



Validación de Método por Tomografía Axial Computarizada para Calcular la Relación Grasa Músculo en el Cuádriceps

F.A. López Del Angel¹, M. Cadena Méndez²

¹Posgrado en Ingeniería Biomédica, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, D.F., México

²Adscripción al CI3M y al Departamento de Ingeniería Eléctrica de la UAM-I, D.F. México

Resumen— México es uno de los países con mayor obesidad en el mundo. Los niveles elevados de grasa intramuscular a nivel de cuádriceps se han relacionado con varias alteraciones metabólicas. La Imagenología por Resonancia Magnética (IRM) se considera la referencia para estudios de composición corporal, pero los altos costos asociados y tiempo de adquisición dificultan su uso. La imagenología por Tomografía Computarizada (TAC) ofrece tiempos de escaneo rápidos cuando se utilizan tomógrafos multicorte. Así, el objetivo de este estudio fue realizar una validación del método por TAC para calcular la relación grasa-músculo en los cuádriceps. En una población de 10 sujetos con un IMC > 30 kg/m² los resultados sugieren que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las medias de los dos métodos, el coeficiente de determinación fue alto ($r = 0.96$), y el análisis de residuos sugiere similitud, mientras que los costos y el tiempo de adquisición fueron menores. Estos resultados sugieren que el TAC podría considerarse equivalente a IRM para calcular la relación grasa-músculo.

Palabras clave— Cuádriceps, IRM, Relación Grasa Músculo, TAC.

I. INTRODUCCIÓN

La obesidad es un factor clave en la disminución de calidad de vida y salud. En México, más del 70% de la población adulta padece sobrepeso u obesidad, además de ocupar el segundo lugar en el mundo en prevalencia de obesidad [1].

La grasa corporal por regiones caracteriza el riesgo cardiometabólico en forma temprana. Estudios recientes han sugerido que es más importante la localización y tipo de tejido adiposo excedente que simplemente la cantidad de tejido adiposo total en el cuerpo, ya que el aumento de la masa grasa y su distribución, son factores contribuyentes a los riesgos relacionados con la obesidad, incluida la diabetes tipo 2, la enfermedades cardiovasculares y la mortalidad [2].

Los niveles elevados de grasa intramuscular a nivel del cuádriceps también se relacionan estas alteraciones metabólicas. Estos niveles producen que el músculo sea disfuncional, dando como resultado el aumento de estas enfermedades [3].

Existen varios métodos para obtener valores de porcentaje de grasa muscular e intramuscular que van desde la antropometría, las mediciones impedancimétricas, los estudios de absorción de rayos X (DEXA) y la imagenología ya sea por Tomografía Axial Computarizada (TAC) o Imagenología por Resonancia Magnética (IRM) [4].

El problema se encuentra en que varias de estas técnicas se basan en medidas indirectas que pueden producir interpretaciones erróneas.

La técnica de referencia en estudios de la composición corporal a nivel abdominal es IRM. Sin embargo, los altos costos y el tiempo de procesamiento para obtener una imagen, hace que los tiempos de adquisición de datos sean largos. Dada la sensibilidad y precisión de la técnica también se puede considerar de referencia en estudios en extremidades superiores e inferiores [5]. La TAC ofrece tiempos de escaneo rápidos sobretodo cuando se utilizan tomógrafos multicorte [6].

Un análisis de la composición corporal a nivel cuádriceps por medio de TAC representaría una alternativa para estudiar la relación grasa-músculo, bajo el supuesto que esta relación es un indicador de riesgos y devela los efectos negativos de la grasa infiltrada en sujetos obesos. El impacto médico podría estar en detectar tempranamente el riesgo cardiometabólico, mediante técnicas que permitan diagnosticar poblaciones grandes en menos tiempo y a menor costo, a fin de poder utilizar los resultados para una mejor estimación del análisis cardiometabólico [7].

Así, el objetivo de este estudio fue validar el método de TAC para calcular la relación grasa-músculo en los cuádriceps mediante la ejecución de un diseño observacional a nivel de estudio piloto en 10 sujetos jóvenes obesos (5 hombres y 5 mujeres) ($n = 10$), analizando además los costos y tiempos que conlleva.

