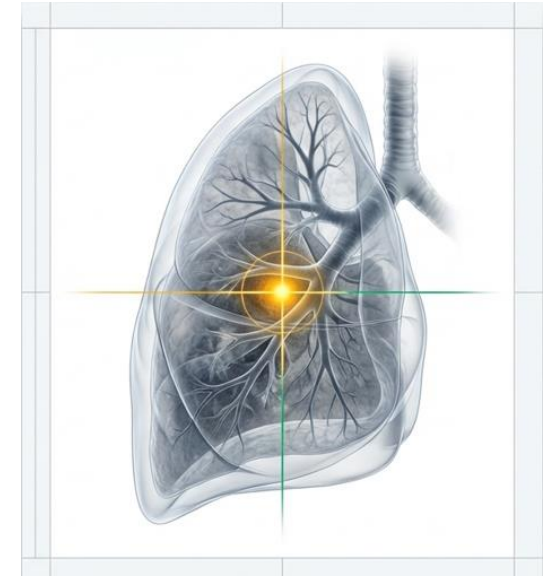


Localización radioguiada de nódulos pulmonares pequeños (ROLL): Implementación y aportación radiológica



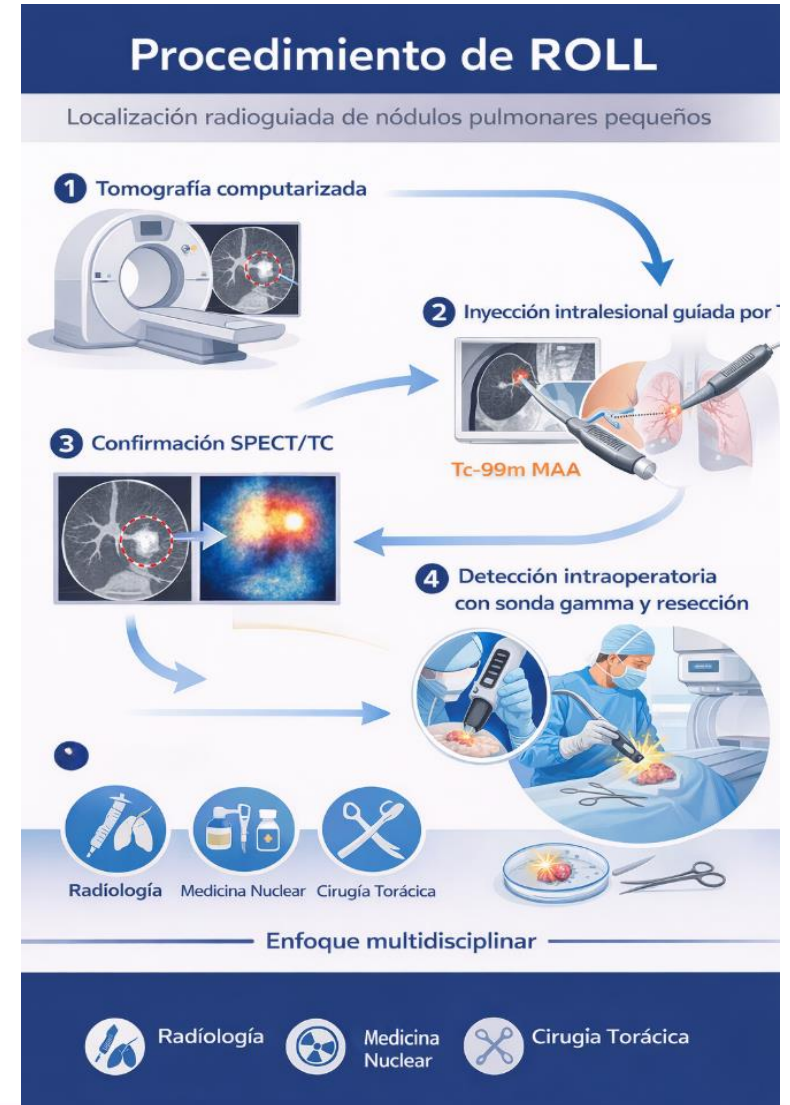
*Sergio Melgar Rivera*¹, *Alejandra Calatayud Cubes*², José Taboada Arcos¹, Freddy Bonifaz López¹, Cristina Barberán Corral², Miguel Garrido Pumar², Rafael Varela Ponte¹, Anxo Martínez de Alegría Alonso¹.

