



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

**TRATAMIENTO RADIOTERÁPICO DE CÁNCER DE PIEL NO  
MELANOMA**

**RADIOTHERAPY TREATMENT OF NON-MELANOMA SKIN  
CANCER**

*Departamento de Pediatría, Radiología y Medicina Física*

Autor/es

Sara Chocrón Miño

Director/es

José Antonio Font (Tutor)

Dra. Araceli Hernández Vitoria (Tutora Ponente)

Facultad de Medicina  
2018

## **ABSTRACT**

The goals of this document have been to check the utility of radiotherapy in non-melanoma skin cancer treatment and to explain different radiotherapy techniques available for this kind of cancer in the Hospital Universitario Miguel Servet (HUMS), focusing principally in the most often used; superficial radiotherapy with Kilovoltaje Pantak Therapax (Xstrahl Medical LTD) equipment. Advantages and disadvantages of this technique are shown over others.

The main benefit is that it is simple to apply because it does not need sophisticated treatment planning systems with Computerized Tomography pictures. Moreover, is not necessary to use large treatment margins of the zone to treat, and treatment is well tolerated. Another additional advantage is related to radiological protection, much less demanding than other radiotherapy techniques that use linear electron accelerators or radioactive isotopes. As a disadvantage it can be noted that, due to its RX low energy, it is only used for superficial injuries and is inappropriate for deep lesions.

## **KEYWORDS**

Radiotherapy, Superficial radiotherapy, Pantax Therapax, skin cancer, non-melanoma

## **RESUMEN**

Los objetivos de este trabajo han sido revisar la utilidad de la radioterapia en el tratamiento de cáncer de piel no melanoma y exponer las distintas técnicas de tratamiento radioterápico disponibles para este tipo de cáncer en el hospital Universitario Miguel Servet, centrándome sobre todo en la usada más frecuentemente, la de radioterapia superficial con el equipo de Kilovoltaje Pantak Therapax (Xstrahl Medical LTD). A lo largo del trabajo se presentan las ventajas e inconvenientes de esta técnica frente a otras.

La principal ventaja es la sencillez de su aplicación, ya que no requiere el uso de sofisticados sistemas de planificación de tratamientos con imágenes de Tomografía Computarizada. Además, no se requiere la aplicación de grandes márgenes a la zona a tratar y el tratamiento se tolera bien. Otra ventaja adicional de la técnica está relacionada con las cuestiones de protección radiológica, que son bastante menos exigentes frente a otras técnicas de radioterapia que usan aceleradores lineales de electrones o isótopos radiactivos. Como desventaja se puede señalar que, debido a la baja energía de sus RX, solo se utiliza para lesiones superficiales y es inadecuada para lesiones profundas.

## **PALABRAS CLAVES**

Radioterapia, Radioterapia superficial, Pantak Therapax, cáncer de piel, no melanoma.

## CONTENIDO

1- INTRODUCCIÓN.....	5
1.1 DATOS GENERALES EPIDEMIOLÓGICOS DEL CÁNCER DE PIEL...5	
1.1.1- CARCINOMA BASOCELULAR.....	5
1.1.2- CARCINOMA ESPINOCELULAR.....	6
1.2 TÉCNICAS PARA EL TRATAMIENTO.....	6
1.3 TÉCNICAS DE TRATAMIENTO CON RADIOTERAPIA.....	9
2- OBJETIVO.....	10
3- MÉTODO.....	10
4- PAPEL DE LA RADIOTERAPIA EN EL TRATAMIENTO DE CÁNCER DE PIEL NO MELANOMA.....	10
5- DESCRIPCION DEL TRATAMIENTO CON UNIDADES DE RADIOTERAPIA SUPERFICIAL.....	12
5.1 PANTAK THERAPAX 150 (XSTRAHL MEDICAL LTD).....	14
5.2 PLANIFICACIÓN CON THERAPAX.....	17
5.2.1- DISPOSICIÓN DE LOS MANDOS DE CONTROL POR EL ENFERMERO.....	21
6- TÉCNICA DE TRATAMIENTO CON ACELERADOR LINEAL DE ELECTRONES.....	22
6.1 TRATAMIENTO SUPERFICIAL CON ACELERADOR LINEAL DE ELECTRONES EN MODO DE EMISIÓN DE RX.....	22
6.2 TRATAMIENTO SUPERFICIAL CON ACELERADOR LINEAL DE ELECTRONES EN MODO DE EMISIÓN DE ELECTRONES.....	23
7- TÉCNICAS DE BRAQUITERAPIA.....	24
7.1 BRAQUITERAPIA BASADA EN ISÓTOPOS RADIATIVOS.....	25
7.2 BRAQUITERAPIA ELECTRÓNICA.....	25
8- PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN LA UNIDAD DE RADIOTERAPIA SUPERFICIAL.....	27

8.1 ASPECTOS GENERALES.....	27
8.1.1 PLANIFICACIÓN DE UNA INSTALACIÓN RADIOLÓGICA.....	28
8.2 ASPECTOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN LA UNIDAD DE RADIOTERAPIA SUPERFICIAL.....	28
8.2.1- EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN.....	29
8.2.2- LÍMITE DE DOSIS.....	29
8.2.3- CLASIFICACIÓN DE TRABAJADORES Y DELIMITACIÓN DE ZONAS.....	29
8.2.4- USO DE DOSÍMETROS.....	30
8.2.5- VIGILANCIA SANITARIA DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS.....	30
8.2.6- ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDADES.....	30
8.2.7- PLANIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	30
9- FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL TRATAMIENTO CON RADIOTERAPIA SUPERFICIAL FRENTE A OTRAS TÉCNICAS.....	32
10- CONCLUSIONES.....	33
11- REFERENCIAS.....	34

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 DATOS GENERALES EPIDEMIOLÓGICOS DEL CÁNCER DE PIEL NO MELANOMA.**

El cáncer de piel se divide en melanoma y no melanoma. A su vez este último se divide principalmente en carcinoma basocelular (CBC) y carcinoma escamoso (CEC), los cuales presentan diferencias con respecto a su etiopatogenia, agresividad, pronóstico y estirpe celular. [Castañeda et al., 2016].

El cáncer de piel es el tipo de cáncer más común en todo el mundo, y su incidencia continúa aumentando. En España ha aumentado un 38% en los últimos cuatro años, lo que supone un incremento de casi el 10% anual. Hay 4.000 nuevos casos de melanoma cada año, 116.380 pacientes con carcinoma basocelular, 17.500 con carcinoma espinocelular y 600 muertes anuales. [Castañeda et al., 2016; AEDV., 2017].

En EE.UU. cerca de 1.200.000 casos de cáncer no-melanoma son diagnosticados anualmente, de los cuales el 80% corresponde al carcinoma basocelular. [Lobos et al., 2011].

El riesgo de que un individuo desarrolle cáncer en la piel depende de factores genotípicos, fenotípicos y ambientales. Entre estos se incluye la historia familiar, cabello claro o rojo, múltiples nevos melanocíticos, o sensibilidad a la exposición solar, entre otros. Sin embargo, la radiación ultravioleta (UV) es un factor de riesgo ambiental bien establecido, y quizá el más importante. [Vishal et al., 2010].

En total, llegan a diagnosticarse cada año entre 2 y 3 millones de casos nuevos. Pese a esto, el diagnóstico es muy sencillo y el porcentaje de curación, muy elevado. [Delishaj et al., 2016]

#### **1.1.1 – CARCINOMA BASOCELULAR.**

Es la neoplasia más común de la piel y generalmente está relacionada con la exposición crónica y frecuente al sol. Australia es el país con la más alta incidencia anual (con promedios de 1 a 2% por año) y su incidencia ha ido en aumento tanto en Europa como EE.UU., especialmente en el adulto joven, en relación a los hábitos de exposición al sol. [Lobos et al., 2011].

Supone el 80% de los casos. Varias teorías intentan explicar su origen, pero se ha visto que la que mejor lo explica es el origen a partir de la epidermis y el folículo

pilosebáceo. Se asocia con mutaciones del gen supresor tumoral en el cromosoma 9q y p53. [Craythorne et al., 2017].

Normalmente ocurre en pacientes mayores de 40 años. Se caracterizan por ser de baja malignidad y tener un crecimiento lento, pero pueden ser localmente agresivos dependiendo del subtipo (los más característicos son el nodular ulcerativo y el superficial). Presentan un bajo potencial metastásico, y aproximadamente un 40% de pacientes que tuvieron un carcinoma basocelular desarrollarán otra lesión durante los cinco siguientes años. [Castañeda et al., 2016].

Con respecto a la localización, aproximadamente el 70% ocurre en la cara, el 15 % se localiza en tronco y muy raramente se encuentran en áreas como el pene, la vulva o la piel perianal. [Castañeda et al., 2016].

### 1.1.2 – CARCINOMA ESPINOCELULAR.

Es el segundo en frecuencia después del carcinoma basocelular. Supone el 20% de los cánceres de piel no melanoma, y es el que causa mayor cantidad de muertes. Proviene de la malignización de las células escamosas de la epidermis. La exposición crónica a radiación UV representa el factor de riesgo más importante para su desarrollo. [Lobos et al., 2011]

Afecta más a hombres mayores, aumentando su incidencia a partir de los 40 años. [Lobos et al., 2011].

Con respecto a su localización puede ocurrir en cualquier parte del cuerpo incluyendo las mucosas y los genitales, pero es más común encontrarlo en áreas expuestas crónicamente al sol, como en la oreja, el labio inferior, la cara, la piel cabelluda, el cuello, el dorso de las manos, los brazos y las piernas.[Lobos et al., 2011].

Las lesiones pueden presentarse como pápulas costrosas, nódulos ulcerados o verrugosos.

