

2013



Universidad Abierta Interamericana

Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud.

Sede Regional Rosario.

Licenciatura en Producción de Bioimágenes.

“Efectos secundarios intra-tratamiento en pacientes con cáncer de cabeza y cuello”

¿Existe una diferencia de los efectos secundarios intra-tratamiento en radioterapia entre hombres y mujeres con cáncer de cabeza y cuello mayores de 40 años en la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos?

Alumno: Meiners Virginia.

Tutor: Sdrigotti Ariel.

Fecha: Diciembre 2013.

ÍNDICE.

Resumen.....	1 Pág.
Introducción.....	2 Pág.
Problema.....	3 Pág.
Hipótesis.....	4 Pág.
Objetivos.....	5 Pág.
Justificación.....	6 Pág.
Estado del arte.....	7 Pág.
Marco metodológico	
Capítulo I.....	8 Pág.
Conceptos básicos.	
Cáncer/tumor.....	8/9 Pág.
Crecimiento tumoral.....	9 Pág.
Adherencia celular.....	9 Pág.
Movilidad.....	9 Pág.
Estatificación del cáncer.....	10 Pág.
Gradación del cáncer.....	11 Pág.
Tratamiento del cáncer.....	11 Pág.
Capítulo II.....	12 Pág.
Protocolo de cáncer de cabeza y cuello.	
Tipo y regiones a tratar.....	12 Pág.
Tipo de tratamiento.....	12 Pág.
Capítulo III.....	13 Pág.
Radiaciones	

Según su naturaleza.....	13/14 Pág.
Según su origen.....	14 Pág.
Según sus aplicaciones.....	14/15 Pág.
Capítulo IV.....	16 Pág.
Lesión celular por radiación.	
Lesión letal.....	16 Pág.
Lesión subletal.....	16 Pág.
Lesión potencialmente letal.....	16 Pág.
Capítulo V.....	17 Pág.
Tipos de terapias.	
Teleterapia o radioterapia externa.....	17 Pág.
Braquiterapia o radioterapia interna.....	17/18 Pág.
Capítulo VI.....	19 Pág.
Equipos de radioterapia.	
Equipos de rayos X para terapia.....	19 Pág.
Equipos de radioterapia superficial.....	20 Pág.
Equipos para radioterapia profunda.....	20 Pág.
Equipos de alta energía.....	20 Pág.
Equipos de cobaltoterapia.....	21 Pág.
Aceleradores lineales.....	21/22 Pág.
Capítulo VII.....	23 Pág.
Requisitos mínimos en radioterapia.	
Personal.....	23 Pág.

Responsabilidades del personal.....	24-30Pág.
Equipamiento.....	30/31 Pág.
Capítulo VIII.....	32 Pág.
Efectos secundarios.	
Agudos.....	32 Pág.
Crónicos.....	32/33 Pág.
Capítulo IX.....	34 Pág
Efectos biológicos.	
Características.....	34 Pág.
Clasificación de los efectos biológicos.....	34/35 Pág.
Material y Métodos.....	36-38 Pág.
Resultados.....	39-57 Pág.
Conclusión.....	58 Pág.
Bibliografía.....	59 Pág.



RESUMEN.

La radioterapia es una forma de tratamiento basado en el empleo de radiaciones ionizantes. Produce efectos secundarios intra-tratamiento en varones y mujeres con cáncer de cabeza y cuello.

Estos efectos se analizaron para detectar las diferencias que existen entre varones y mujeres según las dosis aplicadas a través de la observación de historias clínicas de pacientes con cáncer de cabeza y cuello en el hospital San Martín de la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos.

Se elaboraron cuadros de distribución de los efectos secundarios según dosis de aplicación en mujeres y varones, diferenciándolos según cuatro rangos de edades (40-49 años, 50-59 años, 60-69 años y más de 70 años). Luego se procedió a la comparación según la variable sexo.

Los hombres son los que padecen mayor cantidad de efectos secundarios intra-tratamiento en todos los rangos de edad estudiados, en contradicción con la hipótesis planteada.

INTRODUCCIÓN.

El empleo de las radiaciones ionizantes en la terapéuticas médica se inicia años después del descubrimiento de los rayos x por Roentgen en 1895 y el Radium por M. Curie en 1898. Muchas enfermedades han sido curadas o aliviadas mediante su empleo, en una época en que la medicina no disponía de las tecnologías ni fármacos actuales.¹

No obstante, demostraron una alta efectividad en neoplasias malignas, es decir, el cáncer. La insuficiencia de técnicas no permitía administrar dosis altas en tumores profundos, con lo que las limitaciones terapéuticas eran consideradas. A su vez, el conocimiento de las dosis administradas y su distribución en los tejidos eran inexactos.

También en los años iniciales, el desconocimiento del riesgo de la exposición a dosis crónicas de radiación y la falta de medidas de protección causaron numerosas muertes en los pioneros de la radiología y la radioterapia.

Con el desarrollo de máquinas productoras de haces de radiación de alta energía, poder de penetración, protección adecuada de la piel y estructuras superficiales, han significado un gran avance en los resultados terapéuticos conseguidos.

La radioterapia actualmente ha logrado increíbles avances tecnológicos, dándole al paciente oncológico una mejor calidad de vida, asociada a otras terapias oncológicas.

En el presente trabajo se encontrará la existencia o no de las diferencias de los efectos secundarios intra-tratamiento en radioterapia entre hombres y mujeres con cáncer de cabeza y cuello mayores de 40 años en la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos, comparando los efectos secundarios generales, digestivos y hematológicos.

La investigación utilizada será de carácter descriptivo manejando datos, tratando de demostrar que las mujeres de entre 40 a 49 años tratadas en radioterapia con cáncer de cabeza y cuello presentan mayores efectos secundarios intra-tratamientos que los hombres.

¹ Stewart C. Bushong. "Manual de radiología para técnicos". Editor: Elsevier España 2010.



Universidad Abierta Interamericana.
Sede regional Rosario.
Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud.

PROBLEMA.

¿Existe una diferencia de los efectos secundarios intra-tratamiento en radioterapia entre hombres y mujeres con cáncer de cabeza y cuello mayores de 40 años en la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos?



Universidad Abierta Interamericana.
Sede regional Rosario.
Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud.

HIPÓTESIS.

Las mujeres de entre 40 a 49 años tratadas en radioterapia con cáncer de cabeza y cuello presentan mayores efectos secundarios intra-tratamientos que los hombres.



OBJETIVOS.

Objetivo general.

- Comparar los efectos secundarios intra-tratamiento en radioterapia que presentan varones y mujeres con cáncer de cabeza y cuello mayores de 40 años en la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos.

Objetivos específicos.

- Identificar y comparar los efectos secundarios hematológicos, generales y digestivos de acuerdo a la dosis acumulada según sexo y edad.



JUSTIFICACIÓN.

Se desea obtener mayor información acerca de los efectos secundarios intra-tratamiento según la dosis acumulada tanto en hombres como en mujeres. La misma será utilizada por médicos oncólogos y especialmente por físicos nucleares, quienes proporcionan la dosis de radiación a utilizar, generando conductas más integradoras en beneficio del paciente.

Permitirá conocer la frecuencia de efectos secundarios según la edad y el sexo y en qué momento de la terapia radiante estos pacientes presentan o no, trastornos hematológicos, generales y/o digestivos.

Además, se podrá optimizar a tiempo molestias en los pacientes que si bien por un lado los está beneficiando con terapia, por otro lado los podemos perjudicar debido a los efectos secundarios que pueden traer como consecuencias alteraciones en otros sistemas.

ESTADO DEL ARTE.

A través de lo leído he adquirido ciertos conocimientos acerca del tema a investigar, si bien existen contenidos sobre los efectos secundarios que producen las radiaciones ionizantes, no se han abordado dichos efectos en forma comparativa intra-tratamiento tomando en cuenta la variable sexo.

Según el Instituto Nacional del Cáncer en Estados Unidos, los efectos secundarios son diferentes en cada persona. Algunas personas padecen muchos efectos secundarios; otras no presentan casi ninguno. Los efectos secundarios pueden ser más fuertes si recibe quimioterapia antes, durante o después de la radioterapia.

Para el Servicio de Oncología Radioterápica del Hospital Ramón y Cajal en Madrid (Marzo 2005), los médicos A.Montero, A. Hervas, R. Morera, S. Sancho, S. Cordoba, J. Corona, I. Rodriguez, E. Chajon y A. Ramos concluyeron en un artículo de investigación que: “La aparición de complicaciones a largo plazo es, sin lugar a dudas, uno de los principales factores limitantes de la eficacia de los tratamientos oncológicos. En el momento actual existe la imperiosa necesidad de definir con exactitud la incidencia y prevalencia de la toxicidad tardía radioinducida tanto de manera global como relativa a cada órgano, así como las consecuencias médicas, sobre la calidad de vida de los pacientes y el coste económico que estas complicaciones tienen con el fin de poder establecer las prioridades en la prevención y tratamiento de las mismas”.

Como se ha mencionado anteriormente los temas que se abordan sobre los efectos secundarios se basan a largo plazo, tipos de efectos secundarios, forma de prevenir o evitar los mimos a través de la alimentación durante el tratamiento, pero en ningún caso se mencionan las diferencias de los efectos según la variable sexo, ni de los efectos secundarios que padecen los pacientes durante el tratamiento.

MARCO TEORICO.

Capítulo I.

Conceptos básicos.

La Real academia española suele referir al cáncer como el conjunto de enfermedades que implican un exceso de células malignas (las células cancerígenas), lo que produce una invasión del tejido circundante o la metástasis (la propagación a distancia de estas células) que lleva al desarrollo de nuevos tumores. Las células se reproducen en la medida en la que el cuerpo así lo requiere y van sustituyéndose (nacen nuevas y las que ya no sirven se mueren).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el cáncer es un proceso de crecimiento y diseminación incontrolados de células. Puede aparecer prácticamente en cualquier lugar del cuerpo. El tumor suele invadir el tejido circundante y puede provocar metástasis en puntos distantes del organismo. Muchos tipos de cáncer se podrían prevenir evitando la exposición a factores de riesgo comunes como el humo de tabaco. Además, un porcentaje importante de cánceres pueden curarse mediante cirugía, radioterapia o quimioterapia, especialmente si se detectan en una fase temprana..

El cáncer afecta a todas las edades, pero el riesgo aumenta con la edad. Este es causado por anomalías del material genético de las células, debido a agentes cancerígenos, por ejemplo: radiaciones, productos químicos, entre otros. Se presentan en todas las células desde el nacimiento. Existen genes que son más susceptibles a desarrollar mutaciones, llamados en estado normal protooncogenes, y cuando están mutados oncogenes.

Muchos cánceres pueden ser tratados y algunos curados, dependiendo del tipo, localización y etapa en la que se encuentre. Se trata con una combinación adecuada de cirugía, quimioterapia y radioterapia.

También se habla de tumor, que inicialmente se aplicó a tumefacción, hinchazón o aumento del tamaño de un órgano o tejido. Ahora es sinónimo de neoplasia, se habla de neoplasias malignas o benignas.

La palabra cáncer deriva del latín “cangrejo” por la forma que adopta y sus ramificaciones. El cáncer es siempre una neoplasia o tumor maligno.

Lo que diferencia un cáncer maligno de uno benigno es la **capacidad de metástasis**, entendiéndose por esta como la capacidad de una célula tumoral de infiltrarse en sangre o linfa y dirigirse hacia otros tejidos vecinos formando nuevas colonias.

Una capacidad propia de células cancerosas invasivas es la producción de vasos sanguíneos para nutrirse (**angiogenesis**), lo que le permite al tumor tener un mayor aporte de oxígeno y nutrientes favoreciendo su crecimiento y proliferación a más velocidad y distancia.

Diferenciación celular: Es el grado en que las células cancerosas se asemejan a las células normales de donde proceden tanto morfológica como funcionalmente.

Anaplasia: Ausencia de diferenciación que conlleva a una falta de especialización celular. Cuanto más indiferenciado es un cáncer, más alta es su velocidad de crecimiento.

Crecimiento tumoral: Es acelerado por un incremento de la división celular que hace que la célula tumoral se encuentre en continuo ciclo celular con un exceso de proliferación. Se denomina Crecimiento descontrolado.

Adherencia celular: “Anclaje” de la célula tumoral por medio de la adquisición de receptores específicos a la membrana basal y en la matriz extracelular por proteólisis (destrucción de membrana basal y matriz celular mediante secreción de enzimas).

Movilidad: “Migración” de las células malignas a través de la matriz celular para llegar a un vaso sanguíneo o linfático, ser transportada por sangre y migrar a cierta distancia para formar una nueva colonia.

Estadificación del cáncer: determina la extensión de la enfermedad. El cáncer se extiende en 3 niveles: local, regional y a distancia.

Existen dos tipos de estadificaciones:

- **Estadificación clínica:** exploración física (radiografía, RMN, TAC, otras).
- **Estadificación quirúrgica:** análisis histológico de los tejidos extirpados durante la cirugía.

