ARTÍCULO DE REVISIÓN

Uso de la tomografía de emisión de positrones PET con F¹⁸-FDG en la evaluación de lesiones pulmonares sospechosas de neoplasia

M Josefina Jofré M, Teresa Massardo V, Patricio González E, José Canessa G, Paulina Sierralta C, Pamela Humeres A, Rodrigo Galaz B^a, Robert Valdebenito B^a.

Use of positron-emission tomography with F¹⁸-fluorodeoxyglucose for the assessment of lung lesions suspicious of malignancy

Positron-emission tomography (PET) with F¹⁸-fluorodeoxyglucose (FDG) is very helpful in the evaluation and management of lung lesions. It is specially useful for the characterization of solitary nodules, for the staging, evaluation of recurrence and therapeutic response in non-small cell lung cancer, for the evaluation of small cell lung cancer and for the assessment of pulmonary metastases. This article is a literature review on PET with FDG in lung cancer. A preliminary analysis of PET results at the Military Hospital in Santiago, Chile, is also presented (Rev Méd Chile 2005; 133: 583-92).

(Key Words: Lung neoplasms; Positron-emission tomography; 18F Fluorodeoxyglucose)

Recibido el 5 de abril, 2004. Aceptado en versión corregida el 19 de enero, 2005.
Centro PET de Imágenes Moleculares, Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Militar de Santiago, Chile.

^aTecnólogo Médico.

La tomografía de emisión de positrones (PET) es una técnica de imágenes no invasiva que utiliza isótopos emisores de positrones unidos a compuestos metabólicos, agentes de flujo sanguíneo o receptores, entre otros. El principal trazador

utilizado en la clínica corresponde al flúor 18 (F¹⁸) unido a la molécula de fluorodeoxiglucosa (FDG). El F¹⁸-FDG permite estudiar el metabolismo glucídico, el cual se encuentra aumentado en las células tumorales.

El PET FDG ha demostrado gran utilidad en el diagnóstico, estadificación, evaluación de recurrencias y en el tratamiento en un número importante de patologías oncológicas, destacando principalmente cáncer pulmonar, mamario, esofágico, colónico, tiroideo, de cabeza y cuello,

Correspondencia a: Dra. M Josefina Jofré M. Centro PET, Servicio Medicina Nuclear, Hospital Militar de Santiago. Holanda 050, Providencia, Santiago. Fonos: 562-365 3033/3035/3088. Fax: 562-365 3147. E mail: mjojfre@hosmil.cl

melanoma y linfoma. Asimismo, ha significado un cambio en el manejo en un porcentaje importante de pacientes, existiendo, además, una costo-efectividad en su uso beneficiosa para el paciente, debido a que se evitan cirugías y tratamientos innecesarios en pacientes con enfermedad muy avanzada, permitiendo optimizar las terapias de alto costo¹.

En relación a las lesiones pulmonares, existe gran experiencia en el mundo, con un importante número de publicaciones disponibles en la literatura médica²⁻⁴¹. Es útil separarlas en cuatro grandes grupos, tales como: nódulo pulmonar solitario (NPS), cáncer pulmonar de células no pequeñas (CPCNP), cáncer pulmonar de células pequeñas (CPCP) y metástasis pulmonares.

Los objetivos del presente artículo son conocer el rendimiento del PET-FDG en las áreas señaladas y mostrar la experiencia preliminar en pacientes referidos por lesiones pulmonares sospechosas de neoplasia al Centro PET de Imágenes Moleculares del Hospital Militar de Santiago, que cuenta con la primera cámara PET del país.

NÓDULO PULMONAR SOLITARIO (NPS)

El NPS se define radiológicamente como una lesión pulmonar intraparenquimatosa, menor de 3 cm, no asociada a atelectasias o adenopatías. Una de cada 500 radiografías de tórax demuestra un nódulo pulmonar y 90% de ellos corresponde a un hallazgo incidental.

Los diagnósticos diferenciales de NPS incluyen lesiones neoplásicas, infecciosas, inflamatorias, vasculares, traumáticas y congénitas. Si bien la mayoría de los NPS son benignos, 35% puede corresponder a carcinoma primario y 23% a metástasis pulmonar solitaria².

En el estudio de un NPS es importante evaluar la probabilidad de cáncer, que está determinada por antecedentes como: tamaño del nódulo, consumo de tabaco, edad, sexo, síntomas respiratorios, antecedente de otro cáncer, características del nódulo en la tomografía computada (TC), especialmente cuando es espiculado y está localizado en un lóbulo superior.

El cáncer pulmonar tiene una presentación tardía, ya que los síntomas y signos aparecen cuando está avanzado e incluso es irresecable. Por

lo tanto, un diagnóstico adecuado y precoz de la etiología del NPS es esencial para una potencial cura del cáncer.

