

Perspectiva Pediátrica Latinoamericana

¡nuestra revista!



Volumen 3 | Número 2
Abril - Junio de 2015

Publicación sin costo

Presentación de la Revista

Visión Global
Radioterapia en pediatría

Trabajos Originales - Original articles
Sensibilidad del BK a drogas antituberculosas
BK sensibility to anti tuberculosis drugs - English Abstract

Mortalidad infantil antes y después de la vacuna contra el Haemophilus influenzae tipo b
Infant mortality before and after Haemophilus influenzae type b vaccine - English Abstract

Presentación de casos y revisión de la literatura
Case presentation and literature review

Golosinas peligrosas
Dangerous snacks - English Abstract

Osteosarcoma Condrolástico Maxilar: reporte de un caso poco común
Maxilar Condrolastic Osteosarcoma: presentation of an uncommon case - English Abstract

Pronóstico de la bronquiollitis obliterante post infecciosa
Post infectious bronchiollitis obliterans prognosis - English Abstract

Novedades
Relación BCG, PPD, Quantiferon-TB

Tratamiento del granuloma umbilical con corticoides tópicos
Aire limpio y desarrollo pulmonar

Neurotoxicidad de la anestesia en modelos animales

Fotografía
Niños de América Latina - Piña para la niña

Servicio de Oncología

Instrucciones para autores



Presentación de la Revista	46
Visión Global	
Radioterapia en pediatría	47
Trabajos Originales - Original articles	
Sensibilidad del BK a drogas antituberculosas <i>BK sensibility to anti tuberculosis drugs - English Abstract</i>	55
Mortalidad infantil antes y después de la vacuna contra el <i>Haemophilus influenzae</i> tipo b <i>Infant mortality before and after Haemophilus influenzae type b vaccine - English Abstract</i>	60
Presentación de casos y revisión de la literatura Case presentation and literature review	
Golosinas peligrosas <i>Dangerous snacks - English Abstract</i>	66
Osteosarcoma Condrolástico Maxilar: reporte de un caso poco común <i>Maxilar Chondroblastic Osteosarcoma: presentation of an uncommon case - English Abstract</i>	68
Pronóstico de la bronquiolitis obliterante post infecciosa <i>Post infectious bronchiolitis obliterans prognosis - English Abstract</i>	73
Novedades	
Relación BCG, PPD, Quantiferon-TB	77
Tratamiento del granuloma umbilical con corticoides tópicos	78
Aire limpio y desarrollo pulmonar	79
Neurotoxicidad de la anestesia en modelos animales	80
Fotografía	
Niños de América Latina - Piña para la niña	81
Servicio de Oncología	83
Instrucciones para autores	84

RADIOTERAPIA EN PEDIATRÍA: GENERALIDADES Y RESUMEN DE INDICACIONES

Luis Moreno Sánchez¹

1. Oncólogo Radioterapeuta - Médico Nuclear
Coordinador Radioncología Instituto Nacional del Cáncer Rosa
Emilia de Tavares (INCART).

Asesor Externo CDD Radioterapia Santo Domingo-La Romana
Correo: radioncoluis@gmail.com

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo dar una breve descripción de la historia y generalidades de la radioterapia, así como sus más comunes indicaciones en pediatría, inmovilización, sedación y técnicas de tratamiento empleadas, y finalmente comentar los posibles efectos secundarios que podrían presentarse en nuestros pequeños "Grandes" pacientes pediátricos.

ABSTRACT

This article aims to give a brief description of the history and overview of radiation therapy, as well as its most common pediatrics indications, restraint, sedation and treatment techniques employed, and finally discuss the possible side effects that may occur in our small "great" pediatric patients.

INTRODUCCIÓN

La palabra cáncer siempre ha sido catastrófica, para el propio paciente y familiares, más aún cuando se utiliza en un niño, quien muchas veces en su inocencia, enfrenta esta lucha como el más valiente de sus superhéroes.

Durante los últimos años se han alcanzado avances extraordinarios en cirugía, quimioterapia y radioterapia para el tratamiento de los pacientes con cáncer, no obstante desde el punto de vista de la oncología radioterápica pediátrica, a pesar de existir protocolos, mejoras en la inmovilización del paciente, sedación, técnicas convencionales y avanzadas de irradiación, hoy día sabemos que debemos retrasar el inicio de la misma tanto como sea posible, siempre y cuando no afectemos con la decisión la posibilidad de cura o calidad de vida del paciente, decisión que debe ser tomada en un comité médico multidisciplinario, por lo cual debemos apoyarnos en los otros brazos de la oncología como son la cirugía y la quimioterapia.

