

Artículo de Investigación Científica o Tecnológica

Estudio piloto del efecto de la radiación ionizante en la película lagrimal en docentes de radiología de la Fundación Universitaria del Área Andina

Pilot study of the effect of ionizing radiation on the tear film in radiology teachers of the Fundación Universitaria del Área Andina

Sara Viviana Angulo Sánchez ¹, Yini Cardona Hernández ², Danny Wilson Sanjuanelo Corredor ³

Received: 7 diciembre 2021

Accepted: 10 mayo 2022

Abstract

Introducción: Los efectos deterministas en relación con la dosis – efecto de la radiación ionizante en los tecnólogos en radiología e imágenes diagnósticas alteran la capacidad de adherencia de la película lagrimal a la superficie corneal propiciando la enfermedad del ojo seco.

Objetivo: Describir el estado de la película lagrimal en docentes de Radiología e imágenes diagnósticas ocupacionalmente expuestos de una institución de educación superior.

Métodos: Estudio observacional, descriptivo de corte transversal que incluyó 12 tecnólogos de radiología seleccionados aleatoriamente de la Fundación Universitaria del Área Andina sede Bogotá. La película lagrimal se evaluó con el test de Schirmer I, BUT y lisamina verde; los síntomas fueron medidos con el cuestionario OSDI. Se utilizaron las pruebas de desviación estándar y chi-cuadrado.

Resultados: El 83% fueron hombres entre 39 años ± 2.5 años; el OSDI promedio fue 15.7 ± 4.4 ; los años de exposición radiológica fueron 8.6 años (SE 5.9). La medida clínica de la película lagrimal evidenció un deterioro moderado de la capa lipídica BUT OD $6.6s \pm 0.8s$ y BUT OI $6.2s \pm 0.8s$ en los tecnólogos en radiología ocupacionalmente expuestos.

Conclusiones: Se determinó que los tecnólogos en radiología e imágenes diagnósticas presentaron un riesgo medio de alteración de la superficie ocular especialmente en la capa lipídica debido a la exposición a radiación ionizante, lo que predispone al desarrollo de la EOS

Resumen

Introduction: The deterministic effects in relation to the dose - effect of ionizing radiation on radiology and diagnostic imaging technologists alter the adherence capacity of the tear film to the corneal surface, promoting dry eye disease.

Aim: Describe the state of the tear film in occupationally exposed Radiology teachers and diagnostic images from a higher education institution.

Methods: An observational, descriptive, cross-sectional study was carried out that included 12 radiology technologists randomly selected from the Fundación Universitaria del Área Andina in Bogotá. The tear film with the Schirmer I test, BUT and green lysamine; symptoms were measured with the OSDI questionnaire. Standard deviation and chi-square tests were used.

Results: 83% were men between 39 years ± 2.5 years; the mean OSDI was 15.7 ± 4.4 ; years of radiological exposure were 8.6 years (SE 5.9). The clinical measurement of the tear film showed a moderate deterioration of the lipid layer BUT OD $6.6s \pm 0.8s$ and BUT LE $6.2s \pm 0.8s$ in occupationally exposed radiology technologists.

Conclusions: It was determined that radiology and diagnostic imaging technologists presented a medium risk of alteration of the ocular surface, especially in the lipid layer, due to exposure to ionizing radiation, which predisposes to the development of DED.

Key words: Radiación Ionizante, Síndromes de Ojo Seco, Radiología, Docentes, Exposición a la Radiación, efectos de la radiación, película lagrimal

Palabras clave: Ionizing Radiation, Dry Eye Syndromes, Radiology, Teachers, Radiation Exposure, radiation effects, tear film

¹ Fundación Universitaria del Área Andina, Facultad de Ciencias de la Salud y Del Deporte, programa optometría Bogotá, Colombia

² Fundación Universitaria del Área Andina, Facultad de Ciencias de la Salud y Del Deporte, programa Tecnología en Radiología e Imágenes Diagnósticas, Bogotá, Colombia

³ Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A), Facultad de Ciencias, Departamento de Ciencias Exactas y Naturales, Bogotá, Colombia

INTRODUCCIÓN

Los tecnólogos en radiología e imágenes diagnósticas hacen parte de las ciencias de la salud, cuya área clínica y asistencial se direcciona hacia la producción imagenológica con fines diagnósticos y terapéuticos, en ese sentido su enfoque profesional se relaciona con el uso repetido de radiación ionizante, entendida como una forma de transmisión de energía que genera partículas con cargas eléctricas “iones” teniendo gran utilidad en actividades diagnósticas y en el tratamiento de ciertas enfermedades.¹

Los procedimientos más comunes aplicados por los tecnólogos son: la resonancia magnética (RM), las radiografías (RX) y la tomografía computarizada (TAC) particularmente, los RX como la TAC generan repetidamente radiación X, cuya exposición repercute en el paciente y en el examinador. En este último puede generar consecuencias de tipo biológico conocidas como efectos deterministas (reacciones tisulares) y efectos estocásticos (cáncer y efectos hereditarios),² comprobando que existen periodos de latencia donde es más probable que se desarrolle una u otra. Los efectos en relación con la dosis – efecto de la radiación en trabajadores ocupacionalmente expuestos, han sido ampliamente estudiados debido a la exposición frecuente a dosis bajas prolongadas y fraccionadas de radiación ionizante de baja transferencia de energía lineal (LET) que se extienden a todas sus actividades,³ conduciendo a los efectos antes mencionados, debido a varios factores incluyendo, la intensidad de la radiación, la longitud de onda, frecuencia y duración de la exposición.⁴

