

Documentación técnica

# Dinámica de flujo intracardíaco **HyperDoppler**

## Antecedentes

El flujo sanguíneo está estrechamente relacionado con la morfología y la función del sistema cardiovascular. **En los últimos años, los expertos han llegado a un consenso cada vez mayor sobre el papel central de la dinámica de los flujos cardíacos en varios estados patológicos** [1,3,6], tales como:

- Función del VI (función sistólica, función diastólica, trombo apical, disincronía del VI);
- Función LA (estrategia de tratamiento, trombo LA);
- Función RV (función sistólica del RV);
- Enfermedad valvular (función valvular, válvula protésica, remodelación del VI después de cirugía valvular);

Siguiendo este nuevo concepto, los mecanismos de flujo desadaptativo pueden resaltar los signos tempranos de **daño** cardíaco y, como resultado, proporcionar información predictiva sobre un posible remodelado cardíaco futuro [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Actualmente existen tres técnicas de imagen que se utilizan para evaluar el flujo sanguíneo intraventricular: resonancia magnética de contraste de fase (PC-MRI), velocimetría de imagen de partículas de ecocardiografía (echo-PIV) y mapeo de flujo Doppler en color (CDFM) [3, 6].

La Tabla 1 proporciona una práctica comparación de las técnicas disponibles actualmente, con sus pros y contras asociados.

Tabla 1 - Comparación de técnicas para visualización y evaluación de flujos intracardíacos

	PC-MRI	Eco-PIV	CDFM
Fuente de señal	PC-MRI codificada por velocidad	Seguimiento de microburbujas de contraste	Velocidad media de CDFM
Resolución espacial	Buena resolución espacial en 2D y 3D	Buena resolución espacial en 2D, resolución 3D limitada o nula	Buena resolución espacial en 2D, resolución 3D limitada o nula
Resolución de tiempo	Resolución de tiempo moderado	Buena resolución de tiempo	Buena resolución de tiempo
Exactitud	Preciso para alta y baja velocidad de flujo	Preciso en baja velocidad de flujo, limitado en alta velocidad de flujo	Precisa en alta velocidad de flujo, baja velocidad de flujo subestimada
Ventajas	Capacidad 3D completa, no se requiere medio de contraste	Mesita de noche, menor costo, tiempo de procesamiento corto, parámetros validados vs MRI	Cabecera, menor costo, tiempo de procesamiento corto, no se requiere medio de contraste
Limitaciones	Acceso restringido, promedio de muchos ciclos cardíacos, mayor tiempo de examen, alto costo	Se requiere contraste, mayor tiempo de examen (preparación de contraste e infusión), se requiere alta velocidad de cuadros, ventana acústica	IRM no validado, resolución temporal inferior, ventana acústica, velocidades transversales reconstruidas

## Dinámica del flujo intracardíaco: ¿qué es?

El flujo de sangre dentro del ventrículo izquierdo se caracteriza por la presencia de vórtices.

Al comienzo de la diástole, cuando la sangre ingresa al VI desde atrio, los vórtices se crean cuando la capa límite de un fluido se desprende de un borde afilado. Dentro del VI, el flujo transmitral temprano forma vórtices que comienzan desde las puntas distales de las valvas de la válvula mitral (Figura 1). De hecho, la forma desequilibrada de la válvula mitral, cuya valva anterior es más grande que la posterior, genera un vórtice asimétrico que se propaga lejos de la válvula mitral.

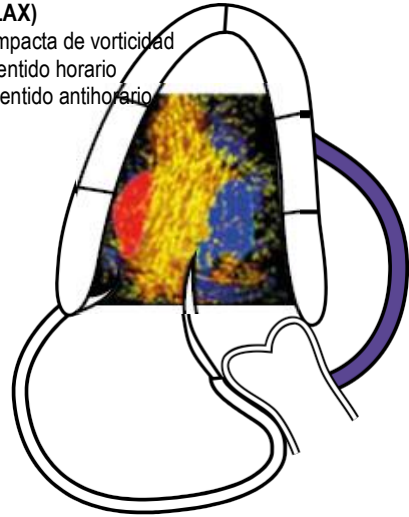
Figura 1 - Formación de vórtice en flujo mitral. Vista ALAX (A3CH) ilustra el vórtice asimétrico que se separa de las puntas distales de la válvula mitral

