SBRT de pulmón, ¿es preferible una técnica conformada o una modulada (IMRT o VMAT)?

Josep Puxeu Vaqué
Radiofísico

Víctor González Pérez
Radiofísico
Fundación Instituto Valenciano de Oncología
(Valencia)

Manuel Llorente Manso
Radiofísico
Centro Oncológico MD Anderson
(Madrid)

Este debate ha sido moderado por Josep Puxeu y han participado Víctor González, defendiendo la postura a favor de utilizar la técnica conformada, y Manuel Llorente, que argumenta a favor de las técnicas moduladas.

Josep Puxeu Vaqué es licenciado en Física por la Universitat de Barcelona, cursó la especialidad de radiofísica hospitalaria en el Hospital Universitari de Bellvitge-Institut Català d'Oncologia (ICO). Ha trabajado en radiocirugía extracraneal de pulmón conformada desde 2008. En 2013 participó como responsable en el establecimiento de esta técnica en el Western General Hospital de Edimburgo, diseñando un procedimiento de baja modulación con arcos coplanares que fue premiado como mejor presentación en el 2nd Annual UPMC Beacon Hospital and UPMC International SRS and SBRT Symposium celebrado en Dublín.

Víctor González Pérez es Licenciado en Física por la Universidad de Valencia. Especialista en Radiofísica Hospitalaria desde 2004, hizo la residencia en el Hospital Universitario La Fe. Tiene seis años de experiencia como adjunto en el Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica en la Fundación Instituto Valenciano de Oncología y desarrolla su actividad asistencial principalmente en la dosimetría física y clínica en radioterapia.

Manuel Llorente Manso es licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid. Obtuvo el título de especialista en Radiofísica Hospitalaria en 2001 en el Hospital Clínico de Valladolid. En la actualidad es jefe del Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica del Centro Oncológico MD Anderson de Madrid. En 2002 puso en marcha en dicho centro el programa de radiocirugía extracraneal para lesiones pulmonares y hepáticas.

Motivación de la controversia

La radiocirugía extracraneal (SBRT) puede ser considerada como la mejor opción terapéutica para pacientes con cáncer de pulmón en estadios iniciales que son inoperables o que rechazan la cirugía.[1-4] Los fraccionamientos típicos en SBRT de pulmón consisten en la administración de una alta dosis absorbida al tumor en un número de fracciones variable entre 3 y 8 administradas en 2 ó 3 semanas. Se han observado mejoras significativas en el

* Pueden enviarse sugerencias sobre temas a debatir a la coordinadora de la sección: Margarita Chevalier
Email: chevalier@med.ucm.es

control local comparado con los resultados obtenidos con fraccionamientos convencionales de entre 55 y 66 Gy en 20-33 fracciones administrados entre 4 y 7 semanas.[5,6]

La radioterapia en pulmón conlleva la consideración del movimiento periódico del volumen asociado a la respiración del paciente. La forma más común para estudiarlo es la realización de un escáner en diferentes fases del ciclo respiratorio y evaluar si el paciente será tratado sólo en alguna de estas fases (*gating*), si el haz se adaptará a la proyección del volumen en cada fase del ciclo respiratorio (*tracking*), o si se definirá un volumen de tratamiento que incluya la posición del tumor en cualquier fase del ciclo respiratorio.

El movimiento del volumen de tratamiento afecta a la distribución de la dosis absorbida durante la irradiación. Si esta se realiza con haces o arcos conformados, la distribución de dosis en los límites del volumen en la dirección del movimiento diferirá de la planificada originalmente debido a que parte del volumen queda fuera del límite de campo durante la irradiación. En un tratamiento modulado, las diferencias en la distribución causadas por el movimiento podrán presentarse en cualquier punto como consecuencia de la no homogeneidad de la fluencia del haz o arco. El efecto combinado entre la modulación de la intensidad y el movimiento del tumor se conoce por su nombre en inglés como *Interplay effect*. En el caso de tratamientos de pulmón existen técnicas para limitar o disminuir el movimiento del tumor como son los compresores abdominales que favorecen la disminución del *interplay effect*. La alta dosis administrada por fracción y el mayor gradiente que se quiere conseguir en la distribución explican por qué en muchos casos se utilizan haces o arcos no coplanares. Las ventajas del uso de este tipo de haces se ven, sin embargo, comprometidas por aspectos tales como el incremento considerable del tiempo de tratamiento y las posibles colisiones que pueden originarse entre el brazo del acelerador y el paciente o la mesa de tratamiento.

