

Original

# Protocolo de cirugía de rescate guiada por PET/TAC. Resultados con técnica ROLL y sonda PET

J.R. García\*, M. Fraile, M. Soler, J. Bechini, J.R. Ayuso y F. Lomeña

CETIR Unidad PET/TC, Esplugues de Llobregat, Barcelona, España

## INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

### Historia del artículo:

Recibido el 18 de enero de 2011

Aceptado el 15 de febrero de 2011

On-line el 22 de abril de 2011

### Palabras clave:

<sup>18</sup>F-FDG PET/TC

Técnica ROLL

Sonda PET

## R E S U M E N

**Objetivo:** Evaluar la utilidad intraoperatoria de sondas de detección radioisotópica en la exéresis quirúrgica de lesiones tumorales previamente detectadas mediante <sup>18</sup>F-FDG PET/TC.

**Material:** Se han estudiado 12 pacientes consecutivos con elevada sospecha de recidiva tumoral detectada por <sup>18</sup>F-FDG PET/TC potencialmente resecables. En los que ha sido posible se ha realizado confirmación histológica, en 6 pacientes mediante PAAF ecodirigida y en un paciente mediante BAG guiada por TC. A 5 pacientes con lesiones accesibles se realizó técnica ROLL (*Radioguided Occult Lesion Localisation*) tras punción intralesional guiada por ecografía/TC de <sup>99m</sup>Tc-coloide (1,7-2,4 mCi), con detección entre 19-24 horas intraquirúrgica mediante sonda gamma. A los 7 pacientes con lesiones no accesibles o múltiples, se inyectó la <sup>18</sup>F-FDG (9,5-10,5 mCi) entre 3-5 horas previas a la cirugía que se realizó con sonda PET dedicada (Gamma locator DXI-GF&E).

**Resultados:** Técnica ROLL: todas las lesiones marcadas con coloide fueron resecadas (6 lesiones en 5 pacientes, un paciente con dos lesiones) confirmándose la recidiva mediante anatomía patológica. Sonda PET: 14 de las 16 lesiones hipermetabólicas detectadas por la PET/TC inicial fueron resecadas. No se resecó una adenopatía cervical y una mediastínica pertenecientes a dos pacientes diferentes. En 12/14 lesiones la histología confirmó recidiva. En un paciente, dos adenopatías eran reactivas.

**Conclusiones:** La <sup>18</sup>F-FDG PET/TC es determinante para la elección del protocolo de cirugía radioguiada. Si las lesiones son únicas y de fácil acceso a la PAAF, el ROLL es la técnica de elección. La sonda PET se debería aplicar en lesiones no accesibles.

© 2011 Elsevier España, S.L. y SEMNIM. Todos los derechos reservados.

## PET/CT-guided salvage surgery protocol. Results with ROLL Technique and PET probe

### A B S T R A C T

**Objective:** To assess the value of intraoperative radioguided probe detection to guide surgical resection of malignant lesions previously detected by <sup>18</sup>F-FDG PET-CT.

**Material:** Twelve consecutive patients with suspected tumor recurrence detected by <sup>18</sup>F-FDG PET-CT considered resectable were enrolled in the study. Ultrasound guided fine needle aspiration (FNA) before surgery was performed in 6 patients and CT guided biopsy was performed in 1 patient. In 5 patients with accessible lesions, a radioguided occult lesion localization (ROLL) technique was performed after injection of <sup>99m</sup>Tc-colloid (1.7-2.4 mCi) inside the lesion under ultrasound or CT guidance, pre-operatively. Radioguided surgical detection was then carried out 19-24 hours afterwards using the gamma probe. In 7 patients with non-accessible needle lesions or multiple lesions, 9.5-10.5 mCi of <sup>18</sup>F-FDG were injected 3-5 hours before radioguided surgery using a PET-dedicated probe (Gamma locator DXI-GF&E).

**Results:** ROLL technique: All lesions injected with nanocolloid were resected (6 lesions in 5 patients, 1 patient with 2 lesions), and recurrence was histologically confirmed. PET probe: Fourteen out of 16 hypermetabolic lesions detected on the PET-CT were resected. One cervical and one mediastinal lymph node in different patients could not be excised. Histological recurrence was confirmed in 12 out of 14 lesions. In one patient, the 2 lymph nodes excised were inflammatory.

**Conclusions:** <sup>18</sup>F-FDG PET-CT can be key in deciding surgical approach and appropriate radioguided protocol. When lesions are solitary and easily accessible, ROLL technique seems the method of choice. PET probe is more adequate for less accessible lesions.

© 2011 Elsevier España, S.L. and SEMNIM. All rights reserved.

