



UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Programa de Especialidades Médicas

Ecocardiografía transtorácica en el perioperatorio

Kimberly María Méndez Porras

**Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de Especialidad Médica en
Anestesiología y Recuperación**

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2019

Dedicatoria

Dios, tú eres lo primero en mi vida, todo lo que soy te lo debo a ti. Este trabajo es otra forma más de darte la gloria y la honra, por lo fiel que has sido siempre. Te agradezco la perseverancia y la sabiduría, por permitirme llevar a término este proyecto, uno de los sueños de mi vida, un regalo más que me permites disfrutar.

A mis padres, Olga y José, porque ellos han confiado en mí, me han dado las herramientas para seguir adelante cada día. Mi profesión es su legado para mí, y esta especialidad no es otra que mi deseo de enorgullecerlos cada vez más.

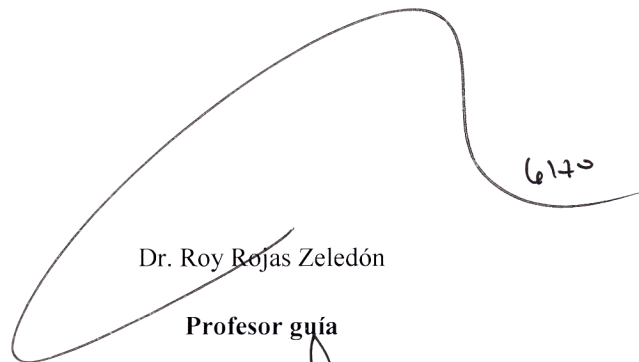
Mis hermanas, Priscila, Andrea y Daniela, porque han sido un apoyo incondicional, me han dado palabras y diversión cuando más lo he necesitado.

A Emerson, porque desde siempre tu apoyo ha sido un pilar en mi vida, tu amor incondicional me ha ayudado a atravesar todo este proceso, no hubiese podido hacerlo sin ti.

A mi tutor y mis lectores, porque confiaron en mí y me regalaron lo más importante para cualquier persona, su tiempo. Les agradezco enormemente su guía.

A todas las personas involucradas, profesores y amigos que estuvieron acompañándome durante estos años.

“Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Especialidades Médicas de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Especialidad Médica en Anestesiología y Recuperación”.



6170

Dr. Roy Rojas Zeledón

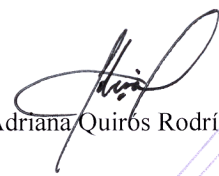
Profesor guía



5113

Dra. Ana Eugenia Herrera Mora

Lectora



Dra. Adriana Quirós Rodríguez

Lectora

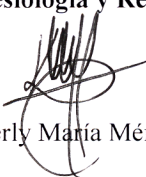


Dr. Marcelo Chaves Sandí

Director o Coordinador / Representante

Programa de Posgrado en Especialidades Médicas

Anestesiología y Recuperación



Kimberly María Méndez Porras

Sustentante

CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA

San José, 15 de julio de 2019

A quien interese:

Por este medio yo, Liza Gabriela Pacheco Miranda, mayor, casada, filóloga, incorporada a COLYPRO con el número de carné 58204, vecina de La Unión, Cartago, portadora de la cédula de identidad 112910203, hago constar:

1. Que he revisado el documento titulado “ECOCARDIOGRAFÍA TRANSTORÁCICA EN EL PERIOPERATORIO”, trabajo final de investigación para optar al grado de Especialidad en Anestesiología y Recuperación.
2. Que la tesis es sustentada por la estudiante Kimberly María Méndez Porras, cédula 206650099.
3. Que se le han hecho las correcciones pertinentes en acentuación, ortografía, puntuación, concordancia gramatical y otras del campo filológico. En cuanto a revisión de aspectos de fondo; es decir, contenido, originalidad y veracidad, esta es responsabilidad exclusiva de la autora y su director de tesis.

En espera de que mi participación satisfaga los requerimientos de la Universidad de Costa Rica, se suscribe atentamente:

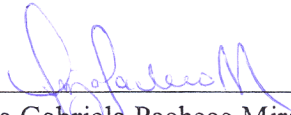

Liza Gabriela Pacheco Miranda
Licenciada en Filología Española
Carné No. 58204

TABLA DE CONTENIDO

<i>Dedicatoria</i>	ii
FICHA TÉCNICA	2
LISTA DE TABLAS	3
LISTA DE FIGURAS.....	4
LISTA DE ABREVIATURAS	10
OBJETIVO GENERAL.....	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
JUSTIFICACIÓN	13
INTRODUCCIÓN	16
HISTORIA.....	18
PRINCIPIOS FÍSICOS DEL ULTRASONIDO.....	25
ANATOMÍA ENFOCADA EN LA ECOCARDIOGRAFÍA	47
BASES PARA LA UTILIZACIÓN DEL ULTRASONIDO	59
<i>Ventanas en la ecocardiografía transtorácica</i>	61
UTILIDAD DE LA ECOCARDIOGRAFÍA TRANSTORÁCICA EN EL PREOPERATORIO.....	83
USO DE LA ECOCARDIOGRAFÍA EN EL TRANS Y POSTOPERATORIO	135
MONITOREO	135
DIAGNÓSTICO DE CONDICIONES PATOLÓGICAS DE NOVO	138
ALTERACIONES HEMODINÁMICAS.....	156
OTROS ASPECTOS DE LA ECOCARDIOGRAFÍA	166
Complicaciones	166
Limitaciones	166
Ecocardiografía transesofágica	168
CONCLUSIONES	170
BIBLIOGRAFÍA	171
ANEXOS	177

FICHA TÉCNICA

POCUS

(*Ultrasonido en el punto de cuidado*)

Ventana paraesternal eje largo

Posición: Decúbito lateral izquierdo, si es posible.

Técnica: Segundo o tercer espacio intercostal, lo más cercano al esternón posible, con la marca del transductor dirigido hacia las 11, hacia el hombro derecho.

Utilidad: Función y tamaño VI, tamaño VD, Movimiento VD, DP, Derrame pleural izquierdo, engrosamiento de la VM y VA, insuficiencia valvular significativa-Doppler color.

Ventana paraesternal eje corto

Posición: Decúbito lateral izquierdo, si es posible.

Técnica: Segundo o tercer espacio intercostal, cercano al esternón. Desde la vista de eje largo paraesternal, se rota el transductor a favor de las manecillas del reloj o hasta que la marca del transductor se ubique a las 2, aproximadamente.

Utilidad: Tamaño, grosor de la pared y función del VI, tamaño y función del VD. Derrame pericárdico. Engrosamiento de la VA, insuficiencia valvular significativa con Doppler color.

Ventana apical 4 cámaras

Posición: Decúbito lateral izquierdo, si es posible.

Técnica: Empezar en el ápex. Rotar el transductor en dirección de las manecillas del reloj con el transductor aproximadamente a las 3 en punto y angular el transductor o el haz de ultrasonido hacia el ápex del corazón el hombro derecho.

Utilidad: Tamaño y función del VI, tamaño y función del VD, pericardio, radio VD/VI. Derrame pericárdico, engrosamiento de la válvula aórtica o mitral. Insuficiencia mitral significativa con Doppler color.

Ventana subcostal 4 cámaras

Posición: Decúbito supino

Técnica: Transductor colocado en la región subxifoidea con una angulación levemente medial, apuntando el transductor hacia la izquierda del paciente. El marcador del transductor a eso de las 3 en punto. Con el transductor presionado sobre la pared abdominal y angulado a 15 grados.

Utilidad: Evaluación del volumen- Colapso de la VCI, función y tamaño del VD y VI. Derrame pericárdico, derrame pleural derecho.

Fuente: Modificado de Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius (2014).

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Modalidades del ultrasonido.	31
Tabla 2. Utilidad del eje largo paraesternal.	70
Tabla 3. Utilidad del eje corto paraesternal.	73
Tabla 4. Principales aplicaciones de la evaluación ecocardiográfica en la ventana apical.	76
Tabla 5. Aplicaciones de la evaluación ecocardiográfica en la ventana subcostal.	80
Tabla 6. Clasificación cualitativa de la función contráctil del ventrículo izquierdo. ..	91
Tabla 7. Las características a evaluar según el tipo de choque que causa la alteración hemodinámica.	161
Tabla 8. Causas comunes de inestabilidad hemodinámica y evaluación de la función ventricular.	164

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> La primera imagen diagnóstica de un humano vivo reproducida por Karl Theo Dussik en 1947. Esta imagen se obtuvo de una vista lateral de la cabeza de Dussik, la parte derecha corresponde a la región frontal y las sombras negras, corresponden a los ventrículos laterales	18
<i>Figura 2.</i> Karl Theodore Dussik con el primer dispositivo médico de ultrasonido en 1946	19
<i>Figura 3.</i> Inge Edler (izquierda) y Carl Hellmuth Hertz, el equipo cardiólogo-físico que dio al mundo la ecocardiografía, en un simposio en Lund, Suiza, 1977	20
<i>Figura 4.</i> El primer ecocardiograma grabado el 29 de octubre de 1953.	21
<i>Figura 5.</i> Ultrasonido en la actualidad.	24
<i>Figura 6.</i> Una onda sinusoidal a dos frecuencias diferentes (f). La amplitud es medida en decibeles. La onda de la izquierda tiene una longitud de onda mayor y una frecuencia menor., la onda de la derecha tiene una longitud de onda menor y una frecuencia mayor	26
<i>Figura 7.</i> Resolución axial y lateral en relación al haz del ultrasonido y el monitor ..	28
<i>Figura 8.</i> Las ondas de ultrasonido son reflejadas, refractadas, dispersadas, transmitidas y absorbidas por los tejidos.	34
<i>Figura 9.</i> Sombra acústica causada por una costilla.....	35
<i>Figura 10.</i> Las líneas A son artefactos observados en el pulmón secundarias a la reflexión de la pleura.	36
<i>Figura 11.</i> Modo en dos dimensiones (2D) o modo B	38
<i>Figura 12.</i> Imagen que muestra el ventrículo izquierdo en modo M.	39
<i>Figura 13.</i> Ángulo de insonación del Doppler.	41
<i>Figura 14.</i> Imagen de Doppler espectral de las velocidades de la arteria femoral	42
<i>Figura 15.</i> Doppler pulsado de flujo transmitral.	43
<i>Figura 16.</i> Imagen Doppler de onda pulsada de la válvula mitral por ETE. Hay un jet de alta velocidad fluyendo hacia el transductor. Debido a que FRP del Doppler pulsado es menor dos veces que la frecuencia Doppler, hay solapamiento del jet observado en la línea de base	44
<i>Figura 17.</i> Doppler continuo en el tracto de salida del VI.	45
<i>Figura 18.</i> Doppler de flujo color con patrón de mosaico de color.....	46
<i>Figura 19.</i> Doppler con flujo color de la vena yugular interna y la arteria carótida común.....	46
<i>Figura 20.</i> El corazón tiene el tamaño promedio de un puño y su relación con el pericardio es ejemplificada en la relación de este, con un globo.....	47
<i>Figura 21.</i> El corazón y su relación con las diferentes capas de pericardio que lo rodean	49

<i>Figura 22.</i> Eje del corazón dirigido hacia anterior, inferior y hacia la izquierda.....	50
<i>Figura 23.</i> Ilustración del atrio derecho que muestra sus características principales, un apéndice atrial, su relación con la vena cava superior e inferior y la crista terminalis	52
<i>Figura 24.</i> Ilustración que muestra las características propias del ventrículo derecho: la válvula tricúspide, el infundíbulo y la presencia de trabeculaciones y la banda moderadora	54
<i>Figura 25.</i> Estructuras que conforman el ventrículo izquierdo. La válvula mitral, la continuidad mitro-aórtica y los músculos papilares anterolateral y posteromedial, insertados en la pared ventricular libre, hacen posible su reconocimiento (cuadros azules). Asimismo, la presencia de la orejuela o apéndice atrial y la unión de las venas pulmonares al atrio izquierdo, permiten la identificación de este (cuadros rojos)	57
<i>Figura 26.</i> Válvula aórtica compuesta por sus tres valvas semilunares: izquierda, posterior y derecha.....	58
<i>Figura 27.</i> Posiciones en la cuales se puede realizar la evaluación ecocardiográfica según la aproximación buscada: a) decúbito lateral izquierdo para las ventanas paraesternal y apical. b) Decúbito supino para la ventana subcostal	64
<i>Figura 28.</i> Planos descritos en la evaluación de imágenes cardíacas: eje largo, eje corto, 4 cámaras y 2 cámaras. El eje largo corta en dos partes iguales el corazón de forma longitudinal desde el ápex ventricular izquierdo hacia la válvula aórtica y el eje biseca de forma transversal el corazón. El plano 4 cámaras desde el ápex hasta la base del corazón, bisecando las válvulas mitral y tricúspidea.....	65
<i>Figura 29.</i> a) Posición en decúbito lateral izquierdo con el brazo colocado hacia atrás de la cabeza. La ventana se ubica en el cuarto espacio intercostal a la izquierda del esternón. b) Se orienta el transductor perpendicular a la columna	66
<i>Figura 30.</i> Proyección del haz de ultrasonido en el eje largo paraesternal. El ventrículo derecho está anterior, por lo que en la imagen de la pantalla se ubicará en la parte superior	68
<i>Figura 31.</i> a) Identificación de las diferentes estructuras en la ventana paraesternal eje largo. b) Imagen con ecocardiografía 2D y sus estructuras correspondientes. TSVD: tracto de salida del ventrículo derecho, AO: Aorta	69
<i>Figura 32.</i> Rotación del transductor para la evaluación del eje corto paraesternal, ubicando el marcador hacia el hombro izquierdo del paciente.....	71
<i>Figura 33.</i> Ángulo de insonación del haz de ultrasonido en la ventana paraesternal eje corto, más anterior se ubican los ventrículos derecho e izquierdo	72
<i>Figura 34.</i> Estructuras evaluables en el eje corto paraesternal. VD, SIV (Septo interventricular), VI, MP (Músculo papilar).....	73

<i>Figura 35.</i> a) Para localizar el espacio para evaluar la ventana apical debe palpase el choque de punta del corazón. b) Se colocar el transductor sobre este espacio y se dirige el marcador hacia el hombro derecho.	74
<i>Figura 36.</i> Relación del haz de ultrasonido del transductor y el corazón, en la evaluación de la ventana apical 4 cámaras	75
<i>Figura 37.</i> Estructuras evaluables en la ventana apical 4 cámaras.....	76
<i>Figura 38.</i> a) Para la evaluación de la ventana subcostal el transductor se coloca inmediatamente inferior al proceso xifoides o en la región subcostal izquierda. b) con el eje del ultrasonido dirigida hacia el hombro izquierdo.....	78
<i>Figura 39.</i> Ángulo de corte del haz de ultrasonido sobre el corazón en la evaluación de la ventana subcostal 4 cámaras	79
<i>Figura 40.</i> Vista de 4 cámaras en el eje subcostal con sus estructuras señaladas	79
<i>Figura 41.</i> a) Colocación del transductor sectorial con el marcador hacia cefálico. b) Relación del haz de ultrasonido sobre las estructuras a evaluar	81
<i>Figura 42.</i> Estructuras a identificar en la vista subcostal para la evaluación de la vena cava inferior	82
<i>Figura 43.</i> La función sistólica del ventrículo izquierdo es estimada visualmente al valorar la excursión endocárdica, el engrosamiento miocárdico y el movimiento septal de la valva anterior de la válvula mitral. El movimiento de excursión endocárdica es el realizado hacia el centro del ventrículo izquierdo durante la sístole, el cual bajo condiciones normales es simétrico. El engrosamiento miocárdico es un aumento en el grosor del músculo de hasta un 40% en todos los segmentos del ventrículo izquierdo. El movimiento del extremo de la valva anterior de la válvula mitral normalmente se aproxima a 1 cm del septo o separación del punto E, lo que corresponde a una fracción de eyección mayor a 40%. AO: Aorta. VD: Ventrículo derecho. VI Ventrículo izquierdo. AI Atrio izquierdo.....	93
<i>Figura 44.</i> Contracción normal del ventrículo izquierdo en ventana paraesternal eje corto medio ventricular. a) Diástole del VI (Ventrículo izquierdo). b) Sístole del VI	94
<i>Figura 45.</i> a) Vista de eje largo paraesternal que muestra el engrosamiento miocárdico. b) Excursión endocárdica.....	94
<i>Figura 46.</i> a) Ventrículo izquierdo hiperdinámico, donde se aprecia un VI grande o normal al final de la diástole. b) VI pequeño al finalizar la sístole	95
<i>Figura 47.</i> Ventrículo izquierdo con función contráctil comprometida, se evidencia engrosamiento persistente, aún durante la sístole.....	96
<i>Figura 48.</i> Eje largo paraesternal donde se observa una excursión endocárdica y un engrosamiento miocárdico disminuidos durante la sístole, evidenciándose esto a través de un aumento en la distancia entre la valva anterior de la válvula mitral y la pared septal. SSPE: Separación septal del punto E	97

<i>Figura 49.</i> Vistas estándar donde puede ser evaluado el ventrículo derecho. A. Eje largo paraesternal. B. Eje corto paraesternal. C. Ventana apical 4 cámaras. D. Ventana subcostal 4 cámaras. VD, ventrículo derecho; VI, ventrículo izquierdo; AD, atrio derecho; AI, atrio izquierdo; AO, aorta; TSVD, tracto de salida del ventrículo derecho	103
<i>Figura 50.</i> a) Ventana apical 4 cámaras que demuestra taponamiento cardíaco, se observa colapso del VD secundario a un derrame pericárdico severo. b) Ventana apical 4 cámaras donde se observa la relación del VI y VD, hay un aumento del VD secundaria a una CIA. DP, derrame pericárdico; VI, ventrículo izquierdo; VD, ventrículo derecho; AI, atrio izquierdo; AD, atrio derecho; CIA, comunicación interatrial	104
<i>Figura 51.</i> a) Ventana paraesternal eje corto. Se observa una relación entre VD y VI dentro de límites normales. b) En esta imagen se observa un aplanamiento del septo interventricular durante la sístole, también llamado movimiento paradójico, lo cual hace que el VI tome forma de D, indicativo de sobrecarga de presión. Además, el tamaño del VD aumentado con respecto al VI. VI, ventrículo izquierdo; VD, ventrículo derecho; AI, atrio izquierdo; AD, atrio derecho; SIV, septo interventricular	105
<i>Figura 52.</i> a) Ventrículo derecho normal (<2/3 del tamaño VI). b) Dilatación moderada del VD (>2/3 del tamaño del VI). c) Dilatación severa (VD > VI en tamaño)	106
<i>Figura 53.</i> En la imagen se observan dos ecocardiogramas en 2D, correspondiente a dos pacientes diferentes en una aproximación apical de 4 cámaras. En las imágenes de arriba en la región izquierda se documenta la fase diastólica y en la derecha la sistólica. En la imagen inferior se realiza la medición en modo M del ventrículo derecho en el anillo tricuspídeo. La imagen del lado izquierdo corresponde a un paciente con ventrículo derecho normal y el de la izquierda presenta una dilatación severa y disfunción del VD. Las flechas representan la excursión sistólica en el anillo tricuspídeo en el plano sistólico (TAPSE).....	108
<i>Figura 54.</i> Patrón de Doppler pulsado adquirido en el flujo mitral. La velocidad E mitral de 100 cm/s y la velocidad A de 38 cm/s	111
<i>Figura 55.</i> Ondas E y A medidas en la afluencia mitral, patrones de velocidad desde normal hasta disfunción diastólica severa	112
<i>Figura 56.</i> Estenosis aórtica secundaria a calcificación de las valvas semilunares a y b	115
<i>Figura 57.</i> Movimiento de la válvula aórtica y valoración de las valvas que la componen, paciente que posee una aorta bivalva. a) PLAX Valvas aórticas en diástole que prolapsan por detrás del plano anular. b) PLAX en sístole, con cúpula que es formada por las valvas aórticas con una restricción al movimiento importante.....	118
<i>Figura 58.</i> La estenosis aórtica ocasiona un aumento en la velocidad del flujo que se representa en un mosaico de colores en el Doppler color posterior a la válvula aórtica.	118

<i>Figura 59.</i> Paciente con aorta bivalva. a) Eje corto paraesternal que documenta lo que impresiona ser una aorta con 3 valvas debido a la presencia de una línea (flecha). b) En eje corto paraesternal se documenta una apertura de la válvula aórtica en forma de <i>football</i> por la fusión de las valvas derecha e izquierda	119
<i>Figura 60.</i> Cambios degenerativos en la válvula mitral observados en la insuficiencia mitral.....	123
<i>Figura 61.</i> Evidente dilatación del atrio izquierdo	123
<i>Figura 62.</i> a) Esquema que demuestra la amplitud en la medida de la vena contracta. b) Ventana apical 4 cámaras mostrando la determinación de la amplitud de la vena contracta (0.7 cm), compatible con insuficiencia mitral severa. VI, ventrículo izquierdo, AI, atrio izquierdo.....	124
<i>Figura 63.</i> Insuficiencia mitral	126
<i>Figura 64.</i> Degeneración de la válvula aórtica en la insuficiencia aórtica	127
<i>Figura 65.</i> Degeneración de la válvula aórtica, dilatación del ventrículo izquierdo y la aorta ascendente.....	128
<i>Figura 66.</i> Insuficiencia aórtica en la ventana apical	129
<i>Figura 67.</i> Velocidad de regurgitación tricuspídea. a y b) Flujo de regurgitación tricuspídea. c) Trazo Doppler en un paciente con hipertensión pulmonar idiopática, con una velocidad de regurgitación tricuspídea > 5 m/s, señalado con la flecha. RT: regurgitación tricuspídea. VRT: velocidad de regurgitación tricuspídea.....	131
<i>Figura 68.</i> a) Derrame pericárdico circunferencial en vista apical 4 cámaras. DP: derrame pericárdico. b) Derrame pericárdico en vista subcostal 4 cámaras con colapso del ventrículo derecho durante diástole evidenciado.....	140
<i>Figura 69.</i> Ventana paraesternal eje largo. a) Normal. b) Se evidencia derrame pericárdico severo señalado con las flechas. AD: Aorta ascendente, PP: pericardio posterior	142
<i>Figura 70.</i> a) ETT en un paciente con embolismo pulmonar agudo sobre uno crónico desde una ventana apical cuatro cámaras, que muestra una dilatación severa del ventrículo derecho. b) Aumento de la presión sistólica pulmonar medida a través de la regurgitación de la válvula tricuspídea (alrededor de 50 mmHg, asterisco). c) Eje corto paraesternal que muestra un ventrículo derecho e izquierdo rodeados por un derrame pericárdico circunferencial	143
<i>Figura 71.</i> Comunicación interatrial con flujo Doppler que muestra dirección de izquierda a derecha	146
<i>Figura 72.</i> a) Ventrículo izquierdo al final de la diástole. b) Ventrículo izquierdo al final de la sístole, muestra como las paredes ventriculares se contactan.	151
<i>Figura 73.</i> Paciente con hipovolemia severa. a) Vista de eje corto paraesternal que muestra un área diastólica final del ventrículo izquierdo disminuida. b) Vista de ventana subcostal, que muestra una vena cava inferior obliterada al final de la espiración (< 1	

cm). Las imágenes inferiores muestran un paciente, quien no respondería a volumen al aumentar el volumen sistólico. c) Vista de eje corto paraesternal del ventrículo izquierdo con un área normal del ventrículo izquierdo al final de la diástole. d) Vena cava inferior dilatada al final de la espiración. VCI: Vena cava inferior154

Figura 74. Ventrículo izquierdo en modo M que demuestra el signo del “eyeballing”, lo cual traduce como los músculos papilares se “besan” en el eje corto y largo155

Figura 75. a) Movimiento sistólico de la válvula mitral hacia el septo interventricular en una vista de cinco cámaras. b) Colapso de la vena cava inferior durante la inspiración en un paciente respirando espontáneamente. MSA: Movimiento sistólico anterior .156

Figura 76. Flujograma para la evaluación de la inestabilidad hemodinámica162

Figura 77. Estructuras a evaluar según la ventana ecocardiográfica utilizada.....163

Figura 78. Flujograma de evaluación hemodinámica basado en la nemotecnia “SHOCK”165

LISTA DE ABREVIATURAS

SONAR: Sound Navigation and Ranging

RADAR: Radar Detection and Ranging

ETT: Ecocardiografía transtorácica

FAST: Ecografía abdominal dedicada al trauma

ETE: Ecocardiografía transesofágica

FATE: Focus Assessed Transthoracic Echocardiographi

POCUS: Point of Care Ultrasound

VCI: Vena Cava Inferior

VAo: Válvula aórtica

VT: Válvula tricuspídea

VM: Válvula mitral

PLAX: Vista del eje largo paraesternal

PSAX: Vista del nivel del ventrículo medio paraesternal

A4C: Vista apical de 4 cámaras

S4C: Vista subcostal de 4 cámaras

VD: Ventrículo derecho

TSVI: Tracto de salida del ventrículo izquierdo

AD: Atrio derecho

TSVD: Tracto de salida del ventrículo derecho

SIV: Septo interventricular

MP: Músculo papilar

EA: Estenosis aórtica

IM: Insuficiencia mitral

AO: Aorta

PVC: Presión venosa central

FE: Fracción de eyección

UCPA: Unidad de Cuidado Postanestésicos

EP: Embolia pulmonar

AEP: Actividad eléctrica sin pulso

TAPSE: Desplazamiento sistólico del anillo tricuspídeo

ATP: Trifosfato de adenosina (por sus siglas en inglés)

GC: Gasto cardíaco

OBJETIVO GENERAL

- Presentar los diferentes escenarios en los que la ecocardiografía transtorácica puede ser utilizada en el perioperatorio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Mostrar conceptos anatómicos puntuales que sean de utilidad a la hora de la interpretación ecocardiográfica.
2. Explicar la utilización básica del ultrasonido con énfasis en el examen ecocardiográfico.
3. Demostrar la utilidad de la ecocardiografía guiada por metas como técnica de ecocardiografía transtorácica aplicable en el ámbito perioperatorio.
4. Detallar los escenarios en los cuales puede utilizarse la ecocardiografía transtorácica en el perioperatorio basado en el protocolo POCUS y su impacto sobre estos.

JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial, anualmente 1 de cada 30-40 adultos requerirá una cirugía mayor no cardíaca, cerca de > 10 millones de los > 200 000 000 de pacientes presentarán una complicación cardíaca mayor (muerte, infarto al miocardio, lesión miocárdica, paro cardíaco) en los primeros 30 días después de la cirugía. Cada vez son más los pacientes candidatos a cirugía; asimismo, existe un aumento en la edad y número de factores de riesgo cardiovasculares de estos (Duceppe y otros, 2016).

Las complicaciones cardíacas mayores causan un tercio de las muertes en el período perioperatorio. Esto aumenta de manera importante la morbilidad, la estancia hospitalaria, los costos y el pronóstico a mediano y largo plazo (ibíd.)

En el escenario de la cirugía de emergencia, la mayoría de los pacientes preferirán los beneficios de la cirugía sobre los riesgos, por lo que no debe haber un retraso innecesario del procedimiento (Duceppe y otros, 2016). La realización de una valoración ecocardiográfica por un anestesiólogo es una herramienta clínica factible, pues puede identificar alteraciones anatómicas y hemodinámicas que lleven a cambios en el manejo perioperatorio de estos pacientes. Hay un impacto mayor en aquellos pacientes evaluados previo a una cirugía de emergencia que previo a una cirugía electiva, esto como probable reflejo de su enfermedad aguda (Canty & Royse, 2009).

Una ecocardiografía guiada por metas se diferencia de una convencional por la limitación en su alcance, esta se dirige a buscar posibles causas de alteraciones hemodinámicas, choque o actividad eléctrica sin pulso y fallo respiratorio agudo (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014).

El uso de la ecocardiografía en sala de operaciones facilita una valoración cardiovascular en tiempo real; además, agrega valor diagnóstico y habilidad de monitorización (Canty & Royse, 2009). La posibilidad que ofrece de poder realizar la

ecocardiografía de forma seriada para evaluar la respuesta a intervenciones en tiempo real es uno de sus grandes beneficios (ibíd.).

Existe un interés creciente en el impacto durante el manejo perioperatorio que puede tener la realización de la ecocardiografía transtorácica en cirugía no cardíaca. Los cambios en el manejo de los pacientes que ingresan para cirugía de emergencia son más frecuentes que en aquellos con cirugía electiva (Canty & Royse, 2009).

La identificación de la etiología causante de la inestabilidad hemodinámica otorga una ventaja de tiempo para ofrecer otras intervenciones que, si no fuera por el soporte diagnóstico de la ecocardiografía, la mayoría de los cirujanos dudarían en realizar basados solo en datos hemodinámicos. La ecocardiografía no delimitará el factor precipitante causante de la inestabilidad hemodinámica; sin embargo, sí permite identificar las medidas y esfuerzos necesarios para la reanimación de la entidad clínica (Shillcut, Markin, Montzingo, & Brakke, 2012).

Un examen ecocardiográfico enfocado puede ser realizado en un tiempo menor a 10 min y ha demostrado alterar el manejo del paciente y mejorar los resultados. Es útil cuando no se cuenta con el tiempo suficiente para obtener una valoración formal (Neelankavil y otros, 2012). La portabilidad, el tiempo requerido para adquirir los datos, la facilidad en su uso, un costo relativamente bajo y su ayuda adicional al examen físico ofrecen beneficios innegables (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014). Asimismo, se ha determinado que se presentan cambios en manejo anestésico de los pacientes en hasta un 54% de las ocasiones, mostrando ser incluso mayor (61%) si en estos hay sospecha de enfermedad cardíaca (Barber & Fletcher, 2014).

Con el envejecimiento de la población (edad \geq 55 años) y el aumento en la prevalencia de la enfermedad cardiovascular, enfermedad cerebrovascular y diabetes mellitus, cada una de ellas es factor de riesgo para eventos cardiovasculares mayores. La mayoría de las complicaciones postoperatorias, una estancia hospitalaria prolongada, la

incapacidad para regresar a su hogar, son vistas con mayor prevalencia en los adultos mayores, sobre todo aquellos mayores a 70 años (Fleisher, 2014).

El beneficio no solo es visto en la evaluación y el manejo del paciente, sino que el impacto es también observado en la eficiencia del hospital y en la disminución de los recursos postoperatorios necesarios. El uso juicioso de la evaluación ecocardiográfica preoperatoria puede disminuir la utilización de áreas de gran dependencia (camas de unidades especializadas), disminuir la tasa de cancelación de cirugías y también la cantidad de referencias a otras especialidades médicas, como Cardiología.

INTRODUCCIÓN

La rápida globalización, urbanización, el envejecimiento de la sociedad y un aumento en la incidencia de enfermedades crónicas generan nuevos retos a los sistemas de salud modernos (Sanchis-Gomar, 2016). La enfermedad cardiovascular es prevenible, pero el sedentarismo, el consumo de nicotina y las malas prácticas nutricionales son las principales causas del aumento en la prevalencia en la mayoría de los países. Este fenómeno es consecuencia de cambios económicos y sociales, resultando en una expectativa de vida mayor, dietas occidentales, sedentarismo, aumento en el tabaquismo y contaminación ambiental (Sanchis-Gomar, 2016).

Por su parte, la enfermedad arterial coronaria avanzada frecuentemente puede existir con pocos síntomas o manifestaciones clínicas evidentes. La isquemia silente puede tener una incidencia de hasta 75% de todos los episodios de isquemia (ibíd.).

En la última década, la ecocardiografía ha expandido su utilización en el manejo hemodinámico del paciente durante el perioperatorio. La ecocardiografía es una herramienta única que permite a los proveedores visualizar la función dinámica del corazón, permitiendo así, la identificación de patologías no conocidas con alto impacto sobre la evolución clínica del paciente, llevando a modificaciones terapéuticas en las intervenciones médicas y quirúrgicas a las que será sometido el paciente. Esta cuenta con la ventaja de ser una tecnología poco invasiva (Shillcut, Markin, Montzingo, & Brakke, 2012).

A pesar de las limitaciones que podrían encontrarse, la ecocardiografía transtorácica realizada por un anestesiólogo entrenado en una cirugía no cardíaca es factible y permite la identificación de anomalías anatómicas y hemodinámicas de relevancia en tiempo real, permitiendo cambios en el manejo clínico de estos pacientes (Canty & Royse, 2009).

En un estudio retrospectivo realizado en Australia, se encontró en los pacientes que presentaban fractura de cadera evaluados con la ecocardiografía transtorácica (ETT) enfocada, presentaron una mortalidad menor que el grupo control. (Denault, Fayad, & Chen, 2013) La ecocardiografía guiada por metas puede ser utilizada para guiar la terapéutica en el contexto de un paciente hemodinámicamente inestable o con riesgo de presentar complicaciones cardiovasculares en relación a sus comorbilidades. (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014)

En otro estudio se evidenció la presencia de disfunción diastólica hasta en un 22% de los pacientes que fueron sometidos a cirugía de emergencia; de estas, la más frecuente fue la severa (Shillcut, Markin, Montzingo, & Brakke, 2012). Esto sugiere que la prevalencia de disfunción diastólica (no conocida) está aumentando en la población, una identificación de la entidad y un manejo guiado puede impactar el desenlace de esta población

Así pues, debido a la ampliación del uso de la ecocardiografía, se han publicado múltiples algoritmos para su uso en la reanimación activa del paciente En las guías publicadas en el 2010 por la Asociación Americana del Corazón para el soporte vital avanzado, se incluye la ecocardiografía para el diagnóstico y tratamiento de causas tratables en el contexto de un paro cardíaco no desfibrilable (Pérez & Franco, 2015).

La valoración ultrasonográfica del corazón lleva a cambios en el manejo del paciente, se espera que su utilización aumente en la práctica de la anestesiología, ya que significa un impacto en el cuidado perioperatorio del paciente (Denault, Fayad, & Chen, 2013). El desarrollo de tecnología brinda ecocardiógrafos más compactos, portátiles, con plataformas de alta calidad, lo que ha permitido tener disponible uno donde el paciente se encuentre ubicado (Barber & Fletcher, 2014). Por tanto, es útil para la toma de decisiones en el paciente con falla ventilatoria aguda, la evaluación ecocardiográfica guiada y para la disminución de complicaciones en procedimientos invasivos (Pérez & Franco, 2015).

HISTORIA

Las propiedades acústicas del sonido fueron descritas por las antiguas civilizaciones griegas y romanas (Moore & Copel, 2011); fueron los Curie quienes, en 1880, encontraron la forma de crear ondas ultrasónicas. A partir de esto, Lewis Richardson, creó en 1912 una técnica que utilizaba rangos de eco detectar objetos sumergidos, lo cual dio pie al desarrollo del sistema SONAR (Navegación y Rango de Sonido, por sus siglas en inglés) por Langevin en 1915, para la detección de submarinos enemigos durante la Primera Guerra Mundial. En el año 1941, cerca de la Segunda Guerra Mundial, la marina estadounidense estaba usando ondas de radio reflejadas para la detección de aeroplanos, una tecnología que llevaba el nombre de RADAR (Detección de Radio y Alcance, por sus siglas en inglés) (Abha, 2007).

Inspirado en el éxito obtenido por el RADAR, un fisioterapeuta francés, André Denier, propuso en 1946 la tecnología del ultrasonido para visualizar órganos internos humanos. (Abha, 2007). Pero fue Karl Theodore Dussik, un psiquiatra austriaco, quien obtuvo el crédito al utilizar esta tecnología por primera vez en el campo de la medicina. La utilizó para la visualización directa de los ventrículos cerebrales y tumores cerebrales, con un dispositivo de ultrasonido primitivo (Figura 1) (Moore & Copel, 2011).

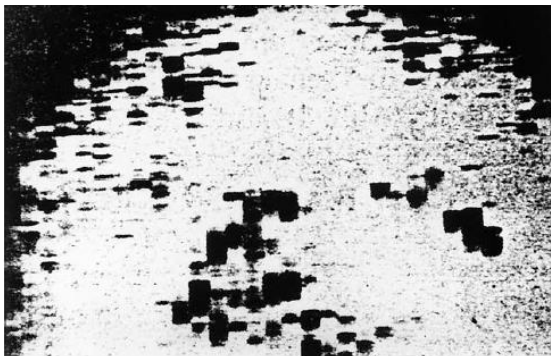


Figura 1. La primera imagen diagnóstica de un humano vivo reproducida por Karl Theo Dussik en 1947. Esta imagen se obtuvo de una vista lateral de la cabeza de Dussik,

la parte derecha corresponde a la región frontal y las sombras negras, corresponden a los ventrículos laterales (Edler & Lindstrom, 2004).

El primer reflectoscopio ultrasónico fue realizado por la compañía Tekniska Rontgencentralen AB, especializada en la realización de pruebas no destructivas en el astillero Kockum en Malmö (Figura 2). Fue Hertz quien, en 1953 al visitar la compañía, mientras estaba ahí, aplicó el transductor sobre su región precordial y observó señales de eco pulsátiles. El dueño de la compañía, sin estar consciente de sus implicaciones, le prestó a Hertz el reflectoscopio por una semana, abriendo paso al descubrimiento (Abha, 2007).

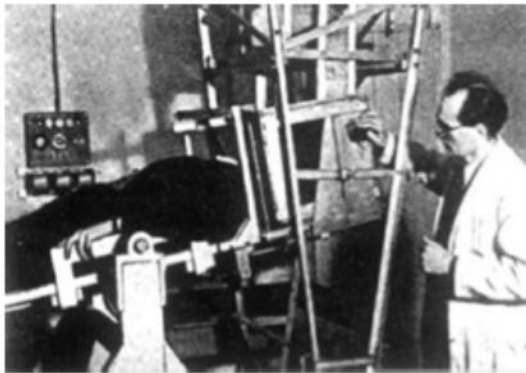


Figura 2. Karl Theodore Dussik con el primer dispositivo médico de ultrasonido en 1946 (Moore & Copel, 2011).

En el laboratorio cardíaco de la Universidad de Lund (Figura 3), Edler y Hertz colocaron la sonda ultrasónica sobre un corazón; a través de este, observaron un eco moviéndose hacia adelante y atrás, a lo largo del eje de las X de la pantalla del osciloscopio, a una profundidad de 8 a 9 cm de la pared torácica. Seguido a esto, se publicó el artículo titulado “El uso del reflectoscopio ultrasónico para registro de los movimientos de las válvulas cardíacas”, en las actas de la Sociedad Fisiológica Real de Lund en 1954 (Abha, 2007).

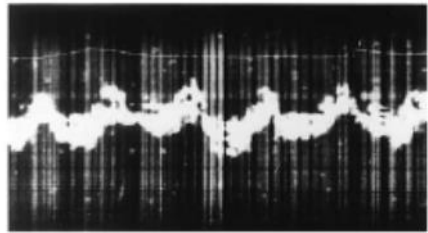
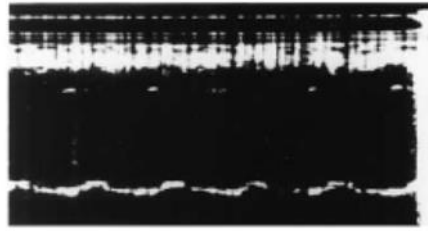


Figura 3. Inge Edler (izquierda) y Carl Hellmuth Hertz, el equipo cardiólogo-físico que dio al mundo la ecocardiografía, en un simposio en Lund, Suiza, 1977 (Abha, 2007).

Edler y Hertz también intentaron la realización de un ecocardiógrafo transesofágico; sin embargo, enfrentaron dificultades al realizar el acople acústico entre el transductor y la pared esofágica (Abha, 2007). Shigeo Satomura, de forma independiente, fue acreditado como el primer médico en utilizar el efecto Doppler del ultrasonido en sus estudios sobre el movimiento de las válvulas cardíacas en Japón (Moore & Copel, 2011).

En 1965 salió a la venta el Vidoson, producido por Siemens. Este fue el primer escáner ultrasonográfico en tiempo real, el cual permitía mostrar hasta 15 imágenes por segundo. Fue incorporado rápidamente para el cuidado obstétrico, donde se convirtió en un estándar para la evaluación de esta población en ese tiempo (ibíd.).

La primera aplicación del ultrasonido cardíaco fue para el diagnóstico y seguimiento de pacientes con derrame pericárdico. Se inició con el ecocardiograma en modo M, no era una foto del corazón, pues el diagrama mostraba la posición de las estructuras y su cambio durante el curso del ciclo cardíaco (Figura 4). Fue hasta 1970 que Reggie Eggleton dio a conocer al mundo el primer ecocardiograma comercial de dos dimensiones, que permitía la visualización de imágenes en tiempo real del corazón (Abha, 2007).



UCG 1 OCT. 29, 1953

Figura 4. El primer ecocardiograma grabado el 29 de octubre de 1953 (Edler & Lindstrom, 2004).

El desarrollo de transductores que permitían una mayor área de escaneo a principios de los años 1970, incidió para el desarrollo de la ecocardiografía como un campo independiente (Moore & Copel, 2011). Hasta el año de 1976 Frazin y asociados lograron la hazaña de crear el ecocardiógrafo transesofágico, más de dos décadas después del intento de Edler y Hertz. Temprano en la década de 1980 los cirujanos cardiorácicos incluyeron dentro de su arsenal quirúrgico el uso del Doppler epicárdico cristal. De esta forma, con esta técnica y el eco transesofágico en las cirugías de reemplazos valvulares, reparaciones de defectos congénitos y anomalías en el movimiento de las paredes cardíacas, inició el monitoreo intraoperatorio, un campo que continúa en crecimiento (Abha, 2007).

La evolución del ultrasonido continuó en los años de 1970-1980, con el desarrollo de transductores más sofisticados y términos de calidad de imagen superiores. Seguido de los primeros adoptadores de la tecnología (radiólogos, cardiólogos y ginecología y

obstetricia), el ultrasonido empezó a ser utilizado para la evaluación en los servicios de emergencias, un punto que empezó a abrir el camino a la era de la ultrasonografía a la cabecera del paciente. Fue así como condiciones que amenazaban la vida, podían ser diagnosticadas rápidamente. En 1970, se inició la evaluación ultrasonográfica en pacientes de trauma, bajo el término de examen FAST (Ecografía Abdominal Dedicada al Trauma, por sus siglas en inglés), en 1990. La incorporación de este examen dentro del Curso de Soporte Vital Avanzado en Trauma (ATLS) estableció un precedente para el desarrollo de la ultrasonografía en el punto de cuidado (Moore & Copel, 2011).

La ultrasonografía en el punto de cuidado es la ultrasonografía realizada e interpretada por el clínico al pie de la cama. Esta empezó su desarrollo alrededor de 1990, cuando se desarrollaron máquinas más compactas y costeables. Inicialmente, estas tenían una calidad de imagen pobre; sin embargo, en el 2010 muchas de estas máquinas empezaron a igualar la calidad de imagen de las máquinas de mayor tamaño (ibíd.).

Una vez considerado de uso exclusivo para radiología o cardiología, el ultrasonido es ahora usado a través de múltiples disciplinas en escenarios electivos y de emergencia. Los avances tecnológicos han permitido la mejora en la calidad de imagen, un procesamiento más rápido y una mayor portabilidad, han aumentado sus aplicaciones clínicas en la actualidad. Esta disponibilidad ha expandido la modalidad del ultrasonido a la cama o en el punto de cuidado del paciente (Mahmood y otros, 2016).

La ecocardiografía en la unidad de cuidados intensivos se limitaba a la evaluación del volumen sistólico y gasto cardíaco; alrededor de los años 80 y 90, se empezó a utilizar en el diagnóstico de eventos agudos, como el taponamiento cardíaco, algunas complicaciones del infarto al miocardio, la valoración hemodinámica de la hipotensión, la sepsis y la detección de aneurismas aórticos rotos (Pérez & Franco, 2015).

La historia de la ecocardiografía en el punto de cuidado es mayor en departamentos como el cuidado intensivo y emergencias, más que en anestesia. En 1982 Horowitz, la utilizó para el diagnóstico inmediato de dolor precordial agudo; en ese momento, de 80

pacientes estudiados, se obtuvieron imágenes satisfactorias en un 81% de ellos. Para este momento, emitieron la recomendación de un entrenamiento más alto que el estándar para la adquisición de imágenes adecuadas (Faris, Veltman, & Royse, 2009).

Por los años 1990, el ultrasonido en el punto de cuidado empezó a formar parte de la práctica médica de casi toda especialidad (Moore & Copel, 2011). En 1999, Donovan y Coireavy realizaron una revisión en dos partes sobre el uso de la ecocardiografía transtorácica y transesofágica en la Unidad de Cuidados Intensivos, enfatizando que es un campo que evoluciona rápidamente y de gran utilidad para el manejo del paciente crítico en el diagnóstico diferencial de diferentes síndromes clínicos. En el 2005, Beauliey y Marik consideraron de vital importancia el uso de la ecocardiografía en el manejo del paciente con inestabilidad hemodinámica, por su habilidad para determinar la estructura y funcionalidad cardíaca de manera no invasiva; asimismo, su seguridad y utilidad si se realiza de forma adecuada, ha sido ya demostrada (Faris, Veltman, & Royse, 2009).

