

CLASIFICACIÓN DE LESIONES QUÍSTICAS

PANCREÁTICAS:

INTEGRACIÓN DE RADIOLOGÍA Y

RADIÓMICA CON VALIDACIÓN EXTERNA

Neus Torra-Ferrer¹, Montserrat Duh¹, Queralt Grau Ortega², Daniel Cañadas³, Javier García³, Júlia Rodríguez-Comas³, Queralt Grau Ortega²

1 Servicio de Radiología, Hospital of Mataró (Consorci Sanitari del Maresme). C/ Cirera 230, 08304 Mataró, España.

2 Servicio de Radiología, Hospital Universitari de Girona Josep Trueta. Avinguda de França, S/N 17007 Girona, España

3 Departamento Científico y Técnico, Sycal Technologies S.L., C/ Roc Boronat 117, MediaTIC Building, 2nd floor, 08018 Barcelona, España.

OBJETIVO

- Este estudio se enfocó en desarrollar y validar una herramienta de radiómica para clasificar lesiones quísticas pancreáticas en imágenes de tomografía computarizada (TC). Estas lesiones plantean desafíos diagnósticos debido a su variabilidad en el potencial maligno, centrándose en distinguir entre lesiones mucinosas (con potencial maligno) y no mucinosas (sin potencial maligno).
- Las lesiones quísticas pancreáticas se descubren con frecuencia de manera incidental, con tasas de detección más altas en la resonancia magnética que en la tomografía computarizada.
- La evaluación de características clave como el tamaño, la presencia de tabiques o nódulos, y la relación con el conducto pancreático principal, es crucial para un tratamiento adecuado. El diagnóstico diferencial incluye afecciones no neoplásicas y neoplásicas, con potencial de malignidad en las neoplasias quísticas mucinosas (Figura 1).
- Las guías clínicas recomiendan la vigilancia de quistes sin características radiológicas preocupantes, mientras que las lesiones que presentan características preocupantes pueden requerir una evaluación adicional e incluso una cirugía. Se prefiere la resonancia magnética por su mayor resolución, pero las tomografías computarizadas suelen ser la prueba inicial, debido a su mayor disponibilidad y menor coste [1]-[3].
- El tratamiento de las lesiones quísticas mucinosas es un desafío y requiere herramientas precisas. La inteligencia artificial (IA) es prometedora en el ámbito de las imágenes médicas, pero las imágenes pancreáticas siguen siendo un desafío [4]. La radiómica, que extrae características cuantitativas, ha demostrado potencial en la clasificación de lesiones [5]-[7].
- Este estudio introduce el uso de una herramienta informática usando la radiómica en estudios TC para diferenciar entre lesiones quísticas pancreática mucinosas de lesiones quísticas no-mucinosas. La herramienta ha sido sometida a exhaustivos procesos de formación, validación y evaluación. Las métricas de evaluación, incluidas la precisión y la sensibilidad, demuestran la eficacia de la herramienta. Una comparación de modelos radiológicos y radiómicos, junto con un modelo combinado, resalta los beneficios potenciales de integrar características radiómicas en el diagnóstico de lesiones quísticas pancreáticas.

MATERIAL Y MÉTODOS

- Tres radiólogos experimentados en patología abdominal evaluaron las características de las imágenes, incluyendo el tamaño de la lesión, la ubicación (cabeza, cuerpo o cola), la presencia de cicatrices, la calcificación del quiste (ausente o presente; central o periférica), la presencia de calcificaciones pancreáticas, los tabiques y el contacto con el conducto pancreático.
- El estudio empleó un conjunto de datos de 224 exámenes de TC obtenidos del Hospital de Mataró y del Hospital Universitari Dr. Josep Trueta de Girona, divididos en cohortes de entrenamiento (156) y de prueba (68), que comprenden 141 lesiones mucinosas y 83 no mucinosas. Las imágenes de tomografía computarizada se convirtieron en archivos NIFTI y los radiólogos segmentaron y extrajeron manualmente las características radiológicas de las lesiones quísticas del páncreas utilizando 3D Slicer. El Departamento Científico y Técnico de SYCAI Technologies S.L. extrajeron las características radiómicas, que abarcan la forma, la textura y los parámetros basados en la intensidad. Un regresor LASSO seleccionó las características más significativas (Figura 2).
- Un análisis estadístico utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad. Las variables categóricas se mostraron como totales y porcentajes, mientras que las variables continuas se expresaron como medianas con rangos intercuartílicos para datos no distribuidos normalmente o medias con desviaciones estándar para datos distribuidos normalmente. Las diferencias grupales se analizaron mediante la prueba de chi-cuadrado para variables categóricas y la prueba t o prueba U de Mann-Whitney para variables continuas. La significancia se estableció en $p < 0,05$ y IBM SPSS Statistics (versión 29.0.0.0) realizó los análisis. El rendimiento del algoritmo se evaluó en términos de sensibilidad, especificidad y precisión.

