



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INSTITUTO DE SEGURIDAD SOCIAL AL SERVICIO DE LOS  
TRABAJADORES DEL ESTADO

HOSPITAL REGIONAL 1º DE OCTUBRE

**CORRELACIÓN Y CONCORDANCIA ENTRE ECOCARDIOGRAFÍA  
DOPPLER Y CATETERISMO CARDIACO DERECHO PARA  
DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN MEDIA PULMONAR**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
MEDICINA INTERNA

PRESENTA:

NOMBRE DEL ALUMNO:

DR. JORGE DANIEL SOLORIO PAVÓN

NOMBRE DEL ASESOR:

DR. EVALDO ZOÉ RIVAS HERNÁNDEZ

CIUDAD DE MÉXICO, OCTUBRE 2023

RPI 536.2023



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.





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INSTITUTO DE SEGURIDAD SOCIAL AL SERVICIO DE LOS  
TRABAJADORES DEL ESTADO

HOSPITAL REGIONAL 1º DE OCTUBRE

**CORRELACIÓN Y CONCORDANCIA ENTRE ECOCARDIOGRAFÍA  
DOPPLER Y CATETERISMO CARDIACO DERECHO PARA  
DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN MEDIA PULMONAR**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
MEDICINA INTERNA

PRESENTA:

NOMBRE DEL ALUMNO:

DR. JORGE DANIEL SOLORIO PAVÓN

NOMBRE DEL ASESOR:

DR. EVALDO ZOÉ RIVAS HERNÁNDEZ

CIUDAD DE MÉXICO, OCTUBRE 2023

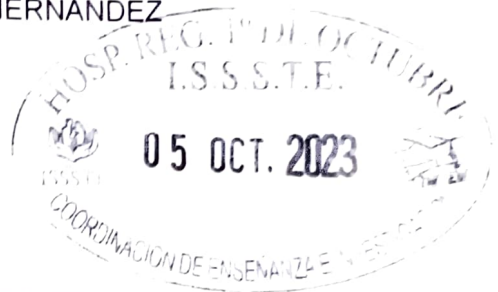
RPI 536.2023

**CORRELACIÓN Y CONCORDANCIA ENTRE ECOCARDIOGRAFÍA  
DOPPLER Y CATETERISMO CARDIACO DERECHO PARA  
DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN MEDIA PULMONAR**

PRESENTA: DR. JORGE DANIEL SOLORIO PAVÓN

ASESOR: DR. EVALDO ZOÉ RIVAS HERNÁNDEZ

Vo. Bo.



DR. PEREZ MORENO ISRAEL DAVID

---

ENCARGADO DE LA COORDINACIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN.

DR. JESÚS ALEJANDRO IBARRA GUILLEN

---

TITULAR DEL CURSO DE MEDICINA INTERNA

DR. EVALDO ZOÉ RIVAS HERNÁNDEZ

---

ASESOR DE TESIS

## **AGRADECIMIENTOS**

Queridos papá y mamá, No encuentro las palabras adecuadas para expresar todo mi agradecimiento por el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida y especialmente durante mi etapa de residencia. Gracias por haber confiado en mí, por haberme brindado su amor, su paciencia y su sabiduría en cada momento. Esta tesis es el resultado de un esfuerzo conjunto y no hubiera sido posible sin su ayuda y motivación constante. Quiero dedicarles este logro, que también es suyo, como muestra de mi gratitud. Espero que esta tesis sea un pequeño reflejo del orgullo que siento de tener unos padres tan maravillosos como ustedes.

Además agradezco a todos los médicos que han compartido conmigo sus conocimientos y experiencia en el campo de la Medicina Interna para mi formación como internista. En especial a mi asesor el Dr. Evaldo Zoe Rivas Hernández, quien sin su apoyo esta tesis no fuera posible.

## ÍNDICE

1. Resumen.....	2
2. Introducción .....	4
3. Antecedentes .....	5
4. Plantamiento del problema.....	11
5. Justificación .....	12
6. Hipotesis.....	13
7. Objetivos.....	13
8. Materiales y métodos.....	14
9. Resultados.....	18
10. Discusión.....	24
11. Conclusiones.....	25
12. Referencias bibliográficas.....	26

## 1. Resumen

**Introducción:** La hipertensión pulmonar (HP) se define fisiopatológicamente y hemodinámicamente como una presión media pulmonar (PMP) mayor a 20 mmHg determinada por cateterismo cardiaco derecho (CD). La ecocardiografía transtorácica aporta datos directos e indirectos de hipertensión pulmonar, siendo la herramienta diagnóstica no invasiva más útil para el tamizaje de los pacientes con síntomas de HP y/o factores de riesgo para HP. Se ha reportado una sensibilidad y especificidad alta para el diagnóstico de la hipertensión pulmonar con la estimación de la PSAP obtenida por la IT máx. Siendo de 88% y 83% respectivamente, en cuanto a el diagnóstico mediante la estimación de la PMP calculada desde el TA un metaanálisis demostró que la sensibilidad combinada entre los estudios fue 84% y la especificidad combinada fue de 84%. Una principal limitante para el cálculo de la PSAP es que el grado de la insuficiencia tricuspídea ya que en pacientes con disfunción del ventrículo derecho y/o dilatación del Ventrículo derecho se infraestima este valor y dado que el cálculo de la PMP mediante el TA, no cuenta con misma limitante, se podrá obtener un mejor tamizaje usando esta variable para el diagnóstico de la HP.

**Objetivo:** Determinar el grado de correlación y concordancia entre la ecocardiografía Doppler y el cateterismo cardiaco derecho para determinación de presión pulmonar media para el diagnóstico y clasificación de la hipertensión pulmonar.

**Metodología:** Se estudiaron los datos de expedientes completos de pacientes que fueron sometidos a cateterismo cardiaco y ecocardiografía transtorácica en el periodo de enero 2019 a diciembre 2022, se realizó el cálculo de la presión media pulmonar con la formula  $PMP=90-(0.62*TA)$ , se determinó el coeficiente de correlación de Pearson (r) y coeficiente de concordancia de Lin entre la PMP calculada y la obtenida por cateterismo cardiaco así mismo se determinó el coeficiente de correlación y concordancia entre PSAP por ecocardiograma y la obtenida por CD.

**Resultados:** Se analizaron 100 expedientes de pacientes que fueron sometidos a cateterismo cardiaco, se realizó el coeficiente de correlación de Pearson entre la PMP calculada por ecocardiografía y la PMP obtenida por cateterismo de toda la población. Obteniendo una r de **0.7676 (CI 95%=0.67-0.83)**, con una **p<0.001**, se realizó el grado de concordancia de Lin obteniendo una **pc = 0.7426**

**Conclusiones:** En este estudio se demostró que para la población estudiada el tiempo de aceleración del tracto de salida del ventrículo derecho y el calculo de la presión media pulmonar calculada por ecocardiograma presentan mayor grado de correlación para el diagnóstico de la hipertensión pulmonar en comparación con el calculo de la PSAP por medio de la velocidad máxima de la insuficiencia tricúspidea.

**Palabras claves:** Hipertensión pulmonar, ecocardiograma, cateterismo cardiaco derecho, PSAP, presión media pulmonar, velocidad de la Insuficiencia tricúspidea



**Abreviaturas:**

**AUC:** area bajo la curva

**CD:** cateterismo cardiaco derecho

**GDP:** gradiente de presión diastólica

**HP:** Hipertensión pulmonar

**IT max:** Velocidad máxima de la insuficiencia tricuspídea

**PCP:** presión de enclavamiento pulmonar

**PMP:** presión media arterial pulmonar

**PMPc:** Presión media arterial pulmonar calculada por ecocardiograma

**PSAP:** Presión sistólica arterial pulmonar

**PSAPc;** Presión sistólica arterial pulmonar calculada por ecocardiograma

**RVP:** resistencias vasculares pulmonares

**TA:** Tiempo de aceleración pulmonar

**VD:** Ventrículo derechos

**VI:** Ventrículo Izquierdo

**UW:** Unidades Wood

## 2. Introducción

La hipertensión pulmonar (HP) se define fisiopatológicamente y hemodinámicamente como una presión media pulmonar (PMP) mayor o igual a 20 mmHg en reposo determinada por cateterismo cardiaco derecho (CD), el cual es el estándar de oro para el diagnóstico de la HP. De acuerdo a diferentes combinaciones entre la presión de enclavamiento pulmonar (PCP), gradiente de presión diastólica (GPD) y resistencias vasculares pulmonares (RVP); hemodinámicamente se clasifica en precapilar, postcapilar aislada y precapilar y postcapilar combinada.<sup>1-3</sup>

