las mujeres el ángulo de fase por década la tendencia es a mayor edad menor ángulo de fase, en el caso de los hombres se observan valores constantes aunque también a la baja. Se encontró una diferencia estadísticamente significativa en la categoría de sobrepeso en la década de 30-39 años y obesidad grado II en las décadas de 30 hasta 59 años entre sexos.

Para Llames en el 2013, los grupos por edad y sexo tendían a aumentar el AF a medida que aumenta el IMC hasta el valor de 35 kg/m², y disminuía en los grupos de mayores IMC. El AF tiene correlación negativa con la edad. También se observó diferencia en el AF según la población sana estudiada, por lo que deberían realizarse trabajos poblacionales con los valores de AF nacionales para poder realizar la interpretación por DE y percentiles (Llames, 2013).

En 2017, dentro de la población sana, el AF varía de forma fisiológica en función del sexo (mayor en varones que en mujeres), de la edad (relación directa) y con el IMC (relación directa en valores más bajos e inversa en rango de obesidad importante) (Molina Vega, 2017).

Tabla 6. Ángulo de fase por sexo y por categoría de edad

| Década | Ángulo de Fase Promedio | Ángulo de Fase Mujer | Ángulo de Fase Hombre | P |
|------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|-------|
| 19-29 años | 5.4 ± 0.6 | 5.3 ± 0.4 | 5.7 ± 0.9 | 0.000 |
| 30-39 años | 5.7 ± 0.6 | 5.3 ± 0.4 | 6.1 ± 0.4 | 0.000 |
| 40-49 años | 5.5 ± 0.5 | 5.2 ± 0.4 | 6.0 ± 0.3 | 0.000 |
| 50-59 años | 5.1 ± 0.4 | 5.0 ± 0.4 | 5.5 ± 0.3 | 0.000 |
| > 60 años | 4.8 ± 0.4 | 4.7 ± 0.7 | 4.8 ± 0.0 | 0.000 |

P < 0.05 con significancia estadística de acuerdo a que prueba chi²

En la tabla No. 6 muestra los valores de ángulo de fase obtenidos por impedancia bioeléctrica clasificándolos por sexo y por década dónde se puede observar diferencia significativa en todas las edades y por sexo, la década de los 19-29 años de edad en las mujeres muestran un valor más alto (5.37 ± 0.4) con respecto a los hombres (5.73 ± 0.9), la década que mostro el ángulo de fase más alto es el de los 39-39 años con un valor de (6.19 ± 0.4) en hombres. Al respecto Espinosa y cols en el 2007 generaron valores de referencia para población mexicana normopeso, su aportación fue que determinaron los valores por IMC y por década, encontrando un ángulo de fase en promedio de 7.33 ± 0.88 en hombres 6.36 ± 0.97 en mujeres. En este estudio no se consideró el sobrepeso y la obesidad, como es sabido, al tener más tejido adiposo en la composición corporal modifica los valores de la

resistencia, impactando en la impedancia y en el valor final del ángulo de fase. También vemos en este mismo estudio que encontraron que conforme avanza la edad el ángulo de fase va disminuyendo debido a la pérdida natural y controlada de masa muscular derivada de la actividad hormonal y de la actividad física que va cambiando a lo largo de la vida en ambos sexos. Esto impacta de manera importante en el estado de nutrición, condición que pudo ser evidente en las asociaciones al identificar que el tener un alto porcentaje de grasa o diagnóstico de obesidad por IMC se identifica un ángulo de fase bajo. Carvajal Veitia en 2017, un estudio en deportista, el ángulo de fase en hombres fue de 6.7° y en mujeres de 5.8° y con IMC de 24 kg/m² en hombres y 23 kg/m², siendo AF menor a los reportados por Espinoza y mayor a los encontrados en esta investigación, lo cual se puede deber a que los personas investigadas por Espinoza son sanos y normopeso, Carvajal son personas deportistas y en esta investigación es gente con peso alto y activa (Carvajal Veitia, 2017) (Espinoza–Cuevas, 2007). Pairazaman en 2017, considera que un ángulo de fase saludable debe ser mayor a 6° en hombres y mayor a 5° en mujeres, siendo resultados parecidos a los resultados de este estudio y menores a los encontrados por Espinosa.

