

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA “IGNACIO CHAVEZ”

“STRAIN LONGITUDINAL DEL VENTRÍCULO DERECHO: ¿ES FACTOR PRONÓSTICO EN
PACIENTES POST OPERADOS DE REEMPLAZO VALVULAR MITRAL?”

TESIS DE TITULACIÓN

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

CARDIOLOGÍA CLÍNICA

PRESENTA:

**DR. TIRSO RUBALCAVA RUBALCAVA
RESIDENTE DE CARDIOLOGIA**

**DIRECTOR DE ENSEÑANZA
DR JOSÉ FERNANDO GUADALAJARA BOO**

ASESORES DE TESIS:

**DR EDUARDO RAFAEL BUCIO RETA
MEDICO ADSCRITO DEL SERVICIO DE TERAPIA POST QUIRURGICA**



MEXICO, D.F.

JULIO 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



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).

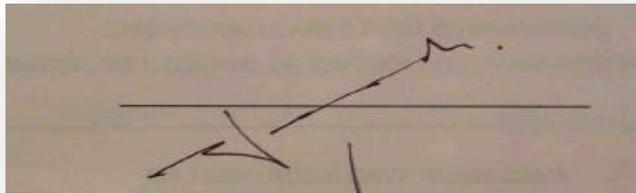
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

AUTORIZACIÓN DE TESIS

DR. EDUARDO RAFAEL BUCIO RETA

TUTOR DE TESIS

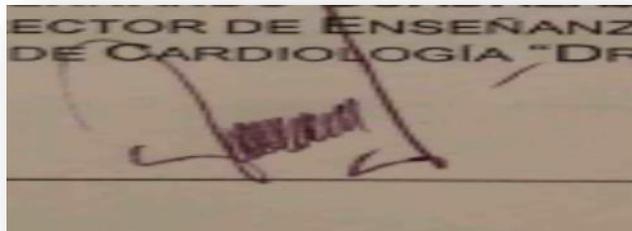
MÉDICO ADSCRITO DEL SERVICIO DE TERAPIA INTENSIVA EN CUIDADOS CARDIOVASCULARES
POST QUIRURGICOS
INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA "DR. IGNACIO CHÁVEZ"

A photograph of a handwritten signature in black ink on a light-colored piece of paper. The signature is stylized and appears to read 'E. Bucio Reta'. There is a horizontal line drawn across the paper below the signature.

DR. JOSÉ FERNANDO GUADALAJARA BOO

DIRECTOR DE ENSEÑANZA

INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA "DR. IGNACIO CHÁVEZ"

A photograph of a handwritten signature in black ink on a light-colored piece of paper. The signature is stylized and appears to read 'J. F. Guadalajara Boo'. Above the signature, the text 'ECTOR DE ENSEÑANZA' and 'DE CARDIOLOGÍA "DR.' is visible. There is a horizontal line drawn across the paper below the signature.

DR. JOSÉ FERNANDO GUADALAJARA BOO
DIRECTOR DE ENSEÑANZA
INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA "IGNACIO CHAVEZ"

DR EDUARDO RAFAEL BUCIO RETA
MEDICO ADSCRITO DEL SERVICIO DE TERAPIA INTENSIVA EN CUIDADOS
CARDIOVASCULARES POST QUIRURGICOS.
INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGÍA "IGNACIO CHAVEZ"

DR TIRSO RUBALCAVA RUBALCAVA
MEDICO RESIDENTE DE CARDIOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGIA "IGNACIO CHAVEZ"

INDICE:	Páginas
Agradecimientos.....	I
Resumen.....	II
Abreviaturas.....	III
 1. Introducción	
Antecedentes y epidemiología.....	10
Etiología.....	10
Evaluación clínica.....	11
 Diagnóstico	
Signos clínicos y hemodinámicos.....	11
Valoración no invasiva del ventrículo derecho.....	12
Ecocardiograma transtorácico.....	12
Evaluación de la función ventricular derecha en el post operatorio.....	13
Strain, strain rate y la función ventricular (conceptos Básicos).....	14
Aplicación clínica de Strain y strain rate.....	16
Strain y strain rate en la evaluación del ventrículo derecho.....	17
Desventajas del método.....	17
Tratamiento de la disfunción ventricular derecha Post quirúrgica.....	18
Pronóstico de la disfunción ventricular derecha en pacientes con reemplazo valvular mitral	

y disfunción ventricular derecha.....	19
1. Planteamiento del problema.....	20
2. Justificación.....	20
3. Pregunta de investigación.....	20
4. Hipótesis.....	21
5. Objetivo.....	21
6. Material, población y métodos.....	21
7. Análisis estadístico.....	25
8. Resultados.....	26
9. Discusión	31
10. Conclusiones.....	33
10. Bibliografía.....	34

I. Agradecimientos:

A Dios, el cual me ha permitido formar como médico especialista en cardiología clínica.

Al Instituto Nacional de Cardiología “Ignacio Chávez” por brindarme un lugar para mi formación como especialista.

Al Dr. José Fernando Guadalajara Boo por fungir como maestro de los conocimientos básicos y fundamentales acerca de esta bella especialidad.

Al Dr. Eduardo Rafael Bucio Reta por su enseñanza e influir en la toma de decisión del tema acerca de esta tesis.

Un especial y muy profundo agradecimiento al Dr. Braulio Martínez Benítez médico adscrito del servicio de patología del Instituto Nacional de la Nutrición “Salvador Zubiran”, Doctor en ciencias de la salud e integrante de sistema nacional de investigadores (SIN), quien colaboró con la orientación y análisis estadístico de este trabajo.

Indudablemente a mis padres por su apoyo incondicional, amor, apoyo moral y estímulos para seguir adelante en este camino de desarrollo profesional.

A mis hermanos por su apoyo y compañía que me han brindado desde siempre.

A toda persona con la que he interactuado desde mi inicié en esta profesión. A todos gracias.

II. Resumen:

Introducción: El rol de la función del ventrículo derecho previo a un procedimiento quirúrgico cardiovascular es factor pronóstico post operatorio de disfunción ventricular derecha. La función ventricular derecha pre quirúrgica es valorada mediante la medición de TAPSE, PSV, índice de TEI, S' en el ecocardiograma transtorácico bidimensional y sus diferentes modalidades. La medición posterior al evento quirúrgico de estos índices disminuyen y su relación con la función sistólica del VD ha sido tema de controversia por lo que los resultados de estos índices se han tomado con reserva. Las nuevas técnicas ecocardiográficas como los índices de deformación (S y SR) medidos mediante speckle tracking han mostrado su utilidad al evaluar la función del VD.

Objetivo del estudio: Determinar si la función ventricular derecha post operatoria medida por strain longitudinal es un factor predictor de mal pronóstico en pacientes con reemplazo valvular mitral.

Método: Estudio llevado a cabo en la terapia post quirúrgica cardiovascular en el Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chavez". Se analizaron 98 expedientes de aquellos pacientes llevados a cirugía de reemplazo valvular mitral por cualquier causa en el periodo de un año (enero a diciembre de 2012). Se incluyeron a 41 pacientes con reemplazo valvular mitral y determinación de la función del VD previo al procedimiento quirúrgico mediante TAPSE. Posterior al reemplazo valvular mitral se midió nuevamente la función ventricular derecha mediante TAPSE y strain longitudinal de la pared libre del VD en sus tres segmentos (base, medio y ápice) y de forma global. Se determinaron las complicaciones post quirúrgicas en el total de la muestra y se asociaron con TAPSE pre, post quirúrgico y strain longitudinal regional y global de la pared libre del VD. Las asociaciones antes mencionadas se realizaron mediante la *prueba "T" para variables independientes (determinando significancia estadística $p < 0.05$)* y mediante el *coeficiente de correlación de Pearson ($r =$ cercana a la unidad)*. Mediante curvas ROC se determinó la sensibilidad y especificidad de TAPSE post quirúrgico y strain global del VD como predictor de deterioro de disfunción ventricular derecha y posteriormente compararon el área bajo la curva.

Resultados: Se analizaron 41 pacientes con un edad promedio de 49.4 ± 12 años (15 hombres y 26 mujeres). Las comorbilidades asociadas fueron HAS (29.2%), DM2 (14.6%), CI (9.7%) y FA (60.9%). El promedio de TAPSE pre quirúrgico fue de 16.6mm. Los pacientes con DVD previa a la cirugía fueron 17 pacientes (41.1%). Dentro de las complicaciones post quirúrgicas, se registraron 5 defunciones (12.1%); 8 pacientes (19.5%) desarrollaron mayor deterioro de la función ventricular derecha posterior a la cirugía; 10 pacientes (24.3%) desarrollaron infección agregada (neumonía, infección urinaria, infección de herida quirúrgica y mediastinitis), de estos 4 pacientes infectados (50%) desarrollo choque séptico. El 7.3% de la muestra presentó sangrado mayor a lo habitual. Otras complicaciones que se presentaron de forma

menos frecuente. Encontramos una adecuada correlación entre SLGPLVD (valores <12%), TAPSE pre quirúrgico y disfunción ventricular derecha aguda ($p=0.004$ y $p= 0.004$ respectivamente). El strain longitudinal regional a nivel del segmento basal y medio correlacionaron fuertemente con disfunción ventricular derecha aguda ($p= 0.008$ y $p=0.014$). No encontramos correlación entre SLGPLVD y defunción ($p= 0.89$). La asociación de choque séptico y SLGPLVD mostró tendencia estadística, aunque sin significancia ($p=0.18$). No existió una correlación entre la infección por neumonía asociada a ventilador y SLGPLVD ($p= 0.35$) en comparación al TAPSE pre y post quirúrgico, los cuales mostraron una $p= 0.015$ y $p= 0.004$ respectivamente. En cuanto al sangrado mayor a lo habitual el único índice que demostró correlación fue el TAPSE pre quirúrgico ($p= 0.004$), ya que el SLGPLVD mostró tendencia sin demostrar p significativa ($p= 0.58$). No existió correlación entre los niveles séricos de troponina I y lactato sérico de ingreso con las mediciones de TAPSE pre quirúrgico ($p=0.170$ y $p= 0.99$ respectivamente) y SLGPLVD ($p=0.322$ y $p= 0.33$ respectivamente). Una \bar{X} SLGPLVD de -9% se asoció con un grupo pacientes que desarrollaron MACE (defunción, choque séptico, mediastinitis y estancia prolongada en la terapia intensiva) con una sensibilidad del 70% y especificidad del 55%, con un área bajo la curva de ROC de 0.6. La comparación de curvas ROC entre TAPSE post quirúrgico y SLGPLVD fue de: 0.3 Vs 0.6.

Conclusiones:

El Strain global se asoció con disfunción ventricular derecha post operatoria al igual que el TAPSE pre quirúrgico, encontrando una adecuada correlación entre ambos índices. El strain regional del VD en su segmento basal y medio se asoció fuertemente con la presencia de disfunción ventricular derecha. Una media de -9% del strain global del VD se asoció con un mal pronóstico post quirúrgico en un subgrupo de pacientes con MACE (sensibilidad del 70% y especificidad del 55%). No se encontró asociación entre las complicaciones post quirúrgicas y strain longitudinal del VD de forma independiente a excepción de la disfunción ventricular post quirúrgica. El strain del VD en pacientes con reemplazo valvular mitral es una técnica nueva y prometedora en este ámbito, será necesario estudios prospectivos con un mayor tamaño de muestra para determinar si el strain global del VD en este tipo de pacientes es un factor predictivo de mal pronóstico de forma independiente. Es necesario normar los rangos de la función del VD por medio de este método para estandarizar los resultados en la población en general y crear un software específico para valorar el miocardio del VD.

III. Abreviaturas:

BAVC. Bloqueo auriculoventricular completo.

CI. Cardiopatía isquémica.

DM2. Diabetes mellitus tipo 2.

DTI. (Doppler tisular imaging). Imagen por doppler tisular.

EuroSCORE II. (**European System for Cardiac Operative Risk Evaluation**)

FA. Fibrilación auricular.

FAC "fraccional área change". Cambio fraccional de áreas

FEVD. Fracción de expulsión del ventrículo derecho.

FGPLVD. Función global de la pared libre del ventrículo derecho

HAS. Hipertensión arterial sistémica.

HP. Hipertensión pulmonar.

p. Pacientes.

PEEP. (Positive End Expiratory Pressure). Presión positiva al final de la espiración.