La ecocardiografía transtorácica aporta datos directos e indirectos de hipertensión pulmonar, siendo la herramienta diagnóstica no invasiva más útil para el tamizaje de los pacientes con síntomas de HP y/o factores de riesgo para HP.<sup>4</sup>

La estimación de la presión sistólica arterial pulmonar (PSAP) por ecocardiografía Doppler está ampliamente estudiada y validada, pero su limitada precisión, aunque gran reproducibilidad, hacen que el cateterismo cardiaco siga siendo el estándar de oro diagnóstico para la HP, pero aun así la determinación de la presión pulmonar por ecocardiografía Doppler, en ausencia de obstrucción del flujo pulmonar, presenta una adecuada correlación lineal con la PSAP y PMP determinadas por cateterismo derecho siendo esta correlación positiva con la velocidad máxima de la regurgitación tricuspídea (IT max) y negativa con el tiempo de aceleración pulmonar (TA).<sup>4-6</sup>

Se ha reportado una sensibilidad y especificidad alta para el diagnóstico de la hipertensión pulmonar con la estimación de la PSAP obtenida por la IT max siendo de 88% y 83% respectivamente, en cuanto a el diagnóstico mediante la estimación de la PMP calculada desde el TA un metaanálisis demostró que la sensibilidad combinada entre los estudios fue 84% y la especificidad combinada fue de 84%.<sup>7,8</sup>

Por lo anterior se debe considerar que la ecocardiografía Doppler es la herramienta más útil para realizar el diagnóstico inicial de HP ya sea mediante PMP y/o PSAP.

### 3. Antecedentes

#### Definición y clasificación

La hipertensión pulmonar (HP) se definía, desde 1973, fisiopatológicamente y hemodinámicamente como una presión media pulmonar (PMP) mayor o igual a 25 mmHg en reposo determinada por cateterismo cardiaco derecho (CD). Pero esta definición se basa en tomar arbitrariamente el valor normal de la PMP menor o igual a 25 mmhg, probablemente por la preocupación de realizar sobre diagnóstico de HP; en catorce estudios de 37 países se determinó el valor normal de la presión media pulmonar en reposo de 14 +/-3.3 mmHg.<sup>8,9</sup>

Por lo que, en el sexto simposio mundial de la HP, celebrado en el 2019, se decidió revisar la definición hemodinámica de la hipertensión pulmonar ajustándola a una presión media pulmonar mayor a 20 mmHg y de acuerdo a diferentes combinaciones entre la presión de enclavamiento pulmonar (PCP), gradiente de presión diastólica (GPD) y resistencias vasculares pulmonares (RVP); hemodinámicamente se clasifica en pre capilar, post capilar aislada y pre capilar y post capilar combinada.<sup>1-3</sup> **(Tabla 1)**

Desde el segundo simposio mundial de la hipertensión pulmonar en 1998 se estableció una clasificación teniendo en cuenta los hallazgos patológicos, características hemodinámicas y manejo. Agrupándose en los siguientes 5 grupos: grupo 1: hipertensión arterial pulmonar, grupo 2: Hipertensión pulmonar secundaria a cardiopatía izquierda, grupo 3: Hipertensión pulmonar por enfermedades pulmonares y/o hipoxemia, grupo 4: Hipertensión pulmonar tromboembólica Crónica y grupo 5: Hipertensión pulmonar por mecanismos no claros o multifactoriales, siendo actualizada dicha clasificación en el tercer simposio de Niza en el 2013.<sup>11,12</sup> **(Tabla 2).**

**Tabla: 1 Perfiles hemodinámicos de la Hipertensión pulmonar**

Definición	Características	Grupos clínicos
PH	PMP mayor a 20 mmHg	Todos
PH pre capilar	PMP mayor a 20 mmHg PCP menor a 15 mmHg RVP mayor de 2 unidades Wood (UW)	1 Hipertensión arterial pulmonar 3 HP por enfermedades pulmonares 4 tromboembolia pulmonar crónica 5 HP multifactorial, mecanismos no claros
PH postcapilar	PMP mayor a 20 mmHg PCP mayor o igual a 15	2 PH por enfermedad cardiaca 5 HP multifactorial, mecanismos no claros.
Postcapilar aislada	GDP menor a 7 y/o RVP menores o igual a 2 UW	

Combinada post y precapilar	GDP mayor o igual a 7. RVP mayor de 2 UW.	
-----------------------------	--	--

Modificada de<sup>2</sup> Galiè N., Humbert M., Vachiery J.-L. 2015 ESC/ERS guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. Eur. Heart J. 2015;29

### **Epidemiología**

Debido al diagnóstico difícil y muchas veces tardío de la hipertensión arterial pulmonar el estudio de su epidemiología es difícil. Peacock y colaboradores, realizaron una comparación sistemática en hospitales universitarios en toda Francia determinado un a prevalencia de la HP de 15 por cada millón de habitantes sin embargo dicha prevalencia es una infraestimación.<sup>13</sup>

Durante el 2006- 2007 se realizó el estudio RAVEAL en el cual se concluye que la mayor prevalencia de la hipertensión pulmonar fue en mujeres, con una edad media de 53 +/- 14 años, observándose un retraso de 2.8 años entre el inicio de los síntomas y el cateterismo cardiaco derecho.<sup>14</sup>

Strange y colaboradores detectaron que le grupo clínico dos de la HP fue el más común encontrado en la población estudiada, mientras que el grupo uno fue la menos común, pero siendo detectada más frecuentemente de lo reportado anteriormente. Se observó mejor pronóstico en pacientes con hipertensión pulmonar arterial en comparación con los pacientes con hipertensión pulmonar debido a enfermedad cardiaca izquierda, en este último grupo se encontró en el estudio REVEAL mayor incidencia de diabetes, hipertensión arterial sistémica, obesidad, apnea obstructiva del sueño y mayor edad, por lo que esto puede explicar el peor pronóstico en estos pacientes.<sup>14,16</sup>

Gabbay y colaboradores realizaron una cohorte en el este de Australia donde reportaron una prevalencia de HP de 326 casos/100 000 habitantes, siendo también más frecuente la HP secundaria a cardiopatía izquierda (78.7%), Demostrando además que los pacientes con PSAP mayor a 40 mmHg tenían un tiempo medio de muerte de 4.1 años.<sup>16</sup>

**Tabla-2 Grupos clínicos de la hipertensión pulmonar**

#### **1.Hipertensión arterial pulmonar**

- Idiopática
- Hereditaria: BMPR2 , ALK - 1, desconocida
- Inducida por fármacos y toxinas
- Asociada a HAPA: enfermedades del tejido conectivo, infección por VIH, hipertensión portal, Cardiopatía congénita, esquistosomiasis, anemia hemolítica crónica
- Hipertensión pulmonar persistente del recién nacido

#### **1 Enfermedad venooclusiva pulmonar y/o hemangiomatosis capilar pulmonar**

#### **2. Hipertensión pulmonar secundaria a cardiopatía izquierda**

- Disfunción sistólica,

- Disfunción diastólica
- Cardiopatía valvular

### **3. Hipertensión pulmonar por enfermedades pulmonares y/o hipoxemia**

- Enfermedad pulmonar obstructiva Crónica
- Enfermedad pulmonar Intersticial
- Trastorno respiratorio del sueño
- Trastorno de hipoventilación alveolar
- Exposición crónica a la altitud
- Anomalías del Desarrollo

### **4. Hipertensión pulmonar tromboembólica crónica**

### **5. Hipertensión pulmonar por mecanismos no claros o multifactoriales**

- Desordenes Hematológicos: trastornos mieloproliferativos, esplenectomía
- Desordenes Sistémicos: Sarcoidosis, histiocitosis de Langerhans, linfangioleiomiomatosis, vasculitis, Neurofibromatosis
- Desordenes Metabólicos: Enfermedades por almacenamiento de glucógeno, enfermedad de Gaucher, Trastornos tiroideos
- Misceláneos: Obstrucción tumoral, mediastinitis fibrosa, insuficiencia renal crónica

Modificada de<sup>2</sup> Galiè N., Humbert M., Vachiery J.-L. 2015 ESC/ERS guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. Eur. Heart J. 2015;29

### **Fisiopatología**

La HP comprende varias condiciones heterogéneas (Tabla 2), en que cada grupo clínico comparte un comportamiento hemodinámico y patológico similar. En cuanto a la HAP (grupo 1), existen cambios en la microcirculación pulmonar, afectando las arterias pulmonares distales (<500 micrómetros). Presentando hipertrofia de la capa media, cambios fibróticos y proliferativos intímiales, engrosamiento de la adventicia con infiltrados inflamatorios perivasculares; dichos cambios provocaran vasoconstricción, remodelamiento proliferativo y obstructivo de la pared arterial, inflamación, trombosis y pérdida de arterias precapilares llevando a el incremento de las RVP. Este incremento en las RVP produce sobrecarga de presión del ventrículo derecho llevando a su hipertrofia, dilatación y eventualmente a su falla.<sup>17,18</sup>

