

**UNIVERSIDAD DE LEÓN**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS**  
**DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE**



**RELACIÓN ENTRE LA MASA MUSCULAR, LA DENSIDAD MINERAL ÓSEA,  
LA FUERZA MUSCULAR, LA APTITUD FUNCIONAL Y LA CALIDAD  
MUSCULAR EN PERSONAS MAYORES**

**FREDY ALONSO PATIÑO VILLADA**

**LEÓN-ESPAÑA, 2015**



**UNIVERSIDAD DE LEÓN**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS**  
**DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE**



**RELACIÓN ENTRE LA MASA MUSCULAR, LA DENSIDAD MINERAL ÓSEA,  
LA FUERZA MUSCULAR, LA APTITUD FUNCIONAL Y LA CALIDAD  
MUSCULAR EN PERSONAS MAYORES**

Memoria presentada por el  
Licenciado **Fredy Alonso Patiño  
Villada** para la obtención del título  
de Doctor en Ciencias de la  
Actividad Física y del Deporte.

**Director:**

**JOSÉ ANTONIO DE PAZ FERNÁNDEZ**

**LEÓN-ESPAÑA, 2015**



**Parte de los resultados de esta memoria han sido objeto de las siguientes comunicaciones en congresos:**

- Functional fitness level among non-institutionalized women over 60 years of age from a Spanish city. Oral presentation. 4th International Seminar on Physical Activity and Health, University of Antioquia; Medellin-Colombia, November, 2013.
- Assessment of sarcopenia in non-institutionalized older people from Leon. Oral presentation. Seminar of Research in Adapted Physical Activity and Health; Politecnical Institute of Guarda; Guarda-Portugal, May, 2013.
- The strength: its manifestations and evaluation. Oral presentation. 3rd International Academic Congress, Innovations and Trends of University Sports, University of Sinaloa; Culiacan-Mexico, April, 2013.

**Artículo publicado:**

Patiño-Villada FA, Arboleda-Franco SA, De Paz-Fernández JA (2015). Sarcopenia in community-dwelling persons over 60 years of age from a northern Spanish city: relationship between diagnostic criteria and association with the functional performance. *Nutr Hosp.*, 31(5), 2154-2160. (Anexo I).

**Artículo sometido:**

Patiño-Villada FA, Arboleda-Franco SA, De Paz-Fernández JA. Nivel de aptitud funcional en mujeres no institucionalizadas mayores de 60 años de una ciudad de España. *Revista Educación Física y Deporte* (Universidad de Antioquia, Colombia). (Anexo II).



## ÍNDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos	I
Abreviaturas	V
Índice general	VII
Índice de tablas	X
Índice de figuras	XIII
Resumen	XVII
Abstract	XXIII



## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera agradecer al Dr. José Antonio de Paz Fernández, por permitirme ser parte de su grupo de estudiantes en tan reconocido planten académico, como lo es Instituto de Biomedicina de la Universidad de León. Además, agradecerle por compartir sus valiosos conocimientos y brindar los apoyos logísticos que hicieron posible este proyecto.

Igualmente quisiera dar gracias a mis colegas de formación con quienes compartí esta experiencia académica en el seminario 85: Santiago, Mercedes, Ramón, Carlos, Víctor, Ena, Edson, Magdi, Ismael, Lucía y Covadonga. Gracias por la inmensa ayuda brindada en el desarrollo de este trabajo.

Agradezco especialmente a todas las personas mayores, por su participación desinteresada y voluntaria en el estudio.

Quiero agradecer a aquellas personas, que por fuera del ámbito académico, fueron un apoyo en el tiempo de estancia en León: Santiago, María, Susana, Geovana, Natalia, Mercedes, Yubisay, Carlos y Amelia.

Gracias también a la Universidad de Antioquia por brindarme esta oportunidad de formación académica y a mis colegas de departamento Elkin y Víctor por su apoyo incondicional.

Igualmente agradezco a la Fundación Carolina por la beca brindada para llevar a cabo mis estudios de doctorado. Institución a la que reconozco por su destacada labor, en el fomento del crecimiento académico de las universidades latinoamericanas.

Gracias a la Universidad de Groningen por brindarme la oportunidad de ampliar mis conocimientos durante el tiempo de estancia en tan prestigiosa

institución. En especial agradezco a mis colegas de formación con quienes compartí esta experiencia: Chantal, Laura, János y Marie.

Muchas gracias a mis amigos de Estados Unidos Mike, John y Josie, por toda su ayuda durante mi proceso de aprendizaje y mejoramiento del inglés.

Agradezco a mi familia por su apoyo durante todo este tiempo y que desde la distancia siempre me acompañaron. Mis padres Cecilia y Olber, mi hermana Mónica, mi sobrina Camila, mi tía Esperanza y mi prima Luisa.

A mi esposa Angélica, quiero decirle que mil gracias por todo su apoyo, paciencia y el amor brindado durante todo este proceso de formación. Juntos comenzamos a soñar en alcanzar nuestras metas académicas, las que ambos estamos logrando. Gracias por permitirme volar a tu lado.





## ABREVIATURAS

- 1-RM: Una repetición máxima
- 2-min: 2-Minute Step Test
- 30-CST: Chair Stand Test en 30 segundos.
- 6-min: 6-Minute Walk Test
- 8F-UG: 8-foot up-and-go test
- ABI: Análisis de Bioimpedencia Eléctrica
- ACT: Arm Curl Test
- CF: cuello del fémur
- CL: Columna lumbar
- CM: Calidad Muscular
- CST: Chair Stand Test. Tiempo para sentarse y levantarse 5 veces.
- DE: Desviación estándar
- DMO: Densidad Mineral Ósea
- DMOCF: Densidad Mineral Ósea en Cuello del Fémur
- DMOCL: Densidad Mineral Ósea en Columna Lumbar
- DXA: Absorciometría dual por rayos X
- EWGSOP: European Working Group on Sarcopenia in Older People
- FMD: Fuerza máxima dinámica
- FMDCB: Fuerza máxima dinámica de curl de bíceps
- FMDEP: Fuerza máxima dinámica de extensión piernas
- FMI: Fuerza máxima isométrica
- FMICB: Fuerza Máxima Isométrica de curl de bíceps
- FMIEP: Fuerza Máxima Isométrica de extensión de piernas
- FMIER: Fuerza muscular isocinética de extensión de rodilla
- FPM: fuerza de prensión manual
- HR: hazard ratio
- IMC: Índice de masa corporal
- IME: índice musculoesquelético

IMLG: Índice de Masa Libre de Grasa  
IMMA: Índice de Masa Magra Apendicular  
IRM: Imágenes de resonancia magnética  
IWGS: International Working Group on Sarcopenia  
Kgf: Kilogramos Fuerza  
MMA: Masa magra apendicular  
MMT: Masa muscular total  
OMNI-RES: OMNI-Resistance Exercise Scale  
OPCF: Osteoporosis en cuello del fémur  
OPCL: Osteoporosis en columna lumbar  
OR: odds ratio  
PAR-Q: Physical Activity Readiness Questionnaire  
PMEP: Potencia media de extensión de piernas  
ROI: Región de interés de la masa muscular  
SFT: Senior Fitness Test  
SIG: Special Interest Group on cachexia–anorexia  
SPPB: Short Physical Performance Battery  
TC: Tomografía computarizada  
TUG: Timed Up-and-Go  
VM: Velocidad de la marcha

# ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. ANTECEDENTES .....	11
2.1. LA SARCOPENIA EN LAS PERSONAS MAYORES.....	11
2.1.1. Definición y evolución conceptual .....	11
2.1.2. Causas .....	17
2.1.3. Evaluación de la masa muscular.....	20
2.1.4. Datos epidemiológicos de la sarcopenia .....	21
2.1.5. Consecuencias clínicas.....	31
2.2. LA FUERZA MUSCULAR, LA APTITUD FUNCIONAL Y LA CALIDAD MUSCULAR EN LAS PERSONAS MAYORES .....	33
2.2.1. La fuerza muscular en el envejecimiento y la salud .....	33
2.2.2. Manifestaciones de la fuerza y su evaluación .....	35
2.2.2.1. Fuerza máxima isométrica (FMI).....	35
2.2.2.2. Fuerza máxima dinámica (FMD) .....	37
2.2.2.3. Potencia muscular.....	39
2.2.3. Aptitud funcional: concepto y su relación con la salud .....	41
2.2.4. Evaluación de la aptitud funcional.....	43
2.2.4.1. Velocidad de la marcha.....	43
2.2.4.2. Short Physical Performance Battery .....	44
2.2.4.3. Senior Fitness Test .....	44
2.2.5. Relación entre la masa muscular, la fuerza muscular y la aptitud funcional .....	49
2.2.6. Calidad muscular en las personas mayores.....	51
2.3. LA OSTEOPOROSIS EN LAS PERSONAS MAYORES .....	55
2.3.1. Definición y diagnóstico.....	55
2.3.2. Epidemiología, consecuencias y causas de la osteoporosis. 57	
2.3.3. Relación de la DMO con la masa muscular, la fuerza muscular, la aptitud funcional y la calidad muscular.....	60
3. OBJETIVOS .....	71
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	77

4.1. Diseño y población de estudio .....	77
4.2. Procedimiento .....	77
4.3. Variables e instrumentos de recolección.....	79
4.3.1. Parámetros antropométricos y de composición corporal.....	79
4.3.2. Evaluación de las manifestaciones de la fuerza.....	81
4.3.2.1. Evaluación de la fuerza máxima isométrica de extensión de piernas (FMIEP) .....	82
4.3.2.2. Evaluación de la fuerza máxima dinámica de extensión piernas (FMDEP).....	83
4.3.2.3. Evaluación de la potencia media de extensión de piernas (PMEP).....	85
4.3.2.4. Evaluación de la Fuerza Máxima Isométrica de curl de bíceps (FMICB) .....	87
4.3.2.5. Evaluación de la fuerza máxima dinámica de curl de bíceps (FMDCB).....	88
4.3.2.6. Evaluación de la FPM: .....	90
4.3.3. Pruebas de aptitud funcional.....	90
4.3.3.1. Arm curl test (ACT): .....	91
4.3.3.2. 30-Chair Stand Test (30-CST): .....	91
4.3.3.3. 2-Minute Step Test (2-min):.....	92
4.3.3.4. 8-foot up-and-go test (8F-UG):.....	92
4.3.4. Cálculo de la calidad muscular.....	93
4.3.5. Criterios diagnósticos de sarcopenia y osteoporosis.....	93
4.4. Análisis estadístico.....	95
5. RESULTADOS .....	103
5.1. Descripción de la composición corporal, la fuerza muscular, la aptitud funcional y la calidad muscular .....	103
5.2. Frecuencia de sarcopenia y osteoporosis.....	106
5.3. Asociación entre algunos indicadores de masa muscular con la fuerza de miembros superiores e inferiores.....	108
5.4. Desempeño funcional de miembros inferiores y su asociación con la masa muscular, la fuerza muscular y la calidad muscular .....	114

5.5. Desempeño funcional de miembros superiores y su asociación con la masa muscular, la fuerza muscular y la calidad muscular .....	118
5.6. Asociación de la DMO con la masa muscular, la fuerza muscular, la aptitud funcional y la calidad muscular.....	120
6. DISCUSIÓN .....	131
6.1. Frecuencia de sarcopenia y osteoporosis.....	131
6.2. Relación entre la masa muscular y la fuerza de miembros superiores e inferiores .....	136
6.3. Aptitud funcional de miembros inferiores y su asociación con la masa muscular, la fuerza muscular y la calidad muscular .....	139
6.4. Aptitud funcional de miembros superiores y su asociación con la masa muscular, la fuerza muscular y la calidad muscular .....	146
6.5. Asociación de la DMO con la masa muscular, la fuerza muscular, la aptitud funcional y la calidad muscular.....	148
7. CONCLUSIONES.....	161
ENGLISH SUMMARY .....	165
REFERENCIAS.....	211
ANEXOS .....	235

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definiciones operacionales de sarcopenia. ....	15
Tabla 2. Métodos de evaluación de la masa músculo-esquelética.....	21
Tabla 3. Estudios de sarcopenia realizados con la definición del EWGSOP ...	28
Tabla 4. Valores de la SFT (puntos de corte) asociados con el mantenimiento de la movilidad funcional y la independencia física.....	46
Tabla 5. Composición corporal de los participantes según el sexo y la edad en terciles.....	103
Tabla 6. Manifestaciones de la fuerza y aptitud funcional de los participantes según el sexo y la edad en terciles. ....	104
Tabla 7. Calidad muscular de los participantes según el sexo y la edad en terciles.....	105
Tabla 8. Criterios diagnósticos de sarcopenia empleados según la definición del EWGSOP.....	107
Tabla 9. Diagnóstico de osteoporosis en cuello del fémur y columna lumbar.	108
Tabla 10. Correlaciones entre indicadores de masa muscular y la fuerza muscular de miembros superiores.....	108
Tabla 11. Correlaciones entre indicadores de masa muscular y la fuerza muscular de miembros inferiores.....	109
Tabla 12. Fuerza de miembros superiores según la masa magra de brazos.	110
Tabla 13. Fuerza de miembros inferiores según la masa magra de piernas..	110
Tabla 14. Fuerza de miembros inferiores según la masa magra del muslo. ...	110

Tabla 15. Fuerza de miembros superiores e inferiores según la masa magra apendicular. ....	111
Tabla 16. Fuerza de miembros superiores e inferiores según índice de masa magra apendicular. ....	112
Tabla 17. Asociaciones entre indicadores de masa muscular y la fuerza de miembros superiores e inferiores: modelos de regresión múltiple. ...	113
Tabla 18. Asociaciones entre indicadores de masa muscular y la potencia media de extensión de piernas: modelos de regresión múltiple.....	114
Tabla 19. Correlaciones de la aptitud funcional de miembros inferiores con indicadores de masa muscular, manifestaciones de la fuerza y calidad muscular. ....	115
Tabla 20. Indicadores de masa muscular según aptitud funcional de miembros inferiores. ....	116
Tabla 21. Manifestaciones de la fuerza muscular según la aptitud funcional de miembros inferiores. ....	117
Tabla 22. Calidad muscular según aptitud funcional de miembros inferiores.	118
Tabla 23. Correlaciones de la aptitud funcional de miembros superiores con indicadores de masa muscular, manifestaciones de la fuerza y calidad muscular. ....	119
Tabla 24. Diferencias en la masa muscular, la fuerza y la calidad muscular según la aptitud funcional de miembros superiores. ....	120
Tabla 25. Correlaciones entre la DMO y la masa muscular .....	121
Tabla 26. Correlaciones de la DMO con la fuerza muscular y la aptitud funcional .....	122
Tabla 27. Correlaciones entre la DMO y la calidad muscular.....	123

Tabla 28. Indicadores de masa muscular según osteoporosis de cuello del fémur.....	124
Tabla 29. Manifestaciones de la fuerza y la aptitud funcional según osteoporosis de cuello del fémur. ....	124
Tabla 30. Calidad muscular según osteoporosis de cuello del fémur.....	125
Tabla 31. Indicadores de masa muscular según osteoporosis de columna lumbar.....	125
Tabla 32. Manifestaciones de la fuerza y la aptitud funcional según osteoporosis de columna lumbar. ....	126
Tabla 33. Calidad muscular según osteoporosis de columna lumbar. ....	126
Tabla 34. Riesgo de osteoporosis de columna lumbar en las mujeres, relacionado con los criterios diagnósticos para sarcopenia según la definición del EWGSOP.....	127

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Causas multifactoriales de la sarcopenia.....	18
Figura 2. Proceso del deterioro de la potencia relacionada con la edad.....	41
Figura 3. Distribución de la DMO en mujeres adultas jóvenes en unidades de DE y puntos de corte para osteopenia y osteoporosis.....	57
Figura 4. Diagrama del estudio.....	79
Figura 5. Región de interés (ROI) de los muslos.....	81
Figura 6. Instalación de la célula de carga y ubicación del sujeto para la evaluación de la fuerza máxima isométrica de extensión de piernas (FMIEP).....	83
Figura 7. Evaluación de la fuerza máxima dinámica de extensión de piernas (FMDEP).....	85
Figura 8. Monitorización de la evaluación de la PMEP y variables de análisis.	86
Figura 9. Instalación de la célula de carga y ubicación del sujeto para la evaluación de la fuerza máxima isométrica de curl de bíceps (FMICB).....	88
Figura 10. Evaluación de la fuerza máxima dinámica de curl de bíceps (FMDCB).....	89
Figura 11. Evaluación de la fuerza de prensión manual.....	90
Figura 12. Evolución de la potencia media extensión de piernas a diferentes porcentajes de 1-RM.....	106
Figura 13. Frecuencia de sarcopenia según el algoritmo modificado, basado en la definición de sarcopenia del EWGSOP.....	107



# RESUMEN

---



## RESUMEN

**Introducción:** como parte del proceso de envejecimiento, las personas mayores se enfrentan a una disminución progresiva de la densidad mineral ósea (DMO), la masa muscular, la fuerza muscular y la aptitud funcional. Pero cuando esta disminución sobrepasa los niveles de normalidad, surgen dos reconocidos problemas que afectan la salud de las personas mayores: la sarcopenia y la osteoporosis.

**Objetivo:** determinar la frecuencia de sarcopenia y osteoporosis en un grupo de personas mayores de León, España; y analizar la relación entre la masa muscular, la DMO, la fuerza muscular, la aptitud funcional y la calidad muscular (CM).

**Materiales y métodos:** se realizó un estudio transversal con 83 hombres y 175 mujeres (edad promedio de 70.9 DE 5.5 años y 71.5 DE 5.2 años, respectivamente). Se evaluó la masa magra (MM) (total, de brazos, de piernas, muslos y apendicular) y la DMO en cuello del fémur (DMOCF) y en columna lumbar (DMOCL), por medio de Absorciometría Dual por Rayos-X. Se evaluó la fuerza máxima isométrica de extensión pierna (FMIEP) y de curl de bíceps con una célula de carga; la fuerza máxima dinámica de curl de bíceps (FMDCB) y de extensión de piernas con 1-RM; la potencia media de extensión de piernas (PMEP) al 40%, 50%, 60%, 70% y 80% de 1-RM con un transductor lineal de movimiento; y la fuerza de presión manual (FPM) con un dinamómetro Jamar. La aptitud funcional se evaluó con 4 pruebas de la batería Senior Fitness Test (SFT): *Arm Curl Test*, *Chair Stand Test*, *2-Minute Step Test* y *8-foot up-and-go test (8F-UG)*. La CM fue definida al dividir la fuerza muscular de cada una de las pruebas, por la masa muscular específica de miembros superiores e inferiores. La osteoporosis en cuello del fémur (OPCF) y en columna lumbar (OPCL) se determinaron con los valores T-score de la DMOCF y de la DMOCL, respectivamente ( $<-2.5$ ). La sarcopenia se determinó de acuerdo a la definición del *European Working Group on Sarcopenia in Older*

*People (EWGSOP)*, con los siguientes criterios: índice de masa magra apendicular (IMMA), FPM y 8F-UG.

**Resultados:** la frecuencia de sarcopenia fue del 2.3%, mientras la OPCF fue del 11.6% y la OPCL del 22.5%, esta última afecto principalmente a las mujeres ( $p=0.001$ ). En general las diferentes mediciones de MM se correlacionaron con las pruebas fuerza de brazos y piernas; sin embargo, en el análisis de regresión lineal al ajustar por edad e IMC, el IMMA no se comportó como una variable explicativa de la FPM en ambos sexos (importantes criterios empleados en la evaluación de sarcopenia); mientras este indicador muscular, mostró mejores asociaciones con otras pruebas de fuerza, en especial con la PMP evaluada hasta el 70% de 1-RM en las mujeres y hasta un 80% de 1-RM en los hombres. El bajo rendimiento en el desempeño funcional en cada prueba de la batería SFT, no presentó mayores asociaciones con los diferentes indicadores de MM, mientras con las pruebas de fuerza muscular y de CM se establecieron mayores diferencias significativas en ambos sexos ( $p<0.05$ ). Las diferentes evaluaciones de MM se correlacionaron positivamente con la DMOCL en las mujeres y con la DMOCF en ambos sexos ( $p<0.01$ ); con respecto a la fuerza, se destacan las correlaciones positivas presentadas en los hombres entre la DMOCF con la FMDCB, la FPM y la PMP al 40%, 50% y 70% de 1-RM ( $p<0.05$ ); mientras ninguna de las variables de aptitud funcional correlacionó con la DMO en ambos sexos. Los hombres con OPCF presentaron una menor MM total y de brazos, mientras las mujeres con OPCF reportaron menores valores en la FMIEP y la FMDCB; por otro lado, solo en las mujeres con OPCL se encontraron valores significativos más bajos en la mayoría de los indicadores musculares, en la FMDCB y la FPM; respecto a la aptitud funcional y la CM, no se reportaron asociaciones con la OPCF y la OPCL en ambos sexos. Al evaluar el riesgo de osteoporosis de acuerdo a los criterios diagnósticos para sarcopenia, solo en las mujeres el IMMA y la FPM se asociaron con un menor riesgo de OPCL; sin embargo, al ajustar las asociaciones por edad e IMC, solo la FPM permaneció asociada con la OPCL.

**Conclusiones:** la sarcopenia de acuerdo a la definición del EWGSOP es en general menor, comparada con los estudios publicados en poblaciones de características similares. La osteoporosis es influenciada por la zona anatómica empleada para su diagnóstico solo en las mujeres, siendo claramente mayor cuando se determina la DMO en la columna lumbar que en el cuello femoral. Existe en general una asociación entre los diferentes indicadores de masa muscular y la fuerza de miembros superiores e inferiores; sin embargo una mayor atención debería colocarse sobre la relación entre el IMMA y la FPM, al considerar que son de los criterios más utilizados en la evaluación de sarcopenia, pero que en nuestro estudio mostraron una discreta asociación. De relevancia para la práctica clínica, parece ser que un mantenimiento de la fuerza y de la CM, puede relacionarse con un adecuado desempeño funcional, más que centrarse en la masa muscular únicamente. Por otro lado, nuestros resultados sugieren que el mejoramiento de la masa muscular y de la fuerza muscular (aunque más esta última), podrían contribuir a una mejor salud ósea especialmente en las mujeres, contrario a la aptitud funcional y la CM.

**Palabras claves:** sarcopenia, EWGSOP, osteoporosis, densidad mineral ósea, masa muscular, fuerza máxima isométrica, fuerza máxima dinámica, potencia muscular, aptitud funcional y calidad muscular.



# **ABSTRACT**

---



# ABSTRACT

## RELATIONSHIP BETWEEN MUSCLE MASS, BONE MINERAL DENSITY, MUSCLE STRENGTH, FUNCTIONAL FITNESS AND MUSCLE QUALITY IN OLDER PEOPLE

**Introduction:** As part of the aging process, older people show a progressive decrease in bone mineral density (BMD), muscle mass, muscle strength and functional fitness. But when this decline exceeds normal levels, two well-known problems that affect the health of older people arise: sarcopenia and osteoporosis.

**Objective:** The aim of this study was to determine the frequency of sarcopenia and osteoporosis in a group of older people from León, Spain. In addition, this study explored the association between muscle mass, BMD, muscle strength, functional fitness and muscle quality (MQ).

**Materials and Methods:** A cross-sectional study was carried out on 83 men and 175 women (mean age 70.9 SD 5.5 years and 71.5 SD 5.2 years, respectively). Lean mass (LM) (total, arms, legs, thighs and appendicular), femur neck BMD (FNBMD) and lumbar spine BMD (LSBMD) were assessed by dual-energy X-ray absorptiometry. The isometric maximum strength of leg extension (IMSLE) and biceps curl were assessed by a load cell. The dynamic maximum strength of biceps curl (DMSBC) and leg extension were measured by one-repetition maximum (1-RM). The mean power measures of leg extension (MPLE) at 40%, 50%, 60%, 70% and 80% 1-RM were assessed with a linear motion transducer. The hand grip strength (HGS) was measured with a Jamar dynamometer. The functional fitness was assessed according to four tests taken from the Senior Fitness Test: Arm curl, Chair stand, Step-in-place, and 8 foot up-and-go (8f-UG). The MQ was defined by dividing each test of muscle strength by the specific muscle mass of upper and lower limbs. The osteoporosis of femur neck (OPFN) and the osteoporosis of lumbar spine

(OPLS) were determined by the T-score of the FNBMD and LSBMD, respectively ( $<-2.5$ ). The sarcopenia was determined according to the definition of the EWGSOP with the following criteria: appendicular lean mass index (ALMI), HGS and 8F-UG. 643316135

**Results:** The frequency of sarcopenia was 2.3%, while the OPFN was 11.6% and the OPLS was 22.5%; this last was higher in the women ( $p = 0.001$ ). Most measurements of LM were correlated with muscle strength of arms and legs; however, in the linear regression analysis after adjustment for age and BMI, the ALMI did not behave as an explanatory variable of HGS in both sexes (important criteria used in the evaluation of sarcopenia). Moreover, the ALMI showed better associations with other tests of strength, especially with the MPLE evaluated up to 70% of 1-RM in women and up to 80% of 1-RM in men. Low performance on each test of SFT battery did not show major associations with the indicators of LM; while the tests of muscle strength and MQ showed higher significant differences in both sexes ( $p < 0.05$ ). The measurements of LM were positively correlated with LSBMD in women and FNBMD in both sexes ( $p < 0.01$ ); with respect to muscle strength, important positive correlations were presented in men between the FNBMD with DMSBC, the HGS and MPLE at 40%, 50% and 70% of 1-RM ( $p < 0.05$ ); while none of the variables of FF were correlated with BMD in both sexes. Men with OPFN showed lower LM in total body and arms, while women with OPFN showed lower values in the IMSLE and DMSBC; on the other hand, only women with OPLS showed lower significant values in most LM indicators, DMSBC and HGS; regarding to functional fitness and MQ, no associations with OPNF and OPLS were reported in both sexes. In assessing the risk of osteoporosis according to the diagnostic criteria for sarcopenia, only in women were the ALMI and HGS were associated with a lower risk of OPLS; however, when models were adjusted for age and BMI, only HGS remained associated with OPLS.

**Conclusions:** Using the EWGSOP definition, the sarcopenia is overall lower than other published studies with similar populations. Only in women,

osteoporosis is influenced by anatomical area used for its diagnosis; it clearly is higher when determining BMD in lumbar spine than femoral neck. In general, there is an association between different indicators of muscle mass and strength of upper and lower limbs; however, more attention should be placed on the association between ALMI and HGS, considering that they are the most frequently used criteria in the evaluation of sarcopenia, but in our study their association was not important. Of relevance to clinical practice, it appears that maintenance of strength and MQ may be related to a suitable functional performance, rather than focusing solely on muscle mass. Moreover, our results suggest that improving muscle mass and muscle strength (mainly the latter) could contribute to improving bone health in women, rather than working on the functional fitness and MQ.

**Keywords:** Sarcopenia, EWGSOP, osteoporosis, bone mineral density, muscle mass, isometric maximum strength, dynamic maximum strength, muscle power, functional fitness and muscle quality.



# 1. INTRODUCCIÓN

---



---

# 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los temas de mayor preocupación a nivel global, en especial en los países desarrollados, está relacionado con la transición demográfica que llevó a un incremento sustancial de la población mayor en estos países. En el caso de España en el periodo de 1991-2010, la población mayor paso de un 11.6% a un 14.5% en los hombres y de un 15.9% a un 19.0% en las mujeres, pero el mayor incremento se encontró en las personas mayores de 80 años especialmente en las mujeres, que para el mismo periodo pasó de un 3.8% a un 6.1% (INE, 2010). Este incremento en la longevidad no necesariamente va acompañado de un aumento en la calidad de vida. El proceso de envejecimiento generalmente viene seguido con una pérdida global de la salud, debido a un incremento del riesgo de padecer enfermedades de carácter crónico degenerativo, tales como: trastornos cardiovasculares, diabetes, cáncer, enfermedades respiratorias crónicas o los trastornos relacionados con el sistema músculo esquelético como la sarcopenia y la osteoporosis (WHO, 2011).

Como parte del proceso de envejecimiento, las personas mayores se enfrentan a una disminución progresiva de la densidad mineral ósea (DMO), la masa muscular, la fuerza muscular, la calidad muscular (CM) y la aptitud funcional. Pero cuando esta disminución alcanza niveles patológicos, puede predisponer a las personas mayores a un mayor riesgo de caídas, fracturas y discapacidad que igualmente se refleja en un incremento del gasto público en salud.

Con respecto a la pérdida de la masa muscular relacionada con la edad, conocida tradicionalmente como sarcopenia, se la encuentra asociada con toda una serie de eventos adversos en salud que limitan el desempeño funcional en las personas mayores, con una pérdida posterior de la independencia (Serra, 2006). En la actualidad, la sarcopenia es considerada como un nuevo síndrome

## 1. INTRODUCCIÓN

---

geriátrico, que alcanza cada vez mayor interés en el ámbito clínico, de tal forma que la búsqueda de una definición operacional ideal que cubra diferentes grupos étnicos y que sea de fácil aplicación está todavía en desarrollo.

En el año 2009, el *European Working Group on Sarcopenia in Older People* (EWGSOP) propuso una nueva definición de sarcopenia, entendida como la pérdida de la masa muscular que debía ser acompañada de una disminución de la fuerza muscular o de la aptitud funcional (Cruz-Jentoft et al., 2010). Esta definición va más allá de la definición tradicional al considerar que la sarcopenia, solo en términos de una pérdida de la masa muscular es un concepto clínicamente pobre al no tener presente los aspectos cualitativos del músculo (la fuerza y la aptitud funcional). Desde su publicación diferentes estudios se han desarrollado en diferentes ámbitos comunitarios y geriátricos, dando una gran variedad de resultados debido posiblemente a la múltiple disponibilidad de herramientas para la evaluación de sus componentes (Cruz-Jentoft et al., 2014).

Como elementos integradores de la definición de sarcopenia planteada por el EWGSOP, se hace necesario identificar qué relación existen entre la masa muscular y la fuerza. Se conoce que la pérdida de ambas relacionada con la edad no ocurre de una manera lineal y que después de los 70 años la fuerza alcanza una pérdida superior al 10.0% con respecto a la masa muscular por cada década (Hughes et al., 2001; Goodpaster et al., 2006). Además la masa muscular, por sí misma tiende a presentar una asociación menor con un bajo desempeño funcional en las personas mayores, si se compara con la fuerza muscular o con la CM (fuerza/masa muscular) (Manini & Clark, 2012; Barbat-Artigas, Rolland, Vellas, & Aubertin-Leheudre, 2013b).

El índice de masa magra apendicular (IMMA) y la fuerza de presión manual (FPM) son dos de los criterios diagnósticos más empleados para determinar la baja masa muscular y la pérdida de la fuerza muscular en la definición de sarcopenia. Sin embargo se reporta que la relación entre estos

criterios puede verse influenciada por el género, presentándose una mejor asociación entre el IMMA y la FPM en los varones, mientras el IMMA parece relacionarse mejor con la fuerza de miembros inferiores en las mujeres (Barbat-Artigas, Plouffe, Pion, & Aubertin-Leheudre, 2013a). Además, la asociación entre el IMMA con otras pruebas de fuerza de miembros superiores e inferiores, que involucre diferentes tipos de manifestación, como la fuerza máxima isométrica, la fuerza máxima dinámica (1-RM) o la potencia muscular, continúa siendo poco estudiada.

La osteoporosis, sin lugar a dudas, es una condición patológica que tiene un gran impacto sobre la población mayor. Solo en España en el año 2010 la prevalencia de osteoporosis, definida en el cuello del fémur, en las personas mayores de 50 años fue de 15.4% y mayor en las mujeres que en los varones (22.6% y 6.8% respectivamente) (Svedbom et al., 2013). La importancia de la osteoporosis radica en el riesgo que supone para el desarrollo de fracturas por fragilidad, que afecta igualmente más a las mujeres y que tienen un alto costo hospitalario y tras superarlas la mayoría de las personas no alcanza su nivel funcional previo a la lesión y un 30.0% pierde su independencia (Bukata et al., 2011).

La sarcopenia y la osteoporosis parecen tener factores de riesgo comunes, que incluyen aspectos genéticos, cambios hormonales, la actividad física y la nutrición (Kaji, 2014). Además, fisiológicamente la relación entre el músculo y el hueso parece explicarse, porque la contracción muscular induce una tensión en la estructura ósea que lleva a una actividad de remodelado de la misma, a través de mecano-receptores óseos; asimismo, parece ser que moléculas bioactivas producidas en el músculo, pueden contribuir a la regulación homeostática del hueso (Moon, 2014).

Existen estudios previos que han investigado la asociación entre la osteoporosis y la sarcopenia, la mayoría de ellos se centraron en describir la relación entre la DMO y la masa muscular, con resultados que señalan la

existencia de una relación positiva entre estos dos componentes (Blain et al., 2010; Di Monaco, Vallero, Di Monaco, & Source, 2011; Frisoli, Chaves, Ingham, & Fried, 2011; Go, Cha, Lee, & Park, 2013; S. Kim, Won, Kim, Choi, & Moon, 2014). Otros estudios también han evaluado la relación de la DMO con la fuerza muscular y la aptitud funcional con resultados más favorables para la primera (Dixon et al., 2005; Marín, Pedrosa, Moreira-Pfrimer, Matsudo, & Lazaretti-Castro, 2010; Rikkonen et al., 2012; Gouveia et al., 2013; Ahedi et al., 2014). Sin embargo, hay pocos estudios que describan simultáneamente la relación entre la osteoporosis y los criterios diagnósticos de sarcopenia planteados por el EWGSOP (Sjogblom et al., 2013; Verschueren et al., 2013).

Todo lo anterior fue lo que motivo la realización del presente estudio. En el que se pretendió conocer inicialmente la frecuencia de sarcopenia en un grupo de personas mayores de la ciudad de León (España), de acuerdo a la definición del EWGSOP; además de analizar la relación entre los componentes diagnósticos propuestos para este grupo, tomando para ello algunos indicadores de masa muscular, diferentes manifestaciones de la fuerza de miembros superiores e inferiores (isométrica, dinámica y potencia muscular) y algunas pruebas funcionales. El análisis incluyó además la evaluación de la CM, índice que combina la fuerza muscular y la masa muscular, el cual parece relacionarse con un adecuado desempeño funcional. Como un segundo propósito, este estudio evaluó la DMO en cuello del fémur y columna lumbar (L1-L4), para determinar la frecuencia de osteoporosis de acuerdo a estos sitios en el grupo estudiado; así luego, se analizó la relación entre la DMO con la masa muscular, la fuerza en sus diferentes manifestaciones, la aptitud funcional y la CM.

Este estudio aporta nueva evidencia sobre la aplicación de la definición de sarcopenia planteada por el EWGSOP, en este caso para el contexto español y especialmente por orientar un análisis de la relación entre los elementos que la determinan. A su vez, este trabajo brinda elementos de análisis sobre la osteoporosis y su relación con un amplio conjunto de variables

de masa muscular, fuerza muscular, aptitud funcional y CM, que pocas veces son tratadas de manera simultánea en un mismo estudio. Igualmente, se espera que los resultados obtenidos en esta investigación brinden herramientas que ayuden afrontar los retos que actualmente representa el envejecimiento global.



## **2. ANTECEDENTES**

---



---

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. LA SARCOPENIA EN LAS PERSONAS MAYORES

#### 2.1.1. Definición y evolución conceptual

La palabra sarcopenia proviene de los términos griegos “sarx” (carne) y “penia” (pérdida), lo que significa pobreza de músculo. Este concepto fue propuesto inicialmente por Irving Rosenberg (1989) para referirse a la disminución de la masa muscular asociada a la edad. En la actualidad no existe una definición universal sobre sarcopenia. En general, dos enfoques principales coexisten en la literatura. En el primero, la cantidad de masa muscular obtenida por medio de diferentes técnicas de medición establece el diagnóstico. Mientras el segundo enfoque, que es más reciente, combina tanto la masa muscular, la fuerza muscular o la aptitud funcional en la definición (Abellan van Kan, Houles, & Vellas, 2012).

De esta forma, las primeras definiciones operacionales que se propusieron para el diagnóstico de sarcopenia provinieron de enfoques centrados en la masa muscular. Una de estas definiciones fue la planteada por Baumgartner et al. (1998), que consiste en evaluar la masa muscular de miembros superiores e inferiores (masa magra apendicular, MMA), por medio de una Absorciometría Dual por Rayos X (DXA), para calcular un índice de sarcopenia, denominado Índice de Masa Magra Apendicular (IMMA), al dividir la MMA por la talla al cuadrado ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ). Los individuos con 2 desviaciones estándar por debajo de la media de una población de referencia de 18 a 40 años son considerados con sarcopenia, los puntos de corte son  $\leq 7.26 \text{ kg}/\text{m}^2$  en hombres y  $\leq 5.5 \text{ kg}/\text{m}^2$  en mujeres (Baumgartner, et al., 1998).

Una segunda definición operativa centrada en la masa muscular y que empleó el IMMA fue la de Delmonico et al. (2007), los puntos de corte para un

## 2. ANTECEDENTES

---

diagnóstico de sarcopenia fueron de  $\leq 5.67$  kg/m<sup>2</sup> para las mujeres y  $\leq 7.25$  kg/m<sup>2</sup> para los hombres; los datos fueron derivados del estudio “Health Aging and Body Composition”, y utilizó el percentil 20 para establecer los valores diagnósticos de acuerdo al sexo.

Una tercera definición operativa es la de Newman et al. (2003b), que consiste en calcular los residuos de un modelo de regresión lineal, para predecir la MMA ajustada por talla y masa grasa total; igualmente esta definición empleó los valores inferiores del percentil 20 de la distribución para definir sarcopenia en cada sexo.

De la definición inicial de la pérdida relacionada con la edad de la masa musculo-esquelética, posteriormente surgieron otras definiciones que involucraron simultáneamente, la disminución del componente cuantitativo (masa muscular) como el cualitativo (la fuerza muscular y la aptitud funcional). El mismo Rosenberg en un simposio en 1997, propuso que el concepto debería involucrar tanto los cambios en la composición corporal como en la función, por su estrecha relación con el riesgo de discapacidad (Rosenberg, 1997). Esto dio paso a un conjunto de nuevas definiciones operacionales, como la presentada por el consenso europeo para sarcopenia a cargo del *European Working Group on Sarcopenia in Older People* (EWGSOP), que definió a una persona con sarcopenia quien presente una pérdida de la masa muscular, acompañada de una disminución en la fuerza muscular o la aptitud funcional (Cruz-Jentoft, et al., 2010).

La justificación para el uso de estos dos criterios adicionales en la definición del EWGSOP, obedece a que la sarcopenia sólo en términos de masa muscular es un concepto reducido y con un limitado valor clínico (Cruz-Jentoft, et al., 2010). Esto se explica inicialmente al considerar que la pérdida de la masa muscular y la fuerza no tienen una relación lineal; con el envejecimiento la masa muscular después de los 40 años de edad disminuye en un 8.0% por cada década hasta los 70 años, después la pérdida se

incrementa en un 15.0% por década (Grimby & Saltin, 1983). Por su parte, la fuerza tiene una disminución mayor con respecto a la masa muscular, en el caso de la fuerza del cuádriceps se presenta una pérdida por década de un 10.0 a un 15.0% hasta los 70 años, la cual después se hace más rápida, oscilando entre un 25.0 a un 40.0% por década (Hughes, et al., 2001; Goodpaster, et al., 2006). Por otro lado, la masa muscular por sí misma, tiene un limitado valor predictivo del riesgo de un menor desempeño funcional en las personas mayores, especialmente si se compara con la fuerza muscular o con la calidad muscular (fuerza/masa muscular) (Manini & Clark, 2012; Barbat-Artigas, et al., 2013b). Sin embargo, debe considerarse que hay autores que sugieren restringir el término sarcopenia a la baja masa muscular y usar otro término para referirse a la baja fuerza muscular: “dinapenia”; el argumento para esto es que son dos procesos distintos con diferentes fisiopatologías y aunque pueden ocurrir simultáneamente en un mismo individuo, no necesariamente se superponen (Clark & Manini, 2008).

El EWGSOP también propuso una clasificación conceptual de la sarcopenia a partir de su gravedad, con la intención de facilitar la orientación para el tratamiento clínico: a) “presarcopenia”, se caracteriza por una masa muscular baja sin efectos sobre la fuerza muscular ni la aptitud funcional; b) “sarcopenia”, se caracteriza por una masa muscular baja, junto con una fuerza muscular baja o una aptitud funcional deficiente; c) “sarcopenia severa”, se presenta cuando se cumplen los tres criterios de la definición (masa muscular baja, menor fuerza muscular y menor aptitud funcional) (Cruz-Jentoft, et al., 2010).

El EWGSOP planteó una definición operacional por medio de un algoritmo para identificar pacientes con sarcopenia en la práctica clínica y en la investigación; se elaboró basándose en la medición de la velocidad de la marcha como criterio inicial, acompañado de la fuerza de prensión manual (FPM) y la masa muscular. Una persona con un valor  $\leq 0.8$  m/s en la velocidad de la marcha (VM) se identifica con riesgo de sarcopenia, si además presenta

## 2. ANTECEDENTES

---

una baja masa muscular; si la velocidad es normal, pero la FPM y la masa muscular son bajas, también se considera con riesgo de sarcopenia (Cruz-Jentoft, et al., 2010).

Abellan van Kan, Houles, & Vellas (2012), a partir del concepto de sarcopenia severa planteado por el EWGSOP, proponen un procedimiento de dos pasos para identificar personas con sarcopenia en la práctica clínica. En el primero, la VM y la FPM deben ser evaluados, si ambos parámetros aparecen afectados, se pasa al segundo paso que es la evaluación de la masa muscular mediante DXA. Con la combinación de estos dos pasos los autores señalan que se aumenta el número de posibles positivos y disminuye la cantidad de personas no sarcopénicas evaluadas con DXA, lo que reduce los costos. Si el resultado de la masa muscular se encuentra dentro los umbrales normales, otras causas deben explorarse para justificar los bajos valores de la fuerza y la funcionalidad (Abellan van Kan, et al., 2012).

Existen otras dos definiciones operativas que combinan la masa muscular y la aptitud funcional, pero que excluyen el componente de la fuerza. La primera de ellas es la planteada por el *International Working Group on Sarcopenia* (IWGS), que toma los puntos de corte para una baja masa muscular propuestos por Delmonico et al. (2007) (mujeres  $\leq 5.67 \text{ kg/m}^2$  y hombres  $\leq 7.25 \text{ kg/m}^2$ ) y los combina con una pobre AF (VM usual  $\leq 1.0 \text{ m/s}$ ) para definir una persona con sarcopenia (Fielding et al., 2011). La segunda definición es planteada por el *Special Interest Group on cachexia-anorexia* (SIG), que empleó igualmente los puntos de corte de baja masa muscular de Delmonico et al. (2007), pero con un cambio en la medición de la aptitud funcional al emplear un punto de corte menor en la VM ( $\leq 0.8 \text{ m/s}$ ) (Muscaritoli et al., 2010). En la tabla 1 se presenta un resumen de todas las definiciones tratadas previamente.

**Tabla 1.** Definiciones operacionales de sarcopenia.

	Baja Masa muscular	Baja Fuerza muscular	Baja Aptitud funcional
IMMA (kg/m <sup>2</sup> ) Baumgartner et al. (1998)	IMMA (kg/m <sup>2</sup> ) Mujeres: ≤5.45 kg/m <sup>2</sup> Hombres: ≤7.26 kg/m <sup>2</sup>	No	No
IMMA (kg/m <sup>2</sup> ) Delmonico et al. (2007)	IMMA (kg/m <sup>2</sup> ) Mujeres: ≤5.67 kg/m <sup>2</sup> Hombres: ≤7.25 kg/m <sup>2</sup>	No	No
Residuos Newman et al. (2003b)	Residuales de regresión lineal de la MMA ajustada respecto a la masa grasa y talla. Mujeres: -1.73 Hombres: -2.29	No	No
IMMA (kg/m <sup>2</sup> ) + VM IWGS (2011)	IMMA (kg/m <sup>2</sup> ) Mujeres: ≤5.67 kg/m <sup>2</sup> Hombres: ≤7.25 kg/m <sup>2</sup>	No	VM ≤1.0 ms <sup>-1</sup>
IMMA (kg/m <sup>2</sup> ) + VM SIG (2010)	IMMA (kg/m <sup>2</sup> ) Mujeres: ≤5.67 kg/m <sup>2</sup> Hombres: ≤7.25 kg/m <sup>2</sup>	No	VM ≤0.8 ms <sup>-1</sup>
IMMA (kg/m <sup>2</sup> ) + FPM o VM EWGSOP (2010)	IMMA (kg/m <sup>2</sup> ) Mujeres: ≤5.45 kg/m <sup>2</sup> Hombres: ≤7.26 kg/m <sup>2</sup>	FPM Mujeres: < 20 kg Hombres: <30 kg	VM ≤0.8 ms <sup>-1</sup>

IMMA, índice de masa magra apendicular; MMA, masa magra apendicular; IWGS, the International Working Group on Sarcopenia; VM, velocidad de la marcha; SIG, Special Interest Group on cachexia–anorexia; FPM, fuerza de presión manual; EWGSOP, European Working Group on Sarcopenia in Older People. Modificado de Abellan van Kan et al. (2012)

La sarcopenia puede aparecer en otros síndromes que están asociados con una pérdida de la masa muscular. Es necesario aclarar las diferencias entre ellos, para fomentar la investigación con los mecanismos propios de la sarcopenia relacionada con la edad y proponer las correctas terapias para cada una de ellas (Cruz-Jentoft, et al., 2010). Uno de estos eventos es la caquexia, la cual es reconocida como un complejo síndrome metabólico, asociado con enfermedades subyacentes (tales como el cáncer) y que se relaciona con una pérdida de músculo con o sin disminución en la masa grasa (Evans et al., 2008). La caquexia es frecuentemente asociada con inflamación, resistencia a la insulina, anorexia y un aumento en la degradación de las proteínas

## 2. ANTECEDENTES

---

musculares (Morley, Anker, & Evans, 2009; Muscaritoli, et al., 2010). La mayoría de los pacientes con caquexia presentan sarcopenia, mientras la mayoría de los pacientes con sarcopenia no tienen caquexia; en la práctica clínica, la sarcopenia puede darse previo a la caquexia. Una pérdida aguda y rápida de la masa musculoesquelética se observa en la presencia de caquexia; mientras la sarcopenia no relacionada con caquexia se asocia con una pérdida gradual y progresiva de la masa muscular (Rolland, Abellan van Kan, Gillette-Guyonnet, & Vellas, 2011).

Una segunda condición clínica para diferenciar con la sarcopenia es la fragilidad. Esta es un síndrome geriátrico que resulta del deterioro acumulado, relacionado con la edad de múltiples sistemas fisiológicos que reduce la capacidad del organismo para soportar el estrés, lo que incrementa la vulnerabilidad a caídas, hospitalización, institucionalización y mortalidad (Bauer & Sieber, 2008). Fried et al. (2001), desarrollaron una definición fenotípica de fragilidad, donde tres o más de las siguientes características dan un diagnóstico positivo: pérdida de peso, debilidad muscular, agotamiento, debilidad, velocidad de la marcha lenta y baja actividad física. La fragilidad y la sarcopenia están ligados, pero son diferentes; la pobre AF, que es el sello distintivo de la fragilidad, es el resultado de diferentes causas, que no siempre están relacionadas con la cantidad de masa muscular (C. Cooper et al., 2012). La fragilidad va más allá de factores físicos, involucra otros aspectos psicológicos y sociales, tales como, estado cognitivo, soporte social y factores ambientales (Bauer & Sieber, 2008).

Por otro lado, existe una condición clínica que se caracteriza por una disminución de la masa muscular acompañada de un aumento de la masa grasa, que recibe el nombre de obesidad sarcopénica (Zamboni, Mazzali, Fantin, Rossi, & Di Francesco, 2008). Es importante diferenciar las personas que la padecen, porque suelen ser más susceptibles a problemas de movilidad y discapacidad, comparado con las personas que presentan obesidad o sarcopenia únicamente (Burton & Sumukadas, 2010). La calidad del músculo

en las personas obesas es muy pobre debido a la infiltración de grasa intramuscular, la cual contribuye a la fatiga muscular, fragilidad y discapacidad (Malafarina, Uriz-Otano, Iniesta, & Gil-Guerrero, 2012). A su vez, la obesidad sarcopénica en personas mayores se asocia más estrechamente con factores de riesgo de enfermedad cardiovascular, comparadas con personas obesas no sarcopénicas o personas con sarcopenia que no presentan obesidad (Chung, Kang, Lee, Lee, & Lee, 2013). Del mismo modo, la literatura también reporta que la obesidad sarcopénica se encuentra asociada con un mayor riesgo de presentar osteoartritis de rodilla comparada con la obesidad no sarcopénica (S. Lee, Kim, & Kim, 2012). El exceso de ingesta energética, la inactividad física, la inflamación crónica, la resistencia a la insulina y cambios hormonales llevan al desarrollo de este síndrome (Stenholm et al., 2008).

### **2.1.2. Causas**

Existen múltiples factores causales que pueden participar en el desarrollo de la sarcopenia (Walston, 2012) (figura 1). Cada uno de ellos contribuye de una manera potencial a la pérdida de la masa muscular, la fuerza y/o la CM (Rolland et al., 2008). En términos generales, las causas que están más relacionadas con la aparición y evolución de la sarcopenia son la inactividad física, la pérdida en la función neuromuscular, alteraciones en la función endocrina, altos niveles de inflamación, cambios moleculares relacionados con la edad, disfunción mitocondrial, apoptosis e inadecuada nutrición acompañada de baja ingesta proteica (Serra, 2006; Rolland, et al., 2008; Walston, 2012).

**Figura 1.** Causas multifactoriales de la sarcopenia.

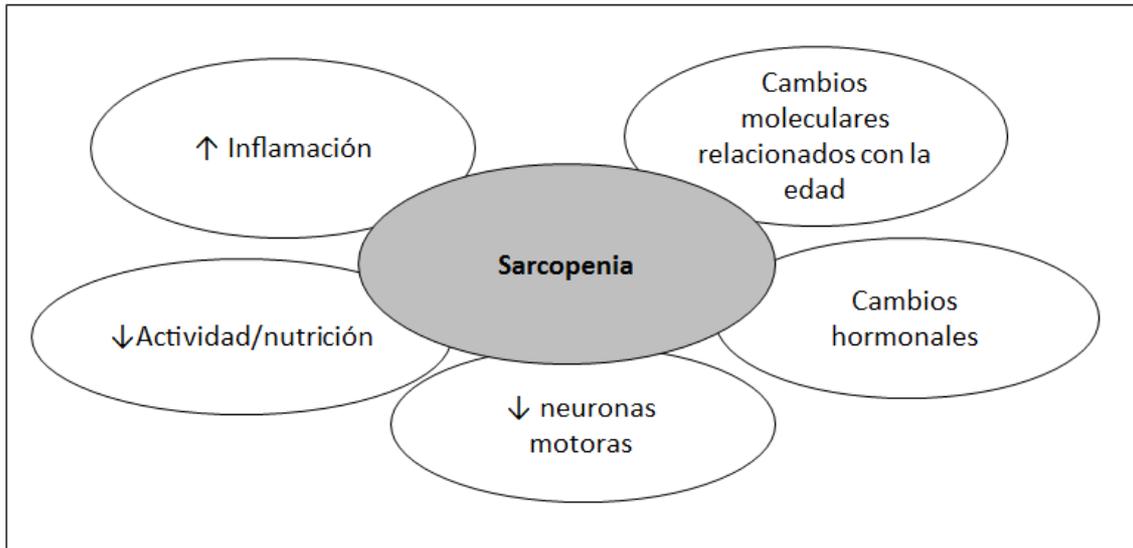


Figura modificada de Walston (2012). Nota: los óvalos representan los dominios que se relacionan con el mantenimiento de la fuerza y de la masa músculo-esquelética.

De todas las causas, la más prominente es la inactividad física. El ejercicio (la contracción muscular) incrementa la liberación de factores de crecimiento muscular (ej. insulina) que activan las células satélites y la síntesis proteica, lo que lleva a una regeneración muscular; procesos que son menos activos con el envejecimiento (Morley, 2012). Los beneficios del ejercicio para la prevención y tratamiento de la sarcopenia dependen en gran parte del tipo de actividad que se realice, el entrenamiento de fuerza es más efectivo para incrementar la masa muscular y la fuerza, mientras el ejercicio aeróbico es mejor para mejorar y mantener la potencia aeróbica máxima (Landi, Marzetti, Martone, Bernabei, & Onder, 2014).

Junto con el ejercicio, la nutrición constituye otro factor importante de carácter ambiental relacionado con la sarcopenia. Particularmente el mantenimiento de la masa muscular en las personas mayores requiere de una ingesta adecuada de proteínas de por lo menos 1.2 gramos de proteína por kg de masa corporal cada día (Morley, 2012). Por su parte, los niveles de vitamina D caen progresivamente con la edad (Perry et al., 1999) y su deficiencia en las

personas mayores se encuentra asociada con un mayor riesgo de sarcopenia, caídas, fractura de cadera y mortalidad (Morley, 2009).

La contribución neurológica a la sarcopenia ocurre especialmente por la pérdida de los axones de las motoneuronas alfa. Una unidad motora está constituida por una motoneurona y todas las fibras musculares conectadas a ella; al momento que una motoneurona se pierde, las fibras musculares desnervadas se conectan a las motoneuronas sobrevivientes (Malafarina, et al., 2012). Esto lleva a que una sola motoneurona alfa deba conectarse con más fibras musculares constituyendo unidades motoras más grandes; el resultado final es la pérdida de la eficacia, que podría ser la causa del temblor típico y la fatiga en las personas mayores, lo que conduce a una imprecisión motora y una pobre coordinación (T. E. Jones et al., 2009). La reinervación contribuye a una nueva repartición de las fibras musculares tipo I (lentas y oxidativas) y las tipo II (rápidas y glucolíticas). Estas a su vez, tienden a disminuir con el aumento de la edad; el promedio de fibras tipo II por área se disminuye con la edad entre un 20.0-50.0 %, mientras las fibras tipo I entre un 1.0-20.0% (Doherty, 2003).

Respecto al aporte del sistema endocrino, existe evidencia que los cambios hormonales relacionados con la edad están ligados a la pérdida de la masa muscular y de la fuerza. La insulina, estrógenos, andrógenos, hormona del crecimiento, hormona tiroidea, catecolaminas y corticoides están involucrados en la etiología y patogénesis de la sarcopenia (Rolland, et al., 2008). Por otro lado, la activación de las rutas inflamatorias, debido probablemente a la variedad de enfermedades y a las causas del envejecimiento, contribuye de manera importante al desarrollo de la sarcopenia (Jo, Lee, Park, & Kim, 2012). El aumento en los niveles séricos de interleukina-1, factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) e interleukina-6 (IL-6) provocan una mayor pérdida de aminoácidos en el músculo (Serra, 2006). En un estudio con mujeres mayores, quienes presentaron altos niveles séricos de interleukina 6 tuvieron un mayor riesgo de discapacidad física y de experimentar una

## 2. ANTECEDENTES

---

disminución más prolongada en la habilidad de caminar, que quienes tuvieron valores bajos (Ferrucci et al., 2002).

Otro factor de vital importancia es la influencia genética, que estudia principalmente la variabilidad de la masa muscular y de la fuerza como fenotipos de riesgo para sarcopenia, con un rango de heredabilidad del 30.0% al 85.0% para el primero y del 45.0% al 90.0% para el segundo (Tan, Liu, Lei, Papasian, & Deng, 2012).

### 2.1.3. Evaluación de la masa muscular

Si la masa muscular hace parte de la definición de sarcopenia, entonces la medición de esta necesita ser factible tanto para la clínica como para la investigación, así como para las personas mayores. Los métodos antropométricos (índice de masa corporal, circunferencias de brazo y pantorrilla, pliegues cutáneos) son simples pero carecen de precisión y generalmente llevan a la sobreestimación (Mijnarends et al., 2013). Aunque algunos métodos antropométricos correlacionan altamente con la MMA, puede presentarse algunos errores sustanciales de predicción en algunos individuos, inclusive cuando la evaluación se combina con la FPM (Cruz-Jentoft, et al., 2010). El Análisis de Bioimpedancia Eléctrica (ABI) es una alternativa asequible y fácil de usar tanto en la investigación como en la clínica (Janssen, Heymsfield, Baumgartner, & Ross, 2000), sin embargo el ABI puede ser considerado más como una medida subrogada de la masa muscular que una medida directa (C. Cooper et al., 2013).

En la evaluación de la masa muscular para el diagnóstico de sarcopenia, existen herramientas más precisas que la medición de circunferencias y el ABI, como son las Imágenes de Resonancia Magnética (IRM), la Tomografía Computarizada (TC) y la DXA. Esta última es actualmente el método más aceptado para la cuantificación de la masa muscular, tanto en la clínica como

en la investigación, por considerarse más preciso y confiable que los dos primeros métodos mencionados, además de presentar menor exposición a la radiación con respecto a la TC y menor costo económico comparado con la IRM y la TC (Abellan van Kan, 2009; Cruz-Jentoft, et al., 2010) (Tabla 2). Además, la DXA ha demostrado ser una técnica válida para evaluar la masa muscular en personas mayores, al presentar altas correlaciones con MRI en cuerpo total ( $r = 0.94$ ;  $p < 0.001$ ) y la región de la pierna ( $r = 0.91$ ;  $p < 0.001$ ) (Chen et al., 2007).

**Tabla 2.** Métodos de evaluación de la masa músculo-esquelética.

Técnica	Medición	Comentario
Circunferencias	Circunferencias medias de pantorrilla y brazo como medidas del tamaño del músculo	Errores frecuentes de estimación
ABI	Corriente alterna eléctrica a través del tejido corporal	Pérdida de precisión y confiabilidad
DXA	Atenuación de energía de 2 rayos X	Bastante precisa y fiable, un mínimo de exposición a la radiación
TC	Cuantificación transversal del tamaño del músculo	Cara y mayor exposición a radiación
IRM	Cuantificación transversal del tamaño del músculo	Cara y consume mucho tiempo

ABI, análisis de bioimpedancia; DXA, Absorciometría Dual por Rayos X; TC, Tomografía Computarizada; IRM, Imágenes de Resonancia Magnética. Modificado de Abellan van Kan (2009).

#### 2.1.4. Datos epidemiológicos de la sarcopenia

La estimación de la prevalencia de sarcopenia es muy variable a partir de la revisión de diferentes estudios, debido a las dificultades prácticas, al empleo de diferentes definiciones y a la diversidad de instrumentos utilizados para la evaluación. En un primer momento se pueden revisar aquellos estudios

## 2. ANTECEDENTES

---

que centraron su diagnóstico exclusivamente en la evaluación de la masa muscular. El estudio de Baumgartner et al. (1998), que evaluó la masa muscular por medio de DXA y propuso el IMMA como criterio diagnóstico, encontró una prevalencia entre el 13 y el 24% en las personas menores de 70 años y hasta del 50% en los mayores de 80 años. El estudio de Delmonico et al. (2007), que empleó igualmente el IMMA para el diagnóstico de sarcopenia en una cohorte de hombres y mujeres de 70 a 79 años, encontró una prevalencia de 25.2% para los hombres blancos, 11.8% para los hombres negros, 31.4% para las mujeres blancas y 6.8% para las mujeres negras. Entre otros estudios de prevalencia determinada a partir de la masa muscular, se encuentran el de China (mujeres 18.6%; hombres 23.6%; por ABI y IRM) (Chien, Huang, & Wu, 2008), Francia (mujeres 23.6%; hombres 12.5%; por ABI) (Tichet et al., 2008) y España (Barcelona) (mujeres 33.0%; hombres 10.0%; por ABI) (Masanes et al., 2012).

Por su parte, el estudio de Bijlsma et al. (2013), que evaluó la diferencia en la prevalencia calculada según la aplicación de 7 diferentes criterios diagnósticos de sarcopenia en una población holandesa, seis de los cuales correspondieron a definiciones operacionales basadas en la baja masa muscular y uno en la fuerza muscular (baja FPM); encontró en los hombres (edad promedio 64.5 años) una prevalencia de sarcopenia entre los diferentes criterios de 0.0% a 20.8% en la categoría más baja de edad (por debajo de 60 años), de 0.0% a 31.2% en la categoría media (60 a 69 años) y de 0.0% a 45% en la categoría más alta (70 o más años). En las mujeres (promedio 61.8 años), la prevalencia de sarcopenia varió de 0.0% a 15.6%, de 0.0% a 21.8% y de 0.0% a 25.8%, en los mismos grupos de edad respectivamente. Llama la atención de este estudio, que solo un participante presentó sarcopenia según todos los criterios diagnósticos (Bijlsma, et al., 2013).

En conclusión, frente a los estudios que definieron la sarcopenia solo a partir de la estimación de la masa muscular, se observa cómo la prevalencia varía ampliamente entre los estudios y esto parece depender especialmente

del criterio diagnóstico de sarcopenia empleado. Además, como lo plantea el EWGSOP, la valoración de la sarcopenia solo a partir de la masa muscular es una estimación clínicamente pobre, al no considerar la fuerza muscular y la AF como elementos integradores del diagnóstico (Cruz-Jentoft, et al., 2010).

### ***Estudios de sarcopenia con la definición del EWGSOP***

Desde su publicación en el 2010, la definición de sarcopenia propuesta por el EWGSOP cuenta con varios estudios que reportan su aplicación en diversos países. En una búsqueda realizada en Pubmed con las palabras claves “sarcopenia”, “European Working Group on Sarcopenia in Older People” y “EWGSOP” (hasta el 30 de septiembre 2014), 33 estudios fueron encontrados con un total de 34709 participantes. 16 estudios fueron realizados en Europa, 14 en Asia, 1 en Oceanía y 2 en Latinoamérica. En la tabla 3 se observa un resumen de estos estudios.

La mayoría de los estudios incluyeron hombres y mujeres con excepción de 5 estudios que involucraron un solo sexo (Abellan van Kan et al., 2013; Patel et al., 2013; Patil et al., 2013; Verschueren, et al., 2013; Y. H. Hsu et al., 2014). La participación femenina fue más alta en la mayor parte de los demás estudios. La edad de los participantes fue generalmente de 65 o más años, con excepción de algunos estudios que incluyeron poblaciones de menor edad, de 27-97 años (Volpato et al., 2014), 40-79 años (Verschueren, et al., 2013),  $\geq 45$  años (Cherin, Voronska, Fraoucene, & de Jaeger, 2014),  $\geq 50$  años (Bastiaanse, Hilgenkamp, Echteld, & Evenhuis, 2012) y  $\geq 60$  años (da Silva Alexandre, Duarte, Santos, Wong, & Lebrao, 2014).

La evaluación de la masa muscular en la mayoría de los estudios fue realizada por medio de ABI, con el empleo del IME para determinar las personas con baja masa muscular (Landi et al., 2012a; Tanimoto et al., 2012; Akune et al., 2013; Legrand, Vaes, Mathei, Swine, & Degryse, 2013b; Yamada

## 2. ANTECEDENTES

---

et al., 2013; da Silva Alexandre, et al., 2014; Y. H. Hsu, et al., 2014; Rossi et al., 2014; Smoliner, Sieber, & Wirth, 2014; Tanimoto et al., 2014; Vetrano et al., 2014; Volpato, et al., 2014; C. H. Wu et al., 2014; I. C. Wu et al., 2014; Yoshida et al., 2014). Cuatro estudios emplearon la circunferencia media del brazo para evaluar la masa muscular, con un valor de 21.1 cm y 19.2 cm para hombres y mujeres respectivamente (Landi et al., 2012c; Gariballa & Alessa, 2013; Landi et al., 2013a; Landi et al., 2013b). Dos estudios por su parte utilizaron la circunferencia media de la pierna con un criterio de <31 cm para ambos sexos como baja masa muscular (Arango-Lopera, Arroyo, Gutiérrez-Robledo, & Pérez-Zepeda, 2012; Bastiaanse, et al., 2012). Dos estudios que hacen parte de la misma publicación emplearon la medición de pliegues cutáneos, el tercil más bajo de masa libre de grasa fue el criterio empleado para evaluar la baja masa muscular (Patel, et al., 2013). Finalmente, el DXA fue la segunda técnica más empleada para evaluar la masa muscular entre los estudios y el IMMA fue el principal criterio para definir una pérdida de la masa muscular en los participantes (Abellan van Kan, et al., 2013; W. J. Lee, Liu, Peng, Lin, & Chen, 2013; Patil, et al., 2013; Verschueren, et al., 2013; Cherin, et al., 2014; J. H. Kim et al., 2014; Liu et al., 2014; Meng et al., 2014; R. Yu et al., 2014).

La FPM fue la fuerza más empleada en los diferentes estudios, los valores de <30 kg para los hombres y <20 kg para las mujeres fueron los puntos de corte más utilizados para definir una baja fuerza muscular (Tabla 3). Hay dos estudios que emplearon la FPM según el Índice de Masa Corporal (IMC), valores más altos en este último indican un punto de corte de baja fuerza muscular mayor para ambos sexos (Verschueren, et al., 2013; Volpato, et al., 2014). Solo un estudio utilizó un parámetro diferente, el cual evaluó la fuerza concéntrica de extensión de rodilla en una máquina isocinética a una velocidad angular de 60°/s, los valores promedios del torque concéntrico fueron registrados (Nm) de 2 series de 5 repeticiones realizadas con un descanso de 30 segundos; los puntos de corte para baja fuerza muscular se calcularon de acuerdo al peso corporal, 0.75 Nm/kg para los hombres y 0.79 Nm/kg para las mujeres (J. H. Kim, et al., 2014).

La evaluación de la AF fue realizada principalmente con la VM (de forma usual). Las distancias recorridas variaron ampliamente desde 8 pies (2.44 m) hasta 50 pies (15.4 m); los puntos de corte más empleados fueron  $\leq 0.8$  m/s,  $< 0.8$  m/s y  $< 1$  m/s (Tabla 3). No siempre la velocidad se calculó sobre la distancia recorrida, en el caso del estudio de Yoshida et al. (2014), que utilizó una distancia total de 6.4 m, incluyó dentro de esta dos zonas de 2 m en cada extremo y registro el tiempo que las personas emplearon en recorrer la zona media de 2.4 m. Dos estudios emplearon la batería corta de rendimiento físico (Short Physical Performance Battery, SPPB) para valorar el componente AF dentro de la definición de sarcopenia, un valor de  $\leq 8$  puntos se definió como una baja AF (J. H. Kim, et al., 2014; Smoliner, et al., 2014). Llama la atención que tres estudios omitieron la evaluación de la AF en el diagnóstico de sarcopenia, estos estudios consideraron que una persona cumplía con el diagnóstico si presentaba una baja masa muscular acompañada de una baja FPM, sin considerar el componente funcional (Gariballa & Alessa, 2013; Cherin, et al., 2014; S. Yu et al., 2014). Esto último, podría pensarse, lleva a imprecisiones en el diagnóstico; sin embargo un cuarto estudio con 4811 japoneses  $\geq 65$  años, no encontró una diferencia importante en las prevalencias de sarcopenia al aplicar la definición de sarcopenia propuesta por el EWGSOP incluyendo los tres elementos que la componen (baja masa muscular, baja fuerza y baja funcionalidad) y el utilizar en el mismo grupo poblacional la baja masa muscular y la fuerza muscular únicamente para el diagnóstico; las prevalencias totales fueron de 7.5% y 7.3% respectivamente (Yoshida, et al., 2014).

La prevalencia más baja de sarcopenia fue encontrada en un estudio con mujeres filandesas entre 70-80 años (0.9%) (Patil, et al., 2013) y la más alta se reportó en un estudio realizado en México con 345 personas  $\geq 70$  años (33.6%) (Arango-Lopera, et al., 2012). La prevalencia de sarcopenia de los estudios reportados en Asia varió entre 3.9% y 30.9% (Tanimoto, et al., 2012; Akune, et al., 2013; Gariballa & Alessa, 2013; W. J. Lee, et al., 2013; Yamada,

## 2. ANTECEDENTES

---

et al., 2013; Y. H. Hsu, et al., 2014; J. H. Kim, et al., 2014; Liu, et al., 2014; Meng, et al., 2014; Tanimoto, et al., 2014; C. H. Wu, et al., 2014; I. C. Wu, et al., 2014; Yoshida, et al., 2014; R. Yu, et al., 2014); mientras en Europa la variación fue levemente más amplia entre 0.9% y 32.8% (Bastiaanse, et al., 2012; Landi, et al., 2012a; Landi, et al., 2012c; Abellan van Kan, et al., 2013; Landi, et al., 2013a; Landi, et al., 2013b; Legrand, et al., 2013b; Patel, et al., 2013; Patil, et al., 2013; Verschueren, et al., 2013; Cherin, et al., 2014; Rossi, et al., 2014; Smoliner, et al., 2014; Vetrano, et al., 2014; Volpato, et al., 2014) (Tabla 3). Por su parte, en latinoamerica se encontraron dos estudios, el de México mencionado previamente y el de Brasil que reportó una prevalencia de 15.4% (da Silva Alexandre, et al., 2014). Un único estudio fue encontrado en Oceanía en una población australiana, el cual definió la sarcopenia con tres diferentes criterios de baja masa muscular, más baja fuerza muscular; los resultados fueron 1.6%, 7.4% y 7.2% (Tabla 3) (S. Yu, et al., 2014)

Como se observó anteriormente la sarcopenia definida según el EWGSOP varía ampliamente entre los estudios. Una posible explicación se puede relacionar con la variedad de instrumentos empleados para su diagnóstico, en especial para la evaluación de la masa muscular. La prevalencia entre los estudios que evaluaron la masa muscular con ABI varió entre 3.9% y 32.8% (Landi, et al., 2012a; Tanimoto, et al., 2012; Akune, et al., 2013; Legrand, et al., 2013b; Yamada, et al., 2013; da Silva Alexandre, et al., 2014; Y. H. Hsu, et al., 2014; Rossi, et al., 2014; Smoliner, et al., 2014; Tanimoto, et al., 2014; Vetrano, et al., 2014; Volpato, et al., 2014; C. H. Wu, et al., 2014; I. C. Wu, et al., 2014; Yoshida, et al., 2014). Por su parte, los estudios que emplearon medidas antropométricas para determinar la baja masa muscular como circunferencias y pliegues cutáneos reportaron una prevalencia entre el 6.4% y el 33.6% (Bastiaanse, et al., 2012; Landi, et al., 2012a; Gariballa & Alessa, 2013; Landi, et al., 2013a; Landi, et al., 2013b; Patel, et al., 2013). Mientras los estudios que evaluaron la masa muscular por medio de DXA presentaron un rango menor entre 0.9% y 15.5% (Abellan van Kan, et al., 2013; W. J. Lee, et al., 2013; Patel, et al., 2013; Patil, et al., 2013; Verschueren,

et al., 2013; Cherin, et al., 2014; J. H. Kim, et al., 2014; Liu, et al., 2014; Meng, et al., 2014; R. Yu, et al., 2014; S. Yu, et al., 2014).

