

Article

# USO DE PET-CT EN EL DELINEADO DE VOLUMEN EN LA PLANIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO CON RADIACIÓN

## Use of PET-CT in the one delineated of volume in the planning of the one radiant treatment

RUBÉN ALEXANDER ELZAURDÍN MORA 

*Especialista I grado en oncología. Máster en Salud Ambiental. Máster en Salud Pública.  
Diplomado en Radioterapia oncológica. Centro de Investigaciones médico quirúrgica. La Habana. Cuba.*

MISLEYDIS NÁPOLES MORALES 

*Especialista de II Grado en Oncología. Máster en Atención Integral a la Mujer. Profesora Asistente.  
Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología. La Habana. Cuba.*

**Autor de correspondencia:** Dr. Rubén Elzaurdín Mora.  
Centro de Investigaciones Médico-quirúrgicas. La Habana, Cuba  
ruben.elzaurdin@infomed.sld.cu

**Recibido:** 05/10/2020  
**Aceptado:** 27/11/2020

### RESUMEN

El tratamiento con radioterapia, consiste en irradiar de forma homogénea el tumor, evitando irradiar los órganos cercanos. El desarrollo de la tecnología en el campo de la medicina, ha permitido que se cumpla este principio, con buenos resultados de respuesta objetiva, que se traduce en el control de la enfermedad de los pacientes con cáncer. La Tomografía axial computarizada por emisión de positrones (PET-CT) consigue una mayor precisión en el delineado del volumen blanco o tumoral. El propósito de este estudio fue analizar la influencia del uso del PET-CT en el delineado de volúmenes a tratar en la planificación del tratamiento con radiaciones.

Se diseñó un estudio piloto con dos pacientes preparados para radioterapia por neoplasias malignas, a los cuáles se les realizó un TAC simple y un PET-CT y observadores independientes realizaron la delimitación del tumor. Se examinó la consistencia entre los observadores y las mediciones en las imágenes.

El uso del PET-CT favoreció la delimitación del volumen a irradiar lo que disminuye el riesgo para los órganos vecinos.

**Palabras claves:** radioterapia, Tomografía axial computarizada por emisión de positrones, volumen blanco.

## 1. Introducción

La oncología radioterápica utiliza las radiaciones ionizantes para el tratamiento de los tumores malignos. El principio básico de esta terapia, consiste en irradiar de forma homogénea el volumen a tratar, preservando lo más posible los tejidos sanos más próximos. A mayor dosis y mayor volumen irradiado, existe en general más probabilidades de control del tejido tumoral, pero también más probabilidades de daño sobre el tejido sano. (Albuquerque, 2006; SEOR, s.f; Franz *et al.*, 2007). El desarrollo de la tecnología en el campo de la medicina, ha permitido que se cumpla este principio con buenos resultados de respuesta para los pacientes con cáncer. El aumento de dosis sobre el tumor debería ir seguido de una mayor probabilidad de control, y eventualmente, aquellos tumores de altas posibilidades de recidiva, una mayor tasa de supervivencia (Albuquerque, 2006).

El delineado del volumen tumoral es el inicio del proceso de planificación del tratamiento radiante. Sobre las imágenes obtenidas del paciente en unas condiciones determinadas que puedan ser reproducibles en futuras sesiones de tratamiento, el oncólogo radioterápico debe delimitar el *gross tumor volume* (GTV) o volumen tumor macroscópico, que se corresponde con la extensión y localización demostrable del crecimiento maligno. Puede ser GTV primario (tumor primario), GTV nodular (adenopatías metastásicas) o GTV metastásico (metástasis a distancia). Su delimitación está basada en técnicas de imagen, examen clínico y otros métodos diagnósticos que deben ser especificados. (Franz *et al.*, 2007; Schlegel, 2006). Una vez delimitado el GTV será preciso ampliar dicho volumen para incluir la enfermedad maligna subclínica que debe ser eliminada. Este volumen constituye el *clinical target volume* (CTV) o volumen blanco clínico y debe ser tratado adecuadamente para alcanzar el objetivo de la terapia radical (Franz *et al.*, 2007)

