



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO HUMANO EN  
ESCENARIOS AMBULATORIOS Y HOSPITALARIOS EN  
FISIOTERAPIA.

*TESIS DOCTORAL*

Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud

DOCTORANDO: Álvaro Mateos Angulo

DIRECTORES: Antonio Cuesta Vargas, Alejandro Galán Mercant


MÁLAGA, 2020.





UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

AUTOR: Álvaro Mateos Angulo

 <http://orcid.org/0000-0002-8561-1913>

EDITA: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga (RIUMA): [riuma.uma.es](http://riuma.uma.es)





## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR

D./Dña ÁLVARO MATEOS ANGULO

Estudiante del programa de doctorado CIENCIAS DE LA SALUD de la Universidad de Málaga, autor/a de la tesis, presentada para la obtención del título de doctor por la Universidad de Málaga, titulada: ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO HUMANO EN ESCENARIOS AMBULATORIOS Y HOSPITALARIOS EN FISIOTERAPIA

Realizada bajo la tutorización de ANTONIO CUESTA VARGAS y dirección de ANTONIO CUESTA VARGAS Y ALEJANDRO GALÁN MERCANT

DECLARO QUE:

La tesis presentada es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, conforme al ordenamiento jurídico vigente (Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo.

Igualmente asumo, ante a la Universidad de Málaga y ante cualquier otra instancia, la responsabilidad que pudiera derivarse en caso de plagio de contenidos en la tesis presentada, conforme al ordenamiento jurídico vigente.

En Málaga, a 24 de JUNIO de 2020

Fdo.: ÁLVARO MATEOS ANGULO



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

**INFORME DEL DIRECTOR PARA LA AUTORIZACIÓN DE DEFENSA DE LA TESIS PARA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE DOCTOR**

D. Antonio Ignacio Cuesta Vargas certifica que la tesis **ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO HUMANO EN ESCENARIOS AMBULATORIOS Y HOSPITALARIOS EN FISIOTERAPIA**, presentada por D. Álvaro Mateos Angulo para la obtención del título de doctor por la Universidad de Málaga, ha sido realizada bajo mi dirección y considero que reúne las condiciones apropiadas en cuanto a contenidos y rigor científico para ser presentada a trámite para su defensa.

Igualmente, certifica que las publicaciones que avalan la presente tesis no han sido utilizadas en tesis anteriores.

Y para que conste firmo el presente en Málaga a 28 de octubre de 2020.

Antonio  
Cuesta-  
Vargas

Firmado  
digitalmente por  
Antonio Cuesta-  
Vargas

Fdo.: Antonio Ignacio Cuesta Vargas

Fecha: 2020.10.29  
15:06:44 +01'00'





UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

**INFORME DEL DIRECTOR PARA LA AUTORIZACIÓN DE DEFENSA DE LA TESIS PARA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE DOCTOR**

D. Alejandro Galán Mercant certifica que la tesis **ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO HUMANO EN ESCENARIOS AMBULATORIOS Y HOSPITALARIOS EN FISIOTERAPIA**, presentada por D. Álvaro Mateos Angulo para la obtención del título de doctor por la Universidad de Málaga, ha sido realizada bajo mi dirección y considero que reúne las condiciones apropiadas en cuanto a contenidos y rigor científico para ser presentada a trámite para su defensa.

Igualmente, certifica que las publicaciones que avalan la presente tesis no han sido utilizadas en tesis anteriores.

Y para que conste firmo el presente en Málaga a 5 de abril de 2021.

Fdo.: Alejandro Galán Mercant

**Alejandro  
Galán-  
Mercant** Firmado digitalmente  
por Alejandro Galán-  
Mercant  
Fecha: 2021.04.07  
19:29:04 +02'00'

UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA





UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



**INFORME DEL DIRECTOR PARA LA PRESENTACIÓN EN FORMATO DE COMPENDIO DE  
PUBLICACIONES DE LA TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE DOCTOR**

D. Antonio Ignacio Cuesta Vargas certifica que la tesis **ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO HUMANO EN ESCENARIOS AMBULATORIOS Y HOSPITALARIOS EN FISIOTERAPIA**, presentada por D. Álvaro Mateos Angulo para la obtención del título de doctor por la Universidad de Málaga, ha sido realizada bajo mi dirección y considero que reúne las condiciones idóneas para ser presentada en formato de compendio de publicaciones.

Y para que conste firmo el presente en Málaga a 4 de diciembre de 2020.

**Antonio  
Cuesta-  
Vargas** Firmado  
digitalmente por  
Antonio Cuesta-  
Vargas  
Fecha: 2020.12.05  
08:46:26 +01'00'

Fdo.: Antonio Ignacio Cuesta Vargas





UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



## AUTORIZACIÓN DE LOS COAUTORES DE LAS PUBLICACIONES QUE AVALAN LA TESIS PARA SU PRESENTACIÓN

D. Antonio Ignacio Cuesta Vargas y D. Alejandro Galán Mercant, coautores de las publicaciones utilizadas para avalar la tesis titulada **ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO HUMANO EN ESCENARIOS AMBULATORIOS Y HOSPITALARIOS EN FISIOTERAPIA**, presentada por D. Álvaro Mateos Angulo para la obtención del título de doctor por la Universidad de Málaga, autorizan a la utilización de dichas publicaciones para presentar dicha tesis como compendio de publicaciones. Además, renuncian a que dichas publicaciones sean presentadas como parte de otras tesis doctorales de cualquier universidad.

Y para que conste firman la presente en Málaga a 5 de abril de 2021.

Alejandro  
Galán-  
Mercant

Firmado digitalmente  
por Alejandro Galán-  
Mercant  
Fecha: 2021.04.07  
19:29:17 +02'00'

Fdo.: Alejandro Galán Mercant

Antonio  
Cuesta-  
Vargas

Firmado  
digitalmente  
por Antonio  
Cuesta-Vargas  
Fecha:  
2021.04.07  
14:24:22 +02'00'

Fdo.: Antonio Ignacio Cuesta Vargas



*A mis padres. Por hacer todo lo posible por darme lo mejor de ellos e inculcarme los mejores valores.*

## **Agradecimientos**

A mis directores de tesis, Antonio Cuesta y Alejandro Galán, por guiarme y ofrecerme su tiempo durante todos estos años compartiendo sus conocimientos y ayudándome a seguir mejorando.

A mi familia, por creer en mí, apoyarme y darme ánimo incondicional en todo momento.

A mi pareja, por acompañarme y apoyarme durante todos estos años.

A todas las personas que me apoyaron de una forma u otra, amigos y compañeros que me animaron y contribuyeron a conseguir mis objetivos.

A todos los voluntarios y pacientes que han colaborado en los estudios que componen esta tesis.

## Índice

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN DEL MOVIMIENTO HUMANO EN ESCENARIOS CLÍNICOS AMBULATORIOS</b> .....	<b>17</b>
INTRODUCCIÓN CAPÍTULO 2. ....	19
ARTÍCULO I. ANÁLISIS CINÉTICO Y CINEMÁTICO POR GÉNERO EN DIFERENTES PRUEBAS DE SALTO BASADO EN EL SENSOR INERCIAL DE UN SMARTPHONE .....	22
ARTÍCULO II. ANÁLISIS CINEMÁTICO MÓVIL EN LA PRUEBA DROP JUMP A DIFERENTES ALTURAS BASADO EN EL SENSOR INERCIAL DE UN SMARTPHONE .....	25
DISCUSIÓN CAPÍTULO 2. ....	28
<b>CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DEL MOVIMIENTO HUMANO EN ESCENARIOS CLÍNICOS HOSPITALARIOS</b> .....	<b>31</b>
INTRODUCCIÓN CAPÍTULO 3. ....	33
ARTÍCULO III. CONTRIBUCIÓN DEL GROSOR MUSCULAR EN LA HABILIDAD DE SENTARSE-LEVANTARSE EN ADULTOS MAYORES INSTITUCIONALIZADOS .....	36
ARTÍCULO IV. EVALUACIÓN MUSCULAR ECOGRÁFICA Y ESTADO NUTRICIONAL EN ADULTOS MAYORES INSTITUCIONALIZADOS: UN ESTUDIO PILOTO .....	40
DISCUSIÓN CAPÍTULO 3. ....	43
<b>CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN GENERAL</b> .....	<b>46</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA GENERAL</b> .....	<b>52</b>



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUCCIÓN GENERAL**



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Capítulo 1. Introducción general

La evaluación del movimiento humano es de gran interés para las ciencias de la salud debido a la gran relación que tiene con el estado de salud de los individuos. Las variables relacionadas con el movimiento humano son de las más relevantes a la hora de evaluar la salud de las personas y han demostrado ser potentes predictores de morbilidad y mortalidad (Toots et al., 2013; Veronese et al., 2016). Además, se ha recomendado su uso como principal biomarcador para estudios terapéuticos y preventivos (Reginster et al., 2016). La valoración de las capacidades funcionales y el movimiento son de especial importancia en la práctica clínica de la fisioterapia. La medición de estas variables ha evolucionado desde los sistemas tradicionales de valoración, como el uso del goniómetro, hasta el uso de sistemas avanzados de evaluación con la implementación de las nuevas tecnologías. El uso de nuevas tecnologías en la valoración clínica en fisioterapia nos aporta gran cantidad de información sobre la calidad del movimiento y la función física. El uso de estos nuevos sistemas de valoración relacionados con el movimiento humano nos permite obtener gran cantidad de datos de gran valor como, por ejemplo, señales de aceleración en la realización de tareas funcionales con el uso de sensores inerciales o la evaluación de la contracción muscular durante una prueba de fuerza máxima a través de ecografía. Estos sistemas nos ofrecen la posibilidad de recopilar una mayor cantidad de información objetivable frente a otros métodos de valoraciones tradicionales. Por ello es de gran utilidad investigar el uso de sistemas avanzados de valoración clínica para identificar las variables más relevantes a la hora de evaluar el estado de salud de las personas. Una mejor evaluación, a través de la identificación de variables clave en diferentes grupos de poblaciones clínicas, nos

permite una mejor clasificación de los pacientes según el grado de severidad que presenten para facilitar una mejor elección de las estrategias terapéuticas y, de esta forma, mejorar la práctica clínica en fisioterapia.

