

**UNIVERSIDAD ABIERTA
INTERAMERICANA**



**FACULTAD DE MEDICINA Y
CIENCIAS DE SALUD**

TRABAJO FINAL DE CARRERA

“Reacciones adversas al yodo en tomografía”

Para obtener el título de:

Licenciado En Producción De Bioimágenes

Presenta:

Urtasún Pedro Martin

Marzo 2024

INDICE

RESUMEN.....	5
TEMA	6
JUSTIFICACION DE LA PROBLEMÁTICA.....	6
PROBLEMÁTICA	6
OBJETIVOS.....	7
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos	7
MARCO TEORICO	8
Historia y evolución de la tomografía computada.....	8
Generaciones de escáner	9
Partes de un tomógrafo	14
Historia de los medios de contraste.....	16
Medios de contraste	17
Clasificación de los medios de contraste.....	17
Medios de contraste iónicos de alta osmolaridad.....	22
Características fisicoquímicas.....	22
Absorción, metabolismo y excreción del fármaco.....	23
Información general	24
Impactos sobre el organismo.....	25
Medios de contraste iónicos de baja osmolaridad.....	25
Características fisicoquímicas.....	26
Absorción, metabolismo y excreción del fármaco.....	26
Información general	26
Efectos generales de dímeros iónicos	28
Medios de contraste no iónicos	28
Estructura molecular	28
Medios de contraste hidrosolubles.....	30
Características fisicoquímicas.....	30
Administración de los medios de contrastes hidrosolubles.....	31
Reacciones adversas a los medios de contrastes	32
Clasificación de las reacciones adversas.....	32
Nefropatía inducida por medios de contraste.....	34
Efectos tóxicos de los medios de contraste yodados sobre otros órganos.....	35

Glándula tiroides y los contrastes yodados	36
Procedimientos realizados en tomografía	36
Preparación y manejo del paciente.....	38
Posicionamiento e inmovilización del paciente	40
Responsabilidad legal del radiólogo	41
Nociones básicas sobre la responsabilidad legal.....	42
Consideraciones sobre los medios de contraste: Régimen de delegación.....	43
Estudio empírico	45
Método	45
Tipo de estudio y Diseño	45
Población y muestra	46
Variables	47
Material y procedimiento	48
Resultados	48
Conclusión	55
Bibliografía	57
Anexos	58

AGRADECIMIENTOS

Al llegar a este punto culminante de mi trayectoria académica, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera significativa a la realización de esta tesis de grado. Este logro no habría sido posible sin el apoyo, orientación y estímulo de quienes han sido parte fundamental de este viaje.

En primer lugar, quiero agradecer a Adrian Rosso y Elena Zubieta por su valioso aporte y orientación durante el desarrollo de este proyecto. Sus comentarios constructivos y sugerencias han enriquecido enormemente mi trabajo.

No puedo pasar por alto el apoyo brindado por mis profesores y compañeros de clase. Sus debates, críticas constructivas y aportes fueron esenciales para el crecimiento de mis ideas y la mejora continua de este trabajo.

Mi familia merece un agradecimiento especial. Su amor incondicional, comprensión y aliento constante fueron mi mayor motivación. Cada sacrificio y esfuerzo que realizaron para respaldarme en este camino no ha pasado desapercibido.

A mis amigos, quienes estuvieron ahí en los momentos de estrés y celebraron conmigo los logros, les agradezco su amistad y apoyo constante.

Este logro es el resultado de un esfuerzo colectivo, y cada uno de ustedes ha dejado una marca indeleble en esta tesis. Gracias por ser parte fundamental de este proceso

Con gratitud,

Pedro

RESUMEN

La tomografía computada (TC) ha sido un avance crucial en la historia de la imagen médica desde el descubrimiento de los rayos X en 1895. Inventada en los años 60 por Cormack y Hounsfield, la TC proporciona imágenes transversales del cuerpo y ha evolucionado con varias generaciones de escáneres, destacando la introducción del TAC helicoidal en 1989 para cortes simultáneos. Los tomógrafos computados constan de un gantry en forma de "donut" con elementos esenciales como el tubo de rayos X, detectores y un ordenador para reconstrucciones. El uso de medios de contraste yodados ha sido fundamental para mejorar la visualización de estructuras corporales, con alternativas más seguras a los iónicos de alta osmolaridad. A pesar de sus beneficios, el uso de medios de contraste radiológicos conlleva riesgos de reacciones adversas, como la nefropatía inducida por yodo. En el servicio de tomografía, se realizan diversos procedimientos con atención a la seguridad del paciente. Un estudio prospectivo y transversal analizó las reacciones adversas al yodo en pacientes sometidos a estudios tomográficos en un efector privado en Rosario, Argentina, utilizando muestreo aleatorio simple para seleccionar la población objetivo.

Conclusión:

El estudio ofrece una visión completa de las reacciones adversas al yodo en el servicio de tomografía en "Los Laureles". Los resultados detallados proporcionan una comprensión más profunda de las variables que influyen en estas reacciones, contribuyendo a una práctica clínica más informada y segura.

Palabras claves

Tomografía, yodo, reacciones adversas

TEMA

“Reacciones adversas al yodo en Tomografía”

JUSTIFICACION DE LA PROBLEMÁTICA

Dado que los medios de contrastes se administran diariamente a un considerable número de pacientes, resulta fundamental adquirir un conocimiento exhaustivo acerca de sus indicaciones, contraindicaciones, efectos adversos, vías de administración y su correlación clínica en cada paciente.

En consecuencia, con la problemática planteada, esta investigación de trabajo de tesis se centra en la descripción de las reacciones adversas más frecuentes a los medios de contraste y, a partir de este análisis, en la identificación de las reacciones inmediatas o agudas expresadas por el paciente. Además, se realiza una comparación entre los efectos del contraste yodado iónico y no iónico en el contexto de la tomografía computada.

El estudio se realizó mediante un análisis cuali-cuantitativo en el servicio de tomografía de un efector privado ubicado en la zona sur de la ciudad de Rosario, provincia de Santa Fe, Argentina.

PROBLEMÁTICA

La pregunta guía de la investigación es: ¿Cuáles son las reacciones adversas a los medios de contrastes yodados que se presentan con mayor frecuencia en el servicio de tomografía en la de la ciudad de Rosario durante el 4to trimestre del año 2023?

OBJETIVOS

Objetivo general

Describir cuales son las reacciones adversas que se presentan con mayor frecuencia a los medios de contrastes yodados en pacientes del servicio de tomografía en un efector privado de la ciudad de rosario

Objetivos específicos

- Determinar cuáles son las reacciones inmediatas referidas por los pacientes, en estudios con medios de contrastes iónicos
- Identificar las reacciones inmediatas referidas por los pacientes, en estudios con medios de contraste no iónicos
- Detectar reacciones adversas al yodo entre distintos sexos, edades, tipo de contraste y tipo de estudios realizados

Tipo de estudio y diseño

Estudio descriptivo de diferencias de grupo de diseño experimental transversal

Técnica de recolección de datos

Con el objetivo de recabar la información necesaria, se utilizaron encuestas destinadas a 90 pacientes que se presentaron a realizarse estudios con medios de contraste en el servicio de tomografía del sanatorio privado “Los Laureles” de la ciudad de Rosario. Este proceso de recopilación de datos se llevó a cabo durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del año 2023, específicamente los días martes, jueves y viernes, en el intervalo horario de 13 a 16 horas. Además de recopilar detalles sobre sexo y edad, se aplicó un cuestionario compuesto por 8 preguntas. Estos interrogantes abordaron el tipo específico de estudio que se llevara a cabo, la cantidad de estudios previos realizados con yodo, la presencia de afecciones renales y la posesión de ambos riñones, diabetes, historial de alergias,

y, finalmente, la aparición de alguna reacción adversa durante la realización del estudio después de su conclusión

MARCO TEORICO

Historia y evolución de la tomografía computada

La tomografía computada supuso un paso gigante en la historia de la imagen medica desde el descubrimiento de los rayos X por parte de Wilhelm Conrad Roentgen en 1895. Esta técnica ofrece una imagen distinta a la radiología convencional, siendo la diferencia fundamental que la imagen de Tomografía Computada da una visión sectorial, es decir, obtiene imágenes transversales de la anatomía del paciente o del objeto estudiado. Sus inventores fueron el físico estadounidense Allan Mcleod Cormack y el ingeniero inglés Godfrey N. Hounsfield.

En 1963, Cormack llegó a la conclusión de que podía detallar los coeficientes de absorción de una estructura plana y medir las variaciones de intensidad de los haces transmitidos.

Cuatro años más tarde, Godfrey inició sus investigaciones sobre el reconocimiento de imágenes y técnicas de almacenamiento de datos en el ordenador. La hipótesis de esta investigación era que las medidas de transmisión de los rayos X a través de un cuerpo a partir de todas las direcciones posibles contienen toda la información sobre los constituyentes de ese cuerpo. Para ello, Hounsfield detectó los rayos X mediante un cristal que emitía luz visible cuando se exponía a dichos rayos y propuso construir el escáner EMI -Base de la técnica para desarrollar la TC-, una máquina que combinaba el cálculo electrónico con las técnicas tomográficas de los rayos X con el objetivo de crear una imagen tridimensional de un objeto tomándole múltiples mediciones con rayos X desde diferentes ángulos y utilizando una computadora que permitía reconstruirlo a partir de cientos de planos superpuestos y entrecruzados.

El 1 de octubre de 1971 se realizó el primer escáner craneal en un hospital de Londres y en 1972 se llevó a cabo su presentación e introducción en el mercado

En 1973 se realizaron los primeros estudios con escáner en Estados Unidos y el resto de Europa.

Definición

Un Tomógrafo Computado es un equipo de rayos X en el que la placa radiográfica (el chasis) ha sido sustituida por detectores. Estos detectores son los encargados de recoger los datos tras la irradiación del paciente de la siguiente manera:

- El tubo gira alrededor del paciente emitiendo un haz de rayos X y los detectores situados en el lado opuesto recogen la radiación que los atraviesa.
- Los datos recogidos en los detectores son enviados a un ordenador que integra y reconstruye la información obtenida y la presenta como una imagen en el monitor

Una Tomografía Computada (en adelante TC) es una prueba diagnóstica médica que utiliza rayos X y un sistema informático que procesa los datos y permite obtener imágenes radiográficas en secciones progresivas de las zonas del organismo a ser estudiada, y eventualmente imágenes tridimensionales de los órganos o de las estructuras orgánicas, o sus reconstrucciones.

Generaciones de escáner

Desde su creación hasta la actualidad, los escáneres han evolucionado mucho. Los diferentes tipos que hay en el mercado son:

ESCÁNERES DE PRIMERA GENERACIÓN

Los escáneres de primera generación datan de 1974. Se caracterizan por un haz colimado de rayos (haz tipo lápiz) y un solo detector desplazándose sobre el paciente y girando entre barridos sucesivos. Este escáner de primera generación emplea en principio un solo tubo y un solo detector con movimiento de traslación y rotación que repite sucesivamente hasta realizar la exploración completa.

El método de recopilación de datos se basa en el principio de traslación y rotación del bloque tubo-detectores. El proceso de exploración engloba las siguientes fases:

- a) El tubo y los detectores se mueven en línea recta desde los pies a la cabeza del paciente, en lo que dura un disparo, luego se paran.
- b) El tubo y los detectores rotan 1° , comienza de nuevo el movimiento lineal y el disparo. Ahora el sentido del movimiento es de cabeza a pies. Terminado el disparo, se paran.

El principal inconveniente de estos equipos era el tiempo en que se tardaba en realizar el estudio completo, que con un equipo de 1° generación era de casi 5 minutos por proyección.

ESCÁNERES DE SEGUNDA GENERACIÓN

Estos tipos de escáneres también eran del tipo traslación-rotación y al igual que los de primera generación ya no se fabrican.

En estos equipos hay un conjunto de detectores (entre 5 y 35 detectores), que recogen un haz de RX en abanico en lugar de un haz tipo lápiz. La ventaja de la radiación en abanico es el aumento de la radiación dispersa en cada disparo, pero esto se limita por la existencia de un colimador en la salida del tubo de RX y un colimador antes de cada detector. De esta forma se consigue que la influencia de la radiación dispersa sobre la calidad de imagen sea despreciable.

La principal ventaja de estos equipos era su velocidad. Tenían entre 5 y 35 detectores de radiación y, por tanto, conseguía tiempos de barridos muchos menores (20 seg. /proyección). Además, al ser el haz de rayos en abanico no era necesario realizar tantas traslaciones, ya que la apertura del haz permite que el giro posterior a cada barrido sea de 5 o más grados (con un giro de 10° solo se necesitan 18 barridos para obtener una imagen de 180°). Esto, y la existencia de un conjunto de detectores, permiten que con una sola traslación se obtenga el mismo resultado que con varias traslaciones en un equipo de primera generación, reduciendo el tiempo de exploración de tres minutos a veinte segundos.

La detección simultánea a través de varios detectores aumenta además la calidad de imagen.

El costo de estos equipos era más elevado que los de primera generación, debido a la mayor capacidad del ordenador y a los componentes electrónicos necesarios para almacenar los datos recibidos de forma simultánea por varios canales.

Estos equipos tenían una única fila de detectores con cientos de elementos y un haz en abanico con cobertura completa del campo de visión. El haz en abanico aumentaba la radiación dispersa, pero como contrapartida eran más rápidos. El tubo de rayos X y el detector rotaban 360°. En este tipo de aparatos, el tiempo de examen era superior a 20 segundos y supuso una importante mejora en la resolución de la imagen.

ESCANERES DE TERCERA GENERACIÓN

Se introducen en 1977 y cubren casi la totalidad de la TC. En esta generación se vuelve a reducir considerablemente el tiempo de corte, gracias al aumento del número de detectores y a la incorporación de nuevos avances en el software informático.

