



**Universidad Nacional Autónoma de México**

Facultad de Medicina

División de estudios de posgrado e investigación

Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición  
Salvador Zubirán

**Protocolo tomográfico para el diagnóstico de  
tromboembolia pulmonar en el INCMNSZ.  
Técnica, uso y resultados.**

**T E S I S   D E   P O S G R A D O**

Para obtener el diploma de especialidad médica en:

**IMAGENOLOGÍA DIAGNÓSTICA Y TERAPÉUTICA**

PRESENTA:

**Dr. Jesús Alejandro Gabutti Thomas**

Asesor de Tesis: Dra. Mariana Díaz Zamudio

México D.F Julio 2015



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

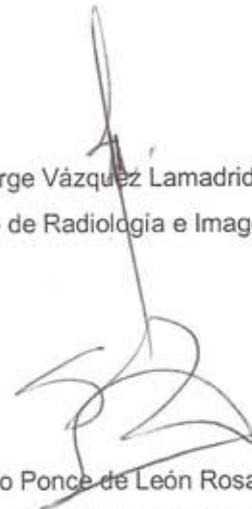
TESIS DE POSGRADO

**Protocolo tomográfico para el diagnóstico de  
tromboembolia pulmonar en el INCMNSZ. Técnica,  
uso y resultados.**



Dra. Mariana Díaz Zamudio

Médico adscrito del Departamento de Radiología e Imagen del INCMNSZ.  
Asesor de Tesis



Dr. Jorge Vázquez Lamadrid

Jefe del Departamento de Radiología e Imagen del INCMNSZ



Dr. Sergio Ponce de León Rosales  
Director de Enseñanza del INCMNSZ



**INCMNSZ**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE CIENCIAS MÉDICAS Y NUTRICIÓN  
DR. "SALVADOR ZUBIRÁN"  
DIRECCIÓN DE ENSEÑANZA  
México, D.F.

## ÍNDICE

- 1.- Introducción.
- 2.- Marco teórico.
- 3.- Justificación.
- 4.- Planteamiento del problema.
- 5.- Objetivos.
  - 5.1.- Objetivo general.
  - 5.2.- Objetivos específicos.
- 6.- Hipótesis.
- 7.- Material y métodos.
- 8.- Resultados.
- 9.- Discusión.
- 10.- Conclusiones.
- 11.- Bibliografía.

## 1 y 2. INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

La angiotomografía (angioTAC) de las arterias pulmonares en conjunto con la angioTAC venosa de los miembros pélvicos son conocidos en nuestro Instituto como protocolo para tromboembolia pulmonar (TEP).

La tromboembolia pulmonar es un diagnóstico importante que requiere ser confirmado por un método de imagen (1). La presentación clínica es poco específica, los síntomas más comunes son tos, disnea y dolor torácico (1,2). La valoración clínica de un paciente para evaluar el grado de sospecha de TEP incluye la escala de Wells (1-3). La escala de Wells permite estratificar el riesgo de presentar TEP según los signos y síntomas del paciente (tabla 1).

| Característica clínica   | Puntaje |
|--|---------|
| Signos o síntomas de TVP.  | 3.0     |
| Frecuencia cardíaca > 100 lpm.   | 1.5     |
| Inmovilización igual o mayor a 3 días (reposo en cama excepto para ir al baño) o cirugía en las 4 semanas previas. | 1.5     |
| Diagnóstico objetivo previo de TEP o TVP.  | 1.0     |
| Hemoptisis   | 1.0     |
| Cáncer (tratamiento en los últimos 6 meses o en cuidados paliativos).  | 1.0     |
| TEP como diagnóstico más probable entre otros diferenciales.   | 3.0     |

Los sujetos con una puntuación menor a 4 son considerados de bajo riesgo y aquellos con una puntuación mayor a 4 son catalogados como de alto riesgo (decisión dicotomizada) (4). Los pacientes con un puntaje mayor a 4 requieren un estudio de imagen diagnóstico. Cuando el puntaje obtenido mediante la escala

de Wells es menor a 4, se debe determinar la concentración sérica del dímero-D (2). El dímero-D es un producto de la degradación de la fibrina, es altamente sensible pero poco específico para el diagnóstico de TEP debido a que cualquier estado trombótico puede elevar su concentración (5). Los pacientes catalogados con un riesgo bajo pero con una concentración de dímero D elevada requieren un estudio de imagen para confirmar o descartar el diagnóstico de TEP (2).

Al ser confirmado la TEP el manejo y pronóstico del paciente se ven modificados de forma importante.

La angiografía digital se considera el método de referencia para el diagnóstico de la TEP (13). Sin embargo la angiografía pulmonar es una técnica invasiva la cual no está exenta de complicaciones importantes.

La tomografía axial computarizada (TAC) es un método de imagen ampliamente disponible. Los tomógrafos multidetector con capacidad de realizar 16 o más cortes permiten obtener imágenes con gran velocidad y excelente resolución espacial (6). Actualmente se considera a la angioTAC como el estudio de elección para el diagnóstico de la TEP (1-4,6). La sensibilidad y especificidad reportada es de 83% y 95% respectivamente (6). La sensibilidad para el diagnóstico de TEP incrementa al 90% cuando se combina la angio TAC pulmonar con la angioTAC venosa de miembros pélvicos (6). La tomografía también permite identificar diagnósticos diferenciales que expliquen la sintomatología del paciente cuando el estudio descarta la presencia de TEP.

