

Diseño y validación de un dispositivo específico de inmovilización para radioterapia de la mama en decúbito prono

E. Fernández, A. Montero, A. Polo, R. Hernanz, R. Morís, S. Sancho, A. Ramos

Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Madrid

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de este estudio es comparar los resultados obtenidos en la planificación de la radioterapia del cáncer de mama realizada en decúbito supino frente a decúbito prono en pacientes con mamas grandes y/o péndulas, así como la utilidad de un inmovilizador específicamente diseñado para la radioterapia de la mama en decúbito prono.

Material y métodos: Se ha diseñado un inmovilizador para el posicionamiento de la mama en decúbito prono comparándolo con la inmovilización tradicional en decúbito supino conseguida mediante cuna-alfa o plano inclinado. Se analizaron los datos de 10 pacientes a las que se les realizó una doble planificación, en supino y prono, tras una cirugía conservadora de la mama. En la TAC obtenida para la planificación, se definió la totalidad de la mama como volumen blanco de planificación (PTV), así como el pulmón ipsilateral, el corazón y el tejido blando circundante a la mama como órganos críticos. La planificación en ambos casos se realizó empleando una técnica de campos tangenciales conformados con multisegmentos para obtener la máxima homogeneidad de la dosis administrada.

Resultados: La homogeneidad de dosis alcanzada en el PTV, medida de acuerdo al $V_{95\%-107\%}$, fue similar en las dos planificaciones, aunque la dosis máxima en la mama tratada fue mayor en el plan realizado en decúbito supino. El posicionamiento de las pacientes en decúbito prono redujo el porcentaje del pulmón ipsilateral que recibía dosis igual o superior a 20 Gy (V_{20Gy}), pasando del 26,5 al 2,9% ($p = 0,007$). Del mismo modo, el posicionamiento en decúbito prono redujo el porcentaje del corazón que recibía dosis igual o superior a 35 Gy (V_{35Gy}), desde el 3,4 al 1,2% ($p = 0,038$). Finalmente, la existencia de áreas de sobredosificación fuera de la mama también se redujeron significativamente con la posición en decúbito prono ($p = 0,012$).

Conclusiones: El empleo de un sistema sencillo de inmovilización en decúbito prono para pacientes que precisen radioterapia de la mama tras cirugía conservadora en el caso de mamas grandes, permite mantener una homogeneidad de dosis adecuada en el volumen blanco al mismo tiempo que disminuye las dosis administradas a órganos sanos críticos como pulmón y corazón.

Palabras clave: Radioterapia de mama en decúbito prono. Sistema de inmovilización. Planificación dosimétrica.

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to compare two radiotherapy plans for breast cancer performed in both supine and prone position and the usefulness of a specifically designed device for prone breast radiotherapy.

Material and methods: We designed an immobilization device for the positioning of the breast in the prone position comparing it with the traditional supine immobilization. We have analyzed data from 10 patients who underwent a double planning, supine and prone, after breast-conserving surgery. Radiotherapy planning in both cases was performed by using a multiple-segmented tangential-fields technique for maximum uniformity of the administered dose. Dose distributions for PTV (ipsilateral breast) and organs at risk (i.e. ipsilateral lung, heart and extramammary soft tissue) were compared for both plans.

Results: The dose homogeneity achieved in the PTV, as measured according to $V_{95\%-107\%}$, was similar in the two plans, although the maximum dose in the treated breast was higher for the supine plan. Prone positioning reduced the percentage of ipsilateral lung receiving doses equal to or greater than 20 Gy (V_{20Gy}), from 26.5 to 2.9% ($p = 0.007$). Similarly, the prone position reduced the percentage of heart receiving doses equal to or greater than 35 Gy (V_{35Gy}), from 3.4 to 1.2% ($p = 0.038$). Finally, the existence of overdosage areas outside the breast were also significantly reduced by the prone position ($p = 0.012$).

Conclusions: The use of a simple system of breast immobilization in prone position for patients with large or pendulous breasts, can maintain adequate dose homogeneity in the tar-

Recibido: 24-01-11
Aceptado: 23-03-11

Correspondencia: Ángel Montero Luis. Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Universitario Ramón y Cajal. Ctra. Colmenar Viejo, km. 9,100. 28034 Madrid. e-mail: angel.monteroluis@gmail.com

get volume while decreasing the dose administered to critical healthy organs such as lung and heart.

Key words: Prone-breast radiotherapy. Immobilization system. Dosimetric plan.

INTRODUCCIÓN

El cáncer de mama es la neoplasia más frecuente en mujeres. Representa el 25% de todos los nuevos cánceres diagnosticados en España en mujeres, con una de las incidencias más bajas de Europa (tasa ajustada por edad estimada para 2012: 83 casos/100.000 habitantes/año) y es responsable del 18% de las muertes por cáncer en mujeres de nuestro país (1).

El tratamiento quirúrgico conservador mediante cuantrectomía, segmentectomía o tumorectomía, seguido de radioterapia sobre la mama restante, y sobre las áreas ganglionares cuando está indicado, es equivalente, en términos de supervivencia libre de enfermedad y de supervivencia global, a la mastectomía radical (2-5). No obstante, y a pesar de los avances experimentados por la Oncología Radioterápica en las últimas décadas, persiste aún cierta controversia con relación a la irradiación mamaria y el posible riesgo de aparición de complicaciones tardías durante el seguimiento, tanto cardíacas como pulmonares o cutáneas. Aunque algunos trabajos observaron en el pasado un aumento en la morbimortalidad por causas cardio-circulatorias en relación con la radioterapia administrada, la mayoría de estos empleaban esquemas, técnicas y equipamientos de radioterapia considerados obsoletos hoy en día. Los estudios más recientes, empleando técnicas modernas de inmovilización, simulación, planificación e irradiación, no han demostrado un aumento significativo del riesgo de complicaciones cardiovasculares a largo plazo por la radioterapia, salvo en el caso de tener que irradiar grandes volúmenes de corazón (6-11). La incidencia de neumonitis parece estar en relación al volumen pulmonar irradiado, medido de acuerdo a la estimación de parámetros como la dosis media, el volumen de pulmón sano que recibe dosis iguales o superiores a 20 Gy (V_{20Gy}), o a la edad de la paciente (12,13). Finalmente, la toxicidad cutánea tardía, directamente relacionada con un pobre resultado cosmético, se ha puesto en relación con la existencia de zonas de sobredosificación por la heterogeneidad en la distribución de la dosis (14,15).

El sistema empleado para la inmovilización y reposicionamiento diario de las pacientes tiene una gran importancia en la distribución de dosis de radioterapia, tanto sobre la mama como sobre los órganos sanos en su vecindad. Un adecuado sistema que permita un reposicionamiento diario seguro y que facilite una planificación del tratamiento que permita excluir los órganos de riesgo del volumen de irradiación es un objetivo deseable para mejorar el índice terapéutico de la radioterapia. El programa IRMAPRON (IRra-

diación de la MAm en PRONo), concebido y desarrollado en el Servicio de Oncología Radioterápica del Hospital Universitario Ramón y Cajal de Madrid (HURC), tiene como objetivo final optimizar la radioterapia de la mama tras una cirugía conservadora. Presentamos la concepción, diseño y desarrollo de un inmovilizador específico para la realización de la radioterapia de la mama en decúbito prono tras una cirugía conservadora, así como resultados obtenidos en las primeras 10 pacientes incluidas, en las cuales se ha realizado un análisis comparativo entre las posiciones de decúbito supino y decúbito prono.