Dentro de los efectos deterministas por la radiación, uno de los tejidos más radiosensibles entre las estructuras del cuerpo humano, es el cristalino. La literatura señala que la cataractogénesis inducida por radiación ocurre por varios mecanismos tales como, el estrés oxidativo, senescencia y activación de genes relacionados con el envejecimiento,^{5,6} daño del proceso de división de las células germinativas⁷ daño del ADN, proteínas y lípidos, antecedentes genéticos^{8,9} y cambios epiteliales¹⁰ siendo la opacidad subcapsular posterior la más común;¹¹ de allí que, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) indique que la dosis equivalente ocupacional para el cristalino sea de 20 mSv/año, promediado durante cinco años, sin que ningún año supere los 50 mSv.¹² Sin embargo, se ha demostrado que el cristalino no es el único tejido ocular que sufre por la exposición a radiación ionizante, sino que la córnea ha presentado en estudios de laboratorio efectos por la exposición, conduciendo a cambios en la transparencia corneal, mitosis de las células corneales y grosor corneal alterado.¹³ La superficie corneal se encuentra en contacto en su epitelio con el sistema lagrimal el cual le sirve como barrera lubricante, con acción protectora ante infecciones bacterianas y administradora de factores tróficos y antiinflamatorios,¹⁴ por lo tanto, así como la radiación ionizante conduce a algunos cambios en el tejido corneal, es posible pensar que genere efectos en el normal funcionamiento lagrimal; al existir daño en el epitelio corneal puede alterarse la capacidad de adherencia de la película lagrimal a la superficie,¹⁵ propiciando inestabilidad lagrimal, conduciendo a un potencial daño en la superficie ocular, término que hoy en día se conoce como enfermedad del ojo seco (EOS).¹⁶

Por lo anterior, la radiación ionizante presenta un riesgo

potencial para los profesionales ocupacionalmente expuestos, particularmente en los tecnólogos en radiología, considerando la exposición como una amenaza para la salud ocular de los trabajadores, de allí que sea significativo evaluar las posibles alteraciones en la película lagrimal de esta población; por lo que, el objetivo del presente estudio fue describir el estado de la película lagrimal en tecnólogos de radiología que laborarán como docentes de Radiología e imágenes diagnósticas ocupacionalmente expuestos que laboran en una institución de educación superior.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio implementado para esta investigación fue observacional, descriptivo de corte transversal. El grupo de estudio incluyó a tecnólogos de radiología que laborarán como docentes en la Fundación Universitaria del Área Andina con al menos cinco años de experiencia en radio imágenes. Se excluyeron pacientes con antecedentes de cirugías en segmento anterior (refractiva, cirugías en córnea, pterigión y catarata), usuarios de lentes de contacto y pacientes con tratamiento previo para ojo seco. La muestra estuvo compuesta por un total de 12 tecnólogos en radiología seleccionados aleatoriamente de un total de 20 participantes, se contactó a los profesionales por vía electrónica y se les invitó a participar, el total de los seleccionados respondieron al email y participaron en el estudio.

Dentro de las consideraciones éticas de la investigación y los procedimientos del estudio, este fue desarrollado bajo los lineamientos establecidos en la Resolución 008430 de 1993, en el cual se establece las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, donde este estudio fue clasificado como riesgo mínimo¹⁷ mínimo ya que los colorantes vitales empleados no afectan la película lagrimal. Se obtuvo el consentimiento informado de cada participante y se aclaró que en cualquier momento podía retirarse voluntariamente del estudio, además se reiteró que la custodia de la información recolectada estaba disponible únicamente por un investigador y que los resultados obtenidos se mantendrían de forma confidencial y anónima en todo momento.

Los docentes asistieron a la toma de exámenes en la clínica de optometría de la Fundación Universitaria del Área Andina, a cada participante se le explicó el objetivo de la investigación y los test clínicos a realizar, enseguida firmaron el consentimiento informado, a continuación se aplicó una encuesta para conocer la edad, sexo y las características de su historial laboral que tuvo en cuenta, los años laborados, años de exposición al equipo TAC y radiación convencional (RM) y tipo de protección radiológica, a continuación, se aplicó el cuestionario del Índice de Trastorno de la Superficie Ocular (OSDI) y el puntaje se calculó de la siguiente manera: $OSDI = [(suma\ de\ la\ puntuación\ de\ todas\ las\ preguntas\ respondidas) \times 100] / [(número\ total\ de\ preguntas\ respondidas) \times 4]$. El OSDI genera una puntuación en escala de 0 a 100, donde las puntuaciones más altas son indicativas de una mayor alteración en la superficie ocular.¹⁸

Medida Clínica

Se evaluó la agudeza visual monocular y binocularmente con

una cartilla Logmar, enseguida, se midió el error refractivo con la refracción estática binocular a 50 centímetros del paciente en el cual se neutralizó el movimiento de las sombras con lentes positivos (sombra con/directa) o lentes negativos (sombra contra/inversa); luego se observó el estado del fondo de ojo a través de la fundoscopia directa donde se evaluó la cabeza del nervio óptico, vascularización, aspecto del fondo de ojo y macula; después de 5 minutos se evaluó el segmento anterior con la lámpara de hendidura haciendo especial énfasis en pestañas, córnea y cristalino para descartar patologías en segmento anterior o catarata, las técnicas en mención fueron realizadas por un optómetra en la clínica de optometría; una vez aprobado el resultado, el examinador procedió a evaluar la función lagrimal.

Inicialmente se evaluó la producción del volumen lagrimal con el test de Schirmer I,¹⁹ para ello se sentó al paciente en la silla de evaluación y con un papel filtro estándar de Schirmer de 35 mm x 5 mm, el cual fue doblado en el extremo donde inicia la marcación, se pidió al paciente que mirara hacia arriba y fue colocado en el tercio lateral del margen inferior del párpado, tanto para ojo derecho como izquierdo. El papel filtro se retiró después de 5 minutos y se midió la porción húmeda en milímetros; el procedimiento fue realizado sin anestesia y este permitió evaluar la secreción basal de las lágrimas junto con el lagrimeo reflejo del trigémino.²⁰

Después de 5 minutos se midió la estabilidad de la película lagrimal a través del rompimiento de la película lagrimal (BUT, por sus siglas en inglés), se posicionó al paciente en la lámpara de hendidura y se aplicó una tira de fluoresceína humedecida con una solución salina en la conjuntiva bulbar supero-temporal, se indicó que parpadeara lentamente tres veces para esparcir uniformemente el tinte vital. Luego por medio del azul cobalto se calculó el intervalo de tiempo entre el último parpadeo y el primer rompimiento o disrupción de la película lagrimal,²¹ se anotó el resultado, el procedimiento se midió tres veces y se registró el promedio del paciente.