Sin embargo, la técnica con la cual se realiza este estudio es compleja. Se deben tomar en cuenta muchos factores para lograr una atenuación adecuada del árbol arterial pulmonar. La sensibilidad y especificidad para el diagnóstico de TEP se pueden ver comprometidos en aquellos casos en que la angioTAC no sea de calidad diagnóstica (2,5). Se considera un estudio técnicamente satisfactorio para el diagnóstico de TEP aguda cuando la atenuación de la arteria pulmonar principal es de 200 unidades Hounsfield (uH) o más (8). En nuestra institución empleamos un corte de 250 uH para establecer que el estudio es técnicamente adecuado.

La opacificación de la arteria pulmonar y la calidad del estudio pueden verse comprometidos por diversos factores, algunos no dependientes del operador que realiza el estudio, como la frecuencia cardiaca, artificios por movimiento y la cooperación del paciente.

Otros factores a considerar es la vía de administración el medio de contraste (MDC) endovenoso, su concentración, la velocidad de inyección y el momento de adquisición.

Los accesos venosos periféricos son la vía de elección para administrar el medio de contraste. Cuando no se cuenta con estos puede ser utilizado catéter venoso central de abordaje yugular o subclavio, aunque esto implica disminuir el caudal de inyección

El acceso venoso periférico debe localizarse en la fosa antecubital y debe contar con un calibre 18-20 gauge idealmente (9). Esto permite obtener un caudal de inyección adecuado. La velocidad de administración del MDC para realizar una angiotomografía arterial pulmonar es de 4-5 ml/s seguido por una inyección de solución salina isotónica (8).

Catéteres periféricos de menor calibre y accesos distales a la fosa antecubital incrementan la presión al momento de la inyección del MDC y en consecuencia se aumenta el tiempo del inyección.

El resultado es un bolo de contraste más diluido con una menor atenuación, sin obviar el incremento en el riesgo de extravasación.

Las catéteres venosos centrales (CVC) de acceso yugular o subclavio pueden ser utilizados para la administración del MDC. Se han descrito, de forma anecdótica complicaciones como ruptura o dislocación del catéter posterior a su uso.

La ventaja de esta vía de administración recae en que el medio de contraste es entregado directamente en la aurícula derecha, por lo cual se obtienen una mayor atenuación de la circulación pulmonar al disminuir la dilución con la sangre periférica., por otro lado puede condicionar incremento en artificios por flujo de medio de contraste altamente hiperdenso en la vena cava superior.

La concentración del medio de contraste puede modificar la velocidad de inyección, debido a que a mayor concentración la viscosidad del MDC incrementa, lo cual dificulta alcanzar una velocidad de infusión adecuada. Este

fenómeno puede disminuirse al incrementar la temperatura del MDC para reducir su viscosidad.

Para obtener una atenuación óptima en la circulación arterial pulmonar es necesario adquirir las imágenes en el momento en el cual el contraste se encuentra en las cavidades cardiacas derechas y en la circulación pulmonar arterial principalmente (5). Este momento se encuentra comprendido en una ventana de tiempo entre el inicio de la inyección del MDC y la atenuación máxima de la arteria pulmonar. El pico de atenuación pulmonar no es constante en todos pacientes. Se han desarrollado dos técnicas principales para conocer el tiempo preciso de adquisición.

El “test-bolus” es una técnica en la cual se administra un bolo de contraste generalmente de 20 ml (9). A continuación se realizan múltiples adquisiciones seriadas de un corte y con baja dosis de radiación a nivel de la arteria pulmonar principal, conocido como fase de monitoreo (9). Una vez adquiridas las imágenes se coloca un ROI (región de interés por sus siglas en inglés) en la arteria pulmonar principal y se visualiza de forma grafica la curva de atenuación de la arteria pulmonar con respecto al tiempo, tomando como cero el inicio de la inyección del MDC. El tiempo en el cual se alcanza el pico de atenuación en la arteria pulmonar es el ideal para adquirir las imágenes definitivas.

La técnica alternativa es el “bolus-tracking”. Consiste en adquirir múltiples imágenes con baja radiación a nivel de la arteria pulmonar durante la inyección definitiva del MDC (9). El inicio de la adquisición del estudio es determinado en

tiempo real ya sea de forma automática o manual cuando la arteria pulmonar alcanza el umbral de atenuación deseado, generalmente 80-100 uH (9). No se utiliza el corte de 250 uH debido a que se comprende un retardo entre la detección del contraste y el moviendo de la mesa de tomógrafo para colocar al paciente en posición ideal para adquirir las imágenes definitivas. Se asume que la atenuación aumenta durante este momento.

La selección de la técnica para realizar la angiotomografía arterial pulmonar es determinada principalmente según la preferencia del operador.

Ambas técnicas permiten, en teoría, adquirir imágenes con calidad diagnóstica.

Se han comparado el rendimiento de ambas técnicas en estudios previos, donde se reporta que la arteria pulmonar principal alcanza una mayor atenuación cuando se emplea la técnica de “bolus-tracking” (9).

