



## TÍTULO

UTILIDAD DE LA ECOGRAFÍA CLÍNICA PARA EL DIAGNÓSTICO  
DE SARCOPENIA

## AUTOR

Pablo Díaz Jiménez

Esta edición electrónica ha sido realizada en 2019

Tutor	Máximo Bernabéu Wittel
Curso	<i>Máster Universitario en Ecografía Clínica (2018/19)</i>
©	Pablo Díaz Jiménez
©	De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía
Fecha documento	2019



## Reconocimiento-No comercial-Sin obras derivadas

Usted es libre de:

- Copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra.

Bajo las condiciones siguientes:

- **Reconocimiento.** Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciadore (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
- **No comercial.** No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
- **Sin obras derivadas.** No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.
- *Al reutilizar o distribuir la obra, tiene que dejar bien claro los términos de la licencia de esta obra.*
- *Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.*
- *Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos morales del autor.*

# MÓDULO 6. PROYECTO FIN DE MÁSTER

## TRABAJO FIN DE MÁSTER

**Modalidad:** REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

**TÍTULO DEL TRABAJO:** Utilidad de la ecografía clínica para el diagnóstico de Sarcopenia

**Tutor:** Máximo Bernabéu Wittel.

**Alumno:** Pablo Díaz Jiménez.

Máster en Ecografía Clínica.

Curso: 2018/2019



## ÍNDICE:

<b>1.-RESUMEN-ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>2.-INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>3.-MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>6</b>
<b>4.-RESULTADOS.....</b>	<b>7</b>
<b>4.1.-Músculos más evaluados.....</b>	<b>7</b>
<b>4.2-Mediciones ecográficas utilizadas.....</b>	<b>13</b>
<b>4.3-Fórmulas y puntos de corte obtenidos.....</b>	<b>17</b>
<b>5.-DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>19</b>
<b>6.-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>23</b>
<b>7.-TABLAS, FIGURAS E IMÁGENES.....</b>	<b>28</b>

## 1.-RESUMEN-ABSTRACT

**-Introducción:** La sarcopenia constituye hoy día un síndrome geriátrico de gran importancia. para el diagnóstico de sarcopenia se requiere de la valoración de la masa muscular. Han sido múltiples las técnicas empleadas para este fin, aunque no estando ninguna de ellas exenta de limitaciones o inconvenientes.

**-Objetivos:** Realizar una revisión bibliográfica sobre la evidencia actualmente disponible relativa a la utilidad de la ecografía clínica en el diagnóstico de sarcopenia

**-Material y métodos:** se realizó una búsqueda bibliográfica sistemática sobre el tema en cuestión. se seleccionaron todos los artículos que tratasen sobre el empleo de la ecografía en la valoración de la sarcopenia

**-Resultados:** Se obtuvieron un total de 49 resultados. De los cuales, se seleccionaron 23 estudios. En estos 23 estudios, se identificaron 15 músculos (o regiones musculares) empleadas para el diagnóstico de sarcopenia. Estas fueron las siguientes: antebrazo lateral, Bíceps, tríceps, abdomen, subescapular, cuádriceps, isquiotibiales, gastrocnemio, tibial anterior, recto femoral, bíceps femoral, vasto intermedio, vasto lateral, vasto interno y lengua. El músculo o región muscular más estudiado fue el cuádriceps. Medido en 18 estudios (en su conjunto o alguno de los 4 que lo forman) seguido del gastrocnemio, evaluado en un total de 10 (a veces englobado en la pantorrilla) estudios.

Respecto a las mediciones realizadas, se encontraron un total de 7 diferentes: El grosor muscular, el área de sección transversal, la longitud del fascículo, el ángulo de pennación, la velocidad del sonido y el grosor de la grasa subcutánea. De todas ellas, la determinación del grosor muscular fue la medida ecográfica más estudiada, apareciendo en 21 de los 23 estudios encontrados. Se encontraron 7 estudios que determinaron puntos de corte o ecuaciones para la detección de baja masa muscular o para el diagnóstico de sarcopenia.

**-Discusión:** Han sido varios los estudios que han descrito que la ecografía es un método fiable de medición de algunas medidas musculares en comparación con las pruebas de imagen tradicionales. Aunque existe controversia entre los resultados, parece existir relación de determinadas medidas ecográficas con la fuerza muscular y el rendimiento físico. El empleo de mediciones ecográficas para la detección de baja masa muscular o sarcopenia, presenta también resultados prometedores habiéndose establecido incluso puntos de corte precisos en algunos casos. En lo que no parece existir relación por el momento es con el empleo de la ecografía para la predicción de estadio de sarcopenia. No obstante, se requerirían más estudios para valorar esta cuestión.

### **-Conclusiones:**

La ecografía clínica parece mostrarse como un método barato, sencillo, inocuo y en general fiable para la valoración de la masa muscular y el diagnóstico de sarcopenia. Más controvertido es su papel en la valoración de la fuerza muscular y el rendimiento físico (aunque con bastantes resultados a favor) y en la detección del estadio de sarcopenia que el paciente presenta. No obstante, se necesitan más estudios para establecer de forma precisa la relación que la ecografía presenta con éstas.

## 2.-INTRODUCCIÓN

La sarcopenia constituye hoy día un síndrome geriátrico de gran importancia. El término “sarcopenia”, descrito por primera vez en 1989 por Irwin Rosenberg(1), proviene de los términos griegos “sarx” (que podría traducirse como “carne”) y “penia” (que vendría a significar “cualidad de pobre”). El vocablo, por tanto, vendría a significar “cualidad de pobre en carne” (o en músculo, en este caso). Sin embargo, lejos de la traducción literal que engloba un concepto más amplio, lo que Rosenberg pretendía describir como “sarcopenia” no era otra cosa que la pérdida de masa muscular (y, por tanto; fuerza) que se encontraba estrechamente relacionada con la edad.

Tras esta primera mención al término, este se ha empleado durante muchos años con distintos matices y diferentes criterios diagnósticos. Esto, ha dificultado durante mucho tiempo el poder estudiar con certeza esta entidad al ser difícil la comparación entre estudios que recogían definiciones en algunos casos muy dispares.

La definición actual más aceptada es la propuesta por parte de la *European Working Group on Sarcopenia in Older People* (EWGSOP)(2), recientemente revisada(3). Según esta, la sarcopenia es “un trastorno del musculo esquelético progresivo y generalizado que se asocia con un aumento del riesgo de efectos adversos, tales como discapacidad física, caídas, fracturas y muerte”. En base a esta definición, se requeriría para su diagnóstico de la presencia de una fuerza muscular disminuida y, posteriormente, de una disminución de la cantidad o calidad de la masa muscular (Ver figura 1).

Clásicamente, se ha hablado de 3 estadios diferentes de sarcopenia: “presarcopenia”, “sarcopenia” y “sarcopenia severa”. Así, “presarcopenia” se referiría a la disminución de la masa muscular sin repercusión en la fuerza muscular o en el rendimiento físico, “sarcopenia” sería el paciente que además de presentar una masa o calidad muscular disminuida, presenta una fuerza muscular disminuida (es decir, cumple criterios diagnósticos de sarcopenia) y “sarcopenia severa” sería el estadio que engloba al paciente que cumple los 3 criterios de sarcopenia.

La sarcopenia en nuestro país es una entidad de gran relevancia y prevalencia. Según los resultados encontrados en diversos estudios realizados en nuestro país recientemente(4), la frecuencia de sarcopenia tomando como referencia los criterios diagnósticos de la EWGSOP, vendría a ser de un 33% en mujeres y un 10 % en hombres entre los ancianos que viven en la comunidad, carecen de deterioro cognitivo y que conservan su capacidad funcional(5) siendo mayor entre los pacientes mayores de 70 años, que viven en residencia pero que son capaces de caminar ( 37%, desglosando por sexos: 15% hombres y 46% mujeres)(6).

Como hemos podido comprobar, para el diagnóstico de sarcopenia se requiere de la valoración de la masa muscular. Han sido múltiples las técnicas empleadas para este fin. Estas se dividen entre técnicas de imagen, análisis de bioimpedanciometría y la estimación de la Cantidad total o parcial de potasio por tejido blando sin grasa (actualmente en desuso).

Dentro de las técnicas de imagen, se emplean la tomografía computarizada (TC) y la Resonancia magnética (RMN). Estos, son considerados como los métodos “*gold standard*” o “referencia”. Son los clásicamente empleados y gozan además de una excelente precisión. Sin embargo, el acceso a ellos debido entre otros factores a su elevado coste, la escasez de equipos en determinadas zonas (o su elevada demanda para otros usos) o la radiación (en el caso de la TC), limitan su uso para el estudio de la sarcopenia en la práctica clínica diaria.

Otra técnica de imagen empleada es la absorciometría de Rayos X de energía dual (DEXA), esta, se trata también de una técnica precisa siendo además de menor coste que las previas, no obstante, son también una fuente de radiación, y, al igual que las anteriores, se carece de dispositivos portátiles que permitirían una mayor accesibilidad, siendo también dispositivos escasamente disponibles.

El análisis de bioimpedanciometría, en cambio, si es un aparato de bajo coste, de efectos inocuos, en ocasiones portátil pero que en cambio no se encuentra disponible con frecuencia en la mayoría de centros.

No olvidemos además, que sus resultados pueden ser fácilmente alterados por retención hídrica o alteraciones del estado de salud en general(7,8)

La ecografía, sin embargo, no aparece entre las técnicas disponibles para la medición de la masa muscular en los documentos de consenso. Ésta, se trata de una técnica de imagen ampliamente disponible en la actualidad, de bajo coste, rápida, inocua, portátil, accesible a pie de cama, y de manejo sencillo, por lo que a priori podría presentar infinidad de ventajas a la hora de valorar la masa muscular. De hecho, la ecografía lleva mucho tiempo siendo ampliamente usada en multitud de patologías musculoesqueléticas y no presenta a priori ningún motivo que haga pensar que no pueda ser de utilidad en este campo.

El objeto de este estudio, por ello, es realizar una revisión bibliográfica sobre la evidencia actualmente disponible relativa a la utilidad de la ecografía clínica en el diagnóstico de sarcopenia con objeto de identificar si esta pudiera ser una alternativa válida a los métodos de imagen actualmente presentes.

### 3.-MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de esta revisión, se realizó una búsqueda bibliográfica sistemática en la base de datos de PubMed a fecha de 20 de abril de 2019. Para la búsqueda, se emplearon los "MESH" de "*Sarcopenia*" y "*Ultrasonography*". Siendo la búsqueda realizada la siguiente: ("*Sarcopenia*"[Mesh]) AND ("*Ultrasonography*"[Mesh)". De todos los artículos encontrados, se seleccionaron todos los artículos que tratasen sobre el empleo de la ecografía en la valoración de la sarcopenia, la masa muscular, la fuerza o cuestiones similares. Se excluyeron los estudios que emplearan la ecografía para otras cuestiones dentro de la sarcopenia como, por ejemplo, en la valoración del riesgo vascular mediante ecografía carotídea. Se excluyeron además las revisiones bibliográficas y protocolos de estudio que no presentasen resultados analizables.

## 4.-RESULTADOS

Se obtuvieron un total de 49 resultados. De estos, 18 fueron excluidos al no estar en relación con el tema en cuestión. 5 estudios se trataban de revisiones sobre el tema y 3 se trataban de protocolos de estudio, para los que no existían resultados. Por tanto, se seleccionaron finalmente 23 estudios (figura 1). En estos 23 estudios, se identificaron 15 músculos (o regiones musculares) empleadas para el diagnóstico de sarcopenia. Estas fueron las siguientes: antebrazo lateral, Bíceps braquial, tríceps braquial, abdomen, subescapular, cuádriceps, isquiotibiales, gastrocnemio, tibial anterior, recto femoral, bíceps femoral, vasto intermedio, vasto lateral, vasto interno y lengua.

El músculo o región muscular más estudiado fue el cuádriceps. Medido en 18 estudios (en su conjunto o alguno de los 4 que lo forman) seguido del gastrocnemio, evaluado en un total de 10 (a veces englobado en la pantorrilla).

Respecto a las mediciones realizadas, se encontraron un total de 7 diferentes: El grosor muscular, el área de sección transversal, la longitud del fascículo, el ángulo de pennación, la velocidad del sonido y el grosor de la grasa subcutánea. De todas ellas, la determinación del grosor muscular ha sido sin duda la medida ecográfica más estudiada, apareciendo en 21 de los 23 estudios encontrados. Pasamos a describir detalladamente los resultados:

### 4.1.-Músculos más evaluados

En 1994 Abe et al. realizan un estudio(9) donde estudian entre otras cuestiones, la relación del grosor muscular en 9 localizaciones con la masa corporal magra. Las 9 localizaciones eran las siguientes:

- 1.- Antebrazo lateral: En un punto situado al 30% de la distancia total existente entre el la apófisis estiloides y la cabeza del radio.
- 2 y 3.-Bíceps y tríceps braquiales: Midiendo al 60% de la distancia total entre el epicóndilo lateral del húmero y el acromion de la escápula.
- 4.-Abdomen: A una distancia 2-3 cm a la derecha del ombligo.
- 5.-Subescapular: A una distancia 5 cm directamente por debajo del ángulo inferior de la escápula.
- 6 y 7.-Cuádriceps e isquiotibiales: A mitad de distancia entre el cóndilo lateral del fémur y el trocánter mayor.
- 8 y 9.-Tríceps sural y tibial anterior: Al 30% de distancia entre el maléolo lateral del peroné y el cóndilo lateral de la tibia.

