

Porcentaje de grasa pancreática medido por resonancia magnética: ¿qué influencia tiene sobre la homeostasis de la glucosa en personas con sobrepeso u obesidad?

Patricia Morillo-MT¹, Alba Camacho-Cardenosa^{2,3}, Antonio Clavero-Jimeno⁴, Patricia V. García Pérez¹,
Rafael Cabeza⁵, José L. Martín-Rodríguez^{1,3}, Idoia Labayen^{6,7,8}, Jonatan R. Ruiz^{3,4,6}

¹Hospital Universitario Clínico San Cecilio, Granada; ²Instituto Mixto Universitario de Deporte y Salud (iMUDS), Granada; ³Instituto de Investigación Biosanitaria de Granada (ibs.GRANADA); ⁴Departamento de Educación Física y Deportiva, Facultad de Ciencias del Deporte, Instituto Mixto de Deporte y Salud (iMUDS), Universidad de Granada; ⁵Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Comunicación, Universidad Pública de Navarra, Pamplona;

⁶Centro de Investigación Biomédica en Red (CIBEROBN), Instituto de Salud Carlos III, Madrid; ⁷Instituto de Innovación y Sostenibilidad en la Cadena Agroalimentaria, Universidad Pública de Navarra, Pamplona; ⁸Instituto de Investigación Sanitaria de Navarra, Pamplona.

Índice de contenido

01. INTRODUCCIÓN
La obesidad como problema de salud pública
02. OBJETIVO
03. MATERIAL Y MÉTODOS
Diseño, población de estudio, variables de estudio y análisis estadístico
04. RESULTADOS
Metabolismo de la glucosa en ayunas y monitorización continua de glucosa
05. DISCUSIÓN
Limitaciones y conclusiones

Introducción

Objetivo

Método

Resultados

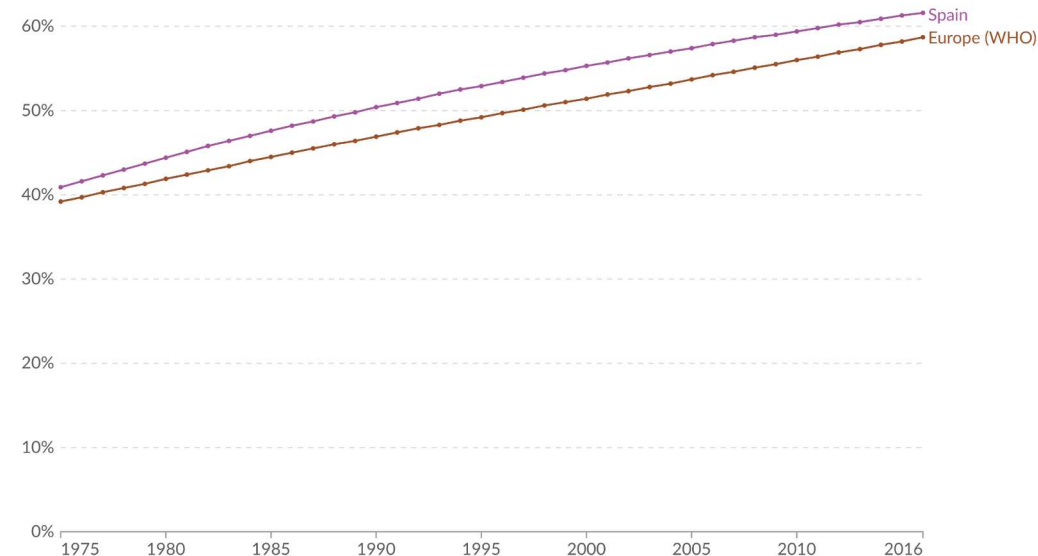
Discusión

La obesidad, un problema de salud a nivel mundial

Share of adults who are overweight or obese

"Overweight" is defined here as a body mass index (BMI) above 25. BMI is a person's weight in kilograms divided by their height in meters squared.

Our World
in Data



Data source: World Health Organization - Global Health Observatory (2024)

OurWorldinData.org/obesity | CC BY

Note: To allow for comparisons between countries and over time, this metric is age-standardized¹.

1. Age standardization: Age standardization is an adjustment that makes it possible to compare populations with different age structures, by standardizing them to a common reference population.  Read more: How does age standardization make health metrics comparable?



**Uno de cada cinco adultos
vive con **obesidad** en 2025**

[1] GBD 2021 Adult BMI Collaborators. *Lancet*. 2025.