El “test-bolus” nos permite tener una visión previa de la dinámica del contraste en la circulación pulmonar, esto incluye la vía de administración. Si durante la prueba no se observa MDC en la circulación pulmonar esto indica disfunción en la vía de administración y esta debe revisarse.

Tiene como desventaja el uso de mayor radiación y contraste. El incremento en la radiación es debido a la adquisición de imágenes aun posterior a la atenuación máxima de arteria pulmonar con el fin de determinar el verdadero pico de atenuación durante la prueba.

El “bolus-tracking” nos permite completar el estudio de forma más rápida, debido a que no requiere generar gráficas para determinar el pico de atenuación. Existe un menor uso de radiación ya que el corte con mayor atenuación en la fase de rastreo es el último y posterior a este se adquiere el estudio definitivo. La desventaja de esta técnica es que no permite valorar en su totalidad la dinámica del contraste y existe la posibilidad de adquirir el estudio en el momento no ideal. La disfunción de la vía de inyección puede identificarse de forma tardía, generalmente cuando una gran cantidad del MDC ha sido administrado.

Una vez completada la angioTAC arterial pulmonar se adquiere la angiotomografía venosa de los miembros pélvicos. Su objetivo es detectar datos directos e indirectos de trombosis venosa profunda (TVP) (6). Los hallazgos más comunes son defectos de llenado, cambios inflamatorios perivasculares y dilatación venosa (6). La TEP y la TVP son dos manifestaciones de un mismo proceso patológico (6). Se reporta en la literatura que la mayoría de los pacientes con TEP presentan TVP de forma concomitante (10,11). La adquisición del estudio se realiza desde la confluencia de las venas ilíacas comunes hasta la fosa poplíteica. Al compararla con el ultrasonido, la angioTAC venosa de los miembros pélvicos tiene una sensibilidad y especificidad de 93-97% y 97-100% para el diagnóstico de TVP respectivamente (12,13).

En el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán el protocolo de TEP es un estudio frecuentemente solicitado por el servicio de urgencias, hospitalización y cuidados intensivos. La población de pacientes del

Instituto es heterogénea, contamos con pacientes con estados pro coagulantes adquiridos y congénitos.

En la literatura se reporta que el 5-23% de las angioTAC pulmonares para el diagnóstico de TEP son positivas (2,6,14).

La variación de este porcentaje puede deberse a los diferentes criterios de inclusión empleados por los diferentes estudios. y probabilidad pre prueba de los pacientes.

El rendimiento diagnóstico del protocolo de TEP es indispensable para establecer un diagnóstico definitivo. Este rendimiento recae en gran medida en el operador del equipo.

El porcentaje de estudios no diagnósticos o no concluyentes varía entre 0.9-6.1% en diversas publicaciones (2,5,6). Un factor importante a considerar pero poco reportado es la atenuación subóptima de la arteria pulmonar.

En nuestro Instituto los estudios tomográficos son realizados por técnicos radiólogos en el turno matutino y vespertino en los días laborales. En el turno nocturno (10 pm a 7 am), fines de semana y días festivos los residentes de radiología e imagen son los responsables de realizar los estudios tomográficos.

La dosis de radiación de una angioTAC pulmonar puede ser mayor a la dosis en un estudio tomográfico convencional de tórax. Esto en relación a los parámetros empleados (mayor voltaje y mayor amperaje) necesarios para obtener imágenes de alta resolución.

En la literatura se reporta un dosis efectiva promedio 10 mSv (15) a los órganos radiosensibles del tórax y de hasta 20 mSv en el tejido mamario (16).

Este hecho cobra mayor importancia cuando este estudio se realiza en una mujer joven. Se calcula un riesgo de 1 en 620 de desarrollar cáncer relacionado secundario a la radiación de una angioTAC pulmonar en mujeres de 40 años (17). El riesgo se duplica para mujeres de 20 años (3).

A esta dosis debemos agregar la dosis extra que confiere la angioTAC venosa de los miembro pélvicos.

La dosis efectiva radiación recibida se expresa en mili Sieverts (mSv), esto equivale a la dosis recibida en relación al daño biológico que causa la misma (7,18-21).

La dosis efectiva total es la suma de la dosis equivalente de cada órgano expuesto a la radiación ionizante (19,20). Cada órgano tiene un factor de conversión el cual refleja su radiosensibilidad, por lo cual la dosis efectiva varía en función al género y edad del paciente (18,21).

La dosimetría de un estudio tomográfico se reporta de forma automática por el equipo al finalizar la exploración en DLPs (dose-length product por sus siglas en inglés). En la práctica diaria la dosis efectiva (expresada en mSv) puede obtenerse al utilizar un factor de conversión (18,21). Este factor varía dependiendo del voltaje empleado por el tomógrafo, edad, sexo, y región del cuerpo explorada, pero existen valores predeterminados que simplifican el cálculo de la dosis efectiva (18,21).

La norma oficial mexicana (NOM-012 STPS 2012) estipula que para las personas no expuestas de forma laboral a la radiación la dosis límite es de 5 mSV/año (7). No existe una dosis máxima estipulada para los pacientes, debido a que el beneficio obtenido por un estudio que emplea radiación ionizante es mayor al riesgo inherente del mismo.

