



REVISIÓN NARRATIVA

La sarcopenia como indicador pronóstico en el adenocarcinoma pancreático: una revisión narrativa actualizada

Morillo Gil, Antonio Jesús^{1*}; Crespo Balbuena, Mónica¹; Pérez García, Francisco Javier¹

¹Servicio de Radiodiagnóstico. Hospital Universitario Virgen de las Nieves. Granada.

*Autor de correspondencia: antoniojesusmorillo@gmail.com

Fecha de recepción: 20/03/2024

Fecha de revisión: 25/03/2024

Fecha de aceptación: 22/04/2024

Resumen

Introducción/Objetivos: El objetivo principal de esta revisión narrativa consistirá en revisar la evidencia científica disponible sobre el empeoramiento en el pronóstico que supone la sarcopenia en pacientes afectos de adenocarcinoma pancreático.

Material y Métodos: El estudio se centró en la revisión de literatura científica más actualizada a través de Google Scholar, UpToDate y PubMed y utilizando términos MeSH y DeCS. Se seleccionaron los artículos relevantes sobre sarcopenia y cáncer pancreático, como especial atención a los metaanálisis obtenidos para garantizar información más contrastada. Además, se examinaron las bibliografías más destacadas de los artículos revisados para acceder a más publicaciones relevantes.

Resultados: La evidencia revisada concluye la firme asociación entre la sarcopenia y la menor supervivencia de pacientes con cáncer de páncreas independientemente del estadio y las opciones terapéuticas llevadas sobre los mismos. Aunque el diagnóstico de sarcopenia es esencialmente clínico, en la mayoría de contextos clínicos habituales son necesarias pruebas de imagen para su completa caracterización. La tomografía computarizada (TC) se posiciona como la técnica de elección en el futuro por su capacidad para proporcionar esta información durante el seguimiento radiológico habitual de pacientes oncológicos sin que conlleve exposiciones adicionales a radiación ionizante.

Conclusiones: Existen diversas pruebas de imagen que permiten valorar la sarcopenia, por lo que deben conocerse las ventajas, limitaciones y aplicaciones principales de cada una de ellas con el fin de implementarlas de manera racional. En este sentido, a pesar de sus limitaciones y de no estar aún avalada para su aplicación rutinaria en contextos clínicos, la TC constituye la técnica de imagen más accesible para la confirmación de la sarcopenia en pacientes con cáncer de páncreas. Por ello, es necesario realizar un mayor número de estudios para determinar los umbrales óptimos y homogeneizar el uso de esta prueba en el flujo de trabajo hospitalario

Palabras clave: sarcopenia, adenocarcinoma pancreático, masa muscular, TC.

Abstract

Introduction/Objectives: The main objective of this narrative review will be to review the available scientific evidence on the worsening prognosis of sarcopenia in patients with pancreatic adenocarcinoma.

Material and Methods: The study focused on reviewing the most updated scientific literature through Google Scholar, UpToDate and PubMed and using MeSH and DeCS terms. Relevant articles on sarcopenia and pancreatic cancer were selected, with special attention to the meta-analyses obtained to ensure more contrasted information. In addition, the most relevant bibliographies of the articles reviewed were examined to access more relevant publications.

Results: The evidence reviewed concludes the strong association between sarcopenia and decreased survival of patients with pancreatic cancer regardless of stage and the therapeutic options carried out on them. Although the diagnosis of sarcopenia is essentially clinical, in most common clinical settings imaging tests are necessary for its complete characterization. Computed tomography (CT) is positioned as the technique of choice in the future because of its ability to provide this information during routine radiological follow-up of cancer patients without additional exposure to ionizing radiation.

Conclusions: There are several imaging tests that allow the assessment of sarcopenia, so the advantages, limitations and main applications of each of them should be known in order to implement them rationally. In this regard, despite its limitations and the fact that it is not yet endorsed for routine application in clinical contexts, CT constitutes the most accessible imaging technique for the confirmation of sarcopenia in patients with pancreatic cancer. Therefore, more studies are needed to determine the optimal thresholds and to homogenize the use of this test in the hospital workflow.

Keywords: sarcopenia, pancreatic adenocarcinoma, skeletal muscle mass, CT.