Por su parte, en anestesia su desarrollo ha sido más lento. Inició con el uso de la ecocardiografía transesofágica en cirugía cardíaca como monitor intraoperatorio y guía durante la cirugía. Su uso fue impulsado en el año 1998, cuando se implementó la formación de los anesthesiólogos en ecocardiografía intraoperatoria (ibíd.).

En la última década, la ecocardiografía ha expandido su utilización en el manejo hemodinámico del paciente durante el perioperatorio. Se trata de una herramienta única que facilita a los proveedores visualizar la función dinámica del corazón, permitiendo así realizar modificaciones terapéuticas en las intervenciones médicas y quirúrgicas a las que será sometido el paciente. Ambas modalidades cuentan con la ventaja de ser tecnologías poco invasivas (Shillcut, Markin, Montzingo, & Brakke, 2012).

La utilización ecocardiografía transtorácica inició por la disponibilidad de los transductores en la mayoría de las máquinas de ultrasonografía, generando contacto con los anesthesiólogos. Filipovic y colegas reportaron su uso como herramienta de

monitorización, al no contar con ecocardiografía transesofágica. (Filipovic, y otros, 2000). La ETT se ha utilizado para el diagnóstico de colapso intraoperatorio, como en el caso reportado por Nayagam y colegas, donde se diagnosticó una embolia aérea durante una colangiopancreatografía retrógrada endoscópica. Al ser una tecnología no invasiva, ha sido utilizado en la evaluación preoperatoria y en el postoperatorio en las unidades de cuidado post-anestésicas (Faris, Veltman, & Royse, 2009).

En el 2000, su cambio continuó, de forma que su tamaño y precio se redujeron, permitiendo una mayor portabilidad y accesibilidad a estos dispositivos (Figura 5) (Moore & Copel, 2011).



Figura 5. Ultrasonido en la actualidad (Sarkisov, 2019).

La ultrasonografía es una forma segura y efectiva de formar imágenes, su uso en el campo médico como ayuda diagnóstica y guía en procedimientos lleva más de 50 años (Moore & Copel, 2011).

PRINCIPIOS FÍSICOS DEL ULTRASONIDO

Ondas de sonido

Las vibraciones u ondas del ultrasonido son producidas por una sonda pequeña de empuje rápido (transductor) en contra de un material (medio), como un tejido. Virtualmente todos los tipos de vibración son referidos como acústicas, mientras que aquellas en un tono demasiado alto para el oído humano son llamadas ultrasónicas (Allan, Baxter, & Weston, 2011).

El sonido es la transmisión de la energía en forma de vibraciones a través de un medio. La señal de ultrasonido es enviada desde un transductor a una frecuencia determinada. Al interpretarse la señal cuando regresa al transductor, después de la reflexión desde un objeto, la imagen es generada. Aunque la física del ultrasonido puede llegar a ser muy compleja, todo se desprende de este simple concepto (Murthi, Ferguson, & Sisley, 2010).

El sonido viaja en ondas sinusoidales, las cuales pueden ser caracterizadas en términos de amplitud, frecuencia, longitud de onda y velocidad o velocidad de propagación (Murthi, Ferguson, & Sisley, 2010). La amplitud de la onda de ultrasonido se refiere a la fuerza de la señal y su medida en decibeles (dB) (Figura 6). En el sonido audible, la amplitud es análoga de volumen (ibíd.).

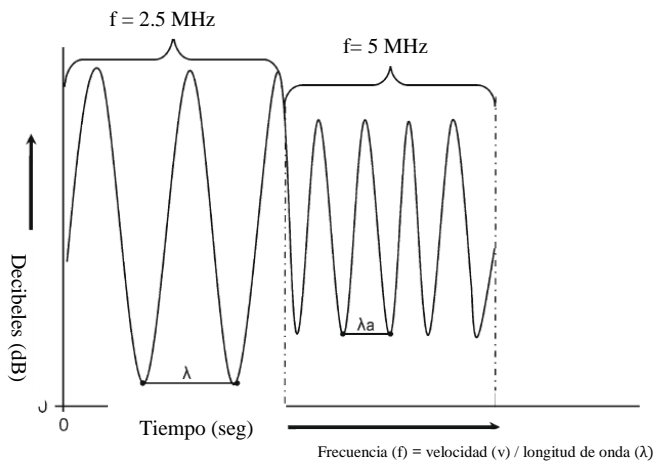


Figura 6. Una onda sinusoidal a dos frecuencias diferentes (f). La amplitud es medida en decibelios. La onda de la izquierda tiene una longitud de onda mayor y una frecuencia menor., la onda de la derecha tiene una longitud de onda menor y una frecuencia mayor (modificado de Murthi, Ferguson, & Sisley, 2010).

Al generar una imagen ultrasonográfica bidimensional (2D) a la amplitud de la señal que regresa se le asigna un valor de pixel, la cual se despliega en la pantalla, de modo que las señales que regresan con mayor amplitud son vistas más brillantes (Murthi, Ferguson, & Sisley, 2010). La frecuencia del sonido es medida en ciclos por segundo o Hertz (Hz). El sonido audible por el oído humano está en el rango de 20 Hz a 20 kHz. Las frecuencias de sonido por encima del rango audible son referidas como ultrasonido. El rango de ultrasonido diagnóstico está entre 1 a 20 mega (millón) Hertz (MHz) (Murthi, Ferguson, & Sisley, 2010).

La longitud de onda del ultrasonido está inversamente relacionada con la frecuencia de la señal. Conforme más corta sea la longitud de onda, hay más ciclos por segundo y mayor frecuencia de la onda (ibíd.).

Resolución

El detalle que puede ser observado en las imágenes o trazos del ultrasonido depende de cambios pequeños presentados en el sistema del ultrasonido y el detalle en una presentación usualmente depende de una o más resoluciones. Estas, a su vez, dependen de la forma del haz del ultrasonido, el pulso y la forma en que es transmitido (Allan, Baxter, & Weston, 2011).

La resolución axial en una imagen ecográfica pulsada es la separación más pequeña de dos objetivos que se extienden, pueden ser vistos a lo largo del eje del haz de ultrasonido para cada eco individual (Figura 7). La resolución axial depende de la longitud a la que es transmitido el pulso del ultrasonido. Los pulsos cortos pueden ser generados a frecuencias más altas de ultrasonido; de esa forma, se obtiene una mayor resolución conforme se alcanzan altas frecuencias de onda (ibíd.).

La resolución en plano (lateral) permite la separación más pequeña entre los objetivos, colocados lado a lado (Figura 7). Conforme el haz del ultrasonido barre a través del plano escaneado, los ecos provenientes de sus objetivos son detectados uno después de otro, si los objetivos son separados más allá del grosor del haz de ultrasonido. Si la separación es menor que la amplitud del haz, los ecos son detectados simultáneamente y no pueden ser presentados separadamente. El uso de altas frecuencias y el foco permiten la generación de haz de ultrasonidos más estrechos y, por lo tanto, de alta resolución. Es desafortunado que la atenuación aumenta con la frecuencia, limitando los valores superiores que pueden ser usados (Allan, Baxter, & Weston, 2011).

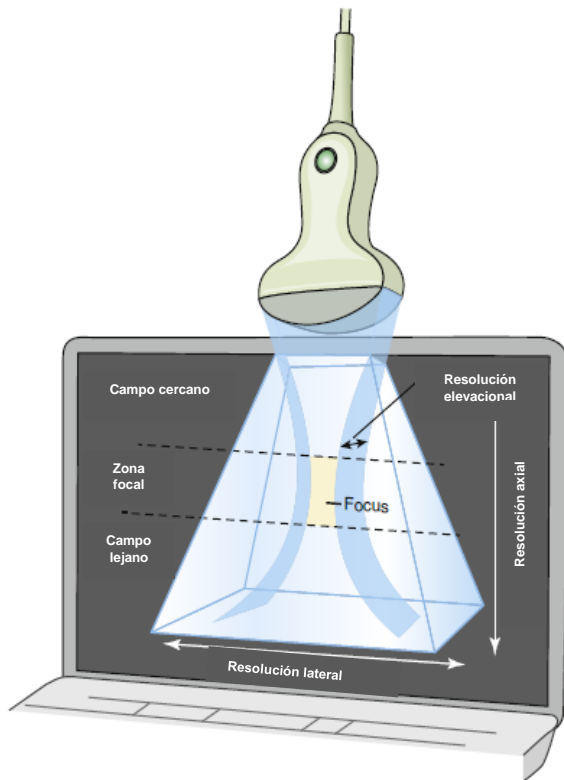


Figura 7. Resolución axial y lateral en relación al haz del ultrasonido y el monitor (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

La resolución fuera de plano se logra a través de la mínima separación de dos objetivos; en este, la dirección por la cual separan los ecos puede ser detectado y está determinado por la amplitud del haz del ultrasonido. Esta amplitud no siempre es la misma, como sí lo es en la resolución en plano. Se debe recordar que cuando se observa una imagen de ultrasonido, los ecos han sido colectados desde los tejidos, en un espesor de amplitud finita. La resolución fuera de plano a veces es llamada resolución de espesor de corte (Allan, Baxter, & Weston, 2011).

La resolución de contraste es el cambio más pequeño en el nivel de la señal de eco que se puede detectar entre regiones en una imagen; esto es más probable que se considere en términos de cambios en tonos de gris. La resolución de contraste depende del ruido

en la señal de eco. Las fluctuaciones aleatorias de ruido pueden ser de fuentes electrónicas en el escáner o de motas resultantes de la interferencia de ecos de pequeñas estructuras dispersas en el tejido. La promediación sobre varias imágenes puede reducir el ruido; es decir, mejorar la resolución de contraste, pero ralentiza el proceso de creación de imágenes. La resolución de contraste es una cantidad un tanto descuidada, pero es de gran importancia con respecto a la calidad de la imagen (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Por su parte, la resolución temporal es la separación más pequeña en el tiempo para la que se pueden identificar dos eventos por separado. Depende de qué tan rápido se actualiza la información. En las imágenes, la resolución temporal depende de la velocidad a la que se producen las imágenes; es decir, la velocidad de fotogramas. Con las trazas fisiológicas que se encuentran en las técnicas Doppler, la resolución temporal está relacionada con los cambios rápidos en la señal; cuanto más rápido ocurren los cambios en una traza, mayor es el rango de componentes de frecuencia en la traza. En otras palabras, cuanto mayor sea el ancho de banda de frecuencia, mayor será la resolución temporal (ibíd.).

En las imágenes Doppler, las diferentes velocidades se presentan como colores diferentes. La resolución de la velocidad es el cambio más pequeño en la velocidad que se puede detectar. Del mismo modo, en un espectrograma Doppler, la resolución de velocidad es el cambio más pequeño en la velocidad que se puede medir (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Propagación

Este fenómeno que afecta la forma del pulso se explota rutinariamente y es llamada propagación no lineal. No es importante para las ondas de baja amplitud, pero sí para las de alta amplitud. Para las ondas de larga amplitud, la velocidad del sonido es mayor en regiones donde la amplitud de la presión es positiva que en regiones donde la presión es negativa. La velocidad es diferente en las regiones que experimentan semiciclos

positivos que en semiciclos negativos, porque la densidad del medio cambia con la presión (Allan, Baxter, & Weston, 2011).

Conforme sea mayor el camino atravesado por la onda, mayor es la distorsión. La onda puede llegar a ser considerablemente distorsionada y tener afiladas discontinuidades en la forma. La forma sinusoidal vista cerca del transductor ha sido reemplazada por una forma de sierra dentada y en el semiciclo positivo puede volverse particularmente punteado (ibíd.).

La propagación no lineal ocurre conforme la presión de la onda altera las propiedades del tejido, al pasar a través de este. Esto distorsiona la forma de onda, la cual contiene componentes adicionales de frecuencia (armónicos y sub-armónicos) y ocurre más cerca del eje del haz, donde la amplitud de la onda es mayor en relación con los lados del haz. Al detectar los armónicos, el haz efectivamente se hace más estrecho, lo cual mejora la resolución lateral (Allan, Baxter, & Weston, 2011).

Velocidad

La velocidad de la onda de ultrasonido es proporcional a la densidad del tejido a través del cual viaja. La velocidad de un medio de baja densidad como el aire (330 m/s) es mucho menos que la velocidad de propagación a través de una densidad media, como la del hígado (1550 m/s). Las implicaciones clínicas de esto son simples: el ultrasonido no es transmitido adecuadamente a través del aire (Murthi, Ferguson, & Sisley, 2010).

Por lo tanto, la optimización de la imagen del ultrasonido requiere el posicionamiento del paciente y que el transductor evite estructuras llenas de aire, como lo son los pulmones o el intestino. La mayoría de los tejidos blandos en el cuerpo humano, incluyendo la sangre, tienen densidades similares, por lo que la propagación de velocidad es similar, estimado en 1540 m/s (Murthi, Ferguson, & Sisley, 2010). La relación entre estas variables se describe en la siguiente ecuación:

Velocidad (v): longitud de onda (λ) frecuencia (f) (ibíd.).

La importancia de esta relación es el efecto de la profundidad de penetración de la señal y sobre la resolución de la imagen. Una señal de alta frecuencia con una menor longitud de onda interactuará más con moléculas pequeñas en los tejidos que aquellas de baja frecuencia. Esto provee una mejor resolución en la imagen; sin embargo, también resulta en una degradación más rápida de la señal (Murthi, Ferguson, & Sisley, 2010).

Por el contrario, una señal de baja frecuencia con una longitud de onda más larga interactúa con un número menor de moléculas en el tejido. Esto resulta en una resolución más pobre, pero mayor profundidad de penetración en los tejidos (Tabla 1). Desafortunadamente, esto significa que hay una ineludible relación entre la resolución y la profundidad de penetración (Figura 8) (ibíd.).

Tabla 1. Modalidades del ultrasonido.

Frecuencia (MHz)	Longitud de onda (l)	Resolución	Penetración (cm)
Baja (2.5)	Larga	Baja	Alta
Alta (10 MHz)	Corta	Alta	Baja

Fuente: Murthi, Ferguson, & Sisley (2010).

Reflexión

El ultrasonido se refleja cuando golpea el límite entre dos medios donde hay un cambio en la densidad o la compresibilidad, o ambos y la reflexión se produce cuando hay una diferencia de impedancia acústica entre los medios (Figura 8). La impedancia es una medida de la facilidad con que las partículas de tejido se mueven bajo la influencia de la presión de onda (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Así, la impedancia acústica de un medio es igual a la relación de la presión que actúa sobre las partículas del medio dividida por la velocidad de movimiento resultante de las partículas. Por lo tanto, para tejidos de diferente impedancia, una onda de presión

particular produce diferentes velocidades en cada tejido. Se debe tener en cuenta que la velocidad del movimiento de las partículas en la posición de reposo no es la misma que la velocidad de la forma de onda de ultrasonido a través del medio. (ibíd.).

No es sorprendente que la reflexión dependa de cantidades como la densidad y la velocidad del sonido, ya que esta última depende de la rigidez del medio. En la práctica, cuando se toman imágenes, el tamaño del eco a menudo se relaciona aproximadamente con el cambio en la impedancia acústica en los límites del tejido, por lo que un conocimiento aproximado de las impedancias del tejido es útil. (Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

Debe considerarse que lo que importa es el cambio, no si hay un aumento o una disminución de la impedancia. Los grandes cambios en la impedancia acústica en los límites hueso / tejido blando y gas / tejido blando son problemáticos, ya que el pulso transmitido se reduce considerablemente o incluso se bloquea totalmente en el caso del gas por reflexión en el límite. El tamaño del eco en una imagen (el tono de gris) se relaciona con el cambio en la impedancia acústica en la interfaz que lo produce. Por lo tanto, los tonos de gris están relacionados con las propiedades de los tejidos, aunque el procesamiento de la señal en el escáner también juega un papel importante (ibíd.).

Dispersión

Cuando una onda de ultrasonido viaja a través del tejido, probablemente interactúe con pequeñas estructuras de este, cuyas dimensiones son similares o menores que una longitud de onda y cuyas impedancias exhiben pequeñas variaciones (Figura 8). Parte de la energía de las ondas se dispersa en muchas direcciones; la dispersión es el proceso que proporciona la mayoría de las señales de eco para las técnicas de flujo de sangre mediante imágenes de eco y Doppler. Las estructuras de dispersión estrechamente empaquetadas son muy grandes en número y tienen una distribución aleatoria (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

El uso de tales mediciones de dispersión no ha sido lo suficientemente discriminatorio para la caracterización del tejido. No obstante, la representación de diferentes niveles de señales de eco dispersas en una imagen proporciona gran parte de la información en la imagen (ibíd.).

Refracción

El cambio en la dirección de un haz cuando cruza un límite entre dos medios en los que las velocidades del sonido son diferentes se denomina "refracción" (Figura 8). Si el ángulo de incidencia es de 90° , no hay curvatura del haz, pero en todos los demás ángulos existe un cambio en la dirección (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Absorción y atenuación

Cuando una onda de ultrasonido pasa a través del tejido, su energía vibratoria ordenada se convierte en energía térmica vibratoria aleatoria y, por lo tanto, la amplitud de la presión de la onda se reduce con la distancia recorrida. Este proceso se conoce como absorción (Figura 8); cuanto mayor sea la frecuencia de ultrasonido, más rápidamente se reducirá la amplitud. La tasa de absorción también depende del tejido involucrado (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Además de la absorción, otros efectos contribuyen a la atenuación total de la amplitud de la onda. Estos efectos son la reflexión, por lo que la dispersión en el tejido depende en gran medida de la frecuencia. La atenuación aumenta rápidamente en el rango de frecuencia de diagnóstico. El equipo de escaneo usa varias técnicas para compensar la atenuación y el operador debe asegurarse de que se hayan optimizado los controles apropiados. En el laboratorio, la atenuación se mide observando la disminución de la amplitud de la presión a medida que una onda pasa a través de un espesor conocido de tejido (ibíd.).

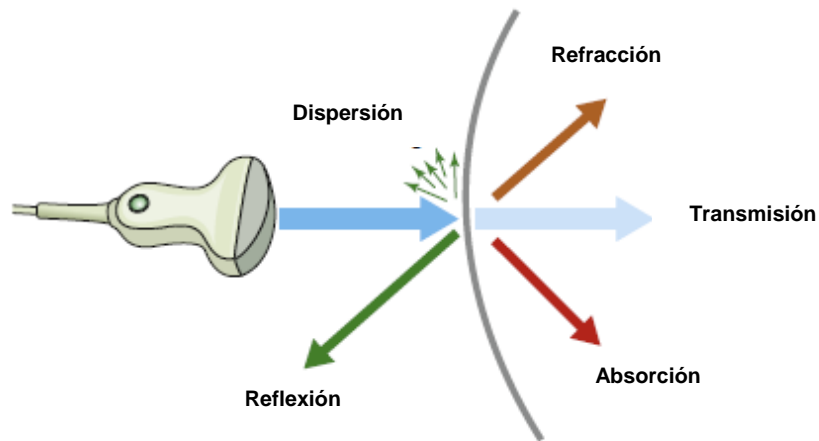


Figura 8. Las ondas de ultrasonido son reflejadas, refractadas, dispersadas, transmitidas y absorbidas por los tejidos (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Artefactos

Son imágenes falsas o partes de imágenes, que no representan estructuras anatómicas verdaderas. Los proveedores deben tener una comprensión básica de los principios físicos de los artefactos de ultrasonido para mejorar la adquisición e interpretación de imágenes en la cabecera del paciente (Soni, Arntfield, & Kory, 2015). Los artefactos se originan de una señalización ultrasonográfica errónea, producida usualmente en los tejidos biológicos, debido a la violación de una o más de las siguientes suposiciones que rigen la formación de una imagen ultrasonográfica ideal:

- Ultrasonido con ecos de retorno al transductor originados por un haz uniforme y único.
- Las ondas de ultrasonido siempre viajan en línea recta y regresan después de un solo reflejo.
- La velocidad del sonido es constante en todos los tipos de tejido humano (1540 m / s), y la atenuación o disminución de la energía de los ecos de ultrasonido es uniforme.

(Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

Sombra acústica. El *sombreado acústico* se ve desde distal a estructuras altamente atenuantes que reflejan, dispersan o absorben la mayoría de las ondas de ultrasonido. El sombreado acústico resulta de la violación de la suposición de que el sonido se propaga y atenúa por igual en todo el cuerpo. De distal a estructuras altamente atenuantes, la amplitud de las ondas de sonido disminuye, pocos ecos regresan al transductor y un área de hipoecogenicidad o *sombra* se crea (Figura 9). El sombreado acústico es diagnóstico cuando los cálculos biliares o los cálculos renales proyectan una sombra, pero es un obstáculo cuando las sombras de las costillas impiden la visualización del corazón y los pulmones (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

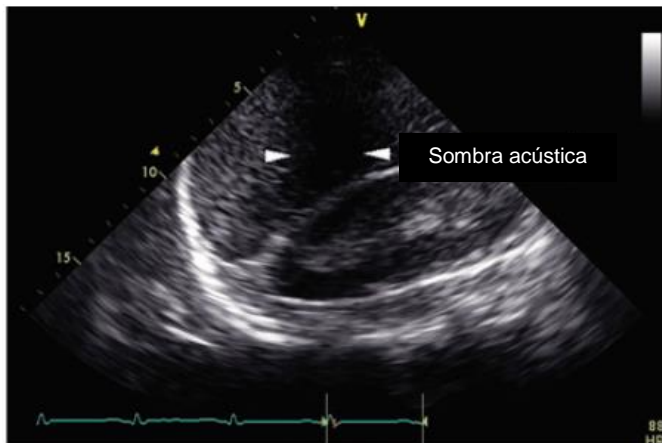


Figura 9. Sombra acústica causada por una costilla (modificado de Murthi, Ferguson, & Sisley, 2010).

Reverberación El artefacto de reverberación se produce cuando dos o más estructuras altamente reflectantes son paralelas entre sí y la trayectoria del haz de ultrasonido es perpendicular a estas estructuras altamente. Los pulsos de ultrasonido se reflejan varias veces entre las estructuras reflectantes o entre una estructura con estas características y un transductor. La máquina de ultrasonido muestra estos reflejos como una serie de líneas brillantes y paralelas a intervalos regulares distales a las estructuras reflectantes que se disipan en brillo con profundidad (Figura 10). La máquina de ultrasonido asigna

profundidad a las estructuras en función del retardo de tiempo de los ecos de retorno. A los ecos que regresan al transductor después de una sola reflexión se les asigna una profundidad fija adecuada, en contraste con los ecos con múltiples reflexiones, que se asignan a profundidades progresivamente mayores. Las interfaces de tejido donde hay una gran diferencia en la velocidad del sonido entre los dos tejidos son altamente reflectantes. Esta medida de resistencia al paso de las ondas de ultrasonido a través de un material o tejido se llama *impedancia acústica*. La cantidad de ondas de sonido reflejadas en una interfaz de tejido es directamente proporcional a la *diferencia* en la impedancia acústica entre dos tejidos adyacentes (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Ahora bien, se pueden utilizar algunas técnicas para minimizar los efectos del artefacto de reverberación. Debido a que la reverberación se produce cuando el haz de ultrasonido cruza perpendicularmente las estructuras altamente reflectantes, el ajuste del ángulo de incidencia del transductor puede disminuir la presencia de reverberación. De manera similar, disminuir la distancia entre el objeto de interés y el transductor de ultrasonido puede reducir el artefacto de reverberación (ibíd.).

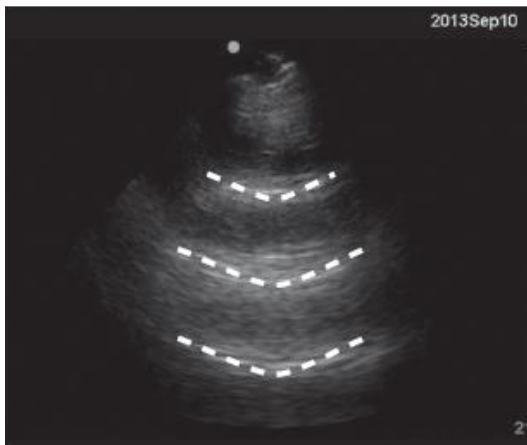


Figura 10. Las líneas A son artefactos observados en el pulmón secundarias a la reflexión de la pleura (Murthi, Ferguson, & Sisley, 2010).

Reflexión. El reflejo es un tipo de artefacto creado por el reflejo de una estructura de un fuerte reflector de crear una falsa imagen detrás del reflector. El reflejo es similar a la reverberación, excepto que la reverberación aparece como un reflejo de las interfaces del tejido, mientras que este se genera como un reflejo de órganos completos. La verdadera estructura se ve como una imagen a la profundidad real, mientras que la imagen artificial se ve a una profundidad mayor, distal al reflector fuerte. Una imagen de espejo puede aparecer con cualquier reflector fuerte, más comúnmente el diafragma, el pericardio, la aorta o el intestino (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Presentación de imágenes

La ultrasonografía usa un cristal de cuarzo o material piezoeléctrico que genera una onda de sonido cuando se aplica una corriente eléctrica. Cuando la onda de sonido retorna, el material de regreso se transforma en corriente. Estos cristales transmiten y reciben sonido. La ultrasonografía temprana usaba un único cristal que creaba una imagen unidimensional conocida como modo A. La pantalla estándar actual genera una imagen conocida como modo B o bidimensional o ultrasonografía en escala de grises, la cual es creada en un arreglo de cristales (frecuentemente 128 o más), a través del transductor. Cada cristal produce una línea de escaneo usada para crear una imagen o cuadro, la cual es refrescada muchas veces por segundo para producir una imagen en movimiento en la pantalla (Moore & Copel, 2011).

El haz de ultrasonido penetra bien a través de los fluidos y órganos sólidos y no lo hace a través de hueso o aire, limitando su utilidad en el cráneo, tórax y algunas áreas del abdomen, donde el gas oscurece la imagen. Los fluidos como la sangre, orina, bilis y ascitis son completamente anecoicos y en la imagen del ultrasonido se ven negros. Esto hace posible detectar los fluidos y diferenciarlos de las áreas quísticas o vasculares en los órganos sólidos (ibíd.).

La imagen ultrasonográfica en dos dimensiones es utilizada en un plano que es mostrado en la pantalla. Este puede dirigirse por el usuario en cualquier plano

anatómico del paciente: sagital (longitudinal), transverso (axial), coronal (frontal) o alguna combinación (oblicuo) (Moore & Copel, 2011).

Modo B

El modo en dos dimensiones (2-D) es el modo automático en la mayoría de las máquinas; asimismo, la mayoría de los diagnósticos a la cama del paciente son realizados bajo esta modalidad de imagen (Figura 11). Es también llamado modo B, debido a su brillo secundario a la ecogenicidad o brillo de las estructuras observadas; estas, a su vez, van a depender de la intensidad de las señales reflejadas (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

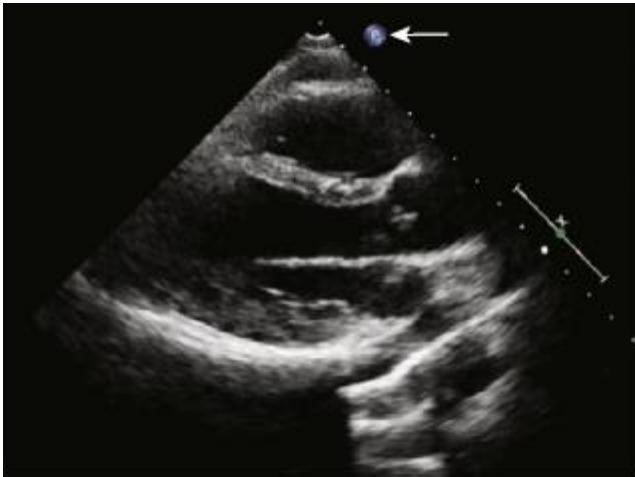


Figura 11. Modo en dos dimensiones (2D) o modo B (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Las estructuras que transmiten todas las ondas de sonido sin reflexión son llamadas anecoicas y se ven negras en el ultrasonido; este es el caso de la mayoría de los fluidos. Las estructuras que reflejan algunos sonidos, pero en menor medida que las estructuras que lo rodean, son llamadas hipoeoicos, mientras las estructuras que reflejan las ondas de sonido similares a los alrededores, son isoecoicos. Las estructuras isoecoicas se ven como sombras de gris y son generalmente de tejidos blandos; por otro lado, las estructuras hiperecoicas reflejan la mayoría de las ondas y se ven brillantes en el

ultrasonido, tales como huesos o estructuras calcificadas o tejidos densos como el pericardio o el diafragma. Algunas estructuras hiperecoicas como los huesos, crean sombras cercanas a la reflexión de las ondas de sonido totales, imposibilitando la visualización de las estructuras distales (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Modo M

El modo M o de movimiento es el modo más antiguo de imagen; actualmente es muy utilizado y analiza el movimiento de las estructuras sobre el tiempo. Después de que la imagen en 2-D es obtenida, la imagen en modo M puede ser aplicada a lo largo de una sola línea sobre la imagen 2-D (Soni, Arntfield, & Kory, 2015) (Figura 12).

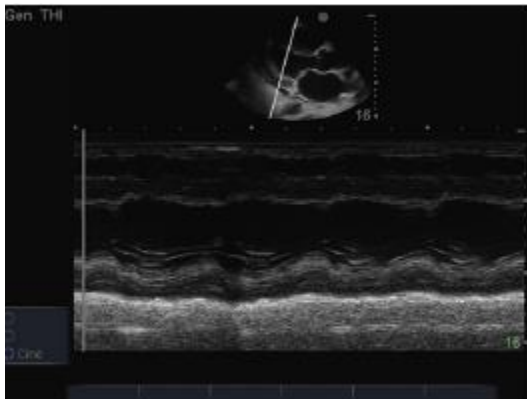


Figura 12. Imagen que muestra el ventrículo izquierdo en modo M (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Un solo haz de ultrasonido es emitido a lo largo de una línea que reúne los datos sobre el movimiento de todos los tejidos sobre esta. Todos los puntos son colocados sobre una línea tiempo; de esta forma, evalúa las dimensiones de las cavidades y los movimientos de las estructuras. Este modo es utilizado para medir el tamaño de las cámaras cardíacas o el movimiento de las válvulas a través del ciclo cardíaco. También tiene aplicación en la medición del diámetro de la vena cava inferior con la respiración (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Ultrasonido Doppler

El efecto Doppler es una variación en la frecuencia de las ondas de sonido debido a un movimiento relativo entre la fuente y el observador. La fuente primaria de las ondas de sonido es el transductor y este es el observador para los ecos que retornan (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

El movimiento de los tejidos, como el flujo sanguíneo, produce la variación en la frecuencia de las ondas de sonido que retornan. El flujo sanguíneo que se mueve hacia el transductor produce una variación de onda de mayor frecuencia; por otro lado, la sangre que se mueve lejos del transductor genera una variación con menor frecuencia. El cambio entre las frecuencias emitidas y recibidas de las sondas de sonido es llamado desplazamiento Doppler y las variables que lo determinan son: la frecuencia del haz de ultrasonido, la velocidad del flujo sanguíneo y el ángulo de insonación (ibíd.).

El ángulo de insonación o el ángulo entre el haz del ultrasonido y la dirección de la medida del flujo es crítica. No se pueden realizar medidas del desplazamiento Doppler si el haz de ultrasonido está perpendicular a la dirección del flujo sanguíneo (Figura 13). Este debe colocarse idealmente paralelo a la dirección del flujo, aunque usualmente lo que se logra es un plano cercano al paralelo (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

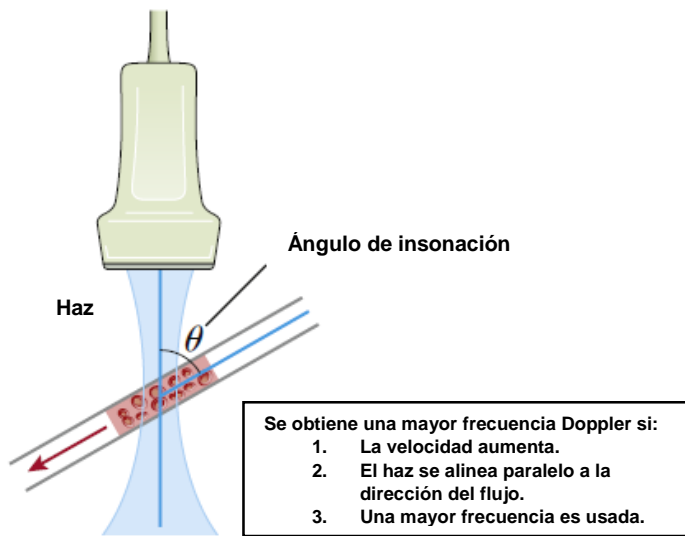


Figura 13. Ángulo de insonación del Doppler (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Si se angula el haz de ultrasonido en dirección al flujo sanguíneo, se ocasiona un desplazamiento Doppler positivo, y si se aleja, causa un desplazamiento negativo (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Doppler espectral

El efecto Doppler puede ser representado gráficamente usando velocidad (eje y) sobre el tiempo (eje x), en un método llamado Doppler espectral. En el gráfico, las frecuencias sobre el eje de las x representan las velocidades que se mueven hacia el transductor y, bajo este, las velocidades que se alejan (Figura 14). Este Doppler espectral permite la evaluación cuantitativa de las velocidades y las divide en dos tipos: ondas pulsadas y ondas continuas (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

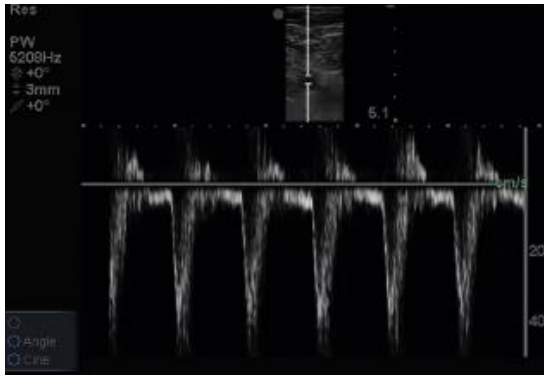


Figura 14. Imagen de Doppler espectral de las velocidades de la arteria femoral (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Doppler pulsado

El Doppler pulsado se refiere a la emisión de ondas de sonido en pulsos; este permite la medición del desplazamiento Doppler a ciertas profundidades. Luego de emitir una señal pulsada hacia los tejidos, el transductor espera el retorno de los ecos antes de emitir otro pulso (Figura 15). Este ciclo de emisión de las ondas hacia los tejidos y la captura de los ecos que retornan es repetido rápidamente a una frecuencia llamada frecuencia de repetición de pulsos (FRP) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

El máximo FRP posible es el que se busca utilizar; sin embargo, está determinado por el tiempo que dura la onda en viajar, y este, a su vez, está limitado por la profundidad del tejido. Entre más profundo sea el tejido, se requieren tiempos de espera mayores, reduciendo así el máximo de FRP antes de que la señal se haga ambigua u ocurra un solapamiento (Figura 16) (ibíd.).

Cuando ocurre un solapamiento, la velocidad verdadera del vector de dirección no puede ser determinada. El máximo de frecuencia Doppler o la velocidad que puede ser medida antes de que ocurra este fenómeno es llamada límite de Nyquist y corresponde a la mitad de la FRP, porque las ondas de ultrasonido deben ser muestreadas al menos

dos veces por longitud de onda para, de forma confiable, determinar la velocidad y la dirección (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

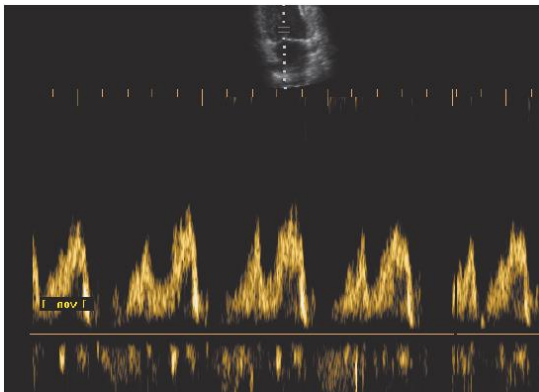


Figura 15. Doppler pulsado de flujo transmitral (Boehmeke & Doliva, 2006).

La significancia del límite de Nyquist se observa en la estenosis aórtica severa, donde la válvula aórtica se ubica relativamente a nivel profundo. Esto limita la FRP y hace difícil la determinación de las medidas de las velocidades. Se deben emplear diferentes métodos para evitar el fenómeno de solapamiento, aumentando el límite de Nyquist: se puede lograr al aumentar la profundidad, seleccionar un transductor con menor frecuencia o al cambiar el análisis de imagen a Doppler continuo. La principal ventaja del Doppler pulsado es la reducción de la interferencia proveniente de estructuras circundantes, aunque su principal desventaja se debe al límite de Nyquist (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

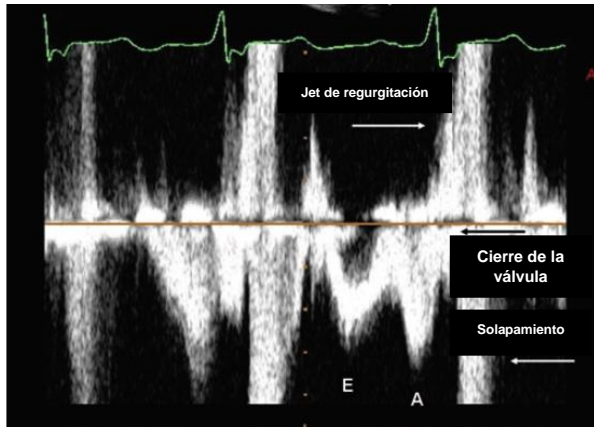


Figura 16. Imagen Doppler de onda pulsada de la válvula mitral por ETE. Hay un jet de alta velocidad fluyendo hacia el transductor. Debido a que FRP del Doppler pulsado es menor dos veces que la frecuencia Doppler, hay solapamiento del jet observado en la línea de base (modificado de Murthi, Ferguson, & Sisley, 2010).

Doppler continuo

El Doppler continuo, por otro lado, permite la medición de diferentes velocidades a lo largo del haz de ultrasonido (Figura 17). Los transductores tienen dos tipos diferentes de cristales piezoeléctricos para continuamente emitir y recibir señales; por este motivo, no hay un límite de FRP y, por tanto, no existe el fenómeno de solapamiento. El Doppler continuo se usa para medir altas velocidades, como en pacientes con estenosis aórtica que no es medida de forma certera con el Doppler pulsado. Su principal limitante es su incapacidad para medir velocidades a profundidades específicas, esto porque el transductor recibe señales provenientes de todos los tejidos circundantes en el camino del haz de ultrasonido (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

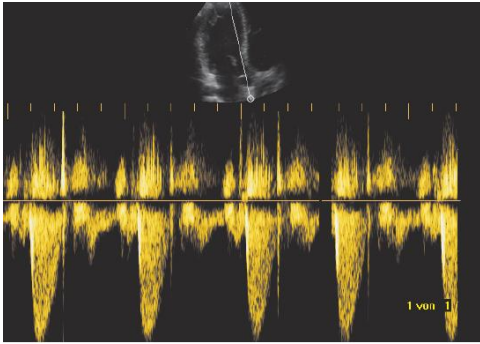


Figura 17. Doppler continuo en el tracto de salida del VI (Boehmeke & Doliva, 2006).

En ambas imágenes, Doppler continuo y pulsado, la exactitud de las medidas depende de la calidad de la señal, la cual está determinada por la nitidez de los picos de las curvas usadas para determinar las velocidades (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Doppler color

El Doppler de flujo color provee un mapa de colores que representan el desplazamiento Doppler superpuesto sobre la imagen 2D. Este es basado sobre los mismos principios del Doppler de onda pulsada, pero con pulsos más cortos obtenidos desde múltiples áreas pequeñas para construir un mapa codificado por colores. Cuando las velocidades exceden el límite Nyquist, los pixeles se observan como un patrón de mosaico de color (rojo, azul y blanco) donde la dirección del flujo no puede ser determinada con certeza (Figura 18). El brillo en la imagen Doppler corresponde a la velocidad y el color corresponde a la velocidad del flujo. El color rojo representa el flujo que se dirige hacia el transductor (longitud de onda más corta) y el azul el flujo que se aleja (longitud de onda más larga) (Figura 19); no es un color que especifique el origen del flujo (venoso o arterial) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

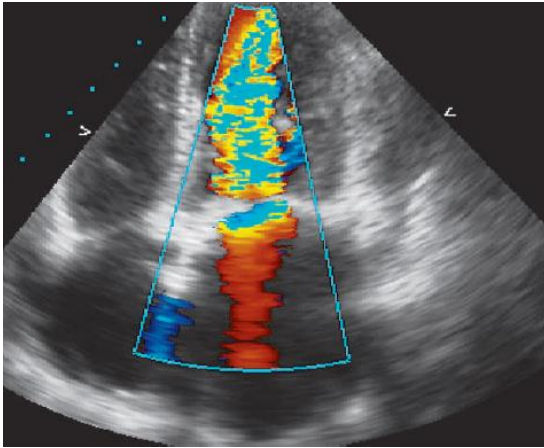


Figura 18. Doppler de flujo color con patrón de mosaico de color (Boehmeke & Doliva, 2006).

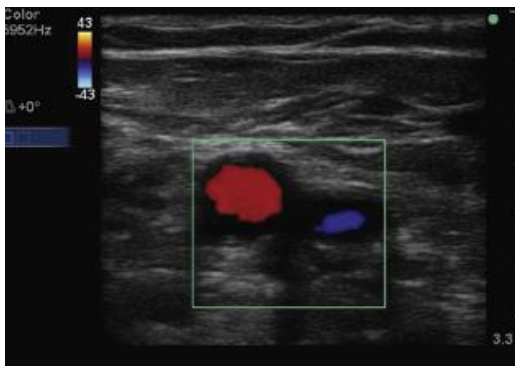


Figura 19. Doppler con flujo color de la vena yugular interna y la arteria carótida común (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

ANATOMÍA ENFOCADA EN LA ECOCARDIOGRAFÍA

Anatomía básica del corazón

El corazón es una bomba muscular, valvulada y ubicada a nivel de la línea media, posee la forma de un cono y el tamaño promedio de un puño. En adultos, pesa aproximadamente 300 gramos y yace sobre el mediastino medio en el tórax (Figura 20). La superficie inferior o su cara diafragmática se sitúa en el tendón central del diafragma, mientras que su base se relaciona posteriormente y se ubica inmediatamente anterior al esófago y posterior a la aorta descendente, en relación con la aorta (Whitaker, 2010).



Figura 20. El corazón tiene el tamaño promedio de un puño y su relación con el pericardio es ejemplificada en la relación de este, con un globo (Martini, Timmons, & Tallistch, 2009).

Su base está compuesta principalmente por el atrio izquierdo. En sus superficies derecha (atrio derecho) e izquierda (ventrículo izquierdo) cada una está relacionada lateralmente con un pulmón y el nervio frénico, así como con el pericardio fibroso. La superficie anterior del corazón yace detrás del esternón y los cartílagos costales. Las partes constituyentes de las superficies anterior e inferior están determinadas grandemente por la posición del septum interventricular. Esencialmente, el corazón es

una estructura ubicada en la línea media, un tercio del corazón en el lado derecho y dos tercios en el lado izquierdo (Whitaker, 2010).

El septum interventricular protruye hacia la derecha debido a que la pared del ventrículo izquierdo (de aproximadamente 10 mm) es más gruesa que la del ventrículo derecho (3 a 5 mm). Yace oblicuo al corazón, casi en plano coronal, divide la superficie del corazón en dos tercios correspondientes al ventrículo derecho y un tercio al ventrículo izquierdo, contrario a la superficie inferior. Su parte más gruesa está formada por las paredes ventriculares (Whitaker, 2010).

Los músculos de las cuatro cámaras cardíacas y las cuatro válvulas están unidas y soportadas por una figura de ocho lados compuesto de un esqueleto central fibroso y extensiones que unen las valvas. Este esqueleto divide y separa el atrio eléctricamente del ventrículo. La parte membranosa o más delgada del septum interventricular está formada por el aspecto más inferior de la válvula espiral (células de la cresta neural) del proceso embrionario, la cual divide el tronco arterioso en la aorta y el tronco pulmonar (ibíd.).

El pericardio contiene y protege el corazón; sin embargo, tiene un espacio potencial para el llenado y vaciado de las cámaras. Su capa externa es el pericardio fibroso, el cual mezcla la adventicia de la aorta, el tronco pulmonar, la vena cava superior y el tendón central del diafragma. Entre estas hay dos capas de pericardio seroso, una capa visceral, la cual rodea el corazón, y una capa parietal, que se adosa a la superficie interna del pericardio fibroso (Figura 21) (Whitaker, 2010).

