



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA – POSGRADO**

**“EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN VENTRICULAR Y AURICULAR DERECHA MEDIANTE  
ECOCARDIOGRAFÍA 3D EN PACIENTES CON TROMBOEMBOLIA PULMONAR AGUDA Y SU  
ASOCIACIÓN CON EL PRONÓSTICO INTRAHOSPITALARIO”**

**PROYECTO DE TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE ESPECIALIDAD EN CARDIOLOGÍA**

**Alumna**

Dra. Montserrat Carrillo Estrada

**Tutor de Tesis**

Dra. Rosalba Carolina García Méndez

**Cotutor**

Dr. Rafael Rascón Sabido

**JULIO 2014**



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.

# ÍNDICE

---

<b>I. RESUMEN</b>	<b>4</b>
<b>II. ANTECEDENTES</b>	<b>6</b>
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>14</b>
<b>IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>15</b>
A. Pregunta de investigación	15
B. Hipótesis	15
<b>V. OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
A. Objetivo General	16
B. Objetivos específicos	16
<b>VI. MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>17</b>
A. Diseño del estudio	17
B. Universo de trabajo	17
C. Tamaño muestral	17
D. Criterios de Selección	18
E. Descripción de Variables de estudio.	19

F. Procedimientos	22
G. Análisis estadístico	23
H. Consideraciones éticas	23
<b>VII . RECURSOS, FINANCIAMIENTO Y FACTIBILIDAD</b>	<b>24</b>
A. Financieros	24
B. Humanos	24
C. Infraestructura , experiencia del grupo y factibilidad	24
<b>VIII . RESULTADOS</b>	<b>25</b>
<b>IX. DISCUSIÓN.</b>	<b>35</b>
<b>X. CONCLUSIONES.</b>	<b>39</b>
<b>IX . ANEXOS</b>	<b>42</b>
A. Cronograma de actividades	42
B. Glosario de Abreviaturas.	43
C. Hoja de recolección de datos.	44
D. Consentimiento informado	46

## RESUMEN

---

Carrillo EM, García MR, Rascón SR. "Evaluación de la función ventricular y auricular derecha mediante ecocardiografía 3D en pacientes con tromboembolia pulmonar aguda y su asociación con el pronóstico intrahospitalario."

**Antecedentes.** La Tromboembolia pulmonar es un padecimiento grave, que constituye un problema de salud pública. Un diagnóstico oportuno así como la identificación de marcadores de alto riesgo permiten establecer un tratamiento adecuado de forma temprana. El pronóstico de estos pacientes se relaciona de manera directa con el grado de compromiso hemodinámico y disfunción ventricular derecha. La ecocardiografía constituye un método accesible y útil, sin embargo los cálculos volumétricos y la evaluación de la función ventricular derecha a través del modo bidimensional han resultado imprecisos debido a la compleja y asimétrica geometría del mismo. La ecocardiografía 3D constituye una herramienta novedosa que supera estas limitaciones, y actualmente ha sido validada para la medición de volúmenes del ventrículo derecho así como de su fracción de eyección. Permite además una adecuada medición del volumen auricular derecho y un análisis detallado de cambios de volumen por fases, permitiendo así una descripción más completa y detallada su función. No existen a la fecha suficientes estudios en la literatura que evalúen el impacto de la utilización de la ecocardiografía-3D para la evaluación de disfunción ventricular derecha pacientes con tromboembolia pulmonar aguda.

**Objetivo.** Determinar la utilidad del ECO- 3D en la evaluación de la función ventricular y auricular derecha en pacientes con tromboembolia pulmonar aguda y su relación con el riesgo de presentación de complicaciones cardiovasculares durante la estancia intrahospitalaria.

**Material y métodos.** Se seleccionaron todos los pacientes entre 18 a 80 años de edad, admitidos al Hospital de Cardiología del Centro médico nacional Siglo XXI con diagnóstico de Tromboembolia pulmonar aguda corroborado por Angiotomografía pulmonar y que acepten participar en el estudio, a los que se realizó ecocardiograma transtorácico tridimensional con evaluación de la función ventricular derecha (fracción de expulsión, volumen latido, volumen diastólico final, volumen sistólico final) y función auricular derecha (índice de esfericidad) con equipo Phillips iE33 con sonda X3 -1. Se llevó a cabo seguimiento intrahospitalario en búsqueda de los desenlaces cardiovasculares .

**Análisis estadístico.** Los datos se presentaron como medidas de tendencia central y dispersión.

Las variables cualitativas se analizaron con  $\chi^2$  o prueba exacta de Fisher en caso de frecuencias esperadas  $<5$ . Para la comparación de variables cuantitativas se utilizó prueba de t de Student en caso de distribución normal o U de Mann Whitney en caso contrario . Se realizó análisis y multivariado. Se reportó Riesgo Relativo( RR) e IC 95% asociado a la presentación de complicaciones cardiovasculares intrahospitalarias. Se utilizó curva ROC para definir los puntos de corte de los parámetros ecocardiográficos estudiados. Se considerará un valor significativo de  $p < 0.05$ .

**Recursos e infraestructura.** El Hospital de Cardiología Centro Médico Nacional Siglo XXI cuenta con recursos necesarios para la realización del estudio por ser un centro de referencia de pacientes con Tromboembolia pulmonar aguda. Recibe en promedio 35-40 casos de TEP al año. Cuenta con tecnología de imagen disponible para llevar a cabo el estudio.

**Experiencia del grupo.** El grupo de investigadores es experto en el tema de estudio así como en la atención integral diagnóstica y tratamiento de estos pacientes.

**Impacto potencial del estudio.** La investigación propuesta resulta un proyecto original, interesante y novedoso por no existir a la fecha en la literatura suficientes estudios publicados al respecto. Los resultados obtenidos aportarán información de interés al grupo cardiológico de nuestro centro así como a nivel nacional e internacional.

**Lugar del estudio y tiempo de desarrollo.** El proyecto se desarrollará en la Unidad Médica de alta especialidad Hospital de Cardiología Centro Médico Nacional Siglo XXI. Desde la formulación del proyecto a su culminación se estima un periodo de 6 meses.

**Palabras clave:** *Tromboembolia pulmonar aguda, Función ventricular derecha, Función auricular derecha, Ecocardiograma tridimensional.*



La tromboembolia pulmonar (TEP) y la trombosis venosa profunda (TVP) constituyen las dos presentaciones clínicas del tromboembolismo venoso y comparten los mismos factores predisponentes <sup>(1)</sup>. La tromboembolia pulmonar ocurre como resultado de la fragmentación y migración de un trombo, procedente en la mayor parte de los casos del sistema venoso profundo de las extremidades inferiores al sistema arterial pulmonar produciendo una obstrucción de la circulación a dicho nivel <sup>(2)</sup>. Cerca de un 50% de pacientes con trombosis venosa profunda se asocia con tromboembolia pulmonar asintomática. Por esta razón, la prevención, diagnóstico y tratamiento de la trombosis venosa profunda (TVP) es de especial importancia, ya que la Tromboembolia pulmonar sintomática ocurre en 30% de aquellos afectados <sup>(3)</sup>. Además en aproximadamente 70% de los pacientes con tromboembolia pulmonar, se puede encontrar trombosis venosa profunda en las extremidades inferiores <sup>(4)</sup>.

La TEP constituye la tercera causa de mortalidad cardiovascular después del infarto del miocardio y del evento vascular cerebral y su incidencia se calcula en 1 por 1000 casos al año en Estados Unidos de Norteamérica. La incidencia real debe ser mayor, ya que esta condición es subdiagnosticada en un gran número de pacientes <sup>(2)</sup>.

En los Estados Unidos de Norteamérica se estima que la TVP sintomática se presenta en casi 145 casos/100,000 habitantes y se registran casi 500,000 casos/año de TEP con una mortalidad de 2 a 10% <sup>(4)</sup>. De las defunciones reportadas 75% tienen lugar en las primeras horas posteriores a la presentación de TEP, mientras que la causa de muerte en los demás casos es debida probablemente a episodios de TEP recurrente en las dos semanas posteriores al episodio inicial <sup>(5)</sup>. La prevalencia de TEP entre los pacientes hospitalizados en EUA, según datos recogidos entre 1979 y 1999 fue del 0.4%. En un estudio reciente basado en una comunidad que incluyó a 342,000 habitantes en Bretaña (Francia) la incidencia de tromboembolismo venoso y TEP fue de 18.3 y 6/10,000/año respectivamente <sup>(1)</sup>.

En México la prevalencia actual se desconoce. De 1981 a 1990 en el Hospital General del Centro Médico Nacional del IMSS se realizaron 1,685 autopsias encontrando 252 casos (15%) con TEP. La incidencia para ambos sexos fue similar, y aunque se observó en todas las edades (11 a 90 años) el mayor número de casos se encontró entre los 50 y 80 años. La TEP fue causa directa de mortalidad en el 28%, contribuyó a ella en un 62% y constituyó un hallazgo incidental en el 10% <sup>(6)</sup>. En el Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez entre 1985 y 1994 se realizaron 1,032 necropsias de 3,751 defunciones. El diagnóstico de TEP se estableció en 231 casos y en 100 de ellos la TEP fue masiva; sin embargo clínicamente el diagnóstico sólo se sospechó en 185 de los pacientes <sup>(6)</sup>.

En pacientes con sospecha de TEP es muy importante identificar los factores de riesgo predisponentes. Hasta en 20% puede no identificarse un factor de riesgo asociado, tal como se demostró en el estudio Internacional Cooperative Pulmonary Embolism Registry (ICOPER). De acuerdo con el riesgo relativo de presentar TEP, los factores de riesgo se dividen en tres grupos: débiles (OR<2), moderados (OR 2 a 9) y fuertes (OR >10). Entre los factores de riesgo fuertes se encuentran: antecedente de fractura de cadera o miembro pélvicos, reemplazo de cadera o rodilla, cirugía mayor, trauma mayor y lesión de médula espinal <sup>(1)</sup>.

Con los datos recabados al interrogatorio y la exploración física se ha tratado de calcular la probabilidad de TEP mediante modelos predictivos. Los más utilizados son el canadiense de Wells y el europeo de Geneva, ambos utilizan diferentes variables asignando puntajes, y la sumatoria de los mismos resulta en la probabilidad de tromboembolia pulmonar permitiendo así normar la conducta diagnóstica. Las reglas propuestas por Wells son las de mayor utilidad en la evaluación del paciente con sospecha de TEP. Se proponen dos esquemas de clasificación, uno basado en probabilidades (baja, intermedia y alta) y otro clasificado como probable e improbable <sup>(1)</sup>.

Otra forma útil de clasificar a la Tromboembolia pulmonar es en masiva y submasiva. La primera consiste en tromboembolia pulmonar aguda con hipotensión sostenida (presión arterial sistólica menor de 90 mmHg, por al menos 15 minutos que requiere de soporte inotrópico) y que no se debe a otra causa (arritmia, hipovolemia, sepsis, disfunción del ventrículo izquierdo), ausencia de pulso o bradicardia persistente y grave con frecuencia cardíaca menor de 40 latidos por minuto con signos y síntomas de choque. La submasiva consiste en tromboembolia pulmonar aguda sin hipotensión sistémica (presión arterial sistólica mayor de 90 mmHg) y con presencia de datos de disfunción del ventrículo derecho o necrosis miocárdica <sup>(5)</sup>. La tromboembolia pulmonar también puede clasificarse de acuerdo al nivel estimado de riesgo para muerte temprana (mortalidad dentro del hospital o a los 30 días). Los marcadores de riesgo alto se dividen en tres grupos que incluyen datos clínicos de choque o hipotensión, datos de disfunción del ventrículo derecho y de lesión miocárdica. La Tromboembolia pulmonar de riesgo alto, es una emergencia que pone en peligro la vida y requiere de un diagnóstico y tratamiento específico (mortalidad a corto plazo mayor del 15%). La tromboembolia pulmonar de alto riesgo, incluye la presencia de marcadores de disfunción del ventrículo derecho y lesión miocárdica. La tromboembolia pulmonar de bajo riesgo se diagnostica cuando estas dos características están ausentes (mortalidad a corto plazo menor de 1%) <sup>(1)</sup>. La necrosis miocárdica se define por elevación de troponina I (>0.4ng/ml) o de troponina T (>0.1 ng/ml) <sup>(5)</sup>. (Ver Tabla 1).

**Tabla 1. Clasificación de la Tromboembolia pulmonar**

<b>Masiva</b>	Hipotensión sostenida (TAS <90mmHg) por 15 minutos o que requiere soporte inotrópico.
<b>Submasiva</b>	TEP aguda sin hipotensión sistémica pero con disfunción del VD o necrosis miocárdica.
<b>Bajo riesgo</b>	Ausencia de marcadores clínicos de pronóstico adverso

Tomado de: Management of Massive and Submassive Pulmonary Embolism, Iliofemoral Deep Vein Thrombosis and Chronic Thromboembolic pulmonary Hypertension; Circulation. 2011; 123: 1788-1830.

El diagnóstico de esta entidad ha evolucionado a lo largo de los últimos años. El abordaje del paciente se ha convertido en un proceso que implica la habilidad del médico para la obtención de datos con los cuales elabora probabilidades clínicas y posteriormente se vale de métodos de laboratorio e imagen. Aún así el diagnóstico de TEP continúa siendo un reto. De los datos clínicos y estudios complementarios se derivan esquemas de clasificación en cuanto a la severidad y opciones terapéuticas disponibles <sup>(7)</sup>. Los métodos diagnósticos complementarios más utilizados incluyen el electrocardiograma, el ecocardiograma y la angiotomografía pulmonar.

