



---

# **Universidad de Valladolid**

## **EL ANÁLISIS DE IMPEDANCIA COMO INDICADOR DE MASA Y FUERZA MUSCULAR EN UN GRUPO DE ANCIANOS**

Trabajo de Fin de Grado

Grado de Nutrición Humana y Dietética

Curso académico 2016/2017

**Presentado por: José Manuel de Frutos Allas**

**Tutorizado por: M<sup>a</sup> Paz Redondo del Río**

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Envejecimiento .....	1
1.1.1. Cambios en la composición corporal asociados al envejecimiento ..	4
1.1.2. Calidad muscular y envejecimiento.....	5
1.2. Análisis de composición corporal por impedancia bioeléctrica .....	7
1.3. Análisis de la fuerza muscular .....	11
1.4. Justificación .....	12
2. OBJETIVO .....	13
2.1. Objetivo general .....	13
2.2. Objetivos específicos.....	13
3. MATERIAL Y MÉTODOS .....	14
3.1. Diseño .....	14
3.2. Sujetos .....	14
3.3. Metodología.....	14
3.3.1. Recogida de datos generales.....	14
3.3.2. Antropometría .....	15
3.3.2.1. Determinaciones antropométricas .....	15
3.3.2.2. Cálculo de índices antropométricos derivados.....	17
3.3.3. Análisis de bioimpedancia (BIA).....	17
3.3.3.1. BIA convencional.....	17
3.3.3.1.1. Cálculo de composición corporal por bioimpedancia ....	18
3.3.3.1.2. Cálculo de índices de composición corporal y z-scores	19
3.3.3.2. BIA vectorial (BIVA).....	19
3.3.4. Dinamometría .....	19
3.3.5. Análisis estadístico .....	20
4. RESULTADOS .....	21
4.1. Descripción de la muestra .....	21
4.2. Variables bioeléctricas.....	23
4.3. Composición corporal .....	24
4.4. Fuerza prensil manual .....	25
4.5. Asociación entre la BIA de cuerpo entero y la BIA localizada de la pantorrilla.....	26
4.6. Asociación entre los parámetros del análisis de bioimpedancia y la fuerza prensil de la mano.....	27
4.7. Análisis vectorial de bioimpedancia (BIVA) .....	27

4.7.1. Análisis vectorial de bioimpedancia en hombres y mujeres.....	27
4.8. Asociación entre los vectores de impedancia de cuerpo entero y pantorrilla y la fuerza muscular .....	29
4.9. Asociación entre los vectores de impedancia de cuerpo entero y pantorrilla y la masa muscular esquelética.....	30
5. DISCUSIÓN .....	33
5.1. Catalogación nutricional en base a parámetros antropométricos .....	33
5.2. Estudio de la composición corporal mediante el análisis de bioimpedancia convencional (BIA).....	34
5.3. Estudio de la composición corporal mediante el análisis vectorial de bioimpedancia (BIVA).....	36
6. CONCLUSIONES.....	38
7. BIBLIOGRAFÍA .....	39
ANEXO 1: IMPRESO DE CONSENTIMIENTO INFOORMADO PARA EL PARTICIPANTE O SU REPRESENTANTE .....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cambios biológicos en el envejecimiento y su repercusión nutricional .....	3
Tabla 2. Cambios en la composición corporal en el envejecimiento.....	4
Tabla 3. Estadíos de sarcopenia.....	6
Tabla 4. Catalogación nutricional en función del valor del IMC .....	17
Tabla 5. Características antropométricas de la muestra y edad.....	21
Tabla 6. Valoración nutricional en función del índice de masa corporal .....	22
Tabla 7. Evaluación del riesgo de complicaciones metabólicas de los sujetos en función del perímetro de la cintura .....	22
Tabla 8. Evaluación del riesgo de complicaciones metabólicas de los sujetos en función del perímetro de la pantorrilla .....	23
Tabla 9. Características bioeléctricas de la muestra .....	23
Tabla 10. Composición corporal .....	24
Tabla 11. Catalogación de la muestra en función de la masa muscular esquelética ...	25
Tabla 12. Fuerza prensil de la mano.....	25
Tabla 13. Evaluación del riesgo de sarcopenia de los ancianos evaluados en función de la fuerza prensil manual.....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proyección de la población española 2014-2064 .....	1
Figura 2. Vector de impedancia .....	8
Figura 3. Ley de Ohm .....	9
Figura 4. Análisis vectorial de bioimpedancia, modalidad clásica (BIVA) .....	10
Figura 5. Elipses de confianza con los vectores de impedancia de los varones participantes en el estudio .....	28
Figura 6. Elipses de confianza con los vectores de impedancia de las mujeres participantes en el estudio .....	28
Figura 7. Elipses de confianza de varones y mujeres en función de la catalogación de la fuerza prensil máxima .....	29
Figura 8. Elipses de confianza de la pantorrilla de varones y mujeres en función de la catalogación de la fuerza prensil máxima .....	30
Figura 9. Elipses de confianza de varones y mujeres en función de la catalogación de la masa muscular esquelética .....	31
Figura 10. Elipses de confianza de la pantorrilla de varones y mujeres en función de la catalogación de la fuerza prensil máxima .....	32

## **ABREVIATURAS**

ACT. Agua corporal total.

AEC. Agua extracelular.

ABVD. Actividades básicas de la vida diaria.

AIVD. Actividades instrumentales de la vida diaria.

AVD. Actividades de la vida diaria.

BIA. Análisis de impedancia bioeléctrica.

BIVA. Análisis vectorial de bioimpedancia.

CB. Circunferencia del brazo

CC. Composición corporal.

CCi. Circunferencia de la cintura.

CP. Circunferencia de la pantorrilla.

EWGSOP. European Working Group on Sarcopenia in Older People.

FPMD. Fuerza prensil de la mano derecha

FPMI. Fuerza prensil de la mano izquierda

IMC. Índice de masa corporal.

IMG. Índice de masa grasa.

IMLG. Índice de masa libre de grasa.

MG. Masa grasa.

MLG. Masa libre de grasa.

MME. Masa muscular esquelética.

OMS. Organización Mundial de la Salud.

PhA. Ángulo de fase.

R. Resistencia.

SEGG. Sociedad Española de Geriátría y Gerontología.

SENPE. Sociedad Española de Nutrición Parenteral y Enteral.

VEN. Valoración del estado nutricional

Xc. Reactancia.

Z. Impedancia.

## RESUMEN

**Introducción.** Durante el envejecimiento se producen una serie de cambios en la composición corporal que, entre otros, producen una disminución generalizada y progresiva de masa, fuerza y función muscular, lo que aumenta el riesgo de sarcopenia. Una valoración del estado nutricional que incluya el estudio de la composición corporal (CC) mediante técnicas coste-eficientes, como el análisis de impedancia bioeléctrica (BIA, BIVA), junto con pruebas funcionales, permitiría detectar estos cambios, intervenir precozmente y, en consecuencia, mejorar la calidad de vida de las personas mayores.

**Objetivo.** Evaluar la asociación entre los vectores de impedancia de cuerpo entero y pantorrilla y la masa y la fuerza muscular en un grupo de ancianos.

**Material y métodos.** Estudio observacional transversal realizado en una muestra de 113 ancianos en su mayoría institucionalizados. Los parámetros antropométricos (peso, talla y circunferencias corporales) se recogieron siguiendo el protocolo de la SENPE-SEGG. Se analizó la composición corporal mediante análisis de bioimpedancia convencional (BIA) y vectorial (BIVA de cuerpo entero y localizada), y se determinó la fuerza muscular a través de dinamometría manual. Los resultados se analizaron mediante los test T-Student o U de Mann Whitney, y las correlaciones mediante los test de Pearson o Spearman. Para comparar el BIVA entre los subgrupos establecidos se calculó la distancia de Mahalanobis (dM) y se utilizó el estadístico  $T^2$  de Hotelling. La significación estadística se alcanzó con  $p < 0,05$ .

**Resultados.** La catalogación nutricional en base al IMC evidenció normalidad nutricional, aunque las mujeres tuvieron un IMC superior al de los varones (28,4 vs. 26,1 kg/m<sup>2</sup>). Se observó riesgo de complicaciones metabólicas en función de la circunferencia de la cintura (66,7% de los varones y 94,9% de las mujeres) pero el perímetro de la pantorrilla no mostró riesgo de discapacidad y depleción de la masa muscular esquelética (90,7% y 83,1% varones y mujeres respectivamente). Sin embargo el análisis de BIA y la dinamometría detectaron riesgo de sarcopenia en más de la mitad de los sujetos (depleción de la MME y bajos valores de fuerza prensil). Por otra parte, el análisis de BIA convencional mostró que los varones presentaron mayor depleción de MME que las mujeres (Z-IMLG: -0.21 y Z-MME: -0.50 vs. Z-IMLG: 0.49 y Z-MME: 0.11 en varones y mujeres, respectivamente) con similares valores de Z-MG (0.62 vs. 0.82), situación que podría ser compatible con una condición de obesidad sarcopénica leve.

Los resultados del BIVA de cuerpo entero concuerdan con los del BIA ya que, en ambos sexos, la mayoría de los vectores de impedancia se situaron a la derecha del eje mayor de las elipses de tolerancia, lo que refleja una depleción de masa celular. Sin embargo mientras que el BIVA de cuerpo entero discriminó los sujetos con fuerza y masa muscular reducida, el análisis de BIVA localizada (pantorrilla) sólo lo hizo en aquellos con masa muscular reducida.

**Conclusiones.** El análisis de BIVA de cuerpo entero detecta situaciones de depleción de masa y fuerza muscular, mientras que el BIVA de pantorrilla discrimina solo sujetos con disminución de la masa muscular. El análisis de BIVA localizada podría ser una alternativa frente a la BIA convencional o a la BIVA de cuerpo entero para valorar la composición corporal en ancianos.

**Palabras claves.** Bioimpedancia convencional (BIA), bioimpedancia vectorial (BIVA), bioimpedancia localizada, composición corporal, masa muscular esquelética, fuerza muscular, dinamometría manual, ancianos.

## ABSTRACT

**Introduction.** During aging there are a number of changes in body composition that, among others, produce a generalized and progressive decrease in muscle mass, strength and function, which increases the risk of sarcopenia. An assessment of nutritional status that includes the study of body composition (CC) using cost-efficient techniques, such as bioelectrical impedance analysis (BIA, BIVA), together with functional tests, would allow the detection of these changes, intervene early and, consequently, improve the quality of life of the elderly.

**Objective.** To evaluate the association between the impedance vectors of whole body and calf and mass and muscular strength in a group of elderly.

**Materials and methods.** A cross-sectional observational study was carried out in a sample of 113 elderly people, mostly institutionalized. Anthropometric parameters (weight, height and body circumference) were collected following the SENPE-SEGG protocol. Body composition was analyzed using conventional bioimpedance (BIA) and vector analysis (BIVA of whole and located body), and muscle strength was determined through manual dynamometry. The results were analyzed using Mann Whitney's U T-Student test, and correlations using the Pearson or Spearman test. To compare the BIVA among the established subgroups, the Mahalanobis distance (dM) was calculated and the  $T^2$  statistic of Hotelling was used. Statistical significance was reached with  $p < 0.05$ .

**Results.** Nutritional cataloging based on BMI showed nutritional normality, although women had a higher BMI than men (28.4 vs. 26.1 kg / m<sup>2</sup>). There was a risk of metabolic complications related to waist circumference (66.7% of males and 94.9% of females) but the calf perimeter showed no risk of disability and depletion of skeletal muscle mass (90.7% and 83.1% men and women, respectively). However, BIA analysis and dynamometry detected a risk of sarcopenia in more than half of the subjects (MME depletion and low prehensile strength values). On the other hand, the analysis of conventional BIA showed that men presented greater depletion of MME than women (Z-IMLG: -0.21 and Z-MME: -0.50 vs. Z-IMLG: 0.49 and Z-MME: 0.11 in males and women, respectively) with similar Z-MG values (0.62 vs. 0.82), a situation that could be compatible with a mild sarcopenic obesity condition.

The results of the whole-body BIVA are consistent with those of the BIA since, in both sexes, most of the impedance vectors were located to the right of the major axis of the tolerance ellipses, reflecting a cell mass depletion. However, while whole-body BIVA discriminated subjects with reduced muscle mass and strength, located BIVA (calf) analysis only did those with reduced muscle mass.

**Conclusions.** Whole-body BIVA analysis detects situations of mass and strength muscle depletion, while calf BIVA discriminates only subjects with decreased muscle mass. The analysis of located BIVA could be an alternative to conventional BIA or whole-body BIVA to assess body composition in the elderly.

