



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Facultad de Medicina

Máster en Nutrición Geriátrica

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación de la calidad muscular y su impacto en la recuperación funcional postquirúrgica en pacientes geriátricos con fractura de cadera

Trabajo de Fin de Máster

Curso 2024/2025

Autora:

María del Carmen Galindo Gallardo

Tutoras:

María Paz Redondo del Río

Beatriz de Mateo Silleras

Resumen

La fractura de cadera en pacientes geriátricos representa una de las principales causas de morbilidad, pérdida funcional e institucionalización. Aunque la sarcopenia ha sido ampliamente estudiada como factor asociado a una peor recuperación, el concepto de calidad muscular ha emergido recientemente como un indicador más preciso del estado funcional del músculo esquelético. En este contexto, se plantea la necesidad de explorar herramientas aplicables en el entorno clínico que permitan evaluar de forma integral la fuerza, la masa y la calidad muscular, especialmente en fases perioperatorias.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo analizar el impacto de la calidad muscular sobre la recuperación funcional en pacientes mayores intervenidos quirúrgicamente por fractura de cadera. Se trata de un estudio observacional prospectivo en el que se incluye a pacientes de 60 años o más ingresados por fractura de cadera tratada mediante artroplastia. La valoración se realizará durante la hospitalización y el seguimiento funcional se lleva a cabo a los 3 y 6 meses postoperatorios. Las variables musculares se evaluarán mediante dinamometría, impedancia bioeléctrica y ecografía nutricional. Los desenlaces funcionales se medirán con las escalas *Harris Hip Score*, *Short Physical Performance Battery* y la velocidad de la marcha.

Este trabajo permitirá determinar si los parámetros de calidad muscular son mejores predictores de recuperación funcional que la masa o la fuerza aisladas, lo que podría contribuir a optimizar las estrategias diagnósticas y rehabilitadoras en esta población vulnerable.

Abstract

Hip fracture in geriatric patients is one of the leading causes of morbidity, functional decline, and institutionalization. While sarcopenia has been widely studied as a factor associated with poorer recovery, the concept of muscle quality has recently emerged as a more precise indicator of skeletal muscle functional status. In this context, there is a growing need to explore clinically applicable tools that allow for a comprehensive assessment of muscle strength, mass, and quality, especially during the perioperative period.

This research project aims to analyze the impact of muscle quality on functional recovery in older patients undergoing hip fracture surgery. It is a prospective observational study including patients aged 60 years or older admitted for hip fracture treated with arthroplasty. Assessment will be performed during hospitalization, with functional follow-up at 3 and 6 months postoperatively. Muscle-related variables will be measured using handgrip dynamometry, bioelectrical impedance analysis, and nutritional ultrasound. Functional outcomes will be evaluated using the Harris Hip Score, the Short Physical Performance Battery, and gait speed.

This study will help determine whether muscle quality parameters are better predictors of functional recovery than isolated measures of mass or strength, which could contribute to optimizing diagnostic and rehabilitative strategies in this vulnerable population.

Contenido

1.	Antecedentes y estado actual del tema	9
1.1.	Epidemiología y consecuencias de la fractura de cadera.....	9
1.2.	El papel del músculo en la fractura de cadera.....	9
1.3.	Sarcopenia: definición, diagnóstico e impacto clínico.....	10
1.4.	Fuerza muscular y disociación masa-fuerza: necesidad de nuevos conceptos	12
1.5.	Métodos para medir masa muscular: variables y herramientas	13
1.6.	Calidad muscular: definición, relevancia clínica y métodos de evaluación	14
1.7.	Aplicabilidad de los métodos en pacientes con fractura de cadera	17
1.8.	Herramientas de evaluación de recuperación funcional tras fractura de cadera	17
2.	Justificación	19
3.	Objetivo	20
4.	Metodología	21
4.1.	Diseño del estudio.....	21
4.2.	Población y ámbito de estudio	21
4.3.	Tamaño muestral.....	22
4.4.	Metodología	22
4.5.	Análisis estadístico	33
4.6.	Aspectos éticos y legales.....	33
5.	Plan de trabajo y duración del proyecto.....	35
6.	Investigadores principales y equipo	36
7.	Memoria económica	37
7.1.	Justificación general	37
7.2.	Recursos materiales.....	37
7.3.	Difusión de resultados.....	37
7.4.	Presupuesto detallado.....	38
8.	Resultados previsibles y difusión de resultados	39
9.	Bibliografía	40
10.	Anexos	45
Anexo 1.	Índice de Comorbilidad de Charlson	45
Anexo 2.	Mini Nutritional Assessment	46
Anexo 3.	Índice de Barthel	47
Anexo 4.	Short Physical Performance Battery	48
Anexo 5.	Harris Hip Score	49

Anexo 6.	Tabla resumen de variables del estudio	50
Anexo 7.	Hoja de información al paciente	52
Anexo 8.	Consentimiento informado	54
Anexo 9.	Hoja de trazabilidad	55

Listado de abreviaturas

AF: Ángulo de fase

ASM: Masa Muscular Esquelética Apendicular (del inglés, *appendicular skeletal muscle*)

ASMI: Índice de Masa Esquelética Apendicular (del inglés, *appendicular skeletal muscle index*)

BCM: Masa celular activa (del inglés, *body cell mass*)

BIA: Análisis de impedancia bioeléctrica (del inglés, *bioelectrical impedance análisis*)

CCI: índice de comorbilidad de Charlson

CI: Consentimiento informado

CRD: Cuaderno de recogida de datos

CSA: Área de sección transversal (del inglés, *cross-sectional area*)

DE: Desviación estándar

DEXA: Absorciometría de rayos X de energía dual (del inglés, *Dual Energy X Ray Absotptiometry*)

ECW: Agua extracelular (del inglés, *extracellular water*)

EWGSOP2: European Working Group on Sarcopenia in Older People

FFM: Masa libre de grasa (del inglés, *free fat mass*).

GLIS: Iniciativa de Liderazgo Global en Sarcopenia (del inglés, *Global Leadership Initiative in Sarcopenia*)

HHS: Escala de Harris para la cadera (del inglés, *Harris Hip Score*)

ICW: Agua corporal intracelular (del inglés, *intracellular water*)

IMC: Índice de masa corporal

MNA: Mini evaluación nutricional (del inglés, *Mini Nutritional Assessment*)

RM: Resonancia magnética

SMI: Índice de musculo esquelético (del inglés, *skeletal muscle index*)

SMM: Masa muscular esquelética (del inglés, *skeletal muscle mass*)

SPPB: Batería corta de desempeño físico (del inglés, *Short Physical Performance Battery*)

TC: Tomografía computarizada

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación del Índice de Comorbilidad de Charlson (ICC).....	23
Tabla 2. Clasificación según el Índice de Masa Corporal (IMC).....	25
Tabla 3. Clasificación según el <i>Mini Nutritional Assessment</i> (MNA)	25
Tabla 4. Clasificación del Índice de Barthel.....	26
Tabla 5. Clasificación del <i>Short Physical Performance Battery</i> (SPPB).....	27
Tabla 6. Clasificación del <i>Harris Hip Score</i> (HHS)	28
Tabla 7. Clasificación según la ecogenicidad muscular.....	31
Tabla 8. Cronograma de medidas.....	32
Tabla 9. Plan de trabajo.....	35
Tabla 10. Presupuesto detallado.....	38

Índice de figuras

Figura 1. Algoritmo para el diagnóstico de sarcopenia.....	11
--	----

1. Antecedentes y estado actual del tema

1.1. Epidemiología y consecuencias de la fractura de cadera

La fractura de cadera es un evento grave en personas mayores. Supone una pérdida de funcionalidad, independencia, reingresos, institucionalización y morbilidad (1). La incidencia de fractura de cadera en España en personas mayores de 65 años es de 533 casos por cada 100.000 personas y año (2). La prevalencia de mortalidad es de 6,19% a los 30 días, aumentando hasta el 21,8% al año (3); siendo la tasa de mortalidad intrahospitalaria del 5,6% (2).

Esta elevada incidencia se explica, en parte, por el envejecimiento progresivo de la población y el consecuente aumento de personas en situación de fragilidad. La osteoporosis, definida por una pérdida de masa ósea y alteración de la microarquitectura del hueso, es uno de los factores más conocidos que predisponen a fracturas por fragilidad. No obstante, la edad avanzada supone también un deterioro de otras estructuras clave para la estabilidad y prevención de caídas, como el sistema muscular. La presencia de problemas de movilidad, dependencia funcional y comorbilidades incrementa el riesgo de caída y, con ello, el riesgo de fractura (4). Diversos estudios han evidenciado que la presencia de sarcopenia en pacientes geriátricos con fractura de cadera se asocia con peores resultados funcionales, mayor estancia hospitalaria y más complicaciones postoperatorias (5). Además, se ha observado que la pérdida de masa muscular se relaciona con una menor capacidad de recuperación a largo plazo tras la cirugía (6).

Este enfoque multifactorial ha motivado un creciente interés en el estudio del músculo esquelético como determinante del riesgo de fractura, más allá del hueso, impulsando nuevas líneas de investigación orientadas al estudio de la salud muscular.

1.2. El papel del músculo en la fractura de cadera

La masa y la fuerza muscular son dos componentes fundamentales de la salud muscular que influyen en el pronóstico de los pacientes con fractura de cadera. En una reciente revisión sistemática (7), en pacientes con fractura de cadera, la baja masa muscular se asoció con mayor mortalidad, peor movilidad y peor rendimiento físico. No obstante, cuando se estudiaron la masa y la fuerza muscular conjuntamente, solo la fuerza muscular fue un predictor independiente de resultados adversos (8), lo cual subraya la importancia de la función muscular frente al mero volumen de tejido.

Esto pone de manifiesto la necesidad de ampliar el enfoque diagnóstico tradicional hacia una evaluación más funcional del músculo, que incluya no solo su cantidad, sino también su rendimiento.

1.3. Sarcopenia: definición, diagnóstico e impacto clínico

La sarcopenia es una afección caracterizada por la pérdida de masa, fuerza y funcionalidad muscular. Su prevalencia en pacientes ingresados por fractura de cadera es muy elevada, situándose en torno al 76,9% (9). Esta alta prevalencia se debe a que estos pacientes suelen reunir múltiples factores de riesgo: edad avanzada, inmovilidad, enfermedades crónicas, desnutrición, e inflamación sistémica (10).

La presencia de esta enfermedad aumenta el riesgo de deterioro del rendimiento físico, de limitaciones de la movilidad, caídas, fracturas, incapacidad para realizar las actividades básicas de la vida diaria y las actividades instrumentales, hospitalizaciones, institucionalización, mala calidad de vida y mortalidad (11). En el contexto específico de la fractura de cadera, la presencia de sarcopenia se ha vinculado con peores resultados funcionales postoperatorios, menor capacidad de recuperación de la marcha y más complicaciones durante la rehabilitación (7).

Actualmente, existe un esfuerzo internacional para unificar los criterios diagnósticos de la sarcopenia a través de la iniciativa *Global Leadership Initiative on Sarcopenia* (GLIS) (11). Esta iniciativa ha alcanzado un consenso sobre la definición conceptual de sarcopenia, entendiéndola como una enfermedad músculo-esquelética generalizada y progresiva asociada con un mayor riesgo de resultados adversos como caídas, fracturas, discapacidad física y mortalidad. Sin embargo, hasta la fecha, GLIS no ha publicado una definición operativa ni unos criterios diagnósticos consensuados, por lo que su aplicación práctica aún está en desarrollo.

Por este motivo, en Europa se continúa utilizando el algoritmo propuesto por el *European Working Group on Sarcopenia in Older People* (EWGSOP2), publicado en 2019 (12) como criterio diagnóstico de referencia. Este consenso establece un algoritmo diagnóstico (Figura 1) basado en la evaluación de la fuerza, la cantidad o calidad de masa muscular y el rendimiento físico.

El diagnóstico de EWGSOP2 establece:

- Sarcopenia probable: ante la presencia de baja fuerza muscular.
- Sarcopenia confirmada: evidencia de baja masa o calidad muscular, además de baja fuerza.
- Sarcopenia severa: cuando se añade bajo rendimiento o desempeño físico.