Gradación y estadificación:

Gradación se usa para clasificar las células cancerosas en cuanto a su diferenciación de las células normales. El grado histológico (diferenciación) se refiere a la semejanza de las células tumorales con las células normales del mismo tipo de tejido.

Grado

- **GX:** no es posible asignarle un grado (grado indeterminado)
- **G1:** bien diferenciado (grado bajo)
- **G2:** moderadamente diferenciado (grado intermedio)
- **G3:** mal diferenciado (grado alto)
- **G4:** indiferenciado (grado alto)

El sistema de estadiage más utilizado es el TNM (tumor nodo metástasis) que valora la enfermedad local, tamaño tumoral, región, número de ganglios afectados y la diseminación a distancia (presencia de metástasis).

Tamaño del tumor

- **TX:** el tumor no puede ser evaluado
- **T0:** no hay evidencia de tumor
- **TIS:** carcinoma insitus, cáncer inicial que no se ha diseminado a tejidos vecinos.
- **T1, T2, T3, T4:** determinan el tamaño y/o extensión primario.

Ganglios linfáticos regionales:

- **NX:** no es posible evaluar los ganglios linfáticos regionales.
- **N0:** no existen complicaciones de los ganglios linfáticos regionales (no se encontró cáncer en ellos)
- **N1, N2, N3:** complicación de ganglios regionales (número y/o extensión de diseminación)

Tratamiento del cáncer:

Se fundamenta en tres pilares (cirugía, quimioterapia y radioterapia). Existiría un cuarto pilar denominado terapia biológica (hormonoterapia, inmunoterapia, otras). Cabe destacar también que la cooperación de los profesionales intervinientes y el apoyo emocional, son fundamentales.

La respuesta al tratamiento puede ser:

- **Completa:** desaparición de signos y síntomas de la enfermedad.
- **Parcial:** disminución mayor al 50% de los diámetros de las lesiones mensurables (medibles).
- **Objetiva:** respuesta parcial o completa.
- **Progresiva:** aparición de cualquier lesión nueva o aumento mayor al 25% en los diámetros de las lesiones mensurables.
- **Estable:** crecimiento o reducción del tumor que no cumple ningún requisito de los criterios anteriores.

Capítulo II:

Protocolo de cáncer de cabeza y cuello.

Primeramente vamos a determinar los tipos y regiones que vamos a tratar:

Cavidad oral, nariz y senos para nasales, laringe, hipo faringe, boca y garganta, labios, lengua, base de lengua, base del suelo de la boca, encías y paladar duro, amígdalas, paredes faríngeas, senos piriformes, nasofaringe, glotis, subglotis, supraglotis y oído.

La gran mayoría de los cánceres de cabeza y cuello se tratarán con dos haces opuestos y paralelos lateralmente con el gantry a 270 y 90 grados respectivamente, con una energía de 6 Mev de fotones.

Este tipo de tratamiento se realizará en tres etapas, la primera donde abarcaremos la totalidad de la zona referida, la segunda parte donde se reducirá el campo a la mitad bloqueando la medula a los 4.500 cGy. Y en la tercera y última parte focalizaremos y reduciremos al máximo el campo tratando solamente.

Laringe: es un protocolo especial dentro de cabeza y cuello, donde el tamaño del campo es reducido en sus dimensiones de aproximadamente 7x7cm. Los niveles de radiación absorbidas por el paciente en dosis fraccionadas de 180 o 200 cGy diarios hasta llegar a 7000 cGy diarios. Con una energía de 6 Mev de fotones.

Capítulo III:

Radiaciones.

El 8 de noviembre de 1895, Roentgen profesor de física descubre manipulando un tubo de rayos catódicos, los rayos X; a partir de ese momento nace la radiología como aplicación médica.

Las radiaciones ionizantes son aquellas con energía, longitud de onda y frecuencia tales que al interactuar con un medio le transfieren energía suficiente para desligar a un electrón de su átomo. Pueden ser electromagnéticas (fotones) constituidas por rayos X, gamma y ultravioletas, o particuladas (electrones, neutrones, protones), no son audibles ni visibles. Cuando el electrón es separado del átomo al que pertenecía, se produce lo que se conoce como ionización (formación de una par de iones, el (-) es el electrón libre, y el (+) el átomo sin uno de sus electrones).²

Las radiaciones ionizantes se denominan así porque al absorberse en un medio provocan la expulsión de electrones orbitales, es decir, provocan una ionización, y con ello gran cantidad de energía. La característica común de este complejo de radiaciones es que su efecto biológico está fundado en esa propiedad física de ionizar el medio. Los agentes físicos englobados bajo el denominador de radiaciones ionizantes se pueden clasificar según su naturaleza, su origen o aplicaciones.³

Las radiaciones ionizantes según su naturaleza:

Pueden ser radiaciones electromagnéticas, constituidas por ondas electromagnéticas o radiaciones corpusculares, constituidos por partículas subatómicas o incluso núcleos atómicos. Esta distinción es operativa desde el punto de vista práctico. Desde la física pura, de acuerdo con la teoría de la relatividad (dualidad onda-corpúsculo), las radiaciones electromagnéticas pueden considerarse como “paquetes” de energía, es decir, los fotones pueden considerarse teóricamente

² Gómez Federico. Parte I, Colegio Internacional de Médicos Nucleares AC. “Aspectos biológicos y medios básicos sobre las radiaciones Ionizantes”. Trabajo publicado en el boletín del Hospital Infantil de México. Año 2001.

³ “Radioprotección en práctica médica”. 4ta jornada de protección radiológica del paciente. Ciudad de Santa Fe. Ing. Ricardo Sacc. CER consultora en radiaciones. Noviembre 2005.

como partículas. Esto es importante, pues la naturaleza “particular” de las radiaciones electromagnéticas es la responsable de sus efectos biológicos.⁴

Radiaciones ionizantes según su origen:

Pueden ser naturales, procedentes de nucleidos radiactivos naturales y artificiales, procedentes de tubos de rayos X, aceleradores de partículas y nucleidos radiactivos artificiales. Desde el punto de vista de la práctica médica, y siempre atendiendo a su origen, también pueden clasificarse en radiaciones gamma, procedentes del núcleo atómico y producidas por la desintegración de isótopos radiactivos, y radiaciones (rayos X) producidos externamente en tubos de descarga o aceleradores de partículas.

La diferencia entre ambas radiaciones, además de su origen, es su longitud de onda.

Radiaciones ionizantes según sus aplicaciones:

En su aplicación a la medicina, las radiaciones ionizantes se pueden utilizar para el diagnóstico (diagnóstico por imagen) o para la terapia (radioterapia).

Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes son la consecuencia de un número importantes de fenómenos desencadenados por el pasaje de la radiación a través de un medio.

Los eventos iniciales son ionizantes y excitaciones de átomos y moléculas del medio a lo largo de las trayectorias de las partículas ionizantes. Estas perturbaciones físicas entrañaban una compleja serie de reacciones fisicoquímico, luego química, y finalmente biológico que dependiendo al nivel que corresponda será molecular, subcelular, celular o tisular. Específicamente a nivel molecular y macromolecular es donde nos interesa conocer la intención de la radiación con las principales moléculas biológicas del cuerpo humano.³

Los efectos dependen de numerosos factores y hay que tener en cuenta las siguientes generalidades:

- La interacción de la radiación en la célula tiene lugar al azar (carácter probabilístico).
- No existe ningún componente celular por el que la radiación presente apetencia o afinidad.

⁴ “Tratado de radioterapia oncológica” F. Sanchiz Medina. A. Milla. Santos. A Valls Fontanals. Editorial “Espaxs”. Publicaciones Medicas Barcelona. Año 1994.

- La lesión que se produce es inespecífica.
- Existe un periodo de latencia entre la radiación y la aparición de las lesiones que varía según la dosis recibida.

Los efectos de las radiaciones en tejidos vivos pueden ser: microscópicos o macroscópicos, inmediatos o tardíos, somáticos y/o hereditarios, estocásticos o determinísticos. Estos dos últimos son los que requieren mayor importancia en este trabajo.

Los efectos estocásticos son aquellos que relacionan la probabilidad de contraer una enfermedad con dosis de radiación recibida. Hay una razón legítima para preocuparse por los efectos estocásticos y es que no tienen un umbral de dosis conocido. Esto implica que aun la cantidad más pequeña de exposición a la radiación aumenta la probabilidad de inducir un efecto estocástico.⁵

Sin embargo, los efectos estocásticos más comunes tienen una frecuencia espontánea muy alta, de manera que puede haber una dosis de radiación por debajo de la cual una mayor reducción en la misma no disminuye la posibilidad de producir efecto. Puesto que no se han determinado los niveles de tal “riesgo mínimo” el método conservador consiste en suponer que toda exposición es potencialmente dañina.

Los efectos determinísticos son aquellos que relacionan la intensidad de un efecto con la dosis recibida. Se caracterizan por un incremento de la severidad en la proporción a la dosis, por arriba de ciertos umbrales. Ocurren entre pocas horas y pocas semanas después de la exposición, aunque algunos de ellos lo pueden hacer mucho tiempo después como las cataratas, fibrosis, entre otros.

⁵ “Radioprotección en práctica médica”. 4ta jornada de protección radiológica del paciente. Ciudad de Santa Fe. Ing. Ricardo Sacc. CER consultora en radiaciones. Noviembre 2005.

Capítulo IV:

Lesión celular.

La lesión celular por radiación puede dividirse en tres categorías: lesión letal, lesión potencialmente letal y subletal.

Lesión letal: por daño irreparable en puntos vitales de la célula. La muerte se producirá en el intento de división celular.

Lesión subletal: bajo condiciones normales de crecimiento, puede quedar reparada en un periodo de horas tras la radiación. Si en este periodo se añade un daño adicional, por ejemplo, una segunda fracción, el daño puede entonces ser letal.

Lesión potencialmente letal: el sustrato de la lesión radiactiva puede ser modificado por circunstancias ambientales post-radiación.

La radioterapia es un tipo de tratamiento oncológico que utiliza las radiaciones para eliminar las células tumorales en la parte del organismo donde se apliquen. Los criterios de empleo pueden ser curativos o paliativos. Actúa sobre el tumor, destruyendo las células malignas y así impide que crezca y se reproduzca. Se administra una dosis efectiva preservando todo lo posible, los tejidos sanos peri lesionada, también inevitablemente expuesta. Puede ser administrada como tratamiento exclusivo o bien antes o después de una intervención quirúrgica, asociándose también, en algunos casos, a la quimioterapia o hipertermia.⁶

⁶ “Tratado de radioterapia oncológica” F. Sanchiz Medina. A. Milla. Santos. A Valls Fontanals. Editorial “Espaxs”. Publicaciones Medicas Barcelona. Año 1994.

Capítulo V:

Tipos de terapias.

Según la distancia en que esté la fuente de radiación, se pueden distinguir 2 tipos de tratamientos.

Teleterapia o radioterapia externa.

Se recibe desde un aparato que a determinada distancia del cuerpo, emite energía en forma de rayos gamma (bomba de cobalto), rayos X (equipo superficial Picker) o electrones (acelerador lineal).

Se denomina así a una rama de la terapia oncológica por la que se busca eliminar las células tumorales mediante haces de radiación ionizantes que se dirigen desde el exterior del cuerpo del paciente hacia el volumen de localización del tumor maligno. Es un objetivo asociado, minimizar el daño al tejido sano que lo circunda. En esta técnica, en la que se interpone cierta distancia entre la fuente de radiación y el tumor a irradiar (blanco), se utilizan equipos emisores de rayos x para radioterapia superficial y profunda, y equipos de alta energía como los de telegammaterapia y los aceleradores lineales.

Braquiterapia o radioterapia interna.

Se designa con este nombre al uso de fuentes radiactivas selladas con el mismo fin, ubicadas dentro de las cavidades corporales o en contacto directo con el cuerpo del paciente en planos próximos a la zona tumoral. Se usa principalmente en tumores ginecológicos, para lo cual la paciente es hospitalizada y se instalan los radioisótopos en el interior de su cuerpo y se dejan por un determinado número de horas. Se utilizan isótopos radiactivos en forma de tubos (cesio 137) alambres (iridio 192) o semillas (yodo, oro).⁷

La braquiterapia puede ser manual o remota.

La braquiterapia manual compromete a las siguientes técnicas:

⁷ S. Ripol y C. Picon. Capítulo 41. Bases físicas de la radioterapia.



- **Terapia intersticial:** en la cual la fuente se introduce dentro de los tejidos. En implantes transitorios se emplean fuentes de ^{192}Ir e ^{125}I en forma de semillas y alambres o ^{198}Au en forma de cilindros o agujas.
- **Terapia intracavitaria:** las fuentes se ubican en orificios o cavidades naturales del cuerpo. Se usan fuentes de ^{137}Cs en forma de tubos.
- **Terapia superficial:** se lleva a cabo mediante aplicadores dérmicos u oftálmicos que utilizan fuentes de ^{90}Sr .

La brachiterapia remota se lleva a cabo mediante equipos de carga diferida para tratamientos intracavitarios o intersticiales de alta y baja tasa de dosis. Para alta tasa de dosis se emplean fuentes de ^{192}Ir y para baja tasas de dosis de ^{137}Cs .