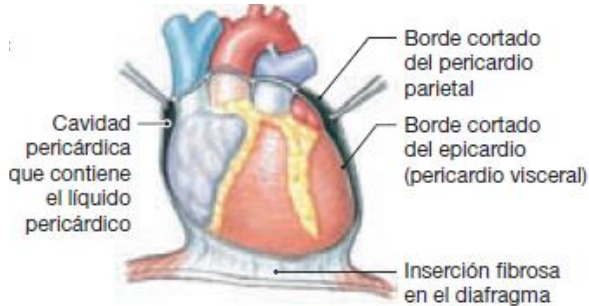


Figura 21. El corazón y su relación con las diferentes capas de pericardio que lo rodean (Martini, Timmons, & Tallistch, 2009).

Estas dos capas de pericardio seroso son continuas una con la otra, a medida que se reflejan sobre los grandes vasos y sobre el corazón. Su reflexión, posteriormente, entre las venas pulmonares es llamado seno oblicuo del pericardio. El plano entre la vena cava superior y la vena pulmonar, posteriormente, y la aorta y el tronco pulmonar, anteriormente, hecho por repliegue del corazón, es llamado el seno transversal del pericardio (Whitaker, 2010).

La capa visceral y el corazón son suplidos por los nervios simpáticos del plexo cardíaco, estos llevan las fibras aferentes viscerales hacia los niveles vertebrales que provienen de la región simpática y los ganglios T1-T5; esto explica el dolor cardíaco referido hacia el cuello, pecho y brazos (ibíd.).

El eje del corazón usualmente se dirige hacia anterior, inferior y hacia la izquierda (Figura 22). Los atrios se encuentran posterior y superior y los ventrículos anterior e inferior. Es así como las ventanas llamadas de eje largo de dos y cuatro cámaras están paralelas al eje anatómico del corazón y los de eje corto de dos cámaras están perpendicular al eje (Kastler, 2011).

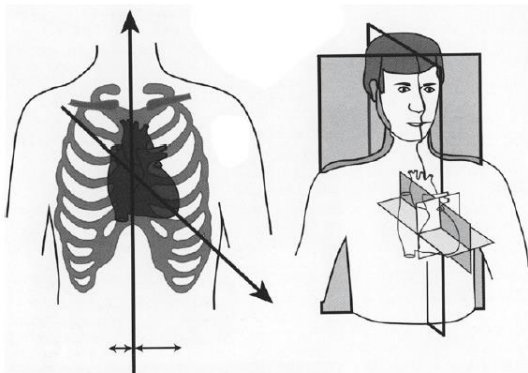


Figura 22. Eje del corazón dirigido hacia anterior, inferior y hacia la izquierda (Kastler, 2011).

Comparado con planos ortogonales convencionales, la masa cardíaca no está en un arreglo simétrico. El atrio izquierdo está ubicado anterior a la médula espinal, siendo así la cámara más posterior; el ventrículo derecho es la cámara más anterior, ubicada detrás del esternón. El atrio derecho es la cámara con mayor localización a la derecha y el ventrículo izquierdo localizada primordialmente hacia la izquierda (Kastler, 2011).

La diferenciación de las estructuras derechas o izquierdas es complicada por la rotación que realizan los vasos sanguíneos en su origen; la aorta emerge del ventrículo izquierdo, el cual pertenece al circuito izquierdo, aunque en realidad están situadas sobre el lado derecho o posterior a la arteria pulmonar, la cual pertenece al circuito pulmonar derecho (ibíd.).

Características cardíacas orientadas a la ecocardiografía

Atrio derecho

La vena cava inferior pasa a través del diafragma a nivel de T8 e inmediatamente entra al atrio derecho; el cual carece de una válvula verdadera. La vena cava superior entra en la región superior de la cámara (Figura 23). El foramen ovale (el cual es un remanente del septum primum) y su apéndice (un remanente del septum secundum)

yace sobre la parte lisa e interatrial de la cámara, donde se desarrolla el seno venoso. Esta área lisa está separada de la parte muscular, por la cresta terminalis a nivel interno y el surco terminalis externamente (Figura 23). La parte muscular se origina del atrio fetal y se representa en el corazón adulto como la aurícula derecha (Whitaker, 2010).

Entre la apertura de la vena cava inferior y el orificio atrioventricular se sitúa la apertura del seno coronario, el cual está protegido por una pequeña valva que previene la regurgitación hacia el seno coronario durante la contracción atrial. El seno coronario se vacía durante la sístole. El nodo AV yace entre el orificio y la valva septal de la válvula tricúspide (ibíd.).

El atrio derecho normalmente se sitúa a la derecha y, posteriormente, se divide en un componente venoso, un vestíbulo, septo y apéndice atrial. El componente venoso normalmente recibe la vena cava superior (dentro de las cuales drenan las venas braquiocefálicas derecha e izquierda) y la vena cava inferior (la cual recibe las venas hepáticas). La vena cava inferior tiene una valva llamada valva de Eustaquio o de la vena cava inferior. El seno coronario también tiene una valva llamada valva de Tebesio. La crista terminalis es una estructura vertical en la prolongación de la valva de Eustaquio, la cual separa el componente venoso del apéndice atrial. Todos los músculos pectíneos, salen de la crista terminalis y convergen en el apéndice atrial derecha (Figura 23) (Kastler, 2011).

El apéndice atrial triangular derecha tiene una larga base de implantación superiormente, lateralmente y anteriormente al componente venoso (Figura 23) (Kastler, 2011). Los criterios para identificación del atrio derecho son:

- Apéndice triangular atrial.
- Conexión a la vena cava superior y especialmente a la vena cava inferior (criterio más confiable)
- La presencia de la crista terminalis.

(Kastler, 2011)

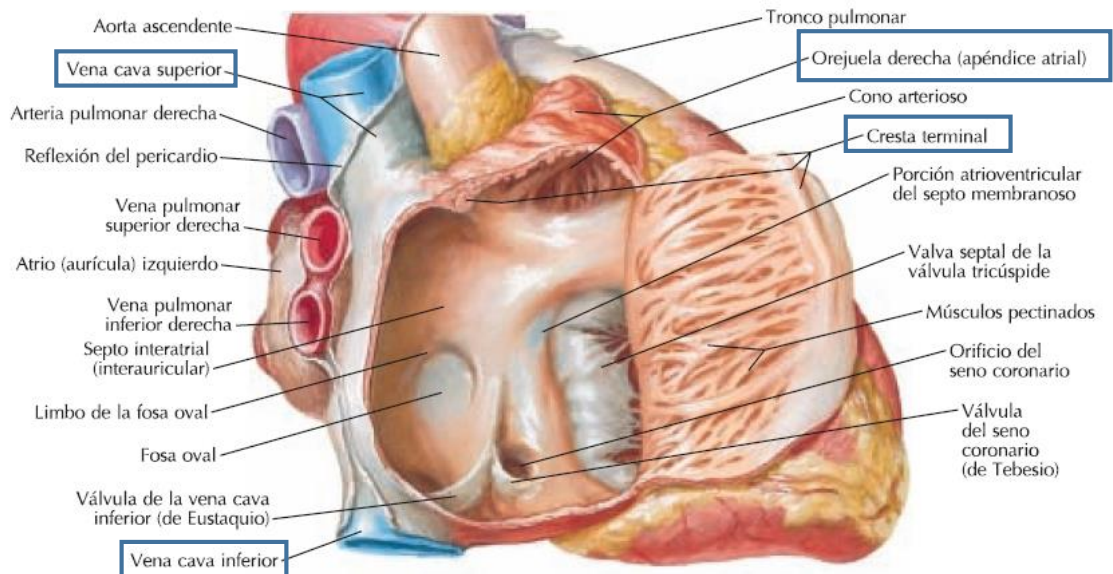


Figura 23. Ilustración del atrio derecho que muestra sus características principales, un apéndice atrial, su relación con la vena cava superior e inferior y la crista terminalis (modificado de Netter, 2011).

Ventrículo derecho

La sangre entra al ventrículo derecho a través de la válvula tricúspide, la cual tiene una valva anterior, septal y posterior unida a cada músculo papilar por las cuerdas tendinosas. La pared ventricular tiene un grosor aproximado de 3-5 mm y aumenta internamente por los trabéculas carnosos. Algunos de estos músculos se unen al músculo papilar anterior, en la parte baja de la pared septal anterior, como un trabéculo septomarginal o banda moderadora, que lleva parte de la rama derecha del Haz de His, lo cual asegura que el ventrículo derecho se contraiga simultáneamente con el izquierdo. La sangre pasa superior y deja la cámara a través de un suave cono arterioso (infundíbulo) y la válvula pulmonar, la cual tiene dos valvas anteriores y una posterior (Whitaker, 2010).

El ventrículo derecho normalmente se sitúa anterior y hacia la derecha, tiene una forma de pirámide triangular, compuesta de tres paredes: una anterior o esternocostal, inferior o diafragmática y una medial convexa hacia el ventrículo derecho (septum interventricular). La base del ventrículo derecho corresponde a la válvula tricúspide, y anterior y hacia la izquierda limita con la válvula pulmonar, la cual cubre el infundíbulo (Figura 24); está compuesto por la entrada a la cámara, el ápex y una cámara de eyección (Kastler, 2011).

La válvula tricúspide se abre hacia el ventrículo derecho, esta se compone de tres valvas triangulares: una anterior, inferior, medial o septal, cada una correspondiente a cada una de las paredes. La inserción de una de las valvas en relación al septum interventricular, es una característica morfológica típica de la válvula tricúspide. Esta se ubica más anterior e inferior en comparación con la válvula mitral, la cual se localiza más posteriormente (Figura 24) (ibíd.).

El ventrículo derecho presenta muchas trabeculaciones correspondientes a los músculos papilares, la banda moderadora se extiende desde el músculo trabecular principal en la pared anterior hasta el septo interventricular, anterior y debajo del infundíbulo (Figura 24) (Kastler, 2011). Los criterios para identificar el ventrículo derecho son:

- La válvula tricúspide, la cual siempre se abre hacia el ventrículo derecho, se identifica por su posición más anterior y su inserción septal en comparación con la válvula mitral.
- La presencia de un infundíbulo o cono, situado entre la válvula pulmonar y la válvula tricúspide.
- La presencia de trabeculaciones gruesas y la banda moderadora.

(Kastler, 2011)

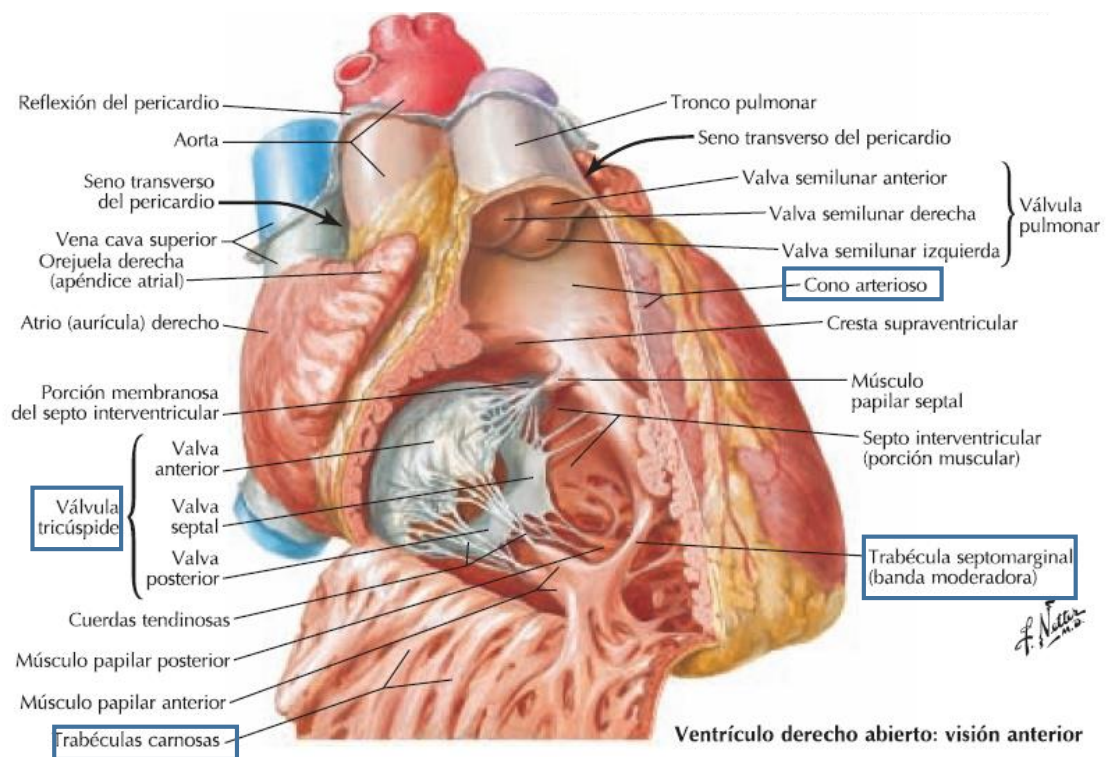


Figura 24. Ilustración que muestra las características propias del ventrículo derecho: la válvula tricúspide, el infundíbulo y la presencia de trabeculaciones y la banda moderadora (modificado de Netter, 2011).

Atrio izquierdo

El atrio izquierdo es una cámara con forma de caja, que yace posterior a la base del corazón y recibe sangre proveniente de los pulmones a través de cuatro venas pulmonares carentes de válvulas, unidas a los cuatro cuadrantes del atrio (Figura 25). La terminología y el desarrollo de su parte lisa y muscular corresponden a las del atrio derecho, exceptuando que la parte lisa surge de la incorporación a las venas pulmonares (Whitaker, 2010).

El atrio izquierdo, por lo general, está situado posteriormente y hacia la izquierda; se divide en un componente venoso, vestíbulo, septo y apéndice atrial. La pared lisa del componente venoso normalmente recibe las cuatro venas pulmonares, la valva de la

fosa oval cubre ampliamente la parte superior del septum secundum, incluso en la ausencia de una fusión de las dos estructuras (Kastler, 2011).

Los músculos pectíneos, mucho menos desarrollados que en cámaras derechas, son casi exclusivamente situados en el apéndice atrial. La morfología del apéndice atrial izquierdo es también muy diferente del apéndice atrial derecho. Tiene una forma de garfio con una conexión angosta al atrio (Figura 25) (ibíd.). Los criterios para identificación del atrio izquierdo son:

- Apéndice angosto con forma de dedo.
- Conexión a las venas pulmonares (no es un criterio absoluto).

(Kastler, 2011)

Ventrículo izquierdo

La sangre entra del ventrículo izquierdo a través de la válvula mitral, la cual tiene una valva anterior grande y una posterior de menor tamaño, cada una con sus cuerdas tendinosas y músculos papilares. La válvula mitral es una válvula activa y no simplemente un tejido móvil (Figura 25). La pared muscular mide cerca de 10 mm de grosor y se engrosa por las trabéculas carnosas. El suave tracto de salida es el vestíbulo aórtico, correspondiente a la parte membranosa del septum interventricular, llevando hacia la válvula aórtica con sus dos valvas posteriores y su valva anterior. El patrón trabeculado de los músculos pectíneos en las aurículas y las trabéculas carnosas en los ventrículos son medios de ganancia de poder, sin llevar a un excesivo adelgazamiento de la pared (Figura 25). Un solo músculo papilar tiene cuerdas tendinosas separadas hacia dos valvas adyacentes, lo cual ayuda a realizar el movimiento juntos y así prevenir la eversión valvular durante la sístole (Whitaker, 2010).

El ventrículo izquierdo normalmente está situado hacia la izquierda y anteriormente, tiene una forma cónica elipsoidal, y el miocardio es normalmente de un mayor grosor

que el ventrículo derecho. Tiene dos paredes externamente convexas, la pared septal derecha y la pared izquierda libre, la cual es mucho menos trabeculada que la superficie del endocardio derecho. La base está ocupada enteramente por los anillos mitral y aórticos, los cuales son continuos (Kastler, 2011).

Como el ventrículo derecho, el ventrículo izquierdo comprende una entrada a la cámara (compartimento atrial), un ápex y una cámara de eyección. La válvula mitral se abre hacia el ventrículo izquierdo, es también conocida como válvula bicúspide y se compone de dos valvas cuadrilaterales, la anterior y la posterior, sin inserción de ninguna de estas al septo interventricular. Hay una continuidad mitro-aórtica entre la parte posterior de la raíz aórtica (valva posterior) y la valva anterior de la válvula mitral (Figura 25) (Kastler, 2011).

La ausencia de inserción por parte de la válvula mitral en el septo y la presencia de dos músculos papilares (anterolateral y posteromedial) en la pared libre del ventrículo son componentes característicos del ventrículo izquierdo. La válvula mitral siempre se ubica más posterior que la válvula tricúspide (ibíd.). Los criterios para la identificación del ventrículo izquierdo son:

- La válvula mitral siempre se abre hacia el ventrículo izquierdo, se identifica en una posición más posterior, en comparación a la inserción septal que presenta la válvula tricúspide.
- La presencia de la continuidad mitro-aórtica entre los anillos aórticos y mitrales.
- La presencia de dos músculos papilares (anterolateral y posteromedial), insertados en la pared libre del ventrículo.

(Kastler, 2011)

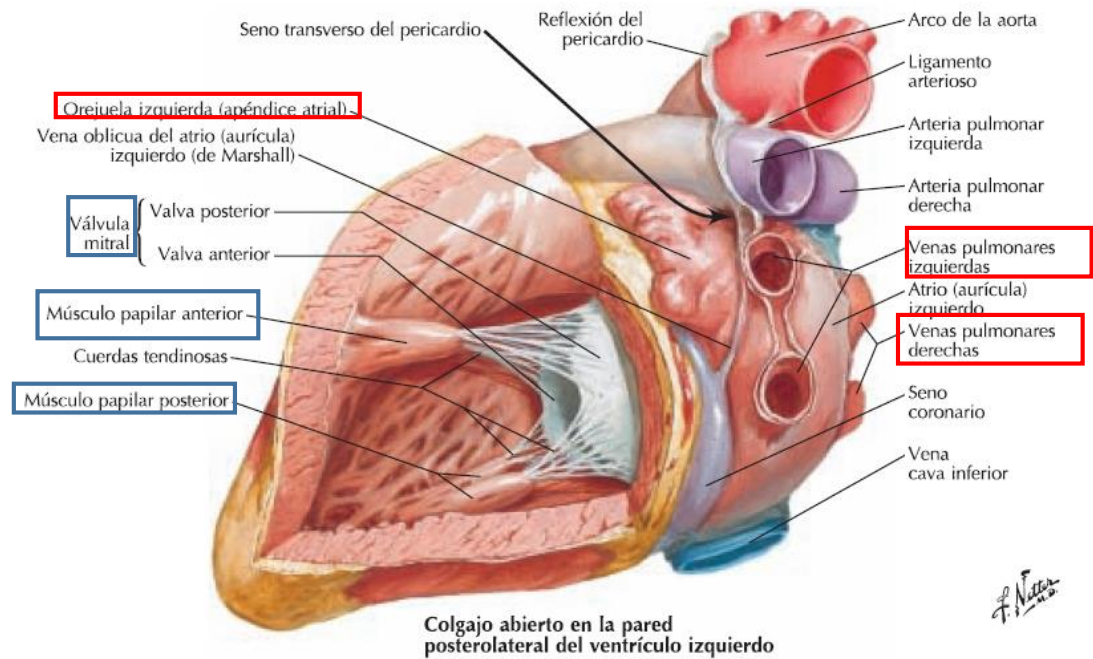


Figura 25. Estructuras que conforman el ventrículo izquierdo. La válvula mitral, la continuidad mitro-aórtica y los músculos papilares anterolateral y posteromedial, insertados en la pared ventricular libre, hacen posible su reconocimiento (cuadros azules). Asimismo, la presencia de la orejuela o apéndice atrial y la unión de las venas pulmonares al atrio izquierdo, permiten la identificación de este (cuadros rojos) (modificado de Netter, 2011).

Aorta

La aorta normalmente emerge desde el ventrículo izquierdo en una posición central, posterior y derecha, en comparación a la arteria pulmonar. Tiene una porción ascendente y una horizontal; usualmente describiendo un arco hacia la izquierda sobre el tronco de la arteria pulmonar. Se encuentra ubicada en un plano vertical, antero-posteriormente oblicuo y de derecha a izquierda. Su porción ascendente está casi enteramente intrapericárdica, contiene el orificio aórtico con sus tres valvas

semilunares: una posterior (no coronariana) y las otras dos anterolaterales derecha e izquierda dando cada un origen, a las arterias coronarias (Figura 26) (Kastler, 2011).

El segmento horizontal da origen a tres arterias: el tronco braquiocefálico, el cual se encuentra anterior a la tráquea, la arteria carótida común izquierda y la arteria subclavia izquierda, lateral al esófago. El istmo de la aorta, situada en el origen de la aorta descendente está localizada entre el origen de la arteria subclavia izquierda y la inserción del ligamento arterioso (ibíd.). Los criterios para la identificación de la aorta son:

- Ausencia de división y el origen los vasos supra aórticos
- Origen de las arterias coronarias
- La continuidad mitro-aórtica entre la parte posterior de la raíz aórtica y la valva anterior de la válvula mitral.

(Kastler, 2011)

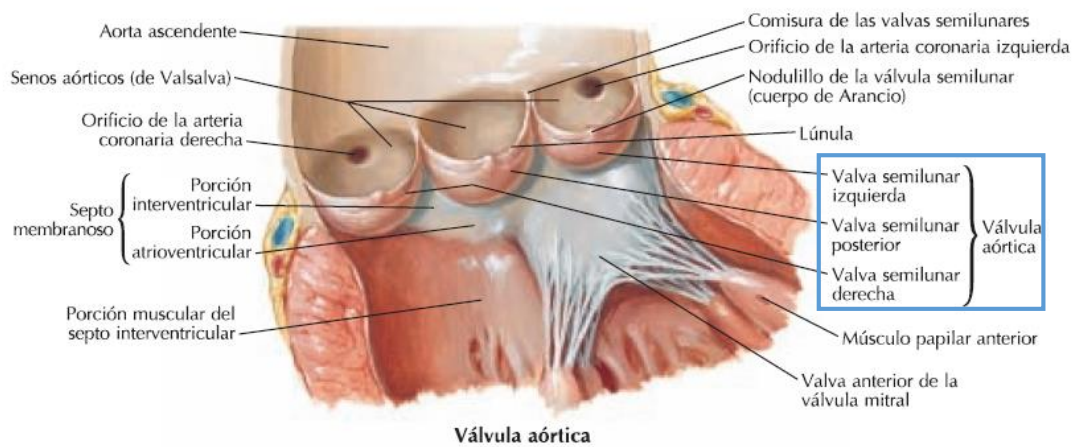


Figura 26. Válvula aórtica compuesta por sus tres valvas semilunares: izquierda, posterior y derecha (modificado de Netter, 2011).

BASES PARA LA UTILIZACIÓN DEL ULTRASONIDO

Ecocardiografía transtorácica enfocada

La ecografía en el punto de atención se define como aquella que se lleva al paciente y que el proveedor realiza en tiempo real. Las imágenes de ultrasonido en el punto de atención se pueden obtener casi de inmediato, y el médico puede usar imágenes dinámicas en tiempo real, lo que permite que los hallazgos se relacionen directamente con los signos y síntomas que presenta el paciente. La ecografía enfocada es fácilmente repetible si la condición del paciente cambia. Es utilizada por diversas especialidades en diversas situaciones y puede dividirse en general en aplicaciones de procedimiento, diagnóstico y detección (Moore & Copel, 2011).

Un examen de ultrasonido en el punto de atención está dirigido a responder una pregunta específica a través de un examen enfocado y dirigido a objetivos y se puede emplear para evaluar la mayoría de los sistemas corporales. Estos difieren de los exámenes de ultrasonido integrales en varios aspectos. Los exámenes al pie del paciente generalmente se emplean para detectar afecciones agudas que pueden poner en peligro la vida, en donde la detección en la cabecera acelera la atención del paciente (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Una evaluación con ultrasonido en el punto de atención requiere menos tiempo, esto debido a su enfoque en un conjunto único o limitado de hallazgos, para una síntoma o síndrome clínico específico. En contraste, los exámenes diagnósticos integrales evalúan minuciosamente todas las estructuras anatómicas relacionadas con un órgano u sistema de órganos. El proceso de ordenar, realizar, interpretar y reportar tales exámenes de ultrasonido exhaustivos generalmente toma horas, mientras que la adquisición e interpretación de los exámenes de ultrasonido enfocado toma minutos, brindando información más inmediata para la toma de decisiones (ibíd.).

Una de las principales preocupaciones con el concepto de una ecocardiografía transtorácica (ETT) enfocada es "perder" o diagnosticar erróneamente una anomalía cardiovascular importante y sus efectos potenciales en el manejo perioperatorio. Los hallazgos incidentales que no están relacionados con la pregunta particular que se hace en una ETT enfocada son comunes y ocurren en hasta el 45% de los pacientes. Los protocolos de imágenes limitadas pueden identificar más del 85% de estos hallazgos en comparación con los ETT formales, lo que respalda su uso en determinadas circunstancias (Cowie, 2009).

La Sociedad Americana de Ecocardiografía recomienda una capacitación integral en la realización de ETT para incluir una formación didáctica, exámenes observados y capacitación práctica. Los exámenes de ETT enfocados, como se usan en los protocolos de examen POCUS (Ultrasonido en el Punto de Cuidado, por sus siglas en inglés), FATE (Evaluación Ecocardiográfica Transtorácica Enfocada, por sus siglas en inglés) y FEEL (Evaluación de Ecocardiografía Enfocada en Soporte Vital, por sus siglas en inglés), entre muchos otros existentes con diversos énfasis según el contexto y el personal relacionado, son exámenes abreviados utilizados para la evaluación hemodinámica. La calidad y el número de imágenes ecocardiográficas necesarias para un examen focalizado difieren de un examen completo, lo mismo que la capacitación necesaria en cada uno de ellos (Neelankavil y otros, 2012).

En el contexto perioperatorio, la sala de operaciones agrega desafíos potenciales a la adquisición de imágenes. Estos incluyen la dificultad para colocar a los pacientes con dolor o cirugía supina; en la posición lateral izquierda, la incisión quirúrgica, ropa quirúrgica, los vendajes y los drenajes pueden limitar algunas de las vistas que se pueden obtener. Asimismo, el electrocauterio quirúrgico puede interferir con las aplicaciones Doppler y las máquinas de anestesia circundantes, los cirujanos y los instrumentos quirúrgicos pueden limitar el acceso de los pacientes. Afortunadamente, los desarrollos en el procesamiento electrónico han convertido las grandes

computadoras ecocardiográficas que pesaban más de 100 kg en computadoras portátiles pequeñas (Cowie, 2010).

La ecocardiografía enfocada siempre debe interpretarse en el contexto de la información hemodinámica disponible y la clínicamente relevante. En consecuencia, una ecocardiografía guiada por metas no es una investigación anatómica; es un estudio fisiológico o evaluación hemodinámica dirigida. La interpretación completa implica vincular los resultados de la ecocardiografía dirigida a la meta con la información hemodinámica y otra información clínica (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014).

El uso del ultrasonido en el punto de atención ha aumentado y se ha extendido rápidamente en los últimos 20 años, se anticipa que todos los proveedores de atención médica (estudiantes, enfermeras, proveedores de atención avanzada y médicos) habrán integrado el ultrasonido en el punto de atención en la práctica clínica. Los sistemas de atención médica en todo el mundo se esfuerzan por brindar atención médica rentable y de alta calidad, y los ultrasonidos en el punto de atención pueden contribuir a lograr estos objetivos, al reducir las complicaciones de los procedimientos, acelerar la atención, disminuir las costosas pruebas complementarias y reducir el uso de tecnologías de imagen que utilicen radiación ionizante. La realización de tales objetivos puede promover el objetivo final de mejorar la satisfacción del paciente y los resultados sanitarios (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Ventanas en la ecocardiografía transtorácica

La ecografía a la cama del paciente comienza con la orientación del operador. Los proveedores deben utilizar un enfoque sistemático para adquirir de forma constante imágenes de alta calidad. Tradicionalmente, los proveedores han realizado exploraciones al lado izquierdo de la cama, similar al examen físico, con la máquina de

ultrasonido directamente frente a ellos; una mano sostiene el transductor en el paciente y la otra opera la máquina de ultrasonido. (Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

Los médicos pueden pararse en el lado derecho de la cama cuando escanean el corazón debido a la posición del corazón en el hemitórax izquierdo. La altura de la cama del paciente y la posición de la máquina de ultrasonido deben ajustarse para optimizar la comodidad del paciente y del operador. La máquina debe estar cerca de la cama para poder alcanzar los controles y el transductor debe sostenerse con la misma mano, ya sea izquierda o derecha, para ayudar a desarrollar hábitos y memoria muscular consistentes (ibíd.).

Durante la evolución temprana de la ecografía diagnóstica, desde cerca de la década de 1940 hasta la década de 1970, la imagen médica general y la ecografía cardíaca desarrollaron convenciones independientes para mostrar imágenes en la pantalla. En ambas convenciones, la parte superior de la pantalla se corresponde con la cara de la sonda. Las estructuras superficiales se ven en la parte superior de la imagen y las estructuras más profundas se ven en la parte inferior. La estructura de interés debe mantenerse en el centro de la pantalla para obtener la mejor resolución de imagen con la mayoría de las máquinas de ultrasonido portátiles (Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

La ecografía cardíaca, por otro lado, utiliza como convención el marcador del transductor correspondiente al lado derecho de la pantalla. Esta orientación se mantiene en todas las imágenes de ultrasonido cardíaco, independientemente de la posición del transductor (ibíd.).

Se debe emplear una baja frecuencia para una penetración adecuada de las estructuras cardíacas. Los transductores con una frecuencia más alta tienen una mejor resolución a expensas de la penetración más profunda del tejido, mientras que los transductores con una frecuencia más baja tienen una mejor penetración a expensas de una resolución más alta. La "huella" o tamaño de la cabeza del transductor de baja frecuencia está

diseñada para ser lo suficientemente pequeña como para adaptarse mejor entre los espacios intercostales (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014).

El transductor se debe sostener sin apretar, en la mano de exploración, como un bolígrafo, con el pulgar y el índice. Los dedos restantes se pueden sostener contra el transductor o extenderse sobre el cuerpo del paciente para anclar el transductor y mantener la ubicación y la estabilidad (Soni, Arntfield, & Kory, 2015). Este agarre mejora la comodidad del paciente al minimizar la presión aplicada con el transductor y permite un mejor control del operador para realizar ajustes precisos. Todos los transductores tienen una muesca o marcador en un lado que corresponde con el marcador de la pantalla para la orientación (ibíd.).

Ajustes iniciales

La profundidad aumenta de 20 a 24 cm para identificar el derrame pericárdico y el hallazgo incidental de derrame pleural; seguidamente, se debe disminuir la profundidad de 14 a 16 cm para obtener una imagen cardíaca de pantalla completa. Seguidamente, se debe ajustar el control de "enfoco" a la anatomía de la imagen para una mejor resolución; la ganancia debe ajustarse para ver claramente los bordes endocárdicos (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014).

Se deben apagar las luces de la habitación y colocar al paciente. Con mayor frecuencia, los pacientes se colocan en posición supina (Figura 27), pero la posición varía con el tipo de examen (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

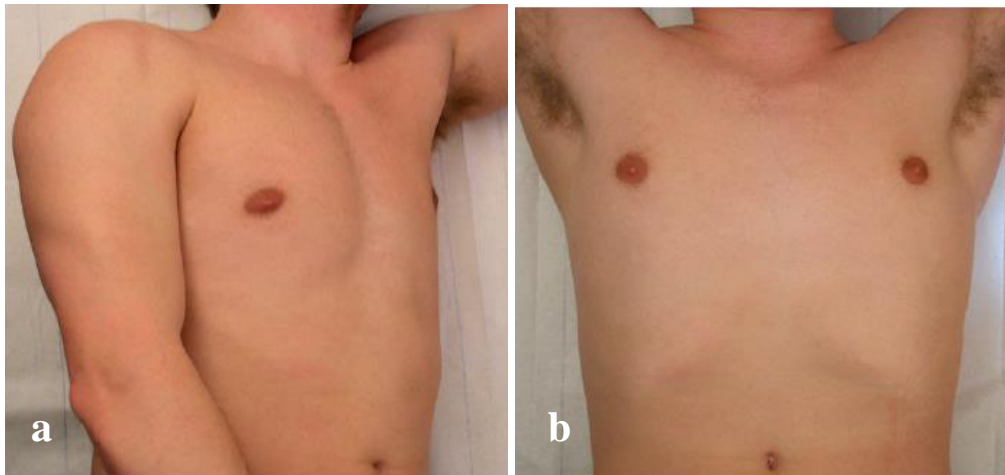


Figura 27. Posiciones en la cuales se puede realizar la evaluación ecocardiográfica según la aproximación buscada: a) decúbito lateral izquierdo para las ventanas paraesternal y apical. b) Decúbito supino para la ventana subcostal (modificado de Boehmeke & Doliva, 2006).

Se recomienda centrarse en lograr la habilidad en cinco vistas cardíacas centrales: eje largo paraesternal, eje corto paraesternal (nivel ventricular medio), 4 cámaras apical, 4 cámaras subcostal y vena cava subcostal inferior (VCI) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

En el corazón, los planos de imagen se nombran en relación con los ejes del corazón, y cuatro planos se describen convencionalmente: eje largo, eje corto, cuatro cámaras y dos cámaras. El plano del eje largo divide el corazón verticalmente desde el ápice ventricular izquierdo hasta la válvula aórtica (VAo) en la base del corazón y el plano del eje corto es perpendicular al eje largo y genera secciones transversales de los ventrículos (Figura 28). De manera similar, el plano de 4 cámaras se extiende desde el ápice hasta la base del corazón, pero biseca la válvula tricúspide (VT) y la válvula mitral (VM). El plano dos cámaras es perpendicular al plano de cuatro cámaras, entre los ejes largos y cortos del corazón (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

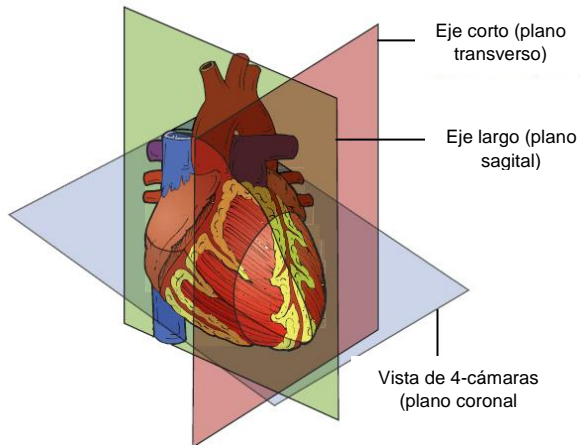


Figura 28. Planos descritos en la evaluación de imágenes cardíacas: eje largo, eje corto, 4 cámaras y 2 cámaras. El eje largo corta en dos partes iguales el corazón de forma longitudinal desde el ápex ventricular izquierdo hacia la válvula aórtica y el eje biseca de forma transversal el corazón. El plano 4 cámaras desde el ápex hasta la base del corazón, bisecando las válvulas mitral y tricuspídea (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Desde una perspectiva POCUS, se deben dominar cinco vistas de imágenes que permiten responder a la gran mayoría de las preguntas clínicamente relevantes:

1. Vista del eje largo paraesternal (PLAX)
2. Vista del nivel del ventrículo medio paraesternal (PSAX)
3. Vista apical de 4 cámaras (A4C)
4. Vista subcostal de 4 cámaras (S4C)
5. Vista subcostal vena cava inferior (VCI)

(Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

1. Ventana paraesternal

La adquisición de imágenes tradicionalmente comienza en la ventana paraesternal. Su principal ventaja reside en la capacidad de adquirir imágenes de alta calidad en la mayoría de los pacientes, sin importar su posición. Idealmente, el paciente debe estar en posición supina y puede rotarse parcial o totalmente a una posición de decúbito lateral izquierdo para aproximar el corazón a la pared torácica (Figura 29a). La mayoría de los pacientes críticamente enfermos no pueden colocarse en una posición de decúbito lateral izquierdo completo, pero las imágenes satisfactorias generalmente se pueden obtener desde una posición supina o semirota (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

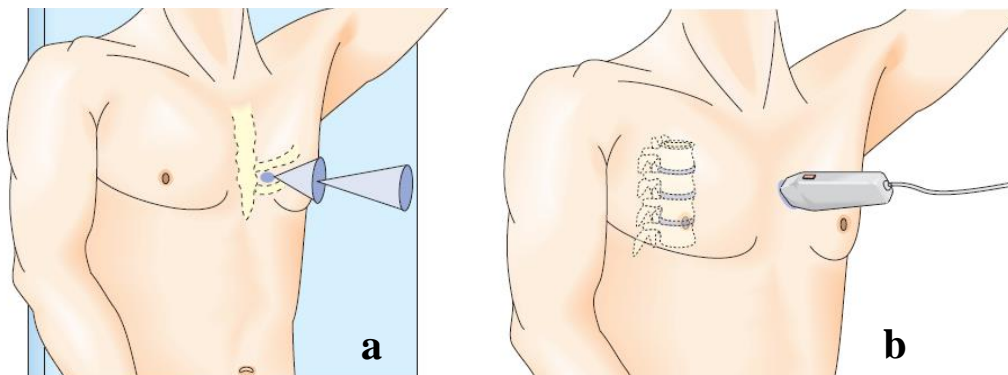


Figura 29. a) Posición en decúbito lateral izquierdo con el brazo colocado hacia atrás de la cabeza. La ventana se ubica en el cuarto espacio intercostal a la izquierda del esternón. b) Se orienta el transductor perpendicular a la columna (modificado de Boehmeke & Doliva, 2006).

Se debe colocar un transductor de disposición en fase inmediatamente a la izquierda del esternón en el tercer o cuarto espacio intercostal con el marcador de orientación del transductor apuntando hacia el hombro derecho del paciente (Figura 29b). La ventana óptima puede ubicarse en cualquier lugar entre los espacios intercostales segundo y quinto, y los proveedores deben deslizar el transductor hacia un espacio intercostal por encima o por debajo de la posición actual si no se pueden obtener imágenes de calidad. El transductor debe mantenerse en posición en el borde esternal izquierdo en todo momento (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

i) Eje largo paraesternal

Técnica de exploración

Desde la posición paraesternal, la sonda del ultrasonido debe colocarse de modo que el marcador de orientación del transductor apunte hacia el hombro derecho del paciente. El haz de ultrasonido debe colocarse paralelo a una línea que va desde el hombro derecho del paciente hasta su cadera izquierda. Las imágenes obtenidas representarán secciones transversales anatómicas a través del eje largo del corazón, con la parte apical a la izquierda de la pantalla y la base a la derecha (Soni, Arntfield, & Kory, 2015) (Figura 30).

El ventrículo derecho (VD) se ve anterior, proyectado en la parte superior de la pantalla. La vista ideal se obtiene una vez que tanto la VAo como la VM se visualizan claramente y se colocan justo a la derecha del centro de la pantalla. La ligera rotación del transductor abre la cavidad ventricular izquierda en toda su extensión, evitando la tendencia a acortar la cavidad (ibíd.).

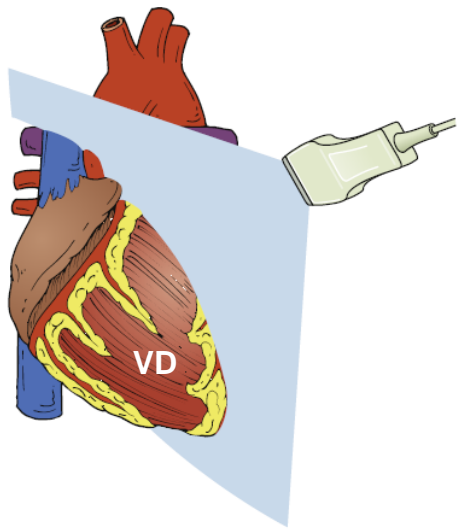


Figura 30. Proyección del haz de ultrasonido en el eje largo paraesternal. El ventrículo derecho está anterior, por lo que en la imagen de la pantalla se ubicará en la parte superior (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Es posible que se requiera una inclinación sutil adicional para optimizar la imagen. Si no se puede lograr una imagen de buena calidad, puede ser útil deslizar la posición del transductor hacia arriba o hacia abajo en un espacio intercostal y comenzar de nuevo. Alternativamente, el paciente puede ser reposicionado, donde con frecuencia es útil voltearlo hacia la posición de decúbito lateral izquierdo. También se puede pedir a los pacientes (si cooperan) que regulen conscientemente su ciclo respiratorio, en la búsqueda de obtener las imágenes al final de la inspiración o al final de la espiración (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Estructuras valorables

Las estructuras clave que deben identificarse en la vista del eje largo paraesternal son: la VAo, la VM, el ventrículo izquierdo (VI), el pericardio (tanto anterior como posterior al corazón), el VD, el tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI) y las porciones

ascendente y descendente de la aorta torácica (Figura 31) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

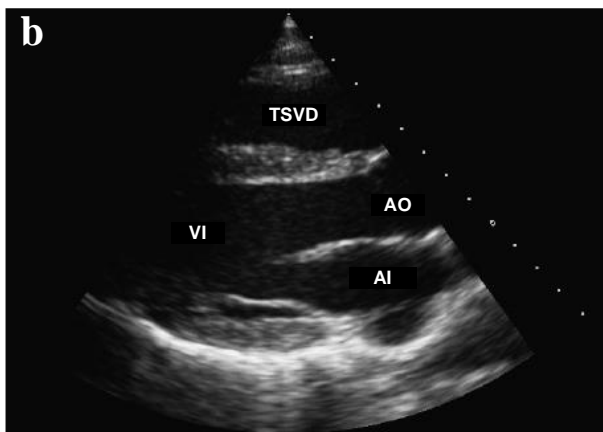
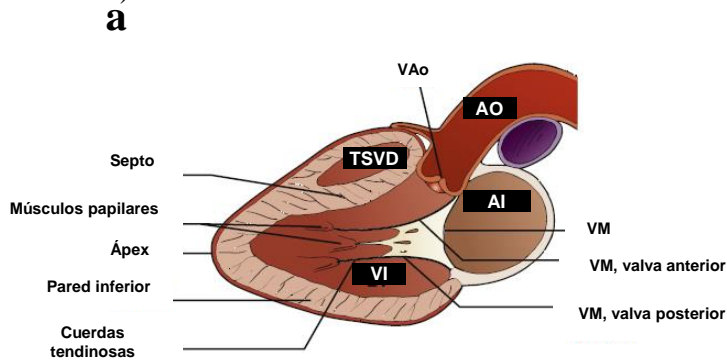


Figura 31. a) Identificación de las diferentes estructuras en la ventana paraesternal eje largo. b) Imagen con ecocardiografía 2D y sus estructuras correspondientes. TSVD: tracto de salida del ventrículo derecho, AO: Aorta (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

En el contexto del POCUS, la vista del eje largo paraesternal se utiliza principalmente para evaluar el tamaño y la función del ventrículo izquierdo, las válvulas aórtica y mitral y el tamaño de la aurícula izquierda. Aunque las imágenes se limitan a la visualización de las paredes del VI anteroseptal e inferolateral, la función sistólica del ventrículo izquierdo generalmente se puede evaluar con precisión en esta vista. También se pueden detectar derrames pericárdicos, especialmente cuando son

circunferenciales (Tabla 2). No se recomienda la evaluación del VD debido a su dificultad para la visualización completa de este. La vista de eje largo paraesternal proporciona información básica relacionada con la evaluación de las válvulas aórtica y mitral y permite la evaluación de la obstrucción dinámica a nivel del TSVI (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Tabla 2. Utilidad del eje largo paraesternal.

Tamaño y función del ventrículo izquierdo
Valoración de la VAo y VM
Tamaño atrio izquierdo
Función sistólica VI
Evaluación de derrame pericárdico

Fuente: Soni, Arntfield, & Kory (2015).

ii) Eje corto paraesternal

Técnica de exploración

La forma más rápida de obtener imágenes de eje corto de alta calidad a partir de la ventana paraesternal, es comenzar con una imagen de eje largo paraesternal de alta calidad. El transductor está centrado sobre la VM en una vista de eje largo paraesternal, y luego se gira 90 grados en el sentido de las agujas del reloj para apuntar el marcador de orientación del transductor hacia el hombro izquierdo del paciente (Figura 32). Se debe tener cuidado para evitar deslizar el transductor en una posición diferente sobre el pecho y se deben usar dos manos para una transición suave de las vistas de eje largo a eje corto, con una mano girando el transductor y la otra mano estabilizando el transductor en la superficie de la piel (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

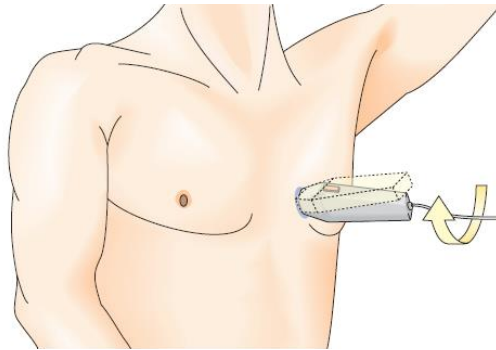


Figura 32. Rotación del transductor para la evaluación del eje corto paraesternal, ubicando el marcador hacia el hombro izquierdo del paciente (modificado de Boehmeke & Doliva, 2006).