PS. Deformación pico (máximo)

PSR. Velocidad de deformación pico (máximo)

PSV. (Early peak systolic velocity). Velocidad sistólica máxima (velocidad sistólica pico)

S. Strain

S'. Velocidad sistólica del anillo lateral tricuspídeo.

SGPLVD. Función global de la pared libre del ventrículo derecho.

SLb. Strain longitudinal base.

SLm. Strain longitudinal medio

Sla. Strain longitudinal ápex

SIRS. Síndrome de respuesta inflamatoria sistémica.

SIV. Septum intraventricular.

SR. Strain rate.

TAPSE. (Tricuspid annular plane systolic excursion). Desplazamiento sistólico del anillo tricuspídeo RIMP. (Index of myocardial performance). Índice de rendimiento miocárdico.

VD. Ventrículo derecho.

VI. Ventrículo izquierdo.

MACE. Defunción, infección por mediastinitis, choque séptico y estancia prolongada en la terapia intensiva.

2D SLGVD. Strain bidimensional longitudinal global del ventrículo derecho.

2D SLPLVD. Strain longitudinal de la pared libre del ventrículo derecho.

2D SLSIVVD. Strain longitudinal del septum interventricular del ventrículo derecho.

S2D y SR2D. Strain y Strain rate bidimensional.

ECOTT 3D. Ecocardiografía transtorácica en tercera dimensión

1. Introducción

La función del ventrículo derecho (VD) había sido infra estimada en décadas pasadas y actualmente se ha reconocido su importancia como determinante de síntomas cardiovasculares, capacidad funcional y marcador pronóstico en enfermedades cardíacas, pulmonares y en el post operatorio¹¹⁻⁶. Se han descrito mayores complicaciones post quirúrgicas en los pacientes con cardiopatías valvulares (entre ellas valvulopatía mitral) y disfunción ventricular derecha. La evaluación no invasiva de la función del VD, es posible por diversos métodos de imagen (RMC^{*}, ECOTT, TAC y medicina nuclear). El método más frecuentemente utilizado es el ECOTT bidimensional mediante índices estandarizados y aplicados internacionalmente (FEVD 2D, FAC, TAPSE, (S' doppler pulsado) y RIMP o índice de TEI). Estos índices se alteran de forma variable en el post quirúrgico, causando controversia acerca de su utilidad en este escenario, ya que infra estima la función sistólica del VD. Existen nuevas y prometedoras técnicas ecocardiográficas como el Strain (S) y Strain rate bidimensional (S2D y SR2D), obtenidos mediante el método de "Speckle- tracking" que han demostrado ser más sensibles para detectar disfunción ventricular derecha.

ANTECEDENTES Y EPIDEMIOLOGÍA

En los años 80, la prevalencia de disfunción ventricular derecha, en el post operatorio de cirugía cardiovascular, era alrededor del 30%. Junto con los síndromes infecciosos, era una de las complicaciones más frecuentes en cirugía cardiovascular. Este porcentaje estaba relacionado con las características y técnicas quirúrgicas de esa época, como la utilización de hipotermia moderada (28°C), la alta prevalencia de pacientes quirúrgicos con hipertensión pulmonar y disfunción ventricular derecha previa. Desde comienzos del año 2000, la cardioplejía sanguínea templada, la utilización de protección miocárdica por acceso retrógrado (seno coronario) y anterógrado, la mejoría en el recalentamiento y el uso de hipotermia leve (30-32°C) han generado que la incidencia de disfunción de las cámaras derechas baje al 10 o 15% aproximadamente.

ETIOLOGÍA.

La etiología de la disfunción ventricular derecha post operatoria es multifactorial: inducción anestésica, tiempo de circulación extracorpórea, embolización de detritus celulares a ramos distales de la circulación coronaria con enfermedad aterosclerosa, existencia de isquemia en región inferior o postero- inferior de gran extensión hacia el VD, pre carga disminuida (sangrado mayor a lo habitual) o pos carga aumentada

* Periodo comprendido después de cualquier procedimiento quirúrgico hasta su egreso hospitalario.

♦ Estándar de oro para la evaluación funcional y morfológica del ventrículo derecho

(hipertensión pulmonar crónica), ventilación mecánica invasiva con valores suprafisiológicos de PEEP y SIRS⁹.

EVALUACIÓN CLÍNICA.

Al momento de la evaluación del paciente quirúrgico, se debe de conocer las comorbilidades previas, factores preoperatorios como lo son la hipertensión pulmonar, la función ventricular izquierda; derecha, el deterioro previo de la fracción de eyección de VD o no, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, infarto del miocardio inferior con o sin compromiso de pared posterior o del VD e insuficiencia tricuspídea grave que son los que mejor han correlacionado con disfunción de VD, así mismo antecedentes de cirugías torácicas previas (aumento de presión transmural pericárdica sobre VD). Entre los factores intra- operatorios que influyen en esta patología están el tipo de cirugía, la condición y técnica de la protección miocárdica, así como su duración y la correcta salida de la circulación extracorpórea. Finalmente, el análisis de la situación clínica (disfunción de ventrículo derecho asociada o no a bajo volumen minuto) en el posoperatorio deberá incluir no sólo la evolución del paciente en cuidados intensivos, sino el seguimiento de todas las complicaciones hospitalarias previas al alta. Debemos considerar entonces múltiples factores que pueden influir en la presencia o desarrollo de falla ventricular derecha⁹. En conclusión la disfunción ventricular derecha girará en torno a causas pos- cardiotomía, trasplante cardíaco, isquemia o infarto de VD e hipertensión pulmonar.

DIAGNÓSTICO

SIGNOS CLÍNICOS Y HEMODINÁMICOS

El escenario es en aquellos pacientes con disfunción sistólica del VD leve con traducción clínica en el post operatorio no es fácilmente detectable. La disfunción ventricular moderada a severa en el posquirúrgico son los siguientes: ingurgitación yugular, hepatomegalia, frialdad cutánea, disminución del relleno capilar, oliguria. Sin embargo todos estos signos no son los más trascendentes para el diagnóstico. Los elementos más importantes serán aportados por el monitoreo hemodinámico, ya que nos brindará la posibilidad de efectuar un diagnóstico más preciso y precoz, como lo son: presiones de aurícula derecha mayores a 10 mmHg; (mayor presión en aurícula derecha, tendremos mayor grado de disfunción ventricular derecha). Si contamos con un catéter de Swan Ganz, se podrá valorar las variables hemodinámicas para detectar disfunción ventricular derecha Dembistky y cols. Describieron los criterios hemodinámicos de disfunción de VD grave los cuales son: presión venosa central mayor a 20 mmHg; presión venosa central mayor a presión capilar pulmonar; IC menor a 2,0 l/min/m²; resistencias vasculares pulmonares aumentadas.

Por lo tanto los parámetros hemodinámicos utilizados para evaluación de función sistólica de ventrículo derecho son: presión desarrollada (diferencia entre presión sistólica de arteria pulmonar y presión media de aurícula derecha (normal cuando es mayor a 10 mmHg); presión diferencial (diferencia entre presión

sistólica de arteria pulmonar y presión diastólica de arteria pulmonar – normal entre 10-15 mmHg –). El electrocardiograma es útil para poder distinguir entre patología isquémica asociada o no como etiología.

VALORACIÓN NO INVASIVA DEL VENTRÍCULO DERECHO.

Su adecuada valoración ha sido un reto para el médico, esto debido a su compleja estructura que limita la aplicación de modelos geométricos para la cuantificación volumen- función, localización retroesternal que crea una barrera para las ondas ultrasónicas enviadas por el transductor (en el caso del ecocardiograma transtorácico bidimensional), asimetría y un movimiento de translación más acentuado comparado con el ventrículo izquierdo ^{2,3}.

Existen diversos métodos de imagen no invasivos para valorar el VD, los cuales son los siguientes: El ecocardiograma transtorácico bidimensional (ECOTT 2D), la resonancia magnética cardiovascular (RMC), la tomografía axial computarizada (TAC) y las técnicas nucleares., estas últimas, actualmente no tienen un rol predominante en la valoración del VD.

Actualmente las modalidades no invasivas más ampliamente utilizadas para visualizar el ventrículo derecho son el ECOTT 2D como primera opción y la RMC como siguiente alternativa, el rol de la TAC de corazón es utilizada al haber una contraindicación para la RMC ³.

ECOCARDIOGRAMA TRANSTORÁCICO.

Como ya se mencionó es el método de imagen no invasivo más utilizado para la evaluación del VD debido a ser un método ampliamente disponible, portátil, no utilizar medio de contraste, escaso riesgo para el paciente y económicamente más accesible en comparación al resto de las modalidades antes mencionadas. Se puede valorar la función valvular, bi ventricular además de proveer información hemodinámica mediante la evaluación del flujo sanguíneo mediante Doppler pulsado o continuo. Las limitaciones para la evaluación mediante este método están en relación a la localización, anatomía y mecanismos de contractilidad del VD (mencionados en párrafos anteriores) además de tomar en cuenta que los índices ampliamente utilizados en la actualidad son dependientes de la pos carga ³. Existen diversos métodos e índices para la medición de la función sistólica del ventrículo derecho. Los métodos se exponen en la tabla 1.

TABLA 1.

Método	Medición del VD
Modo M	Grosor de la pared libre del VD Acortamiento del tracto de salida del VD. TAPSE.

ECOTT 2D	Dimensiones lineales Valoración visual de volúmenes/ fracción de eyección. Índice de excentricidad ventricular
Doppler convencional	Presión sistólica del ventrículo derecho
Doppler tisular	Deformación y velocidad de deformación (complejo, poca experiencia con esta técnica). Índice de rendimiento miocárdico Aceleración isovolumétrica
Speckle tracking	Deformación y velocidad de deformación (S y SR)
ECOTT 3D	Volúmenes del VD Fracción de eyección del VD

FEVD 2D Fracción de expulsión del ventrículo derecho, **VD**. Ventrículo derecho, **ECOTT 3D** ecocardiografía transtorácica en tercera dimensión. **VD RIMP** índice de rendimiento miocárdico, **S** strain, **SR** Strain rate

*Valores de referencia tomados de las guías de ecocardiografía para la valoración del ventrículo derecho en adultos (J. Am Soc Echocardiogr 2010;23: 685-713).¹³

Los índices aceptados internacionalmente para la valoración del VD son: Fracción de expulsión del ventrículo derecho bidimensional (FEVD 2D), cambio fraccional de áreas (FAC “*fraccional área change*”), desplazamiento del anillo tricuspídeo (TAPSE “*Tricuspid annular plane systolic excursion*”), velocidad sistólica del anillo lateral tricuspídeo (S') mediante doppler pulsado, ecocardiografía tridimensional (ECOTT 3D) y el índice RIMP (*Index of myocardial performance*) índice de rendimiento miocárdico o índice de TEI. A continuación se presentan en la tabla 2.

TABLA 2.

Método	Rango de anormalidad	Limitaciones
FEVD 2D	<44%	Poco fiable debido a existen múltiples métodos.
FAC	<35%	Requiere un fino trazo del borde endocárdico
TAPSE	<1.6 cm	Dependiente de la angulación del transductor Dependiente de pos carga
S' (pulsado)	<10 cm/s	Dependiente de la angulación del transductor Asume que todos los segmentos tienen una función similar Aún falta validación de este índice
ECOTT 3D	<44%	Desplazamiento sistólico del anillo tricuspídeo
Índice de TEI (RIMP)	Pulsado: > 0.44 Tisular: > 0.55	No confiable con frecuencias cardiacas irregulares o presiones auriculares elevadas

FEVD 2D Fracción de expulsión del ventrículo derecho, **FAC**. cambio fraccional de áreas, **TAPSE** Desplazamiento sistólico del anillo tricuspídeo, **S'** Velocidad sistólica del anillo lateral tricuspídeo, **ECOTT 3D** ecocardiografía transtorácica en tercera dimensión. **VD RIMP** índice de rendimiento miocárdico. Valores de referencia tomados de las guías de ecocardiografía para la valoración del ventrículo derecho en adultos (J. Am Soc Echocardiogr 2010;23: 685-713).

Los índices mencionados anteriormente tienen una adecuada correlación al compararlos con la RMC o angiografía con radionúclidos. La FAC es el índice que mejor correlaciona con el “estándar de oro” (RMC) ^{14,15}. Las mediciones obtenidas a través de TAPSE y doppler tisular (DTI) tienen una fuerte correlación con la angiografía con radionúclidos ^{16, 17, 18} motivo por el cual se encuentran validadas internacionalmente en la evaluación rutinaria de la función ventricular derecha ¹⁹⁻²².

EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN VENTRICULAR DERECHA EN EL POST OPERATORIO.

(Parámetros convencionales).

Se ha descrito que los índices mencionados anteriormente, sufren una reducción de forma variable en el post operatorio. Es un fenómeno bien conocido, aunque poco entendido y su correlación con la disfunción ventricular derecha ha sido controvertida motivo por el cual la valoración postquirúrgica de la función ventricular derecha mediante TAPSE y PSV tiene sus limitaciones en este campo y los resultados se deben de tomar con reserva ²³⁻²⁶.

Nuevas y prometedoras técnicas ecocardiográficas como el ECO 3D así como Strain (S) y Strain rate bidimensional (S2D y SR2D), - estos últimos - obtenidos mediante el método de “*Speckle- tracking*” han demostrado ser útiles en la evaluación de la función del VD ²⁷⁻³⁰.

DEFORMACIÓN Y TASA DE DEFORMACIÓN.

CONCEPTOS BÁSICOS

Aunque el ecocardiograma convencional (ECOTT 2D) es considerado un método confiable en la valoración del *movimiento* de la pared ventricular y función regional miocárdica, la estimación visual del movimiento de la pared ventricular es subjetivo, tiene el inconveniente de ser operador dependiente y tener una alta variabilidad inter e intra observador lo que limita la evaluación del desplazamiento radial y deformación miocárdica sin la posibilidad de evaluar el acortamiento y tracción miocárdicos ¹³. El estudio de la deformación “*Strain*” (S) y velocidad de deformación “*Strain rate*” (SR), mediante los métodos de Doppler tisular y de “*Speckle- tracking*” permiten evaluar una región del miocardio en referencia a un segmento adyacente del mismo y no respecto a la posición del transductor (no dependiente de la angulación del transductor).

Para entender mejor estas modalidades para la evaluación de la función contráctil del VD es necesario realizar distinción entre los conceptos “*movimiento*” y “*deformación*” de la pared ventricular.

El “*movimiento*” de un objeto de un punto a otro en su totalidad a través del tiempo, lo desplazara *sin deformar* a las partes que lo componen, esto es que cada uno de sus componentes se mueven con la misma velocidad. En cambio en la *deformación*, las partes de un objeto se desplazan a diferente velocidad, provocando que el objeto se *deforme* ^{31- 33}. Así, los índices ecocardiográficos bidimensionales previamente mencionados se basan en la medición del desplazamiento y la velocidad de la pared

ventricular o sus componentes y no pueden diferenciar entre los movimientos activos y pasivos de un segmento del miocardio, mientras que el análisis de deformación (S y SR) permiten la discriminación entre el movimiento activo y pasivo del tejido miocárdico ¹³.

El concepto de strain “*deformación*” es complejo. La deformación se define como el cambio de la longitud entre dos puntos ³⁴. La cantidad de “deformación” usualmente es expresada en porcentaje (%). Los valores positivos de deformación representan un alargamiento. Valores negativos representan el acortamiento de un segmento. Entonces la contracción miocárdica se define como la deformación longitudinal negativa, seguida por la deformación diastólica bifásica.

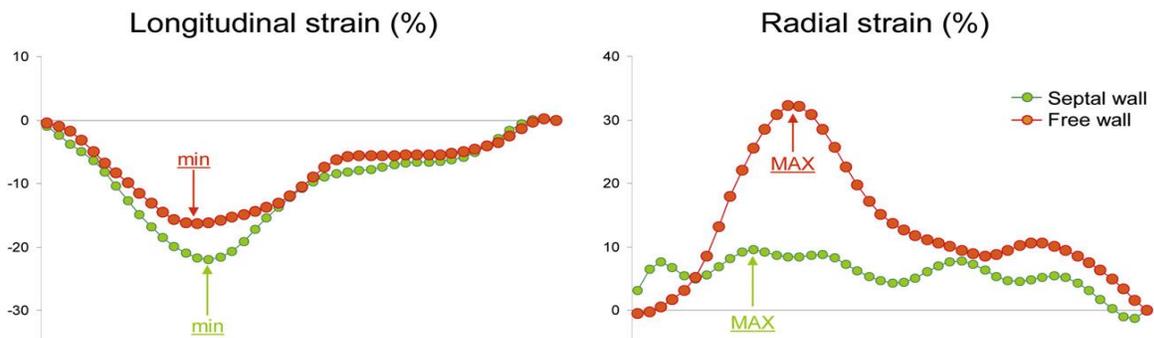
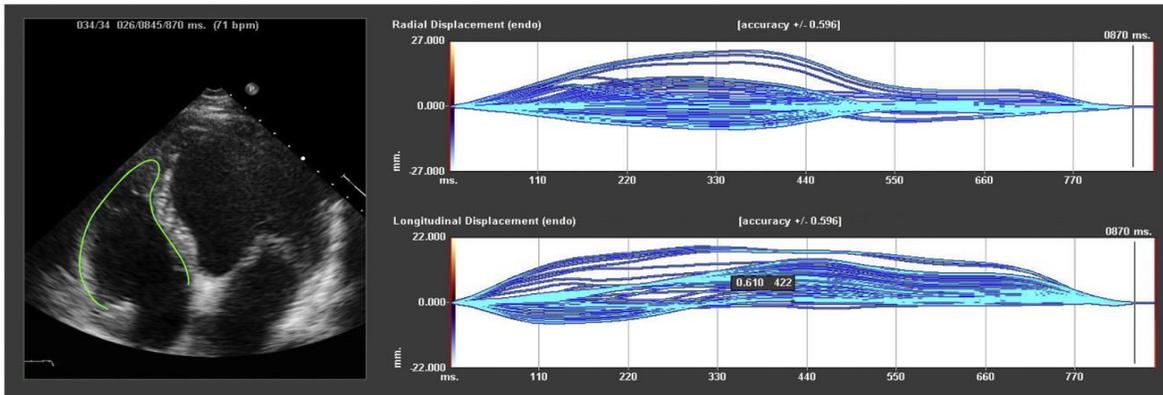
La *velocidad de deformación (SR)* representa el cambio de la velocidad entre dos puntos adyacentes (deformación por unidad de tiempo). La unidad de SR es S^{-1} y tiene la misma dirección que el S. (SR con valores negativos traducen acortamiento y los valores positivos traducen elongación).

La “*deformación*” puede ser medida en una sola dimensión (acortamiento y alargamiento en una sola dirección); dos dimensiones (acortamiento y alargamiento en el eje de “x” y “y”, además de la distorsión del borde de la pared ventricular que sucede en el desplazamiento de la base al ápex); y por último en tres dimensiones (alargamiento y acortamiento en el eje de “x”, “y” y “z” ³⁴.

Estos parámetros se calculan a partir del análisis de movimiento/ velocidad en dos o más regiones del miocardio. El movimiento se analiza mediante marcadores acústicos naturales (“Tracking speckles”) en las imágenes ecocardiográficas bidimensionales. Estos marcadores acústicos estáticos, se encuentran distribuidos de forma equidistante a través del miocardio (tamaño de 20- 40 píxeles), son estables y son seguidos cuadro a cuadro en la imagen del ultrasonido con software especializado que permite su seguimiento temporal y espacial, por lo tanto cada marcador acústico representa una región del miocardio en movimiento. El cambio de posición en cada marcador acústico permite determinar de igual manera su velocidad. De esta manera el patrón de movimiento del tejido miocárdico es reflejado por el patrón de movimiento de los marcadores acústicos, por lo que es independiente de la angulación del transductor ³².

La deformación puede calcularse en cualquiera de los tres planos ortogonales, los cuales representan la contracción longitudinal, circunferencial y radial.

La deformación no es uniforme en todos los segmentos del miocardio. La velocidad y el desplazamiento son graduales desde la base al ápex. Los parámetros basales son más altos que los del ápice. La deformación longitudinal presenta menos variabilidad y su mayor deformación se encuentra en la pared libre ventricular comparado con el septum IV, lo que hace al análisis de deformación en la pared ventricular más constante ³⁴. Por lo tanto el análisis de la deformación es más útil que el análisis del movimiento para la detección de disfunción miocárdica regional ^{36,37}.



APLICACIÓN CLÍNICA

Se ha demostrado que la medición de S y SR son indicadores sensibles de enfermedades en etapa subclínica como la diabetes mellitus, esclerosis sistémica, hipertensión arterial sistémica, amiloidosis, distrofia muscular de Duchene y síndrome de Kawasaki. Es útil en la evaluación de la miocardiopatía dilatada no isquémica e isquémica, así como la evaluación del daño miocárdico posterior a un síndrome isquémico coronario agudo. En el tema de la insuficiencia cardíaca ha demostrado ser factor pronóstico en sobrevida y la presencia de disincronía intraventricular. Recientemente han demostrado su alta sensibilidad en la detección temprana de los pacientes con daño inducido por la doxorubicina. En el ámbito deportivo parece ser útil para diferenciar la hipertrofia fisiológica inducida por el ejercicio en los atletas de alto rendimiento, de la miocardiopatía hipertrófica asimétrica no obstructiva y de la cardiopatía hipertensiva.⁴¹⁻⁵⁶

Se ha reportado una detección más temprana de rechazo agudo del injerto y vasculopatía posterior al trasplante cardíaco. Provee información pronóstica en el remodelado reverso del ventrículo izquierdo (VI) posterior a cirugía de remplazo valvular y seguimiento posterior a cirugía de revascularización; se ha estudiado como predictor de resultados a corto y mediano plazo en los pacientes sin trasplante cardíaco o pacientes con implante de un sistema de asistencia ventricular. Ha demostrado utilidad en el seguimiento de los resultados terapéuticos en la práctica clínica, terapia de re sincronización y cirugía cardiovascular³.

STRAIN Y STRAIN RATE EN LA EVALUACIÓN DEL VENTRÍCULO DERECHO.

Recientemente se ha demostrado que los índices de deformidad (S y SR) son útiles en la evaluación de la función ventricular derecha en diversas patologías como la hipertensión arterial pulmonar, infarto de ventrículo derecho y displasia arritmogénica del ventrículo derecho⁵⁶⁻⁶³.

Maffesanti F. et al. han descrito que los índices de deformación del VD mediante speckel tracking en pacientes sometidos a reparación valvular mitral, pueden constituir un recurso útil para relacionar los cambios regionales en la función global del VD y determinar con mayor sensibilidad disfunción ventricular derecha en el posquirúrgico inmediato y mediato en comparación a el ECO 3D⁶⁴.

En la tabla no 3 se exponen los valores descritos en las guías de ecocardiografía para la valoración del ventrículo derecho en adultos.

Tabla No. 3 Strain Longitudinal y strain rate de la pared libre del VD (Speckle tracking)

Variable	Valor mínimo	Valor medio	Valor máximo
2D PSR base (s⁻¹)	0.70 (0.50-0.90)	1.62 (1.50-1.74)	2.54 (2.34-2.74)
2D PSR medio (s⁻¹)	0.85 (0.66-1.04)	1.54 (1.46-1.62)	2.23 (2.04-2.42)
2D PSR ápex (s⁻¹)	0.86 (0.46-1.25)	1.62 (1.46-1.79)	2.39(1.99-2.78)
2D PS base (%)	18 (14-22)	28 (25-32)	39(35-43)
2D PS medio (%)	20 (15-24)	29 (25-33)	38 (34-43)
2D PS ápex (%)	19 (15-22)	29 (26-32)	39 (36-43)

2D: bidimensional; PSR. Pico máximo de velocidad de deformación (Strain rate); PS. Pico máximo de deformación (Strain)

*Valores de referencia tomados de las guías de ecocardiografía para la valoración del ventrículo derecho en adultos (J. Am Soc Echocardiogr 2010;23: 685-713).¹³⁾

DESVENTAJAS DEL MÉTODO.

Para poder realizar este método con ECOTT 2D se requiere ventanas acústicas de alta calidad en eje largo paraesternal y apical cuatro cámaras a lo largo de un ciclo cardiaco, con una velocidad de 50 - 70 cuadros por segundo (comparado con la adquisición con DTI el cual tiene una resolución >180 cuadros por segundo, tiene una adquisición baja) motivo por el cual puede ser una limitante importante para su aplicación de rutina en todos los pacientes, las mediciones pueden arrojar resultados sub óptimos en pacientes con taquicardia. Los valores de SR pueden sub estimarse debido al bajo índice de muestreo durante las fases isovolumétricas que no son captados en las imágenes. Las velocidades de cuadro más altas podrían reducir el problema a costa en la reducción de la resolución espacial y en consecuencia un menor seguimiento de la región óptima de interés³⁸. Por otra parte la baja velocidad de seguimiento cuadro por cuadro incrementa la resolución espacial, pero se corre el riesgo que el seguimiento de cada

cuadro acústico salga de la región óptima de interés resultando en un valores infra estimados^{39,40}. En la tabla No 4 se resumen ventajas y desventajas del método para evaluación del VD.

