

Monograph

Pérdida Muscular Específica de un Sitio Relacionada con la Edad en 1507 Mujeres y Hombres Japoneses de Entre 20 y 95 Años de Edad

Michael G Bemben², Takashi Abe¹, Mikako Sakamaki¹, Tomohiro Yasuda¹, Masakatsu Kondo³, Yasuo Kawakami⁴ y Tetsuo Fukunaga⁵

¹Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, Kashiwa, Japan

²Department of Health and Exercise Science, University of Oklahoma, Norman, OK, USA

³Nihon University, Tokyo, Japan

⁴Waseda University, Tokoro-zawa, Japan

⁵National Institute of Fitness and Sports in Kanoya, Kanoya, Japan

RESUMEN

En el presente estudio se investigó la relación entre la edad y el tamaño muscular en las regiones apendicular y del tronco en 1507 mujeres y hombres japoneses de entre 20 y 95 años de edad. Para este estudio de diseño transversal se reclutaron setecientos veintidós hombres (jóvenes [de 20-39 años de edad], $n = 211$; de mediana edad [de 40-59 años de edad], $n = 347$; y mayores [de 60 a 95 años de edad], $n = 164$) y 785 mujeres (jóvenes, $n = 207$; de mediana edad, $n = 341$; y mayores, $n = 237$). El grosor muscular (MTH) y el espesor de grasa subcutánea (FTH) se midieron por medio de un ultrasonido en 8 sitios en los aspectos anterior y posterior del cuerpo. El MTH se expresó en relación a la longitud del miembro (MTH/L) o la altura (MTH/Ht). La grasa corporal porcentual se estimó a partir del FTH, y se calculó la masa libre de grasa (FFM). En los hombres, se halló una disminución gradual de la FFM en todos los grupos de edad. En las mujeres, la FFM fue similar en los grupos jóvenes y de mediana edad, pero inferior en el grupo de mayores. La edad mostró una correlación significativa e inversa con la FFM en los hombres ($r = -0.358$, $p < 0.01$), pero no en las mujeres ($r = -0.08$). Por otro lado, la edad mostró una correlación fuerte e inversa con la MTH/L de los cuádriceps (hombres, $r = -0.529$; mujeres, $r = -0.489$; ambos $p < 0.001$) y la MTH/Ht del abdomen (hombres, $r = -0.464$; mujeres, $r = -0.446$; ambos $p < 0.001$) tanto en hombres como en mujeres, mientras que solo hubo una débil correlación entre la edad y los demás sitios del miembro inferior y del tronco. Los presentes resultados indicaron que la sarcopenia se observó como una pérdida de la masa del músculo esquelético específica del sitio, en especial para los músculos del cuádriceps y abdominales, en mujeres y hombres japoneses de entre 20 y 95 años de edad.

Palabras Clave: sarcopenia, distribución muscular, actividad física diaria

INTRODUCCION

La sarcopenia, que se define como la pérdida de masa del músculo esquelético relacionada con la edad (SMM) (Evans y Campbell, 1993), lleva a un mayor riesgo de sufrir varias enfermedades y de mortalidad (Rantanen, 2003), como también de una función física disminuida, y finalmente quizás resulte en la pérdida de la independencia funcional (Rantanen et al., 2002; Sowers et al., 2005). La etiología de la sarcopenia es compleja. Se han implicado varios factores que incluyen concentraciones de la hormona anabólica en disminución (Morley, 2003), deficiencias nutricionales (Morley et al., 2001), inflamación crónica (Cesari et al., 2005) y resistencia a la insulina (Guillet y Boirie, 2005). Los niveles disminuidos de actividad física que se producen con el avance de la edad contribuyen a la sarcopenia. Se ha establecido que los receptores hormonales para el mRNA y la actividad transcripcional son mayores (Bamman et al., 2001; Willoughby y Taylor, 2004) y que hay una menor resistencia a la insulina (Black et al., 2010) en los músculos que se ejercitan después de una serie aguda de ejercicios en los individuos sedentarios. Por lo tanto, existen muchas interrelaciones importantes entre los niveles de actividad física y otros factores etiológicos asociados con la salud y la edad que pueden contribuir en variar los grados de la pérdida de SMM relacionada con la edad en los hombres y las mujeres mayores.

Estudios previos han reportado que la pérdida de SMM con la edad avanzada es mayor en los miembros inferiores que en las extremidades superiores (Janssen et al., 2000; Miyatani et al., 2003) y está principalmente asociada al uso disminuido de las extremidades inferiores en las actividades, tales como caminar. La capacidad para realizar actividades físicas diarias normales, tales como el cuidado personal, la limpieza, las compras, etc., depende en un alto grado de los diferentes grupos musculares situados de manera central en el tronco y de manera periférica en los miembros de la parte superior e inferior del cuerpo. En consecuencia, la pérdida de SMM relacionada con la edad puede afectar las actividades diarias normales si las pérdidas de tejido son específicas del sitio.