II. METODOLOGÍA

Éste fue un estudio piloto, comparativo, observacional en el que se estudiaron sujetos voluntarios de una población universitaria, 5 hombres y 5 mujeres.

Selección de muestra poblacional:

Criterios de Inclusión: Sujetos con un índice de masa corporal (IMC) mayor de 30 kg/m². No tener implantes metálicos, marcapasos metálicos, clips para aneurismas o cualquier objeto de metal. Edad mayor a 18 años y menor de 30 años. Aceptar ser sujetos de observación mediante carta de consentimiento.

Criterios de exclusión: Mujeres embarazadas, y peso mayor a 120 kg en hombres y mujeres, debido al peso máximo que soporta la camilla del equipo de IRM y TAC.

Medición de la grasa a nivel de cuádriceps por IRM (Philips Achieva 3T). Posición supina para toma de imágenes, se empezó la adquisición de los cortes a partir de una marca de 10 cm por encima del borde superior de la rótula. Se utilizó un realce de imagen por secuencia spin-eco con supresión de agua, buscando realzar grasa.

Medición de la grasa a nivel de cuádriceps por TAC (Siemens Somatom Sensation 64). Se empezó la adquisición sobre la misma marca que se especificó en IRM, con parámetros de 120Kv y 210 mA, Modo Caredose.

Parámetros para Imágenes IRM y TAC: Cortes transversales con un FOV de 48 centímetros y una matriz de 512 x 512. Cortes con un espesor de 5 mm con separación de 0.5 mm entre cortes [8].

La cuantificación del área de grasa total e infiltrada se hizo a través de algoritmos de segmentación, empleando el programa ImageJ [9]. Para ello sobre cada corte, se convirtió la imagen a 8 bits. El filtrado y segmentación se realizó a través de la determinación del umbral de criterio de Huang. Se aplicó un plug in ABSnake, con un umbral de 3 y 10 iteraciones para segmentar por regiones y obtener una nueva imagen. La imagen segmentada se convirtió en una máscara. Se realizó la operación AND entre ésta y la imagen principal para así obtener la grasa separada [10].

El resultado de este procesamiento fue una imagen binaria, donde cada pixel representa el contenido de grasa de todo un corte axial a nivel del cuádriceps. Se promediaron todos los cortes por cada sujeto. Por último se tomó en porcentaje los pixeles correspondientes a grasa y los correspondientes a músculo, para obtener la relación grasa músculo como: %músculo / %grasa.

Para el análisis de tiempos y costos se tomó una base de 20 diferentes estudios de 5 laboratorios distintos de la Ciudad de México en el año 2016, para IRM y TAC. Se obtuvieron los promedios para cada técnica, en costos y tiempos.

Se realizó un análisis de correlación Bland-Altman (BA) para la evaluación de un método contra el otro, un análisis de diferencia de medias para el análisis de costos y tiempos por prueba utilizada. Se asumió un nivel de significancia estadística de 0.05.

III. RESULTADOS

La Figura 1 muestra el resultado del procesamiento de la segmentación obtenida en este estudio del cuádriceps. Lo que se obtiene es una imagen binaria donde se puede cuantificar en porcentaje la grasa y el músculo, válido en ambos métodos.

La Tabla 1 muestra la relación grasa músculo en el cuádriceps promedio obtenida de cada sujeto para ambos métodos IRM y TAC. En el análisis BA se graficaron los valores de las Medias vs la Diferencias de las Medias, las cuales se encuentran en la Figura 2, con intervalos de confianza al 95%.

Los resultados del análisis de costos y tiempos de IRM y TAC se muestran en las Tabla 2 y 3 respectivamente, en ellas se presenta el promedio, la desviación estándar, el máximo y mínimo valor para cada una de las técnicas. En la Figura 3 se grafican los valores de las medianas de los costos, de IRM y TAC. Al igual que en la Figura 4, con los valores de los tiempos.

Los resultados obtenidos del análisis BA muestran que no se encontraron diferencias significativas ($p=0.46$) a través del análisis lineal de la diferencia de los métodos, y no se encontraron diferencias significativas en el análisis de los promedios ($p=0.16$).