¹ Radiodiagnóstico, ² Medicina Nuclear.
Hospital Clínico Universitario de Santiago de Compostela.

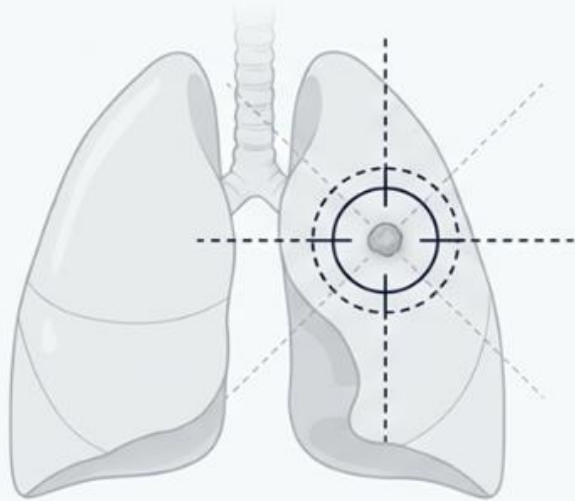
OBJETIVOS

Evaluar la aplicabilidad, seguridad y rendimiento diagnóstico de la técnica ROLL pulmonar guiada por tomografía computarizada (TC) para la localización intraoperatoria de nódulos pulmonares pequeños, destacando el papel del radiólogo intervencionista dentro del equipo multidisciplinar.

Identificar las complicaciones asociadas al procedimiento y valorar su contribución diagnóstica en casos con biopsias previas no concluyentes.



El Problema Oculto



Nódulos Subcentimétricos

Frecuentes en cribados oncológicos, pero invisibles al ojo y al tacto durante la cirugía mínimamente invasiva (VATS).

El Riesgo Quirúrgico



Aumento del riesgo de
resección incompleta

Sacrificio excesivo de
parénquima sano

Conversión forzada
a cirugía abierta

El Desafío Clínico: ¿Cómo operar con precisión milimétrica lo que no se puede ver ni tocar?

Hipótesis: La técnica ROLL elimina la incertidumbre quirúrgica al transformar lesiones anatómicamente ocultas en focos radiactivos de alta precisión.



Viabilidad y Seguridad

Evaluar la factibilidad de la inyección intralesional de Tc-99m MAA y la tasa de complicaciones agudas.



Rendimiento Diagnóstico

Analizar el éxito de la localización intraoperatoria con sonda gamma y la obtención de márgenes quirúrgicos libres.



Rescate Clínico

Cuantificar el valor añadido en escenarios complejos, específicamente tras biopsias previas no diagnósticas (Core Needle Biopsy).

MATERIAL Y METODOS

Estudio retrospectivo de 36 pacientes sometidos a ROLL pulmonar entre 2019 y 2024 en un hospital terciario. Se registraron datos clínicos, características de las lesiones, procedimiento intervencionista, incidencias, hallazgos histopatológicos. El procedimiento consistió en la inyección intralesional de 1 mCi de Tc-99m-MAA (macroagregado de albúmina marcado con tecnecio-99m) guiada por TC, seguida de resección toracoscópica asistida con sonda gamma, que detectaba el radiofármaco.

MATERIAL Y METODOS

Cribado Multidisciplinar

(2019–2025)

Evaluación en comité
de tumores →
Indicación de ROLL



Cohorte FINAL

36
Pacientes

- 1 Nódulos pequeños / **subcentimétricos**
- 2 Alta dificultad topográfica o profundidad parenquimatosa
- 3 Potencial **maligno incierto**
(requiere diagnóstico histológico)
- 4 Casos complejos con biopsias inconclusas.

Criterio Crítico Incluido:

Se incluyó subgrupo de alta complejidad anatómica por biopsias previas (BAG) no concluyentes. Sin exclusión por profundidad siempre que el acceso guiado por TC fuera viable.

La Arquitectura de la Técnica ROLL

R.O.L.L. = Radio-guided Occult Lesion Localization. (Localización Radioguiada de Lesiones Ocultas).