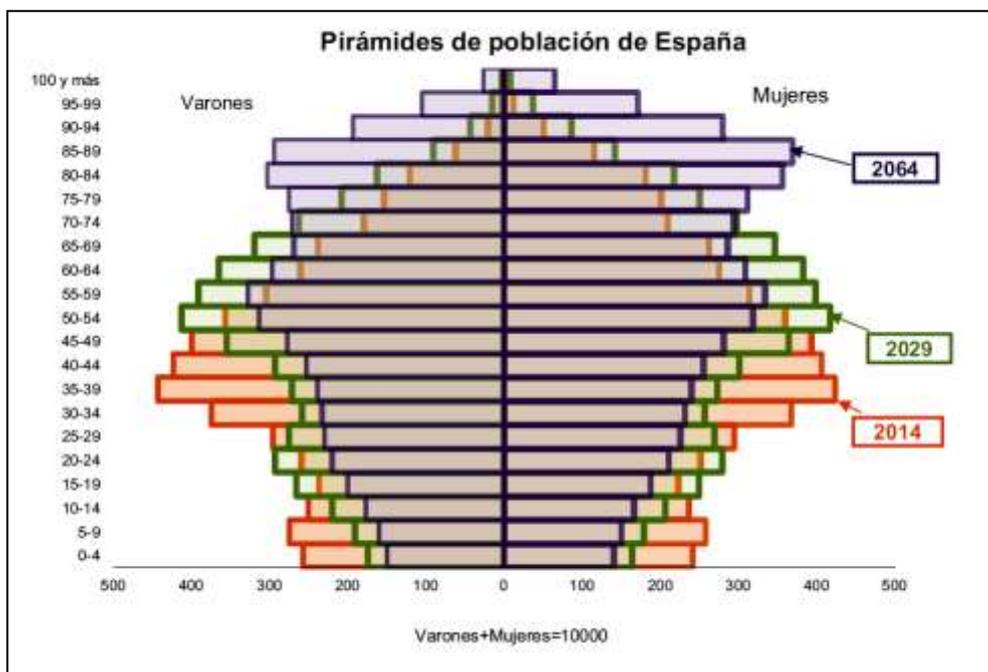
**Keywords.** Conventional bioimpedance (BIA), vector bioimpedance (BIVA), located bioimpedance, body composition, skeletal muscle mass, muscle strength, manual dynamometry, elderly.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Envejecimiento

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el envejecimiento, desde un punto de vista biológico, como la consecuencia de la acumulación de una gran variedad de daños moleculares y celulares a lo largo del tiempo, lo que da lugar a un descenso gradual de las capacidades físicas y mentales y a un incremento de la morbilidad (1). Se trata de un proceso universal, fisiológico y progresivo que implica numerosos factores que interactúan entre ellos, entre los que destacan la carga genética, el medio ambiente, los estilos de vida y los antecedentes patológicos.

En España la población anciana está aumentando. De hecho, el porcentaje de la población mayor de 65 años se sitúa actualmente en torno al 18,7%, y se espera que en el año 2064 alcance el 34,6% (2). La Figura 1 muestra la proyección de la población española entre el año 2014 y el año 2064.



**Figura 1. Proyección de la población española 2014-2064.**

Este envejecimiento se acompaña de un aumento en la esperanza de vida, lo cual, en la mayoría de los casos, incrementa la discapacidad y/o dependencia en el desarrollo de las actividades de la vida diaria (AVD) (3).

Así, en función de la presencia de enfermedades y del grado de dependencia que éstas conllevan, se pueden diferenciar distintos perfiles de ancianos en la práctica clínica (4):

- Anciano sano: persona de edad avanzada con ausencia de enfermedad objetivable. Es independiente para las actividades básicas (ABVD) e instrumentales de la vida diaria (AIVD) y su capacidad funcional está bien conservada.
- Anciano enfermo: anciano sano que presenta una enfermedad aguda que normalmente se resuelve sin problemas en un período breve de tiempo. No padece ninguna otra patología asociada.
- Anciano frágil: anciano que, siendo independiente, tiene alto riesgo de dependencia debido a que padece varias enfermedades de base. Su capacidad funcional para desarrollar las actividades básicas de la vida diaria aparentemente está conservada, aunque puede presentar dificultades en las tareas instrumentales más complejas.
- Paciente geriátrico: paciente de edad avanzada con una o varias enfermedades de base crónicas en el que existe una discapacidad evidente. Es dependiente para las ABVD y para las AIVD, y además suele presentar alteraciones mentales o sociales.

Durante el envejecimiento se producen una serie de cambios biológicos que se presentan con gran variabilidad interindividual, aumentan la vulnerabilidad a la enfermedad y repercuten sobre el estado nutricional, aumentando el riesgo de desnutrición (5,(6),7). La tabla 1 resume los principales cambios biológicos que acontecen en el envejecimiento y su repercusión a nivel nutricional.

La desnutrición es muy prevalente en la población anciana, fundamentalmente en sujetos hospitalizados e institucionalizados, pudiendo alcanzar cifras en torno al 40-60% respectivamente (8). La desnutrición se asocia a diversos fenómenos, como la mala cicatrización de las heridas, la presencia de úlceras de decúbito, la pérdida de la capacidad funcional, el aumento de la fragilidad, y, como consecuencia, la disminución de la calidad de vida.

<b>CAMBIOS BIOLÓGICOS</b>	<b>REPERCUSIÓN NUTRICIONAL</b>
<p>Reducción de la destreza manual</p> <p>Deterioro de la movilidad</p> <p>Sarcopenia</p>	<p>Incapacidad física</p>
<p>Cambios en la regulación fisiológica del apetito</p>	<p>Disminución del apetito (anorexia, hiporexia)</p>
<p>Inadecuada salud bucal: pérdida de piezas dentarias, xerostomía, disfagia</p>	<p>Dificultades de masticación y deglución</p>
<p>Alteraciones sensoriales: atrofia de las papilas gustativas, disminución de la agudeza olfatoria</p>	<p>Disminución del apetito por pérdida del sentido del gusto y del olfato</p>
<p>Gastritis atrófica (aclorhidria)</p> <p>Sobrecrecimiento bacteriano</p>	<p>Alteración en la capacidad de digestión y absorción</p>
<p>Alteraciones morfológicas del aparato digestivo (atrofia)</p> <p>Disminución de la motilidad intestinal</p> <p>Baja ingesta de líquidos</p> <p>Sedentarismo</p> <p>Atrofia progresiva de la mucosa gastrointestinal</p> <p>Involución o reducción del tamaño de diferentes órganos</p>	<p>Saciedad precoz</p> <p>Estreñimiento</p> <p>Intolerancias (lactosa)</p>
<p>Reducción del metabolismo basal</p> <p>Disminución de la sensibilidad a la insulina</p> <p>Alteración en el metabolismo de los carbohidratos</p> <p>Aumento del <i>turnover</i> proteico</p> <p>Alteración del metabolismo fosfocálcico</p> <p>Alteración del metabolismo hidrosalino: disminución de la sensibilidad del centro de la sed y de los osmorreceptores</p>	<p>Disminución de los requerimientos energéticos</p> <p>Intolerancia a la glucosa y mayor incidencia de diabetes</p> <p>Malnutrición proteica</p> <p>Osteopenia y osteoporosis</p> <p>Deshidratación</p>

**Tabla 1: Cambios biológicos en el envejecimiento y su repercusión nutricional.**

Además de estos cambios biológicos existen cambios a nivel psicológico y social que también repercuten sobre el estado nutricional y la calidad de vida de los ancianos, entre los que se encuentran: estados de ánimo negativos, ansiedad, preocupación por la pérdida de un ser querido, depresión, soledad, aislamiento social, etc.

Por todo ello es necesario prevenir y detectar precozmente el riesgo de desnutrición, para mantener la salud y optimizar la calidad de vida de los ancianos, mejorando a su vez su estado nutricional (7).

### 1.1.1. Cambios en la composición corporal asociados al envejecimiento

El análisis de la composición corporal (CC) es una herramienta de valoración del estado nutricional (VEN) que permite conocer las proporciones de los distintos constituyentes del cuerpo humano (masa grasa, masa libre de grasa, masa ósea y agua corporal). La Tabla 2 muestra los cambios producidos en la composición corporal en el envejecimiento.

COMPARTIMENTO CORPORAL	CAMBIOS EN EL ENVEJECIMIENTO
MASA GRASA	Aumenta con la edad. Se redistribuye: ↑ el tejido adiposo visceral y ↓ el tejido adiposo subcutáneo.
MASA LIBRE DE GRASA	Disminuye con la edad. La mayor pérdida se le atribuye a la masa muscular esquelética y a la densidad mineral ósea.
MASA ÓSEA	Disminuye con la edad. ↓ La densidad mineral ósea (riesgo de fragilidad, osteopenia y osteoporosis).
AGUA CORPORAL TOTAL	Disminuye con la edad (10-15%). Fundamentalmente ↓ el compartimento intracelular.

**Tabla 2. Cambios en la composición corporal en el envejecimiento.**

Los cambios producidos en la masa corporal total a lo largo de la vida han sido estudiados por diversos autores. Existe unanimidad en que ésta aumenta con la edad y posteriormente disminuye o permanece estable en la senectud.

La masa grasa (MG) sigue el mismo patrón de crecimiento que la masa corporal. Además, el proceso de envejecimiento lleva consigo cambios importantes en la distribución de la misma, ya que aumenta el tejido adiposo visceral y disminuye el tejido adiposo subcutáneo. Estos cambios pueden variar en función del sexo (6,9).

Paralelamente al aumento de la masa grasa se produce un descenso de la masa libre de grasa (MLG), que incluye músculo, órganos, piel y hueso, atribuyéndose la mayor pérdida a la reducción del músculo esquelético y de la densidad mineral ósea. El descenso de la masa ósea, más acusado en mujeres que en hombres, puede provocar la aparición de fragilidad, osteopenia y, en última instancia, osteoporosis.

Por su parte, la masa muscular también desciende progresivamente, especialmente después de los 60 años, siendo esta pérdida más pronunciada en hombres que en mujeres (10). Este descenso de la masa muscular esquelética, unido al descenso de la fuerza muscular durante el envejecimiento se conoce como sarcopenia (14), de la que se hablará con más detalle en el siguiente apartado.

Por último, en el caso del agua corporal total, ésta disminuye entre un 10 y un 15%, debido principalmente a la pérdida de agua intracelular, asociada con la pérdida de masa celular corporal.

### **1.1.2. Calidad muscular y envejecimiento**

Durante el envejecimiento se producen una serie de cambios biológicos y fisiológicos que afectan a la estructura y la función del músculo, siendo el más importante la disminución de la masa muscular y, como consecuencia, de la fuerza y la función muscular (11,12,13). En 2009 el European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) definió sarcopenia como un síndrome geriátrico caracterizado por una pérdida progresiva y generalizada de masa y fuerza del músculo esquelético, con riesgo de resultados adversos para la salud, como limitaciones funcionales, discapacidad física, dificultad para realizar las actividades básicas de la vida diaria (AVD) mala calidad de vida e incluso la muerte (14).

Para el diagnóstico de sarcopenia es necesario que se cumplan dos de los siguientes criterios:

- Disminución de la masa muscular (criterio obligatorio).
- Disminución de la fuerza muscular o disminución del rendimiento físico.

A partir de estos criterios se pueden establecer diferentes estadios de sarcopenia, tal como se muestra en la Tabla 3:

<b>ESTADÍO</b>	<b>MASA MUSCULAR</b>	<b>FUERZA MUSCULAR</b>	<b>RENDIMIENTO FÍSICO</b>
Presarcopenia	↓		
Sarcopenia	↓	↓	O ↓
Sarcopenia severa	↓	↓	↓

**Tabla 3. Estadios de la sarcopenia.**

En la evaluación de la masa y la fuerza muscular se emplea lo que se conoce como calidad muscular, que determina las propiedades funcionales del músculo, y se define como la ratio fuerza muscular por unidad de masa muscular esquelética apendicular (12,15). Ésta refleja la arquitectura del músculo, su composición en cuanto a tipos de fibras y contenido lipídico, así como también la habilidad de los tejidos conectivos de transmitir la fuerza producida por los tejidos contráctiles (16).

Existen varios factores que pueden influir en la calidad muscular, entre los que destacan los siguientes (15):

- Edad y género: puesto que la fuerza muscular disminuye más rápidamente que la masa muscular, con la edad se reducirá la ratio de la calidad muscular. Estos cambios se explican, en primer lugar, por las modificaciones de la composición de las fibras musculares. Se sabe que las fibras musculares tipo II disminuyen en tamaño y, posiblemente, en porcentaje conforme avanza la edad, lo cual puede conducir a una pérdida de fuerza. En segundo lugar destacan los factores neuronales, ya que con la edad se reduce el número de unidades motrices musculares funcionales (denervación muscular), y las restantes se agrandan y mantienen la masa muscular incluso cuando la fuerza se deteriora. Existen evidencias que sugieren que hay diferencias en la relación fuerza muscular/masa muscular en función del género.

- Actividad física: el entrenamiento de resistencia y de fuerza aumenta la calidad muscular en ambos sexos. Algunos autores sugieren que la actividad física induce la transformación de fibras musculares tipo IIb en IIa. Parece que el entrenamiento de resistencia es más efectivo para aumentar la fuerza muscular que el entrenamiento de fuerza.
- Obesidad: el aumento de grasa intra e intermuscular, unido a la disminución del compartimento muscular que se produce a lo largo del envejecimiento, deteriora la función muscular y disminuye la calidad muscular.
- Fibrosis: se ha demostrado que con la edad se deposita tejido conectivo fibrótico en los músculos (miofibrosis), pudiendo alterar la calidad muscular.

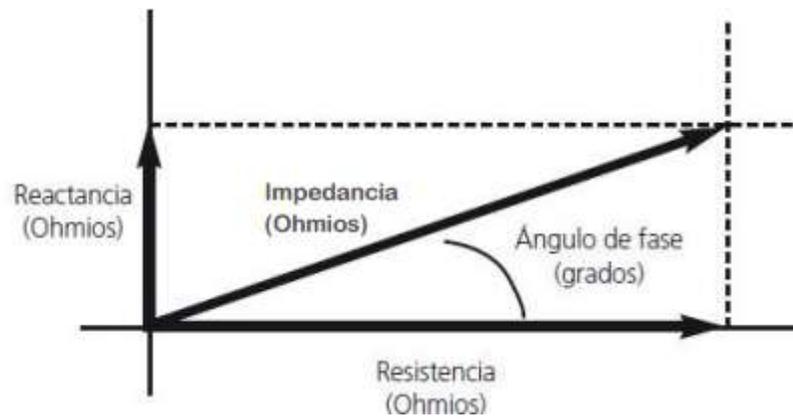
Todas estas variaciones en la calidad muscular pueden explicar por qué la fuerza muscular es un mejor indicador de la capacidad funcional que la masa muscular.