La mayoría de los estudios han cuantificado la pérdida de tejido muscular en primer lugar en sitios apendiculares mediante la evaluación de la masa muscular del miembro o la medición del área de sección cruzada del músculo (CSA) (Gallagher et al., 1997; Janssen et al., 2000). Desafortunadamente, no se sabe con exactitud si los cambios relacionados con la edad en el tamaño muscular difieren entre los músculos apendiculares y del tronco y/o entre los grupos musculares situados en los aspectos anterior y posterior del cuerpo en una población grande. Se ha planteado la hipótesis de que la habilidad para determinar la pérdida muscular específica de un sitio relacionada con la edad ayudaría a comprender los diferentes grados de sarcopenia etiológica. Por lo tanto, el propósito del presente estudio ha sido investigar la relación entre la edad y el tamaño muscular en las regiones apendiculares y del tronco en 1507 hombres y mujeres de entre 20 y 95 años de edad.

METODOS

Participantes

Se reclutó un total de 1507 sujetos (722 hombres y 785 mujeres, de 20-95 años de edad) de participantes que contaban con un examen de salud general basado en la comunidad de varias ciudades. Antes de obtener el consentimiento informado de los potenciales participantes, se les distribuyó una descripción por escrito del propósito del estudio y su seguridad, junto con un cuestionario sobre el estilo de vida. Ninguno de los individuos padecía enfermedades crónicas declaradas (diabetes, anginas, infarto de miocardio, cáncer, apoplejía, etc.), según la evaluación del auto-informe. Se excluyeron del estudio a los candidatos con enfermedades cardiovasculares o músculo-esqueléticas clínicamente relevantes, como también a los que padecían cáncer o habían sufrido apoplejías previas. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética para la Experimentación Humana de la Universidad de Tokio, Japón.

Evaluación del Índice de Masa Muscular y la Composición Corporal

La masa corporal y la altura de parado se midieron con una precisión de 0.1 kg y 0.1 cm, respectivamente, utilizando una escala de altura y una balanza electrónica de peso. El índice de masa corporal (IMC) se definió como masa corporal/talla² (kg/m²). Se obtuvieron las mediciones antropométricas de manera bilateral de todos los sujetos, según se describe anteriormente (Abe et al., 1994): longitud del húmero, del fémur y la tibia, y las circunferencias de la cadera y la cintura. La grasa corporal porcentual se calculó a partir del espesor de grasa subcutánea, utilizando una ecuación de predicción derivada del ultrasonido (Abe et al., 1994), y se calculó la masa libre de grasa (FFM).

Mediciones del Tamaño Muscular Específico del Sitio

El tamaño muscular se midió utilizando ultrasonido modo B (Aloka SSD-500, Tokio, Japón) en 8 sitios anatómicos en los

aspectos anterior y posterior del cuerpo (bíceps, tríceps, abdomen, músculo subescapular, cuádriceps, músculos isquiotibiales, tibial anterior y tríceps sural), como se describió anteriormente (Abe et al., 1994). Las mediciones se tomaron mientras los sujetos estaban de pie con los codos y las rodillas extendidas y relajadas. Se colocó una cabeza de escáner de 5-MHz sobre el sitio de medición, sin presionar la superficie dérmica. La interfase *músculo-tejido* adiposo subcutáneo y la interfase *músculo-hueso* se identificaron mediante la imagen de ultrasonido, y la distancia entre las 2 interfases se registró como grosor muscular (MTH). Estudios previos han reportado que el MTH tiene una fuerte correlación con el CSA de los músculos del miembro y del tronco (Abe et al., 1997). El MTH se expresó en relación a la longitud del miembro (MTH/L) o la altura de parado (MTH/Ht).

Cálculo de la Masa Muscular

La SMM total y por regiones se calculó a partir de ecuaciones de predicción derivadas del ultrasonido (Sanada et al., 2006), que convirtieron el MTH a masa (kilogramo) utilizando MTH por sitio \times altura. Luego, estas ecuaciones se utilizaron para calcular la SMM de todo el cuerpo. Se observó una fuerte relación ($R^2 = 0.94$) entre la imagen de resonancia magnética, la SMM medida y la SMM predicha por ultrasonido (Sanada et al., 2006).

Variables de los Estilos de Vida

Las características socio-demográficas y de estilo de vida (edad, género, consumo de alcohol, consumo de tabaco y actividad física habitual) se consideraron como potenciales factores de confusión de la relación entre la pérdida de músculo específica de un sitio y la edad en ambos géneros.

Análisis Estadísticos

A través de un análisis de varianza de 1 vía (ANOVA) se evaluaron las diferencias entre los hombres y las mujeres, y entre los grupos de edad (jóvenes [20-39 años de edad], de edad media [40-59 años de edad] y mayores [60-95 años de edad]) a fin de obtener la significancia. Las correlaciones de producto de Pearson se llevaron a cabo para determinar las relaciones entre el grosor muscular relativo (MTH/L o MTH/Ht) y las variables de edad, composición corporal y estilo de vida dentro de cada género. Los resultados se expresaron como medias y desviaciones estándar (medias [DE]) para todas las variables. Los valores de $P < 0.05$ se consideraron estadísticamente significativos.