La radioterapia es el arte de utilizar las radiaciones ionizantes para destruir las células malignas minimizando los daños al tejido sano, a su

vez, las radiaciones ionizantes son aquellas que tienen energía suficiente para remover un electrón de la órbita de un átomo. Son este tipo de radiaciones las que producen alteraciones biológicas al ocasionar daño en el material genético de las células, interviniendo en el ciclo celular, evitando su crecimiento y replicación, provocando su muerte si no reparan el daño a la brevedad¹.

HISTORIA

La trayectoria de la radioncología desde el descubrimiento de los rayos X por Roentgen ha tortuoso. En 1896 se describió la primera aplicación de rayos X en un tumor maligno de mama, poco después Becquerel descubre la radiación emitida por el uranio. En 1898 Piere y Marie Curie descubren las radiaciones emitidas por las sales de radio. La braquiterapia actual tiene sus bases en 1903, siendo desarrollada en 1920 en varias escuelas: Manchester, Estocolmo y Paris. Regaud y Coutard instauraron los tratamientos fraccionados y las múltiples entradas para tratar un tumor, pero para la fecha el efecto de las radiaciones en los tejidos era empírico, utilizándose el término común "dosis eritema" o enrojecimiento de la piel, lo que definía la finalización del tratamiento. En los años 50 se pueden cuantificar los efectos de la radiación mediante cultivos celulares. Simultáneamente se pasó de los equipos de kilovoltaje, al betatrón y posteriormente a la bomba de cobalto, hasta la aparición de los aceleradores lineales. En los años 90 es cuando la radioterapia

La radioterapia se consolida como una de las armas terapéuticas para las neoplasias. Actualmente con el desarrollo de los sistemas de planificación, inmovilización, técnicas de imagen, computadoras, equipos y protocolos, podemos tratar a los pacientes mediante técnicas conocidas como 3DCRT, IMRT, IGRT, SBRT, Braquiterapia, ART, SRS, tomoterapia, protonterapia, etc, logrando una dosis muy alta al tumor, irradiando la menor cantidad posible de tejido sano, disminuyendo en consecuencia los tan temidos efectos secundarios. También en el cáncer infantil la radioterapia ha sido históricamente un gran aporte. El Dr. Harvey Cushing (1869-1939) en el año 1919, fue pionero en el uso de la radioterapia posterior a la cirugía en los casos de meduloblastoma². En 1950 el Dr. Edith Patherson reconoció la importancia de la irradiación cráneo-espinal en el control del meduloblastoma³. La radioterapia ha sido usada frecuentemente en alguna fase del tratamiento de la Leucemia Linfocítica Aguda, Linfoma Hodgkin, Rabdomyosarcoma, Nefroblastoma, Sarcoma de Ewing, Tumores del Sistema Nervioso Central, entre otros⁴.

ESTADÍSTICAS DEL CÁNCER INFANTIL

A pesar de que los avances en el tratamiento del cáncer infantil han incrementado la tasa de supervivencia en 5 años a 80% aproximadamente, el cáncer en niños entre 5 y 14 años⁵ continúa siendo la segunda causa de muerte, posterior a los accidentes.

Según la Sociedad Americana del Cáncer (ACS), Instituto Nacional del Cáncer (NCI), Centros para Prevención y Control de Enfermedades

Tabla 1.

Nuevos casos estimados de cáncer en niños y adolescentes, Estados Unidos 2014

Niños (0-14 años)	Adolescentes (15-19 años)
Leucemia Linfocítica Aguda (26%)	Linfoma Hodgkin (15%)
Cerebro y SNC (21%)	Carcinoma de Tiroides (11%)
Neuroblastoma/Ganglioneuroblastoma (7%)	Cerebro y SNC (10%)
Linfoma No Hodgkin (6%)	Tumores Testiculares Cél. Germinales (8%)
Nefroblastoma (5%)	Linfoma No Hodgkin (8%)
Leucemia Mieloide Aguda (5%)	Leucemia Linfocítica Aguda (8%)
Tumores Óseos (incluye osteosarcoma y sarcoma de Ewing) (4%)	Tumores Óseos (incluye osteosarcoma y sarcoma de Ewing) (4%)
Linfoma Hodgkin (4%)	Melanoma (6%)
Rabdomyosarcoma (3%)	Leucemia Mieloide Aguda (4%)
Retinoblastoma (3%)	Tumores Ováricos Cel. Germinales (2%)
Todos los lugares (10,450)	Todos los lugares (5,330)

