

PAPEL DE LA RADIÓMICA EN EL DIAGNÓSTICO DE MASAS OVÁRICAS CON RM: ESTADO DEL ARTE

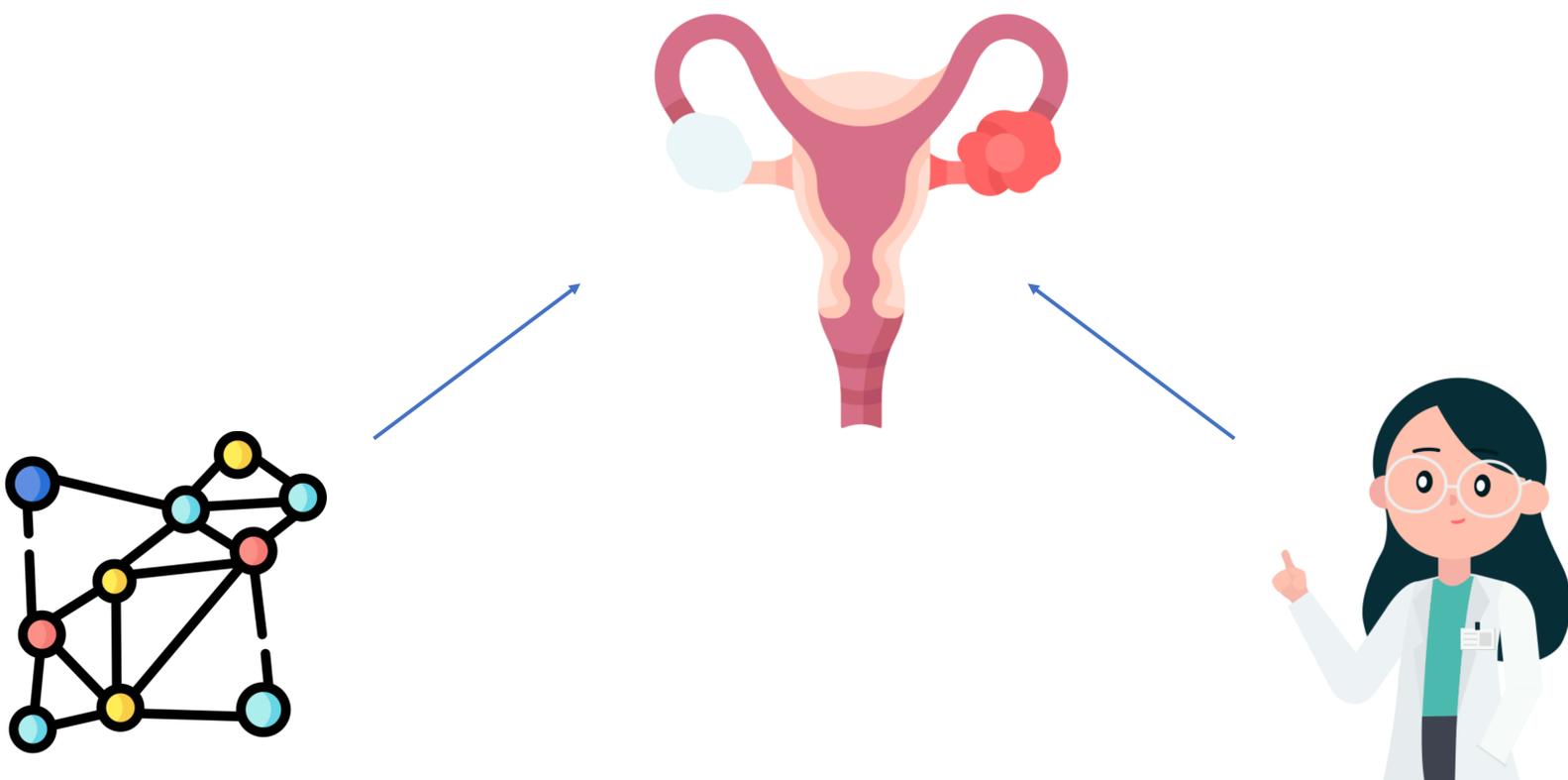
Lledó Cabedo¹, Carmen Sebastià¹, Pere Fusté², Meritxell Munmany², Daniel Corominas¹, Daniel Vas¹, Àngel Castillo¹, Carlos Nicolau¹

¹Servicio de Radiodiagnóstico, Hospital Clínic de Barcelona;

²Servicio de ginecología y obstetricia, Hospital Clínic de Barcelona.

OBJETIVO DOCENTE

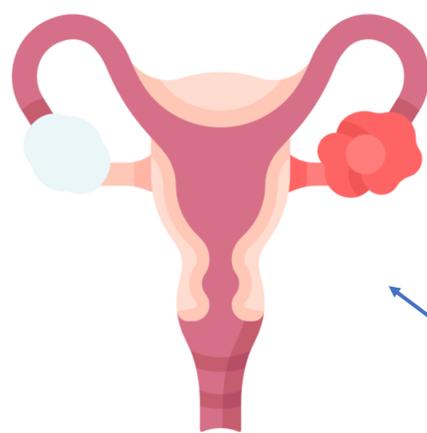
Revisar la literatura publicada sobre el papel de la radiómica en el diagnóstico de masas ováricas mediante resonancia magnética.



ANTECEDENTES

Las masas anexiales son una patología común en la mujer que supone un importante problema de salud pública y una importante carga de trabajo en hospitales y otros centros sanitarios. En los países occidentales, el 10% de las mujeres se someten a cirugía por masas anexiales, pero la mayoría de estas intervenciones corresponden a tumores benignos y menos del 15% se realizan por la presencia de cáncer de ovario. En las masas quísticas, la prevalencia de malignidad después de la cirugía es sólo del 3,6%. Sin embargo, el cáncer de ovario sigue siendo la primera causa de mortalidad secundaria al cáncer ginecológico en los países desarrollados.

Asimismo, la biopsia de estas masas está contraindicada por el riesgo de diseminación y el bajo rendimiento diagnóstico. Por este motivo, un elevado número de pacientes con masas ováricas benignas acaban sometiéndose a cirugías agresivas con una alta morbilidad y otras con masas malignas se someten a cirugías conservadoras no oncológicas que conllevan resultados subóptimos en la evolución de la enfermedad.