RESULTADOS

Características de los Participantes

Los participantes eran de diferentes edades (20-95 años de edad) e IMC (15.7- 36.6 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$). Las edades promedios para los hombres (47.9 [15.2] años de edad) y las mujeres (49.5 [15.9] años de edad) fueron similares. No obstante, los hombres eran más altos y de mayor peso que las mujeres. El IMC fue similar tanto en los hombres como en las mujeres. En los hombres, se halló una disminución gradual de la FFM en todos los grupos de edad. En las mujeres, la FFM fue similar en los grupos jóvenes y de mediana edad, pero inferior en el grupo mayor (Tabla 1). La edad mostró una correlación significativa e inversa con la FFM en los hombres ($r = -0.358$, $p < 0.01$), pero no en las mujeres ($r = -0.08$). El índice de actividad física habitual (una vez o más a la semana) fue del 35.5% y 38.3%, respectivamente, en los hombres y las mujeres. No hubo correlaciones significativas entre el consumo de alcohol o de tabaco y la FFM en ambos géneros.

Efectos de la Edad sobre el MTH y la SMM Total

Se observó una disminución gradual de la SMM tanto en los hombres como en las mujeres (Tabla 1). La SMM relativa (dividida por la altura) también disminuyó de manera gradual con el incremento de la edad en ambos grupos. En los hombres, los MTHs relativos del brazo (bíceps y tríceps), la parte inferior de la pierna (tibial anterior y tríceps sural) y los músculos isquiotibiales fueron similares en los grupos de jóvenes y de mediana edad, pero fueron inferiores ($p < 0.01$) en el grupo de los más mayores. Por otro lado, los MTHs relativos del cuádriceps (jóvenes, 1.35 [0.19] $\text{cm}\cdot\text{m}^{-1}$; mediana edad, 1.23 [0.19] $\text{cm}\cdot\text{m}^{-1}$; mayores, 1.03 [0.20] $\text{cm}\cdot\text{m}^{-1}$) y del tronco (abdomen y músculo subescapular) disminuyeron ($p < 0.01$) de manera gradual con el incremento de la edad. En las mujeres, los MTHs relativos del brazo, el músculo subescapular y los músculos isquiotibiales fueron mayores ($p < 0.05$) en los grupos de mediana edad y de mayores que en el grupo de los jóvenes. Sin embargo, el MTH del cuádriceps (jóvenes, 1.25 [0.18] $\text{cm}\cdot\text{m}^{-1}$; mediana edad, 1.18 [0.20] $\text{cm}\cdot\text{m}^{-1}$; mayores, 1.00 [0.19] $\text{cm}\cdot\text{m}^{-1}$) y del abdomen disminuyeron ($p < 0.05$) de manera gradual con el incremento de la edad.

Rango de edad (años)	n	Altura (m)*	Peso (kg)*	IMC (kg·m ⁻²)	Grasa (%)*	FFM (kg)*	SMM (kg)*
Hombres							
20-39	211	1.70 (0.06)	66.8 (8.8)	23.2 (2.9)	19.6 (5.3)	53.4 (5.4)	24.2 (3.1)
40-59	347	1.66 (0.06)	64.7 (8.0)	23.6 (2.6)	19.5 (3.8)	51.9 (5.2)	21.9 (2.7)
60-95	164	1.61 (0.06)	58.7 (8.2)	22.6 (2.5)	18.2 (3.5)	47.9 (5.7)	18.6 (2.8)
Todos los hombres	722	1.66 (0.07)	63.9 (8.8)	23.3 (2.7)	19.2 (4.3)	51.4 (5.8)	21.8 (3.4)
Mujeres							
20-39	207	1.58 (0.05)	52.0 (6.1)	20.9 (2.2)	24.3 (4.0)	39.2 (3.7)	14.4 (1.7)
40-59	341	1.53 (0.06)	54.4 (7.6)	23.2 (3.1)	26.6 (4.6)	39.7 (4.2)	13.7 (1.6)
60-95	237	1.49 (0.06)	52.5 (8.1)	23.8 (3.3)	26.1 (5.3)	38.5 (4.5)	12.2 (1.8)
Todas las mujeres	785	1.53 (0.07)	53.2 (7.5)	22.8 (3.1)	25.9 (4.7)	39.2 (4.2)	13.4 (1.9)

Tabla 1. Características de los participantes. Los valores son medias (DE). * $p < 0.01$, hombres vs. mujeres. IMC indica el índice de masa corporal; FFM, la masa libre de grasa; SMM, la masa del músculo esquelético.