1. Introducción

El adenocarcinoma pancreático es un tumor sólido maligno que presenta una tasa de supervivencia a los cinco años inferior al 10% (1). Además, en los últimos años, tanto su incidencia como su mortalidad muestran un incremento continuo (2). A pesar de los avances significativos logrados con la implementación de la quimioterapia sistémica neoadyuvante estandarizada y la inmunoterapia en los últimos años, la cirugía sigue siendo la única estrategia de tratamiento con intención curativa para los pacientes con cáncer de páncreas. No obstante, la tasa de supervivencia postoperatoria continúa siendo deficiente debido a la alta tasa de recurrencia y metástasis durante el seguimiento de estos pacientes (3).

En los últimos años, ha surgido un creciente interés en la relación entre la composición corporal y el pronóstico del cáncer debido a la facilidad para obtener esta información y utilidad práctica. Es bien sabido que la estructura corporal de los pacientes oncológicos cambia a medida que avanza la enfermedad (4). El Grupo Europeo de Trabajo sobre Sarcopenia en Ancianos (EWGSOP) define la sarcopenia como la disminución de la masa muscular y el deterioro de la función muscular. Esta entidad, que se observa más frecuentemente conforme aumenta la edad, se ha relacionado sistemáticamente con un pronóstico más desfavorable en diversos tipos de cáncer (5,6). En lo que respecta a los tumores pancreáticos, se ha encontrado que tanto una masa muscular esquelética baja como una calidad muscular deficiente están relacionadas con una supervivencia menor a largo plazo en los pacientes con cáncer de páncreas (7).

Se pueden utilizar varias modalidades de diagnóstico por imagen, como la absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA), la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética (RM) y la ecografía para estimar la masa y la calidad muscular, confirmar el diagnóstico de sarcopenia y medir el índice músculo esquelético que de manera protocolizada (8). Aunque la DEXA es la técnica de imagen más comúnmente utilizada para la detección de sarcopenia, la realización rutinaria de TC para evaluar lesiones tumorales y controlar posibles metástasis a distancia ofrece la ventaja de evaluar la sarcopenia tanto en análisis prospectivos como retrospectivos sin necesidad de realizar nuevas exploraciones a los pacientes y disminuyendo el empleo de radiaciones ionizantes.

2. Objetivos

El objetivo principal de esta revisión narrativa consistirá en revisar la evidencia científica disponible sobre el empeoramiento en el pronóstico que supone la sarcopenia en pacientes afectados de adenocarcinoma pancreático. En concreto, los objetivos específicos de esta revisión son: Conocer los criterios diagnósticos y la aplicabilidad de las diferentes pruebas de imagen disponibles como técnicas de apoyo al diagnóstico, repasar las ventajas e inconvenientes de cada una de las pruebas de imagen para el diagnóstico de sarcopenia, estudiar y analizar los diferentes estudios científicos que han demostrado una asociación entre sarcopenia y supervivencia en pacientes diagnosticados de cáncer pancreático, explorar la aplicabilidad en la práctica médica habitual de la TC para el conocimiento de estado nutricional del paciente.

3. Material y Métodos

La literatura científica que se ha revisado en este trabajo consta fundamentalmente de artículos y revisiones científicas principalmente escritas en inglés. Se realizó una búsqueda de documentación en Google Scholar, UpToDate y Pubmed. Como ambas utilizan términos MeSH para indexar y controlar el vocabulario, a la hora de elegir los descriptores para la búsqueda, se consultaron los términos MeSH y DeCS para escoger aquellos más adecuados. Se obtuvieron los artículos empleados para la redacción utilizando los siguientes términos (y distintas combinaciones de ellos): «*sarcopenia*», «*pancreatic neoplasm*», «*prognosis*», «*skeletal muscle mass*», «*body composition*», «*computed tomography*», «*CT*». Finalmente, se seleccionaron los artículos más recientes y relevantes, con información más contrastada y de mayor calidad, con especial hincapié en la selección de los diferentes metaanálisis obtenidos. Asimismo, se han valorado sus respectivas bibliografías, que nos dieron acceso a otras publicaciones de interés.