## **1.2. Análisis de composición corporal por impedancia bioeléctrica**

El análisis de bioimpedancia (BIA) permite medir la respuesta eléctrica del cuerpo humano o de sus tejidos al paso de una corriente eléctrica alterna de baja intensidad, muy por debajo de los umbrales de percepción (17).

Se trata de una técnica de análisis de composición corporal indirecta, inocua, no invasiva y coste-eficiente, que presenta menor variabilidad intra e interobservador que la antropometría, y puede realizarse en pacientes encamados sin necesidad de personal especializado. Por todo ello ha sido incorporada a la práctica clínica y a diversos estudios poblacionales durante las últimas décadas.

Al realizar un BIA se registra la impedancia ( $Z$ ), que es la oposición de un conductor al paso de la corriente eléctrica alterna. Ésta se determina a través de la relación vectorial entre la resistencia ( $R$ ), que es la oposición al paso de la corriente eléctrica debido a las soluciones electrolíticas intra y extracelulares del cuerpo, y la reactancia ( $X_c$ ), que es el retraso en el paso de la corriente debido a la acción de las membranas celulares. El arco tangente entre ambas da lugar al ángulo de fase ( $\text{PhA}$ ) (18,19) (Figura 2).



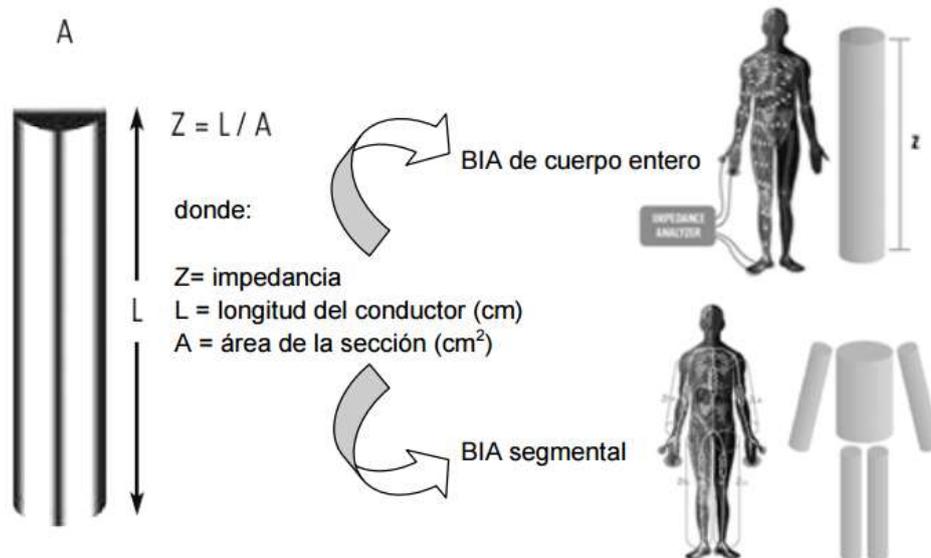
**Figura 2. Vector de impedancia**

Los tejidos con agua y electrolitos, como la masa libre de grasa (MLG), son buenos conductores de la electricidad y, por tanto, tienen baja impedancia. En cambio, son malos conductores o aislantes y, por tanto, presentan alta impedancia, los tejidos secos, como el tejido óseo y el tejido adiposo (20).

Para realizar el análisis de bioimpedancia se introduce una corriente eléctrica a una o varias frecuencias (mono o multifrecuencia), tanto para analizar la composición corporal del cuerpo entero como para algunas regiones corporales, en función de la posición de los electrodos (bioimpedancia segmental o localizada).

Los resultados pueden interpretarse de forma cuantitativa o semicuantitativa, mediante el análisis de bioimpedancia convencional (BIA) o vectorial (BIVA), respectivamente.

El análisis de bioimpedancia convencional (BIA) permite estimar el volumen de los fluidos corporales a partir de los parámetros bioeléctricos registrados en el analizador de bioimpedancia. Se basa en la ley de Ohm, que establece que la oposición al paso de la corriente ofrecida por un conductor cilíndrico homogéneo (en este caso la impedancia del cuerpo entero o de uno de sus segmentos) es directamente proporcional a su longitud (L, o estatura -H- si se analiza el cuerpo entero) e inversamente proporcional a su superficie de sección (A), como se muestra en la (Figura 3).



**Figura 3. Ley de Ohm.**

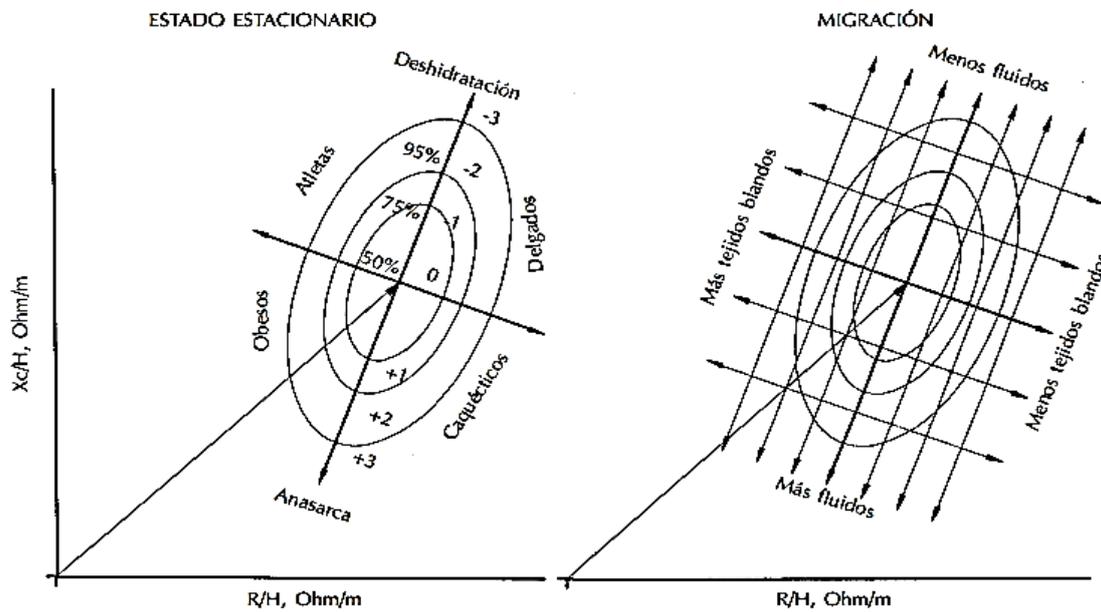
Si se multiplican numerador y denominador por  $L$  se obtiene  $Z = \rho L^2 / AL$ ;  $AL = V \rightarrow V = \rho L^2 / Z$ .

Si se considera el cuerpo humano o sus segmentos (tronco, extremidades superiores e inferiores) como un conductor cilíndrico isotrópico, el BIA permite calcular volúmenes y masas corporales a partir de modelos predictivos, donde  $L^2/Z$  y  $L^2/R$  son la base para predecir el agua corporal total (ACT) y, por extensión, la MLG, asumiendo una hidratación constante. Restando la masa libre de grasa del peso corporal total, se estima la masa grasa (18).

Sin embargo, para garantizar la validez de las estimaciones se requiere que el sujeto se encuentre en una situación de estabilidad metabólica, sin alteraciones hidroelectrolíticas ni cambios bruscos en el contenido hídrico del organismo, y que los modelos predictivos se adecúen a la población estudiada (21). La mayoría de estos modelos predictivos se han desarrollado con la BIA monofrecuencia (50 KHz) y con una configuración tetrapolar de electrodos.

Por su parte, el análisis vectorial de bioimpedancia (BIVA) no estima los volúmenes de los compartimentos corporales, sino que identifica de forma gráfica las variaciones en la cantidad de tejidos blandos y en la hidratación de un sujeto, confrontando su vector de impedancia con la distribución de los vectores de la población sana de referencia.

Ésta modalidad se representa en el gráfico R-Xc, donde R y Xc se normalizan para la altura (Figura 4), a través de las denominadas elipses de tolerancia, que representan los percentiles 50, 75 y 95 de la distribución normal bivariada del vector de impedancia de la población de referencia (22,23,24).



**Figura 4. Análisis vectorial de bioimpedancia, modalidad clásica (BIVA)(17).**

La interpretación de esta modalidad es sencilla: puesto que R es inversamente proporcional al contenido hídrico y Xc es directamente proporcional a la masa celular corporal (MCC) de los tejidos blandos, los desplazamientos en paralelo al eje mayor del vector de impedancia individual, indican cambios en la hidratación de los tejidos, y los desplazamientos en paralelo al eje menor del vector individual de impedancia, indican variaciones en la masa celular corporal en los tejidos blandos (17,25). De esta forma, se catalogará al sujeto en función de su posición en los cuatro cuadrantes.

Existe otra variante del BIVA, el BIVA específica, en la que R y Xc se normalizan por la longitud y por la superficie de sección del conductor, de acuerdo con la ley de Ohm. Ninguna de las dos se ve afectada por variaciones del estado de hidratación, a diferencia del BIA convencional.

Una de las variantes del BIA convencional, el BIA localizada (BIA de una sección corporal o de un grupo muscular), se emplea mucho en jóvenes deportistas para analizar su composición corporal. En cambio, para la población geriátrica no hay demasiada información acerca de sus aplicaciones, por lo que será uno de los objetivos de este trabajo de investigación.

### 1.3. Análisis de la fuerza muscular

La pérdida de masa muscular da lugar a la disminución de la fuerza muscular, que es uno de los cambios biológicos más importantes que se produce con el avance de la edad. Se ha visto que existen diferencias en cuanto a la disminución de la fuerza muscular en función de la edad y del género. De hecho, para edades similares, los hombres tienen mayores niveles de fuerza que las mujeres (26)

La fuerza de prensión de la mano es la máxima fuerza obtenida a partir de la contracción combinada de los músculos manuales extrínsecos e intrínsecos que conducen a la flexión de las articulaciones de la mano (27). Se trata de una exploración rápida y sencilla que evalúa la fuerza muscular prensil de la mano y del antebrazo, y, a su vez, suele estimar con una gran fiabilidad la fuerza muscular global del organismo. Además, se puede utilizar como un factor predictivo relacionado con la salud, la duración de la estancia hospitalaria, las complicaciones postoperatorias, la discapacidad y la mortalidad en personas de mediana edad y edad avanzada (28,29). La incorporación de la fuerza de agarre (test de *handgrip*) en la valoración geriátrica puede ser útil como herramienta de *screening* precoz para relacionar la fuerza prensil, la autonomía funcional y el riesgo de caídas en personas mayores. También se emplea como indicador de fragilidad (30).

El EWSGOP aprueba el empleo de la dinamometría para evaluar la fuerza muscular, y establece los siguientes puntos de corte para detectar riesgo de sarcopenia (14):

- Mujeres: <20 kg de fuerza prensil.
- Varones: <30 kg de fuerza prensil.

En ancianos se ha demostrado que la disminución de la fuerza muscular predispone a limitaciones funcionales (como la velocidad de la marcha) y a discapacidad (12). Esta asociación es significativa, pero no lineal (31). Se ha visto que el entrenamiento de la fuerza en estas personas puede ayudar a mejorar la fuerza de todos los grupos musculares y reducir el riesgo de discapacidad física en sujetos de mediana edad y en personas mayores de ambos sexos (30). Además, parece ser un predictor del deterioro a nivel cognitivo en ancianos (27).

#### **1.4. Justificación**

En las últimas décadas se ha producido un envejecimiento demográfico en las sociedades desarrolladas a causa del aumento de la esperanza de vida. Los ancianos son un grupo vulnerable de padecer alteraciones nutricionales que pueden repercutir negativamente en el desarrollo de ciertas enfermedades y síndromes geriátricos prevalentes en este grupo etario, como la sarcopenia, la osteoporosis, la malnutrición y la fragilidad, entre otros.

Estas patologías pueden causar limitaciones funcionales, discapacidad y dependencia para realizar las actividades de la vida diaria (3), además de producir importantes cambios psico-sociales que interfieren de modo negativo en la salud de los ancianos.

Con una adecuada valoración del estado nutricional, que incluya técnicas de análisis de composición corporal como el BIA, se podrían detectar precozmente estas patologías, contribuyendo con ello a mejorar la calidad de vida y reducir el riesgo de comorbilidad en ancianos. Sin embargo, en esta población no siempre es posible utilizar esta técnica, puesto que muchos sujetos están deshidratados, tienen edemas, prótesis metálicas o marcapasos.

Otro indicador de funcionalidad en población anciana muy empleado en residencias geriátricas es la fuerza muscular, determinada a partir de la fuerza prensil de la mano.

Trabajos previos del Departamento evidenciaron en población joven una asociación entre la fuerza muscular y los parámetros eléctricos del BIA de cuerpo entero y el BIA localizada de la pantorrilla.

Sería interesante conocer si esta relación también se produce en población anciana, dados los cambios en la calidad muscular asociados con el envejecimiento.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar la asociación entre los vectores de impedancia de cuerpo entero y pantorrilla y la masa y la fuerza muscular en un grupo de ancianos.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Analizar la relación entre BIA de cuerpo entero y BIA localizada en un grupo de ancianos.
- Evaluar la asociación entre el vector de impedancia de cuerpo entero y la fuerza muscular en un grupo de ancianos.
- Estudiar la relación entre el vector de impedancia de la pantorrilla y la fuerza muscular en un grupo de ancianos.
- Estudiar la relación entre el vector de impedancia de la pantorrilla y la masa muscular en un grupo de ancianos.