El electrocardiograma es una herramienta poco útil en el diagnóstico de TEP ya que es inespecífico y su interpretación resulta difícil en caso de existir enfermedad cardiovascular previa con trastornos eléctricos de base. A pesar de esto, ciertos hallazgos pueden ser de utilidad. Pueden encontrarse trastornos del ritmo como taquicardia sinusal siendo el dato más frecuente, así como la presencia de extrasístoles auriculares y ventriculares, fibrilación o flutter auricular. En la onda P un dato característico es la desviación de su eje a la derecha. El complejo QRS también puede presentar desviación del eje a la derecha, patrón de bloqueo de rama derecha completo o incompleto, así como dextrorrotación del corazón y posición vertical (S1, Q3, T3). El segmento ST puede mostrar elevación en DIII, aVF y V1, o inversión simétrica de la onda T sobre todo en la fase subaguda. El bloqueo completo de rama derecha aparece por obstrucción del lecho vascular mayor o igual al 50%. El signo de McGinn-White solo se presenta en alrededor de 15% de los pacientes con TEP <sup>(7)</sup>.

La angiotomografía se ha convertido en el método de elección de imagen para evaluación de la vasculatura pulmonar cuando existe sospecha de Tromboembolia pulmonar en la práctica clínica. En el estudio PLOPED II, mostró una sensibilidad de 83% y una especificidad de 96% para el diagnóstico de TEP. En pacientes con una probabilidad clínica intermedia o baja de acuerdo al score de Wells, un resultado negativo de Angiotomografía tuvo un valor predictivo negativo elevado para TEP (de 96 y 89% respectivamente), mientras que fue de sólo 60% en aquellos con una probabilidad preprueba elevada. El valor predictivo positivo de un resultado positivo de Angiotomografía fue alto (92-96%) en pacientes con una probabilidad clínica alta o intermedia pero mucho más baja (58%) en pacientes con una probabilidad preprueba baja para TEP <sup>(1)</sup>.

A pesar de que la tomografía computarizada en la modalidad multidetector con resolución espacial y temporal es el estudio de elección para la valoración y diagnóstico de un paciente con sospecha de Tromboembolia pulmonar por su alta especificidad diagnóstica, el ecocardiograma es el estudio de elección cuando la técnica anterior no se encuentra disponible en forma inmediata. Tiene una sensibilidad de 60 a 70% para el diagnóstico de TEP, y una especificidad alrededor del 90%. En pacientes con sospecha de tromboembolia pulmonar que se encuentran en condición crítica, constituye una técnica de gran utilidad en las decisiones de manejo. En pacientes con choque o hipotensión, la ausencia de signos ecocardiográficos de sobrecarga o disfunción del ventrículo derecho prácticamente excluye la tromboembolia pulmonar como causa de compromiso hemodinámico. Se detecta dilatación del ventrículo derecho en al menos 25% de los pacientes con tromboembolia pulmonar y su detección es útil en la estratificación de riesgo. Los datos que se basan en la alteración del patrón de eyección del ventrículo derecho (signo 60/60) o en la disminución de la contractilidad de la pared libre del ventrículo derecho comparada con el ápex (signo de McConnell) parecen tener un valor predictivo positivo más alto, a pesar de enfermedades cardiorrespiratorias preexistentes. Sin embargo se requiere que existan signos de sobrecarga de presión concomitantes para prevenir el diagnóstico falso de tromboembolia pulmonar aguda en pacientes con alteraciones de la movilidad de la pared libre del ventrículo derecho. Las imágenes obtenidas por Doppler tisular que se utilizan para obtener el índice de desempeño miocárdico muestran una sensibilidad de 85 a 92% y una

especificidad de 78 a 92% para el diagnóstico de tromboembolia pulmonar <sup>(1)</sup>. Su utilidad radica en la identificación de datos indirectos para pacientes en riesgo de presentar complicaciones o un pronóstico adverso, además de ayudar a identificar otras causas de choque <sup>(6)</sup>. Con el ecocardiograma transtorácico pueden identificarse datos de disfunción ventricular derecha hasta en 30 a 70% de pacientes normotensos con tromboembolia pulmonar aguda <sup>(8)</sup>. ( Ver Tabla 2)

**Tabla 2. Valor diagnóstico de tres signos ecocardiográficos que sugieren la presencia de TEP aguda en subgrupos con y sin patología cardiorrespiratoria previa.**

Signos Ecocardiográficos	Pacientes sin patología cardiorrespiratoria previa			Pacientes con patología cardiorrespiratoria previa		
	Criterios de Sobrecarga del VD	Signo de 60/60	Signo de McConell	Criterios de Sobrecarga del VD	Signo de 60/60	Signo de McConell
Especificidad (%)	78	100	100	21	89	100
Sensibilidad (%)	81	25	19	80	26	20
VPP (%)	90	100	100	65	82	100
VPN (%)	64	37	35	36	40	40

Tomado de : Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. European Heart Journal 2008; 29: 2276-315.

Una vez establecido el diagnóstico, la estratificación de riesgo resulta de gran importancia. Dependiendo de la presentación clínica, el tratamiento inicial esta dirigido al reestablecimiento del flujo de las arterias ocluidas y de la prevención de recurrencias precoces potencialmente mortales. La anticoagulación efectiva es la base del tratamiento, además de que los pacientes de alto riesgo pueden beneficiarse del tratamiento con trombolisis, embolectomía por catéter o quirúrgica, así como en casos seleccionados de la colocación de un filtro de vena cava <sup>(6)</sup>. La mortalidad asciende al 90% en pacientes no diagnosticados y por lo tanto no tratados, mientras que la administración temprana del tratamiento reduce la mortalidad del 30 al 5% <sup>(2)</sup>.

Un buen análisis clínico con identificación de signos como son la frecuencia cardiaca, la presión arterial y la frecuencia respiratoria así como la identificación de parámetros de riesgo como la elevación de biomarcadores, disfunción ventricular derecha detectada por ecocardiografía y dilatación ventricular derecha detectada por tomografía computarizada elevan la precisión pronóstica. Estas variables de estratificación de riesgo pueden predecir el desarrollo de deterioro clínico y el pronóstico adverso que pueden ocurrir varios días después de la admisión hospitalaria a pesar de una presentación inicial con estabilidad hemodinámica <sup>(1)</sup>. Es así que la disfunción ventricular derecha, detectada por ecocardiografía o tomografía computarizada, o los niveles de péptido natriurético cerebral (BNP) o de N-terminal - pro BNP, así como los datos de lesión miocárdica detectados a través de niveles elevados de troponinas, se asocian con un incremento en el riesgo de mortalidad a corto plazo <sup>(9)</sup>. La elevación del BNP en el plasma en la TEP aguda se debe probablemente al incremento del estrés parietal del miocardio, principalmente en el ventrículo derecho, y depende del grado y repercusión de los eventos embólicos. Los niveles de BNP han

sido utilizados en la identificación pronóstica de estos pacientes, sin embargo niveles normales no garantizan una evolución exenta de complicaciones, lo que le confiere baja especificidad <sup>(10)</sup>.

El pronóstico de pacientes con tromboembolia pulmonar se relaciona de manera directa con el grado de compromiso hemodinámico y disfunción ventricular derecha. El choque cardiogénico ocurre en menos del 5% de los casos y en estos la mortalidad asciende del 25 al 40% llegando a ser tan alta como 65 a 95% en pacientes que requieren de reanimación cardiopulmonar <sup>(11)</sup>. La disfunción ventricular derecha constituye un indicador pronóstico importante ya que su presentación en pacientes sin compromiso hemodinámico confiere un riesgo dos a diez veces mayor de muerte a corto plazo comparado con pacientes normotensos sin datos de disfunción ventricular derecha <sup>(12)</sup>.

### **Ventrículo derecho conceptos anatómicos y fisiológicos relacionados con su disfunción.**

EL VD tiene una geometría compleja. En un sentido longitudinal, tiene una forma piramidal con tres caras y una base. La base corresponde a la válvula tricúspide y la vía de entrada del VD y las caras son: la región anterior de la pared libre, la región posterior de la pared libre y el septum interventricular. Esta pirámide puede dividirse en una vía de entrada y un tracto de salida. La vía de entrada comprende: la válvula tricúspide, los músculos papilares, las cuerdas tendinosas y el miocardio trabeculado. El tracto de salida corresponde al infundíbulo. La vía de entrada y el tracto de salida del VD están separados por una banda muscular que corresponde a la cresta supraventricular. A su vez hay otra banda muscular prominente que atraviesa el VD desde el septum interventricular hasta la pared libre y que corresponde a la banda moderadora. La pared libre está adosada al tabique interventricular por delante y por detrás y el tabique forma un abultamiento convexo dentro de la cavidad ventricular derecha que le infiere una forma de cuarto creciente en el corte transversal.

El VD se dispone alrededor del ventrículo izquierdo (VI) en forma de “U”; con la vía de entrada ubicada en posición medial con respecto al VI, el ápex ubicado anterior al VI y el tracto de salida ubicado superior a la aorta y al VI <sup>(13)</sup>.

La disposición anatómica de sus paredes y una pared libre delgada le otorgan al VD un alto grado de distensibilidad con la capacidad de albergar grandes volúmenes <sup>(14)</sup>. El VD puede manejar grandes volúmenes pero bajas resistencias; la resistencia de la circulación derecha es una décima parte de la circulación sistémica, de ahí que sólo requiere un gradiente de perfusión de 5 mm Hg para impulsar la sangre a través de la circulación pulmonar <sup>(15)</sup>. Este requerimiento hemodinámico relativamente bajo permite que el VD de paredes delgadas, bombee sangre a la misma velocidad y volumen que el VI de paredes gruesas. Además la sobrecarga de presión del VD normalmente es impedida por la capacidad del lecho vascular pulmonar de hacer frente a grandes cambios en el flujo sanguíneo, con mínimos cambios de presión. Esto se logra fundamentalmente por el reclutamiento de vasos en las regiones apicales pulmonares.

La contracción sistólica del VD utiliza 3 mecanismos: 1) contracción de sus músculos espiralados, 2) contracción de la pared libre, 3) contracción (compresión) pasiva del VD, que no es más que interdependencia con el VI. La interdependencia ventricular se define como las fuerzas que se transmiten de un ventrículo al otro a través del miocardio y del pericardio y son independientes de efectos circulatorios y neurohormonales. Esta interdependencia se debe a que ambos ventrículos están rodeados por fibras musculares comunes, comparten una pared (septum interventricular) y están envueltos por una “bolsa” común (pericardio) <sup>(16)</sup>.

De lo descrito hasta ahora se desprende que la función sistólica del VD depende esencialmente del estado contráctil del miocardio y específicamente de las fibras musculares orientadas en el plano

longitudinal; sin embargo, factores extrínsecos como: las condiciones de carga, la función del VI, el pericardio, la perfusión coronaria y la interdependencia ventricular también influyen en la función del VD<sup>(17)</sup>.

Para hablar de disfunción del VD es necesario recordar que la misma puede estar relacionada a: 1) sobrecarga de presión 2) sobrecarga de volumen ó 3) isquemia. La sobrecarga de presión del VD que ocurre en los casos de hipertensión pulmonar y es consecuencia de alteraciones estructurales y/o funcionales de la vasculatura pulmonar. El VD es muy sensible al aumento de la poscarga y responde de manera poco adecuada a los cambios agudos de presión<sup>(18)</sup>. Los incrementos crónicos de presión son mejor tolerados por el VD. Este responde alterando su geometría, con hipertrofia de sus paredes y con aumento progresivo de la precarga. La alteración geométrica de la cámara derecha le confiere una forma elíptica similar a la del VI y si los mecanismos compensatorios son inadecuados se produce una progresión hacia la falla de bomba<sup>(19)</sup>.

### **Evaluación ecocardiográfica de la función sistólica del ventrículo derecho.**

La evaluación de la función sistólica ventricular derecha se encuentra descrita en las Guías para el análisis del corazón derecho en adultos de la American Society of Echocardiography (ASE) del 2010 incluyendo varios planos de imágenes para la obtención de dimensiones, áreas y volúmenes.

Mediante eco bidimensional ( 2D) y modo M se puede obtener una evaluación cualitativa del tamaño y forma del VD, grosor de la pared , grado de movilidad de la pared libre del mismo y patrón de la movilidad septal. Con esta técnica es posible la determinación de diversos parámetros relacionados con disfunción ventricular derecha.

El desplazamiento o excursión sistólica del plano valvular tricuspídeo ( TAPSE) se obtiene fácilmente y es una medida de la función longitudinal del VD. Un valor < 16 mm indica disfunción sistólica del mismo. Se obtiene en el anillo lateral tricuspídeo y a pesar de que mide la función longitudinal, ha mostrado tener una buena correlación con las técnicas que estiman la función sistólica global del ventrículo derecho<sup>(20)</sup>.

La onda S' se mide fácilmente mediante doppler tisular pulsado, es confiable y altamente reproducible. Una velocidad de la onda S' <10cm/s indica disfunción sistólica del VD, y muestra buena correlación con otras medidas de función sistólica global del VD<sup>(20)</sup>.

El índice de desempeño miocárdico del ventrículo derecho o índice de Tei proporciona un indicador de la función global del VD. Un valor >0.40 obtenido por Doppler pulsado y >0.55 por doppler tisular indican disfunción del VD<sup>(20)</sup>.

El cambio de área fraccional bidimensional medida en porcentaje, provee una estimación de la función sistólica del VD. Un valor < 35% indica disfunción sistólica. Al obtenerla es importante asegurarse de visualizar todo el ventrículo derecho, incluyendo el ápex y la pared lateral en sístole y diástole. Se debe tener cuidado de excluir las trabéculas al trazar el área del VD<sup>(20)</sup>.