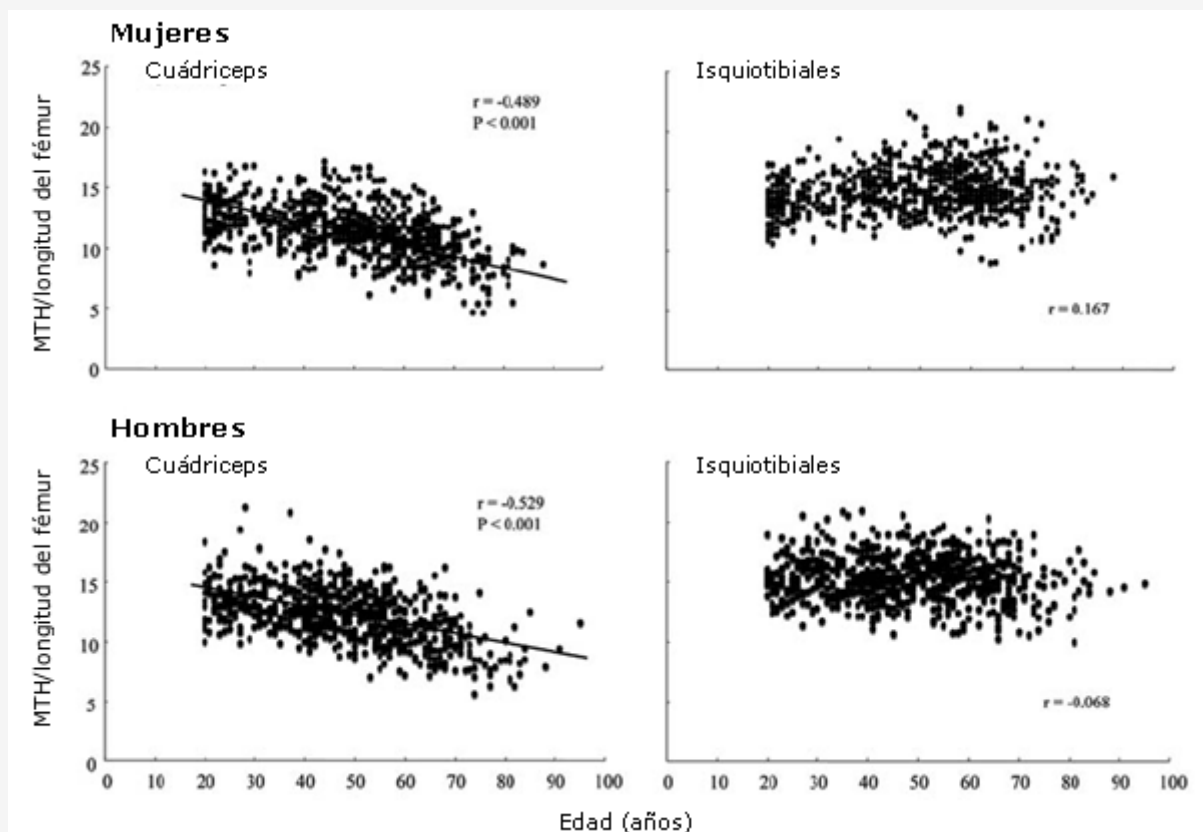


Figura 1. Relaciones entre la edad y el MTH del cuádriceps y los músculos isquiotibiales en las mujeres y los hombres japoneses.

Relación entre la Edad y el Tamaño Muscular

Tanto en los hombres como en las mujeres, la edad mostró una correlación fuerte e inversa con la MTH/L del cuádriceps ($r = -0.529$ y $r = -0.489$, respectivamente, ambos $p < 0.001$) y de la MTH/Ht del abdomen ($r = -0.464$ y $r = -0.446$, respectivamente, ambos $p < 0.001$) (Figura 1 y 2). En los hombres, no obstante, solo hubo débiles correlaciones entre la edad y la MTH/L del brazo ($r = -0.136$ y $r = -0.243$), la MTH/Ht del subescapular ($r = -0.182$) y la MTH/L de la parte inferior de la pierna ($r = -0.180$ y $r = -0.198$), la MTH/L de los músculos isquiotibiales ($r = -0.068$) no guardó relación con la edad. En las mujeres, 3 sitios de MTH (tríceps y 2 partes inferiores de la pierna) no guardaron relación con la edad y

solo hubo correlaciones débiles y positivas entre la edad y el bíceps ($r = 0.229$), el músculo subescapular ($r = 0.160$) y los músculos isquiotibiales ($r = 0.167$) (Figuras 2 y 3). No hubo correlaciones significativas entre el consumo de alcohol o de tabaco y la FFM y el MTH en ambos géneros.

