



FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
SECCIÓN DE POSGRADO

**DOSIS DE RADIACIÓN POR TOMOGRAFÍA
COMPUTARIZADA DE CRÁNEO EN PACIENTES
CON TRAUMATISMO ENCÉFALO CRANEANO**

**HOSPITAL DE EMERGENCIAS JOSÉ CASIMIRO ULLOA
2014**

**PRESENTADA POR
ELVIS JESÚS ROSALES TICONA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
RADIOLOGÍA**

LIMA – PERÚ

2015



**Reconocimiento - No comercial - Compartir igual
CC BY-NC-SA**

El autor permite entremezclar, ajustar y construir a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

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



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

FACULTAD DE MEDICINA HUMANA

SECCIÓN DE POSGRADO

**DOSIS DE RADIACIÓN POR TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA
DE CRÁNEO EN PACIENTES CON TRAUMATISMO ENCÉFALO
CRANEANO**

HOSPITAL DE EMERGENCIAS JOSÉ CASIMIRO ULLOA 2014

TESIS

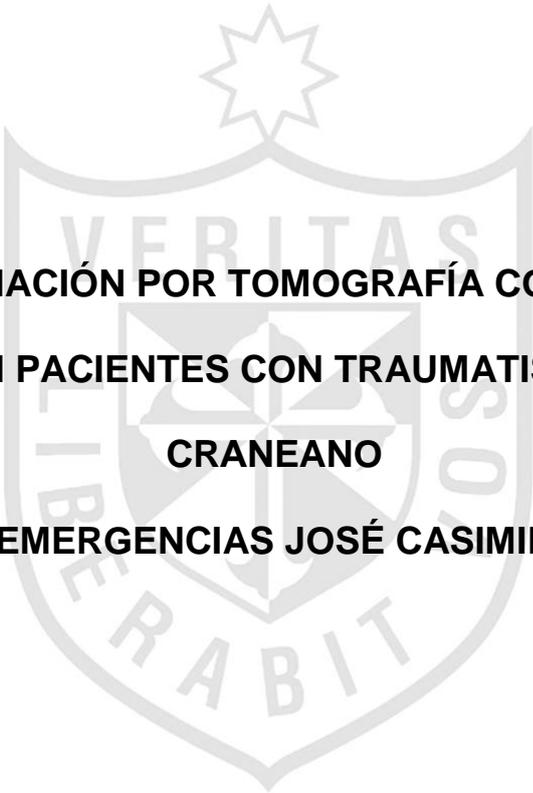
**PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
RADIOLOGÍA**

PRESENTADO POR

ELVIS JESÚS ROSALES TICONA

LIMA – PERÚ

2015



**DOSIS DE RADIACIÓN POR TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA
DE CRÁNEO EN PACIENTES CON TRAUMATISMO ENCÉFALO
CRANEANO
HOSPITAL DE EMERGENCIAS JOSÉ CASIMIRO ULLOA 2014**

ASESOR

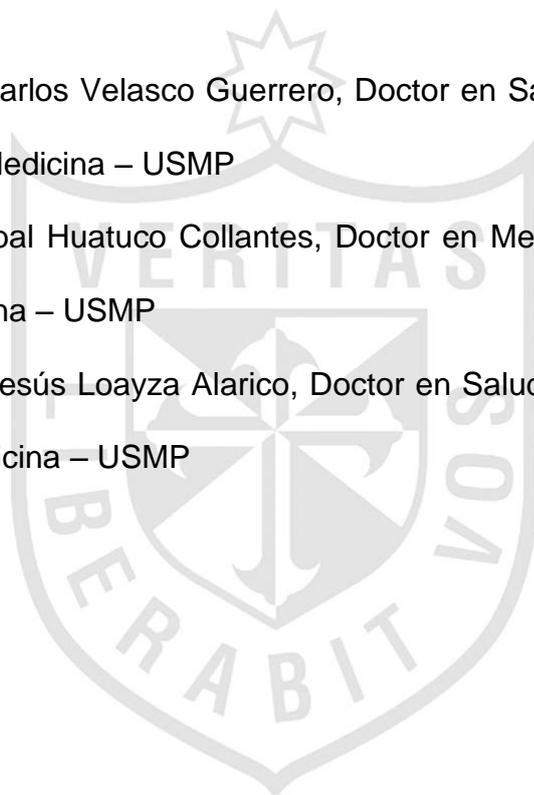
Paul Ricardo Araujo Pérez, Médico Radiólogo, Jefe del Departamento de Radiología del Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa.

JURADO

Presidente: Juan Carlos Velasco Guerrero, Doctor en Salud Pública, docente de la Facultad de Medicina – USMP

Miembro: Zoel Aníbal Huatuco Collantes, Doctor en Medicina, docente de la Facultad de Medicina – USMP

Miembro: Manuel Jesús Loayza Alarico, Doctor en Salud Pública, docente de la Facultad de Medicina – USMP





DEDICATORIA

A mi familia, por ser pilar en mi formación personal y profesional, con su ejemplo, estímulo y motivación.



AGRADECIMIENTOS

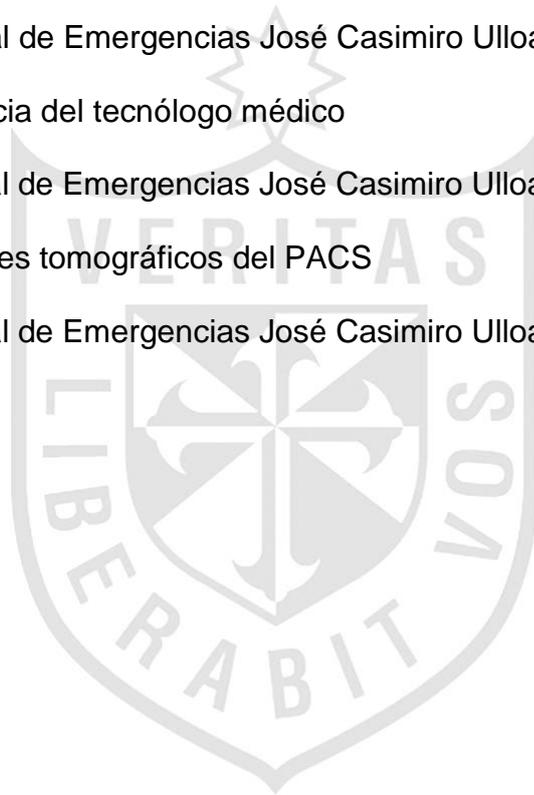
Al personal del Departamento de Imágenes del Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa, por su invaluable apoyo, en especial al Dr. Paul Araujo Pérez.

ÍNDICE

	Página
Resumen.....	1
Abstract.....	3
INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	7
1.1. Antecedentes de la investigación.....	7
1.2. Bases teóricas.....	9
1.3. Definición de Términos.....	20
1.4. Formulación de hipótesis.....	21
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	22
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	22
2.2. Población y muestra.....	22
2.3. Métodos de recolección de datos. Instrumento.....	23
2.4. Procedimientos de los datos.....	24
2.5. Aspectos éticos.....	24
CAPÍTULO III. RESULTADOS	25
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN	30
CONCLUSIONES	33
RECOMENDACIONES.....	34
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	35
ANEXOS.....	39

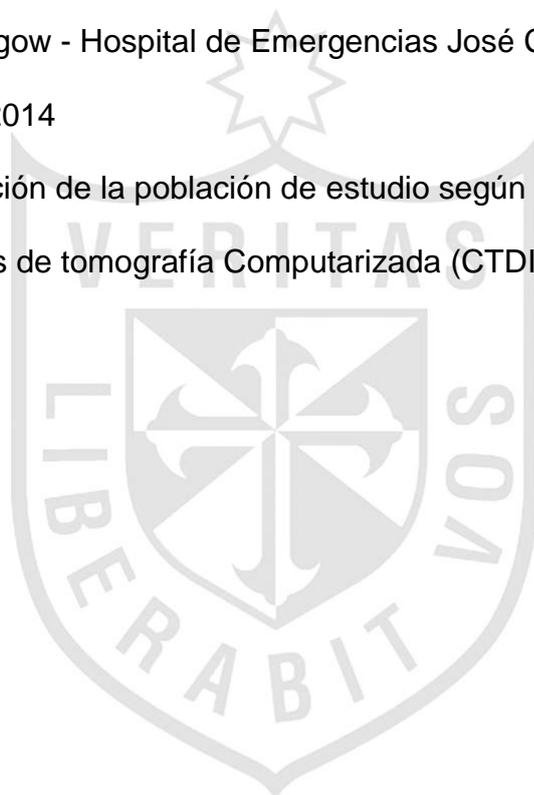
ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Características generales de la población de estudio	
- Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa – 2014	25
Tabla 2 Características clínicas del traumatismo craneo encefálico	
- Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa - 2014	26
Tabla 3 Experiencia del tecnólogo médico	
- Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa - 2014	27
Tabla 4 Indicadores tomográficos del PACS	
- Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa - 2014	28



ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1 Distribución de la población de estudio según edad - Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa - 2014	25
Gráfico 2 Distribución de la población de estudio según la escala de Glasgow - Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa - 2014	27
Gráfico 3 Distribución de la población de estudio según el Índice de Dosis de tomografía Computarizada (CTDI)	29



RESUMEN

Objetivo: Identificar cuáles fueron las dosis de radiación más altas administradas por tomografía computarizada en pacientes con traumatismo cráneo encefálico atendidos de urgencia en el Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa, 2014.