MATERIAL Y MÉTODOS

Concepción y diseño del inmovilizador IRMAPRON

En nuestro centro, la planificación de la radioterapia se realiza sobre las imágenes de una TAC (HiSpeed Fx/i, GE Healthcare, Piscataway, NJ, EE. UU.), específicamente dedicada para radioterapia, obtenidas con la paciente colocada en la posición de tratamiento. La inmovilización de las pacientes se realiza empleando un sistema de cunas-alfa en la gran mayoría de los casos. En aquellas pacientes con dificultad para tolerar el decúbito supino o que presentan un volumen mamario grande o muy grande, se emplea un plano inclinado para la inmovilización. Sobre las imágenes adquiridas, el oncólogo radioterápico determinará los volúmenes de interés tanto de la mama como de los órganos de riesgo y el radiofísico hospitalario realizará la planificación de acuerdo al protocolo asistencial del Servicio y a los criterios de los documentos ICRU 50 y 62 (16-18).

El dispositivo IRMAPRON permite la inmovilización de la paciente en la posición decúbito prono para la radioterapia. Este inmovilizador ha sido especialmente diseñado para adaptarse a las características y equipamientos disponibles, permitiendo su utilización en una TAC de 70 cm de apertura (Figs. 1 y 2) e, indistintamente, en 2 aceleradores lineales Elekta Precise™ y Synergy™ (Elekta AB, Estocolmo, Suecia) y ya ha sido solicitada su preceptiva protección como Modelo de Utilidad. El sistema diseñado facilita que la mama afecta caiga por gravedad hacia el suelo, y que la mama contralateral quede retirada hacia el lado contrario. De esta manera, los campos de irradiación pueden incidir sobre la mama afecta llegando menos dosis al corazón y pulmón que en la postura de decúbito supino, pero sin incidir sobre la mama contralateral.

El inmovilizador comprende una base adaptable a la mesa del acelerador lineal y una colchoneta que se coloca encima de la base para hacer más confortable el reposo de la paciente. La base es una pieza rectangular que presenta una hendidura pasante de 25 cm de longitud en uno de los lados del tercio superior para colocar la mama afecta, construida en un material rígido para evitar su deformación a lo largo del tratamiento y compatible con la radiación. La base es de una altura suficiente para que en ningún caso la mama llegue a tocar la mesa del acelera-

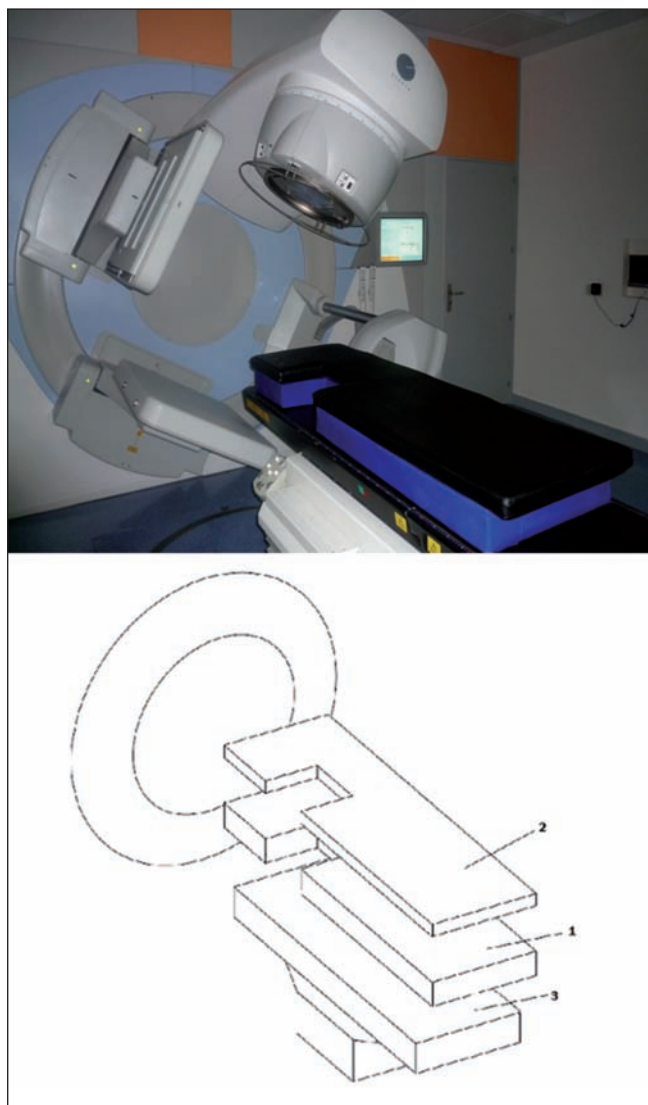


Fig. 1. Dispositivo IIRMAPRON compuesto de base de poliespan (1) y colchoneta (2) adaptado a las medidas de la unidad de tratamiento (3).

dor. La base está fabricada a partir de bloques de poliespan unidos entre sí para que el inmovilizador alcance las medidas adecuadas y posteriormente forrada con láminas plásticas autoadhesivas para darle consistencia, unidad y proteger el material del roce. Sobre la base de poliespan se coloca una colchoneta para mitigar la rigidez de la misma y hacer más confortable el reposo de la paciente, fabricada en un material polimérico termoestable, preferentemente espuma de poliestireno, y que presenta una hendidura pasante en uno de los lados del tercio superior de las mismas dimensiones que presenta la base. La colchoneta está forrada en material sintético para aportar estabilidad y evitar el deterioro por el roce. Tanto la base como la colchoneta son de altura constante, es decir, en todo momento la paciente se encuentra sobre un inmovilizador horizontal. Ambas piezas, base y colchoneta, son reversibles para permitir su utilización en el tratamiento tanto de mamas derechas como izquierdas.

Requerimientos y desarrollo del programa IIRMAPRON

El programa IIRMAPRON consiste en la realización de un análisis comparativo de las planificaciones para la radioterapia de la mama exclusiva tras cirugía conservadora realizadas en decúbito supino y en decúbito prono. La inmovilización en decúbito supino se realizó siguiendo la práctica habitual en nuestro centro mediante el empleo de cuna-alfa o plano inclinado. La inmovilización en prono se realizó con el sistema IIRMAPRON.

La inclusión en el programa IIRMAPRON requería: pacientes diagnosticadas de carcinoma de mama estadios 0, I y II, sometidas a cirugía conservadora de la mama, que no precisan irradiación de las áreas ganglionares axiloclaviculares ipsilaterales y con mamas péndulas y/o de tamaño moderado o grande. Todas las pacientes firmaron un consentimiento informado.



