



UNIVERSIDAD VIÑA DEL MAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD
TECNOLOGÍA MÉDICA

**GLIOMAS, TUMORES DE CEREBRO Y CUELLO EN TRABAJADORES
OCUPACIONALMENTE EXPUESTOS A RADIACIÓN QUE LABORAN EN UNIDADES
DE CATETERISMO INTERVENCIONAL. UNA REVISIÓN NARRATIVA**

**ROMINA AHUMADA VARELA, 18.149.800-5, 945748901,
romina.ahumada.varela@alumno.cl**

**KAREN ALVARADO DURÁN, 19.727.995-8, 995434413
karen.alvarado@alumno.uvm.cl**

**DANITZA LIRA FERNÁNDEZ, 19.489.691-3, 987021494,
danitza.lira@alumno.uvm.cl**

**JAVIERA VIDAL KRAVETZ, 19.015.591-9, 975497590,
javiera.vidal.kravetz@alumno.uvm.cl**

Tesis para optar al título profesional de Tecnólogo Médico con mención en
Imagenología y Física médica y al grado académico de licenciado en
Tecnología Médica

Profesor guía: Sergio Ramos Avasola, 10.013.944-8, 963409376,
sergio.ramos@uvm.cl

Noviembre, 2021
Viña del Mar, Chile

TABLA DE CONTENIDOS

Resumen	I
Abstract	II
Duración del proyecto	III
Lista de acrónimos	IV
1. Introducción	1
2. Problema de investigación.....	4
2.1. Pregunta de investigación	4
2.2. Relevancia.....	4
3. Objetivo general.....	5
3.1. Objetivos específicos.....	5
4. Metodología.....	6
4.1. Tipo de estudio	6
4.2. Criterios de elegibilidad de los artículos	6
4.2.1. Tipos de estudios permitidos.....	6
4.2.2. Participantes	6
4.2.3. Exposición.....	6
4.2.4. Variables de resultados.....	6
4.2.4.1. Variables primarias	6
4.2.4.2. Variables secundarias.....	7
4.3. Estrategia de búsqueda.....	8
4.3.1. Bases bibliográficas	8
4.3.2. Palabras claves.....	8
4.3.3. Periodo de búsqueda	8
4.3.4. Idiomas empleados en la búsqueda.....	8
5. Marco teórico	9
5.1. Tumores	9
5.1.1. Definición de tumores.....	9
5.1.2. Fisiopatología de tumores	9
5.1.3. Tipos de tumores	10
5.1.3.1. Gliomas.....	10
5.1.3.1.1. Astrocitomas	10

5.1.3.1.2. Ependimoma.....	11
5.1.3.1.3. Oligodendroglioma.....	12
5.1.3.1.4. Glioblastoma.....	13
5.1.3.2. Tumores de cerebro.....	13
5.1.3.2.1. Meningioma.....	14
5.1.3.2.2. Metástasis cerebral.....	15
5.1.3.2.3. Tumores pituitarios.....	15
5.1.3.3. Tumores de cuello.....	15
5.1.3.3.1. Cáncer de cavidad bucal y cáncer orofaringe.....	15
5.1.3.3.2. Cáncer nasal y cáncer de seno parasanal.....	16
5.1.3.3.3. Cáncer nasofaríngeo.....	16
5.1.3.3.4. Cáncer de laringe.....	17
5.1.3.3.5. Cáncer hipofaringe.....	18
5.2. Radiación.....	18
5.2.1. Definición de radiación.....	18
5.2.2. Tipos de radiación.....	18
5.2.2.1. Radiación ionizante.....	18
5.2.2.2. Radiación no ionizante.....	19
5.3. Imagenología.....	19
5.3.1. Definición de imagenología.....	19
5.3.2. Modalidades en imagenología.....	20
5.3.2.1. Cateterismo intervencionista.....	20
5.3.2.1.1. Pabellón de hemodinamia.....	21
5.3.2.1.2. Angiógrafo.....	22
5.3.2.1.3. Procedimientos.....	23
5.3.2.2. Radiología.....	24
5.3.2.3. Tomografía computarizada.....	24
5.4. Dosimetría.....	25
5.4.1. Historia de la dosimetría.....	25
5.4.2. Dosis.....	26
5.4.3. Trabajadores ocupacionalmente expuestos.....	27
5.4.4. Elementos de protección radiológica.....	28

5.4.5. Criterios de protección radiológica	32
5.4.5.1. ALARA	32
6. Resultados.....	33
7. Limitaciones.....	44
8. Discusión	45
9. Conclusión	50
10. Referencia Bibliograficas	51

Índice de Tablas

Tabla 1. Dosis promedio efectiva de radiación ionizante en procedimientos vasculares, equivalencia en radiografías de tórax y el promedio de radiación natural	20
Tabla 2. Límites de dosis anual para lo TOEs	26
Tabla 3. Longitud dosimétrica	27
Tabla 4. Características bibliométricas de los estudios incluidos en la revisión....	33
Tabla 5. Características demográficas y ocupacionales de los TOE con tumores cerebrales reportados en case report y serie de casos	35
Tabla 6. Características de los tumores cerebrales reportados en los estudios incluidos en la revisión	38
Tabla 7. Estudios analíticos que estiman el riesgo de Cáncer Cerebral en profesionales que trabajaron en procedimientos guiados con fluoroscopia.	42

Índice de figuras

Figura 1. Astrocitoma anaplásico	11
Figura 2. RM T2; Oligodendroglioma grado II.....	13
Figura 3. RM; Edema peritumoral en meningioma	14
Figura 4. Pabellón	21
Figura 5. Angiógrafo Digital Fijo Modelo Pride y Pride HP	23
Figura 6. Equipo de radiografía	24
Figura 7. Tomógrafo ANATOM 16HD.....	25
Figura 8. Chaleco completo.....	29
Figura 9. Protector de tiroides	29
Figura 10. Gafas plomadas	30
Figura 11. Guantes plomados	30
Figura 12. Gorro plomado.....	31
Figura 13. Cortinas plomadas.....	31
Figura 14. Lado del tumor.....	40

Resumen

Existen diversos artículos que describen casos de tumores cerebrales y de cuello en Trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOEs) a radiación ionizante en el contexto de su actividad laboral que es desarrollar procedimientos angiográficos, especialmente en el personal médico que realiza dichas intervenciones, el lado izquierdo del cerebro, de estos profesionales, es el que se encuentra más próximo a la fuente de emisión del tubo de rayos-X, debido a esta exposición constante de radiación ionizante y a pesar de utilizar protección radiológica no se conoce aún en detalle la magnitud de tumores y la exposición laboral a radiaciones ionizantes que ocurre en unidades de cateterismo.

La presente investigación tiene por objetivo sintetizar la información reportada en la literatura científica, sobre los gliomas, tumores de cerebro y cuello de TOEs que laboran en unidades de cateterismo intervencional.

Esta se llevará a cabo a través de una búsqueda exhaustiva en diferentes bases de datos científicas, utilizando distintos criterios de exclusión e inclusión, además, de la literatura digital encontrada que hable sobre el mismo tema.

Para finalizar se considera contribuir en el área de salud realizando una actualización que englobe la información respecto a si existe una relación entre la generación de cáncer cerebral y el trabajo en unidades de cateterismo intervencionista.

Palabras claves: TOEs; gliomas; radiología intervencionista; neoplasias cerebrales; hemodinamia; radiación ionizante.

Abstract

There are several articles that describe cases of brain and neck tumors in Workers Occupationally Exposed (OEW) to ionizing radiation in the context of their work activity that is to develop angiographic procedures, especially in medical personnel who perform these interventions, the left side of the brain. Of these professionals, it is the one that is closest to the source of emission of the X-ray tube, due to this constant exposure of ionizing radiation and despite using radiological protection, the magnitude of tumors and the occupational exposure to ionizing radiation that occurs in catheterization units.

The objective of this research is to synthesize the information reported in the scientific literature on gliomas, brain and neck tumors of OEW that work in interventional catheterization units.

This will be carried out through an exhaustive search in different scientific databases, using different exclusion and inclusion criteria, in addition to the digital literature found that talks about the same topic.

Finally, it is considered to contribute in the health area by making an update that includes information regarding whether there is a relationship between the generation of brain cancer and work in interventional catheterization units.

Keyword: Occupationally exposed workers; glioma; radiology interventional; brain neoplasms; hemodynamics; ionizing radiation

Duración del proyecto

En los meses de marzo, abril y mayo se realizó una búsqueda intensa de información en las bases de datos de SCOPUS, SCIELO, EBSCO y PUBMED. Posterior a ello, en los meses siguientes se analizó, descartó y sintetizó la información. Finalmente, en los últimos 3 meses se procedió a realizar los resultados, para finalizar en el mes de noviembre del año 2021.

Lista de acrónimos

ADN: Ácido Desoxirribonucleico.

ALARA: Tan bajo como sea razonablemente posible (As Low As Reasonably Achievable)

CCE: Carcinoma de células escamosas

CR: Cáncer radiogénico

Dt: Dosis absorbida

GBM: Glioblastoma

Gy: Gray

Ht: Dosis equivalente

ICRP: Comisión Internacional de Protección Radiológica

mSv: miliSievert

Pb: Plomo

PTCA: Angioplastia coronaria transluminal percutánea

rem: Roentgen equivalent man

REV MED: Revista médica

RM: Resonancia Magnética

Sv: Sievert

SNC: Sistema Nervioso Central

SRL: Sociedad de Responsabilidad Limitada

TC: Tomografía Computarizada

TM: Tecnólogo médico

TOEs: Trabajadores ocupacionalmente expuesto

1. Introducción

Durante los últimos años se han incrementado los procedimientos de cateterismo intervencionista se han convertido en una herramienta indispensable para los servicios de atención en salud pública y privada, con la adaptación del uso de material nuevo, en continuo cambio y perfeccionamiento, así como, la gran profusión de aparatos¹ que ha provocado una mayor implicación y puesta al día de todo el personal médico¹.

El cateterismo intervencionista es una subespecialización de la cardiología, en ella se realizan procedimientos mínimamente invasivos, se dispone de dispositivos altamente especializados con los cuales se realiza pequeña incisión para poder llevar a cabo los procedimientos y con ello se obtienen menos complicaciones y tiempos de estadía más cortos para el paciente.

Para poder llegar a este procedimiento se utilizó, como base, la experiencia de Cournand quien introdujo el primer catéter cardíaco y con esto Hace tan solo cuatro décadas, Swan y Ganz introdujeron a la práctica clínica un catéter terminado en un balón inflable².

La exposición constante a radiación ionizante es una de las principales preocupaciones en salud ocupacional entre especialistas que practican procedimientos guiados por fluoroscopia, especialmente, cardiólogos, radiólogos y profesionales aliados ³, esta exposición aumentaría el riesgo de desarrollar tumores, debido a las constantes dosis absorbidas que provocarían una alteración celular dando origen a tumores en las zonas mayormente expuestas.

Los efectos estocásticos se deben principalmente a un daño en la reparación del ADN, lo cual lleva a una transformación genética ³, lo que se traduce en cáncer radiogénico (CR) generalmente neoplasias hematológicas. El tiempo entre el

evento índice y la aparición de la enfermedad clínicamente manifiesta es variable y puede tardar hasta 20 años en manifestarse. El riesgo de cáncer aumenta mientras mayor sea la exposición, sin embargo, la gravedad del CR es independiente de la dosis de radiación⁴.

Los efectos determinísticos se expresan como, en lesiones en piel y desarrollo de cataratas, los cuales son causados por daño o muerte celular. La severidad del efecto se relaciona con la dosis una vez se ha logrado el umbral de dosis de radiación³.

Las exposiciones prolongadas a radiación ionizante pueden ocasionar patologías en la cabeza, cerebro y en menor medida, cuello. Se añade que el lado izquierdo esta más propenso que el derecho, ya que es el lado del cuerpo mayormente expuesto al encontrarse junto a la fuente de radiación.