4. Resultados

4.1. Papel de las pruebas de imagen en el diagnóstico de sarcopenia

Debe recordarse que el diagnóstico de sarcopenia es esencialmente clínico y puede alcanzarse mediante una exploración dirigida a valorar el rendimiento físico del paciente. Generalmente es suficiente con una combinación breve de pruebas de velocidad, tiempo repetido de levantamiento de la silla y pruebas de equilibrio (9). En caso de que la exploración física sea altamente sugestiva de sarcopenia puede recurrirse a otras pruebas complementarias no invasivas tales como la antropometría para valorar específicamente la composición corporal (10) o el análisis de impedancia bioeléctrica (11). No obstante, la disponibilidad y accesibilidad de las mismas puede ser limitada y los resultados pueden estar influenciados por factores externos, lo que limita su aplicabilidad en la práctica clínica diaria (12).

Ante esta tesitura, las diferentes modalidades de imagen disponibles constituyen unas excelentes pruebas de apoyo a los datos obtenidos en la exploración física para el diagnóstico de sarcopenia. En el siguiente apartado abordaremos las diferentes pruebas de imagen disponibles para este propósito poniendo especial interés en la absorciometría de rayos X de energía dual, al ser la técnica más empleada en este contexto y la TC, que constituye una modalidad de imagen cada vez más prevalente en estudios

de investigación (13). De igual forma, abordaremos las fortalezas e inconvenientes de cada una de ellas.

La absorciometría de rayos X de energía dual representa la técnica de imagen más empleada para la estimación de la composición corporal. Esta técnica implica una exploración de todo el cuerpo utilizando una fuente emisora de rayos X a dos niveles de energía diferentes, típicamente de 40 y 70 keV (8). La DEXA permite la medición simultánea de la masa magra, la masa grasa y el contenido mineral óseo. Específicamente, la suma de la masa magra de las extremidades superiores e inferiores, conocida como masa magra apendicular, representa el parámetro utilizado para cuantificar la masa muscular. Es fácil deducir que la principal ventaja de esta prueba de imagen respecto a las que veremos a continuación es la capacidad para ofrecer información simultánea sobre la composición corporal y el estado óseo, característica que resulta fundamental en la evaluación de enfermedades concomitantes frecuentes como la osteoporosis, la obesidad y la caquexia. A pesar de ello, sus resultados están influenciados el grosor corporal, el estado de hidratación y el estado patológico con retención de agua, entre otros. Esto hace que sea necesaria una anamnesis exhaustiva a fin de evitar errores e interpretaciones erróneas (14).

La resonancia magnética posibilita la evaluación de la composición muscular mediante diversas secuencias, tanto de forma semicuantitativa como cuantitativa, sin requerir el uso de radiaciones ionizantes. De hecho, las secuencias avanzadas de RM permiten integrar la estimación de la composición corporal con la evaluación de anomalías musculares como la disrupción muscular, el edema, la infiltración grasa (miosteatosi) o la fibrosis (miofibrosis). Estos dos últimos componentes tienden a aumentar en los músculos durante el proceso de envejecimiento, y solo la miofibromatosis puede valorarse de forma fidedigna mediante esta prueba de imagen (15). Son varias las secuencias usadas para este fin, si bien la más extendida en el campo de la investigación son las secuencias potenciadas en T2 porque permiten una evaluación precisa y precoz de los pequeños cambios en la composición de las fibras musculares que acontecen en los estadios iniciales de la sarcopenia. Aunque representa una técnica prometedora en el estudio de la sarcopenia, su aplicación clínica sigue siendo limitada debido al elevado coste, el largo tiempo de adquisición y la ausencia de valores de corte y protocolos estandarizados. La ecografía es una prueba de imagen portátil, asequible, no invasiva y sin exposición a radiaciones ionizantes que ha demostrado su eficacia en la estimación de las propiedades musculares.