En este estudio, Abe et al. encuentran que el grosor muscular estaba relacionado con la masa corporal magra. Especialmente en el cuádriceps y el abdomen. Pero no sólo eso, encuentran además que la suma de los diferentes grosores musculares (bien los 9 o la suma de sólo 6: bíceps, tríceps, abdomen, subescapular, cuádriceps e isquiotibiales) presenta más relación con la masa corporal magra que la medición aislada de cualquiera de estos.

Con la base de esta evidencia, son 5 los estudios recogidos en la revisión que han empleado estos 9 sitios para el estudio de la sarcopenia. Dos de ellos pertenecen al grupo de Abe et al.(10)(11). En el primero(10), se estudia la pérdida de músculo “sitio-específica” relacionada con la edad en hombres y mujeres.

Ya a comienzos de la década, Abe et al. en 2011(12) y Ogawa et al. en 2012(13), habían descrito que la pérdida de masa muscular asociada a la edad y la sarcopenia eran “sitio-específicas”. Siendo el cuádriceps el músculo más implicado.

Este estudio aportaba una novedad sobre los previos, y es que empleaba la relación entre el grosor muscular anterior y posterior de los diferentes planos de medición (muslo, parte inferior de la pierna, parte superior del brazo, parte inferior del brazo y tronco). Lo que encontraron los investigadores fue que la edad presentaba una relación inversa estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ) con la relación entre el grosor muscular de la musculatura anterior y posterior del muslo ( $r = -0.463$  en hombres y  $r = -0.541$  en mujeres). Los autores no encontraron una explicación a este hallazgo, pero concluyen que el mismo, podría ser útil para la detección precoz de la pérdida de masa muscular asociada a la edad.

El segundo estudio(11), evidencia la asociación de esta relación entre el grosor muscular anterior y posterior del muslo con el rendimiento caminando “en zigzag” en personas mayores, como hallazgo sugestivo de una posible relación con el declinar funcional. Este hallazgo fue refrendado en otro estudio también de Abe et al.(14).

Los otros 3 estudios que emplean los mismos 9 puntos de medición son posteriores a los previos(15–17). Takeshima et al.(15) refiere que basa sus puntos de medición en Ishida et al.(18). No obstante, los puntos que Takeshima et al. describe no coinciden con los de Ishida et al. y sí coinciden con los dados previamente con Abe et al.(9).

Takeshima et al.(15), toma pacientes de avanzada edad ingresados en una residencia y estudia los cambios en la masa muscular de estos. Definiendo la sarcopenia como el descenso de la masa muscular por debajo de 2 desviaciones medias de la media de la misma edad o de la población más joven, se obtuvo un 100% de prevalencia de sarcopenia de la musculatura del muslo al inicio del estudio, siendo al parecer la pérdida de esta musculatura más precoz que la del resto de regiones musculares. A este hallazgo, se suman los resultados de Morat et al.(17); quienes en su estudio obtiene que el grosor muscular medido en los 9 sitios previamente descritos, no sirve para predecir el estadio de sarcopenia que el paciente presenta.

Paris et al.(16) comparan el método de 9 sitios para la medición de la masa muscular total con uno de 4 sitios previamente descrito basado en la medición del grosor muscular del cuádriceps (a la altura de recto femoral y el vasto intermedio) en ambas piernas a máxima y a mínima compresión en 2 puntos, la distancia media entre la espina ilíaca antero-superior y el borde superior de la rótula y al inicio del tercio distal de esa distancia. Así mismo, le incluyó un 5º sitio para una mayor fiabilidad (grosor anterior del brazo). Los resultados fueron bastante positivos ( $R^2 = 0.91$ ;  $p < 0.001$ ).

Como este trabajo, han sido muchos los estudios que han intentado simplificar el número de músculos a valorar. A raíz de diversos hallazgos a inicios de la década(12,13), donde describieron que la pérdida de masa muscular asociada a la edad y la sarcopenia parecían ser “sitio-específicas”, siendo el cuádriceps el músculo más afectado, han sido muchos los estudios que han centrado sus medidas en la musculatura del muslo. Algunos valorando la musculatura posterior y todos ellos valorando el cuádriceps tanto de forma global como centrándose en alguno de sus músculos determinados.

En lo que respecta a esta revisión bibliográfica, ya dijimos que el cuádriceps es el músculo más valorado (18 de 23 estudios). El cuádriceps, como indica su nombre, está formado por cuatro músculos: recto femoral (central y anterior), recto intermedio (posterior a este y anterior al fémur), vasto interno (en la cara interna) y vasto lateral (en la cara externa) (Para ver su identificación ecográfica en el plano transversal, ver imagen 1-A y 1-B).

Continuando la evidencia previamente encontrada, Abe et al.(19) estudiaron en 2012 la relación del grosor muscular anterior y posterior del muslo con un test de la marcha de 20 m tanto a velocidad habitual como a máxima, no encontrando relación con estos. Sí con el zigzag, como ya habían descrito en estudios previos que hemos comentado.

La relación del grosor muscular del cuádriceps con la actividad y capacidad física, ha sido un tema bastante controvertido en los últimos años. Según otro estudio realizado por Abe et al. en mujeres de 52 a 76 años(20), la pérdida “sitio-específica” de masa muscular del muslo asociada a la edad, no podría prevenirse con la actividad física diaria. Esta pérdida, además, no estaría relacionada con el grado de fuerza muscular de esos músculos(21).

Esto discrepa con los hallazgos encontrados con otros estudios que si encuentran relación del grosor muscular del cuádriceps con la fuerza muscular como es el caso de Watanabe et al.(22), quienes además encuentra relación con la eco-intensidad. Pero se ven apoyados con estudios posteriores que tampoco encuentran relación, como es el caso de Thiebaud et al.(23). No obstante, al margen de las discrepancias en la cuestión de la fuerza muscular, sí existen algunas evidencias que apoyan el empleo de éste de forma global para la detección de sarcopenia. Tandon et al.(24), de hecho, desarrollaron en 2016 un método para identificar la sarcopenia en pacientes con cirrosis ya previamente diagnosticados con RMN (sarcopenia definida como pérdida de masa muscular, no obstante, al ser uno de los criterios para el diagnóstico actual, podría tener papel en el proceso diagnóstico actual), empleando la combinación de IMC y el grosor muscular del muslo, con áreas bajo la curva de 0.78 en hombres y 0.89 en mujeres, por lo que, aunque se requiere más evidencia al respecto, deja prometedores resultados sobre su posible papel en la detección de la pérdida de masa muscular.

Kawai et al.(25), estudiaron en 2018 la relación de las características morfológicas y cualitativas del cuádriceps en comparación con la fuerza muscular o la sarcopenia, encontrando relaciones significativas tanto en hombres como en mujeres entre la masa muscular esquelética o la fuerza a la extensión de la rodilla y el grosor muscular del cuádriceps o la ecointensidad de este.

Recientemente también, Hida et al.(26) compararon la medición de la masa muscular esquelética mediante bioimpedanciometría y el grosor muscular mediante ecografía del muslo (suma del grosor muscular del recto femoral y vasto intermedio). La correlación obtenida fue significativa (coeficiente de correlación 0.38;  $p < 0.001$ ) y estableció unos puntos de corte para el diagnóstico de sarcopenia mediante este método con sensibilidad y especificidad superiores al 70% en ambos sexos.

A parte de la valoración global del cuádriceps, muchos estudios se han centrado en músculos aislados del éste. La medición del recto femoral, por ejemplo, englobada dentro del cuádriceps, ha estado presente también desde el comienzo en la mayoría de estudios. Sin embargo, en base a los resultados previamente descritos. Han sido varios los estudios que lo han valorado de forma aislada. (ver imagen 2 para ver la valoración ecográfica del recto femoral).

Según los hallazgos realizados por Strasser et al.(25), el grosor muscular del recto femoral fue el que mayor reducción presentó con la edad (25.4%), lo que le confirió gran interés. Hernandez-Socorro et al.(26), en un estudio donde evaluaban la sarcopenia en pacientes ingresados en la UCI en un estado prolongado de catabolismo, observaron que, comparados con controles sanos de su misma edad y sexo, el recto femoral presentaba una menor área de sección transversal (3.6 cm<sup>2</sup> vs 1.0,  $p < 0.001$ ), grosor muscular (11.4 mm vs 5.7;  $p = 0.001$ ) y mayor grosor del tendón intramuscular (1.5 vs 1.8; 0.047). También existía relación estadísticamente significativa con la ecogenicidad. Destacaban además lo especial de este músculo, al ser el único anatómicamente bipennado y que además presenta un tendón central, siendo para estos autores, también por los hallazgos, un músculo de gran interés.

Minetto et al.(27), fueron más allá y establecieron para el recto femoral un punto de corte de 20 mm en hombres y 16mm en mujeres para el diagnóstico de baja masa muscular en sujetos ancianos (definido como medición inferior a 2 desviaciones típicas la media de la medición en una muestra de sujetos jóvenes)

Posteriormente, Souza et al.(29) comparó la medición del área de sección transversal en el recto femoral en comparación con la TC. Encontrando una diferencia media de 3.97 mm ( $p < 0.001$ ). El área de sección transversal del recto femoral, se relacionó además en este estudio con la fuerza muscular ( $r = 0.300$ ,  $p = 0.002$ ), la masa corporal magra de las extremidades superiores ( $r = 0.286$ ,  $p = 0.004$ ), y la masa corporal magra de las extremidades inferiores ( $r = 0.271$ ,  $p = 0.006$ ).

Otro estudio que encontró relación con la fuerza muscular es el de Seymour et al.(28), los cuales encontraron que la contracción voluntaria máxima, se relacionaba de forma directa con el área de sección transversal del recto femoral en los pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) ( $r = 0.88$ ,  $p = 0.001$ ).

En un estudio realizado por Yoshiko et al. (30) se valoró el efecto que tenía un programa de entrenamiento de 12 meses de duración sobre el grosor muscular y la ecointensidad del recto femoral y el bíceps femoral. Se observó que el grosor muscular del recto femoral se incrementaba significativamente tras 12 meses de entrenamiento (pasando de  $1.01 \pm 0.26$  a  $1.24 \pm 0.29$ ,  $p < 0.05$ ). En lo que respecta a la

ecointensidad, esta mejoraba a los 5 meses, pero a los 12 volvía al nivel inicial, no pareciendo ser un parámetro que mejorase a largo plazo. Por lo tanto, parece que el grosor muscular, podría mejorar con un programa de entrenamiento. Como vemos, no es escasa la evidencia que apoya el empleo del recto femoral en el diagnóstico de sarcopenia.

Otro músculo también ampliamente empleado ha sido el gastrocnemio (Ver imagen 3). El gastrocnemio ya había sido usado previamente por Abe et al. en 1994 y los estudios que siguieron los mismos puntos de medición que este (aunque habitualmente englobado dentro de la pantorrilla). Cuando Abe et al. en 2011(12) y Ogawa et al. en 2012(13) valoran la relación del tríceps sural con la pérdida de masa muscular “sitio-específica” asociada a la edad, este no obtuvo resultados muy esperanzadores. En los estudios previamente descritos, como el de Abe et al. en 2014(10), tampoco existía relación significativa. Sin embargo, estos estudios no habían medido el gastrocnemio de forma particular sino englobado en el resto del grupo muscular. Randhawa et al.(26) realizó en cambio en 2013 un estudio donde quiso estudiar los efectos de la sarcopenia en la longitud del fascículo del gastrocnemio medial y lateral. Para ello, realizó mediciones a pacientes mayores y jóvenes no encontrando diferencias significativas en la medición de la longitud del fascículo entre ambos grupos. No obstante, sí que encontró diferencia respecto al grosor muscular (descenso del 9% en el gastrocnemio medial y del 17.7% en el gastrocnemio lateral) y al ángulo de pennación (13.5% y 23.8% menor en el medial y lateral respectivamente). Rhandawa et al. observaron además que, no obstante, el descenso del ángulo de pennación en las personas mayores, no se relacionaba con la pérdida de fuerza muscular.

