



FACULTAD DE TECNOLOGÍA MÉDICA

**RADIACIÓN EFECTIVA POR TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE CRÁNEO
EN PACIENTES CON TRAUMATISMO ENCÉFALO CRANEANO, CLÍNICA
INTERNACIONAL, ENERO-DICIEMBRE 2019**

Línea de investigación:

Biotecnología en salud

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciada en Tecnología Médica
en la Especialidad de Radiología

Autora:

Castro Agüero, Aracely Jesús

Asesora:

Castro Rojas, Miriam Corina
(ORCID: 0000-0003-3547-9026)

Jurado:

Pachas Barbaran, Liliana Maribel

Sanchez Acostupa, Karim

Olivera Mejia, Nila

Lima - Perú

2022

Referencia:

Castro, A. (2022). *Radiación efectiva por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano, Clínica Internacional, enero-diciembre 2019*. [Tesis de segunda especialidad, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/6514>



Reconocimiento - No comercial - Sin obra derivada (CC BY-NC-ND)

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede generar obras derivadas ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE TECNOLOGÍA MÉDICA

**RADIACIÓN EFECTIVA POR TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE CRÁNEO EN
PACIENTES CON TRAUMATISMO ENCÉFALO CRANEANO, CLÍNICA**

INTERNACIONAL, ENERO-DICIEMBRE 2019

Línea de Investigación: Biotecnología en Salud

Tesis para optar el Título Profesional de Licenciado en Tecnología Médica en la Especialidad de
Radiología

Autor

Castro Agüero, Aracely Jesús

Asesora

Castro Rojas, Miriam Corina
(ORCID 0000-0003-3547-9026)

Jurado

Pachas Barbaran, Liliana Maribel

Sanchez Acostupa, Karim

Olivera Mejía, Nila

Lima- Perú

2022

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico a mis padres por darme todo su apoyo a su vez dedicación, a lo largo de mi formación como profesional, asimismo, agradezco a mis compañeros y docentes que fueron la segunda familia en la cual, hemos forjado un cúmulo de aprendizajes y experiencias que contribuyen en el camino laboral. Dedico también a todos mis familiares restantes que a pesar de la distancia siempre han estado pendientes de mi proceso.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por cuidarme y brindarme sabiduría en esta etapa de mi vida, en segundo lugar, agradezco a mis padres que siempre son el motor de mi vida, y como no agradecer a mis docentes y Universidad por apoyarnos en el proceso de enseñanza- aprendizaje, su colaboración y contribución en el ámbito académico, y de manera especial a mi Asesora la Dra. Miriam Castro Rojas, la cual me orientó en este proceso y trabajo de investigación.

Índice

| | |
|--|----|
| Resumen..... | 9 |
| Abstract..... | 10 |
| Introducción | 11 |
| 1.1 Descripción y formulación del problema..... | 12 |
| 1.2 Antecedentes | 14 |
| 1.3 Objetivos | 17 |
| Objetivo general..... | 17 |
| Objetivos específicos | 17 |
| 1.4 Justificación..... | 18 |
| 1.5 Hipótesis..... | 19 |
| II. Marco teórico | 20 |
| 2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación..... | 20 |
| III. Método | 31 |
| 3.1 Tipo de Investigación | 31 |
| 3.2 Ámbito temporal y espacial | 31 |
| 3.3 Variables | 32 |
| 3.4 Población y Muestra..... | 32 |
| 3.5 Instrumentos | 34 |
| 3.6 Procedimientos | 35 |
| 3.7 Análisis de Datos..... | 36 |

| | |
|---------------------------------|----|
| 3.8 Consideraciones Éticas..... | 36 |
| IV. Resultados..... | 37 |
| V. Discusión de resultados..... | 45 |
| VI. Conclusiones..... | 49 |
| VII. Recomendaciones..... | 50 |
| VIII. Referencias..... | 51 |
| IX. Anexos..... | 57 |

Índice de Tablas

| | | Pág. |
|----------|--|------|
| Tabla 1A | Dosis promedio de radiación efectiva por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional” entre los meses de enero a diciembre del año 2019 | 36 |
| Tabla 1B | Niveles de referencia de dosis de radiación efectiva por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional” entre los meses de enero a diciembre del año 2019 | 36 |
| Tabla 2 | Dosis longitud promedio (DLP) por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano. | 37 |
| Tabla 3 | Índice de dosis de tomografía computarizada (CTDI) _{vol} promedio por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano. | 38 |
| Tabla 4 | Características generales de los pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional”. | 38 |
| Tabla 5A | Dosis promedio de radiación efectiva administrada según la edad por tomografía computarizada en pacientes con traumatismo encéfalo craneano | 40 |
| Tabla 5B | Niveles de referencia de dosis de radiación efectiva administrada según la edad por tomografía computarizada a pacientes con traumatismo encéfalo craneano | 40 |
| Tabla 6A | Dosis promedio de radiación efectiva administrada según sexo por tomografía computarizada en pacientes con traumatismo encéfalo craneano | 41 |
| Tabla 6B | Niveles de referencia de dosis de radiación efectiva administrada según la edad por tomografía computarizada en pacientes con traumatismo encéfalo craneano. | 41 |
| Tabla 7 | Dosis de radiación efectiva promedio por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano | 42 |

Índice de Figuras

| | | Pág. |
|----------|--|------|
| Figura 1 | Niveles de referencia de dosis de radiación efectiva por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano | 38 |
| Figura 2 | Edad de los pacientes con traumatismo encéfalo craneano | 40 |
| Figura 3 | Sexo de los pacientes con traumatismo encéfalo craneano | 40 |

Resumen

Objetivo: Evaluar la dosis de radiación efectiva por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional”, Enero-Diciembre 2019. **Método:** Enfoque cuantitativo, de tipo observacional, transversal con diseño descriptivo. La muestra fue de 318 pacientes con diagnóstico de traumatismo encéfalo craneano. El análisis de los datos se realizó mediante frecuencias absolutas y relativas (%). **Resultados:** Se tuvo que la dosis promedio de radiación efectiva fue 1.87 mSv, y el 61.3% de las dosis administradas estuvo por debajo de los 2 mSv. La dosis promedio de dosis longitud (DLP) fue 890.69 mGy*cm y el índice de dosis de tomografía computarizada (CTDI_{vol}) de 49.14mGy. Asimismo, el 25.5% tuvo edades entre 18 a 28 años y el 50% fueron de sexo femenino y masculino. La dosis promedio de radiación efectiva administrada tuvo mayores promedios entre las edades de 73 a 83 años (2.0 mSv), y entre edades de 51 a 61 años hubo mayores frecuencias de dosis menor a 2 mSv (70.6%). La dosis promedio de radiación efectiva predominó en el sexo masculino (1.87 mSv) y los niveles de referencia fueron similares en dosis menor a 2 mSv para ambos sexos (masculino:60.4% y femenino: 62.3%). **Conclusión:** La dosis de radiación efectiva por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional”, Enero-Diciembre 2019 fue de 1.87 mSv, teniendo como nivel de referencia en su mayoría por debajo de 2 mSv (61.3%).

Palabras clave: Radiación efectiva, tomografía computarizada de cráneo, traumatismo encéfalo craneano.

Abstract

Objective: To evaluate the effective radiation dose by computed tomography of the skull in patients with cranial brain trauma treated at the "International" Clinic, January-December 2019.

Method: Quantitative, observational, cross-sectional approach with descriptive design. The sample consisted of 318 patients diagnosed with cranial brain trauma. Data analysis was performed using absolute and relative frequencies (%). **Results:** The average effective radiation dose was found to be 1.87 mSv, and 61.3% of the administered doses were below 2 mSv. The mean dose length (DLP) was 890.69 mGy*cm and the computed tomography dose index (CTDI_{vol}) was 49.14mGy. Likewise, 25.5% were between 18 and 28 years old and 50% were female and male. The average dose of effective radiation administered had higher averages between the ages of 73 to 83 years (2.0 mSv), and between the ages of 51 to 61 years there were higher frequencies of doses less than 2 mSv (70.6%). The average effective radiation dose predominated in the male sex (1.87 mSv) and the reference levels were similar in doses less than 2 mSv for both sexes (male: 60.4% and female: 62.3%). **Conclusion:** The effective radiation dose by computed tomography of the skull in patients with traumatic brain injury treated at the "International" Clinic, January-December 2019, was 1.87 mSv, with the reference level being mostly below 2 mSv (61.3 %).

Key words: Effective radiation, computed tomography of the skull, head-cranial trauma.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, se ha observado que hay una gran proporción de individuos afectados por traumatismos encéfalo craneano, estimándose que, entre 20 a 50 millones de personas, ha padecido accidentes que le ha generado este tipo de afección sin ocasionarles la muerte. En ese punto, la medicina ha realizado significativos avances en esta materia donde el uso de la tomografía, ha sido una de las herramientas tecnológicas de mayor aplicación, más aún la tomografía computarizada (TC) que está concebida como una técnica de neuroimagen referencial, en el tratamiento de este tipo de traumatismo (Alcántara et al., 2019).

Es así que, como producto de este contexto, la radiación por tomografía ha generado algunas discrepancias entre los especialistas que emplean la mencionada técnica, en estudios recientes en Estados Unidos, donde se ha consultado la opinión de expertos, un 75% subestimó los riesgos por radiación por el empleo de la TC, mientras que el 53% de los radiólogos y un 91% de los médicos de emergencia, no la consideran un peligro que influye en el aumento de riesgos para cáncer (Servente et al., 2018).

En relación a esto, está reconocido que una dosis o cantidad de energía que absorbe el organismo, está directamente afín con la radiación que llega o entra en contacto con el cuerpo humano, lo cual puede ocasionar dos tipos de efectos biológicos: los denominados determinísticos y los estocásticos, donde los primeros son aquellos en los que la severidad de la respuesta es proporcional a la dosis, originando un nivel de muerte celular no compensada por la reparación, mientras que los estocásticos conducen a la transformación celular y no tienen ninguna dosis umbral, y la afección puede ser originada por una dosis mínima de radiación (Nejaim et al., 2015).

En este orden de ideas, el presente trabajo tiene como objeto determinar los niveles de dosis de radiación efectiva administrada por tomografía computarizada en pacientes con

traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional” durante el periodo enero-diciembre 2019, teniendo en cuenta para ello las dosis de radiación efectiva según niveles de referencia internacional.

1.1 Descripción y formulación del problema

Los actuales avances científicos - técnicos como consecuencia de la Revolución Industrial han provocado que la población mundial se mantenga constantemente expuesta a radiaciones de tipo natural y artificial. Es común encontrar material radioactivo de tipo natural en todo lo que nos rodea: en el suelo, las rocas, el aire que respiramos, el agua que bebemos e incluso en nuestros propios cuerpos. También hay exposiciones a radiaciones de tipo artificial a través de fuentes tan diversas como: la medicina nuclear, que utiliza material radiactivo para diagnosticar y tratar el cáncer, como es el caso de los estudios radiológicos y la tomografía computarizada, así como productos comerciales como detectores de humo, Canadian Nuclear Safety Commission, (CNSC, 2017).