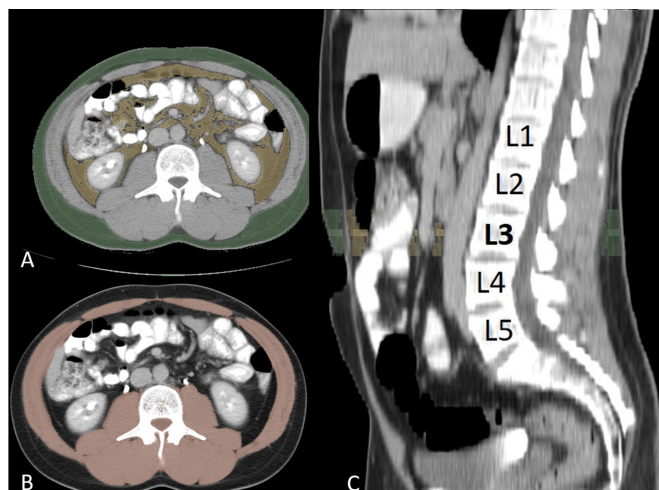


Figura 1. Segmentación del tejido graso visceral y subcutáneo abdominal (A) y de la musculatura paravertebral y de la pared abdominal (B) a la altura de L3 (C), determinada con 3D Slicer®. Nótese la menor resolución espacial en C debido a que el estudio se programó con adquisiciones axiales a 5 mm para disminuir la dosis de radiación ionizante.

Proporciona información sobre la ecotextura muscular en función del grado de infiltración de grasa intramuscular y tejido conectivo, mostrando una fuerte correlación positiva con las mediciones basadas en DEXA, TC y RM. Sin embargo, entre sus limitaciones se encuentra la escasa reproducibilidad y variabilidad interobservador, así como la insuficiente precisión en comparación con el resto de pruebas de imagen anteriormente mencionadas (16). Al igual que ocurre con el resto de modalidades enfocadas a estudios de investigación, no se han establecidos valores de corte avalados para la confirmación del estado de sarcopenia.

Finalmente, la tomografía computarizada está siendo cada vez más empleada en los ensayos de investigación como una herramienta diagnóstica de uso habitual para evaluar tanto la cantidad como la calidad muscular que se justifica por la relación entre la disminución de la densidad muscular y el grado de infiltración grasa. Presenta la ventaja de realizarse para la estadificación y el seguimiento de tumores, por lo que la evaluación de la sarcopenia es posible en estos pacientes de alto riesgo tanto en análisis prospectivos como retrospectivos y sin necesidad de exploraciones adicionales (17). El método más preciso y estandarizado para estimar la composición del músculo y de todo el cuerpo consiste en delimitar una región de interés (ROI) en un único corte axial. La determinación se realiza a nivel de la tercera vértebra lumbar para que incluya simultáneamente el componente muscular (que valora los músculos psoas, paraespinales y de la pared abdominal), el tejido adiposo visceral, el tejido graso subcutáneo y el esqueleto óseo. Todos estos valores deben correlacionarse con otros datos antropométricos

del paciente, esencialmente la altura, para una correcta definición de sarcopenia en cada caso (18).

En este corte se puede obtener una cuantificación de la superficie y volumen con software mediante segmentación utilizando programas como 3D Slicer® (Figura 1). La TC presenta como ventaja frente a la DEXA la mayor sensibilidad a pequeños cambios en el componente muscular, lo que permite realizar el diagnóstico de sarcopenia de forma precoz. Sin embargo, es importante destacar algunas limitaciones de esta técnica, como la falta de un valor umbral consensuado y reproducible en la práctica clínica, así como la necesidad de realizar segmentación en el posprocesamiento de las imágenes obtenidas (Figura 2). En la tabla 1 se muestran las ventajas y limitaciones principales de las técnicas de imagen evaluadas para la determinación de sarcopenia.

4.2. Sarcopenia como valor pronóstico en pacientes con adenocarcinoma pancreático

En los últimos años ha surgido un creciente interés en la relación entre la composición corporal de los pacientes con diversas enfermedades oncológicas y su valor pronóstico subsiguiente. Este interés se fundamenta especialmente en la facilidad para obtener esta información mediante métodos clínicos y de imagen ampliamente difundidos y en su utilidad práctica. Varios estudios observacionales retrospectivos han indicado que el empeoramiento de la supervivencia de los pacientes afectados de adenocarcinoma pancreático está altamente influenciado por el estado nutricional, físico e inmunológico del paciente, un evento que también se ha observado en el caso de tumores de la esfera gastrointestinal o genitourinaria (19).