Método: Siguiendo un diseño descriptivo, retrospectivo, observacional y de corte transversal, se analizaron un total de 79 pacientes con traumatismo cráneo encefálico atendidos de urgencia en el Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa con el objeto de comparar las dosis de radiación por tomografía computarizada, con niveles de referencia establecidos por organismos internacionales.

Resultados: El promedio de edad de los participantes fue de 44 ± 23 años de edad, siendo la mayoría (54%) varones. Clínicamente la mayoría de los TEC clasificaron como de tipo cerrado (98%), de severidad leve (87%), con una evolución favorable a las 48 horas (94%). Tomográficamente la mayoría de los casos fueron sometidos a radiación ionizante en una sola ocasión (85%), utilizándose con mayor frecuencia un protocolo de 300 miliamperios (85%), 120 kilovoltios (90%) y un índice de dosis por tomografía computarizada (CTDI) de 42.44 mGy (85%). Según los indicadores de radiación ningún paciente (0%) recibió más de 60 mGy de CTDI por sesión. Todo ello deviene de que el tecnólogo médico no modificó el protocolo de adquisición del tomógrafo para este segmento, porque la mayoría de los pacientes de estudio son adultos y su volumen del cráneo es relativamente constante.

Conclusiones: En el caso de los pacientes con traumatismo cráneo encefálico atendidos de urgencia en el Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa, la mayoría de los mismos recibió dosis de radiación inferiores a las recomendadas en

las guías internacionales. Más aún, cabe precisar que si bien no se pudo probar la hipótesis de que a mayor experiencia del tecnólogo médico, menor la dosis de radiación administrada a los pacientes, sí se encontraron indicios de que tal hipótesis pudiera ser cierta.

Palabras clave: Dosis de radiación, tomografía computarizada, traumatismo cráneo encefálico, urgencia.



ABSTRACT

Objective: To identify what the higher radiation dose administered by computed tomography in patients with head trauma treated at the hospital emergency José Casimiro Ulloa Emergency, 2014 were.

Method: Following a descriptive, retrospective, observational and cross-sectional design, a total of 79 patients were analyzed with head trauma treated at the hospital emergency José Casimiro Ulloa Emergency in order to compare the radiation doses for CT, with benchmarks set by international organizations.

Results: The average age of participants was 44 ± 23 years old, the majority (54%) males. Clinically most TEC classified as closed-type (98%) of mild severity (87%) with a positive at 48 hours (94%) evolution. Tomographic most cases were subjected to ionizing radiation on one occasion (85%) used most frequently protocol 300 milliamps (85%), 120 kilovolt (90%) and a dose rate computed tomography (CTDI) of 42.44 mGy (85%). According to the indicators of radiation no patients (0%) received more than 60 mGy in CTDI per session. All this comes from the medical technologist does not modify the acquisition protocol for this segment of the scanner, because most of the patients are adults and study the skull volume is relatively constant.

Conclusions: In the case of head trauma patients treated at the hospital emergency José Casimiro Ulloa Emergency, most of them received doses lower than those recommended in international guidelines radiation. Moreover, it should be noted that while it was not possible to test the hypothesis that the greater experience of the medical technologist, lower the dose of radiation administered to patients, other evidence that this hypothesis could be true is found.

Keywords: Radiation Dose, Computed tomography, Head Trauma, Urgency.

INTRODUCCIÓN

Desde su introducción a la fecha, el uso de la tomografía computarizada (TC) se ha incrementado dramáticamente. En países como los Estados Unidos desde hace más de una década, la TC representa más de los dos tercios de la dosis de radiación efectiva total en pacientes hospitalizados¹. Sobre todo en el caso de los pacientes politraumatizados, las TC se han convertido en una herramienta esencial durante el proceso diagnóstico, terapéutico y pronóstico². En consecuencia, cada vez son más los pacientes que se encuentran en riesgo de complicaciones por el uso y abuso de este tipo de pruebas en las salas de emergencia de nuestro país.

Actualmente, existe una gran preocupación con respecto a los riesgos asociados al uso masivo de la TC, sobre todo en salas de emergencia, donde su uso adecuado puede hacer la diferencia entre la vida y la muerte.³ Si bien el riesgo de eventos adversos secundarios al uso de la TC es relativamente bajo, la gran cantidad de estudios que se realizan a diario a nivel mundial, hacen que este tipo de eventos adversos no sean nada desdeñables. Estimados recientes dan cuenta de que por cada 100,000 tomografías de cráneo practicadas en niños menores de 5 años podemos esperar entre 1 y 55 casos de cáncer localizados a nivel del Sistema Nervioso Central (encéfalo), y entre 1 y 14 casos de leucemia.⁴ Debiendo tener en cuenta que si bien existe una asociación significativa entre el uso de la TC y la incidencia de diversos tipos de cáncer, se desconoce si es de tipo causal. Esto se debe en gran medida a que desde el punto de vista ético-científico, los ensayos

clínicos que contribuirían a aclarar este de tipo de disyuntiva no son posibles de ser realizados. Independientemente de ello, la evidencia disponible es muy consistente respecto a que a mayor dosis de radiación acumulada mayor el riesgo de cáncer y otros eventos adversos.⁵

Para poner las cosas en perspectiva, estudios recientes han demostrado que la dosis efectiva acumulada por radiaciones ionizantes puede ser tan alta como 40.2 mSv, sobre todo en el caso de pacientes politraumatizados.⁶ Más aún, existen reportes que dan cuenta que en pacientes con múltiples lesiones graves la dosis de radiación efectiva acumulada puede llegar incluso a los 73,8 mSv. Si este fuese el caso de nuestros pacientes ello estaría muy por encima de lo que las normas establecen en nuestro país (1 mSv por año), e incluso muy por encima de lo permitido en trabajadores expuestos ocupacionalmente (50 mSv de dosis efectiva en un año, siempre que no sobrepase los 100 mSv en 5 años consecutivos).⁷ Para tener una idea de que tan altas son estas dosis, es importante tener algunas cifras de referencia con las cuales contrastarlas. Por ejemplo una persona promedio en los Estados Unidos recibe aproximadamente 3 mSv al año como radiación de fondo ⁸, una persona que se somete a un odontograma recibe en promedio 0,02 mSv, mientras que una que se somete a una radiografía de tórax recibe 0,04 mSv ⁹, pudiendo llegar a ser tan altas como 174 mSv en el caso de los astronautas destacados a la estación espacial internacional.¹⁰

En respuesta a la creciente preocupación por los posibles riesgos de la radiación por TC, diversas estrategias dirigidas a disminuir las dosis de radiación por TC han sido

propuestas en un intento de maximizar la relación beneficio-riesgo de la TC ¹¹, ya sea mediante la optimización de los protocolos de TC, o mediante la reducción de la dosis de radiación al mínimo necesario.¹² Aunque existe gran incertidumbre respecto de los métodos de cuantificación de riesgos durante la vida útil de los tomógrafos, en consenso lo que se busca es reducir la dosis de radiación acumulada per cápita al mínimo sobre todo en la población más joven, quienes tienen inequívocamente mayor radiosensibilidad y una esperanza de vida más larga que la población de más edad.⁵

Lamentablemente, a pesar de su relevancia actual es muy poco lo que sabemos de las dosis de radiación administradas por TC en nuestro medio. Es por ello que en nuestro estudio nos planteamos como objetivo de estudio identificar cuáles fueron las dosis de radiación más altas administradas por tomografía computarizada en pacientes con traumatismo craneo encefálico (TEC) atendidos de urgencia en el Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa en el año 2014. De esta forma analizaremos las dosis de radiación administradas por TC tomando a los pacientes con TEC como un caso prototipo de pacientes en riesgo de exposición a dosis altas de radiación por TC. Asimismo, y con el objeto de identificar oportunidades para optimizar el riesgo-beneficio de la TC cuando esta es utilizada en situaciones de emergencia, probaremos la hipótesis de que a mayor experiencia y volumen menor dosis de radiación administrada por el radiólogo en cada tomografía.