Pasados 5 minutos se procedió a evaluar la capa de mucina, para ello se empleó una tinción con Lisamina verde en solución oftálmica al 1% (19), se instiló el tinte con un gotero de solución oftálmica, se retiró el exceso de colorante y se pidió al paciente que parpadeara suavemente al menos 5 veces para permitir la distribución de la tinción. Se posicionó al paciente en la lámpara de hendidura, se observó la tinción al menos 1 minutos después, pero no más de 4 minutos posteriores a la instilación;²² se usó la luz blanca tenue de la lámpara de hendidura para evaluar las tinciones positivas o negativas, se anotaron los resultados.

Los sujetos se diagnosticaron con ojo seco cuando cumplieron con los siguientes criterios: puntuación de 13 en OSDI, Schirmer I de 10 mm en 5 minutos, BUT <10 segundos y lisamina verde con puntuación ≥ 1 tal como se presenta en la Tabla 1. Así mismo, se valoró si los resultados promedios de OSDI, BUT y SCHIRMER I eran adecuados contra los valores de referencia registrados en la Tabla 2.

Análisis estadístico

Se utilizó el lenguaje de programación R²⁸ para obtener los estadísticos descriptivos, así como para estimar los coeficientes

de contingencia (asociación chi-cuadrado, y coeficiente Cramer). Para realizar las comparaciones entre grupos se utilizaron las comparaciones pareadas y finalmente construcción de intervalos de confianza sobre la estimación. Adicionalmente se realizó el correlograma entre variables con el fin de determinar dirección (r) y significancia de la corrección.

RESULTADOS

Datos sociodemográficos y ocupacionales

En el presente estudio 12 adultos fueron incluidos. La edad promedio registrada fue de 39 años ± 2.5 años¹; el 83% fueron hombres; el puntaje promedio OSDI 15.7 ± 4.4 ; el 100% ha estado expuesto radiológicamente y el 83% ha estado expuesto a TAC; el número de años promedio expuestos radiológicamente y bajo uso de tomografía axial computarizada fue de 8.6 y 7.9 años respectivamente (con desviaciones estándar de 5.9 y 7.3 años); en cuanto a protección radiológica se tiene que el 67% usa chaleco, el 33% gafas, el 25% protección para tiroides, el 8% ha hecho uso de hemodinamia, 8% delantal, 42% cuello, 33% cabina y el 17% ha guardado distancia prudencial.

Hallazgos en película lagrimal

Se valoró si los resultados promedios de OSDI, BUT y Schirmer I eran adecuados (contraste contra valores de referencia registrados en la Tabla 2) para ello se verificó si los residuales de las puntuaciones OSDI, BUT y SCHIRMER I tenían comportamiento normal, cumpliéndose en todos los casos, así que se procedió a construir intervalos de confianza del 95% (IC 95%). Se comparó BUT OD y BUT OI así como Schirmer I OD y Schirmer I OI obteniendo como resultados que las puntuaciones entre BUT OD y BUT OI son similares (p: 0.4218) así como las puntuaciones entre Schirmer I OD y OI (p: 0.2030).

Con respecto a la asociación entre categoría de Lisamina OD y OI se observó que estas se asocian (p:0.0192) y el grado de asociación (V de Cramer:0.845) es alto, por lo tanto, las categorías de clasificación de OD están asociadas a las de OI a través de la prueba de Lisamina, así mismo, la prueba da como resultado χ^2 2: 5.48 con 1 grado de libertad y p-value: 0.0192, por lo tanto, se corrobora que existe asociación entre el grado de Tinción OD y OI. Se evidencia que cuando Lisamina OD registra Grado 1, Lisamina OI también lo hace (en la mayoría de los sujetos). Según los hallazgos encontrados en el presente estudio la mitad de los sujetos evaluados presentaron tinción grado 1 con el test de verde Lisamina, siendo mayor la afectación en OI a diferencia del OD, resultados que se evidencian en la Tabla 3.

En el correlograma (Figura 1) se evidencia que la edad de los sujetos se correlaciona positivamente con OSDI, Años OSDI y Años RM; también se correlacionan positivamente OSDI y Años OSDI. Existe correlación altamente significativa entre Años OSDI y Años RM y Años TAC; Años TAC se correlaciona positivamente con Años RM; como era de esperar la correlación entre BUT OI y BUT OD fue positiva y altamente significativa, y finalmente se encontró correlación entre Schirmer I de OI y Schirmer I de OD.

¹ Promedio \pm error estándar

Tabla 1. Valores de referencia de los test clínicos empleados para el diagnóstico de la enfermedad del ojo seco.

Test	Descripción	Línea base
Cuestionario OSDI	El puntaje se calcula como la [(suma de la puntuación de todas las preguntas respondidas) x 100]/ [(número total de preguntas respondidas) x 4)]. ¹⁸	El puntaje va desde 0 a 12 (no alteración), a 13–22 (ojo seco leve), a 23–32 (ojo seco moderado), a 33–100 (ojo seco grave). ¹⁷
Schirmer I	Evalúa indirectamente la producción del volumen lagrimal. El tipo 1 evalúa la secreción basal de lágrimas junto con el reflejo lagrimal del trigémino. ¹⁹	≤5 mm como ojo seco severo, ≤10 mm como ojo seco limítrofe y > 10 mm como producción normal de lágrimas en un tiempo de 5 min. ²²
BUT	Examina la estabilidad de la película lagrimal con el tiempo de ruptura de la lágrima	> 10 segundos normal, de 5 a 10 segundos marginal, y <5 segundos valor bajo. ²³
Lisamina verde	Colorante vital para evaluar la superficie ocular 24, el cual tiñe las células epiteliales solo si la membrana celular está dañada, independiente de la presencia de mucina. ²⁵	Sin tinción implica no alteración de mucina y con tinción indica alteración de la mucina. En los casos de tinción este se clasificó de acuerdo con el esquema de puntuación con la escala Bijsterveld. ²⁶