### Keywords:

<sup>18</sup>F-FDG PET-CT

Technique ROLL

PET probe

## Introducción

El papel de la cirugía en el cáncer metastásico o recurrente está en proceso de redefinición. La estadificación exacta de la enfermedad es imprescindible para permitir la selección de los pacientes que pueden beneficiarse de una resección quirúrgica completa. La identificación de pequeñas lesiones tumorales ayuda al cirujano en

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jrgarcia@cetir.es (J.R. García).

**Tabla 1**  
Pacientes con cirugía radioguiada mediante técnica ROLL

	PET/TC			Precirugía		Cirugía radioguiada				
	Tm. primario	Recidiva	SUV	Cito/histologías	Días	mCi	Horas	Resección	Cps lesión	Confirmación
1	Tiroides	Adenopatía cervical	4,1	PAAF	14	1,7	22	Sí	1.275	Papilar
2	Tiroides	Adenopatía cervical	3,8	PAAF	7	2,4	20	Sí	1.100	Papilar
		Adenopatía cervical	2,9	PAAF		2,1		Sí	1.000	Papilar
3	Mama	Lesión pared torácica	2,5	PAAF	9	2,1	24	Sí	1.350	Ductal
4	Ovario	Lesión pared abdominal	3,9	PAAF	10	1,9	21	Sí	1.500	Epitelial
5	Colorrectal	M1 hepática	4,5	BAG	7	2,3	19	Sí	750	Adenocarcinoma

la resección selectiva del tejido tumoral. Uno de los problemas de la cirugía de rescate es que suele realizarse «a ciegas»<sup>1</sup>. La cirugía de rescate oncológico «radioguiada» persigue mejorar esta situación en diferentes aspectos operativos. Pretende establecer un puente entre las técnicas de diagnóstico y la cirugía intervencionista, intentando identificar peroperatoriamente pequeños focos de cáncer, facilitando la labor del cirujano<sup>2</sup>.

Varias modalidades de imagen como la ecografía, la TAC y la RM se usan para la selección prequirúrgica de los pacientes oncológicos. En las últimas décadas la PET con <sup>18</sup>F-FDG, se ha convertido en una herramienta de gran utilidad en oncología. La captación de <sup>18</sup>F-FDG en los tejidos tumorales se basa en el aumento de la tasa glicolítica, que produce su atrapamiento celular, dando lugar a una relación tumor/fondo (T/F) que frecuentemente excede a la relación 10:1. El desarrollo de la tecnología PET/TAC permite aportar información anatómica de las lesiones hipermetabólicas, aumentando la especificidad de la PET, debido a una reducción significativa de la incidencia de falsos positivos y a una correcta localización de las lesiones tumorales<sup>3</sup>.

Las sondas de detección externa para uso intraoperatorio son ampliamente utilizadas en el campo de la medicina nuclear, concretamente en la biopsia del ganglio centinela, siendo más habitual el uso de las sondas gamma, con colimación plomada, que se han optimizado para discriminar entre la radioactividad contenida en la lesión y la de fondo para isótopos de baja energía, como el <sup>99m</sup>Tc<sup>4</sup>. Para la detección intraquirúrgica de <sup>18</sup>F se necesitarían sondas de alta energía que permitieran detectar la máxima emisión de positrones. Para ello se deberían emplear colimadores plomados, pero son difícilmente utilizables en cirugía debido a su gran tamaño y elevado peso. Existen diversas soluciones técnicas, pero el desarrollo de las sondas para trazadores PET sigue aún en proceso<sup>5</sup>. Para la detección intraoperatoria de lesiones hipermetabólicas previamente diagnosticadas por PET/TAC pueden utilizarse sondas gamma tras la administración intralesional de un radiofármaco de <sup>99m</sup>Tc no difusible, por punción guiada por ecografía, método recientemente descrito como ROLL (*Radioguided Occult Lesion Localisation*)<sup>6-8</sup>.

El objetivo principal de este estudio es comprobar la eficacia de la cirugía de rescate basada en los hallazgos de la PET/TAC y el uso intra-operatorio de sondas de detección radioisotópica. Para ello proponemos un protocolo en el que se utilizará la técnica ROLL y una sonda PET.

## Material y método

Se han estudiado 12 pacientes consecutivos con recidiva tumoral detectada por PET/TAC potencialmente resecable. El estudio PET/TAC de cuerpo completo con <sup>18</sup>F-FDG se ha realizado según el protocolo convencional, efectuando imágenes PET tardías y adquisición TAC con contraste endovenoso en los casos que se consideró necesario. La exploración se efectuó en las dos semanas previas de la cirugía. Todos los pacientes firmaron el consentimiento informado protocolizado para cirugía que se modificó incluyendo el empleo de la técnica ROLL o la sonda PET.