CAPÍTULO I.

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

Contrario a lo esperado son muy pocos los estudios que han analizado específicamente las dosis de radiación administradas mediante TC en pacientes con traumatismo craneoencefálico. Quizás uno de los más importantes realizados a la fecha es el estudio publicado por Prasarn et al. En el mismo estos investigadores analizaron un total de 1357 casos de pacientes politraumatizados en quienes se utilizaron al menos una TC durante su manejo en una sala de emergencia. Según los registros tomográficos estos pacientes recibieron en promedio una dosis efectiva de 31.6 mSv durante todo su tiempo de hospitalización, siendo estas dosis significativamente mayores en el caso de los pacientes con traumatismos y fracturas múltiples los que recibieron mayor cantidad de radiación acumulada. Comparativamente hablando aquellos pacientes con puntajes ISS (*Injury Severity Score*) mayores de 16 puntos (48,6 mSv) recibieron más de 25 mSv que aquellos con puntajes ISS de 16 o menos puntos (23.5 mSv). De la misma manera, los pacientes con traumatismos en la columna recibieron dosis de radiación 15 mSv más altas que aquellos pacientes sin este tipo de lesiones ($p < 0,001$) y aquellos con lesiones en columna vertebral y extremidades recibieron entre 3 y 14.4 más mSv de radiación que aquellos que sólo tenían lesiones de columna vertebral. Finalmente estos investigadores reportaron que aquellos pacientes que sufrieron fracturas a nivel de la columna vertebral, pelvis, pared torácica, o huesos largos recibieron más de 20 mSv de exposición de dosis efectiva, siendo los que menos radiación recibieron los pacientes menores de 18 años ($p < 0,001$).¹³

Por su parte en el estudio reportado por Tien et al, en el cual se utilizaron dosímetros (en cuello, pecho e ingle) para medir la dosis efectiva, un total de 291 pacientes politraumatizados admitidos por emergencias fueron monitorizados. En el mismo los investigadores reportaron que estos pacientes fueron sometidos en total a 4.9 (4.5-5.4) TC y 13.7 (11.4-15.9) radiografías desde que fueron admitidos hasta ser dados de alta, recibiendo en promedio un dosis efectiva de 22.7 mSv. En el 22% de estos casos los pacientes recibieron dosis mayores de 100 mSv a nivel de la tiroides.¹⁴

Diversas alternativas han sido propuestas para disminuir las dosis efectivas administradas por TC en general pero muy pocas han demostrado ser efectivas en el caso de los pacientes atendidos por TEC severos en salas de emergencia. Una de los pocos estudios disponibles al respecto es el reportado por Kim et al. En el estos investigadores analizaron 85 casos de pacientes politraumatizados en quienes se administro un protocolo optimizado de TC, los mismos que fueron contrastados con 33 controles. Al comparar las dosis efectivas Kim et al encontraron que si bien el número de TC permaneció invariable (4.8 vs 4.5, $p = 0.227$) la dosis efectiva disminuyó de 78.7 a 29.5 mSv ($p < 0.001$).¹⁵

Desde el punto de vista práctico al decisión de cambiar la dosis de radiación a utilizar recae en el radiólogo de turno y en el médico tratante. Es en buena cuenta son ellos quienes tienen la responsabilidad de sopesar la dosis a administrar a los pacientes, los riesgos atribuidos a la TC frente a los beneficios esperados de la información diagnóstica que es probable que se obtenga. Cualquier estudio de

diagnóstico deberá entonces proporcionar mayores beneficios que riesgos. Es por ello que la justificación, la optimización y la limitación de dosis constituyen los tres principios fundamentales de la protección radiológica. Entre estos tres pilares, quizás uno de los más importantes desde el punto de vista del manejo del riesgo de las TC es la justificación.¹⁶ Lamentablemente, la justificación es también uno de los más difíciles de modificar. De acuerdo con lo reportado por Oikarinen et al. que, en el caso de las TC realizadas en pacientes menores de 35, un 77% de los exámenes de TC de la columna lumbar se encontraban injustificados, junto con el 36% de la cabeza, el 37% del abdomen y el 20% de los senos nasales. En la mayoría de estos casos las TC bien podrían haber sido reemplazadas por una resonancia magnética, las cuales tienen la ventaja de ser más seguras puesto que no usan ningún tipo de radiación ionizante.¹⁷

1.2. Bases teóricas¹⁸

A diferencia de los estudios radiológicos convencionales en los que el cuerpo humano recibe mayor radiación en el punto de entrada del haz de rayos X y ésta disminuye conforme atraviesa los tejidos, en la TC, dada su geometría particular, el paciente recibe más radiación de la periferia hacia el centro, por lo que la piel recibe mayores dosis en comparación con los órganos internos. Sin embargo, en el caso de los niños la radiación es prácticamente la misma para todo el organismo.

El primer concepto al que nos referiremos es el de la dosis absorbida, que se define como la cantidad de energía aplicada a una cierta cantidad de masa medida en Gray (Gy), que corresponden a Joule/kg. Cuando la dosis absorbida se multiplica por un factor de calidad Q (que para las formas de radiación con transferencia lineal de

energía baja, como es el caso de los rayos X, es igual a 1) se obtiene la dosis equivalente en Sieverts (Sv), que representa la cantidad de energía en un punto específico.

Cada tejido del cuerpo humano tiene un factor de ponderación que representa su sensibilidad a la radiación ionizante. Las gónadas son más sensibles que el resto de los órganos, mientras que la piel y tejidos óseos tienen menor sensibilidad. Cuando multiplicamos la dosis equivalente por dicho factor de ponderación, obtenemos la dosis efectiva, que representa la sensibilidad biológica del organismo a la radiación.

Al hablar específicamente de TC el estándar de dosis se conoce como Índice de dosis en Tomografía Computarizada (CTDI), el cual tiene múltiples derivados, entre los que nos interesan particularmente: el CTDI en 100 mm (CTDI₁₀₀), el ponderado (CTDI_w), el volumétrico (CTDI_{vol}) y el producto dosis longitud (DLP). El CTDI representa la dosis promedio absorbida a lo largo del eje longitudinal de la exploración, o eje z, durante una rotación completa del tubo de rayos X. Su medición se realiza mediante detectores termoluminiscentes colocados en el interior de un maniquí cilíndrico de acrílico, ya sea de 16 cm de diámetro (que representa la cabeza de un adulto o el abdomen de un niño) o de 32 cm de diámetro que corresponde al abdomen de un adulto. El CTDI₁₀₀ se mide colocando cámaras de ionización en forma de lápiz de 100 mm de longitud en el centro y la periferia de los maniqués. Cuando estas mediciones se suman, considerando que el centro corresponde a una tercera parte del volumen del maniquí y la periferia a dos terceras

partes, se obtiene el CTDI_w. Éste considera, por lo tanto, la radiación absorbida en el plano de la exploración, es decir, los ejes x y y. En el CTDI_{vol} se considera la radiación en los tres ejes de la exploración en un volumen de tamaño estandarizado; por lo tanto, no representa tampoco la radiación que recibe un paciente en una exploración de determinada longitud. Es el resultado de dividir el CTDI_w entre el factor *pitch*, que resulta a su vez de dividir la longitud de la exploración entre la colimación. Cuando tomamos en cuenta la longitud de la exploración en centímetros y la multiplicamos por el CTDI_{vol}, obtenemos el DLP, que es proporcional a la radiación total absorbida; por lo tanto, a mayor DLP existe un mayor riesgo relacionado con la exposición a la radiación. Ambas mediciones, o por lo menos el CTDI_{vol}, se muestran por normatividad en el monitor de la consola junto con los parámetros del protocolo de exploración. Tanto el DLP como el CTDI_{vol} se almacenan en el equipo en un rubro aparte que puede denominarse “protocolo del paciente” o “información de dosis” junto con las imágenes del paciente. Cuando se cuenta con un sistema digital de almacenamiento de imágenes es recomendable guardar en él toda esta información.

```

367709 TAC CEREBRO-CABEZA S/C
28/01/1927 Dose Info
86 AÑO 21/01/2014 04:21:30 p.m.
F 217658
Exam Information ---
Study ID: 1342 ---
Time: Ene. 21, 2014, 16:21:30 HFS
Total DLP: 1044.1 mGy*cm

Dose
# Description Scan mAs kV CTDIvol DLP Phantom
Mode [mGy] [mGy*cm] Type[cm]
1 SCOUT Surview 1 80 0.03 0.8 HEAD 16 CM
2 CEREBRO S/C Helical 300 120 42.44 1043.3 HEAD 16 CM

Z: 1
C: 20
A: 1500

Página: 1 de 1 IM: 1