En nuestra institución contamos con dos tomógrafos de 64 cortes (Somatom Sensation Siemens y VCT Lightspeed GE, USA). Los dos equipos cuentan la opción de realizar “test bolus o bolus tracking”. Ambas salas de tomografía cuentan con inyectores automáticos para la administración intravenosa de MDC. Los parámetros utilizado son modificados de forma individual por cada operador, por lo cual no existe un protocolo estándar de adquisición.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Es importante conocer la utilidad y el desempeño del protocolo para TEP en nuestra Institución con el fin de realizar ajustes en el mismo que permitan brindar un estudio diagnóstico con la menor cantidad de radiación posible.

No existe un estudio sobre la cantidad y calidad de los protocolos para TEP, tampoco existe un informe sobre la cantidad de radiación promedio que reciben los pacientes o si existe alguna diferencia entre la calidad de un estudio realizado por un técnico radiólogo o un residente de imagenología en nuestra Institución.

Se desconoce el número y el porcentaje de estudios subdiagnósticos secundarios a una atenuación baja de la arteria pulmonar, así como la utilidad de la angiotomografía venosa de los miembros pélvicos.

#### 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los protocolos para TEP realizados en el INCMNSZ en el periodo del 1 de marzo de 2012 al 1 de marzo de 2015, ¿cuál es el porcentaje de estudios subdignósticos y los factores asociados? y ¿cuál es la dosis efectiva de radiación y el número de estudios positivos para TEP/TVP?.

## 5. OBJETIVOS

Objetivo general.

Conocer la cantidad de protocolos para TEP realizados en los últimos en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán y el porcentaje de estudios técnicamente diagnósticos.

Objetivos específicos.

Conocer cual es la distribución del número los protocolos para TEP en los diferentes meses del año y turnos laborales.

Conocer la cantidad de estudios subdiagnósticos secundarios a una pobre atenuación de la arteria pulmonar principal, su distribución en los diferentes turnos laborales, la técnica utilizada y la vía de inyección empleada.

Determinar si existe diferencia estadísticamente significativa entre el número de estudios subdiagnósticos realizados entre los técnicos radiólogos y los residentes.

Obtener cual es el porcentaje de estudios positivos para TEP, TEP más TVP y TVP sin TEP en relación al número total de estudios realizados.

Determinar si existe diferencia significativa en el número de TVPs detectadas entre los casos positivos y negativos para TEP.

Conocer la dosis promedio de radiación en mili Sieverts (mSv) del protocolo para TEP. Obtener el porcentaje de contribución para esta dosis por parte de la angioTAC pulmonar y la angioTAC venosa de los miembros pélvicos.

## 6. HIPÓTESIS

El porcentaje de estudios técnicamente inadecuados y el porcentaje de estudio positivos para TEP en relación al número total de angiotomografías pulmonares realizadas en el Instituto es similar al reportado en la literatura.

La cantidad de angiotomografías pulmonares técnicamente deficientes realizadas por los residentes es mayor al número realizado por los técnicos radiólogos.

No existe diferencia entre el número de angiotomografías pulmonares técnicamente adecuadas al comparar el grupo que utilizó “bolus-tracking” contra el grupo utilizó “test-bolus”.

No existe diferencia entre la dosis efectiva de radiación recibida por el paciente entre ambos equipos tomográficos.

Existe mayor incidencia de trombosis venosa profunda en el grupo de pacientes con el diagnóstico de TEP al comparar con los pacientes sin TEP.

## 7. MATERIAL Y MÉTODOS

### Criterios de inclusión.

Se incluyeron todos las citas catalogadas como “angiotomografía de arterias pulmonares” presentes en sistema de información radiológica (RIS pos su siglas en inglés) del Departamento de Radiología e Imagen que contaran con imágenes en el sistema PACS. Como filtro de búsqueda se utilizaron las fechas del 1 de marzo del 2012 al 1 de marzo del 2015.

### Criterios de exclusión.

Se excluyeron los estudios sin reporte final impreso, estudios incompletos (ausencia de angiotomografía venosa de los miembros pélvicos principalmente), falta de registro de la dosis de radiación en el PACS y aquellos estudios que no fueran protocolos para TEP (error en el código del estudio).

### Mediciones

#### Variables dependientes:

##### 1. Atenuación del arteria pulmonar.

Para obtener la atenuación de la arteria pulmonar principal se trazó un ROI elíptico que abarca al menos dos tercios del diámetro de la arteria pulmonar a nivel de su bifurcación. Se documentó el valor promedio de la atenuación obtenida mediante esta técnica.

## 2. Cálculo de la dosis efectiva.

Para calcular la dosis efectiva de radiación se multiplicó la dosis en DLPs presente en la dosimetría reportada automáticamente por el equipo por el factor de conversión ajustado a la región corporal, no se tomó en cuenta el género.

Factor de conversión angioTAC piernas: 0.068 (11).

Factor de conversión angioTAC tórax: 0.0146 (10).

### Variables independientes

La edad y género del paciente fueron obtenidos directamente del sistema RIS. Se consideró la hora y fecha del estudio a aquella presente en la primera imagen obtenida.

La procedencia del paciente (urgencias/interno vs. consulta externa) se obtuvo del registro en sistema RIS.