Este enfoque diagnóstico incorpora criterios cuantificables, para los cuales el EWGSOP2 establece puntos de corte específicos.

Para la medición de la fuerza muscular, se emplea la dinamometría de agarre manual (puntos de corte: <27 kg en hombres, <16 kg en mujeres) y la prueba de la silla.

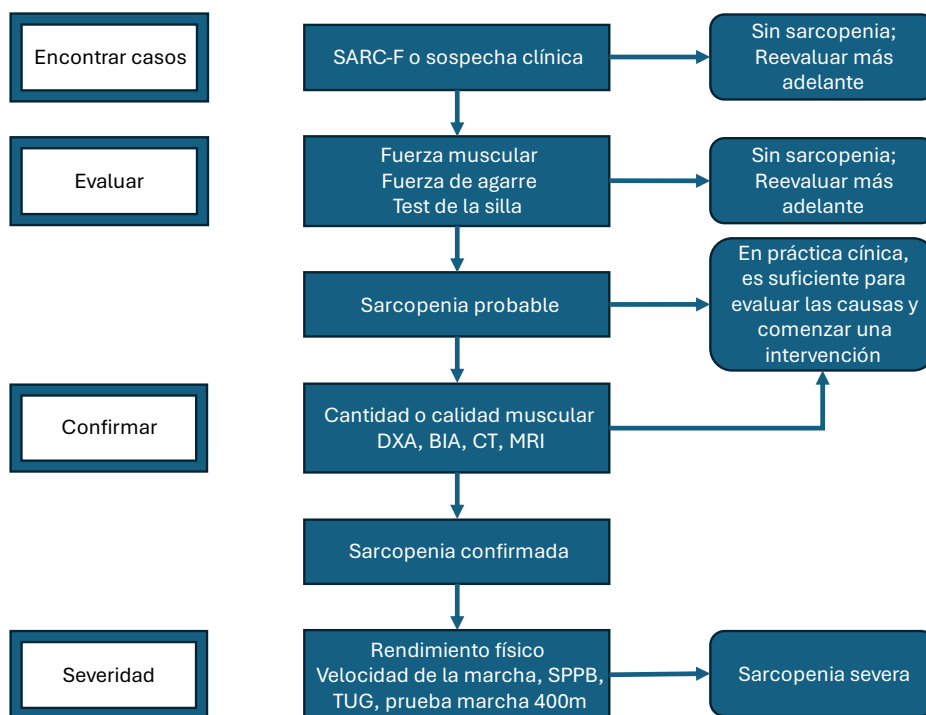


Figura 1. Algoritmo para el diagnóstico de sarcopenia. Adaptado de Cruz-Jentoft et al., 2019 (12).

Por otro lado, para medir la cantidad de masa muscular, se establecen puntos de corte para masa muscular esquelética apendicular (ASMM) (hombres <20kg, mujeres <15kg) e índice de masa muscular esquelética apendicular (ASMI) (hombres <7kg/m², mujeres <6kg/m²) medidos por absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA) o impedancia bioeléctrica (BIA). También se indican otras técnicas de evaluación de la masa muscular como la tomografía computarizada (TC) o la resonancia magnética (RMN), pero no se establecen puntos de corte para ellas.

Por último, la gravedad de la sarcopenia se cuantifica mediante distintas pruebas de desempeño físico, como la de la velocidad de la marcha, la prueba *Timed-Up and Go* (TUG) o el *test Short Physical Performance Battery* (SPPB), pero no es factible realizar estas pruebas en el contexto perioperatorio de la fractura de cadera.

Dado que los métodos y puntos de corte propuestos por el consenso EWGSOP2 varían en función del parámetro evaluado (fuerza, masa o rendimiento físico), su desarrollo detallado se abordará en los subapartados siguientes, donde se analizan de forma específica cada una de estas variables.

No obstante, en los últimos años se ha propuesto la utilización de nuevas herramientas y parámetros para evaluar el estado muscular de forma más completa, especialmente en contextos clínicos, como el perioperatorio de la fractura de cadera, donde no siempre es

posible aplicar todas las pruebas funcionales clásicas. Entre estos nuevos enfoques se incluyen conceptos como la dinapenia y la calidad muscular, que serán desarrollados en los siguientes apartados.

1.4. Fuerza muscular y disociación masa-fuerza: necesidad de nuevos conceptos

La fuerza muscular se define como la capacidad de un músculo o grupo muscular para generar tensión o ejercer una fuerza contra una resistencia (13). Se puede expresar en Newtons (N) o kilogramos (kg), y su medición es una herramienta fundamental para valorar el estado funcional del sistema musculoesquelético. En el ámbito clínico, el método más común y validado para estimar la fuerza muscular es la dinamometría de agarre manual, que proporciona una medida rápida, segura y reproducible de la fuerza isométrica. Otras pruebas, como la fuerza de extensión de la pierna, permiten evaluar la musculatura del tren inferior, pero requieren equipos más complejos o no son factibles en todos los pacientes.

La dinapenia es un concepto que hace referencia a la pérdida de fuerza muscular relacionada con la edad, que puede presentarse incluso sin una disminución paralela de la masa muscular. Esta disociación masa-fuerza refleja la influencia de otros factores sobre la capacidad funcional del músculo, como la calidad del tejido, el control neuromotor, la infiltración grasa o la alteración en la arquitectura muscular (14).

En el ámbito de la geriatría, la dinapenia se ha relacionado con un mayor riesgo de caídas, discapacidad, hospitalización y mortalidad (12)(15).

En pacientes con fractura de cadera, la evaluación de la fuerza muscular ha cobrado un interés creciente como predictor del pronóstico funcional. Diversos estudios han explorado el valor predictivo de la fuerza de agarre manual para anticipar la recuperación de la marcha o la autonomía, aunque el momento en el que debe realizarse la medición no está estandarizado, lo que introduce variabilidad en los resultados (8).

Algunos trabajos sugieren que la medición realizada en el postoperatorio inmediato predice mejor los resultados funcionales a medio plazo, dado que el dolor agudo previo a la cirugía puede disminuir temporalmente la fuerza voluntaria del paciente (8). Además, realizar la medición tras la cirugía permite hacerlo con el paciente en posición sentada, que es la postura estandarizada para la dinamometría de agarre. En cambio, cuando se realiza antes de la operación, suele ser necesario hacerla en decúbito supino, lo que puede afectar a la fiabilidad y comparabilidad de los resultados (16).

Por otro lado, se ha descrito que la fuerza muscular no empieza a disminuir de forma significativa hasta pasados al menos 10 días de hospitalización (8), por lo que realizar la medición dentro de la primera semana de ingreso puede reflejar de forma más fiel el estado muscular basal del paciente.

1.5. Métodos para medir masa muscular: variables y herramientas

La cantidad de masa muscular puede medirse mediante diferentes técnicas que se centran en diversos compartimentos musculares. Las estimaciones pueden expresarse tanto en unidades de masa (kg) como en área (cm²) o volumen (cm³). Por ello, es muy importante definir con claridad qué componente se está midiendo, con qué tecnología y con qué finalidad clínica o diagnóstica (13).

Antes de abordar las técnicas de evaluación, es importante diferenciar los conceptos utilizados para describir la masa muscular en la literatura:

- Masa magra (en inglés, *lean mass*): incluye músculo esquelético, órganos, tejido conectivo y agua corporal. No debe confundirse con masa muscular pura. Puede obtenerse mediante DEXA, siendo el término habitual “masa magra total por DEXA”. El BIA también puede estimarla de forma indirecta.
- Masa libre de grasa (en inglés, *fat-free mass*, FFM): componente no grasa del cuerpo que incluye tanto la masa magra como la masa ósea. Se mide con DEXA, pesaje hidrostático, pletismografía, dilución de isótopos, o se estima mediante BIA (especialmente multifrecuencia).
- Masa muscular apendicular (ASM o ALM): corresponde a la suma de la masa magra en brazos y piernas, regiones clave para la movilidad. Es uno de los indicadores principales en el diagnóstico de sarcopenia y puede obtenerse por DEXA o BIA. Se ha demostrado que correlaciona mejor con el estado funcional que la masa muscular total (12). Por este motivo, el índice de masa muscular apendicular ajustado por talla² (ASMI) ha sido incluido como punto de corte diagnóstico por el consenso EWGSOP2, al haber mostrado buena capacidad para predecir caídas, discapacidad y mortalidad. Además, es más sensible para detectar limitaciones funcionales en comparación con otras métricas corporales más globales.
- Área de sección transversal (en inglés, *cross-sectional area*, CSA): mide la superficie muscular en un corte axial, estimada por tomografía computarizada (TC) o resonancia magnética (RM). Es útil en investigación y permite valorar la composición muscular, incluyendo la infiltración grasa (mioesteatosis).
- Volumen muscular: cálculo tridimensional de masa muscular que puede estimarse mediante series de imágenes por TC o RM.

Se han desarrollado diversas técnicas para estimar la masa muscular, cada una con ventajas, limitaciones y grado de aplicabilidad clínica. Las más utilizadas son:

- Absorciometría por rayos X de energía dual (DEXA): considerada el *gold standard* para estimar la masa muscular magra total y apendicular. Es precisa y reproducible, pero su acceso es limitado por coste, disponibilidad, exposición a radiación y necesidad de traslado del paciente, lo que dificulta su aplicación en situaciones agudas, como la fractura de cadera.

- Impedancia bioeléctrica (BIA): técnica no invasiva, portátil, rápida, que necesita poca colaboración del paciente, que permite estimar la masa magra y, en algunos modelos, el agua intracelular (ICW), ángulo de fase y proporciones entre compartimentos corporales. El BIA monofrecuencia se emplea habitualmente para estimar ASM mediante ecuaciones predictivas, mientras que la multifrecuencia permite explorar parámetros de calidad muscular. Su bajo coste y aplicabilidad a pie de cama hacen que sea una de las herramientas que más se utilizan en la actualidad para medir la composición corporal y que sea factible realizarla en pacientes con fractura de cadera.
- Ecografía muscular: técnica emergente que permite estimar el grosor y área de sección transversal del músculo. Estudios recientes han validado su utilidad en el diagnóstico de sarcopenia y su correlación con parámetros funcionales en población geriátrica (17–19). Además, revisiones sistemáticas han demostrado su buena precisión diagnóstica para identificar sarcopenia, lo que respalda su uso como herramienta complementaria en diversos contextos clínicos (20). Sus principales ventajas incluyen ser portátil, no invasiva, sin radiación y aplicable en pacientes inmobilizados. Sin embargo, requiere entrenamiento previo y estandarización de los puntos anatómicos de medida.
- Técnicas de imagen: la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (RM) permiten estimar, con alta precisión, la masa muscular mediante el cálculo del área de sección transversal o volumen muscular. No obstante, su elevado coste, escasa disponibilidad y necesidad de colaboración del paciente limitan su uso clínico habitual, aunque está en auge como técnica oportunista. En estudios de investigación se ha utilizado el CSA del muslo medio como métrica habitual (5).
- Método D₃-creatina: estima la masa muscular mediante la dilución isotópica de creatina, ofreciendo alta especificidad. Actualmente es más frecuente en estudios experimentales por su complejidad logística, aunque se está valorando su incorporación futura a la práctica clínica (15).

Aunque el diagnóstico de sarcopenia se ha estudiado ampliamente, no siempre una menor cantidad de masa muscular implica una menor fuerza. Esta disociación ha llevado a explorar conceptos más complejos, como la calidad muscular.

1.6. Calidad muscular: definición, relevancia clínica y métodos de evaluación

La calidad muscular es un concepto emergente en el estudio del músculo esquelético que refleja la eficiencia del músculo para ejercer su función, más allá del volumen o la fuerza. Se define como la capacidad del tejido muscular para generar fuerza, mantener su función contráctil, y participar en procesos metabólicos y de conducción eléctrica (21).

A diferencia de la sarcopenia, que combina la pérdida de masa y fuerza, la calidad muscular busca describir la eficacia del músculo en contextos clínicos, especialmente en pacientes mayores o con patologías como fractura de cadera, donde no siempre hay correspondencia directa entre masa y fuerza (21).