Tabla 7. Valor del Angulo de Fase por categoría del IMC

| Diagnóstico Nutricio | Promedio | Hombre | Mujer | Valor P |
|----------------------|----------|-----------|---------|---------|
| Normopeso | 4.9±0.4 | 5.2 ± 0.3 | 4.8±0.4 | 0.003 |
| Sobrepeso | 5.3±0.5 | 5.9 ± 0.5 | 5.2±0.4 | 0.000 |
| Obesidad Grado I | 5.6±0.5 | 6.1 ± 0.5 | 5.4±0.4 | 0.003 |
| Obesidad Grado II | 5.6±0.6 | 5.9 ± 0.6 | 5.3±0.4 | 0.000 |
| Obesidad Grado III | 5.5±0.6 | 5.9 ± 0.7 | 5.2±0.4 | 0.03 |

ANOVA P<0.05

De acuerdo con la tabla 7 se observa que el ángulo de fase en personas con normopeso es más bajo que el de las personas con sobrepeso y los distintos grados de obesidad establecidos por la OMS, notando que a mayor IMC mayor ángulo de fase, se observa también que en el caso de la obesidad grado II se observa que el

valor de ángulo de fase se empieza a disminuir tanto en hombres como en mujeres, y particularmente en el caso de los hombre permanece igual comparado con la obesidad grado III. En una investigación Llames cita a Bosy y col., donde dice que Los grupos por edad y sexo tendían a aumentar el AF a medida que aumentaba el IMC hasta el valor de 35 kg/m², y disminuía en los grupos de mayores IMC (Llames, 2013) (Bosy-Westphal, 2006).

Tabla 8. Valores del Ángulo de Fase por edad y porcentaje de grasa

| Porcentaje de grasa corporal | Edad | Angulo de Fase | | Valor P |
|------------------------------|------------|----------------|---------|---------|
| | | Hombres | Mujer | |
| *Normal | 19-39 años | | 5.5±0.2 | |
| | 40-59 años | | | |
| | 60-79 años | | | |
| *Alto | 19-39 años | 6.0±0.6 | 5.3±0.4 | 0.074 |
| | 40-59 años | 5.9±0.4 | 5.2±0.4 | 0.000 |
| | 60-79 años | 4.8±0.0 | 4.7±0.7 | 0.000 |

En la tabla 8. Podemos observar que a mayor porcentaje de grasa, siendo adulto joven, tanto hombres y mujeres, tienen a tener un mayor ángulo de fase que a edades más grandes

El AF tiene correlación negativa con la edad, y hubo correlación positiva entre el IMC y el ángulo de fase en los sujetos con bajo peso y de peso normal. Estas correlaciones se perdieron en los grupos de mayor IMC, 30-40 kg/m², y en el rango

de IMC > 40 kg/m², hubo una relación inversa entre el AF y el IMC a partir de 30 kg/m².

El AF expresa cambios en la cantidad y la calidad de la masa de los tejidos blandos (es decir, permeabilidad de la membrana celular e hidratación).

Barbosa-Silva et al.³ estudiaron 1967 adultos Americanos de 18-94 años y describieron el AF según edad, sexo, raza, IMC y porcentaje de grasa, Bosty y cols.² buscaron establecer valores de AF de referencia específicos según sexo, la edad y el IMC en una gran población alemana sana (214.732 adultos), y establecieron percentiles. En estas publicaciones se observó que el AF fue mayor en hombres que en mujeres, excepto para los mayores de 70 años.

Esto podría deberse a un aumento de la hidratación de los tejidos con una relación fisiológica mayor de agua extracelular que intracelular del tejido adiposo o debido a una sobrecarga de líquidos en la obesidad mórbida, también observada en otro estudio con mujeres obesas donde el promedio del AF bajo un 19% en las mujeres con un IMC entre 40 y 64 kg/m², y sólo el 5% en el grupo de IMC 30-35 kg/m². Por otro lado la pérdida en el estado funcional de las membranas celulares en la obesidad severa podría haber contribuido a un menor AF, esto puede deberse a la secreción de citoquinas inflamatorias (Bosty-Westphal, 2006) (Llames, 2013)

IX. CONCLUSIONES

Normalmente cuando el IMC es adecuado, pero la persona tiene un porcentaje de grasa alto y un peso adecuado, el ángulo de fase se observará bajo.

En ambos sexos los valores de ángulo de fase en esta población van disminuyendo con la edad, además de mostrar una diferencia significativa entre sexos en cada década de la vida.