Fig. 2. Dispositivo IIRMAPRON adaptado a las medidas del simulador-TAC.

El estudio ha sido presentado y cuenta con la aprobación del Comité de Ensayos Clínicos e Investigación del HURC.

Análisis de los resultados

El análisis de los resultados se realizó con los datos obtenidos a partir de los histogramas de dosis y volúmenes (HDV) de ambos posicionamientos, supino y prono, comparando el cubrimiento del volumen blanco de planificación -"planning target volumen" (PTV)-, la homogeneidad de dosis así como las dosis que recibieron los órganos de riesgo. La homogeneidad de dosis en el PTV se estimó calculando el volumen de mama que recibió más de 47,5 Gy y menos de 53,5 Gy ($V_{95\%}$, $V_{107\%}$). El resultado cosmético a largo plazo está en relación directa tanto con la homogeneidad de dosis en el PTV como con la cantidad de tejido extramamario circundante que recibe una dosis significativa y que puede relacionarse con la aparición de áreas de fibrosis o hiperpigmentación. Para ello, se determinó el volumen de tejido extramamario que recibió una dosis superior al 105% de la dosis prescrita ($V_{ext,105\%}$). El riesgo de toxicidad tardía sobre pulmón y corazón está en relación directa con el volumen del órgano irradiado por encima de una dosis umbral considerada como límite para la tolerancia. De acuerdo a las evidencias existentes en la literatura, se establecieron como dosis umbral 35 Gy para el corazón (V_{35Gy}) y 20 Gy para el pulmón ipsilateral (V_{20Gy}) (11,12).

Las diferencias existentes entre los parámetros estudiados para decúbito supino y prono fueron calculadas para cada paciente y comparadas empleando el test de Wilcoxon para muestras pareadas no ajustables a la normalidad (19). Un valor de $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS 15.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.)

RESULTADOS

Entre los meses de enero de 2010 a junio de 2010 se han incluido 10 pacientes con mamas de tamaño moderado (500-1.000 cc) o grande (> 1.000 cc) y diagnóstico de adenocarcinoma de mama. Las características de las pacientes se detallan en la tabla I.

Todas las pacientes fueron sometidas a cirugía conservadora con biopsia selectiva del ganglio centinela. En una paciente con afectación intraoperatoria del ganglio centinela se completó una linfadenectomía axilar sin hallarse más ganglios afectados. El diagnóstico histológico fue de adenocarcinoma ductal infiltrante en 9 de las 10 pacientes (90%) y de adenocarcinoma intraductal en un caso (10%). De acuerdo a la clasificación por estadios de la AJCC, una paciente (10%) se clasificó como estadio 0, 4 pacientes (40%) como estadio I y 5 pacientes (50%) como un estadio final IIA (20). Siete pacientes (70%) re-

Tabla I. Características de las pacientes incluidas en el programa IRMAPRON

	n (%)
Edad (mediana)	50,5 (rango 44-78)
Lateralidad	
Izquierda	6 (60)
Derecha	4 (40)
T	
Tis	2 (20)
T1	6 (60)
T2	2 (20)
N	
N0	8 (80)
N1	2 (20)
Volumen mama	
Mediana	948,5 cc (rango 730-1.700 cc)
Moderado (500-1.000 cc)	6 (60)
Grande (> 1.000 cc)	4 (40)
Tratamiento sistémico	
Quimioterapia	7 (70)
Hormonoterapia	10 (100)

cibieron quimioterapia, mayoritariamente con un esquema conteniendo antraciclinas y taxanos, previamente a la radioterapia. Las 10 pacientes analizadas presentaron positividad para receptores de estrógeno y progesterona en la pieza histológica analizada e iniciaron tratamiento hormonal al finalizar la radioterapia.

Todas las pacientes fueron tratadas en la posición de decúbito supino, empleándose tan sólo la planificación realizada en decúbito prono para la realización de un análisis comparativo de los datos obtenidos a partir de los HDV. En todas las pacientes se utilizó una técnica de 2 campos tangenciales con fotones de 6-15 MV empleando entre 2-8 segmentos adicionales cuando fue necesario para alcanzar los criterios de homogeneidad de dosis establecidos por la ICRU. La dosis prescrita al PTV fue de 50 Gy con un fraccionamiento de 2 Gy/día, 5 días/semana, en 33 días totales.

A las 10 pacientes incluidas se les realizó una simulación y una planificación de la radioterapia tanto en decúbito supino, con plano inclinado y/o cuna-alfa, como en decúbito prono empleando el dispositivo IRMAPRON. Una vez realizadas ambas planificaciones, se procedió a un análisis comparativo en cada caso de las diferencias existentes entre ambas.

El volumen mamario se determinó sobre la TAC realizada para la simulación y con los criterios de definición de la mama previamente establecidos en el protocolo clínico del servicio (16). El volumen mediano de las 10 mamas incluidas en este análisis fue de 948,5 cc (rango 730-1.700 cc).

La tabla II recoge los resultados observados para cada paciente en relación con el posicionamiento empleado para la planificación de la radioterapia. La tabla III mues-

Tabla II. Diferencias dosimétricas existentes para cada paciente en el PTV y los órganos de riesgo según la planificación realizada en decúbito supino o prono

	Volumen (cc)	Supino				Prono			
		PTV	Pulmón ipsilateral	Corazón	Tejido extramamario	PTV	Pulmón ipsilateral	Corazón	Tejido extramamario
		$V_{95\%-107\%}$	V_{20Gy}	V_{35Gy}	$V_{105\%_ext}$	$V_{95\%-107\%}$	V_{20Gy}	V_{35Gy}	$V_{105\%_ext}$
1	1.700	97,4%	35%	8%	92,4 cc	98%	0%	0%	0 cc
2	855	73%	18%	5%	0 cc	77,8%	5%	1%	0 cc
3	1.083	99%	18%	9%	1,2 cc	98%	0%	3%	0 cc
4	906	94%	29%	0%	0 cc	97%	5%	0%	0 cc
5	730	95,3%	22%	0%	70,4 cc	92%	8%	0%	0 cc
6	903	95,24%	50%	4%	20 cc	97,53%	0%	0%	0 cc
7	1.170	73%	13%	8%	21,57 cc	81%	1%	8%	0 cc
8	900	92%	35%	0%	55 cc	89,4%	5%	0%	0 cc
9	991	77,2%	18%	0%	34,88 cc	87,8%	5%	0%	1 cc
10	1.092	85,6%	27%	0%	47 cc	90,7%	0%	0%	0 cc

Tabla III. Resultados del análisis comparativo (test de Wilcoxon) de la dosis en el PTV (mama ipsilateral) y en los órganos de riesgo (mediana \pm SD)

	PTV	Pulmón ipsilateral	Corazón	Volumen extramamario
	$V_{95\%-107\%}$	V_{20Gy} (%)	V_{35Gy} (%)	$V_{105\%_ext}$ (cc)
Supino	88,174 \pm 10,217	26,5 \pm 11,167	3,4 \pm 3,864	34,245 \pm 31,778
Prono	90,923 \pm 7,185	2,9 \pm 2,998	1,2 \pm 2,573	0,1 \pm 0,316
	p = 0,114	p = 0,005	p = 0,066	p = 0,012

tra los resultados obtenidos tras la aplicación de la prueba de contraste no paramétrico de dos muestras relacionadas (test de Wilcoxon) para la comparación de las medianas de los parámetros analizados en cada uno de los posicionamientos de las pacientes.

