

Radioterapia en cáncer de la región maxilofacial *Radiation therapy in cancer of the maxillofacial region*

Isidro de Jesús Nápoles-González ^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-4365-3162>

Jorge Santana-Álvarez ² <https://orcid.org/0000-0001-5448-5136>

Alfredo Álvarez-Rivero ³ <https://orcid.org/0000-0002-8773-911X>

Tania Victoria Puerto-Pérez ⁴ <https://orcid.org/0000-0003-2873-8413>

¹ Universidad de Ciencias Médicas. Policlínico Universitario Julio Antonio Mella. Departamento de Prótesis Estomatológica. Camagüey, Cuba.

² Universidad de Ciencias Médicas. Hospital Militar Dr. Octavio de la Concepción y de la Pedraja. Servicio de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello. Camagüey, Cuba.

³ Universidad de Ciencias Médicas. Centro de Investigaciones Médico-Quirúrgicas. Departamento de Prótesis Bucomaxilofacial. La Habana, Cuba.

⁴ Universidad de Ciencias Médicas. Departamento Informática Médica. Camagüey, Cuba.

*Autor para la correspondencia (email): isidro.cmw@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: La Radiobiología es la ciencia perteneciente a la biología que estudia los efectos de los distintos tipos de radiación sobre la materia viva.

Objetivo: Identificar la evidencia científica respecto a la radioterapia del paciente con cáncer en la región maxilofacial.

Métodos: Se realizó una revisión de la literatura acerca del tema en motores de búsqueda como: las bases de datos electrónicas PubMed, Medline, Cochrane, Hinari y SciELO. Para la búsqueda de la información se utilizaron las palabras clave: cáncer de cabeza y cuello, tratamiento del cáncer de la región maxilofacial, radioterapia, braquiterapia y tipos de radioterapia.

Resultados: Para el tratamiento se necesita evaluar las características del tumor y determinar el estadio tumoral, la localización y extensión de la enfermedad, así como los hallazgos patológicos que dictan la conducta adecuada como la cirugía, radioterapia, quimioterapia, terapia hormonal, inmunoterapia y terapia dirigida. La dosis máxima tolerada en relación con los órganos críticos oscila entre 50

y 76 Gy. Con la braquiterapia se puede colocar la fuente radiactiva dentro del paciente en cavidades anatómicas cerca del tumor o en el lecho tumoral. Esto permite administrar dosis elevadas de irradiación muy eficaces, al tumor o zona de riesgo. Los efectos adversos de las radiaciones ionizantes según la célula afectada pueden ser daño genético y somático.

Conclusiones: En el tratamiento del cáncer la radioterapia es una opción primordial, siempre con el precepto que ofrezca buenos resultados en cuanto a eficacia, tolerabilidad y calidad de vida, al causar el menor daño posible a los enfermos y con las nuevas tecnologías puede incrementar el éxito y garantizar que el procedimiento continúe con calidad.

DeCS: RADIOBIOLOGÍA; BRAQUITERAPIA; NEOPLASIAS DE CABEZA Y CUELLO/ radioterapia; CALIDAD DE VIDA; LITERATURA DE REVISIÓN COMO ASUNTO.

ABSTRACT

Introduction: Radiobiology is the science belonging to the biology that studies the effects of the different types of radiation on the lively matter.

Objective: Identifying the scientific evidence in relation to radiation therapy of the patient with cancer of the maxillofacial region.

Methods: A literature revision was carried out in search engines as: The electronic data bases PubMed, Medline, Cochrane, Hinari, and SciELO. For the search for information the key words used were head and neck cancer, treatment of the cancer of the maxillofacial region, radiation therapy, brachytherapy and types of radiation therapy.

Results: For the treatment it is needed to evaluate the characteristics of the tumor and to determine the tumor stage, the location and extension of disease, as well as the pathological findings that dictate the conduct made suitable like the surgery, radiation therapy, chemotherapy, hormonal therapy, immunotherapy and directive therapy. The maximum dose tolerated relating to the critical organs oscillates between 50 and 76 Gy. With the brachytherapy the radioactive source inside the patient can place itself in reservoirs, close to the tumor or in the tumor area. This allows managing dose lifted of irradiation very effective, to the tumor or zone of risk. The adverse effects of the ionizing radiations according to the impaired cell can be genetic and somatic damage.

Conclusions: In the treatment of cancer, radiation therapy is a primary option, always with

DeCS: RADIOBIOLOGY; BRACHYTHERAPY; HEAD AND NECK NEOPLASMS/radiotherapy; QUALITY OF LIFE; REVIEW LITERATURE AS TOPIC.

Recibido: 20/10/2021

Aprobado: 13/01/2022

Ronda: 1

INTRODUCCIÓN

La Radiobiología es la ciencia perteneciente a la biología que estudia los efectos de los distintos tipos de radiación sobre la materia viva. Como disciplina estudia la respuesta biológica, los mecanismos y las modificaciones y lesiones que se producen luego de la absorción de la radiación ionizante o no ionizante sobre los seres vivos, ha permitido además el desarrollo de la radioterapia con fines terapéuticos y las bases de la protección radiológica. ^(1,2)

Según Vega et al., ⁽³⁾ la radiación de alta energía proveniente de rayos X, rayos gamma, neutrones, protones y otras fuentes, causan efectos químicos como la hidrólisis del agua intracelular y la rotura de las cadenas de ácido desoxirribonucleico (ADN), destruyen células cancerosas y reducen el tamaño de los tumores; por lo que la respuesta de los tejidos a la irradiación depende de diversos factores, tales como: sensibilidad del tumor a las radiaciones, localización, oxigenación y tiempo de administración. Pero la continuidad de las células normales al tejido tumoral, hace que se pueden afectar algunas células sanas alrededor de la lesión.