### Eje largo apical (ALAX)

**VORTEX:** región compacta de vorticidad

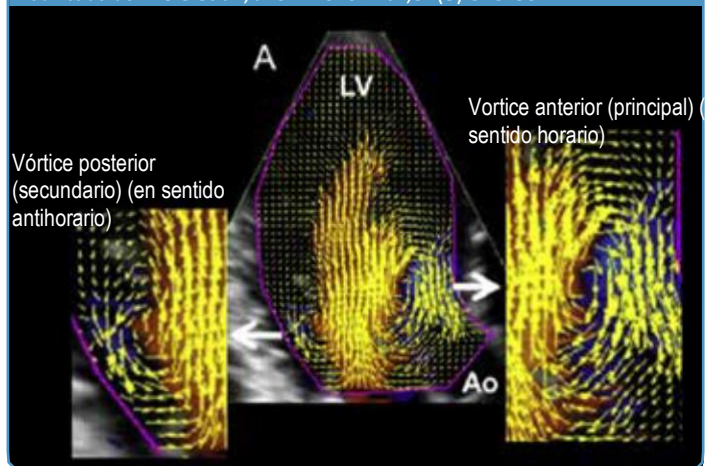
**AZUL:** rotación en sentido horario

**ROJO:** rotación en sentido antihorario



Normalmente, el vórtice anterior principal gira en sentido horario, y el vórtice posterior secundario gira en sentido antihorario (Figura 2). Durante el ciclo cardíaco, el flujo del vórtice cambia. A medida que los vórtices se propagan hacia el vértice del VI, sus anillos se deforman. Esta deformación se debe tanto al gradiente de presión no homogéneo dentro del VI.

Figura 2 - Mapeo del vector de velocidad de flujo HyperDoppler, destacando el diferente comportamiento rotacional entre el vórtice anterior y posterior - Modificado de Mele et al., JASE. 2019 Mar;32(3):319-332



Durante la diástasis, el vórtice mantiene su movimiento giratorio. Posteriormente, en el momento de la contracción auricular (llenado tardío), se produce un segundo anillo de vórtice, y el chorro de llenado tardío se combina con el anillo de vórtice temprano residual. Durante el período de contracción isovolumétrica (IC), el vórtice redirige la sangre hacia el tracto de salida del VI (LVOT), con la formación de un gran vórtice anterior a través de la región de entrada y salida del flujo (Figura 3).

Entonces se expulsa sangre.

Figura 3 - Modificación del vórtice que ocurre durante el ciclo cardíaco como se muestra en las diferentes tecnologías de ultrasonido en comparación con la traz Doppler en la entrada mitral

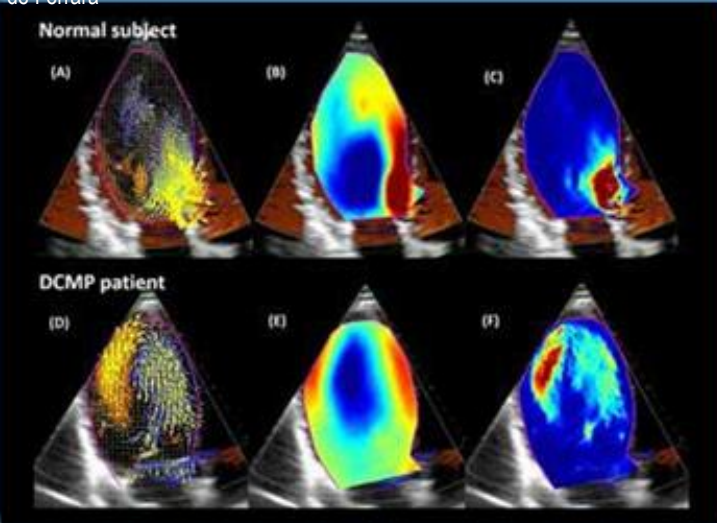
	Llenado temprano	Diastasis	Llenado tardío	
Gradientes de presión				Eco-PIV
Líneas de Corriente				VFM
Circulación				Hyperflow adaptado a CDFM
Velocidad de flujo de transmisión	E wave		A wave	Doppler PW convencional

## HyperDoppler

HyperDoppler \* es la herramienta de imagen avanzada de Esaote para la investigación de los flujos intracardíacos, destinada a proporcionar, además de los parámetros ecocardiográficos convencionales, una mejor comprensión del estado fisiológico o patológico cardíaco. HyperDoppler se basa en la tecnología de mapeo de flujo Doppler en color (CDFM).

Proporciona diferentes representaciones de mapas para resaltar las propiedades del flujo intracardíaco, gracias a lo cual las diferencias cualitativas entre la dinámica del flujo intracardíaco en un sujeto normal y en un paciente con miocardiopatía dilatada (DCMP) pueden identificarse fácilmente como se documenta en las imágenes de la Figura 4 , obtenido al final del período de contracción isovolumétrica.