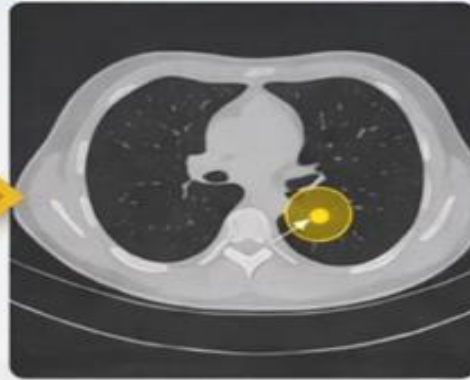
Protocolo Radiológico: Guiado por Tomografía Computarizada

Paso 1: Identificación



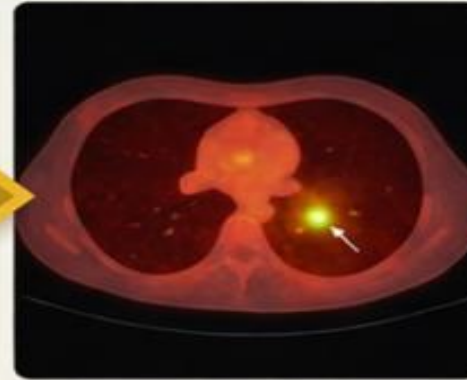
Localización
basal en TC.

Paso 2: Inyección Intralesional



Abordaje percutáneo e
inyección de 1 mCi de
Tc-99m MAA
directamente en la lesión.

Paso 3: Verificación SPECT/TC



Confirmación inmediata
de la captación focal del
radiotrazador (hotspot) y
descarte de complicaciones
agudas.

Paso 4: Marcaje Terminado



El tejido previamente no
identificable,
intraoperatoriamente
emite una señal radiactiva
detectable mediante
sonda gamma, permitiendo
su localización precisa
y resección dirigida.

Ejecución Quirúrgica y Confirmación

En Quirófano



Detección intraoperatoria mediante sonda gamma con navegación acústica dirigida a la lesión radiomarcada.

< 24 Horas

Intervalo máximo estricto entre la administración del radiofármaco y la resección.

Ex Vivo



Comprobación ex vivo de la extirpación completa de la lesión radiomarcada antes del cierre de la herida y el envío a anatomía patológica.

RESULTADOS

La localización intraoperatoria fue exitosa en el 100% de los casos. El tamaño mediano de las lesiones fue de 8 mm. Ocho pacientes (22%) presentaron neumotórax y uno (2,8%) hemorragia leve; no se registraron complicaciones mayores. El 78% de las lesiones fueron malignas y el 22% benignas. En tres casos (8,3%) con biopsias previas no concluyentes, ROLL permitió diagnóstico definitivo.

RESULTADOS

Rendimiento Quirúrgico: Precisión Ineludible



Éxito de Localización (36/36)

Detección intraoperatoria con sonda gamma
lograda en todos los casos.



Margen Quirúrgico Negativo (36/36)

Resección tumoral completa confirmada
patológicamente.



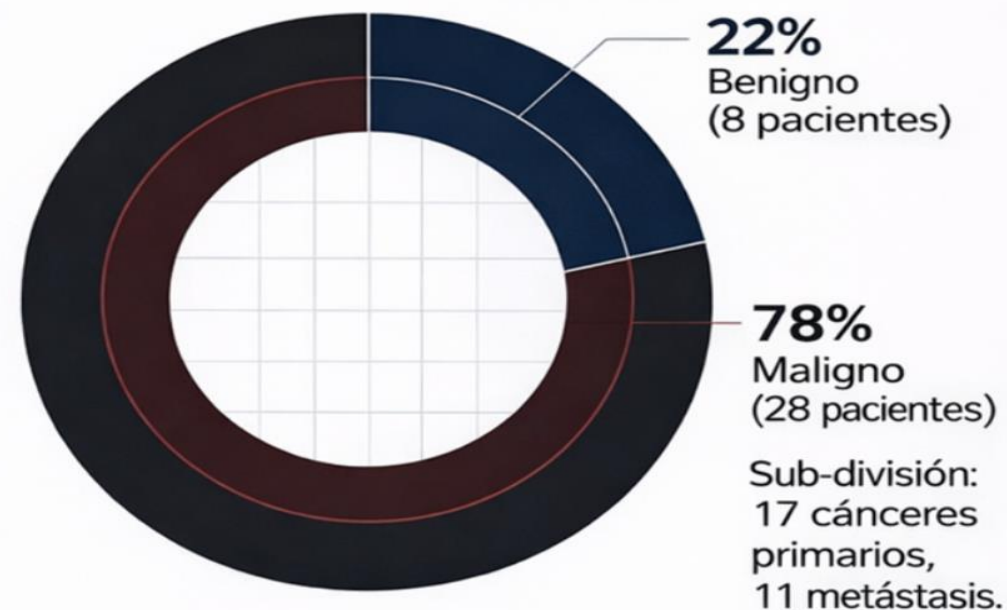
Perfil de Seguridad y Anatomía Patológica

Seguridad y Complicaciones Agudas



Nota: Resoluciones conservadoras, riesgo clínico bajo y manejable. Sin mortalidad ni secuelas a largo plazo.