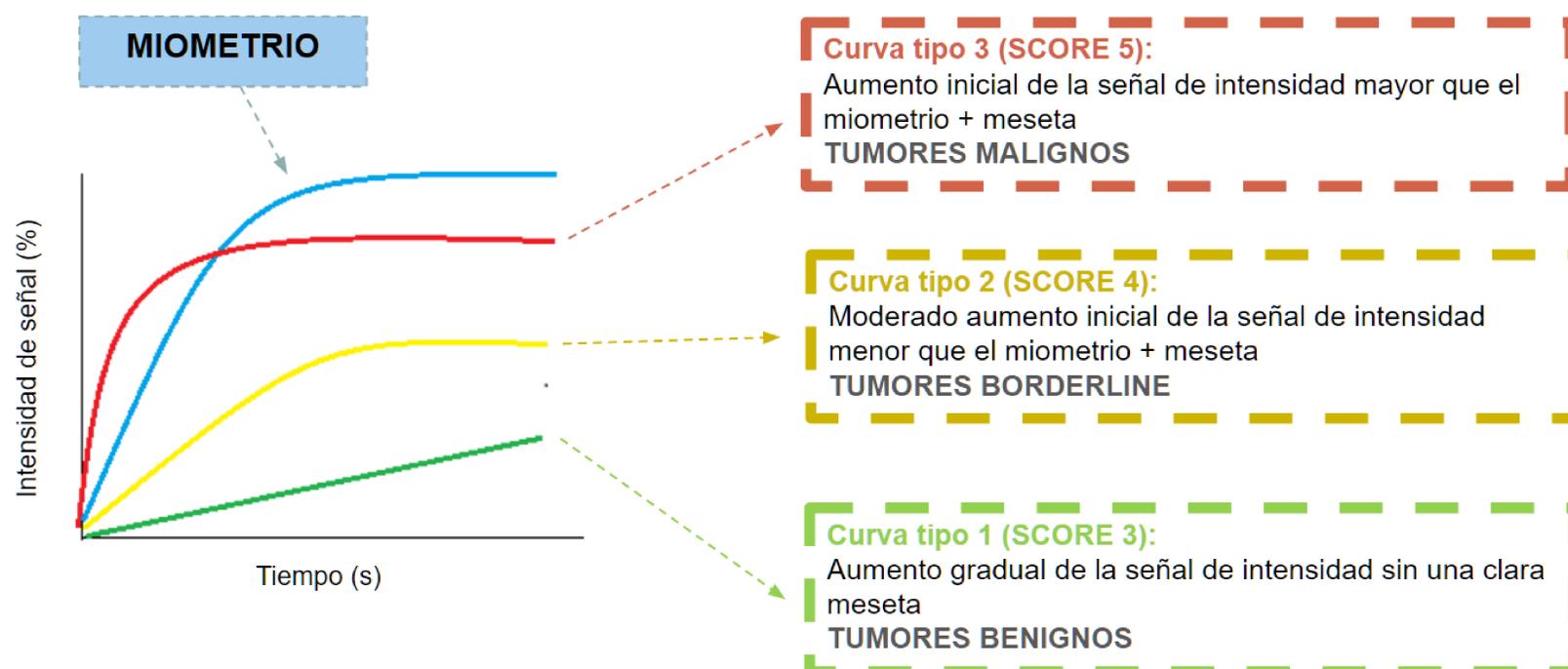


ANTECEDENTES

La Resonancia Magnética (RM) juega un papel fundamental en la valoración de estas tumoraciones anexiales, especialmente con la utilización de la clasificación O-RADS RM (Ovarian-adnexal Reporting Data System Magnetic Resonance imaging).



CURVAS DE CAPTACIÓN TIEMPO-INTENSIDAD

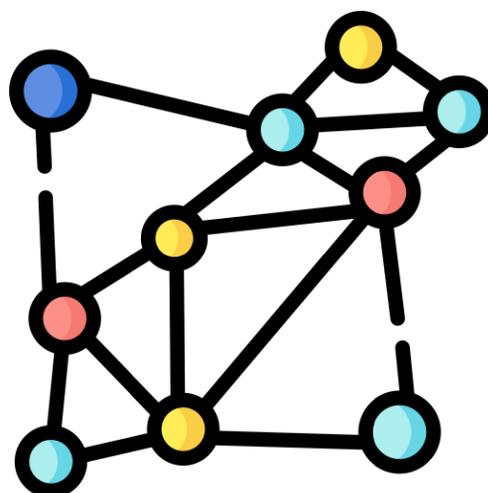


ANTECEDENTES

La radiómica es un campo de trabajo en investigación basado en el supuesto de que las imágenes biomédicas contienen información sobre procesos específicos de enfermedades que son imperceptibles para el ojo humano y, por tanto, no accesibles a través de los medios tradicionales de análisis visual de dichas imágenes.

La aplicación de la radiómica a la evaluación de masas ováricas supone una novedosa estrategia de evaluación del grado de heterogeneidad tumoral mediante la extracción de alto rendimiento de características de imágenes cuantitativas (como forma, textura, intensidad de señal y características de longitud de onda) de imágenes médicas y su transformación en datos explotables. Esta información puede detectar diferencias fenotípicas en los tumores y puede aplicarse para crear modelos descriptivos y predictivos que ayuden a la precisión diagnóstica y pronóstica.

Una de las ventajas de esta estrategia frente a otras formas de medicina personalizada (genómica, transcriptómica, biopsia líquida...) es que la radiómica puede aplicarse a los diferentes estudios de imagen a los que se someten a las pacientes con masas ováricas dentro del circuito asistencial diagnóstico o de seguimiento de su enfermedad, evitando así someterlas a mayor número de pruebas o a procedimientos más invasivos.



FLUJO DE TRABAJO DE LA RADIÓMICA





¿QUÉ TÉCNICA ESCOGER?



- Estudio de primera línea para caracterización de masas ováricas
- Económico
- Accesible
- Libre de radiación

US

- Gran variabilidad interobservador
- Menos reproducible
- Sensible a los artefactos
- Limitación en la segmentación

- Poco sensible a artefactos de movimiento
- Económico
- Accesible

CT

- Usado para estadificación y seguimiento, no para caracterización
- Radiación

- Estudio de elección en masas ováricas indeterminadas
- Diferentes secuencias disponibles en los protocolos de rutina
- Libre de radiación

RM

- Mas sensible a artefactos de movimiento
- Menos accesible
- Económicamente mas costosa

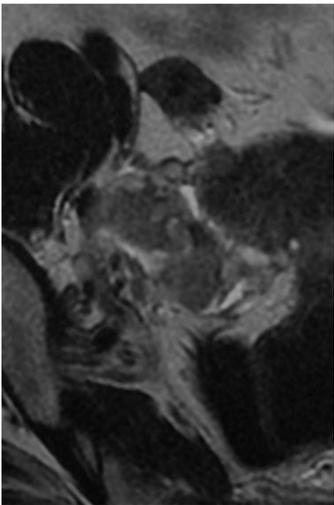
- Alta sensibilidad en detección de masas ováricas malignas

PET

- No accesible en todos los centros
- Usado para estadificación y seguimiento, no para caracterización
- Radiación

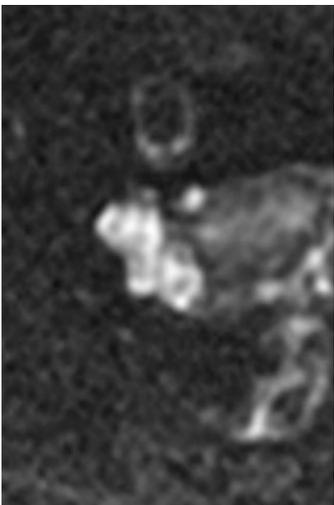


RM ¿QUÉ SECUENCIA ESCOGER?