La principal limitación de los escáneres de segunda generación era la duración del examen (20seg. /Proyección), debido a la complejidad del mecanismo de traslación y rotación y a la gran masa del conjunto.

Para superar esto, los escáneres de tercera generación presentan las siguientes características:

- No hay traslación, el método de recopilación de datos está basado en un movimiento de rotación y se suprime la traslación, abarcando un ángulo de giro alrededor del paciente de 240° a 360°, según la velocidad
- El modo de corte es por continuos destellos pulsados durante la rotación, con un haz de radiación monoenergético y en abanico amplio
- Aumentan los detectores, oscilando su número entre 260 y 750, colocados en una matriz curvilínea
- El tiempo empleado en realizar un corte y representarlo en pantalla oscila entre 4.8 y 10 segundos.

En los aparatos de TC de tercera generación el haz cubre por completo al paciente durante todo el examen, permitiendo la matriz curvilínea que la distancia entre fuente y detector sea siempre constante, lo que facilita la reconstrucción de las imágenes.

Esto permite también una mejor colimación, lo que reduce la radiación dispersa. Este tipo de colimación se denomina “Colimación predetector o Post-paciente” que tiene un funcionamiento parecido al de una rejilla en la radiografía convencional y “Colimación Pre-paciente”, que reduce la dosis que recibe el paciente examinado. La colimación Pre-paciente determina además el grosor de la sección de tejido que va ser explorada.

Uno de los problemas de esta generación de escáneres es la aparición ocasional de “Artefactos en anillo”, que puede deberse a que cada detector visualiza cada anillo de la anatomía y si falla un detector o un conjunto de ellos, aparecerá un anillo en la imagen reconstruida.

ESCÁNERES DE CUARTA GENERACIÓN

Tanto los equipos de TC de cuarta generación como los de tercera generación solo tienen movimiento de rotación, pero en el último caso solo gira el tubo y los detectores permanecen fijos. La detección de la radiación se consigue con un conjunto de al menos 100 detectores colocados en forma de circunferencia.

El haz tiene forma de abanico como los de tercera generación. El tiempo de exploración es un segundo y se pueden explorar secciones anatómicas de grosor variable gracias a la colimación pre-paciente automática.

Los exploradores de esta generación tienen como características principales:

- El método de recopilación de datos es por medio de movimiento rotacional del tubo de rayos X alrededor de una corona estática de detectores enfrentados a él.
- El modo de corte es por un haz en abanico con continuos destellos pulsados durante los 360° que dura la rotación.
- Los detectores, en número de 424 a 2400, según las casas comerciales, se disponen formando un círculo cuyo centro es el cuerpo del paciente.
- El tiempo empleado en la realización y representación de un corte es de 1 a 12 segundos.

Con estas máquinas suelen aparecer artefactos circulares. La calidad de la imagen que se consigue con estos escáneres es prácticamente igual a la que se consigue con los aparatos de tercera generación y aunque se han intentado

comparar ambos equipos y decidir cuál es mejor, se ha visto que la calidad de la imagen final depende en gran parte de las funciones matemáticas que se utilizan para reconstruirlas, o sea el sistema informático es lo que influye en ello.

ESCÁNERES DE QUINTA GENERACIÓN

Los últimos diseños pretenden una mejor calidad de imagen con un menor tiempo de exploración y una menor dosis para el paciente. En esta clase de exploradores hay múltiples fuentes fijas de RX que no se mueven y numerosos detectores también fijos.

Son muy costosos, muy rápidos y con tiempos de corte cortísimos.

ESCÁNERES DE SEXTA GENERACIÓN

Se basan en un chorro de electrones. Es un cañón emisor de electrones que posteriormente son reflexionados (desviados) que inciden sobre láminas de tungsteno. El detector está situado en el lado opuesto del gantry por donde entran los fotones. Consigue 8 cortes contiguos en 224 mseg.

TAC HELICOIDAL

Gracias a los importantes avances del hardware en los últimos años, se logró un nuevo método de TC, el TAC espiral o helicoidal (en adelante TCH), que aprovecha el giro continuo de los detectores y tubo protector de rayos X con el movimiento continuo de la mesa de estudio. El conjunto de todos estos movimientos hace que la resultante sea una espiral o hélice. Con esta forma de estudio se consigue que el tiempo útil sea del 100%.

El TCH se utiliza desde 1989, siendo un instrumento de diagnóstico nuevo y de mejores prestaciones que los anteriores. El término “espiral” hace referencia al movimiento aparente del tubo de rayos X durante el examen.

Con esta técnica es posible obtener mejores imágenes de estructuras anatómicas implicadas en los movimientos respiratorios, resultando muy adecuada en el estudio del tórax, abdomen y pelvis, aunque también permite obtener imágenes de otras regiones del cuerpo en las que no existen problemas de movimiento como son la cabeza. Los actuales equipos de TCH se llaman TAC MULTIDECTOR. La adquisición Helicoidal implica tener que manejar una gran cantidad de datos, hecho

que fue solucionado con nuevas computadoras, cada vez más rápidas, y con la utilización de discos duros, también de gran capacidad de almacenamiento. Fue necesario elaborar nuevos algoritmos de reconstrucción ya que ahora la adquisición no se hace con la camilla parada, sino que ésta está en continuo movimiento. Los algoritmos tienen que ser capaces de reconstruir las imágenes en los distintos planos, como si la camilla estuviese parada.

TAC HELICOIDAL MULTICORTE

A fines de los años 90, se produce una mejora en la TCH surgiendo la “Tomografía Computada Helicoidal Multicorte”, donde el tiempo de exploración ya se había reducido a 0,5 seg. Esta velocidad exponía a los componentes del gantry a una fuerza centrífuga equivalente a 13 veces la fuerza que debe realizar el transbordador espacial en sus vuelos al espacio exterior. Esto hizo que se tuvieran que rediseñar los generadores de Rayos X (incorporados al Gantry), los Tubos de Rayos X, y las placas electrónicas que están en la parte móvil. Por otro lado, se desarrollaron equipos con varias matrices de detectores para producir varios cortes al mismo tiempo en que antes se producía uno solo (los detectores Matriciales permitían la adquisición simultánea de 4 cortes por giro). Habiendo llegado a una importante frontera tecnológica (el giro de 0,5 seg. así lo parecía) era obvio que las mejoras iban a venir por el lado de adquirir más rápido antes que reducir aún más el tiempo de adquisición. Es cuando comienzan a surgir equipos que realizan 8 y 16 cortes simultáneos. Actualmente ya se habla de 32 y 64 cortes por giro. Es obvio que esta tecnología ha revolucionado el diagnóstico por imagen ya que las ventajas introducidas son enormes.

Partes de un tomógrafo

Los elementos básicos que componen una unidad de TC son:

Gantry. Denominación del cuerpo en forma de “donut” con un orificio central, en cuyo interior se introduce la mesa de exploración con el paciente. Es un conjunto electromecánico en el que se encuentran alojados los tubos de rayos X, los detectores, el generador de alta tensión, el sistema de refrigeración, sistema de adquisición de datos (DAS) y por último los colimadores. Los componentes de la gantry son controlados por el operador para realizar la prueba y tomar los datos necesarios para

su posterior análisis y composición de la imagen. En el interior de la gantry hay un anillo giratorio donde se encuentran el tubo de rayos X y los detectores encargados de recepcionar los fotones que han sido atenuados y que contienen información del sujeto estudiado.

En los laterales de la gantry, en la carcasa, se encuentran los controles para centrar, posicionar y angular el gantry con el objetivo de adaptarse a la posición necesaria para realizar el estudio. Si la inclinación es hacia adelante, hablamos de inclinación cefálica, y si la parte superior del gantry se inclina hacia atrás, se denomina angulación caudal. Para posicionar y centrar al paciente se usa una luz láser o led situada en el gantry, utilizando puntos de referencia externos de la anatomía

Tubo de rayos X. Es el encargado de producir los fotones de rayos X (radiación ionizante) que atraviesan al paciente en un gran número de proyecciones a lo del paciente tales como la escotadura yugular, la apófisis xifoides o la sínfisis púbica. largo de los 360° de su rotación en el interior del gantry. El tubo de rayos X de una unidad de TC es muy parecido a los equipos de radiología convencional. Los fotones de rayos X se producen al colisionar electrones de alta energía cinética con la materia. El tubo de rayos X consta del filamento (la fuente de electrones, localizada en el cátodo) y el blanco (la zona de impacto, localizada en el ánodo). El cátodo posee una carga negativa en relación al ánodo.

Detectores. Recogen la energía de los fotones de rayos X que han atravesado el cuerpo del paciente y transforman esta energía en corriente eléctrica que llegará al ordenador y será convertida en imagen. Los primeros equipos utilizaban un solo detector, mientras que los actuales emplean miles. Los detectores pueden ser de 3 tipos, según las distintas generaciones de TC:

1. Detectores de cristal de centelleo
2. Detectores de gas o cámara de ionización
3. Detectores sólidos o semiconductores

Generador. Las unidades de TC tienen generadores multifásicos de alta frecuencia que permiten utilizar tubos de rayos X con ánodos giratorios a muy alta velocidad

Mesa. En ella se coloca al paciente. Tiene movimiento automático, lo que permite realizar los barridos necesarios en cada exploración. Este dispositivo automático está conectado al ordenador y al gantry. Dispone de un cabezal y se mueve gracias a un motor, que se pueden controlar con los mandos que se encuentran en la carcasa del gantry. La mesa debe ser lo más radiotransparente posible, por lo que se fabrica de un material de bajo número atómico, por lo general fibra de carbono, que además tiene una ventaja de que es muy resistente. Tiene una forma ligeramente cóncava y debe ser cómoda y resistir un peso de al menos 200kg, dependiendo del fabricante.

Ordenador: Permite hacer las reconstrucciones, por lo que debe ser potente para realizarlas en el menor tiempo posible. También controla el sistema y su funcionalidad. Además, dispone de un disco duro en el que se archivarán las imágenes del estudio. Como cualquier unidad de procesamiento necesita software y hardware para funcionar correctamente.

Consola de control: Cumple las funciones de torre de control. En ella se sitúa el operador y desde allí se controlan los protocolos y se preparan y ejecutan los estudios. Algunos equipos tienen dos consolas, una para el operador y otra para el facultativo. La consola es el punto desde el cual el técnico controla el escáner. Una vez colocado el paciente, se elige el protocolo adecuado para realizar el estudio. El operador escogerá la técnica más adecuada en función de las características del paciente, pudiendo modificar diversos parámetros del protocolo escogido: Datos del paciente, Región a estudiar, Colocación del paciente, Protocolo de estudio, Grosor del corte, Administración de contraste y Movimiento de la mesa de exploración.

Historia de los medios de contraste

En 1895, el descubrimiento de los rayos X permitió por primera vez la visualización de estructuras densas en el cuerpo humano, como tejido óseo y cálculos en las vías urinarias, vías biliares y cuerpos extraños. La dificultad para distinguir tejidos blandos y estructuras adyacentes condujo al desarrollo de medios de contraste poco después.

Pioneros como el italiano Dutto, en 1896, utilizaron yeso de París para radiografiar arterias en cadáveres. Se experimentó con sustancias como pasta de Teichman y aire para cistografías.

En 1910, el sulfato de bario se utilizó en estudios gastrointestinales, destacando el trabajo de Paul Krause.

En 1929, Moses Swick introdujo medios de contraste yodados, marcando el inicio de los monómeros iónicos. La década de 1930 vio el desarrollo de medios de contraste diyodados, seguidos de compuestos triyodados en 1950.

En 1968, Torsten Almen innovó con partículas de yodo, creando el primer medio de contraste no iónico. Este recorrido histórico refleja una evolución significativa en la mejora de la visualización y seguridad en estudios radiográficos.

Medios de contraste

Un agente de contraste refiere a una sustancia o combinación de sustancias que, al ser introducidas en el cuerpo a través de diversas vías, tienen la capacidad de resaltar y hacer más visibles tanto las estructuras anatómicas normales, como los órganos y vasos sanguíneos, como también las estructuras patológicas, como los tumores. Además de esto, estos agentes de contraste permiten evaluar la circulación sanguínea en los tejidos y ayudan a diferenciar las diferencias de densidad entre los distintos tipos de tejidos del cuerpo, todo ello con fines médicos, ya sea para diagnóstico o tratamiento.

El agente de contraste ideal es aquel que logra concentrarse en los tejidos en la mayor medida posible, generando una excelente visibilidad de las estructuras que se desean estudiar, al mismo tiempo que causa el menor número de efectos secundarios o adversos. Estos agentes de contraste pueden ser clasificados de diversas maneras, dependiendo de su capacidad para generar imágenes, la forma en que se administran en el cuerpo, sus características químicas (como su osmolaridad, medida en mOsm/kg) o según el método de imagen que se utiliza para observarlos y estudiarlos en el contexto médico.

Clasificación de los medios de contraste

1- Contrastes según la imagen que generan

- Positivos: atenúan los rayos X más que los tejidos blandos, viéndose radiopacos (blancos). Se dividen en hidrosolubles y no hidrosolubles. Un ejemplo de estos medios de contrastes es el Sulfato De Bario y el Yodo.
- Negativos: atenúan los Rx menos que los tejidos blandos. Al absorber poca radiación, se ven radiolúcidos (negros). Un ejemplo de estos medios de contrastes es el Aire y CO₂.
- Neutros: son utilizados para la distensión y el relleno de tubo digestivo. Un ejemplo de esto son el Agua, Metilcelulosa y Manitol.