Tabla No 4.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Independiente del ángulo con respecto al transductor	Falta de la normatividad de los datos
Mejor relación señal/ ruido en las imágenes ecocardiográficas	Software adicional especializado Dependiente de la calidad de la imagen
Evaluación de la función regional y global del VD	La función global del VD resulta de una sola vista de evaluación (apical cuatro cámaras)
La variabilidad inter e intra observador del S 2D Y SR 2D se ha reportado del 3.6 al 5.3% ³²	Diversos algoritmos y plataformas disponibles actualmente dan como resultado variabilidad en los resultados.
	S y SR no son medidas que de contractilidad * debido a que son dependiente de la pos carga

*Contractilidad. Propiedad intrínseca de la miofibrilla cardiaca que es independiente de la carga (pre y pos carga).

VD. Ventrículo derecho. 2D: bidimensional; S. strain SR. Strain rate.

TRATAMIENTO DE LA DISFUNCIÓN VENTRICULAR DERECHA

El tratamiento común en toda disfunción ventricular derecha será la optimización de la frecuencia cardíaca, el mantenimiento del ritmo sinusal, la valoración y ajuste de condiciones de carga (pre carga y pos carga) y finalmente actuar sobre la contractilidad. Sin duda, la optimización de la precarga a partir de presiones de llenado bajas o normales puede mejorar la eficacia del trabajo ventricular. (ley de Frank Starling)⁴⁴ y el gasto cardíaco). La expansión, ya sea con coloides o cristaloides, deberá de mantener valores de 12 a 15 cm H₂O (PCV) ya que la mejor curva de performance ventricular derecha se logra con estos parámetros. Se deberá de mantener la sincronía de contracción auriculoventricular (ritmo sinusal) ya que permite mejorar el gasto cardíaco. La contracción auricular es responsable, en condiciones normales, del 20 al 30% del volumen de fin de diástole. La contribución de la aurícula derecha en el llenado ventricular y en presencia de disfunción de VD, puede alcanzar hasta un 40% del llenado de esa cámara. Consecuentemente, el tratamiento agresivo y precoz de cualquier arritmia supraventricular que comprometa la contractilidad auricular es mandatorio intentando siempre recobrar el ritmo sinusal⁶⁵.

Existen numerosos fármacos que pueden ser de utilidad. Los esquemas mayormente recomendados incluyen la dopamina en dosis bajas (2 a 2,5 µg/kg/min) y el milrinone asociados a noradrenalina o la dopamina y la dobutamina asociados nuevamente a noradrenalina, en caso de ser necesaria, para el sostén periférico de la tensión arterial. También el isoproterenol conserva un destacado papel, en la disfunción ventricular postransplante cardíaco.

El uso de vasopresores sistémicos para el tratamiento de la falla ventricular derecha se debe a que mejora la perfusión coronaria y normaliza los gradientes de presión interventricular, y entonces

contrarresta el movimiento septal anómalo. En cuanto a los fármacos inotrópicos positivos, los más frecuentemente utilizados son las llamadas drogas inodilatadoras, ya que tienen un doble efecto: mejoran la contractilidad ventricular y contribuyen a disminuir las resistencias vasculares. Mencionaremos las principales drogas utilizadas: Isoproterenol, levosimendan, milrinona, dobutamina, sildenafil, dopamina.

TABLA No.5 Tratamiento farmacológico de la disfunción ventricular derecha

INOTRÓPICOS POSITIVOS	Dopamina, dobutamina
INODILADORES	Levosimendan, milrinone
VASODILADORES PULMONARES	Sildenafil, oxido nítrico
VASOPRESORES	Noradrenalina, vasopresina, adrenalina
ANÁLOGOS DE PROSTAGLANDINAS	Iloprost, epoprostenol

- Basado en Medical and surgical treatment of acute right ventricular failure. J Am College of cardiology. 2010(56); 18: 1435- 1446.

PRONÓSTICO

Generalmente los pacientes con valvulopatía mitral sin disfunción ventricular derecha tienen una adecuada evolución peri operatoria posterior al remplazo valvular mitral. En contraste los pacientes con insuficiencia cardiaca derecha crónica, la mortalidad peri operatoria incrementa del 5 al 11% y durante su estancia intrahospitalaria la mortalidad aumenta del 8 al 22%. La mortalidad a 5 años posterior al cambio valvular mitral sin recuperación de la función sistólica del ventrículo derecho se ha reportado de hasta 39% en comparación al 4% de los pacientes sin disfunción sistólica derecha. Existe otro grupo de pacientes que desarrollan de forma temprana (posterior al procedimiento quirúrgico) disfunción ventricular derecha, reportando una mortalidad de hasta el 72% en un seguimiento a 75 meses⁷. En comparación al pronóstico trans operatorio en pacientes con cambio valvular aórtico usualmente es mejor que en los pacientes con valvulopatía mitral y aquellos con valvulopatía mitro- aortica ya que desarrollan progresivamente disfunción bi ventricular 72 meses posterior a cirugía⁸.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La evaluación no invasiva del ventrículo derecho mediante los métodos e índices ecocardiográficos utilizados hoy en día, (modo M, bidimensional, Doppler pulsado/ continuo, S', índice de TEI, PSV), son una herramienta confiable para la evaluación de la función ventricular derecha en el paciente ambulatorio u hospitalizado y no en el contexto post quirúrgico, en el cual, estos parámetros disminuyen y no correlacionan adecuadamente con la función del ventrículo derecho como consecuencia de la compleja geometría y alteraciones multifactoriales del VD, motivo por el cual estos índices tienen sus limitaciones en este campo y los resultados se deben de tomar con reserva.

Se ha descrito que los pacientes con disfunción ventricular derecha tienen un peor pronóstico quirúrgico, mortalidad 11% comparada con el 5% en pacientes sin disfunción ventricular derecha, con morbimortalidad durante su estancia intrahospitalaria de hasta 22%, motivo por el cual son necesarias nuevas y mejores técnicas de imagen no invasivas más sensibles para detectar tempranamente disfunción del ventrículo derecho.

2. Justificación

La valoración post quirúrgica de la función ventricular derecha mediante los métodos e índices aceptados internacionalmente, como lo son la fracción de expulsión del ventrículo derecho bidimensional (FEVD 2D), cambio fraccional de áreas (FAC), desplazamiento del anillo tricuspídeo (TAPSE), velocidad sistólica del anillo lateral tricuspídeo (S') mediante doppler pulsado y el índice RIMP (índice de rendimiento miocárdico o índice de TEI), tienen sus limitaciones en este campo y los resultados se deben de tomar con reserva. Se han buscado nuevas técnicas ecocardiográficas para su medición, entre ellas se encuentra el strain longitudinal del VD que recientemente se ha demostrado su utilidad en pacientes con HAP crónica, infarto del ventrículo derecho y displasia arritmogénica del VD, pero en el contexto de los pacientes post operados de cirugía valvular mitral, existe escasa información de la función ventricular derecha medida mediante strain longitudinal. Maffesanti F. et al. han descrito que los índices de deformación del VD mediante speckel tracking en pacientes sometidos a reparación valvular mitral, pueden constituir un recurso útil para relacionar los cambios regionales en la función global del ventrículo derecho.

En México aún no existen estudios para determinar la función ventricular derecha mediante strain y strain rate posterior a reemplazo valvular mitral, así como su relación como factor pronóstico en el post quirúrgico.

3. Pregunta de investigación

¿El Strain global longitudinal del ventrículo derecho, es factor pronóstico en pacientes post operados de reemplazo valvular mitral?"

4. Hipótesis

Hipótesis nula: El strain longitudinal del ventrículo derecho no es capaz de predecir una mala evolución post quirúrgica en pacientes con reemplazo valvular mitral

Hipótesis alterna: El strain longitudinal del ventrículo derecho es capaz de predecir una mala evolución post quirúrgica en pacientes con reemplazo valvular mitral.

5. Objetivo

Determinar si la disfunción ventricular derecha post operatoria medida mediante strain es predictor de mal pronóstico en pacientes con reemplazo valvular mitral.

6. Material y Métodos

Características del lugar donde se llevó a cabo el estudio. Se realizó en el Instituto Nacional de Cardiología “Ignacio Chavez”, correspondiente a una institución de tercer nivel de atención médica, que es centro de referencia de la secretaria de salud de la república mexicana en cuestión de enfermedades del corazón, el cual ofrece intervenciones ambulatorias y hospitalarias de alta especialidad.

Tipo de estudio y metodología: Observacional, transversal, ambispectivo y comparativo.

Descripción de la población de estudio:

Población objetivo: Pacientes con enfermedad valvular mitral.

Criterios de inclusión:

1. Todos los pacientes a los cuales se les realizó reemplazo valvular mitral (biológica o mecánica) en el periodo de un año (Enero – diciembre de 2012) en el Instituto Nacional de Cardiología por cualquier causa.
2. Pacientes mayores de 18 años.
3. Ambos sexos.

Criterios de exclusión:

1. Pacientes menores de 18 años
2. Enfermedad plurivalvular llevados a doble o triple cambio valvular con requerimiento de reemplazo valvular mitral.

3. Enfermedad valvular mitral asociada a cardiopatías congénitas complejas
4. Pacientes con colocación de prótesis mitral en posición tricuspídea (en el caso de prótesis biológicas “INC”).
5. Pacientes con expedientes incompletos.

Criterios de eliminación:

1. Pacientes con mala ventana acústica (apical 4 cámaras).

Muestreo no probabilístico, secuencial

Variables de estudio:

TABLA No. 6

Variable	Definición operacional	Tipo
Edad	Años	Cualitativa nominal
Género	Hombre / mujer	Cualitativa nominal
Edad	Años	Cuantitativa discreta
Hipertensión arterial sistémica	Si/ no	Cualitativa nominal
Diabetes mellitus tipo 2	Si/ no	Cualitativa nominal
Cardiopatía isquémica	Si/ no	Cualitativa nominal
Fibrilación auricular	Si/ no	Cualitativa nominal
Desenlace hospitalario	Vivo/ muerto	Cualitativa nominal
Numero de cirugía cardiaca		Cuantitativa discreta
Estancia en terapia intensiva	Días	Cuantitativa discreta
Fracción de expulsión del ventrículo izquierdo	Porcentaje (%)	Cuantitativa discreta
TAPSE	milímetros (mm)	Cuantitativa discreta
Complicaciones	Si / no	Cualitativa nominal
Insuficiencia cardiaca derecha aguda	Si / no	Cualitativa nominal
Infección agregada	Si / no	Cualitativa nominal
Neumonía asociada a ventilador	Si / no	Cualitativa nominal
Infección vías urinarias	Si / no	Cualitativa nominal
Choque séptico	Si / no	Cualitativa nominal
Sangrado mayor a lo habitual	Mililitros (mm)	Cuantitativa discreta
Mediastinitis	Si/ no	Cualitativa nominal
Bloqueo auriculoventricular completo post quirúrgico	Si/ no	Cualitativa nominal
Trombosis de hemoducto venoso	Si/ no	Cualitativa nominal

postquirúrgico		
Neumotórax	Si/ no	Cualitativa nominal
Hemotórax	Si/ no	Cualitativa nominal
Disfunción protésica postquirúrgica	Si/ no	Cualitativa nominal
Infección herida quirúrgica	Si/ no	Cualitativa nominal
SL base	(%)	Cuantitativa continua/ intervalo
SL medio	(%)	Cuantitativa continua/ intervalo
SL apical	(%)	Cuantitativa continua/ intervalo
SGPLVD	(%)	Cuantitativa continua/ intervalo
MACE	Si / no	Cualitativa nominal

7. Descripción de la Población.

Estudio llevado a cabo en la terapia post quirúrgica cardiovascular en el Instituto Nacional de Cardiología “Ignacio Chavez”. Se analizaron 98 expedientes de aquellos pacientes llevados a cirugía de remplazo valvular mitral por cualquier causa en el periodo de un año (enero a diciembre de 2012). Se incluyeron únicamente a pacientes con cambio o recambio de la válvula mitral (biológica o mecánica), se excluyeron 56 pacientes con doble o triple recambio valvular mitral (30 pacientes con reemplazo mitro- aórtico; 17 p. con reemplazo mitro- tricuspídeo y 9 p. con triple cambio valvular). Obteniendo una población de 43 pacientes. De estos fueron eliminados 2 debido a no poseer una adecuada ventana acústica que otorgó una mala calidad de imágenes y una defunción dentro de quirófano por disfunción del reemplazo valvular. El total de la muestra fue de 41 pacientes (15 hombres y 26 mujeres). La edad promedio fue de 49.4 años. Las causas de reemplazo valvular mitral fueron: cardiopatía reumática inactiva (51.2%), disfunción crónica y aguda de la válvula mitral (14.6% y 7.3% respectivamente), endocarditis bacteriana (4.8 %) y otras causas (21.9 %). Las comorbilidades asociadas fueron las siguientes: hipertensión arterial sistémica (29.2%), diabetes mellitus tipo 2 (14.6%), cardiopatía isquémica (9.7%) y fibrilación auricular 60.9%. El resto de las características de la población se exponen en la tabla No 6.