Por ello el interés de la radiación en la medicina, en especial la tomografía computarizada, representa el 98% de la dosis poblacional con origen en fuentes artificiales y el 20% de la exposición total de la población. Países del primer mundo como los Estados Unidos reportan un 60% de radiación artificial por tomografías computadas esgrimiéndose como posibles causas el aumento de la cantidad y disponibilidad de tomógrafos, el aumento de la demanda de estudios por indicación médica repetitiva o por demanda de los propios pacientes, medicina defensiva o por falta de información (Servente et al., 2018).

Para la American Cancer Society (ACS, 2020), el riesgo de radiación relacionado con las dosis de radiación administradas por Tomografía Computarizada puede causar daño grave a los tejidos y aumentar el riesgo de que una persona padezca cáncer en algún momento de su

vida sobre todo si se expone a dosis bajas repetitivas, a dosis altas o exposiciones adicionales. Sin embargo, esta exposición va a depender del tipo de estudio que se realice, el área del cuerpo expuesta, la edad de la persona, el tamaño corporal y el sexo entre otros factores American Cancer Society (ACS, 2020).

Ozasa (2012), Pierce (2012) y Smith (2013) como se citó en Servente et al. (2018) plantean un aumento significativo del riesgo de cáncer con dosis superiores a 100 mSv, al producir sobre los tejidos biológicos, quemaduras, cataratas y alteraciones en gónadas, independientemente de que la Comisión Europea recomiende una dosis total de radiación absorbida que varía entre los 300 y 1050 mGy*cm y dosis efectiva de 2 mSv en tomografía de cráneo en lactantes y adultos respectivamente (Vassileva y Holmberg, 2016).

A pesar que varias instituciones internacionales han elaborado una variedad de manuales relacionados con las dosis de radiación efectiva administrada por tomografía computarizada en pacientes con traumatismos encéfalo craneano que eviten, en alguna medida, los efectos nocivos de la radiación sobre el paciente y sobre el Tecnólogo Médico en Radiología, es necesario la capacitación en la realización de diferentes procedimientos o exámenes, y preocuparse por los efectos indeseables que ello pudiera ocasionar sobre la salud, de los pacientes, compañeros de trabajo y medio ambiente.

En la Clínica Internacional, lugar donde se realizó el presente estudio, se ha observado el incremento de pacientes con traumatismo encéfalo craneano, los cuales son evaluados constantemente por tomografía computarizada, este grupo de pacientes están sometidos a dosis de radiación, en relación a su masa corporal, edad y sexo; esta situación podría traer a futuro posibles riesgos que afectaría la salud de los pacientes; adicionalmente, a nivel institucional no existen estudios de dosis efectiva por Tomografía Computarizada en traumatismo encéfalo craneano, teniendo escasa información o evidencia al respecto; razón por la cual se propone

esta investigación, ya que es fundamental conocer en todos los ámbitos a este grupo poblacional, respecto a la radiación a la que están sometidos. Por lo que en el presente trabajo se formula la siguiente interrogante:

1.1.1 Problema general:

¿Cuál es la dosis de radiación efectiva por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional”, Enero-Diciembre 2019?

1.1.2 Problemas específicos:

¿Cuál es la dosis longitud promedio (DLP) por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano?

¿Cuál es el $CTDI_{vol}$ promedio por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano?

¿Cuáles son las características generales de los pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional”?

¿Cuál es la dosis de radiación efectiva administrada por tomografía computarizada en pacientes con traumatismo encéfalo craneano según edad y sexo?

1.2 Antecedentes

1.2.1 Antecedentes Internacionales.

Serra et al. (2020) ejecutaron un estudio denominado “Valores típicos de dosis para

tomografía computada de cerebro en pacientes adultos”, que tuvo como objetivo averiguar los valores típicos de dosis en TC de cerebro en una Clínica. Fue un trabajo observacional, descriptivo y transversal, que abarcó 73 informes dosimétricos dados por un TC Toshiba Aquilion 64. Hallaron que los valores típicos de dosis globales obtenidos para los indicadores $CTDI_{vol}$ y DLP son 52.4 mGy y 1087.4 mGy*cm.

Tacara et al. (2020) realizaron un trabajo titulado “Evaluación de la exposición a la radiación en exámenes tomográficos secuenciales de pacientes con lesión cerebral traumática y craneotomía descompresiva”, con el objetivo de saber las dosis de radiación de pruebas tomográficas. Fue una investigación descriptiva, que incluyó a 14 pacientes. Se alcanzó los siguientes valores: 120 Kv, 297 mA, rango de barrido 20,8 cm, DFOV 24,5 cm, $CTDI_{vol}$ 67,5 mGy, DLP 1404,8 mGy*cm y ED 2,9 mSv.

Liang et al. (2017) publicó un trabajo titulado “Establecimiento de un nivel de referencia de diagnóstico institucional para tomografía computarizada con software automatizado de seguimiento de dosis”, cuyo objetivo fue determinar los niveles de referencia de detección institucional, teniendo en cuenta las dosis de cinco sistemas de tomografía computarizada. Fue un estudio descriptivo y retrospectivo que abarcó 1594 pacientes. Hallaron que en el examen monofásico de Cabeza hay un valor de $CTDI_{vol}$ 49 mGy, DLP 978 mGy*cm y ED 2,4 mSv. Mientras que para estudios multifásicos fue de $CTDI_{vol}$ 45,0 mGy, DLP 1822,0 mGy*cm ED 5,0 mSv.

1.2.1 Antecedentes Nacionales

Culquicondor (2020) efectuó un trabajo titulado “Niveles de referencia de dosis en adultos para diagnóstico por imágenes con tomografía computada”, con el objetivo de comparar

los valores de los niveles de referencia de diagnóstico local (LDRL) de los protocolos de prueba de TC empleados en una Clínica Particular con los grados de dosis de referencia de diagnóstico de la Comisión Europea (CE), Colegio Americano de radiología y Public Health England (Reino Unido) y valorar la dosis efectiva del paciente por forma de examen. Fue un estudio descriptivo, no experimental, que incluyó a 140 sujetos. Hallaron que los valores para la tomografía de cabeza fueron de $CTDI_{vol}$ 47.86 mGy y DLP 776.82 mGy*cm respectivamente. Al compararse con los valores publicados internacionalmente se evidencia que para European Guidelines (EG) en TC de cabeza fue de $CTDI_{vol}$ 60 mGy y DLP 1050 mGy*cm. Para el ACR fue de $CTDI_{vol}$ 56 mGy y DLP 962 mGy*cm. Para Reino Unido fue de $CTDI_{vol}$ 65 mGy y para DLP 930 mGy*cm; por lo que no hubo mucha variación porcentual. Concluyen que los niveles de referencia de dosis del examen de cabeza (cerebro) son más cercanos a los niveles de referencia diagnóstica de la Comisión Europea, que del Colegio Americano de Radiología y Reino Unido.

Sánchez (2017) publicó un trabajo titulado “Dosis de radiación efectiva en pacientes sometidos a tomografía computarizada de cráneo atendidos en el Servicio de Radiología de la Clínica Vesalio. Enero a agosto del 2016”, con el objetivo de determinar la dosis promedio de radiación efectiva en pacientes sometidos a tomografía computarizada de cráneo en el Servicio de Radiología de la Clínica Vesalio. Fue un estudio descriptivo, retrospectivo y de corte transversal, que incluyó a 145 personas sometidos a tomografía de cráneo. En los resultados se encontró que el 64% recibió una dosis efectiva de 2.07 mSv, en un rango de 1-2 mSv, sobre todo, en pacientes del sexo femenino mayores de 60 años, mientras que radiaciones por encima de 2 mSv fueron utilizadas en el 36% restante, en este caso, más utilizados en pacientes del sexo masculino mayores de 60 años que acudieron al servicio de emergencia lo cual muestra variaciones de dosis de radiación efectiva según sexo y edad de pacientes sometidos a tomografía computarizada de cráneo.

Rosales (2015) en su investigación, cuyo objetivo fue identificar cuáles fueron las dosis de radiación más altas administradas por tomografía computarizada. Mediante un diseño descriptivo, retrospectivo, observacional y transversal se completó una ficha de recolección de datos procesados en el paquete estadístico STATA v 13 con datos de 79 pacientes atendidos en el Hospital José Casimiro Ulloa de Lima, Perú, desde enero a diciembre de 2014 los cuales se les realizó al menos una tomografía computarizada de cráneo según consta en las historias clínicas y los reportes tomográficos de dosis de radiación de cada paciente. Halló que el 85% recibió dosis inferiores a 60 mGy por examen, inferiores a los referenciados internacionalmente, sin embargo, debe señalarse que el 49% presentaba politraumatismo por lo que requirieron otros exámenes y con ello mayor cantidad de dosis independientemente de la experiencia del operador. Concluye que, a mayor experiencia del tecnólogo médico, menor la dosis de radiación administrada, lo que obliga insistir en otras investigaciones relacionadas con el tema.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la dosis de radiación efectiva por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional”, Enero-Diciembre 2019.

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar la dosis longitud promedio (DLP) por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano.

Estimar el CTDI_{vol} promedio por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano.

Describir las características generales de los pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional”.

Describir las dosis de radiación efectiva administrada por tomografía computarizada en pacientes con traumatismo encéfalo craneano según edad y sexo.

1.4 Justificación

Es justificable realizar esta evaluación; dado que, al conocer las dosis de radiación administradas por tomografía computarizada de cráneo realizados en pacientes con traumatismo encéfalo craneano, se podrá identificar cuáles son los parámetros y niveles de dosis utilizados, además se sabrá si estos valores sobrepasan los referenciales o se encuentran dentro de los valores normales, esto con la finalidad de poder difundir o sociabilizar los datos a otros profesionales interesados en el tema.

Asimismo, la información que se obtenga será de beneficio para los profesionales y estudiantes en formación, al mismo tiempo, a los Tecnólogos Médicos en Radiología que laboran en la Clínica “Internacional”, ya que se contribuirá en aumentar los conocimientos científicos en la medida que se logre explicar la importancia de las dosis recomendadas para la salud del paciente y del Tecnólogo, de igual forma, constituirá una herramienta necesaria para el servicio de radiología en la optimización de los recursos disponibles, y se podrá comparar con otras instituciones similares en post de lograr mejor calidad con los servicios que se brindan.

Adicionalmente, al no existir un instrumento aprobado a nivel nacional, que permita

realizar la presente investigación, se pretende validar las variables de estudio utilizadas en otras investigaciones realizadas en nuestro país (Rosales, 2015; Sánchez, 2017) mediante el análisis de los parámetros de dosis de radiación administrada por tomografía computarizada como $CTDI_{vol}$, DLP, ED y los niveles de referencia establecidos por organismos internacionales en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional” durante el periodo enero- diciembre 2019.

1.5 Hipótesis

La dosis de radiación efectiva promedio por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional”, Enero-Diciembre 2019 es mayor a 2 mSv.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Anatomía del neurocráneo*

El esqueleto de la cabeza o cabeza ósea está orientado a la protección del encéfalo, a alojar órganos de los sentidos como la audición, olfato, visión y gusto, así como envolver los orificios de las vías respiratorias y digestivas (Universidad de Los Andes, 2022).

