

ANÁLISIS DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA DE TRABAJADORES CON EXPOSICIÓN A RADIACIONES IONIZANTES EN UNA IPS DE COLOMBIA

AUTORES: DRA. CARMEN MUNAR CASAS – DRA. YAIRA RIOS MORA
ASESOR: DRA. BERTHA POLO ALVARADO
MEDICO ESPECIALISTA EN SALUD OCUPACIONAL
ASESORA EN MEDICINA DEL TRABAJO Y TOXICOLOGIA

RESUMEN:

INTRODUCCIÓN: La exposición a radiaciones ionizantes, ha sido estudiada ampliamente, siendo un grupo ocupacionalmente expuesto a este riesgo los trabajadores de la salud, en los cuales las medidas de prevención son la mejor forma de protección; la cual es dada por una vigilancia epidemiológica adecuada, dosimetrías personales, exámenes para-clínicos como cuadro hemático y TSH, como parámetros de evaluación y seguimiento del trabajador.

OBJETIVO. Evaluar, si con el hemograma y TSH se está realizando un adecuado seguimiento médico al grupo ocupacionalmente expuesto en este estudio. Si existe una correlación entre los valores de la dosimetría con respecto a los laboratorios.

METODOLOGÍA. Estudio descriptivo retrospectivo longitudinal con una población de 28 trabajadores, la cual labora en el departamento de radiología de una IPS de Colombia, con 8 horas de exposición diaria por 5 días a la semana, a las cuales se les realizó un seguimiento dosimétrico, exámenes de laboratorio los cuales son registrados en una base de datos Excel IBM SPSS Statistics versión 19, se hizo análisis univariados y cruce de variables.

RESULTADOS. Se encontró un GOE con un 60.72 % de mujeres, siendo el equipo de radiología más utilizado el convencional, reportándose un 100% de dosimetrías personales por debajo de los límites permisibles, dentro de los exámenes de laboratorio se encontró leucocitos anormales 2009 de 17.86%, leucocitos anormales 2010 de 14.29%; Eritrocitos anormales 2009 de 21%, eritrocitos anormales 2010 de 11% y TSH anormal 2009 de 36%, TSH anormal 2010 de 11%.

ANÁLISIS. Ante las preguntas ¿Realmente con el hemograma y TSH se está realizando un adecuado seguimiento al GOE en estudio? Concluimos que son exámenes básicos para iniciar la evaluación de un trabajador, aunque no son específicas de la exposición, son importantes cuando se tienen parámetros comparativos desde el ingreso del trabajador, junto con una historia clínica y evaluación médica adecuada.

¿Existe una correlación entre los valores de las dosimetrías con respecto a los laboratorios? Los exámenes de dosimetrías generalmente ofrecen la tranquilidad y seguridad al trabajador de las dosis absorbidas por el organismo, teniéndose un control adecuado de que no superen los límites permisibles, asociados al cumplimiento adecuado de medidas de protección. Sin embargo las dosimetrías pueden estar por debajo de los límites permisibles y presentar el trabajador alteraciones en los laboratorios, lo cual no demuestra la relación de las alteraciones con la exposición.

DISCUSIÓN. En el GOE objeto de nuestro estudio encontramos una relación entre el valor de la dosimetría directamente proporcional al tiempo de exposición y al tipo de equipo usado, lo que concuerda con lo encontrado en la

literatura, en cuanto que la vigilancia dosimétrica tiene aún muchas limitaciones que no permiten establecer los efectos biológicos en el organismo producidas por las radiaciones ionizantes a dosis bajas. Se están realizando adelantos científicos en cuanto a la dosimetría biológica, sin embargo aún no hay un método recomendado de manera rutinaria en el seguimiento de trabajadores expuestos crónicamente a bajas dosis, hay recomendaciones de su uso en accidentes radiológicos con exposiciones a dosis altas en forma aguda; en cuanto a la vigilancia médica se recomienda que sea realizada por un equipo multidisciplinario con experiencia en radiaciones ionizantes, lo que consideramos una exigencia necesaria ya que en nuestro estudio no encontramos ninguna relación de los para clínicos con la dosimetría física, lo que permite plantear la hipótesis que para nuestro GOE en estudio los para-clínicos de forma rutinaria deben ser revaluados y definidos por el profesional médico a cargo. Concluimos que el cuadro hemático y la TSH son inespecíficos para determinar que una patología sea ocasionada por la radiación, además las alteraciones en ellos son tardías, no se puede establecer la relación entre el riesgo y la alteración hematológica, así mismo los cambios en TSH son muy comunes en la población colombiana, el hipotiroidismo es un efecto tardío ante la exposición después de meses o años.

Palabras claves: RI. Radiaciones ionizantes. GOE grupo ocupacionalmente expuesto

1. INTRODUCCIÓN

Los efectos de la exposición a radiaciones ionizantes se han estudiado desde su aparición, demostrando efectos secundarios clasificados según su dosis en no estocásticos, es decir que se presentan a altas dosis, o estocásticos efectos que aparecen al azar independiente de la dosis, según estimaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica, trabajadores que se exponen a dosis pequeñas y a tasas de dosis de radiación bajas en su lugar de trabajo tienen una probabilidad de 4% de morir de un cáncer radio inducido por cada sievert (Sv) de dosis efectiva recibida(2).

Teniendo en cuenta que se define personal expuesto a radiaciones ionizantes como aquellos funcionarios que por su trabajo tienen riesgo de exponerse a dosis límites anuales mayores que el público general, cumpliendo con los siguientes criterios: trabajar próximos a fuentes de Radiaciones Ionizantes en actividad, al ejecutar lo esencial de sus funciones en forma habitual y estar asignados a tareas que implican su permanencia en zonas controladas o supervisadas, los radiólogos, técnicos de radiología, odontólogos, auxiliares de odontología pueden ser catalogados como personal ocupacionalmente expuestos a radiaciones ionizantes.

En el Grupo Ocupacionalmente Expuesto a bajas dosis de radiación ionizante la prevención se ha convertido en la principal herramienta para la protección de trabajadores expuestos crónicamente a bajas dosis de radiación ionizante y

donde el seguimiento biológico forma parte importante de la vigilancia epidemiológica lo mismo que la medición de las dosis recibida.

Existen pruebas como la dosimetría personal que corresponde a la medida para estimar la dosis de los trabajadores expuestos de una instalación, o bien del área de trabajo y su entorno llamada dosimetría de área. La principal limitación de este método es que no mide el impacto biológico que la radiación tiene sobre el ser vivo.

Con el fin de realizar seguimiento en la salud del GOE se evalúan para-clínicos como el cuadro hemático y la TSH. El primero es un análisis con el que se puede medir en forma global y también porcentual los 3 tipos básicos de células que están presentes en la sangre, las llamadas 3 series celulares sanguíneas con una alta inespecificidad. La TSH que es un laboratorio confiable para detectar patologías tiroideas con una mayor prevalencia después de la cuarta década de la vida en la población general.