La utilización de la radioterapia con fines terapéuticos comenzó a finales del siglo XIX después de que Roentgen descubriera los rayos X en 1895. En seguida declararon que además de brindar información anatómica sobre las partes internas del cuerpo humano era útil para el tratamiento de lesiones malignas. Para 1896; Becquerel y el matrimonio Curie, declaran la radiactividad del mineral uranio y en ese año es tratado el primer paciente con radioterapia. La actuación conjunta de Pierre y María Curie en 1898, descubren el isótopo Radio y Rutherford revela las radiaciones Alfa y Beta en 1899. En 1903 Graham Bell aproximó las fuentes radiactivas al tumor para que la dosis fuese muy elevada y así poder usarlas para el tratamiento de cáncer de cuello uterino y lesiones dermatológicas. ⁽¹⁾ También se tiene constancia del tratamiento de tumores cutáneos con radium, el isótopo radiactivo natural descubierto por Marie Curie en 1898. ⁽⁴⁾

Para mediados de la década del 50 del siglo pasado aparece el cobalto Co-60 con acelerador lineal (AL) de bajas energías y para década del 70 el AL de altas energías y el uso de simuladores. Para 1980 comienza a utilizarse radioterapia 3D, tomografía computarizada (TC) y dosimetría tridimensional y 1990 surge la *intensity modulated radiation therapy* (IMRT), imagen de resonancia magnética (IRM) y tomografía de emisión de positrones (PET), por sus siglas en inglés. ⁽¹⁾

La Oncología Radioterápica es una especialidad médico-quirúrgica, dedicada a los aspectos diagnósticos, cuidados clínicos y terapéuticos del enfermo oncológico, orientada al empleo de los tratamientos con radiaciones ionizantes, solas o en combinación con otras modalidades terapéuticas. En este caso el especialista en Oncología Radioterápica debe ser competente en las indicaciones, planificación, ejecución y control de los tratamientos con radiación ionizante y terapéuticas afines, la evaluación de la respuesta y el seguimiento de los pacientes tratados, participando así mismo junto a otros especialistas, en la prestación de cuidados paliativos y en la asistencia y apoyo clínico a los enfermos terminales. ⁽⁵⁾

El objetivo del trabajo mediante la revisión es identificar la evidencia científica respecto a la radioterapia y braquiterapia del paciente con cáncer de la región maxilofacial.

MÉTODOS

Se realizó una revisión de carácter descriptivo, con el objetivo identificar la evidencia respecto a la radioterapia y braquiterapia del paciente con cáncer de la región maxilofacial. Se realizó una revisión de la literatura, se utilizaron motores de búsqueda para localizar archivos en las bases de datos electrónicas PubMed, Medline, Cochrane, Hinari y SciELO. Para la búsqueda de información se utilizaron las palabras clave cáncer de cabeza y cuello, tratamiento del cáncer de la región maxilofacial, radioterapia, braquiterapia y tipos de radioterapia. Todas fueron combinadas para la búsqueda.

Los criterios de inclusión fueron documentos publicados en libros, tesis y revistas nacionales y foráneas entre enero de 2003 y diciembre de 2021 sin restricción idiomática donde se expusiera de manera clara aspectos en correspondencia con las palabras claves seleccionadas. Los criterios de exclusión fueron reportes de casos, resúmenes y *Power Point*. El total de artículos revisados fue de 160 de los cuales 32 se seleccionaron por estar acorde al interés de la investigación.

DESARROLLO

La gran mayoría de los cánceres de cabeza y cuello (CCC) se desarrollan en diferentes sitios que se dividen en cinco áreas anatómicas como son: la cavidad oral, que incluye los labios, la mucosa bucal, lengua anterior, piso de boca, paladar duro, triángulo retro molar y encía; faringe, dividida en orofaringe, nasofaringe e hipofaringe; orofaringe incluye amígdala, base de lengua, paladar blando, pared posterior de la faringe; cavidad nasal y senos paranasales y las glándulas salivales mayores. ⁽⁶⁾ Están representados por el carcinoma epidermoide, originado en el epitelio estratificado del tracto aerodigestivo superior, aunque existen otras variedades. Este tipo de carcinoma varía en su estructu-

ra histológica, sobre todo por el grado de queratinización que presenta, que puede oscilar desde un grado alto tal y como ocurre en los carcinomas bien diferenciados hasta los que exhiben muy poco grado de queratinización.

Clasificación histológica del cáncer de cabeza y cuello de la Organización Mundial de la Salud (OMS). ^(7,8)

a) Carcinoma de labio, cavidad oral y orofaringe:

- Carcinoma epidermoide y sus variantes: verrugoso, epidermoide basaloide, epidermoide papilar, de células fusiformes, epidermoide acantolítico, adenoescamoso y cuniculatum.
- Carcinoma linfoepitelial.
- Carcinoma de glándula salival.

b) Carcinomas de nasofaringe:

- Carcinoma nasofaríngeo: no queratinizante (indiferenciado y diferenciado), epidermoide queratinizante, epidermoide basaloide.
- Adenocarcinoma papilar nasofaríngeo.
- Carcinoma de tipo glándula salival.

c) Carcinomas de hipofaringe y laringe:

- Carcinoma epidermoide y sus variantes: verrugoso, epidermoide basaloide, epidermoide papilar, de células fusiformes, epidermoide acantolítico y adenoescamoso.
- Carcinoma linfoepitelial.
- Carcinoma de células gigantes.
- Carcinoma de tipo glándula salival.
- Tumores neuroendocrinos: carcinoide típico, carcinoide atípico, carcinoma de células pequeñas de tipo neuroendocrino y carcinoma de células pequeñas combinado de tipo neuroendocrino.

d) Carcinomas de cavidad nasal y senos paranasales:

- Carcinoma epidermoide: epidermoide queratinizante y no queratinizante (de células cilíndricas o transicionales).
- Variantes del carcinoma epidermoide: verrugoso, epidermoide basaloide, epidermoide papilar, de células fusiformes, epidermoide acantolítico y adenoescamoso.
- Carcinoma linfoepitelial.
- Carcinoma indiferenciado sinonasal.
- Adenocarcinoma: de tipo intestinal (papilar, colónico, sólido, mucinoso y mixto) y de tipo no intestinal (de bajo grado y de alto grado).
- Carcinoma de tipo glándula salival.
- Tumores neuroendocrinos: carcinoide típico, carcinoide atípico, carcinoma de células pequeñas de tipo neuroendocrino y carcinoma de células pequeñas.