RESULTADOS

- Se incluyeron un total de 224 tomografías computarizadas de 90 pacientes, con 156 exploraciones en el conjunto de entrenamiento, 28 en la prueba de validación interna (Hospital de Mataró) y 40 en el conjunto de pruebas externas (Hospital Universitari Dr. Josep Trueta de Girona). Entre el total de casos, 141 fueron mucinosos y 83 no mucinosos, con los casos mucinosos asociados con una mediana de edad más alta ($p < 0,001$). Esta distribución se mantuvo constante entre los grupos de entrenamiento, validación y pruebas externas, con edad, sexo y número medio de TC de seguimiento por paciente comparables.
- Las características radiológicas revelaron que los casos mucinosos exhibieron una mayor prevalencia de quistes múltiples y de menor tamaño (< 30 mm), mientras que los quistes no mucinosos se caracterizaron por una mayor presencia de septos, cicatrices y calcificaciones quísticas. Los quistes mucinosos tenían más probabilidades de presentar comunicación o contacto con el conducto pancreático (Figura 3).
- El algoritmo combinado, que integra características radiológicas y radiómicas, demostró alta sensibilidad (100%) y especificidad (80%) en la identificación de lesiones mucinosas en la cohorte de validación interna, con una precisión general del 88%. La cohorte de validación externa mostró una sensibilidad del 90,3 % y una especificidad del 77,7 %, lo que dio como resultado una precisión del 87,5 %, lo que indica una mejora con respecto a confiar únicamente en la radiómica o las características radiológicas.
- Para parámetros radiológicos específicos, el algoritmo logró precisiones del 88,78% para la detección de cicatrices, del 82,50% para calcificaciones de quistes, del 82,05% para la localización de quistes y del 71,30% para discriminar lesiones multiquísticas. Estos hallazgos resaltan la eficacia del algoritmo en la utilización de características radiológicas específicas y contribuyen a su éxito general en la identificación y clasificación de lesiones

CONCLUSIONES

- La radiómica, que combina características de imágenes cuantitativas y aprendizaje automático, es prometedora en la investigación médica. Si bien estudios anteriores destacan el rendimiento superior de los modelos radiómicos, nuestra atención se centra en la importancia de las validaciones multicéntricas para aplicaciones clínicas del mundo real. Para reforzar la solidez, introdujimos una cohorte de prueba externa del Hospital Universitari Josep Trueta de Girona, logrando una sensibilidad del 90,3%, una especificidad del 77,7% y una precisión general del 87,5%.
- Esta validación externa fortalece la confiabilidad del algoritmo, mostrando su adaptabilidad y precisión en diversas poblaciones de pacientes y confirmando su aplicabilidad en el mundo real.

Table 1. Radiological characteristics of mucinous and non-mucinous pancreatic cysts.

	Mucinous (n=141)	Non-mucinous (n=83)	
Location			<0.001
Head	34 (24.1%)	40 (48.2%)	
Body	17 (12.1%)	12 (14.5%)	
Tail	31 (22%)	20 (24.1%)	
Undetermined/multiple*	59 (41.8%)	11 (13.3%)	
Cysts			<0.001
Solitary	64 (46%)	82 (98.8%)	
Multiple	75 (54%)	1 (1.2%)	
Largest cyst size (mm)	17 (13-25)	38 (20-73)	<0.001
Bigger cysts			<0.001
<3 cm	115 (82.7%)	34 (41%)	
≥3 cm	24 (17.3%)	49 (59%)	
Lobulations	14 (9.9%)	9 (10.8%)	0.828
Septa	35 (24.8%)	42 (50.6%)	<0.001
Scars	0	6 (7.3%)	0.001
Cystic calcifications	1 (0.7%)	24 (28.9%)	<0.001
Pancreatic calcifications	13 (9.2%)	13 (15.7%)	0.146
Communication/contact with the pancreatic duct	85 (61.6%)	23 (27.7%)	<0.001
Pancreatic duct dilatation	36 (25.7%)	15 (18.3%)	0.205