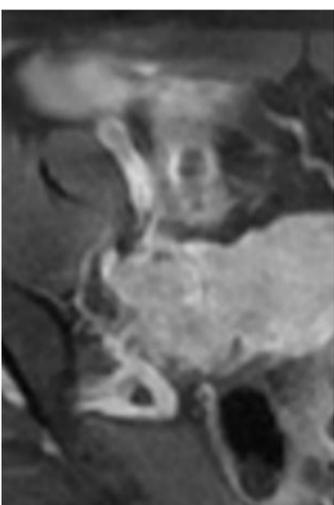
T2w:

- Gran resolución (de utilidad a la hora de segmentar)
- Menor variabilidad entre diferentes maquinas
- Menos sensible a artefactos de movimiento
- La secuencia más usada en la literatura



DWI:

- Baja resolución
- Sensible a artefactos de movimiento
- Gran variabilidad entre diferetes máquinas
- Alta capacidad de detección de tejido sólido

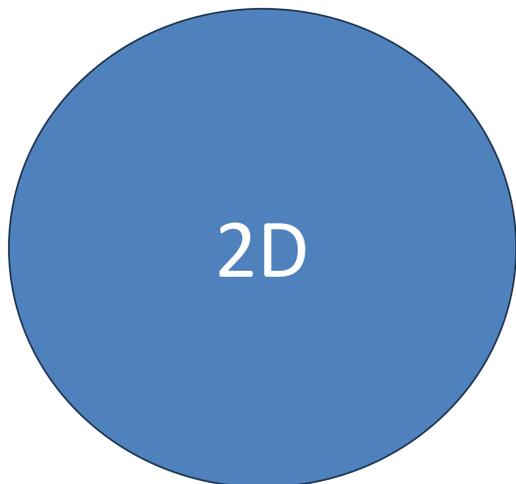


T1 FS + Contraste:

- Menor resolución que el T2w
- Variabilidad en función de los tiempos de adquisición
- Secuencia poco estudiada

POSIBILIDAD DE USO DE HERRAMIENTAS DE CO-REGISTRO

SEGMENTACIÓN



VS



Manual

- Consume mucho tiempo
- Sesgo interobservador
- Requiere de estudio de concordancia interobservador

Semiautomática

- Sesgo interobservador
- Requiere de estudio de concordancia interobservador

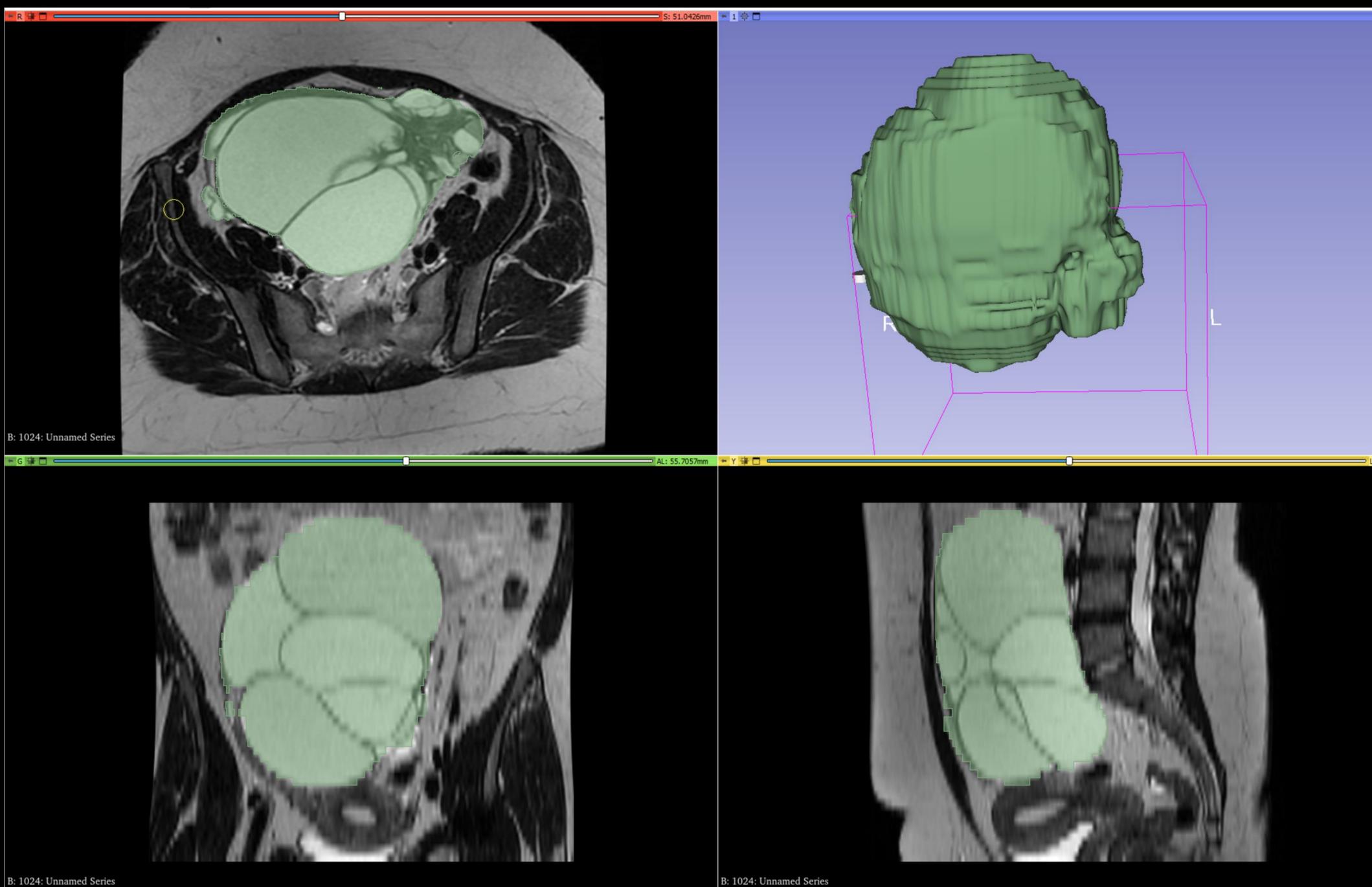
Automática

- Basada en algoritmos de "Deep-learning"
- Reduce la variabilidad intra e interobservador
- Menos accesible
- La opción de elección