(CDC) y la Asociación Norteamericana de Registro Central del Cáncer (NAACCR) (Tabla 1) abarcando un 90% de la población, estimaron para 2014, 15,780 nuevos casos de cáncer y 1960 muertes en niños y adolescentes desde su nacimiento hasta los 19 años. La incidencia anual de cáncer en niños es de 186.6 por millón de niños. Aproximadamente 1 entre 285 será diagnosticado con cáncer antes de los 20 años.

En República Dominicana no contamos con un registro preciso de los casos de cáncer infantil, sin embargo, según algunas publicaciones en prensa provenientes de diversas fuentes relacionadas con el tema, para el año 2010, se presentaron poco más de 300 casos en menores de 15 años, de los cuales 40% lo representó la Leucemia Linfocítica Aguda⁶. Según la Sociedad Dominicana de Pediatría, en los últimos seis años, sólo en el Hospital Infantil Dr. Robert Reid Cabral se han diagnosticado entre 85-90 casos por año⁷.

Dependiendo de la histología y tratamiento recibido, los pacientes que sobreviven más de 5 años se encuentran en riesgo de recurrencia o progresión de su enfermedad, así como de desarrollar segundas neoplasias, enfermedades crónicas y deterioro funcional⁵.

EL INICIO

Todo tratamiento debería iniciarse posterior a la discusión de un comité multidisciplinario donde deberían estar presentes o en su defecto haciendo uso de la tecnología actual mediante teleconferencias: hematólogos oncólogos pediátricos, cirujanos oncólogos pediátricos, oncólogos radioterapeutas, neurocirujanos, imagenólogos, psico-oncólogos, patólogos, nutricionista, entre otros.

Una vez que el paciente y sus padres son remitidos a la consulta del oncólogo radioterapeuta, probablemente ha pasado un tiempo consi-

derable desde el momento en que se decidió determinado tratamiento en el comité correspondiente, es por ello necesario solicitar los estudios iniciales y realizar aquellos que se consideren indispensables para evaluar en el momento actual al paciente, no se deberían realizar tratamientos sólo con los estudios iniciales o aquellos con mucho tiempo de haberse realizado en una enfermedad que constantemente puede dar cambios sorprendentes. Claro está, es importante evitar solicitar aquellos que no nos aportarán o cambiarán alguna conducta en nuestro paciente, particularmente estudios imagenológicos, debemos tomar en consideración el acrónimo "ALARA" por sus siglas en inglés: As Low As Reasonably Achievable" o en español: Tan Bajo Como Sea Razonablemente Posible. En relación a este tema se realizó una excelente revisión para reducir la exposición a la radiación de las imágenes médicas diagnósticas, promoviendo una campaña denominada "Image Gently" para crear conciencia sobre la necesidad de ajustar la dosis de radiación en el diagnóstico por imagen y la necesidad de protección contra la radiación en niños; también implementaron la campaña "Image Wisely", cuyo objetivo fue crear conciencia sobre la protección radiológica en los adultos. Estos problemas son particularmente importantes en el contexto del cáncer pediátrico⁸.

¿CÓMO ACTÚA LA RADIOTERAPIA?

El cáncer en los adultos frecuentemente es el resultado de un proceso multifacético que progresa generalmente a través de varios años pudiendo ser influenciado por factores ambientales.

Los tumores pediátricos se desarrollan generalmente en un período menor de tiempo. No suelen ser provocados por factores ambientales, siendo comunes las mutaciones.

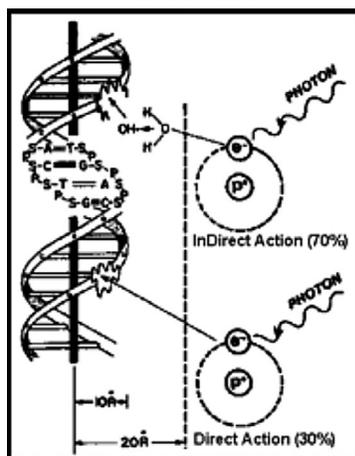
El tratamiento se ve limitado por los tejidos normales de rápido crecimiento, los cuales son ampliamente susceptibles a la radioterapia y quimioterapia, pudiendo provocar segundas neoplasias.