Fig.1 Las variables categóricas se muestran como números totales y porcentajes (%), las variables continuas no paramétricas como medianas (rango intercuartil) y medias ± DE para variables distribuidas normalmente. Los casos de quistes pancreáticos se clasificaron en mucinosos o no mucinosos. La significación estadística se evaluó mediante χ^2 para variables categóricas y pruebas t o pruebas U de Mann-Whitney para variables continuas. NMPI: neoplasias mucinosas papilares intraductales; PCL: lesiones quísticas pancreáticas; SCA, cistadenoma seroso. *Indeterminado/múltiple se refiere a algunas ubicaciones de quistes que no se pudieron definir o que se encontraron múltiples quistes en diferentes ubicaciones en la misma exploración.

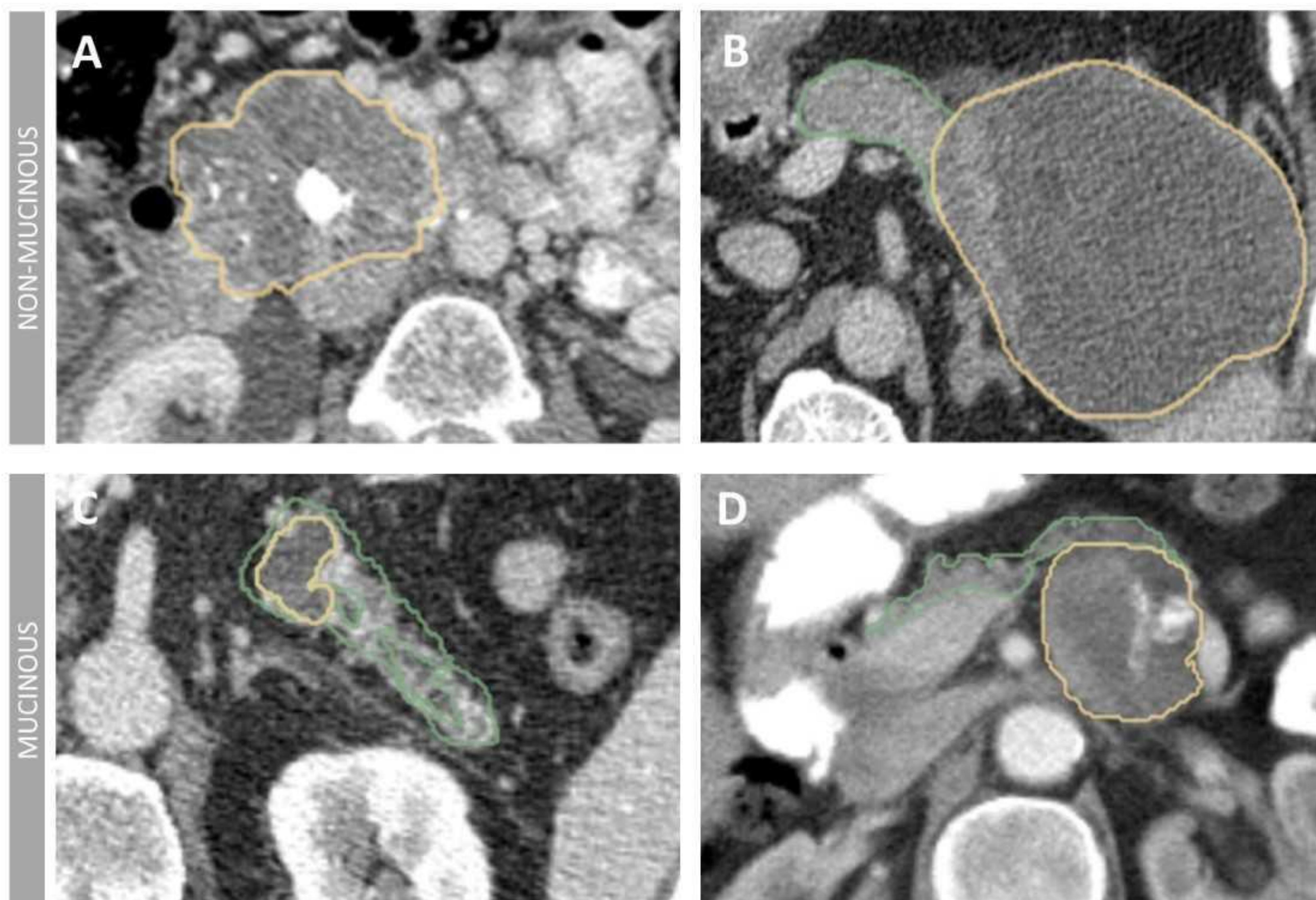


Fig.2 Características de imagen de los PCL detectados por TC. A. Paciente con neoplasia quística serosa de 76 mm en cabeza de páncreas. Realza tabiques, calcificaciones periféricas y cicatriz central con calcificación. B. Pseudoquiste bien definido de 122 mm en la cola del páncreas con áreas más densas, que pueden indicar la presencia de sangre o hemorragia dentro del quiste. C. Neoplasia Papilar Mucosa Intraductal (IPMN) que mide 33 mm en el cuerpo pancreático, presenta comunicación con el conducto pancreático principal, el cual se encuentra dilatado (7 mm) D. Ilustración de una neoplasia quística mucinosa ubicada en la cola del cuerpo del páncreas. La lesión mide 49 mm y presenta septos junto con paredes gruesas, indicativos de sus rasgos característicos.