El strain es una medida de deformación del engrosamiento o acortamiento miocárdico y provee medidas adicionales de función mecánica miocárdica independientemente de la velocidad miocárdica. El strain se expresa como porcentaje de cambio en la longitud de la medida original. El strain en una dimensión se adquiere usando doppler tisular por lo tanto es ángulo dependiente. Es más reproducible en la proyección de cuatro cámaras, evaluando los segmentos basal, medio y apical de la pared libre del

ventrículo derecho. El strain regional del ventrículo derecho representa una herramienta muy útil para evaluar la contractilidad miocárdica y es menos dependiente de la precarga por lo que es aplicable en un amplio rango de patologías<sup>(21)</sup>.

La exactitud de las mediciones en modo M y ECO 2D se ha evaluado comparándola con imágenes por Resonancia Magnética (RM), mostrando una correlación baja. Los cálculos volumétricos a través de ecocardiografía 2D han resultado imprecisos debido a la compleja y asimétrica geometría del ventrículo derecho<sup>(14)</sup> siendo subestimados debido a la exclusión del tracto de salida del ventrículo derecho y limitaciones técnicas con esta modalidad. Actualmente la estimación de la fracción de expulsión del ventrículo derecho no está recomendada por método bidimensional<sup>(20)</sup>.

A fines de la década de los años 80 e inicios de los años 90 aparecieron los primeros reportes de “reconstrucción” tridimensional del VD por ecocardiografía. Si bien no eran estudios en tiempo real, ya mostraban ventajas con respecto al enfoque bidimensional (2D), sobre todo por el hecho que el ECO -3D no necesita asumir formas geométricas para el cálculo de volúmenes, a diferencia del ECO -2D.

Desde la disponibilidad del ecocardiograma tridimensional en tiempo real se han descrito valores de referencia para volúmenes y fracción de eyección del VD en sujetos sanos y en diversas patologías cardiovasculares, encontrando una excelente correlación de forma comparativa de estos parámetros con los obtenidos por resonancia magnética.

El ecocardiograma tridimensional combinado con aplicaciones de software en 4 dimensiones constituye un gran avance para la evaluación funcional del ventrículo derecho. Permite menor subestimación de los volúmenes sistólico y diastólico finales del VD. El límite superior de referencia para el volumen diastólico final indexado del VD es de 89 ml/m<sup>2</sup> y para el volumen sistólico final de 45 ml/m<sup>2</sup>, siendo éstos 10 a 15% menores en mujeres<sup>(20)</sup>.

El ECO-3D ofrece como ventajas que no requiere de una orientación correcta de la imagen al momento de la adquisición, siendo además más exacto. Los volúmenes sistólico y diastólico final del ventrículo derecho por ECO- 3D constituyen los parámetros más sensibles y específicos para identificar disfunción ventricular derecha y son a su vez más precisos que los obtenidos por ECO-2D. Para su obtención se requiere de un tiempo aproximado promedio de 2 a 5 minutos. La identificación del borde endocárdico puede ser difícil debido a la gran ecogenicidad de la la red trabecular fibrosa la cual aparece como una capa muscular sólida dando poca diferenciación entre el miocardio ventricular derecho y las trabéculas<sup>(22)</sup>.

A pesar de que la resonancia magnética es considerada el estándar de oro para la evaluación del ventrículo derecho en la población adulta, la ecocardiografía 3D puede aplicarse para la cuantificación de los volúmenes del ventrículo derecho, el volumen latido (VL) y la fracción de expulsión (FE) siendo una modalidad de imagen más accesible, segura y fácil de realizar<sup>(23)</sup>.

La evaluación de la función ventricular derecha mediante ECO-3D se ha realizado en pacientes con infarto ventricular derecho, donde juega un papel importante para establecer el pronóstico. Una fracción de eyección del ventrículo derecho menor de 51% permitió el diagnóstico de infarto del ventrículo derecho con una sensibilidad de 91% y especificidad del 80%.<sup>(24)</sup>

Un estudio recientemente publicado en pacientes con tromboembolia pulmonar submasiva mostró que la fracción de expulsión del VD (FEVD) por ECO 3D, constituyó un predictor de riesgo independiente para predecir eventos adversos asociados con un HR de 3.51 , IC 95% (1.66-4.51); p =0.001<sup>(25)</sup>. Un valor de

FEVD menor de 40% mostró una sensibilidad de 88% y especificidad de 79% para también un desenlace adverso en el seguimiento a 6 meses.

### **La evaluación ecocardiográfica de la disfunción auricular derecha.**

De acuerdo a lo ya comentado el análisis preciso en cuanto a estructura y funcionalidad del ventrículo derecho con las técnicas ecocardiográficas estándares resulta difícil debido a aspectos morfológicos y geométricos. La habilidad para visualizar la aurícula derecha en una proyección de 4 cámaras, permite un análisis cuantitativo y altamente reproducible<sup>(26)</sup>. La valoración ecocardiográfica bidimensional de esta estructura, incluye la determinación de los diámetros y área en 4 cámaras, de conforme a lo establecido por las guías para el análisis del corazón derecho en adultos de la ASE. El análisis volumétrico no se encuentra recomendado en la actualidad<sup>(20)</sup>.

A pesar de que sólo ha sido validada la medición de los diámetros y área de esta cavidad, se han descrito otras alteraciones ecocardiográficas en la aurícula derecha que se relacionan con un pronóstico adverso.

En pacientes con hipertensión arterial pulmonar idiopática se ha encontrado que el remodelamiento ventricular y auricular derecho se asocia con un pronóstico clínico adverso; sin embargo la sensibilidad y especificidad son mayores para el remodelamiento de la aurícula derecha. Un incremento del índice de esfericidad de la aurícula derecha (radio del eje corto de la aurícula derecha, paralelo al anillo tricuspideo, en la cavidad media, dividido entre el eje largo, perpendicular al anillo tricuspideo en telesístole) mayor a 0.24 durante el seguimiento a un año fue predictor independiente del deterioro clínico en estos pacientes con una sensibilidad de 96% y especificidad del 90%<sup>(27)</sup>.

De acuerdo a la ley de Frank Starling un incremento de la presión de la aurícula derecha causará un incremento del alargamiento y de la contractilidad asociadas. Se ha demostrado que el volumen auricular es un predictor de pronóstico adverso significativo en la Hipertensión arterial pulmonar idiopática. Estos hallazgos han mostrado que una dilatación de la aurícula derecha en dirección al eje corto y el incremento del índice de esfericidad de la misma se asocia con el pronóstico clínico, siendo más significativo que la dilatación del ventrículo derecho<sup>(28)</sup>.

La contracción de la aurícula derecha se ve afectada por la edad y disminuye en pacientes con hipertensión arterial pulmonar. Incluso se ha relacionado la dilatación auricular con el resultado de la caminata de 6 minutos y la clase funcional de la Organización mundial de la salud en pacientes con hipertensión arterial pulmonar idiopática existiendo una asociación con pronóstico adverso. El incremento de volumen de la aurícula derecha >14 ml a lo largo de un año en estos pacientes mostró una sensibilidad de 82.6% y especificidad de 30.8% para predecir deterioro clínico<sup>(27)</sup>.

En documentos recientes se ha reportado que la aurícula derecha aumenta de tamaño en pacientes con arritmias auriculares, falla cardíaca crónica, hipertensión pulmonar y enfermedad cardíaca congénita. El cálculo de volumen auricular por ecocardiograma bidimensional está limitado por la habilidad del operador para visualizarla y las presunciones acerca de su forma. Sin embargo el remodelamiento auricular como consecuencia de estas enfermedades es a menudo asimétrico. La Ecocardiografía 3D supera estas limitaciones permitiendo una adecuada medición del volumen auricular y un análisis de los cambios de volumen por fases, permitiendo así describir la función auricular a pesar de su tamaño. Resulta interesante por ende conocer la función auricular derecha para detectar disfunción subclínica relacionada.<sup>(29)</sup>



---

La TEP constituye un problema grave de salud pública. En México la prevalencia actual se desconoce. En un estudio realizado a finales de la década de los 80's en el Hospital General del Centro Médico Nacional del IMSS la TEP fue causa directa de mortalidad en el 28%, contribuyó a ella en un 62% y constituyó un hallazgo incidental en el 10%. La importancia de un diagnóstico y tratamiento temprano en TEP impacta notablemente en la morbimortalidad asociada.

El pronóstico de estos pacientes se relaciona de manera directa con el grado de compromiso hemodinámico asociado y la presencia de disfunción ventricular derecha.

La evaluación de la función ventricular derecha por las técnicas ecocardiográficas convencionales ha mostrado diversas limitaciones relacionadas con la geometría ventricular del mismo. La ecocardiografía 3D es una técnica novedosa que parece superar estas limitaciones ofreciendo ventajas de un análisis más preciso para el cálculo de volúmenes y estimación de la fracción de eyección .

En TEP aguda la medición de la FEVD por ECO 3D según estudios clínicos recientes muestra una sensibilidad de 88 % y especificidad de 79% para predecir eventos adversos asociados.

La presencia de disfunción ventricular derecha medida por ECO -3D en pacientes con tromboembolia pulmonar aguda se asocia con incremento del riesgo de complicaciones en el seguimiento hasta 3.5 veces más.

Un incremento del índice de esfericidad de la aurícula derecha  $> 0.24$  en pacientes con hipertensión arterial pulmonar idiopática se ha considerado predictor de deterioro clínico asociado durante el seguimiento de estos pacientes con una sensibilidad 96% y especificidad de 90%.

No existen suficientes estudios a la fecha que evalúen el impacto de la utilización del ECO-3D en el contexto de tromboembolia pulmonar aguda y de la estimación de la función ventricular derecha con esta técnica para predecir el pronóstico clínico relacionado.

Tampoco ha sido estudiado el impacto del incremento del índice de esfericidad de la aurícula derecha como predictor pronóstico en estos pacientes.

Conforme a lo anterior planteamos la realización de un proyecto de investigación dirigido al estudio específico de la función auricular y ventricular derecha por ecocardiografía tridimensional en pacientes con tromboembolia pulmonar aguda y su relación con el pronóstico intrahospitalario .

### A. Pregunta de Investigación

¿Cuál es el punto de corte para la fracción de expulsión del ventrículo derecho medida por ECO-3D que se asocia con riesgo de complicaciones cardiovasculares durante la estancia intrahospitalaria en pacientes con TEP aguda ?

¿Cuál es el punto de corte para el índice de esfericidad de la aurícula derecha medido por ECO-3D que se asocia con riesgo de complicaciones cardiovasculares durante la estancia intrahospitalaria en pacientes con TEP aguda?

### B. Hipótesis

Una fracción de expulsión del ventrículo derecho menor de .40 medida por ECO-3D se asocia con un riesgo 2.5 veces mayor de complicaciones cardiovasculares durante la estancia intrahospitalaria en pacientes con TEP aguda.

Un incremento del índice de esfericidad  $> 0.24$  a partir del basal, se asocia con riesgo mayor de complicaciones cardiovasculares durante la estancia intrahospitalaria en pacientes con TEP aguda.

### A. Objetivo general.

Determinar la utilidad e impacto del ECO- 3D en la evaluación de índices ecocardiográficos relacionados con función ventricular y auricular derechas y su asociación con riesgo de complicaciones cardiovasculares durante la estancia intrahospitalaria en pacientes con TEP aguda.

### B. Objetivos específicos.

- Determinar el punto de corte para la fracción de expulsión del ventrículo derecho medido por ECO- 3D que mejor discrimine el riesgo de presentación de complicaciones cardiovasculares asociadas durante la estancia intrahospitalaria en pacientes con TEP aguda.
- Determinar el punto de corte para el volumen sistólico final del ventrículo derecho medido por ECO- 3D que mejor discrimine el riesgo de presentación de complicaciones cardiovasculares asociadas durante la estancia intrahospitalaria en pacientes con TEP aguda.
- Determinar el punto de corte para el volumen diastólico final del ventrículo derecho medido por ECO- 3D que mejor discrimine el riesgo de presentación de complicaciones cardiovasculares asociadas durante la estancia intrahospitalaria en pacientes con TEP aguda.
- Determinar el punto de corte para el volumen latido del ventrículo derecho medido por ECO- 3D que mejor discrimine el riesgo de presentación de complicaciones cardiovasculares asociadas durante la estancia intrahospitalaria en pacientes con TEP aguda.
- Determinar el punto de corte para el índice de esfericidad de la aurícula derecha medido por ECO- 3D que mejor discrimine el riesgo de presentación de complicaciones cardiovasculares asociadas durante la estancia intrahospitalaria en pacientes con TEP aguda.

## A. Diseño general del estudio.

Estudio de cohorte prospectivo longitudinal.

## B. Universo de trabajo y muestreo .

- **Población Blanco:** Pacientes con Tromboembolia pulmonar aguda.
- **Población Accesible:** Todos los pacientes consecutivos admitidos a la Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Cardiología del Centro médico Nacional Siglo XXI con diagnóstico de Tromboembolia pulmonar aguda del 1 marzo al 1 agosto del 2014.
- **Tipo de Muestreo:** muestreo no probabilístico de casos consecutivos de pacientes a los que se confirme el diagnóstico de TEP por angiotomografía pulmonar y que acepten participar en el estudio.

## C. Tamaño muestral.

Considerando el cálculo de tamaño muestral para determinación de factores pronósticos y en estudios de supervivencia, y de acuerdo a un estudio previamente publicado donde se estudiaron 66 pacientes con tromboembolia pulmonar y donde 18 pacientes correspondientes al 27% desarrollaron eventos adversos; la disfunción ventricular derecha medida por ECO- 3D se asoció con un HR de 3.5 IC 95% ( 1.66-4.51) para la presentación de eventos adversos en el seguimiento de estos pacientes.