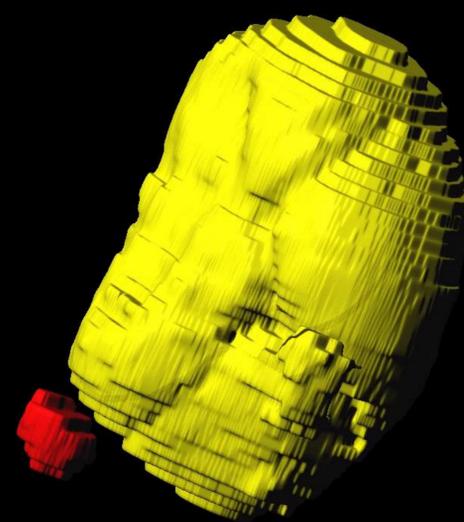
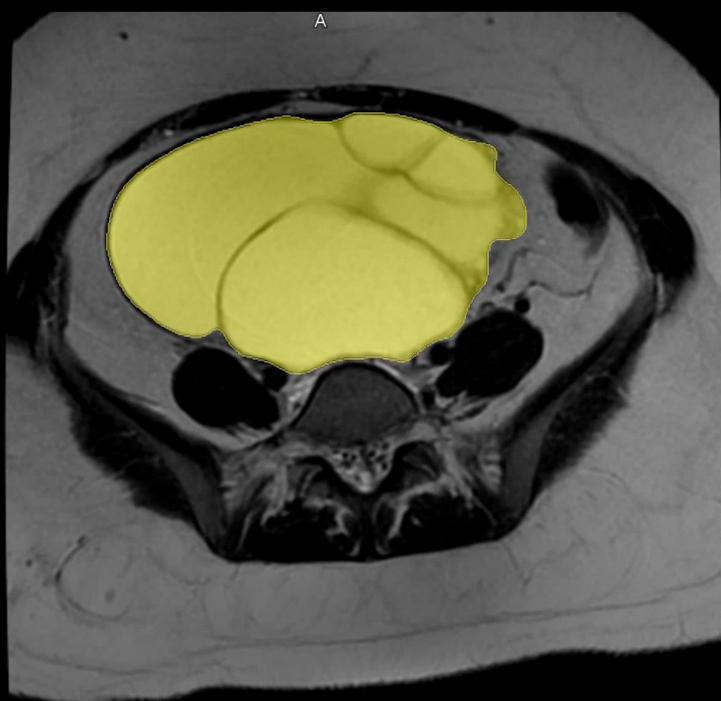
HERRAMIENTAS DE SEGMENTACIÓN – EXPERIENCIA DE USO

	3D slicer	Syngo.via radiomics frontiers	MINT Lesion
Acceso a las imágenes a través de PACS	No	Si	Si
Selección de las series a importar	Posibilidad de escoger que series importar	Posibilidad de escoger que series importar	Importación del estudio completo
Precio	Software gratuito	Pago por número de licencias y mantenimiento anual	Pago por número de licencias y mantenimiento anual
Marca CE	No	Si	Si
Co-Registro	-Módulo ANTs -Módulo Elastix	No	No
Segmentación	-Posibilidad de segmentación 3D -Manual y semiautomática -Alta precisión -Facilidad de corrección de errores	-Posibilidad de segmentación 3D -Manual y semiautomática -Alta precisión	-Posibilidad de segmentación 3D -Manual y semiautomática -Alta precisión
Formato de exportación	Nifti y STL	STL	No posibilidad de exportación
Radiómica	No integrada	Integrada: gran número de variables (300-400)	Integrada: Moderado número de variables (alrededor de 70) de primer y segundo orden