En pacientes con baja probabilidad de cáncer, se aconseja monitoreo con TC cada 3 meses el primer año y cada 6 meses después. En pacientes con alta probabilidad, se recomienda cirugía considerando el riesgo quirúrgico, la coexistencia de otras enfermedades y la voluntad del paciente. Aquellos pacientes con probabilidad intermedia para malignidad requieren de otros métodos diagnósticos, tales como PET, TC, biopsia transbronquial, fibrobroncoscopia, etc³. Algunos autores sugieren considerar los NPS como malignos hasta no demostrar lo contrario². Para otros, el mayor rol del PET es en pacientes con riesgo bajo o intermedio de malignidad⁴.

El PET FDG en la evaluación de un NPS presenta, en un metaanálisis, una sensibilidad de 96,8% y una especificidad de 77,8%⁵. Los falsos positivos (FP) corresponden a procesos infecciosos, especialmente por enfermedad granulomatosa (histoplasmosis) y los falsos negativos (FN) a lesiones menores de 1 cm, carcinoma bronquioalveolar y carcinoide. Es importante destacar que en más de 14% de los pacientes, existe, además, enfermedad tumoral extratorácica⁵. Otro metaanálisis para NPS con PET considera dos criterios: actividad del nódulo respecto a actividad del mediastino y el índice de captación estandarizada SUV mayor de 2,5, encontrando una sensibilidad de 95% y una especificidad de 80% para malignidad⁶.

La técnica permite caracterizar correctamente los NPS indeterminados en TC, de manera de reducir los procedimientos invasivos para obtener una biopsia del tejido^{7,8}. Si el PET es negativo, se recomienda seguimiento con TC cada 3 meses. Si el PET es positivo, el paciente debe ir a cirugía, evaluando las alternativas cuando existe un alto riesgo quirúrgico.

Comber evaluó la costo-efectividad del PET y TC cuantitativa en el manejo de los NPS, demostrando que el uso de ambas técnicas es más costo-efectiva que una potencial cirugía⁹. Otro estudio analizó la costo-efectividad de varias estrategias para NPS y concluyó que debiera seleccionarse la utilización de PET para aquellos pacientes con discrepancia entre probabilidad pretest de malignidad y hallazgos en TC y en pacientes con

probabilidad intermedia y alto riesgo quirúrgico¹⁰. Gugiatti comparó múltiples estudios en que el ahorro promedio en el diagnóstico de NPS es de aproximadamente 50 euros por paciente¹¹.

En resumen, el PET FDG permite diferenciar los nódulos pulmonares en benignos y malignos, de manera de evitar otros procedimientos invasivos en su caracterización incluyendo eventuales cirugías, lo que logra un ahorro significativo tanto para el paciente como para los sistemas de salud. Asimismo, en presencia de nódulos malignos, permite obtener una etapificación simultáneamente, lo que también orienta a la modalidad de tratamiento más adecuada.

CÁNCER PULMONAR DE CÉLULAS NO PEQUEÑAS

La clasificación de tumores TNM, es la herramienta más importante utilizada por los oncólogos para estimar pronóstico y escoger la mejor modalidad de tratamiento tales como cirugía, radioterapia o quimioterapia.

La estadificación convencional de un CPCNP incluye TC de tórax, útil para la determinación del tamaño tumoral (T) y para evaluar el compromiso ganglionar (N). El criterio para N es aumento de tamaño mayor a 1 cm, sin embargo, 13% de los nódulos menores de 1 cm tienen cáncer. Para compromiso a distancia, se debe agregar evaluación de glándulas suprarrenales, compromiso hepático y cerebro. La resonancia magnética (RM) tiene un rendimiento similar a la TC en la evaluación del mediastino y suprarrenales.

El cintigrama óseo determina el compromiso esquelético osteoblástico. La mediastinoscopia cervical permite evaluar los nódulos subcarinales y paratraqueales. Para estudiar las regiones aortopulmonar y subaórtica, se requiere una mediastinoscopia extendida o una toracoscopia, con los riesgos inherentes a un procedimiento invasivo. La biopsia transbronquial tiene bajo rendimiento en mediastino, presentando morbilidad debida a hemorragias y pneumomediastino¹².

El PET FDG en el CPCNP permite mejorar la estadificación preoperatoria en 61% de los pacientes, resultando en un *upstage* en 41% y en un *downstage* en 20%. El rendimiento en mediastino tiene sensibilidad de 91% y especificidad de 86%, superior a la TC, encontrando enfermedad extratorácica en 11% de los pacientes¹³.

Otro estudio demuestra que el PET es más exacto que la TC o ultrasonido endoscópico para evaluación del mediastino, con alto valor predictivo negativo (VPN) del PET, superior o igual a 90%, para la evaluación de metástasis cerebrales, abdominales u óseas¹⁴. El alto VPN de éste en mediastino para exclusión de N2 y N3 permite evitar la mediastinoscopia. Sin embargo, debido a la posibilidad de FP por enfermedades inflamatorias o granulomatosas, la mediastinoscopia se requiere para confirmar lesiones positivas o hipermetabólicas, siempre que no existan otras lesiones a distancia¹⁵.

