



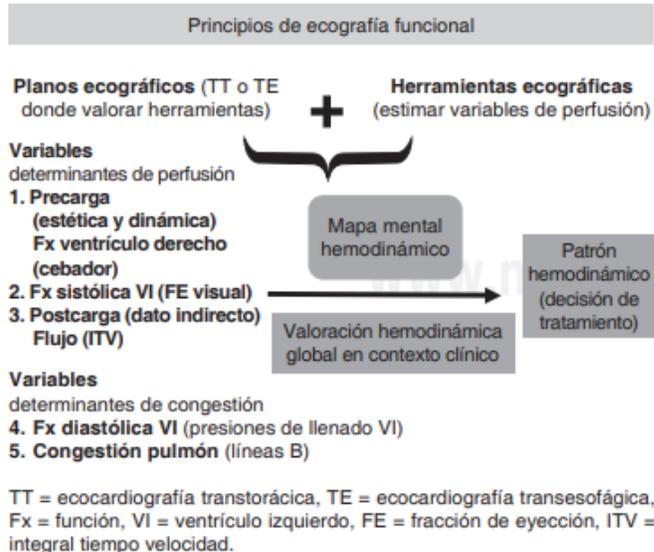
Ecocardiografía funcional en la unidad  
de reanimación como monitor  
hemodinámico

Biomatemáticas

Derlin Guadalupe Castillo González

La ecocardiografía es una herramienta que desde hace años se ha introducido en las unidades de reanimación.

La ecocardiografía es una técnica que hace años abandonó los laboratorios de ecocardiografía para introducirse en otros ámbitos como los cuidados críticos.



## HERRAMIENTAS ECOCARDIOGRÁFICAS

La valoración del estado hemodinámico se basa en dos conceptos:

- Perfusión
- congestión.

Para cada uno existen herramientas ecográficas específicas, pero debido a limitaciones de extensión se omitirá la explicación de aquéllas que permiten valorar la congestión (ecografía pulmonar y función diastólica ventricular izquierda) y nos centraremos en la valoración de la perfusión.

### Flujo (integral tiempo velocidad normalizado)

Para la valoración de la perfusión es fundamental la medición del gasto cardiaco (GC), siendo éste el resultado final de la interacción de las diversas variables determinantes de perfusión.

**La fórmula básica para entender hemodinámica y que siempre debe tenerse en mente es:**

Presión arterial (PA) = gasto cardiaco (GC)  
x resistencias vasculares sistémicas (RVS).

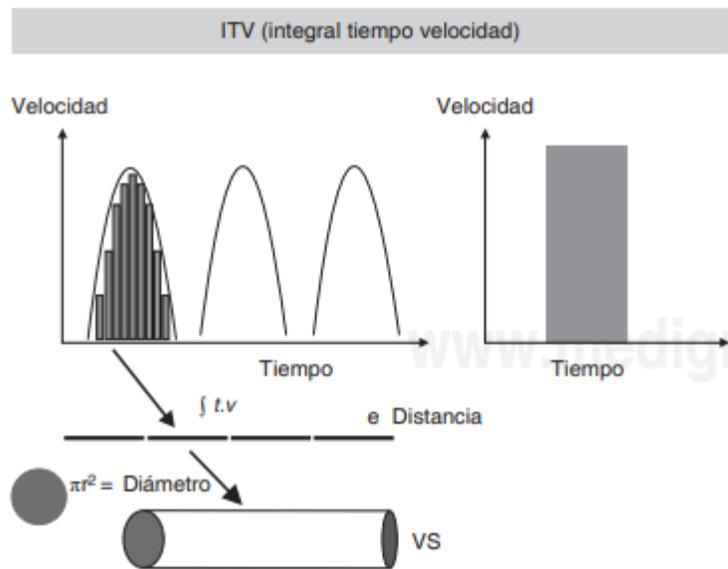
A su vez:

GC = volumen sistólico (VS)  
x frecuencia cardiaca (FC).

La ecografía permite calcular el VS mediante el uso de la técnica de Doppler pulsado que calcula la velocidad de los hematíes en un punto concreto del sistema cardiovascular.

Si se tiene en cuenta que el TSVI es una estructura circular que no cambia significativamente de forma durante el ciclo cardiaco, puede calcularse el VS multiplicando el ITV por el área de sección (AS) del TSVI.

$$AS = \pi \times (DTSVI/2)^2$$



$\int t.v$  = Integral tiempo velocidad, e = distancia, ITV = integral tiempo velocidad,  $\pi$  = número pi, VS = volumen sistólico.