La radioterapia actúa sobre los tejidos de dos maneras:

DIRECTA: Cediendo energía a una macromolécula biológica como el ADN, ARN, proteínas, provocando alteración de las moléculas por ruptura de sus enlaces.

INDIRECTA: Mediante la absorción de energía por la molécula de agua, provocando su disociación (radiólisis) y resultando en la liberación de iones H^+ y radicales libres con alta reactividad química, que tienden a recombinarse para formar H_2O_2 , H_2O y HO (Fig. 1).

Figura 1.
Mecanismo de acción de la irradiación sobre la célula.



Todo este proceso se lleva a cabo en el ciclo celular y cabe recordar que las células son más sensibles a la radiación cuando se encuentran en la fase G₂ y M y resistentes en fase S tardía. También debemos tomar en consideración factores importantes, conocidos como las "R" de la radiobiología.

REOXIGENACIÓN: El fraccionamiento permite al centro tumoral usualmente hipóxico de un tumor en expansión, reoxigenarse durante los intervalos entre fracciones, lo que conlleva a mayor muerte celular tumoral por la formación de radicales libres.

REPOBLACIÓN: En el transcurso del tratamiento radiactivo tanto las células progenitoras normales y las células malignas pueden repoblarse y el resultado de este proceso competitivo puede influenciar la eficacia terapéutica.

REPARACIÓN: El fraccionamiento permite a las células normales reparar los daños subletales radioinducidos mucho mejor que las células malignas.

REDISTRIBUCIÓN: Aquellas células de ciclo rápido como las neoplásicas están propensas a muerte por radiación en comparación con las de crecimiento lento o inactivo, lo cual caracteriza a muchos tejidos normales y finalmente la

RADIOSENSIBILIDAD/RADIORESISTENCIA: Capacidad del tejido tumoral de reparar los daños ocasionados por la radiación durante el tratamiento correspondiente, lo cual lo catalogaría como radioresistente o radiosensible.

La radiación puede causar efectos, denominados:

NO ESTOCÁSTICOS O DETERMINÍSTICOS: Sólo se producen cuando la dosis alcanza un valor umbral determinado.

La radiación puede causar efectos, denominados:

NO ESTOCÁSTICOS O DETERMINÍSTICOS: Sólo se producen cuando la dosis alcanza un valor umbral determinado.

Su gravedad depende de la dosis recibida y suelen ser de aparición inmediata (radiodermatitis).

ESTOCÁSTICOS: No precisan umbral. La probabilidad de que aparezcan aumenta con la dosis. Suelen ser graves y de aparición tardía (cáncer radioinducido).

INMOVILIZACIÓN

El momento en el cual un niño puede cooperar y mantenerse inmóvil durante su tratamiento es muy variable y depende de varios factores: edad, experiencia previa, comprensión⁹, posición durante el tratamiento y duración del mismo. Algunos niños requerirán anestesia general para la simulación y probablemente en parte o durante todo el tratamiento, por lo cual es necesario que el departamento de radioterapia cuente con personal calificado, equipos y áreas para poder realizarlo adecuadamente.

Figura 2.

Tratamiento con máscara termoplástica.



Con los avances tecnológicos y los diversos equipos capaces de administrar radiación, es indispensable mantener una inmovilización (Fig. 3-4) adecuada y precisa, para garantizar un tratamiento correcto, por lo cual debemos

Tabla 2.

Definiciones de los estados clínicos de la sedación, propuestos por la Sociedad Americana de Anestesiología.