Estructuras valorables

Cinco planos de imagen diferentes conforman la vista del eje corto paraesternal. Para el fin del POCUS, la mayoría de los proveedores prefieren el nivel ventricular medio por su representación confiable de la función sistólica del VI global (Figura 33). Una visión del eje corto paraesternal medio del ventrículo se logra cuando ambos músculos papilares se visualizan en sección transversal y aparecen simétricos. Es importante rotar el transductor lo suficiente para obtener una imagen transversal real de la cavidad del VI que parece circular. Una cavidad ventricular izquierda de forma ovalada indica una imagen tomada fuera del eje o un acortamiento; esto puede llevar a una interpretación errónea de la función sistólica del VI o del movimiento regional de la pared (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

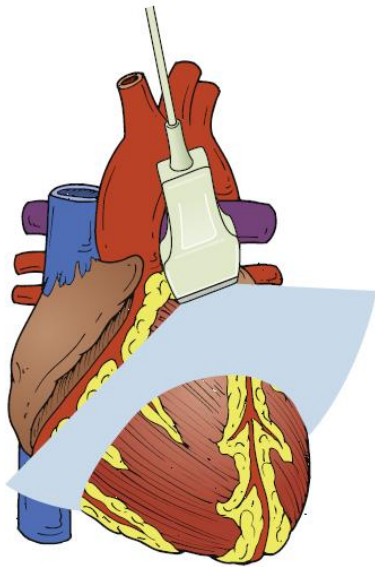


Figura 33. Ángulo de insonación del haz de ultrasonido en la ventana paraesternal eje corto, más anterior se ubican los ventrículos derecho e izquierdo (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

La vista ventricular media del eje corto es ideal para evaluar la función sistólica del VI global y el movimiento segmentario de la pared del VI. Esta vista también ayuda a evaluar la forma y función del tabique interventricular en el contexto de la dilatación y disfunción del VD. Asimismo, se visualizan bien los derrames pericárdicos de tamaño grande o moderado (Figura 34 y **Tabla 3.** Utilidad del eje corto paraesternal. Tabla 3) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

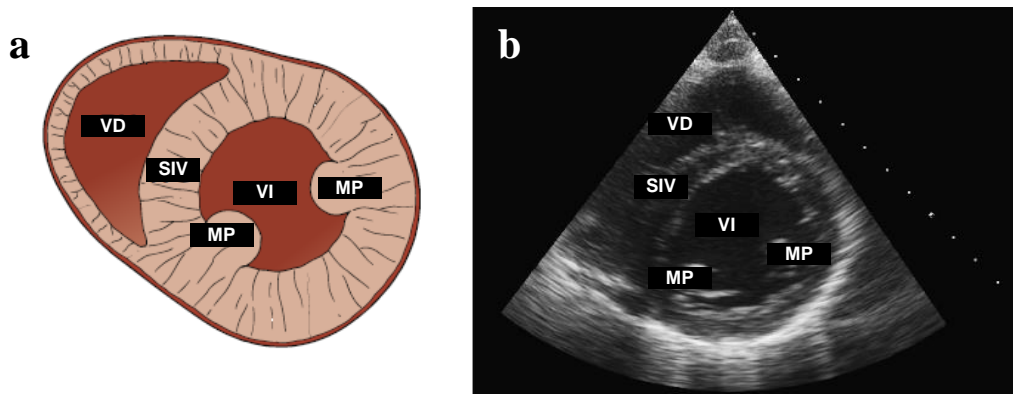


Figura 34. Estructuras evaluables en el eje corto paraesternal. VD, SIV (Septo interventricular), VI, MP (Músculo papilar) (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Tabla 3. Utilidad del eje corto paraesternal.

Función sistólica global y segmentaria del VI
Forma y función del tabique interventricular
Derrames pericárdicos de moderados a grandes

Fuente: Soni, Arntfield, & Kory (2015).

2) Eje apical

En general, adquirir imágenes de calidad adecuada desde la ventana apical es más desafiante que las ventanas paraesternales o subcostales. Idealmente, los pacientes deben colocarse en una posición de decúbito lateral izquierdo o, al menos, en posición supina, con un poco de rotación hacia la izquierda (Figura 35). Se pueden intentar vistas apicales en pacientes críticamente enfermos, sin colocarlos en la posición de decúbito lateral izquierdo, pero puede ser difícil obtener imágenes de alta calidad. En pacientes obesos o con ventilación mecánica, a veces no es posible adquirir imágenes apicales interpretables (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

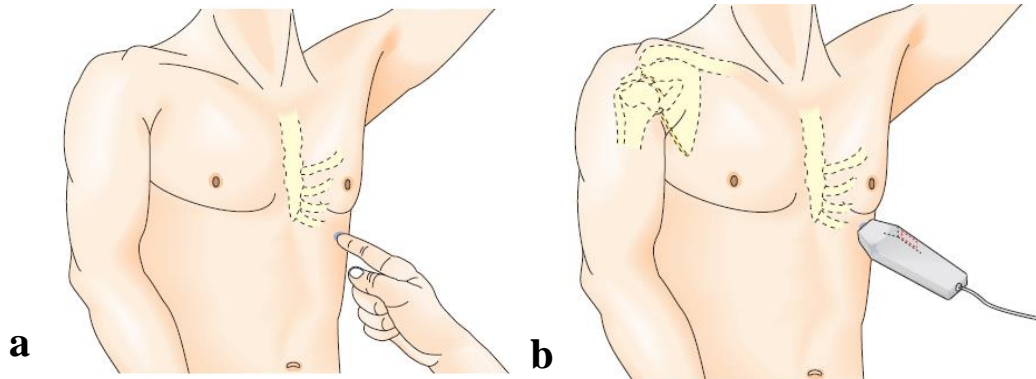


Figura 35. a) Para localizar el espacio para evaluar la ventana apical debe palparse el choque de punta del corazón. b) Se colocar el transductor sobre este espacio y se dirige el marcador hacia el hombro derecho (modificado de Boehmeke & Doliva, 2006).

i. Eje apical cuatro cámaras

Técnica de exploración

La colocación del transductor en el vértice del VI es fundamental para obtener imágenes precisas desde la ventana apical, y su posición puede variar significativamente entre los pacientes. En general, el vértice se encuentra justo en la región ínfero-lateral del pezón izquierdo, en los hombres, y debajo del cuadrante ínfero-lateral del seno izquierdo en las mujeres. Un método consiste en deslizar el transductor ínfero-lateralmente sobre el tórax desde la posición del eje corto paraesternal hacia el vértice. Una vez que se identifica la ventana acústica apical, el transductor se inclina abruptamente con el haz de ultrasonido dirigido hacia el hombro derecho del paciente (Figura 36). El marcador de orientación del transductor debe apuntarse hacia el lado izquierdo del paciente (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

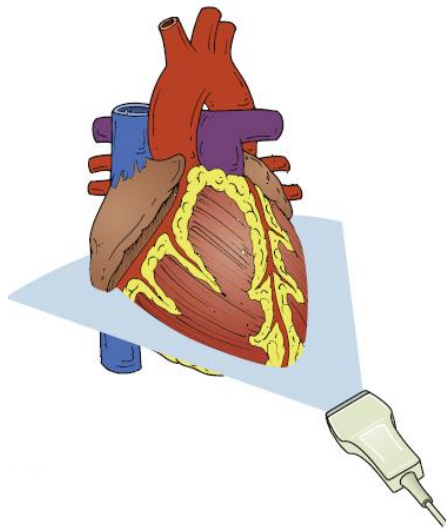


Figura 36. Relación del haz de ultrasonido del transductor y el corazón, en la evaluación de la ventana apical 4 cámaras (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

El transductor debe oscilar hacia la izquierda o hacia la derecha para alinear el corazón en una posición vertical en la pantalla. El tabique interventricular debe estar perfectamente vertical y en el centro de la pantalla. Es posible que el transductor deba girarse levemente para que las cavidades del VI y VD se visualicen en una verdadera sección transversal longitudinal. Pueden llegar a necesitarse ajustes sutiles de la posición del transductor para optimizar la vista de la cavidad del VI, específicamente para evitar el acortamiento. Este acortamiento se produce comúnmente en la ventana apical cuando el transductor no está sobre el ápex verdadero, lo cual puede llevar a ver un corazón que parece corto y globular en lugar de largo y ovalado (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Estructuras valorables

La vista apical de 4 cámaras puede proporcionar una gran cantidad de información clínica. Esta vista permite evaluar la función sistólica del VD y el tamaño en relación con el VI. Se puede evaluar la VM y el VT y también se puede detectar el fluido

pericárdico. La evaluación adecuada de la función sistólica del VI global es generalmente posible, aunque solo se visualizan las paredes anterolateral e inferoseptal (Figura 37 y Tabla 4) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

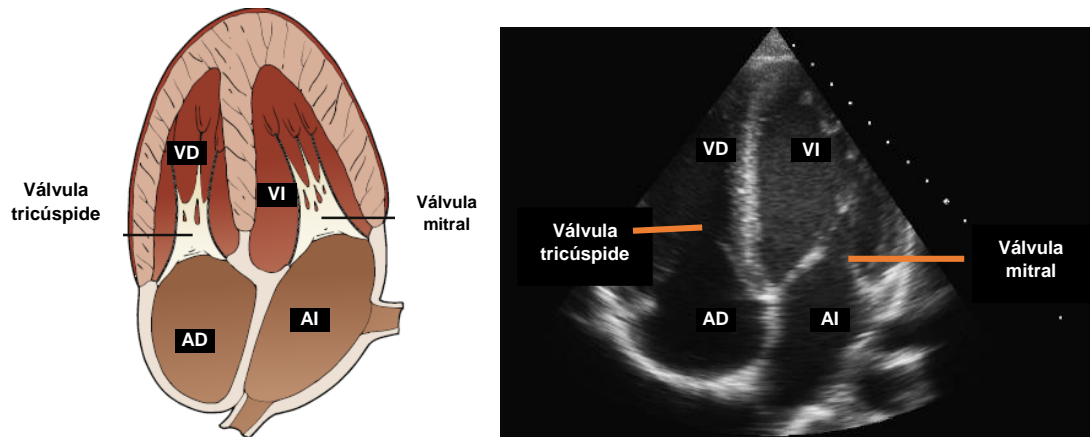


Figura 37. Estructuras evaluables en la ventana apical 4 cámaras (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Tabla 4. Principales aplicaciones de la evaluación ecocardiográfica en la ventana apical.

Evaluación de la función sistólica del VD
La relación del VD y VI
Evaluación de la VM y VT
Detección de fluido pericárdico
Una adecuada evaluación de la función sistólica global del VI

Fuente: Soni, Arntfield, & Kory (2015).

3) Eje subcostal

Se ha considerado tradicionalmente como una ventana de imagen limitada en la ecocardiografía, pero en el contexto del POCUS puede proporcionar información de alto rendimiento rápidamente, sobre todo en pacientes con enfermedades graves. La ventana subcostal ofrece varias ventajas:

- El posicionamiento supino es favorable para la imagen subcostal.
- Los puntos de referencia de la superficie son confiables, lo que permite una rápida adquisición de imágenes en la mayoría de los casos.
- En situaciones de emergencia, como durante un paro cardíaco, se pueden obtener imágenes de ultrasonido sin interferir con los esfuerzos de reanimación.
- En pacientes con pulmones hiperinsuflados, debido a alguna enfermedad pulmonar crónica o a ventilación mecánica, hay desplazamiento hacia abajo del corazón, que resulta ser ideal para obtener imágenes desde la ventana subcostal.
- Puede diagnosticarse de manera efectiva el taponamiento pericárdico y la disfunción grave del VD, a través de la ventana subcostal.
- La hipovolemia y la disfunción sistólica del VI, dos afecciones clínicas comunes, pueden diagnosticarse con adecuada frecuencia a través de esta ventana.

(Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

Técnica de exploración

El transductor se coloca inmediatamente debajo del proceso xifoides en la línea media con el marcador de orientación del transductor apuntando hacia el lado izquierdo del paciente. El transductor debe presionarse con firmeza, casi aplanado, bajo el proceso xifoides (Figura 38a). En algunos pacientes, se requiere una cantidad significativa de presión y se debe advertir a los pacientes sobre la incomodidad. El haz de ultrasonido debe apuntar hacia arriba, hacia el corazón y detrás del esternón (Figura 38b) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

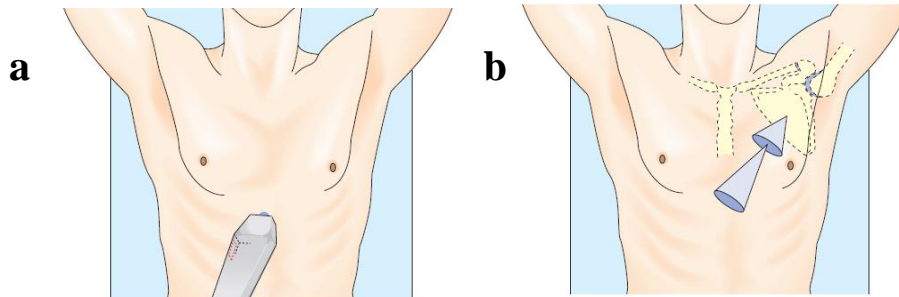


Figura 38. a) Para la evaluación de la ventana subcostal el transductor se coloca inmediatamente inferior al proceso xifoides o en la región subcostal izquierda. b) con el eje del ultrasonido dirigida hacia el hombro izquierdo (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Estructuras valorables

Una vez que el corazón está a la vista en la ventana subcostal, la rotación sutil, la inclinación y el balanceo del transductor pueden ayudar a obtener una vista óptima de 4 cámaras (Figura 39). Idealmente, el VD, el VI, el AD, el AI y el pericardio deben visualizarse en sección transversal a lo largo del eje longitudinal del corazón (Figura 40). La vista subcostal de 4 cámaras permite la evaluación de la función sistólica del VD y la visualización de la pared libre del VD, que está limitada en otras vistas. Se pueden comparar los tamaños relativos de las cámaras del VD y VI. La ventana subcostal tiene una alta sensibilidad para evaluar el derrame pericárdico, específicamente las porciones adyacentes al VD y la AD, y es ideal para evaluar el colapso diastólico de cualquiera de las cámaras en el taponamiento cardíaco (Tabla 5). En muchos pacientes, se puede adquirir una vista razonable del VI, similar a una vista apical de 4 cámaras (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

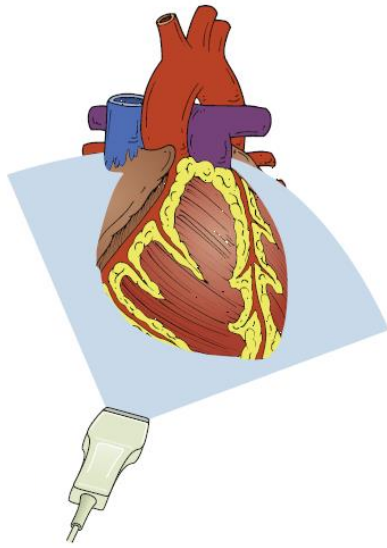


Figura 39. Ángulo de corte del haz de ultrasonido sobre el corazón en la evaluación de la ventana subcostal 4 cámaras (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

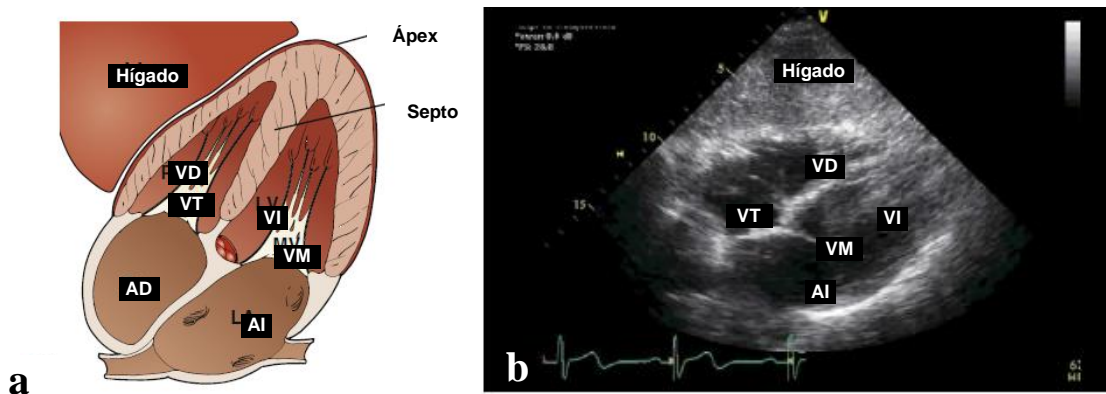


Figura 40. Vista de 4 cámaras en el eje subcostal con sus estructuras señaladas (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Una vista subcostal de 4 cámaras generalmente permite evaluaciones rápidas de la función sistólica del VI global y es suficiente para guiar el manejo inicial en situaciones emergentes (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Tabla 5. Aplicaciones de la evaluación ecocardiográfica en la ventana subcostal.

Evaluación de la función sistólica del VD
Alta sensibilidad en la evaluación del derrame pericárdico
Identificación del colapso diastólico por taponamiento cardíaco
Función sistólica global del VI

Fuente: Soni, Arntfield, & Kory (2015).

4) *Ventana subcostal vena cava inferior*

Desde la ventana subcostal, se puede obtener una vista longitudinal de la vena cava inferior (VCI) para guiar el manejo de fluidos. La distensión y la colapsabilidad de la VCI se correlacionan con la presión auricular derecha y pueden ayudar a determinar si un paciente responderá favorablemente a una prueba de fluidos. Se obtiene una vista subcostal de la VCI comenzando con una vista subcostal de 4 cámaras, girando el transductor 90 grados hacia la izquierda para señalar el transductor; luego, se coloca el marcador con orientación cefálica y se inclina el transductor para apuntar el haz de ultrasonido hacia atrás (Figura 41a) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Para realizar una evaluación precisa de la variación respiratoria de la VCI, se requiere una verdadera sección transversal longitudinal del diámetro máximo de la VCI, medida distal a la vena hepática: unión de VCI (o 2 cm desde la unión de VCI-AD) (Figura 41b). Puede requerirse una ligera rotación del transductor para alinearlo con la VCI longitudinalmente (ibíd.).

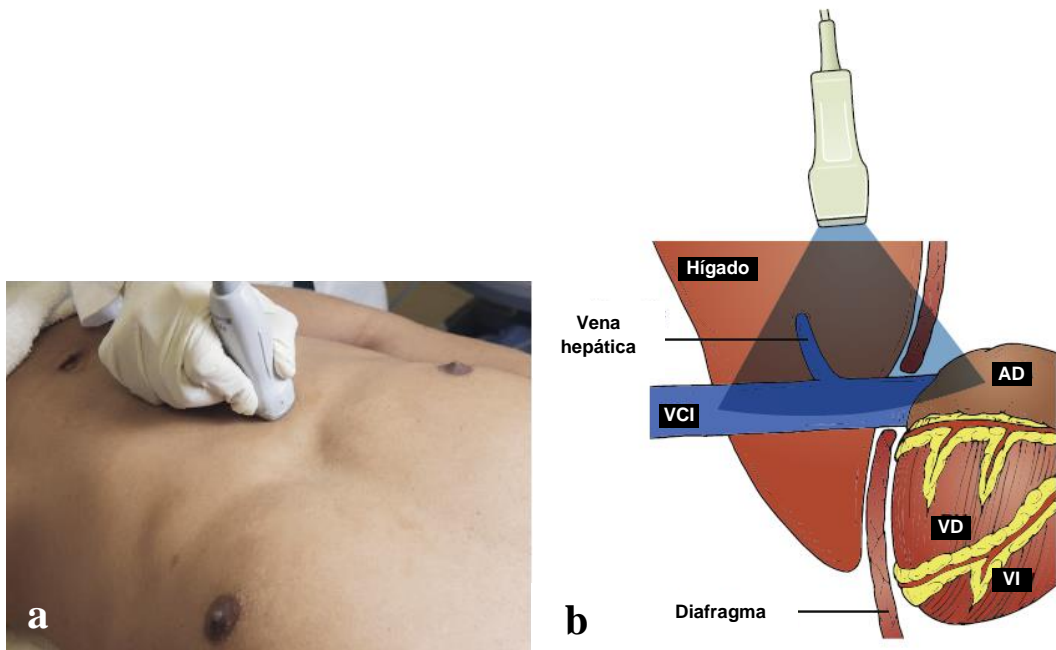


Figura 41. a) Colocación del transductor sectorial con el marcador hacia cefálico. b) Relación del haz de ultrasonido sobre las estructuras a evaluar (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Una vista de eje largo subcostal VCI ideal muestra el vaciado de la vena hepática en la VCI, junto con la propia VCI que drena en el AD (Figura 42). Esto ayuda a evitar el error común de confundir la aorta abdominal con la VCI. Aunque la aorta abdominal suele estar más calcificada, pulsátil, rodeada de grasa retroperitoneal y localizada medial a la VCI, puede confundirse fácilmente con la VCI durante una evaluación rápida junto a la cama (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

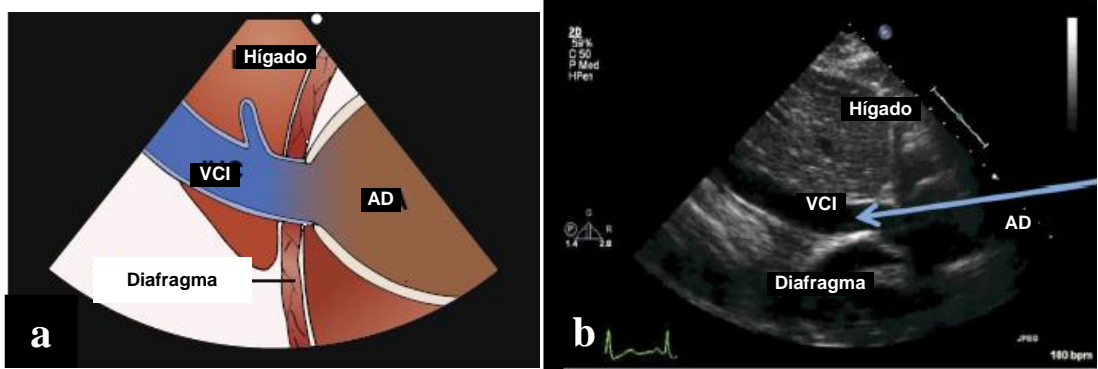


Figura 42. Estructuras a identificar en la vista subcostal para la evaluación de la vena cava inferior (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

UTILIDAD DE LA ECOCARDIOGRAFÍA TRANSTORÁCICA EN EL PREOPERATORIO

Una valoración cardíaca preoperatoria precisa, que determine el riesgo, puede ser de utilidad en diversos escenarios; por ejemplo, puede ayudar en la toma de decisiones acerca de la necesidad de la cirugía. Asimismo, la estimación del riesgo puede guiar la toma de decisiones en cuanto el mejor abordaje para el paciente, así como sobre la monitorización en el trans y en el postoperatorio (Duceppe, y otros, 2016).

Los centros que cuentan con una clínica de admisión previa administrada por personal de anestesia, donde un anestesiólogo o un residente de anestesia atienden a todos los pacientes mucho antes de la fecha de la cirugía, pueden tener más oportunidades de detectar patologías cardiovasculares en la evaluación inicial; esto se traduce en tiempo para la derivación a un examen formal (Cowie, 2009).

La ecocardiografía transtorácica (ETT) es una investigación no invasiva que se realiza con frecuencia para investigar patología cardíaca. Los factores de riesgo cardíaco establecidos para la mortalidad postoperatoria diagnosticada por ETT incluyen: estenosis aórtica grave, hipertensión pulmonar, hipertrofia ventricular izquierda, disfunción ventricular izquierda y regurgitación mitral (ibíd.). Sin embargo, el acceso a una ETT formal es variable y en muchos centros puede haber un tiempo de espera prolongado, debido a una alta demanda y disponibilidad reducida, llevando a interferencias potenciales con el flujo de trabajo quirúrgico (Canty, Royse, Kilpatrick, Bowman, & Royse, 2012).

En estudios realizados se ha intentado implementar la valoración en poblaciones específicas, principalmente adultos mayores. Estos han mostrado disminución en la mortalidad a 30 días y a 12 meses, si son comparados al grupo control; sin embargo, a pesar de que sus resultados no son concluyentes, sí se ha observado que esta práctica

es realizable y es un campo de mucha promesa en el futuro de la anestesiología (Barber & Fletcher, 2014).

No hay evidencia que soporte la valoración ecocardiográfica preoperatoria de rutina previa a una cirugía no cardíaca. No obstante si un paciente requiere una cirugía urgente o electiva y en su valoración clínica hay algo que sugiera enfermedad cardíaca severa, se debe realizar una valoración ecocardiográfica que permita determinar el grado de severidad y el tipo de patología estructural (Duceppe, y otros, 2016); esto tomando en cuenta que un procedimiento quirúrgico implica una alta producción de catecolaminas y un cambio en el tono vascular durante la cirugía puede predisponer a estos pacientes a condiciones hemodinámicas inestables (Cho, y otros, 2014).

Incluso en los mejores centros, la naturaleza única de la práctica de la anestesia con cambios repentinos en la fisiología del paciente en el quirófano y la Unidad de Cuidados Postanestésicos (UCPA) implica que tener anestesiólogos con cierta capacidad de ETT es invaluable. (Cowie, 2009). La ecocardiografía transtorácica puede ayudar a excluir patología significativa, evitando de esta forma retrasos o la realización innecesaria de estudios adicionales, interconsultas, monitoreo invasivo y manejo postoperatorio en unidades de cuidado intensivo, reduciendo así la carga de trabajo de algunos departamentos como cardiología y cuidados intensivos (Canty & Royse, 2009).

En procedimientos urgentes, se recomienda emprender una evaluación del riesgo cardíaco si hay hallazgos en el examen físico que sugieran enfermedad cardíaca obstructiva severa, hipertensión pulmonar severa o una condición cardiovascular inestable. Sin embargo, la evidencia determina que en pacientes que requieren cirugía de emergencia, no debe haber un retraso de esta por la búsqueda de evaluación del riesgo cardíaco preoperatorio (Duceppe, y otros, 2016).

Las complicaciones cardíacas mayores son una causa importante de morbilidad y mortalidad seguido a una cirugía mayor o cirugía de emergencia. La estratificación del

riesgo con la utilización de índices, procura determinar cuáles pacientes tienen mayor probabilidad de enfrentar eventos adversos en el período perioperatorio (Barber & Fletcher, 2014). En condiciones adversas, donde se necesita una intervención quirúrgica rápida en un paciente con factores de riesgo para enfermedad cardiovascular, permite su identificación y manejo acorde, para la disminución de complicaciones cardíacas mayores.

Las condiciones clínicas en las que se puede emplear la evaluación mediante una ecocardiografía cardiovascular enfocada incluyen, pero no se limitan a: alteraciones hemodinámicas, sospecha de enfermedad valvular / soplos en el examen físico, la evaluación de la función ventricular, disnea / hipoxemia o una capacidad funcional deficiente (tolerancia al ejercicio limitada y dificultad para realizar actividades de la vida diaria) (Cowie, 2009 y 2010; Canty & Royse, 2009).

Si bien la capacidad de detectar anomalías a la cabecera del paciente con un examen focalizado es inferior a la de un estudio completo, la ecocardiografía guiada por metas permite la detección de patologías cardíacas con mayor precisión que la evaluación tradicional mediante la exploración física junto a la cama del paciente. Además, al ser un método no invasivo, se puede obtener información adicional sin riesgo para el paciente (Canty & Royse, 2009 y 2010; Canty, Royse, Kilpatrick, Bowman, & Royse, 2012). Incluso cuando es usado por médicos sin entrenamiento ecocardiográfico formal, el examen focalizado es superior a la exploración física para la detección de anomalías cardíacas, incluyendo agrandamiento del VI, disfunción sistólica del VI, agrandamiento del AD, hipertrofia del VI, derrame pericárdico y elevación de la presión del AD (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Un estudio retrospectivo reciente sugirió que la ecocardiografía preoperatoria no se asoció con una mejor supervivencia o una menor estancia hospitalaria después de una cirugía mayor no cardíaca. No está claro si la ecocardiografía de rutina antes de la cirugía agrega valor incremental al riesgo clínicamente determinado. Sin embargo, los

datos actuales apoyan la idea de que el uso de la ecocardiografía enfocada, cuando se agrega a la evaluación clínica con una indicación clínica apropiada, proporciona información de pronóstico adicional. Los pacientes con un ecocardiograma completamente normal, soplos de flujo, insuficiencia valvular aislada y esclerosis aórtica tienen un riesgo muy bajo de eventos cardíacos adversos graves, incluso cuando se someten a cirugía de riesgo intermedio y alto, y cuando están clasificados como ASA de clase 3 o 4 (Cowie, 2012).

Los hallazgos incidentales que no están relacionados con la pregunta particular que se hace en un ETT enfocado son comunes y ocurren en hasta el 45% de los pacientes. Los protocolos de ETT enfocados pueden identificar más del 85% de estos hallazgos en comparación con los ETT formales, lo que respalda su uso en determinadas circunstancias (Cowie, 2009).

Al detectarse una anomalía hemodinámica o valvular clínicamente importante (o empeoramiento de una anomalía conocida) en la ETT, se alerta al anestesiólogo sobre el aumento en el riesgo cardiovascular. Por otro lado, un hallazgo clínicamente poco importante o una ETT normal permite tranquilizar al anestesiólogo; esto implica menor necesidad de estudios adicionales, un menor control perioperatorio invasivo y una menor dependencia de la atención postoperatoria (Canty, Royse, Kilpatrick, Bowman, & Royse, 2012).

En un estudio realizado por Canty y Rose en el año 2009, se instauró una evaluación mediante ecocardiografía transtorácica a 36 pacientes, como parte de la evaluación preoperatoria. Dentro de los hallazgos que mostraron significancia clínica se incluyeron estenosis aórtica, insuficiencia aórtica, insuficiencia mitral, disfunción sistólica del ventrículo izquierdo e hipertensión pulmonar severa. En total, 12 pacientes presentaron estados hemodinámicos anormales, con los hallazgos ecocardiográficos documentados; 7 de estos pacientes requirieron una valoración cardiológica que implicó un retraso en el procedimiento quirúrgico y en un paciente la colocación de un reemplazo valvular

aórtico. En 18 pacientes la ecocardiografía demostró contribuir a cambios significativos en el manejo anestésico o en el manejo hemodinámico de estos; por ejemplo, cambio de la técnica anestésica, monitoreo invasivo, titulación de fluidos, fármacos inotrópicos o vasopresores (Canty & Royse, 2009).

En otro estudio elaborado por Canty y otros (2012), la realización de una ETT enfocada resultó en un cambio en el manejo del paciente en 54 de cada 100 pacientes. El cambio en el manejo fue mayor (61%) en el grupo con sospecha de enfermedad cardíaca; sin embargo, incluso en pacientes asintomáticos, el tratamiento se modificó en un 25%. Los hallazgos de la ETT hemodinámicamente significativos dieron como resultado un aumento en el tratamiento en 20 de 31 pacientes (65%) y la ETT no hemodinámicamente significativa, resultó en una reducción del tratamiento en 34 de 69 pacientes (49%) (Canty, Royse, Kilpatrick, Bowman, & Royse, 2012).

Los pacientes con una ETT enfocada tenían un alto riesgo en términos de clasificación de ASA, con un 50% de los pacientes con ASA 3 y un 32.4% con ASA 4. Se produjeron episodios adversos de cardiología con mayor frecuencia en pacientes con ASA 3 y 4 y en pacientes sometidos a cirugía de emergencia. Ningún paciente con una ETT completamente normal o con hallazgos documentados como un soplo cardíaco, insuficiencia valvular aislada o esclerosis aórtica murió de forma perioperatoria, tuvo un infarto de miocardio o presentó hipotensión no controlada. Las ecocardiografías transtorácicas centradas, confirmaron los hallazgos ecocardiográficos principales en 59 de los 65 pacientes (91%) que se sometieron a una ETT formal (Cowie, 2012).

Cowie (2009) publica que la ecocardiografía enfocada produjo cambios significativos en las decisiones de manejo del paciente en 42 casos (84%). El cambio más común en la gestión fueron las decisiones relacionadas con los requisitos de monitoreo invasivo. Las imágenes que fueron adecuadas para responder a la pregunta clínica de relevancia en 49 de 50 pacientes, solo 1 paciente presentó una calidad de imagen tan pobre que la interpretación fue imposible, esta paciente tenía obesidad mórbida. (Cowie, 2009)

No está claro exactamente cuán enfocada debe estar una ETT perioperatoria, pues dependerá de la indicación para el estudio y las ventanas acústicas disponibles. Esta debería incluir una evaluación cualitativa de la función ventricular izquierda y derecha, una estimación del gradiente de la válvula aórtica, la presión sistólica del ventrículo derecho (ibíd.).

FUNCIÓN SISTÓLICA

1. Ventrículo izquierdo

La ecocardiografía transtorácica (ETT) preoperatoria es una de las pruebas de evaluación cardíaca no invasiva, las cuales con frecuencia se espera que aumenten el poder predictivo. Aunque se sabe que una función sistólica o diastólica del ventrículo izquierdo (VI) deficiente predice la insuficiencia cardíaca o la muerte postoperatoria, las pautas actuales no suelen recomendar el uso habitual de la ecocardiografía preoperatoria en pacientes clínicamente estables (Park, y otros, 2011).

Una fracción de eyección del ventrículo izquierdo deteriorada (<50%), una hipertrofia ventricular izquierda, una regurgitación mitral de moderada a grave y una estenosis aórtica detectada por ecocardiografía preoperatoria se asocian con eventos cardíacos perioperatorios mayores, particularmente si estos se combinan (Cowie, 2012; Duceppe y otros, 2016).

La disfunción sistólica del ventrículo izquierdo (VI) puede causar o complicar significativamente la enfermedad aguda. En el choque indiferenciado, se ha demostrado que la evaluación del VI en el punto de atención aumenta la precisión en el diagnóstico y las decisiones de tratamiento a través de un enfoque cualitativo para clasificar la función sistólica del VI. Las habilidades requeridas para realizar imágenes de ultrasonido limitadas del ventrículo izquierdo pueden ser fácilmente adquiridas y

aplicadas por no cardiólogos después de un entrenamiento enfocado en la adquisición e interpretación de imágenes cardíacas (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Los signos y síntomas de una insuficiencia cardíaca descompensada confieren un alto riesgo cardiovascular, mientras que la disfunción ventricular izquierda es por sí misma un contribuyente independiente de resultados perioperatorios y factor de riesgo a largo plazo para muerte en aquellos pacientes sometidos a cirugía no cardíaca de alto riesgo. La supervivencia es significativamente menor en los pacientes que presentan fracción de eyección del ventrículo izquierdo $\leq 29\%$ (Fleisher, 2014). En estudios realizados se ha documentado que la incidencia de eventos cardiovasculares a 30 días en pacientes con insuficiencia cardíaca sintomática puede ser de hasta un 49%, seguido de 23% en la disfunción ventricular izquierda asintomática, 18% en la disfunción diastólica asintomática y un 10% los que presentan una función ventricular izquierda normal (ibíd.).

En el estudio publicado por Barber y Fletcher (2014) se encontró que hasta tres de cuatro pacientes con un diagnóstico clínico de fallo cardíaco realizado por un anestesiólogo presentaron un diagnóstico incorrecto. Por lo tanto, hace que la estratificación del riesgo cardíaco sea pertinente antes de la operación. Flu y otros (2010), en su ensayo prospectivo en más de 1000 pacientes quirúrgicos vasculares, encontraron un 40% de insuficiencia del VI asintomática, la mayoría de los cuales tenía disfunción diastólica aislada y esto duplicó la morbilidad cardiovascular a los 30 días (Subramani & Tewari, 2014).

La mayoría de las evaluaciones ecocardiográficas preoperatorias se han centrado en la función sistólica. Se ha demostrado repetidamente que la disminución de la fracción de eyección del VI está asociada con la morbilidad cardiovascular perioperatoria. Una fracción de eyección del VI (FEVI) de menos del 50% tiene un valor predictivo significativo pero modesto de eventos cardiovasculares mayores. Además, aunque la

disfunción diastólica no es infrecuente en pacientes sometidos a cirugía no cardíaca, la evaluación preoperatoria de rutina no incluye la evaluación de la disfunción diastólica para la estratificación del riesgo (Park, y otros, 2011).

En estudios donde se han comparado estas dos evaluaciones, la ecocardiografía preoperatoria y la realización de la prohormona N-terminal del péptido natriurético cerebral (NT-proBNP por sus siglas en inglés), se documenta que la primera es modestamente predictiva de los eventos cardiovasculares perioperatorios, pero fue inferior al NT-proBNP. Es importante por este motivo la integración tanto de la NT-proBNP como de parámetros ecocardiográficos, siempre que sea posible, pues su combinación demostró que puede mejorar modestamente el poder predictivo del riesgo clínicamente determinado, excepto por el riesgo de muerte cardiovascular primaria (Park, y otros, 2011).

Evaluación ecocardiográfica

Los médicos con entrenamiento para la utilización de la ecocardiografía enfocada pueden detectar disfunción sistólica del VI con sensibilidades de 73-100% y especificidades de 64-96%. Para las imágenes cardíacas, las vistas paraesternal y subcostal suelen ser más fáciles de dominar. Los puntos de referencia para estas ventanas son más confiables, y estas vistas siempre brindan imágenes más interpretables que las vistas apicales (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Diversos estudios han demostrado que las imágenes obtenidas desde la ventana paraesternal son adecuadas para la evaluación subjetiva de la función del ventrículo izquierdo, la vista paraesternal depende menos de la posición del paciente y está menos sujeta a la interferencia del hábito corporal del paciente. La ventana paraesternal es la preferida para la evaluación de la función sistólica del VI por usuarios menos experimentados (ibíd.). Estos usuarios no experimentados obtienen imágenes adecuadas de la vista paraesternal casi el doble de las vistas apicales. Sin embargo, es

posible que en la evaluación de la función sistólica del VI no se aprecien las anomalías apicales si la imagen se realiza solo desde la ventana paraesternal (ibíd.).

En condiciones normales, el ventrículo izquierdo es la cámara más grande y más musculosa del corazón y puede identificarse fácilmente, esto da una variedad de puntos ventajosos mediante la ecografía cardíaca transtorácica. Las vistas comunes incluyen las vistas del eje largo paraesternal, el eje paraesternal corto, la ventana apical 4 cámaras y la ventana subcostal 4 cámaras (ibíd.).

Los métodos cuantitativos tradicionales para determinar la función del VI, no son necesarios en la ecografía cardíaca en el punto de atención. Estos métodos requieren entrenamiento adicional y mediciones que consumen tiempo y que son propensas a errores y no necesariamente conducen a una mayor precisión. Por lo tanto, se ha adoptado un enfoque cualitativo para determinar la función sistólica del VI en el punto de atención. (Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

Numerosos estudios han demostrado la viabilidad y la precisión de la ecografía cardíaca en el punto de atención aplicada de manera cualitativa para guiar el manejo de pacientes con enfermedades agudas. En muchos de estos estudios, una fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) cualitativa y visualmente estimada fue comparable a una FEVI cuantitativa y calculada que utiliza la ecocardiografía integral como el estándar de oro (Tabla 6) (ibíd.). Este enfoque permite fácilmente una clasificación amplia de la función sistólica del VI en cuatro categorías discretas:

Tabla 6. Clasificación cualitativa de la función contráctil del ventrículo izquierdo.

Función hiperdinámica

Función normal

Función reducida

Función muy reducida

Fuente: Soni, Arntfield, & Kory (2015).

Al estimar visualmente la función sistólica del VI, se presta atención a todos los segmentos del VI con especial atención a tres características (Figura 43):

1. Excursión endocárdica. ¿Se mueve el endocardio simétricamente hacia el centro de la cámara del VI durante la sístole?
2. Engrosamiento del miocardio. ¿El miocardio aumenta el grosor en aproximadamente un 40% en todos los segmentos del VI durante la sístole?
3. Movimiento septal de la punta de la valva anterior de la válvula mitral. ¿La punta de la valva anterior de la válvula mitral está a un 1 cm del tabique, lo que se corresponde con una fracción de eyección > 40%?

(Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

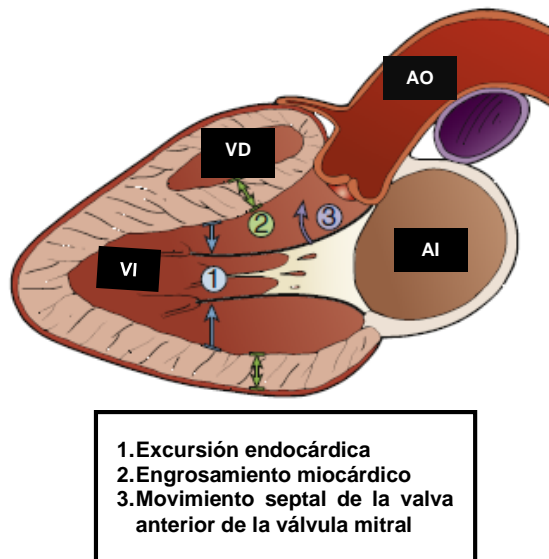


Figura 43. La función sistólica del ventrículo izquierdo es estimada visualmente al valorar la excursión endocárdica, el engrosamiento miocárdico y el movimiento septal de la valva anterior de la válvula mitral. El movimiento de excursión endocárdica es el realizado hacia el centro del ventrículo izquierdo durante la sístole, el cual bajo condiciones normales es simétrico. El engrosamiento miocárdico es un aumento en el grosor del músculo de hasta un 40% en todos los segmentos del ventrículo izquierdo. El movimiento del extremo de la valva anterior de la válvula mitral normalmente se aproxima a 1 cm del septo o separación del punto E, lo que corresponde a una fracción de eyección mayor a 40%. AO: Aorta. VD: Ventrículo derecho. VI Ventrículo izquierdo. AI Atrio izquierdo (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Función sistólica normal del ventrículo izquierdo

En pacientes con función sistólica del VI normal, se puede observar un engrosamiento del miocardio en todos los segmentos con el endocardio moviéndose hacia el centro de la cámara del VI en la sístole. En las vistas donde se ve la válvula mitral, se pueden observar las valvas abriéndose libremente y acercándose a las paredes del VI. El

diámetro de la cámara del VI medio medido en los bordes endocárdicos disminuye en aproximadamente 30-40% durante la sístole, dejando en promedio entre 30% y 50% del volumen de sangre en el VI al final de la sístole (Figura 44 y Figura 45) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

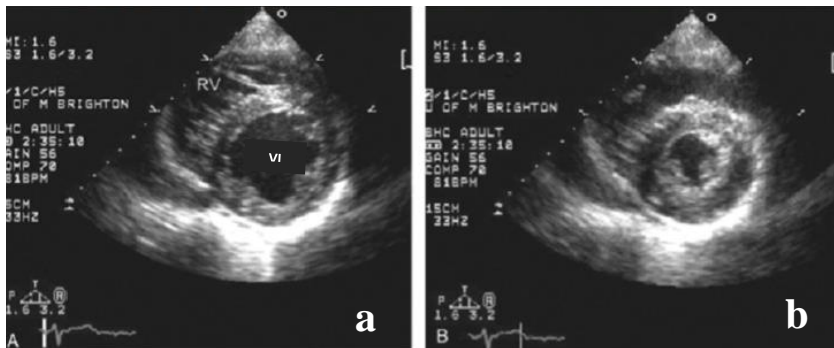


Figura 44. Contracción normal del ventrículo izquierdo en ventana paraesternal eje corto medio ventricular. a) Diástole del VI (Ventrículo izquierdo). b) Sístole del VI (modificado de Rivas, 2017).

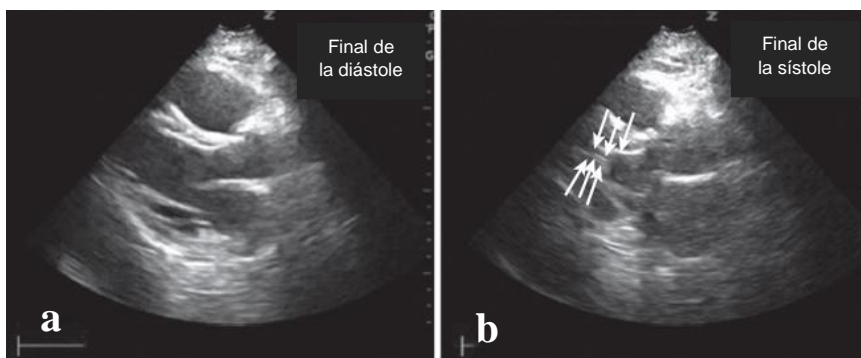


Figura 45. a) Vista de eje largo paraesternal que muestra el engrosamiento miocárdico. b) Excursión endocárdica (modificado de Rivas, 2017).