```

Para obtener la medición de la dosis efectiva de radiación en mSv a la que se estima que un paciente pudo haber sido expuesto en un estudio de TC, se multiplica el DLP por un factor constante, pero distinto según la región anatómica explorada y la edad del paciente. Para complicar un poco más las cosas, el valor de la constante puede ser distinto según la normatividad que se siga. Por ejemplo, para el tórax de un adulto, la constante es de 0.017, de acuerdo con las guías europeas de criterios de calidad para TC del año 2000; de 0.019 de acuerdo con el consejo europeo de TCMD y de 0.014 según la Asociación Americana de Físicos en Medicina (AAPM).

En estudios publicados sobre dosis de radiación en TC diferentes autores pueden utilizar diferentes constantes para calcular las dosis efectivas. Por ejemplo, en un paciente de 10 años de edad se realiza un estudio de TC de cráneo, con un protocolo para el cual el equipo muestra un CTDIvol de 70 mGy, longitud de la exploración de 9 cm y DLP de 630 mGy cm. Al multiplicarlo por el factor de conversión propuesto por la AAPM para la edad del paciente y la región explorada, que es de 0.0042 mSv/mGy cm, la dosis efectiva es: Dosis efectiva = 630 mGy cm × 0.0042 mSv/mGy cm = 2.64 mSv. Es importante recordar que no es lo mismo realizar mediciones de radiación en un maniquí que en un ser humano, que las dosis efectivas pueden variar si el paciente es adulto o niño, delgado u obeso, además de los diversos parámetros y características del equipo. Las mediciones que obtenemos del equipo no son 100% reales, sino simplemente una aproximación y, por lo tanto, están sujetas a cierto margen de error. La única forma de obtener mediciones reales de las dosis de radiación recibida por un paciente en un estudio de TC sería la implantación de detectores termoluminiscentes en sus órganos internos, lo que obviamente resulta impráctico y antiético.

En TC existen diversos métodos para reducir las dosis de radiación. Algunos se basan en el ajuste de los parámetros de adquisición por parte del operador, mientras que otros son algoritmos integrados al equipo que permiten regular, hasta cierto punto, la dosis efectiva que recibe el paciente. Todos tienen algún impacto en la calidad de la imagen. Explicaremos brevemente algunos de ellos: *Reducción de corriente del tubo*: es el principal parámetro que puede adaptarse al tamaño del paciente cuando se mantiene constante el resto de los parámetros de la exploración,

tales como el kilovoltaje del tubo y el *pitch* o desplazamiento de la mesa. La disminución del producto corriente-tiempo de exposición expresado en miliamperes-segundo (mAs) produce una reducción de la dosis efectiva directamente proporcional. Es decir, si el mAs se reduce 50%, la dosis disminuye en el mismo porcentaje. Sin embargo, existe un importante incremento en el ruido; éste puede no ser tan perceptible o no afectar mucho la calidad de la imagen en pacientes adultos, pero en el caso de los niños la calidad de la imagen puede resultar afectada. Es recomendable utilizar la máxima velocidad de rotación del tubo para disminuir los artefactos por movimiento y utilizar el menor kilovoltaje-pico (kVp) del tubo de acuerdo con el tamaño del paciente para obtener el mejor contraste de imagen.

Disminución del voltaje del tubo: La principal ventaja de esta técnica reside en la mayor atenuación del contraste yodado producida por una menor energía de los fotones; por lo tanto, su aplicación resulta importante únicamente en estudios contrastados. Como mencionamos previamente, existe un balance en el ruido de la imagen en relación con este parámetro y con los mAs, pero también interviene el tamaño del paciente. En adultos, la disminución del kVp condiciona mayor ruido en la imagen; sin embargo, esto no ocurre en los niños, en los que esta disminución puede incluso mejorar la calidad de la misma. Algunas aplicaciones clínicas en adultos, en las que se ha demostrado la utilidad de esta técnica son la angiotomografía de arterias pulmonares y de arterias coronarias. En el primer caso la disminución del potencial de 120 kVp a 100 kVp reduce la dosis de radiación hasta en 45%; si se disminuye a 80 kVp puede reducirse otro 40%. Esta última técnica puede emplearse en pacientes de hasta 100 kg de peso con la ventaja adicional de requerir menores dosis de medio de contraste. En cuanto a la angiotomografía coronaria la reducción de dosis, cuando se emplean protocolos con

100 kVp en comparación con 120 kVp, puede ser hasta de 64%, aunque también se limita a pacientes de menos de 100 kg o con índice de masa corporal menor de 30.

Si bien existen lineamientos bien establecidos para la protección del personal expuesto a la radiación, el desarrollo de guías y normas para la utilización racional de la tomografía computada, a fin de limitar las dosis a las que se exponen los pacientes, es relativamente reciente. En la actualidad, las campañas *Image Gently* (haz imagen gentilmente) e *Image Wisely* (haz imagen sabiamente) proponen medidas para disminuir las dosis de radiación a las que se exponen los pacientes. La primera se dirige a la protección de los niños. En ellos frecuentemente se realizan estudios de TC con los mismos parámetros empleados para un adulto, lo cual incrementa la dosis de radiación en forma importante y, por ende, el riesgo de desarrollar una neoplasia, ya que estos pacientes son más sensibles a los efectos de la radiación y tienen una mayor expectativa de vida para manifestarlos. La iniciativa propone cuatro pasos: 1) adecuar las dosis de radiación al tamaño del paciente ajustando los parámetros del protocolo de exploración, 2) realizar el estudio sólo cuando sea necesario, tomando en cuenta el riesgo-beneficio y el posible empleo de otras modalidades de imagen que no impliquen el uso de radiación ionizante, 3) limitar el estudio a la región anatómica indicada y 4) realizar la imagen en una sola fase, ya que en los niños los estudios multifásicos rara vez arrojan información diagnóstica adicional. La campaña *Image Wisely* ha desarrollado recursos educativos y agrupa en un solo sitio web dirigido tanto a médicos clínicos, radiólogos y técnicos, como al público en general, gran cantidad de material útil para la comprensión de los riesgos relacionados con el uso médico de la radiación

ionizante. Para los médicos radiólogos, el sitio web proporciona información sobre la auditoría de dosis de radiación y la optimización de protocolos en equipos de diversos fabricantes. Fomenta la instrumentación de una tarjeta de registro de estudios de imagen del paciente, una importante medida de control para evitar la repetición innecesaria de estudios.

Por lo tanto, en general la cantidad de radiación que se aplica durante una TC de cráneo estándar es considerada radiación de bajo riesgo; sin embargo ello no indica que la radiación utilizada sea 100% segura. Sobre todo si tomamos en cuenta la literatura que da cuenta de los efectos nocivos de la radiación ionizante secundario al uso de las TC en niños, o en salas de emergencia. De acuerdo a lo reportado por Frush et al. En cada examen de TC un paciente puede recibir entre <1 y 27 milisieverts (mSv), dependiendo del tipo de imagen que se desea obtener, lo cual coloca a las TC entre el listado de pruebas de radiación relativamente seguras o con radiaciones menores a 100 mSv. Para poner estas dosis en perspectiva, una TC del cráneo encéfalo utiliza unos 4 mSv, mientras que para una TC de abdomen utilizamos unos 20 mSv. Sin embargo, la dosis de radiación administrada en una TC abdomen equivale a la dosis utilizada en 100 - 250 radiografías de tórax; en comparación con los 3 mSv que anualmente acumulamos debido a radiación natural de fondo, implica que asumiendo una tiempo de vida de 60 años, una sola TC puede alcanzar la cantidad de radiación que un humano promedio acumula durante toda su vida.¹⁹