No solo la función ventricular derecha está comprometida en la HP sino también la del ventrículo izquierdo, secundario al mecanismo de interdependencia ventricular. Este fenómeno consiste en el arqueamiento rápido del septum interventricular hacia la izquierda durante la diástole temprana. Está demostrado que este movimiento es secundario a la contracción prolongada de la pared libre del ventrículo derecho en relación con la contracción del septum y pared libre del VI,

provocando disincronía de la relajación interventricular ocasionado el llenado insuficiente del ventrículo izquierdo y su atrofia.<sup>19</sup>

La hipertensión pulmonar es una complicación común de enfermedad cardíaca izquierda, en respuesta al aumento pasivo de las presiones de llenado del lado izquierdo, específicamente de la aurícula izquierda, es actualmente definida como hipertensión pulmonar poscapilar. La HP del grupo 2 es consecuencia de la enfermedad cardíaca desencadenada, pero se ha reportado múltiples mecanismos en los cuales llevan al remodelamiento de los vasos arteriales y venosos pulmonares. En la falla cardíaca se ha documentado que la HP se correlaciona con engrosamiento de la íntima de las arteriolas pequeñas y venas.<sup>20</sup>

Las terapias actuales de la HAP, no están diseñadas para tratar específicamente el remodelamiento vascular e inflamación por lo que se requiere un mejor entendimiento e identificación de todos los procesos patológicos que llevan a la disminución progresiva del lumen de la vasculatura pulmonar a la inflamación peri vascular y a la pérdida de vasos sanguíneos pulmonares para así innovar la terapéutica; para revertir estas condiciones y llevar a la vasculatura pulmonar a la normalidad.<sup>18</sup>

### **Diagnostico**

El intervalo entre el inicio de los síntomas y el diagnóstico es aproximadamente 2 años, siendo la disnea el síntoma más común e inicial, seguido de la fatiga, y síncope, con menor frecuencia se encuentran la tos, falla progresiva del ventrículo derecho (edema, distensión abdominal muy rara vez hemoptisis, síndrome de Ortner y arritmias. En el examen físico se encuentra un segundo ruido aumentado, distensión venosa yugular, reflujo hepatoyugular, ascitis, hepatomegalia y/o esplenomegalia, soplo de insuficiencia tricuspídea y/o pulmonar y presencia del tercer ruido.<sup>21-22</sup>

### **Ecocardiografía transtorácica**

El proceso diagnóstico de la HP debe de permitir establecer la causa potencial, requiriendo un alto índice de sospecha para realizar el diagnóstico de una manera temprana, en este rubro el ecocardiograma puede dar datos directos y/o indirectos de la elevación de la presión pulmonar, siendo un estudio no invasivo excelente para el diagnóstico de pacientes sintomáticos y en riesgo para PH además de informar sobre la etiología y el pronóstico de la PH.<sup>5,12</sup>

Múltiples estudios han establecido valores normales en adultos y basados en el consenso de expertos han establecido criterios para determinar la probabilidad de hipertensión pulmonar teniendo en cuenta la IT max, tamaño de ventrículo derecho, función del tabique interventricular, el diámetro de la vena cava inferior y su fluctuación con el ciclo respiratorio, área de la aurícula derecha, diámetro de la arteria pulmonar, tiempo de aceleración del tracto de salida de ventrículo derecho.<sup>5,21,22</sup> (tabla 3 y 4)

La ecocardiografía Doppler, en ausencia de obstrucción del flujo pulmonar, presenta una adecuada correlación linear con la PSAP y PMP determinadas por cateterismo derecho siendo esta correlación positiva con la velocidad máxima de

la regurgitación tricuspídea (ITmax) y negativa con el tiempo de aceleración pulmonar (TA).<sup>4-6</sup>

Tabla 3 Probabilidad ecocardiográfica de hipertensión pulmonar		
Velocidad máxima de la IT	Otros parámetros (tabla 4)	Probabilidad
Menor o igual a 2.8 o no medida	No	Baja
Menor de 2.8 o no medida 2.9-3.4	Si No	Intermedia
2.9-3.4 mayor de 3.4	Si No	Alta

Modificada de <sup>(22)</sup> Frost A, Badesch D, Gibbs JSR, Gopalan D, Khanna D, Manes A, Oudiz R, Satoh T, Torres F, Torbicki A. Diagnosis of pulmonary hypertension. Eur Respir J. 2019 Jan 24;53

Tabla 4 Parámetros ecocardiográficos que indican hipertensión pulmonar		
Ventrículos	Arteria pulmonar	Cava inferior y aurícula derecha
Diámetro basal del VD/ VI > 1.8	Tiempo de aceleración del TSVd < 105 ms y/o muesca en mesosístole	Diámetro de la vena cava inferior de > 21mm Colapso inspiratorio disminuido
Aplastamiento del tabique interventricular	Velocidad de la insuficiencia pulmonar temprana > 2.2 m/s Diámetro de la arteria pulmonar > 25 mm	Área de la aurícula derecha mayor a 18cm <sup>2</sup>

Modificada de <sup>(22)</sup> Frost A, Badesch D, Gibbs JSR, Gopalan D, Khanna D, Manes A, Oudiz R, Satoh T, Torres F, Torbicki A. Diagnosis of pulmonary hypertension. Eur Respir J. 2019 Jan 24;53

En pacientes con un tiempo de aceleración de 120 ms o menos, existe una correlación negativa lineal con la presión de arteria pulmonar, expresada con la ecuación  $\text{Presión media pulmonar} = 90 - (0.62 \times \text{tiempo de aceleración})$  con un estimado de error de 8.3 mmHg, misma correlación negativa se observó en con el tiempo de aceleración y las resistencias pulmonares, usando solamente el tiempo de aceleración menor o igual a 100 observo 78% de sensibilidad y 100 de especificidad para detectar hipertensión pulmonar. Aunque no calcula de manera precisa la presión pulmonar es muy útil en separar a los pacientes que tienen hipertensión pulmonar de lo que no la tienen.<sup>23</sup>

Al tiempo del diagnóstico en la mayoría de los pacientes muestran una insuficiencia tricuspídea moderada con una PSAP de 60 mmHg. La insuficiencia tricuspídea es causada por la dilatación anular, por alteración de la geometría ventricular derecha y por el desplazamiento apical de las valvas por lo que la insuficiencia tricuspídea en estos casos no puede ser un subrogado de la presión de la arteria pulmonar, por lo que se estaría supra estimando el valor de la PSAP con este método.<sup>24</sup>

En la hipertensión pulmonar es frecuente la insuficiencia pulmonar, que refleja un incremento en la presión media pulmonar, mayor dependencia del llenado ventricular por la contracción auricular, por el fenómeno de interdependencia ventricular.<sup>24</sup>

### Mediciones mediante la ecocardiografía Doppler

#### Estimación de la PSAP

El Doppler continuo de la insuficiencia tricuspídea es usado para medir la diferencia de presiones entre el ventrículo derecho y la aurícula derecha, usando la ecuación simplificada de Bernoulli ( $\text{Presión} = 4 \cdot (\text{ITmax})^2$ ) con adecuada correlación con la presión mediada por cateterismo cardiaco.<sup>7</sup>

#### Estimación de la RVP

Las resistencias vasculares pulmonares se estiman dividiendo la IT max entre la integral velocidad-tiempo del tracto de salida del ventrículo derecho. Teniendo encuentre que la RVP son directamente proporcionales a cambios de presiones e inversamente proporcional al flujo pulmonar.<sup>3</sup>

#### Estimación de la PMP

Se debe de obtener un Doppler pulsado del flujo pulmonar justamente proximal a la válvula pulmonar en un eje corto paraesternal, posteriormente se debe medir el tiempo desde el inicio del flujo hasta que alcance su velocidad máxima, teniendo así el tiempo de aceleración del tracto de salida de ventrículo derecho (TA). La PMP se obtiene con la siguiente fórmula  $\text{PMP} = 90 - (0.62 \cdot \text{TA})$ .<sup>7</sup>

Otro método validado de calcular la PMP es con el gradiente medio de la insuficiencia tricúspide más la presión de la aurícula derecha.