El uso de intensidad modulada para tratamientos de SBRT de pulmón es un tema no exento de discusión. Los principales argumentos a favor de dicha técnica son una mejor conformación del volumen y el favorecer el uso de haces coplanares. Por otra parte, una de las mayores críticas a su uso es el *interplay effect*.

En la controversia, los autores muestran argumentos a favor y en contra del uso de haces o arcos modulados para el tratamiento de SBRT de pulmón.

A favor de la técnica conformada convencional

Víctor González Pérez

Fundación Instituto Valenciano de Oncología

En los últimos años, se ha ido consolidando la técnica de irradiación de arcoterapia volumétrica (VMAT) en radioterapia. Posee numerosas ventajas sobre la técnica convencional ya que, en general, permite una mayor conformación de la dosis sobre el tumor y reduce la dosis que reciben los órganos de riesgo. Sin embargo, su utilidad para el caso de la radioterapia esterotáxica (SBRT) de pulmón es todavía objeto de debate. Su posible superioridad frente a una técnica convencional se ve comprometida por todas las incertidumbres asociadas a este proceso, como son las relacionadas con la dosis de prescripción o con la determinación del volumen a irradiar (que para dispositivos sin sistemas de *gating* o *tracking* consistirá en el volumen ocupado por la lesión a lo largo de todo su desplazamiento o, como se denomina habitualmente, ITV, acrónimo de *Internal Target Volume*).

Actualmente se emplean numerosos fraccionamientos para la SBRT de pulmón en la práctica clínica, independientemente de la técnica escogida para llevarla a cabo. Algunas publicaciones afirman que la dosis impartida en los regímenes habituales puede ser excesiva,[7] mientras que otras relacionan dosis más altas con mejores resultados.[8] Es posible que esta ambigüedad se deba a que esas dosis más elevadas compensen aquellos tratamientos en los que el tumor se mueva más allá de los márgenes definidos en el ITV.

Precisar el ITV de una lesión pulmonar es complicado.[9] La técnica de fusionar tres tomografías computarizadas (TC) de las diferentes fases respiratorias consiste en la combinación de los GTV (*Gross Tumor Volume*) de un estado basal con los de una inspiración y una espiración profunda, en donde el tumor se situará más allá de lo que haría en un ciclo respiratorio normal. Por otra parte, diversas publicaciones sobre el TC 4D (4DTC) han advertido que estas imágenes pueden subestimar el movimiento de la lesión y que el ciclo respiratorio patrón que se toma para la planificación podría no ser representativo del ciclo global a lo largo de toda la sesión radioterápica.[10,11] Estas incertidumbres en la determinación del ITV reducen las ventajas dosimétricas de modular el tratamiento, como son los mayores gradientes obtenidos. En consecuencia, una técnica modulada mediante VMAT no ofrecerá mejores resultados clínicos que los de la radioterapia conformada 3D convencional. En este sentido, la dosis más homogénea en el volumen blanco de planificación (PTV) propia de la técnica de VMAT no representa una

mejora significativa. Durante el ciclo respiratorio, el tiempo que pasa la lesión en los extremos del PTV es muy breve respecto al ciclo total. Por ello, una distribución de dosis con un máximo elevado en la posición basal del tumor compensará la dosis que haya dejado de recibir en los bordes del área que describe a lo largo de su desplazamiento.