Una de las principales razones por las cuales el riesgo de exposición a radiación por TC puede llegar a ser altamente nociva, es la hipótesis de que este el riesgo de complicaciones es acumulativo durante toda la vida del paciente. De acuerdo a la literatura hay dos tipos de riesgos asociados el uso de TC, el riesgo determinístico y el riesgo estocástico. El riesgo determinístico es aquel que sucede cuando se recibe una dosis de radiación superior al umbral máximo de radiación, no siendo el caso de las TC, las cuales en por lo general irradian muy por debajo de los umbrales máximos permitidos, y es muy poco probable que una sobredosis se produzca con una sola TC. El ejemplo más característico de este tipo de evento son las quemaduras de piel que se pueden ver como eventos adversos de algunos complicados procedimientos intervencionistas. Por otro lado el riesgo estocástico es de naturaleza aleatoria. A diferencia del riesgo determinístico, la gravedad de la injuria es independiente de la dosis y la probabilidad de un efecto aumenta con la dosis. Este es el tipo de riesgo que más nos preocupa en el caso de la TC, y en general de cualquier fuente de radiación.²⁰

Sabemos que el riesgo de eventos adversos secundarios al uso de TC se incrementa proporcionalmente a la dosis de radiación a la que se expone el individuo, y cuanto más joven es el paciente. Tal como lo reportaron Pearce et al, el riesgo de cáncer se incrementa significativamente por cada mGy adicional recibido, siendo este más alto cuando la exposición se da durante la infancia y la edad adulta joven²⁰. Para llegar a esta conclusión Pearce et al. analizaron los registros de cáncer de más de 180 000 pacientes pediátricos y adultos jóvenes (menores de 21 años) sometidos a una o más TC durante el periodo 1985-2002 en el Reino unido. En cada

uno de estos casos los investigadores analizaron los estimados de dosis absorbidas tanto a nivel médula ósea y cerebral durante la TC, reportaron que el exceso de riesgo relativo (ERR) para leucemia (incluyendo los síndromes mielodisplásicos, SMD) se incrementaba en 0,036 (intervalo de confianza del 95% [IC 95%], 0.005-0.120) por cada mGy mientras que el ERR de tumores cerebrales (incluyendo tumores benignos) se incrementaba en 0,023 (IC 95%, 0.010-0.046)²³. En este estudio con el objeto evitar la inclusión de TC practicadas en casos prevalentes de cáncer (periodo de latencia), el seguimiento de los casos de leucemia comenzó 2 años después de la primera TC mientras que el seguimiento de los casos de tumores cerebrales comenzó 5 años después de la primera TC. Debido a que estos cánceres son relativamente raros, los riesgos absolutos acumulados son pequeños. Pearce et al estimaron que 10 años después de la primera exposición a una TC en el caso de los pacientes menores de 10 años, se espera un incremento de un caso de la leucemia y un caso de tumor cerebral por cada 10.000 TC practicadas. En función a esta evidencia Pearce et al concluyen que aunque los beneficios clínicos deben ser mayores a los pequeños riesgos absolutos, las dosis de radiación de la TC debe mantenerse lo más bajo posible, y considerar utilizar otras alternativas que no utilicen radiaciones ionizantes, toda vez que sea posible.²¹

En un estudio similar, aunque de manera controversial porque no se tomo en cuenta periodo de latencia alguno, Mathews et al analizaron registros de incidencia de cáncer en Australia, en una cohorte de casi once millones de personas, todos menores de 20 años de edad nacidos durante los años 1985-2005. Entre los mismos se encontró alrededor de 60 500 casos de cáncer, mientras que alrededor de 680

000 participantes resultaron haber sido expuestos a una TC durante el periodo 1985-2005. Mathews et al reportaron una incidencia del 24% de cánceres de cualquier tipo entre los expuestos, comparado con los no expuestos, un exceso estadísticamente significativo; sin embargo algunos de estos casos se presentaron un año después de la primera exposición a la TC.²²

De acuerdo con las recomendaciones proporcionadas por el Colegio Americano de Radiología, toda vez que un médico solicita una TC ésta debe estar plenamente justificada y haber discriminado si la TC es el método de imagen más apropiado en cada caso concreto y si técnica de ayuda diagnóstica por imágenes no radiante, como la ecografía o la resonancia magnética, constituyen una alternativa más adecuada. Durante el proceso de toma de decisiones es importante poner en consideración la opinión de un especialista en radiología quien a menudo puede orientarnos con respecto a en que casos es importante utilizar una alternativa a la TC. Así mismo es importante aprovechar esta valiosa oportunidad para recoger información sobre el número de veces en las que el paciente ha sido previamente expuesto a radiaciones ionizantes.

Una vez que la TC está indicada y plenamente justificada, queda en manos del personal de radiología el optimizar su utilidad, limitando la dosis al mínimo posible. El radiólogo debe diseñar un protocolo de TC idealmente adaptado a cada paciente, sobre todo si se trata de un paciente pediátrico – en los cuales los tejidos en desarrollo son 2-10 veces más sensibles a la radiación que los tejidos adultos,²³ pacientes que no sabemos cuántas veces han sido previamente expuestos, o en

aquellos que sabemos que han sido expuestos en reiteradas ocasiones. Esto se debe a que hay diferentes parámetros que pueden ser adaptados en cada examen con el fin de utilizar la mínima cantidad de radiación necesaria. Estos incluyen: el tipo de exploración (monofase o multifase), el área de escaneo, la corriente del tubo y el kilovoltage utilizado. Entre estos, los exámenes de TC multifase, son los que más radiación utilizan debido a que requieren el uso de material de contraste y el uso de radiaciones repetidas de una misma región anatómica. De ahí que los esfuerzos están encaminados a disminuir la dosis de radiación efectiva en los estudios multifasicos. Por ejemplo Lee et al demostró que se puede implementar protocolos de 100 kilovoltios en vez de los 120 kilovoltios que habitualmente se utilizan en las urotomografías para el estudio de la hematuria, contribuyendo a reducir la dosis de radiación efectiva en un 30% (19.1 ± 3.3 mSv a 13.1 ± 3.1 mSv, $p < 0.001$).²⁴

1.3. Definición de Términos

- Radiaciones ionizantes: Radiaciones con energía suficiente para ionizar la materia, extrayendo los electrones de sus estados ligados al átomo.
- Dosis de radiación efectiva: Riesgo de efectos estocásticos atribuibles a la exposición a una fuente de radiación ionizante expresado en Sieverts ($J Kg^{-1}$) y cuantificado como el promedio ponderado de la dosis equivalente de cada tejido expuesto a una radiación ionizante, tomando en cuenta la radiosensibilidad de las poblaciones celulares que los forman.

- Traumatismo craneo encefálico: Alteración en la función neurológica u otra evidencia de patología cerebral a causa de una fuerza traumática externa que ocasione un daño físico en el encéfalo.
- Tomografía: Tomograma o imagen obtenida mediante el uso de un procedimiento matemático conocido como reconstrucción tomográfica en función de la información obtenida mediante el uso de un equipo conocido como tomógrafo.

1.4. Formulación de hipótesis

No aplica por el tipo y diseño de la investigación.



CAPÍTULO II.

METODOLOGÍA

2.1. Tipo y diseño de investigación

El presente estudio es de tipo observacional, descriptivo, retrospectivo, de corte transversal. Para tal efecto su diseño es no experimental enmarcado en los estudios epidemiológicos.

El estudio se llevó a cabo entre los meses de enero y junio del año 2015, y tuvo como periodo de referencia enero a diciembre del 2014. El lugar escogido para llevar a cabo el mismo fue el Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa, sito en la Av. República de Panamá 6355, Miraflores, Lima - Perú. En el mismo se revisaron retrospectivamente las historias clínicas y los registros de dosis de radiación de pacientes con diagnóstico de traumatismo craneoencefálico diagnosticados en el Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa durante el año 2014, con el objeto de identificar cuáles fueron las dosis de radiación más altas administradas por tomografía computarizada en pacientes con traumatismo craneoencefálico atendidos de urgencia; y si estas superan niveles de referencia establecidos por organismos internacionales.

2.2. Población y muestra

La población de estudio estuvo compuesta por todos aquellos pacientes con diagnóstico de traumatismo craneoencefálico diagnosticados en el Hospital de

Emergencias José Casimiro Ulloa durante el periodo comprendido entre enero y diciembre del 2014; mientras que la muestra estuvo compuesta por todos aquellos pacientes que cumplieron los siguientes criterios de selección:

- **Criterios de inclusión:** Pacientes con diagnóstico de traumatismo cráneo encefálico, a quienes se le practicó una tomografía computarizada en el Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa durante el año 2014.
- **Criterios de exclusión:** Pacientes cuya tomografía computarizada no se haya realizado en el Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa, no tenga registro de dosis de radiación, o historia clínica con datos incompletos.