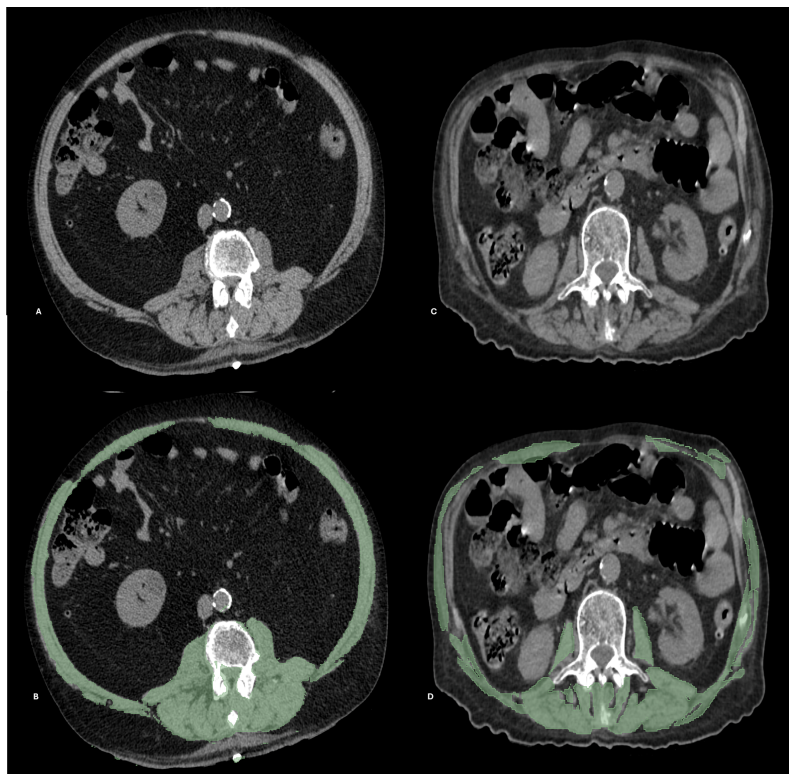


Figura 2. TC abdominal sin contraste intravenoso y segmentación de la musculatura paravertebral y de la pared abdominal de un paciente sin patología abdominal conocida (A y B) y de otro paciente diagnóstico de cáncer de páncreas, no visible en el corte incluido, con elevado riesgo de sarcopenia (C y D). Nótese la marcada diferencia del espesor muscular en el segundo paciente, especialmente llamativo en la musculatura de la pared abdominal anterior y músculos psoas.

Entre los estudios recientes dirigidos a conocer el valor pronóstico de la sarcopenia en pacientes afectados de adenocarcinoma pancreático destaca la revisión sistemática de Mintziras et al. (2018) (20), cuyos resultados concluyeron que la sarcopenia estaba asociada fuertemente con una peor supervivencia global en estos pacientes. Sin embargo, los propios autores reconocieron como la principal limitación la exclusión de pacientes en tratamiento paliativo en el caso de enfermedad avanzada, quienes constituyen la mayoría de los pacientes con cáncer pancreático debido a la alta agresividad locorregional del tumor y limita las opciones quirúrgicas disponibles. Además, es esperable que pacientes con cáncer pancreático (o cualquier proceso neoplásico gastrointestinal avanzado) presenten un mayor riesgo de sarcopenia debido a la alteración intrínseca del estado nutricional asociada a estas enfermedades. Por lo tanto, debe considerarse el esquema terapéutico aplicado como un posible factor confusor, ya que varía según el estadio de la enfermedad y, por ende, se espera una peor supervivencia.

En este contexto, el primer metaanálisis que incluye

tanto a pacientes con cáncer pancreático operados con intención curativa como a pacientes en régimen paliativo es el trabajo de Thormann et al. (2023) (21) que concluye, de hecho, que la sarcopenia es más frecuente en aquellos pacientes en tratamiento paliativo al encontrarse la enfermedad en un estadio avanzado en comparación con los pacientes que fueron intervenidos quirúrgicamente. A pesar de esta diferencia, también se concluye que la sarcopenia constituye un factor pronóstico independiente cuya presencia empeora la supervivencia de estos pacientes.

