Dosis acumulada en Tomografía Computada 2014-2017: análisis descriptivo de una población del Hospital de Clínicas.

Hospital de Clínicas Dr. Manuel Quintela. Dpto. Clínico de Imagenología.

Ciclo de Metodología Científica II-2017 Grupo 51.

Investigador principal: Prof. Agda. Dra. Liliana Servente

Co-orientador: Prof. Dr. Luis Dibarboure

Investigadores colaboradores:

- Chozza, Nahiara Melisa.
- Hartmann, Héctor
- Irazoqui, María Victoria
- Maguna, Carolina
- Martinucci, Flavia Bettina
- Romero Larrosa, Lucía

CONTENIDO

Resumen……2

Introducción y Antecedentes……3

Tipos de Radiación……3

Fuentes de Radiación……..4

Exposición a las Radiaciones Ionizantes……..5

Magnitudes Dosimétricas……5

Efectos Biológicos de las Radiaciones Ionizantes……...6

Tecnología de la TC……...8

Funcionamiento del Departamento Clínico de Imagenología……...10

Objetivos……..11

Materiales y Métodos……..12

Resultados……...14

Características de la muestra……..14

Características de la muestra con TC repetidas……14

Discusión……15

Limitaciones……..17

Perspectivas de este trabajo……....17

Conclusiones……...19

Referencias……..20

Agradecimientos……24

Anexo……..25

RESUMEN

PROPÓSITO: El objetivo general del trabajo es determinar la frecuencia de estudios en Tomografía Computada (TC) repetidos y estimar la dosis de radiación acumulada en pacientes en el período de 2014 a 2017, a partir de una muestra de pacientes asistida en el Servicio de Tomografía del Hospital de Clínicas en los meses de julio y agosto de 2017.

MATERIALES Y MÉTODOS: Se incluyeron los pacientes que en los meses de julio y agosto del 2017 concurrieron al Servicio de Imagenología del Hospital de Clínicas "Dr. Manuel Quintela" a quienes se les indicó la realización de una TC por parte de su médico tratante y cumplieron con los criterios de inclusión. Se trató de un estudio descriptivo, longitudinal, retrospectivo; se completó una planilla con los datos demográficos y los vinculados al procedimiento de TC. Además se realizó en forma retrospectiva a 3 años la búsqueda de estudios previos de TC a partir de datos del sistema de archivo de imágenes médicas y del sistema de registro de informes del Hospital.

RESULTADOS: De nuestra muestra de 110 pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión, 59 (54,1%) tuvieron más de una TC realizada, siendo abdomen y pelvis las regiones más estudiadas.
Hubieron 7 pacientes (6,4%) que superaron el umbral de los 100 mSv y 16 (14,5%) con dosis entre 50 y 100 mSv. El motivo de indicación más frecuente fue la patología aguda no oncológica con un (44,5%), la mayoría provino del departamento de emergencia (51%) y de sala de internación general (32,6%).

CONCLUSIONES: La TC es una herramienta útil en el ámbito médico siempre y cuando se use racionalmente haciendo un balance entre riesgos y beneficios. Se debe tomar conciencia de los riesgos que conlleva la dosis acumulada de radiaciones emitidas en cada TC.

PALABRAS CLAVE: Tomografía computada, Dosis acumulada, Imagenología, Radioprotección, Radiaciones ionizantes.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Tipos de Radiación

La radiación es la emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas o de partículas a través del vacío o de un medio material. Hay dos formas de radiación: ionizante y no ionizante y se caracterizan según su energía y longitud de onda (Figura 1).

Radiación no ionizante: Este tipo de radiación no posee suficiente energía para producir iones, siendo las de mayor importancia la radiación ultravioleta, los rayos infrarrojos, la luz visible y el láser. También son ejemplos de radiación no ionizante, el campo magnético de la tierra, las ondas de radio, las microondas, entre otras. Actualmente, se encuentra en debate si este tipo de energía genera un riesgo para la salud.

Radiación ionizante (RI): La descomposición espontánea de los átomos se denomina radiactividad y la energía liberada por éstos, en forma de partículas u ondas electromagnéticas, son formas de radiaciones ionizantes.

Los elementos inestables a medida que se descomponen y liberan radiación, se vuelven más estables y menos radiactivos. Estos son denominados radionúclidos o radioisótopos (1).

Cada radionúclido se caracteriza por el tipo de radiación que emite y su semivida. Todos los núcleos radiactivos que lo forman tienen una radiactividad bien definida. La unidad de medida de la actividad de un radionúclido es el becquerel (Bq); un becquerel corresponde a una desintegración por segundo (2). La semivida es el tiempo necesario para que la actividad de un radionúclido disminuya a la mitad de su valor inicial. Esta puede ir desde una fracción de segundo a millones de años (por ejemplo, el yodo 131 tiene una semivida de 8 días mientras que el carbono 14 tiene una semivida de 5730 años) (3).

Partículas alfa (α): La radiación alfa consiste en partículas que están formadas por dos protones y dos neutrones. Debido a su gran masa y carga, tienen una capacidad limitada de penetrar la materia (puede ser detenida por un pedazo de papel o la capa externa de la piel). Cuando estas son son introducidas en el cuerpo (por ejemplo, por inhalación o ingestión), la energía se absorbe por completo en los tejidos, por lo que son consideradas un riesgo a nivel interno. Un ejemplo de una sustancia nuclear que experimenta una desintegración alfa es el radón-222, que desciende al polonio-218 (3).

Partículas beta (β): La radiación beta consiste en partículas cargadas que son expulsadas del núcleo de un átomo y que son físicamente idénticas a los electrones. Son muy pequeñas y su poder de penetración es mayor que el de las partículas alfa. Sin embargo, esta puede ser detenida por hojas de plástico, vidrio o metal. Cuando la fuente de radiación está fuera del cuerpo, esta partícula con suficiente energía, puede penetrar la capa externa de la piel. Sin embargo, la radiación es muy limitada en su capacidad de penetrar en los tejidos y órganos más profundos del cuerpo (3).

Neutrones (n): Son partículas sin carga eléctrica que aparecen en la naturaleza por fisión espontánea. Los neutrones emitidos de esta forma, pueden causar otro evento de igual característica llevando así a una reacción en cadena. La energía nuclear se basa en este proceso. Los neutrones no pueden ionizarse por sí mismos pero las radiaciones que originan sí lo hacen, por lo tanto, al igual que los Rayos X y gamma, son indirectamente ionizantes (4). Estas partículas tienen mayor capacidad de penetración que los rayos gamma, y sólo puede detenerlos una gruesa barrera de hormigón, agua o parafina (compuestos muy ricos en hidrógeno) (5). Pueden ser peligrosos si las sustancias nucleares que los emiten se depositan dentro del cuerpo.

Todas las demás fuentes de neutrones son generadas por reacciones en las que se bombardea al núcleo con cierto tipo de radiación, como por ejemplo: radiación de fotones o radiación alfa y el resultado de este proceso es la emisión de un neutrón.

Fotones: Un fotón es el quantum de energía en forma de radiación electromagnética, emitido o absorbido por la materia (6). El quantum es un paquete de energía en una sola partícula. Se encuentran dos tipos: las gamma (γ) y rayos X. Las gamma son fotones que se originan dentro del núcleo; y la radiación de rayos X son los que se originan fuera del núcleo. Estos últimos son de menor energía que la radiación gamma.

Fuentes de radiación

Naturalmente, la vida en la tierra se ha desarrollado en un ambiente radiactivo. Las personas están expuestas a diario tanto a radiación de origen natural, el cual corresponde a la mayor parte de la energía recibida, como de origen artificial. La radiación natural de fondo ("background") proviene de las tres fuentes siguientes: radiación cósmica, terrestre e interna. La dosis de radiación natural es de 2,2 mSv/año (3).

La exposición a fuentes artificiales va desde la generación de energía nuclear hasta el uso médico de la radiación para fines diagnósticos o terapéuticos. Estas prácticas, sumadas a la radiación liberada en forma accidental (desastre en la central nuclear de Chernóbil - Abril de 1986), o de forma intencional (Hiroshima y Nagasaki - Agosto 1945), han contribuído al aumento del nivel de radiación recibida por los seres humanos.

La exposición a la radiación cesa cuando el radionúclido se elimina del cuerpo, ya sea espontáneamente (por ejemplo, a través de las excretas), gracias a un tratamiento o por simple lavado.

Dentro de los estudios diagnósticos, los radiológicos y en especial la TC constituyen la fuente que más aporta a la dosis colectiva (7). El uso médico de la radiación representa el 98% de la dosis poblacional con origen en fuentes artificiales y el 20% de la exposición total de la población. Cada año se realizan en el mundo más de 3.600 millones de pruebas diagnósticas radiológicas, 37 millones de pruebas de

medicina nuclear y 7,5 millones de tratamientos con radioterapia (8). En la Gráfica 1 se muestra la evolución de la contribución a la dosis colectiva entre 1980 donde la radiación natural representaba el 83% del total mientras que en 2006 el 50% correspondía a radiación artificial dentro de la cual el 24% corresponde a la dosis que aporta la TC (9).