En el medio se han venido explorando pruebas como la Dosimetría Biológica con algunas limitaciones como: es técnicamente difícil de llevar a cabo, en la mayoría de los casos es poco probable establecer una relación directa dosis respuesta, no se tienen en cuenta la mayoría de los casos las radiaciones acumuladas y además muchos de los efectos medidos son poco estables en el tiempo aun así cada vez se estudian mas técnicas para desarrollar el mejor dosímetro biológico. Dado que en la IPS de la ciudad de Bogotá, en la que se encuentra un área donde se maneja RI y por ende un GOE se ha venido haciendo la vigilancia epidemiológica con la dosimetría física (personas) y los exámenes de laboratorio cuadro hemático y TSH.

Por lo tanto se realizó un estudio descriptivo con 28 trabajadores expuestos a dosis bajas de radiación ionizante con el fin de responder los siguientes cuestionamientos.

¿Realmente con el hemograma y TSH se está realizando un adecuado seguimiento al GOE en estudio?

¿Existe una correlación entre los valores de las dosimetrías con respecto a los laboratorios?

2. MARCO TEORICO

2.1. Clasificación de las fuentes radiológicas

De acuerdo con la forma de presentación y de utilización, el material radiactivo se pueden clasificar en:

2.1.2. Fuentes radiactivas no encapsuladas: son las que contienen sustancias radiactivas en un contenedor hermético pero no sellado, el riesgo principal es la contaminación.

2.1.3. Fuentes radiactivas encapsuladas: todo material radiactivo herméticamente cerrado y sellado dentro de un contenedor resistente, haciendo poco probable la contaminación, pero si la irradiación externa.

2.1.4 Generadores de radiaciones ionizantes: conectados a una fuente eléctrica son capaces de producir radiaciones, suponen cierto riesgo de irradiación externa, no de contaminación.

2.2. Usos de las Radiaciones Ionizantes

2.2.1. Exposición ocupacional en el área médica

Médicos, enfermeras y técnicos dedicados al radiodiagnóstico, radioterapia y medicina nuclear, radiología convencional, angiografía intervencional, cateterismo cardíaco, fluoroscopios, venografías y uretrocistografías, implantación de marcapasos, cirugía ortopédica, oncología, además de odontólogos, instrumentistas y personal indirectamente expuesto como camilleros, auxiliares de enfermería y manipuladores de desechos, radioterapia (aceleradores lineales), braquiterapia, marcapasos, producción de radio fármacos, estudios y análisis inmunológicos y citológicos, estudios de dinámicas funcionales, bioquímica, biomedicina, entomología, radio esterilización de material médico quirúrgico.

2.2.2. Exposición ocupacional en el área industrial

Importación, distribución, almacenamiento, empleo, manejo y disposición de materiales radiactivos y sus desechos; minería en la extracción de materiales radiactivos fosfáticos y carbón (alta concentración de radón); agricultura, en investigación y experimentación agrícola, ingeniería y personal profesional y técnico relacionado con control de calidad por medio de pruebas no destructivas e inspección de estructuras metálicas en sitios críticos de estructuras metálicas en columnas y bases de edificios y puentes, estructuras de grandes tuberías, cableado eléctrico, estructuras de aviones, soldaduras, fundiciones, forjas y armaduras, para esto se realizan radiografías de campo y radiografías y fluoroscopios industriales; manejo de fuentes radiactivas en la construcción, en la investigación y en la producción; proceso de producción del papel, cartón y telas, específicamente, en la medición de los espesores de estos; en la industria de fabricación de las bebidas gaseosas y cervezas, durante el llenado de las botellas y durante el control del llenado de tanques, por medio de la utilización de fuentes de americio; en la industria petrolera, en la fase de exploración; en los equipos de detección de incendios y en los pararrayos.

2.3. La contaminación por las radiaciones ionizantes puede ser de 2 formas: Interna puede proceder de radioisótopos naturales o artificiales, cuando se ha ingerido, inyectado o respirado algún radioisótopo.

Externa cuando se ha depositado algún material radioactivo directamente en la piel.

2.4. Los efectos se clasifican según el tipo de célula afectada y según la dosis. Según el tipo de célula afectada pueden ser:

2.4.1. Somáticos: Son los que ocurren en las células durante la vida del individuo.

2.4.2 Hereditarios: son los que se manifiestan en la descendencia del individuo irradiado, porque se ha alterado el material genético. Pueden ser de dos tipos:

Alteraciones en el número y estructura de los cromosomas y mutaciones de los genes que a su vez pueden ser dominantes y recesivos.

2.5. Según la dosis pueden ser:

2.5.1. Estocásticos o Aleatorios: Cuando la probabilidad de que se presente es proporcional a la dosis recibida, no existiendo una dosis umbral, por debajo de la cual no se presente el efecto, por ejemplo la leucemia.

2.5.2. Efectos no estocásticos: dependen de la dosis recibida y acumulada, según el tiempo de aparición se dividen en efectos agudos y efectos tardíos.

2.6. Efectos agudos de Irradiaciones globales: cuanto mayor la dosis recibida, más intensa y prolongada es la sintomatología, la lesión principal es la aplasia medular, con una linfopenia inicial.

2.6.1. Efectos agudos de Irradiaciones parciales: en piel se produce radio-dermatitis exudativa y alopecia. En gónadas se produce oligospermia, a dosis de 4Gy puede producir esterilidad.

2.6.2. Efectos tardíos: ocurren así la exposición haya sido breve o prolongada. Ojo: catarata, a partir de dosis acumuladas en cristalino de 10Gy en radiaciones

Piel: radio-dermatitis crónicas, con atrofia, hiper queratosis y telangiectasias.

Embrión y Feto: malformaciones fetales a 0.5Gy después de la 8 semana de gestación.

2.7. Vigilancia epidemiológica

El ejercicio de la salud ocupacional es proteger la salud de los trabajadores y promover el establecimiento y el mantenimiento de un medio ambiente laboral sano y seguro, así como lograr la adaptación del trabajo a la aptitud del trabajador, tomando en cuenta su estado de salud. La salud en el trabajo es esencialmente preventiva y debe ayudar a los trabajadores, individual y colectivamente, a salvaguardar su salud en los empleos. También debe enseñar a las empresas a asegurar condiciones y medio ambiente de trabajo, sano y seguro correspondiendo a un criterio de gestión eficaz.

La vigilancia epidemiológica corresponde a un proceso sistemático, dinámico, ordenado y planificado de observación y medición de ciertas variables definidas para luego describir, analizar, evaluar e interpretar las observaciones y mediciones y así tomar medidas específicas en la fuente, el ambiente o la persona cuyo objetivo final es proteger la salud humana.

En Colombia, existe aproximadamente una población de 20.000 personas consideradas como ocupacionalmente expuestas a las radiaciones ionizantes y cerca de un millón son atendidas anualmente en el área de la salud, medicina y odontología, con técnicas nucleares y de rayos X.