Para el análisis del movimiento humano, tecnologías como los sensores inerciales se han implementado en los últimos años. Estos sistemas suponen una alternativa a otros sistemas de laboratorio para la evaluación de variables cinemáticas. Su bajo coste y reducido tamaño facilita la traslación de estos sistemas a la práctica clínica (Cuesta-Vargas, Galan-Mercant, et al., 2010). El análisis del movimiento humano a través del uso de sensores inerciales se ha utilizado en estudios previos para, por ejemplo, evaluar la fragilidad en personas mayores a través del análisis de patrones cinemáticos de la marcha (Martínez-Ramírez et al., 2015) o para clasificar pacientes según su capacidad funcional (Vervoort et al., 2016). Por otro lado, el uso de ecografía para la evaluación de variables relacionadas con el movimiento humano ha demostrado ser un sistema de valoración válido y seguro (Pillen et al., 2009). La ecografía permite medir de manera fiable tanto la cantidad, como la calidad muscular (Fragala et al., 2015; Nijholt et al., 2017). Estas variables pueden utilizarse en la evaluación muscular y se ha recomendado su uso en la valoración de la sarcopenia (Alfonso J. Cruz-Jentoft et al., 2019; Ismail et al., 2015; Perkisas et al., 2018). El uso de las herramientas anteriormente mencionadas tiene gran relevancia clínica para mejorar la evaluación de los pacientes en fisioterapia. En la presente tesis se abordará el uso del sensor inercial de un Smartphone para evaluar la capacidad física de los pacientes en escenarios ambulatorios y el uso de la ecografía para evaluar variables relacionadas con la función física y el movimiento humano en escenarios hospitalarios.

Los objetivos generales de esta tesis fueron:

1. Estudiar el uso de sistemas avanzados de evaluación del movimiento humano en pacientes ambulatorios a través del uso de sensores inerciales en pruebas de salto vertical en adultos jóvenes.
2. Estudiar el uso de sistemas avanzados de evaluación de variables relacionadas con el movimiento humano en pacientes institucionalizados a través del uso de ecografía muscular.

En el capítulo 2 de la presente tesis se presentan dos artículos en los que se estudió el uso de los sensores inerciales presentes en un smartphone para la evaluación de diferentes pruebas de salto vertical en una población de adultos sanos.

El capítulo 3 se compone de otros dos artículos en los que se investigó el uso de ecografía en la valoración de variables de arquitectura muscular relacionadas con el desempeño funcional y el estado nutricional de pacientes mayores institucionalizados.



**CAPÍTULO 2.**

**EVALUACIÓN DEL MOVIMIENTO**

**HUMANO EN ESCENARIOS CLÍNICOS**

**AMBULATORIOS**



## Capítulo 2. Evaluación del movimiento humano en escenarios clínicos ambulatorios.

### Introducción capítulo 2.

Las pruebas de salto vertical son una de las pruebas más utilizadas para evaluar las habilidades atléticas en deportes, predecir la capacidad anaeróbica o evaluar el desarrollo motor (Dobbs et al., 2014; Loturco et al., 2014; Rouis et al., 2014; Sawyer et al., 2002). Además, otras investigaciones indican que las pruebas de salto vertical pueden servir para valorar la capacidad funcional y el riesgo de caídas en personas mayores (Pijnappels et al., 2008) o para evaluar la funcionalidad en jóvenes con obesidad (Riddiford-Harland et al., 2006). En este sentido cobra especial relevancia clínica el estudio de métodos de evaluación avanzados para evaluar el salto vertical ya que son pruebas que aportan gran información para evaluar las intervenciones en fisioterapia y, por ejemplo, monitorizar el nivel de progreso tras una lesión en las últimas etapas de pacientes incluidos en protocolos de fisioterapia encaminados a recuperar la capacidad funcional.

Para evaluar el salto vertical existen diferentes herramientas validadas como son las plataformas de fuerza o sistemas de video-análisis, y recientemente se ha investigado el uso de sensores inerciales para medir el salto vertical (Casartelli et al., 2010; Choukou et al., 2014; Nuzzo et al., 2011; Picerno et al., 2011). Los sensores inerciales ofrecen la posibilidad de medir variables relacionadas con el movimiento, como la aceleración o la velocidad angular, en distintos escenarios clínicos y de investigación debido a su reducido tamaño (Cuesta-Vargas, Galan-Mercant, et al., 2010). Las últimas generaciones

de smartphone incluyen entre sus componentes sensores inerciales que han demostrado ser válidos para medir el movimiento humano (Galán-Mercant & Cuesta-Vargas, 2013b; Nishiguchi et al., 2014).

El presente capítulo está compuesto por dos estudios en los que se investigó el uso de los sensores inerciales incluidos en un smartphone en la evaluación de diferentes pruebas de salto vertical en población adulta sana. En el artículo I se analiza las diferencias por género de dos pruebas de salto vertical (SJ y CMJ) a través de un smartphone. En el artículo II se describe el análisis de una prueba polimétrica de salto vertical (DJ) desde diferentes alturas utilizando un smartphone.



Artículo I. Análisis cinético y cinemático por género en diferentes pruebas de salto basado en el sensor inercial de un smartphone

Kinetic and kinematic analysis by gender in different jump tests based on a smartphone inertial sensor

*Publicado en Revista Brasileira de Medicina do Esporte: julio/agosto 2018.*

<http://dx.doi.org/10.1590/1517-869220182404186682>

## Resumen

Las pruebas de salto vertical pueden ser utilizadas como estimaciones de potencia muscular, capacidad física, desarrollo motor y capacidad funcional. La capacidad de salto puede ser analizada a través de diferentes métodos, entre ellos el uso de sensores inerciales.

El objetivo del presente estudio fue describir y analizar las características cinemáticas utilizando el sensor inercial integrado en el iPhone 4S® y las variables de la alfombra de contacto en las pruebas de salto squat jump (SJ) y counter movement jump (CMJ).

Se realizó un estudio transversal analítico con 27 adultos jóvenes sanos. Las principales variables de resultado fueron la aceleración lineal en los tres ejes del movimiento, tiempo de vuelo, tiempo de contacto, altura de salto y dinamometría de los extensores de rodilla. La rho de Spearman se utilizó para el análisis de la correlación entre las variables. La prueba de U Mann-Whitney de suma de rangos se utilizó para el análisis de variación entre los grupos de estudio.

La mayor diferencia entre grupos (género) fue en las variables de dinamometría ( $p < 0,001$ ) y tiempo de contacto ( $p < 0,001$ ). Las mayores diferencias localizadas entre los grupos (género) fue en la prueba CMJ ( $p < 0,001$ ).

El sensor inercial incorporado en el smartphone demostró una correlación con la alfombra de contacto y la dinamometría. Las puntuaciones durante la saltametría en el sexo masculino (cinemática y cinética) fueron más altas que en el femenino.



Artículo II. Análisis cinemático móvil en la prueba drop jump a diferentes alturas basado en el sensor inercial de un smartphone

Kinematic mobile drop jump analysis at different heights based on a smartphone inertial sensor

*Aceptado para su publicación en Journal of Human Kinetics: Julio 2020*

<https://dx.doi.org/10.2478%2Fhukin-2019-0131>

## Resumen

El propósito de este estudio fue describir las variables de aceleración en una prueba de salto pliométrica utilizando el sensor inercial integrado en un smartphone iPhone 4S®, y las variables de salto de una alfombra de contacto. Se llevó a cabo un estudio transversal analítico en el que participaron 16 adultos jóvenes sanos. La aceleración lineal, el tiempo de vuelo, el tiempo de contacto y la altura del salto se midieron en una prueba pliométrica de salto Drop Jump desde un cajón de 60 cm y de 30 cm. Se encontraron mayores valores de aceleración en la prueba de salto desde 60 cm; lo mismo se observó para los valores de la alfombra de contacto. Se realizó un análisis de regresión múltiple para los valores de la alfombra de contacto. Se realizó un análisis de regresión múltiple para cada prueba de salto: la altura del salto se utilizó como variable dependiente, y las variables más relevantes se utilizaron como variables predictoras (peso y velocidad angular máxima en el eje Y para el análisis del salto desde 60 cm, y peso y aceleración máxima en el eje Z para el salto desde 30 cm). Encontramos un modelo de regresión significativo para la prueba de salto desde 60 cm ( $R^2 = 0,515$ ,  $p < 0,001$ ) y para la prueba de 30 cm ( $R^2 = 0,460$ ,  $p < 0,01$ ). De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, el sensor inercial incorporado en el iPhone 4S® es capaz de medir la aceleración en adultos jóvenes sanos en la realización de una prueba de salto vertical pliométrica desde un cajón. Las variables cinemáticas de aceleración son más altas en la prueba de salto desde el cajón de 60 cm que en la de 30 cm.



## Capítulo 2. Evaluación del movimiento humano en escenarios clínicos ambulatorios.

### Discusión capítulo 2.

Mediante los artículos que componen el presente capítulo se describió y analizó la cinética y cinemática de diferentes pruebas de salto vertical a través de los sensores inerciales de un smartphone. En el artículo I se encontraron diferencias por sexo en cuanto a los valores de aceleración obtenidos con un smartphone iPhone 4S® en las pruebas SJ y CMJ, el tiempo y altura de vuelo medidos con una alfombra de contacto y la dinamometría de miembros inferiores. Los resultados del artículo I mostraron que los hombres fueron capaces de obtener mayores valores de aceleración durante las pruebas SJ y CMJ que las mujeres. Estas diferencias coinciden con la diferencias existente entre sexos en cuanto a la función muscular en el ciclo de acortamiento-estiramiento del músculo que permitiría a los hombres generar una mayor aceleración en las pruebas de salto vertical (Bojsen-Møller et al., 2005b; G Laffaye et al., 2016; Guillaume Laffaye & Choukou, 2010). Estas diferencias por sexo deben tenerse en cuenta en contextos clínicos a la hora de realizar evaluaciones funcionales con sensores inerciales. Además, se localizaron relaciones entre las variables cinemáticas derivadas de los sensores inerciales del smartphone y las variables de la alfombra de contacto y la dinamometría en miembros inferiores, lo que indica la relevancia clínica de las variables obtenidas con el smartphone.

En el artículo II se pudo observar que las variables de aceleración obtenidas con un smartphone iPhone 4S® ajustadas por el peso corporal pueden explicar las variables de

saltimetría obtenidas con una alfombra de contacto en la prueba de salto vertical Drop Jump (DJ) desde diferentes alturas. Por otro lado, se obtuvieron mayores valores de aceleración y menores tiempos de contacto al realizar la prueba desde 60 cm frente a realizarla desde 30 cm. Estas diferencias están alineadas con la literatura previa (Ball et al., 2010; Peng, 2011). Un estudio (Whatman et al., 2013) observó una falta de sensibilidad a la hora de evaluar la prueba DJ visualmente por parte de fisioterapeutas en comparación con otras pruebas funcionales. Este problema podría ser solventado con el uso de aplicaciones móviles para evaluar la prueba DJ, ya que como se observa en el artículo II los sensores inerciales presentes en los smartphone de últimas generaciones son capaces de ofrecer información valiosa sobre la cinemática corporal durante las pruebas DJ.

Las aportaciones de los artículos que componen el presente capítulo muestran que los sensores inerciales incluidos en las últimas generaciones de smartphone pueden ser una herramienta de bajo coste para realizar evaluaciones avanzadas con gran aplicabilidad práctica en diferentes contextos clínicos para, por ejemplo, valorar de forma objetiva y precisa el estado funcional de un paciente a la hora de prescribir y orientar un programa de fisioterapia o monitorizar la mejora funcional de las diversas intervenciones terapéuticas utilizadas.