Capítulo VI:

Equipos de rayos x para terapia.

Las características generales de los equipos emisores de rayos X utilizados en el tratamiento de enfermedades neoplásicas pueden resumirse como sigue:

- Ofrecen bajo rendimiento en profundidad.
- Producen dosis máximas en la epidermis.
- La localización y colimación del haz sobre paciente se efectúa por medio de aplicadores especiales que forman parte del equipo. Algunos equipos poseen localizadores especiales para aplicaciones intracavitarias.
- La dosis en superficie se puede controlar mediante:
 - ✓ La tensión del tubo.
 - ✓ La intensidad de corriente.
 - ✓ El filtrado de haz.
 - ✓ La distancia fuente- superficie (DSF).
 - ✓ El tamaño del campo.
- El rendimiento en profundidad se puede controlar mediante:
 - ✓ La tensión del tubo.
 - ✓ El filtrado del haz.
 - ✓ La distancia foco- superficie.

De lo anterior se infiere que además del tubo generador y sus elementos asociados, forman parte de un equipo de rayos X para terapia los siguientes componentes:

- Aplicadores de distancias longitudes y distintos tamaños de campo.
- Filtros para determinar la calidad de la radiación.
- Algunos poseen cámaras monitoras para mejorar el aspecto dosimétrico.

Equipos de radioterapia superficial.

Se utilizan para el tratamiento de lesiones en la piel, inclusive en algunas histológicamente benignas. Imparten la dosis máxima en superficie que decae rápidamente en profundidad, de esta manera evita que los tejidos subyacentes sean significativamente irradiados. Esa incapacidad de entregar dosis altas en profundidad guarda relación con el kilovoltaje, ya que operan con una diferencia de potencial entre 10 a 100 Kv. Los filtros de aluminio que se colocan directamente por debajo de la unidad emisora tienen como fin absorber la radiación más blanda homogeneizando el espectro de emisión.⁸

Equipos para radioterapia profunda.

Operan alrededor de los 250 Kv. con una distancia foco-piel de alrededor de 50 cm. En estos equipos también se le agregan filtros, tanto de aluminio como de cobre para reducir la radiación más blanda que afecta inútilmente a la piel.

Equipos de alta energía.

Son equipos que proveen radiación ionizante de naturaleza electromagnética ya sea proveniente de una fuente radiactiva o por aceleración y frenado de partículas. En el caso de las fuentes radioisotópicas la energía fotónica media es superior a 1 Mev, y la energía máxima del espectro de emisión de los aceleradores es por lo menos de 4 Mev.

Los equipos de alta energía presentan ventajas respecto a los equipos de rayos X para terapia. Ellas son:

- Mayor profundidad de penetración.
- Mayor versatilidad.
- La dosis máxima se obtiene a una cierta profundidad por debajo de la epidermis.
- Posee mayor estabilidad energética.

⁸ Stewart C. Bushong. “Manual de radiología para técnicos”. Editor: Elsevier España 2010.

Equipos de cobaltoterapia.

Son equipos de tele terapia que emplean fuentes selladas de material radiactivos se vienen utilizando desde 1952. Con los años no han cambiado sustancialmente ni su diseño básico ni las condiciones de operaciones. Los primeros equipos fueron fijos y en poco tiempo se introdujeron los rotatorios. Con el tiempo se desarrollaron un sin número de mejoras, principalmente en los sistemas de seguridad (enclavamiento, señalización y blindaje) de control y en los accesorios (sistemas de colimación, mesa de tratamientos entre otros).

La función primaria de una unidad de cobaltoterapia es entregar una dosis prefijada de radiación en un volumen bien definido del cuerpo. Este objetivo se cumple dirigiendo el haz a la zona elegida como blanco y controlando la dosis entregada, tanto en lo referido al direccionamiento, tamaño del haz como al control del tiempo de exposición de la fuente.⁹

Los elementos básicos que poseen estos equipos son:

- *Un cabezal:* donde se encuentra alojada la fuente sellada de cobalto 60, un dispositivo de apertura y cierre que permite exponer la fuente durante un tiempo determinado.
- *Una horquilla (gantry):* cumple funciones de soporte mecánico del cabezal, transmisión de señales del comando al cabezal y determinación de las características mecánicas del tratamiento.
- *Estático:* aloja dispositivos mecánicos y de control además de servir de sostén al conjunto.
- *Camilla:* sirve de soporte al paciente, determina las condiciones geométricas del tratamiento y suele alojar distintos controles que actúan sobre el equipo.⁸

Aceleradores lineales.

La emisión de fotones por un acelerador lineal responde a los mismos principios que los equipos generadores de rayos X pero en este caso los electrones poseen una energía de varios Mev al impactar en el blanco.

El aspecto del A.L. es similar al de una bomba de cobalto y posee prácticamente los mismos controles.

⁹ Stewart C. Bushong. "Manual de radiología para técnicos". Editor: Elsevier España 2010.

Ventajas comparativas, entre las que se puede mencionar:

- Mayor profundidad de penetración
- Mayor precisión mecánica.
- Menor dosis a la entrada del campo.
- Mayor rendimiento.
- Posibilita la terapia superficial con electrones.

Desventajas tales como:

- Mayor costo inicial.
- Mayor tasas de fallas.
- Mayor costo de mantenimiento.
- Mayor dosis de salida.

Elementos básicos de un acelerador lineal:

- Generador de radiofrecuencia.
- Cañón electrónico.
- Acelerador (guía de ondas).
- Deflector magnético.
- Blanco o folias dispersoras.
- Sistema de alineación del haz de electrones.
- Filtro aplanador del haz
- Sistema de cámaras monitoras.
- Sistemas de conformación del haz.
- Componentes para los movimientos mecánicos.

Capítulo VII.

Requisitos mínimos en radioterapia.

En toda institución oncológica existe un conjunto de requisitos mínimos que se debe cumplir para alcanzar un nivel aceptable de calidad. Si bien es cierto que cada institución toma sus propias decisiones en término de personal, equipo, procedimientos y políticas, pero deben considerar la disponibilidad de instalaciones y equipos adecuados, incluyendo unidades de tratamiento y profesionales calificados.

El diseño y la construcción de un centro de radioterapia debe basarse en el cumplimiento de regulaciones nacionales o internacionales para la licencia de emplazamiento y de operación de las instalaciones. Los detalles de diseño y construcción deberían ser supervisadas por un físico médico calificado, familiarizado con las técnicas de tratamiento que se emplearán en el centro.

Personal.

Toda institución oncológica independientemente de su tamaño debe contar con los servicios de profesionales en los campos de Oncológica Radioterapéutica, Física Médica y Técnicas de Radioterapia. Es necesario que existiera un proceso de actualización continua para todos los profesionales.

La cantidad de profesionales en cada especialidad y en número de horas de trabajo por semanas debe estar relacionada con el número de pacientes tratados y las unidades de tratamiento disponibles, incluyendo la unidad de simulación o de producción de imágenes, y la sostificación de los tratamientos.¹⁰

Es preciso resaltar la gran importancia de la comunicación entre los distintos profesionales. Todo el personal debe ser entrenado adecuadamente cada vez que se inicie una nueva técnica o protocolo de tratamiento. También debe ser informado de cambios significativos en las características dosimétricas de los equipos como resultado de reparaciones o alteraciones, cambios

¹⁰ Aspectos Físicos de la garantía de calidad en radioterapia. Protocolo de control de calidad- OIEA- Viena, Austria. Junio 2000.

de protocolos de calibración, o correcciones resultantes tras la detección de un error en cualquier procedimiento. Los cambios en las rutinas de procedimiento deben llevarse a cabo solo cuando se hayan analizado todas las consecuencias del cambio, y todas las personas involucradas hayan sido informadas. Las instrucciones y la comunicación de información deben hacerse por escrito, especificando las decisiones tomadas, las personas responsables de llevar a cabo acciones relacionadas con el cambio y los detalles de las acciones a tomar.

Listado de las responsabilidades del personal de un Servicio de Radioterapia.

El oncólogo radioterapeuta.

Es el responsable en última instancia del tratamiento del paciente, y tiene a su cargo la consulta, la prescripción de dosis y el tratamiento, la supervisión del paciente durante el tratamiento y los informes sumarios del tratamiento de cada paciente. Su presencia en la clínica es necesaria en todo momento mientras los pacientes estén siendo tratados.

Las responsabilidades del oncólogo radioterapeuta incluyen, entre otros, los siguientes aspectos:

- **Consultas:** es la evaluación clínica del paciente donde se considera el tratamiento con radioterapia.
- **Establecimiento del plan de tratamiento:** es la discusión de los hallazgos de la consulta incluyendo diagnóstico y estado clínico, y donde se propone el plan de tratamiento que establece dosis, fraccionamiento y técnica. Esta discusión incluye otros oncólogos radioterapeutas y preferiblemente físicos médicos.
- **Aplicación del tratamiento:** el oncólogo radioterapeuta debe involucrarse de manera regular en la aplicación del tratamiento y por lo menos un oncólogo radioterapeuta debe estar siempre disponible para consulta clínica mientras se realizan los tratamientos. La presencia conjunta del físico médico y el oncólogo radioterapeuta en el primer tratamiento es altamente recomendable.¹¹

¹¹ Gómez Federico. Parte I, Colegio Internacional de Médicos Nucleares AC. “Aspectos biológicos y medios básicos sobre las radiaciones Ionizantes”. Trabajo publicado en el boletín del Hospital Infantil de México. Año 2001.

- **Evaluación del paciente durante el tratamiento:** los pacientes deben ser controlados al menos una vez por semana durante el tratamiento para evaluar cambios en su estado clínico, repuesta del tumor, toxicidad del tratamiento, entre otros. El oncólogo deberá prestar especial atención a posibles cambios anatómicos que puedan requerir una nueva planificación o un nuevo cálculo del tiempo de tratamiento.
- **Sumario de tratamiento:** al final del tratamiento el oncólogo prepara un informe que resume el curso del tratamiento. Este deberá incluir la dosis administrada, la descripción de la técnica de tratamiento, el tiempo de tratamiento, la tolerancia del paciente, la respuesta del tumor, y el plan de seguimiento.
- **Evaluación del seguimiento:** debe establecerse un plan que detalle la frecuencia del seguimiento del paciente después del tratamiento, donde se evaluara la respuesta y evaluación de la morbilidad del tratamiento.

El médico físico.

El papel de este profesional tiene componentes clínicos, de investigación y de educación. Sus responsabilidades principales son las siguientes:

- **Calibración del equipo de radioterapia:** el físico médico ayuda a definir las especificaciones de compra de unidades del tratamiento y verificación de la actividad de las fuentes radioactivas de acuerdo con los protocolos adoptados.
- **Especificaciones de los equipos de radioterapia:** este ayuda a definir las especificaciones de compra de unidades de tratamiento, simuladores, sistemas de imágenes, planificación y tratamiento. También se involucra en el diseño de las instalaciones y se asegura que todos los requisitos de seguridad se cumplan.
- **Pruebas de aceptación:** es el responsable de la aceptación de los equipos después de su instalación o reparación, aun cuando haya sido el fabricante quien realice las mediciones, preferiblemente en presencia del físico. El médico físico certifica que las unidades de

terapia, simulación, imágenes y planificación de tratamiento funcionan de acuerdo a las especificaciones de compra.¹²

- **Medidas y análisis de datos:** el médico físico es el responsable de las medidas de todos los datos necesarios para el uso clínico de las unidades de tratamiento (pruebas de puesta en servicio). Esto incluye todas las energías, modalidades y fuentes radioactivas necesarias para la planificación de tratamientos de radioterapia externa y braquiterapia. Debe evaluar la calidad de los datos y si son apropiados para los diferentes tipos de tratamiento.
- **Tabulación de los datos para uso clínico:** el físico médico es el responsable de garantizar que los datos de los haces terapéuticos y de las fuentes radiactivas en la institución han sido introducidos en el sistema de planificación de tratamiento, sea este manual o computarizado. Los datos deben tabularse, y mantenerse en un libro de registro, de forma tal que sean útiles y entendibles por cualquier otra persona que realice cálculos dosimétricos.
- **Establecimiento de procedimientos de cálculos dosimétricos:** el físico médico es el responsable del establecimiento de los procedimientos de cálculos de dosis usadas en la clínica y de la verificación de su exactitud.
- **Programa de garantía de calidad:** la responsabilidad principal de la ejecución del programa de garantía de calidad debería ser asignada al físico médico. Este se asegurara que las políticas y procedimientos contienen los elementos apropiados de buena práctica, de aplicación del procedimiento, de protección, control de calidad y cumplimiento de las regulaciones. El físico médico especifica los estándares básicos que serán verificados al momento de aceptar un equipo y ponerlo en servicio para uso clínico. Adapta o desarrolla los procedimientos y puesta en servicio, establece y realiza controles de calidad periódicos

¹² Gómez Federico. Parte I, Colegio Internacional de Médicos Nucleares AC. “Aspectos biológicos y medios básicos sobre las radiaciones Ionizantes”. Trabajo publicado en el boletín del Hospital Infantil de México. Año 2001.

que verifican que los valores de referencia están dentro de márgenes aceptables.¹³

- **Supervisión del mantenimiento de los servicios:** el físico debe supervisar el mantenimiento de los equipos y responsabilizarse de recibir los equipos y autorizar su uso clínico después de un proceso de mantenimiento.
- Es responsable de garantizar y documentar que cualquier alteración causada por el mantenimiento o reparación del equipo no afecte el funcionamiento o la calibración de las unidades de tratamiento.
- **Enseñanza:** el físico médico debe proveer educación y entrenamiento en física médica a los médicos, técnicos en radioterapia, asistentes en física, enfermeras, así como también a estudiantes y personal técnico.¹²

El técnico en radioterapia.