e) Carcinomas de glándulas salivales:

- Carcinomas de las glándulas salivales y tumores mixtos.
- Carcinoma mucoepidermoide.
- Carcinoma quístico adenoide.
- Adenocarcinomas.
- Carcinoma de células acinosas.
- Adenocarcinomas poco frecuentes.
- Adenocarcinoma de células basales.
- Carcinoma de células claras.
- Cistoadenocarcinoma.
- Adenocarcinoma sebáceo.
- Linfadenocarcinoma sebáceo.
- Carcinoma oncocítico.
- Carcinoma de los conductos de las glándulas salivales.
- Adenocarcinoma mucinoso.
- Tumores malignos mixtos.
- Carcinoma en adenoma pleomórfico.
- Carcinosarcoma.
- Tumor mixto metastásico.
- Carcinomas poco frecuentes.
- Carcinoma primario de células escamosas.
- Carcinoma epitelial-mioepitelial.
- Carcinoma anaplásico de células pequeñas.
- Carcinomas indiferenciados.
- Carcinoma de células pequeñas indiferenciado.
- Carcinoma de células grandes indiferenciado.
- Carcinoma linfoepitelial.
- Carcinoma mioepitelial.
- Carcinoma adenoescamoso.

Estadamiento de estas neoplasias:

Una vez diagnosticado el tumor, se procede a la clasificación por estadios del mismo. Esto se hace siguiendo unas guías aceptadas por toda la comunidad científica como son las guías TNM de la *American Joint Committee on Cancer* (AJCC) que se basan en los factores: T, relacionado con el tamaño o extensión del tumor, N concerniente a la mayor o menor afectación ganglionar y M con la presencia o no de metástasis a distancia. ⁽⁹⁾

De acuerdo con la Séptima Edición de la AJCC. ^(7,10)

Tumor primario (T):

T0: no hay evidencia de tumor primario.

Tis: carcinoma *in situ*.

T1: tumor de menos de 2 cm o menos de dimensión máxima.

T2: tumor mayor de 2 cm, pero no mayor de 4 cm de dimensión máxima.

T3: tumor mayor de 4 cm de dimensión máxima.

T4: tumor que invade a otras estructuras como hueso, facies musculares, músculos, nervio, vasos sanguíneos y cavidades cercanas anatómicamente.

Ganglios linfáticos regionales (N):

Nx: los ganglios linfáticos regionales no pueden ser valorados.

N0: No metástasis en ganglios linfático regionales.

N1: metástasis en un único ganglio linfático homolateral de 3 cm o menos de dimensión máxima.

N2: metástasis en un único ganglio linfático homolateral mayor de 3 cm, pero no mayor de 6 cm de dimensión máxima, o en múltiples ganglios linfáticos homolateral, ninguna mayor de 6 cm de dimensión máxima. Cero metástasis en ganglio linfáticos bilaterales o contralaterales, ninguna mayor de 6 cm de dimensión máxima.

N3: metástasis en un ganglio linfático mayor de 6 cm de dimensión máxima.

Metástasis a distancia (M).

M0: no hay metástasis a distancia.

M1: hay metástasis a distancia.

Estadios:

Estadio 0: Tis N0 M0.

Estadio I: T1 N0 M0.

Estadio II: T2 N0 M0.

Estadio III: T3 N0 M0 - T1 N1 M0 - T2 N1 M0 - T3 N1 M0.

Estadio IVA: T4 N0 M0 - T4 N1 M0 - T1 N2 M0 - T2 N2 M0 - T3 N2 M0 - T4 N2 M0.

Estadio IVB: cualquier T N3 M0- T4 cualquier N M0.

Estadio IVC: cualquier T N M1.

Cambios más significativos de la estadificación de los cánceres de cabeza y cuello según Octava Edición de la AJCC: ⁽¹¹⁾

- Separación de los cánceres asociados a virus papiloma humano (VPH).

- Reestructuración de los cánceres cutáneos (melanoma- escamoso).

- División de la faringe en tres componentes: cáncer de nasofaringe, orofaringe mediado por VPH (p16 +) y cáncer de orofaringe (p16 -) e hipofaringe.

- Adición de la profundidad de invasión al T del cáncer oral.
- Adición de extensión tumoral extraganglionar (ENE) en N. Considerándose la ENE como la máxima distancia (mm) entre el borde externo intacto o reconstruido de la cápsula y el punto más alejado de la infiltración tumoral extraganglionar.

Cambios genéricos en la estadificación de cabeza y cuello:

Tumor primario (T): relación con el tamaño y extensión del tumor primario. Similar en piel, nasofaringe y cavidad oral.

- Se elimina la categoría T0 (excepto en nasofaringe y VPH + de orofaringe).
- En piel si infiltración >6 mm e invasión perineural se pasa a T3.
- En nasofaringe el criterio de fosa infratemporal y espacio masticador que era T4 se reemplaza por la descripción específica del tejido blando afectado (menos ambiguo). La afectación del músculo adyacente (músculos pterigoideo medial, lateral y prevertebral) se designa T2.
- En cavidad oral, la profundidad de invasión (DOI) modifica el T para distinguir los tumores superficiales y exofíticos de los más invasivos (grosor tumoral ≠ DOI). T aumenta cada 5 mm.
- En cavidad oral, la infiltración muscular extrínseca ya no es T4.
- Desaparece la categoría T0 en cavidad oral, piel, laringe, glándula salivar, VPH- de orofaringe, hipofaringe y senos.

Para los casos con ganglios cervicales positivos con primario desconocido hay un nuevo capítulo específico.

Se mantiene T0 sólo en:

- Cánceres asociados a virus de Epstein Barr (EBV)
- Cánceres VPH /p16+ en un ganglio cervical.

Gánglio linfático regional (N):

- Se introduce la extensión extraganglionar (ENE+/-) en la categorización del N, con importante efecto de la ENE en el pronóstico (excepto en tumores VPH +).
- Importante distinguir entre ENE+ microscópica y macroscópica (visible); si hay dudas se asigna la categoría menor.
- La ENE patológica se define como la extensión del tumor de un ganglio a través de la cápsula ganglionar al tejido de alrededor, con o sin reacción estromal.
- Las metástasis a ganglios mediastínicos se consideran a distancia (M) excepto a ganglios del nivel VII (N).