La identificación de un VI hiperdinámico puede ser útil durante la evaluación de la hipotensión o disnea aguda inexplicable, ya que puede representar hipovolemia o vasodilatación periférica (por ejemplo, septicemia). En tales condiciones, aumenta la

excursión endocárdica y el engrosamiento del VI, lo que lleva a una obliteración sistólica final cercana de la cavidad del VI (Figura 46). Aunque un VI hiperdinámico con frecuencia sugiere hipovolemia y/o vasodilatación, se deben considerar otras etiologías que pueden disminuir gravemente la precarga o la poscarga, muchas de las cuales tendrán hallazgos anormales que se acompañan fácilmente a partir de un examen centrado en el punto de atención (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

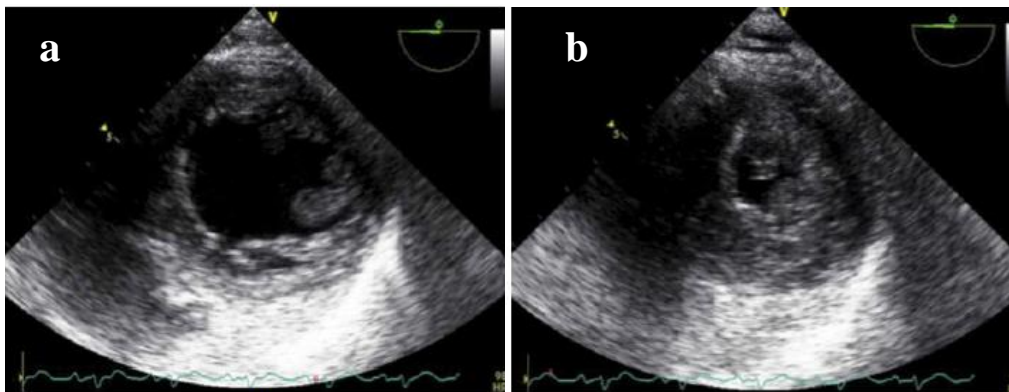


Figura 46. a) Ventrículo izquierdo hiperdinámico, donde se aprecia un VI grande o normal al final de la diástole. b) VI pequeño al finalizar la sístole (modificado de Rivas, 2017).

Función del ventrículo izquierdo reducida y severamente reducida

La función sistólica del VI reducida presenta menos engrosamiento miocárdico y excursión endocárdica en comparación con la normal. Se puede apreciar que la abertura de la válvula mitral está disminuida y que la punta de la valva anterior no se aproxima a la pared septal. Cuando la función sistólica del VI se reduce severamente, se aprecian movimientos muy limitados del endocardio y un engrosamiento severo del miocardio (Figura 47). La válvula mitral se abre mínimamente debido a un flujo interno muy limitado desde la aurícula izquierda y el anclaje de la válvula mitral a través de la cámara de LV dilatada. (Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

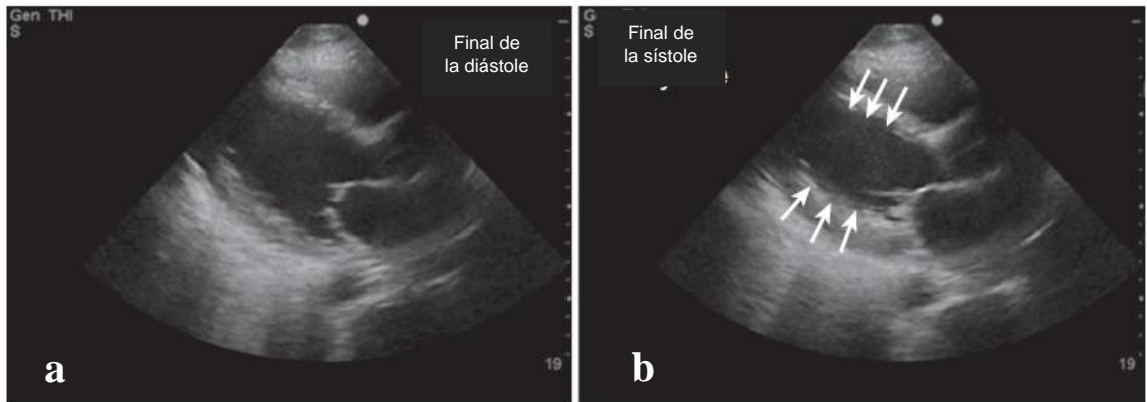


Figura 47. Ventrículo izquierdo con función contráctil comprometida, se evidencia engrosamiento persistente, aún durante la sístole (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Como se introdujo anteriormente, la clasificación de la función sistólica del VI se enfoca en una valoración cualitativa con grados discretos de la función del VI, en lugar de un enfoque cuantitativo con una escala continua de la FEVI. La excursión endocárdica disminuida y el engrosamiento miocárdico son interpretados de forma intuitiva y representan una función sistólica del VI reducida, pero la desviación de la válvula mitral en la evaluación de la función del VI, también conocida como separación septal, es explicado conceptualmente, pues a medida que el VI enfermo se dilata, las valvas de la válvula mitral quedan atadas por la longitud fija de sus cuerdas tendinosas. (Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

Tal anclaje en la sístole final junto con un volumen sistólico bajo da como resultado un signo en la diástole temprana de apertura limitada de la punta de la valva anterior de la válvula mitral (Figura 48). Esto se aprecia mejor desde la vista de eje largo paraesternal. Una estimación cualitativa de > 1 cm de distancia desde la punta de la valva de la válvula mitral anterior hasta la pared septal con apertura total puede diagnosticar una función sistólica del VI reducida con un EF $< 40\%$ con una sensibilidad, especificidad y precisión del 69%, 91% y 89%, respectivamente. Se ha demostrado que este tipo de

evaluación es fácil de implementar junto a la cama después de una breve capacitación (ibíd.).

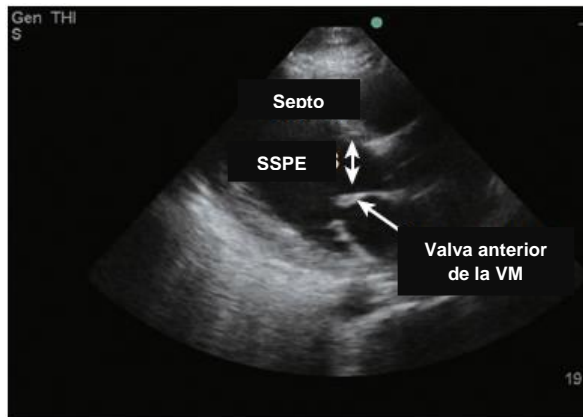


Figura 48. Eje largo paraesternal donde se observa una excursión endocárdica y un engrosamiento miocárdico disminuidos durante la sístole, evidenciándose esto a través de un aumento en la distancia entre la valva anterior de la válvula mitral y la pared septal. SSPE: Separación septal del punto E (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Evaluación de la función sistólica en las ventanas ecocardiográficas

El *eje largo paraesternal* visualiza el ventrículo izquierdo a través de sus paredes anteroseptal e inferolateral, con el ápex, usualmente no evaluable. Su evaluación es fácil de aprender y tiene utilidad en diferentes escenarios. Al estar perpendicular al endocardio, fácilmente valora el engrosamiento y la excursión de las paredes del VI, así como la excursión de la valva anterior de la VM. Se debe tomar en cuenta que si la evaluación se realiza de forma oblicua puede impresionar un adelgazamiento falso e impresionar una función VI hiperdinámica fácilmente (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

La vista de *eje corto paraesternal* pueden mostrar secciones transversales del VI desde la base hasta el vértice. A diferencia de otras vistas, este permite la visualización

simultánea de las cuatro paredes del VI, lo que hace que una verdadera aproximación global de la función sistólica del VI sea más fácil y más viable desde esta vista. Cuando se evalúa la función sistólica del VI global, esta se debe ubicar a nivel de los músculos papilares o visión ventricular media, ya que no está sujeta a una subestimación (como sí lo está en la vista del anillo de la válvula mitral) ni tampoco es sobreestimada, algo usual a nivel apical (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

A este nivel se debe realizar una evaluación cualitativa de la excursión endocárdica y el engrosamiento del miocárdico. Debido a la naturaleza circular del VI en el eje corto, los evaluadores pueden imaginar un punto en el centro de la cavidad del VI o pueden llegar a colocar el dedo en el centro de la pantalla mientras realizan su evaluación visual y cualitativa. Los proveedores que utilizan el ultrasonido en el punto de atención también pueden detectar anomalías del movimiento de la pared regional en esta vista, aunque la precisión y la integración de estos hallazgos generalmente requieren una experiencia significativa (ibíd.).

La vista *apical de 4 cámaras* (A4C) también proporciona información acerca de la función sistólica del VI, ya que corta a través de las paredes inferoseptal y anterolateral ventricular izquierda desde la ventana apical. Debido a que el haz de ultrasonido es más paralelo al eje de estas paredes, la resolución del endocardio puede disminuir en comparación con la alineación más perpendicular de las vistas paraesternales. Si la vista A4C se obtiene a partir de un espacio intermedio de la costilla que es demasiado cefálico, el corazón y el VI se acortarán, lo que puede llevar a una sobreestimación de la función sistólica (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Similar a la vista eje corto paraesternal, dado que solo se ven dos paredes del VI, las anomalías del movimiento de la pared regional de la enfermedad de la arteria coronaria pueden estar relativamente sobre representadas y pueden conducir a una estimación global falsamente baja de la función sistólica del VI. Con menos frecuencia, se puede

observar otro patrón de contracción heterogénea desde la vista A4C debido a la miocardiopatía inducida por estrés (miocardiopatía de Takotsubo). Este patrón de contracción muestra un ápice dilatado y una contracción de normal a hiperdinámica en la base del VI. Ciertos hallazgos que pueden observarse con una disfunción grave del VI, como el trombo apical, deben ser diagnosticados por un ecografista avanzado (ibíd.).

La vista *subcostal de 4 cámaras* (S4C) es relativamente fácil de adquirir al colocar el transductor en el espacio subxifoideo. Debido a que solo las paredes septales y laterales se visualizan en el campo lejano, la vista S4C es inherentemente limitada. Esta se debe utilizar solo de forma aislada para estimar de forma general la función sistólica del VI en situaciones de emergencia, como hipotensión grave o durante un paro cardíaco. (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

2. Ventrículo derecho

El ventrículo izquierdo ha sido históricamente el foco de la evaluación hemodinámica y ecocardiográfica del corazón. Recientemente, se reconoció la importancia de la función del ventrículo derecho y surgieron pautas que describen formas estándar para evaluar las dimensiones y función normales del VD (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Al igual que no debe ser valorada una única función, es igual de importante recordar que la función cardíaca no depende únicamente del ventrículo izquierdo, un modelo basado en una única cámara es una simplificación excesiva. La función ventricular derecha ha retomado la atención recientemente, si bien existen pocos estudios que hayan examinado el fallo ventricular derecho y los riesgos asociados en cirugía no cardíaca, se ha demostrado que su presencia aumenta significativamente la morbimortalidad en estos pacientes (Barber & Fletcher, 2014).

La evaluación del VD es esencial para ayudar a diagnosticar y manejar el choque y la insuficiencia respiratoria en pacientes con enfermedades agudas. Se deben considerar las afecciones que pueden causar insuficiencia aguda del VD, ya sea por hipertensión pulmonar repentina (por ejemplo, embolia pulmonar [EP], ventilación mecánica, síndrome de distrés respiratorio agudo [SDRA]) o por falla primaria del VD (por ejemplo, trauma o infarto), dependiendo de las circunstancias clínicas del paciente (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

La evaluación de la función del VD para identificar la insuficiencia cardíaca derecha aguda es esencial en el tratamiento de pacientes con choque. Además de guiar las decisiones sobre el apoyo inotrópico y la reanimación con líquidos, la estructura y función del VD ha demostrado ser un indicador de pronóstico para los pacientes con insuficiencia cardíaca izquierda, EP aguda, SDRA y sepsis grave. En estos pacientes, el tamaño de VD puede guiar la reanimación con líquidos. La administración de líquidos en el contexto de un VD disfuncional con una inclinación septal interventricular puede comprometer aún más el llenado del VI, empeorando la salida del VI y un estado de choque progresivo (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

El ventrículo derecho (VD) tiene una geometría compleja que es difícil de visualizar con la ecocardiografía bidimensional; y esto probablemente explica la ausencia casi completa de la función VD en los modelos de evaluación de riesgo. Hay pocos datos que relacionen el impacto de la función ventricular derecha y la cirugía no cardíaca, pero la disfunción del VD aumenta significativamente la morbilidad y mortalidad perioperatoria, así como también la tardía en la revascularización coronaria y la cirugía cardíaca valvular (Cowie, 2010).

La cámara del VD se divide anatómicamente en tres partes: tracto de entrada (seno), tracto de salida (infundíbulo) y ápice. Aunque el músculo apical está muy trabeculado, los principales contribuyentes de la función sistólica del VD son el seno y el infundíbulo. Durante la sístole, los músculos del seno se contraen principalmente para

elevant la presión del VD y los músculos del infundíbulo se estiran para modular la presión y prolongar la sístole (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

La contracción del VD es compleja y ocurre en fases. Primero, el seno trabeculado se contrae longitudinalmente, acortando la distancia desde la base hasta el ápice. Segundo, la pared libre del VD se contrae radialmente hacia el tabique interventricular, acortando la circunferencia de la cámara. Por último, la torsión de la contracción de la base del ventrículo izquierdo y el ápice hace que el ventrículo derecho se contraiga de manera similar. La pared libre del VD suele ser más delgada que la pared libre del VI porque el VD bombea sangre a la vasculatura pulmonar, que tiene una resistencia más baja en comparación con la circulación sistémica. El tamaño normal de la cámara de VD es aproximadamente dos tercios del tamaño de la cámara del VI. El VD tiene una forma de media luna cuando se ve en sección transversal desde una vista de eje corto paraesternal y una forma triangular cuando se ve en un plano coronal desde una vista apical de 4 cámaras (A4C) (ibíd.).

El VD está fuertemente trabeculado en comparación con el VI. La aparición de densidades musculares adicionales, incluida una estructura lineal prominente conocida como la banda moderadora, son hallazgos normales en el vértice del VD y no deben confundirse con los hallazgos patológicos que resumen los hallazgos y los inconvenientes de la evaluación del VD (ibíd.).

Evaluación ecocardiográfica

Debido a su complejidad en estructura y función, el VD debe evaluarse desde todas las vistas cardíacas disponibles (Soni, Arntfield, & Kory, 2015). La interpretación del tamaño y la función del VD desde las vistas cardíacas más comunes incluyen lo siguiente:

1. Vista del eje largo paraesternal: la visualización del tracto de salida del VD proximal y la pared libre del VD se ve en el campo cercano. Esta vista puede detectar una gran dilatación del VD o hipocinesia, pero no se puede evaluar que el VD sea "normal" desde esta vista única. Los hallazgos deben confirmarse en vistas adicionales antes de tomar decisiones clínicas importantes (Figura 49A) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

2. Vista del eje corto paraesternal: Normalmente, el VD en forma de media luna se sienta junto al VI circular en esta vista. Esta vista permite evaluar el tamaño relativo del VD mediante una comparación directa con el tamaño del VI vecino. Además, el tabique interventricular se visualiza bien y se puede observar una cinética septal alterada con una sobrecarga de presión del VD (que va desde un “rebote” septal hasta un tabique aplanado) (Figura 49B) (ibíd.).

3. Vista apical de 4 cámaras (A4C): esta es la vista más informativa para la evaluación global de VD. Con una comparación lado a lado de los ventrículos derecho e izquierdo, el tamaño relativo del VD se puede interpretar fácilmente cuando se adquiere una vista en este eje. El tabique interventricular está bien visualizado, lo que permite la interpretación de la cinética septal. La función sistólica del VD se suele estimar cualitativamente, pero también se puede calcular una estimación cuantitativa. La alineación del flujo sanguíneo paralela al haz de ultrasonido en esta vista es ideal para la evaluación del flujo Doppler de la válvula tricúspide o la determinación de la presión pulmonar para los proveedores capacitados en tales técnicas (Figura 49 C) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

4. Vista subcostal de 4 cámaras (S4C): el VD se ve como una cámara triangular adyacente al hígado en el campo cercano (Figura 49D) (ibíd.).

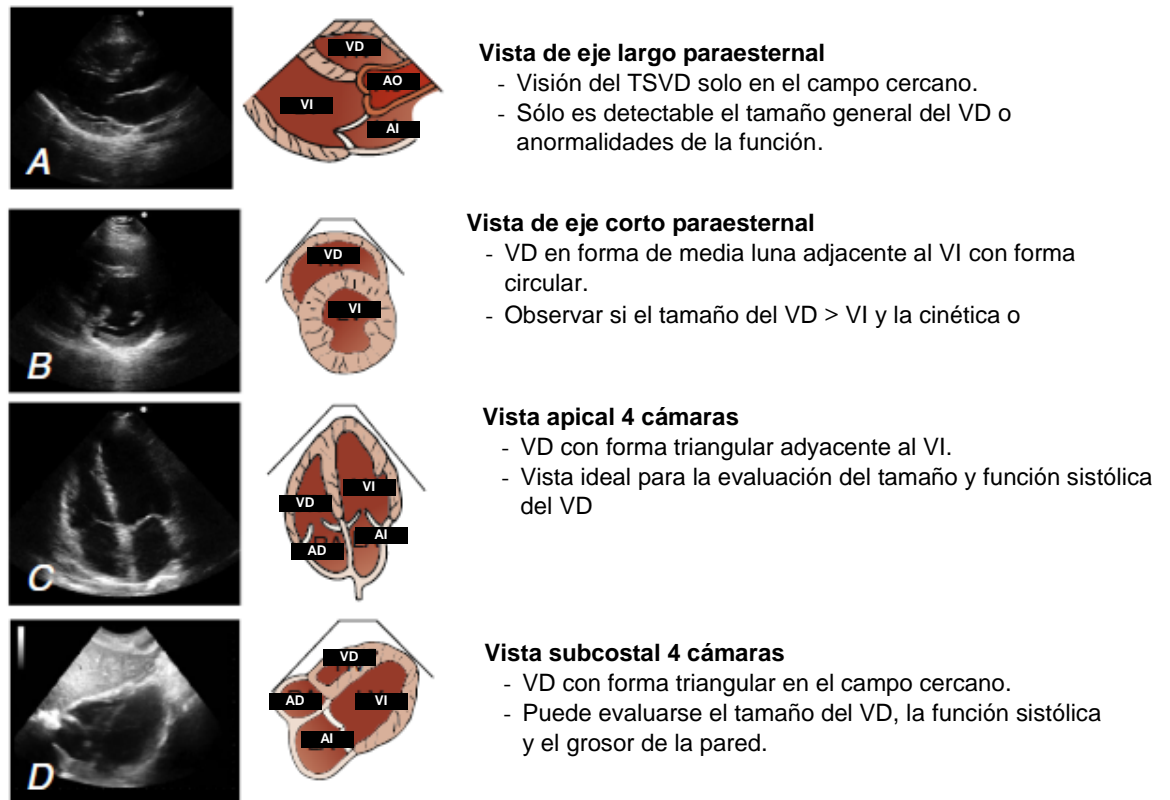


Figura 49. Vistas estándar donde puede ser evaluado el ventrículo derecho. A. Eje largo paraesternal. B. Eje corto paraesternal. C. Ventana apical 4 cámaras. D. Ventana subcostal 4 cámaras. VD, ventrículo derecho; VI, ventrículo izquierdo; AD, atrio derecho; AI, atrio izquierdo; AO, aorta; TSVD, tracto de salida del ventrículo derecho (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Interpretación del tamaño y función del VD

La evaluación del VD enfocada a menudo se realiza en pacientes con disfunción circulatoria aguda o insuficiencia respiratoria. En estos pacientes, la evaluación del VD se centra en determinar la presencia o ausencia de insuficiencia cardíaca derecha. La insuficiencia cardíaca derecha aguda suele deberse a un daño directo en el tejido del VD o a un aumento repentino de la resistencia a la circulación pulmonar (cor pulmonale

agudo). El daño tisular directo del VD suele producirse por un infarto o un traumatismo cerrado, mientras que el cor pulmonale agudo suele deberse a una gran EP, causas metabólicas, SDRA o ventilación mecánica a altas presiones (Figura 50 y Figura 51). Además de la falla aguda del VD, muchos otros hallazgos diagnósticos importantes pueden obtenerse de una evaluación detallada del VD. Esta debe realizarse sistemáticamente para buscar signos característicos de estrés o falla VD. La constelación de hallazgos que se describe a continuación varía entre los pacientes según la etiología y la cronicidad de la enfermedad, la adaptación fisiológica y las terapias iniciadas (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

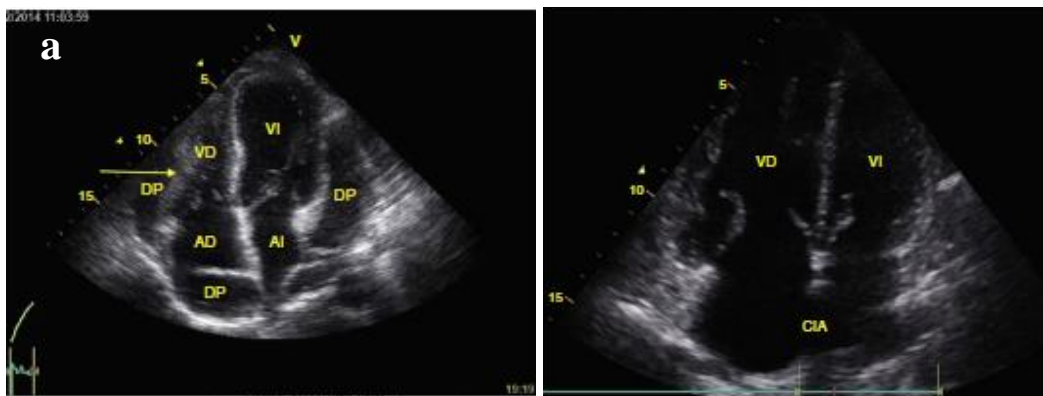


Figura 50. a) Ventana apical 4 cámaras que demuestra taponamiento cardíaco, se observa colapso del VD secundario a un derrame pericárdico severo. b) Ventana apical 4 cámaras donde se observa la relación del VI y VD, hay un aumento del VD secundaria a una CIA. DP, derrame pericárdico; VI, ventrículo izquierdo; VD, ventrículo derecho; AI, atrio izquierdo; AD, atrio derecho; CIA, comunicación interatrial (Pérez & Franco, 2015).

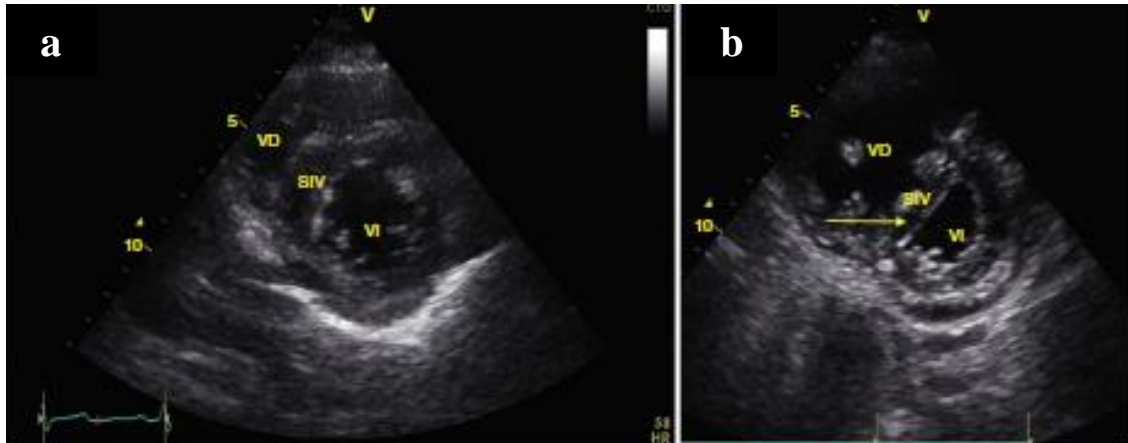


Figura 51. a) Ventana paraesternal eje corto. Se observa una relación entre VD y VI dentro de límites normales. b) En esta imagen se observa un aplanamiento del septo interventricular durante la sístole, también llamado movimiento paradójico, lo cual hace que el VI tome forma de D, indicativo de sobrecarga de presión. Además, el tamaño del VD aumentado con respecto al VI. VI, ventrículo izquierdo; VD, ventrículo derecho; AI, atrio izquierdo; AD, atrio derecho; SIV, septo interventricular (Pérez & Franco, 2015).

1- Tamaño del VD: la musculatura de la pared libre del VD es relativamente débil y en la falla aguda del VD, la cámara se dilata. El enfoque más común es realizar una comparación directa con el VI. La evaluación del tamaño de VD se realiza de manera más certera desde la vista A4C. En la vista A4C, el transductor debe estar orientado para visualizar adecuadamente la pared lateral libre del VD y adquirir el mayor ancho de este (Soni, Arntfield, & Kory, 2015). La evaluación cualitativa del tamaño del VD se realiza con mayor frecuencia utilizando los siguientes parámetros en la diástole final:

A- Tamaño del VD normal: $< 2/3$ tamaño del VI.

B- Dilatación moderada: tamaño del VD $> 2/3$ tamaño del VI.

C- Dilatación severa: tamaño del VD $>$ tamaño VI. Otro hallazgo importante es la identificación de la cámara dominante en el ápice. El VD se convierte en la

cámara apical dominante a medida que se dilata y desplaza el VI, que se ve mejor en la vista A4C (Figura 52).

(Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

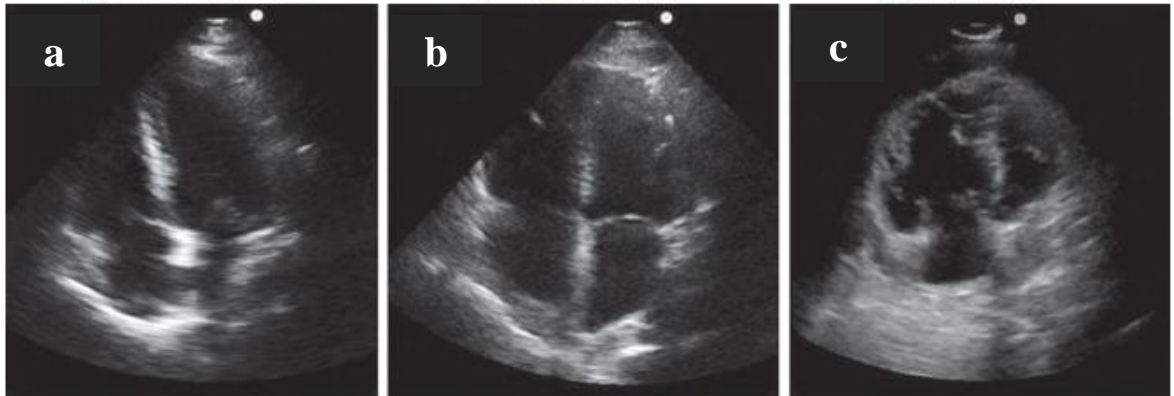


Figura 52. a) Ventrículo derecho normal ($<2/3$ del tamaño VI). b) Dilatación moderada del VD ($>2/3$ del tamaño del VI). c) Dilatación severa (VD $>$ VI en tamaño) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

2- Forma del VD: evaluar la forma de VD es otro método para evaluar la dilatación. En una vista de eje corto paraesternal, el VD normalmente tiene una forma de media luna, pero cuando el VD se dilata, asume una forma más circular. En la vista A4C, la dilatación del VD distorsiona la cámara desde una forma triangular normal a una forma más ovoide (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

3- Espesor de la pared del VD: la distinción entre la insuficiencia cardíaca derecha aguda (por ejemplo, la EP masiva) y la insuficiencia cardíaca derecha crónica (por ejemplo, la EPOC) a menudo es clínicamente importante para el diagnóstico y el tratamiento. A medida que aumenta la presión del VD, se genera hipertrofia con el tiempo y, por lo tanto, el grosor de la pared del VD es una medida para evaluar la cronicidad de la insuficiencia cardíaca derecha del paciente. La medición del grosor de la pared se realiza mejor en la diástole final desde una vista S4C. El ancho normal de

la pared libre del VD debe ser inferior a 5 mm. Un grosor de la pared del VD superior a 1 cm sugiere un proceso crónico. Es de destacar que tener una enfermedad crónica de VD no excluye la posibilidad de un evento agudo superpuesto a una falla crónica. Así pues, evaluar el grosor de la pared del VD puede ser más útil para diagnosticar un proceso agudo en pacientes con insuficiencia del VD y un grosor de la pared normal (<5 mm) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

4- Tabique interventricular: la forma y el movimiento del tabique interventricular proporcionan información importante sobre la presión en el VD. El tabique se ve mejor en el eje corto paraesternal. Normalmente, el VI es circular, con el tabique interventricular cóncavo hacia la cámara del VI en la sístole y la diástole. Cuando la presión aumenta en el VD debido a una falla, se observa un movimiento paradójico del tabique o un "rebote" septal cuando la presión elevada ocurre solo durante la sístole. Un aumento progresivo de la presión conduce al aplanamiento del tabique con una elevación sostenida de la presión a lo largo del ciclo cardíaco. El aplanamiento septal se aprecia particularmente bien desde una vista de eje corto paraesternal donde el VI normalmente circular se convierte en forma de "D" (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

5- Función sistólica del VD: El VD se contrae longitudinalmente desde la base hasta el ápice con movimientos verticales en contraste con las contracciones radiales y concéntricas del VI. La función sistólica del VD se evalúa examinando la dinámica de la pared libre del VD y el anillo de la válvula tricúspide, que se ven mejor en una vista A4C o S4C. Se utiliza una estimación visual para categorizar la función sistólica del VD como normal o con una disminución leve, moderada o grave. Aunque no se acepta universalmente ningún método cuantitativo para evaluar la función sistólica del VD, un método conocido como la excursión sistólica del plano anular tricúspide (TAPSE, por sus siglas en inglés) se puede aplicar fácilmente al lado de la cama, a diferencia de los métodos cuantitativos para evaluar la función sistólica del VI. TAPSE mide la excursión longitudinal máxima del plano anular tricúspide lateral durante la sístole

desde una vista A4C. La reducción de la excursión del anillo tricuspídeo se ve con la disminución de la función sistólica del VD. La TAPSE generalmente se mide utilizando el modo M alineando el cursor con el anillo tricúspide lateral y midiendo la distancia de la excursión anular en la imagen en tiempo de movimiento. El rango normal para TAPSE es entre 22 y 24 mm, y la función sistólica del VD disminuida se define como TAPSE inferior a 16 mm (Figura 53) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

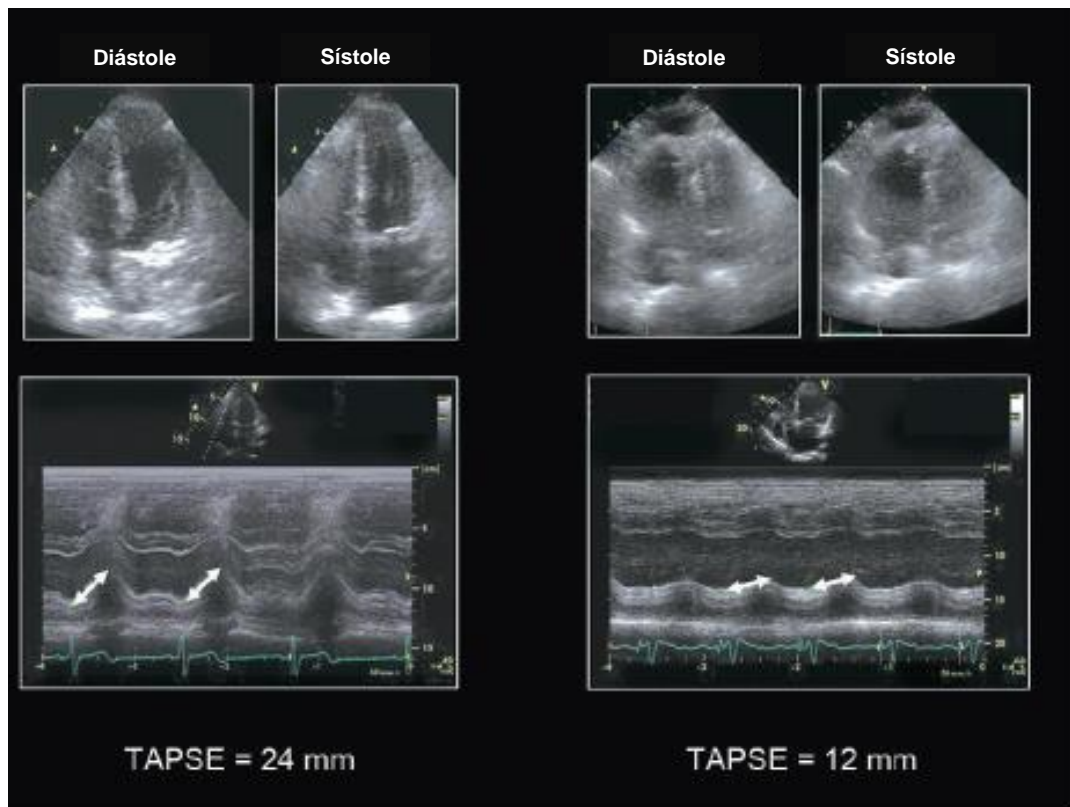


Figura 53. En la imagen se observan dos ecocardiogramas en 2D, correspondiente a dos pacientes diferentes en una aproximación apical de 4 cámaras. En las imágenes de arriba en la región izquierda se documenta la fase diastólica y en la derecha la sistólica. En la imagen inferior se realiza la medición en modo M del ventrículo derecho en el anillo tricuspídeo. La imagen del lado izquierdo corresponde a un paciente con ventrículo derecho normal y el de la izquierda presenta una dilatación severa y

disfunción del VD. Las flechas representan la excursión sistólica en el anillo tricuspídeo en el plano sistólico (TAPSE) (modificado de Nanda, 2014).

FUNCIÓN DIASTÓLICA

Cabe destacar que la disfunción ventricular izquierda no está puramente confinada a la función sistólica. La mitad de los pacientes con insuficiencia cardíaca tienen una función sistólica normal; es en este escenario donde la disfunción diastólica cobra importancia, pues es un predictor independiente de eventos adversos en cirugía vascular mayor (Barber & Fletcher, 2014).

En contraste con la sístole del ventrículo izquierdo (VI), que es la fase de salida del corazón, la diástole del VI es el requisito de entrada igualmente importante para mantener el volumen sistólico. La diástole del VI es un proceso que consume trifosfato de adenosina (ATP, por sus siglas en inglés); el retroceso elástico del ventrículo izquierdo hace que la presión del VI disminuya por debajo de la presión de la aurícula izquierda, ocasionando que la válvula mitral se abra. Un ventrículo sano tiene un efecto de succión que permite un rápido llenado diastólico y la contracción auricular proporciona entonces el 20–30% restante del volumen diastólico final del VI en un corazón sano. A medida que disminuye el gradiente de presión de transmisión, el llenado disminuye (Morrisey, 2016).

Los cuatro mecanismos para la disfunción diastólica son: a) relajación lenta o incompleta; b) una tasa de llenado del VI alterada, debido a las presiones de llenado elevadas; c) una elasticidad alterada que causa la rigidez del miocardio; y d) la constricción pericárdica que causa una limitación mecánica al llenado del VI. El aumento de la edad, la isquemia y la hipertrofia del ventrículo izquierdo son causas frecuentes de alteración de la relajación del VI. La fibrosis y cicatrización del miocardio son mecanismos comunes para disminuir el cumplimiento ventricular y elevar las presiones de llenado (ibíd.).

La disfunción diastólica del ventrículo izquierdo es un hallazgo frecuente en pacientes mayores a 60 años sometidos a una cirugía electiva. En estudios previos se ha reportado en pacientes geriátricos hasta un 50% de incidencia de disfunción diastólica con preservación de la función sistólica en valoraciones preoperatorias (Cho y otros, 2014). La incidencia de edema pulmonar reportada es de hasta un 20% en estos pacientes. Esto asociado a su riesgo de eventos cardíacos mayores puede contribuir a un aumento de la mortalidad a largo plazo si pasan desapercibidas por ausencia de síntomas. Existen estudios epidemiológicos que documentan hasta un 50% de los pacientes con insuficiencia cardíaca presentan una función ventricular izquierda conservada y una disfunción diastólica que se postula como la causa del fallo cardíaco en esta población, sobretodo pacientes adultos mayores (Cho y otros, 2014).

El Doppler espectral es la piedra angular de la evaluación diastólica. Los primeros índices derivados de Doppler que se discutirán se basan en el patrón de entrada de la válvula mitral. El flujo de la válvula mitral se obtiene con el Doppler pulsado, con la compuerta de muestra colocada entre las puntas de las valvas de la válvula mitral en la vista de cuatro cámaras. El Doppler resultante en un individuo joven sano mostrará un trazado espectral en la dirección del flujo sanguíneo diastólico con una onda E de llenado rápido temprano y una onda A de contracción auricular de velocidad más baja (Figura 54) (Morrisey, 2016).

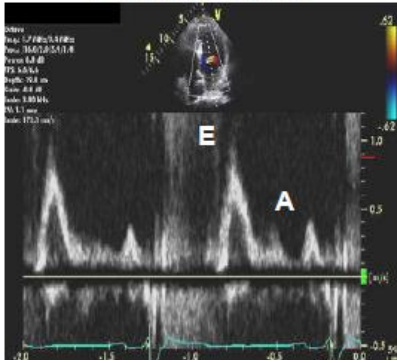


Figura 54. Patrón de Doppler pulsado adquirido en el flujo mitral. La velocidad E mitral de 100 cm/s y la velocidad A de 38 cm/s (Nagueh y otros, 2009).

Los patrones de flujo con el Doppler pulsado a través de la válvula mitral han demostrado ser de utilidad, principalmente cuando se evalúan en combinación con el Doppler tisular del anillo mitral lateral (Morrisey, 2016). Las presiones de llenado del VI, aumentan para mantener el llenado ventricular. En el continuo de disfunción diastólica, las presiones de llenado aumentan a medida que el corazón avanza hacia el patrón de llenado pseudonormal. Este patrón se caracteriza por una relación E / A "normal" (0,8-2), sin evidencia de presiones de llenado elevadas (Figura 55). El patrón de llenado restrictivo se caracteriza por una relación E / A de ≥ 2 (Morrisey, 2016).

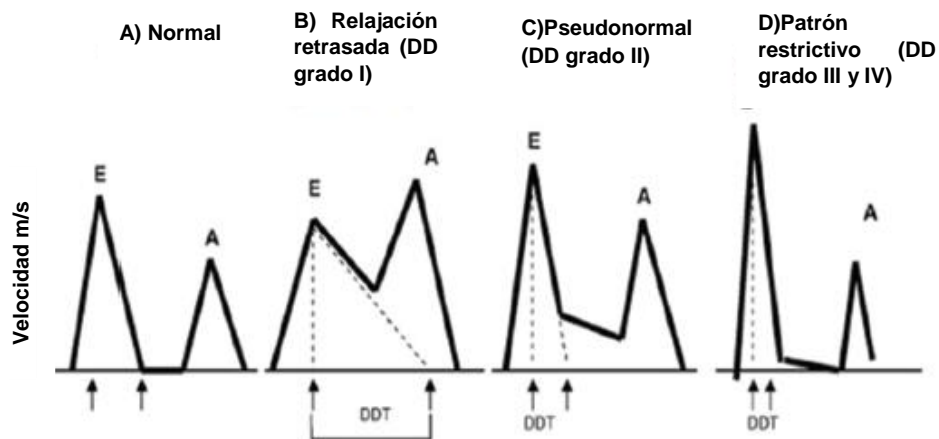


Figura 55. Ondas E y A medidas en la afluencia mitral, patrones de velocidad desde normal hasta disfunción diastólica severa (modificado de Morrisey, 2016).

Se ha demostrado que la gravedad de la disfunción diastólica tiene importancia pronóstica. Otros desafíos perioperatorios para evaluar la disfunción diastólica incluyen evaluaciones complejas que limitan la utilidad de la información diastólica en el contexto perioperatorio. Con respecto a la utilidad, varios estudios han investigado los cambios en la función diastólica con diversas intervenciones farmacológicas. Si bien no se ha aislado ningún tratamiento farmacológico específico que marque una diferencia significativa en los resultados, muchos clínicos utilizan la información diastólica para guiar en general la atención intraoperatoria. Por ejemplo, limitar los líquidos como ajuste para las presiones de llenado elevadas o mantener el ritmo sinusal normal y limitar la taquicardia en el ajuste de la relajación alterada (Morrisey, 2016).

VALVULOPATÍAS

La enfermedad valvular cardíaca es un factor de riesgo independiente para morbilidad y mortalidad. Los métodos utilizados para su detección y clasificación son limitados y aunque se pueda llegar a una sospecha diagnóstica por un hallazgo clínico del examen físico, muchas veces la ausencia de síntomas puede otorgar una falsa

sensación de seguridad. Las manifestaciones clínicas de una enfermedad valvular al inicio de esta pueden ser inespecíficas y difíciles de delimitar en el contexto de otras comorbilidades de origen respiratorio, haciendo que incluso el mismo paciente no pueda identificar la disminución de la tolerancia al ejercicio (Barber & Fletcher, 2014).

El examen físico realizado en la valoración preoperatoria es usualmente el momento en el cual se detectan los soplos cardíacos; sin embargo, la misma auscultación cuenta con limitaciones importantes y su sensibilidad en este contexto es desconocida, los soplos sistólicos son comunes y pueden estar presentes en hasta un 50% de los pacientes mayores a 62 años. El examen físico no es confiable y una estenosis aórtica puede estar pasando desapercibida durante este (Cowie, 2010). Se tiene determinado que un cardiólogo experimentado tiene un porcentaje de fallo en la detección de soplos cardíacos de hasta un 10-20%; asimismo, en el examen físico no se ha encontrado ningún hallazgo que tenga una alta especificidad o sensibilidad para el diagnóstico de una estenosis aórtica severa en personas asintomáticas (Barber & Fletcher, 2014).

La Sociedad Americana del Corazón en sus guías para el manejo del paciente cardiopata para cirugía no cardíaca, recomienda que se realice una ecocardiografía preoperatoria si hay sospecha de una valvulopatía estenótica o de regurgitación en grados de moderado a severo; así como si la ecocardiografía previa tiene más de un año de haber sido realizada o si en la condición clínica o física hubo un cambio significativo (Fleisher, 2014).

La cirugía de emergencia en el contexto de un paciente con valvulopatía significativa no corregida puede suceder. Se procura minimizar los riesgos quirúrgicos al realizar un diagnóstico certero del tipo y severidad de la enfermedad valvular, la escogencia de un abordaje anestésico apropiado y la consideración de un monitoreo perioperatorio de más alto nivel, así como la consideración del manejo postoperatorio de este paciente en una unidad de cuidado intensivo (Fleisher, 2014).

Se recomienda la realización de una ecocardiografía a pacientes con enfermedad valvular conocida o sospecha de esta para determinar la severidad en pacientes que serán sometidos a cirugía por fracturas de cadera. En esta población, la incidencia de estenosis aórtica puede llegar a ser de hasta un 8% y un retraso en el procedimiento quirúrgico se asocia a un aumento en la morbilidad y mortalidad de estos pacientes (Barber & Fletcher, 2014).

Idealmente, los soplos cardíacos en los pacientes programados para procedimientos quirúrgicos electivos son reconocidos en una valoración clínica previa al día de la cirugía. Esto permitiría una evaluación cardiológica formal que investigue el hallazgo o un cambio en el manejo preoperatorio, así como el plan de cuidado perioperatorio. Sin embargo, actualmente la realización de procedimientos de emergencia o ingresos el día de la cirugía permite que muchos de estos pacientes ingresen a la sala de operaciones sin el reconocimiento y diferenciación de los soplos cardíacos (Cowie, 2010).

No siempre es posible obtener una ecocardiografía transtorácica formal si se acaba de detectar el hallazgo y por las listas de espera en cada centro. El atraso de una cirugía electiva podría ser inaceptable, por ejemplo, en cirugía oncológica, lo cual puede colocar al anestesiólogo en una posición difícil (ibíd.).

3. *LESIONES VALVULARES ESTENÓTICAS*

Estenosis aórtica

Alrededor del 25% de los pacientes de 65 años o más tienen algún elemento de calcificación de su válvula aórtica y esto aumenta al 37% en pacientes de una edad de 75 años o más (Figura 56). Esto puede o no progresar a EA. El engrosamiento irregular de las valvas puede limitar la excursión de la valva aórtica, a menudo con un soplo o una aceleración del flujo en la imagen en color Doppler. Los pacientes con esclerosis

aórtica tienen un riesgo 50% mayor de resultados cardíacos adversos en comparación con los pacientes con válvulas aórticas normales. No hay datos sobre estos pacientes en el período perioperatorio (Cowie, 2010).