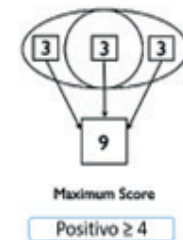


Tabla 2. Intervalos de confianza de las pruebas OSDI, BUT, Schirmer I

IC	Clasificación
IC95% OSDI (7.8; 23.7)	Clasificado como Seco Leve
IC95% BUT OD (5.2; 7.9)	Clasificado como marginal
IC95% BUT OI (4.6; 7.7)	En el límite entre bajo y marginal
IC95% Schirmer I OD (16.7; 28.6)	Clasificado como normal
IC95% Schirmer I OI (21.6; 30.5)	Clasificado como normal

Tabla 3. Proporciones de clasificación y tinción por el test de LISAMINA

	LOI Grado 1	LOI Sin Tinción	Total Fila
LOD Grado 1	50.0%	0.0%	50.0%
LOD Sin Tinción	8.3%	41.7%	50.0%
Total Columna	58.3%	41.7%	100.0%

*LOI: Lisamina Ojo Izquierdo; LOD: Lisamina Ojo Derecho.

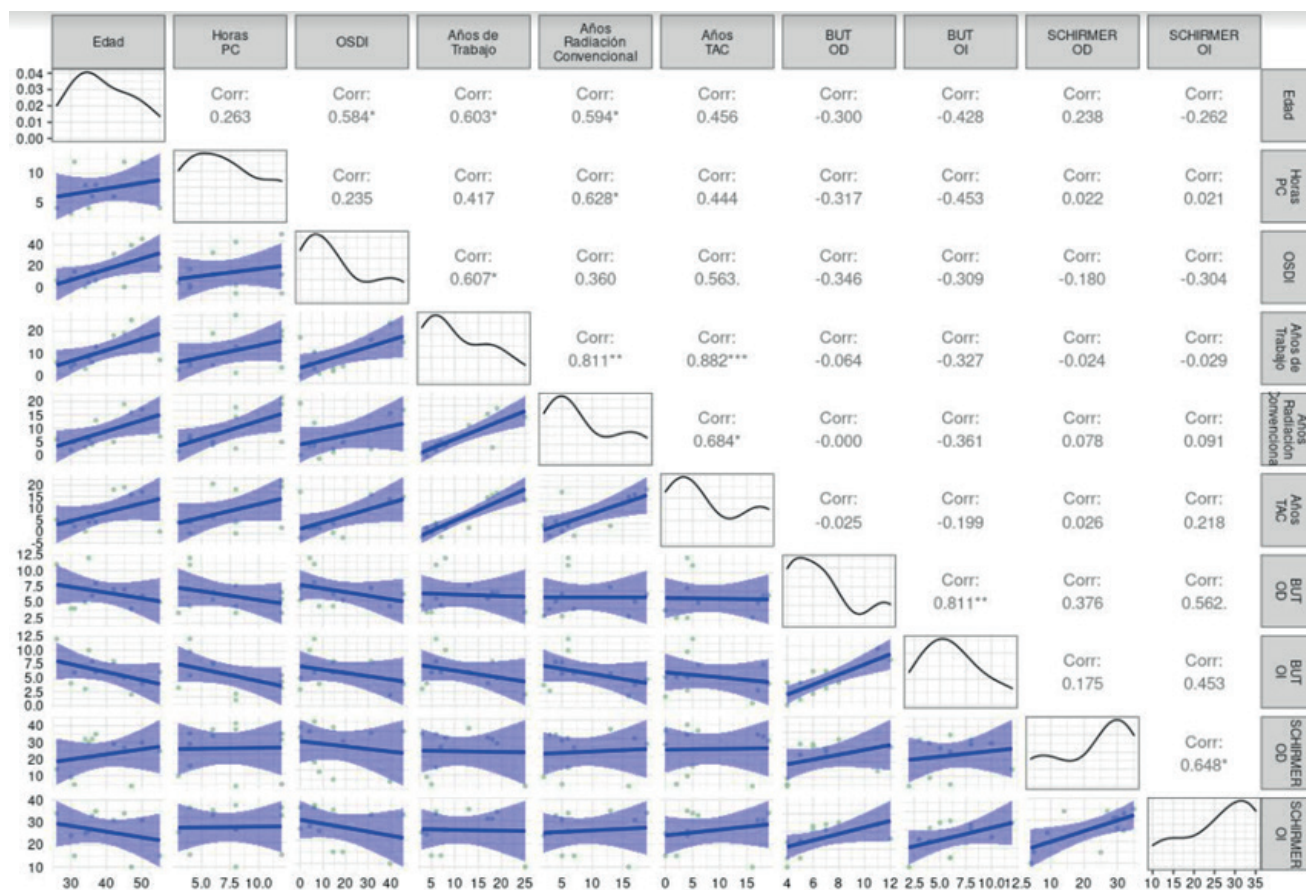


Figura 1. Correlograma de resultados de la edad, horas, años trabajados, años expuestos, OSDI, BUT y Schirmer I¹. LOI: Lisamina ojo izquierdo. LOD: Lisamina ojo derecho.

¹ Las correlaciones significativas se acompañan de las marcas * p<0.05 o ** p<0.01 según sea el caso.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se evaluaron las tres capas de la película lagrimal, con respecto a la capa lipídica esta fue medida con el test de BUT en el cual se encontró para OD 6.6s ±0.8s y OI 6.2s ±0.8s resultados clínicamente reducidos o marginales en ambos ojos, lo que indica una aminorada estabilidad lagrimal, tal como se evidencia en el estudio de Gürdal et al.²⁹ quienes encontraron un BUT promedio de 6.2s en pacientes intervencionista, esto significó que el 73.3% presentaron ojo seco en comparación con el grupo control (13.3%) bajo dosis altas y prolongadas de radiación ionizante.