Una característica de la técnica de SBRT mediante radioterapia conformada 3D es obtener una dosis máxima elevada en el centro del PTV (las guías de referencia[12] aceptan que se prescriba a la isodosis del 60%-90%). Ello nos permite conformar las láminas mucho más ajustadas al PTV, incluso a un margen negativo que provoca un gradiente de dosis mucho más acusado disminuyendo la dosis en el tejido pulmonar sano. Hemos observado que algunos centros que utilizan técnicas moduladas usan unos objetivos en la planificación inversa para imitar la distribución de dosis que se consigue con una técnica convencional.[13] El uso de radioterapia conformada permite además añadir haces no coplanares para disminuir las dosis bajas en el pulmón.[14] El uso de estos haces no coplanares y el gradiente provocado al prescribir a la isodosis del 60%-90% es suficiente para lograr distribuciones de dosis adecuadas en el paciente.

La introducción de haces no coplanares obliga a comprobar los límites de giros de mesa y brazo para evitar que estos haces colisionen con el paciente. En nuestro caso, antes de comenzar el tratamiento, realizamos una sesión cero, en la que aprovechamos para adquirir una imagen de haz cónico de megavoltaje (MVCBCT) con el acelerador lineal con el objeto de incluir la imagen integrada del tumor a lo largo del ciclo respiratorio en el ITV.[15]

Una planificación manual de SBRT mediante una técnica conformada puede resultar incluso más costosa que una planificación modulada. Sin embargo, al tratarse de un método convencional, no creemos necesario realizar un control de calidad individual para cada paciente que sí consideramos necesario para una planificación con VMAT. Así, se simplifica el flujo de trabajo. En nuestra fundación, las verificaciones para la puesta en marcha del procedimiento de la SBRT de pulmón consistieron en la comprobación del correcto cálculo de dosis del planificador con campos pequeños bajo la presencia de heterogeneidades y en la evaluación de los sistemas de imagen involucrados.[16]

Los aceleradores lineales que disponen de VMAT pueden presentar sistemas sin filtro aplanador que permiten un tratamiento más breve. Así, con una inmovilización adecuada puede completarse el tratamiento con relativa seguridad. En nuestra fundación la SBRT de pulmón se lleva a cabo con el paciente en respiración libre y con un sistema de indexación para reproducir el posicionamiento sin recurrir a medios de compresión abdominal. El número de haces utilizados hace que cada sesión se alargue durante unos 30 minutos. Por ello realizamos otro MVCBCT para reposicionar al paciente a mitad del proceso. Sin embargo, no hemos encontrado grandes desplazamientos entre el posicionamiento inicial y el intermedio como se ha visto confirmado en otros artículos publicados.[17] La dosis que imparte el MVCBCT se ha modelado en nuestro planificador y se ha incluido el efecto de los dos MVCBCT realizados en cada fracción en la dosimetría del plan.

Dado que la duración del procedimiento no parece vincularse con un mayor desplazamiento tumoral intrafracción, no es esencial reducir el tiempo de cada sesión.[17] La mayor duración del proceso mediante la técnica convencional se compensa por el tiempo ahorrado en el acelerador lineal correspondiente al control de calidad de cada tratamiento modulado.

Nuestra experiencia, tras 5 años de aplicación de SBRT en pulmón con haces conformados, nos indica que, para cumplir las especificaciones de dosis a los órganos de riesgo, es suficiente en la mayoría de los casos (tumores centrales incluidos) con el gradiente de dosis provocado al ajustar las láminas por dentro del PTV y la variación de los ángulos de incidencia de los haces. Si bien un cierto porcentaje de casos (estimamos alrededor de un 30%) podría beneficiarse en teoría de un mayor gradiente provocado por la modulación, no esperamos que la diferencia entre un plan realizado con VMAT y otro con campos conformados sea clínicamente relevante. Por ejemplo, nuestros resultados publicados resultan comparables a los de otros centros de referencia[18] y no confiamos en que aparezcan publicaciones que demuestren que, simplemente, el paso de la técnica de irradiación convencional a la de VMAT se traduzca en un mejor control local o en una menor incidencia de complicaciones.