La obtención del tamaño muestral para este estudio considerando la fórmula donde:

- HR es el valor de riesgo que se desea detectar.
- p es la proporción de enfermos con eventos adversos durante el seguimiento.
- $Z(1-\alpha/2) = 1.96$  nivel de confianza con el que se desea trabajar.
- $Z(1-\beta) = 0.842$  poder estadístico que se requiere para el estudio.
- $(1/1-p^2) = 1.25$  factor de inflación de la varianza considerando un 20% de censuras

Sustituyendo los datos en la siguiente fórmula:

$$n = (Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta})^2 / ((\log HR))^2 (1-p)p) \cdot 1.25$$

$$n = (1.96 + 0.842)^2 / (\log(3.5))^2 (1-0.27)(0.27) \cdot 1.25 = 32 \text{ pacientes}$$

considerando un 20% extra de pérdidas

se obtiene un total de 38 pacientes .

## **D. Criterios de selección.**

### **a) Criterios de inclusión.**

Pacientes de 18 a 80 años de edad de cualquier género con diagnóstico clínico de Tromboembolia pulmonar aguda corroborado por angiotomografía pulmonar de acuerdo a los siguientes criterios diagnósticos:

- Oclusión arterial con falta de reforzamiento del lumen completo debido a un gran defecto de llenado.
- Defecto de llenado parcial rodeado de material de contraste, que produzca el signo “polo mint” en las imágenes adquiridas en forma perpendicular al eje largo del vaso y el signo de “railway track” en las imágenes longitudinales del vaso.
- Defecto de llenado intraluminal periférico que forme ángulos agudos con la pared arterial.
  
- Firma de consentimiento informado para participar en el estudio.

### **b) Criterios de no inclusión.**

1. Tromboembolia pulmonar crónica.
2. Hipertensión arterial pulmonar por alguna otra causa.
3. Enfermedad pulmonar obstructiva crónica conocida.
4. Cardiopatía congénita.
5. Enfermedad valvular moderada o severa.
6. Insuficiencia cardíaca secundaria a otras patologías.
7. Fibrilación o flutter auricular.
8. Enfermedad renal crónica con creatinina >1.5 mg/dl.
9. Pacientes que no acepten participar en el estudio.

### **c) Criterios de eliminación.**

1. Expediente incompleto
2. Estudios de imagen incompletos.
3. Mala ventana ecocardiográfica.

## E. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES DEL ESTUDIO

### 1. INDEPENDIENTES O PREDICTORAS

- **Función ventricular derecha.**

**Definición conceptual.** Capacidad funcional del ventrículo derecho.

**Definición operacional.** Fracción de expulsión del ventrículo derecho medida por ECO-3D.

Tipo de variable: Cuantitativa.

Escala de medición: Continua.

Unidad de medición: Porcentaje.

- **Índice de esfericidad de la aurícula derecha.**

**Definición conceptual.** Es el resultado de la división de la longitud a lo ancho y longitud a lo largo de una cavidad.

**Definición operacional.** Radio del eje corto de la aurícula derecha, paralelo al anillo tricuspideo, en la cavidad media, dividido entre el eje largo, perpendicular al anillo tricuspideo en telesístole.

Tipo de variable: Cuantitativa.

Escala de medición: Continua.

### 2. DEPENDIENTES O DE DESENLACE.

- **Necesidad de ventilación mecánica.**

**Definición conceptual.** Requerimiento de asistencia mecánica ventilatoria.

**Definición operacional.** Requerimiento de intubación orotraqueal con apoyo mecánico ventilatorio durante la estancia intrahospitalaria.

Tipo de variable: Cualitativa.

Escala de medición: Nominal dicotómica.

Unidad de medición: Presente o ausente.

- **Choque cardiogénico.**

**Definición conceptual.** Estado fisiológico caracterizado por una reducción de la perfusión sistémica tisular, que resulta en una disminución de la entrega de oxígeno a los tejidos como consecuencia de la falla de bomba.

**Definición operacional.** Disminución del gasto cardiaco con incremento de las resistencias vasculares sistémicas con necesidad de apoyo aminérgico.

Tipo de variable: Cualitativa.

Escala de medición: Nominal dicotómica.

Unidad de medición: Presente o ausente.

- **Muerte.**

**Definición conceptual.** Proceso terminal que consiste en la extinción del proceso homeostático de un ser vivo, es decir, la extinción de la vida.

**Definición operacional.** Ausencia de signos vitales.

Tipo de variable: Cualitativa.

Escala de medición: Nominal dicotómica.

Unidad de medición: Presente o ausente.

### 3. CONFUSORAS.

- **Tiempo de evolución de la Tromboembolia pulmonar.**

**Definición conceptual.** Tiempo que ha transcurrido desde el inicio de los síntomas hasta el diagnóstico de tromboembolia pulmonar.

**Definición operacional.** Número de días desde el inicio de los síntomas hasta el ingreso al hospital.

Tipo de variable: Cuantitativa.

Escala de medición: Continua .

Unidad de medición: Días.

- **Trombolisis.**

**Definición conceptual.** Disolución del trombo que obstruye la circulación pulmonar.

**Definición operacional.** Aquellos pacientes con diagnóstico de tromboembolia pulmonar que hayan recibido tratamiento con terapia fibrinolítica.

Tipo de variable: Cualitativa.

Escala de medición: Nominal dicotómica.

Unidad de medición: Presente o ausente.

- **Tiempo de reperfusión.**

**Definición conceptual.** Retraso que presenta el paciente desde el inicio de los síntomas hasta la administración de la terapia específica para la disolución de trombos mediante fármacos específicos.

**Definición operacional.** Tiempo en horas o días transcurrido desde el inicio de los síntomas hasta la trombolisis.

Tipo de variable: Cuantitativa.

Escala de medición: Continua.

Unidad de medición: horas.

- **Clasificación de la TEP.**

**Definición conceptual.** Clasificación de la Tromboembolia pulmonar de acuerdo con la presencia inestabilidad hemodinámica y datos de disfunción del ventrículo derecho o necrosis miocárdica.

**Definición operacional.** Masiva o submasiva.

Tipo de variable: Cualitativa.

Escala de medición: Nominal dicotómica.

### 4. OTRAS VARIABLES DE INTERÉS.

- **Troponina I.**

**Definición conceptual.** Es una proteína que forma parte del complejo de la troponina. Se une a la actina en los miofilamentos delgados con el fin de mantener unido el complejo troponina : tropomiosina. La letra I se refiere a su función inhibitoria en la unión de filamentos de actina con los de miosina (Evita la formación de puentes cruzados ente ambas: evita contracción muscular.

**Definición operacional.** Se considerará un indicador de alto riesgo un valor >0.4 ng/ml.

Tipo de variable. Cualitativa.

Escala de medición: Nominal dicotómica.

Unidad de medición: Presente o ausente.

- **BNP.**  
**Definición conceptual.** El péptido natriurético cerebral o péptido natriurético tipo B (BNP) es un polipéptido de 32 aminoácidos secretado por los ventrículos cardíacos en respuesta a un alargamiento excesivo de las células miocárdicas.  
**Definición operacional.** Se tomará en cuenta un valor >100 ng/ml.  
Tipo de variable. Cualitativa.  
Escala de medición: Nominal  
Unidad de medición: Presente o ausente.
- **Dímero D.**  
**Definición conceptual.** Producto de degradación de la fibrina detectado cuando el trombo en un proceso de coagulación es proteolizado por la plasmina . Contiene dos fragmentos D de proteína fibrina entrecruzados  
**Definición operacional.** Se considerará un nivel >500 ng/ml.  
Tipo de variable: Cualitativa.  
Escala de medición: Nominal dicotómica.  
Unidad de medición: Presente o ausente.
- **Edad.**  
**Definición conceptual:** tiempo en años que una persona ha vivido.  
**Definición operacional:** pacientes  $\geq 18$  años hasta 80 años.  
Para el análisis se consideraran 3 grupos etarios <45 años, 45–65 años y >65 años.  
Tipo de variable: cualiativa  
Escala de medición: ordinal  
Unidad de medición: <45 años, 45–65 años y >65 años.
- **Género.**  
**Definición conceptual:** Conjunto de los aspectos sociales de la sexualidad, un conjunto de comportamientos y valores (incluso estéticos) asociados de manera arbitraria, en función del sexo.  
Tipo de variable: cualitativa.  
Escala de Medición: nominal dicotómica  
Unidad de medición: femenino o masculino
- **Frecuencia cardiaca.**  
**Definición conceptual:** Es el número de veces que se contrae el corazón durante un minuto.  
**Definición operacional:** Se contará el número de veces que se contrae el corazón en un minuto.  
Tipo de variable: Cuantitativa.  
Escala de medición: Continua.  
Unidad de medición: Latidos/ minuto.
- **Índice de Choque.**  
**Definición conceptual.** Parámetro eficaz para la determinación tanto de hipoxia tisular como de la función del ventrículo izquierdo y del pronóstico para el desarrollo de complicaciones e incluso muerte.  
**Definición operacional.** Razón matemática entre (Frecuencia Cardiaca/Tensión Arterial Sistólica).  
Tipo de variable: Cuantitativa.  
Escala de Medición: Continua.

- **Clase funcional NYHA.**  
**Definición conceptual.** Valoración subjetiva de la actividad física del paciente con Insuficiencia cardiaca.  
**Definición operacional.**  
 Clase I: Actividad habitual sin síntomas.  
 Clase II: El paciente tolera la actividad habitual pero existe una ligera limitación de la actividad física apareciendo disnea con esfuerzos intensos.  
 Clase III: La actividad física que el paciente puede realizar es inferior al a habitual, esta notablemente limitado por la disnea.  
 Clase IV: El paciente tiene disnea al menor esfuerzo o en reposo, y es incapaz de realizar cualquier actividad física.  
 Tipo de variable: Cualitativa  
 Escala de medición: Ordinal  
 Unidad de medición: Clase I, Clase II, Clase III, Clase IV.

## F. Procedimientos

Se incluyeron todos los pacientes que ingresaron al servicio de urgencias del Hospital de Cardiología del Centro médico Nacional Siglo XXI con diagnóstico de Tromboembolia pulmonar aguda corroborado por Angiotomografía pulmonar, de acuerdo a los criterios diagnósticos descritos. Todos los pacientes incluidos aceptaron participar en el estudio a través de firma de consentimiento informado previa descripción detallada de los procedimientos a realizar y aclaración de todas las dudas y preguntas relacionadas.

Se realizó ecocardiograma transtorácico mediante equipo Phillips iE33, con sonda X3-1 en posición de decúbito lateral izquierdo. Para la medición de la función ventricular derecha en 3D se utilizó la plataforma Tomtec.

El estudio se realizó dentro de las primeras 48 horas del ingreso hospitalario.

A los pacientes sometidos a terapia trombolítica, se les realizó el estudio ecocardiográfico posterior a la administración de dicho tratamiento.

Todos los estudios fueron digitalizados en CD para un análisis subsecuente detallado y para evaluación del control de calidad de los mismos y cálculo de medidas de correlación inter e intraobservador. Se llevó seguimiento clínico de todos los pacientes durante la estancia intrahospitalaria.

## G. Análisis estadístico

Los datos serán presentados como medidas de tendencia central y dispersión.

Las variables cualitativas se analizarán con  $\chi^2$  o prueba exacta de Fisher en caso de frecuencias esperadas <5. Para la comparación de variables cuantitativas se utilizará prueba de t de Student en caso de distribución normal o U de Mann Whitney en caso contrario. Se realizará análisis bivariado y en caso pertinente se correrá análisis mutivariado una vez que se corrobore adecuado ajuste del

modelo. Se reportará Riesgo Relativo( RR) e IC 95% asociado a la presentación de complicaciones cardiovasculares intrahospitalarias. Se utilizará curva ROC para definir los puntos de corte de los parámetros ecocardiográficos estudiados. Se considerará un valor significativo de  $p < 0.05$ .

#### **H. Consideraciones éticas**

Se considera como riesgo de la investigación a la probabilidad de que el sujeto de investigación sufra algún daño como consecuencia inmediata o tardía del estudio. De acuerdo al reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud en su artículo 17, se considera que este proyecto de investigación no invasivo con riesgo mínimo, en este tipo de estudios se consideran a los diseños prospectivos que emplean riesgo de datos a través de procedimientos comunes en exámenes físicos o psicológicos de diagnóstico o tratamiento rutinario.

Las molestias que pueden presentar los pacientes son mínimas y pueden relacionarse con malestar en el pecho secundario a la compresión con el transductor del equipo ecocardiográfico Siendo un estudio que se realiza a la cabecera del paciente no se arriesgara la seguridad del paciente en ningún momento. Conforme a lo establecido en la declaración de Helsinki se solicitará autorización previa firma de consentimiento informado para la participación en el estudio y se otorgará información al paciente en todo momento de la realización del proyecto de investigación.

Los resultados de los estudios se darán a conocer a los médicos tratantes de los pacientes para cualquier consideración terapéutica al respecto del tratamiento. Se mantendrá bajo resguardo la información relacionada con identificación o datos personales de los pacientes como medida para asegurar confidencialidad de los datos los cuales en caso de publicación permanecerán ocultos.

### A. Financieros

No se contó con financiamiento externo para la realización del estudio.