En 6 pacientes la recidiva se ha confirmado mediante citología (ecografía y PAAF) y en uno por biopsia con aguja gruesa (BAG) guiada por TC. En el resto de casos en los que estos procedimientos no se realizaron (no accesibilidad de la lesión, características clínicas del paciente) se procedió directamente a la práctica de cirugía.

En 5 pacientes con lesiones accesibles se realizó técnica ROLL. Se realizó administración intralesional ecodirigida (n: 4) o dirigida por TAC (n: 1) de una dosis de entre 1,7-2,4 mCi de macroagregados (MAA) marcados con <sup>99m</sup>Tc, en un volumen de 0,2-0,3 ml, con un intervalo previsto hasta la cirugía de entre 19 y 24 horas. Se utilizó una sonda gamma intraoperatoria para la localización del punto de mayor radioactividad en la piel (sobre la zona anatómica previamente conocida), a partir del cual se realizó la incisión. Dentro del campo operatorio se utilizó en repetidas ocasiones la sonda gamma para la localización de la lesión y para guiar los márgenes de resección. Una vez resecada la pieza quirúrgica se utilizó la sonda gamma para hacer una comprobación del lecho con el fin de demostrar que no quedaba radioactividad residual.

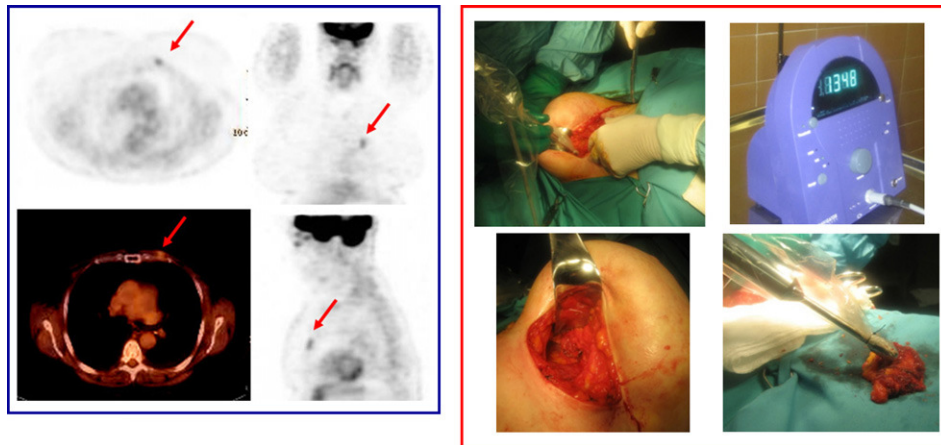
En los 7 pacientes con lesión no accesible a la punción o con múltiples lesiones se inyectaron 10 ± 0,5 mCi de <sup>18</sup>F-FDG por vía endovenosa, entre 3 y 5 horas antes de la cirugía. Los pacientes acudieron a la unidad PET para la administración de la dosis de <sup>18</sup>F-FDG y tras un período de reposo (60 minutos) se trasladaron a su hospital de referencia donde ya había sido concertado el horario de quirófano. La técnica quirúrgica se realizó entre 2-4 horas postinyección del trazador, con sonda PET dedicada (Gamma locator DXI GF&E). En una fase previa a su utilización clínica en pacientes se han efectuado estudios con fantasmas para definir la resolución espacial de la sonda PET. Dentro del campo operatorio se utilizó en repetidas ocasiones la sonda PET para la localización de la lesión. La exploración del campo quirúrgico se realizó utilizando las diferentes opciones técnicas que ofrece la sonda PET (Protocolo A1 y R6), en cuentas por segundo, modificando el período de integración y otras características técnicas en función de la localización y actividad de las lesiones, de forma individualizada para cada paciente. Adicionalmente se midieron las tasas de exposición a la radiación del equipo quirúrgico y del médico nuclear como parte del protocolo de radioprotección.

Se midió la radioactividad en la pieza de resección de la recidiva y se envió al laboratorio de anatomía patológica convenientemente identificada. Se anotaron en una hoja de trabajo intraoperatoria todos los datos de la cirugía, incluyendo las localizaciones anatómicas, los tiempos y los contejes.

## Resultados

### Técnica ROLL

De los 5 pacientes a los que se ha realizado la técnica ROLL, dos estaban diagnosticados de cáncer diferenciado de tiroides, uno de carcinoma ductal de mama, uno de carcinoma epitelial de ovario y uno de adenocarcinoma colorrectal (tabla 1). La captación de <sup>18</sup>F-FDG fue: en dos pacientes adenopatías cervicales, en uno un nódulo



**Figura 1.** Paciente con antecedentes de Ca. de mama. Presenta elevación de CA 15,3 con exploraciones complementarias negativas. El estudio PET/TAC muestra una lesión hipermetabólica ( $SUV_{max}$  2,5) de características focales, bien definida, que en la imagen de fusión se localiza en la pared torácica anterior derecha compatible con recidiva local.