Presenta 22 huesos (o 29, si se involucra los huesos del oído interno y al hueso hioides) que la mayor parte están vinculados por articulaciones osificadas, denominadas suturas. Este se fracciona en: neurocráneo y víscero-cráneo (Nova, 2022).

El neurocráneo está constituido por los siguientes fragmentos: Occipital:

Representa la base anterior e inferior del cráneo. Impar, medio y simétrico. La porción baja es plana y está traspasada por un agujero (orificio occipital) que conecta el cráneo con la columna vertebral, mientras que la zona superior es triangular. En la sección lateral se denotan dos relieves articulares diagonales (cóndilos del occipital) que ayudan a relacionarse con el atlas (Horcajada, 2018).

En el plano dorsal hay un área plegada y sobresaliente: la protuberancia occipital externa o inión que se implanta al tabique cervical posterior mediante una cresta (Horcajada, 2018).

A cada lado del inión surgen dos líneas encorvadas; una hacia la mitad de esta cresta y la otra a la altura del inión (Horcajada, 2018).

Toda la cara inferior entre la curva superior y el agujero occipital está oculta por los músculos de la nuca estableciendo la base del cráneo. La parte posterior es subcutánea totalmente. Los bordes de esta parte se implantan con los parietales (Horcajada, 2018).

Parietal:

Hueso par, cuadrangular, de cuatro bordes dentados, ubicado en la parte posterior del cráneo. El borde superior se junta con el parietal opuesto. El inferior, cóncavo, en bisel, se articula con el borde superior del temporal. El borde anterior se enlaza con el frontal y el posterior con el occipital. La pared externa se estructura de una prominencia parietal curvada y lisa; y en ella, una línea circunferencial, plegada, que finaliza el espacio temporal (Horcajada, 2018).

Frontal:

Hueso impar, medio y simétrico. Colocado en la cara anterior superior del cráneo. Posee forma de escama constituyendo la parte anterior del cráneo. Su margen superior se anexa con los dos parietales, la parte inferior forma la pared superior de las cavidades orbitarias. Estas se delimitan por dos márgenes curvos y cortantes denominados arcos orbitarios o ciliares. Cada uno de estos arcos finalizan en su parte interior en la apófisis orbitaria interna, que traza la escotadura de las fosas nasales (Horcajada, 2018).

La cara anterior tiene dos zonas abombadas separadas por la sutura metópica descendente hacia un relieve caudal de la nariz llamado protuberancia nasal (Horcajada, 2018).

Temporal:

Hueso par, acomodado en la parte lateral inferior del cráneo. Formado por tres partes: la escamosa, la mastoidea y la petrosa o peñasco. La región escamosa; está en la zona lateral, convexa, forma parte de la fosa temporal. Condicionada caudalmente por la apófisis cigomática encaminada horizontalmente hacia adelante. Se articula con el hueso malar colocando un puente por arriba del músculo temporal. La apófisis cigomática se origina de dos raíces; la que amplía su margen superior y la que se orienta hacia adentro desarrollando la raíz transversal (Horcajada, 2018).

La parte mastoidea es muy voluminosa, amplia en su zona menor por la apófisis mastoidea, plegada y cónica enfocada hacia adelante y abajo. Sirve de implantación al músculo digástrico. Esta apófisis es subcutánea logrando un realce tras la oreja, en ella se establecen parte de los músculos de la nuca y el esternocleidomastoideo (Horcajada, 2018).

La parte pétrea o peñasco muestra forma de pirámide cuadrangular. Su base está entre la apófisis mastoides y la cavidad glenoidea mostrando un orificio externo (Horcajada, 2018).

Etmoides:

Hueso impar, medio y simétrico, puesto en la base del cráneo entre el frontal y el esfenoides apartando las cavidades orbitarias. Edifica la pared superior y superolateral de las fosas nasales (Horcajada, 2018).

Esfenoides:

Se encuentra la parte media del sustento del cráneo. Acomodado detrás del etmoides y del frontal y por delante del occipital de la zona pétrea. Es subcutáneo en la fosa temporal dibujando Relieves en la parte superior e inferior del arco cigomático (Horcajada, 2018).

Vascularización:

La irrigación sanguínea, ligera y profunda, de la parte cefálica, resulta de las dos ramas de bifurcación de la arteria Carótida Primitiva. Esta arteria, a nivel del gonión, y dentro de los límites del llamado triángulo de Farabeuf (vena yugular interna; tronco venoso tiro-linguo-facial y nervio hipogloso), se divide en sus dos ramas terminales: art. carótida interna y art. carótida externa (Ruiz, 2008).

La carótida interna ingresa por la región retroestílea, en cercanía a la v. yugular interna y n. neumogástrico sin dar ninguna rama, penetrando en el cráneo por el agujero carotídeo e irrigando el cerebro. La a. carótida externa irrigará el rostro, dando secciones para la zona

neuromuscular, la parte visceral, concavidad bucal, y el espacio dentario. Otras arterias que lo irrigan son la tiroidea superior, lingual, facial, occipital y faríngea inferior (Ruiz, 2008).

2.1.2. *Traumatismo craneoencefálico*

Son considerados como traumatismo encéfalo craneano (TEC), toda lesión física o deterioro funcional del contenido craneal secundario a un intercambio brusco de energía mecánica, incluyendo causas externas que pueden provocar conmoción, contusión, hemorragia o laceración del cerebro, cerebelo y tallo encefálico llegando hasta la primera vértebra cervical, determinando: confusión o desorientación, pérdida de conciencia o amnesia postraumática (Crowe et al., 2015).

En el traumatismo encéfalo craneano (TEC), tras el impacto se desencadena un daño creciente y van surgiendo lesiones cerebrales primarias, pero también lesiones cerebrales secundarias como efecto de la activación de cascadas bioquímicas. Esta réplica puede ser modulada por elementos que empeoran la lesión cerebral secundaria si suceden en el período de fragilidad cerebral. La isquemia, la disfunción mitocondrial, la excitotoxicidad y la inflamación

poseen un trascendental rol, pues perturban cualidades básicas para el funcionamiento cerebral como la autorregulación, el acoplamiento flujo-metabolismo, la hemodinámica cerebral y la permeabilidad de la pared hematoencefálica (Alted et al., 2009).

La escala de coma de Glasgow es un indispensable instrumento empleado para valorar y calcular el grado de conciencia de un paciente al margen de su estado de salud orientado a contribuir para agilizar los servicios médicos sobre todo aquellos vinculados con el trauma mediante la medición de una cuantía de respuestas en base a los resultados numéricos alcanzados al evaluar la mejor apertura de los ojos, la óptima réplica verbal y actividad motora, capaz de clasificar el estado del paciente originario de un trauma craneal en tres grupos: TEC leve (13-15 puntos), TEC moderado (9-12 puntos) y TEC grave (≤ 8 puntos), sin embargo, el

diagnóstico debe ser correlacionado con la clínica (Ortega et al., 2018; Arguello, 2018).

Teniendo en cuenta lo mencionado, es trascendental realizar un buen diagnóstico respecto a esta condición, que no sólo se logra con la parte clínica sino también con exámenes imagenológicos como la tomografía computarizada. Para efectos del presente estudio, se tomará en cuenta la detección mediante la tomografía computarizada en pacientes con Traumatismo Encéfalo Craneano que están expuestos a una serie de dosis.

2.1.3. Tomografía computarizada

Se le atribuye a Sir Godfrey Hounsfield (Inglaterra, 1919-2004) la construcción y desarrollo de la Tomografía Axial Computada (1972); hacia 1989 surge la Tomografía Computada Helicoidal con beneficios notables sobre su predecesora al lograr varias imágenes debido a la sincronía dada entre el tubo de rayos X, la camilla y los detectores, no obstante, los mejores resultados acontecieron en el año 1998 con la Tomografía Computada Multidetector, también distinguida como multislice (TCMS), fue puliendo su bosquejo e industria hasta llegar actualmente a encontrar tomógrafos con 64 filas de detectores para óptimos resultados (Fresquet, 2017).

Atendiendo a ello, la tomografía computarizada (TAC) es contemplada una prueba de detección por imágenes manejada para instaurar imágenes precisas de los órganos internos, los tejidos blandos, los huesos y los conductos sanguíneos mediante su reordenamiento en varios planos o en tres o cuatro dimensiones que se pueden vigilar en un monitor de computadora, imprimir en una placa o trasladar a medios electrónicos (Sociedad Radiológica de América del Norte, 2018).

A diferencia de una radiografía convencional, el escáner de TC demanda de una fuente motorizada de rayos X que circula en torno a una rendija de una ordenación denominada Gantry. Durante un escaneo por TC, el sujeto está apoyado en una cama que se moviliza lentamente

mediante el Gantry, mientras que el tubo de rayos X circula junto al paciente, lanzando haces angostos de rayos X a través del organismo. En lugar de una película, los escáneres de TC utilizan detectores digitales especiales de rayos X, situados claramente al lado inverso de la fuente de rayos. Cuando los rayos X salen del paciente, son tomados por los detectores y difundidos a un ordenador (Instituto Nacional de Imágenes y Bioingeniería, 2022).

Cada vez que la fuente de rayos X completa toda una rotación, la computadora de TC domina técnicas matemáticas complicadas para fundar un corte de imagen 2D del paciente. El espesor del tejido simbolizado en cada corte de imagen puede transfigurar dependiendo de la máquina de TC manejada, pero usualmente varía de 1-10 milímetros. Cuando se culmina todo un corte, se almacena la imagen y la cama mecanizada se mueve incrementalmente hacia adelante en el Gantry. El proceso de escaneo por rayos X se repite para originar otro corte de imagen. Este proceso se extiende hasta que se recoge la cantidad idónea de cortes (Instituto Nacional de Imágenes y Bioingeniería, 2022).

Las imágenes, muy minuciosas, otorgan más datos sobre la consistencia del tejido y el lugar de las anomalías que la radiografía simple, de tal modo que el especialista puede encontrar de manera fija las estructuras y anomalías. La tomografía computarizada (TC) consiente distinguir diversas tipologías de tejido, como grasa, músculo y tejido conjuntivo. De esta manera, la TC genera imágenes precisas de órganos concretos que no son apreciables en la radiografía simple, y es más beneficioso para adquirir imágenes de la mayor parte de estructuras de la cabeza, encéfalo, cuello, tórax y abdomen (Kocak, 2021).

La tomografía computarizada (TC) puede revelar y proporcionar información sobre las modificaciones de casi todas las porciones del organismo (Kocak, 2021).

En la Clínica Internacional, se cuenta con un tomógrafo de gran aporte, como es la tomografía multicorte que empezó a generar diferentes prototipos, entre ellos el scanner TC

SOMATOM go.Top que brinda cortes de 128 (IVR), con un tubo de rayos X de 7.0 MHU y un generador de poder de 75 kW. Posee una sencillez de uso e imágenes de óptima calidad y reconstrucciones rápidas. La cobertura z total en el isocentro es de 3.84 cm. con una máxima de carga de peso de 300 kg. y un rango escaneable en extendido de 200 cm (Siemens Healthineers, 2021).