Kuyumcu et al.(29), en cambio sí objetivan en 2016 que tanto la longitud del fascículo como el grosor muscular del gastrocnemio medial es menor en los pacientes sarcopénicos comparados con los no sarcopénicos, indicando que ambas medidas parecían servir como opción para intentar predecir o cuantificar la sarcopenia. Kuyumcu et al., no encontró en cambio diferencias con el ángulo de pennación, la grasa subcutánea o la longitud de la dermis.

Como hemos podido observar, existe controversia respecto a la utilidad de la longitud del fascículo y del ángulo de pennación en la detección de sarcopenia. En cambio, parece que todos los estudios encuentran relación estadísticamente significativa con el grosor muscular en este sentido. De hecho, Wang et al.(30), realizan un estudio recientemente (en 2018) que apoya los resultados anteriores, indicando que el grosor muscular del gastrocnemio estaría directamente relacionado con la masa muscular. De forma que, mediante un análisis de curvas, identificaron que un punto de corte de 1.5 cm de grosor muscular, serviría para identificar pacientes con baja masa muscular. No encontraron diferencias, en cambio, en el grosor muscular entre los pacientes pertenecientes a los 3 estadios de la sarcopenia, no sirviendo por tanto para predecir la baja masa muscular o el bajo rendimiento físico. Morat et al.(17) de hecho, ya habían descrito en 2016 que el grosor muscular medido en los 9 sitios establecidos por Abe et al. (entre los que se incluía el gastrocnemio) no servía para predecir el estadio de sarcopenia.

Wang et al. no es el único estudio que intenta establecer unos puntos de corte para el grosor muscular del gastrocnemio medial, Kuyumcu et al. también lo hicieron con

resultados levemente diferentes a los dados por Wang et al. (esto se comentará posteriormente). Minetto et al.(27) también establecieron un punto de corte de 13 mm para el diagnóstico de baja masa muscular en el gastrocnemio de sujetos ancianos. Pese a existir diferencias, la evidencia parece apoyar la presencia de una relación entre el grosor muscular del gastrocnemio medial y la existencia de baja masa muscular, lo que sería de interés para el diagnóstico de sarcopenia.

El vasto lateral, es otro de los músculos que forman el cuádriceps (ver imagen 4). Algunos autores también han centrado su interés en este por diferentes motivos. Según Ticinesi et al.(31), el vasto lateral es un músculo ideal por su estructura, significancia funcional y facilidad de medición(27). Reeves et al.(32) elaboraron además un estudio en 2004 donde comparó la medición del área de sección transversal del vasto lateral con la medición llevada a cabo mediante RMN. Este, obtuvo un coeficiente de correlación intraclase de 0.999 pareciendo por tanto comportarse como un método preciso y fiable. Strasser et al. (30) estudiaron en 2013 la relación con el descenso de la masa muscular asociada a la edad de los diferentes músculos que forman el cuádriceps. Respecto al vasto lateral, demostró un decremento estadísticamente significativo del grosor muscular del vasto lateral asociado a la edad (de  $22.6\pm 3.8$  vs  $19.8\pm 2$ ,  $p=0.0005$ ). También del ángulo de pennación ( $14.7\pm 2.5$  vs  $11.9\pm 2.5$ ;  $p<0.0001$ ) y de la ecogenicidad ( $96.2\pm 14.9$  vs  $111.3\pm 15.0$ ;  $p <0.001$ ). No obstante, el grosor muscular fue el único de los 3 parámetros para el que se halló correlación estadísticamente significativa con la fuerza muscular máxima voluntaria ( $0.756$ ;  $p<0.001$ ). Minetto et al.(27) establecieron para el vasto lateral un punto de corte de 17 mm en hombres y 15mm en mujeres para el diagnóstico de baja masa muscular en sujetos ancianos. No obstante, aún es escasa la evidencia respecto al vasto lateral y su relación con la sarcopenia.

Los estudios que valoran el vasto interno son también escasos (ver imagen 5 para su identificación ecográfica). No obstante, los resultados obtenidos no le restan interés. En el trabajo de Strasser et al. (33), el vasto interno es el estudio que menos vio disminuido su grosor al comparar el grupo de personas jóvenes con el de personas mayores (12% frente a 12.4% del vasto lateral, el 14% del vasto interno o el 25.4% del recto femoral). En cambio, su ángulo de pennación fue el segundo que se vio más reducido (13.3% frente al 20.1% del vasto lateral). También fue el que menos aumento de ecogenicidad presentó (13.7% frente a 31.8% del vasto intermedio).

Sin embargo, ninguno de los 2 anteriores hallazgos estaría relacionados con la fuerza máxima de contracción voluntaria isométrica en las personas mayores. Sí que se ha encontrado relación con el grosor muscular del vasto interno (coeficiente de correlación de 0.875;  $p=0.027$ ). Siendo esta la medida para la que se encontró mayor relación, de ahí su importancia. Por tanto, es posible que el vasto interno pueda adquirir mayor importancia en un futuro cercano.

Respecto al vasto intermedio (ver imagen 6 para su identificación ecográfica), en el estudio de Strasser et al.(33), el vasto intermedio fue el segundo con mayor descenso del grosor muscular (14%) y el que mayor aumento de la ecogenicidad presentó (31.8%). El grosor muscular del vasto intermedio, también presentó relación

estadísticamente significativa con la fuerza máxima de contracción voluntaria isométrica (coeficiente de correlación de 0.815,  $p < 0.001$ ).

Englobando finalmente una región bastante lejana al muslo, encontramos un estudio que valorar la existencia de sarcopenia en la lengua. Existen estudios que apoyan que el descenso en la presión ejercida por la lengua durante la alimentación podría ocasionar disfagia(34,35). Se encuentran también estudios que describen la atrofia muscular de la lengua en ratas de avanzada edad comparadas con controles (36,37). Pues bajo estas premisas, Tamura et al.(35), trabajaron con la hipótesis de que la sarcopenia localizada en la lengua podría alterar su función y condicionar disfagia. Los resultados que obtuvo fueron que el área muscular de la mitad del brazo y el grosor muscular de la lengua fueron estadísticamente significativos. (coeficiente de correlación de Pearson de 0.424;  $p < 0.001$ ), también se observó relación entre el grosor muscular de la lengua y la edad (-0.393,  $p < 0.001$ ) y el peso corporal (0.434;  $p < 0.001$ ), sugiriendo que la sarcopenia podría afectar también a la lengua y no sólo a la musculatura esquelética. Sin embargo, serían necesarios más estudios en este sentido para identificar una relación sólida al respecto.

#### **4.2-Mediciones ecográficas utilizadas**

Respecto a las mediciones tomadas en los diferentes músculos, la medición del grosor muscular es la medición en más ocasiones empleada. El grosor muscular es la distancia radial entre la aponeurosis superficial y profunda de un músculo (ver imagen 7). Esta medición, aparte de ser la más empleada, es además la medición empleada desde el comienzo. Ya en 1994, lo que Abe et al. valoraron en las 9 localizaciones descritas(9) fue el grosor muscular. En este estudio, fueron capaces de estimar la masa corporal magra a través del grosor muscular medido en estas localizaciones. La pérdida de masa muscular sitio-específica en regiones como el cuádriceps fue también descrito mediante esta medida(12,13).

El grosor muscular ha sido una medida sólida que ha continuado empleándose en el tiempo por su sencillez, la evidencia obtenida, pero también por su fiabilidad. No olvidemos que Strasser et al. (33) obtuvieron que la medición del grosor muscular fue la medición más fiable y reproducible. Con coeficientes de correlación intraclase entre el 85-97%. Además, la medición ecográfica del grosor muscular del recto femoral ha sido también comparada en otro estudio(38) con la medición realizada mediante TC (el *gold standard*), encontrando una diferencia absoluta  $0.01 \pm 0.12$  cm ( $p = 0.66$ ). Mostrándose, según los autores, como “una técnica válida y fiable de medición para comprobar el grosor del recto femoral en paciente mayores con enfermedad arterial coronaria”.

El grosor muscular ha sido también empleado para estimar la masa muscular esquelética total encontrando una correlación estadísticamente significativa con la medición mediante RMN(39).

En lo que respecta al gastrocnemio medial, el grosor muscular ha mostrado relación en diversos estudios ya comentados. Estableciéndose de hecho puntos de corte para el diagnóstico de sarcopenia en base a su medición(27,29,30), pero también para otros músculos(27).

En lo que no se ha encontrado utilidad es en la medición del grosor muscular para la detección del estadio de sarcopenia que presenta. Ni en el gastrocnemio medial(30) ni en ninguno de los 9 sitios clásicos(17).

Otras de las mediciones ecográficas también muy empleadas ha sido la medición del área de sección transversal. La medición ecográfica del área de sección transversal (ver imagen 8), se refiere al área que presenta un músculo en un corte transversal realizado perpendicular al eje mecánico de este. Ésta, es también una medida muy empleada que ha demostrado según diferentes estudios ser una medida fiable. Es el caso de Souza et al.(40) quien observa una diferencia media de 3.97mm entre la medición ecográfica de esta y la realizada mediante TC. También ha demostrado su fiabilidad en el vasto lateral en un estudio llevado a cabo por Reeves et al.(32) en 2004 donde su medición con la llevada a cabo mediante RMN. Obteniendo un coeficiente de correlación intraclase de 0.999. Añadido a estos, Scott et al.(25) vinieron a refrendar también los resultados obtenidos en el recto femoral en comparación con la RMN en este caso, con un coeficiente de correlación de 0.78 ( $p < 0.0001$ ). No obstante, existió pobre concordancia con la medición del área de sección transversal del gastrocnemio (0.37;  $p < 0.0006$ ).

El área de sección transversal, ha demostrado también disminuir con la edad, es el caso del estudio de Narici et al. en 2003(41), donde se observó una disminución significativa de ésta en el gastrocnemio en población envejecida al comparar con población más joven (19.1%,  $p = 0.005$ ), el volumen (25.4%,  $P = 0.001$ ), la longitud del fascículo (10.2%,  $p = 0.01$ ) y el ángulo de pennación (13.2%,  $p = 0.01$ ) respecto a la población joven

Hernandez-Socorro et al. (25), también observaron en pacientes ingresados en UCI en un estado prolongado de catabolismo que, comparados con controles sanos de su misma edad y sexo, los pacientes presentaban menor área de sección transversal ( $3.6 \text{ cm}^2$  vs  $1.0$ ,  $p < 0.001$ ). En el estudio de Souza et al.(34), se relacionó además con la fuerza muscular ( $r = 0.300$ ,  $p = 0.002$ ), la masa corporal magra de las extremidades superiores ( $r = 0.286$ ,  $p = 0.004$ ), y la masa corporal magra de las extremidades inferiores ( $r = 0.271$ ,  $p = 0.006$ ). Seymour et al.(28), encontraron que la contracción voluntaria máxima, se relacionaba de forma directa con el área de sección transversal del recto femoral en los pacientes con EPOC ( $r = 0.88$ ,  $p = 0.001$ ).

Por lo que, aunque se necesitan más estudios, el área de sección transversal se postula como una medida a tener en cuenta a la hora de intentar realizar el diagnóstico ecográfico de sarcopenia.

Otra medida de gran importancia es la del ángulo de pennación. El ángulo de pennación es el ángulo que se forma entre el eje mecánico muscular (se puede tomar como referencia una de las aponeurosis muscular) y los fascículos musculares (ver imagen 9) (42,43). Este, es proporcional al número de sarcómeros agrupados en paralelo a lo largo de la aponeurosis y está estrechamente relacionado con la capacidad de generar fuerza del músculo(41).

En 2003, Narici et al.(41) describieron que el ángulo de pennación del gastrocnemio medial, era significativamente menor 13.2% ( $P < 0.01$ ) cuando comparaba la medición tomada a individuos mayores y jóvenes.

Posteriormente En 2005, Morse et al.(44) describieron resultados similares en el gastrocnemio lateral obteniendo que, comparados con los individuos más jóvenes, los ancianos presentaban un descenso del 12% en el ángulo de pennación.

Kawakami et al.(45) ya habían descrito previamente en 1993 que el ángulo de pennación en el tríceps braquial de los individuos musculados era mayor que en los individuos normales. Estos resultados difieren con los de Kuyumcu et al.(29), quienes no encontraron diferencias en el ángulo de pennación del gastrocnemio medial entre sujetos mayores sarcopénicos y no sarcopénicos. Respecto al cuádriceps, Strasser et al.(33), en 2003, compararon las mediciones del ángulo de pennación en pacientes ancianos y jóvenes, encontrando disminución significativa en vasto lateral ( $14.7 \pm 2.5$  en jóvenes vs  $11.9 \pm 2.5$  en ancianos;  $< 0.0001$ ) y medio ( $12.1 \pm 2.0$  vs  $10.4 \pm 1.3$ ,  $< 0.001$ ). No así en vasto intermedio.

En base a los resultados y pese a que algunos estudios han realizado sus mediciones en músculos diferentes, parece que el ángulo de pennación disminuye con la edad pero que, sin embargo, su valor no variaría entre los ancianos sarcopénicos y no sarcopénicos.