En dos metaanálisis para evaluar estadificación con PET, se demuestra que en mediastino, el PET significa un cambio de etapa en 16,7%^{6,16}. Respecto a la diseminación extratorácica en pacientes con cáncer pulmonar conocido, el PET es positivo en 94%, siendo el único método diagnóstico positivo en 48% de los pacientes¹². Asimismo, al comparar el rendimiento del PET y la TC en mediastino, la sensibilidad y especificidad del PET son 85% y 90%, respectivamente, superiores a la TC¹⁶. Recientemente, Rohren encontró sensibilidad de 88% y especificidad de 91% para evaluación de mediastino⁶. Para estudio de metástasis a distancia, el PET tiene alto rendimiento, excepto a nivel cerebral, en que la sensibilidad es menor⁶. Otros estudios revelan que el principal impacto del PET en etapificación es la evaluación extratorácica, con un cambio de etapa en 15% de los pacientes^{17,18}.

Para evaluación de recurrencias en CPCNP, múltiples estudios han demostrado que el PET es muy sensible en la detección de enfermedad residual o recurrencias (97% a 100%), con especificidad entre 61% y 100%, siendo más sensible que la TC. Se recomienda esperar al menos 3 meses para control post-radioterapia (RT) para evitar FP por neumonitis postradiación o necrosis intratumoral¹².

En relación a evaluación de terapia en CPCNP, la exactitud del PET en la evaluación del mediastino post-quimioterapia (QT) es excelente, superior a la TC, con mejor tasa de supervivencia si el estudio es negativo¹⁹. El tiempo recomendado para el estudio es de 1-2 semanas desde el inicio de la QT. Los pacientes cuyas lesiones pulmonares presentan mayor captación de FDG previo a la RT tendrán una mejor respuesta al tratamiento.

El PET FDG permite una mejor planificación de la RT, con el objeto de tener mayor cobertura del tumor y menor irradiación de tejidos sanos. Junto a la TC, permiten determinar mejor el volumen a irradiar según tamaño del tumor con una disminución significativa de volumen del pulmón irradiado, especialmente en pacientes con atelectasia asociada a tumor en la TC²⁰. Se recomienda la integración de los datos del PET en la planificación del tratamiento de radioterapia, particularmente con las técnicas tridimensionales^{21,22}, demostrándose cambios en la etapa en 33% de los pacientes y en los volúmenes de radiación en 25% de los casos²³.

Asimismo, el PET FDG realizado precozmente post-tratamiento, es mejor predictor de sobrevida que la respuesta observada con TC, la estadificación inicial o el estadio del paciente pretratamiento²⁴. El tamaño del tumor en TC y el índice de captación SUV en PET son los mejores predictores de sobrevida después de la resección pulmonar²⁵.

El impacto del PET FDG en el manejo del cáncer pulmonar, fue estudiado a través de una encuesta a los médicos referentes de pacientes con cáncer pulmonar sospechado o conocido, produciendo un cambio en la estadificación de 44% de los pacientes (29% *upstage* y 15% *downstage*). Además, logró un cambio en 39% de los pacientes en el manejo intermodalidad (de cirugía a tratamiento médico, de cirugía a RT, médico a tratamiento paliativo, etc) y de 15% en el manejo intramodalidad (por ejemplo: alteración del enfoque médico, quirúrgico o RT)²⁶. Otro estudio evaluó el impacto clínico del PET, encontrando un cambio del manejo en 67% de los casos, evitándose, en general, tratamientos innecesarios o el manejo fue más dirigido²⁷.

La costo-efectividad del PET en la estadificación del CPCNP fue demostrada por dos estudios, incorporándolo a los estudios convencionales, ya que evita la cirugía en uno de cinco pacientes^{28,29}.

En resumen, el rol del PET en cáncer pulmonar ha sido ampliamente demostrado en etapificación, evaluación de recurrencias y de respuesta a tratamiento, planificación de radioterapia y cambio de manejo³⁰, significando también un ahorro al evitar tratamientos agresivos en casos avanzados.

CÁNCER PULMONAR DE CÉLULAS PEQUEÑAS

El CPCP representa, aproximadamente, 20% de las neoplasias pulmonares y es un tumor de crecimiento muy rápido, por lo que frecuentemente los pacientes se presentan con enfermedad muy avanzada y tumor irresecable. Al momento del diagnóstico, 30-40% de los pacientes presenta enfermedad limitada, definida como confinada a un hemitórax, mediastino y nódulos linfáticos regionales, los que pueden ser irradiados con un solo campo. La enfermedad diseminada significa extensión fuera del tórax o con presencia de derrame pleural maligno. Sin tratamiento, los pacientes tienen sobrevida promedio de aproximadamente 6 semanas; con tratamiento, los con enfermedad limitada sobreviven entre 12-14 meses y los con enfermedad diseminada viven de 8-10 meses. El tratamiento incluye habitualmente QT, RT o ambas y, rara vez, cirugía.