La mayor disminución de la estabilidad lagrimal ocurre entre el nacimiento y los 20 años cuya reducción alcanza el 2.3% por año, posteriormente entre los 21 a 50 años disminuye en un 1.03% por año e inmediatamente después se reduce en un 0.9% por año,³⁰ confirmando la relación entre edad y reducción en la estabilidad lagrimal, lo que propicia un espesor lagrimal lipídico más delgado.³¹ Por lo anterior, el grupo poblacional estudiado se relaciona con la segunda categoría (39 años ±2.5 años); sin embargo, los datos obtenidos presentan mayor evaporación lagrimal que la muestra estándar para la edad,³² indicando cambios significativos a nivel de superficie en el grupo de tecnólogos, por lo tanto, cualquier déficit a nivel de la capa lipídica producirá tasas de evaporación lagrimal 10 veces mayor en contraste con una capa sana.³¹

En estudios de pacientes expuestos a radiación ionizante para el tratamiento de tumores de órbita se ha demostrado que la EOS

es posible a medida que aumenta la dosis; debido a la toxicidad celular y alteraciones específicas en el tipo y función celular, además, se ha observado un aumento en la estratificación del epitelio conjuntival y una reducción significativa de las células calciformes,³³ así mismo, se ha reportado una disminución en las células acinares de la glándula lagrimal.³⁴ Un evento importante que demostró cambios en el segmento externo fue el desastre de Chernobyl en donde se encontró que los niños expuestos presentaron disminución del lagrimeo y blefarconjuntivitis aguda y crónica.³⁵ Lo anterior permitió establecer que dosis >57Gy son suficientes para desarrollar ojo seco y las <30 Gy tendrán menor probabilidad de tener un efecto prolongado en la superficie ocular.³⁶ En consecuencia, es posible pensar que la radiación ionizante presumiblemente afectaría ambas glándulas de Meibomio tomando en cuenta que, tal como la glándula lagrimal, Meibomio está compuesta por acinos lo que la hace metabólicamente activa y susceptible a la radiación,³⁷ lo que resultaría en alteraciones en la estabilidad y homogeneidad de la película lagrimal propiciando un BUT significativamente más corto; por lo tanto, los tecnólogos en radiología al exponerse cerca de la zona de radiación pueden con los años afectar la funcionalidad de la glándula de Meibomio y por tanto, explicaría el resultado obtenido en el presente estudio.

Por su parte, la capa acuosa evaluada con el test de Schirmer I evidenció para OD 22.7 mm ±0.95 mm y OI 26.1mm ±0.72 mm demostrando mediciones dentro de la línea base establecida. En el estudio de Özkurt et al.³⁸ obtuvieron un marcador de 9.1 mm en

pacientes radiólogos mientras que Tiwari *et al.*³⁹ obtuvieron 11.1 ± 3.2 mm con el test de Schirmer II. En un estudio con yodo radiactivo aplicado a ratas se demostró una disfunción tardía de glándula lagrimal entre el 7.6% a 92%, se propuso que estaba involucrada la función del simportador de sodio/yodo (Na⁺/I⁻) sugiriendo que el I⁻ se introduce en las células de la glándula lagrimal lo que conduce a la liberación de radicales libres de oxígeno los cuales pueden interactuar con las estructuras intracelulares y las membranas promoviendo la destrucción celular, apoptosis, necrosis celular e inflamación como eventos acompañantes,^{40,41} por lo tanto, el consenso de la Red europea de terapia de partículas (EPTN, por sus siglas en inglés) refiere que la dosis media para la glándula lagrimal no debe superar los 25 Gy con el fin de mitigar el riesgo de EOS.⁴² Estos resultados se contraponen con los del presente estudio, aun cuando los años de exposición laboral fueron altos; se esperaba que debido a la radiación prolongada en los acinos de la glándula lagrimal principal y en cierta medida en las accesorias disminuyera la fase acuosa. Sin embargo, no observamos ningún riesgo latente debido a la radiación, no obstante, el bajo número de participante sería un elemento para tomar en consideración, teniendo en cuenta los estudios en mención.

En cuanto a la capa de mucina se analizó con el test de lisamina verde, de los evaluados el resultado dio tinción grado 1 en el 50% ojo derecho y el 58% ojo izquierdo; de acuerdo con el estudio de Stephens *et al.*³⁴ el efecto de la radiación posterior a 24-48 horas no afecta otros anexos de la capa lagrimal; en la muestra se registró que menos de la mitad de los evaluados presentaron alteración en la capa de mucina; este resultado puede deberse a que esta capa se encuentra estrechamente relacionada con la capa acuosa e incluso son consideradas continuas una de la otra, por lo tanto, al conservarse la calidad acuosa bajo el párpado y su baja viscosidad⁴³ sería entonces, poco probable encontrar alguna afectación aislada en la capa de mucina.