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1. Diseño**

Se ha realizado un estudio observacional transversal.

#### **3.2. Sujetos**

El estudio se llevó a cabo con un grupo de ancianos de la comunidad y otro de ancianos institucionalizados en tres centros asistenciales, dos de Valladolid y uno de Palencia.

Como criterios de inclusión se admitieron aquellos sujetos que estuviesen dispuestos a participar en el estudio. Se excluyeron los sujetos con prótesis o implantes metálicos, aquellos que estuvieran cursando un proceso agudo, los que hubieran perdido más del 5% de su peso en el último mes, los que presentaran un índice de masa corporal mayor de 34 kg/m<sup>2</sup> o menor de 17 kg/m<sup>2</sup> y signos clínicos de deshidratación (signo del pliegue) y/o edemas.

Los participantes fueron debidamente informados sobre el objetivo del estudio y el protocolo de recogida de información. Todos firmaron el consentimiento informado (anexo 1). El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica Área de Salud Valladolid – Este (CEIC-VA-ESTE-HCUV).

Finalmente participaron en el estudio 113 sujetos.

#### **3.3. Metodología**

La recogida de información tuvo lugar entre los meses de febrero y abril del curso académico 2016-2017.

##### **3.3.1. Recogida de datos generales**

Las principales variables descriptivas de la muestra se obtuvieron a partir de las historias clínicas en el caso de los sujetos institucionalizados y mediante un cuestionario de recogida de información diseñado a tal efecto (cumplimentado mediante entrevista) en el caso de los ancianos de la comunidad. Se recogieron aquellos datos con influencia sobre el estado general de salud en los pacientes geriátricos, registrando patologías con influencia sobre el estado nutricional.

### 3.3.2. Antropometría

#### 3.3.2.1. Determinaciones antropométricas

Todas las medidas fueron realizadas por el mismo explorador, en el lado derecho del cuerpo, siguiendo el protocolo establecido por la SENPE y la SEGG en su documento de consenso sobre la valoración nutricional en el anciano (32). Se hicieron dos medidas consecutivas de cada uno de los parámetros, tomando como valor final en cada caso, la media aritmética de los valores obtenidos. Se determinaron las siguientes medidas:

#### **- *Peso corporal (kg)***

En el caso de los ancianos de la comunidad el peso se determinó con una báscula SECA (Hamburgo, Alemania), con una precisión de 100 g. Los ancianos institucionalizados fueron pesados con la báscula disponible en cada centro (material antropométrico estándar validado).

Los sujetos se colocaron de pie, en ropa interior y descalzos, en el centro de la plataforma de la báscula, en posición estándar erecta, con las manos en los laterales del cuerpo, la mirada al frente y de espaldas al registro de medida, de manera que se distribuyese el peso por igual en ambas piernas. La lectura se realizó en el momento en el que el aparato mostraba un valor estable.

#### **- *Talla (cm)***

Se utilizó un tallímetro SECA (Hamburgo, Alemania), con una precisión de 0,1 cm para los ancianos de la comunidad. Igual que en el caso anterior, la talla de los sujetos institucionalizados se determinó con el material disponible en los centros. Los voluntarios se colocaron de pie y descalzos sobre la plataforma del tallímetro, habiendo retirado previamente todos los complementos del pelo, con las piernas juntas y la espalda recta; los talones juntos y los dedos de los pies apuntando ligeramente hacia fuera en un ángulo de 60°. Los talones, glúteos, espalda y región occipital debían contactar con el plano vertical del tallímetro, y la cabeza debía estar colocada según el plano de Frankfort. La plataforma horizontal del tallímetro se deslizó hasta contactar con la cabeza del sujeto, cuando éste realizaba una inspiración profunda, con presión suficiente como para comprimir el cabello.

### **- Distancia talón-rodilla (cm)**

Se determinó en aquellos sujetos que no podían mantener la bipedestación el tiempo suficiente para medir la talla. Para ello el paciente se colocaba en posición de decúbito supino en una camilla o, más frecuentemente, en una silla, en ambos casos manteniendo la rodilla y el tobillo en ángulo de 90°. A partir de esta medida, se estimó la talla por medio de la ecuación de Chumlea et al (33).

$$\text{Varones} = (2,02 \times \text{altura rodilla}) - (0,04 \times \text{Edad}) + 64,19$$

$$\text{Mujeres} = (1,83 \times \text{altura rodilla}) - (0,24 \times \text{Edad}) + 84,88$$

### **- Circunferencias o perímetros corporales (cm)**

Para la medición de las circunferencias corporales se empleó una cinta métrica metálica inextensible. Los sujetos se colocaron en posición antropométrica y la cinta métrica se colocó perpendicular al eje longitudinal del segmento a medir.

#### **- Perímetro de la cintura (abdominal)**

Es el perímetro localizado a la altura del ombligo. Se determinó a nivel de la mayor circunferencia anterior del abdomen.

Se estimó el riesgo cardiovascular a partir del valor del perímetro de la cintura (CCi), utilizando como criterios de referencia los establecidos para población general (34), ya que actualmente no se dispone de parámetros de referencia específicos para población geriátrica.

Varones: Obesidad abdominal si CCi  $\geq$ 94 cm.

Mujeres: Obesidad abdominal si CCi  $\geq$ 80cm.

#### **- Perímetro del brazo**

La medición se realizó en el punto medio entre el acromion y olécranon (línea media acromial-radial).

#### **- Perímetro de la pantorrilla**

Es el perímetro máximo localizado sobre los gemelos, en un plano perpendicular al eje longitudinal de la pierna.

Se utilizó esta variable como estimador indirecto de la masa muscular, ya que diversos estudios evidencian la existencia de una correlación positiva entre ambas variables y se admite que un valor <31 cm se asocia con discapacidad y depleción de la masa muscular esquelética (MME) (14):

Discapacidad y depleción de la MME: CP<31 cm; Sin riesgo: CP≥31 cm.

### 3.3.2.2. Cálculo de índices antropométricos derivados

#### a) **Índice de masa corporal (IMC) (en kg/m<sup>2</sup>)**

Este parámetro se considera de mayor interés epidemiológico como indicador de la adiposidad. Se calculó a partir de la fórmula de Quetelet:

$$\text{IMC (kg/m}^2\text{)} = \text{Peso (kg)} / [(\text{Talla})^2 \text{ (m}^2\text{)}]$$

La catalogación del IMC se realizó siguiendo la clasificación del consenso SEGG-SENPE (32) (Tabla 4).

<b>Catalogación nutricional</b>	<b>IMC</b>
Desnutrición	<18,5 kg/m <sup>2</sup>
Peso insuficiente (riesgo de desnutrición)	18,5-21,9 kg/m <sup>2</sup>
Normalidad	22-26,9 kg/m <sup>2</sup>
Sobrepeso	27-29,9 kg/m <sup>2</sup>
Obesidad	≥30 kg/m <sup>2</sup>

**Tabla 4: Catalogación nutricional en función del valor del IMC.**

### 3.3.3. Análisis de bioimpedancia (BIA)

#### 3.3.3.1. BIA convencional

El BIA de cuerpo entero se realizó con una configuración de electrodos tetrapolar en modo monofrecuencia a 50 kHz, siguiendo el protocolo estándar de Lukaski (35).

El set de electrodos señal (por los que se introduce la corriente) se colocó en la muñeca (en la línea media entre los procesos estiloides) y en el tobillo (en la línea media entre los maléolos) del hemicuerpo derecho.

El segundo set de electrodos (detectores, los que recogen el voltaje) se colocó a 5 cm de los electrodos señal en las líneas metacarpofalángica y metatarsfalángica, respectivamente.

Las determinaciones se realizaron en situación de post-ingesta (al menos 2 horas después de comer). Durante la prueba los voluntarios permanecieron tumbados en posición de decúbito supino sobre una camilla de material no conductor, con los brazos ligeramente separados del cuerpo (formando aproximadamente un ángulo de 30°), con las piernas separadas de forma que los tobillos distaban al menos 20 cm y sin contacto entre los muslos. Todos los sujetos estaban vestidos, a excepción de zapatos y calcetines, y fueron despojados de cualquier objeto metálico.

Para el BIA localizada los electrodos detectores se situaron al nivel de la circunferencia máxima de la pantorrilla y a 10 cm de este punto; los electrodos inyectores se situaron a 5 cm de los anteriores, hacia los extremos de la pantorrilla.

#### 3.3.3.1.1. Cálculo de la composición corporal por bioimpedancia

A partir de los parámetros bioeléctricos se realizó el análisis de composición corporal aplicando modelos de predicción específicos por edad y sexo.

##### **a) Masa libre de grasa**

En este estudio se seleccionó la ecuación de Kyle (36):

$$MLG = (-4,104) + [0,518 (T^2/R)] + (0,231 P) + (0,130 Xc) + (4,229 S)$$

Donde MLG: masa libre de grasa (kg); T: talla (cm); R: resistencia (ohm); P: peso (kg); Xc: reactancia (ohm); S: sexo (1=varón; 0=mujer).

##### **b) Masa grasa**

Se calculó, teniendo en cuenta el modelo bicompartimental, mediante la fórmula:

$$MG = P - MLG$$

Donde MG: masa grasa; MLG: masa libre de grasa (kg); P: peso (kg).

### 3.3.3.1.2. Cálculo de índices de composición corporal y z-scores

Una vez estimada la MG y la MLG se calcularon los índices de masa grasa (IMG) y de masa libre de grasa (IMLG) como se indica a continuación:

$$\text{IMG (kg/m}^2\text{)} = \text{MG (kg)} / \text{Talla}^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\text{IMLG} = \text{MLG (kg)} / \text{Talla}^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

Las variables calculadas de composición corporal se compararon con los datos de referencia (percentiles de los IMG e IMLG de la población caucásica con edad comprendida entre 18 y 98 años) (37) mediante el cálculo de puntuación normalizada Z (*standard deviation score*). La puntuación Z indica la distancia (desviación estándar) de un valor individual con respecto a la media de una población de referencia. Se calcula restando el valor observado en un individuo del valor medio de la población de referencia y dividiendo el resultado por la desviación estándar de dicha población. Se obtiene un valor absoluto que permite su seguimiento objetivo y la comparación a distintas edades y sexos. La mayor ventaja de este sistema radica en que pueden aplicarse procedimientos estadísticos, como la media y la desviación estándar.

### 3.3.3.2. BIA vectorial (BIVA)

El BIVA fue utilizado para realizar el análisis semi-cuantitativo de la composición corporal. Los componentes del vector impedancia (R y Xc) fueron normalizados por la altura (H) de los sujetos valorados (R/H (ohm/m) y Xc/H (ohm/m), respectivamente) y representados en el gráfico R-Xc (eje de abscisas, R/H; eje de ordenadas, Xc/H).

Los vectores de impedancia individuales fueron confrontados con la distribución de los vectores de la población anciana sana de referencia (elipses de tolerancia al 50%, 75% y 95% sexo-específicas de la población anciana sana) (38).

### 3.3.4. Dinamometría

La fuerza muscular se midió mediante dinamometría de la mano. Se trata de una prueba simple y rápida de valoración funcional cuyo principal objetivo es cuantificar el déficit de fuerza de prensión manual isométrica. Este parámetro es un buen factor predictivo de masa muscular.

La medición de la fuerza prensil manual se efectuó siguiendo el protocolo de la *American Society of Hand Therapists* (ASHT), de 2009 (39). Los sujetos adoptaron la siguiente posición:

- Posición sedente o bípeda, cómoda.
- Hombros adducidos al tronco y rotación neutra.
- Codo flexionado a 90°. (Se utilizó una tabla perpendicular a la superficie de apoyo para conseguir dicha posición).
- Antebrazo y muñeca en posición neutra.
- La posición de agarre se ajustó con el dedo corazón en ángulo recto.

La fuerza máxima se determinó mediante 3 intentos con cada mano, comenzando con la mano derecha, y con intervalos de descanso de 1 minuto entre cada intento. Se contabilizó únicamente el máximo de cada extremidad, manteniendo cada contracción entre 2 y 5 segundos.

El Grupo Europeo de Sarcopenia recomienda esta técnica para evaluar la fuerza muscular (FM) (14), y establece los siguientes puntos de corte para detectar riesgo de sarcopenia:

- Mujeres: <20 kg de fuerza prensil.
- Varones: <30 kg de fuerza prensil.

### 3.3.5. Análisis estadístico

Las variables paramétricas se describieron como media (DS), y las variables que no seguían una distribución normal, como mediana (p25-p75). La normalidad de las variables se determinó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilk.

Las diferencias de las variables en función del sexo se analizaron mediante el test de la t de Student para variables paramétricas o la U de Mann-Whitney en el caso de variables no paramétricas.

Las correlaciones entre las variables eléctricas del análisis de BIA de cuerpo entero y el de BIA localizada se evaluaron mediante el test de Pearson (para variables normales) o el test de Spearman (para variables no paramétricas).

Para comparar el BIVA entre los subgrupos establecidos de acuerdo a la catalogación nutricional se calculó la distancia de Mahalanobis (dM) y se utilizó el estadístico T<sup>2</sup> de Hotelling (40).

La significación estadística se alcanzó con  $p < 0,05$ . El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SPSS 19.0 para Windows.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Descripción de la muestra

La muestra estuvo formada por 113 sujetos, 59 (52.2%) mujeres y 54 (47.8%) varones, con una edad media de 79.8 años (rango: 52.3 a 98.0 años). La mayor parte de los sujetos (99, 87.6%) vivían institucionalizados en un centro asistencial geriátrico, mientras que sólo 14 ancianos (12.4%) vivían en la comunidad.