Numerosas publicaciones científicas han demostrado el gran incremento de los estudios radiológicos diagnósticos en países desarrollados, en particular la TC (63 millones de estudios anuales en EE.UU), que representa el 60% de la radiación artificial, debiéndose este hecho a múltiples causas: aumento de la disponibilidad de tomógrafos, demanda de estudios por los propios pacientes, medicina defensiva, repetición de estudios por falta de información, entre otros (10–13) (Gráfica 2).

A pesar de las crecientes preocupaciones con respecto a la exposición a la radiación médica, todavía hay una conciencia limitada acerca de los riesgos de cáncer inducido por ésta en los estudios de imagen (14).

Una encuesta realizada entre los médicos de emergencia e imagenólogos encontró que el 75% de los mismos subestimó los riesgos de la radiación por la TC. Un 53% de los radiólogos y 91% de los médicos de emergencia no creían que la TC pueda aumentar el riesgo de cáncer (15).

Exposición a la radiación ionizante

Las personas pueden estar expuestas a la radiación ionizante en diferentes circunstancias como por ejemplo en el hogar, en lugares públicos (exposiciones públicas), en el trabajo (exposiciones profesionales) o en un entorno médico.

La exposición se puede dividir en tres categorías: la exposición existente, es la que se produce en el caso de la radiación natural de fondo. La exposición planificada, la cual se da como resultado de la introducción de fuentes de radiación de forma deliberada con fines concretos (por ejemplo, en la industria, en la investigación o en la medicina, con fines diagnósticos o terapéuticos). Y la exposición en situaciones de emergencia, por ejemplo en los accidentes nucleares o actos bélicos.

Magnitudes dosimétricas

Las magnitudes dosimétricas han sido concebidas para proporcionar una medida física que se correlacione con los efectos reales o potenciales de la radiación; son un producto de magnitudes radiométricas y coeficientes de interacción (16,17).

La dosis de radiación absorbida por los tejidos, es la energía total impartida a un órgano y se mide en unidades de energía absorbida por unidad de masa (Gray) (18). A su vez los efectos biológicos dependen del tipo de radiación, por ejemplo, no es lo mismo 1 Gray de rayos X que 1 Gray de neutrones (18). Por Este motivo, se define una nueva magnitud que es la Dosis Equivalente. Esta toma en consideración el

tipo de radiación y la sensibilidad de los órganos y tejidos, y su unidad es el Sievert (Sv) (13). En rayos X, se considera que 1 mSv es igual a 1 mGy.

Una radiografía de tórax proporciona una dosis equivalente de 0,1 mSv. Una TC de cráneo proporciona una dosis equivalente de 2 mSv, lo que equivale a 20 radiografías de tórax; mientras que una TC de abdomen proporciona una dosis de 7,5 mSv que en promedio corresponde a 75 radiografías de tórax (18–20).

Efectos biológicos de las RI

A nivel molecular, las RI pueden producir mutagénesis y carcinogénesis por el daño sobre el ADN, mediante ionización y formación de radicales libres; debido a que la célula no es capaz de reparar estos daños, falla en el control de la proliferación (ciclo celular), o falla en la regulación de la apoptosis; por lo tanto si estos cambios son permanentes, pueden provocar la aparición de cáncer radioinducido a largo plazo (13). Una de las eventualidades de mayor riesgo, es la ruptura de las dos cadenas del ADN, en puntos enfrentados, lo que puede impedir una correcta reparación, y generar traslocaciones en cromosomas, puntos de mutación, fusión de genes y otras alteraciones que pueden conducir a la aparición de cáncer. Debe tenerse en cuenta que el daño sobre el ADN es acumulativo.

El uso de las RI produce diversos efectos en los tejidos biológicos, que se pueden clasificar según causa-efecto (determinísticos y estocásticos), según la relación temporal (efectos inmediatos o temprano y efectos retardados o tardíos), y según el tejido irradiado, que se pueden clasificar en somáticos (inmediatos o tardíos) y genéticos o hereditarios.

Los efectos determinísticos que son de tipo “todo o nada”; son aquellos que se producen una vez se alcanza cierto umbral de dosis y su severidad depende de la dosis recibida, pudiendo provocar hasta la muerte. Pueden producir daño en diferentes órganos y tejidos por ejemplo quemaduras en piel, a nivel ocular la aparición de cataratas, alteraciones en ovario, testículos, etc.

Los efectos estocásticos no requieren un umbral de dosis para que se produzcan y son acumulativos. La probabilidad de aparición de estos efectos aumenta con la dosis, en caso de producirse son siempre graves y comprenden la aparición de cáncer y alteraciones genéticas.

Desde el punto de vista temporal, los efectos inmediatos se manifiestan al cabo de horas o semanas y van desde el enrojecimiento de la piel hasta llegar a la muerte; los tardíos se manifiestan a bajas dosis de radiación recibidas a lo largo de un período de tiempo pudiendo provocar cáncer o enfermedades congénitas.

Según los tejidos irradiados, el efecto se puede clasificar como somático o genético. Los somáticos aparecen cuando los daños se manifiestan durante la vida del individuo. Estos se subdividen en

inmediatos o retardados según el tiempo transcurridos desde su irradiación. Los inmediatos aparecen en un intervalo de tiempo que puede ir desde unos días hasta semanas después de la exposición. Los retardados ocurren al azar dentro de una población de individuos irradiados. Los genéticos son aquellos en que los daños se manifiestan en la descendencia del individuo ya que la lesión se encuentra en las células germinales.

Los diferentes tejidos biológicos tienen diferente sensibilidad a las RI, los más radiosensibles son las gónadas, el cristalino, la tiroides y la mama (21). La radiosensibilidad de los tejidos depende también de la edad y el sexo, en líneas generales las personas más vulnerables son los niños (debido a su menor espesor corporal, mayor porcentaje de células en mitosis, y una expectativa de vida más larga) y las mujeres (21).

Con respecto a la exposición del embrión y feto a las RI, los daños son mayores en la división celular ya que el feto es particularmente radiosensible, pudiendo sufrir efectos determinísticos como estocásticos.

Los efectos de la exposición en el embarazo, dependen del momento en que esta ocurrió (edad gestacional), así como de la dosis absorbida. Cuando el número de células del embrión es pequeño y su naturaleza no está aún especializada en las dos primeras semanas del embarazo, el efecto es un error en la implantación o la muerte no detectable del embrión ("ley del todo o nada"), siendo las malformaciones muy raras. El período de mayor riesgo a las RI es la organogénesis, semana 3 a 8 donde pueden producirse malformaciones esqueléticas, oculares o retraso en el crecimiento. La radiación ionizante puede producir daños cerebrales en el feto tras la exposición prenatal aguda a dosis superiores a 100 mSv entre las 9 y las 15 semanas de gestación y a 200 mSv entre las semanas 16 y 25 (22). Los estudios en humanos no han demostrado riesgo para el desarrollo del cerebro fetal con la exposición a la radiación antes de la semana 8 o después de la semana 25 (22). Los estudios epidemiológicos indican que el riesgo de cáncer tras la exposición fetal a la radiación es similar al riesgo tras la exposición en la primera infancia.

El riesgo de desarrollar cáncer con radiaciones a baja dosis, se ha estudiado en base a los sobrevivientes de las bombas atómicas de Hiroshima y Nagasaki y en trabajadores que sufrieron accidentes con materiales radioactivos (23).

Los estudios epidemiológicos realizados en poblaciones expuestas a la radiación, como los supervivientes de la bomba atómica o los pacientes sometidos a radioterapia, han mostrado un aumento significativo del riesgo de cáncer con dosis superiores a 100 mSv. (24–28).

Estudios más recientes efectuados en pacientes expuestos por motivos médicos durante la infancia (TC pediátrica) indican que el riesgo de cáncer puede aumentar incluso con dosis más bajas (entre 50 y 100 mSv). Pearce et al (29) realizaron un estudio retrospectivo comprendido entre 1985-2002 para evaluar si

el riesgo de cáncer en médula ósea y cerebro se incrementó después de realizadas TC en pacientes menores de 22 años, sin diagnóstico previo de cáncer. En dicho trabajo se observó un aumento en la incidencia de leucemia y tumores cerebrales. De 178.604 pacientes, 74 fueron diagnosticados de leucemia y 135 con tumores cerebrales. Se comprobó que dosis acumuladas de 50 mGy triplicaba el riesgo de leucemias y con una dosis de 60 mGy triplicaba el riesgo del cáncer cerebral.

Los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes a baja dosis se resumen en el reporte realizado por la Academia Nacional de Ciencia de EEUU que actualmente se encuentra en su edición VII, "Biological effects of ionizing radiation" (BEIR VII) (30).

Dicho modelo asume una relación lineal, sin umbral, es decir que la probabilidad de ocurrencia de un cáncer radioinducido aumenta proporcionalmente con la dosis recibida. Plantea que el riesgo es inversamente proporcional a la edad y cae luego de los 40 años, a su vez es mayor en mujeres que en hombres para todas las edades. Este modelo ha sido ampliamente debatido, sin embargo se lo considera el más adecuado.