En 1.982, una muestra estratificada de 263 empresas afiliadas al ISS a nivel nacional, mostró que el 4% de toda la población trabajadora estaba ocupacionalmente expuesta a las radiaciones ionizantes.

Se realizó un censo del número de fuentes radioactivas y equipos de uso médico, odontológico e industrial con y sin licencias en todo el país, el cual no incluye unidades de radioterapia ni de medicina nuclear. En cuanto al número de equipos industriales se reportaron solamente siete. Del mismo censo se obtuvo el dato de las personas expuestas, las cuales fueron 4.575.

De otra parte, la accidentalidad causada por fuentes de radiaciones ionizantes ha cobrado a nivel mundial numerosas víctimas; desde 1.944 se han registrado

305 accidentes en todo el mundo con exposición significativa, para 187 personas expuestas de las cuales 101 tuvieron consecuencias fatales por combinación de radiación y trauma. ⁽¹⁴⁾ En Colombia, en 1.994 y 1.995, por parte de la ARP del Seguro Social, no se reporta la ocurrencia de algún accidente o enfermedad profesional en estos años debida a la sobreexposición a radiaciones ionizantes.

2.8. Protección Radiológica

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo. El citado derecho supone la existencia de un correlativo deber, del empresario y/o de las Administraciones públicas, de protección de los trabajadores frente a los riesgos laborales.

En cumplimiento del deber de protección, se deberá, de conformidad con la normativa actual: evaluar los puestos de trabajo. Formar e Informar a los trabajadores en los riesgos inherentes a su puesto de trabajo. Establecer la actuación en casos de emergencia y de riesgo grave. Vigilar la salud de los trabajadores en función de los riesgos del puesto de trabajo. Consecuentemente, facilitar a los trabajadores, la vigilancia sanitaria específica. Para exposición a riesgo de Radiaciones Ionizantes, es responsabilidad del empleador elaborar e implementar los procedimientos propios de la protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.

Serán considerados trabajadores de Categoría A aquellas personas que, por las condiciones en las que realiza su trabajo, pueden recibir una dosis efectiva superior a 6 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalente, para el cristalino, la piel y las extremidades (el "Límite de dosis equivalente" y el "Límite de dosis efectiva"

Serán considerados trabajadores de Categoría B aquellas personas que por las condiciones en las que se realiza su trabajo es muy improbable que reciban dosis superiores a 6 mSv por año oficial o a 3/10 de los límites de dosis equivalente para cristalino, la piel y las extremidades.

Se considera Zona Vigilada aquella que no siendo Zona Controlada exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 1/10 de los límites de dosis equivalentes para el cristalino, la piel, y las extremidades.

Se considera Zona Controlada aquella en la que exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 3/10 de los límites de dosis equivalente para el cristalino, la piel y las extremidades o bien, aquella zona en que sea necesario seguir procedimientos de trabajo con objeto de restringir la exposición a la radiación ionizante, evitar la dispersión de contaminación radiactiva o prevenir o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias

Además, las Zonas Controladas se subdividen en:

Zona de Permanencia Limitada: son aquellas en las que existe el riesgo de recibir una dosis superior a los límites de dosis legalmente fijados.

Zona de Permanencia Reglamentada: son aquellas en las que existe el riesgo de recibir, en cortos periodos de tiempo, una dosis superior a los límites de dosis legalmente fijados y que requieren prescripciones especiales desde el punto de vista de la optimización.

Zona de Acceso Prohibido: son aquellas en las que existe riesgo de recibir, en una exposición única, dosis superiores a los límites legalmente fijados.

2.9. Vigilancia de la exposición

Dosimetría se utiliza para indicar los equivalentes de dosis que los trabajadores reciben de los campos de radiación externa a los que pueden estar expuestos.

2.9.1. Dosimetría física: existe la dosimetría física que intenta medir la dosis absorbida, como la cantidad de energía irradiada a la materia por concepto de radiación ionizante por unidad de masa; esta es la cantidad física para evaluar la respuesta biológica potencial que resulta de una exposición a radiación.

Los dosímetros físicos se caracterizan por el tipo de dispositivo, el tipo de radiación que miden y por la parte del cuerpo para la que se indicará la dosis absorbida. Existen tres tipos de dosímetros tales como el termo luminiscente (dosímetros personales más utilizados), de película y cámara de ionización.

Los límites máximos permisibles actuales para los trabajadores son:

Dosis efectiva 20 mSv de media en periodos definidos de 5 años.

150 mSv en cristalino al año

500 mSv en piel al año.

Un trabajador necesita dosimetría cuando tiene una probabilidad razonable de acumular un determinado porcentaje, por lo general un 5 a 10% del equivalente de dosis máximo permisible en todo el cuerpo o en ciertas partes de él.

2.9.2. Dosimetría biológica que consiste en la estimación de la dosis absorbida por una persona expuesta a radiaciones ionizantes utilizando parámetros biológicos, en la actualidad el método más sensible para exposiciones accidentales es el de observación de aberraciones cromosómicas en los linfocitos de sangre periférica en pacientes irradiados.

Estudio de Aberraciones Cromosómicas en linfocitos de sangre periférica, método utilizado en exposiciones agudas con irradiación uniforme.

Test de Micro núcleos, se utiliza para evaluar el efecto genotóxico de múltiples agentes ambientales incluyendo las radiaciones ionizantes, los micro núcleos se forman a partir de los fragmentos acéntricos y cromosomas completos que se separan durante la mitosis y que son incapaces de unirse a ninguna de las células hijas, toda esta cromatina permanece y a la luz del microscopio aparece como los micro núcleos.

Test GPA, consiste en el análisis de mutaciones en el gen de la glicoforina puede ser utilizado largos periodos después de la exposición pero presenta limitaciones individuales debidas al genotipo y solo se pueden utilizar en exposiciones a dosis muy altas.

Ensayo del cometa, mediante esta técnica se analiza individualmente cada célula, de forma que a través de marcajes fluorescentes se observa la cantidad de cromatina dañada, la cual se denomina cometa por el aspecto de cometa que presentan los núcleos dañados, el tamaño de la cola del cometa será mayor cuanto mayor sea la dosis; esta técnica permitiría estudios de dosis localizadas ya que el estudio se realiza en células individuales.

FISH permite calcular frecuencia de aberraciones cromosómicas estables por lo que permite realizar estimaciones dosimétricas tras exposiciones crónicas, además no importa el tiempo transcurrido entre la exposición y la toma de la muestra.

Las técnicas de dosimetrías biológicas son de utilidad en irradiaciones accidentales con altas dosis de irradiación, por lo que permite la complementación con la dosimetría física en estos casos.

2.10. Vigilancia Médica: la vigilancia de la salud de los trabajadores ocupacionalmente expuestos a las radiaciones tiene como base los principios generales relativos a la salud en el trabajo. Por lo tanto lo que se quiere evaluar son las condiciones de salud de los trabajadores, así contribuir a garantizar la compatibilidad inicial y permanente entre la salud de los trabajadores y su trabajo, proporcionando datos de referencia como línea de comparación para los casos de accidentes o enfermedad profesional.