El PET FDG permite una correcta estadificación de pacientes con CPCP, identificando precozmente enfermedad limitada versus enfermedad diseminada³¹⁻³⁴. Algunos autores sugieren que la estadificación del CPCP con PET es equivalente a la de los procedimientos convencionales^{35,36}.

Por otra parte, ayuda a determinar la modalidad de tratamiento más adecuada en etapas precoces, cuando la cirugía es todavía una opción y permite evaluar el tratamiento. Un estudio negativo ayuda a descartar enfermedad residual³⁷. Asimismo, otorga información pronóstica en pacientes tratados, ya que un estudio positivo se asocia de manera significativa a una pobre sobrevida³⁸.

Algunos estudios demuestran que el PET en CPCP tiene gran impacto, influyendo tanto en el estadio como en el manejo en 29% de ellos, siendo, además, de gran utilidad para la planificación de la RT^{39,40}.

METÁSTASIS PULMONARES

Las metástasis pulmonares solitarias pueden ser tratadas quirúrgicamente con baja morbilidad. Sin embargo, sólo 30% de los pacientes con lesiones resecables puede ser curado con cirugía, por lo que se requiere una óptima selección. La principal razón para la exclusión de cirugía es la presencia de enfermedad extratorácica.

El PET FDG preoperatorio en pacientes con metástasis pulmonares puede modificar la conducta al detectar metástasis ocultas en otros órganos, el sitio primario de recurrencia, o compromiso linfático en hilios o mediastino. Asimismo, puede excluir metástasis a distancia frente a imágenes anatómicas no concluyentes.

En un estudio de 86 pacientes con sospecha de metástasis pulmonares, 21% fue excluido de la cirugía basados en el PET por metástasis extrapulmonares, recurrencia del sitio primario, adenopatías mediastínicas y por enfermedad benigna. En el grupo que se efectuó la resección de las metástasis, la sensibilidad del PET fue de 87%⁴¹.

EXPERIENCIA PRELIMINAR CHILENA

De los pacientes derivados al Centro PET por indicaciones oncológicas, 24% (78 pacientes) fue referido para evaluación de lesiones pulmonares: 39 de ellos fue referido por nódulos o masas pulmonares; 35 por cáncer pulmonar conocido y 4 por sospecha de metástasis pulmonares (de cáncer gástrico, de mama, melanoma y primario desconocido).

De este grupo de pacientes, 40 eran mujeres (51%), con edad promedio de 62±1 años (rango 29-88 años). Sólo 13% era portador de diabetes mellitus, los que continuaron con su manejo habitual.

La preparación del paciente para el estudio consistió en ayuno mínimo de 6 h. Se realizó chequeo de la glicemia previo a la inyección del radiofármaco, obteniendo valores de 98±17 mg/dl (rango 62-161 mg/dl). Luego de la inyección del F¹⁸-FDG, el paciente permaneció en reposo durante una hora. Posteriormente, se efectuaron imágenes del cuerpo entero, con equipo PET dedicado Siemens (de 4 mm resolución), incluyendo desde la cabeza hasta bajo la pelvis. Las dosis inyectadas fueron en promedio: 477±107 MBq (13±3 mCi). El procesamiento y reconstrucción de las imágenes se efectuó con programas de *softwares* convencionales, obteniendo cortes transaxiales, coronales y sagitales de todo el cuerpo, así como imágenes tridimensionales evaluadas en modo cine.

Los sitios de distribución normal del FDG son, con mayor intensidad: cerebro, corazón, riñones y vejiga; con menor actividad: pulmones, hígado, bazo, esqueleto (Figura 1). La única contraindicación relativa es el embarazo. Asimismo, la dosis de radiación a la que el paciente es sometido es muy baja, incluso menor a la de una TC, siendo el órgano más irradiado la vejiga.

De los pacientes estudiados, se contó con histología en 47 casos. En 35 pacientes con cáncer pulmonar conocido, con sospecha de recidiva o para reestadificación, cuyos PET fueron positivos (80%), se realizaron nuevos tratamientos sin requerir nueva histología en la mayoría de los casos. En 4 casos que fueron sometidos a cirugía, se confirmó el resultado del PET.

FIGURA 1. Distribución normal del F¹⁸-FDG, cortes coronales. Se aprecia mayor concentración de la actividad en cerebro, corazón y vejiga. También se visualizan hígado, bazo, riñones.

FIGURA 2. Mujer de 66 años. TC de tórax revela un NP espiculado de 2 cm en vértice pulmonar izquierdo y opacidades nodulillares confluentes en vértice derecho, sugyente estas últimas de alteraciones residuales. PET FDG de cuerpo entero demuestra intenso hipermetabolismo en NP izquierdo compatible con actividad tumoral maligna; sin evidencias de diseminación a distancia. La paciente fue sometida a cirugía confirmandose un adenocarcinoma pulmonar.