### B. Humanos

a). Dra. Montserrat Carrillo Estrada

Médico Residente de Tercer año de Cardiología

Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI

Instituto Mexicano del Seguro Social

b). Dra. Rosalba Carolina García Méndez

Maestría en Ciencias Médicas

Cardióloga adscrita tercer piso de hospitalización

Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI

Instituto Mexicano del Seguro Social

c). Dr. Rafael Rascón Sabido

Cardiólogo ecocardiografista adscrito al servicio de Gabinetes

Hospital de Cardiología, Centro Médico Nacional Siglo XXI

Instituto Mexicano del Seguro Social

### C. Infraestructura , factibilidad y experiencia del grupo.

El hospital cuenta con recursos materiales e infraestructura necesaria para la realización del estudio. El Hospital de Cardiología del Centro Médico Nacional Siglo XXI es una unidad de alta especialidad y centro de referencia a nivel nacional para atención de pacientes con Tromboembolia pulmonar aguda . Por lo cual se considera factible poder completar el tamaño de muestra calculado .

El grupo de investigadores es experto en el tema de estudio.

Por no existir en la literatura suficientes estudios al respecto del tema en cuestión, la investigación propuesta resulta original, interesante y novedosa y aportará información valiosa al grupo cardiológico a nivel nacional e internacional.

Se incluyeron un total de 38 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión del estudio, sin embargo 3 pacientes fueron eliminados por presentar mala ventana ecocardiográfica lo que no permitió una adecuada reconstrucción tridimensional quedando un total de 35 pacientes para análisis.

La edad promedio de la población estudiada fue de 52 años, con una media de (41-58 años). En cuanto al género 17 pacientes (48.6%) fueron del género femenino y 18 pacientes (51.4%) del género masculino. En cuanto a la clasificación de riesgo se presentaron 12 casos (34.2%) en el rubro de TEP masiva, 6 casos (17.1%) en el de submasivo y 16 pacientes (45.7%) en el de bajo riesgo. Del total de los pacientes analizados 18 pacientes (51.4%) fueron sometidos a terapia trombolítica. Los hallazgos electrocardiográficos del total de la población estudiada se muestran también en la tabla 1. Las características clínicas basales y parámetros bioquímicos de los 35 pacientes estudiados se muestran en la tabla 2.

En el seguimiento se presentaron un total de 13 casos (37%) con complicaciones cardiovasculares intrahospitalarias, 2 casos (5.7%) requirieron asistencia mecánica ventilatoria, 13 pacientes (37%) presentaron choque cardiogénico y 1 (2.8%) paciente falleció por muerte de etiología cardiovascular. Se determinó como evento cardiovascular mayor combinado (ECMC) la presencia de cualquiera de las complicaciones ya mencionadas, de este evento se presentaron 13 casos (37%). (Ver tabla 4).

Se realizó análisis bivariado de las características clínicas, de clasificación de riesgo, tiempo de evolución, tiempo de reperfusión, trombolisis, características electrocardiográficas y días de hospitalización de acuerdo a la presentación o no de evento cardiovascular mayor combinado intrahospitalario, las cuales se analizan en la tabla 5.

Se encontró predominancia del género femenino en el grupo con ECMC siendo de 77% vs 32% en el grupo sin ECMC ( $p=0.01$ ). También existió diferencia en los niveles de TAM en ambos grupos,  $55.5 \pm 8$  mmHg para el de ECMC vs  $85.4 \pm 8$  mmHg en el grupo sin ECMC ( $p=0.0001$ ). El grupo que desarrollo ECMC presento una mayor frecuencia cardíaca  $116 \pm 7$  lpm vs  $97 \pm 6$  lpm ( $p=0.0001$ ). Lo mismo ocurrió para la frecuencia respiratoria  $31 \pm 4$  rpm vs  $25 \pm 3$  rpm ( $p=0.0001$ ). Otro punto encontrado fue el índice de choque ya que tuvo diferencia estadísticamente significativa siendo mayor para el grupo de ECMC  $1.4 \pm 0.2$  vs  $0.88 \pm 0.10$  ( $p=0.0001$ ).

Al analizar los parámetros electrocardiográficos de forma comparativa para la presentación de ECMC, no se encontró diferencia en ambos grupos para la presentación de taquicardia sinusal. Se presentaron un mayor número de casos con bloqueo de rama derecha en el grupo de ECMC 69% vs 27% ( $p=0.01$ ). También se presento un mayor número de casos con el signo clásico para TEP de McGinn- White para el grupo con ECMC 54% vs 18% ( $p=0.02$ ). Todos los pacientes con ECMC presentaron desnivel negativo del segmento ST anteroseptal ( $p=0.0001$ ).

No existieron diferencias en ambos grupos para el tiempo de evolución de TEP, como tampoco para el tiempo de reperfusión en cuanto al desarrollo de eventos cardiovasculares mayores combinados.

En cuanto al tratamiento de trombolisis 100% de los pacientes con ECMC recibieron esta terapia y solo 23% de los que no desarrollaron ( $p=0.0001$ ).

Se presentó un mayor tiempo de estancia en unidad de cuidados intensivos en el grupo con ECMC con una media  $4.3\pm 1.7$  vs  $1.5\pm 0.9$  días ( $p=0.0001$ ) y en el tiempo total de hospitalización con una mediana de 14 días (rangos intercuartílicos de 13- 17) para el grupo de ECMC y de 5 (4-5) días ( $p=0.0001$ ).

En cuanto a los parámetros bioquímicos existió un incremento significativo en los valores de troponina I mediana de 6 ng/l (rango de 4.8 a 10.6) vs 0.05 (0.05-0.5), ( $p=0.0001$ ), del péptido natriurético cerebral pg/ml (BNP) mediana de 633(rango de 583-943) vs 533(383-849), ( $p=0.0001$ ) y Dímero D 2700  $\mu\text{g/ml}$  (1936-3200) vs 533 (383-849), ( $p=0.0001$ ).

#### **Parámetros ecocardiográficos.**

Se analizaron todos los parámetros habituales por ecocardiografía bidimensional y los parámetros 3D propuestos para la evaluación de la función ventricular y auricular derechas.

Ecocardiográficamente el promedio de TAPSE fue 17mm (10-19), el FAC 29% (32-42), el 100% de los pacientes presentaron *McConnell*, el índice de esfericidad de la aurícula derecha fue de 0.91 (0.73-1.49) y la FEVD fue 52% (41-58) (ver tabla 3).

En cuanto a su relación con complicaciones, el TAPSE tuvo en el grupo ECMC una mediana de 9 (rangos 7-11) vs 19 (18-20) mm sin ECMC, ( $p=0.0001$ ). Para la FAC la mediana fue de 21 (18-32) vs 40.5 (39-43) respectivamente, ( $p=0.0001$ ). La onda S tricuspídea fue significativamente menor para el grupo con ECMC con mediana 7( 7-8) vs 11(10-12), ( $p=0.0001$ ). EL índice de Tei fue significativamente mayor en el grupo que presentó ECMC, 0.86 (rango de 0.59-0.89) vs 0.42 (0.39-0.45), ( $p=0.0001$ ). No existieron diferencias significativas en cuanto al valor de la presión arterial sistólica pulmonar (PSAP) en ambos grupos en cuanto a la presentación de desenlace.

En relación a los parámetros ecocardiográficos tridimensionales se encontró lo siguiente:

El índice de esfericidad de la aurícula derecha mostró un nivel significativamente mayor para el grupo que presentó evento cardiovascular mayor combinado (ECMC), mediana de 1.72 (rangos de 1.47-1.9) vs 0.78 (0.71-0.91) , ( $p=0.0001$ ).

En los parámetros de medición de la función ventricular derecha existió un incremento significativo del volumen diastólico final del ventrículo derecho en el grupo con ECMC mediana 87 (rango de 83-103) vs 64(57-69), ( $p=0.0001$ ). Lo mismo ocurrió para el volumen sistólico final del ventrículo derecho donde también se incrementó para el grupo con ECMC mediana de 64 (rango de 56-89) vs 35 (rango 25-37), ( $p=0.0001$ ). El volumen latido del ventrículo derecho fue menor en el grupo que presentó ECMC mediana de 28 (21-30) vs 31 (rango 25-37) para el grupo que no desarrollo este evento, ( $p=0.0001$ ). La fracción de expulsión del ventrículo derecho se mostró significativamente menor en el grupo que presentó eventos

cardiovasculares mayores combinados con respecto al que no lo presentó, con una mediana de 0.22 ( rango de 0.18-0.34) vs 0.45( 0.42-0.51), (  $p=0.0001$ ).

Posterior a este primer análisis se determinó el punto de corte para predecir la presentación de ECMC en pacientes con TEP para cada uno de los parámetros ecocardiográficos 3D, mediante curvas ROC, gráficos de dispersión y dot-plot.

Mediante cálculo de riesgo relativo se encontró mayor riesgo para el índice de TEI > de 0.53 con riesgo relativo (RR) de 20.3 y para el índice de esfericidad de la aurícula derecha donde el valor > de 1.32 RR de 20.3. Riesgos también significativos también fueron el del VDFVD > de 77 ml RR de 7.3, fracción de expulsión del ventrículo derecho < de 0.38 RR de 7.3, VSFVD > 50 ml RR de 5.5. Los parámetros bidimensionales presentaron menor importancia en el riesgo, el TAPSE < 9mm RR de 0.61, FAC < 21 RR de 0.53 y Onda S tricuspídea < 7 RR de 0.53. Estos resultados se muestran en la tabla 7.

En ultima instancia se realizó un análisis regresión logística multinomial para la presentación de ECMC incluyendo todas las variables predictoras encontradas en el análisis bivariado con un nivel de  $p<0.20$ .

El mejor modelo predictivo al final incluyó solamente 3 predictores independientes para el desarrollo de ECMC durante la hospitalización, las variables incluidas en este modelo fueron, un índice de esfericidad de la aurícula derecha anormal > 1.32, la presentación de TEP masiva y la presión arterial media (tabla 8).

Cuadros:

Tabla 1. **Características demográficas, de riesgo y electrocardiográficas basales.**

	(n=35)	(%)
<i>Masculino</i>	18	52.4
<b>Femenino</b>	17	48.6
<b>Bajo riesgo</b>	16	45.7
Submasiva	6	17.1
Masiva	12	34.2
Trombolisis	18	51.4
<b>Taquicardia Sinusal</b>	35	100
<b>Bloqueo de rama derecha</b>	15	42.8
<b>McGinn- White</b>	11	31.4
<b>Desnivel negativo ST A-S</b>	6	17.1
<b>Inversión de onda T A-S</b>	4	11.4

\*A-S (anteroseptal).

Tabla 2. **Características clínicas y bioquímicas basales.**

	(n=35)
<b>Edad (años)</b>	52 (41-58)
<b>Superficie Corporal (m2)</b>	1.83 ± 0.23
<b>TA sistólica (mmHg)</b>	99.4 ± 17
<b>TA Media (mmHg)</b>	80 (56-90)
<b>Frecuencia cardiaca (lpm)</b>	104 ± 11
<b>Frecuencia respiratoria (rpm)</b>	28 ± 4
<b>Índice de choque</b>	1 ± 0.23
<b>Tiempo de evolución TEP (días)</b>	5 (2-6)
<b>Tiempo de reperfusión TEP (horas)</b>	72 (24-120)
<b>Troponina I (ng/l)</b>	0.5 (0.05-5)
<b>Peptido natriuretico b (pg/ml)</b>	432 (132-943)
<b>Dimero D (µg/ml)</b>	893 (432-2380)

**Tabla 3. Características Basales Ecocardiográficas.****(n= 35)**

<b>TAPSE (mm)</b>	17 (10-19)
<b>FAC (%)</b>	39 (32-42)
<b>Onda S tricuspidea cm/seg</b>	10 (8-11.5)
<b>Índice de Tei</b>	0.47 (0.4- 0.73)
<b>PSAP (mmHg)</b>	43 (40-47)
<b>Mc conell (%)</b>	100
<b>Índice de esfericidad AD.</b>	0.91 (0.73-1.49)
<b>VDFVD (ml)</b>	72 (59-84)
<b>VSFVD (ml)</b>	38 (33-64)
<b>VLVD (ml)</b>	4- 11.4
<b>FEVD (%)</b>	52 (41-58)

\*Desplazamiento anterior del anillo tricuspideo (TAPSE), Cambio de área fraccional (FAC), Presión sistólica de la arteria pulmonar (PSAP), Aurícula derecha (AD), Volumen diastólico final ventrículo derecho (VDFVD), Volumen sistólico final ventrículo derecho (VSFVD), Volumen latido ventrículo derecho (VLVD), Fracción de expulsión ventrículo derecho (FEVD3D).

**Tabla 4. Complicaciones Intrahospitalarias.****(n= 13/35)****(%)**

<b>AMV</b>	2	5.7%
<b>Muerte</b>	1	2.8%
<b>Choque Cardiogénico.</b>	13	37%
<b>ECMC</b>	13	37%

\*AMV asistencia mecánica ventilatoria, ECMC evento cardiovascular mayor combinado.