Hay algunos estudios que evaluaron la sarcopenia con la definición del EWGSOP y simultáneamente con otras definiciones operacionales basadas en la masa muscular solamente. El estudio de Abellan van Kan et al. (2013) en 3025 mujeres  $\geq 75$  años, reportó una prevalencia de sarcopenia con la definición de Baumgartner et al (1998), Delmonico et al. (2007) y Newman et al. (2003b) de 9.4%, 18.8% y 14.1% respectivamente; mientras que con la definición del EWGSOP la prevalencia fue del 5.2%. El estudio de Verschueren et al. (2013) en 679 hombres  $\geq 75$  años, reporto una prevalencia con la definición de Baumgartner et al. (1998) de 11.9%, mientras por EWGSOP fue menos de la mitad con un 3.7%.

Las diferencias en la prevalencia de sarcopenia de acuerdo al sexo (superiores al 5%), se presentaron a favor de los hombres en 4 de los estudios (Landi, et al., 2012a; Landi, et al., 2013a; Smoliner, et al., 2014; Vetrano, et al., 2014) y a favor de las mujeres en 3 de los estudios (Arango-Lopera, et al., 2012; Volpato, et al., 2014; C. H. Wu, et al., 2014). Los estudios con las diferencias más amplias fueron el de Landi et al. (2012a), con una prevalencia de 20.8% en mujeres y 67.7% en hombres; y el estudio de Arango-Lopera et al. (2012), con una prevalencia de 48.5% en mujeres y 27.4% en hombres.

**Tabla 3.** Estudios de sarcopenia realizados con la definición del EWGSOP

Estudio	Continente (país)	N (% M)	Edad	Método de evaluación y criterios						Prevalencia (%)		
				MM	Criterio MM	FM	Criterio FM	AF	Criterio AF	Total	Mujeres	Hombres
<b>Gariballa &amp; Alessa (2013)<sup>a</sup></b>	Asia (EAU)	432 (47.4)	≥65 años	CC	CMMB, H 21.1 cm y M 19.2 cm	FPM	H 30 kg, M 20 kg	No incluido	-----	10.0	14.0	6.6
<b>Yoshida et al. (2014)<sup>b</sup></b>	Asia (Japón)	4811 (51.2)	≥65 años	ABI	IME, quintil más bajo	FPM	Quintil más bajo	VM (6,4m) <sup>d</sup>	<0.8 m/s	Todos los criterios 7.5; MM+FPM 7.4	Todos los criterios 8.2; MM+FPM 8.2	Todos los criterios 6.8; MM+FPM 6.8
<b>Akune et al. (2013)</b>	Asia (Japón)	1000 (65.1)	≥65 años	ABI	IME, H <7.0 kg/m <sup>2</sup> y M <5.8 kg/m <sup>2</sup>	FPM	H 30 kg, M 20 kg	VM (6m)	≤0.8 m/s	12.9	12.4	13.8
<b>Tanimoto et al. (2012)</b>	Asia (Japón)	1158 (68.2)	≥65 años	ABI	IMMA, H <7.0 kg/m <sup>2</sup> y M <5.8 kg/m <sup>2</sup>	FPM	Cuartil más bajo	VM (11m)	Cuartil más bajo	10.8	10.7	11.3
<b>Yamada et al. (2013)</b>	Asia (Japón)	1882 (69.8)	≥65 años	ABI	IME, H 6.75 kg/m <sup>2</sup> y M 5.07 kg/m <sup>2</sup>	FPM	H 30 kg, M 20 kg	VM (10m)	<0.8 m/s	21.9	22.1	21.8
<b>Tanimoto et al. (2014)</b>	Asia (Japón)	1110 (66.4)	≥65 años	ABI	IMMA, H <7.0 kg/m <sup>2</sup> y M <5.8 kg/m <sup>2</sup>	FPM	Cuartil más bajo	VM (11m)	Cuartil más bajo	14.4	14.9	13.4
<b>Kim et al. (2014)</b>	Asia (Korea)	556 (48.9)	≥65 años	DXA	IMMA, H 7.09 kg/m <sup>2</sup> y M 5.27 kg/m <sup>2</sup>	FMIER	FMIER/peso corporal, H 0.75 Nm/kg y M 0.79 Nm/kg	SPPB	score ≤8	8.8	8.8	8.8
<b>Hsu et al. (2014)</b>	Asia (Taiwan)	353 (0.0)	≥65 años	ABI	IME, 8.87 kg/m <sup>2</sup>	FPM	22.5 kg	VM (6m)	≤0.8 m/s	30.9	No aplica	30.9
<b>C. H. Wu et al. (2014)</b>	Asia (Taiwan)	549 (48.0)	≥65 años	ABI	IME, H 7.70 kg/m <sup>2</sup> y M 5.67 kg/m <sup>2</sup>	FPM	Por IMC según sexo	VM (15-pies)	≤0.8 m/s	12.7	17.8	8.1
<b>I. C. Wu et al. (2014)<sup>c</sup></b>	Asia (Taiwan)	2867 (50.0)	≥65 años	ABI	IMMA, H 6.76 kg/m <sup>2</sup> y M 5.28 kg/m <sup>2</sup>	FPM	Por IMC según sexo	VM (3-5m)	Quintil más bajo	3.9 (grupo referencia joven). 7.3 (población estudio)	2.5 (grupo referencia joven). 6.4 (población estudio)	5.4 (grupo referencia joven). 8.1 (población estudio)
<b>Lee, Liu, Peng, Lin, &amp; Chen (2013)<sup>c</sup></b>	Asia (Taiwan)	386 (42.0)	≥65 años	DXA	IMMA, H 7.27 kg/m <sup>2</sup> , M 5.44 kg/m <sup>2</sup> . IME% (calculado a partir de la MMA), H 37.4 y M 28.0	FPM	H 22.4 kg, M 14.3 kg	VM (6m)	≤0.8 m/s	IMMA: 7.8; SMI%: 16.6	IMMA: 10.8; SMI%: 14.9	IMMA: 3.7; SMI%: 19.0

<b>Liu et al. (2014)</b>	Asia (Taiwan)	1008 (48.2)	≥50 años	DXA	IMMA, H 7.0 kg/m <sup>2</sup> y M 5.9 kg/m <sup>2</sup>	FPM	H 25 kg, M 16 kg	VM (6m)	Quintil más bajo	10.0	9.8	9.4
<b>Meng et al. (2014)<sup>c</sup></b>	Asia (Taiwan)	771 (46.5)	≥65 años	DXA	IMMA, H 6.3 kg/m <sup>2</sup> y M 4.8 kg/m <sup>2</sup>	FPM	H 30 kg, M 20 kg	VM (5m)	<0.8 m/s	Ajustada por talla 5.7; ajustada por peso 9.7	Ajustada por talla 2.6; ajustada por peso 12.5	Ajustada por talla 8.4; ajustada por peso 7.2
<b>Smoliner, Sieber, &amp; Wirth (2014)</b>	Eur (Alemania)	198 (70.2)	≥65 años	ABI	IME, H < 8.87 kg/m <sup>2</sup> y M < 6.42 kg/m <sup>2</sup>	FPM	H 30 kg, M 20 kg	SPPB	score ≤8	25.3	20.1	33.8
<b>Legrand, Vaes, Mathei, Swine, &amp; Degryse (2013b)</b>	Eur (Bélgica)	288 (64.2)	≥ 80 años	ABI	IME, H < 8.87 kg/m <sup>2</sup> y M < 6.42 kg/m <sup>2</sup>	FPM	H 30 kg, M 20 kg	VM (6m)	<0.8 m/s	12.5	12.4	12.6
<b>Patil et al. (2013)</b>	Eur (Finlandia)	409 (100.0)	70-80 años	DXA	IMMA <5.5 kg/m <sup>2</sup>	FPM	<20 kg	VM (4m)	<0.8 m/s	0.9	0.9	No aplica
<b>Cherin, Voronska, Fraoucene, &amp; de Jaeger (2014)</b>	Eur (Francia)	1421 (61.0)	≥45 años	DXA	IMMA, H 7.26 kg/m <sup>2</sup> y M 5.45 kg/m <sup>2</sup>	FPM	H 30 kg, M 20 kg	No incluido	-----	15.5	15.5	15.5
<b>Abellan van Kan et al. (2013)</b>	Eur (Francia)	3025 (100.0)	≥75 años	DXA	IMMA ≤5.45 kg/m <sup>2</sup>	FPM	Cuartil más bajo	VM (4m)	<0.8 m/s	5.5	5.5	No aplica
<b>Rossi et al. (2014)</b>	Eur (Italia)	119 (34.4)	≥65 años	ABI	IME, H 8.32 kg/m <sup>2</sup> y M 6.44 kg/m <sup>2</sup>	FPM	H 30 kg, M 20 kg	VM (4m)	<0.8 m/s	26	No reporta	No reporta
<b>Volpato et al. (2014)</b>	Eur (Italia)	730 (52.0)	27-97 años	ABI	IME, H < 8.87 kg/m <sup>2</sup> y M < 6.42 kg/m <sup>2</sup>	FPM	Por IMC según sexo	VM (4m)	<0.8 m/s	Todos= 7.5; ≥65 años= 11.3	70-74 años= 2.6; ≥80 años= 31.6	70-74 años= 1.2; ≥80 años= 17.4
<b>Vetrano et al. (2014)</b>	Eur (Italia)	770 (56.0)	≥65 años	ABI	IME, H < 8.87 kg/m <sup>2</sup> y M < 6.42 kg/m <sup>2</sup>	FPM	H 30 kg, M 20 kg	VM (4m)	≤0.8 m/s	28.0	23.5	33.0
<b>Landi et al. (2012a)</b>	Eur (Italia)	122 (74.5)	≥70 años	ABI	IME, H < 8.87 kg/m <sup>2</sup> y M < 6.42 kg/m <sup>2</sup>	FPM	H 30 kg, M 20 kg	VM (4m)	≤0.8 m/s	32.8	20.8	67.7
<b>Landi et al. (2013a)</b>	Eur (Italia)	197 (66.4)	80-85 años	CC	CMMB, H 21.1 cm y M 19.2 cm	FPM	H 30 kg, M 20 kg	VM (4m)	<0.8 m/s	21.8	19.8	25.7
<b>Landi et al. (2013b)</b>	Eur (Italia)	354 (66.7)	≥ 80 años	CC	CMMB, H 21.1 cm y M 19.2 cm	FPM	H 30 kg, M 20 kg	VM (4m)	<0.8 m/s	29.1	30.1	27.1
<b>Landi et al. (2012c)</b>	Eur (Italia)	260 (68.0)	≥ 80 años	CC	CMMB, H 21.1 cm y M 19.2 cm	FPM	H 30 kg, M 20 kg	VM (4m)	<0.8 m/s	25.4	25.4	25.4
<b>Bastiaanse, Hilgenkamp, Echteld, &amp; Evenhuis (2012)</b>	Eur (Países Bajos)	884 (49.1)	≥50 años	CC	Pantorrilla < 31 cm	FPM	H 30 kg, M 20 kg	VM (5m) <sup>e</sup>	<0.8 m/s	14.3	16.9	16.2
<b>Verschuere et al. (2013)</b>	Eur (Bélgica)	361 (0.0)	40-79 años	DXA	IMMA 7.26 kg/m <sup>2</sup>	FPM	Por IMC	VM (50-pies)	<1 m/s	3.7	No aplica	3.7
<b>Patel et al. (2013)<sup>c</sup></b>	Eur (RU)	103 (0.0)	X=73 años	DXA/P C	Tercil más bajo: MM y MLG	FPM	H 30 kg, M 20 kg	VM (3m)	≤0.8 m/s	6.8 (DXA), 7.8 (PC)	No aplica	6.8 (DXA), 7.8 (PC)

<b>Patel et al. (2013)</b>	Eur (RU)	1787 (57.1)	X=67 años	PC	Tercil más bajo: MLG	FPM	H 30 kg, M 20 kg	VM (3m)	≤0.8 m/s	6,4	7,9	4,6
<b>da Silva Alexandre, Duarte, Santos, Wong, &amp; Lebrao, (2014)</b>	Lat (Brasil)	1149 (61.9)	≥ 60 años	ABI	IME, H ≤8.90 kg/m <sup>2</sup> y M ≤6.37 kg/m <sup>2</sup>	FPM	H 30 kg, M 20 kg	VM (8-pies)	<0.8 m/s	15.4	16.1	14.4
<b>Arango-Lopera, Arroyo, Gutiérrez-Robledo, &amp; Pérez-Zepeda (2012)</b>	Lat (México)	345 (53.3)	≥70 años	CC	Pantorrilla < 31 cm	FPM	H 30 kg, M 20 kg	VM (4m)	<0.8 m/s	33.6	48.5	27.4
<b>Yu et al. (2014)<sup>c</sup></b>	Oceania (Australia)	986 (61.3)	≥65 años	DXA	1) IMMA, H <6.89 kg/m <sup>2</sup> y M <4.32 kg/m <sup>2</sup> (grupo joven de referencia). 2) IMMA, H <7.36 kg/m <sup>2</sup> y M <5.81 kg/m <sup>2</sup> (p20 por genero). 3) H <-2.15 y M <-1.42 (regresión lineal).	FPM	H 30 kg, M 20 kg	No incluido	-----	1) 1.6; 2) 7.4 ; 3)7.2	1) 2.2 ;2) 6.2; 3)6.4	1) 0.3 ;2) 9.3; 3)8.5

Eur, Europa; EAU, Emiratos Árabes Unidos; RU, Reino Unido; Lat, Latinoamérica. M, mujer; H, hombre. IMC, índice de masa corporal; MM, masa muscular; CC, circunferencia; CMMA, Circunferencia media del músculo del brazo (cm); ABI, Análisis de bioimpedancia; DXA, Absorciometría Dual por Rayos X; PC, pliegues cutáneos; IME, índice musculo esquelético (kg/m<sup>2</sup>); IME%, Porcentaje del índice musculo-esquelético; MMA, masa magra apendicular (kg); IMMA, índice de masa magra apendicular (kg/m<sup>2</sup>); MLG, masa libre de grasa; FM, fuerza muscular; FPM, fuerza de presión manual; FMIER, Fuerza muscular isocinética de extensión de rodilla; AF, aptitud funcional; VM, velocidad de la marcha; SPPB, Short Physical Performance Battery.

<sup>a</sup> la sarcopenia se definió con la MM y la FM únicamente, no se determinó el componente de AF.

<sup>b</sup> la sarcopenia se definió con todos los criterios y además solo con la MM y la FM.

<sup>c</sup> la sarcopenia se determinó con todos los criterios, pero utilizando 2 o más criterios de MM.

<sup>d</sup> con una zona inicial y final de 2 m, se toma el tiempo en la zona media de 2.4 m .

<sup>e</sup> con 3 m previos de aceleración .

### 2.1.5. Consecuencias clínicas

En términos generales, las principales consecuencias de la sarcopenia están relacionadas con un incremento del riesgo de discapacidad, dependencia, hospitalización y finalmente de mortalidad en la población mayor (Serra, 2006). Por otro lado, se encuentran los altos costos en salud que se derivan del tratamiento de la sarcopenia; en Estados Unidos en el año 2000 los gastos en salud derivados de la sarcopenia significaron un costo de \$18.5 billones (\$10.8 billones en los hombres, \$7.7 billones en las mujeres), lo que representó cerca del 1.5% de los gastos totales en el sistema de salud en ese año (Janssen, Shepard, Katzmarzyk, & Roubenoff, 2004).

Al abordar las consecuencias de la sarcopenia, es necesario diferenciarlas desde la definición utilizada para su diagnóstico. Abellan van Kan (2009) plantea las consecuencias de la sarcopenia basadas sobre estudios que analizan la baja masa muscular o la pérdida de la fuerza muscular; de esta forma analiza cómo estos dos aspectos de forma independiente tienen repercusiones sobre el rendimiento funcional y las limitaciones en la movilidad, pero bajo un mismo concepto: sarcopenia. Por su parte, Visser & Schaap (2011) señalan las consecuencias de la sarcopenia desde su definición tradicional (baja masa muscular) y otro conjunto de consecuencias derivadas de la baja fuerza muscular englobadas sobre el concepto de dinapenia. Los autores después de revisar diferentes estudios epidemiológicos que involucraron personas mayores de ambos sexos, concluyeron que un pobre funcionamiento muscular (en términos de baja fuerza muscular o baja potencia muscular), incrementa el riesgo de una disminución en la aptitud funcional, mayor número de caídas y mortalidad independientemente del tamaño muscular; además, el impacto de este pobre funcionamiento muscular fue más fuerte y consistente comparado con el impacto de la baja masa muscular (Visser & Schaap, 2011).

## 2. ANTECEDENTES

---

Las consecuencias de la sarcopenia a partir de las definiciones operacionales que involucran simultáneamente la baja masa muscular, la fuerza muscular y/o aptitud funcional como la planteada por el EWGSOP son más recientes. El estudio de Tanimoto et al (2012) encontró que las personas con sarcopenia presentaron un riesgo más alto de discapacidad comparado con los sujetos normales, especialmente en el componente de desempeño en las actividades instrumentales de la vida diaria (hombres, OR 7.05 IC95% 2.52-19.74; mujeres, OR 5.04 IC95% 1.95-13.02). La sarcopenia definida según el EWGSOP también se encuentra asociada con un mayor riesgo de caídas; en un estudio realizado con 1110 personas en Japón ( $\geq 65$  años), la asociación entre la sarcopenia y la frecuencia de caídas en los hombres presentó un OR de 4.42 (IC 95% 2.08–9.39,  $p < 0.001$ ) y en las mujeres de 2.34 (IC 95% 1.39–3.94,  $p < 0.001$ ) (Tanimoto, et al., 2014). En otro estudio que siguió a una cohorte de 260 personas  $\geq 80$  años por dos años, se encontró después de ajustar por diferentes covariantes (edad, sexo, deterioro cognitivo, desempeño en las actividades de la vida diaria, deterioro sensorial, IMC, depresión, actividad física, colesterol, diabetes, número de medicamentos y proteína C-reactiva), que los participantes con sarcopenia tuvieron un mayor riesgo de incidencia de caídas comparado con los sujetos no sarcopénicos (hazard ratio ajustado 3.23, IC 95% 1.25-8.29) (Landi, et al., 2012c). Por otro lado, la sarcopenia se asocia también con un mayor riesgo de hospitalización; así lo demuestra un estudio, que después de un año de seguimiento en 770 personas  $\geq 65$  años reportó un HR de 3.45 (IC 95%: 1.35–8.86) (Vetrano, et al., 2014).

Los estudios de sarcopenia definida por el EWGSOP resaltan igualmente una importante consecuencia y es el aumento en el riesgo mortalidad asociado con sarcopenia. En un seguimiento de 6 meses con 122 personas residentes de un hogar geriátrico, la sarcopenia se encontró significativamente asociada con todas las causas de mortalidad (HR ajustado 2.34; IC 95%: 1.04-5.24) (Landi et al., 2012b). En otras cohortes con diferentes periodos de seguimiento se encontraron resultados similares: en un estudio de 1 año de seguimiento con 770 personas  $\geq 65$  años se encontró un HR ajustado

de 1.59 (IC 95%: 1.10–2.41) (Vetrano, et al., 2014); en otro estudio con 3 años de seguimiento a 345 personas  $\geq 70$  años, el HR ajustado fue de 2.39 (IC 95%:1.05-5.43) (Arango-Lopera, Arroyo, Gutiérrez-Robledo, Pérez-Zepeda, & Cesari, 2013); en un estudio de 6 años de seguimiento la asociación entre sarcopenia y mortalidad se presentó solo en los hombres (HR ajustado 3.89, IC 95%: 1.28–11.7) (J. H. Kim, et al., 2014); y finalmente un estudio con 7 años de seguimiento en 197 personas mayores entre 80-85 años el HR ajustado fue de 2.32 (IC 95%: 1.01–5.43) (Landi, et al., 2013a).

## **2.2. LA FUERZA MUSCULAR, LA APTITUD FUNCIONAL Y LA CALIDAD MUSCULAR EN LAS PERSONAS MAYORES**

### **2.2.1. La fuerza muscular en el envejecimiento y la salud**

La fuerza muscular se identifica como una de las cualidades físicas esenciales en la salud de las personas mayores. Su disminución o pérdida, relacionada con la edad, se le conoce con el nombre de dinapenia, concepto que involucra tanto la pérdida de la fuerza (fuerza máxima voluntaria) y la potencia muscular (la fuerza producto de la velocidad) (Clark & Manini, 2012). Sus bajos niveles se presentan como un fuerte predictor de deterioro funcional y mayor discapacidad física en esta población (Hairi et al., 2010; LaRoche, Millett, & Kralian, 2011; Kojima et al., 2014). A su vez, la disminución de la fuerza está relacionada con un mayor riesgo de caídas (Pizzigalli, Filippini, Ahmaidi, Jullien, & Rainoldi, 2011; Boelens, Hekman, & Verkerke, 2013) y de hospitalización en las personas mayores, por encima de la pérdida de la masa muscular (Cawthon et al., 2009).

La fuerza muscular es una cualidad que no se conserva a lo largo del envejecimiento a pesar de la continuidad del entrenamiento aeróbico. En un estudio longitudinal (4.8 años de seguimiento aproximadamente) con 59

## 2. ANTECEDENTES

---

hombres (edad de inicio del estudio: 58.6 DE 7.3 años) y 35 mujeres (edad de inicio del estudio: 56.9 DE 8.2 años), quienes solían correr como primera alternativa de ejercicio, no presentaron cambios significativos en la masa libre de grasa; mientras que la fuerza isométrica de extensión de rodilla disminuyó significativamente (5.0% por año aproximadamente), al igual que la flexión de rodilla (3.6% por año aproximadamente), cambios que ocurrieron en ambos sexos (Marcell, Hawkins, & Wiswell, 2014).

Algunos aspectos cognitivos y de calidad de vida parecen también estar asociados con la fuerza en personas mayores. Así en un estudio con 41 mujeres entre 64-96 años, cuyo objetivo fue explorar la asociación entre la fuerza isométrica e isotónica de la musculatura extensora del cuádriceps y funciones ejecutivas específicas, los resultados mostraron principalmente una relación positiva entre la fuerza y la atención/memoria de trabajo, con un efecto independiente de la capacidad aeróbica realizada de forma habitual (Scherder, Eggermont, Geuze, Vis, & Verkerke, 2010). En otro estudio con 84 adultos sanos entre 60 y 88 años, la fuerza isométrica de miembros inferiores presentó correlaciones positivas significativas con los valores de la escala de calidad de vida SF-36, en los dominios de funcionamiento físico, dolor corporal, funcionamiento social y rol emocional (Samuel, Rowe, Hood, & Nicol, 2012).

Por otro lado, existe una condición clínica donde la pérdida de la fuerza muscular puede estar acompañada simultáneamente de obesidad en las personas mayores, se le conoce como obesidad-dinapénica; ésta se encuentra asociada con un mayor riesgo de discapacidad en este grupo poblacional, comparada con la dinapenia o la obesidad únicamente (Yang, Ding, Luo, Hao, & Dong, 2014). Además, la obesidad-dinapénica se encuentra asociada con un aumento en el riesgo de caídas, incluso más que la obesidad sarcopénica (Scott et al., 2014)

Finalmente, la fuerza muscular también se encuentra asociada con el riesgo de mortalidad. Así lo demostró un estudio prospectivo en 8762 hombres

de 20 a 80 años (18.9 años de seguimiento), que reportó una relación inversa e independiente con todas las causas de mortalidad, muertes por enfermedad cardiovascular y por cáncer; solo la relación entre la fuerza y las enfermedades cardiovasculares se atenuó, cuando se controló el rendimiento cardiorespiratorio (Ruiz et al., 2008). Por otro lado, en una cohorte de 3594 personas entre 50 y 91 años que fueron seguidos por un periodo de 33 años, la baja fuerza muscular se comportó como un predictor de mortalidad en todos los grupos de edad (Stenholm et al., 2014). En otro estudio, que evaluó el impacto de la fuerza muscular sobre todas las causas de mortalidad en hombres hipertensos ( $\geq 40$  años de edad), se encontró que los altos niveles de fuerza se relacionaron con un menor riesgo de estas, además de un efecto benéfico sobre el rendimiento cardiorespiratorio (Artero et al., 2011).

### **2.2.2. Manifestaciones de la fuerza y su evaluación**

#### **2.2.2.1. Fuerza máxima isométrica (FMI)**

La FMI, es una forma de la fuerza que se manifiesta en la realización de una contracción voluntaria máxima contra una resistencia insalvable. También se le conoce como fuerza máxima estática (González-Badillo & Gorostiaga, 2002). En los mayores la FMI está influenciada por múltiples factores, que se explican no sólo con la pérdida de la masa muscular; en un estudio con 904 personas de ambos sexos entre 67-84 años que investigó la asociación entre la masa muscular y la FMI del cuádriceps, encontró que la variación de la fuerza estaba explicada por la masa muscular en tan solo 5.0% para los hombres y un 4% para las mujeres, mientras otras variables como el sexo, la edad, la grasa corporal, la talla y el nivel de actividad física explicaron el mayor porcentaje de la variación (Beliaeff, Bouchard, Hautier, Brochu, & Dionne, 2008). Sin embargo, en un estudio de seguimiento a 5 años de 87 personas de 75 años de edad de ambos sexo, el cambio en la masa libre de grasa se comportó

## 2. ANTECEDENTES

---

como un predictor estadísticamente significativo de la pérdida de la FMI de presión manual, flexión de brazos y extensión de rodilla (Dey, Bosaeus, Lissner, & Steen, 2009).

Existen datos normalizados poblacionales de medición de la FMI, como los presentados por Hogrel et al. (2007), en una población adulta francesa de hombres y mujeres entre 20-80 años, que evaluó 14 funciones musculares por medio de un medidor de tensiones (célula de carga); la investigación propuso un modelo de predicción para cada función a partir del sexo, la edad y el peso corporal. Otro estudio en población danesa (Danneskiold-Samsøe et al., 2009), estableció valores normativos para el mismo grupo de edad de la FMI evaluada por medio de un dinamómetro isocinético; entre los 25 y los 75 años la fuerza disminuyó de un 54.0% a un 89.0%, pérdida explicada principalmente por la edad; en las mujeres la disminución dependió más del peso corporal y sólo a partir de los 40 años fue por la edad; en todos los grupos musculares los hombres fueron entre 1.5 y 2 veces más fuertes que las mujeres. Por otro lado, los cambios con la edad en la fuerza isométrica son más pronunciados en los miembros inferiores que los superiores (Amaral et al., 2014).

Una de las valoraciones de la fuerza isométrica ampliamente utilizada en la clínica y estudios epidemiológicos es la FPM; es una medida asociada con discapacidad (den Ouden, Schuurmans, Arts, & van der Schouw, 2011), afectación de la calidad de vida relacionada con la salud en su componente mental (Hall, Chiu, Williams, Clark, & Araujo, 2011), prolongadas instancias hospitalarias (Kerr et al., 2006) e incremento de la mortalidad (R. Cooper, Kuh, & Hardy, 2010). Hay una amplia variedad de equipos y protocolos para medir la fuerza de presión manual, el dinamómetro de mano Jamar es el instrumento más utilizado, sin embargo hay considerable variación en su uso y los estudios proporcionan insuficiente información frente a los protocolos empleados (Roberts et al., 2011). A nivel poblacional, hay una gran variación en la FPM determinada en diferentes grupos de edad; en casos extremos, un hombre de 70 años puede tener el mismo valor de fuerza de uno de 20 años (Aadahl,

Beyer, Linneberg, Thuesen, & Jorgensen, 2011). Por otro lado, la FPM parece mantener una buena relación con la FMI del cuádriceps ( $r=0.55$  to  $0.89$ ;  $p<0.001$ ), por lo que se considera que ambas pruebas pueden reflejar una valoración general de la fuerza corporal (Bohannon, 2012). Sin embargo, la FPM puede ser útil para estudios de cribado o como criterio de inclusión en ensayos clínicos, pero es menos adecuada para evaluar los cambios en la fuerza muscular o la función en pacientes individuales producto de la intervención (C. Cooper, et al., 2013).

### **2.2.2.2. Fuerza máxima dinámica (FMD)**

Otra de las manifestaciones estudiadas es la fuerza máxima dinámica (FMD), que consiste en mover la mayor carga posible en un único y amplio rango de movimiento para un ejercicio determinado, sin limitación de tiempo; se utilizan pesos libres, discos de carga o máquinas con pesos estandarizados; suele considerarse como el valor de una repetición máxima (1-RM) (González-Badillo & Gorostiaga, 2002).

Para evaluar 1-RM existe una forma directa donde la persona alcanza su máximo peso movilizado en una sola repetición y la manera predictiva que se realiza con el cálculo de diferentes fórmulas a partir de las repeticiones realizadas con una carga submáxima (Pereira & Gomes, 2003). Estas fórmulas se emplean especialmente en personas mayores no entrenadas que presentan un mayor riesgo de lesión; sin embargo en estudios que han analizado el error de predicción con estas fórmulas, indican que existe un error considerable al comparar 1-RM obtenida de manera directa con 1-RM predicha, evaluadas en el mismo periodo de tiempo (Wood, Maddalozzo, & Harter, 2002; Jiménez & De Paz, 2008).

Para una mejor evaluación de la FMD y seguimiento del entrenamiento, lo ideal es aplicar simultáneamente una escala de percepción del esfuerzo

## 2. ANTECEDENTES

---

como la *OMNI-Resistance Exercise Scale (OMNI-RES)*; la cual fue diseñada específicamente para el trabajo de fuerza y consiste en una escala de 0-10 puntos donde 0 es extremadamente fácil y 10 extremadamente duro. La escala fue validada en población joven entre 18-30 años y los resultados mostraron correlaciones positivas significativas entre el peso total levantado y la escala ( $r=0.79$  a  $0.91$ ) (Robertson et al., 2003). En personas mayores la susceptibilidad a una lesión en la evaluación de 1-RM directa puede aminorarse con la utilización de la escala *OMNI-RES* (Gearhart, Lagally, Riechman, Andrews, & Robertson, 2011), como también es de amplia utilidad para el seguimiento en los cambios inducidos por el entrenamiento de la fuerza en esta población (Gearhart, Lagally, Riechman, Andrews, & Robertson, 2009).

La utilización de 1-RM en la evaluación y planificación del entrenamiento de la fuerza la convierte en un método ampliamente utilizado por no requerir de equipos tecnológicos especializados. Para validar su implementación Verdijk et al. (2009), compararon un test de 1-RM específico de extensión de rodilla (máquinas de extensión de piernas y prensa) frente al empleo de un dinamómetro isocinético como prueba "*gold standard*" (fuerza isométrica en siete diferentes ángulos e isocinética en cuatro velocidades) en 33 jóvenes y 22 personas mayores, las correlaciones encontradas fueron altas y significativas con mejor respuesta de la extensión de piernas. Otro estudio que evaluó la confiabilidad (test-retest) de 1-RM en una máquina de brazos y hombros (Pull Down) en personas  $\geq 75$  años con y sin experiencia previa en el ejercicio, encontró para ambos grupos una correlación alta entre las dos mediciones con una semana de separación ( $r=0.97$ ) (Rydwik, Karlsson, Frandin, & Akner, 2007).

### 2.2.2.3. Potencia muscular

Finalmente una de las manifestaciones abordadas con especial interés en el estudio de la fuerza en mayores es la potencia; definida como el producto de la fuerza generada por la velocidad de movimiento y se describe como la habilidad que tiene el sistema neuromuscular de producir la mayor cantidad de fuerza tan rápido como sea posible (Aadahl, et al., 2011). La potencia como las demás manifestaciones tiende a un deterioro progresivo con el aumento de la edad (Aadahl, et al., 2011), además que se ha demostrado que su disminución con la edad avanzada ocurre más temprana y rápidamente que la fuerza máxima (Aagaard, Suetta, Caserotti, Magnusson, & Kjaer, 2010).

Entre los mecanismos fisiológicos subyacentes que contribuyen a la reducción de la potencia con el envejecimiento están la pérdida cuantitativa de la masa muscular, cambios en la composición del músculo, en la calidad muscular, en las propiedades contráctiles de la fibra muscular y la alteración en la función neuromuscular (Reid & Fielding, 2012). Estos cambios fisiológicos conllevan una pérdida importante de la velocidad de contracción del músculo, la cual es un factor determinante en la generación de la potencia en personas de edad avanzada y en el desempeño de las tareas funcionales como subir escaleras o sentarse y levantarse de una silla (Van Roie et al., 2011; Pojednic et al., 2012). El resultado final de este proceso es un aumento de la discapacidad en la población mayor (Puthoff & Nielsen, 2007). En la figura 2 se muestra un resumen del proceso de deterioro de la potencia relacionada con la edad (Reid & Fielding, 2012).

Cuando la potencia muscular en las personas mayores es evaluada a través de un rango de cargas externas (40-90% de 1-RM), la potencia máxima es alcanzada aproximadamente al 70% de 1-RM, mientras la máxima velocidad de contracción ocurre con un carga externa más baja (40% de 1-RM); lo que está relacionado con la habilidad funcional en los mayores, donde lo más importante no es la cantidad de fuerza sino la velocidad con la cual es capaz de

## 2. ANTECEDENTES

---

movilizarse (Sayers, 2008). En un estudio de 138 mayores con limitación en la movilidad a quienes se les aplicó pruebas funcionales de equilibrio y de marcha, además de 1-RM de prensa de piernas y evaluación de la potencia al 40.0% de 1-RM con medición de la velocidad, se encontró una asociación estadísticamente significativa de todas las pruebas funcionales con la velocidad de movimiento de la potencia evaluada y una modesta asociación de estas pruebas con la fuerza máxima alcanzada (Mayson, Kiely, LaRose, & Bean, 2008). Otro estudio reportó un resultado similar, al encontrar una asociación entre la velocidad máxima de contracción en extensión de pierna unilateral (40.0% de 1-RM) y las tareas funcionales de levantarse de una silla y subir escalas; de esta forma la velocidad de movimiento se comporta como un factor determinante de la producción de la potencia en la avanzada edad y un componente crítico en el rendimiento de las tareas funcionales (Pojednic, et al., 2012). Por otro lado, ensayos clínicos aleatorios en personas mayores reportan que los entrenamientos orientados hacia la potencia muscular contribuyen a un mayor incremento de la aptitud funcional, en contraste con el entrenamiento tradicional de la fuerza (Steib, Schoene, & Pfeifer, 2010; Tschopp, Sattelmayer, & Hilfiker, 2011).

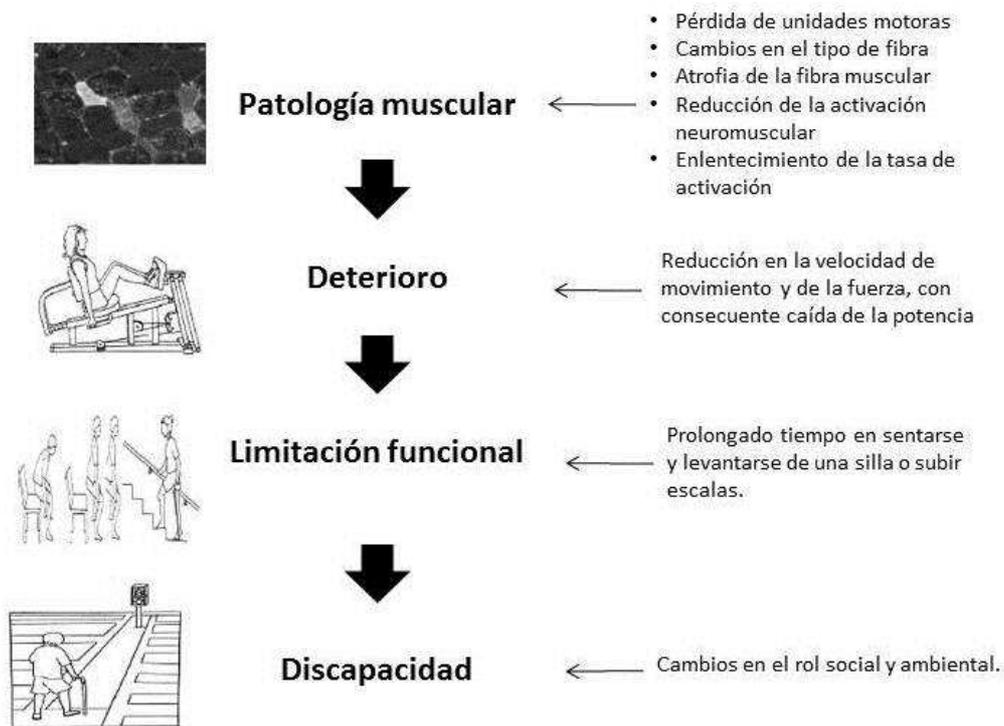
**Figura 2.** Proceso del deterioro de la potencia relacionada con la edad.

Figura modificada de Reid & Fielding (2012).

### 2.2.3. Aptitud funcional: concepto y su relación con la salud

La AF fue definida por Rickli & Jones (2001) como el conjunto de cualidades físicas necesarias para la realización de las tareas de la vida diaria de una forma segura e independiente sin una fatiga excesiva. Este concepto ha estado más relacionado con la población mayor, ya que por el proceso de envejecimiento estas personas presentan niveles de dependencia y discapacidad elevados que oscilan entre el 20.0% y 53.5% según las conclusiones de algunos estudios (Millán-Calenti et al., 2010; Arias-Merino et al., 2012; Yoshida et al., 2012). En una revisión sistemática realizada por den Ouden et al. (2011), cuyo objetivo consistió en identificar qué aspectos de la aptitud funcional se encontraban más relacionados con la discapacidad en las personas mayores, medida esta última a partir de diferentes cuestionarios de desempeño de las actividades de la vida diaria, encontraron que la alteración

## 2. ANTECEDENTES

---

de la fuerza de presión manual, la fuerza de miembros superiores e inferiores, la velocidad de la marcha y el no mantener niveles altos de actividad física incrementan la probabilidad de desarrollar discapacidad. Además, se plantea que la discapacidad y los niveles de funcionamiento físico son aspectos estrechamente relacionados con el concepto de “envejecimiento exitoso” y se han propuesto como modelos de medición para este último (Depp & Jeste, 2006; Lowry, Vallejo, & Studenski, 2012) .

Otro elemento asociado con la pérdida de la aptitud funcional es el incremento en el riesgo de caídas. Toraman & Yildirim (2010) encontraron en un grupo de 60 personas mayores que este riesgo aumentaba con la disminución de la fuerza de los miembros superiores e inferiores, la resistencia aeróbica y la agilidad en el equilibrio dinámico, este último fue el factor más relevante frente al riesgo. Por otra parte, una adecuada aptitud funcional puede acompañarse de una mayor percepción del bienestar psicológico en este grupo poblacional; en un estudio realizado en España, todas las variables de la aptitud funcional, excepto las de flexibilidad corporal, se correlacionaron significativamente con este componente de la salud (Garatachea et al., 2009).

Finalmente, la pérdida de la aptitud funcional está relacionada con un aumento de la mortalidad en las personas mayores. Cooper et al. (2010), en una revisión sistemática, encontró que bajos indicadores de fuerza de presión manual, velocidad de la marcha, sentadillas y el tiempo de equilibrio estático, se asociaron con mayores riesgos de mortalidad en esta población. En otro estudio con 560 personas  $\geq 80$  años que tuvieron un seguimiento de 33.5 meses, la baja aptitud funcional se comportó como un fuerte predictor de mortalidad, además de una mayor hospitalización y discapacidad (Legrand et al., 2014).

#### **2.2.4. Evaluación de la aptitud funcional**

En una revisión sistemática que pretendió establecer las herramientas más confiables y con mayor aceptación para evaluar la AF en las personas mayores, se encontró que la prueba de velocidad de la marcha y la *Short Physical Performance Battery* (SPPB), presentaron buenas propiedades de medición (alta confiabilidad y validez concurrente), lo que recomienda ampliamente su uso para la valoración de la aptitud funcional, tanto en la clínica como en la investigación y en el diagnóstico de sarcopenia (Mijnarends, et al., 2013). Otra batería para la evaluación funcional ampliamente utilizada es la propuesta por Rikli & Jones (1999a), conocida como Senior Fitness Test (SFT). A continuación se abordan algunos aspectos de las pruebas mencionadas anteriormente:

##### **2.2.4.1. Velocidad de la marcha**

El caminar se contempla como la principal acción de movilidad para la vida humana, es una actividad neuromotora compleja. Muchas variables influyen en la VM, incluyendo el estado músculo esquelético, la función sensorial, el control motor y el estado cognitivo. Hay suficiente evidencia de que la medición objetiva o auto-reportada de la habilidad de caminar en adultos mayores es un poderoso predictor de salud y mortalidad (Lowry, et al., 2012).

La medida objetiva más común para medir la habilidad para caminar es la velocidad con la que se hace, principalmente determinada por el tiempo que se toma caminar una distancia de 4 ó 8 metros, generalmente medida con un cronómetro o una plataforma de marcha. Usualmente la VM en adultos sanos oscila entre 1.2 a 1.4 m/s y comienza a declinar entre la quinta y sexta década de la vida (Bohannon, 1997). En personas mayores una VM de la marcha menor a 0.6 m/s está asociada con mayor dependencia en la realización de las actividades de la vida diaria y mayor riesgo de hospitalización (Studenski et al.,

2003). La VM hace parte de la *Short Physical Performance Battery*, pero puede ser usada como un único parámetro de evaluación de la aptitud funcional tanto en la clínica como la investigación (Cruz-Jentoft, et al., 2010).

### **2.2.4.2. Short Physical Performance Battery**

Esta batería evalúa tres componentes de la aptitud funcional, el equilibrio en bipedestación, la VM y la fuerza de miembros inferiores; las pruebas consisten en medir la habilidad individual de permanecer con los pies juntos en tres posiciones (*side-by-side*, *semi-tandem* y *tandem*), la VM en 4 metros y el *Chair Stand Test*, que consiste en el tiempo requerido para retornar a la posición de sentado durante 5 veces (Guralnik et al., 1994). El máximo puntaje posible es de 12 y se considera que una persona con un valor  $\leq 8$  puntos presenta un déficit en su aptitud funcional (Guralnik et al., 2000). Dentro de las baterías que evalúan la aptitud funcional en las personas mayores que emiten un puntaje total de calificación, la SPPB se considera la más recomendada para su utilización, por ser la de mayor validez, confiabilidad y capacidad de respuesta (Freiberger et al., 2012).

Con respecto a la importancia de sus componentes, la VM se considera el más importante predictor de eventos adversos en las personas mayores; sin embargo, un pobre rendimiento en las pruebas de fuerza de miembros inferiores y de equilibrio de pie tienen un efecto similar, que inclusive pueden sustituir la evaluación de la VM cuando esta no sea posible de realizarse (Cesari et al., 2009).

### **2.2.4.3. Senior Fitness Test**

La SFT es una batería propuesta por Rikli & Jones (1999a) para evaluar la aptitud funcional en personas mayores, con vida independiente y residentes en la comunidad. Se centra en evaluar los componentes de la fuerza muscular

(miembros superiores e inferiores), la resistencia aeróbica, la flexibilidad y la habilidad motora (agilidad/equilibrio dinámico) (R.E. Rikli & Jones, 2001).

Los valores normativos fueron propuestos a partir de una muestra de 7183 personas de 60 a 94 años de los Estados Unidos, reclutados en 265 sitios de evaluación de 20 diferentes estados; los resultados mostraron un mejor desempeño en los hombres en la fuerza, la resistencia y la agilidad/equilibrio, mientras las mujeres presentaron un mejor desempeño en la flexibilidad (R. E. Rikli & Jones, 1999b). La confiabilidad test-retest de todas las pruebas esta entre un  $r=0.81-0.98$  en los hombres y entre un  $r=0.80-0.96$  en las mujeres (R. E. Rikli & Jones, 1999a). Se reportan estudios de normalización de la batería SFT (o algunas de sus pruebas) en España, los valores normalizados se presentan en percentiles por grupos de edad y sexo, se considera con bajo desempeño funcional en cualquiera de las pruebas a una persona ubicada por debajo del p25 (Gusi et al., 2012; Pedrero-Chamizo et al., 2012). Rikli & Jones (2013) establecieron recientemente unos puntos de corte por grupos de edad y sexo de las diferentes pruebas que conforman la batería SFT, excepto para las pruebas de flexibilidad, relacionados con el mantenimiento de la movilidad funcional y la independencia física (Tabla 4).

## 2. ANTECEDENTES

**Tabla 4.** Valores de la SFT (puntos de corte) asociados con el mantenimiento de la movilidad funcional y la independencia física.

Test	Grupos de edad						
	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85-89	90-94
<b>Chair stand (# en 30 s)</b>							
Mujeres	15	15	14	13	12	11	9
Hombres	17	16	15	14	13	11	9
<b>Arm curl (# en 30 s)</b>							
Mujeres	17	17	16	15	14	13	11
Hombres	19	18	17	16	15	13	11
<b>2-minute step (# de pasos)</b>							
Mujeres	97	93	89	84	78	70	60
Hombres	106	101	95	88	80	71	60
<b>8-foot up-and-go (s)</b>							
Mujeres	5.0	5.3	5.6	6.0	6.5	7.1	8.0
Hombres	4.8	5.1	5.5	5.9	6.4	7.1	8.0

Modificado de Rikli & Jones (2013)

La batería SFT fue reportada como una adecuada herramienta para detectar cambios en la AF en personas con deterioro cognitivo, tanto en la investigación como en el ámbito clínico, con un alto coeficiente de correlación intraclase (0.93-0.98) en todas las pruebas de la batería (Hesseberg, Bentzen, & Bergland, 2014). Por otro lado, la SFT parece ser una herramienta útil para evaluar la AF en personas con Parkinson (Cancela, Ayán, Gutiérrez-Santiago, Prieto, & Varela, 2012). Además, Toraman & Yildirim (2010) encontraron que el riesgo de caídas en un grupo de 60 personas (73.3 DE 6.6 años), aumentó con un menor rendimiento en las pruebas de fuerza de miembros superiores e inferiores, resistencia aeróbica y agilidad/equilibrio, con mayor relevancia en esta última.

La evaluación de la fuerza de miembros superiores en la batería SFT se realiza con la prueba de flexiones de brazo *Arm Curl Test* (ACT), la cual está relacionada con actividades en el hogar y otras actividades que involucran levantar pesos y llevar cosas (comestibles, maletas y nietos). Esta prueba

consiste en realizar la mayor cantidad de flexiones en un tiempo de 30 segundos con el lado dominante, para ello se utiliza una mancuerna de 5 libras (2.27 kg) en las mujeres y de 8 libras (3.63 kg) en los hombres (R.E. Rikli & Jones, 2001). Como un indicador de validez de criterio, el ACT se encontró asociado de forma positiva con una máquina Cybex para realizar flexiones de brazos ( $r= 0.82$ ) (R.E. Rikli & C.J. Jones, 2013); y con un conjunto de pruebas de miembros superiores realizadas en máquinas de fuerza (1-RM de bíceps bilateral, press de pecho y fuerza de espalda), con las que presentó una correlación moderadamente alta ( $r= 0.84$  hombres y  $0.79$  mujeres); resultados que soportan la validez de la prueba ACT, como una representación general de la fuerza de miembros superiores (R. E. Rikli & Jones, 1999a).

Para la evaluación de la fuerza de miembros inferiores en la batería de SFT, se emplea la prueba *Chair Stand Test* en 30 segundos (30-CST). Esta consiste en realizar el mayor número de sentadas en una silla con los brazos cruzados al pecho durante 30 segundos, la prueba está relacionada con numerosas tareas de la vida diaria como subir escaleras, levantarse de una silla, de la bañera o el coche (R.E. Rikli & Jones, 2001). La validez de criterio fue realizada contra un test máximo de prensión de piernas ajustada al peso corporal, se encontró una correlación moderadamente alta para hombres y mujeres ( $r = 0.78$  y  $0.71$ , respectivamente); a su vez, el test demostró ser útil para detectar diferencias entre grupos de edad y niveles de actividad física (C. J. Jones, Rikli, & Beam, 1999).

La evaluación de la agilidad y el equilibrio dinámico en la batería SFT se realiza por medio de el “8-foot up-and-go test” (8F-UG), en esta prueba se toma el tiempo que tarda el participante en partir de una silla, caminar hasta un cono ubicado a una distancia de 2.44 metros, dar la vuelta y regresar a sentarse nuevamente en la silla (R.E. Rikli & Jones, 2001). El 8F-UG se relaciona con actividades de la vida cotidiana que requieren rapidez de maniobrabilidad como tomar el bus, atender algo en la cocina, ir al baño o responder el teléfono, por lo que suele ser un test que presenta buena correlación con mediciones de

## 2. ANTECEDENTES

---

desempeño de las actividades de la vida cotidiana; en el estudio de Wilkin un mayor puntaje en la realización de estas actividades se acompañó con un menor tiempo en el 8F-UG ( $r=-0.363$ ;  $p<0.01$ ) (Wilkin & Haddock, 2010). Así mismo, el 8F-UG se considera una buena herramienta para discriminar personas con riesgo de caídas, un valor de 8.5 segundos o más en la ejecución de la prueba evidencia a las personas con este riesgo (Rose, Jones, & Lucchese, 2002). Además, la confiabilidad intra-día indica que este test no necesita de un entrenamiento de familiarización; así lo demuestra un estudio con 71 mujeres (71 DE 7.3 años) a quienes se les aplicó la prueba tres veces en una sola sesión con un intervalo de un minuto, el coeficiente de correlación intraclase entre la ejecución 1-2 fue de 0.90 (IC95% 0.85-0.94) y entre la ejecución 2-3 fue de 0.93 (IC95% 0.90-0.96) (Dewhurst & Bampouras, 2014).

Finalmente, la valoración de la resistencia aeróbica en la batería SFT es realizada con la prueba de *6-Minute Walk Test (6-min)*, la cual está relacionada con la capacidad de caminar largas distancias, subir escaleras, ir de compras, etc. (R.E. Rikli & Jones, 2001). Su aplicación se extiende a pacientes con insuficiencia cardíaca crónica (Pollentier et al., 2010), esclerosis múltiple (Wetzel, Fry, & Pfalzer, 2011) y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (Casanova et al., 2008). En las personas mayores se considera un importante predictor de mortalidad al evaluarse como un componente de la habilidad de caminar (Mutikainen et al., 2011). Además, un buen desempeño en esta prueba se encuentra asociado a un costo más bajo en el consumo de medicamentos y un mejor estado de ánimo en esta población (Laureano et al., 2014). La prueba consiste en caminar la mayor distancia posible durante 6 minutos en un circuito de 45.7 m (18.8 m de largo x 4 m de ancho), al final se registra la distancia recorrida y se calcula la calificación de la persona a partir de los valores de referencia (R.E. Rikli & C.J. Jones, 2013).

Como una alternativa para evaluar la resistencia aeróbica, cuando existen limitaciones de espacio o hay contraindicaciones para realizar la prueba de 6-min, el SFT propone la prueba de *2-Minute Step Test (2-min)*; que

consiste en realizar el mayor número de pasos en 2 minutos elevando ambas rodillas hasta una señal previamente marcada, que coincide con el punto medio entre la patela y la espina iliaca antero superior de cada sujeto (R.E. Rikli & Jones, 2001). Este test presenta una buena correlación positiva con la prueba de 6-min en mujeres mayores hipertensas ( $r=0.36$ ;  $p=0.04$ ) (Pedrosa & Holanda, 2009) y una asociación significativa con la función cognitiva en personas mayores con insuficiencia cardiaca (Alosco et al., 2012), al ser utilizado como una alternativa práctica del test de 6- min.

### **2.2.5. Relación entre la masa muscular, la fuerza muscular y la aptitud funcional**

Como elementos integradores de la definición de sarcopenia planteada por el EWGSOP (Cruz-Jentoft, et al., 2010), es importante establecer qué relación guardan estos criterios entre sí, que permita una mayor comprensión de la definición, como también poder identificar elementos críticos dentro de la misma. Respecto a este asunto, a continuación se hace una relación de los principales hallazgos de algunos estudios.

En un estudio que evaluó la asociación entre la masa muscular y la FMI en 904 personas mayores de ambos sexos (67-84 años), se encontró después de ajustar por nivel de actividad física, edad, talla y grasa corporal, que la masa muscular de las piernas explicó tanto solo un 14.0% y un 11.0% de la variabilidad de la fuerza del cuádriceps en hombres y mujeres respectivamente ( $p<0.001$ ); con respecto a los miembros superiores los resultados fueron un poco mejores, la masa muscular de los brazos, ajustada con las mismas covariantes, explicó la variabilidad de la fuerza del bíceps en un 40.0% para los hombres y un 28.0% en las mujeres ( $p<0.001$ ) (Beliaeff, et al., 2008).

En otro estudio, con 33 personas mayores de 65 años de ambos sexos, no se encontró una relación significativa entre el Índice de Masa Libre de Grasa (IMLG) y la FMI de extensión de piernas, pero sí se encontró una

## 2. ANTECEDENTES

---

correlación positiva alta entre el IMLG y la FPM ( $r=0.771$ ;  $p<0.001$ ); por otro lado, el IMLG no se relacionó con el “*Timed Up-and-Go*” (TUG) como prueba funcional, mientras la FMI de extensión de piernas presentó una correlación negativa alta con esta prueba funcional ( $r=-0.771$ ;  $p<0.001$ ) (Krause, McIntosh, & Vallis, 2012). Un resultado similar se reportó en el estudio de Legrand et al. (2013a) con 567 personas mayores de 80 años, donde ni la masa muscular, ni marcadores inflamatorios moleculares relacionados con sarcopenia (IL-6 y TNF-a), se asoció con una baja aptitud funcional (SPPB  $\leq 8$  puntos); mientras la FPM si se encontró asociada con un mejor desempeño en la SPPB (hombres OR 0.89 IC95% 0.81–0.96,  $p<0.001$ ; mujeres OR IC95% 0.86 0.77–0.96,  $p<0.001$ ).

Contrario a los anteriores reportes, un estudio realizado en personas mayores ( $\geq 70$  años), encontró que los participantes con una alta aptitud funcional presentaron un 31.0% más de masa muscular femoral que los sujetos con una baja aptitud funcional (sin influencia del sexo) (Buford et al., 2012). De la misma forma, en otro estudio con 57 personas mayores de ambos sexos (74.2 DE 7 años), la baja masa muscular de las extremidades inferiores se comportó como un predictor de baja aptitud funcional medida con la SPPB (Reid, Naumova, Carabello, Phillips, & Fielding, 2008).

El IMMA, el cual es el índice muscular más empleado para la determinación de la baja masa muscular evaluado por DXA para la definición de sarcopenia, presenta igualmente diferencias en su relación con la fuerza muscular y la aptitud funcional. Un estudio con 154 personas mayores de ambos sexos (82.4 DE 3.6 años), encontró correlaciones significativas ( $p<0.05$ ) sólo en las mujeres entre el IMMA y la fuerza isocinética de miembros inferiores (extensión de rodilla a 60% $s$ ,  $r=0.395$ ; flexión de rodilla a 60% $s$ ,  $r=0.289$ ; dorsiflexión de tobillo a 60% $s$ ,  $r=0.423$ ), mientras con la aptitud funcional (evaluada con la VM) no se presentó ninguna relación significativa (Merriwether, Host, & Sinacore, 2012).

Otro estudio plantea que la relación entre el IMMA y la fuerza muscular de miembros superiores e inferiores contempla una relación específica de acuerdo al sexo; en este trabajo la IMMA dividida en terciles mostró diferencias en la fuerza muscular de miembros inferiores (1-RM extensión de rodillas) únicamente en las mujeres, mientras en los hombres las diferencias se dieron en la fuerza de miembros superiores (FPM); estos resultados sugieren que la FPM podría ser usada preferencialmente en los hombres y la fuerza de extensión de rodillas en las mujeres para detectar individuos con sarcopenia, cuando la masa muscular es evaluada por medio del IMMA (Barbat-Artigas, et al., 2013a).

Por su parte, el estudio de Bijlsma et al. (2014), encontró que la masa muscular relativa (definida como el porcentaje del peso corporal, que representa la masa muscular total o la MMA), estuvo más asociada con la aptitud funcional (VM y TUG); mientras la masa muscular absoluta (definida como IMMA y masa muscular total), no representó ninguna asociación con las variables de la aptitud funcional evaluadas. A su vez, tanto la fuerza de extensión de rodilla como la FPM estuvieron asociadas con la VM ( $p \leq 0.003$ ), y la primera se asoció también con un mejor rendimiento en el TUG ( $p = 0.001$ ).

### **2.2.6. Calidad muscular en las personas mayores**

La CM es una medición de la propiedad funcional del músculo, generalmente definida en términos de fuerza muscular por unidad de masa muscular, también conocida como fuerza específica (Hairi, et al., 2010). Este concepto surge, al considerar que la fuerza relativa puede ser más relevante en la comprensión del deterioro funcional que la masa muscular o la fuerza de forma aislada, en especial en las personas mayores donde el deterioro relacionado con la edad de la fuerza muscular y la potencia suele darse a una velocidad mayor que la pérdida de la masa muscular (Chad R. Straight, Brady, & Evans, 2013). Varios mecanismos explican la relación fuerza muscular/ masa muscular o CM, entre los cuales están la edad, el género, las hormonas

## 2. ANTECEDENTES

---

sexuales, la obesidad, la actividad física. Su evaluación depende de los diferentes instrumentos que se emplean para medir la masa muscular, la fuerza y la potencia (Barbat-Artigas, Rolland, Zamboni, & Aubertin-Leheudre, 2012b).

La CM, al igual que la masa muscular y la fuerza, presenta cambios con el incremento de la edad. Delmonico et al. (2009), en un estudio con 1678 personas mayores seguidas durante 5 años, encontró que la CM de extensión de rodilla disminuyó a una tasa aproximada de 2.5% por año, en contraste con el área transversal del músculo que disminuyó a una tasa aproximada de 1.0% por año; la pérdida de la CM ocurrió más en respuesta a la disminución de la fuerza que de la masa muscular. En un estudio transversal con 786 personas (edad promedio de 66.3 años, rango 26-90 años), se encontró una disminución en la CM con el aumento de la edad y su deterioro se relacionó con obesidad y factores neuronales, en especial con la velocidad de conducción nerviosa (Moore et al., 2014). Por otro lado, la CM puede presentar diferencias de acuerdo al grupo muscular evaluado; Lynch et al. (1999) en un estudio con 703 personas de ambos sexos (rango de edad 19-93 años), reportó que la CM de los brazos fue significativamente más alta (aproximadamente 30.0%), que la CM de las piernas en las diferentes edades en ambos géneros; además, la CM de las piernas y brazos disminuyó con la edad a una tasa similar en los hombres, mientras en las mujeres la CM de las piernas disminuyó significativamente un 20.0% más, que la CM de los brazos con el incremento de la edad ( $p \leq 0.01$ ).

Por otra parte, se considera que la potencia muscular puede ser un mejor indicador para el cálculo de la CM que la fuerza muscular (Barbat-Artigas, et al., 2012b). Esto se explica inicialmente porque la potencia presenta una mayor disminución que la fuerza muscular con el aumento de la edad (Aagaard, et al., 2010). Además, la potencia muscular guarda una mayor relación con el desempeño funcional en las personas mayores, comparado con la fuerza muscular (Mayson, et al., 2008; Pojednic, et al., 2012). Por otro lado, Toji & Kaneko (2007) al comparar la CM de miembros superiores calculada de

dos formas (potencia muscular y fuerza muscular) entre personas mayores y adultos jóvenes, encontraron que la CM evaluada con potencia muscular de las personas mayores, alcanzó un 64.2% del valor de los adultos jóvenes, mientras la CM evaluada con fuerza muscular alcanzó un 75.3%; lo anterior, indicó un mayor deterioro de la CM derivada de la potencia muscular con el aumento de la edad.

En las personas mayores la CM está estrechamente relacionada con el desempeño funcional. Misic et al (2007), encontraron que la CM fue un potente predictor independiente de la aptitud funcional de las extremidades inferiores más que el rendimiento aeróbico y la masa grasa; en este estudio, la CM explicó del 29.0% al 42.0% de la variación del desempeño dinámico de la aptitud funcional de los miembros inferiores (subir y bajar escalas, TUG y VM), mientras el rendimiento aeróbico y la masa grasa explicaron solo entre un 5.0% a 6.0% de la variación. Por otro lado, un estudio con 97 mujeres mayores residentes en la comunidad (73.9 DE 5.6 años), demostró que la CM (potencia de extensión de pierna/masa magra de extremidades inferiores) fue un predictor independiente del rendimiento funcional en las pruebas de 6-min, 8F-UG y 30-CST (C.R. Straight, Brady, Schmidt, & Evans, 2013). Otro estudio con 1219 mujeres mayores ( $\geq 75$  años) encontró que la CM de miembros superiores e inferiores se correlacionaron negativamente con el IMMA ( $r=-0.42$ ,  $p<0.001$  y  $r=-0.16$ ,  $p<0.001$ , respetivamente); además, las personas que presentaron un bajo IMMA pero una alta CM de miembros inferiores (fuerza de extensión de rodilla/masa muscular de miembros inferiores) tuvieron un bajo riesgo de deterioro funcional (odds ratio  $<0.74$ ), mientras quienes presentaron un alto IMMA pero una baja CM de miembros inferiores presentaron un riesgo más alto (odds ratio  $>1.27$ ); resultados que sugieren que una alta CM puede compensar un bajo IMMA con respecto al deterioro funcional (Barbat-Artigas, et al., 2013b)

Por otra parte, algunos estudios señalan que la relación entre la CM y la AF en las personas mayores, se ve afectada por un incremento en el IMC o por cambios en la composición corporal que conducen a un aumento de la masa

## 2. ANTECEDENTES

---

grasa (Koster et al., 2011; Barbat-Artigas, Pion, Leduc-Gaudet, Rolland, & Aubertin-Leheudre, 2014; Vilaca et al., 2014). Por ejemplo, Koster et al. (2011) en una cohorte de 2307 personas mayores de ambos sexos (70-79 años), encontraron (en la línea de base) que el presentar una mayor cantidad de masa grasa se relacionó significativamente con una mayor fuerza muscular, pero también con una menor CM (fuerza de extensión de rodilla/masa magra de las piernas) ( $p < 0.01$ ); a su vez, la masa grasa se comportó como un importante predictor de la pérdida de la masa muscular.

En otro estudio, con 75 mujeres mayores (65-85 años) divididas en dos grupos (46 obesas y 29 normales), no se encontraron diferencias en la FPM y la fuerza de extensión de rodilla; sin embargo, con respecto a la CM, el grupo de obesas presentó un deterioro mayor en comparación con el grupo normal en los miembros superiores (11.45 DE 2.57 kg y 13.31 DE 2.03 kg, respectivamente,  $p < 0.01$ ) e inferiores (2.91 DE 1.16 kg y 3.44 DE 0.97 kg, respectivamente,  $p = 0.05$ ); de igual forma, el incremento en la masa muscular del grupo de obesas, no fue suficiente para mantener una adecuada CM y aptitud funcional, resaltando la influencia negativa del exceso de grasa corporal (Vilaca, et al., 2014). Contrariamente a lo reportado en los anteriores estudios, Brady et al. (2014), no encontraron un impacto significativo del IMC sobre la asociación entre la CM y la aptitud funcional en un grupo de mujeres mayores ( $n = 94$ , 73.6 DE 5.4 años).

Finalmente, la CM se asocia también con un mayor riesgo de discapacidad física y de hospitalización en las personas mayores. Hairi et al. (2010), encontraron que la pérdida de la CM incrementó significativamente el riesgo de limitación funcional como también de discapacidad física (desempeño en las actividades de la vida diaria) en varones mayores. Por otro lado, en un estudio con 3011 personas mayores de ambos sexos (70-80 años), se encontró que los sujetos con baja CM tuvieron un 65.0% mayor riesgo de hospitalización, comparado con las personas que presentaron una CM alta (Cawthon, et al., 2009).

## 2.3. LA OSTEOPOROSIS EN LAS PERSONAS MAYORES

### 2.3.1. Definición y diagnóstico

La osteoporosis es un problema de salud mundial cuya importancia aumenta con el envejecimiento de la población. Se define como un trastorno esquelético sistemático caracterizado por un deterioro de la fuerza ósea, con el consecuente incremento de la fragilidad de los huesos y una mayor susceptibilidad a las fracturas. La fuerza ósea se refleja en la integración de la DMO y la calidad ósea; la primera es expresada en gramos de mineral por área ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) o volumen ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), mientras la segunda se refiere a la arquitectura del tejido óseo, la acumulación del daño (microfracturas) y el grado de mineralización (NIH, 2001).

La medición de la DMO puede realizarse en vivo mediante técnicas de densitometría, la más común es la basada sobre la absorción dual de rayos-X en el hueso conocida como DXA, la cual es muy sensible para detectar el contenido de calcio en los tejidos. El DXA proporciona una área bi-dimensional más que una densidad volumétrica y es influenciado por el tamaño del hueso. Los sitios más comunes de medición son la columna lumbar entre L1-L4 (CL) y la parte proximal del fémur (Hernlund et al., 2013). Sin embargo, en personas mayores la precisión de la medición en la columna lumbar puede afectarse por la presencia de escoliosis, osteofitosis, deformidad de las vértebras y calcificación extra-esquelética; por lo tanto, la parte proximal del fémur es a menudo el sitio de referencia más adecuado para el diagnóstico de osteoporosis (Kanis et al., 2008). La DMO se expresa como unidades de desviación en estándar en T-score o Z-score. Los Z-score expresan la masa ósea del sujeto en comparación a la esperada para igual edad y sexo, describiéndose el número desviaciones estándar por encima o por debajo que la media de su grupo; mientras los T-score describen el número de desviaciones estándar de la DMO del sujeto, con relación a los valores medios esperados en una población joven saludable (Hernlund, et al., 2013).

Actualmente no existe una medición completa de la fuerza ósea. La estimación de la DMO es usada para diagnosticar la presencia o no de osteoporosis, dando cuenta aproximadamente de un 70% de la fuerza ósea (NIH, 2001). La Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció en 1994 unas definiciones basadas en mediciones de masa ósea en columna lumbar, cadera o antebrazo en mujeres postmenopáusicas de raza blanca. Así, se considera como masa ósea normal valores de DMO superiores a -1 desviación estándar (DE) con relación a la media de adultos jóvenes (T-score  $>-1$ ); osteopenia valores de DMO entre -1 y -2.5 DE (T-score entre -1 y -2.5); y osteoporosis valores de DMO inferiores a -2.5 DE (T-score inferior a -2.5) (figura 3) (Kanis, Melton, Christiansen, Johnston, & Khaltaev, 1994; WHO, 1994). Más recientemente, esta definición operativa de osteoporosis fue refinada por la OMS, al señalar el cuello del fémur (CF) como un sitio de medición estándar para ser empleado internacionalmente en el cálculo de los T-score (Kanis, et al., 2008). La población de referencia para ambos sexos proviene del cálculo de la media y los valores de DE en mujeres jóvenes del estudio NHANES III; de esta forma, el mismo punto de corte de la DMO en cuello del fémur (DMOCF) que se emplea para definir osteoporosis en las mujeres, puede ser usado para los hombres (DMO inferiores a -2.5 DE) (Looker et al., 1998). Esto se sustenta, por el hecho de que independiente de la edad o de la DMOCF, el riesgo de fractura de cadera o fractura osteoporótica es aproximadamente el mismo en hombres y mujeres (Johnell et al., 2005).

**Figura 3.** Distribución de la DMO en mujeres adultas jóvenes en unidades de DE y puntos de corte para osteopenia y osteoporosis.