A pesar de su creciente interés, actualmente no existe un método estándar para su medición (22)(14), y se han propuesto varios indicadores:

- Fuerza relativa: cociente entre la fuerza muscular y la masa muscular. En función de las unidades utilizadas para la medición de la fuerza y la variable elegida para evaluar la cantidad muscular, se expresa acorde a ellas, por ejemplo, kg/kg o kg/cm² (13). En el consenso del EWGSOP2 se menciona este parámetro. Se utiliza como indicador de fuerza muscular la obtenida mediante dinamometría de mano o la fuerza de extensión de rodilla (23).
- Potencia muscular. El indicador más empleado para medirla es el índice de calidad muscular basado en el tiempo de realización de la prueba de la silla de levantarse y sentarse (*Sit to Stand Test*). Se calcula a través de una ecuación cuyas variables son: longitud de la pierna, altura de la silla, masa corporal, gravedad y tiempo de relación de la prueba de la silla (24).
- Parámetros derivados del BIA, como el ángulo de fase (25)(26), o la relación entre agua intracelular y masa muscular (27), se están consolidando como marcadores prometedores de calidad muscular.

Entre los indicadores derivados del BIA, el ángulo de fase (PhA) se ha posicionado como uno de los marcadores más prometedores de calidad muscular. El PhA se calcula a partir de la relación entre la reactancia y la resistencia (variables eléctricas proporcionadas por el BIA), y se interpreta como un reflejo de la integridad de las membranas celulares y la masa celular activa. Valores más altos de PhA se asocian con mayor densidad celular, menor infiltración grasa y mejor función muscular, mientras que valores bajos indican desnutrición, inflamación o alteración estructural del tejido (14,25). En población mayor, puntos de corte como $<5,0^\circ$ en hombres y $<4,5^\circ$ en mujeres se han asociado con sarcopenia y mal pronóstico funcional.

Por otro lado, la relación entre agua intracelular (ICW) y masa muscular se ha propuesto como otro indicador de calidad muscular tisular. Este cociente refleja la proporción de agua contenida dentro del compartimento celular frente a la masa muscular total, y actúa como marcador indirecto de la función muscular. Estudios recientes han demostrado que una menor proporción ICW/masa muscular se asocia con mayor fragilidad, peor rendimiento físico y mayor infiltración grasa (28). Aunque aún no existen puntos de corte establecidos, su valor como biomarcador continuo se ha explorado en múltiples contextos clínicos, incluido el perioperatorio.

- Parámetros obtenidos a través de ecografía muscular. La ecografía musculoesquelética es una herramienta cada vez más utilizada para la evaluación

de la calidad muscular, y es especialmente útil en pacientes inmovilizados o con movilidad reducida, como los que presentan fractura de cadera. Esta técnica permite analizar tanto aspectos cuantitativos como cualitativos del músculo.

A nivel cuantitativo se valoran:

- El grosor muscular del recto femoral, que se ha asociado con el nivel de masa muscular y el estado funcional.
- El índice XY, que se calcula como el cociente entre el eje transversal (X) y el eje anteroposterior (Y) del músculo, ajustado por la talla del paciente. Este índice refleja la morfología muscular y ha demostrado correlación con el grado de fragilidad en personas mayores (29).

A nivel cualitativo se analiza:

- La ecogenicidad muscular, valorada mediante ecografía en escala de grises, es uno de los principales marcadores cualitativos del músculo esquelético. Representa la reflectancia de las ondas de ultrasonido dentro del tejido muscular, y se interpreta como un reflejo del contenido de grasa y tejido conectivo intramuscular. Un aumento de la ecogenicidad (hiperecogenicidad) sugiere infiltración grasa y/o fibrosis, lo que se conoce como mioesteatosis (17,18).

La mioesteatosis se ha relacionado con pérdida de fuerza, menor rendimiento funcional, mayor fragilidad y peor recuperación tras eventos agudos, como una fractura de cadera. Estudios recientes han confirmado que los niveles elevados de ecogenicidad muscular se asocian con sarcopenia, disfunción física y mayor mortalidad en adultos mayores (18,29). Por ello, el análisis ecográfico de la textura muscular se está consolidando como una herramienta objetiva y reproducible para evaluar la calidad muscular en contextos clínicos.

En los últimos años se han desarrollado herramientas de inteligencia artificial que permiten el análisis automatizado de imágenes ecográficas musculares, lo que podría facilitar su implementación clínica y estandarización (30). De hecho, su aplicación en entornos como la atención primaria, mediante plataformas móviles que integran ecografía, bioimpedancia y DEXA, ha mostrado capacidad para discriminar entre estados de fragilidad y pre-fragilidad (31).

Este enfoque más funcional e integrador del estado muscular es especialmente relevante en el contexto de la fractura de cadera, donde la situación clínica impide una evaluación completa del rendimiento físico y obliga a buscar medidas objetivas, fiables y accesibles. Por ello, estudiar la calidad muscular podría proporcionar una visión más precisa del estado muscular real del paciente, ayudando a predecir mejor su recuperación funcional y a guiar estrategias rehabilitadoras más efectivas.

Sin embargo, esta diversidad de métodos e indicadores para evaluar la calidad muscular refleja la ausencia de un estándar único de referencia. A ello se suma la heterogeneidad en

la medición de la masa muscular, tanto en cuanto al compartimento evaluado (masa magra total, masa muscular apendicular, área de sección transversal, etc.), como a la técnica utilizada (DEXA, BIA, ecografía, TC o RM). Esta variabilidad metodológica limita la comparabilidad entre estudios, dificulta la definición de puntos de corte universales y supone un reto para la integración de resultados en la práctica clínica y en la investigación.

1.7. Aplicabilidad de los métodos en pacientes con fractura de cadera

La situación aguda en la que se encuentran los pacientes con fractura de cadera y, por tanto, con dolor y limitación de la movilidad, es determinante en la elección de qué métodos o pruebas diagnósticas se pueden realizar en el momento perioperatorio.

En este sentido, es importante adaptar el diagnóstico de sarcopenia al contexto clínico en el cual la movilidad del tren inferior es reducida, eligiendo aquellas pruebas o mediciones que se puedan realizar. Para la detección de sarcopenia se utilizará la dinamometría de mano, en lugar de la prueba de la silla, debido a la imposibilidad de realización de esta última. Además, en rehabilitación geriátrica la utilización de la fuerza prensil manual es más precisa y concordante con el diagnóstico de sarcopenia confirmada, a diferencia de la prueba de la silla, cuya concordancia es baja (32). De hecho, se ha demostrado que la fuerza prensil manual es un predictor independiente de rehabilitación exitosa tras una fractura de cadera, a pesar de no evaluar directamente la musculatura del tren inferior (22).

Como medidas de cuantificación de la masa muscular, se utilizará la bioimpedancia y la ecografía nutricional, al ser ambos métodos que se pueden realizar a pie de cama y sin colaboración del paciente. Además, se utilizarán los valores de calidad muscular obtenidos por este método.

Diversos estudios han validado la utilidad de estas herramientas —especialmente la dinamometría, la ecografía nutricional y el BIA— en pacientes inmovilizados o con movilidad limitada, al permitir una evaluación fiable, segura y reproducible del estado muscular, incluso en contextos agudos como la fractura de cadera (17,18,33). Aunque existen otras técnicas de referencia como la DEXA o la resonancia magnética, su uso resulta limitado en este escenario por su menor accesibilidad, mayor coste o dificultad logística.

1.8. Herramientas de evaluación de recuperación funcional tras fractura de cadera

La recuperación funcional tras una fractura de cadera en personas mayores es un proceso complejo que implica tanto la restauración de la movilidad como la recuperación de la autonomía para las actividades de la vida diaria. Para su evaluación se emplean

herramientas validadas que permiten valorar diferentes dimensiones de la funcionalidad, desde la capacidad general hasta la función específica del miembro afectado.

Índice de Barthel

El Índice de Barthel es una escala ampliamente utilizada para medir la capacidad del paciente en actividades básicas de la vida diaria (ABVD), como el aseo personal, vestirse, alimentarse, movilidad y control de esfínteres. Su uso está validado en población geriátrica hospitalizada y permite monitorizar la evolución funcional del paciente durante la recuperación postquirúrgica. Se ha demostrado su utilidad como predictor de mortalidad, complicaciones y necesidad de institucionalización tras una fractura de cadera (34).

Short Physical Performance Battery (SPPB)

El SPPB es una herramienta objetiva para evaluar el rendimiento físico global, compuesta por tres pruebas: equilibrio estático, velocidad de la marcha y test de levantarse de una silla. Es un fuerte predictor de discapacidad, hospitalización y mortalidad en adultos mayores, y se ha empleado también para evaluar la recuperación funcional tras fractura de cadera. Su utilidad ha sido ampliamente documentada en población geriátrica (35). Además, puede utilizarse de forma longitudinal para valorar la respuesta al tratamiento o a intervenciones rehabilitadoras.

Velocidad de la marcha

La velocidad de la marcha (habitualmente evaluada en recorridos de 4 a 6 metros) es un indicador sencillo y altamente predictivo de funcionalidad, fragilidad y riesgo de caídas. En el contexto de fractura de cadera, la recuperación de una velocidad de marcha adecuada es un objetivo clave de la rehabilitación, y su medición permite valorar tanto el estado físico como la recuperación funcional del paciente. Un valor inferior a 0,8 m/s se ha relacionado con mayor riesgo de caídas, discapacidad e institucionalización (35). Por ello, este umbral se considera un punto de corte clínico relevante para identificar deterioro funcional.

Harris Hip Score (HHS)

El *Harris Hip Score* es una escala específica para valorar la función de la articulación de la cadera, inicialmente desarrollada para pacientes operados de artroplastia. Evalúa dolor, función, deformidad y movilidad, con una puntuación total de 0 a 100. Aunque fue concebida para cirugía programada, su uso se ha extendido al seguimiento de pacientes con fractura de cadera, dado que refleja de forma integrada el estado funcional y sintomático de la articulación intervenida. Se ha propuesto como herramienta complementaria en el estudio de la recuperación funcional y como potencial marcador de la eficacia de las intervenciones rehabilitadoras (36).

2. Justificación

La calidad muscular es un aspecto de la salud muscular poco estudiado específicamente en los pacientes con fractura de cadera. Aunque su relación con la dislipemia y la sarcopenia ha sido ampliamente estudiada en otros grupos, en esta población se han descrito implicaciones importantes en la recuperación funcional posterior y la evolución postoperatoria. Esto convierte a la calidad muscular en un parámetro de interés que podría aportar información valiosa sobre la mejora de los resultados funcionales tras la intervención quirúrgica.

3. Objetivo

Objetivo principal:

Evaluar la asociación entre la calidad muscular y la recuperación funcional en pacientes geriátricos intervenidos quirúrgicamente por fractura de cadera.

Objetivos secundarios:

- A. Cuantificar la calidad, la fuerza y la masa muscular en pacientes mayores con fractura de cadera en el momento perioperatorio.
- B. Diagnosticar la presencia de sarcopenia en estos pacientes según los criterios EWGSOP2.
- C. Analizar la relación entre calidad muscular, dinapenia y sarcopenia.
- D. Determinar qué parámetro predice mejor la recuperación funcional: cantidad, calidad o fuerza.

4. Metodología

4.1. Diseño del estudio

Se trata de un estudio observacional prospectivo que se llevará a cabo en pacientes mayores ingresados en el hospital por fractura de cadera.

A estos pacientes se les realizará una valoración clínica y funcional completa durante el ingreso, además de recibir la atención médica habitual según los protocolos del centro. Posteriormente, se les realizará un seguimiento clínico y funcional a los tres y seis meses tras la fractura.

La información se obtendrá mediante pruebas clínicas, instrumentos validados de medición funcional, pruebas de composición corporal y entrevistas clínicas estructuradas.

4.2. Población y ámbito de estudio

El estudio se desarrollará en el Hospital Universitario Virgen Macarena. Se incluirán todos los pacientes ingresados por fractura de cadera a partir del inicio del reclutamiento, una vez obtenida la aprobación del Comité de Ética de la Investigación, durante un período de 12 meses consecutivos. Este período podrá ampliarse si fuera necesario para alcanzar el tamaño muestral calculado.