Los resultados no demuestran diferencias significativas en cuanto a la homogeneidad de dosis en el PTV determinado mediante el cálculo del $V_{95\%-107\%}$ con el posicionamiento de la paciente en decúbito supino (88.174 \pm 10.217%) o prono (90.923 \pm 7.185%) (p = 0,114).

El posicionamiento de las pacientes en decúbito prono empleando el inmovilizador IRMAPRON reduce notablemente la irradiación del pulmón ipsilateral (Fig. 3). El volumen de pulmón sano ipsilateral que recibe una dosis igual o superior a 20 Gy (V_{20Gy}) es significativamente menor (p = 0,005) en decúbito prono frente a la inmovilización tradicional en decúbito supino. Del mismo modo, el volumen cardiaco que recibe una dosis igual o superior a 35 Gy (V_{35Gy}) es menor con la inmovilización en decúbito prono, con tendencia a la significación estadística (p = 0,066). La figura 4 permite apreciar las diferencias existentes para la misma paciente en las planificaciones efectuadas empleando una inmovilización con cuna-alfa, con plano inclinado o con el dispositivo IRMAPRON. Finalmente, en las planificaciones realizadas en decúbito prono tan sólo en una paciente se observó una mínima área (1 cc) de sobredosificación de dosis fuera del tejido mamario que

comprendía el PTV, a diferencia de lo obtenido en las planificaciones realizadas con inmovilización en decúbito supino. La figura 5 pone de relieve la diferencia en la irradiación de volúmenes de tejido sano extramamario existentes en la misma paciente en función de la inmovilización con cuna-alfa, plano inclinado e IRMAPRON.

DISCUSIÓN

En la radioterapia externa de la mama, la distribución de dosis en los volúmenes de interés, tanto sobre el volumen blanco objetivo de la irradiación (mama restante) como sobre los órganos sanos circundantes (corazón, pulmones, tejidos extramamarios) está en relación directa tanto con los parámetros físicos de la planificación del tratamiento (número de haces, incidencia de los mismos, angulación con respecto al plano central, empleo de cuñas o compensadores, etc.) como con el posicionamiento espacial de la paciente para la realización del tratamiento.

La inmovilización y reposicionamiento diario de la paciente en decúbito supino con una inclinación de entre 0 y 60° sobre la horizontal es la práctica más habitual. El brazo del lado afecto se coloca por encima de la cabeza en un ángulo de al menos 90° con respecto al eje mayor del cuerpo. Esta postura permite incidir con campos tangenciales con el objetivo de disminuir en la mayor medi-

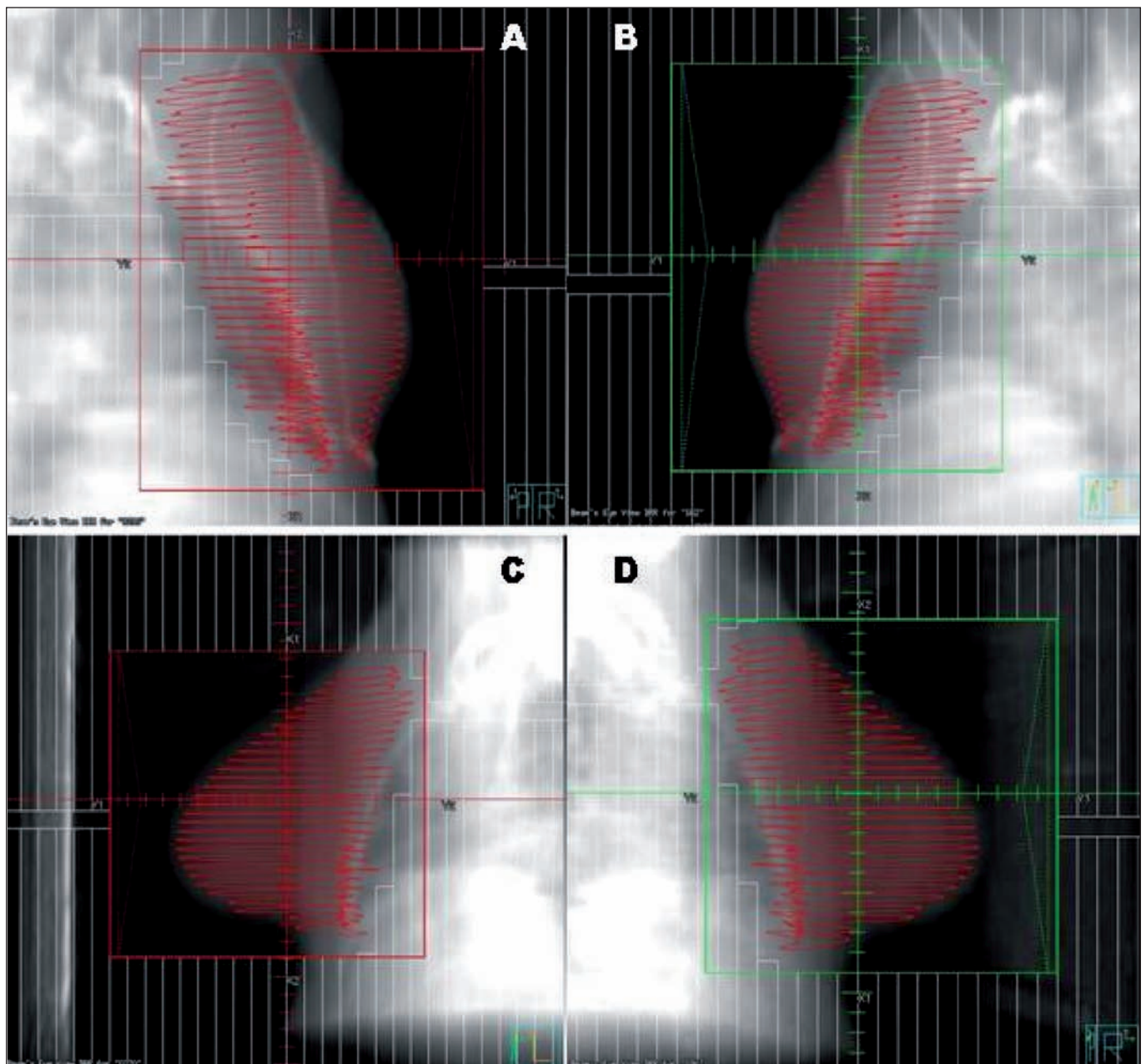


Fig. 3. RDR de los dos campos tangenciales para el tratamiento en supino (A, B) o en prono (C, D) que permite observar las diferencias en la irradiación del pulmón ipsilateral.