Diagnóstico Histológico Final



El Valor del Rescate Diagnóstico

8.3%

(3 de 36 pacientes)



Fracaso
Diagnóstico Previo



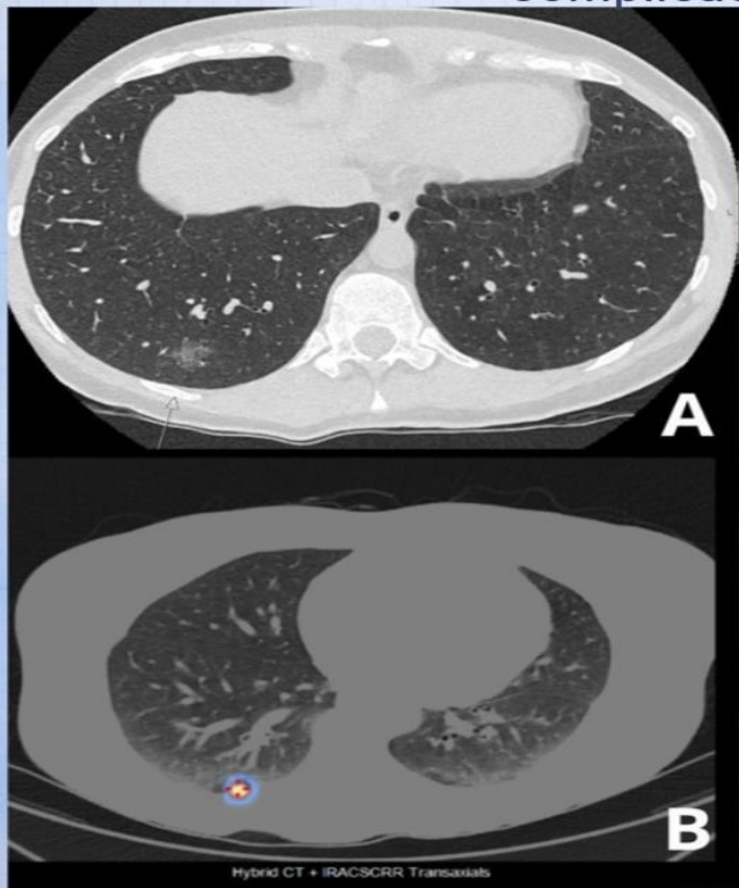
Solución Anatómica
Definitiva (ROLL)

En pacientes con fracaso diagnóstico previo mediante biopsia con aguja gruesa (Core Needle Biopsy), **la técnica ROLL proporcionó** la solución anatómica definitiva.

La localización radioguiada permitió una resección dirigida exitosa, aportando el diagnóstico histológico maligno definitivo y evitando la necesidad de repetir abordajes percutáneos ciegos o escalar a toracotomías abiertas exploratorias.

Localización Pulmonar ROLL con Tc-99m-MAA

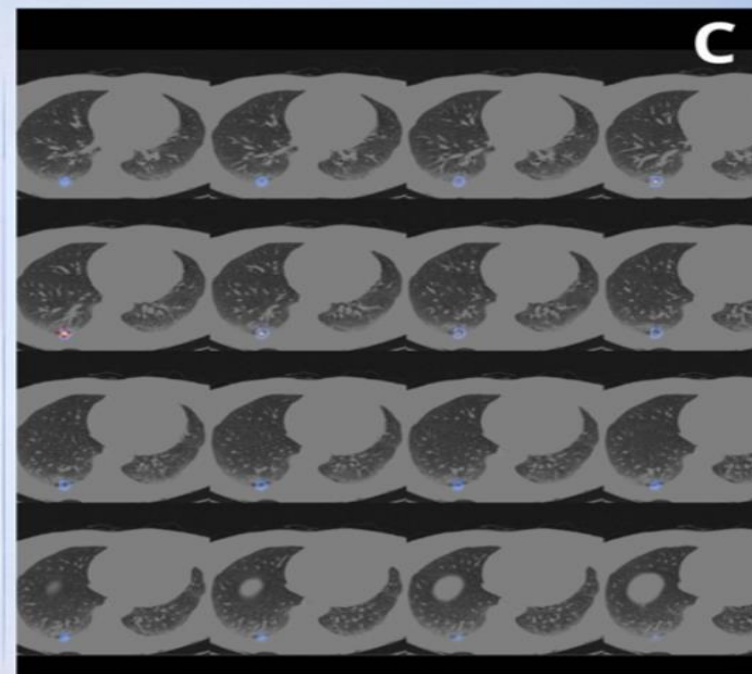
Caso clínico de localización preoperatoria de un adenoma bronquiolar subsólido sin complicaciones, con márgenes de resección libres.