En cuanto al diagnóstico de la EOS con el cuestionario OSDI se observó que la puntuación media fue de 15.8 ± 4.4 indicando que la mayoría de los pacientes presentaron un ojo seco leve, demostrando la necesidad de prestar atención tanto a los hallazgos con los test objetivos como los reportes subjetivos del paciente. Se ha demostrado que el marcador OSDI presenta una correlación inversa con BUT, pero no correlaciona con Schirmer I⁴⁴ tal como se evidenció en el presente estudio, cuya relación se atribuye a que el resultado con el test schirmer I cambia por la epifora refleja lo cual podría ser la causa de la ausencia de correlación.⁴⁵ En cualquier caso, si un componente o capa de la película lagrimal se altera puede afectar la estabilidad y homeostasis lagrimal, así como, debilitar las defensas naturales del hospedador y aumentar la susceptibilidad de la conjuntiva y la córnea al daño por radiación.⁴⁶

Un elemento adicional para tener en cuenta en el presente estudio es el entorno laboral de los tecnólogos en radiología, es indispensable reconocer otros aspectos que pueden impulsar al desarrollo de la enfermedad. Anteriormente el uso del negatoscopio era requerido para la visualización directa del estudio de imagenología (CNETS, s.f.), no obstante, hoy en día está siendo reemplazado por sistemas digitales, lo que ha traído consigo el uso prolongado de pantallas o monitores. Dada la necesidad de realizar la revisión de las imágenes, la exposición

constante a sistemas digitales reduce un 50% la frecuencia de parpadeo suscitando un aumento en la evaporación lagrimal,^{47,48} mayor inestabilidad y visión fluctuante secundaria,¹⁹ lo que incrementaría los síntomas. Además, el entorno del tecnólogo en radiología requiere de la presencia de aire acondicionado para el correcto funcionamiento de las maquinarias, lo que contribuiría a una mayor evaporación lagrimal y podría explicar en parte los resultados obtenidos.

Por lo tanto, los tecnólogos en radiología son particularmente vulnerables al desarrollo de síntomas relacionados con la EOS por la suma entre el posible daño acinar de las glándulas de meibomio debido a la exposición exponen constante, prolongada y variablemente de radiación ionizante en comparación con otros profesionales de la salud⁴⁹ e incluso pacientes y por la exposición prolongada a sistemas digitales, dado que el tiempo frente a pantallas puede llegar a ser significativamente mayor que en otras profesiones,⁵⁰ por lo que se hace necesario minimizar el esfuerzo a través de correcciones visuales precisas, filtros de protección ante pantallas especialmente que filtren la luz azul, uso de lubricantes oculares, mayor frecuencia del parpadeo, aumento en el tamaño de la fuente, adoptar la distancia correcta frente al monitor, reducir el brillo de la pantalla tanto como sea posible, aplicar la regla "20-20-20": por cada 20 minutos, mover los ojos y observar un objeto a una distancia de 20 pies, durante al menos 20 segundos, regular la humedad y temperatura del área de trabajo, así mismo, tomar descansos frecuentes y contar con turnos rotativos, lo anterior con el propósito de limitar la EOS e incluso preservar la productividad laboral.⁵¹⁻⁵³

Finalmente, es importante reconocer que la EOS es una condición socio-médica debilitante que afecta la calidad de vida de quien la padece, particularmente para el grupo de tecnólogos en radiología tal como se registró con el test de BUT cuya afectación represento el 83% de los sujetos evaluados, posiblemente afectando su desempeño laboral; es entonces relevante implementar medidas preventivas que conduzcan a mitigar los riesgos asociados con la exposición ocupacional.

CONCLUSIÓN

El presente estudio evidencio que los tecnólogos en radiología e imágenes diagnosticas presentan un riesgo medio para desarrollar la EOS debido al debilitamiento en la capa lipídica de la película lagrimal por la exposición continua y prolongada de radiación ionizante que altera los acinos de la glándula de meibomio, así como a la exposición a sistemas digitales. Lo anterior puede repercutir en la calidad de vida y en el desempeño laboral de los trabajadores ocupacionalmente expuestos.

Recomendaciones

Se recomienda evaluar el impacto de la frecuencia e intensidad de la radiación ionizante sobre la capa lipídica de la película lagrimal; así como, incluir en estudios posteriores en trabajadores no expuestos (grupo control) para generar comparaciones que permitan obtener resultados concluyentes.

Agradecimientos:

A la Fundación Universitaria del Área Andina, por facilitar los espacios para la toma de exámenes clínicos de este proyecto.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. Las opiniones expresadas no representan las de las instituciones a las cuales pertenecen.

Financiación:

La investigación fue financiada con recursos propios de la Fundación Universitaria del Área Andina, según acta de inicio con código CV2018-B104 de la Dirección Nacional de Investigación.

Contribución de los autores:

Sara Viviana Angulo Sánchez: recolección y análisis de datos

Yini Cardona Hernández: análisis de datos.

Danny Wilson Sanjuanelo Corredor: análisis de datos y revisión crítica del manuscrito.

Todos los autores participaron en la interpretación de los datos y la redacción del manuscrito.

REFERENCIAS

1. Guzmán M. Nucleónica Básica (2da ed.): Instituto de Asuntos Nucleares; 2005.

2. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Publicación 105 Protección Radiológica en Medicina. Sociedad Argentina de Radioprotección; 2011. Citado 17 septiembre 2021. Disponible en: <https://www.icrp.org/docs/P%20105%20Spanish.pdf>.

3. Valentin J. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. *Ann ICRP*. 2000; 30(2): 7-67. doi: 10.1016/S0146-6453(01)00004-5.

4. Sander R, Brinkmann J, Ktihne B. Laboratory studies on animals and human beings exposed to 50 Hz electric and magnetic fields. In: CIGRE. International Congress on Large High Voltage Electric Systems, Sep 1-9. Paris; 1898. p.36-37.

5. Pendergrass W, Zitnik G, Tsai R, Wolf N. X-ray induced cataract is preceded by LEC loss, and coincident with accumulation of cortical DNA, and ROS; similarities with age-related cataracts. *Mol Vis*. 2010; 6(16): 1496-1513.

6. Azimzadeh O, Sievert W, Sarioglu H, Merl-Pham J, Yentrapalli R, Bakshi M, et al. S. Integrative Proteomics and Targeted Transcriptomics Analyses in Cardiac Endothelial Cells Unravel Mechanisms of Long-Term Radiation-Induced Vascular Dysfunction. *J Proteome Res*. 2015; 14(2): 1203-19. doi.org/10.1021/pr501141b.