Los valores arrojados en los diferentes estudios retrospectivos, así como en los metaanálisis incluidos en la presente revisión narrativa son altamente concordantes con los estudios comentados anteriormente, demostrando que la sarcopenia está asociada con el mal pronóstico del cáncer de páncreas. Cabe destacar el más reciente de los metaanálisis disponibles hasta la fecha, realizado por Liu et al. (2024) (24). En este trabajo se incluyeron 23 artículos que evaluaban la relación entre la sarcopenia preoperatoria y el pronóstico de los pacientes con cáncer de páncreas. Los autores concluyeron, en concordancia con

el resto de artículos mencionados con anterioridad, que existe una asociación entre la sarcopenia preoperatoria y la menor supervivencia de pacientes con cáncer de páncreas

tras la cirugía, sin que ello confiera mayor riesgo de complicaciones posquirúrgicas.

| Prueba de imagen | Ventajas | Limitaciones |
|---------------------------------|--|---|
| DEXA | Prueba ampliamente extendida y precisa. Valores de corte establecidos y avalados. | Los valores de referencia varían en función del fabricante. El resultado es dependiente del estado de hidratación del paciente. |
| Resonancia magnética | Capacidad para distinguir edema muscular e infiltración grasa. No necesita exposición a radiación ionizante. | Tiempos de adquisición de imágenes prolongado. Los valores de referencia no están claramente establecidos. |
| Ecografía | Exploración en tiempo real. No necesita exposición a radiación ionizante. | Dependiente del operador. Los valores de referencia no están claramente establecidos. |
| Tomografía computarizada | Prueba ampliamente extendida y precisa. Alta resolución espacial. | Proceso de segmentación laborioso. Los valores de referencia no están claramente establecidos. |

Tabla 1. Ventajas y limitaciones de las pruebas de imagen en la evaluación de sarcopenia.

5. Conclusiones

En esta revisión hemos mostrado el potencial valor pronóstico de la sarcopenia en pacientes afectados de cáncer pancreático y que el conocimiento sobre el estado del paciente en este contexto permite optimizar el plan terapéutico, si bien la evidencia disponible en el momento de redacción de esta revisión solo está avalada por estudios retrospectivos. Existen diversas formas de evaluar la sarcopenia, por lo que deben conocerse las ventajas, limitaciones y aplicaciones principales de cada una de ellas, con el fin de implementarlas de manera racional. En este sentido, a pesar de sus limitaciones y de no estar aún avalada para su aplicación rutinaria en contextos clínicos, la TC constituye la técnica de imagen más accesible para la confirmación de la sarcopenia en estos pacientes. Por ello, es necesario realizar un mayor número de estudios, idealmente prospectivos, para determinar los umbrales óptimos y homogeneizar el uso de esta prueba en el flujo de trabajo hospitalario.

6. Declaraciones

Agradecimientos

A nuestros estimados compañeros del servicio de Radiodiagnóstico del hospital universitario Virgen de las

Nieves, cuya dedicación y compromiso son una inspiración constante.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Financiación

Ninguna.

Referencias

- Kleeff J, Korc M, Apte M, La Vecchia C, Johnson CD, Biankin AV., et al. Pancreatic cancer. Nat Rev Dis Primers. 2016;2.
- Mizrahi JD, Surana R, Valle JW, Shroff RT. Pancreatic cancer. Lancet. 2020;395(10242):2008-20.
- Groot VP, Gemenetzi G, Blair AB, Rivero-Soto RJ, Yu J, Javed AA, et al. Defining and Predicting Early Recurrence in 957 Patients With Resected Pancreatic Ductal Adenocarcinoma. Ann Surg. 2019;269(6):1154-62.
- Sohal DPS, Boutin RD, Lenchik L, Kim J, Beg MS, Wang-Gillam A, et al. Body composition measurements and clinical outcomes in patients with resectable pancreatic adenocarcinoma - analysis from SWOG S1505. J Gastrointest Surg. 2024;28(3):232-5.