**CAPÍTULO 3.**

**EVALUACIÓN DEL MOVIMIENTO**

**HUMANO EN ESCENARIOS CLÍNICOS**

**HOSPITALARIOS**



## Capítulo 3. Evaluación del movimiento humano en escenarios clínicos hospitalarios.

### Introducción capítulo 3.

Uno de los factores más importantes la hora de realizar evaluaciones de salud en personas mayores es la valoración del sistema neuromuscular, ya que el declive de la función muscular suele reducir la capacidad funcional (Doherty, 2003). La funcionalidad es uno de los indicadores más importantes de salud en los adultos mayores, ya que está relacionada con la fragilidad y el estado cognitivo (Tabue-Teguo et al., 2018) y es una de las medidas de resultados recomendadas en investigación y en la práctica clínica (Reginster et al., 2016). Una de las principales causas de la pérdida de capacidad funcional con la edad es la sarcopenia. La sarcopenia consiste en la pérdida de masa muscular y función muscular asociada a la edad (Alfonso J. Cruz-Jentoft et al., 2019) y tiene importantes consecuencias sobre la salud como son la pérdida de independencia, la fragilidad o el aumento de la comorbilidad y la mortalidad (K.-V. Chang, Chen, et al., 2018; A. J. Cruz-Jentoft & Michel, 2013; Saka et al., 2016). Además, la baja masa muscular se ha propuesto como una condición incluida en la definición de la malnutrición (Jensen et al., 2019). Por otro lado, aparte de los cambios en la cantidad de músculo, también se ha observado que se produce un reducción de la calidad muscular por la acumulación de tejido no contráctil en el músculo (Doherty, 2003; B. H. Goodpaster et al., 2001). Debido a la gran importancia para la salud de preservar el sistema neuromuscular es de gran interés investigar nuevos métodos de valoración válidos y accesibles para la valoración muscular en diferentes contextos clínicos. En este

sentido la ecografía es un método seguro y de bajo coste para evaluar el estado de músculos específicos (Arts et al., 2010; Caresio et al., 2015; Pahor et al., 2009) y podría ser un método fiable para medir la masa muscular y valorar la sarcopenia (Nijholt et al., 2017).

En el presente capítulo se estudia el uso de métodos avanzados de evaluación con el uso de la ecografía musculoesquelética en la valoración integral del paciente geriátrico a través de los artículos III y IV que componen esta tesis. En el artículo III se analizan las relaciones existentes entre la arquitectura muscular del músculo recto femoral y una prueba funcional de potencia en miembros inferiores en adultos mayores. En el artículo IV se estudia la relación de variables de arquitectura y calidad muscular en el miembro inferior medidas con ecografía y la valoración del estado nutricional en adultos mayores institucionalizados.



Artículo III. Contribución del grosor muscular en la habilidad de sentarse-  
levantarse en adultos mayores institucionalizados

Muscle thickness contribution to sit-to-stand ability in institutionalized  
older adults

*Publicado en Aging Clinical and Experimental Research: 28 de agosto de 2019*

<https://doi.org/10.1007/s40520-019-01328-x>

## Resumen

La ecografía es una herramienta de bajo coste, segura y accesible para usar en la evaluación de la masa muscular. Las relaciones entre el grosor muscular y la función de las extremidades inferiores no se han investigado en personas mayores institucionalizadas.

El propósito del presente estudio fue investigar las asociaciones entre la capacidad de sentarse y levantarse, el grosor muscular del músculo recto femoral medido por ecografía, la fuerza de prensión de las manos y la antropometría en una población de adultos mayores institucionalizados.

Doce adultos mayores (nueve mujeres y tres hombres, edad media  $86 \pm 7$  años, índice de masa corporal  $24 \pm 3$  kg/m<sup>2</sup>) participaron en este estudio transversal analítico. Se midió la capacidad de levantarse y sentarse usando una prueba de cinco repeticiones, el grosor muscular del músculo recto femoral usando ecografía en modo B, la fuerza de prensión de la mano y la antropometría. Las relaciones de las variables se analizaron mediante el coeficiente de correlación de Pearson y un análisis de regresión lineal múltiple.

Se encontraron correlaciones bivariadas significativas entre el grosor muscular del músculo recto femoral y la prueba de sentarse y levantarse ( $p < 0,05$ ). El análisis de regresión lineal múltiple mostró asociaciones entre el grosor muscular del músculo recto femoral y la prueba de sentarse y levantarse, tras ajustarse por el índice de masa corporal y la edad ( $p < 0,0001$ ).

El grosor del músculo recto femoral en máxima contracción voluntaria ajustado por el índice de masa corporal y la edad fueron predictores del rendimiento físico. Las variables independientes explicaron el 78,6% de la varianza en la prueba funcional de sentarse y levantarse.

Las conclusiones de este estudio fueron que el grosor muscular del músculo recto femoral medido con ecografía, el índice de masa corporal y la edad podrían explicar la funcionalidad en adultos mayores institucionalizados medidos por la prueba de sentarse y levantarse de cinco repeticiones.



Artículo IV. Evaluación muscular ecográfica y estado nutricional en adultos  
mayores institucionalizados: un estudio piloto

Ultrasound Muscle Assessment and Nutritional Status in Institutionalized  
Older Adults: A Pilot Study

*Publicado en Nutrients: 31 de Mayo de 2019*

<https://doi.org/10.3390/nu11061247>

## Resumen

El grosor muscular, medido por ecografía, ha sido investigado para la evaluación nutricional en adultos mayores, sin embargo, no se han estudiado las asociaciones entre los parámetros de ecografía muscular en la extremidad inferior y el estado nutricional.

El objetivo de este estudio fue investigar la relación entre el grosor muscular, la ecointensidad muscular (EI) y el estado nutricional en los residentes de un centro geriátrico.

Se realizó un estudio transversal anaítico en el que participaron 19 adultos mayores de una residencia geriátrica de Málaga (España). Se evaluaron músculos de la pierna mediante ecografía muscular, datos antropométricos, función física medida por la velocidad de marcha y la batería de rendimiento físico corto (SPPB), fuerza (fuerza de los extensores de rodilla y fuerza de prensión de la mano) y el estado nutricional a través de la prueba mini-evaluación nutricional versión corta (MNA-SF).

Tras el análisis de los datos se encontró que el grosor muscular evaluado por ecografía predice independientemente el estado nutricional medido a través de la prueba MNA-SF y después de ajustarse por la fuerza de prensión de la mano o la edad y el sexo. Como hallazgos secundarios, encontramos relaciones entre la fuerza, la capacidad funcional y la prueba MNA-SF.

Estos resultados sugieren que los parámetros de ecografía muscular de las piernas podrían utilizarse como un método objetivo de bajo coste para la evaluación muscular en la evaluación nutricional en adultos mayores.



## Capítulo 3. Evaluación del movimiento humano en escenarios clínicos hospitalarios.

### Discusión capítulo 3.

Los artículos que componen el presente capítulo han estudiado el análisis de las variables musculares medidas con ecografía en la evaluación integral del adulto mayor. En el artículo III se estudiaron las relaciones entre la fuerza, la arquitectura muscular y la capacidad funcional en miembros inferiores de adultos mayores institucionalizados. A través de este estudio se observó que el grosor del músculo recto femoral en máxima contracción voluntaria ajustado por el índice de masa corporal y la edad pueden explicar el desempeño de adultos mayores en la prueba “sit-to-stand”. Estos resultados coinciden con los resultados de un estudio previo en el que se utilizó la prueba “sit-to-stand” para predecir la sección transversal del cuádriceps (Saito et al., 2016).

En el artículo IV se analizaron las asociaciones existentes entre los parámetros ecográficos en músculos de los miembros inferiores y el estado nutricional de adultos mayores institucionalizados. El principal hallazgo de esta investigación fue la asociación encontrada entre la evaluación ecográfica de músculos de la pierna y la evaluación nutricional, observándose que el grosor muscular de forma independiente y ajustado por la edad y el sexo pueden predecir el estado nutricional evaluado con la prueba “Mini nutritional assessment”. Estos resultados coinciden con la literatura previa en la que se ha estudiado ampliamente la relación entre el grosor muscular del aductor del pulgar y el estado nutricional en diferentes poblaciones tanto ambulatorias como hospitalarias (Pereira et al., 2018; Soares & Vicentini, 2018) y concretamente en adultos mayores

institucionalizados (Schwanke et al., 2018; Volpini & Frangella, 2013). Sin embargo, el artículo IV supone el primer estudio en el que se ha investigado el grosor muscular en el miembro inferior como un indicador nutricional en la valoración de adultos mayores. Siendo los músculos del miembro inferior los que mayor relación guardan con la capacidad funcional (Marsh et al., 2009; Selva Raj et al., 2017), los resultados del artículo IV suponen un aporte con gran relevancia para la práctica clínica. Estos resultados sirvieron para apoyar el uso de la ecografía en el miembro inferior como un método objetivo de bajo coste para la evaluación muscular en la valoración nutricional de adultos mayores. El uso de una valoración muscular mediante ecografía podría permitir un mejor cribado nutricional en entornos hospitalarios e instituciones socio-sanitarias para lograr una mejor atención sanitaria, permitiendo una mejor elección terapéutica en pacientes con déficits nutricionales o adoptar medidas preventivas gracias a una detección precoz de una situación de riesgo nutricional.

Los resultados de los artículos que forma parte del presente capítulo aportan nueva información acerca del uso de la ecografía en la valoración geriátrica integral. La ecografía ha demostrado ser una herramienta de gran valor debido a su gran disponibilidad en la práctica clínica y a sus procedimientos rápidos, seguros y de bajo coste. Una mejor valoración de la cantidad y la calidad muscular con la inclusión de pruebas ecográficas en la práctica clínica habitual puede permitir desarrollar mejores estrategias preventivas y llevar a cabo mejores planes de intervención en fisioterapia en el manejo integral de adultos mayores permitiendo un mejor aprovechamiento de los recursos sanitarios y una reducción del gasto económico y social.



## **CAPÍTULO 4.**

# **DISCUSIÓN GENERAL**

## Capítulo 4. Discusión general

Para mejorar la práctica clínica en fisioterapia es de vital importancia perfeccionar los procedimientos de evaluación de los pacientes con el objetivo de mejorar el proceso asistencial. Es de gran utilidad diseñar sistemas avanzados de valoración que nos permitan estratificar de manera más precisa a los pacientes y, de esta manera, poder realizar una mejor elección de tratamiento para proporcionar una mejor atención sanitaria según el grado de severidad que presenten. Por otro lado, el uso de métodos objetivos y precisos de evaluación nos permite evaluar de mejor forma el progreso de los usuarios incluidos en programas de fisioterapia para poder ajustar las necesidades terapéuticas a lo largo del proceso asistencial. Entre las variables a evaluar destaca la medición del movimiento humano como uno de los pilares fundamentales en la valoración de fisioterapia. Variables finalistas relacionadas con el movimiento humano han demostrado ser potentes predictores de morbilidad y mortalidad (Toots et al., 2013; Veronese et al., 2016) y se ha recomendado su uso como principal biomarcador en estudios terapéuticos y preventivos (Reginster et al., 2016). En este sentido la valoración del movimiento humano y las capacidades funcionales ha evolucionado desde sistemas tradicionales de medición, como el uso del goniómetro, hacia la implementación de sistemas de medición avanzados con el uso de las nuevas tecnologías, como por ejemplo sistemas de sensores inerciales (Martínez-Ramírez et al., 2015; Vervoort et al., 2016) o el uso de la ecografía en la medición de variables relacionadas con el movimiento humano (Nijholt et al., 2017).