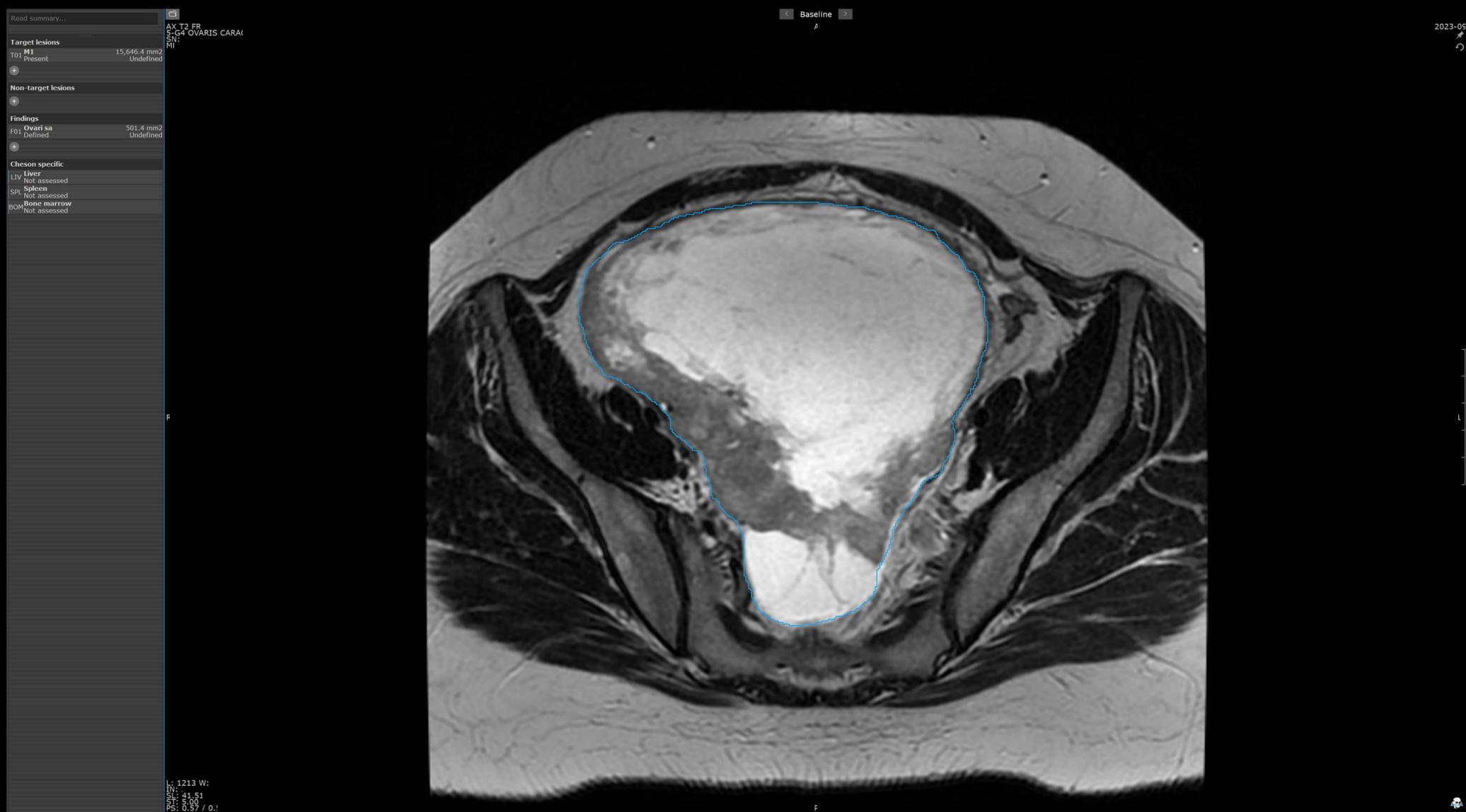
Interfaz de segmentación 3D slicer



Interfaz de segmentación Syngo.via Radiomics Frontiers



Interfaz de segmentación MINT Lesions



RADIÓMICA EN LA CARACTERIZACIÓN DE MASAS OVÁRICAS MEDIANTE RM: ESTADO DEL ARTE



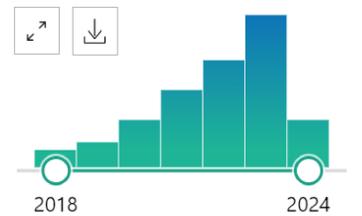
radiomics [AND] MRI [AND] Ovarian

Search

Advanced Create alert Create RSS

User Guide

RESULTS BY YEAR



ORIGINAL ARTICLE

Open Access

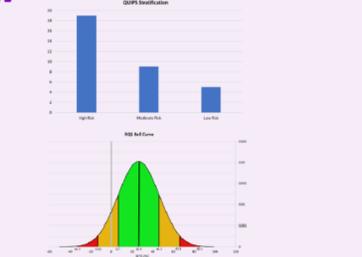
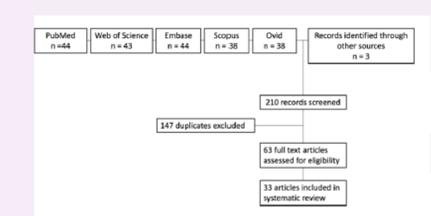
Radiomics in the evaluation of ovarian masses — a systematic review

Pratik Adusumilli^{1,2,3*}, Nishant Ravikumar⁴, Geoff Hall^{5,6}, Sarah Swift¹, Nicolas Orsi² and Andrew Scarsbrook^{1,2}



Radiomics in the evaluation of ovarian masses - a systematic review

ESR 2023 EUROPEAN SOCIETY OF RADIOLOGY



Radiomics shows promising results in improving lesion stratification, treatment selection and outcome prediction. Modelling with larger cohorts and real-world evaluation is required before clinical translation.



Insights Imaging (2023) Adusumilli P, Ravikumar N, Hall G, Swift S, Orsi N, Scarsbrook A. DOI: 10.1186/s13244-023-01500-y

Table 1 Summary of key features from the included studies [12, 23–54]

Author	Category	QUIPS	RQS	Model types	Internal validation (on test set)	External validation	n	Training n	Test n	External validation n	Modality	2D/3D segmentation
Chiappa et al (26)	Diagnostic/pathological classification	High Risk	-2/36 (-5.6%)	SVM	N	N	241	N/A	N/A	N/A	Ultrasound	2D
Chiappa et al (27)	Diagnostic/pathological classification	High Risk	18/36 (50%)	SVM	Y	N	274	239	35	35	Ultrasound	2D
Aramendia-Vidaurreta et al (28)	Diagnostic/pathological classification	High Risk	0/36 (0%)	NNC-MPN	N	N	145	N/A	N/A	N/A	Ultrasound	2D
Li et al (29)	Diagnostic/pathological classification	Low Risk	17/36 (47.2%)	LASSO & ULR	Y	Y	134	95	39	26	CT	2D
Park et al (30)	Diagnostic/pathological classification	High Risk	-6/36 (-16.7%)	SVM-RK, RF & LR	N	N	427	N/A	N/A	N/A	CT	2D
Yu et al (31)	Diagnostic/pathological classification	Moderate Risk	9/36 (25%)	LASSO	Y	N	182	127	55	N/A	MRI	3D
Zhu et al (32)	Diagnostic/pathological classification	Moderate Risk	5/36 (13.9%)	LASSO	N	N	101	N/A	N/A	N/A	CT	3D
Hu et al (33)	Diagnostic/pathological classification	High Risk	15/36 (41.7%)	LASSO	Y	N	110	76	34	N/A	CT	3D
Li et al (34)	Diagnostic/pathological classification	Low Risk	17/36 (47.2%)	ML	Y	Y	501	250	92	159	MRI	3D
Song et al (35)	Diagnostic/pathological classification	Moderate Risk	16/36 (44.4%)	LR	Y	N	82 patients, 104 lesions	72	32	N/A	MRI	3D
Lupean et al (36)	Diagnostic/pathological classification	High Risk	-4/36 (-11.1%)	UMIR, MMR & MR	N	N	28	N/A	N/A	N/A	MRI	2D
Wang et al (37)	Diagnostic/pathological classification	High Risk	4/36 (11.1%)	DL-RNA	Y	N	451 patients, 545 lesions	492 lesions	53 lesions	N/A	MRI	2.5D
Zhang et al (38)	Diagnostic/pathological classification	Moderate Risk	15/36 (41.7%)	SVM	Y	N	280	195	85	N/A	MRI	2D
Qian et al (39)	Diagnostic/pathological classification	High Risk	9/36 (25%)	UA & MLR	N	N	61	N/A	N/A	N/A	MRI	3D
Jian et al (40)	Diagnostic/pathological classification	High Risk	14/36 (38.9%)	LASSO	Y	Y	294	144	75	75	MRI	3D
Lu et al (41)	Diagnostic/pathological classification and prognosis prediction	Low Risk	14/36 (38.9%)	LASSO	Y	Y	283	136	77	70	CT	3D
Yao et al (42)	Prognostication/outcome prediction	Moderate Risk	14/36 (38.9%)	LASSO	Y	N	111	76	35	N/A	Ultrasound	2D
Vargas et al (55)	Prognostication/outcome prediction	High Risk	14/36 (38.9%)	N/A	N	N	38	N/A	N/A	N/A	CT	3D
Meier et al (43)	Prognostication/outcome prediction	Moderate Risk	4/36 (11.1%)	N/A	N	N	88	N/A	N/A	N/A	CT	3D
Veeraraghavan et al (44)	Prognostication/outcome prediction	Moderate Risk	16/36 (44.4%)	ML	Y	Y	75	40	35	N/A	CT	3D
Wang et al (25)	Prognostication/outcome prediction	Low Risk	14/36 (38.9%)	CR	Y	N	261	182	79	N/A	FDG PET-CT	3D
Himoto et al (45)	Treatment Planning/Monitoring	High Risk	-2/36 (-5.6%)	LASSO	N	N	75	N/A	N/A	N/A	CT	3D
Rizzo et al (47)	Treatment Planning/Monitoring	High Risk	8/36 (22.2%)	MVA	N	N	101	N/A	N/A	N/A	CT	3D
Yi et al (48)	Treatment Planning/Monitoring	Moderate Risk	16/36 (44.4%)	LASSO, RFC & SVM	Y	N	102	71	31	N/A	CT	3D
Wei et al (49)	Treatment Planning/Monitoring	High Risk	8/36 (22.2%)	LR	Y	N	94	55	39	N/A	CT	3D
Wei et al (50)	Treatment Planning/Monitoring	Low Risk	14/36 (38.9%)	L-CR	Y	Y	142	50	50	42	CT	3D
Danala et al (51)	Treatment Planning/Monitoring	High Risk	1/36 (2.8%)	PCS	N	N	57	N/A	N/A	N/A	CT	2D
Danala et al (52)	Treatment Planning/Monitoring	High Risk	6/36 (16.7%)	PCS	N	N	91	N/A	N/A	N/A	CT	3D
Zargari et al (53)	Treatment Planning/Monitoring	High Risk	13/36 (36.1%)	PCS	N	N	120	N/A	N/A	N/A	CT	3D
Li et al (54)	Treatment Planning/Monitoring	Moderate Risk	10/36 (27.8%)	LASSO	Y	N	217 patients, 342 lesions	160	57	N/A	MRI	3D
Li et al (56)	Metastasis prediction	High Risk	3/36 (8.3%)	SVM	N	N	117	N/A	N/A	N/A	MRI	3D
Al et al (57)	Metastasis prediction	High Risk	12/36 (33.3%)	LASSO	Y	N	201	70	31	N/A	CT	3D
Song et al (58)	Metastasis prediction	High Risk	22/36 (61.1%)	LASSO & BSM-MLR	Y	N	89	54	35	N/A	MRI	3D