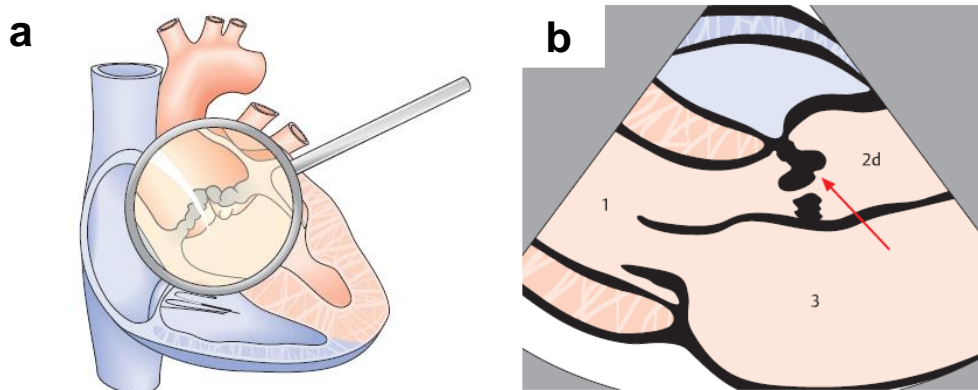


Figura 56. Estenosis aórtica secundaria a calcificación de las valvas semilunares a y b (modificado de Boehmeke & Doliva, 2006).

El gradiente de presión instantáneo máximo se calcula a partir de la velocidad aórtica máxima y el gradiente de presión medio se deriva del promedio de los gradientes de presión instantáneos (Cowie, 2010).

La estenosis aórtica ha sido reconocida durante mucho tiempo como un factor de riesgo importante para los pacientes que se someten a cirugía no cardíaca. De manera creciente, se aprecia que esta lesión es común; el 39% de los pacientes ancianos seleccionados que se someten a una cirugía de fractura del cuello femoral presentan algún grado de estenosis aórtica y el 8% estenosis de moderada a grave (Cowie, 2012).

Aunque muchos anestesiólogos consideran que la estenosis aórtica leve es una lesión hemodinámicamente insignificante, la esclerosis aórtica y la estenosis aórtica comparten mecanismos fisiopatológicos comunes con aterosclerosis. La esclerosis aórtica y la estenosis aórtica se asocian con enfermedad de las arterias coronarias,

aterosclerosis sistémica, hipertensión y un aumento del 50% en el infarto de miocardio y la mortalidad cardiovascular. Por lo tanto, su detección es un marcador importante de mayor riesgo cardiovascular en el período perioperatorio (ibíd.).

El riesgo relativo de muerte perioperatoria o infarto de miocardio fue de 5.2 para la EA moderada y de 6.8 para la EA grave en comparación con los controles emparejados. El riesgo absoluto de estas complicaciones es del 14% para todos los pacientes con EA y del 31% para los pacientes con EA grave, y el riesgo aumenta con comorbilidades coexistentes, como cardiopatía isquémica, insuficiencia cardíaca, enfermedad cerebrovascular, diabetes, insuficiencia renal y cirugía de riesgo (Cowie, 2009).

Sin embargo, se ha documentado que el manejo de los pacientes se alteró significativamente como resultado del conocimiento de la EA, con el uso frecuente de la monitorización de la presión arterial intra-arterial y los fármacos vasoactivos tempranos como la fenilefrina para la hipotensión, o cambios en la técnica de anestésica, como la anestesia local y la sedación. No está claro si estos cambios en la técnica o en el monitoreo alteran el resultado perioperatorio en pacientes con EA (ibíd.).

Un soplo sistólico indiferenciado es una de las indicaciones más comunes para una ETT enfocada en el período perioperatorio. La estenosis aórtica aumenta significativamente el riesgo perioperatorio en cirugía no cardíaca, más que duplicando el riesgo de complicaciones mayores y la mortalidad hospitalaria. Sin embargo, varias series de casos sugieren que los pacientes con estenosis aórtica severa pueden someterse a una cirugía no cardíaca de manera segura si se manejan de manera apropiada, con una elección más frecuente de anestesia general mediante el monitoreo invasivo y la administración rápida de fármacos vasoactivos (Cowie & Kluger, 2011).

Evaluación

En comparación con otros dominios de ultrasonido cardíaco enfocado (por ejemplo, ventrículo derecho, ventrículo izquierdo, vena cava inferior, pericardio), la evaluación valvular es particularmente limitada en comparación con la ecocardiografía integral. Una ecocardiografía enfocada tiene como objetivo identificar insuficiencia mitral o aórtica (IA) que, si no se detecta y no se maneja, puede provocar una enfermedad crítica o la muerte. La IA aguda por disección aórtica, endocarditis o traumatismo y la IM aguda por isquemia o endocarditis deben reconocerse de manera oportuna (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

La insuficiencia tricuspídea (IT) también es fácilmente identificable y puede apoyar diagnósticos subyacentes, como la hipertensión pulmonar o la endocarditis. La sospecha de estenosis valvular se basa en la evaluación 2-D de las válvulas, pero requiere más experiencia para identificar con precisión y es un diagnóstico menos sensible al tiempo en general. La caracterización de las válvulas estenóticas se basa en el Doppler espectral y, por lo tanto, se considera una habilidad más adecuada para los ecocardiografistas avanzados (ibíd.).

Para una evaluación de ultrasonido cardíaco en el punto de atención, es razonable evaluar subjetivamente las válvulas para detectar hallazgos de estenosis. Una inspección cualitativa del punto de atención de las válvulas puede ser útil en el diagnóstico para detectar una estenosis aórtica grave (Figura 57). Una válvula que parece morfológicamente normal con una movilidad normal de la valva excluye la estenosis aórtica grave. Si se sospecha estenosis valvular, debe obtenerse un ecocardiograma completo con Doppler y métodos cuantitativos (Figura 58) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

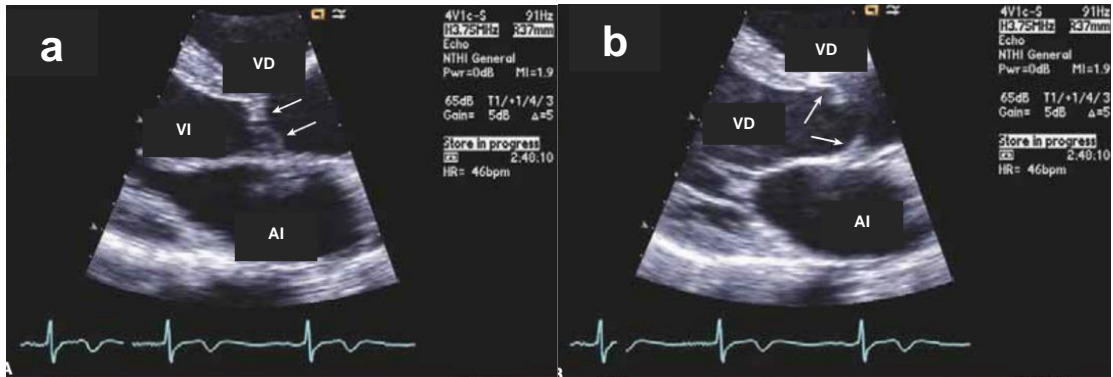


Figura 57. Movimiento de la válvula aórtica y valoración de las valvas que la componen, paciente que posee una aorta bivalva. a) PLAX Valvas aórticas en diástole que prolapsan por detrás del plano anular. b) PLAX en sístole, con cúpula que es formada por las valvas aórticas con una restricción al movimiento importante (modificado de Rosaligam, 2013).

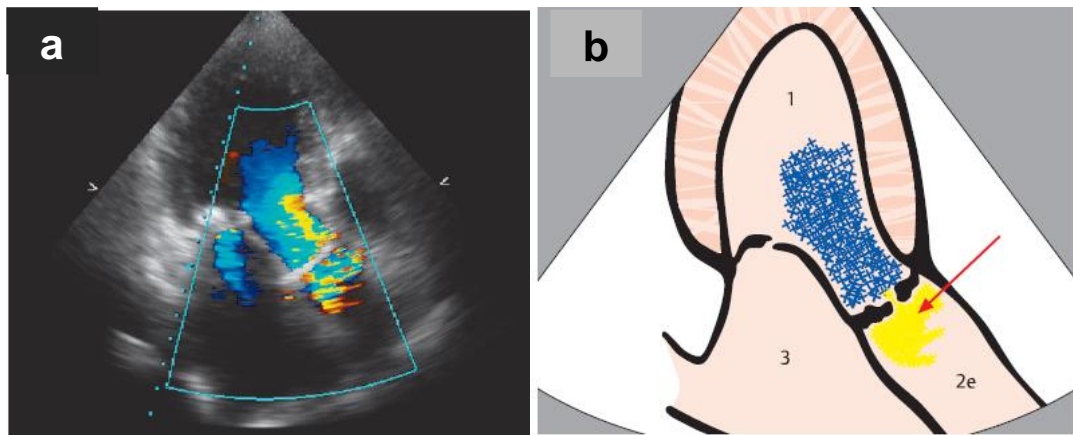


Figura 58. La estenosis aórtica ocasiona un aumento en la velocidad del flujo que se representa en un mosaico de colores en el Doppler color posterior a la válvula aórtica (Rosaligam, 2013).

Las válvulas estenóticas generalmente tienen varios hallazgos anormales en el examen 2-D con ultrasonido. En general, una apariencia morfológica normal descarta cualquier estenosis clínicamente significativa. Las válvulas estenóticas comúnmente muestran

movilidad, engrosamiento y calcificaciones disminuidas (Figura 60). Además, las cámaras del torrente ascendente tienden a dilatarse o hipertrofiarse en respuesta al aumento del estrés de la estenosis (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

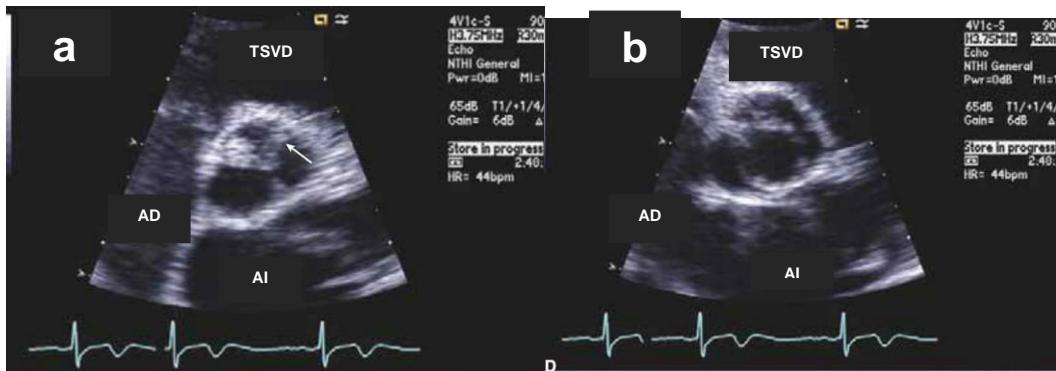


Figura 59. Paciente con aorta bivalva. a) Eje corto paraesternal que documenta lo que impresiona ser una aorta con 3 valvas debido a la presencia de una línea (flecha). b) En eje corto paraesternal se documenta una apertura de la válvula aórtica en forma de *football* por la fusión de las valvas derecha e izquierda (modificado de Rosaligam, 2013).

INSUFICIENCIAS VALVULARES

- **Imagen bidimensional o 2-D**

La insuficiencia valvular grave genera una acción temprana, ya sea una consulta para realizar una ecocardiografía integral urgente, un soporte mecánico o una cirugía. Por lo tanto, es esencial categorizar de forma dicotómica las lesiones valvulares como "graves", capaces de causar o complicar una enfermedad aguda, en lugar de "no graves", para todas las demás graduaciones de valvulopatía. Si la evaluación de la insuficiencia grave frente a la no grave es indeterminada en un paciente gravemente

enfermo, se justifica una ecocardiografía formal inmediata (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Integrar los hallazgos de un examen de válvula enfocado en el contexto clínico es esencial. Primero, se debe realizar una inspección bidimensional (2-D) de la válvula y sus andamios anatómicos circundantes en múltiples vistas. Si se detecta una anomalía, el proveedor debe anotar la ubicación exacta (es decir, el prospecto involucrado), el proceso sospechoso (por ejemplo, endocarditis, isquemia, dilatación) y el mecanismo de disfunción (por ejemplo, prolapso, restricción, perforación). La evaluación de la función de la válvula protésica y la patología requiere una habilidad de nivel experto en ecocardiografía (Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

Las calcificaciones, las vegetaciones, el engrosamiento, las hojuelas y el anclaje se pueden discernir con una evaluación 2-D. Un defecto estructural importante debe hacer que el proveedor considere la posibilidad de una lesión "grave" o culpable. La endocarditis infecciosa no se puede descartar con la ecografía cardíaca en el punto de atención, ya que la ecocardiografía completa realizada por cardiólogo, es falsamente negativa en el 15% de los pacientes. Finalmente, es imperativo reconocer las respuestas adaptativas de las cámaras cardíacas a las anomalías valvulares. La evaluación del tamaño auricular y ventricular puede ayudar a determinar la gravedad, así como la cronicidad. El VI y el AI a menudo no se dilatan con la regurgitación valvular aguda del lado izquierdo. Sin embargo, diferenciar agudo versus agudo en regurgitación crónica es desafiante y requiere habilidades avanzadas de ecocardiografía y revisión de ecocardiogramas anteriores (ibíd.).

Doppler de flujo de color

El flujo de color Doppler es el pilar de la evaluación rápida de la válvula para identificar la regurgitación valvular. A pesar de que el Doppler de flujo de color aparece en la mayoría de las máquinas de ultrasonido, los proveedores deben tener en cuenta las

consideraciones importantes y las dificultades comunes cuando se utiliza este modo. La comprensión de conceptos clave, como la frecuencia de repetición de impulsos, el límite de Nyquist y el solapamiento, son puntos de inicio necesarios antes de usar Doppler de flujo de color (Soni, Arntfield, & Kory, 2015). Las siguientes recomendaciones pueden ayudar a optimizar el rendimiento y la precisión al evaluar la regurgitación con Doppler de flujo de color:

- Minimizar la profundidad de imagen
- Tamaño reducido del sector de la imagen.
- Ajuste la ganancia de color apropiadamente.
- Alinee el plano de imagen para que sea paralelo con el flujo de sangre.
- Establezca el límite de Nyquist en 40–70 cm/s.
- Use la caja de color más pequeña que incluya razonablemente la válvula y la cámara de recepción de interés.

(Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

El Doppler de flujo de color identifica el flujo de regurgitación y evalúa la gravedad en función del tamaño del chorro de color. Un parámetro adicional que puede ayudar al grado de severidad de la regurgitación es la medición del ancho de vena contracta del chorro Doppler color. El chorro de la vena contracta es el diámetro más estrecho flujo regurgitante y refleja el área efectiva del orificio regurgitante. Este se mide perpendicular al chorro de flujo de color en el cuello entre la convergencia del flujo proximal y la expansión del chorro distal. Es una medida independiente de las presiones de conducción y las tasas de flujo para orificios fijos; sin embargo, su precisión con múltiples chorros es incierta. Incluso cuando se usa de manera óptima con la comprensión completa de la física de esta modalidad, el Doppler de flujo de color tiene limitaciones de diagnóstico y no siempre se correlaciona con la gravedad de la

regurgitación. A pesar de las limitaciones, debido a su simplicidad y facilidad de uso, el Doppler de flujo de color sigue siendo la herramienta principal para la evaluación focalizada de la insuficiencia valvular (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Doppler espectral

El Doppler espectral, que incluye el Doppler de onda pulsada y el de onda continua, ofrece un enfoque más cuantitativo, sofisticado, pero que requiere mucho tiempo para la evaluación valvular y hemodinámica. La aplicación de estas técnicas en el punto de atención es factible, pero requiere una capacitación adicional significativa. Los parámetros, como las inversiones de flujo, la densidad y velocidad de flujo anterógrado, la mitad del tiempo de presión y el tiempo de desaceleración, son parámetros derivados del Doppler espectral que ayudan a clasificar la gravedad de la lesión de la válvula (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Condiciones específicas

Insuficiencia mitral

La insuficiencia mitral (IM) de moderada a grave duplica el riesgo de complicaciones cardíacas mayores en pacientes que se someten a cirugía no cardíaca. El prolapso de la válvula mitral es principalmente una enfermedad en las valvas de esta. Las láminas: anterior, posterior o ambas se engrosan y se abultan en la aurícula izquierda sobre el plano anular mitral (Figura 60). Es común y afecta hasta al 2.5% de la población, con o sin acompañamiento de la IM. También puede afectar la elección de antibióticos perioperatorios (Cowie, 2010).

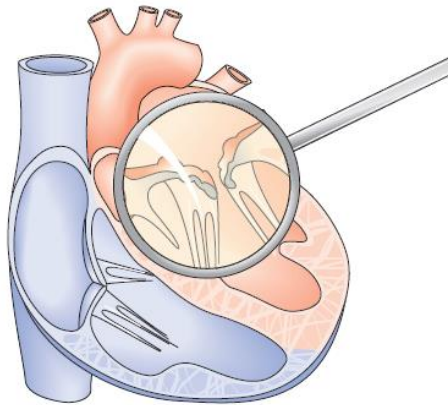


Figura 60. Cambios degenerativos en la válvula mitral observados en la insuficiencia mitral (Rosaligam, 2013).

Si las valvas de la VM son estructuralmente normales, puede estar presente la llamada IM funcional o isquémica. Hay restricción y ligadura del movimiento de la valva debido a la dilatación del ventrículo izquierdo, la dilatación anular y la cardiopatía isquémica con disfunción ventricular izquierda. Con IM grave, la aurícula izquierda y el ventrículo izquierdo a menudo están agrandados y las presiones de la arteria pulmonar pueden elevarse (Figura 61) (Cowie, 2010).

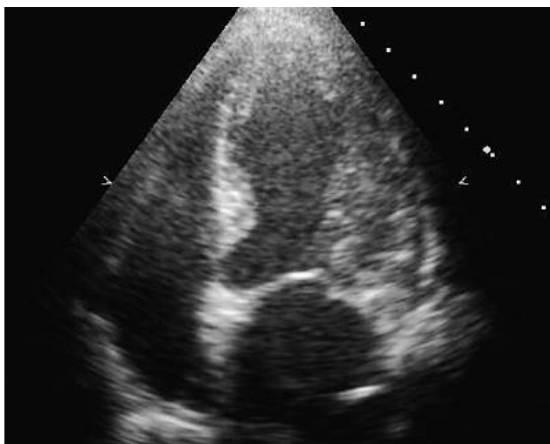


Figura 61. Evidente dilatación del atrio izquierdo (Rosaligam, 2013).

Debido a los efectos en las condiciones de carga del ventrículo izquierdo, tanto la anestesia general como la regional reducen significativamente la gravedad de la IM (Cowie, 2010). Algunos intentos de cuantificar la IM son razonables, incluso en un examen enfocado.

El flujo de color Doppler es el método más simple con una IM grave, caracterizado por el área del chorro de flujo de color que llena más del 40% de la aurícula izquierda. Cualquier chorro excéntrico que corre a lo largo de la pared de la aurícula izquierda, con el ancho del chorro regurgitante en las puntas de las valvas de la válvula mitral se puede calcular la llamada vena contracta, su valor diagnóstico es mayor a 7 mm (Figura 62). En un estudio enfocado, esto se puede realizar en forma semicuantitativa "por vista", a pesar de algunas limitaciones (ibíd.).

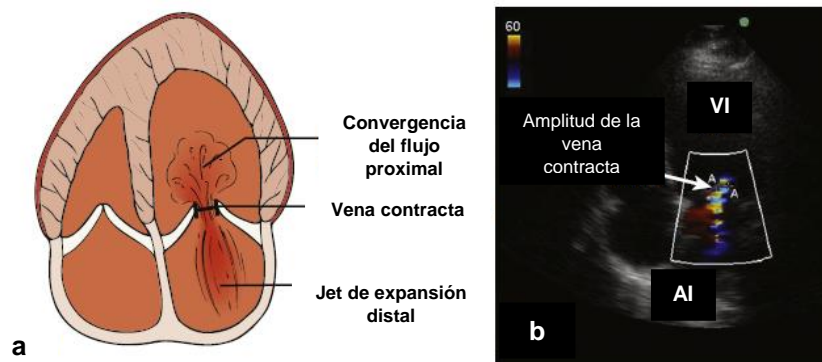


Figura 62. a) Esquema que demuestra la amplitud en la medida de la vena contracta. b) Ventana apical 4 cámaras mostrando la determinación de la amplitud de la vena contracta (0.7 cm), compatible con insuficiencia mitral severa. VI, ventrículo izquierdo, AI, atrio izquierdo (modificado de Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

La insuficiencia mitral (IM) es un flujo de sangre hacia la aurícula izquierda debido a un cierre incompleto de las valvas de la válvula mitral durante la sístole. El grado de

regurgitación se ve afectado principalmente por el área del orificio regurgitante, pero también está influenciado por la duración de la sístole y el gradiente de presión AI-VI. La IM puede deberse a causas orgánicas (enfermedad valvular primaria o intrínseca) o causas funcionales (secundarias) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

La dirección del chorro puede proporcionar pistas sobre la patología y etiología de la IM. Se puede observar un chorro excéntrico hacia el prospecto afectado con disfunción focal del VI y con cardiopatía reumática, a menos que ambas valvas se vean afectadas por igual (Figura 63). Los chorros dirigidos centralmente se ven con disfunción VI global o IM funcional. La degeneración mixomatosa puede tener un chorro excéntrico lejos de la lesión. La endocarditis puede tener múltiples chorros en direcciones impredecibles (ibíd.).

Resultados bidimensionales

La evaluación bidimensional de la válvula mitral se realiza mejor desde las vistas de eje largo paraesternal y de 4 cámaras apical. Una inspección visual en 2-D debe centrarse en la presencia o ausencia de vegetaciones, calcificación, perforación, valvas prolapsadas o con fallas; como por ejemplo, las valvas de tienda de campaña con defecto de coaptación (IM funcional) y movimiento anterior sistólico de la válvula mitral. El análisis del tamaño y la función del VI, así como el tamaño de la AI, es importante para contextualizar la morfología anormal de la válvula mitral. La presencia de dilatación de AI y VI puede significar que la IM es más crónica en duración. El edema pulmonar con AI y VI de tamaño normal es sugestivo de IM aguda o subaguda (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Resultados del Doppler de flujo de color

El flujo de color Doppler es el método principal para detectar y calificar IM. Los valores cualitativos y cuantitativos estandarizados ayudan a determinar si la IM es grave. Si

bien las lesiones no severas pueden ser hemodinámicamente importantes en algunos pacientes, las lesiones graves son importantes en todos los pacientes y, por lo tanto, deben identificarse fácilmente (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

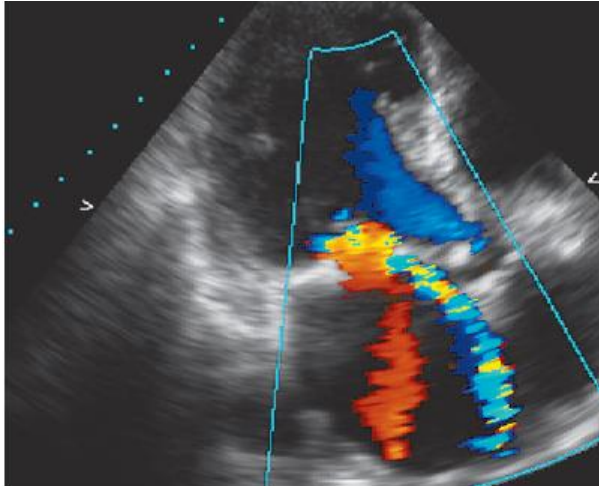


Figura 63. Insuficiencia mitral (Rosaligam, 2013).

Insuficiencia aórtica

La insuficiencia aórtica (IA) puede deberse a una patología de la válvula o de la raíz aórtica (Figura 64). Las etiologías para la IA aguda incluyen endocarditis, traumatismo torácico y disección aórtica aguda. Otras causas de IA incluyen enfermedades inflamatorias, enfermedades del tejido conectivo y afecciones congénitas (incluida la válvula bicúspide) (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

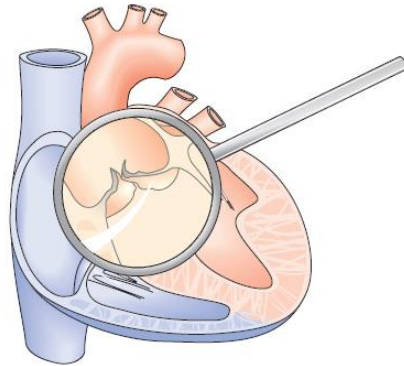


Figura 64. Degeneración de la válvula aórtica en la insuficiencia aórtica (Boehmeke & Doliva, 2006).

Resultados bidimensionales

La anatomía y los movimientos de la válvula aórtica generalmente se ven mejor en la vista del eje largo paraesternal y la vista del eje corto paraesternal en el nivel de la válvula aórtica. Desde estos puntos de vista, los proveedores pueden detectar una raíz aórtica dilatada, una válvula bicúspide y grandes vegetaciones (Figura 65). Con poca frecuencia, se puede observar un colgajo de disección, pero la sensibilidad de incluso la ecocardiografía transtorácica completa para detectar la disección aórtica es baja. Es esencial evaluar la adaptación ventricular y auricular izquierdo en respuesta a la IA (Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

La sobrecarga crónica de volumen secundaria a IA provoca la dilatación del VI. Aunque inicialmente la función ventricular es normal, la disfunción gradual del ventrículo izquierdo se produce progresivamente. En pacientes con IA aguda, la presión diastólica final del ventrículo izquierdo aumenta dramáticamente, y un ventrículo no compatible se somete a una sobrecarga aguda de volumen. El empeoramiento agudo de la regurgitación crónica produciría hallazgos similares, aunque más sintomáticos (ibíd.).

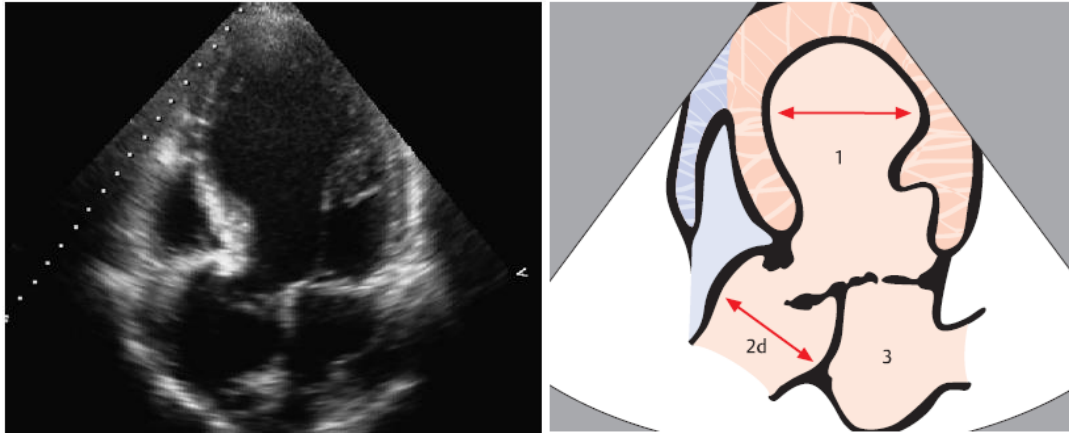


Figura 65. Degeneración de la válvula aórtica, dilatación del ventrículo izquierdo y la aorta ascendente (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Resultados del Doppler de flujo de color

El flujo de Doppler color puede detectar la presencia de IA y ayudar a determinar su gravedad (Figura 66). Las vistas comunes para el uso de la evaluación Doppler de flujo de color son la vista apical de 5 cámaras por su favorable alineación Doppler con la válvula aórtica y la vista PLAX por su excelente resolución axial de la válvula aórtica, el tracto de salida del ventrículo izquierdo y la aorta (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

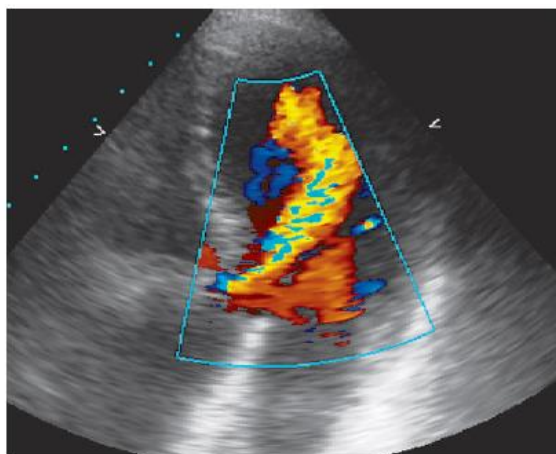


Figura 66. Insuficiencia aórtica en la ventana apical (Boehmeke & Doliva, 2006).

Regurgitación tricuspídea

La valva anterior de la válvula tricúspide es la más grande de las tres que la componen. Estas valvas son normalmente más delgadas que las de la válvula mitral. La válvula tricúspide siempre debe evaluarse en contexto con el tamaño y la función del ventrículo derecho. La insuficiencia tricuspídea funcional se da debido a sobrecarga de presión del ventrículo derecho; esta es más común que la IT estructural debido a la patología de la válvula. La etiología de la IT estructural incluye endocarditis, cardiopatía reumática (con enfermedad valvular aórtica y mitral asociada), degeneración mixomatosa, anomalía de Ebstein, síndrome carcinoide y trauma (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

La evaluación de la válvula tricúspide es similar a la válvula mitral. Una vista bidimensional (2-D) del corazón derecho desde las vistas subcostal y apical de 4 cámaras puede revelar folíolos, vegetaciones y prolapso, así como un defecto severo en la colocación y la coaptación de la válvula que sugiere IT funcional. El flujo de color Doppler puede detectar la presencia de regurgitación, pero el tamaño del chorro de regurgitación no se correlaciona con la gravedad (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

PRESIÓN PULMONAR

La hipertensión pulmonar severa está asociada a un 7% de mortalidad en cirugía no cardíaca, donde el fallo ventricular derecho tiene gran relación. Su detección y manejo es esencial durante el período perioperatorio. Actualmente, es la ecocardiografía el único método práctico para la confirmación del diagnóstico de fallo ventricular derecho y la evaluación de hipertensión pulmonar (Barber & Fletcher, 2014).

La hipertensión pulmonar es un fuerte predictor de resultados adversos cardiovasculares. La morbilidad (42%) y la mortalidad (7%) aumentan significativamente en pacientes con hipertensión pulmonar sometidos a cirugía no cardíaca (Cowie, 2012).

La estimación de la presión sistólica del ventrículo derecho (PSVD) es relativamente sencilla en la ETT mediante el examen de la velocidad máxima del chorro de regurgitación tricuspídea (Figura 67). Sin embargo, en una ETT enfocada, es posible pasar por alto o no medir la PSVD si no existen otros signos graves de hipertensión pulmonar, como un VD dilatado, hipertrofia del VD y un movimiento del tabique paradójico. De manera similar, otras variables y hallazgos medidos pueden pasarse por alto si el estudio está demasiado enfocado en un área (Cowie, 2009).

Las pautas recientes han definido la hipertensión pulmonar medida por ecocardiografía como una velocidad regurgitante tricuspídea $> 2,8$ m / s, que corresponde a una presión sistólica ventricular derecha de 35 a 40 mmHg, dependiendo de la presión auricular derecha (Cowie, 2012).

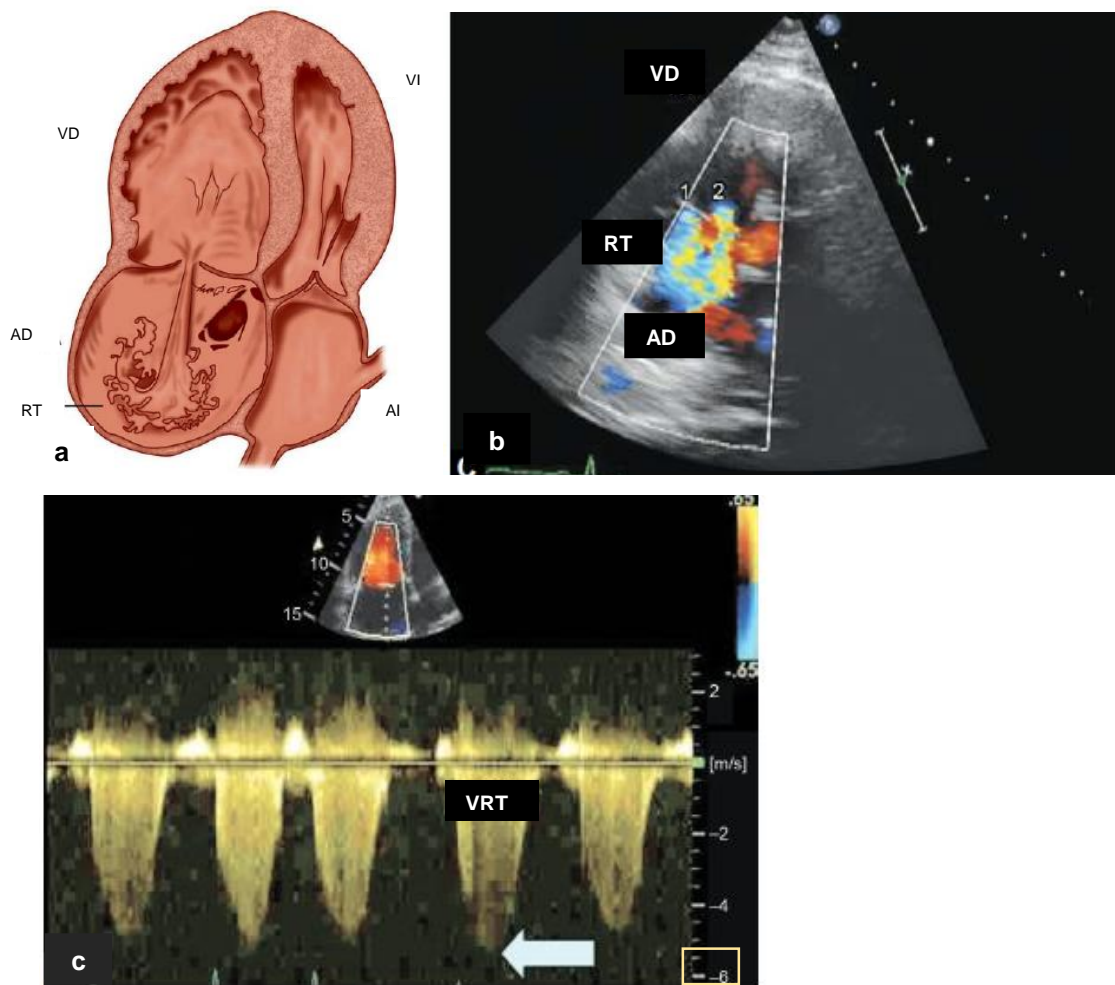


Figura 67. Velocidad de regurgitación tricuspídea. a y b) Flujo de regurgitación tricuspídea. c) Trazo Doppler en un paciente con hipertensión pulmonar idiopática, con una velocidad de regurgitación tricuspídea > 5 m/s, señalado con la flecha. RT: regurgitación tricuspídea. VRT: velocidad de regurgitación tricuspídea (modificado de Nanda, 2014).

OTROS FENÓMENOS PATOLÓGICOS

- *Capacidad funcional limitada*

La capacidad funcional limitada es un predictor confiable de eventos cardiovasculares perioperatorios y a largo plazo. La reducción en esta preoperatoriamente aumenta el riesgo de complicaciones. Por el contrario, pacientes con buen estado funcional basal, presentan un riesgo menor de eventos adversos; por esto, en los pacientes asintomáticos altamente funcionales es apropiado proceder con la cirugía programada, sin mayor evaluación cardiovascular adicional (Fleisher, 2014).

En los pacientes que no presentan una evaluación reciente de su tolerancia al ejercicio previo a una cirugía no cardíaca, su estado funcional puede estimarse de las actividades de la vida diaria. La capacidad funcional se expresa en términos de equivalentes metabólicos (MET), donde 1 MET es el consumo basal de oxígeno en reposo en un hombre de 40 años que pesa 70 kg. Se clasifica entonces como una capacidad funcional excelente aquella >10 MET, buena 7-10 MET, moderada 4-6 MET, pobre <4 MET o desconocida. El riesgo cardíaco perioperatorio y de complicaciones a largo plazo es mayor en los pacientes que son incapaces de realizar 4 MET de actividad física diaria (ibíd.).

Los eventos isquémicos miocárdicos perioperatorios son más comunes en aquellos pacientes con pobre estado funcional; se define este como la incapacidad de caminar cuatro cuerdas o escalar dos series de escaleras, esto incluso de la optimización previa de otros factores de riesgo asociados. Bajo estas circunstancias, lo indicado es la realización de una prueba de estrés farmacológico; según el resultado, puede que sea necesaria previa a la realización del procedimiento quirúrgico, una angiografía coronaria y revascularización. (Fleisher, 2014)

Muchos pacientes ancianos que se presentan para cirugía no cardíaca tienen disnea indiferenciada con un esfuerzo mínimo o capacidad funcional limitada. Estos síntomas pueden ser consistentes con enfermedad cardíaca o pulmonar, obesidad o falta general de acondicionamiento físico y, a menudo, es difícil distinguirlos en una evaluación

clínica junto a la cama. Si bien una ETT enfocado en reposo no diagnosticará la enfermedad de la arteria coronaria, la evaluación de la función sistólica / diastólica del VI y del VD y la función de la válvula cardíaca ayudarán a confirmar o excluir muchas causas cardíacas de esta ecuación. Esto puede influir en el monitoreo perioperatorio y la técnica anestésica (Cowie, 2010).

Una ETT en reposo evalúa principalmente las anomalías funcionales y anatómicas, es un discriminador deficiente para la enfermedad activa de la arteria coronaria y no es un sustituto de las pruebas de esfuerzo preoperatorias. Además, un estudio de ETT normal no descarta toda la patología cardíaca posible (Canty, Royse, Kilpatrick, Bowman, & Royse, 2012).

La ecocardiografía en reposo tiene evidencia relativamente débil en predicción de resultados postoperatorios incluso en pacientes con condiciones cardíacas y mal estado funcional. Las recomendaciones de la Asociación del Corazón (AHA) para cardiopatía perioperatoria y estratificación del riesgo indica que la evaluación cardíaca en cualquier forma debería ayudar a los proveedores de cuidados perioperatorios haciendo más que simplemente dar la autorización médica para la cirugía. Más bien, busca fortalecer el juicio clínico informado en términos del estado cardíaco y las recomendaciones para el manejo de la enfermedad cardíaca (Subramani & Tewari, 2014).

Una ETT focalizada realizada en la clínica de preadmisión por un anestesiólogo puede resultar en un cambio de manejo en una alta proporción de pacientes, incluso en pacientes asintomáticos. Los hallazgos ecocardiográficos facilitaron al anestesiólogo clasificar a los pacientes en categorías de bajo y alto riesgo, lo que les permitió idear lo que consideraban un plan de manejo apropiado antes de la cirugía (Canty, Royse, Kilpatrick, Bowman, & Royse, 2012).

La Sociedad Americana de Ecocardiografía (SAE) está estableciendo pautas para la ecocardiografía en la evaluación preoperatoria con revisión periódica. La SAE

recomienda la ETT en pacientes con enfermedad cardíaca documentada y capacidad funcional reducida (<4 METS), falta de aliento inexplicable en ausencia de signos clínicos de insuficiencia cardíaca, si el electrocardiograma (ECG) y/o la radiografía de tórax son anormales, soplo en presencia de síntomas cardíacos o respiratorios, soplo en un individuo asintomático en el que las características clínicas u otras investigaciones sugieren una cardiopatía estructural grave o empeoramiento de su condición previa (Subramani & Tewari, 2014).

USO DE LA ECOCARDIOGRAFÍA EN EL TRANS Y POSTOPERATORIO

Las diferentes entidades que se presentan en estas dos etapas del período perioperatorio conforman un continuo y su abordaje de forma intraoperatoria en sala de operaciones o en el postoperatorio en la UCPA es el mismo, por lo que será estudiado como una unidad.

MONITOREO

La utilización de la ecocardiografía preoperatoria se puede extender al período intraoperatorio y postoperatorio como un nuevo estándar en el monitoreo (Subramani & Tewari, 2014). Es inevitable una incertidumbre diagnóstica sustancial cuando se confía solo en los hallazgos clínicos tradicionales. Actualmente, existe una falta de especificidad en las investigaciones de rutina para esta afección. (Price, y otros, 2017)

De hecho, aunque los pacientes a menudo presentan una historia sugestiva, características clínicas (como choque y congestión pulmonar o periférica) y/o síntomas relacionados con la causa potencial subyacente, estas características clínicas tradicionales frecuentemente están ausentes. La excesiva dependencia de estos factores puede retrasar el diagnóstico y la implementación de la terapia adecuada o contribuir a un diagnóstico perdido en hasta el 20% de los pacientes. Además, las características clínicas de los pacientes pueden variar según el lugar de contacto médico inicial y las estrategias de manejo empleadas (ibíd.).

A diferencia de otros biomarcadores utilizados en la insuficiencia cardíaca aguda, la ecocardiografía y la ultrasonografía enfocada se pueden usar para identificar no solo el gasto cardíaco inadecuado y/o la presencia de congestión, sino también la causa subyacente, lo que permite que las intervenciones individualizadas más adecuadas se administren de inmediato al paciente. Además, estas modalidades de imagen pueden usarse para monitorear los efectos del tratamiento (ya sea beneficioso o perjudicial), así

como para guiar la disposición del paciente y las intervenciones según lo indicado (Price y otros, 2017).

En pacientes hemodinámicamente inestables, una ecocardiografía transtorácica focalizada puede guiar la terapia de fluidos para la repleción de volumen, así como el uso de vasopresores, diuréticos y vasodilatadores. En pacientes con riesgo de embolia pulmonar puede ayudar a identificar los hallazgos asociados a este (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Cuando se usa apropiadamente, la ecocardiografía es excepcionalmente capaz de evaluar de manera no invasiva el gasto cardíaco en tiempo real, las presiones de llenado, la función diastólica, la estructura valvular y la contractilidad ventricular del corazón derecho e izquierdo. Estos beneficios hacen que la ecocardiografía sea una tecnología ideal, particularmente en concierto con monitoreo mínimamente invasivo continuo, como la EDM o el análisis del contorno del pulso, para identificar y evaluar con precisión las comorbilidades cardiovasculares frecuentemente ignoradas que dictan el manejo clínico perioperatorio individualizado. Como mínimo, los pacientes con riesgo de disfunción diastólica podrían evaluarse antes de la operación, por lo que podría implementarse un monitoreo apropiado (incluyendo la posibilidad de ETT) (Manecke & Vezina, 2009).

El uso de ultrasonido durante la reanimación en un paro cardíaco es una aplicación única pero infrautilizada. La ecografía de cabecera de la cama puede dirigir intervenciones emergentes al detectar rápidamente el neumotórax a tensión, el taponamiento cardíaco y la embolia pulmonar masiva con insuficiencia ventricular derecha aguda. Además, el ultrasonido se puede utilizar para evaluar las contracciones cardíacas y ayudar a determinar cuándo cesar los esfuerzos de reanimación. La visualización de la parada cardíaca o la coagulación dentro de las cámaras del corazón permite a los proveedores detener las intervenciones inútiles, mientras que la visualización de las contracciones cardíacas sutiles o débiles típicamente justifica la

continuación de los esfuerzos de reanimación. Es útil como herramienta de monitoreo posterior a un estado post-paro al permitir una evaluación rápida de la función sistólica y volemia del ventrículo izquierdo (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

La ecocardiografía de cuidados críticos y perioperatorios tiene un énfasis diferente en el volumen y el estado de llenado, la capacidad de respuesta del fluido, la respuesta a los fármacos vasoactivos y las explicaciones hemodinámicas del colapso cardiovascular. A menudo, se necesita información de diagnóstico muy específica rápidamente que no requiere una ETT formal integral realizado por un cardiólogo; en estos escenarios, la ecocardiografía guiada por metas es invaluable. Los dilemas perioperatorios a menudo se prestan a un estudio enfocado y dirigido a objetivos para responder a estas preguntas, donde las imágenes pueden adquirirse minutos después de una capacitación limitada en personal no cardiológico con dispositivos portátiles (Cowie, 2010).

Se ha demostrado que el monitoreo hemodinámico avanzado, incluida la medición del gasto cardíaco (GC), disminuye la morbilidad y la mortalidad en pacientes de riesgo moderado a alto durante el período perioperatorio. Sin embargo, la termodilución de la arteria pulmonar en bolo intermitente, considerada como el enfoque de referencia para el monitoreo de GC, es un método altamente invasivo y no es factible para uso regular en la práctica habitual (Fischer y otros, 2014).