## 1.2 TÉCNICAS PARA EL TRATAMIENTO

Hoy en día se dispone de varias modalidades de tratamiento. La cirugía y la radioterapia parecen ser los métodos más efectivos, siendo el tratamiento quirúrgico el procedimiento con la tasa más baja de recurrencias y con una tasa de curación del 90%

en ambos tipos. Pero hay otras técnicas que expongo brevemente en lo que sigue, para centrarme posteriormente en la radioterapia.

Aunque su tasa de curación con la cirugía es muy elevada, hay que tener en cuenta las complicaciones que puede llevar una operación, como las infecciones. Por lo tanto, se tienen muy en cuenta los tratamientos no quirúrgicos en pacientes seleccionados (ancianos, etc.) por las ventajas que nos ofrecen, como por ejemplo: menor relación coste-efectividad del tratamiento, evitar anestesias, resultados cosméticamente mejores, etc. [Aguayo-Leiva et al., 2010]

Dividimos el tratamiento en técnicas quirúrgicas y no quirúrgicas. El uso de una modalidad terapéutica o de otra dependerá de la localización del tumor, el tipo histológico y el comportamiento biológico, así como de la comorbilidades del paciente, edad y expectativa de vida.

-Dentro de las técnicas quirúrgicas tendríamos:

1. Cirugía escisional: Consiste en la extirpación con márgenes del tumor.
2. Cirugía de Mohs: Es un técnica con control histológico de los bordes utilizada para eliminar tumores cutáneos de alto riesgo. [ Aguayo-Leiva et al., 2010]

Ambas técnicas se utilizan en lesiones tumorales pequeñas, que se pueden extirpar fácilmente y con cierre directo, sin secuelas funcionales ni estéticas.

-Dentro de las técnicas no quirúrgicas se encuentran:

1. Curetaje y electrocoagulación: La técnica consiste en primer lugar en el curetaje, seguido por electrocoagulación del lecho quirúrgico, repitiendo el procedimiento cuantas veces se estime necesario. Únicamente se recomienda en CBC de bajo riesgo, como el superficial o el nodular, bien delimitado y menor de un centímetro. Esta técnica es la más aplicable para lesiones superficiales. [Aguayo-Leiva et al., 2010]
2. Crioterapia: Es una modalidad muy efectiva y ampliamente aceptada. Utiliza temperaturas por debajo de cero grados que causan la destrucción del tejido. El único criterio que necesita es que los bordes estén muy bien definidos. Como desventaja los pacientes presentan: dolor, herida hipertrófica e incluso ulceración.[Ceovic et al.,2010]

3. Terapia fotodinámica: Es un tipo de tratamiento que se ha empleado durante décadas. Se basa en la aplicación de una sustancia fotosensibilizante y la iluminación posterior de la lesión con luz visible para producir moléculas de oxígeno activado que destruyan las células diana. Su ventaja es la utilidad en lesiones extensas, múltiples y localizadas en áreas con algún problema de cicatrización. La principal dificultad es que tanto el fotosensibilizante como la luz alcancen la profundidad suficiente para tratar el extremo más profundo del tumor.[Ceovic et al.,2017; Aguayo-Leiva et al., 2010]
  
4. Imiquimod: Es un modulador de la respuesta inmune, agonista del toll-like receptor 7 (TLR-7), con actividad antivírica y antitumoral, que actúa induciendo la liberación local de interferon- $\alpha$ , factor de necrosis tumoral y de otras citocinas, además de inducir la apoptosis de células tumorales. El imiquimod se utiliza como una crema al 3,75% o al 5% para los carcinomas de células basales superficiales de menos de 2 cm de tamaño. Como desventaja cabe destacar que incluye eritema, edema, prurito, descamación, etc. Aproximadamente un 3% de los pacientes suspenden el tratamiento debido a la inflamación.[ Ceovic et al., 2017].
  
5. Radioterapia: Es una opción importante en el manejo de los pacientes con cáncer de piel no melanoma. Incluye tres entidades: el acelerador lineal de electrones (ALE), en las modalidades de emisión de RX y electrones, la braquiterapia de alta y baja tasa de dosis absorbida y la superficial (equipos emisores de RX energías medias: 30 a 300 KV). Permite tratar lesiones tumorales más extensas y con infiltración de tejidos relativamente profundos, donde el procedimiento quirúrgico puede causar una mayor pérdida funcional como: pérdida de los sentidos, babeo o eversión de los párpados. También se puede usar como terapia adyuvante para tumores agresivos o resecaos de forma incompleta. Como efectos secundarios tardíos pueden presentar fibrosis, telangiectasias y necrosis pero son minimizados con una dosis por fracción más baja que la habitual , lo que conduce a un mejor resultado cosmético[Ceovic et al., 2017]

La radioterapia postoperatoria puede indicarse tras resecciones quirúrgicas incompletas y, en este tipo de tumores, proporciona una tasa de curación a los 5 años del 90%. [Marín et al., 2009].

Como desventaja que presenta tanto esta técnica como las anteriores mencionadas es que no permiten verificación histológica de los márgenes.

### 1.3 TÉCNICAS DE TRATAMIENTO CON RADIOTERAPIA

Existen diversas técnicas especializadas de radioterapia para tratar el cáncer de piel. La elección de la técnica se determina por el tamaño, el espesor y la localización anatómica del tumor. Se dispone de equipos de: rayos X de energías medias del orden de KV (terapia superficial), acelerador (lineal de electrones) para emisión de rayos X de alta energía (del orden de MV), acelerador lineal de electrones para emisión de electrones de alta energía (del orden de MeV) y braquiterapia de baja o alta tasa de dosis absorbida.

Las técnicas actualmente más extendidas para el tratamiento del cáncer de piel son la radioterapia externa con electrones de acelerador lineal y la braquiterapia de alta tasa de dosis ya que son equipos que existen en las Unidades Asistenciales de Oncología Radioterápica para el tratamiento de otros tipos de tumores.

Las opciones del tratamiento se eligen según los recursos y la experiencia del especialista.

1. Radioterapia superficial (50-150 KVp) [Khan., 2009]: Es la técnica utilizada para tratar tumores muy superficiales, normalmente con un espesor de 2-5 mm. Es importante usar la energía adecuada ya que una irradiación superior a la necesaria podría producir cambios citarízales cutáneos visibles. [Marín et al.,2009]
2. Acelerador lineal de electrones con emisión de rayos X: Se utiliza en el tratamiento de tumores cutáneos localmente avanzados que invaden tejidos profundos, pudiendo afectar al hueso o cartílago. El espesor a tratar suele ser de 5-6mm. Los fotones ( RX) que se utilizan para irradiar suelen ser de 6MV. [Marín et al.,2009]
3. Acelerador lineal de electrones con emisión de electrones: Producen electrones desde 6 a 20 MeV, con una caída rápida de la dosis absorbida en profundidad preservando el tejido circundante que no es necesario tratar.[Marín et al.,2009]
4. Braquiterapia de contacto de alta tasa de dosis (BT-HDR, de las siglas del inglés Brachitherypy- High Dose Rate): Como técnica de contacto, utiliza aplicadores estándares o aplicadores personalizados de implante temporal, permitiendo su tratamiento en zonas anatómicas irregulares o zonas curvas, con una mayor adaptabilidad a la zona a irradiar. Se utiliza generalmente el radioisótopo Iridio<sup>192</sup>. [Marín et al.,2009]

5. Braquiterapia inestercial de baja tasa de dosis absorbida: Con esta técnica se pueden tratar tumores cutáneos periorificiales de regiones de fusión embrionaria de la cara. [Marín et al., 2009].
6. Braquiterapia electrónica: En los últimos años se ha introducido dispositivos que usan pequeñas fuentes de RX en sustitución de los isótopos radiactivos (equipos Xofig Axxent, Zeiss/INTRABEAM, Elekta, Esteya) [Ballester-Sánchez et al., 2017].

## **2. OBJETIVO**

El objetivo de este trabajo es, por una parte, revisar el estado actual sobre la utilidad de la radioterapia en el tratamiento del cáncer de piel no melanoma. Por otra, exponer las distintas técnicas de tratamiento radioterápico más generalizadas para este tipo de cáncer, centrándome fundamentalmente en la usada más frecuentemente en el hospital Universitario Miguel Servet que es la de radioterapia superficial con el equipo de Kilovoltaje Pantak Therapax 150 (Xstrahl Medical LTD). Finalmente, pretendo presentar las ventajas e inconvenientes de esta técnica frente a las otras.

## **3. MÉTODO**

El trabajo se lleva a cabo mediante la revisión bibliográfica de las publicaciones de los tres últimos años de la base de datos PubMed y de otros años anteriores obtenidos a partir de estos primeros, referidas a la aplicación de la radioterapia en tratamientos de piel no melanoma. Por otra parte, he podido asistir a la aplicación de tratamientos con radioterapia superficial (Pantak Therapax 150) en el Hospital Universitario Miguel Servet, que me permiten conocer y describir el proceso que se lleva a cabo a la hora de realizar el tratamiento con radioterapia, así como el mantenimiento de los equipos utilizados en la Unidad.

## **4. PAPEL DE LA RADIOTERAPIA EN EL CÁNCER DE PIEL NO MELANOMA**

La Red Nacional de Centros Oncológicos Integrales (NCNN) en Estados Unidos recomienda la radioterapia como modalidad de tratamiento primaria en pacientes no adecuados para cirugía en el tratamiento de CBC de bajo y alto riesgo y en CEC local

de bajo y alto riesgo (en el de alto riesgo se puedes suplementar con quimioterapia) [NCNN., 2017]. Sin embargo, se reserva a menudo para pacientes con más de 60 años debido a problemas de secuelas a largo plazo. En cambio está contraindicado en pacientes con condiciones genéticas que le predispongan a tener cáncer de piel y enfermedades de los tejidos conjuntivos.

La radioterapia también se recomienda en lesiones de alto riesgo en casos de márgenes positivos después de la escisión quirúrgica y /o si no se puede lograr un margen negativo con la cirugía micrográfica de Mohs.

También se puede considerar si hay afectación perineuronal extensa o de un nervio grande.