El turno laboral en el cual se realizó el estudio se determinó según el siguiente criterio:

Turno matutino: lunes a viertes de 7:00 hrs a 15:00 hrs,

Turno vespertino: lunes a viernes de 15:00 hrs a 22:00hrs,

Tuno residentes: lunes a viernes de 22:00 hrs a 7:00hrs, fines de semana y días festivos 24 hrs.

## Análisis estadístico

Se utilizaron medidas de tendencia central y dispersión de acuerdo a la distribución de los datos (media y desviación estándar o mediana y rangos intercuartiles). Se reportaron frecuencias para las variables categóricas. Se evaluó significancia estadística mediante t-student para variables continuas y prueba de chi-cuadrada para variables categóricas. Se realizó análisis multivariado incluyendo en el modelo aquellas variables significativas. Un valor de  $p < 0.05$  a dos colas fue considerado significativo.

## 8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se obtuvieron 327 resultados al introducir en el sistema RIS la clave del estudio correspondiente a “angiotomografía de arterias pulmonares” en el periodo de tiempo comprendido entre el 1 de marzo de 2014 al 1 de marzo de 2015.

Se excluyeron 33 estudios por ser un protocolo de TEP más otra tomografía en el mismo estudio, 10 estudios fueron incompletos (sin angiotomografía venosa de miembro pélvicos), 5 estudios eran otro tipo de estudios (código asignado incorrecto) y un estudio con cotaba con imágenes en el sistema PACS.

40 estudios carecieron de dosimetría, estos se excluyeron del análisis sobre la dosis efectiva, pero se incluyeron en los análisis pertinentes.

La edad promedio de los pacientes sometidos a un protocolo de TEP es de 50.2 años (rango de 18-92 años). 188 fueron mujeres y 90 hombres. La edad promedio de las mujeres fue de 52 años (rango de 19-91 años) la edad promedio de los hombres fue de 50.9 años (rango 18-81 años).

Se realizaron 69 (25%) estudios en el tomógrafo General Electric y 209 (75%) estudios en el tomógrafo Siemens.

55 (19.7%) estudios se realizaron en el turno matutino, 122 (43%) en el turno vespertino y 101 estudios en la guardia (36%).

De los 278 estudios incluidos en el estudio, en 50 (18%) se empleó un catéter venoso central para la administración del medio de contraste y en 228 se empleó una vía periférica (82).

La técnica más empleada para determinar el momento de adquisición fue el “bolus tracking” con un total de 172, 64 estudios con “test bolus” y en 42 estudios no se pudo determinar la técnica o no fue empleada alguna.

La atenuación promedio de la arteria pulmonar principal en los estudios realizados con “bolus tracking” es de 345 uH y de 348 uH en los estudios realizados con “test bolus”.

El promedio de dosis efectiva es de 14.7 mSv (rango de 2.6-65.6 mSv). La dosis efectiva promedio de la angioTAC venosa de los miembros pélvicos es de 5.2 mSv (rango de 0.8-18.9 mSv) y 9.5 mSv para la angioTAC arterial pulmonar (rango 0.7-60.1 mSv).

229 (82.4%) angioTACs arteriales pulmonares presentan una atenuación diagnóstica en la arteria pulmonar principal, la atenuación promedio fue de 375.9 uH. El total de estudios no diagnósticos es de 49 (17.6%).

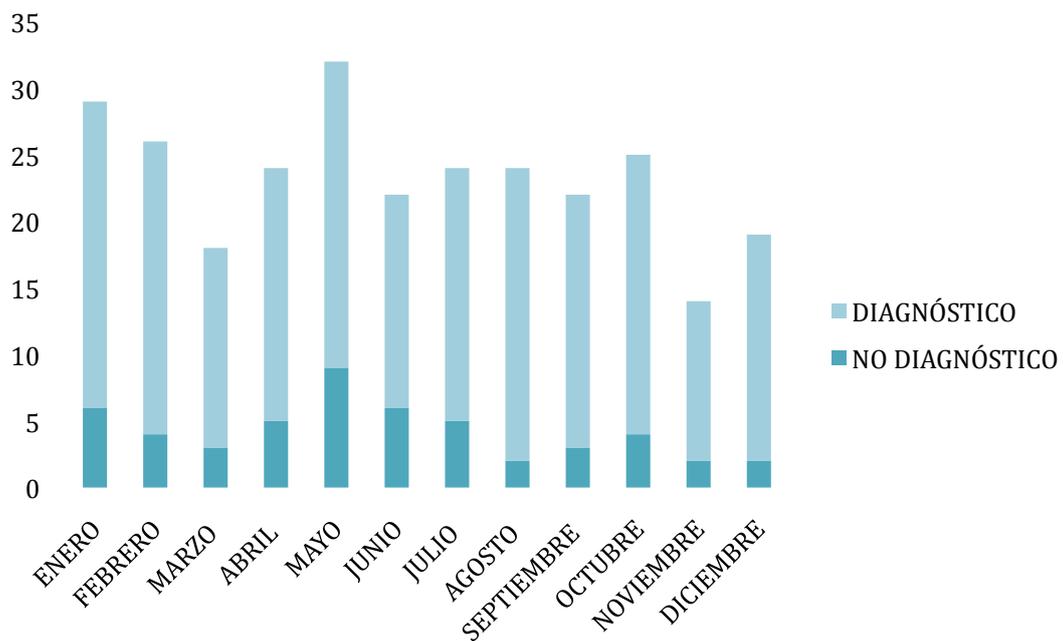
De los 229 estudios con calidad diagnóstica, 51 (22.2%) son positivos para TEP y 178 (77.7%) son negativos para TEP. 7 estudios con calidad no diagnóstica fueron positivos para TEP. De 58 estudios positivos para TEP, 26 (44.8%) fueron

positivos para TVP en miembros pélvicos. 188 estudios fueron negativos para TEP, de los cuales 13 (7%) son positivos para TVP en miembros pélvicos.