Más allá de ciertos umbrales, la radiación puede afectar el funcionamiento de órganos y tejidos, y producir efectos agudos tales como enrojecimiento de la piel, caída del cabello, quemaduras por radiación o síndrome de irradiación aguda. Estos efectos son más intensos con dosis más altas y mayores tasas de dosis. Por ejemplo, la dosis para la aparición del síndrome de irradiación aguda es de aproximadamente 1 Sv (1000 mSv) (22).

Tecnología de la TC

La TC consiste en la obtención de imágenes del objeto a estudiar mediante cortes tomográficos obtenidos en un plano axial, gracias a un haz de Rayos X que gira 360º alrededor del paciente (Figura 2). Los diferentes tejidos absorben dicha energía en forma diferencial de acuerdo a su coeficiente de atenuación, siendo que los tejidos con menor densidad como el pulmón, absorben menos Rayos X y los más densos como el hueso absorben mayor cantidad. De esta manera la radiación emergente alcanza en diferente medida un conjunto de detectores, que mediante un sistema informático transforma la información recibida en una escala de grises que finalmente producen la imagen. Un equipo de tomografía computada está compuesto por tres grandes bloques, estos son: "gantry", consola y la computadora. El "gantry" es el lugar físico donde se encuentra el paciente para realizar el estudio. La consola es donde está ubicado el teclado (para controlar la operación del equipo), el monitor de TV y cuando corresponde, la unidad de Display con el fin de convertir la imagen digital almacenada en el disco duro de la computadora en una señal capaz de ser vista en la TV. La computadora almacena las imágenes reconstruidas y los datos primarios, además de contener el software de aplicación del tomógrafo (programa diseñado facilitar la

realización de tareas específicas). Además tiene una unidad de reconstrucción rápida (FRU), encargada de realizar los procesamientos precisos para la reconstrucción de la imagen a partir de los datos recogidos por el sistema de detección.

Desde su introducción hasta el momento actual se han desarrollado diferentes tecnologías de Tomografía Computada. En 1963 se desarrolló el primer tomógrafo y fue producido por la compañía disquera EMI (Electric and Musical Industries). En Uruguay, el primer tomógrafo se instaló en el año 1979 y fue ubicado en el Hospital Italiano. Esta primera generación de equipos contaba con tecnología axial convencional en donde la adquisición de imágenes se realiza en un plano axial, "corte a corte" y dependiendo de la longitud de la región a explorar, estos estudios demandaban hasta 30 minutos.

En 1989 se instaló el primer tomógrafo en el Hospital de Clínicas. A partir del año 1990, se introdujo la tecnología helicoidal en donde la camilla de adquisición se desplaza con una velocidad constante a través del "gantry" y de esta manera el haz de Rayos X describe una hélice alrededor del paciente permitiendo estudios más rápidos, de aproximadamente 1 minuto.

En el año 2000 se introduce la tecnología multicorte en donde una hilera de detectores es reemplazada por múltiples hileras, con espesor de corte menor a 1 mm permitiendo realizar reconstrucciones multiplanares con la misma resolución que en el plano de adquisición axial. Con esta tecnología, los estudios son más rápidos (menores a 1 minuto), se optimiza el uso de medios de contraste y posibilita la realización de estudios vasculares (angioTC) con excelente resolución espacial. En Uruguay en el año 2007 se instaló el primer tomógrafo de 16 hileras de detectores.

De acuerdo a datos proporcionados por la División de Tecnología del MSP, y a través de encuestas realizadas a médicos imagenólogos de referencia, hasta diciembre de 2016 existen en el Uruguay 49 equipos de tomografía computada distribuidos en todos los departamentos. Para dicho relevamiento no se tuvo en cuenta los tomógrafos de uso exclusivo para marcado en radioterapia, ni los acoplados a cámaras SPECT o PET de equipos híbridos. En la Gráfica 3 se muestra la evolución del número de tomógrafos en función del tiempo, la que muestra un incremento lineal en el número de los mismos.

La medición de la dosis de RI recibida en TC se realiza en base a parámetros técnicos que el equipo calcula luego de realizado el estudio. Dicha información se expresa como un "reporte de dosis" en donde se registran dos magnitudes: el CTDIvol (índice de dosis volumétrico TC) y el DLP (producto dosis-longitud) que son calculados a partir de "fantomas" de 16 y 32 cm de diámetro. A partir de estos parámetros y multiplicando por una constante según las diferentes regiones a estudiar, se llega al cálculo de la dosis equivalente en mSv. Estas medidas son aproximadas y son estimativas de la dosimetría real que recibe el paciente (31).

Existen diferentes estrategias para reducir la dosis; las más básicas y que tienen que ver con la adquisición de la TC son la reducción de la corriente (mA), el kilovoltaje del tubo y el aumento del "pitch". Otra estrategia consiste en el "ajuste automático de exposición" (AEC). Recientemente se han desarrollado "software" que utilizan algoritmos de reconstrucción iterativos que permiten utilizar menor dosis sin detrimento en la calidad de las imágenes y que tienen diferentes nombres según los fabricantes (ASIR, SAFIRE, etc).

Funcionamiento del Dpto. Clínico de Imagenología

El Dpto. Clínico de Imagenología del Hospital de Clínicas realiza estudios imagenológicos, entre ellos TC. Desde el año 2012 el Dpto. cuenta con un tomógrafo multicorte de 64 hileras. Según datos disponibles en la página web del Hospital de Clínicas en el año 2016 se realizaron un total de 12480 TC lo que supone un promedio de 1040 TC mensuales (32).

El Servicio de Tomografía funciona los 365 días del año, los días hábiles de 8 a 20 en régimen de policlínica y el resto de los días en régimen de guardia.

Las imágenes obtenidas se envían para su posterior visualización y procesamiento a un sistema de archivo de imágenes médicas (PACS - Picture Archiving and Communications System) que está operativo desde el año 2014 y que puede ser consultado en cualquier momento desde las estaciones de trabajo del Servicio y desde algunos lugares de Internación del Hospital. Los estudios TC de los pacientes se identifican con el número de registro de cada usuarios.

Los informes médicos de las TC se ingresan desde el año 2014 al sistema de informes del Hospital de Clínicas ("gestión asistencial"). A su vez existe un respaldo de todos los informes en el Archivo de Radiología que depende de Archivo Central.

A modo de resumen: el uso creciente de la TC contribuye cada vez más a la dosis colectiva como lo hemos desarrollado anteriormente. La probabilidad de efectos estocásticos se incrementa con la dosis, es acumulativa y hay evidencia científica que plantea el aumento en el desarrollo de cáncer radioinducido. Por lo tanto debemos destacar la importancia de utilizar los métodos que se basan en RI cuando están justificados, y en caso de realizarlos, hacer su optimización utilizando la menor dosis razonablemente posible (principio ALARA "As low as reasonably achievable").

OBJETIVOS

El objetivo general es determinar la frecuencia de estudios tomográficos repetidos y estimar la dosis acumulada en el período 2014 a 2017 de una muestra de pacientes asistida en el Servicio de Tomografía del Hospital de Clínicas en los meses de julio y agosto de 2017.

Los objetivos específicos son:

- Determinar las características demográficas de la muestra de pacientes.
- Determinar los motivos de realización de la TC.
- Determinar la frecuencia de repetición de TC en la muestra.
- Elaborar una planilla para uso de los pacientes con un registro de dosis individual.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio: Se trató de un estudio de tipo descriptivo, observacional, longitudinal, retrospectivo.

Población y criterios de inclusión-exclusión: La población comprendió a los pacientes que concurrieron al Servicio de Tomografía del Hospital de Clínicas en el mes de julio y agosto del 2017 con indicación de TC.

Los criterios de inclusión fueron: pacientes mayores de 18 años que tenían indicación de realización de TC en el período mencionado y firmaron el consentimiento informado para participar de la investigación.

Los criterios de exclusión fueron: pacientes que no firmaron el formulario del consentimiento informado y los menores de 18 años.

La muestra colectada es una muestra por conveniencia.

Variables: Se relevaron las variables demográficas: sexo, edad, motivo de indicación de la TC, procedencia de la solicitud, región a estudiar, número de tomografías previas, dosis por estudio y dosis acumulada.

- Sexo, variable cualitativa nominal y se categorizó en: femenino/masculino.
- Edad, variable cuantitativa continua y se expresó en años.
- Motivo de indicación de la TC es cualitativa nominal y se categorizó en: oncológico, no oncológico agudo y no oncológico crónico.
- Procedencia de la solicitud es una variable cualitativa nominal que se categorizó en: policlínica ambulatoria, emergencia, CTI, internación general.
- Región a estudiar, es variable cualitativa nominal que se clasificó en: cráneo, cuello/columna cervical, columna dorsal, columna lumbosacra, tórax, abdomen-pelvis y miembros.
- Número de tomografías acumuladas en el Hospital, es variable cuantitativa discreta.
- Dosis por estudio dependerá de la región a estudiar según tablas de equivalencia, se trata de una variable cuantitativa continua (Tabla 1).
- Dosis acumulada es cuantitativa continua resultante de la suma de las dosis por estudio.