La NCNN recomienda la radioterapia con o sin quimioterapia en pacientes con CEC con nódulos linfáticos positivos detectados con punción de aguja fina o biopsia central, que no son candidatos a la cirugía o posible terapia adyuvante tras la resección quirúrgica de las lesiones [Fahradayan et al., 2017].

En nuestro país, el Manual Práctico de Oncología Radioterápica editado por la Sociedad Española de Oncología Radioterápica (SEOR), en el capítulo dedicado al carcinoma epidermoide y al de células basales, los autores señalan que la radioterapia se puede emplear como tratamiento exclusivo con intención curativa o como adyuvante de la cirugía [Herranz de Lucas et al., 2013]. Coinciden con la NCNN en afirmar que la radioterapia exclusiva está generalmente indicada, ya sea por la propia naturaleza de la intervención y el riesgo de deformidades importantes postoperatorias como por la presencia de comorbilidades, especialmente en pacientes ancianos.

La radioterapia adyuvante postoperatoria es fundamental para reducir recidivas locales cuando la cirugía no consigue unos márgenes adecuados.

Generalmente en radioterapia el tratamiento no es invasivo, no requiere anestesia. Esto conduce a evitar cicatrices en áreas faciales como la nariz, oreja, labios, contorno de ojos y, también, a evitar procedimientos de reconstrucción que sí hay que hacer a menudo tras una escisión quirúrgica. Esto es una ventaja en pacientes con dificultades de cicatrización, que toman medicamentos que interfieren con la reparación de los tejidos, ancianos, con diabetes, con enfermedad vascular periférica, que toman anticoagulantes o con comorbilidades neurológicas o psiquiátricas. [Bathanegar et al., 2016].

Los carcinomas de la piel son los cánceres más accesibles. Tanto el diagnóstico como los límites de la lesión son fáciles de definir. Además, si el único criterio es la erradicación con éxito de la lesión, la cirugía y la radioterapia producen resultados similares. [Panizzon et al., 2006].

## **5. DESCRIPCIÓN DEL TRATAMIENTO CON UNIDADES DE RADIOTERAPIA SUPERFICIAL.**

Uno de cada tres cánceres diagnosticados está relacionado con la piel, y muchos de ellos pueden ser tratados sin cirugía en unidades de radioterapia externa (aceleradores lineales y equipos de radioterapia superficial). La utilización de aceleradores lineales es menos costo-efectiva que la utilización de equipos de terapia superficial.

Las nuevas unidades de radioterapia superficial están jugando un papel importante en el tratamiento de cáncer de piel no melanoma [Kasper y Chandhary., 2015].

Un artículo publicado hace pocos años [Marconi et al., 2016] señala lo bien tolerados que son estos tratamientos en tumores de cabeza y cuello y el excelente control local que consiguen. También otros autores [Rong et al., 2015] señalan que la radioterapia con kilovoltaje se espera que adquiera mayor importancia en las próximas décadas debido a la edad de la población.

La radioterapia superficial es un tratamiento local basado en la emisión de RX de alta energía (si los comparamos con los utilizados en el radiodiagnóstico) pero de menor energía que la radiación utilizada por los aceleradores lineales. En ambos tipos de equipos, es seleccionable la energía de la radiación ya que ésta influye en la penetración (a mayor profundidad del tumor, mayor energía de la radiación). [Rong et al., 2015]

Se desarrolla impartiendo la dosis absorbida necesaria para el control tumoral, prescrita por el médico radioterapeuta, en fracciones diarias y el paciente se desplaza de forma ambulatoria al centro donde se realice la radioterapia, no teniendo que estar ingresado para ello. En sí, el tratamiento diario dura unos minutos, es indoloro y la dosis de radiación está concentrada en la zona afectada por el tumor.

Un problema de esta técnica es que es inevitable irradiar también los tejidos situados tras la lesión aunque esta dosis no es grande como se puede deducir de lo expuesto posteriormente en el punto 5.2.

La radioterapia se utiliza en este tipo de cáncer en aquellos pacientes que no pueden someterse a cirugía por su estado general, en aquellos en los que las características de la lesión lo indiquen o como tratamiento paliativo o coadyuvante. En principio, las personas de edad muy avanzada pueden tener problemas para ser intervenidos quirúrgicamente. Así, el segundo tratamiento de elección sería la radioterapia superficial. [Rong et al., 2015]

Este tratamiento puede curar aquellos tipos de cáncer que se encuentren en estadios precoces, y también puede retrasar el crecimiento de aquellos tumores más avanzados.

Hay que hacer especial hincapié en las ventajas que presenta la radioterapia en general frente a la cirugía: [Panizzon et al., 2006]

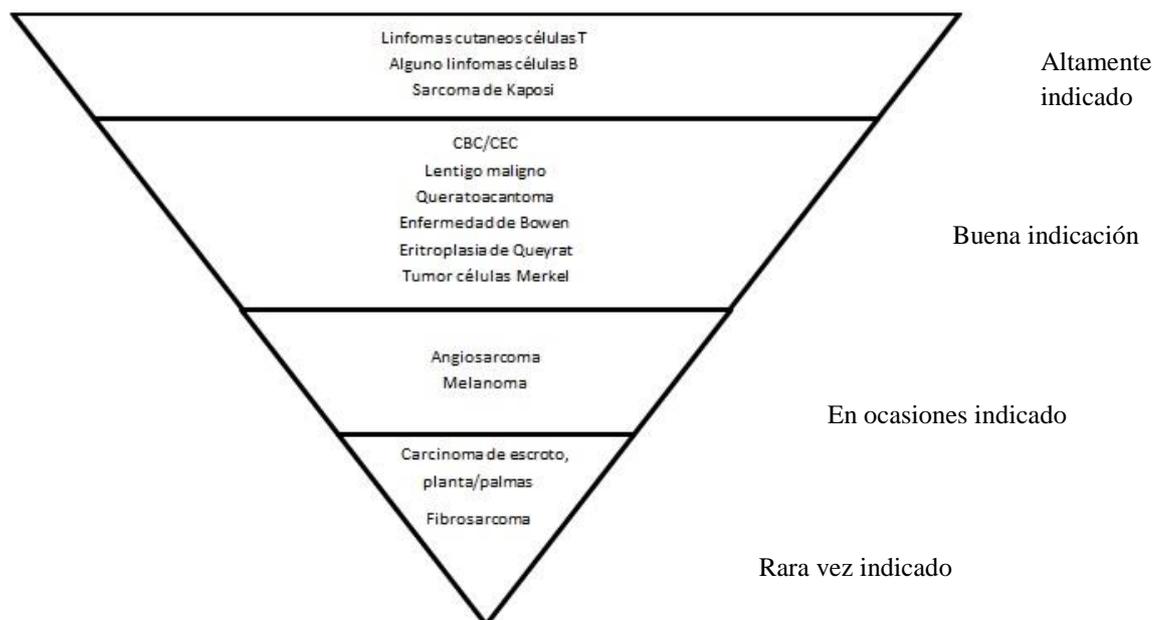
- Se puede hacer de forma ambulatoria.
- Los pacientes no sufren dolor.
- El beneficio de la no cirugía es claro para pacientes de edad avanzada.
- Se puede llevar a cabo en pacientes anticoagulados (dato a tener en cuenta ya que estos pacientes suelen tener dificultades en intervenciones quirúrgicas).
- No se daña el tejido sano ni aquellos órganos que se encuentren alrededor de la lesión.
- No deja cicatrices en la piel.

Pero no debe olvidarse el hecho de informar al paciente de las desventajas que también puede tener esta técnica frente a la cirugía: [Panizzon et al.,2006]

- El paciente deberá acudir a varias sesiones.
- Si ya ha recibido anteriormente dosis de radiación en una determinada zona no puede repetirse.

De esta forma, la indicación ideal para la radioterapia son tumores de tamaño mediano de 1 a 4 centímetros, ya que los más pequeños suelen ser tratados por cirugía. Las mejores áreas para radiar son las regiones próximas a los ojos, las orejas, los labios o la nariz. Excelentes áreas para la radioterapia son también el pliegue nasolabial y preauricular, así como tumores grandes de la mejilla. Por otro lado, la piel del tronco y extremidades tiene una mayor tendencia a desarrollar secuelas de radiación, especialmente telangiectasias y cambios en la pigmentación. Cabe destacar que antes de comenzar la radioterapia de una lesión se debe confirmar el diagnóstico por biopsia. [Panizzon., 2006]

La biopsia nos informará del tipo de lesión, profundidad y radiosensibilidad del tumor. Con respecto a esto, podemos dividirlo en cuatro categorías:



**Figura 1:** Indicaciones/ radiosensibilidad de diferentes tumores de piel. [Adaptada al castellano de Panizzon., 2006]

Con respecto al tiempo-dosis-volumen aún no se ha definido cuál es el óptimo. Tanto el CBC como el CEC representan las indicaciones clásicas para la radioterapia superficial, ya que estos tumores están bien circunscritos y el 75% suele tener menos de 5 milímetros de espesor. Aunque en muchos centros se usa el mismo tratamiento para los dos, el CEC debería ser tratado con una dosis total mayor, ya que estos tumores son más agresivos. [Panizzon et al., 2006]

Es muy importante también saber el tamaño de la lesión, ya que en función de si es pequeña, mediana o grande, se le aplicará una dosis menor o mayor por fracción, y también variará el número de veces por semana que debe administrarse.

### 5.1 PANTAX THERAPAX 150 (XSTRAHL MEDICAL LTD)

El equipo de radioterapia superficial de rayos X Pantak Therapax 150 (Xstrahl Medical LTD) es el utilizado en la unidad de radioterapia del Hospital Universitario Miguel Servet y el que, por lo tanto, se describe en este trabajo.

Ofrece una opción de energías medias y bajas para el tratamiento superficial de lesiones clínicas, que incluye: carcinoma de células basales, carcinoma de células escamosas, cicatrices queloides y afecciones dermatológicas. El nombre 150 se refiere a que la mayor energía de RX disponible por el equipo son los 150 KVp, apta para el tratamiento de lesiones en piel de profundidad media-alta.