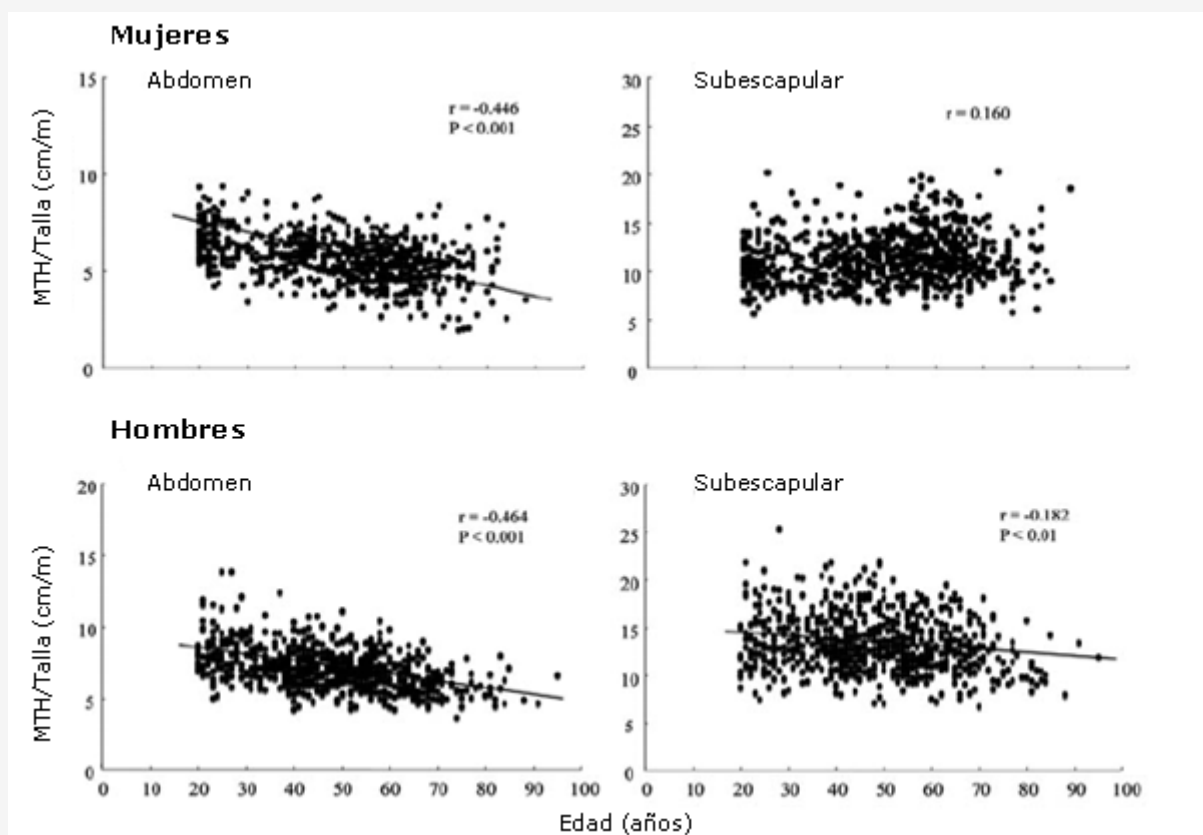


Figura 2. Relaciones entre la edad y el MTH del abdomen y el músculo subescapular en las mujeres y los hombres japoneses.

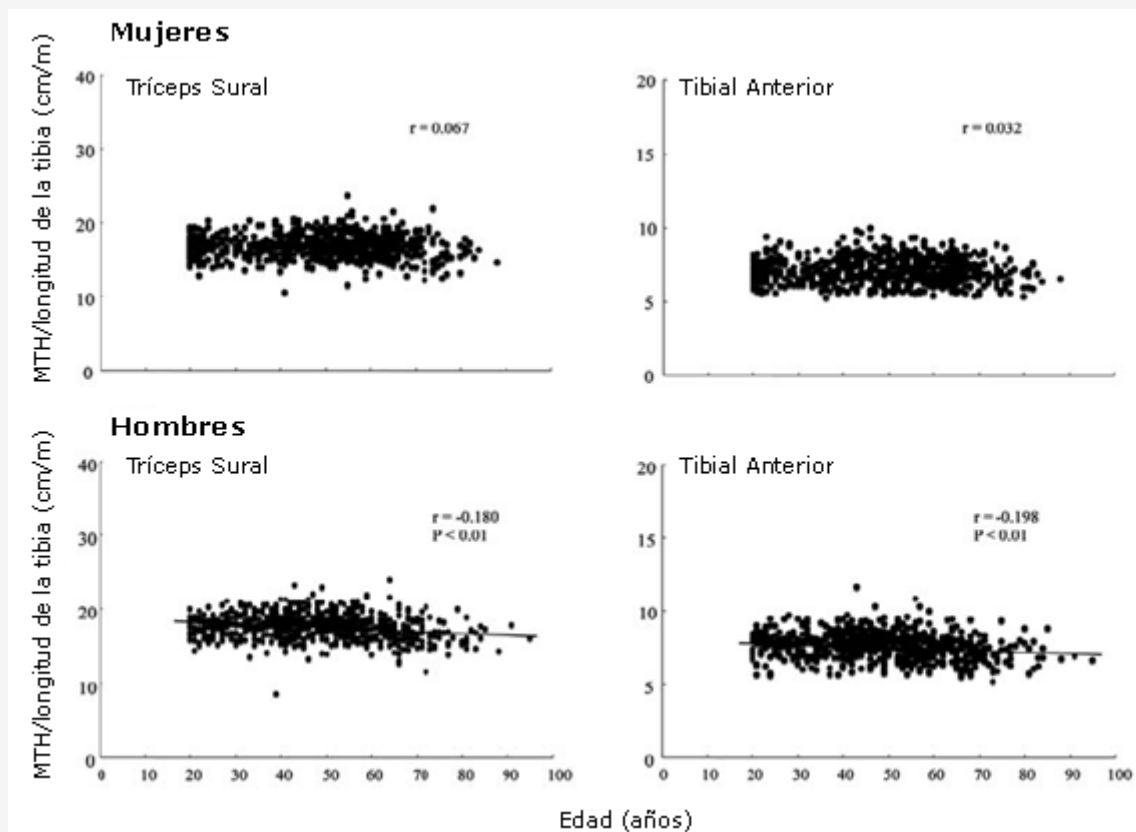


Figura 3. Relaciones entre la edad y el MTH del tríceps sural y el tibial anterior en las mujeres y los hombres japoneses.