TABLA No 7. Características basales de la muestra

Variables	Total= 41 pacientes
Edad (promedio años)	49.4 ± 12
Género (Hombres/ mujeres)	15 / 26
Hipertensión arterial sistémica	12
Diabetes mellitus tipo 2	6
Cardiopatía isquémica	4
Fibrilación auricular	25

Fracción de expulsión del ventrículo izquierdo (promedio %) Pre quirúrgico	58 (75 – 45)
TAPSE (mm / promedio) Pre quirúrgico	16.6 ± 4.07
PSAP (mmHg / Promedio) Pre quirúrgico	55.2 ± 22.1
Etiología del CVM	
Cardiopatía reumática inactiva	21 / 42
Estenosis mitral	2
Insuficiencia mitral	2
Doble lesión mitral (I)	4
Doble lesión mitral (E)	11
Doble lesión mitral (A)	2
Disfunción prótesis crónica	6 / 42
Disfunción prótesis mecánica	2
Degeneración válvula biológica	4
Disfunción prótesis aguda	3 / 42
Endocarditis	2 / 43
Válvula nativa	1
Prótesis biológica	1
Prótesis mecánica	0
Otras causas de reemplazo valvular mitral	9 / 43
Ruptura de cuerdas tendinosas	2
Prolapso de la válvula mitral	1
Degenerativa	1
Mixoma auricular izquierdo	2
Isquémica	3
Euroscore (promedio %)	5.04 ± 6.7

CVM. Cambio valvular mitral; **(I).** Insuficiencia; **(E).** Estenosis; **(A).** ambas.

Todos los pacientes tenían previamente un estudio de ecocardiograma transtorácico bidimensional (equipo Hewlett Packard Sonos 5500 con transductores electrónicos de 3.5 y 5 MHz). Las mediciones se realizaron en el departamento de ecocardiografía de este Instituto. Se definió disfunción ventricular derecha pre quirúrgica con un índice menor a 16 mm medido por TAPSE (la FAC del VD no fue tomada en cuenta debido a que este valor no fue un valor constante reportado en los expedientes).

El Strain global y regional longitudinal de la pared libre del ventrículo derecho[♥] se obtuvieron mediante el análisis de speckel tracking en aquellos pacientes con ecocardiograma transtorácico bidimensional, en la proyección apical 4 cámaras posterior al reemplazo valvular mitral*. El equipo utilizado fue el un ecocardiógrafo Vivid E9® de la marca General Electric perteneciente al servicio de la terapia post quirúrgica. Los estudios fueron almacenados y depositadas (datos en crudo) en una estación del trabajo en dicho servicio. Las imágenes fueron procesadas mediante un software especializado (programa EchoPAC). Las mediciones obtenidas fueron: strain longitudinal de la pared libre del ventrículo derecho

[♥] La deformación longitudinal de la pared libre del VD en la ventana acústica apical 4 cámaras, es más reproducible en los tres segmentos del VD. (basal, medio y apical) en comparación al strain radial y circunferencial.

* El periodo pos operatorio inició desde el momento de llegada a la unidad de cuidados post quirúrgicos⁶⁷.

(SLPLVD) en 3 segmentos (segmento basal, media y apical), así como la función global del VD. Los resultados se expresaron en porcentaje (%). Los valores de strain propuestos por la comunidad internacional de ecocardiografía para la evaluación del VD en adultos se encuentran en la tabla 3 de este documento. Un valor más negativo, traduce mejor contractilidad miocárdica y una más cercana a 0 o positiva traduce menor calidad en la contracción miocárdica.

Definición de otras variables:

Insuficiencia cardíaca derecha aguda	Disminución de la fuerza contráctil del ventrículo derecho corazón con disminución del gasto cardíaco de forma súbita.
Neumonía asociada a ventilador	Paciente con infiltrados nuevos o persistentes y secreciones traqueobronquiales purulentas y que además presenta uno de los siguientes: Cultivo cuantitativo de muestra profunda; hemocultivo positivo sin relación con otro foco y obtenido 48 horas antes o después de la muestra respiratoria, con gérmenes idénticos; cultivo positivo de líquido pleural sin instrumentación previa . Evidencia histológica con cultivo negativo (<104 microorganismos / g. de tejido)
Infección vías urinarias	Presencia de microorganismos patogénicos en el tracto urinario incluyendo uretra, vejiga, riñón o próstata.
Choque séptico	Sepsis severa más uno de los siguientes criterios: Tensión arterial media <60mmHg después de administrar 20-30ml/kg de almidón o 40-60ml/kg de solución salina, o presión capilar pulmonar entre 12-20 mmHg. Necesidad de dopamina >5µg/kg/min o norepinefrina <0.25 µg /kg/min para mantener tensión arterial media por arriba de 60mmHg
Sangrado mayor a lo habitual	Hemorragia > 300 ml la primera hora después de la intervención, > 200 ml en la segunda hora y >100 ml de la tercera hora en adelante. Hay que considerar que esta complicación sólo se presenta en las primeras 24 h posteriores al acto quirúrgico, de manera más específica en las primeras 12 h, cuando se la identifica y se trata.
Mediastinitis	De acuerdo a la CDC se define como: Fiebre (>38 °C), dolor torácico, Inestabilidad esternal, drenaje purulento del área mediastínica, germen aislado en hemocultivos o del área mediastínica, ensanchamiento mediastínico, un cultivo bacteriano positivo del espacio mediastínico, evidencia de mediastinitis durante la operación o por histopatología.
Bloqueo auriculoventricular completo post quirúrgico	Ningún estímulo auricular se conduce a los ventrículos, La frecuencia auricular es mayor a la frecuencia ventricular posterior al evento quirúrgico.
Trombosis de hemoducto venoso postquirúrgico	Obstrucción total o parcial de la luz del hemoducto venoso el cual provoca falta total o parcial del tejido irrigado.
Neumotórax	Presencia de aire en el espacio (virtual en el sano) interpleural: entre la pleural visceral y la parietal
Hemotórax	
Disfunción protésica postquirúrgica	Presencia de sangre en la cavidad pleural
Infección herida quirúrgica	Implantación y desarrollo en el organismo de microorganismos patógenos, la acción morbosa de los mismos y la reacción orgánica correspondiente en una herida quirúrgica.

Análisis estadístico:

Las variables categóricas nominales fueron presentadas mediante frecuencia. Las variables numéricas fueron resumidas con mediana (\bar{X}). Se utilizó la *prueba "T" para variables independientes* y la *prueba de coeficiente de correlación de Pearson para las variables independientes*. Se consideró la existencia de correlación de las variables independientes con las complicaciones post quirúrgicas con un $p = < 0.05$ y una $r =$ cercana a la unidad (1). Se determinó la sensibilidad y la especificidad de SLGPLVD y TAPSE post quirúrgico mediante curvas ROC, se cuantificó el área bajo la curva para ambas variables

para comparar ambas variables en la detección de disfunción ventricular derecha. Los resultados fueron presentados mediante gráficos de caja y bigotes así como dispersogramas.

RESULTADOS:

Se analizaron 41 pacientes con un edad promedio de 49.4 años \pm 12 (15 hombres y 26 mujeres). La causa más frecuente de reemplazo valvular mitral fue: cardiopatía reumática inactiva (50%), seguido de disfunción crónica de la prótesis (14.2%); disfunción aguda de la prótesis e insuficiencia mitral isquémica (7.14% cada una), el resto de las etiologías fueron: endocarditis, ruptura de cuerdas tendinosas y mixoma auricular izquierdo (4.1% cada una), así como prolapso de la válvula mitral e insuficiencia mitral degenerativa (2.4% cada una). Las comorbilidades asociadas fueron HAS (29.2%), DM2 (14.6%), CI (9.7%) y FA (60.9%). El promedio de TAPSE pre quirúrgico fue de 16.6mm \pm 4.07. Los pacientes con DVD previa a la cirugía fueron 17 pacientes (41.1%). Dentro de las complicaciones post quirúrgicas, 8 pacientes (19.5%) desarrollaron mayor deterioro de la función ventricular derecha posterior a la cirugía; 10 pacientes (24.3%) desarrollaron infección agregada (neumonía, infección urinaria, infección de herida quirúrgica y mediastinitis), de estos 4 pacientes infectados (50%) desarrollo choque séptico. Se registraron 5 defunciones (12.1%), tres de ellas secundario a choque séptico, 1 paciente mediastinitis y 1 paciente por urosepsis y el último secundario a neumonía asociado a ventilador; otra causa fue debido a insuficiencia cardiaca derecha aguda y la última debido a fibrilación ventricular post quirúrgica. El 7.3% de la muestra presentó sangrado mayor a lo habitual. Otras complicaciones menos frecuentes se presentaron en un 2.4% (trombosis del hemoducto venoso, neumotórax, Hemotórax, disfunción protésica aguda).

TABLA 8. Complicaciones post operatorias

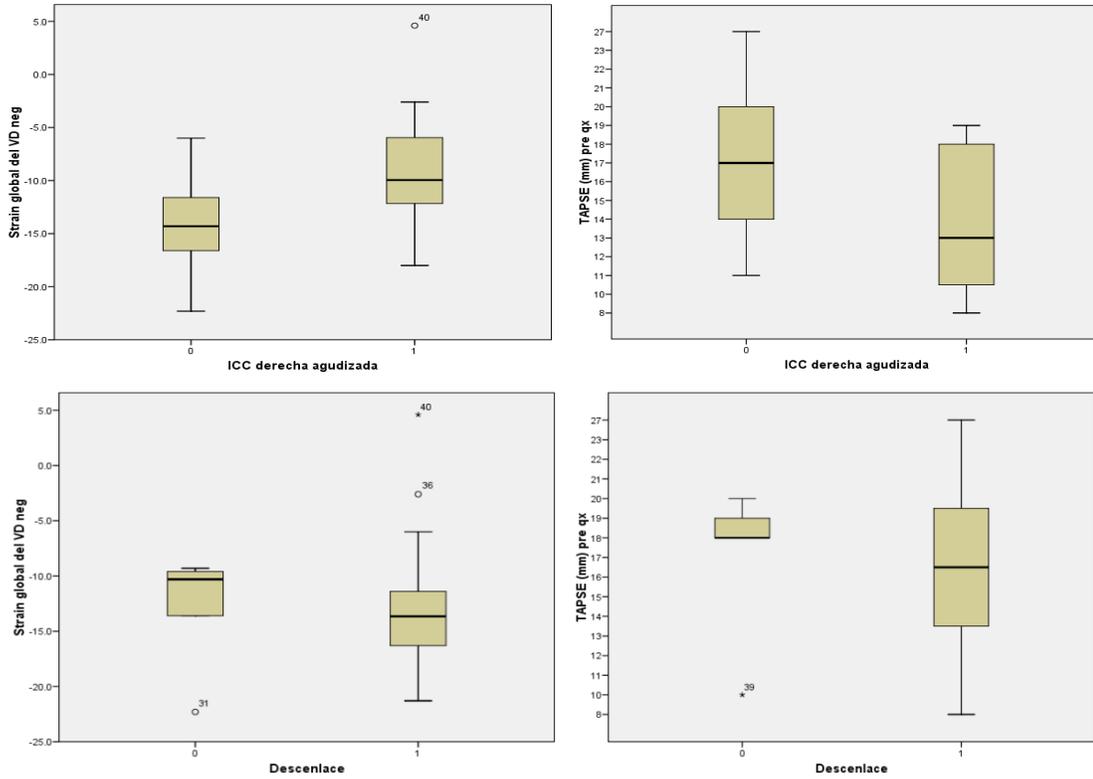
Tipo de complicación	Número de pacientes
	Total= 41
Insuficiencia cardiaca derecha aguda	8 / 41
Infección agregada	10
Neumonía asociada a ventilador	5
Infección vías urinarias	2
Mediastinitis	2
Herida quirúrgica	1
Choque séptico	4 / 10
Sangrado mayor a lo habitual	3
Bloqueo auriculoventricular completo	1
Trombosis de hemoducto venoso	1
Neumotórax	1
Hemotórax	1
Disfunción prótesis posterior a cirugía	1
Defunción	5