da posible la irradiación de órganos de riesgo (pulmón, corazón). No obstante, se plantean dos problemas con esta colocación. En primer lugar, las pacientes experimentan cansancio y dolor en el brazo al mantenerlo colocado durante la irradiación, sobre todo en aquellos casos en los que se ha realizado linfadenectomía axilar y la cirugía ha ocasionado problemas de movilidad o linfedema. El segundo problema es que se obliga a incidir los campos en una posición más posterior, que supone la inclusión de un volumen mayor de contenido de la caja torácica y por tanto órganos de riesgo como el corazón, los

pulmones o tejido celular subcutáneo y musculatura torácica. Esta situación se acentúa en el caso de mamas péndulas o de tamaño moderado o grande. Además, en esta posición la forma de la mama en los cortes axiales es más alargada, lo que ocasiona dosis más heterogéneas en la misma. En un intento por mejorar la distribución de la dosis en la mama irradiada, con el objetivo primario de disminuir la toxicidad atribuible al tratamiento, se han desarrollado en los últimos años diferentes técnicas de irradiación de la mama sustituyendo la tradicional posición en decúbito supino por el decúbito prono. Los siste-

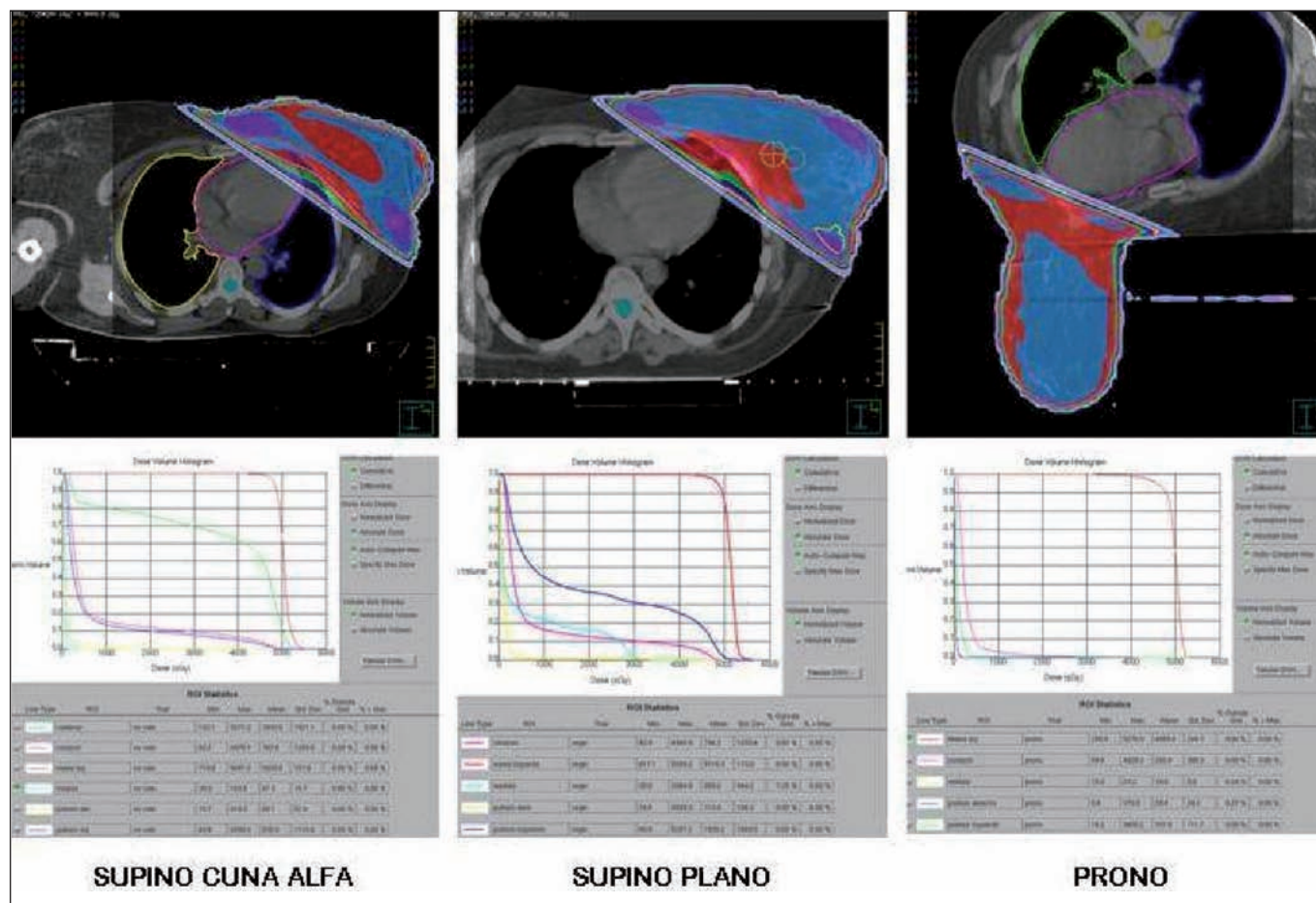


Fig. 4. Diferencias observadas en la misma paciente en la inmovilización realizada empleando una cuna alfa, un plano inclinado o el dispositivo IRMAPRON.

mas de inmovilización en decúbito prono, tanto aquellos comercializados como los diseñados específicamente en cada centro, coinciden en su intención de que la mama objeto del tratamiento quede suspendida mientras que la mama contralateral quede rechazada evitando que interfiera con los haces de irradiación. Un objetivo deseable de estos sistemas es que la reproducibilidad diaria del posicionamiento sea segura al mismo tiempo que se mantenga una adecuado confort de la paciente durante la irradiación.

Los resultados observados en nuestras 10 pacientes inmovilizadas con el dispositivo IRMAPRON, aún con las cautelas respecto al pequeño tamaño de la muestra, están en consonancia con lo publicado en la literatura. La tabla III refleja las diferencias observadas entre la planificación de la radioterapia para cada paciente realizada tanto en decúbito supino como en decúbito prono. Los resultados observados en nuestras pacientes con respecto a las dosis administradas a los órganos sanos circundantes como son el pulmón ipsilateral, corazón y tejido extramamario, son similares a los de otros estudios que también han comunicado resultados favorables con la posición de

tratamiento en decúbito prono. El análisis en nuestras pacientes de la homogeneidad de la dosis administrada a la mama ipsilateral (PTV), determinada de acuerdo al cálculo del $V_{95\%-107\%}$ no observó diferencias significativas entre ambos posicionamientos ($88.174 \pm 10.217\%$ en supino vs. $90.923 \pm 7.185\%$ en prono), en concordancia con la experiencia publicada por otros grupos y que se detalla a continuación. Varios grupos emplean dispositivos de construcción propia para lograr la inmovilización en decúbito prono. Así, el grupo de Merchant y cols., empleando un prototipo de inmovilizador realizado en el Memorial Sloan-Kettering Cancer Centre basado en los dispositivos existentes para la realización de biopsias esterotóxicas en la mama, consiguió, en 56 pacientes con mamas voluminosas, generar una distribución de la dosis más homogénea en el tejido mamario frente al decúbito supino. Las áreas de sobre-dosis disminuyeron desde 116-118% en la posición de decúbito supino hasta 102-103% en la de decúbito prono. Además observaron una mejoría en la dosis recibida por los órganos de riesgo. El beneficio era más claro en aquellas pacientes con mamas grandes o muy péndulas, o con deformidades de