Se confirma la positividad de la imagen mediante PAAF ecodirigida (AP: Ca. ductal). A los 9 días de la intervención quirúrgica se inyectan 2,1 mCi de  $^{99m}Tc$ -coloide intralesionalmente. Veinticuatro horas después es intervenida, mediante sonda gamma se detecta la lesión (1.350 cps).

en partes blandas de pared torácica, en uno un nódulo en pared abdominal y en otro una M1 hepática. Todas las lesiones se confirmaron previamente a la cirugía. Cuatro por PAAF ecodirigida y una por BAG guiada por TAC (la M1 hepática).

La cirugía radioguiada permitió la resección del 100% de las lesiones. Las cuentas radiactivas de todas las lesiones oscilaron entre 750 y 1.500. Todas ellas fueron confirmadas por anatomía patológica (fig. 1).

#### Sonda PET

La resolución espacial (FWHM) de la sonda en el estudio con fantasmas fue de 21, 36 y 45 mm a una distancia de 0, 10 y 17 mm, respectivamente ( $R^2$ : 0,9983) (fig. 2). De los 7 pacientes a los que se había realizado cirugía dirigida mediante sonda PET, dos estaban diagnosticados de cáncer diferenciado de tiroides, dos de carcinoma epitelial de ovario, dos de adenocarcinoma colorrectal y un paciente con elevación de CEA y sospecha de cáncer de origen desconocido (COD) (tabla 2). La localización de las lesiones fue: adenopatías cervicales múltiples (n: 1), adenopatías cervicales y mediastínicas (n: 1), implantes peritoneales (n: 2) y adenopatías abdominales (n: 3).

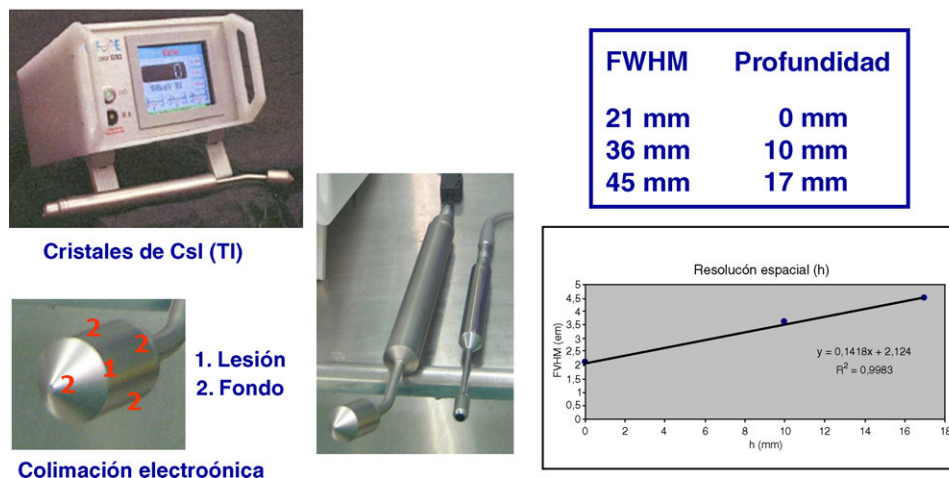
Únicamente en dos pacientes se obtuvo confirmación previa a la cirugía, ya que presentaban adenopatías cervicales y se realizó PAAF en alguna de ellas, pero no en todas.

La cirugía radioguiada permitió la resección de 14/16 (87,5%) lesiones hipermetabólicas detectadas por la PET/TAC inicial (fig. 3). La relación lesión/fondo osciló entre 1,5 y 2,5. No se pudo localizar mediante la sonda PET una adenopatía cervical (fig. 4) y una mediastínica pertenecientes a dos pacientes diferentes. La histología confirmó la recidiva en 12/14 (85,7%) de las lesiones reseadas. En el paciente con COD, dos adenopatías de localización retroperitoneal fueron de origen inflamatorio. La dosis de radiación absorbida varió entre 2,5-8,6 microSv/h para el personal quirúrgico, dependiendo de la localización de la recurrencia, siendo mayor en las recurrencias abdominales.

#### Discusión

La PET/TAC con  $^{18}F$ -FDG es una exploración ampliamente utilizada en la actualidad para el seguimiento de los pacientes oncológicos<sup>3</sup>. La posibilidad de establecer una correcta localiza-

#### Gamma-locator DXI GF&E



**Figura 2.** Sonda PET dedicada: gamma locator DXI-GF&E. Imágenes de la sonda: comparación con sonda gamma y colocación de detectores. Estudio con fantasmas: gráfico y resultados de su resolución con la distancia de la lesión.