Según los hallazgos de Strasser et al, el ángulo de pennación no estaría relacionado con la fuerza máxima de contracción voluntaria isométrica en las personas mayores. El ángulo de pennación del vasto intermedio fue el único que demostró una discreta relación significativa en el grupo de personas jóvenes.

Randhawa et al.(46) observaron además que el descenso del ángulo de pennación en las personas mayores, no se relacionaba con la pérdida de fuerza muscular.

El ángulo de pennación además no se ha mostrado preciso en todos los músculos. Silva et al.(47), obtuvo un bajo coeficiente de correlación intraclase con la medición del ángulo de pennación del recto femoral (entre 0.48 y 0.51). Siendo la medición menos fiable de las evaluadas (grosor muscular en varios músculos, área de sección transversal y ángulo de pennación). Como vemos, existe discrepancia entre los diferentes estudios, por tanto, parecen necesarios nuevos estudios para encontrar mayor evidencia respecto al papel del ángulo de pennación de cada músculo en el diagnóstico de sarcopenia o en la determinación de la fuerza muscular.

Otra medición empleada, con menor frecuencia, ha sido la longitud del fascículo (ver imagen 10). Esta, es definida en los estudios como la longitud que presentan los fascículos musculares midiendo desde la aponeurosis superficial a la aponeurosis profunda.

Para la detección de sarcopenia, esta medida ha sido clásicamente empleada en el gastrocnemio.

Kuyumcu et al.(29) comparó las mediciones de la longitud del fascículo del gastrocnemio para la detección de sarcopenia en sujetos previamente diagnosticados con bioimpedanciometría y fuerza de agarre. Aunque no fue esta la medición que mejor resultados obtuvo, la medición de la longitud del fascículo presentó una sensibilidad de 76.92% para el diagnóstico de sarcopenia en ambos miembros inferiores (especificidad 70.51% para el derecho y 80.77% para el izquierdo).

No obstante, todos los resultados encontrados no han sido favorables en este sentido. Randhawa et al.(46) estudiaron los efectos de la sarcopenia en la longitud del fascículo en el gastrocnemio medial y lateral realizando mediciones a pacientes mayores y jóvenes no encontrando diferencias significativas en la medición de la longitud del fascículo. Previamente a este estudio, Morse et al.(44) tampoco había encontrado diferencias en la longitud del fascículo del gastrocnemio entre pacientes jóvenes y ancianos.

Otra medición que ha sido recientemente empleada ha sido la del grosor del tendón central del recto femoral. El único estudio que hasta la fecha lo ha empleado ha sido el realizado en 2018 por Hernández-Socorro et al.(48). En dicho estudio, evaluaron en 29 pacientes ingresados en la UCI en un estado prolongado de catabolismo las alteraciones que se observaban en diferentes mediciones del recto femoral entre ellas, el grosor del tendón central de dicho músculo, comparando con 19 controles sanos aparejados a los previos por misma edad, sexo e IMC.

El resultado fue que los pacientes presentaban un mayor grosor del tendón intramuscular respecto a los controles (1.5 vs 1.8; 0.047). La explicación que le dan a este hallazgo es que el tendón, debido a su composición de tejido conectivo natural y denso, no va a presentar atrofia como la musculatura que lo rodea. De este modo, se convertiría en ecográficamente más evidente entre los pacientes que presentan atrofia muscular.

Previamente al estudio de Hernandez-Socorro et al., Balias et al., habían descrito que las lesiones a nivel proximal del tendón central del recto femoral (y su tamaño) se relacionaban significativamente con el tiempo de ausencia de actividad deportiva en jugadores de fútbol(49). No obstante, no se habían realizado estudios que evaluaran la medida del tendón central como herramienta para la valoración y diagnóstico de la atrofia muscular.

La evaluación del grado de ecointensidad o ecogenicidad, también ha sido evaluada para el diagnóstico de sarcopenia. La ecointensidad depende del contenido intramuscular de sus diferentes componentes, entre ellos del colágeno y los depósitos lipídicos. Así, en los casos de miofibrosis o mioesteatosis, esta se vería alterada. Estudios previos han descrito como la ecointensidad se ve habitualmente incrementada en relación directa con la edad o en el contexto de la sarcopenia muscular (50–52).

Según los resultados de Strasser et al.(33), el músculo que ve su ecogenicidad más aumentada en el cuádriceps comparando personas jóvenes con personas mayores, sería el vasto intermedio (un 31.8% más), seguido del recto femoral (19.7%) y el vasto lateral (15.7%).

En los individuos jóvenes, la ecogenicidad presentó una moderada relación significativa para todos los músculos del cuádriceps en relación con la fuerza máxima de contracción voluntaria isométrica que, sin embargo, no se repitió en la población de edad avanzada ( $r=-0.30$ ,  $p> 0,05$ , es decir, no significativa). Esto difiere de los resultados de Fukumoto et al.(53) y Cadore et al.(54) quienes si encontraron una discreta relación inversa ( $r=-0.40$ ,  $p<0.01$  y  $r=-0.51$ ,  $p<0.01$ ; respectivamente). También es el caso de Kawai et al.(25), quienes encontraron una relación estadísticamente significativa de la ecointensidad del cuádriceps, con la masa muscular esquelética (coeficiente de correlación de  $-0.289$  en hombres,  $p<0.01$  y  $-0.182$  en mujeres,  $p<0.01$ ) y la fuerza muscular para la extensión de la rodilla (coeficiente de correlación de  $-0.312$  en hombres,  $p<0.01$  y  $-0.268$  en mujeres,  $p<0.01$ ). Strasser et al. atribuye algunas de estas diferencias a posibles diferentes modelos de análisis y medición.

La ecointensidad tampoco mostró una relación clara con el ejercicio. Yoshiko et al.(55) sometieron a pacientes a un programa de 12 meses de ejercicio. La ecointensidad disminuyó significativamente en el recto femoral tras 6 meses de ejercicio. Sin embargo, este efecto no se aprecia a largo plazo, pues a los 12 meses, las medidas regresaron a la situación inicial. Parece que harán falta estudios posteriores para determinar con mayor precisión la posible relación de la ecogenicidad o ecointensidad con la sarcopenia.

La última medición empleada y de más reciente aparición ha sido la de la medición del sonido. La justificación del empleo de esta medida se basa en el hecho de que el valor nominal de la velocidad del sonido en el músculo es de 1585 metros por segunda y la de la grasa de 1440 metros por segundo. Es decir, alrededor de un 10%(56), siendo por tanto potencialmente posible cuantificar el grado de músculo y grasa que contiene un tejido muscular.

De esta manera, Sanabria et al. en 2019 realizaron un estudio en el que medían la velocidad del sonido a nivel de la pantorrilla en su perímetro máximo. En el estudio, seleccionaron un grupo de 11 mujeres jóvenes y 10 mujeres de avanzada edad (media de 82 años). Al comparar ambos grupos, objetivaron que las mujeres mayores presentaban de media una velocidad del sonido menor (1516 m/s) que las mujeres jóvenes (1545 m/s;  $p<0.01$ ).

#### **4.3-Fórmulas y puntos de corte obtenidos**

De toda la evidencia encontrada, diversos estudios han empleado la medición ecográfica para establecer puntos de corte o fórmulas para estimar la masa muscular. Sanada et al.(39), publicó un trabajo mediante el que diseñó una fórmula para estimar la masa muscular esquelética total mediante la medición ecográfica del grosor muscular de diversos músculos (los 9 descrito por Abe et al.(9)), encontrando una buena correlación comparado con la medición de la masas muscular esquelética total realizada por RMN ( $r=0.83-0.96$  en hombres,  $r=0.53-0.91$  en mujeres,  $P<0.05$ ) (ver tabla 2). Este estudio, fue posteriormente validado por Abe et al.(57) en 2015.

Minetto et al.(27), en cambio, comparó la ecografía muscular con la bioimpedanciometría para el diagnóstico de sarcopenia en pacientes jóvenes. Midió

el grosor muscular en el recto femoral, vasto lateral, tibial anterior y gastrocnemio medial y estableció unos puntos de corte mediante los que poder diagnosticar baja masa muscular en sujetos ancianos. Los puntos de corte fueron:

Recto femoral: 20 mm en hombres y 16 mm en mujeres.

Vasto lateral: 17 mm en hombres y 15 mm en mujeres

Tibial anterior: 26 mm en hombres y 22 mm en mujeres.

Gastrocnemio medial: 13 mm tanto en hombres como en mujeres.

Sin embargo, como los propios autores concluyen, se requieren futuros estudios para establecer la empleabilidad y fiabilidad de estos puntos de corte establecidos en jóvenes caucásicos para el diagnóstico de sarcopenia en ancianos de diferentes etnias o poblaciones.

En una línea similar, Kuyumcu et al.(23) demostró que la sensibilidad del grosor muscular del gastrocnemio para el diagnóstico de sarcopenia era superior al 90%, (100% en el gastrocnemio derecho y 92.31% en el izquierdo). Para obtener estos valores, establecieron un punto de corte en 1.69cm y 1.71cm (en gastrocnemio derecho e izquierdo, respectivamente). Esto posibilitaba un valor predictivo en ambos casos próximo al 100% (100% en el derecho y 97.61% en el izquierdo). La especificidad en cambio fue de 64.56% para el derecho y del 53.56% para el izquierdo. Kuyumcu et al. también establecieron puntos de corte para la longitud del fascículo del gastrocnemio (3.62 cm para el derecho y 3.47 cm para el izquierdo con especificidades de 70.51% y 80.77% respectivamente y sensibilidad de 76.92% para ambos) las cuales presentaron un elevado valor predictivo negativo (94.5% para el derecho y 97.6% para el izquierdo).

Wang et al., en 2018 (29), también establecieron un punto de corte de 1.5 cm de grosor muscular del gastrocnemio medial para el diagnóstico de sarcopenia. Para establecer baja masa muscular, empleó los puntos de corte establecidos por la "Asian Working Group for Sarcopenia" donde el corte sería de 7.0 kg/m<sup>2</sup> para hombres y 5.4 kg/m<sup>2</sup> para mujeres medidos por DEXA. Kuyumcu emplearon una disminución de 2 veces la desviación estándar de la media obtenida al realizar la bioimpedanciometría a 61 sujetos jóvenes, esta diferencia de criterio, la distinta etnia y otros factores técnicos podrían explicar parte importante de las diferencias encontradas entre ambos estudios.

Otro estudio centrado en el grosor muscular es el de Tandon et al. (24). Estos, desarrollaron en 2016 un método para identificar la sarcopenia en pacientes con cirrosis ya previamente diagnosticados de sarcopenia con RMN (sarcopenia definida como pérdida de masa muscular, no obstante, al ser uno de los criterios para el diagnóstico actual, podría tener papel en el proceso diagnóstico actual), empleando la combinación de IMC y el grosor muscular del muslo (Ver tabla 3), con áreas bajo la curva de 0.78 en hombres y 0.89 en mujeres, por lo que, aunque se requiere más evidencia al respecto, deja prometedores resultados sobre su posible papel en la detección de la pérdida de masa muscular.

Paris et al.(16) comparan el método de 9 sitios para la medición de la masa muscular total con uno de 4 sitios previamente descrito basado en la medición del grosor muscular del cuádriceps (a la altura de recto femoral y el vasto intermedio) en ambas piernas a máxima compresión y a mínima compresión en 2 puntos, la distancia

media entre la espina ilíaca antero-superior y el borde superior de la rótula y al inicio del tercio distal (a 2 tercios) de esa misma distancia. Así mismo, le incluyó un 5º sitio para una mayor fiabilidad (grosor anterior del brazo). Los resultados fueron bastante positivos ( $R^2 = 0.91$ ;  $p < 0.001$ ) (ver tabla 4).

Hida et al.(26) también compararon la medición de la masa muscular esquelética mediante bioimpedanciometría y el grosor muscular mediante ecografía del muslo (suma del grosor muscular del recto femoral y vasto intermedio). La correlación obtenida fue significativa (coeficiente de correlación 0.38;  $p < 0.001$ ) y establecieron unos puntos de corte para el diagnóstico de sarcopenia mediante este método de 36 mm en hombres y 34 mm en mujeres (sensibilidad y especificidad de 72% y 73.9% en el primero y 72.2% y 72.4% en el segundo respectivamente).

No obstante, parecen necesarios estudios posteriores para evaluar la fiabilidad y aplicabilidad de estos puntos de corte en las diferentes etnias y poblaciones.

## 5.-DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El empleo de la ecografía para el diagnóstico de sarcopenia, pese a la evidencia previamente descrita, no es un método de imagen recogido en los documentos de consenso para el diagnóstico de sarcopenia.