Algunas de estas patologías que se presentan son tumores cerebrales. Entre ellos el más frecuente es el glioma el cual es un tipo de tumor que origina en el cerebro o la médula espinal que se presenta de las células glial. Estas células forman un tejido llamado “glía” las células nerviosas de los anillos para mantenerlas y para soportar su función⁵.

Junto a lo anteriormente mencionado, se suman casos de glioblastomas multiforme, siendo un tumor primario del sistema nervioso central más frecuente en hombres. Su incidencia en Europa oscila entre 3 y 4 casos por 100.000 habitantes⁶. También, se encuentran los astrocitomas, cáncer de los astrocitos, y meningiomas son tumores que se generan en las leptomeninges y se adhieren a la duramadre, membranas que recubren el cerebro⁷. Además, son tumores benignos que crecen de forma muy lenta, incluso a lo largo de muchos años, desplazan el cerebro pero no lo suelen invadir⁷. Las células multiformes y astrocitos se encuentran en el cerebro y cuello cooperando en el soporte del sistema nervioso.

Es importante destacar que el cuello es una estructura estrecha en donde encontramos los sistemas: respiratorio, digestivo, linfático, nervioso, muscular, óseo, por lo que una mutación es más probable y riesgosa.

La relevancia de esta investigación es fundamental dar a conocer los eventuales efectos no deseados producto de permanecer cerca de una fuente de radiación constante en aquellos profesionales de la salud que trabajan al interior de un pabellón hemodinámico. Dando cuenta, además, de los medios de radiación y radioprotección pertinentes para evitar complicaciones futuras.

El objetivo de la investigación es describir a través de los estudios encontrados las consecuencias de estar expuestos a radiación ionizante en procedimientos hemodinámicos, el cual conlleva un alto riesgo para desarrollar alguna patología relacionada a radiación, como lo son, tumores malignos o benignos.

El propósito en esta narrativa es dar a conocer los riesgos que implican en los TOEs trabajar con exposiciones de radiación ionizante por tiempos prolongados en procedimientos de cateterismo intervencionistas.

2. Problema de investigación

2.1. Pregunta de investigación

¿Qué se sabe, según lo reportado en la literatura científica, sobre los gliomas, tumores de cerebro y cuello de TOEs que laboran en unidades de cateterismo intervencional?

2.2. Relevancia

Es trascendental sintetizar y exponer los posibles riesgos que conlleva trabajar en el área de cateterismo intervencionista, debido a la proximidad y continua exposición de radiación ionizante que, en algunos casos, origina el equipo de rayos-X dentro del pabellón, causando lesiones que, en algunos casos, se manifiestan en los segmentos cerebrales y/o cuello, algunos de ellos de carácter maligno o benigno, los cuales podrían afectar la calidad de vida del profesional e inclusive podrían ser una causa de muerte.

3. Objetivo general

Sintetizar la información reportada en la literatura científica, sobre los gliomas, tumores de cerebro y cuello de TOEs que laboran en unidades de cateterismo intervencional.

3.1. Objetivos específicos

- a) Describir definición, fisiopatologías y tipos de tumores reportados en la literatura científica.

- b) Describir gliomas, astrocitomas, ependimoma, oligodendroglioma y glioblastoma reportados en la literatura científica.

- c) Describir tumores de cerebro, meningioma, metástasis cerebral y tumores pituitarios reportados en literatura científica.

- d) Describir tumores de cuello, cáncer de cavidad bucal y orofaringe, cáncer nasal y de seno paranasal, cáncer nasofaríngeo, de laringe e hipofaringe reportados en literatura científica.

- e) Definir y mencionar los tipos de radiación en hemodinamia reportados en la literatura científica.

- f) Describir imagenología y sus modalidades, como cateterismo intervencionista reportados en la literatura científica.

- g) Describir características generales de dosimetría (historia, dosis, TOEs, elementos y criterios de ALARA) reportados en la literatura científica.

4. Metodología

4.1. Tipo de estudio

Este estudio corresponde a una Revisión Narrativa, donde se recopilan casos de trabajadores ocupacionalmente expuestos que laboran en unidades de cateterismo intervencionista con diagnóstico de tumor cerebral o cuello.

4.2. Criterios de elegibilidad de los artículos

4.2.1. Tipos de estudios permitidos

En esta investigación se incorporaron artículos científicos, encontrados en diferentes bases de libre circulación de internet que hablen sobre los últimos hallazgos, sobre la existencia de tumores en cerebro y cuello en TOES que laboran en el área de Cateterismo intervencionista.

4.2.2. Participantes

Todos los artículos encontrados en la literatura científica en los cuales se reportaron a TOEs que trabajaron en el Cateterismo intervencionista con diagnóstico de tumor de cerebro y cuello.

4.2.3. Exposición

En esta investigación se presenta una exposición de los trabajadores ocupacionalmente expuestos en unidades de cateterismo intervencionista a dosis constantes de radiación ionizante emitidas por el equipo angiográfico ubicado al lado izquierdo del profesional durante los procedimientos intervencionista.

4.2.4. Variables de resultados

4.2.4.1. Variables primarias

Tipos de Tumor Cerebral y Cuello: Crecimiento anormal de las células del cerebro y cuello que no poseen una función fisiológica, puede ser de carácter maligno o benigno, entre ellos encontramos los tumores denominados Glioblastoma, Meningioma, Astrocitoma, Oligodendroma, Neurinoma del Acústico, Glioma, Tumor de Cuello, entre otros. Variable de tipo cualitativa, nominal.

Ubicación predominante: Ubicación o lugar anatómico en donde se encuentra el tumor, originándose en Cerebro, Cuello, Oído, Cerebelo, Lengua, Boca, Hipófisis, etc. Variable de tipo categórica, nominal.

Hemisferio Cerebral y de Cuello: Mitad del cuerpo humano que se divide en hemisferio izquierdo y hemisferio derecho. Variable de tipo categórica, ordinal.

4.2.4.2. Variables secundarias

TOEs: Hace referencia a los Trabajadores ocupacionalmente expuestos en Cateterismo intervencionista, ejerciendo la profesión de Cardiólogos Intervencionistas, Radiólogos Intervencionistas y Electrofisiólogos pediátricos. Variable de tipo categórica, nominal.

Edad: Tiempo transcurrido en que ha vivido una persona desde su nacimiento. Variable de tipo Numérica, cuantitativa de intervalo, que se mide en años y puede tomar valores del 0 al infinito.

Sexo: Es la diferenciación biológica, anatómica y fisiológica que permite definir características propias de hombre y mujer. Variable de tipo categórica nominal y puede ser femenino y masculino.

Tiempo de exposición a radiación: Cantidad de tiempo que un profesional se encuentra expuesto a radiación ionizante. Variable de tipo numérica cuantitativa, intervalo, se mide en años y puede tomar valores desde 0 al infinito.

Edad de mortalidad: Se refiere a la edad de muerte en aquellos trabajadores ocupacionalmente expuestos en cateterismo intervencionista que son diagnosticados por un tumor cerebral o de cuello, se mide en años. Variable de tipo numérica, cuantitativa, intervalo.

4.3. Estrategia de búsqueda

4.3.1. Bases bibliográficas

Se realizaron búsquedas en PUBMED, EBSCO, SCOPUS, SCIELO y recursos de GOOGLE SCHOLAR, desde marzo hasta septiembre del 2021, para encontrar publicaciones sobre hallazgos de gliomas, tumores de cerebro y cuellos de TOEs que laboran en unidad de cateterismo intervencionista.

4.3.2. Palabras claves

Workers, cardiologists, radiologists, neuroradiologists, staff radiation, physicians, x-ray, cardiac catheterization, angiography, endovascular procedure, interventional procedure, ionizing radiation, neoplasia, tumor, cancer, malignancies, astrocytoma, glioblastoma, meningioma, glioma*, malignant, schwannoma, oligodendrinoma, cabeza, cerebro y cuello.

4.3.3. Periodo de búsqueda

La búsqueda se realizó entre marzo y el 3 de septiembre del 2021.

4.3.4. Idiomas empleados en la búsqueda

En la presente investigación se consideraron los artículos publicados en inglés y español.

5. Marco teórico

5.1. Tumores

5.1.1. Definición de tumores

Los tumores pueden definirse como una masa anormal de tejido que aparece cuando las células se multiplican más de lo debido o no se mueren cuando deberían⁸. Estos se pueden clasificar según su grado canceroso en benignos o malignos.

5.1.2. Fisiopatología de tumores

El crecimiento celular es un acontecimiento natural en el desarrollo de los tejidos, la alteración de este evento puede resultar nocivo provocando una mutación. Los tumores o también denominados neoplasias representan en conjunto un espectro de enfermedades caracterizadas por el crecimiento celular anormal, la pérdida de la homeostasis del tejido y la arquitectura tisular distorsionada⁹.

Dependiendo del patrón de comportamiento que manifieste el tumor en el paciente, este se puede clasificar en tumores benignos, los cuales son aquellos no cancerosos que pueden crecer, pero no se diseminan y tampoco invaden los tejidos cercanos ni otras partes del cuerpo⁹. Mientras que los tumores malignos son cancerosos, estos suelen diseminarse o invadir los tejidos cercanos⁹ y otras partes del cuerpo a través de la sangre y el sistema linfático⁹.

Los tumores cerebrales malignos se encuentran entre los más temidos tipos de cáncer, no solo por su mal pronóstico, sino también por las repercusiones directas en la calidad de vida y función cognitiva¹⁰.

5.1.3. Tipos de tumores

5.1.3.1. Gliomas

El glioma es uno de los tipos de tumores primarios más comunes que se desarrollan en el cerebro y la médula espinal, se originan en el parénquima encefálico específicamente en las células gliales que rodean a las células nerviosas.

Solamente la exposición a la radiación y ciertos síndromes genéticos son factores de riesgo bien definidos para el glioma maligno¹⁰. Este tipo de tumor puede afectar la función cerebral del paciente, además, puede presentar diversos síntomas como náuseas, cefalea, amnesia, disartria, entre otros signos dependiendo de su ubicación y la velocidad de crecimiento, incluso provocar la muerte de la persona.

Los gliomas se pueden clasificar según la característica genética y comportamiento del tumor en cuatro tipos: astrocitomas, ependimoma, oligodendroglioma y glioblastoma.

Dependiendo del tipo de glioma que se presente es como se abordará y determinará su tratamiento y pronóstico. En general, las opciones de tratamiento de gliomas incluyen cirugía, radioterapia, quimioterapia y terapia dirigida.

5.1.3.1.1. Astrocitomas

Los astrocitomas son un tipo de gliomas que surgen mayor frecuencia. Estos son tumores primarios del sistema nervioso central que surgen de astrocitos o parecen similares a los astrocitos en la histología que surge de las células precursoras¹¹.

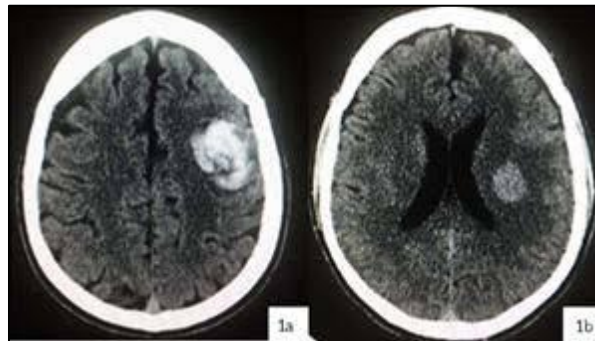
Los astrocitomas se pueden clasificar según el orden malignidad:

- Grado I: astrocitomas pilocíticos
- Grado II: astrocitomas de bajo grado
- Grado III: astrocitomas anaplásicos (y oligoastrocitomas anaplásicos)
- Grado IV: glioblastomas y gliomas de la línea media difusos

Los astrocitomas de grado I, II y III generalmente aparecen en personas jóvenes y que después puede evolucionar a glioblastomas. Estos últimos también se pueden desarrollar de glioblastomas primarios o también llamados novo, apareciendo en personas de mediana edad en adelante, este tumor tiene células cromosómicamente heterogéneas, lo que quiere decir que tiene características genéticas definidas y estas van cambiando a medida que se va desarrollando.