La Tabla 5 muestra las variables antropométricas y la edad de la muestra total y en función del sexo.

<b>Variabes (media, DS)</b>	<b>Muestra total (n=113)</b>	<b>Varones (n=54)</b>	<b>Mujeres (n=59)</b>
Edad (años)	82.2 (72.2-87.3)	78.4 (9.2)	84.8 (72.1-88.6)
Peso (kg)	66.2 (11.4)	68.3 (10.8)	64.2 (11.7)
Talla (m)	1.56 (0.09)	1.62 (0.08)	1.50 (0.06)*
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	27.3 (4.4)	26.1 (3.8)	28.4 (4.6)*
CB (cm)	29.6 (3.7)	29.0 (3.5)	30.2 (3.7)
Cci (cm)	99.1 (11.5)	98.7 (10.4)	99.5 (12.6)
CP (cm)	33.5 (2.9)	33.6 (2.5)	33.5 (3.3)

CB: circunferencia del brazo; Cci: circunferencia de la cintura; CP: circunferencia de la pantorrilla. Las variables se describen como media (DS) o *mediana* (p25-p75). \*p<0.05 varones vs. mujeres.

**Tabla 5: Características antropométricas de la muestra y edad.**

Aunque no se observaron diferencias significativas en el peso de los dos grupos, las mujeres, al tener menor talla, presentaron un índice de masa corporal significativamente mayor que el de los varones que, además, como media, fue catalogado como sobrepeso; mientras que los varones estaban, como media, en normopeso.

La valoración nutricional de la muestra según el índice de masa corporal se muestra en la Tabla 6:

<b>Catalogación del IMC</b>	<b>Muestra total (n=113); n (%)</b>	<b>Varones (n=54) n (%)</b>	<b>Mujeres (n=59) n (%)</b>
Riesgo de malnutrición	11 (9.7)	8 (14.8)	3 (5.1)
Normalidad nutricional	46 (40.7)	23 (42.6)	23 (39.0)
Sobrepeso	25 (22.1)	13 (24.1)	12 (20.3)
Obesidad	31 (27.4)	10 (18.5)	21 (35.6)

IMC: índice de masa corporal. Las variables se expresan como frecuencia absoluta (n) y relativa (%).

**Tabla 6: Valoración nutricional en función del índice de masa corporal.**

Cerca de la mitad de la muestra, tanto varones como mujeres, presentaron algún exceso de peso.

También se catalogaron los sujetos en función del perímetro de la cintura, y se observó, tal como muestra la Tabla 7, que la mayoría de los varones y las mujeres, presentaron riesgo de complicaciones metabólicas:

<b>Riesgo de complicaciones metabólicas</b>	<b>Muestra total (n=113); n (%)</b>	<b>Varones (n=54) n (%)</b>	<b>Mujeres (n=59) n (%)</b>
Sin riesgo	21 (18.6)	18 (33.3)	3 (5.1)
Con riesgo	92 (81.4)	36 (66.7)	56 (94.9)

Las variables se expresan como frecuencia absoluta (n) y relativa (%).

**Tabla 7: Evaluación del riesgo de complicaciones metabólicas de los sujetos en función del perímetro de la cintura.**

Por último, se evaluó el riesgo de discapacidad y depleción de la masa muscular esquelética a partir de la catalogación del perímetro de la pantorrilla, obteniéndose los resultados de la Tabla 8:

<b>Riesgo de discapacidad y depleción de la MME</b>	<b>Muestra total (n=113); n (%)</b>	<b>Varones (n=54) n (%)</b>	<b>Mujeres (n=59) n (%)</b>
Sin riesgo	98 (86.7)	49 (90.7)	49 (83.1)
Con riesgo	15 (13.3)	5 (9.3)	10 (16.9)

Las variables se expresan como frecuencia absoluta (n) y relativa (%).

**Tabla 8: Evaluación del riesgo de discapacidad y depleción de la masa muscular esquelética según el perímetro de la pantorrilla.**

La mayoría de los sujetos presentaron un perímetro de la pantorrilla mayor o igual a 31 cm, por lo que no estaban en riesgo de discapacidad y depleción de la MME, según este parámetro.

#### 4.2. Variables bioeléctricas

La Tabla 9 recoge la descripción de las principales variables bioeléctricas (del análisis de BIA de cuerpo entero y de BIA localizada en la pantorrilla) de la muestra total y de los varones y mujeres.

<b>Variabes (media, DS)</b>		<b>Muestra total (n=113)</b>	<b>Varones (n=54)</b>	<b>Mujeres (n=59)</b>
BIA total	R/H ( $\Omega/m$ )	340.8 (50.7)	316.6 (46.6)	362.9 (44.1)*
	Xc/H ( $\Omega/m$ )	28.5 (5.9)	28.0 (5.7)	29.0 (6.1)
	Ángulo de fase	4.8 (0.85)	5.06 (0.83)	4.56 (0.80)*
BIA pantorrilla	R/H ( $\Omega/m$ )	408.0 (357.0-457.0)	385.9 (62.0)	440.7 (82.8)*
	Xc/H ( $\Omega/m$ )	76.0 (61.0-98.0)	82.1 (23.1)	72.0 (59.0-103.0)
	Ángulo de fase	11.1 (2.9)	11.9 (2.5)	10.4 (3.06)*

BIA: impedancia bioeléctrica; R: resistencia; Xc: reactancia. Las variables se describen como media (DS) o *mediana* (p25-p75). \*p<0.05 varones vs mujeres.

**Tabla 9: Características bioeléctricas de la muestra.**

Se observaron diferencias significativas en las resistencias y en los ángulos de fase, tanto para la BIA de cuerpo entero, como para la BIA localizada entre los dos grupos.

### 4.3. Composición corporal

Los resultados de la composición corporal estimada por bioimpedancia se resumen en la Tabla 10, tanto para la muestra total como en función del sexo.

<b>Variabes (media, DS)</b>	<b>Muestra total (n=113)</b>	<b>Varones (n=54)</b>	<b>Mujeres (n=59)</b>
MLG (%)	65.9 (8.2)	72.1 (5.7)	60.2 (5.7)*
IMLG (kg/m <sup>2</sup> )	17.7 (1.92)	18.7 (1.78)	16.89 (1.6)*
Z-IMLG	0.15 (1.16)	-0.21 (1.20)	0.49 (1.01)
MG (%)	34.1 (8.2)	27.9 (5.7)	39.8 (5.7)*
IMG (kg/m <sup>2</sup> )	9.57 (3.6)	7.47 (2.4)	11.50 (3.4)*
Z-IMG	0.73 (1,19)	0.62 (1.18)	0.82 (1.19)
MME (%)	30.8 (24.4-35.5)	35.9 (4.4)	25.6 (4.2)*
IMME (kg/m <sup>2</sup> )	8,17 (1.43)	9.27 (1.0)	7.16 (0.95)*
Z-IMME	-0.18 (0.90)	-0.50 (0.84)	0.11 (0.85)

MLG: masa libre de grasa; MG: masa grasa; MME: masa muscular esquelética; IMLG: índice de masa libre de grasa; IMG: índice de masa grasa; IMME: índice de masa muscular esquelética; Z-IMLG: puntuación normalizada Z del índice de masa libre de grasa; Z-IMG: puntuación normalizada Z del índice de masa grasa; Z-IMME: puntuación normalizada Z del índice de masa muscular esquelética. Las variables se describen como media (DS) o *mediana (p25-p75)*. \*p<0.05 varones vs. mujeres.

**Tabla 10: Composición corporal.**

La composición corporal de las mujeres fue significativamente diferente de la de los varones: las primeras presentaron mayor porcentaje de grasa corporal y, por tanto, menor porcentaje de masa libre de grasa y de masa muscular esquelética. También fueron diferentes los índices de masa grasa, masa libre de grasa y masa muscular esquelética.

Respecto a la evaluación de la masa muscular esquelética, según los criterios del Grupo Europeo de Sarcopenia, los sujetos se catalogaron como indica la Tabla 11:

Catalogación en función de la MME	Muestra total (n=113) n (%)	Varones (n=54) n (%)	Mujeres (n=59) n (%)
MME normal	36 (31.9)	18 (33.3)	18 (30.5)
Sarcopenia Clase I	60 (53.1)	29 (53.7)	31 (52.5)
Sarcopenia Clase II	17 (15.0)	7 (13.0)	10 (16.9)

MME: masa muscular esquelética. Las variables se expresan como frecuencia absoluta (n) y relativa (%).

**Tabla 11: Catalogación de la muestra en función de la masa muscular esquelética.**

La catalogación de la masa muscular esquelética fue similar en ambos grupos: aproximadamente la mitad de los varones y de las mujeres presentaron sarcopenia moderada; en torno a un 15%, sarcopenia severa, mientras que sólo la tercera parte de los sujetos tenían una MME normal.

#### 4.4. Fuerza prensil manual

La Tabla 12 recoge los resultados de la fuerza prensil en la muestra total y en varones y mujeres.

Variabes	Muestra total (n=113)	Varones (n=54)	Mujeres (n=59)
FPMD (kg)	21 (17-29.25)	28 (21-34)	18.6 (6.2)*
FPMI (kg)	20 (15.75-27.25)	26 (22-32)	18 (13.5-20)*
FP Máxima (kg)	22 (18-30)	29 (23.75-35)	19.3 (6.0)*

MLG: masa libre de grasa; MG: masa grasa; MME: masa muscular esquelética. Las variables se describen como media (DS) o *mediana (p25-p75)*. \*p<0.05 varones vs. mujeres.

**Tabla 12: Fuerza prensil de la mano.**

Como se esperaba, las mujeres mostraron menor fuerza prensil que los varones.

En cuanto al riesgo de sarcopenia valorado mediante la fuerza prensil de la mano, más de la mitad de los sujetos presentaron valores de fuerza prensil menores que los de referencia, por lo que se consideran en riesgo de sarcopenia, tal como se muestra en la Tabla 13.

<b>Riesgo de sarcopenia</b>	<b>Muestra total (n=113) n (%)</b>	<b>Varones (n=54) n (%)</b>	<b>Mujeres (n=59) n (%)</b>
Sin riesgo	50 (44.2)	25 (46.3)	25 (42.4)
Con riesgo	63 (55.8)	29 (53.7)	34 (57.6)

Las variables se expresan como frecuencia absoluta (n) y relativa (%).

**Tabla 13: Evaluación del riesgo de sarcopenia de los ancianos evaluados en función de la fuerza prensil manual.**

#### **4.5. Asociación entre el BIA de cuerpo entero y el BIA localizada de la pantorrilla**

Se analizaron las posibles asociaciones entre las distintas variables bioeléctricas obtenidas con el análisis de BIA de cuerpo entero y las del análisis de BIA localizada en la pantorrilla.

Aunque se obtuvieron coeficientes de correlación significativos para todas las variables bioeléctricas en la muestra total, la mejor asociación se observó con la Resistencia [R= 0.731 (p<0.001)] y sus variables derivadas: coeficiente R de RH: 0.780 (p<0.001); coeficiente R de R<sup>2</sup>H: 0.733 (p<0.001).

Estos mismos resultados fueron observados en los varones:

Coeficiente R de Resistencia:	0.736	p<0.001
Coeficiente R de RH:	0.734	p<0.001
Coeficiente R de R <sup>2</sup> H:	0.642	p<0.001

Y en las mujeres:

Coeficiente R de Resistencia:	0.716	p<0.001
Coeficiente R de RH:	0.728	p<0.001
Coeficiente R de R <sup>2</sup> H:	0.679	p<0.001

#### **4.6. Asociación entre los parámetros del análisis de bioimpedancia y la fuerza prensil de la mano**

Se observaron varias asociaciones significativas entre la fuerza prensil máxima y algunas variables bioeléctricas del análisis de BIA de cuerpo entero (reactancia, ángulo de fase, RH, XcH, ZH, H<sup>2</sup>R y H<sup>2</sup>Z), pero el mayor valor del coeficiente de correlación se obtuvo para el ángulo de fase (R=0.612; p<0.001).

Respecto al análisis de impedancia localizada en la pantorrilla, las asociaciones fueron más débiles que para la BIA total. El mejor coeficiente de correlación se obtuvo también para el ángulo de fase (R=0.513; p<0.001).

Resultados similares se observaron en los varones: el mejor coeficiente de correlación entre la fuerza prensil máxima de la mano y las variables bioeléctricas se encontraron con el ángulo de fase, tanto para la BIA total (R=0.536; p<0.001), como para la BIA localizada (R=0.601; p<0.001).

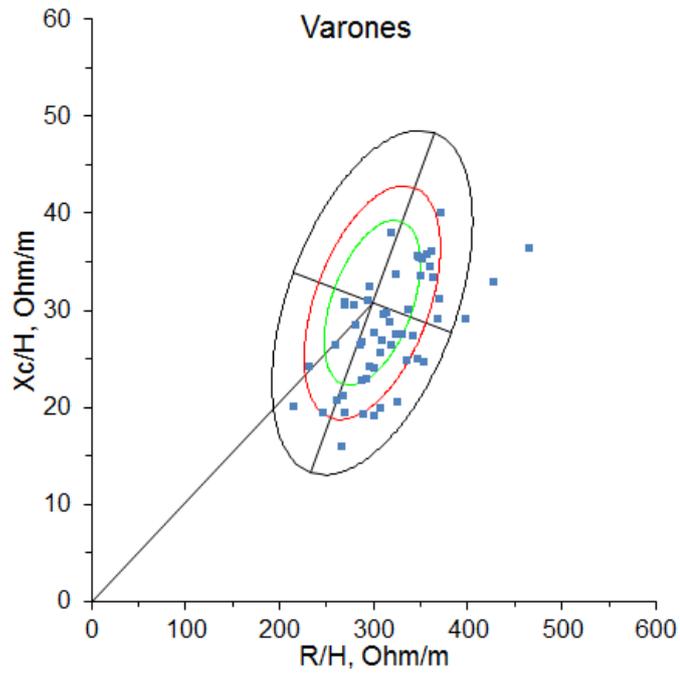
Sin embargo, en las mujeres, aunque la fuerza prensil máxima de la mano también se asocia significativamente con el ángulo de fase de la BIA total (R=0.522; p<0.001), no se encontró ninguna relación significativa con las variables bioeléctricas de la BIA localizada.