5. Okumura S, Kaido T, Hamaguchi Y, Kobayashi A, Shirai H, Yao S, et al. Visceral Adiposity and Sarcopenic Visceral Obesity are Associated with Poor Prognosis After Resection of Pancreatic Cancer. *Ann Surg Oncol*. 2017;24(12):3732-40.
6. Ge HP, Song DF, Wu P, Xu HF. Impact of sarcopenia and low muscle attenuation on outcomes of ovarian cancer: a systematic review and meta-analysis. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2023;27(10):4544-62.
7. Gan H, Lan J, Bei H, Xu G. The impact of sarcopenia on prognosis of patients with pancreatic cancer: A systematic review and meta-analysis. *Scott Med J*. 2023;68(4):133-48.
8. Albano D, Messina C, Vitale J, Sconfienza LM. Imaging of sarcopenia: old evidence and new insights. *Eur Radiol*. 2020;30(4):2199-208.
9. Mijnders DM, Schols JMGA, Meijers JMM, Tan FES, Verlaan S, Luiking YC, et al. Instruments to Assess Sarcopenia and Physical Frailty in Older People Living in a Community (Care) Setting: Similarities and Discrepancies. *J Am Med Dir Assoc*. 2015;16(4):301-8.
10. Al-Gindan YY, Hankey C, Govan L, Gallagher D, Heymsfield SB, Lean MEJ. Derivation and validation of simple equations to predict total muscle mass from simple anthropometric and demographic data. *Am J Clin Nutr*. 2014;100(4):1041-51.
11. Faes TJC, Van Der Meij HA, De Munck JC, Heethaar RM. The electric resistivity of human tissues (100 Hz-10 MHz): a meta-analysis of review studies. *Physiol Meas*. 1999;20(4).
12. Yoshida D, Suzuki T, Shimada H, Park H, Makizako H, Doi T, et al. Using two different algorithms to determine the prevalence of sarcopenia. *Geriatr Gerontol Int*. 2014;14(Suppl 1):46-51.
13. Chianca V, Albano D, Messina C, Gitto S, Ruffo G, Guarino S, et al. Sarcopenia: imaging assessment and clinical application. *Abdom Radiol (NY)*. 2022;47(9):3205.
14. Messina C, Bandirali M, Sconfienza LM, D'Alonzo NK, Di Leo G, Papini GDE, et al. Prevalence and type of errors in dual-energy x-ray absorptiometry. *Eur Radiol*. 2015;25(5):1504-11.
15. Csapo R, Malis V, Sinha U, Du J, Sinha S. Age-associated differences in triceps surae muscle composition and strength - An MRI-based cross-sectional comparison of contractile, adipose and connective tissue. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014;15(1):1-11.
16. Sconfienza LM. Sarcopenia: ultrasound today, smartphones tomorrow? *Eur Radiol*. 2019;29(1).
17. Lenchik L, Boutin RD. Sarcopenia: Beyond Muscle Atrophy and into the New Frontiers of Opportunistic Imaging, Precision Medicine, and Machine Learning. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2018;22(3):307-22.
18. Prado CMM, Baracos VE, McCargar LJ, Reiman T, Mourtzakis M, Tonkin K, et al. Sarcopenia as a determinant of chemotherapy toxicity and time to tumor progression in metastatic breast cancer patients receiving capecitabine treatment. *Clin Cancer Res*. 2009;15(8):2920-6.
19. He J, Luo W, Huang Y, Song L, Mei Y. Sarcopenia as a prognostic indicator in colorectal cancer: an updated meta-analysis. *Front Oncol*. 2023;13.
20. Mintziras I, Miligkos M, Wächter S, Manoharan J, Maurer E, Bartsch DK. Sarcopenia and sarcopenic obesity are significantly associated with poorer overall survival in patients with pancreatic cancer: Systematic review and meta-analysis. *Int J Surg*. 2018;59:19-26.
21. Thormann M, Hinnerichs M, Barajas Ordonez F, Saalfeld S, Perrakis A, Croner R, et al. Sarcopenia is an Independent Prognostic Factor in Patients With Pancreatic Cancer - a Meta-analysis. *Acad Radiol*. 2023;30(8):1552-61.
22. Liu C, An L, Zhang S, Deng S, Wang N, Tang H. Association between preoperative sarcopenia and prognosis of pancreatic cancer after curative-intent surgery: a updated systematic review and meta-analysis. *World J Surg Oncol*. 2024;22(1):38.
23. Zopfs D, Bousabarah K, Lennartz S, Santos DP dos, Schlaak M, Theurich S, et al. Evaluating body composition by combining quantitative spectral detector computed tomography and deep learning-based image segmentation. *Eur J Radiol*. 2020;130.
24. Nachit M, Horsmans Y, Summers RM, Leclercq IA, Pickhardt PJ. AI-based CT Body Composition Identifies Myosteatosis as Key Mortality Predictor in Asymptomatic Adults. *Radiology*. 2023;307(5).