2.1.4. Tomografía computarizada de cráneo

La tomografía computarizada de cráneo es competente de hallar anomalías intracraneales que precisen cirugía urgente a fin de impedir lesiones cerebrales secundarias, de tal manera que es empleada en la detección, evaluación y rastreo de varias patologías (Sociedad Radiológica de América del Norte, 2018).

- Sangrados, afecciones cerebrales y fracturas del cráneo en sujetos con lesiones en la cabeza.
- Sangrados originados por rupturas o fisuras de aneurismas en un paciente con cefaleas súbitas.
- Presencia de un coágulo de sangre o sangrado por un derrame cerebral.
- Tumores cerebrales.
- Cavidades cerebrales agrandadas (ventrículos) en pacientes con hidrocefalia.
- Padecimientos o malformaciones del cráneo.
- Evaluación del daño en el hueso y el tejido blando en sujetos con traumatismo facial y planificar la reconstrucción quirúrgica.
- Detección de enfermedades del hueso temporal.
- Inflamación u otras modificaciones presentes en los senos paranasales.

- Planeación de terapias de radiación para cáncer cerebral u otros tejidos.
- Acomodar el paso de la aguja para biopsia del cerebro.
- Evaluar aneurismas, deformaciones arteriovenosas y los conductos sanguíneos mediante una técnica llamada angiografía por TAC.

La base del cráneo se valora mejor en los planos axial y coronal. Para una mejor observación, se emplea un algoritmo de reconstrucción ósea con ventana amplia (ancho: 4,000 nivel: 800). En la evaluación de las partes blandas es sugerente un medio de contraste yodado endovenoso (Miranda et al., 2018).

La TC es la modalidad de elección para concretar la anatomía ósea de la base del cráneo y para simbolizar los márgenes corticales delgados de los forámenes neurovasculares de la base de cráneo. La TC es más sensible para descubrir la anatomía ósea, el patrón de destrucción ósea, la reacción perióstica, la esclerosis, la osificación, la matriz y la calcificación, para la evaluación de fracturas de la base de cráneo y para detectar fístulas de LCR, sobre todo tras la administración de contraste intratecal (cisterno-TAC) (Miranda et al., 2018).

Los equipos actuales de TC poseen la capacidad de mostrar más de 4.000 matices de gris, que expresan los distintos valores de atenuación de las unidades Hounsfield (UH). Los ordenadores de trabajo sólo pueden distinguir entre 256 tonos de grises entre el negro y el blanco, y el ojo humano no puede excluir más de 30. Hay que fijar, por tanto, una cifra determinada de unidades Hounsfield a cada tonalidad de gris que puede simbolizarse en un monitor (Costa Subias y Soria Jerez, 2015).

Para que estas restricciones no sean una dificultad a la hora de que una imagen sea diagnóstica, será indispensable circunscribir el número de valores de atenuación visibles en la pantalla. Hay que distinguir densidades con valores de atenuación próximas e impedir que varias tonalidades cercanas resalten de un color único al observarlas en el monitor (Costa

Subias y Soria Jerez, 2015).

Se han desarrollado una serie de filtros que contribuyen en ajustar y confinar las categorías de densidades a los requerimientos del estudio. Esa reducción de densidades se llama ventana (Costa Subias y Soria Jerez, 2015).

Para la configuración de una ventana de visualización de la imagen en TC hay que tener en cuenta dos parámetros:

- Amplitud de ventana (WW): es la categoría o intervalo de unidades de atenuación que se hacen visibles de manera intencionada en la pantalla. Cualquier valor que esté por debajo del número menor selecto se representará como color negro, mientras que cualquier valor de atenuación que sea superior al número mayor elegido se plasmará como color blanco.
- Nivel de ventana (WL): es el valor promedio del intervalo de amplitud seleccionado, el centro de la ventana. Debe ubicarse lo más próximo posible al nivel de densidad del tejido que se quiere inspeccionar. (Costa Subias y Soria Jerez, 2015)

La elección de la ventana conveniente es fundamental para obtener una óptima imagen diagnóstica, ya que los niveles de densidad de los órganos parenquimatosos se ubican en el angosto rango de 10 a 90 UH. Los valores de atenuación son diferentes según el equipo que efectúa el estudio, así como también son diferentes en cada sujeto, ya que estriban de peculiaridades físicas tales como el volumen y la edad (Costa Subias y Soria Jerez, 2015).

En estudios cerebrales, al ser muy semejantes las densidades de atenuación de la sustancia gris y blanca, la ventana tiene que ser muy estrecha, de 80 a 100 UH, y el centro debe ubicarse próximo a la densidad media del tejido cerebral, 35 UH; es la denominada ventana de cerebro.

Para poder estudiar el hueso, la ventana debe tener un centraje elevado, sobre 350 UH, y un ancho de ventana también alto, de aproximadamente 1.500 UH; es la ventana de hueso (Costa Subias y Soria Jerez, 2015).

Es relevante inspeccionar los huesos en la ventana, teniendo en cuenta que si hay precedentes de trauma se ameriten imágenes de cortes milimétricos y con reconstrucción en algoritmo de hueso para descubrir fracturas no desplazadas. También, hay que visualizar la bóveda del cráneo para detectar fracturas o lesiones líticas, así como la base del cráneo ya que la mayor complejidad de esta zona puede obstaculizar la identificación de anomalías (Lopera Valle, 2020).

2.1.5. Dosis de radiación efectiva

Los variados aspectos de la medida de la radiación y la consecuente protección deben convertirse en el aspecto primario toda vez que se emplee material radioactivo. Los efectos reales de la radiación no son totalmente conocidos, pero puede expresarse en forma general que toda radiación es latentemente nociva y por tanto deben tomarse los pasos para prevenir una exposición innecesaria. Algunos componentes a tener en cuenta incluyen: tipo y energía de la radiación, poder de penetración, capacidad de ionización, vida media física (radioactiva), vida media biológica y efectiva (Núñez, 2008).

La dosis efectiva es una magnitud definitiva como la adición ponderada de las dosis equivalentes a todos los órganos oportunos de tal manera que se pueda sostener la mezcla de diferentes dosis en distintos tejidos de modo que sea viable la correlación con el total de los efectos estocásticos. En síntesis, es aplicable, a pesar que la repartición de la dosis absorbida por el organismo no sea parecida. La unidad es el julio por kilogramo ($J\ kg^{-1}$) y se le da el nombre especial de sievert (Sv) Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA, 2013).

Asimismo, es la suma de las dosis equivalentes en tejido, multiplicada por cada una por el factor de ponderación apropiado para el tejido correspondiente: t ; donde H_t es la dosis equivalente en el tejido T y W_t es el elemento de ponderación. La unidad de dosis efectiva es J/kg, designada sievert (Sv).

Se refiere al riesgo frecuente a largo plazo de un individuo debido a un procedimiento, y es ventajoso para comparar los peligros de distintos procedimientos, Sociedad Radiológica de América del Norte (SRAN, 2022).

La Comisión Internacional de Protección Radiológica [ICRP] (2007) indica que la dosis efectiva típica de tomografía computada de cabeza es de 2.0 mSv.

Asimismo, el factor de conversión (K) para tomografía de cabeza en pacientes adultos es de 0.0021 (ICRP, 2007).

III. Método

3.1 Tipo de Investigación

Enfoque: el estudio tuvo un enfoque cuantitativo, ya que se realizaron mediciones numéricas apoyadas de la estadística, además de ser probatorio y secuencial (Hernández y Mendoza, 2018, p. 5).

Alcance: básico; puesto que se generaron nuevos conocimientos en base a hechos o teorías preexistentes, encaminado a ampliar el conocimiento de forma objetiva. (Sánchez et al., 2018, p.79).

Tipo: Observacional, ya que no se manipuló las variables, solo se observó el comportamiento de las mismas; retrospectivo, debido a que se recabó información de hechos pasados (del año 2019); y de corte transversal, ya que la medición de la información se realizó en un momento determinado.

Diseño: Se realizó un estudio de tipo descriptivo, debido a que el propósito de este fue caracterizar la variable en estudio.

3.2 Ámbito temporal y espacial

Ámbito Temporal: El estudio se realizó tomando la información registrada en la base de datos de los meses de enero a diciembre del año 2019.

Ámbito Espacial: La investigación se realizó en el departamento de radiodiagnóstico en el servicio de imágenes Clínica “Internacional”, institución privada que se encuentra ubicada en la Av. Inca Garcilaso de la Vega 1420 Cercado de Lima, Perú.

Esta institución cuenta con un staff de más de 190 médicos especialistas distribuidos en más de 30 especialidades médicas quienes laboran las 24 horas del día brindando asistencia

médica personalizada los 365 días del año a través de diferentes servicios (Clínica Internacional, 2018).

3.3 Variables

Variable de estudio: dosis de radiación efectiva por tomografía computarizada de cráneo.

Dimensiones:

- Producto dosis longitud
- $CTDI_{vol}$ promedio

Variables de caracterización:

Edad/Sexo

3.4 Población y Muestra

3.4.1. Población

1856 pacientes con diagnóstico de traumatismo encéfalo craneano a los cuales se les realizó tomografía computarizada de cráneo, atendidos en la Clínica “Internacional” durante el periodo enero-diciembre 2019.

3.4.2. Muestra

La muestra se calculó mediante la fórmula para poblaciones finitas a partir de una población de 1856 participantes con diagnóstico de traumatismo encéfalo craneano a los cuales se le realizó tomografía computarizada en la Clínica “Internacional”, con un intervalo de confianza del 95% y error de muestra de 0.05. A continuación, se muestra la fórmula que se empleó:

$$n = \frac{Z^2 P * Q * N}{(N - 1)^2 + Z^2 P * Q}$$

$$n = \frac{(1,96)^2 0,5 * 0,5 * 1856}{(1856 - 1)0,05^2 + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n: 318$$

Una vez aplicada la fórmula de la muestra se tuvo un total de 318 pacientes con diagnóstico de traumatismo encéfalo craneano a los cuales se les realizó tomografía computarizada de cráneo.

3.4.3. *Unidad de análisis*

Paciente con diagnóstico de traumatismo encéfalo craneano al cual se realizó tomografía computarizada de cráneo, atendido en la Clínica “Internacional”.

3.4.4. *Tipo de muestreo*

Probabilístico aleatorio simple, seleccionándose al azar los datos. Este tipo de muestreo fue factible de realizar, ya que se contó con la base de datos total de los participantes de la Clínica “Internacional” del año 2019.

3.4.5. *Criterios de selección*

Criterio de inclusión.

- Estudios tomográficos de pacientes internados en UCI.
- Estudios tomográficos de pacientes de ambos sexos con diagnóstico de traumatismo encéfalo craneano, sometidos a tomografía computarizada de cráneo.
- Estudios tomográficos de cráneo en pacientes adultos mayores de 18 años.

- Estudios tomográficos de cráneo en pacientes atendidos por la modalidad ambulatoria, hospitalaria y emergencia con diagnóstico de traumatismo encéfalo craneano.