### **Pronostico**

La hipertensión pulmonar arterial es una enfermedad progresiva con un mal pronóstico con tasa de supervivencias de 87% en el primer año, 76% en el segundo año y 67% al tercer año.<sup>24</sup>

La clase funcional, caminata de 6 minutos, el péptido natriurético cerebral y/o el Pro péptido natriurético, presión de aurícula derecha, índice cardiaco y a saturación venosa mixta, son los factores que se ha demostrado tienen mayor capacidad de pronostica para los pacientes con hipertensión pulmonar.<sup>2</sup>



#### **4. Planteamiento del problema**

La presión pulmonar es frecuentemente infraestimada por ecocardiografía Doppler, sobre todo en pacientes que tienen una función sistólica del VD deprimida, así como defectos severos de la válvula tricuspídea, mismas situaciones que están presentes en la evolución natural de la hipertensión pulmonar, por lo que la estimación de la presión sistólica pulmonar por ecocardiografía Doppler está limitada.

Una calculo independiente a la función sistólica del VD y de la morfología de la válvula tricuspídea es la estimación de la presión pulmonar media por medio del tiempo de aceleración del tracto de salida del ventrículo derecho, siendo un método con buena concordancia, pero no hay estudios suficientes que avalen su uso rutinario, así como su comparación con la estimación del cálculo de la PSAP por ecocardiograma.

#### **Pregunta de investigación**

¿Cuál es el grado de correlación y concordancia entre cateterismo cardiaco derecho y la ecocardiografía Doppler para la determinación de la presión media pulmonar?

## 5. Justificación

A pesar de los avances que se han hecho en el campo de la hipertensión pulmonar sigue siendo una enfermedad que presenta todavía un retraso para su diagnóstico de hasta 2 años por lo que un diagnóstico temprano puede significar un cambio significativo en el tratamiento y pronóstico.

El ecocardiograma es la herramienta inicial para el diagnóstico de la hipertensión pulmonar, siendo la PSAP la medición más estudiada para la sospecha de la hipertensión pulmonar, aunque carece de precisión, ya que no siempre la insuficiencia tricuspídea es un subrogado de la presión pulmonar; se ha observado que el tiempo de aceleración de la válvula pulmonar, con el que se puede calcular la PMP, presenta un grado alto de correlación pero son pocos estudios donde se reporta esto y solo es tomado como un parámetro secundario y dado que la Hipertensión pulmonar requiere del valor de la PMP y no de PSAP, se pretende determinar el grado de correlación y concordancia de la PMP calculada por TA con la obtenida por cateterismo cardiaco derecho; el cual es el estándar de oro para el diagnóstico de la hipertensión pulmonar y así determinar la utilidad del cálculo de PMP de manera rutinaria y que se pueda enviar de manera oportuna a pacientes con sospecha de HP a realizar el cateterismo cardiaco derecho para diagnóstico definitivo.

## 6. Hipótesis

**Alternativa:** Existe una correlación y concordancia fuerte entre el cateterismo cardiaco y el ecocardiograma en el cálculo de la presión media pulmonar. Con una correlación de  $r > .50$  y concordancia con valor  $> .9$

**Nula:** No existe una correlación y concordancia entre el cateterismo cardiaco y el ecocardiograma en la medición de la presión media pulmonar, Con una correlación de  $r < .50$  y concordancia con valor  $< .9$

## 7. Objetivos

### Objetivo general:

- Determinar el grado de correlación y concordancia entre la ecocardiografía Doppler y el cateterismo cardiaco derecho para determinación de presión pulmonar media para el diagnóstico y clasificación de la hipertensión pulmonar.

### Objetivos específicos

- Comparar la correlación de la presión media pulmonar con la presión sistólica de arteria pulmonar medidas por ecocardiografía Doppler
- Identificar las fortalezas y limitantes de la determinación de la presión pulmonar media por ecocardiografía.
- Determinar la sensibilidad y especificidad para el diagnóstico de hipertensión pulmonar utilizando la presión media pulmonar obtenidas por ecocardiografía Doppler
- Caracterizar a la población a la que se ha realizado cateterismo cardiaco derecho en el servicio de cardiología del Hospital Regional 1° de Octubre

## **8. Metodología**

### **Población**

Datos de expedientes completos que cumplen con la norma oficial mexicana, NOM-004-SSA3-2012, de pacientes con diagnóstico o sospecha de hipertensión pulmonar que se hayan sometido a cateterismo cardiaco derecho y cuenten con un ecocardiograma transtorácico en el Hospital Regional 1º Octubre en el periodo de enero 2019 a diciembre 2022.

### **Criterios de inclusión**

Expedientes completos que cumplen con la norma oficial mexicana, NOM-004-SSA3-2012, de pacientes con diagnóstico de hipertensión pulmonar o sospecha que se hayan sometido a cateterismo cardiaco derecho en el Hospital Regional 1ª de Octubre y que cuenten con ecocardiograma de al menos 6 meses previos o posteriores a realización de cateterismo cardiaco derecho en el periodo de enero 2019 a diciembre 2022.

### **Criterios de exclusión**

Expedientes de pacientes que cuenten con las siguientes características:

- Pacientes que se le realizo cateterismo cardiaco derecho y sean menores de 18 años
- Pacientes que se les realizo cateterismo cardiaco derecho por cardiopatías congénitas complejas.
- Pacientes que cuenten con el diagnóstico de estenosis pulmonar moderada o severa
- Pacientes que no cuenten con ecocardiograma anterior o posterior a la realización del cateterismo cardiaco en un periodo de mayor a 6 meses

### **Criterios de eliminación**

Expedientes de pacientes con las siguientes características:

- Incompletos.
- Reporte de ecocardiograma sin mediciones requeridas.

Se realizó un estudio observacional, retrospectivo, descriptivo, transversal, analítico, no experimental.

Se solicitaron expedientes del archivo clínico de pacientes a los que fueron sometidos a cateterismo cardiaco derecho en el periodo de enero 2019 a diciembre 2022 y posteriormente se revisaron los expedientes físicos, revisándose tanto ecocardiograma como cateterismo cardiaco, teniendo en cuenta el ecocardiograma más cercano a la fecha de cateterismo cardiaco derecho, se

tomaron las variables principales a estudiar y se llenó el formato de recolección de datos. Se calculó la presión media pulmonar por ecocardiografía con la siguiente fórmula:  $PMP=90-(0.62*TA)$ .

Se realizó primero una descripción de la población estudiada, teniendo en cuenta las variables hemodinámicas y ecocardiografías, las variables nominales fueron expresadas en frecuencias y porcentajes. Las variables continuas fueron reportadas como medias y desviaciones estándar.

**Correlación:** Se determinó el coeficiente de correlación de Pearson (r) entre la TA y PMP, calculada por ecocardiografía y cateterismo cardiaco.

Donde una r de 0 indicara que no existe correlación y un valor >0 indica una correlación positiva, la cual es mayor a medida que se acerca a 1, tomándose como una r > o igual a 0.5 como una correlación fuerte y una r < 0.5 como correlación moderada.

**Concordancia:** se determinó el coeficiente de concordancia de Lin entre la PMP y PSAP calculada por ecocardiografía y cateterismo cardiaco. Donde una correlación fuerte se consideró con un valor mayor a 0.99 y pobre con un valor menor de 0.90.

### Descripción de variables

Nombre variable	Definición	Tipo de variable	Unidad de medida
Edad	Cantidad en años que ha vivido una persona.	Cuantitativa Discreta	Años
Sexo	Conjunto de características derivadas del genotipo que se expresan en fenotipo masculino o femenino.	Cualitativa Dicotómica	Masculino Femenino
Presión Media Pulmonar	Presión pulmonar constante que, con la misma resistencia periférica produciría el mismo flujo	Cuantitativa	mmHg
Resistencias vasculares pulmonares	La dificultad que opone un vaso sanguíneo pulmonar al paso	Cuantitativa	mmHg/cm <sup>2</sup> - unidades wood

	de la sangre a través de si.		
Presión Sistólica de la arteria pulmonar	Presión durante la sístole ventricular derecha	Cuantitativa	mmHg
Tiempo de aceleración	Tiempo que transcurre entre el inicio del flujo de la válvula pulmonar hasta cuando se alcanza la velocidad máxima de dicho flujo obtenido por ecocardiografía Doppler en una vista paraesternal eje corto	Cuantitativa	Milisegundos
Hipertensión arterial pulmonar	PMP mayor o igual a 20 mmHg RVP > 2 UW PCP menor o igual a 15 mmHg	Cualitativa	SI NO
Hipertensión pulmonar	Presión media pulmonar mayor o a 20 mmHg	Cualitativa	SI NO
Hipertensión pulmonar pre capilar	PMP > 20 mmHg RVP > 2 UW PCP menor o igual a 15 mmHg	Cualitativa	SI NO
Hipertensión pulmonar postcapilar	PMP > 20 mmHg RVP menor o igual 2 UW PCP > 15 mmHg	Cualitativa	SI NO
Hipertensión pulmonar combinada pre y postcapilar	Presión media pulmonar mayor a 20 mmHg RVP > 2 UW PCP > 15 mmHg	Cualitativa	SI NO

## Aspectos éticos

Este protocolo Respeto los principios bioéticos de autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia de la siguiente manera

**Autonomía:** no es vulnerada debido a que es un estudio retrospectivo y no requiere de consentimiento informado nuevo ya que previamente todos los expedientes cuentan con uno.