El advenimiento de la radioterapia (RT) en tres dimensiones (3D), implica cambios técnicos relevantes al compararlo a la radioterapia convencional. Los mecanismos implicados en la planificación en 3D, han añadido una mayor complejidad y precisión en todo el proceso. Nuevas modalidades de imágenes: Tomografías axiales computarizadas de última generación (TAC), Resonancia magnética nuclear (RMN), Tomografía axial computarizada por emisión de positrones (PET-CT), espectroscopia, consiguen una mayor precisión en la delimitación del volumen blanco o tumoral (Albuquerque, 2006). La tecnología PET es una herramienta diagnóstica de medicina nuclear, que evalúa in vivo de forma no invasiva, la biodistribución de un radiofármaco emisor de positrones en diferentes órganos y tejidos, generando imágenes tomográficas a partir de la detección de los fotones de aniquilación que producen estos positrones (López, 2014). Es lo que se ha denominado la “imagen molecular”, complemento de la información anatómica que proporcionan la tomografía axial computarizada (TAC) o la resonancia magnética (RM) (Suárez *et al.*, 2004; Oliva *et al.*, 2017). Los positrones son radiaciones que provienen del núcleo del átomo, están cargados positivamente y tienen igual masa que un electrón (López, 2014).

La PET-FDG puede influir en el volumen planificado del tratamiento con radioterapia y proporcionar una reducción de la dosis sobre tejido sano. (Provencio *et al.*, 2007) Uno de los factores importantes que ha contribuido al éxito del proceso de planificación ha sido la estandarización de la nomenclatura, GTV, CTV y los volúmenes marginales necesarios teniendo en cuenta el movimiento de algunos órganos (Albuquerque, 2006; Perez & Brady's, 2008; Bellón, 2010). Estos volúmenes pueden sobreestimarse por inflamación crónica, sepsis sobreañadida y reacción granulomatosa peritumoral (Provencio *et al.*, 2007). La integración de los equipos híbridos PET-CT/ TAC en la planificación tridimensional de radioterapia, permite delimitar de forma más exacta el volumen si se compara con la TAC. La unión de estos dos estudios permite incrementar el rendimiento diagnóstico respecto a la delimitación de lesiones en cerca del 20-30% (Maldonado, 2018; Van Baardwijk *et al.*, 2006). Reduce

el riesgo de errores en la localización topográfica de las lesiones y minimiza la dosis de radiación ionizante que reciben los órganos no-diana.

## 2. Material y métodos

Se diseñó un estudio piloto, a partir de dos casos seleccionados aleatoriamente entre pacientes con diagnóstico de neoplasias malignas con diferentes localizaciones, y que habían recibido tratamiento oncoespecífico previo y estaban pendiente de iniciar tratamiento con radioterapia.

Los pacientes fueron informados y entregaron su consentimiento de uso de las imágenes. Este trabajo contó con la autorización del comité de ética del Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología de La Habana, Cuba.

Se realizó un TAC simple para la planificación del tratamiento con radiaciones y posteriormente se realizó un PET-CT para identificar metabólicamente la localización del tumor.

Se solicitó a los médicos del departamento de radioterapia del Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología (INOR) realizar el delineado del volumen tumoral grueso (GTV) y el volumen tumoral clínico (CTV) de ambos pacientes en el TAC de planificación. Se realizó la fusión de imágenes entre el TAC de planificación y el PET-CT y posteriormente los mismos observadores realizaron el delineado de ambos volúmenes.

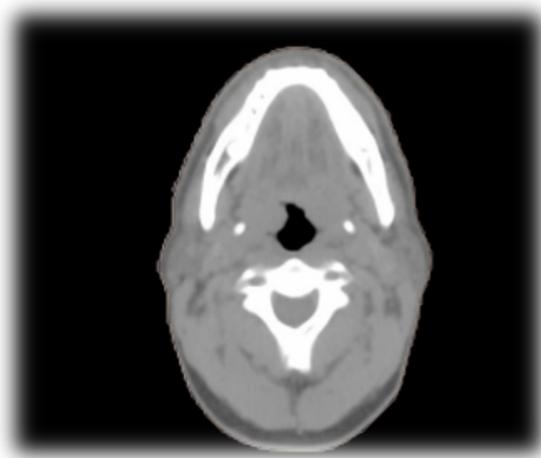
### *Caso 1.*

Paciente de sexo masculino con diagnóstico de Adenocarcinoma de amígdala izquierda.

El TAC simple permitió definir el área tumoral a irradiar. Mediante este estudio se realizó la determinación del tamaño del tumor y las regiones ganglionares afectadas o de alto riesgo de recidiva. Este proceso tiene como base la pericia del radioterapeuta en el manejo de las imágenes obtenidas con este estudio (Figura 1).