Procedimientos para recolección de la información: Se realizó en forma retrospectiva a 3 años la búsqueda de estudios previos de TC a partir de datos del PACS y del sistema de registro de informes del Hospital ("gestión asistencial").

La información se ingresó a las planillas (Figura 3) por cada uno de los colaboradores de la investigación. En estas se ingresaron las variables anteriormente citadas con un código identificatorio para las variables discretas.

El investigador principal al finalizar la recolección de los datos tomó al azar 5 pacientes para corroborar la veracidad de la información.

Aspectos éticos: El protocolo de investigación fue revisado y aprobado por el comité de ética del Hospital de Clínicas. Se garantiza la confidencialidad de los resultados, la anonimización de los datos y fue entregado un formulario de consentimiento informado acerca del propósito de la investigación (Figura 4).

Análisis estadístico: Para las variables cualitativas los resultados se expresaron en porcentajes y las variables cuantitativas se resumieron mediante medidas de tendencia central: moda y media y de dispersión desvío y rango intercuartílico.

Para el análisis de los datos se utilizó el software EPI INFO versión 7.2.1.0.

RESULTADOS

Características de la muestra

En el período del 21 de julio al 15 de agosto, un total de 110 pacientes pudieron ser incluidos en la investigación; de los cuales 52 fueron mujeres (47,3%) y 58 varones (52,7%).

Las edades de los pacientes estuvieron comprendidas entre 18 y 88 años con una media de 54,4 años y un desvío estándar de 17,5.

La procedencia de la solicitud fue 46,4% de policlínica ambulatoria, 28,2% de emergencia, 25,5% internación general (Gráfica 4a).

El motivo de consulta fue 44,5% patología no oncológica aguda, 40,9% patología oncológica 14,5% patología no oncológica crónica (Gráfica 4 b).

Características de la muestra con TC repetidas

Un total de 59 pacientes, que corresponden al 54,1% de la muestra, tuvieron más de una TC en los tres últimos años. De ellos el 50,8% fueron hombres y 49,1% mujeres.

Las edades de estos pacientes estuvieron comprendidas entre los 19 y 81 años, con una media de 55,5 años y un desvío estándar de 16,2.

La dosis acumulada en la muestra en el período 2014-2017 tuvo una una media de 50,3 mSv, una mediana de 46 mSv, un desvío standard de 37,1 mSv y con un rango entre 4 y 184 mSv.

La procedencia de la solicitud fue 59,3% de policlínica ambulatoria, 20,3% de emergencia, 20,3% internación general.

El motivo de consulta fue 55,9% patología oncológica, 27,1% patología no oncológica aguda y 16,9% no oncológico crónico.

La distribución de la localización anatómica para las TC correspondió en un 64% de los casos a abdomen y pelvis, siendo las regiones más estudiadas.

Destacamos que 7 pacientes (6,4%) superaron el umbral de los 100 mSv y que 16 pacientes (14,5%) recibieron dosis entre 50 y 100 mSv. A su vez 23 pacientes (20,9%) se hicieron más de 4 tomografías, es decir, en promedio más de una TC anual.

La cantidad de TC que se realizaron en este grupo se muestra en Gráfica 5.

En la Tabla 2 se muestran los tres casos de la serie que tienen la mayor dosis acumulada.

DISCUSIÓN

En nuestro trabajo encontramos tasas de repetición de TC del 54,1%, con el 20,9% de los pacientes sometidos a más de 4 TC (más de una TC anual). El 6,4 % de la muestra acumuló dosis superiores a 100 mSv, rango en el que hay evidencia epidemiológica del riesgo de aumento de cáncer (21,33,34).

El 64% de las TC realizadas en la subpoblación de pacientes con TC repetidas corresponden a abdomen y pelvis, lo que explicaría en parte un aumento en la dosis total acumulada.

En el trabajo realizado por Sodickson et al (20) durante un período de 22 años y con una cohorte de 31.642 pacientes, el 15% de los mismos había acumulado una dosis superior a 100 mSv, con el 33% de los pacientes sometidos a más de cinco exámenes de TC y el 5% de los pacientes sometidos a por lo menos a 22 exámenes. La conclusión de este trabajo es que aquellos pacientes que por su patología subyacente deben ser sometidos a controles con TC, tienen más riesgo de cáncer radioinducido.

Griffey et al (11) estudiaron una población seleccionada de 130 pacientes que consultaron en el Depto. de emergencia, con al menos tres consultas anuales y con un período de seguimiento de 7,7 años. La mediana de TC fue de 10, media 13 con un máximo de 70. La dosis mediana 91 mSv, media de 122 mSv y máximo de 579 mSv. Un total de 55 pacientes superaron el umbral de dosis de 100 mSv. Los estudios de abdomen y pelvis representaron 53 % del total.

En un estudio realizado en pacientes de CTI (19) donde se buscó revisar las TC realizadas en 19.524 pacientes ingresados en dos CTI entre diciembre de 2011 y enero de 2017, predecir su exposición a la radiación y calcular su riesgo estimado de cáncer (LAR). Se encontró que la mayoría de las TC realizadas fueron de cráneo representando 35.403 (49,9%), mientras que abdomen y pelvis, tórax, columna y cuello representaron 16.102 (22,7%), 11.912 (16,8%), 4.200 (5,9%) y 3317 (4,7%), respectivamente. En nuestro caso el 64% de las TC realizadas corresponden a abdomen y pelvis.

Shah et al (13) en el Dpto. de emergencia buscaron determinar cuántos pacientes fueron sometidos a más de 10 TC, para esto revisaron 10 años, entre enero 2001 y diciembre de 2007. Un total de 24.393 pacientes recibieron 34.671 TC. 17.909 se hicieron una sola TC. De estos, 26 pacientes (0,1 %) se realizaron más de 10 TC con una dosis media de 83,4 mSv. Concluyeron que si bien los pacientes que tuvieron más de 10 TC fueron una minoría, estos se sometieron a dosis que potencialmente pueden producir cáncer radioinducido. Es importante para el médico de emergencia conocer los riesgos de la radiación ionizante.

Los resultados de estos trabajos no son estrictamente comparables con el nuestro, ya que se trata de poblaciones diferentes, Slovis et al estudian población de CTI, Griffey y Shah estudian población de Emergencia. A su vez los períodos de evaluación fueron diferentes.

Con respecto al trabajo de Sodickson et al estos autores encontraron niveles de dosis de radiación y de repetición de estudios TC mayores a los de nuestro trabajo (en nuestro trabajo el 6,4% de los pacientes superaron el umbral de 100 mSv mientras que Sodickson encontró un 15%). Los períodos de evaluación fueron diferentes, Sodickson estudió una cohorte durante 22 años.

También debemos tener en cuenta que estos datos son de EEUU donde probablemente la población tenga más acceso a la TC y que en la práctica médica haya un mayor uso de la "medicina defensiva".

Nuestro estudio se llevó a cabo en un centro hospitalario universitario, de tercer nivel de atención, de referencia a nivel nacional y de acceso público. Los pacientes presentan patologías complejas que quizás demanden más estudios imagenológicos.

Todos estos factores, además de una medicina defensiva y una mayor demanda por parte del paciente podrían influir en el número de solicitudes de TC.

Con respecto al motivo de solicitud de la TC encontramos que en la muestra de 110 pacientes la patología no oncológica aguda fue la predominante (44,5%), mientras que en el grupo de pacientes con TC repetidas el motivo oncológico fue el más frecuente (55,9%). Esto es esperable ya que el grupo que se controla más frecuentemente con TC es el de pacientes oncológicos.

Para disminuir la dosis acumulada en TC podemos optimizar los parámetros técnicos: adecuar la dosis de radiación al tamaño del paciente ajustando los parámetros, limitar los estudios a la región anatómica solicitada, realizar estudios de una sola fase y no multifase.

Para disminuir la repetición de estudios TC es fundamental para el clínico solicitante tener información de los antecedentes del paciente a través de herramientas como la historia clínica electrónica y la planilla de registro de dosis individual para cada paciente.

Proponemos adjuntar esta planilla de registro de dosis a la historia clínica electrónica, que sería de utilidad incluso para evitar errores por falta de información, como por ejemplo la realización de un mismo estudio tomográfico, solicitado en dos oportunidades diferentes por diferentes médicos, en un corto lapso de tiempo. En la Tabla 3 proponemos un modelo de planilla de registro de dosis.

La correcta justificación de los estudios es fundamental para reducir la cantidad de TC innecesarias. Realizar los estudios solamente cuando son estrictamente necesarios teniendo en cuenta el riesgo beneficio y la posibilidad de usar otros métodos de imagen que no utilicen RI (ecografía o RM),

Para ello se han desarrollado en muchos países guías de indicaciones apropiadas de los estudios de utilidad para el clínico, en la región están disponibles en Argentina (35).

Se han propuesto también niveles de referencia de radiación que se han elaborado realizando encuestas y considerando los CTDIvol y DLP de múltiples centros, se encuentran disponibles en diferentes países (36). También es fundamental contar con auditoría de dosis en parte como control de calidad de los equipos, para ello es importante la interrelación con el físico médico.

Limitaciones

Como limitaciones de este trabajo podemos tener en cuenta las siguientes consideraciones.