**Beneficencia:** El realizar este estudio traerá beneficio a la población afectada por hipertensión pulmonar, ya que se intenta demostrar que el cálculo de la presión media pulmonar mediante ecocardiograma es un método más preciso que el actual y así poder evitar a la realización de cateterismo cardiaco derecho para dar un tratamiento oportuno a dichos pacientes; además de brindar conocimiento a la comunidad médica para mejorar diagnóstico de la hipertensión pulmonar, independientemente de su etiología.

**No-maleficencia:** No se vulnera debido a que es un estudio retrospectivo y solo se tendrá acceso a los expedientes por lo que no se dañara a ninguna persona, además que no se modificaran los datos obtenidos y no se le dará mal uso a la información.

**Justicia:** en este protocolo no se discriminarán pacientes por razones de edad, raza, genero, religión y/o preferencia sexual

El actual trabajo con número de registro interno **114.050.2023** fue APROBADO el 22 de agosto del 2023 por el comité de investigación, con número de registro COFEPRIS 17 CI 09 005 135 y por Comité de Ética en Investigación, el 26 de junio del 2023, con número de registro CPNBIOETICA-09-CEI012-20170421, otorgándose el número de registro institucional **536.2023 (RPI)**

## 9.- Resultados

Se analizaron 149 expedientes de pacientes que fueron sometidos a cateterismo cardiaco derecho en el periodo de enero 2019 a diciembre 2022, de los cuales se excluyeron a 49 pacientes; debido a que 3 contaban con cardiopatía congénita compleja, 1 contaba con estenosis pulmonar moderada a severa y 26 fueron excluidos por no contar con ecocardiograma en el periodo de 6 meses antes o después del cateterismo cardiaco.

De los 100 pacientes incluidos el 69% fueron del genero femenino (n=69) y el 31 % del masculino (n=31), con un promedio de edad de 65 años ( $\pm 12$  años), y un tiempo promedio entre el cateterismo cardiaco derecho y el ecocardiograma de 84 días ( $\pm 72$  días). La hipertensión pulmonar definida por una PMP  $>20$  mmHg determinada por cateterismo derecho se identifico en el 76% de la población estudiada (n=76) de los cuales el 68.42% (n=52) son del genero femenino y el 31.58% (n=24) son del masculino. **(Tabla-1)**

<b>Tabla-1. Características de población (n=100)</b>		
<b>Genero</b>	Masculino 31% (n=31)	Femenino 69% (n=69)
<b>Edad promedio</b>	65 $\pm$ 12 años ( 21 años – 86 años)	
<b>Tiempo entre ecocardiograma y cateterismo cardiaco</b>	84 $\pm$ 72 días (0 días-243 días)	
<b>Hipertensión pulmonar (PMP <math>&gt;20</math> mmHg)</b>	76% (n=76) Género femenino = 68.42 % (n=52) Género masculino = 31.58% (n=24)	

Se encontró por cateterismo cardiaco derecho una PMP promedio de 30.57 mmHg ( $\pm 12.92$  mmHg) , una PSAP promedio 47.31 mmHg ( $\pm 19.94$  mmHg) y una PCP promedio de 12.63 mmHg ( $\pm 8.36$  mmHg) **(Tabla-2)**

<b>Tabla-2 Mediciones hemodinámicas</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Promedio</b>
<b>PMP</b>	30.57 mmHg ( $\pm 12.92$ mmHg)
<b>PSAP</b>	47.31 mmHg ( $\pm 19.94$ mmHg)
<b>PCP</b>	12.28 mmHg ( $\pm 7.80$ mmHg)

Se analizaron parámetros ecocardiográficos encontrándose una probabilidad alta para HP en el 65% (n=65), Intermedia en el 31% (n=31) y baja en el 4% (n=4), un tiempo de aceleración del TSVD promedio de 90.46 ( $\pm 22.58$  ms), el promedio de la PMP calculada (PMPc) de 33.91 mmHg ( $\pm 14$  mmHg), la velocidad de regurgitación tricuspídea promedio fue de 3.6 m/s ( $\pm 0.75$  m/s), la PSAP calculada (PSAPc) promedio fue de 54.17 mmHg ( $\pm 23.03$  mmHg); el ventrículo derecho se encontró dilatado por diámetros en el 54% (n=54) y la función sistólica del VD deprimida en el 23% (n=23). **(Tabla-3)**



<b>Tabla-3 Mediciones ecocardiográficas</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Promedio</b>	
<b>PMP c</b>	33.91 mmHg ± 14 mmHg	
<b>Tiempo de aceleración</b>	90.46 ms ± 22.58 ms	
<b>PSAP c</b>	54.17 mmHg ± 23.03 mmHg	
<b>IT max</b>	3.6 m/s ± 0.75 m/s	
<b>Parámetro</b>	<b>Frecuencia (n=100)</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Probabilidad de HP</b>		
Baja	4	4 %
Intermedia	31	31 %
Alta	65	65 %
<b>Función sistólica del VD</b>		
Conservada	77	77%
Deprimida	23	23%
<b>Morfología del VD</b>		
Conservada	46	46%
Dilatado por diámetros	54	54%

### **Hipertensión pulmonar**

El grupo que presento Hipertensión pulmonar (n=76) se clasifico de acuerdo a sus variables hemodinámicas encontrando la HP pre-capilar en el 71.62% (n=53), HP post-capilar aislada (PAM>20 mmHg, PCP >15 mmHg, RVP ≤2 UW) en el 13.51% (n=10) y HP post-capilar combinada (PAM>20 mmHg, PCP >15 mmHg, RVP >2 UW) en el 14.87% (n=13). **(Tabla-4)**

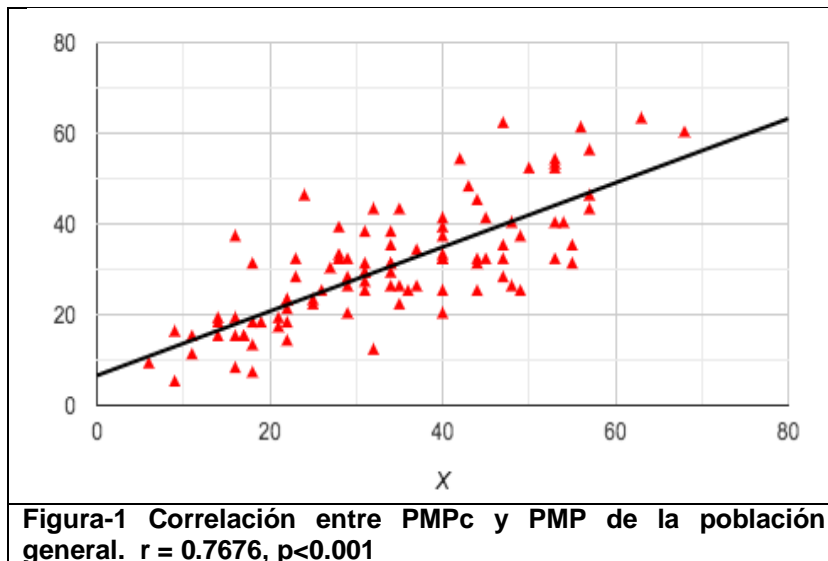
<b>Tabla-4 Clasificación Hipertensión Pulmonar</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Frecuencia (n=76)</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>HP pre-capilar</b>	53	71.62%
<b>HP post-capilar</b>	10	13.51%
<b>HP post-capilar combinada</b>	13	14.87%
<b>Total</b>	76	100%

En este grupo se encontró el ventrículo derecho dilatado y/o disfunción ventricular derecha en el 63.15% (n=48), encontrándose de manera aislada la disfunción del ventrículo derecho en el 4.16% (n=2), acompañada con dilatación del VD en el 37.5% y encontrándose de manera aislada la dilatación del VD en el 41.66% **(Tabla-5)**

Tabla-5 HP con disfunción y dilatación del VD		
Parámetro	Frecuencia (n=48)	Porcentaje
Solamente con dilatación VD	28	41.66%
Dilatación + disfunción del VD	18	37.5%
Solamente con disfunción VD	2	4.16%
Total	48	100%