Criterio de exclusión:

- Estudios tomográficos de pacientes con diagnóstico de traumatismo encéfalo craneano a quienes se le realizó tomografía computarizada de cráneo en una unidad de salud diferente a la Clínica “Internacional”.
- Estudios tomográficos de pacientes con datos incompletos.
- Estudios tomográficos de pacientes con diagnóstico de traumatismo encéfalo craneano, a sin registro de dosis de radiación o con contraste.

3.5 Instrumentos

Para la recolección de la información proveniente de los pacientes atendidos en la Clínica “Internacional” con diagnóstico de traumatismo encéfalo craneano a quienes se les realizó una tomografía computarizada de cráneo, se aplicó la técnica de análisis documental y observación indirecta, pues la información fue clasificada del reporte de dosis de los estudios tomográficos de cráneo grabados en el tomógrafo multidetector Siemens SOMATOM go. Top de 128 cortes. Así como de los registros escritos de atención y la base de datos del servicio de Radiología.

Como instrumento se utilizó una ficha técnica de recolección de datos elaborada en base a las variables de estudio (Anexo B) estructurada en cuatro partes, la primera denominada características generales con cuatro ítems, la segunda correspondiente a los parámetros técnicos con dos ítems, la tercera sobre el reporte de dosis por exploración de TEC de cráneo con dos ítems y la cuarta parte sobre el cálculo de la dosis efectiva con un ítem.

3.6 Procedimientos

Para el desarrollo de la investigación se entregó un oficio al jefe de Gestión CDI de la Clínica “Internacional” explicando las características y objetivos de la investigación para que apruebe el acceso al Departamento de Estadísticas (Anexo C).

En el Departamento de Estadísticas se localizaron las historias clínicas de los pacientes con diagnóstico de traumatismo encéfalo craneano a los que se les realizó tomografía computarizada de cráneo; las cuales sirvieron para el llenado de la ficha técnica previamente codificada.

Se coordinó con el Tecnólogo Médico responsable del área de tomografía para acceder a la información de los pacientes, a quienes se realizaron las evaluaciones tomográficas durante el periodo de estudio.

Se debió aclarar que, por las características del estudio, retrospectivo, la información se consiguió directamente de la revisión de los exámenes de TEC almacenados en el equipo y en la historia clínica. En ambos casos se revisó el informe o reporte de dosis que muestra el equipo después de realizada la exploración tomográfica (Ver Anexo E), de ellos se extrajeron los siguientes datos: edad, sexo, dosis en Tomografía Computarizada (CTDI_{vol} y DLP total). Estos datos fueron corroborados en la historia clínica. Para determinar la dosis efectiva (E) de los exámenes de tomografía de cráneo se utilizó el factor de conversión “K” propuesto por la ICRP del año 2007; el cálculo se estableció mediante la multiplicación del Producto Dosis Longitud (DLP) por el factor de conversión “K”; con este método se obtuvo el valor total de mSv por estudio, que es dado por la siguiente ecuación:

$$E \text{ (mSv)} \approx K \times DLP$$

3.7 Análisis de Datos

Los datos obtenidos fueron ingresados y procesados a través del paquete estadístico SPSS v.26. Para el análisis de la información recolectada se procedió a aplicar estadísticos de frecuencias absolutas y relativas (%) por lo que se confeccionaron tablas y gráficos mediante el Chat Editor del programa estadístico mencionado, facilitando el análisis de los datos, que permitieron establecer las conclusiones y recomendaciones necesarias.

3.8 Consideraciones Éticas

La presente investigación por su tipo y diseño no tuvo implicancias con la ética médica. Toda la información recolectada fue trabajada anónimamente, para ello se garantizó la confidencialidad de los datos asignándole un código numérico a cada paciente para que la recolección de los datos y la presentación de los resultados no provoquen daño o riesgos ni al paciente ni a la institución. Cabe resaltar que se cumplieron con los principales principios bioéticos: no mal eficiencia; es decir, que el estudio no implicó riesgos en el paciente y beneficencia, los resultados fueron beneficiosos para la institución.

IV. RESULTADOS

Tabla 1A

Dosis promedio de radiación efectiva por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional” entre los meses de enero a diciembre del año 2019.

| | Media | Desv. Desviación | Mínimo | Máximo |
|-----------------------------|-------|------------------|--------|--------|
| Dosis de radiación efectiva | 1.87 | 0.420 | 1.2 | 3.0 |

Nota. En la tabla 1A se observa que la dosis promedio de radiación efectiva por tomografía computarizada fue 1.87 mSv.

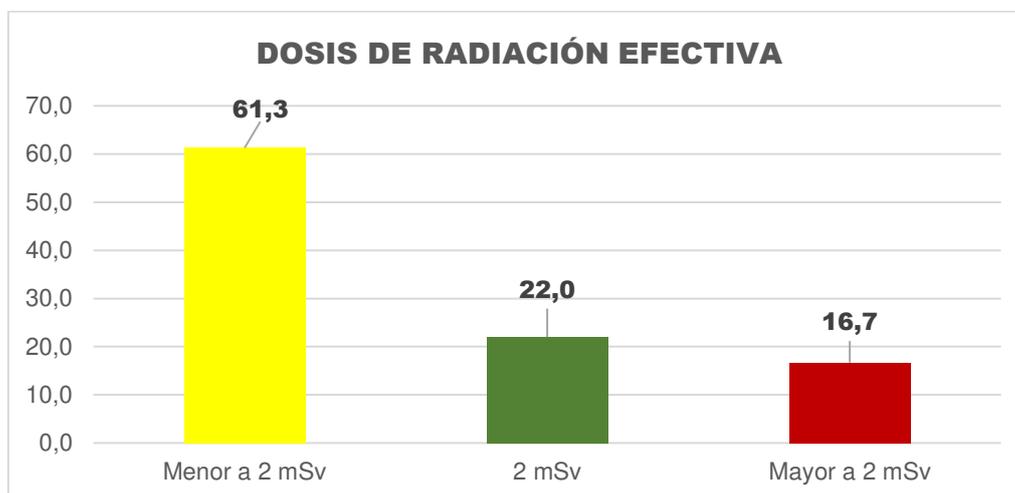
Tabla 1B

Niveles de referencia de dosis de radiación efectiva por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional” entre los meses de enero a diciembre del año 2019.

| Dosis de radiación efectiva | N | % |
|-----------------------------|-----|-------|
| Menor a 2 mSv | 195 | 61.3 |
| 2 mSv | 70 | 22.0 |
| Mayor a 2 mSv | 53 | 16.7 |
| Total | 318 | 100.0 |

Figura 1

Niveles de referencia de dosis de radiación efectiva por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano



Nota. En la tabla 1B y figura 1 con respecto a los niveles de referencia se observó que: el 61.3% de las dosis administradas estuvo por debajo de los 2 mSv y el 22.0% en 2 mSv.

Tabla 2

Dosis longitud promedio (DLP) por tomografía computarizada de cráneo en pacientes contraumatismo encéfalo craneano.

| | Media | Desv. Desviación | Mínimo | Máximo |
|--|--------|------------------|--------|--------|
| Promedio dosis longitud promedio (DLP) | 890.69 | 203.411 | 569 | 1421 |

Nota. En la tabla 2 se evidencia la dosis promedio de dosis longitud (DLP), teniendo un resultado de 890.69 mGy*cm.

Tabla 3

Índice de dosis de tomografía computarizada (CTDI) vol. promedio por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano.

| Índice de dosis de tomografía computarizada(CTDI) | Media | Desv. Desviación | Mínimo | Máximo |
|---|-------|------------------|--------|--------|
| | 49.14 | 10.530 | 30.7 | 65.9 |

Nota. En la tabla 3 se observa que Índice de dosis de tomografía computarizada (CTDI_{VOL}). Promedio es 49.14.

Tabla 4

Características generales de los pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional”.

| Características generales | N | % |
|---------------------------|-------------------------|------|
| Edad del paciente | | |
| Edad promedio | 44.61 +/- 20.55 (18-96) | |
| De 18 a 28 años | 81 | 25.5 |
| De 29 a 39 años | 76 | 23.9 |
| De 40 a 50 años | 51 | 16.0 |
| De 51 a 61 años | 34 | 10.7 |
| De 62 a 72 años | 35 | 11.0 |
| De 73 a 83 años | 28 | 8.8 |
| De 84 a más años | 13 | 4.1 |
| Sexo del paciente | | |
| Masculino | 159 | 50.0 |
| Femenino | 159 | 50.0 |
| Modalidad de atención | | |
| Ambulatorio | 145 | 45.6 |

| | | |
|-----------------------|-----|-------|
| Emergencia | 94 | 29.6 |
| Hospitalizado | 79 | 24.8 |
| Tipo de daño primario | | |
| TEC cerrado | 295 | 92.8 |
| TEC abierto | 23 | 7.2 |
| Total | 318 | 100.0 |

Figura 2

Edad de los pacientes con traumatismo encéfalo craneano

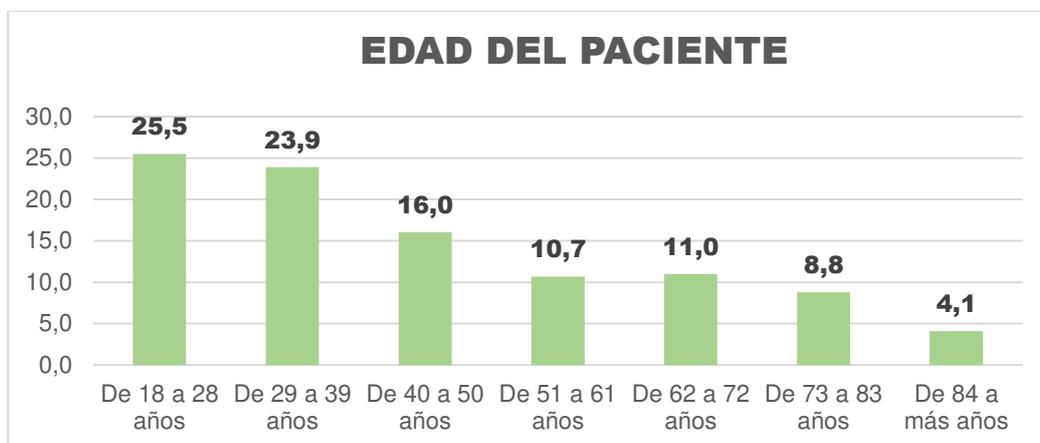


Figura 3

Sexo de los pacientes con traumatismo encéfalo craneano



Nota. En cuanto a las características generales se tiene que el 25.5% tuvo edades entre 18 a 28

años, el 23.9% entre 29 a 39 años y el 16% entre 40 a 50 años. El 50% de los pacientes fueron de sexo femenino y masculino respectivamente. La modalidad de atención fue ambulatoria en un 45.6% y por emergencia en un 29.6%. Respecto al tipo de daño, el 92.8% presentó Traumatismo Encéfalo Craneano cerrado y el 7.2% un Traumatismo abierto.