El tratamiento con este equipo proporciona una experiencia positiva para los pacientes. Presenta una gran flexibilidad de uso, tanto en la ergonomía como en el número de energías de RX disponibles (8, desde 30 KVp a 150 KVp), con resultados cosméticos excelentes. El tratamiento es rápido, lo que significa una gran reducción de tiempo para los pacientes, y también altamente eficaz para las condiciones superficiales de la piel.

El equipo puede instalarse generalmente en cualquier sala con barreras de protección típicas de los equipos de Tomografía Computarizada y anclarse tanto al techo como al suelo. Los aceleradores lineales necesitan, sin embargo, ser instalados en un búnker con paredes de hormigón de incluso metros de espesor.

Se adapta a un espacio reducido. Los mandos de control de la máquina han sido diseñados ergonómicamente para proporcionar al operador movimientos suaves y controlados en todo momento, lo que permite al enfermero colocarlo fácilmente y ajustarlo para cada campo de tratamiento, asegurando en todo momento la comodidad del paciente.

Dada su alta flexibilidad, el equipo Pantak Therapax es especialmente adecuado para el tratamiento de lesiones de difícil acceso, como la cabeza y el cuello, siempre sin comprometer la comodidad del paciente.

El equipo Pantak Therapax 150 se suministra con aplicadores cónicos (8 en total) de terminación circular, en función de la superficie (circular) que se desea tratar (Figura 2). A parte de estos aplicadores estandarizados, dispone de aplicadores de puntos focales así como aplicadores ovalados, diseñados para usarse entre el límite del labio y la piel facial. Estos aplicadores se acoplan en el cabezal de la máquina, lo que garantiza que cualquier exposición solo se puede llevar a cabo con el aplicador correcto (Figura 3). Están fabricados en acero inoxidable y tienen extremos transparentes de visualización Perspex®, lo que permite posicionar con precisión el aplicador en la piel antes de comenzar con el tratamiento. [Xstrahl Medical., 2018]

En la figura 4 se muestra la aplicación de un tratamiento. El personal de enfermería encargado de la aplicación dispone el aplicador correcto y las orientaciones angulares del equipo más adecuadas teniendo en cuenta el confort del paciente.



**Figura 2:** Aplicadores de diferentes tamaños [ Xstrahl Medical., 2018]



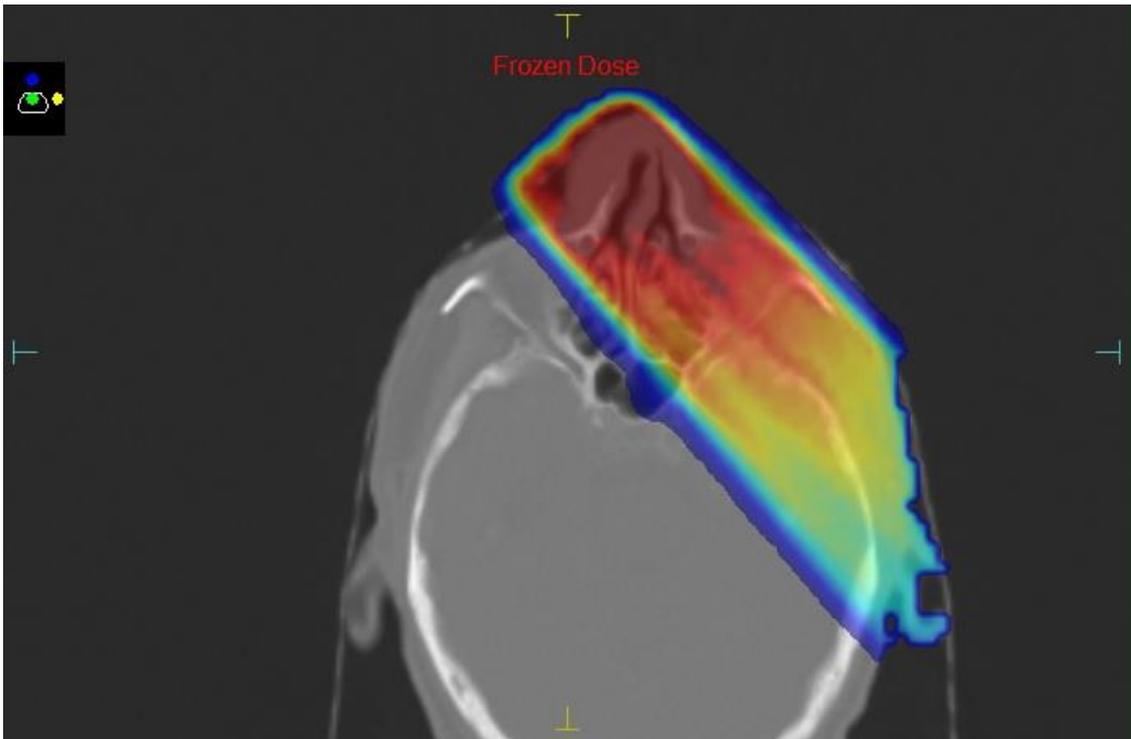
**Figura 3:** Colocación del aplicador [Xstrahl Medical., 2018]



**Figura 4:** Realización del tratamiento a una paciente con Pantak Therapax 150 [Xstrahl Medical., 2018]

## 5.2 PLANIFICACIÓN CON THERAPAX.

Para la dosimetría clínica de los tratamientos de acelerador lineal de electrones, se utilizan potentes estaciones de cálculo donde los radiofísicos, a partir de las imágenes de TC realizada al paciente y los volúmenes de tratamiento y de órganos de riesgo delimitados por el oncólogo radioterápico, simulan virtualmente los haces de tratamiento obteniendo curvas de isodosis. En la figura 5 se muestran dichas curvas, las cuales, una vez optimizadas por el radiofísico, han de ser aprobadas tanto por él como por el oncólogo radioterápico responsable antes de pasar a ser cálculos definitivos que constituyan el tratamiento del paciente.



**Figura 5:** Planificación del tratamiento con campo único a partir de imágenes de tomografía computarizada con el sistema de planificación Monaco 5.11 [Elekta Medica S.L.]

Para la realización de tratamientos de radioterapia superficial en la Unidad Therapax 150 no se lleva a cabo dosimetría clínica en el sentido de los tratamientos de acelerador lineal de electrones. No se realiza tomografía computarizada a los pacientes ni se utilizan estaciones de cálculo para simulación de los haces y valoración de curvas de isodosis.

Los radiofísicos del S<sup>o</sup> de Física y Protección Radiológica (SFPR) disponen, desde el momento del establecimiento del Estado de Referencia Inicial del equipo, de los llamados rendimientos en profundidad de la dosis absorbida para toda energía y todo aplicador (un ejemplo de ellos se muestra en forma de tabla en la Figura 6). Dichos valores reflejan la atenuación de la dosis conforme los RX del equipo alcanzan lugares más profundos (milímetro a milímetro) a partir de la piel del paciente. Y se realiza para todas las energías y aplicadores disponibles ya que la deposición de la dosis a partir de los RX emitidos por el equipo depende de ellos.

Obviamente estos valores de rendimientos en profundidad son recogidos por los radiofísicos sobre maniqués virtuales que simulan a pacientes y con dispositivos especiales medidores de la dosis, llamados cámaras de ionización y electrómetros.

FILTRO 8 --- PDD									
Diametro aplicador (cm)	1	1.5	2	2.5	3	4	5	10	15
Distan Foco- Superf (cm)	15	15	15	15	15	15	15	25	25
Profundidad AGUA(cm)									
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	86,63	88,11	89,67	90,40	91,37	92,34	92,91	96,80	97,49
6	84,55	86,44	87,97	88,77	89,81	90,86	91,42	96,12	97,30
7	81,78	84,32	85,99	87,33	88,08	89,01	90,22	95,44	96,52
8	80,05	82,12	84,11	85,43	86,71	87,44	88,64	94,67	96,23
9	77,45	79,92	82,05	83,53	84,70	85,87	87,24	93,89	95,35
10	75,20	77,98	80,16	81,45	83,51	84,58	85,85	93,02	94,67
12	71,13	74,10	76,58	78,38	79,76	81,81	83,06	91,28	93,11
14	67,31	70,40	72,99	74,31	76,20	78,21	80,00	89,44	91,64
16	63,67	66,61	69,49	71,42	73,09	75,35	77,02	87,41	89,99
18	60,21	63,18	65,91	67,80	69,99	72,02	74,14	85,47	88,33
20	56,83	59,83	62,77	64,91	66,79	69,34	71,26	83,63	86,67
22	53,45	56,75	59,72	61,56	63,86	66,39	68,57	81,60	84,53
24	51,11	53,84	56,85	58,94	60,67	63,53	65,78	79,47	82,97
26	47,99	51,19	53,80	56,05	58,02	60,85	63,09	77,34	81,02
28	45,74	48,37	51,02	53,25	55,28	58,26	61,04	75,21	79,07
30	42,97	45,91	48,60	50,53	52,81	55,96	58,44	73,37	77,41
32	40,72	43,53	46,09	48,09	50,43	53,65	56,12	71,24	75,56
34	38,72	41,24	43,85	45,65	47,97	51,06	53,89	69,21	73,71
36	36,56	38,86	41,61	43,93	45,87	49,03	51,66	67,37	71,95
38	34,83	37,18	39,54	41,85	43,76	46,81	49,34	65,72	70,00
40	32,83	35,25	37,57	39,69	41,66	44,88	47,57	63,50	68,34
42	30,93	33,48	35,87	37,88	39,65	43,03	45,43	61,56	66,59
44	29,46	31,63	34,07	36,25	37,83	41,09	43,67	59,82	64,83
46	27,90	30,13	32,28	34,35	36,27	39,34	42,00	58,37	63,18
48	26,60	28,46	30,85	32,63	34,54	37,58	40,14	56,34	61,52
50	24,95	27,14	29,41	31,19	32,89	36,01	38,65	54,69	59,86
52	23,82	25,82	27,98	29,47	31,52	34,35	36,98	53,04	58,30
54	22,70	24,58	26,54	28,20	29,97	33,15	35,49	51,40	56,64
56	21,40	23,26	25,38	27,12	28,69	31,58	34,01	49,85	55,28
58	20,36	22,03	24,03	25,85	27,41	30,10	32,61	48,30	53,62
60	19,32	21,06	22,96	24,59	26,13	28,99	31,13	46,75	52,26
62	18,37	20,00	21,88	23,32	24,94	27,79	30,01	45,40	50,70
64	17,41	19,03	20,62	22,33	23,76	26,69	28,90	44,04	49,43
66	16,72	17,98	19,73	21,42	22,66	25,39	27,59	42,49	48,06
68	15,85	17,27	18,92	20,16	21,84	24,28	26,57	41,33	46,70
70	15,07	16,48	18,02	19,16	20,83	23,27	25,64	39,88	45,33
72	14,12	15,68	17,04	18,44	19,83	22,35	24,34	38,62	44,07
74	13,43	14,89	16,41	17,81	19,00	21,33	23,51	37,46	42,80
76	12,82	14,27	15,78	16,63	18,09	20,41	22,67	36,30	41,63
78	12,22	13,57	14,80	16,09	17,36	19,76	21,74	35,14	40,36
80	11,61	12,86	14,17	15,37	16,63	19,02	20,90	33,88	39,10
85	10,31	11,37	12,64	13,65	14,89	16,81	18,95	31,36	36,46
90	9,10	10,04	11,39	12,11	13,43	15,24	17,10	28,85	33,73