Algunos astrocitomas contienen células de oligodendroglioma; los pacientes con estos tumores (oligoastrocitomas) generalmente tienen mejor pronóstico que aquellos con astrocitomas puros¹².

Figura 1. Astrocitoma anaplásico



Fuente: Arch Neurocién (Mex) INNN, 2016. [ane164h.pdf \(medigraphic.com\)](http://ane164h.pdf (medigraphic.com))

5.1.3.1.2. Ependimoma

Es un tumor primario del sistema nervioso central (SNC), el cual se origina en el cerebro o médula espinal. Este se puede clasificar en tres grados. Para poder identificarlos se usan análisis moleculares para ayudar a identificar subtipos que se relacionan con la localización y las características de la enfermedad¹³.

- Grado I: es de bajo grado, lo que significa que crece de manera lenta, este suele crecer en la médula espinal. Los subtipos de este grado son el subependimoma y ependimoma maxilo papilar.
- Grado II: es de bajo grado, puede aparecer tanto en cerebro como en la médula espinal.
- Grado III: es un tumor maligno, por lo tanto, es de rápido crecimiento. Se presenta mayormente en el cerebro y con menos frecuencias en la médula espinal. Tiene como subtipos a ependimomas anaplásicos.

5.1.3.1.3. Oligodendroglioma

Es un tumor primario que se puede presentar tanto en el cerebro como en la médula espinal, el oligodendroglioma se forma por las células oligodendrocitos que se encuentran en el cerebro y la médula espinal, encargadas de producir la sustancia que protege las neuronas, por lo que dentro de los signos y síntomas pueden estar las convulsiones, cefalea, debilidad o discapacidad de partes del cuerpo.

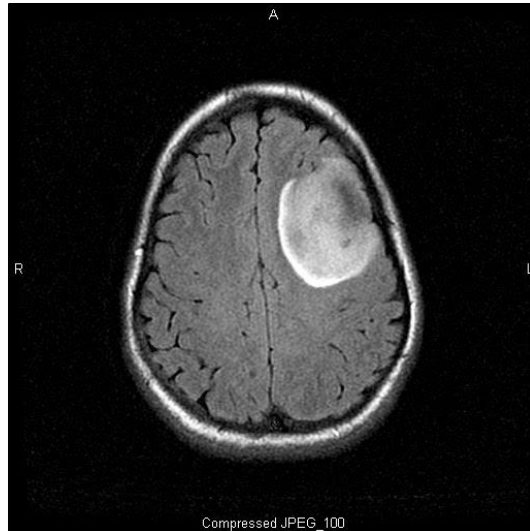
Según sus características se clasifica en:

- Grado II: tumor de crecimiento lento que invade tejido cercano, de bajo grado, normalmente se diagnostica después de unos años de haber aparecido porque no producen síntomas.
- Grado III: tumor de crecimiento rápido, oligodendroglioma anaplásico (maligno).

El oligodendroglioma se presenta principalmente entre los 35 y 44 años, aunque puede manifestarse a cualquier edad. La exposición a radiación y ciertas alteraciones en los genes que se pueden heredar se vinculan con una probabilidad más alta de tener oligodendroglioma¹⁴.

El principal tratamiento del oligodendroglioma es la cirugía y después de esta se puede realizar radiación, quimioterapia o el paciente puede participar en ensayos clínicos.

Figura 2. RM T2; Oligondendroglioma grado II



Fuente: Steven A. Goldman. [Gliomas - Trastornos neurológicos - Manual MSD versión para profesionales \(msdmanuals.com\)](https://www.msdmanuals.com/es-es/neurologia/gliomas)

5.1.3.1.4. Glioblastoma

Es un tumor agresivo que se origina en el cerebro o en la médula espinal, estos se forman a partir de los astrocitos que son células que dan apoyo a las neuronas. El glioblastoma, también conocido como «glioblastoma multiforme»¹⁵.

Este tipo de cáncer es indiferente a la edad, pero tiene mayor frecuencia en adultos mayores. Los principales síntomas que generar son cefalea, náuseas, vómitos y hasta convulsiones. Además, es difícil de tratar y en ocasiones no se logra curar, los tratamientos buscan aminorar el crecimiento y evolución del tumor, y a su vez lograr una reducción de los síntomas.

5.1.3.2. Tumores de cerebro

5.1.3.2.1. Meningioma

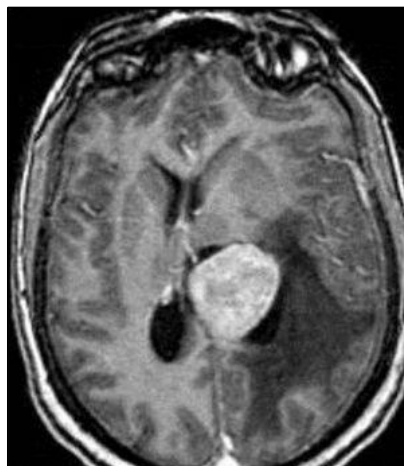
Es un tumor primario que se generan en las leptomeninges y se adhieren a la duramadre⁷, que es una membrana que recubre al cerebro y la médula espinal. Es el tumor primario más común del cerebro, no obstante, los meningiomas de alto grado son muy poco comunes, se presentan más comúnmente desde los 60 años y el riesgo aumenta con la edad, principalmente en mujeres.

Su causa principal es desconocida, sin embargo, las personas tienen un mayor riesgo de presentar un meningioma a la exposición a la radiación¹⁶, y el padecer la enfermedad genética llamada neurofibromatosis tipo 2¹⁶.

Este tumor se puede clasificar en tres grados según sus características, para clasificarlos se debe realizar un análisis molecular, así mismo la localización y las características que presente el tumor.

- Grado I: es el tumor más común, de grado bajo, su crecimiento es lento.
- Grado II: meningioma de grado intermedio, atípico, mayor probabilidad que el tumor vuelva después de extirparlo.
- Grado III: meningioma canceroso (tumor maligno), es un tumor de crecimiento rápido.

Figura 3. RM; Edema peritumoral en meningioma



Fuente: elsevier, 2016. [Meningiomas en neurooncología | Neurología Argentina \(elsevier.es\)](https://www.elsevier.es)

5.1.3.2.2. Metástasis cerebral

Las metástasis del cerebro son los tipos de tumores cerebrales más frecuentes, correspondiente cerca del 90% del total¹⁷. Algunos pacientes con tumores malignos puede causar potencialmente metástasis cerebral, el cáncer de pulmón se desarrolla con mayor frecuencia con un porcentaje de alrededor del 39-56% del total de los casos¹⁷, luego es seguido por mama (13-19%), melanoma (6-11%), tumores del tracto gastrointestinal (6-9%), renal (2-6%) y otro/desconocido (4-12%)¹⁷.

Las metástasis frecuentemente logran generarse por diseminación hematógena. Se puede destacar que existe una estrecha relación entre la irrigación sanguínea de la zona, ubicándose 80% de las lesiones en cerebro, 15% en el cerebelo y 5% en el tronco cerebral¹⁷.

5.1.3.2.3. Tumores pituitarios

El tumor de la glándula pituitaria es de tipo benigno, pero como su ubicación es en la base del cráneo, un tumor en esta glándula crece hacia arriba¹⁸. Por lo cual, esta clase de tumor presiona los nervios ópticos generando problemas en la visión. También ocasiona un aumento de secreción hormonal endocrina.

5.1.3.3. Tumores de cuello

5.1.3.3.1. Cáncer de cavidad bucal y cáncer orofaringe

Se le llama cáncer de boca a las células cancerígenas de crecimiento descontrolado que se ubican en alguna estructura perteneciente a la cavidad bucal (labios, encías, lenguas, paladar, etc.). Mientras que la orofaringe incluye la base

de la lengua (el tercio posterior de la lengua), el paladar blando (la parte posterior de la boca), las amígdalas, así como las paredes laterales y posteriores de la garganta¹⁹.

Los signos y síntomas que se presentan pueden ser parches blancos o rojizos en la boca, un aumento de tamaño en la boca, dolor bucal, llaga en el labio o en la boca que no sana, entre otros.

Normalmente comienza en las células planas y delgadas (células escamosas) que recubren los labios y la parte interior de la boca²⁰ son las que producen mutaciones formándose el cáncer. Algunos de los factores de riesgo que se han relacionado a la presencia de cáncer bucal son el consumo de tabaco, consumo excesivo de alcohol, virus del papiloma humano, exposición excesiva al sol en los labios, entre otros.

5.1.3.3.2. Cáncer nasal y cáncer de seno parasanal

Se forman por un crecimiento anormal de las células provocando un aumento de tamaño en la zona afectada, puede invadir tejidos cercanos y volverse metastásico. El carcinoma de células escamosas (CCE) es el tipo más frecuente de tumor maligno de nariz y seno paranasal (70–80 %) ²¹.

Entre los síntomas que se pueden presentar están la dificultad para respirar por la nariz, sangrado nasal, dolor o hinchazón facial, pérdida de sentido del olfato, entre otros. Los factores de riesgo que pueden causar la aparición de un tumor nasal son ser hombre mayor de 40 años, fumar y estar cerca de personas que fuman, respirar aire que esté contaminado, estar expuestos constantemente a químicos e irritantes presentes en el aire, virus del papiloma humano.

5.1.3.3.3. Cáncer nasofaríngeo

Debido a su forma clínica, es decir, por el tamaño, localización y posibles metástasis linfáticas en la región, este tipo de cáncer es considerado poco frecuente. El cáncer nasofaríngeo logra alcanzar una supervivencia del 60% en etapas tempranas y solo del 30% en etapas tardías. Sin embargo, con la evolución de las técnicas de tratamiento, como la radioterapia o cirugía, ya sea por medio de la técnica endoscópica o cirugía abierta, se ha logrado mejorar los índices de sanación influyendo en una menor tasa de morbilidad.

Dependiendo del cuadro clínico se encuentran las etapas tempranas y etapas tardías, la primera etapa mencionada frecuentemente se origina en la fosa de Rosenmuller²², y por largo tiempo puede ser asintomático, no obstante, posteriormente puede desencadenarse una cefalea debido a la afección de los pares craneales. Mientras, que los tumores ulcerados, sangrientos, de gran tamaño y exofíticos, que pueden producir erosión de la base del cráneo y generarán afección hacia los pares craneales III-V-VI y VII por la invasión hacia el seno cavernoso, se caracterizan por ser etapas tardías, además, en esta etapa hay una tendencia a metástasis cervicales tempranas, ocurriendo el 75%-90% durante el diagnóstico inicial²².

5.1.3.3.4. Cáncer de laringe

Este tipo de cáncer se forma por las células malignas en los tejidos de la laringe y son frecuentes en el área otorrinolaringológica. Debido a sus precoces manifestaciones en las funciones fonatorias y respiratoria de la laringe, el 60% de los carcinomas laríngeos se diagnostican en etapa localizada, 25% con extensión regional y 15% como enfermedad avanzada metastásica²³.

Los principales factores de riesgos de cáncer de laringe son el consumo de tabaco, el cual es responsable principalmente de los carcinomas glóticos y supraglóticos; seguido por el alcohol, el etilismo se asocia con el desarrollo del carcinoma

supraglótico. El alcohol es un cofactor sinérgico al combinarse con el tabaco, aumentando la posibilidad de un tumor maligno en el área de la laringe.

5.1.3.3.5. Cáncer hipofaringe

La hipofaringe se encuentra por los lados y por posterior de la laringe. Este tipo de cáncer es de células escamosas, que son células delgadas y planas que revisten el interior de la hipofaringe²⁴. Se puede propagar a otras estructuras que se encuentran adyacentes a la hipofaringe como en la tráquea o el cartílago que rodea a la tiroides. Este tipo de cáncer se hace evidente cuando ya se ha expandido y alcanzado varias estructuras del cuello.