#### **4.7. Análisis vectorial de bioimpedancia (BIVA)**

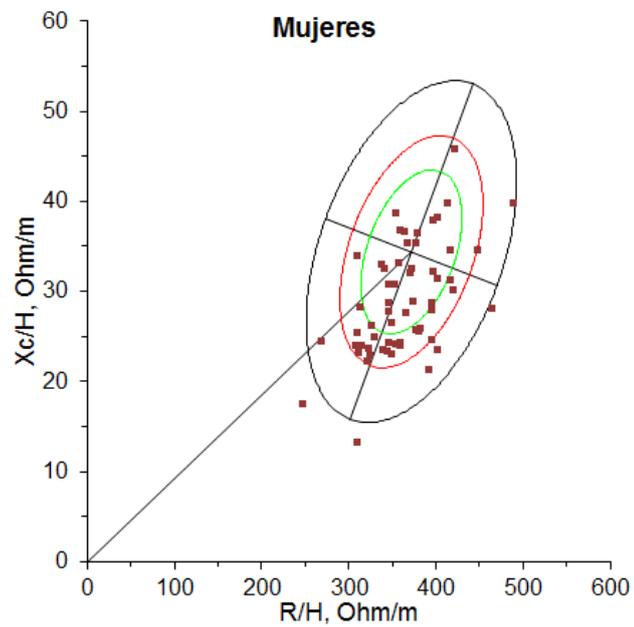
##### **4.7.1. Análisis vectorial de bioimpedancia en hombres y mujeres.**

Las Figuras 5 y 6 muestran, respectivamente, la distribución de los vectores de impedancia de los varones y mujeres evaluados.

En el grupo de las mujeres, se observaron 7 (11.9%) vectores fuera de la normalidad (> percentil 75), mientras que en los hombres hubo 13 (24.1%). Además, cabe destacar que en ambos grupos la mayoría de los vectores de impedancia se situaron a la derecha del eje mayor de las elipses de tolerancia, lo que indica depleción de la masa celular. Esto fue más llamativo en los varones.



**Figura 5: Elipses de tolerancia con los vectores de impedancia de los varones participantes en el estudio.**

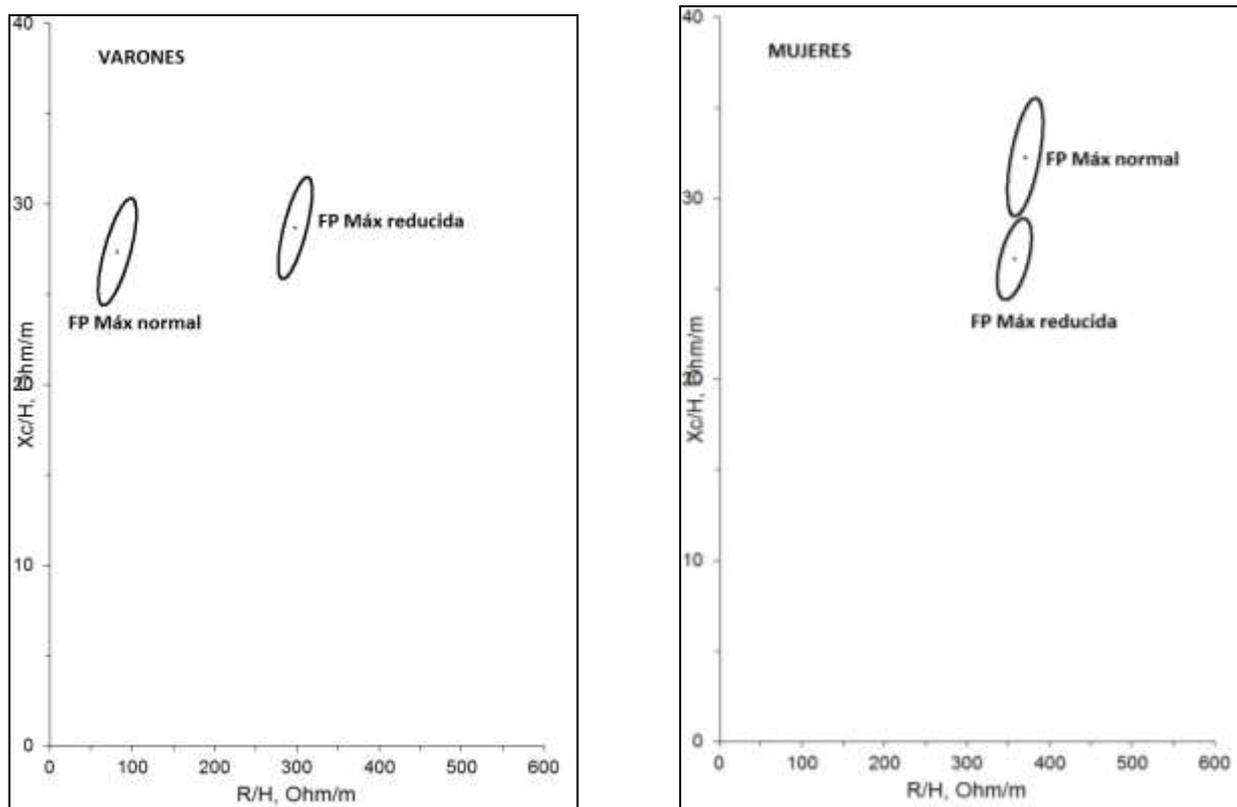


**Figura 6: Elipses de tolerancia con los vectores de impedancia de las mujeres participantes en el estudio.**

#### 4.8. Asociación entre los vectores de impedancia de cuerpo entero y pantorrilla y la fuerza muscular

##### Elipses de confianza de cuerpo entero en función de la catalogación de la fuerza prensil máxima

La Figura 7 muestra la representación gráfica del vector medio de impedancia en varones (izquierda) y mujeres (derecha) en función de la catalogación de la fuerza prensil máxima.

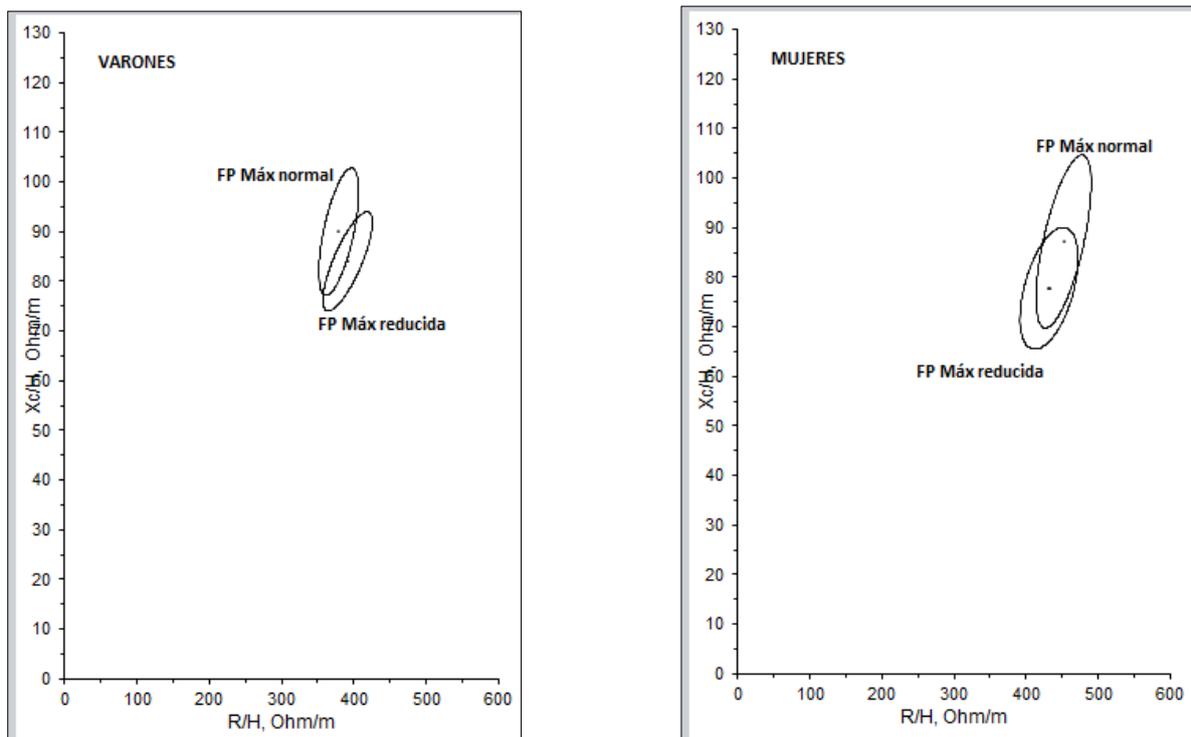


**Figura 7: Elipses de confianza de varones y mujeres en función de la catalogación de la fuerza prensil máxima.**

Se observaron diferencias significativas en el vector medio de impedancia en ambos grupos en función de la fuerza prensil ( $p < 0.001$  en los dos casos). El ángulo de fase fue inferior en los sujetos con fuerza prensil reducida.

### Elipses de confianza de la pantorrilla en función de la catalogación de la fuerza prensil máxima

No se observaron diferencias significativas en los vectores medios de impedancia de la pantorrilla en hombres y mujeres (Figura 8, izquierda y derecha, respectivamente) en función de la fuerza prensil.

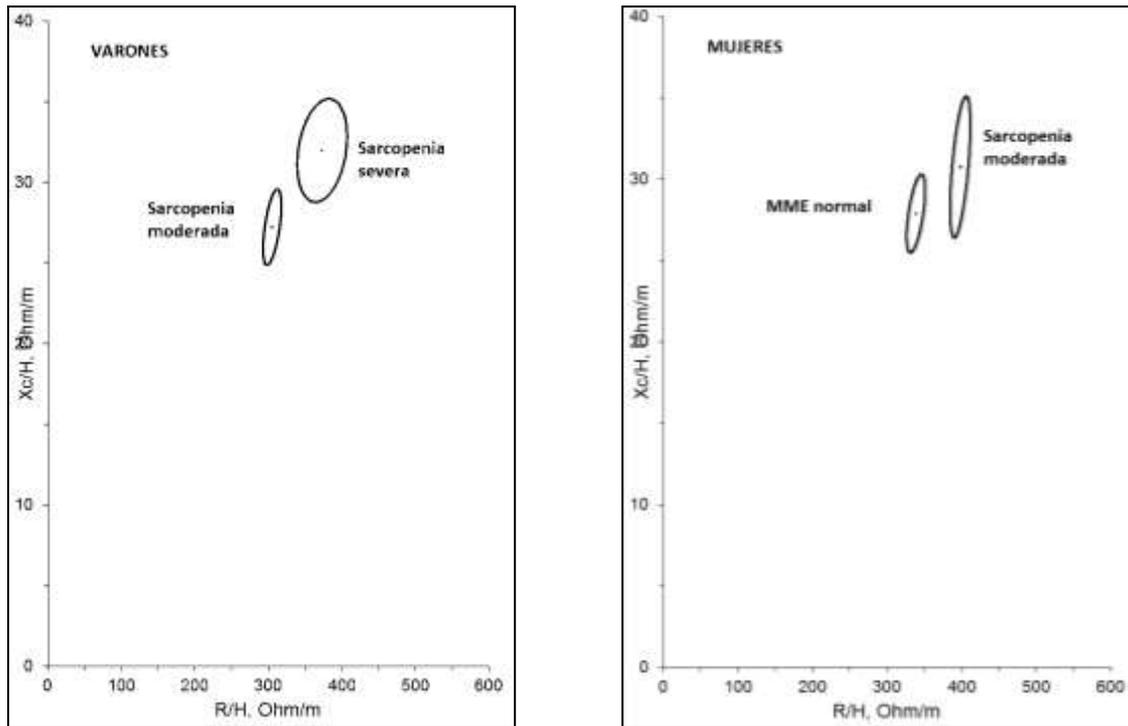


**Figura 8: Elipses de confianza de la pantorrilla de varones y mujeres en función de la catalogación de la fuerza prensil máxima.**

#### **4.9. Asociación entre los vectores de impedancia de cuerpo entero y pantorrilla y la masa muscular esquelética**

### Elipses de confianza de cuerpo entero en función de la catalogación del índice de masa muscular esquelética

El análisis vectorial de BIA de cuerpo entero en función del índice de masa muscular esquelética se expone en la Figura 9:

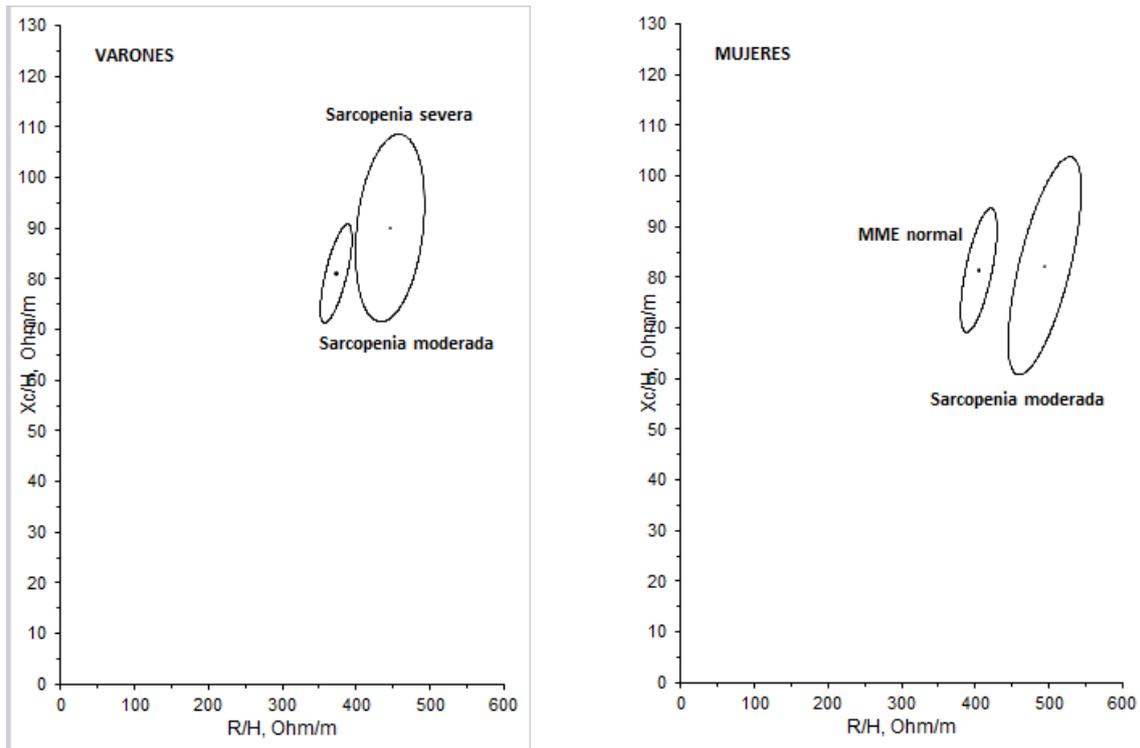


**Figura 9: Elipses de confianza de varones y mujeres en función de la catalogación de la masa muscular esquelética.**

Igual que en el caso de la fuerza prensil, en ambos grupos se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.0001$ ) en los vectores de impedancia de cuerpo entero. En este caso también se observó menor ángulo de fase en los sujetos con mayor depleción de MME, tanto en varones, como en mujeres. La reactancia también fue menor en estos sujetos.

Elipses de confianza de la pantorrilla en función de la catalogación del índice de masa muscular esquelética

Los vectores de impedancia de la pantorrilla respecto a la catalogación del índice de MME se comportan de manera similar a los de cuerpo entero, tal como refleja la Figura 10. En este caso las diferencias fueron estadísticamente significativas con un nivel de  $p < 0.001$ .



**Figura 10: Elipses de confianza de la pantorrilla de varones y mujeres en función de la catalogación de la masa muscular esquelética.**

## 5. DISCUSIÓN

En este trabajo se ha evaluado la asociación entre los vectores de impedancia de cuerpo entero y de la pantorrilla y la fuerza muscular en un grupo de ancianos, en su mayoría institucionalizados en centros asistenciales de Valladolid y Palencia. En el estudio participaron voluntariamente 113 personas con una media de edad de 79,8 años. La distribución por sexos fue similar (54 varones (47.8%) y 59 mujeres (52.2%)), a diferencia de lo publicado en otros trabajos realizados en instituciones geriátricas, en los que se ha evidenciado una mayor presencia de mujeres, probablemente debido a su mayor esperanza de vida (2).

### 5.1. Catalogación nutricional en base a parámetros antropométricos

En función del género se encontraron diferencias significativas en la talla y el IMC; el resto de parámetros antropométricos fue similar en ambos grupos. A pesar de que no hubo diferencias significativas en el peso en función del sexo, debido a la menor estatura de las mujeres, éstas presentaron valores de IMC significativamente superiores a los de los varones. El IMC permitió catalogar a las mujeres en el rango del sobrepeso (IMC medio de 28.4 kg/m<sup>2</sup>) y a los varones en normopeso (IMC medio de 26.1 kg/m<sup>2</sup>). Estos resultados son similares a los mostrados en otros estudios realizados en pacientes geriátricos institucionalizados. Igual que en el presente estudio, Camina et al. (23) observaron mayor prevalencia de obesidad en ancianas institucionalizadas y Slee et al. (32) obtuvieron valores promedio de IMC superiores en mujeres que en varones. Por otra parte, de acuerdo al IMC, casi la mitad de la muestra, tanto varones como mujeres, presentaron exceso de peso. Aunque el IMC es un parámetro antropométrico que se correlaciona con la grasa corporal, en ancianos puede subestimar el grado de adiposidad, dados los cambios en la composición corporal asociados con la edad, o sobreestimarlos, por la pérdida de estatura producida por compresión vertebral. Por otra parte, este parámetro tampoco tiene en cuenta la distribución de la grasa corporal (33,34).

A diferencia del IMC, la circunferencia de la cintura en ancianos presenta mejor correlación con la grasa corporal total y la grasa intra-abdominal, y se utiliza como predictor de efectos adversos, principalmente complicaciones cardiometabólicas (35). La mayoría de los ancianos de la muestra (81.4%) presentó valores de la circunferencia de la cintura que indicaron obesidad abdominal ( $\geq 94$  cm en hombres y  $\geq 80$  cm en mujeres) y, en consecuencia, riesgo cardiometabólico.

Hay estudios que muestran que las mujeres presentan, conforme envejecen, valores de la circunferencia de la cintura mayores que los de los varones de su misma raza y edad (36). Este hecho se confirma en el presente trabajo. Sin embargo, es posible que el riesgo pueda estar sobreestimado, ya que en la catalogación de este parámetro se utilizan los puntos de corte establecidos para población adulta, puesto que no se dispone de estándares específicos para ancianos.

Otro indicador antropométrico evaluado ha sido el perímetro de la pantorrilla, el cual estima de forma indirecta la masa muscular esquelética, y es importante para valorar el riesgo de desnutrición en ancianos. La mayoría de los sujetos, tanto varones como mujeres, mostraron un perímetro de la pantorrilla superior a 31 cm, por lo que, según este parámetro, no presentaron riesgo de discapacidad ni depleción de MME. No siempre ocurre esto, pues en muchos casos el perímetro de la pantorrilla es menor de 31 cm y existen diferencias significativas en función del sexo (37).

Considerando conjuntamente los parámetros antropométricos, casi la mitad de la muestra presentó exceso de peso y en más del 80% de los casos un aumento de grasa abdominal, aunque, aparentemente y, de acuerdo al perímetro de la pantorrilla, no se evidenció riesgo de depleción de MME. Estos datos, teniendo en cuenta las limitaciones de los parámetros antropométricos en la valoración nutricional del paciente geriátrico, confirman la necesidad de realizar un análisis completo de la composición corporal en estos sujetos.

## **5.2. Estudio de la composición corporal mediante el análisis de bioimpedancia convencional (BIA)**

Coincidiendo con lo documentado en otros trabajos (9), mediante el análisis de bioimpedancia convencional (BIA), en este estudio se han encontrado diferencias significativas en los compartimentos corporales en función del sexo. Hay datos que corroboran que durante el envejecimiento, aunque el peso corporal se mantenga estable o disminuya, se produce un incremento de la adiposidad, fundamentalmente en mujeres, asociado a una disminución de la masa libre de grasa. Estos cambios pueden tener efectos sobre la morbilidad y el riesgo de mortalidad (36).

En el presente trabajo las mujeres presentaron mayor porcentaje de masa grasa y menor porcentaje de masa libre de grasa y masa muscular esquelética que los hombres.

Las diferencias también fueron significativas en los correspondientes índices de masa grasa, masa libre de grasa y masa muscular esquelética; en cambio, no lo fueron en las puntuaciones normalizadas (Z-score). A pesar de ello, teniendo en cuenta la Z-score, se ha observado que los varones de la muestra presentaron mayor depleción de la masa muscular que las mujeres (Z-IMLG: -0.21 y Z-MME: -0.50 vs. Z-IMLG: 0.49 y Z-MME: 0.11 en varones y mujeres, respectivamente) con similares valores de Z-MG (0.62 vs. 0.82), cuando se comparan con la población de referencia. Esta situación podría ser compatible con una condición de obesidad sarcopénica leve en los varones.

Según los criterios del Grupo Europeo de Sarcopenia (14), en esta muestra aproximadamente la mitad de los varones y de las mujeres presentaron sarcopenia moderada; en torno al 15%, sarcopenia severa; y sólo la tercera parte de los sujetos tenía una MME normal. Se ha documentado que el músculo esquelético comienza a disminuir a partir de los 45 años de edad, aproximadamente. Como consecuencia de la disminución de la masa muscular se produce una disminución de la fuerza que, en casos severos, puede dar lugar a discapacidad física y deterioro funcional. Por otra parte, especialmente en las mujeres, el aumento del riesgo de discapacidad física y deterioro funcional puede deberse también al aumento de masa grasa, a pesar de que su masa muscular esquelética esté conservada (47).

Otro parámetro que se utiliza para evaluar el deterioro funcional es la fuerza prensil. La disminución de la misma predispone a limitaciones funcionales y discapacidad (29), y en muchos casos se acompaña de pérdida de movilidad articular o disminución de la velocidad de los movimientos, lo que también se relaciona directamente con la pérdida de masa muscular esquelética (30).

En el presente trabajo la dinamometría ha mostrado diferencias significativas en la fuerza prensil manual en función del sexo. Los valores alcanzados fueron mayores en los varones (29 vs. 19.3 kg en varones y mujeres, respectivamente) y discretamente superiores en la mano derecha, probablemente por ser la mano dominante en casi todos los sujetos. Los resultados concuerdan con otras investigaciones que muestran que la fuerza prensil disminuye con la edad y difiere entre hombres y mujeres, y entre los dos hemicuerpos (30,48).

Como en el caso de la MME, utilizando los criterios del Grupo Europeo de Sarcopenia (14), el valor de la fuerza prensil manual permite detectar el riesgo de sarcopenia. De acuerdo a los datos recogidos, más de la mitad de los sujetos (55.8%), presentaron riesgo, pero no se observaron diferencias significativas en función del sexo.

Por otra parte, se sabe que la disminución de la masa muscular se acompaña de una disminución de la fuerza muscular, lo que repercute negativamente en la funcionalidad física y en la salud en general (12). Hay estudios que sugieren que los hombres pueden tener mayor riesgo de pérdida de MLG y, por tanto, de masa muscular, que las mujeres (13). También se sabe que la fuerza muscular disminuye más rápidamente que la masa muscular. Este desajuste entre la masa y la fuerza muscular sugiere un deterioro progresivo de la calidad muscular, hecho que hace que, probablemente, el músculo se adapte peor al ambiente con la edad (16).

### **5.3. Estudio de la composición corporal mediante el análisis vectorial de bioimpedancia (BIVA)**

El análisis de bioimpedancia vectorial (BIVA) es útil en personas mayores, ya que permite identificar sujetos con hiperhidratación o deshidratación, obesos, delgados o caquéticos, al representarlos en las elipses de tolerancia específicas para esta población. A diferencia del análisis de bioimpedancia convencional (BIA), en el BIVA no se utilizan modelos predictivos para transformar los datos eléctricos en variables de composición corporal, ni es necesario que los sujetos se encuentren en situación de estabilidad metabólica, sin cambios bruscos en el contenido hídrico e hidroelectrolítico (21). La aplicación de la modalidad vectorial no requiere estas premisas, por lo que los resultados del análisis no dependen de las limitaciones normalmente asociadas al análisis de bioimpedancia convencional, y las medidas reflejan directamente los cambios en la resistencia y en la reactancia asociados a los cambios en la composición de los compartimentos corporales (hidratación y masa celular).

En el presente estudio cabe destacar que en el BIVA de cuerpo entero, tanto en varones como en mujeres, la mayoría de los vectores de impedancia se situaron a la derecha del eje mayor de las elipses de tolerancia, lo que indica una tendencia a la depleción de la masa celular, más llamativa en los varones. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por BIA convencional. Sólo se observaron 7 (11.9%) vectores fuera de la normalidad (>percentil 75) entre las mujeres y 13 (24.1%) en los hombres, lo que sugiere, además, riesgo de desnutrición. Varios estudios muestran que, conforme avanza la edad, se produce una depleción de la masa celular, algo que se ve reflejado en la migración hacia la derecha del eje mayor del gráfico R-Xc de los vectores de impedancia individuales en ambos sexos. Aun así, dichos estudios sostienen que la disminución de la masa muscular esquelética es más acentuada en varones que en mujeres (23,40,41), lo que también se observa en el presente trabajo.

En cuanto a la asociación de los vectores de impedancia de cuerpo entero y de la pantorrilla y la fuerza muscular, las elipses de confianza de cuerpo entero diferencian los sujetos con fuerza muscular reducida, frente a los que tienen una fuerza normal, lo que no se observa con el análisis de BIVA localizada.

Sin embargo, el análisis de BIVA localizada sí que discrimina los sujetos con MME reducida, igual que el BIVA de cuerpo entero. Ello sugiere que el análisis de BIVA localizada podría ser un método adecuado en aquellos ancianos en los que no es posible evaluar su masa muscular esquelética mediante BIA convencional o mediante BIVA de cuerpo entero, como sucede, por ejemplo, en ancianos deshidratados, personas que tengan algún miembro amputado, edemas, prótesis metálicas bilaterales o marcapasos.