**Tabla 5. Características Clínicas vs Evento cardiovascular mayor combinado (ECMC)**

	(n= 13)	(n= 22)	p
	c/ECMC	s/ECMC	
Edad (años)	55(47-48)	50 (39-56)	0.38
Género femenino (%)	10 (77)	7 (32)	0.01
Superficie corporal (m2)	1.9(1.7-2)	1.8(1.6-2)	0.49
TA sistólica (mmHg)	81.5±9.8	110±10.2	0.43
TA Media (mmHg)	55.5±8	85.4±8	0.0001
Frecuencia cardíaca (lpm)	116±7	97±6	0.0001
Frecuencia respiratoria (rpm)	31±4	25±3	0.001
Índice de choque	1.4±0.2	0.88±0.10	0.0001
Bajo riesgo (%)	-----	16 (73)	0.001
Submasiva (%)	1(8)	5(23)	0.25
Masiva (%)	12(92)	-----	0.0001
Taquicardia Sinusal (%)	13 (100)	22(100)	NS
Bloqueo de rama derecha (%)	9(69)	6 (27)	0.01
McGinn -White (%)	7(54)	4(18)	0.02
Desnivel neg. ST A-S (%)	6(46)	----	0.0001
Inversión de onda T A-S (%)	1(8)	3(14)	0.59
Trombolisis (%)	13(100)	5(23)	0.0001
Tiempo de evolución TEP (días)	3(2-5)	5 (3-6)	0.29
Tiempo de reperfusión TEP (horas)	72(48-120)	24 (23-72)	0.29
Días UCI	4.3±1.7	1.5±0.9	0.0001
Días Hospitalización	14(13-17)	5 (4-5)	0.0001

\*A-S (anteroseptal), TA (tensión arterial), TEP tromboembolia pulmonar, UCI: unidad cuidados intensivos.

**Tabla 6. Parámetros Ecocardiográficos vs ECMC.**

TAPSE (mm)	9 (7-11)	19 (18-20)	0.0001
	(n= 13)	(n= 22)	p
	c/ECMC	s/ECMC	
FAC (%)	21 (18-32)	40.5 (39-43)	0.0001
Onda S tricuspídea cm/seg	7 (7-8)	11 (10-12)	0.0001
Índice de Tei	0.86 (0.590.89)	0.42(0.39-0.45)	0.0001
PSAP (mmHg)	41(33-48)	44(42-47)	0.23
Mc conell (%)	100	-----	0.0001
Índice de esfericidad AD.	1.72 (1.47-1.9)	0.78 (0.710.91)	0.0001
VDFVD (ml)	87 (83-103)	64 (57-69)	0.0001
VSFVD (ml)	64 (56-89)	35 (25-37)	0.0001
VLVD (ml)	28 (21-30)	31 (25-37)	0.01
FEVD (%)	0.22 (0.18-0.34)	0.45 (0.42-0.51)	0.0001

\*Desplazamiento anterior del anillo tricuspídeo (TAPSE), Cambio de área fraccional (FAC), Presión sistólica de la arteria pulmonar (PSAP), Aurícula derecha (AD), Volumen diastólico final ventrículo derecho (VDFVD), Volumen sistólico final ventrículo derecho (VSFVD), Volumen latido ventrículo derecho (VLVD), Fracción de expulsión ventrículo derecho, ECMC evento cardiovascular mayor combinado.

**Tabla 7. Riesgo relativo según puntos de corte de parámetros ecocardiográficos para predicción de ECMC.**

Parámetro.	R.R	IC 95%	p
TAPSE $\leq$ 9mm	0.61	(0.35-0.87)	0.0001
FAC $\leq$ 21 %	0.53	(0.26-0.80)	0.0001
Onda S tricuspídea $\leq$ 7cm/seg	0.53	(0.26-0.80)	0.0001
Índice de Tei $\geq$ 0.53	20.3	(2-97-138.7)	0.0001
Índice de esfericidad AD $\geq$ 1.32	20.3	(2.9-138)	0.0001
VDFVD $\geq$ 77 ml	7.3	(2.56-20.9)	0.0001
VSFVD $\geq$ 50 ml	5.5	(2.26-13.3)	0.0001
VLVD $\leq$ 28 ml	1.7	(0.76-3.7)	0.19
FEVD $\leq$ 0.38	7.3	(2.5-20.9)	0.0001

\*Desplazamiento anterior del anillo tricuspídeo (TAPSE), Cambio de área fraccional (FAC), Presión sistólica de la arteria pulmonar (PSAP), Aurícula derecha (AD), Volumen diastólico final ventrículo derecho (VDFVD), Volumen sistólico final ventrículo derecho (VSFVD), Volumen latido ventrículo derecho (VLVD), Fracción de expulsión ventrículo derecho, ECMC evento cardiovascular mayor combinado.

**Tabla 8. Predictores independientes para la presentación de ECMC en el análisis de regresión logística multivariado.**

	Coef $\beta$	p	(IC 95%)
Índice de Esf. AD $\geq$ 1.32	0.20	0.012	(0.04-0.36)
Masiva	0.55	0.0001	(0.39-0.71)
TAM	-0.008	0.0001	(0.38-1.1)

\*Coef  $\beta$  coeficiente beta, E.E. error estándar, IC intervalo de confianza, Esf AD esfericidad AD.

**Figuras:**

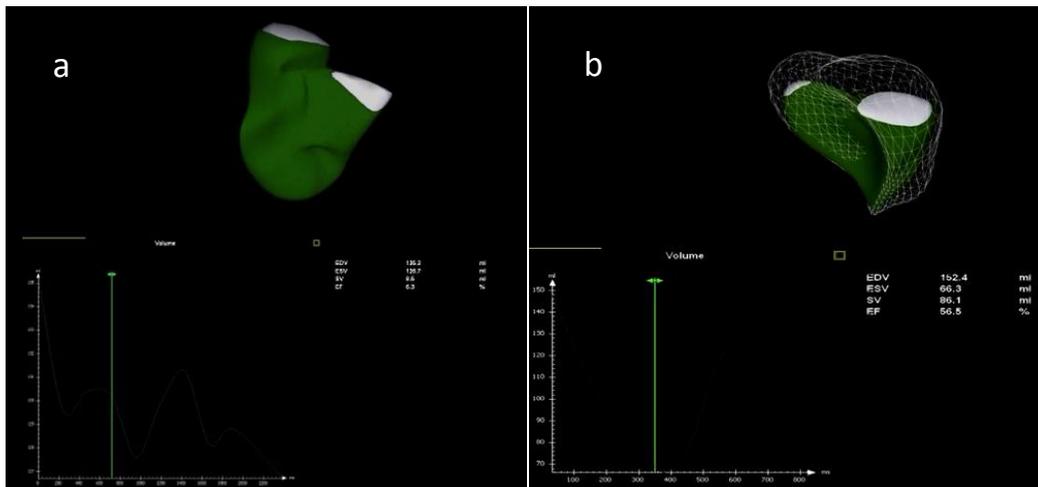


Figura 1.- Análisis 3D de la FEVD con software TOMTEC en pacientes con TEP aguda. Sujeto a) FEVD 0.06. Sujeto b) FEVD 0.56.

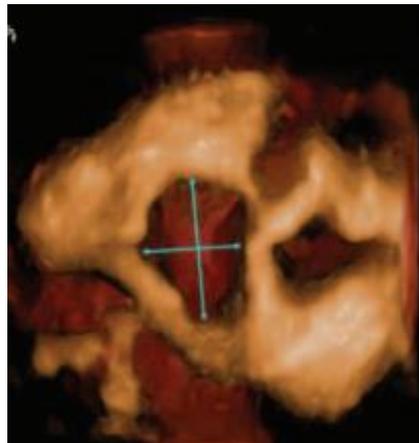


Figura 2.- Análisis 3D del índice de esfericidad de la aurícula derecha, determinando por la relación del eje corto de la aurícula derecha paralelo al anillo de la tricúspide, dividido por el eje largo perpendicular a la válvula tricúspide al final de la sístole.

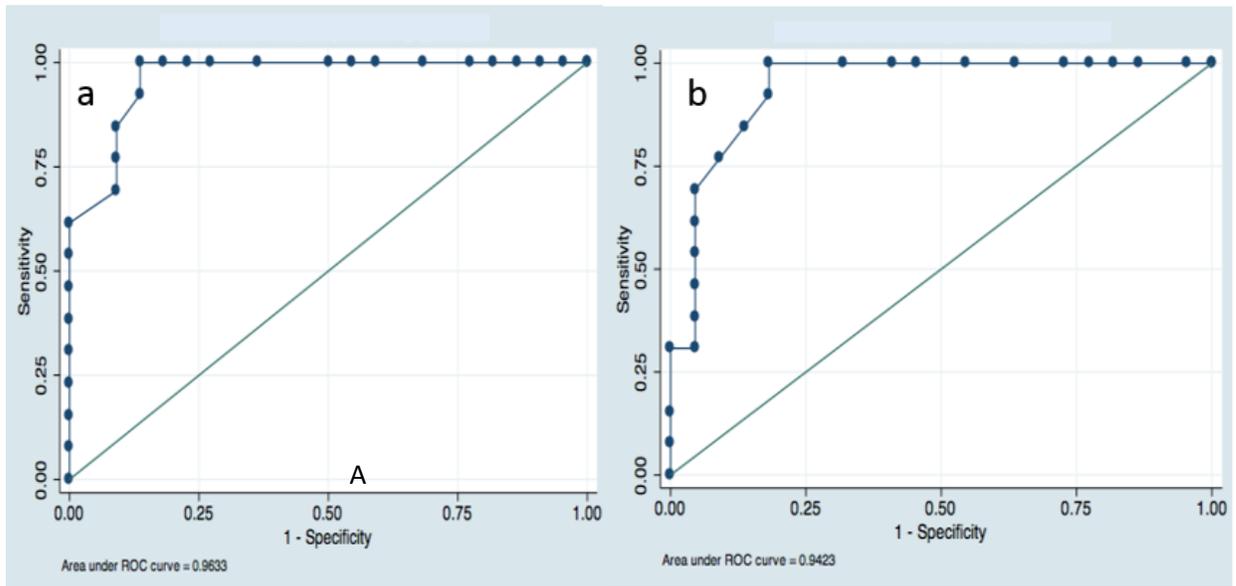


Figura 3.- Curvas ROC representativas de volúmenes ventriculares 3D para ECMC: evento cardiovascular mayor combinado.

- a) VDFVD: Volumen diastólico final ventrículo derecho AUC 0.96
- b) VSFVD: Volumen sistólico final ventrículo derecho AUC 0.94

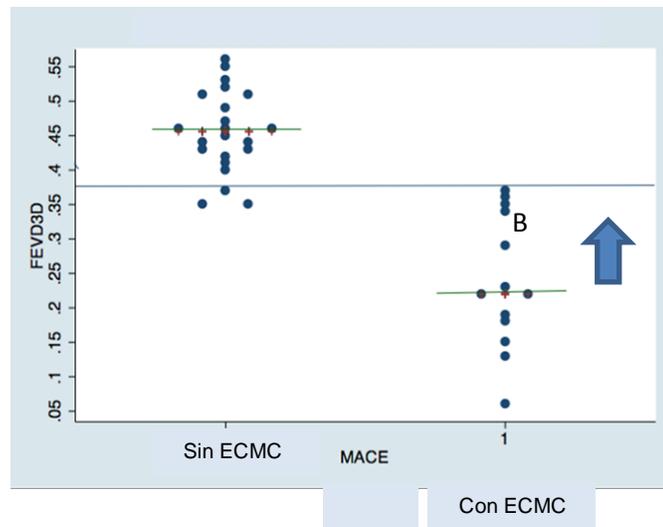


Figura 4.- Gráfico de dispersión para establecer punto de corte para FEVD3D: fracción de expulsión del ventrículo derecho 3D en pacientes con ECMC: evento cardiovascular mayor combinado.

- A) La línea verde representa la mediana de FEVD3D en pacientes sin ECMC 0.45.
- B) La línea verde representa la mediana de FEVD en pacientes sin ECMC 0.22
- \*\* La flecha azul establece el punto de corte de la FEVD3D para presentación de ECMC 0.38

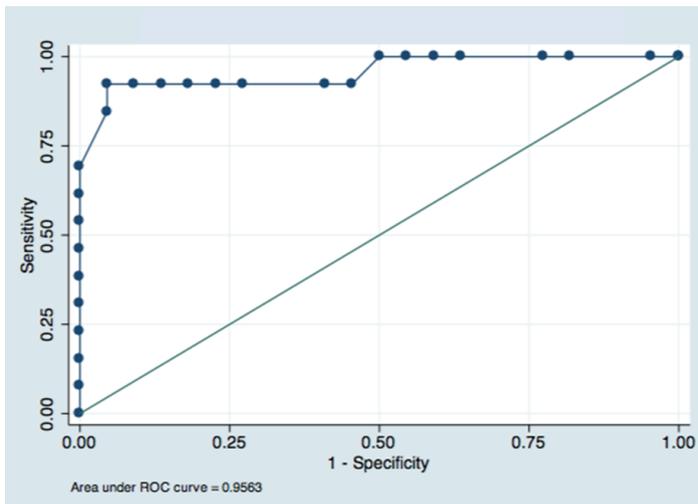


Figura 5.- Curva ROC representativa del índice de esfericidad aurícula derecha para ECMC: evento cardiovascular mayor combinado.

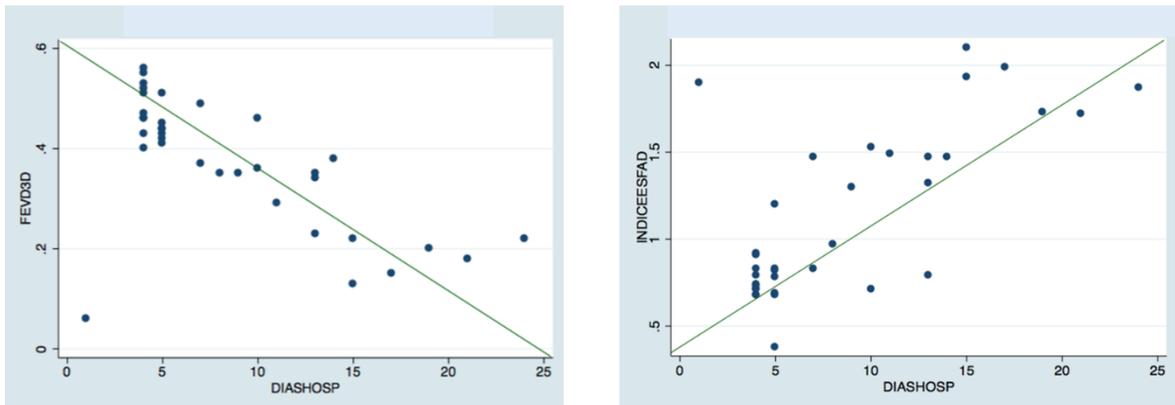


Figura 6.- Gráficos de correlación: Tiempo de estancia intrahospitalaria según FEVD3D e índice de esfericidad auricular derecho.