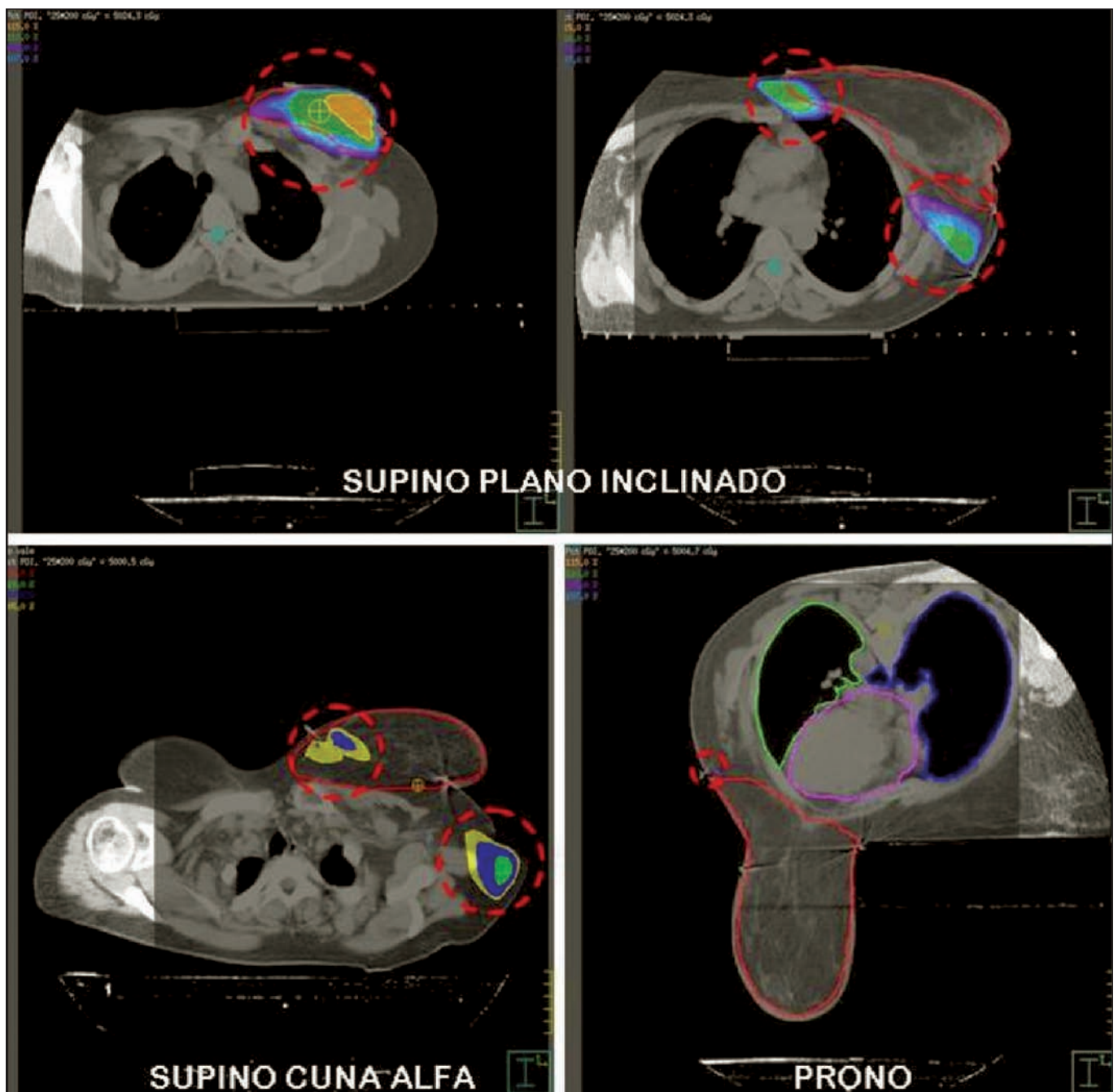


Fig. 5. Diferencias observadas en la misma paciente en las áreas de sobre-dosisificación ($V_{105\%}$) según se inmovilice empleando una cuna alfa, un plano inclinado o el dispositivo IRMAPRON.

la cavidad torácica (21). Los resultados a largo plazo de este ensayo no han demostrado complicaciones en el resultado estético con el empleo de radioterapia en decúbito prono (22,23). Este mismo grupo observó que los resultados a 5 años de 245 pacientes tratadas en decúbito prono eran similares en cuanto a control local y supervivencia que los comunicados por el metaanálisis del Early Breast Cancer Trialists' Group de tratamiento en decúbito

supino, pero con mejor resultado cosmético gracias a la disminución de la toxicidad cutánea tardía (24). El grupo de McKinnon y cols., empleó un dispositivo propio realizado con bloques de poliespan con una separación de 15 cm a través de la cual colgaba la mama afectada mientras que la contralateral se mantenía fuera de las incidencias de la irradiación mediante una tabla colocada a tal efecto. Se analizaron los resultados en 40 pacientes con mamas pén-

dulas de gran tamaño. Los autores observaron una disminución importante de la mediana de dosis administrada al pulmón ipsilateral con respecto a lo observado en series históricas de tratamiento en decúbito supino (dosis máxima media pulmonar 5,4 Gy, dosis media pulmonar 2,4 Gy) (25). El grupo de Kurtman y cols. analizó los resultados obtenidos en 5 pacientes en las que se compararon las diferencias existentes entre los dos posicionamientos. Los investigadores emplearon como inmovilizador un colchón de espuma de poliestireno al cual se practicó un orificio por donde colgaba la mama afecta. Se objetivó una reducción de la dosis media tanto en el pulmón ipsilateral, pasando de $8,3 \pm 3,6$ Gy a $1,4 \pm 1$ Gy en supino y prono respectivamente ($p < 0,043$), como en el corazón 4,6 Gy en decúbito supino y 3,6 Gy en decúbito prono ($p < 0,079$) (26). Griem y cols. analizaron las diferencias existentes entre las planificaciones realizadas tanto para tratamiento en la posición de decúbito supino como de decúbito prono en 15 pacientes. Los autores emplearon para la inmovilización en prono un dispositivo diseñado en el propio centro en poliespan y plexiglás para asegurar el posicionamiento de las pacientes. La homogeneidad de dosis en el PTV observada con la planificación en decúbito prono fue significativamente mayor que la conseguida tras la planificación en decúbito supino, con diferencias para el volumen mamaria que recibía dosis $> 105\%$ a favor del decúbito prono ($p < 0,0074$). Igualmente, el volumen de pulmón ipsilateral que recibía dosis superiores a 10 ó 20 Gy fue significativamente menor en la posición de decúbito prono ($p < 0,001$). No se apreciaron diferencias significativas en el volumen irradiado de corazón entre las planificaciones realizadas en decúbito prono o supino (27). Ferrari y cols. han apreciado similares ventajas empleando la posición de decúbito prono con un inmovilizador de poliestireno fabricado *ex profeso* para el tratamiento en una paciente con mama grande y péndula (28). Mahe y cols. desarrollaron su propio prototipo en plexiglás para tratar 35 pacientes con mamas péndulas en posición de decúbito prono. Tres de las pacientes que presentaban obesidad mórbida fueron descartadas por imposibilidad para mantener la postura. Las otras 32 pacientes tratadas no sufrieron toxicidad aguda mayor de grado II, el tratamiento era fácilmente reproducible y la homogeneidad de la dosis obtenida fue aceptable, sin encontrar áreas por encima del 105% de la dosis prescrita en la base de la mama pero sí dosis entre 105-110% de la dosis prescrita en el vértice (29). En el estudio publicado por Buijsen y cols., los autores posicionaron a las pacientes en decúbito prono empleando dos plataformas elevadas sobre la mesa de tratamiento del acelerador. Todos los datos, tanto con respecto a la reducción de áreas de sobredosisificación como a la mejoría en las dosis sobre órganos de riesgo, favorecen a la posición en decúbito prono, pero el $V_{95\%}$ (volumen cubierto por el 95% de la dosis prescrita) fue del $79 \pm 6\%$ frente al $91 \pm 4\%$, favoreciendo la colocación en decúbito supino ($p < 0,005$). Los autores atribuyen estas diferencias a la técnica em-