Por lo tanto la unidad de análisis quedó definida como todo paciente con diagnóstico de traumatismo cráneo encefálico diagnosticado en el Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa durante el año 2014 a quien le fuera practicado al menos una tomografía computarizada y cumpla con los criterios de inclusión y exclusión.

2.3. Métodos de recolección de datos. Instrumento

Para el presente estudio se diseñó una ficha de recolección de datos estructurada (Anexo 6.1), la misma que fue llenada por el investigador principal tomando como fuente primaria las historias clínicas y los reportes tomográficos de dosis de radiación de cada sujeto de estudio. Dicha ficha de recolección de datos fue debidamente codificada y validada en un piloto previo en el cual se evidenció su aplicabilidad e idoneidad en términos de consignar sólo las alternativas mínimas necesarias correspondientes a cada una de nuestras variables de interés. Así

mismo, con el objeto de verificar la dosis de radiación administrada en cada caso, el investigador principal del estudio procedió a revisar los reportes tomográficos de dosis de radiación almacenados en el PACS del hospital, así como a recalcular cada uno de los índices tomográficos de interés.

2.4. Procedimientos de los datos

Toda la información registrada en las fichas de recolección de datos fue doblemente digitada en hojas Excel, con el objeto de evitar errores de digitación. Una vez controlada la calidad de los datos se procedió a realizar un análisis descriptivo de los resultados resumiendo las variables cualitativas según su frecuencia relativa y frecuencia absoluta, y las variables cuantitativas según su media y desviación estándar. Así mismo se procedió a graficar la distribución de las variables cuantitativas haciendo uso de histogramas, gráficos de dispersión (scatter plots), y gráficos de cajas según corresponda.

Todos estos datos fueron analizados usando el paquete estadístico STATA v 13 (College Station, Texas 77845 USA), considerando como criterio de significancia un valor de $p < 0.05$.

2.5. Aspectos éticos

La presente investigación por su tipo y diseño no tiene implicancias con la ética médica. Toda la información recolectada fue trabajada anonimamente.

CAPÍTULO III.

RESULTADOS

Características generales de la población de estudio (Tabla 1 y Gráfico 1): Se analizo un total de 79 casos de pacientes con traumatismo craneo encefálico atendidos en el Hospital José Casimiro Ulloa durante el año 2014. El promedio de edad de la población de estudio fue de 44 años de edad (desviación estándar [DE], 23 años; rango, 1.5-96 años), siendo la mayoría del sexo femenino (54%).

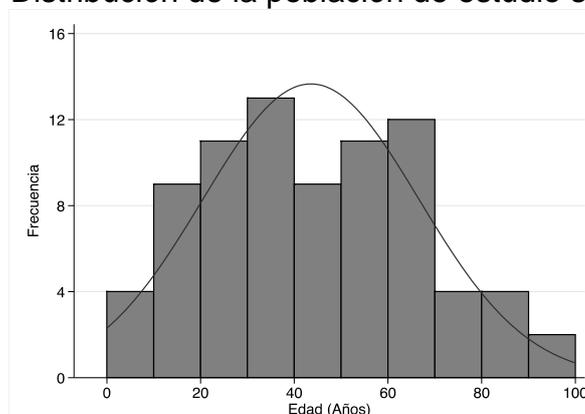
Tabla 1. Características generales de la población del estudio HEJCU - 2014

Característica	N (%)
➤ Sexo	
Masculino	36 (45.6)
Femenino	43 (54.4)
➤ Edad (Años)	
Media ± DE	43.6 ± 23.1
... – 19	13 (16.5)
20 – 39	24 (30.4)
40 – 59	20 (25.3)
60 – 79	16 (20.3)
80 – ...	6 (7.6)

Fuente: Historias clínicas HEJCU – 2014.

Leyenda: HEJCU Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa.

Gráfico 1. Distribución de la población de estudio según su edad



Fuente: Historias clínicas HEJCU - 2014

Características clínicas del TEC (Tabla 2): La evaluación clínica determinó que la mayoría de los pacientes fueron clasificados como TEC cerrado (98%), de severidad leve (87%) (Gráfico 2), y con una evolución favorable a las 48 horas (94%). Asimismo, se evidenció compromiso de otras regiones anatómicas (62%), siendo la región torácica la más afectada (69%).

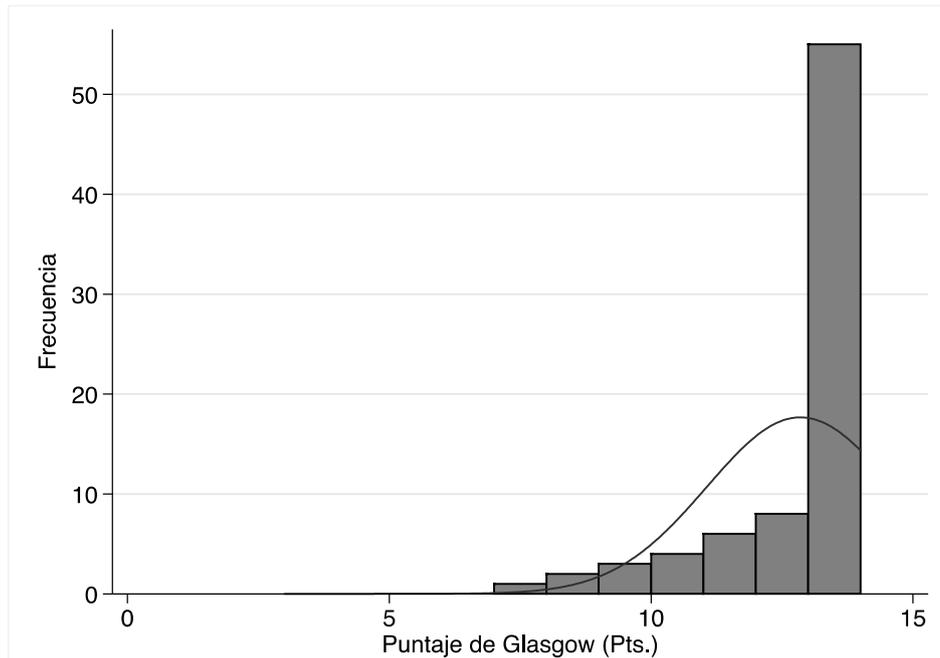
Tabla 2. Características clínicas del TEC en el HEJCU - 2014

Característica	N (%)
➤ Tipo de daño Primario	
TEC Cerrado	77 (97.5)
TEC Abierto	2 (2.5)
➤ Puntaje de Glasgow (Pts.)	
Media ± DE	12.8 ± 1.8
TEC Leve	195 (87.1)
TEC Moderado	22 (9.8)
TEC Severo	7 (3.1)
➤ Compromiso de múltiples regiones anatómicas	
Negativo	30 (37.9)
Positivo (Politraumatizado)	49 (62.1)
Tórax	34 (69.4)
Miembros superiores	16 (32.7)
Cuello y región cervical	12 (24.5)
Pelvis	9 (18.4)
Miembros inferiores	7 (14.3)
Región dorso lumbar	4 (8.2)
Abdomen	3 (6.1)
➤ Evolución a las 48 horas	
Favorable	74 (93.7)
Desfavorable	5 (6.3)

Fuente: Historias clínicas HEJCU – 2014.

Leyenda: HEJCU: Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa.
DE : Desviación estándar.

Gráfico 2. Distribución de la población de estudio según la escala de Glasgow



Fuente: Historias clínicas HEJCU - 2014

Sobre la experiencia del operador (Tabla 3): El total de tomografías fueron adquiridas por 7 tecnólogos médicos con un promedio de 9 ± 5 años de experiencia. Sin embargo, dos de ellos, uno con 10 años de experiencia (61%) y otro con 5 años de experiencia (28%), realizaron casi todas las tomografías (89%).