Mediante los artículos que componen esta Tesis, se describen y analizan métodos de evaluación avanzados del movimiento humano con el uso de la ecografía y los sensores

inerciales en la valoración de pacientes ambulatorios e institucionalizados. En los artículos I y II se analizan las variables de saltimetría en diferentes pruebas destinadas a evaluar el desempeño funcional en adultos sanos a través del uso de los sensores inerciales de un smartphone. Por otro lado, en los artículos III y IV se analizaron variables musculares mediante ecografía para valorar la masa muscular en músculos específicos de miembros inferiores y se relacionaron con las pruebas más relevantes de la evaluación integral de adultos mayores institucionalizados. El uso de estos nuevos sistemas de adquisición de datos relacionados con las capacidades funcionales de los pacientes nos da la posibilidad de contar con una cantidad mayor de información objetivable, como por ejemplo pueden ser las señales de aceleración o la velocidad angular en la realización de tareas funcionales o la medición del cambio del grosor muscular durante una prueba isométrica de fuerza máxima, que otros métodos de valoración tradicionales.

El uso de sensores inerciales en la parametrización del movimiento humano ha demostrado ser una herramienta de gran valor para clasificar a los pacientes según la severidad que presenten en diferentes poblaciones clínicas (Cuesta-Vargas, Galán-Mercant, et al., 2010). Estudios previos han estudiado el uso de sensores inerciales para la evaluación del equilibrio en pacientes con ictus (Merchán-Baeza et al., 2015; Perez-Cruzado et al., 2014), valorar la fragilidad en pacientes de edad avanzada (Martínez-Ramírez et al., 2015), parametrizar pruebas funcionales (Galán-Mercant & Cuesta-Vargas, 2013b, 2014), cuantificar la funcionalidad de la prensión de la mano (Martin-Martin & Cuesta-Vargas, 2014) o valorar la función del miembro superior en pacientes con patología de hombro (Roldán-Jiménez & Cuesta-Vargas, 2015). Por otro lado, la

ecografía también ha demostrado tener gran valor a la hora de discriminar entre diferentes grupos de pacientes. Estudios previos han estudiado el uso de ecografía para clasificar pacientes con dolor lumbar (Cuesta-Vargas & González-Sánchez, 2014), valorar puntos gatillo en pacientes con fibromialgia (Muro-Culebras & Cuesta-Vargas, 2013) o evaluar variables relacionadas con la marcha en supervivientes de ictus (Ruiz-Muñoz et al., 2016). La literatura previa mencionada apoya el uso de herramientas de valoración avanzadas a través de nuevas tecnologías para el estudio del movimiento humano en diferentes poblaciones, coincidiendo con los resultados de los artículos que componen la presente tesis. En el artículo I se realizó un análisis segmentado por sexo de pruebas de salto vertical evaluadas con los sensores inerciales de un smartphone. Los resultados del artículo II mostraron que las variables obtenidas con los sensores inerciales de un smartphone pueden predecir la fuerza elástico-reactiva de los miembros inferiores evaluada con una prueba pliométrica de salto. Estas aportaciones apoyan el uso del smartphone como una herramienta de bajo coste, accesible y de reducido tamaño para su uso en diferentes escenarios, tanto clínicos como de investigación, para la evaluación del desempeño físico. Esta herramienta nos permite, en contextos clínicos, contar con medidas objetivas y precisas relacionadas indirectamente con las capacidades físicas de los pacientes que facilita un mejor conocimiento del estado de los pacientes para seleccionar la mejor opción terapéutica y para, por ejemplo, monitorizar la progresión de pacientes en programas de fisioterapia. Por otro lado, en el artículo III se observó cómo la valoración del grosor muscular con ecografía puede predecir la funcionalidad del miembro inferior en adultos mayores. En el artículo IV se mostró que la valoración muscular con ecografía puede explicar un gran porcentaje del estado nutricional en adultos mayores. Estos resultados

sugieren que el uso de la ecografía puede ser de gran utilidad para clasificar pacientes en entornos hospitalarios según la severidad que presenten para llevar a cabo las estrategias de prevención o de tratamiento más adecuadas.

En la presente tesis se han estudiado métodos de evaluación avanzados con el uso de sensores inerciales y ecografía muscular en la evaluación de fisioterapia en pacientes de ámbitos ambulatorios y hospitalarios. La mejora de las herramientas de medición de variables de gran relevancia clínica en fisioterapia se traduce en una mejora de la calidad asistencial al facilitar la toma de decisiones entre clínico y paciente. En este sentido, la valoración y cuantificación del movimiento humano es fundamental a la hora de orientar el plan terapéutico en fisioterapia. El uso de nuevas tecnologías en la valoración de variables relacionadas con el movimiento humano nos aporta nueva información para clasificar a los pacientes según sus capacidades funcionales de forma más precisa. Los resultados de esta tesis muestran que tanto los sensores inerciales como la evaluación de variables musculares mediante ecografía son herramientas de gran utilidad para mejorar la valoración funcional en fisioterapia y pueden ayudar a realizar una mejor clasificación y seguimiento de pacientes tanto en contextos de investigación como en la práctica clínica.



# BIBLIOGRAFÍA GENERAL



## Bibliografía general

Abe, T., Loenneke, J. P., & Thiebaud, R. S. (2015). Morphological and functional relationships with ultrasound measured muscle thickness of the lower extremity: A brief review. *Ultrasound: Journal of the British Medical Ultrasound Society*, 23(3), 166-173.

<https://doi.org/10.1177/1742271X15587599>

Abe, T., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., & Fukunaga, T. (2014). Age-related site-specific muscle wasting of upper and lower extremities and trunk in Japanese men and women. *Age*, 36(2), 813-821. <https://doi.org/10.1007/s11357-013-9600-5>

Abe, T., Patterson, K. M., Stover, C. D., Geddam, D. A. R., Tribby, A. C., Lajza, D. G., & Young, K. C. (2014). Site-specific thigh muscle loss as an independent phenomenon for age-related muscle loss in middle-aged and older men and women. *Age*, 36(3).

<https://doi.org/10.1007/s11357-014-9634-3>

Abe, T., Thiebaud, R. S., Loenneke, J. P., Ogawa, M., & Mitsukawa, N. (2014). Association between forearm muscle thickness and age-related loss of skeletal muscle mass, handgrip and knee extension strength and walking performance in old men and women: A pilot study. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 40(9), 2069-2075.

<https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2014.05.003>

Adigüzel, E., & Acar-Tek, N. (2019). Nutrition-related parameters predict the health-related quality of life in home care patients. *Experimental Gerontology*, 120, 15-20.

<https://doi.org/10.1016/j.exger.2019.02.018>

Alegre, L. M., Lara, A. J., Lelvira, J. L., & Aguado, X. (2009). Muscle morphology and jump

performance: Gender and intermuscular variability. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(3), 320-326.

Alley, D. E., Shardell, M. D., Peters, K. W., McLean, R. R., Dam, T.-T. L., Kenny, A. M., Fragala, M. S., Harris, T. B., Kiel, D. P., Guralnik, J. M., Ferrucci, L., Kritchevsky, S. B., Studenski, S. A., Vassileva, M. T., & Cawthon, P. M. (2014). Grip Strength Cutpoints for the Identification of Clinically Relevant Weakness. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 69(5), 559-566.  
<https://doi.org/10.1093/gerona/glu011>

Aragón, L. F. (2000). Evaluation of Four Vertical Jump Tests: Methodology, Reliability, Validity, and Accuracy. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 4(4), 215-228. [https://doi.org/10.1207/S15327841MPEE0404\\_2](https://doi.org/10.1207/S15327841MPEE0404_2)

Arts, I. M. P., Pillen, S., Schelhaas, H. J., Overeem, S., & Zwarts, M. J. (2010). Normal values for quantitative muscle ultrasonography in adults. *Muscle & Nerve*, 41(1), 32-41.  
<https://doi.org/10.1002/mus.21458>

Asmussen, E., & Bonde-Petersen, F. (1974). Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 91(3), 385-392. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1974.tb05693.x>

Bales, C. W., & Ritchie, C. S. (2002). Sarcopenia, weight loss, and nutritional frailty in the elderly. *Annual Review of Nutrition*, 22, 309-323.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.22.010402.102715>

Ball, N. B., Stock, C. G., & Scurr, J. C. (2010). Bilateral contact ground reaction forces and

contact times during plyometric drop jumping. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 24(10), 2762-2769.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc2408>

Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockety, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 1-6. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>

Balsalobre-Fernández, C., Tejero-González, C. M., del Campo-Vecino, J., & Bavaresco, N. (2014). The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 28(2), 528-533.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318299a52e>

Bandinelli, S., Benvenuti, E., Del Lungo, I., Baccini, M., Benvenuti, F., Di Iorio, A., & Ferrucci, L. (1999). Measuring muscular strength of the lower limbs by hand-held dynamometer: A standard protocol. *Aging (Milan, Italy)*, 11(5), 287-293.

Barr, M. J., & Nolte, V. W. (2011). Which measure of drop jump performance best predicts sprinting speed? *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 25(7), 1976-1982.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e4f7ba>

Benefice, E., & Malina, R. (1996). Body size, body composition and motor performances of mild-to-moderately undernourished Senegalese children. *Annals of human biology*, 23(4), 307-321. <https://doi.org/10.1080/03014469600004542>

Bergman, R. J., Spellman, J. W., Hall, M. E., & Bergman, S. M. (2012). Is there a valid app for that? Validity of a free pedometer iPhone application. *Journal of Physical Activity & Health, 9*(5), 670-676.

Blackburn, J. T., & Padua, D. A. (2009). Sagittal-plane trunk position, landing forces, and quadriceps electromyographic activity. *Journal of Athletic Training, 44*(2), 174-179. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-44.2.174>

Bobbert, M. F., Gerritsen, K. G., Litjens, M. C., & Van Soest, A. J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Medicine and Science in Sports and Exercise, 28*(11), 1402-1412.