2- Contrastes según vía de administración

- Orales: Se emplean en radiología contrastada (suspensión de sulfato de bario), en tomografía computada (TC) o TC multislice (TCMS). Los contrastes empleados son: sulfato de bario y sales de bicarbonato (radiología contrastada), sales de yodo hidrosoluble o sulfato de bario diluido (TC o TCMS), aire ambiental (radiología contrastada), agua o leche (RX o TC/TCMS), manitol, metilcelulosa y polietilenglicol (enterotomografía computada-ETC- y enteroresonancia-ERM-) y mate cocido en la colangiografía por resonancia magnética (CRM). Su uso se basa en la tinción y distensión del tubo digestivo para diferenciarlo de otros órganos y estructuras.
- **Rectales**: son utilizados por esta vía el bario (radiología contrastada), las sales de yodo hidrosoluble (TC o TCMS), el agua (Rx o TC/TCMS), el dióxido de carbono (TC) y el aire ambiental (radiología contrastada). Suelen ocasionar molestias abdominales y deseo evacuatorio.
- **Vaginal**: se emplean medios de contraste yodados para la realización de la histerosalpingografía. Producen dolor pelviano (tipo cólico menstrual), debido a la peritonitis química que genera el pasaje del contraste a través de las trompas de Falopio. También pueden presentarse reacciones vagales leves.
- **Endovenosos (EV)**: se usan en radiología contrastada (programa excretor, cistouretrografía), TC, TCMS, resonancia magnética (RM), angiografía digital

(AD) y tomografía por emisión de positrones (PET), y se utiliza el yodo (TC), el gadolinio (RM), la 18-fluorodesoxiglucosa (18-FDG) (PET) y el dióxido de carbono. Las microcápsulas se emplean como medio de contraste en ecografía. Suelen desencadenar reacciones adversas, que pueden ser desde náuseas hasta un edema de glotis.

- **Intraarteriales:** se utilizan contrastes yodados o CO₂ para el uso selectivo del estudio angiográfico arterial en la AD. El gadolinio también puede administrarse por esta vía, asociado a CO₂, para procedimientos endovasculares en pacientes alérgicos al yodo con insuficiencia renal.
- **Intraarticulares:** se introducen en algunas articulaciones medios de contraste yodados o gadolinio, diluidos con solución fisiológica. Ocasionan dolor por distensión de la cápsula articular.
- **Intracanaliculares:** son empleados dentro de los conductos o canalículos, como por ejemplo la dacriocistografía o la sialografía. Se emplean medios de contraste hidrosolubles yodados o liposolubles (lipiodol).
- **Otros:** se puede emplear la vía intratecal para las mielografías, utilizándose contrastes yodados no iónicos de baja osmolaridad.

3- Contrastes según características químicas

Los medios de contraste yodados son sales de yodo que, cuando son inyectadas por vía endovenosa, tienen una distribución vascular y capilar hacia el espacio intersticial (7,8). Pueden diferenciarse entre sí según su osmolaridad, respecto de la del plasma sanguíneo: son de alta osmolaridad, cuando tienen una osmolaridad mayor que la del plasma (290 mOsm/kg H₂O o 2400 mOsm/l) y de baja osmolaridad, cuando es menor(7,8). La osmolaridad se calcula de la siguiente manera:

Figura N°1: Calculo de la osmolaridad

$$\text{Osmolaridad} = \frac{\text{concentración- N° de partículas}}{\text{peso molecular}}$$

Fuente: Elaboración propia

Los medios de contrastes yodados se clasifican en:

- a) Iso/hiperosmolares: son los contrastes yodados cuya osmolaridad en su composición se asocia a la aparición de efectos adversos. A mayor osmolaridad, mayores efectos adversos. Los primeros contrastes yodados tenían alta incidencia de reacciones adversas por su elevada vía intratecal (1500-2000 mOsm/kg), pero en la actualidad estas disminuyeron debido a la creación de contrastes endovenosos isoosmolares
- b) Iónicos o no iónicos: se los divide en iónicos o no iónicos, según su disociación en iones o partículas cuando se disuelven en agua
- c) Estructura molecular: indistintamente si son iónicos o no iónicos, se los puede dividir en mononéricos (un núcleo benzoico) y en diméricos (dos núcleos benzoicos). De acuerdo con su estructura, existen 4 tipos diferentes de contraste yodado:
 - **IONICOS MONOMERICOS**: Poseen alta osmolaridad. Ejemplo: iodotalamato de meglumina o amidotrizoato de meglumina
 - **IONICOS DIMERICOS**: Poseen baja osmolaridad. Ejemplo: ioxagato de metilglucamina
 - **NO IONICOS MONOMERICOS**: Poseen baja osmolaridad. Ejemplo: iopaminol, iohexol, iopentol, ioversol e iobitridol
 - **NO IONICOS DIMERICOS**: Son isoosmolares. Ejemplo: iotrolan e iodixanol

Los contrastes no iónicos son mejor tolerados, poseen menor incidencia de reacciones adversas, pero suelen ser más costosos

4- Contrastes según el método de imagen

- **BARIO**: fue utilizado por primera vez en 1910 por Bechem y Gunther. Es un metal pesado que puede administrarse por vía oral (seriada de esófago-gastroduodenal o transido esofágico) o transrectal (colon por enema) en forma de polvo o suspensión para diluir con agua. Se elimina por vía rectal.

- **AIRE/POLVO EFERVESCENTE:** Son contrastes negativos administrados para distender los órganos del aparato digestivo, dando el efecto de “doble contraste”. El aire se administra por vía transrectal con el sachet de bario por medio de una cánula para la realización del colon por enema o por vía oral en la técnica de intestino delgado con doble contraste, mientras que el polvo efervescente (bicarbonato de sodio) se administra por vía oral para la realización de, por ejemplo, una seriada esófago-gastroduodenal.
- **AGUA (H₂O):** Actúa como contraste neutro, empleándose en HidroTC, enterocclisis por TC, colonoscopia virtual y ERM. Es necesaria una adecuada limpieza gastrointestinal y ayuno previo, para luego suministrar por vía oral el agua en caso de HidroTC y enterocclisis, y por vía transrectal junto con el CO₂ en la colonoscopia virtual. Al actuar como contraste neutro, genera una buena distensión intestinal y, de esta forma, se logra una excelente valoración de la pared gástrica, de las asas del intestino delgado o del colon, y posteriormente se puede realizar una reconstrucción virtual.
- **DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂):** es un contraste negativo que se inyecta a través de una bomba para distender el tubo digestivo, por vía oral o rectal, permitiendo una correcta evaluación mediante TCMS. Dado que no se absorbe, es bien tolerado.
- **YODO:** utilizados por primera vez en 1923 (18), los contrastes yodados hidrosolubles pueden administrarse por vía oral o endovenosa. Se caracterizan por expandirse en forma difusa a través del espacio extracelular y por necesitar para la administración una molécula orgánica como vehículo (1). El contraste oral yodado diluido con agua es poco absorbido y se elimina por vía fecal, mientras que el yodo endovenoso se elimina casi completamente por orina y sólo un 2% se excreta por vía biliar.
- **GADOLINIO:** comenzó a usarse con fines médicos en 1988 (1,6). Es un elemento químico de la familia de los lantánidos (tierras raras) y está

constituido por un ion metálico con propiedades magnéticas, asociado a un agente quelante que lo transporta.

Medios de contraste iónicos de alta osmolaridad

De acuerdo con la Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM, 2014), los agentes de contraste yodados con alta osmolaridad consisten en sales de sodio y/o meglumina del compuesto de ácido benzoico triyodado, con concentraciones que varían entre el 40% y el 78%.

Dentro del grupo de moléculas monoméricas derivadas del ácido benzoico, se incluyen el amidotriozato sódico, el amidotriozato sódico con meglumina, el iotalamato sódico y el iotalamato sódico con meglumina.

Aunque en sus inicios, los agentes de alto contenido osmolar fueron ampliamente utilizados con propósitos diagnósticos, su aplicación ha sido paulatinamente sustituida por nuevas moléculas, particularmente los agentes iónicos dímeros, y aún más recientemente, por los agentes de contraste no iónicos de baja osmolaridad. Además, se han introducido al mercado moléculas isoosmolares que ofrecen ventajas en términos de efectos adversos reducidos y, especialmente, por su osmolaridad semejante a la del plasma sanguíneo. La relación entre la capacidad de atenuación de los rayos X de los agentes de contraste y su aplicación en radiología está estrechamente vinculada a sus características fisicoquímicas

Características fisicoquímicas

Las propiedades fisicoquímicas más relevantes de los agentes de contraste yodados abordan la concentración de yodo, la capacidad de ionización en solución, la osmolaridad, la viscosidad y la hidrofiliidad.

Una de las características fisicoquímicas cruciales a considerar al utilizar un agente de contraste yodado es la concentración de yodo contenida en la sustancia, ya que esta concentración determina el grado de realce de las estructuras anatómicas que se evalúan. Las diversas concentraciones disponibles para los agentes de contraste se ajustarán de acuerdo al procedimiento radiológico y la vía de administración requerida.

La capacidad de ionización en solución representa otra propiedad fisicoquímica de importancia, directamente relacionada con la frecuencia y severidad de las reacciones adversas. Los agentes de contraste iónicos, al ser diluidos, se disocian en dos moléculas independientes: un anión que incluye el anillo de benceno con los tres átomos de yodo y un catión que puede ser sodio, meglumina o una combinación de ambos. Sin embargo, actualmente, debido a la alta osmolaridad de estos compuestos iónicos (aproximadamente cinco veces mayor que la del plasma sanguíneo) y su evidente correlación con las reacciones adversas, su uso ha disminuido de forma progresiva.

La viscosidad de los agentes de contraste se relaciona tanto con la estructura molecular como con la concentración en solución y la temperatura. En este contexto, los monómeros presentan una viscosidad inferior a las moléculas diméricas.

La propiedad conocida como hidrofiliidad se refiere a la tendencia de las moléculas a interactuar con el agua o disolverse en ella, mientras que la lipofilia indica una afinidad por los lípidos. Estas propiedades resultan cruciales en la administración, circulación y excreción de los agentes de contraste en el organismo. Cabe mencionar que las moléculas iónicas con alta osmolaridad presentan una hidrofiliidad ligeramente menor, aunque aún presente en niveles bajos, en comparación con las moléculas no iónicas

Absorción, metabolismo y excreción del fármaco

En el caso de todos los agentes de contraste iónicos de alta osmolaridad administrados por vía intravascular, siguen un patrón de distribución similar en el organismo. Una vez en el torrente sanguíneo y en órganos como los riñones, el hígado y los pulmones, estos agentes de contraste se dispersan prácticamente de manera inmediata, alcanzando una concentración plasmática máxima aproximadamente dos minutos después de la inyección. Simultáneamente, se establece un compartimento periférico que abarca tejido muscular, adiposo y óseo, donde la difusión es más gradual. Transcurrido cierto tiempo, se alcanza un equilibrio entre ambos compartimentos, que se manifiesta alrededor de las dos horas posteriores a la inyección.

La eliminación predominante de los agentes de contraste se lleva a cabo a través de la filtración glomerular, con una vida media de aproximadamente dos horas. Este proceso conduce a la excreción del 90% del agente de contraste en un plazo de 24 horas.

No obstante, en pacientes con insuficiencia renal, se registra una eliminación a través de la vesícula biliar que alcanza hasta un 20%, a diferencia de los individuos sanos, en quienes la excreción se reduce al 4%.

La alta osmolaridad de estas sustancias ocasiona un aumento del volumen circulatorio debido al incremento de la presión osmótica, que estimula el paso de agua desde las células hacia el intersticio y el espacio vascular. Como resultado, se produce la disolución del yodo en los vasos sanguíneos, lo que conlleva a una disminución de la opacificación vascular. No obstante, los factores más relevantes en la práctica clínica son la concentración de la sustancia empleada y la velocidad de administración.

[Información general](#)

A pesar de que la vía de administración intravascular es la más comúnmente utilizada, es importante destacar la existencia de otras vías, como la rectal y la oral, para la administración de agentes de contraste.

Durante muchos años, los agentes de contraste administrados por vía intravascular se utilizaron predominantemente en estudios urográficos intravenosos y en evaluaciones vasculares. Sin embargo, en la actualidad, estas aplicaciones se han visto reducidas. En términos de las dosis de administración establecidas, se recomienda una dosis de 3 a 4 ml por kilogramo de peso para estudios urográficos, ya sea mediante inyección lenta o administración manual.

Para los estudios del tracto digestivo superior, en casos en los que se sospecha perforación digestiva o se detectan fístulas digestivas postoperatorias, y cuando no es posible utilizar sulfato de bario, se indica la administración oral de amidotriozato de sodio o meglumina. La cantidad de agente de contraste administrada varía entre 20 y 60 ml, diluidos al 50% en agua.

En el contexto de la TC, estos agentes de contraste son ampliamente empleados en exámenes abdominales que requieren la visualización de las asas intestinales. Se utilizan diluciones al 2%, con volúmenes que oscilan entre 100 y 1500 ml, administrados en varias tomas aproximadamente 1 o 2 horas antes del examen.

En la colonografía virtual mediante TC, estos agentes se emplean como marcadores de las heces intestinales, utilizando cantidades reducidas de 2 a 3 ml, diluidos en 200 ml de agua, durante los dos días previos al examen, administrados tres veces al día. Esta metodología evita la necesidad de usar catárticos y permite una diferenciación efectiva entre pólipos y residuos fecaloides, con una incidencia prácticamente nula de reacciones adversas significativas.

En exámenes del intestino grueso, y particularmente en diagnósticos con sospechas de diverticulitis, se opta por la administración por vía rectal, utilizando diluciones de 2 a 3 ml en 200 ml de agua, administrados de manera gradual.

Impactos sobre el organismo

A causa de la elevada osmolaridad que presentan, se genera un incremento en el volumen sanguíneo y una reducción en el hematocrito, aproximadamente un 10% más pronunciado en comparación con los contrastes de baja osmolaridad. Adicionalmente, inducen una disminución más acentuada en el PH sanguíneo en contraste con los dímeros iónicos.