Es el profesional con la misión de suministrar al paciente el tratamiento de radiación, bajo la supervisión del oncólogo radioterapeuta o, en casos apropiados, del físico médico. Dependiendo de las características de la institución oncológica, los técnicos en radioterapia pueden desempeñar funciones en diversas áreas, y éstas incluyen la participación en los diversos procedimientos de garantía de calidad en cada una de las áreas. En general las tareas más importantes son las que se dan a continuación:

- **En la ejecución del tratamiento:**
 - ✓ Suministra el tratamiento al paciente de acuerdo con la prescripción clínica y la planificación del tratamiento.
 - ✓ Mantiene el expediente del paciente en lo relativo a su tratamiento.
 - ✓ Observa la evolución clínica del paciente, detecta signos tempranos de complicaciones y decide cuándo un tratamiento debe ser propuesto hasta consultar con el oncólogo radioterapeuta.

¹³ Gómez Federico. Parte I, Colegio Internacional de Médicos Nucleares AC. “Aspectos biológicos y medios básicos sobre las radiaciones Ionizantes”. Trabajo publicado en el boletín del Hospital Infantil de México. Año 2001.

- ✓ Provee cuidado al paciente durante su tratamiento.
- ✓ Participa en el seguimiento de los pacientes tras la finalización del tratamiento.
- ✓ Colabora en la preparación del expediente del tratamiento del paciente.
- **En las unidades de tratamiento:**
 - ✓ Conoce el funcionamiento y el uso de los equipos y accesorios, así como sus límites de seguridad.
 - ✓ Detecta problemas de funcionamiento de los equipos y los reporta al supervisor.
 - ✓ Conoce y aplica las regulaciones vigentes de radioprotección, detecta riesgos de irradiación innecesarias y contribuye a la radioprotección del público y del paciente.
 - ✓ Asiste en los procedimientos de garantía de calidad.
- **En la planificación del tratamiento:**
 - ✓ Entiende los diferentes métodos de tratamiento y los protocolos clínicos utilizados en la institución.
 - ✓ Se encarga de los aspectos técnicos de la localización y simulación del tratamiento.
 - ✓ Planifica los tratamientos de radioterapia bajo la supervisión del físico médico.
 - ✓ Calcula y verifica unidades de monitor o tiempo de irradiación bajo la supervisión del médico físico.
 - ✓ Utiliza y construye accesorios de inmovilización y colocación de pacientes.
 - ✓ Asiste en la preparación de fuentes de braquiterapia.

Dosimetrista:

En la mayoría de los casos el dosimetrista se ocupa de aspectos físicos de la radioterapia. Bajo la supervisión directa del físico médico, participa en actividades tales como la calibración del haz y controles de calidad de las unidades de tratamiento, o de la planificación de tratamientos incluyendo su participación en los procedimientos de localización, simulación e irradiación llevados a cabo por el técnico en radioterapia. Cuando el dosimetrista no existe, en instituciones pequeñas

estas actividades las realiza el físico médico con la ayuda de los técnicos. Si la institución dispone de más personal las tareas las realiza un físico en formación o auxiliar.

En general, las tareas más importantes son las que se dan a continuación:

- **Planificación de tratamiento y cálculo de dosis:**

- ✓ Participa en el proceso de simulación.
- ✓ Realiza cálculo manual o computarizado de dosis.
- ✓ Genera el plan de tratamiento, incluyendo curvas de isodosis, usando los datos de la localización o de la simulación, imágenes de TAC y RMN.
- ✓ Presenta los planes para su aprobación al físico médico y al oncólogo radioterapeuta.
- ✓ Documenta el plan de tratamiento y lo transfiere a los técnicos en radioterapia.
- ✓ Se asegura de que el plan de tratamiento se incluya en el expediente clínico del paciente.
- ✓ Participa en la revisión de los expedientes de cada paciente.¹⁴

- **Medidas en los haces de radiación:**

- ✓ Realiza la calibración de los haces de las unidades de tratamiento.
- ✓ Se ocupa de los controles de calidad de los equipos.
- ✓ Realiza medidas clínicas especiales.

Debe quedar claro que bajo ningún concepto la planificación del tratamiento de radioterapia puede estar bajo la responsabilidad del dosimetrista, sino la supervisión de un físico médico. El papel del dosimetrista en este aspecto es asistir al físico médico, no sustituirlo. El oncólogo radioterapeuta debe comprender que mantener al físico médico ajeno al proceso de planificación no es apropiado, ya que un sistema computarizado de planificación requiere de la entrada de datos físicos y revisión de los procedimientos y algoritmos que deben ser evaluados y verificados por un

¹⁴ Gómez Federico. Parte I, Colegio Internacional de Médicos Nucleares AC. “Aspectos biológicos y medios básicos sobre las radiaciones Ionizantes”. Trabajo publicado en el boletín del Hospital Infantil de México. Año 2001.

especialista en física médica, tal y como el oncólogo consulta a otras especialidades médicas para el diagnóstico y tratamiento de un paciente.¹³

Equipamiento.

El equipo de radioterapia alcanzó en la actualidad niveles de desarrollo muy avanzados, aunque parece lógico suponer que no todos los avances están al alcance de numerosas instituciones en América Latina. Sin embargo, hay un conjunto de elementos que resultan necesarios de manera ineludible, en cualquier institución:

- Unidades de tratamiento adecuadas para el tipo de tratamientos ofrecidos por la institución, con un programa eficiente de mantenimiento y reparación. Estas unidades deben haber pasado por pruebas de aceptación y haberse realizado en ellas todas las mediciones necesarias para su utilización clínica, proceso que denominamos “puesta en servicio”.
- Sistema de localización y simulación.
- Sistema de planificación de tratamientos, con aceptación y puesta en servicio.
- Accesorios modificadores del haz (cuñas, bloques, entre otros).
- Sistemas de colocación, alineamiento, inmovilización y protección del paciente.
- Equipos de dosimetría absoluta y relativa para la realización de controles de calidad.

Es importante señalar que el concepto de “puesta en servicio” es un proceso posterior al de aceptación de una máquina de terapia. En la aceptación se llevan a cabo mediciones para garantizar que las características de la máquina suministrada por el fabricante se corresponden verdaderamente con la unidad que se pretende comprar; se verifica entonces solamente unos pocos parámetros.

Las mediciones de puesta en servicio son un proceso exhaustivo donde se obtienen los datos dosimétricos para todas las configuraciones posibles de tratamiento en la instalación, su introducción en el sistema manual o computarizado de planificación de tratamiento, la preparación de procedimientos operacionales, y el entrenamiento del personal en la operación del nuevo equipo



Universidad Abierta Interamericana.
Sede regional Rosario.
Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud.

y en el uso de los datos, las mediciones de puesta en servicio constituyen el conjunto de medidas de referencias con las que se comparan los controles de calidad de cada equipo de radioterapia.¹⁵

¹⁵ Aspectos Físicos de la garantía de calidad en radioterapia. Protocolo de control de calidad- OIEA- Viena, Austria. Junio 2000.

Capítulo VIII.

Efectos secundarios.

Los efectos secundarios de la radioterapia pueden ser agudos o crónicos según la dosis que se recibe.

Según la Sociedad Americana de Cáncer (American Cancer Society), alrededor del 50% de las personas con cáncer que reciben dosis estándares de radiación en el abdomen presentan náuseas y vómitos durante el tratamiento. Estos síntomas pueden presentarse en una a dos horas después de cada sesión y pueden durar varias horas. Además, de las personas que se tratan con radioterapia en todo el cuerpo, como en el caso de trasplante de médula ósea, entre el 57% y el 90% padecen también de náuseas y vómitos sino se les dan medicamentos para prevenirlos. No obstante, Ana Mañas, presidente de la Asociación Española de Radioterapia y Oncología (AERO); asegura que “ En general, el tratamiento es tolerado por el paciente y apenas produce efectos secundarios”. Aunque – añade-, en cualquier caso “ pueden más los pros que los contras”.

Cuando se producen los efectos secundarios de la radioterapia pueden ser agudos o crónicos, según la dosis que se recibe, el ritmo de las dosis, el volumen del tumor irradiado y otros tipos de tratamiento, como la quimioterapia, que se reciben al mismo tiempo. Por ello, aunque el tratamiento no suele ser doloroso y a veces ni siquiera roza la piel del paciente, las radiaciones sí pueden provocar algunos síntomas, no muy graves, además de las náuseas y vómitos.¹⁶

La fatiga es el efecto más común de la radioterapia, como consecuencia de la destrucción de células sanas. Los médicos recomiendan por ello realizar un plan de ahorro de energía para evitar la apatía y descansar “ tanto como el cuerpo pida”. No hay que favorecer la inactividad total ni llevar el mismo ritmo que se mantendría en circunstancias normales, sino seguir una práctica moderada.

También pueden producirse cambios sanguíneos con descensos en la cantidad de glóbulos rojos y blancos, y cambios en la piel, puesto que el área tratada puede enrojecer, oscurecerse y provocar picores. Lo más importante no es rascarse y no tratarla sin consultar al médico. Otros síntomas son la aparición de edemas, la pérdida de apetito y, en consecuencia, la pérdida de peso, la

¹⁶ Garcia, A. Portada Salud investigación médica. España. Febrero 2006.



Universidad Abierta Interamericana.
Sede regional Rosario.
Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud.

falta del deseo sexual y a nivel estético cuando se trata de un tumor en la cabeza; la radioterapia produce la caída del cabello, que vuelve a recuperarse varias semanas después de terminar el tratamiento.

Respecto al futuro, los especialistas afirman que “ se mueve en tres direcciones ”: la sofisticación de la tecnología para tratar tumores pequeños sin dañar el tejido, la mejora del índice terapéutico, para pasar del 50% de casos tratados con éxito en la actualidad al 60% en los próximos dos años y un mejor conocimiento de la biología molecular para conseguir atacar sólo a las células dañadas. “ La radioterapia es un tratamiento seguro y altamente eficaz, cuya mejora veremos en breve”, augura la presidenta de AERO.¹⁵

Capítulo IX.

Efectos biológicos.

Características de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes.

- **Aleatoriedad:** la interacción de la radiación con las células es una función de probabilidad y tiene lugar al azar. Un fotón o partícula puede alcanzar a una célula o a otra, dañarla o no dañarla y si la daña puede ser en el núcleo o en el citoplasma.
- **Rápido depósito de energía:** el depósito de energía a la célula ocurre en un tiempo muy corto, en fracciones de millonésimas de segundos.
- **No selectividad:** la radiación no muestra predilección por ninguna parte o biomolécula, es decir, la interacción no es selectiva.
- **Inespecificidad lesiva:** las lesiones de las radiaciones ionizantes es siempre inespecífica o lo que es lo mismo esa lesión puede ser producida por otras causas físicas.
- **Latencia:** las alteraciones biológicas en una célula que resulta por la radiación no son inmediatas, tardan tiempo en hacerse visibles a esto se le llama " tiempo de latencia" y puede ser desde unos pocos minutos o muchos años, dependiendo de la dosis y el tiempo de exposición.

Tipos de efectos de la radiación sobre los seres vivos.¹⁷

Los efectos de las radiaciones ionizantes sobre los seres vivos se pueden clasificar desde distintos puntos de vista:

Según el tiempo de aparición

- **Precoces:** aparecen en minutos u horas después de haberse expuesto a la radiación, por ejemplo, eritema cutáneo, náuseas.
- **Tardíos:** aparecen meses o años después de la exposición, por ejemplo, cáncer radioinducido, radiodermatitis crónica, mutaciones genéticas.

¹⁷ Página: Radiobiología. Colaboradores de Wikipedia. La enciclopedia libre. Última modificación 23 de Septiembre de 2013. Fecha de consulta 19 de Octubre de 2013.

Desde el punto de vista biológico.

- **Efectos somáticos:** sólo se manifiestan en el individuo que ha sido sometido a la exposición de radiaciones ionizantes por ejemplo, el eritema.
- **Efectos hereditarios:** no se manifiestan en el individuo que ha sido expuesto a la radiación sino en su descendencia, ya que lesionan las células germinales del individuo expuesto, por ejemplo, las mutaciones genéticas.

Según la dependencia de la dosis.