Bobbert, M. F., & van Soest, A. J. (2001). Why do people jump the way they do? *Exercise and Sport Sciences Reviews, 29*(3), 95-102. <https://doi.org/10.1097/00003677-200107000-00002>

Bohannon, R. W. (1995). Sit-to-stand test for measuring performance of lower extremity muscles. *Perceptual and Motor Skills, 80*(1), 163-166. <https://doi.org/10.2466/pms.1995.80.1.163>

Bojsen-Møller, J., Magnusson, S. P., Rasmussen, L. R., Kjaer, M., & Aagaard, P. (2005a). Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985), 99*(3), 986-994. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01305.2004>

Bojsen-Møller, J., Magnusson, S. P., Rasmussen, L. R., Kjaer, M., & Aagaard, P. (2005b). Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced

by the stiffness of the tendinous structures. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 99(3), 986-994. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01305.2004>

Bonnet, V., Mazza, C., Fraisse, P., & Cappozzo, A. (2013). Real-time estimate of body kinematics during a planar squat task using a single inertial measurement unit. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 60(7), 1920-1926. <https://doi.org/10.1109/TBME.2013.2245131>

Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983a). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273-282.

Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983b). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273-282.

Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983c). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273-282.

Buckthorpe, M., Morris, J., & Folland, J. P. (2012). Validity of vertical jump measurement devices. *Journal of Sports Sciences*, 30(1), 63-69. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.624539>

Buford, T. W., Lott, D. J., Marzetti, E., Wohlgemuth, S. E., Vandenborne, K., Pahor, M., Leeuwenburgh, C., & Manini, T. M. (2012). Age-related Differences in Lower Extremity Tissue Compartments and Associations with Physical Function in Older Adults.

*Experimental gerontology*, 47(1), 38-44. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2011.10.001>

Cadore, E. L., Izquierdo, M., Conceição, M., Radaelli, R., Pinto, R. S., Baroni, B. M., Vaz, M. A., Alberton, C. L., Pinto, S. S., Cunha, G., Bottaro, M., & Krueel, L. F. M. (2012). Echo intensity is associated with skeletal muscle power and cardiovascular performance in elderly men. *Experimental Gerontology*, 47(6), 473-478. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2012.04.002>

Caresio, C., Molinari, F., Emanuel, G., & Minetto, M. A. (2015). Muscle echo intensity: Reliability and conditioning factors. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 35(5), 393-403. <https://doi.org/10.1111/cpf.12175>

Carlos-Vivas, J., Martin-Martinez, J. P., Hernandez-Mocholi, M. A., & Perez-Gomez, J. (2016). Validation of the iPhone app using the force platform to estimate vertical jump height. *The Journal of sports medicine and physical fitness*.

Casartelli, N., Müller, R., & Maffiuletti, N. A. (2010). Validity and reliability of the Myotest accelerometric system for the assessment of vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 24(11), 3186-3193. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d8595c>

Castagna, C., Ganzetti, M., Ditroilo, M., Giovannelli, M., Rocchetti, A., & Manzi, V. (2013). Concurrent validity of vertical jump performance assessment systems. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 27(3), 761-768. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31825dbcc5>

Cereda, E., Valzolgher, L., & Pedrolli, C. (2008). Mini nutritional assessment is a good

predictor of functional status in institutionalised elderly at risk of malnutrition. *Clinical Nutrition* (Edinburgh, Scotland), 27(5), 700-705.

<https://doi.org/10.1016/j.clnu.2008.06.001>

Chang, E., Norcross, M. F., Johnson, S. T., Kitagawa, T., & Hoffman, M. (2014). Relationships between explosive and maximal triple extensor muscle performance and vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000652>

Chang, K.-V., Chen, J.-D., Wu, W.-T., Huang, K.-C., Hsu, C.-T., & Han, D.-S. (2018). Association between Loss of Skeletal Muscle Mass and Mortality and Tumor Recurrence in Hepatocellular Carcinoma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Liver Cancer*, 7(1), 90-103. <https://doi.org/10.1159/000484950>

Chang, K.-V., Hsu, T.-H., Wu, W.-T., Huang, K.-C., & Han, D.-S. (2016). Association Between Sarcopenia and Cognitive Impairment: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Medical Directors Association*, 17(12), 1164.e7-1164.e15. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2016.09.013>

Chang, K.-V., Hsu, T.-H., Wu, W.-T., Huang, K.-C., & Han, D.-S. (2017). Is sarcopenia associated with depression? A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Age and Ageing*, 46(5), 738-746. <https://doi.org/10.1093/ageing/afx094>

Chang, K.-V., Wu, W.-T., Huang, K.-C., Jan, W. H., & Han, D.-S. (2018). Limb muscle quality and quantity in elderly adults with dynapenia but not sarcopenia: An ultrasound imaging study. *Experimental Gerontology*, 108, 54-61.

<https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.03.019>

Chmielewski, T. L., Hodges, M. J., Horodyski, M., Bishop, M. D., Conrad, B. P., & Tillman, S. M. (2007). Investigation of clinician agreement in evaluating movement quality during unilateral lower extremity functional tasks: A comparison of 2 rating methods. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 37(3), 122-129. <https://doi.org/10.2519/jospt.2007.2457>

Choukou, M.-A., Laffaye, G., & Taiar, R. (2014). Reliability and validity of an accelerometer system for assessing vertical jumping performance. *Biology of Sport / Institute of Sport*, 31(1), 55-62. <https://doi.org/10.5604/20831862.1086733>

Clegg, A., Rogers, L., & Young, J. (2015). Diagnostic test accuracy of simple instruments for identifying frailty in community-dwelling older people: A systematic review. *Age and Ageing*, 44(1), 148-152. <https://doi.org/10.1093/ageing/afu157>

Correia, M. I. T. D., & Waitzberg, D. L. (2003). The impact of malnutrition on morbidity, mortality, length of hospital stay and costs evaluated through a multivariate model analysis. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 22(3), 235-239.

Cruz-Jentoft, A. J., & Michel, J.-P. (2013). Sarcopenia: A useful paradigm for physical frailty. *European Geriatric Medicine*, 4(2), 102-105. <https://doi.org/10.1016/j.eurger.2013.02.009>

Cruz-Jentoft, Alfonso J., Baeyens, J. P., Bauer, J. M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F., Martin, F. C., Michel, J.-P., Rolland, Y., Schneider, S. M., Topinková, E., Vandewoude, M., & Zamboni, M. (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*, 39(4), 412-423. <https://doi.org/10.1093/ageing/afq034>

Cruz-Jentoft, Alfonso J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A. A., Schneider, S. M., Sieber, C. C., Topinkova, E., Vandewoude, M., Visser, M., Zamboni, M., & Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. (2019). Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing*, 48(1), 16-31. <https://doi.org/10.1093/ageing/afy169>

Csuka, M., & McCarty, D. J. (1985). Simple method for measurement of lower extremity muscle strength. *The American Journal of Medicine*, 78(1), 77-81.

Cuesta-Vargas, A. I., Galan-Mercant, A., & Williams, J. M. (2010). The use of inertial sensors system for human motion analysis. *Physical Therapy Reviews*, 15(6), 462-473. <https://doi.org/10.1179/1743288X11Y.0000000006>

Cuesta-Vargas, A. I., Galán-Mercant, A., & Williams, J. M. (2010). The use of inertial sensors system for human motion analysis. *Physical Therapy Reviews: PTR*, 15(6), 462-473. <https://doi.org/10.1179/1743288X11Y.0000000006>

Cuesta-Vargas, A. I., & González-Sánchez, M. (2014). Ability to discriminate between healthy and low back pain sufferers using ultrasound during maximum lumbar extension. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(6), 1093-1099. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.01.023>

Deheeger, M., & Rolland-Cachera, M. F. (2004). [Longitudinal study of anthropometric measurements in Parisian children aged ten months to 18 years]. *Archives De Pediatrie: Organe Officiel De La Societe Francaise De Pediatrie*, 11(9), 1139-1144. <https://doi.org/10.1016/j.arcped.2004.04.010>

Delahunt, E., Sweeney, L., Chawke, M., Kelleher, J., Murphy, K., Patterson, M., & Prendiville, A. (2012). Lower limb kinematic alterations during drop vertical jumps in female athletes who have undergone anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic Research*, 30(1), 72-78. <https://doi.org/10.1002/jor.21504>

Di Cagno, A., Baldari, C., Battaglia, C., Monteiro, M. D., Pappalardo, A., Piazza, M., & Guidetti, L. (2009). Factors influencing performance of competitive and amateur rhythmic gymnastics—Gender differences. *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia*, 12(3), 411-416. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.01.006>

Dias, J. A., Dal Pupo, J., Reis, D. C., Borges, L., Santos, S. G., Moro, A. R. P., & Borges, N. G., Jr. (2011). Validity of two methods for estimation of vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 25(7), 2034-2039. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e73f6e>

Dobbs, C. W., Gill, N. D., Smart, D. J., & McGuigan, M. R. (2014). Relationship between vertical and horizontal jump variables and muscular performance in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000694>

Doherty, T. J. (2003). Invited Review: Aging and sarcopenia. *Journal of Applied Physiology*, 95(4), 1717-1727. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00347.2003>

Dowling, A. V, Favre, J., & Andriacchi, T. P. (2011). A wearable system to assess risk for anterior cruciate ligament injury during jump landing: Measurements of temporal events, jump height, and sagittal plane kinematics. *Journal of Biomechanical Engineering*, 133(071008), 1-7. <https://doi.org/10.1115/1.4004413>

Fess E. (1992). Grip strength. En Casanova JS (Ed.), *Clinical assessment recommendations* (2 ed, pp. 41-45). American Society of Hand Therapists.

Fiatarone, M. A., O'Neill, E. F., Ryan, N. D., Clements, K. M., Solares, G. R., Nelson, M. E., Roberts, S. B., Kehayias, J. J., Lipsitz, L. A., & Evans, W. J. (1994). Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *The New England Journal of Medicine*, 330(25), 1769-1775.  
<https://doi.org/10.1056/NEJM199406233302501>

Fragala, M. S., Kenny, A. M., & Kuchel, G. A. (2015). Muscle Quality in Aging: A Multi-Dimensional Approach to Muscle Functioning with Applications for Treatment. *Sports Medicine; Auckland*, 45(5), 641-658.

Frontera, W. R., Suh, D., Krivickas, L. S., Hughes, V. a, Goldstein, R., & Roubenoff, R. (2000). Skeletal muscle fiber quality in older men and women. *American journal of physiology. Cell physiology*, 279(3), C611-C618.

Fukumoto, Y., Ikezoe, T., Yamada, Y., Tsukagoshi, R., Nakamura, M., Mori, N., Kimura, M., & Ichihashi, N. (2012). Skeletal muscle quality assessed from echo intensity is associated with muscle strength of middle-aged and elderly persons. *European Journal of Applied Physiology*, 112(4), 1519-1525. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2099-5>

Functional Outcomes for Clinical Trials in Frail Older Persons: Time To Be Moving. (2008). *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 63(2), 160-164.

Galán-Mercant, A., Barón-López, F. J., Labajos-Manzanares, M. T., & Cuesta-Vargas, A. I.

(2014). Reliability and criterion-related validity with a smartphone used in timed-up-and-go test. *Biomedical engineering online*, 13(1), 156. <https://doi.org/10.1186/1475-925X-13-156>

Galán-Mercant, A., & Cuesta-Vargas, A. I. (2013a). Differences in Trunk Accelerometry Between Frail and Nonfrail Elderly Persons in Sit-to-Stand and Stand-to-Sit Transitions Based on a Mobile Inertial Sensor. *JMIR MHealth and UHealth*, 1(2), e21. <https://doi.org/10.2196/mhealth.2710>

Galán-Mercant, A., & Cuesta-Vargas, A. I. (2013b). Differences in trunk kinematic between frail and nonfrail elderly persons during turn transition based on a smartphone inertial sensor. *BioMed Research International*, 2013, 279197. <https://doi.org/10.1155/2013/279197>

Galán-Mercant, A., & Cuesta-Vargas, A. I. (2014). Mobile Romberg test assessment (mRomberg). *BMC Research Notes*, 7, 640. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-7-640>

Gallardo-Fuentes, F., Gallardo-Fuentes, J., Ramírez-Campillo, R., Balsalobre-Fernández, C., Martínez, C., Caniuqueo, A., Cañas, R., Banzer, W., Loturco, I., Nakamura, F. Y., & Izquierdo, M. (2016). Intersession and Intrasession Reliability and Validity of the My Jump App for Measuring Different Jump Actions in Trained Male and Female Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 30(7), 2049-2056. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001304>

García-López, J., Peleteiro, J., Rodríguez-Marroyo, J. A., Morante, J. C., Herrero, J. A., & Villa, J. G. (2005). The validation of a new method that measures contact and flight times during vertical jump. *International Journal of Sports Medicine*, 26(4), 294-302.

<https://doi.org/10.1055/s-2004-820962>

Gathercole, R. J., Sporer, B. C., Stellingwerff, T., & Sleivert, G. G. (2015). Comparison of the Capacity of Different Jump and Sprint Field Tests to Detect Neuromuscular Fatigue. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 29(9), 2522-2531. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000912>

Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 25(2), 556-560. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d>

Golle, K., Muehlbauer, T., Wick, D., & Granacher, U. (2015). Physical Fitness Percentiles of German Children Aged 9–12 Years: Findings from a Longitudinal Study. *PLoS ONE*, 10(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142393>

Goodpaster, B. H., Carlson, C. L., Visser, M., Kelley, D. E., Scherzinger, A., Harris, T. B., Stamm, E., & Newman, A. B. (2001). Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: The Health ABC Study. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 90(6), 2157-2165. <https://doi.org/10.1152/jappl.2001.90.6.2157>

Goodpaster, Bret H., Krishnaswami, S., Resnick, H., Kelley, D. E., Haggerty, C., Harris, T. B., Schwartz, A. V., Kritchevsky, S., & Newman, A. B. (2003). Association Between Regional Adipose Tissue Distribution and Both Type 2 Diabetes and Impaired Glucose Tolerance in Elderly Men and Women. *Diabetes Care*, 26(2), 372-379. <https://doi.org/10.2337/diacare.26.2.372>

Guerra, R. S., Fonseca, I., Pichel, F., Restivo, M. T., & Amaral, T. F. (2015). Handgrip Strength and Associated Factors in Hospitalized Patients. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 39(3), 322-330. <https://doi.org/10.1177/0148607113514113>

Guralnik, J. M., Simonsick, E. M., Ferrucci, L., Glynn, R. J., Berkman, L. F., Blazer, D. G., Scherr, P. A., & Wallace, R. B. (1994). A Short Physical Performance Battery Assessing Lower Extremity Function: Association With Self-Reported Disability and Prediction of Mortality and Nursing Home Admission. *Journal of Gerontology*, 49(2), M85-M94. <https://doi.org/10.1093/geronj/49.2.M85>

Hasegawa, Y., Yoshida, M., Sato, A., Fujimoto, Y., Minematsu, T., Sugama, J., & Sanada, H. (2019). Temporal muscle thickness as a new indicator of nutritional status in older individuals. *Geriatrics & Gerontology International*, 19(2), 135-140. <https://doi.org/10.1111/ggi.13570>

Ikezoe, T., Asakawa, Y., Fukumoto, Y., Tsukagoshi, R., & Ichihashi, N. (2011). Associations of muscle stiffness and thickness with muscle strength and muscle power in elderly women. *Geriatrics & Gerontology International*, 12(1), 86-92. <https://doi.org/10.1111/j.1447-0594.2011.00735.x>

Innocenti, B., Facchielli, D., Torti, S., & Verza, A. (2006). Analysis of biomechanical quantities during a squat jump: Evaluation of a performance index. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 20(3), 709-715. <https://doi.org/10.1519/R-17815.1>

Ismail, C., Zabal, J., Hernandez, H. J., Woletz, P., Manning, H., Teixeira, C., DiPietro, L., Blackman, M. R., & Harris-Love, M. O. (2015). Diagnostic ultrasound estimates of muscle

mass and muscle quality discriminate between women with and without sarcopenia.

*Frontiers in Physiology*, 6, 302. <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00302>

Janot, J. M., Beltz, N. M., & Dalleck, L. D. (2015). Multiple Off-Ice Performance Variables Predict On-Ice Skating Performance in Male and Female Division III Ice Hockey Players.

*Journal of sports science & medicine*, 14(3), 522-529.

Janssen, I., Heymsfield, S. B., Wang, Z. M., & Ross, R. (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 89(1), 81-88.

Jensen, G. L., Cederholm, T., Correia, M. I. T. D., Gonzalez, M. C., Fukushima, R., Higashiguchi, T., Baptista, G. A. de, Barazzoni, R., Blaauw, R., Coats, A. J. S., Crivelli, A., Evans, D. C., Gramlich, L., Fuchs-Tarlovsky, V., Keller, H., Llido, L., Malone, A., Mogensen, K. M., Morley, J. E., ... Gossum, A. V. (2019). GLIM Criteria for the Diagnosis of Malnutrition: A Consensus Report From the Global Clinical Nutrition Community. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 43(1), 32-40. <https://doi.org/10.1002/jpen.1440>

Kagansky, N., Berner, Y., Koren-Morag, N., Perelman, L., Knobler, H., & Levy, S. (2005). Poor nutritional habits are predictors of poor outcome in very old hospitalized patients. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82(4), 784-791; quiz 913-914. <https://doi.org/10.1093/ajcn/82.4.784>

Kaiser, M. J., Bauer, J. M., Ramsch, C., Uter, W., Guigoz, Y., Cederholm, T., Thomas, D. R., Anthony, P., Charlton, K. E., Maggio, M., Tsai, A. C., Grathwohl, D., Vellas, B., Sieber, C. C., & MNA-International Group. (2009). Validation of the Mini Nutritional Assessment short-form (MNA-SF): A practical tool for identification of nutritional status. *The Journal*

*of Nutrition, Health & Aging, 13(9), 782-788.*

Kanehisa, H., Ikegawa, S., & Fukunaga, T. (1994). Comparison of muscle cross-sectional area and strength between untrained women and men. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 68(2), 148-154.*

Khan, A., Hammerla, N., Mellor, S., & Plötz, T. (2016). Optimising sampling rates for accelerometer-based human activity recognition. *Pattern Recognition Letters, 73, 33-40.*  
<https://doi.org/10.1016/j.patrec.2016.01.001>

Komi, P. V, & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and science in sports, 10(4), 261-265.*

Krivickas, L. S., Suh, D., Wilkins, J., Hughes, V. A., Roubenoff, R., & Frontera, W. R. (2001). Age- and gender-related differences in maximum shortening velocity of skeletal muscle fibers. *American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists, 80(6), 447-455; quiz 456-457.* <https://doi.org/10.1097/00002060-200106000-00012>

Kulas, A. S., Hortobágyi, T., & DeVita, P. (2012). Trunk position modulates anterior cruciate ligament forces and strains during a single-leg squat. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon), 27(1), 16-21.* <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2011.07.009>

Laffaye, G., Choukou, M. A., Benguigui, N., & Padulo, J. (2016). Age- and gender-related development of stretch shortening cycle during a sub-maximal hopping task. *Biology of Sport, 33(1), 29-35.* <https://doi.org/10.5604/20831862.1180169>

Laffaye, G, Choukou, M., Benguigui, N., & Padulo, J. (2016). Age- and gender-related

development of stretch shortening cycle during a sub-maximal hopping task. *Biology of Sport*, 33(1), 29-35. <https://doi.org/10.5604/20831862.1180169>

Laffaye, Guillaume, & Choukou, M. A. (2010). Gender bias in the effect of dropping height on jumping performance in volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 24(8), 2143-2148. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb140>

Lauretani, F., Russo, C. R., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Iorio, A. D., Corsi, A. M., Rantanen, T., Guralnik, J. M., & Ferrucci, L. (2003). Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: An operational diagnosis of sarcopenia. *Journal of Applied Physiology*, 95(5), 1851-1860. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00246.2003>

Lopez, P., Wilhelm, E. N., Rech, A., Minozzo, F., Radaelli, R., & Pinto, R. S. (2016). Echo intensity independently predicts functionality in sedentary older men. *Muscle & Nerve*. <https://doi.org/10.1002/mus.25168>

Lopez, P., Wilhelm, E. N., Rech, A., Minozzo, F., Radaelli, R., & Pinto, R. S. (2017). Echo intensity independently predicts functionality in sedentary older men. *Muscle & Nerve*, 55(1), 9-15. <https://doi.org/10.1002/mus.25168>

Loturco, I., D'Angelo, R. A., Fernandes, V., Gil, S., Kobal, R., Cal Abad, C. C., Kitamura, K., & Nakamura, F. Y. (2014). RELATIONSHIP BETWEEN SPRINT ABILITY AND LOADED/UNLOADED JUMP TESTS IN ELITE SPRIINTERS. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000660>

Macaluso, A., & Vito, G. D. (2004). Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. *European Journal of Applied Physiology*, 91(4), 450-472. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0991-3>

Mahoney, F. I., & Barthel, D. W. (1965). FUNCTIONAL EVALUATION: THE BARTHEL INDEX. *Maryland State Medical Journal*, 14, 61-65.

Malas, F. Ü., Özçakar, L., Kaymak, B., Ulaşlı, A., Güner, S., Kara, M., & Akıncı, A. (2013). Effects of Different Strength Training on Muscle Architecture: Clinical and Ultrasonographic Evaluation in Knee Osteoarthritis. *PM&R*, 5(8), 655-662. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2013.03.005>

Manohar, C. U., McCrady, S. K., Fujiki, Y., Pavlidis, I. T., & Levine, J. A. (2011). Evaluation of the Accuracy of a Triaxial Accelerometer Embedded into a Cell Phone Platform for Measuring Physical Activity. *Journal of Obesity & Weight Loss Therapy*, 1(106).

Marsh, A. P., Miller, M. E., Rejeski, W. J., Hutton, S. L., & Kritchevsky, S. B. (2009). Lower extremity muscle function after strength or power training in older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 17(4), 416-443.

Martínez de la Iglesia, J., Dueñas Herrero, R., Onís Vilches, M. C., Aguado Taberné, C., Albert Colomer, C., & Luque Luque, R. (2001). [Spanish language adaptation and validation of the Pfeiffer's questionnaire (SPMSQ) to detect cognitive deterioration in people over 65 years of age]. *Medicina Clínica*, 117(4), 129-134.