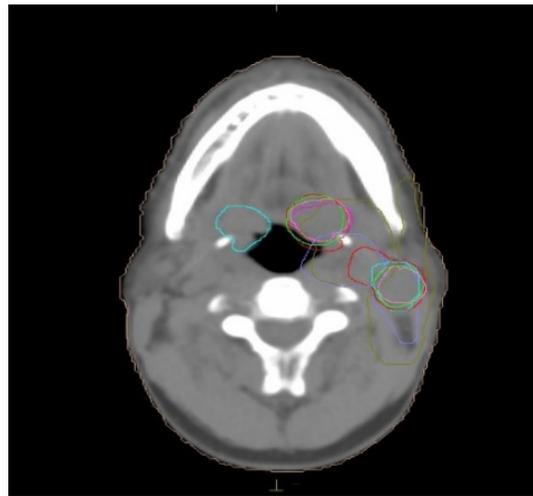
**Figura. 1.**

Imágenes obtenidas por TAC simple.



Obtenida las imágenes y revisada la calidad de las mismas, se definió el volumen tumoral grueso (GTV) Figura 2.

**Figura 2.**  
Delineado de GTV y CTV.



Cada médico que participó en la investigación realizó el delineado del volumen tumoral grueso y del volumen tumoral clínico, teniendo en cuenta la traducción radiológica de las lesiones en la tomografía simple, como se puede observar en la Figura 2. Hay diferencias evidentes entre el delineado de cada especialista tanto en el tamaño, así como en la localización de la lesión tumoral y las cadenas ganglionares afectadas.

**Fig. 3.**  
Volúmenes definidos por los médicos tratantes en el TAC

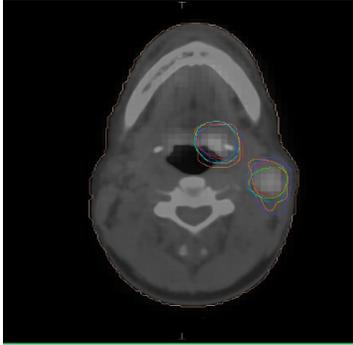
Name	Color	Visible	Volume (cm <sup>3</sup> )	Type
External		<input checked="" type="checkbox"/>	14453.085	External
GTV		<input checked="" type="checkbox"/>	29.594	Target
GTV G1		<input checked="" type="checkbox"/>	10.179	Internal
GTV G6		<input checked="" type="checkbox"/>	49.433	Internal
GTV T1		<input checked="" type="checkbox"/>	10.360	Internal
GTV T6		<input checked="" type="checkbox"/>	196.704	Internal
GTV-G		<input checked="" type="checkbox"/>	15.751	Internal
GTV-G2		<input checked="" type="checkbox"/>	8.843	Internal
GTV-G4		<input checked="" type="checkbox"/>	14.276	Internal
GTV-G5		<input checked="" type="checkbox"/>	71.525	Internal
GTV-T2		<input checked="" type="checkbox"/>	18.665	Internal
GTV-T3		<input checked="" type="checkbox"/>	20.019	Internal
GTV-T4		<input checked="" type="checkbox"/>	13.889	Internal
GTV-T5		<input checked="" type="checkbox"/>	15.076	Internal

El volumen (cm<sup>3</sup>) obtenido después del delineado de las lesiones a tratar por cada observador fue diferente tanto para el tumor, así como para el ganglio afecto. El volumen obtenido con el delineado de los expertos del centro en radiología y medicina nuclear (azul = medico nuclear) (Morado= medico radiólogo) difería ampliamente con los volúmenes obtenidos con el delineado de los especialistas del servicio. Las diferencias dependen de la experiencia y de la interpretación radiológica de cada especialista, por lo que se requiere de un entrenamiento en el delineado de volumen (Figura 3).

El uso del PET-CT como herramienta de ayuda en el delineado de volumen, permitió variar el área a tratar, definir con mayor precisión la extensión de la lesión a irradiar y por lo tanto disminuir el daño de los órganos cercanos (órganos de riesgo)

**Figura 4 -5.**

PET- CT en el delineado de volúmenes. Volúmenes definidos por PET CT.