- **Efecto estocástico:** son efectos absolutamente aleatorios, probabilísticos; pudiendo aparecer tras la exposición a pequeñas dosis de radiación ionizantes. No necesitan dosis umbral determinada para producirse. Si bien al aumentar la dosis aumenta la probabilidad de aparición de estos efectos, que suelen ser de tipo tardío. Se cree que el único efecto estocástico es el cáncer radioinducido y las mutaciones genéticas.
- **Efecto no estocástico:** se necesita una dosis umbral para producirlos por debajo de la cual, la probabilidad de aparición de los mismos es muy baja. Suelen ser efectos precoces, por ejemplo, el eritema cutáneo.¹⁸

¹⁸ Página: Radiobiología. Colaboradores de Wikipedia. La enciclopedia libre. Última modificación 23 de Septiembre de 2013. Fecha de consulta 19 de Octubre de 2013.

MATERIAL Y METODOS.

Tipo de investigación:

La investigación que se muestra en el presente trabajo según los objetivos, corresponde al tipo de investigación Descriptiva.

Según el tiempo; transversal, porque se realizó un estudio que permite estimar la magnitud y distribución de los efectos secundarios en un solo momento, en el periodo 2011 a julio 2013.

Según los datos, porque se utilizaron historias clínicas de pacientes con cáncer de cabeza y cuello mayores a 40 años.

Según el lugar; de campo. El estudio se realizó sobre casos verdaderos de pacientes con cáncer de cabeza y cuello.

Momento técnico-metodológico.

Selección del diseño.

El diseño o plan que se utilizó es cuali-cuantitativo a través de la consulta de historias clínicas de hombres y mujeres con cáncer de cabeza y cuello mayores de 40 años en la ciudad de Paraná que permitió obtener una base de datos adecuada para el estudio de las variables influyentes para determinar la certeza o no de la hipótesis planteada.

Es un diseño no experimental ya que se observan fenómenos tal como se dan, para después analizarlos, sin manipulación de las variables.

Contexto.

Se produjo en el servicio de oncología radiante de un efector público en la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos.



Lugar.

Los datos que se utilizaron para la obtención de la información que se analizó se obtuvieron de un hospital público de la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos.

Es una institución pública de nivel de complejidad 6 que funciona desde 1911. En el servicio de oncología radiante funciona un equipo de cobaltoterapia donde periódicamente se atienden pacientes oncológicos sin obra social ni cobertura médica, y en la mayoría de los casos de bajos recursos económicos.

Universo.

Está dado por la población de pacientes oncológicos hombres y mujeres tratados con terapia radiante.

Población.

Pacientes con cáncer de cabeza y cuello tratados con radioterapia mayores a 40 años de la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos.

Muestra.

Veinticuatro historias clínicas de pacientes con cáncer de cabeza y cuello del efector público tratados con radioterapia mayores a 40 años de la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos.

Unidades de análisis.

Historias clínicas de pacientes oncológicos del efector estudiado.

Variable.

- Efectos.

Indicadores.

- Disfonía.
- Disfagia.
- Miosis.

- Infección.
- Pérdida de peso.
- Esofagitis.
- Trastornos hematológicos.
- Alteraciones de la piel.

Técnicas de recolección de datos

- El proceso de recolección de datos cuali-cuantitativo que se realizó, consistió en la búsqueda de historias clínicas en pacientes oncológicos según la edad y el sexo y la detección de los efectos secundarios intra-tratamiento producidos. Luego, los datos se agruparon en rangos por edad y sexo. Que permitió un análisis más ordenado.

Preparación de instrumentos de recolección de datos.

Efectos/ Dosis	0-19 rey	20 - 39 Gray	40 - 50 Grey	60 - mas Grey
Disfonía				
Disfagia				
Micosis				
Infección				
Infección				
Pérdida de peso				
Esofagitis				
Trastornos Hematológicos				
Alteraciones de la Piel				

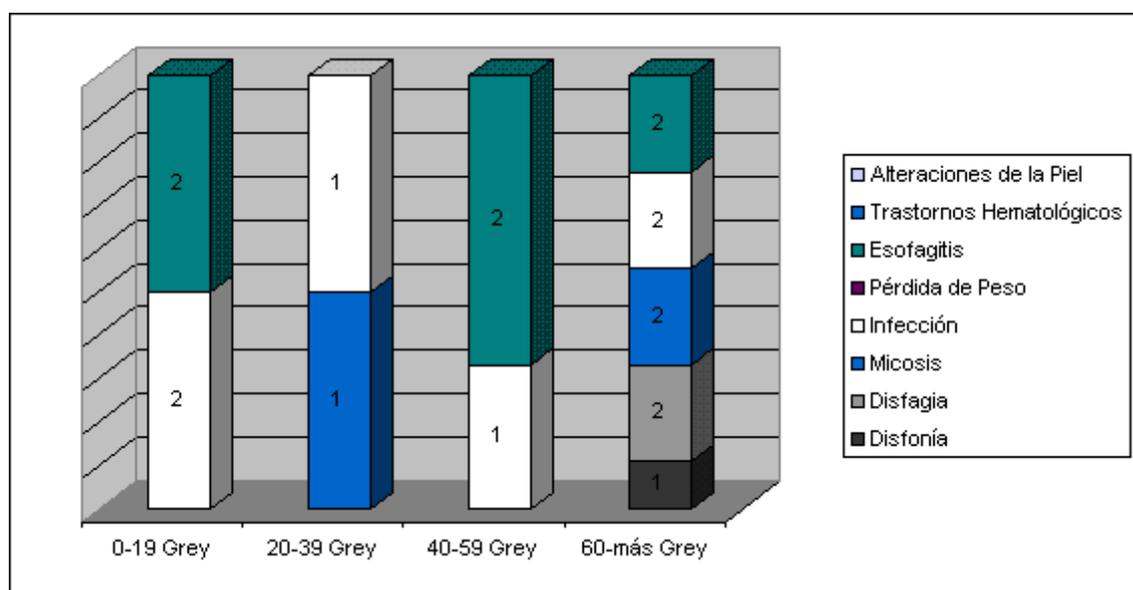
RESULTADOS.

Cuadros y Gráficos.

Cuadro N°1 - Distribución de Efectos Secundarios según Dosis de Aplicación en mujeres de 40 a 49 años.

Efectos/Dosis	0-19 Grey	20-39 Grey	40-59 Grey	60-más Grey
Disfonía				1
Disfagia				2
Micosis		1		2
Infección	2	1	1	2
Pérdida de Peso				
Esofagitis	2		2	2
Trastornos Hematológicos				
Alteraciones de la Piel				

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de 3 historias clínicas.

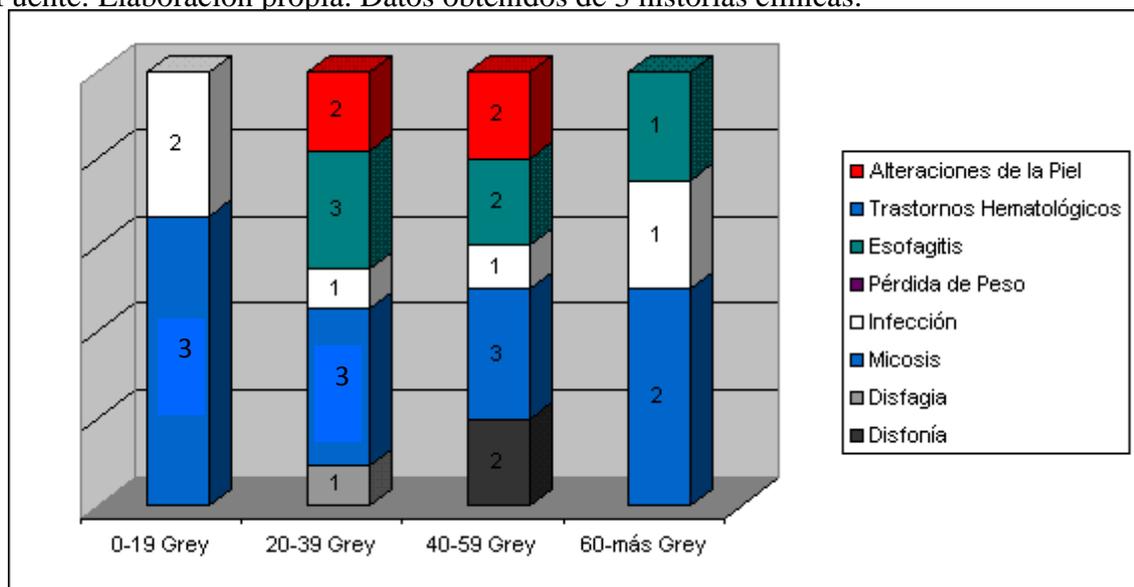


Podemos observar que en dosis altas a partir de los 60 Grey se presentan la mayoría de los efectos secundarios mientras que en dosis menores sólo manifiestan esofagitis e infecciones y en forma aislada micosis en las distintas escalas de dosis.

Cuadro N°2 - Distribución de Efectos Secundarios según Dosis de Aplicación en mujeres de 50 a 59 años.

Efectos/Dosis	0-19 Grey	20-39 Grey	40-59 Grey	60-más Grey
Disfonía			2	
Disfagia		1		
Micosis	3	3	3	2
Infección	2	1	1	1
Pérdida de Peso				
Esofagitis		3	2	1
Trastornos Hematológicos				
Alteraciones de la Piel		2	2	

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de 3 historias clínicas.

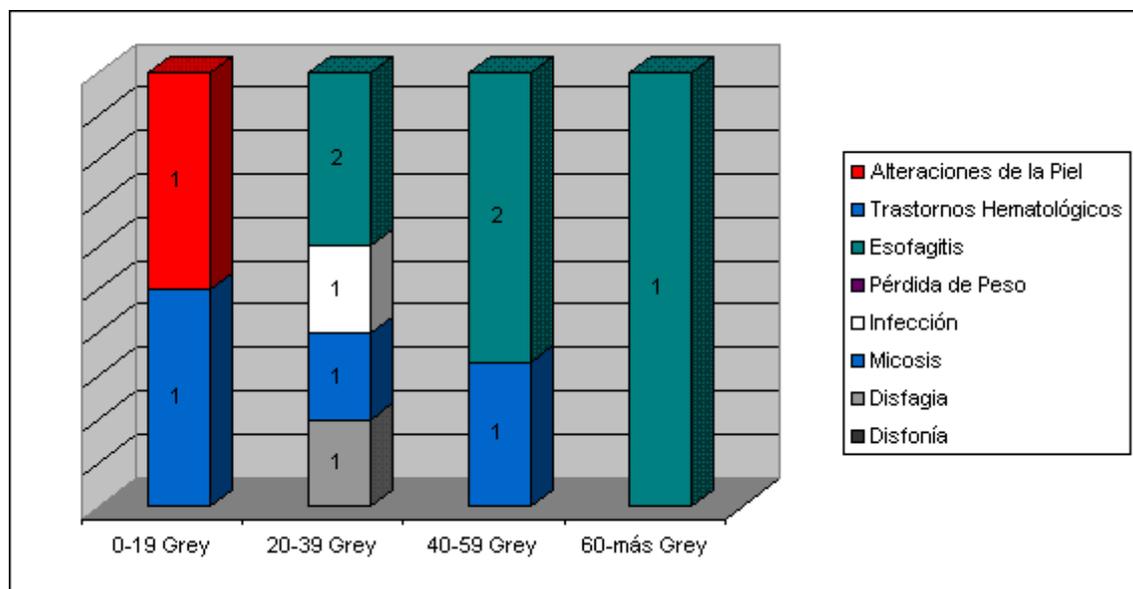


En dosis medias (20 – 39 Grey) y (49 – 59 grey) se presentan la mayoría de los efectos secundarios mientras que en dosis bajas y altas se observan sólo micosis e infecciones.

Cuadro N°3 - Distribución de Efectos Secundarios según Dosis de Aplicación en mujeres de 60 a 69 años.

Efectos/Dosis	0-19 Grey	20-39 Grey	40-59 Grey	60-más Grey
Disfonía				
Disfagia		1		
Micosis	1	1	1	
Infección		1		
Pérdida de Peso				
Esofagitis		2	2	1
Trastornos Hematológicos				
Alteraciones de la Piel	1			

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de 3 historias clínicas.