Del total de estudios incluidos, 151 (55%) presentan una adquisición de tórax, 99 (35%) dos, 25 (9%) tres y 3 estudios (1%) 4 adquisiciones.

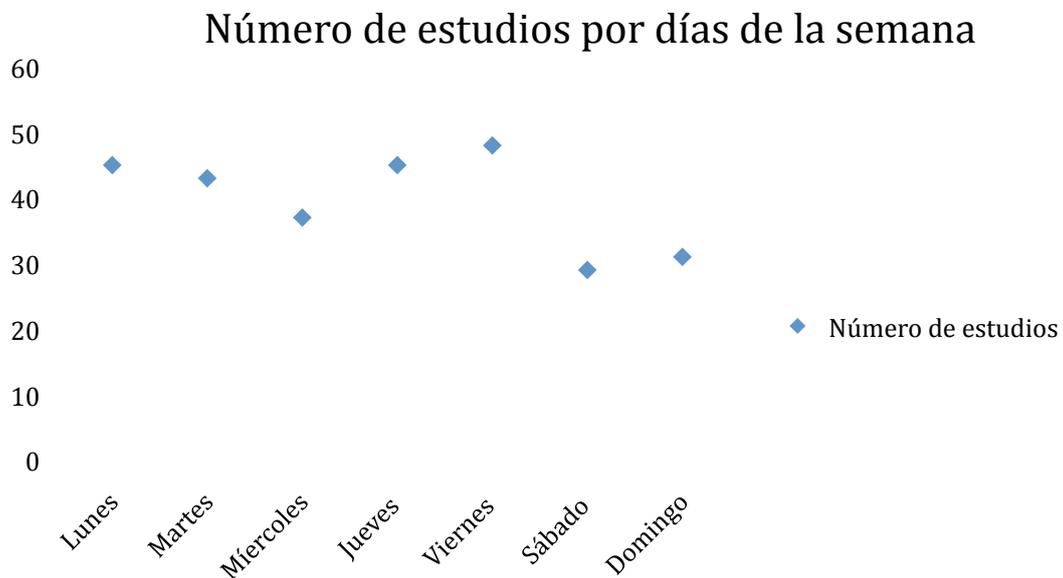
El promedio de adquisiciones de tórax en los estudios diagnósticos es de 1.4 y en los estudios no diagnósticos de 2.

La gráfica 1 representa el número total de estudios realizado según el mes y el número de estudios diagnósticos y no diagnóstico.



Gráfica 1

La gráfica 2 presenta el número de estudio en función al día de la semana.



Gráfica 2

#### Análisis estadístico

La dosis efectiva total de un protocolo de TEP en el tomógrafo General Electric es en promedio de 10.3 mSv (DE  $\pm$  7.8), la dosis efectiva para el tomógrafo Siemens es de 7.4 mSv (DE  $\pm$  7.1). Existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p=0.0045$ ).

La dosis efectiva de la angioTAC arterial pulmonar en el tomógrafo General Electric es de 17.9 mSV (DE  $\pm$  8.8), y de 10.8 mSV (DE  $\pm$  9.0). Existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p<0.0001$ ).

La dosis efectiva de la angioTAC venosa de los miembro pélvicos en el tomógrafo General Electric es de 7.2 mSV (DE  $\pm$  2.9), y de 3.3 mSV (DE  $\pm$  2.6) para el tomógrafo Siemens. Existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.0001$ ).

La edad promedio de los pacientes con un estudio con calidad diagnóstica es de 49.3 años (DE  $\pm$  13) y de 50 años (DE  $\pm$  18.7) para los estudios no diagnósticos. No existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0.7$ ).

Los estudios no diagnósticos reciben un dosis efectiva de radiación promedio en el tórax de 12.9 mSv (DE  $\pm$  10.8), los estudios diagnósticos reciben una dosis promedio de 7.1 mSv (DE  $\pm$  5.9). Existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.0001$ ). No existe diferencia significativa entre la dosis efectiva secundaria a la angioTAC venosa de los miembro pélvicos entre el grupo de estudios con calidad diagnóstica y sin calidad diagnóstica ( $p = 0.145$ ).

La dosis efectiva total de los estudios diagnósticos es en promedio de 17.9 mSv (DE  $\pm$  12.8) y de 11.4 mSv (DE  $\pm$  8.1) para los estudios no diagnósticos ( $p < 0.0001$ ).

El 85.6% de la mujeres y el 75.5% de hombre sometidos a un protocolo de TEP obtienen un estudio con calidad diagnóstica ( $p = 0.39$ ).

El porcentaje de estudios con calidad diagnostica realizados por el turno matutino es de 61% (34 de 55 estudios), 90.9% por el turno vespertino (111 de

122) y 83% por la guardia (84 de 101). Al comparar los tres grupos mediante la prueba de chi cuadrada se obtiene una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.0001$ ).