Nivel de Sedación	Características
Nivel de sedación mínima / ansiólisis	Estado inducido por fármacos durante el cual los pacientes responden normalmente a las órdenes verbales. Función cognitiva y coordinación pueden verse afectadas. Funciones ventilatorias y cardiovasculares no se ven afectadas
Sedación moderada / analgesia	Disminución de la conciencia inducida por medicamentos durante la cual los pacientes responden a propósito para verbal, ya sea solos o acompañados de estimulación táctil. No se requieren intervenciones para mantener una vía aérea permeable y la ventilación espontánea es adecuada. La función cardiovascular generalmente se mantiene.
Sedación profunda / analgesia	Disminución de la conciencia inducida por medicamentos, durante la cual los pacientes no pueden ser despertados fácilmente, responden a estimulación repetida o dolorosa. La capacidad de mantener de forma independiente la función ventilatoria puede verse afectada. Los pacientes pueden necesitar ayuda para mantener una vía aérea permeable y la ventilación espontánea pueden ser insuficiente. La función cardiovascular generalmente se mantiene.
Anestesia General	Pérdida de la conciencia inducida por fármacos durante la cual los pacientes no son excitables, incluso por estímulos dolorosos. La capacidad de mantener de forma independiente la función ventilatoria está afectada. Los pacientes a menudo necesitan ayuda para mantener vía aérea permeable y la ventilación con presión positiva puede ser necesaria debido a la depresión de la ventilación espontánea o a la depresión inducida por medicamentos de la función neuromuscular. La función cardiovascular puede verse afectada.

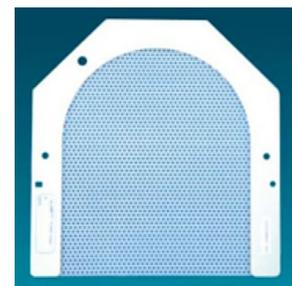
Figura 3.

Colchón personal de llenado al vacío.



Figura 4.

Máscara de inmovilización termoplástica.



verificar mediante radioterapia guiada por imágenes o IGRT por sus siglas en inglés, Image Guide Radiation Therapy, el tratamiento que se administrará (Fig. 2).

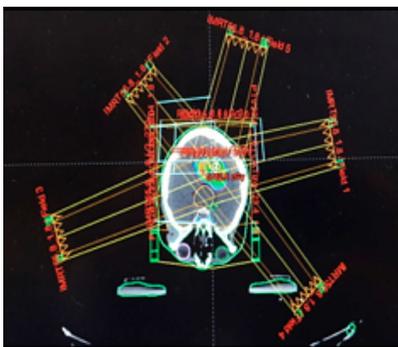
RESUMEN DE INDICACIONES

SISTEMA NERVIOSO CENTRAL (SNIC): Generalmente está contraindicada en niños menores de 3 años, sugiriéndose la quimioterapia para retrasar el inicio de la irradiación tanto como sea posible siempre y cuando no se comprometa la vida del paciente¹⁰⁻¹².

Siempre que se pueda se debe proceder con la cirugía como primera opción de tratamiento, irradiándose sólo el lecho tumoral en astrocitomas de alto grado, gliomas de bajo grado muy bien seleccionados,ependimomas no metastásicos y craneofaringiomas con resección subtotal¹³⁻¹⁶. La técnica de irradiación craneo-eje incluye a los meduloblastomas, tumores neuroectodérmicos primitivos (PNET) y pineoblastoma (Figura 5). Generalmente la radioterapia ha sido administrada de forma adyuvante (quimioterapia ↔ cirugía).

Figura 5.

Reducción mediante 5 campos al lecho tumoral en posición prono



LINFOMAS: Los protocolos actuales de tratamiento suelen utilizar un enfoque adaptado a los riesgos, combinando quimioterapia seguida de bajas dosis de radioterapia, a campos reducidos meticulosamente planificados en aquellos pacientes con alto riesgo de recaída, posterior a la realización de PET-CT luego de quimioterapia. Las dosis varían de 15 a 25 Gy dependiendo del protocolo. La radioterapia puede ser omitida en Linfoma Hodgkin estadio temprano con respuesta completa a la quimioterapia, dosis de 20 a 35 Gy han probado ser suficientes en pacientes con respuesta incompleta

luego de quimioterapia¹⁷⁻¹⁸. Es importante considerar sólo irradiar la región ganglionar positiva "involved node radiotherapy" en aquellos pacientes pediátricos con Linfoma Hodgkin ya que se estima una reducción sustancial de los riesgos de complicaciones severas a largo plazo, al disminuir las dosis en tiroides, pulmones, corazón y mama en pacientes femeninas.

SARCOMA DE EWING: El fémur es el sitio más común de presentación inicial, presentando generalmente la diáfisis mayor comprometido. La diseminación es hematológica, siendo el principal lugar de metástasis los pulmones y otros huesos. Las metástasis ganglionares son poco frecuentes.