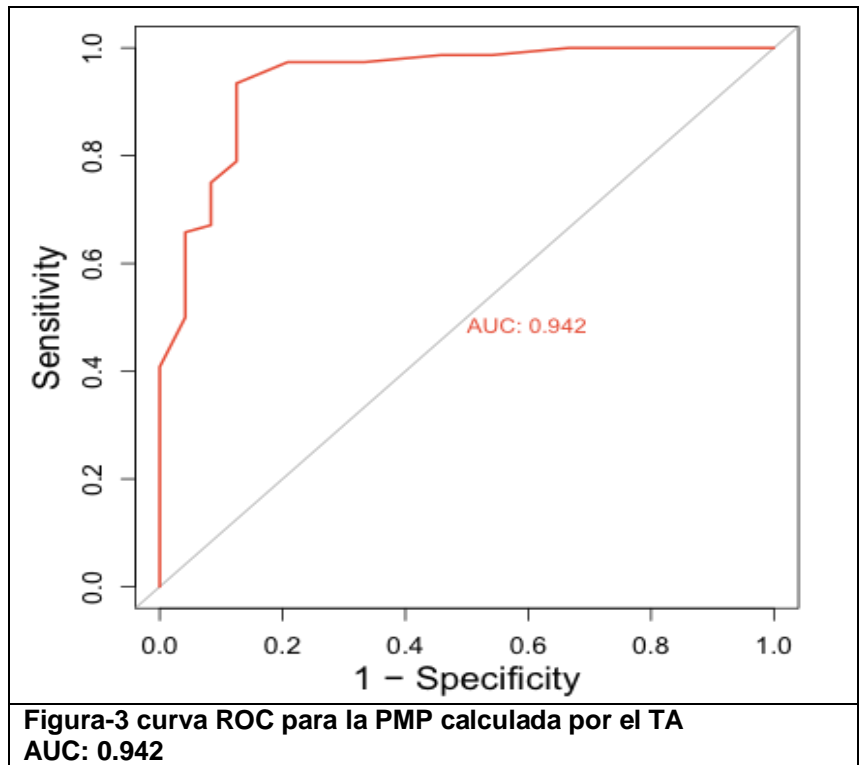
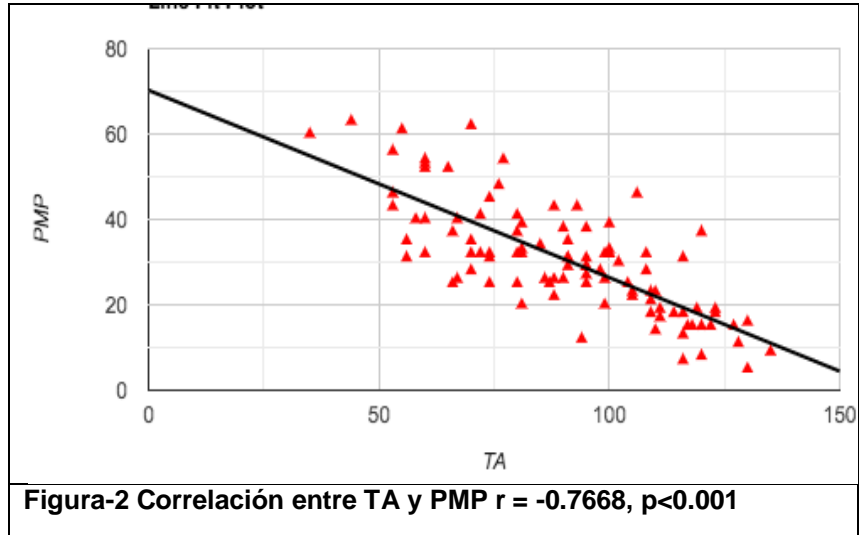
### Correlación y Concordancia

**Presión media pulmonar:** Se realiza prueba de U de Mann Whitney encontrándose una muestra con distribución normal por lo que se realiza el coeficiente de correlación de Pearson entre la PMP calculada por ecocardiografía y la PMP obtenida por cateterismo de toda la población. Obteniendo una  $r$  de **0.7676 (CI 95%=0.67-0.83)**, con una  $p < 0.001$ ; lo que indica una correlación positiva fuerte entre el calculo de la PMPc por ecocardiograma y la obtenida por cateterismo derecho (**Figura-1**)



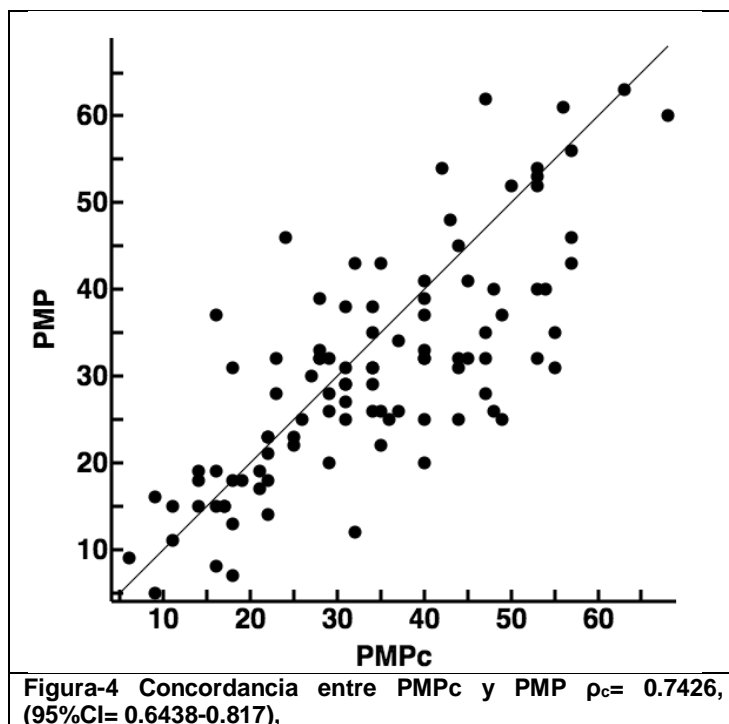
Además se realiza el coeficiente de correlación de Pearson entre el tiempo de aceleración y la PMP obtenida por cateterismo derecho encontrando una correlación negativa fuerte con una  $r = -0.7668$  (CI 95%= -0.83, -0.67)  $p > 0.001$ . (**Figura-2**)

Se realiza curva ROC para la PMP calculada por medio del tiempo de aceleración teniendo un área bajo la curva (AUC) de 0.942 (**figura-3**)

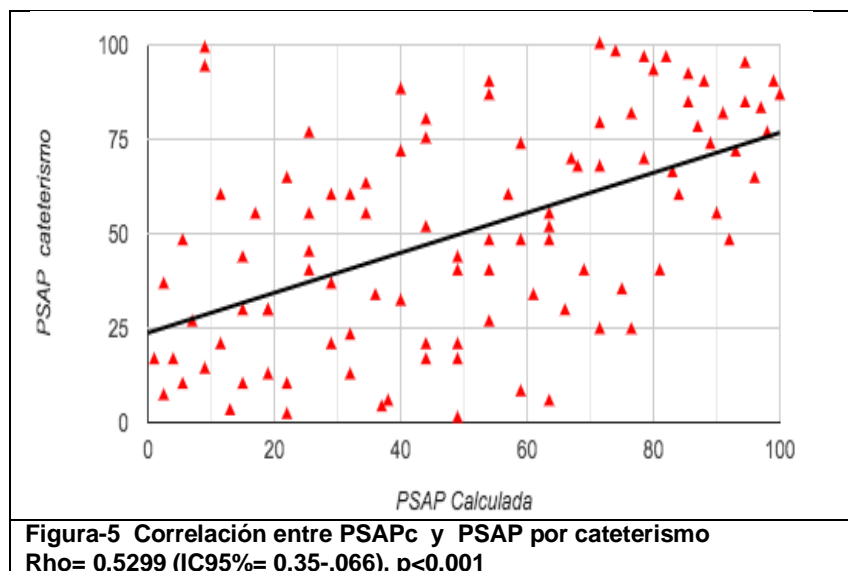


Se determina que el cálculo de la presión media pulmonar por medio del tiempo de aceleración tiene una sensibilidad del 96.51% (CI 95% 90.14%-99.27%) y una especificidad de 70.83% (CI 95% 48.91%-87.38%), con un valor predictivo positivo de 92.22% (CI 95% 86.39%-95.68%) y un valor predictivo negativo de 85% (CI 95% 64.42%-94.66%).