Estimamos una dosis acumulada mínima, ya que no se tomó en cuenta la dosis debida a varias adquisiciones (con contraste, arterial, portal, tardía). Es decir que se contabilizó una sola adquisición como también proponen otros autores que han realizado la misma metodología (13, 20).

Se utilizó una tabla de equivalencia de dosis según la región estudiada y no se validó ese dato en nuestro trabajo ya que no contamos en el Hospital con el equipamiento necesario para realizar el cálculo de dosimetría del paciente.

No se consideró el aporte de dosis debido a TC realizadas en otras instituciones. Los pacientes durante el período estudiado, pueden haber cambiado de prestador de servicios de salud, por lo que los datos de los estudios realizados en otras instituciones no son accesibles. De la misma manera, los pacientes del sistema público pueden atenderse en prestadores de ASSE en los cuales tampoco tenemos acceso a la información.

Tampoco se tomó en cuenta la dosis recibida por otras fuentes diagnósticas: medicina nuclear, técnicas híbridas SPECT y PET/TC, radiología convencional, radiología intervencionista, marcado para radioterapia.

Se encontraron limitaciones en lo que respecta al registro adecuado de los pacientes al ser ingresados en el sistema; puede no contarse con el identificador de cada paciente (número de registro asignado por del Hospital) al momento de ingresar el estudio, o el mismo ser ingresado de forma errónea debido a una mala digitación.

La muestra de pacientes no fue representativa de la población de todo el Hospital, ya que por ejemplo, la población de CTI no se encuentra representada por dificultades inherentes a la obtención de la firma del formulario del consentimiento informado.

Perspectivas de este trabajo

Trabajando en conjunto con los estudiantes de Ingeniería de la UdelaR y el núcleo de Ingeniería Biomédica, proponemos desarrollar e implementar una planilla personalizada por paciente con el fin de

documentar la dosis acumulada en RI tanto en los estudios de imágen como en los procedimientos terapéuticos.

Esperamos que sirva como estímulo para sucesivos trabajos cada vez más complejos, tanto en el período de recolección de datos (destinando mayor tiempo al mismo), así como en la obtención de un número mayor de pacientes estudiados, incluyendo a la población de CTI que en el presente no fueron representados. Realizar estudios en poblaciones vulnerables como lo es la pediátrica por su mayor radiosensibilidad. Y trabajando con la colaboración de las instituciones privadas, poder llevar a cabo un estudio comparativo con respecto al número de TC repetidas y a la dosis acumulada en RI entre la población allí atendida y la del Hospital de Clínicas.

CONCLUSIONES

El uso generalizado de TC representa uno de los avances más importantes en el diagnóstico imagenológico. Sin embargo, comparado con la radiografía simple, la TC implica dosis de radiación más altas, resultando en un marcado incremento en la exposición a radiación ionizante en la población sometida a este tipo de estudio.

Un 6,4 % de los pacientes de nuestra muestra acumuló una dosis de radiación que sobrepasa los 100 mSv, rango en el que existe mayor riesgo de carcinogénesis inducida por radiación.

La TC es una herramienta útil en el ámbito médico siempre y cuando se use racionalmente haciendo un balance entre riesgos y beneficios.

Proponemos la utilización de una planilla de registro de dosis individual para conocer la dosis acumulada por el paciente en estudios diagnósticos.

REFERENCIAS

1. Definición de radionúclido - Diccionario de cáncer - National Cancer Institute [Internet]. [cited 2017 Oct 1]. Available from: https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario?cdrid=476884
2. Stellman J, McCann M, Warshaw L, Brabant C, Finklea J, Messite J, et al. Enciclopedia De Salud Y Seguridad En El Trabajo. 2010.
3. Cnsc-ccsn. Introduction to Radiation. 2012 [cited 2017 Oct 2]; Available from: http://nuclearsafety.gc.ca/eng/pdfs/Reading-Room/radiation/Introduction-to-Radiation-eng.pdf
4. Lillo Cressatti O. Biofísica de radiaciones ionizantes Aplicaciones en medicina. Oficina del Libro-FEFMUR. Montevideo, Junio 2012.
5. Alfa, beta, gamma (I) | Ciencia y Tecnología Nuclear [Internet]. [cited 2017 Oct 8]. Available from: http://www.madrimasd.org/blogs/cienciannuclear/2006/12/01/53391.
6. Fotón - ¿Qué es? [Internet]. [cited 2017 Oct 8]. Available from: https://solar-energia.net/definiciones/foton.html
7. Kalra MK, Sodickson AD, Mayo-Smith WW. CT Radiation: Key Concepts for Gentle and Wise Use. RadioGraphics [Internet]. 2015 Oct [cited 2017 Sep 18];35(6):1706–21. Available from: http://pubs.rsna.org/doi/10.1148/rg.2015150118
8. Mettler FA, Bhargavan M, Faulkner K, Gilley DB, Gray JE, Ibbott GS, et al. Radiologic and Nuclear Medicine Studies in the United States and Worldwide: Frequency, Radiation Dose, and Comparison with Other Radiation Sources—1950–2007. Radiology [Internet]. 2009;253(2):520–31. Available from: http://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.2532082010
9. Hendee WR, O'Connor MK. Radiation Risks of Medical Imaging: Separating Fact from Fantasy. Radiology. 2012;264(2):312–21.
10. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography--an increasing source of radiation exposure. N Engl J Med. 2007;357(22):2277–84.
11. Griffey RT, Sodickson A. Cumulative Radiation Exposure and Cancer Risk Estimates in Emergency Department Patients Undergoing Repeat or Multiple CT. Am J Roentgenol [Internet]. 2009 Apr [cited 2017 Sep 18];192(4):887–92. Available from: http://www.ajronline.org/doi/10.2214/AJR.08.1351
12. Hricak H, Brenner DJ, Adelstein SJ, Frush DP, Hall EJ, Howell RW, et al. Managing Radiation Use in Medical Imaging: A Multifaceted Challenge. Radiology [Internet]. 2011 Mar [cited 2017 Sep 18];258(3):889–905. Available from: http://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.10101157

13. Shah KH, Slovis BH, Runde D, Godbout B, Newman DH, Lee J. Radiation exposure among patients with the highest CT scan utilization in the emergency department. Emerg Radiol [Internet]. 2013 Dec 14 [cited 2017 Sep 18];20(6):485–91. Available from: http://link.springer.com/10.1007/s10140-013-1142-8
14. Lam DL, Larson DB, Eisenberg JD, Forman HP, Lee CI. Communicating Potential Radiation-Induced Cancer Risks From Medical Imaging Directly to Patients. Am J Roentgenol [Internet]. 2015 Nov [cited 2017 Sep 18];205(5):962–70. Available from: http://www.ajronline.org/doi/10.2214/AJR.15.15057
15. Lee CI, Haims AH, Monico EP, Brink JA, Forman HP. Diagnostic CT Scans: Assessment of Patient, Physician, and Radiologist Awareness of Radiation Dose and Possible Risks. Radiology [Internet]. 2004;231(2):393–8. Available from: http://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.2312030767
16. Ubeda de la C C, Nocetti G D, Alarcon E R, Insulza C A, Calcagno Z S, Castro B M, et al. Magnitudes y unidades para dosimetría a pacientes en radiodiagnóstico e intervencionismo. Rev Chil Radiol año. 2015;21(3):94–9.
17. Andisco D, Blanco S, Buzzi AE. Dosimetría en tomografía computada. Rev Argentina Radiol [Internet]. 2014;78(3):156–60. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.rard.2014.07.004
18. Mendizábal Méndez AL. Radiación ionizante en tomografía computada: un tema de reflexión. An Radiol México [Internet]. 2012;11(2):90–7. Available from: http://new.medigraphic.com/cgi-bin/resumenMain.cgi?IDARTICULO=34820
19. Slovis BH, Shah KH, Yeh DD, Seethala R, Kaafarani HMA, Eikermann M, et al. Significant but reasonable radiation exposure from computed tomography-related medical imaging in the ICU. Emerg Radiol [Internet]. 2016 Apr 6 [cited 2017 Sep 18];23(2):141–6. Available from: http://link.springer.com/10.1007/s10140-015-1373-y
20. Sodickson A, Baeyens PF, Andriole KP, Prevedello LM, Nawfel RD, Hanson R, et al. Recurrent CT, Cumulative Radiation Exposure, and Associated Radiation-induced Cancer Risks from CT of Adults. Radiology [Internet]. 2009 Apr [cited 2017 Sep 18];251(1):175–84. Available from: http://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.2511081296
21. Schonfeld SJ, Lee C, Berrington de González A. Medical Exposure to Radiation and Thyroid Cancer. Clin Oncol [Internet]. 2011 May [cited 2017 Sep 18];23(4):244–50. Available from: http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0936655511001609
22. Vivallo L. ;Villanueva L. ; Sanhueza S. Efectos de las Radiaciones Ionizantes en el Ser Humano. Com Chile Energía Nuclear. 2010;4(2):1–38.