Tabla 3. Experiencia del tecnólogo médico

Operadores (Años de Experiencia)	Tomografías N (%)
➤ Operador 1 (10 años)	48 (60.7)
➤ Operador 2 (5 años)	22 (27.9)
➤ Operador 3 (18 años)	2 (2.5)
➤ Operador 4 (14 años)	2 (2.5)
➤ Operador 5 (7 años)	2 (2.5)
➤ Operador 6 (6 años)	2 (2.5)
➤ Operador 6 (3 años)	1 (1.3)

Fuente: Reporte de dosis de radiación PACS HEJCU - 2014

Sobre los indicadores tomográficos (Tabla 4): La mayoría de los pacientes fueron expuestos a radiación ionizante por tomografía computarizada en sólo una ocasión (85%), utilizándose con mayor frecuencia un protocolo de 300 miliamperios (85%) y 120 kilovoltios (90%). El Índice de Dosis por Tomografía Computarizada (CTDI) fue de 42.44 mGy en el 85% de los casos. Según el CTDI se encontró que ningún paciente (0%) recibió más de 60 mGy por sesión (Gráfico 3).

Tabla 4. Indicadores tomográficos del PACS del HEJCU – 2014

Indicadores	N (%)
➤ Nro. de Tomografías	
1 tomografía	67 (84.8)
2 tomografías	7 (8.9)
>2 tomografías	5 (6.3)
➤ Miliamperaje	
>300 miliamperios	1 (1.3)
=300 miliamperios	67 (84.8)
<300 miliamperios	11 (13.9)
➤ Kilovoltaje	
120 Kilovoltios	71 (89.9)
140 Kilovoltios	8 (10.1)
➤ Índice de dosis de tomografía computarizada (mGy)	
>42.44	1 (1.3)
=42.44	67 (84.8)
<42.44	11 (13.9)

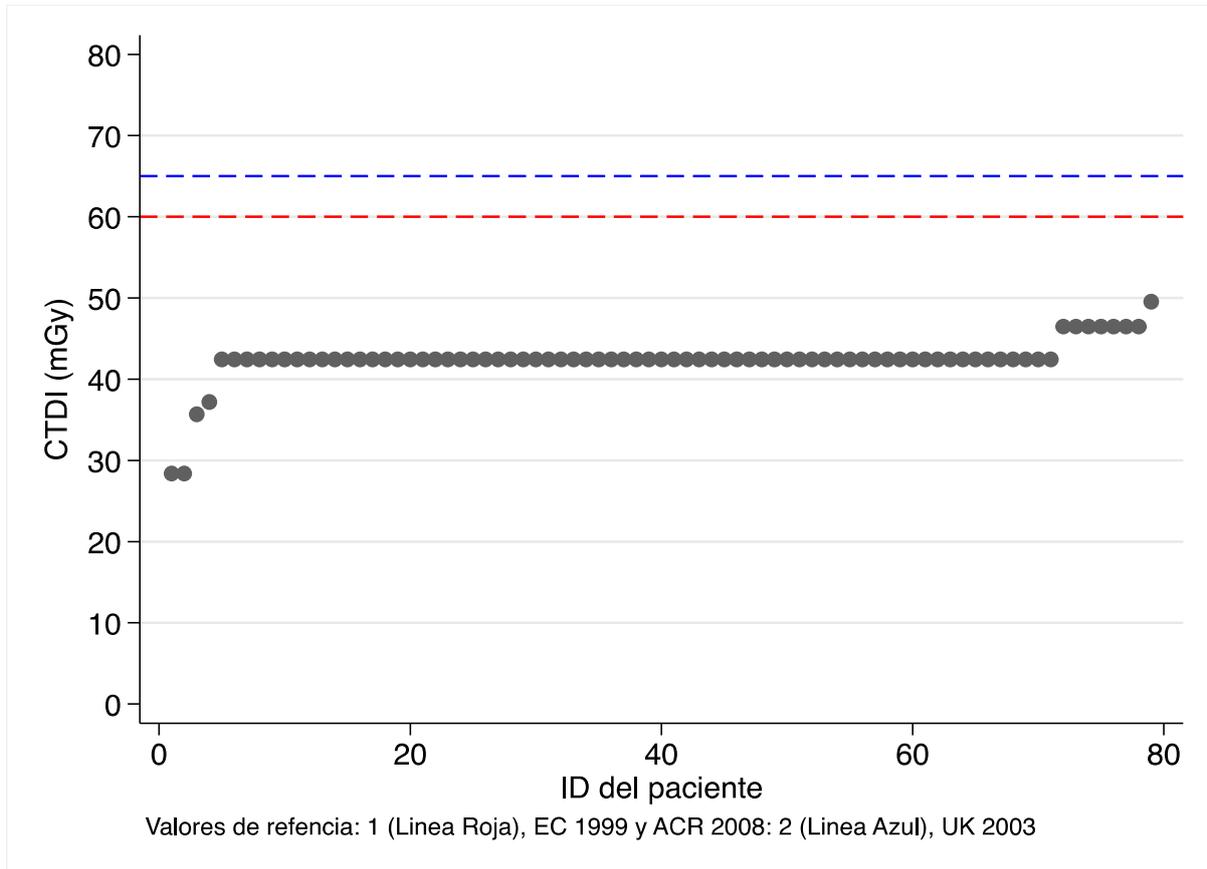
Fuente: Reporte de dosis de radiación PACS del HEJCU – 2014.

Legenda: HEJCU: Hospital de Emergencias Jose Casimiro Ulloa.

PACS: Picture Archiving and Comunication System.

DE: Desviación Estandar.

Gráfico 3. Distribución de la población de estudio según el Índice de Dosis de Tomografía Computarizada (CTDI)



Fuente: Reporte de dosis de radiación PACS del HEJCU – 2014

CAPÍTULO IV.

DISCUSIÓN

El principal hallazgo de nuestro estudio, lo constituye el hecho de que la gran mayoría de los pacientes con traumatismo craneo encefálico atendidos de urgencia en el Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa recibió dosis de radiación inferiores a los niveles de referencia establecidos por organismos internacionales. Específicamente a los valores de referencia planteados en las guías del Reino Unido²⁴ y la Comunidad Europea.²⁵ De acuerdo con estas guías un paciente no debería ser sometido a una tomografía de cráneo con un Índice de Dosis por Tomografía Computarizada (CTDI) mayor a 60 mGy por cada examen.

Todo ello deviene de que el tecnólogo médico no modificó el protocolo de adquisición del tomógrafo para este segmento, porque la mayoría de los pacientes son adultos y su volumen del cráneo es relativamente constante, a diferencia de otros órganos de cuerpo, donde el volumen varía y es necesario ajustar el kilovoltaje y miliamperaje para obtener imágenes con calidad diagnóstica. Sin embargo hubieron algunos casos en los que se tuvo que modificar el protocolo de adquisición, como es el caso de los niños que por el menor volumen de su cráneo se utilizó menor radiación, y otros en los cuales se incrementó la dosis de radiación porque se tuvo que abarcar un mayor área de exploración por el compromiso parcial del macizo facial, o en pacientes con compromiso del sensorio que se movieron durante la adquisición del estudio, se tuvo que repetir el estudio.

Es importante mencionar que estos niveles de referencia, no son los límites superiores absolutos, ni ideales para un determinado examen; sino representan la dosis desde la cual se debe iniciar una investigación orientada a adecuar la misma a fin de obtener imágenes con calidad diagnóstica utilizando dosis bajas de radiación, para lo cual se deberá trabajar en conjunto con el tecnólogo médico que adquiere el estudio, y un físico médico calificado que calibre el tomógrafo.

En un porcentaje significativo de pacientes (62%), se evidenció el compromiso de varias regiones anatómicas, siendo la más afectada el tórax (69%), que obligó a la realización de radiografías selectivas, algunas de forma reiterativa (controles) que incrementaron levemente la dosis total a la que fue sometido el paciente durante su estancia hospitalaria. Por ejemplo una radiografía de tórax equivale a 0.02 mSv, o el equivalente 3 días de radiación de fondo, en comparación con una tomografía de cráneo que equivale a 2.30 mSv, o el equivalente a 1 año de radiación de fondo.

Ahora bien, contrario a lo esperado no se pudo probar la hipótesis de que a mayor experiencia del tecnólogo médico, menor la dosis de radiación administrada a los pacientes en cada tomografía. Esto puede deberse a la falta de poder del estudio suficiente para detectar diferencias según lo esperado.

Finalmente, es correcto precisar de que el nivel de evidencia (nivel III) y el correspondiente poder de recomendación (nivel C) de nuestro estudio, limitan los resultados y recomendaciones del mismo exclusivamente a nuestra población de estudio, por lo cual estos resultados sólo pueden ser interpretados dentro del contexto en el cual fueron encontrados y no constituyen evidencia para la

recomendación práctica en general. Sin embargo, dado que nuestro estudio se realizó en una muestra representativa de pacientes del Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa, nuestras conclusiones perfectamente pueden utilizarse para plantear recomendaciones que afecten a esta población y a poblaciones similares a la misma.