Martínez-Ramírez, A., Martinikorena, I., Gómez, M., Lecumberri, P., Millor, N., Rodríguez-Mañas, L., García García, F. J., & Izquierdo, M. (2015). Frailty assessment

based on trunk kinematic parameters during walking. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 12. <https://doi.org/10.1186/s12984-015-0040-6>

Martin-Martin, J., & Cuesta-Vargas, A. I. (2014). Quantification of functional hand grip using electromyography and inertial sensor-derived accelerations: Clinical implications. *Biomedical Engineering Online*, 13, 161. <https://doi.org/10.1186/1475-925X-13-161>

Mateos-Angulo, A., Galán-Mercant, A., & Cuesta-Vargas, A. (2015). Mobile Jump Assessment (mJump): A Descriptive and Inferential Study. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, 2(2), e7. <https://doi.org/10.2196/rehab.4120>

Maughan, R. J., Watson, J. S., & Weir, J. (1983). Strength and cross-sectional area of human skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, 338, 37-49.

Mayans, D., Cartwright, M. S., & Walker, F. O. (2012). Neuromuscular Ultrasonography: Quantifying Muscle and Nerve Measurements. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 23(1), 133-xii. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2011.11.009>

Mellone, S., Tacconi, C., Schwickert, L., Klenk, J., Becker, C., & Chiari, L. (2012). Smartphone-based solutions for fall detection and prevention: The FARSEEING approach. *Zeitschrift Für Gerontologie Und Geriatrie*, 45(8), 722-727. <https://doi.org/10.1007/s00391-012-0404-5>

Merchán-Baeza, J. A., González-Sánchez, M., & Cuesta-Vargas, A. I. (2015). Comparison of kinematic variables obtained by inertial sensors among stroke survivors and healthy older adults in the Functional Reach Test: Cross-sectional study. *BioMedical Engineering OnLine*, 14. <https://doi.org/10.1186/s12938-015-0047-z>

Miettinen, M., Tiihonen, M., Hartikainen, S., & Nykänen, I. (2017). Prevalence and risk factors of frailty among home care clients. *BMC Geriatrics*, 17. <https://doi.org/10.1186/s12877-017-0660-8>

Miller, A. E. J., MacDougall, J. D., Tarnopolsky, M. A., & Sale, D. G. (1993). Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 66(3), 254-262. <https://doi.org/10.1007/BF00235103>

Miller, S. L., & Wolfe, R. R. (2008). The danger of weight loss in the elderly. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 12(7), 487-491.

Minetto, M. A., Caresio, C., Menapace, T., Hajdarevic, A., Marchini, A., Molinari, F., & Maffiuletti, N. A. (2015). Ultrasound-Based Detection of Low Muscle Mass for Diagnosis of Sarcopenia in Older Adults. *PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2015.09.014>

Muro-Culebras, A., & Cuesta-Vargas, A. I. (2013). Sono-myography and sono-myoelegraphography of the tender points of women with fibromyalgia. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 39(11), 1951-1957. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2013.05.001>

Nijholt, W., Scafoglieri, A., Jager-Wittenaar, H., Hobbelen, J. S. M., & van der Schans, C. P. (2017). The reliability and validity of ultrasound to quantify muscles in older adults: A systematic review. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 8(5), 702-712. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12210>

Nishiguchi, S., Ito, H., Yamada, M., Yoshitomi, H., Furu, M., Ito, T., Shinohara, A., Ura, T., Okamoto, K., & Aoyama, T. (2014). Self-assessment tool of disease activity of rheumatoid arthritis by using a smartphone application. *Telemedicine Journal and E-Health: The Official Journal of the American Telemedicine Association*, 20(3), 235-240. <https://doi.org/10.1089/tmj.2013.0162>

Nishiguchi, S., Yamada, M., Nagai, K., Mori, S., Kajiwara, Y., Sonoda, T., Yoshimura, K., Yoshitomi, H., Ito, H., Okamoto, K., Ito, T., Muto, S., Ishihara, T., & Aoyama, T. (2012). Reliability and validity of gait analysis by android-based smartphone. *Telemedicine Journal and E-Health: The Official Journal of the American Telemedicine Association*, 18(4), 292-296. <https://doi.org/10.1089/tmj.2011.0132>

Nuzzo, J. L., Anning, J. H., & Scharfenberg, J. M. (2011). The reliability of three devices used for measuring vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 25(9), 2580-2590. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181fee650>

Ockendon, M., & Gilbert, R. E. (2012). Validation of a Novel Smartphone Accelerometer-Based Knee Goniometer. *Journal of Knee Surgery*, 25(04), 341-346. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1299669>

Osawa, Y., Arai, Y., Oguma, Y., Hirata, T., Abe, Y., Azuma, K., Takayama, M., & Hirose, N. (2016). Relationships between Anterior Thigh Muscle Echo Intensity and Physical Activity and Functional Mobility in a Very Old Population. *Journal of Aging and Physical Activity*, 1-25. <https://doi.org/10.1123/japa.2015-0203>

Pahor, M., Manini, & Cesari, M. (2009). Sarcopenia: Clinical evaluation, biological

markers and other evaluation tools. *The journal of nutrition, health & aging*, 13(8), 724-728.

Peng, H.-T. (2011). Changes in biomechanical properties during drop jumps of incremental height. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 25(9), 2510-2518.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318201bcb3>

Pereira, P. M. de L., Neves, F. S., Bastos, M. G., Cândido, A. P. C., Pereira, P. M. de L., Neves, F. S., Bastos, M. G., & Cândido, A. P. C. (2018). Adductor Pollicis Muscle Thickness for nutritional assessment: A systematic review. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 71(6), 3093-3102. <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2017-0913>

Perez-Cruzado, D., González-Sánchez, M., & Cuesta-Vargas, A. I. (2014). Parameterization and reliability of single-leg balance test assessed with inertial sensors in stroke survivors: A cross-sectional study. *BioMedical Engineering OnLine*, 13. <https://doi.org/10.1186/1475-925X-13-127>

Perkisas, S., Baudry, S., Bauer, J., Beckwée, D., De Cock, A.-M., Hobbelen, H., Jager-Wittenaar, H., Kasiukiewicz, A., Landi, F., Marco, E., Merello, A., Piotrowicz, K., Sanchez, E., Sanchez-Rodriguez, D., Scafoglieri, A., Cruz-Jentoft, A., & Vandewoude, M. (2018). Application of ultrasound for muscle assessment in sarcopenia: Towards standardized measurements. *European Geriatric Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s41999-018-0104-9>

Pfeiffer, E. (1975). A short portable mental status questionnaire for the assessment of organic brain deficit in elderly patients. *Journal of the American Geriatrics Society*,

23(10), 433-441.

Picerno, P., Camomilla, V., & Capranica, L. (2011). Countermovement jump performance assessment using a wearable 3D inertial measurement unit. *Journal of Sports Sciences*, 29(2), 139-146. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.523089>

Pijnappels, M., van der Burg, P. J. C. E., Reeves, N. D., & van Dieën, J. H. (2008). Identification of elderly fallers by muscle strength measures. *European Journal of Applied Physiology*, 102(5), 585-592. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0613-6>

Pillen, S., van Dijk, J. P., Weijers, G., Raijmann, W., de Korte, C. L., & Zwarts, M. J. (2009). Quantitative gray-scale analysis in skeletal muscle ultrasound: A comparison study of two ultrasound devices. *Muscle & Nerve*, 39(6), 781-786. <https://doi.org/10.1002/mus.21285>

Quagliarella, L., Sasanelli, N., Belgiovine, G., Moretti, L., & Moretti, B. (2011). Power output estimation in vertical jump performed by young male soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 25(6), 1638-1646. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d85a99>

Rech, A., Radaelli, R., Goltz, F. R., da Rosa, L. H. T., Schneider, C. D., & Pinto, R. S. (2014). Echo intensity is negatively associated with functional capacity in older women. *Age*, 36(5). <https://doi.org/10.1007/s11357-014-9708-2>

Reginster, J.-Y., Cooper, C., Rizzoli, R., Kanis, J. A., Appelboom, G., Bautmans, I., Bischoff-Ferrari, H. A., Boers, M., Brandi, M. L., Bruyère, O., Cherubini, A., Flamion, B., Fielding, R. A., Gasparik, A. I., Van Loon, L., McCloskey, E., Mitlak, B. H., Pilotto, A., Reiter-Niesert,

S., ... Cruz-Jentoft, A. J. (2016). Recommendations for the conduct of clinical trials for drugs to treat or prevent sarcopenia. *Aging Clinical and Experimental Research*, 28(1), 47-58. <https://doi.org/10.1007/s40520-015-0517-y>

Reiman, M. P., Bolgia, L. a, & Lorenz, D. (2009). Hip functions influence on knee dysfunction: A proximal link to a distal problem. *Journal of sport rehabilitation*, 18(1), 33-46. <https://doi.org/10.1007/s00256-015-2132-6>

Reis, M. M., & Arantes, P. M. M. (2011). Assessment of hand grip strength- validity and reliability of the saehan dynamometer. *Fisioterapia e Pesquisa*, 18(2), 176-181. <https://doi.org/10.1590/S1809-29502011000200013>

Requena, B., Sáez-Sáez de Villarreal, E., Gapeyeva, H., Erelina, J., García, I., & Pääsuke, M. (2011). Relationship between postactivation potentiation of knee extensor muscles, sprinting and vertical jumping performance in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 25(2), 367-373. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181be31aa>

Rey Cao, A., Canales Lacruz, I., Táboas País, I., & Cancela Carra, J. M. (2008). “*Memoria en movimiento*” programa de estimulación cognitiva a través de la motricidad para personas mayores de la obra social Caixa Galicia. <http://abacus.universidadeuropea.es/handle/11268/3281>

Riddiford-Harland, D. L., Steele, J. R., & Baur, L. A. (2006). Upper and lower limb functionality: Are these compromised in obese children? *International Journal of Pediatric Obesity: IJPO: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 1(1), 42-49.

Roldán-Jiménez, C., & Cuesta-Vargas, A. I. (2015). Studying upper-limb kinematics using inertial sensors: A cross-sectional study. *BMC Research Notes*, 8. <https://doi.org/10.1186/s13104-015-1517-x>

Ross W, Hebbelinck M, & Faulkner R. (1978). Kinanthropometry terminology and landmarks. En *Shepard R, and Lavalle H. Physical Fitness Assessment* (pp. 44-50). Charles Thomas.