Figura 4: Hallazgos en pacientes normales versus pacientes con DCMP - Imagen cortesía del Dr. Donato Mele, Unidad de Cardiología y Centro LTTA, Universidad de Ferrara



- Los paneles A y D de la Figura 4 proporcionan un ejemplo de representación del mapa de datos de Vector de velocidad de flujo, en el que un campo de vector de velocidad 2D se representa como vectores superpuestos en el CFM tradicional.
- Los paneles B y E de la Figura 4 muestran un mapa paramétrico de circulación, en el que los vórtices se representan como regiones compactas coloreadas en azul (la rotación del vórtice es en sentido horario) o rojo (La rotación del vórtice es en sentido antihorario).
- Los paneles C y F de la Figura 4 proporcionan representaciones de mapas de energía cinética.

Las imágenes de la Figura 4 se obtuvieron con un eco-escáner Esaote MyLab™ X8 equipado con una sonda P1-5 de banda ancha de fase IQ para cardiología de adultos (Figura 5).

Figura 5



El mapa vectorial de velocidad de flujo registrado en el sujeto sano muestra un flujo sanguíneo que circula en la dirección del tracto de salida del ventrículo izquierdo (panel A).

El mapa paramétrico de circulación saca a la luz la formación de un par de vórtices inmediatamente debajo de la válvula aórtica (panel B).

Finalmente, el análisis de la energía cinética evidencia que los niveles más altos de energía cinética, representados en color rojo, se encuentran en el tracto de salida del ventrículo izquierdo (panel C).

Por el contrario, en el paciente con DCMP, el mapa del Vector de velocidad de flujo muestra que el flujo circula a lo largo de la pared posterolateral y gira anteriormente al nivel del ápice ventricular izquierdo (panel D).

En el mapa paramétrico de circulación, esto se traduce en la formación de un único vórtice grande que gira en sentido horario (color azul) en el vértice del ventrículo izquierdo (panel E).

En este paciente, el análisis de la energía cinética muestra que los niveles de energía más altos (que se muestran con el color rojo) se encuentran lejos del tracto de salida del ventrículo izquierdo, al nivel del ápice ventricular (panel F).

## Conclusiones

El análisis del flujo intracardiaco es una forma diferente de ver la función cardíaca que proporciona información incremental y aditiva a los enfoques convencionales basados en la mecánica cardíaca.

HyperDoppler es fácil de usar, intuitivo en términos de datos proporcionados y completo en términos de parámetros ofrecidos.

El estudio de los flujos intracardiacos es muy complejo: hoy, gracias al software especial HyperDoppler, puede estimar rápida y fácilmente los vórtices de sangre, lo que permite evaluaciones cualitativas de los flujos de vórtices intracardiacos.

Las posibles áreas de aplicación para el estudio de los flujos intracardiacos incluyen la remodelación del ventrículo izquierdo y la insuficiencia cardíaca: el campo de investigación es amplio, por lo que esta aplicación se dedica también a apoyar ensayos clínicos de investigación.

## Bibliografía

- [1] Sengupta PP et al., Emerging Trends in CV flow visualization, JACC Cardiovasc Imaging. 2012 Mar;5(3): 305-16 2012;
- [2] In-Cheol Kim, et al., Intraventricular Flow: More than Pretty, Heart Fail Clin. 2019 Apr;15(2):257-26;
- [3] Mele D. et al., Intracardiac Flow Analysis: Techniques and Potential Clinical Applications, J Am Soc Echocardiogr. 2019 Mar;32(3):319-332;
- [4] Cicchitti V et al., Heart failure due to right ventricular apical pacing: the importance of flow patterns, Europace. 2016 Nov;18(11):1679-1688.;
- [5] Pedrizzetti G. et al.; The vortex--an early predictor of cardiovascular outcome? Nat Rev Cardiol. 2014 Sep; 11(9):545-53.;
- [6] Hong GR et al., Current clinical application of intracardiac flow analysis using echocardiography, J Cardiovasc Ultrasound. 2013 Dec;21(4):155-62;
- [7] Rodriguez Muñoz D et al., Intracardiac flow visualization: current status and future directions, Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2013 Nov;14(11):1029-38.



**Tecnoimagen**

[www.tecnoimagen.com.ar](http://www.tecnoimagen.com.ar) | 0810 333 8273

160000187MAK Ver. 01

**Esaote S.p.A. - empresa accionista única**

Via Enrico Melen 77, 16152 Génova, ITALIA, tel. +39 010 6547 1, Fax +39 010 6547 275, [info@esaote.com](mailto:info@esaote.com)

*La tecnología y las características dependen del sistema/configuración. Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso. La información puede referirse a productos o modalidades aún no aprobados en todos los países. Las imágenes del producto son solo para fines ilustrativos. Para obtener más detalles, póngase en contacto con su representante de ventas de Esaote.*