5.2. Radiación

5.2.1. Definición de radiación

La radiación es la emisión, propagación y transferencia de energía en cualquier medio en forma de ondas electromagnéticas o partículas²⁵. Cuando los niveles de radiación son altos y de manera prolongada, estos pueden causar alteraciones, provocando daños en las células y el ADN.

En la actualidad, esta radiación ha sido utilizada para desarrollar equipos que utilizan radiación en elementos que pueden ser de uso diaria o de utilización médica.

5.2.2. Tipos de radiación

5.2.2.1. Radiación ionizante

La radiación ionizante es un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas o partículas²⁶. Se caracteriza por liberar energía desde los átomos en forma de rayos gamma o rayos-X. Pero, cuando la radiación

ionizante es captada de forma artificial, esta proviene de la generación de energía nuclear o del uso médicos con fines de diagnóstico o terapéuticos, siendo más comunes máquinas de rayos-X.

El aumento del uso de las radiaciones ionizantes trae consigo un incremento en los riesgos para la salud si no son utilizados o contenidos de forma correcta, es decir, cuando las dosis de radiación excede los límites tolerados, pudiendo afectar el funcionamiento de los órganos y generar quemaduras cutáneas o el síndrome de irradiación aguda, no obstante, en continuas dosis bajas se puede aumentar el riesgo de contraer los efectos a largo plazo, como cáncer.

Los estudios epidemiológicos realizados en poblaciones expuestas a la radiación, como los supervivientes de la bomba atómica o los pacientes sometidos a radioterapia, han mostrado un aumento significativo del riesgo de cáncer con dosis superiores a 100 mSv. Estudios epidemiológicos más recientes efectuados en pacientes expuestos por motivos médicos durante la infancia (TC pediátrica) indican que el riesgo de cáncer puede aumentar incluso con dosis más bajas (entre 50 y 100 mSv)²⁶.

5.2.2.2. Radiación no ionizante

Son ondas electromagnéticas o partículas que tienen escasa energía, por lo que tiene suficiente energía para desplazar los átomos de una molécula o hacerlos vibrar, pero no es suficiente para eliminar los electrones de los átomos²⁷. Este tipo de radiación lo generan las ondas de radio, la luz visible y las microondas.

5.3. Imagenología

5.3.1. Definición de imagenología

Es el área de la medicina que proporciona apoyo clínico tanto en la generación de diagnósticos de un buen número de enfermedades como en la planeación de

tratamientos²⁸, por medio de diversas técnicas en imagen, las cuales constan generalmente del uso de radiación ionizante, ultrasonido o radiofrecuencias.

5.3.2. Modalidades en imagenología

5.3.2.1. Cateterismo intervencionista

El cateterismo intervencionista comprende diferentes procedimientos tanto con fines diagnósticos como terapéuticos y que son aplicados no sólo a la patología cardiovascular sino que ayudan a especialidades de medicina interna y/o quirúrgicas²⁹.

Esta modalidad consiste en que el médico especializado ingresa a venas y arterias a través de tubos largos llamados “catéteres”, los cuales son utilizados para diagnosticar o dar tratamiento a los problemas de circulación de sangre arterial o venosa que recorre todo el cuerpo.

Estos catéteres tienen como funciones llevar medicamentos al área establecida, para posibilitar el flujo de sangre en alguna arteria que haya estado obstruida, además, es posible transportar stents o balones de angioplastias, los cuales sirven para expandir los vasos sanguíneos cuando estos se encuentren con coágulos o placa de ateroma y así poder irrigar de manera correcta.

Tabla 1. Dosis promedio efectiva de radiación ionizante en procedimientos vasculares, equivalencia en radiografías de tórax y el promedio de radiación natural

Procedimiento	Dosis efectiva en mSv	Número equivalente en radiografía de tórax (cada 0,02 mSv)	Equivalente promedio de radiación natural (en años)
Angiografía coronaria diagnóstica	2 – 16	350	2.9
Intervención coronaria percutánea	7 – 57	750	6.3
Ablación por radio frecuencia	7 – 57	750	6.3
Angiografía de cabeza y/o cuello	1 – 20	250	2.1
Angiografía torácica de arterias pulmonares o aorta	4 - 9	250	2.1
Angiografía abdominal	4 – 48	600	5.0

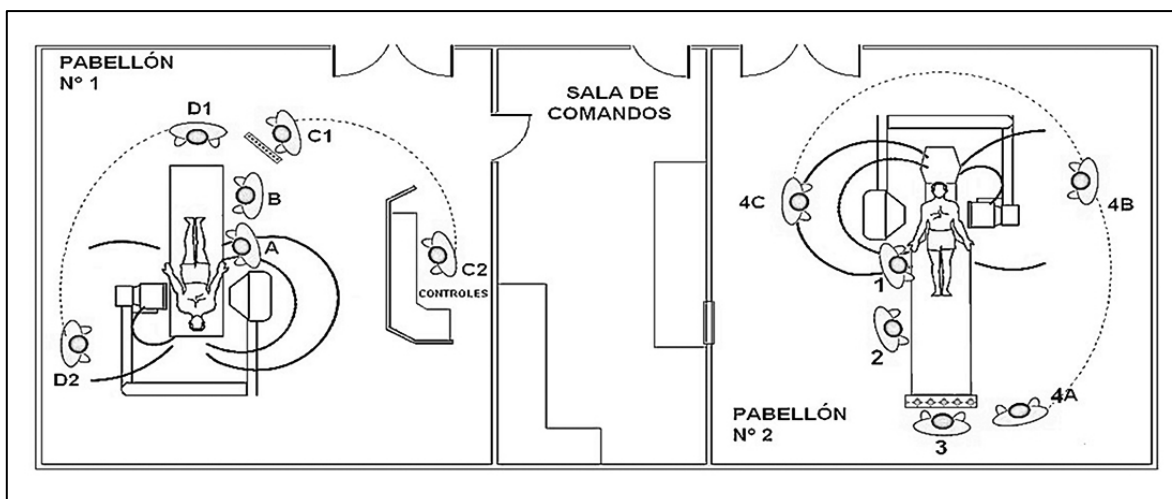
Embolización de vena pélvica	44 – 78	3000	25.0
Valvuloplastia aórtica	39	1950	16.2
Dilatación de oclusión coronaria crónica	17 -194	4050	33.7
Endoprótesis de aneurisma toraco-abdominal	76 – 119	3800 - 5950	31.6 - 49.5

Fuente: Elaboración propia a partir de Revista Colombiana de cardiología. 2018; 25(3): 222-229.

5.3.2.1.1. Pabellón de hemodinamia

El pabellón debe contar con un arco en C, una consola de control, suministro eléctrico, generador de alto voltaje, un ordenador, soportes de radioprotección, el instrumental quirúrgico y equipos necesario para realizar los procedimientos, además, el espacio suficiente para mantener el orden y permitirle al médico tratante una adecuada visualización de la imagen como se muestra en la figura 4³⁰.

Figura 4. Pabellón



1= Médico intervencionista; 2 = Técnico paramédico; 3 = Tecnólogo médico; 4 = Enfermera

Fuente: Revista médica de Chile (REV MED CHILE). [¿Es eficiente la protección anti-radiación otorgada por gorros de pabellón de tungsteno-bismuto en cardiología intervencionista? \(scielo.cl\)](#)

Este lugar se debe encontrar prolijo, ser resistente a abrasiones y desgaste por el uso de los químicos, para que se logre una limpieza óptima y una adecuada esterilización.

5.3.2.1.2. Angiógrafo

Es un equipo que utiliza rayos-X, se sitúa en el pabellón de hemodinamia que permite realizar procedimientos en cateterismo intervencionista, el cual permite visualizar imágenes del sistema vascular a través de diferentes movimientos que proporciona el equipo debido a su forma arqueada o semicircular, y por medio de las técnicas que utiliza, siendo estas la fluoroscopia o cinefluoroscopia, en procedimientos como coronariografía, angioplastias, biopsias, entre otros.

En 1955 “C-Arms by Philips” presenta el Arco en C³¹, generando un aporte tecnológico en los procedimientos de cateterismo intervencionista, debido a su diseño brinda la posibilidad de visualizar imágenes de alta resolución a tiempo real y sin movilizar al paciente, aportando soluciones que las nuevas necesidades Clínicas y Hospitalarias demandan³¹.

Este se compone por dispositivo de arco C, tubos de rayos X, receptor de imagen, mesa de procedimiento, tablero de procedimiento, monitores, elemento de protección radiológica, módulo y mando de visualización, y controles.

Según anclaje se puede clasificar en angiógrafo a piso y angiógrafo a techo. También, se puede clasificar si el equipo es monoplano o biplano.

Las aplicaciones del arco en C, sin duda abarcan una gran cantidad de áreas y ramas de la medicina en su mayoría quirúrgicas. Las principales aplicaciones de este equipo se encuentran en las áreas de cirugía general, cirugía abdominal, cirugía de tórax, traumatología y ortopedia, cirugía vascular, cardiología, neurocirugía, entre muchas otras³¹.

Figura 5. Angiógrafo Digital Fijo Modelo Pride y Pride HP



Fuente: Sbe Tecnología Médica SRL, 2021. [Angiógrafos Digitales Fijos y Móviles | SBE Tecnología Médica](#)

5.3.2.1.3. Procedimientos

Los procedimientos más frecuentes en el pabellón de cateterismo intervencionista son:

Angioplastia con balón, el cual consiste en realizar procedimientos mínimamente invasivos que se realizan al insertar un pequeño globo en la punta de un catéter flexible cerca del área estrechada de la arteria coronaria. Luego se infla el globo, comprimiendo la obstrucción³² con esto se logra un incremento de la pared de la arteria, lo que mejora la circulación del flujo sanguíneo.

También, se realizan angioplastia con balón con Stent, donde en algunas angioplastias con balón se acompañarán de un procedimiento de colocación de Stent que ayudará a mantener abierta la arteria. Un Stent es un pequeño alambre enrollado o tubo de malla que sostiene las paredes de la arteria en su lugar, mejorando el flujo sanguíneo³².

Además, se pueden utilizar stent con medicamento, los cuales serán utilizados para la liberación de fármacos para reducir el riesgo de que la arteria se vuelva a unir. Estos stents tienen una fina capa de un medicamento que reduce el riesgo de reestenosis³².

5.3.2.2. Radiología

Es una técnica de obtención de imágenes por medio de rayos-X, un tipo de radiación ionizante de alta energía, que pueden traspasar el cuerpo ³³ y en función de la densidad de las estructuras, aparecerán diferentes tonalidades grises³³. Es un examen rápido e indoloro.

Figura 6. Equipo de radiografía



Fuente: SERAM, 2017.

[paedxiografiaequipos de rx convencionaly equipos portatiles con y sin detector digitalpdf.pdf \(seram.es\)](http://paedxiografiaequipos%20de%20rx%20convencionaly%20equipos%20portatiles%20con%20y%20sin%20detector%20digitalpdf.pdf%20(seram.es))

5.3.2.3. Tomografía computarizada

Procedimiento computarizado de imágenes por rayos-X en el que se proyecta un haz angosto de rayos-X a un paciente y se gira rápidamente alrededor del cuerpo produciendo señales que son procesadas por la computadora de la máquina³⁴, para

posteriormente generar imágenes transversales del cuerpo, las cuales pueden ser utilizadas para realizar el proceso de reconstrucción y reformación.

Figura 7. Tomógrafo ANATOM 16HD



Fuente: Sistema de radiología. [Tomografo ANATOM 16HD de 16 cortes con posibilidades de crecer a 64 cortes... \(sistemasderadiologia.com.mx\)](http://sistemasderadiologia.com.mx)

5.4. Dosimetría

5.4.1. Historia de la dosimetría

En 1928 la primera acción internacional fue llevada a cabo en el Segundo Congreso Internacional de Radiología, estableciendo la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP, en inglés), órgano independiente de cualquier gobierno, que congrega especialistas de diferentes países y cuyo objetivo es dar recomendaciones actualizadas sobre el uso seguro de las radiaciones ionizantes. El ICRP publicó sus primeras recomendaciones en el año 1931³⁵.