Obstinarse en que la SBRT debe circunscribirse a una tecnología muy específica conduce sólo a impedir la evolución de los servicios de radioterapia. Es posible realizar técnicas radioterápicas de vanguardia con calidad y seguridad sin someternos obligatoriamente a un gran desembolso económico. Esta opinión se nos trata de imponer sutilmente, tanto en congresos (donde los avances suelen ser presentados por hospitales con mayores recursos instrumentales y humanos) como desde las casas comerciales. Es responsabilidad y desafío para los radiofísicos hospitalarios desarrollar planes de tratamiento y métodos de control de calidad que fuercen hasta el límite los medios tecnológicos que tenemos a nuestro alcance, y es allí donde debemos centrar nuestros esfuerzos y no en lamentaciones por no poseer los equipos más modernos.

Una preocupación excesiva por realizar los tratamientos de SBRT con ciertos medios como el 4DCT, VMAT o aceleradores sin filtro aplanador, podría llevarnos a pensar que es beneficioso agrupar los pro-

cedimientos pulmonares con SBRT en centros de referencia que dispongan de ellos, cuando no existen evidencias concluyentes sobre la obtención de mejores resultados para el paciente. La SBRT se encuentra en franca expansión debido a las ventajas que ofrece en un amplio conjunto de procesos. Por ello, limitar los centros en los que debe llevarse a cabo frenaría la difusión de esta terapia necesaria y todavía infrautilizada, cuando existen numerosas publicaciones que muestran que mediante una técnica conformada convencional se obtienen resultados excelentes en el control local de la enfermedad.[19,20]

A favor de la técnica modulada (IMRT o VMAT)

Manuel Llorente Manso

Centro Oncológico MD Anderson de Madrid

La radiocirugía extracraneal (SBRT) comenzó a emplearse a finales del siglo pasado principalmente para el tratamiento de lesiones pulmonares y hepáticas. Paulatinamente se han ido incorporando los avances técnicos que han aparecido tales como la imagen 4D,[21,22] el *gating* respiratorio, algoritmos de cálculo avanzado, la Radioterapia guiada por imagen tomográfica (CBCT), la IMRT o la VMAT. Aunque a priori la planificación inversa no es incompatible con esta técnica, se puede decir que son mayoría los pacientes tratados con 3D frente a IMRT, habida cuenta que hasta hace poco las guías recomendaban incluso no corregir el cálculo por heterogeneidad en la densidad del paciente.[23] Por tanto, los buenos resultados publicados de la técnica no están ligados al uso de IMRT o VMAT. Pero esto no puede significar que se rechace a priori el uso de IMRT sin al menos valorar las ventajas que pueda suponer.

La forma típica de planificar en SBRT con RT 3D es imitar el modo de hacerlo en radiocirugía craneal: se busca confinar mucho la dosis haciendo que el gradiente fuera del PTV sea muy grande. Eso se consigue haciendo que la isodosis de prescripción esté en la penumbra del campo, lo que hace que se prescriba en la isodosis del 80% o menos. Esto es, claro, a costa de una gran heterogeneidad de dosis dentro del volumen blanco.

La estrategia de la intensidad modulada para conseguir más gradiente de dosis es crear segmentos delgados cerca del borde del campo que compensen la falta de equilibrio lateral en esa zona responsable de los hombros de los perfiles. Eso permite tener gradientes altos fuera del PTV y distribuciones homogéneas dentro de él.

Para ver cuál de las dos aproximaciones es mejor, podemos imaginar dos casos que estén en extremos opuestos. Por un lado, supongamos una lesión esférica de 1 cm de diámetro en el centro del hígado lejos de cualquier órgano crítico. Es fácil ver que, en este caso, la intensidad modulada tiene pocas posibilidades de mejorar a la conformada. En el extremo opuesto estaría una radiocirugía (RC) vertebral en la que queremos dar más dosis al cuerpo vertebral que al canal medular. Aquí, sin dejar de ser importante el gradiente, cobra relevancia la forma de la distribución de dosis, cosa que podemos controlar con la IMRT y no con la 3D, que tiende a formar isodosis circulares según vamos añadiendo campos (típicamente se emplean entre 8 y 10 haces).