Es ejercida por un médico con experiencia en salud en el trabajo y radiaciones, quien es el responsable de velar por la vigilancia médica adecuada para los distintos tipos de trabajo y los riesgos que conllevan. En condiciones normales, la vigilancia de la salud incluye la evaluación previa de la salud de los trabajadores de acuerdo con las tareas específicas que desempeña, la vigilancia periódica de la salud, durante el período de trabajo asignado, una vigilancia especial de la salud, cuando proceda y según los términos prescritos por la autoridad competente, para los trabajadores ocupados bajo radiaciones en condiciones A; la evaluación, cuando una trabajadora informe que está embarazada.

La vigilancia en condiciones de una exposición anormal incluye evaluaciones especiales cuando los resultados de las dosimetrías superan el doble de los límites de la dosis, estableciendo si el trabajador debe reintegrarse a el trabajo con exposición a radiación, luego de haberlo retirado de su trabajo por razones medicas, toda decisión tomada en base a la evaluación especial es puesta en conocimiento del empleador y se le informa de manera clara al trabajador sobre su estado de salud.

Examen pre-ocupacional es necesario solicitar al trabajador que ingrese a las áreas de exposición los siguientes exámenes: cuadro hemático, sedimentación y extendido de sangre periférica.

T3, T4, TSH

Declaración de no aptitud al examen de ingreso

Menores de 18 años

Mujeres en embarazo o lactantes

Personas con nefropatía

Personas con alteración de la función hepática

Neuropatía central

Tuberculosis

Dermatitis crónicas

Quienes en el hemograma presenten:

- Leucocitos menores de 4.000 o mayores de 15.000
- Neutrófilos menores de 2.400
- Linfocitos menores de 1.000
- Hematíes menores 3'500.000 o mayores de 5'900.000
- Reticulocitos más del 2%
- Variaciones en el recuento de leucocitos, en exámenes repetidos, mayores del 10%.

¹⁷ www.fondoriesgosprofesionales.gov.co/MarcoConceptual/leyes.asp

¹⁸ Guía reguladora de Seguridad Radiológica para la Práctica de Radiodiagnóstico Médico. ARCAL, OIEA 2000

Examen médico periódico: valoración clínica y exámenes que se consideren necesarios, hemograma completo. Se realizan cada año.

Si se presentan alteraciones (neutropenia, leucopenia, trombocitopenia) se retirará al trabajador de la exposición al riesgo y se hará control hematológico a los 25 días. Si transcurrido un mes el análisis hematológico es normal, el trabajador podrá regresar a su sitio de trabajo; de lo contrario deberá mantener separado de la exposición hasta tanto se normalice su cuadro hemático.

En general, donde los exámenes anotados resulten alterados, a consideración del médico ocupacional, se puede realizar exámenes complementarios de tipo cromosómico, como el de intercambio de cromátides hermanas para detectar alteraciones a nivel de ADN.

Examen médico de retiro

La historia clínica ocupacional de las personas expuestas a radiaciones ionizantes se deberá guardar en la empresa por un período de 40 años contados a partir del retiro.

3. METODOLOGIA

Se realizó un estudio descriptivo retrospectivo longitudinal. La población objeto fue el personal del departamento del servicio de radiología que labora en una IPS de Colombia con 8 horas de exposición diaria de lunes a viernes. Tomando un universo de N=28.

Se recolectaron los datos de 28 trabajadores especificando ocupación, equipo que manipula, tiempo de exposición, edad y género registrándolo en una base de Excel.

Se recolectaron datos de valores dosimétricos totales de la población objeto y se incluyeron en base de datos de Excel.

Se recolectaron datos de resultados de hemograma, TSH registrándolo en una base de datos de Excel.

3.1 Variables

3.1.1 Ocupación: se refiere a la clase de trabajo que efectúa una persona y para el cual fue contratado en la IPS de Colombia.

3.1.2 Antigüedad en el cargo: definida como el tiempo en meses trascurrido desde la fecha de ingreso a laborar con exposición a radiaciones ionizantes a la fecha de realización del estudio.

3.1.3 Dosimetría: valores de nivel de radiación acumulada para el tiempo de antigüedad en el cargo. Estas dosimetrías fueron obtenidas con dosímetro físico de termo luminiscencia con un registro bimensual.

3.1.4 Hemograma: Parámetro hematológico realizado anualmente determinado como anormal o normal según parámetro determinado por el laboratorio contratado para su toma.

3.1.5 TSH: parámetro de evaluación de la función tiroidea.

3.2. Se uso base de datos con Excel programa IBM SPSS Statistics versión 19 se hizo análisis univariados y cruce de variables como dosimetría vs cargo equipo laboratorio.

4. RESULTADOS

4.1.1. Análisis univariado de;

Género encontrando que el 39.28% N=11 son hombres, el 60.72% N=17 son mujeres.

Distribución por cargos

CARGO	PORCENTAJE	NUMERO
AUXILIAR DE ODONTOLOGIA	28.57	8
TECNICO	39.28	11
AUXILIAR DE RADIOLOGIA	10.71	3
MEDICO RADIOLOGO	7.14	2
ORTOPEDISTA	3.57	1
ODONTOLOGOS	10.71	3

Distribución exposición o antigüedad en el trabajo: de 0 a 24 meses 25% N=7, de 25 a 48 Meses 7.14% N=2, de 49 a 72 meses 25% N=7, de 73 a 94 meses 21% N=6, de 95 a 120 meses 10.7% N=3

Distribución por utilización de Equipos, Equipo convencional el 53.57% N=15, Peri apical el 39.28% N=11, Mamógrafo Convencional el 7.14% N=2;

Hallazgos Hematológicos, Leucocitos año 2009 Normal 82.14% N=23, Anormal 17.86% N=5, Leucocitos año 2010 Normal 85.71% N=24, Anormal 14.29% N=4; Eritrocitos año 2009 Normal 79% N=22, Anormal 21% N =6, Año 2010 Normal 89% N=25, Anormal 11% N=3;

Hallazgos de TSH Año 2009 Normal 64% N=18, Anormal 36% N=10

Año 2010: Normal 89%N=25, Anormal 11% N=3;

Dosimetrías el 100% se encuentran por debajo de los valores límites permisibles sin embargo el rango máximo fue 22.3 con una media de 2,6.

4.1.2. Análisis bivariado

Se realizó un análisis de tabla de contingencia para inferir si existe independencia entre las variables, equipo utilizado por las personas del grupo en estudio y el resultado de las dosimetrías. La prueba realizada se basa en el estadístico chi-cuadrado¹ utilizado para un intervalo de confianza del 95%.

¹ Chi-cuadrado es una estadística que puede ser utilizada para pruebas de independencia entre dos características o variables.