La dosimetría de la radiación ionizante es utilizada para medir la dosis absorbida por un objeto o un tejido que ha sido expuesto a dicha radiación, esto se realiza con unos detectores especialmente calibrados llamados dosímetros.

La dosis absorbida se define como la energía absorbida por unidad de masa y depende de la naturaleza y características del campo de radiación, del material o tejido irradiado y de los complejos procesos de interacción materia-radiación³⁵.

5.4.2. Dosis

Da la medida de la cantidad de radiaciones que una persona ha recibido y con la que ha interactuado³⁶.

Existen 3 tipos de medición dosis que son importantes de conocer en el área médica

- Dosis absorbida (Dt): esta se mide para cualquier tipo de radiación y medio en el cual es capaz de absorber, solo requiere de la cantidad de energía que se absorbe y no de qué tipo de ración se trata. Su unidad de medida es el Gray (Gy).
- Dosis equivalente (Ht): en este tipo de dosis es necesario tomar en cuenta que intervienen los factores biológicos por las radiaciones dado principalmente por la calidad de la radiación³⁶. Su unidad de medida es en Sievert (Sv).
- Dosis efectiva: esta medida evalúa el riesgo de muerte por cáncer, el riesgo de sufrir cáncer no mortal, teniendo en cuenta la radiosensibilidad de los diferentes órganos y tejidos³⁶. Su unidad de medida es el Sievert (Sv).

Tabla 2. Límites de dosis anual para lo TOEs

Órgano expuesto	Límite de dosis anual (rem)
Cuerpo entero, gónadas, medio ósea	5
Cristalino	30
Cualquier otro órgano en forma individual	50

Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto de Salud Pública, Gobierno de Chile.

Tabla 3. Longitud dosimétrica

Órgano expuesto	Magnitud Dosimétrica	Límites de Dosis Anual (mSv)
Cuerpo entero	Dosis efectiva	50
Gónadas	Dosis equivalente	50
Medula ósea	Dosis equivalente	50
Cristalino	Dosis equivalente	300
Cualquier otro órgano en forma individual	Dosis equivalente	500

Fuente: Elaboración propia a partir del Instituto de Salud Pública, Gobierno de Chile.

5.4.3. Trabajadores ocupacionalmente expuestos

Los trabajadores ocupacionalmente expuestos (TOEs) son los médicos especialistas tanto en cardiología, neurología como en vascular periférico, junto a tecnólogos médicos especializados en hemodinamia, forman el grupo que recibe más radiación en la sala de procedimientos, puesto que son los que se encuentran más próximos al paciente y del equipo de rayos-X. Si bien, estos reciben menos dosis que el paciente, se debe considerar que los TOEs tienen el factor de dosis acumulada a lo largo de su carrera puede ser sustancial y llega a aumentar la probabilidad de inducción de efectos radiológicos como catarata ocular o cáncer cerebral³⁷.

Para poder reducir las dosis de radiación ocupacionales, es necesario implementar programas de protección radiológica para así limitar el riesgo de efectos estocásticos a largo plazo³⁷. Para poder hacer estos programas se debe contar con entrenamiento apropiado de los radiólogos/cardiólogos intervencionistas y de la disponibilidad de dispositivos de radioprotección en las salas de hemodinamia³⁷.

Se debe hacer un seguimiento de las dosis ya que se debe demostrar que se cumplan los límites de dosis establecidos por organismos reguladores³⁷, y que además se debe contar con todas condiciones de protección radiológica necesarias para este tipo de procedimientos.

La radiación que reciben los TOEs es la retrodispersada que deriva del paciente. La emisión de la energía ionizante del equipo llega al operador principal de manera heterogénea a causa de, la masa corporal del paciente, la masa corporal del paciente, el estado y la operación del equipo de fluoroscopia y el uso de elementos personales de radioprotección.

5.4.4. Elementos de protección radiológica

El diseño del pabellón de cardiología intervencionista es un factor fundamental para la optimización que requieren los TOEs para lograr mayor seguridad y protección radiológica. Este sitio debe estar equipado con los accesorios básicos para la atenuación de la radiación dispersa generada por la mesa, el paciente y el receptor de imagen o flat panel³⁸. La cual la debe utilizar todos los trabajadores que se encuentren dentro del pabellón.

- Vestimenta de protección personal: los delantales plomados, que se componen de láminas de plomo delgadas y estratificadas, tienen problemas comunes de agrietamiento debido a la flexión y la suspensión incorrecta después del uso³⁸. Son de suma importancia en la protección radiológica del personal.

Figura 8. Chaleco completo



Fuente: Sievert. [Chaleco completo - Sievert S.A.S](#)

- Protector de tiroides: usualmente está elaborado con un equivalente de 0,5 mm de Pb³⁸. Este tipo de protector reduce aproximadamente el 80% de la dosis en la tiroides y el esófago superior³⁸.

Figura 9. Protector de tiroides



Fuente: Sievert. [Protector de tiroides - Sievert S.A.S](#)

- Gafas plomadas: debido a las lesiones oftalmológicas que se generaban en algunos procedimientos de cardiología intervencionista es recomendable usar protección ocular mediante lentes plomados, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) recomienda 20 mSv en el cristalino³⁸.

Figura 10. Gafas plomadas



Fuente: Protección radiológica. [Lentes Plomados | PROTECCION RADIOLOGICA LTDA](#)

- Guantes plomados: a pesar de que es una desventaja para el profesional debido a la disminución de la habilidad y sensibilidad de las manos³⁸. Es recomendable para disminuir las dosis absorbidas.

Figura 11. Guantes plomados



Fuente: Protección radiológica. [Guantes Plomados | PROTECCION RADIOLOGICA LTDA](#)

- Gorros plomados: en virtud de los recientes reportes sobre la mayor incidencia de cáncer de cerebro³⁸, los protectores para la cabeza aún no se demuestra su eficacia.

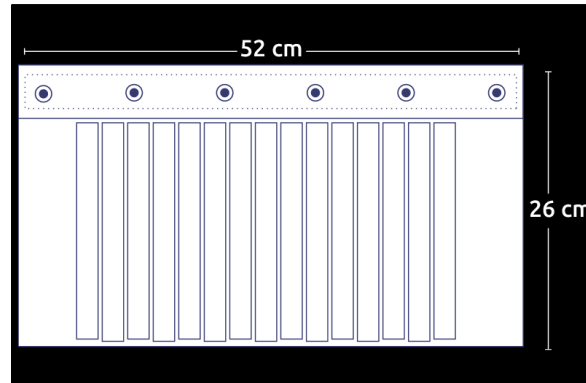
Figura 12. Gorro plomado



Fuente: Sievert. [Gorro plomado - Sievert S.A.S](#)

- Cortinas plomadas: su uso instaladas en la parte lateral de la camilla atenúa la radiación debajo de la mesa y protege las extremidades inferiores y el área genital del profesional³⁸.

Figura 13. Cortinas plomadas



Fuente: Sievert. [Cortinas plomadas - Sievert S.A.S](#)

- Mamparas suspendidas del techo: son plomadas de cristal o plástico, suspendidas del techo. Son móviles, transparentes y articuladas, características que las hacen altamente eficientes para atenuar la radiación dispersa que llega a la altura de la cabeza y el cuello del médico intervencionista y, por tanto, proporcionan protección al cristalino, la cabeza y la tiroides³⁸.

5.4.5. Criterios de protección radiológica

5.4.5.1. ALARA

Sus siglas significan “As Low As Reasonably Achievable” que en lengua de Cervantes viene a ser algo como, “Tan bajo como sea razonablemente posible”³⁹.

Se deben cumplir 3 criterios:

- Distancia: a más distancia de la fuente de radiación, menor dosis se recibirá.
- Blindaje: Disminuye los niveles de radiación absorbidos.
- Tiempo: Cuanto menor sea el tiempo de exposición del origen de la radiación, habrá menos absorción.

6. Resultados

Tabla 4. Características bibliométricas de los estudios incluidos en la revisión

Referencia	Localización	Diseño del estudio	Tamaño muestral	Cegamiento de los análisis	Nivel de evidencia *
Finkelstein, M. 1998 ⁴⁰	Canadá	Case report	2	NR	4
Hardell, L 2000 ⁴⁹	Suecia	Estudio de Casos y Controles	634	NR	3b
Roguin, A. 2012 ⁴²	Israel	Serie de casos	7	NR	4
Roguin, A. 2012 ⁴³	Israel	Serie de casos	9	NR	4
Buchanan, G. 2012 ⁴¹	Italia	Estudio Observacional	615	NR	4
Roguin, A. 2013 ⁴⁴	Israel	Estudio Observacional	13	NR	4
Roguin, A. 2013 ⁴⁵	Israel	Serie de casos	3	NR	4
Tzu-Lung, Ho. 2016 ⁴⁷	Taiwan	Estudio de Cohortes	2.655	NR	2b
Rajaraman, P. 2016 ⁴⁶	EEUU	Estudio de Cohortes	84.966	NR	2b
Linnet, M. 2017 ⁴⁸	EEUU	Estudio de Cohortes	110.035	NR	2b

* Niveles de evidencia del Centro de medicina Basada en la evidencia de Oxford.

Los artículos incluidos en el estudio, provienen de 6 países: 1 Canadá, 1 Suecia, 4 Israel, 1 Italia, 1 Taiwan, 2 EEUU. Se logra apreciar que, el nivel de evidencia que presentan los estudios para demostrar la relación que existe entre cáncer y radiación, provienen fundamentalmente de estudios de bajo nivel de evidencia como: 1 Case report, 1 Estudio de Casos y Controles, 3 Serie de casos, 2 Estudios Observacionales y 3 Estudios de Cohortes, sin embargo, estos estudios no pueden garantizar esta relación causa-efecto a pesar de tener tamaños muestrales grandes. Destacar que 6 estudios son de nivel de evidencia 4, los que incluyen a Roguin, A., Finkelstein, M. 1998⁴⁰ y Buchanan, G. 2012⁴¹, 3 estudios de nivel de evidencia 2b y 1 de nivel de evidencia 3b. (Tabla 4)

Tabla 5. Características demográficas y ocupacionales de los TOE con tumores cerebrales reportados en case report y serie de casos