Como ya se ha dicho, en la RC 3D se suelen emplear 8 o más campos estáticos o arcos conformados que hacen que las isodosis tiendan a ser circulares. Son muchos los casos de SBRT pulmonar en los que la lesión es de forma irregular y se encuentra muy cerca de órganos críticos donde la limitación es la dosis máxima como el esófago, vasos y bronquios principales, etc. En RC craneal, cuando queremos generar una isodosis con forma irregular, la solución de máquinas como GammaKnife y CyberKnife es superponer varios isocentros de modo que la isodosis de cobertura se adapte a la forma del PTV, a costa de una gran heterogeneidad dentro de él. En la SBRT, la inmovilización del paciente es menor que en la RC craneal, con lo que el uso de varios isocentros introduciría demasiada incertidumbre. Tenemos, por tanto, que recurrir inevitablemente a la planificación inversa, es decir, a la IMRT. Esto permite evitar, en la mayoría de los casos, el recurso de introducir haces no coplanares que alargan y complican los tratamientos.

En resumen, la 3D podrá ganar la batalla del gradiente a costa de una gran heterogeneidad pero perderá la de la distribución de la dosis que resulta capital en lesiones con forma irregular y con órganos críticos cercanos.

Otra diferencia notable entre la RC craneal y la extracraneal es la incertidumbre en el posicionamiento. En la primera, el volumen blanco no se mueve dentro del cráneo y éste está lo bastante bien fijado como para asumir que no se producirán movimientos intra-fracción. En el caso de la SBRT, el tumor se mueve con la respiración y el paciente no está tan inmovilizado como para asumir que no vaya a moverse ni un milímetro a lo largo de la sesión. Incluso contando con imágenes tomográficas en el acelerador, éstas no nos permiten localizar la lesión con la precisión de la RC craneal. Por tanto, un nuevo factor que interviene en la valoración de los planes es su robustez: cómo afecta a los histogra-

mas dosis-volumen el movimiento interno de la lesión y el posible movimiento intra-fracción del paciente o los errores de posicionamiento que no seamos capaces de corregir sobre la mesa de tratamiento. Es posible encontrar referencias donde estudian el impacto en la distribución de dosis tanto del movimiento interno del GTV[24] como de los errores de posicionamiento.[25]

Una crítica pertinente a la IMRT en SBRT es el posible efecto de interacción (*"interplay"*) entre el movimiento de las láminas y el de la lesión. Una pega semejante se le achacaba a la IMRT en el tratamiento convencional del pulmón hasta que Bortfeld[24] demostró que su efecto se atenúa con la suma de las fracciones. En SBRT hay menos fracciones pero a cambio hay más unidades monitor (varios miles), lo que explicaría los resultados de Stambaugh[26] que concluyen que no hay un efecto apreciable de interacción en SBRT con VMAT. También es interesante el estudio de Stroom[25] sobre la robustez frente a errores de posicionamiento de los planes de VMAT en SBRT.

En concreto, en una lesión pulmonar, tendremos una zona de baja acumulación de dosis alrededor de la lesión por dos motivos: estar en tejido pulmonar de baja densidad y por acercarse al borde del campo de radiación. En un tratamiento 3D, cuando la lesión (GTV) se mueva dentro del campo por la respiración o por errores de posicionamiento, el primer efecto se cancela pero no así el segundo. En un plan de IMRT, en cambio, los segmentos que compensan la falta de dispersión juegan a nuestro favor y consiguen que, al moverse la lesión, la dosis en el GTV no disminuya o incluso que aumente. Esto explicaría, de una forma somera, la mencionada robustez de los planes de IMRT. Al mismo tiempo, pone de relevancia la importancia de técnicas de TC 4D que permitan delimitar con precisión los volúmenes.[27]

Hay que reconocer, en cambio, que la IMRT es más laboriosa, emplea más unidades monitor y por tanto más tiempo de tratamiento y, en general, va a requerir una verificación del tratamiento con medidas en un maniquí como se haría con cualquier otra IMRT. Esto, por cierto, nos lleva al argumento más inaceptable que se suele emplear contra la IMRT en SBRT: el consumo de recursos. Recordemos que esta técnica se pretende que sea y acabará siendo alternativa a la cirugía. La técnica más compleja, laboriosa y lenta de radioterapia externa es más breve, sencilla, barata y cómoda para el paciente que la cirugía.