La radioterapia como tratamiento local definitivo se indica en enfermedad irreseccable o cuando la cirugía conlleva compromiso funcional o cosmético inaceptable. La radioterapia adyuvante debe considerarse posterior a cirugía incompleta (márgenes positivos o cercanos). Dosis de 45 Gy en 25 sesiones a 1.8 Gy/día son adecuadas para enfermedad microscópica y de 50-60 Gy para enfermedad macroscópica.

La irradiación pulmonar total a 12 Gy puede indicarse en metástasis pulmonar, con tasas de curación < 30%¹⁹.

NEFROBLASTOMA: La primera opción terapéutica es la cirugía. Este tipo de tumor es curable en la mayoría de los niños. La diseminación es a través de cavidad peritoneal, sobretodo si ha ocurrido ruptura perioperatoria. El 1º lugar de metástasis es pulmón seguido de hígado. El protocolo NWTS-4 (National Wilms Tumor Study) indica que la radioterapia debe iniciarse en un período ≤ 9 días luego de la cirugía, un retardo suele incrementar el riesgo de recaída según el protocolo NWTS-2, confirmado en el NWTS-3. En estadios I-II con histología favorable no se administra radioterapia. La indicación de irradiación abdominal total incluye: ruptura tumoral prequirúrgica, diseminación intraoperartoria difusa y siembra peritoneal. Suelen indicarse 10-12 Gy al flanco afecto (dependiendo del protocolo), posterior a cirugía y quimioterapia. La irradiación pulmonar bilateral está indicada en enfermedad estadio IV con metástasis pulmonar que no ha respondido adecuadamente a la quimioterapia, siendo las dosis generalmente de 12 Gy, con un boost adicional de 7.5 Gy y en metástasis hepáticas irreseccables 19.8 Gy, con dosis diarias variables entre 1.5 y 1.8 Gy.

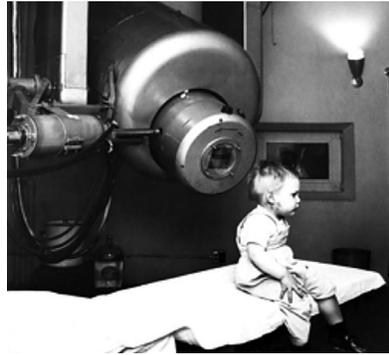
NEUROBLASTOMA: Derivan de los neuroblastos fetales adrenérgicos del tejido de la cresta neural. El primario se origina en la glándula adrenal (35%), ganglios paraespinales abdomino-pélvicos (30%), mediastino posterior (20%) y cadena simpática cervical (1%). La radioterapia postquirúrgica no es necesaria en los estadios INSS (International Neuroblastoma Staging System) I y 2. Se recomienda la irradiación del primario hasta dosis alrededor de 20-25 Gy (1.5 Gy/día) en pacientes de alto riesgo.

RABDOMIOSARCOMA: La modalidad terapéutica inicial debe ser la cirugía. Existen controversias en la dosis ideal de irradiación para lograr control local sobre todo cuando existe enfermedad macroscópica residual postquirúrgica. Las dosis pueden variar entre 45 y 55 Gy, dependiendo de la enfermedad residual, prescribiéndose 54-55 Gy en enfermedad macroscópica y 45 Gy concurrente con quimioterapia en enfermedad microscópica. Cuando existe evidencia de compromiso ganglionar clínico o patológico suelen indicarse dosis de 45-50 Gy.

RETINOBLASTOMA: Tumor intraocular más común en la infancia (3-4 años). Hereditario en 40% de los casos. Suelen presentarse con leucocoria, estrabismo y aumento de volumen. Los factores pronósticos negativos incluyen invasión de la órbita, compromiso del nervio óptico, diseminación al sistema nervioso central y tumor bilateral. La enucleación está indicada en caso de tumor unilateral que produce ceguera, invasión al nervio óptico o coroides, glaucoma o recurrencia tumoral. Lo ideal al irradiar es lograr una dosis adecuada y homogénea que respete la mayor cantidad de tejido sano. Pueden utilizarse placas radiactivas preferiblemente con I^{125} , también existen con Co^{60} , Ir^{192} y Ru^{103} , puede indicarse en lesiones de 2-16 mm, ≥ 3 mm de la fovea, y < 10 mm de grosor. Cuando el retinoblastoma es multifocal, cercano a la mácula, nervio óptico o con visión preservada la enucleación es muy drástica y los tratamientos tales como fotocoagulación, crioterapia o placas radiactivas no son adecuados. En estos casos la

Figura 6.