La media entre disfunción ventricular aguda post quirúrgica en pacientes con SLGPLVD y aquellos que no la presentaron fue de -8.6/-14.4 (p 0.004); la media del TAPSE pre quirúrgico entre aquellos que desarrollaron disfunción ventricular aguda y los que no fue de: 13.75/ 17.3 con una (p= 0.004). La media de SLGPLVD de aquellos que desarrollaron sangrado mayor a lo habitual Vs aquellos que no la desarrollaron fue de: -15.4/ -13.1 (p= 0.58); la media del TAPSE pre quirúrgico en los pacientes que presentaron sangrado mayor a lo habitual y aquellos que no lo presentaron fue 11.3/17.11 (p=0.004); la media de los pacientes con SLGPLVD que desarrollaron neumonía asociada a ventilador Vs aquellos que no la desarrollaron fue de -9.5/-12.8 (p=0.35); la media del TAPSE pre quirúrgico y neumonía nosocomial Vs aquellos sin neumonía nosocomial fue de 12.6/ 17.25 (p=0.015); la media de TAPSE post quirúrgico y neumonía asociada a ventilador Vs aquellos sin neumonía asociada a ventilador fue de 8.4/ 13.1 (p=0.004). En cuanto a los pacientes con SLGPLVD y defunción Vs aquellos que sobrevivieron posterior al procedimiento quirúrgico fue de -13.02/-13.3 (p=0.89).

TABLA No. 9 Complicaciones post quirúrgicas y sus asociaciones mediante la prueba “T”

	ICDA		Neumonía asociada a ventilador		Choque séptico		Sangrado mayor a lo habitual		Defunción	
	Si / No		Si / No		Si / No		Si / No		Si / No	
	\bar{X}	p	\bar{X}	p	\bar{X}	p	\bar{X}	P		p
TAPSE pre quirúrgico	13.75/17.3	0.004	12.6 / 17.25	0.015	14/16.9	0.39	11.3/17.11	0.004	17/16.6	0.85
TAPSE post quirúrgico			8.4/ 13.1	0.004			8/12.9	0.18	11/12.6	0.52
SLGPLVD	-8.6/-14.4	0.004	-9.5/-12.8	0.35	-7.1/-13.9	0.18	-15.4/-13.1	0.58	-13.02/- 13.364	0.89

SLGPLVD: Strain longitudinal global de la pared libre del ventrículo derecho; ICDDA: Insuficiencia cardiaca derecha aguda

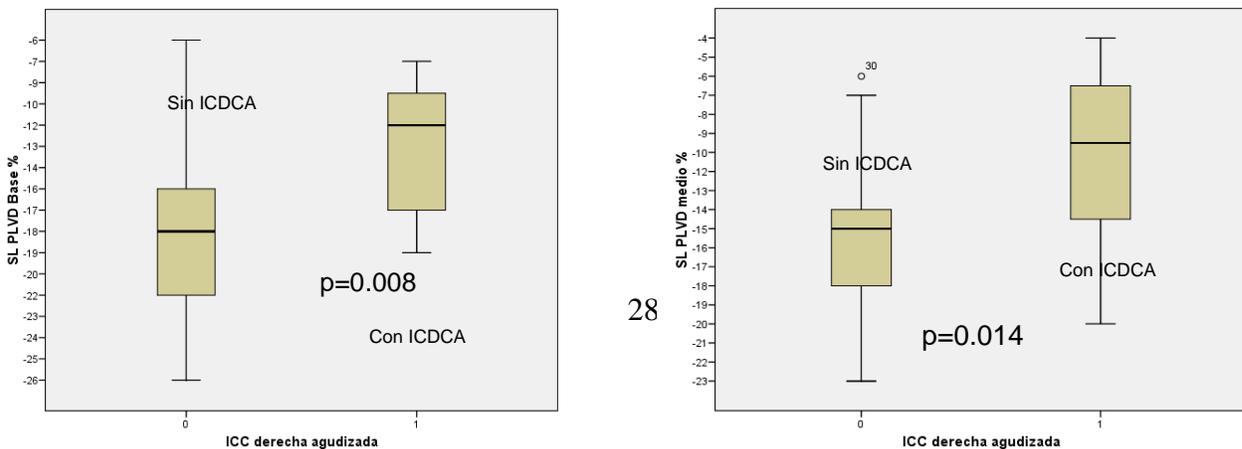


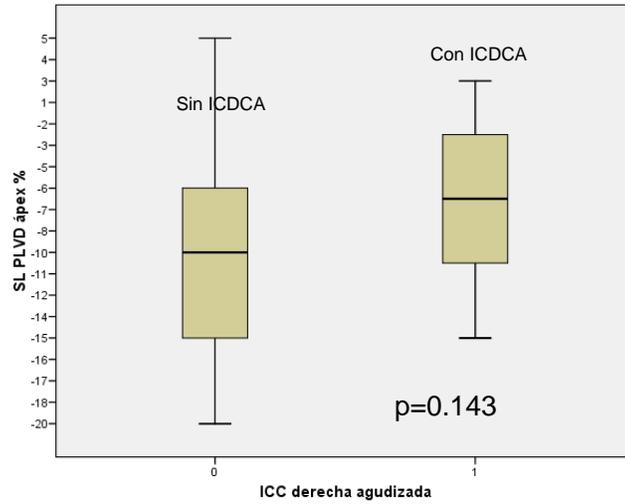
Dentro del subgrupo de pacientes con insuficiencia cardiaca crónica agudizada post quirúrgica (8 pacientes), se analizó el SL por regiones, obteniendo las siguientes mediciones: SLb (\bar{X} =-12.8) ($p=0.008$); SLm (\bar{X} =-10.6) ($p= 0.014$); SLa (\bar{X} =-6.13) ($p= 0.14$). En cuanto al coeficiente de correlación de Pearson entre el TAPSE post quirúrgico/ TAPSE pre quirúrgico resultó una $r=0.716$ ($p< 0.001$); SLPLVD/ TAPSE post quirúrgico resultó una $r= - 0.447$ ($p= 0.003$).

TABLA No. 10 Strain regional de la pared libre del ventrículo derecho e insuficiencia cardiaca derecha crónica agudizada

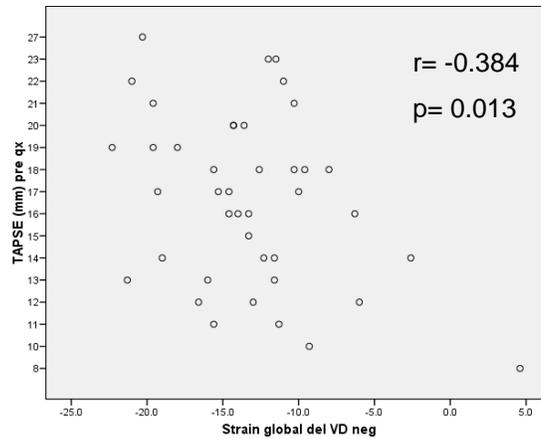
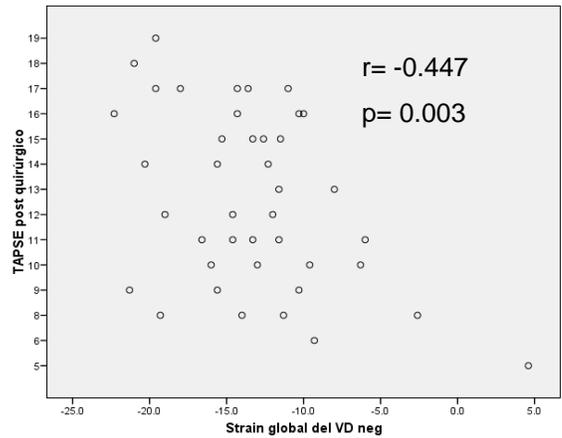
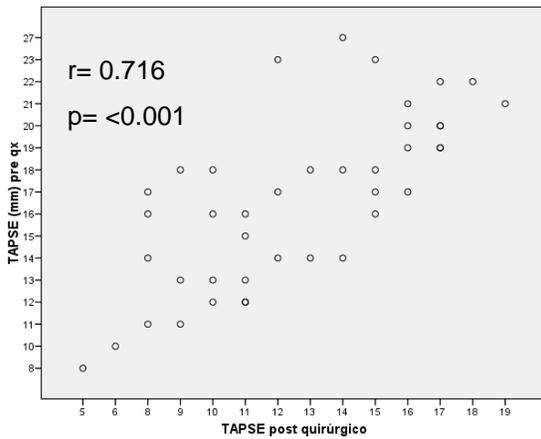
Strain Regional	Sin ICDC	ICDC	Diferencia	P
SB	-18.18	-12.88	5.3	0.008
SM	-15.52	-10.63	4.89	0.014
SA	-9.76	-6.13	3.63	0.143

SB. Strain Basal; SM. Strain medio; SA. Strain apical. ICDC. Insuficiencia cardiaca crónica agudizada.

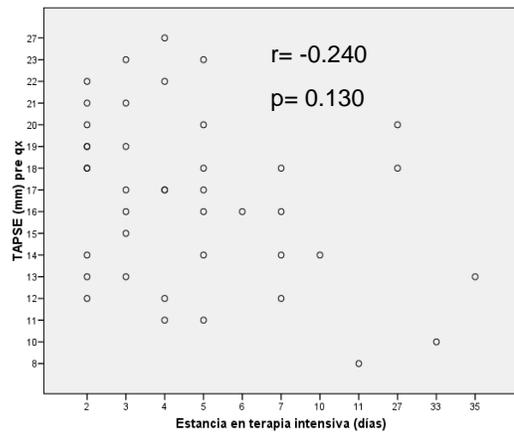
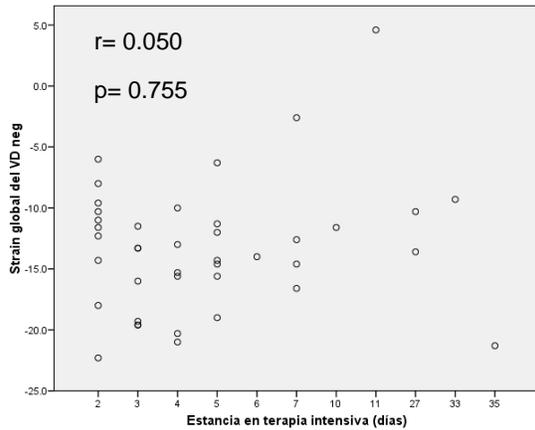




En cuanto al coeficiente de correlación de Pearson entre el TAPSE post quirúrgico/ TAPSE pre quirúrgico resultó una $r=0.716$ ($p < 0.001$); SLPLVD/ TAPSE post quirúrgico resultó una $r = -0.447$ ($p = 0.003$); la asociación SLPLVD/ TAPSE pre quirúrgico fue de $r = -0.384$ ($p = 0.013$).