**Figura 2.** Explicación matemática del cálculo integral tiempo velocidad.

### Precarga estática

Los diferentes parámetros de precarga estática, ya sean presiones o volúmenes, han sido y siguen siendo los parámetros más utilizados para guiar la reanimación

### Precarga dinámica

Los parámetros de precarga dinámica o fluid responsiveness son variables que basándose en la interacción cardiopulmonar provocada por la ventilación mecánica controlada permiten predecir si el paciente se encuentra en la parte ascendente o plana de la curva de Frank Starling y, por tanto, si la administración de volumen va a aumentar el gasto cardiaco.

hay que recordar que para poder utilizarlos deben darse una serie de condiciones previas:

1. El paciente debe estar en ventilación mecánica controlada sin hacer esfuerzo respiratorio (la única interacción cardiopulmonar debe ser la inducida por el cambio de presión positiva a lo largo del ciclo mecánico).
2. Ausencia de arritmias significativas (producen por sí mismas variación latido a latido del volumen sistólico).
3. El volumen corriente ( $V_t$ ) debe ser  $\geq 8$  mL/kg peso ideal (es probable que volúmenes menores no produzcan un cambio de presión intratorácica suficiente como para inducir una interacción cardiopulmonar clínicamente significativa).
4. Complianza sistema respiratorio  $> 30$  mL/cmH<sub>2</sub>O (en los pacientes con baja complianza el aumento de presión a nivel alveolar no se transmite de forma efectiva a nivel pleural donde se ejerce la interacción cardiopulmonar).
5. Ausencia de disfunción ventricular derecha significativa (la disfunción ventricular derecha se ha asociado a falsos positivos y por tanto debe tenerse en cuenta que en su presencia no es posible valorar la precarga dinámica de acuerdo con los parámetros que se basan en la variación del volumen sistólico)

**Plano a utilizar:** plano subcostal de la VCI.

**Herramienta:** colapso respiratorio de la VCI en modo 2D o M 2 cm proximales a la desembocadura de la VCI (índice colapsabilidad = diámetro máximo-diámetro mínimo/diámetro mínimo).

**Interpretación:** el colapso respiratorio de la VCI en las condiciones descritas previamente (en esta herramienta las arritmias no son un impedimento para su valoración) se ha demostrado como un parámetro con una sensibilidad y especificidad de alrededor de 90% para predecir el incremento  $\geq 15\%$  del GC tras la administración de volumen.

**Limitaciones:** la principal limitación de esta herramienta es la dificultad para la insonación del plano subcostal en pacientes postoperados de abdomen y existen dudas de su validez en pacientes con hipertensión intraabdominal.

Variación respiratoria del pico de velocidad del ITV

**Plano a utilizar:** plano apical de cinco cavidades.

**Herramienta:** el passive leg raising test o maniobra de elevación pasiva de piernas

**Interpretación:** la maniobra se realiza mediante un ITV basal previo a la elevación de piernas y una nueva medición a los cinco minutos de haber efectuado la elevación.

**Limitaciones:** esta herramienta a diferencia de las descritas previamente no tiene las limitaciones explicadas, puesto que en realidad se está auto administrando volumen y valorando su respuesta, lo que la hace de elección en muchas circunstancias.

## **Función ventricular derecha (cebador)**

La valoración de la función del ventrículo derecho (VD) por ecografía es fundamental para detectar ciertas patologías (cor pulmonale agudo en contexto del síndrome de dificultad respiratoria aguda, TEP masivo, IAM de VD, etc.)

Relación áreas VD/VI

**Plano a utilizar:** plano subcostal o apical de cuatro cavidades que aseguran un correcto plano evitando la angulación anterior (aparición válvula aórtica).

**Herramienta:** se hará una estimación visual de la relación existente entre las áreas de ambos ventrículos.

**Interpretación:** el VD está adaptado para trabajar en un régimen de presiones bajas como las que se dan en situación fisiológica en la circulación pulmonar.

La interpretación de la herramienta es la siguiente:

- Relación áreas VD/VI  $< 0.7$ . No existe disfunción VD.
- Relación áreas VD/VI 0.7-1. Disfunción moderada VD.
- Relación áreas VD/VI  $> 1$ . Disfunción grave VD.

**Limitaciones:** la ecocardiografía no es el estándar de oro para la valoración de áreas y volumen del VD.

Desplazamiento lineal del anillo tricuspídeo en sístole (TAPSE)

**Plano a utilizar:** plano apical cuatro cavidades.

**Herramienta:** se efectuará un modo M haciendo pasar la línea de exploración por el anillo tricúspide lateral y se calculará el desplazamiento lineal (mm) hacia abajo en sístole de dicho anillo.

**Interpretación:** el VD tiene una anatomía y fisiología complejas, pero uno de los parámetros que mejor ha podido correlacionarse con su función sistólica y que tiene interés pronóstico es la distancia vertical que desciende el anillo tricuspídeo durante la sístole ventricular.<sup>24</sup> Los valores de referencia son:

- TAPSE  $> 18-20$  mm. No disfunción VD.
- TAPSE  $< 15$  mm. Disfunción moderada VD.
- TAPSE  $< 10$  mm. Disfunción grave VD.