N° de profesional	Fecha del diagnostico	Edad	Genero	Profesión	Tiempo expuesto ocupacionalmente a rayos-X (años)	Edad al fallecer (años)	Sobrevida despues del diagnóstico (años)	Referencia
1	1997	62	M	Cardiólogo intervencionista	20	64	4 años	Finkelstein, M. 1998 ⁴⁰
2	1997	53	M	Cardiólogo intervencionista	20	55	2 años	Finkelstein, M. 1998 ⁴⁰
3	1998	48	M	Cardiólogo intervencionista	12	NR	NR	Roguín, A. 2012 ⁴²
4	2001	56	M	Cardiólogo intervencionista	25	59	4 años	Roguín, A. 2012 ⁴²
5	2005	49	M	Cardiólogo intervencionista	22	50	16 meses	Roguín, A. 2012 ⁴²
6	2009	62	M	Cardiólogo intervencionista	32	63	11 meses	Roguín, A. 2012 ⁴²
7	NR	NR	M	Radiólogo intervencionista	20	NR	NR	Roguín, A. 2012 ⁴²
8	NR	NR	M	Radiólogo intervencionista	28	NR	NR	Roguín, A. 2012 ⁴²
9	NR	NR	M	Radiólogo intervencionista	31	NR	NR	Roguín, A. 2012 ⁴²
10	2009	62	M	Cardiólogo intervencionista	27	NR	NR	Roguín, A. 2012 ⁴³
11	2009	53	M	Electrofisiólogo pediátrico	20	54	14 meses	Roguín, A. 2012 ⁴³
12	2009	67	M	Electrofisiólogo	29	Vivo		Roguín, A. 2012 ⁴³
13	2007	59	M	Cardiólogo intervencionista	29	61	2 años	Roguín, A. 2012 ⁴³
14	2008	54	M	Cardiólogo intervencionista	22	56	2 años	Roguín, A. 2012 ⁴³
15	2003	65	M	Cardiólogo intervencionista	32	67	2 años	Roguín, A. 2012 ⁴³
16	1990s	~40	M	Cardiólogo intervencionista	~10	NR	NR	Roguín, A. 2012 ⁴³
17	2008	52	F	Radiólogo intervencionista	NR	53	1 año	Roguín, A. 2012 ⁴³
18	2011	NR	M	Radiólogo intervencionista	NR	NR	NR	Roguín, A. 2012 ⁴³
19	2005	55	M	Cardiólogo intervencionista	20	56	1 año	Roguín, A. 2013 ⁴⁴
20	2010	54	M	Cardiólogo intervencionista	25	Vivo	NR	Roguín, A. 2013 ⁴⁴
21	2009	49	M	Cardiólogo intervencionista	12	49	2 años	Roguín, A. 2013 ⁴⁴
22	2006	52	M	Radiólogo intervencionista	21	53	2 años	Roguín, A. 2013 ⁴⁴
23	2008	71	M	Cardiólogo intervencionista	22	Vivo		Roguín, A. 2013 ⁴⁴
24	2012	57	M	Radiólogo intervencionista	26	Vivo		Roguín, A. 2013 ⁴⁴

F:femenino; M: masculino; NR: no reportado

Tabla 5. Características demográficas y ocupacionales de los TOE con tumores cerebrales reportados en case report y serie de casos (continuación)

N° de profesional	Fecha del diagnostico	Edad	Genero	Profesión	Tiempo expuesto ocupacionalmente a rayos-X (años)	Edad al fallecer (años)	Sobrevida despues del diagnóstico (años)	Referencia
25	1990s	NR	M	Cardiólogo intervencionista	NR	NR	NR	Roguín, A. 2013 ⁴⁴
26	1990s	NR	M	Cardiólogo intervencionista	NR	NR	NR	Roguín, A. 2013 ⁴⁴
27	2011	55	M	Cardiólogo intervencionista	31	Vivo		Roguín, A. 2013 ⁴⁴
28	2012	62	M	Cardiólogo intervencionista	32	Vivo		Roguín, A. 2013 ⁴⁴
29	2003	49	M	Cardiólogo intervencionista	19	Vivo		Roguín, A. 2013 ⁴⁴
30	2009	62	M	Cardiólogo intervencionista	30	Vivo		Roguín, A. 2013 ⁴⁴
31	2009	52	M	Cardiólogo intervencionista	19	Vivo		Roguín, A. 2013 ⁴⁴
32	NR	NR	NR	Cardiólogo intervencionista	NR	NR	NR	Roguín, A. 2013 ⁴⁵
33	NR	NR	NR	Cardiólogo intervencionista	NR	NR	NR	Roguín, A. 2013 ⁴⁵
34	NR	NR	NR	Cardiólogo intervencionista	NR	NR	NR	Roguín, A. 2013 ⁴⁵
35	NR	31 - 40	M	Cardiólogo intervencionista	NR	NR	NR	Buchanan, G. 2012 ⁴¹
36	NR	31 - 40	M	Cardiólogo intervencionista	NR	NR	NR	Buchanan, G. 2012 ⁴¹

F:femenino; M: masculino; NR: no reportado

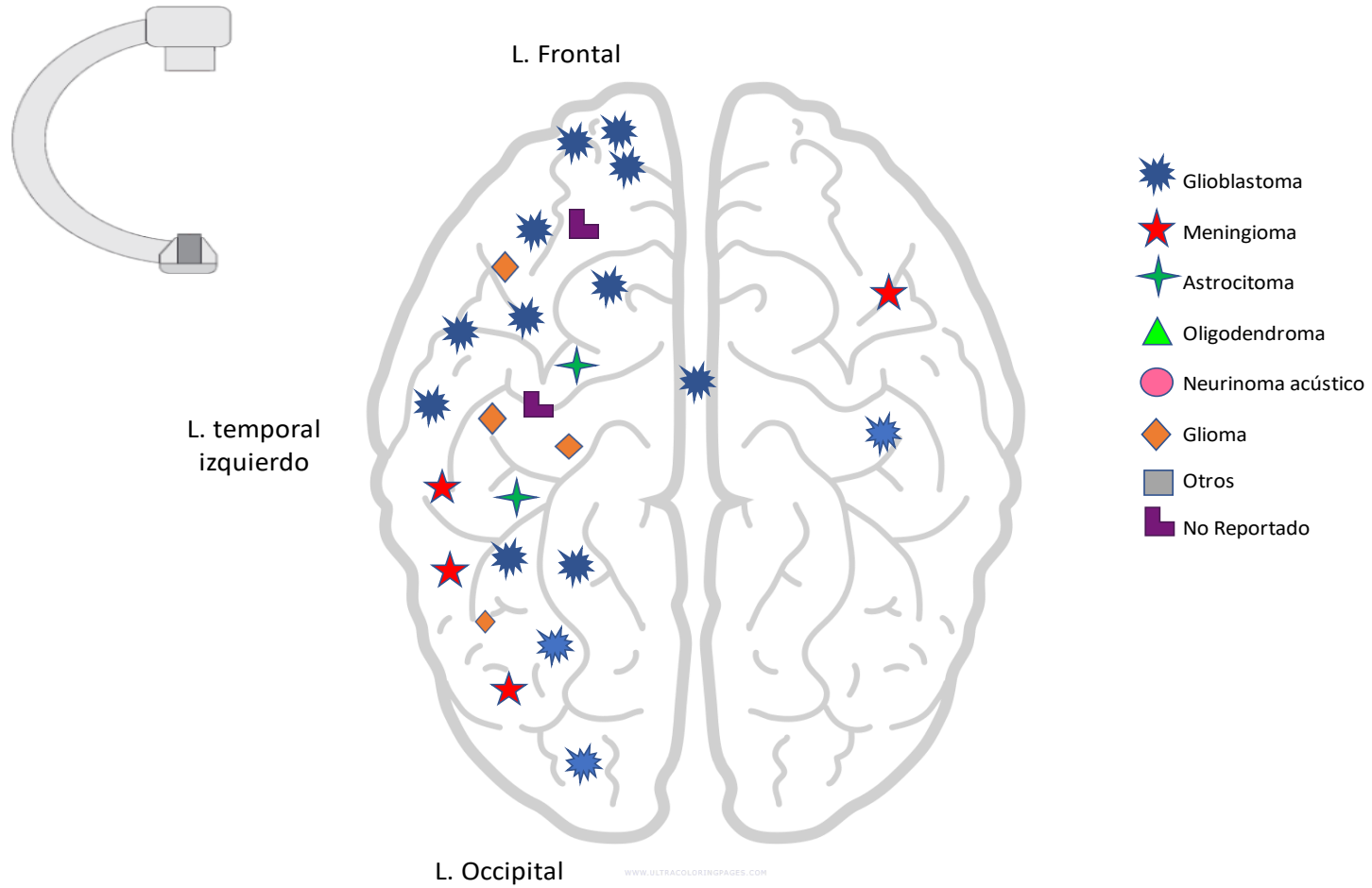
De los TOEs reportados con cáncer cerebral en los estudios el 88,89% de ellos son de sexo masculino, 2,78% femenino y no ha sido reportado el sexo en 8,33% de los sujetos, cuya edad fluctúa entre 31-71 años, el 75% de los casos se presentan en unidades especializadas en cardiología intervencionista, los tiempos de exposición a radiación ionizante de los TOEs estuvieron en un rango de 10-32 años, de los cuales se reporta que 9 (25%) aún siguen vivos, 13 (36,11%) de ellos fallecieron con una edad que fluctúa entre 49-67 años y no se reporta la información de 14 (38,89%) participantes, con un rango de supervivencia bastante bajo de 11 meses a 4 años de los participantes fallecidos, se debe destacar que el 88,89% de los sujetos fueron recopilados de estudios realizados por Roguin A., de los cuales 7 fueron reportados en Roguin A. 2012⁴², 9 en Roguin A. 2012⁴³, 13 en Roguin A. 2013⁴⁴, 3 reportados en Roguin A. 2013⁴⁵. (Tabla N°5)

Tabla 6. Características de los tumores cerebrales reportados en los estudios incluidos en la revisión

Estudio	Tipo de Tumor								No Reportados
	Glioblastoma	Meningioma	Astrocitoma	Oligodendroma	Neurinoma acustico	Glioma	Tumores de cuello	Otros	
Finkelstein, M. 1998 ⁴⁰	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Roguín, A. 2012 ⁴²	3	2	-	1	1	-	-	-	-
Roguín, A. 2012 ⁴³	7	-	1	-	-	-	-	1	-
Roguín, A. 2013 ⁴⁴	5	3	1	-	-	1	1	2	-
Roguín, A. 2013 ⁴⁵	-	-	-	-	-	3	-	-	-
Buchanan, G. 2012 ⁴¹	-	-	-	-	-	-	-	-	2

De los tumores reportados en la literatura científica, se puede observar que predominan los Glioblastomas con 17 (50%) de los casos, 5 (14,705%) Meningiomas, 4 (11,76%) Gliomas, 2 (5,88%) Astrocitomas, 1 (2,94%) Oligodendroma, 1 (2,94%) neurinoma del Acústico, 1 (2,94%) tumor de cuello y no se disponía de información específica de 3 (8,82%). (Tabla 6)

Figura 14. Lado del tumor



Del total de tumores reportados en la literatura que identifican el lado afectado, un 88,5% están ubicados en el hemisferio izquierdo, de ellos el 53,85% son 12 Glioblastomas que se encuentran ubicados en el hemisferio izquierdo, 1 en el hemisferio derecho y 1 en la línea media, el 15,38% son Meningiomas con una distribución de 3 en el hemisferio izquierdo y 1 en el hemisferio derecho, un 7,69% son 2 Astrocitomas que se encuentran en el hemisferio izquierdo, un 15,38% son 4 gliomas que se encuentran en el hemisferio izquierdo y el 7,69% restante son 2 tumores que se encuentran en el hemisferio izquierdo pero en la literatura no se reporta el tipo de tumor. (Figura 14)

Tabla 7. Estudios analíticos que estiman el riesgo de Cáncer Cerebral en profesionales que trabajaron en procedimientos guiados con fluoroscopia.

Referencia	Tamaño muestral	Subgrupos	Estimador de riesgo	Valor del estimador de riesgo	Seguimiento (años)	Nivel de evidencia de Oxford (OCEBM)
Rajaraman, P. 2016 ⁴⁶	20.982	Tec. Med. que Nunca trabajaron con fluoroscopia	Razón de riesgos *	-	5 - 9	2b
	9.189	Tec. Med. que Siempre trabajaron con fluoroscopia		2,16 (1,28 - 3,66)		
Tzu-Lung, Ho. 2016 ⁴⁷	2.113	Médicos internistas	Razón de riesgos **	-	12	2b
	542	Cardiólogos	Razón de riesgos	3,91 (0,55 - 27,8)		
		Cardiólogos ≤ 15 PTCA/año	Razón de riesgos	1,96 (0,57 - 6,70)		
		Cardiólogos ≥ 15 PTCA/año	Razón de riesgos	4,04 (1,17 - 14,0)		
Linnet, M. 2017 ⁴⁸	64.401	Psiquiatras	Riesgo Relativo	-	58	2b
	9.933	Electrofisiólogos y Cardiólogos intervencionistas		0,31 (0,07 - 1,33)		
	5.520	Radiólogos intervencionistas		0,62 (0,19 - 2,00)		
	2.803	Neurorradiólogos		1,1 (0,26 - 4,6)		
	27.378	Cardiólogos		0,78 (0,56 - 1,1)		
Hardell, L 2000 ⁴⁹	425	Población general	Odds Ratio	-	NR	3b
		Trabajadores de industria Química		4,10 (1,25 - 13,4)		
		Trabajadores de Laboratorios		3,21 (1,16 - 8,85)		
	209	Pacientes en Radioterapia		3,61 (0,65 - 19,9)		
		Trabajadores de Unidades de Rayos-X		1,89 (0,61 - 5,89)		
		Trabajar como Médico		6,00 (0,62 - 57,7)		
	Exposición a celulares	2,42 (0,97 - 6,05)				

* Niveles de evidencia del Centro de medicina Basada en la evidencia de Oxford.