A: TC torácico previo mostrando un nódulo pulmonar subsólido de 14 mm en el lóbulo inferior derecho, ubicado a 10 mm de la superficie pleural.

B: Imagen fusionada post-inyección SPECT/TC demostrando la captación focal del radiotrazador Tc-99m-MAA en el nódulo objetivo.

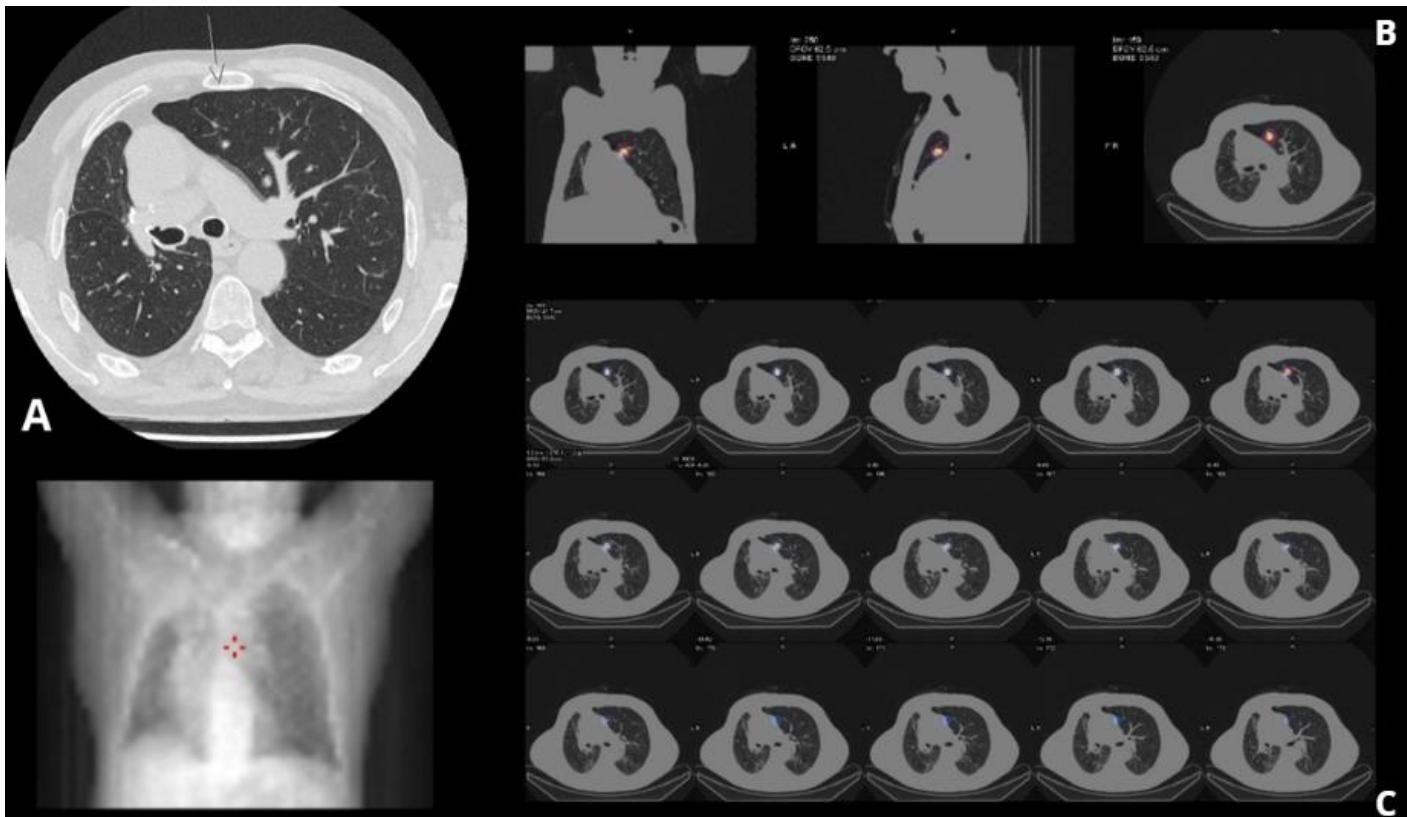
C: Cortes secuenciales SPECT/TC mostrando la concentración persistente del radiofármaco dentro del nódulo pulmonar, permitiendo una guía intraoperatoria precisa.