Sin embargo, han sido varios los estudios que han demostrado la fiabilidad de la ecografía para la medición de determinadas medidas musculares en comparación con otras técnicas de imagen. Es el caso de Sanada et al.(39) quienes publicaron en 2006 un estudio donde encontraron una buena correlación del grosor muscular medido por ecografía comparado con la medición realizada por RMN, ( $r=0.83-0.96$  en hombres,  $r=0.53-0.91$  en mujeres,  $P < 0.05$ ), habiendo sido estos datos validados posteriormente por Abe et al.(57). Pero no sólo este estudio, es también el caso de Thomaes et al.(38) (quienes demostraron la fiabilidad de la medición ecográfica del grosor muscular del recto femoral en comparación con la TC), Souza et al.(29) (quienes compararon la medición del área de sección transversal en el recto femoral en comparación con la medición por TC, encontrando una diferencia media de 3.97 mm,  $p < 0.001$ ), Reeves et al.(32) (quienes compararon la medición del área de sección transversal del vasto lateral por ecografía con la llevada a cabo mediante RMN, obteniendo un coeficiente de correlación intraclase de 0.999) o Scott et al.(25) (quien comparó el área de sección transversal del recto femoral por ecografía en comparación con la RMN con un coeficiente de correlación de 0.78,  $p < 0.0001$ ).

No obstante, todos los resultados no fueron positivos, es el caso del mismo Scott et al.(25) quien encontró, pobre concordancia con la medición del área de sección transversal del gastrocnemio (0.37;  $p < 0.0006$ ).

Siendo conscientes de esas limitaciones, pero con la certeza de que, para muchas mediciones, parece ser un método fiable, parece apropiado pensar que la ecografía muscular sería útil para identificar a los pacientes con sarcopenia. En principio, si la medición muscular resulta fiable, al menos para evaluar la masa muscular debería serlo. Otra cuestión es su empleo a la hora de evaluar la disminución de la fuerza o

el rendimiento físico. Aunque sobre el papel parecen 2 aspectos que deberían tener una clara relación, esta no ha sido del todo refrendada.

Es cierto que existen estudios como los de Abe et al. (10)(13). que evidencian la asociación del grosor muscular anterior y posterior del muslo con el rendimiento caminando “en zigzag” en personas mayores. No obstante, existen varios artículos (17,58) en los que parece que la pérdida de masa muscular aislada sería insuficiente para explicar cambios y diferencias respecto a la fuerza muscular o la actividad física. De hecho, el mismo grupo de Abe et al.(19) estudiaron en 2012 la relación entre el grosor muscular anterior y posterior del muslo con en un test de la marcha de 20 m tanto a velocidad habitual como a máxima, no encontrando relación con estos. Sí con el zigzag, como ya se había encontrado en previamente. Tampoco obtuvieron éxito al valorar la asociación con el grado de fuerza muscular de los músculos del cuádriceps(21) o el brazo(23) o con la prevención de la pérdida de masa muscular sitio-específica” mediante la actividad física diaria(20).

Sí obtuvo relación en cambio Seymour et al., que encontraron que la contracción voluntaria máxima, se relacionaba de forma directa con el área de sección transversal del recto femoral en los pacientes con EPOC ( $r=0.88$ ,  $p=0.001$ ). En el mismo músculo y con la misma medida encontraron también relación Souza et al.(40), También lo encontró watanabe et al.(22), en este caso en el grosor muscular del muslo, encontrando además una interesante relación entre la fuerza y la ecointensidad ( $r = -0.333$ ,  $P , 0.001$ ). Strasser et al.(33), en cambio, en el mismo año (2013), realizaron un estudio también en la musculatura del cuádriceps encontrando relación entre el grosor muscular de todos los músculos del cuádriceps y la fuerza muscular máxima voluntaria. Siendo en el anciano la relación con el vasto medial la de más intensidad ( $r=0.875$ ;  $p<0001$ ). La ecogenicidad, en cambio, no obtuvo relación con la fuerza en ninguno de los músculos analizados para el anciano. La ecogenicidad del vasto intermedio fue la única que demostró una discreta relación significativa en el grupo de personas jóvenes ( $r=0.68$ ;  $p<0.05$ ). Esto difiere también de los resultados obtenidos por Fukumoto et al.(53) y Cadore et al.(54) quienes si encontraron una discreta relación inversa ( $r=-0.40$ ,  $p<0.01$  y  $r=-0.51$ ,  $p<0.01$ ; respectivamente). Strasser et al. atribuyeron estas variaciones a posibles diferentes modelos de análisis y medición. Kawai et al.(25), recientemente analizaron la relación de las características morfológicas y cualitativas del cuádriceps con la fuerza muscular o la sarcopenia, hallando relaciones significativas tanto en hombres como en mujeres entre la masa muscular esquelética o la fuerza a la extensión de la rodilla y el grosor muscular del cuádriceps o la ecointensidad de este.

Yoshiko et al.(36) valoraron el efecto que tenía un programa de entrenamiento de 12 meses de duración sobre el grosor muscular y la ecointensidad del recto femoral y el bíceps femoral. Observaron que el grosor muscular del recto femoral se incrementaba significativamente tras 12 meses de entrenamiento (pasando de  $1.01\pm 0.26$  a  $1.24\pm 0.29$ ,  $p<0.05$ ). En lo que respecta a la ecointensidad, esta mejoraba a los 5 meses, pero a los 12 volvía al nivel inicial, no pareciendo ser un parámetro que mejorase a largo plazo.

Otra medición ecográfica en la que se ha evaluado la fuerza muscular ha sido el ángulo de pennación con resultados poco alentadores. Según los hallazgos de Strasser et al.(33) el ángulo de pennación no estaría relacionado con la fuerza

máxima de contracción voluntaria isométrica en las personas mayores. En los individuos jóvenes, la ecogenicidad presentó una moderada relación significativa para todos los músculos del cuádriceps en relación con la fuerza máxima de contracción voluntaria isométrica.

Randhawa et al.(46) también observaron que el descenso del ángulo de pennación en las personas mayores, no se relacionaba con la pérdida de fuerza muscular, lo que viene a apoyar lo ya descrito.

Con todos estos datos, por tanto, resulta difícil valorar la utilidad de la ecografía para la evaluación de la fuerza muscular. Lo cierto es que, aunque los resultados resultan contradictorios, existe mucha evidencia que habla a favor de una cierta relación. En especial con las mediciones realizadas en la musculatura del muslo y especialmente cuando no se valora el muslo de forma global si no los diferentes músculos de forma separada, siendo con la medición del grosor muscular global donde existe más evidencia en contra. Probablemente se necesiten más estudios y con mayor número de pacientes que evalúen de forma precisa esta cuestión para los diferentes músculos del muslo para obtener una respuesta más precisa acerca de esta cuestión. Desconocemos también el papel preciso que podría tener la ecogenicidad en este sentido (con resultados contradictorios) y parámetros no estudiados como la velocidad del sonido. Lo que no parece tener una relación es el ángulo de pennación. Sin embargo, demostró una discreta relación en personas jóvenes, por lo que, en base al escaso nivel de evidencia de los estudios disponibles, consideramos que la utilidad de este parámetro no debería ser excluida del todo por el momento.

En lo que respecta a la medición de la masa muscular, son muchos los estudios que apoyan su uso. Desde el empleo de los 9 sitios para la estimación de la masa muscular esquelética total(39). Su valoración para detectar atrofia del cuádriceps(59), Para detectar sarcopenia en pacientes ya previamente diagnosticados (en este caso cirróticos) mediante la medición del IMC y el grosor muscular del muslo) (24), para detectar sarcopenia mediante la medición del grosor muscular del gastrocnemio (estableciendo como punto de corte 1.5 cm)(29,30), o para detectar baja masa muscular en diferentes músculos en sujetos ancianos(27). Algunos de estos, son resultados muy prometedores, no obstante, son necesarios estudios de mayor calidad para determinar con precisión la utilidad de las diferentes medidas y establecer puntos de corte precisos y fiables para cada población o etnia.

En lo que no se ha encontrado utilidad es en la medición del grosor muscular para la detección del estadio de sarcopenia que presenta. Ni en el gastrocnemio medial(30) ni en ninguno de los 9 sitios clásicos(14). La baja masa muscular es un criterio necesario para el diagnóstico de sarcopenia y, dada la controvertida relación de las mediciones ecográficas para la fuerza y el rendimiento físico, no se han relaciones significativas con esta cuestión.

En conclusión, la ecografía clínica parece mostrarse como un método barato, sencillo, inocuo y en general fiable para la valoración de la masa muscular y el diagnóstico de sarcopenia. Más controvertido es su papel en la valoración de la fuerza muscular y el rendimiento físico y en la detección del estadio de sarcopenia que el paciente presenta. No obstante, se necesitan más estudios y de mayor calidad para establecer de forma precisa la existencia o no de estas asociaciones y

establecer, en caso de que existan, protocolos y puntos de corte precisos que permitan un diagnóstico preciso de la sarcopenia mediante esta técnica.

## 6.-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rosenberg IH. Summary comments. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 1989 Nov 1;50(5):1231–3. Available from: <https://academic.oup.com/ajcn/article/50/5/1231-1233/4695358>
2. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2010;39(4):412–23.
3. 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.
4. González-Montalvo JI, Alarcón T, Menéndez-Colino R, Ríos-Germán PP, Queipo R, Otero A. Frequency of sarcopenia and characteristics of the patients studied using uniform EWGSOP criteria in Spanish studies. *Rev Esp Geriatr Gerontol* [Internet]. 2017;52(5):293–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.regg.2016.10.007>
5. Masanes F, Culla A, Navarro-Gonzalez M, Navarro-Lopez M, Sacanella E, Torres B, et al. Prevalence of sarcopenia in healthy community-dwelling elderly in an urban area of Barcelona (Spain). *J Nutr Health Aging* [Internet]. 2012 Feb;16(2):184–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22323356>
6. Salvà A, Serra-Rexach JA, Artaza I, Formiga F, Rojano i Luque X, Cuesta F, et al. La prevalencia de sarcopenia en residencias de España: comparación de los resultados del estudio multicéntrico ELLI con otras poblaciones. *Rev Esp Geriatr Gerontol* [Internet]. 2016 Sep;51(5):260–4. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0211139X1600055X>
7. Tosato M, Marzetti E, Cesari M, Saveria G, Miller RR, Bernabei R, et al. Measurement of muscle mass in sarcopenia: from imaging to biochemical markers. *Aging Clin Exp Res*. 2017;29(1):19–27.
8. Morley JE, Abbatecola AM, Argiles JM, Baracos V, Bauer J, Bhasin S, et al. Sarcopenia With Limited Mobility: An International Consensus. *J Am Med Dir Assoc*. 2011;12(6):403–9.
9. Abe T, Kondo M, Kawakami Y, Fukunaga T. Prediction equations for body composition of Japanese adults by B-mode ultrasound. *Am J Hum Biol* [Internet]. 1994;6(2):161–70. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/ajhb.1310060204>
10. Abe T, Loenneke JP, Thiebaud RS, Fukunaga T. Age-related site-specific muscle wasting of upper and lower extremities and trunk in Japanese men and women. *Age (Dordr)*. 2014 Apr;36(2):813–21.
11. Abe T, Loenneke JP, Thiebaud RS, Ogawa M, Mitsukawa N. Age-related site-specific muscle loss in the thigh and zigzag walking performance in older men and women. *Acta Physiol Hung*. 2014 Dec;101(4):488–95.
12. Abe T, Sakamaki M, Yasuda T, Bemben MG, Kondo M, Kawakami Y, et