La determinación del estadio es de suma importancia porque de esta manera se determina dónde está ubicado el cáncer, si se ha diseminado o hacia dónde y si afecta otras partes del cuerpo. Se utilizan pruebas de diagnóstico para determinar el estadio del cáncer, de manera que la estadificación

no se establece hasta que se hayan realizado todas las pruebas. Estos datos ayudan a determinar cuál es el mejor tratamiento y a predecir el pronóstico de un paciente, es decir, la probabilidad de recuperación.

Tratamiento:

Después que el cáncer es diagnosticado y clasificado en etapas, se puede elegir un tratamiento en dependencia del periodo de desarrollo del tumor, los recursos médicos disponibles y las condiciones del paciente. ⁽¹²⁾

El tratamiento de los pacientes con este tipo de cáncer es complejo; para su planificación, se debe evaluar las características del tumor y determinar el estadio tumoral, la localización y extensión de la enfermedad, así como los hallazgos patológicos que dictan la conducta adecuada como la cirugía, radioterapia, quimioterapia, terapia hormonal, inmunoterapia y terapia dirigida. Por lo General, los pacientes en estadios iniciales al diagnóstico (I y II) se tratan con una sola modalidad terapéutica. Por el contrario, aquellos con estadios avanzados (III-IV), suelen beneficiarse con las terapias combinadas. ^(7,13,14)

De forma general el procedimiento contempla diferentes alternativas, las principales son la cirugía y radioterapia asociada o no a quimioterapia o terapias biológicas, en dependencia del estadio tumoral y la reserva funcional del paciente. ⁽¹⁵⁾ En tumores de mayor volumen, suele ser necesario el empleo combinado de ambas modalidades. En cuanto a la radioterapia esta se emplea sobre el tumor primario y las cadenas de drenaje linfático. ⁽⁷⁾ El tratamiento quirúrgico es efectivo como tratamiento único en estadios iniciales de tumores sólidos de cabeza y cuello, pero la mayoría de los casos llegan en etapas avanzadas y suele utilizarse en combinación con radioterapia. ⁽¹⁶⁾

Radioterapia:

La radioterapia antitumoral consiste en la administración de radiación ionizante en un volumen del cuerpo para erradicar o despoblar células tumorales, sin sobrepasar los límites tolerables para los tejidos normales con el objetivo del control local del tumor, es decir, evitar que se produzca una recidiva del tumor una vez eliminado y, en consecuencia, conseguir un aumento de la supervivencia. ⁽¹⁾

Las modalidades de tratamiento que se pueden distinguir en función del objetivo perseguido son: ⁽⁷⁾

- Tratamiento primario inicial radical de tumores localizados. También en el caso de CCC localmente avanzado con o sin asociación de tratamiento sistémico.
- Radioterapia complementaria: se emplea tras la exéresis quirúrgica del tumor, por lo general en lesiones localmente avanzadas con el fin de eliminar enfermedad residual a nivel locoregionales.
- Radioterapia paliativa: se administra con la finalidad de controlar síntomas, como puede ocurrir con el dolor provocado por adenopatías voluminosas (radioterapia antiálgica), lesiones con riesgo de sangrado, compromiso de la vía aérea.

El tratamiento adyuvante con radioterapia tiene indicaciones generales: ⁽¹⁶⁾

- Borde quirúrgico próximo afecto.
- Tumores avanzados con gran invasión local.
- Lesiones poco diferenciadas o indiferenciadas.
- Invasión perineural, vascular o linfática.
- Afectación ósea, de piel o cartílago.
- Afectación ganglionar múltiple, uno mayor de 1,5 cm o ganglios en diversos niveles.

Extensión extracapsular ganglionar con infiltración de partes blandas.

- Alto riesgo de afectación ganglionar sin disección del cuello.

Prescripción de dosis: ⁽⁷⁾

El control de la enfermedad mediante la radioterapia depende de la dosis utilizada. Con radioterapia externa la dosis máxima tolerada en relación con los órganos críticos oscila entre 50 y 76 Gy, con fraccionamiento convencional de 1,8 a 2 Gy por sesión, cinco veces por semana.

En la radioterapia radical. Es preciso tener en cuenta el tamaño del tumor, la histología y la asociación a quimioterapia (QT). Se recomienda utilizar los siguientes niveles de dosis:

- Enfermedad subclínica: 50 Gy.
- T1-T2: 65 a 70 Gy.
- T3 y T4: 70 a 74 Gy.

En la radioterapia posoperatoria. La dosis para la enfermedad subclínica se sitúa entre 55 y 60 Gy. En áreas de alto riesgo como afectación microscópica la dosis puede aumentar hasta 62 a 65 Gy. En los casos donde existe residual macroscópico, se administrarán dosis semejantes a las utilizadas en la radioterapia radical.

En la radioterapia paliativa. La dosis necesaria para alcanzar una paliación eficaz está entre 50 y 60 Gy. La cantidad por fracción no debe superar los 3 Gy por día, debido a la tolerancia limitada de la mucosa orofaríngea.

La justificación de terapia radiante en cada paciente corresponde al médico radioterapeuta, quien evalúa la relación riesgo/beneficio y solo deben adoptarse si producen un beneficio mayor al detrimento que causa. Debe optimizar la magnitud de las dosis lo que implica disminuir la exposición del paciente al valor mínimo necesario para lograr los objetivos terapéuticos.

El servicio de Radioterapia se divide en la actualidad en dos grandes áreas: la Teleterapia y Braquiterapia. ^(17,18)

- Teleterapia: se define como los tratamientos en donde la fuente de radiación está lejos y fuera del paciente y para lo cual utiliza máquinas como las Unidades de Cobalto-60 y Aceleradores Lineales.
- Braquiterapia: es un tipo de radioterapia donde la fuente radiactiva está dentro del paciente ya sea

en cavidades anatómicas, cerca del tumor o en el lecho tumoral. Para su aplicación se requiere una planificación precisa y cuidadosa porque la mayoría de los sitios de tratamiento son adyacentes a órganos críticos y tejidos sanos.