**Figura 6:** Rendimientos en profundidad medidos (PDD de sus siglas en inglés, Percentage Depth Dose) de la unidad, para la energía mayor (filtro 8= 150 KVP) y diferentes tamaños de diámetro del aplicador. [Cortesía del SFPR del HUMS].

Número del Filtro (1 2 3 4 5 6 7 8)		8
Diámetro del Localizador (1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 4.0 5.0 10 15)		4,0
(1 R equivale aproximadamente a 0.9 cGy) (500 R equivalen aproximadamente a 450 cGy) Ver las curvas del factor Roentgen-rad	Dosis en superficie (cGy)	300
<b>Filtro 8 - Localizador 04 - Dosis 300 cGy -</b>		<b>Tiempo (min)</b>
		<b>1,11</b>
Profundidad aproximada del 80 % (en mm de agua)		14
Profundidad aproximada del 50 % (en mm de agua)		38
kV		150
Composición del Filtro		0.2mmAl + 1.0mmCu
Capa Hemirreductora (aproximada)		1.0mmCu

**Figura 7:** Hoja Excel para obtener los tiempos de tratamiento en la unidad Therapax en función de la dosis absorbida prescrita por el médico, energía y aplicador. [Cortesía del SFPR del HUMS].

En el estado de referencia inicial de la unidad, una vez medido el comportamiento de dosis en profundidad para toda energía y aplicadores disponibles (como muestra la Figura 6), el SFPR creó una aplicación en Excel para la obtención de los tiempos de tratamiento de los pacientes (Figura 7), la cual se instaló en el ordenador de la sala de tratamiento del equipo Therapax 150. A partir del debido entrenamiento de los oncólogos radioterápicos y del personal de enfermería, éstos pueden decidir qué energía es la más adecuada (el aplicador lo define la extensión de la zona de la piel a tratar) en función de la profundidad a la que desean que llegue la dosis absorbida prescrita (a mayor profundidad deseada se necesita mayor energía).

Una vez seleccionada la energía (llamada “filtro”<sup>1</sup> en este equipo), el aplicador y la dosis absorbida deseada en la piel del paciente, la aplicación muestra el tiempo exacto de tratamiento, el cual deberá ser introducido en la consola del equipo por la enfermera que aplica el tratamiento.

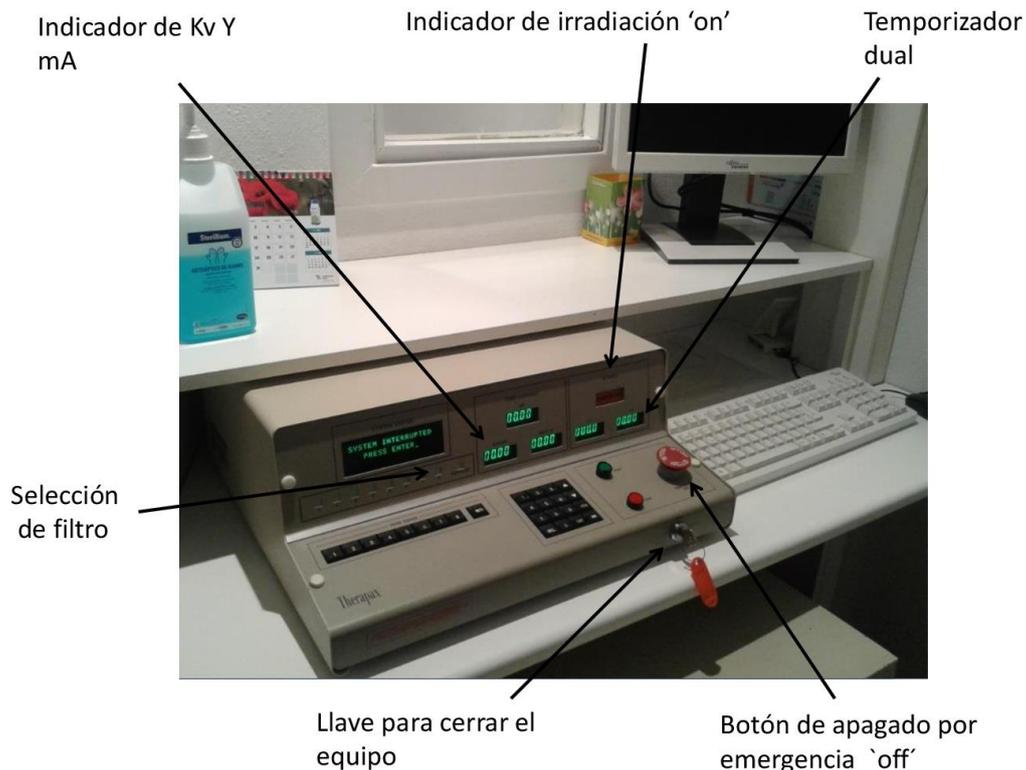
<sup>1</sup> El equipo Therapax 150 tiene 8 energías disponibles, desde 30 a 150 KVp, seleccionables en la consola con el nombre de “filtros” 1 a 8.

Todos los datos necesarios para el correcto tratamiento del paciente: energía, aplicador y tiempo de tratamiento, son escritos y firmados por el oncólogo radioterápico en la hoja diaria de tratamiento de forma que el DUE pueda administrarlo diariamente.

### 5.2.1 – DISPOSICIÓN DE LOS MANDOS DE CONTROL POR EL ENFERMERO.

En cada tratamiento el enfermero deberá posicionar al paciente y los elementos del equipo de acuerdo a la hoja diaria de tratamiento firmada por el médico responsable. Posteriormente, para que pueda comenzar el tratamiento, el enfermero deberá salir de la zona de radiación e ir a la zona de consola, desde allí manejará todos los controles y aplicará el tratamiento al paciente. Ambas zonas están separadas por una cortina plomada y el enfermero controla al paciente en todo momento por una ventana de cristal plomado. Antes de comenzar el tratamiento el enfermero tiene que verificar que la tasa de dosis está dentro de los límites proyectados.

La consola (Figura 8) dispone de los siguientes elementos:



**Figura 8:** Consola de tratamiento de la unidad de radioterapia superficial Pantak Therapax 150. [Cortesía del SFPR del HUMS].

El Operador<sup>2</sup> introduce en ella los parámetros necesarios para el tratamiento de acuerdo a la hoja de tratamiento:

- tiempo de exposición
- energía que tiene que ser utilizada

La consola, al igual que todo equipo médico emisor de radiaciones ionizantes para el tratamiento de pacientes, dispone de un botón rojo llamado “parada de emergencia” para usarse en caso necesario:

- por movimiento voluntario o involuntario del paciente que ponga en riesgo su tratamiento o protección
- porque el equipo no finalice la irradiación una vez terminado el tiempo programado
- porque alguien entre en la sala de forma inesperada
- por cualquier otro motivo que pueda alterar el éxito del tratamiento o las condiciones de protección radiológica

## **6. TÉCNICA DE TRATAMIENTO CON ACELERADOR LINEAL DE ELECTRONES**

La segunda forma que se describe en este trabajo de aplicar radioterapia a los tumores de piel no melanoma, y quizá la más habitual en la mayor parte de los centros que disponen de servicios de radioterapia, es a través de los haces de RX o de electrones de alta energía suministrados por un acelerador lineal de electrones. Los ALE se pueden emplear para el tratamiento de todos los tumores de piel no melanoma, con independencia de su espesor.

Los aceleradores lineales de electrones pueden funcionar emitiendo haces de RX o de electrones. Los primeros se utilizan para tratar los tumores tanto superficiales como profundos en la anatomía mientras los segundos solo para los superficiales.

### **6.1 TRATAMIENTO SUPERFICIAL CON ACELERADOR LINEAL DE ELECTRONES EN MODO DE EMISIÓN DE RX.**

Cuando se utilizan RX en un ALE para el tratamiento de piel, la energía de los RX ha de ser la más baja posible, generalmente 6 MV. Es frecuente posicionar sobre la

---

<sup>2</sup> El enfermero que manipula el equipo y su consola ha de tener Licencia de Operador otorgada por el Consejo de Seguridad Nuclear. La posesión de dicha Licencia asegura que el uso del equipo se realiza en condiciones seguras de radioprotección.

superficie de la lesión un material equivalente a tejido humano (denominado bolus), de espesor entre unos pocos milímetros y 1 cm, con el objetivo de aumentar la dosis absorbida en la zona superficial de la lesión y, por lo tanto, hacer el tratamiento más eficaz. Es importante encontrar orientaciones de los haces de radiación adecuadas para tratar de evitar irradiar los tejidos sanos situados en la vecindad. Con esta técnica siempre se realizará dosimetría clínica previa con sistemas de planificación a partir de imágenes de TC del paciente (Figura 5).