Name	Color	Visible	Volume (cm <sup>3</sup> )	Type
External		<input checked="" type="checkbox"/>	14553.886	External
GTV GAzul		<input checked="" type="checkbox"/>	15.855	Internal
GTV GPF		<input checked="" type="checkbox"/>	43.528	Internal
GTV TAzul		<input checked="" type="checkbox"/>	23.238	Internal
GTV Tnaranja		<input checked="" type="checkbox"/>	33.755	Internal
GTV TPF		<input checked="" type="checkbox"/>	34.004	Internal
GTV-G0		<input checked="" type="checkbox"/>	9.877	Internal
GTV-T0		<input checked="" type="checkbox"/>	19.083	Internal
GTV_Gnaranja		<input checked="" type="checkbox"/>	29.204	Internal
GTV_Gverde		<input checked="" type="checkbox"/>	18.942	Internal
GTV_Tverde		<input checked="" type="checkbox"/>	30.152	Internal

El volumen de GTV a tratar en el PET-CT con respecto al TAC simple, disminuyó considerablemente en todos los observadores. Esto se debe a una mayor precisión en las dimensiones del tumor dada la combinación anatómica y metabólica de ambas imágenes.

## Caso 2.

Paciente de sexo masculino con diagnóstico de adenocarcinoma de recto. El delineado de volumen se realizó a partir del TAC simple de planificación como está definido en los protocolos de actuación.

**Figura 6.**

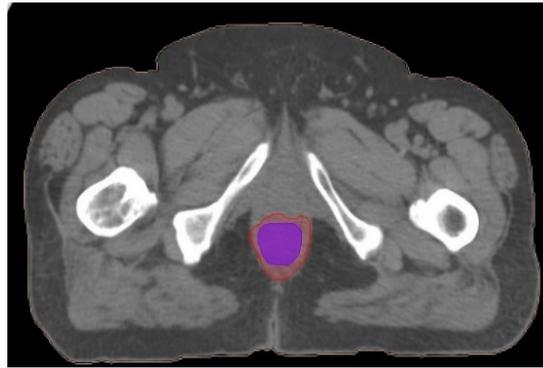
TAC simple de planificación.



El GTV y el PTV se realizaron con las imágenes del TAC de planificación realizado al efecto, información puramente anatómica. Una vez realizado el delineado por el médico responsable del caso, un especialista en imagenología delimitó la extensión del tumor según su experiencia. (Figura 7) El volumen anatómico entre el médico responsable del caso y el médico imagenólogo fue diferente siendo de menor tamaño en este último, lo que demuestra que la extensión tumoral depende de la interpretación de cada observador.

**Figura 7.**

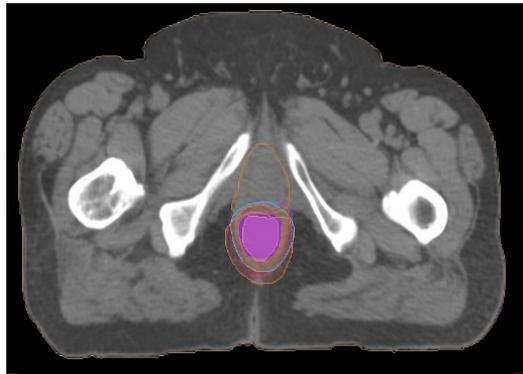
GTV según medico de asistencia y el especialista en imágenes en TAC.



El delineado de la zona a irradiar varió según la observación de cada especialista. Con el uso del TAC simple el margen de irradiación depende de la interpretación de cada radioterapeuta.

**Fig. 8.**

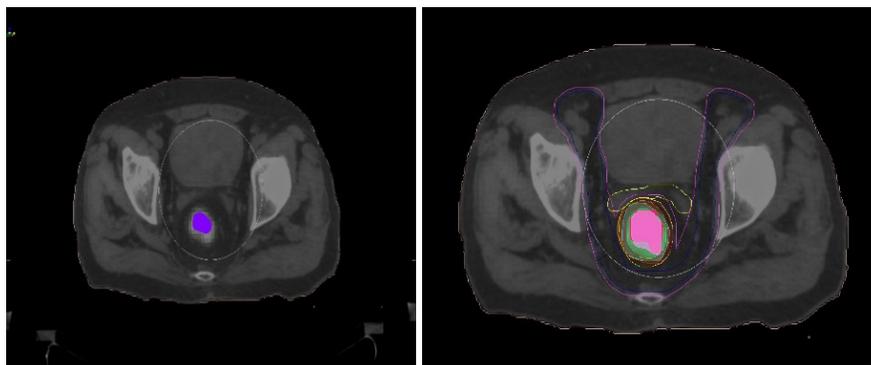
GTV según especialista en RTP en TAC simple.



El PET-CT agregó la interpretación metabólica al proceso. El volumen a irradiar es más específico, por lo que se evita irradiar partes del órgano innecesariamente. Después de realizar la fusión de imágenes entre el TAC simple y el PET-CT, cada médico realizó el delineado del volumen tumoral, siendo menor en este último y permitió delinear con mayor exactitud las cadenas ganglionares (Figura 9 A y B).