Medios de contraste iónicos de baja osmolaridad

La formación del dímero a partir del ácido 2,4,6-triyodo-3-amino benzoico tuvo su origen en 1952 durante la síntesis de la iodipamida. Aunque actualmente se encuentra en desuso, su principal vía de excreción es a través del sistema hepático y se introdujo en el mercado como un agente de contraste colangiográfico. Dos décadas más tarde, en 1977, Tilly y colaboradores lograron la síntesis de un nuevo agente de contraste iónico con baja osmolaridad. La novedosa molécula consistía en la unión de dos anillos de benceno triyodados, es decir, un dímero, con una modificación en el grupo carboxilo, sustituyéndolo por un radical no iónico, y el otro grupo carboxilo unido a un catión de sodio o meglumina. Así surgió el ácido ioxáglico o ioxaglato,

que se comercializó de manera exclusiva bajo el nombre de Hexabrix por los laboratorios Guerbet.

Características fisicoquímicas

El ácido ioxáglico es un compuesto dímero derivado del ácido 2,4,6-triyodobenzoico, con un radical no iónico y otro en forma de las sales sódica y meglumínica, con un peso molecular de 1.274 Da⁷. En solución, la molécula se separa, de manera similar a los monómeros iónicos, en un anión que incluye los dos anillos de benceno triyodados y un catión no yodado. Esto resulta en una relación de átomos de yodo/partículas totales en la solución de 6/2. Esta relación influye en la osmolaridad del compuesto, que en este caso es aproximadamente de 600 mOsm/l.

Absorción, metabolismo y excreción del fármaco

Igual que ocurre con los demás medios de contraste, su distribución es prácticamente instantánea, alcanzando un pico plasmático en los primeros minutos después de la administración del contraste, típicamente en un lapso de 1 a 3 minutos. La eliminación se lleva a cabo en un 90% dentro de las primeras 24 horas sin sufrir modificaciones en su metabolismo renal. No obstante, en pacientes con insuficiencia renal, se observa un aumento en la excreción a través del intestino y la vesícula. En cuanto a la leche materna, se ha evidenciado que se excreta en una cantidad mínima sin alteraciones. Estudios en animales han sugerido que estos agentes pueden atravesar la barrera placentaria y, por ende, llegar a los tejidos fetales, aunque no se ha confirmado esta posibilidad en seres humanos. Por lo tanto, se aconseja evitar su uso en mujeres embarazadas.

Información general

Además de suministrarse por vía intravenosa, también puede administrarse por vía urinaria, articular y uterina. Puede diluirse con soluciones glucosada, salina o glucosalina. Este medio de contraste se puede emplear tanto en adultos como en niños para la realización de estudios angiocardíograficos, arteriografías (periféricas, cerebrales y aortografías), flebografías, urografías intravenosas, TC, etc.

En la actualidad, la principal aplicación del ioxaglato es en la angiografía. Este agente permite la opacificación de los vasos sanguíneos, aunque su visibilidad disminuye con la dilución sanguínea. Cuando se administra de forma intravascular, la dosis varía entre 1 y 3 ml por cada kilogramo de peso del paciente, y en ningún caso debe superar los 250 ml. La cantidad a administrar se determina de manera individual, teniendo en cuenta el peso del paciente (lo cual es particularmente relevante en pacientes pediátricos), la región a estudiar y el grado de dilución sanguínea en el punto de inyección.

Es importante tener precaución al administrar grandes volúmenes a pacientes con signos incipientes de insuficiencia cardíaca, ya que esto podría agravar su condición preexistente. Se debe ser especialmente cuidadoso con la dosis en pacientes que presenten fallo cardíaco derecho o hipertensión pulmonar, especialmente en exploraciones que requieran la inyección de grandes cantidades de contraste, como la ventriculografía cardíaca.

En exploraciones de TC las dosis son variables en función del protocolo de estudio y del territorio que hay que explorar. Así, para una TC craneal con contraste la dosis habitual es de 50 ml y para una TC toracoabdominal oscila entre 80 y 120 ml. Los espacios articulares, el útero y las trompas de Falopio se pueden visualizar por inyección directa intracavitaria; la dosis habitual es de 5-20 ml. Los dímeros iónicos, al igual que el resto de contrastes yodados iónicos, están totalmente contraindicados en inyección intratecal, ya que pueden producir muerte, convulsiones, hemorragia cerebral, coma, parálisis, aracnoiditis, rabdomiólisis, hipertermia y edema cerebral. Estas reacciones se deben a la osmolaridad, a la toxicidad directa de las moléculas y a la carga eléctrica que poseen, que puede alterar los mecanismos de conducción nerviosa.

Se debe emplear con precaución en pacientes con insuficiencia renal y/o hepática, mieloma, feocromocitoma, hipertensión grave, insuficiencia cardíaca, trasplante renal reciente, hipertiroidismo y en casos de hipersensibilidad a las sales de ioxaglato.

Efectos generales de dímeros iónicos

La inyección de contraste intravenoso aumenta la osmolaridad y provoca la redistribución de líquidos en el cuerpo, lo que afecta el volumen sanguíneo y el hematocrito. Los dímeros iónicos, como el ioxaglato, causan menos cambios en el pH y el calcio en comparación con los contrastes monoméricos.

La inyección intravascular de contraste provoca vasodilatación y taquicardia, que están relacionadas con la osmolaridad y la quimiotoxicidad del contraste. El ioxaglato, al tener menor osmolaridad, se tolera mejor durante la inyección.

El ioxaglato causa menos daño al endotelio vascular y tiene menos riesgo de formación de trombos en comparación con los contrastes iónicos. Esto lo hace especialmente útil en procedimientos intervencionistas y lo prefiere muchos cardiólogos intervencionistas.

Además, el ioxaglato es menos perjudicial para la permeabilidad de la barrera hematoencefálica en comparación con los contrastes monoméricos debido a su menor osmolaridad.

Medios de contraste no iónicos

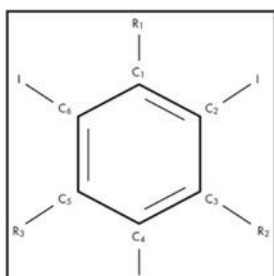
Estructura molecular

La unidad fundamental de los medios de contraste yodados, tanto iónicos como no iónicos, es el ácido benzoico triyodado, que presenta una disposición simétrica de tres átomos de yodo (I) en las posiciones de los carbonos 2, 4 y 6. Las posiciones 1, 3 y 5 del anillo están disponibles para introducir modificaciones químicas que alteran las propiedades fisicoquímicas y biológicas de la sustancia resultante. Estas modificaciones en los radicales son las que distinguen los diferentes medios de contraste. A continuación, se examinarán los componentes de los medios de contraste no iónicos, que incluyen el yodo, el anillo de benceno, los radicales o cadenas laterales y los excipientes.

Los átomos de yodo son los responsables de la capacidad de contraste en la molécula. El yodo es un elemento químico del grupo de los halógenos y se reconoció por su capacidad para absorber rayos X en 1896. El benceno es un compuesto

orgánico que se encuentra en la naturaleza y está compuesto por un anillo de seis átomos de carbono y seis de hidrógeno (C₆H₆). El anillo de benceno es la parte más hidrófoba del medio de contraste y tiene afinidad por las membranas celulares.

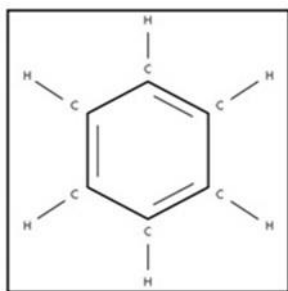
Figura 2: Anillo de benceno con tres átomos de yodo en la posición de los carbonos 2,4 y 6



Fuente: [European Society of Radiology \(2015\)](#) (Sociedad Europea de Radiología)

Sin embargo, esta afinidad puede dar lugar a quimiotoxicidad, que se abordará más adelante. Las posiciones de carbono 1, 3 y 5 del anillo de benceno son susceptibles de modificaciones químicas para hacer que la molécula sea soluble en agua, farmacológicamente inerte y facilite su eliminación del organismo. En los medios de contraste iónicos, el radical carboxilo dissociable en la posición del carbono 1 se combina con una sal o una amida para lograr hidrosolubilidad. Los radicales R1 y R2 pueden recibir diferentes cadenas laterales para reducir la toxicidad y lipofilia. Todos los medios de contraste iónicos comparten la característica de disociarse en aniones y cationes, lo que resulta en su alta osmolaridad. En contraste, los medios de contraste no iónicos sustituyen el grupo carboxilo dissociable en la posición R1 por un grupo no dissociable para disminuir la osmolaridad de la solución. Las cadenas laterales son altamente hidrofílicas, no dissociables y de baja osmolaridad, dando lugar a compuestos monoméricos, yodados y no iónicos con un solo anillo de benceno

Figura 3: Anillo de benceno con seis carbonos y seis hidrógenos, de estructura cíclica hexagonal, con tres dobles enlaces



Fuente: European Society of Radiology (2015) (Sociedad Europea de Radiología)

Medios de contraste hidrosolubles

El medio de contraste hidrosoluble óptimo debe exhibir propiedades fisicoquímicas análogas a las de la sangre y abstenerse de contener componentes que perturben la homeostasis fisiológica. No obstante, en diversas prácticas diagnósticas, se hace necesario emplear soluciones con una concentración significativa de yodo, las cuales deben ser administradas de forma veloz y en volúmenes sustanciales, circunstancia que se distancia de las condiciones ideales mencionadas

Características fisicoquímicas

- Solubilidad en agua: la primera exigencia de un agente de contrastes utilizado de forma intravascular es su capacidad de disolverse en agua, garantizando al mismo tiempo que no precipite en la solución. La solubilidad en agua se puede lograr de dos maneras:
 - A través de la formación de una sal, que implica la unión de un ácido y una base. Este enfoque, desde una perspectiva química, es la forma más sencilla de lograr la solubilidad en agua y se lleva a cabo mediante la reacción entre un anión y un catión. En la síntesis de los medios de contraste iónicos, el anión proviene del grupo carboxilo del ácido benzoico y se une al catión sodio o meglumina
 - Mediante la introducción de grupos hidroxilo, éter y amido en la estructura del anillo de benceno triyodado, que son grupos no dissociables pero que exhiben capacidad de disolverse en agua debido a su interacción con las moléculas de agua. Esta interacción es suficiente para mantener los compuestos en solución.

Este método se emplea en la creación de medios de contraste no iónicos, y su solubilidad en agua se basa en la naturaleza hidrofílica inherente a la estructura molecular. A modo de ejemplo, se pueden mencionar los cinco grupos hidroxilo (-OH) en la estructura molecular del principio activo iopamidol, que también presenta tres radicales acetamido (-CONH), o los seis grupos hidroxilo presentes en los principios activos metrizamida e iohexol.

- Osmolaridad: la osmolaridad de un medio de contraste se relaciona directamente con la cantidad de partículas disueltas en la solución. Representa la concentración de soluto por kilogramo de agua y guarda relación con el número de partículas (moléculas e iones) en la solución. Por lo tanto, es mayor en los medios de contraste iónicos (que tienen dos partículas disociadas en solución con actividad osmótica) en comparación con los medios de contraste no iónicos (que tienen una sola partícula en solución). El término "osmolaridad" se refiere al número de partículas por litro de solución.

Administración de los medios de contrastes hidrosolubles

Por motivos de seguridad, se ha establecido un parámetro para las dosis administradas a los pacientes. Este parámetro se define como la relación entre la dosis letal mediana (DL50) y la dosis diagnóstica prescrita en gramos de yodo por kilogramo de peso corporal (g I/Kg).

En el mercado, se encuentran disponibles productos con diversas concentraciones y volúmenes. La concentración se indica en miligramos de yodo por mililitro de solución (mg I/ml) en el envase junto al nombre comercial del compuesto, y varía entre 200 y 400 mg I/ml de solución.

La cantidad de contraste que debe administrarse depende del tipo de estudio, el paciente en cuestión y la elección médica, así como del agente de contraste seleccionado.

Reacciones adversas a los medios de contrastes

Los medios de contraste radiológicos son fármacos diseñados para alterar la apariencia de tejidos, cavidades o lesiones en pruebas radiológicas, como radiografías, tomografía computarizada (TC), resonancia magnética (RM) y ecografía. Cualquier efecto adicional en el paciente se considera una reacción adversa o efecto secundario.

Estos efectos secundarios pueden variar en intensidad, desde leves (como mal sabor de boca y sensación distérmica) hasta graves e incluso mortales. Algunos efectos adversos están relacionados con la alta osmolaridad de los contrastes cuando se administran por vía intravascular, siendo menos frecuentes en preparaciones de baja osmolaridad. Otros efectos se deben a la toxicidad directa del contraste en órganos como el riñón y suelen estar relacionados con la dosis total administrada. También pueden ocurrir reacciones de tipo anafilactoide, similares a las alérgicas, con mecanismos poco comprendidos y sin una clara relación con la dosis del fármaco. La mayor parte de las reacciones adversas ocurren a los pocos minutos tras la administración del producto (precoces o agudas), pero en ocasiones se manifiestan horas o días después (tardías o retardadas).

Clasificación de las reacciones adversas

1. Reacciones generales agudas a los medios de contrastes yodados de uso intravasculares

Una reacción adversa se clasifica como aguda cuando ocurre durante los 60 minutos siguientes a la administración de un medio de contraste. Se pueden clasificar por su intensidad en leves, moderadas o graves.

Las reacciones leves normalmente son autolimitadas, duran poco tiempo y no requieren tratamiento. Son ejemplos de estas reacciones las cutáneas, como el enrojecimiento, el prurito y la urticaria, las náuseas y los vómitos, el dolor en el lugar donde se inyecta el agente y la cefalea leve.

Las reacciones moderadas incluyen grados mayores de los síntomas y signos leves mencionados y grados moderados de hipotensión arterial y broncoespasmo. Suelen responder rápidamente al tratamiento adecuado.