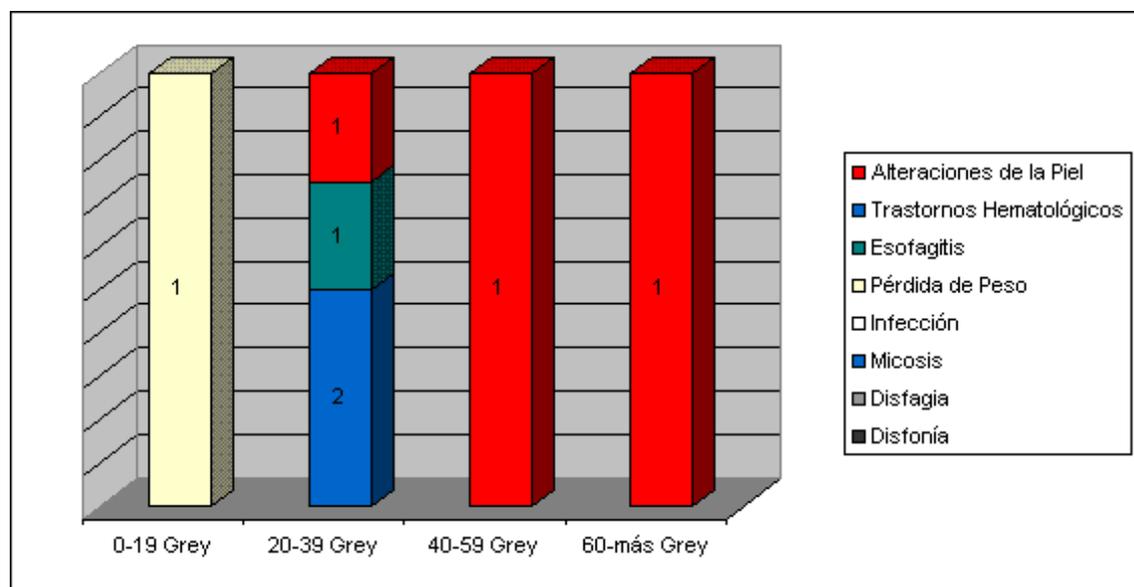


Los efectos secundarios se presentan en dosis medias y disminuyen al aumentar las dosis.

Cuadro N°4 - Distribución de Efectos Secundarios según Dosis de Aplicación en mujeres de más de 70 años.

Efectos/Dosis	0-19 Grey	20-39 Grey	40-59 Grey	60-más Grey
Disfonía				
Disfagia				
Micosis		2		
Infección				
Pérdida de Peso	1			
Esofagitis		1		
Trastornos Hematológicos				
Alteraciones de la Piel		1	1	1

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de 3 historias clínicas.



Predominan las alteraciones de la piel en las distintas fases y en dosis de (0 a 19 grey) y (20 a 39 Gray) presentan micosis, pérdida de peso y esofagitis.

En estos primeros cuatro gráficos la mayoría de los efectos secundarios se muestran en los grupos de mujeres de 40 a 49 años y de 50 a 59 años, y disminuyen al aumentar la edad de los pacientes.

La reacción después de una irradiación varía mucho entre las distintas partes del organismo, y depende también del tratamiento médico que pueda suministrarse al paciente y de si la dosis se recibe de una sola vez o en varias etapas.

En general, los órganos pueden reparar hasta cierto punto los daños provocados por la radiación, de forma que una misma dosis suministrada de forma paulatina es mejor tolerada que si se recibe en forma instantánea.

Por supuesto, si la dosis es suficientemente grande, puede conducir a la muerte de la persona irradiada. Así, dosis muy elevadas, alrededor de 100 Grey, afectan de tal manera al sistema nervioso central, que la muerte se producirá en cuestión de horas o días.

Si las dosis están comprendidas entre 10 y 50 Grey, y además afectan a todo el organismo, la víctima podría escapar al síndrome del sistema neuro-vegetativo, pero se producen lesiones en el sistema gastro-intestinal, con destrucción de las vellosidades intestinales, pérdida de la función digestiva y grandes hemorragias, junto con una inflamación aguda de los pulmones, conduciendo todo ello a la muerte en cuestión de una o dos semanas.

Dosis inferiores, entre 3 y 5 Grey, pueden no dañar tan seriamente al aparato digestivo, pero provocarían la muerte en la mitad de los casos, en uno o dos meses, al afectar seriamente a la médula ósea, tejido en el cual se producen las células de la sangre.

La médula ósea y el resto del sistema de producción de la sangre son de las partes más radiosensibles del cuerpo humano, siendo afectados por dosis tan bajas como 0,5 y 1 Grey.

Sin embargo, presentan una marcada capacidad de regeneración, de forma que si sólo se irradia una parte del cuerpo, generalmente sobrevive una cantidad de médula suficiente para reproducir la afectada.

Los órganos genitales y los ojos son también bastantes sensibles. Dosis de tan sólo 0,15 Grey que afecten a los testículos pueden provocar la esterilidad temporal del hombre cuando se



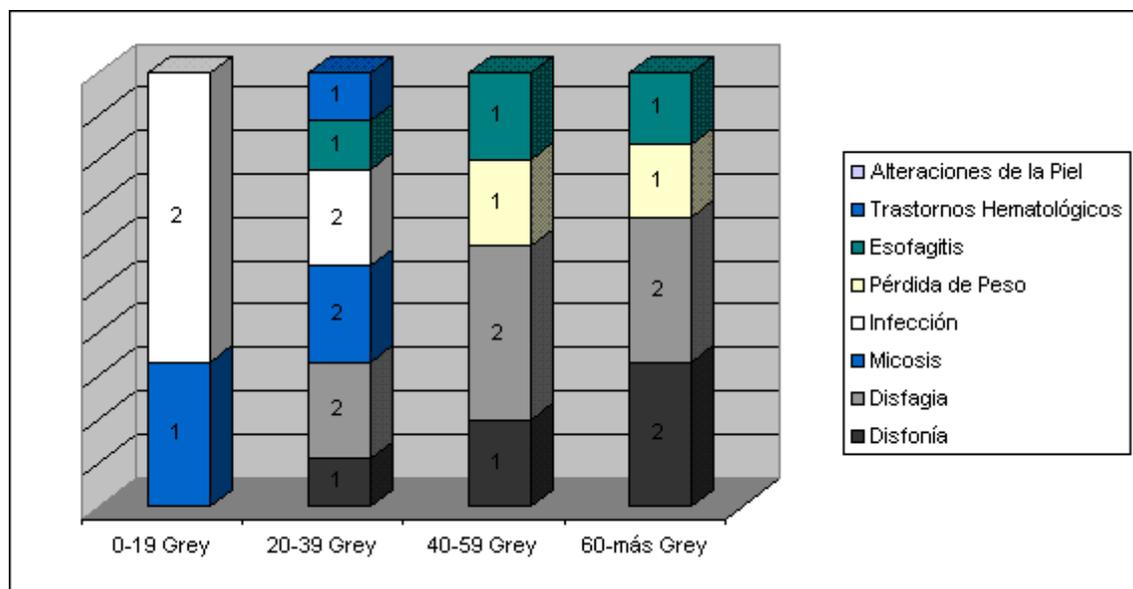
absorben de una sola vez, mientras que serían necesarios 0,4 Grey/año en el caso de una exposición prolongada; para dosis mayores a 3,5 Grey a 6 Grey, se podría producir una esterilidad definitiva. Los ovarios son bastante menos radiosensibles, aunque dosis entre 2,5 a 6 Grey administradas de una sola vez serían causa de esterilidad, con mayor sensibilidad al aumentar la edad de la mujer.

Además, al contrario que el resto de los órganos, los genitales parecen ser más sensibles si la dosis es recibida en forma repetitiva que cuando se recibe de una sola vez, ya que bastarían 2 Grey/año para causar la esterilidad permanente en hombres y 0,2 Grey/año durante largo tiempo para causarla en las mujeres.

Cuadro N°5 - Distribución de Efectos Secundarios según Dosis de Aplicación en varones de 40 a 49 años.

Efectos/Dosis	0-19 Grey	20-39 Grey	40-59 Grey	60-más Grey
Disfonía		1	1	2
Disfagia		2	2	2
Micosis	1	2		
Infección	2	2		
Pérdida de Peso			1	1
Esofagitis		1	1	1
Trastornos Hematológicos		1		
Alteraciones de la Piel				

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de 3 historias clínicas.

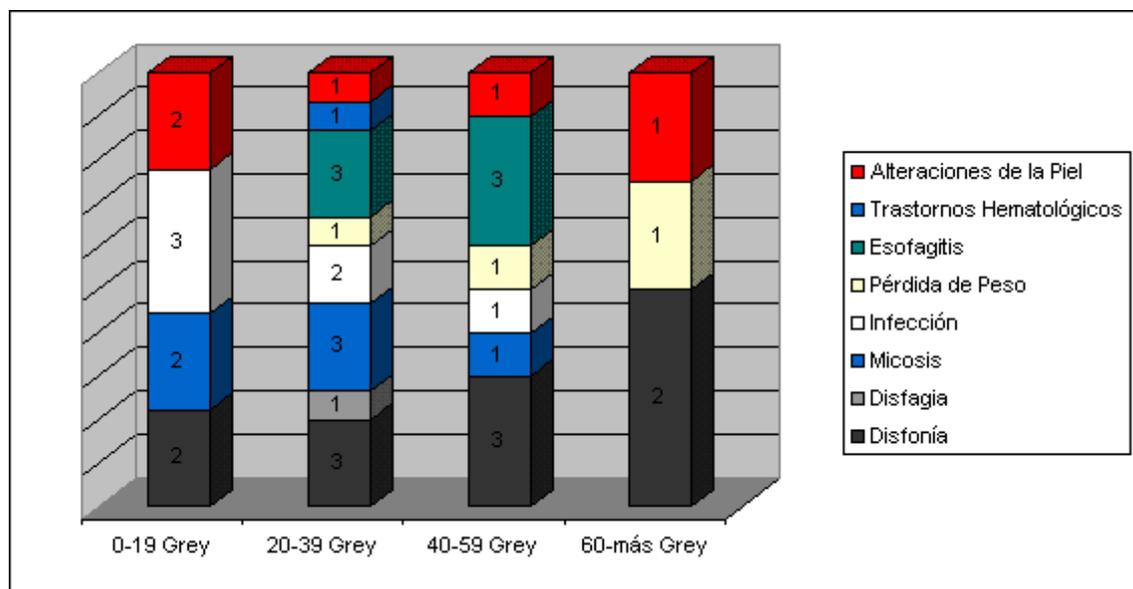


A partir de los 20 Grey se muestra la mayor parte de los efectos secundarios, y casi todos se mantienen hasta las dosis finales

Cuadro N°6 - Distribución de Efectos Secundarios según Dosis de Aplicación en varones de 50 a 59 años.

Efectos/Dosis	0-19 Grey	20-39 Grey	40-59 Grey	60-más Grey
Disfonía	2	3	3	2
Disfagia		1		
Micosis	2	3	1	
Infección	3	2	1	
Pérdida de Peso		1	1	1
Esofagitis		3	3	
Trastornos Hematológicos		1		
Alteraciones de la Piel	2	1	1	1

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de 3 historias clínicas.

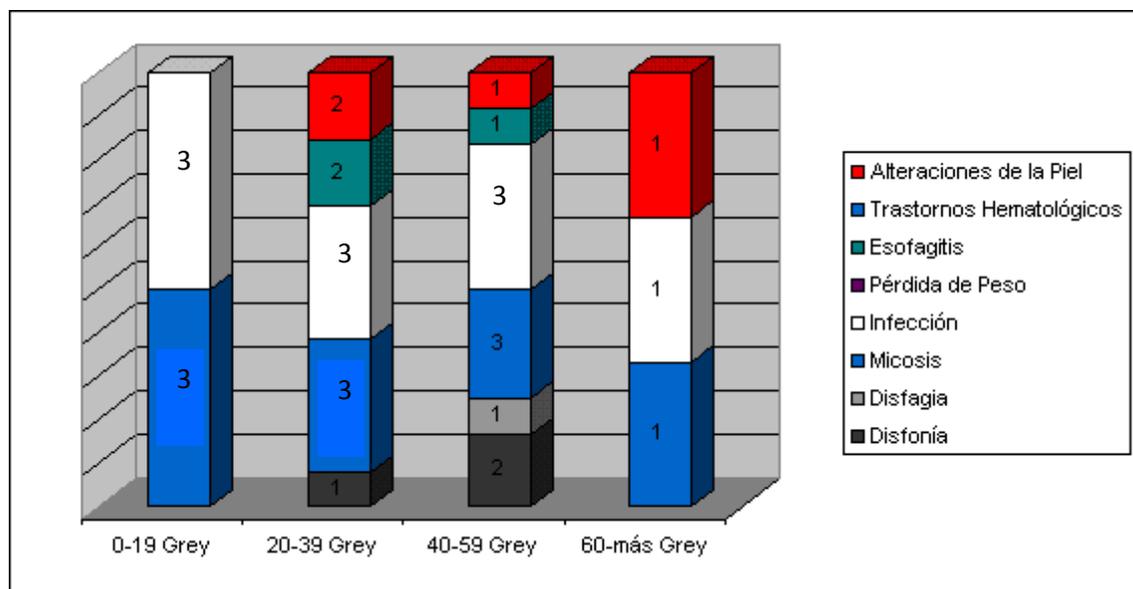


A partir de los 20 Grey se dan la totalidad de los efectos, disminuyendo significativamente al aumentar las dosis

Cuadro N°7 - Distribución de Efectos Secundarios según Dosis de Aplicación en varones de 60 a 69 años.

Efectos/Dosis	0-19 Grey	20-39 Grey	40-59 Grey	60-más Grey
Disfonía		1	2	
Disfagia			1	
Micosis	3	3	3	1
Infección	3	3	3	1
Pérdida de Peso				
Esofagitis		2	1	
Trastornos Hematológicos				
Alteraciones de la Piel		2	1	1

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de 3 historias clínicas.