Como resumen diré que, por su capacidad para producir distribuciones de dosis que se adapten a formas irregulares y por generar planes robustos frente a errores de posicionamiento, la IMRT dará mejores resultados que la RT conformada en muchos casos, particularmente en tumores grandes cercanos al mediastino. Por eso creo que, estando disponible, aunque no siempre vaya a ser la técnica de elección, sí se debe considerar de entrada como la técnica que más probablemente produzca el mejor plan.

Bibliografía

1. Haasbeek CJA, Senan S, Smit EF, Paul MA, Slotman BJ and Lagerwaard FJ. Critical review of non-surgical treatment options for stage I non-small cell lung cancer. Oncologist 2008;13:309-19.
2. Chi A, Liao Z, Nguyen NP, Xu J, Stea B, Komaki R. Systemic review of the patterns of failure following stereotactic body radiation therapy in early-stage non-small-cell lung cancer: clinical implications. Radiother Oncol 2010; 94:1-11.
3. Palma D, Senan S. Stereotactic radiation therapy: changing treatment paradigms for stage I non-small cell lung cancer. Curr Opin Oncol 2011;23:133-9.
4. Palma D, Visser O, Lagerwaard FJ, Belderbos J, Slotman BJ, and Senan S. Impact of introducing stereotactic lung radiotherapy for elderly patients with stage I non–small-cell lung cancer: A population-based time-trend analysis. J Clin Oncol 2010;28:5153-9.
5. Lagerwaard FJ, Verstegen NE, Haasbeek CJ, Slotman BJ, Paul MA, Smit EF, Senan S. Outcomes of stereotactic ablative radiotherapy in patients with potentially operable stage I non-small cell lung cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2012;83:348-53.
6. Lanni TB Jr, Grills IS, Kestin LL, Robertson JM. Stereotactic radiotherapy reduces treatment cost while improving overall survival and local control over standard fractionated radiation therapy for medically inoperable non-small-cell lung cancer. Am J Clin Oncol 2011;34:494-8.
7. van Baardwijk A, Tomé WA, van Elmpt W, Bentzen SM, Reymen B, Wanders R, et al. Is high-dose stereotactic body radiotherapy (SBRT) for stage I non-small cell lung cancer (NSCLC) overkill? A systematic review. Radiot Oncol 2012;105:145-9.
8. Kestin L, Grills I, Guckenberg M, Belderbos J, Hope AJ, Werner-Wasik M, et al. Dose-response relationship with clinical outcome for lung stereotactic body radiotherapy (SBRT) delivered via online image guidance. Radiot. Oncol 2014;110:499-504.
9. Hof H, Rhein B, Haering P, Kopp-Schneider A, Debus J, Herfarth K, et al. 4D-CT-based target volume definition in stereotactic radiotherapy of lung tumours: Comparison with a conventional technique using individual margins. Radiot Oncol 2009;93:419-23.
10. Clements N, Kron T, Franich R, Dunn L, Roxby P, Aarons Y, et al. The effect of irregular breathing patterns on internal target volumes in four-dimensional CT and cone-beam CT images in the context of stereotactic lung radiotherapy. Med Phys 2013;40:021904.