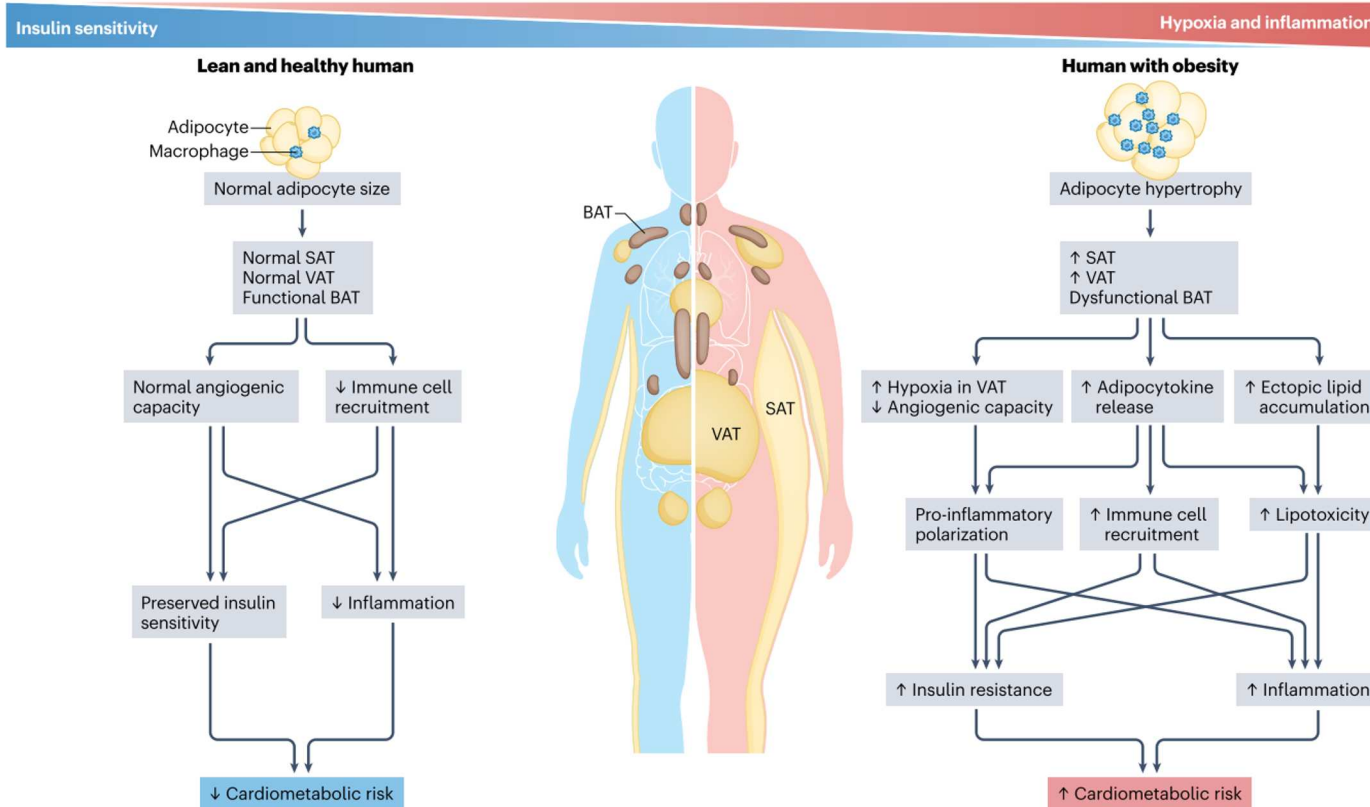
Introducción

Objetivo

Método

Resultados

Discusión



[4] Valenzuela PL, Carrera-Bastos P, et al. *Nat Rev Cardiol.* 2023.

La **obesidad** y la **diabetes** son dos de los problemas de salud más prevalentes [2,3].

Las personas con obesidad tienen un mayor riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 (DM2) que aquellas con un IMC normal [2].

Introducción

Objetivo

Método

Resultados

Discusión

Un punto clave: la distribución del tejido adiposo

En el estudio de la obesidad es fundamental tener en cuenta la **distribución del tejido adiposo** y sus **depósitos ectópicos** [5], pues no todas las personas clasificadas como obesas por el índice de masa corporal (IMC) tienen adiposidad excesiva y no todas desarrollan complicaciones metabólicas [2].

Además, la mayoría de pacientes con DM2 presentan alteraciones en los depósitos de grasa visceral y ectópicos [2].

Cambios en el IMC se asocian con modificaciones del contenido graso del hígado y el páncreas [2,6], y se ha visto que personas con obesidad, sin DM2, pueden presentar una elevada cantidad de grasa en el páncreas. Por ello, cuantificar la distribución del tejido adiposo se postula como un paso crucial para el estudio de la diabetes y la salud cardiovascular [2].

[2] Yu X, et al. *Quant Imaging Med Surg*. 2023.

[5] Neeland IJ, et al. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2019.

[6] Singh RG, et al. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*. 2017.

Introducción

Objetivo

Método

Resultados

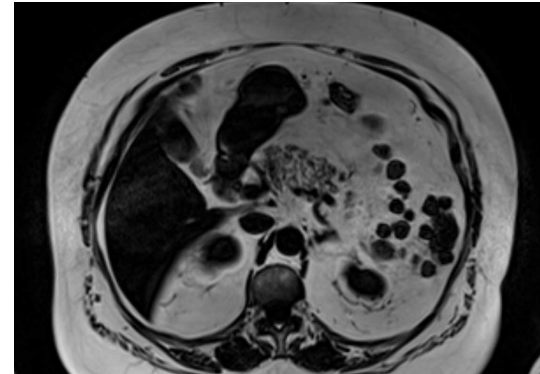
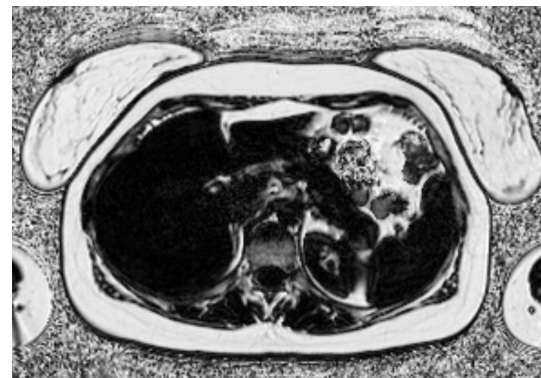
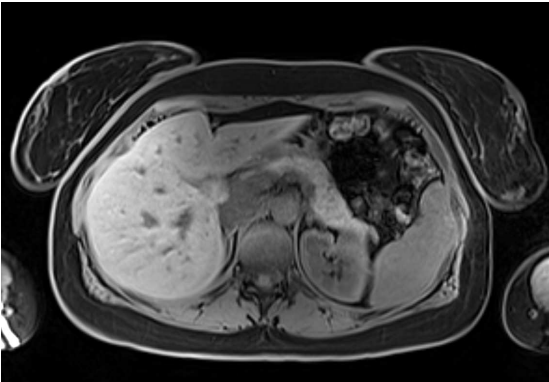
Discusión

El páncreas

Debido a su localización retroperitoneal, es un órgano que tradicionalmente ha sido difícil estudiar [6].

Resonancia magnética
(RM)

Las secuencias T1 proporcionan un reflejo preciso de la esteatosis, tanto hepática como pancreática [2,7].



[2] Yu X, et al. *Quant Imaging Med Surg*. 2023.

[6] Singh RG, et al. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*. 2017.