FIGURA 3. Mujer de 79 años con una masa pulmonar derecha, cuya biopsia por FBC revela adenocarcinoma. PET FDG de etapificación: múltiples áreas de intenso hipermetabolismo en ambos pulmones, hilios pulmonares, mediastino derecho, suprarrenal izquierda, lóbulo hepático derecho, subhepático izquierdo, cervical alto izquierdo y a nivel de T7, compatible con tumor primario pulmonar y extenso compromiso a distancia.

FIGURA 4A

FIGURA 4B

FIGURA 4A Y 4B. Hombre de 64 años, fumador, que presenta una masa pulmonar cuya biopsia por punción reveló carcinoma epidermoide pobremente diferenciado. a) PET FDG de etapificación: masa de intenso hipermetabolismo en pulmón izquierdo compatible con tumor primario maligno, con diseminación en pulmón contralateral. b) PET de control post quimioterapia a los 4 meses: marcada regresión de actividad y tamaño de la masa pulmonar izquierda, con desaparición de lesiones pulmonares derechas, compatible con respuesta significativa al tratamiento.

Sólo 4 pacientes fueron referidos por sospecha de metástasis pulmonares, los que tenían PET negativo a nivel pulmonar. Un paciente con nódulos pulmonares de hasta 8 mm no demostró captación anormal. Sin embargo, la histología de estas lesiones fue positiva (FN).

De los 39 pacientes referidos por NPS o masa pulmonar, en los que presentaron PET negativo

(48,7%), la conducta ha sido el seguimiento con TC. En los que el PET fue positivo (n=20), se contó con histología en 16 pacientes. El resultado histológico confirmó el resultado del PET en 88%. Los resultados individuales obtenidos en este grupo de pacientes pueden ser analizados en la Tabla 1. Se encontraron dos FP: una paciente con una masa pulmonar con alta captación heterogé-

Tabla 1. Resultados de estudios PET en pacientes referidos por nódulos o masas pulmonares

	Sexo	Edad	DG	Tamaño (cm)	PET pulmón	PET extrapulm	Histología	Resultado	Conducta
1	F	56	NP	2	pos	pos	adenoca	VP	Cx-QT
2	M	58	NP	xx	pos	neg	ca	VP	Cx
3	F	73	NP	xx	pos	neg	VTC: Bp no concluyente		seg
4	F	66	NP	2	pos	neg		VP	Cx
5	F	74	NP	3	pos	neg	adenoca	VP	Cx
6	F	38	NP	0,8	pos	pos	N/E		seg
7	F	59	NP	0,6	pos	neg	N/E		seg
8	F	70	masa	7x5	pos	neg	ca escamoso	VP	Cx-QT
9	F	79	masa	4,2	pos	pos	adenoca	VP	Cx-QT
10	M	81	masa	5	pos	pos	adenoca	VP	Cx-QT
11	F	58	masa	8x6	pos	neg	ca indiferenciado	VP	QT
12	F	78	masa	4	pos	neg	schwanoma abs	FP	Cx
13	M	59	masa	xx	pos	neg	ca	VP	Cx-QT
14	M	65	masa	4,7	pos	pos	adenoca	VP	Cx-QT
15	F	72	masa	6,7	pos	pos	hamartoma	FP	Cx
16	F	74	masa	4	pos	pos	ca escamoso	VP	QT
17	M	75	masa	7	pos	pos	ca	VP	QT
18	F	40	masa	xx	pos	neg	adenoca indif	VP	VTC-QT
19	M	71	masa	3,5	pos	neg	adenoca	VP	Cx
20	M	66	NP	xx	neg	neg	N/E		seg
21	F	53	NP	1,1	neg	neg	N/E		seg
22	F	64	NP	0,6	neg	neg	N/E		seg
23	M	79	NP	1	neg	neg	N/E		seg
24	F	46	NP	1,6	neg	neg	N/E		seg
25	F	72	NP	2	neg	neg	N/E		seg
26	F	48	NP	0,7	neg	pos	N/E		Cx extrapulm
27	M	62	NP	0,9	neg	neg	N/E		seg
28	F	71	masa	4	neg	neg	N/E		seg
29	F	50	NP	1	neg	neg	N/E		seg
30	M	29	NP	2,4	neg	neg	N/E		seg
31	F	80	NP	0,6	neg	neg	N/E		seg
32	M	40	NP	1	neg	neg	N/E		seg
33	M	72	NP	2	neg	neg	N/E		seg
34	M	48	NP	0,8	neg	pos	N/E		seg
35	M	46	NP	2	neg	neg	N/E		seg
36	M	63	NP	0,9	neg	neg	N/E		seg
37	F	88	NP	0,7	neg	neg	N/E		seg
38	M	70	NP	1,4	neg	neg	N/E		seg
39	M	58	NP	0,6	neg	neg	N/E		seg

NP: nódulo pulmonar; pos: estudio positivo; neg: estudio negativo; VP: verdadero positivo; FP: falso positivo; seg: seguimiento; Cx: cirugía; QT: quimioterapia; RT: radioterapia; VTC: videotoroscopia; N/E: no efectuada; ca: carcinoma; abs: absceso.

nea del FDG, en la que la cirugía reveló schwannoma abscedado y centro necrótico y otra paciente con una masa de 6 cm, con captación moderada del trazador, en quien la histología reveló hamartoma.