**Tabla 2**

Pacientes con cirugía radioguiada mediante sonda PET dedicada

	PET/TC			Precirugía		Cirugía radioguiada					
	Tm, primario	Recidiva	SUV	Cito/histología	Días	mCi	Horas	Resección	Ratio L/F	Cito/histología	Confirmación
1	Tiroides	Adenopatía cervical	5	PAAF	14	10,5	3	Sí	2,2	PAAF	Papilar
		Adenopatía cervical	4,3	No				Sí	1,9	No	Papilar
		Adenopatía mediastínica	4,1	No				Sí	2,0	No	Papilar
		Adenopatía mediastínica	6	No				No	No	No	
2	Tiroides	Adenopatía cervical	3,7	PAAF	12	10,3	4	Sí	2,3	PAAF	Papilar
		Adenopatía cervical	5,1	No				Sí	2,5	No	Papilar
		Adenopatía cervical	4,2	No				No	No	No	
		Adenopatía retroperitoneal	2,9	No				Sí	1,5	No	Reactivo
3	COD	Adenopatía retroperitoneal	5,3	No	7	10,1	3	Sí	2,2	No	Reactivo
4	Ovario	Implante peritoneal	3	No	14	9,5	5	Sí	2,2	No	Epitelial
5	Ovario	Adenopatía mesentérica	2,7	No	10	9,7	4	Sí	2,0	No	Epitelial
6	Colorrectal	Implante peritoneal	3	No	14	9,9	3	Sí	1,9	No	Adenocarcinoma
		Implante peritoneal	4,4	No				Sí	2,3	No	Adenocarcinoma
7	Colorrectal	Adenopatía retroperitoneal	4,1	No	13	10	3	Sí	1,9	No	Adenocarcinoma
		Adenopatía retroperitoneal	5,8	No				Sí	2,1	No	Adenocarcinoma
		Adenopatía retroperitoneal	5,1	No				Sí	2,1	No	Adenocarcinoma

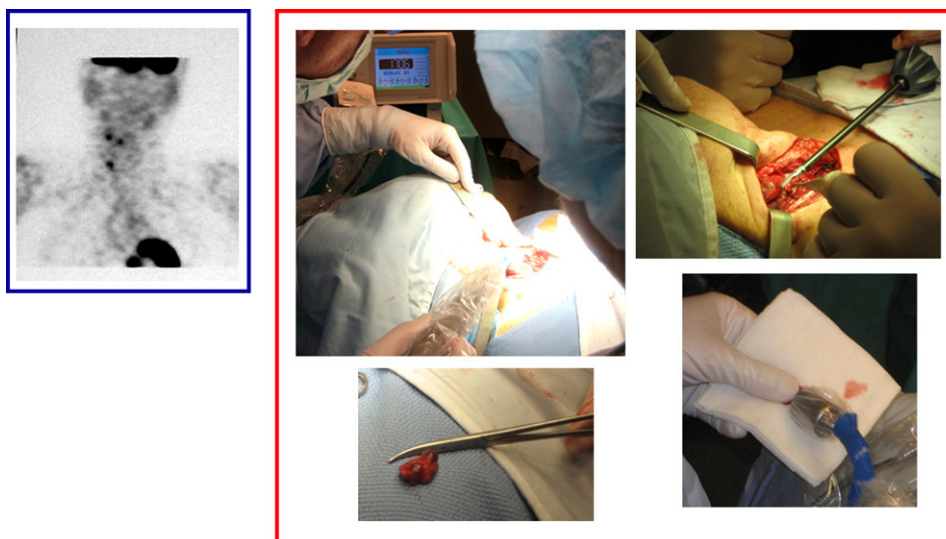
ción de pequeñas lesiones tumorales hipermetabólicas tiene una importante implicación terapéutica, pues en muchas ocasiones hace posible la realización de una terapia radical. En este escenario, la PET/TAC abre nuevas expectativas a la cirugía dirigida<sup>1,2</sup>. Sin embargo, la <sup>18</sup>F-FDG es un trazador universal, no únicamente oncotrópico, por lo que a pesar de la PET/TAC no se pueden eliminar los falsos positivos por patologías no oncológicas, siendo la inflamatoria/infecciosa la causa más prevalente. Una metodología PET/TAC rigurosa en su control de calidad probablemente disminuye la frecuencia de falsos positivos pero aún así es únicamente la histología la que va a dar el diagnóstico final.

Es recomendable que como paso previo a la cirugía dirigida, se efectúen maniobras encaminadas a obtener muestras para confirmación cito o histológica de las lesiones metabólicamente activas observadas en la PET/TAC. Esto es posible cuando las lesiones son accesibles y puede realizarse punción dirigida, preferentemente por ecografía o en ocasiones guiada por TC. En caso de no accesibilidad, la cirugía dirigida debe practicarse si se mantiene la indicación de radicación, a riesgo de suponer un falso positivo. Así, en nuestro estudio, la cirugía de dos adenopatías retroperito-

neales permitió un posterior estudio histológico que demostró una etiología reactiva.