[7] Mak AL, et al. *JHEP Reports*. 2024.

Introducción

Objetivo

Método

Resultados

Discusión

Esteatosis pancreática y resistencia a la insulina, ¿causa o casualidad?

La asociación entre la obesidad y la DM2 ha sido ampliamente estudiada, y es cierto que se ha encontrado una mayor prevalencia de DM2 en personas obesas con esteatosis pancreática [6,7] que en aquellos en los que los depósitos de grasa en el páncreas eran normales.

Sin embargo, también hay personas con un aumento de la grasa pancreática que no presentan ninguna alteración metabólica. Por ello, los resultados sobre la relación entre la cantidad de grasa del páncreas y la secreción de insulina son controvertidos [8].

[6] Singh RG, et al. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*. 2017.

[7] Mak AL, et al. *JHEP Reports*. 2024.

[8] Yu TY, et al. *Journal of Diabetes Investigation*. 2017.

Introducción

Objetivo

Método

Resultados

Discusión

La enfermedad grasa pancreática

Si bien no existe un término definido para referirse a la acumulación de grasa en el páncreas (se han utilizado expresiones tales como “esteatosis pancreática”, “lipomatosis pancreática” o “infiltración grasa pancreática”), varios estudios han definido la *enfermedad grasa pancreática* como la **acumulación de grasa en el páncreas** que se asocia a **obesidad y síndrome metabólico** [2,7].

La acumulación de grasa en el páncreas se ha reconocido como causa de disfunción pancreática [8], y puede ocurrir por dos mecanismos: la muerte de las células acinares y su sustitución por tejido adiposo (proceso **irreversible**) o la acumulación intracelular de triglicéridos (proceso potencialmente **reversible**, asociado a la obesidad) [7].

En esta situación, ¿qué pasa con la homeostasis de la glucosa?



Introducción

Objetivo

Método

Resultados

Discusión

Analizar la asociación entre la grasa pancreática, medida por RM, y parámetros de regulación de la glucosa en hombres y mujeres adultos con sobrepeso u obesidad.



Introducción

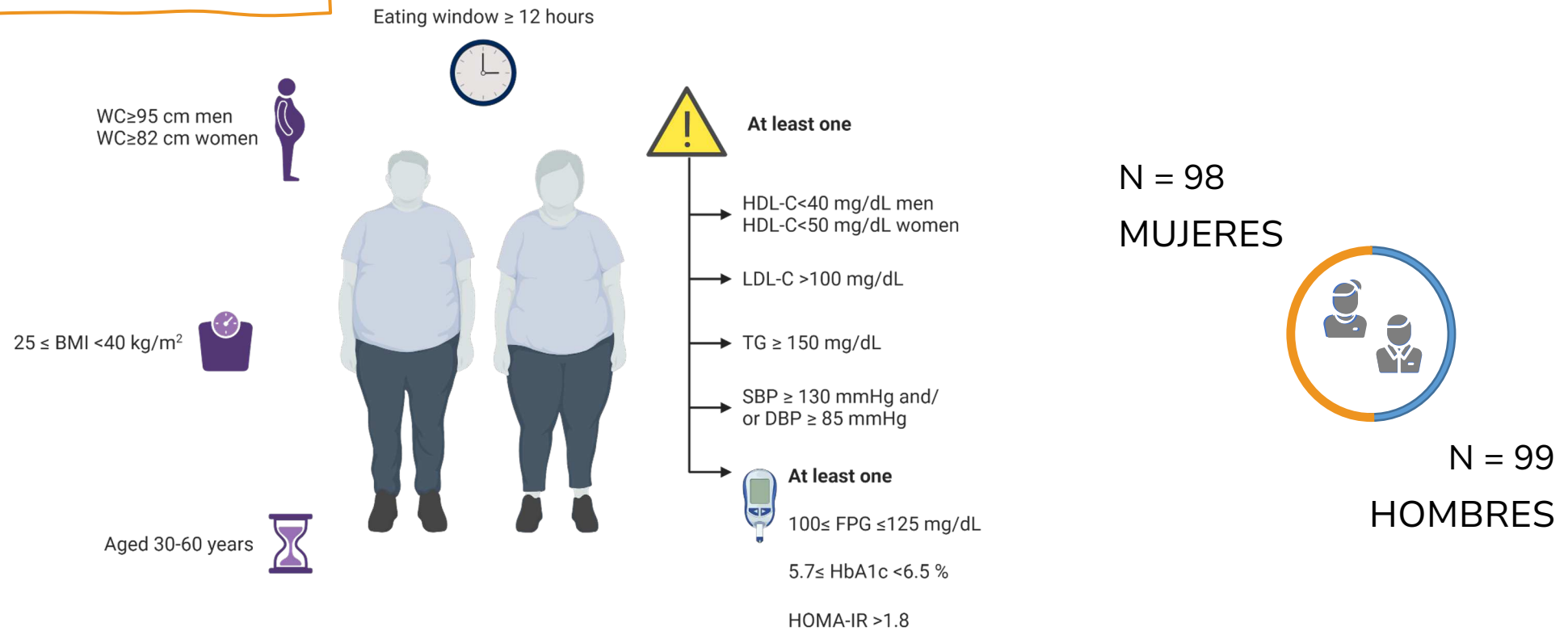
Objetivo

Método

Resultados

Discusión

Criterios de inclusión



[10] Dote-Montero M, Merchan-Ramirez E, et al. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2024.