BSM-MLR backward stepwise multivariate logistic regression, CR Cox regression, DL-RNA deep learning-ResNet architecture, L-CR Lasso-Cox regression, LASSO least absolute shrinkage and selection operator, LR logistic regression, ML machine learning, MLR multivariate logistic regression, MMR multivariate multiple regression, MR multiple regression, MVA multivariate analysis, NNC-MPN Neural Network Classifier-Multilayer Perceptron Networks, PCS proprietary CAD scheme, RF random forest, RFC random forest classifier, RK radial kernel, SVM support vector machine, UA univariate analysis, ULR univariate logistic regression, UMR univariate multiple regression

In the QUIPS column: red, amber and green signify high, moderate and low risk respectively

In the RQS column, the lowest scores are red and this is a spectrum progressing through amber to green which signifies the highest scores

- 33 publicaciones -> Marzo 2022
- 15 publicaciones “Diagnostic / pathologic classification”
- 8 estudios RM, 4 estudios CT, 3 estudios US

RADIÓMICA EN LA CARACTERIZACIÓN DE MASAS OVÁRICAS MEDIANTE RM: ESTADO DEL ARTE

Jian et al demostraron que su modelo radiómico basado en resonancia magnética multiparamétrica podía diferenciar neoplasias ováricas epiteliales de **tipo I** / Carcinomas serosos de bajo grado, carcinomas mucinosos, carcinomas endometrioides y tumores de células claras) y **II** (carcinomas serosos de alto grado y no diferenciados).

Estudio retrospectivo multicéntrico, en base a las cuatro características radiómicas más adecuadas, con modelos basados en una sola secuencia y otros que combinaban diferentes secuencias:

N= 294	T2 FS	DWI	ADC	T1 C	T2 FS + DWI + ADC	T2 FS + DWI + ADC + T1 C
Training set (n=144)	0,85	0,86	0,83	0,85	0,89	0,9
Internal validation set (n=75)	0,77	0,73	0,72	0,77	0,78	0,8
External validation set (n=75)	0,65	0,84	0,76	0,8	0,83	0,85

La tabla muestra los resultados de las diferentes áreas bajo la curva de los modelos desarrollados, concluyendo que los modelos basados en múltiples secuencias son mejores que los de una sola secuencia.

RADIÓMICA EN LA CARACTERIZACIÓN DE MASAS OVÁRICAS MEDIANTE RM: ESTADO DEL ARTE

Wei et al demostraron en un estudio retrospectivo multicéntrico que su modelo radiómico desarrollado a partir de resonancia magnética con secuencias T2 FS diferenciaba correctamente los tumores benignos de los borderline, aportando aún mejores resultados con la inclusión de parámetros clínico-radiológicos al modelo

N= 417	Modelo clínico-radiológico	Modelo radiómico	Modelo clínico-radiológico + radiómico
Training set (n=309)	0,79	0,82	0,86
Internal validation set (n=78)	0,82	0,73	0,75
External validation set (n=75)	0,63	0,79	0,86

La tabla muestra los resultados de las diferentes áreas bajo la curva de los modelos desarrollados, concluyendo que el modelo basado en combinación de parámetros clínico-radiológicos y radiómicos era significativamente mejor que los modelos no combinados.

RADIÓMICA EN LA CARACTERIZACIÓN DE MASAS OVÁRICAS MEDIANTE RM: ESTADO DEL ARTE



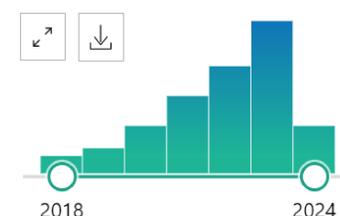
radiomics [AND] MRI [AND] Ovarian

Search

Advanced Create alert Create RSS

User Guide

RESULTS BY YEAR



CRITICAL REVIEW

Open Access

A systematic review and meta-analysis of CT and MRI radiomics in ovarian cancer: methodological issues and clinical utility

Meng-Lin Huang^{1†}, Jing Ren^{1†}, Zheng-Yu Jin¹, Xin-Yu Liu¹, Yong-Lan He^{1*}, Yuan Li^{2*} and Hua-Dan Xue^{1*}



“Our systematic review found that the **methodological quality** of CT and MRI radiomics for patients with ovarian cancer was **relatively low**, while our meta-analysis revealed that **radiomics has promising potential** in discriminating between ovarian cancer subtypes and predicting patient prognosis.”