7. Hernández C, Durán A, Cortés M. Lesiones oculares y radiación ionizante. *Rev. Colomb. Cardiol*. 2020; 27(S1): 72-78. doi.org/10.1016/j.rccar.2019.09.004

8. Ainsbury E, Barnard S, Bright S, Dalke C, Jarrin M, Kunze S, et al. Ionizing radiation induced cataracts: Recent biological and mechanistic developments and perspectives for future research. *Mutat Res Rev Mutat Res*. 2016; 770: 238-261. doi.org/10.1016/j.mrrev.2016.07.010.

9. Uwineza A, Kalligeraki A, Hamada N, Jarrin M, Quinlan A. Cataractogenic load – A concept to study the contribution of ionizing radiation to accelerated aging in the eye lens. *Mutat Res Rev Mutat Res*. 2019; 779: 68-81. doi.org/10.1016/j.mrrev.2019.02.004

10. Cogan D, Donaldson D. Experimental radiation cataracts. I. Cataracts in the rabbit following single x-ray exposure. *AMA Arch Ophthalmol*. 1951; 45(5): 508-522.

11. Khan D, Lacasse M, Khan R, Murphy K. Radiation Cataractogenesis: The Progression of Our Understanding and Its Clinical Consequences. *J Vasc Interv Radiol*. 2017; 28(3): 412-419. doi.org/10.1016/j.jvir.2016.11.043

12. International Atomic Energy Agency. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. In General Safety Requirements Part 3 No. GSR Part 3. Citado 22 septiembre 2021. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf

13. Blodi F. The Effects of Experimental X-Radiation on the Cornea. *Arch Ophthalmol*. 1960; 63: 20-9. doi.org/10.1001/archophth.1960.00950020022003

14. Pflugfelder S, Stern M. The cornea in keratoconjunctivitis sicca. *Exp Eye Res*. 2020; 201: 108295. doi.org/10.1016/j.exer.2020.108295

15. Ngetu L, Marais W, Rose A, Rae WID. Ophthalmic manifestations of ionising radiation among interventionalists. *Afr Vision Eye Health*. 2019;78(1): a480. doi.org/10.4102/aveh.v78i1.480

16. Craig J, Nichols K, Akpek E, Caffery B, Dua H, Joo C, et al. TFOS DEWS II Definition and Classification Report. *Ocul Surf*. 2017; 15(3): 276-283. doi.org/10.1016/j.jtos.2017.05.008

17. Ministerio de Salud. Resolución 8430, por la cual se establece las normas científicas, técnicas, y administrativas para la investigación en salud en Colombia. Bogotá: Ministerio de Salud; 1993. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>

18. Schiffman R, Christianson M, Jacobsen G, Hirsch J, Reis B. Reliability and Validity of the Ocular Surface Disease Index. *Arch Ophthalmol*. 2000; 118(5): 615-21. doi.org/10.1001/archophth.118.5.615

19. Bron A, de Paiva C, Chauhan S, Bonini S, Gabison E, Jain S, et al. TFOS DEWS II pathophysiology report. *Ocul Surf*. 2017; 15(3): 438-510. doi.org/10.1016/j.jtos.2017.05.011

20. Bitton E, Wittich W. Influence of eye position on the Schirmer tear test. *Cont Lens Anterior Eye*. 2014; 37(4): 257-61. doi.org/10.1016/j.clae.2013.11.011