Las reacciones graves se caracterizan por manifestaciones exacerbadas de los signos y síntomas descritos anteriormente o por la aparición de convulsiones, pérdida de consciencia, edema laríngeo o pulmonar, arritmias cardíacas o parada cardiorrespiratoria. La incidencia de alguna reacción leve tras la inyección intravenosa de un contraste yodado en un paciente oscila entre el 15%, si el contraste administrado es iónico e hiperosmolar, y el 3% cuando el agente es no iónico e hipoosmolar. Los efectos secundarios graves o muy graves son mucho menos frecuentes.

2. Reacciones adversas tardías a los medios de contrastes yodados de uso intravascular

Los efectos adversos tardíos se manifiestan después de 1 hora tras la administración del contraste. Habitualmente aparecen entre 1 hora y una semana después. En el caso de los contrastes yodados administrados por vía intravascular, los síntomas que se pre con mayor frecuencia son cefalea, sarpullido cutáneo, púrpura, prurito, náuseas, vómitos, somnolencia, urticaria, fiebre, dolor en el lugar de la inyección, alteraciones gastrointestinales y dolores musculoesqueléticos. La mayoría de estas alteraciones se manifiestan sobre todo en los tres primeros días después de la inyección, son autolimitadas y se resuelven en unos siete días. En la mayoría de los casos su intensidad es leve o moderada. La frecuencia de las reacciones adversas tardías a los contrastes no iónicos es muy variable; según la metodología utilizada para detectarlas, oscila entre el 0,52 y el 23%. Algunos efectos adversos tardíos son más frecuentes tras la inyección de dímeros no iónicos que con monómeros, sin embargo, los datos no son corroborados en todos los estudios. Cuando se comparan las reacciones tardías en grupos de pacientes sometidos a una TC con y sin contraste yodado, sólo las reacciones cutáneas ocurren con mayor frecuencia en el grupo que recibe contraste, por lo que parecen representar las verdaderas reacciones tardías a los medios de contraste. Si existen dudas acerca de si el responsable de las lesiones cutáneas es el contraste u otra medicación, pueden ser útiles las pruebas cutáneas de provocación, aunque no siempre son positivas. La historia de reacción previa a los medios de contraste es un factor predisponente para la aparición de reacciones tardías, aunque no existe una clara relación entre el desarrollo de efectos secundarios inmediatos y retardados. También los antecedentes de alergia en general duplican la probabilidad de reacción tardía al contraste. Estas reacciones tardías a los contrastes yodados son más frecuentes en las mujeres que en los hombres, en pacientes con

enfermedades concomitantes, sobre todo renales, pero también cardíacas, hepáticas y con diabetes y en pacientes sometidos a tratamiento con interleuquina

Nefropatía inducida por medios de contraste

El deterioro de la función renal es el efecto adverso más común y uno de los más importantes asociados a la inyección de un contraste yodado. Los medios de contraste yodados administrados por vía intravascular se eliminan casi por completo por filtración glomerular renal; es en este órgano donde pueden tener el efecto tóxico más importante.

La nefropatía inducida, producida o causada por los medios de contraste, suele definirse como una reducción de la función renal que provoca un aumento de la cifra de creatinina en el plasma de más del 25% sobre el valor previo o un incremento mayor de 44 $\mu\text{mol/l}$ (0,5 mg/dl) en los dos o tres días siguientes a la administración del contraste y sin que se identifique ninguna otra causa. La mayoría de los episodios de disminución de la función renal son autolimitados y transitorios; la creatinina plasmática normalmente alcanza los niveles máximos entre el tercer y el quinto día y recupera sus valores normales en una o dos semanas. El daño renal permanente ocurre en muy pocos casos y sólo entre el 0,4 y el 2% de los pacientes con esta afectación necesitan diálisis en el momento agudo.

En las personas con función renal normal, la creatinina plasmática se eleva en menos de un 2% de los casos, mientras que un 50-90% de los pacientes diabéticos con insuficiencia renal crónica sometidos a un procedimiento con contraste yodado intravascular desarrollarán algún grado de nefropatía secundaria. La nefrotoxicidad secundaria a la administración de contraste yodado representa la tercera causa de insuficiencia renal aguda en pacientes hospitalizados después de la cirugía y de la hipotensión arterial. La mortalidad asociada a la insuficiencia renal aguda tóxica es de aproximadamente el 10%. La nefropatía por contraste no sólo aumenta el riesgo de muerte por fallo renal, sino que también se ha asociado a una mayor morbilidad e incluso a una mayor mortalidad por sepsis, hemorragia, coma o insuficiencia respiratoria.

Efectos tóxicos de los medios de contraste yodados sobre otros órganos

- Efectos sobre el sistema nervioso central: Neurotoxicidad

Los contrastes yodados, aunque raramente, pueden afectar al sistema nervioso central cuando se administran por vía intravenosa, causando síntomas como cefalea, convulsiones y disminución del nivel de conciencia. Estos síntomas son más comunes en pacientes con una barrera hematoencefálica dañada, especialmente en niños y cuando se administran por vía intraarterial en angiografías cerebrales o medulares, o en estudios coronarios con grandes dosis de contraste. La inyección intratecal es propensa a causar síntomas neurológicos, siendo la toxicidad más significativa en contrastes iónicos en comparación con los no iónicos. Es importante verificar las preparaciones y concentraciones adecuadas para inyección intratecal en fichas de productos específicas para evitar daños neurológicos graves y potencialmente mortales.

- Efectos sobre el sistema cardiovascular: Cardiotoxicidad

Los contrastes yodados pueden afectar la función cardíaca, disminuyendo la contractilidad miocárdica y, con mayor frecuencia, causando alteraciones en el sistema de conducción cardíaca y aumentando el riesgo de arritmias. Estos efectos son más pronunciados con los contrastes iónicos y cuando se inyectan directamente en las arterias coronarias. La administración intravenosa puede aumentar la precarga cardíaca, particularmente con contrastes hiperosmolares, lo que puede ser relevante en pacientes con una función cardíaca debilitada.

- Efectos relacionados directamente con la hiperosmolaridad

La inyección rápida de contrastes hiperosmolares produce a veces dolor en el miembro o en la región de la inyección. Este efecto es más frecuente con la inyección intraarterial. También las náuseas y los vómitos son mucho más frecuentes cuando se administra por vía intravascular un monómero iónico que cuando se emplean preparados de menor osmolaridad.

Glándula tiroides y los contrastes yodados

El impacto del yodo en la glándula tiroidea se relaciona con la presencia de yodo libre en la sustancia. Es esencial mantener una concentración de yodo libre por debajo de los 50 µg/ml al utilizar un contraste hidrosoluble con una concentración de 300 mgI/ml. Dado que las moléculas del contraste pueden liberar yodo en el cuerpo, la absorción de este dependerá del tiempo durante el cual el contraste circule en el torrente sanguíneo. Los individuos con riesgo de desarrollar hipertiroidismo debido al yodo son aquellos que tienen antecedentes de enfermedad tiroidea, especialmente en casos graves o con múltiples nódulos. Por lo tanto, esta reacción suele ser autolimitada y, en presencia de factores de riesgo, el yodo puede inducir tirotoxicosis, lo que es más común en personas mayores. En pacientes con factores de riesgo, se recomienda administrar el contraste solo si el diagnóstico lo justifica después de haber evaluado otros exámenes.

Procedimientos realizados en tomografía

Aunque los procedimientos llevados a cabo en el servicio de tomografía son variados, a continuación, se describen de manera concisa los exámenes que se incorporaron para llevar a cabo esta investigación.

1. Neuroimagen

A. Cuello: los estudios radiológicos son esenciales para determinar el origen, la localización y la extensión de las lesiones que afectan las glándulas salivales, la glándula tiroides, la faringe, la laringe y la cavidad oral. La TC se recomienda en los siguientes casos:

- Sospecha y estadificación de patología tumoral
- Patología inflamatoria e infecciosa cervical
- Traumatismos
- Malformaciones vasculares
- Etc.

B. Fosa posterior y cabeza: la TC en este tipo de estudios proporciona imágenes rápidas, no invasivas, de cerebro y cráneo. Visualiza con detalle fino el hueso (pero no el contenido) de la fosa posterior, la base del cráneo y el conducto raquídeo. Las principales indicaciones de la TC craneal, aunque no son las únicas, son:

- Traumatismo craneoencefálico
- Sospecha de hemorragia intracraneal aguda
- Accidente cerebrovascular agudo
- Sospecha de aneurisma intracraneal

C. Senos paranasales: en este caso la TC es la técnica de elección para la valoración de los senos paranasales y las estructuras adyacentes permitiendo diferenciar mejor que cualquier otra técnica entre hueso, aire y partes blandas. Las indicaciones de la TC de los senos paranasales son:

- Anomalías congénitas
- Lesiones Oseas
- Traumatismo facial
- Sinusitis complicadas
- Etc.

D. Orbita: la TC orbital se recomienda en los siguientes casos

- Anomalías congénitas
- Traumatismo orbitario y ocular
- Sospecha de cuerpo extraño
- Patología inflamatoria aguda
- Etc.

2. Tórax: la TC torácica es una técnica de imagen que cumple un papel importante en la evaluación diagnóstica de la patología pulmonar y mediastínica. Las indicaciones para este tipo de estudios son:

- Evaluación de alteraciones descubiertas en la radiografía de tórax

- Evaluación de manifestaciones torácicas de enfermedades extratorácicas
- Evaluación del trauma torácico
- Sospecha clínica de tromboembolismo pulmonar
- Etc.

3. Abdomen y pelvis: este tipo de estudio exige una revisión sistemática craneocaudal de cada órgano y aparato intraabdominal. Las indicaciones para su realización incluyen a los siguientes casos:

- Dolor abdominal o de pelvis (Apendicitis o Calculo urinario)
- Masas renales o adrenales
- Lesiones hepáticas
- Complicaciones de cirugías pélvicas
- Traumatismos pélvicos
- Etc.

Preparación y manejo del paciente

Como preparación previa, se puede indicar al paciente que no coma ni beba durante varias horas antes del examen, sobre todo si se va a utilizar, o existe la posibilidad de necesitar, la inyección de un medio de contrastes

Una vez que el paciente es recibido en la admisión de radiología, se le informa la ubicación exacta de la sala de espera, donde aguardara a ser llamado por el técnico. Por lo menos en dos ocasiones (al recibir la orden médica y al pasar al paciente al servicio) se verificará su identidad.

Se debe informar al paciente sobre el estudio que se le va a realizar, así como sus riesgos y beneficios, a fin de procurar su tranquilidad y máxima colaboración. Los pacientes podrían no estar bien informados sobre aspectos del estudio que se va a realizar, tales como la duración del mismo, la necesidad del uso de contrastes, etc.

Seguidamente, se hará una entrevista al paciente para conocer si se encuentra en ayunas, si está tomando medicación pautada, si sufre alguna enfermedad conocida (Patologías del corazón, problemas de asma, diabetes, enfermedades renales o de tiroides) y si sufre cuadros alérgicos, en especial a los medios de contrastes. Es muy

importante recoger el consentimiento informado, ya firmado, para constatar que el paciente tiene conocimiento de lo que se va a hacer y autoriza la realización del estudio, y que está completamente de acuerdo con él.

El objetivo del consentimiento informado es proporcionar al paciente la oportunidad de ser partícipe de sus actos y decisiones. Este documento incluye los siguientes componentes:

- Explicación del procedimiento
- Alternativas posibles
- Riesgos y beneficios
- Evaluación de la comprensión del paciente

El paciente debe llevar ropa cómoda para el examen. Se tiene que colocar en posición decúbito supino sobre la mesa del equipo, intentando que este lo más cómodo posible, también se deben retirar todos aquellos objetos metálicos que puedan provocar artefactos en la imagen, ya que producen una imagen similar a un destello en forma de estrella que limita la correcta visualización de las estructuras próximas al objeto.

Durante todo el estudio, se debe observar cualquier cambio que haga sospechar de una posible reacción adversa al medio de contraste empleado o cualquier alteración de las constantes vitales. En caso de inyectar un medio de contraste, se debe informar al paciente que puede notar una sensación de calor repentina y un gusto a sabor metálico en su boca que dura poco tiempo. Se debe intentar minimizar los artefactos causados por los movimientos del paciente, tanto voluntarios como involuntarios (temblores, respiración dificultosa, latido cardíaco, etc.). De igual manera, se debe ajustar lo máximo posible el posicionamiento del paciente, ampliando el campo de visión a la zona estrictamente necesaria para el estudio, sin que ninguna estructura o zona de la exploración quede fuera del campo de visualización.

Siempre que sea posible y su utilización no interfiera en el estudio, se deben utilizar medios de protección radiológicos, tales como chalecos plomados, protectores tiroideos, gonadales oculares, mamarios, para reducir en la medida de lo posible la dosis recibida.

Figura 4: Chaleco plomado, protector tiroideo y gafas plomadas



Fuente: SERMEDICAR

Para el correcto posicionamiento de la zona anatómica o de la estructura a estudiar, los equipos disponen de una luz láser de centraje que ayuda a su correcta ubicación. Se le debe explicar al paciente que durante la exploración permanecerá solo en la sala de examen, pero que en todo momento estará siendo observado y escuchado para satisfacer sus posibles necesidades

Posicionamiento e inmovilización del paciente

La mesa de exploración es el lugar donde se posiciona al paciente para realizar el estudio. Las mesas están construidas con un material que permiten acomodar confortablemente al paciente. Están fabricadas con materiales de baja impedancia (fibra de carbono) para que no interfieran con la transmisión del haz de rayos X. Su reducido número atómico permite obtener laminas finas y al mismo tiempo altamente resistentes. Las mesas tienen cabezales intercambiables que se acomodan a la anatomía del paciente y que se pueden cambiar según el tipo de estudio a realizar, ayudando a su óptimo centraje. Una mesa de exploración está preparada para soportar pesos elevados (superiores a 200kg).

Según el tipo de estudio que se vaya a realizar, se deben seguir una serie de normas a la hora de colocar al paciente en la mesa de exploración.