DISCUSION

Según se sabe, este es el primer estudio que demuestra que la edad guarda una relación con la pérdida de SMM específica del sitio en hombres y mujeres de entre 20 y 95 años de edad. En las regiones anterior y posterior del muslo, la pérdida muscular relacionada con la edad se observó en el MTH del cuádriceps, pero no en la región posterior. Los presentes resultados coinciden con un estudio longitudinal de Frontera et al. (2008), quienes reportaron disminuciones significativas en el CSA de todo el músculo del muslo y la parte anterior después de una continuidad de 8.9 años, mientras que el grupo muscular posterior no cambió. En el presente estudio, la masa muscular abdominal disminuyó con el incremento de la edad tanto en hombres como en mujeres, mientras que los músculos de la espalda (MTH del subescapular) no tuvieron cambios.

Es difícil explicar la pérdida muscular específica de un sitio en el presente estudio si se acepta la idea de una pérdida homogénea del tejido muscular con el avance de la edad debido a factores etiológicos comunes. Por ejemplo, las disminuciones de las concentraciones andrógenas relacionadas con la edad pueden ser un factor etiológico para la sarcopenia (Morley, 2003), pues el andrógeno circulante actúa para enfocar el tejido a través de los receptores hormonales específicos que aumentan en los músculos que realizan ejercicio, pero no en los músculos que no realizan ejercicio, luego de una serie de ejercicios aguda. El presente hallazgo de una pérdida de SMM relacionada con la edad y específica de un sitio, probablemente se asocia al patrón de activación muscular que se produce cuando una actividad diaria normal comienza a disminuir con el avance de la edad.

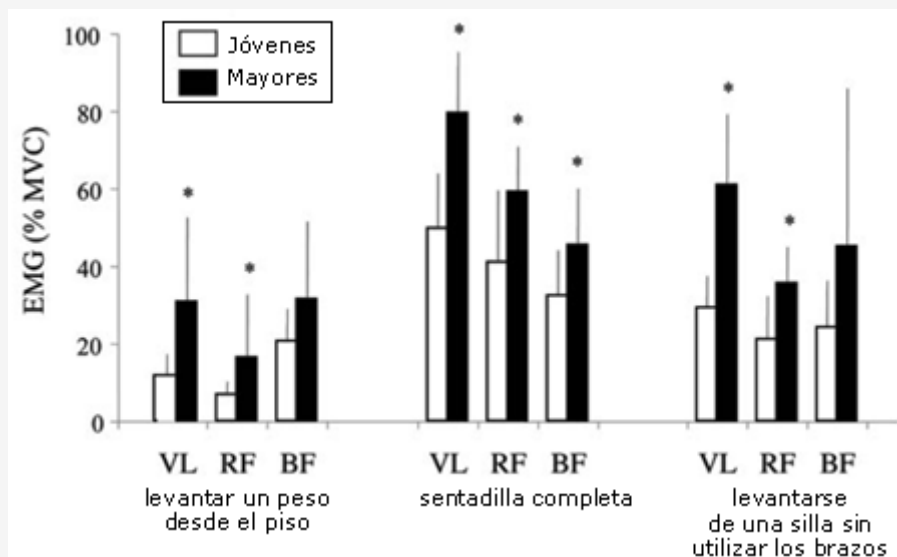


Figura 4. Patrones de actividad electromiográfica (EMG) durante las actividades diarias normales. El EMG se registró en los músculos del muslo (VL, vasto externo; RF, recto femoral; BF, bíceps femoral). * $p < 0.05$, jóvenes vs. mayores

No existen datos fisiológicos relacionados con la intensidad y la duración de la actividad muscular en los diferentes músculos durante las actividades diarias normales. Pocos estudios (Sawai et al., 2006; Shirasawa et al., 2009) han reportado que los patrones de actividad del electromiograma (EMG) durante la marcha difirieran entre los 3 músculos de la parte inferior de la pierna (el soleo, el gastrocnemio medial y el tibial anterior) aunque la intensidad del ejercicio de esos 3 músculos es similar (10%-20% del esfuerzo voluntario máximo). La activación muscular en el vasto externo y los músculos isquiotibiales también es muy baja durante la marcha. En el presente estudio, el tamaño muscular del músculo de la parte inferior de la pierna (el tríceps sural y el tibial anterior) solo guardó una débil relación ($r = -0.18$ a -0.20) con la edad tanto en los hombres como en las mujeres ($r = 0.03-0.07$). Una vez más, en la parte inferior del cuerpo, sólo el tamaño muscular del cuádriceps guardó una fuerte relación con la edad tanto en los hombres como en las mujeres.