Tabla 5A

Dosis promedio de radiación efectiva administrada según la edad por tomografía computarizada en pacientes con traumatismo encéfalo craneano

| Edad según dosis efectiva promedio | Media | Desv. Desviación |
|------------------------------------|-------|------------------|
| De 18 a 28 años | 1.885 | 0.3808 |
| De 29 a 39 años | 1.842 | 0.4119 |
| De 40 a 50 años | 1.888 | 0.4999 |
| De 51 a 61 años | 1.782 | 0.4049 |
| De 62 a 72 años | 1.789 | 0.3612 |
| De 73 a 83 años | 2.000 | 0.4414 |
| De 84 a más años | 1.962 | 0.4925 |
| Total | 1.867 | 0.4203 |

Nota. En la tabla 5A se describe la dosis promedio de radiación efectiva administrada según la edad identificando mayores promedios entre las edades de 73 a 83 años (2.0 mSv) y de 84 a más años (1.96 mSv), y menores promedios entre edades de 51 a 61 años (1.7 mSv).

Tabla 5B

Niveles de referencia de dosis de radiación efectiva administrada según la edad por tomografía computarizada en pacientes con traumatismo encéfalo craneano

| Dosis de radiación efectiva | Edad del paciente | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|------------------|--------|
| | De 18 a 28 años | | De 29 a 39 años | | De 40 a 50 años | | De 51 a 61 años | | De 62 a 72 años | | De 73 a 83 años | | De 84 a más años | |
| | N | % | N | % | N | % | N | % | N | % | N | % | N | % |
| Menor a 2 mSv | 44 | 54.3% | 50 | 65.8% | 32 | 62.7% | 24 | 70.6% | 24 | 68.6% | 14 | 50.0% | 7 | 53.8% |
| 2 mSv | 24 | 29.6% | 17 | 22.4% | 7 | 13.7% | 6 | 17.6% | 8 | 22.9% | 6 | 21.4% | 2 | 15.4% |
| Mayor a 2 mSv | 13 | 16.0% | 9 | 11.8% | 12 | 23.5% | 4 | 11.8% | 3 | 8.6% | 8 | 28.6% | 4 | 30.8% |
| TOTAL | 81 | 100.0% | 76 | 100.0% | 51 | 100.0% | 34 | 100.0% | 35 | 100.0% | 28 | 100.0% | 13 | 100.0% |

Nota. En la tabla 5B se observa los niveles de referencia de dosis de radiación efectiva administrada según edad: entre edades de 51 a 61 años hubo mayores frecuencias de dosis menor a 2 mSv (70.6%) y entre edades de 62 a 72 años (68.6%). Asimismo, entre edades de 73 a 83 años y de 84 años a más años se observan dosis de radiación efectiva mayor a 2 mSv (28.6% y 30.8% respectivamente).

Tabla 6A

Dosis promedio de radiación efectiva administrada según sexo por tomografía computarizada en pacientes con traumatismo encéfalo craneano

| Sexo según dosis efectiva promedio | Media | Desv. Desviación |
|------------------------------------|-------|------------------|
| Masculino | 1.877 | 0.4533 |
| Femenino | 1.857 | 0.3857 |
| Total | 1.867 | 0.4203 |

Nota. En la tabla 6A se evidencia que la dosis promedio de radiación efectiva según sexo predominó ligeramente en el sexo masculino (1.877 mSv).

Tabla 6B

Niveles de referencia de dosis de radiación efectiva administrada según la edad por tomografía computarizada en pacientes con traumatismo encéfalo craneano.

| Dosis de radiación efectiva | Sexo del paciente | | | |
|-----------------------------|-------------------|--------|----------|--------|
| | Masculino | | Femenino | |
| | N | % | N | % |
| Menor a 2 mSv | 96 | 60.4% | 99 | 62.3% |
| 2 mSv | 34 | 21.4% | 36 | 22.6% |
| Mayor a 2 mSv | 29 | 18.2% | 24 | 15.1% |
| Total | 159 | 100.0% | 159 | 100.0% |

Nota. En la tabla 6B se desprende que los niveles de referencia se evidenciaron en similares porcentajes menor a 2 mSv para ambos sexos (masculino:60.4% y femenino: 62.3%).

Formulación de la hipótesis general

Ha: La dosis de radiación efectiva promedio por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional”, Enero- Diciembre 2019 es mayor a 2 mSv.

H0: La dosis de radiación efectiva promedio por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional”, 2019 es menor o igual a 2 mSv.

Tabla 7

Dosis de radiación efectiva promedio por tomografía computarizada de cráneo en pacientes contraumatismo encéfalo craneano

| Dosis de radiación efectiva | Media |
|------------------------------------|--------------|
| | 1.87 |

Nota. En la tabla 7 se muestra que la dosis de radiación efectiva promedio por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional”, Enero-Diciembre 2019 fue de 1.87, es decir se **acepta la hipótesis nula** y se puede afirmar que la dosis de radiación efectiva promedio por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional”, 2019 en su mayoría es menor o igual de 2 mSv.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Respecto a la dosis de radiación efectiva por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano, en el presente estudio se encontró que la dosis promedio fue 1.87 mSv, lo cual es una dosis aceptable por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), que como valor máximo propone 2 mSv. En cambio, Tacara et al. (2020) encontraron que la dosis efectiva en el examen de cerebro fue de 2.9 mSv. Por su parte, Sánchez (2017) demostró que la dosis de radiación efectiva de la tomografía de cráneo en pacientes con traumatismo encefálico fue de 2.07 mSv. Cabe la posibilidad de que el valor obtenido por debajo de los niveles de referencia, se deba a que, en la actualidad la tomografía computarizada ha evolucionado rápidamente, y utilizan softwares para la modulación de dosis, por lo que los profesionales están más concientizados en usar los principios de ALARA, y mejorar la protección al paciente, frente a la radiación ionizante.

De acuerdo a los rangos de dosis, en el presente trabajo la mayor parte tenía valores menores a 2 mSv (61.3%) y solo el 22% de 2 mSv, mientras que Sánchez (2017) obtuvo que el 64.1% tuvo una dosis de 1-2 mSv; es menester destacar que porcentualmente los valores obtenidos son aceptables por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), que indica como valor máximo de radiación 2 mSv, lo cual es comparable con 8 meses de radiación natural de fondo.

En lo concerniente a la dosis longitud promedio (DLP) por tomografía en pacientes con traumatismo encéfalo craneano, en el presente estudio se observó un valor de 890.69 mGy*cm, disímil al trabajo de Sánchez (2017), donde se observó que el DLP en pacientes con tomografía de cráneo fue de 987.66 mGy*cm. Serra et al. (2020), obtuvo un DLP más elevado, siendo este de 1087.4 mGy*cm para tomografía de cerebro. En cambio, Tacara et al. (2020) en su investigación observó que el DLP del examen de cerebro fue de 1404,8 mGy.cm. En

comparación a las anteriores investigaciones con Culquicondor (2020) su trabajo presenta el valor de DLP para tomografía de cabeza de 776.82 mGy*cm siendo incluso inferior a los valores obtenidos por el presente estudio. Enfatizar que los pacientes atendidos en el área de Tomografía por traumatismo encéfalo craneano, son pacientes con un alto riesgo de posibles complicaciones, por lo que requieren una atención rápida, por ello el Tecnólogo Médico debe brindar todas las facilidades para la pronta aplicación del examen y sobretodo aplicar el protocolo de manera adecuada teniendo presente los parámetros técnicos como DLP, $CTDI_{vol}$, Kilovoltaje (KV) y Miliamperaje (mAs).

Sobre el $CTDI_{vol}$ promedio por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano, en el presente trabajo se halló que fue de 49.14 mGy, análogo con el trabajo de Liang et al. (2017), donde refieren obtener en exámenes monofásicos de cabeza un $CTDI_{vol}$ de 49 mGy lo cual discrepa del estudio de Serra et al. (2020), donde se demostró que el $CTDI_{vol}$ para TC de cerebro fue de 52.4 mGy. Mientras que Sánchez (2017) encontró que el $CTDI_{vol}$ en pacientes con tomografía de cráneo fue de 62.35 mGy. Asimismo, en la investigación de Tacara et al. (2020) se obtuvo que en el examen de cerebro el $CTDI_{vol}$ fue de 67,5 mGy. Para el presente estudio el valor de $CTDI_{vol}$ se considera adecuado como una dosis de radiación inferior a los niveles de referencias internacionales, sugeridos especialmente en anales de la ICRP, conforma estas guías un paciente no debería sobrepasar un Índice de Dosis por Tomografía Computarizada ($CTDI_{vol}$) mayor a 60 mGy por cada examen, por lo que se puede evidenciar que el Tecnólogo Médico corroboró y manejó el protocolo de adquisición según los conocimientos adquiridos de protección radiológica para este segmento, en comparación de otros órganos del cuerpo, donde si es necesario ajustar el kilovoltaje y miliamperaje según las características del volumen y lograr imágenes con calidad diagnóstica. Así mismo concuerda con la investigación de Rosales (2015). donde el 85% de pacientes recibió dosis inferiores a 60 mGy.

Acerca de las peculiaridades generales, en la presente investigación se contó con una muestra de 318 pacientes con traumatismo encéfalo craneano que tenía una edad promedio de 44.6 años, donde la mayoría fluctuaba de 18 a 28 años (25.5%), de 29 a 39 años (23.9%) y de 40 a 50 años (16%), siendo el 50% de sexo masculino. Estos resultados son similares el estudio de Rosales(2015), pues el promedio de edad de los participantes fue de 44 años de edad, siendo la mayoría varones (54%). Por otro lado, Sánchez (2017) demostró que los pacientes tenían más de 60 años (49%) y el 52.4% era de sexo masculino. Es importante mencionar que a menor edad que el paciente posee será menor la cantidad de radiación, debido a la radiosensibilidad de los diferentes tejidos y células que puedan alterarse por los efectos biológicos de la radiación, por lo tanto, el Tecnólogo Médico tiene que estar alerta cuando se presente la oportunidad y se encuentre en la capacidad de realizar una tomografía de cráneo con la menor dosis de radiación posible y a la vez obtener imágenes de alta calidad diagnóstica.

En cuanto a las dosis de radiación efectiva administrada por tomografía computarizada según edad, en la presente investigación se halló que las dosis promedio más altas de pacientes contra traumatismo encéfalo craneano se dieron en aquellos con edad de 73-83 años (2.000 mSv) y de 84 años a más (1.962 mSv), mientras que las de menores dosis promedio fueron en aquellos con 51- 61 años (1.782 mSv). Según los niveles de referencia, en su mayoría los pacientes de 51- 61 años tenían dosis menor a 2 mSv (70.6%), los de 18-28 años tenían una dosis de 2 mSv (29.6%) y los de 84 a más años tenían más de 2 mSv (30.8%). En cambio, Sánchez (2017) en su investigación observó que la dosis promedio de radiación efectiva en pacientes con edades entre 40 a 60 años es de 2.13 mSv y en mayores de 60 años es de 2.09 mSv. El 49.5% y el 48.1% de los pacientes mayores de 60 años recibieron dosis de 1-2 y mayor a 2 mSv respectivamente.