En el análisis de diferencias de medias entre los costos, existen diferencias significativas ($p<0.05$). Gráficamente, en la Figura 3, se puede notar esta diferencia. El punto fuera de comportamiento máximo de TAC, corresponde al punto fuera de comportamiento máximo de IRM, por lo que nunca se traslapan, siempre es menor TAC que IRM. Por último, en el análisis de precios, se encontró que TAC tiene precios menores en forma significativa ($p<0.05$), de misma forma se pueden observar en la Figura 4.

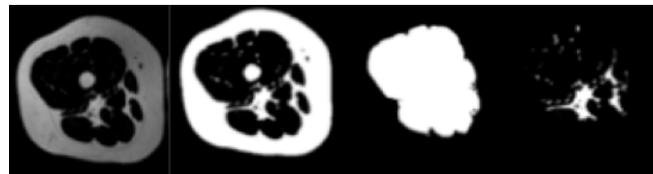


Figura 1. Procedimiento del procesamiento de imagen para la segmentación de grasa mediante algoritmo, en imágenes IRM y TAC. El ejemplo corresponde a una imagen de IRM. De izquierda a derecha: Imagen de cuádriceps, Imagen a 8 bits umbralización Huang, Snake y Máscara, Imagen resultante de operación AND correspondiente a segmentación de grasa.

TABLA 1

DATOS DE MEDICIÓN		
Estudio	Relación	Relación
	(%músculo/%grasa) IRM	(%músculo/%grasa) TAC
1	17.456	16.2915
2	34.263	30.9180
3	30.242	26.9360
4	35.726	35.4935
5	11.455	9.4485
6	12.987	13.2430
7	21.108	20.5080
8	17.062	19.3185
9	8.105	10.3780
10	21.792	22.1625

Tabla 1. Datos de la medición de la relación grasa músculo por IRM y TAC.

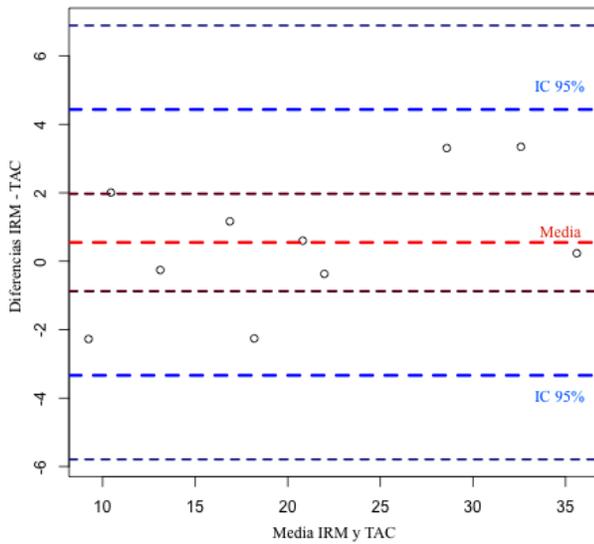


Figura 2. Gráfica Bland Altman para la comparación entre IRM y TAC. Las líneas azules corresponden a los intervalos de confianza al 95%, la roja a la media.

TABLA 2
ESTADÍSTICA COSTOS

Equipo	Media ± Desv. Est. (MXN)	Min (MXN)	Max (MXN)
IRM	5164.15 ± 651.19	3900	7549.25
TAC	2987.19 ± 382.94	2500	3811.75

Tabla 2. Datos del análisis de costos de IRM y TAC.

TABLA 3
ESTADÍSTICA TIEMPOS

Equipo	Media ± Desv. Est. (MXN)	Min (min.)	Max (min.)
IRM	34.79 ± 6.67	20	50
TAC	10.62 ± 1.68	10	15

Tabla 3. Datos del análisis de tiempos de IRM y TAC.