Tabla de contingencia EQUIPO * DosimProfCateg

Recuento		DosimProfCateg				Total
		Dosimetria entre (0 - 5)	Dosimetria entre (5.01 - 10)	Dosimetria entre (10.01 - 15)	Dosimetria entre (20.01 - 25)	
EQUIPO	PERIAPICAL	10	1	0	0	11
	CONVENCIONAL	13	1	1	0	15
	MAMOGRAFO CONVENCIONAL	1	0	0	1	2
Total		24	2	1	1	28

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	14.407 ^a	6	.025
Razón de verosimilitudes	7.257	6	.298
N de casos válidos	28		

a. 10 casillas (83.3%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es .07.

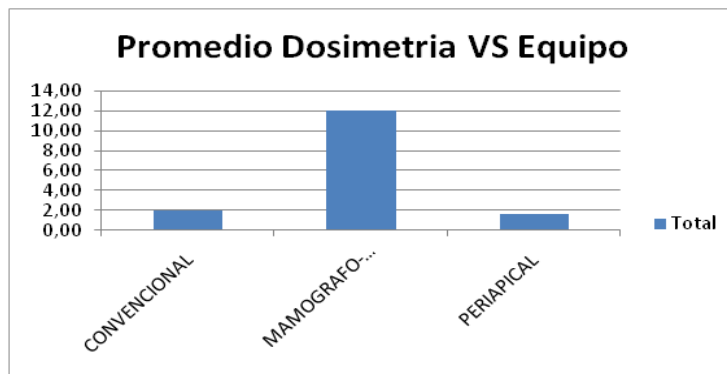


Figura 1:

Se hizo un análisis de regresión lineal para establecer una posible correlación entre las variables tiempo de exposición o antigüedad en el cargo y resultado de dosimetría profunda. El modelo utilizado arrojó un factor de correlación $R=0.512^2$

² Coeficiente R con un valor igual a 1 indica correlación del 100% y valor 0 indica la no existencia de correlación.

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregido	Error típ. de la estimación
1	.512 ^a	.262	.234	3.98013

a. Variables predictoras: (Constante), MesesDeExposición

ANOVA^b

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	146.169	1	146.169	9.227	.005 ^a
	Residual	411.877	26	15.841		
	Total	558.046	27			

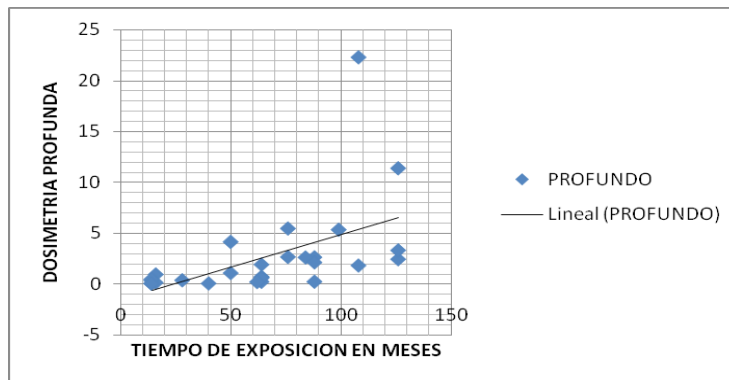
a. Variables predictoras: (Constante), MesesDeExposición

b. Variable dependiente: PROFUNDO

Coefficientes^a

Modelo		Coefficients no estandarizados		Coefficients tipificados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-1.562	1.567		-.997	.328
	MesesDeExposición	.064	.021	.512	3.038	.005

a. Variable dependiente: PROFUNDO



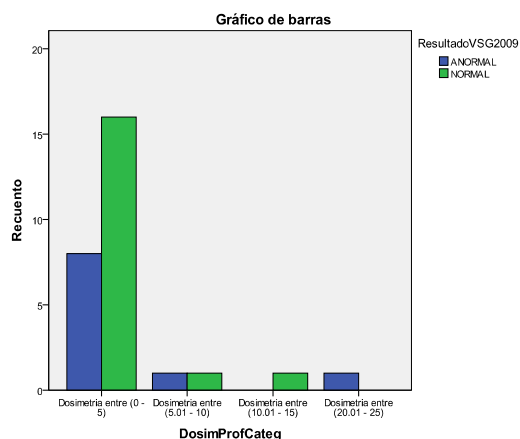
Se realizó una prueba de independencia para la variable resultado de dosimetría profunda categorizada de 0 a 5, de 5.01 a 10, de 10.01 a 15, de 15.01 a 20 y de 20.1 a 25 con relación a las variables hematológicas VSG, Leucocitos y Eritrocitos.

Para la variable VSG año 2009.

DosimProfCateg * ResultadoVSG2009

Tabla de contingencia

Recuento		ResultadoVSG2009		Total
		ANORMAL	NORMAL	
DosimProfCateg	Dosimetria entre (0 - 5)	8	16	24
	Dosimetria entre (5.01 - 10)	1	1	2
	Dosimetria entre (10.01 - 15)	0	1	1
	Dosimetria entre (20.01 - 25)	1	0	1
Total		10	18	28



Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	2.593 ^a	3	.459
Razón de verosimilitudes	3.173	3	.366
N de casos válidos	28		

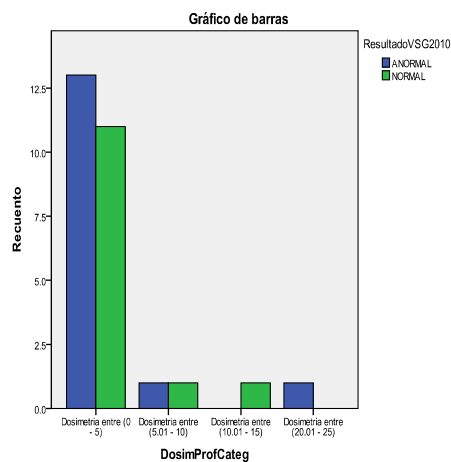
a. 6 casillas (75.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es .36.

Para variable VSG año 2010.

DosimProfCateg * ResultadoVSG2010

Tabla de contingencia

Recuento		ResultadoVSG2010		Total
		ANORMAL	NORMAL	
DosimProfCateg	Dosimetria entre (0 - 5)	13	11	24
	Dosimetria entre (5.01 - 10)	1	1	2
	Dosimetria entre (10.01 - 15)	0	1	1
	Dosimetria entre (20.01 - 25)	1	0	1
Total		15	13	28



Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	2.034 ^a	3	.565
Razón de verosimilitudes	2.796	3	.424
N de casos válidos	28		

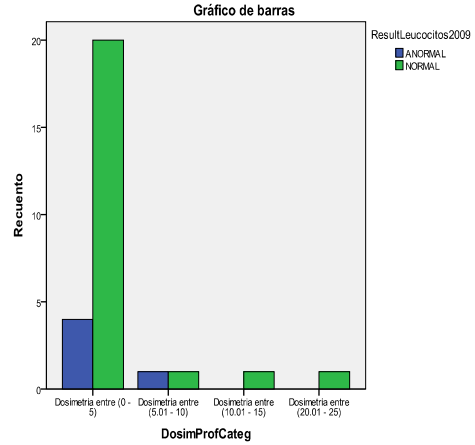
a. 6 casillas (75.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es .46.