Criterios de inclusión:

- Edad: ≥ 60 años.
- Fractura de cadera (cuello femoral o fémur intertrocanterico).
- Tratamiento quirúrgico mediante artroplastia (total o parcial).
- Capacidad de dar su consentimiento informado.
- Posibilidad de realizar la valoración inicial completa al ingreso durante las primeras 72 horas desde el ingreso.

Se limita la inclusión de pacientes a aquellos tratados mediante artroplastia con el fin de garantizar una mayor homogeneidad en los protocolos de movilización y rehabilitación y disminuir los factores de confusión asociados al tipo de cirugía sobre las variables funcionales.

Criterios de exclusión:

- Fracturas causadas por tumores.
- Fracturas múltiples con lesiones simultáneas en otras localizaciones.
- Personas que no deambulaban antes de la fractura.
- Deterioro cognitivo que impida la comprensión y colaboración en las pruebas, sin familiar o tutor legal que pueda otorgar el consentimiento.
- Cirugía urgente que no permita previamente dar el consentimiento informado y la valoración.

Inclusión en el estudio:

Se ofrecerá la participación de manera sistemática a todas las personas que cumplan los criterios de inclusión y que ingresen por fractura de cadera durante el periodo de reclutamiento. Aquellos que acepten participar, firmarán un consentimiento informado.

Criterios de retirada del estudio:

- Retirada del consentimiento por parte del paciente o representante legal.
- Imposibilidad de completar la valoración inicial, tras la firma del consentimiento informado, debido a complicaciones clínicas, traslado a otro centro o fallecimiento.
- Pérdida de seguimiento en las visitas de revisión.

4.3. Tamaño muestral

Para la estimación del tamaño muestral, se ha tomado como población de referencia el número de pacientes operados por fractura de cadera y fémur en el Hospital Universitario Virgen Macarena en los años 2021 y 2022, que fue de 360 y 408 casos, respectivamente; con lo que la media anual fue de 384 pacientes. Considerando esta población y:

- Nivel de confianza: 95%.
- Proporción esperada: 0,5.
- Error: 10%.
- Corrección por población finita.

Se ha calculado un tamaño muestral necesario de 77 sujetos. Considerando una pérdida de seguimiento del 20%, el tamaño muestral final será de 92 sujetos.

4.4. Metodología

El presente estudio contempla cuatro bloques principales de variables: sociodemográficas, clínicas, relacionadas con la calidad muscular y funcionales. Estas variables permitirán caracterizar la muestra y ajustar los análisis por posibles factores de confusión.

Algunas variables se recogerán de la historia clínica; el resto se determinará en el momento de la valoración inicial y a lo largo del seguimiento, Las variables se recogerán en cuadernos de recogida de datos que posteriormente se registrarán en una base de datos.

4.4.1. Variables sociodemográficas

Se recogerán mediante entrevista directa o a partir de la historia clínica.

- Edad: registrada en años al momento del ingreso.

- Sexo.
- Lugar de residencia: domicilio o centro geriátrico.

4.4.2. Variables clínicas

Índice de comorbilidad de Charlson (CCI).

Instrumento diseñado para clasificar y cuantificar la carga de comorbilidad de los pacientes en función de 19 categorías de enfermedades crónicas, cada una ponderada según su asociación con el riesgo de mortalidad (Anexo 1). La puntuación total se obtiene sumando los pesos asignados a cada comorbilidad presente en el paciente. Ha sido validado como predictor de mortalidad y eventos adversos en múltiples contextos clínicos, incluyendo pacientes geriátricos y con fractura de cadera. Se utilizará la versión original publicada por Charlson et al. (37).

La catalogación del CCI se indica en la Tabla 1, tal como se ha utilizado previamente en estudios con poblaciones geriátricas hospitalizadas (38). Esta clasificación permite analizar su impacto sobre la recuperación funcional y la mortalidad:

Tabla 1. Clasificación del Índice de comorbilidad de Charlson	
Puntuación	Interpretación
0-1 puntos	Baja comorbilidad
2-3 puntos	Comorbilidad moderada
≥4 puntos	Alta comorbilidad

Tipo de fractura

Indicará la localización anatómica de la fractura: cuello femoral o región intertrocantérica. Esta clasificación se realizará a partir de los informes radiológicos disponibles en la historia clínica electrónica.

Tipo de cirugía

La información se extraerá del parte operatorio y del registro quirúrgico de la historia clínica, y las posibilidades serán: osteosíntesis (mediante clavos o tornillos) y artroplastia (total o parcial).

Tiempo transcurrido hasta la cirugía

El tiempo hasta la cirugía se considera un factor clave en la evolución clínica de los pacientes con fractura de cadera, y su análisis permite identificar posibles retrasos evitables en la atención sanitaria.

Se expresará en horas, desde el momento del ingreso hospitalario hasta el inicio de la cirugía. Esta variable también se categorizará en dos grupos: cirugía temprana (≤ 48 horas) y cirugía tardía (> 48 horas), siguiendo la evidencia que sugiere una mayor incidencia de complicaciones postoperatorias y reingresos en pacientes operados con cirugía tardía (39).

Complicaciones durante el ingreso

Se recogerán de la historia clínica las complicaciones durante el ingreso más frecuentes: infecciones, delirium, evento cardiovascular, infarto cerebral, trombosis, embolia pulmonar, úlceras, y obstrucción intestinal (39).

4.4.3. Valoración antropométrica

Peso corporal actual (kg)

Se medirá con una báscula Seca®657 clase III, la cual permite realizar el pesaje del paciente en la camilla. Se colocará la camilla en la báscula y al peso obtenido se le restará el peso de la camilla.

Peso habitual (kg)

Peso informado por el paciente o familiar.

Talla estimada (cm)

Se utilizará la talla estimada mediante la fórmula de Chumlea (40), utilizando la distancia talón-rodilla, ante la imposibilidad de realizar una medición directa en bipedestación.

La medición se realizará con el paciente en decúbito supino, con la pierna derecha flexionada en un ángulo de 90° y utilizando una cinta métrica Cescorf® (Porto Alegre, Brasil; precisión 0,1 cm), flexible y no extensible. La distancia talón-rodilla se medirá desde la cara anterior del muslo (a nivel del cóndilo femoral) hasta el talón, aplicando la técnica antropométrica estandarizada descrita por Chumlea et al.

Las fórmulas empleadas serán:

- Hombres: Talla (cm) = $78,31 + [1,94 \times \text{distancia talón-rodilla (cm)}] - [0,14 \times \text{edad (años)}]$.
- Mujeres: Talla (cm) = $82,21 + [1,85 \times \text{distancia talón rodilla (cm)}] - [0,21 \times \text{edad (años)}]$.

Porcentaje de pérdida de peso (%)

Variable calculada a partir del peso habitual y el peso actual mediante la siguiente fórmula:

- Porcentaje de pérdida de peso: $[\text{Peso habitual (kg)} - \text{peso actual (kg)}] / \text{peso habitual (kg)}$.

Índice de masa corporal (IMC):

Variable calculada a partir de la fórmula de Quetelet:

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

El IMC se clasificará según los criterios establecidos por el consenso publicado por el grupo de trabajo conjunto de la Sociedad Española de Geriatría y Gerontología (SEGG) y la Sociedad Española de Nutrición Clínica (SENPE) y Metabolismo (41) publicado en 2014, tal como indica la Tabla 2:

Tabla 2. Clasificación según el índice de masa corporal (IMC).	
Clasificación	IMC (kg/m²)
Bajo peso (malnutrición)	<22
Normopeso	22-26,9
Sobrepeso	27-29,9
Obesidad	≥30

4.4.4. Cribado nutricional

Se evaluará mediante el *Mini Nutritional Assessment* (MNA) (Anexo 2), una herramienta validada y ampliamente utilizada para valorar el riesgo de desnutrición en personas mayores. El MNA permite identificar de forma precoz alteraciones nutricionales y se ha correlacionado con múltiples desenlaces clínicos adversos como pérdida funcional, caídas, hospitalización prolongada y mortalidad (42).

El cuestionario consta de 18 ítems que evalúan aspectos antropométricos (peso, IMC, pérdida de peso), ingesta alimentaria, estado general, movilidad, y función cognitiva. La puntuación total es de 30 puntos, con la siguiente clasificación diagnóstica (Tabla 3):

Tabla 3. Clasificación según el <i>Mini Nutritional Assessment</i>.	
Puntuación	Interpretación
24-30 puntos	Estado nutricional normal
17-23,5 puntos	Riesgo de desnutrición
<17 puntos	Desnutrición

4.4.5. Valoración funcional

Situación funcional previa

Se evaluará mediante el Índice de Barthel, un instrumento validado que mide la capacidad de una persona para realizar de forma independiente las actividades básicas de la vida

diaria (ABVD) (Anexo 3), como comer, asearse, vestirse, controlar esfínteres, trasladarse o deambular. Este índice ha demostrado ser un predictor robusto de recuperación funcional, mortalidad y necesidad de institucionalización en pacientes mayores con fractura de cadera (34).

La puntuación total varía entre 0 (dependencia total) y 100 (independencia completa), y se aplicará retrospectivamente en el momento de la valoración inicial del paciente, haciendo referencia a su situación funcional previa a la fractura.

El grado de dependencia se establecerá como se indica en la Tabla 4, atendiendo a la clasificación clásica de Shah et al. (1989) (43):

Tabla 4. Clasificación del Índice de Barthel.	
Puntuación	Interpretación
0-20 puntos	Dependencia total
21-60 puntos	Dependencia severa
61-90 puntos	Dependencia moderada
91-99	Dependencia leve
100	Independencia

Recuperación funcional

Se evaluará a los 3 y 6 meses mediante las siguientes herramientas validadas:

Índice de Barthel

Short Physical Performance Battery (SPPB)

El SPPB ofrece una evaluación objetiva y sencilla del rendimiento físico global en personas mayores, útil para predecir fragilidad y discapacidad. Consta de tres componentes: equilibrio, velocidad de la marcha y test de levantarse de una silla (44) (Anexo 4).

- Equilibrio: incluye tres posiciones (pies juntos, semi-tándem y tándem), cada una mantenida durante 10 segundos.
- Velocidad de la marcha: se solicita caminar 4 metros a paso habitual en dos ocasiones, registrando el tiempo de cada intento. Se utiliza el mejor de los dos tiempos para calcular la velocidad (m/s).
- Test de la silla: el paciente se sienta y se levanta de una silla sin usar los brazos, 5 veces seguidas, y se cronometra el tiempo total.

Cada componente se puntúa de 0 a 4, obteniéndose una puntuación global de 0 a 12 (Anexo 4). Cuanto mayor es la puntuación, mejor es el rendimiento funcional. La clasificación más utilizada es la que se muestra en la Tabla 5:

Tabla 5. Clasificación del <i>Short Physical Performance Battery</i>.	
Puntuación	Interpretación
0-3 puntos	Rendimiento muy bajo
4-6 puntos	Rendimiento bajo
7-9 puntos	Rendimiento intermedio
10-12 puntos	Rendimiento alto

Un resultado ≤ 6 puntos, se ha asociado con mayor riesgo de caídas, hospitalización y discapacidad.

Velocidad de la marcha

Este parámetro puede analizarse como parte del SPPB o de forma independiente, al estar estrechamente relacionado con la capacidad funcional y la predicción de eventos adversos. Se mide el tiempo (en segundos) que tarda el paciente en recorrer 4 metros a paso habitual, tras indicarle que lo haga como si estuviera caminando por la calle. En el caso de pacientes que usen auxiliares, como bastón o andador, realizarán la prueba con ellos. Se utiliza la mejor de dos repeticiones y se expresa en m/s. Se tomará como punto de corte 0,8 m/s (35).

Harris Hip Score (HHS)

El HHS evalúa específicamente el estado funcional de la articulación de la cadera tras una fractura o cirugía. Incluye aspectos como dolor, función, deformidad y rango de movimiento (Anexo 5) (45). La escala se distribuye de la siguiente forma:

- Dolor: 0–44 puntos.
- Función (marcha, uso de bastón, escaleras): 0–47 puntos.
- Ausencia de deformidad: 0–4 puntos.
- Rango de movimiento: 0–5 puntos.