**Fig. 9. A y B**

GTV según delineado en PET-CT.



El volumen de tumoral grueso (GTV) definido en la TAC simple es mayor que el definido con el uso del PET-CT en la mayoría de los observadores, teniendo en cuenta la expresión metabólica de la imagen cada radioterapeuta pudo corregir el volumen previamente definido como se reporta en la mayoría de los estudios reportados en la literatura. También hay variación en el volumen de los órganos de riesgo delineados, con el PET-CT se puede evaluar la relación anatómica entre las áreas comprometidas por tumor y los tejidos sanos adyacentes

### 3. Discusión

La Tomografía de emisión de positrones con trazadores del tipo flúor-deoxi-glucosa (FDG-PET), es la primera generación de herramienta diagnóstica en ayudar a localizar el tejido tumoral, basada en su actividad metabólica. En los estudios realizados al respecto, los resultados preliminares sugieren que las imágenes metabólicas no coinciden con las imágenes radiológicas en un número importante de los casos (Alburquerque, 2006; SEOR, s.f). La combinación de la imagen metabólica de la Tomografía por emisión de positrones con la imagen anatómica de la Tomografía Axial Computarizada, produce una elevada resolución anatómica del TAC con una indiscutible imagen funcional del PET, lo cual permite una precisión diagnóstica y terapéutica en Oncología (SEOR, s.f; Franz *et al.*, 2007; López, 2014; Oliva *et al.*, 2017).

En los dos casos estudiados, los especialistas definieron diferentes volúmenes tumorales en el delineado del GTV y el CTV en las tomografías de planificación. Esto está condicionado por la experiencia de cada uno de ellos en la interpretación de las imágenes. Esta observación también fue evidenciada por Bellón y colaboradores en un estudio realizados en 20 pacientes con tumores de cabeza y cuello, donde el volumen obtenido fue diferente para cada observador (Bellón, 2010).

La fusión de ambas imágenes permite realizar un delineado con mayor precisión en el momento de definir el volumen tumoral a tratar, así como proteger los órganos en riesgos que se encuentran cercanos a la zona de tratamiento. Este resultado disminuye favorablemente las complicaciones de los pacientes que son sometidos al tratamiento con radiaciones.

En ambos casos el volumen tumoral a irradiar, fue menor después de la fusión de imágenes anatómica y metabólica. El GTV fue determinado teniendo en cuenta el tamaño del tumor y el área más externa del mismo, que puede estar relacionado con áreas inflamatorias que lo rodea. La técnica del PET/CT permite una evaluación morfológica y funcional en un solo examen, lo que permite controlar, cambiar conductas y establecer pronósticos como se enuncia en la literatura (Bellón, 2010; Retamal *et al.*, 2017).

### 4. Conclusiones

El uso del PET-CT influyó positivamente en el proceso de delineado del tratamiento con radiaciones ionizantes, así como, en definir los órganos de riesgo para su protección. Permitted disminuir el volumen tumoral a tratar e incluir aquellas zonas que por estudios tomográficos simples no fueron detectados, lo que facilitó un delineado preciso en la planificación del tratamiento con radiaciones

## 5. Recomendaciones

Sistematizar la fusión de imágenes de la Tomografía axial computarizada por emisión de positrones y la tomografía axial computarizada simple, en el delineado del GTV y CTV en los servicios de radioterapia que dispongan de esta tecnología, para mejorar el proceso de planificación del tratamiento con radiaciones.

## 6. Financiamiento

El trabajo no ha recibido financiamiento de ninguna institución.

## 7. Aspectos éticos

Los autores declaran que los pacientes fueron informados y entregaron su consentimiento de uso de las imágenes. Este trabajo contó con la autorización del comité de ética del Instituto Nacional de Oncología y Radiobiología. La Habana, Cuba.

Los autores declaran que cuentan con la autorización de uso de las imágenes incluidas en esta publicación.