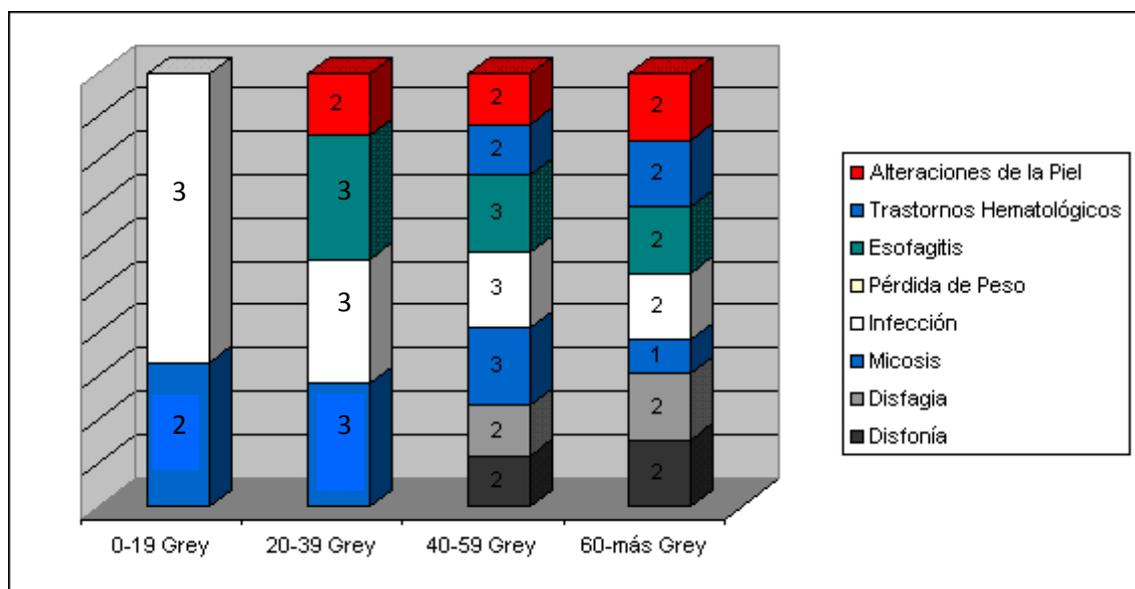


En dosis de 20-39 y 40-59 Grey se presentan la mayoría de los efectos siendo significativo el número de micosis e infecciones en dosis bajas

Cuadro N°8 - Distribución de Efectos Secundarios según Dosis de Aplicación en varones de más de 70 años.

Efectos/Dosis	0-19 Grey	20-39 Grey	40-59 Grey	60-más Grey
Disfonía			2	2
Disfagia			2	2
Micosis	2	3	3	1
Infección	3	3	3	2
Pérdida de Peso				
Esofagitis		3	3	2
Trastornos Hematológicos			2	2
Alteraciones de la Piel		2	2	2

Fuente: Elaboración propia. Datos obtenidos de 3 historias clínicas.



A partir de los 40-59 Grey se presentan todos los efectos y reflejan un aumento progresivo desde bajas y altas dosis con excepción de la pérdida de eso.

Los hombres presentan en los cuatro grupos de edad casi todos los efectos en algún momento del tratamiento y se muestra un aumento en éstos debido al mayor número de pacientes a partir de los 50 años.

Las radiaciones desarrollan efectos secundarios que siempre estarán en relación con el volumen irradiado. Así será imposible que se presente toxicidad más allá de los campos de irradiación. También estará en relación con la dosis recibida y su fraccionamiento, de tratamientos concomitantes (cirugía o quimioterapia) y de la susceptibilidad individual. Según el momento de aparición de esta toxicidad se divide en aguda y crónica.

La toxicidad aguda aparece durante la quimioterapia, entre la primera y segunda semana de inicio del tratamiento y normalmente desaparece a las dos o tres semanas de finalizado éste.

Se observa normalmente en aquellos tejidos con alto recambio celular (piel y anejos, mucosa digestiva y genital, médula ósea). La radiación producirá la muerte inmediata de las células que se encuentren en división, esta depleción celular provocará una disminución funcional del órgano, que suele ser autolimitada ya que se trata de tejidos con una gran capacidad regenerativa.

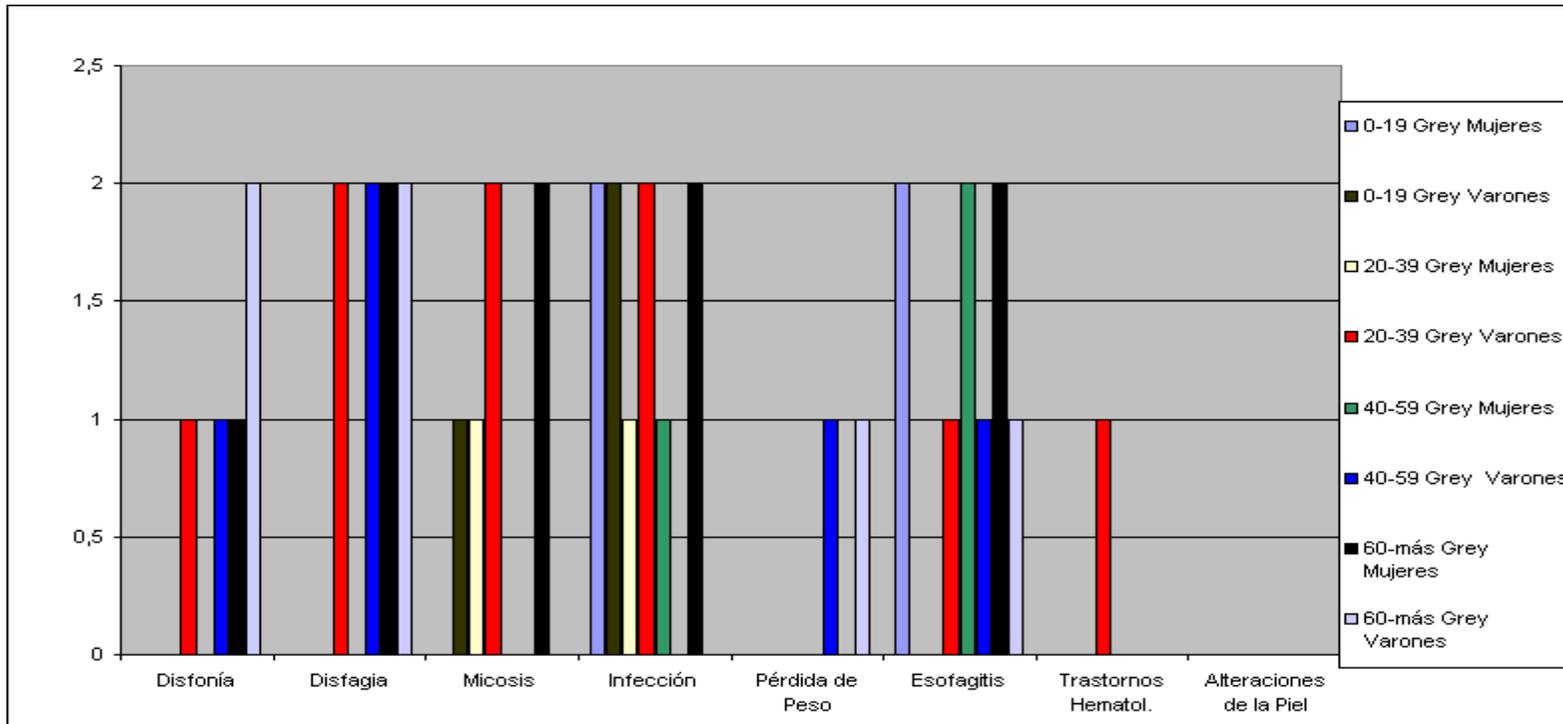
Sin embargo, se ha comprobado que una proporción de la toxicidad tardía (consecuencial late effects) tienen relación directa con esta fase de daño celular y su toxicidad aguda asociada.

Se denomina toxicidad tardía a la que ocurre a partir de los noventa días del tratamiento y comprende un proceso más complejo, que involucra a las células parenquimatosas, mesenquimatosas, fibroblastos y células endoteliales. Si la dosis recibida es suficiente se producirán fenómenos de edema, fibrosis y apoptosis celular. La reducción de capilares ocasionará atrofia e hipoplasia, en el tejido conectivo. La fibrosis es el cambio que principalmente produce la radioterapia. Todo ello conlleva cambios tisulares irreversibles que ocasionan un daño permanente.



Cuadro N°9 - Comparación de la distribución de Efectos Secundarios según Dosis de Aplicación entre varones y mujeres de 40 a 49 años.

Efectos/Dosis	0-19 Grey Mujeres	0-19 Grey Varones	20-39 Grey Mujeres	20-39 Grey Varones	40-59 Grey Mujeres	40-59 Grey Varones	60-más Grey Mujeres	60-más Grey Varones
Disfonía				1		1	1	2
Disfagia				2		2	2	2
Micosis		1	1	2			2	
Infección	2	2	1	2	1		2	
Pérdida de Peso						1		1
Esofagitis	2			1	2	1	2	1
Trastornos Hematológicos				1				
Alteraciones de la Piel								

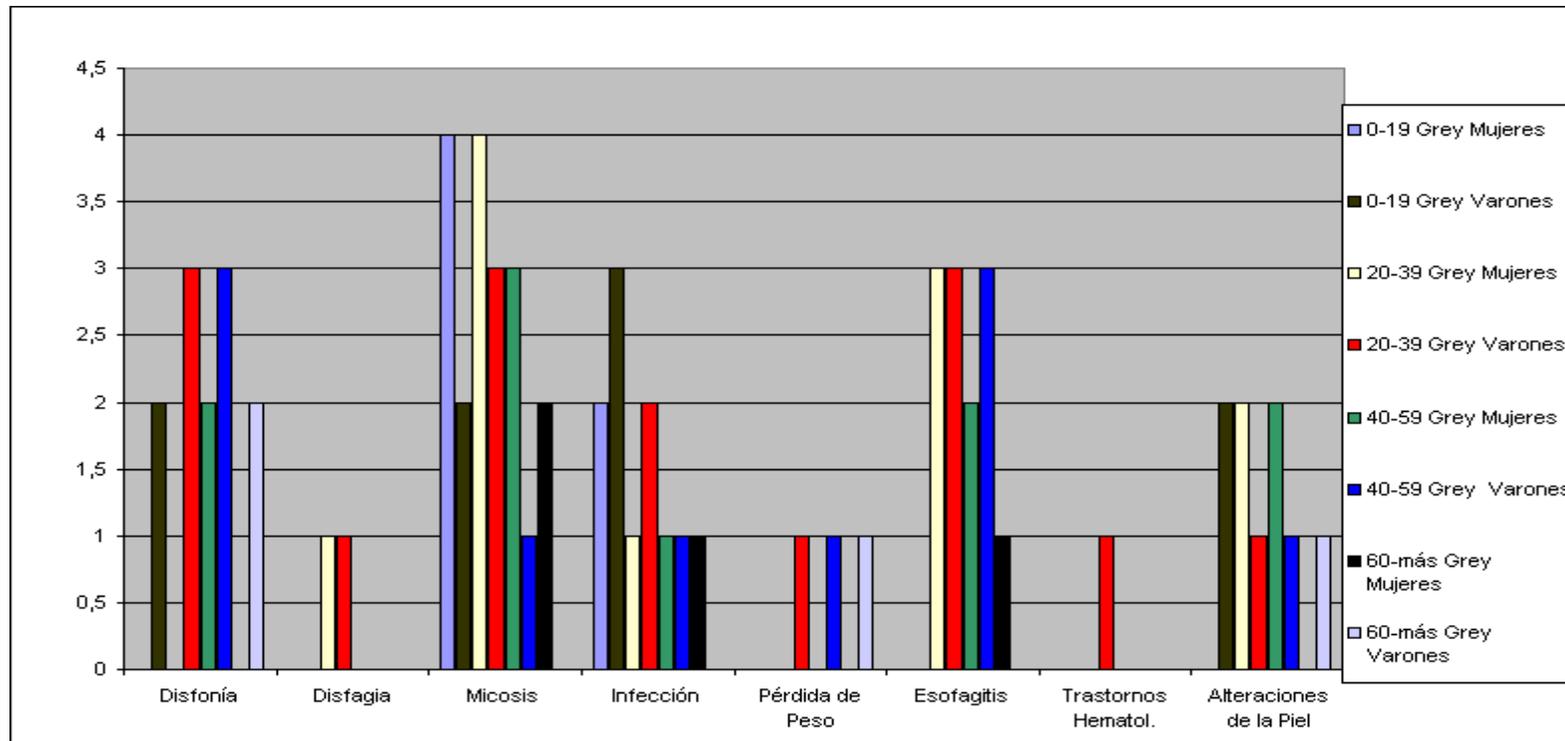


Los efectos secundarios en aplicaciones de dosis bajas (0-19 Grey) son mínimos en ambos sexos y a medida que aumenta la dosis los efectos secundarios aumentan también, con la diferencia que la mayor cantidad de efectos encontrados en varones se da con dosis de aplicación de 20 – 39 Grey y en las mujeres se da con aplicaciones de dosis de más de 60 Grey. Igualmente, tanto para varones y mujeres, los efectos secundarios de aplicación de dosis se dan mayormente cuando aumenta ésta.