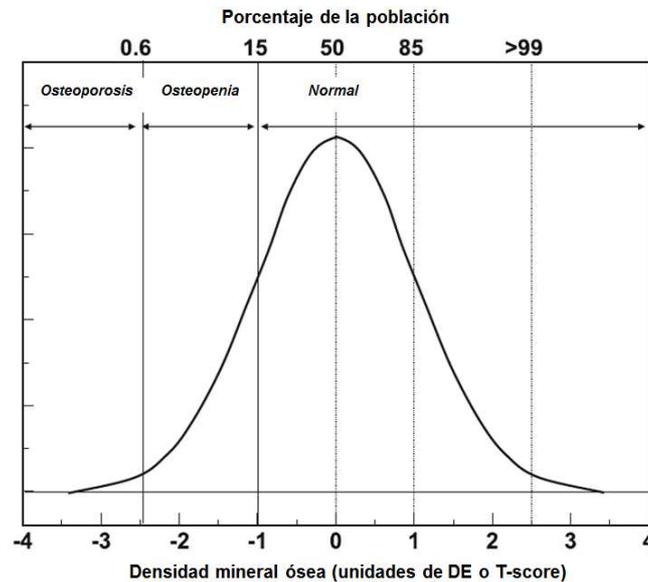


Figura modificada de Hernlund et al. (2013)

### 2.3.2. Epidemiología, consecuencias y causas de la osteoporosis

La osteoporosis afecta en el mundo a una gran cantidad de personas de ambos sexos y de todas las razas y su prevalencia aumenta con la edad. En Estados Unidos en el año 2010 se estimó en la población de 50 o más años (99 millones) una prevalencia de 10.3% de osteoporosis y una 43.9% de baja DMO (osteopenia); de acuerdo a los grupos étnicos la osteoporosis fue mayor en las personas blancas no hispanas con 7.7 millones de afectados, seguido por los adultos México-americanos con 0.5 millones y la población negra no hispana con 0.5 millones (Wright et al., 2014). Por su parte en Europa, un reporte sobre osteoporosis en 27 países de la Unión Europea para el año 2010, encontró que 20 millones de mujeres y 5.5 millones de hombres presentaron esta condición clínica, definida según valores de T-score de la DMOCF (Hernlund, et al., 2013). Específicamente en España para el mismo año, de los 15 905 000 de personas mayores de 50 años, 2 450 000 de ellas fueron diagnosticadas con

## 2. ANTECEDENTES

---

osteoporosis (15.4%); la prevalencia fue mayor en las mujeres en comparación con los hombres (22.6% y 6.8% respectivamente) (Svedbom, et al., 2013).

Sin lugar a dudas, la fractura por fragilidad es una de las principales consecuencias relacionadas con la osteoporosis; ésta se define como una fractura que ocurre como resultado de una fuerza de baja energía (por ejemplo, una caída desde la propia altura), que sería insuficiente para quebrar un hueso normal (Bukata, et al., 2011). En Estados Unidos, después de los 50 años el riesgo de presentar una fractura por fragilidad es del 33.0% para las mujeres y del 20.0% para los hombres (Burge et al., 2007). En Europa para el año 2010, se reportaron 610 000 fracturas por fragilidad en cadera, 520 000 en vértebras, 560 000 en antebrazo y un 1 800 000 en otros sitios (pelvis, costillas, tibia, peroné, clavícula, escápula, esternón y otras fracturas femorales) (Hernlund, et al., 2013). En España en el mismo año, el número de fracturas por fragilidad reportadas fueron 40 000 en cadera, 30 000 en vértebras, 30.000 en antebrazo y 104 000 en otros sitios; las mujeres fueron quienes presentaron una mayor ocurrencia de fracturas (68.0%) (Svedbom, et al., 2013). El costo de económico de estas fracturas alcanzó en Europa los 37 billones de Euros en el 2010 y se espera que aumente en un 25.0% para el 2025 (Hernlund, et al., 2013). Mientras en España el costo económico de las fracturas fue estimado en 2842 millones de Euros para el mismo año y se espera que su aumento para el 2025 sea un poco mayor a un 30.0% (Svedbom, et al., 2013).

Las fracturas de cadera tienen más repercusiones en términos de costos y morbilidad. En Estados Unidos para el 2005, el costo promedio de los cuidados de un paciente hospitalizado con fractura de cadera fue de 33 962 dólares; y el riesgo en la vida de tener una fractura de cadera fue de 6.0% para los hombres y 17.5% para las mujeres (Bukata, et al., 2011). Aunque la mortalidad es mucho más alta en los hombres después de la fractura de cadera, el riesgo de muerte en las mujeres es más alto con respecto al cáncer (seno, uterino o de ovarios); y quienes sobreviven después de la fractura, la mayoría no alcanza su nivel funcional previo a la lesión y un 30.0% pierde su

independencia (Bukata, et al., 2011). En España los costos de tratamiento por fractura de cadera en el año 2010 representaron el 65.0% de todos los gastos con respecto a los otros sitios de fractura; y la incidencia de mortalidad después del primer año de fractura de cadera fue de 1289 muertes por 100 000 (personas > 50 años), mientras por fractura de vértebras la mortalidad fue mucho más baja con 719 muertes por 100 000 (Svedbom, et al., 2013).

Entre las causas que conllevan al desarrollo de la osteoporosis, el componente genético se considera uno de los más importantes, debido esencialmente a su papel en la construcción del pico de masa ósea; pero también existen otros factores fisiológicos, ambientales y del estilo de vida que pueden también jugar un rol importante, entre los cuales están una adecuada nutrición, mantenimiento del peso corporal, cambios hormonales y la actividad física (NIH, 2001). Desde el punto de vista nutricional, la deficiencia de calcio y vitamina D afectan seriamente a la generación del hueso (Gennari, 2001; Lanham-New, 2008). Con relación al mantenimiento del peso corporal, algunos estudios reportan que una disminución en el IMC o en los depósitos de grasa corporal por debajo de los valores normales, se relaciona con una mayor pérdida de la DMO (Bleicher et al., 2011; El Hage, Jacob, Moussa, & Baddoura, 2011; Emaus, Wilsgaard, & Ahmed, 2014). A nivel hormonal, la disminución de estrógenos en las mujeres en la menopausia y una disminución de la testosterona en los hombres son otra causa importante de pérdida ósea (Tsujiura, 2013; Tella & Gallagher, 2014). Respecto a la actividad física, diversos estudios demuestran que el realizar ejercicio de manera regular, en especial los orientados hacia el entrenamiento de la fuerza y a actividades de impacto, conduce a un mejoramiento de la DMO en las personas mayores (Gómez-Cabello, Ara, González-Aguero, Casajús, & Vicente-Rodriguez, 2012; Marques, Mota, & Carvalho, 2012; Bolam, van Uffelen, & Taaffe, 2013).

### 2.3.3. Relación de la DMO con la masa muscular, la fuerza muscular, la aptitud funcional y la calidad muscular

Tanto la masa muscular como la masa ósea son dos contenidos esenciales de la composición corporal, que como se trató anteriormente ambas dan cuenta de dos condiciones críticas para la salud de las personas mayores, la sarcopenia y la osteoporosis. ¿Pero qué relación existe entre la masa muscular y la masa ósea?, ¿Cómo se relaciona la masa ósea con la fuerza muscular y la aptitud funcional, considerados estos elementos como parte de la definición de sarcopenia? Y finalmente, un tema menos explorado ¿cuál es la relación entre la DMO y la CM? A continuación se hace una aproximación a algunos referentes teóricos relacionados con estos temas.

Sobre la relación entre la masa muscular y la DMO, un reciente meta-análisis con 44 estudios publicados entre 1989 – 2013 que involucró 4966 hombres y 15 260 mujeres (entre 18-92 años de edad), reportó una correlación significativa (tamaño total del efecto) entre la masa muscular con la DMOCF de 0.39 (IC95% 0.34-0.43) y con la DMO en columna lumbar (DMOCL) de 0.33 (IC95% 0.29–0.36); el efecto de la masa muscular sobre la DMOCF fue un poco más alto en los hombres que en las mujeres (0.43 y 0.38, respectivamente), al igual que el efecto sobre la DMOCL (0.36 y 0.33, respectivamente). Estos resultados fueron mayores a los encontrados en las correlaciones entre la DMO y la grasa corporal, lo que define a la masa muscular como un criterio clave en la prevención de la pérdida ósea y la osteoporosis en la población general (Ho-Pham, Nguyen, & Nguyen, 2014).

Por otro lado, al relacionar la DMO y con el IMMA (importante criterio para definir la baja masa muscular en el diagnóstico de sarcopenia), un estudio con 160 hombres (entre 20-72 años de edad) reportó una correlación positiva entre la DMOCF y el IMMA ( $r=0.39$ ,  $p<0.001$ ), que fue cercana a las correlaciones entre la DMOCF y la masa muscular de miembros superiores o inferiores ( $r=0.36$ ,  $p<0.001$  y  $r=0.34$ ,  $p<0.001$ , respectivamente); además, el

análisis multivariado mostró que el IMMA se asoció fuertemente con la DMOCF independiente de la edad, la fuerza de miembros superiores e inferiores, el nivel de actividad física y algunos parámetros hormonales (Blain, et al., 2010). En otro estudio con 979 mujeres finlandesas (media de edad 68.1 años), quienes presentaron osteoporosis en cuello del fémur (OPCF) reportaron valores significativamente más bajos en las variables de masa muscular, incluyendo el IMMA, al compararse con las mujeres clasificadas en osteopenia o con una DMO normal (Rikkonen, et al., 2012).

Esta relación entre la masa muscular y la masa ósea, parece explicarse por diferentes factores genéticos, endocrinos y mecánicos, que perturban simultáneamente a ambos elementos de la composición corporal (Kaji, 2014). Entre estos factores que fisiopatológicamente interactúan en el deterioro muscular y del tejido óseo se encuentran, la deficiencia en la vitamina D, la disminución de la hormona del crecimiento, la alteración en las hormonas sexuales (estrógenos y testosterona), fallas en el metabolismo de la insulina, el consumo de glucocorticoides y la inmovilización funcional (Kaji, 2013, 2014).

Con respecto a la valoración de la fuerza muscular y su relación con la DMO, una de las pruebas de fuerza que más se emplea y que reporta una mayor asociación con la DMO es la FPM. En un estudio con 2645 personas de ambos sexos ( $\geq$  de 50 años), después de ajustar por edad, las mujeres con baja FPM reportaron una menor DMO en CL y CF, mientras en los hombres fue en la DMO en CL y cadera; la baja FPM también se asoció con un incremento en el riesgo de fractura vertebral, especialmente en las mujeres (OR 2.67; IC 95% 1.13-6.30) (Dixon, et al., 2005). En otro estudio con 117 mujeres postmenopáusicas (67.8 DE 7.0 años), de todos los test físicos aplicados, la FPM fue la prueba que mejor se relacionó con la DMO en CL, CF y cuerpo total ( $r=0.49$ ,  $p<0.001$ ;  $r=0.56$ ,  $p<0.001$ ; y  $r=0.52$ ,  $p<0.001$ ; respectivamente) (Marín, et al., 2010). El estudio de Rikkonen et al. (2012), encontró que la fuerza muscular, pero especialmente la FPM es una herramienta útil e independiente para evaluar el riesgo de osteoporosis en mujeres postmenopáusicas. Por

## 2. ANTECEDENTES

---

último, en un estudio con 2793 personas residentes en Hong Kong de ambos sexos ( $\geq 50$  años), la FPM se comportó como un factor de riesgo independiente de fracturas clínicas, con un poder predictivo similar a la DMOCF (T-score -2.5); el riesgo de ocurrencia de fracturas aumentó cuando ambos parámetros fueron combinados en el análisis (Cheung et al., 2012).

Existen en la literatura estudios que igualmente han analizado la asociación de la DMO con la fuerza de miembros inferiores y otros segmentos corporales. En 293 mujeres saludables postmenopáusicas (media de edad 54.22 DE 3.85 años), se encontró que la fuerza de flexión y extensión de cadera evaluada con un dinamómetro isocinético a una velocidad de 120°/s y la fuerza de extensión de espalda evaluada a 30°/s, explicaron el 26.0% de la variación en la DMO total, el 19.0% en la DMOCL y el 15.0% de la DMOCF (modelos ajustado por edad y cantidad años desde el inicio de la menopausia) (Zhou, Zheng, Wei, Ye, & Li, 2013). Por su parte, en un estudio con 321 australianos de ambos sexos (50-80 años), que evaluó la fuerza isométrica del cuádriceps y de extensores de cadera simultáneamente en ambas piernas por dinamometría, encontró una asociación significativa entre la fuerza evaluada y la DMO de cadera ( $\beta = 0.12$ , IC 95% 0.04, 0.20), una asociación débil con la DMOCL ( $\beta = 0.10$ , IC 95% 0.00, 0.21) y ninguna asociación con la DMOCF ( $\beta = 0.07$ , IC 95% -0.00, 0.15) (Ahedi, et al., 2014). En un estudio de seguimiento con 1255 japoneses de ambos sexos (40-81 años), se encontró en la línea de base que la fuerza isométrica de extensión de rodilla (evaluada en pierna derecha), se asoció de manera significativa con la DMOCL y la DMOCF solamente en los hombres; después de 6 años de seguimiento, solo el riesgo de osteoporosis en CL (OPCL) se relacionó de forma significativa con la fuerza evaluada, el cual se presentó únicamente en los hombres (OR 2.97, IC 95% 1.07-8.23) (Matsui, Takemura, Harada, Ando, & Shimokata, 2014).

Los trabajos que estudian la asociación entre la DMO y la potencia muscular (como una manifestación de la fuerza) en las personas mayores son escasos. Un estudio con 1117 hombres ( $\geq 65$  años) que evaluó la potencia de

extensión de piernas (evaluada con “*Nottingham Leg Extensor Power Rig*”), después de ajustar por edad, raza, peso y longitud de la pierna, encontró que las personas con los valores de potencia más altos (4 cuartil) presentaron mayores valores de fuerza ósea y área ósea total en la región tibial (evaluada con tomografía computarizada), comparadas con las personas de más bajo rendimiento en la potencia muscular (1 cuartil); mientras que, la DMOCF no reportó diferencias significativas entre los cuartiles de la potencia muscular evaluada (Cousins et al., 2010). En otro estudio con 153 hombres no mayores (31-60 años de edad), la potencia de extensión piernas, evaluada con el mismo dispositivo del estudio anterior, se correlacionó de manera significativa con la DMOCL ( $R^2= 0.0436$ ,  $p<0.01$ ) y la DMO de cadera ( $R^2= 0.1074$ ,  $p<0.001$ ); además, el análisis de regresión lineal con el mayor número de factores ajustados (edad, peso, talla, consumo de tabaco, alcohol y actividad física en el tiempo libre), mostró una asociación significativa entre la potencia muscular y la DMO de cadera, contrario a lo sucedido con la fuerza muscular, donde la FPM no se asoció con ninguno de los dos sitios de DMO estudiados (Schwarz et al., 2014). Sin embargo, desde el punto de vista de la intervención, un estudio que evaluó el efecto sobre la DMO de un entrenamiento de potencia, comparado con uno de fuerza durante 48 semanas, no mostró diferencias significativas en los valores de DMO en ninguno de los sitios evaluados (total, CL, CF y trocánter mayor) (Gray, Di Brezzo, & Fort, 2013).

Frente a la relación entre la DMO y la aptitud funcional, los resultados varían ampliamente entre los diferentes reportes, de acuerdo al sitio de evaluación de la masa ósea y a las pruebas funcionales empleadas (Taaffe et al., 2003; Lindsey, Brownbill, Bohannon, & Ilich, 2005; Marín, et al., 2010; Gouveia et al., 2012; Shin, Liu, Panton, & Ilich, 2014). El estudio de Taaffe et al. (2003), que involucró 3041 personas de ambos sexos de raza blanca y negra (70-79 años), encontró que la fuerza de extensión de rodilla y el CST, fueron las únicas pruebas que mostraron diferencias en la DMO entre los cuartiles más bajos y altos de las pruebas, en todos los grupos de sexo y raza; diferencias que fueron estadísticamente significativas solo en la DMO del trocante.

## 2. ANTECEDENTES

---

Además, un bajo rendimiento en el CST se asoció con un mayor riesgo de osteoporosis de cadera en las mujeres blancas (OR 2.05, IC 95% 1.19–3.54); mientras en los hombres blancos, el riesgo de osteoporosis se asoció principalmente con el bajo desempeño en la prueba de 400 m caminando (OR 2.78, IC 95% 1.13–6.84). El riesgo no fue evaluado en las personas negras por la baja prevalencia de osteoporosis reportada.

Por su parte, el estudio de Lindsey et al. (2005) en 116 mujeres posmenopáusicas (68.3 DE 6.8 años), reportó que la VM en 8 m (normal y rápida), el número de pasos realizados en la VM y el equilibrio en una pierna, se asociaron significativamente con la DMO de múltiples sitios (CF, triángulo de Ward, trocánter, eje femoral, cadera total y cuerpo total); el análisis se realizó mediante de modelos de regresión por cada prueba funcional (debido a la colinealidad), ajustados por IMC, horas de actividad física, ingesta de calcio, edad de la menarquia; los  $R^2$  ajustados oscilaron entre 0.11-0.24.

Contrariamente a los anteriores estudios, Marin et al. (2010) no reportaron correlaciones significativas entre la DMO (en CF, CL y cuerpo total) con la mayor parte de las pruebas funcionales valoradas (ACT, 30-CST y salto vertical); únicamente el equilibrio estático en una pierna se correlacionó con la DMOCL ( $r= 0.24$ ,  $p<0.05$ ). Resultados similares se comunicaron en otro estudio en personas mayores portuguesas, el cual evaluó la asociación entre la DMO de diferentes sitios (cuerpo total, CL, CF, trocánter y cadera) con las pruebas de la batería de la SFT (sin incluir flexibilidad); aunque se encontraron correlaciones significativas entre la batería SFT y la DMO de algunos sitios, después de ajustar por otras variables (sexo, edad, talla, peso corporal, masa grasa total y masa magra total), las pruebas funcionales tuvieron una menor contribución en la predicción de la DMO en todos los sitios (Gouveia, et al., 2012). Por su parte, el estudio de Shin et al. (2014), que empleó los test funcionales como variables dependientes, reportó que los cambios en la DMO en diferentes sitios (cuerpo total, CL, CF, fémur, antebrazo y radio), no implicaron una variación significativa en los resultados de los test funcionales

evaluados (VM en 8 m, 8F-UG, equilibrio estático en una pierna y 30-CST); mientras que otros contenidos de la composición corporal, como los altos valores de masa grasa y bajos de masa muscular, se asociaron con un pobre desempeño funcional.

Respecto a la asociación entre la sarcopenia definida por EWGSOP y el riesgo de osteoporosis, un estudio con 590 mujeres postmenopausicas (65-72 años), encontró que las mujeres con sarcopenia presentaron un riesgo 9.4 (IC 95% 2.1–41.4) veces más alto de tener osteoporosis que las mujeres no sarcopénicas (modelo ajustado por edad, IMC, terapia hormonal, consumo de alcohol y cigarrillos) (Sjogblom, et al., 2013). De acuerdo a cada uno de los criterios para sarcopenia, el riesgo de osteoporosis, comparando el cuartil más bajo con el más alto de cada criterio, fue de 7.7 (IC 95% 1.3–47.7) para IMMA, 10.7 (IC 95% 2.3–50.3) para FPM y 9.3 (IC 95% 1.8–48.3) para la VM (Sjogblom, et al., 2013). Otro estudio realizado en 361 hombres belgas (40-79 años), no reportó un riesgo significativo de osteoporosis entre las personas con sarcopenia (OR 2.0; IC 95% 0.4-10.0), pero sí en las personas clasificadas como pre-sarcopénicas (OR 3.8; IC 95% 1.6-9.1); de acuerdo a los criterios de sarcopenia, la MMA se asoció significativamente con todos los sitios DMO evaluados (cuerpo total, CF, cadera y CL), la fuerza isométrica del cuádriceps lo hizo con la DMO de cuerpo total y cadera, mientras la VM no se asoció con ningún sitio de la DMO (Verschueren, et al., 2013).

Finalmente, aunque la masa y la fuerza muscular se reportan asociadas con una mayor DMO, como lo desvelan los anteriores estudios, la relación entre la CM y la DMO parece no estar muy estudiada hasta el momento, debido a la poca evidencia que se encuentra publicada. Un estudio piloto con 24 mujeres postmenopáusicas, encontró que la CM (masa muscular calculada por BIA/FPM) se correlacionó significativamente con la DMO en cuerpo total ( $r=0.64$ ,  $p=0.001$ ) y cadera ( $r=0.68$ ,  $p<0.001$ ), pero no con la DMOCL ( $r=0.29$ ,  $p=0.17$ ); por otro lado, las mujeres con una baja CM ( $<1.53$ ) muestran una DMO significativamente más baja en cuerpo total y cadera, que las mujeres con

## 2. ANTECEDENTES

---

una buena CM ( $p=0.001$ ) (Barbat-Artigas, Plouffe, Menard, Dupontgand, & Aubertin-Leheudre, 2012a). Estos resultados parecen indicar la existencia de una relación entre la CM y la DMO, sin embargo se requieren más estudios que confirmen esta relación y que consideren las diferencias posibles por sexo, la CM de miembros superiores e inferiores y otras manifestaciones de la fuerza para el cálculo de la CM, como la potencia muscular.





## 3. OBJETIVOS

---



---

### **3. OBJETIVOS**

A la vista de la revisión bibliográfica efectuada, nos propusimos en nuestro estudio los siguientes objetivos:

#### **Objetivo general**

Determinar la frecuencia de sarcopenia y osteoporosis en un grupo de personas mayores de León, España; y analizar la relación entre la masa muscular, la densidad mineral ósea, la fuerza muscular, la aptitud funcional y la calidad muscular

#### **Objetivos específicos**

En esta población mayor activa:

1. Describir la frecuencia de sarcopenia con los criterios diagnósticos del EWGSOP.
2. Determinar la frecuencia de osteoporosis según la parte anatómica estudiada (cuello del fémur y columna lumbar).

### 3. OBJETIVOS

---

Examinar la relación que en ambos sexos y en extremidades superiores e inferiores tienen:

3. Los indicadores de masa muscular y las manifestaciones de la fuerza (isométrica, dinámica y la potencia media de extensión de piernas).
4. La aptitud funcional con la masa muscular, las manifestaciones de la fuerza y la calidad muscular.
5. La DMO en cuello del fémur y columna lumbar con la masa muscular, las manifestaciones de la fuerza, la calidad muscular y la aptitud funcional.

Por último:

6. Analizar la utilidad de los diferentes criterios diagnósticos del EWGSOP para la evaluación del riesgo de osteoporosis tanto en cuello del fémur como en columna lumbar.





# 4. MATERIALES Y MÉTODOS

---



---

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Diseño y población de estudio

Se realizó un estudio descriptivo transversal, que involucró a las personas mayores asistentes a programas recreativos y académicos de tres centros comunitarios de la ciudad de León, España (N=3657). Todos los sujetos fueron invitados a participar en el estudio a través de reuniones informativas entre noviembre de 2012 y marzo de 2013. Los criterios de inclusión fueron: participantes con 60 años o más de edad, residentes en León y tener una vida físicamente independiente. Los criterios de exclusión fueron: deficiencia cognitiva, falla cardíaca (grado de II-IV), enfermedad isquémica del corazón no controlada y problemas músculo-esqueléticos que evitaran la culminación de las pruebas. Alrededor de 600 personas asistieron a las reuniones informativas y 266 de ellas decidieron participar en el estudio de forma voluntaria. Finalmente, 258 personas fueron incluidas en el grupo de estudio después de aplicar los criterios de elegibilidad (Figura 4). El número de sujetos excluidos y las razones fueron: uno reportó una edad menor de 60 años, tres presentaron problemas músculo-esqueléticos severos y cuatro no asistieron a las evaluaciones.

### 4.2. Procedimiento

Después de obtener la información de contacto de las personas interesadas en participar en el estudio en los centros comunitarios, estas fueron citadas por medio telefónico para la realización de las evaluaciones en las instalaciones de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Deporte de la Universidad de León (España). Antes de empezar las evaluaciones, los participantes respondieron un cuestionario sobre la aptitud para la realización de la actividad física, *Physical Activity Readiness Questionnaire* (PAR-Q)

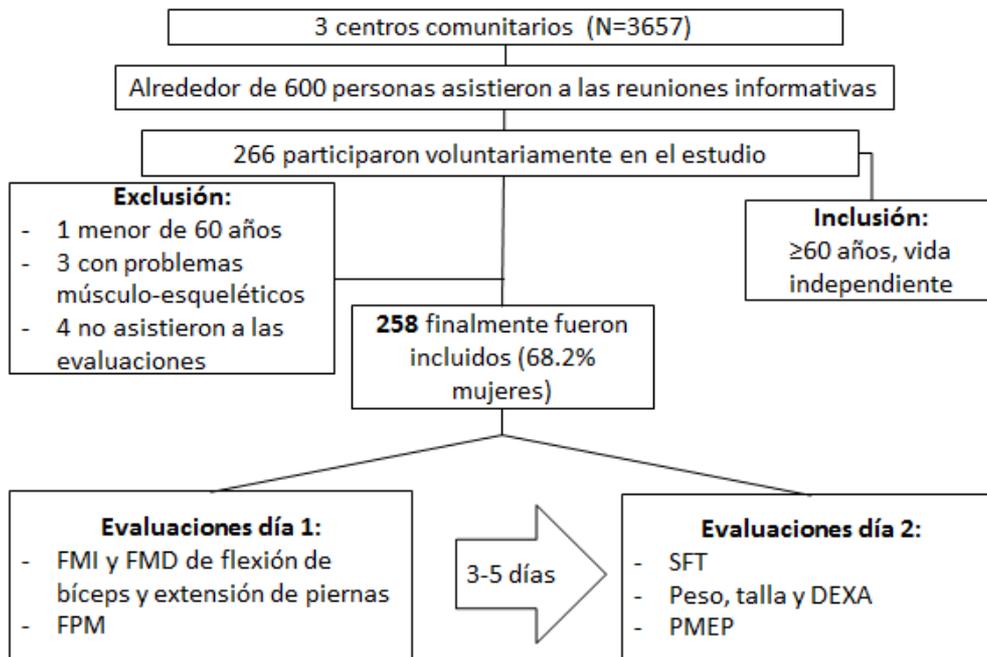
#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

---

(Cuestionario de Preparación para la Actividad Física); cuando alguna de las preguntas del cuestionario fue afirmativa, se consultó con el médico para asegurarse de que no había ningún problema a la hora de realizar los ejercicios. Las pruebas de cada sujeto se desarrollaron en dos días (con un intervalo de 3 a 5 días), en el primer día se llevaron a cabo las pruebas de FMI y FMD (1-RM) en las máquinas de extensión de piernas y flexión de brazos; además, se realizó la prueba de FPM. En el segundo día se llevó a cabo la toma de peso y la talla, la DXA, las pruebas funcionales y la evaluación de la potencia media de extensión de piernas (PMEP) (Figura 4).

Todos los participantes aceptaron su participación en el estudio por medio del consentimiento informado y la investigación se realizó acorde con los lineamientos de la Declaración de Helsinki. La aprobación ética para la realización del proyecto fue brindada por parte del Comité de Ética de la Universidad de León. A todas las personas estudiadas se les informaron los objetivos del estudio y se dejó claramente establecida la utilización exclusiva de los datos para fines científicos. Y finalmente, cuando se completó la evaluación de todos los sujetos, los resultados fueron entregados a cada persona con las respectivas recomendaciones.

Figura 4. Diagrama del estudio.



Nota: FMI, Fuerza máxima isométrica. FMD, Fuerza máxima dinámica. FPM, fuerza de presión manual. SFT, Senior Fitness Test. DEXA, Absorciometría Dual por Rayos X. PMP, potencia media de extensión de piernas.

### 4.3. Variables e instrumentos de recolección

Se registraron variables sociodemográficas (sexo y edad), algunos parámetros antropométricos (talla, peso, IMC), composición corporal e índices musculares; se evaluaron diferentes manifestaciones de la fuerza y pruebas de aptitud funcional. A continuación se describen detalladamente los procedimientos de evaluación e instrumentos utilizados:

#### 4.3.1. Parámetros antropométricos y de composición corporal

La talla se evaluó con un tallímetro de pared SECA Mess Band (precisión 1 mm), con la persona evaluada erguida, sin calzado y con los pies

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

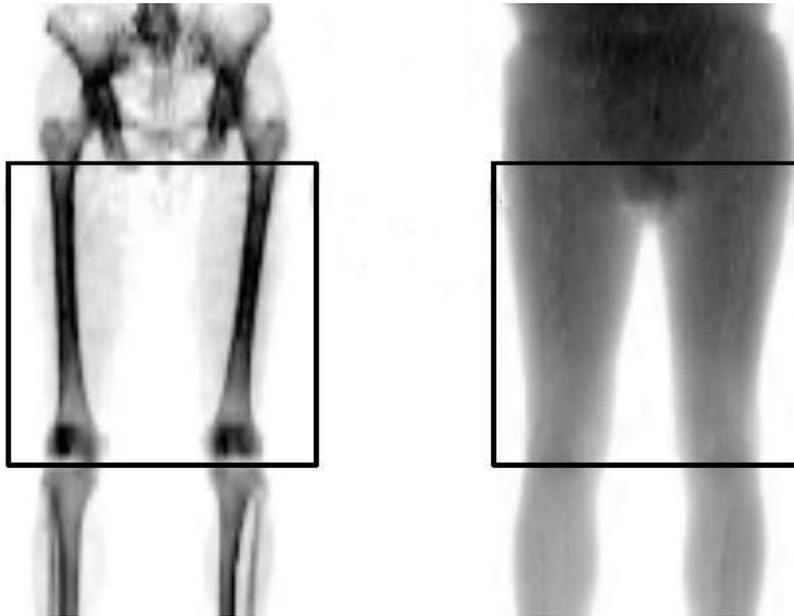
---

juntos; el evaluador ubicó el implemento por encima de la cabeza e hizo descender manualmente el segmento de medición hasta apoyarlo en el vértex y hacer lectura del registro. El peso se obtuvo con una báscula SECA Detecto (precisión 200 gr). El IMC se calculó tras dividir el peso en kilogramos sobre la talla elevada en metros al cuadrado ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

La composición corporal se valoró mediante DXA, utilizando un analizador *Lunar Prodigy - General Electric®* y el Software *Encore 2009®* versión 12.1. El analizador fue calibrado al inicio de cada jornada. Para la exploración, la persona evaluada retiró de su cuerpo todos los accesorios que pudieran interferir o falsear los resultados de la medición, se ubicó de cúbito supino permaneciendo en reposo con los brazos al lado del tronco y las manos pronadas, las piernas separadas al ancho de las caderas y sujetas por los tobillos con una cinta de velcro para evitar que se movieran. Por cada sujeto se realizó una exploración de cuerpo total, cadera izquierda y columna lumbar que tomó un tiempo promedio de 20 minutos por cada sujeto.

Mediante el software suministrado por el densitómetro y con las referencias anatómicas determinadas por el mismo, se obtuvo la información de la masa total (kg), masa grasa (kg), porcentaje de grasa, masa magra total (MMT, kg), masa magra (MM) de miembros superiores e inferiores (kg), masa ósea total (kg). Además, se obtuvo los datos de DMOCF izquierda ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ) y la DMOCL entre L1-L4 ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ), así como los valores T-score. Por otro lado, se definió una región específica de la masa muscular de los miembros inferiores (Región de interés - ROI por sus siglas en inglés), comprendida entre el borde inferior de las tuberosidades isquiáticas y la interlínea formada en la unión de los cóndilos femorales y los platillos tibiales en ambas piernas (Figura 5); esto con el fin de determinar la masa muscular de los muslos, para el posterior cálculo de la calidad muscular de miembros inferiores de acuerdo a las diferentes manifestaciones de la fuerza.

**Figura 5.** Región de interés (ROI) de los muslos.



Finalmente, se determinó el IMMA mediante la sumatoria de la masa magra de los miembros superiores e inferiores (masa magra apendicular-MMA), dividida sobre la talla elevada al cuadrado (Baumgartner, et al., 1998).

#### **4.3.2. Evaluación de las manifestaciones de la fuerza**

En los miembros inferiores se evaluó la fuerza de extensión de piernas en tres formas de manifestación de esta cualidad (FMI, FMD y potencia media). Con respecto a la fuerza de miembros superiores se evaluó la FMI y la FMD de curl de bíceps; además se incluyó la evaluación de la FPM. En todos los casos se explicó a la persona evaluada la técnica y condiciones de ejecución de las pruebas; se realizaron tanto repeticiones de ensayo, como calentamiento específico previo, que permitieron el conocimiento y familiarización. Por otra parte, durante las pruebas se animó a realizar el máximo esfuerzo posible en cada forma de evaluación de la fuerza, con estímulos verbales constantes por la parte del evaluador. En aquellos casos donde se observaron impedimentos

específicos que limitaran la realización de alguna de las pruebas, esta no fue realizada.

##### **4.3.2.1. Evaluación de la fuerza máxima isométrica de extensión de piernas (FMIEP)**

Para esta evaluación se empleó una célula de carga o galga extensiométrica *Globus Ergometer*® con frecuencia de muestreo de 1000 Hz y el software *Globus Ergo Tester v1,5, Italia*. La galga extensiométrica se ubicó en una máquina de extensión de piernas *BH Fitness Nevada Pro-T*®, España, de modo que uno de sus extremos se fijó mediante una cadena a la parte baja del soporte del asiento y el otro extremo al brazo de palanca de la máquina, como se observa en la figura 6. Antes de la ejecución de la prueba, el asiento y las piezas que sujetaban la galga, fueron ajustados de manera que la posición de muslo y pierna formaran un ángulo de 90° mientras la persona evaluada permanecía sentada en la silla y en posición de inicio. El ángulo fue verificado con un goniómetro TEC®, España, fijando el eje en el cóndilo femoral lateral y las pinzas movibles, una paralela al eje mayor del muslo y la otra al de la pierna. Para la ejecución de la prueba, el evaluado (a) se sentó en la máquina con la cabeza y el tronco apoyados al espaldar del asiento, sujetando las manos de los soportes laterales y con las rodillas en flexión de 90° como se mencionó anteriormente.

El evaluador, previa explicación y ensayo de la prueba, procedió a hacer un conteo regresivo desde tres, y hasta la voz “¡Ya!”, donde accionó el comando de la galga, a la vez que el evaluado realizaba una tensión isométrica máxima del cuádriceps femoral durante 5 segundos, pero procurando lograr sus máximos valores lo más rápido posible y mantenerlos durante todo el periodo de tiempo. Durante la ejecución se realizó un estímulo verbal en busca

de inducir una mayor tensión y la permanencia de sus máximos niveles durante toda la prueba.

Además se controló la realización de la prueba descargando la información de la interfase en el Software *Graph*®, donde se pudo analizar gráficamente la curva de fuerza a lo largo de tiempo de ejecución y verificar la correcta realización. Aunque el protocolo de evaluación estableció dos intentos efectivos, cuando este control reveló dificultades, se repitió la prueba hasta hacerla satisfactoriamente. Se registró el valor más alto obtenido como Kilogramos Fuerza (kgf).

**Figura 6.** Instalación de la célula de carga y ubicación del sujeto para la evaluación de la fuerza máxima isométrica de extensión de piernas (FMIEP).



#### 4.3.2.2. Evaluación de la fuerza máxima dinámica de extensión piernas (FMDEP)

En la evaluación de la FMDEP (1-RM), se empleó la misma máquina de extensión piernas de la prueba de FMIEP. La persona evaluada se ubicó

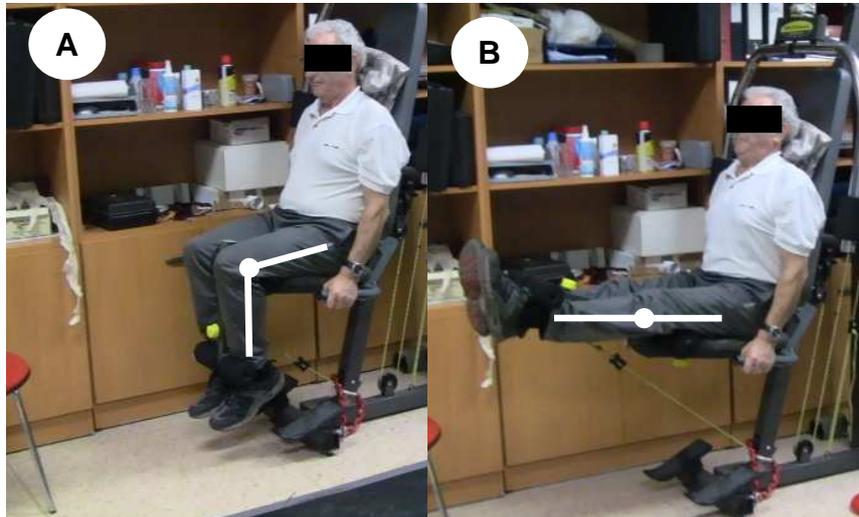
#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

---

sentada con la cabeza y el tronco apoyados en el espaldar del asiento, las manos sujetando los soportes laterales de la máquina y con las rodillas en flexión de 90° (figura 7.A). Se animó a desplegar la máxima fuerza concéntrica para vencer la carga hasta llegar a un ángulo aproximado de 180° y no se establecieron condicionamientos para la fase excéntrica (figura 7.B).

Se realizó un calentamiento previo de 5 minutos en cicloergometro seguido de estiramiento de la musculatura a evaluar. Para el establecimiento de la carga inicial, como no se contaba con un valor de 1-RM conocido para cada sujeto, se tomó la resultante de multiplicar el peso corporal por 0.6. Con este peso se realizaron 8 repeticiones y a partir de allí, se efectuaron dos, incrementando progresivamente la carga a criterio del evaluador, en función del esfuerzo percibido por el ejecutante y calificado con la Escala OMNI-RES (Robertson, et al., 2003; Gearhart, et al., 2011); de este modo, los aumentos de carga fluctuaron entre 7 y 15 kg. En el momento en que la persona realizaba la primera repetición y no era capaz de seguir para la segunda, se consideró la carga movilizada como la 1-RM. Cuando la nueva carga no pudo ser movilizada se hizo un nuevo intento restando la mitad del peso que se incrementó en la serie anterior, siguiendo la misma metodología hasta alcanzar la 1-RM (kgf). En todos los casos se procuró no superar un total de 5 series y con una pausa de 2 minutos entre cada una.

**Figura 7.** Evaluación de la fuerza máxima dinámica de extensión de piernas (FMDEP).



A) Posición inicial. B) Posición final

#### **4.3.2.3. Evaluación de la potencia media de extensión de piernas (PMEP)**

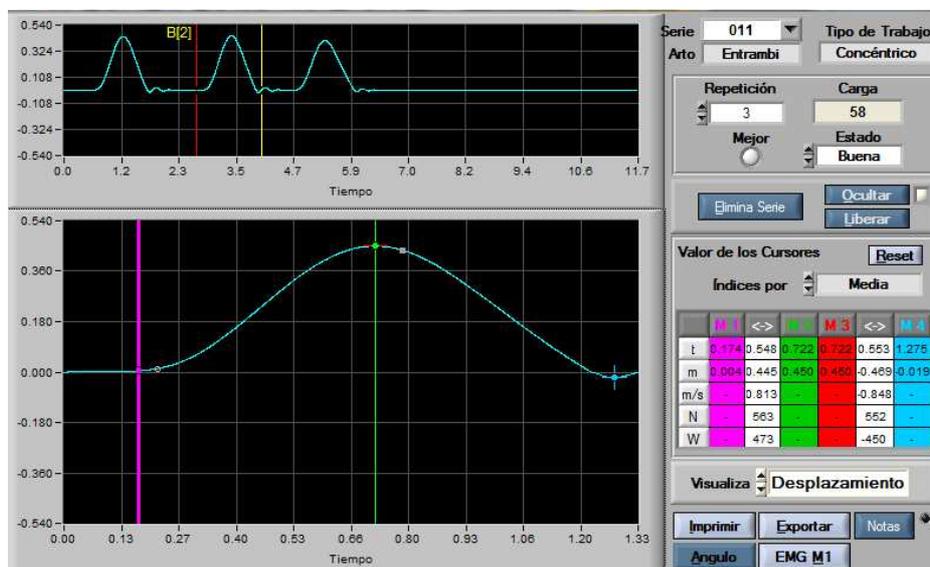
La potencia se definió como la resultante de movilizar una carga previamente establecida, con la mayor velocidad y desplazamiento posibles. Esta fue evaluada en la misma máquina de extensión de piernas de las pruebas anteriores y partiendo de la misma posición inicial, con cinco cargas distintas obtenidas de la evaluación de la FMDEP (40%, 50%, 60%, 70% y 80% de 1-RM). Estas cargas fueron aleatorizadas en cada sujeto para controlar un posible sesgo relacionado con el efecto de aprendizaje o por acción acumulativa de la fatiga. En cada carga se realizaron 3 repeticiones con 2 minutos de pausa entre cargas, con una ejecución desde un ángulo de 90° de flexión de piernas hasta aproximadamente 180° de extensión. Al ejecutante se le solicitó hacer la fase concéntrica del movimiento lo más rápido posible y buscando el mayor desplazamiento; durante la fase excéntrica para disminuir

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

la influencia que podría tener el efecto de la fuerza elástica acumulada, esta se realizó a una velocidad constante con un descenso controlado de la carga para todo el rango de movimiento, con una micro pausa de 1 – 2 segundos se daba inicio a cada repetición.

Para determinar los valores de potencia se utilizó un transductor de posición lineal o *Encoder Globus Real Power®*, Italia, con una frecuencia de muestreo de 1000 Hertz, una unidad central Tesys 800 y el *Software Tesys 2008-Real Power 20.40 Test*. El Encoder se conectó a las masas de resistencia de la máquina de extensión de piernas, de modo que se monitorizó el desplazamiento vertical de las mismas (figura 8). La información resultante de tiempo (t), desplazamiento (m), velocidad (m/s) y potencia media (w) se registró en el Software del Encoder para su posterior análisis.

**Figura 8.** Monitorización de la evaluación de la PMEP y variables de análisis.



### 4.3.2.4. Evaluación de la Fuerza Máxima Isométrica de curl de bíceps (FMICB)

Para la determinar la FMICB se empleó la misma célula de carga de la evaluación de FMIEP y una máquina de curl de bíceps (Gervasport, España). La célula se fijó por un extremo al piso en una base metálica mediante una cadena, mientras el otro extremo se aseguró en la barra que se utilizó para realizar la flexión de brazos (figura 9). Antes de la ejecución de la prueba, la altura del asiento fue ajustada para cada participante, posteriormente la persona realizó una inclinación del troco hacia adelante para apoyar el pecho y la parte posterior de los brazos sobre la máquina; los pies se ubicaron separados en el piso, las manos sujetaron la barra a la anchura de los hombros, las muñecas permanecieron en una leve flexión y la cabeza permaneció en la dirección del troco con la mirada al frente. El ángulo de ejecución de la prueba fue de aproximadamente 110° de flexión de los codos para cada participante, el cual se estimó con el mismo goniómetro de la prueba de FMIEP, fijando el eje en el epicóndilo lateral del humero y las pinzas movibles, una paralela al eje medio del brazo y la otra al del antebrazo.

La ejecución de la prueba y registro de la información fue similar a la prueba de FMIEP. Tras la señal del evaluador la persona realizó durante 5 segundos una máxima contracción de los flexores del codo, procurando lograr sus máximos valores lo más rápido posible y mantenerlos durante todo el periodo de tiempo. Después de lograr dos intentos efectivos en la ejecución controlados mediante el software del instrumento de evaluación, se registró el valor más alto obtenido en kgf.

**Figura 9.** Instalación de la célula de carga y ubicación del sujeto para la evaluación de la fuerza máxima isométrica de curl de bíceps (FMICB)



##### **4.3.2.5. Evaluación de la fuerza máxima dinámica de curl de bíceps (FMDCB)**

Para la evaluación de la FMDCB (1-RM), se empleó la misma máquina de la prueba de FMICB. Después de ajustar la silla a la altura, el participante realizó una inclinación del torso hacia adelante para apoyar el pecho y la parte posterior de los brazos sobre la máquina; los pies se ubicaron separados en el piso, las manos en supinación sujetaron el soporte del dispositivo a la anchura de los hombros, las muñecas permanecieron en una leve flexión y la cabeza en la dirección del torso con la mirada al frente (figura 10.A). Luego, se animó a la personas para que desplegar la máxima fuerza concéntrica para vencer la carga hasta llegar a un ángulo de flexión de codo aproximado de  $90^\circ$  y no se establecieron condicionamientos para la fase excéntrica (figura 10.B). El evaluador permaneció al lado de la persona para controlar el rango de movimiento, colocando su mano derecha debajo de la palanca del brazo de la

máquina, al inicio de la fase concéntrica; y su mano izquierda al final de la misma fase haciendo contacto con la mano derecha del evaluado.

El procedimiento para alcanzar la 1-RM fue similar al empleado en la evaluación de la FMDEP. Para el establecimiento de la carga inicial, como no se contaba con un valor de 1-RM conocido para cada sujeto, se determinó un peso entre 2.5 a 5 kg para las mujeres y de 5 a 7.5 kg para los hombres. Con este peso se realizaron 8 repeticiones y a partir de allí, se efectuaron dos repeticiones, incrementando progresivamente la carga a criterio del evaluador, en función del esfuerzo percibido por el ejecutante y calificado en la Escala OMNI-RES (Robertson, et al., 2003; Gearhart, et al., 2011); de este modo, los aumentos de carga fluctuaron entre 2.5 y 10 kg. En el momento en que la persona realizaba la primera repetición y no era capaz de seguir para la segunda, se consideró la carga movilizada como la 1-RM. Cuando la nueva carga no pudo ser movilizada se hizo un nuevo intento restando la mitad del peso que se incrementó en la serie anterior, siguiendo la misma metodología hasta alcanzar la 1-RM (kgf). En todos los casos se procuró no superar un total de 5 series y con una pausa de 2 minutos entre cada una.

**Figura 10.** Evaluación de la fuerza máxima dinámica de curl de bíceps (FMDCB)



A) Posición inicial. B) Posición final

##### 4.3.2.6. Evaluación de la FPM:

Para esta valoración se utilizó un dinamómetro Jamar, ® de 1 kg de precisión (Lafayette Instrument Company, USA). El evaluado permaneció sentado con el brazo perpendicular al tronco, codo en extensión completa, sujetando con la mano el dinamómetro. A la orden del evaluador la persona ejerció la máxima fuerza posible sobre el positivo por un tiempo máximo de 3 segundos. Se hicieron dos intentos alternados por cada miembro, con pausa entre cada uno de 20 s y se registró la mejor ejecución (kgf) (Figura 11).

**Figura 11.** Evaluación de la fuerza de prensión manual.



##### 4.3.3. Pruebas de aptitud funcional

Para evaluar la aptitud funcional de miembros superiores se empleó la prueba ACT, y para miembros inferiores las pruebas 30-CST, 2-min y 8F-UG, todas pertenecientes a la Batería SFT (R.E. Rikli & Jones, 2001). En todos los casos se realizaron ensayos con explicación y demostración de la prueba y

estímulos verbales orientados a que el ejecutante desplegara su máximo potencial. Para el análisis de los datos se tuvo en cuenta el mejor de los resultados. Para definir una baja funcionalidad en cada una de las pruebas se emplearon los puntos de corte de presentados por Rikli & Jones (2013) relacionados con el mantenimiento de la movilidad funcional y la independencia física presentados en el apartado de antecedentes (Tabla 4).

### **4.3.3.1. Arm curl test (ACT):**

El participante comenzó sentado en una silla de 44 cm de alto con la espalda recta, las plantas de los pies apoyadas en el suelo y la parte dominante del cuerpo alineado con el borde de la silla. La persona tomó el peso con el lado dominante y lo colocó en posición perpendicular al suelo, con la palma de la mano orientada hacia el cuerpo y el brazo extendido. Desde esta posición el ejecutante levantó el peso rotando gradualmente la muñeca (supinación) hasta completar el movimiento de flexión del brazo y quedándose la palma de la mano hacia arriba, el brazo regresó a la posición inicial realizando un movimiento de extensión completa del brazo rotando la muñeca hacia el cuerpo. A la señal de “ya” el participante realizó este movimiento de forma completa el mayor número de veces posible durante 30”. Para una correcta ejecución el participante movió únicamente el antebrazo y mantuvo fijo el brazo (el codo pegado al cuerpo ayudó a mantener esta posición). Los pesos utilizados fueron una mancuerna de 2 kilos para las mujeres y una de 4 kilos para los hombres. Se realizó un solo intento y el tiempo fue monitoreado mediante un cronómetro digital *Oregon Scientific SL110*®.

### **4.3.3.2. 30-Chair Stand Test (30-CST):**

Para esta prueba se empleó una silla de 44 cm de alto y su respaldo fue apoyado contra la pared. El evaluado (a) se ubicó sentado en medio de la silla

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

---

con la espalda recta, los pies apoyados en el suelo y los brazos cruzados en el pecho; a la señal de inicio el participante se levantó completamente y regresó a la posición inicial hasta completar el mayor número de ciclos posible en 30 segundos. El evaluador contó el número de ciclos completos (elevarse-agacharse) ocurridos en el tiempo estipulado. La prueba se ejecutó en un solo intento y el tiempo fue monitoreado mediante el cronómetro digital antes mencionado.

##### **4.3.3.3. 2-Minute Step Test (2-min):**

Esta prueba consistió en realizar una marcha estacionaria durante dos minutos y al mejor ritmo posible, registrándose el número de ciclos de pasos con ambas piernas (elevación y descenso muslo derecho - elevación y descenso muslo izquierdo), a través del conteo de los realizados con la pierna derecha. Para estandarizar la altura a la cual el evaluado (a) elevaría la pierna en cada paso, se estableció individualmente el punto medio entre la espina iliaca antero superior y la patela estando el sujeto de pie; con esta medida se organizó un dispositivo tensionando un elástico entre dos paralelos y situándolos enfrente del ejecutante a modo de feedback. La prueba se ejecutó en un solo intento y el tiempo fue monitoreado mediante el cronómetro digital antes mencionado. Durante la prueba se fue exhortando al participante a mantener el máximo ritmo posible.

##### **4.4.3.4. 8-foot up-and-go test (8F-UG):**

Se ubicó una silla de 44 cm de altura con su respaldo apoyado en la pared y enfrente de ella un cono de 60 cm de alto a 2.44 m de distancia. El evaluado (a) permaneció sentado con las manos sobre sus muslos y en posición de alerta; al momento de la señal de inicio, se incorporó y caminó de

prisa, sin correr, rodeando el cono y volviéndose a sentar. Se registró el mejor tiempo empleado en la prueba después de dos intentos.

### 4.3.4. Cálculo de la calidad muscular

Al igual que en otros estudios la CM fue definida al dividir la fuerza muscular por la masa muscular diferenciada por miembros superiores e inferiores (Newman et al., 2003a; Hairi, et al., 2010; Barbat-Artigas, et al., 2013b). En los miembros superiores la CM se calculó a partir de dividir la FMICB y la FMDCB por la masa muscular de ambos miembros superiores; y al dividir la FPM por la masa muscular del miembro superior correspondiente a la mano que generó la mayor fuerza. En los miembros inferiores se calculó la CM dividiendo la FMIEP, la FMDEP y la PMEP obtenida de cada uno de los porcentajes de 1-RM a la que fue evaluada, por la masa muscular de los muslos (kg), obtenida del cálculo del ROI de éste segmento muscular (figura 5).

### 4.3.5. Criterios diagnósticos de sarcopenia y osteoporosis

La sarcopenia fue definida empleando la definición del EWGSOP en la cual una persona se considera con sarcopenia si tiene una baja masa muscular acompañada de baja fuerza muscular o baja AF (Cruz-Jentoft, et al., 2010). La baja masa muscular fue evaluada según el IMMA ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), con un valor  $<7.26 \text{ kg}/\text{m}^2$  para los hombres y  $<5.5 \text{ kg}/\text{m}^2$  para las mujeres (Baumgartner, et al., 1998). La baja fuerza muscular fue definida al tener una FPM  $<20 \text{ kg}$  en las mujeres y  $<30 \text{ kg}$  en los hombres (Lauretani et al., 2003). Finalmente, la baja aptitud funcional fue definida de acuerdo al tiempo de ejecución del 8f-UG (a mayor tiempo menor aptitud funcional), empleando los puntos de corte presentados por edad y genero de Rikli & Jones (R. E. Rikli & C. J. Jones, 2013) (tabla 4). Se empleó el algoritmo sugerido por el EWGSOP para la

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

---

detención de casos de sarcopenia (Cruz-Jentoft, et al., 2010), en el cual se modificó el uso de la prueba de VM por el 8F-UG.

Aunque la VM y la SPPB son las pruebas principalmente sugeridas por el EWGSOP para la evaluación de la aptitud funcional, igualmente este consenso reconoce otras pruebas que pueden ser útiles para evaluar el componente de la funcionalidad, como es el *Time Up Go Test* (TUG) (Cruz-Jentoft, et al., 2010). Por lo tanto, nosotros seleccionamos el 8F-UG (versión corta del TUG), por ser una prueba con una buena confiabilidad en su aplicación (test-retest: hombres 0.98, IC95% 0.96-0.99; mujeres 0.90, IC95% 0.83-0.95) (R. E. Rikli & Jones, 1999a). Además, el 8F-UG cuenta con valores normalizados por grupos de edad y sexo en el contexto español (Pedrero-Chamizo, et al., 2012). Por otro lado, es una prueba relacionada con un mejor desempeño en las actividades de la vida cotidiana (Wilkin & Haddock, 2010), útil para identificar personas con riesgo de caídas (Rose, et al., 2002) y de fácil aplicación por no requerir de un entrenamiento de familiarización (Dewhurst & Bampouras, 2014). En resumen, sin desconocer la alta validez y confiabilidad de la SPPB y de la VM para la evaluación de la aptitud funcional en las personas mayores, consideramos que el 8F-UG contiene elementos paramétricos que la hacen igualmente una prueba sensible, para evaluar el bajo rendimiento funcional dentro de la definición de sarcopenia.

Por otro lado, el diagnóstico de osteoporosis se realizó de acuerdo a los valores de T-score provenientes de la DMO en CF y CL. Se consideró como normal el presentar valores de DMO con un T-score  $>-1$ ; osteopenia valores de DMO con un T-score entre  $-1$  y  $-2.5$ ; y osteoporosis valores de DMO con un T-score inferior a  $-2.5$ . (Kanis, et al., 1994; WHO, 1994). La población de referencia para ambos sexos proviene del cálculo de la media y los valores de DE en mujeres jóvenes del estudio NHANES III (Looker, et al., 1998).

### 4.4. Análisis estadístico

Los análisis se realizaron separados por hombres y mujeres. De esta forma, para cada sexo se evaluó la distribución de normalidad de las variables cuantitativas en cada uno de los niveles de las variables categóricas (edad en terciles, masa muscular en terciles, desempeño funcional y osteoporosis). Se utilizó la prueba de Kolmogorov Smirnov con la corrección de significancia de Lilliefors, cuando el número de participantes en cada nivel de las variables categóricas fue  $\geq 50$  y la prueba de Shapiro-Wilk para subgrupos de participantes inferiores a 50.

La descripción de las variables de composición corporal (masa magra, masa grasa y masa ósea), las manifestaciones de la fuerza, la aptitud funcional y la calidad muscular se realizó discriminada por sexo y la edad en terciles; los datos fueron descritos como medias y DE. Para evaluar las diferencias entre los terciles se empleó una Anova de un factor con análisis post hoc de Tukey, si las variables presentaban una distribución normal en todos los terciles de edad y además cumplían con el supuesto de homogeneidad de varianzas evaluado con el estadístico de Levene ( $p > 0.05$ ). De lo contrario, las diferencias fueron evaluadas con el estadístico no paramétrico de Kruskal Wallis.

Las diferencias entre los valores de PMEP evaluados al 40%, 50%, 60%, 70% y 80% de 1-RM, fueron calculadas tanto para los hombres como para las mujeres, mediante una Anova de medidas repetidas con análisis post hoc de Bonferroni.

Los criterios diagnósticos para sarcopenia se presentaron en porcentajes totales y por sexo. Las diferencias de proporciones entre hombres y mujeres para cada criterio se calcularon con el test exacto de Fisher. La frecuencia de sarcopenia se representó mediante el algoritmo basado en la definición de sarcopenia del EWGSOP (Cruz-Jentoft, et al., 2010), en el que se reemplazó la prueba de VM por el 8F-UG. Los diagnósticos de osteoporosis en CF y CL se

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

---

reportaron igualmente mediante porcentajes totales y por sexo; la diferencia entre hombres y mujeres se determinaron mediante la prueba Chi-cuadrada de Pearson.

Para evaluar la relación entre las diferentes variables, se realizaron los siguientes grupos de correlaciones: 1) indicadores de masa muscular con manifestaciones de la fuerza; 2) aptitud funcional con indicadores de masa muscular, manifestaciones de la fuerza y calidad muscular; 3) DMO en CF y CL con indicadores de masa muscular, manifestaciones de la fuerza, aptitud funcional y calidad muscular. Cuando las dos variables a correlacionar presentaron una distribución normal, se utilizó la prueba de Pearson; y cuando al menos una de las dos variables no presentó una distribución normal, se empleó la Rho Spearman.

Se evaluó las diferencias en la fuerza muscular de miembros superiores e inferiores, de acuerdo a algunos indicadores de masa muscular categorizados en terciles (MM de brazos, MM de muslo, MMA e IMMA); en el 3er tercil se agruparon las personas con mayor masa muscular (datos presentados en medias y DE). Para evaluar las diferencias entre los terciles se empleó una Anova de un factor con análisis post hoc de Tukey, si las variables presentaban una distribución normal en todos los terciles de las variables de masa muscular y además cumplían con el supuesto de homogeneidad de varianzas evaluado con el estadístico de Levene ( $p > 0.05$ ). De lo contrario las diferencias fueron evaluadas con el estadístico no paramétrico de Kruskal Wallis.

Se calcularon las diferencias en los indicadores de masa muscular, las manifestaciones de la fuerza y la calidad muscular, de acuerdo al desempeño funcional de miembros superiores o inferiores (ACT, 30-CST, 2-min y 8F-UG), dicotomizados en los niveles de normal y bajo. En las variables que presentaron una distribución normal en ambas categorías del desempeño funcional, las diferencias fueron evaluadas con una prueba t para varianzas

homogéneas o heterogéneas, según el estadístico de Levene ( $p > 0.05$ ). En las variables que presentaron una distribución no normal, las diferencias fueron evaluadas con la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney.

Se evaluaron las diferencias en los indicadores de masa muscular, las manifestaciones de la fuerza, la AF y la CM, de acuerdo al diagnóstico de OPCF y OPCL (dicotomizado en NO y SI). En las variables que presentaron una distribución normal en ambas categorías del diagnóstico de osteoporosis, las diferencias fueron evaluadas con una prueba t para varianzas homogéneas o heterogéneas, según el estadístico de Levene ( $p > 0.05$ ). En las variables que presentaron una distribución no normal, las diferencias fueron evaluadas con la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney.

Para identificar qué indicadores musculares explicaban mejor el comportamiento de la fuerza muscular en sus diferentes manifestaciones en cada sexo, se realizó un análisis de regresión línea múltiple, tomando cada una de las manifestaciones de la fuerza como variables dependientes (FMI y FMD de miembros superiores e inferiores y la PMP) y algunos indicadores de masa muscular como variables independientes (IMMA, MM de brazos, MM de piernas, MM de muslos). Los modelos fueron ajustados por edad (años) e IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ); y los resultados se expresaron en coeficientes  $\beta$ , acompañados de los  $R^2$  ajustados para cada modelo. Se verificó el cumplimiento de los supuestos de cada modelo, comprobando la distribución de normalidad de los residuos; cuando está no se cumplió, se intentó realizar una transformación de la variable dependiente por medio de Log10, raíz cuadrada o transformación recíproca. Los modelos que no cumplieron con el supuesto de normalidad de los residuos, inclusive aún después de la transformación de las variables dependientes, no se reportaron.

Finalmente, para evaluar el riesgo de OPCF y de OPCL, relacionado con cada uno de los criterios diagnósticos para sarcopenia empleados en este estudio según la definición del EWGSOP (IMMA, FPM y 8F-UG), se realizó un

#### 4. MATERIALES Y MÉTODOS

---

análisis de regresión logística. Se calcularon modelos crudos y ajustados por edad e IMC, con a cada criterio de sarcopenia y separados por sexo. Se evaluó la bonda de ajuste de los modelos con la prueba de Hosmer y Lemeshow ( $p > 0.05$ ).

Los datos se analizaron con un valor alfa menor de 0.05 y una confiabilidad del 95%, se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 20.0.





# 5. RESULTADOS

---



## 5. RESULTADOS

### 5.1. Descripción de la composición corporal, la fuerza muscular, la aptitud funcional y la calidad muscular

El estudio tuvo una mayor participación de mujeres con un 68.2% de la muestra; las edades promedios fueron de 70.9 años (DE 5.5) para los hombres y 71.5 años (DE 5.2) para las mujeres. Con respecto a la composición corporal, las únicas diferencias estadísticamente significativas entre los terciles de edad, se presentaron en las mujeres en la masa ósea y los puntajes T-score del CF ( $p < 0.05$ ) (Tabla 5). De esta forma, las variables relacionadas con la masa muscular no presentaron cambios estadísticamente significativos con el aumento de la edad en ambos sexos (Tabla 5).

**Tabla 5.** Composición corporal de los participantes según el sexo y la edad en terciles.

Edad (terciles)	Mujeres (n=175)			Hombres (n=83)		
	Tercil 1	Tercil 2	Tercil 3	Tercil 1	Tercil 2	Tercil 3
n	57	59	59	28	27	28
Edad (años)	65.1 (1.8)	70.3 (1.6)	77.4 (3.1)	65.9 (2.4)	70.9 (1.0)	77.5 (2.9)
Talla (cm)	154.9 (4.7)	153.1 (5.8)	152.2 (5.6)*	166.6 (5.8)	166.2 (6.8)	165.9 (7.7)
Peso (kg)	66.9 (17.2)	64.1 (15.6)	63.1 (9.2)	76.3 (19.3)	77.6 (9.9)	76.0 (11.4)
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	27.9 (3.9)	27.4 (4.3)	27.2 (3.8)	27.5 (3.3)	28.0 (2.3)	27.5 (3.3)
Masa grasa total (kg)	26.8 (7.7)	25.0 (7.5)	24.2 (7.2)	21.1 (6.6)	22.3 (6.5)	20.7 (6.9)
% de grasa	39.4 (6.5)	38.2 (6.2)	37.6 (6.8)	27.1 (5.9)	28.3 (5.6)	26.7 (5.4)
MMT (kg)	37.8 (4.7)	37.1 (3.6)	36.8 (3.4)	52.4 (5.7)	52.4 (5.3)	52.4 (5.7)
MM brazos (kg)	4.0 (0.5)	3.9 (0.6)	3.8 (0.5)	6.1 (0.8)	6.2 (0.7)	5.9 (0.8)
MM piernas (kg)	11.9 (1.4)	11.4 (1.3)	11.4 (1.4)	16.4 (1.8)	16.4 (1.9)	16.3 (2.1)
MM muslos (kg)	7.0 (1.4)	6.7 (0.8)	6.7 (0.9)	10.0 (1.3)	10.0 (1.2)	9.9 (1.4)
MMA (kg)	15.9 (1.9)	15.4 (1.7)	15.3 (1.8)	22.5 (2.4)	22.6 (2.5)	22.2 (2.8)
IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )	6.6 (0.7)	6.6 (0.6)	6.6 (0.6)	8.1 (0.7)	8.2 (0.7)	8.1 (0.8)
Masa ósea (kg)	2.2 (0.3)	2.0 (0.3)	2.0 (0.3) <sup>§</sup>	2.8 (0.4)	2.9 (0.3)	2.8 (0.4)
DMOCF (g/cm <sup>2</sup> )	0.8 (0.1)	0.8 (0.1)	0.8 (0.1)	0.9 (0.2)	0.9 (0.1)	0.9 (0.1)
DMOCL (g/cm <sup>2</sup> )	1.0 (0.2)	1.0 (0.2)	1.0 (0.1)	1.1 (0.2)	1.1 (0.1)	1.1 (0.2)
T-score CF	-1.2 (0.9)	-1.4 (0.8)	-1.7 (0.8)*	-1.1 (1.2)	-1.2 (0.8)	-1.7 (0.8)
T-score CL	-1.4 (1.3)	-1.7 (1.3)	-1.7 (1.2)	-0.7 (1.5)	-0.7 (1.1)	-0.9 (1.3)

Datos en medias y DE. IMC, Índice de masa corporal; MM, masa magra; MMT, masa magra total; MMA, masa magra apendicular; IMMA, índice masa magra apendicular; DMOCF, densidad mineral ósea en el cuello del fémur; DMOCL, densidad mineral ósea en columna lumbar. Diferencias entre grupos de edad (Anova de una vía con análisis post hoc de Tukey;  $p < 0.05$ ): \*diferencias significativas entre tercil 3 y 1. <sup>§</sup>Diferencias entre grupos de edad (Kruskal-Wallis;  $p < 0.05$ ).

## 5. RESULTADOS

Contrariamente a los hallazgos en la composición corporal, las manifestaciones de la fuerza muscular evaluadas presentaron una disminución con el aumento de la edad, con diferencias estadísticamente significativas en todas las pruebas de fuerza en las mujeres ( $p < 0.05$ ). Los resultados fueron similares en los hombres con excepción de la P MEP al 80% de 1-RM, donde no se encontraron diferencias significativas (Tabla 6). Por otro lado, la aptitud funcional en las mujeres manifestó una disminución con el aumento de la edad, con diferencias significativas en las pruebas de miembros inferiores (30-CST, 2-min y 8F-UG) ( $p < 0.05$ ); mientras en los hombres las diferencias fueron alcanzadas en el ACT y en el 8F-UG (Tabla 6).

**Tabla 6.** Manifestaciones de la fuerza y aptitud funcional de los participantes según el sexo y la edad en terciles.

Edad (terciles)	Mujeres (n=175)			Hombres (n=83)		
	Tercil 1	Tercil 2	Tercil 3	Tercil 1	Tercil 2	Tercil 3
n	57	59	59	28	27	28
<b>Fuerza piernas</b>						
FMIEP (kgf)	65.0 (13.7)	63.8 (16.1)	55.9 (14.7) <sup>*,†</sup>	97.1 (29.3)	92.2 (24.2)	83.6 (21.4) <sup>§</sup>
FMDEP (kgf)	61.0 (18.1)	57.4 (11.8)	50.7 (13.2) <sup>§</sup>	86.2 (15.2)	79.8 (11.3)	70.9 (17.8) <sup>§</sup>
PMEP 40% (w)	204.6 (47.3)	189.2 (49.2)	162.3 (46.1) <sup>*,†</sup>	334.1 (69.2)	310.9 (67.8)	254.7 (81.1) <sup>*,†</sup>
PMEP 50% (w)	218.8 (49.8)	196.0 (52.6) <sup>‡</sup>	167.7 (55.3) <sup>*,†</sup>	365.1 (77.8)	343.7 (74.3)	274.7 (85.3) <sup>*,†</sup>
PMEP 60% (w)	220.9 (56.5)	196.7 (52.2) <sup>‡</sup>	174.7 (51.6) <sup>*</sup>	374.1 (79.4)	345.3 (79.4)	282.9 (83.4) <sup>*,†</sup>
PMEP 70% (w)	210.5 (57.3)	191.2 (57.2)	169.7 (62.7) <sup>*</sup>	371.9 (97.6)	343.9 (86.5)	281.1 (84.9) <sup>*,†</sup>
PMEP 80% (w)	193.5 (55.9)	169.5 (51.6)	154.5 (56.9) <sup>*</sup>	327.8 (74.3)	314.9 (75.7)	280.7 (98.1)
<b>Fuerza brazos</b>						
FMICB (kgf)	22.4 (4.9)	22.0 (5.9)	19.1 (5.5) <sup>§</sup>	36.6 (7.3)	35.6 (7.3)	31.9 (8.1) <sup>§</sup>
FMDCB (kgf)	16.2 (5.7)	15.8 (5.6)	13.0 (4.9) <sup>§</sup>	42.6 (13.4)	39.3 (8.0)	30.4 (8.4) <sup>§</sup>
FPM (kgf)	24.5 (3.7)	23.9 (4.8)	22.2 (3.6) <sup>§</sup>	41.5 (7.1)	40.0 (5.2)	35.1 (7.7) <sup>*,†</sup>
<b>Funcionales</b>						
ACT (rep)	19.0 (3.5)	18.8 (3.4)	18.3 (4.3)	18.5 (3.6)	17.2 (2.4)	16.2 (3.9) <sup>*</sup>
30-CST (rep)	18.7 (3.9)	17.9 (3.5)	16.7 (3.3) <sup>§</sup>	17.4 (3.7)	17.7 (4.8)	15.6 (3.4)
2-min (pasos)	113.0 (16.5)	108.3 (16.4)	100.7 (17.3) <sup>*,†</sup>	114.9 (18.1)	109.9 (18.4)	108.0 (27.4)
8F-UG (s)	4.8 (.7)	5.0 (1.6)	5.4 (.9) <sup>§</sup>	4.5 (.6)	4.6 (.5)	5.6 (1.4) <sup>§</sup>

Datos en medias y DE. FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; PMEPE, potencia media de extensión de piernas; FMICB, fuerza máxima isométrica curl de bíceps; FMDCB, fuerza máxima dinámica de curl de bíceps; FPM, fuerza de presión manual; ACT, arm curl test; 30-CST, chair stand test; 2-min, 2-minute step test; 8F-UG, 8-foot up-and-go test. Diferencias entre grupos de edad (Anova de una vía con análisis post hoc de Tukey;  $p < 0.05$ ): \*diferencias significativas entre tercil 3 y 1, †diferencias significativas entre tercil 3 y 2, ‡diferencias significativas entre tercil 2 y 1. §Diferencias entre grupos de edad (Kruskal-Wallis;  $p < 0.05$ ).