## 8. Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

## Referencias

- Alburquerque Carbuccia, H.(2006) “Manual práctico de oncología radioterápica.” Calamar edición y Diseños S.L. MCM. [citado 2018 febrero 19] Madrid. pp. 29
- Bellón Guardia, ME. (2010). Utilidad de la PET-TAC en la planificación radioterápica en el cáncer de cabeza y cuello. Nuestra experiencia inicial. Revista Española Medicina Nuclear. 29(4):157–164.
- Franz Gerhard, Schiappacasse Giancarlo, Balcells Andrea, Guiloff Stefan. (2017). Role of 18FDG PET/CT in non-malignant diseases. Rev. chil. radiol. [Internet] [citado 2018 mayo 24]; 23(3): 116-129. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082017000300006>.
- López Díaz, A. (2014) PET/CT: una apuesta por una tecnología joven, revolucionaria y dinámica. Rev. Acta Médica 15 (1). Disponible en: <http://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=50862>
- Maldonado, A. (s.f) La Revolución del PET-TAC en los tratamientos con Radioterapia. [accedido el 18-02-2018. 15:21 pm]. Disponible en [http://alashimn.net/ec/recursos/PET-CT\\_en\\_Radioterapia.pdf](http://alashimn.net/ec/recursos/PET-CT_en_Radioterapia.pdf)
- OLIVA GONZALEZ, Juan P; MARTINEZ RAMIREZ, Aldo y BAUM, Richard Paul. (2017). PET/CT applications in oncology. *Nucleus* [online]. N.62 [citado 2018-05-24], pp. 10-13. ISSN 2075-5635. Disponible en:[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-084X201700200003&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-084X201700200003&lng=es&nrm=iso)

- Perez and Brady's. (2008). Principles and Practice of Radiation Oncology, 5th Edition. Copyright ©2008 Lippincott Williams &Wilkins.
- Provencio M., Sánchez A., González C., Valcárcel F, Varela A., Maldonado A. et al. La PET y PET-CT en la estadificación y tratamiento del cáncer de pulmón no microcítico. *Oncología (Barc.)* [Internet]. 2007 [citado 2018 febrero 19]; 30(3): 28-40. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-48352007000300004&lng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-48352007000300004&lng=es)
- Retamal C. Andrés, Schiappacasse F. Giancarlo, Pérez M. Lizbet, Alwayay Q. Pablo, Schild W. Isabel. (2017). PET/CT: Técnica, consideraciones e indicaciones en el estudio oncológico de pacientes pediátricos. *Rev. chil. pediatr.* [Internet]. [citado 2018 mayo 24] ; 88( 6 ): 803-811. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0370-41062017000600803>.
- Schlegel, W T; Bortfeld · A. - L. Grosu (Eds.) (2006). *New Technologies in Radiation Oncology.* © Springer-Verlag. Berlín Heidelberg. Printed in Germany. En: <https://www.springer.com/gp/book/9783540003212>
- SEOR.(s.f) Recomendaciones para el uso de la PET-TC con 18FDG en la planificación de radioterapia. [online]. [citado 2018-05-24], Disponible en:<http://www.sefm.es/userfiles/documentos/recomendacionesparaelusodelaPet-Tcon8fdgenlaplanificaciónderadioterapia.pdf>
- Suárez Fernández J. P., Maldonado Suárez A., Domínguez Grande M. L., Serna Macías J. A., Kostvinseva O., Ordovás Oromendía A. et al.(2004) La Tomografía por Emisión de Positrones (PET) en la práctica clínica oncológica. *Oncología (Barc.)* [Internet]. [citado 2018 febrero 19]; 27( 8 ): 15-25. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-48352004000800002&lng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-48352004000800002&lng=es)
- Van Baardwijk, A; Baumert, BG; Bosmans, G; van Kroonenburgh, M; Stroobants, S; Gregoire, V; et al. (2006). The current status of FDG-PET in tumour volume definition in radiotherapy treatment planning. *Cancer Treat Rev.* 2006; 32: 245–260.

---

## SUMMARY

The treatment with radiotherapy consists on irradiating in a homogeneous way the tumor, avoiding to irradiate the near organs. The development of the technology in the field of the medicine, it has allowed that this principle is completed, with good results of objective answer what allows the control of the illness of the patients with cancer. The computerized axial tomography by positrons emission (PET-CT) it gets a bigger precision in the one delineated of the white volume or tumoral. The purpose of this study was to analyze the influence of the use of the PET-CT in the one delineated of volumes to try in the planning of the treatment with radiations.

A study pilot was designed with two prepared patients for radiotherapy for malignant diseases, to those which they were carried out a simple TAC and a PET-CT and independent observers carried out the delimitation of the tumor. The consistency was examined between the observers and the mensuration in the images.

The use of the PET-CT favors the delimitation of the volume to irradiate what diminishes the risk for the neighboring organs.

**Key words:** radiotherapy, computerized axial tomography by positrons emission, white volume

---