Todos estos cambios en la composición corporal de los ancianos comprometen su estado nutricional y ponen en riesgo su independencia funcional, por lo que su detección precoz es muy importante. Resulta evidente la necesidad de incluir de forma rutinaria el análisis de la composición corporal por impedancia bioeléctrica en sus diversas modalidades en la VEN. Con ello se conseguirá detectar precozmente situaciones de sarcopenia, obesidad u obesidad sarcopénica, muy prevalentes en ancianos con estas características, para mejorar su calidad de vida y su salud. Aunque es cierto que los cambios son multifactoriales y se producen en muchos casos de forma natural, el estilo de vida, que engloba el binomio alimentación y actividad física, es fundamental para optimizar estos aspectos y mantener una composición corporal más adecuada.

A pesar de los resultados obtenidos, debido a la escasez de estudios que relacionen el análisis de BIVA localizada con la fuerza y la masa muscular en ancianos, sería conveniente seguir investigando en el campo de la Geriátrica para poder completar los hallazgos de este estudio. El empleo del BIVA para determinar variaciones de la masa celular y de la hidratación es la alternativa más ampliamente aceptada frente al BIA convencional, pues este último puede conducir a errores predictivos sustanciales, sobre todo en ancianos, debido a los cambios en su composición corporal.

## 6. CONCLUSIONES

1. El análisis de BIA evidenció diferencias significativas en la composición corporal en función del sexo en la muestra estudiada. Las mujeres presentaron un mayor porcentaje de grasa y un menor porcentaje de masa libre de grasa y de masa muscular esquelética que los varones.
2. Los cambios en la composición corporal de los varones (mayor depleción de la masa muscular esquelética (Z-MME) con similares valores de masa grasa (Z-MG) que las mujeres) podrían ser compatibles con una condición de obesidad sarcopénica leve.
3. El análisis vectorial de bioimpedancia (BIVA) mostró una depleción de masa celular más llamativa en los varones que en las mujeres.
4. El BIVA de cuerpo entero discrimina los sujetos con fuerza y masa muscular reducida, mientras que el análisis de BIVA localizada (pantorrilla) sólo lo hace en aquellos con masa muscular reducida.
5. El análisis de BIVA localizada podría ser un método adecuado para valorar la composición corporal en aquellos sujetos ancianos en los que no es posible hacerlo mediante BIA convencional o mediante BIVA de cuerpo entero.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. WHO. Envejecimiento y salud [sede web]. 2017. [citado 17 may 2017]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs404/es/>.
2. Instituto Nacional de Estadística. Proyección de la Población de España 2014-2064 [sede web]. 2014 [citado 17 may 2017]. Disponible en: <http://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=1418&L=0>
3. Rubio Aranda E, Lázaro Alquézar A, Martínez Terrer T, Magallón Botaya R. Enfermedades crónicas y deterioro funcional para las actividades de la vida diaria en población mayor no institucionalizada. *Rev Esp Geriatr Gerontol*. 2009;44(5):244–50.
4. Sociedad Española de Geriatria y Gerontología (SEGG). Tratado de geriatría para residentes. Madrid: Sociedad Española de Geriatria y Gerontología. 2006. pp:28-29.
5. Genua Goena M. Nutrición y valoración del estado nutricional en el anciano. *Matia Fundazioa*. 2001;1(1):1–21.
6. Zenón TG, Antonio J, Silva V. Malnutrición en el anciano. Parte I: desnutrición, el viejo enemigo. *Med Interna México*. 2012;28(1)..
7. Gómez Candela C, Reuss Fernández JM. Manual de recomendaciones nutricionales en pacientes geriátricos. Madrid: Editores Médicos; 2004. pp:21-22.
8. García Peris P. Prevalencia y factores asociados a malnutrición en ancianos hospitalizados. *An Med Interna*. 2004;21(6):5–6.
9. Gómez-Cabello A, Vicente Rodríguez G, Vila-Maldonado S, Casajús JA, Ara I. Envejecimiento y composición corporal: la obesidad sarcopénica en España. *Nutr Hosp*. 2012;27(1):22–30.
10. Visser M, Pahor M, Tylavsky F, Kritchevsky SB, Cauley JA, Newman AB, et al. One- and two-year change in body composition as measured by DXA in a population-based cohort of older men and women. *J Appl Physiol*. 2003;94(6):2368–74.
11. Vianna LC, Oliveira RB, Araújo CGS. Age-Related Decline in Handgrip Strength Differs According to Gender. *J Strength Cond Res*. 2007;21(4):1310.
12. Hairi NN, Cumming RG, Naganathan V, Handelsman DJ, Le Couteur DG, Creasey H, et al. Loss of Muscle Strength, Mass (Sarcopenia), and Quality (Specific Force) and Its Relationship with Functional Limitation and Physical Disability: The Concord Health and Ageing in Men Project. *J Am Geriatr Soc*. 2010;58(11):2055–62.

13. Ribeiro SML, Kehayias JJ. Sarcopenia and the Analysis of Body Composition. *Adv Nutr An Int Rev J.* 2014;5(3):260–7.
14. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in older people. *Age Ageing.* 2010;39(4):412–23.
15. Barbat-Artigas S, Rolland Y, Zamboni M, Aubertin-Leheudre M. How to assess functional status: A new muscle quality index. *J Nutr Health Aging.* 2012;16(1):67–77.
16. Barbat-Artigas S, Rolland Y, Vellas B, Aubertin-Leheudre M. Muscle Quantity Is Not Synonymous With Muscle Quality. *J Am Med Dir Assoc.* 2013;14(11):852.
17. Piccoli A, Nescolarde LD, Rosell J. Análisis convencional y vectorial de bioimpedancia en la práctica clínica. *Nefrología.* 2002;23(3):228–36.
18. Espinosa Cuevas M de los Á, Rivas-Rodríguez L, González-Medina EC, Atilano-Carsi X, Miranda-Alatrliste P, Correa-Rotter R. Vectores de impedancia bioeléctrica para la composición corporal en población mexicana. *Rev Invest Clin.* 2007;59(1):15–24.
19. Sánchez-Iglesias A, Fernández Lucas M, Teruel J. Fundamentos eléctricos de la bioimpedancia. *Nefrología.* 2012;32(2):133–5.
20. Piccoli A, Pillon L, Dumler F, Al. E, Contaldo F. Impedance vector distribution by sex, race, body mass index, and age in the United States: standard reference intervals as bivariate Z scores. *Nutrition.* 2002;18(2):153–67.
21. Camina-Martín MA. Aplicaciones del análisis de bioimpedancia en la valoración del estado nutricional en ancianos institucionalizados con demencia. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid. 2014.
22. Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Bucciante G, Spiegel DM, Schneider H, et al. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: The RXc graph. *Kidney Int.* 1994;46(2):534–9.
23. Camina Martí M, de Mateo Silleras B, Nescolarde Selva L, Barrera Ortega S, Domínguez Rodríguez L, Redondo del Río M. Bioimpedance vector analysis and conventional bioimpedance to assess body composition in elderly adults with dementia. *Nutrition.* 2015;31(1):155–9.
24. Buffa R, Saragat B, Cabras S, Rinaldi AC, Marini E. Accuracy of Specific BIVA for the Assessment of Body Composition in the United States Population. *PLoS One.* 2013;8(3).

25. Savegnago Mialich M, Faccioli Sicchieri JM, Jordao Junior AA. Analysis of Body Composition: A Critical Review of the Use of Bioelectrical Impedance Analysis. *Int J Clin Nutr.* 2014;2(1):1–10.
26. Vianna LC, Oliveira RB, Araújo CGS. Age-Related Decline in Handgrip Strength Differs According to Gender. *J Strength Cond Res.* 2007;21(4):1310–4.
27. Sallinen J, Stenholm S, Rantanen T, Heliövaara M, Sainio P, Koskinen S. Handgrip strength cut points to screen older persons at risk for mobility limitation. *J Am Geriatr Soc.* 2010;58(9):1721–6.
28. Rantanen T, Volpato S, Ferrucci L, Heikkinen E, Fried LP, Guralnik JM. Handgrip strength and cause-specific and total mortality in older disabled women: exploring the mechanism. *J Am Geriatr Soc.* 2003;51(5):636–41.
29. Bohannon RW. Hand-grip dynamometry predicts future outcomes in aging adults. *J Geriatr Phys Ther.* 2008;31(1):3–10.
30. García DA, Antonio Piñera J, García A, Bueno Capote C. Estudio de la fuerza de agarre en adultos mayores del municipio Plaza de la Revolución. *Rev Cub Med Dep Cul Fís.* 2013;8(1).
31. Rantanen T, Guralnik JM, Foley D, Masaki K, Leveille S, Curb JD, et al. Midlife hand grip strength s a predictor of old age disability. *JAMA.* 1999;281(6):558–60.
32. Wanden-Berghe C. Valoración antropométrica. In: Valoración nutricional en el anciano Recomendaciones prácticas de los expertos en geriatría y nutrición (SENPE y SEGG). Madrid: Galénitas-Nigra Trea; 2007. p. 77–96.
33. Chumlea WC, Roche AF, Steinbaugh ML. Estimating stature from knee height for persons 60 to 90 years of age. *J Am Geriatr Soc.* 1985;33(2):116–20.
34. Alberti KGM, Zimmet P, Shaw J. The metabolic syndrome—a new worldwide definition. *Lancet.* 2005. 366:1059–62.
35. Lukaski H. Assessment of body composition using tetrapolar impedance analisis. In: Whitehead R, Prentice A, editors. *New techniques in nutritional research.* San Diego: Academic Press; 1991. pp. 303–15.
36. Kyle UG, Genton L, Karsegard L, Slosman DO, Pichard C. Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20--94 years. *Nutrition.* 2001;17(3):248–53.
37. Schutz Y, Kyle U, Pichard C. Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18-98 y. *Int J Obes.* 2002;26:953–60.
38. Piccoli A, Nigrelli S, Caberlotto A, Bottazzo S, Rossi B, Pillon L, et al. Bivariate normal values of the bioelectrical impedance vector in adult and elderly populations. *Am J Clin Nutr.* 1995;61(2):269–70.

39. Mathiowetz V, Weber K, Volland G, Kashman N. Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *J Hand Surg Am.* 1984;9(2):222–6.
40. Hotelling H. The generalization of Student's ratio. *Ann Math Stat.* 1931;2:360–78.
41. Slee A, Birch D, Stokoe D. Bioelectrical impedance vector analysis, phase-angle assessment and relationship with malnutrition risk in a cohort of frail older hospital patients in the United Kingdom. *Nutrition.* 2015;31(1):132–7.
42. García Zenón T, Villalobos Silva J. Malnutrición en el anciano. Parte II: obesidad, la nueva pandemia. *Med Interna México.* 2012;28(2):154–61.
43. Rubio M., Salas-Salvado J, Barbany M, Moreno B, Aranceta J, Bellido D, et al. Consenso SEEDO 2007 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Rev Española Obes.* 2007;7–48.
44. Pérez León S, Díaz Perera Fernández G. Circunferencia de la cintura en adultos, indicador de riesgo de aterosclerosis. *Rev Habanera Ciencias Médicas.* 2002;10(4):441–7.
45. Kuk JL, Saunders TJ, Davidson LE, Ross R. Age-related changes in total and regional fat distribution. *Ageing Res Rev.* 2009;8(4):339–48.
46. Cuervo M, Ansorena D, García A, González Martínez MA, Astiasarán I, Martínez JA. Valoración de la circunferencia de la pantorrilla como indicador de riesgo de desnutrición en personas mayores. *Nutr Hosp.* 2009;24(1):63–7.
47. Janssen I, Baumgartner RN, Ross R, Rosenberg IH, Roubenoff R. Skeletal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women. *Am J Epidemiol.* 2004;159(4):413–21.
48. Bohannon RW, Peolsson A, Massy-Westropp N, Desrosiers J, Bear-Lehman J. Reference values for adult grip strength measured with a Jamar dynamometer: a descriptive meta-analysis. *Physiotherapy.* 2006;92(1):11–5.
49. Buffa R, Floris G, Marini E. Migration of the bioelectrical impedance vector in healthy elderly subjects. *Nutrition.* 2003;19(11):917–21.
50. Redondo-del-Río MP, Camina-Martín MA, Moya-Gago L, De-la-Cruz-Marcos S, Malafarina V, De-Mateo-Silleras B. Vector bioimpedance detects situations of malnutrition not identified by the indicators commonly used in geriatric nutritional assessment: A pilot study. *Exp Gerontol.* 2016;85:108–11.

## ANEXO 1

### IMPRESO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA EL PARTICIPANTE O SU REPRESENTANTE

#### ESTUDIO VENA (Valoración del Estado Nutricional en Ancianos)

Yo, \_\_\_\_\_

(Nombre completo del participante)

- He leído la hoja de información que se me ha entregado.
- He podido hacer preguntas sobre el estudio.
- He recibido respuestas satisfactorias a mis preguntas.
- He recibido suficiente información sobre el estudio.
- He hablado con

\_\_\_\_\_  
(nombre del investigador)

- Comprendo que la participación es voluntaria.
- Comprendo que puedo retirarme del estudio:
  - Cuando quiera.
  - Sin tener que dar explicaciones.
  - Sin que esto repercuta en sus cuidados médicos.

Y presto mi conformidad a participar en el estudio.

En \_\_\_\_\_, a \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Firma del participante

Firma del investigador

o de su representante

Según la ley 15/1999 de 13 de diciembre el consentimiento para el tratamiento de sus datos personales y para su cesión es revocable. Usted puede ejercer el derecho de acceso, rectificación y cancelación dirigiéndose al investigador, que lo pondrá en conocimiento de quien corresponda.