21. Morales-Fernández L, Pérez-Álvarez J, García-Catalán R, Benítez-del-Castillo J, García-Sánchez J. Correlación clínico-histológica en los pacientes con ojo seco. *Arch Soc Esp Oftalmol* [Internet]. 2010 Jul [citado 2022 Mar 28]; 85(7): 239-245. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-66912010000700003&lng=es.
22. Hamrah P, Alipour F, Jiang S, Sohn J, Foulks G. Optimizing evaluation of Lissamine Green parameters for ocular surface staining. *Eye (Lond)*. 2011; 25(11): 1429-34. doi.org/10.1038/eye.2011.184
23. Vashisht S, Singh S. Evaluation of Phenol Red Thread test versus Schirmer test in dry eyes: A comparative study. *Int J Appl Basic Med Res*. 2011; 1(1): 40-42. doi.org/10.4103/2229-516X.81979
24. Dibajnia P, Mohammadinia M, Moghadasin M, Amiri M. Tear Film Break-up Time in Bipolar Disorder. *Iran J Psychiatry*. 2012; 7(4): 191-193.
25. Eom Y, Lee J, Keun H., Myung H, Suk J. Comparison of conjunctival staining between lissamine green and yellow filtered fluorescein sodium. *Can J Ophthalmol*. 2015; 50(4): 273-7. doi.org/10.1016/j.cjco.2015.05.007
26. Kim J, Foulks G. Evaluation of the Effect of Lissamine Green and Rose Bengal on Human Corneal Epithelial Cells. *Cornea*. 1999; 18(3):328-32. doi.org/10.1097/00003226-199905000-00015
27. Van Bijsterveld O. Diagnostic Tests in the Sicca Syndrome. *Arch Ophthalmol*. 1969; 82(1):10-14. doi.org/10.1001/archophth.1969.00990020012003
28. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. In R Foundation for Statistical Computing. 2020.
29. Gürdal C, Aydın S, Onmuş H, Şengör T, Özarar M. Changes in the ocular surface: initial observations from a pilot study of diagnostic radiology technicians (radiographers). *Eur Radiol*. 2002; 12: 1589-1593. doi.org/10.1007/s00330-001-1197-x
30. Borchman D. Lipid conformational order and the etiology of cataract and dry eye. *J Lipid Res*. 2021; 62: 100039. doi.org/10.1194/jlr.TR120000874
31. Maïssa C, Guillon M. Tear film dynamics and lipid layer characteristics—Effect of age and gender. *Cont Lens Anterior Eye*. 2010; 33(4): 176-82. doi.org/10.1016/j.clae.2010.02.003
32. Rico-Del-Viejo L, Lorente-Velázquez A, Hernández-Verdejo JL, García-Mata R, Benítez-Del-Castillo JM, Madrid-Costa D. The effect of ageing on the ocular surface parameters. *Cont Lens Anterior Eye*. 2018;41(1):5-12. doi:10.1016/j.clae.2017.09.015
33. Heimann H, Coupland SE, Gochman R, Hellmich M, Foerster MH. Alterations in expression of mucin, tenascin-c and syndecan-1 in the conjunctiva following retinal surgery and plaque radiotherapy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2001;239(7):488-495. doi:10.1007/s004170100301
34. Stephens LC, Schultheiss TE, Price RE, Ang KK, Peters LJ. Radiation apoptosis of serous acinar cells of salivary and lacrimal glands. *Cancer*. 1991;67(6):1539-1543. doi:10.1002/1097-0142(19910315)67:6<1539::aid-cnrcr2820670613>3.0.co;2-q
35. Gamus D, Weschler Z, Greenberg S, Romano A. Decreased tear secretion in Chernobyl children: external eye disorders in children subjected to long-term low-dose radiation. *Adv Exp Med Biol*. 1994; 350:513-516. doi:10.1007/978-1-4615-2417-5_85
36. Parsons JT, Bova FJ, Mendenhall WM, Million RR, Fitzgerald CR. Response of the normal eye to high dose radiotherapy. *Oncology (Williston Park)*. 1996;10(6):837-852.
37. Chen D, Liu X, Li Y, Guan H, Zhang F. Impact of Unilateral Orbital Radiotherapy on the Structure and Function of Bilateral Human Meibomian Gland. *J Ophthalmol*. 2018; 2018:9308649. Published 2018 Oct 25. doi:10.1155/2018/9308649
38. Ozkurt H, Ozkurt YB, Başak M. Is dry eye syndrome a work-related disease among radiologists?. *Diagn Interv Radiol*. 2006;12(4):163-165.
39. Tiwari S, Bhatt A, Nagamodi J, et al. Aqueous Deficient Dry Eye Syndrome Post Orbital Radiotherapy: A 10-Year Retrospective Study. *Transl Vis Sci Technol*. 2017;6(3):19. Published 2017 Jun 15. doi:10.1167/tvst.6.3.19
40. Koca G, Yalniz-Akkaya Z, Gültekin SS, et al. Radioprotective effect of montelukast sodium in rat lacrimal glands after radioiodine treatment. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol*. 2013;32(5):294-300. doi:10.1016/j.remnm.2013.01.006
41. Citrin D, Cotrim AP, Hyodo F, Baum BJ, Krishna MC, Mitchell JB. Radioprotectors and mitigators of radiation-induced normal tissue injury. *Oncologist*. 2010;15(4):360-371. doi:10.1634/theoncologist.2009-S104
42. Lambrecht M, Eekers DBP, Alapetite C, et al. Radiation dose constraints for organs at risk in neuro-oncology; the European Particle Therapy Network consensus. *Radiother Oncol*. 2018;128(1):26-36. doi:10.1016/j.radonc.2018.05.001
43. Mayorga MT. Película lagrimal: estructura y funciones. *Cienc Tecnol Salud Vis Ocul*. 2008;(11): 121-131.
44. Ozcura F, Aydın S, Helvacı MR. Ocular surface disease index for the diagnosis of dry eye syndrome. *Ocul Immunol Inflamm*. 2007;15(5):389-393. doi:10.1080/09273940701486803
45. Unlü C, Güney E, Akçay Bİ, Akçalı G, Erdoğan G, Bayramlar H. Comparison of ocular-surface disease index questionnaire, tearfilm break-up time, and Schirmer tests for the evaluation of the tearfilm in computer users with and without dry-eye symptomatology. *Clin Ophthalmol*. 2012; 6:1303-1306. doi:10.2147/OPHTH.S33588
46. Claus F, Boterberg T, Ost P, De Neve W. Short term toxicity profile for 32 sinonasal cancer patients treated with IMRT. Can we avoid dry eye syndrome?. *Radiother Oncol*. 2002;64(2):205-208. doi:10.1016/s0167-8140(02)00172-x

47. Ousler GW 3rd, Rodriguez JD, Smith LM, et al. Optimizing Reading Tests for Dry Eye Disease. *Cornea*. 2015;34(8):917-921. doi:10.1097/ICO.0000000000000490

48. Wu H, Wang Y, Dong N, et al. Meibomian gland dysfunction determines the severity of the dry eye conditions in visual display terminal workers. *PLoS One*. 2014; 9(8): e105575. doi:10.1371/journal.pone.0105575

49. Sun Z, AbAziz A, Yusof AK. Radiation-induced noncancer risks in interventional cardiology: optimisation of procedures and staff and patient dose reduction. *Biomed Res Int*. 2013;2013:976962. doi:10.1155/2013/976962

50. Dabrowiecki A, Villalobos A, Krupinski EA. Impact of blue light filtering glasses on computer vision syndrome in radiology residents: a pilot study. *J Med Imaging (Bellingham)*. 2020;7(2):022402. doi:10.1117/1.JMI.7.2.022402

51. Galinsky T, Swanson N, Sauter S, Dunkin R, Hurrell J, Schleifer L. Supplementary breaks and stretching exercises for data entry operators: a follow-up field study. *Am J Ind Med*. 2007;50(7):519-527. doi:10.1002/ajim.20472

52. Coles-Brennan C, Sulley A, Young G. Management of digital eye strain. *Clin Exp Optom*. 2019;102(1):18-29. doi:10.1111/cxo.12798

53. American Academy of Ophthalmology. *Computers, Digital Devices and Eye Strain*; 2020. Citado 17 diciembre 2021. Disponible en: <https://www.aao.org/eye-health/tips-prevention/computer-usage>

Abreviaturas y siglas:

EOS: Enfermedad de ojo seco

BUT: Break-up Time

OSDI: Ocular Surface Disease Index

RM: resonancia magnética (RM)

RX: radiografías

TAC: tomografía computarizada

mSv: Milisievert

© Universidad Libre. 2022. Licence Creative Commons CC-by-nc-sa/4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en>