Por otro lado, la CM presentó igualmente una disminución entre los grupos de edad, con diferencias significativas en las mujeres en casi todas las

mediciones menos en la CM de la FPM ( $p<0.05$ ) (Tabla 7). Por su parte, en los hombres se observó un comportamiento similar con diferencias significativas en casi todas las mediciones de CM, excepto en la CM de P MEP al 80% de 1-RM y la CM de FMICB ( $p<0.05$ ) (Tabla 7).

**Tabla 7.** Calidad muscular de los participantes según el sexo y la edad en terciles.

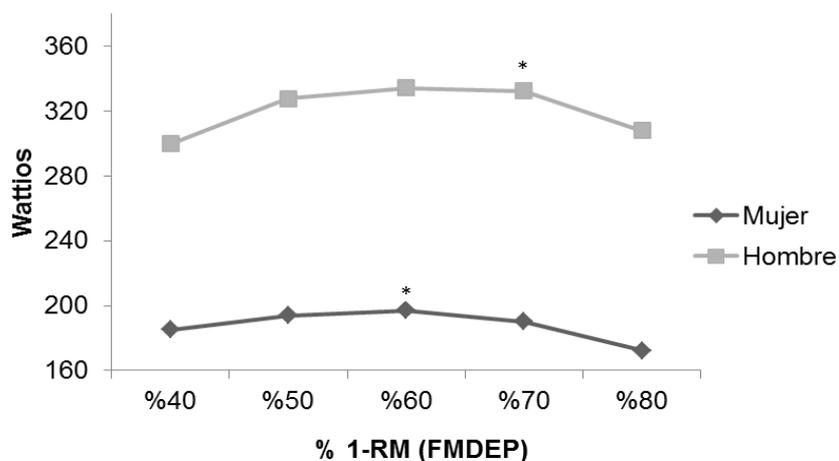
Edad (terciles)	Mujeres (n=175)			Hombres (n=83)		
	Tercil 1	Tercil 2	Tercil 3	Tercil 1	Tercil 2	Tercil 3
n	57	59	59	28	27	28
CM FMIEP (kgf/kg)	9.3 (1.9)	9.5 (2.1)	8.3 (1.9) <sup>†</sup>	9.8 (2.2)	9.2 (2.1)	8.5 (1.8) <sup>*</sup>
CM FMDEP (kgf/kg)	8.8 (1.5)	8.6 (1.7)	7.6 (1.8) <sup>§</sup>	8.7 (1.4)	8.0 (0.9)	7.2 (1.3) <sup>†</sup>
CM P MEP 40% (w/kg)	29.1 (5.6)	28.2 (6.4)	24.2 (6.2) <sup>†</sup>	33.4 (5.9)	31.2 (4.7)	25.6 (6.4) <sup>†</sup>
CM P MEP 50% (w/kg)	31.1 (6.0)	29.3 (7.1)	25.0 (6.7) <sup>†</sup>	36.5 (6.9)	34.4 (5.3)	27.6 (6.7) <sup>†</sup>
CM P MEP 60% (w/kg)	31.3 (6.7)	29.4 (7.1)	26.0 (6.8) <sup>†</sup>	37.5 (7.2)	34.4 (5.5)	28.5 (6.8) <sup>†</sup>
CM P MEP 70% (w/kg)	29.7 (6.5)	28.5 (7.8)	25.1 (8.3) <sup>§</sup>	37.0 (8.5)	34.3 (5.9)	28.4 (7.5) <sup>†</sup>
CM P MEP 80% (w/kg)	27.4 (6.7)	25.2 (6.8)	22.9 (7.6) <sup>*</sup>	33.1 (8.1)	31.4 (5.5)	28.4 (9.3)
CM FMICB (kgf/kg)	5.7 (1.3)	5.6 (1.4)	5.0 (1.5) <sup>*</sup>	6.0 (1.2)	5.7 (1.3)	5.4 (1.3)
CM FMDCB (kgf/kg)	4.0 (1.3)	4.0 (1.2)	3.4 (1.2) <sup>§</sup>	6.9 (1.4)	6.3 (1.0)	5.0 (1.7) <sup>†</sup>
CM FPM (kgf/kg)	12.1 (1.9)	12.0 (2.4)	11.6 (1.8)	13.3 (2.2)	12.7 (1.4)	11.7 (2.2) <sup>*</sup>

Datos en medias y DE. CM, calidad muscular; FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; P MEP, potencia media de extensión de piernas; FMICB, fuerza máxima isométrica curl de bíceps; FMDCB, fuerza máxima dinámica de curl de bíceps; FPM, fuerza de presión manual. Diferencias entre grupos de edad (Anova de una vía con análisis post hoc de Tukey;  $p<0.05$ ):<sup>\*</sup>diferencias significativas entre tercil 3 y 1, <sup>†</sup>diferencias significativas entre tercil 3 y 2. <sup>§</sup>Diferencias entre grupos de edad (Kruskal-Wallis;  $p<0.05$ ).

El comportamiento de la P MEP evaluada a diferentes porcentajes de 1-RM se muestra nuevamente en la figura 12. En las mujeres la P MEP aumentó de manera significativa con el incremento del porcentaje de la FMDEP, hasta alcanzar su máximo valor al 60% (197 DE 56.4 w) (Bonferroni;  $p<0.05$ ). En los hombres la P MEP aumento de forma significativa hasta al 60% con una muy leve disminución al 70% (334 DE 88.6 w y 332 DE 94.9 w, respectivamente); sin embargo, este último valor mostró igualmente diferencias significativas con el valor de P MEP inicial alcanzado al 40% de 1-RM (Bonferroni;  $p<0.05$ ).

## 5. RESULTADOS

**Figura 12.** Evolución de la potencia media extensión de piernas a diferentes porcentajes de 1-RM.



Nota: FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas. \*Diferencias significativas entre el 40% y el 60% de 1-RM en las mujeres y entre el 40% y 70% de 1-RM en los hombres; Anova de medidas repetidas con a prueba post hoc de Bonferroni ( $p < 0.05$ ).

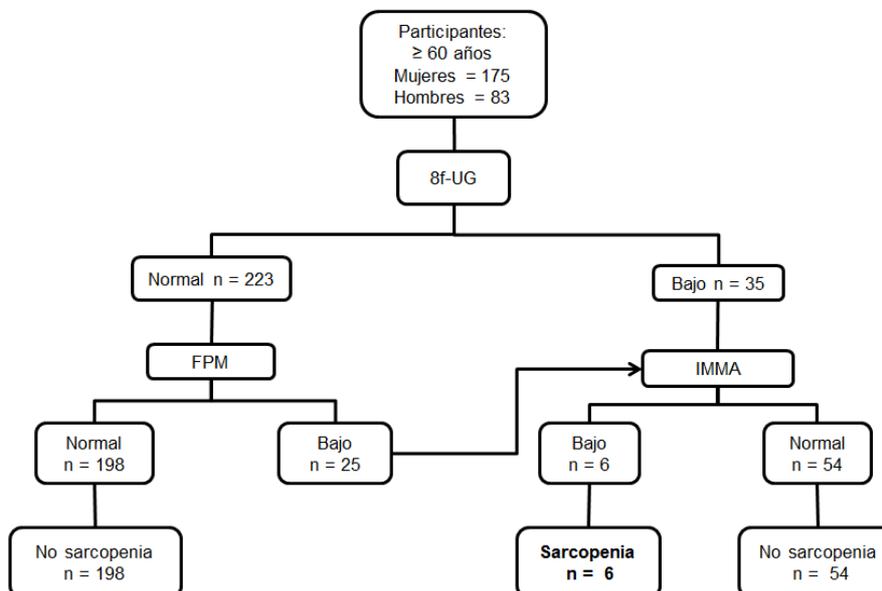
### 5.2. Frecuencia de sarcopenia y osteoporosis

De los tres criterios evaluados para el diagnóstico de sarcopenia, la baja FPM y el bajo desempeño en el 8F-UG fueron los más prevalentes en toda la población estudiada (13.2% y 13.6% respectivamente); el bajo rendimiento en ambos criterios fue dos veces mayor comparado con la baja masa muscular, que fue evaluada con el IMMA (5.4%) (Tabla 8). En las mujeres, el criterio que negativamente estuvo más presente fue la baja FPM (16.0%), mientras en los hombres fue el bajo IMMA (13.3%) (Tabla 8). La frecuencia final de sarcopenia de acuerdo a la definición del EWGSOP fue del 2.3% ( $n = 6$ ), la cual fue mayor en los hombres con 4 de los seis casos reportados. En la figura 13 se muestra el algoritmo modificado de la definición de sarcopenia del EWGSOP.

**Tabla 8.** Criterios diagnósticos de sarcopenia empleados según la definición del EWGSOP.

		Total (n= 258)	Mujeres (n=175)	Hombres (n=83)	p*
		n (%)	n (%)	n (%)	
IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )	Normal	244 (94.6)	172 (98.3)	72 (86.7)	0.000
	bajo	14 (5.4)	3 (1.7)	11 (13.3)	
FPM (kgf)	Normal	224 (86.8)	147 (84.0)	77 (92.8)	0.075
	bajo	34 (13.2)	28 (16.0)	6 (7.2)	
8F-UG (s)	Normal	223 (86.4)	149 (85.1)	74 (89.2)	0.440
	bajo	35 (13.6)	26 (14.9)	9 (10.8)	

IMMA, índice masa magra apendicular; FPM, fuerza de presión manual; ACT, arm curl test; 30-CST, chair stand test; 2-min-step, 2-minute step test; 8F-UG, 8-foot up-and-go test. \* prueba exacta de Fisher,  $p < 0.05$ .

**Figura 13.** Frecuencia de sarcopenia según el algoritmo modificado, basado en la definición de sarcopenia del EWGSOP

Nota: 8F-UG, 8-foot up-and-go test, puntos de corte Rikli & Jones (2013). FPM, fuerza de presión manual (bajo: mujeres <20 kgf; hombres <30 kgf). IMMA, índice masa magra apendicular (bajo: mujeres <5.5 kg/m<sup>2</sup>; hombres < 7.26 kg/m<sup>2</sup>).

Por otro lado, la prevalencia total de OPCF fue del 11.6%, mientras la OPCL fue casi el doble de la primera con un 22.5% (Tabla 9). De acuerdo al sexo, en la OPCF no se presentaron diferencias significativas entre hombres mujeres (12.2% y 11.4%, respectivamente); mientras en la OPCL, por cada hombre se encontró dos mujeres que presentaron esta condición clínica ( $p=0.001$ ) (Tabla 9).

## 5. RESULTADOS

**Tabla 9.** Diagnóstico de osteoporosis en cuello del fémur y columna lumbar.

		Total (n= 258)	Mujeres (n=175)	Hombres (n=83)	p*
		n (%)	n (%)	n (%)	
Cuello del fémur	Normal	79 (30.6)	49 (28.0)	30 (36.1)	0.37
	Osteopenia	149 (57.8)	106 (60.6)	43 (51.8)	
	Osteoporosis	30 (11.6)	20 (11.4)	10 (12.0)	
Columna lumbar	Normal	101 (39.1)	52 (29.7)	49 (59.0)	0.001
	Osteopenia	99 (38.4)	76 (43.4)	23 (27.7)	
	Osteoporosis	58 (22.5)	47 (26.9)	11 (13.3)	

\* Chi-cuadrado de Pearson

### 5.3. Asociación entre algunos indicadores de masa muscular con la fuerza de miembros superiores e inferiores

En la tabla 10 se observan las correlaciones entre algunos indicadores de masa muscular y la fuerza muscular de miembros superiores. En ambos sexos la FMDCB y la FPM presentaron correlaciones moderadas con la MMT, la MM de brazos y la MMA ( $p < 0.01$ ); la correlación más alta se presentó en los hombres entre la FMDCB y la MM de brazos ( $r = 0.621$ ;  $p < 0.01$ ). Se observó que las correlaciones entre la FPM y el IMMA, criterios empleados para la definición de sarcopenia, fueron bajas en ambos sexos.

**Tabla 10.** Correlaciones entre indicadores de masa muscular y la fuerza muscular de miembros superiores

	MMT (kg)	MM brazos (kg)	MMA (kg)	IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )
<b>Mujeres = 175</b>				
FMICB (kgf)	0.282**	0.248**	0.303**	0.132
FMDCB (kgf)	0.480 <sup>†</sup>	0.458 <sup>†</sup>	0.480 <sup>†</sup>	0.216 <sup>†</sup>
FPM (kgf)	0.402 <sup>†</sup>	0.417 <sup>†</sup>	0.434 <sup>†</sup>	0.174*
<b>Hombres = 83</b>				
FMICB (kgf)	0.331**	0.451**	0.373 <sup>†</sup>	0.385**
FMDCB (kgf)	0.462 <sup>†</sup>	0.621 <sup>†</sup>	0.480 <sup>†</sup>	0.314 <sup>†</sup>
FPM (kgf)	0.589**	0.541**	0.588 <sup>†</sup>	0.241*

FMICB, fuerza máxima isométrica curl de bíceps; FMDCB, fuerza máxima dinámica de curl de bíceps; FPM, fuerza de presión manual; MM, masa magra; MMT, masa magra total; MMA, masa magra apendicular; IMMA, índice masa magra apendicular. Correlación de Pearson \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ . Rho de Spearman <sup>†</sup> $p < 0.01$ .

Las correlaciones entre algunos indicadores de masa muscular y la fuerza de miembros inferiores son presentadas en la tabla 11. En las mujeres las correlaciones más altas se dan entre la P MEP al 70% de 1-RM con la MM de piernas, la MM de muslos y la MMA ( $r > 0.5$ ;  $p < 0.01$ ). Mientras en los hombres, las correlaciones más sobresalientes se presentaron entre la MM de muslos con la P MEP al 40%, 50% y 60% de 1-RM ( $r > 0.6$ ;  $p < 0.01$ ). El IMMA presentó sus mejores correlaciones con la P MEP al 70% de 1-RM en las mujeres ( $r=0.390$ ;  $p < 0.01$ ), además con la FMDEP y la P MEP al 60% de 1-RM en los hombres ( $r=0.516$  y  $r= 0.514$ , respectivamente;  $p < 0.01$ ).

**Tabla 11.** Correlaciones entre indicadores de masa muscular y la fuerza muscular de miembros inferiores

	MMT (kg)	MM piernas (kg)	MM muslos (kg)	MMA (kg)	IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )
<b>Mujeres = 175</b>					
FMIEP (kgf)	0.407**	0.470**	0.388**	0.448**	0.204**
FMDEP (kgf)	0.361 <sup>†</sup>	0.431 <sup>†</sup>	0.340 <sup>†</sup>	0.431 <sup>†</sup>	0.254 <sup>†</sup>
PMEP 40% (w)	0.476**	0.525**	0.436**	0.524**	0.348**
PMEP 50% (w)	0.449**	0.494**	0.431**	0.498**	0.339**
PMEP 60% (w)	0.396 <sup>†</sup>	0.483 <sup>†</sup>	0.454 <sup>†</sup>	0.474 <sup>†</sup>	0.330 <sup>†</sup>
PMEP 70% (w)	0.464 <sup>†</sup>	0.537 <sup>†</sup>	0.516 <sup>†</sup>	0.531 <sup>†</sup>	0.390 <sup>†</sup>
PMEP 80% (w)	0.392 <sup>†</sup>	0.473 <sup>†</sup>	0.465 <sup>†</sup>	0.461 <sup>†</sup>	0.352 <sup>†</sup>
<b>Hombres = 83</b>					
FMIEP (kgf)	0.411**	0.400 <sup>†</sup>	0.428 <sup>†</sup>	0.429 <sup>†</sup>	0.412**
FMDEP (kgf)	0.524 <sup>†</sup>	0.513 <sup>†</sup>	0.576 <sup>†</sup>	0.562 <sup>†</sup>	0.516 <sup>†</sup>
PMEP 40% (w)	0.542**	0.549 <sup>†</sup>	0.603 <sup>†</sup>	0.588 <sup>†</sup>	0.458**
PMEP 50% (w)	0.551**	0.549 <sup>†</sup>	0.606 <sup>†</sup>	0.585 <sup>†</sup>	0.479**
PMEP 60% (w)	0.515**	0.563 <sup>†</sup>	0.601 <sup>†</sup>	0.591 <sup>†</sup>	0.514**
PMEP 70% (w)	0.452**	0.550 <sup>†</sup>	0.559 <sup>†</sup>	0.543 <sup>†</sup>	0.452**
PMEP 80% (w)	0.417**	0.517 <sup>†</sup>	0.507 <sup>†</sup>	0.486 <sup>†</sup>	0.277*

FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; P MEP, potencia media de extensión de piernas; MM, masa magra; MMT, masa magra total; MMA, masa magra apendicular; IMMA, índice masa magra apendicular. Correlación de Pearson \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ . Rho de Spearman <sup>†</sup> $p < 0.01$ .

En las tablas de la 12 a la 16 se presentan las diferencias en la fuerza muscular de miembros superiores e inferiores de acuerdo a los indicadores de masa muscular categorizados en terciles. En estos resultados se encontró que los valores de fuerza de miembros superiores e inferiores en todas las pruebas

## 5. RESULTADOS

y en ambos sexos, presentaron diferencias significativas entre los terciles de la MM de brazos, la MM de piernas, la MM de muslos y la MMA ( $p < 0.05$ ) (tablas 12, 13, 14 y 15).

**Tabla 12.** Fuerza de miembros superiores según la masa magra de brazos.

MM brazos	Mujeres (n=175)			Hombres (n=83)		
	Tercil 1	Tercil 2	Tercil 3	Tercil 1	Tercil 2	Tercil 3
n	58	58	59	27	28	28
FMICB (kgf)	19.7 (4.6)	20.2 (5.3)	23.6 (6.1) <sup>§</sup>	30.8 (7.7)	34.9 (7.6)	38.2 (6.5) <sup>§</sup>
FMDCB (kgf)	12.1 (4.4)	14.9 (5.4)	17.9 (5.7) <sup>§</sup>	29.8 (8.3)	38.1 (7.2) <sup>‡</sup>	44.1 (9.9) <sup>†</sup>
FPM (kgf)	21.6 (4.6)	23.3 (3.7)	25.6 (3.9) <sup>§</sup>	34.6 (5.9)	38.9 (6.1)	42.9 (7.3) <sup>§</sup>

Datos en medias y DE. FMICB, fuerza máxima isométrica curl de bíceps; FMDCB, fuerza máxima dinámica de curl de bíceps; FPM, fuerza de presión manual. Diferencias entre terciles (Anova de una vía con análisis post hoc de Tukey;  $p < 0.05$ ):\*diferencias significativas entre tercil 3 y 1, <sup>†</sup>diferencias significativas entre tercil 3 y 2, <sup>‡</sup>diferencias significativas entre tercil 2 y 1. <sup>§</sup>Diferencias entre terciles (Kruskal-Wallis;  $p < 0.05$ ).

**Tabla 13.** Fuerza de miembros inferiores según la masa magra de piernas

MM piernas	Mujeres (n=175)			Hombres (n=83)		
	Tercil 1	Tercil 2	Tercil 3	Tercil 1	Tercil 2	Tercil 3
n	58	58	59	27	27	28
FMIEP (kgf)	52.0 (11.9)	63.6 (12.8)	68.9 (15.9) <sup>†</sup>	76.6 (17.8)	96.3 (19.7)	100.1 (23.2) <sup>†</sup>
FMDEP (kgf)	49.1 (18.9)	58.1 (13.9)	61.5 (12.4) <sup>§</sup>	68.1 (16.1)	79.5 (8.7)	89.2 (15.5) <sup>§</sup>
PMEP 40% (w)	153.3 (36.6)	190.4 (38.3)	211.3 (56.1) <sup>§</sup>	245.7 (72.3)	300.1 (61.9) <sup>‡</sup>	353.6 (58.6) <sup>†</sup>
PMEP 50% (w)	162.4 (42.1)	196.5 (44.2)	222.3 (59.4) <sup>§</sup>	264.1 (82.1)	329.4 (65.5) <sup>‡</sup>	389.5 (65.7) <sup>†</sup>
PMEP 60% (w)	163.1 (41.6)	203.1 (43.9)	224.8 (63.2) <sup>§</sup>	267.2 (79.4)	339.3 (68.7) <sup>‡</sup>	395.7 (66.2) <sup>†</sup>
PMEP 70% (w)	152.8 (45.2)	192.4 (42.8)	224.8 (69.3) <sup>§</sup>	258.0 (84.9)	344.6 (56.4) <sup>‡</sup>	394.4 (84.8) <sup>†</sup>
PMEP 80% (w)	140.6 (42.6)	172.9 (45.1)	202.8 (62.9) <sup>§</sup>	248.9 (72.8)	318.1 (75.9)	356.6 (69.8) <sup>†</sup>

Datos en medias y DE. FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; PMEPE, potencia media de extensión de piernas. Diferencias entre terciles (Anova de una vía con análisis post hoc de Tukey;  $p < 0.05$ ):\*diferencias significativas entre tercil 3 y 1, <sup>†</sup>diferencias significativas entre tercil 3 y 2, <sup>‡</sup>diferencias significativas entre tercil 2 y 1. <sup>§</sup>Diferencias entre terciles (Kruskal-Wallis;  $p < 0.05$ ).

**Tabla 14.** Fuerza de miembros inferiores según la masa magra del muslo.

MM muslo	Mujeres (n=175)			Hombres (n=83)		
	Tercil 1	Tercil 2	Tercil 3	Tercil 1	Tercil 2	Tercil 3
n	58	58	59	27	27	28
FMIEP (kgf)	53.4 (12.4)	63.6 (12.3) <sup>‡</sup>	67.5 (17.4) <sup>*</sup>	75.6 (16.7)	99.2 (21.7) <sup>‡</sup>	97.5 (21.3) <sup>*</sup>
FMDEP (kgf)	50.2 (19.6)	58.9 (17.6)	59.6 (13.9) <sup>§</sup>	67.7 (13.7)	79.8 (12.4)	88.9 (15.7) <sup>§</sup>
PMEP 40% (w)	154.7 (35.1)	195.1 (37.1)	205.3 (69.2) <sup>§</sup>	239.4 (63.7)	308.3 (67.4) <sup>‡</sup>	349.5 (63.4) <sup>†</sup>
PMEP 50% (w)	162.9 (43.5)	201.6 (42.3)	216.8 (63.9) <sup>§</sup>	262.3 (74.2)	332.4 (75.9) <sup>‡</sup>	386.0 (66.1) <sup>†</sup>
PMEP 60% (w)	163.9 (42.4)	205.9 (43.7)	221.2 (64.5) <sup>§</sup>	268.5 (74.4)	337.6 (77.6) <sup>‡</sup>	393.6 (66.9) <sup>†</sup>
PMEP 70% (w)	154.8 (43.3)	193.3 (44.8)	222.1 (71.4) <sup>§</sup>	264.2 (86.7)	340.1 (68.4) <sup>‡</sup>	389.9 (85.3) <sup>*</sup>
PMEP 80% (w)	138.4 (41.6)	177.4 (44.8)	200.6 (63.5) <sup>§</sup>	267.9 (87.3)	298.8 (78.2)	355.0 (66.7) <sup>†</sup>

Datos en medias y DE. FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; PMEPE, potencia media de extensión de piernas. Diferencias entre terciles (Anova de una vía con análisis post hoc de Tukey;  $p < 0.05$ ):\*diferencias significativas entre tercil 3 y 1, <sup>†</sup>diferencias significativas entre tercil 3 y 2, <sup>‡</sup>diferencias significativas entre tercil 2 y 1. <sup>§</sup>Diferencias entre terciles (Kruskal-Wallis;  $p < 0.05$ ).

**Tabla 15.** Fuerza de miembros superiores e inferiores según la masa magra apendicular.

MMA	Mujeres (n=175)			Hombres (n=83)		
	Tercil 1	Tercil 2	Tercil 3	Tercil 1	Tercil 2	Tercil 3
n	58	58	59	27	28	28
FMICB (kgf)	18.8 (4.6)	21.5 (5.5)	23.2 (5.9) <sup>+†</sup>	31.4 (7.7)	34.5 (7.8)	38.1 (6.5) <sup>*</sup>
FMDCB (kgf)	11.7 (3.8)	15.2 (5.2)	18.0 (5.6) <sup>§</sup>	31.1 (8.6)	36.7 (8.6)	44.3 (9.3) <sup>§</sup>
FPM (kgf)	21.4 (4.5)	23.6 (3.9)	25.6 (3.5) <sup>§</sup>	34.9 (5.5)	37.1 (6.8)	44.4 (5.7) <sup>§</sup>
FMIEP (kgf)	52.4 (12.5)	62.7 (12.2) <sup>‡</sup>	69.3 (16.1) <sup>+†</sup>	76.2 (18.9)	95.7 (18.5)	100.4 (22.6) <sup>§</sup>
FMDEP (kgf)	49.5 (11.3)	57.8 (9.9)	61.6 (13.1) <sup>§</sup>	67.3 (15.1)	79.4 (9.8)	89.7 (14.8) <sup>§</sup>
PMEP 40% (w)	154.2 (37.2)	188.9 (38.8)	211.9 (55.3) <sup>§</sup>	244.6 (69.1)	295.0 (66.6) <sup>‡</sup>	357.8 (52.8) <sup>+†</sup>
PMEP 50% (w)	163.2 (43.1)	196.2 (44.3) <sup>‡</sup>	221.8 (59.2) <sup>+†</sup>	264.7 (81.1)	321.6 (63.8) <sup>‡</sup>	394.4 (65.6) <sup>+†</sup>
PMEP 60% (w)	164.0 (42.7)	202.8 (45.5)	224.2 (61.9) <sup>§</sup>	270.2 (83.9)	326.7 (65.3) <sup>‡</sup>	402.7 (62.6) <sup>+†</sup>
PMEP 70% (w)	150.6 (42.3)	196.2 (41.3)	223.2 (71.2) <sup>§</sup>	264.7 (91.8)	324.9 (48.9)	404.5 (82.6) <sup>§</sup>
PMEP 80% (w)	141.2 (42.4)	174.1 (46.4)	201.1 (63.2) <sup>§</sup>	258.2 (82.1)	298.9 (77.8)	364.2 (69.8) <sup>§</sup>

Datos en medias y DE. MMA, masa magra apendicular; FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; PMEPE, potencia media de extensión de piernas; FMICB, fuerza máxima isométrica curl de bíceps; FMDCB, fuerza máxima dinámica de curl de bíceps; FPM, fuerza de presión manual. Diferencias entre terciles (Anova de una vía con análisis post hoc de Tukey;  $p < 0.05$ ): \*diferencias significativas entre tercil 3 y 1, †diferencias significativas entre tercil 3 y 2, ‡diferencias significativas entre tercil 2 y 1. §Diferencias entre terciles (Kruskal-Wallis;  $p < 0.05$ ).

Por otro lado, al comparar todas las variables de fuerza con el IMMA en terciles, de las tres pruebas que corresponden a la evaluación de la fuerza de miembros superiores, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la FMICB y la FPM en las mujeres, mientras que todas las pruebas de fuerza de miembros inferiores mostraron diferencias entre los terciles. Por el contrario, en los hombres se encontraron diferencias significativas en todas las variables, con excepción de la PMEPE al 80% de 1-RM (tabla 16).

## 5. RESULTADOS

**Tabla 16.** Fuerza de miembros superiores e inferiores según índice de masa magra apendicular.

IMMA	Mujeres (n=175)			Hombres (n=83)		
	Tercil 1	Tercil 2	Tercil 3	Tercil 1	Tercil 2	Tercil 3
n	59	57	59	28	27	28
FMICB (kgf)	19.7 (5.1)	22.1 (5.4)	21.7 (6.1)	31.5 (7.7)	34.5 (7.1)	38.1 (7.2) <sup>*</sup>
FMDCB (kgf)	13.7 (5.4)	14.8 (5.1)	16.5 (5.8) <sup>§</sup>	33.6 (9.9)	37.4 (8.6)	41.3 (11.2) <sup>*</sup>
FPM (kgf)	22.7 (4.4)	23.5 (4.3)	24.4 (3.9)	36.4 (6.9)	38.8 (6.5)	41.3 (7.6) <sup>*</sup>
FMIEP (kgf)	57.9 (16.7)	61.1 (11.4)	65.6 (16.4) <sup>§</sup>	78.3 (19.6)	94.2 (24.1) <sup>†</sup>	100.4 (22.1) <sup>*</sup>
FMDEP (kgf)	52.1 (12.2)	56.7 (18.3)	60.1 (13.7) <sup>§</sup>	68.2 (14.7)	81.0 (13.4)	87.8 (14.1) <sup>§</sup>
PMEP 40% (w)	167.4 (44.7)	182.7 (39.3)	205.3 (58.5) <sup>†</sup>	243.9 (68.3)	318.5 (77.1) <sup>†</sup>	337.7 (54.1) <sup>*</sup>
PMEP 50% (w)	174.7 (46.9)	190.6 (43.5)	216.3 (63.9) <sup>†</sup>	268.6 (81.2)	344.2 (79.4) <sup>†</sup>	370.8 (69.2) <sup>*</sup>
PMEP 60% (w)	178.2 (51.8)	195.0 (45.2)	218.2 (63.7) <sup>*</sup>	275.0 (87.7)	346.2 (75.8) <sup>†</sup>	381.2 (67.4) <sup>*</sup>
PMEP 70% (w)	168.4 (49.9)	183.2 (48.2)	218.8 (71.5) <sup>§</sup>	276.8 (95.5)	340.8 (71.9) <sup>†</sup>	379.3 (87.8) <sup>*</sup>
PMEP 80% (w)	154.2 (48.9)	162.3 (56.1)	199.9 (64.6) <sup>†</sup>	280.1 (96.2)	314.5 (76.5)	328.8 (75.6)

Datos en medias y DE. IMMA, índice de masa magra apendicular; FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; PMEPE, potencia media de extensión de piernas; FMICB, fuerza máxima isométrica curl de bíceps; FMDCB, fuerza máxima dinámica de curl de bíceps; FPM, fuerza de presión manual. Diferencias entre terciles (Anova de una vía con análisis post hoc de Tukey;  $p < 0.05$ ):<sup>\*</sup>diferencias significativas entre tercil 3 y 1, <sup>†</sup>diferencias significativas entre tercil 3 y 2, <sup>‡</sup>diferencias significativas entre tercil 2 y 1. <sup>§</sup>Diferencias entre terciles (Kruskal-Wallis;  $p < 0.05$ ).

En los análisis de regresión línea múltiple, después de ajustar por edad e IMC, la MM de brazos fue el indicador de masa muscular, que más se asoció positivamente con casi todas las pruebas de fuerza de miembros superiores en ambos sexos, con excepción de la FMDCB en las mujeres ( $p < 0.05$ ) (Tabla 18). Por su parte, el análisis de asociación entre el IMMA y la FPM (criterios diagnósticos para sarcopenia), el modelo no cumplió con el supuesto de normalidad en la mujeres y en los hombres el cambio en la FPM no fue explicado de manera significativa por el IMMA ( $\beta$  1.283;  $p = 0.241$ ); mientras que, la MM de brazos explicó en un 25.6% la variabilidad de la FPM en las mujeres ( $\beta$  4.251;  $p < 0.01$ ) y en un 39.0% en los hombres ( $\beta$  4.394;  $p < 0.01$ ) (modelos ajustados por edad e IMC) (Tabla 17).

Con respecto a la asociación entre los indicadores de masa muscular y la fuerza de miembros inferiores, en las mujeres la MM de piernas y de muslo explicaron en casi el doble la variación en la FMIEP que el IMMA ( $R^2 = 0.311$ ; 0.286; 0.161, respectivamente); mientras en los hombres los valores de  $R^2$  en los modelos fueron muy similares (modelos ajustados por edad e IMC) (Tabla 17). En la FMDEP tanto en hombres como en mujeres, todos los indicadores de

masa muscular se asociaron positivamente con el desempeño de esta prueba, sin mayores variaciones en los  $r^2$  para cada sexo ( $p < 0.05$ ); con excepción en la MM de piernas en las mujeres, donde el modelo no cumplió con el supuesto de normalidad de los residuos (Tabla 17).

**Tabla 177.** Asociaciones entre indicadores de masa muscular y la fuerza de miembros superiores e inferiores: modelos de regresión múltiple.

Variables independientes	Variables dependientes									
	FMICB (kgf)		FMDCB (kgf)		FPM (kgf)		FMIEP (kgf)		FMDEP (kgf)	
	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β
<b>Mujeres= 175</b>										
IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )	0.119	3.069*	N.C.		N.C.		0.161	9.282*	0.262	8.79*
MM brazos (kg)	0.157	4.096*	N.C.		0.256	4.251*	-----	-----	-----	-----
MM piernas (kg)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.311	5.952*	N.C.	
MM muslos (kg)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.286	9.283*	0.289	6.216*
<b>Hombres= 83</b>										
IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )	0.171	3.692*	0.306	3.377*	0.22	1.283	0.22	12.752*	0.459	9.164*
MM brazos (kg)	0.207	4.116*	0.521	7.627*	0.39	4.394*	-----	-----	-----	-----
MM piernas (kg)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.2	4.339*	0.479	3.626*
MM muslos (kg)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.212	7.256*	0.491	5.973*

FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; FMICB, fuerza máxima isométrica curl de bíceps; FMDCB, fuerza máxima dinámica de curl de bíceps; FPM, fuerza de presión manual; MM, masa magra; MMA, masa magra apendicular; IMMA, índice masa magra apendicular. Modelos ajustados por edad (años) e índice de masa corporal (kg/m<sup>2</sup>); \* $p < 0.01$ . N.C., no cumple con los supuestos de normalidad.

En las mujeres todos los indicadores de masa muscular se asociaron positivamente con la P MEP ( $p < 0.05$ ), con excepción en todos los modelos de la P MEP al 70% de 1-RM y el modelo entre el IMMA y la P MEP al 80% de 1-RM, donde no se cumplieron los supuestos de normalidad de los residuos (Tabla 18). Por su parte en los hombres, todos los indicadores de masa muscular se asociaron positivamente con la P MEP evaluada en todos los porcentajes de 1-RM ( $p < 0.05$ ); las mayores explicaciones al rendimiento de la P MEP por parte de los indicadores de masa muscular, se dieron en la P MEP al 50% y 60% de 1-RM, variando entre un 45.6% y 55.2% (modelos ajustados por edad e IMC) (Tabla 18).

## 5. RESULTADOS

**Tabla 188.** Asociaciones entre indicadores de masa muscular y la potencia media de extensión de piernas: modelos de regresión múltiple.

Variables independientes	Variables dependientes									
	PMEP 40% (w)		PMEP 50% (w)		PMEP 60% (w)		PMEP 70% (w)		PMEP 80% (w)	
	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β
<b>Mujeres= 175</b>										
IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )	0.304	43.871*	0.33	47.644*	0.316	49.599*	N.C.		N.C.	
MM piernas (kg)	0.38	20.183*	0.373	20.442*	0.37	21.731*	N.C.		0.302	20.851*
MM muslos (kg)	0.337	30.301*	0.361	32.842*	0.36	35.128*	N.C.		0.313	35.262*
<b>Hombres= 83</b>										
IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )	0.382	37.719*	0.456	42.919*	0.471	49.499*	0.368	47.578*	0.132	20.556
MM piernas (kg)	0.461	18.614*	0.531	20.845*	0.517	21.173*	0.457	23.776*	0.258	18.606*
MM muslos (kg)	0.489	31.862*	0.552	35.044*	0.527	34.648*	0.461	38.128*	0.24	27.819*

PMEP, potencia media de extensión de piernas; MM, masa magra; MMA, masa magra apendicular; IMMA, índice masa magra apendicular. Modelos ajustados por edad (años) e índice de masa corporal (kg/m<sup>2</sup>); \*p<0.01. N.C., no cumple con los supuestos de normalidad.

### 5.4. Desempeño funcional de miembros inferiores y su asociación con la masa muscular, la fuerza muscular y la calidad muscular

En la tabla 19 se presentan las correlaciones de las pruebas de aptitud funcional de miembros inferiores con la masa muscular, la fuerza y la CM. Se observó en estos resultados que los diferentes indicadores de masa muscular, mostraron en general unas correlaciones bajas con las pruebas de aptitud funcional de miembros inferiores; entre estas se destaca, las correlaciones negativas bajas encontradas entre la MMT y la MM muslo con el 30-CST en ambos sexos (p<0.05). Por su parte, todas las mediciones de fuerza muscular presentaron correlaciones significativas con cada una de las pruebas de aptitud funcional en las mujeres, mientras en los hombres las correlaciones significativas con las mediciones de fuerza se dieron principalmente con las pruebas de 2-min y 8F-UG (p= <0.01 ó <0.05). Todas las correlaciones entre la CM y la aptitud funcional fueron estadísticamente significativas entre las

mujeres, mientras en los hombres surgieron correlaciones significativas entre la CM y el 30-CST (no encontradas con la masa muscular y la fuerza individualmente) ( $p = <0.01$  ó  $<0.05$ ); para ambos sexos las correlaciones entre la CM y el 8F-UG fueron las más altas, pasando inclusive de bajas a moderadas comparadas con las dadas entre la fuerza muscular y 8F-UG.

**Tabla 19.** Correlaciones de la aptitud funcional de miembros inferiores con indicadores de masa muscular, manifestaciones de la fuerza y calidad muscular.

	Mujeres = 175			Hombres = 83		
	30-CST (rep)	2-min-step (pasos)	8F-UG (s)	30-CST (rep)	2-min (pasos)	8F-UG (s)
MMT (kg)	-0.158 <sup>‡</sup>	-0.050	0.073	-0.221 <sup>‡</sup>	-0.006	-0.047
MM piernas (kg)	-0.114	-0.007	-0.023	-0.183	0.026	-0.124
MM muslo (kg)	-0.209 <sup>‡</sup>	-0.076	0.096	-0.226 <sup>‡</sup>	0.028	-0.087
MMA (kg)	-0.127	-0.025	-0.001	-0.156	0.049	-0.130
IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )	-0.014	-0.111	0.136	0.066	0.136	-0.085
FMIEP (kgf)	0.219 <sup>‡</sup>	0.317 <sup>**</sup>	-0.386 <sup>‡</sup>	0.215	0.332 <sup>**</sup>	-0.433 <sup>‡</sup>
FMDEP (kgf)	0.278 <sup>‡</sup>	0.249 <sup>‡</sup>	-0.383 <sup>‡</sup>	0.162	0.301 <sup>‡</sup>	-0.478 <sup>‡</sup>
PMEP 40% (w)	0.173 <sup>‡</sup>	0.252 <sup>**</sup>	-0.354 <sup>‡</sup>	0.125	0.257 <sup>*</sup>	-0.373 <sup>‡</sup>
PMEP 50% (w)	0.205 <sup>‡</sup>	0.295 <sup>**</sup>	-0.364 <sup>‡</sup>	0.106	0.243 <sup>*</sup>	-0.427 <sup>‡</sup>
PMEP 60% (w)	0.168 <sup>‡</sup>	0.217 <sup>‡</sup>	-0.362 <sup>‡</sup>	0.040	0.223 <sup>*</sup>	-0.359 <sup>‡</sup>
PMEP 70% (w)	0.150 <sup>‡</sup>	0.170 <sup>‡</sup>	-0.306 <sup>‡</sup>	0.034	0.193	-0.328 <sup>‡</sup>
PMEP 80% (w)	0.189 <sup>‡</sup>	0.248 <sup>‡</sup>	-0.285 <sup>‡</sup>	-0.081	0.061	-0.184
CM FMIEP (kgf/kg)	0.312 <sup>‡</sup>	0.364 <sup>**</sup>	-0.499 <sup>‡</sup>	0.365 <sup>‡</sup>	0.346 <sup>**</sup>	-0.425 <sup>‡</sup>
CM FMDEP (kgf/kg)	0.420 <sup>‡</sup>	0.376 <sup>**</sup>	-0.485 <sup>‡</sup>	0.359 <sup>‡</sup>	0.342 <sup>**</sup>	-0.531 <sup>‡</sup>
CM PMEPE 40% (w/kg)	0.271 <sup>‡</sup>	0.306 <sup>**</sup>	-0.469 <sup>‡</sup>	0.292 <sup>‡</sup>	0.310 <sup>**</sup>	-0.414 <sup>‡</sup>
CM PMEPE 50% (w/kg)	0.310 <sup>‡</sup>	0.346 <sup>**</sup>	-0.473 <sup>‡</sup>	0.264 <sup>‡</sup>	0.291 <sup>**</sup>	-0.491 <sup>‡</sup>
CM PMEPE 60% (w/kg)	0.268 <sup>‡</sup>	0.296 <sup>**</sup>	-0.466 <sup>‡</sup>	0.174	0.271 <sup>*</sup>	-0.398 <sup>‡</sup>
CM PMEPE 70% (w/kg)	0.277 <sup>‡</sup>	0.255 <sup>‡</sup>	-0.440 <sup>‡</sup>	0.147	0.234 <sup>*</sup>	-0.357 <sup>‡</sup>
CM PMEPE 80% (w/kg)	0.294 <sup>‡</sup>	0.302 <sup>**</sup>	-0.376 <sup>‡</sup>	0.047	0.067	-0.169

30-CST, chair stand test; 2-min, 2-minute step test; 8F-UG, 8-foot up-and-go test; MM, masa magra; MMT, masa magra total; MMA, masa magra apendicular; IMMA, índice masa magra apendicular; FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; PMEPE, potencia media de extensión de piernas; CM, calidad muscular. Correlación de Pearson \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ . Rho de Spearman † $p < 0.01$ , ‡ $p < 0.05$ .

De acuerdo al desempeño en las pruebas funcionales de miembros inferiores, las únicas diferencias significativas en las variables de masa muscular entre un rendimiento funcional normal y bajo, se dieron en el 8F-UG con la MM piernas (16.5 DE 1.9 kg vs 14.9 DE 1.4 kg;  $p < 0.05$ ) y con el IMMA (8.2 DE 0.7 kg/m<sup>2</sup> vs 7.5 DE 0.7 kg/m<sup>2</sup>;  $p < 0.05$ ) (Tabla 20).

## 5. RESULTADOS

**Tabla 200.** Indicadores de masa muscular según aptitud funcional de miembros inferiores.

	30-CST (rep)		2-min (pasos)		8F-UG (s)	
	Normal	Bajo	Normal	Bajo	Normal	Bajo
<b>Mujeres = 175</b>						
n (%)	162 (92.6)	13 (7.4)	153 (87.4)	22 (12.6)	149 (85.1)	26 (14.9)
MMT (kg)	37.2 (3.7)	38.3 (4.3)	37.3 (3.6)	36.8 (4.4)	37.2 (3.5)	37.8 (4.5)
MM piernas (kg)	11.5 (1.3)	12.0 (1.6)	11.6 (1.4)	11.4 (1.4)	11.6 (1.3)	11.6 (1.6)
MM muslo (kg)	6.8 (0.9)	7.2 (1.8)	6.8 (0.9)	6.7 (1.0)	6.8 (0.9)	7.0 (1.2)
MMA (kg)	15.5 (1.8)	16.0 (2.1)	15.5 (1.8)	15.3 (1.8)	15.5 (1.8)	15.6 (2.1)
IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )	6.6 (0.6)	6.6 (0.7)	6.6 (0.6)	6.6 (0.6)	6.6 (0.6)	6.8 (0.8)
<b>Hombres = 83</b>						
n (%)	63 (75.9)	20 (24.1)	67 (80.7)	16 (19.3)	74 (89.2)	9 (10.8)
MMT (kg)	52.2 (5.4)	53.2 (5.9)	52.3 (5.3)	53.0 (5.2)	52.6 (5.4)	50.7 (4.3)
MM piernas (kg)	16.2 (2.5)	16.6 (1.8)	16.4 (1.9)	16.0 (2.5)	16.5 (1.9)	14.9 (1.4) <sup>†</sup>
MM muslo (kg)	9.9 (1.3)	10.2 (1.1)	10.0 (1.3)	9.8 (1.3)	10.0 (1.3)	9.3 (1.2)
MMA (kg)	22.4 (2.6)	22.6 (2.4)	22.5 (2.5)	22.0 (2.7)	22.6 (2.5)	20.7 (2.3)
IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )	8.2 (0.7)	8.0 (0.8)	8.2 (0.7)	7.8 (0.8)	8.2 (0.7)	7.5 (0.7) <sup>†</sup>
IME (MMT/talla <sup>2</sup> )	19.0 (1.3)	18.8 (1.6)	19.0 (1.4)	18.8 (1.5)	19.0 (1.4)	18.5 (1.4)

Datos en medias y DE. 30-CST, chair stand test; 2-min, 2-minute step test; 8F-UG, 8-foot up-and-go test; MM, masa magra; MMT, masa magra total; MMA, masa magra apendicular; IMMA, índice masa magra apendicular; Diferencias significativas entre grupos: \*p<0.05 (prueba t); † p<0.05 (U de Mann-Whitney).

Por otro lado, un bajo desempeño en las pruebas de 2-min y 8F-UG significó un menor rendimiento en todas las pruebas de fuerza de miembros inferiores en las mujeres del estudio (p<0.05) (Tabla 21). En los hombres se observó un comportamiento similar con la prueba de 8F-UG, mientras con el 2-min las diferencias significativas se reportaron únicamente en la FMIEP y la FMDEP (p<0.05) (Tabla 21).

**Tabla 21.** Manifestaciones de la fuerza muscular según la aptitud funcional de miembros inferiores.

	30-CST (rep)		2-min (pasos)		8F-UG (s)	
	Normal	Bajo	Normal	Bajo	Normal	Bajo
<b>Mujeres = 175</b>						
n (%)	162 (92.6)	13 (7.4)	153 (87.4)	22 (12.6)	149 (85.1)	26 (14.9)
FMIEP (kgf)	62.1 (15.1)	54.8 (17.4)	62.9 (14.7)	52.4 (16.4)*	63.1 (14.9)	52.4 (14.6)*
FMDEP (kgf)	57.0 (12.1)	48.1 (15.1)	57.6 (11.7)	47.6 (14.8) <sup>†</sup>	57.6 (11.7)	48.7 (14.1) <sup>†</sup>
PMEP 40% (w)	187.2 (48.3)	159.7 (67.8)	189.6 (48.3)	154.4 (54.5)*	192.6 (46.8)	142.7 (49.7)*
PMEP 50% (w)	196.4 (52.8)	163.3 (71.4)	199.4 (52.3)	155.4 (57.6)*	202.0 (51.7)	147.5 (55.2)*
PMEP 60% (w)	198.4 (55.4)	181.6 (68.3)	201.4 (55.6)	168.0 (54.2)*	205.1 (53.5)	151.8 (51.8) <sup>†</sup>
PMEP 70% (w)	190.8 (63.5)	182.5 (72.9)	194.5 (61.8)	160.3 (56.2) <sup>†</sup>	197.1 (58.5)	151.0 (62.2) <sup>†</sup>
PMEP 80% (w)	173.8 (57.9)	152.2 (52.3)	176.5 (56.6)	143.2 (57.3) <sup>†</sup>	178.8 (55.5)	135.1 (53.5) <sup>†</sup>
<b>Hombres = 83</b>						
n (%)	63 (75.9)	20 (24.1)	67 (80.7)	16 (19.3)	74 (89.2)	9 (10.8)
FMIEP (kgf)	92.1 (22.3)	87.3 (23.1)	93.9 (21.3)	78.6 (23.7) <sup>†</sup>	93.0 (22.5)	74.5 (13.8) <sup>†</sup>
FMDEP (kgf)	79.3 (15.9)	77.6 (19.8)	81.1 (15.2)	70.1 (17.3) <sup>†</sup>	80.9 (14.9)	62.9 (17.9) <sup>†</sup>
PMEP 40% (w)	299.3 (75.3)	301.3 (87.4)	307.4 (71.4)	268.1 (96.8)	307.9 (72.4)	233.0 (92.7) <sup>†</sup>
PMEP 50% (w)	326.4 (87.1)	331.7 (90.9)	335.5 (84.2)	294.7 (96.5)	338.0 (81.2)	242.5 (96.9) <sup>†</sup>
PMEP 60% (w)	328.2 (85.2)	352.2 (98.4)	341.6 (85.5)	302.0 (97.9)	344.6 (81.6)	247.1 (101.1) <sup>†</sup>
PMEP 70% (w)	328.9 (98.5)	342.5 (84.6)	338.1 (95.1)	307.6 (92.8)	343.7 (89.5)	237.2 (93.3) <sup>†</sup>
PMEP 80% (w)	305.2 (87.7)	315.8 (76.9)	307.8 (81.5)	307.3 (151.4)	317.1 (80.1)	230.7 (88.8) <sup>†</sup>

Datos en medias y DE. 30-CST, chair stand test; 2-min, 2-minute step test; 8F-UG, 8-foot up-and-go test; FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; PMEPE, potencia media de extensión de piernas. Diferencias significativas entre grupos: \* $p < 0.05$  (prueba t); <sup>†</sup>  $p < 0.05$  (U de Mann-Whitney).

Con relación a las diferencias en la CM según la aptitud funcional de miembros inferiores, el bajo desempeño en 2-min y 8F-UG en las mujeres se relacionó con una menor CM en todas las variables; mientras el bajo rendimiento en el 30-CST se asoció a una menor CM de la FMIEP, FMDEP y la PMEPE al 80% de 1-RM ( $p < 0.05$ ) (Tabla 22). En los hombres con bajo desempeño en el 8F-UG se presentó una menor CM en casi todas las evaluaciones excepto en la CM de FMIEP; por su parte, el bajo rendimiento en el 2-min se acompañó de una menor CM de la FMIEP, la FMDEP y la PMEPE al 40% de 1-RM ( $p < 0.05$ ) (Tabla 22).

## 5. RESULTADOS

**Tabla 22.** Calidad muscular según aptitud funcional de miembros inferiores.

	30-CST (rep)		2-min (pasos)		8F-UG (s)	
	Normal	Bajo	Normal	Bajo	Normal	Bajo
<b>Mujeres = 175</b>						
n (%)	162 (92.6)	13 (7.4)	153 (87.4)	22 (12.6)	149 (85.1)	26 (14.9)
CM FMIEP (kgf/kg)	9.2 (1.9)	7.7 (2.6) <sup>*</sup>	9.2 (1.9)	8.0 (2.6) <sup>*</sup>	9.3 (1.9)	7.6 (2.3) <sup>†</sup>
CM FMDEP (kgf/kg)	8.4 (1.7)	6.7 (2.4) <sup>*</sup>	8.5 (1.7)	7.1 (2.1) <sup>*</sup>	8.5 (1.6)	6.9 (2.7) <sup>†</sup>
CM P MEP 40% (w/kg)	27.5 (5.9)	22.3 (10.6)	27.7 (6.0)	23.3 (8.0) <sup>*</sup>	28.3 (5.6)	20.3 (6.3) <sup>*</sup>
CM P MEP 50% (w/kg)	28.9 (6.6)	22.7 (18.4)	29.1 (6.6)	23.5 (8.6) <sup>*</sup>	29.7 (6.2)	20.9 (7.1) <sup>*</sup>
CM P MEP 60% (w/kg)	29.2 (6.9)	25.3 (11.5)	29.4 (6.9)	25.3 (7.9) <sup>*</sup>	30.2 (6.5)	21.5 (6.3) <sup>*</sup>
CM P MEP 70% (w/kg)	28.0 (7.3)	25.3 (17.8)	28.3 (7.4)	24.0 (8.3) <sup>†</sup>	28.9 (7.1)	21.2 (7.8) <sup>†</sup>
CM P MEP 80% (w/kg)	25.5 (7.1)	21.1 (7.7) <sup>*</sup>	25.7 (7.1)	21.4 (7.1) <sup>*</sup>	26.2 (6.9)	19.3 (6.6) <sup>*</sup>
<b>Hombres = 83</b>						
n (%)	63 (75.9)	20 (24.1)	67 (80.7)	16 (19.3)	74 (89.2)	9 (10.8)
CM FMIEP (kgf/kg)	9.3 (2.8)	8.5 (2.1)	9.4 (1.9)	8.0 (2.2) <sup>*</sup>	9.3 (2.1)	8.1 (1.5)
CM FMDEP (kgf/kg)	8.1 (1.2)	7.6 (1.7)	8.1 (1.3)	7.1 (1.5) <sup>*</sup>	8.1 (1.3)	6.8 (1.7) <sup>†</sup>
CM P MEP 40% (w/kg)	30.3 (6.4)	29.3 (7.3)	30.7 (6.7)	27.0 (8.2) <sup>*</sup>	30.7 (6.1)	24.8 (8.3) <sup>†</sup>
CM P MEP 50% (w/kg)	33.0 (7.3)	32.2 (7.6)	33.5 (7.1)	29.7 (7.7)	33.6 (6.8)	25.8 (8.6) <sup>†</sup>
CM P MEP 60% (w/kg)	33.2 (7.3)	34.2 (8.2)	34.2 (7.4)	30.5 (7.6)	34.3 (6.9)	26.2 (8.5) <sup>†</sup>
CM P MEP 70% (w/kg)	33.2 (8.4)	33.4 (7.4)	33.8 (8.4)	30.9 (7.9)	34.2 (7.7)	24.9 (7.4) <sup>†</sup>
CM P MEP 80% (w/kg)	31.0 (8.4)	30.8 (6.8)	30.9 (7.6)	31.2 (9.6)	31.7 (7.4)	25.0 (16.2) <sup>†</sup>

Datos en medias y DE. 30-CST, chair stand test; 2-min, 2-minute step test; 8F-UG, 8-foot up-and-go test; CM, calidad muscular; FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; P MEP, potencia media de extensión de piernas. Diferencias significativas entre grupos: \*p<0.05 (prueba t); <sup>†</sup>p<0.05 (U de Mann-Whitney).

### 5.5. Desempeño funcional de miembros superiores y su asociación con la masa muscular, la fuerza muscular y la calidad muscular

Las correlaciones entre la aptitud funcional de miembros superiores (ACT) con la masa muscular, la fuerza de miembros superiores y la CM se presentan en la tabla 23. Al igual que con la aptitud funcional de miembros inferiores, las correlaciones significativas entre el ACT y la MM fueron pocas y además bajas; se destaca la correlación con MMA en las mujeres ( $r=0.228$ ;  $p<0.01$ ). En cambio todas las evaluaciones de fuerza de brazos, presentaron correlaciones positivas significativas con el ACT en ambos sexos, se subraya la encontrada con la FMICB en los hombres ( $r=0.522$ ;  $p<0.01$ ). Finalmente, el ACT se correlacionó con casi todas las pruebas de CM de miembros superiores en ambos sexos, excepto con la CM de FPM en las mujeres; se resalta la correlación moderada positiva encontrada con la CM de FMICB en los hombres ( $r=0.478$ ;  $p<0.01$ ).

**Tabla 23.** Correlaciones de la aptitud funcional de miembros superiores con indicadores de masa muscular, manifestaciones de la fuerza y calidad muscular.

	ACT (rep)	
	Mujeres = 175	Hombres = 83
MMT (kg)	0.195**	0.166
MM brazos (kg)	0.169*	0.173
MMA (kg)	0.228**	0.143
IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )	0.114	0.214
FMICB (kgf)	0.334**	0.522**
FMDCB (kgf)	0.271 <sup>†</sup>	0.304 <sup>†</sup>
FPM (kgf)	0.236 <sup>†</sup>	0.309**
CM FMICB (kgf/kg)	0.251**	0.478 <sup>†</sup>
CM FMDCB (kgf/kg)	0.223 <sup>†</sup>	0.219*
CM FPM (kgf/kg)	0.144	0.238*

ACT, arm curl test; MM, masa magra; MMT, masa magra total; MMA, masa magra apendicular; IMMA, índice masa magra apendicular; FMICB, fuerza máxima isométrica curl de bíceps; FMDCB, fuerza máxima dinámica de curl de bíceps; FPM, fuerza de presión manual; CM, calidad muscular. Correlación de Pearson \*\* $p < 0.01$ , \* $p < 0.05$ . Rho de Spearman <sup>†</sup> $p < 0.01$ .

Tanto en los hombres como en las mujeres, el bajo desempeño en el ACT no representó diferencias significativas en las variables de masa muscular con respecto a quienes presentaron un desempeño normal (Tabla 24). Por el contrario, en todas las evaluaciones de fuerza muscular y CM, las mujeres con baja aptitud funcional en el ACT reportaron valores inferiores significativos ( $p < 0.05$ ); mientras en los hombres las únicas diferencias significativas se presentaron en la FMICB y la CM de FMICB (Tabla 24).

## 5. RESULTADOS

**Tabla 24.** Diferencias en la masa muscular, la fuerza y la calidad muscular según la aptitud funcional de miembros superiores.

	ACT (rep)			
	Mujeres = 175		Hombres = 83	
	Normal	Bajo	Normal	Bajo
n (%)	138 (78.9)	37 (21.1)	51 (61.4)	32 (38.6)
MMT (kg)	37.3 (3.6)	37.2 (4.3)	52.5 (5.1)	52.3 (5.6)
MM brazos (kg)	3.9 (0.5)	3.9 (0.6)	6.1 (0.8)	6.0 (0.7)
MMA (kg)	15.6 (1.7)	15.3 (2.1)	22.5 (2.6)	22.3 (2.6)
IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )	6.6 (0.6)	6.6 (0.7)	8.2 (0.7)	8.0 (0.7)
FMICB (kgf)	22.0 (5.3)	18.2 (6.1)*	36.8 (7.7)	31.3 (7.9)*
FMDCB (kgf)	15.4 (5.4)	13.4 (5.9) <sup>†</sup>	38.0 (9.1)	36.6 (12.1)
FPM (kgf)	23.8 (4.8)	22.2 (4.6)*	39.0 (7.1)	38.6 (7.6)
CM FMICB (kgf/kg)	5.6 (1.3)	4.8 (1.6)*	6.1 (1.2)	5.2 (1.1) <sup>†</sup>
CM FMDCB (kgf/kg)	3.9 (1.2)	3.4 (1.3) <sup>†</sup>	6.2 (1.3)	6.0 (1.5)
CM FPM (kgf/kg)	12.1 (1.9)	11.4 (2.5) <sup>†</sup>	12.6 (2.1)	12.4 (1.9)

Datos en medias y DE. ACT, arm curl test; MM, masa magra; MMT, masa magra total; MMA, masa magra apendicular; IMMA, índice masa magra apendicular; FMICB, fuerza máxima isométrica curl de bíceps; FMDCB, fuerza máxima dinámica de curl de bíceps; FPM, fuerza de presión manual; CM, calidad muscular. Diferencias significativas entre grupos: \*p<0.05 (prueba t); <sup>†</sup>p<0.05 (U de Mann-Whitney).

### 5.6. Asociación de la DMO con la masa muscular, la fuerza muscular, la aptitud funcional y la calidad muscular

Las correlaciones entre la DMO y la masa muscular se observan en la tabla 25. En las mujeres todos los indicadores de masa muscular presentaron correlaciones positivas bajas con la DMOCF y la DMOCL ( $p = <0.01$  ó  $<0.05$ ). Mientras en los hombres, las variables musculares, con excepción del IMMA, se correlacionaron de forma significativa con la DMOCF ( $p = <0.01$  ó  $<0.05$ ). Finalmente, no se encontró ninguna correlación significativa entre la DMOCL y los indicadores musculares en los hombres.

**Tabla 255.** Correlaciones entre la DMO y la masa muscular

	Mujeres = 175		Hombres = 83	
	DMOCF (g/cm <sup>2</sup> )	DMOCL (g/cm <sup>2</sup> )	DMOCF (g/cm <sup>2</sup> )	DMOCL (g/cm <sup>2</sup> )
MMT (kg)	0.222**	0.212**	0.331**	0.089
MM brazos (kg)	0.256**	0.286**	0.349**	0.130
MM piernas (kg)	0.220**	0.198**	0.217 <sup>†</sup>	0.048
MM muslo (kg)	0.244**	0.265**	0.292 <sup>†</sup>	0.092
MMA (kg)	0.242**	0.235**	0.282 <sup>†</sup>	0.083
IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )	0.165*	0.200**	0.201	0.115

DMOCF, densidad mineral ósea en cuello del fémur; DMOCL, densidad mineral ósea en columna lumbar; MM, masa magra; MMT, masa magra total; MMA, masa magra apendicular; IMMA, índice masa magra apendicular. Correlación de Pearson \*\*p<0.01, \*p<0.05. Rho de Spearman <sup>†</sup>p<0.01, <sup>‡</sup>p<0.05.

Las correlaciones significativas entre la fuerza muscular de miembros superiores e inferiores con la DMO fueron en general escasas y bajas en la población estudiada (Tabla 26). Se destaca las correlaciones encontradas entre la DMOCF con la P MEP al 40%, 50% y 70% de 1-RM, la FMICB y la FPM en los hombres ( $p = <0.01$  ó  $<0.05$ ). Por otro lado, no se encontraron correlaciones significativas entre la DMO de CF o de CL con ninguna de las mediciones de aptitud funcional (Tabla 26). A su vez, no se encontraron correlaciones significativas relevantes entre la DMO y la CM, se subraya la encontrada entre la DMOCF y la CM de la FMDCB ( $r=0.27$ ;  $p<0.05$ ) (Tabla 27).

## 5. RESULTADOS

**Tabla 266.** Correlaciones de la DMO con la fuerza muscular y la aptitud funcional

	Mujeres = 175		Hombres = 83	
	DMOCF (g/cm <sup>2</sup> )	DMOCL (g/cm <sup>2</sup> )	DMOCF (g/cm <sup>2</sup> )	DMOCL (g/cm <sup>2</sup> )
FMIEP (kgf)	0.089	-0.040	0.112	-0.034
FMDEP (kgf)	0.107	0.025	0.188	0.084
PMEP 40% (w)	0.088	0.032	0.222 <sup>*</sup>	0.053
PMEP 50% (w)	0.108	0.048	0.229 <sup>*</sup>	0.039
PMEP 60% (w)	0.145	0.060	0.208	0.041
PMEP 70% (w)	0.171 <sup>†</sup>	0.037	0.263 <sup>*</sup>	-0.020
PMEP 80% (w)	0.092	0.054	0.200	-0.054
FMICB (kgf)	0.014	-0.045	0.175	-0.023
FMDCB (kgf)	0.149 <sup>†</sup>	0.043	0.351 <sup>†</sup>	0.042
FPM (kgf)	0.110	0.069	0.241 <sup>*</sup>	0.030
ACT (rep)	0.023	0.059	0.068	0.056
30-CST (rep)	0.007	-0.043	0.098	0.065
2-min (pasos)	-0.043	-0.030	0.074	0.020
8F-UG (s)	-0.141	0.000	-0.091	0.018

DMOCF, densidad mineral ósea en cuello del fémur; DMOCL, densidad mineral ósea en columna lumbar; FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; PMEPE, potencia media de extensión de piernas; FMICB, fuerza máxima isométrica curl de bíceps; FMDCB, fuerza máxima dinámica de curl de bíceps; FPM, fuerza de presión manual; ACT, arm curl test; 30-CST, chair stand test; 2-min, 2-minute step test; 8F-UG, 8-foot up-and-go test. Correlación de Pearson \*p<0.05. Rho de Spearman <sup>†</sup>p<0.01, <sup>‡</sup>p<0.05.

**Tabla 277.** Correlaciones entre la DMO y la calidad muscular.

	Mujeres = 175		Hombres = 83	
	DMOCF (g/cm <sup>2</sup> )	DMOCL (g/cm <sup>2</sup> )	DMOCF (g/cm <sup>2</sup> )	DMOCL (g/cm <sup>2</sup> )
CM FMIEP (kgf/kg)	-0.031	-0.173*	-0.029	-0.098
CM FMDEP (kgf/kg)	-0.031	-0.116	0.036	0.001
CM P MEP 40% (w/kg)	-0.011	-0.082	0.118	0.009
CM P MEP 50% (w/kg)	0.014	-0.061	0.127	-0.008
CM P MEP 60% (w/kg)	0.032	-0.055	0.100	-0.002
CM P MEP 70% (w/kg)	0.075	-0.071	0.168	-0.062
CM P MEP 80% (w/kg)	-0.014	-0.028	0.070	-0.119
CM FMICB (kgf/kg)	-0.098	-0.180*	-0.019	-0.094
CM FMDCB (kgf/kg)	0.074	-0.045	0.270*	0.000
CM FPM (kgf/kg)	-0.095	-0.118	0.046	-0.033

DMOCF, densidad mineral ósea en cuello del fémur; DMOCL, densidad mineral ósea en columna lumbar; CM, calidad muscular; FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; P MEP, potencia media de extensión de piernas; FMICB, fuerza máxima isométrica curl de bíceps; FMDCB, fuerza máxima dinámica de curl de bíceps; FPM, fuerza de presión manual. Correlación de Pearson \*p<0.05.

Al evaluar las diferencias en la masa muscular de acuerdo al diagnóstico de OPCF, las únicas diferencias significativas se encontraron entre los hombres en la MMT y en la MM de brazos ( $p<0.05$ ) (Tabla 28). Con respecto a las diferencias en la fuerza muscular, se encontró que las mujeres con diagnóstico de OPCF comparadas con las mujeres sin esta condición clínica, presentaron menores valores en la FMIEP (55.9 DE 12.9 kgf vs 62.3 DE 15.5 kgf, respectivamente;  $p<0.05$ ) y la FMDCB (13.0 DE 5.4 kgf vs 15.2 DE 5.5 kgf, respectivamente;  $p<0.05$ ) (Tabla 29). Por su parte, no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las mediciones de aptitud funcional y de CM según el diagnóstico de OPCF en ambos sexos (Tablas 29 y 30).

## 5. RESULTADOS

**Tabla 288.** Indicadores de masa muscular según osteoporosis de cuello del fémur.

	Osteoporosis de cuello del fémur			
	Mujeres = 175		Hombres = 83	
	NO	SI	NO	SI
n (%)	155 (86.6)	20 (11.4)	73 (88.0)	10 (12.0)
MMT (kg)	37.4 (3.8)	36.4 (2.9)	53.0 (5.2)	48.7 (4.8) <sup>†</sup>
MM brazos (kg)	3.9 (0.5)	3.8 (0.4)	6.2 (0.7)	5.5 (0.6) <sup>†</sup>
MM piernas (kg)	11.6 (1.4)	11.1 (1.7)	16.4 (1.9)	15.6 (1.8)
MM muslo (kg)	6.9 (0.9)	6.5 (0.7)	10.0 (1.3)	9.2 (1.2)
MMA (kg)	15.6 (1.8)	14.9 (1.3)	22.6 (2.5)	21.1 (2.3)
IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )	6.6 (0.6)	6.5 (0.5)	8.1 (0.7)	7.9 (0.7)

Datos en medias y DE. MM, masa magra; MMT, masa magra total; MMA, masa magra apendicular; IMMA, índice masa magra apendicular. Diferencias significativas entre grupos: <sup>†</sup>p<0.05 (U de Mann-Whitney).

**Tabla 29.** Manifestaciones de la fuerza y la aptitud funcional según osteoporosis de cuello del fémur.

	Osteoporosis de cuello del fémur			
	Mujeres = 175		Hombres = 83	
	NO	SI	NO	SI
n (%)	155 (86.6)	20 (11.4)	73 (88.0)	10 (12.0)
FMIEP (kgf)	62.3 (15.5)	55.9 (12.9) <sup>†</sup>	92.1 (22.9)	82.6 (17.4)
FMDEP (kgf)	56.4 (13.1)	55.8 (6.9)	79.7 (16.5)	73.7 (12.9)
PMEP 40% (w)	186.3 (52.4)	176.7 (28.9)	302.5 (86.3)	279.6 (56.1)
PMEP 50% (w)	195.6 (56.9)	180.8 (31.8)	332.4 (89.2)	293.4 (68.2)
PMEP 60% (w)	199.4 (58.2)	180.1 (36.7)	337.8 (89.2)	306.1 (84.1)
PMEP 70% (w)	193.0 (62.8)	168.8 (41.4)	335.8 (93.2)	305.6 (128.6)
PMEP 80% (w)	174.7 (58.1)	153.6 (42.2)	309.0 (83.1)	298.5 (191.7)
FMICB (kgf)	21.3 (5.6)	20.3 (5.5)	34.7 (7.9)	34.9 (7.5)
FMDCB (kgf)	15.2 (5.5)	13.0 (5.4) <sup>†</sup>	38.0 (12.6)	33.1 (6.8)
FPM (kgf)	23.6 (4.1)	23.4 (4.4)	39.3 (7.3)	35.5 (5.6)
ACT (rep)	18.8 (3.8)	17.6 (2.8)	17.3 (3.2)	17.1 (2.2)
30-CST (rep)	17.9 (3.6)	16.6 (3.0)	17.0 (3.8)	16.2 (3.6)
2-min (pasos)	107.3 (17.9)	106.9 (13.4)	110.7 (19.8)	112.5 (20.4)
8F-UG (s)	5.0 (0.9)	5.2 (0.6)	4.9 (1.0)	5.0 (1.1)

Datos en medias y DE. FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; PMEPE, potencia media de extensión de piernas; FMICB, fuerza máxima isométrica curl de bíceps; FMDCB, fuerza máxima dinámica de curl de bíceps; FPM, fuerza de presión manual; ACT, arm curl test; 30-CST, chair stand test; 2-min, 2-minute step test; 8F-UG, 8-foot up-and-go test. Diferencias significativas entre grupos: <sup>†</sup>p<0.05 (U de Mann-Whitney).