CONCLUSIONES

- En el caso de los pacientes con traumatismo craneo encefálico atendidos de urgencia en el Hospital de Emergencias José Casimiro Ulloa la mayoría de los mismos recibió dosis de radiación inferiores a las recomendadas en las guías internacionales, que permitieron obtener estudios con buena calidad diagnóstica.
- En un número significativo de pacientes, también se comprometieron otros segmentos del cuerpo; sin embargo la radiación adicional a la que fueron sometidos no fue significativa.
- Cabe precisar, que si bien no se pudo probar la hipótesis de que a mayor experiencia del tecnólogo médico, menor la dosis de radiación administrada, sí se encontraron indicios de que tal hipótesis pudiera ser cierta en la adquisición de otros segmentos del cuerpo, donde el biotipo y el estado clínico del paciente obliga a modificar parámetros de adquisición para obtener imágenes con adecuada calidad diagnóstica.

RECOMENDACIONES

- Según la medicina basada en evidencia, el presente trabajo de investigación posee un grado III de evidencia y un nivel C de fortaleza de recomendación, por lo que existe “insuficiente evidencia para hacer una recomendación para la práctica en general”, de ahí que nuestra primera recomendación sería realizar un estudio a gran escala en cual se incluyan otros segmentos del organismo, con el objeto de confirmar nuestros resultados e incrementar nuestra fortaleza de recomendación.
- Dado que la fortaleza de recomendación de nuestro estudio sí nos plantea recomendaciones efectivas en el caso de nuestra población de estudio y poblaciones similares, se recomienda implementar con urgencia una estrategia de control efectiva y eficiente para la reducción de dosis de radiación a pacientes sometidos a tomografía.
- Dado las limitaciones de poder de estudio se recomienda replicar el mismo de manera multicéntrica con el objeto de verificar nuestros resultados e identificar oportunidades de mejora de los protocolos de adquisición de las tomografías, sobre todo en los pacientes con alto riesgo de sobre-exposición a la radiación, como lo son pacientes con TEC atendidos de urgencia, o el caso de niños que son mas vulnerables a la radiación.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Mettler FA, Jr., Wiest PW, Locken JA, Kelsey CA. CT scanning: patterns of use and dose. *Journal of radiological protection : official journal of the Society for Radiological Protection*. 2000;20(4):353-359.
2. Salottolo K, Bar-Or R, Fleishman M, Maruyama G, Slone DS, Mains CW, Bar-Or D. Current utilization and radiation dose from computed tomography in patients with trauma. *Critical care medicine*. 2009;37(4):1336-1340.
3. Cohen M. Cancer risks from CT radiation: is there a dose threshold? *Journal of the American College of Radiology : JACR*. 2013;10(11):817-819.
4. Journy N, Ancelet S, Rehel JL, Mezzarobba M, Aubert B, Laurier D, Bernier MO. Predicted cancer risks induced by computed tomography examinations during childhood, by a quantitative risk assessment approach. *Radiation and environmental biophysics*. 2014;53(1):39-54.
5. Goo HW. CT radiation dose optimization and estimation: an update for radiologists. *Korean journal of radiology : official journal of the Korean Radiological Society*. 2012;13(1):1-11.
6. Winslow JE, Hinshaw JW, Hughes MJ, Williams RC, Bozeman WP. Quantitative assessment of diagnostic radiation doses in adult blunt trauma patients. *Annals of emergency medicine*. 2008;52(2):93-97.
7. Reglamento de Seguridad Radiológica (D.S. Nro. 009-97-EM). Instituto Peruano de Energia Nuclear 1997.
8. National Research Council (U.S.). Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Level of Ionizing Radiation. *Health risks from exposure to low*

- levels of ionizing radiation : BEIR VII Phase 2. Washington, D.C.: National Academies Press; 2006.
9. Stabin M. The radiation dose assessment resource, RADAR. 2014.
 10. Brenner DJ, Doll R, Goodhead DT, Hall EJ, Land CE, Little JB, Lubin JH, Preston DL, Preston RJ, Puskin JS, Ron E, Sachs RK, Samet JM, Setlow RB, Zaider M. Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2003;100(24):13761-13766.
 11. Printz C. Computed tomography scans and cancer risk: safety efforts: the radiology community has launched a number of initiatives to ensure safety and effectiveness in medical imaging. Cancer. 2013;119(5):925-926.
 12. Brody AS, Frush DP, Huda W, Brent RL, American Academy of Pediatrics Section on R. Radiation risk to children from computed tomography. Pediatrics. 2007;120(3):677-682.
 13. Prasarn ML, Martin E, Schreck M, Wright J, Westesson PL, Morgan T, Rehtine GR. Analysis of radiation exposure to the orthopaedic trauma patient during their inpatient hospitalisation. Injury. 2012;43(6):757-761.
 14. Tien HC, Tremblay LN, Rizoli SB, Gelberg J, Spencer F, Caldwell C, Brenneman FD. Radiation exposure from diagnostic imaging in severely injured trauma patients. The Journal of trauma. 2007;62(1):151-156.
 15. Kim SH, Jung SE, Oh SH, Park KN, Youn CS. Effects of a radiation dose reduction strategy for computed tomography in severely injured trauma patients in the emergency department: an observational study. Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine. 2011;19:67.

16. Frush DP. Justification and optimization of CT in children: how are we performing? *Pediatric radiology*. 2011;41 Suppl 2:467-471.
17. Oikarinen H, Merilainen S, Paakko E, Karttunen A, Nieminen MT, Tervonen O. Unjustified CT examinations in young patients. *European radiology*. 2009;19(5):1161-1165.
18. Mendizábal AL. Radiación ionizante en tomografía computada: un tema de reflexión. *Anales de Radiología México*. 2012;2:90-97.
19. Frush DP, Applegate K. Computed tomography and radiation: understanding the issues. *Journal of the American College of Radiology : JACR*. 2004;1(2):113-119.
20. Huda W. Radiation doses and risks in chest computed tomography examinations. *Proceedings of the American Thoracic Society*. 2007;4(4):316-320.
21. Pearce MS, Salotti JA, Little MP, McHugh K, Lee C, Kim KP, Howe NL, Ronckers CM, Rajaraman P, Sir Craft AW, Parker L, Berrington de Gonzalez A. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet*. 2012;380(9840):499-505.
22. Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, Butler MW, Goergen SK, Byrnes GB, Giles GG, Wallace AB, Anderson PR, Guiver TA, McGale P, Cain TM, Dowty JG, Bickerstaffe AC, Darby SC. Cancer risk in 680,000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. *BMJ (Clinical research ed)*. 2013;346:f2360.
23. Brady Z, Cain TM, Johnston PN. Justifying referrals for paediatric CT. *The Medical journal of Australia*. 2012;197(2):95-99.
24. Lee S, Jung SE, Rha SE, Byun JY. Reducing radiation in CT urography for hematuria: Effect of using 100 kilovoltage protocol. *European journal of radiology*. 2012;81(8):e830-834.

25. Shrimpton P. Assessment of Patient Dose in CT. Appendix C, European guidelines for multislice computed tomography. Contract number FIGM-CT2000-20078-CT-TIP. Funded by the European Commission; 2004.
26. European Commission. European Guidelines for Quality Criteria for Computed Tomography. Luxembourg; 2000.



ANEXOS

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Ficha N°: ____ _

I. Perfil de la Paciente

Edad : ____ años

Genero () Masculino () Femenino

Severidad del TEC () Leve Puntaje Glasgow: ____ Pts.
() Moderado
() Severo

Tipo de daño primario () TEC Cerrado () TEC Abierto

Evolución a las 48 horas () Favorable () Desfavorable

Compromiso de múltiples regiones anatómicas () Cuello y región cervical
() Miembros superiores
() Negativo () Tórax
() Positivo (Politraumatizado) () Abdomen
() Pelvis
() Miembros inferiores

Años de experiencia del tecnólogo médico : ____ años

II. Parámetros técnicos (Tomógrafo)

Miliamperaje : ____ mAs

Kilovoltaje : ____ Kv

Índice de Dosis de Tomografía computarizada (CTDI) : ____ . ____ mGy

Producto de la Dosis por la Longitud (PDL) : ____ . ____ mGy*cm

Dosis efectiva acumulada : ____ . ____ mSv