La mayor ventaja que posee esta técnica frente a los equipos de radioterapia superficial consiste en la posibilidad de alcanzar cualquier profundidad de tratamiento. Como desventaja, la necesidad de tener disponible el acelerador, que tiene una demanda mucho mayor que los equipos de radioterapia superficial. Otra desventaja es la mayor irradiación de los tejidos sanos circundantes.

## 6.2 TRATAMIENTO SUPERFICIAL CON ACELERADOR LINEAL DE ELECTRONES EN MODO DE EMISIÓN DE ELECTRONES.

El modo de irradiación con electrones es la técnica más extendida de tratamiento de los tumores de piel no melanomas. Cuando se utilizan haces de electrones, de entre las diferentes energías disponibles por el ALE (generalmente 4 ó 5) se selecciona aquella más adecuada a la profundidad máxima del tejido que se desea tratar, pues a cada energía le corresponde un alcance en profundidad determinada. A partir de dicha profundidad, la dosis decae muy rápidamente, salvaguardando los tejidos situados detrás de la lesión. A veces también es preciso el uso de un bolus para aumentar la dosis en la piel. Del mismo modo que con la técnica de RX, siempre se realizará dosimetría clínica previa con sistemas de planificación a partir de imágenes de TC del paciente.

Similarmente al tratamiento con la unidad Pantak Therapax 150, el tratamiento con ALE en el modo electrones requiere de interponer unos aplicadores entre el equipo y el paciente para el direccionamiento de los electrones debido a su gran dispersión con las moléculas de aire de la sala.

Las dos técnicas mostradas de tratamiento con acelerador lineal de electrones exigen una planificación tridimensional (dosimetría clínica a partir de imágenes de TC) del tratamiento, lo que les confiere desventaja, en el sentido de recursos necesarios, frente a los equipos de radioterapia superficial como el Pantak Therapax 150, donde no es necesario disponer de equipo de TC.

Con radioterapia externa (ALE) el tratamiento suele durar entre 3 y 5 semanas, en función de la dosis prescrita y el fraccionamiento especificados por el médico radioterapeuta.

Una dificultad que entrañan los tratamientos con haces de electrones radica en que no se aconsejan para angulaciones de entrada al tejido superiores a 30° [SFPR del HUMS].

Ambas técnicas son de uso clínico en la Unidad Clínica Multihospitalaria de Radioterapia de Aragón, que incluye a los Servicios de Radioterapia de los hospitales Lozano Blesa y Miguel Servet (Figura 9).



**Figura 9:** Acelerador Lineal de Electrones modelo Oncor Impresión Plus (Siemens) del HUMS con aplicador para el tratamiento con electrones. [Cortesía del SFPR del HUMS].

La mayor ventaja que posee esta técnica frente a los equipos de radioterapia superficial es la misma que con la técnica anterior: la posibilidad de alcanzar cualquier profundidad de tratamiento. Como desventajas, la necesidad de disponibilidad del acelerador, una mayor dosis a los tejidos sanos circundantes y, de acuerdo a consulta realizada al Servicio de Oncología Radioterápica del HUMS, un peor resultado estético en cuanto a pigmentación de la piel.

## **7. TÉCNICAS DE TRATAMIENTO CON BRAQUITERAPIA**

La tercera forma que se describe en este trabajo de aplicar radioterapia a los tumores de piel no melanoma es mediante braquiterapia.

A diferencia de radioterapia externa, en braquiterapia la fuente de radiación se coloca en el tumor o adyacente a él sobre la piel [Bathanegar et al., 2016] y los tratamientos son

más cortos que con radioterapia externa al poder ser mayor la dosis en cada fracción por la mayor preservación de dosis absorbida de los tejidos sanos circundantes.

Podemos distinguir dos tipos de braquiterapia para el tratamiento de tumores de piel no melanomas: braquiterapia basada en isótopos radiactivos y braquiterapia electrónica.

### 7.1 BRAQUITERAPIA BASADA EN ISÓTOPOS RADIATIVOS

La más usada clínicamente en la actualidad es la técnica de alta tasa de dosis absorbida (High Dose Rate; HDR de sus siglas en inglés) cuyo isótopo radiactivo más común es el Iridio 192. La fuente radiactiva encapsulada es muy pequeña (no supera los 5 mm) y se va colocando de forma automática programada en distintas posiciones muy cercanas a la lesión mediante un catéter. La fuente irá pasando a través de dicho catéter deteniéndose un tiempo determinado en ciertas posiciones hasta alcanzar la dosis prescrita por el médico radioterapeuta. El diseño de las posiciones de parada y tiempo es definido por el radiofísico en virtud de la dosimetría deseada. Para individualizar el tratamiento a las características del tumor se usan moldes con la forma adecuada a la zona a tratar del paciente y catéteres intersticiales que permiten situar en ellos la fuente radiactiva para suministrar la dosis de radiación a la lesión.

Esta técnica fue la primera braquiterápica que se introdujo y no está disponible en el Hospital Miguel Servet aunque sí existe un equipo de tratamiento con alta tasa de dosis en el Hospital Clínico Lozano Blesa que se usa fundamentalmente para tratamientos ginecológicos y de próstata. Actualmente se está pensando en la posibilidad de ampliar la aplicación de estas técnicas a otros tipos de patología.

Esta técnica posee como ventaja frente a los equipos de radioterapia superficial el poder tratar lesiones más profundas. Como desventajas, la necesidad de un búnker para albergar la unidad debido a su alta energía, en caso de que se fuera a emplear tan solo para tratamientos de piel, lo cual no es usual, una mayor dosis a los tejidos sanos circundantes y, de acuerdo a consulta realizada al Servicio de Oncología Radioterápica del HUMS, un peor resultado estético.

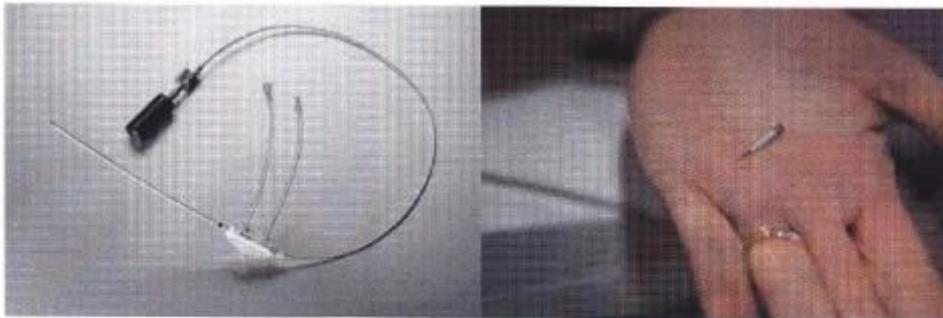
### 7.2 BRAQUITERAPIA ELECTRÓNICA

Más recientemente se ha introducido otra técnica braquiterápica que, en vez de utilizar una fuente radiactiva dispone de una pequeña fuente de rayos X [Ballester-Sánchez et al., 2017]. Combina los beneficios de la braquiterapia tradicional con isótopos radiactivos y los de la radioterapia con RX de baja energía.

Esta técnica está disponible en el Hospital Miguel Servet. En concreto el equipo del que se dispone es el AXXENT eBx (XOFT iCAD Inc). Axxent eBx tiene como fuente emisora de radiación un microtubo de RX de tamaño reducido que emite RX de 50 KVp (Figura 10). Toda la tecnología de un tubo de RX de cualquier equipo (equipos teledirigidos, convencionales, TAC, etc.) está contenida en unos pocos milímetros. El microtubo, situado en el extremo de un vástago de longitud 25 cm, se introduce a través de un aplicador que se encontrará en su extremo en contacto con el paciente (Figura 11). A diferencia de la braquiterapia de alta tasa de dosis por medio de isótopos radiactivos, el tratamiento con Axxent se realiza con el microtubo en una sola posición (extremo del aplicador). El tiempo de tratamiento lo define el radiofísico en virtud de la dosis absorbida prescrita por el médico radioterapeuta.

Mediante diferentes aplicadores en contacto con el paciente se consiguen distribuciones de dosis de diferentes tamaños de acuerdo a la extensión de la zona a tratar. Los aplicadores tienen 10 mm, 20 mm, 35 mm y 50 mm de diámetro (Figura 12). La penumbra es del orden de 2 mm, lo que permite que el margen de seguridad que se aplique sea menor que en el caso de usar isótopos radiactivos, lo que es una ventaja en caso de localizaciones de la lesión en áreas sensibles.

Una ventaja adicional de este tipo de tratamientos es que desde el punto de vista de protección radiológica no exige grandes requerimientos de blindaje que llevan consigo las técnicas con acelerador o con fuentes radiactivas. También es ventajosa la posibilidad de transporte que tiene estas unidades de tratamiento.



-Diámetro del tubo 2.25 mm

**Figura 10:** Microtubo de RX de AXXENT eBx.[Cortesía de XOFT iCAD Inc].



**Figura 11:** Tratamiento de piel no melanoma con AXXENT eBx. [Cortesía de XOFT iCAD Inc].



**Figura 12:** Aplicadores circulares de AXXENT eBx. [Cortesía de XOFT iCAD Inc].

Esta técnica no posee ventajas frente a los equipos de radioterapia superficial. Como desventaja, la imposibilidad de tratamiento de tumores de piel de grosor más allá de unos pocos milímetros debido a su baja energía (50 KVp frente a 150 KVp).