En la tabla 7, se presentan 4 estudios analíticos que comparan el riesgo de padecer cáncer cerebral que tienen diversos profesionales que trabajaron en procedimientos guiados con fluoroscopia frente a profesionales o población que no emplean dichos procedimientos. Los aspectos relevantes que se desprenden son: Rajaraman, P 2016⁴⁶: los TM que siempre trabajaron con fluoroscopia tuvieron un doble de riesgo frente a aquellos que nunca lo hicieron.

Tzu-lung, Ho 2016⁴⁷: los cardiólogos intervencionistas que realizan ≥ 15 PTCA/año tienen aproximadamente cuatro veces más riesgo (3,91) de padecer cáncer cerebral Frente a aquellos no - intervencionista que realizan ≤ 15 PTCA/año.

Linnet, MS 2017⁴⁸: todos los profesionales, exceptuando los neurorradiólogos tienen un riesgo menor de padecer cáncer cerebral que los psiquiatras que no están expuestos a procedimientos con fluoroscopia. Se exceptúan los neurorradiólogos cuyo riesgo es similar (1,13).

*Destaca que el estudio no precisa unidad de trabajo de los cardiólogos (consulta, procedimientos, etc).

Hardell, L 2000⁴⁹: médicos que no precisan especialidad, tienen seis veces más riesgo de padecer cáncer cerebral que la población general, mientras que los trabajadores de unidades de rayos-X tienen cuatro veces más riesgo.

7. Limitaciones

Al comenzar con la revisión narrativa se encontraron limitantes en la búsqueda de información, ya que, no se hallaron artículos en todos los idiomas, por lo que se tuvo que reducir la búsqueda sólo a inglés, español y portugués, pudiendo quedar fuera artículos de mayor calidad.

Según los Niveles de evidencia del Centro de medicina Basada en la evidencia de Oxford⁵⁰, los artículos de esta investigación son de grado de recomendación B con nivel de evidencia II-2 y validez moderada, por lo tanto, a lo largo de la búsqueda no se logró encontrar ningún artículo que presente un nivel de evidencia 1A, que pueda entregarnos datos más precisos sobre la relación de los gliomas, tumores de cerebro y cuello en TOEs que laboran en unidades de cateterismo intervencionista.

Existen artículos que no se pudieron utilizar, puesto que, se encontraban respaldados por instituciones que impedían el acceso al artículo completo o solo entregaban un breve resumen de estos, lo que nos imposibilitó poder tener a nuestra disposición documentos de mejor calidad o con mayor cantidad de datos.

8. Discusión

Al realizar una búsqueda exhaustiva en las bases de datos PUBMED, EBSCO, SCOPUS, SCIELO y recursos de GOOGLE SCHOLAR, empleando las palabras: “*workers, cardiologists, radiologists, neuroradiologists, staff radiation, physicians, x-ray, cardiac catheterization, angiography, endovascular procedure, interventional procedure, ionizing radiation, neoplasia, tumor, cancer, malignancies, astrocytoma, glioblastoma, meningioma, glioma*, malignant, schwannoma, oligodendrinoma, cabeza, cerebro y cuello*”; no se encontró ninguna revisión sistemática ni narrativa sobre tumores en TOEs que laboren en unidades de cateterismo intervencional, por lo tanto, esta sería la primera revisión narrativa sobre artículos que se enfocan en describir el eventual vínculo entre gliomas, tumores de cerebro y cuello y el hecho de ser TOEs que laboran en unidades de cateterismo intervencionista, con lo cual lo más destacable de toda la investigación es que principalmente se generan en el lado izquierdo del cerebro y que predominantemente son glioblastomas.

En esta investigación el 88,5% de los tumores estudiados estuvieron ubicados en el lado izquierdo. Es muy llamativo el predominio de los tumores en el hemisferio izquierdo, quizás una de las causas de esta situación es que el lado izquierdo de los TOEs está en estrecha relación con la fuente de emisión del tubo de rayos-X, es decir, la radiación a estos sujetos proviene desde el tubo que se posiciona en el lado izquierdo del TOE. Como se muestra en la figura (14)

El cerebro no se protege de rutina como es el cuerpo, tiroides y ojos, con dispositivos como delantales, cuellos tiroideos o lentes plomados, en el caso del cerebro recientemente están apareciendo los gorros protectores formados por delgadas láminas de distintas aleaciones de materiales, como tungsteno y bismuto, con el fin de reducir el peso, aumentar la flexibilidad y disminuir el tamaño del gorro protector³⁰, El material con el que están compuestos los gorros protectores ayudan a atenuar la radiación, confieren un grado de atenuación de la radiación, que va desde 9,09% a 60,85% (lóbulo ttemporo-parietal derecho del médico intervencionista y el lóbulo ttemporo-parietal izquierdo del médico intervencionista,

respectivamente), los casos del tecnólogo médico y el arsenalero, donde la atenuación de la radiación observada se comportó a la inversa de lo esperado con -138,18% y -10,96% de atenuación⁵¹, el uso de este elemento de protección contribuiría a recibir una disminución dosis en la cabeza.

En las últimas décadas se ha demostrado que las células gliales establecen una estrecha relación con las neuronas a través de sistemas denominados neurogliales, que se encargan de mantener la homeostasis cerebral⁵², esto tiene gran relevancia, ya que las células gliales proliferan de manera constante y es en esta proliferación en donde se hacen más susceptibles a la radiación y de generar una aberración cromosómica, por ende, se desencadena un tumor que conlleva al cáncer, cuando la célula no logra hacer una apropiada apoptosis. En consecuencia, se presenta un predominio en la frecuencia de los tumores, es decir, se produce una mayor incidencia de tumores del tipo glioblastoma con un 50% de los casos.

Para analizar la calidad de la evidencia disponible hoy en los artículos analíticos revisados, se recurrió a la clasificación jerárquica de los niveles de evidencia propuesta por el centro de medicina basado en la evidencia de OXFORD (CEBM)⁵⁰, quienes clasifican la evidencia desde lo más débil hasta el mejor nivel de evidencia disponible con números del 1 al 5 respectivamente, en esta investigación se buscó evaluar el nivel de evidencia de los artículos sobre exposición a radiación ionizante de los TOEs, en el contexto de unidades de cardiología intervencional, y su eventual relación con los tumores cerebrales, se puede decir que esta evidencia aún es débil a moderada para afirmar que esta relación existe, pues la mayoría de los estudios analíticos clasificó con niveles entre 2b y 3b, sobre esto hay que precisar lo siguiente, solo se encontraron cuatro estudios de carácter analíticos por lo tanto en términos de cantidad hay muy pocos estudios aún enfocados en analizar esta relación, en segundo lugar sus niveles de evidencia en el mejor de los casos solo es moderada, por lo tanto, son datos aún muy susceptibles de tener algún grado de sesgo, en consecuencia, lo recomendable sería realizar nuevos estudios que minimicen estos sesgos, estudios con grandes tamaños muestrales,

multicéntricos, de carácter prospectivos, controlados y con registro y control de variables confundentes.

Se puede hacer una comparación para evidenciar las diferentes tasas de sobrevividas que existen entre los diferentes tipos de cánceres y en donde se desarrollen, así tenemos por ejemplo que la tasa de sobrevivida relativa a 5 años de las leucemias ha ido mejorando sustancialmente en las últimas décadas. Así en los '60 una persona con leucemia solo tenía un 14% de posibilidades de sobrevivida a 5 años, en los '70 se elevó a 22%, llegando al 2000 a un 48%, dependiendo del sexo, raza y diagnóstico específico del tipo de leucemia⁵³, en comparación a la sobrevivida global de pacientes con cáncer de mama es de un 90% a 5 años, sin embargo en el subgrupo con cáncer de mama metastásico, la sobrevivida a 5 años es de sólo un 20%, con una mediana de 2 a 4 años⁵⁴, y así mismo se puede volver a comparar con la sobrevivida de los pacientes con cáncer prostático que varía considerablemente entre un país y otro. En general, los pacientes con cáncer clínicamente localizado, sometidos a prostatectomía radical retropúbica, pueden esperar sobrevividas totales libres de recurrencias a 5, 10 y 15 años, en torno a 85%, 75% y 65% respectivamente, y sobrevividas libres de metástasis de alrededor de 95%, 90% y 80% a iguales plazos. En pacientes con tumores localmente avanzados sin metástasis, la sobrevivida total libre de recurrencias a 5 y 10 años, puede llegar a 75% y 60%, respectivamente⁵⁵, y por último la sobrevivida global y por estadios a 2 y 5 años⁵⁶, para los tumores cancerosos del sistema nervioso central como lo es el glioblastoma. Con esto se pone en manifiesto la evidente diferencia de sobrevivida que existe y la alarmante baja sobrevivida que tienen los tumores en el sistema nervioso central, con lo cual se pueden considerar de alto riesgo ya que son los de peor pronóstico.

Frente a los resultado de esta revisión, se recomienda a los trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiación que laboran en la unidad de cateterismo intervencionista:

- 1) Ser consciente que en la unidad de intervencionismo el personal se encuentra expuesto a constante irradiación a lo largo de la realización del procedimiento, ya que se localizan dentro del pabellón de cateterismo y no se encuentran en una sala blindada con distanciamiento del paciente.
- 2) Seguir las normas establecidas por la autoridad regulatoria nacional e internacionales.
- 3) Utilizar los elementos de protección radiológica que se encuentran en la actualidad y usarlos de manera obligatoria e invertir, en aquellos centros que no constan de todas las protecciones correspondientes.
- 4) Implementar un seguimiento dosimétrico para el personal que trabaja en el área y no sobrepasar los límites dosimétricos anuales.
- 5) Utilizar dosímetro exclusivamente de uso personal y no utilizar el dosímetro de otro profesional o institución.
- 6) Configurar nuevos protocolos de protección radiológica en centros que realizan tratamientos de cateterismo intervencionista por la seguridad del personal.
- 7) No trabajar por muchos años continuos en el área de cateterismo intervencionista. Según lo planteado en la tabla 5, los profesionales que han laborado por varios años en la unidad de cateterismo intervencionista pueden tener mayor probabilidad de presentar un cáncer cerebral.
- 8) Nunca posicionar alguna parte de su cuerpo directamente en el haz de rayos-X.
- 9) Procurar tomar distancia al momento de realizar la adquisición de imágenes.

Asimismo, se recomiendan y/o sugiere a los futuros investigadores:

- 1) Realizar estudios de mayor calidad metodológica (Estudios prospectivos, con mayor cantidad de casos y comparar TOEs que laboran en unidades de cateterismo intervencionista y trabajadores no expuestos a radiación ionizante).
- 2) Realizar una evaluación inicial de los TOEs para confirmar que no padece algún tipo de cáncer y luego hacer seguimiento de los casos con un mínimo de 5 años.
- 3) Se deben realizar mayor cantidad de estudios en diferentes países en distintos centros que realizan cateterismo intervencionista.

9. Conclusión

Se sabe que hay una cantidad no menor de casos aislados reportados en la literatura científica de los cuales la mayoría son del tipo glioblastomas, con un predominio de ubicación en el lado izquierdo del TOE, siendo este el lado que está en mayor relación con el tubo de rayos-x en la unidad de cateterismo intervencionista.