Tc-99m-MAA

El procedimiento fue completado sin complicaciones y la patología quirúrgica reveló un adenoma bronquiolar benigno, con márgenes de resección libres.

Localización pulmonar mediante ROLL con Tc-99m-MAA en sospecha de recurrencia oncológica.



A. TC torácico axial pre-procedimiento: nódulo sólido de 14 mm en lóbulo superior izquierdo en paciente con antecedente de adenocarcinoma pulmonar.

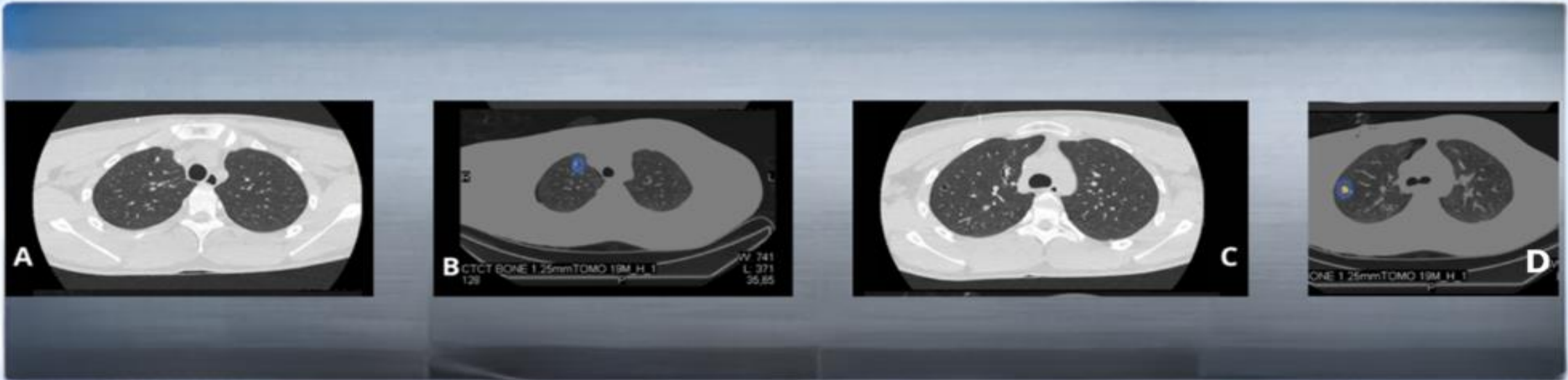
B. SPECT/TC post-inyección (planos coronal, sagital y axial): captación focal de Tc-99m-MAA .

C. Cortes axiales secuenciales: persistencia del radiotrazador, permitiendo localización intraoperatoria precisa.

- Se realizó resección mediante VATS.
- Anatomía patológica: ***adenocarcinoma pulmonar metastásico.***

Adaptabilidad en población pediátrica.

Varón de 15 años. Antecedente oncológico de osteosarcoma. Presenta dos lesiones morfológicamente distintas en el lóbulo superior derecho.



A. TC: nódulo pulmonar sólido en el lóbulo superior derecho.

B. SPECT/TC postinyección: captación focal de Tc-99m-MAA en el nódulo sólido.

C. TC: nódulo cavitado subpleural en lóbulo superior derecho.

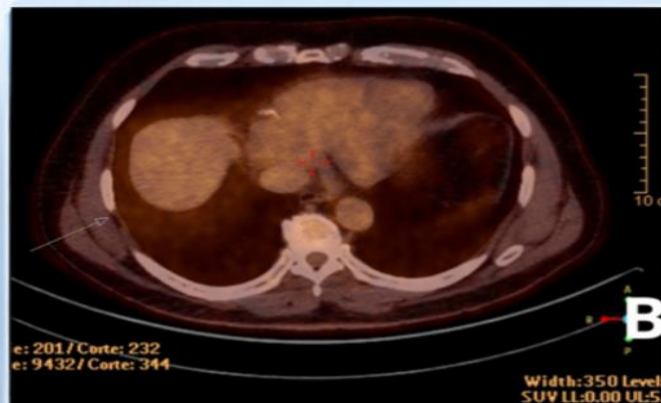
D. SPECT/TC postinyección: captación focal en el nódulo cavitado.