Con una casuística actual de más de 800 pacientes, la principal indicación del PET FDG corresponde a lesiones pulmonares sospechosas de neoplasia o cáncer pulmonar conocido. Nuestra experiencia ha sido muy satisfactoria, sin verse afectada por la patología pulmonar prevalente de nuestro medio, como tuberculosis. El rendimiento obtenido en nuestro grupo es similar al reportado en la literatura, tanto para la caracterización de nódulos o masas pulmonares, como en aquellos con cáncer pulmonar conocido que fueron derivados para etapificación, reetapificación y evaluación de terapia, con resultados comparables o superiores a las otras técnicas de imágenes.

En el grupo de nódulos o masas pulmonares, el costo-beneficio del estudio está dado principalmente en las lesiones hipometabólicas, ya que se evitaron cirugías innecesarias, realizando seguimiento estrecho con TC. Asimismo, en pacientes en los que se encontró diseminación extensa al momento de la etapificación, se modificó el

enfoque terapéutico, accediendo a esquemas más agresivos de quimio y radioterapia y evitando en algunos casos la cirugía, de especial importancia en pacientes portadores de alteraciones funcionales respiratorias basales en los que el riesgo quirúrgico es aún mayor.

El valor del examen en nuestro centro es aproximadamente a \$500.000 pesos, que corresponde a uno de los precios más bajos del mundo para estudios PET de alta resolución, ya que tanto el Hospital Militar de Santiago como la Comisión Chilena de Energía Nuclear lo subvencionan parcialmente.

CONCLUSIÓN

Con la revisión de la literatura y nuestros resultados iniciales⁴²⁻⁴⁷, presentamos al PET FDG como una técnica no invasiva, disponible en el país, de gran utilidad en la evaluación y manejo de nódulos pulmonares y pacientes portadores de cáncer pulmonar. La adecuada selección de los pacientes en quienes existe mayor rendimiento de la técnica debiera efectuarse en forma multidisciplinaria para obtener el máximo costo-beneficio y disminuir el riesgo quirúrgico en casos avanzados.

REFERENCIAS

1. ROHREN EM, TURKINGTON TG, COLEMAN RE. Clinical applications of PET in oncology. *Radiology* 2004; 231: 305-32.
2. TAN BB, FLAHERTY KR, KAZEROONI EA, IANETTONI MD. The solitary pulmonary nodule. *Chest* 2003; 123: p89S-96S.
3. OST D, FEIN AM, FEINSILVER SH. Clinical Practice: The solitary pulmonary nodule. *N Engl J Med* 2003; 348: 2535-42.
4. DETTERBECK FC, FALEN S, RIVERA MP, HALLE JS, SOCINSKI MA. Seeking a home for a PET, part 1: defining the appropriate place for positron emission tomography imaging in the diagnosis of pulmonary nodules or masses. *Chest* 2004; 125: 2294-9.
5. GOULD MK, MACLEAN CC, KUSCHNER WG, RYDZAK CE, OWENS DK. Accuracy of positron emission tomography for diagnosis of pulmonary nodules and mass lesions. *JAMA* 2001; 285: 914-24.
6. ROHREN EM, LOWE VJ. Update in Pet imaging of nonsmall cell lung cancer. *Semin Nucl Med* 2004; 34: 134-55.
7. LOWE VJ, FLETCHER JW, GOBAR L, LAWSON M, KIRCHNER P, VALK P ET AL. Prospective investigation of positron emission tomography in lung nodules. *J Clin Oncol* 1998; 16: 1075-84.
8. RUIZ-HERNÁNDEZ G, DE JUAN R, SAMANES A, VERA H, PENAS JM, VERES A ET AL. Positron emission tomography using 18-FDG-PET in radiologically indeterminate pulmonary lesions. *An Med Interna* 2004; 21: 12-6.
9. COMBER LA, KEITH CJ, GRIFFITHS M, MILES KA. Solitary pulmonary nodules: impact of quantitative contrast-enhanced CT on the cost-effectiveness of FDG-PET. *Clinical Radiology* 2003; 58: 706-11.