Introducción

Objetivo

Método

Resultados

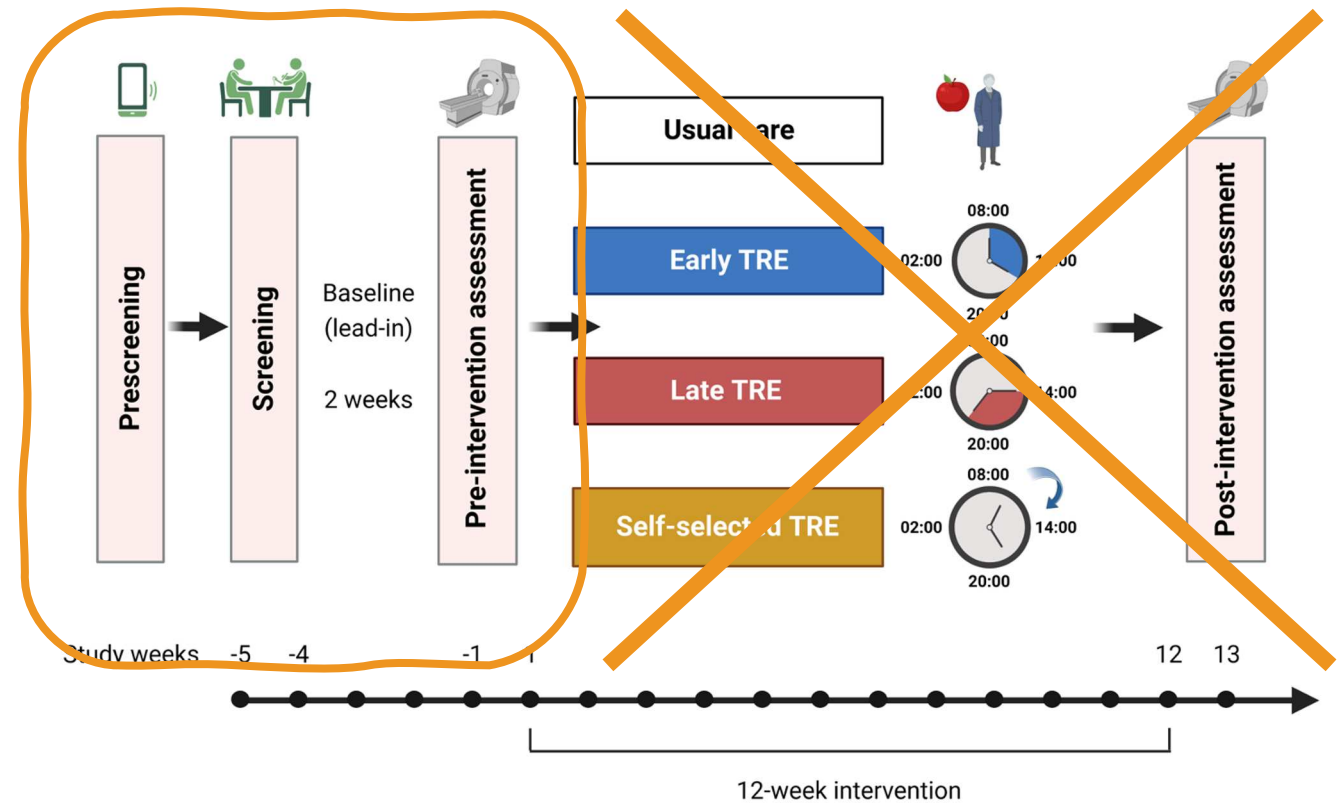
Discusión

Diseño del estudio

- Observacional de tipo transversal.
- Multicéntrico (Granada y Pamplona).
- Datos obtenidos del proyecto EXTREME [10].



Los participantes firmaron un formulario de consentimiento informado previamente a la participación en el estudio.



[10] Dote-Montero M, Merchan-Ramirez E, et al. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2024.

Introducción

Objetivo

Método

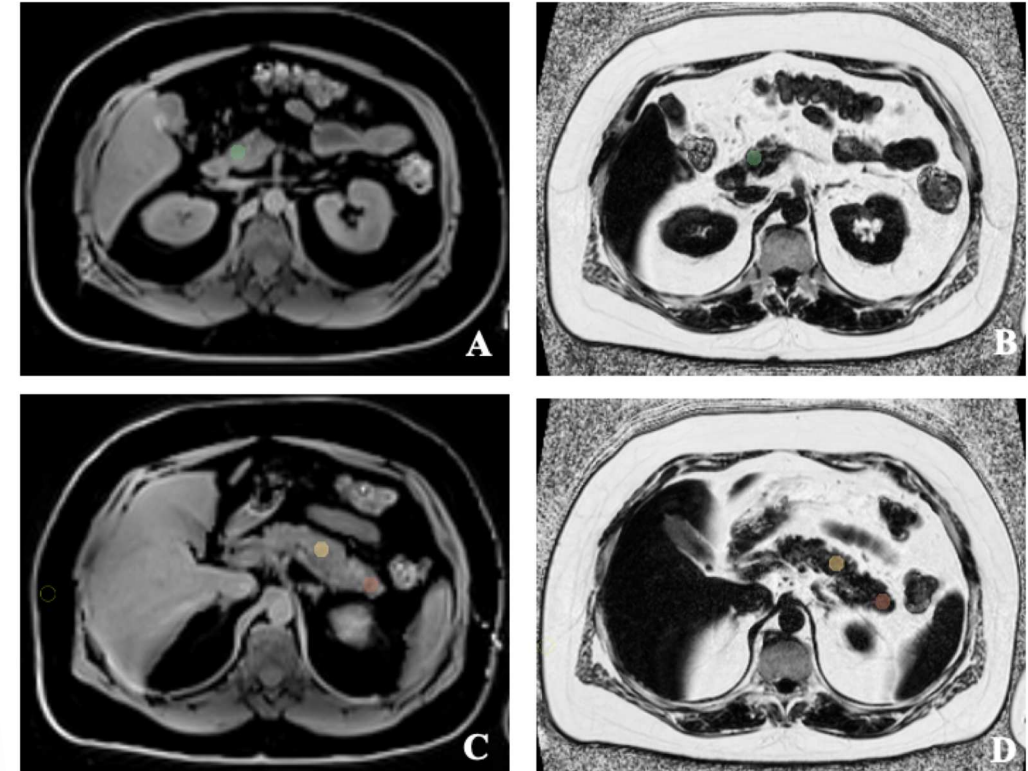
Resultados

Discusión

Variable independiente

Porcentaje de grasa pancreática

- Medido por RM en secuencias de fracción grasa por densidad protónica (PDFF).
- ROIs en cabeza, cuerpo y cola.
- Porcentaje total: valor promedio de las tres medianas obtenidas en cabeza, cuerpo y cola.