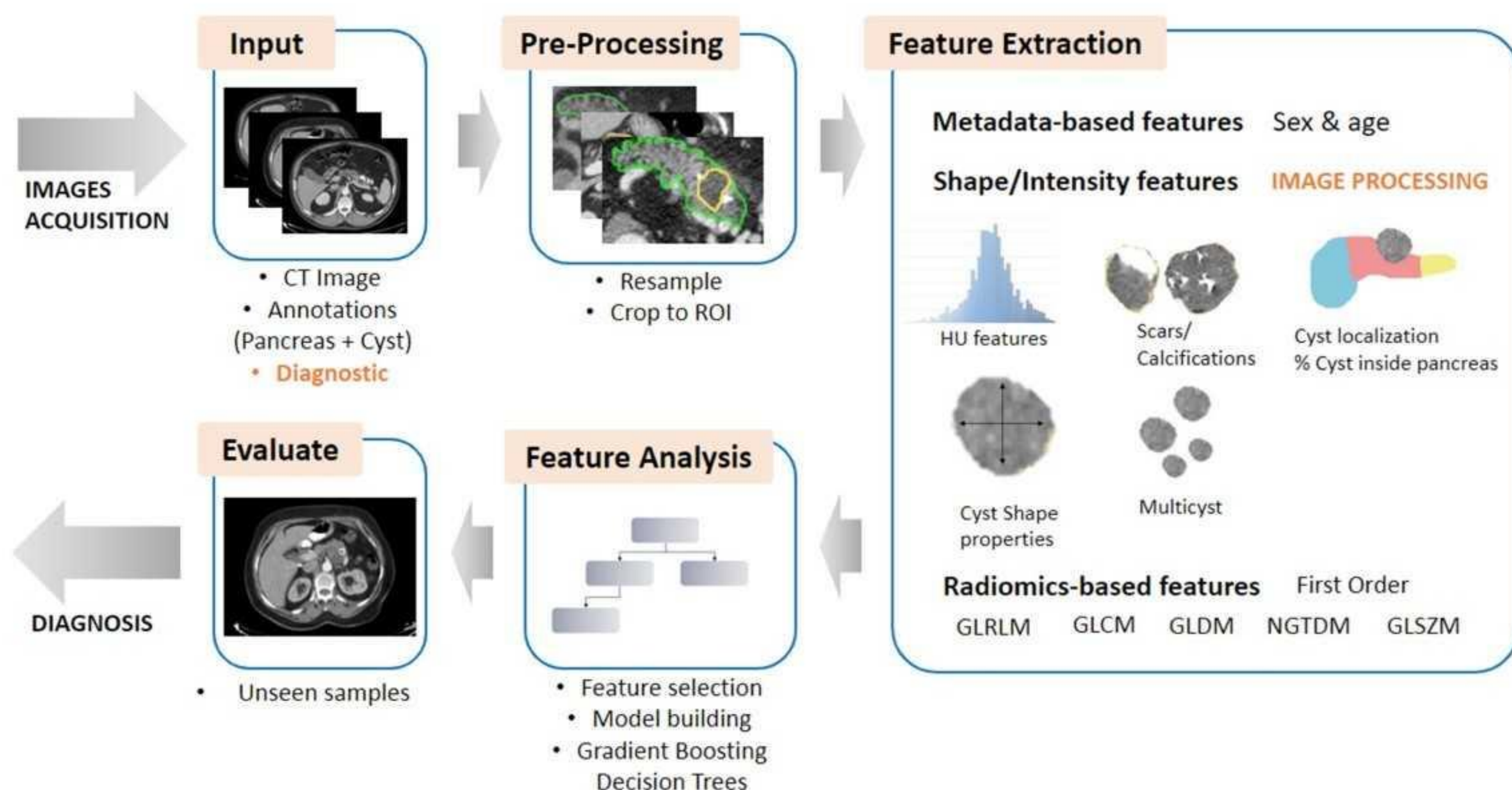


Fig.3 Flujo de trabajo completo de la metodología empleada para desarrollar un algoritmo de clasificación basado en características radiológicas y radiómicas. El proceso comienza con la definición de entradas, que incluyen imágenes de TC con las correspondientes segmentaciones de páncreas y quistes, junto con diagnósticos que indican si la lesión es mucinosa (1) o no mucinosa (0). Se aplica preprocesamiento a estas imágenes para reducir cargas computacionales innecesarias. Luego se utilizan técnicas de procesamiento de imágenes en segmentaciones de lesiones para extraer el subconjunto inicial de características. Posteriormente, se ejecuta un procedimiento de análisis de características para identificar las características más críticas, formando la base para construir el modelo de diagnóstico final. El modelo de diagnóstico final está diseñado para su posterior generalización a conjuntos de datos invisibles.

REFERENCIAS

- [1] G. H. Elta, B. K. Enestvedt, B. G. Sauer, and A. M. Lennon, “ACG Clinical Guideline: Diagnosis and Management of Pancreatic Cysts,” *American Journal of Gastroenterology*, vol. 113, no. 4, pp. 464–479, 2018, doi: 10.1038/ajg.2018.14.