La puntuación total es de 0 a 100, y permite clasificar el resultado funcional en cuatro categorías, tal como recoge la Tabla 6:

Tabla 6. Clasificación del Harris Hip Score.	
Puntuación	Interpretación
<70 puntos	Resultado funcional mal
70-79 puntos	Resultado funcional aceptable
80-89 puntos	Resultado funcional bueno
90-100 puntos	Resultado funcional excelente

Esta escala se aplicará a los 3 y 6 meses tras la fractura, como marcador específico de recuperación articular.

4.4.6. Variables relacionadas con la calidad muscular

La calidad muscular se evaluará mediante un enfoque integral, incluyendo medidas de fuerza, masa muscular y composición corporal:

- **Fuerza muscular: dinamometría**

La fuerza prensil manual, medida con dinamometría, es un indicador sencillo y validado de fuerza muscular global. Se evaluará con un dinamómetro hidráulico Jamar®, con el paciente sentado con el codo en flexión de 90° y el antebrazo en posición neutral (Protocolo de medida de la Sociedad Americana de Terapeutas de Mano (46)). Se registrará el mejor resultado de tres mediciones por mano, expresado en kilogramos. Se utilizarán como puntos de corte los propuestos por EWGSOP2: <27 kg en hombres y <16 kg en mujeres.

- **Variables eléctricas obtenidas mediante bioimpedancia**

La composición corporal de los participantes se estimará utilizando la técnica de bioimpedancia eléctrica (BIA), mediante un analizador monofrecuencia de 50 kHz con configuración tetrapolar (modelo BIA 101-A, Akern, Florencia, Italia). Se empleará el protocolo validado por Lukaski (47) para garantizar la estandarización del procedimiento.

La medición se realizará con el paciente en decúbito supino sobre una superficie no conductora, manteniendo los brazos ligeramente separados del tronco (aproximadamente 30°) y las piernas abiertas, de modo que los tobillos estén al menos a 20 cm de distancia entre sí. Antes del procedimiento, se requerirá un mínimo de dos horas desde la última ingesta y vaciado vesical completo. Los participantes deberán retirarse calzado, calcetines y objetos metálicos visibles; en caso de uso de pañal, este deberá estar seco.

Los electrodos de entrada de corriente se colocarán en la muñeca y el tobillo derechos, posicionados en la línea media entre los procesos estiloides (muñeca) y entre los maléolos (tobillo). Los electrodos de detección de voltaje se situarán a 5 cm de los anteriores, en las zonas metacarpofalángica y metatarsofalángica, respectivamente. Si el hemicuerpo

derecho presenta una prótesis metálica (cadera o rodilla), se procederá a evaluar el lado opuesto.

En un análisis de bioimpedancia eléctrica (BIA), los datos primarios o parámetros crudos que se registran directamente del cuerpo humano son la resistencia (R), la reactancia (Xc) y el ángulo de fase (PhA). Estas variables eléctricas permiten caracterizar el comportamiento del cuerpo frente al paso de una corriente alterna de baja intensidad.

- Resistencia (R, ohmios): representa la oposición al paso de la corriente a través de los tejidos corporales. Está principalmente determinada por el contenido hídrico del organismo, ya que el agua y los electrolitos conducen la electricidad. Una resistencia elevada suele asociarse con una menor proporción de agua corporal total o con deshidratación relativa.
- Reactancia (Xc, ohmios): refleja la capacidad de las membranas celulares intactas para almacenar carga eléctrica (funcionando como condensadores biológicos). Este parámetro se considera un indicador indirecto de la integridad y funcionalidad celular. Un valor más alto de Xc suele interpretarse como un mayor volumen celular o mejor estado de las membranas.

Aunque se pueden obtener muchas variables derivadas de los parámetros brutos eléctricos de la bioimpedancia, aquellos que son interesantes desde el punto de vista de la calidad muscular son los siguientes:

- Ángulo de fase (PhA, grados): se calcula a partir de los valores de resistencia (R) y reactancia (Xc) mediante la fórmula:

$$PhA = \arctan \left(\frac{Xc}{R} \right) \times \frac{180}{\pi}$$

Este valor refleja la relación entre masa celular activa y el volumen extracelular. Se considera un biomarcador de salud celular y ha mostrado asociación con el estado nutricional, la fuerza muscular y el pronóstico clínico en diversas poblaciones. Un PhA más elevado se relaciona generalmente con mejor integridad celular y mayor masa celular funcional.

No existen puntos de corte establecidos para esta población; sin embargo, en personas mayores, <4,5° en mujeres y <5,0° en hombres se ha asociado con sarcopenia (25)

- Masa muscular esquelética apendicular (ASM): se determinará mediante la ecuación de Sergi (48):

$$ASM = -3.964 + (0.227 T/R) + (0.095 P) + (1.384 S) + (0.064 Xc)$$

donde: ASM: masa muscular esquelética apendicular (kg); T: talla (cm); R: resistencia (Ohm); P: peso (kg); S: sexo (1=varón; 0=mujer); Xc: reactancia (Ohm).

- Índice de masa muscular esquelética apendicular (ASMI): se calculará dividiendo la masa muscular apendicular estimada mediante bioimpedancia (en kg) entre la altura al cuadrado (en metros), expresándose como kg/m². Este índice ha sido ampliamente utilizado como criterio diagnóstico de sarcopenia en los consensos internacionales, especialmente en el propuesto por el EWGSOP2 (12). Se emplearán los puntos de corte establecidos por dicho consenso: <7,0 kg/m² en hombres y <5,5 kg/m² en mujeres. Estos valores han demostrado estar asociados con mayor riesgo de caídas, discapacidad y mortalidad en adultos mayores. La estimación del ASMI mediante BIA constituye una alternativa válida y accesible en contextos clínicos donde técnicas como DEXA no están disponibles (21).
- Masa muscular esquelética (SMM): se calculará aplicando la fórmula de Janssen (49):

$$SMM = [(T^2/R 0,401) + (S 3.825) + (E (-0.071))] + 5.102$$

donde: SMM: masa muscular esquelética (kg); T: talla (cm); R: resistencia (Ohm); S: sexo (1=varón; 0=mujer); E: edad (años).

- **Ecografía nutricional (cantidad y calidad)**

La ecografía musculoesquelética se utilizará para la valoración de la cantidad y la calidad muscular del músculo cuádriceps, concretamente del recto femoral, en la pierna no afectada por la fractura.

Se empleará un ecógrafo Mindray Z60® con sonda lineal multifrecuencia de 7–12 MHz. Las mediciones se llevarán a cabo siguiendo el protocolo validado por Huet (17), adaptado a las recomendaciones del grupo de trabajo SARCUS (*Sarcopenia through ultrasound*) (50).

Protocolo de medición

- Posición del paciente: decúbito supino, con el músculo relajado y la pierna en extensión, ligeramente rotada hacia fuera.
- Punto anatómico de referencia: punto medio entre la espina ilíaca anterosuperior y el polo superior de la rótula.
- Colocación del transductor: en plano transversal respecto al eje longitudinal del muslo, sin aplicar compresión.
- Ajustes del ecógrafo: frecuencia 10 MHz, ganancia homogénea, profundidad entre 4–6 cm.

Variables

1. Grosor muscular (eje X, en mm): se medirá el grosor máximo del músculo recto femoral en plano transversal, entre la aponeurosis superficial y profunda. Esta medida ha demostrado correlación significativa con la masa muscular estimada

por BIA y la funcionalidad y se valida como marcador de detección de sarcopenia (28).

No existen puntos de corte validados específicamente en pacientes con fractura de cadera, pero en el estudio DRECO (18) (pacientes hospitalizados con riesgo nutricional), se definieron puntos de corte mediante análisis ROC: 32,6–40,2 mm para hombres y 32,6 mm para mujeres, discriminando sarcopenia probable, confirmada y severa.

2. Área de sección transversal estimada (cm²): se medirá mediante el trazo manual sobre la imagen ecográfica del músculo en plano transversal. El estudio DRECO identificó puntos de corte entre 2,40 y 3,66 cm², asociados a diferentes niveles de sarcopenia y con una buena sensibilidad y especificidad.
3. Ecogenicidad (ecointensidad): evaluación visual semicuantitativa del grado de brillo (escala de grises) en la imagen muscular. Se clasifica en 3 niveles (Tabla 7):

Tabla 7. Clasificación según la ecogenicidad muscular	
Nivel de ecogenicidad	Características
Normal	Textura homogénea, predominantemente hipoecoica.
Moderadamente aumentada	Pérdida parcial de la arquitectura, zonas hiperecogénicas difusas.
Marcadamente aumentada	Patrón brillante, indicativo de mioesteatosis o fibrosis muscular.

La ecogenicidad está relacionada con la calidad muscular, ya que una mayor ecogenicidad refleja infiltración grasa o fibrosis, asociadas a peor función.

4. Índice XY ajustado (unidad adimensional): se calculará como el cociente entre eje transversal (X) y eje anteroposterior (Y), dividido por la talla en metros al cuadrado:

$$\text{Índice XY} = \left(\frac{\text{eje X}}{\text{eje Y}} \right) \div \text{talla}^2$$

Este índice permite ajustar la fórmula muscular al tamaño corporal. No existen puntos de corte validados en el contexto de la fractura de cadera.

- **Variables derivadas**

Fuerza relativa

Calculada como la fuerza de agarre máxima (kg) dividida por la masa muscular esquelética (SMM, en kg) estimada mediante bioimpedancia, reflejando la eficiencia funcional del músculo.

$$\text{Fuerza relativa} = \frac{\text{Fuerza de agarre (kg)}}{\text{Masa muscular (kg)}}$$

Aunque no existe un punto de corte universalmente aceptado, se han utilizado valores de referencia derivados de población adulta mayor. Por ejemplo, una fuerza relativa <1,00 kg/kg se ha asociado con menor rendimiento físico y mayor riesgo de fragilidad (21).

Presencia de sarcopenia

Definida según los criterios EWGSOP2 (12), que combinan baja masa muscular con baja fuerza o rendimiento físico.

4.4.7. Resumen de las variables recogidas y cronograma de medición

La Tabla 8 muestra un resumen de las variables a recoger en cada visita:

Tabla 8. Cronograma de medidas.			
Procedimiento	Valoración basal	Valoración intermedia	Valoración final
Obtención del consentimiento informado	x		
Evaluación de criterios de elegibilidad	x		
Edad	x	x	x
Sexo	x		
Lugar de residencia	x	x	x
Tipo de fractura, cirugía y tiempo hasta la cirugía	x		
Complicaciones durante el ingreso	x		
Índice de comorbilidad de Charlson	x	x	x
Índice de Barthel	x	x	x
MNA	x	x	x
Talla	x		
Peso habitual	x		
Peso	x	x	x
Dinamometría	x	x	x
Bioimpedancia	x	x	x

Ecografía nutricional	x	x	x
<i>Harris Hip Score</i>		x	x
SPPB		x	x
Velocidad de la marcha		x	x

Las principales variables del estudio se detallan en el Anexo 6: variables clínicas y sociodemográficas (Tabla 6.1), variables funcionales (Tabla 6.2) y variables musculares utilizadas, incluyendo puntos de corte e interpretación clínica (Tabla 6.3).

4.5. Análisis estadístico

Las variables categóricas se describirán como frecuencias absolutas (n) y relativas (%), y las variables cuantitativas, como media (DE). La normalidad de las variables se determinará mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Las diferencias entre las distintas variables cuantitativas en función de una variable dicotómica se analizarán con el test t de Student para medidas independientes o la prueba U de Mann-Whitney (cuando las medidas no sean paramétricas). En el caso de variables con más de 2 categorías, se utilizará el ANOVA o la prueba de Kruskal-Wallis. Las diferencias en las variables categóricas se evaluarán con el test Chi-cuadrado.

Para evaluar las diferencias entre las distintas variables cuantitativas en función de una variable dicotómica a lo largo del tiempo se empleará el test t de Student para medidas repetidas o la prueba W de Wilcoxon (cuando las medidas no sean paramétricas). En el caso de variables con más de 2 categorías se empleará el ANOVA para medidas repetidas o la prueba de Friedman. Las diferencias en las variables categóricas a lo largo del tiempo se evaluarán con la prueba de McNemar (2 categorías) y con el test Q de Cochran (más de 2 categorías).

La significación estadística se alcanzará con $p < 0.05$. El análisis estadístico se realizará con el paquete estadístico SPSS 29.0 para Windows.