Medición de las regiones de interés. A y B: ROI en cabeza pancreática. C y D: ROIs en cuerpo pancreático y cola pancreática.

Introducción

Objetivo

Método

Resultados

Discusión

Variables dependientes

Peso y altura

$IMC = kg / m^2$

Tejido adiposo
visceral (cm³)

Análisis de
imágenes de RM

Metabolismo de la
glucosa en ayunas

Glucosa (mg/dL)

Insulina (mU/L)

HbA1c (%)

HOMA-IR

Monitorización continua
de glucosa (MCG)

Con la medición de la glucosa
intersticial 24h/14 días, se obtiene:

- Glucosa media 24h (mg/dL)
- Glucosa media diurna (mg/dL)
- Glucosa media nocturna (mg/dL)
 - CV glucosa 24h (%)
 - CV glucosa diurna (%)
 - CV glucosa nocturna (%)



Introducción

Objetivo

Método

Resultados

Discusión

Análisis estadístico

Se realizaron dos modelos de regresión lineal multivariante:

- Modelo 1: ajustado por edad, sexo e IMC.
- Modelo 2: ajustado por edad, sexo y tejido adiposo visceral.

No se encontró interacción por sexo.

Límite de significación: $p < 0,05$.

Introducción

Objetivo

Método

Resultados

Discusión

Características de la muestra de estudio

	Todos (N = 197)	Hombres (N = 99)	Mujeres (N = 98)
Edad (años)	46.8 ± 6.3	47.3 ± 6.5	46.3 ± 6.1
Peso (kg)	95.3 ± 14.8	102.5 ± 14.0	88.1 ± 11.7
Talla (cm)	169.7 ± 9.1	176.6 ± 6.4	162.8 ± 5.4
Índice de masa corporal (kg/m ²)	33.0 ± 3.5	32.8 ± 3.3	33.2 ± 3.7
Depósitos de grasa ectópica			
Tejido adiposo visceral (cm ³)	1340.4 ± 575.4	1633.6 ± 569.4	1044.1 ± 406.3
Grasa pancreática (%)	6.5 ± 5.9	7.6 ± 6.7	5.3 ± 4.8
Metabolismo de la glucosa en ayunas			
Glucosa (mg/dL)	94.6 ± 10.9	96.6 ± 12.1	92.6 ± 9.2
Insulina (mU/L)	11.9 ± 5.7	12.3 ± 6.1	11.4 ± 5.3
HOMA-IR	2.8 ± 1.6	3.0 ± 1.8	2.6 ± 1.3
HbA1c (%)	5.4 ± 0.4	5.4 ± 0.4	5.3 ± 0.3
Monitorización continua de glucosa			
Glucosa media 24-h (mg/dL)	105.9 ± 10.9	108.9 ± 11.8	102.9 ± 9.0
Glucosa media diurna (mg/dL)	107.5 ± 10.7	110.4 ± 11.7	104.6 ± 8.8
Glucosa media nocturna (mg/dL)	101.9 ± 12.7	105.1 ± 13.6	98.6 ± 10.8
CV glucosa 24-h (%)	13.9 ± 3.5	14.4 ± 3.6	13.4 ± 3.3
CV glucosa diurna (%)	14.1 ± 3.7	14.6 ± 3.7	13.5 ± 3.6
CV glucosa nocturna (%)	9.0 ± 3.0	9.2 ± 3.4	8.8 ± 2.6

Los datos se muestran como media ± desviación estándar.

HOMA-IR = modelo homeostático para evaluar la resistencia a la insulina. HbA1c = hemoglobina glicosilada. CV = coeficiente de variación.

Introducción

Objetivo

Método

Resultados

Discusión

Regresiones lineales mostrando las asociaciones entre la grasa pancreática con variables del metabolismo de la glucosa en ayunas y variables obtenidas de la MCG en adultos con sobrepeso u obesidad.

	Modelo 1			Modelo 2		
	b (IC 95%)	β	P	b (IC 95%)	β	P
<i>Metabolismo de la glucosa en ayunas</i>						
Glucosa (mg/dL)	0.072 (-0.188, 0.333)	0.039	0.585	0.136 (-0.149, 0.420)	0.072	0.348
Insulina (mU/L)	0.189 (0.058, 0.321)	0.195	0.005	0.244 (0.098, 0.391)	0.254	0.001
HOMA-IR	0.047 (0.011, 0.083)	0.177	0.011	0.062 (0.022, 0.103)	0.235	0.003
HbA1c (%)	-0.005 (-0.014, 0.004)	-0.077	0.304	-0.003 (-0.012, 0.007)	-0.042	0.590
<i>Monitorización continua de glucosa</i>						
Glucosa media 24-h (mg/dL)	-0.176 (-0.443, 0.092)	-0.096	0.196	-0.111 (-0.396, 0.175)	-0.060	0.445
Glucosa media diurna (mg/dL)	-0.220 (-0.482, 0.043)	-0.123	0.101	-0.163 (-0.441, 0.115)	-0.090	0.245
Glucosa media nocturna (mg/dL)	-0.031 (-0.344, 0.283)	-0.014	0.848	0.041 (-0.296, 0.378)	0.019	0.811
CV glucosa 24-h (%)	-0.022 (-0.111, 0.067)	-0.038	0.622	-0.011 (-0.100, 0.077)	-0.021	0.799
CV glucosa diurna (%)	-0.023 (-0.116, 0.071)	-0.037	0.631	-0.013 (-0.106, 0.081)	-0.022	0.786
CV glucosa nocturna (%)	-0.006 (-0.084, 0.071)	-0.012	0.875	0.011 (-0.071, 0.093)	0.022	0.791

El modelo 1 se ajustó por edad, sexo, e índice de masa corporal. El modelo 2 se ajustó por edad, sexo, y tejido adiposo visceral.

b = coeficientes beta no estandarizados. β = coeficientes beta estandarizados. IC 95% = intervalos de confianza al 95%. HbA1c = hemoglobina glicosilada. HOMA-IR = modelo homeostático para evaluar la resistencia a la insulina. CV = coeficiente de variación.