En los casos reportados se infiere que el lapso de tiempo de sobrevivencia fue entre 11 meses a 4 años, esto demuestra que son un tipo de tumor agresivo y que al momento de diagnosticar esta patología hay baja esperanza de vida.

También es de importancia usar el apropiado equipamiento de protección radiológica, como el uso de gorros plomados, ya que el poco uso de este conlleva a que zonas del cerebro se encuentren con una exposición mayor a radiación ionizante, además, el tiempo en que se trabajó en el área de cateterismo intervencionista tiene un grado de importancia, puesto que en los casos que se encontraron en la literatura científica tuvieron una exposición de entre 10 y 32 años.

Para finalizar, es fundamental generar nuevas investigaciones, para tener mayor información al respecto y generar conciencia en los trabajadores que se encuentran expuestos a radiación ionizante y trabajan en el área de cateterismo intervencionista.

10. Referencia Bibliograficas

1. Martell E. ENFERMERÍA EN HEMODINÁMICA. AYER Y HOY.
2. Echeverri D, Peña I, Suárez A, Cabrales J. Hemodinamia e Intervencionismo Cardiovascular: ¿evolución o revolución? Rev Colomb Cardiol. 2016;23(3).
3. Aldana V, Saaibi J, Medina L. Tumores cerebrales y lesiones encefálicas por radiación ionizante. Rev Colomb Cardiol. 2019;27:79–81.
4. Badel A, Rico-Mesa J, Gaviria M, Arango-Isaza D, Hernández Chica C. Radiación ionizante: revisión de tema y recomendaciones para la práctica. Rev Colomb Cardiol. 2018;25(3).
5. Robertson S. ¿Cuáles son gliomas? [Internet]. 2019. Available from: [https://www.news-medical.net/health/What-are-Gliomas-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/health/What-are-Gliomas-(Spanish).aspx)
6. Jaramillo S, Osorio W, Espitia JC. Avances en el tratamiento del glioblastoma multiforme. 2010;25(2):186–203.
7. García de Sola R. ¿Qué es un meningioma? [Internet]. 2012. Available from: <https://neurorgs.net/informacion-al-paciente/patologia-craneoencefalica/que-es-un-meningioma/>
8. Instituto Nacional del Cáncer. Tumor [Internet]. Available from: <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/tumor>
9. Louis D, Perry A, Reifenberger G, Deimling A, Figarella-Branger D, Cavenee W, et al. The 2016 World Health Organization Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary. 2016;
10. Omuro A, DeAngelis L. Glioblastoma and Other Malignant Gliomas. JAMA. 2013;310 (17):1842.
11. Saber M, Gaillard F. Astrocytic tumors [Internet]. Radiopaedia. Available from: <https://radiopaedia.org/articles/astrocytic-tumours?lang=us>
12. Goldman S, Mohile N. Gliomas [Internet]. 2018. Available from: <https://www.msdmanuals.com/es-mx/professional/trastornos-neurológicos/tumores-intracraneanos-y-medulares/gliomas>
13. Instituto Nacional del Cáncer. Ependimoma [Internet]. Centro de Investigación del Cáncer. 2020. Available from: <https://www.cancer.gov/rare-brain-spine-tumor/espanol/tumores/ependimoma>
14. Instituto Nacional del Cáncer. Oligodendroglioma [Internet]. Centro de Investigación del Cáncer. 2020. Available from: <https://www.cancer.gov/rare-brain-spine-tumor/espanol/tumores/oligodendroglioma>
15. Mayo Clinic. Glioblastoma [Internet]. Mayo Foundation for Medical Education and Research. 2020. Available from: [51](https://www.mayoclinic.org/es-</div><div data-bbox=)

es/diseases-conditions/glioblastoma/cdc-20350148

16. Instituto Nacional del Cáncer. Meningioma [Internet]. Centro de Investigación del Cáncer. 2020. Available from: <https://www.cancer.gov/rare-brain-spine-tumor/espanol/tumores/meningioma>
17. Marín A, Renner A, Itriago L, Álvarez M. METÁSTASIS CEREBRALES: UNA MIRADA BIOLÓGICA Y CLÍNICA. Rev Médica Clínica Las Condes. 2017 May 1;28(3):437–49.
18. The StayWell Company L. Tumores Pituitarios [Internet]. Brigham and women's hospital. 2018. Available from: <http://healthlibrary.brighamandwomens.org/Spanish/DiseasesConditions/Adult/Endocrinology/85,P03545>
19. La Sociedad Americana Contra El Cáncer. ¿En qué consisten los tipos de cáncer de orofaringe y de cavidad oral? [Internet]. 2018. Available from: https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-orofaringe-y-de-cavidad-oral/acerca/que-es-cancer-de-cavidad-oral.html#escrito_por
20. Mayo Clinic. Cáncer de boca [Internet]. Mayo Foundation for Medical Education and Research. 2020. Available from: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/mouth-cancer/symptoms-causes/syc-20350997>
21. Instituto Nacional del Cáncer. Tratamiento del cáncer de seno paranasal y de cavidad nasal en adultos (PDQ®)–Versión para profesionales de salud [Internet]. 2019. Available from: https://www.cancer.gov/espanol/tipos/cabeza-cuello/pro/adulto/tratamiento-seno-paranasal-pdq#_1
22. Taissoun Z, Moreno A, Novoa J, Rojas A, Giraldo L, Restrepo C. Cáncer de nasofaringe, una revisión de la literatura. Scielo. 2020;72 (6):579–88.
23. Nazar G, Cabezas L. Cáncer de Laringe. Clínica Las Condes. 2003;14 (2).
24. Instituto Nacional del Cáncer. Tratamiento del cáncer de hipofaringe en adultos (PDQ®)–Versión para pacientes [Internet]. 2020. Available from: <https://www.cancer.gov/espanol/tipos/cabeza-cuello/paciente/adulto/tratamiento-hipofaringe-pdq>
25. Nuclear C de seguridad. Las radiaciones [Internet]. 2021. Available from: <https://www.csn.es/las-radiaciones>
26. Salud OM de. Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección [Internet]. 2016. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>
27. EPA. Información básica sobre la radiación [Internet]. 2021. Available from: <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-la-radiacion>

28. Huérfano Y, Vera M, Del Mar A, Chacón J, Vera M, Bautista N, et al. Imagenología médica: Fundamentos y alcance. Arch Venez Farmacol y Ter. 2016;35(3):71–6.
29. Calvo J, Hernández R, García M, Címbora J. ANTECEDENTES DE LA CARDIOLOGÍA INTERVENCIONISTA. Manual de procedimientos de enfermería en hemodinámica y cardiología intervencionista. 2014;
30. Ramos-Avasola S, Díaz N, Roldán R, Gamarra J, Catalán M. ¿Es eficiente la protección anti-radiación otorgada por gorros de pabellón de tungsteno-bismuto en cardiología intervencionista? Rev Med Chil. 2016 Jul;144(7):837–43.
31. MEDICA DI. ¿Qué es un Arco en C y para qué sirve? [Internet]. 2017. Available from: <http://www.datamedica.cl/blog/arco-c-sirve/>
32. Colegio de Hemodinamia. Qué es la cardiología intervencionista o hemodinamia? [Internet]. 2019 [cited 2021 May 4]. Available from: <https://www.colegiodehemodinamia.org/para-pacientes/137-que-es-la-cardiologia-intervencionista-o-hemodinamia>
33. Oleaga L. Radiografía convencional [Internet]. Clínic Barcelona. 2018. Available from: <https://www.clinicbarcelona.org/asistencia/pruebas-y-procedimientos/radiografia-convencional/definicion>
34. National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering. Tomografía Computarizada (TC) [Internet]. 2012. Available from: <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/tomografia-computarizada-tc>
35. Estévez Echanique R. Dosimetría Radiológica. Primera. Quito - Ecuador: Edifarm; 2018.
36. DElgado O, Fernández O, Leyton F, Rodríguez AM, Tagle S. Manual de protección radiológica y de buenas prácticas en radiología dento-maxilofacial. Chile: MINSAL; 2016.
37. Jaramillo W, Morales J, Puerta A, Castrillón W. Dosimetría personal y exposición ocupacional en Cardiología intervencionista. Rev Colomb Cardiol. 2020;27:52–60.
38. Poveda J, Plazas MC. Elementos de protección radiológica en salas de intervencionismo. Rev Colomb Cardiol. 2020;27:82–7.
39. INSTITUTO DE PROTECCION RADIOLOGICA INGENIERIA EN PREVENCION DE RIESGOS. ¿QUÉ ES ALARA? [Internet]. 2020. Available from: <http://www.iprltda.cl/noticias/que-es-alara/>
40. Finkelstein M. Is brain cancer an occupational disease of cardiologists? Toronto; 1998.
41. Buchanan G, Chieffo A, Mehilli J, Mikhail G, Mauri F, Presbitero P, et al. The

occupational effects of interventional cardiology: results from the WIN for Safety survey.

42. Roguin A, Goldstein J, Bar O. Brain tumours among interventional cardiologists: a cause for alarm? Report of four new cases from two cities and a review of the literature. *EuroIntervention*. 2012;7:1081–6.
43. Roguin A, Goldstein J, Bar O. Brain malignancies and ionising radiation: more cases reported. *EuroIntervention*. 2012;8:169–70.
44. Roguin A, Goldstein J, Bar O, Goldstein J. Brain and neck tumors among physicians performing interventional procedures. 2013;111(9):1368–72.
45. Roguin A. Radiation - the double-edged sword of interventional procedures. *EuroIntervention*. 2013;9:657–63.
46. Rajaraman P, Doody M, Yu CL, Preston D, Miller J, Sigurdson A, et al. Cancer Risks in U.S. Radiologic Technologists Working With Fluoroscopically Guided Interventional Procedures, 1994–2008. 2016;
47. Tzu-Lung H, Shwn-Huey S, Cheng-Li L, Wu-Chung S, Chia-Hung K. Risk of cancer among cardiologists who frequently perform percutaneous coronary interventions: a population-based study. 2016;46(6):527–34.
48. Linet M, Kitahara C, Ntowe E, Kleinerman R, Gilbert E, Naito N, et al. Mortality in U.S. Physicians Likely to Perform Fluoroscopy-guided Interventional Procedures Compared with Psychiatrists, 1979 to 2008. 2017;284(2):482–494.
49. Hardell L, Pålsson A. Case-control study on radiology work, medical X-ray investigations, and use of cellular telephones as risk factors for brain tumors. 2(2).
50. Manterola C, Asenjo-Lobos C, Otzen T. Jerarquización de la evidencia: Niveles de evidencia y grados de recomendación de uso actual. *Rev Chil infectología*. 2014 Dec;31(6):705–18.
51. Sunnah C, Espinoza F, Sepúlveda A, Ramirez R. EFECTIVIDAD DE GORROS DE PABELLÓN EN SU CAPACIDAD DE REDUCIR LAS DOSIS DE RADIACIÓN RECIBIDA A NIVEL CEREBRAL POR POEs, UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA. Universidad Viña del Mar; 2020.
52. GARCÍA O, MASSIEU L. INTERACCIÓN ENTRE LAS CÉLULAS GLIALES Y NEURONALES Y SU PAPEL EN LA MUERTE Y SOBREVIVENCIA NEURONAL. *Arch neurociencias (México, DF)*. 2004;9(1):39–46.
53. MINISTERIO DE SALUD. Guía Clínica LEUCEMIA EN PERSONAS DE 15 AÑOS Y MÁS. MINSAL. 2010;
54. MINISTERIO DE SALUD. Guía Clínica CÁNCER DE MAMA. MINSAL. 2011;
55. MINISTERIO DE SALUD. Guía Clínica PRÓSTATA EN PERSONAS DE 15 AÑOS Y MÁS. MINSAL. 2010;

56. MINISTERIO DE SALUD. Guía Clínica TUMORES PRIMARIOS DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL EN PERSONAS DE 15 AÑOS Y MÁS. MINSAL. 2013;