Por lo cual se necesitan más investigaciones para aclarar los puntos de corte de ángulo de fase óptimo y que puede ser incorporado en la clínica para una mejor evaluación y manejo nutricional, ya que la mayoría de lo que hasta hoy se encuentra gira alrededor de personas de IMC no mayor a 31 o clínicamente enfermos.

Es importante señalar que el 90.4 % de las mujeres y el 94.3 % de los hombres estudiados se encuentran fuera de un rango de peso saludable de acuerdo a la clasificación del índice de masa corporal. Lo cual toma gran importancia ya que la mayoría de investigaciones están realizadas en personas de peso normal y esta sería una aportación para seguir investigando ángulo de fase en personas con sobrepeso y obesidad.

Los resultados mostrados en esta investigación abre un parteaguas para generar datos de corte de ángulos de fase en personas con obesidad sin ninguna otra patología manifiesta, lo que puede ser una herramienta importante para evaluar los resultados clínicos o para el seguimiento y la progresión de un control de peso o de la enfermedad, el cual podría ser superior a otros indicadores nutricios, bioquímicos o antropométricos.

X. REFERENCIAS

1. Altamirano-Bustamante, N. F. (2014). Evaluación del crecimiento: estado nutricional. *Acta Pediátrica Mexicana*, 35;499-512.
2. Antonio Prista, J. A. (2013). Anthropometric indicators of nutritional status: implications for fitness, activity, and health in school-age children and adolescents from Maputo, Mozambique 1,2,3. *Am J Clin Nutr*, 952-959.
3. Arellano Salazar, M. (2006). Impedancia bioeléctrica y ángulo de fase en la evaluación del riesgo de enfermedades cardiovasculares en adultos queretanos. *RESPYN, Revista de Salud Pública y Nutrición*, 16-7.
4. Baumgartner, R. K. (1998). Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New México. *Am J Epidemiol* (147), 755-763.
5. Berral, F. (2007). Impedancia bioeléctrica y su aplicación en el ámbito hospitalario. *Rev Hosp Jua Mex*, 104-12.
6. Breton I., D. I. (1997). Técnicas de composición corporal en el estudio de la obesidad. *Aula Médica*, 35-49.
7. Da Silva Duarte, R. P. (2019). Asociación del ángulo de fase con parámetros de evaluación del estado nutricional en pacientes en hemodiálisis. *Rev Chil Nutr*, 99-106.
8. Dávila-Torres, J., G.-I. J.-C. (2015). Panorama de la obesidad en México. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*, 240-9.
9. Deissy Herrera-Covarrubias, G.-A.-P.-A. (s.f.). La obesidad como factor de riesgo en el desarrollo de cáncer.
10. Esparza, F. V. (2019). *Protocolo internacional para la valoración antropométrica*. España : UCAM Universidad Católica de Murcia.
11. Espinosa-Cuevas, M. A.-R.-M.-C.-A.-R. (2007). Vectores de impedancia bioeléctrica para la composición corporal en población mexicana. *Rev. invest. clín.*, 12-24.
12. Fiedler, G. S. (1992). Is bioimpedance a good predictor of body-composition change? *Am J Clin Nutr*, 4-6.
13. Fuenmayor, R. V. (2007). Sarcopenia-Visión clínica de una entidad poco conocida y mucho menos buscada. Revisión. *Revista Venezolana de Endocrinología Metabólica*, 5(1), 3-7.
14. Gallagher, D. y. (2003). Evaluation of body composition: Practical guidelines. *Prim Care*, 249-265.
15. Gírolami, D. (2004). *Valoración nutricional y composición corporal*. Buenos Aires: El ateneo.
16. González, E. (2012). Composición corporal: estudio y utilidad clínica. *Endocrinología y Nutrición*, 57(1), 1-7.
17. Herrera-Covarrubias, D. C.-A.-P.-A. (2015). La obesidad como factor de riesgo en el desarrollo de cáncer. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*.
18. Heymsfield SB, E. A. (1997). Advances in Models And Methods. *Annu Rev Nut*, 17, 527-528.
19. J, M. (2005). En M. J., *Nutrición y Alimentación Humana* (págs. 751-800). España: Océano- Ergon.