10. GOULD MK, SANDERS GD, BARNETT PG, RYDZAK CE, MACLEAN CC, MCCLELLAN MB ET AL. Cost-effectiveness of alternative management strategies for patients with solitary pulmonary nodules. *Ann Intern Med* 2003; 138: 724-35.
11. GUGLIATTI A, GRIMALDI A, ROSSETTI C, LUCIGNANI G, DE MARCHIS D, BORGONOV E ET AL. Economic analyses on the use of positron emission tomography for the work-up of solitary pulmonary nodules and for staging patients with non-small-cell-lung-cancer in Italy. *Q J Nucl Med* 2004; 48: 49-61.
12. HO SHON I, O'DOHERTY MJ, MAISEY MN. Positron emission tomography in lung cancer. *Sem Nucl Med* 2002; 32: 240-71.
13. PIETERMAN RM, VAN PUTTEN JW, MEUZELAAR JJ, MOOYAART EL, VAALBURG V, KOETER GH ET AL. Preoperative staging of non-small-cell lung cancer with positron emission tomography. *N Engl J Med* 2000; 343: 254-61.
14. TOLOZA EM, HARPOLE L, MCCRORY DC. Noninvasive staging of non-small cell lung cancer: a review of the current evidence. *Chest* 2003; 123 (1 suppl): 137S-146S.
15. VANSTEENSKISTE JF. Pet scan in the staging of non-small cell lung cancer. *Lung cancer* 2003; 42: S27-S37.
16. GOULD MK, KUSCHNER WG, RYDZAK CE, MACLEAN CC, DEMAS AN, SHIGEMITSU H ET AL. Test performance of positron emission tomography and computed tomography for mediastinal staging in patients with non small cell lung cancer. A meta-analysis. *Ann Intern Med* 2003; 139: 879-92.
17. DETTERBECK FC, FALEN S, RIVERA MP, HALLE JS, SOCINSKI MA. Seeking a home for a PET, part 2: defining the appropriate place for positron emission tomography imaging in the staging of patients with suspected lung cancer. *Chest* 2004; 125: 2300-8.
18. VERHAGEN AF, BOOTSMA GP, TJAN-HEIJNEN VC, VAN DER WILT GJ, COX AL, BROUWER MH ET AL. FDG-PET in staging lung cancer: how does it change the algorithm? *Lung Cancer* 2004; 44: 175-81.
19. VANSTEENSKISTE JF, STROOBANTS SG, DE LEYN PR, DUPONT PJ, VERBEKEN EK. Potential use of FDG-PET scan after induction chemotherapy in surgically staged IIIa-N2 non-small-cell lung cancer: a prospective study. The Leuven lung cancer group. *Ann Oncol* 1998; 9: 1193-8.
20. VANUYTSEL LJ, VANSTEENSKISTE JF, STROOBANTS SG, DE LEYN PR, DE WEVER W, VERBEKEN EK ET AL. The impact of (18)F-fluoro-2-deoxy-D-glucose positron emission tomography (FDG-PET) lymph node staging on the radiation treatment volumes in patients with non-small cell lung cancer. *Radiother Oncol* 2000; 55: 317-24.
21. MAH K, CALDWELL C, UNG YC, DANJOUX CE, BALOGH JM, GANGULI SN ET AL. The impact of 18-FDG-PET on target and critical organs in CT-based treatment planning of patients with poorly defined non-small-cell lung carcinoma: a prospective study. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 2002; 52: 339-50.
22. BRADLEY J, THORSTAD WL, MUTIC S, MILLER TR, DEHDASHTI F, SIEGEL BA ET AL. Impact of the FDG-PET on radiation therapy volume delineation in non-small-cell lung cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004; 59: 78-86.
23. HICKS RJ, KALFF V, MACMANUS MP, WARE RE, HOGG A, MCKENZIE AF ET AL. 18F-FDG PET provides high-impact and powerful prognostic stratification in staging newly diagnosed non-small cell lung cancer. *J Nucl Med* 2001; 42: 1596-604.
24. MACMANUS MP, HICKS RJ, MATTHEWS JP, MCKENZIE A, RISCHIN D, SALMINEN EK ET AL. Positron emission tomography is superior to computed tomography scanning for response assessment after radical radiotherapy or chemotherapy in patients with non-small-cell lung cancer. *J Clin Oncol* 2003; 21: 1285-92.
25. DOWNEY RJ, AKHURST T, GONEN M, VINCENT A, BAINS MS, LARSON S ET AL. Preoperative F-18 fluoro-deoxyglucose-positron emission tomography maximal standardized uptake value predicts survival after lung cancer resection. *J Clin Oncol* 2004; 22: 3255-60.
26. SELTZER MA, YAP CS, SILVERMAN DH, META J, SCHIEPERS C, PHELPS M ET AL. The impact of PET on the management of lung cancer: the referring physician's perspective. *J Nucl Med* 2002; 43: 752-6.
27. KALFF V, HICKS R, MACMANUS M, BINNS D, MCKENZIE A, WARE R ET AL. Clinical impact of 18F-Fluoro-deoxyglucose positron emission tomography in patients with non-small-cell lung cancer: a prospective study. *J Clin Oncol* 2001; 19: 111-8.
28. VERBOOM P, VAN TINTEREN H, HOESKSTRA OS, SMIT EF, VAN DER BERGH JH, SCHREURS AJ ET AL. Cost-effectiveness of FDG-PET in staging non-small cell lung cancer: the PLUS study. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2003; 30: 1444-9.