Estudios de cráneo

En este tipo de estudios, se debe posicionar al paciente en decúbito supino con ambos brazos estirados a lo largo del cuerpo. La cabeza se debe situar simétricamente al eje del equipo para que la imagen no se obtenga con rotación. El uso de dispositivos de gomaespuma o de otro material similar ayuda a que el paciente quede inmovilizado para el estudio. Se debe colocar un protector ocular y tiroideo para reducir la dosis de radiación en estos órganos.

Estudios de cuello o cervicales

En este tipo de estudios la colocación del paciente es idéntica a la utilizada para los estudios de cráneo, únicamente varía el punto de referencia del centraje

Estudios de tórax y abdomen

En este caso, el paciente se debe colocar en posición decúbito supino con ambos brazos semiflexionados por encima de la cabeza, permitiendo que se apoyen para evitar movimientos que invaliden el estudio.

Responsabilidad legal del radiólogo

La responsabilidad legal derivada del ejercicio profesional constituye una fuente constante de inquietud para los radiólogos, preocupación que surge a raíz del continuo aumento de las demandas judiciales. El ámbito de la responsabilidad profesional es jurídicamente complejo y dinámico, experimentando un desarrollo constante tanto en términos teóricos como prácticos.

En nuestra especialidad, persisten cuestiones doctrinales sin resolver, como la naturaleza del acto radiológico (ya sea de medios, de resultado o de seguridad), la posibilidad de responsabilidad objetiva (sin culpa), el régimen de responsabilidad (aquiliano o contractual) y el modelo de delegación de funciones. Todo esto ha contribuido a generar una sensación de inseguridad, agravada por el desconocimiento natural de estos conceptos y categorías jurídicas por parte de los radiólogos, así como la existencia de una racionalidad diferente entre los facultativos y los profesionales del Derecho.

La administración de un medio de contraste es un procedimiento de alta seguridad, dada la escasa incidencia de efectos adversos por unidades de actividad. Sin embargo, sigue siendo motivo de preocupación para los radiólogos

Nociones básicas sobre la responsabilidad legal

Responsabilidad profesional del radiólogo: Se entiende por esto a la obligación de reparar o compensar los daños producidos cuando derivan de la materialización del acto radiológico. No existe un régimen de responsabilidad particular o diferente de los radiólogos respecto al resto de otros profesionales sanitarios. El campo de la responsabilidad profesional tiene tres vertientes:

1. Responsabilidad civil

La responsabilidad civil consiste en la asunción de las consecuencias de un daño, normalmente traducidas en una estimación económica (indemnización). El art. 1.902 del Código Civil dice: «el que por acción u omisión causa daño a otro está obligado a reparar el daño causado».

Toda hipótesis de responsabilidad civil derivada de un acto radiológico presupone la existencia de:

- Un daño efectivo. La conducta que se reprocha al radiólogo siempre debe causar un daño efectivo y cuantificable, entendiendo por tal cualquier menoscabo de tipo físico, psíquico o moral.
- Una culpa. Supone la existencia de «falta del debido cuidado», que en términos jurídicos genéricos sería apartarse de «toda la diligencia de un buen padre de familia» y aplicado a la actividad radiológica implica una acción u omisión no ajustada a la *lex artis* y causada por negligencia, ignorancia o impericia.
- Un nexo causal. El daño referido debe ser consecuencia de la culpa

2. Responsabilidad penal

El sistema legal define y castiga conductas delictivas mediante el Código Penal, imponiendo responsabilidad penal mediante penas con el objetivo de castigar y rehabilitar al delincuente. Aunque la responsabilidad penal no busca compensar a la víctima, conlleva una responsabilidad civil asociada al acto delictivo. En caso de una

sentencia condenatoria, esta debe abordar la responsabilidad civil resultante, a menos que el querellante haya reservado la acción civil para reparación del daño. Entre los radiólogos, esta responsabilidad genera temor debido a las posibles consecuencias penales como prisión, inhabilitación o multa, siendo una opción frecuente por su rapidez procesal y eficacia en la obtención de pruebas periciales y resolución de indemnizaciones.

La diferencia que hay con la responsabilidad civil es distinta teniendo en cuenta su finalidad. La responsabilidad penal sanciona, castiga (prisión, multa e inhabilitación para desempeñar la profesión), mientras que la civil repara un daño a través de una indemnización. Su carácter es personal. La responsabilidad penal es siempre personal (radiólogo), mientras que en la civil el responsable puede ser una persona física o jurídica (el hospital, la organización).

3. Responsabilidad administrativa o patrimonial de las administraciones públicas

En el ámbito sanitario la Administración deberá responder ante el paciente de un daño derivado del funcionamiento de la asistencia sanitaria a cargo del Servicio de Salud Público correspondiente. La Ley de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común y su reglamento en materia de responsabilidad patrimonial, establecen el derecho de los particulares a ser indemnizados por las Administraciones Públicas de toda lesión que sufran en cualquiera de sus bienes y derechos como consecuencia del funcionamiento de los servicios públicos. En 1998 entró en vigor la nueva ley reguladora de la Jurisdicción Contencioso-Administrativa, que repercute claramente en la tramitación y el planteamiento de la responsabilidad profesional sanitaria en el sector público.

Consideraciones sobre los medios de contraste: Régimen de delegación

Es crucial distinguir entre la prescripción y la aplicación.

- La **prescripción** no puede delegarse y se lleva a cabo mediante órdenes directas o protocolos generales después de revisar solicitudes.

- La **aplicación** es una actividad delegada realizada por el personal colaborador, como los DUE, con un nivel de control de tercer orden. La responsabilidad operativa recae en dicho personal.

En cuanto a la administración de medios de contraste por vía intravenosa por parte de los Técnicos Radiólogos, hay dos perspectivas opuestas:

- Según una perspectiva, al ser una actividad delegada por el radiólogo, los TER pueden llevar a cabo esta función, asumiendo el radiólogo el riesgo total por los resultados. Esto podría aplicarse en actividades radiológicas no reguladas administrativamente o estatutariamente.

- La otra perspectiva sostiene que el radiólogo solo puede delegar esta actividad a los ATS/DUE, cuyo estatuto legal les reconoce específicamente estas funciones. La jurisprudencia respalda esta posición, indicando que los técnicos no pueden realizar actividades propias de los ATS/DUE por razones de capacidad legal. En los Servicios Públicos de Salud, por seguridad jurídica, se aconseja seguir esta posición.

Estudio empírico

Objetivos específicos:

- Determinar cuáles son las reacciones inmediatas referidas por los pacientes, en estudios con medios de contrastes iónicos
- Identificar las reacciones inmediatas referidas por los pacientes, en estudios con medios de contraste no iónicos
- Detectar reacciones adversas al yodo entre distintos sexos, edades, tipo de contraste y tipo de estudios realizados

Método

Tipo de estudio y Diseño

Según Pineda, Alvarado y Canales (1994) se puede clasificar este trabajo según el tiempo de ocurrencia de los hechos y registros de la información como un estudio prospectivo ya que hubo un registro de la información según iban ocurriendo los fenómenos. En función del período y secuencia del estudio, se clasifica como transversal ya que las variables estudiadas fueron registradas en un periodo de tiempo a través de la muestra obtenida por la población. En relación al análisis y alcance de los resultados, se lo considera descriptivo ya que permitirá examinar las reacciones adversas al yodo, estableciendo así una base sólida para comprender cuales se presentan con mayor frecuencia.

El estudio se llevó a cabo en el efector privado “Los Laureles” de la ciudad de Rosario, ubicada en el sur de la provincia de Santa Fe, República Argentina, el mismo cuenta con un servicio de Tomografía compuesto por técnicos radiólogos. Los pacientes que ingresan al servicio participaron como población objetivo.

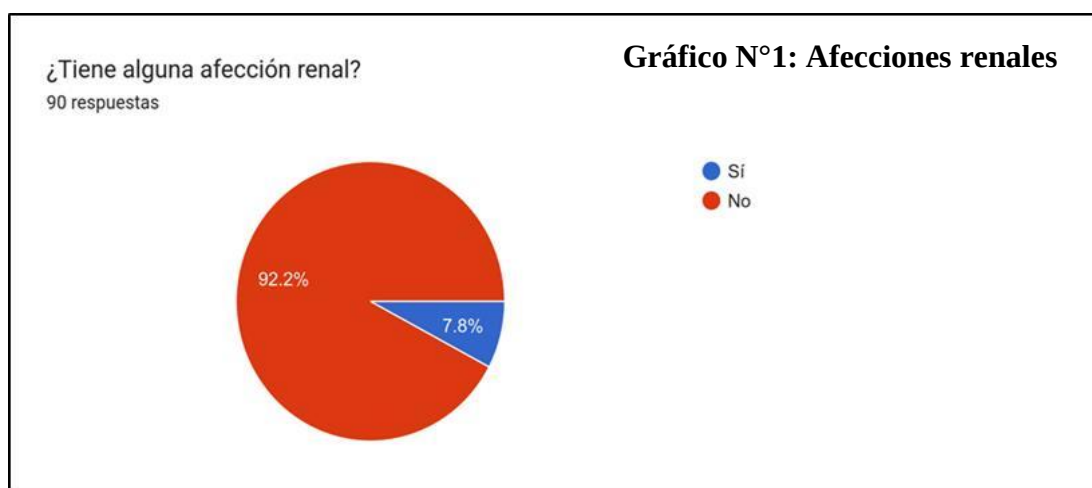
El diseño fue elegido con el objetivo de ofrecer una perspectiva clara y minuciosa de las variables de interés, concentrándose en las reacciones adversas al yodo que presenta un paciente cuando acude a un servicio de tomografía para realizarse un estudio.

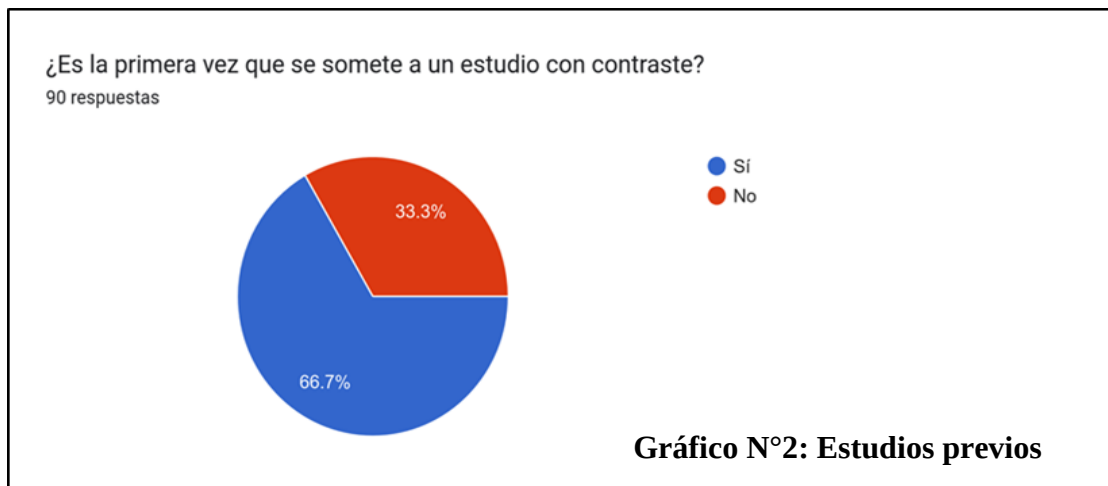
Población y muestra

- 1) Población: La población a la cual se dirigió este trabajo son todos los pacientes adultos del servicio de tomografía que se realizaron estudios bajo la utilización de un medio de contraste yodado en el efector privado “Los Laureles” durante los días martes, jueves y viernes en el periodo comprendido entre el 2/10/2023 al 15/12/2023 en el turno tarde, de 13 a 16hs. La encuesta fue destinada a pacientes adultos que concurrían a realizarse estudios en el servicio de tomografía con contraste yodado
- 2) Muestra: Muestreo aleatorio simple de pacientes que cumplen con los criterios de inclusión.

Como se exhibe en el Gráfico 1, la mayoría de los participantes no presenta afecciones renales y dos tercios de ellos manifiesta que es la primera vez que se realizó un estudio tomográfico con administración de medio de contraste yodado, mientras que un tercio tiene experiencia previa en este tipo de estudios (ver Gráfico 2).

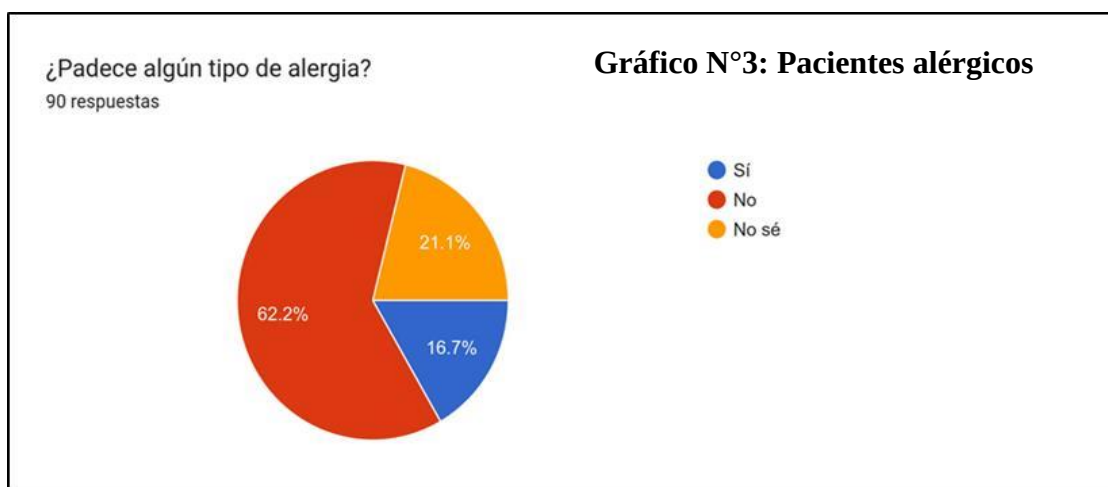
Gráfico N°1:





En el gráfico 3 se muestran los porcentajes obtenidos al consultar a los pacientes sobre si padecían algún tipo de alergia, la proporción es baja, prevaleciendo la respuesta negativa y una proporción que manifiesta no saber.