20. Latorre, R. (18 de Enero de 2012). Composición Corporal Relacionada con Salud en Atletas Veteranos. *Nutrición hospitalaria*(DOI:10.3305/nh.2012.27.4.5743), 1236-1243.
21. Lescay, N. B. (2016). Antropometría. Análisis comparativo de las tecnologías para la capacitación de las dimensiones antropométricas,. *EIA*, 13(26), 47-59.
22. Llames, L. B. (2013). Valores del ángulo de fase por bioimpedancia eléctrica; estado nutricional. *Nutrición Hospitalaria*, 286-295.
23. López Chicharro, J. (2008). *Fisiología Clínica del Ejercicio*. Madrid, España: Médica Panamericana.
24. Lorente Ramos, R. A. (2012). Absorciometría con Rayos X de doble energía. Fundamentos, Metodología y aplicaciones técnicas . *Radiología* , 410-423.
25. Lukaski, H. S. (1995). Body Composition: Overview of Methods and Future Directions of Research. *Ann Nutr Metab*, 39, 325-333.
26. Molina Vega, M. G. (2017). Revisión sobre los fundamentos. *Nutrición Clínica en Medicina*, 128-148.
27. OMS. (12 de octubre de 2018). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 12 de octubre de 2019, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
28. Oria, E. L. (2002). Composición corporal y obesidad. *ANALES Sis San Navarra*, 91-102.
29. Pairazaman, R. (2017). *Evaluación de los componentes del physical fitness relacionados con la salud* (1 ed.). Macro.
30. Peres, W. A. (2012). Phase angle as a nutritional evaluation tool in all stages of chronic liver disease. *Nutr Hosp.* , 2072-8.
31. Pérez-Lizaur, A. y.-C. (2014). *Dietas normales y terapéuticas, los alimentos en la salud y la enfermedad*. México, D.F.: Mc Graw Hill.
32. Piccoli, A. P. (2002). Impedance vector distribución by sex, race, body mass index and age in the United States: standard reference intervals as bovaroate Z scores. *Nutrition*, 153-67.
33. Prado, C. W. (2012). Sarcopenic Obesity: A critical appraisal of the current evidence . *Clinical Nutrition* , 583-601.
34. Quesada Leyva, L. L. (2016). Elementos teóricos y prácticos sobre la bioimpedancia eléctrica en. *Rev. Arch Med Camagüey*, 566- 578.
35. Ravasco, P. A. (2010). Métodos de valoración del estado nutricional. *Nutrición hospitalaria*, 3(25), 57-66.
36. Ravasco, P. E. (2010). Métodos de Valoración del Estado Nutricional. *Nutrición Hospitalaria*, 55-66.
37. Reis de Lima e Silva, R. S. (2015). Ángulo de fase como indicador del estado nutricional y pronóstico en pacientes críticos. *Nutr Hosp*, 1278-1285.
38. Roman, A. N. (2003). La bioimpedancia, una solución alternativa en la valoración de la composición corporal. . *Memorias V congreso de la sociedad Cbana de Bioingenieria*, 1-3.
39. Sánchez J. Baron, M. (2009). Uso de la Bioimpedancia Eléctrica para la Estimación de la Composición Corporal en Niños y Adolescentes. *An Venez Nutr (online)*, 22(2), 105-110.
40. Sanchez Jaeger, A. B. (2009). Uso de la bioimpedancia eléctrica para la estimación de la composición corporal en niños y adolescentes. *An Venez Nutr* , 105-110.

41. Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO) . (2000). Consenso SEEDO 2000 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Med Clin (Barc)* , 587-97.
42. Sociedad Española para el estudio de la obesidad. (1996). Consenso español para la evaluación de la obesidad y la realización de estudios epidemiológicos. *Med Clin (Barc)*, 782-7.
43. Suverza Fernández, A. (2010). *El ABCD de la Evaluación del Estado Nutricional*. México, D.F.: McGraw-Hill.
44. Teruel-Briones, J. (2012). Análisis de concordancia entre la bioimpedancia vectorial y la espectroscopia. *Revista Nefrología* , 389-95.
45. Topete-Reyes JF1, L.-L. C.-B.-V.-V.-R.-M.-V.-G.-T.-U.-R. (2019). Determinación del estado nutricional mediante el ángulo de fase en pacientes en hemodiálisis. *Gac Med Mex*, 229-235.
46. Torres, F. y. (2018.). Obesidad y salud pública en México: transformación del patrón hegemónico de oferta-demanda de alimentos. *Revista Problemas del Desarrollo.*, abril-junio.
47. Valtueña, s. K. (2001). Measurement of body fat mass in vivo: from two-compartment techniques to neutron activation analysis and DXA. *Med. Clin. (Barc)*, 590-7.
48. WHO. World Health Organization. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee. WHO Technical Report Series 854. Geneva: *World Health Organization*, 1995