ROLL pulmonar múltiple en un solo acto radiológico con alta seguridad técnica. Facilita una resección precisa preservando la capacidad pulmonar, crítica en un paciente joven.

ROLL pulmonar en nódulo sub-sólido PET negativo

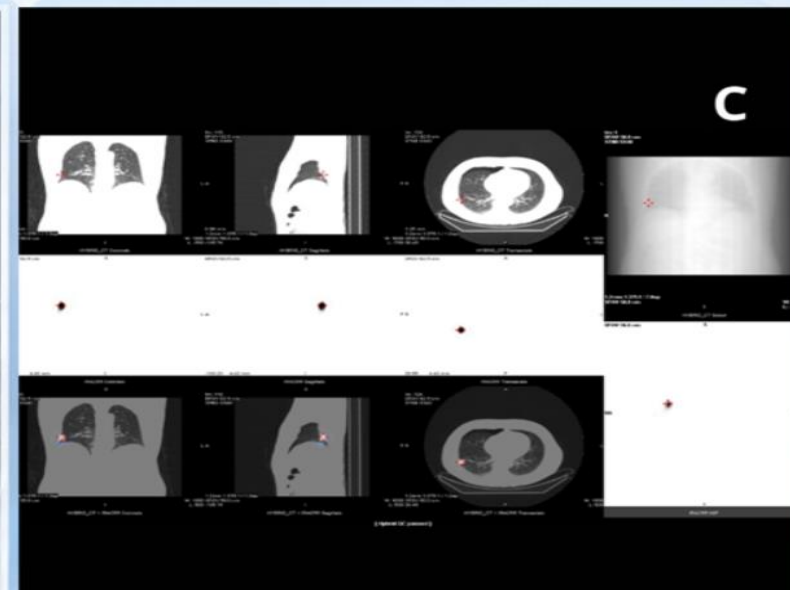


A. TC: nódulo sub-sólido de 12 mm en lóbulo inferior derecho



NEGATIVO

B. PET/TC: sin captación; lesión indeterminada



C. SPECT/TC postinyección: localización precisa para cirugía.

Procedimiento y evolución

- Resección mediante VATS
- Neumotórax leve asintomático (única complicación)

DISCUSIÓN

✓ Interpretación de los resultados

- ✓ La técnica ROLL pulmonar con Tc-99m-MAA demostró **alta factibilidad y seguridad**, con baja tasa de complicaciones.
- ✓ Se observó una **excelente** correlación entre **localización** radioguiada y hallazgo histológico definitivo.
- ✓ La técnica mostró **alta eficacia** en nódulos **subcentimétricos**, donde otras estrategias diagnósticas presentan limitaciones.

✓ Comparación con la literatura

- Aplicabilidad en escenarios complejos (PET negativo, lesiones múltiples, población pediátrica)

✓ Conclusión de la discusión:

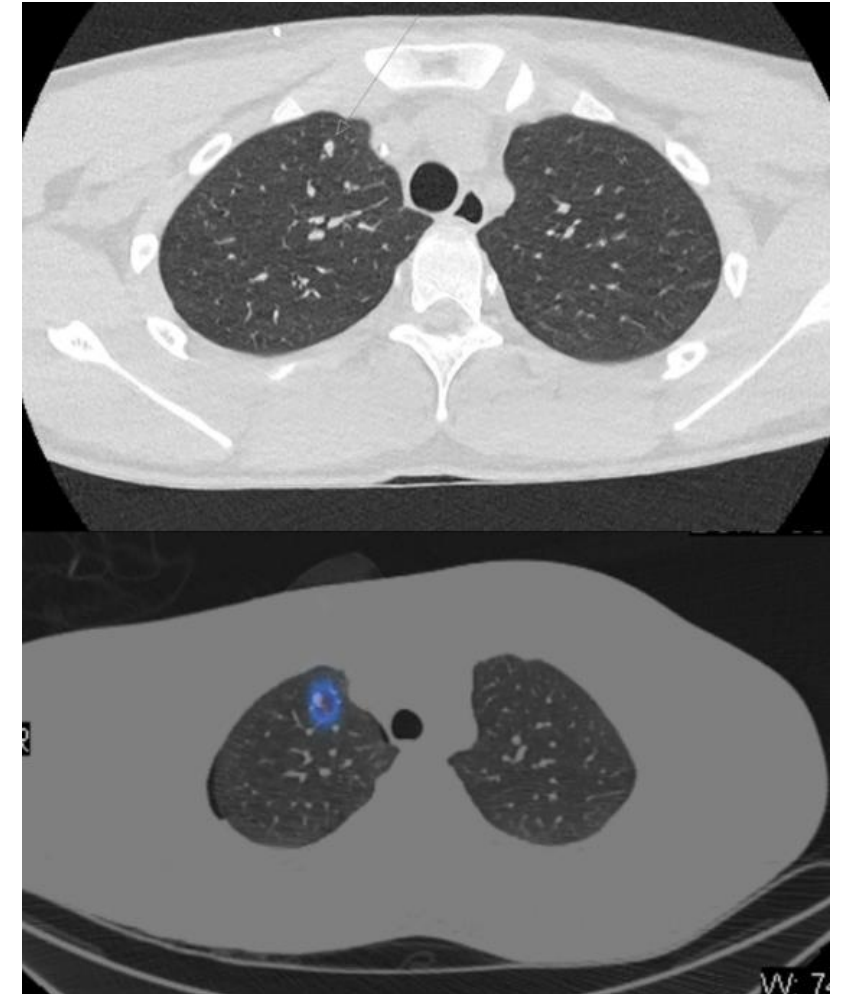
- Nuestros resultados confirman que la técnica ROLL cumple la hipótesis inicial, al transformar lesiones difíciles de localizar en objetivos quirúrgicos precisos, mejorando el rendimiento diagnóstico con un perfil de seguridad favorable.

ROLL pulmonar

- Técnica segura
- Alta precisión diagnóstica
- Especial valor en casos complejos
- Alta eficacia en nódulos subcentimétricos
- Rescate tras biopsia convencional no concluyente

CONCLUSIONES

El ROLL pulmonar guiado por TC es una técnica eficaz y segura, para la identificación y resección de nódulos pulmonares pequeños. Su éxito radica en una estrecha coordinación multidisciplinar y pone de manifiesto la relevancia del radiólogo intervencionista. Las complicaciones agudas identificadas no representan un riesgo superior al beneficio esperado, favoreciendo un diagnóstico preciso, incluso en casos con biopsias previas no concluyentes, se traduce en un mejor manejo terapéutico y mejores resultados clínicos.



BIBLIOGRAFÍA

- Aricò D, Motta L, Giacoppo G, et al. Added value of SPECT/CT in radio-guided occult localization (ROLL) of non-palpable pulmonary nodules treated with uniportal VATS. *J Clin Med*. 2024;14(15):5337. doi:10.3390/jcm14155337.
 - Aricò D, Macrì P, Bambaci M, et al. Non-palpable pulmonary nodules and uniportal VATS: radio-guided localization (ROLL) experience of a lung multidisciplinary team. *Anticancer Res*. 2024;44(8):3507–3514. doi:10.21873/anticancer.17171.
 - Briggs C, Curran B, Ishitani M. Computed tomography injection of technetium-99m macroaggregated albumin: an underutilized lung nodule localization strategy in pediatric patients. *Curr Chall Thorac Surg*. 2024;6:2. doi:10.21037/ccts-24.
 - Pan C, Deng W, Zhao Y, Lin Y, Jiang Y, Du Y, et al. Precise localization techniques for small pulmonary nodules. *J Thorac Dis*. 2025;17(9):7366–7378. doi:10.21037/jtd-2025-330.
 - Vollmer I, Páez-Carpio A, Sánchez-Lorente D, et al. Preoperative localization of lung nodules: a comparative analysis of hookwire and radio-guided procedures. *J Thorac Dis*. 2022;14(11). doi:10.21037/jtd-22-552.
 - McDermott S, Fintelmann FJ, Bierhals AJ, Silin DD, Price MC, Ott HC, et al. Image-guided preoperative localization of pulmonary nodules for video-assisted and robotically assisted surgery. *Radiographics*. 2019;39(5):1264–1279. doi:10.1148/rg.2019180183.
-