23. Smith G. UNSCEAR 2013 Report. Volume I: Report to the General Assembly, Annex A: Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami [Internet]. Vol. 34, Journal of Radiological Protection. 2014. 725-727 p. Available from: http://stacks.iop.org/0952-4746/34/i=3/a=B01?key=crossref.d39fb272050d4fbef36c23e2cb45ff1b
24. Ozasa K, Shimizu Y, Suyama A, Kasagi F, Soda M, Grant EJ, et al. Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors, Report 14, 1950–2003: An Overview of Cancer and Noncancer Diseases. Radiat Res [Internet]. 2012;177(3):229–43. Available from: http://www.bioone.org/doi/10.1667/RR2629.1
25. Pierce DA, Preston DL. Radiation-Related Cancer Risks at Low Doses among Atomic Bomb Survivors. Radiat Res [Internet]. 2000;154(2):178–86. Available from: http://dx.doi.org/10.1667/0033-7587(2000)154[0178:RRCRAL]2.0.CO;2
26. Preston DL, Shimizu Y, Pierce D a, Suyama A, Mabuchi K. Studies of mortality of atomic bomb survivors. Report 13: Solid cancer and noncancer disease mortality: 1950-1997. Radiat Res. 2003;160(4):381–407.
27. Shimizu Y, Pierce DA, Preston DL, Mabuchi K. Studies of the mortality of atomic bomb survivors. Report 12, part II. Noncancer mortality: 1950-1990. Radiat Res [Internet]. 1999;152(4):374–89. Available from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10477914
28. Pierce DA, Shimizu Y, Preston DL, Vaeth M, Mabuchi K. Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors.Report 12, Part I. Cancer: 1950–1990. Radiat Res [Internet]. 2012;178(2):AV61-AV87. Available from: http://www.bioone.org/doi/10.1667/RRAV06.1
29. Pearce MS, Salotti JA, Little MP, McHugh K, Lee C, Kim KP, et al. 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.
30. Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation - BEIR VII Phase 2. Cancer. 2006. 424 p.
31. Huda W, Ogden KM, Khorasani MR. Converting Dose-Length Product to Effective Dose at CT. Radiology [Internet]. 2008;248(3):995–1003. Available from: http://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.2483071964
32. Indicadores - Hospital de Clinicas "Dr. Manuel Quintela" [Internet]. [cited 2017 Oct 11]. Available from: http://www.hc.edu.uy/index.php/conozca-el-hc/indicadores

33. Brenner DJ, Doll R, Goodhead DT, Hall EJ, Land CE, Little JB, et al. Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know. Proc Natl Acad Sci U S A [Internet]. 2003;100(24):13761–6. Available from: http://www.pnas.org/content/100/24/13761.abstract
34. Einstein AJ. Medical imaging: the radiation issue. Nat Rev Cardiol [Internet]. 2009;6(6):436–8. Available from: http://www.nature.com/doifinder/10.1038/nrcardio.2009.53
35. Edición S. Guía de recomendaciones para la correcta solicitud de pruebas de Diagnóstico por Imagen. [cited 2017 Oct 8]; Available from: http://www.aac.org.ar/imagenes/guias/guia_solic_diag_x_imagenes.pdf
36. Kanal KM, Butler PF, Sengupta D, Bhargavan-Chatfield M, Coombs LP, Morin RL. U.S. Diagnostic Reference Levels and Achievable Doses for 10 Adult CT Examinations. Radiology. 2017;284(1).

Agradecimientos

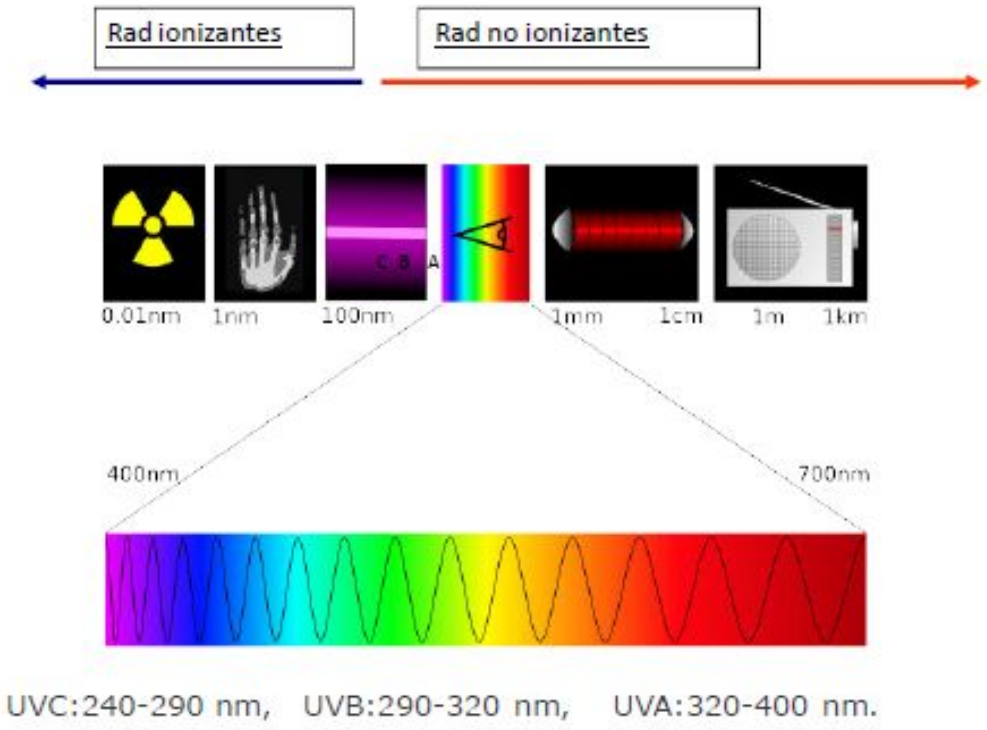
Primeramente, al Hospital de Clínicas, Departamento Clínico de Imagenología por poder realizar nuestra Monografía, a los residentes y postgrados de dicho Departamento por ayudar a obtener el consentimiento informado de cada paciente, y muy especialmente al Prof. Dr. Luis Dibarboure y a la Prof. Agda. Liliana Servente por haber aceptado ser parte de este estudio y abierto las puertas del Departamento, así como también por haber volcado sus conocimientos a este estudio.

Agradecemos también al Departamento de Métodos Cuantitativos de la UdelaR por brindar ayuda a la hora de analizar los datos obtenidos y al Departamento de Bioética por ayudar a la realización del formulario consentimiento informado.

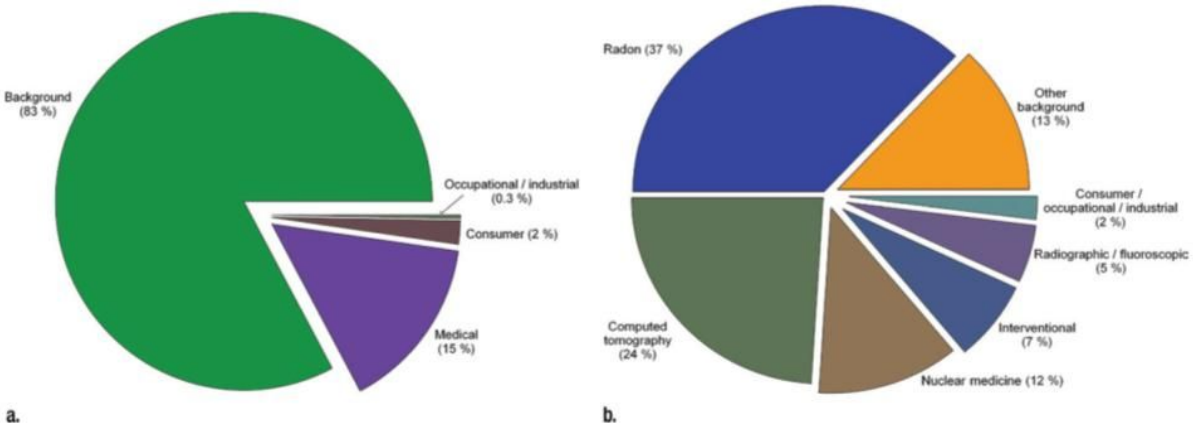
Y por último, a nuestros familiares y seres queridos por brindar apoyo incondicional en estos años de la carrera: Dr. en Medicina.

ANEXO

Figura 1: Esquema que muestra los diferentes tipos de radiación según su energía y longitud de onda.



Gráfica 1: Promedio de la dosis efectiva de las principales fuentes de exposición. a) Dosis efectivas a principios de los años ochenta. b) Dosis efectivas en 2006. (9)



Gráfica 2: Número de TC estimadas anualmente en Estados Unidos (10).