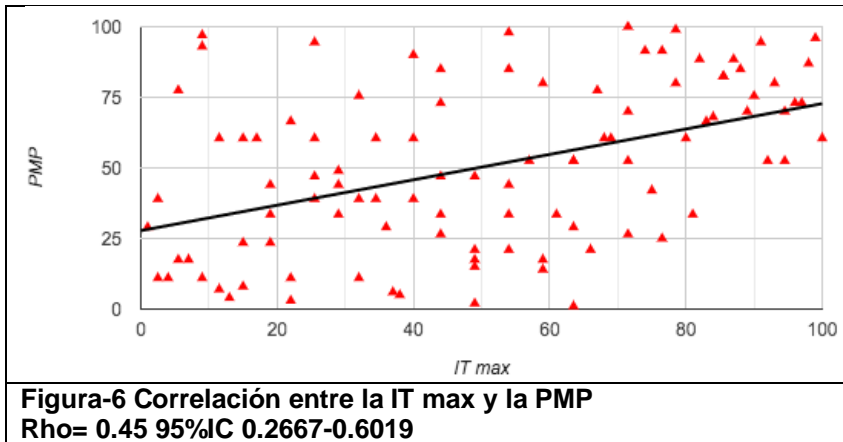
Se realiza el coeficiente de correlación de concordancia de Lin, encontrando una  $\rho_c = 0.7426$  (95%CI= 0.6438-0.817), por lo que se concluye un nivel de acuerdo pobre para esta prueba diagnóstica. (figura-4)



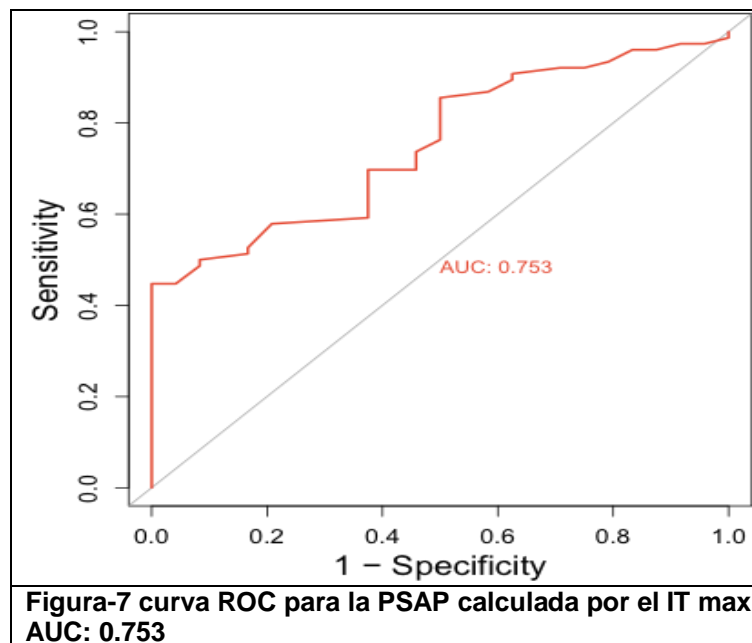
**Presión sistólica de la arteria pulmonar:** Se realiza prueba U de Mann Whitney encontrándose una distribución no normal por lo se realiza coeficiente de correlación de Spearman entre la PSAP calculada y la obtenida por cateterismo derecho en toda la población en la que se encuentra una **Rho= 0.5299 (IC95%= 0.35-.066)** con **p< 0.001** lo que indica una fuerte correlación positiva. (Figura-5



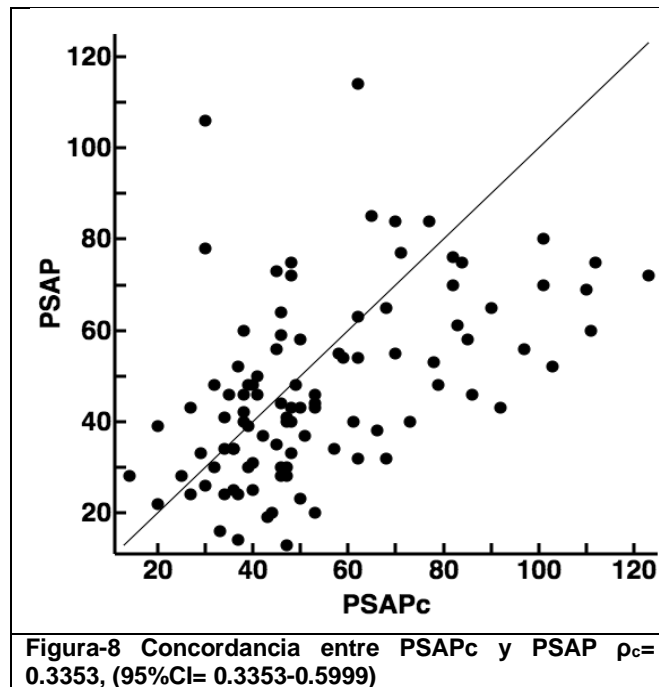
Se realiza coeficiente de correlación de Spearman entre la IT max y la presión media pulmonar en la que se encuentra una correlación positiva moderada con **Rho= 0.45 95%IC 0.2667-0.6019 (Figura-6)**



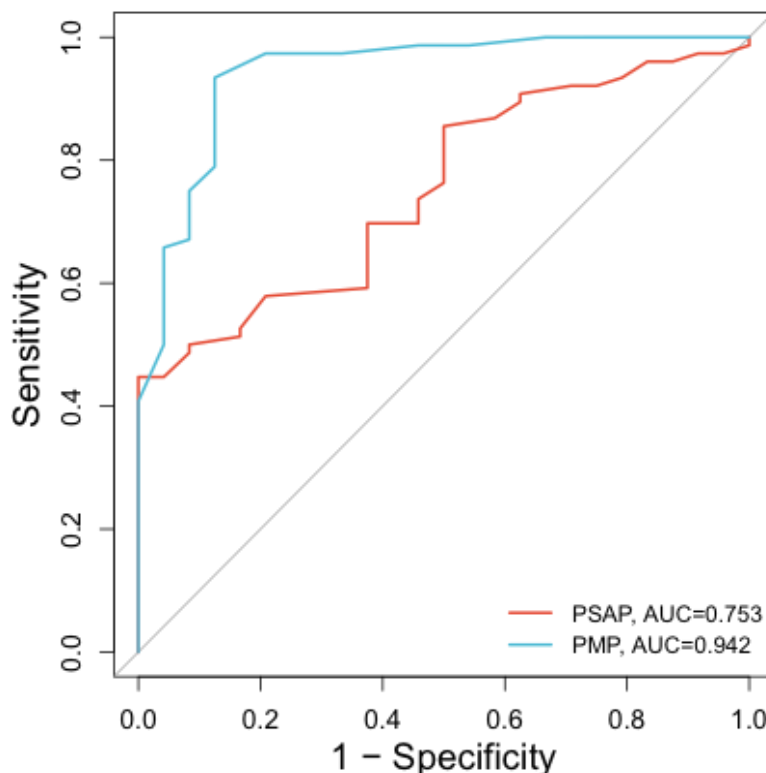
Se realiza curva ROC para la PSAP calculada por medio de la IT max, teniendo una área bajo la curva (AUC) de 0.753 (**figura-7**) En esta prueba diagnóstica se encontró una sensibilidad de 71.05% (95%CI= 59.1- 80.89%) y una especificidad de 58.33% (95%CI= 28.08-50.91%); con un valor predictivo negativo de 38.89% (95%CI= 59.1-80.89%) y un valor predictivo positivo de 84.38% (95%CI= 76.71- 89.85%)



Se realiza el coeficiente de correlación de concordancia de Lin, encontrando una  $\rho_c = 0.3353$  (95%CI= 0.3353-0.5999), por lo que se concluye un nivel de acuerdo pobre para esta prueba diagnóstica (**Figura-8**)



Por último se compara las curvas ROC de la PMPc y la PSAPc, encontrando mayor área bajo la curva en la PMPc (AUC= 0.942) que del área bajo la curva de la PSAPc (AUC= 0.753). (**Figura-9**)



## 10. Discusión

En nuestra población estudiada encontramos que en nuestro centro la principal indicación de cateterismo cardiaco derecho fue para el diagnóstico de la hipertensión precapilar, siendo en su mayoría pacientes de género femenino (n=52) con una relación 2.1:1 y que en su mayoría los pacientes con HP estudiados presentaban dilatación y/o disfunción sistólica del ventrículo derecho.

Se encontró una correlación fuerte tanto para el cálculo de la PSAP por IT max como para el cálculo de la PMP por medio del tiempo de aceleración, pero este último en nuestro estudio mostró mayor grado de correlación y por lo tanto presento mayor sensibilidad (96.51%) y especificidad (70.83%), incluso la sensibilidad fue mayor que la reportada en un metanálisis.(8)

En el caso de la PSAP calculada por la IT max la sensibilidad (71.05%) y especificidad (58.33%) fue menor a la reportada en la literatura (7). Además, se analizó la correlación que tiene solamente la IT max con la presión media pulmonar por cateterismo cardiaco encontrándose solamente una correlación moderada, siendo esto relevante ya que actualmente es el pilar diagnostico para determinar la probabilidad ecocardiografía para HP. Esto se puede explicar debido a que el grado de la IT max se ve afectado por cambios morfológicos del VD y en nuestra población estudiada fue frecuente la dilatación del VD, parte que es mas susceptible a sesgos de medición por el operador. Al comparar las curvas ROC que se realizaron para analizar el rendimiento diagnóstico de la PMPc y PSAPc encontramos mayor AUC en la curva de la PMPc. Corroborando así lo anteriormente dicho; que el cálculo de PMP por el TA fue en este estudio una mejor herramienta diagnostica que el cálculo de la PSAP por medio de la IT max.