- a) Se observa que a menor FEVD3D existe un tiempo de estancia intrahospitalaria mayor.
- b) Se observa que a mayor índice de esfericidad aurícula derecha existe un tiempo de estancia intrahospitalaria mayor.

La tromboembolia pulmonar aguda constituye un problema grave de salud pública siendo el tercer lugar en cuanto a muerte cardiovascular y su pronóstico básicamente es debido a su relación con disfunción ventricular derecha.

Según lo dictan las Guías europeas y americanas para el manejo de Tromboembolia pulmonar aguda, la presentación de complicaciones y su morbimortalidad dependen de la identificación temprana de marcadores mal pronóstico tanto clínicos, bioquímicos y el establecimiento del tratamiento oportuno.

Actualmente las recomendaciones internacionales hacen hincapié en que, para el diagnóstico y el tratamiento de la TEP aguda, la disfunción del VD y elevaciones de los biomarcadores cardíacos son más relevantes para la estratificación del riesgo que otras como la afectación anatómica y la distribución de trombo en la arteria pulmonar.

Siendo la disfunción ventricular derecha como ya se mencionó un factor pronóstico en tromboembolia pulmonar aguda, la ecocardiografía ha sido utilizada a la fecha y pese a que constituye una herramienta útil no existen criterios uniformes según las guías, utilizadas para definir un pronóstico en estos pacientes.<sup>12-14</sup>

La ecocardiografía tridimensional surge como un método novedoso, accesible que permite la determinación cuantitativa de volúmenes los cuales hasta el momento no son recomendados por técnicas bidimensionales. Siendo posible actualmente la determinación del volumen diastólico y sistólico final y por tanto realizar el cálculo de fracción de expulsión ventricular derecha la cual corrobora con del gold estándar (RMI).

De las ventajas encontradas es con la evaluación con éste método son que requiere menos cuadros por segundo (frame rate) que otros métodos ecocardiográficos como el doppler tisular, disminuyendo así errores técnicos relacionados con su adquisición. Además este método permite menor subestimación de los volúmenes diastólico y sistólico finales mejorando así la variabilidad intraobservador.

A pesar de que en la literatura uno de los predictores independientes asociados a mortalidad a 30 días es el género masculino, en nuestro estudio el género femenino se asoció a mayor presentación de ECMC intrahospitalarios. Cabe resaltar que no existió diferencia significativa en la distribución de género dentro de la población estudiada.

La presencia de deterioro hemodinámico en nuestro estudio medida a través de la presión arterial media y el índice de choque asociado a una mayor presentación de eventos cardiovasculares mayores asociados coincide con los resultados del análisis posthoc de los datos del estudio ICOPER donde la tasa de mortalidad por cualquier causa a los 90 días fue del 52.4%. De acuerdo a los resultados de nuestro análisis multivariado la presión arterial media constituyó un predictor independiente para la presentación de eventos cardiovasculares mayores combinados.

La presencia de marcadores bioquímicos elevados como los niveles de BNP, y marcadores de daño miocárdico elevados como troponina I constituyeron predictores de riesgo alto para el desarrollo de ECMC

ya corroborado por referencias mundiales e incluso relacionado con mortalidad precoz relacionada hasta en 12-44%, independientemente de los diversos métodos utilizados para su medición y los valores de corte aplicados.

A pesar de que la literatura considera que los signos electrocardiográficos de disfunción ventricular derecha como la inversión de ondas T, desviación del segmento ST de V1 a V4, así como el patrón clásico de McGinn-White y la presencia de bloqueo de rama derecha suelen tener poca sensibilidad en pacientes con TEP; estos signos se presentaron con frecuencia y todos ellos a excepción de la inversión de ondas T, se asociaron con mayor presentación de eventos cardiovasculares mayores combinados dentro de la hospitalización.

Considerando que en estudios previos han centrado la atención en pacientes con riesgo intermedio o bajo<sup>10</sup>, nuestro análisis ofrece la ventaja de haber estudiado el escenario completo de pacientes en los 3 estratos de riesgo de TEP, con lo cual los resultados son más reproducibles.

Nuestros resultados no mostraron diferencia en relación al tiempo de evolución de TEP para la presentación de ECMC intrahospitalarios. Como tampoco existió diferencia en cuanto el tiempo para la reperfusión y la presentación de estas complicaciones.

Todos los parámetros ecocardiográficos medidos intencionadamente para evaluar disfunción ventricular derecha medidos en el estudio incluyendo los determinados por método de ecocardiografía bidimensional y tridimensional se asociaron en el análisis bivariado con la presentación de eventos cardiovasculares mayores combinados en la hospitalización. Esto concuerda con los resultados de un metaanálisis donde los pacientes con signos ecocardiográficos de disfunción ventricular derecha mostraron un riesgo 2 veces mayor de mortalidad precoz por TEP.

Diversos estudios clínicos difieren en la forma para evaluar la disfunción ventricular derecha por parámetros ecocardiográficos, los más recomendados a la fecha incluyen signo de McConnell, índice de desempeño miocárdico o de Tei, desplazamiento anterior del anillo tricuspídeo (TAPSE), onda S tricuspídea, cambio de área fraccional del ventrículo derecho (FAC) y por esta razón fueron medidos en nuestro estudio.

Existen a la fecha puntos de corte para disfunción ventricular derecha establecidos según las guías para la evaluación del corazón derecho en adultos de la Asociación Americana de Ecocardiografía<sup>8</sup>: TAPSE < 16 mm, Onda S tricuspídea < 10cm/seg, FAC < 38%, índice de Tei por doppler tisular >0.40, FEVD < 0.45. Sin embargo no existen a la fecha puntos de corte específicos para pacientes con tromboembolismo pulmonar agudo además de los clínicos y bioquímicos ya mencionados.

Un punto atractivo de este estudio fue precisamente la determinación para la población estudiada de puntos de corte ecocardiográficos específicos para la presentación de eventos cardiovasculares mayores combinados durante la hospitalización en pacientes con tromboembolia pulmonar aguda.

Los puntos de corte que fueron determinados mediante curvas ROC fueron los volúmenes diastólico y sistólico final derechos y el índice de esfericidad. Para un VDFVD  $\geq$  77ml se encontró una Sensibilidad del

100% y una especificidad del 86% con un área bajo la curva ( AUC) de 0.96 con IC 95% de 0.85-0.99. Para el VSFVD  $\geq 50$  ml se encontró una sensibilidad del 100% y una especificidad de 82% con un área bajo la curva de 0.94 IC 95% 0.80-0.99 y para el índice de esfericidad de la aurícula derecha  $\geq 1.32$  se encontró una sensibilidad del 92% y una especificidad del 95%.

La obtención de puntos de corte para el resto de los parámetros ecocardiográficos se utilizaron gráficos de dispersión y dot plot para establecer la mediana asociada con la presentación de eventos cardiovasculares mayores intrahospitalarios. De esta manera se estableció un punto de corte de TAPSE  $\leq 9$ mm, un FACVD  $\leq 21$ mm, una onda S tricuspídea  $\leq 7$  cm/seg, un índice de Tei  $\geq 0.53$  y una FEVD3D  $\leq 0.38$  para la presentación de ECMC.

Los resultados para los puntos de corte establecidos en nuestro estudio no pueden ser comparados con ningún estudio previo ya que esto no ha sido publicado aún para esta entidad.

Como ya se mencionó, las nuevas tecnologías para evaluación de la función ventricular derecha mediante ecocardiografía tridimensional se considera superior a las técnicas convencionales que evalúan parámetros como la FAC del ventrículo derecho, TAPSE e índice de Tei.

Esto es debido a que a pesar de que la FAC del ventrículo derecho se considera uno de los índices para estimación cuantitativa de la función ventricular derecha, ofrece las limitantes anatómicas ya que es dependiente del trazado de la pared libre cerca de las trabeculaciones y es dependiente de angulación del transductor y esto puede resultar en subestimación. El índice de Tei no es recomendado en fibrilación auricular por la variación de los intervalos RR, así como en estados con incremento de la presión auricular derecha porque es dependiente de carga. La estimación del TAPSE a pesar de ser un parámetro que ofrece menor variabilidad en su determinación se considera ángulo dependiente y asume que el desplazamiento de la porción basal del ventrículo derecho y de los segmentos adyacentes es representativo de la función global del ventrículo derecho.

Nuestros resultados demostraron que el único parámetro de disfunción ventricular derecho medido por técnicas convencionales que mostró un riesgo mayor para la presentación de eventos cardiovasculares mayores combinados intrahospitalarios fue el índice de Tei  $\geq 0.53$ .

Considerando lo asumido previamente, la ecocardiografía tridimensional supera las limitantes previas, permitiendo una estimación más precisa de la función ventricular derecha a través del análisis de diferentes imágenes que permiten la reconstrucción y determinación de parámetros como fracción de expulsión del ventrículo derecho, volumen diastólico y sistólico final derechos.

Nuestros resultados coinciden con la literatura mundial al encontrar disminución en la FEVD 3D en pacientes con TEP aguda, lo cual concuerda con lo reportado en estudios realizados con resonancia magnética, con lo ya mencionado y considerando que la Tomografía sólo permite la determinación de parámetros anatómicos y no funcionales, la ecocardiografía 3D es un método prometedor al ser una alternativa más exacta para valorar disfunción ventricular derecha, además de mayor practicidad debido a la condición crítica de este

padecimiento y que esto no permite sean trasladados para la realización del gold estandar.

Otras de las cuestiones encontradas, es que el índice de esfericidad de la aurícula derecha constituye un parámetro ecocardiográfico que ha sido estudiado en pacientes con hipertensión arterial pulmonar crónica; en estos pacientes el remodelamiento auricular derecho se asocia con un pronóstico clínico adverso. De acuerdo a la literatura un incremento en el índice de esfericidad de la aurícula derecha  $>$  de 0.24 en relación al basal durante el seguimiento a un año resultó un predictor de riesgo independiente de pérdida de clase funcional.

La determinación del índice de esfericidad de la aurícula derecha mediante ecocardiografía 3D en el contexto de tromboembolia pulmonar aguda no ha sido estudiada a la fecha.

Por tal motivo resultó interesante para los investigadores de este proyecto su determinación en pacientes con tromboembolia pulmonar aguda, estableciendo el punto de corte relacionado con la presentación de ECMC intrahospitalarios. Para un índice de esfericidad de la aurícula derecha  $\geq 1.32$  existió un riesgo 20.3 veces más de presentar un evento cardiovascular combinado que para los que presentaron un nivel inferior, lo anterior corroborado por el análisis de regresión logística multinomial y determinándolo como predictor de riesgo independiente para ECMC.

Esto resulta sumamente atractivo ya que en el contexto de tromboembolia pulmonar aguda no ha sido estudiado previamente. El incremento en la presión de la aurícula derecha con alargamiento y alteración en la contractilidad provocan así aumento del índice de esfericidad. Tal como lo demuestra nuestro estudio parece ser un signo ecocardiográfico de gran utilidad para la predicción de un pronóstico adverso en estos pacientes.

Como punto final cabe recalcar que tal como lo mostraron los gráficos de correlación, se encontró una correlación negativa para el nivel de FEVD y el tiempo de estancia intrahospitalaria, esto quiere decir que a medida que los niveles de FEVD por 3D fueron mayores existió un menor tiempo en días de estancia intrahospitalaria, lo contrario sucedió con niveles menores de FEVD3D donde existió un mayor tiempo de estancia intrahospitalaria.

El gráfico de correlación en cuanto al comportamiento del índice de esfericidad de la aurícula derecha mostró una correlación positiva con el tiempo de estancia intrahospitalaria, es decir, los niveles mayores de índice de esfericidad de la aurícula derecha se asociaron con un mayor número de días de estancia intrahospitalaria

La evaluación combinada mediante ecocardiografía 3D de la función ventricular y auricular derechas a través de la fracción de expulsión ventricular derecha, los volúmenes ventriculares derechos y el índice de esfericidad de la aurícula derecha permiten una evaluación cuantitativa precisa y una adecuada predicción del riesgo para la presentación de desenlaces como complicaciones cardiovasculares y tiempo de estancia intrahospitalarios. Constituye un método novedoso, seguro y práctico que ofrece ventajas importantes sobre los métodos ecocardiográficos convencionales.