Para la variable Leucocitos año 2009.

DosimProfCateg * ResultLeucocitos2009

Tabla de contingencia

Recuento		ResultLeucocitos2009		Total
		ANORMAL	NORMAL	
DosimProfCateg	Dosimetria entre (0 - 5)	4	20	24
	Dosimetria entre (5.01 - 10)	1	1	2
	Dosimetria entre (10.01 - 15)	0	1	1
	Dosimetria entre (20.01 - 25)	0	1	1
Total		5	23	28



Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	1.867 ^a	3	.601
Razón de verosimilitudes	1.877	3	.598
N de casos válidos	28		

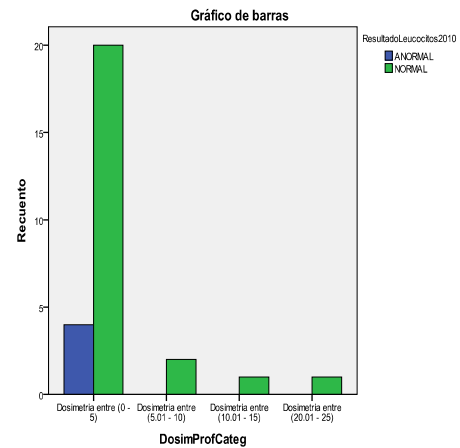
a. 7 casillas (87.5%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es .18.

Para la variable Leucocitos año 2010.

DosimProfCateg * ResultadoLeucocitos2010

Tabla de contingencia

Recuento		ResultadoLeucocitos2010		Total
		ANORMAL	NORMAL	
DosimProfCateg	Dosimetria entre (0 - 5)	4	20	24
	Dosimetria entre (5.01 - 10)	0	2	2
	Dosimetria entre (10.01 - 15)	0	1	1
	Dosimetria entre (20.01 - 25)	0	1	1
Total		4	24	28



Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	.778 ^a	3	.855
Razón de verosimilitudes	1.340	3	.720
N de casos válidos	28		

a. 7 casillas (87.5%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es .14.

Para la variable Eritrocitos año 2009.

DosimProfCateg * ResultEritrocitos2009

Tabla de contingencia

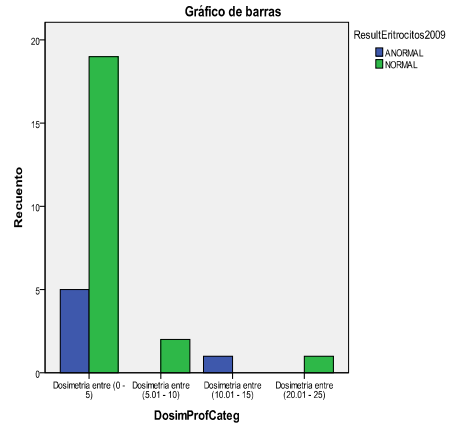
Recuento

		ResultEritrocitos2009		Total
		ANORMAL	NORMAL	
DosimProfCateg	Dosimetria entre (0 - 5)	5	19	24
	Dosimetria entre (5.01 - 10)	0	2	2
	Dosimetria entre (10.01 - 15)	1	0	1
	Dosimetria entre (20.01 - 25)	0	1	1
Total		6	22	28

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	4.490 ^a	3	.213
Razón de verosimilitudes	4.533	3	.209
N de casos válidos	28		

a. 6 casillas (75.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es .21.



Para la variable eritrocitos año 2010.

DosimProfCateg * ResultadoEritrocitos2010

Tabla de contingencia

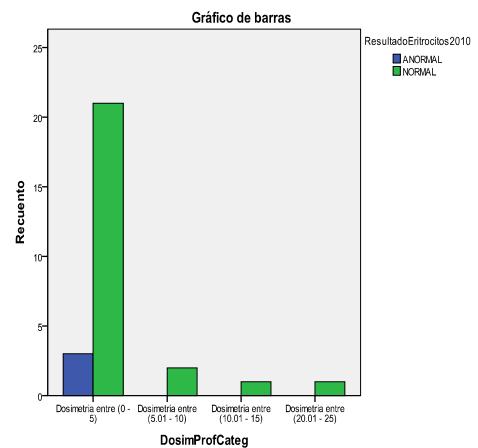
Recuento

		ResultadoEritrocitos2010		Total
		ANORMAL	NORMAL	
DosimProfCateg	Dosimetria entre (0 - 5)	3	21	24
	Dosimetria entre (5.01 - 10)	0	2	2
	Dosimetria entre (10.01 - 15)	0	1	1
	Dosimetria entre (20.01 - 25)	0	1	1
Total		3	25	28

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	.560 ^a	3	.906
Razón de verosimilitudes	.983	3	.805
N de casos válidos	28		

a. 7 casillas (87.5%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es .11.



Para TSH año 2009.

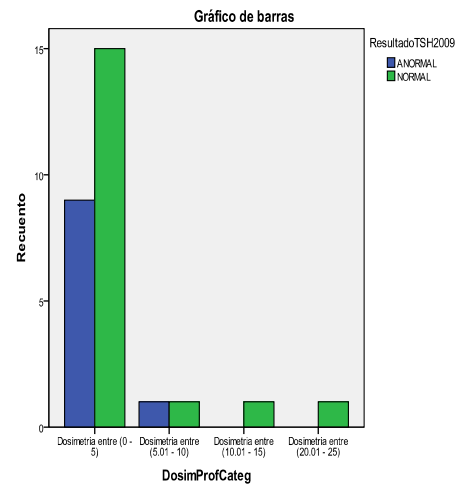
Tabla de contingencia DosimProfCateg * ResultadoTSH2009

Recuento		ResultadoTSH2009		Total
		ANORMAL	NORMAL	
DosimProfCateg	Dosimetria entre (0 - 5)	9	15	24
	Dosimetria entre (5.01 - 10)	1	1	2
	Dosimetria entre (10.01 - 15)	0	1	1
	Dosimetria entre (20.01 - 25)	0	1	1
Total		10	18	28

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	1.322 ^a	3	.724
Razón de verosimilitudes	1.971	3	.579
N de casos válidos	28		

a. 6 casillas (75.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es .36.



Para la variable TSH año 2010.