Introducción

Objetivo

Método

Resultados

Discusión

El porcentaje de grasa pancreática se asoció positivamente con los **niveles de insulina** ($p=0.012$) y con el **HOMA-IR** ($p=0.013$), pero no con la glucosa basal en ayunas ni con la HbA1c.

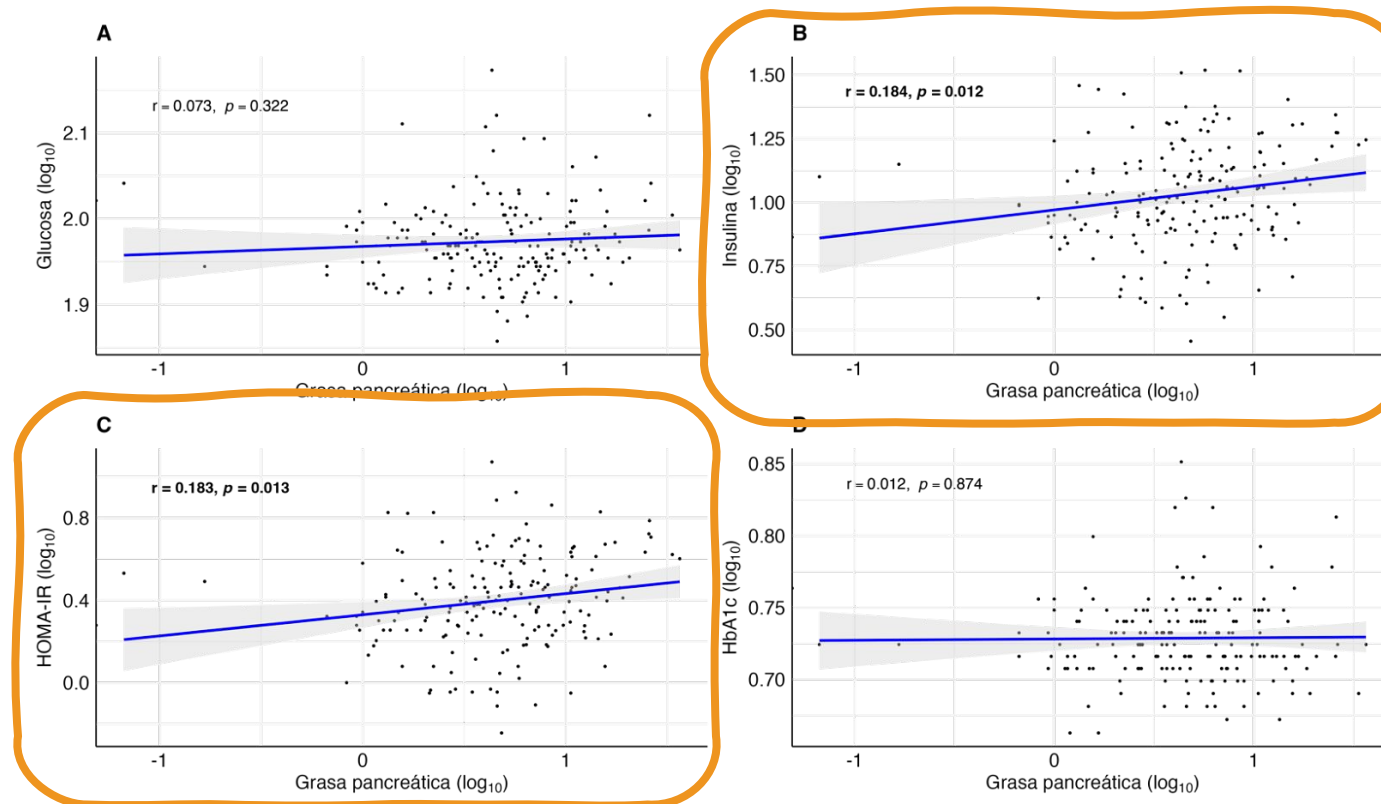


Figura 1. Asociaciones entre el contenido de grasa pancreática con los niveles de glucosa en ayunas (A), niveles de insulina (B), modelo homeostático para evaluar la resistencia a la insulina (HOMA-IR, C) y la hemoglobina glicosilada (HbA1c, D). El sombreado muestra los intervalos de confianza al 95% de las asociaciones. Las correlaciones en negrita indican asociaciones estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Introducción