- (1) Torbicki A, Perrier A, Konstantinides S, Agnelli G, Galiè N, Pruszczyk P et al. Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. *European Heart Journal*. 2008; 29(18): 2276-2315.
- (2) Jimenez OE, Velázquez – Lupiañez L, Martínez Rasposo P, Cebollada- Gracia AD. Tromboembolismo pulmonar en atención primaria. *Semergen*. 2012; 38(1) : 1-4.
- (3) Kostadima E, Zakynthinos E. Pulmonary Embolism: Pathophysiology, Diagnosis, Treatment; *Hellenic J Cardiol*. 2007; 48 (2): 94-107.
- (4) Cabrera-Rayo A, Nellen-Hummel H. Epidemiología de la enfermedad tromboembólica venosa. *Gac Méd Mex*. 2007; 143(1): 3-5.
- (5) Jaff MR, McMurtry S, Archer SL, Cushman M, Goldenberg N, Goldhaber SZ et al. Management of massive and submassive pulmonary embolism, iliofemoral deep vein thrombosis and chronic thromboembolic pulmonary hypertension: A scientific statement from de American Heart Association. *Circulation*. 2011; 123(16) : 1788-1830.
- (6) Jerjes-Sánchez C, Elizalde-González JJ, Sandoval Zárate J, Gutiérrez – Fajardo P, Seoane García de Leon M, Ramírez Rivera L et al. Diagnóstico, estratificación y tratamiento de la tromboembolia pulmonar aguda. Guías y Recomendaciones del Capítulo de Circulación Pulmonar de la Sociedad Mexicana de Cardiología. *Arch Cardiol Mex*. 2004; 74(3): 547-585.
- (7) Morales-Blanhir JE, Salas-Pacheco JL, Rosas-Romero M, Valle Murillo MA. Diagnóstico de tromboembolia pulmonar. *Arch Cardiol Mex*. 2011; 81(2) 126-136.
- (8) Wolde M, Söhne M, Quak E, Mac Gillavry M, Büller HR. Prognostic value of echocardiographically assessed right ventricular dysfunction in patients with pulmonary embolism. *Arch Intern Med*. 2004; 164 (15):1685-9.
- (9) Sanchez O, Trinquart L, Caille V, Couturaud F, Pacouret G, Meneveau N et al. Prognostic factors for pulmonary embolism. *Am J Respir Crit Care Med*. 2010; 181 (2):168-173.
- (10) Kucher n, Printzen G, Goldhaber S. Prognostic role of brain natriuretic peptide in acute pulmonary embolism. *Circulation*. 2003; 107 (20): 2545-2547.
- (11) McIntyre KM, Sasahara AA. The ratio of pulmonary arterial pressure to pulmonary vascular obstruction: index of preembolic cardiopulmonary status. *Chest*. 1977; 71(6):354-9.
- (12) Grifoni A, Olivotto I, Cecchini P, Pieralli F, Camaiti A, Santoro G et al. Short term clinical outcome of patients with acute pulmonary embolism, normal blood pressure, and echocardiographic right ventricular dysfunction. *Circulation* 2000; 101 (24):2817-22.
- (13) Otto CM. Ecocardiographic evaluation of left and right ventricular systolic function. In: *Textbook of clinical echocardiography edited by: W.B Saunders Company*. 1995: 85-115.
- (14) Dell'Italia LJ. The right ventricle: Anatomy, physiology and clinical importance. *Curr Prob Cardiol*. 1991; 16: (10): 653-720.
- (15) Lee FA. Haemodynamics of the right ventricle in normal and disease states. *Cardiol Clin*. 1992;10 (1): 59-67.
- (16) Satamore WP; Dell'Italia LJ. Ventricular interdependence: Significant left ventricular contributions to right ventricular systolic function. *Prog Cardiovasc Dis* 1998; 40 (4): 289-30.

- (17) Hines R. Right ventricular function and failure: A review .*Biol Med.* 1991; 64: 295-307.
- (18) Barnard D, Alpert JS. Right ventricular function in health and disease. *Curr Prob Cardiol* 1987; 12: 417-449.
- (19) Cuantificación de la función ventricular derecha en pacientes con hipertensión pulmonar. *Rev Fed Arg Cardiol.* 2012; 41(2): 89-95.
- (20) Rudski LD, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher M, Chadrsekaran K et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: A report from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010; 23 (7): 685-713.
- (21) Horton KD, Meece RW, Hill JC. Assessment of the right ventricle by echocardiography: A primer for cardiac sonographers. *J Am Soc Echocardiogr* 2009; 22(7): 776-792.
- (22) Van der Zwann H, Geleijnse ML, McGhie JS, McGhie JS, Boersma E, Helbing WA et al. *European Journal of Echocardiography* 2011; 12(9):656-664.
- (23) Niemann PS, Pinho L, Balbach T, Galuschky C, Blankenhagen M, Sillberbach M et al. Anatomically oriented right ventricular volume measurements with dynamic three dimensional echocardiography validated by 3 –Tesla Magnetic Resonance Imaging. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50(17): 1668-1676
- (24) Kidawa M, Chizynski K, Zielinska M, Kasprzak JD, Krzeminska-Pakula M. Real time 3D echocardiography and tissue Doppler echocardiography in the assessment of right ventricle systolic function in patients with right ventricular myocardial infarction. *European Heart Journal.* 2013; 14 (10): 1002-1009.
- (25) Vtarelli A, Barillà F, Cpotosto L, D'Angeli I, Truscelli G, De Maio M et al. Right ventricular function in acute pulmonary embolism: A combined assessment by three-dimensional and speckle – tracking echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014; 27 (3): 329-338.
- (26) Sallach JA, Tnag WHW, Borowski AG, Tong W, Porter T, Martin MG et al. Right Atrial Volume Index in Chronic Systolic Heart Failure and Prognosis. *JACC Cardiovascular Imaging.* 2009; 2 (5): 527-34.
- (27) Grapsa J, Gibbs SR, Zimbarra Cabrita I, Watson GF, Pavlopoulos H, Dawson D et al. The association of clinical outcome with right atrial and ventricular remodelling in patients with pulmonary arterial hypertension: study with real time three dimensional echocardiography. *European Heart Journal* 2012; 13 (8): 1-7.
- (28) Howard LS, Grapsa J, Dawson D, Bellamy M, Chambers JB, Masani ND et al. Echocardiographic assessment of pulmonary hypertension: standard operating procedure. *Eur Respir Rev* 2012; 21 (125): 239-248.
- (29) Peluso D, Badano L, Muraru D, Dal Bianco L, Cucchini U, Kocabay G et al. Right atrial size and function assessed with three dimensional and speckle-tracking echocardiography in 200 healthy volunteers. *European Heart Journal – Cardiovascular Imaging.* 2013; 14 (11): 1-9.

---

**A. Cronograma de actividades**

	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
Diseño del protocolo						
Aprobación del comité local de investigación						
Recolección de datos						
Análisis de la base de datos						
Interpretación de los resultados						
Integración del escrito final						
Envío a publicación						

## **B. GLOSARIO DE ABREVIATURAS.**

AD – Aurícula derecha.

ASE - American Society of Echocardiography.

BNP - Péptido natriurético cerebral.

ECO 2D- Ecocardiograma bidimensional.

ECO 3D – Ecocardiograma tridimensional.

EUA – Estados Unidos de América.

FAC – Cambio de área fraccional.

FEVD – Fracción de expulsión del ventrículo derecho.

ICOPER - Internacional Cooperative Pulmonary Embolism Registry.

IMSS - Instituto Mexicano del Seguro Social.

TAS – Tensión arterial sistólica.

TAPSE – Excursión sistólica del plano valvular tricuspideo.

TEP – Tromboembolia pulmonar.

TVP- Trombosis venosa profunda.

VD. Ventrículo derecho.

VDFVD – Volumen diastólico final del ventrículo derecho.

VI. Ventrículo izquierdo.

VLVD – Volumen latido del ventrículo derecho.

VPP - Valor predictivo positivo.

VPN - Valor predictivo negativo.

VSFVD – Volumen sistólico final del ventrículo derecho.

**C. HOJA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

**DATOS GENERALES DEL PACIENTE.**

Fecha de ingreso: \_\_\_\_\_ Fecha de egreso: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_  
Nombre: \_\_\_\_\_ Afiliación: \_\_\_\_\_ Número: \_\_\_\_\_  
Edad: \_\_\_\_\_  
Género: masculino ( ) femenino ( )  
Peso: \_\_\_\_\_ Talla: \_\_\_\_\_ SC: \_\_\_\_\_

**A. SIGNOS VITALES AL INGRESO A URGENCIAS.**

Presión arterial: \_\_\_\_\_ mmHg Frecuencia cardiaca: \_\_\_\_\_ lpm Frecuencia respiratoria \_\_\_\_\_ rpm  
Temperatura: \_\_\_\_\_ C.

**B. ÍNDICE DE CHOQUE**

FC/TAS: \_\_\_\_\_.

**C. DIAGNÓSTICO DE TROMBOEMBOLIA PULMONAR**

Por Angiotomografía ( ) Otros métodos ( )

**D. CLASIFICACIÓN**

Masiva ( ) Submasiva ( ) Bajo riesgo ( )

**E. HALLAZGOS ELECTROCARDIOGRÁFICOS**

TAQUICARDIA SINUSAL ( ) BRDHH ( ) MCGIN WHITE ( ) DEPRESION DEL ST ANTEROSEPTAL ( ) INVERSIÓN ONDA T ANTEROSEPTAL ( )

**F. PARÁMETROS DE LABORATORIO AL INGRESO**

TNI: \_\_\_\_\_ BNP: \_\_\_\_\_ DIMERO D: \_\_\_\_\_

**G. PARÁMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS 2D**

TAPSE: \_\_\_\_\_

ONDA S TRICUSPIDEA: \_\_\_\_\_

MC CONELL: \_\_\_\_\_

**H. PARÁMETROS ECOCARDIOGRÁFICOS 3D**

Índice de esfericidad AD: \_\_\_\_\_ VDFVD \_\_\_\_\_

VLVD: \_\_\_\_\_ FEVD: \_\_\_\_\_

VSFVD: \_\_\_\_\_

**I. TROMBOLISIS**

NO ( ) SI ( )

**J. TIEMPO DE REPERFUSIÓN \_\_\_\_\_.**

**K. DIAS DE ESTANCIA EN UCI \_\_\_\_\_.**

**L. DIAS DE ESTANCIA HOSPITALARIA TOTAL \_\_\_\_\_.**

**M. COMPLICACIONES INTRAHOSPITALARIAS.**

Necesidad de ventilación mecánica ( )

Choque cardiogénico ( )

Muerte ( )



**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL**  
SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL



**INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL**  
**UNIDAD DE EDUCACIÓN, INVESTIGACIÓN**  
**Y POLÍTICAS DE SALUD**  
**COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN SALUD**

**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**  
**(ADULTOS)**

**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN**

Nombre del estudio:	<b>Evaluación de la función ventricular y auricular derecha mediante ecocardiografía 3D en pacientes con tromboembolia pulmonar aguda y su asociación con el pronóstico intrahospitalario.</b>
Lugar y fecha:	_____
Número de registro:	_____
Justificación y objetivo del estudio:	El ecocardiograma en tercera dimensión es un ultrasonido de corazón novedoso, seguro, accesible y no invasivo que proporciona información de gran importancia para conocer datos relacionados con la evolución de los pacientes con tromboembolia pulmonar, permitiendo establecer un tratamiento en forma oportuna.
Procedimientos:	Se realizará ultrasonido de corazón en tercera dimensión a todos los pacientes con diagnóstico de Tromboembolia pulmonar admitidos al hospital de Cardiología del CMN Siglo XXI y que acepten participar en este estudio. Todos los estudios serán realizados en la cama del paciente colocando un instrumento llamado transductor, en las costillas del lado izquierdo del pecho, dirigido hacia el corazón, el cual permitirá conocer datos relacionados con el funcionamiento cardíaco que ayudaran al tratamiento de esta enfermedad. Será realizado en las primeras 48 horas del ingreso al hospital.
Posibles riesgos y molestias:	Puede presentar molestias ligeras o dolor sobre el pecho por la presión utilizada con el ultrasonido.
Posibles beneficios que recibirá al participar en el estudio:	No existirán beneficios económicos por participar en el estudio. El beneficio de participar será únicamente ayudar a los médicos en la obtención de datos para otorgar el mejor tratamiento posible en forma oportuna y conocer el riesgo de complicaciones durante la hospitalización.
Información sobre resultados y alternativas de tratamiento:	Se informará a los pacientes sobre los resultados de los estudios realizados, y las posibles soluciones o tratamientos disponibles en cada caso.
Privacidad y confidencialidad:	Se garantiza a los pacientes que su nombre o datos personales serán guardados de manera privada y en caso de publicación no serán reconocidos,  Ayudar a conocer los datos que por ultrasonido cardíaco en tercera dimensión predicen el riesgo de complicaciones en pacientes con tromboembolia pulmonar aguda, permitiendo de esta manera brindar un tratamiento oportuno y adecuado para cada caso, evitando así complicaciones relacionadas.
Beneficios al término del estudio:	_____
En caso de dudas o aclaraciones relacionadas con el estudio podrá dirigirse a:	
Investigador Responsable:	<u>Dra. Montserrat Carrillo Estrada.</u>
Colaboradores:	<u>Dra. Rosalba Carolina García Méndez, Dr. Rafael Rascón Sabido</u>
En caso de dudas o aclaraciones sobre sus derechos como participante podrá dirigirse a:	Comisión de Ética de Investigación de la CNIC del IMSS: Avenida Cuauhtémoc 330 4° piso Bloque "B" de la Unidad de Congresos, Colonia Doctores. México, D.F., CP 06720. Teléfono (55) 56 27 69 00 extensión 21230. Correo electrónico: <a href="mailto:comision.etica@imss.gob.mx">comision.etica@imss.gob.mx</a>

_____ Nombre y firma del sujeto	_____ Nombre y firma de quien obtiene el consentimiento
Testigo 1	Testigo 2
_____ Nombre, dirección, relación y firma	_____ Nombre, dirección, relación y firma

**Clave: 2810-009-013**