4.6. Aspectos éticos y legales

Información para el paciente y consentimiento informado

Todos los pacientes serán informados verbalmente sobre las características del estudio y en qué consiste su participación. Además, se les entregará esta información por escrito en la Hoja de información para el paciente (Anexos 7).

Todos los participantes en el estudio deberán firmar el Consentimiento informado (Anexo 8).

Confidencialidad de los pacientes y protección de datos

Los pacientes serán pseudoanonimizados a través de un código que quedará registrado en la hoja de trazabilidad (Anexo 9).

Riesgos

Las técnicas empleadas para la realización del estudio se consideran de bajo riesgo, por lo que no se prevén riesgos significativos derivados de la participación en el estudio.

Beneficios

La participación en el estudio no beneficia a los participantes de manera individual o directa. Sin embargo, contribuirá al conocimiento científico sobre la relación entre la calidad muscular previa y la fractura de cadera, lo que podría beneficiar a la población en el futuro mediante la detección precoz de factores de riesgo de complicaciones.

Autorización y Comité de ética

El protocolo del estudio se enviará al Comité de Ética de Investigación con Medicamentos (CEIm) para que proceda a su evaluación y autorización antes de comenzar el estudio y el reclutamiento de pacientes.

5. Plan de trabajo y duración del proyecto

Descripción de las actividades:

- **Reclutamiento:** se incluirán pacientes durante un año. Cada paciente será registrado en la hoja de trazabilidad (Anexo 9) y se archivará su consentimiento informado conforme se inscriba.
- **Seguimiento:** cada paciente tendrá una visita intermedia a los 3 meses y una visita final a los 6 meses, con una ventana de ± 2 semanas para disponer de cierta flexibilidad que permita adaptarse a posibles imprevistos, garantizar la adherencia al estudio y facilitar la coordinación con la disponibilidad del paciente y del equipo de investigación.
- **Análisis estadístico:** al concluir el seguimiento de todos los pacientes, se realizará el análisis de los datos correspondientes.
- **Informe de resultados:** preparación del informe final con resultados, conclusiones y recomendaciones.

Duración total estimada: 21 meses.



Tabla 9. Plan de trabajo.			
Actividad	Duración	Meses (desde el inicio)	Responsable
Reclutamiento de pacientes	12 meses	1 a 12	- Investigador principal - Médico responsable del ingreso
Seguimiento de pacientes	6 meses por paciente	1 a 18 (visitas a los 3 y 6 meses con ventana de ± 2 semanas)	- Investigador principal - Médico rehabilitador - Fisioterapeutas - Personal de enfermería
Análisis estadístico	2 meses	19 a 20	Investigador principal
Informes de resultados	1 mes	21	

6. Investigadores principales y equipo

El equipo investigador estará compuesto por un dietista-nutricionista, quien será responsable de realizar la valoración nutricional, la recogida de datos y el seguimiento longitudinal de los pacientes. También asumirá la gestión de citas, el registro de la información en la base de datos, el análisis estadístico y la redacción de los informes científicos.

Además, el equipo contará con la colaboración de los siguientes profesionales del entorno asistencial:

- Médico responsable del ingreso, quien supervisará la situación clínica del paciente, revisará la historia médica y facilitará el acceso a las variables clínicas necesarias.
- Fisioterapeutas, encargados de aplicar las pruebas funcionales (SPPB, velocidad de la marcha) y registrar los resultados.
- Médico rehabilitador, responsable de coordinar el plan de recuperación funcional postoperatoria y colaborar en el análisis de los desenlaces funcionales.
- Personal de enfermería, que prestará apoyo en la recogida de datos clínicos, gestión de cuidados y coordinación logística de las visitas programadas.

7. Memoria económica

7.1. Justificación general

El presente proyecto de investigación no implica costes asociados a personal, equipamiento o infraestructuras, ya que se desarrollará en una unidad hospitalaria que cuenta con los medios técnicos necesarios para su ejecución.

La actividad clínica vinculada a la investigación (como la evaluación clínica de los pacientes) se llevará a cabo durante la jornada laboral, en el contexto asistencial habitual, garantizando que no interfiera con la atención ordinaria. Por su parte, las tareas de registro en el cuaderno de recogida de datos (CRD), análisis de resultados y redacción de informes se realizarán fuera del horario asistencial, sin generar carga adicional para la institución.

7.2. Recursos materiales

El único gasto previsto corresponde al material fungible necesario para la ejecución del estudio. Este incluye:

- Electrodo de un solo uso: para la realización de bioimpedancia.
- Gel conductor: para la realización de ecografía.
- Papel de camilla: para garantizar condiciones higiénicas adecuadas.
- Guantes y otros materiales de protección desechables, si fueran necesarios.

Dado que estos fungibles se utilizarán dentro del circuito asistencial, su uso será debidamente justificado con el visto bueno de los servicios implicados. La financiación se realizará a través de la bolsa de servicio correspondiente o mediante una beca si se dispone de ella.

7.3. Difusión de resultados

Se contempla un presupuesto para la difusión científica de los resultados obtenidos en este proyecto. Este incluye:

- Tasas de publicación en revistas científicas de acceso abierto (estimadas en 800 €).
- Inscripción, desplazamiento y alojamiento para la presentación de resultados en al menos un congreso nacional o internacional (estimados en 300 €).

Estos gastos se considerarán dentro de la financiación del proyecto para garantizar la adecuada comunicación y visibilidad de los hallazgos.

7.4. Presupuesto detallado

Tabla 10. Presupuesto detallado.			
Concepto	Cantidad necesaria estimada	Coste unitario (€)	Coste total (€)
Fungibles			
Electrodos	1800 unidades	0,40	720
Gel conductor	25 botellas	4	100
Papel de camilla	30 rollos	3	90
Guantes de nitrilo	600 pares	0,15	90
Difusión de los resultados			
Tasas de publicación	1 artículo	800	800
Inscripción a congresos	1 congreso	300	300
Desplazamiento y alojamiento	1 congreso	400	400
Total			2500€

8. Resultados previsibles y difusión de resultados

Se espera que este estudio permita determinar la influencia de la calidad muscular en la recuperación funcional postquirúrgica de pacientes geriátricos con fractura de cadera. En particular, se prevé identificar qué parámetros musculares —masa, fuerza o calidad muscular— predicen con mayor precisión la evolución funcional, determinada mediante herramientas como el *Harris Hip Score* (HHS), el *Short Physical Performance Battery* (SPPB) y la velocidad de la marcha.

Además, se anticipa obtener datos relevantes sobre la prevalencia de sarcopenia y dinapenia en este grupo poblacional y su relación con los resultados funcionales tras la cirugía.

Los resultados serán difundidos a través de publicaciones en revistas científicas especializadas en geriatría, nutrición y rehabilitación, así como presentaciones en congresos nacionales e internacionales.

9. Bibliografía

1. Velarde-Mayol C, de la Hoz-García B, Angulo-Sevilla D, Torres-Barriga C. Health consequences (mortality and institutionalization) of hip fracture among the elderly people: Population cohort study in Segovia. *Aten Primaria* [Internet]. 2021;53(9):102129. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2021.102129>
2. Toledo D, Mayordomo-Cava J, Jurado P, Díaz A, Serra-Rexach JA. Trends in hip fracture rates in Spain from 2001 to 2018. *Arch Osteoporos* [Internet]. 2024;19(1):1–9. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11657-024-01406-2>
3. Goh EL, Khatri A, Ting A, Costa A, Steiner K, Png ME, et al. Prevalence of complications in older adults after surgery for a hip fracture: a systematic review and meta-analysis. *Bone and Joint Journal*. 2024;In Press:139–48.
4. Etxebarria-Foronda I, Caeiro-Rey JR, Larrainzar-Garijo R, Vaquero-Cervino E, Roca-Ruiz L, Mesa-Ramos M, et al. SECOT-GEIOS guidelines in osteoporosis and fragility fracture. An update. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol* [Internet]. 2015;59(6):373–93. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.recot.2015.05.007>
5. Gewiess J, Kreuzer S, Eggimann AK, Bertschi D, Bastian JD. Definitions and adverse outcomes of sarcopenia in older patients in orthopedic and trauma care: A scoping review on current evidence. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery* [Internet]. 2024;50(5):2039–51. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00068-024-02541-8>
6. Chen YP, Kuo YJ, Hung SW, Wen Twei, Chien PC, Chiang MH, et al. Loss of skeletal muscle mass can be predicted by sarcopenia and reflects poor functional recovery at one year after surgery for geriatric hip fractures. *Injury* [Internet]. 2021;52(11):3446–52. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2021.08.007>
7. Prowse J, Jaiswal S, Gentle J, Sorial AK, Witham MD. Feasibility, acceptability and prognostic value of muscle mass and strength measurement in patients with hip fracture: a systematic review. *Eur Geriatr Med* [Internet]. 2024;15(6):1603–14. Available from: <https://doi.org/10.1007/s41999-024-01102-x>
8. Han J, Kim CH, Kim JW. Handgrip strength effectiveness and optimal measurement timing for predicting functional outcomes of a geriatric hip fracture. *Sci Rep* [Internet]. 2022;12(1):1–8. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25177-3>
9. Cervera-Díaz M del C, López-Gómez JJ, García-Virto V, Aguado-Hernández HJ, De Luis-Román DA. Prevalence of sarcopenia in patients older than 75 years admitted for hip fracture. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición (English ed)*. 2023;70(6):396–407.
10. Cruz-Jentoft AJ, Sayer AA. Sarcopenia. *The Lancet*. 2019;393(10191):2636–46.
11. Jiang S, Kang L. Conceptual definition of sarcopenia—Delphi consensus from the global leadership initiative in sarcopenia. *Chinese Journal of Geriatrics*. 2024;43(8):971–5.

12. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(1):16–31.
13. Cawthon PM, Visser M, Arai H, Ávila-Funes JA, Barazzoni R, Bhasin S, et al. Defining terms commonly used in sarcopenia research: a glossary proposed by the Global Leadership in Sarcopenia (GLIS) Steering Committee. *Eur Geriatr Med [Internet]*. 2022;13(6):1239–44. Available from: <https://doi.org/10.1007/s41999-022-00706-5>
14. Fragala MS, Kenny AM, Kuchel GA. Muscle Quality in Aging: a Multi-Dimensional Approach to Muscle Functioning with Applications for Treatment. *Sports Medicine [Internet]*. 2015;45(5):641–58. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-015-0305-z>
15. Lunt E, Ong T, Gordon AL, Greenhaff PL, Gladman JRF. The clinical usefulness of muscle mass and strength measures in older people: A systematic review. *Age Ageing*. 2021;50(1):88–95.
16. Selakovic I, Dubljanin-Raspopovic E, Markovic-Denic L, Marusic V, Cirkovic A, Kadija M, et al. Can early assessment of hand grip strength in older hip fracture patients predict functional outcome? *PLoS One*. 2019;14(8):1–10.
17. Huet J, Nordez A, Sarcher A, Mathieu M, Cornu C, Boureau AS. Concordance of Freehand 3D Ultrasound Muscle Measurements With Sarcopenia Parameters in a Geriatric Rehabilitation Ward. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2024;1–11.
18. Zehnder R, Schimmel M, Meyer L, Kömeda M, Limacher A, Eggimann AK. Discriminative Ability and Associations of Sarcopenia Using Point-of-Care Ultrasound with Functional, Mobility and Frailty Status in Older Inpatients. *J Clin Med*. 2025;14(5):1–13.
19. Zhao R, Li X, Jiang Y, Su N, Li J, Kang L, et al. Evaluation of Appendicular Muscle Mass in Sarcopenia in Older Adults Using Ultrasonography: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Gerontology*. 2022;68(10):1174–98.
20. Fu H, Wang L, Zhang W, Lu J, Yang M. Diagnostic test accuracy of ultrasound for sarcopenia diagnosis: A systematic review and meta-analysis. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2023;14(1):57–70.
21. Barbat-Artigas S, Rolland Y, Zamboni M, Aubertin-Leheudre M. How to assess functional status: A new muscle quality index. *Journal of Nutrition, Health and Aging*. 2012;16(1):67–77.
22. Milman R, Zikrin E, Shacham D, Freud T, Press Y. Handgrip Strength as a Predictor of Successful Rehabilitation After Hip Fracture in Patients 65 Years of Age and Above. *Clin Interv Aging*. 2022;17(August):1307–17.
23. Curado Lopes LC, Vaz-Gonçalves L, Schincaglia RM, Gonzalez MC, Prado CM, de Oliveira EP, et al. Sex and population-specific cutoff values of muscle quality index: Results from NHANES 2011–2014. *Clinical Nutrition*. 2022;41(6):1328–34.