Es un tratamiento antineoplásico que consiste en situar fuentes de radiación, a través de fuentes cerradas o selladas de material radiactivo (isótopos radiactivos) que liberan radiación en estrecha proximidad del tumor o la zona a irradiar, o incluso en su interior y permite administrar dosis elevadas de irradiación biológicas muy eficaces, al tumor o zona de riesgo, con una rápida caída de dosis en sus inmediaciones, es decir, en los tejidos sanos circundantes. Esta que es su principal ventaja, también constituye una limitación ya que solo se pueden tratar volúmenes relativamente pequeños de tumor. ^(4,19)

El radio ha sido el elemento más usado en braquiterapia, pero debido a que en su decaimiento pasa por un elemento gaseoso (el radón), es posible que las agujas selladas que contienen el material radiactivo presenten fugas y puedan ocasionar exposiciones innecesarias para el paciente. Menos riesgo que el radio tiene otros isótopos como el yodo-131, con una vida media de siete días y el fósforo-32 con una vida media de dos semanas. Estos dos isótopos, por su vida media tan corta, son introducidos de manera directa al organismo y residiendo hasta que terminan de decaer. Uno de los problemas de la braquiterapia, es la posible exposición innecesaria del paciente y del personal sanitario que prepara, transporta y manipula las fuentes radiactivas, se han ideado una serie de métodos como la utilización de fuentes simuladas no radiactivas para el cálculo de su posición correcta en el paciente, el uso de mandos de control a distancia de las fuentes radiactivas o la retirada automática de las mismas hasta un lugar protegido en el caso de que surja alguna incidencia. ⁽¹⁹⁾

Clasificación de la braquiterapia: ^(4,19)

- Superficial o de contacto: cuando las placas de material radiactivo se colocan sobre la superficie del tumor (tumores cutáneos y oftalmológicos).
- Intersticiales: cuando las fuentes se colocan en el interior de la zona a tratar (cáncer de labio, mama) o cuando se realiza la colocación quirúrgica, guiados por ecografía o TAC, de agujas, alambres o semillas radiactivas que pueden ser de plástico o metálicos en el seno del propio tumor, cuando el tumor no se localiza en las cavidades naturales (mama, cuello, próstata).
- Endocavitarias o intracavitaria: cuando el material radiactivo se introduce a través de las cavidades naturales del organismo donde se localiza el tumor (tumores ginecológicos, de esófago o bronquiales).
- Endoluminales: cuando las fuentes se dirigen a través de la luz de órganos huecos (bronquios, esófago, vía biliar).
- Metabólicas: a través de la circulación sanguínea.

Efectos adversos del tratamiento radiante:

La braquiterapia brinda la oportunidad de escalar dosis al tumor, sin mayor riesgo de irradiación a los órganos cercanos, ya que debido a la cercanía de los aplicadores al tumor y a la caída que se genera en el depósito de dosis conforme se hace mayor la distancia a la fuente radioactiva, se alcanza una adecuada cobertura en el tumor con muy poco impacto en los tejidos circundantes. ⁽²⁰⁾ Esta terapia radiante depende de la ley del cuadrado inverso, que establece que alrededor de una fuente de radiación, la disminución de la dosis es igual a la distancia al cuadrado. Así pues, los tejidos que rodean el tumor tratado reciben una dosis mucho menor que la indicada por otros métodos de radiación. ⁽²¹⁾

Efectos de las radiaciones ionizantes según la célula afectada: ⁽¹⁾

- Daño genético: se produce por una mutación de una célula germinal. Se manifestará en la descendencia del individuo.

- Daño somático: se produce por mutación de una célula de cualquier órgano, excepto las células germinales. Se manifiestan de forma inmediata en el individuo.

Efectos de las radiaciones ionizantes según el mecanismo de producción: ⁽¹⁾

- Efecto estocástico o aleatorio: por una mutación genética. Ejemplos: carcinogénesis, enfermedades hereditarias.

a) No tiene umbral de dosis.

b) Aparición tardía (periodo de latencia largo).

c) Gravedad independiente de la dosis.

- Efecto no estocástico o determinista: por muerte celular acumulada. Ejemplos: eritema, neumonitis y catarata.

a) Aparece a partir de una dosis umbral de radiación.

b) Aparición precoz o tardía.

c) Gravedad depende de la dosis.

Estos efectos adversos derivados de la RT se clasifican en agudos a tardíos: ⁽⁵⁾

- Los efectos agudos son aquellos que se presentan durante el tiempo de terapia y en su mayoría son autolimitados, reversibles y asociados a pocas secuelas. Afectan a tejidos con alta tasa de replicación celular, principalmente epitelios. Dependen de la dosis total de radiación. Los principales son descamación de piel, mucositis, plaquetopenia, linfopenia, dolor y cansancio.

- Los efectos tardíos se manifiestan meses o años después de la RT, con una incidencia creciente en el tiempo, por lo general irreversibles y asociados a secuelas permanentes. Dependen de la dosis por fracción recibida. Afectan a tejidos con lenta tasa de replicación celular: tejidos conectivos, vasos sanguíneos y tejido nervioso, por inflamación crónica y fibrosis.