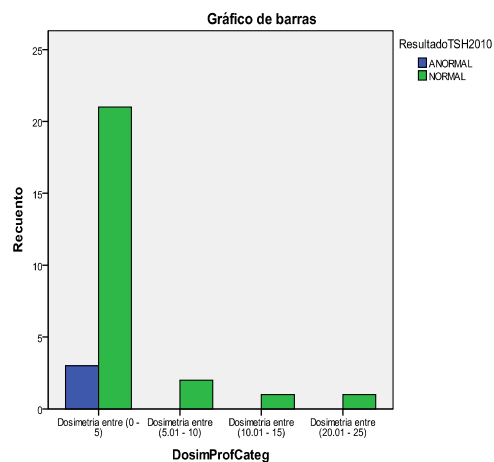
Tabla de contingencia DosimProfCateg * ResultadoTSH2010

Recuento		ResultadoTSH2010		Total
		ANORMAL	NORMAL	
DosimProfCateg	Dosimetria entre (0 - 5)	3	21	24
	Dosimetria entre (5.01 - 10)	0	2	2
	Dosimetria entre (10.01 - 15)	0	1	1
	Dosimetria entre (20.01 - 25)	0	1	1
Total		3	25	28

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	.560 ^a	3	.906
Razón de verosimilitudes	.983	3	.805
N de casos válidos	28		

a. 7 casillas (87.5%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es .11.



5. ANALISIS

Según las pruebas estadísticas realizadas se determina que hay evidencia suficiente para negar la independencia entre el equipo utilizado por las personas y el nivel de radiación arrojado por las dosimetrías. Con esto se define que un factor determinante del nivel de exposición es el equipo que opera el trabajador.

Otro de los hallazgos es la correlación media del tiempo de exposición con los niveles de dosimetría, aunque los valores arrojados por el modelo de regresión lineal no son lo suficientemente fuertes para afirmar que hay una relación directamente proporcional, si existe significancia estadística que permite inferir que a mayor tiempo de exposición a la radiación ionizante en bajas dosis, mayor la probabilidad de registrar dosimetrías mayores.

En referencia al cuestionamiento de si existe relación entre los hallazgos de los laboratorios realizados en GOE y los niveles de dosimetría se puede afirmar con la suficiente evidencia estadística (con un intervalo de confianza del 95%) que las variables demuestran un comportamiento independiente, es decir no existe una relación entre el resultado de la dosimetría del GOE y los resultados de los laboratorios utilizados para el seguimiento del grupo en cuestión.

Ante las preguntas ¿Realmente con el hemograma y TSH se está realizando un adecuado seguimiento al GOE en estudio? Concluimos que son exámenes básicos para iniciar la evaluación de un trabajador, aunque no son específicas de la exposición, son importantes cuando se tienen parámetros comparativos desde el ingreso del trabajador, junto con una historia clínica y evaluación médica adecuada.

¿Existe una correlación entre los valores de las dosimetrías con respecto a los laboratorios? Los exámenes de dosimetrías generalmente ofrecen la tranquilidad y seguridad al trabajador de las dosis absorbidas por el organismo, teniéndose un control adecuado de que no superen los límites permisibles y asociados al cumplimiento adecuado de medidas de protección. Sin embargo las dosimetrías pueden estar por debajo de los límites permisibles y presentar el trabajador alteraciones en los laboratorios, lo cual no demuestra la relación de las alteraciones con la exposición.

6. DISCUSION

El tipo y la magnitud del daño ocasionado por radiaciones ionizantes en trabajadores expuestos dependen de la clase de radiación según el equipo utilizado, de la dosis absorbida, del tiempo de exposición, medidas de protección por el trabajador y las establecidas por la empresa, así como de una buena vigilancia médica desde el ingreso del trabajador, evaluación del estado de salud antes de la exposición, periódicos y de egreso, capacitación, reporte de novedades y accidentes. La detección precoz de determinados síntomas y signos, la identificación de factores de riesgo concomitantes, facilita una adecuada y temprana intervención de forma que se prevenga la aparición de ciertas patologías. También evita que se pueda agravar una patología previamente existente y se implementen medidas de prevención en trabajadores ocupacionalmente expuestos.

La exposición ocupacional a radiaciones ionizantes, en condiciones normales de trabajo, se caracteriza por dosis muy bajas, lo cual demuestra que los reportes de dosimetrías de todos los trabajadores ocupacionalmente expuestos se encuentran por debajo de los límites permisibles, lo cual hace pensar que los trabajadores se encuentran en buenas condiciones de salud y no se ha producido efectos dañinos por la exposición laboral, esto da un nivel de tranquilidad, seguridad al trabajador y a la empresa.

Existen estudios sobre las radiaciones ionizantes, muchos indican la probabilidad de producir patologías como el cáncer, sin embargo la manera de evaluar adecuadamente a los trabajadores, para la prevención y protección de la salud, realmente no está establecida en cuanto a exámenes para-clínicos que indiquen en forma rápida que se están ocasionando daños al organismo por la exposición a radiaciones, así mismo tampoco se puede establecer con claridad que la causa de una patología es la exposición. Se encontraron estudios, que se documentan ampliamente como en el artículo: "Aberraciones cromosómicas en trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes" realizado

por Hernando Baquero Pulido y colaboradores, ya que el tema es abordado directamente y de manera más específica y el tamaño de la muestra es de 15 trabajadores, la investigación es de reciente publicación (2004) y se encontró asociación de causa efecto, ya que los autores describen una fuerte asociación entre la exposición ocupacional crónica a las radiaciones ionizantes y las aberraciones cromosómicas. Los autores indican que la exposición crónica a las radiaciones ionizantes provoca aberraciones cromosómicas y puede ocasionar daños cromosómicos y está en relación directa con el tiempo de exposición y la sensibilidad individual. El estudio sugiere que los trabajadores ocupacionalmente expuestos a las radiaciones ionizantes deben tener un seguimiento biológico adicional a la dosimetría como lo son las pruebas citogenéticas.

Igualmente en el artículo “ Medidas preventivas para evitar efectos en la salud por exposición a radiaciones ionizantes en los trabajadores del sector sanitario”, de Aleksandra Fučić y colaboradores indican que después de la exposición profesional a las radiaciones ionizantes y ultrasonido provocan translocaciones y aberraciones inestables

Desde el punto de vista biológico, el cáncer radio inducido no presenta diferencias respecto del cáncer que aparece espontáneamente en una población dada: es decir, que hasta el momento no existe ningún indicador que permita demostrar con certeza que un cáncer determinado ha sido o no inducido por la radiación. Es por eso que la cuantificación del riesgo de cáncer radio inducido en humanos se basa fundamentalmente en los denominados estudios epidemiológicos.

El objetivo real del seguimiento en los trabajadores de la salud, es establecer la aparición de los cambios biológicos producidas por la exposición a radiaciones ionizantes, lo que nos permite seguir interesados en desarrollar estudios que nos conduzcan a encontrar el mejor método, para ser complementado con la vigilancia médica estricta y así evitar la aparición de efectos indeseables en los trabajadores.