La gran mayoría de pacientes con avanzada edad suelen sufrir caídas aparatosas por pérdida de estabilidad, enfermedades mentales o un mal manejo del cuidador, acudiendo al Área

de Emergencia para posteriori ser derivados al servicio de tomografía donde el Tecnólogo Médico debe actuar con premura para poder atender al paciente, por lo que podemos inferir que el tiempo de adquisición en estos pacientes tiene que ser el menor posible, conllevando a no modificar el protocolo con algunos parámetros técnicos y aplicar el protocolo estándar teniendo como resultado una mayor dosis de radiación, procurando en lo posible no sobrepasar los niveles de dosis internacional.

Según el sexo, los pacientes con sexo masculino (1.877 mSv) recibieron dosis efectivas de radiación ligeramente mayores que aquellas de sexo femenino (1.857 mSv). En base a los niveles de referencia, generalmente fue menor a 2 mSv tanto en varones (60.4%) como mujeres (62.3%). Por su parte, Sánchez (2017) evidenció que la dosis promedio de radiación en pacientes de sexo masculino fue de 2.11 mSv, a diferencia del sexo femenino que fue de 2.02 mSv. Teniendo en cuenta los niveles, los de sexo femenino (55.9%) adquirieron una dosis de radiación entre 1 a 2 mSv y los pacientes de sexo masculino (67.3%) mayor a 2 mSv. Por lo tanto, en el presente estudio se observa la divergencia de densidad óseas entre uno u otro sexo, lo cual requiere básicamente en el sexo masculino un ligero aumento de la dosis de radiación sin llegar a superar los niveles de referencia internacionales de 2 mSv.

VI. CONCLUSIONES

- a) La dosis de radiación efectiva por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional”, Enero-Diciembre 2019 fue de 1.87 mSv, teniendo como nivel de referencia en su mayoría por debajo de 2 mSv (61.3%).
- b) La dosis longitud promedio (DLP) por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano fue de 890.69 mGy*cm, lo cual se encuentra dentro del rango óptimo para manejo de pacientes según la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) que indica un DLP máximo de 1050 mGy*cm.
- c) El $CTDI_{vol}$. Promedio por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano fue 49.14 mGy, encontrándose dentro de los rangos normales en base a los niveles de referencias internacionales de la ICRP que sugiere no superar 60 mGy.
- d) Las características generales de los pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional” fue de edad promedio 44.61 años, siendo el mayor rango de edad de 18 a 28 años, de sexo femenino y masculino (50% respectivamente), con atención ambulatoria (45.6%) y con traumatismo encéfalo craneano cerrado (92.8%).
- e) Las dosis de radiación efectiva administrada por tomografía computarizada a pacientes con traumatismo encéfalo craneano tuvo mayor promedio en pacientes con edades entre 73 a 83 años, y el mayor promedio en pacientes de sexo masculino.

VII. RECOMENDACIONES

- a) Ante los datos encontrados, se sugiere efectuar estudios comparativos sobre dosis de radiación efectiva, teniendo como referentes dos instituciones de salud privada y pública, esto con el propósito de observar y analizar las diferencias o similitudes de dosis aplicadas en población con traumatismo encéfalo craneano.
- b) Pese a que en la mayoría de resultados se tiene dosis menores a 2 mSv, sigue existiendo casos cuyas dosis son de 2 mSv o por encima de dicho valor; ante esto, se recomienda la creación de un protocolo institucional sobre tomografía computarizada de cerebro y las dosis aplicadas, de tal manera que su empleo sea estandarizado por el personal y para evitar exposición a radiaciones innecesarias.
- c) Se sugiere unificar los parámetros técnicos, en referencia a los niveles de dosis de radiación efectiva, respecto a los exámenes de tomografía de cráneo, mediante la difusión de cursos de capacitación, conferencias, investigación y seminarios web a todos los Tecnólogos Médicos que labora en el servicio de tomografía.

VIII. REFERENCIAS

- Agencia Internacional de Energía Atómica. (2013). *Magnitudes y unidades de radiación*.
Vienna-Australia: Agencia Internacional de Energía Atómica.
https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content-es/InformationFor/HealthProfessionals/1_Radiology/QuantitiesUnits.htm
- Alcántara-Serrano, J.M., Alcántara-Peraza, R., Romero-Solís, I. y González-Cobos, R.P. (2019). Sobreuso de la tomografía computarizada en el traumatismo craneoencefálico infantil. *Rev Mex Neuroci*, 20(1), pp. 50-55.
https://www.revmexneurociencia.com/frame_esp.php?id=27
- Alted López, E., Bermejo Aznárez, S. y Chico Fernández, M. (2009). Actualizaciones en el manejo del traumatismo craneoencefálico grave. *Medicina Intensiva*, 33(1), pp. 16-30.
<https://www.medintensiva.org/es-actualizaciones-el-manejo-del-traumatismo-articulo-S021056910970302X>
- American Cancer Society. (2020). *Riesgos de la radiación relacionados con los estudios por imágenes en: American Cancer Society (ACS)*.
<https://www.cancer.org/es/tratamiento/como-comprender-su-diagnostico/pruebas/riesgos-de-la-radiacion-asociados-con-los-estudios-por-imagenes.html#:~:text=para%20el%20c%C3%A1ncer-,Riesgos%20de%20la%20radiaci%C3%B3n%20relacionados%20con%20los%20estudios%20por%20im%C3%A1genes,persona%20padezca%20c%C3%A1ncer%20m%C3%A1s%20adelante>

- Arguello, J. (2018). *Consulta: TCE - Traumatismo craneoencefálico*. Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/relacsis/index.php/es/areas-de-trabajo/desigualdades/item/938-tce-traumatismo-craneoencefalico>
- Canadian Nuclear Safety Commission. (2017). *Hoja Informativa. Comprensión de la radiación*. https://www.nuclearsafety.gc.ca/pubs_catalogue/uploads/CNSC-2017-2018-Annual-Report-eng.pdf
- Clínica Internacional. (2018). *Clínica Internacional*. <https://www.crp.com.pe/>.
- Comisión Internacional de Protección Radiológica. (2007). Managing Patient Dose in Multi-Detector Computed Tomography (MDCT). *Elsevier*, 37(1), pp. 2-79. https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_37_1
- Costa Subias, J. y Soria Jerez, J.A. (2015). *Tomografía Computarizada dirigida a técnicas superiores en Imagen para el Diagnóstico*. Elsevier.
- Crowe, L., Catroppa, C. y Anderson, V. (2015). Sequelae in children: developmental consequences. *Handb Clin Neurol.*, 128, pp. 661-77. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444635211000418?via%3Dihub>
- Culquicondor Aguilera, A.R. (2020). *Niveles de referencia de dosis en adultos para diagnóstico por imágenes con tomografía computada por imágenes*. [Tesis, Universidad Particular de Chiclayo]. Repositorio Institucional de la Universidad de Chiclayo. http://repositorio.udch.edu.pe/bitstream/UDCH/906/1/T044_42909762.pdf
- Fresquet Febrer, J.L. (2017). *Historia de la medicina. Godfrey Newbold Hounsfield (1919-2004)*. <https://www.historiadelamedicina.org/hounsfield.html>

Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, Ch. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial McGraw-Hill.

Horcajada González, R. (2018). *Cabeza: Osteología, Miología y Proporciones: Neurocráneo y Viscerocráneo. Proporciones y módulos*. Universidad Complutense de Madrid.
<https://eprints.ucm.es/id/eprint/45917/>

Hospital Cayetano Heredia. (2018). *Documento Técnico Manual de Protección Radiológica del Departamento de diagnóstico por Imágenes*. Hospital Cayetano Heredia.
<http://www.hospitalcayetano.gob.pe/PortalWeb/wp-content/uploads/resoluciones/2018/rd/rd-025-2018-HCH-DG-comp.pdf>

Instituto Nacional de Imágenes y Bioingeniería. (2022). *Tomografía Computarizada (TC)*.
<https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/tomograf%C3%ADa-computarizada-tc#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20%E2%80%9Ctomograf%C3%ADa%20computarizada%E2%80%9D%2C,la%20m%C3%A1quina%20para%20generar%20im%C3%A1genes>

Kocak, M. (2021). *Tomografía computarizada (TC)*. Merck Sharp & Dohme Corp.
<https://www.msdmanuals.com/es-pe/hogar/temas-especiales/pruebas-de-diagn%C3%B3stico-por-la-imagen-habituales/tomograf%C3%ADa-computarizada-tc>

Liang MSc, C.R., Chen MSc, P.X.H., Kapur FRCR, J., Ong MSc, M.K.L., Quek FRCR, S.T. y Kapur PhD, S. (2017). Establishment of institutional diagnostic reference level for computed tomography with automated dose-tracking software. *J Med Radiat Sci.*, 64(2), pp. 82-89. <https://doi.org/10.1002/jmrs.210>.

Lopera Valle, J.S. (2020). *Perlas clínicas: Aspectos básicos para la lectura de una tomografía computarizada de cráneo*. Colombia: Universidad de Antioquía.

<https://extension.medicinaudea.co/index.php/programas/item/523-aspectos-basicos-para-la-lectura-de-una-tomografia-computarizada-de-craneo>

Nejaim, Y., Vasconcelos, K.F., Roque-Torres, G., Meneses-López, A., Norberto Bóscolo, F. y Haiter-Neto, F. (2015). Racionalización de la dosis de radiación. *Rev Estomatol Herediana*, 25(3), pp. 238-45. <http://www.scielo.org.pe/pdf/reh/v25n3/a10v25n3.pdf>

Miranda-Merchak, A., Kuschel, C., Miranda, M. y Fuentes, A. (2018). Anatomía radiológica de la base de cráneo y los nervios craneales parte 1: Generalidades y base de cráneo. *Rev Chil Radiol.*, 24(3), pp. 105-111. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchradiol/v24n3/0717-9308-rchradiol-24-03-00105.pdf>

Nova, S. (2022). *Cráneo*. <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/craneo>

Núñez, M. (2008). *Protección radiológica en Medicina Nuclear*. Comité de Tecnólogos de ALASBIMN. https://www.alasbimn.net/comites/tecnologos/material/Proteccion_radiologica.pdf

Ortega Zufiría, J.M., Prieto, N.L., Cuba, B.C., Degenhardt, M.T., Núñez, P.P., López Serrano, M.R. y López Raigada, A.B. (2018). Mild head injury. *Surg Neurol Int.*, 9(1), pp. S16-28. https://doi.org/10.4103/sni.sni_371_17

Rosales Ticona, E.J. (2015). *Dosis de radiación por Tomografía Computarizada de Cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano*. Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa 2014. [Tesis, Universidad de San Martín Porres]. Repositorio Académico USMP. http://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/1301/Rosales_e.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Ruiz Ruiz, C. (2008). *El cráneo humano*. Universidad de Valencia. <http://mural.uv.es/caram/Craneo%20Humano.html>

Sánchez Coras, C. (2017). *Dosis de radiación efectiva en pacientes sometidos a tomografía computarizada de cráneo atendidos en el Servicio de Radiología de la Clínica Vesalio. Enero a agosto del 2016.* [Tesis, Universidad mayor de San Marcos]. Cybertesis Repositorio de Tesis Digitales. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/6293/Sanchez_cc.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Sánchez Carlessi, H., Reyes Romero, C. y Mejía Sáenz, K. (2018). *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística.* Universidad Ricardo Palma. <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>