24. Lizama-Pérez R, Muñoz-Cofré R, Vidal-Seguel N, Chiroso Ríos I, Jerez Mayorga D, Chiroso Ríos L. Asociación entre la Arquitectura Muscular y el Índice de Calidad Muscular en Adultos Sedentarios. *International Journal of Morphology*. 2023;41(4):1254–60.
25. Akamatsu Y, Kusakabe T, Arai H, Yamamoto Y, Nakao K, Ikeue K, et al. Phase angle from bioelectrical impedance analysis is a useful indicator of muscle quality. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2022;13(1):180–9.
26. Umehara T, Kaneguchi A, Watanabe K, Katayama N, Teramoto H, Kuwahara D, et al. Not only muscle mass but also muscle quality is associated with knee extension muscle strength in patients with hip fractures. *Arch Osteoporos* [Internet]. 2023;18(1):1–7. Available from: <https://doi.org/10.1007/s11657-023-01251-9>
27. Serra-Prat M, Lorenzo I, Papiol M, Palomera E, Bartolomé M, Pleguezuelos E, et al. Intracellular water content in lean mass as an indicator of muscle quality in an older obese population. *J Clin Med*. 2020;9(5):1–11.
28. de Luis, D. A., García-Almeida, J. M., Bellido, D., Guzmán-Rolo, G., Puerto Martín, A., Primo, D. et al. Ultrasound cut-off values for rectus femoris for detecting sarcopenia in patients with nutritional risk. *Nutrients*. 2024;16(11).
29. López-Gómez JJ, García-Beneitez D, Jiménez-Sahagún R, Izaola-Jauregui O, Primo-Martín D, Ramos-Bachiller B, et al. Nutritional Ultrasonography, a Method to Evaluate Muscle Mass and Quality in Morphofunctional Assessment of Disease Related Malnutrition. *Nutrients*. 2023;15(18).
30. Rivera ZC, González-Seguel F, Horikawa-Strakovsky A, Granger C, Sarwal A, Dhar S, et al. Development of an artificial intelligence powered software for automated analysis of skeletal muscle ultrasonography. *Sci Rep*. 2025;15(1):1–12.
31. Ortiz-Navarro B, Losa-Reyna J, Mihaiescu-Ion V, Garcia-Romero J, de Albornoz-Gil MC, Galán-Mercant A. Identification of Target Body Composition Parameters by Dual-Energy X-Ray Absorptiometry, Bioelectrical Impedance, and Ultrasonography to Detect Older Adults With Frailty and Prefrailty Status Using a Mobile App in Primary Care Services: Descriptive Cross. *JMIR Aging*. 2025;8.
32. Verstraeten LMG, De Haan NJ, Verbeet E, Van Wijngaarden JP, Meskers CGM, Maier AB. Handgrip strength rather than chair stand test should be used to diagnose sarcopenia in geriatric rehabilitation inpatients: RESORing health of acutely unwell adults (RESORT). *Age Ageing*. 2022;51(11):1–9.
33. Staempfli JS, Kistler-Fischbacher M, Gewiess J, Bastian JD, Eggimann AK. The Validity of Muscle Ultrasound in the Diagnostic Workup of Sarcopenia Among Older Adults: A Scoping Review. *Clin Interv Aging*. 2024;19(May):993–1003.
34. Mahoney, F. I., & Barthel DW. Functional evaluation: the Barthel Index. *Md State Med J*. 1965;14:61–5.
35. Studenski S et al. Gait speed and survival in older adults. *JAMA*. 2011;305(1):50–8.

36. Wu W yong, Zhang Y guang, Zhang YY, Peng B, Xu W guo. Clinical Effectiveness of Home-Based Telerehabilitation Program for Geriatric Hip Fracture Following Total Hip Replacement. *Orthop Surg.* 2023;15(2):423–31.
37. Charlson, M. E., Pompei, P., Ales, K. L., & MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis.* 1987;40(5):373–83.
38. Poupin P, Bouleti C, Degand B, Paccalin M, Le Gal F, Bureau ML, et al. Prognostic value of Charlson Comorbidity Index in the elderly with a cardioverter defibrillator implantation. *Int J Cardiol.* 2020;314:64–9.
39. Sun L, Wang C, Zhang M, Li X, Zhao B. The Surgical Timing and Prognoses of Elderly Patients with Hip Fractures: A Retrospective Analysis. *Clin Interv Aging.* 2023;18(June):891–9.
40. W C Chumlea, S Guo, A F Roche MLS. Prediction of body weight for the nonambulatory elderly from anthropometry. *J Am Diet Assoc.* 1988;88(5):564–8.
41. Grupo de Trabajo SEGG-SENPE. Prevención, detección y tratamiento de la desnutrición en el anciano. Documento de consenso SEGG-SENPE. *Nutr Hosp.* 2014;29(4):979–88.
42. Vellas, B., Villars, H., Abellan, G. et al. Overview of the MNA—Its history and challenges. *J Nutr Health Aging.* 2006;10(6):456–65.
43. Shah, S., Vanclay, F., & Cooper B. Improving the sensitivity of the Barthel Index for stroke rehabilitation. *J Clin Epidemiol.* 1989;42(8):703–9.
44. Guralnik JM et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *Gerontology.* 1994;49(2):85–94.
45. Harris WH. Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. *J Bone Joint Surg.* 1969;51(4):737–55.
46. Mathiowetz V, Weber K VG y KN. Reliability and validity of grip and pinch strength evaluation. *Journal of Hand Surgery.* 1984;9(2):222–6.
47. Lukaski HC, Bolonchuk WW SW y HC. Body composition assessment of athletes using bioelectrical impedance measurements. *J Sports Med Phys Fitness.* 1991;30(4):343–440.
48. Sergi G, De Rui M, Veronese N, Bolzetta F, Berton L, Carraro S, et al. Assessing appendicular skeletal muscle mass with bioelectrical impedance analysis in free-living Caucasian older adults. *Clinical Nutrition [Internet].* 2015;34(4):667–73. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2014.07.010>
49. Janssen I, Heymsfield SB, Baumgartner RN, Ross R. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol.* 2000;89(2):465–71.
50. Perkisas S, Bastijns S, Baudry S, Bauer J, Beudart C, Beckwée D, et al. Application of ultrasound for muscle assessment in sarcopenia: 2020 SARCUS update. *Eur*

Geriatr Med [Internet]. 2021;12(1):45–59. Available from:
<https://doi.org/10.1007/s41999-020-00433-9>

51. Lara-Tarachenko Y, Pujol O, González-Morgado D, Hernández A BV y SD. Validación de la versión española de la escala de Harris modificada. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2024;68(121–710).

10. Anexos

Anexo 1. Índice de Comorbilidad de Charlson

Comorbilidad	Puntuación
Infarto de miocardio	1
Insuficiencia cardiaca congestiva	1
Enfermedad vascular periférica	1
Enfermedad cerebrovascular	1
Demencia	1
Enfermedad pulmonar crónica	1
Enfermedad del tejido conectivo	1
Úlcera péptica	1
Afección hepática benigna	1
Diabetes	1
Hemiplejía	2
Insuficiencia renal moderada o severa	2
Diabetes con afección orgánica	2
Cáncer	2
Leucemia	2
Linfoma	2
Enfermedad hepática moderada o severa	3
Metástasis	6
SIDA	6

Anexo 2. Mini Nutritional Assessment

Mini Nutritional Assessment

MNA[®]

**Nestlé
Nutrition Institute**

Apellidos:		Nombre:		
Sexo:	Edad:	Peso, kg:	Altura, cm:	Fecha:

Responda a la primera parte del cuestionario indicando la puntuación adecuada para cada pregunta. Sume los puntos correspondientes al cribaje y si la suma es igual o inferior a 11, complete el cuestionario para obtener una apreciación precisa del estado nutricional.



Cribaje	
A Ha perdido el apetito? Ha comido menos por falta de apetito, problemas digestivos, dificultades de masticación o deglución en los últimos 3 meses? 0 = ha comido mucho menos 1 = ha comido menos 2 = ha comido igual	<input type="checkbox"/>
B Pérdida reciente de peso (<3 meses) 0 = pérdida de peso > 3 kg 1 = no lo sabe 2 = pérdida de peso entre 1 y 3 kg 3 = no ha habido pérdida de peso	<input type="checkbox"/>
C Movilidad 0 = de la cama al sillón 1 = autonomía en el interior 2 = sale del domicilio	<input type="checkbox"/>
D Ha tenido una enfermedad aguda o situación de estrés psicológico en los últimos 3 meses? 0 = sí 2 = no	<input type="checkbox"/>
E Problemas neuropsicológicos 0 = demencia o depresión grave 1 = demencia moderada 2 = sin problemas psicológicos	<input type="checkbox"/>
F Índice de masa corporal (IMC = peso / (talla)² en kg/m²) 0 = IMC < 19 1 = 19 ≤ IMC < 21 2 = 21 ≤ IMC < 23 3 = IMC ≥ 23	<input type="checkbox"/>
Evaluación del cribaje (subtotal máx. 14 puntos)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
12-14 puntos: estado nutricional normal 8-11 puntos: riesgo de malnutrición 0-7 puntos: malnutrición Para una evaluación más detallada, continúe con las preguntas G-R	
Evaluación	
G El paciente vive independiente en su domicilio? 1 = sí 0 = no	<input type="checkbox"/>
H Toma más de 3 medicamentos al día? 0 = sí 1 = no	<input type="checkbox"/>
I Úlceras o lesiones cutáneas? 0 = sí 1 = no	<input type="checkbox"/>
J Cuántas comidas completas toma al día? 0 = 1 comida 1 = 2 comidas 2 = 3 comidas	<input type="checkbox"/>
K Consume el paciente • productos lácteos al menos una vez al día? <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no • huevos o legumbres 1 o 2 veces a la semana? <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no • carne, pescado o aves, diariamente? <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> no 0.0 = 0 o 1 sies 0.5 = 2 sies 1.0 = 3 sies	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
L Consume frutas o verduras al menos 2 veces al día? 0 = no 1 = sí	<input type="checkbox"/>
M Cuántos vasos de agua u otros líquidos toma al día? (agua, zumo, café, té, leche, vino, cerveza...) 0.0 = menos de 3 vasos 0.5 = de 3 a 5 vasos 1.0 = más de 5 vasos	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
N Forma de alimentarse 0 = necesita ayuda 1 = se alimenta solo con dificultad 2 = se alimenta solo sin dificultad	<input type="checkbox"/>
O Se considera el paciente que está bien nutrido? 0 = malnutrición grave 1 = no lo sabe o malnutrición moderada 2 = sin problemas de nutrición	<input type="checkbox"/>
P En comparación con las personas de su edad, cómo encuentra el paciente su estado de salud? 0.0 = peor 0.5 = no lo sabe 1.0 = igual 2.0 = mejor	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Q Circunferencia braquial (CB en cm) 0.0 = CB < 21 0.5 = 21 ≤ CB ≤ 22 1.0 = CB > 22	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
R Circunferencia de la pantorrilla (CP en cm) 0 = CP < 31 1 = CP ≥ 31	<input type="checkbox"/>
Evaluación (máx. 16 puntos)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Cribaje	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Evaluación global (máx. 30 puntos)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Evaluación del estado nutricional	
De 24 a 30 puntos <input type="checkbox"/> estado nutricional normal De 17 a 23,5 puntos <input type="checkbox"/> riesgo de malnutrición Menos de 17 puntos <input type="checkbox"/> malnutrición	