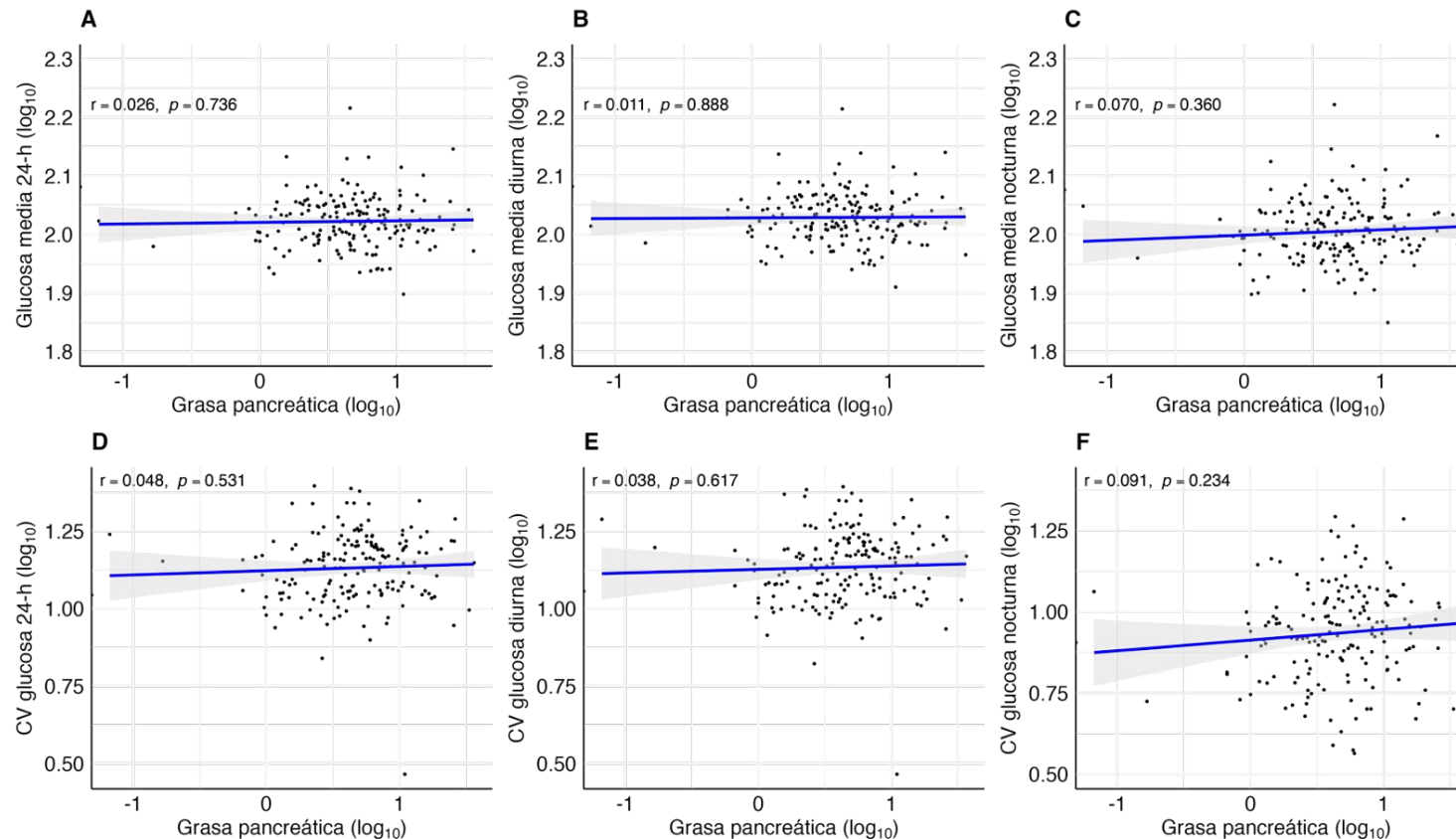
Objetivo

Método

Resultados

Discusión

No se encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre el porcentaje de grasa pancreática y los parámetros de la MCG.



— **Figura 2.** Asociaciones entre el contenido de grasa pancreática con la glucosa media 24-horas (A), glucosa media diurna (B), glucosa media nocturna (C), coeficiente de variación (CV) de la glucosa 24-horas (D), CV de la glucosa diurna (E) y CV de la glucosa nocturna (F). El sombreado muestra los intervalos de confianza al 95% de las asociaciones.

Introducción

Objetivo

Método

Resultados

Discusión

Los resultados obtenidos demuestran una relación positiva entre el **porcentaje de grasa pancreática**, los **niveles de insulina en plasma** y la **resistencia a la insulina** (evaluada por el HOMA-IR) en personas con sobrepeso u obesidad.

Estos hallazgos van en la línea de otros ya publicados sobre la correlación entre marcadores del metabolismo de la glucosa (en concreto la HbA1c y el HOMA-IR) y la grasa pancreática en individuos sanos, con prediabetes o con diabetes [6], alguno de los cuales ha llegado incluso a afirmar que el HOMA-IR tiende a aumentar con la severidad de la enfermedad grasa pancreática [8]. Sin embargo, existen muchos otros autores que no han encontrado una relación significativa entre estos parámetros [2,7,9].

Esta variabilidad de hallazgos puede deberse a múltiples causas, como podrían ser el uso de metodologías diferentes para medir la grasa o la distribución heterogénea de la misma dentro del páncreas.

[2] Yu X, et al. *Quant Imaging Med Surg*. 2023.

[6] Singh RG, et al. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*. 2017.

[7] Mak AL, et al. *JHEP Reports*. 2024.

[8] Yu TY, et al. *Journal of Diabetes Investigation*. 2017.

[9] Kim SY, et al. *Radiology*. 2014.

Introducción

Objetivo

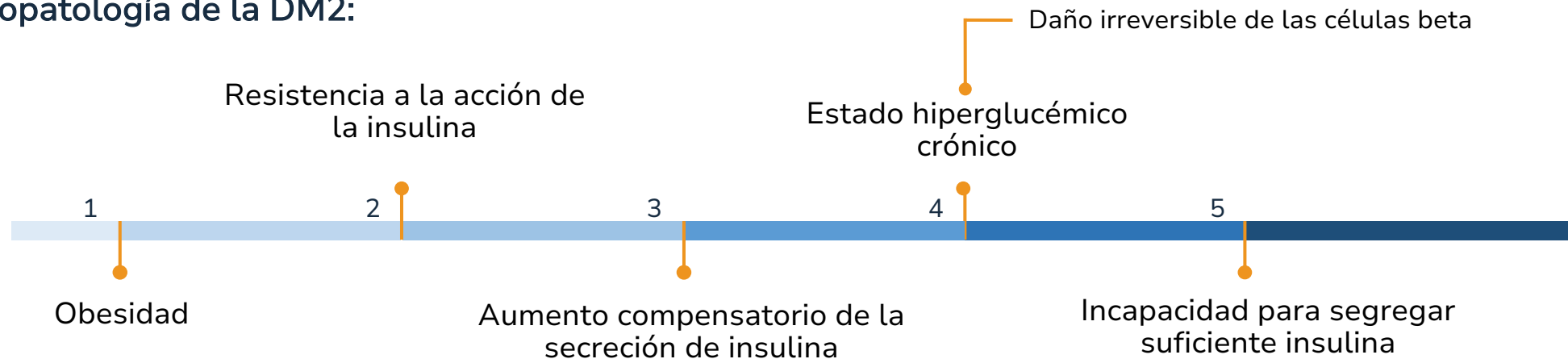
Método

Resultados

Discusión

Nuevas perspectivas

Fisiopatología de la DM2:



Nuestros resultados, obtenidos en pacientes con sobrepeso u obesidad pero sin DM2, indican que cuando aumenta la cantidad de grasa pancreática aumenta el HOMA-IR y los niveles de insulina en plasma.