- [2] M. Tanaka *et al.*, “Revisions of international consensus Fukuoka guidelines for the management of IPMN of the pancreas,” *Pancreatology*, vol. 17, no. 5, pp. 738–753, Sep. 2017, doi: 10.1016/J.PAN.2017.07.007.
- [3] M. Del Chiaro *et al.*, “European evidence-based guidelines on pancreatic cystic neoplasms,” *Gut*, vol. 67, no. 5, pp. 789–804, 2018, doi: 10.1136/gutjnl-2018-316027.
- [4] M. M. Duh *et al.*, “Deep Learning to Detect Pancreatic Cystic Lesions on Abdominal Computed Tomography Scans: Development and Validation Study,” *JMIR AI*, vol. 2, p. e40702, Mar. 2023, doi: 10.2196/40702.
- [5] S. Xu and J. He, “Preoperative Differentiation of Pancreatic Cystic Neoplasm Subtypes on CT-Based Radiomics: SCN, MCN and IPMN,” *Res Sq*, Oct. 2021, doi: 10.21203/rs.3.rs-968579/v1.
- [6] H. Xie, S. Ma, X. Guo, X. Zhang, and X. Wang, “Preoperative differentiation of pancreatic mucinous cystic neoplasm from macrocystic serous cystic adenoma using radiomics: Preliminary findings and comparison with radiological model,” *Eur J Radiol*, vol. 122, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.ejrad.2019.108747.
- [7] C. Scapicchio, M. Gabelloni, A. Barucci, D. Cioni, L. Saba, and E. Neri, “A deep look into radiomics,” *Radiologia medica*, vol. 126, pp. 1296–1311, 2021, doi: 10.1007/s11547-021-01389-x.