79.7% de los estudios realizados en el equipo General Electric y 83.2 % de los estudios realizados en el equipo Siemens son de calidad diagnóstica. No existe diferencia entre los dos equipos ( $p = 0.503$ ).

No existe diferencia estadísticamente significativa al comparar la vía de inyección del medio de contraste (central vs periférica) o la técnica empleada (“test bolus” vs “bolus tracking”) con la calidad diagnóstica del estudio,  $p = 0.249$  para vía de inyección y  $p = 0.449$  para la técnica empleada.

Existe una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.0001$ ) al comparar el número de adquisiciones de tórax con la calidad diagnóstica del estudio. El número de adquisiciones es mayor en los estudios no diagnósticos que en los estudios diagnósticos.

La atenuación promedio en uH de la arteria pulmonar principal obtenidas mediante la técnica de “test bolus” es de 348 (DE  $\pm$  126.2) y de 345 (DE  $\pm$  109.9) mediante “bolus tracking”, no existe diferencia estadísticamente significativa ( $p = 0.82$ ).

## 9. DISCUSIÓN

El uso de la angiotomografía de las arterias pulmonares en conjunto con la angiotomografía venosa de los miembro pélvicos es un método útil para el diagnóstico de TEP. En nuestro instituto se realizan aproximadamente 300 estudios anualmente con la finalidad de confirmar o descartar este diagnóstico. En este trabajo solo se evaluaron los estudios que no incluían alguna otra exploración, esto debido a la potencial modificación en la técnica estándar de adquisición.

El porcentaje de estudios positivos para TEP en nuestra este estudio es de 22.2%, el porcentaje publicado en la literatura varía entre 5-23% (2,6,14). Esto indica que los criterios clínicos y la técnica utilizada en nuestra institución son equiparables a lo reportando internacionalmente.

El porcentaje de estudios no valorables en diferentes estudios que evalúan el desempeño de la angioTAC arterial pulmonar varía de 0.9-6.1% (2,5,6). En nuestra institución el 17.6% de estudios no son de calidad diagnóstica. Todos los turnos laborales presentan un porcentaje de estudios no diagnósticos mayor al reportado en la literatura.

El 49% de los estudios realizados por el turno matutino no son diagnósticos en comparación con el 9% de el turno vespertino. El 17% de los estudios realizados por los residentes (guardia) no son diagnósticos. No se observó diferencia significativa entre el equipo tomográfico, la vía de inyección o la técnica

empelada para realizar el protocolo de TEP, esto indica que la diferencia entre el número de estudios diagnósticos es secundaria al operador.

La dosis de radiación efectiva promedio del protocolo de TEP en nuestra Institución es de 14.7 mSv con un rango que comprende de 2.6 a 65.6 mSV. La dosis efectiva en el tórax es en promedio de 5.2 mSv, encontramos un rango amplio de valores (0.7 a 60.1 mSv).

Este rango tan amplio indica que no se utiliza un protocolo único y que los estudios varían en cuanto a la técnica y número de adquisiciones de manera importante. Los estudios no diagnósticos presentan de forma significativa un mayor número de adquisiciones de tórax (hasta 4) y una dosis efectiva más alta al compararla con los estudios diagnósticos.

El diagnóstico de TEP modifica de forma drástica el manejo y pronóstico de los pacientes por lo cual muchas veces es necesario repetir el estudio con el fin de obtener un estudio de características diagnósticas y poder descartar o confirmar el diagnóstico. Aún así adquirir 4 veces el tórax no es aceptable.

El equipo General Electric administra de forma significativa una mayor dosis efectiva de radiación a los pacientes al compararla con el equipo Siemens (17.9 vs 10.8 mSv respectivamente), y esta diferencia persiste significativa al valorar de forma individual la dosis efectiva en tórax y miembros pélvicos.

A diferencia de lo reportado en la literatura, no encontramos diferencia entre la atención de la arteria pulmonar principal al comparar el “bolus tracking” contra el “test bolus”.

El porcentaje de estudios positivos para TVP en miembros pélvicos fue mayor en los estudios positivos para TEP al comparar con los estudios negativos para TEP. Esto de acuerdo con lo reportado sobre la asociación entre TEP y TVP.

## 10. CONCLUSIONES

La dosis efectiva de radiación administrada a los pacientes presenta un amplio rango de valores, lo cual indica una falta de homogeneidad entre los parámetros utilizados por cada operador y equipo. Encontramos dosis tan altas como 60.1 mSv, para un estudio que no requiere sincronización cardíaca. Esta dosis equivale a la radiación que un individuo no expuesto laboralmente a la radiación puede recibir en 12 años (NOM-012 STPS 2012). Esto cobra aún mayor importancia cuando el sujeto del estudio es una mujer joven la cual tiene mayor riesgo potencial en futuro de desarrollar una neoplasia secundaria a la radiación.

La diferencia entre la dosis de radiación de los dos equipos tomográficos es significativa pero el porcentaje de estudios diagnósticos no. Esto indica que ambos equipos tienen un desempeño adecuado y que la dosis administrada de radiación no influye en la calidad diagnóstica del estudio. Se debe realizar una valoración técnica y de los parámetros utilizados por el equipo General Electric para establecer la causa de la mayor dosis de radiación.