- al. Age-related, site-specific muscle loss in 1507 Japanese men and women aged 20 to 95 years. *J Sport Sci Med*. 2011;10(1):145–50.
13. Ogawa M, Yasuda T, Abe T. Component characteristics of thigh muscle volume in young and older healthy men. *Clin Physiol Funct Imaging* [Internet]. 2012 Mar;32(2):89–93. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1475-097X.2011.01057.x>
  14. Abe T, Patterson KM, Stover CD, Geddam DAR, Tribby AC, Lajza DG, et al. Site-specific thigh muscle loss as an independent phenomenon for age-related muscle loss in middle-aged and older men and women. *Age (Dordr)*. 2014 Jun;36(3):9634.
  15. Takeshima N, Shimada K, Islam MM, Kanehisa H, Ishida Y, Brechue WF. Progressive, Site-Specific Loss of Muscle Mass in Older, Frail Nursing Home Residents. *J Aging Phys Act*. 2015 Jul;23(3):452–9.
  16. Paris MT, Lafleur B, Dubin JA, Mourtzakis M. Development of a bedside viable ultrasound protocol to quantify appendicular lean tissue mass. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2017 Oct;8(5):713–26.
  17. Morat T, Gilmore KJ, Rice CL. Neuromuscular function in different stages of sarcopenia. *Exp Gerontol*. 2016 Aug;81:28–36.
  18. ISHIDA Y, KANEHISA H, CARROLL JF, POLLOCK ML, GRAVES JE, LEGGETT SH. Body fat and muscle thickness distributions in untrained young females. *Med Sci Sport Exerc* [Internet]. 1995 Feb;27(2):270–274. Available from: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00005768-199502000-00018>
  19. Abe T, Ogawa M, Loenneke JP, Thiebaud RS, Loftin M, Mitsukawa N. Relationship between site-specific loss of thigh muscle and gait performance in women: the HIREGASAKI study. *Arch Gerontol Geriatr*. 2012;55(2):e21-5.
  20. Abe T, Mitsukawa N, Thiebaud RS, Loenneke JP, Loftin M, Ogawa M. Lower body site-specific sarcopenia and accelerometer-determined moderate and vigorous physical activity: the HIREGASAKI study. *Aging Clin Exp Res*. 2012 Dec;24(6):657–62.
  21. Abe T, Ogawa M, Thiebaud RS, Loenneke JP, Mitsukawa N. Is muscle strength ratio a criterion for diagnosis of site-specific muscle loss? *Geriatr Gerontol Int*. 2014 Oct;14(4):837–44.
  22. Watanabe Y, Yamada Y, Fukumoto Y, Ishihara T, Yokoyama K, Yoshida T, et al. Echo intensity obtained from ultrasonography images reflecting muscle strength in elderly men. *Clin Interv Aging*. 2013;8:993–8.
  23. Thiebaud RS, Loenneke JP, Abe T, Fahs CA, Rossow LM, Kim D, et al. Appendicular lean mass and site-specific muscle loss in the extremities correlate with dynamic strength. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2017 May;37(3):328–31.
  24. Tandon P, Low G, Mourtzakis M, Zenith L, Myers RP, Abalde JG, et al. A Model to Identify Sarcopenia in Patients With Cirrhosis. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2016 Oct;14(10):1473-1480.e3.
  25. Kawai H, Kera T, Hirayama R, Hirano H, Fujiwara Y, Ihara K, et al.

- Morphological and qualitative characteristics of the quadriceps muscle of community-dwelling older adults based on ultrasound imaging: classification using latent class analysis. *Aging Clin Exp Res*. 2018 Apr;30(4):283–91.
26. Hida T, Ando K, Kobayashi K, Ito K, Tsushima M, Kobayakawa T, et al. Editors' Choice Ultrasound measurement of thigh muscle thickness for assessment of sarcopenia. *Nagoya J Med Sci*. 2018 Nov;80(4):519–27.
  27. Minetto MA, Caresio C, Menapace T, Hajdarevic A, Marchini A, Molinari F, et al. Ultrasound-Based Detection of Low Muscle Mass for Diagnosis of Sarcopenia in Older Adults. *PM R [Internet]*. 2016;8(5):453–62. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmrj.2015.09.014>
  28. Seymour JM, Ward K, Sidhu PS, Puthuchery Z, Steier J, Jolley CJ, et al. Ultrasound measurement of rectus femoris cross-sectional area and the relationship with quadriceps strength in COPD. *Thorax*. 2009;64(5):418–23.
  29. Kuyumcu ME, Halil M, Kara O, Cuni B, Caglayan G, Guven S, et al. Ultrasonographic evaluation of the calf muscle mass and architecture in elderly patients with and without sarcopenia. *Arch Gerontol Geriatr*. 2016;65:218–24.
  30. Wang J, Hu Y, Tian G. Ultrasound measurements of gastrocnemius muscle thickness in older people with sarcopenia. *Clin Interv Aging*. 2018;13:2193–9.
  31. Ticinesi A, Narici M V, Lauretani F, Nouvenne A, Colizzi E, Mantovani M, et al. Assessing sarcopenia with vastus lateralis muscle ultrasound: an operative protocol. *Aging Clin Exp Res*. 2018 Dec;30(12):1437–43.
  32. Reeves ND, Maganaris CN, Narici M V. Ultrasonographic assessment of human skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91(1):116–8.
  33. Strasser EM, Draskovits T, Praschak M, Quittan M, Graf A. Association between ultrasound measurements of muscle thickness, pennation angle, echogenicity and skeletal muscle strength in the elderly. *Age (Dordr)*. 2013 Dec;35(6):2377–88.
  34. Yoshida M, Kikutani T, Tsuga K, Utanohara Y, Hayashi R, Akagawa Y. Decreased tongue pressure reflects symptom of dysphagia. *Dysphagia*. 2006;21(1):61–5.
  35. Tamura F, Kikutani T, Tohara T, Yoshida M, Yaegaki K. Tongue thickness relates to nutritional status in the elderly. *Dysphagia*. 2012 Dec;27(4):556–61.
  36. F. O, N.P. C, R. K. Alterations in contractile properties of tongue muscles in old rats. *Ann Otol Rhinol Laryngol [Internet]*. 2005;114(10):799–803. Available from: <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L41502383>
  37. Schwarz EC, Thompson JM, Connor NP, Behan M. The effects of aging on hypoglossal motoneurons in rats. *Dysphagia*. 2009;24(1):40–8.
  38. Thomaes T, Thomis M, Onkelinx S, Coudyzer W, Cornelissen V,

- Vanhees L. Reliability and validity of the ultrasound technique to measure the rectus femoris muscle diameter in older CAD-patients. *BMC Med Imaging* [Internet]. 2012;12(1):7. Available from: <http://www.biomedcentral.com/1471-2342/12/7>
39. Sanada K, Kearns CF, Midorikawa T, Abe T. Prediction and validation of total and regional skeletal muscle mass by ultrasound in Japanese adults. *Eur J Appl Physiol*. 2006;96(1):24–31.
  40. Souza VA de, Oliveira D, Cupolilo EN, Miranda CS, Colugnati FAB, Mansur HN, et al. Rectus femoris muscle mass evaluation by ultrasound: facilitating sarcopenia diagnosis in pre-dialysis chronic kidney disease stages. *Clinics (Sao Paulo)*. 2018 Oct;73:e392.
  41. Narici M V., Maganaris CN, Reeves ND, Capodaglio P. Effect of aging on human muscle architecture. *J Appl Physiol* [Internet]. 2003 Dec;95(6):2229–34. Available from: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.00433.2003>
  42. Narici M V, Binzoni T, Hiltbrand E, Fasel J, Terrier F, Cerretelli P. In vivo human gastrocnemius architecture with changing joint angle at rest and during graded isometric contraction. *J Physiol* [Internet]. 1996 Oct 1;496(1):287–97. Available from: <http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1113/jphysiol.1996.sp021685/asset/tjp19964961287.pdf?v=1&t=jeq1eq63&s=892e4d35f1cd0696f53c4dd839bb36b7c253c0ea>
  43. Atkinson RA, Srinivas-Shankar U, Roberts SA, Connolly MJ, Adams JE, Oldham JA, et al. Effects of testosterone on skeletal muscle architecture in intermediate-frail and frail elderly men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2010 Nov;65(11):1215–9.
  44. Morse CI, Thom JM, Reeves ND, Birch KM, Narici M V. In vivo physiological cross-sectional area and specific force are reduced in the gastrocnemius of elderly men. *J Appl Physiol* [Internet]. 2005;99(3):1050–5. Available from: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.01186.2004>
  45. Kawakami Y, Abe T, Fukunaga T. Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles. *J Appl Physiol* [Internet]. 1993 Jun;74(6):2740–4. Available from: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jappl.1993.74.6.2740>
  46. Randhawa A, Wakeling JM. Associations between muscle structure and contractile performance in seniors. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2013 Jul;28(6):705–11.
  47. Silva CR de S, Costa ADS, Rocha T, de Lima DAM, do Nascimento T, de Moraes SRA. Quadriceps muscle architecture ultrasonography of individuals with type 2 diabetes: Reliability and applicability. *PLoS One*. 2018;13(10):e0205724.
  48. Hernandez-Socorro CR, Saavedra P, Lopez-Fernandez JC, Ruiz-Santana S. Assessment of Muscle Wasting in Long-Stay ICU Patients Using a New Ultrasound Protocol. *Nutrients*. 2018 Dec;10(12).

49. Balius R, Maestro A, Pedret C, Estruch A, Mota J, Rodríguez L, et al. Central aponeurosis tears of the rectus femoris: Practical sonographic prognosis. *Br J Sports Med.* 2009;43(11):818–24.
50. Nielsen PK, Jensen BR, Darvann T, Jørgensen K, Bakke M. Quantitative ultrasound tissue characterization in shoulder and thigh muscles - A new approach. *BMC Musculoskelet Disord.* 2006;7.
51. Caresio C, Molinari F, Emanuel G, Minetto MA. Muscle echo intensity: Reliability and conditioning factors. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2015;35(5):393–403.
52. Pillen S. Skeletal muscle ultrasound. *Eur J Transl Myol.* 2015;20(4):145.
53. Fukumoto Y, Ikezoe T, Yamada Y, Tsukagoshi R, Nakamura M, Mori N, et al. Skeletal muscle quality assessed from echo intensity is associated with muscle strength of middle-aged and elderly persons. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(4):1519–25.
54. Cadore EL, Izquierdo M, Conceição M, Radaelli R, Pinto RS, Baroni BM, et al. Echo intensity is associated with skeletal muscle power and cardiovascular performance in elderly men. *Exp Gerontol [Internet].* 2012;47(6):473–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.exger.2012.04.002>
55. Yoshiko A, Kaji T, Sugiyama H, Koike T, Oshida Y, Akima H. Effect of 12-month resistance and endurance training on quality, quantity, and function of skeletal muscle in older adults requiring long-term care. *Exp Gerontol.* 2017 Nov;98:230–7.
56. Sanabria SJ, Martini K, Freystatter G, Ruby L, Goksel O, Frauenfelder T, et al. Speed of sound ultrasound: a pilot study on a novel technique to identify sarcopenia in seniors. *Eur Radiol.* 2019 Jan;29(1):3–12.
57. Abe T, Loenneke JP, Young KC, Thiebaud RS, Nahar VK, Hollaway KM, et al. Validity of Ultrasound Prediction Equations for Total and Regional Muscularity in Middle-aged and Older Men and Women. *Ultrasound Med Biol.* 2015;41(2):557–64.
58. McKinnon NB, Montero-Odasso M, Doherty TJ. Motor unit loss is accompanied by decreased peak muscle power in the lower limb of older adults. *Exp Gerontol [Internet].* 2015;70:111–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.exger.2015.07.007>
59. Scott JM, Martin DS, Ploutz-Snyder R, Matz T, Caine T, Downs M, et al. Panoramic ultrasound: a novel and valid tool for monitoring change in muscle mass. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2017;8(3):475–81.

## 7.-TABLAS, FIGURAS E IMÁGENES.

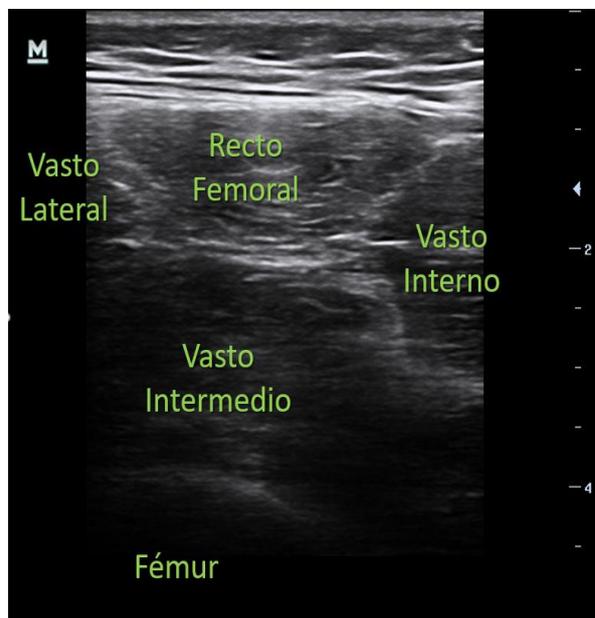
### FIGURA 1

<b>Criterios Diagnósticos Sarcopenia EWGSOP (2019)(3)</b>
<b>1: Disminución de la fuerza muscular</b>
<b>2: Disminución de la calidad o cantidad de la masa muscular</b>
<b>3: Disminución de rendimiento físico</b>
<b>Definiciones:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Probable Sarcopenia:</b> Cumple el Criterio 1.</li><li>• <b>Confirmación del diagnóstico:</b> Cumple criterio 1+2</li><li>• <b>Sarcopenia severa:</b> Cumple criterios 1+2+3</li></ul>