11. Aznar MC, Persson GF, Kofoed IM, Nygaard DE, Korreman SS. Irregular breathing during 4DCT scanning of lung cancer patients: Is the midventilation approach robust? Phys Med 2014;30:69-75.
12. RTOG. Seamless phase I/II study of stereotactic lung radiotherapy (SBRT) for early stage, centrally located, non-small cell lung cancer (NSCLC) in medically inoperable patients: Last updated 19/3/2014. http://www.rtog.org/ClinicalTrials/ProtocolTable/StudyDetails.aspx?study=0813.
13. Aznar M, Josipovic M. From homogeneous to heterogeneous planning. Clinical Practice & Implementation of Image-Guided Stereotactic Body Radiotherapy. European School of Radiotherapy and Oncology Teaching Course; 2013 Sep 8-12, Lille, Francia.
14. González V, Crispín V, Abad D, Pastor V, de los Dolores V, Bartrés A, et al. Influencia dosimétrica del movimiento tumoral en distintos tipos de planificación de radioterapia estereotáxica de pulmón. III Congreso Conjunto de las Sociedades Españolas de Física Médica y Protección Radiológica; 2013. Jun 18-21, Cáceres, España.
15. Altorjai G, Fotina I, Lütgendorf-Caucig C, Stock M, Pötter R, Georg D, et al. Cone-beam CT-based delineation of stereotactic lung targets: the influence of image modality and target size on interobserver variability. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2012;82:265-72.
16. Benedict SH, Yenice KM, Followill D, Galvin JM, Hinson W, Kavanagh B, et al. Stereotactic body radiation therapy: The report of AAPM Task Group 101. Med Phys 2010;37:4078-101.
17. Peguret N, Dahele M, Cuijpers JP, Slotman BJ, Verbakel WFAR. Frameless high dose rate stereotactic lung radiotherapy: intrafraction tumor position and delivery time. Radiot Oncol 2013;107:419-22.
18. Mut A, Chust M, Crispín V, Mengual J, Guinot J, Pesudo C, et al. Stereotactic body radiotherapy for lung cancer and lung metastases using megavoltage cone beam. ASTRO 2013 Annual Meeting; 2013 Sep 22-25. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics 87:S731-2.
19. Nagata Y, Takayama K, Matsuo Y, Norihisa Y, Mizowaki T, Sakamoto T, et al. Clinical Outcomes of a phase I/II study of 48 Gy of stereotactic body radiotherapy in 4 fractions for primary lung cancer using a stereotactic body frame. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2005;63:1427-31.
20. Fakiris AJ, McGarry RC, Yiannoutsos CT, Papiez L, Williams M, Henderson MA, et al. Stereotactic body radiation therapy for early-stage non-small-cell lung carcinoma: four-year results of a prospective phase II study. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2009;75:677-82.
21. Wang L, Hayes S, Paskalev K, Jin L, Buyyounouski MK, Ma CC, et. al. Dosimetric comparison of stereotactic body radiotherapy using 4D CT and multiphase CT images for treatment planning of lung cancer: evaluation of the impact on daily dose coverage. Radiother Oncol 2009;91:314-24.
22. Admiraal MA, Schuring D, Hurkmans CW. Dose calculations accounting for breathing motion in stereotactic lung radiotherapy based on 4D-CT and the internal target volume. Radiother Oncol 2008;86:55-60.
23. NCCN Guidelines. V2.2014 Disponible en www.nccn.org. (Acceso en oct 2014).
24. Bortfeld T, Jiang S, Rietzel E. Effects of motion on the total dose distribution. Sem Radiat Oncol 2004;14:41-51.
25. Stroom J, Vieira S, Mateus D, Greco C, Fogliata A, Nicolini G, et al. On the robustness of VMAT-SABR treatment plans against isocentre positioning uncertainties. Radiat Oncol 2014;9:196.
26. Stambaugh C, Nelms BE, Dilling T, Stevens C, Latifi K, Zhang G, et al. Experimentally studied dynamic dose interplay does not meaningfully affect target dose in VMAT SBRT lung treatments. Med Phys 2013;40:091710.
27. Rodríguez-Romero R, Castro-Tejero P. The influence of respiratory motion on CT volumen definition. Med Phys 2014;41:041701.

FUJIFILM

En Radioterapia, un buen ojo clínico no es suficiente

El tratamiento oncológico radioterápico idóneo es aquel que controla y localiza el tumor y delimita las zonas donde aplicar la radiación. Se requiere una imagen nítida y clara, que reduzca al mínimo el margen de error de la planificación de la radioterapia.

El nuevo Capsula XL, fruto de la amplia experiencia de Fujifilm en la adquisición de imágenes, le garantiza una calidad y nitidez excelentes con las cuales podrá mejorar sus pruebas de centrado y posicionamiento y asegurar un seguimiento más preciso de la evolución del cáncer.

www.fujifilm.es