También puede producir alteración en el gusto (disgeusia) debido a un daño en los corpúsculos

gustativos linguales y se ve incrementada por la mucositis y por la hiposialia. El trismus es la incapacidad de abrir la boca de manera adecuada y se produce como resultado de cambios fibróticos en los músculos y en la articulación temporomandibular, éste es uno de los efectos tardíos que se puede presentar en tres a seis meses después de finalizado el tratamiento. ⁽²²⁾

La xerostomía como síntoma y la hiposialia como signo son los efectos secundarios más frecuente de la radioterapia de esta zona y está en relación directa con dosis y volumen de tejido glandular radiado y es permanente en dosis mayores de 30 Gy. Los pacientes experimentan sequedad de la boca por disfunción parotídea, impactando en la cantidad, volumen, consistencia (espesa) y pH de la saliva secretada, lo cual dificulta la formación y homogenización del bolo alimenticio, al aumentar el riesgo de penetración o aspiración del alimento. ^(23,24,25)

La osteoradionecrosis son efectos de la radioterapia sobre el hueso que presenta en pacientes con antecedentes de radiaciones en esta área. Se establece que la radiación provoca endarteritis lo que conduce a hipoxia, hipocelularidad e hipovascularización cuyas consecuencias son la destrucción de los tejidos y una lesión crónica que no se regenera; ^(26,27) por lo que deben evitarse durante el tratamiento de radioterapia los procedimientos invasivos, tales como extracciones o colocación de implantes dentales osteointegrados, así como cirugías que involucren el hueso maxilar o mandibular. ⁽²¹⁾

La candidiasis de la mucosa de la cavidad oral y del tracto gastrointestinal es la sobreinfección más frecuente en pacientes que tienen mucositis debida al tratamiento onco-específico. ⁽²⁸⁾

Función de las nuevas tecnologías en la planificación de la radioterapia y braquiterapia:

Hasta la década de 1980, la planificación de la radioterapia se realizaba con radiografías simples y verificaciones en dos dimensiones (2D), lo que daba como resultado que el radioterapeuta no tenía una idea exacta de la localización del tumor.

Por ello a partir de esta fecha se implementa la radioterapia conformada en tres dimensiones (RT3D), gracias a la ayuda de la tomografía computarizada y a los sistemas informáticos de cálculo dosimétrico, se obtienen imágenes virtuales de los volúmenes a tratar, que permiten concentrar mejor la dosis. A partir de la década de 1990, otras técnicas de imagen como la resonancia magnética, ecografía y tomografía por emisión de positrones, se han incorporado a la planificación de la radioterapia, con las que se obtiene una delimitación más exacta del volumen tumoral para respetar a los tejidos sanos. ⁽²⁹⁾

La RM proporciona información sobre la extensión del tumor y ayuda a localizar las estructuras adyacentes en las tres dimensiones del espacio, todo ello con el aplicador intracavitario colocado en su posición terapéutica. Es recomendable realizar un estudio de RM antes del inicio del tratamiento con radioterapia externa y otro antes de la braquiterapia con el aplicador colocado en su posición terapéutica habitual. ⁽³⁰⁾

La tomografía computarizada cervical es útil para evaluar la extensión tumoral (especialmente la

invasión de cartílago), la afección de estructuras anatómicas críticas y la presencia de metástasis ganglionares. La tomografía por emisión de positrones (TEP) tiene una elevada sensibilidad y especificidad para detectar de manera precoz las metástasis ganglionares, su papel es más importante para el seguimiento después del tratamiento. ⁽³¹⁾

Protección radiológica:

Desde principios del siglo XX, diversas organizaciones internacionales se han preocupado por los efectos de las radiaciones ionizantes sobre los seres vivos y han elaborado recomendaciones para la prevención de sus posibles consecuencias dañinas. De igual modo, en Estados Unidos, se crea en 1964 la *National Council on Radiation Protection and Measurements* (NCRP), con los objetivos de elaborar recomendaciones sobre protección radiológica, definir y desarrollar magnitudes y unidades radiológicas, sobre todo las referidas a la protección radiológica, en colaboración con otros organismos internacionales, en particular, con la *International Commission on Radiological Protection* (ICRP). La *International Atomic Energy Agency* (IAEA), al recoger las recomendaciones de estas organizaciones, publica los Basic Safety Standards (BSS), que son un sistema de principios fundamentales de seguridad, que establecen los requisitos que se deben cumplir para asegurar la protección de las personas y del medio ambiente contra los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes. Se redactan de modo que puedan ser de utilidad para ser incluidas en la legislación de cada país. ⁽³²⁾

CONCLUSIONES

En el tratamiento del cáncer la radioterapia es una opción primordial, siempre con el precepto que ofrezca buenos resultados en cuanto a eficacia, tolerabilidad y calidad de vida, que cause el menor daño posible a los enfermos y con las nuevas tecnologías puede incrementar el éxito y garantizar que sea un procedimiento de calidad.

La braquiterapia brinda una solución para las principales necesidades de radioterapia y tratamiento frente al cáncer. Tiene una eficacia demostrada con dosis específicas que evitan la exposición a la radiación a los órganos de riesgo, con gran seguridad y pocos efectos secundarios, lo que hace que se adapte a las necesidades individuales de cada paciente de forma rentable, convirtiéndola en una importante opción para la atención oncológica en el siglo XXI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rizo Potau D, Nájera López A, Arenas Prat M. Conocimientos básicos de oncología radioterápica para la enseñanza Pre-grado [Internet]. Cuenca: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha;