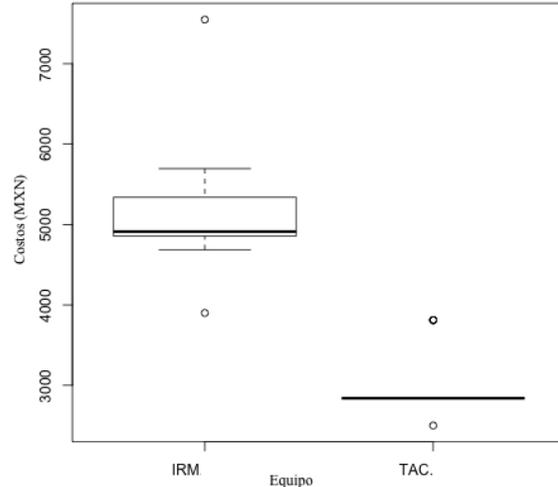


Figura 3. Gráfica de Medianas de costos de IRM y TAC.

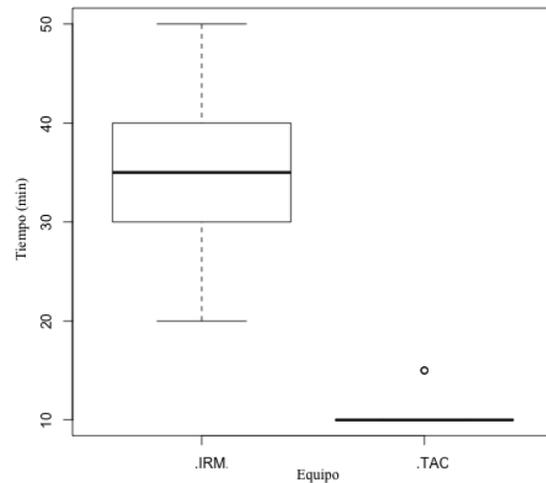


Figura 4. Gráfica de Medianas de tiempos de IRM y TAC.

IV. DISCUSIÓN

Dados los resultados obtenidos en el análisis lineal de la diferencia de los métodos y de los promedios, se encuentran razones para asumir que la relación entre los dos métodos tengan una pendiente de 1 y una ordenada al origen de 0, lo cual lleva a asumir que por regresión lineal los métodos son similares.

Respecto al análisis de dispersión en la gráfica obtenida al comparar las dos técnicas, se puede observar que sí se tiene dispersión pero las distribuciones son muy homogéneas.

No se ven puntos fuera de comportamiento y los valores se encuentran alrededor de la media. Dado lo anterior y que no se encontraron diferencias significativas ($p=0.49$), además de un coeficiente de determinación alto ($r=0.96$), no hay evidencia para considerar que las técnicas IRM y TAC son diferentes significativamente.

Una limitante del estudio fue el tamaño de muestra pequeño ($n=10$). Se necesitarían más datos para afirmar que las técnicas son equivalentes ya que la potencia es baja.

Si bien la TAC es una técnica invasiva ya que introduce radiación al organismo y existen otros métodos como la antropometría que no lo son, u otros que son menos riesgosos como la impedancimetría, estas son técnicas indirectas que dependen de ecuaciones que se pueden generalizar a poblaciones similares, pero se tiene que tener cuidado cuando se valida en poblaciones diferentes, por lo que podrían producir diagnósticos e interpretaciones erróneas [11].

Se genera la limitante que no se pueden hacer registros frecuentes u utilizarlo en poblaciones con riesgo como mujeres embarazadas, u personas que se encuentren expuestas o bajo algún tratamiento no serían conveniente utilizarlo. Pero en otros casos sí, ya que la radiación que se proporciona en un estudio de este tipo es relativamente baja (> 1 mSv) utilizando equipos de Tomografía Multicorte, [12].

El hallazgo parcial sobre la validación de la técnica de TAC nos permite calcular la relación grasa músculo de una manera equivalente a la obtenida por IRM, al menos en población en obesidad. Se requiere más investigación con un cambio en el criterio del estudio, empezando con una mayor muestra para tener una potencia más alta. En el presente estudio sólo se estudió una población en obesidad Tipo I, sería conveniente ampliar el rango de IMC para aumentar la generalización a otras poblaciones, en sujetos con sobrepeso y en sujetos sanos.