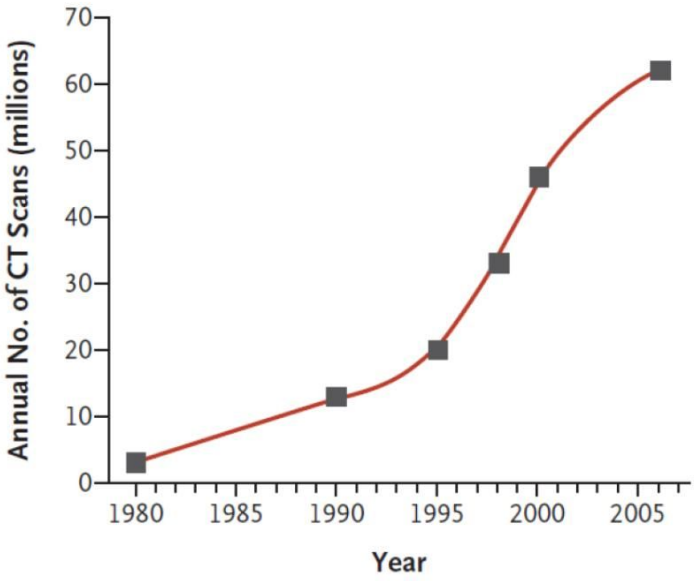
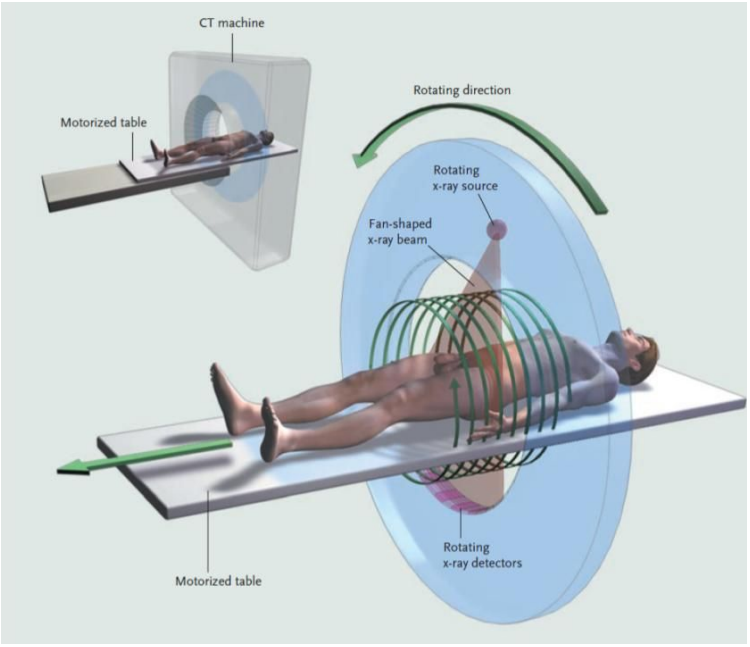


Figura 2: Representación esquemática del método de obtención de imagen por un Tomógrafo. El tubo de rayos X gira alrededor del paciente en un plano transversal y la camilla se desplaza, a través de éste, por lo cual se describe una hélice sobre el paciente. Imagen extraída de (10)



Gráfica 3: Evolución del número de Tomógrafos en función del tiempo en Uruguay.

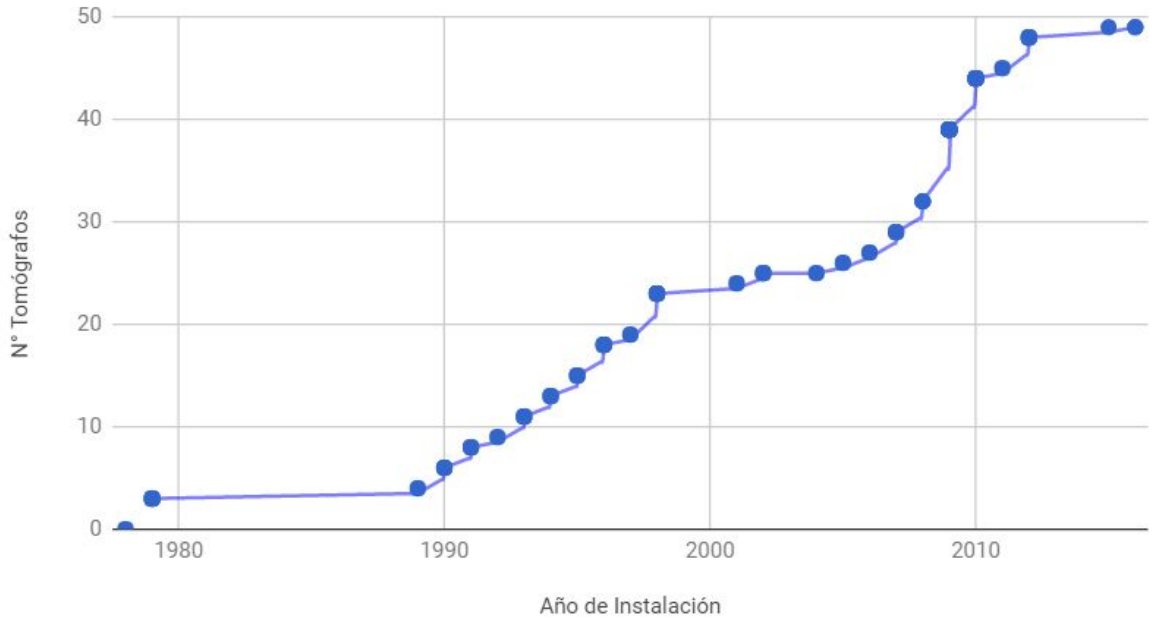


Tabla 1: Dosis efectiva según la región anatómica estudiada en TC. (20)

CT Effective Dose Estimates Based on Anatomic Coverage Region

Covered Anatomy	Assigned Effective Dose per CT Examination (mSv)
Head, face	2
Cervical spine, neck	2
Chest, pulmonary embolus, thoracic spine	8
Abdomen alone (no pelvis)	7.5
Pelvis alone (no abdomen)	7.5
Abdomen and pelvis, lumbar spine	15
Extremity	0

Figura 3: Planillas utilizadas para el registro de los pacientes según la dosis individual al ingresar al estudio, dosis acumulada de aquellos con más de una TC en los últimos tres años. Códigos utilizados para el registro.

Tabla de Dosis Individual

Dosis por Región (mSvt)	Cráneo	Cuello/C. Cervical	Columna Dorsal	Columna LS	Tórax	Abdomen	Pelvis
	2	2	8	15	8	7.5	7.5

Fecha	Nro Registro	Edad	Sexo	Procedencia de la Solicitud	Motivo de la Solicitud	Región							Dosis individual	TC Previas
						Cráneo	Cuello/ColumnaCervical	ColumnaDdorsal	Columna LS	Tórax	Abdomen	Pelvis		
													0	
													0	
													0	
													0	
													0	
													0	
													0	
													0	
													0	
													0	

Tabla de Dosis Acumulada

Dosis por región (mSvt)			Cráneo	Cuello/C. Cervical	Columna Dorsal	Columna LS	Tórax	Abdomen	Pelvis
			2	2	8	15	8	7.5	7.5

N° de Registro	Sexo	N° de Tomografias	Región							Dosis acumulada (2014-2017)
			Cráneo	Cuello/ColumnaCervical	ColumnaDdorsal	Columna LS	Tórax	Abdomen O Pelvis	Abdomen Y Pelvis	
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0

Procedencia de la Solicitud	Código
Policlínica Ambulatoria	1
Emergencia	2
Internacion General	3
Motivo de la Solicitud	
Oncológico	1
No oncologico Agudo	2
No Oncológico Crónico	3
sexo	
F	1
M	0
Tomografias Previas	
NO	0
SI	1

Figura 4: Formulario de Consentimiento informado entregado a los pacientes para ser firmado previo a su inclusión al estudio.

FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO Número de Registro……..
RESUMEN DE INFORMACIÓN PARA LOS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO

Ud. tiene una indicación para realizarse un estudio de Tomografía computada (TC) por su médico tratante para el estudio y/o control de su enfermedad. Nosotros le proponemos participar en un trabajo de investigación que consiste en revisar si en los últimos 5 años se ha realizado otro estudio de Tomografía computada, por qué fue indicado y que sectores de la anatomía se estudiaron. Incluye en algunos casos algunas preguntas sobre estos antecedentes.

El objetivo de este estudio es determinar la frecuencia con la que se realizan estudios de Tomografía computada (TC) y estimar la cantidad de radiación global recibida en los últimos 5 años, de pacientes atendidos en el mes de julio 2017 en el Departamento Clínico de Imaginología del Hospital de Clínicas.
Si usted acepta participar en la investigación no tendrá ningún beneficio económico por participar en el estudio.
Se tomarán todas las medidas para garantizar la confidencialidad de su información clínica e imágenes.
De su historia clínica solo se extraerá aquella información relacionada con las tomografías previas que se realizó y los motivos de solicitud de la misma, con el propósito del avance de la ciencia médica.
La participación en este estudio es voluntaria. En caso de decidir no participar o decidir retirarse del estudio, esto no alterará la atención que recibirá por parte del equipo de salud.

Cualquier consulta le agradecemos la realice al teléfono que figura debajo, de lunes a viernes, en el horario de 9 a 12 hs.

Por este medio autorizo a la Doctora Liliana Servente e investigadores (estudiantes de la carrera Dr. en Medicina), responsables de esta investigación, la observación de mi historia clínica para la investigación y divulgación científica.

Capacidad de consentir: SI…… NO……

Firma del Paciente, representante legal o familiar: ……

Aclaración: ……..