Rouis, M., Attiobé, E., Vandewalle, H., Jaafar, H., Noakes, T. D., & Driss, T. (2014). Relationship between vertical jump and maximal power output of legs and arms: Effects of ethnicity and sport. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1111/sms.12284>

Rouis, M., Attiobé, E., Vandewalle, H., Jaafar, H., Noakes, T. D., & Driss, T. (2015). Relationship between vertical jump and maximal power output of legs and arms: Effects of ethnicity and sport. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25(2), e197-e207. <https://doi.org/10.1111/sms.12284>

Rowlands, A. V., & Stiles, V. H. (2012). Accelerometer counts and raw acceleration output in relation to mechanical loading. *Journal of Biomechanics*, 45(3), 448-454. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.12.006>

Roy, J.-S., MacDermid, J. C., Orton, B., Tran, T., Faber, K. J., Drosdowech, D., & Athwal, G. S. (2009). The Concurrent Validity of a Hand-held versus a Stationary Dynamometer in Testing Isometric Shoulder Strength. *Journal of Hand Therapy*, 22(4), 320-327. <https://doi.org/10.1016/j.jht.2009.04.008>

Ruiz-Muñoz, M., González-Sánchez, M., & Cuesta-Vargas, A. I. (2016). Foot Dorsiflexion Velocity and Torque Variance Explained through Architectural and Electromyography Variables Comparing Elders and Stroke Survivors. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases: The Official Journal of National Stroke Association*, 25(9), 2295-2304. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2016.05.022>

Saito, A., Ema, R., Inami, T., Maeo, S., Otsuka, S., Higuchi, M., Shibata, S., & Kawakami, Y. (2016). Anatomical cross-sectional area of the quadriceps femoris and sit-to-stand test score in middle-aged and elderly population: Development of a predictive equation. *Journal of Physiological Anthropology*, 36, 3. <https://doi.org/10.1186/s40101-016-0099-1>

Saka, B., Ozkaya, H., Karisik, E., Akin, S., Akpınar, T. S., Tufan, F., Bahat, G., Dogan, H., Horasan, Z., Cesur, K., Erten, N., & Karan, M. A. (2016). Malnutrition and sarcopenia are associated with increased mortality rate in nursing home residents: A prospective study. *European Geriatric Medicine*, 7(3), 232-238. <https://doi.org/10.1016/j.eurger.2015.12.010>

Santanasto, A. J., Goodpaster, B. H., Kritchevsky, S. B., Miljkovic, I., Satterfield, S., Schwartz, A. V., Cummings, S. R., Boudreau, R. M., Harris, T. B., & Newman, A. B. (2017). Body Composition Remodeling and Mortality: The Health Aging and Body Composition Study. *The Journals of Gerontology: Series A*, 72(4), 513-519. <https://doi.org/10.1093/gerona/glw163>

Sawyer, D. T., Ostarello, J. Z., Suess, E. A., & Dempsey, M. (2002). Relationship between football playing ability and selected performance measures. *Journal of Strength and*

*Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 16(4), 611-616.

Sayers, S. P., Harackiewicz, D. V., Harman, E. A., Frykman, P. N., & Rosenstein, M. T. (1999). Cross-validation of three jump power equations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(4), 572-577.

Schrader, E., Baumgärtel, C., Gueldenzoph, H., Stehle, P., Uter, W., Sieber, C. C., & Volkert, D. (2014). Nutritional status according to Mini Nutritional Assessment is related to functional status in geriatric patients—Independent of health status. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 18(3), 257-263. <https://doi.org/10.1007/s12603-013-0394-z>

Schwanke, C. H. A., Dorneles, T. D. C., & El Kik, R. M. (2018). Association between adductor pollicis muscle thickness and nutritional parameters in hospitalized elderly patients. *Nutricion Hospitalaria*, 35(5), 1059-1065. <https://doi.org/10.20960/nh.1739>

Selva Raj, I., Bird, S. R., & Shield, A. J. (2017). Ultrasound Measurements of Skeletal Muscle Architecture Are Associated with Strength and Functional Capacity in Older Adults. *Ultrasound in Medicine & Biology*, 43(3), 586-594. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2016.11.013>

Selvaraj, K., Jayalakshmy, R., Yousuf, A., Singh, A. K., Ramaswamy, G., & Palanivel, C. (2017). Can mid-upper arm circumference and calf circumference be the proxy measures to detect undernutrition among elderly? Findings of a community-based survey in rural Puducherry, India. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 6(2), 356-359. [https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc\\_357\\_16](https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_357_16)

Setuain, I., González-Izal, M., Alfaro, J., Gorostiaga, E., & Izquierdo, M. (2015).

Acceleration and Orientation Jumping Performance Differences Among Elite Professional Male Handball Players With or Without Previous ACL Reconstruction: An Inertial Sensor Unit-Based Study. *PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*, 7(12), 1243-1253. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2015.05.011>

Slinde, F., Suber, C., Suber, L., Edwén, C. E., & Svantesson, U. (2008). Test-retest reliability of three different countermovement jumping tests. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 22(2), 640-644. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181660475>

Soares, B. G. F. da S., & Vicentini, A. P. (2018). Use of adductor pollicis muscle thickness in hospitalized or ambulatory patients: A systematic review. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 26. <https://doi.org/10.1590/1518-8345.2045.2960>

Stange, I., Poeschl, K., Stehle, P., Sieber, C. C., & Volkert, D. (2013). Screening for malnutrition in nursing home residents: Comparison of different risk markers and their association to functional impairment. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 17(4), 357-363. <https://doi.org/10.1007/s12603-013-0021-z>

Strasser, E. M., Draskovits, T., Praschak, M., Quittan, M., & Graf, A. (2013). Association between ultrasound measurements of muscle thickness, pennation angle, echogenicity and skeletal muscle strength in the elderly. *Age*, 35(6), 2377-2388. <https://doi.org/10.1007/s11357-013-9517-z>

Sullivan, D. H., Walls, R. C., & Bopp, M. M. (1995). Protein-energy undernutrition and the risk of mortality within one year of hospital discharge: A follow-up study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 43(5), 507-512.

Tabue-Teguo, M., Dartigues, J.-F., Simo, N., Kuate-Tegueu, C., Vellas, B., & Cesari, M. (2018). Physical status and frailty index in nursing home residents: Results from the INCUR study. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, *74*, 72-76. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2017.10.005>

Taekema, D. G., Gussekloo, J., Maier, A. B., Westendorp, R. G. J., & de Craen, A. J. M. (2010). Handgrip strength as a predictor of functional, psychological and social health. A prospective population-based study among the oldest old. *Age and Ageing*, *39*(3), 331-337. <https://doi.org/10.1093/ageing/afq022>

Takai, Y., Ohta, M., Akagi, R., Kato, E., Wakahara, T., Kawakami, Y., Fukunaga, T., & Kanehisa, H. (2014). Applicability of ultrasound muscle thickness measurements for predicting fat-free mass in elderly population. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, *18*(6), 579-585. <https://doi.org/10.1007/s12603-013-0419-7>

Tinetti, M. E. (1986). Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *Journal of the American Geriatrics Society*, *34*(2), 119-126.

Toots, A., Rosendahl, E., Lundin-Olsson, L., Nordström, P., Gustafson, Y., & Littbrand, H. (2013). Usual gait speed independently predicts mortality in very old people: A population-based study. *Journal of the American Medical Directors Association*, *14*(7), 529.e1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2013.04.006>

Veronese, N., Stubbs, B., Trevisan, C., Bolzetta, F., De Rui, M., Solmi, M., Sartori, L., Musacchio, E., Zambon, S., Perissinotto, E., Crepaldi, G., Manzato, E., & Sergi, G. (2016). What physical performance measures predict incident cognitive decline among intact older adults? A 4.4year follow up study. *Experimental Gerontology*, *81*, 110-118.

<https://doi.org/10.1016/j.exger.2016.05.008>

Vervoort, D., Vuillerme, N., Kosse, N., Hortobágyi, T., & Lamoth, C. J. C. (2016). Multivariate Analyses and Classification of Inertial Sensor Data to Identify Aging Effects on the Timed-Up-and-Go Test. *PLoS ONE*, *11*(6).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155984>

Vivanti, A., Ward, N., & Haines, T. (2011). Nutritional status and associations with falls, balance, mobility and functionality during hospital admission. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, *15*(5), 388-391.

Volpato, S., Cavalieri, M., Sioulis, F., Guerra, G., Maraldi, C., Zuliani, G., Fellin, R., & Guralnik, J. M. (2011). Predictive Value of the Short Physical Performance Battery Following Hospitalization in Older Patients. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *66A*(1), 89-96.  
<https://doi.org/10.1093/gerona/glq167>

Volpini, M. M., & Frangella, V. S. (2013). Avaliação nutricional de idosos institucionalizados. *Einstein (São Paulo)*, *11*(1), 32-40. <https://doi.org/10.1590/S1679-45082013000100007>

Walsh, M., Arampatzis, A., Schade, F., & Brüggemann, G.-P. (2004). The effect of drop jump starting height and contact time on power, work performed, and moment of force. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, *18*(3), 561-566. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<561:TEODJS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<561:TEODJS>2.0.CO;2)

Watanabe, Y., Yamada, Y., Fukumoto, Y., Ishihara, T., Yokoyama, K., Yoshida, T., Miyake, M., Yamagata, E., & Kimura, M. (2013). Echo intensity obtained from ultrasonography images reflecting muscle strength in elderly men. *Clinical Interventions in Aging, 8*, 993-998. <https://doi.org/10.2147/CIA.S47263>

Whatman, C., Hume, P., & Hing, W. (2013). The reliability and validity of physiotherapist visual rating of dynamic pelvis and knee alignment in young athletes. *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine, 14*(3), 168-174. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2012.07.001>

Wilhelm, E. N., Rech, A., Minozzo, F., Radaelli, R., Botton, C. E., & Pinto, R. S. (2014). Relationship between quadriceps femoris echo intensity, muscle power, and functional capacity of older men. *Age, 36*(3). <https://doi.org/10.1007/s11357-014-9625-4>

Wu, W., Dasgupta, S., Ramirez, E. E., Peterson, C., & Norman, G. J. (2012). Classification accuracies of physical activities using smartphone motion sensors. *Journal of Medical Internet Research, 14*(5), e130. <https://doi.org/10.2196/jmir.2208>

Yamada, Y., Schoeller, D. A., Nakamura, E., Morimoto, T., Kimura, M., & Oda, S. (2010). Extracellular water may mask actual muscle atrophy during aging. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences, 65*(5), 510-516. <https://doi.org/10.1093/gerona/glq001>

Yoon, D. H., Hwang, S. S., Lee, D. W., Lee, C. G., & Song, W. (2018). Physical Frailty and Cognitive Functioning in Korea Rural Community-Dwelling Older Adults. *Journal of Clinical Medicine, 7*(11). <https://doi.org/10.3390/jcm7110405>

Zhang, Y., Guo, J., Duanmu, Y., Zhang, C., Zhao, W., Wang, L., Cheng, X., Veronese, N., Cafarelli, F. P., & Guglielmi, G. (2019). Quantitative analysis of modified functional muscle-bone unit and back muscle density in patients with lumbar vertebral fracture in Chinese elderly men: A case-control study. *Aging Clinical and Experimental Research*, 31(5), 637-644. <https://doi.org/10.1007/s40520-018-1024-8>