**FIGURA 2:**

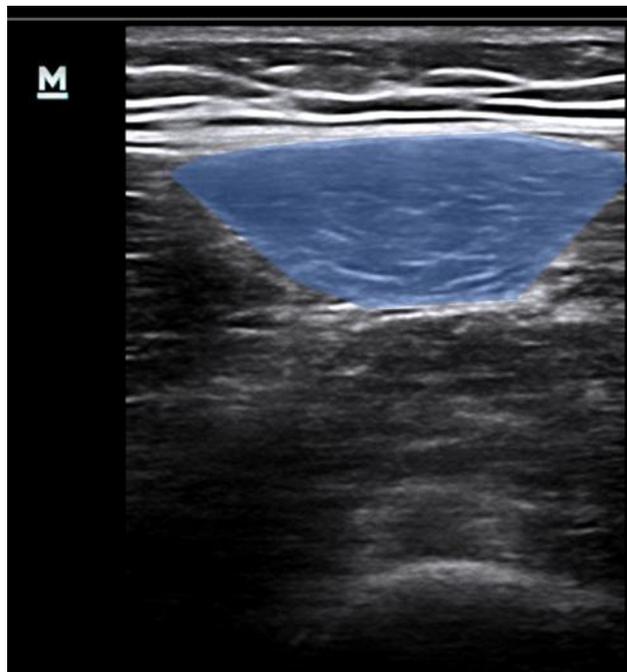
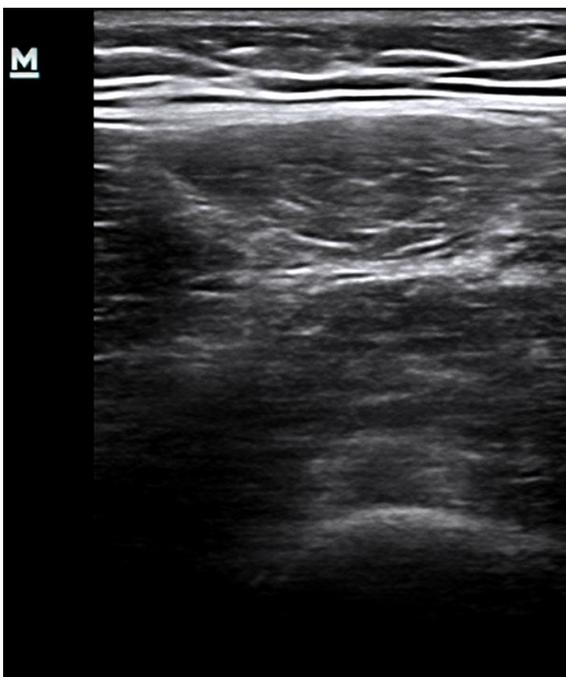


## IMAGEN 1-A y 1-B



Colocación de la sonda y visualización del plano transversal del cuádriceps.

## IMAGEN 2



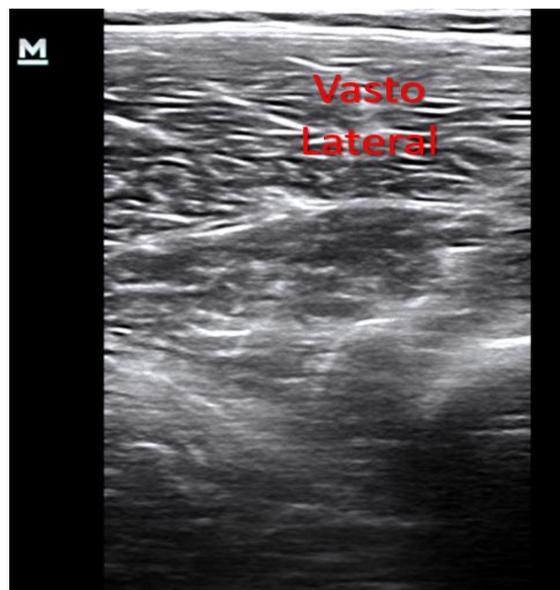
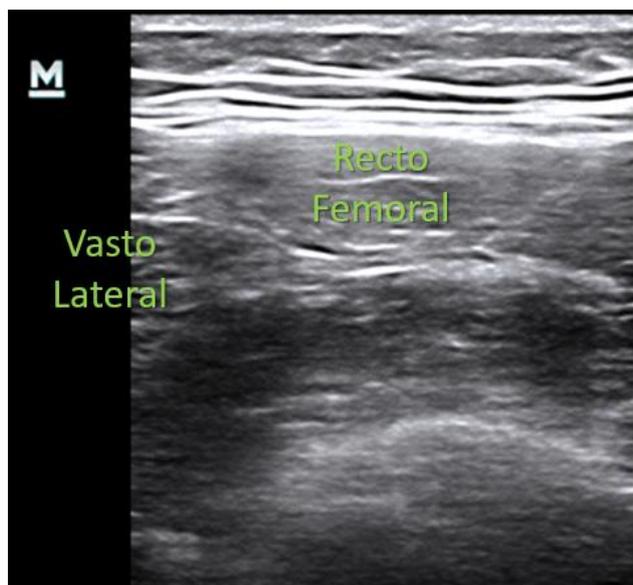
Identificación en el plano transversal del recto femoral.

### IMAGEN 3:



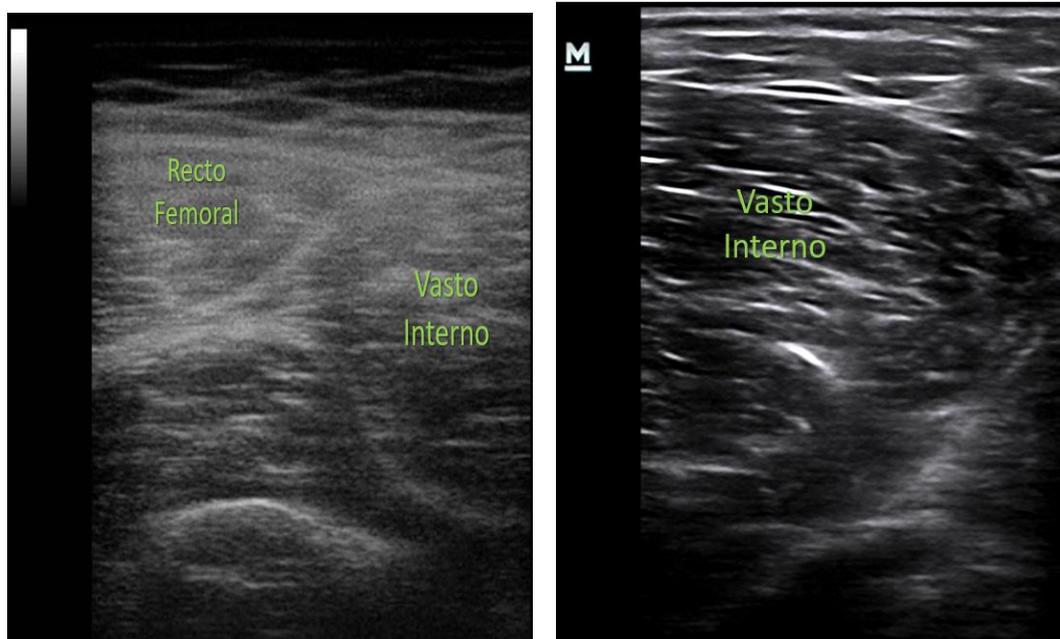
Gastrocnemio medial y su ubicación en el plano transversal

### IMAGEN 4



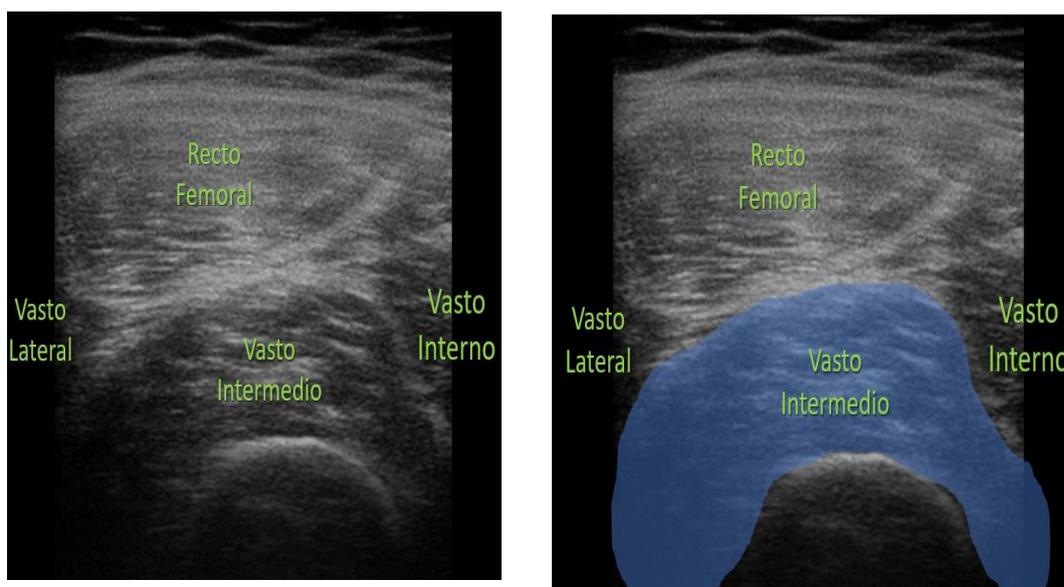
Relación de vasto lateral con recto femoral y vasto lateral en un plano más lateral.

### IMAGEN 5:



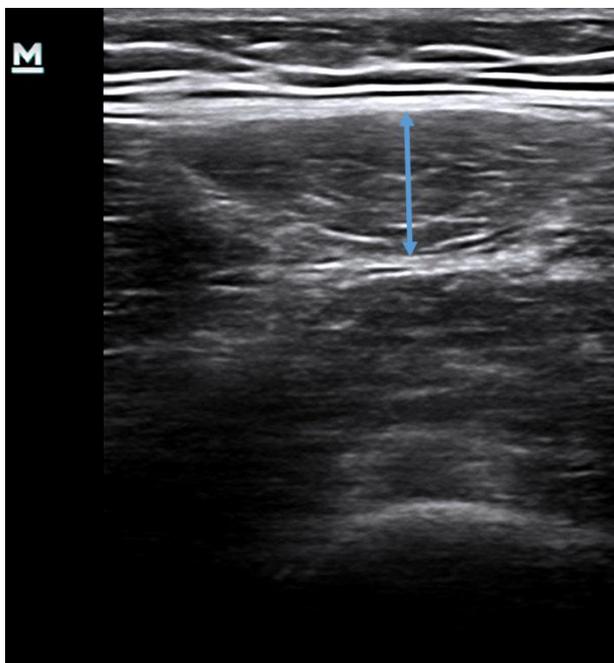
Relación de vasto interno con el recto femoral y vasto interno en un plano más medial.

### IMAGEN 6:



Relación de vasto intermedio con los otros músculos. Delimitación de éste en la imagen.

## IMAGEN 7:



Ejemplo de medición del grosor muscular. En este caso, en el recto femoral.