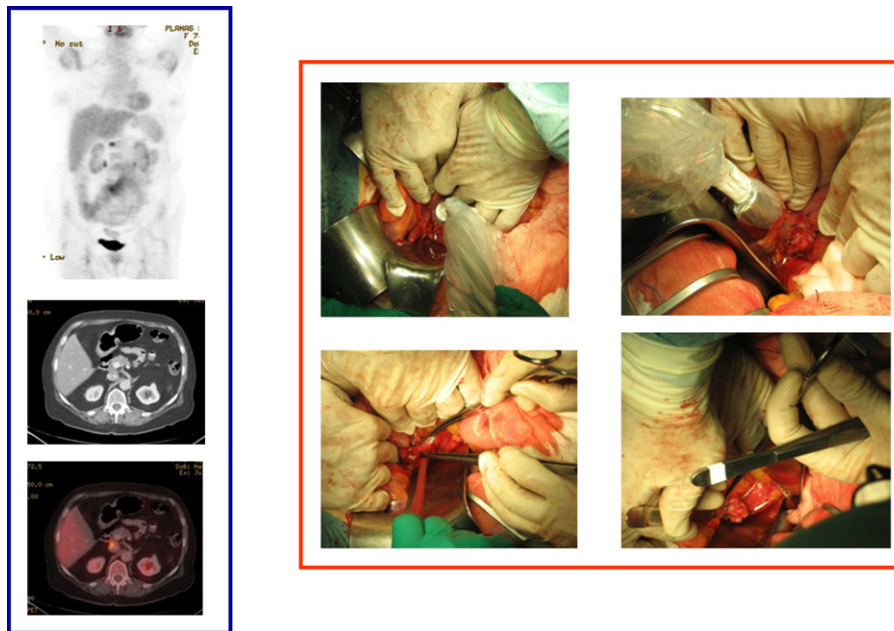
Hemos decidido aplicar dos técnicas de cirugía radiodirigida, dada la experiencia previa de nuestro equipo con las sondas gamma en la biopsia del ganglio centinela y nuestra disponibilidad de acceder a una sonda PET dedicada.

Las sondas gamma han mostrado su utilidad clínica en la biopsia del ganglio centinela lo que ha despertado la posibilidad de su uso para la detección intraquirúrgica de las lesiones tumorales, desarrollándose la técnica ROLL (*Radioguided Occult Lesion Localisation*). La técnica ROLL consiste en la detección ecográfica o eventualmente por TAC, de la lesión oculta y la inyección intralesional del trazador, mediante aguja fina (22/25G), bien tolerada<sup>6</sup>. Se administra un radiofármaco de <sup>99m</sup>Tc, no difusible y biológicamente inerte, en muy pequeña dosis (3,7 MBq de <sup>99m</sup>Tc coloide de albumina), con 0,2 ml de solución salina, sin ningún riesgo para los pacientes. Existe una ventana temporal de 24 horas para la realización del procedimiento quirúrgico. Durante la cirugía el ROLL proporciona información sobre la localización de la lesión, la mejor ruta de acceso y la posibilidad de verificar la ausencia de radiactividad chequeando intraoperativamente los tejidos residuales, con lo que



**Figura 3.** Paciente que acude por elevación de CEA con exploraciones complementarias negativas. El estudio PET/TAC muestra dos adenopatías retroperitoneales izquierdas metabólicamente activas (SUV<sub>máx</sub> 2,9 y 5,3). Ante la imposibilidad de obtener confirmación no invasiva se decide la realización de exéresis quirúrgica radioguiada. Siete días tras la realización del PET diagnóstico se inyectan 10,1 mCi de <sup>18</sup>F-FDG y tres horas después se resecan mediante su localización con la sonda PET las dos adenopatías (ratio lesión/fondo 1,5 y 2,2). Sin embargo, la anatomía patológica es de carácter inflamatorio.