**Tabla 30.** Calidad muscular según osteoporosis de cuello del fémur.

	Osteoporosis de cuello del fémur			
	Mujeres = 175		Hombres = 83	
	NO	SI	NO	SI
n (%)	155 (86.6)	20 (11.4)	73 (88.0)	10 (12.0)
CM FMIEP (kgf/kg)	9.1 (2.0)	8.6 (2.1)	9.1 (2.8)	9.1 (2.4)
CM FMDEP (kgf/kg)	8.3 (1.8)	8.6 (1.2)	7.9 (1.3)	8.1 (1.8)
CM PMEP 40% (w/kg)	27.1 (6.6)	27.2 (4.1)	30.0 (6.6)	30.7 (6.8)
CM PMEP 50% (w/kg)	28.5 (7.3)	27.9 (4.8)	32.9 (7.3)	32.3 (8.3)
CM PMEP 60% (w/kg)	29.0 (7.4)	27.7 (5.6)	33.4 (7.3)	33.5 (9.4)
CM PMEP 70% (w/kg)	28.0 (7.8)	26.0 (6.3)	33.2 (7.7)	33.2 (11.3)
CM PMEP 80% (w/kg)	25.4 (7.3)	23.6 (6.4)	30.7 (7.4)	32.9 (11.6)
CM FMICB (kgf/kg)	5.4 (1.4)	5.4 (1.3)	5.6 (1.2)	6.3 (1.3)
CM FMDCB (kgf/kg)	3.9 (1.3)	3.4 (1.3)	6.1 (1.4)	6.0 (1.1)
CM FPM (kgf/kg)	11.8 (2.7)	12.4 (2.3)	12.6 (2.1)	12.4 (1.9)

Datos en medias y DE. CM, calidad muscular; FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; PMEP, potencia media de extensión de piernas; FMICB, fuerza máxima isométrica curl de bíceps; FMDCB, fuerza máxima dinámica de curl de bíceps; FPM, fuerza de presión manual.

Con relación a las diferencias en los indicadores de masa muscular de acuerdo a la OPCL, las mujeres que presentaron un diagnóstico positivo reportaron valores inferiores en casi todas las mediciones de masa muscular comparadas con las mujeres normales, con excepción de la MMT ( $p < 0.05$ ) (Tabla 31). Respecto a la fuerza muscular, nuevamente en las mujeres se presentaron las únicas diferencias significativas frente al diagnóstico de OPCL; estas fueron en la FMDCB y en la FPM ( $p < 0.05$ ) (Tabla 32). Por otro lado, al igual que con el diagnóstico de OPCF, no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las mediciones de aptitud funcional y de CM, según el diagnóstico de OPCL en ambos sexos (Tablas 32 y 33).

**Tabla 31.** Indicadores de masa muscular según osteoporosis de columna lumbar.

	Osteoporosis de columna lumbar			
	Mujeres = 175		Hombres = 83	
	NO	SI	NO	SI
n (%)	128 (73.1)	47 (26.9)	72 (86.7)	11 (13.3)
MMT (kg)	37.6 (3.8)	36.5 (3.4)	52.4 (5.2)	52.7 (5.8)
MM brazos (kg)	4.0 (0.5)	3.7 (0.5)*	6.1 (0.7)	6.1 (0.8)
MM piernas (kg)	11.7 (1.4)	11.2 (1.3)*	16.3 (1.9)	16.4 (2.9)
MM muslo (kg)	6.9 (0.9)	6.5 (0.8) <sup>†</sup>	9.9 (1.3)	9.9 (1.2)
MMA (kg)	15.7 (1.8)	14.9 (1.7)*	22.4 (2.5)	22.6 (2.8)
IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )	6.7 (0.6)	6.4 (0.6)*	8.1 (0.7)	8.1 (0.7)

Datos en medias y DE. MM, masa magra; MMT, masa magra total; MMA, masa magra apendicular; IMMA, índice masa magra apendicular. Diferencias significativas entre grupos: \* $p < 0.05$  (prueba t); <sup>†</sup> $p < 0.05$  (U de Mann-Whitney).

## 5. RESULTADOS

**Tabla 32.** Manifestaciones de la fuerza y la aptitud funcional según osteoporosis de columna lumbar.

	Osteoporosis columna lumbar			
	Mujeres = 175		Hombres = 83	
	NO	SI	NO	SI
n (%)	128 (73.1)	47 (26.9)	72 (86.7)	11 (13.3)
FMIEP (kgf)	62.2 (15.2)	59.7 (15.7)	89.8 (22.5)	98.5 (21.3)
FMDEP (kgf)	56.9 (13.1)	54.6 (10.6)	78.8 (15.2)	79.6 (22.5)
PMEP 40% (w)	188.4 (50.3)	176.4 (49.9)	296.4 (74.1)	322.1 (107.4)
PMEP 50% (w)	197.7 (54.4)	183.6 (55.3)	325.8 (82.8)	340.2 (118.3)
PMEP 60% (w)	200.3 (55.2)	188.7 (59.3)	331.8 (81.9)	348.4 (128.2)
PMEP 70% (w)	193.3 (61.5)	181.9 (65.1)	331.4 (98.5)	336.9 (125.2)
PMEP 80% (w)	173.8 (56.4)	168.1 (58.5)	308.2 (89.8)	304.0 (116.9)
FMICB (kgf)	21.5 (5.7)	20.2 (5.3)	34.2 (7.6)	38.0 (8.6)
FMDCB (kgf)	15.5 (5.8)	13.5 (4.6) <sup>†</sup>	36.9 (12.3)	40.7 (13.4)
FPM (kgf)	24.0 (4.2)	22.3 (4.6) <sup>*</sup>	38.8 (7.1)	39.1 (8.5)
ACT (rep)	18.8 (3.6)	18.4 (4.2)	17.3 (3.3)	17.1 (2.3)
30-CST (rep)	17.7 (3.7)	18.0 (3.3)	16.8 (3.6)	17.5 (4.7)
2-min (pasos)	106.9 (17.1)	108.2 (18.3)	111.2 (19.2)	109.6 (18.8)
8F-UG (s)	5.0 (1.8)	5.0 (.8)	4.9 (1.1)	4.9 (1.4)

Datos en medias y DE. FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; PMEPE, potencia media de extensión de piernas; FMICB, fuerza máxima isométrica curl de bíceps; FMDCB, fuerza máxima dinámica de curl de bíceps; FPM, fuerza de presión manual; ACT, arm curl test; 30-CST, chair stand test; 2-min, 2-minute step test; 8F-UG, 8-foot up-and-go test. Diferencias significativas entre grupos: \*p<0.05 (prueba t); <sup>†</sup>p<0.05 (U de Mann-Whitney).

**Tabla 33.** Calidad muscular según osteoporosis de columna lumbar.

	Osteoporosis columna lumbar			
	Mujeres = 175		Hombres = 83	
	NO	SI	NO	SI
n (%)	128 (73.1)	47 (26.9)	72 (86.7)	11 (13.3)
CM FMIEP (kgf/kg)	9.0 (2.1)	9.1 (2.1)	9.1 (2.1)	10.0 (1.9)
CM FMDEP (kgf/kg)	8.3 (1.9)	8.4 (1.4)	7.9 (1.3)	8.0 (1.9)
CM PMEPE 40% (w/kg)	27.3 (6.6)	26.8 (5.9)	29.7 (6.3)	32.2 (8.1)
CM PMEPE 50% (w/kg)	28.6 (7.2)	28.0 (6.7)	32.6 (7.2)	34.0 (9.9)
CM PMEPE 60% (w/kg)	29.0 (7.2)	28.7 (7.2)	33.2 (7.5)	34.7 (13.7)
CM PMEPE 70% (w/kg)	27.8 (7.8)	27.5 (7.3)	33.2 (7.7)	33.6 (11.8)
CM PMEPE 80% (w/kg)	25.0 (7.2)	25.5 (7.4)	31.0 (7.5)	30.4 (18.7)
CM FMICB (kgf/kg)	5.4 (1.4)	5.5 (1.4)	5.6 (1.1)	6.3 (1.6)
CM FMDCB (kgf/kg)	3.9 (1.3)	3.6 (1.1)	6.0 (1.4)	6.7 (1.2)
CM FPM (kgf/kg)	11.9 (2.3)	11.9 (2.1)	12.5 (2.1)	12.6 (2.6)

Datos en medias y DE. CM, calidad muscular; FMIEP, fuerza máxima isométrica de extensión de piernas; FMDEP, fuerza máxima dinámica de extensión de piernas; PMEPE, potencia media de extensión de piernas; FMICB, fuerza máxima isométrica curl de bíceps; FMDCB, fuerza máxima dinámica de curl de bíceps; FPM, fuerza de presión manual.

En el análisis de regresión logística, ninguna de las variables de la definición de sarcopenia se comportó como un factor de riesgo o protector asociado con la OPCF en ambos sexos, ni con la OPCL en los hombres (datos no mostrados). Por su parte, en las mujeres con OPCL, los modelos no ajustados (crudos) mostraron que el IMMA (OR= 0.512; IC 95% 0.290-0.906,  $p=0.021$ ) y la FPM (OR= 0.908; IC 95% 0.835-0.988,  $p=0.025$ ), se comportaron como factores protectores para OPCL. Después de ajustar los modelos por edad e IMC, se observó que el IMMA perdió su asociación con la OPCL (OR= 1.081; IC 95% 0.513-2.276,  $p=0.838$ ), mientras la FPM se comportó nuevamente como un factor protector para OPCL en las mujeres (OR= 0.899; IC 95% 0.823-0.982,  $p=0.018$ ). Con respecto al 8F-UG no se encontró ninguna asociación con la OPCL en las mujeres del estudio (Tabla 34).

**Tabla 34.** Riesgo de osteoporosis de columna lumbar en las mujeres, relacionado con los criterios diagnósticos para sarcopenia según la definición del EWGSOP.  
( $n= 175$ ).

		$\beta$	Sig.	OR	OR IC 95%		$r^2$
					Inferior	Superior	
IMMA (MMA/talla <sup>2</sup> )	Crudo	-0.669	0.021	0.512	0.290	0.906	0.046
	Ajustado	0.078	0.838	1.081	0.513	2.276	0.124
FPM (kgf)	Crudo	-0.096	0.025	0.908	0.835	0.988	0.043
	Ajustado	-0.113	0.016	0.893	0.815	0.979	0.171
8F-UG (s)	Crudo	-0.058	0.768	0.944	0.644	1.383	0.001
	Ajustado	0.216	0.325	1.241	0.808	1.906	0.131

IMMA, índice masa magra apendicular; FPM, fuerza de presión manual; 8F-UG, 8-foot up-and-go test; OR, odd ratio. Regresión logística, modelos ajustados por: edad e Índice de masa corporal.



## 6. DISCUSIÓN

---



---

## 6. DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue determinar la frecuencia de sarcopenia y osteoporosis en un grupo de personas mayores de León, España; y explorar la asociación entre la masa muscular, la densidad mineral ósea, la fuerza muscular, la aptitud funcional y la calidad muscular. Los principales resultados obtenidos son analizados y discutidos en el presente capítulo y se establece su relación con otros datos encontrados en la revisión bibliográfica.

### 6.1. Frecuencia de sarcopenia y osteoporosis

Para nuestro conocimiento, este es el primer estudio sobre sarcopenia realizado en un grupo de personas mayores en una ciudad del norte de España con la definición del EWGSOP. Entre los 258 hombres y mujeres del presente estudio, la frecuencia de sarcopenia fue del 2.3% (n=6). Esta fue más alta que la encontrada en un estudio con mujeres filandesas de 70-80 años (0.9%) (Patil, et al., 2013) y más baja que otros estudios de Europa y Asia (entre 3.7% y 10.0%), los cuales también aplicaron la definición del EWGSOP con todos los criterios y evaluaron la masa muscular con DXA (Abellan van Kan, et al., 2013; W. J. Lee, et al., 2013; Patel, et al., 2013; Patil, et al., 2013; Verschueren, et al., 2013; J. H. Kim, et al., 2014; Liu, et al., 2014; Meng, et al., 2014).

Por su parte, otros estudios que evaluaron la masa muscular con ABI reportaron un rango de prevalencias mayor (entre 3.9% y 30.9%) (Landi, et al., 2012a; Tanimoto, et al., 2012; Akune, et al., 2013; Legrand, et al., 2013b; Yamada, et al., 2013; da Silva Alexandre, et al., 2014; Rossi, et al., 2014; Smoliner, et al., 2014; Tanimoto, et al., 2014; Vetrano, et al., 2014; Volpato, et al., 2014; C. H. Wu, et al., 2014; I. C. Wu, et al., 2014; Yoshida, et al., 2014). A su vez, los estudios que emplearon circunferencias para evaluar la masa

## 6. DISCUSIÓN

---

muscular, presentaron igualmente mayores prevalencias que los estudios llevados a cabo con DXA (entre 14.3% y 33.6%) (Arango-Lopera, et al., 2012; Bastiaanse, et al., 2012; Landi, et al., 2012c; Landi, et al., 2013a; Landi, et al., 2013b). Aunque existen diferencias en las características de las poblaciones de los anteriores estudios, lo que puede estar relacionado con la variabilidad de las prevalencias encontradas, la técnica de medición de la masa muscular podría ser un factor importante que explica esta variabilidad. Safer et al. (2013), señalan como inapropiado medir la masa muscular en las personas mayores con circunferencias, debido a las modificaciones en la elasticidad de la piel relacionada con el envejecimiento, que lleva a cambios en los depósitos de grasa. Por otro lado, el DXA es considerado una herramienta más precisa y confiable para medir la masa muscular que las medidas antropométricas y el ABI (Rolland, et al., 2008), lo que puede llevar a un diagnóstico menos apropiado de la sarcopenia por parte de estas dos últimas técnicas. Sin embargo, más investigaciones serían necesarias, para determinar el posible efecto de la técnica de medición de la masa muscular, sobre el diagnóstico de sarcopenia según la definición del EWGSOP.

En general, la sarcopenia fue poco común en el grupo estudiado. Esto podría explicarse, además por la posible implicación de la técnica de medición de la masa muscular, porque los participantes en el estudio fueron personas activas e independientes, debido a su participación en programas de recreación y formación académica, lo que puede estar relacionado con un riesgo más bajo de sarcopenia. Así lo demuestra el estudio de Cherin et al. (2014) con 1445 personas de 45 o más años de ambos sexos, donde la probabilidad de presentar sarcopenia, fue más baja entre los sujetos que manifestaron realizar actividades físicas de tiempo libre de tres o más horas por semana (OR 0.45; 95 % CI 0.24–0.93).

Por otro lado, el presentar un bajo IMMA como primer criterio a cumplir en la definición de sarcopenia del EWGSOP fue solo del 5.4% en la población estudiada, mientras que la baja FPM y un bajo desempeño en el 8F-UG fueron

dos veces mayor (13.2 % y 13.6%, respectivamente). Esto podría deberse a que el IMMA no presentó diferencias significativas con el aumento de la edad, en contraposición a otros estudios en personas mayores que reportan una pérdida significativa de la masa muscular a una mayor de edad (Beliaeff, et al., 2008; Hairi, et al., 2010). Por su parte, tanto la FPM como el 8F-UG mostraron diferencias significativas entre los grupos edad en ambos sexos, resultados que coincidieron con otros estudios (Jansen et al., 2008; Massy-Westropp, Gill, Taylor, Bohannon, & Hill, 2011; Ribom, Mellstrom, Ljunggren, & Karlsson, 2011; Pedrero-Chamizo, et al., 2012; Marques et al., 2014). Lo anterior sugiere, que un posible deterioro de la salud en la población estudiada con el aumento de la edad, que conduzca a una mayor dependencia o discapacidad, podría relacionarse más con una pérdida de la fuerza y la funcionalidad, que de la masa muscular.

Finalmente, otro aspecto que podría estar relacionado con la baja sarcopenia reportada en este estudio, tiene que ver con los puntos de corte empleados para definir cada criterio. El EWGSOP propone unos puntos de corte tomados de diferentes estudios poblacionales (Cruz-Jentoft, et al., 2010), en el caso de la masa muscular, una de estas propuestas es la presentada por Baumgartner et al. (1998) (IMMA:  $\leq 7.26 \text{ kg/m}^2$  en hombres y  $\leq 5.5 \text{ kg/m}^2$ ), derivada de un estudio en una población de Estados Unidos. Estos puntos de corte fueron los empleados en el presente estudio, pero las características específicas de esta población de referencia, pueden diferir ampliamente de las personas mayores españolas. Esto hace necesario, pensar en futuros estudios que establezcan puntos de corte de baja masa muscular específicos para esta región.

A pesar del intento de estandarización del diagnóstico de sarcopenia por parte del EWGSOP, la amplia variedad de instrumentos para evaluar los criterios de la definición, en especial los relacionados con la masa muscular, más la dificultad para establecer puntos de corte que se adapten a todos los contextos, hace aún difícil establecer un criterio estándar internacional para la

evaluación de la sarcopenia. Inclusive una reciente estudio que tomó tres cohortes de personas mayores de 65 años (Brasil, México y España), señaló que los puntos de corte indicados por el EWGSOP para la determinación de una baja FPM y un pobre desempeño en la VM, dieron como resultado un 83.4% de personas sospechosas de presentar sarcopenia, para ser remitidas a evaluación de la masa muscular; cuando el resultado de anormalidad se estableció con el quintil más bajo o con valores  $z$  ( $> 1$  DE respecto a la media), la proporción de personas con susceptibilidad de sarcopenia fue más baja (34.2% y 23.71%, respectivamente) (Lourenco, Pérez-Zepeda, Gutiérrez-Robledo, García-García, & Rodríguez Manas, 2015). Los autores indican con estos resultados, que la utilización de puntos de corte no ajustados a cada contexto puede incrementar sustancialmente el número de casos de falsos positivos.

Por otro lado, la OPCF encontrada en este estudio fue del 11.6%, sin alcanzar las diferencias significativas entre sexos, ubicándose un poco más baja que la reportada a nivel general en España (15.4%), donde las diferencias entre sexos fueron más amplias (22.6% mujeres y 6.8% hombres) (Svedbom, et al., 2013). Por su parte, la OPCL (22.5%) fue dos veces mayor a la reportada en el CF, con mayor afectación en las mujeres ( $p < 0.05$ ). Estos resultados muestran, que aunque la osteoporosis es una enfermedad sistémica, el grado de pérdida ósea parece no ser el mismo en las diferentes regiones esqueléticas. En otro estudio realizado en España con 987 mujeres postmenopáusicas (53.8 DE 5.5 años), la OPCF fue del 3.6%, mientras que la osteoporosis de OPCL fue tres veces más alta (14.7%) (Martínez-Aguila et al., 2009).

Aunque el uso de la DMOCF se encuentra actualmente más aceptado para el diagnóstico de osteoporosis, con el fin alcanzar una estandarización internacional de la medición; y además existen dificultades al determinar la osteoporosis en personas mayores en el sitio de la CL, por las diferentes alteraciones que pueden presentarse en este sitio (escoliosis, deformidad,

calcificación, etc) (Kanis, et al., 2008); nuestros resultados indican, que la osteoporosis diagnosticada en la CL, reviste igualmente una importante relevancia clínica. Más aún si se considera el elevado número de fracturas de vértebras por fragilidad reportadas en España, que para el año 2010 llegaron a los 30 000 casos (Svedbom, et al., 2013).

Los resultados del presente estudio indican, que la osteoporosis se presentó como un problema de mayor importancia en la población evaluada, respecto a la sarcopenia definida por el EWGSOP. Resultados similares fueron encontrados en el estudio de Verschueren et al. (2013), el cual reportó una osteoporosis del 8.8% (definida en CF, cadera total o CL) y una sarcopenia del 3.7%. En otro estudio con 590 mujeres filandesas la prevalencia de osteoporosis fue del 4.4%, mientras la sarcopenia definida con los puntos de corte de los criterios planteadas por el EWGSOP fue del 1.0% (Sjoblom, et al., 2013). Por su parte, otro estudio reportó prevalencias similares y muy bajas para ambas condiciones clínicas en otra cohorte de mujeres filandesas, la osteoporosis fue del 0.8% (definida en CF) y la sarcopenia fue del 0.9% (Patil, et al., 2013).

Aunque desde el punto de vista fisiopatológico la sarcopenia y la osteoporosis comparten una serie de factores que interactúan en el deterioro del músculo y del tejido óseo (vitamina D, hormona del crecimiento, hormonas sexuales, metabolismo de la insulina, glucocorticoides, la inmovilización funcional, entre otros) (Kaji, 2013), estas dos condiciones no necesariamente afectan en igual medida a la población mayor. La pérdida del hueso y el músculo presentan diferencias relacionados con la edad y el sexo; por ejemplo, en las mujeres el déficit de estrógenos después del primer año de la menopausia, tiene un efecto negativo sobre la remodelación de los huesos, que está relacionado con una mayor prevalencia de osteoporosis con respecto a los hombres; ya a la edad de los 80 años, la osteoporosis y la sarcopenia tienden a presentar un progreso paralelo (Tarantino et al., 2013). Además, los cambios en la sarcopenia con respecto a la edad están relacionados con los

componentes de su diagnóstico (masa muscular, fuerza y AF), los cuales no se dan de forma simultánea. De esta forma, la relación entre la osteoporosis y la sarcopenia, se diferencia de acuerdo a cada criterio que definen a esta última, alcanzado diferentes niveles de explicación.

La osteoporosis reportada en nuestro estudio tiene relevancia, debido no solo a la alta frecuencia encontrada (especialmente en las mujeres), sino porque cerca de un 10% de las personas diagnósticas en este estudio desconocían presentar esta condición (datos no mostrados). Por esta razón, la osteoporosis es reconocida como una enfermedad silenciosa, al no revestir síntomas visibles hasta que generalmente se manifiesta por medio de la aparición de una fractura. De esta forma, el diagnóstico precoz, el seguimiento a las personas afectadas y brindar el tratamiento adecuado, son acciones necesarias en la práctica clínica, para lograr un mayor control sobre esta enfermedad.

### **6.2. Relación entre la masa muscular y la fuerza de miembros superiores e inferiores**

Para nuestro conocimiento este es el primer estudio que analiza simultáneamente la asociación entre el IMMA (importante criterio para la determinación de la baja MM en el diagnóstico de sarcopenia), con diferentes manifestaciones de la fuerza tanto de miembros superiores e inferiores. Una primera relación a analizar es la presentada entre el IMMA y la FPM, al considerar a esta última también como un parámetro ampliamente utilizado en la evaluación de la sarcopenia. Los resultados mostraron que las correlaciones entre estos criterios fueron bajas en ambos sexos (mujeres  $r = 0.174$ , hombres  $r = 0.241$ ;  $p < 0.05$ ); a su vez, los valores de la FPM mostraron diferencias significativas entre los terciles de la IMMA únicamente en los hombres. Por su parte, el estudio de Barbat-Artigas et al. (2013a), encontró una relación

significativa entre el IMMA y la FPM igualmente en los hombres, mientras en las mujeres el IMMA se asoció únicamente con la fuerza de miembros inferiores (FMDEP). Estos autores proponen que al emplearse la definición del EWGSOP en el diagnóstico de sarcopenia, debería realizarse una diferenciación en la determinación de la fuerza según el sexo (cuando se emplea el IMMA para la evaluación de la masa muscular); con preferencia de la FPM para los hombres y la fuerza de miembros inferiores para las mujeres (Barbat-Artigas, et al., 2013a).

Sin embargo, el análisis multivariado realizado en el presente estudio entre los indicadores musculares y las diferentes manifestaciones de la fuerza, después de ajustar por edad e IMC, indicó que el IMMA no se comportó de forma significativa como una variable explicativa de la FPM en los hombres; mientras en las mujeres esta asociación no fue posible determinarla, porque el modelo no cumplió con el supuesto de normalidad. Estos resultados parecer indicar, que a pesar de la importancia de la FPM en el ámbito clínico para la evaluación de la fuerza en las personas mayores, ya que su disminución se encuentra asociada con un mayor riesgo de discapacidad (den Ouden, et al., 2011), prolongadas instancias hospitalarias (Kerr, et al., 2006) e incremento de la mortalidad (R. Cooper, et al., 2010), la FPM como criterio diagnóstico para sarcopenia, parece presentar una pobre asociación con el IMMA.

No se tiene una explicación para lo discutido anteriormente. Sin embargo, el IMMA mostró una mayor asociación con otras pruebas de fuerza de miembros superiores e inferiores realizadas en el presente estudio. Entre ellas se destaca la PMEP evaluada a diferentes porcentajes de 1-RM. El análisis de regresión ajustado por edad e IMC, indicó que el IMMA explicó la variabilidad de la PMEP hasta el 60% de 1-RM en las mujeres y hasta un 70% de 1-RM en los hombres ( $p < 0.05$ ). No se encontró asociación entre el IMMA y la PMEP al 80% de 1-RM en ambos sexos, debido posiblemente a que los máximos valores de PMEP alcanzados se presentaron al 60% de 1-RM en las mujeres y entre el 60-70% de 1-RM en los hombres; resultados que son

cercanos a los reportados en la literatura, donde la potencia muscular evaluada en personas mayores a diferentes cargas de 1-RM alcanza sus mayores valores aproximadamente al 70% de la carga (Sayers, 2008; Reid & Fielding, 2012).

No se encontraron reportes que relacionen específicamente el IMMA con la potencia muscular evaluada a diferentes cargas de 1-RM. Un estudio con 142 hombres (64-92 años) encontró una correlación positiva entre el IMMA y la potencia de prensa de piernas evaluada en una máquina neumática (Keiser, AIR300 Leg Press) ( $r= 0.409$ ;  $p<0.001$ ) (Iannuzzi-Sucich, Prestwood, & Kenny, 2002). Otro estudio con 60 personas entre 55-75 años de ambos sexos, encontró que las personas con un bajo IMMA, presentaron una potencia muscular menor comparado con las personas normales (651.08 DE 41.67 W y 851.01 DE 27.35 W, respectivamente); la potencia muscular fue evaluada por medio de un test de salto (Singh et al., 2014).

La importancia de la asociación entre el IMMA y la PMP, está dada por la relación de esta última con el rendimiento funcional. La evidencia científica señala cómo el deterioro de la potencia muscular de los miembros inferiores está asociada con una pérdida mayor de la aptitud funcional, que generalmente es evaluada en los miembros inferiores con pruebas como la VM o la batería SPPB (Puthoff & Nielsen, 2007; Reid & Fielding, 2012). De esta forma, sería recomendable en la evaluación de la sarcopenia definida por el EWGSOP, cuando el IMMA es utilizado para determinar la baja masa muscular, tratar de involucrar la evaluación de la fuerza de los miembros inferiores y en especial de la potencia muscular.

Otros indicadores musculares evaluados en el presente estudio, como la MM de brazos y de piernas, se asociaron significativamente con la mayoría de las variables de fuerza muscular de miembros superiores e inferiores. La mayor asociación de la MM de brazos se presentó con la FMDCB (1-RM) en los hombres, la variabilidad en esta prueba de fuerza fue explicada en un 52.1%

( $\beta=7.627$ ;  $p<0.05$ ); mientras en la MM de piernas la asociación más sobresaliente se presentó con la FMDEP (1-RM) igualmente en los hombres, la variabilidad fue explicada en un 47.9% ( $\beta= 3.626$ ;  $p<0.05$ ) (modelos ajustados por edad e IMC). Comparado con el estudio de Beliaeff et al. (2008), realizado en 904 personas mayores de ambos sexos (67-84 años), este presentó igualmente mejores asociaciones entre los hombres, donde la MM de brazos explicó en un 14.0% la variabilidad la fuerza isométrica del curl de bíceps y la MM de piernas explicó la variabilidad de la fuerza isométrica del cuádriceps en un 40.0% (modelos ajustados por nivel de actividad física, edad, talla y grasa corporal); este estudio concluyó que la masa muscular no juega un rol crucial en la variación de la fuerza isométrica en el bienestar funcional de las personas mayores. Esta conclusión podría relacionarse igualmente con el presente estudio, porque aunque nuestros resultados mostraron una mayor explicación en la variabilidad de la fuerza, al revisar todas las asociaciones entre los indicadores de masa muscular y la fuerza de miembros superiores e inferiores realizadas, se observó que entre un 50.0% y un 80.0% de estas asociaciones no alcanzan a ser explicadas por los modelos. Esto puede estar relacionado con la presencia de otros factores no evaluados en el presente estudio, que pueden explicar más ampliamente la producción de la fuerza que la masa muscular (en términos de cantidad), tales como, la arquitectura muscular, el tipo de fibra muscular, la grasa intramuscular y la activación neuromuscular (Barbat-Artigas, et al., 2013b).

### **6.3. Aptitud funcional de miembros inferiores y su asociación con la masa muscular, la fuerza muscular y la calidad muscular**

La aptitud funcional de miembros inferiores en este estudio fue evaluada por medio de tres pruebas de la batería SFT: el 30-CST, que evalúa la fuerza de miembros inferiores; el 2-min, que valora la resistencia aeróbica; y el 8F-UG, diseñada para evaluar el equilibrio dinámico. En este apartado se analiza

## 6. DISCUSIÓN

---

la relación de estas pruebas con la masa muscular, la fuerza muscular y la CM de miembros inferiores.

Las correlaciones significativas entre el 30-CST y los indicadores musculares fueron en general escasas; se destaca la correlación encontrada con la MM de piernas en ambos sexos (Mujeres  $r = -0.209$ ,  $p < 0.01$ ; hombres  $r = -0.226$ ,  $p < 0.05$ ). Llama la atención de este resultado la dirección negativa de la relación, aparentemente indica que a una mayor MM de piernas el rendimiento en esta prueba es menor. Este resultado es contrario al reportado en otro estudio con 97 mujeres (46.6-66.6 años), el cual reportó una correlación positiva entre la MM de piernas y el 30-CST ( $r = 0.219$ ,  $p < 0.01$ ) (Shin, et al., 2014). Por su parte, otro estudio con 93 mujeres mayores (65-89 años) encontró igualmente una correlación negativa entre estas dos variables pero sin alcanzar la significancia estadística ( $r = -0.19$ ;  $p > 0.05$ ) (C. R. Straight, Brady, & Evans, 2015). Lo que se observa independiente de la dirección de las correlaciones, es que estas son relativamente bajas; lo que indica que la MM, para este caso la MM de piernas, no tuvo una mayor implicación en el rendimiento de esta prueba funcional. Inclusive, no se observaron diferencias significativas en ninguno de los indicadores de MM según los niveles de normal y bajo del 30-CST.

Por otro lado, las correlaciones entre el 30-CST con las diferentes manifestaciones de la fuerza de miembros inferiores fueron bajas y con significancia estadística solo en las mujeres, entre estas se destacan las presentadas con la FMIEP ( $r = 0.219$ ,  $p < 0.01$ ), la FMDEP ( $r = 0.278$ ,  $p < 0.01$ ) y la PMP al 50% de 1-RM ( $r = 0.205$ ,  $p < 0.01$ ). Estos resultados fueron semejantes a los reportados en un estudio con 65 mujeres (45-65 años), el cual encontró una correlación positiva entre el 30-CST con la fuerza isocinética de rodilla ( $r = 0.33$ ,  $p < 0.05$ ) y con la potencia muscular de miembros inferiores (evaluada con *Leg Extensor Power Rig*) ( $r = 0.29$ ,  $p < 0.05$ ) (Ward-Ritacco, Adrian, Johnson, Rogers, & Evans, 2014). Sin embargo, hay que señalar nuevamente que nuestros resultados no mostraron diferencias significativas en ninguna de las

pruebas de fuerza de miembros inferiores, según el desempeño normal o bajo en el 30-CST en ambos sexos.

Con respecto a la relación entre el 30-CST y la CM de miembros inferiores, todas las correlaciones fueron significativas en las mujeres, mientras en los hombres la significancia estadística fue alcanzada en la mayor parte de las correlaciones. Otros estudios igualmente mostraron correlaciones significativas entre el 30-CST y la CM, evaluada esta última principalmente con la potencia muscular de miembros inferiores (C. R. Straight, Brady, & Evans, 2014; Ward-Ritacco, et al., 2014; C. R. Straight, et al., 2015). Por otro lado, nuestros resultados mostraron que a diferencia de los indicadores musculares y de las pruebas de fuerza, las variables de CM presentaron diferencias significativas entre los niveles de normal y bajo del 30-CST, especialmente en las mujeres en la CM de FMIEP, FMDEP y la PMEP al 80% 1-RM. Lo que se explica con estos resultados, es que la masa muscular y la fuerza muscular de forma independiente no se relacionaron estrechamente con el rendimiento en el 30-CST, pero cuando fueron combinados en un índice como el de CM, la asociación con esta prueba funcional fue mejor.

El 30-CST es un prueba funcional que está relacionada con el desempeño de importantes tareas de la vida cotidiana en las personas mayores, como subir escalas, caminar, mantener el equilibrio, levantarse de una silla, salir de una bañera o de un coche (R.E. Rikli & C.J. Jones, 2013). Por esta razón, el mejoramiento en el rendimiento del 30-CST es de gran importancia para la salud de este grupo poblacional, donde las intervenciones orientadas al incremento de la CM podrían tener un efecto favorable sobre el rendimiento en esta prueba funcional. Así parece demostrarlo un estudio de intervención, en el que los cambios en la CM de miembros inferiores, derivados de un entrenamiento de fuerza de 6 semanas en mujeres mayores, se asociaron con los cambios en el 30-CST en el mismo periodo de tiempo ( $r=0.62$ ,  $p<0.001$ ) (Pinto et al., 2014).

Por otro lado, la evaluación de la resistencia aeróbica como parte de la batería SFT fue realizada con la prueba de 2-min, la cual es una alternativa de la prueba de 6-min para ser aplicada en espacios reducidos (R.E. Rikli & Jones, 2001); la literatura reporta una buena relación entre ambas pruebas (Pedrosa & Holanda, 2009). En el presente estudio ninguna de las mediciones de masa muscular se correlacionó con el 2-min, tanto en hombres como en mujeres; resultado que coincidió con los reportados en otros estudios que utilizaron la prueba de 6-min (C. R. Straight, et al., 2014; C. R. Straight, et al., 2015). Tampoco en nuestros resultados se encontraron diferencias en los indicadores musculares con respecto al desempeño normal o bajo en la prueba de 2-min. Esto podría explicarse porque aunque la masa muscular es el tejido activo que participa en el desempeño de esta prueba funcional, es la condición de obesidad la que parece tener un efecto negativo sobre el rendimiento en esta prueba. En nuestros resultados esto se presentó principalmente en las mujeres, donde las participantes con obesidad determinada por IMC, reportaron un menor desempeño en el 2-min, que las mujeres con un IMC normal (102.0 DE 21.8 pasos y 110.4 DE 14.2 pasos, respectivamente;  $p < 0.05$ ) (Datos no mostrados). Estos resultados coinciden con otro estudio en 75 mujeres mayores (69.6 DE 4.4 años), en el que se aplicó la prueba de 6-min (obesidad 432.31 DE 66.13 m, normal 472.07 DE 74.03 m;  $p < 0.01$ ) (Vilaca, et al., 2014).

Con respecto a la relación entre el 2-min y las diferentes manifestaciones de la fuerza de miembros inferiores, se encontraron correlaciones positivas con todas las pruebas de fuerza y potencia muscular en ambos sexos, con excepción de la PMEP al 70% y 80% de 1-RM en los hombres. Este resultado difiere un poco del estudio de Ward-Ritacco, et al. (2014), el cual hay que recordar fue hecho solo en mujeres mayores, ellos encontraron una buena correlación en la prueba de 6-min y la fuerza isocinética de rodilla ( $r = 0.48$ ,  $p < 0.01$ ), pero no se encontró correlación significativa con la potencia muscular. Al analizar las manifestaciones de la fuerza de acuerdo al desempeño normal o bajo en el 2-min, se encontraron diferencias en todas las pruebas de fuerza en las mujeres, pero en los hombres solo en la FMIEP y la

FMDEP. Esto puede relacionarse con el estudio de Vilaca et al. (2013), que al tomar la prueba de 6-min en terciles, encontró que las mujeres del tercil más alto presentaron mejores valores de FMDEP y FPM con respecto al tercil más bajo ( $p < 0.01$ ). Que la fuerza muscular tenga una mayor relación con la prueba de 2-min con respecto a la potencia, se explica por el carácter de esta prueba funcional, en la que se requiere más una fuerza resistencia que un componente de potencia de corta duración.

Por otro lado, las diferentes mediciones de CM de los miembros inferiores se correlacionaron positivamente con el 2-min en ambos sexos, con excepción de la CM de la PMP al 80% de 1-RM ( $p < 0.05$ ). Se observa nuevamente cómo la CM, presenta una buena relación con otra prueba funcional de miembros inferiores, contrariamente a lo presentado con la masa muscular únicamente. Estos resultados son consistentes con otros estudios que igualmente calcularon la CM con la fuerza y la potencia muscular de miembros inferiores, combinada con la masa muscular de piernas y la relacionaron con el rendimiento de la prueba de 6-min (Vilaca, et al., 2013; C. R. Straight, et al., 2014; Ward-Ritacco, et al., 2014; C. R. Straight, et al., 2015).

Con relación al 8F-UG, prueba funcional empleada en el presente estudio para el diagnóstico de sarcopenia de acuerdo a la definición del EWGSOP, ninguno de los indicadores musculares se correlacionó con este test funcional. Este resultado es consistente con otros estudios que compararon el 8F-UG con la MM total y de miembros inferiores, donde tampoco se encontraron correlaciones significativas entre estas variables (C. R. Straight, et al., 2014; C. R. Straight, et al., 2015). Específicamente entre el IMMA y el 8F-UG no se encontraron correlaciones significativas en ambos sexos; comparado con otro estudio que correlacionó el IMMA con la VM, tampoco se encontraron correlaciones significativas en ningún sexo (Merriwether, et al., 2012).

Sin embargo, cuando se analizó las diferencias en los indicadores musculares según el 8F-UG, se encontró que los hombres con un bajo

desempeño en esta prueba funcional, presentaron valores inferiores en la MM de piernas y en el IMMA ( $p < 0.05$ ). Con respecto a la primera, otros estudios igualmente reportaron que un bajo desempeño funcional, calculado con el puntaje total de la SPPB, se asoció con una menor masa muscular en los miembros inferiores de personas mayores de ambos sexos (Reid, et al., 2008; Buford, et al., 2012). Por lo anterior, y aunque nuestros resultados en general presentaron una modesta relación entre los indicadores musculares y el rendimiento funcional en el 8F-UG, es posible que la MM específicamente de miembros inferiores sostenga una mayor relación con esta prueba funcional.

Por otro lado, cabe destacar las correlaciones presentadas entre las diferentes manifestaciones de la fuerza de miembros inferiores y el 8F-UG. Con excepción de la PMP al 80% de 1-RM en los hombres, se observó que las demás pruebas de fuerza y de potencia se correlacionaron negativamente con el 8F-UG en ambos sexos ( $p < 0.01$ ). Otro estudio encontró un comportamiento similar, donde una mayor fuerza y potencia muscular de miembros inferiores representó un menor tiempo de ejecución en esta prueba funcional (Ward-Ritacco, et al., 2014). El 8F-UG es una importante prueba para evaluar el desempeño funcional en las personas mayores por su relación con actividades de la vida cotidiana, que requieren rapidez de ejecución como tomar el bus, atender algo en la cocina, ir al baño o responder el teléfono (R.E. Rikli & C.J. Jones, 2013). A su vez, que la pérdida de funcionalidad en esta prueba se encuentra asociada con un incremento en el riesgo de caídas en las personas mayores (Toraman & Yildirim, 2010; Beauchet et al., 2011). De esta forma, el mantenimiento y mejoramiento de la fuerza muscular y en especial de la potencia muscular, debe ser uno de los objetivos claves a desarrollar en los programas de intervención, para la conservación de la salud funcional de las personas mayores. La evidencia científica da cuenta del efecto positivo sobre incremento de la aptitud funcional, derivada del entrenamiento de fuerza y potencia muscular en este grupo poblacional (Steib, et al., 2010; Tschopp, et al., 2011).

Finalmente, nuestros resultados también indicaron una buena relación entre el 8F-UG con la CM de miembros inferiores. Las correlaciones encontradas fueron significativas e inclusive un poco más altas que las halladas con la fuerza muscular, con excepción de la CM de PMEP al 80% de 1-RM en los hombres. Nuevamente la CM, presentó una buena relación con otra prueba funcional de miembros inferiores, contrario a lo reportado con la masa muscular únicamente. Estos resultados coinciden con otros estudios que igualmente calcularon la CM con la fuerza y la potencia muscular de miembros inferiores en ambos sexos, donde un incremento en la CM representó un menor tiempo de ejecución en el 8F-UG (Vilaca, et al., 2013; C. R. Straight, et al., 2014; Ward-Ritacco, et al., 2014; C. R. Straight, et al., 2015). De esta forma, el mejoramiento de la CM de miembros inferiores puede tener un efecto positivo sobre el rendimiento en el 8F-UG; que como se mencionó anteriormente, es una prueba que se encuentra asociada con un adecuado desempeño en ciertas actividades de la vida cotidiana por parte de las personas mayores. La evidencia científica señala que el entrenamiento de fuerza propicia un incremento de la CM, que igualmente se relaciona con cambios favorables en el 8F-UG ( $r = -0.71$ ,  $p < 0.001$ ) (Pinto, et al., 2014).

En general, nuestros resultados señalaron que el desempeño funcional de miembros inferiores se relacionó principalmente con las manifestaciones de la fuerza (isométrica, dinámica y potencia) y con la CM, mientras con la masa muscular se presentó una relación discreta con las pruebas funcionales evaluadas. Cabe destacar la importancia que la CM está alcanzando actualmente como un indicador del desempeño funcional que se refleja en estos resultados y que es señalado además por diversos autores (Barbat-Artigas, et al., 2012b; Barbat-Artigas, et al., 2013b; Chad R. Straight, et al., 2013). Uno de estos estudios con 1219 mujeres mayores (80 DE 4 años), encontró que una adecuada CM se asoció con un menor riesgo de deterioro funcional de miembros inferiores independiente de la masa muscular; al observar que las mujeres con masa muscular baja, pero con CM alta presentaron menor riesgo de deterioro funcional, que aquellas con masa

muscular alta y CM baja (Barbat-Artigas, et al., 2013b). Sin embargo, estos hallazgos son obtenidos de estudios transversales, con las limitaciones ya conocidas de estos diseños; se requiere entonces más estudios que evalúen el efecto de los cambios en la masa muscular, la fuerza muscular y su combinación (la CM), sobre el rendimiento funcional en las personas mayores.

### **6.4. Aptitud funcional de miembros superiores y su asociación con la masa muscular, la fuerza muscular y la calidad muscular**

Para la evaluación de la aptitud funcional de miembros superiores se empleó el ACT, prueba que evalúa la fuerza de brazos y hace parte de la batería SFT. Se reconoce como una prueba de fácil utilización en el campo y cuenta con estudios de normalización en diferentes países como Portugal y España (Pedrero-Chamizo, et al., 2012; Gouveia, et al., 2013). Para nuestro conocimiento este es el primer estudio que analiza simultáneamente la relación entre el ACT con diferentes indicadores musculares, otras evaluaciones de fuerza y CM de miembros superiores.

Las correlaciones encontradas entre el ACT y los indicadores musculares fueron bajas y con significancia estadística únicamente en las mujeres, con excepción del IMMA. A su vez, el presentar un rendimiento bajo en el ACT no mostró diferencias significativas en ninguno de los indicadores musculares con respecto a las personas de rendimiento normal en ambos sexos. Estos resultados son similares a los presentados con la evaluación funcional de los miembros inferiores, lo que nuevamente señalan que no es la cantidad de músculo la principal responsable del desempeño funcional en las personas mayores. No se encontró en la literatura actual otros reportes que estudiaran esta misma relación.

Por otro lado, el ACT se correlacionó positivamente con todas las pruebas de fuerza de miembros superiores en ambos sexos ( $p < 0.01$ ). Estos resultados coinciden con el propio estudio de validación de la prueba, la cual se correlacionó positivamente con diferentes ejercicios de fuerza sobre los que se estimó una 1-RM (bíceps bilateral, press de pecho y fuerza de espalda) (R. E. Rikli & Jones, 1999a). A su vez, en el presente estudio se encontró que las personas que presentaron un bajo desempeño en el ACT, reportaron valores significativamente más bajos en las pruebas de fuerza de miembros superiores, con excepción de la FMDCB y la FPM en los hombres. Lo anterior parece indicar, que el ACT puede ser buen un indicador de la fuerza muscular de los miembros superiores y su importancia para la evaluación funcional en las personas mayores está dada por su relación con el desempeño de actividades en el hogar y otras que involucran levantar pesos y llevar cosas (comestibles, maletas y nietos) (R.E. Rikli & C.J. Jones, 2013). Sin embargo, el efecto que puede tener el bajo rendimiento en el ACT sobre el desempeño de las actividades de la vida diaria, requiere de más estudios que lo soporten.

Además, hay un punto que parece estar en discusión y es sobre el tipo de fuerza que evalúa este test, pues al tratarse de una prueba que consiste en realizar el mayor número de repeticiones en 30 segundos, esta podría estar más relacionada con una evaluación de la resistencia a la fuerza, que con la fuerza máxima. Un estudio con 48 mujeres mayores (72.04 DE 6.28 años), encontró que el ACT se correlacionó con un test de resistencia isocinético y otro de resistencia general, pero presentó una correlación baja y no significativa con la fuerza máxima isocinética; con estos resultados los autores señalan que el ACT representa más la resistencia a la fuerza, que una estimación de la fuerza máxima (Dunsky, Ayalon, & Netz, 2011). Sin embargo, nuestros resultados y de otros estudios mostraron una buena relación entre el ACT y la fuerza máxima tanto isométrica como dinámica (R. E. Rikli & Jones, 1999a; R.E. Rikli & C.J. Jones, 2013).

Finalmente, en el presente estudio las diferentes mediciones de CM de miembros superiores se correlacionaron de forma significativa con el ACT, con excepción de la CM de la FPM en las mujeres. A su vez, las personas con un bajo desempeño en esta prueba funcional reportaron una menor CM de todas las pruebas de fuerza de miembros superiores en las mujeres y en la CM de la FMICB en los hombres. Se observa nuevamente cómo la fuerza muscular combinada con la masa muscular, presenta una mejor relación con el desempeño funcional que la masa muscular únicamente. No se encontraron estudios con los que se puedan comparar nuestros resultados; más aún, si se considera que la mayoría de los estudios reportados, que analizaron la relación entre la CM y funcionalidad, se centraron sobre los miembros inferiores.

### **6.5. Asociación de la DMO con la masa muscular, la fuerza muscular, la aptitud funcional y la calidad muscular**

La pérdida de la DMO tiene importantes implicaciones sobre la salud de las personas mayores. Múltiples factores fisiológicos, ambientales y del estilo de vida se encuentran relacionados con su disminución, tales como una adecuada nutrición, mantenimiento del peso corporal, cambios hormonales y la actividad física. En este apartado se analiza la asociación de la DMO con la masa muscular, la fuerza muscular, la aptitud funcional y la CM, a partir de los resultados obtenidos.

En el presente estudio se encontró que la DMOCF se correlacionó de forma positiva con la MMT, la MM de brazos, la MM de piernas, la MM de muslo y la MMA en ambos sexos ( $r= 0.217-0.349$ ,  $p<0.01$ ). Estos resultados coinciden con los presentados en un meta-análisis con 44 estudios, donde la correlación total (o tamaño total del efecto) entre la MM y la DMOCF fue de 0.38 (IC95% 0.33– 0.42) para las mujeres y de 0.43 (IC95% 0.27– 0.60) en los hombres (Ho-Pham, et al., 2014). Con respecto a las correlaciones entre la

DMOCL y los diferentes indicadores musculares, estas fueron significativas únicamente en las mujeres del presente estudio ( $r= 0.198-0.286$ ,  $p<0.01$ ) y fueron un poco más bajas que la correlación total encontrada en el meta-análisis previamente mencionado  $0.33$  (IC95%  $0.29-0.37$ ) (Ho-Pham, et al., 2014).

Por su parte, el IMMA como importante criterio para definir la baja masa muscular en el diagnóstico de sarcopenia, presentó una correlación discreta con la DMOCF y la DMOCL, con significancia estadística solo en las mujeres en ambos sitios ( $r= 0.165$ ,  $p<0.05$  y  $r= 0.200$ ,  $p<0.01$ ; respectivamente). Este resultado es contrario al presentado en un estudio con 1119 personas mayores de 50 años de una región de Italia, donde la correlación del IMMA con la DMOCF y la DMOCL fue significativa únicamente en los hombres ( $r= 0.18$ ,  $p=0.03$  y  $r= 0.17$ ,  $p=0.03$ ; respectivamente) (Gonnelli et al., 2014). A su vez, otro estudio con 282 personas mayores de 60 años de ambos sexos (Viena-Austria), encontró igualmente una correlación significativa entre la DMOCF y el IMMA solamente en los hombres ( $r=0.32$ ;  $<0.001$ ) (Kirchengast & Huber, 2012). Para estos dos estudios previamente referenciados, la relación entre el IMMA y la DMO se presenta mejor en los hombres, mientras en las mujeres la DMO se asocia mejor con la masa grasa total. Sin embargo, en las mujeres de nuestro estudio el IMMA se correlacionó significativamente con la DMO de ambos sitios, así como la masa grasa total se correlacionó con la DMOCF ( $r= 0.315$ ,  $p<0.01$ ) y la DMOCL ( $r=0.326$ ;  $p<0.01$ ) (datos no mostrados); mientras en los hombres no se encontraron correlaciones significativas entre el IMMA y la DMO, y la masa grasa total se correlacionó solo con la DMOCF ( $r=0.284$ ,  $p=0.01$ ; datos no mostrados). Por su parte, otro estudio realizado en Corea en 2479 personas mayores, con una edad promedio de 71.9 años en los hombres y de 74.2 años en las mujeres, reportó correlaciones positivas significativas entre IMMA con la DMOCF y la DMOCL en ambos sexos (S. Kim, et al., 2014).

En resumen, nuestro estudio indicó una relación positiva entre la masa muscular y la DMO (CF y CL), con mayores correlaciones significativas para las

mujeres en ambos sitios. Sin embargo, las diferencias en la masa muscular de acuerdo a la OPCF se presentaron mejor en los hombres, mientras en las mujeres estas se dieron en la OPCL. Esto último, probablemente se debió a que las mujeres presentaron una OPCL dos veces mayor con respecto a los hombres, mientras la OPCF encontrada en ambos sexos no reveló diferencias significativas.

Esta relación entre masa muscular y la DMO de acuerdo al sexo esta modulada por factores especialmente de tipo hormonal. En los hombres, la masa ósea y muscular son controladas positivamente por los niveles de testosterona que produce un aumento de la masa muscular y la fuerza, mientras que en las mujeres, los niveles de estrógenos en la masa ósea tienden a aumentar más rápidamente en relación con el músculo (Zofkova, 2008; S. Kim, et al., 2014). La disminución con la edad de ambas hormonas tienen un efecto negativo sobre la salud ósea, que suele afectar en mayor medida a las mujeres. De esta forma, es esencial trabajar sobre el mejoramiento y mantenimiento de la masa muscular en las personas mayores en los programas de salud, que se relaciona no solo con beneficios sobre la función muscular, sino también en la prevención de la osteoporosis.

Con respecto a la relación entre la DMO y la fuerza muscular de miembros superiores, se destacan en el presente estudio las correlaciones positivas encontradas entre la DMOCF con la FMDCB en ambos sexos (mujeres,  $r= 0.171$ ,  $p<0.05$ ; hombres,  $r= 0.351$ ,  $p<0.01$ ) y con la FPM en los hombres ( $r= 0.241$ ,  $p<0.05$ ). A su vez, nuestros resultados mostraron que las mujeres con diagnóstico de OPCF, presentaron valores inferiores en la FMDCB comparadas con las personas de diagnóstico normal; como también, las mujeres con OPCL reportaron valores inferiores en la FMDCB y en la FPM. En definitiva lo que en estos hallazgos indican, es que la fuerza determinada en los miembros superiores parece relacionarse con la DMO y con la frecuencia de osteoporosis encontrada especialmente en las mujeres.

Con referencia la FPM, que es la prueba principalmente utilizada para evaluar la baja fuerza muscular en el diagnóstico de sarcopenia de acuerdo a la definición del EWGSOP, otros estudios igualmente reportaron una asociación significativa entre esta prueba de fuerza y la DMO en las mujeres (Dixon, et al., 2005; Marín, et al., 2010; Rikkonen, et al., 2012; Sjoblom, et al., 2013). La asociación entre la FPM y la osteoporosis tiene importancia porque esta prueba se asocia igualmente con un mayor riesgo de fracturas clínicas (Sjoblom, et al., 2013); inclusive se reporta que tiene un poder predictivo similar a la DMOCF (Cheung, et al., 2012).

Con respecto a relación entre la fuerza de miembros inferiores y la DMO, se destacan en el presente estudio, las correlaciones positivas encontradas entre la DMOCF con la PMEP evaluada al 40%, 50% y 70% de 1-RM en los hombres ( $p < 0.05$ ). Aunque no se encontraron estudios que evaluaran la potencia con el mismo dispositivo para ser comparada con la DMO, nuestros resultados coinciden con un estudio en 153 hombres no mayores (31-60 años de edad), que evaluó la potencia de extensión piernas con un “*Nottingham Leg Extensor Power Rig*”, donde los valores de potencia se asociaron significativamente con la DMO de cadera ( $R^2 = 0.1074$ ,  $p < 0.001$ ); este estudio también encontró una asociación con la DMOCL ( $R^2 = 0.0436$ ,  $p < 0.01$ ), que para el presente estudio no fue significativa en ambos sexos (Schwarz, et al., 2014). Por el contrario, un estudio con 1117 hombres ( $\geq 65$  años) que evaluó la potencia de extensión de piernas con el mismo dispositivo del estudio anterior, no encontró diferencias en la DMOCF con respecto a la potencia muscular clasificada en cuartiles (Cousins, et al., 2010).

Estos resultados adquieren importancia al considerar que la potencia muscular en las personas mayores presenta una tasa mayor de pérdida relacionada con la edad con respecto a la fuerza (Aagaard, et al., 2010); de esta forma, el mejoramiento y mantenimiento de la potencia muscular se convierte de vital importancia para contrarrestar la pérdida de la DMO. Esta relación positiva entre la potencia muscular y la DMO se reporta también en

estudios experimentales, que aunque fueron desarrollados principalmente en mujeres postmenopáusicas, muestran un beneficio de los entrenamientos de potencia o de alta intensidad sobre la salud ósea, inclusive mayor a los entrenamientos de fuerza tradicionales (Martyn-St James & Carroll, 2006; von Stengel, Kemmler, Kalender, Engelke, & Lauber, 2007; Gray, et al., 2013). Esto se debe al parecer, porque el entrenamiento de potencia es más efectivo en el estímulo de los mecanismos sensitivos de las células óseas y en inducir la readaptación del hueso (von Stengel, et al., 2007).

Frente al diagnóstico de osteoporosis y el rendimiento en las pruebas de fuerza de miembros inferiores, la única diferencia se presentó en las mujeres con OPCF, quienes mostraron valores más bajos en la FMIEP respecto a las de diagnóstico normal. Este resultado es similar al presentado en un estudio con mujeres postmenopáusicas, donde las mujeres con OPCF reportaron igualmente valores más bajos en la FMIEP ( $p < 0.05$ ) (Rikkonen, et al., 2012). Este hallazgo tiene importancia, por el hecho de que personas con OPCF y que simultáneamente tienen disminuida su fuerza de miembros inferiores, se exponen a un mayor riesgo de fracturas. Esta disminución de la fuerza podría ser de mayor riesgo inclusive que la disminución de la masa muscular con respecto al riesgo de osteoporosis. Esto puede ser explicado por el hecho de que una gran proporción de unidades motoras son afectadas por el envejecimiento lo que conduciría a la pérdida de la masa muscular; además esta reducción en el número de unidades motoras ocurre junto al recambio, generado con el envejecimiento, de las fibras musculares hacia lentas tipo I, con un impacto negativo sobre la generación de la fuerza muscular (WHO, 1994). De esta forma, inclusive las personas delgadas con capacidad de producir contracciones musculares fuertes, pueden lograr un efecto biomecánico sobre los huesos que ayuda a mantener la DMO, compensando un bajo IMC o muscular (Rikkonen, et al., 2012).

En este estudio ninguna de las pruebas funcionales evaluadas derivadas de la batería SFT, se correlacionó con la DMO en ambos sexos. A su vez,

quienes presentaron OPCF u OPCL no mostraron un menor desempeño en estas pruebas, respecto a las personas clasificadas como normales. Estos resultados coinciden con otro estudio que aplicó las mismas pruebas funcionales en personas mayores portuguesas de ambos sexos (60-79 años), donde a pesar de encontrar algunas correlaciones bajas entre la DMO y la aptitud funcional, después de ajustar por algunas variables confusoras la contribución de la aptitud funcional a la explicación de la DMO no tuvo un efecto importante (Gouveia, et al., 2012). Otros estudios tampoco encontraron una asociación significativa entre la DMO y la valoración de la aptitud funcional (Marín, et al., 2010; Shin, et al., 2014). Estos reportes coinciden en señalar que otras variables tienen una mayor asociación con la DMO, en especial las de composición corporal, como son los altos valores de masa grasa y los bajos niveles de masa muscular.

Por el contrario, otros estudios indicaron que pruebas como el CST, la VM y el equilibrio en una pierna, se asociaron significativamente con la DMO de múltiples sitios (CF, triangulo de Ward, trocánter, eje femoral, cadera total y cuerpo total) (Taaffe, et al., 2003; Lindsey, et al., 2005). Pero a pesar de que nuestros resultados no mostraron una relación estadísticamente significativa entre la aptitud funcional y la DMO, desde el punto de vista de la clínica, debe considerarse que un bajo desempeño funcional está asociado con un mayor riesgo de caídas, que a su vez conlleva a un mayor riesgo de fracturas (Toraman & Yildirim, 2010; Bahat et al., 2013); así como una baja DMO se relaciona igualmente con un riesgo alto de fracturas (Burge, et al., 2007; Bukata, et al., 2011). De esta forma, un mejoramiento de la aptitud funcional en las personas mayores, en especial de los miembros inferiores, además de tener un efecto preventivo sobre el deterioro funcional, puede igualmente asociarse con una mejor salud ósea.

Con respecto a la relación entre la CM de miembros superiores e inferiores y la DMO, las correlaciones entre estas variables fueron escasas; se destaca la encontrada entre la DMOCF y la CM de la FMDCB ( $r=0.27$ ;  $p<0.05$ ).

## 6. DISCUSIÓN

---

A su vez, en el presente estudio no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las mediciones de la CM, de acuerdo al diagnóstico de OPCF u OPCL. Comparado con un estudio piloto en 24 mujeres postmenopáusicas, la CM (masa muscular calculada por BIA/FPM) se correlacionó significativamente con la DMO de cuerpo total ( $r=0.64$ ,  $p=0.001$ ) y cadera ( $r=0.68$ ,  $p<0.001$ ), pero no con la DMOCL ( $r=0.29$ ,  $p=0.17$ ); además, las mujeres con una baja CM ( $<1.53$ ) reportaron una DMO significativamente más baja en cuerpo total y cadera, que las mujeres con una buena CM ( $p=0.001$ ) (Barbat-Artigas, et al., 2012a). Así como la masa muscular y la fuerza están relacionadas con un mantenimiento de la DMO, la CM parece mostrar una relación igualmente positiva con la DMO, aunque nuestros resultados no fueron muy favorables hacia esta relación. En este estudio se calcularon diferentes índices de CM, inclusive con la potencia muscular de miembros inferiores evaluada a diferentes cargas de 1-RM, pero no se presentaron asociaciones estadísticamente significativas con la DMO.

Sin embargo, la relación entre la DMO y la CM adquiere importancia desde el ámbito clínico de acuerdo a lo planteado por W.L. Hsu, Chen, Tsauo, & Yang (2014), estos autores señalan que existe una creciente evidencia de que la CM y una buena alineación postural son cruciales para un control del equilibrio en las personas mayores; mientras que, las personas con osteoporosis frecuentemente presentan debilidad muscular y un pobre control del equilibrio que conlleva a caídas. Por lo tanto, mejorar la CM, disminuir la debilidad muscular y corregir la alineación postural son elementos esenciales para la prevención de caídas y fracturas en las personas mayores con osteoporosis. De todas formas, los estudios que abordan la relación entre la DMO y la CM son aun escasos, por lo cual se requiere una mayor investigación en este campo.

Cuando se evaluó el riesgo de osteoporosis de acuerdo a los criterios diagnósticos de sarcopenia, nuestros resultados mostraron en el análisis individual no ajustado, que tanto el IMMA como la FPM se comportaron como

factores protectores para la OPCL en las mujeres. Sin embargo, al ajustar los modelos por edad e IMC, solo la FPM permaneció asociada con la reducción del riesgo de OPCL. Contrastado con un estudio en mujeres postmenopáusicas, que evaluó el riesgo de OPCF comparando el cuartil más bajo con el más alto de cada criterio, encontró que todos los criterios de sarcopenia se comportaron como un factor de riesgo (IMMA, FPM y VM), donde la mayor asociación se dio igualmente con la FPM (OR: 10.7, IC 95% 2.3–50.3) (modelo ajustado por edad, IMC, terapia hormonal, consumo de alcohol y cigarrillos) (Sjoblom, et al., 2013).

Estos resultados destacan nuevamente el papel positivo de la fuerza muscular en la conservación de la salud ósea. Y aunque este trabajo presenta las limitaciones de un estudio transversal, nuestros resultados sugieren que una intervención orientada a mejorar la masa muscular y la fuerza muscular (en especial esta última), podría tener un efecto positivo sobre la DMO. Intervenciones con ejercicios de fuerza y de impacto moderado, demuestran su efectividad para la prevención de la osteoporosis, mejor que intervenciones como que el caminar o mixtas, que tienen una menor carga gravitacional (Gómez-Cabello, et al., 2012; Marques, et al., 2012).

Finalmente, se considera pertinente plantar las principales limitaciones identificadas en el presente estudio y que deben ser tenidas en cuenta para la comprensión de los resultados. Primero, la muestra fue conformada por personas que decidieron participar voluntariamente en el estudio, que a su vez contaban con un cierto nivel de autonomía e independencia por su participación en instituciones recreativas y de formación académica; de esta forma, los resultados son relevantes únicamente para el grupo estudiado; lo que imposibilita la extrapolación de los resultados a la población mayor de León. Segundo, por el mismo carácter de participación voluntaria del estudio, la muestra termino conformada principalmente por mujeres (67.8%), aspecto que posiblemente afecto los resultados obtenidos, aunque estos fueron analizados por cada sexo, el bajo número de hombres en el estudio pudo haber tenido

## 6. DISCUSIÓN

---

alguna implicación sobre las diferencias encontradas. Tercero, por ser un estudio de tipo transversal se hace imposible determinar la naturaleza de las asociaciones observadas, por lo que no se debe considerar nexos de causalidad entre las mismas. Y cuarto, en el estudio no se evaluaron variables relacionadas con enfermedades previas, consumo de cigarrillos, ingesta de alcohol, nivel de actividad física, medicación y aspectos nutricionales, las cuales podrían explicar más ampliamente los resultados obtenidos sobre sarcopenia y osteoporosis.





## 7. CONCLUSIONES

---



---

## 7. CONCLUSIONES

En la población mayor estudiada en el presente trabajo y a la vista de nuestros resultados, podemos concluir que:

1. La frecuencia de sarcopenia empleando los recientes criterios diagnósticos del EWGSOP es en general menor, comparada con los estudios publicados en poblaciones de características similares
2. La zona anatómica empleada para el diagnóstico de osteoporosis influye sólo en las mujeres sobre la incidencia estimada de la misma, siendo claramente mayor si se determina la densidad mineral ósea en la columna lumbar que en el cuello femoral.
3. A pesar de que el índice de masa magra apendicular y la fuerza de prensión manual son criterios diagnósticos del EWGSOP, estos no se relacionan entre sí; por el contrario, el índice de masa magra apendicular guarda una importante relación con otras manifestaciones de la fuerza, especialmente con la potencia media de extensión piernas.
4. El rendimiento de la aptitud física manifestada con las extremidades inferiores, no se correlaciona con la masa muscular, pero sí lo hace positivamente con las diferentes manifestaciones de la fuerza de dichas extremidades. Esta relación es aún mayor con la calidad muscular de dichas extremidades tanto en hombres como en mujeres.
5. El rendimiento de la aptitud física con las extremidades superiores, se relaciona en las mujeres con la masa muscular de los mismos y en ambos sexos con las manifestaciones de la fuerza y con la calidad muscular de los mismos.

## 7. CONCLUSIONES

---

6. La densidad mineral ósea determinada en el cuello del fémur, se correlaciona positivamente, tanto en varones como en mujeres, con la masa muscular. No así, la fuerza presenta una menor consistencia en su correlación con la densidad mineral ósea, aunque en los varones es más alta que en las mujeres.
7. La densidad mineral ósea de la columna, no se correlaciona ni con la calidad muscular, ni con el nivel de aptitud física, ni con la fuerza; y sólo en las mujeres se correlaciona, y positivamente, con la masa muscular.
8. De los criterios diagnósticos del EWGSOP, en los varones, ni la masa muscular, ni la fuerza, ni la aptitud física, nos sirven para cuantificar el riesgo de osteoporosis de cuello del fémur o de columna. Sin embargo en las mujeres y sólo para la columna, mayores niveles de fuerza de prensión manual disminuyen el riesgo de osteoporosis.





# **ENGLISH SUMMARY**

---



**UNIVERSITY OF LEON**  
**DEPARTMENT OF BIOMEDICAL SCIENCES**  
**DOCTORADE IN SCIENCE OF PHYSICAL ACTIVITY AND SPORT**



**RELATIONSHIP BETWEEN MUSCLE MASS, BONE MINERAL DENSITY,  
MUSCLE STRENGTH, FUNCTIONAL FITNESS AND MUSCLE QUALITY IN  
OLDER PEOPLE**

FREDY ALONSO PATIÑO VILLADA

**Thesis Director:**

JOSÉ ANTONIO DE PAZ FERNÁNDEZ

**LEON-SPAIN, 2015**



## **ABBREVIATIONS**

1-RM: one repetition maximum

2-min: 2-minute step test

30-CST: chair stand test

8F-UG: 8-foot up-and-go tes

ACT: arm curl test

ALM: appendicular lean mass

ALMI: appendicular lean mass index

BIA: bioelectrical impedance analysis

BMD: bone mineral density

BMI: body mass index

DMS: dynamic maximum strength

DMSBC: dynamic maximum strength of biceps curl

DMSLE: dynamic maximum strength of leg extension

DXA: Dual energy X-ray absorptiometry

EWGSOP: European Working Group on Sarcopenia in Older People

FN: femur neck

FNBMD: femur neck BMD

HGS: hand grip strength

IMS: isometric maximum strength

IMSBC: isometric maximum strength of biceps curl

IMSLE: isometric maximum strength of leg extension

LM: lean mass

LSBMD: lumbar spine BMD

MLEP: mean leg extension power

Kgf: kilogram-force

MQ: muscle quality

OPFN: osteoporosis of femur neck

OPLS: osteoporosis of lumbar spine

SD: standard deviation

SFT: Senior Fitness Test

WHO: World Health Organization



---

## 1. INTRODUCTION

One of the issues of greatest concern in developed countries is related to the demographic transition that has led to a substantial increase in the elderly population in these countries. In Spain over the period 1991-2010, the number of older people increased from 11.6% to 14.5% in men and 15.9% to 19.0% in women. But the largest increase was found in women over 80 years: during this same period it increased from 3.8% to 6.1% (INE, 2010). This increase in longevity is not necessarily accompanied by an increase in quality of life. The aging process is usually followed by an overall loss of health due to an increased risk of developing chronic diseases, including cardiovascular diseases, diabetes, cancer, chronic respiratory diseases or disorders related to muscle skeletal system such as sarcopenia and osteoporosis (WHO, 2011).

As part of the aging process, older people face a progressive decrease in bone mineral density (BMD), muscle mass, muscle strength, muscle quality (MQ) and functional fitness. But when this reduction reaches pathological levels the risk of falls, fractures and disabilities may increase in the elderly. It is also related to higher health-care spending.

Age-related loss of muscle mass, traditionally known as sarcopenia, has been associated with multiple health problems that limit the functional performance in older people with a subsequent loss of independence (Serra, 2006). Nowadays, sarcopenia is considered a new geriatric syndrome with an increasing interest in the clinical setting. So, the search for an operational definition for covering different ethnic groups and easy application is still in development.

In 2009, the European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) proposed a new definition of sarcopenia: "the loss of muscle mass that must be accompanied by a decrease in muscle strength or functional

fitness” (Cruz-Jentoft et al., 2010). The argument is that defining sarcopenia in terms of muscle mass alone is an insufficient concept and has limited clinical value. Since its publication different studies have been developed in different community settings and nursing homes with a wide variety of results, possibly due to the multiple availability of tools to evaluate its components (Cruz-Jentoft et al., 2014).

According to the definition of sarcopenia proposed by the EWGSOP, it is important to identify the relationship between muscle mass and strength. It is known that the age-related loss of both do not occur in a linear fashion and after the age of 70, muscle strength loss is 10% higher relative to the muscle mass for each decade. (Hughes et al., 2001; Goodpaster et al., 2006). In addition, muscle mass tends to have a lower association with low functional performance in the elderly when it is compared with muscle strength or the MQ (muscle strength / muscle mass) (Manini & Clark, 2012; Barbat-Artigas, Rolland, Vellas, & Aubertin-Leheudre, 2013b).

The appendicular lean mass index (ALMI) and hand grip strength (HGS) are two of the diagnostic criteria more often used to determine the low muscle mass and loss of muscle strength in the definition of sarcopenia. However, it is reported that the relationship between these two criteria can be influenced by gender with better results in the men, while the ALMI appears to be linked to the strength of lower limbs in women (Barbat-Artigas, Plouffe, Pion, & Aubertin-Leheudre, 2013a). Furthermore, the association between ALMI with other strength tests of upper and lower limbs involving different types of manifestations as the isometric maximum strength (IMS), the dynamic maximum strength (DMS) or muscle power remains understudied.