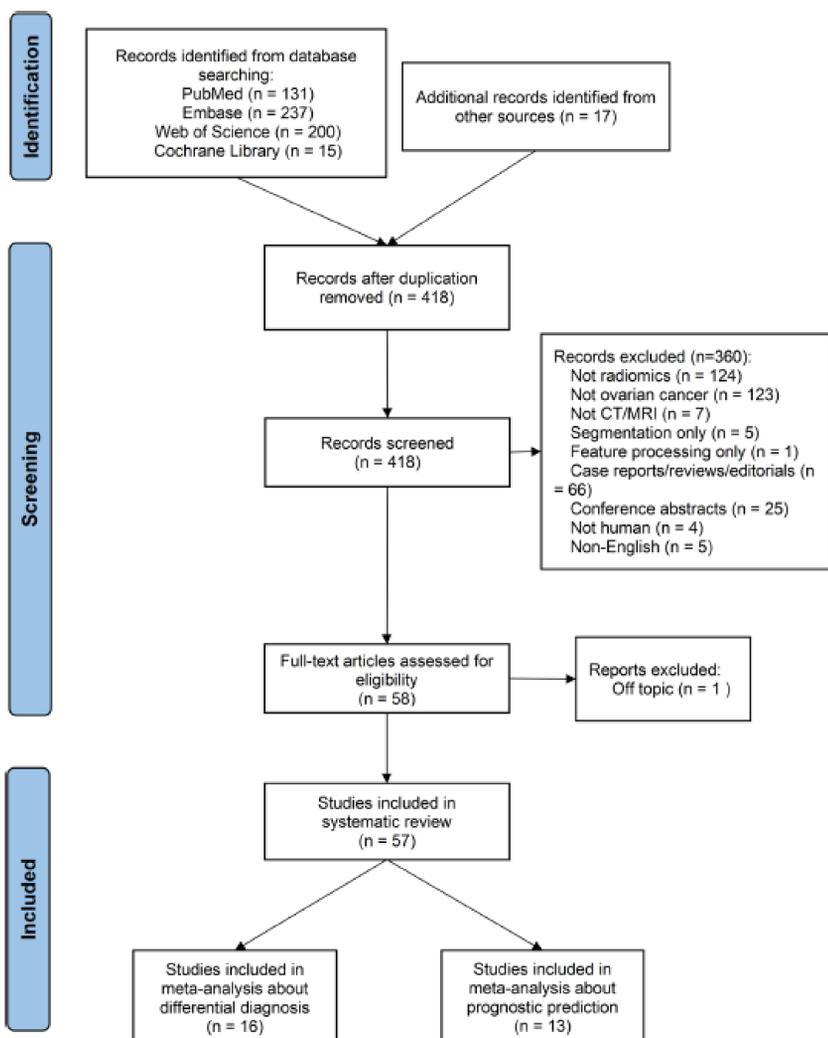
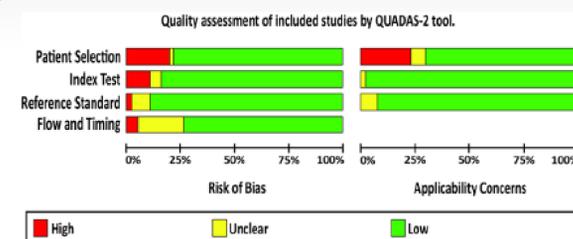


Fig. 1 Flowchart of the study selection process for the systematic review and meta-analysis

A systematic review and meta-analysis of CT and MRI radiomics in ovarian cancer: methodological issues and clinical utility

Insights into Imaging
ESRF EUROPEAN SOCIETY OF RADIOLOGY

- The methodological quality of current radiomics studies concerning ovarian cancer was unsatisfactory.
- Meta-analyses showed high diagnostic odds ratios regarding differential diagnosis and prognostic prediction.
- Radiomics analysis in ovarian cancer holds promise for clinical applications.
- More standardization should be required for radiomics studies.



Radiomics analysis has potential clinical utility; however, shortcomings persist in existing studies in terms of reproducibility. We suggest that future radiomics studies should be more standardized to better bridge the gap between concepts and clinical applications

Insights Imaging (2023) Huang ML, Ren J, Jin ZY et al. DOI: 10.1186/s13244-023-01464-z

LIMITACIONES Y RETOS FUTUROS

- Se requiere una gran cantidad de detalles en el diseño del estudio para facilitar la reproducción y replicación de los modelos de radiómica.
 - Tener en cuenta las diferentes fuentes de variabilidad en el diseño del estudio
 - Implementar soluciones minimizadoras como estudios con fantoma o técnicas de armonización

- Gran variedad de paquetes de software que dificultan la comparación de su implementación.

- Son necesarios criterios de evaluación homogéneos como la iniciativa de estandarización de biomarcadores de imágenes (IBSI) que busca proporcionar nomenclatura y flujos de trabajo de procesamiento de imágenes, herramientas para verificar las implementaciones de software de radiómica y pautas de informes estandarizados.

- El Radiomics Quality Score (RQS) proporciona un conjunto de recomendaciones para la presentación de estudios que desarrollan, validan o actualizan un modelo de predicción basado en radiómica. Comprende dieciséis elementos que permite la evaluación de estudios en un contexto de radiómica y trabaja para aumentar la solidez de estos trabajos.

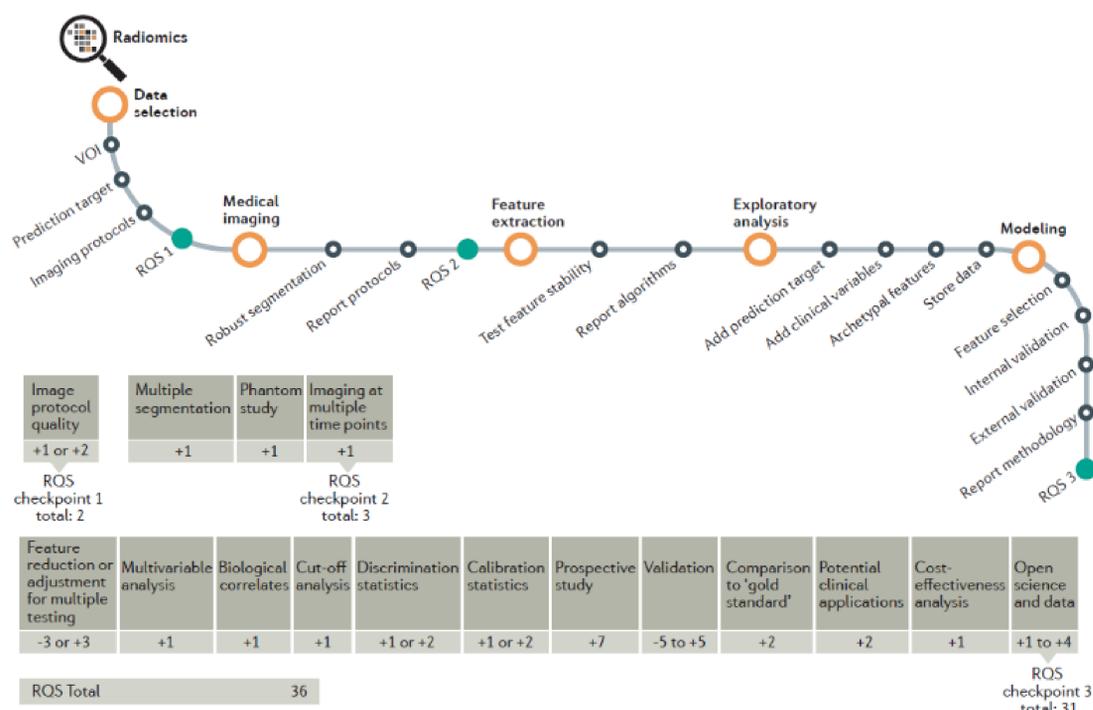
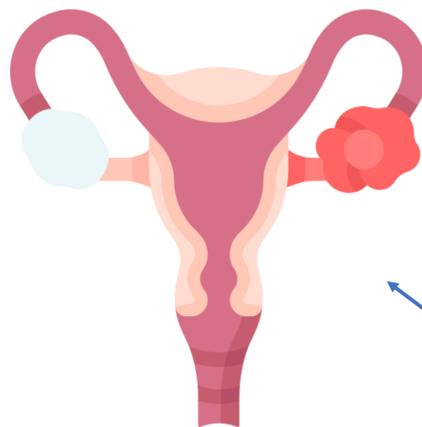
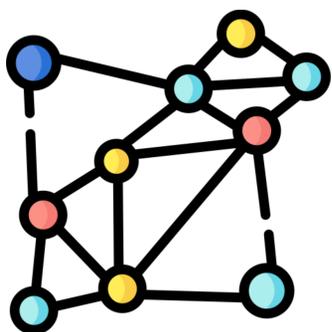