pleada de campos tangenciales convencionales (30). El grupo de Kirby y cols. utiliza un dispositivo propio construido a base de poliespan y plexiglás y analiza el impacto que la posición de tratamiento tiene en la reducción del tejido sano irradiado en 65 pacientes en las que planificó el tratamiento en decúbito prono y decúbito supino tanto para irradiación mamaria total como parcial. En las 30 pacientes tratadas de la mama izquierda, se observa mejoría en decúbito prono tan sólo para aquellas con un volumen mamario mayor de 1.000 cc, observando en las pacientes con un volumen mamario menor de 1.000 cc un incremento en las dosis máximas recibidas en la arteria coronaria descendente anterior izquierda cuando la planificación se realizó en prono. No obstante, los autores también concluyen que la dosis media pulmonar es más favorable en decúbito prono (DMP 4,4 Gy vs. 0,8 Gy, $p < 0,001$) así como el V_{50Gy} sobre la pared (26 vs. 1%, $p < 0,001$) (31).

Otros grupos han analizado el impacto de la inmovilización en decúbito prono empleando sistemas comercializados disponibles. El grupo de Formenti y cols., empleando un sistema de inmovilización comercializado por Civco Medical Solutions (Number MT-350-N Carbon Fiber, Kiowa, IA). Un primer estudio sobre 47 pacientes tratadas en decúbito prono con irradiación parcial de la mama e hipofraccionamiento (30 Gy en fracciones de 6 Gy cada 48 h) demostró una buena tolerancia aguda así como la disminución de la irradiación del corazón y pulmón (V_{20Gy} , V_{10Gy} y V_{5Gy} de ambos órganos 0%) con respecto al decúbito supino (32). Posteriormente, un ensayo incluyó 91 pacientes que recibieron radioterapia de la mama afecta en decúbito prono con un esquema de tratamiento hipofraccionado con sobredosisificación concomitante del lecho. Se realizaron restricciones de dosis para el pulmón ipsilateral ($V_{20Gy} < 10\%$) y el corazón ($V_{18Gy} < 5\%$), comprobando que la técnica era factible, reproducible, sin peor tolerancia aguda y consiguiendo en todas las pacientes respetar las restricciones dosimétricas establecidas en el protocolo (33,34). Finalmente, se ha intentado comprobar la factibilidad del posicionamiento en decúbito prono para la irradiación de las áreas ganglionares axilo-claviculares si bien los resultados no han sido satisfactorios (35). Un ensayo clínico de los mismos investigadores, actualmente en fase de reclutamiento, intenta establecer un algoritmo anatómico que permita predecir de manera individual qué pacientes se tratarán de manera más óptima en decúbito prono y cuáles en decúbito supino atendiendo al cubrimiento del PTV y a la dosis recibida por los órganos sanos. Los resultados preliminares de las primeras 400 pacientes incluidas observaron que la posición de decúbito prono era beneficiosa en más del 90% de las pacientes frente al decúbito supino, tanto en tumores de mama izquierda como derecha, a la hora de disminuir las dosis administradas en pulmón y corazón (36). Varga y cols. emplean un sistema comercial de módulos de AIO (All In One) Solution (ORFIT, Wijnegem, Bélgica), aunque encuentran un defi-

citario cubrimiento del PTV en decúbito prono frente al decúbito supino (D_{95-105} 85,1 \pm 4,2% vs. 89,2 \pm 2,2%; $p < 0,0001$), el tiempo de reposicionamiento diario es más corto en prono (37). Igualmente, el grupo de Veldeman y cols. expone su experiencia en 18 pacientes tratadas en posición de decúbito prono lateralizada con intención de evitar la irradiación sobre la mama contralateral y el corazón al utilizar angulaciones de los haces cercanas a 90°, empleando una modificación del inmovilizador para mama en prono "Horizon"® (Civco Medical Solutions, Orange City, Iowa). Los investigadores han observado, además de la adecuada reproducibilidad del posicionamiento diario de las pacientes, una disminución significativa en los volúmenes tanto de corazón (V_{20Gy} 1,4% prono vs. 3,4% supino, $p < 0,01$) como de pulmón ipsilateral irradiados (V_{20Gy} 0,7% prono vs. 8,3% supino, $p < 0,00001$) (38).