La angiotomografía venosa es positiva para TVP con mayor frecuencia en los pacientes con TEP, por lo cual su uso está justificado a pesar de la mayor dosis de radiación. En pacientes jóvenes o en aquellos que requerirán estudios repetidos tomográficos en futuro podemos optar por el ultrasonido como método alternativo para diagnosticar TVP.

El número de estudios no diagnósticos en nuestra Institución es mayor al reportado en la literatura. El operador parece ser el responsable de esta diferencia por lo cual es necesario intervenir en este factor con el fin de mejorar la técnica de adquisición.

Este estudio presenta como limitantes el no considerar el caudal de inyección y la concentración del medio de contraste empleado, estos dos factores influyen de forma importante en la calidad diagnóstica del estudio.

## 11.- BIBLIOGRFÍA

- 1.- Han D, Soo Lee K, Franquet T, Mueller NL, et al. Thrombotic and Nonthrombotic Pulmonary Arterial Embolism: Spectrum of Imaging Findings. *RadioGraphics* 2003; 23:1521–1539.
- 2.- Walen S, Leijstra A, van den Berg JKW. Diagnostic yield of CT thorax angiography in patients suspected of pulmonary embolism: independent predictors and protocol adherence. *Insights Imaging* 2014 5:231–236.
- 3.- Kalb B, Sharma P, Tigges S, et al. MR Imaging of Pulmonary Embolism: Diagnostic Accuracy of Contrast-enhanced 3D MR Pulmonary Angiography, Contrast-enhanced Low-Flip Angle 3D GRE, and Nonenhanced Free-Induction FISP Sequences. *Radiology* 2012; 263: 271-278.
- 4.- Wells PS, Anderson DR, Rodger M, et al. Excluding pulmonary embolism at the bedside without diagnostic imaging: management of patients with suspected pulmonary embolism presenting to the emergency department by using a simple clinical model and D-dimer. *Ann Intern Med* 2001; 135:98–107.
- 5.-Huisman MV et al. Effectiveness of Managing Suspected Pulmonary Embolism Using an Algorithm Combining Clinical Probability, D-Dimer Testing, and Computed Tomography. *JAMA*, 2006; 295: 172-179.
- 6.- Stein PD, Fowler SE, Goodman LR, et al. Multidetector Computed Tomography for Acute Pulmonary Embolism. *N Engl J Med* 2006; 354: 2317-2327.
- 7.- NOM-012 STPS 2012.
- 8.- Halpern EJ. Triple-Rule-Out CT Angiography for Evaluation of Acute Chest Pain and Possible Acute Coronary Syndrome. *Radiology* 2009; 252: 332-345.
- 9.- Cademartiri F, Nieman K, van der Lugt A, et al. Intravenous Contrast Material Administration at 16-Detector Row Helical CT Coronary Angiography- Test Bolus versus Bolus-tracking Technique. *Radiology* 2004; 233: 817-823.
- 10.- Hull RD, Hirsh J, Carter CJ, et al. Pulmonary angiography, ventilation lung scanning, and venography for clinically suspected pulmonary embolism with abnormal perfusion lung scan. *Ann Intern Med* 1983; 98: 891-899.
- 11.- Hull RD, Hirsh J, Carter CJ, et al. Diagnostic value of ventilation-perfusion lung scanning in patients with suspected pulmonary embolism. *Chest* 1985;88: 819-828.
- 12.- Coche EE, Hamoir XL, Hammer FD, et al. Using dual-detector helical CT angiography to detect deep venous thrombosis in patients with suspicion of pulmonary embolism: diagnostic value and additional findings. *AJR Am J Roentgenol* 2001; 176: 1035–1039.

- 13.- Remy-Jardin M, Remy J, Wattinne L, Giraud F. Central pulmonary thromboembolism: diagnosis with spiral volumetric CT with the single-breath-hold technique, comparison with pulmonary angiography. *Radiology* 1992; 185: 381–387.
- 14.- Herédia V, Ramalho M, Zapparoli M, et al. Incidence of pulmonary embolism and other chest findings in younger patients using multidetector computed tomography. *Acta Radiol* 2010; 51(4):402–406.
- 15.- Mayo JR, Aldrich J, Muller NL; Fleischner Society. Radiation exposure at chest CT: a statement of the Fleischner Society. *Radiology* 2003;228: 15–21.
- 16.- Nordenholz KE, Naviaux NW, Stegelmeier K, et al. Pulmonary embolism risk assessment screening tools: the interrater reliability of their criteria. *Am J Emerg Med* 2007; 25: 285–290.
- 17.- Smith-Bindman R, Lipson J, Marcus R, et al. Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer. *Arch Intern Med* 2009; 169: 2078– 2086.
- 18.- Deak PD, Smal Y, Kalender WA. Multisection CT Protocols: Sex- and Age-specific Conversion Factors Used to Determine Effective Dose from Dose-Length Product. *Radiology* 2010; 257: 158-166.
- 19.- 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP* 1991; 21: 1–201
- 20.- The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Ann ICRP* 2007; 37: 1–332.
- 21.- Saltybaeve N, Jafari ME, Hupfer M, et al. Estimates of Effective Dose for CT Scans of the Lower Extremities. *Radiology* 2014; 273: 153-159.