## **8. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN LA UNIDAD DE RADIOTERAPIA SUPERFICIAL.**

### **8.1 ASPECTOS GENERALES.**

Dado el alto riesgo para la salud de las radiaciones ionizantes, es necesario llevar a cabo una serie de medidas para proteger a los trabajadores expuestos así como al público en todo momento.

El Servicio de Oncología Radioterápica del Hospital Universitario Miguel Servet, en todas sus unidades: radioterapia externa con aceleradores lineales de electrones, radioterapia externa con la unidad superficial Pantak Therapax, braquiterapia de baja tasa de dosis y braquiterapia electrónica, dispone de unas normas que deben ser cumplidas por el personal sanitario para estar protegidos de los riesgos que suponen las radiaciones, así como tener en cuenta el límite de dosis que sean compatibles con una seguridad adecuada. Dichas normas se recogen en el Reglamento de Funcionamiento de la Instalación, documento elaborado obligatoriamente con la puesta en marcha de cada equipo y aprobado por el Consejo de Seguridad Nuclear.

Todos los aspectos concernientes a la protección radiológica en los términos de este trabajo se encuentran recogidas en el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes (RPSRRII), aprobadas por el Real Decreto, 783/2001.

Las medidas de protección radiológica contra las radiaciones ionizantes recogidas en el Reglamento anterior, tienen en cuenta el nivel de exposición, el número de personas expuestas y que el límite de dosis no se sobrepase.

El Reglamento, entre otros, recoge los siguientes aspectos:

- Clasifica los trabajadores expuestos en diferentes categorías
- Evalúa las condiciones laborales
- Clasifica los lugares de trabajo en diferentes zonas
- Vigilancia sanitaria

#### 8.1.1. PLANIFICACIÓN DE UNA INSTALACIÓN RADIOLÓGICA.

El puesto de control de una sala con un equipo emisor de radiaciones ionizantes es el lugar desde donde se maneja el equipo. Es una zona que se clasifica como vigilada, es decir, que los trabajadores que trabajen allí no deberían exceder de 6 mSv anuales de dosis efectiva. Para ello, debe estar protegido por barrera de protección (pared, cristal plomado) suficiente de modo que permita que se cumpla esa condición de dosis. La puerta de entrada a la sala radiológica y posibles ventanas del puesto de control se han de situar en un lugar hacia donde no se pueda dirigir el haz directo.

#### 8.2 ASPECTOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN LA UNIDAD DE RADIOTERAPIA SUPERFICIAL.

A continuación señalaré los aspectos particulares de protección radiológica que se refieren a los tratamientos aplicados con terapia superficial de kilovoltaje y las salas de tratamiento donde se aplican.

### 8.2.1 EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACIÓN

Los pacientes que reciben tratamiento de radioterapia superficial están expuestos, debido a sus niveles de dosis absorbida, a efectos tanto deterministas como estocásticos.

Sin embargo, los trabajadores profesionalmente expuestos (TPE) que aplican los tratamientos se encuentran sujetos al límite de dosis efectiva de 20 mSv anuales por lo que solo están expuestos a efectos estocásticos.

No obstante, estudios de irradiaciones a diferentes niveles de dosis de muestras poblacionales de personas por accidentes radiológicos o por exploraciones médicas demuestran que por debajo de 150 mSv, incluso en varios años consecutivos, no hay mayor incidencia de efectos estocásticos por la radiación que las muestras poblacionales que solo se encuentran sometidas a la radiación ambiental (rayos cósmicos, radioisótopos de la tierra y de la atmósfera).

### 8.2.2 LÍMITE DE DOSIS

Los pacientes de radioterapia superficial, al igual que los de radioterapia externa, no tienen límite de dosis absorbida en el sentido de que, por motivos de su enfermedad, son susceptibles de recibir tratamiento tantas veces y en tantos lugares anatómicos, como sea necesario con la única limitación de cumplir con los preceptos radioterápicos que establezcan los médicos especialistas en oncología radioterápica. Uno de dichos preceptos consiste en la exactitud de la dosis diaria durante el tratamiento.

Sin embargo, los TPE sí que están sometidos al límite de dosis efectiva de 20 mSv anuales.

### 8.2.3. CLASIFICACIÓN DE TRABAJADORES Y DELIMITACIÓN DE ZONAS

En la sala de radioterapia superficial del Hospital Universitario Miguel Servet, los TPE de la Unidad son graduados en enfermería y son los encargados de la administración del tratamiento. Son clasificados por el Servicio de Física y Protección Radiológica como TPE B debido a que los niveles de dosis efectiva esperados son inferiores a 6 mSv por año (en realidad las barreras estructurales existentes son tales que la dosis efectiva no excede de 1 mSv anual).

La sala donde se sitúa el equipo y se administra el tratamiento está clasificada como zona controlada puesto que alguien que permaneciese allí durante todo el año podría

recibir hasta 20 mSv. Por lo tanto, en la puerta de acceso se encuentra un cartel de señalización de color verde avisando de riesgo de irradiación externa.

Los TPE de la unidad administran el tratamiento desde el puesto de control en una antesala (protegida respecto de la sala con una cortina y cristal plomados) donde la dosis efectiva anual es de menos de 1 mSv.

#### 8.2.4. USO DE DOSÍMETROS

Los TPE de la Unidad llevan dosímetro de solapa para la detección de la dosis efectiva, estando obligados a llevarlo consigo durante su jornada laboral.

#### 8.2.5 VIGILANCIA SANITARIA DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS

De la vigilancia sanitaria de los trabajadores de la Unidad, así como de los trabajadores del Servicio de Oncología Radioterápica, se encarga el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales propio del centro.

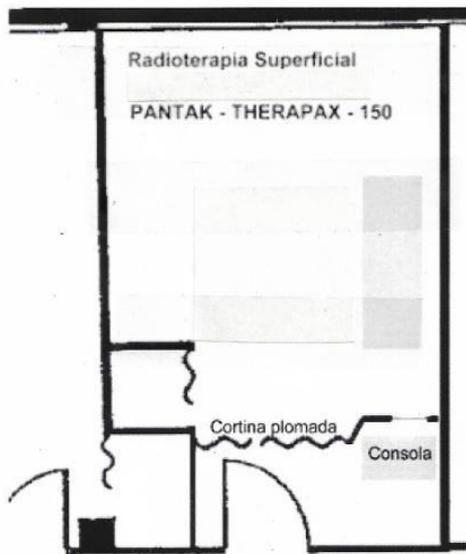
Al tratarse de TPE clasificados como B, no es obligatorio el examen previo ni continuado de salud. No obstante, en caso de irradiaciones inesperadas, dicho Servicio sería el encargado de valorar los riesgos para la salud de los trabajadores involucrados con el pertinente informe de dosis efectiva recibida que realizaría el Servicio de Protección Radiológica.

#### 8.2.6. ORGANIZACIÓN Y RESPONSABILIDADES

Los TPE de la Unidad disponen de la obligatoria Licencia de Operadores de Radioterapia, expedida por el Consejo de Seguridad Nuclear, puesto que manipulan el equipo para la irradiación. Realizan su trabajo bajo la supervisión de un médico especialista en oncología radioterápica. Todos los médicos especialistas del Servicio de Oncología Radioterápica disponen de la correspondiente Licencia de Supervisor de Radioterapia expedida por el Consejo de Seguridad Nuclear.

#### 8.2.7. PLANIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

La sala de radioterapia superficial del Hospital Universitario Miguel Servet (Figura 13) consta de una sala de tratamiento (donde se dispone el equipo Pantak Therapax 150) y de una antesala donde se sitúa el puesto de control (consola o mandos del equipo).



**Figura 13:** Plano de la sala de radioterapia superficial del HUMS. [Cortesía del SFPR del HUMS].

La energía máxima de los RX emitidos por este equipo es comparable a la de una unidad TC de radiodiagnóstico pero no la carga de trabajo (relativa a la cantidad de radiación que llega a las barreras), siendo en este equipo mucho mayor.

Por lo tanto, las barreras de protección radiológica son:

- El perímetro de la sala lo constituyen paredes de ladrillo y mortero de 8 cm de espesor con 2.0 mm de plomo adicional.
- La cortina que separa la sala y antesala o puesto de control es plomada con 1.0 mm de equivalente a plomo.
- El cristal para ver al paciente desde la antesala es plomado con 2.0 mm de equivalente a plomo.
- La puerta de acceso desde el exterior (pasillo) es de madera forrada con plomo de 2.0 mm de espesor
- El techo y suelo no llevan plomo adicional puesto que son de hormigón de 30.0 cm y constituyen barrera de protección suficiente.

Con estas barreras se asegura que tanto en el exterior del recinto como en el puesto de control haya menos de 1.0 mSv de dosis efectiva anual.

## **9. FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL TRATAMIENTO CON RADIOTERAPIA SUPERFICIAL FRENTE A OTRAS TÉCNICAS**

### *FORTALEZAS*

La radioterapia superficial con KVoltaje requiere tratar menos margen de piel alrededor del tumor, ya que la zona de penumbra en los márgenes del campo de tratamiento es menor. Esta es una de las principales ventajas que presenta si la comparamos frente a la braquiterapia y el acelerador lineal de electrones:

1. Ventajas de la radioterapia superficial frente al acelerador lineal de electrones
  - No necesidad de bunker de gran protección frente a las radiaciones por su menor energía de radiación.
  - Utiliza radiación de menor energía, que se traduce en una menor dosis integral al paciente.
  - En el sentido del punto anterior, imparte menor dosis a los órganos sanos circundantes.
  - No requiere planificación del tratamiento con tomografía computarizada (TC), lo que redundaría en menores recursos necesarios.
  - Permite mayor disponibilidad de los aceleradores lineales para los pacientes que solo pueden ser tratados en esos equipos.
  - Menores costes para el Sistema de Salud debido al menor precio de adquisición y de mantenimiento de estos equipos.
  - A tenor de las consultas realizadas a Oncología Radioterápica del HUMS, mejores resultados estéticos en general (no pigmentación de la piel).
  