Días de estancia en la terapia intensiva y la asociación entre TAPSE pre quirúrgico y SLGPLVD



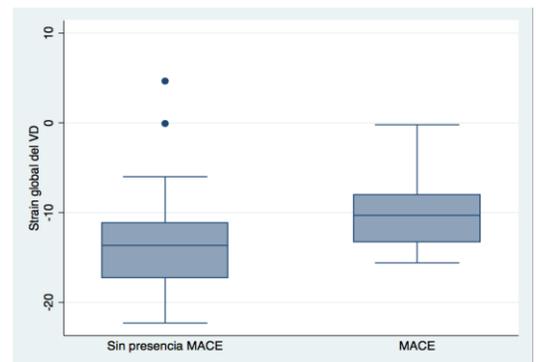
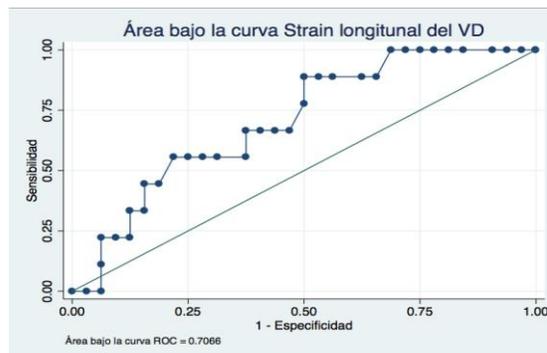
La asociación mediante la prueba de Pearson entre TAPSE pre quirúrgico/ troponina I de ingreso fue ($p=0.170$); la asociación entre SGPLVD/ Troponina I ingreso ($p=0.322$); TAPSE pre quirúrgico/ Lactato ingreso ($p=0.995$); SLPLVD/ lactato de ingreso ($p=0.33$).

TABLA 11

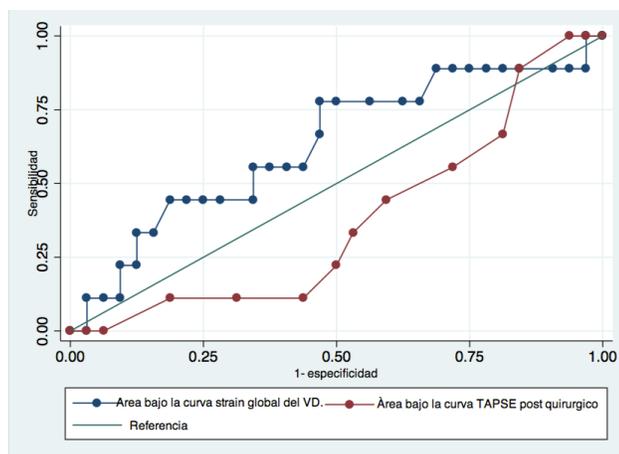
	Troponina I ingreso	Lactato ingreso
	P	P
SLGPLVD	0.322	0.33
TAPSE pre quirúrgico	0.170	0.99

SLGPLVD. Strain longitudinal global de la pared libre del ventrículo derecho.

Por último se determinó un subgrupo de 10 pacientes (24%) que desarrollaron MACE (defunción, choque séptico, mediastinitis y estancia prolongada en la terapia intensiva*), encontrando una asociación significativa con una \bar{X} SLGPLVD de -9% (con una sensibilidad del 70% y especificidad del 55%, con un área bajo la curva de ROC de 0.69. Al comparar SLGPLVD Vs TAPSE post quirúrgico como predictores de disfunción ventricular derecha se observó una mejor área bajo la curva a favor del strain global del VD (0.69 Vs 0.3).



* Estancia prolongada en la terapia intensiva se definió como internamiento mayor de 6 días (media en el resto de la muestra)



DISCUSIÓN.

La función ventricular derecha ha sido valorada mediante técnicas de imagen no invasivas como el ecocardiograma transtorácico en sus diferentes modalidades y ha quedado establecido mediante los índices convencionales mencionados anteriormente, que la disfunción ventricular derecha es un factor de mal pronóstico en los pacientes llevados a cirugía de reemplazo valvular. Estos índices tienden a disminuir en el post quirúrgico, lo que hace difícil la evaluación de la función ventricular derecha en el post operatorio. Se han buscado nuevas técnicas ecocardiográficas para su medición, entre ellas se encuentra el strain longitudinal del VD, que recientemente se ha demostrado su utilidad en pacientes con HAP crónica, infarto del ventrículo derecho y displasia arritmogénica del VD. Existe poca información de la evaluación ventricular derecha por medio de este método en el contexto de los pacientes post operados de cirugía valvular, ya que la gran mayoría de los estudios, se han centrado en la evaluación de la función del ventrículo izquierdo.

Nuestro estudio analizó a 41 pacientes post operados de reemplazo valvular mitral debido a diferentes causas (causa más común fue cardiopatía reumática inactiva), diferentes comorbilidades (entre ellas la más frecuente fue la fibrilación auricular 60.9%) y 17 pacientes (41%) con disfunción sistólica del VD previo a la cirugía medido por TAPSE. Se determinó la función ventricular derecha mediante TAPSE post quirúrgico, strain longitudinal regional y global del VD y se asoció a las complicaciones post quirúrgicas antes mencionadas, para poder determinar si el strain longitudinal del VD se correlaciona con una mala evolución postquirúrgica en forma independiente o en grupo (MACE).

García I., Mingo S., Moñivas V., et al. evaluaron la función ventricular derecha global y regional mediante strain bidimensional en 50 pacientes con hipertensión pulmonar, comparándolos con 25 controles. Ellos reportaron valores de strain global y segmentarios disminuidos. Así mismo encontraron una fuerte correlación entre el SGLPLVD y los parámetros ecocardiográficos clásicos (TAPSE). Ellos reportaron

una media SGLPLVD de $-15,8 \pm 6,2$ ($p < 0,005$), mientras nuestro estudio reportó una media de SGLPLVD de $-13,3 \pm 5,1$ con $p= SN$, aunque con una tendencia a mayor mortalidad. Identificaron a un grupo de pacientes con peor pronóstico con un valor de cohorte $\leq 10\%$ de SGLPLVD (RR 2, IC 1,03-3,78, $p < 0,05$). Hasta el momento es el único artículo que reporta una peor pronóstico en los pacientes con SLGPLVD bajo, aunque el contexto de los pacientes no es el quirúrgico como el nuestro.

Maffesanti F. et al., evaluaron la función ventricular derecha mediante Strain y SR con el método de speckel tracking y TAPSE en pacientes post operados de reparación valvular mitral. Ellos evaluaron a un número similar de pacientes (42 pacientes, con la diferencia de ser un estudio de casos y controles), reportando que los valores de strain longitudinal en la pared libre del VD se encontraron disminuidos en este tipo de pacientes, mientras que la medición de Strain radial no se vio afectada. Encontraron a su vez una relación entre TAPSE/ SLPLVD, al igual que nuestro estudio (SLPLVD/ TAPSE pre quirúrgico fue de $r= -0.384$, $p=0.013$), proponiendo la hipótesis que esto es secundario a la reducción en el radio de la curvatura en dirección longitudinal, causada por la pérdida del soporte pericárdico en la pared libre del VD, que se encuentra adelante y menos limitada que el tabique interventricular, concluyendo que este método puede constituir un enfoque útil para relacionar los cambios locales dependientes de la función global derecha, concluyendo en que los índices de deformidad derivados del speckel tracking son medidas fiables, reproducibles y prometedoras en la evaluación del VD y pacientes post operados de cirugía cardiovascular.

Dentro de las limitaciones del estudio puede considerarse el tipo estudio (observacional, transversal, ambispectivo y comparativo), que puede originar confusores que no pueden ser controlados por el investigador. El tamaño de la muestra origina algunos resultados estadísticamente no significativos y de esta manera solo puedan reportarse como tendencias, como es el caso de SLGPLVD / choque séptico y sangrado mayor a lo habitual. La poca evidencia bibliográfica acerca de la función ventricular derecha evaluada mediante strain longitudinal pacientes con reemplazo valvular mitral, resulta en una falta de datos normativos con respecto a esta técnica, motivo por lo que requiere una validación con estudios a mayor escala. La técnica es dependiente de la calidad de la imagen y la información obtenida es resultado de una sola vista “ventana acústica” (función global) y por último debido a los diferentes algoritmos de las diferentes plataformas de evaluación con las que cuentan los diferentes equipos ecocardiográficos, resulta en diferentes rangos de normalidad ocasionando una heterogeneidad de los mismos.

Dentro de las ventajas de este estudio se encuentra la independencia del ángulo con respecto al transductor al obtener las señales, mejor relación señal/ ruido de las imágenes ecocardiográficas, la evaluación de la función regional y global del VD y una variabilidad inter e intra observador baja ³².

CONCLUSIONES:

- El TAPSE pre quirúrgico es un predictor de disfunción ventricular derecha en los pacientes llevados a reemplazo valvular mitral. Hallazgo encontrado en diferentes publicaciones anteriores.
- El TAPSE pre y pos quirúrgico tienen una adecuada correlación para predecir disfunción ventricular derecha en los pacientes sometidos a reemplazo valvular mitral.
- El SGLPLVD por debajo de -12% se asocia con la presencia de disfunción ventricular derecha en pacientes con reemplazo valvular mitral.
- Los valores de strain regional de la pared libre del ventrículo derecho en los segmentos basal y medio se correlacionan fuertemente con disfunción ventricular derecha en los pacientes con reemplazo valvular mitral.
- No encontramos asociación entre el SGLPLVD con desenlace final (muerte), niveles de troponina I, lactato sérico al ingreso en forma independiente en los pacientes llevados a reemplazo valvular mitral.
- La asociación entre SGLPLVD y choque séptico muestra una tendencia tener una tendencia aunque sin ser estadísticamente significativo.
- Una \bar{X} SLGPLVD de -9% es un factor predictor para desarrollar MACE (defunción, choque séptico, mediastinitis y estancia prolongada en la terapia intensiva) con una sensibilidad del 70% y especificidad del 55%, con un área bajo la curva de ROC de 0.6.
- El SGLPLVD (\bar{X} = -9%) es mejor predictor de eventos MACE en comparación al TAPSE post quirúrgico en pacientes con reemplazo valvular mitral
- La determinación de la función ventricular derecha con strain longitudinal global mediante el análisis de speckel tracking es una nueva técnica ecocardiográfica que permite detectar alteraciones regionales de la deformación miocárdica que traducen alteraciones de la contractilidad miocárdica como consecuencia de disfunción sistólica del ventrículo derecho.
- El strain del VD en pacientes con reemplazo valvular mitral es una técnica nueva y prometedora en este ámbito.
- Será necesario estudios prospectivos con un mayor tamaño de muestra para determinar si el strain global del VD en este tipo de pacientes es un factor predictivo de mal pronóstico de forma independiente.
- Es necesario normar los rangos de la función del VD por medio de este método (speckel tracking) para estandarizar los resultados en la población en general y crear un software específico que sea específico del miocardio del VD (El software disponible actualmente es el utilizado para valorar mediante esta técnica al VI).

9. Bibliografía

1. Tamborini G, Murotari M, Brusoni D, et al. Is right ventricular systolic function reduced after cardiac surgery? A two and Three- dimensional echocardiographic study. *European Journal of echocardiography*, 2009, 10, 630-634.
2. E. Nagel, M. Stuber, et al. " Importance of the right ventricle in valvular heart disease". *European Heart Journal* 1996 17, 829- 836.
3. Sanz J, Conroy J, Narula Jagat, et al. Imaging of the right ventricle. *Cardiology Clinics*. Volume 30, Issue 2, May 2012, Pages 189–203
4. Sun JP, James KB, Yang XS, Solankhi N, Shah MS, Arheart KL et al. Comparison of mortality rates and progression of left ventricular dysfunction in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy and dilated versus non-dilated right ventricular cavities. *Am J Cardiol* 1997;80:1583–7.
5. Patel AR, Dubrey SW, Mendes LA, Skinner M, Cupples A, Falk RH et al. Right ventricular dilation in primary amyloidosis: an independent predictor of survival. *Am J Cardiol* 1997;80:486–92.
6. de Groote P, Millaire A, Foucher-Hossein C, Nugue O, Marchandise X, Ducloux G. et al. Right ventricular ejection fraction is an independent predictor of survival in patients with moderate heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:948–54.
7. Ghio S, Gavazzi A, Campana C, Inserra C, Klersy C, Sebastiani R et al. Independent and additive prognostic value of right ventricular systolic function and pulmonary artery pressure in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:183–8.
8. Pinzani A, de Gevigney G, Pinzani V, Milon H, Delahaye JP. L'insuffisance cardiaque droite pre- et postoperatoire des mitraux et mitro-aortiques. *Arch Mai Coeur* 1993; 86: 27-34.
9. Niles N, Borer JS, Kamen M, Hochreiter C, Devereux R, Roman M. Preoperative left and right ventricular performance in combined aortic and mitral regurgitation: comparison with isolated aortic or mitral regurgitation. *Am J Cardiol* 1990; 65: 1372-8.
10. E. Pensa C. "Disfunción ventricular derecha en el posoperatorio de cirugía cardiovascular" *CONAREC*. 2012, año 28. No 117.
11. Emanuela R, Valsangiacomo Buechel, et al "Imaging the right heart: The use of integrated multimodality imaging". *European Heart Journal* 2012, Vol. 33, 949-960.
12. Dandel M, Lehmkuhl H., Knosalla C. et al."Strain an Strain Rate Imaging by Echocardiography- Basics concepts and clinical applicability". *Current Cardiology Reviews*, 2009, Vol. 5, No. 2.
13. L.G. Rudski, W.W. Lai, J. Afilalo et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography *J Am Soc Echocardiogr*, 23 (2010), pp. 685–713.