- 2016 [citado 21 Ago 2019]. 91 p. Disponible en: https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/9411/Radioterapia_open_def.pdf?sequence=4&isAllowed=y
2. Energía Nuclear Latinoamericana. Radiobiología: ¿Qué es y para qué sirve [Internet]. London DC: ENUIa; 2015-2019 [citado 18 Oct 2021]. Comentarios de Expertos. Disponible en: <https://enula.org/2020/08/radiobiologia-que-es-y-para-que-sirve/>
3. Vega-Menchaca N, Corral-Apodaca MM, Estrada-Esquivel B, Nevárez-Rascón A. Enfermedades orales secundarias a quimio y radioterapia en pacientes con cáncer en cabeza y cuello. ORAL [Internet]. 2018 [citado 05 Ago 2019];19(61):1644-51. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/oral/ora-2018/ora1861d.pdf>
4. García Polo C, Jaén Olasolo J. Braquiterapia endobronquial. Revista Española de Patología Torácica [Internet]. 2009 [citado 05 Ago 2021];21(3):166-71. Disponible en: <https://www.rev-esp-patol-torac.com/files/publicaciones/Revistas/2009/NS2009.21.3.A06.pdf>
5. Cardenal J, Anchuelo J, Díaz de Cerio I, Ferri M, Galdós P, García Blanco A, et al. Itinerario Formativo. Oncología Radioterápica. Hospital Universitario Marqués de Valdecilla [Internet]. 2020 Jun [citado 16 Abr 2021]. Disponible en: http://www.humv.es/estatico/formacionydocencia/itinerarios_formacion/oncologia_radioterapica.pdf
6. Cátedra de Oncología Clínica. Pautas de oncología médica para el diagnóstico, tratamiento sistémico y seguimiento. Servicio de Oncología Clínica. Hospital de Clínicas [Internet]. 2018 Dic [citado 05 Oct 2021]. Disponible en: http://www.oncologiamedica.hc.edu.uy/images/PAUTADO_2018.pdf
7. Ministerio de Salud Pública. Sección Independiente de Control del Cáncer. Programa Integral para el Control del Cáncer en Cuba. Diagnóstico y tratamiento del cáncer de cabeza y cuello [Internet]. La Habana: Editorial Ciencias Médicas; 2019 [citado 21 Feb 2021]. 99 p. Disponible en: http://www.bvs.sld.cu/libros/programa_control_cancer_cuba/programa_control_cancer_cuba.pdf
8. Suportamed [Internet]. Quito-Ecuador: SuportaMed Clínica de Enfermedades Crónicas; 2021 [actualizado 17 May 2021; citado 08 Abr 2022]. Clasificación y tipos de cáncer. Disponible en: <https://suportamed.com/cancer-clasificacion-tipos/>.
9. Cancer.net [Internet]. EEUU: American Society of Clinical Oncology (ASCO); © 2005-2022. [actualizado 16 Ene 2019; citado 08 Abr 2022]. Cáncer oral y orofaríngeo: Estadios y Grados. Disponible en: <https://www.cancer.net/es/tipos-de-cancer/cancer-oral-y-orofaringeo/estadios-y-grados>
10. Bagán Sebastián JV, Murillo Cortés J, Ventura Martínez N, Bagán Debón L. Formas clínicas del cáncer oral, extensión tumoral y sintomatología clínica. En: López Jornet P, Seoane Lestón JM, editores. Cáncer oral para dentistas [Internet]. España: Editorial Fundación Dental Española; 2019 [citado 2 Feb 2021]. Disponible en: <https://www.consejodentistas.es/comunicacion/actualidad-del-consejo/publicaciones-del-concejo/libros-del-concejo/item/1628-cancer-oral-para-dentistas>

11. Cameselle Teijeiro JM. XIIIth Update in surgical pathology. Cambios en el pTNM a aplicar el 1 de Enero de 2018 Cabeza y cuello y tumores endocrinos [Internet]. Madrid: Universidad de Santiago de Compostela; 2017 [citado 20 Dic 2021]. Disponible en: https://www.seap.es/documents/10157/1557187/6_Cameselle+2017_comp.pdf/7e979286-dd8d-47d3-a855-f7445de402a9
12. Contreras Álvarez PJ, Iznaga Marín NL, Hernández Armstrong LR, Aguirre Muñoz CF. Tratamiento con radioterapia en pacientes con neoplasia laríngea. Rev cuba otorrinolaringol cir cabeza cuello [Internet]. 2020 [citado 10 Feb 2021];4(1). Disponible en: <http://www.revotorrino.sld.cu/index.php/otl/article/view/130/236>
13. Sociedad Americana Contra El Cáncer. Datos y Estadísticas sobre el Cáncer entre los Hispanos/Latinos 2018-2020 [Internet]. Atlanta: Sociedad Americana contra el Cáncer; 2018 [citado 19 Abr 2021]. Disponible en: <https://www.cancer.org/content/dam/cancer-org/research/cancer-facts-and-statistics/cancer-facts-and-figures-for-hispanics-and-latinos/cancer-facts-and-figures-for-hispanics-and-latinos-2018-2020-spanish.pdf>
14. Meireles López LD. Caracterización de pacientes con carcinoma epidermoide laríngeo. Rev cuba otorrinolaringol cir cabeza cuello [Internet]. 2019 [citado 08 Feb 2021];3(3). Disponible en: <http://www.revotorrino.sld.cu/index.php/otl/article/view/107/198>
15. Vinés E, Orellana MJ, Bravo C, Jofré D. Manejo del cáncer de cabeza y cuello: ¿Radioterapia a quién, ¿cuándo y por qué? Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello [Internet]. 2017 Mar [citado 07 Feb 2021];77(1). Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-48162017000100013&lng=es
16. Verdecia Cañizares C, Alonso Pérez M, Alert Silva J, Lam Díaz RM. Respuesta al tratamiento radio-terápico en pacientes con tumores malignos de cabeza y cuello. Rev cuban pediater [Internet]. 2018 [citado 05 Oct 2021];90(4). Disponible en: <http://www.revpediatria.sld.cu/index.php/ped/article/view/680/242>
17. Instituto Salvadoreño del Seguro Social. Manual del Servicio de Radioterapia [Internet]. 2017 Jun [citado 16 Abr 2021]. Disponible en: <https://aps.iss.gov.sv/Documents/Gu%C3%ADas,%20normas,%20manuales,%20pol%C3%ADticas/Manuales/MANUAL%20DEL%20SERVICIO%20DE%20RADIOTERAPIA%20DEL%20ISSS.pdf>
18. Soto Salazar GM. Puesta en Servicio Clínico del Sistema de Planificación de Tratamiento con algoritmo de cálculo del TG-43 en Braquiterapia de Alta Tasa de Dosis, en el Centro Nacional de Radioterapia Nora Astorga en el periodo Abril-Junio del año 2018 [tesis]. Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua; 2019 [citado 30 Oct 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/12962/12/12962.pdf>
19. Martín Carvajal F. La braquiterapia como tratamiento de tumores localizados. Radiobiología <http://revistaamc.sld.cu/>

[Internet]. 2003 [citado 05 Ago 2021];3:66-70. Disponible en: [http://www-rayos.medicina.uma.es/rmf/radiobiologia/revista/Numeros/RB3\(2003\)66-70.pdf](http://www-rayos.medicina.uma.es/rmf/radiobiologia/revista/Numeros/RB3(2003)66-70.pdf)

20. Puente Vallejo RA. Mejoría dosimétrica en cobertura del volumen blanco tumoral de pacientes con cáncer de cérvix tratadas en el Hospital Oncológico Solón Espinosa Ayala entre febrero y diciembre del 2016, sometidas a braquiterapia tridimensional vs bidimensional [tesis]. Quito: Universidad Central del Ecuador; 2019 [citado 05 Ago 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/18811/1/T-UCE-0006-CME-120-P.pdf>

21. Brachy Academy. About us [Internet]. Reino Unido: Elekta; ©2020 [citado 08 Oct 2021]. Disponible en: <https://www.brachyacademy.com/about-us/>.