Ref: Vellas B, Villars H, Abellan G, et al. Overview of the MNA® - its History and Challenges. *J Nutr Health Aging* 2006; 10: 458-465.
 Rubenstein LZ, Herter JO, Salva A, Guigoz Y, Vellas B. Screening for Undernutrition in Geriatric Practice: Developing the Short-Form Mini Nutritional Assessment (MNA-SF). *J Geront* 2001; 56A: M366-377.
 Guigoz Y. The Mini-Nutritional Assessment (MNA®) Review of the Literature - What does it tell us? *J Nutr Health Aging* 2006; 10: 466-487.
 © Société des Produits Nestlé, S.A., Vevey, Switzerland, Trademark Owners
 © Nestlé, 1994, Revision 2006. N67200 12/99 10M
 Para más información: www.mna-nestle.com

Anexo 3. Índice de Barthel

Parámetro	Situación del paciente	Puntuación
Total:		
Comer	- Totalmente independiente	10
	- Necesita ayuda para cortar carne, el pan, etc.	5
	- Dependiente	0
Lavarse	- Independiente: entra y sale solo del baño	5
	- Dependiente	0
Vestirse	- Independiente: capaz de ponerse y de quitarse la ropa, abotonarse, atarse los zapatos	10
	- Necesita ayuda	5
	- Dependiente	0
Arreglarse	- Independiente para lavarse la cara, las manos, peinarse, afeitarse, maquillarse, etc.	5
	- Dependiente	0
Deposiciones (valórese la semana previa)	- Continencia normal	10
	- Ocasionalmente algún episodio de incontinencia, o necesita ayuda para administrarse supositorios o lavafías	5
	- Incontinencia	0
Micción (valórese la semana previa)	- Continencia normal, o es capaz de cuidarse de la sonda si tiene una puesta	10
	- Un episodio diario como máximo de incontinencia, o necesita ayuda para cuidar de la sonda	5
	- Incontinencia	0
Usar el retrete	- Independiente para ir al cuarto de aseo, quitarse y ponerse la ropa...	10

Anexo 4. Short Physical Performance Battery

1. Equilibrio		Resultados	
 Pies juntos	Mantiene la posición durante 10 segundos	Sí: 1 punto No: 0 punto	
 Semi-tandém	Mantiene la posición durante 10 segundos	Sí: 1 punto No: 0 punto	
 Tandém	Mantiene la posición	Sí, 10 segundos: 2 punto Sí, 3-10 segundos: 1 punto <3 segundos: 0 punto	
2. Velocidad de la marcha		Resultados	
Tiempo en segundos que tarda el individuo en caminar 4 metros a paso habitual. Realizar 2 pruebas y puntuar el mejor tiempo.	<4,82 segundos	4 puntos	
	4,82-6,20 segundos	3 puntos	
	6,21-8,70 segundos	2 puntos	
	>8,70 segundos	1 puntos	
	Incapaz	0 puntos	
3. Levantarse de la silla		Resultados	
Tiempo en segundos que tarda el individuo en levantarse y sentarse 5 veces de una silla sin apoyo de los brazos. Realizar 2 pruebas y puntuar el mejor tiempo.	<11,19 segundos	4 puntos	
	11,20-13,69 seg.	3 puntos	
	13,70-16,69 seg.	2 puntos	
	16,7-60 segundos	1 puntos	
	Incapaz o >60 seg.	0 puntos	
TOTAL	PUNTOS	/12 PUNTOS	

Fuente: Adaptación propia del formulario SPPB, adaptada del original de Guralnik et al. (1994).

Material elaborado por el Comité de Gestión por Competencias de la Geriátrica.

Anexo 5. Harris Hip Score

Tabla 1 Adaptación transcultural a la población española de la escala de Harris modificada (ES-EHM)			
I. DOLOR (44 puntos)		3. Distancia caminada	
Ninguno o ignora	44	Ilimitada	11
Leve, ocasional, no afecta a sus actividades	40	Seis calles	8
Dolor leve, no afecta a su actividad normal, dolor después de realizar actividades, precisa paracetamol/metamizol/antiinflamatorios no esteroideos	30	Dos o tres calles	5
Moderado, tolerable, a veces más leve, precisa tramadol ocasional	20	Solo interior	2
Notable, grave	10	Cama y silla	0
Totalmente incapacitado	0	B. Actividades funcionales (14 puntos)	
II. FUNCIÓN (47 puntos)		1. Escaleras	
A. Marcha (33 puntos)		Con normalidad	
1. Cojera		Con normalidad si tiene barandilla	
Inexistente	11	Cualquier método	1
Leve	8	Incapaz	0
Moderada	5	2. Zapatos y calcetines	
Grave	0	Con facilidad	
Incapaz de caminar	0	Con dificultad	
2. Apoyo / Soporte		Incapaz	
Ninguno	11	3. Capacidad para sentarse	
Bastón para distancias largas	7	Cualquier silla durante una hora	
Bastón siempre	5	En una silla alta	
Una muleta	3	Incapaz de sentarse cómodamente en ninguna silla	
Dos bastones	2	4. Transporte público	
Dos muletas	0	Capaz de usar el transporte público	
Incapaz de caminar	0	Incapaz de usar el transporte público	

Tomado de Lara-Tarachenko et al. (51).

Anexo 6. Tabla resumen de variables del estudio

TABLA 6.1. Variables clínicas y sociodemográficas

Variable	Fuente / referencia
Edad	—
Sexo	—
Lugar de residencia	—
Peso habitual / actual	SEGG-SENPE, 2014 (41)
Talla (estimada por Chumlea)	Chumlea et al., 1988 (40)
IMC	SEGG-SENPE, 2014 (41)
Pérdida de peso (%)	SEGG-SENPE, 2014 (41)
Índice de Comorbilidad de Charlson (CCI)	Charlson et al., 1987 (37)
<i>Mini Nutritional Assessment (MNA)</i>	Vellas et al., 2006 (42)
Tipo de fractura	—
Tipo de cirugía	—
Tiempo hasta la cirugía	Sun et al., 2023 (39)
Complicaciones durante el ingreso	—

TABLA 6.2. Variables funcionales

Variable	Punto de corte	Interpretación clínica	Fuente del punto de corte
Índice de Barthel	<60: dependencia severa	Grado de autonomía en ABVD	Mahoney & Barthel, 1965 (34)
SPPB (Short Physical Performance Battery)	<6: rendimiento bajo	Rendimiento físico global	Guralnik et al., 1994 (44)
Velocidad de la marcha (4 m)	<0.8 m/s: deterioro funcional	Indicador de fragilidad y funcionalidad	Studenski et al., 2011 (35)
Harris Hip Score (HHS)	<70: resultado funcional deficiente	Función específica de la cadera	Harris, 1969 (45)

TABLA 6.3. Variables de calidad muscular

Variable	Punto de corte	Interpretación clínica	Fuente del punto de corte
Fuerza prensil manual	<27 kg (H), <16 kg (M)	Baja fuerza = sarcopenia probable	Cruz-Jentoft et al., 2019 (12)
Ángulo de fase (PhA)	<5,0° (H), <4,5° (M)	Refleja salud celular / calidad muscular	Akamatsu et al., 2022 (25)
ASM (masa muscular apendicular)	Paso intermedio para ASMI	Estimación masa muscular previa al ASMI	—
ASMI (índice masa muscular/talla ²)	<7,0 kg/m ² (H), <5,5 kg/m ² (M)	Diagnóstico de sarcopenia (EWGSOP2)	Cruz-Jentoft et al., 2019 (12)
Relación ICW / ASM	No establecido (uso continuo)	Marcador indirecto de calidad muscular	Serra-Prat et al., 2020 (27)
Grosor recto femoral (eje X)	32,6–40,2 mm (H), 32,6 mm (M)	Correlaciona con masa y funcionalidad	de Luis et al., 2024 (28)
Área sección transversal (CSA)	2,40–3,66 cm ²	Correlaciona con estado funcional	de Luis et al., 2024 (28)
Índice XY ajustado	No establecido	Morfología muscular ajustada por talla	—
Ecogenicidad	Escala 3 niveles: normal / moderada / aumentada	Mioesteatosis o fibrosis si aumentada	López-Gómez et al., 2023 (29)

Anexo 7. Hoja de información al paciente

Título del estudio:

Evaluación de la calidad muscular y su impacto en la recuperación funcional tras fractura de cadera en pacientes mayores.

Investigador/a principal:

Centro:

Duración prevista del estudio:

¿Por qué se me invita a participar?

Se le invita a participar en este estudio porque ha sufrido una fractura de cadera y cumple los criterios necesarios para poder realizar una valoración funcional y nutricional que ayude a mejorar el conocimiento actual sobre el proceso de recuperación tras la intervención quirúrgica.

¿Cuál es el objetivo del estudio?

El objetivo principal es estudiar si ciertos parámetros relacionados con el estado muscular (como la fuerza, la composición corporal o la calidad del músculo) se asocian con una mejor o peor recuperación funcional tras la cirugía de cadera. Esto podría ayudar en el futuro a personalizar los tratamientos de rehabilitación.

¿Qué supone para mí participar?

Su participación implica realizar una serie de pruebas físicas y de composición corporal que se consideran seguras y no invasivas:

- Medición de fuerza de agarre con un dinamómetro.
- Análisis de composición corporal mediante bioimpedancia eléctrica (colocación de electrodos similares a los de un ECG).
- Realización de ecografía nutricional.
- Medición de algunas variables clínicas y funcionales (escala Barthel, test SPPB, velocidad de la marcha...).
- Recogida de datos clínicos habituales (peso, talla, edad, antecedentes médicos...).

Estas mediciones se realizarán durante su hospitalización y, si usted lo consiente, se le contactará para repetir la valoración a los 3 y 6 meses tras el alta.

¿Existen riesgos?

Las técnicas utilizadas son seguras, no invasivas y ampliamente utilizadas en el entorno clínico. Algunas pueden generar una leve incomodidad o fatiga, pero en ningún caso suponen riesgos relevantes para su salud.

Usted podrá interrumpir la prueba en cualquier momento.

¿Qué pasa si decido no participar?

La participación es completamente voluntaria. Si decide no participar o abandonar el estudio en cualquier momento, esto no afectará en absoluto a su tratamiento ni a la atención que reciba.

¿Se protegerán mis datos?

Sí. Todos los datos recogidos serán tratados con absoluta confidencialidad y codificados de forma que no se le pueda identificar. Solo el equipo investigador autorizado tendrá acceso a la información.

Este estudio cumple con la normativa vigente de protección de datos personales (Ley Orgánica 3/2018 y Reglamento General de Protección de Datos UE 2016/679).

¿Qué ocurre con los resultados del estudio?

Los resultados globales del estudio se utilizarán con fines científicos y podrán ser presentados en congresos o publicados en revistas especializadas. Si usted lo desea, podrá recibir información sobre los resultados generales del estudio, aunque nunca se divulgará su identidad.

¿A quién puedo consultar en caso de duda?

Puede contactar con el/la investigadora principal:

Nombre:

Email:

Teléfono de contacto:

Anexo 8. Consentimiento informado

Título del estudio: **Evaluación de la calidad muscular y su impacto en la recuperación funcional tras fractura de cadera en pacientes mayores**

Yo, (nombre y apellidos del/de la participante), declaro que he recibido la hoja de información correspondiente a este estudio, la he leído detenidamente y he comprendido su contenido.

He tenido la oportunidad de realizar todas las preguntas que consideré necesarias sobre el objetivo, la metodología y el desarrollo del estudio, y he recibido respuestas claras y suficientes.

He conversado con: (nombre del/de la investigador/a responsable).

Comprendo que mi participación en este estudio es completamente voluntaria y que, si así lo deseo, puedo abandonar el estudio en cualquier momento, sin necesidad de justificar mi decisión y sin que ello afecte en ningún caso a la atención médica que recibo.

Asimismo, entiendo que puedo optar por no realizar algunas de las evaluaciones previstas (como la dinamometría, la bioimpedancia o cualquier otra medición) si así lo considero.

Presto libremente mi consentimiento para participar en el estudio descrito.

Deseo recibir información sobre los resultados generales del estudio:

Sí No (marque lo que proceda)

Autorizo la revisión de mis datos clínicos por personal externo al centro hospitalario, únicamente con fines de investigación y garantizando en todo momento la confidencialidad de mi información.

Soy consciente de que este consentimiento puede ser revocado en cualquier momento si así lo deseo.

He recibido una copia firmada de este Consentimiento Informado.

Firma del/de la participante: Fecha:

Firma del/de la investigador/a: Fecha:

