

Actualización en el efecto que produce la irradiación ionizante y no ionizante en la piel

Update on the effect produced by ionizing and non-ionizing irradiation on the skin

Autores

- ❖ Lina Maryudi Rodriguez López, MD.-Universidad del Tolima-
Correo: linismrl@gmail.com
- ❖ Karol Viviana Cortés Sánchez, MD.- Universidad Antonio Nariño-
Correo: kaco913@hotmail.com
- ❖ Constanza Dennys Lintsay Villalba Moreno, MD.-Universidad El Bosque-
Correo: conivillalba13@gmail.com
- ❖ Ariana Karime Velandia Martínez, MD.-Universidad Autónoma de Bucaramanga-
Correo: avelandia3@unab.edu.co
- ❖ Milton David Daza Arévalo, MD.- Universidad Militar Nueva Granada-
Correo: mdmildaz@gmail.com

Resumen

Introducción: Cada persona se expone de manera constante a todo tipo de fuentes de irradiación, por periodos prolongados, desencadenando cambios estructuralmente nocivos en el sistema orgánico, para el caso de esta revisión sistemática de la literatura se expondrán lesiones cutáneas que dé inicio pueden pasar desapercibidas pero que se van agravando con el correr del tiempo y que en ocasiones pueden ser la manifestación incipiente de una alteración patológica severa por dicha exposición. Durante este artículo revisaremos todas las posibles fuentes de irradiación especialmente a nivel ionizante que son las más usuales en el medio médico a través de la demanda de necesidad de ayudas diagnósticas por los pacientes, sus principales manifestaciones cutáneas, así como también estadificaremos su gravedad, de tal forma que sea posible identificar como evitarlas y medirlas si se expone a ellas. Finalmente se destacarán gráficamente las manifestaciones cutáneas características de este tipo de exposiciones en pacientes con enfermedades de base como por ejemplo Lupus Eritematoso Sistémico (LES), Psoriasis y radioterapia entre otras.

Objetivo: Identificar las características clínicas y sistémicas útiles a la hora de diagnosticar lesiones cutáneas producidas por exposición a todo tipo de radiaciones.

Método: Se realizó una búsqueda sistemática con términos Mesh, en bases de datos PubMed, Cinicalkey, Medscape, Lilacs, The New England Journal of Medicine y Google Academics desde febrero 2019 hasta la fecha. Se encontró una amplia variedad de artículos dentro de los cuales se encuentran revisiones sistemáticas, reporte de casos, estudios retrospectivos, estudios metacéntricos y revisiones bibliográficas, se seleccionaron un total de 40 artículos, los cuales incluían la tipificación de las lesiones cutáneas producidas por irradiación así como la diferencia en los tipos de irradiación que el entorno convencional, laboral, o de salud provee.

Palabras Clave: Piel, Irradiación, ionizante, lesión, quemadura, sol, cáncer, radioterapia.

Abstract

Introduction: *Each person is constantly exposed to all types of irradiation sources, for prolonged periods, triggering structurally harmful changes in the organic system, in the case of this systematic review of the literature, skin lesions will be exposed that start may go unnoticed but that they get worse with the passage of time and that sometimes can be the incipient manifestation of a severe pathological alteration due to said exposure.*

During this article we will review all the possible sources of irradiation, especially at ionizing level, which are the most common in the medical environment through the demand for the need for diagnostic aids by patients, their main skin manifestations, as well as stage their severity, from In such a way that it is possible to identify how to avoid them and measure them if exposed to them. Finally, the characteristic cutaneous manifestations of this type of exposures in patients with underlying diseases such as Systemic Lupus Erythematosus (SLE), Psoriasis and radiotherapy among others, will be highlighted graphically.

Objective: *Identify the clinical and systemic characteristics useful when diagnosing skin lesions caused by exposure to all types of radiation.*

Method: *A systematic search with Mesh terms was carried out in PubMed, Cinicalkey, Medscape, Lilacs, The New England Journal of Medicine and Google Academics databases from February 2019 to date. A wide variety of articles were found, including systematic reviews, case reports, retrospective studies, metacentric studies and bibliographic reviews, a total of 40 articles were selected, which included the typification of skin lesions produced by radiation as well as such as the difference in the types of radiation that the conventional, work, or health environment provides.*

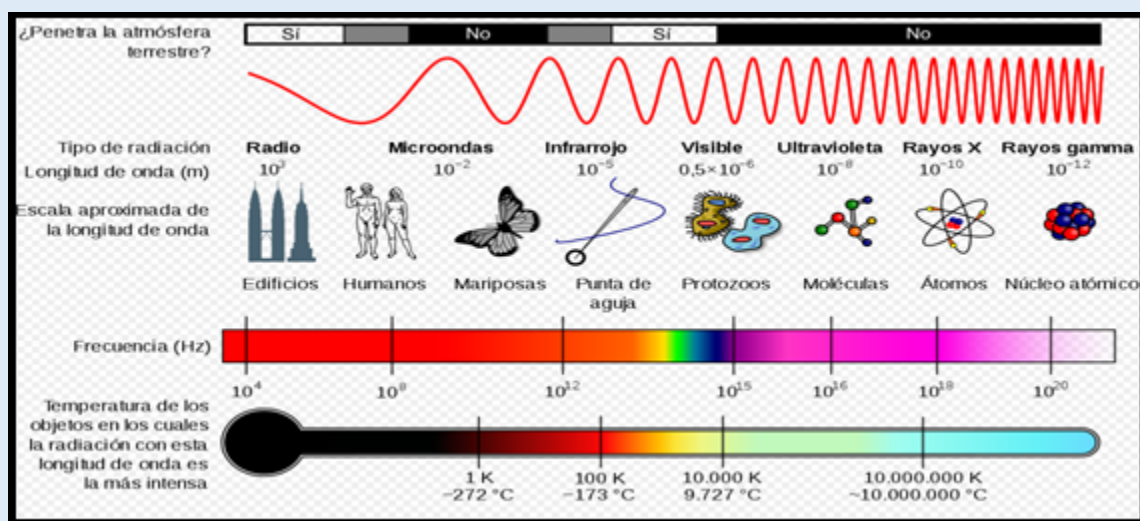
Keywords: *Skin, irradiation, ionizing, injury, burn, sun, cancer, radiotherapy.*

Introducción

Las Lesiones cutáneas producidas por irradiación ionizante

Por todos es conocido el aumento actual en la utilización de irradiaciones ionizantes en la industria, en la medicina moderna, como también en diferentes tipos de laboratorio que se dedican a la investigación científica. La creación de estas fuentes radio-activas ha traído un aumento en la producción de lesiones cutáneas originadas por el contacto con las mismas, que no solo provienen de una fuente intencional como la radioterapia, sino pueden venir de forma accidental (trabajo) o, incluso, del medio ambiente. La penetración de estos rayos en el hombre depende de su frecuencia y de su longitud de onda. Los rayos que tienen mayor longitud de onda y frecuencia menor son menos penetrantes quedándose en la superficie corporal (rayos Alfa-Beta Gamma y rayos ultravioletas) (1). La situación inversa produce rayos que penetran profundamente, atravesando algunos de ellos el cuerpo humano sin tener tiempo para fijarse en los tejidos. Pero tanto unos como otros son causantes de la formación de iones libres intracelulares, que traerán como resultado la destrucción de las células en general. A continuación, presentaremos diversas alteraciones cutáneas, y analizaremos el tratamiento justificado para cada situación (2) (3).

Figura 1. Longitud de onda de los diferentes tipos de Radiación.



Fuente: Tomada de SERAM. Vol. 12; 2019.

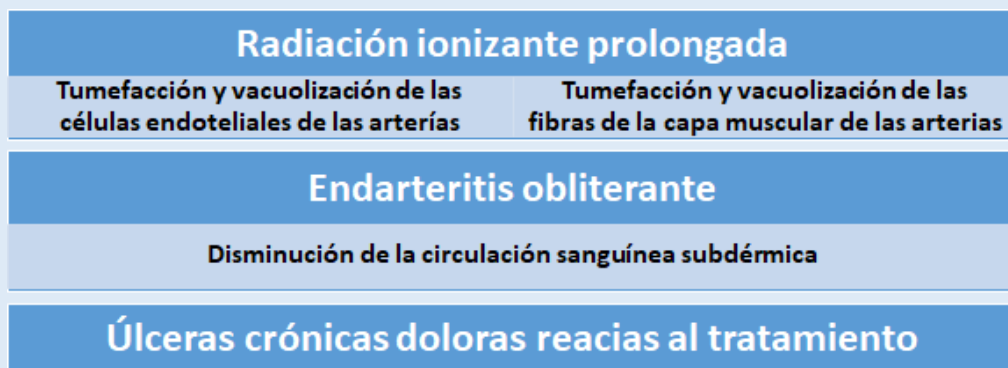
En general, la radiación ionizante se refiere a ondas electromagnéticas de alta energía (rayos X y rayos gamma) y partículas (partículas alfa, partículas beta y neutrones) que son capaces de arrancar electrones a los átomos (ionización). La ionización cambia la estructura química de los átomos afectados y de las moléculas que contengan dichos átomos. Al cambiar las moléculas de la tan ordenada estructura celular, la radiación ionizante puede alterar y lesionar las células. La radiación ionizante la emiten sustancias radiactivas (radionúclidos) como el uranio, el radón y el plutonio. También, la producen dispositivos como los aparatos de rayos X y de radioterapia. Otras formas de radiación electromagnética son las ondas de radio (como las de teléfonos móviles y las de transmisores de radio AM y FM) y la luz visible. Sin embargo, debido a su energía menor, estas formas de radiación no son ionizantes (4).

Acción fisiologicoanatómica de la radiación celular

La interacción de las radiaciones con el material biológico es posible a través de dos formas: directamente sobre las moléculas biológicas o indirectamente, a través de la formación de radicales libres. Esa interacción condiciona el daño del material genético, lo que conduce a la muerte celular en la primera división mitótica, por ruptura de la cadena de ADN, o por apoptosis (5). El daño tisular estructural es inmediato, en el que intervienen igualmente los eventos de ionización del medio y formación de radicales libres con modificaciones irreversibles de carbohidratos, lípidos y proteínas celulares. La tolerabilidad a la radiación de la célula, en específico de la célula cutánea, dependerá de su capacidad de sustitución de células dañadas por células funcionales (6).

A continuación, en la figura 2 se presentan las lesiones cutáneas por exposición ionizante y los efectos de la radiación en los tejidos subdérmicos.

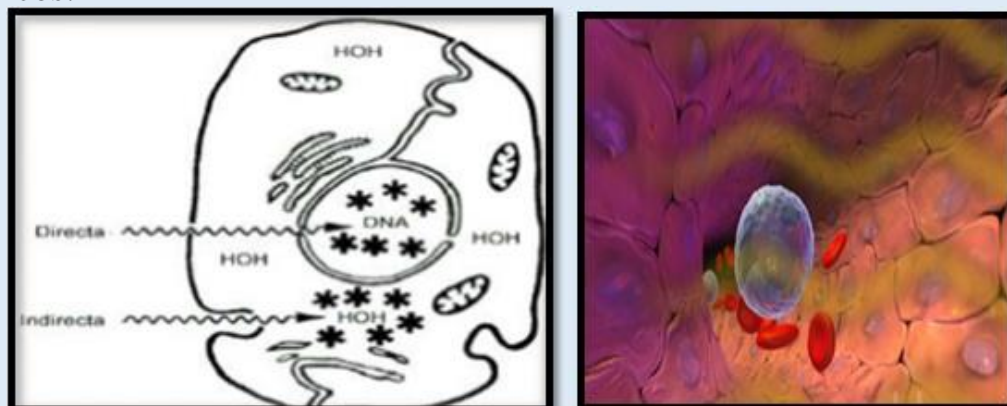
Figura 2. Lesiones cutáneas por exposición ionizante. Efectos de la radiación en los tejidos subdérmicos.



Fuente: Tomada de unidad de cirugía plástica y reconstrucción del hospital General S.S.A.

Los mecanismos de lesión pueden tener una acción directa. Es el daño resultado de la ionización de los átomos de moléculas claves para el sistema biológico (núcleo) causando inactivación estructural y de función de la molécula o una acción indirecta. Involucra la producción de radicales libres reactivos que causarán daño tóxico en moléculas claves (7) y aumento de la absorción de la radiación, por estar estas suspendidas en agua. Así mismo, los tipos de lesiones que pueden ser agudas (inmediatas), son exposiciones breves a altas dosis de radiación que causa efectos visibles en cuestión de minutos. En cuanto a las lesiones, también pueden ser crónicas (retardas), a causa de exposiciones prolongadas a bajas dosis de radiación, haciéndose evidente en años o semanas después (8).

Figuras 3 y 4. Daño celular radiación. Efectos celulares genómicos y sistémicos.



Fuente: Tomada de unidad de dermatología de la Medicina Interna de Harrison.

Figuras 5 y 6. Acción de la Radiación en piel. Efectos agudos en palmas y crónicos en región infraaxilar y supraepigástrica,



Fuente: Tomada de unidad de dermatología de la Medicina Interna de Harrison.

En cuanto a los efectos sistémicos, puntualmente se presentan cambios morfológicos –funcionales, dependiendo del tiempo y dosis de radiación, que va desde el suceso hasta la valoración y esta se produce en dos fases: a) **Cambios iniciales:** Pueden tornarse reversible o irreversibles y surgen menores a seis meses, como inflamación y hemorragia. B) **Cambios tardíos:** Son permanentes, irreversibles y progresivos. Estos surgen mayores a 6 meses y son atrofia, esclerosis y fibrosis. Específicamente, en la piel encontraremos tanto tardíos como tempranos. A nivel biológico incluyen eritema y depilación temporal, destrucción de subrogarnos, como glándulas sebáceas, vasos sanguíneos y sudoríparas, desencadenando patologías graves en el paciente (9) (10).

Papel de la irradiación en nuestro día a día

La contaminación es el contacto y la retención de un material radiactivo, normalmente en forma de polvo o líquido. La contaminación externa es la que está en la piel o en la ropa, de donde parte puede desprenderse o ser eliminada con un cepillo, y contaminar a otras personas y objetos. La contaminación interna es absorbida por el cuerpo por ingestión, inhalación o a través de cortes en la piel. Una vez en el cuerpo, el material radiactivo puede ser transportado a varios lugares, como la médula ósea, donde continúa emitiendo radiación, aumentando la dosis, hasta que se extrae

o emite toda su energía (degradación). La contaminación interna es más difícil de eliminar que la contaminación externa (11).

Fuentes de exposición a la radiación

Las personas están expuestas constantemente a niveles bajos de radiación de origen natural (radiación de fondo) y de vez en cuando a la radiación procedente de fuentes artificiales. La radiación natural de fondo varía enormemente en todo el mundo y también dentro de los países. En Estados Unidos, por ejemplo, la población recibe una media de unos 3 mSv al año proveniente de fuentes naturales, y el rango de exposición varía de forma aproximada entre 0,5 y 20 mSv por año en función de la región, la elevación por encima del nivel del mar y la geología local (12). De media se recibe una dosis adicional de 3 mSv/año desde fuentes manufacturadas (principalmente dispositivos médicos), por lo que el promedio total de dosis efectiva es de aproximadamente 6 mSv/año. Dentro de estas encontramos la radiación solar y cósmica procedente del espacio exterior.

La atmósfera terrestre bloquea la radiación cósmica y solar en gran medida, pero esta se concentra en los polos norte y sur por el campo magnético terrestre. Por eso, la exposición a la radiación cósmica es mayor para las personas que viven cerca de los polos o a gran altitud, y también, para las que viajan en avión. Los elementos radiactivos, particularmente el uranio y los productos radiactivos en los que este se degrada (como el gas radón), se encuentran en muchas piedras y minerales. Estos elementos terminan incluidos en distintas sustancias, entre otras, los alimentos, el agua y los materiales de construcción. La exposición al radón supone normalmente alrededor de los dos tercios de exposición a una radiación natural (13)(14).

En cuanto a la radiación artificial La exposición también se produce desde otras fuentes artificiales, tales como los accidentes de radiación y las lluvias radiactivas de ensayos anteriores con armas nucleares. Sin embargo, estas exposiciones representan una parte mínima de la exposición anual para la mayoría de la población. Por lo general, los accidentes de radiación afectan a las personas que trabajan con materiales radiactivos y fuentes de rayos X, como irradiadores de alimentos, fuentes industriales de radiografía y máquinas de rayos X. Estos trabajadores pueden recibir dosis considerables de radiación.

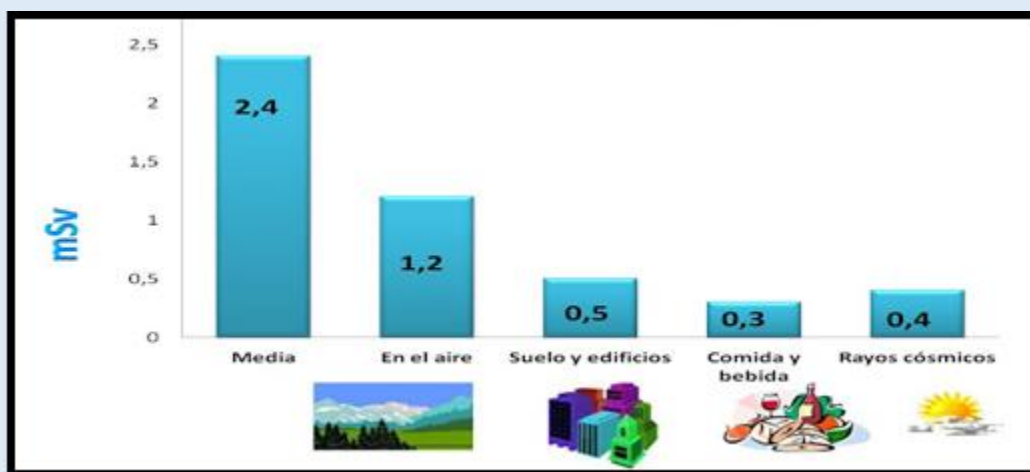
Estos accidentes son muy poco frecuentes y, por lo general, son consecuencia de no seguir los procedimientos de seguridad. La exposición a la radiación, también se ha producido a veces por la pérdida o el robo de elementos médicos o industriales que contenían grandes cantidades de material radiactivo. También, se han producido lesiones por radiación en pacientes que reciben radioterapia o a los que se les ha realizado ciertos procedimientos médicos guiados por radioscopia (fluoroscopia) que muestra una imagen de rayos X móvil en una pantalla. Algunas de estas lesiones son el resultado de accidentes o uso inapropiado, pero a veces, en los casos más complejos, el uso adecuado de este tipo de procedimientos puede causar complicaciones inevitables y reacciones tisulares inducidas por la radiación (15).

Tabla 1. Dosis media anual de radiación ionizante (mrem).

Rayos X médicos	Personal médico	300 a 500
	Pacientes	100
Rayos X dentales	Personal dental	50 a 120
	Pacientes	3
Vivienda	Piedra	50
	Ladrillo, hormigón	35
Viajes aéreos	Tripulación	160
	Pasajeros	3
Central Nuclear	Población cercana	10
	Población general	1

Fuente: Tomada de SERAM Vol. 12; 2019.

Figura 7. Dosis media anual de radiación de origen natural (mSv).



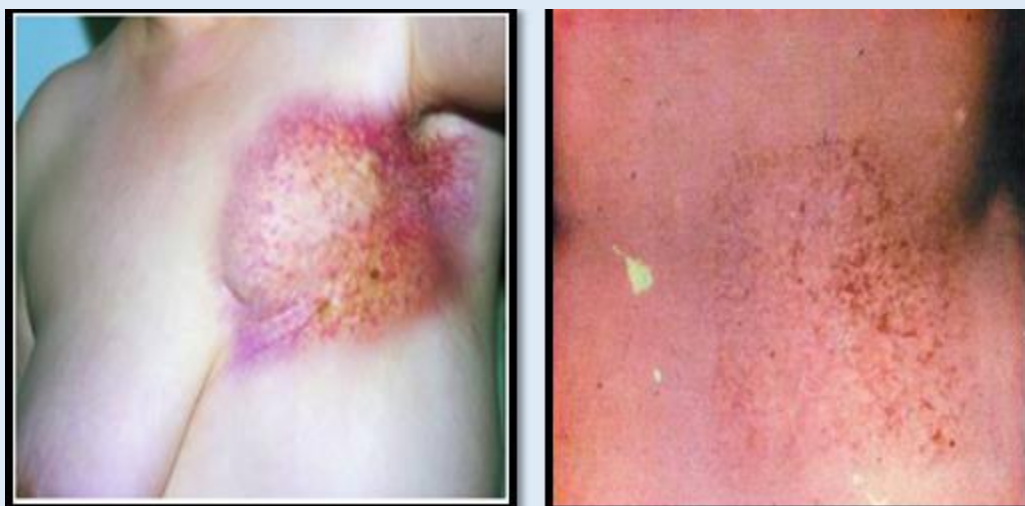
Fuente: Tomada de SERAM Vol. 12; 2019.

Efectos cutáneos producidos por irradiación ionizante

1. Lesiones fluoroscópicas: La mayoría se producen tras diversas exposiciones a las pantallas de fluoroscopia. Lo más llamativo, es que no son inmediatas sino a largo plazo, por lo cual el paciente puede consultar al médico tratante y si se presenta un sesgo de memoria, este no podría asociar la lesión con su verdadera naturaleza, desviando el verdadero diagnóstico etiológico de la lesión. A continuación, retomaremos varios casos clínicos que ejemplifican este tipo de sucesos más común de lo que pareciera (16) (17).

Caso 1: Paciente de 47 años que había sido sometida a un repetido estudio fluoroscópico, con el fin de investigar una úlcera duodenal. La paciente regresó 12 años después con las mismas molestias, por lo cual fue sometida a un nuevo estudio fluoroscópico, siendo precisamente este examen el que desencadenó una área de radiodermatitis en la región dorso lumbar e infraxilar (18).

Figuras 8 y 9. Radiodermatitis crónica. Se observa lesiones erosivas en región infraxilar y dorsolumbar.



Fuente: Tomada con fines académicos del vol. 3 de la ACR, 2020.

Caso 2: En este paciente, el tratamiento estaba justificado, pero técnicamente mal aplicado. Desarrolló 15 años más tarde de haber sido tratado una severa radiodermatitis con radionecrosis en un hemangioma de la cara.

Figuras 10 y 11. Radiodermatitis con radionecrosis en hemangioma submandibular y región palpebral posoperatorio por radionecrosis.



Fuente: Tomada del Vol. 3 de la ACR; 2020.

Caso 3: Paciente con una profunda quemadura de un codo, a causa de la aplicación de irradiación ionizante con el fin de tratar un dolor articular.

Figuras 12 y 13. Quemaduras por irradiación, en región del codo y de modo bilateral en región costolumbar.



Fuente: Tomada con fines académicos del vol. 3 de la ACR, 2020.

Caso 4: Pacientes que sufrieron de irradiación accidental. Uno de ellos correspondió a las manos de un médico que expuso sus manos a la pantalla fluoroscópica, con el fin de extraer un cuerpo extraño de la mano de otro paciente y, el otro caso correspondió a un paciente que por ignorancia

introdujo entre sus ropas una cápsula radioactiva, habiendo presentado poco después síntomas generales severos y tardíamente una profunda quemadura en la región glútea (19) (20).

Figuras 14 y 15. Quemaduras por irradiación, radiodermatitis en manos medicas y radiodermatitis por una cápsula de viridium introducida en la bolsa posterior del pantalón.



Fuente: Tomada del Vol. 6 de la ACD; 2020.

El tratamiento consiste en la eliminación de los tejidos irradiados sustituyéndolos por tejidos sanos. Los procedimientos sugeridos son:

- a) Rotación de colgajos vecinos.
- b) Aplicación de injertos libres.
- c) Transporte de colgajos a distancia.
- d) En algunos de ellos se llegó a las amputaciones de extremos distales de dedos que estaban francamente necrosados (21) (22).

Los colgajos son el procedimiento de elección cuando las lesiones son profundas y dejaban al descubierto articulaciones, huesos y tendones; o bien cuando el área a reconstruirse está sometida continuamente a presión y a la fricción (palma de las manos y planta de los pies). Se recomienda usar injertos libres una vez que habiéndose practicado la resección de los tejidos irradiados, exista un buen lecho receptor capaz de nutrir un injerto. Se rotarán colgajos a distancia cuando los tejidos vecinos no permitían el empleo de los mismos (23).

2. Lesiones posradioterapia: La radioterapia es una forma de tratamiento que no garantiza la integridad de los tejidos normales, especialmente la piel,

siendo inevitable la aparición de cambios en sus células. Por tanto, las radiodermatitis pueden ser un problema clínico significativo en cualquier población que reciba radioterapia (24).

Las radiodermatitis son el conjunto de lesiones dermatológicas que aparecen debido a la exposición de la piel a radiaciones ionizantes de alta energía, como sucede en este tipo de acciones terapéuticas. Aunque los cambios cutáneos ocurren desde el inicio de la exposición, las reacciones en su forma aguda suelen ser visibles alrededor de la segunda a la tercera semana de tratamiento, alcanzando un pico en el extremo o dentro de la semana de finalización del tratamiento (27) y con dosis acumuladas superiores a 7 Gy (24).

Se manifiestan como lesiones eritematosas, descamativas, erosivas o ulcerativas cuyos síntomas asociados son principalmente el dolor y el prurito. La clasificación que frecuentemente se utiliza para valorar el grado de la dermatitis por radiación es la propuesta por el *Group Radiation Therapy Oncology / European Organization for Research and Treatment of Cancer* (RTOG/EORTC). Esta establece cinco grados para estratificar la intensidad de la reacción, que va desde el estado basal sin cambios hasta la evidencia de úlcera y/o necrosis. Una de las limitaciones de este sistema es que califica como iguales la descamación seca y el eritema leve, aun cuando para el paciente difiere en gravedad (25)(26).

Finalmente, vale aclarar que también influyen factores de hecho coexistentes en los pacientes como la raza, la edad, el género, los antecedentes familiares, e incluso, el tipo de cáncer en tratamiento. Este tipo de alteraciones requieren manejos tópicos a través corticoides y ungüentos refrescantes (27).

Tabla 2. Clasificación según escala RTOG/EORTC. Efectos en la piel por radiación en pacientes tratados con radioterapia.

Escala RTOG/EORTC	n	%
Grado 0	29	56,9
Grado 1	9	17,6
Grado 2	6	11,8
Grado 3	1	2,0
Grado 4	6	11,8
Total	51	100,0

Fuente: Tomada de ACD Vol. 10; 2019

Tabla 3. Dosis acumulada de radiación, según el número de terapias recibidas por el paciente oncológico.

Radiación	Mínimo	Máximo	Mediana	Media	DS	Rango
Dosis Acumulada (cGy)	1.080	6.000	2.700	3.002,73	1.277,89	4.920
Número de sesiones de radiación	6	31	14	15,86	6,93	25

Fuente: Tomada con fines académicos de ACD vol. 10 .2019.

Tabla 4. Relación de variables influyentes. Se observa acción de la variable independiente sobre los factores coexistentes en los pacientes tratados con radioterapia.

Variable Independiente	Valor χ^2	g.l.	<i>p</i>
Edad	12,145	7	0,096
Estado nutricional	10,441	2	0,005
Antecedentes tabáquicos	0,715	2	0,699
Hipertensión arterial crónica	3,060	1	0,800
Diabetes mellitus tipo 2	0,744	1	0,388
Tipo de tumor irradiado	19,880	15	0,177
Estadio del cáncer	6,136	3	0,105
Localización del tumor	11,047	4	0,026
Uso de quimioterapia	1,958	1	0,162
Cirugía previa	0,132	1	0,716
Tipo de radioterapia	0,134	1	0,714

Fuente: Tomada de ACD Vol. 10: 2019.

Figuras 16 y 17. Dermatitis inflamatoria asociada a radioterapia. Región bulbar y cuello.



Fuente: Tomada del Vol. 6 de la ACD; 2020.

3. Lesiones por radiación solar: La radiación solar se compone de radiación visible e invisible. La fracción invisible de la luz, representada por los rayos ultravioleta A (UVA) y ultravioleta B (UVB) es la causante de la mayoría de los problemas de piel. Los rayos ultravioleta son más intensos y peligrosos en verano, en zonas próximas al ecuador, y en grandes altitudes (28)(29). También, pueden tener una intensidad significativa en los días nublados (es sabido que nos podemos quemar en la playa incluso en un día nublado). Es el efecto inmediato del sol más conocido, y es debido a los ultravioleta B. Puede aparecer durante las 24 horas siguientes a una exposición solar intensa. Una quemadura grave puede provocar enrojecimiento, dolor, hinchazón, e incluso ampollas. En casos graves pueden aparecer síntomas generales, como fiebre, escalofríos o dolor de estómago, que indican una atención médica urgente (30).

Ciertas barreras físicas como el cristal de una ventana dejan pasar los UVA, y ciertas ropas de tejidos poco tupidos pueden dejar pasar hasta un 50% de la luz ultravioleta, y todo esto debe tenerse muy en cuenta. La protección solar puede ayudar a prevenir los daños inducidos por la luz solar y reducir el riesgo de cáncer. La primera medida de fotoprotección debe ser evitar el sol en las horas centrales del día (Entre 10 am y 4 pm) y utilizar ropas adecuadas (protección física). En último término, deben emplearse las conocidas cremas fotoprotectoras. (pfs UVA/UVB 100), teniendo presente que no existen protectores solares perfectos y que La mayoría son buenos bloqueadores del UVB, que causa el enrojecimiento o eritema solar, y las quemaduras solares, pero no cubren tanto el UVA, que está más asociado con el daño de la piel y el cáncer cutáneo (31)(32).

Figuras 18 y 19. Quemaduras solares en piel. Región anterior del hombro y región Dorsal.



Fuente: Tomada del vol. 6 de la ACD; 2020.

Existe la necesidad de recordar la puericultura diaria que se debe tener con la piel. En ese orden, tenemos las siguientes recomendaciones: usar protector solar a diario en piel expuesta y no expuesta, incluso en labios y días nublados. El protector solar debe aplicarse de nuevo cada 2 horas. Usar accesorios que cubran del sol como sombrero y gafas. Planee sus actividades al aire libre fuera de las horas de mayor insolación (entre 10 am y 4 pm) (33).

4. Efecto de la radiación sobre enfermedades de base: La mayoría de enfermedades con alteración inmunológica se ven seriamente afectadas, desde la regeneración de la piel y lesión de la misma frente a la exposición de diferentes fuentes de radiación, especialmente, en la de origen ionizante. A continuación, relacionaremos las de mayor impacto por este hecho (34) (35).

Figuras 20 y 21. Quemaduras cutáneas en paciente con lupus eritematoso sistémico de base. Efecto de irradiación de fondo región malar y úngueal, irradiación ionizante en región malar.



Fuente: Tomada del Vol. 6 de la ACD: 2020.

Figuras 22 y 23. Quemaduras cutáneas en paciente con psoriasis de base. Efecto de irradiación de fondo región dorsal, irradiación ionizante en región supra e infra pectoral.



Fuente: Tomada del Vol. 8 de la ACR, 2020.

Figuras 24 y 25. Radiodermatitis en paciente con Acné. Región facial generalizada, lesión malar circunscrita por efecto inflamatorio y alérgico.



Fuente: Tomada del Vol. 2, ACD; 2020.

Figuras 26 y 27. Radiodermatitis en paciente con cáncer basocelular en piel. Lesión causada por radiación de fondo y lesión causada por radiación ionizante.



Fuente: Tomada del Vol. 2, ACD; 2020.

Conclusiones

Cada ser humano se expone constantemente a diferentes fuentes de irradiación y aunque en la mayoría de ocasiones no se siente su presencia, es importante conocer de su existencia y tomar todas las medidas necesarias para evitar las lesiones cutáneas anteriormente expuestas. En esta causalidad, el medico tratante tiene un papel fundamental al alertar al paciente sobre las mismas (36)(37).

Puede justificarse el cambiar la presencia de una neoplasia maligna por la de una quemadura por irradiación. Sin embargo, la dosis terapéutica indicada debe ser precisa para no llegar a producir quemaduras en aquellos casos en que se justifica el empleo del tratamiento (38). Por lo cual, debe existir mayor conocimiento de las personas encargadas de manejar fuentes

radioactivas a fin de evitar los accidentes por ignorancia (médicos, enfermeras y técnicos). Finalmente, para el caso de la exposición por radioterapia, como factores relacionados con la incidencia de reacciones dermatológicas, se asociaron el índice de masa corporal superior a 25 y la ubicación del tumor en regiones con pliegues cutáneos como el cuello y el tórax (39).

Las radiaciones ionizantes producen un efecto acumulativo a través de repetidas exposiciones. Esto se demuestra en los casos mencionados en la cual un simple examen fluoroscópico desarrolló la presencia de una radiodermatitis 12 años después de haber sido sometida a otros estudios fluoroscópicos. El último examen practicado pocas semanas antes hizo aparecer la lesión ya descrita. Lo cual llama a la reflexión sobre el impacto de las herramientas tecnológicas y no tecnológicas disponibles (40).

Responsabilidades morales, éticas y bioéticas

Protección de personas y animales: Los autores declaramos que, para este estudio, no se realizó experimentación en seres humanos ni en animales. Este trabajo de investigación no implica riesgos ni dilemas éticos, por cuanto su desarrollo se hizo con temporalidad retrospectiva. El proyecto fue revisado y aprobado por el comité de investigación del centro hospitalario. En todo momento, se cuidó el anonimato y confidencialidad de los datos, así como la integridad de los pacientes

Confidencialidad de datos: Los autores declaramos que se han seguido los protocolos de los centros de trabajo en salud, sobre la publicación de los datos presentados de los pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado: Los autores declaramos que en este escrito académico no aparecen datos privados, personales o de juicio de recato propio de los pacientes.

Financiación: No existió financiación para el desarrollo, sustentación académica y difusión pedagógica.

Potencial conflicto de interés(es): Los autores manifiestan que no existe ningún(os) conflicto(s) de interés(es), en lo expuesto en este escrito estrictamente académico.



Referencias

- 1.CONVERSE: Radiation Burns. Tomo III, 266-285, 2020.
- 2.CECIL Y LOEB: Lesiones por radiaciones. Págs. 484-489, 2020.
- 3.DOMARUS: Efectos nocivos de los Rayos X. Radiación ionizante.Págs. 1743-1745-1768, 1965.2020.
- 4.HARRISON: Radiaciones y cáncer. Págs. 418-419, 2020.
- 5.HARRISON: Radiación solar. Págs. 719, 2020.
- 6.IRGASABAL: Lesiones producidas por Rayos X. Tomo I, páginas 2020.
- 7.JAMF.S BARRET: F.A.C.S.; FRANK McDOWELL, F.A.C.S. and MITOT.2020
- P., Fryer, M. D.: Surgical Tratament of Radiation Burns. Sí. Louis, Missouri 2019
- 8.KAHN, BANSKY, S.: Lesiones por radiación. Capítulo VIII, páginas 155-165, 2019.
- 9.ORTIZ MONASTERIO Y SERRANO REBEIL: Radiodermatitis. Revista Dermatológica de México. Vol. III. Sept. 2019.
- 10.Plástic and Reconstructiva Surgery. Carcinomatus complicaron in radiodermatitis. Vol. 32 pág.447-450. Jun-Dic. 2019.
- 11.Plástic and reconstructive surgery. Radiodermatitis. Vol. 44 N 3, Septiembre 2019.
- 12.RICHARD STARK: Radiodermatitis. Págs. 192-200,2019.
- 13.NOWINSKY SAEZ, R.: Biología celular. Radiaciones y su efecto genético. Séptima Edición. Págs. 353-1868.
- 14.WILLIAM, C; GRABE AND JAMES W. SMITH: Cirugía Plástica. Lesiones por radiación. Cap. 25 Pág. 446, 2019.
15. Alcaraz M. 2019. Bases físicas y biológicas del radiodiagnóstico médico. Segunda edición. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia, Murcia, España, pp. 272.
16. Garza Salazar DP, Ocampo-Candiani J. 2019. Dermatitis por radiación. Generalidades y su asociación con el cetuximab. Med. Cutan. Iber. Lat. Am. 38(3):127-133.
17. Henki M. 2019. Correction of cancer anemia-impact on disease course, prognosis and treatment efficacy, particularly for patients undergoing radiotherapy. Onkologie. 24(5):450-454.

18. Hymes S, Strom E, Fife C. 2019. Radiation dermatitis: clinical presentation, pathophysiology and treatment. *J. Am. Acad. Dermatol.* 54(1):28-46.
19. Kraus-Tiefenbacher U, Sfintizky A, Welzel G, Simeonova A, Sperk E, Siebenlist K, Mai S, Wenz F. 2019. Factors of influence on acute skin toxicity of breast cancer patients treated with standard external beam radiotherapy (EBRT) after breast conserving surgery (BCS). *Radiat. Oncol.* 7:217. doi:10.1186/1748-717X-7-
20. Wenz F. 2019. Factors of influence on acute skin toxicity of breast cancer patients treated with standard external beam radiotherapy (EBRT) after breast conserving surgery (BCS). *Radiat. Oncol.* 7(9):217-237
21. Niyazi M, Maihoefer C, Krause M, Rödel C, Budach W, Belka C. 2019. Radiotherapy and "new" drugs-new side effects? *Radiat. Oncol.* 6:177. doi:10.1186/1748-717X-6-177.
22. Pignol JP, Olivotto I, Rakovitch E, Gardner S, Sixel K, Beckham W, Thuc Vu TT, Truong P, Ackerman I, Paszat L. 2019. A multicenter randomized trial of breast intensity-modulated radiation therapy to reduce acute radiation dermatitis. *J. Clin. Oncol.* 26(13):2085-2092.
23. Porock D, Kristjanson L, Nikoletti S, Cameron F, Pedler P. 2019. Predicting the severity of radiation skin reactions in women with breast cancer. *Oncol. Nurs. Forum.* 25(6):1019-1029.
24. Rodríguez Peralto J, Alonso S, Segurado A. 2019. Radiodermatitis. En: Herrera Ceballos E, Moreno Carazo A, Requena Caballero L, Rodríguez Peralto J. (Eds). *Dermatopatología: correlación clínico-patológica*. Área Científica Menarini, Madrid, España, pp. 550-553.
25. Stone HB, Coleman CN, Anscher MS, McBride WH. 2019. Effects of radiation on normal tissue: consequences and mechanisms. *Lancet Oncol.* 4(9):529-536
26. Teixeira Pires AM, Araujo Segreto R, Cômodo Segreto HR. 2019. Evaluación de las reacciones agudas de la piel y sus factores de riesgo en paciente con cáncer de mama sometidos a radioterapia. *Rev. Latino-am Enfermagem.* 16(5):844-849
27. Wells M, MacBride S. 2019. Radiation skin reactions. In: Faithfull S, Wells M. (Eds). *Supportive care in radiotherapy*. Primera ed. Churchill Livingstone, Surrey, Inglaterra, pp. 135-159

28. S. Missios, "Hippocrates, Galen, and the Uses of Trepanation in the Ancient Classical World," *Neurosurgical Focus* 23(1):E11 (2019); P. Marino and M. GonzalesPortillo, "Preconquest Peruvian Neurosurgeons: A Study of Inca and Pre-Columbian Trephination and the Art of Medicine in Ancient Peru" *Neurology* 47:4, (2018), pp.940–955.
29. Mokbel K (2019). «The evolving role of aromatase inhibitors in breast cancer». *Int J Clin Oncol* 7 (5): pp. 279–83. doi:10.1007/s101470200040. PMID 12402060.
30. Simpson ER (2019). «Sources of estrogen and their importance». *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology* 86 (3–5): pp. 225–30. doi:10.1016/S0960-0760(03)00360-1. PMID 14623515.
31. Howell A, Cuzick J, Baum M, et al. (2019). «Results of the ATAC (Arimidex, Tamoxifen, Alone or in Combination) trial after completion of 5 years' adjuvant treatment for breast cancer». *The Lancet* 365 (9453): pp. 60–2. doi:10.1016/S0140-6736(04)17666-6. PMID 15639680.
32. Grube BJ, Eng ET, Kao YC, Kwon A, Chen S (December 2018). «White button mushroom phytochemicals inhibit aromatase activity and breast
33. Chen S, Oh SR, Phung S, Hur G, Ye JJ, Kwok SL, Shrode GE, Belury M, Adams LS, Williams D (December 2018). «Anti-aromatase activity of phytochemicals in white button mushrooms (*Agaricus bisporus*) ». *Cancer Res.* 66 (24): pp.12026–31. doi:10.1158/0008-5472.CAN-06-2206. PMID 17178902J.
34. Attar E, Bulun SE (May 2018). «Aromatase inhibitors: the next generation of therapeutics for endometriosis?». *Fertility and Sterility* 85 (5): pp. 1307–18. doi:10.1016/j.fertnstert.2005.09.064. PMID 16647373.
35. Hero M, Wickman S, Dunkel L (2018). «Treatment with the aromatase inhibitor delay of puberty». *Clin Endocrinol (Oxf)* 64 (5): pp. 510–3. doi:10.1111/j.1365-2265.2006.02499.x. PMID 16649968.
36. Anticuerpos monoclonales terapéuticos. Informe de vigilancia tecnológica. Genoma España, Fundación General de la Universidad Autónoma de Madrid. Consultado el 13 de junio de 2018.
37. Rondón, Carlos (03 de agosto de 2012). «Anticuerpo monoclonal FG-3019 para la Fibrosis Pulmonar recibe aprobación como medicamento huérfano por la FDA». Consultado el 03 de agosto de 2018.

38. Bishop MR, Pavletic SZ. Hematopoietic stem cell transplantation. In: Abeloff MD, Armitage JO, Niederhuber JE, Kastan MB, McKenna WG, eds. Clinical Oncology. 4th ed. Philadelphia, Pa: Elsevier Churchill Livingstone; 2018: chap 32.

39. Vose JM, Pavletic SZ. Hematopoietic stem cell transplantation. In: Goldman L, Schafer AI. Cecil Medicine. 24th ed. Philadelphia, Pa: Saunders Elsevier; 2018: chap 181. 40. Versión en inglés revisada por: Yi-Bin Chen, MD, Leukemia/Bone Marrow Transplant Program, Massachusetts General Hospital. Also reviewed by David Zieve, MD, MHA, Medical Director, A.D.A.M. Health Solutions, Ebix, Inc.

40. -Medina De la Garza, C.E. La Oncología en la Medicina Mexicana. Medicina Universitaria. Vol. 13, 2018.