Undoubtedly, osteoporosis is a pathological condition that has a major impact on the population. In 2010 only in Spain the prevalence of osteoporosis defined in the femur neck (FN) in people over 50 years old was 15.4%, being higher in women than in men (22.6% and 6.8% respectively) (Svedbom et al.,

2013). Those with osteoporosis have a higher risk of developing fragility fractures, which affects more women than men; in addition, osteoporosis has a high health-care cost and after recovery most people do not reach their pre-injury functional level and evidence a 30% loss in their independence (Bukata et al., 2011).

Sarcopenia and osteoporosis appear to have common risk factors such as hormonal changes, physical activity levels, nutritional aspects and genetics (Kaji, 2014). Physiologically, muscle contractions induce tension in the bone, which, in turn, activates bone remodeling through osteocyte mechanoreceptors; bioactive molecules produced from muscle can contribute to homeostatic regulation of bone (Moon, 2014).

Previous studies have investigated the association between osteoporosis and sarcopenia. Most of them focused on describing the relationship between BMD and muscle mass with results that indicate the existence of a positive relationship between these two components of body composition (Blain et al., 2010; Di Monaco, Vallero, Di Monaco, & Source, 2011; Frisoli, Chaves, Ingham, & Fried, 2011; Go, Cha, Lee, & Park, 2013; S. Kim, Won, Kim, Choi, & Moon, 2014). Other studies have also evaluated the relationship between BMD with muscle strength and functional fitness; the more favorable results have been found with muscle strength (Dixon et al., 2005; Marín, Pedrosa, Moreira-Pfrimer, Matsudo, & Lazaretti-Castro, 2010; Rikkonen et al., 2012; Gouveia et al., 2013; Ahedi et al., 2014). However, there are few studies that simultaneously describe the relationship between osteoporosis and sarcopenia diagnostic criteria defined by the EWGSOP (Sjogblom et al., 2013; Verschueren et al., 2013).

## 2. OBJECTIVES

### General

The aim of this study was to determine the frequency of sarcopenia and osteoporosis in a group of older people from León, Spain. In addition, the purpose was to analyze the relationship between muscle mass, bone mineral density, muscle strength, functional ability and muscle quality.

### Specific

1. To describe the frequency of sarcopenia according to the diagnostic criteria of EWGSOP.
2. To determine the frequency of osteoporosis according to studied anatomical place (femur neck and lumbar spine).

To examine the relationship in both genders and upper and lower extremities between:

3. Indicators of muscle mass and strength manifestations (isometric, dynamic and mean leg extension power).
4. Functional fitness with muscle mass, strength manifestations and muscle quality.
5. The BMD in the femur neck and lumbar spine with muscle mass, strength manifestations, functional fitness and muscle quality.

Finally:

6. To analyze the osteoporosis risk in both the femur neck and lumbar spine according to diagnostic criteria of sarcopenia defined by EWGSOP.

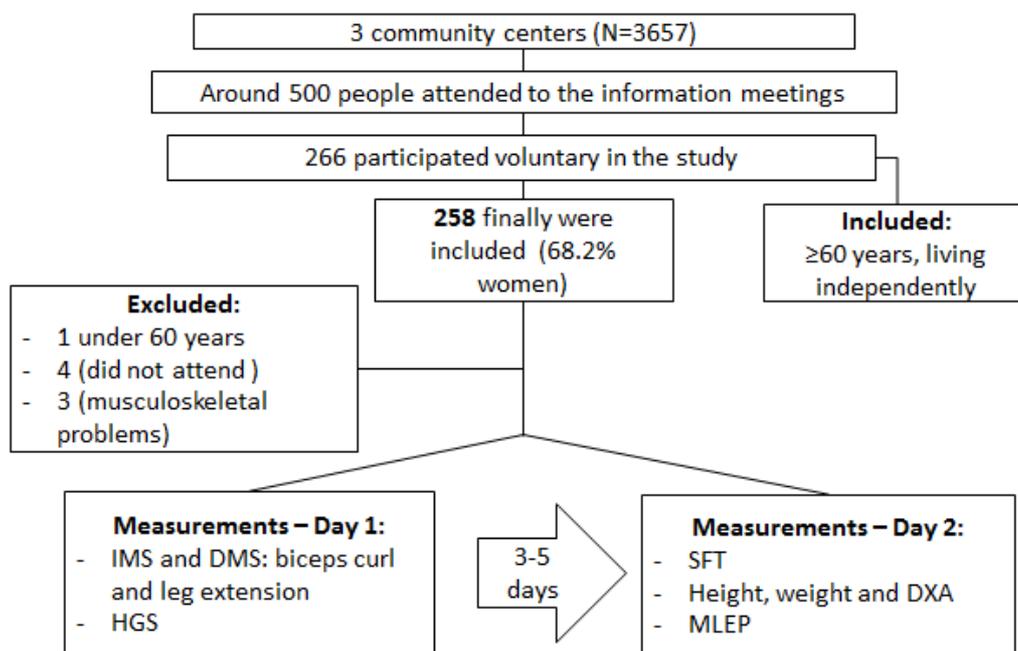
### 3. METHODS

#### 3.1. Subjects and procedures

We conducted a cross-sectional study involving older people attending academic and recreational programs from three community centers in the city of Leon, Spain (N=3657). All subjects were invited to participate in the study between November 2012 and March 2013 during informative meetings. The inclusion criteria were: participants over 60 years of age, residing in Leon, and living independently. Exclusion criteria were: cognitive impairment, heart failure (grades II–IV), ischemic heart disease, and uncontrolled musculoskeletal problems that would prevent the completion of the tests. Around 600 older people attended the informative meetings and 266 of them decided to participate voluntarily in the study. Finally, 258 subjects were included in the study group after applying the eligibility criteria. The subjects excluded and the reasons were: one was under 60, four did not attend the evaluations and three had severe musculoskeletal problems (Figure 1). Ethical approval was obtained from the Ethics Committee of the University of Leon and the study respected the principles of the Declaration of Helsinki. All participants gave their written informed consent.

The people interested in being part of the study were summoned for conducting evaluations at the Faculty of Physical Education and Sports at the University of Leon (Spain). Tests for each subject were performed in two days (with an interval of three to five days). On the first day, IMS and DMS (One repetition maximum, 1-RM) were performed on machines measuring leg extension and biceps curl; in addition, the HGS was assessed on both hands. On the second day, the subjects were assessed by weight, height, dual energy X-ray absorptiometry (DXA), functional fitness and mean leg extension power (MLEP) (Figure 1).

**Figure 1. Study design**



Note: IMS, isometric maximum strength; DMS, dynamic maximum strength; HGS, hand grip strength; SFT, Senior Fitness Test. DXA, dual energy X-ray absorptiometry; MLEP, Mean leg extension power.

### 3.2. Measurements:

#### 3.2.1. Body composition.

Body composition was assessed by DXA (Lunar Prodigy–GE, Software Encore 2009® version 12.1). Total mass, fat mass, total lean mass, arm lean mass, leg lean mass, and appendicular lean mass (ALM) measured in kilograms were obtained for each participant. Femur neck bone mineral density (FNBMD), lumbar spine bone mineral density (LSBMD) (L1-4) and T-score on both bone sites were also obtained by DXA. Height was measured once by using a *Body meter* (SECA Model 208), which has an accuracy of up to 0.05 centimeters. Body mass index (BMI) was calculated after dividing weight in kilograms over the height in meters squared (kg/m<sup>2</sup>).

On the other hand, a region of interest (ROI) in muscle mass of the thighs was calculated using the DXA software (Figure 5 in Spanish section, p.

81). This was done to calculate the muscle quality of lower limbs according to the different manifestations of the strength. Finally, the ALMI was determined using ALM divided by height squared (Baumgartner et al., 1998).

### **3.2.2. Strength assessment**

***Isometric maximum strength of leg extension (IMSLE):*** This was measured for both legs using a load cell (Globus Ergo System, software IsoMetric 20.40 Test, Italy) in a leg extension machine (BH Fitness Nevada Pro-T, Spain). On command, the subject performed an isometric quadriceps extension (as fast as possible) at 90° of knee flexion during five seconds (Figure 6 in Spanish section, p. 83). Two trials were performed; the higher result of the quadriceps strength was used in kilogram force (Kgf).

***Dynamic maximum strength of leg extension (DMSLE):*** This test was assessed on the same machine as the IMSLE test. The subjects began by sitting with their head and trunk resting on the back of the seat, hands gripping the side supports of the machine and with knees flexed at 90° (Figure 7.A in Spanish section, p. 85). The subjects were encouraged to use maximum concentric strength to overcome the load up to an angle of 180° (Figure 7.B in Spanish section, p. 85). The result was registered in Kgf.

***Mean leg extension power (MLEP):*** This was evaluated with five different loads obtained from the evaluation of the DMSLE (40%, 50%, 60%, 70% and 80% of 1-RM). These loads were randomized in each subject to control a potential bias associated with the learning effect or cumulative action of fatigue. Three repetitions were made in each load with a pause of 1-2 seconds between each repetition. The concentric phase of the movement was performed as quickly as possible. The best repetition of each load was chosen and the information was recorded in watts.

**Isometric maximum strength of biceps curl (IMSBC):** This was assessed in a biceps curl machine (Gervasport, USA) using a load cell (Figure 9 in Spanish section, p. 88). The testing angle was approximately 110° for each participant. On command, the subject held a maximal contraction of the elbow flexors for five seconds. Two trials were performed; the higher result of the biceps strength was registered in Kgf.

**Dynamic maximum strength of biceps curl (DMSBC):** This test was assessed on the same machine as the IMSBC test. In the initial position, the subject was sitting with his or her trunk inclined forward while the chest and arms were supported on the machine; the elbow joint began at a 180° angle (Figure 10.A in Spanish section, p. 89). The subjects were encouraged to use maximum concentric strength to overcome the load up to an angle of 90° (Figure 10.B in Spanish section, p. 89). The result was registered in Kgf.

**Hand grip strength (HGS):** The HGS of both the dominant and the non-dominant side were performed with each subject sitting, with his or her shoulder at 90° and the elbow in full extension using a Jamar dynamometer (Lafayette Instrument Company, USA). Two trials for each hand were performed and the higher value of the stronger hand was used in the analyses in Kgf (Figure 11 in Spanish section, p. 90).

### **3.2.3. Functional fitness**

Functional performance was assessed according to four tests taken from the Senior Fitness Test (SFT) – Arm curl, Chair stand, Step-in-place, 8 foot up-and-go (8F-UG) – which have been validated for the evaluation of functional fitness in older adults (Rikli & Jones, 1999a, 1999b). Low performance in functional fitness was defined in each test according to cutoff points presented by Rikli & Jones (2013) (Table 4 in Spanish section, p. 46).

### **3.2.4. Muscle quality**

The MQ was defined as the ratio of strength to mass in upper and lower limbs (Newman et al., 2003; Hairi et al., 2010; Barbat-Artigas, et al., 2013b). The MQ measurements of the upper limbs were calculated with IMSBC and DMSBC divided by muscle mass of both upper extremities, and with the HGS divided by muscle mass of the upper limb corresponding to the stronger hand. The MQ measurements of lower limbs were calculated with IMSLE, DMSLE and MLEP divided by muscle mass of thighs.

### **3.2.5. Diagnosis of sarcopenia and osteoporosis**

Sarcopenia was defined using the EWGSOP definition in which a person is categorized as having sarcopenia, whether they have low muscle mass plus low muscle strength or low functional performance (Cruz-Jentoft, et al., 2010). Low muscle mass was defined according to the appendicular lean mass index (ALMI) ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), defining a threshold of  $7.26 \text{ kg}/\text{m}^2$  for men and  $5.5 \text{ kg}/\text{m}^2$  for women (Baumgartner, et al., 1998). Low muscle strength was defined as HGS  $<20 \text{ kg}$  in women and  $<30 \text{ kg}$  in men (Lauretani et al., 2003). Finally, low functional performance was defined according to the execution time in the 8F-UG, using the cutoff points presented by age and gender in the Rikli & Jones study (R. E. Rikli & C. J. Jones, 2013).

The diagnosis of osteoporosis was made using the WHO T-score criteria of the FNBMD and LSBMD. A T-score of  $>-1$  was considered normal, osteopenia between  $-1$  and  $-2.5$ , and osteoporosis  $<-2.5$  (Kanis, Melton, Christiansen, Johnston, & Khaltsev, 1994; WHO, 1994). The reference values for both genders come from NHANES III study (Looker et al., 1998).

### 3.3. Statistical analyses

The normal distribution of quantitative variables in each level of categorical variables (age tertiles, muscle mass tertiles, functional fitness and osteoporosis) was assessed in both genders. The Kolmogorov-Smirnov test with Lilliefors significance correction was used when the number of participants at each level of categorical variables was  $\geq 50$  and the Shapiro-Wilk test for subgroups was less than 50 participants.

The mean and standard deviation (SD) were used as descriptive statistics for body composition, muscle strength, functional fitness and MQ according to gender and age divided in tertiles, depending on whether the variables had a normal distribution or not; the one-way ANOVA with Tukey post-hoc analysis and the Kruskal-Wallis test were used to determine differences among age groups.

The frequency of sarcopenia was presented as percentages. The diagnosis of osteoporosis was also reported as percentages; differences between men and women were determined with the Pearson Chi-square test.

The following groups of correlations were performed: 1) muscle mass vs. muscle strength; 2) functional fitness vs. muscle mass, muscle strength and MQ; 3) FNBMD and LSBMD vs. muscle mass, muscle strength, functional fitness and MQ. Pearson's test was used when the two correlated variables had a normal distribution; otherwise Spearman's Rho was used.

Differences in muscle strength of upper and lower limbs were evaluated according to some indicators of muscle mass categorized into tertiles, depending on whether the variables had a normal distribution or not; the one-way ANOVA with Tukey post-hoc analysis and the Kruskal-Wallis test were used to determine differences among tertiles.

The differences in muscle mass, muscle strength and MQ according to functional fitness levels (normal or low) were calculated in each gender. The Student t or Mann-Whitney U test were used to evaluate the differences according to the distribution type of variable.

Multivariable linear regressions were performed with the manifestations of strength as dependent variables and some indicators of muscle mass as independent variables. The models were adjusted for age (years) and BMI (kg/m<sup>2</sup>). The results were expressed in  $\beta$  coefficients and adjusted  $r^2$  for each model. The assumption of normality of each model was verified by checking the normality distribution of residuals; when it was not met, transformation of the dependent variable was attempted.

The risk of osteoporosis of femur neck (OPFN) and osteoporosis of lumbar spine (OPLS) related to the diagnostic criteria for sarcopenia used in this study was assessed by a logistic regression analysis. Crude and adjusted models for age and BMI were calculated with each criterion of sarcopenia in both genders. The goodness of fit was evaluated with the Hosmer-Lemeshow test ( $p>0.05$ ).

A  $p<0.05$  was considered to be statistically significant. All analyses were performed using the SPSS 20.0 package (SPSS, Chicago, IL).

## 4. RESULTS

### 4.1. Description of body composition, muscle strength, functional fitness and muscle quality

Of the 258 subjects, 68.2% were women; the average age was 70.9 years (SD 5.5) in men and 71.5 years (SD 5.2) in women. There were no significant differences in any of the muscle mass variables by age in both women and men (Table 1).

**Table 1.** Body composition according to sex and age.

Age (tertiles)	Women (n=175)			Men (n=83)		
	1 <sup>st</sup> tertile	2 <sup>nd</sup> tertile	3 <sup>rd</sup> tertile	1 <sup>st</sup> tertile	2 <sup>nd</sup> tertile	3 <sup>rd</sup> tertile
n	57	59	59	28	27	28
Age (years)	65.1 (1.8)	70.3 (1.6)	77.4 (3.1)	65.9 (2.4)	70.9 (1.0)	77.5 (2.9)
Height (cm)	154.9 (4.7)	153.1 (5.8)	152.2 (5.6)*	166.6 (5.8)	166.2 (6.8)	165.9 (7.7)
Weight (kg)	66.9 (17.2)	64.1 (15.6)	63.1 (9.2)	76.3 (19.3)	77.6 (9.9)	76.0 (11.4)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	27.9 (3.9)	27.4 (4.3)	27.2 (3.8)	27.5 (3.3)	28.0 (2.3)	27.5 (3.3)
Fat mass (kg)	26.8 (7.7)	25.0 (7.5)	24.2 (7.2)	21.1 (6.6)	22.3 (6.5)	20.7 (6.9)
Body fat %	39.4 (6.5)	38.2 (6.2)	37.6 (6.8)	27.1 (5.9)	28.3 (5.6)	26.7 (5.4)
LM-Total (Kg)	37.8 (4.7)	37.1 (3.6)	36.8 (3.4)	52.4 (5.7)	52.4 (5.3)	52.4 (5.7)
LM-Arms (kg)	4.0 (0.5)	3.9 (0.6)	3.8 (0.5)	6.1 (0.8)	6.2 (0.7)	5.9 (0.8)
LM-Legs (kg)	11.9 (1.4)	11.4 (1.3)	11.4 (1.4)	16.4 (1.8)	16.4 (1.9)	16.3 (2.1)
LM-Thighs (kg)	7.0 (1.4)	6.7 (0.8)	6.7 (0.9)	10.0 (1.3)	10.0 (1.2)	9.9 (1.4)
ALM (kg)	15.9 (1.9)	15.4 (1.7)	15.3 (1.8)	22.5 (2.4)	22.6 (2.5)	22.2 (2.8)
ALMI (kg/m <sup>2</sup> )	6.6 (0.7)	6.6 (0.6)	6.6 (0.6)	8.1 (0.7)	8.2 (0.7)	8.1 (0.8)
Bone mass (kg)	2.2 (0.3)	2.0 (0.3)	2.0 (0.3) <sup>§</sup>	2.8 (0.4)	2.9 (0.3)	2.8 (0.4)
FNBM (g/cm <sup>2</sup> )	0.8 (0.1)	0.8 (0.1)	0.8 (0.1)	0.9 (0.2)	0.9 (0.1)	0.9 (0.1)
LSBM (g/cm <sup>2</sup> )	1.0 (0.2)	1.0 (0.2)	1.0 (0.1)	1.1 (0.2)	1.1 (0.1)	1.1 (0.2)
FN T-score	-1.2 (0.9)	-1.4 (0.8)	-1.7 (0.8)*	-1.1 (1.2)	-1.2 (0.8)	-1.7 (0.8)
LS T-score	-1.4 (1.3)	-1.7 (1.3)	-1.7 (1.2)	-0.7 (1.5)	-0.7 (1.1)	-0.9 (1.3)

Data means and SD. BMI, body mass index; LM, lean mass; ALM, Appendicular lean mass; ALMI, Appendicular lean mass index; FNBM, femur neck BMD; LSBM, lumbar spine BMD. Differences between tertiles (One-way ANOVA with Tukey post hoc analysis;  $p < 0.05$ ): \* significant differences between 3rd and 1st tertile. § Differences between tertiles (Kruskal-Wallis;  $p < 0.05$ ).

On the contrary, manifestations of muscle strength showed a significant decrease with increasing age in both genders, except for the MLEP-80% of 1-RM in men ( $p < 0.05$ ) (Table 2). Furthermore, the women's functional fitness showed a significant decrease in the 30-minute chair stand test (30-CST), 2-min and 8F-UG as age increased; while significant differences in the arm curl test (ACT) and the 8F-UG ( $p < 0.05$ ) were observed in men (Table 2).

**Table 2.** Muscle strength and functional fitness according to sex and age

Age (tertiles)	Women (n=175)			Men (n=83)		
	1 <sup>st</sup> tertile	2 <sup>nd</sup> tertile	3 <sup>rd</sup> tertile	1 <sup>st</sup> tertile	2 <sup>nd</sup> tertile	3 <sup>rd</sup> tertile
n	57	59	59	28	27	28
<b>Lower limbs strength</b>						
IMSLE (kgf)	65.0 (13.7)	63.8 (16.1)	55.9 (14.7) <sup>*,†</sup>	97.1 (29.3)	92.2 (24.2)	83.6 (21.4) <sup>§</sup>
DMSLE (kgf)	61.0 (18.1)	57.4 (11.8)	50.7 (13.2) <sup>§</sup>	86.2 (15.2)	79.8 (11.3)	70.9 (17.8) <sup>§</sup>
MLEP-40% (W)	204.6 (47.3)	189.2 (49.2)	162.3 (46.1) <sup>*,†</sup>	334.1 (69.2)	310.9 (67.8)	254.7 (81.1) <sup>*,†</sup>
MLEP-50% (W)	218.8 (49.8)	196.0 (52.6) <sup>‡</sup>	167.7 (55.3) <sup>*,†</sup>	365.1 (77.8)	343.7 (74.3)	274.7 (85.3) <sup>*,†</sup>
MLEP-60% (W)	220.9 (56.5)	196.7 (52.2) <sup>‡</sup>	174.7 (51.6) <sup>*</sup>	374.1 (79.4)	345.3 (79.4)	282.9 (83.4) <sup>*,†</sup>
MLEP-70% (W)	210.5 (57.3)	191.2 (57.2)	169.7 (62.7) <sup>*</sup>	371.9 (97.6)	343.9 (86.5)	281.1 (84.9) <sup>*,†</sup>
MLEP-80% (W)	193.5 (55.9)	169.5 (51.6)	154.5 (56.9) <sup>*</sup>	327.8 (74.3)	314.9 (75.7)	280.7 (98.1)
<b>Upper limbs strength</b>						
IMSBC (kgf)	22.4 (4.9)	22.0 (5.9)	19.1 (5.5) <sup>§</sup>	36.6 (7.3)	35.6 (7.3)	31.9 (8.1) <sup>§</sup>
DMSBC (kgf)	16.2 (5.7)	15.8 (5.6)	13.0 (4.9) <sup>§</sup>	42.6 (13.4)	39.3 (8.0)	30.4 (8.4) <sup>§</sup>
HGS (kgf)	24.5 (3.7)	23.9 (4.8)	22.2 (3.6) <sup>§</sup>	41.5 (7.1)	40.0 (5.2)	35.1 (7.7) <sup>*,†</sup>
<b>Functional fitness</b>						
ACT (rep)	19.0 (3.5)	18.8 (3.4)	18.3 (4.3)	18.5 (3.6)	17.2 (2.4)	16.2 (3.9) <sup>*</sup>
30-CST (rep)	18.7 (3.9)	17.9 (3.5)	16.7 (3.3) <sup>§</sup>	17.4 (3.7)	17.7 (4.8)	15.6 (3.4)
2-min (steps)	113.0 (16.5)	108.3 (16.4)	100.7 (17.3) <sup>*,†</sup>	114.9 (18.1)	109.9 (18.4)	108.0 (27.4)
8F-UG (s)	4.8 (.7)	5.0 (1.6)	5.4 (.9) <sup>§</sup>	4.5 (.6)	4.6 (.5)	5.6 (1.4) <sup>§</sup>

Data means and SD. IMSBC, isometric maximum strength of biceps curl; DMSBC, dynamic maximum strength of biceps curl; HGS, hand grip strength; IMSLE, isometric maximum strength of leg extension; DMSLE, dynamic maximum strength of leg extension; MLEP, Mean leg extension power; kgf, kilogram-force; ACT, arm curl test; 30-CST, chair stand test; 2-min, 2-minute step test; 8F-UG, 8-foot up-and-go test. Differences between tertiles (One-way ANOVA with Tukey post hoc analysis;  $p < 0.05$ ): \* significant differences between 3rd and 1st tertile, † significant differences between 3rd and 2nd tertile, ‡ significant differences between 2nd and 1st tertile. § Differences between tertiles (Kruskal-Wallis;  $p < 0.05$ ).

Moreover, MQ measurements also exhibited a significant decrease with increasing age in both genders, except the MQ-HGS in women and MQ-MLEP-80% of 1RM and MQ-IMSBC in men ( $p < 0.05$ ) (Table 3).

**Table 3.** Muscular quality according to sex and age

Age (tertiles)	Women (n=175)			Men (n=83)		
	1 <sup>st</sup> tertile	2 <sup>nd</sup> tertile	3 <sup>rd</sup> tertile	1 <sup>st</sup> tertile	2 <sup>nd</sup> tertile	3 <sup>rd</sup> tertile
n	57	59	59	28	27	28
MQ-IMSLE (kgf/kg)	9.3 (1.9)	9.5 (2.1)	8.3 (1.9) <sup>†</sup>	9.8 (2.2)	9.2 (2.1)	8.5 (1.8) <sup>*</sup>
MQ-DMSLE (kgf/kg)	8.8 (1.5)	8.6 (1.7)	7.6 (1.8) <sup>§</sup>	8.7 (1.4)	8.0 (.9)	7.2 (1.3) <sup>†</sup>
MQ-MLEP-40% (w/kg)	29.1 (5.6)	28.2 (6.4)	24.2 (6.2) <sup>†</sup>	33.4 (5.9)	31.2 (4.7)	25.6 (6.4) <sup>†</sup>
MQ-MLEP-50% (w/kg)	31.1 (6.0)	29.3 (7.1)	25.0 (6.7) <sup>†</sup>	36.5 (6.9)	34.4 (5.3)	27.6 (6.7) <sup>†</sup>
MQ-MLEP-60% (w/kg)	31.3 (6.7)	29.4 (7.1)	26.0 (6.8) <sup>†</sup>	37.5 (7.2)	34.4 (5.5)	28.5 (6.8) <sup>†</sup>
MQ-MLEP-70% (w/kg)	29.7 (6.5)	28.5 (7.8)	25.1 (8.3) <sup>§</sup>	37.0 (8.5)	34.3 (5.9)	28.4 (7.5) <sup>†</sup>
MQ-MLEP-80% (w/kg)	27.4 (6.7)	25.2 (6.8)	22.9 (7.6) <sup>*</sup>	33.1 (8.1)	31.4 (5.5)	28.4 (9.3)
MQ-IMSBC (kgf/kg)	5.7 (1.3)	5.6 (1.4)	5.0 (1.5) <sup>*</sup>	6.0 (1.2)	5.7 (1.3)	5.4 (1.3)
MQ-DMSBC (kgf/kg)	4.0 (1.3)	4.0 (1.2)	3.4 (1.2) <sup>§</sup>	6.9 (1.4)	6.3 (1.0)	5.0 (1.7) <sup>†</sup>
MQ-HGS (kgf/kg)	12.1 (1.9)	12.0 (2.4)	11.6 (1.8)	13.3 (2.2)	12.7 (1.4)	11.7 (2.2) <sup>*</sup>

Data means and SD. MQ, muscle quality; IMSBC, isometric maximum strength of biceps curl; DMSBC, dynamic maximum strength of biceps curl; HGS, hand grip strength; IMSLE, isometric maximum strength of leg extension; DMSLE, dynamic maximum strength of leg extension; MLEP, Mean leg extension power; kgf, kilogram-force. Differences between tertiles (One-way ANOVA with Tukey post hoc analysis; p<0.05): \* significant differences between 3rd and 1st tertile, † significant differences between 3rd and 2nd tertile. § Differences between tertiles (Kruskal-Wallis; p<0.05).

#### 4.2. Sarcopenia and osteoporosis frequency

The frequency of sarcopenia according to the definition of EWGSOP was 2.3% (n = 6), which was higher in men with four of the six cases reported. On the other hand, the overall prevalence of OPFN was 11.6%, while the OPLS was almost two times higher than the first one with 22.5% (Table 4). There were no significant differences between men and women in the OPFN (12.2% and 11.4%, respectively), while the OPLS affected two women for every man (p = 0.001) (Table 4).

**Table 4.** Diagnosis of osteoporosis.

		Total (n= 258)	Women (n=175)	Men (n=83)	p*
		n (%)	n (%)	n (%)	
Femur neck	Normal	79 (30.6)	49 (28.0)	30 (36.1)	0.37
	Osteopenia	149 (57.8)	106 (60.6)	43 (51.8)	
	Osteoporosis	30 (11.6)	20 (11.4)	10 (12.0)	
Lumbar spine	Normal	101 (39.1)	52 (29.7)	49 (59.0)	0.001
	Osteopenia	99 (38.4)	76 (43.4)	23 (27.7)	
	Osteoporosis	58 (22.5)	47 (26.9)	11 (13.3)	

\* Pearson's chi-squared

### **4.3. Relationship between some indicators of muscle mass with strength of upper and lower limbs**

The correlations between some indicators of muscle mass and muscle strength of upper limbs are observed in Table 5. In both genders the DMSBC and HGS presented moderate correlations with lean mass (LM)-total, LM-arms and ALM ( $p < 0.01$ ); the highest correlation was found in men between the DMSBC and LM-arms ( $r = 0.621$ ;  $p < 0.01$ ). Regarding the correlations between muscle mass and strength of lower limbs, the highest correlations in women were found between MLEP-70% of 1-RM and LM-legs, LM-thighs, and LM-ALM ( $r > 0.5$ ;  $p < 0.01$ ), while the best correlations in men were observed between the LM-thighs and MLEP at 40%, 50% and 60% of 1-RM ( $r > 0.6$ ;  $p < 0.01$ ). It is noted that the correlations between HGS and ALMI as criteria for the definition of sarcopenia were low in both genders. ALMI presented a better correlation with MLEP-70% of 1-RM in women ( $r = 0.390$ ;  $p < 0.01$ ), and with DMSLE and MLEP-60% of 1-RM in men ( $r = 0.516$  and  $r = 0.514$ , respectively;  $p < 0.01$ ).

**Table 5.** Correlations between indicators of muscle mass and muscle strength of upper and lower limbs

	LM-Total (Kg)	LM-Arms (kg)	LM-Legs (kg)	LM-Thighs (kg)	ALM (kg)	ALMI (kg/m <sup>2</sup> )
<b>Women (n=175)</b>						
IMSBC (kgf)	0.282**	0.248**	-----	-----	0.303**	0.132
DMSBC (kgf)	0.480 <sup>†</sup>	0.458 <sup>†</sup>	-----	-----	0.480 <sup>†</sup>	0.216 <sup>†</sup>
HGS (kgf)	0.402 <sup>†</sup>	0.417 <sup>†</sup>	-----	-----	0.434 <sup>†</sup>	0.174*
IMSLE (kgf)	0.407**	-----	0.470**	0.388**	0.448**	0.204**
DMSLE (kgf)	0.361 <sup>†</sup>	-----	0.431 <sup>†</sup>	0.340 <sup>†</sup>	0.431 <sup>†</sup>	0.254 <sup>†</sup>
MLEP-40% (W)	0.476**	-----	0.525**	0.436**	0.524**	0.348**
MLEP-50% (W)	0.449**	-----	0.494**	0.431**	0.498**	0.339**
MLEP-60% (W)	0.396 <sup>†</sup>	-----	0.483 <sup>†</sup>	0.454 <sup>†</sup>	0.474 <sup>†</sup>	0.330 <sup>†</sup>
MLEP-70% (W)	0.464 <sup>†</sup>	-----	0.537 <sup>†</sup>	0.516 <sup>†</sup>	0.531 <sup>†</sup>	0.390 <sup>†</sup>
MLEP-80% (W)	0.392 <sup>†</sup>	-----	0.473 <sup>†</sup>	0.465 <sup>†</sup>	0.461 <sup>†</sup>	0.352 <sup>†</sup>
<b>Men (n=83)</b>						
IMSBC (kgf)	0.331**	0.451**	-----	-----	0.373 <sup>†</sup>	0.385**
DMSBC (kgf)	0.462 <sup>†</sup>	0.621 <sup>†</sup>	-----	-----	0.480 <sup>†</sup>	0.314 <sup>†</sup>
HGS (kgf)	0.589**	0.541**	-----	-----	0.588 <sup>†</sup>	0.241*
IMSLE (kgf)	0.411**	-----	0.400 <sup>†</sup>	0.428 <sup>†</sup>	0.429 <sup>†</sup>	0.412**
DMSLE (kgf)	0.524 <sup>†</sup>	-----	0.513 <sup>†</sup>	0.576 <sup>†</sup>	0.562 <sup>†</sup>	0.516 <sup>†</sup>
MLEP-40% (W)	0.542**	-----	0.549 <sup>†</sup>	0.603 <sup>†</sup>	0.588 <sup>†</sup>	0.458**
MLEP-50% (W)	0.551**	-----	0.549 <sup>†</sup>	0.606 <sup>†</sup>	0.585 <sup>†</sup>	0.479**
MLEP-60% (W)	0.515**	-----	0.563 <sup>†</sup>	0.601 <sup>†</sup>	0.591 <sup>†</sup>	0.514**
MLEP-70% (W)	0.452**	-----	0.550 <sup>†</sup>	0.559 <sup>†</sup>	0.543 <sup>†</sup>	0.452**
MLEP-80% (W)	0.417**	-----	0.517 <sup>†</sup>	0.507 <sup>†</sup>	0.486 <sup>†</sup>	0.277*

LM, lean mass; ALM, Appendicular lean mass; ALMI, Appendicular lean mass index; IMSBC, isometric maximum strength of biceps curl; DMSBC, dynamic maximum strength of biceps curl; HGS, hand grip strength; IMSLE, isometric maximum strength of leg extension; DMSLE, dynamic maximum strength of leg extension; MLEP, Mean leg extension power; kgf, kilogram-force. Pearson correlation: \*\*p<0.01, \*p<0.05. Spearman's Rho: <sup>†</sup>p<0.01.

The differences in the values of muscle strength according to ALMI are presented in tertiles in Table 6. Of the three tests that correspond to the evaluation of the strength of upper limbs, no statistically significant differences were found with HGS and IMSBC in women, while all strength tests of lower limbs showed differences among the tertiles. By contrast, there were significant differences in all strength variables according to the tertiles of ALMI in men, except the MLEP-80% of 1-RM (Table 6).

**Table 6.** Muscle strength of upper and lower limbs according to appendicular lean mass index.

ALMI (kg/m <sup>2</sup> )	Women (n=175)			Men (n=83)		
	1 <sup>st</sup> tertile	2 <sup>nd</sup> tertile	3 <sup>rd</sup> tertile	1 <sup>st</sup> tertile	2 <sup>nd</sup> tertile	3 <sup>rd</sup> tertile
n	59	57	59	28	27	28
IMSBC (kgf)	19.7 (5.1)	22.1 (5.4)	21.7 (6.1)	31.5 (7.7)	34.5 (7.1)	38.1 (7.2) <sup>*</sup>
DMSBC (kgf)	13.7 (5.4)	14.8 (5.1)	16.5 (5.8) <sup>§</sup>	33.6 (9.9)	37.4 (8.6)	41.3 (11.2) <sup>*</sup>
HGS (kgf)	22.7 (4.4)	23.5 (4.3)	24.4 (3.9)	36.4 (6.9)	38.8 (6.5)	41.3 (7.6) <sup>*</sup>
IMSLE (kgf)	57.9 (16.7)	61.1 (11.4)	65.6 (16.4) <sup>§</sup>	78.3 (19.6)	94.2 (24.1) <sup>‡</sup>	100.4 (22.1) <sup>*</sup>
DMSLE (kgf)	52.1 (12.2)	56.7 (18.3)	60.1 (13.7) <sup>§</sup>	68.2 (14.7)	81.0 (13.4)	87.8 (14.1) <sup>§</sup>
MLEP-40% (W)	167.4 (44.7)	182.7 (39.3)	205.3 (58.5) <sup>†</sup>	243.9 (68.3)	318.5 (77.1) <sup>‡</sup>	337.7 (54.1) <sup>*</sup>
MLEP-50% (W)	174.7 (46.9)	190.6 (43.5)	216.3 (63.9) <sup>†</sup>	268.6 (81.2)	344.2 (79.4) <sup>‡</sup>	370.8 (69.2) <sup>*</sup>
MLEP-60% (W)	178.2 (51.8)	195.0 (45.2)	218.2 (63.7) <sup>*</sup>	275.0 (87.7)	346.2 (75.8) <sup>‡</sup>	381.2 (67.4) <sup>*</sup>
MLEP-70% (W)	168.4 (49.9)	183.2 (48.2)	218.8 (71.5) <sup>§</sup>	276.8 (95.5)	340.8 (71.9) <sup>‡</sup>	379.3 (87.8) <sup>*</sup>
MLEP-80% (W)	154.2 (48.9)	162.3 (56.1)	199.9 (64.6) <sup>†</sup>	280.1 (96.2)	314.5 (76.5)	328.8 (75.6)

Data means and SD. ALMI, Appendicular lean mass index; IMSBC, isometric maximum strength of biceps curl; DMSBC, dynamic maximum strength of biceps curl; HGS, hand grip strength; IMSLE, isometric maximum strength of leg extension; DMSLE, dynamic maximum strength of leg extension; MLEP, Mean leg extension power; kgf, kilogram-force. Differences between tertiles (One-way ANOVA with Tukey post hoc analysis;  $p < 0.05$ ): <sup>\*</sup>significant differences between 3rd and 1st tertile, <sup>†</sup>significant differences between 3rd and 2nd tertile, <sup>‡</sup>significant differences between 2nd and 1st tertile. <sup>§</sup>Differences between tertiles (Kruskal-Wallis;  $p < 0.05$ ).

After adjusting for age and BMI, in multiple regression analysis the LM-arms was the indicator of muscle mass most positively associated with almost all strength tests of upper limbs in both genders except the DMSBC in women ( $p < 0.05$ ) (Table 7). In the association between ALMI and HGS (diagnostic criteria for sarcopenia), the model did not meet the assumption of normality in women, while in men, HGS was not explained significantly by the ALMI ( $\beta$  1.283;  $p = 0.241$ ). Moreover, the variability in HGS was positively explained by LM-arms, which was 25.6% in women ( $\beta$  4.251;  $p < 0.01$ ) and 39.0% in men ( $\beta$  4.394;  $p < 0.01$ ) (models adjusted for age and BMI) (Table 7).

In women, LM-legs and LM-thighs explained almost double the variation in IMSLE than ALMI ( $R^2 = 0.311$ ; 0.286; 0.161, respectively), while in men,  $R^2$  values in the models were very similar (models adjusted for age and BMI) (Table 7). Moreover, all indicators of muscle mass were positively associated with DMSLE in both genders ( $p < 0.05$ ); except LM-legs in women because the model did not meet the assumption of normality (Table 7).

**Table 7.** Associations between muscle mass and strength of upper and lower limbs: multiple linear regression models.

Independent variables	Dependent variables									
	IMSBC (kgf)		DMSBC (kgf)		HGS (kgf)		IMSLE (kgf)		DMSLE (kgf)	
	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β
<b>Women (n=175)</b>										
ALMI (kg/m <sup>2</sup> )	0.119	3.069*	N.N.		N.N.		0.161	9.282*	0.262	8.79*
LM-Arms (kg)	0.157	4.096*	N.N.		0.256	4.251*	-----	-----	-----	-----
LM-Legs (kg)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.311	5.952*	N.N.	
LM-Thighs (kg)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.286	9.283*	0.289	6.216*
<b>Men (n=83)</b>										
ALMI (kg/m <sup>2</sup> )	0.171	3.692*	0.306	3.377*	0.22	1.283	0.22	12.752*	0.459	9.164*
LM-Arms (kg)	0.207	4.116*	0.521	7.627*	0.39	4.394*	-----	-----	-----	-----
LM-Legs (kg)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.2	4.339*	0.479	3.626*
LM-Thighs (kg)	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.212	7.256*	0.491	5.973*

LM, lean mass; ALM, Appendicular lean mass; ALMI, Appendicular lean mass index; IMSBC, isometric maximum strength of biceps curl; DMSBC, dynamic maximum strength of biceps curl; HGS, hand grip strength; IMSLE, isometric maximum strength of leg extension; DMSLE, dynamic maximum strength of leg extension; kgf, kilogram-force. Models adjusted for age (years) and BMI (kg/m<sup>2</sup>); \*p<0.01. N.N., the model does not meet the normality assumption.

In women, measurements of muscle mass were positively associated with MLEP (p <0.05) except the MLEP-70% of 1-RM, and the model between ALMI and MLEP-80% of 1-RM (Table 8). Meanwhile, almost all indicators of muscle mass were positively associated with the power measurements in men (p <0.05) (models adjusted for age and BMI) (Table 8).

**Table 8.** Associations between muscle mass and mean leg extension power: multiple linear regression models.

Independent variables	Dependent variables									
	MLEP-40% (W)		MLEP-50% (W)		MLEP-60% (W)		MLEP-70% (W)		MLEP-80% (W)	
	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β	R <sup>2</sup>	β
<b>Women (n=175)</b>										
ALMI (kg/m <sup>2</sup> )	0.304	43.871*	0.33	47.644*	0.316	49.599*	N.N.		N.N.	
LM-Legs (kg)	0.38	20.183*	0.373	20.442*	0.37	21.731*	N.N.		0.302	20.851*
LM-Thighs (kg)	0.337	30.301*	0.361	32.842*	0.36	35.128*	N.N.		0.313	35.262*
<b>Men (n=83)</b>										
ALMI (kg/m <sup>2</sup> )	0.382	37.719*	0.456	42.919*	0.471	49.499*	0.368	47.578*	0.132	20.556
LM-Legs (kg)	0.461	18.614*	0.531	20.845*	0.517	21.173*	0.457	23.776*	0.258	18.606*
LM-Thighs (kg)	0.489	31.862*	0.552	35.044*	0.527	34.648*	0.461	38.128*	0.24	27.819*

LM, lean mass; ALM, Appendicular lean mass; ALMI, Appendicular lean mass index; MLEP, Mean leg extension power; kgf, kilogram-force. Models adjusted for age (years) and BMI (kg/m<sup>2</sup>); \*p<0.01. N.N., the model does not meet the normality assumption.

#### **4.4. Lower limbs functional performance and its relationship with muscle mass, muscle strength and muscle quality**

Table 9 shows the correlations between functional fitness tests and muscle mass of lower limbs, muscle strength and MQ. In these results, we observed that the different indicators of muscle mass generally showed low correlations with the functional tests of the lower limbs; among these, noteworthy are the low negative correlations found between the LM-total and the LM-thighs with the 30-CST in both genders ( $p < 0.05$ ). Meanwhile, all the measurements of muscle strength presented significant correlations with each one of the functional fitness tests in women, while in men the significant correlations with the measurements of strength were found mainly with the 2-min and 8F-UG tests ( $p = < 0.01$  or  $< 0.05$ ). All the correlations between the MQ and the functional fitness were statistically significant among women, while in men significant correlations were found between the MQ and the 30-CST (not found with the muscle mass and strength individually) ( $p = < 0.01$  or  $< 0.05$ ); for both genders, the correlations between the MQ and the 8F-UG were the highest, even passing from low to moderate compared with those given between muscle strength and 8F-UG.

**Table 9.** Correlations between functional fitness of lower limbs with muscle mass, strength and muscle quality.

	Women = 175			Men = 83		
	30-CST (rep)	2-min-step (steps)	8F-UG (s)	30-CST (rep)	2-min (steps)	8F-UG (s)
LM-Total (Kg)	-0.158 <sup>†</sup>	-0.050	0.073	-0.221 <sup>†</sup>	-0.006	-0.047
LM-Legs (kg)	-0.114	-0.007	-0.023	-0.183	0.026	-0.124
LM-Thighs (kg)	-0.209 <sup>†</sup>	-0.076	0.096	-0.226 <sup>†</sup>	0.028	-0.087
ALM (kg)	-0.127	-0.025	-0.001	-0.156	0.049	-0.130
ALMI (kg/m <sup>2</sup> )	-0.014	-0.111	0.136	0.066	0.136	-0.085
IMSLE (kgf)	0.219 <sup>†</sup>	0.317 <sup>**</sup>	-0.386 <sup>†</sup>	0.215	0.332 <sup>**</sup>	-0.433 <sup>†</sup>
DMSLE (kgf)	0.278 <sup>†</sup>	0.249 <sup>†</sup>	-0.383 <sup>†</sup>	0.162	0.301 <sup>†</sup>	-0.478 <sup>†</sup>
MLEP-40% (W)	0.173 <sup>†</sup>	0.252 <sup>**</sup>	-0.354 <sup>†</sup>	0.125	0.257 <sup>*</sup>	-0.373 <sup>†</sup>
MLEP-50% (W)	0.205 <sup>†</sup>	0.295 <sup>**</sup>	-0.364 <sup>†</sup>	0.106	0.243 <sup>*</sup>	-0.427 <sup>†</sup>
MLEP-60% (W)	0.168 <sup>†</sup>	0.217 <sup>†</sup>	-0.362 <sup>†</sup>	0.040	0.223 <sup>*</sup>	-0.359 <sup>†</sup>
MLEP-70% (W)	0.150 <sup>†</sup>	0.170 <sup>†</sup>	-0.306 <sup>†</sup>	0.034	0.193	-0.328 <sup>†</sup>
MLEP-80% (W)	0.189 <sup>†</sup>	0.248 <sup>†</sup>	-0.285 <sup>†</sup>	-0.081	0.061	-0.184
MQ-IMSLE (kgf/kg)	0.312 <sup>†</sup>	0.364 <sup>**</sup>	-0.499 <sup>†</sup>	0.365 <sup>†</sup>	0.346 <sup>**</sup>	-0.425 <sup>†</sup>
MQ-DMSLE (kgf/kg)	0.420 <sup>†</sup>	0.376 <sup>**</sup>	-0.485 <sup>†</sup>	0.359 <sup>†</sup>	0.342 <sup>**</sup>	-0.531 <sup>†</sup>
MQ-MLEP-40% (w/kg)	0.271 <sup>†</sup>	0.306 <sup>**</sup>	-0.469 <sup>†</sup>	0.292 <sup>†</sup>	0.310 <sup>**</sup>	-0.414 <sup>†</sup>
MQ-MLEP-50% (w/kg)	0.310 <sup>†</sup>	0.346 <sup>**</sup>	-0.473 <sup>†</sup>	0.264 <sup>†</sup>	0.291 <sup>**</sup>	-0.491 <sup>†</sup>
MQ-MLEP-60% (w/kg)	0.268 <sup>†</sup>	0.296 <sup>**</sup>	-0.466 <sup>†</sup>	0.174	0.271 <sup>*</sup>	-0.398 <sup>†</sup>
MQ-MLEP-70% (w/kg)	0.277 <sup>†</sup>	0.255 <sup>†</sup>	-0.440 <sup>†</sup>	0.147	0.234 <sup>*</sup>	-0.357 <sup>†</sup>
MQ-MLEP-80% (w/kg)	0.294 <sup>†</sup>	0.302 <sup>**</sup>	-0.376 <sup>†</sup>	0.047	0.067	-0.169

30-CST, chair stand test; 2-min, 2-minute step test; 8F-UG, 8-foot up-and-go test; LM, lean mass; ALM, Appendicular lean mass; ALMI, Appendicular lean mass index; IMSLE, isometric maximum strength of leg extension; DMSLE, dynamic maximum strength of leg extension; MLEP, Mean leg extension power; kgf, kilogram-force; MQ, muscle quality. Pearson correlation: \*\*p<0.01, \*p<0.05. Spearman's Rho: <sup>†</sup>p<0.01.

According to performance in the functional tests of the lower limbs, the only significant differences in the variables of muscle mass between a normal and a low functional performance were found in the 8F-UG with the LM-legs (16.5 DE 1.9 kg vs. 14.9 DE 1.4 kg; p<0.05) and with the ALMI (8.2 DE 0.7 kg/m<sup>2</sup> vs. 7.5 DE 0.7 kg/m<sup>2</sup>; p<0.05). On the other hand, poor performance in the 2-min and 8F-UG functional tests meant lower performance in all the tests of strength of the lower limbs in the women in the study (p<0.05) (Table 10). In men, we observed a similar behavior with the 8F-UG test, whereas with the 2-min test, the significant differences were only reported in the IMSLE and the DMSLE (p<0.05) (Table 10).

**Table 10.** Muscle strength according to functional fitness of lower limbs.

	30-CST (rep)		2-min (steps)		8F-UG (s)	
	Normal	Low	Normal	Low	Normal	Low
<b>Women = 175</b>						
n (%)	162 (92.6)	13 (7.4)	153 (87.4)	22 (12.6)	149 (85.1)	26 (14.9)
IMSLE (kgf)	62.1 (15.1)	54.8 (17.4)	62.9 (14.7)	52.4 (16.4)*	63.1 (14.9)	52.4 (14.6)*
DMSLE (kgf)	57.0 (12.1)	48.1 (15.1)	57.6 (11.7)	47.6 (14.8) <sup>†</sup>	57.6 (11.7)	48.7 (14.1) <sup>†</sup>
MLEP-40% (W)	187.2 (48.3)	159.7 (67.8)	189.6 (48.3)	154.4 (54.5)*	192.6 (46.8)	142.7 (49.7)*
MLEP-50% (W)	196.4 (52.8)	163.3 (71.4)	199.4 (52.3)	155.4 (57.6)*	202.0 (51.7)	147.5 (55.2)*
MLEP-60% (W)	198.4 (55.4)	181.6 (68.3)	201.4 (55.6)	168.0 (54.2)*	205.1 (53.5)	151.8 (51.8) <sup>†</sup>
MLEP-70% (W)	190.8 (63.5)	182.5 (72.9)	194.5 (61.8)	160.3 (56.2) <sup>†</sup>	197.1 (58.5)	151.0 (62.2) <sup>†</sup>
MLEP-80% (W)	173.8 (57.9)	152.2 (52.3)	176.5 (56.6)	143.2 (57.3) <sup>†</sup>	178.8 (55.5)	135.1 (53.5) <sup>†</sup>
<b>Men = 83</b>						
n (%)	63 (75.9)	20 (24.1)	67 (80.7)	16 (19.3)	74 (89.2)	9 (10.8)
IMSLE (kgf)	92.1 (22.3)	87.3 (23.1)	93.9 (21.3)	78.6 (23.7) <sup>†</sup>	93.0 (22.5)	74.5 (13.8) <sup>†</sup>
DMSLE (kgf)	79.3 (15.9)	77.6 (19.8)	81.1 (15.2)	70.1 (17.3) <sup>†</sup>	80.9 (14.9)	62.9 (17.9) <sup>†</sup>
MLEP-40% (W)	299.3 (75.3)	301.3 (87.4)	307.4 (71.4)	268.1 (96.8)	307.9 (72.4)	233.0 (92.7) <sup>†</sup>
MLEP-50% (W)	326.4 (87.1)	331.7 (90.9)	335.5 (84.2)	294.7 (96.5)	338.0 (81.2)	242.5 (96.9) <sup>†</sup>
MLEP-60% (W)	328.2 (85.2)	352.2 (98.4)	341.6 (85.5)	302.0 (97.9)	344.6 (81.6)	247.1 (101.1) <sup>†</sup>
MLEP-70% (W)	328.9 (98.5)	342.5 (84.6)	338.1 (95.1)	307.6 (92.8)	343.7 (89.5)	237.2 (93.3) <sup>†</sup>
MLEP-80% (W)	305.2 (87.7)	315.8 (76.9)	307.8 (81.5)	307.3 (151.4)	317.1 (80.1)	230.7 (88.8) <sup>†</sup>

Data means and SD. 30-CST, chair stand test; 2-min, 2-minute step test; 8F-UG, 8-foot up-and-go test; ; IMSLE, isometric maximum strength of leg extension; DMSLE, dynamic maximum strength of leg extension; MLEP, Mean leg extension power; kgf, kilogram-force. Significant differences between groups: \* $p < 0.05$  (t-student); <sup>†</sup>  $p < 0.05$  (Mann-Whitney U).

With regard to the differences in the MQ according to the functional fitness of lower limbs, the low performance in 2-min and 8F-UG in women was related to a lower MQ in all the variables, while low performance in the 30-CST was associated with a lower MQ-IMSLE, MQ- DMSLE and MQ-MLEP-80% of 1-RM ( $p < 0.05$ ) (Table 11). In men with a low performance in the 8F-UG, a lower MQ was presented in almost all the evaluations except in the MQ-IMSLE; for its part, the low performance in 2-min was accompanied by a lower MQ-IMSLE, MQ-DMSLE and MQ-MLEP-40% de 1-RM ( $p < 0.05$ ) (Table 11).

**Table 11.** Muscle quality according to functional fitness of lower limbs.

	30-CST (rep)		2-min (steps)		8F-UG (s)	
	Normal	Low	Normal	Low	Normal	Low
<b>Women = 175</b>						
n (%)	162 (92.6)	13 (7.4)	153 (87.4)	22 (12.6)	149 (85.1)	26 (14.9)
MQ-IMSLE (kgf/kg)	9.2 (1.9)	7.7 (2.6)*	9.2 (1.9)	8.0 (2.6)*	9.3 (1.9)	7.6 (2.3) <sup>†</sup>
MQ-DMSLE (kgf/kg)	8.4 (1.7)	6.7 (2.4)*	8.5 (1.7)	7.1 (2.1)*	8.5 (1.6)	6.9 (2.7) <sup>†</sup>
MQ-MLEP-40% (w/kg)	27.5 (5.9)	22.3 (10.6)	27.7 (6.0)	23.3 (8.0)*	28.3 (5.6)	20.3 (6.3)*
MQ-MLEP-50% (w/kg)	28.9 (6.6)	22.7 (18.4)	29.1 (6.6)	23.5 (8.6)*	29.7 (6.2)	20.9 (7.1)*
MQ-MLEP-60% (w/kg)	29.2 (6.9)	25.3 (11.5)	29.4 (6.9)	25.3 (7.9)*	30.2 (6.5)	21.5 (6.3)*
MQ-MLEP-70% (w/kg)	28.0 (7.3)	25.3 (17.8)	28.3 (7.4)	24.0 (8.3) <sup>†</sup>	28.9 (7.1)	21.2 (7.8) <sup>†</sup>
MQ-MLEP-80% (w/kg)	25.5 (7.1)	21.1 (7.7)*	25.7 (7.1)	21.4 (7.1)*	26.2 (6.9)	19.3 (6.6)*
<b>Men = 83</b>						
n (%)	63 (75.9)	20 (24.1)	67 (80.7)	16 (19.3)	74 (89.2)	9 (10.8)
MQ-IMSLE (kgf/kg)	9.3 (2.8)	8.5 (2.1)	9.4 (1.9)	8.0 (2.2)*	9.3 (2.1)	8.1 (1.5)
MQ-DMSLE (kgf/kg)	8.1 (1.2)	7.6 (1.7)	8.1 (1.3)	7.1 (1.5)*	8.1 (1.3)	6.8 (1.7) <sup>†</sup>
MQ-MLEP-40% (w/kg)	30.3 (6.4)	29.3 (7.3)	30.7 (6.7)	27.0 (8.2)*	30.7 (6.1)	24.8 (8.3) <sup>†</sup>
MQ-MLEP-50% (w/kg)	33.0 (7.3)	32.2 (7.6)	33.5 (7.1)	29.7 (7.7)	33.6 (6.8)	25.8 (8.6) <sup>†</sup>
MQ-MLEP-60% (w/kg)	33.2 (7.3)	34.2 (8.2)	34.2 (7.4)	30.5 (7.6)	34.3 (6.9)	26.2 (8.5) <sup>†</sup>
MQ-MLEP-70% (w/kg)	33.2 (8.4)	33.4 (7.4)	33.8 (8.4)	30.9 (7.9)	34.2 (7.7)	24.9 (7.4) <sup>†</sup>
MQ-MLEP-80% (w/kg)	31.0 (8.4)	30.8 (6.8)	30.9 (7.6)	31.2 (9.6)	31.7 (7.4)	25.0 (16.2) <sup>†</sup>

Data means and SD. 30-CST, chair stand test; 2-min, 2-minute step test; 8F-UG, 8-foot up-and-go test; ; IMSLE, isometric maximum strength of leg extension; DMSLE, dynamic maximum strength of leg extension; MLEP, Mean leg extension power; kgf, kilogram-force. MQ, muscle quality. Significant differences between groups: \*p<0.05 (t-student); <sup>†</sup>p<0.05 (Mann-Whitney U).

#### 4.5. Upper limbs functional performance and its relationship with muscle mass, muscle strength and muscle quality

The correlations between the functional fitness of the upper limbs (ACT) with muscle mass, the strength of the upper limbs and the MQ are presented in Table 12. As with the functional test of lower limbs, the significant correlations between the ACT and the LM were few and also low; noteworthy is the correlation with ALM in women ( $r=0.228$ ;  $p<0.01$ ). Instead, all the assessments of arm strength present significant positive correlations with the ACT in both genders, emphasizing that found with DMSBC in men ( $r=0.522$ ;  $p<0.01$ ). Finally, the ACT correlated with almost all the MQ tests of upper limbs in both genders, except with MQ-HGS in women; highlighted is the moderate positive correlation found with the MQ-IMSBC in men ( $r=0.478$ ;  $p<0.01$ ).

**Table 12.** Correlations between functional fitness of upper limbs with muscle mass, strength and muscle quality.

	ACT (rep)	
	Women = 175	Men = 83
LM-Total (Kg)	0.195**	0.166
LM-Arms (kg)	0.169*	0.173
ALM (kg)	0.228**	0.143
ALMI (kg/m <sup>2</sup> )	0.114	0.214
IMSBC (kgf)	0.334**	0.522**
DMSBC (kgf)	0.271 <sup>†</sup>	0.304 <sup>†</sup>
HGS (kgf)	0.236 <sup>†</sup>	0.309**
MQ-IMSBC (kgf/kg)	0.251**	0.478 <sup>†</sup>
MQ-DMSBC (kgf/kg)	0.223 <sup>†</sup>	0.219*
MQ-HGS (kgf/kg)	0.144	0.238*

ACT, arm curl test; LM, lean mass; ALM, Appendicular lean mass; ALMI, Appendicular lean mass index; IMSBC, isometric maximum strength of biceps curl; DMSBC, dynamic maximum strength of biceps curl; HGS, hand grip strength; MQ, muscle quality. Pearson correlation: \*\*p<0.01, \*p<0.05. Spearman's Rho: †p<0.01.

#### 4.6. Association of BMD with muscle mass, muscle strength, functional fitness and muscle quality

The correlations between BMD and muscle mass are seen in Table 13. In women all the muscle mass indicators presented low positive correlations with the FNBMD and the LSBMD ( $p = <0.01$  or  $<0.05$ ), whereas in men the muscle variables, with the exception of ALMI, were significantly correlated with the FNBMD ( $p = <0.01$  or  $<0.05$ ). Finally, no significant correlation was found between the LSBMD and the muscle indicators in men. The correlations between muscle strength of upper and lower limbs with the BMD were lower in the population studied; noteworthy are the correlations found between the FNBMD and the MLEP at 40%, 50% and 70% of 1-RM, the IMSBC and HGS in men ( $p = <0.01$  or  $<0.05$ ) (Table 13). Furthermore, no significant correlations were found between the FNBMD or LSBMD with any of the functional fitness measurements. In turn, no relevant significant correlations were found between the BMD and the MQ; noteworthy is that found between the FNBMD and the MQ-DMSBC ( $r=0.27$ ;  $p<0.05$ ).

**Table 13.** Correlations between bone mineral density with lean mass and muscle strength

	Women = 175		Men = 83	
	FNBMD (g/cm <sup>2</sup> )	LSBMD (g/cm <sup>2</sup> )	FNBMD (g/cm <sup>2</sup> )	LSBMD (g/cm <sup>2</sup> )
LM-Total (Kg)	0.222**	0.212**	0.331**	0.089
LM-Arms (kg)	0.256**	0.286**	0.349**	0.130
LM-Legs (kg)	0.220**	0.198**	0.217 <sup>‡</sup>	0.048
LM-Thighs (kg)	0.244**	0.265**	0.292 <sup>‡</sup>	0.092
ALM (kg)	0.242**	0.235**	0.282 <sup>‡</sup>	0.083
ALMI (kg/m <sup>2</sup> )	0.165 <sup>*</sup>	0.200**	0.201	0.115
IMSLE (kgf)	0.089	-0.040	0.112	-0.034
DMSLE (kgf)	0.107	0.025	0.188	0.084
MLEP-40% (W)	0.088	0.032	0.222 <sup>*</sup>	0.053
MLEP-50% (W)	0.108	0.048	0.229 <sup>*</sup>	0.039
MLEP-60% (W)	0.145	0.060	0.208	0.041
MLEP-70% (W)	0.171 <sup>‡</sup>	0.037	0.263 <sup>*</sup>	-0.020
MLEP-80% (W)	0.092	0.054	0.200	-0.054
IMSBC (kgf)	0.014	-0.045	0.175	-0.023
DMSBC (kgf)	0.149 <sup>‡</sup>	0.043	0.351 <sup>‡</sup>	0.042
HGS (kgf)	0.110	0.069	0.241 <sup>*</sup>	0.030

LM, lean mass; ALM, Appendicular lean mass; ALMI, Appendicular lean mass index; FNBMD, femur neck BMD; LSBMD, lumbar spine BMD; IMSBC, isometric maximum strength of biceps curl; DMSBC, dynamic maximum strength of biceps curl; HGS, hand grip strength; IMSLE, isometric maximum strength of leg extension; DMSLE, dynamic maximum strength of leg extension; MLEP, Mean leg extension power; kgf, kilogram-force. Correlación de Pearson \*\*p<0.01, \*p<0.05. Rho de Spearman <sup>‡</sup>p<0.01, <sup>\*</sup>p<0.05.

In the logistic regression analysis, none of the variables from the definition of sarcopenia acted as a risk or protective factor associated with OPFN in both genders, nor with the OPLS in men (data not shown). Meanwhile, as for the OPLS in women, the unadjusted models showed that the ALMI (OR= 0.512; IC 95% 0.290-0.906, p=0.021) and the HGS (OR= 0.908; IC 95% 0.835-0.988, p=0.025) acted as protective factors for OPLS. After adjusting the models for age and BMI, it was observed that the ALMI lost its association with the OPLS (OR= 1.081; IC 95% 0.513-2.276, p=0.838), while the HGS acted again as a protective factor for OPLS in women (OR= 0.899; IC 95% 0.823-0.982, p=0.018). With respect to the 8F-UG, no association was found with the OPSL in the women in the study (Table 14).

**Table 14.** Risk of lumbar spine osteoporosis according to the diagnostic criteria for sarcopenia (women= 175).

		$\beta$	Sig.	OR	OR IC 95%		$r^2$
					lower	Upper	
ALMI (kg/m <sup>2</sup> )	Unadjusted	-0.669	0.021	0.512	0.290	0.906	0.046
	Adjusted	0.078	0.838	1.081	0.513	2.276	0.124
HGS (kgf)	Unadjusted	-0.096	0.025	0.908	0.835	0.988	0.043
	Adjusted	-0.113	0.016	0.893	0.815	0.979	0.171
8F-UG (s)	Unadjusted	-0.058	0.768	0.944	0.644	1.383	0.001
	Adjusted	0.216	0.325	1.241	0.808	1.906	0.131

ALMI, Appendicular lean mass index; HGS, hand grip strength; 8F-UG, 8-foot up-and-go test; OR, odd ratio. Logistic regression, models adjusted for: age and body mass index.

## 5. DISCUSSION

### 5.1. Sarcopenia and osteoporosis frequency

To our knowledge, this is the first study of sarcopenia conducted with a group of older people in a city in northern Spain, using the EWGSOP definition. Among 258 men and women in this study, the frequency of sarcopenia was 3.3% (n=6). This was higher than that found in a study of Finnish women, between 70-80 years old (0.9%) (Patil et al., 2013) and lower than other studies in Europe and Asia (between 3.7% and 10.0%), which also applied the EWGSOP definition with all the criteria and assessed the muscle mass with DXA (Abellan van Kan et al., 2013; Lee, Liu, Peng, Lin, & Chen, 2013; Patel et al., 2013; Patil, et al., 2013; Verschueren, et al., 2013; J. H. Kim et al., 2014; Liu et al., 2014; Meng et al., 2014).

Meanwhile, other studies assessing the muscle mass with bioelectrical impedance analysis (BIA) reported a range of higher prevalences (between 3.9% and 30.9%) (Landi et al., 2012a; Tanimoto et al., 2012; Akune et al., 2013; Legrand, Vaes, Mathei, Swine, & Degryse, 2013; Yamada et al., 2013; da Silva

Alexandre, Duarte, Santos, Wong, & Lebrao, 2014; Rossi et al., 2014; Smoliner, Sieber, & Wirth, 2014; Tanimoto et al., 2014; Vetrano et al., 2014; Volpato et al., 2014; C. H. Wu et al., 2014; I. C. Wu et al., 2014; Yoshida et al., 2014). In turn, the studies that used circumferences to reference muscle mass also presented higher prevalences than the studies conducted with DXA (between 14.3% and 33.6%) (Arango-Lopera, Arroyo, Gutiérrez-Robledo, & Pérez-Zepeda, 2012; Bastiaanse, Hilgenkamp, Echteld, & Evenhuis, 2012; Landi et al., 2012b; Landi et al., 2013a; Landi et al., 2013b). Although there are differences in the characteristics of the populations of the previous studies, which may be related to the variability of the prevalences found, the technique to measure muscle mass could be an important factor that explains this variability. Safer et al. (2013) indicate that measuring muscle mass in older people with circumferences is inappropriate, due to modifications in the elasticity of the skin associated with aging, which leads to changes in the fat deposits. Furthermore, DXA is considered a more precise, reliable tool to measure muscle mass than anthropometric measurements and BIA (Rolland et al., 2008), which leads to a less accurate diagnosis of sarcopenia by these last two techniques. However, more research would be needed to determine the possible effect of the technique to measure muscle mass on the diagnosis of sarcopenia according to the EWGSOP definition.

Overall, sarcopenia was uncommon in the group studied. This could be explained also by the possible implication of the technique to measure muscle mass because the participants in the study were active, independent people, due to their participation in recreation programs and academic training, which could be related to a lower risk of sarcopenia. This is demonstrated in the study by Cherin et al. (2014) with 1445 people, 45 years and older of both genders, where the probability of presenting sarcopenia was lower among the subjects who reported that they do outdoor physical activity three or more hours per week (OR 0.45; 95 % CI 0.24–0.93).

On the other hand, the OPFN found in this study was 11.6%, without reaching significant differences between the genders, ranking slightly lower than that generally reported in Spain (15.4%), where gender differences were larger (22.6% women and 6.8% men) (Svedbom, et al., 2013). For its part, the OPLS (22.5%) was two times greater than that reported in the FN, with greater involvement in women ( $p < 0.05$ ). These results show that, although osteoporosis is a systemic disease, the degree of bone loss seems not to be the same in different skeletal regions. In another study conducted in Spain with 987 postmenopausal women (53.8 DE 5.5 years), the OPFN was 3.6%, while the osteoporosis of OPLS was three times higher (14.7%) (Martínez-Águila et al., 2009).

## **5.2. Association between some indicators of muscle mass with strength of upper and lower limbs**

To our knowledge this is the first study that simultaneously analyzes the association between the ALMI (an important criterion to determine low muscle mass in the diagnosis of sarcopenia) with different manifestations of the strength of both upper and lower limbs. A first relationship to be analyzed is that presented between the ALMI and the HGS, by also considering the latter as a widely used parameter in the assessment of sarcopenia. The results showed that the correlations among these criteria were low in both genders (women  $r = 0.174$ , men  $r = 0.241$ ;  $p < 0.05$ ). In turn, the HGS values showed significant differences between the ALMI tertiles only in men. Compared with the study by Barbat-Artigas et al. (2013a), this study found a significant relationship between the ALMI and the HGS also in men, while in women, the ALMI was only associated with the strength of the lower limbs (DMSLE). These authors propose that in using the EWGSOP definition in diagnosing sarcopenia, a differentiation must be made in determining strength according to gender (when the ALMI is used to assess muscle mass), with a preference of HGS for men and strength of the lower limbs for women (Barbat-Artigas, et al., 2013a).

However, after adjusting for age and BMI, the multivariate analysis between the muscle indicators and the different manifestations of strength performed in this study indicated that the ALMI did not act significantly as an explanatory variable of the HGS in men, while in women, it was not possible to determine this association because the model did not meet the assumption of normality. These results seem to indicate that, despite the importance of HGS in the clinical setting to assess the strength of older people, since its decline is associated with a greater risk of disability (den Ouden, Schuurmans, Arts, & van der Schouw, 2011), prolonged hospital stays (Kerr et al., 2006) and an increase in mortality (Cooper, Kuh, & Hardy, 2010), HGS as a diagnostic criterion for sarcopenia appears to present a poor association with the ALMI.

However, the ALMI showed a greater association with other tests of strength of the upper and lower limbs conducted in this study. Among them noteworthy is the MLEP assessed at different percentages of 1-RM. The regression analysis adjusted for age and BMI indicated that the ALMI explained the variability of the MLEP up to 60% of 1-RM in women and up to 70% of 1-RM in men ( $p < 0.05$ ).

No reports have been found that specifically relate the ALMI with the muscle power assessed at different 1-RM charges. A study with 142 men (64-92 years old) found a positive correlation between the ALMI and the leg press strength assessed on a pneumatic machine (Keiser, AIR300 Leg Press) ( $r = 0.409$ ;  $p < 0.001$ ) (Iannuzzi-Sucich, Prestwood, & Kenny, 2002). Another study with 60 people of both genders between 55-75 years old found that people with a low ALMI presented lower muscle power compared to normal people (651.08 DE 41.67 W and 851.01 DE 27.35 W, respectively); muscle power was assessed through a jump test (Singh et al., 2014).

The importance of the association between the ALMI and the MLEP is given by the relation of the latter with functional performance. Scientific evidence points to how the deterioration of muscle power of the lower limbs is

associated with a greater loss of functional fitness (Puthoff & Nielsen, 2007; Reid & Fielding, 2012). Thus, in the evaluation of sarcopenia defined by the EWGSOP, when the ALMI is used to determine low muscle mass, it would be advisable to involve the evaluation of the strength of the lower limbs and particularly of muscle power.