29. KELLY RF, TRAN T, HOLMSTROM A, MURAR J, SEGUROLA RJ Jr. Accuracy and cost-effectiveness of 18F-2-fluoro-deoxy-D-glucose-positron emission tomography scan in potentially respectable non-small-cell lung cancer. *Chest* 2004; 125: 1413-23.
30. OYEN WJ, BUSSNIK J, VERHAGEN AF, CORSTENS FH, BOOTSMA GP. Role of FDG-PET in the diagnosis and management of lung cancer. *Expert Rev Anticancer Ther* 2004; 4: 561-7.
31. SHEN YY, SHIAU YC, WANG JJ, HO ST, KAO CH. Whole-body 18F-2-deoxyglucose positron emission tomography in primary staging small cell lung cancer. *Anticancer Res* 2002; 22: 1257-64.
32. CHIN RJ, MCCAIN TW, MILLER AA, DUNAGAN DP, ACOSTAMADIEDO J, CASE LD ET AL. Whole body FDG-PET for the evaluation and staging of small cell lung cancer: a preliminary study. *Lung Cancer* 2002; 37: 1-6.
33. SCHUMACHER T, BRINK I, MIX M, REINHARDT M, HERGET G, DIGEL W ET AL. FDG-PET imaging for the staging and follow-up of small cell lung cancer. *Eur J Nucl Med* 2001; 28: 483-8.
34. BRINK I, SCHUMACHER T, MIX M, RUHLAND S, STOELBEN E, DIGEL W ET AL. Impact of 18F-FDG-Pet on the primary staging of small-cell lung cancer. *Eur J Nucl Mol Imaging*, publicado en línea, Julio 2004.
35. HAUBER HP, BAHUSLAVIZKI KH, LUND CH, FRISTCHER-RAVENS A, MEYER A, PFORTE A. Positron emission tomography in the staging of small cell lung cancer: a preliminary study. *Chest* 2001; 119: 950-4.
36. BRADLEY JD, DEDASHTI F, MINTUN MA, GOVIDAN R, TRINKAUS F, SIEGEL BA. Positron emission tomography in limited-stage small-cell lung cancer: a prospective study. *J Clin Oncol* 2004; 22: 3248-54.
37. ZHAO DS, VALDIVIA AY, LI Y, BLAUFox MD. 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in small-cell lung cancer. *Semin Nucl Med* 2002; 32: 272-5.
38. PANDIT N, GONEN M, KRUG L, LARSON SM. Prognostic value of 18F-FDG PET imaging in small cell lung cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2003; 30: 78-84.
39. KAMEL EM, ZWAHLEN D, WYSS M, STUMPE KD, VON SCHULTHESS GK, STEINERT HC. Whole-body 18-F-FDG PET improves the management of patients with small cell lung cancer. *J Nucl Med* 2003; 44: 1911-7.
40. BLUM R, MACMANUS MP, RISCIN D, MICHAEL M, BALL D, HICKS RJ. Impact of positron emission tomography on the management of patients with small-cell lung cancer: preliminary experience. *Am J Clin Oncol* 2004; 27: 164-71.
41. PASTORINO U, VERONESI G, LANDONI C, LEÓN M, PICCHIO M, SOLLI PG ET AL. Fluorodeoxyglucose positron emission tomography improves preoperative staging of resectable lung metastasis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 126: 1906-10.
42. GONZÁLEZ P, MASSARDO T, CANESSA J, HUMERES P, JOFRÉ MJ. Aplicaciones clínicas de la tomografía de emisión de positrones PET. *Rev Méd Chile* 2002; 130: 569-79.
43. GONZÁLEZ P, JOFRÉ J, MASSARDO T, HUMERES P, CANESSA J, SIERRALTA P. Uso de la tomografía de positrones en cáncer colorrectal. *Rev Chil Radiol* 2002; 8: 72-6.
44. SIERRALTA P, JOFRÉ MJ, GONZÁLEZ P, MASSARDO T, HUMERES P, CANESSA J. PET, tomografía por emisión de positrones: Presentación de un caso clínico. *Rev Chil Radiol* 2003; 9: 33-5.
45. MASSARDO T, CANESSA J, JOFRÉ MJ, HUMERES P, GONZÁLEZ P, SIERRALTA P. Utilidad de la tomografía de emisión de positrones (PET) con fluorodeoxiglucosa (FDG) en patología oncológica. *Rev Chil Cancerología y Hematología* 2003; 13: 9-28.
46. CANESSA J, LARACH J, MASSARDO T, PARRA J, JOFRÉ J, GONZÁLEZ P ET AL. Utilidad del estudio de imágenes PET con Flúor¹⁸-Desoxiglucosa (F¹⁸FDG) en la evaluación de elevación de marcador tumoral CA 19-9 en una paciente con cistoadenocarcinoma mucinoso de páncreas. *Rev Méd Chile* 2004; 132: 347-52.
47. MASSARDO T, JOFRÉ MJ, CANESSA J, GONZÁLEZ P, HUMERES P, SIERRALTA P ET AL. Experience with PET FDG; preliminary analysis. *World J Nucl Med* 2004; 3: S124.