Figure 1 | Flowchart depicting the workflow of radiomics and the application of the RQS. The workflow includes the necessary steps in a radiomic analysis. The RQS both rewards and penalizes the methodology and analyses of a study, consequently encouraging the best scientific practice. RQS, radiomics quality score; VOI, volume of interest.

CONCLUSIONES

- La radiómica supone un nuevo posible camino hacia diagnóstico más preciso de las masas ováricas, suponiendo un nuevo enfoque radiológico individualizado y personalizado.
- Los estudios publicados para el desarrollo de algoritmos de radiómica dedicados al diagnóstico de masas ováricas mediante RM son pocos y con múltiples limitaciones, siendo predominantemente retrospectivos e unicéntricos. Son necesarios más estudios multicéntricos y prospectivos para corroborar los hallazgos conocidos hasta el momento y confirmar la reproducibilidad de estos.
- Es importante contar con mayor número de estudios en población europea
- Existen algunas dificultades para la implementación de las técnicas de radiómica en la práctica asistencia, por lo que es necesario incluir este enfoque en los estudios futuros.
- Es necesario contar con equipos multidisciplinares que incluyan personal sanitario y no sanitario para integrar los aspectos técnicos con los aspectos médicos.



BIBLIOGRAFIA

1. Woo YL, Kyrgiou M, Bryant A, Everett T, Dickinson HO. (2012) Centralisation of services for gynaecological cancers . A Cochrane systematic review. *Gynecol Oncol*;126(2):286-290. doi:10.1016/j.ygyno.2012.04.012
2. Dodge JE, Covens AL, Lacchetti C, et al. (2012) Management of a suspicious adnexal mass: A clinical practice guideline. *Curr Oncol.* ;19(4). doi:10.3747/co.19.980
3. Siegel R, Naishadham D, Jemal A. (2013) Cancer statistics. *CA Cancer J Clin.* 2013;63(1):11-30. doi:10.3322/caac.21166
4. Sadowski EA, Paroder V, Patel-Lippmann K, et al. (2018) Indeterminate Adnexal Cysts at US: Prevalence and Characteristics of Ovarian Cancer. *Radiology*;287(3):1041-1049. doi:10.1148/radiol.2018172271
5. van Timmeren, J., Cester, D., Tanadini-Lang, S. et al. Radiomics in medical imaging—“how-to” guide and critical reflection. *Insights Imaging* 11, 91 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13244-020-00887-2>
6. Arezzo F, Loizzi V, La Forgia D, Moschetta M, Tagliafico AS, Cataldo V, Kawosha AA, Venerito V, Cazzato G, Ingravallo G, Resta L, Cicinelli E, Cormio G, “Radiomics Analysis in Ovarian Cancer: A Narrative Review”. *Applied Sciences*, 11(7833), 2021. <https://doi.org/10.3390/app11177833>
7. Image biomarker standardisation initiative. Available online at: <https://ibsi.readthedocs.io/en/latest/index.html>
8. Radiomics world, Radiomics Quality Score. Available online at: <https://www.radiomics.world/home>
9. Sohaib SA, Reznik RH. MR imaging in ovarian cancer. *Cancer Imaging.* 2007;7 Spec No A(Special issue A):S119-29.
10. Nougaret S, McCague C, Tibermacine H, Vargas HA, Rizzo S, Sala E. Radiomics and radiogenomics in ovarian cancer: a literature review. *Abdominal Radiology.* 2021;46(6):2308-22.
11. Jian J, Li Y, Pickhardt PJ, Xia W, He Z, Zhang R, et al. MR image-based radiomics to differentiate type I and type II epithelial ovarian cancers. *Eur Radiol.* 2021;31(1):403-10.
12. Wei M, Zhang Y, Bai G, Ding C, Xu H, Dai Y, et al. T2-weighted MRI-based radiomics for discriminating between benign and borderline epithelial ovarian tumors: a multicenter study. *Insights Imaging.* 2022;13(1):130.
13. Song XL, Ren JL, Yao TY, Zhao D, Niu J. Radiomics based on multisequence magnetic resonance imaging for the preoperative prediction of peritoneal metastasis in ovarian cancer. *Eur Radiol.* 2021;31(11):8438-46.
14. Li HM, Gong J, Li RM, Xiao ZB, Qiang JW, Peng WJ, et al. Development of MRI-Based Radiomics Model to Predict the Risk of Recurrence in Patients With Advanced High-Grade Serous Ovarian Carcinoma. *AJR Am J Roentgenol.* 2021;217(3):664-75.
15. Adusumilli P, Ravikumar N, Hall G, Swift S, Orsi N, Scarsbrook A. Radiomics in the evaluation of ovarian masses - a systematic review. *Insights Imaging.* 2023 Oct 2;14(1):165. doi: 10.1186/s13244-023-01500-y. PMID: 37782375; PMCID: PMC10545652.
16. Huang ML, Ren J, Jin ZY, Liu XY, He YL, Li Y, Xue HD. A systematic review and meta-analysis of CT and MRI radiomics in ovarian cancer: methodological issues and clinical utility. *Insights Imaging.* 2023 Jul 3;14(1):117. doi: 10.1186/s13244-023-01464-z. PMID: 37395888; PMCID: PMC10317928.
17. <https://www.radiomics.world/rqs>