V. CONCLUSIÓN

Se puede concluir que el método por TAC resultó ser una técnica de imagenología equivalente para calcular la relación grasa-músculo en los cuádriceps en población obesa, más económica y con tiempos de escaneo más rápidos al compararla con IRM. Por lo que se podría utilizar para mediciones sobre composición corporal como referencia a otras técnicas para poder efectuar diagnósticos precisos sobre riesgo metabólico.

Se sugiere relacionar los niveles de %músculo / %grasa a nivel de cuádriceps con las mediciones de grasa abdominal e intra abdominal, así como los problemas metabólicos para generar indicadores de riesgo más específicos.

Los resultados de este estudio pueden servir para crear técnicas que reduzcan costos, tiempos de adquisición y que permitan tamizar mayores poblaciones.

RECONOCIMIENTOS

El autor Francisco Arturo López del Angel agradece la asesoría del Dr. Miguel Cadena Méndez por todo el apoyo brindado para poder realizar el proyecto. Se agradece al Dr. Joaquín Azpiroz Leehan por el apoyo en el procesamiento de los datos obtenidos. A los técnicos radiólogos del Centro Nacional de Investigación en Imagenología e Instrumentación Médica (CI3M) y al Comité Científico del CI3M por haber permitido llevar a cabo el proyecto dentro de sus instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Secretaría de Salud. Estrategia nacional para la prevención y el control del sobrepeso, la obesidad y la diabetes [Internet]. México: Gobierno Federal; 2013 [Citado 2017 Julio 15]. http://promocion.salud.gob.mx/dgpps/descargas1/estrategia/Estrategia_con_portada.pdf
- [2] Mraz M, Haluzik M "The role of adipose tissue immune cells in obesity and low-grade inflammation". *J Endocrinol* 2014 vol. 222, pp. R113-R127.
- [3] B. Goodpaster, F. Thaete, D. Kelley, "Thigh adipose tissue distribution is associated with insulin resistance in obesity and in type 2 diabetes mellitus". *Am J Clin Nutr*, 2000, vol. 71, pp. 885-892.
- [4] D. Duren, R. Sherwood, S. Czerwinski, M. Lee, A. Choh, R. Siervogel, et al., "Body composition methods: comparisons and interpretation." *J. diabetes Sci. Technol.*, 2008, vol. 2, pp. 1139–1146.
- [5] T. Lemos, D. Gallagher, "Current body composition measurement techniques". *Current Opinion in Endocrinology & Diabetes and Obesity*, 2017, vol. 24, pp. 310-314.
- [6] J. MacHann, A. Hortsman, M. Born, S. Hesse, F. Wolfgang, "Diagnostic imaging in obesity," *Best Practice and Research: Clinical Endocrinology and Metabolism*, 2013, vol. 27, pp. 261–277.
- [7] M. Siervo, S. Jebb, "Body Composition Assesment: Theory into Practice". *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*. 2010, vol. 29, pp. 48 – 57.
- [8] D. Armao, J. Guyon, Z. Firat, M. Brown, R. Smelka, "Accurate Quantification of Visceral Adipose Tissue (VAT) Using Water-Saturation MRI and Computer Segmentation: Preliminary Results" *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 2006, vol. 23, pp. 736–741.
- [9] M. Abramoff, P. Magalhaes, S. Ram, "Image processing with ImageJ, *Biophotonics International*" 2004, vol. 11, pp 36 – 42.
- [10] J. Sanchez, N. Ramos, J. Lerallut, M. Cadena, J. Azpiroz, "Segmentación Rápida y Automática de Imágenes de RM de Tejido Adiposo: Resultados Preliminares". *Mem. IV Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica*, 2011, Barranquilla, Colombia, Septiembre.
- [11] Gonzalez MC, Heymsfield SB "Bioelectrical impedance analysis for diagnosing sarcopenia and cachexia: what are we really estimating?" *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2017, vol. 8, pp.187–189.
- [12] ICRP, "The 2007 Recommendations Of The International Commission on Radiological Protection" *ICRP Publication 103. Ann. ICRP*, 2007, vol. 37 (2-4).