Para confirmar el patrón de activación muscular, se les ordenó a un total de 24 participantes (14 jóvenes y 10 mayores) del presente estudio que realizaran actividades diarias normales mientras se registraba la actividad de EMG de los músculos del muslo (Figura 4). La intensidad general asociada con la realización de las actividades diarias fue más elevada en los sujetos mayores que en los jóvenes; no obstante, tanto los músculos isquiotibiales (muslo posterior) como los del cuádriceps (muslo anterior) se activaron de manera comparable durante cada tarea. Por lo tanto, las pérdidas musculares relacionadas con la edad vistas en el presente estudio no concuerdan con el patrón de activación muscular medido en el estudio. Mientras que aún se desconoce la causa de la pérdida muscular relacionada con la edad y específica de un sitio, se sospecha que una disminución en las actividades deportivas y físicas habituales, que requieren de intensidades de ejercicio más elevadas que la mayoría de las actividades diarias, puede contribuir a una pérdida del tamaño del cuádriceps relacionada con la edad. Debería tenerse en cuenta que, según los hallazgos de varios estudios previos, la pérdida de masa muscular y de fuerza con el avance de la edad puede atenuarse mediante el ejercicio con sobrecarga, al menos en los sujetos mayores y en buen estado de salud (Frontera et al., 1988).

Se ha documentado que la pérdida de masa muscular es el único factor que más contribuye a la disminución de la fuerza observada en los hombres y las mujeres mayores. En el presente estudio, la SMM de hombres y mujeres disminuyó el 23.1% y el 15.3%, respectivamente, en los grupos jóvenes (edad promedio de 29 años) y mayores (edad promedio de 68 años). Los presentes hallazgos concuerdan con los de estudios previos (Gallagher et al., 1997; Janssen et al., 2000), que reportaron una masa muscular significativamente mayor en los hombres que en las mujeres de todas las edades y una mayor pérdida de masa muscular en los hombres que en las mujeres con el incremento de la edad. En lo que respecta a la pérdida muscular específica de un sitio, un estudio longitudinal (Frontera et al., 2008) ha proporcionado evidencia de que las disminuciones en el CSA del músculo del muslo puede explicarse mediante las pérdidas en el compartimiento anterior, pues no se observaron cambios en el tamaño ni la fuerza muscular del compartimiento posterior. Los autores reportaron que los sujetos mantuvieron un nivel de actividad física similar durante los 8.9 años que separaron cada período de prueba.

Por medio del ultrasonido, se ha determinado el tamaño muscular para varios grupos musculares de los miembros y el tronco. Young et al. (1984; 1985) reportaron una disminución del 25% al 35% en el CSA del músculo cuádriceps medido por ultrasonido en hombres y mujeres mayores, en comparación con los controles jóvenes, hallazgo que concuerda con los

del presente estudio. Sin embargo, no es posible medir el tamaño del músculo por ultrasonido sin el tejido no muscular. Un incremento en el tejido no muscular en el músculo de más edad es un factor para el cambio del tamaño muscular. Un estudio previo (Overend et al., 1992) reportó incrementos del 59% en el tejido no muscular para el cuádriceps y del 127% para los isquiotibiales en los sujetos mayores, en comparación con los jóvenes. Los valores absolutos del tejido no muscular en sujetos jóvenes y mayores fueron de 3.2 cm² y 5.1 cm², respectivamente, para el cuádriceps, y 2.2 cm² y 5.0 cm², respectivamente, para los isquiotibiales. Aunque el cambio relativo en el tejido no muscular fue mayor en los isquiotibiales, no se puede explicar la pérdida muscular específica de un sitio, en especial el cambio en el tamaño de los músculos isquiotibiales.

CONCLUSION

En conclusión, los presentes resultados indican que la sarcopenia se observa como una pérdida de SMM específica del sitio, en especial para los músculos del cuádriceps y abdominales, en mujeres y hombres japoneses de entre 20 y 95 años de edad.

Puntos Clave

- No se sabe exactamente si los cambios en el tamaño muscular relacionados con la edad difieren entre los músculos apendiculares y del tronco y/o entre los grupos musculares ubicados en los aspectos anterior y posterior del cuerpo en una población grande.
- La pérdida muscular relacionada con la edad se observa como específica de un sitio, en especial en los músculos del cuádriceps y abdominales, en mujeres y hombres japoneses de entre 20 y 95 años de edad.
- Las pérdidas musculares relacionadas con la edad no concuerdan con el patrón de activación muscular de las actividades diarias normales evaluadas por medio de la actividad de EMG.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los sujetos que participaron en este estudio. Asimismo, se agradece enormemente la ayuda brindada por el equipo de investigación de la Universidad de Tokio. Este estudio ha sido financiado en parte por el Ministerio de Educación, Ciencia, Deporte y Cultura de Japón (subvención No 05304048, No 11680043, No 15300221).