Serra, A., Ramírez, C., Véliz, J., Salas, M., Pérez, J., Vera, F. y Morales, J. (2020). Valores típicos de dosis para tomografía computada de cerebro en pacientes adultos. *Rev Chil Radiol*, 26(1), pp. 25-31. <https://www.scielo.cl/pdf/rchradiol/v26n1/0717-9308-rchradiol-26-01-25.pdf>

Servente Luquetti, L., Martinucci Silva, F., Chozza Lecuna, N., Hartmann Larronda, H., Irazoqui Cortazzo, M., Maguna Baubeta, C., Romero Larrosa, L. y Dibarboue Bassagoda, L. (2018). Dosis acumulada en tomografía computada 2014-2017: Análisis descriptivo de una población del Hospital de Clínicas. *Rev Méd Urug*, 34(3), pp. 133-148. http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1688-03902018000300019&lng=es&nrm=iso

Sociedad Radiológica de América del Norte. (2022). *¿Qué es la dosis de radiación?.* EEUU: Sociedad Radiológica de América del Norte. <https://www.radiologyinfo.org/es/info/safety->

IX. ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia

| PROBLEMA | OBJETIVO | VARIABLE DE ESTUDIOS |
|---|--|--|
| <p>GENERAL ¿Cuál es la dosis de radiación efectiva por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional” entre los meses de enero a diciembre del año 2019?</p> | <p>GENERAL Evaluar la dosis de radiación efectiva por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional” entre los meses de enero a diciembre del año 2019.</p> | <p>Variable de estudio: Dosis de radiación efectiva Variable de caracterización: características generales</p> |
| <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la dosis longitud promedio (DLP) por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano? • ¿Cuál es el $CTDI_{vol}$ promedio por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano? • ¿Cuáles son las características generales de los pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional”? • ¿Cuál es la dosis de radiación efectiva según edad y sexo administrada por tomografía computarizada en pacientes con traumatismo encéfalo craneano? | <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la dosis longitud promedio (DLP) por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano. • Estimar el $CTDI_{vol}$ promedio por tomografía computarizada de cráneo en pacientes con traumatismo encéfalo craneano. • Describir las características generales de los pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional”. • Describir las dosis de radiación efectiva administrada por tomografía computarizada en pacientes con traumatismo encéfalo craneano según edad y sexo. | |

Anexo B: Ficha de recolección de datos

Ficha #: _____

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES1. Edad: Años

2. Género

Masculino

Femenino

3. Modalidad de Atención:

Ambulatorio

Hospitalizado

Emergencia

4. Tipo de daño primario:

TEC Abierto

TEC Cerrado

II. PARÁMETROS TÉCNICOS (Tomógrafo)

5. Miliamperaje : _____ mAs

6. Kilovoltaje : _____ Kv

III. REPORTE DE DOSIS POR EXPLORACION DE TC DE CRANEO7. Índice de dosis de tomografía computarizada (CTDI_{vol}) : _____ mGy

8. Producto de la dosis por la longitud (PDL) : _____ mGy*cm

IV. CALCULO DE DOSIS EFECTIVA

9. Dosis efectiva acumulada:

_____ (DLP) x 0.0021= _____ mSv

Anexo C: Oficio

Lima, 22 de junio del 2020

Srta.

Milagros Quezada

Cornejo Jefe de Gestión

CDI

Centro de Diagnóstico por Imágenes Dirección Médica Corporativa CLÍNICA
INTERNACIONAL

Por medio de la presente, nos dirigimos muy respetuosamente ante usted para solicitar su aprobación en la aplicación del protocolo de tesis de grado para la obtención de la titulación como Tecnólogo Médico en Radiología. Dicho proyecto se titula **RADIACIÓN EFECTIVA POR TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE CRÁNEO EN PACIENTES CON TRAUMATISMO ENCÉFALO CRANEANO. CLÍNICA**

“INTERNACIONAL”, ENERO-DICIEMBRE 2019, el cual pretende identificar cuáles fueron las dosis de radiación administradas por tomografía computarizada en pacientes con traumatismo encéfalo craneano atendidos en la Clínica “Internacional” durante el periodo enero-diciembre 2019.

Dentro del proceso de investigación es necesario acceder al departamento de estadística, lugar donde obtendremos la información necesaria para la investigación.

La presente investigación no presentará riesgos, ni causará daño físico ni psicológico para los investigados, así como costo alguno. Los datos serán resguardados con total confidencialidad, bajo ningún concepto serán divulgados y se usarán única y exclusivamente para tareas de investigación, el proceso de manejo de la información podrá ser verificado en cualquier momento por la autora de la investigación.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Bach. RX. Aracely Jesús Castro

Agüero DNI:

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Lima, 21 de agosto del 2021.

Srta.
MILAGROS QUEZADA CORNEJO
 Jefa de Gestión CDI
 Centro de Diagnóstico por Imágenes
 Dirección Médica Corporativa
 CLINICA INTERNACIONAL

Asunto: Apoyo para realizar Tesis de pregrado.

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarla cordialmente y a la vez comunicarle que siendo Asesora de la Tesis **"RADIACIÓN EFECTIVA POR TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE CRÁNEO EN PACIENTES CON TRAUMATISMO ENCÉFALO CRANEANO, CLÍNICA "INTERNACIONAL", ENERO-DICIEMBRE 2019"**, presentada por la Bachiller **CASTRO AGUERO, Aracely Jesús**, con Código de Matricula N° 2015031698, correo electrónico, aracelycastroaguero@gmail.com, egresada de la Escuela profesional de Radio Imagen de la Especialidad de Radiología; me dirijo a usted para solicitarle, pueda brindar el apoyo a la Srta. Aracely, para que pueda desarrollar su Tesis en su Institución, permitiéndole conocer el número de pacientes atendidos con diagnóstico de traumatismo encéfalo craneano, a los cuales se les realizo tomografía computarizada de cráneo (TAC), entre enero y diciembre del año 2019.

Esperando poder contar con su apoyo con el que estaría respaldando la investigación de la Srta. Aracely, hecho que le estaríamos muy agradecidos y reconocidos, porque con el mismo ella podrá culminar con la obtención del Título Profesional que le permitirá ejercer la carrera para la que se ha preparado.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi estima personal.

Atentamente,



Milagro C. Castro Rojas
Dra. Milagro C. Castro Rojas
 C.M.P. 44790 – R.N.E. 025344
 Asesora de Tesis

C.C.: Srta. Bach. Aracely Jesús Castro Aguero

Anexo D: Operacionalización de variables

| Variable | Dimensión | Definición conceptual | Indicadores | Valor | Tipo de variable /escala |
|---|---------------------------------|--|---|---|---------------------------|
| Variable de estudio: Dosis de radiación efectiva | Producto dosis longitud | Estimación de la dosis total absorbida en una fantoma a lo largo de la extensión del barrido. | Promedio al multiplicar el $CTDI_{vol}$ por la longitud de la exploración en centímetros | En números | Cuantitativa de razón |
| | $CTDI_{vol}$ | Dosis promedio de radiación en el volumen x-y-z | Promedio del índice de dosis volumétrico en tomografía | En números | Cuantitativa de razón |
| | Coefficiente K | Factor de conversión evaluado en tomografía de cráneo. | Factor de conversión constante | Constante de 0.0021 | Cuantitativa de razón |
| | Intervalo de dosis de radiación | Suma ponderada de las dosis equivalentes a todos los tejidos y órgano | Suma de las dosis equivalentes en tejido, multiplicada por cada una por el factor de ponderación apropiado para el tejido | Menor a 2 mSv 2 mSv Mayor a 2 mSv | Cuantitativa de intervalo |
| Variable de caracterización: características generales | Edad | Período de tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta el momento de la atención médica registrada en la historia clínica. | Años | En números | Cuantitativa de razón |
| | Sexo | Caracteres morfogénéticos y funcionales, que distinguen a los hombres de las mujeres registrados en la historia clínica. | Sexo biológico registrado en la historia clínica | Masculino Femenino | Cualitativa nominal |

Anexo E: Imágenes

Anexo E.1

Criterios para la dosis de radiación al paciente

| <i>Examen de TC</i> | <i>CTDI_{vol}</i> | <i>DLP</i> | <i>Dosis Efectiva (mSv)</i> | <i>Factor de conversión (k)</i> |
|---------------------|---------------------------|------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Cerebro | 60 | 1050 | 2 | 0.0021 |

Anexo E.2

Reporte de dosis del paciente

| 16-Jun-2019 20:22 | | Ref.: CIMEDICO SOMATOM go.Top | | | | | | |
|--------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------|--------------|------------------------------|--------------|-------------|--|
| Sección: | | | | | | | | |
| Médico examinador: | | LIC. VLADIMIR WITON Z. | | | | | | |
| Técnico: | | | | | | | | |
| mAs total: 1168 | | DLP total: 720 | | | | | | |
| Expl. | Ref.C.mA @120 kV | kV | Ref.C. mAs | efec. mAs | CTDI _{vol} * mGy | DLP mGycm | T rot. s | |
| Posición del paciente HF | | | | | | | | |
| Topograma | 100 | Sn100 | | 60 mA | 0.02 S | 0 | | |
| SIMPLE | 200 | 220 | 120 | 220 | 205 | 38.54 S | 720 1.00 | |

Anexo E.5

Protocolo del examen: Reconstrucción

Politrauma [fábrica] Descripción del protocolo: Indicaciones: urgencias de traumatología de cuerpo entero, hemorragia, con/sin MC Idioma de instrucciones Español

Modos de exploración: RutinaEspiralAdultoCabeza, DosisEspiralAdultoCabeza, DosisEspiralAdultoCabeza

Favoritos expl. Expl. general Dosis Sincronización Config. Exploración físico Contraste
 Favoritos recon. Recon. general Recon&GO Impresión visual Cuadro recon. Recon. físico Tarea auto. Opciones inline

| Exploración/Recon. | | Favoritos recon. | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------|------------------|--------------------|---------------|------------|-----------------|---------|-------------------|----------------------|
| Exploración/Recon. | Grosor de corte [mm] | Incremento [mm] | Ventana a 120 kV | Filtro Kernel | Axial fija | FAST Planning | FAST 3D | Resultados inline | Recons. múltiples |
| Topograma | | | | | | | | | |
| Topograma 0.60 Tr20 sag | | | Topograma de ca... | Tr20 | | | | | |
| Cabeza | | | | | | | | | |
| Cabeza 5.00 Hr40 ax | 5.00 | 5.00 | Base órbita | Hr40 | | Cabeza - Cab... | Act. | Ninguna | Recons. orientaci... |
| Cabeza 5.00 Hr40 sag | | | | | | | | | |
| Cabeza 5.00 Hr40 cor | | | | | | | | | |
| Cabeza 5.00 Hr60 | 5.00 | 5.00 | Hueso | Hr60 | Act. | Cabeza - Cab... | | Ninguna | Ninguna |