La ecocardiografía puede predecir con precisión la respuesta a fluidos y permitir cambios en los fármacos vasoactivos, respaldado por un examen en tiempo real. A diferencia de los monitores alternativos basados en el flujo que muestran un valor numérico, la ecocardiografía puede mostrar cambios en tiempo real en la función valvular o el desarrollo de anomalías en el movimiento de la pared ventricular. Las anomalías del movimiento de la pared segmentaria son alarmantemente comunes, observadas en 20%-32% de los pacientes sometidos a cirugía, y existe una asociación clara con isquemia coronaria y eventos cardíacos (Barber & Fletcher, 2014).

El inconveniente es su falta de continuidad, ya que cada cambio en la condición del paciente debe verificarse en un examen repetido (Mielnicki, Dyla, & Zawada, 2016). Sin embargo, y a pesar de sus limitaciones, se ha demostrado que el uso de la ecocardiografía puede mejorar los resultados, incluso cuando se emplea en el nivel básico. Kanji y otros (2014), por ejemplo, mostraron una reducción significativa en la lesión renal aguda y la mortalidad en pacientes en estado crítico que fueron monitoreados y manejados con ecocardiografía (Franchi, Vetrugno, & Scolletta, 2017).

La incorporación de la ecografía cardíaca en la práctica clínica requiere, al igual que con otras herramientas de monitoreo, un amplio conocimiento de las características anatómicas y fisiológicas; además de su manejo para obtener las imágenes y las señales de la manera más óptima y confiable (Poelaert, 2015).

DIAGNÓSTICO DE CONDICIONES PATOLÓGICAS DE NOVO

El concepto de un examen enfocado ("limitado" o "dirigido a una meta") es importante en la ecografía en el punto de atención. Los médicos de diversas especialidades pueden volverse muy adeptos al uso de la ecografía para examinar un órgano, enfermedad o procedimiento en particular que sea directamente relevante para su área de experiencia, mientras que los especialistas en imágenes generalmente realizan exámenes más completos. La ecografía en el punto de atención puede implicar el uso de una serie de exámenes ultrasonográficos enfocados para diagnosticar o descartar eficazmente ciertas afecciones en pacientes que presentan síntomas o signos particulares (Moore & Copel, 2011). Con base en los signos y síntomas que presenta el paciente, un examen de ultrasonido enfocado en la cama puede limitar el diagnóstico diferencial y guiar investigaciones adicionales, especialmente en situaciones urgentes o emergentes (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

La ecocardiografía focalizada ha demostrado beneficios en pacientes con inestabilidad hemodinámica, traumatismo torácico y taponamiento pericárdico. En estas

configuraciones, se puede realizar rápidamente al lado de la cama y se agrega claramente a la evaluación de los pacientes (ibíd.). En los casos de choque persistente, la ecocardiografía es la única prueba a la cabecera del paciente que puede identificar la obstrucción dinámica del tracto de salida del ventrículo izquierdo, la falla del ventrículo derecho o las complicaciones del infarto de miocardio, como la ruptura del músculo papilar o el defecto del tabique ventricular. La disfunción ventricular derecha y la hipertensión pulmonar son frecuentes, pero a menudo se diagnostican en condiciones críticas en casos de diagnóstico insuficiente. Se pueden encontrar en el 25% de los pacientes con lesión pulmonar aguda, y la disfunción del ventrículo derecho se puede ver en hasta el 31% de los pacientes sépticos (Barber & Fletcher, 2014).

- DERRAME PERICÁRDICO

Un corazón normal contiene aproximadamente 10 ml de líquido seroso en el saco pericárdico. Esta pequeña cantidad está oculta en la ecografía y las capas parietales y viscerales del pericardio se ven como una capa hiperecoica adyacente al miocardio en la mayoría de las vistas. El derrame pericárdico se ve en la ecografía como una banda anecoica (negra) que rodea el corazón y lo separa del tejido adyacente. El blanco brillante, pericardio parietal altamente reflectante del miocardio gris heterogéneo. (Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

Aunque una cantidad muy pequeña de líquido puede ser normal, distinguir el origen (enfermedad fisiológica versus enfermedad pericárdica) no es fácilmente posible. En circunstancias clínicas de alto riesgo donde los derrames triviales pueden ser precursores de una importante enfermedad pericárdica en evolución (por ejemplo, traumatismo penetrante, procedimiento postcardíaco); incluso un derrame muy pequeño debe considerarse patológico hasta que se demuestre lo contrario (ibíd.).

Los derrames pericárdicos se definen como la presencia de líquido en el espacio pericárdico que excede la cantidad fisiológica superior de 50 ml y puede ser causada por malignidad, uremia, traumatismo, infección y enfermedades reumatológicas.

Aunque no se conoce la incidencia de derrames pericárdicos en la población general, los datos sugieren que hasta el 13,6% de los pacientes con disnea inexplicable que se presentan en los servicios de urgencias tienen derrames pericárdicos de importancia clínica variada. La ecografía al lado de la cama permite un diagnóstico rápido y no invasivo del derrame pericárdico y taponamiento pericárdico agudo (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

El líquido pericárdico que fluye de manera libre, al inicio se acumula posteriormente y se identifica en el área más dependiente del saco pericárdico. En la vista subcostal, un derrame se observa como una banda anecoica entre la pared libre del ventrículo derecho y el pericardio adyacente al hígado (Figura 68) (ibíd.).

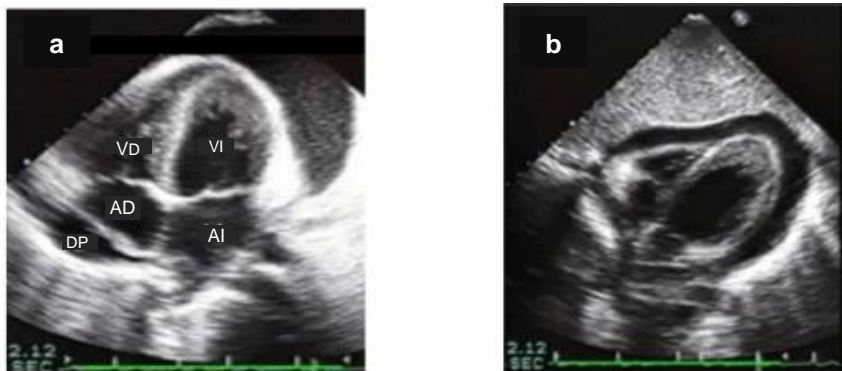


Figura 68. a) Derrame pericárdico circunferencial en vista apical 4 cámaras. DP: derrame pericárdico. b) Derrame pericárdico en vista subcostal 4 cámaras con colapso del ventrículo derecho durante diástole evidenciado (modificado de Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014).

En las vistas de eje largo y corto paraesternal, se ven derrames pericárdicos en la parte posterior del ventrículo izquierdo. A medida que aumenta el volumen de líquido pericárdico, el derrame se vuelve circunferencial. Después de una cirugía cardíaca o procedimientos percutáneos o en pacientes con enfermedad pericárdica recurrente, el líquido pericárdico puede ser localizado y no fluye libremente con cambios en la

posición del paciente. El reconocimiento de un derrame pericárdico loculado es importante porque puede haber compromiso hemodinámico incluso con una pequeña cantidad de líquido localizado (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Se debe tomar en cuenta que el derrame pleural puede confundirse con un derrame pericárdico. En una vista del eje largo paraesternal, ambos derrames se observan como áreas anecoicas posteriores a la aurícula izquierda y al ventrículo izquierdo, pero se pueden distinguir según su relación con la aorta descendente. Un derrame pericárdico atraviesa anteriormente la aorta descendente, mientras que un derrame pleural izquierdo se ve por detrás. Si la aorta torácica descendente no se aprecia bien, debe confirmarse un derrame desde el eje parasternal corto y las vistas subcostales o también se puede obtener una vista pleural izquierda dedicada (ibíd.).

- TAPONAMIENTO

Al evaluar a un paciente por taponamiento cardíaco, es fundamental recordar que el taponamiento es un diagnóstico clínico. La fisiología del taponamiento ocurre cuando la presión dentro del pericardio excede la presión de las cámaras cardíacas, lo que resulta en un llenado cardíaco deteriorado. El taponamiento cardíaco debe sospecharse clínicamente en cualquier paciente hemodinámicamente inestable con un derrame pericárdico circunferencial. (Soni, Arntfield, & Kory, 2015)

Los hallazgos ecográficos cardíacos de taponamiento pericárdico incluyen colapso diastólico del ventrículo derecho y aurícula derecha y una vena cava inferior dilatada (Figura 69). La presencia o ausencia de estos hallazgos siempre debe tomarse en contexto con el cuadro clínico general y la estabilidad hemodinámica del paciente. Una vez que se identifica un derrame pericárdico significativo, la evaluación complementaria más valiosa es examinar la VCI para determinar su diámetro y colapsabilidad. Una VCI dilatado lleva una sensibilidad del 97% para el taponamiento; si la VCI no está dilatada y / o muestra una buena variación respiratoria, es muy poco

probable que exista taponamiento cardíaco. Por lo tanto, el valor predictivo negativo de una VCI normal puede ser extremadamente útil para descartar un taponamiento (ibíd.).

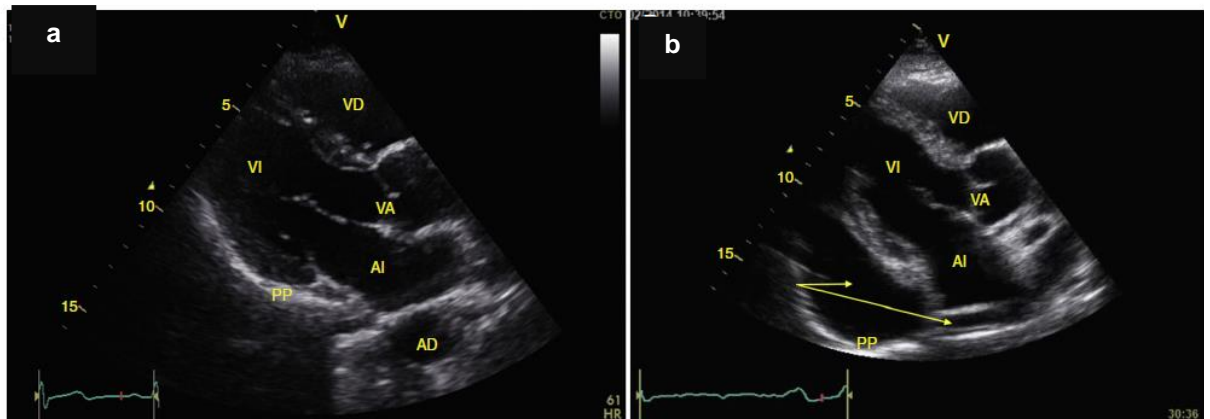


Figura 69. Ventana paraesternal eje largo. a) Normal. b) Se evidencia derrame pericárdico severo señalado con las flechas. AD: Aorta ascendente, PP: pericardio posterior (modificado de Pérez & Franco, 2015).

En el paro cardíaco, el taponamiento pericárdico es una causa potencialmente reversible de la actividad eléctrica sin pulso, que puede detectarse mediante una ecografía cardíaca de emergencia. La incidencia de derrame pericárdico en pacientes con AEP que demuestran contractilidad cardíaca se ha reportado en un 67%. La ecografía cardíaca enfocada durante el paro cardíaco es útil porque la actividad eléctrica sin pulso forma parte de una serie de ritmos cardíacos que requieren una evaluación estructural y funcional del corazón más allá del simple análisis del ritmo (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

- EMBOLIA PULMONAR

El diagnóstico de una embolia pulmonar puede ser difícil, porque los síntomas y signos no son específicos. El ecocardiograma transtorácico es normal en aproximadamente el 50% de los pacientes no seleccionados con embolia pulmonar aguda, y tiene una sensibilidad de 50 a 60% y una especificidad de 80 a 90%. Por lo tanto, se utilizan otras

investigaciones para confirmar el diagnóstico, con ecocardiografía utilizada como una técnica de imagen complementaria. Los principales hallazgos ecocardiográficos indirectos son inespecíficos e incluyen dilatación del corazón derecho, hipoquinesia del ventrículo derecho (VD) (con o sin reducción apical), movimiento septal anormal y dilatación de la vena cava inferior (Figura 69) (Price y otros, 2017).

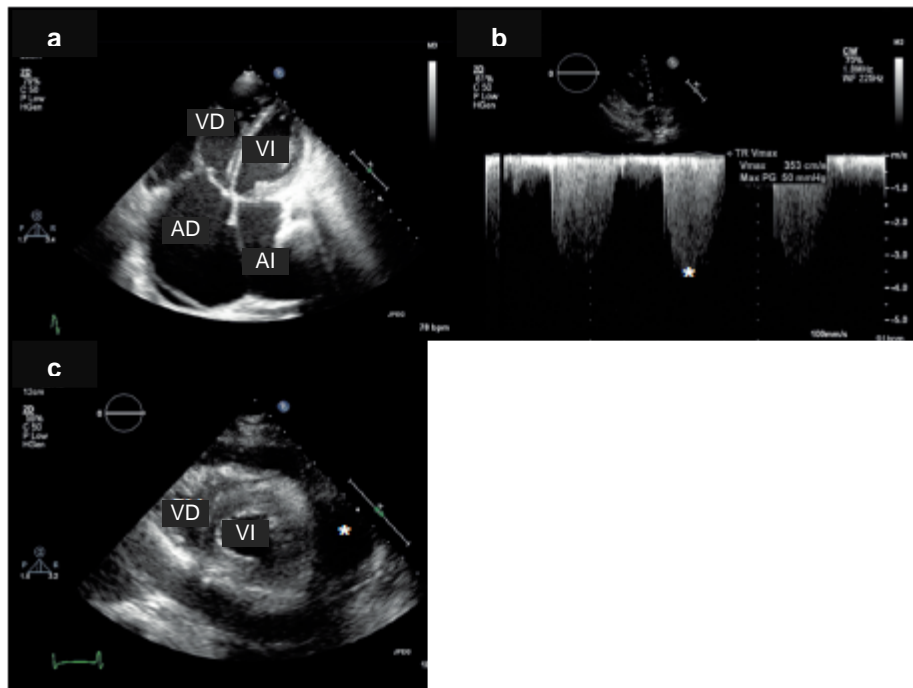


Figura 70. a) ETT en un paciente con embolismo pulmonar agudo sobre uno crónico desde una ventana apical cuatro cámaras, que muestra una dilatación severa del ventrículo derecho. b) Aumento de la presión sistólica pulmonar medida a través de la regurgitación de la válvula tricuspídea (alrededor de 50 mmHg, asterisco). c) Eje corto paraesternal que muestra un ventrículo derecho e izquierdo rodeados por un derrame pericárdico circunferencial (modificado de Price y otros, 2017).

En pacientes con sospecha de EP que se encuentran en insuficiencia circulatoria, un pequeño estudio ha sugerido que más del 90% tienen como causa de su choque una

falla del VD en la ecografía cardíaca en el punto de atención. Para aquellos con EP establecida sin choque, si los signos de falla del VD se demuestran con ultrasonido, la presencia de hipertensión pulmonar crónica es un riesgo, y la terapia agresiva temprana (trombólisis o embolectomía) debe considerarse según las pautas actuales (Price y otros, 2017).

En neurocirugía operar a pacientes en posición sentada puede mejorar las condiciones quirúrgicas, al permitir el acceso a estructuras más profundas sin una retracción cerebelosa excesiva, así como para ayudar al drenaje pasivo del líquido cefalorraquídeo y la sangre con la gravedad. Sin embargo, uno de los inconvenientes más graves y las razones fundamentales para el uso decreciente de la posición sentada durante la neurocirugía es la aparición de embolia venosa aérea. Esto puede complicar hasta un 76% de los procedimientos neuroquirúrgicos, incluso pudiendo llegar a ser fatal (Barber & Fletcher, 2014). El embolismo aéreo puede ser causante de alteraciones hemodinámicas, si este es masivo, principalmente hipertensión pulmonar y alteraciones en la función de las cámaras derechas.

- INSUFICIENCIA RESPIRATORIA

La ecocardiografía dirigida al objetivo se puede combinar con imágenes de ultrasonido torácico y mejora la precisión diagnóstica en comparación con las imágenes convencionales para pacientes con insuficiencia respiratoria aguda. Las causas más comunes son captadas por el mnemónico RESP-F: exacerbación de la enfermedad respiratoria crónica, embolia pulmonar, cambios en el segmento ST del electrocardiograma, asociados con enfermedad cardíaca o pericárdica aguda, neumonía e insuficiencia cardíaca (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014).

Los pacientes que presentan insuficiencia respiratoria aguda pueden compartir la etiología y los hallazgos ecocardiográficos de las condiciones de choque. Es posible que la inestabilidad hemodinámica aún no se manifieste en el paciente que presenta

insuficiencia respiratoria aguda, debido, en parte, al aumento en el tono simpático que generalmente acompaña a los estados de disnea severos (ibíd.).

Los pacientes con exacerbación aguda de una enfermedad obstructiva de las vías respiratorias, como la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) o el asma, pueden cursar con hiperinsuflación pulmonar, lo cual para la mayoría de las vistas ecocardiográficas causa obstrucción, bajo estas circunstancias el corazón se visualiza mejor desde una visión subcostal. Las características en la ecocardiografía dirigida a objetivos que apoyan el diagnóstico de EPOC crónica incluyen evidencia de hipertrofia y falla del VD. Las causas respiratorias agudas, como el asma y la neumonía, pueden tener pocos hallazgos específicos en el examen ecocardiográfico. (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014)

La embolia pulmonar conduce a evidencia de obstrucción e insuficiencia cardíaca derecha, como se explicó anteriormente. La enfermedad pericárdica puede estar asociada con cambios en el segmento ST, esto se vuelve importante porque contribuye a la fisiología obstructiva. La disfunción ventricular aguda puede provocar malestar en el pecho, disnea y edema pulmonar con insuficiencia respiratoria hipoxémica e incluso insuficiencia del ventilador. El infarto de miocardio (cambios en el segmento ST) debe considerarse como una causa tratable y potencialmente muy sensible. La disfunción ventricular que conduce a la insuficiencia cardíaca es importante en el diagnóstico diferencial de la insuficiencia respiratoria aguda y puede manifestarse en un examen ecocardiográfico dirigido a un objetivo por los mismos hallazgos que caracterizan el choque cardiogénico (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014).

El uso de la ecocardiografía se está moviendo, más allá de un examen limitado y enfocado, hacia el descubrimiento de algunas de las causas menos conocidas de la hipoxemia y la falta de destete de la ventilación mecánica, como el foramen oval permeable y la disfunción diastólica (Barber & Fletcher, 2014). El cortocircuito intracardíaco es una causa rara de hipoxemia en el período perioperatorio en cirugía no

cardíaca, pero es razonable buscarla una vez que se excluyen los problemas pulmonares y de ventilación. (Cowie, Focused transthoracic echocardiography in the perioperative period, 2010)

El foramen oval permeable es común, se presenta en el 27% de las muestras *post mortem* y puede producirse una derivación de derecha a izquierda durante las fases del ciclo cardíaco, con presiones pulmonares elevadas, con ventilación mecánica y presión espiratoria final positiva. Sin embargo, la ecocardiografía transesofágica es mucho más sensible para detectar el foramen oval permeable y la ecocardiografía transtorácica pasará por alto muchos casos de foramen oval permeable, incluso de gran tamaño, que causan hipoxemia (Figura 71) (ibíd.).

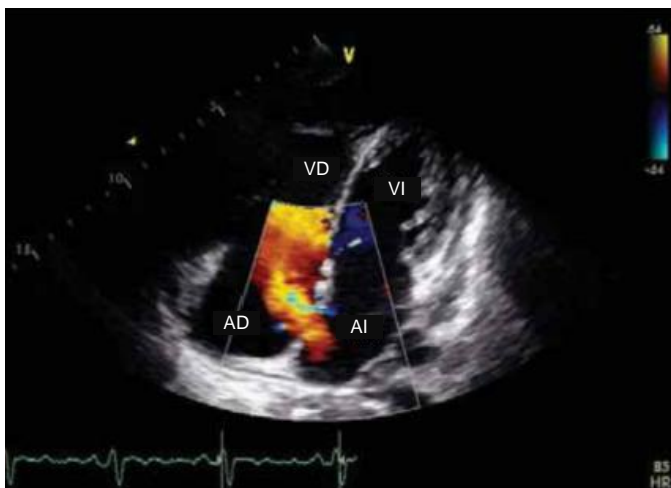


Figura 71. Comunicación interatrial con flujo Doppler que muestra dirección de izquierda a derecha (modificado de Rosaligam, 2013).

- HIPOVOLEMIA

La adecuación de la reanimación con volumen y la evaluación de la administración de líquidos son preguntas diarias en pacientes críticamente enfermos. La carga de líquidos es el manejo terapéutico más frecuentemente realizado en pacientes sometidos a anestesia y en estado crítico. Lo apropiado de las condiciones de carga incluye algunos

signos clínicos, como presión de perfusión baja, diuresis baja y mala perfusión de tejidos. Sin embargo, la estimación clínica del llenado y la posterior optimización requieren más que algunos parámetros clínicos subjetivos y aproximados (Poelaert, 2015). La evaluación del estado del volumen está indicada igualmente en pacientes con disnea aguda e hipotensión. La identificación del agotamiento de volumen en un paciente hipotenso o el exceso de volumen en un paciente con disnea puede facilitar el diagnóstico y el tratamiento (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

La determinación del estado del líquido puede realizarse mediante variables estáticas o dinámicas, que deben integrarse en los hallazgos clínicos. Las variables estáticas incluyen descriptores de precarga sin ningún componente dinámico, mientras que las variables dinámicas incluyen más un enfoque fisiológico para probar la capacidad de respuesta del fluido. La ecografía cardíaca permite la evaluación hemodinámica a pie de cama y se ha demostrado que proporciona información invaluable sobre la función sistólica y diastólica ventricular, las condiciones de carga (precarga y poscarga), la morfología y la función de las válvulas, así como el estado de los grandes vasos (Poelaert, 2015).

Sin embargo, la interpretación correcta de la función sistólica ventricular necesita una estimación de las condiciones de carga; de hecho, la optimización de la precarga a menudo mejora la función ventricular. El objetivo de evaluar la capacidad de respuesta del fluido debe ser una determinación objetiva de las condiciones de carga, para que los bolos de líquido se reserven solo para aquellos pacientes que se verán beneficiados, evitando así la sobrecarga de líquido (Poelaert, 2015).

La ecocardiografía también puede predecir la respuesta al líquido en situaciones en las que otros métodos no están validados; por ejemplo, durante la respiración espontánea en lugar de la ventilación mecánica. Para aquellos no respondedores a fluidos, puede ser de utilidad para guiar el soporte farmacológico y mecánico del sistema cardiovascular (Barber & Fletcher, 2014).

El examen de ultrasonido en el punto de atención de la vena cava inferior (VCI) ofrece una determinación rápida y no invasiva de la presión auricular derecha para guiar la evaluación del estado del volumen y la capacidad de respuesta del volumen. La adquisición e interpretación de imágenes se puede dominar después de una breve capacitación enfocada y se han estudiado varios protocolos de capacitación en proveedores de diversas especialidades médicas. A pesar de la relativa facilidad en la adquisición de imágenes, la interpretación de los hallazgos de la VCI requiere la integración de una serie de factores del paciente antes de incorporar los hallazgos en la toma de decisiones clínicas (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Los cambios en la presión intratorácica durante la respiración espontánea se transmiten a la VCI. Independientemente de si el paciente está respirando o apagando espontáneamente un ventilador, la presión negativa de cada respiración difiere, lo que lleva a condiciones de carga variables y, por consiguiente, a cambios variables en el diámetro de la VCI. El enfoque más razonable en pacientes con respiración espontánea es considerar el diámetro y la colapsabilidad de la VCI como una medida indirecta de la PVC (presión venosa central). Aunque la evidencia se limita a respaldar la PVC como guía para el manejo de fluidos, se ha demostrado que la elevación de la PVC se asocia con una respuesta más deficiente a la reanimación con líquidos; por lo tanto, es razonable que un paciente con hipotensión que respira espontáneamente (sin insuficiencia cardíaca derecha) con una VCI dilatada y sin colapsabilidad se considere repleto de volumen y que se tengan en cuenta terapias complementarias a la reanimación con líquidos, como los vasopresores (ibíd.).

La correlación más fuerte de los hallazgos de la VCI para determinar la capacidad de respuesta al volumen se ha demostrado con pacientes que son completamente pasivos con un ventilador, porque las condiciones de carga de cada respiración están reguladas por este. Cuando se interpreta la variación respiratoria de la VCI en esta población, la distensión puede ser sutil en las imágenes bidimensionales. Su tamaño también puede

verse afectado por el retorno venoso de la circulación esplácnica, las excursiones diafragmáticas durante la respiración y la presión intraabdominal. Por lo tanto, se recomienda el modo M para capturar estos cambios sutiles (Soni, Arntfield, & Kory, 2015).

Si se elige medir cuantitativamente la VCI y el cambio con la respiración, la imagen se puede congelar y los calibradores se pueden usar para medir el diámetro perpendicular al eje largo de la vena, aproximadamente 2 cm desde la unión del AD-VCI. Una vez que se mide el diámetro más grande, se puede usar la función de cine o se puede capturar una segunda imagen para medir el diámetro de VCI más pequeño. Las mediciones deben tomarse de manera idéntica. El modo M también se puede usar para medir el diámetro de la VCI y la variación respirofásica (ibíd.).

En esencia, la precarga es una variable estática, que describe las condiciones de carga del corazón antes de que se produzca la contracción muscular. Se relaciona con la presión diastólica final del ventrículo izquierdo y, a través de algunas simplificaciones, también con la presión de la arteria pulmonar y la arteria pulmonar izquierda. No obstante, la relación entre la presión y las condiciones de carga se ve obstaculizada principalmente por el compromiso de la función ventricular (Poelaert, 2015).

Por lo tanto, la estimación y la optimización de la precarga son esenciales y la primera medida para mejorar la condición hemodinámica, incluso el deterioro de esta. Sin embargo, cuando se presenta poca respuesta a la precarga, la reanimación por volumen también puede agravar el edema pulmonar, con insuficiencia respiratoria posterior y dificultades de destete. Si bien las variables estáticas de las condiciones de carga brindan un marco momentáneo, que podría sugerir hipovolemia solo junto con algunas de las medidas generales enumeradas anteriormente, queda claro que, en la actualidad, se debe incluir un aspecto dinámico para evaluar y predecir de manera óptima la capacidad de respuesta del fluido. Existen varias posibilidades, como una transfusión interna con elevación pasiva de las piernas, un minibolo de 100 ml de coloides o el uso

de cambios de presión intratorácicos, generando cambios en la insuflación mecánica cíclica para determinar con seguridad el estado del líquido del enfermo crítico (ibíd.).

Las medidas tradicionales de precarga, como la PVC y los cambios de esta con la carga de volumen no han podido predecir la capacidad de respuesta a los fluidos. La evaluación de las condiciones de carga en pacientes con aumento de la presión intratorácica o intraabdominal, el posicionamiento intraoperatorio de Trendelenburg (cirugía mayor de pelvis), la restricción pericárdica o en la falla del ventrículo derecho, en particular, parecen ser una indicación para la evaluación de la carga dinámica, en lugar de usar las características de precarga estática (Poelaert, 2015).

El levantamiento pasivo de pierna se ha utilizado ya durante muchas décadas y ofrece la posibilidad de transfundir con seguridad de 150 a 200 ml de sangre total en la circulación central. Se puede lograr un rápido aumento de la precarga ventricular y, por lo tanto, del gasto cardíaco siempre que exista dependencia de la precarga. Además, esta técnica ofrece reversibilidad completa al devolver las piernas horizontalmente. (Poelaert, 2015)

Es importante con esta técnica es la definición de una respuesta positiva, que a menudo se establece en un incremento del 10-15%. El volumen diastólico al final de la diástole en el atrio izquierdo puede ser monitoreado por un enfoque transtorácico o transesofágico, evaluando el aumento de esta medida durante la elevación pasiva de las piernas. Por lo tanto, las presiones arteriales invasivas no son directamente necesarias para determinar la capacidad de respuesta del fluido. La reversibilidad de las pruebas con un aumento a corto plazo de la precarga subraya la seguridad de esta técnica. Sin embargo, se debe tener en cuenta para evaluar la función ventricular global previa a una prueba pasiva de levantamiento de piernas (ibíd.).

Un aumento del VS $> 15\%$ inducido por la elevación pasiva de la pierna demostró tener una especificidad del 93% y una sensibilidad del 81%, un valor predictivo positivo del 91% y un valor predictivo negativo del 85% (Poelaert, 2015). De manera similar,

en pacientes que respiran espontáneamente se ha demostrado que los aumentos del volumen sistólico por medio de la elevación pasiva de las piernas, evaluada mediante ecografía cardíaca, se correlacionan con los cambios estimados por un sistema Vigileo. En la respiración espontánea intermitente, la interpretación es más difícil, ya que las oscilaciones de la presión intratorácica no siempre serán iguales. Se deben incluir períodos más largos de evaluación para recopilar la información requerida (ibíd.).

Durante la ventilación mecánica en un paciente adulto bien sedado, las alteraciones cíclicas de la presión intratorácica inducen cambios en el diámetro de la entrada venosa hacia el tórax; es decir, las venas cavas inferior y superior. Con la ecocardiografía transtorácica, es fácil demostrar la dilatación y disminución del diámetro de la vena cava inferior con inspiración y espiración, respectivamente. Barbier y otros (2004) y Feissel y otros (2007) demostraron claramente que la variación respiratoria de la VCI predice de manera confiable la capacidad de respuesta del fluido (Figura 72). En este estudio en particular, se observó hipotensión en aquellos pacientes con una variación de VCI de $> 30\%$. (Poelaert, 2015).

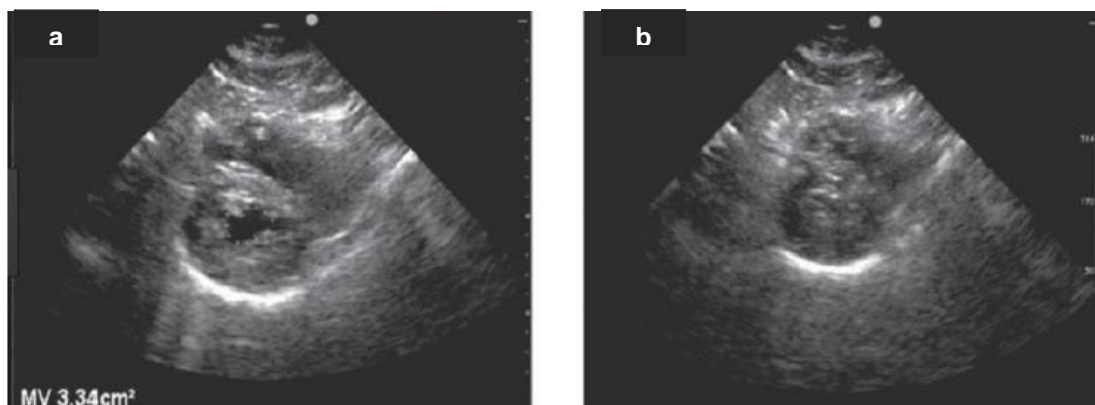


Figura 72. a) Ventrículo izquierdo al final de la diástole. b) Ventrículo izquierdo al final de la sístole, muestra como las paredes ventriculares se contactan. (Rivas, 2017)

La interpretación correcta se verá obstaculizada siempre que ocurra una falla del ventrículo derecho, aumentos de la presión abdominal, tórax abierto (durante o después

de la cirugía cardíaca) o cambios muy pequeños de la presión intratorácica (volumen tidal bajo, aumento de las presiones intratorácicas, aumento del trabajo respiratorio). En contraste, un aumento de la frecuencia respiratoria (neonatos y niños pequeños) permite una estimación aún correcta de la capacidad de respuesta del fluido mediante la variación de la VCI (Poelaert, 2015).

Una de las principales preocupaciones en el manejo del paciente crítico es la optimización del suministro de oxígeno a los tejidos. La carga intravascular insuficiente en la reanimación temprana de la sepsis aguda produce hipoperfusión tisular, disfunción orgánica y acidosis. También se ha demostrado que la administración excesiva de líquidos es perjudicial en el entorno perioperatorio y en la lesión pulmonar aguda, lo que prolonga tanto el tiempo de ventilación mecánica como el de cuidados intensivos (Lee, Kory, & Arntfield, 2016). Se ha informado que solo el 40% de los pacientes críticamente enfermos muestra una mejoría en el gasto cardíaco después de un bolo de líquido estándar, exponiendo a más de la mitad de los pacientes a los riesgos de una administración excesiva de líquidos. Esto sugiere que la medición de la precarga no predice la capacidad de respuesta de la precarga (Mandeville & Coleburn, 2012).

Los respondedores son aquellos pacientes en los que el gasto cardíaco o el volumen sistólico aumentan en la cantidad de umbral después de un determinado bolo de líquido. La ETT es una prueba altamente discriminativa para la predicción del volumen sistólico o la respuesta del gasto cardíaco a la carga de volumen en pacientes críticamente enfermos, destacando así el potencial de expansión de su papel en la evaluación cuantitativa. Es importante resaltar que las técnicas de ETT parecen ser útiles en pacientes con esfuerzo respiratorio espontáneo y en personas con arritmias: esto contrasta con muchas de las técnicas que involucran la monitorización invasiva, que se ha demostrado son inexactas en estas situaciones (Mandeville & Coleburn, 2012).

El análisis del tamaño y la función del ventrículo es una de las partes más importantes del examen ecocardiográfico. La evaluación "por vista", una evaluación visual del

corazón, es útil en la evaluación rápida de la función miocárdica. Por supuesto, la evaluación "por vista" no es una herramienta perfecta y puede llevar a discrepancias entre diferentes examinadores, pero en situaciones de toma de decisiones rápidas juega el papel más importante. La evaluación del tamaño del VI y su comportamiento durante el ciclo cardíaco es muy útil para determinar el estado del líquido en pacientes con ventilación mecánica. Los pacientes críticamente enfermos con sospecha de hipovolemia tienen ventrículos pequeños e hiperdinámicos en el examen ecocardiográfico (Figura 73) (Mielnicki, Dyla, & Zawada, 2016).

No significa que todos los pacientes con este tipo de cavidad izquierda respondan a los líquidos, pero las posibilidades son mayores cuanto más pequeño es el ventrículo. La capacidad de respuesta fluida es muy probable cuando se observa el llamado "beso de los ventrículos", un fenómeno causado por la desaparición sistólica final (Figura 74). Las vistas dedicadas a la evaluación del "beso de los ventrículos" son la vista de eje largo paraesternal y la vista de eje corto paraesternal. La herramienta de diagnóstico que es muy útil para la visualización de "beso de los ventrículos" es el modo de movimiento (modo M) (ibíd.).

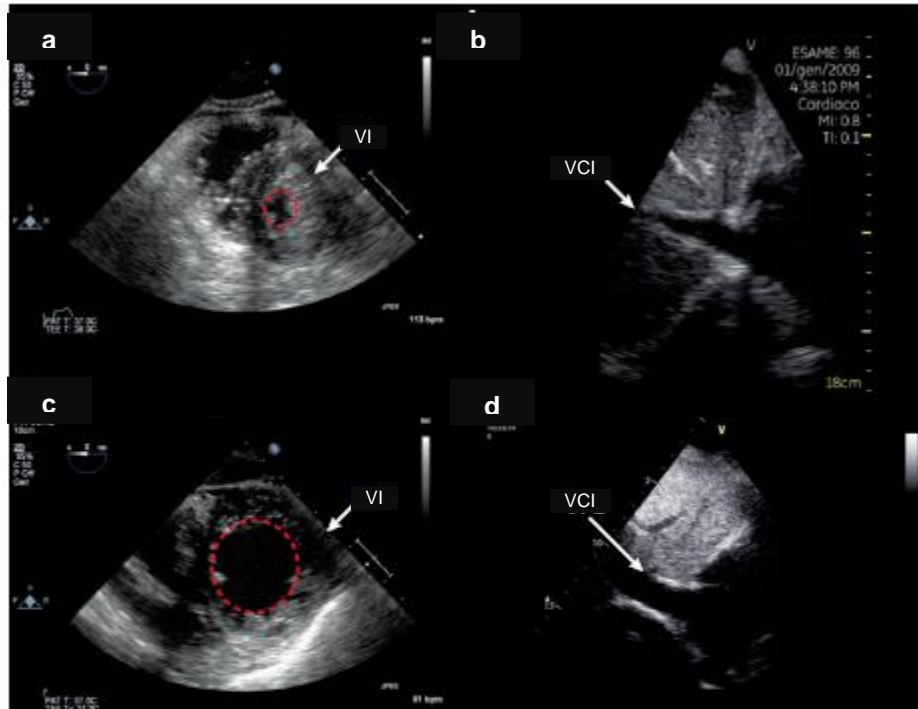


Figura 73. Paciente con hipovolemia severa. a) Vista de eje corto paraesternal que muestra un área diastólica final del ventrículo izquierdo disminuida. b) Vista de ventana subcostal, que muestra una vena cava inferior obliterada al final de la espiración (< 1 cm). Las imágenes inferiores muestran un paciente, quien no respondería a volumen al aumentar el volumen sistólico. c) Vista de eje corto paraesternal del ventrículo izquierdo con un área normal del ventrículo izquierdo al final de la diástole. d) Vena cava inferior dilatada al final de la espiración. VCI: Vena cava inferior (modificado de Price, y otros, 2017).

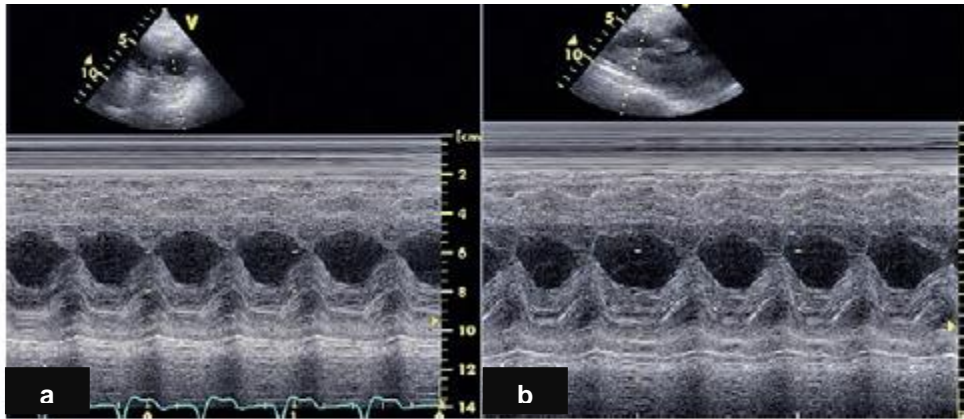


Figura 74. Ventrículo izquierdo en modo M que demuestra el signo del “eyeballing”, lo cual traduce como los músculos papilares se “besan” en el eje corto y largo (modificado de Mielnicki, Dyla, & Zawada, 2016).

El movimiento sistólico de la valva anterior de la válvula mitral es un hallazgo muy interesante al realizar la ecocardiografía (Figura 75). Esta se observa en muchas situaciones clínicas con flujo impedido a través del tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI). En el caso del agotamiento del fluido, especialmente cuando el ventrículo izquierdo es pequeño e hiperdinámico, puede haber una obstrucción funcional del TSVI causada por el movimiento de la valva de la válvula mitral anterior hacia el tabique en la sístole. No es fácil encontrar mientras se realiza una rápida "evaluación por vista". Se puede visualizar en PLAX (Mielnicki, Dyla, & Zawada, 2016).

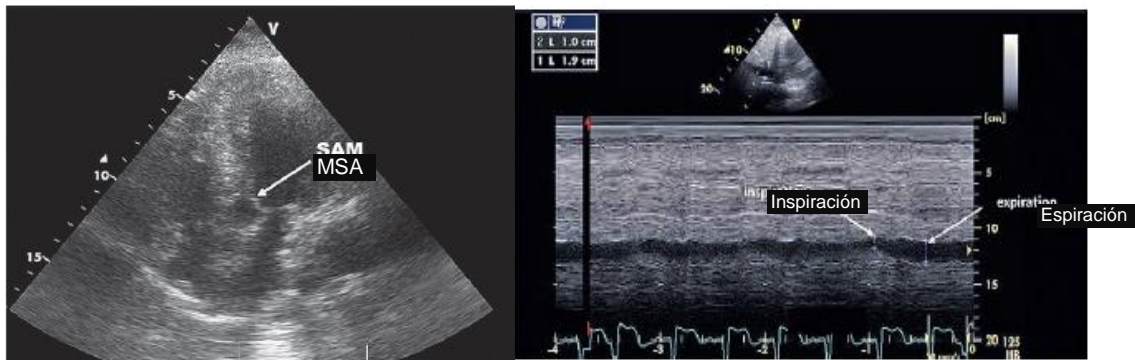


Figura 75. a) Movimiento sistólico de la válvula mitral hacia el septo interventricular en una vista de cinco cámaras. b) Colapso de la vena cava inferior durante la inspiración en un paciente respirando espontáneamente. MSA: Movimiento sistólico anterior (modificado de Mielnicki, Dyla, & Zawada, 2016).

ALTERACIONES HEMODINÁMICAS

La inestabilidad hemodinámica es una de las indicaciones más frecuentes de ETT focalizado en el período perioperatorio. El enfoque exacto de la ETT dependerá de las ventanas ecocardiográficas disponibles y de las circunstancias clínicas (Cowie, 2010). El uso de la ecocardiografía para la evaluación de hipotensión, choque o inestabilidad hemodinámica de etiología cardíaca incierta o sospechada cumple con el nivel más alto de recomendación Clase 1 según las pautas estadounidenses, británicas y europeas (Dennis, 2011).

La combinación de ETT con la medición de la presión arterial intra-arterial y el muestreo de gases en la sangre arterial permite obtener información sobre el estado cardíaco, respiratorio y metabólico, esto ofrece ventajas significativas (Dennis, 2011). Las categorías de diagnóstico diferencial para la inestabilidad hemodinámica se pueden recordar utilizando la mnemotecnía de "SHOCK" (para combinaciones sépticas, hipovolémicas, obstructivas, cardiogénicas y ['K'] u otros tipos de choque), donde 'S' significa la amplia categoría de choque séptico debido a infección o choque distributivo

similar por causas no infecciosas. La hipovolemia (H) se identifica por cambios en el diámetro de la vena cava inferior (VCI) y por pequeños ventrículos poco llenos. El choque obstructivo (O) se debe con mayor frecuencia a un taponamiento pericárdico o embolia pulmonar, que se manifiesta de manera diferente. El choque cardiogénico (C) se caracteriza generalmente por ventrículos dilatados y/o poco contráctiles o disfunción valvular marcada reconocida mediante el uso de imágenes Doppler en color (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014).

Cuando el cuadro clínico y la ecocardiografía dirigida a un objetivo no encajan claramente en una de estas categorías principales, deben considerarse otras posibilidades: "K", recordada fonéticamente, para "combinaciones" y otras "clases". Es decir, el choque puede deberse a combinaciones de las etiologías anteriores y, en raras ocasiones, a otros procesos patológicos, como la insuficiencia suprarrenal, el choque neurogénico (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014).

El objetivo de la ecocardiografía dirigida a objetivos es identificar la causa (SHOCK mnemotécnico) de inestabilidad hemodinámica, choque o paro con AEP (actividad eléctrica sin pulso) y acelerar las terapias dirigidas. Para lograr esto, los objetivos específicos son la evaluación sistemática de: 1) función sistólica del ventrículo izquierdo (VI) (cardiogénica), 2) tamaño y función del ventrículo derecho (VD) (hipovolemia, obstrucción, cardiogénico), 3) derrame pericárdico, signos potenciales de compromiso hemodinámico (obstrucción), y 4) tamaño y distinción de la VCI para la evaluación del estado del volumen (hipovolemia) (ibíd.).

Primero, ¿el VI aparece significativamente dilatado o no?, ¿aparece la función VI 'significativamente' deteriorada o no? En segundo lugar, ¿se dilata el VD o no? En tercer lugar, ¿hay evidencia de hipovolemia (VI pequeño, VCI estrecha (<21 mm) y colapso > 50% con respiración espontánea). En los casos más graves de hipovolemia y en un paciente no ventilado mecánicamente, un diámetro de VCI de ≤ 1 cm suele indicar la

capacidad de respuesta de la precarga. Cuarto, ¿está presente el derrame pericárdico (moderado a grande)? (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014).

El choque séptico o distributivo, que es menos grave, o en las etapas más tempranas puede mostrar un VI hiperdinámico y una VCI de tamaño más pequeño de lo normal con > 50% de colapso, debido a que se asocia inicialmente con un grado de hipovolemia. Un choque distributivo más severo puede demostrar una función del VI dañado. Ese gasto cardíaco puede aumentar significativamente después de la infusión de volumen (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014).

El choque hipovolémico puede mostrar ventrículos pequeños, a veces “casi obliteración de la cavidad”, debido a un VI pequeño e hiperdinámico y una VCI pequeña con una amplia variación respiratoria que se colapsa > 50% en un paciente con respiración espontánea. Si el paciente está ventilado mecánicamente con presión positiva, la variación del diámetro de la VCI se asocia con la volemia (> 12%). (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014).