REFERENCIAS

1. Abe, T., Kondo, M., Kawakami, Y. and Fukunaga, T (1994). Prediction equations for body composition of Japanese adults by B-mode ultrasound. *American Journal of Human Biology* 6, 613-618
2. Abe, T., Kawakami, Y., Suzuki, Y., Gunji, A. and Fukunaga, T (1997). Effects of 20 days bed rest on muscle morphology. *Journal of Gravitational Physiology* 4, S10-S14
3. Black, L.E., Swan, P.D. and Alvar, B.A (2010). Effects of intensity and volume on insulin sensitivity during acute bouts of resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24, 1109-1116
4. Cesari, M., Kritchevsky, S.B., Baumgartner, R.N., Atkinson, H.H., Penninx, B.W., Lenchik, L., Palla, S.L., Ambrosius, W.T., Tracy, R.P. and Pahor, M (2005). Sarcopenia, obesity, and inflammation—results from the Trial of Angiotensin Converting Enzyme Inhibition and Novel Cardiovascular Risk Factors study. *American Journal of Clinical Nutrition* 82, 428-434
5. Evans, W.J. and Campbell, W.W (1993). Sarcopenia and age-related changes in body composition and functional capacity. *Journal of Nutrition* 123(2 suppl), 465-468
6. Frontera, W.R., Reid, K.F., Phillips, E.M., Krivickas, L.S., Hughes, V.A., Roubenoff, R. and Fielding, R.A (2008). Muscle fiber size and function in elderly humans: a longitudinal study. *Journal of Applied Physiology* 105, 637-642
7. Gallagher, D., Visser, M., De Meersman, R.E., Sepulveda, D., Baumgartner R.N., Pierson, R.N., Harris, T. and Heymsfield, S.B (1997). Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender, and ethnicity. *Journal of Applied Physiology* 83, 229-239
8. Guillet, C. and Boirie, Y (2005). Insulin resistance: a contributing factor to age-related muscle mass loss? . *Diabetes and Metabolism* 31, 5S20-5S26
9. Janssen, I., Heymsfield, S.B., Wang, Z. and Ross, R (2000). Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged

18-88 yr. *Journal of Applied Physiology* 89, 81-88

10. Miyatani, M., Kanehisa, H., Azuma, K., Kuno, S. and Fukunaga, T (2003). Site-related differences in muscle loss with aging: a cross-sectional survey on the muscle thickness in Japanese men and women aged 20 to 79 years. *International Journal of Sport and Health Science* 1, 34-40
11. Morley, J.E (2003). Hormones and the aging process. *Journal of the American Geriatrics Society* 51(7 suppl), S333-S337
12. Morley, J.E., Baumgartner, R.N., Roubenoff, R., Mayer, J. and Nair, K.S (2001). Sarcopenia. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine* 137, 231-243
13. Overend, T.J., Cunningham, D.A., Paterson, D.H. and Lefcoe, M.S (1992). Thigh composition in young and elderly men determined by computed tomography. *Clinical Physiology* 12, 629-640
14. Rantanen, T (2003). Muscle strength, disability and mortality. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 13, 3-8
15. Rantanen, T., Sakari-Rantala, R. and Heikkinen, E (2002). Muscle strength before and mortality after a bone fracture in older people. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 12, 296-300
16. Sanada, K., Kearns, C.F., Midorikawa, T. and Abe, T (2006). Prediction and validation of total and regional skeletal muscle mass by ultra-sound in Japanese adults. *European Journal of Applied Physiology* 96, 24-31
17. Sawai, S., Sanematsu, H., Kanehisa, H., Tsunoda, N. and Fukunaga, T (2006). Sexual-related difference in the level of muscular activity of trunk and lower limb during basic daily life actions. *Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine* 55, 247-258
18. Shirasawa, H., Kanehisa, H., Kouzaki, M., Masani, K. and Fukunaga, T (2009). Differences among lower leg muscles in long-term activity during ambulatory condition without any moderate to high intensity exercise. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 19, e50-e56
19. Sowers, M.F., Crutchfield, M., Richards, K., Wilkin, M.K., Furniss, A., Jannausch, M., Zhang, D. and Gross, M (2005). Sarcopenia is related to physical functioning and leg strength in middle-aged women. *Journal of Gerontology* 60A, 486-490
20. Bamman, M.M., Shipp, J.R., Jiang, J., Gower, B.A., Hunter, G.R., Goodman, A., McLafferty Jr, C.L. and Urban, R.J (2001). Mechanical load increases muscle IGF-1 and androgen receptor mRNA concentrations in humans. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism* 280, E383-E390
21. Willoughby, D.S. and Taylor, L (2004). Effects of sequential bouts of resistance exercise on androgen receptor expression. *Medicine and Science in Sports Exercise* 36, 1499-1506
22. Young, A., Stokes, M. and Crowe, M (1984). Size and strength of the quadriceps muscles of old and young women. *European Journal of Clinical Investigation* 14, 282-287
23. Young, A., Stokes, M. and Crowe, M (1985). The size and strength of the quadriceps muscles of old and young men. *Clinical Physiology* 5, 145-154

Cita Original

Takashi Abe, Mikako Sakamaki, Tomohiro Yasuda, Michael G. Bemben, Masakatsu Kondo, Yasuo Kawakami and Tetsuo Fukunaga. Age-Related, Site-Specific Muscle Loss in 1507 Japanese Men and Women Aged 20 to 95 Years. *Journal of Sports Science and Medicine* (2011) 10, 145 - 150