Isaac Gordon: primer paciente pediátrico con retinoblastoma tratado en acelerador lineal en 1957.



radioterapia externa con dosis de 40-45 Gy es aceptable (Figura 6) en caso de administrarse quimioterapia puede disminuirse a 35-40 Gy^{20,21}.

EFFECTOS TARDIOS

Si bien es cierto que con los avances tecnológicos, tipos de inmovilización, disminución de dosis total y diaria se han aminorado los efectos tardíos relacionados con la radioterapia, no se han podido eliminar, ameritándose un seguimiento muy estrecho de los pacientes. En los niños los tejidos se desarrollan a distintos ritmos y secuencias, en los adultos los mismos tejidos están en un estado de equilibrio con relativa lenta cinética de renovación celular. La vulnerabilidad de los tejidos a la irradiación normalmente aumenta durante los períodos de rápida proliferación²². No existen tablas de Emami²³ ni QUANTEC²⁴ pediátrico, no obstante existen tablas que sugieren ciertas limitaciones a órganos como: tiroides ~ 20 Gy, dientes 4-10 Gy, huesos ~ 10 Gy, testículos 1-2 Gy, ovarios 6-10 Gy, ojos ~ 10 Gy (cataratas), 25 Gy (ojo seco), sin embargo por ejemplo, algunos estudios no han reportado toxicidad en pacientes pediátricos con gliomas de tallo cerebral, tratados con campos laterales opuestos irradiando la casi totalidad del tallo, a dosis de 54-60 Gy/2 Gy día. La principal limitación de los mismos fue la corta supervivencia de los pacientes menor a 12 meses.

PUNTO APARTE: RADIOCIRUGÍA

Es una técnica de tratamiento que permite concentrar altas dosis de radiación ionizante en una fracción única generalmente, pero no exclusivamente (1-5 sesiones) sobre una lesión o estructura anatómica bien definida volumétrica y espacialmente, respetando estructuras vecinas, todo logrado mediante los principios de la estereotaxia. El nombre del procedimiento es radiocirugía, y puede realizarse con diferentes equipos ampliamente conocidos y aprobados por la FDA (Food and Drugs Administration) entre los que tenemos GammaKnife, Acelerador Lineal y CyberKnife (Figura 7). En pediatría la radiocirugía estereotáctica intracraneal puede usarse en gliomas de bajo y alto grado, meduloblastoma, ependimoma, malformaciones arteriovenosas (MAV), entre

Figura 7.

Equipos empleados en radiocirugía: Acelerador Lineal, GammaKnife, CyberKnife



otros. En el 8^{vo} Simposio Internacional Anual de Radioterapia Estereotáctica Extracraneal y Radiocirugía Estereotáctica (SRS) celebrado en Estados Unidos, Orlando-Florida en Febrero de 2015, sugirieron que la misma tendría indicación en gliomas de bajo y alto grado inoperables, como adyuvancia o recurrencia. En Meduloblastoma y ependimoma como boost o refuerzo al lecho o residuo tumoral, recurrencia y en metástasis. En malformaciones arteriovenosas (MAV) suelen administrarse dosis al margen de 15,5-18 Gy en una sola sesión y al emplearse multis Sesiones (2-5) la dosis al margen suele ser de 17 Gy. Los factores que favorecen una respuesta completa en este tipo de lesiones vasculares son: nido < 2,5 cms, vena de drenaje única, volumen blanco pequeño y monodosís.

CONCLUSIÓN

El manejo multidisciplinario es imprescindible para lograr mejoría diaria en la sobrevida. En la inmensa mayoría de los casos la primera opción es la cirugía o la quimioterapia, existiendo excepciones como los temidos gliomas pontinos donde la primera opción es la radioterapia, de resto la irradiación debería retrasarse con el uso de quimioterapia tanto como sea posible, siempre que no comprometamos el pronóstico del paciente. Debemos notificar al paciente y/o familiares los efectos secundarios propios del tratamiento que está próximo a emplearse. El uso diario de anestesia o sedación mejora las técnicas de inmovilización y junto con las imágenes de verificación diarias pretratamiento, logramos reducir los tamaños de campos a irradiar. Siempre debemos conocer la toxicidad que provocamos. El uso de las técnicas de irradiación modernas, disminuyen considerablemente la probabilidad de aparición de efectos secundarios. Es indispensable la fusión de imágenes de TC-RMN-PET/CT en la definición de volúmenes de trata-