**Figura 4.** Paciente con antecedentes de Ca. papilar de tiroides. Presenta elevación de tiroglobulina con rastreo con radioyodo negativo. El estudio PET/TAC muestra tres depósitos de  $^{18}\text{F}$ -FDG que se corresponden con pequeños ganglios cercanos al cm en la imagen de fusión, situados región laterocervical derecha ( $\text{SUV}_{\text{máx}}$  3,7, 4,2 y 5,7). Mediante estudio ecográfico se puede realizar PAAF de uno de ellos, confirmando su positividad. Ante la imposibilidad de realizar inyección intralesional de las tres lesiones se procede a programar cirugía radiodirigida mediante sonda PET, 12 días tras la realización del PET. Se inyectan 10,3 mCi de  $^{18}\text{F}$ -FDG y 4 horas después se realiza la resección de dos adenopatías (ratio lesión/fondo 2,3 y 2,5) confirmadas por histología, sin poder detectar mediante la sonda PET la tercera lesión.

la oportunidad de resección radical es mayor<sup>9</sup>. Por tanto, el ROLL es un método preciso, fácil de usar, barato, con baja tasa de exposición y rápido, que permite la identificación de la lesión tumoral. Sin embargo, la técnica ROLL tiene desventajas derivadas de la dependencia de la correcta punción y no es posible en casos de múltiples lesiones o si la lesión no es accesible a la punción prequirúrgica<sup>10-12</sup>. El único criterio previo es que todas las lesiones metabólicamente activas sean accesibles a la PAAF por lo que no deben de ser muy numerosas. Nosotros con esta técnica hemos podido realizar la exéresis de todas las lesiones tumorales con una significativa reducción del tiempo quirúrgico. Por ello una de las primeras conclusiones de este estudio es que siempre que sea posible utilizaremos esta técnica ROLL para cirugía de lesiones previamente diagnosticadas por la PET/TAC.

No obstante, existen casos en los que no se puede realizar la ROLL sobre todas las lesiones metabólicamente activas, debido a su número, o bien a su no accesibilidad. En estas dos situaciones se puede aplicar otro protocolo quirúrgico radioguiado por la propia captación de  $^{18}\text{F}$ -FDG, utilizando una sonda para la detección de emisores de positrones durante la cirugía. Es posible utilizar sondas gamma para la detección de un emisor de positrones. Se han descrito múltiples modificaciones de las sondas diseñadas para los isótopos de medicina nuclear convencional, de baja energía, que no han dado resultados suficientemente óptimos dada la alta energía de los fotones derivados de la colisión positrón-electrón<sup>4</sup>. Por otro lado, se han desarrollado varios prototipos de sondas especialmente diseñadas para la detección de la emisión de los trazadores PET<sup>5</sup>.

Nosotros hemos utilizado una sonda PET dedicada, que no requiere blindaje. Esta compuesta de un detector de CsI (TI) central rodeado de 4 detectores similares. Así, mientras que la actividad de la lesión se detecta preferentemente por el cristal central, la actividad de fondo es principalmente detectada por el anillo detector concéntrico. La colimación electrónica localiza la lesión y la actividad de fondo mediante algoritmos especiales (en esencia estimando y substrayendo). Para optimizar los resultados, los detectores se calibran diariamente usando una fuente puntual loca-

lizada a 1 cm del detector central. En el estudio previo realizado con fantasmas hemos podido demostrar como tiene una resolución espacial aceptable. Su principal inconveniente sigue siendo la interferencia del fondo, debiendo tener presente que el mejor método para evitar el fondo es no detectarlo<sup>13</sup>.

La técnica de este procedimiento guiado por  $^{18}\text{F}$ -FDG es más compleja. En primer lugar dado el corto tiempo de vida media de la  $^{18}\text{F}$  (110 min) debe coordinarse de forma estricta el traslado del paciente desde el servicio de Medicina Nuclear, donde se inyecta el trazador, al área quirúrgica. La selección de la dosis inyectada se realiza generalmente de acuerdo al tiempo anticipado entre la inyección y la realización de la medida quirúrgica<sup>14</sup>. La ventana temporal se reduce a las 3-4 horas en el caso de inyección de 370 mBq. El metabolismo de la  $^{18}\text{F}$ -FDG es diferente en los tejidos normales y en los procesos tumorales con mayor atrapamiento en éstos, por lo que la relación tumor/fondo aumenta con el tiempo y eso es una ventaja que aumenta a medida que lo hace el tiempo entre la inyección de  $^{18}\text{F}$ -FDG y la cirugía, con la limitación de tener un suficiente número de cuentas para la detección. Además, el acto quirúrgico difiere del que se hace cuando se usan las sondas gamma. El médico nuclear mueve la sonda en el área que se considera libre de enfermedad para realizar una medida de fondo y después se mueve al área sospechosa de infiltración tumoral, para su medida. Si las cuentas exceden al fondo en un nivel predeterminado se considerará positivo. Se considera que la relación T/F debe ser mayor a 3:1. Esta ecuación teórica varía en la práctica, pues el fondo depende de la región a estudio y de la profundidad de las lesiones<sup>9</sup>. En nuestro trabajo hemos contrastado estas limitaciones de la técnica. Así, no se han podido localizar todas las lesiones metabólicamente activas en la PET, probablemente en relación con las dificultades intraoperatorias y/o por las limitaciones descritas de la sonda. Finalmente, en la aplicación de esta tecnología, se debe tener en cuenta la dosis absorbida por el personal. Esta se encuentra esencialmente influenciada por la distancia al paciente y por la duración de la exposición durante el tiempo quirúrgico. Mientras que la dosis absorbida por el paciente es la resultante de la inyección del trazador y está bien documentada, nuestro estudio preliminar

sobre la dosimetría del equipo quirúrgico en la cirugía radioguiada por PET indica que ésta no es depreciable, por lo que en aquellos centros en los que el número de casos de cirugía radiodirigida por PET se prevea elevado, deberá definirse un protocolo de estrictas normas de radioprotección.