Gráfico N°3



Variables

Variable independiente:

Las variables independientes de esta investigación se centran en factores que podrían influir en la frecuencia y naturaleza de las reacciones adversas en pacientes sometidos a estudios tomográficos. La primera variable, “Tipo de contrastes utilizado”, distingue entre medios de contraste yodados iónicos y no iónicos. La segunda

variable, “Sexo del paciente”, clasifica a los pacientes según su sexo, permitiendo evaluar posibles diferencias en las reacciones adversas entre hombres y mujeres. Estas variables independientes son fundamentales para identificar patrones y asociaciones significativas que contribuirán a la comprensión detallada de las reacciones adversas al yodo en el contexto específico del servicio de tomografía.

Variable dependiente:

Este tipo de variable busca determinar la presencia o ausencia de reacciones adversas experimentadas por los pacientes durante o después de los estudios tomográficos con medios de contraste yodados. Al categorizar estas respuestas dicotómicamente en “sí o no” se proporciona una evaluación clara de la incidencia y naturaleza de las reacciones adversas en este contexto específico del servicio de tomografía. Se busca entender como varían las reacciones adversas en función de las variables independientes.

Material y procedimiento

Se utilizó un cuestionario autoadministrado compuesto por 10 preguntas que indagaban sobre el tipo de estudio, estudios previos con yodo, afecciones renales, posesión de ambos riñones, historial de alergias, y la presencia de reacciones adversas después del estudio. Dentro de la misma se incorporaron preguntas sobre el sexo y la edad y otras relativas a los posibles síntomas que pudieron haber surgido durante el estudio, también se recolectó el dato sobre el tipo de contraste a utilizar y la cantidad. Dentro de los síntomas que presentaron los pacientes se incluyeron mareos, náuseas, sensación de calor generalizado y tos.

Resultados

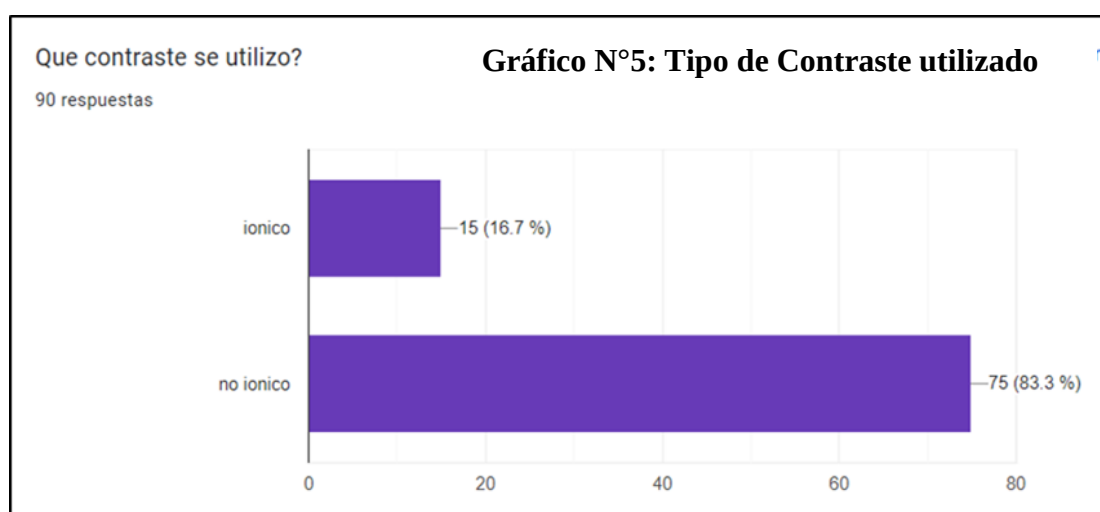
En relación al *Tipo de estudios realizados*, se puede observar en la Tabla 1 que la tomografía de tórax es el estudio que más se realizaron los participantes, seguida por los estudios de abdomen y pelvis, luego por los de cráneo y finalmente los estudios de cuello-cervicales.

Tabla 1: Tipo de estudios realizados

¿Qué tipo de estudio se realizó?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Abdomen y pelvis	25	27,8	27,8	27,8
	Cráneo	27	30,0	30,0	57,8
	Cuello-cervicales	5	5,6	5,6	63,3
	Tórax	33	36,7	36,7	100,0
	Total	90	100,0	100,0	

En lo que hace al *Tipo de Contraste utilizado*, de los datos expuestos en el Gráfico 4 se desprende la amplia prevalencia del contraste yodado no iónico por sobre el iónico.

Gráfico N°4:



Al indagar en los participantes si habían presentado algún síntoma, en la Tabla 2 se puede observar que más de la mitad de la muestra, más de dos tercios para ser más específicos, respondió afirmativamente.

Tabla 2: Presencia de Síntomas

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	No	27	30,0
	Sí	63	70,0
	Total	90	100,0

Al subgrupo que manifestó experimentar síntomas (63 participantes) se le solicitó que los detallara. Como se muestra en la Tabla 3, prevalecen el calor, la dificultad para respirar y calor, y dolor de cabeza. En proporciones menores, la mitad, se observa también los mareos y las náuseas o vómitos.

Tabla 3: Síntomas experimentados

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Sin síntomas	27	30,0
	Calor	11	12,2
	Dificultad para respirar	10	11,1
	Dificultad para respirar, Calor	3	3,3
	Dolor de cabeza	10	11,1
	Dolor de cabeza, Calor	1	1,1
	Dolor de cabeza, Dificultad para respirar	1	1,1
	Dolor de cabeza, Mareos	1	1,1
	Dolor de cabeza, Mareos, Calor	1	1,1
	Mareos	6	6,7
	Mareos, Calor	1	1,1
	Mareos, Urticaria	1	1,1
	Nauseas o vomito	5	5,6
	Nauseas o vomito, Calor	2	2,2
	Nauseas o vomito, Dolor de cabeza, Mareos, Picazón, Dificultad para respirar, Calor	1	1,1
	Nauseas o vomito, Mareos	1	1,1
	Nauseas o vomito, Mareos, Picazón, Urticaria	1	1,1
	Nauseas o vomito, Mareos, Urticaria, Dificultad para respirar, Calor	2	2,2
	Nauseas o vomito, Picazón, Dificultad para respirar, Calor	1	1,1
	Picazón	1	1,1
	Picazón, Calor	1	1,1
	Picazón, Urticaria	1	1,1
	Urticaria	1	1,1
	Total	90	100,0

Reacciones adversas en función de diferencias de grupo

Tabla 4: Reacciones adversas por tipo de estudio realizado

		¿Qué tipo de estudio se realizó?				
		Abdomen y pelvis Recuento	Cráneo Recuento	Cuello- cervicales Recuento	Tórax Recuento	
¿Tuvo algún síntoma durante el estudio?	No	11	7	2	7	27
	Sí	14	20	3	26	63
		25	27	5	33	

Como se observa en la Tabla 4, de los 63 pacientes que experimentaron síntomas durante el estudio, la mayor proporción corresponde a quienes se hicieron estudios de tórax (26 sobre 33), luego cráneo (20 sobre 27), abdomen y pelvis y finalmente cuello y cervicales. En los distintos tipos de estudio, más de la mitad de los participantes manifiestan tener reacciones adversas.

Al analizar los síntomas experimentados en función del sexo de los participantes, como se muestra en la Tabla 5, la mayor proporción corresponde a los hombres (57%, 36 /63).

Tabla 5: Reacciones adversas según sexo del paciente

		Sexo		
		Hombre	Mujer	Total
¿Tuvo algún síntoma durante el estudio?	No	10	17	27
	Sí	36	27	63
Total		46	44	90

Al indagar en la especificidad de los síntomas experimentados, en la Tabla 6 se puede observar que los hombres manifiestan haber sentido calor y dolor de cabeza principalmente, seguido por dificultad para respirar y mareos. Por su parte, las mujeres explicitan dificultad para respirar, náuseas o vómitos y mareos.

Tabla 6: Síntomas experimentados según Sexo

		Sexo		Total
		Hombre	Mujer	
En caso de responder si, ¿Cuál/es?		10	17	27
	Calor	8	3	11
	Dificultad para respirar	4	6	10
	Dificultad para respirar, Calor	1	2	3
	Dolor de cabeza	8	2	10
	Dolor de cabeza, Calor	1	0	1
	Dolor de cabeza, Dificultad para respirar	1	0	1
	Dolor de cabeza, Mareos	1	0	1
	Dolor de cabeza, Mareos, Calor	0	1	1
	Mareos	3	3	6
	Mareos, Calor	1	0	1
	Mareos, Urticaria	1	0	1
	Nauseas o vomito	1	4	5
	Nauseas o vomito, Calor	1	1	2
	Nauseas o vomito, Dolor de cabeza, Mareos, Picazón, Dificultad para respirar, Calor	1	0	1
	Nauseas o vomito, Mareos	1	0	1
	Nauseas o vomito, Mareos, Picazón, Urticaria	0	1	1
	Nauseas o vomito, Mareos, Urticaria, Dificultad para respirar, Calor	1	1	2
	Nauseas o vomito, Picazón, Dificultad para respirar, Calor	0	1	1
	Picazón	1	0	1
	Picazón, Calor	0	1	1
	Picazón, Urticaria	1	0	1
	Urticaria	0	1	1
Total		46	44	90

Teniendo en cuenta la edad de los participantes, agrupados en 40 años y menos y 41 años y más, de quienes dicen haber tenido síntomas el 66% (42/63) es mayor de 41 años (ver Tabla 7).

Tabla 7: Síntomas experimentados según Edad

		¿Tuvo algún síntoma durante el estudio?		Total
		No	Sí	
Edad	40 años y -	8	21	29
	41 años y +	19	42	61
Total		27	63	90

Al detallar los síntomas experimentados, la Tabla 8 muestra que los participantes de 40 años o menos no exhiben una alta proporción de respuestas en un síntoma que destaque mientras que el grupo mayor de 41 años manifiesta calor, dolor de cabeza y dificultad para respirar y mareos en mayor frecuencia.

Tabla 8: Síntomas según edad

		Edad		Total
		40 y -	41 y +	
En caso de responder si, ¿Cuál/es?		8	19	27
	Calor	1	10	11
	Dificultad para respirar	3	7	10
	Dificultad para respirar, Calor	1	2	3
	Dolor de cabeza	2	8	10
	Dolor de cabeza, Calor	0	1	1
	Dolor de cabeza, Dificultad para respirar	1	0	1
	Dolor de cabeza, Mareos	1	0	1
	Dolor de cabeza, Mareos, Calor	1	0	1
	Mareos	2	4	6
	Mareos, Calor	1	0	1
	Mareos, Urticaria	0	1	1
	Nauseas o vomito	2	3	5

	Nauseas o vomito, Calor	1	1	2
	Nauseas o vomito, Dolor de cabeza, Mareos, Picazón, Dificultad para respirar, Calor	0	1	1
	Nauseas o vomito, Mareos	1	0	1
	Nauseas o vomito, Mareos, Picazón, Urticaria	1	0	1
	Nauseas o vomito, Mareos, Urticaria, Dificultad para respirar, Calor	1	1	2
	Nauseas o vomito, Picazón, Dificultad para respirar, Calor	0	1	1
	Picazón	0	1	1
	Picazón, Calor	1	0	1
	Picazón, Urticaria	1	0	1
	Urticaria	0	1	1
Total		29	61	90

Conclusión

Este estudio, clasificado como prospectivo, transversal y descriptivo, se enfocó en analizar las reacciones adversas al yodo durante estudios tomográficos en el efector privado "Los Laureles". La población objetivo incluyó a pacientes adultos que se sometieron a estudios tomográficos con contraste yodado durante días específicos y horarios. La muestra, obtenida mediante muestreo aleatorio simple, proporcionó datos esenciales para la comprensión detallada de las variables de interés.

Se destacaron variables independientes cruciales, como el tipo de contraste utilizado y el sexo del paciente, que permitieron identificar patrones y asociaciones en las reacciones adversas. La variable dependiente se centró en la presencia o ausencia de reacciones adversas durante o después de los estudios tomográficos.

El análisis reveló una distribución equitativa de género en los pacientes que se sometieron a estudios, con una ligera mayoría de hombres. La edad promedio fue de 54 años. Se observó que los estudios de tórax fueron los más frecuentes, seguidos por los de abdomen y pelvis, cráneo, y cuello-cervicales.

La mayoría de los pacientes no tenía experiencia previa con estudios tomográficos con contraste yodado. La prevalencia de afecciones renales fue baja, con la mayoría de los pacientes reportando la ausencia de tales condiciones. Asimismo, la mayoría indicó no tener alergias conocidas.

El tipo de contraste no iónico fue el más utilizado en aproximadamente el 83.3% de los casos. La mayoría de los participantes (58.9%) informó no haber experimentado ningún síntoma durante el estudio, indicando una experiencia en su mayoría libre de molestias. La sensación de calor fue el síntoma más común, seguido por mareos, dolor de cabeza y, en menor medida, náuseas y vómitos.

El análisis detallado por sexo reveló que los hombres manifiestan haber sentido calor y dolor de cabeza principalmente, seguido por dificultad para respirar y mareos. Por su parte, las mujeres explicitan dificultad para respirar, náuseas o vómitos y mareos. La ausencia de picazón, urticaria y dificultad para respirar fue uniforme en ambos géneros.