**Limitaciones:** existe un solapamiento en los valores de TAPSE entre pacientes sanos y con cardiopatía.

## **Función sistólica ventricular izquierda (FE visual)**

La función sistólica del VI ha sido el parámetro más importante en ecocardiografía clínica desde sus inicios porque traduce el funcionamiento del generador de flujo de nuestro sistema cardiovascular.

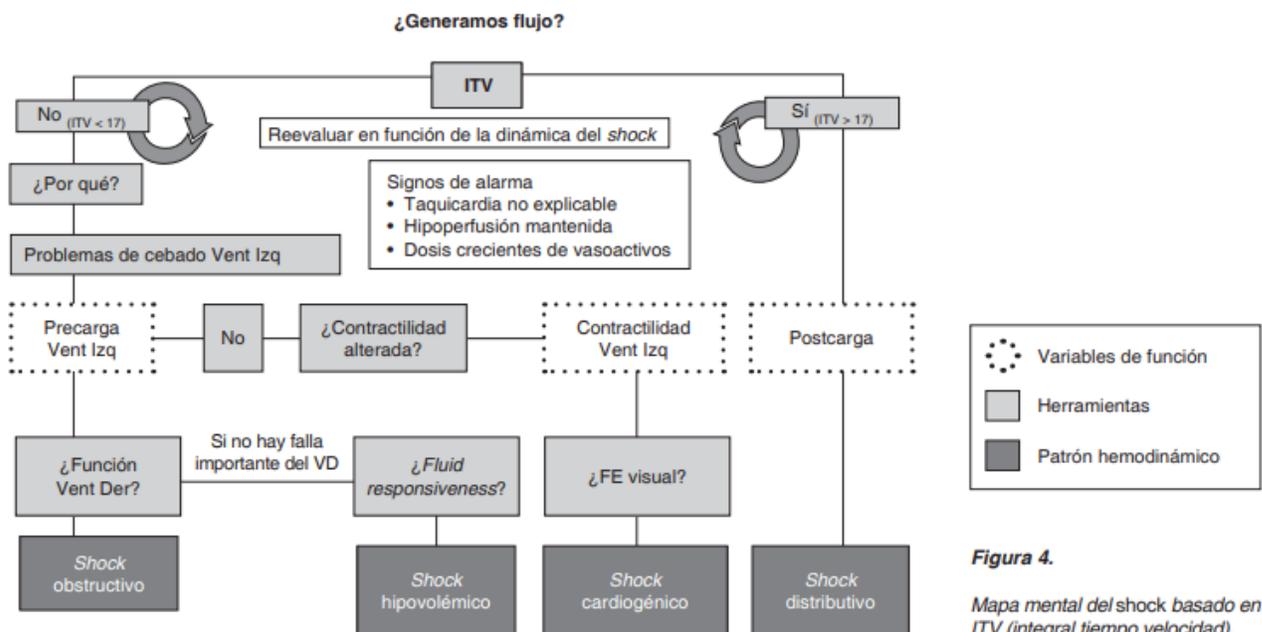
**Plano a utilizar:** plano subcostal cuatro cavidades, ejes cortos subcostales a nivel mitral, papilar y apical. Plano apical de dos y cuatro cavidades.

**Herramienta:** se hará una estimación del engrosamiento sistólico (mejor marcador de función sistólica) y del movimiento del endocardio valorando globalmente la FE.

**Interpretación:** es importante realizar una valoración en todos los planos posibles para tener una idea global y además debe tenerse en mente la posibilidad de que existan anomalías

Debe distinguirse la existencia de:

- No disfunción VI (corresponde a FE > 55%).
- Disfunción moderada VI (corresponde a FE 30-45%).
- Disfunción grave VI (corresponde a FE < 30%).



**Figura 4.**

Mapa mental del shock basado en ITV (integral tiempo velocidad).

### **Necesidad de reevaluación**

Una vez aplicado el tratamiento es necesario reevaluar ecográficamente para confirmar la estabilidad hemodinámica.

### **ITV límite**

En situaciones en las que se observen valores de ITV cerca del límite inferior de normalidad (ITV entre 15-19) habrá que verificar con especial atención el estado de perfusión.

### **Taquicardia**

Debe valorarse si se trata de una taquicardia compensadora (hipovolemia, disfunción ventricular) y que por tanto merece tratamiento, o bien estamos ante una taquicardia no compensadora (fiebre, SIRS). Para ello se calculará el GC multiplicando el ITV x 3.14 x FC.

### **Fibrilación auricular**

Para aplicar nuestro mapa mental no hay que basarse en el ITV aislado sino en la medición de varios ITV (pro mediar de 5 a 8 ITV para obtener la media), calcular el GC con la frecuencia ventricular media

### **RESOLUCIÓN DEL CASO**

Siguiendo el mapa mental, respondemos a la cuestión de flujo suficiente mediante el cálculo del ITV