miento y se recomienda reducir la dosis total de irradiación, el fraccionamiento diario y los volúmenes de tratamiento siguiendo las múltiples guías y consensos publicados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Greenhalgh T. Principles of chemotherapy and radiotherapy. *Obstetrics, Gynecology and Reproductive Medicine* 2014;24(9):259-265
2. Kunscher Lj. Harvey Cushing and medulloblastoma. *Arch Neurol* 2002;59:642-645
3. Paterson E, Farr RF. Cerebellar medulloblastoma; treatment by radiotherapy to the whole central nervous system. *Acta Radiol* 1953;39:323-336
4. O'Leary M, Anderson JR, et al. Progress in childhood cancer: 50 years of research collaboration, a report from the Children's Oncology Group. *Sem Oncol* 2008;35:484-493
5. Ward E, De Santis C et al. Childhood and Adolescent Cancer Statics, 2014. *CA Cancer J Clin* 2014;64:83-103
6. http://www.diariolibre.com/noticias/2010/02/18/i234837_directo-propsito-del-cncr-infantil.html

7. <http://hechos.com.do/article/7970/sociedad-dominicana-de-pediatria-llama-la-familia-prevenir-cancer-infantil/>
8. Goske MJ, Frush DP, Brink JA, et al. Curbing potential radiation-induced cancer risk in oncologic imaging: perspectives from the "Image Gently" and "Image Wisely" Campaigns. *Oncology* 2014;28:232-243
9. Thorp M. Basic Principles of Paediatric Radiotherapy. *Clinical Oncology* 2013;25(1): 3-10
10. Grill J, Sianté-Rose C, Jouvet A, et al. Treatment of medulloblastoma with postoperative chemotherapy alone: an SFOP prospective trial in young children. *Lancet Oncol* 2005; 6:573-580
11. Duffner PK, Horowitz ME, Krischer JP, et al. Postoperative chemotherapy and delayed radiation in children less than three years of age with malignant brain tumours. *N Engl J Med* 1993;328:1725-1731
12. Grundy R, Wilne S, Weston C, et al. Primary postoperative chemotherapy without radiotherapy for intracranial ependymoma in children: the UKCGS/SIOP prospective study. *Lancet Oncol* 2007;8:696-705
13. Bartlett F, Kortmann R, Saran F. Medulloblastoma. *Clinical Oncology* 2013;25:36-45
14. Rieken S, Mohr A, habermehl D, et al. Outcomes and Prognostic factors of Radiation Therapy for Medulloblastoma. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 2011;81(3):e7-e13
15. Brandao L, Young PT. Pediatric Brain Tumors. *Neuroimag Clin N Am* 2013;23:499-525
16. Sievert A, Fisher M. Pediatric Low-Grade Gliomas. *J Child Neurol* 2009;24(11):1397-1408
17. Dorfell W, Ruhl U, Luders H, et al. *J Clin Oncol* 2013; 31(12):1562-1568.
18. Maraldo M, Jorgensen M, Brodin M, et al. The Impact of Involved Node, Involved Field and Mangle Field Radiotherapy on Estimated Radiation Doses and Risk of Late Effects por Pediatric Patients with Hodgkin Lymphoma. *Pediatr Blood Cancer* 2014;61:717-722
19. Paulussen M, Ahrens S, Craft AW, et al. Ewing's tumors with primary lung metastases: survival analysis of 114 (European Intergroup) Co-operative Ewing's Sarcoma Studies patients. *J Clin Oncol* 1998;16:3044-3052
20. Halperin E, Constine L et al. *Pediatric Radiation Oncology*, 5th edition. Wolters Kluwer Lippincott Williams & Wilkins Edt. 2011;5:85-107
21. Cassady R. *Radiation Therapy in Pediatric Oncology*. Springer-Verlag Edt. 319-335
22. Marks L, Yorke E, Jackson A, et al. Use of Normal Tissue Complication Probability Models in the Clinic. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 2010;76(3):s10-s19
23. Emami B. Tolerance of Normal Tissue to Therapeutic Radiation. *Reports of Radiotherapy and Oncology* 2013;1(1):35-48
24. Bentzen S, Constine L, Deasy J, et al. Quantitative Analyses of Normal Tissue Effects in the Clinic (QUANTEC): An Introduction to the Scientific Issues. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 2010;76(3):s3-s9.