## IMAGEN 8:

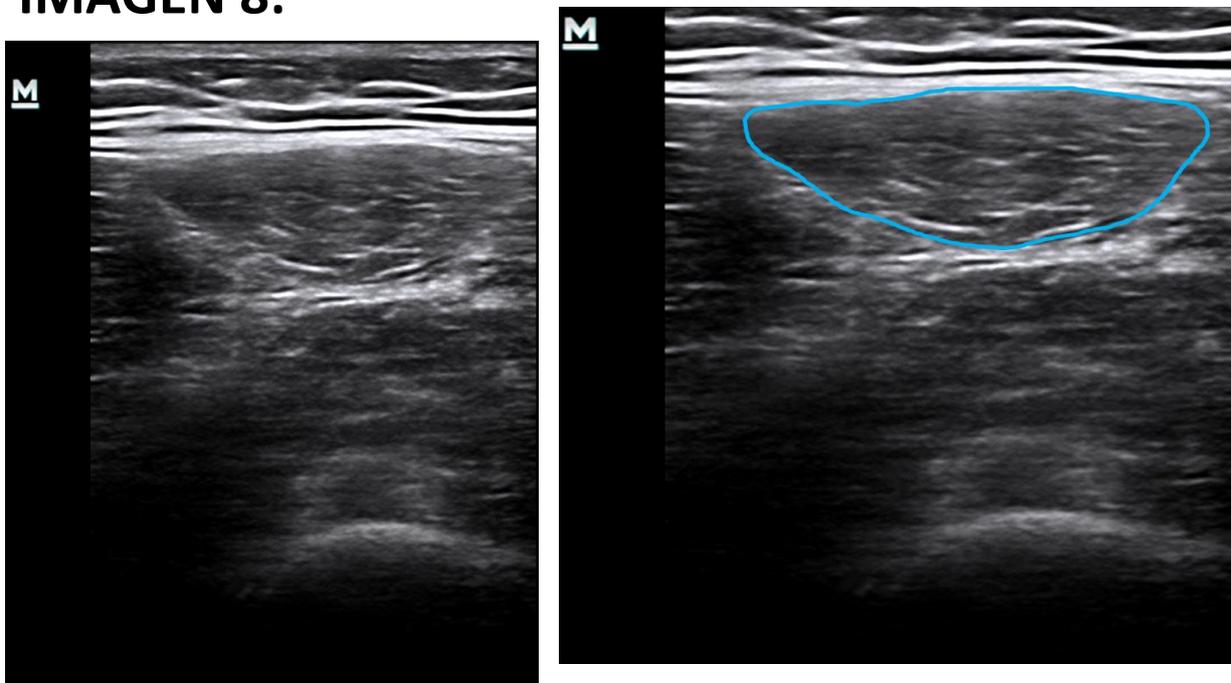
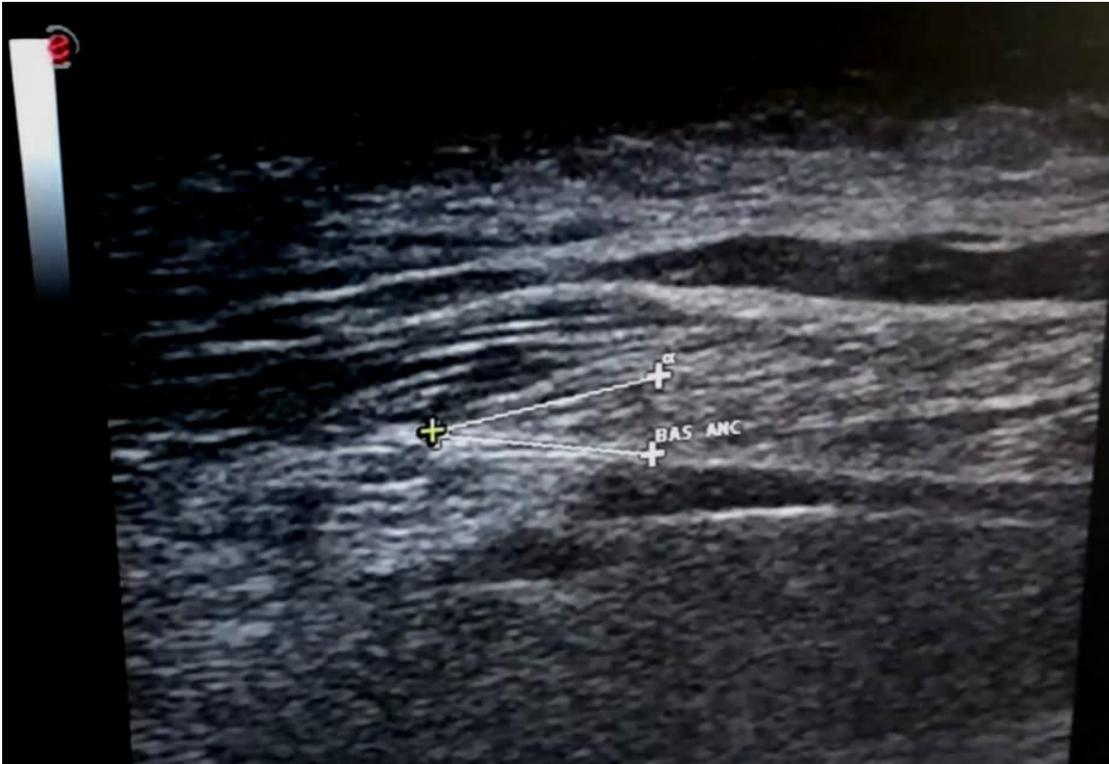


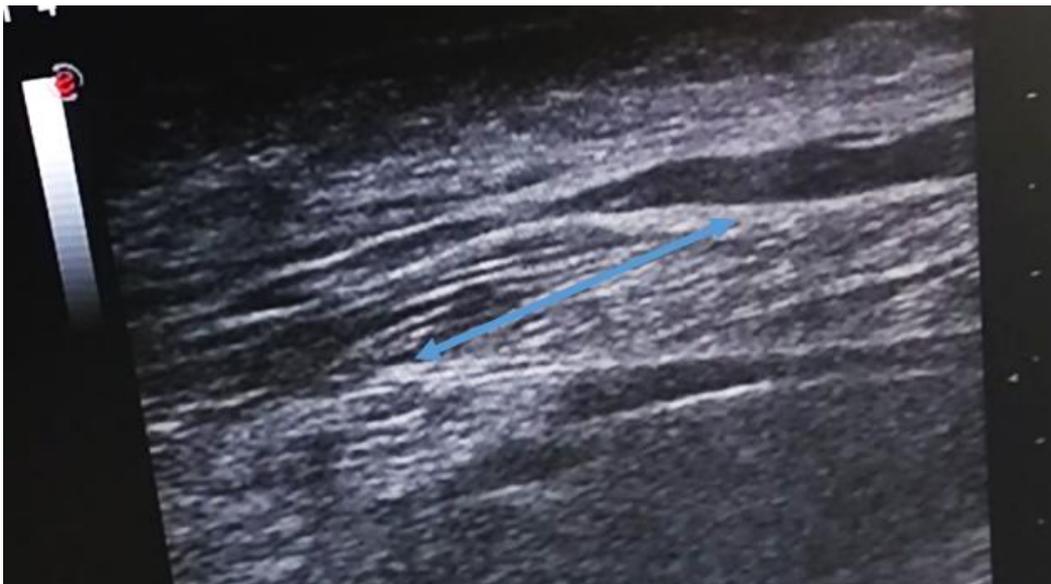
Imagen original y ejemplo de medición del área de sección transversal del recto femoral en este caso.

## IMAGEN 9:



Cálculo del ángulo de pennación.

## IMAGEN 10:



Medición de la longitud del fascículo.

**TABLA 1:**

Estudio	Músculo estudiado	Medidas realizadas
<b>Estudios que miden 9 músculos Abe et al.(9)(1994)</b>		
Abe T et al. (2014)(11)	9 músculos:(Abe et al.(1994))	Grosor muscular (los 9)
Abe T et al. (2013)(10)	9 músculos:(Abe et al.(1994))	Grosor muscular (los 9)
Morat T et al. (2016)(17)	9 músculos:(Abe et al.(1994))	Grosor muscular (los 9)
Paris MT et al. (2017)(16)	9 músculos:(Abe et al.(1994))	Grosor muscular (todos), ecogenicidad (RF)
Takeshima N et al. (2015)(15)	9 músculos:(Abe et al.(1994))	Grosor muscular (los 9), grosor grasa subcutánea (los 9)
<b>Estudios que miden el cuádriceps o isquiotibiales</b>		
Abe T et al. (2014)(21)	Cuádriceps e isquiotibiales	Grosor muscular (todos)
Abe T et al. (2014)(14)	Cuádriceps e isquiotibiales	Grosor muscular (todos)
Abe T et al. (2012)(10)	Cuádriceps e isquiotibiales	Grosor muscular (todos)
Abe T et al. (2012)(19)	Cuádriceps, isquiotibiales, pantorrilla y parte anterior en inferior de la pierna	Grosor muscular (todos)
Hida T et al. (2018)(26)	Cuádriceps	grosor muscular
Kawai H et al. (2017)(25)	Cuádriceps	Grosor muscular y ecointensidad
Tandon P et al. (2016)(24)	Cuádriceps	Grosor muscular
Thiebaud RS et al. (2015)(23)	Cuádriceps y zona media brazo	Grosor muscular (todos)
Watanabe Y et al. (2013)(22)	Cuádriceps	Grosor muscular y ecointensidad
<b>Estudios que miden el recto femoral</b>		
Hernández-Socorro CR et al. (2018)(48)	Recto femoral	Grosor muscular, AST y grosor tendón central
Souza VA et al. (2018)(40)	Recto femoral	AST
Strasser EM et al. (2013)(33)	Recto femoral, vasto interno, vasto lateral, vasto intermedio	Grosor muscular (todos) , AP (todos menos RF), Ecogenicidad (todos)
Yoshiko A et al. (2017)(55)	Recto femoral y bíceps femoral	Grosor muscular (todos) Ecointensidad

<b>Estudios que miden el gastrocnemio</b>		
<b>Kuyumcu ME et al. (2016)(29)</b>	Gastrocnemio	Grosor muscular, longitud del fascículo y AP
<b>Randhawa A et al. (2013)(46)</b>	Gastrocnemio	Grosor muscular, longitud del fascículo y AP
<b>Wang J et al. (2018)(30)</b>	Gastrocnemio	Grosor muscular
<b>Estudios que miden la Pantorrilla</b>		
<b>Sanabria SJ et al. (2018)(56)</b>	Pantorrilla	Velocidad del sonido
<b>Estudios que miden la lengua</b>		
<b>Tamura F et al. (2012)(35)</b>	lengua	Grosor muscular.

## Tabla 2:

Tabla 2: Ecuaciones para predecir la masa esquelética total o regional en base al grosor muscular.

Sexo	Segmentos	Ecuaciones	r	Error estándar de la estimación (en Kg)
<b>Hombres</b>	Total (suma de los 9)	$0.641 \cdot G_9 \cdot Ht - 12.087$	0,96	2,24
	Total (suma de los 6)	$0.809 \cdot G_6 \cdot Ht - 4.834$	0,96	1,8
	Brazo	$0.204 \cdot GBrazo \cdot Ht - 0.517$	0,95	0,22
	Tronco	$1.303 \cdot GTronco \cdot Ht + 1.766$	0,88	1,11
	Muslo	$0.639 \cdot GMuslo \cdot Ht - 2.972$	0,83	1,76
	Pierna inferior	$0.233 \cdot GPierna \cdot Ht - 1.347$	0,83	0,55
<b>Mujeres</b>	Total (suma de los 9)	$0.594 \cdot G_9 \cdot Ht - 11.320$	0,91	2,75
	Total (suma de los 6)	$0.831 \cdot G_6 \cdot Ht - 7.992$	0,88	2,88
	Brazo	$0.132 \cdot GBrazo \cdot Ht + 0.093$	0,53	0,47
	Tronco	$0.937 \cdot GTronco \cdot Ht + 1.794$	0,61	1,27
	Muslo	$0.532 \cdot GMuslo \cdot Ht - 2.638$	0,81	1,39
	Pierna inferior	$0.237 \cdot GPierna \cdot Ht - 1.534$	0,77	0,61

Abreviaturas: G=grosor muscular, Ht: Altura (*height*), Kg: Kilogramos.

Adaptado de: Sanada K, Kearns CF, Midorikawa T, Abe T. Prediction and validation of total and regional skeletal muscle mass by ultrasound in Japanese adults. Eur J Appl Physiol. 2006;96(1):24-31.

### Tabla 3:

Tabla 3: Ecuación para estimar sarcopenia en pacientes cirróticos en base a IMC y grosor del muslo (cm).

Sexo	Ecuación
Hombres	$\left[ \frac{e^{-2,516 \times \ln(\text{grosormuscularmuslo}) + (-0,13 \times \ln(\text{IMC})) - 6,876}}{(1 + (e^{-2,516 \times \ln(\text{grosormuscularmuslo}) + (-0,13 \times \ln(\text{IMC})) - 6,876}))} \right]$
Mujeres	$\left[ \frac{e^{-2,516 \times \ln(\text{grosormuscularmuslo}) + (-0,298 \times \ln(\text{IMC})) - 10,062}}{(1 + (e^{-3,315 \times \ln(\text{grosormuscularmslo}) + (-0,298 \times \ln(\text{IMC})) - 10,062}))} \right]$
Abreviaturas: Grosormuscularmuslo: Grosor muscular del muslo (cm), IMC: Índice de masa corporal.	
Adaptado de: Tandon P, Low G, Mourtzakis M, Zenith L, Myers RP, Abraldes JG, et al. A Model to Identify Sarcopenia in Patients With Cirrhosis. Clin Gastroenterol Hepatol. 2016 Oct;14(10):1473-1480.e3.	

## Tabla 4:

Tabla 4: Ecuación para estimar la masa muscular esquelética en base a los grosores muscular, la longitud de la extremidad, la altura, el sexo y la edad.

Método	Ecuación predicción masa muscular esquelética (en Kg)	r	Error estándar de la estimación (en Kg)
4 músculos	$3.895 + (0.100 \cdot X4 \cdot Le)$	0,71	2,93
5 músculos	$2.929 + (1.555 \cdot X2 \cdot Ht) - (1.985 \cdot Sx) + (0.0247 \cdot Age)$	0,91	1,62

Abreviaturas: X4=Media de los 4 grosores musculares. X5 = Media de los 5 grosores musculares,, Le: Longitud de la extremidad (cm), Ht: Altura en cm (*height*), Sx= Sexo (Hombre = 0, Mujer = 1), Age =Edad (en años).

Adaptado de: Paris MT, Lafleur B, Dubin JA, Mourtzakis M. Development of a bedside viable ultrasound protocol to quantify appendicular lean tissue mass. J Cachexia Sarcopenia Muscle. 2017 Oct;8(5):713–26.