Se puede observar un choque obstructivo debido a un taponamiento (evidencia de compromiso hemodinámico) en la vista A4C y la S4C. Estas vistas demostrarán un derrame pericárdico significativo (que generalmente abarca el corazón) con la pared auricular derecha o el colapso diastólico del VD. También se puede observar la expansión diastólica del VD demorada. Estos hallazgos pueden indicar un aumento de la presión pericárdica. Si la VCI está dilatada, esto indica altas presiones de llenado del lado derecho (ibíd.).

El movimiento oscilante del corazón siempre evidencia una gran cantidad de derrame pericárdico, pero no siempre está asociado con un compromiso hemodinámico. Un paciente puede tener una fisiología de taponamiento, a veces con una menor cantidad de derrame pericárdico, lo cual puede traducirse clínicamente en una acumulación más rápida de líquido pericárdico. Es beneficioso detectar el derrame pericárdico en

pacientes con AEP. El taponamiento pericárdico es un diagnóstico clínico, no ecocardiográfico (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014)

En la vista subcostal, donde a menudo se observa la mayor cantidad de acumulación de líquido pericárdico, se mide el máximo espacio libre de ecocardiografía en la diástole para el posible "toque" pericárdico. Es beneficioso observar cuántos centímetros hay desde la superficie de la piel hasta el pericardio, para ayudar a prevenir la inserción de la aguja de pericardiocentesis demasiado profunda y cerca del miocardio. El choque obstructivo, debido a una embolia pulmonar aguda, demostrará un VD dilatado y una sobrecarga de presión VD/ VI. El signo 'D' se ve en la vista PSAX. También puede haber aplanamiento septal sistólico. El VD es sensible a los cambios agudos en la poscarga y puede dilatarse en condiciones de choque. Un paciente que se presenta con una embolia pulmonar puede demostrar un agrandamiento del VD, una pared lateral hipocinética y un vértice hiperdinámico (signo de McConnell) (ibíd.).

La sensibilidad de estos hallazgos para diagnosticar una embolia pulmonar es del 29% con ecocardiografía dirigida al objetivo y del 51% con un examen ecocardiográfico completo. Por lo tanto, el examen ecocardiográfico transtorácico no es lo suficientemente sensible como para detectar o descartar una embolia pulmonar. La ecocardiografía dirigida a objetivos es útil para identificar el compromiso hemodinámico en un paciente con embolia pulmonar, que puede ser útil para dirigir la intervención terapéutica apropiada. Un paciente también puede tener una mayor relación VD / VI en el contexto de anomalías crónicas y agudas del VD, como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la hipertensión pulmonar y el infarto de miocardio del VD (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014)

El choque cardiogénico demostrará un VI dilatado y /o una disminución significativa de su función, posiblemente una disminución de la función del VD y una VCI dilatada. Además, la regurgitación valvular marcada puede causar un choque cardiogénico. La imagen Doppler color es útil para identificar una regurgitación valvular significativa,

pero se requiere capacitación adicional para un uso e interpretación precisos. La función del ventrículo izquierdo se clasifica como "no disminuida significativamente" o "disminuida significativamente"; por lo general, se basa en una estimación visual de la fracción de eyección. Con la ecocardiografía dirigida al objetivo, la función del VI se clasifica como normal, disminuida o muy disminuida. Una disminución mínima en la fracción de eyección no se considera "significativa", ya que es difícil de llamar de forma inequívoca y es insuficiente, solo, para causar un choque cardiogénico (ibíd.).

La ecocardiografía dirigida al objetivo puede ayudar a distinguir entre la asistolia, la detención de la AEP y la pseudo-AEP. En la pseudo-AEP hay evidencia ecocardiográfica de contracción ventricular sin pulsos palpables (ibíd.). La presentación más extrema del choque cardiogénico es el paro cardíaco. Las directrices internacionales basadas en la evidencia recomiendan el uso de la ecocardiografía para diagnosticar o excluir algunas de las causas de la detención. Sin embargo, la ecocardiografía no debe afectar el suministro de resucitación cardiopulmonar de alta calidad y se requiere capacitación específica en soporte vital cardiovascular avanzado, incluso para los profesionales experimentados (Price, y otros, 2017)

Como las imágenes se obtienen y registran solo durante el control de pulso / ritmo, los estudios realizados durante un paro cardíaco tienen un límite de tiempo estricto y, por lo tanto, son diferentes a los estudios integrales que utilizan solo imágenes 2D enfocadas dirigidas al diagnóstico o la exclusión de causas potencialmente reversibles de manera simple, de manera binaria. Es probable que la patología que conduce a la detención sea extrema (taponamiento, embolia pulmonar masiva, disfunción grave del VI y / o VD, infarto de miocardio / isquemia, hipovolemia o neumotórax a tensión) y es bastante fácil de diagnosticar sin técnicas ecocardiográficas más sofisticadas (ibíd.).

Tabla 7. Las características a evaluar según el tipo de choque que causa la alteración hemodinámica.

TIPO DE CHOQUE	CARACTERÍSTICAS ECOCARDIOGRÁFICAS ENFOCADAS
Séptico/ distributivo	-Choque de menor severidad: VI hiperdinámico -Choque severo: VI hipodinámico
Hipovolémico	Colapso de la VCI, ventrículos pequeños, VI hiperdinámico
Obstrutivo	-Taponamiento: derrame pericárdico, fisiología de taponamiento -Embolia pulmonar: AD dilatado, desplazamiento o aplanamiento diastólico del septo interventricular
Cardiogénico	Disminución de la función del VI (\pm VD), ventrículos dilatados
K (otros)	-Combinaciones (choque séptico + hipovolémico + cardiogénico) -Otros tipos (Insuficiencia adrenal, neurogénico, entre otros)

Fuente: Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius (2014).

Los anestesiólogos son una parte esencial de los equipos de trauma y reanimación hospitalaria. El rol del anestesiólogo en un escenario de reanimación y/o trauma mayor puede extenderse más allá del requisito convencional de la administración de la vía aérea para proporcionar apoyo circulatorio avanzado, como establecer un monitoreo invasivo y comenzar vasopresores y/o inotrópicos, si es necesario. La ecocardiografía, por lo tanto, merece un lugar en los protocolos de resucitación y el manejo circulatorio avanzado de lesiones traumáticas contusas o penetrantes, y podría ser una herramienta vital en el proceso de toma de decisiones (Barber & Fletcher, 2014).

Los estudios de impacto en el contexto de pacientes hemodinámicamente inestables arrojaron resultados mucho más impresionantes: la terapia se alteró en otro 60% de los pacientes con hipoxia o hipotensión intraoperatoria inexplicables potencialmente

mortales en otro estudio. Esto incluyó nueve pacientes con eventos tromboembólicos y dos con taponamiento cardíaco. La evidencia clínica dio a los médicos la confianza de proceder rápidamente más allá de los protocolos avanzados de soporte vital cardíaco para implementar la terapia definitiva, incluida la embolectomía pulmonar, la trombectomía ventricular, la pericardotomía y el soporte mecánico mediante el balón de contrapulsación intra-aórtica. La evaluación de la precarga y la contractilidad miocárdica es un complemento esencial para el manejo moderno exitoso del paciente quirúrgico de alto riesgo (ibíd.).

- **FLUJOGRAMAS PARA EL ABORDAJE DE LA INESTABILIDAD HEMODINÁMICA**

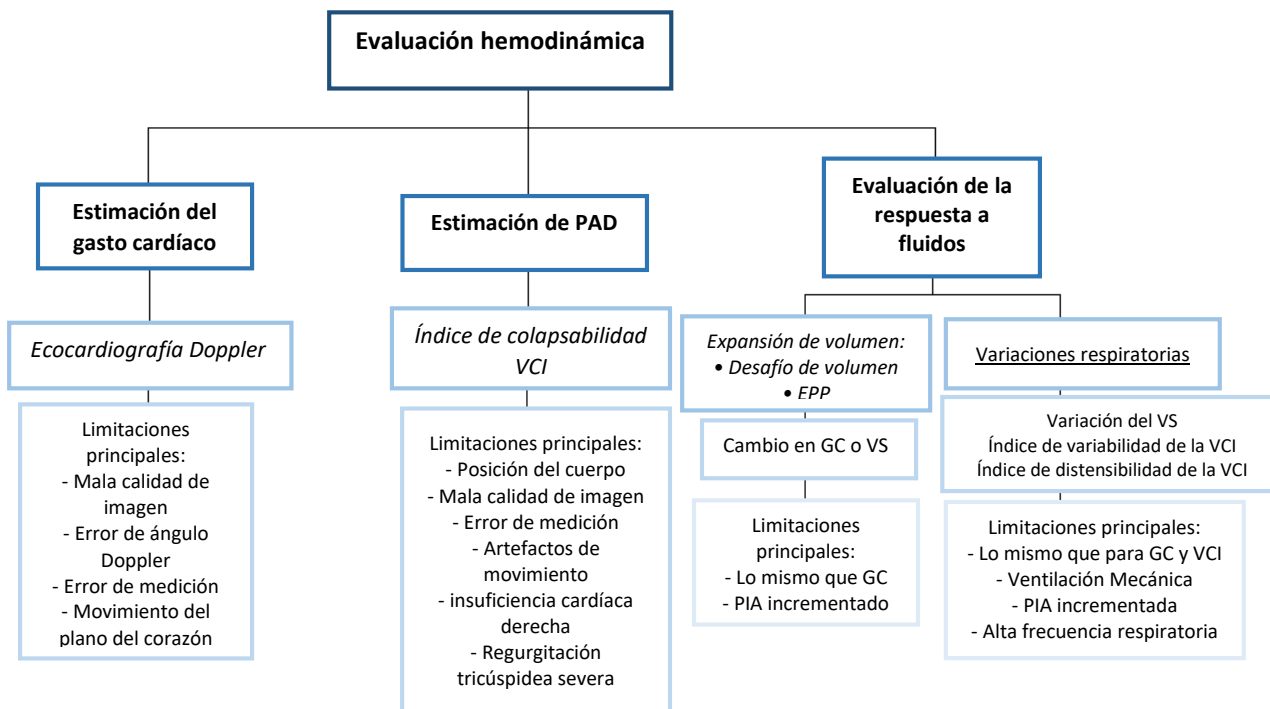


Figura 76. Flujograma para la evaluación de la inestabilidad hemodinámica (modificado de Huang & McLean, 2012).

a) Ventana paraesternal

- i) Vista de eje largo: Tamaño y función del VI y VD, espacio pericárdico, válvulas aórtica y mitral (2D y color), tamaño del AD
- ii) Vista de eje corto:
 - Nivel medio papilar: Tamaño y función del VI (evaluación del estado hemodinámico especialmente)

b) Ventana apical:

- i) Vista de 4 cámaras: Tamaño y función del VI y VD, válvula mitral, válvula tricúspide, tamaño del AI, septo interauricular (posición y movimiento), espacio pericárdico

c) Ventana subcostal:

- i) Vista de 4 cámaras: Igual que para la ventana apical más la evaluación del septo interatrial e interventricular y derrame pericárdico
- ii) VCI: tamaño y llenado

Figura 77. Estructuras a evaluar según la ventana ecocardiográfica utilizada (modificado de Faris, Veltman, & Royse, 2009).

Tabla 8. Causas comunes de inestabilidad hemodinámica y evaluación de la función ventricular.

Causas comunes de inestabilidad hemodinámica perioperatoria diagnosticadas por ecocardiografía	
Hipovolemia Fallo ventricular Isquemia miocárdica Embolia pulmonar masiva Taponamiento cardíaco Anormalidades valvulares	
Clasificación de la disfunción sistólica	FE estimada
Leve	40-50%
Moderada	20-40%
Severa	< 20%
Disfunción ventricular derecha (leve, moderada, severa por estimación cualitativa)	
TAPSE < 16 mm Disfunción de la contracción ventricular derecha Dilatación ventricular derecha	
Clasificación de la disfunción diastólica	
<i>Grado</i>	<i>Radio E/A</i>
1 Alteración de la relajación	< 0.8
2 Pseudonormal	0.8 – 2.0
3 Restrictivo	≥ 2.0

Fuente: Shillcut, Markin, Montzingo, & Brakke. (2012).

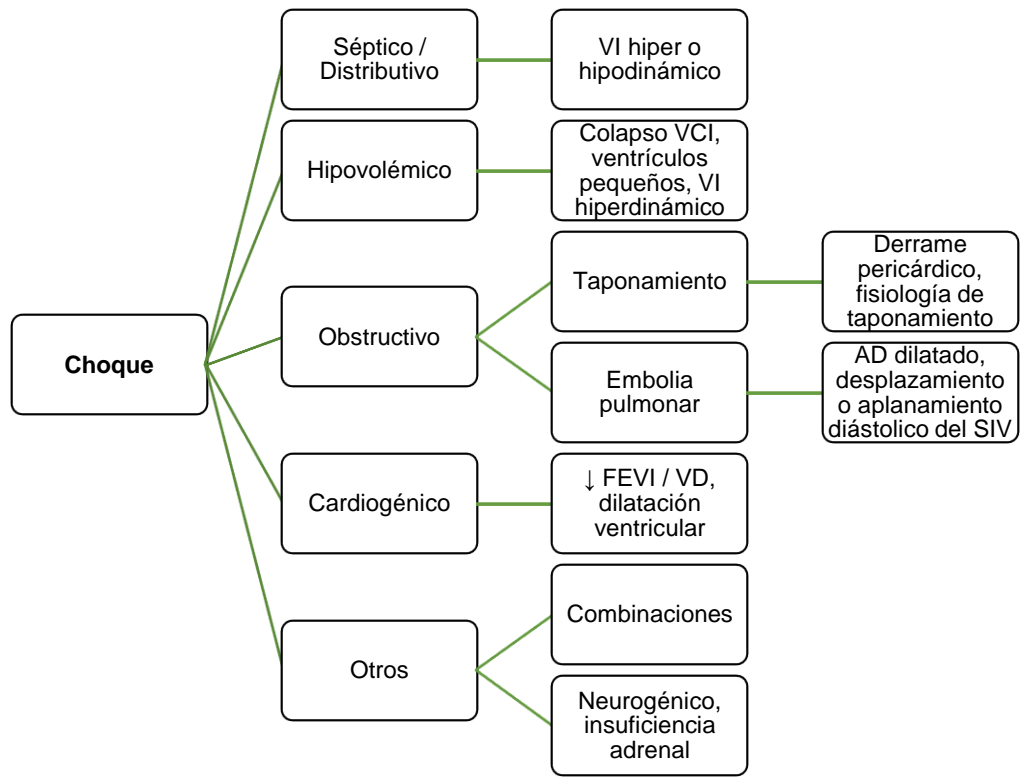


Figura 78. Flujograma de evaluación hemodinámica basado en la nemotecnia “SHOCK” (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014).

OTROS ASPECTOS DE LA ECOCARDIOGRAFÍA

Complicaciones

La ETT, gracias a su no invasividad, no tiene consecuencias negativas para el paciente. El inconveniente es su falta de continuidad, pues cualquier cambio en la condición del paciente debe verificarse en un examen repetido (Mielnicki, Dyla, & Zawada, 2016). Es imperativo reconocer las limitaciones técnicas e interpretativas. Asimismo, un entrenamiento deficiente puede tener consecuencias adversas (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014).

Limitaciones

Al realizar una ecocardiografía dirigida a un objetivo, los pacientes más técnicamente complicados se visualizan en las situaciones más difíciles; por lo tanto, las deficiencias de diagnóstico se exageran en esta población debido a, por ejemplo, la interferencia pulmonar, la ventilación mecánica, las limitaciones de posicionamiento y la urgencia de adquirir la información para un tratamiento inmediato (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014). Además, hay un acceso limitado de los pacientes durante la cirugía para su uso como monitor hemodinámico (Canty & Royse, 2009).

Es importante destacar que la ecocardiografía dirigida hacia un objetivo siempre debe interpretarse en vista de la información hemodinámica disponible clínicamente (presiones arteriales, presión venosa central, uso de vasopresores/fármacos inotrópicos, ajustes del ventilador, salida de orina, entre otros) y datos respiratorios (tórax radiografía, saturación de oxígeno arterial y venoso, fracción de derivación, espacio muerto, estado ácido-base, etc.) (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014).

El ultrasonido de cabecera complementa pero no reemplaza el juicio clínico y tiene sus limitaciones. Cuando el operador centra su atención en las imágenes del ultrasonido, no debe descuidar la información más básica, como la presión arterial y la saturación

de oxígeno. Además, no hay alarmas en una máquina de ultrasonido y la interpretación de las imágenes depende del operador. En consecuencia, la utilidad y el impacto de esta herramienta dependen no solo de la calidad del entrenamiento sino también de la cantidad de exámenes de ultrasonido realizados durante el entrenamiento (Denault, Fayad, & Chen, 2013).

El dolor local o el delirio pueden excluir todo o parte de un examen ETT en una pequeña minoría de casos. En las 260 exploraciones documentadas por Mandeville y Coleburn (2012), en algunos estudios seleccionados, solo 13 no se pudieron realizar por estas razones, lo cual hace que este sea un procedimiento bien tolerado en general. Las heridas torácicas o abdominales a veces hacen que las diferentes vistas sean imposibles de lograr. La obesidad o la prominencia de las costillas también pueden hacer que las ventanas acústicas de la ETT sean difíciles de obtener, pero es raro que al menos no se pueda obtener una vista única en un individuo (Mandeville & Coleburn, 2012).

En los estudios revisados por los autores, solo 9 de los 260 intentos de exploración fueron abandonados debido a la dificultad anatómica. Además, las técnicas aplicables dependerán de la presencia o ausencia de ventilación mecánica o arritmias. Por ejemplo, en un paciente con fibrilación auricular que está totalmente ventilado, la evaluación Doppler transtorácica es inexacta, pero la medición subcostal de la variación del diámetro de la VCI se puede usar de manera segura (ibíd.).

Para que una persona obtenga la experiencia suficiente para asumir la responsabilidad de estudios ecocardiográficos clínicos completos, el ASE y el Colegio Americano de Cardiología han publicado pautas que se han revisado recientemente. El ASE recomienda encarecidamente que el usuario tenga una capacitación de nivel 2; se recomienda un total de 150 exámenes realizados personalmente y 300 estudios interpretados (Seward y otros, 2002).

Aunque la información se puede obtener rápidamente, un desafío importante es superar las múltiples restricciones de tiempo que tienen los proveedores que realizan exámenes de ultrasonido en los puntos de atención (Cowie, 2009).

Incluso en la actualidad, la tecnología de ultrasonido portable es sustancialmente menos costosa que los dispositivos estándar más grandes y modernos. Sin embargo, no cumple con la función ampliada y las especificaciones multifuncionales de los dispositivos más grandes (Seward y otros, 2002).

A medida que el entusiasmo por la ecocardiografía en las Unidades de Cuidado Intensivo (UCI) se acelera y se estudian nuevas aplicaciones, indudablemente habrá variaciones en la experiencia y la competencia de los médicos. Existe el riesgo de que los límites entre imágenes enfocadas y avanzadas se vuelvan borrosas. Para garantizar la seguridad del paciente, es imperativo que la competencia del operador esté definida y que los puntos finales para los cuales se está utilizando la modalidad estén claramente establecidos (Barber & Fletcher, 2014).

Ecocardiografía transesofágica

La ecocardiografía transesofágica (ETE) está recomendada para todos los pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca. Por su elevada sensibilidad y especificidad para el diagnóstico intraoperatorio de isquemia, es útil en el manejo hemodinámico y para guiar la entrada y salida a la circulación extracorpórea, así como para la detección de posibles complicaciones (Cabrera y otros, 2017). Cumple un rol fundamental como monitor hemodinámico para estimar gasto cardíaco, fracción de eyección, función diastólica, presiones intracavitarias derechas e izquierdas y para realizar seguimiento o titulación de fármacos durante el intraoperatorio (ibíd.).

La ETE tiene utilidad en las emergencias cardiovasculares, cuando el paciente ingresa al quirófano cursando isquemia severa, disección aortica, insuficiencia mitral

isquémica, derrame pericárdico y/o luego de eventos graves en las salas de hemodinamia (Cabrera, y otros, 2017).

Durante cirugía no cardíaca la ETE intraoperatoria permite información de función y volumen cardíaco de ambas cámaras y de grandes vasos. Ningún otro monitor provee esta información, en el paciente de riesgo está indicada su utilización (Cabrera y otros, 2017).

En cirugía no cardíaca para el diagnóstico de potenciales complicaciones hemodinámicas, en pacientes cardiópatas, estos pueden ser coronarios, portadores de falla ventricular y/o arritmias, valvulopatías e hipertensión pulmonar. El objetivo de la utilización de la ETE es la monitorización directa y en tiempo real del corazón y sus grandes vasos, para así realizar un diagnóstico precoz y guiar la terapia con drogas vasoactivas y fluidos, siguiendo las imágenes y mediciones de volumen y función de cavidades cardíacas (ibíd.).

CONCLUSIONES

No hay una recomendación para la evaluación rutinaria mediante la ecocardiografía previa realización de una cirugía no cardíaca. Sin embargo, una valoración previa a una cirugía no cardíaca puede proveer información independiente para determinar los riesgos cardiovasculares en pacientes seleccionados (Park y otros, 2011).

Es necesario un conocimiento verdadero de la anatomía cardiovascular y su fisiopatología, así como habilidades técnicas para realizar un estudio ecocardiográfico focalizado útil (Popescu y otros, 2009).

La ecocardiografía transtorácica focalizada permite una evaluación y diagnóstico cardíaco, con evidencia que ha demostrado cambiar el plan anestésico y tratamientos para el paciente. En el escenario perioperatorio se pueden obtener imágenes de buena calidad sin interferir con la técnica anestésica utilizada (Cabrera, 2009).

El rol de la ecocardiografía guiada por metas está continuamente evolucionando en el contexto del cuidado en el paciente crítico. Su presencia en los diferentes escenarios es cada vez más aceptada como herramienta de monitoreo (Walley, Walley, Goodgame, Punjabi, & Sirounius, 2014).

Con el uso apropiado del POCUS se pueden disminuir errores médicos, proveer diagnósticos en tiempo real de múltiples condiciones fisiopatológicas y suplementar y/o incluso reemplazar técnicas de imagen más avanzadas (Moore & Copel, 2011).

BIBLIOGRAFÍA

- Abha, S. (2007). The Origin of Echocardiography. *Texas Heart Institute Journal*, 34(4), 431-38.
- Allan, P., Baxter, G., & Weston, M. (2011). *Clinical Ultrasound*. Great Britain: Churchill Livingstone Elsevier.
- Barber, R., & Fletcher, S. (2014). A review of echocardiography in anaesthetic and peri-operative practice. Part 1: impact and utility. *Anaesthesia*, 69, 764-776. doi:10.1111/anae.12663
- Boehmeke, T., & Doliva, R. (2006). *Pocket Atlas of Echocardiography*. Berlin, Germany: Thieme.
- Cabrera, M. (2009). Indicaciones y beneficios de la ecocardiografía transtorácica perioperatoria realizada por anestesiólogos. *Revista Chilena de Anestesiología*, 38, 209-213.
- Cabrera, M., Iglesias, I., Falconi, M., Hernández, R., Spina, S., & Campos, M. (2017). Primeras recomendaciones clínicas latinoamericanas para ecocardiografía perioperatoria. *Revista Chilena de Anestesiología*, 46, 145-156.
- Cahalan, M., Stewart, W., Pearlman, A., Goldman, M., Sears-Rogan, P., Abel, M., . . . Troianos, C. (2002). American Society of Echocardiography and Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force Guidelines for Training in Perioperative Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 15(6), 647-652.
- Canty, D., & Royse, C. (2009). Audit of anaesthetist-performed echocardiography on perioperative management decisions for non-cardiac surgery. *British Journal of Anaesthesia*, 108(3), 352-358.
- Canty, D., Royse, C., Kilpatrick, D., Bowman, L., & Royse, A. (2012). The impact of focused transthoracic echocardiography in the pre-operative clinic. *Anaesthesia*, 1-8.
- Canty, D., Royse, C., Kilpatrick, D., Williams, D., & Royse, A. (2012). The impact of pre-operative focused transthoracic echocardiography in emergency non-cardiac surgery patients with known or risk of cardiac disease. *Anaesthesia*, 1-7.
- Cho, D., Park, S., Kim, M., Kim, S., Lim, H., & Shim, W. (2014). Presence of Preoperative Diastolic Dysfunction Predicts Postoperative Pulmonary Edema

and Cardiovascular Complications in Patients Undergoing Noncardiac Surgery. *Echocardiography*, 31, 42-49. doi:DOI: 10.1111/echo.12285
Echocardiography

- Cowie, B. (2009). Focused Cardiovascular Ultrasound Performed by Anesthesiologists in the Perioperative Period: Feasible and Alters Patient Management. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 23(4), 450-456.
- Cowie, B. (2010). Focused transthoracic echocardiography in the perioperative period. *Anaesthesia Intensive Care*, 85(5), 823-836.
- Cowie, B. (2012). Focused Transthoracic Echocardiography Predicts Perioperative Cardiovascular Morbidity. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 26(6), 989-993.
- Cowie, B., & Kluger, R. (2011). Evaluation of systolic murmurs using transthoracic echocardiography by anaesthetic trainees. *Journal of the Association of Anaesthetists of Great Britain and Iceland*, 66, 785-790.
- Denault, A., Fayad, A., & Chen, R. (2013). Focused ultrasound is the next step in perioperative care. *Canadian Journal of Anesthesia*, 60, 741-747.
- Dennis, A. (2011). Transthoracic echocardiography in obstetric anaesthesia and obstetric critical illness. *International Journal of Obstetric Anesthesia*, 20, 160-168.
- Dennis, A., & Stenson, A. (2012). The Use of Transthoracic Echocardiography in Postpartum Hypotension. *Anesthesia-Analgesia*, 115(5), 1033-1037.
- Duceppe, E., Parlow, J., MacDonald, P., Lyons, K., McMullen, M., Srinathan, S., . . . Deveraux, P. (2016). Canadian Cardiovascular Society Guidelines on Perioperative Cardiac Risk Assessment and Management for Patients Who Undergo Noncardiac Surgery. *Canadian Journal of Cardiology*, 1-16.
- Edler, I., & Lindstrom, K. (2004). The History of Echocardiography. *Ultrasound in Medicine and Biology*, 30(12), 1565-1644.
- Faris, J., Veltman, M., & Royse, C. (2009). Limited transthoracic echocardiography assessment in anaesthesia and critical care. *Best practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 29, 285-298.
- Filipovic, M., Seeberger, M., Schneider, M., Schmid, M., Pargger, H., Hunziker, P., & Sharvan, K. (2000). Transthoracic echocardiography for perioperative haemodynamic monitoring. *British Journal of Anaesthesia*, 800-803.

- Fischer, M., Balaire, X., Le Mauff de Kergal, C., Boisselier, C., Gérard, J., Hanouz, J., & Fellahi, J. (2014). The diagnostic accuracy of estimated continuous cardiac output compared with transthoracic echocardiography. *Canadian Journal of Anesthesiology*, *61*, 19-26.
- Fleisher, L. F. (2014). ACC/AHA Guideline on Perioperative Cardiovascular Evaluation and Management of Patients Undergoing Noncardiac Surgery. *Circulation*, 221-328.
- Flu, W., van Kujik, J., Hoeks, S., Kuiper, R., Schouten, O., Goei, D., . . . Poldermans, D. (2010). Prognostic Implications of Asymptomatic Left Ventricular Dysfunction in Patients Undergoing Vascular Surgery. *Anesthesiology*, 1316-1324.
- Franchi, F., Vetrugno, L., & Scolletta, S. (2017). Echocardiography to guide fluid therapy in critically ill patients: check the heart and take a quick look at the lungs. *Journal of Thoracic Disease*, 477-481.
- Hojberg, J., Alcaraz, C., Juhi-Olsen, P., & Sloth, E. (2012). Perioperative Use of Focus Assessed Transthoracic Echocardiography (FATE). *Anesthesia-Analgesia*, *115*(5), 1029-1032.
- Huang, S., & McLean, A. (2012). Appreciating the Strengths and Weaknesses of Transthoracic Echocardiography in Hemodynamic Assessments. *Cardiology Research and Practice*, 1-7.
- Kastler, B. (2011). Cardiovascular Anatomy and Atlas of MR Normal Anatomy. In B. Kastler, *Cardiovascular Anatomy and Atlas of MR Normal Anatomy* (pp. 17-39). Francia: Springer.
- Labovitz, A., Noble, V., Bierig, M., Goldstein, S., Jones, R., Porter, T., . . . Wei, K. (2010). Focused Cardiac Ultrasound in the Emergent Setting: A Consensus Statement of the American Society of Echocardiography and American College of Emergency Physicians. *The American Society of Echocardiography*, *23*(12), 1225-1230.
- Lee, C., Kory, P., & Arntfield, R. (2016). Development of a fluid resuscitation protocol using inferior vena cava and lung ultrasound. *Journal of Critical Care*, *31*, 96-100.
- Mahmood, F., Matyal, R., Skubas, N., Montealegre-Gallegos, M., Swaminathan, M., Denault, A., . . . Reeves, S. (2016). Perioperative Ultrasound Training in Anesthesiology: A Call to Action. *Anesthesia-Analgesia*, *122*(6), 1794-1804.

- Mandeville, J., & Coleburn, C. (2012). Can transthoracic Echocardiography Be Used to Predict Fluid Responsiveness in the Critically Ill Patient? A Systematic Review. *Critical Care Research and Practice*, 1-9.
- Manecke, G., & Vezina, D. (2009). Perioperative Transthoracic Echocardiography: "Universal Acid"? *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, 23(4), 447-449.
- Martini, F., Timmons, M., & Tallistch, R. (2009). *Anatomía Humana*. Madrid: Pearson.
- Matyal, R., Skubas, N., Shernan, K., & Mahmood, F. (2011). Perioperative Assessment of Diastolic Dysfunction. *Anesthesia-Analgesia*, 113(3), 449-472.
- Mehta, M., Jacobson, T., Peters, D., Le, E., Chadderdon, S., Allen, A., . . . Kaul, S. (2014). Handheld Ultrasound Versus Physical Examination in Patients Referred for Transthoracic Echocardiography for a Suspected Cardiac Condition. *Cardiovascular Imaging*, 7(10), 983-990.
- Mielnicki, W., Dyla, A., & Zawada, T. (2016). Utility of transthoracic echocardiography (TTE) in assessing fluid responsiveness in critically ill patients - a challenge for the bedside sonographer. *Med Ultrason*, 18(4), 508-514.
- Moore, C., & Copel, J. (2011). Point-of-Care Ultrasonography. *THE NEW ENGLAND JOURNAL of MEDICINE*, 364(8), 749-757.
- Morrissey, C. (2016). Echo for diastology. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 19, 12-18.
- Murthi, S., Ferguson, M., & Sisley, A. (2010). Ultrasound Physics and Equipment. In H. Frankel, & B. De Boisblanc, *Bedside procedures for the intensivist* (pp. 57-80). New Orleans: Springer.
- Nagueh, S., Appleton, C., Gillebert, T., Marino, P., Oh, J., Smiseth, O., . . . Evangelista, A. (2009). Recomendaciones para la Evaluación de la Función Diastólica del Ventrículo Izquierdo por Ecocardiografía. *J Am Soc Echocardiogr*, 22, 107-133.
- Nanda, N. (2014). *Comprehensive Textbook of Echocardiography*. Alabama, USA: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) LTD.
- Neelankavil, J., Howard-Quijano, K., Hsieh, T., Ramsingh, D., J, S., Chua, J., . . . Mahajan, A. (2012). Transthoracic Echocardiography Simulation Is an Efficient Method to Train Anesthesiologists in Basic Transthoracic Echocardiography Skills. *Anesthesia-Analgesia*, 115(5), 1042-1051.

- Netter, F. (2011). *Atlas de Anatomía Humana*. Barcelona, España: Elsevier.
- Ng, A., & Swanevelder, J. (2009). Perioperative echocardiography for non-cardiac surgery: what is its role in routine haemodynamic monitoring? *British Journal of Anaesthesia*, 731-734.
- Park, S., Choi, J., Cho, S., Chang, S., Choi, J., Lee, S., . . . Jeon, E. (2011). Comparison of Transthoracic Echocardiography With N-Terminal Pro-Brain Natriuretic Peptide as a Tool for Risk Stratification of Patients Undergoing Major Noncardiac Surgery. *The Korean Society of Cardiology*, 505-511.
- Pérez, J., & Franco, G. (2015). Utilidad de la ecografía en reanimación. *Revista Colombiana de Anestesiología*, 1-10.
- Pérez-Calatayud, A., & Zepeda-Mendoza, A. (2016). Ecocardiografía transtorácica para el anestesiólogo. *Revista Mexicana de Anestesiología*, 39, S206-S208.
- Poelaert, J. (2015). Assessment of loading conditions with cardiac ultrasound. A comprehensive review. *Anesthesiology Intensive Therapy*, 44-50.
- Popescu, B., Andrade, M., Badano, L., Fox, K., Flachskampf, F., Lancellotti, P., . . . Zamorano, J. (2009). European Association of Echocardiography recommendations for training, competence, and quality improvement in echocardiography. *European Journal of Echocardiography*, 10, 893-905.
- Price, S. P., Masip, J., Miro, O., McMurray, J., Peacock, F., Martin-Sánchez, J., . . . Zeymer, U. y. (2017). Echocardiography and lung ultrasonography for the assessment and management of acute heart failure. *Cardiology*, 427-40.
- Quintana, J. (2015). Aplicaciones de la ecografía perioperatoria y de cuidado crítico. *Revista Colombiana de Anestesiología*, 42(2), 1-10.
- Rivas, R. (2017). Ecocardiografía perioperatoria. *Rev. Med. Clin. Condes*, 28(5), 727-732.
- Rosaligam, R. (2013). *The Washington Manual of Echocardiography*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Sanchis-Gomar, F. P.-Q. (2016). Epidemiology of coronary heart disease and acute coronary syndrome. *Annals of Translational Medicine*, 4(13), 256-267.
- Sarkisov, Y. (2019, Junio 02). *BIMEDIS*. Retrieved from <https://es.bimedis.com/latest-news/browse/226/sonosite-edge-ii-ultrasonido-portatil-resistente>

- Seward, J., Douglas, P., Erbel, R., Kerber, R., Kronzon, I., Rakowski, H., . . . Wann, S. (2002). Hand-Carried Ultrasound Device: Recommendations Regarding New Technology. A Report from the Echocardiography Task Force on New Technology of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*, *15*, 369-373.
- Shillcut, S., Markin, N., Montzingo, C., & Brakke, T. (2012). Use of Rapid "Rescue" Perioperative Echocardiography to Improve Outcomes After Hemodynamic Instability in Noncardiac Surgical Patients. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*, *26*(3), 362-370.
- Shillcutt, S. y. (2013). A Comparison of Basic Transthoracic and Transesophageal Echocardiography Views in the Perioperative Setting. *Anesthesia-Analgesia*, *116*(6), 1231-36.
- Soni, N., Arntfield, R., & Kory, P. (2015). *Point-of-Care Ultrasound*. Philadelphia: Elsevier.
- Subramani, S., & Tewari, A. (2014). Pre-operative echocardiography: Evidence or experience based utilization in non-cardiac surgery? *Journal of Anaesthesiology Clinical Pharmacology*, *30*(3), 313-315.
- Walley, P., Walley, K., Goodgame, B., Punjabi, V., & Sirounius, D. (2014). A practical approach to goal-directed echocardiography in the critical care setting. *Critical Care*, *18*, 681-691.
- Whitaker, R. (2010). Anatomy of the Hearth. *Cardiovascular disorders*, *42*(8), 333-335.

Anexo 2. Estudios de impacto de ecocardiografía transtorácica y transesofágica realizada en cirugía no cardíaca. Nivel de evidencia según los niveles de evidencia del Instituto Nacional para la Excelencia en Salud y Cuidado (NICE) de 2005 para estudios de intervención.

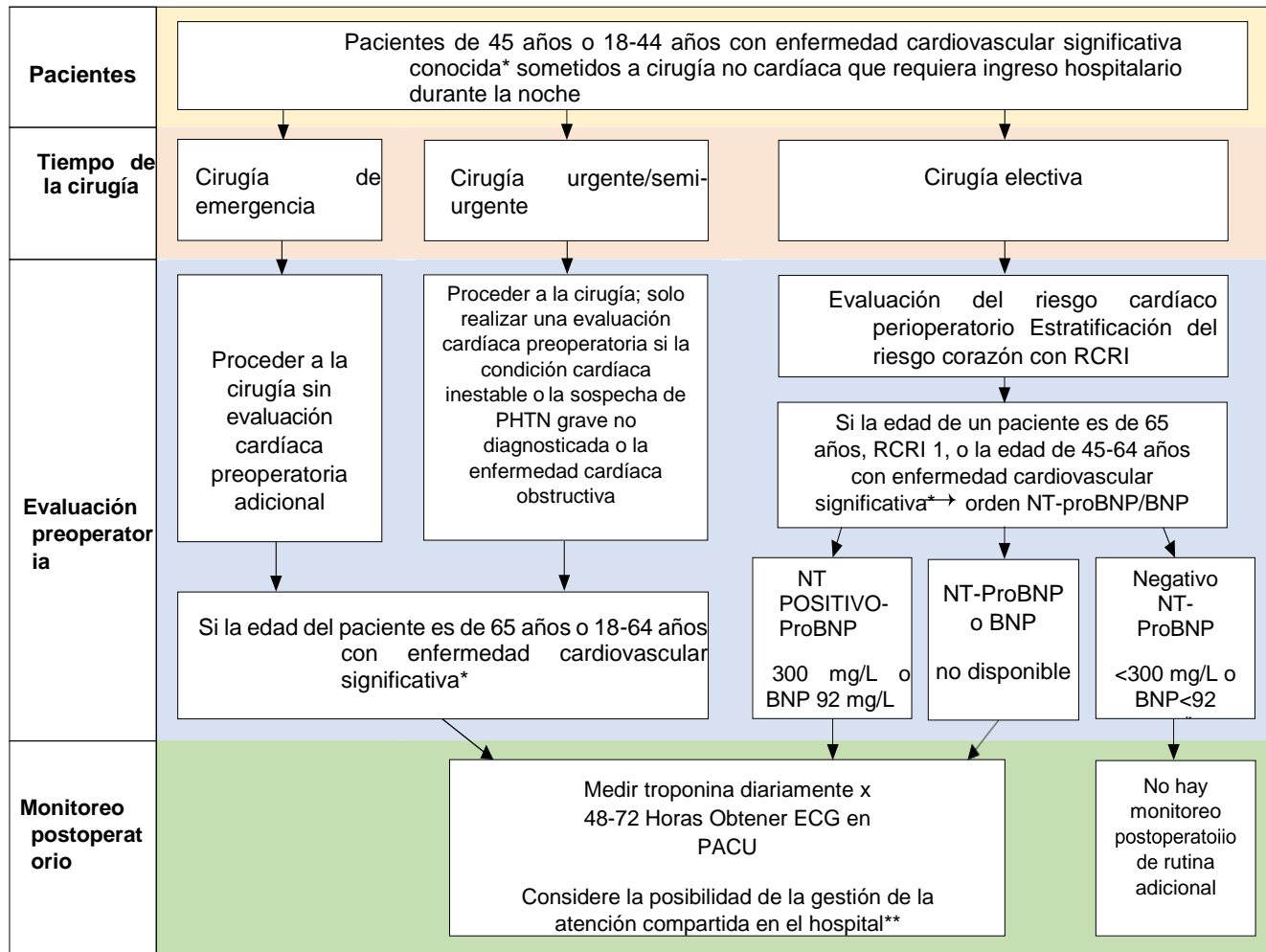
	Metodología	Impacto	Comentarios
Canty et al	Estudio prospectivo observacional de ETT en 100 pacientes en cirugía no cardíaca Indicación: riesgo cardíaco, sospecha de enfermedad cardíaca o edad de ≥ 65 Nivel de evidencia 3	Cambio en el manejo 54% Subió un 20% Bajó un 34% Cambio de monitoreo 30% Cambio de técnica anestésica 4% Ubicación postoperatoria 16%	Exploración focalizada realizada por un solo anestesista en la clínica preoperatoria En los hallazgos del 92% consistentes con la opinión de cardiología, y no hay diferencias clínicamente significativas en el 8%
Cowie	Estudio prospectivo observacional ETT en 170 pacientes con cirugía no cardíaca Nivel de evidencia 3	Cambio en el manejo 82% Cambio de monitoreo 37% Cambio de técnica anestésica 12% Ubicación postoperatoria 7% Cancelado 4%	Exploración focalizada realizada por anestesiólogos cardiovasculares en el entorno perioperatorio y solicitada por el anestesiólogo primario Consistencia del 91% en los pacientes que pasaron a recibir ETT formal
Canty et al.	Estudio prospectivo observacional de ETT en 99 pacientes de emergencia de cirugía no cardíaca Indicación: riesgo cardíaco, sospecha de enfermedad cardíaca o edad de ≥ 65 Nivel de evidencia 3	Cambio en el manejo 44% Cambio de diagnóstico 67% Sube en un 36% y baja un 8%	Exploración focalizada realizada por un anestesiólogo único preoperatoriamente

Canty y Royse	<p>Estudio prospectivo observacional de ETT en 87 pacientes: mixto entre electivos y de emergencia</p> <p>Indicación: soplo, cardiopatía estructural, disnea, alteración con hemodinámica, dolor torácico y síncope</p> <p>Nivel de evidencia 3</p>	<p>Cambio de manejo en 75% de exploraciones realizadas inmediatamente antes de la cirugía de emergencia y en el 43% de las Cambios hemodinámicos en 8 de 10 ETT intraoperatorios</p>	<p>Escaneo focalizado realizado por un solo anestesiólogo en el perioperatorio</p> <p>Adecuada sin cirugía imágenes intraoperatorias en los 10 sujetos</p>
Canty et al	<p>Estudio retrospectivo de ETT en 64 pacientes con fractura de cadera y alto riesgo cardíaco</p> <p>Nivel de evidencia 3</p>	<p>Cambio de manejo en 52%</p> <p>Menor mortalidad a los 30 días y 12 meses</p>	<p>ETT enfocada de forma preoperatoria</p> <p>Prueba del ejercicio conceptual</p>
Suriani et al	<p>Estudio retrospectivo de ETE en 123 pacientes con cirugía no cardíaca</p> <p>Nivel de evidencia 3</p>	<p>Cambio de manejo 81%</p> <p>Impacto mayor en 15%</p> <p>Impacto menor en 48%</p> <p>Impacto limitado 17%</p> <p>Sin impacto 20%</p>	<p>ETE intraoperatorio</p> <p>Sin complicaciones de la ETE</p>
Denault et al	<p>Estudio observacional prospectivo de la ETE intraoperatoria y postoperatoria en 214 pacientes con cirugía no cardíaca</p> <p>Nivel de evidencia 3</p>	<p>Mayor impacto en las personas con inestabilidad hemodinámica</p> <p>Indicaciones de categoría 1: 60% terapia alterada</p> <p>Categoría 2: 31% tuvo alteración de la terapia</p> <p>Categoría 3: 21% tuvo alteración de la terapia</p>	<p>Realizado durante la cirugía y posterior en la UCPA o UCI</p>
Schulmeyer et al	<p>Estudio observacional prospectivo de ETE</p>	<p>El 42% de los casos fueron útiles</p>	<p>Perioperatoria, realizada por un anestesiólogo con</p>

	<p>en 42 pacientes en cirugía no cardíaca</p> <p>Indicación de categoría 1: hipotensión intraoperatoria refractaria (sistólica > 30% de la línea de base) no responde al reemplazo de líquidos y efedrina</p> <p>Evidencia nivel 3</p>	<p>hipovolémico</p> <p>6 pacientes: embolia significativa</p> <p>5 pacientes: fracción de eyección baja</p> <p>5 pacientes: pared segmentaria anormalidad del movimiento</p> <p>5 pacientes: obstrucción dinámica de TSVI</p> <p>3 pacientes: taponamiento</p>	<p>formación avanzada en ETE</p>
Hofer et al.	<p>Estudio observacional prospectivo de ETE en 99 pacientes con cirugía electiva no cardíaca</p> <p>Indicación de categoría 2: riesgo de isquemia miocárdica o inestabilidad hemodinámica</p> <p>Nivel de evidencia 3</p>	<p>165 nuevos hallazgos del ETE</p> <p>47% cambios en la terapia farmacológica</p> <p>24% cambio en la terapia de fluidos</p>	<p>No hay complicaciones graves de la ETE intraoperatoria realizado por dos anesestesiólogos experimentados</p>

ETT, ecocardiografía transtorácica; ETE, ecocardiografía transesofágica; TSVI, tracto de salida del ventrículo izquierdo; UCPA, unidad de cuidados post-anestésicos; UCI, unidad de cuidados intensivos.

Fuente: (Barber & Fletcher, 2014)



Anexo 3. Evaluación y gestión del riesgo cardíaco perioperatorio según las guías de la Asociación Cardiovascular Canadiense. (Duceppe, y otros, 2016)