### **5.3. Lower limbs functional performance and its association with muscle mass, muscle strength and muscle quality**

Significant relationships between the 30-CST and the muscle indicators were generally scarce; noteworthy is the correlation found with the LM-Legs in both genders (women  $r = -0.209$ ,  $p < 0.01$ ; men  $r = -0.226$ ,  $p < 0.05$ ). In this result, our attention was drawn to the negative direction of the relationship, apparently indicating that with a higher LM-Legs, the performance in this test is less. This result is contrary to that reported in another study with 97 women (46.6-66.6 years old), which reported a positive correlation between the LM-Legs and the 30-CST ( $r = 0.219$ ,  $p < 0.01$ ) (Shin, Liu, Panton, & Ilich, 2014). Meanwhile, another study with 93 older women (65-89 years old) also found a negative correlation between these two variables but without achieving statistical significance ( $r = -0.19$ ;  $p > 0.05$ ) (C. R. Straight, Brady, & Evans, 2015).

On the other hand, the correlations of the 30-CST with the different manifestations of the strength of lower limbs were low and were statistically significant only in women. These results were similar to those reported in a study with 65 women (45.65 years old), which found a positive correlation between the 30-CST and the isokinetic knee strength ( $r = 0.33$ ,  $p < 0.05$ ) and with the muscle power of the lower limbs ( $r = 0.29$ ,  $p < 0.05$ ) (Ward-Ritacco, Adrian, Johnson, Rogers, & Evans, 2014). However, we note again that our results showed no significant differences in any of the tests of strength of the lower limbs, according to the normal or low performance in the 30-CST in both genders.

As for the relationship between the 30-CST and the MQ of the lower limbs, all the correlations were significant in women, while in men statistical significance was achieved in the majority of the correlations. Other studies also showed significant correlations between the 30-CST and the MQ, the latter primarily assessed with the muscle power of the lower limbs (C. R. Straight, Brady, & Evans, 2014; Ward-Ritacco, et al., 2014; C. R. Straight, et al., 2015). What explains these results is the fact that muscle mass and muscle strength independently are not closely related to performance in the 30-CST, but when they were combined in an index, such as the MQ, the association with this functional test was better.

Moreover, none of the measurements of muscle mass was correlated with the 2-min in both men and women, a result that coincides with those reported in other studies that used the 6-min test (C. R. Straight, et al., 2014; C. R. Straight, et al., 2015). Nor did we find differences in the muscle indicators regarding the normal or low performance in the 2-min test in our results. With regard to the relationship between the 2-min test and the different manifestations of the strength of the lower limbs, we found positive correlations in almost all the muscle strength and power in both genders. This result differs somewhat with a study in older women, which found a good correlation between the 6-min test and the isokinetic knee strength ( $r= 0.48$ ,  $p< 0.01$ ), but not with the muscle power (Ward-Ritacco, et al., 2014). The fact that muscle strength has a greater relationship with the 2-min test with respect to power is explained by the nature of the functional test, in which a resistance force is required more than a short-duration power component.

On the other hand, most MQ measurements of the lower limbs were positively correlated with the 2-min test in both genders ( $p<0.05$ ). Once again, we observed how the MQ presents a good relationship with another functional test of lower limbs, contrary to that presented only with muscle mass. These results are consistent with other studies that also calculated the MQ with the muscle strength and power of the lower limbs, combined with the muscle mass

of the legs and were related with the performance of the 6-min test (Vilaca et al., 2013; C. R. Straight, et al., 2014; Ward-Ritacco, et al., 2014; C. R. Straight, et al., 2015).

In relation to the 8F-UG, none of the muscle indicators correlated with this functional test. This result is consistent with other studies that compared the 8F-UG with the LM-Total and the lower limbs (C. R. Straight, et al., 2014; C. R. Straight, et al., 2015). On the other hand, it is important to note the significant correlations presented between the different manifestations of the strength of the lower limbs and the 8F-UG. Another study found similar behavior, where greater muscle strength and power of the lower limbs represented a lower execution time in this functional test (Ward-Ritacco, et al., 2014).

Finally, our results also indicated a good relationship between the 8F-UG with the MQ of the lower limbs. The correlations found were significant and even a bit higher than those found with the muscle strength. Once again, the MQ presented a good relationship with another functional test of the lower limbs, contrary to that reported with muscle mass only. These results coincide with other studies that also calculated the MQ with the muscle strength and power of the lower limbs in both genders, where an increase in the MQ represented a lower execution time in the 8F-UG (Vilaca, et al., 2013; C. R. Straight, et al., 2014; Ward-Ritacco, et al., 2014; C. R. Straight, et al., 2015).

Overall, our results showed that the functional performance of the lower limbs was mainly related to the manifestations of force (isometric, dynamic and power) and with the MQ, while the muscle mass presented a discrete relationship with the functional tests assessed. Noteworthy is the importance that the MQ is currently achieving as an indicator of functional performance, which is reflected in these results and is also indicated by different authors (Barbat-Artigas, Rolland, Zamboni, & Aubertin-Leheudre, 2012; Barbat-Artigas, et al., 2013b; Chad R. Straight, Brady, & Evans, 2013). However, these

findings are obtained from cross-sectional studies with the well-known limitations of these designs. More studies are required that evaluate the effect of the changes in muscle mass, muscle strength and their combination (MQ) on the functional performance in older people.

#### **5.4. Upper limbs functional performance and its association with muscle mass, muscle strength and muscle quality**

The correlations found between the ACT and the muscle indicators were low and statistically significant only in women, with the exception of the ALMI. These results are similar to those presented with the functional assessment of the lower limbs, which once again indicates that is not the amount of muscle that is principally responsible for functional performance in older people. No other reports that study this same relationship were found in current literature.

On the other hand, the ACT positively correlated with all the strength tests of the upper limbs in both genders ( $p < 0.01$ ). These results are consistent with the study to validate the test itself, which was positively correlated with different strength exercises upon which a 1-RM (bilateral biceps, chest press and back strength) (Rikli & Jones, 1999a) were estimated. This appears to indicate that the ACT may be a good indicator of muscle strength of the upper members and its importance for the functional evaluation in older people is given through its relationship with the performance of activities at home and others that involve lifting weights and carrying things (groceries, luggage and grandchildren) (R. E. Rikli & C. J. Jones, 2013). However, the effect that poor performance in the ACT could have on the performance of daily activities requires further studies that support it.

Finally, in this study, the different measurements of the MQ of the upper limbs were significantly correlated with the ACT, with the exception of the MQ-HGS in women. Once again, we observed how muscle strength, combined with

muscle mass, presents a better relationship with functional performance than with muscle mass only. No studies were found with which to compare our results, especially considering that most of the studies reported, which analyze the relationship between the MQ and functionality, are focused on the lower limbs.

### **5.5. Association of BMD with muscle mass, muscle strength, functional fitness and muscle quality**

In this study, we found that the FNBMD was positively correlated with the total lean mass, arms, legs, thighs and appendicular in both genders ( $r= 0.217-0.349$ ,  $p<0.01$ ). These results coincide with those presented in a meta-analysis with 44 studies, in which the total correlation (or total size of the effect) between the LM and the FNBMD was 0.38 (IC95% 0.33– 0.42) for women and 0.43 (IC95% 0.27– 0.60) for men (Ho-Pham, Nguyen, & Nguyen, 2014). With respect to the correlations between the LSBMD and the different muscle indicators, they were significant only in the women of this study ( $r= 0.198-0.286$ ,  $p<0.01$ ) and were slightly lower than the total correlation found in the meta-analysis previously mentioned ( $r= 0.33$ , IC95% 0.29–0.37) (Ho-Pham, et al., 2014).

As for the relationship between the BMD and the muscle strength of the upper limbs, highlighted in this study are the positive correlations found between the FNBMD and the DMSBC in both genders and with the HGS in men. Referring to the HGS, which is the test mainly used to evaluate low muscle strength in the diagnosis of sarcopenia according to the EWGSOP definition, other studies also reported a significant association between this strength test and the BMD in women (Dixon, et al., 2005; Marín, et al., 2010; Rikonen, et al., 2012; Sjoblom, et al., 2013). The association between HGS and osteoporosis is important because this test is also associated with a greater

risk of clinical fractures (Sjoblom, et al., 2013); in fact, it has been reported that it has a predictive power similar to the FNBMD (Cheung et al., 2012).

With regard to the relationship between the strength of the lower limbs and the BMD, this study highlights the positive correlations found between the FNBMD and the MLEP assessed at 40%, 50% and 70% of 1-RM in men ( $p < 0.05$ ). Although no studies have been found that evaluate power with the same device to be compared with the BMD, our results coincide with a study of 153 men (31-60 years old) which evaluated the power of the leg extensions with a “*Nottingham Leg Extensor Power Rig*”, where the power values were significantly associated with the hip BMD ( $R^2 = 0.1074$ ,  $p < 0.001$ ); this study also found an association with the LSBMD ( $R^2 = 0.0436$ ,  $p < 0.01$ ), which, for this study, was not significant in both genders (Schwarz et al., 2014). By contrast, a study of 1117 men ( $\geq 65$  years), which assessed the power of the leg extension with the same device in the previous study, did not find differences in the FNBMD regarding muscle power classified into quartiles (Cousins et al., 2010).

These results become important when considering that muscle power in older people presents a higher rate of age-related loss with respect to the strength (Aagaard, Suetta, Caserotti, Magnusson, & Kjaer, 2010); thus, the improvement and maintenance of muscle power becomes vitally important to counter the loss of BMD. This positive relationship between muscle power and the BMD is also reported in experimental studies, which – although developed mainly in post-menopausal women – show a benefit from the power or high-intensity trainings on bone health, even more than traditional strength training (Martyn-St James & Carroll, 2006; von Stengel, Kemmler, Kalender, Engelke, & Lauber, 2007; Gray, Di Brezzo, & Fort, 2013). This is because power training is more effective in stimulating the sensory mechanisms of bone cells and in inducing bone rehabilitation (von Stengel, et al., 2007).

In this study, none of the functional tests evaluated derived from the SFT battery was correlated to the BMD in both genders. These results coincide with

another study that applied the same functional tests in older Portuguese people of both genders (60-79 years), where – despite finding some low correlations between BMD and functional fitness – after adjusting for some confusing variables, the contribution of function fitness to the explanation of the BMD had no important effect (Gouveia et al., 2012). Other studies also did not find a significant association between the BMD and the assessment of functional fitness (Marín, et al., 2010; Shin, et al., 2014). These reports coincide in indicating that other variables have a greater association with the BMD, especially those of body composition, such as the high values of fat mass and the low levels of muscle mass.

As for the relationship between the MQ of the upper and lower limbs and the BMD, the correlations between these variables were scarce; highlighted is that found between the FNBMD and the MQ-DMSBC ( $r=0.27$ ;  $p<0.05$ ). Compared with a pilot study in 24 post-menopausal women, the MQ (muscle mass calculated by the BIA/HGS) was significantly correlated with the BMD of the total body ( $r=0.64$ ,  $p=0.001$ ) and hip ( $r=0.68$ ,  $p<0.001$ ), but not with the LSBMD ( $r=0.29$ ,  $p=0.17$ ) (Barbat-Artigas, Plouffe, Menard, Dupontgand, & Aubertin-Leheudre, 2012). As muscle mass and strength are related to maintaining the BMD, the MQ appears to show an equally positive relationship with the BMD, although our studies were not very favorable to this relationship.

When the risk of osteoporosis was evaluated according to the diagnostic criteria of sarcopenia, our results showed in the unadjusted individual analysis that both the ALMI as well as the HGS acted as protective factors for the OPLS in women. However, in adjusting the models by age and BMI, only the HGS remained associated with the reduction of the risk of OPLS. Compared to a study in post-menopausal women, low levels in the diagnostic criteria of sarcopenia acted as a risk factor for OPFN, where the higher association was also given with the HGS (OR: 10.7, IC 95% 2.3–50.3) (models adjusted by age, BMI, hormonal therapy, alcohol and cigarette consumption) (Sjoblom, et al., 2013).

These results once again highlight the positive role of muscle strength in preserving bone health. And although this work presents the limitations of a cross-sectional study, our results suggest that an intervention aimed at improving muscle mass and muscle strength (especially the latter), could have a positive effect on the BMD. Exercise interventions with strength and moderate-impact exercises demonstrate their effectiveness to prevent osteoporosis, better than interventions such as walking or mixed activities, which have a lower gravitational load (Gómez-Cabello, Ara, González-Aguero, Casajús, & Vicente-Rodríguez, 2012; Marques, Mota, & Carvalho, 2012).

Finally, we consider it appropriate to propose the principal limitations identified in this study and which must be taken into account to understand the results. First, the sample consisted of people who participated voluntarily, so the results are relevant only for the study group. Second, this was a cross-sectional study and this makes it impossible to determine the nature of the associations observed, for which further controlled prospective studies are required. And third, this study did not look for variables, such as previous diseases, alcohol and nicotine consumption, physical activity, nutrition and medication, which could have expanded the explanation for the results of sarcopenia and osteoporosis found.

## 7. CONCLUSIONS

1. The frequency of sarcopenia using recent diagnostic criteria of the EWGSOP is generally lower, compared to published studies in populations with similar characteristics.
2. The anatomical area used to diagnose osteoporosis only affects women on the estimated incidence of it being clearly greater if the BMD in the lumbar spine, instead of the femoral neck, is determined.

3. Although the appendicular lean mass index and hand grip strength are diagnostic criteria of the EWGSOP, these two factors are not related to each other; on the contrary, the appendicular lean mass index has an important relationship with other manifestations of strength, especially with the mean leg extension power.
4. The performance of physical fitness manifested with the lower extremities is not correlated to muscle mass, but is positively related to the different manifestations of strength of these extremities. This relationship is even greater with the muscle quality of these extremities, both in men and in women.
5. The performance of physical fitness in the upper extremities is related to their muscle mass in women and in both genders with the manifestations of strength and their muscle quality.
6. The specific bone mineral density in the femoral neck is positively correlated, both in men and women, with the muscle mass. Strength presents a lower consistency in its correlation with the bone mineral density, although it is higher in men than in women.
7. The bone mineral density of the spine does not correlate with the muscle quality, the level of physical fitness, or the strength. It positively correlates with muscle mass only in women.
8. Of the diagnostic criteria of the EWGSOP, in men, neither muscle mass, nor strength, nor functional fitness allows us to quantify the risk of osteoporosis of the femur neck or spine. However, in women and only for the spine, higher levels of hand grip strength decrease the risk of osteoporosis.



## **8. REFERENCIAS**

---



---

## REFERENCIAS

- Aadahl, M., Beyer, N., Linneberg, A., Thuesen, B. H., & Jorgensen, T. (2011). Grip strength and lower limb extension power in 19-72-year-old Danish men and women: the Health 2006 study. *BMJ Open*, 1(2), e000192.
- Aagaard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S. P., & Kjaer, M. (2010). *Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure* (2010/05/22 ed. Vol. 20).
- Abellan van Kan, G. (2009). Epidemiology and consequences of sarcopenia. *J Nutr Health Aging*, 13(8), 708-712.
- Abellan van Kan, G., Cesari, M., Gillette-Guyonnet, S., Dupuy, C., Nourhashemi, F., Schott, A. M., et al. (2013). Sarcopenia and cognitive impairment in elderly women: results from the EPIDOS cohort. *Age Ageing*, 42(2), 196-202.
- Abellan van Kan, G., Houles, M., & Vellas, B. (2012). Identifying sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 15(5), 436-441.
- Ahedi, H., Aitken, D., Scott, D., Blizzard, L., Cicuttini, F., & Jones, G. (2014). The association between hip muscle cross-sectional area, muscle strength, and bone mineral density. *Calcif Tissue Int*, 95(1), 64-72.
- Akune, T., Muraki, S., Oka, H., Tanaka, S., Kawaguchi, H., Nakamura, K., et al. (2013). Exercise habits during middle age are associated with lower prevalence of sarcopenia: the ROAD study. *Osteoporos Int*, 25(3), 1081-1088.
- Alosco, M. L., Spitznagel, M. B., Raz, N., Cohen, R., Sweet, L. H., Colbert, L. H., et al. (2012). The 2-Minute Step Test is independently associated with cognitive function in older adults with heart failure. *Aging Clin Exp Res*, 24(5), 468-474.
- Amaral, J. F., Alvim, F. C., Castro, E. A., Doimo, L. A., Silva, M. V., & Novo Junior, J. M. (2014). Influence of aging on isometric muscle strength, fat-free mass and electromyographic signal power of the upper and lower limbs in women. *Braz J Phys Ther*, 18(2), 183-190.
- Arango-Lopera, V. E., Arroyo, P., Gutiérrez-Robledo, L. M., & Pérez-Zepeda, M. U. (2012). Prevalence of sarcopenia in Mexico City. *European Geriatric Medicine*, 3(3), 157-160.
- Arango-Lopera, V. E., Arroyo, P., Gutiérrez-Robledo, L. M., Pérez-Zepeda, M. U., & Cesari, M. (2013). Mortality as an adverse outcome of sarcopenia. *J Nutr Health Aging*, 17(3), 259-262.

## 8. REFERENCIAS

---

- Arias-Merino, E. D., Mendoza-Ruvalcaba, N. M., Ortiz, G. G., Velazquez-Brizuela, I. E., Meda-Lara, R. M., & Cueva-Contreras, J. (2012). Physical function and associated factors in community-dwelling elderly people in Jalisco, Mexico. *Arch Gerontol Geriatr*.
- Artero, E. G., Lee, D. C., Ruiz, J. R., Sui, X., Ortega, F. B., Church, T. S., et al. (2011). A prospective study of muscular strength and all-cause mortality in men with hypertension. *J Am Coll Cardiol*, *57*(18), 1831-1837.
- Bahat, G., Bay, I., Selcuk Akpınar, T., Tufan, A., Kilic, C., Baskent, A., et al. (2013). Determinants of falls and/or fear of falls in community dwelling elderly. *Osteoporosis International*, *24*(1), S315-S316.
- Barbat-Artigas, S., Pion, C. H., Leduc-Gaudet, J. P., Rolland, Y., & Aubertin-Leheudre, M. (2014). Exploring the role of muscle mass, obesity, and age in the relationship between muscle quality and physical function. *J Am Med Dir Assoc*, *15*(4), 303.e313-320.
- Barbat-Artigas, S., Plouffe, S., Menard, Y., Dupontgand, S., & Aubertin-Leheudre, M. (2012a). Relationship between muscle quality and osteoporosis in postmenopausal women: A pilot study. *Maturitas*, *71*(S1), S48.
- Barbat-Artigas, S., Plouffe, S., Pion, C. H., & Aubertin-Leheudre, M. (2013a). Toward a sex-specific relationship between muscle strength and appendicular lean body mass index? *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, *4*(2), 137-144.
- Barbat-Artigas, S., Rolland, Y., Vellas, B., & Aubertin-Leheudre, M. (2013b). Muscle quantity is not synonymous with muscle quality. *J Am Med Dir Assoc*, *14*(11), 852 e851-857.
- Barbat-Artigas, S., Rolland, Y., Zamboni, M., & Aubertin-Leheudre, M. (2012b). How to assess functional status: a new muscle quality index. *J Nutr Health Aging*, *16*(1), 67-77.
- Bastiaanse, L. P., Hilgenkamp, T. I., Echteld, M. A., & Evenhuis, H. M. (2012). Prevalence and associated factors of sarcopenia in older adults with intellectual disabilities. *Res Dev Disabil*, *33*(6), 2004-2012.
- Bauer, J. M., & Sieber, C. C. (2008). Sarcopenia and frailty: a clinician's controversial point of view. *Exp Gerontol*, *43*(7), 674-678.
- Baumgartner, R. N., Koehler, K. M., Gallagher, D., Romero, L., Heymsfield, S. B., Ross, R. R., et al. (1998). Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol*, *147*(8), 755-763.

- Beauchet, O., Fantino, B., Allali, G., Muir, S. W., Montero-Odasso, M., & Annweiler, C. (2011). Timed Up and Go test and risk of falls in older adults: a systematic review. *J Nutr Health Aging, 15*(10), 933-938.
- Beliaeff, S., Bouchard, D. R., Hautier, C., Brochu, M., & Dionne, I. J. (2008). Association between muscle mass and isometric muscle strength in well-functioning older men and women. *J Aging Phys Act, 16*(4), 484-493.
- Bijlsma, A. Y., Meskers, C. G., van den Eshof, N., Westendorp, R. G., Sipila, S., Stenroth, L., et al. (2014). Diagnostic criteria for sarcopenia and physical performance. *Age (Dordr), 36*(1), 275-285.
- Bijlsma, A. Y., Meskers, C. G. M., Ling, C. H. Y., Narici, M., Kurrle, S. E., Cameron, I. D., et al. (2013). Defining sarcopenia: the impact of different diagnostic criteria on the prevalence of sarcopenia in a large middle aged cohort. *AGE, 35*(3), 871-881.
- Blain, H., Jaussent, A., Thomas, E., Micallef, J. P., Dupuy, A. M., Bernard, P. L., et al. (2010). Appendicular skeletal muscle mass is the strongest independent factor associated with femoral neck bone mineral density in adult and older men. *Exp Gerontol, 45*(9), 679-684.
- Bleicher, K., Cumming, R. G., Naganathan, V., Trivison, T. G., Sambrook, P. N., Blyth, F. M., et al. (2011). The role of fat and lean mass in bone loss in older men: findings from the CHAMP study. *Bone, 49*(6), 1299-1305.
- Boelens, C., Hekman, E. E., & Verkerke, G. J. (2013). Risk factors for falls of older citizens. *Technol Health Care, 21*(5), 521-533.
- Bohannon, R. W. (1997). Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants. *Age Ageing, 26*(1), 15-19.
- Bohannon, R. W. (2012). Are hand-grip and knee extension strength reflective of a common construct? *Percept Mot Skills, 114*(2), 514-518.
- Bolam, K. A., van Uffelen, J. G., & Taaffe, D. R. (2013). The effect of physical exercise on bone density in middle-aged and older men: a systematic review. *Osteoporos Int, 24*(11), 2749-2762.
- Brady, A. O., Straight, C. R., Schmidt, M. D., & Evans, E. M. (2014). Impact of body mass index on the relationship between muscle quality and physical function in older women. *J Nutr Health Aging, 18*(4), 378-382.
- Buford, T. W., Lott, D. J., Marzetti, E., Wohlgemuth, S. E., Vandenborne, K., Pahor, M., et al. (2012). Age-related differences in lower extremity tissue compartments and associations with physical function in older adults. *Exp Gerontol, 47*(1), 38-44.

## 8. REFERENCIAS

---

- Bukata, S. V., Digiovanni, B. F., Friedman, S. M., Hoyen, H., Kates, A., Kates, S. L., et al. (2011). A guide to improving the care of patients with fragility fractures. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*, 2(1), 5-37.
- Burge, R., Dawson-Hughes, B., Solomon, D. H., Wong, J. B., King, A., & Tosteson, A. (2007). Incidence and economic burden of osteoporosis-related fractures in the United States, 2005-2025. *J Bone Miner Res*, 22(3), 465-475.
- Burton, L. A., & Sumukadas, D. (2010). Optimal management of sarcopenia. *Clin Interv Aging*, 5, 217-228.
- Cancela, J. M., Ayán, C., Gutiérrez-Santiago, A., Prieto, I., & Varela, S. (2012). The Senior Fitness Test as a functional measure in Parkinson's disease: a pilot study. *Parkinsonism Relat Disord*, 18(2), 170-173.
- Casanova, C., Cote, C., Marin, J. M., Pinto-Plata, V., de Torres, J. P., Aguirre-Jaime, A., et al. (2008). Distance and oxygen desaturation during the 6-min walk test as predictors of long-term mortality in patients with COPD. *Chest*, 134(4), 746-752.
- Cawthon, P. M., Fox, K. M., Gandra, S. R., Delmonico, M. J., Chiou, C. F., Anthony, M. S., et al. (2009). Do muscle mass, muscle density, strength, and physical function similarly influence risk of hospitalization in older adults? *J Am Geriatr Soc*, 57(8), 1411-1419.
- Cesari, M., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., Simonsick, E. M., Harris, T. B., Penninx, B. W., et al. (2009). Added value of physical performance measures in predicting adverse health-related events: results from the Health, Aging And Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc*, 57(2), 251-259.
- Clark, B. C., & Manini, T. M. (2008). Sarcopenia  $\neq$  dynapenia. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 63(8), 829-834.
- Clark, B. C., & Manini, T. M. (2012). What is dynapenia? *Nutrition*, 28(5), 495-503.
- Cooper, C., Dere, W., Evans, W., Kanis, J. A., Rizzoli, R., Sayer, A. A., et al. (2012). Frailty and sarcopenia: definitions and outcome parameters. *Osteoporos Int*, 23(7), 1839-1848.
- Cooper, C., Fielding, R., Visser, M., van Loon, L. J., Rolland, Y., Orwoll, E., et al. (2013). Tools in the assessment of sarcopenia. *Calcif Tissue Int*, 93(3), 201-210.
- Cooper, R., Kuh, D., & Hardy, R. (2010). Objectively measured physical capability levels and mortality: systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 341, c4467.

- Cousins, J. M., Petit, M. A., Paudel, M. L., Taylor, B. C., Hughes, J. M., Cauley, J. A., et al. (2010). Muscle power and physical activity are associated with bone strength in older men: The osteoporotic fractures in men study. *Bone*, 47(2), 205-211.
- Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., et al. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*, 39(4), 412-423.
- Cruz-Jentoft, A. J., Landi, F., Schneider, S. M., Zuniga, C., Arai, H., Boirie, Y., et al. (2014). Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: a systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). *Age Ageing*, 43(6), 748-759.
- Chen, Z., Wang, Z., Lohman, T., Heymsfield, S. B., Outwater, E., Nicholas, J. S., et al. (2007). Dual-energy X-ray absorptiometry is a valid tool for assessing skeletal muscle mass in older women. *J Nutr*, 137(12), 2775-2780.
- Cherin, P., Voronska, E., Fraoucene, N., & de Jaeger, C. (2014). Prevalence of sarcopenia among healthy ambulatory subjects: the sarcopenia begins from 45 years. *Aging Clin Exp Res*, 26(2), 137-146.
- Cheung, C. L., Tan, K. C., Bow, C. H., Soong, C. S., Loong, C. H., & Kung, A. W. (2012). Low handgrip strength is a predictor of osteoporotic fractures: cross-sectional and prospective evidence from the Hong Kong Osteoporosis Study. *Age (Dordr)*, 34(5), 1239-1248.
- Chien, M. Y., Huang, T. Y., & Wu, Y. T. (2008). Prevalence of sarcopenia estimated using a bioelectrical impedance analysis prediction equation in community-dwelling elderly people in Taiwan. *J Am Geriatr Soc*, 56(9), 1710-1715.
- Chung, J. Y., Kang, H. T., Lee, D. C., Lee, H. R., & Lee, Y. J. (2013). Body composition and its association with cardiometabolic risk factors in the elderly: a focus on sarcopenic obesity. *Arch Gerontol Geriatr*, 56(1), 270-278.
- da Silva Alexandre, T., Duarte, Y. A., Santos, J. L., Wong, R., & Lebrao, M. L. (2014). Prevalence and associated factors of sarcopenia among elderly in Brazil: findings from the SABE study. *J Nutr Health Aging*, 18(3), 284-290.
- Danneskiold-Samsoe, B., Bartels, E. M., Bulow, P. M., Lund, H., Stockmarr, A., Holm, C. C., et al. (2009). Isokinetic and isometric muscle strength in a healthy population with special reference to age and gender. *Acta Physiol (Oxf)*, 197 Suppl 673, 1-68.

## 8. REFERENCIAS

---

- Delmonico, M. J., Harris, T. B., Lee, J. S., Visser, M., Nevitt, M., Kritchevsky, S. B., et al. (2007). Alternative definitions of sarcopenia, lower extremity performance, and functional impairment with aging in older men and women. *J Am Geriatr Soc*, 55(5), 769-774.
- Delmonico, M. J., Harris, T. B., Visser, M., Park, S. W., Conroy, M. B., Velasquez-Mieyer, P., et al. (2009). Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. *Am J Clin Nutr*, 90(6), 1579-1585.
- den Ouden, M. E., Schuurmans, M. J., Arts, I. E., & van der Schouw, Y. T. (2011). Physical performance characteristics related to disability in older persons: a systematic review. *Maturitas*, 69(3), 208-219.
- Depp, C. A., & Jeste, D. V. (2006). Definitions and predictors of successful aging: a comprehensive review of larger quantitative studies. *Am J Geriatr Psychiatry*, 14(1), 6-20.
- Dewhurst, S., & Bampouras, T. M. (2014). Intraday reliability and sensitivity of four functional ability tests in older women. *Am J Phys Med Rehabil*, 93(8), 703-707.
- Dey, D. K., Bosaeus, I., Lissner, L., & Steen, B. (2009). Changes in body composition and its relation to muscle strength in 75-year-old men and women: a 5-year prospective follow-up study of the NORA cohort in Goteborg, Sweden. *Nutrition*, 25(6), 613-619.
- Di Monaco, M., Vallero, F., Di Monaco, R., & Source, T. (2011). Prevalence of sarcopenia and its association with osteoporosis in 313 older women following a hip fracture. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 52(1), 71-74.
- Dixon, W. G., Lunt, M., Pye, S. R., Reeve, J., Felsenberg, D., Silman, A. J., et al. (2005). Low grip strength is associated with bone mineral density and vertebral fracture in women. *Rheumatology (Oxford)*, 44(5), 642-646.
- Doherty, T. J. (2003). Invited review: Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol* 95(4), 1717-1727.
- Dunsky, A., Ayalon, M., & Netz, Y. (2011). Arm-curl field test for older women: is it a measure of arm strength? *J Strength Cond Res*, 25(1), 193-197.
- El Hage, R., Jacob, C., Moussa, E., & Baddoura, R. (2011). Relative importance of lean mass and fat mass on bone mineral density in a group of Lebanese postmenopausal women. *J Clin Densitom*, 14(3), 326-331.
- Emaus, N., Wilsgaard, T., & Ahmed, L. A. (2014). Impacts of body mass index, physical activity, and smoking on femoral bone loss: the Tromso study. *J Bone Miner Res*, 29(9), 2080-2089.

- Evans, W. J., Morley, J. E., Argiles, J., Bales, C., Baracos, V., Guttridge, D., et al. (2008). Cachexia: a new definition. *Clin Nutr*, 27(6), 793-799.
- Ferrucci, L., Penninx, B. W., Volpato, S., Harris, T. B., Bandeen-Roche, K., Balfour, J., et al. (2002). Change in muscle strength explains accelerated decline of physical function in older women with high interleukin-6 serum levels. *J Am Geriatr Soc*, 50(12), 1947-1954.
- Fielding, R. A., Vellas, B., Evans, W. J., Bhasin, S., Morley, J. E., Newman, A. B., et al. (2011). Sarcopenia: an undiagnosed condition in older adults. Current consensus definition: prevalence, etiology, and consequences. International working group on sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc*, 12(4), 249-256.
- Freiberger, E., de Vreede, P., Schoene, D., Rydwick, E., Mueller, V., Frandin, K., et al. (2012). Performance-based physical function in older community-dwelling persons: a systematic review of instruments. *Age Ageing*, 41(6), 712-721.
- Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., et al. (2001). Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 56(3), M146-156.
- Frisoli, A., Jr., Chaves, P. H., Ingham, S. J., & Fried, L. P. (2011). Severe osteopenia and osteoporosis, sarcopenia, and frailty status in community-dwelling older women: results from the Women's Health and Aging Study (WHAS) II. *Bone*, 48(4), 952-957.
- Garatachea, N., Molinero, O., Martínez-García, R., Jiménez-Jiménez, R., González-Gallego, J., & Márquez, S. (2009). Feelings of well being in elderly people: relationship to physical activity and physical function. *Arch Gerontol Geriatr*, 48(3), 306-312.
- Gariballa, S., & Alessa, A. (2013). Sarcopenia: prevalence and prognostic significance in hospitalized patients. *Clin Nutr*, 32(5), 772-776.
- Gearhart, R. F., Jr., Lagally, K. M., Riechman, S. E., Andrews, R. D., & Robertson, R. J. (2009). Strength tracking using the OMNI resistance exercise scale in older men and women. *J Strength Cond Res*, 23(3), 1011-1015.
- Gearhart, R. F., Jr., Lagally, K. M., Riechman, S. E., Andrews, R. D., & Robertson, R. J. (2011). Safety of using the adult OMNI Resistance Exercise Scale to determine 1-RM in older men and women. *Percept Mot Skills*, 113(2), 671-676.
- Gennari, C. (2001). Calcium and vitamin D nutrition and bone disease of the elderly. *Public Health Nutr*, 4(2B), 547-559.

## 8. REFERENCIAS

---

- Go, S. W., Cha, Y. H., Lee, J. A., & Park, H. S. (2013). Association between Sarcopenia, Bone Density, and Health-Related Quality of Life in Korean Men. *Korean J Fam Med*, 34(4), 281-288.
- Gómez-Cabello, A., Ara, I., González-Aguero, A., Casajús, J. A., & Vicente-Rodriguez, G. (2012). Effects of training on bone mass in older adults: a systematic review. *Sports Med*, 42(4), 301-325.
- Gonnelli, S., Caffarelli, C., Cappelli, S., Rossi, S., Giordano, N., & Nuti, R. (2014). Gender-specific associations of appendicular muscle mass with BMD in elderly Italian subjects. *Calcif Tissue Int*, 95(4), 340-348.
- González-Badillo, J., & Gorostiaga, E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo*. Barcelona: INDE.
- Goodpaster, B. H., Park, S. W., Harris, T. B., Kritchevsky, S. B., Nevitt, M., Schwartz, A. V., et al. (2006). The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: the health, aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 61(10), 1059-1064.
- Gouveia, E. R., Maia, J. A., Beunen, G. P., Blimkie, C. J., Fena, E. M., & Freitas, D. L. (2013). Functional fitness and physical activity of Portuguese community-residing older adults. *J Aging Phys Act*, 21(1), 1-19.
- Gouveia, E. R., Maia, J. A., Beunen, G. P., Blimkie, C. J., Rodrigues, A. L., & Freitas, D. L. (2012). Functional fitness and bone mineral density in the elderly. *Arch Osteoporos*, 7(1-2), 75-85.
- Gray, M., Di Brezzo, R., & Fort, I. L. (2013). The effects of power and strength training on bone mineral density in premenopausal women. *J Sports Med Phys Fitness*, 53(4), 428-436.
- Grimby, G., & Saltin, B. (1983). The ageing muscle. *Clin Physio*, 3(3), 209–218.
- Guralnik, J. M., Ferrucci, L., Pieper, C. F., Leveille, S. G., Markides, K. S., Ostir, G. V., et al. (2000). Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55(4), M221-231.
- Guralnik, J. M., Simonsick, E. M., Ferrucci, L., Glynn, R. J., Berkman, L. F., Blazer, D. G., et al. (1994). A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol*, 49(2), M85-94.
- Gusi, N., Prieto, J., Olivares, P. R., Delgado, S., Quesada, F., & Cebrián, C. (2012). Normative fitness performance scores of community-dwelling older adults in Spain. *Journal Of Aging And Physical Activity*, 20(1), 106-126.

- Hairi, N. N., Cumming, R. G., Naganathan, V., Handelsman, D. J., Le Couteur, D. G., Creasey, H., et al. (2010). 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*, 58(11), 2055-2062.
- Hall, S. A., Chiu, G. R., Williams, R. E., Clark, R. V., & Araujo, A. B. (2011). Physical function and health-related quality-of-life in a population-based sample. *Ageing Male*, 14(2), 119-126.
- Hernlund, E., Svedbom, A., Ivergard, M., Compston, J., Cooper, C., Stenmark, J., et al. (2013). Osteoporosis in the European Union: medical management, epidemiology and economic burden. A report prepared in collaboration with the International Osteoporosis Foundation (IOF) and the European Federation of Pharmaceutical Industry Associations (EFPIA). *Arch Osteoporos*, 8(1-2), 136.
- Hesseberg, K., Bentzen, H., & Bergland, A. (2014). Reliability of the Senior Fitness Test in Community-dwelling Older People with Cognitive Impairment. *Physiother Res Int*, 20(1), 37-44.
- Ho-Pham, L. T., Nguyen, U. D., & Nguyen, T. V. (2014). Association between lean mass, fat mass, and bone mineral density: a meta-analysis. *J Clin Endocrinol Metab*, 99(1), 30-38.
- Hogrel, J. Y., Payan, C. A., Ollivier, G., Tanant, V., Attarian, S., Couillandre, A., et al. (2007). Development of a French isometric strength normative database for adults using quantitative muscle testing. *Arch Phys Med Rehabil*, 88(10), 1289-1297.
- Hsu, W. L., Chen, C. Y., Tsauo, J. Y., & Yang, R. S. (2014). Balance control in elderly people with osteoporosis. *J Formos Med Assoc*, 113(6), 334-339.
- Hsu, Y. H., Liang, C. K., Chou, M. Y., Liao, M. C., Lin, Y. T., Chen, L. K., et al. (2014). Association of cognitive impairment, depressive symptoms and sarcopenia among healthy older men in the veterans retirement community in southern Taiwan: a cross-sectional study. *Geriatr Gerontol Int*, 14 Suppl 1, 102-108.
- Hughes, V. A., Frontera, W. R., Wood, M., Evans, W. J., Dallal, G. E., Roubenoff, R., et al. (2001). Longitudinal muscle strength changes in older adults: influence of muscle mass, physical activity, and health. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 56(5), B209-217.
- Iannuzzi-Sucich, M., Prestwood, K. M., & Kenny, A. M. (2002). Prevalence of sarcopenia and predictors of skeletal muscle mass in healthy, older men and women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 57(12), M772-777.
- INE. (2010). *Mujeres y hombres en España 2010*. Madrid: INE.

## 8. REFERENCIAS

---

- Jansen, C. W., Niebuhr, B. R., Coussirat, D. J., Hawthorne, D., Moreno, L., & Phillip, M. (2008). Hand force of men and women over 65 years of age as measured by maximum pinch and grip force. *J Aging Phys Act*, 16(1), 24-41.
- Janssen, I., Heymsfield, S. B., Baumgartner, R. N., & Ross, R. (2000). Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol (1985)*, 89(2), 465-471.
- Janssen, I., Shepard, D. S., Katzmarzyk, P. T., & Roubenoff, R. (2004). The healthcare costs of sarcopenia in the United States. *J Am Geriatr Soc*, 52(1), 80-85.
- Jiménez, A., & De Paz, J. (2008). Application of the 1RM estimation formulas from the RM in bench press in a group of physically active middle-aged women. *J. Hum. Sport Exerc.*, 3(1), 10-22.
- Jo, E., Lee, S. R., Park, B. S., & Kim, J. S. (2012). Potential mechanisms underlying the role of chronic inflammation in age-related muscle wasting. *Aging Clin Exp Res*, 24(5), 412-422.
- Johnell, O., Kanis, J. A., Oden, A., Johansson, H., De Laet, C., Delmas, P., et al. (2005). Predictive value of BMD for hip and other fractures. *J Bone Miner Res*, 20(7), 1185-1194.
- Jones, C. J., Rikli, R. E., & Beam, W. C. (1999). A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Res Q Exerc Sport*, 70(2), 113-119.
- Jones, T. E., Stephenson, K. W., King, J. G., Knight, K. R., Marshall, T. L., & Scott, W. B. (2009). Sarcopenia--mechanisms and treatments. *J Geriatr Phys Ther*, 32(2), 83-89.
- Kaji, H. (2013). Linkage between muscle and bone: common catabolic signals resulting in osteoporosis and sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 16(3), 272-277.
- Kaji, H. (2014). Interaction between Muscle and Bone. *J Bone Metab*, 21(1), 29-40.
- Kanis, J. A., McCloskey, E. V., Johansson, H., Oden, A., Melton, L. J., 3rd, & Khaltsev, N. (2008). A reference standard for the description of osteoporosis. *Bone*, 42(3), 467-475.
- Kanis, J. A., Melton, L. J., 3rd, Christiansen, C., Johnston, C. C., & Khaltsev, N. (1994). The diagnosis of osteoporosis. *J Bone Miner Res*, 9(8), 1137-1141.

- Kerr, A., Syddall, H. E., Cooper, C., Turner, G. F., Briggs, R. S., & Sayer, A. A. (2006). Does admission grip strength predict length of stay in hospitalised older patients? *Age Ageing*, 35(1), 82-84.
- Kim, J. H., Lim, S., Choi, S. H., Kim, K. M., Yoon, J. W., Kim, K. W., et al. (2014). Sarcopenia: An Independent Predictor of Mortality in Community-Dwelling Older Korean Men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 69(10), 1244-1252.
- Kim, S., Won, C. W., Kim, B. S., Choi, H. R., & Moon, M. Y. (2014). The association between the low muscle mass and osteoporosis in elderly Korean people. *J Korean Med Sci*, 29(7), 995-1000.
- Kirchengast, S., & Huber, J. (2012). Sex-specific associations between soft tissue body composition and bone mineral density among older adults. *Ann Hum Biol*, 39(3), 206-213.
- Kojima, N., Kim, H., Saito, K., Yoshida, H., Yoshida, Y., Hirano, H., et al. (2014). Association of knee-extension strength with instrumental activities of daily living in community-dwelling older adults. *Geriatr Gerontol Int*, 14(3), 674-680.
- Koster, A., Ding, J., Stenholm, S., Caserotti, P., Houston, D. K., Nicklas, B. J., et al. (2011). Does the amount of fat mass predict age-related loss of lean mass, muscle strength, and muscle quality in older adults? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 66(8), 888-895.
- Krause, K. E., McIntosh, E. I., & Vallis, L. A. (2012). Sarcopenia and predictors of the fat free mass index in community-dwelling and assisted-living older men and women. *Gait Posture*, 35(2), 180-185.
- Landi, F., Cruz-Jentoft, A. J., Liperoti, R., Russo, A., Giovannini, S., Tosato, M., et al. (2013a). Sarcopenia and mortality risk in frail older persons aged 80 years and older: results from the iSIRENTE study. *Age Ageing*, 42(2), 203-209.
- Landi, F., Liperoti, R., Fusco, D., Mastropaolo, S., Quattrocioni, D., Proia, A., et al. (2012a). Prevalence and risk factors of sarcopenia among nursing home older residents. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 67(1), 48-55.
- Landi, F., Liperoti, R., Fusco, D., Mastropaolo, S., Quattrocioni, D., Proia, A., et al. (2012b). Sarcopenia and mortality among older nursing home residents. *J Am Med Dir Assoc*, 13(2), 121-126.
- Landi, F., Liperoti, R., Russo, A., Giovannini, S., Tosato, M., Barillaro, C., et al. (2013b). Association of anorexia with sarcopenia in a community-dwelling elderly population: results from the iSIRENTE study. *Eur J Nutr*, 52(3), 1261-1268.

## 8. REFERENCIAS

---

- Landi, F., Liperoti, R., Russo, A., Giovannini, S., Tosato, M., Capoluongo, E., et al. (2012c). Sarcopenia as a risk factor for falls in elderly individuals: results from the iSIRENTE study. *Clin Nutr*, 31(5), 652-658.
- Landi, F., Marzetti, E., Martone, A. M., Bernabei, R., & Onder, G. (2014). Exercise as a remedy for sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 17(1), 25-31.
- Lanham-New, S. A. (2008). Importance of calcium, vitamin D and vitamin K for osteoporosis prevention and treatment. *Proc Nutr Soc*, 67(2), 163-176.
- LaRoche, D. P., Millett, E. D., & Kralian, R. J. (2011). Low strength is related to diminished ground reaction forces and walking performance in older women. *Gait Posture*, 33(4), 668-672.
- Laureano, M. L., Martins, R. A., Sousa, N. M., Machado-Rodrigues, A. M., Valente-Santos, J., & Coelho, E. S. M. J. (2014). Relationship between functional fitness, medication costs and mood in elderly people. *Rev Assoc Med Bras*, 60(3), 200-207.
- Lauretani, F., Russo, C. R., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Di Iorio, A., et al. (2003). Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol* (1985), 95(5), 1851-1860.
- Lee, S., Kim, T. N., & Kim, S. H. (2012). Sarcopenic obesity is more closely associated with knee osteoarthritis than is nonsarcopenic obesity: a cross-sectional study. *Arthritis Rheum*, 64(12), 3947-3954.
- Lee, W. J., Liu, L. K., Peng, L. N., Lin, M. H., & Chen, L. K. (2013). Comparisons of sarcopenia defined by IWGS and EWGSOP criteria among older people: results from the I-Lan longitudinal aging study. *J Am Med Dir Assoc*, 14(7), 528 e521-527.
- Legrand, D., Adriaensen, W., Vaes, B., Mathei, C., Wallemacq, P., & Degryse, J. (2013a). The relationship between grip strength and muscle mass (MM), inflammatory biomarkers and physical performance in community-dwelling very old persons. *Arch Gerontol Geriatr*, 57(3), 345-351.
- Legrand, D., Vaes, B., Mathei, C., Adriaensen, W., Van Pottelbergh, G., & Degryse, J. M. (2014). Muscle strength and physical performance as predictors of mortality, hospitalization, and disability in the oldest old. *J Am Geriatr Soc*, 62(6), 1030-1038.
- Legrand, D., Vaes, B., Mathei, C., Swine, C., & Degryse, J. M. (2013b). The prevalence of sarcopenia in very old individuals according to the European consensus definition: insights from the BELFRAIL study. *Age Ageing*, 42(6), 727-734.

- Lindsey, C., Brownbill, R. A., Bohannon, R. A., & Ilich, J. Z. (2005). Association of physical performance measures with bone mineral density in postmenopausal women. *Arch Phys Med Rehabil*, 86(6), 1102-1107.
- Liu, L. K., Lee, W. J., Chen, L. Y., Hwang, A. C., Lin, M. H., Peng, L. N., et al. (2014). Sarcopenia, and its association with cardiometabolic and functional characteristics in Taiwan: results from I-Lan Longitudinal Aging Study. *Geriatr Gerontol Int*, 14 Suppl 1, 36-45.
- Looker, A. C., Wahner, H. W., Dunn, W. L., Calvo, M. S., Harris, T. B., Heyse, S. P., et al. (1998). Updated data on proximal femur bone mineral levels of US adults. *Osteoporos Int*, 8(5), 468-489.
- Lourenco, R. A., Pérez-Zepeda, M., Gutiérrez-Robledo, L., García-García, F. J., & Rodríguez Manas, L. (2015). Performance of the European Working Group on Sarcopenia in Older People algorithm in screening older adults for muscle mass assessment. *Age Ageing*, 44(2), 334-338.
- Lowry, K. A., Vallejo, A. N., & Studenski, S. A. (2012). Successful aging as a continuum of functional independence: lessons from physical disability models of aging. *Aging Dis*, 3(1), 5-15.
- Lynch, N. A., Metter, E. J., Lindle, R. S., Fozard, J. L., Tobin, J. D., Roy, T. A., et al. (1999). Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *J Appl Physiol (1985)*, 86(1), 188-194.
- Malafarina, V., Uriz-Otano, F., Iniesta, R., & Gil-Guerrero, L. (2012). Sarcopenia in the elderly: diagnosis, physiopathology and treatment. *Maturitas*, 71(2), 109-114.
- Manini, T. M., & Clark, B. C. (2012). Dynapenia and aging: an update. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 67(1), 28-40.
- Marcell, T. J., Hawkins, S. A., & Wiswell, R. A. (2014). Leg strength declines with advancing age despite habitual endurance exercise in active older adults. *J Strength Cond Res*, 28(2), 504-513.
- Marín, R. V., Pedrosa, M. A., Moreira-Pfrimer, L. D., Matsudo, S. M., & Lazaretti-Castro, M. (2010). Association between lean mass and handgrip strength with bone mineral density in physically active postmenopausal women. *J Clin Densitom*, 13(1), 96-101.
- Marques, E. A., Baptista, F., Santos, R., Vale, S., Santos, D. A., Silva, A. M., et al. (2014). Normative functional fitness standards and trends of Portuguese older adults: cross-cultural comparisons. *J Aging Phys Act*, 22(1), 126-137.
- Marques, E. A., Mota, J., & Carvalho, J. (2012). Exercise effects on bone mineral density in older adults: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Age (Dordr)*, 34(6), 1493-1515.

## 8. REFERENCIAS

---

- Martínez-Aguila, D., Gómez-Vaquero, C., Narváez, J., Romera, M., Rozadilla, A., & Nolla, J. M. (2009). [Differences in the frequency of osteoporosis according to the skeletal site evaluated. Analysis in 987 Spanish postmenopausal women referred to a bone densitometry unit]. *Reumatol Clin*, 5(2), 63-65.
- Martyn-St James, M., & Carroll, S. (2006). High-intensity resistance training and postmenopausal bone loss: a meta-analysis. *Osteoporos Int*, 17(8), 1225-1240.
- Masanés, F., Culla, A., Navarro-Gonzalez, M., Navarro-Lopez, M., Sacanella, E., Torres, B., et al. (2012). Prevalence of sarcopenia in healthy community-dwelling elderly in an urban area of Barcelona (Spain). *J Nutr Health Aging*, 16(2), 184-187.
- Massy-Westropp, N. M., Gill, T. K., Taylor, A. W., Bohannon, R. W., & Hill, C. L. (2011). Hand Grip Strength: age and gender stratified normative data in a population-based study. *BMC Res Notes*, 4, 127.
- Matsui, Y., Takemura, M., Harada, A., Ando, F., & Shimokata, H. (2014). Effects of knee extensor muscle strength on the incidence of osteopenia and osteoporosis after 6 years. *J Bone Miner Metab*, 32(5), 550-555.
- Mayson, D. J., Kiely, D. K., LaRose, S. I., & Bean, J. F. (2008). Leg strength or velocity of movement: which is more influential on the balance of mobility limited elders? *Am J Phys Med Rehabil*, 87(12), 969-976.
- Meng, N. H., Li, C. I., Liu, C. S., Lin, C. H., Lin, W. Y., Chang, C. K., et al. (2014). Comparison of height- and weight-adjusted sarcopenia in a Taiwanese metropolitan older population. *Geriatr Gerontol Int*, 15(1), 45-53.
- Merriwether, E. N., Host, H. H., & Sinacore, D. R. (2012). Sarcopenic indices in community-dwelling older adults. *J Geriatr Phys Ther*, 35(3), 118-125.
- Mijnarends, D. M., Meijers, J. M., Halfens, R. J., ter Borg, S., Luiking, Y. C., Verlaan, S., et al. (2013). Validity and reliability of tools to measure muscle mass, strength, and physical performance in community-dwelling older people: a systematic review. *J Am Med Dir Assoc*, 14(3), 170-178.
- Millán-Calenti, J. C., Tubio, J., Pita-Fernández, S., González-Abraldes, I., Lorenzo, T., Fernández-Arruty, T., et al. (2010). Prevalence of functional disability in activities of daily living (ADL), instrumental activities of daily living (IADL) and associated factors, as predictors of morbidity and mortality. *Arch Gerontol Geriatr*, 50(3), 306-310.
- Misic, M. M., Rosengren, K. S., Woods, J. A., & Evans, E. M. (2007). Muscle quality, aerobic fitness and fat mass predict lower-extremity physical function in community-dwelling older adults. *Gerontology*, 53(5), 260-266.

- Moon, S. S. (2014). Relationship of lean body mass with bone mass and bone mineral density in the general Korean population. *Endocrine*, 47(1), 234-243.
- Moore, A. Z., Caturegli, G., Metter, E. J., Makrogiannis, S., Resnick, S. M., Harris, T. B., et al. (2014). Difference in muscle quality over the adult life span and biological correlates in the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *J Am Geriatr Soc*, 62(2), 230-236.
- Morley, J. E. (2009). Vitamin d redux. *J Am Med Dir Assoc*, 10(9), 591-592.
- Morley, J. E. (2012). Sarcopenia in the elderly. *Fam Pract*, 29 Suppl 1, i44-i48.
- Morley, J. E., Anker, S. D., & Evans, W. J. (2009). Cachexia and aging: an update based on the Fourth International Cachexia Meeting. *J Nutr Health Aging*, 13(1), 47-55.
- Muscaritoli, M., Anker, S. D., Argiles, J., Aversa, Z., Bauer, J. M., Biolo, G., et al. (2010). Consensus definition of sarcopenia, cachexia and pre-cachexia: joint document elaborated by Special Interest Groups (SIG) "cachexia-anorexia in chronic wasting diseases" and "nutrition in geriatrics". *Clin Nutr*, 29(2), 154-159.
- Mutikainen, S., Rantanen, T., Alen, M., Kauppinen, M., Karjalainen, J., Kaprio, J., et al. (2011). Walking ability and all-cause mortality in older women. *Int J Sports Med*, 32(3), 216-222.
- Newman, A. B., Haggerty, C. L., Goodpaster, B., Harris, T., Kritchevsky, S., Nevitt, M., et al. (2003a). Strength and muscle quality in a well-functioning cohort of older adults: the Health, Aging and Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc*, 51(3), 323-330.
- Newman, A. B., Kupelian, V., Visser, M., Simonsick, E., Goodpaster, B., Nevitt, M., et al. (2003b). Sarcopenia: alternative definitions and associations with lower extremity function. *J Am Geriatr Soc*, 51(11), 1602-1609.
- NIH. (2001). Consensus Development Panel on Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. *JAMA*, 285(6), 785-795.
- Patel, H. P., Syddall, H. E., Jameson, K., Robinson, S., Denison, H., Roberts, H. C., et al. (2013). Prevalence of sarcopenia in community-dwelling older people in the UK using the European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) definition: findings from the Hertfordshire Cohort Study (HCS). *Age Ageing*, 42(3), 378-384.
- Patil, R., Uusi-Rasi, K., Pasanen, M., Kannus, P., Karinkanta, S., & Sievanen, H. (2013). Sarcopenia and osteopenia among 70-80-year-old home-dwelling Finnish women: prevalence and association with functional performance. *Osteoporos Int*, 24(3), 787-796.

## 8. REFERENCIAS

---

- Pedrero-Chamizo, R., Gómez-Cabello, A., Delgado, S., Rodríguez-Llarena, S., Rodríguez-Marroyo, J. A., Cabanillas, E., et al. (2012). Physical fitness levels among independent non-institutionalized Spanish elderly: the elderly EXERNET multi-center study. *Arch Gerontol Geriatr*, 55(2), 406-416.
- Pedrosa, R., & Holanda, G. (2009). Correlation between the walk, 2-minute step and tug tests among hypertensive older women. *Rev Bras Fisioter*, 13(3), 252-256.
- Pereira, M. I. R., & Gomes, P. S. C. (2003). Testes de força e resistência muscular: confiabilidade e predição de uma repetição máxima - Revisão e novas evidências. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 9, 325-335.
- Perry, H. M., 3rd, Horowitz, M., Morley, J. E., Patrick, P., Vellas, B., Baumgartner, R., et al. (1999). Longitudinal changes in serum 25-hydroxyvitamin D in older people. *Metabolism*, 48(8), 1028-1032.
- Pinto, R. S., Correa, C. S., Radaelli, R., Cadore, E. L., Brown, L. E., & Bottaro, M. (2014). Short-term strength training improves muscle quality and functional capacity of elderly women. *Age (Dordr)*, 36(1), 365-372.
- Pizzigalli, L., Filippini, A., Ahmaidi, S., Jullien, H., & Rainoldi, A. (2011). Prevention of falling risk in elderly people: the relevance of muscular strength and symmetry of lower limbs in postural stability. *J Strength Cond Res*, 25(2), 567-574.
- Pojednic, R. M., Clark, D. J., Patten, C., Reid, K., Phillips, E. M., & Fielding, R. A. (2012). The specific contributions of force and velocity to muscle power in older adults. *Exp Gerontol*, 47(8), 608-613.
- Pollentier, B., Irons, S. L., Benedetto, C. M., Dibenedetto, A. M., Loton, D., Seyler, R. D., et al. (2010). Examination of the six minute walk test to determine functional capacity in people with chronic heart failure: a systematic review. *Cardiopulm Phys Ther J*, 21(1), 13-21.
- Puthoff, M. L., & Nielsen, D. H. (2007). Relationships among impairments in lower-extremity strength and power, functional limitations, and disability in older adults. *Phys Ther*, 87(10), 1334-1347.
- Reid, K. F., & Fielding, R. A. (2012). Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exerc Sport Sci Rev*, 40(1), 4-12.
- Reid, K. F., Naumova, E. N., Carabello, R. J., Phillips, E. M., & Fielding, R. A. (2008). Lower extremity muscle mass predicts functional performance in mobility-limited elders. *J Nutr Health Aging*, 12(7), 493-498.
- Ribom, E. L., Mellstrom, D., Ljunggren, O., & Karlsson, M. K. (2011). Population-based reference values of handgrip strength and functional tests

- of muscle strength and balance in men aged 70-80 years. *Arch Gerontol Geriatr*, 53(2), e114-117.
- Rikkonen, T., Sirola, J., Salovaara, K., Tuppurainen, M., Jurvelin, J. S., Honkanen, R., et al. (2012). Muscle strength and body composition are clinical indicators of osteoporosis. *Calcif Tissue Int*, 91(2), 131-138.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999a). Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults 1999. *Journal of Aging and Physical Activity*, 7(2), 129-161.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999b). Functional Fitness Normative Scores for Community-Residing Older Adults, Ages 60–94. *J Aging Phys Act*, 7(2), 162 – 181.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2001). *Senior Fitness Test Manual*. Champaign: Human Kinetics.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *Gerontologist*, 53(2), 255-267.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). *Senior Fitness Test Manual* (2nd ed.). Champaign: Human Kinetics.
- Roberts, H. C., Denison, H. J., Martin, H. J., Patel, H. P., Syddall, H., Cooper, C., et al. (2011). A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age Ageing*, 40(4), 423-429.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., et al. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 35(2), 333-341.
- Rolland, Y., Abellan van Kan, G., Gillette-Guyonnet, S., & Vellas, B. (2011). Cachexia versus sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 14(1), 15-21.
- Rolland, Y., Czerwinski, S., Abellan Van Kan, G., Morley, J. E., Cesari, M., Onder, G., et al. (2008). Sarcopenia: its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. *J Nutr Health Aging*, 12(7), 433-450.
- Rose, D. J., Jones, C. J., & Lucchese, N. (2002). Predicting the Probability of Falls in Community-Residing Older Adults Using the 8-Foot Up-and-Go: A New Measure of Functional Mobility. *JAPA*, 10(4), 466-475.
- Rosenberg, I. (1989). Summary comments. *Am J Clin Nutr*, 50, 1231–1233.

## 8. REFERENCIAS

---

- Rosenberg, I. (1997). Sarcopenia: origins and clinical relevance. *J Nutr*, 127(5 Suppl), 990S-991S.
- Rossi, A. P., Fantin, F., Micciolo, R., Bertocchi, M., Bertassello, P., Zanandrea, V., et al. (2014). Identifying sarcopenia in acute care setting patients. *J Am Med Dir Assoc*, 15(4), 303 e307-312.
- Ruiz, J. R., Sui, X., Lobelo, F., Morrow, J. R., Jr., Jackson, A. W., Sjostrom, M., et al. (2008). Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *BMJ*, 337, a439.
- Rydwik, E., Karlsson, C., Frandin, K., & Akner, G. (2007). Muscle strength testing with one repetition maximum in the arm/shoulder for people aged 75 + - test-retest reliability. *Clin Rehabil*, 21(3), 258-265.
- Safer, U., Tasci, I., Safer, V. B., & Doruk, H. (2013). Accurate diagnosis of sarcopenia in the elderly requires correct measurement of muscle mass. *Clin Nutr*, 32(4), 662.
- Samuel, D., Rowe, P., Hood, V., & Nicol, A. (2012). The relationships between muscle strength, biomechanical functional moments and health-related quality of life in non-elite older adults. *Age Ageing*, 41(2), 224-230.
- Sayers, S. P. (2008). High velocity power training in older adults. *Curr Aging Sci*, 1(1), 62-67.
- Scott, D., Sanders, K. M., Aitken, D., Hayes, A., Ebeling, P. R., & Jones, G. (2014). Sarcopenic obesity and dynapenic obesity: 5-year associations with falls risk in middle-aged and older adults. *Obesity (Silver Spring)*, 22(6), 1568-1574.
- Scherder, E. J., Eggermont, L. H., Geuze, R. H., Vis, J., & Verkerke, G. J. (2010). Quadriceps strength and executive functions in older women. *Am J Phys Med Rehabil*, 89(6), 458-463.
- Schwarz, P., Jorgensen, N., Nielsen, B., Laursen, A. S., Linneberg, A., & Aadahl, M. (2014). Muscle strength, power and cardiorespiratory fitness are associated with bone mineral density in men aged 31-60 years. *Scand J Public Health*, 42(8), 773-779.
- Serra, J. A. (2006). Consecuencias clínicas de la sarcopenia. *Nutr. Hosp.*, 21(Supl. 3), 46-50.
- Shin, H., Liu, P. Y., Panton, L. B., & Ilich, J. Z. (2014). Physical performance in relation to body composition and bone mineral density in healthy, overweight, and obese postmenopausal women. *J Geriatr Phys Ther*, 37(1), 7-16.

- Singh, H., Kim, D., Kim, E., Bembien, M. G., Anderson, M., Seo, D. I., et al. (2014). Jump test performance and sarcopenia status in men and women, 55 to 75 years of age. *J Geriatr Phys Ther*, 37(2), 76-82.
- Sjoblom, S., Suuronen, J., Rikkinen, T., Honkanen, R., Kroger, H., & Sirola, J. (2013). Relationship between postmenopausal osteoporosis and the components of clinical sarcopenia. *Maturitas*, 75(2), 175-180.
- Smoliner, C., Sieber, C. C., & Wirth, R. (2014). Prevalence of sarcopenia in geriatric hospitalized patients. *J Am Med Dir Assoc*, 15(4), 267-272.
- Steib, S., Schoene, D., & Pfeifer, K. (2010). Dose-response relationship of resistance training in older adults: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 42(5), 902-914.
- Stenholm, S., Harris, T. B., Rantanen, T., Visser, M., Kritchevsky, S. B., & Ferrucci, L. (2008). Sarcopenic obesity: definition, cause and consequences. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 11(6), 693-700.
- Stenholm, S., Mehta, N. K., Elo, I. T., Heliovaara, M., Koskinen, S., & Aromaa, A. (2014). Obesity and muscle strength as long-term determinants of all-cause mortality—a 33-year follow-up of the Mini-Finland Health Examination Survey. *Int J Obes (Lond)*, 38(8), 1126-1132.
- Straight, C. R., Brady, A. O., & Evans, E. (2014). Sex-specific relationships of physical activity, body composition, and muscle quality with lower-extremity physical function in older men and women. *Menopause*, 22(3), 297-303.
- Straight, C. R., Brady, A. O., & Evans, E. M. (2013). Muscle Quality in Older Adults: What Are the Health Implications? *American Journal of Lifestyle Medicine*.
- Straight, C. R., Brady, A. O., & Evans, E. M. (2015). Muscle quality and relative adiposity are the strongest predictors of lower-extremity physical function in older women. *Maturitas*, 80(1), 95-99.
- Straight, C. R., Brady, A. O., Schmidt, M. D., & Evans, E. M. (2013). Comparison of laboratory- and field-based estimates of muscle quality for predicting physical function in older women. *J Aging Res Clin Pract*, 2(3), 276-279.
- Studenski, S., Perera, S., Wallace, D., Chandler, J. M., Duncan, P. W., Rooney, E., et al. (2003). Physical performance measures in the clinical setting. *J Am Geriatr Soc*, 51(3), 314-322.
- Svedbom, A., Hernlund, E., Ivergard, M., Compston, J., Cooper, C., Stenmark, J., et al. (2013). Osteoporosis in the European Union: a compendium of country-specific reports. *Arch Osteoporos*, 8(1-2), 137.

## 8. REFERENCIAS

---

- Taaffe, D. R., Simonsick, E. M., Visser, M., Volpato, S., Nevitt, M. C., Cauley, J. A., et al. (2003). Lower extremity physical performance and hip bone mineral density in elderly black and white men and women: cross-sectional associations in the Health ABC Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 58(10), M934-942.
- Tan, L. J., Liu, S. L., Lei, S. F., Papasian, C. J., & Deng, H. W. (2012). Molecular genetic studies of gene identification for sarcopenia. *Hum Genet*, 131(1), 1-31.
- Tanimoto, Y., Watanabe, M., Sun, W., Sugiura, Y., Hayashida, I., Kusabiraki, T., et al. (2014). Sarcopenia and falls in community-dwelling elderly subjects in Japan: Defining sarcopenia according to criteria of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Arch Gerontol Geriatr*, 59(2), 295-299.
- Tanimoto, Y., Watanabe, M., Sun, W., Sugiura, Y., Tsuda, Y., Kimura, M., et al. (2012). Association between sarcopenia and higher-level functional capacity in daily living in community-dwelling elderly subjects in Japan. *Arch Gerontol Geriatr*, 55(2), e9-13.
- Tarantino, U., Baldi, J., Celi, M., Rao, C., Liuni, F. M., Iudicizi, R., et al. (2013). Osteoporosis and sarcopenia: the connections. *Aging Clin Exp Res*, 25 Suppl 1, S93-95.
- Tella, S. H., & Gallagher, J. C. (2014). Prevention and treatment of postmenopausal osteoporosis. *J Steroid Biochem Mol Biol*, 142, 155-170.
- Tichet, J., Vol, S., Goxe, D., Salle, A., Berrut, G., & Ritz, P. (2008). Prevalence of sarcopenia in the French senior population. *J Nutr Health Aging*, 12(3), 202-206.
- Toji, H., & Kaneko, M. (2007). Effects of aging on force, velocity, and power in the elbow flexors of males. *J Physiol Anthropol*, 26(6), 587-592.
- Toraman, A., & Yildirim, N. U. (2010). The falling risk and physical fitness in older people. *Arch Gerontol Geriatr*, 51(2), 222-226.
- Tschopp, M., Sattelmayer, M. K., & Hilfiker, R. (2011). Is power training or conventional resistance training better for function in elderly persons? A meta-analysis. *Age Ageing*, 40(5), 549-556.
- Tsujimura, A. (2013). The Relationship between Testosterone Deficiency and Men's Health. *World J Mens Health*, 31(2), 126-135.
- Van Roie, E., Verschueren, S. M., Boonen, S., Bogaerts, A., Kennis, E., Coudyzer, W., et al. (2011). Force-velocity characteristics of the knee extensors: an indication of the risk for physical frailty in elderly women. *Arch Phys Med Rehabil*, 92(11), 1827-1832.

- Verdijk, L. B., van Loon, L., Meijer, K., & Savelberg, H. H. (2009). One-repetition maximum strength test represents a valid means to assess leg strength in vivo in humans. *J Sports Sci*, 27(1), 59-68.
- Verschueren, S., Gielen, E., O'Neill, T. W., Pye, S. R., Adams, J. E., Ward, K. A., et al. (2013). Sarcopenia and its relationship with bone mineral density in middle-aged and elderly European men. *Osteoporos Int*, 24(1), 87-98.
- Vetrano, D. L., Landi, F., Volpato, S., Corsonello, A., Meloni, E., Bernabei, R., et al. (2014). Association of Sarcopenia With Short- and Long-term Mortality in Older Adults Admitted to Acute Care Wards: Results From the CRIME Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 69(9), 1154-1161.
- Vilaca, K. H., Alves, N. M., Carneiro, J. A., Ferriolli, E., Lima, N. K., & Moriguti, J. C. (2013). Body composition, muscle strength and quality of active elderly women according to the distance covered in the 6-minute walk test. *Braz J Phys Ther*, 17(3), 289-296.
- Vilaca, K. H., Carneiro, J. A., Ferriolli, E., Lima, N. K., de Paula, F. J., & Moriguti, J. C. (2014). Body composition, physical performance and muscle quality of active elderly women. *Arch Gerontol Geriatr*, 59(1), 44-48.
- Visser, M., & Schaap, L. A. (2011). Consequences of sarcopenia. *Clin Geriatr Med*, 27(3), 387-399.
- Volpato, S., Bianchi, L., Cherubini, A., Landi, F., Maggio, M., Savino, E., et al. (2014). Prevalence and clinical correlates of sarcopenia in community-dwelling older people: application of the EWGSOP definition and diagnostic algorithm. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 69(4), 438-446.
- von Stengel, S., Kemmler, W., Kalender, W. A., Engelke, K., & Lauber, D. (2007). Differential effects of strength versus power training on bone mineral density in postmenopausal women: a 2-year longitudinal study. *Br J Sports Med*, 41(10), 649-655; discussion 655.
- Walston, J. D. (2012). Sarcopenia in older adults. *Curr Opin Rheumatol*, 24(6), 623-627.
- Ward-Ritacco, C. L., Adrian, A. L., Johnson, M. A., Rogers, L. Q., & Evans, E. M. (2014). Adiposity, physical activity, and muscle quality are independently related to physical function performance in middle-aged postmenopausal women. *Menopause*, 21(10), 1114-1121.
- Wetzel, J. L., Fry, D. K., & Pfalzer, L. A. (2011). Six-minute walk test for persons with mild or moderate disability from multiple sclerosis: performance and explanatory factors. *Physiother Can*, 63(2), 166-180.
- WHO. (1994). *Assesment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis*. Ginebra. Suiza: WHO.