En conclusión, los hallazgos de la PET/TAC con  $^{18}\text{F}$ -FDG determinan la elección del protocolo de cirugía radioguiada a emplear. En lesiones únicas y de fácil acceso a la PAAF, el ROLL es la técnica de elección. La sonda PET se debería aplicar en lesiones no accesibles a la PAAF, a riesgo de posibles falsos positivos, dada la inespecificidad de la  $^{18}\text{F}$ -FDG. Además la cirugía radioguiada por sonda PET es más compleja y requiere de normas de radioprotección más rigurosas. Teniendo en cuenta nuestros resultados los dos métodos son válidos en aquellos pacientes con recidivas tumorales, hipermetabólicas en la PET/TAC y candidatos a cirugía radical.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

### Bibliografía

- Schillaci O. PET probes and oncological surgery: a productive new marriage for nuclear medicine. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2007;34:1530–3.
- Gulec SA, Hoenie E, Hosteter R, Schwartzentruber D. PET probe-guided surgery: applications and clinical protocol. *World J Surg Oncol*. 2007;5:65.
- Hall NC, Povoski SP, Murrey DA, Knopp MV, Martin Jr EW. Combined approach of perioperative  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT imaging and intraoperative  $^{18}\text{F}$ -FDG hand-held gamma probe detection for tumor localization and verification of complete tumor resection in breast cancer. *World J Surg Oncol*. 2007;5:143.
- Piert M, Carey J, Clinthorne N. Probe-guided localization of cancer deposits using  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose. *Q J Nucl Med Mol Imaging*. 2008;52:37–49.
- Sarikaya I, Povoski SP, OH Al-Saif OH, Locak E, Bloomston M, Marsh S, et al. Combined use of preoperative  $^{18}\text{F}$ -FDG PET imaging and intraoperative gamma probe detection for accurate assessment of tumor recurrence in patients with colorectal cancer. *World J Surg Oncol*. 2007;5:80.
- Feggi L, Basaglia E, Corcione S, Querzoli P, Soliani G, Ascanelli S, et al. An original approach in the diagnosis of early breast cancer: use of the same radiopharmaceutical for both non-palpable lesions and sentinel node localisation. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2001;28:1589–96.
- Paredes P, Vidal-Sicart S, Santamaría G, Zanón G, Pons F. Aplicación de la técnica ROLL en un caso de cáncer de mama multifocal bilateral. *Rev Esp Med Nucl*. 2008;27:436–9.
- Cortes M, Pardo R, Soriano A, García Vicente A, Ruiz Díaz M, Poblete VM, et al. Localización radioguiada de lesiones ocultas de mama (ROLL). *Rev Esp Med Nucl*. 2005;24:374–9.
- Barros A, Cardoso MA, Sheng PY, Costa PA, Pelizon C. Radioguided localisation of non-palpable breast lesions and simultaneous sentinel lymph node mapping. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2002;29:1561–5.
- Cicco CD, Tirifiro G, Intra M, Marotta G, Ciprian A, Frasson A, et al. Optimised nuclear medicine method for tumour marking and sentinel node detection in occult primary breast lesions. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2004;31:349–54.
- Audisio RA, Nadeem R, Harris O, Desmond S, Thind R, Chagla LS. Radioguided occult lesion localisation (ROLL) is available in the UK for impalpable breast lesions. *Ann R Col Surg Engl*. 2005;87:92–5.
- Paredes P, Vidal-Sicart S, Zanón G, Roe N, Rubí S, Lafuente S, et al. Radioguided occult lesion localisation in breast cancer using an intraoperative portable gamma camera: first results. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2008;35:230–5.
- Meller B, Sommer K, Gerl J, Von Hof K, Surowiec A, Richter E, et al. High energy probe for detecting lymph node metastases with  $^{18}\text{F}$ -FDG in patients with head and neck cancer. *Nuklearmedizin*. 2006;45:153–9.
- Andersen AP, Chakera AH, Klausen TL, Binderur T, Grossjohann HS, Friss HS, et al. Radiation exposure to surgical staff during  $^{18}\text{F}$ -FDG-guided cancer surgery. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2008;35:624–9.