22. Grande Boloque R, Apoita Sanz M, Vallina Fernández KC, Melero Alarcón C, Solís González S, Hernández Vallejo G. Manejo odontológico del paciente sometido a radioterapia de cabeza y cuello. REDOE [Internet]. 2018 Jun [citado 07 Feb 2021]. Disponible en: <http://www.redoe.com/ver.php?id=288>

23. Vives Soler A, López López J, Jané Salas E. Xerostomía y radioterapia de cabeza y cuello: actualización. Rev Colomb Cancerol [Internet]. 2017 [citado 05 Ago 2019];21(1):26-32. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcc/v21n1/0123-9015-rcc-21-01-00026.pdf>

24. Morales C, Gay J, Esparza T. Estrategias profilácticas para disfagia orofaríngea en pacientes con cáncer de cabeza y cuello: revisión narrativa. Rev Cient Cienc Méd [Internet]. 2020 [citado 07 Oct 2021];23(1). Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332020000100010&lng=es

25. López Cedrún JL, Villanueva San Vicente V. Tratamiento del cáncer de la cavidad oral. En: López Jornet P, Seoane Lestón JM, editores. Cáncer oral para dentistas [Internet]. España: Editorial Fundación Dental Española; 2019 [citado 02 Feb 2021]; 187-98. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwizpdrz7az2AhUnQjABH5KuCYUQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.consejodentistas.es%2Fcomunicacion%2Factualidad-del-consejo%2Fpublicaciones-del-consejo%2Flibros-del-consejo%2Fitem%2Fdownload%2F1584_203e92e4ef3ebc736c9fa7e2f601e755.html&usq=AOvVaw3Zd4s9OaeA7zwwq7I_aDLyQ

26. Gallegos Hernández JF, Reyes Vivanco A, Áreas Caballeros H, Minauro Muños GG, Ortiz Maldonado AL, Garcías Ruíz DI, et al. Osteoradionecrosis (ORN) mandibular como efecto colateral del tratamiento del cáncer de cabeza y cuello: factores que lo inducen. Gac Med Mex [Internet]. 2016 [citado 05 Ago 2019];152:703-3. Disponible en: https://www.anmm.org.mx/GMM/2016/n6/GMM_152_2016_6_730-733.pdf

27. Ochandiano Caicoya S. Rehabilitación funcional con implantes en pacientes oncológicos [tesis doctoral]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2017 [citado 05 Ago 2019]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/41520/1/T38485.pdf>

<http://revistaamc.sld.cu/>

28. Jeldres M, Amarillo D, Lorenzo F, García F, Cuello M. Patogenia y tratamiento de la mucositis asociada al tratamiento de radioterapia y/o quimioterapia en pacientes con cáncer de cabeza y cuello. Rev Urug Med Int [Internet]. 2021 Mar [citado 23 Jun 2021];6(1). Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2393-67972021000100004&lng=es
29. Avalos de Rodríguez VR, Mejía Salazar IE, Ramírez García JM. Influencia de la comunicación del profesional en radiología con el equipo multidisciplinario en el servicio de radioterapia sobre la protección radiológica a los pacientes tratados en el área de teleterapia, Hospital Médico Quirúrgico y Oncológico del Instituto Salvadoreño del Seguro Social, febrero-junio, 2017 [tesis]. El Salvador: Universidad de el Salvador; 2017 [citado 23 Jun 2021]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/16336/1/Influencia%20de%20la%20comunicaci%C3%B3n%20del%20profesional%20en%20radiolog%C3%ADa%20con%20el%20equipo%20multidisciplinario%20en%20el%20servicio%20de%20radioterapia.pdf>
30. Oñate Miranda M, Pinho DF, Wardak Z, Albuquerque K, Pedrosa I. Resonancia magnética en la planificación de la braquiterapia intracavitaria para el tratamiento del cáncer de cérvix localmente avanzado. Radiología [Internet]. 2016 [citado 08 Feb 2021];58(1):16-25. Disponible en: https://www.webcir.org/revistavirtual/articulos/2017/3_agosto/esp/braquiterapia_esp.pdf
31. Meireles López LD. Caracterización de pacientes con carcinoma epidermoide laríngeo. Rev cuba otorrinolaringol cir cabeza cuello [Internet]. 2019 [citado 08 Feb 2021];3(3). Disponible en: <http://www.revotorrino.sld.cu/index.php/otl/article/view/107/198>
32. Pérez Calatayud J, Corredoira Silva E, Crispín Contreras V, Eudaldo Puell T, de Frutos Baraja J, Pino Sorroche F, et al. Protección radiológica en Braquiterapia. Informe del grupo de trabajo de Braquiterapia de la SEFM. Rev Fis Med [Internet]. 2015 [citado 02 Oct 2021];16(2):11-47. Disponible en: <https://revistadefisicamedica.es/index.php/rfm/article/view/175/175>

CONFLICTOS DE INTERESES

No existen conflictos de intereses y los autores están de acuerdo con el contenido del manuscrito, asegura que el trabajo no ha sido enviado simultáneamente a otra revista y cede los derechos de publicación a esta revista.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Isidro de Jesús Nápoles-González (Conceptualización. Curación de datos. Análisis formal. Investigación. Metodología. Supervisión. Validación. Redacción-borrador original. Redacción- revisión y edición).

<http://revistaamc.sld.cu/>



Jorge Santana-Álvarez (Análisis formal. Metodología. Supervisión Visualización. Redacción- revisión y edición).

Alfredo Álvarez-Rivero (Análisis formal. Metodología. Supervisión).

Tania Victoria Puerto-Pérez (Curación de datos. Metodología).