## 8. REFERENCIAS

---

- WHO. (2011). *Global status report on noncommunicable diseases 2010*. Ginebra. Suiza: WHO.
- Wilkin, L. D., & Haddock, B. L. (2010). Health-related variables and functional fitness among older adults. *Int J Aging Hum Dev*, 70(2), 107-118.
- Wood, T., Maddalozzo, G., & Harter, R. (2002). Accuracy of Seven Equations for Predicting 1-RM Performance of Apparently Healthy, Sedentary Older Adults. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 6(2), 67-94.
- Wright, N. C., Looker, A. C., Saag, K. G., Curtis, J. R., Delzell, E. S., Randall, S., et al. (2014). The recent prevalence of osteoporosis and low bone mass in the United States based on bone mineral density at the femoral neck or lumbar spine. *J Bone Miner Res*, 29(11), 2520-2526.
- Wu, C. H., Chen, K. T., Hou, M. T., Chang, Y. F., Chang, C. S., Liu, P. Y., et al. (2014). Prevalence and associated factors of sarcopenia and severe sarcopenia in older Taiwanese living in rural community: the Tianliao Old People study 04. *Geriatr Gerontol Int*, 14 Suppl 1, 69-75.
- Wu, I. C., Lin, C. C., Hsiung, C. A., Wang, C. Y., Wu, C. H., Chan, D. C., et al. (2014). Epidemiology of sarcopenia among community-dwelling older adults in Taiwan: a pooled analysis for a broader adoption of sarcopenia assessments. *Geriatr Gerontol Int*, 14 Suppl 1, 52-60.
- Yamada, M., Nishiguchi, S., Fukutani, N., Tanigawa, T., Yukutake, T., Kayama, H., et al. (2013). Prevalence of sarcopenia in community-dwelling Japanese older adults. *J Am Med Dir Assoc*, 14(12), 911-915.
- Yang, M., Ding, X., Luo, L., Hao, Q., & Dong, B. (2014). Disability associated with obesity, dynapenia and dynapenic-obesity in Chinese older adults. *J Am Med Dir Assoc*, 15(2), 150 e111-156.
- Yoshida, D., Ninomiya, T., Doi, Y., Hata, J., Fukuhara, M., Ikeda, F., et al. (2012). Prevalence and Causes of Functional Disability in an Elderly General Population of Japanese: The Hisayama Study. *J Epidemiol*, 22(3), 222-229.
- Yoshida, D., Suzuki, T., Shimada, H., Park, H., Makizako, H., Doi, T., et al. (2014). Using two different algorithms to determine the prevalence of sarcopenia. *Geriatr Gerontol Int*, 14 Suppl 1, 46-51.
- Yu, R., Wong, M., Leung, J., Lee, J., Auyeung, T. W., & Woo, J. (2014). Incidence, reversibility, risk factors and the protective effect of high body mass index against sarcopenia in community-dwelling older Chinese adults. *Geriatr Gerontol Int*, 14 Suppl 1, 15-28.

- Yu, S., Appleton, S., Adams, R., Chapman, I., Wittert, G., Visvanathan, T., et al. (2014). The impact of low muscle mass definition on the prevalence of sarcopenia in older australians. *Biomed Res Int*, 2014, 361790.
- Zamboni, M., Mazzali, G., Fantin, F., Rossi, A., & Di Francesco, V. (2008). Sarcopenic obesity: a new category of obesity in the elderly. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 18(5), 388-395.
- Zhou, Z., Zheng, L., Wei, D., Ye, M., & Li, X. (2013). Muscular strength measurements indicate bone mineral density loss in postmenopausal women. *Clin Interv Aging*, 8, 1451-1459.
- Zofkova, I. (2008). Hormonal aspects of the muscle-bone unit. *Physiol Res*, 57 Suppl 1, S159-169.



**ANEXOS**

---





Original/*Ancianos*

# Sarcopenia in community-dwelling persons over 60 years of age from a northern Spanish city: relationship between diagnostic criteria and association with the functional performance

Fredy Alonso Patiño Villada<sup>1,2</sup>, Santiago Adolfo Arboleda Franco<sup>1,3</sup> and José Antonio de Paz Fernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Biomedicina (IBIOMED). Universidad de León. España. <sup>2</sup>Instituto Universitario de Educación Física. Universidad de Antioquia. Colombia. <sup>3</sup>Departamento de Educación Física y Deporte. Universidad del Valle. Colombia.

## Abstract

**Introduction:** Sarcopenia is a recognized problem in older people. Currently, its diagnosis goes beyond a simple loss of muscle mass. The aim of this study was to determine the frequency of sarcopenia, defined by the European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWG-SOP), in independent persons over 60 years of age from a northern Spanish city. In addition, this study compared the diagnostic criteria for sarcopenia and assessed the differences in functional performance according to them.

**Methods:** A cross-sectional study was carried out on 258 members of community centers of both genders. Body composition was assessed with dual-energy X-ray absorptiometry. Appendicular lean mass index (App LMI), hand grip strength (HGS), and 8 foot up-and-go test (8f-UG) were used to diagnose sarcopenia.

**Results:** The frequency of sarcopenia was 2.4% (n=6). In women, the App LMI was correlated with HGS (r=0.164, p<0.05) and 8f-UG (r= -0.167, p<0.05), while in men, the App LMI was correlated with HGS (r=0.241, p<0.05) but not with 8f-UG (r= -0.173, p=0.117). The subjects with low HGS and low performance in the 8f-UG presented lower values in other functional outcomes than people with low App LMI (p<0.05).

**Conclusions:** Using the EWG-SOP definition, the frequency of sarcopenia was low in a group of individuals over 60 years of age from a northern Spanish city. In clinical practice, greater emphasis should be placed on the decrease in muscle strength and functional performance rather than on low muscle mass alone.

(Nutr Hosp. 2015;31:2154-2160)

DOI:10.3305/nh.2015.31.5.8002

Keywords: *Sarcopenia. Skeletal muscle. Muscle strength. Physical fitness. Spain.*

## SARCOPENIA EN PERSONAS MAYORES DE 60 AÑOS RESIDENTES EN LA COMUNIDAD DE UNA CIUDAD DEL NORTE DE ESPAÑA: RELACIÓN ENTRE SUS CRITERIOS DIAGNÓSTICOS Y ASOCIACIÓN CON EL RENDIMIENTO FUNCIONAL

## Resumen

**Introducción:** La sarcopenia es un problema reconocido en la personas mayores. Actualmente, su diagnóstico va más allá de una simple pérdida de la masa muscular. El objetivo de este estudio fue determinar la frecuencia de sarcopenia definida por el European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWG-SOP), en personas mayores de 60 años con vida independiente de una ciudad del norte de España. Además, el estudio comparó los criterios diagnósticos para sarcopenia y evaluó las diferencias en el rendimiento funcional de acuerdo a ellos.

**Métodos:** Se realizó un estudio transversal con 258 personas de ambos géneros, pertenecientes a centros comunitarios. La composición corporal se evaluó con absorciometría dual por rayos-X. El índice de masa magra apendicular (IMMA), la fuerza de prensión manual (FPM) y el 8 foot up-and-go test (8f-UG) fueron empleados para el diagnóstico de sarcopenia.

**Resultados:** La frecuencia de sarcopenia fue de 2.4% (n=6). En las mujeres, el IMMA se correlacionó con el FPM (r= 0.164, p<0.05) y 8f-UG (r= -0.167, p<0.05); mientras en los hombres, el IMMA correlacionó con FPM (r=0.241, p<0.05) pero no con el 8f-UG (r= -0.173, p=0.117). Los participantes con baja FPM y bajo rendimiento funcional en el 8f-UG presentaron valores más bajos en otros resultados funcionales que las personas con un bajo IMMA (p<0.05).

**Conclusiones:** al emplear la definición del EWG-SOP, la frecuencia de sarcopenia fue baja en un grupo de personas mayores de 60 años de una ciudad del norte de España. En la práctica clínica, debe hacerse más énfasis en la disminución de la fuerza muscular y el rendimiento funcional, que en la baja masa muscular únicamente.

(Nutr Hosp. 2015;31:2154-2160)

DOI:10.3305/nh.2015.31.5.8002

Palabras clave: *Sarcopenia. Músculo esquelético. Fuerza muscular. Aptitud física. España.*

**Correspondence:** Fredy Alonso Patiño Villada.  
Instituto de Biomedicina (IBIOMED). Universidad de León.  
Campus de Vegazana S/N 24071, León, España.  
E-Mail: fredpa18@hotmail.com.

Recibido: 27-VIII-14.  
1ª Revisión: 12-X-14.  
2ª Revisión: 14-XII-14.  
Aceptado: 7-I-15.

## Abbreviations

EWGSOP: European Working Group on Sarcopenia in Older People.

DXA: Dual energy X-ray absorptiometry.

BIA: Bioelectrical Impedance Analysis.

ALM: Appendicular lean mass.

App LMI: Appendicular lean mass index.

8f-UG: 8 foot up-and-go.

HGS: Isometric hand grip strength.

MVIS-Q: Maximum voluntary isometric strength of quadriceps.

TUG: Time up go test.

## Introduction

Sarcopenia was originally defined by Rosenberg in 1989 as the decrease in muscle mass associated with aging<sup>1</sup>. Several factors, such as: neuromuscular, endocrine, nutritional, genetic, and a sedentary life style, contribute to its development<sup>2</sup>. It has been associated with an increased risk of disability, dependency, hospitalization and mortality in older people<sup>2,3</sup>. In addition, there is a high economic burden on health facilities (\$ 18.5 billion in the United States in 2000) with respect to the treatment of sarcopenia<sup>4</sup>.

In 2010, the European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP) published a new definition that considers sarcopenia not only as the loss of mass, but also as a decrease in muscle strength or functional performance<sup>5</sup>. The argument is that defining sarcopenia in terms of muscle mass alone is an insufficient concept and has limited clinical value<sup>5</sup>. The prevalence of sarcopenia in some studies that have used the EWGSOP definition has ranged from 0.9% to 33.6%, varying according to place of residence, age, body composition, functional capacity level and other co-morbidities (cerebrovascular disease, osteoarthritis and osteoporosis)<sup>6-12</sup>.

Moreover, there is a wide variety of measurement instruments to assess the diagnostic components of sarcopenia, which vary according to their costs and accuracy and that could also be related to the different results of previous studies<sup>5, 13, 14</sup>. In addition, the relationships among the diagnostic components of sarcopenia defined by EWGSOP have not been sufficiently revised.

The aim of this study was to determine the frequency of sarcopenia in community-dwelling persons over 60 years of age from a northern Spanish city using the EWGSOP definition. In addition, the purpose was to compare the diagnostic criteria for sarcopenia and assess the differences in functional performance according to them.

## Methods

### Subjects

We conducted a cross-sectional study involving older people attending academic and recreational programs from three community centers in the city of Leon, Spain (n= 3657). All subjects were invited to participate in the study between November 2012 and March 2013 during informative meetings. The inclusion criteria were: participants over 60 years of age, residing in Leon, and living independently. Exclusion criteria were: cognitive impairment, heart failure (grades II-IV), ischemic heart disease, and uncontrolled musculoskeletal problems that would prevent the completion of the tests. Around 600 older people attended the informative meetings and 266 of them decided to participate voluntarily in the study. Finally, 258 subjects were included in the study group after applying the eligibility criteria. The subjects excluded and the reasons were: one was under 60, four did not attend the evaluations and three had severe musculoskeletal problems. Ethical approval was obtained from the Ethics Committee of the University of Leon and the study respected the principles of the Declaration of Helsinki. All participants gave their written informed consent.

### Measurements

Body composition was assessed by dual energy X-ray absorptiometry (DXA) (Lunar Prodigy-GE, Software Encore 2009® version 12.1). Total mass, fat mass, total lean mass, arms lean mass, legs lean mass, and appendicular lean mass (ALM) measured in kilograms were obtained for each participant. Height was measured once by using a *Body meter* (SECA Model 208), which has an accuracy of up to 0.05 centimeters.

Functional performance was assessed according to four tests taken from the Senior Fitness Test –Arm curl, Chair stand, Step-in-place, 8 foot up-and-go (8f-UG), which have been validated for the evaluation of functional fitness in older adults<sup>15, 16</sup>. Isometric hand grip strength (HGS) of both the dominant and the non-dominant side were performed with each subject sitting, the shoulder at 90° and the elbow in full extension using a Jamar dynamometer (Promedics, Blackburn, UK). Two trials for each hand were performed and the highest value of the strongest hand was used in the analyses.

Maximum voluntary isometric strength of quadriceps (MVIS-Q) was measured for both legs using a load cell (Globus Ergo System, software IsoMetric 20.40 Test, Italy) in a leg extension machine (BH Fitness Nevada Pro-T, Spain). On command, the subject performed an isometric quadriceps extension (as fast as possible) at 90° of knee flexion during five seconds. Two trials were performed; the highest result of the quadriceps strength was used (in Newton= N).

**Table I**  
*Characteristics of participants according to gender and age in tertiles (n=258)*

	Women (n=175)			Men (n=83)		
	Lowest tertile	Middle tertile	Highest tertile	Lowest tertile	Middle tertile	Highest tertile
n	57	59	59	28	27	28
Age (years)	65.1 (1.8)	70.3 (1.6)	77.4 (3.1)	66.0 (2.5)	70.9 (1.0)	77.5 (2.9)
Height (cm)	155.0 (4.8)	153.1 (5.8)	152.2 (5.6)	166.7 (5.9)	166.2 (6.8)	165.9 (7.7)
Weight (kg)	67.3 (13.5)	64.1 (15.6)	63.1 (9.2)	75.9 (16.3)	77.6 (9.9)	76.0 (11.4)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	28.0 (3.9)	27.4 (4.3)	27.2 (3.8)	27.3 (3.2)	28.0 (2.3)	27.5 (3.3)
Body composition						
Fat mass (kg)	26.9 (7.6)	25.0 (7.5)	24.2 (7.2)	20.8 (6.5)	22.3 (6.5)	20.7 (6.9)
Body fat %	39.3 (6.4)	38.2 (6.2)	37.6 (6.8)	26.9 (5.9)	28.3 (5.6)	26.7 (5.4)
Total lean mass (kg)	38.2 (4.7)	37.1 (3.6)	36.8 (3.4)	52.3 (5.2)	52.4 (5.3)	52.4 (5.7)
Lean mass arms (kg)	4.1 (.7)	3.9 (.6)	3.8 (.5)	6.1 (.7)	6.2 (.7)	5.9 (.8)
Lean mass legs (kg)	12.0 (1.6)	11.4 (1.3)	11.4 (1.4)	16.3 (1.8)	16.4 (1.9)	16.3 (2.1)
ALM (kg)	16.1 (2.2)	15.4 (1.7)	15.3 (1.8)	22.4 (2.4)	22.6 (2.5)	22.2 (2.8)
App LMI (kg/m <sup>2</sup> )	6.7 (.8)	6.6 (.6)	6.6 (.6)	8.1 (.7)	8.2 (.7)	8.1 (.8)
Functional performance						
Arm curl test (rep)	19.1 (3.5)	18.8 (3.4)	18.3 (4.3)	18.3 (3.5)	17.2 (2.4)	16.2 (3.9)*
Chair stand test (rep)	18.7 (3.8)	17.9 (3.5)	16.7 (3.3)*	17.4 (3.7)	17.7 (4.8)	15.6 (3.4)
Step-in-place (steps)	112.9 (16.4)	108.3 (16.4)	100.7 (17.3)* <sup>†</sup>	115.1 (18.4)	109.9 (18.4)	108.0 (27.4)
8f-UG (s)	4.8 (.7)	5.0 (1.6)	5.4 (.9)*	4.5 (.6)	4.6 (.5)	5.6 (1.4)* <sup>†</sup>
Muscle strength						
HGS (kg)	24.9 (5.1)	23.9 (4.8)	22.2 (3.6)*	41.1 (7.5)	40.0 (5.2)	35.1 (7.7)* <sup>†</sup>
MVIS-Q (N)	638.9 (133.5)	625.3 (156.8)	547.7 (144.1)* <sup>†</sup>	960.4 (197.7)	903.2 (236.9)	818.9 (217.1)*

Data means and SD. ALM, appendicular lean mass; App LMI, appendicular lean mass index (ALM/height<sup>2</sup>); 8f-UG, 8 foot up-and-go test; HGS, hand grip strength; MVIS-Q, maximum voluntary isometric strength of quadriceps. Differences between age groups (One-way ANOVA with Tukey post hoc analysis; p<0.05): \*significant difference between highest and lowest tertile, <sup>†</sup> significant difference between highest and middle tertile.

Sarcopenia was defined using the EWGSOP definition in which a person is categorized as having sarcopenia, whether they have low muscle mass plus low muscle strength or low functional performance<sup>5</sup>. Low muscle mass was defined according to appendicular lean mass index (App LMI) (ALM/h<sup>2</sup>), defining a threshold of 7.26 kg/m<sup>2</sup> for men and 5.5 kg/m<sup>2</sup> for women<sup>17</sup>. Low muscle strength was defined as HGS <20 kg in women and <30 kg in men<sup>18</sup>. Finally, low functional performance was defined according to the execution time in the 8f-UG, using the cutoff points presented by age and gender in the Rikli & Jones study<sup>15</sup>: women (60-64 y >5s; 65-69 y >5.3s; 70-74 y >5.6s; 75-79 y >6.0s; 80-84 y >6.5s; 85-89 y >7.1s); men (60-64 y >4.8s; 65-69 y >5.1s; 70-74 y >5.5s; 75-79 y >5.9s; 80-84 y >6.4s; 85-89 y >7.1s). Although

the gait speed and the Short Physical Performance Battery are tests mainly suggested by the EWGSOP to evaluate functional performance, this consensus also recognizes other tests, such as the time up go test (TUG)<sup>5</sup>, that may be useful to assess functionality. Therefore, we selected the 8f-UG (the short version of the TUG), since it is a test with good reliability in its application (test – retest: men 0.98, IC95% 0.96-0.99; women 0.90, IC95% 0.83-0.95)<sup>19</sup>. Also, the 8f-UG has age- and gender- normalized values in the Spanish context<sup>20</sup> and a good inverse correlation with performance measurements for daily activities (r= -0.363; p<0.01)<sup>21</sup>. On the other hand, the 8f – UG is considered a good tool to discriminate persons with the risk of falling; a value of 8.5 seconds or more in the execution of the test shows the people with this risk<sup>22</sup>.

Mean and standard deviations (SD) were used as descriptive statistics for body composition, muscle strength, and physical performance according to gender and age divided in tertiles. One-way ANOVA with Tukey post-hoc analysis was used to determine differences among age groups. Absolute and relative frequencies were calculated for sarcopenia according to gender. Pearson's correlation coefficient was used to describe the relationship between the diagnostic criteria for sarcopenia. Independent samples t tests were calculated to determine differences in functional performance between those with a low value within the parameters evaluated for the diagnosis of sarcopenia and the remaining participants. A  $p < 0.05$  was considered to be statistically significant. All analyses were performed using the SPSS 19.0 package (SPSS, Chicago, IL).

## Results

Of the 258 subjects, 68.2% were women; the age was 70.9 years (SD 5.5) in men and 71.5 years (SD 5.2) in women. Summary characteristics of the subjects are presented in table I according to gender and age in tertiles. There were no significant differences in any of the muscle mass variables by age in both women and men. On the contrary, in the HGS, MVIS-Q and physical performance tests (except for the Arm curl test), the lowest values were found in the oldest women ( $p < 0.05$ ); the same result was observed in men in the Arm curl, Chair stand, 8f-UG, HGS and MVIS-Q ( $p < 0.05$ ). The frequency of sarcopenia defined by the EWGSOP was 2.4% ( $n=6$ ); it was more frequent in men than in women, with 4.9% and 1.2% respectively.

In women, the App LMI was correlated with HGS ( $r=0.164$ ,  $p < 0.05$ ) and 8f-UG ( $r = -0.167$ ,  $p < 0.05$ ), while the HGS and 8f-UG presented an inverse correlation ( $r = -0.270$ ,  $p < 0.01$ ). In men, the App LMI was correlated with HGS ( $r=0.241$ ,  $p < 0.05$ ) but not with 8f-UG ( $r = -0.173$ ,  $p=0.117$ ), while the HGS and 8f-UG presented an inverse correlation ( $r = -0.365$ ,  $p < 0.01$ ).

The differences in functional performance according to the parameters evaluated for the diagnosis of sarcopenia are presented in table II. The people with low App LMI (5.4%) presented no significant differences in their functional performance and the MVIS-Q regarding subjects with normal App LMI. However, the subjects with low HGS (13.2%) presented lower values in the Arm curl test, Step-in-place and MVIS-Q than normal HGS subjects ( $p < 0.05$ ). Finally, the people with low performance in the 8f-UG (13.6%) presented lower values in all other functional tests and MVIS-Q than subjects with normal performance in the 8f-UG ( $p < 0.05$ ).

## Discussion

To our knowledge, this is one of the first studies on sarcopenia in community-dwelling persons over 60 years of age from a northern Spanish city using the EWGSOP definition. Among the 258 men and women, the frequency of sarcopenia was 2.4%. This was higher than that found in a study with Finnish women, aged 70–80 (0.9%) and lower than in other studies (between 3.7% and 6.8%), which also applied the EWGSOP definition and evaluated the muscle mass with DXA<sup>9, 10, 12, 23</sup>. On the other hand, other studies, in which the muscle mass was evaluated through bioelectrical impedance analysis (BIA) or circumferences, reported much higher prevalences (between 10.8% and 32.8%)<sup>6, 11, 24–26</sup>. Although there are differences in the characteristics of the populations of previous studies, which may be related to the variability of the prevalences found, the technique to measure muscle mass may be an important factor explaining this variability. Safer et al. state as inappropriate measuring muscle mass in older people using circumferences because of modifications in the elasticity of the skin resulting from changes in the fat deposits due to aging<sup>27</sup>. Moreover, the DXA is considered to be more reliable and accurate for the muscle mass diagnosis than the anthropometric and BIA measurements<sup>2</sup>. Future research could evaluate the effect of the evaluation technique of muscle mass on the diagnosis of sarcopenia as defined by EWGSOP.

In general, sarcopenia was uncommon in the study group. This could also be explained by the possible involvement of the technique of measuring muscle mass because the participants were active and independent usually due to their participation in recreation programs and academic training, which may be related to a lower risk of sarcopenia. The study by Cherin et al. with ambulatory participants ( $n = 1,445$ ) aged 45 years and older found that the probability of sarcopenia was lower among subjects involved in leisure physical activities for three hours or more per week (OR 0.45; 95 % CI 0.24–0.93)<sup>28</sup>. On the other hand, the App LMI, which is the first criterion to comply within the EWGSOP definition, reported no significant differences among the age groups in both genders, contrary to HGS and 8f-UG. This suggests that a possible deterioration of the health of the people studied with increasing age, which leads to greater dependency or disability, may be related more to the loss of muscle strength and functional performance than muscle mass.

In this study, the correlations between the diagnostic criteria for sarcopenia were low between the App LMI and HGS in both genders (women  $r=0.164$ , men  $r=0.241$ ;  $p < 0.05$ ). Compared to the study by Barbat- Artigas et al., the correlation between these variables was also low and not significant among women ( $r=0.14$ ,  $p=0.35$ ), while men presented a higher correlation ( $r=0.43$ ,  $p < 0.05$ )<sup>29</sup>. This could be explained because other factors exist that more widely predict

**Table II**  
Differences within measured variables according to parameters used for the diagnosis of sarcopenia

	App LMI (kg/m <sup>2</sup> )		HGS (kg)		8f-UG (s)	
	Normal	Low	Normal	Low	Normal	Low
n (%)	244 (94.6)	14 (5.4)	224 (86.8)	34 (13.2)	223 (86.4)	35 (13.6)
Age (years)	71.1 (5.3)	72.6 (7.2)	70.8 (5.3)	73.4 (6.1)*	71.0 (5.4)	72.0 (5.8)
Height (cm)	157.1 (8.3)	165.1 (6.0)*	158.4 (8.2)	151.3 (7.8)*	157.8 (8.4)	155.7 (8.2)
Weight (kg)	68.4 (11.6)	70.4 (19.7)	69.3 (11.6)	63.3 (9.3)*	68.0 (11.4)	72.3 (11.9)
Body composition						
Total lean mass (kg)	42.0 (8.3)	45.1 (7.5)	42.9 (8.2)	37.0 (6.7)*	42.3 (8.4)	41.1 (7.2)
Body fat %	35.0 (8.1)	32.0 (5.3)	34.3 (8.9)	37.9 (7.5)*	34.1 (7.9)	39.4 (7.1)*
Functional performance						
Arm curl test (rep)	18.4 (3.5)	16.6 (4.9)	18.5 (3.5)	16.8 (4.9)*	18.5 (3.4)	16.6 (4.2)*
Chair stand test (rep)	17.6 (3.6)	16.3 (4.4)	17.5 (3.4)	17.7 (5.6)	17.9 (3.5)	14.8 (3.2)*
Step-in-place (steps)	108.8 (17.6)	103.1 (24.4)	109.4 (16.7)	102.2 (24.3)*	111.1 (16.7)	91.9 (17.3)*
MVIS-Q (N)	694.9 (221.4)	711.2 (223.9)	717.8 (216.7)	550.4 (195.7)*	715.6 (222.7)	569.1 (169.5)*

Data means and SD. App LMI, appendicular lean mass index (ALM/height<sup>2</sup>); 8f-UG, 8 foot up-and-go test; HGS, hand grip strength; MVIS-Q, maximum voluntary isometric strength of quadriceps. \*differences between groups (t-student; p<0,05).

the production of force than muscle mass (in terms of quantity), such as the muscle architecture, the type of fiber, the intramuscular fat and the neuromuscular activation<sup>30</sup>. The Barbat–Artigas et al. study also evaluated the correlation between the App LMI and knee extension strength (1-repetition maximum), with significant results only for women. The authors propose that the HGS may be preferentially used in men and knee extension strength in women to detect sarcopenic individuals<sup>29</sup>. Future studies on sarcopenia employing the EWGSOP definition could analyze their behavior depending on the strength of the lower limbs, as well as different types of manifestation (isometric, concentric or muscle power), which would allow a greater understanding of the strength–muscle mass relation in the diagnosis of sarcopenia.

While the correlations between App LMI and 8f–UG were very low in both genders, with no statistical significance for men (women  $r = -0.167$ ; men  $r = -0.173$ ). Meanwhile, the correlations between HGS and 8f–UG were only slightly higher, although significant (women  $r = -0.270$ , men  $r = -0.365$ ;  $p < 0.01$ ). However, the study by Krause et al., in 33 people over 65 did not report significant correlations between the fat free mass index and the TUG, nor between the HGS and TUG in both genders, whereas between the maximal knee extensor torque and TUG a high inverse correlation was found ( $r = -0.771$ ,  $p < 0.01$ )<sup>31</sup>. These results show a poor relationship between muscle mass and the functional performance (of the lower members), while the muscle strength maintains a better relationship with the latter, which improves when the strength of the lower limbs is employed. In our study, a correlation was found

between MVIS–Q and 8f–UG  $r = -0.407$  in women and  $r = -0.397$  in men ( $p < 0.01$ ) (data not shown). Thus, although it has been reported that HGS maintains a good relationship with the MVIS–Q ( $r = 0.55$  to  $0.89$ ;  $p < 0.001$ ), and that both tests may represent a common construct of body force<sup>32</sup>, which facilitates the use of HGS in both the clinic and in research, the importance of involving the evaluation of lower limb strength in future studies on sarcopenia employing the EWGSOP definition is again highlighted.

In our study, people with low muscle mass (App LMI) did not show a lower functional performance, while those with a low muscle strength (HGS) reported lower performance in almost all the functional tests, compared to those that obtained normal values. The Patil et al. study reported similar results for both criteria<sup>10</sup>. This is important, considering that low muscle strength, also known as dynapenia, represents a greater relative risk (2.20; 95% CI: 1.5–3.1) of poor physical performance, functional limitation, or physical disability in older adults, compared to low muscle mass (1.37; 95% 0.87–2.0)<sup>33</sup>.

On the other hand, people with low functional performance (8f–UG) had lower performance in all other functional tests compared to those with normal performance ( $p < 0.05$ ); this result coincides with the study by Patil et al., in which people who had a lower walking speed ( $< 0.8$  m/s) showed lower values in other functional tests applied in this study<sup>10</sup>. This indicates that the 8f–UG, which is a modified version of the three–meter TUG designed for use in places with little space, may reflect a greater decline in performance<sup>16, 34</sup>. In turn, it has been found that this test

has the ability to predict different geriatric events similar to the gait speed<sup>35</sup>.

Our study has some limitations. First, the sample consisted of people who participated voluntarily, so the results are relevant only for the study group. Second, this was a cross-sectional study and this makes it impossible to determine the nature of the associations observed, for which further controlled prospective studies are required. And third, this study did not look for variables such as previous diseases, alcohol and nicotine consumption, physical activity, nutrition and medication, which could have expanded the explanation for the sarcopenia results found.

## Conclusion

Using the EWGSOP definition, sarcopenia was uncommon in a group of community dwelling individuals over 60 years of age from a northern Spanish city. In clinical practice, a greater emphasis should be placed on the decrease in muscle strength and functional performance rather than on low muscle mass alone. Future research could review whether the application of different techniques to measure muscle mass or that involve the assessment of the muscle strength of lower limbs have some effect on the identification of sarcopenia.

## Acknowledgements

We wish to thank the study participants for making this work possible and the researchers in exercise prescription for health at the University of Leon's Institute of Biomedicine, for their assistance with the study measurements.

## References

1. Rosenberg I. Summary comments. *Am J Clin Nutr* 1989;50:1231-1233.
2. Rolland Y, Czerwinski S, Abellan Van Kan G, Morley JE, Cesari M, Onder G, Woo J, Baumgartner R, Pillard F, Boirie Y, Chumlea WM, Vellas B. Sarcopenia: Its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. *J Nutr Health Aging* 2008;12:433-450.
3. Abellan van Kan G. Epidemiology and consequences of sarcopenia. *J Nutr Health Aging* 2009;13:708-712.
4. Janssen I, Shepard DS, Katzmarzyk PT, Roubenoff R. The healthcare costs of sarcopenia in the united states. *J Am Geriatr Soc* 2004;52:80-85.
5. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, Martin FC, Michel JP, Rolland Y, Schneider SM, Topinkova E, Vandewoude M, Zamboni M. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the european working group on sarcopenia in older people. *Age Ageing* 2010;39:412-423.
6. Arango-Lopera VE, Arroyo P, Gutiérrez-Robledo LM, Pérez-Zepeda MU. Prevalence of sarcopenia in mexico city. *European Geriatric Medicine* 2012;3:157-160.
7. Landi F, Liperoti R, Fusco D, Mastropaolo S, Quattrociochi D, Proia A, Tosato M, Bernabei R, Onder G. Sarcopenia and

mortality among older nursing home residents. *J Am Med Dir Assoc* 2012;13:121-126.

8. Landi F, Liperoti R, Russo A, Giovannini S, Tosato M, Capoluongo E, Bernabei R, Onder G. Sarcopenia as a risk factor for falls in elderly individuals: Results from the ilsirente study. *Clin Nutr* 2012;31:652-658.
9. Patel HP, Syddall HE, Jameson K, Robinson S, Denison H, Roberts HC, Edwards M, Dennison E, Cooper C, Aihie Sayer A. Prevalence of sarcopenia in community-dwelling older people in the uk using the european working group on sarcopenia in older people (ewgsop) definition: Findings from the hertfordshire cohort study (hcs). *Age Ageing* 2013;42:378-384.
10. Patil R, Uusi-Rasi K, Pasanen M, Kannus P, Karinkanta S, Sievanen H. Sarcopenia and osteopenia among 70-80-year-old home-dwelling finnish women: Prevalence and association with functional performance. *Osteoporos Int* 2013;24:787-796.
11. Tanimoto Y, Watanabe M, Sun W, Sugiura Y, Tsuda Y, Kimura M, Hayashida I, Kusabiraki T, Kono K. Association between sarcopenia and higher-level functional capacity in daily living in community-dwelling elderly subjects in japan. *Arch Gerontol Geriatr* 2012;55:e9-13.
12. Verschueren S, Gielen E, O'Neill TW, Pye SR, Adams JE, Ward KA, Wu FC, Szulc P, Laurent M, Claessens F, Verschueren D, Boonen S. Sarcopenia and its relationship with bone mineral density in middle-aged and elderly european men. *Osteoporos Int* 2013;24:87-98.
13. Cooper C, Fielding R, Visser M, van Loon LJ, Rolland Y, Orwoll E, Reid K, Boonen S, Dere W, Epstein S, Mitlak B, Tsouderos Y, Sayer AA, Rizzoli R, Reginster JY, Kanis JA. Tools in the assessment of sarcopenia. *Calcif Tissue Int* 2013;93:201-210.
14. Malafarina V, Uriz-Otano F, Iniesta R, Gil-Guerrero L. Sarcopenia in the elderly: Diagnosis, physiopathology and treatment. *Maturitas* 2012;71:109-114.
15. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *Gerontologist* 2013;53:255-267.
16. Rikli RE, Jones CJ. *Senior fitness test manual*. Champaign: Human Kinetics; 2013.
17. Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross RR, Garry PJ, Lindeman RD. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in new mexico. *Am J Epidemiol* 1998;147:755-763.
18. Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, Di Iorio A, Corsi AM, Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: An operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol (1985)* 2003;95:1851-1860.
19. Rikli RE, Jones CJ. Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults 1999. *Journal of Aging and Physical Activity* 1999;7:129-161.
20. Pedrero-Chamizo R, Gomez-Cabello A, Delgado S, Rodriguez-Llarena S, Rodriguez-Marroyo JA, Cabanillas E, Melendez A, Vicente-Rodriguez G, Aznar S, Villa G, Espino L, Gusi N, Casajus JA, Ara I, Gonzalez-Gross M. Physical fitness levels among independent non-institutionalized spanish elderly: The elderly exernet multi-center study. *Arch Gerontol Geriatr* 2012;55:406-416.
21. Wilkin LD, Haddock BL. Health-related variables and functional fitness among older adults. *Int J Aging Hum Dev* 2010;70:107-118.
22. Rose DJ, Jones CJ, Lucchese N. Predicting the probability of falls in community-residing older adults using the 8-foot up-and-go: A new measure of functional mobility. *JAPA* 2002;10:466-475.
23. Abellan van Kan G, Cesari M, Gillette-Guyonnet S, Dupuy C, Nourhashemi F, Schott AM, Beuchet O, Annweiler C, Vellas B, Rolland Y. Sarcopenia and cognitive impairment in elderly women: Results from the epidos cohort. *Age Ageing* 2013;42:196-202.
24. Bastiaanse LP, Hilgenkamp TI, Echteeld MA, Evenhuis HM. Prevalence and associated factors of sarcopenia in older adults with intellectual disabilities. *Res Dev Disabil* 2012;33:2004-2012.

25. Landi F, Liperoti R, Fusco D, Mastropaolo S, Quattrocioni D, Proia A, Russo A, Bernabei R, Onder G. Prevalence and risk factors of sarcopenia among nursing home older residents. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2012;67:48-55.
26. Landi F, Liperoti R, Russo A, Giovannini S, Tosato M, Barillaro C, Capoluongo E, Bernabei R, Onder G. Association of anorexia with sarcopenia in a community-dwelling elderly population: Results from the ilsirente study. *Eur J Nutr* 2013;52:1261-1268.
27. Safer U, Tasci I, Safer VB, Doruk H. Accurate diagnosis of sarcopenia in the elderly requires correct measurement of muscle mass. *Clin Nutr* 2013;32:662.
28. Cherin P, Voronska E, Fraoucene N, de Jaeger C. Prevalence of sarcopenia among healthy ambulatory subjects: The sarcopenia begins from 45 years. *Aging Clin Exp Res* 2014;26:137-146.
29. Barbat-Artigas S, Plouffe S, Pion CH, Aubertin-Leheudre M. Toward a sex-specific relationship between muscle strength and appendicular lean body mass index? *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2013;4:137-144.
30. Barbat-Artigas S, Rolland Y, Vellas B, Aubertin-Leheudre M. Muscle quantity is not synonymous with muscle quality. *J Am Med Dir Assoc* 2013;14:852 e851-857.
31. Krause KE, McIntosh EI, Vallis LA. Sarcopenia and predictors of the fat free mass index in community-dwelling and assisted-living older men and women. *Gait Posture* 2012;35:180-185.
32. Bohannon RW. Are hand-grip and knee extension strength reflective of a common construct? *Percept Mot Skills* 2012;114:514-518.
33. Manini TM, Clark BC. Dynapenia and aging: An update. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2012;67:28-40.
34. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "up & go": A test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991;39:142-148.
35. Viccaro LJ, Perera S, Studenski SA. Is timed up and go better than gait speed in predicting health, function, and falls in older adults? *J Am Geriatr Soc* 2011;59:887-892.

## Anexo II

**Artículo sometido en la Revista Educación Física y Deporte (Universidad de Antioquia, Colombia). ISSN-p: 0120-677X - ISSN-e: 2145-5880:**

### **NIVEL DE APTITUD FUNCIONAL EN MUJERES NO INSTITUCIONALIZADAS MAYORES DE 60 AÑOS DE UNA CIUDAD DE ESPAÑA**

#### **AUTORES**

Fredy Alonso Patiño-Villada, Mg<sup>1</sup> Santiago Adolfo Arboleda-Franco, Mg<sup>2</sup>, José Antonio De Paz-Fernández, PhD<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte GRICAFDE, Instituto Universitario de Educación Física, Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia.

<sup>2</sup>Departamento de Educación Física y Deporte, Universidad del Valle, Calle 13 No 100-00, Cali, Colombia

<sup>3</sup>Instituto de Biomedicina, IBIOMED - Universidad de León, Campus de Vegazana S/N 24071, León, España.

Autor de correspondencia: Fredy Alonso Patiño Villada. E-mail: fredypat@edufisica.udea.edu.co

#### **RESUMEN**

**Introducción:** la disminución de la Aptitud Funcional (AF) en personas mayores se asocia con una mayor dependencia y discapacidad. Aspecto de interés en el contexto actual del envejecimiento en el mundo y España.

**Objetivo:** determinar el nivel de AF en un grupo de mujeres no institucionalizadas mayores de 60 años de una ciudad de España.

**Métodos:** estudio transversal con 176 mujeres. La AF se evaluó con cuatro pruebas de la batería *Senior Fitness Test (SFT)*: “flexiones de brazos”, “*chair stand*”, “2-minutos marcha” y “*8 foot up-and-go test*”. La baja AF se definió a partir de los puntos de corte estandarizados por Rikli & Jones (2013). Se incluyó la fuerza de presión manual como otra prueba de AF.

**Resultados:** la baja AF fue más frecuente en las pruebas de “flexiones de brazos” y “fuerza de presión manual” (21,0% y 15,9% respectivamente) y la de menor disminución fue “*chair stand*” con 7,4%. La AF disminuyó con el aumento de la edad, presentando diferencias significativas a partir de los 75 años ( $p < 0,05$ ). Ser obeso se asoció con una menor AF en las pruebas de 2-minutos marcha y “*8-foot up-and-go test*” ( $p < 0,05$ ).

**Conclusiones:** la fuerza de miembros superiores fue el parámetro con más bajo desempeño, mientras el aumento de la edad y la condición de obesidad se asociaron con una disminución en la AF. La evaluación de la AF es una herramienta útil en el diagnóstico de la condición de salud en las personas mayores. Se requieren otras investigaciones orientadas a la estandarización de puntos de corte asociados con una baja AF en población española.

**Palabras Claves:** aptitud funcional, personas mayores, fuerza de presión manual, Senior Fitness Test.

## **FUNCTIONAL FITNESS LEVEL AMONG NON-INSTITUTIONALIZED WOMEN OVER 60 YEARS OF AGE FROM A SPANISH CITY**

### **ABSTRAC**

**Introduction:** decrease in functional fitness (FF) in older persons is associated with a greater dependence and disability. This is an area of interest in the current context of global aging and Spain.

**Objective:** determine the level of FF in a group of non-institutionalized women over 60 years of age from a city of Spain.

**Materials and methods:** a cross-sectional study was carried out in 176 women. The FF was determined by four of the senior fitness test (SFT): arm curl test, chair stand, 2-min step test and '8 foot up-and-go test'. The low FF was defined from standardized cut points by Rikli & Jones (2013). Grip strength was included as another FF test.

**Results:** the low AF was more frequent in 'arm curl test' and the grip strength (21.0% and 15.9% respectively) and the lowest decrease was "chair stand" with 7.4%. The FF decreased with increasing age, showing a significant difference from 75 years ( $p < 0,05$ ). Obese persons had lower FF in '2-min step test' and '8 foot up-and-go test' ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** upper limb strength was the lowest performing parameter while increasing in age and condition of obesity are associated a decrease in the FF. The evaluation of the FF is a useful tool in the diagnosis of health status in the elderly. More research is needed by aiming at the standardization of cut points associated with low FF in Spanish population.

**Key words:** functional fitness, older people, grip strength and Senior Fitness Test

## INTRODUCCIÓN

La aptitud funcional (AF) fue definida por Rickli y Jones (2001) como la capacidad física para la realización de las tareas de la vida diaria de una forma segura e independiente sin una fatiga excesiva. Este concepto se encuentra más relacionado con la población mayor, ya que por el proceso de envejecimiento estas personas presentan niveles de dependencia y discapacidad elevados, que oscilan entre el 20% y 53,5% según el reporte de algunos estudios (Arias-Merino et al., 2012; Millan-Calenti et al., 2010; Yoshida et al., 2012). Asunto que adquiere mayor interés con el incremento de la población mayor, que para España en el periodo de 1991-2010 paso de 11,6% a un 14,5% en hombres y de un 15,9% a un 19,0% en mujeres, pero el mayor incremento se encontró en las personas

mayores de 80 años especialmente en las mujeres, que para el mismo periodo paso de un 3,8% a un 6,1% (Instituto Nacional de Estadística, 2010).

En la evaluación de la AF en personas mayores se encuentra que la alteración de la fuerza de prensión manual, de miembros superiores e inferiores, de la velocidad de caminar y el no mantener niveles altos de actividad física incrementan la probabilidad de desarrollar discapacidad en esta población (den Ouden, Schuurmans, Arts, & van der Schouw, 2011). La pérdida de la AF también está asociada con un incremento del riesgo de caídas; así lo demuestra un estudio con 60 personas mayores donde este riesgo aumentó con la disminución de la fuerza en miembros superiores e inferiores, de la resistencia aeróbica y de la agilidad en el equilibrio dinámico, este último fue el factor más relevante frente al riesgo (Toraman & Yildirim, 2010).

La disminución de la AF se asocia igualmente con un aumento de la mortalidad en las personas mayores; especialmente los bajos indicadores de fuerza de prensión manual, de velocidad de caminar y de fuerza de piernas se relacionan con un mayor riesgo de mortalidad en este grupo poblacional (Cooper, Kuh, & Hardy, 2010). Además, se plantea que el nivel de AF es un aspecto estrechamente relacionado con el concepto de “envejecimiento exitoso” y se ha propuesto como un modelo de medición para este último (Depp & Jeste, 2006; Lowry, Vallejo, & Studenski, 2012).

El acelerado envejecimiento poblacional hace necesario pensar en la cuantificación del nivel de salud de la población mayor, lo que posibilite orientar las diferentes estrategias de intervención; es donde la investigación en el campo de la AF se presenta como una herramienta de gran utilidad. De esta manera, el objetivo de este estudio fue determinar el nivel de AF en un grupo de mujeres no institucionalizadas mayores de 60 años de una ciudad de España.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se realizó un estudio transversal con mujeres mayores de 60 años no institucionalizadas residentes en la ciudad de León (España) entre octubre de 2012 y marzo de 2013. Las personas fueron seleccionadas por medio de un muestreo a conveniencia, donde finalmente 176 mujeres aceptaron su participación en el estudio, después de definir un desempeño adecuado en el desarrollo de las actividades de la vida diaria (Index ADL=6) (Katz, Downs, Cash, & Grotz, 1970) y que no presentaran inconvenientes severos para la realización de la actividad física de acuerdo con el *Physical Activity Readiness Questionnaire* (PAR-Q). Se excluyeron a las personas con antecedente personal de enfermedad cognitiva discapacitante, con falla cardíaca (grados II-IV), enfermedad isquémica del corazón y problemas músculo-esqueléticos, que impidieran la finalización de los test.

### **Control de sesgos**

Los evaluadores fueron capacitados y estandarizados en la aplicación de las pruebas. Se hizo una prueba piloto para evaluar la metodología empleada para la toma de datos, así como su registro correcto. Se corroboró los criterios de inclusión de las personas seleccionadas; se les explicó el objetivo del estudio, los procedimientos a realizarse y se garantizó la confidencialidad de la información. Finalizada la recolección de la información se hizo un control de calidad de los datos.

### **Instrumentos de evaluación**

La talla fue medida con un metro marca SECA Modelo 208, que tiene una precisión de hasta 0,05 centímetros. El peso fue evaluado con una báscula digital HD327 (precisión 100 gramos y capacidad de 150 kilos). El índice de Masa Corporal (IMC) se calculó tras dividir el peso en kilogramos sobre la talla elevada en metros al cuadrado; se clasificó en normal (IMC entre 18,5 y 24,9 kg/m<sup>2</sup>), con

sobrepeso (IMC entre 25,0 y 29,9 kg/m<sup>2</sup>) y obesidad (IMC  $\geq$  30 kg/m<sup>2</sup>) (Eckel, 2008).

La AF se evaluó de acuerdo a cuatro pruebas pertenecientes a la batería *Senior Fitness Test (SFT)*: “flexiones de brazos”, “*chair stand*”, “2-minutos marcha” y “8 foot up-and-go test” (Rikli & Jones, 2001). Estas pruebas fueron validadas en Estados Unidos, las cuales presentaron una alta confiabilidad para la evaluación de la AF en las personas mayores (coeficientes de correlación intraclase que oscilaron entre ,80 y ,96) (Rikli & Jones, 1999). Para definir la baja AF de acuerdo a cada test se tomaron los puntos de corte establecidos por Rikli y Jones (2013); estos indican una baja AF asociada a una pérdida de la independencia física y se presentan por grupos de edad en quinquenios desde los 60 años. Una breve descripción de las pruebas y de los puntos de corte se muestra en la Tabla 1.

Adicionalmente, se incluyó la fuerza de presión manual como una prueba de AF, la cual fue evaluada con un dinamómetro Jamar (Promedics, Blackburn, UK). La evaluación se realizó con la persona sentada, con el hombro en aducción y rotado neutralmente; codo flexionado a 90°, con el antebrazo descansando sobre el brazo de la silla; muñeca entre 0 y 30° de dorsiflexión colocada en la parte final del brazo de la silla, en posición neutral con el dedo pulgar hacia arriba; las plantas de los pies apoyados completamente sobre el suelo (Roberts et al., 2011). Se realizaron dos intentos alternadamente con cada mano y se tomó el mayor de los valores. Se consideró baja fuerza de presión manual tener un registro <20 kg (Cruz-Jentoft et al., 2010).

### **Análisis estadístico**

Al comprobar la normalidad de las variables continuas con la prueba de Kolmogorov-Smirnov se emplearon medias y desviaciones estándar (SD) para describir el IMC y las pruebas funcionales según grupos de edad. Se realizó una ANOVA de una vía con un análisis post hoc de Tukey para determinar las diferencias en la AF de acuerdo a los grupos de edad y a la clasificación por IMC.

La descripción de la baja AF de acuerdo a cada prueba se presentó por medio de porcentajes. Se consideró una  $p < 0,05$  como estadísticamente significativa. Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico SPSS versión 19.0 (SPSS, Chicago, IL).

### **Aspectos éticos**

La investigación fue desarrollada de acuerdo a los principios éticos establecidos para la investigación médica en seres humanos (Asociación Médica Mundial, 2008). De esta forma, todas las personas estudiadas fueron informadas sobre la utilización exclusiva de los datos para fines científicos, autorizaron su participación en el estudio con la firma del consentimiento informado y recibieron un informe individual con sus resultados. El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de León.

## **RESULTADOS**

El rango de edad de las participantes fue de 60 a 86 años con un promedio general de 70,1 años (DE 5,5); el IMC total osciló entre 19,3 y 38  $\text{kg/m}^2$  con una media de 27,5  $\text{kg/m}^2$  (DE 4). En la tabla 2 se observa la descripción de estas variables según grupos de edad. El 23,6% de las personas se clasificó con un IMC normal, el 54,7% con sobrepeso y el 21,7% con obesidad.

En la determinación de la baja AF de acuerdo a cada parámetro, la fuerza de miembros superiores de las participantes fue la de mayor disminución con un 21,0% en la prueba de “flexiones de brazos” y un 15,9% en la “fuerza de presión manual”; mientras la fuerza de miembros inferiores (*chair stand*) fue el parámetro de menor disminución funcional con un 7,4% (Figura 1).

En la evaluación de la AF en las personas estudiadas se observó una disminución en el desempeño de las diferentes pruebas con el aumento de la edad, con

diferencias significativas a partir de los 75 años ( $p < 0,05$ ), excepto en el test de "flexiones de brazos" (Tabla 3).

Por otra parte, en las personas que se les detectó obesidad por IMC se encontró un promedio más bajo en el número de pasos en la prueba de resistencia aeróbica (2-minutos marcha) y mayor tiempo de ejecución en la prueba agilidad/equilibrio dinámico (*8-foot up-and-go test*), en comparación con las personas que reportaron un IMC normal o con sobrepeso ( $p < 0,05$ ) (Tabla 4). La mayor fuerza de prensión manual se encontró en quienes reportaron un IMC con sobrepeso, presentándose diferencias significativas con las personas de un IMC normal ( $p < 0,05$ ) (Tabla 4).

## DISCUSIÓN

La fuerza de miembros superiores (flexiones de brazos) fue el parámetro de la evaluación funcional con mayor disminución en la población estudiada, con una pérdida dos veces más alta comparada con la fuerza de miembros inferiores (*chair stand*) (21,0 y 7,4 respectivamente). Estos resultados fueron contrarios a los reportados en un estudio con personas mayores en Brasil, donde la pérdida de la fuerza de miembros superiores asociada con discapacidad fue del 1,2%, mientras la disminución de la fuerza de miembros inferiores fue mayor con un 16,8% (Pinheiro, Passos, Coqueiro Rda, Fernandes, & Barbosa, 2013). Aunque la fuerza de las extremidades inferiores puede estar más relacionada con tener una vida independiente en la población mayor (Sousa, Mendes, Abrantes, & Sampaio, 2011) y su medición se comporta como un potente predictor de eventos adversos en salud (Cesari et al., 2009), la disminución de la fuerza de brazos afecta el desempeño de una serie de tareas que son indispensables para el desarrollo de la vida diaria como son el levantar objetos y llevar cosas (las compras, las maletas, los nietos, etc.) (Rikli & Jones, 2013), por lo que su detección oportuna e intervención son necesarias en el mantenimiento de la AF en las personas mayores.

La fuerza de prensión manual presentó una disminución del 15,9% y fue la segunda prueba con mayor pérdida de funcionalidad tras la fuerza de “flexiones de brazos”. Su déficit incrementó con el aumento de la edad, resultado que coincide con otros estudios (Aadahl, Beyer, Linneberg, Thuesen, & Jorgensen, 2011; Jansen et al., 2008). El tener una baja fuerza de prensión manual adquiere importancia en las personas mayores, por su asociación con un mayor riesgo de discapacidad (den Ouden, et al., 2011), menor calidad de vida relacionada con la salud (Hall, Chiu, Williams, Clark, & Araujo, 2011), prolongadas instancias hospitalarias (Kerr et al., 2006) e incremento de la mortalidad (Cooper, et al., 2010). Por ser una prueba que presenta una alta correlación con la fuerza isométrica del cuádriceps ( $r = 0,55$  a  $0,89$ ;  $p < 0,001$ ), es ampliamente utilizada en la clínica por su fácil aplicación (Bohannon, 2012).

En el presente estudio, se encontró que un 14,8% de las personas evaluadas refirió una baja AF en el “*8-foot up-and-go test*”, su disminución fue mayor con el incremento de la edad, como también se reportó en un estudio realizado en España con personas mayores de 65 años (Pedrero-Chamizo et al., 2012). El rendimiento en esta prueba es de vital importancia en las personas mayores por estar relacionado con actividades de la vida cotidiana que requieren rapidez de maniobrabilidad como tomar el bus, atender algo en la cocina, ir al baño o responder el teléfono (Rikli & Jones, 2013), un mayor puntaje en la realización de estas actividades se acompaña con un menor tiempo en el “*8-foot up-and-go test*” ( $r = -0,363$ ;  $p < 0,01$ ) (Wilkin & Haddock, 2010). Por otra parte, se encontró en las personas obesas un aumento en el tiempo de ejecución del “*8-foot up-and-go test*” al ser comparadas con las de peso normal (5,5 DE 1,1 vs 4,7 DE 0,5 respectivamente;  $p < 0,05$ ), resultados similares fueron encontrados en otro estudio con mujeres activas mayores de 60 años (Vaquero-Cristobal, Martinez Gonzalez-Moro, Alacid Carceles, & Ros Simon, 2013). Este asunto requiere atención al considerar que el 21,7% de las personas reportaron ser obesas, lo que hace necesario desarrollar programas orientados a la disminución y control del peso

corporal que permitan mejorar la movilidad funcional. La evidencia científica demuestra que la pérdida de grasa corporal en las personas mayores reduce los trastornos en la movilidad y mejora la velocidad de la marcha (Beavers, Miller, Rejeski, Nicklas, & Krichevsky, 2013).

En la prueba de resistencia aeróbica (2-minutos marcha) un 12,5% de las mujeres estudiadas presentaron un bajo desempeño. Es un componente de la AF de vital importancia para las personas mayores por su relación con la capacidad para caminar grandes distancias, ir de compras, subir escalas y participar de actividades deportivas y recreativas (Rikli & Jones, 2013). En este test también se encontró una disminución en el rendimiento con el aumento de la edad ( $p < 0,05$ ), resultado que fue similar a un estudio con mujeres brasileñas mayores de 60 años (Virtuoso-Junior & Oliveira-Guerra, 2008). Por otra parte, el desempeño de la prueba fue menor con el aumento del IMC con diferencias significativas entre las personas de peso normal y las obesas; un resultado similar fue encontrado en otro estudio entre personas normo pesas y con sobrepeso, aunque sin alcanzar diferencias significativas (Vaquero-Cristobal, et al., 2013). La disminución de la capacidad aeróbica con la obesidad incrementa el riesgo de morbilidad y mortalidad en las personas mayores, situación que se agudiza con el incremento global de la obesidad en este grupo poblacional (Mathus-Vliegen, 2012).

Entre las principales limitaciones de este estudio que pudieran tener una implicación sobre los resultados obtenidos, se encuentran: 1) no hubo un cálculo del tamaño de la muestra, de tal forma que los resultados deben aplicarse con precaución a otras poblaciones; 2) al ser un estudio transversal las asociaciones estudiadas no tienen un carácter causal; y 3) los puntos de corte de las pruebas de la batería SFT utilizados para definir un bajo desempeño funcional, asociado a una pérdida de la independencia física, no se encuentran validados en la población mayor española.

En conclusión, de los parámetros de la AF funcional evaluados la fuerza de miembros superiores fue el de mayor disminución en las mujeres estudiadas. El aumento de la edad se asoció con una disminución de la AF, excepto en la prueba de flexiones de brazos; además, en las personas con obesidad se encontró un desempeño inferior en las pruebas de agilidad/equilibrio dinámico y resistencia aeróbica. La evaluación de la AF se presenta como una herramienta útil en el diagnóstico de la condición de salud de las personas mayores, a su vez que puede contribuir en la planificación y seguimiento de las intervenciones en salud. Aunque existen estudios previos en España donde se han establecido rangos de normalidad con todas o partes de las pruebas de la batería SFT (Gusi et al., 2012; Pedrero-Chamizo, et al., 2012), se requieren nuevas investigaciones que se enfoquen en la estandarización de puntos de corte asociados con un bajo desempeño funcional y riesgo de dependencia física.

### **Agradecimientos**

A los investigadores en prescripción del ejercicio para la salud del Instituto de Biomedicina de la Universidad de León por su asistencia en las evaluaciones del estudio; y de manera especial, a las personas mayores participantes por hacer posible este trabajo.

### **Conflicto de intereses**

Los autores expresan que no existen conflictos de intereses.

### **Bibliografía**

Aadahl, M., Beyer, N., Linneberg, A., Thuesen, B. H., & Jorgensen, T. (2011). Grip strength and lower limb extension power in 19-72-year-old Danish men and women: the Health2006 study. *BMJ Open*, 1(2), e000192.

- Arias-Merino, E. D., Mendoza-Ruvalcaba, N. M., Ortiz, G. G., Velazquez-Brizuela, I. E., Meda-Lara, R. M., & Cueva-Contreras, J. (2012). Physical function and associated factors in community-dwelling elderly people in Jalisco, Mexico. *Arch Gerontol Geriatr*, 54(3), e271-278.
- Asociación Médica Mundial. Declaración de Helsinki, 59ª Asamblea General. (2008). Extraído 20 junio de 2010 desde [http://www.wma.net/es/30publications/10policies/b3/17c\\_es.pdf](http://www.wma.net/es/30publications/10policies/b3/17c_es.pdf)
- Beavers, K. M., Miller, M. E., Rejeski, W. J., Nicklas, B. J., & Krichevsky, S. B. (2013). Fat mass loss predicts gain in physical function with intentional weight loss in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 68(1), 80-86.
- Bohannon, R. W. (2012). Are hand-grip and knee extension strength reflective of a common construct? *Percept Mot Skills*, 114(2), 514-518.
- Cesari, M., Kritchevsky, S. B., Newman, A. B., Simonsick, E. M., Harris, T. B., Penninx, B. W., et al. (2009). Added value of physical performance measures in predicting adverse health-related events: results from the Health, Aging And Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc*, 57(2), 251-259.
- Cooper, R., Kuh, D., & Hardy, R. (2010). Objectively measured physical capability levels and mortality: systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 341, c4467.
- Cruz-Jentoft, A. J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., et al. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*, 39(4), 412-423.
- den Ouden, M. E., Schuurmans, M. J., Arts, I. E., & van der Schouw, Y. T. (2011). Physical performance characteristics related to disability in older persons: a systematic review. *Maturitas*, 69(3), 208-219.
- Depp, C. A., & Jeste, D. V. (2006). Definitions and predictors of successful aging: a comprehensive review of larger quantitative studies. *Am J Geriatr Psychiatry*, 14(1), 6-20.
- Eckel, R. H. (2008). Clinical practice. Nonsurgical management of obesity in adults. *N Engl J Med*, 358(18), 1941-1950.
- Gusi, N., Prieto, J., Olivares, P. R., Delgado, S., Quesada, F., & Cebrian, C. (2012). Normative fitness performance scores of community-dwelling older adults in Spain. *J Aging Phys Act*, 20(1), 106-126.

- Hall, S. A., Chiu, G. R., Williams, R. E., Clark, R. V., & Araujo, A. B. (2011). Physical function and health-related quality-of-life in a population-based sample. *Aging Male*, 14(2), 119-126.
- Instituto Nacional de Estadística. *Mujeres y hombres en España 2010*. (2010). Madrid: INE.
- Jansen, C. W., Niebuhr, B. R., Coussirat, D. J., Hawthorne, D., Moreno, L., & Phillip, M. (2008). Hand force of men and women over 65 years of age as measured by maximum pinch and grip force. *J Aging Phys Act*, 16(1), 24-41.
- Katz, S., Downs, T. D., Cash, H. R., & Grotz, R. C. (1970). Progress in development of the index of ADL. *Gerontologist*, 10(1), 20-30.
- Kerr, A., Syddall, H. E., Cooper, C., Turner, G. F., Briggs, R. S., & Sayer, A. A. (2006). Does admission grip strength predict length of stay in hospitalised older patients? *Age Ageing*, 35(1), 82-84.
- Lowry, K. A., Vallejo, A. N., & Studenski, S. A. (2012). Successful aging as a continuum of functional independence: lessons from physical disability models of aging. *Aging Dis*, 3(1), 5-15.
- Mathus-Vliegen, E. M. (2012). Obesity and the elderly. *J Clin Gastroenterol*, 46(7), 533-544.
- Millan-Calenti, J. C., Tubio, J., Pita-Fernandez, S., Gonzalez-Abraldes, I., Lorenzo, T., Fernandez-Arruty, T., et al. (2010). Prevalence of functional disability in activities of daily living (ADL), instrumental activities of daily living (IADL) and associated factors, as predictors of morbidity and mortality. *Arch Gerontol Geriatr*, 50(3), 306-310.
- Pedrero-Chamizo, R., Gomez-Cabello, A., Delgado, S., Rodriguez-Llarena, S., Rodriguez-Marroyo, J. A., Cabanillas, E., et al. (2012). Physical fitness levels among independent non-institutionalized Spanish elderly: the elderly EXERNET multi-center study. *Arch Gerontol Geriatr*, 55(2), 406-416.
- Pinheiro, P. A., Passos, T. D., Coqueiro Rda, S., Fernandes, M. H., & Barbosa, A. R. (2013). [Motor performance of the elderly in northeast Brazil: differences with age and sex]. *Rev Esc Enferm USP*, 47(1), 128-136.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (1999). Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults 1999. *Journal of Aging and Physical Activity*, 7(2), 129-161.

- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2001). *Senior Fitness Test Manual*. Champaign: Human Kinetics.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *Gerontologist*, 53(2), 255-267.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013). *Senior Fitness Test Manual (2nd ed.)*. Champaign: Human Kinetics.
- Roberts, H. C., Denison, H. J., Martin, H. J., Patel, H. P., Syddall, H., Cooper, C., et al. (2011). A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age Ageing*, 40(4), 423-429.
- Sousa, N., Mendes, R., Abrantes, C., & Sampaio, J. (2011). Differences in maximum upper and lower limb strength in older adults after a 12 week intense resistance training program. *J Hum Kinet*, 30, 183-188.
- Toraman, A., & Yildirim, N. U. (2010). The falling risk and physical fitness in older people. *Arch Gerontol Geriatr*, 51(2), 222-226.
- Vaquero-Cristobal, R., Martinez Gonzalez-Moro, I., Alacid Carceles, F., & Ros Simon, E. (2013). [Strength, flexibility, balance, resistance and flexibility assessment according to body mass index in active older women.]. *Rev Esp Geriatr Gerontol*.
- Virtuoso-Junior, J. S., & Oliveira-Guerra, R. (2008). [Characterizing the level of functional fitness of female senior-citizens residing in low-income communities]. *Rev Salud Publica (Bogota)*, 10(5), 732-743.
- Wilkin, L. D., & Haddock, B. L. (2010). Health-related variables and functional fitness among older adults. *Int J Aging Hum Dev*, 70(2), 107-118.
- Yoshida, D., Ninomiya, T., Doi, Y., Hata, J., Fukuhara, M., Ikeda, F., et al. (2012). Prevalence and Causes of Functional Disability in an Elderly General Population of Japanese: The Hisayama Study. *J Epidemiol*, 22(3), 222-229.

**Tabla 1. Descripción de las pruebas empleadas de la batería Senior Fitness Test y puntos de corte para determinar baja AF según grupo de edad.**

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntos de corte*</b>
Fuerza de miembros superiores (Flexiones de brazos).	La participante sentada en una silla realiza flexiones de brazos completas con un peso de 2 kg con el lado dominante, hasta alcanzar el mayor número de veces posible durante 30".	60-64 = 17
		65-69 = 17
		70-74 = 16
		75-79 = 15
		80-85 = 14
		86-90 = 13
		Repeticiones (rep)
Fuerza de miembros inferiores (chair stand).	La evaluada se ubica sentada en medio de una silla apoyada a la pared con los brazos cruzados en el pecho. A la señal de inicio la participante se levanta completamente y regresa a la posición inicial hasta completar el mayor número de ciclos posibles en 30".	60-64 = 15
		65-69 = 15
		70-74 = 14
		75-79 = 13
		80-85 = 12
		86-90 = 11
		Repeticiones (rep)
Resistencia aeróbica (2-minutos marcha).	Es una marcha estacionaria durante 2 minutos y al mejor ritmo posible, registrándose un ciclo de pasos con ambas piernas a través del conteo de los realizados con la pierna derecha.	60-64 = 97
		65-69 = 93
		70-74 = 89
		75-79 = 84
		80-85 = 78
		86-90 = 70
		Pasos completos (pasos)
Agilidad/equilibrio dinámico (8-foot up-and-go test).	Se ubica una silla y en frente de ella un cono a 2,44 m de distancia. La evaluada permanece sentado con las manos sobre sus muslos y en posición de alerta; a la señal de inicio, se incorpora y camina de prisa rodeando el cono y volviéndose a sentar. Se registra el mejor tiempo empleado en la prueba después de dos intentos.	60-64 = 5,0
		65-69 = 5,3
		70-74 = 5,6
		75-79 = 6,0
		80-85 = 6,5
		86-90 = 7,1
		Segundos (s)

\*Rikli y Jones (2013)

**Tabla 2. Características de las participantes según grupos de edad**

	Total	60-64.9	65-69.9	70-74.9	75-79.9	≥80
n	176	17	63	49	32	15
Edad (años)	71 (5,5)	62,8 (1,4)	67,1 (1,5)	72,1 (1,4)	77,1 (1,4)	79,7 (6,2)
Talla (cm)	153,4 (5,5)	155,7 (4,7)	154,5 (5,1)	152,4 (5,8)	152,1 (5,7)	152,6 (6,1)
Peso (kg)	64,8 (10)	67,1 (11,9)	66,0 (13,3)	64,2 (9,5)	62,9 (8,7)	63,3 (19,8)
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	27,5 (4)	27,7 (4,6)	27,7 (3,9)	27,7 (4,1)	27,2 (3,7)	27,2 (3,9)

**Tabla 3. Descripción de la aptitud funcional según grupos de edad**

	Total	60-64,9	65-69,9	70-74,9	75-79,9	≥80
n	176	17	63	49	32	15
Flexiones de brazo (rep)	18,7 (3,8)	19,2 (3,7)	18,8 (3,3)	19,2 (3,8)	17,9 (4,4)	18,4 (4,2)
Chair stand (rep)	17,8 (3,5)	18,9 (5,3)	18,3 (3,3)	18,1 (3,4)	16,6 (3,1) <sup>†</sup>	15,8 (2,2) <sup>†,‡</sup>
2-minutos marcha (pasos)	107,3 (17,3)	116,9 (18,2)	111,4 (15,3)	105,1 (17,4)	100,6 (16,3) <sup>†</sup>	100,3 (20,7) <sup>†</sup>
8 foot up-and-go test (s)	5,1 (,9)	4,7 (,6)	4,8 (,6)	5,2 (1,2)	5,5 (,9) <sup>†</sup>	5,5 (,8) <sup>†</sup>
Fuerza de prensión manual (kg)	23,7 (4,6)	23,9 (4,0)	24,9 (5,2)	23,4 (4,9)	22,5 (3,3) <sup>†</sup>	21,6 (3,7) <sup>†</sup>

Datos en medias y DE. Diferencia entre los grupos de edad (Anova de un factor con analisis post host de Tukey; p<0,05):\*60-64,9;† 65-69,9; ‡ 70-74,9.

**Tabla 4. Descripción de la aptitud funcional según IMC**

	Normal	Sobrepeso	Obesidad
n	61	141	56
Flexiones de brazo (rep)	18,3 (3,8)	18,2 (3,3)	18,3 (4,2)
Chair stand (rep)	17,9 (3,4)	17,5 (3,4)	17,0 (4,4)
2-minutos marcha (pasos)	110,4 (14,2)	110,2 (17,3)	102,0 (21,8) <sup>†</sup>
8 foot up-and-go test (s)	4,7 (,5)	5,0 (1,0)	5,5 (1,1) <sup>†</sup>
Fuerza de prensión manual (kg)	26,3 (6,7)	29,7 (9,4) <sup>*</sup>	27,6 (9,4)

Datos en medias y DE. Diferencia entre los grupos de IMC (Anova de un factor con analisis post host de Tukey; p<0,05):\*Normal,† sobrepeso.



April 25, 2014

José Antonio de Paz Fernández, PhD  
 Professor at Department of Biomedical Sciences  
 Institute of Biomedicine (IBIOMED)  
 University of Leon (Spain)

RE: Certification of internship

Dear professor de Paz:

The Center for Human Movement Sciences was pleased to host Mr. Fredy Alonso Patiño Villada, a PhD candidate in Sciences of Physical Activity and Sport, University of Leon (Spain). Mr. Patiño participated in activities in the Center for Human Movement Sciences at the University Medical Center Groningen, The Netherlands, from 1 February to 1 May 2014, in order to qualify for "International PhD" Mention.

Fredy spent most of his time analyzing his thesis data. He also participated numerous lab and departmental activities. He was particularly helpful in a project that examines the biomechanical mechanisms of how interventions increase old adults' gait, a project supervised by Ms. Chantal Beijersbergen, a PhD candidate. Fredy assisted in the project that aims to determine the role of the primary motor cortex in perturbed and unperturbed standing conditions in young and old adults, a project led by PhD student Ms. Selma Papegaaij. Fredy also helped with data collection in Mr. Menno Veldman's project that examines the direct and crossed effects of somatosensory stimulation on motor skill acquisition and motor cortical excitability. Fredy attended the Tuesday lab meetings and actively participated by giving several presentations about his data and related journal articles.

Taken together, I am certain that Fredy spent his time usefully and constructively. We wish him success in finishing his thesis and I am looking forward to our potential collaboration in the future.

Sincerely,

Ms. Yvonne Tromp, MSc.

*Study advisor, Center for Human Movement Sciences, University Medical Center Groningen (UMCG), University of Groningen*