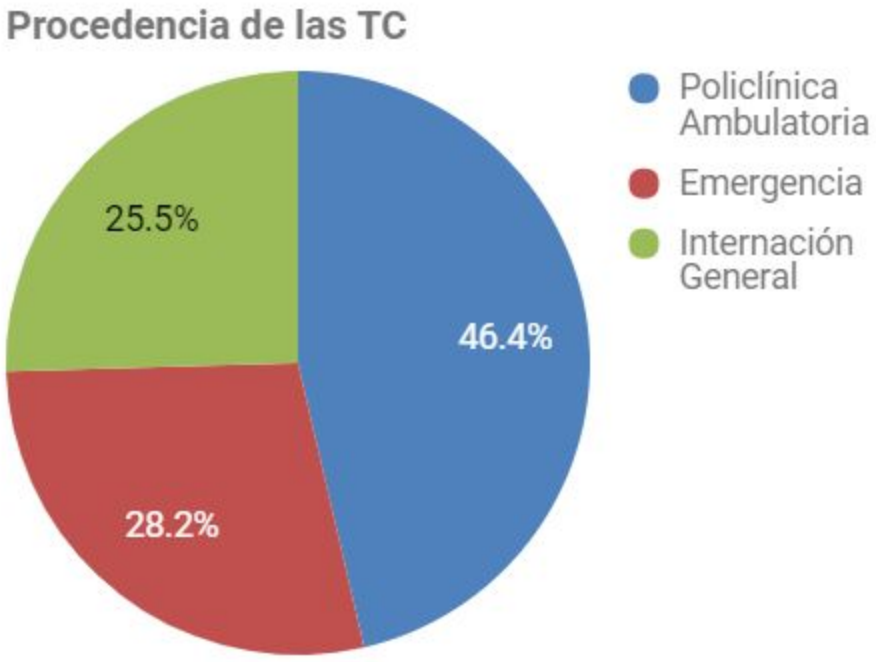
El presente documento ha sido leído y firmado ante mi persona y he constatado que el paciente o su representante ha comprendido lo precedente.

Nombre y Firma del Investigador……

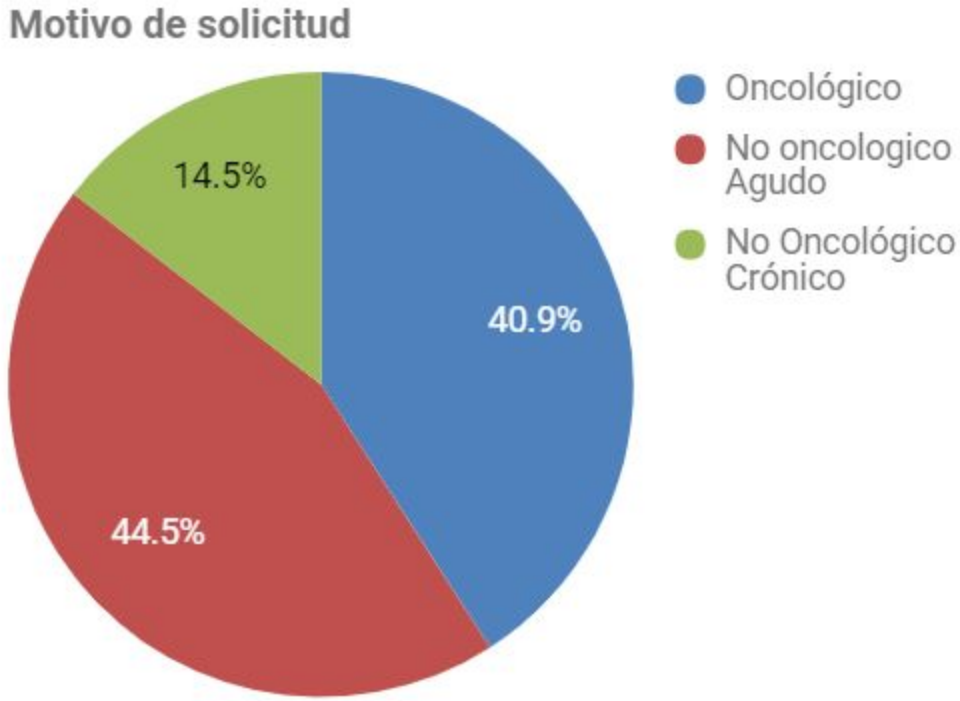
Testigo…….....

Fecha……...
Teléfono (Secretaría de imagenología): 2487 2954 (de 9 a 12 horas).
Investigador responsable del Proyecto: Prof. Agdo. Dra. Liliana Servente: 099119819.

Gráfica 4a: Procedencia de solicitud de TC de la muestra atendida en los meses de Julio y Agosto en el Depto de Imagenología del Hospital de Clinicas.



Gráfica 4b: Motivo de solicitud de la TC de la muestra.



Gráfica 5: Número de TC realizadas por pacientes del subgrupo con estudios tomográficos repetidos.

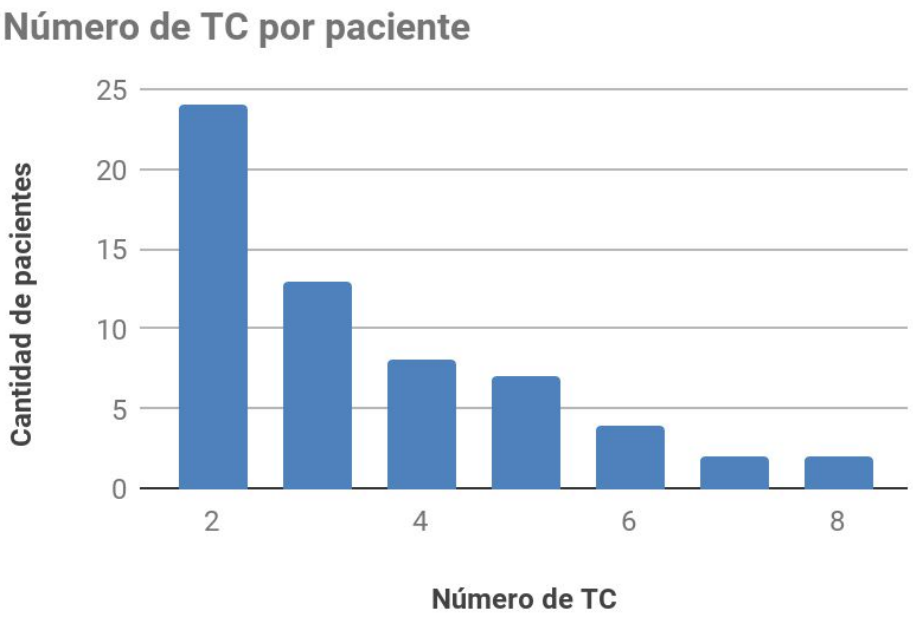


Tabla 2: Casos clínicos de los tres pacientes con mayor dosis acumulada, se resumen edad, sexo, procedencia de la solicitud, breve historia médica e imagenológica, dosis acumulada.

PARÁMETROS	**Paciente 1**	**Paciente 2**	**Paciente 3**
Edad/Sexo	50 años/Femenino	50 años/Masculino	73 años/Femenino
Consulta	Policlínica de Oncología	Policlínica de Oncología	Policlínica de Oncología
Historia Médica	Cáncer de colon estadio IV pulmonar y hepático, diagnosticado en 2012. Controles TC para evaluar respuesta post tratamiento QT (Abr. 2015) y RT (Set. 2015).	Cáncer testicular, operado en 2013. Se realizan controles TC.	Cáncer de mama, diagnóstico 2012. Se realizan controles TC.
Historia Imagenológica	8 TC de Tórax, Abdomen y Pelvis Nov. 2014, Abr. 2015, Set. 2015, Nov. 2015, Feb. 2016, Jun. 2016, Dic. 2016, Jul. 2017	6 TC de Tórax, Abdomen y Pelvis Oct. 2014, Ene. 2015, Dic. 2015, Jun. 2016, . Ene. 2017, Ago. 2017.	5 TC de Tórax, Abdomen y Pelvis: Ago. 2014, Nov. 2015, Dic. 2015, Abr. 2016 (suma Cráneo), Ago. 2017. 1 TC de Columna Cervical, Dorsal y Lumbar, Ene. 2015.
Dosis Acumulada	184 mSv	138 mSv	124,5 mSv
Hallazgos en Imágenes	Nov. 2015, respuesta imagenológica completa a tratamiento con RT.	Oct. 2014 micronódulo pulmonar sin cambios. Dic. 2015 crecimiento ganglionar a nivel intercavo-aórtico. Nov. 2017 aumento de las adenopatías. Ago 2017, control post-tratamiento, regresión del conglomerado ganglionar.	Ene. 2015, no se observa secundarismo. Nov. 2015, lesiones a nivel óseo. Abr. 2016, incremento de marcadores tumorales. Ago. 2017, evolución de lesiones a nivel óseo.

Tabla 3: Formato de planilla de registro de dosis individual propuesto.

Nombre				
N° de Registro				
Fecha	Tipo de Estudio	Región Irradiada	Dosis Individual (mSv)	Dosis Acumulada (mSv)