Ambos cálculos tanto de la PMPc y PSAPc guardan un grado pobre de concordancia entre las mediciones por cateterismo cardiaco derecho; siendo mayor el nivel de concordancia entre la PMPc que entre la PSAPc. Por lo anterior la decisión clínica sobre el diagnóstico de la hipertensión pulmonar continúa siendo el cateterismo cardiaco derecho.

Como principales limitantes de nuestro estudio se encontró que por realizarse de manera retrospectiva no se controló el método de medición para las variables ecocardiográficas lo que puede explicar las discrepancias entre la literatura y nuestro estudio en el calculo de la PSAP, sobre todo en su sensibilidad y especificidad, ya que es una variable que tiene mayor probabilidad de sesgos de medición por el operador. Otra limitante fue que el tiempo de realización del ecocardiograma no fue en el mismo día que el cateterismo cardiaco lo que puede tener sesgos sobre todo en pacientes con hipertensión pulmonar post-capilar en quienes la presión pulmonar es dependiente al estado de sobrecarga hídrica, por lo que en estos pacientes se tenía el mayor número de discrepancias entre valores de ecocardiograma y cateterismo cardiaco derecho.

## **11. Conclusiones**

En este estudio se demostró que para la población estudiada de nuestro centro el tiempo de aceleración del tracto de salida del ventrículo derecho y el cálculo de la presión media pulmonar calculada por ecocardiograma presentan mayor grado de correlación para el diagnóstico de la hipertensión pulmonar en comparación con el cálculo de la PSAP por medio de la velocidad máxima de la insuficiencia tricuspídea.

Tanto el tiempo de aceleración como el cálculo de la presión media pulmonar por ecocardiograma demostró tener mayor sensibilidad y especificidad con un área bajo la curva mayor que el determinar la probabilidad de hipertensión pulmonar por medio de la velocidad máxima de la insuficiencia tricuspídea y por lo tanto también mayor que el cálculo de la PSAP.

Debido a esta superioridad diagnóstica se sugiere continuar el estudio del tiempo de aceleración y del cálculo de la presión media pulmonar por ecocardiograma para determinar la posibilidad de que estas mediciones tengan el mismo valor diagnóstico que se le da actualmente a la IT máx ; ya que por lo demostrado en este estudio el grado de correlación de la IT máx es menor que el de estas mediciones.



## 12. Referencias bibliográficas

1. Galiè N, McLaughlin VV, Rubin LJ, Simonneau G. An overview of the 6th World Symposium on Pulmonary Hypertension. *Eur Respir J*. 2019 Jan 24;53(1):1802148
2. Condon DF, Nickel NP, Anderson R, Mirza S, de Jesus Perez VA. The 6th World Symposium on Pulmonary Hypertension: what's old is new. *F1000Res*. 2019 Jun 19;8.
3. Galiè N., Humbert M., Vachiery J.-L. 2015 ESC/ERS guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *Eur. Heart J*. 2015;29
4. Milan A, Magnino C, Veglio F. Echocardiographic indexes for the noninvasive evaluation of pulmonary hemodynamics. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23:225-39.
5. Bossone E., D'Andrea A., D'Alto M. Echocardiography in pulmonary arterial hypertension: from diagnosis to prognosis. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2013;26(1):1–14
6. Wang YC, Huang CH, Tu YK. Pulmonary Hypertension and Pulmonary Artery Acceleration Time: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Soc Echocardiogr*. 2018 Feb;31(2):201-210.
7. Lafitte S., Pillois X., Reant P. Estimation of pulmonary pressures and diagnosis of pulmonary hypertension by Doppler echocardiography: a retrospective comparison of routine echocardiography and invasive hemodynamics. *J. Am. Soc. Echocardiogr*. 2013;26(5):457–463.
8. Parasuraman S, Walker S, Loudon BL, et al. Assessment of pulmonary artery pressure by echocardiography-A comprehensive review. *Int J Cardiol Heart Vasc*. 2016;12:45-51.
- 9 Kovacs G, Berghold A, Scheidl S, et al.: Pulmonary arterial pressure during rest and exercise in healthy subjects: a systematic review. *Eur Respir J*. 2009;34(4):888–94. 10.1183/09031936.00145608
- 10 Simonneau G, Montani D, Celermajer DS, et al. Haemodynamic definitions and updated clinical classification of pulmonary hypertension. *Eur Respir J* 2019; **53**: 1801913.
11. Simonneau G, Gatzoulis MA, Adatia I, Celermajer D, Denton C, Ghofrani A, Gomez Sanchez MA, Krishna Kumar R, Landzberg M, Machado RF, Olschewski H, Robbins IM, Souza R: Updated clinical classification of pulmonary hypertension. *J Am Coll Cardiol* 2013;62(25 Suppl):D34–D41
12. García-Aguilar, Humberto, Flores-Arizmendi, Alejandro, Antúnez-Sánchez, Sandra, Salgado-Sandoval, Antonio Hipertensión arterial pulmonar. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas* 2015, 20(3), 302-311
13. Peacock A. Pulmonary hypertension. *Eur Respir Rev* 2013;22(127):20-5
14. Badesch DB, Raskob GE, Elliott CG, et al. Pulmonary arterial hypertension: baseline characteristics from the REVEAL Registry. *Chest* 2010;137
15. Strange G, Playford D, Stewart S, et al Pulmonary hypertension: prevalence and mortality in the Armadale echocardiography cohorte *Heart* 2012;98:1805-1811.
16. Gabbay E, Yeow W, Playford D. Pulmonary arterial hypertension (PAH) is an uncommon cause of pulmonary hypertension (PH) in an unselected population: the Armadale echocardiography study. *Am J Resp Crit Care Med*. 2007;175:A713.

17. Simonneau G, Robbins I, Beghetti M, et al. Updated Clinical Classification of Pulmonary Hypertension. *J Am Coll Cardiol*. 2009 Jun, 54 (1\_Supplement\_S) S43–S54.
- 18 Humbert M, Guignabert C, Bonnet S, et al. Pathology and pathobiology of pulmonary hypertension: State of the art and research perspectives. *EurRespir J* 2019; 53
- 19 Vonk Noordegraaf A, Chin KM, Haddad F, et al. Pathophysiology of the right ventricle and of the pulmonary circulation in pulmonary hypertension: an update. *EurRespir J* 2019; **53**: 1801900
- 20 Vachiéry J-L, Tedford RJ, Rosenkranz S, et al. Pulmonary hypertension due to left Heart disease. *EurRespir J* 2019; **53**: 1801897
- 21 Rich S ,Dantzker DR, et al . Primary Pulmonary hypertension. A National prospective study. *Ann intern med*. 1987 107: 216- 23
- 22 Frost A, Badesch D, Gibbs JSR, Gopalan D, Khanna D, Manes A, Oudiz R, Satoh T, Torres F, Torbicki A. Diagnosis of pulmonary hypertension. *EurRespir J*. 2019 Jan 24;53.
- 23 Dabestani A, Mahan G, Gardin JM, Takenaka K, Burn C, Allfie A, Henry WL. Evaluation of pulmonary artery pressure and resistance by pulsed Doppler echocardiography. *Am J Cardiol*. 1987 Mar 1;59(6):662-8.
- 24 Roberts JD, Forfia PR. Diagnosis and assessment of pulmonary vascular disease by Doppler echocardiography. *Pulm Circ*. 2011 Apr-Jun;1(2):160-81
- 25 Humbert M, Sitbon O, Yaïci A, Montani D, O'Callaghan DS, Jaïs X, Parent F, Savale L, Natali D, Günther S, Chaouat A, Chabot F, Cordier JF, Habib G, Gressin V, Jing ZC, Souza R, Simonneau G; French Pulmonary Arterial Hypertension Network. Survival in incident and prevalent cohorts of patients with pulmonary arterial hypertension. *Eur Respir J*. 2010 Sep;36(3):549-55.
- 26 Fortmeier V, Lachmann M, Körber M, et al. Solving the Pulmonary Hypertension Paradox in Patients With Severe Tricuspid Regurgitation by Employing Artificial Intelligence. *J Am Coll Cardiol Interv*. 2022 Feb, 15 (4) 381–394.