14. S. Anavekar, H. Skali, M. Bourgoun et al. Usefulness of right ventricular fractional area change to predict death, heart failure, and stroke following myocardial infarction (from the VALIANT ECHO Study) *Am J Cardiol*, 101 (2008), pp. 607–612
15. L.A. Zornoff, H. Skali, M.A. Pfeffer et al. Right ventricular dysfunction and risk of heart failure and mortality after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*, 39 (2002), pp. 1450–1455
16. N.S. Anavekar, D. Gerson, H. Skali et al. Two-dimensional assessment of right ventricular function: an echocardiographic-MRI correlative study *Echocardiography*, 24 (2007), pp. 452–456.
17. O.M. Ueti, E.E. Camargo, A. Ueti Ade et al. Assessment of right ventricular function with Doppler echocardiographic indices derived from tricuspid annular motion: comparison with radionuclide angiography *Heart*, 88 (2002), pp. 244–248
18. J. Meluzin, L. Spinarova, J. Bakala et al. Pulsed Doppler tissue imaging of the velocity of tricuspid annular systolic motion; a new, rapid, and non-invasive method of evaluating right ventricular systolic function. *Eur Heart J*, 22 (2001), pp. 340–348
19. Hammarstrom E, Wranne B, Pinto FJ, Puryear J, Popp RL. Tricuspid annular motion. *J Am Soc Echocardiogr* 1991;4:131-9.
20. Alam M, Wardell J, Andersson E, Samad BA, Nordlander R. Characteristics of mitral and tricuspid annular velocities determined by pulsed wave Doppler tissue imaging in healthy subjects. *J Am Soc Echocardiogr* 1999;12:618-28.
21. Meluzin J, Spinarova L, Bakala J, Toman J, Krejci J, Hude P, et al. Pulsed Doppler tissue imaging of the velocity of tricuspid annular systolic motion; a new, rapid, and non-invasive method of evaluating right ventricular systolic function. *Eur Heart J* 2001;22:340-8.
22. Ueti OM, Camargo EE, Ueti AA, de Lima-Filho EC, Nogueira EA. Assessment of right ventricular function with Doppler echocardiographic indices derived from tricuspid annular motion: comparison with radionuclide angiography. *Heart* 2002;88:244-8.
23. Rafferty T, Durkin M, Harris S, Elefteriades J, Hines R, Prokop E, et al. Transesophageal two-dimensional echocardiographic analysis of right ventricular systolic performance indices during coronary artery bypass grafting. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1993;7:160-6.
24. Brookes CI, White PA, Bishop AJ, Oldershaw PJ, Redington AN, Moat NE. Validation of a new intraoperative technique to evaluate load-independent indices of right ventricular performance in patients undergoing cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998;116:468-76.
25. Carr-White GS, Kon M, Koh MK, Glennan S, Ferdinand FD, De Souza AC, et al. Right ventricular function after pulmonary autograft replacement of the aortic valve. *Circulation* 1999;100:II-36-41.
26. Alam M, Hedman A, Nordlander R, Samad B. Right ventricular function before and after an uncomplicated coronary artery bypass graft as assessed by pulsed wave Doppler tissue imaging of the tricuspid annulus. *Am Heart J* 2003;146:520-5.

27. Chow PC, Liang XC, Cheung EW, Lam WW, Cheung YF. New twodimensional global longitudinal strain and strain rate imaging for assessmentof systemic right ventricular function. *Heart* 2008;94:855-9.
28. Giusca S, Dambrauskaite V, Scheurwegs C, D'hooge J, Claus P, Herbots L, et al. Deformation imaging describes right ventricular function better than longitudinal displacement of the tricuspid ring. *Heart* 2010;96:281-8.
29. Fukuda Y, Tanaka H, Sugiyama D, Ryo K, Onishi T, Fukuya H, et al. Utility of right ventricular free wall speckle-tracking strain for evaluation of right ventricular performance in patients with pulmonary hypertension. *J Am Soc Echocardiogr* 2011;24:1101-8.
30. Jurcut R, Giusca S, Ticulescu R, Popa E, Amzulescu MS, Ghiorghiu I, et al. Different patterns of adaptation of the right ventricle to pressure overload: a comparison between pulmonary hypertension and pulmonary stenosis. *J Am Soc Echocardiogr* 2011;24:1109-17.
31. Sheehan FH. Quantitative evaluation of regional left ventricular systolic function. In: Otto CM eds. *The Practice of Clinical Echocardiography*. Philadelphia: WB Saunders Company 2002; 65- 87.
32. Perk G, Tunick PA, Kronzon I. Non-Doppler two-dimensional strain imaging by echocardiography – from technical considerations to clinical applications. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 49(19): 1903-14.
33. Sutherland G, Steward M, Groundstroen K, et al. Color Doppler myocardial imaging: a new technique for the assessment of myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr* 1994; 7: 441-58.
34. D'Hooge J, Heimdal A, Jamal F, et al. Regional strain and strain rate measurements by cardiac ultrasound: principles, implementation and limitations. *Eur J Echocardiogr* 2000; 1(3): 154-70
35. Armstrong, William F, Ryan, et al. *Feigenbaum's Echocardiography, 7^o th Edition*. Lippincott Williams & Wilkins. 2010, pags. 270-280.
36. Stouylen A, Heimdal A, Bjornstad K, et al. Strain rate imaging by ultrasound in the diagnosis of regional dysfunction of the left ventricle. *Echocardiography* 1999; 16(4): 321-9.
37. Urheim S, Edvardsen T, Torp H, et al. Myocardial strain by doppler echocardiography: validation of a new method to quantify regional myocardial function. *Circulation* 2000; 102: 1158-64.
38. Marwick TH. Measurement of strain and strain rate by echocardiography: ready for prime time? *J Am Coll Cardiol* 2006; 47: 1313-27.
39. Behar V, Adam D, Lysyanski P. et al. Improving motion estimation by accounting for local image distorsion. *Ultrasonics* 2004; 43(1): 57-65.
40. Korinek J, Kjaergaard J, Sengupta PP, et al. High spatial resolution speckle tracking improves accuracy of 2-dimensional strain measurements. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 20(2): 165-70.
41. Yu CM, Sanderson JE, Marwick TH, Oh JK. Tissue Doppler imaging a new prognosticator for cardiovascular diseases. *J Am Coll Cardiol* 2007; 20(3): 234-243.

42. Edvardsen T, Skulstad H, Aakhus S, et al. Regional myocardial systolic function during acute myocardial ischemia assessed by strain Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37(3):726-30.
43. Sutherland GR, Di SG, Claus J, et al. Strain and strain rate imaging: a new clinical approach to quantifying regional myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr* 2004; 17: 788-802.
44. Voigt JU, Exner B, Schmiedehausen K, et al. Strain-rate imaging during dobutamin stress echocardiography provides objective evidence of inducible ischemia. *Circulation* 2003; 107: 2120-26. [33] Vartdal T, Brunwand H, Pettersen E, et al. Early prediction of infarct size by strain Doppler echocardiography after coronary reperfusion. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49(16): 1715-21.
45. Weidemann F, Jung P, Hoyer C, et al. Assessment of contractile reserve in patients with intermediate coronary lesions: a strain imaging study validated by invasive myocardial fractional flow reserve. *Eur Heart J* 2007; 28(12): 1425-32. Gjesdal O, Hopp E, Vartdal T, et al. Global longitudinal strain measured by two-dimensional speckle tracking is closely related to myocardial infarct size in chronic ischemic heart disease. *Clin Sci (Lond)* 2007; 113(6): 287-96.
46. Winter R., Jussila R, Nowak J, Brodin LA. Speckle tracking echocardiography is a sensitive tool for detection of myocardial ischemia: a pilot study from the catheterization laboratory during percutaneous coronary intervention. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 20(8): 974-81.
47. Tanaka H, Oishi Y, Mizuguchi Y, et al. Three-dimensional evaluation of dobutamine-induced changes in regional myocardial deformation in ischemic myocardium using ultrasonic strain measurements: the role of circumferential shortening. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 20(11): 1294-99.
48. Qu HY, Yao GH, Sun WY. Assessment of ischemic myocardium by strain-rate imaging during adenosine stress echocardiography. *Int J Cardiovasc Imaging* 2007; 23(6): 725-32.
49. Liang HY, Cauduro S, Pellukka P, et al. Usefulness of twodimensional speckle strain for evaluation of left ventricular diastolic deformation in patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol* 2006; 98(12): 1581-86.
50. Dandel M, Knosalla C, Lehmkuhl H, Hetzer R. Non-Doppler twodimensional strain imaging – clinical application. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 20(8):1119.
51. Artis NJ, Oxborough DL, Williams G, et al. Two-dimensional strain imaging: a new echocardiographic advance with research and clinical applications. *Int J Cardiol* 2008; 123(3): 240-8.
52. Marciniak A, Claus P, Sutherland GR, et al. Changes in systolic left ventricular function in isolated mitral regurgitation. A strain rate imaging study. *Eur Heart J* 2007; 28(21): 2627-36.
53. Kepez A, Akdogan A, Sade LE, et al. Detection of subclinical cardiac involvement in systemic sclerosis by Echocardiographic stain imaging. *Echocardiography* 2008; 25: 191-97.
54. Hare JL, Brown JK, Marwick TH. Association of myocardial strain with left ventricular geometry and prognosis of hypertensive heart disease. *Am J Cardiol* 2008; 102: 87-91.

55. Donal E, De Place C, Kervio G, et al. Mitral regurgitation in dilated cardiomyopathy : value of both regional left ventricular contractility and dyssynchrony. *Eur J Echocardiogr* 2009; 10(1): 133-8.
56. Marciniak A, Sutherland GR, Marciniak M, et al. Myocardial deformation abnormalities in patients with aortic regurgitation: a strain rate imaging study. *Eur J Echocardiogr* 2009; 10(1): 112-9
57. Lindquist P, Calcutteea A, Henein M. Echocardiography in the assessment of the right heart function. *Eur J Echocardiogr* 2007[Epub ahead of print].
58. Gondi S, Dokainish H. Right ventricular tissue Doppler and strain imaging: Ready for clinical use? *Echocardiography* 2007; 24(5): 322-32.
59. López-Candales A, Rajagopalan N, Dohi K, et al. Abnormal right ventricular myocardial strain generation in mild pulmonary hypertension. *Echocardiography* 2007; 24(6): 615-22.
60. Dambrauskaite V, Delcroix M, Claus P, et al. Regional right ventricular dysfunction in chronic pulmonary hypertension. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 20(10): 1172-80.
61. Huez S, Vachiéry JL, Unger P, et al. Tissue Doppler imaging evaluation of cardiac adaptation in severe pulmonary hypertension. *Am J Cardiol* 2007; 100(9): 1473-78.
62. Prakasa KR, Wang J, Tandri H, et al. Utility of tissue Doppler and strain echocardiography in arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2007; 100: 1473-78.
63. Hanekom L, Cho GY, Leano R, et al. Comparison of twodimensional speckle and tissue Doppler strain measurement during dobutamine stress echocardiography: an angiographic correlation. *Eur Heart J* 2007; 28(14): 1765-72.
64. Maffessanti F, Gripari P, Tamborini G. et al. Evaluation of right ventricular systolic function after mitral valve repair: A two – dimensional doppler, speckel- tracking, and three- dimensional echocardiographic study. *J Am Soc Echocardiogr* 2012; 25 (7): 701-708.
65. Lahm T, McCaslin A. et al. Medical and surgical treatment of acute right ventricular failure. *J Am College of cardiology*. 2010(56); 18: 1435- 1446
66. Nashef S, Roques F, Sharples L, et al. EuroSCORE II. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 41 (2012) 1–12.
67. Laza A, et al. Guía de cuidados en cirugía mayor ambulatoria. 1º ed. Madrid: ARAN; 2009: 8, 1-4