Cuadro N°10 - Comparación de la distribución de Efectos Secundarios según Dosis de Aplicación entre varones y mujeres de 50 a 59 años.

Efectos/Dosis	0-19 Grey Mujeres	0-19 Grey Varones	20-39 Grey Mujeres	20-39 Grey Varones	40-59 Grey Mujeres	40-59 Grey Varones	60-más Grey Mujeres	60-más Grey Varones
Disfonía		2		3	2	3		2
Disfagia			1	1				
Micosis	3	2	3	3	3	1	2	
Infección	2	3	1	2	1	1	1	
Pérdida de Peso				1		1		1
Esofagitis			3	3	2	3	1	
Trastornos Hematológicos				1				
Alteraciones de la Piel		2	2	1	2	1		1

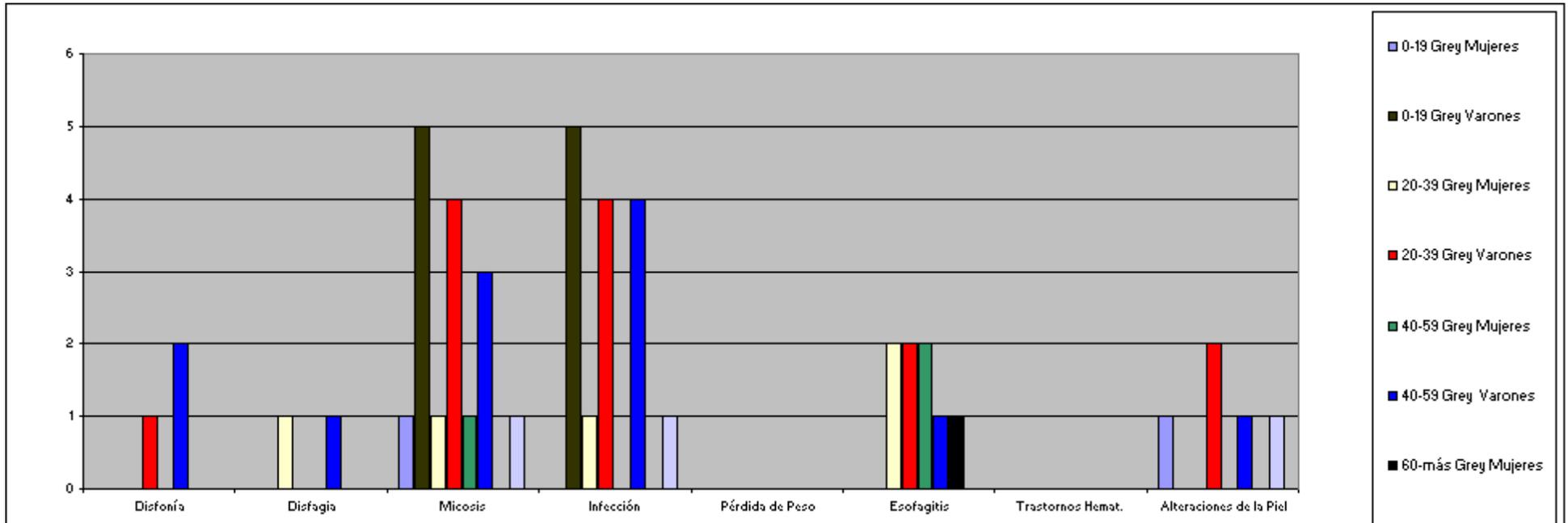


La dosis intermedias de 20 a 59 Grey son las que muestran la mayor cantidad de efectos secundarios tanto en varones como en mujeres. Salvo la aplicación de dosis de 0-19 Grey en varones en donde se observa una cantidad de efectos considerables, luego en bajas y altas dosis de aplicaciones, los efectos son menores en ambos sexos.



Cuadro N°11 - Comparación de la distribución de Efectos Secundarios según Dosis de Aplicación entre varones y mujeres de 60 a 69 años.

Efectos/Dosis	0-19 Grey Mujeres	0-19 Grey Varones	20-39 Grey Mujeres	20-39 Grey Varones	40-59 Grey Mujeres	40-59 Grey Varones	60-más Grey Mujeres	60-más Grey Varones
Disfonía				1		2		
Disfagia			1			1		
Micosis	1	3	1	3	1	3		1
Infección		3	1	3		3		1
Pérdida de Peso								
Esofagitis			2	2	2	1	1	
Trastornos Hematológicos								
Alteraciones de la Piel	1			2		1		1

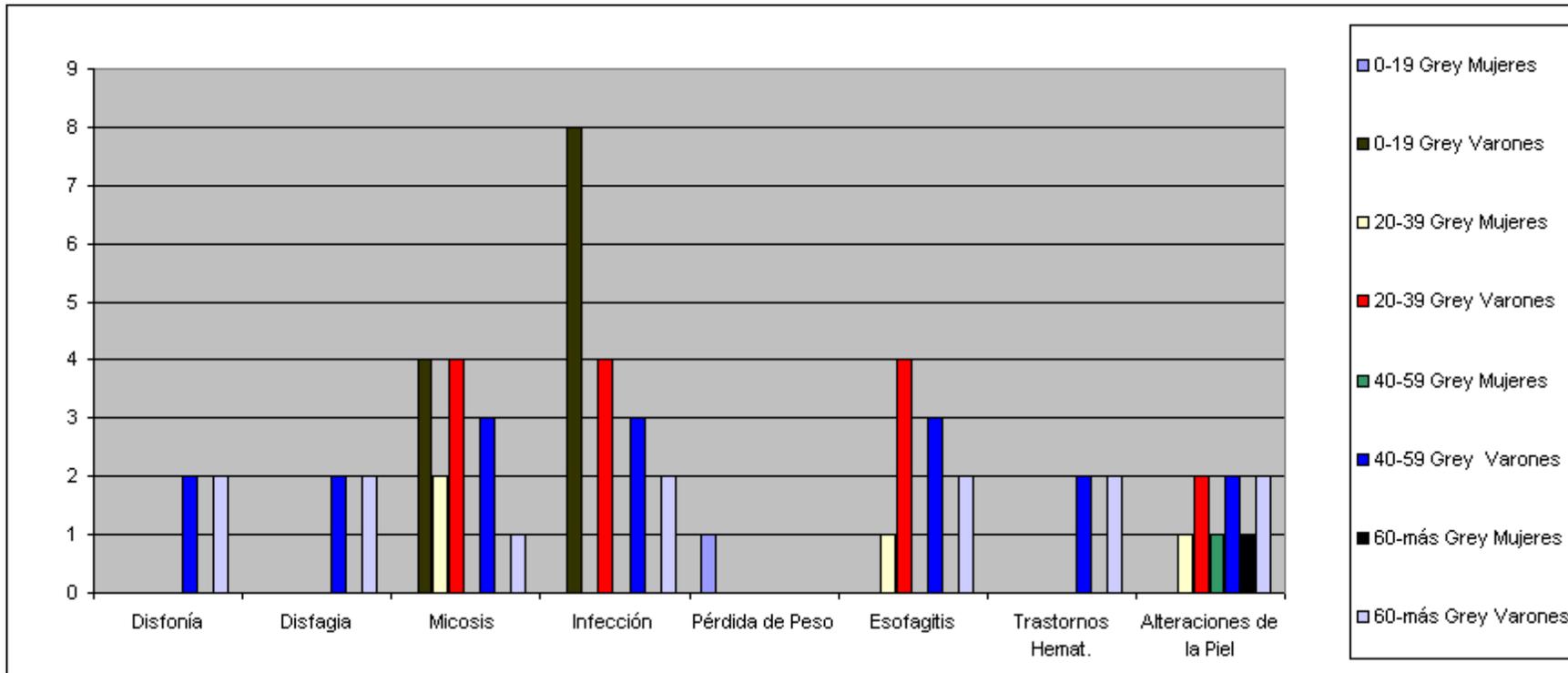


Al igual que el cuadro anterior, la mayor cantidad de efectos secundarios según la dosis en aplicación se dan en los valores medios de aplicación (20 – 59 Gray) sin distinguir el sexo del paciente; y disminuyen estos efectos cuando las dosis en los extremos de aplicación (0-19 Gray y 60 o más Grey). Igualmente se producen más cantidad de efectos en varones que en mujeres de edad entre 60 a 69 años.



Cuadro N°12 - Comparación de la distribución de Efectos Secundarios según Dosis de Aplicación entre varones y mujeres de 70 años en adelante.

Efectos/Dosis	0-19 Grey Mujeres	0-19 Grey Varones	20-39 Grey Mujeres	20-39 Grey Varones	40-59 Grey Mujeres	40-59 Grey Varones	60-más Grey Mujeres	60-más Grey Varones
Disfonía						2		2
Disfagia						2		2
Micosis		3	2	3		3		1
Infección		3		3		3		2
Pérdida de Peso	1							
Esofagitis			1	3		3		2
Trastornos Hematológicos						2		2
Alteraciones de la Piel			1	2	1	2	1	2



Los efectos secundarios se concentran principalmente en las dosis medias para los varones y a medida que aumentas las dosis, también aumentan los efectos secundarios producidos. En cambio, los efectos secundarios según dosis de aplicación para mujeres de más de 70 años son pocos en todos los niveles de dosificación.

CONCLUSIÓN.

En la actualidad, la radioterapia logró importantes avances tecnológicos que permitieron mejorar la calidad de vida y cuidados del paciente oncológico.

Sin embargo, existen una serie de efectos secundarios intra-tratamiento según las dosis de aplicación en los pacientes (generales, digestivos, hematológicos), tales como disfonía, disfagia, micosis, infección, pérdida de peso, esofagitis, trastornos hematológicos, alteraciones en la piel que se producen en varones y mujeres y varían según la edad y la dosis aplicada. (0-19 Grey, 20-39 Grey, 40-59 Grey, 60 o más Grey).

El problema que me planteé en este trabajo habla sobre los efectos secundarios intra-tratamiento en radioterapia en varones y mujeres con cáncer de cabeza y cuello mayores a 40 años en el Hospital San Martín de la ciudad de Paraná, provincia de Entre Ríos.

A través de la información analizada, concluyo que la hipótesis planteada es falsa. Contrariamente, la existencia de mayores efectos secundarios según dosis de aplicación en varones que en mujeres, en los cuatro rangos de edad analizados (40-49 años, 50-59 años, 60-69 años y más de 70 años). Si bien se demuestra que los hombres presentan mayor cantidad de efectos secundarios intratamiento que las mujeres, también es cierto que sin importar la dosis de aplicación, los hombres mayores a 50 años mostraron la gran mayoría de los efectos analizados.

A demás, concluí que a mayor cantidad de dosis aplicada, mayor es el número de efectos secundarios provocados.

Bibliografía.

- Morales Matorras Orlando. Campos Electromagnéticos y Salud Humana. Departamento de Salud Ocupacional, Facultad de medicina de la Universidad de McGill en Montreal. Canada, 2000. www.edyd.com .
- Ángel Roffo- “Pautas oncológicas” Diagnostico Tratamiento y Seguimiento del Cáncer. Editado por tiempo de comunicación Bs. As. 1988.
- Willian T. Moss. Willian N. Brand.”Radioterapia Clínica”. Salvat edic. S.A.
- Dr. Pablo Gissone. “Efectos Biológicos de las Radiaciones”. Comisión Nacional de Energia Atómica. (CNEA). Aspectos Físicos de la garantía de calidad en radioterapia. Protocolo de control de calidad- OIEA- Viena, Austria. Junio 2000.
- Stewart C. Bushong. “Manual de radiología para técnicos”. Editor: Elsevier España 2010.
- Autoridad Reguladora Nuclear (ARN). Informe Anual 1999.
- Valls A. Algara M. “La Irradiación Ganglionar Total en el Tratamiento de Enfermedades Autoinmunes” Medicina clínica Vol. 96. Barcelona. Año 1991.
- Gómez Federico. Parte I, Colegio Internacional de Médicos Nucleares AC. “Aspectos biológicos y medios básicos sobre las radiaciones Ionizantes”. Trabajo publicado en el boletín del Hospital Infantil de México. Año 2001.
- “Radioprotección en práctica médica”. 4ta jornada de protección radiológica del paciente. Ciudad de Santa Fe. Ing. Ricardo Sacc. CER consultora en radiaciones. Noviembre 2005.
- Página: Radiobiología. Colaboradores de Wikipedia. La enciclopedia libre. Última modificación 23 de Septiembre de 2013. Fecha de consulta 19 de Cctubre de 2013.
- “Tratado de radioterapia oncológica” F. Sanchiz Medina. A. Milla. Santos. A Valls Fontanals. Editorial “Espaxs”. Publicaciones Medicas Barcelona. Año 1994.