2. Ventajas de la radioterapia superficial frente a la braquiterapia basada en isótopos radiactivos
  - Los requerimientos de blindaje para la habitación de tratamiento son menores, pudiendo realizarse el tratamiento en cualquier habitación con unos requerimientos de barreras de protección del orden de las salas de radiodiagnóstico.
  - Utiliza radiación de menor energía, que se traduce en una menor dosis integral al paciente.
  - En el sentido del punto anterior, imparte menor dosis a los órganos sanos circundantes.
  - No requiere planificación del tratamiento con tomografía computarizada (TC), lo que redundaría en menores recursos necesarios.

- No emplea fuentes radiactivas encapsuladas, las cuales inevitablemente entrañan riesgos en cuanto a protección física
  - No se producen algunos efectos secundarios comunes a los otros tipos de radioterapia como pigmentación de la piel.
  - Menores costes para el Sistema de Salud; aunque el precio de estas unidades puede ser similar a las de braquiterapia de contacto, el coste del mantenimiento es inferior, al no tener fuente radiactiva la cual precisa de cambio periódico varias veces al año.
3. Ventajas de la radioterapia superficial frente a la braquiterapia electrónica
- Posibilidad de tratar mayores profundidades debido a su mayor energía.

### *DEBILIDADES*

1. Debilidades de la radioterapia superficial frente al acelerador lineal de electrones
  - Menos versátil puesto que no puede alcanzar en tratamiento las mayores profundidades que a veces se presentan en la práctica clínica.
2. Debilidades de la radioterapia superficial frente a la braquiterapia basada en isótopos radiactivos
  - No posibilidad de tratamiento de lesiones relativamente profundas.
3. Debilidades de la radioterapia superficial frente a la braquiterapia electrónica
  - Necesidad mayor de blindaje estructural debido a su mayor energía.

## **10. CONCLUSIONES**

La aplicación de la radioterapia a los tratamientos de cáncer de piel no melanoma es una técnica muy adecuada hoy en día para aquellos casos en que la cirugía no puede aplicarse por diversas razones.

Al comparar los diferentes tipos de tratamientos radioterápicos nos planteamos cuál es el más eficaz para el tratamiento del tumor y cuál de ellas produce menos efectos negativos y daños secundarios en las sesiones que se irradia al paciente.

Comparando la radioterapia superficial KVoltaje -concretamente la utilizada en el servicio de radioterapia del Hospital Universitario Miguel Servet, Pantax Therapax 150 (Xstrahl Medical LTD)- con la braquiterapia y el acelerador de electrones, llegamos a la conclusión de que estas dos últimas técnicas necesitan mucha más seguridad desde el punto de vista de la radioprotección. Asimismo, tanto la braquiterapia como el acelerador de electrones suponen unos costes sanitarios más elevados que la radioterapia superficial.

La radioterapia superficial ofrece una serie de ventajas fundamentales: por un lado, la estética es excelente, ya que permite al paciente salir del tratamiento sin apenas modificaciones en su apariencia corporal. Asimismo, apenas es nociva con la piel, al contrario que en otras técnicas con mayor incidencia. Por otro lado, la dosis utilizada es menor: los sistemas implantados permiten actuar sobre el paciente en una zona con un margen de seguridad muy pequeño, de forma que se irradia mucha menos área con todos los beneficios obvios que ello conlleva. Es importante destacar que el paciente no tiene que acudir previamente a la consulta para planificar el tratamiento con TC.

Sin embargo, a pesar de estas ventajas, en caso de tratar lesiones con una profundidad superior es necesario recurrir a otras técnicas como son la braquiterapia o el acelerador lineal de electrones.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *AEDV.es [sede web]. Academia Española de Dermatología y Venereología [actualizada 2017; fecha de acceso 4 Mayo 2018]. Disponible en: <https://aedv.es/la-investigacion-en-dermatologia-esta-mejorando-la-calidad-de-vida-de-muchas-personas/>*

- *Aguayo-Leiva, I.R., Ríos-Buceta, L., Jaén-Olasolo, P. 2010. Tratamiento quirúrgico vs. no quirúrgico en el carcinoma basocelular. Elsevier. 11 Agosto: 684-687.*

- *Ballester-Sánchez, R., Pons-Llanas, O., Candela-Juan,C., Unamuno-Bustos, B., Celada-Alvarez, FJ., Tormo-Mico, A., Perez-Calatayud, J., Botella-Estrada, R. 2017. Two years results of electronic brachytherapy for basal cell carcinoma. Journal of Contemporary Brachytherapy 9:3. 2 de Mayo: 251-255*

- *Bhatnagar, A., Patel, R., Werscheler,W.P., Ceilley, R.I., Strimling, R. 2016. High-dose Rate Electronic Brachytherapy: A Nonsurgical Treatment Alternative*

*for Nonmelanoma Skin Cancer. Journal Clinical and Aesthetic Dermatology* 9:11: 16-22

- Castañeda, P., Téllez, J. 2016. **El cáncer de piel, un problema actual.** *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM.* 11-Enero:6

- Ceovic , R., Petkovic, M., Mokos, Z., Kostovic, K. 2017. **Nonsurgical Treatment of Non-Melanoma Skin Cancer in the Mature Patient.** *Clinics in Dermatology:* 11-13, 15-18.

- Cnd.es [sede web]. *Servicio de dosimetría personal [ actualizada 2018; fecha de acceso 3 Marzo 2018]. Disponible en: <https://www.cnd.es/cnd/index.php>*

- Consejo de Seguridad Nuclear. 2001. **Reglamento sobre protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes.** *BOE n°178.* 26 Julio.

- Craythorne, E., Al-Niami, F. 2017. **Skin cáncer.** *Elsevier :* 431

- Csn.es [sede web] *Protección Radiológica [actualizada 2018; fecha de acceso 5 Marzo 2018]. Disponible en:<https://www.csn.es/home>*

- Delishaj, D., Rembielak, A., Manfredi, B., Ursino, S., Pasqualetti, F., Laliscia, C., Orlandi, F., Marganti, R., Fabrini, M. 2016. **Non-melanoma skin cáncer treated with high-dose-rate brachytherapy: a review of literature.** *Journal of Contemporary Brachytherapy (volume 8/ number 6):* 533-534

- Fahradyan, A., Howell, A.C., Wolfswinkel, E.M., Tsuha, M., Sheth, P., Wong, A.K. 2017. **Updates on the Management of Non-Melanoma Skin Cancer (NMSC).** *Healthcare, 5,82; doi: 10.3390/ healthcare5040082.* 1 de Noviembre: 9-13

- Font, J. 2018. **Formación inicial en protección radiológico para trabajadores expuestos.** *Servicio de Física y Protección Radiológica- Hospital Universitario Miguel Servet.* 22 Febrero.

- Fort, M., Guet, S., Colson-Durand, L., Auzolle, C.,Belkacemi, Y. 2016 **.Role of radiation therapy in non-melanoma cancers, lymphomas and sarcoma of the skin: Systematic review and best practice in 2016.** *Elsevier: Critical Reviews in Oncology/Hematology.*

- Grossi, D., Da Costa, B., Rauber, E., De Cassia, P., Fernandes, JM., Mehta, N., Lopes, A., Kupelian, P., Chen, A. 2016. **Head and Neck Non-Melanoma Skin Cancer Treated By Superficial X-Ray Therapy: An Analysis of 1021 Cases.** *Plos One.* 1 Julio.
- Hernanz de Lucas, R., Montero Luis, A., Fernández Lizarbe, E., Caballero Guerra, P. 2013. **Carcinoma Epidermoide y Carcinoma de Células Basales.** *Manual Práctico de Oncología Radioterápico, SEOR, abbbie :208-212*
- IAEA [sede web]. *Protección Radiológica en Radioterapia [actualizada 2017; fecha de acceso 15 Feb 2018]. Disponible en: <http://slideplayer.es/slide/301008/>*
- Kasper, ME., Chaudhary, AA. 2015. **Novel treatment options for nonmelanoma skin cáncer: focus on electronic brachytherapy.** *Medical Devices: Evidence and Research* 8: 493-502.
- Lobos, P., Lobos, A. 2011. **Cáncer de piel no melanoma.** *Rev. Med. Clin. Condes* 22 (6): 737, 744-745.
- Marín, A., Vargas-Díez, E., Cerezo, L. 2009. **Radioterapia en Dermatología.** *Actas Demo-Sifiliográficas.* 7 de Julio: 169-174
- Mcpartlin, AJ., Slevin, NJ., Sykes, AJ., Rembielak, A. 2014. **Radiotherapy treatment of non-melanoma skin cancer: a survey of current UK practice and commentary.** *British Institute of Radiology.* 3 de Septiembre: 1-3
- NCCN.org [sede web]. *National Comprehensive Cancer Network [actualizada 2017; fecha de acceso 4 Mayo2018]. Disponible en: [https://www.nccn.org/professionals/physicians\\_gls/pdf/nmsc\\_blocks.pdf](https://www.nccn.org/professionals/physicians_gls/pdf/nmsc_blocks.pdf)*
- Panizzon, R..2006. **Controversies in the Treatment of Skin Neoplasias.** *Department Of Dermatology, University Hospital-CHUV, Lausanne, Switzerland:*38-41
- Rong, Y., Zuo, L., Shang, Lu., Bazan, J. 2015. **Radiotherapy treatment for nonmelanoma skin cncer.** *Expert Review of Anticancer Therapy.* 15(7): 765-766,774
- Vishal, M., Lear,J., Szeimies,R. 2010. **Non-melanoma skin cancer.** *Lancet,* vol 375. February :673-675.

*- Xstrahl Medical [sede web]. Xstrahl 150 [actualizada 2018; fecha de acceso 2 Feb 2018]. Disponible en: <https://xstrahl.com/>*