CONCLUSIONES

El empleo de un dispositivo para inmovilización de la mama en decúbito prono ofrece ventajas dosimétricas en la planificación de la radioterapia cuando se compara con la planificación tradicional en decúbito supino. Sin embargo, estas ventajas teóricas deben de ser confirmadas en la práctica clínica diaria. Con este fin, se ha comenzado el reclutamiento de pacientes en un estudio fase II, aprobado por el Comité de Ensayos Clínicos de nuestro centro, empleando el dispositivo IRMAPRON para el tratamiento de las pacientes. El control del reposicionamiento diario de las pacientes se realiza con técnicas de imagen guiada (IGRT). Los resultados de este ensayo permitirán confirmar la factibilidad de esta modalidad de radioterapia. Sin embargo, existen aún cuestiones por aclarar en futuros estudios, como el volumen mamario más adecuado a partir del cual se hacen patentes los beneficios de la radioterapia en decúbito prono, así como la posibilidad de tratar adecuadamente las áreas ganglionares locorreregionales cuando sea necesario.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sánchez MJ, Payer T, De Angelis R, et al. and for the CIBERESP Working Group. Cancer incidence and mortality in Spain: estimates and projections for the period 1981-2012. *Ann Oncol* 2010;21(Supl. 3):iii30-iii36. doi:10.1093/annonc/mdq090
2. Fisher B, Anderson S, Bryant J, et al. Twenty-year follow-up of a randomized trial comparing total mastectomy, lumpectomy, and lumpectomy plus irradiation for the treatment of invasive breast cancer. *N Engl J Med* 2002;347(16):1233-41.
3. van Dongen JA, Bartelink H, Fentiman IS, et al. Randomized clinical trial to assess the value of breast-conserving therapy in stage I and II breast cancer, EORTC 10801 trial. *J Natl Cancer Inst Monogr* 1992;11:15-8.
4. Blichert-Toft M, Rose C, Anderson JA, et al. on behalf of the Danish Breast Cancer Cooperative Group. Danish randomized trial comparing breast conservation therapy with mastectomy: Six years of life-table analysis. *J Natl Cancer Inst Monogr* 1992;11:19-25.
5. Veronesi U, Cascinelli N, Mariani L, et al. Twenty-year follow-up of a randomized study comparing breast-conserving surgery with radical mastectomy for early breast cancer. *N Engl J Med* 2002;347(16):1227-32.
6. Darby SC, McGale P, Taylor CW, et al. Long-term mortality from heart disease and lung cancer after radiotherapy for early breast cancer: prospective cohort study of about 300000 women in US SEER cancer registries. *Lancet Oncol* 2005;6:557-65.
7. Senkus-Konefta E, Jassem J. Cardiovascular effects of breast cancer radiotherapy. *Cancer Treat Rev* 2007;33:578-93.
8. Marhin W, Wai E, Tyldesley S. Impact of fraction size on cardiac mortality in women treated with tangential radiotherapy for localized breast cancer. *Int J Rad Oncol Biol Phys* 2007;69(2):483-9.
9. Patt D, Goodwin J, Kuo Y, et al. Cardiac morbidity of adjuvant radiotherapy for breast cancer. *J Clin Oncol* 2005;23(30):1-8.
10. Pinder M, Duan Z, Goodwin J, et al. Congestive heart failure in older women treated with adjuvant anthracycline chemotherapy for breast cancer. *J Clin Oncol* 2007;25(25):1-8.
11. Youlia M Kirova. Recent advances in breast cancer radiotherapy: Evolution or revolution, or how to decrease cardiac toxicity? *World J Radiol* 2010;2(3):103-8.
12. Coon AB, Dickler A, Kirk MC, et al. Tomotherapy and multifield intensity-modulated radiotherapy planning reduce cardiac doses in left-sided breast cancer patients with unfavorable cardiac anatomy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010;78(1):104-10.
13. Gagliardi G, Bjöhle J, Lax I, et al. Radiation pneumonitis after breast cancer irradiation: analysis of the complication probability using the relative seriality model. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2000;46(2):373-81.
14. Blom-Goldman U, Wennberg B, Svane G, et al. Reduction of radiation pneumonitis by V20-constraints in breast cancer. *Radiat Oncol* 2010;5(1):99.
15. Kahan Z, Csenki M, Varga Z, et al. The risk of early and late lung sequel after conformal radiotherapy in breast cancer patients. *Int J Rad Oncol Biol Phys* 2007;68(3):673-81.
16. Sancho S, Montero A, Córdoba S. Tumores de mama. En: Ramos Aguerri A, editor. Simulación virtual y radioterapia conformada 3D. Guía práctica para la delimitación de volúmenes. Madrid: Grupo Editorial Entheos, S.L.; 2006. p. 73-84.
17. ICRU Report 50, Prescribing, Recording, and Reporting Photon Beam Therapy. ICRU 1985.
18. ICRU Report 62, Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU Report 50), ICRU 1999.
19. Wilcoxon F. Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics* 1945;1:80-3.
20. Singletary SE, Allred C, Ashley P, et al. Revision of the American Joint Committee on Cancer staging system for breast cancer. *J Clin Oncol* 2002;20(17):3628-36.
21. Merchant TE, McCormick B. Prone position breast irradiation. *Int J Rad Oncol Biol Phys* 1994;30(1):197-203.
22. Grann A, McCormick B, Chabner E, et al. Prone breast radiotherapy in early-stage breast cancer: a preliminary analysis. *Int J Rad Oncol Biol Phys* 2000;47(2):319-25.
23. Goodman KA, Hong L, Wagman R, et al. Dosimetric analysis of a simplified intensity modulation technique for prone breast radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;60(1):95-102.
24. Stegman DL, Beal KP, Hunt MA, et al. Long-term clinical outcomes of whole-breast irradiation deliveries in the prone position. *Int J Rad Oncol Biol Phys* 2007;68(1):73-81.
25. McKinnon RM, Christie D, Peres H, et al. The prone technique for breast irradiation: is it ready for clinical trials? *Breast* 2009; 18:30-4.
26. Kurtman C, Andrieu MN, Hiçsönmez A, et al. Three-dimensional conformal breast irradiation in the prone position. *Braz J Med Biol Res* 2003;36:1441-6.
27. Griem KL, Fetherson P, Kutznesova M, et al. Three-dimensional photon dosimetry: a comparison of treatment of the intact breast in the supine and prone position. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2003;57:891-9.
28. Ferrari A, Ivaldi G, Leonardi MC, et al. Prone breast radiotherapy in a patient with early stage breast cancer and a large pendulous breast. *Tumori* 2009;95:394-7.
29. Mahe MA, Classe JM, Dravet F, et al. Preliminary results for prone-position breast irradiation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2002;

- 52(1):156-60.
30. Buijsen J, Jager J, Bovendeerd J, et al. Prone breast irradiation for pendulous breast. *Radiother Oncol* 2007;82: 337-40.
 31. Kirby AM, Evans P, Donovan E. Prone versus supine positioning for whole and partial breast radiotherapy: a comparison of nontarget tissue dosimetry. *Radiother Oncol* 2010. doi:10.1016/j.radonc.2010.05.014.
 32. Formenti S, Truong MT, Goldberg JD, et al. Prone accelerated partial breast irradiation after breast-conserving surgery: preliminary clinical results and dose-volume histogram analysis. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2004;60(2):493-504.
 33. Formenti S, Gidea-Addeo D, Goldberg J, et al. Phase I-II trial of prone accelerated intensity modulated radiation therapy to the breast to optimally spare normal tissue. *J Clin Oncol* 2007;25(16):2236-42.
 34. DeWyngaert JK, Jzsef G, Mitchell J, et al. Accelerated intensity-modulated radiotherapy to breast in prone position: dosimetric results. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2007;68(4):1251-9.
 35. Alonso-Basanta M, Ko J, Formenti S, et al. Coverage of axillary nodes in supine vs. prone breast radiotherapy. *Int J Rad Oncol Biol Phys* 2009;73(3):745-51.
 36. Formenti SC. Other new radiotherapy techniques. VIII Madrid Breast Cancer Conference: latest advances in breast cancer. *Breast Cancer Res* 2009;11:S1 5.
 37. Varga Z, Hideghéty K, Mezö T, et al. Individual positioning: a comparative study of adjuvant breast radiotherapy in the prone versus supine position. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2009;75(1):94-100.
 38. Veldeman L, Speleers B, Bakker M, et al. Preliminary results on set-up precision of prone-lateral patient positioning for whole breast irradiation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2010. doi:10.1016/j.ijrobp.2009.07.1749.