¿Tiene utilidad para determinar el riesgo individual de desarrollar DM2? ¿Es posible fijar puntos de corte para establecer qué porcentaje de grasa pancreática se asocia al riesgo de prediabetes y de diabetes?

Introducción

Objetivo

Método

Resultados

Discusión

Conclusiones

- Si bien los resultados muestran una relación entre el **porcentaje de grasa pancreática**, los **niveles de insulina en plasma** y la **resistencia a la insulina** en pacientes con sobrepeso u obesidad, también podemos afirmar que la asociación entre la enfermedad grasa pancreática y la homeostasis de la glucosa es compleja y presenta gran variabilidad interpersonal.
- Futuros estudios podrían investigar si esta asociación se observa también en pacientes con DM2 y si la medición de grasa pancreática mediante RM puede ser útil para identificar el riesgo de desarrollar DM2 en personas con sobrepeso u obesidad.

¡Queda mucho que aprender!

Agradecimientos



ref. PID2022.141506OB.I00



ref. 0011-1365-2021-00070



ref. A-CTS-516-UGR20



refs. FPU18/03357;
FPU21/01161



Agradecimientos



Sport Sciences

1. Manuel Dote Montero
2. Alba Camacho Cardeñosa
3. Antonio Clavero Jimeno
4. Marcos Molina Fernández
5. Rocío Cupeiro Coto
6. Alejandro de la O Puerta
7. Francisco J. Amaro Gahete

Radiology

1. José Luis Martín Rodríguez
2. Patricia García Pérez
3. Rafael Cabeza Laguna
4. Mara Concepción

Nutrition

1. Elisa Merchan Ramirez
2. Lucas Jurado Fasoli
3. Juan J. Martín Olmedo
4. Alejandro López Vázquez
5. Balma Boira Nacher
6. Raquel Sevilla Lorente
7. Maddi Osés
8. Jon Echarte

Biomedicine

1. Alba Rodríguez Nogales
2. Julio Gálvez Peralta
3. Adrián Martín Cortés
4. Federico García Bragado

Endocrinology

1. Manuel Muñoz Torres
2. Araceli Muñoz Garach
3. María Trinidad González Cejudo

Psychology

1. Almudena Carneiro Barrera

Principal Investigators

Idoia Labayen & Jonatan R. Ruiz

Datos de contacto:

Patricia Morillo Moreno-Torres

MIR 3

Servicio de Radiodiagnóstico

Hospital Universitario Clínico San Cecilio, Granada

patriciamorillomt@gmail.com

Bibliografía (I)

- [1] Ng M, Gakidou E, Lo J, Abate YH, Abbafati C, Abbas N, et al. Global, regional, and national prevalence of adult overweight and obesity, 1990–2021, with forecasts to 2050: a forecasting study for the Global Burden of Disease Study 2021. The Lancet [Internet]. 2025 Mar 8;405(10481). Available from: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(25\)00355-1/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(25)00355-1/fulltext)
- [2] Yu X, Huang YH, Feng YZ, Cheng ZY, Cai XR. Well-controlled versus poorly controlled diabetes in patients with obesity: differences in MRI-evaluated pancreatic fat content. Quant Imaging Med Surg. 1 de junio de 2023;13(6):3496-507.
- [3] Chobot A, Górowska-Kowolik K, Sokołowska M, Jarosz-Chobot P. Obesity and diabetes—Not only a simple link between two epidemics. Vol. 34, Diabetes/Metabolism Research and Reviews. John Wiley and Sons Ltd; 2018.
- [4] Valenzuela PL, Carrera-Bastos P, Castillo-García A, Lieberman DE, Santos-Lozano A, Lucia A. Obesity and the risk of cardiometabolic diseases. Nature Reviews Cardiology [Internet]. 2023 Mar 16;1–20. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41569-023-00847-5>
- [5] Neeland IJ, Ross R, Després JP, Matsuzawa Y, Yamashita S, Shai I, et al. Visceral and ectopic fat, atherosclerosis, and cardiometabolic disease: a position statement. Lancet Diabetes Endocrinol [Internet]. 1 de septiembre de 2019;7(9):715-25. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31301983/>

Bibliografía (II)

- [6] Singh RG, Yoon HD, Poppitt SD, Plank LD, Petrov MS. Ectopic fat accumulation in the pancreas and its biomarkers: A systematic review and meta-analysis. Vol. 33, Diabetes/Metabolism Research and Reviews. John Wiley and Sons Ltd; 2017.
- [7] Mak AL, Wassenaar N, van Dijk AM, Troelstra M, Houttu V, van Son K, et al. Intrapancreatic fat deposition is unrelated to liver steatosis in metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease. JHEP Reports. 1 de marzo de 2024;6(3).
- [8] Yu TY, Wang CY. Impact of non-alcoholic fatty pancreas disease on glucose metabolism. Vol. 8, Journal of Diabetes Investigation. Blackwell Publishing; 2017. p. 735-47.
- [9] Kim SY, Kim H, Cho JY, Lim S, Cha K, Lee KH, et al. Quantitative assessment of pancreatic fat by using unenhanced CT: Pathologic correlation and clinical implications. Radiology. 2014;271(1):104-12.
- [10] Dote-Montero M, Merchan-Ramirez E, Osés M, Echarte J, Clavero-Jimeno A, Alcantara JMA, et al. Efficacy of different 8 h time-restricted eating schedules on visceral adipose tissue and cardiometabolic health: A study protocol. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases. 1 de enero de 2024;34(1):177-87.