En el GOE objeto de nuestro estudio encontramos una relación entre el valor de la dosimetría directamente proporcional al tiempo de exposición y al tipo de equipo usado, lo que concuerda con lo encontrado en la literatura, en cuanto que la vigilancia dosimétrica tiene aún muchas limitaciones que no permiten establecer los efectos biológicos en el organismo producidas por las radiaciones ionizantes a dosis bajas. Se están realizando adelantos científicos en cuanto a la dosimetría biológica, sin embargo aún no hay un método recomendado de manera rutinaria en el seguimiento de trabajadores expuestos crónicamente a bajas dosis, hay recomendaciones de su uso en accidentes radiológicos con exposiciones a dosis altas en forma aguda, en cuanto a la vigilancia médica se recomienda que sea realizada por un equipo multidisciplinario con experiencia en radiaciones ionizantes, lo que consideramos una exigencia necesaria ya que en nuestro estudio no encontramos ninguna relación de los para clínicos con la dosimetría física, lo que permite plantear la hipótesis que para nuestro GOE en estudio los para-clínicos de forma rutinaria deben ser reevaluados y definidos por el profesional médico a cargo.

Concluimos que el cuadro hemático y la TSH son inespecíficos para determinar que una patología sea ocasionada por la radiación, además las alteraciones en ellos son tardías, no se puede establecer la relación entre el riesgo y la alteración hematológica, así mismo los cambios en TSH son muy comunes en la población colombiana, el hipotiroidismo es un efecto tardío ante la exposición después de meses o años. Por lo cual consideramos que se deben utilizar otras pruebas diagnósticas con una determinada periodicidad, según el criterio médico, como las dosimetrías biológicas que evidencien si realmente existe algún daño a nivel celular y se pueda llevar a cabo una valoración adecuada de los trabajadores expuestos, así mismo una atención temprana, el retiro de la exposición y el estudio de la existencia de la asociación entre el factor de riesgo y el efecto. Existen pruebas mucho más específicas para demostrar el efecto de las radiaciones en el organismo, como las dosimetrías citogenéticas o el test de micro-núcleos entre otros, sin embargo son menos utilizadas debido a los altos costos que representan, se deben utilizar en casos de accidentes radiológicos con exposición en forma aguda o para demostrar la relación de exposición y el efecto de daño celular.

7. RECOMENDACIONES:

Con los resultados de este análisis se puede concluir que la vigilancia de la salud del personal ocupacionalmente expuesta es compleja, dado que las pruebas actuales como el cuadro hemático y la TSH no son específicas y son poco sensibles para detectar cambios a bajas dosis. Tal como se menciona en la literatura si se mantienen los niveles por debajo de límites permisibles se esperaría que el GOE no presentara efectos determinísticos. De ahí la importancia de la protección radiológica aplicando los estándares nacionales e internacionales que evitan que las dosis superen las permitidas. Así mismo realizar un excelente examen de ingreso, el cual debe ser detallado y quedar debidamente consignado en la historia clínica, así mismo se deben anexar exámenes para-clínicos que nos demuestren las condiciones de salud del trabajador al ingreso, realizar controles anuales en las mismas condiciones, en lo posible con cuadro hemático, como mínimo y solicitarse los exámenes que se consideren necesarios; no consideramos que los niveles de TSH se deban realizar de manera rutinaria, a no ser que se encuentre alguna alteración al examen físico; realizar además de las dosimetrías personales una dosimetría biológica con alguna periodicidad y según la exposición, al igual que mantener en los trabajadores una cultura de auto cuidado, protección, capacitación y seguridad.

BIBLIOGRAFIA

1. Aberraciones cromosómicas en trabajadores expuestos a radiaciones ionizantes. Revista Ciencias de la Salud. 2004. enero-junio vol2, número 001
2. Revista Panamericana de la Salud. Vol. 20 N 2_3 Washington, Agosto-septiembre 2006. La regulación de la protección radiológica y función de las autoridades de salud.
3. NTP 614 Radiaciones ionizantes normas de protección. INSHT
4. Biblioteca OIT
5. Calama Rodríguez, L. 2008. Radiaciones ionizantes, riesgos y protección. En Calvo Sánchez, M.D. Enfermería del trabajo. Ribarroja (Valencia) Difusión avances de enfermería.
6. Dosimetría biológica principios y utilidad. López Díaz et al./ Radio biología 8 (2008) 186-189
7. Bases físicas y biológicas del radiodiagnóstico médico. Miguel Alcázar Baños, Carmen López Alegría. Universidad de Murcia.
8. Dosimetría biológica, principios y utilidad. López Díaz, S Mercado Sáenz, MJ Ruiz Gómez. Departamento de radiología y medicina física. Universidad de Málaga.
9. Evaluación de la disfunción tiroidea según THS en una población de Bogotá. Builes Carlos, Rosero Oscar, Jorge García. Acta médica colombiana Vol. 3, No. 2 abril- junio 2006
10. Physical and biological dosimetry for risk perception in radioprotection. Brazilian archives of biology and technology and International Journal. Amaral 2005
11. Largatiu E & Dossou J. Compared biological and physical dosimetry alter total body irradiation. International Journal of radiation oncology biology physics. Vol. 45 Issue 3 Supplement 1. 1999 page 280
12. Comisión Internacional de Salud Ocupacional. Código Internacional de ética para los profesionales de la salud en el trabajo. Salud Ocupacional, Sociedad de medicina del trabajo de Buenos Aires. 1992: 98, 34-40
13. Achinte AN. Cantor LF. Gómez El. Et al. Programa de vigilancia epidemiológica para radiaciones ionizantes, monografía postgrado de salud ocupacional. Escuela de Medicina. Santafé de Bogotá. 1994
14. Junta de gobernadores, Organismo Internacional de Energía Atómica, Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad en las Fuentes de Radiación. 1994
15. Luis Fernando Cantor Molano, Republica de Colombia, Ministerio del Trabajo y Seguridad Social. Santafé de Bogotá. 2000
16. Asociación Española de Industria Eléctrica UNESA, Fernando García Escandón, María Amparo Fernández González, Rafael Castell Salva. Agustín Valls Fontanals. Policlínica Miramar, Palma de Mallorca. Protocolo de vigilancia sanitaria específica
17. Avances en dosimetría biológica y sus aplicaciones en emergencias

- Radiológicas. Revista Sociedad Nuclear española No. 216 feb. 2002. M Moreno, M Prieto, M Glavez, M Gómez, R Hernán Z
18. Organización Internacional de Protección de los trabajadores contra las Radiaciones ionizantes
 19. Medidas preventivas par evitar los efectos en la salud por exposición a Radiaciones en el sector sanitario, Alexandra Fucic, revista Croat Med J 2007
 20. [www.fondoriesgosprofesionales.gov.co/Marco conceptual/leyes.asp](http://www.fondoriesgosprofesionales.gov.co/Marco%20conceptual/leyes.asp)
18Guía reguladora de Seguridad Radiológica para la Práctica de Radiodiagnóstico Médico. ARCAL, OIEA 2000
 21. Gallego D. Eduardo, Riesgos por exposición a radiaciones ionizantes, Departamento de Ingeniería Nuclear. Madrid