En resumen, este estudio proporciona una visión completa de las reacciones adversas al yodo en el contexto específico del servicio de tomografía en "Los Laureles". Los resultados detallados permiten comprender mejor las variables que pueden influir en la naturaleza y frecuencia de estas reacciones, contribuyendo a una práctica clínica más informada y segura.

Bibliografía

- Revista archivo de Camagüey (2010) Reacciones adversas al yodo (http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552010000400019)
- Vañó Galván E, Uso de contrastes en TAC y Resonancia magnética. Madrid (2018) (<https://www.madridesnoticia.es/2018/01/uso-contrastes-tac-y-resonanciamagnetica>)
- Contrastes utilizados en Tomografía Axial Computada (TAC). Artículo monográfico (2022) (<https://revistasanitariadeinvestigacion.com/contrastes-utilizados-entomografia-axial-computerizada-tac-articulo-monografico/>)
- Revista Argentina de radiología. Medios de contraste en imágenes (2013) (http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-99922013000100008)
- Medios de contrastes radiológicos (<http://mcontrastetareas.blogspot.com/2010/02/evolucion-de-los-mc.html>)
- Monografía SERAM (2007) (<https://www.seram.es/images/site/medioscontrasteradiologia.pdf>)
- Hernández Sampieri. Metodología de la investigación. 6ta edición
- Canales; Alvarado; Pineda. Metodología de la investigación (1994)
- Giordano, Natali A. (2020) “Reacciones adversas al yodo en hemodinamia”

Anexo 1

Primera encuesta a pacientes

Reacciones adversas al yodo

1. Indicar:

-Hombre

-Mujer

2. ¿Qué edad tiene?

3. ¿Qué tipo de estudio se realizó?

-Cráneo

-Cuello-cervicales

-Tórax

-Abdomen y pelvis

4. ¿Es la primera vez que se somete a un estudio con contraste? En caso de responder no, ¿Cuántas veces se sometió a la administración de yodo?

5. ¿Tiene alguna afección renal?

6. ¿Posee ambos riñones?

7. ¿Padece algún tipo de alergia?

9. Indicar que tipo de contraste utilizado

-Iónico

- No iónico

10. ¿Tuvo algún síntoma durante el estudio? ¿Cuál/es?

- Nauseas o vomito

- Dolor de cabeza

- Mareos
- Picazón
- Urticaria
- Dificultad para respirar
- Calor

Anexo 2

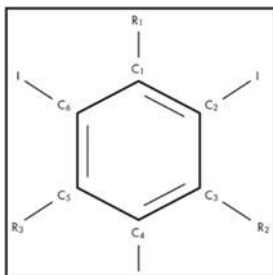
Imágenes presentes en el trabajo

Figura N°1: Calculo de la osmolaridad

$$\text{Osmolaridad} = \frac{\text{concentración- N° de partículas}}{\text{peso molecular}}$$

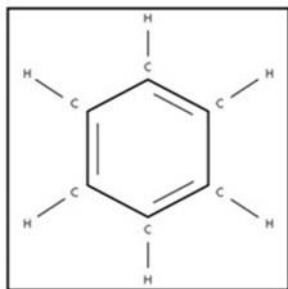
Fuente: Elaboración propia

Figura 2: Anillo de benceno con tres átomos de yodo en la posición de los carbonos 2,4 y 6



Fuente: European Society of Radiology (2015) (Sociedad Europea de Radiología)

Figura 3: Anillo de benceno con seis carbonos y seis hidrógenos, de estructura cíclica hexagonal, con tres dobles enlaces

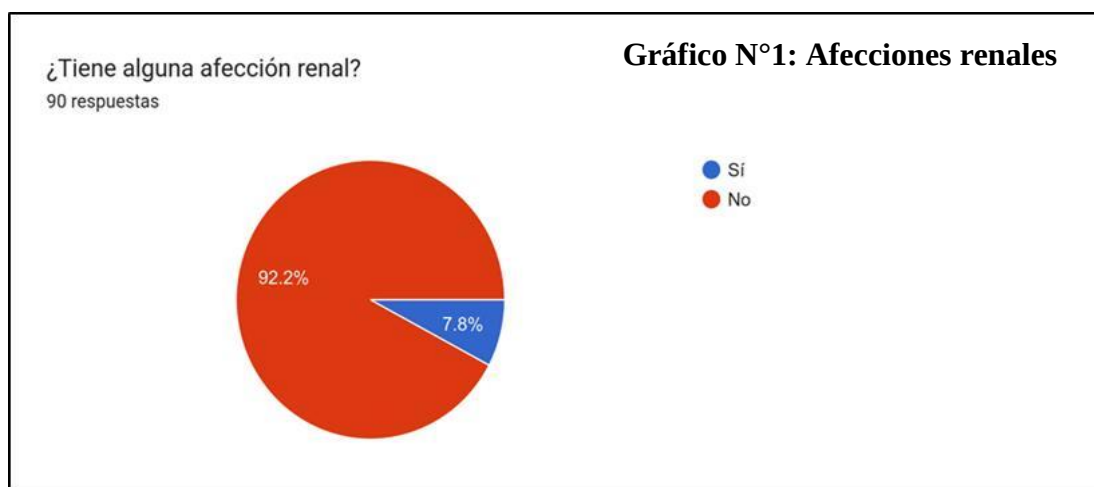


Fuente: European Society of Radiology (2015) (Sociedad Europea de Radiología)

Figura 4: Chaleco plomado, protector tiroideo y gafas plomadas



Fuente: [SERMEDICAR](#)



¿Es la primera vez que se somete a un estudio con contraste?

90 respuestas

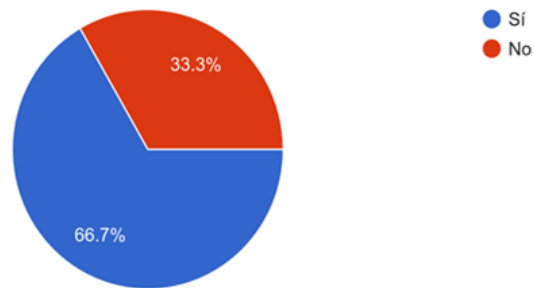


Gráfico N°2: Estudios previos

¿Padece algún tipo de alergia?

90 respuestas

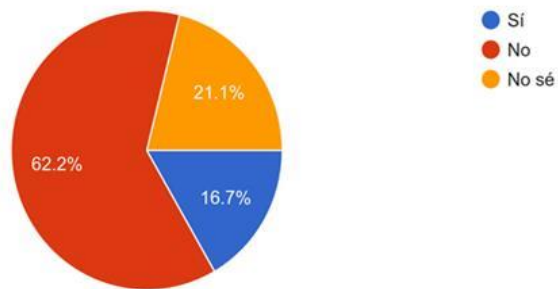


Gráfico N°3: Pacientes alérgicos

Tabla 1: Tipos de estudios realizados

¿Qué tipo de estudio se realizó?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Abdomen y pelvis	25	27,8	27,8	27,8
	Cráneo	27	30,0	30,0	57,8
	Cuello-cervicales	5	5,6	5,6	63,3
	Tórax	33	36,7	36,7	100,0
	Total	90	100,0	100,0	

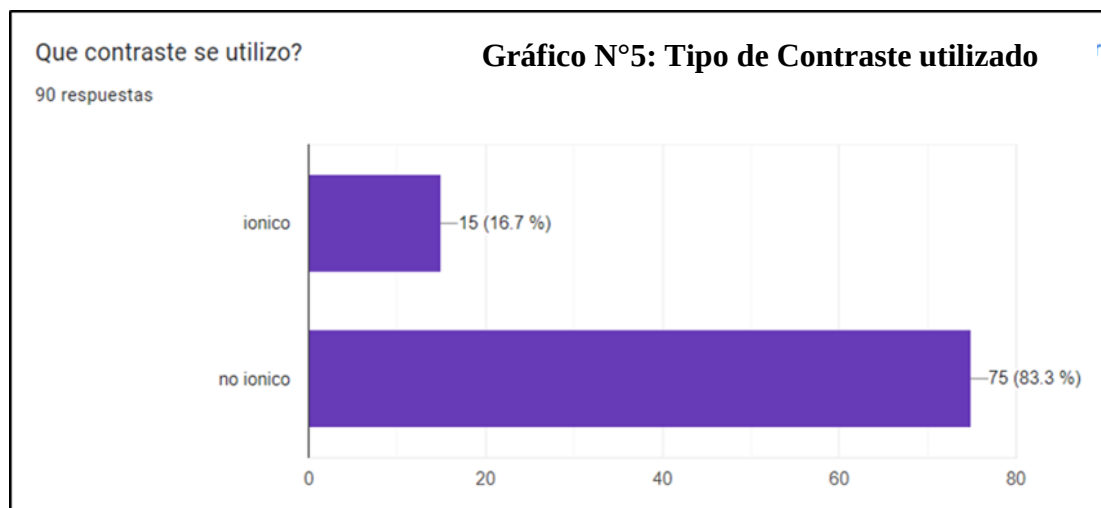


Tabla 2: Presencia de síntomas

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	No	27	30,0
	Sí	63	70,0
	Total	90	100,0

Tabla 3: Síntomas experimentados

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Sin síntomas	27	30,0
	Calor	11	12,2
	Dificultad para respirar	10	11,1
	Dificultad para respirar, Calor	3	3,3
	Dolor de cabeza	10	11,1
	Dolor de cabeza, Calor	1	1,1
	Dolor de cabeza, Dificultad para respirar	1	1,1
	Dolor de cabeza, Mareos	1	1,1
	Dolor de cabeza, Mareos, Calor	1	1,1
	Mareos	6	6,7
	Mareos, Calor	1	1,1
	Mareos, Urticaria	1	1,1
	Nauseas o vomito	5	5,6
	Nauseas o vomito, Calor	2	2,2
	Nauseas o vomito, Dolor de cabeza, Mareos, Picazón, Dificultad para respirar, Calor	1	1,1
	Nauseas o vomito, Mareos	1	1,1
	Nauseas o vomito, Mareos, Picazón, Urticaria	1	1,1

Nauseas o vomito, Mareos, Urticaria, Dificultad para respirar, Calor	2	2,2
Nauseas o vomito, Picazón, Dificultad para respirar, Calor	1	1,1
Picazón	1	1,1
Picazón, Calor	1	1,1
Picazón, Urticaria	1	1,1
Urticaria	1	1,1
Total	90	100,0

Tabla 4: Reacciones adversas (Síntomas) por tipo de estudio realizado

		¿Qué tipo de estudio se realizó?				
		Abdomen y pelvis Recuento	Cráneo Recuento	Cuello- cervicales Recuento	Tórax Recuento	
¿Tuvo algún síntoma durante el estudio?	No	11	7	2	7	27
	Sí	14	20	3	26	63
		25	27	5	33	

Tabla 5: Reacciones adversas según sexo del paciente

		Sexo		
		Hombre	Mujer	Total
¿Tuvo algún síntoma durante el estudio?	No	10	17	27
	Sí	36	27	63
Total		46	44	90

Tabla 6: Síntomas experimentados según Sexo

		Sexo		Total
		Hombre	Mujer	
En caso de responder si, ¿Cuál/es?		10	17	27
	Calor	8	3	11
	Dificultad para respirar	4	6	10
	Dificultad para respirar, Calor	1	2	3
	Dolor de cabeza	8	2	10
	Dolor de cabeza, Calor	1	0	1
	Dolor de cabeza, Dificultad para respirar	1	0	1
	Dolor de cabeza, Mareos	1	0	1
	Dolor de cabeza, Mareos, Calor	0	1	1
	Mareos	3	3	6
	Mareos, Calor	1	0	1
	Mareos, Urticaria	1	0	1
	Nauseas o vomito	1	4	5
	Nauseas o vomito, Calor	1	1	2
	Nauseas o vomito, Dolor de cabeza, Mareos, Picazón, Dificultad para respirar, Calor	1	0	1
	Nauseas o vomito, Mareos	1	0	1
	Nauseas o vomito, Mareos, Picazón, Urticaria	0	1	1
	Nauseas o vomito, Mareos, Urticaria, Dificultad para respirar, Calor	1	1	2
	Nauseas o vomito, Picazón, Dificultad para respirar, Calor	0	1	1
	Picazón	1	0	1
	Picazón, Calor	0	1	1
	Picazón, Urticaria	1	0	1
	Urticaria	0	1	1
Total		46	44	90

Tabla 7: Síntomas experimentados según Edad

		¿Tuvo algún síntoma durante el estudio?		Total
		No	Sí	
Edad	40 años y -	8	21	29
	41 años y +	19	42	61
Total		27	63	90

Tabla 8: Síntomas según edad

		Edad		Total
		40 y -	41 y +	
En caso de responder si, ¿Cuál/es?		8	19	27
	Calor	1	10	11
	Dificultad para respirar	3	7	10
	Dificultad para respirar, Calor	1	2	3
	Dolor de cabeza	2	8	10
	Dolor de cabeza, Calor	0	1	1
	Dolor de cabeza, Dificultad para respirar	1	0	1
	Dolor de cabeza, Mareos	1	0	1
	Dolor de cabeza, Mareos, Calor	1	0	1
	Mareos	2	4	6
	Mareos, Calor	1	0	1
	Mareos, Urticaria	0	1	1
	Nauseas o vomito	2	3	5

	Nauseas o vomito, Calor	1	1	2
	Nauseas o vomito, Dolor de cabeza, Mareos, Picazón, Dificultad para respirar, Calor	0	1	1
	Nauseas o vomito, Mareos	1	0	1
	Nauseas o vomito, Mareos, Picazón, Urticaria	1	0	1
	Nauseas o vomito, Mareos, Urticaria, Dificultad para respirar, Calor	1	1	2
	Nauseas o vomito, Picazón, Dificultad para respirar, Calor	0	1	1
	Picazón	0	1	1
	Picazón, Calor	1	0	1
	Picazón, Urticaria	1	0	1
	Urticaria	0	1	1
	Total	29	61	90