



# CÁLCULO INTEGRAL Y EL GASTO CARDIACO

Biomatemáticas

Se denomina gasto cardíaco (GC) a la cantidad de sangre que expulsa el corazón en un minuto. Podemos expresarlo como:

$$GC = \text{volumen sistólico(VS)} \times \text{frecuencia cardíaca (FC)}$$

los valores de normalidad del gasto cardíaco en el adulto sano en torno a 4-6,5 l/min (2,5 l/min por m<sup>2</sup> de superficie corporal sería el índice cardíaco), en reposo. Sin embargo, el gasto cardíaco, como principal determinante del transporte de oxígeno al organismo, ha de adaptarse, en cada momento, a las necesidades del organismo, por lo que un valor dentro del intervalo de la «normalidad» no sirve, como único dato, para indicarnos que la función cardíaca es óptima. El enfermo crítico presenta generalmente unas demandas de oxígeno anormales debido al propio proceso desencadenante de la enfermedad, por lo que el valor de gasto cardíaco por sí solo no es suficiente para valorar el estado de la función cardíaca y situación hemodinámica del paciente.

Los determinantes del gasto cardíaco son el volumen sistólico y la frecuencia cardíaca. A su vez, el volumen sistólico va a depender de:

#### PRECARGA

Está determinada por la longitud de la fibra cardíaca antes de su contracción. Según la ley de Frank-Starling existe una relación directa entre el grado de elongación de la fibra en diástole y el posterior acortamiento de la fibra miocárdica en sístole. Se debe a que el estiramiento de la fibra conlleva una ligera elongación del sarcómero con lo que aumenta el número de lugares de interacción entre actina y miosina.

Según la ley de Frank-Starling, a una frecuencia cardíaca constante, el gasto cardíaco es directamente proporcional a la precarga hasta un punto a partir del cual, aunque aumenten las presiones de llenado ventricular, el GC no aumentará y, en determinadas circunstancias podría descender. Dentro de la curva de Frank-Starling, podemos definir dos fases: una primera en la que el aumento de precarga se correlaciona de forma lineal con un aumento en el volumen sistólico (o zona precarga-dependiente) y una segunda en la que el aumento de precarga apenas se correlaciona ya con un incremento en el gasto cardíaco (o zona precarga independiente).

## POSCARGA

Supone la resistencia al vaciado del corazón. En un corazón sano, la poscarga equivale a la tensión de la pared ventricular en sístole, siendo esta tensión la presión que debe superar el ventrículo para contraerse. El gasto cardíaco tiene una relación inversa con la poscarga. Asumiendo que el ventrículo tiene forma esférica, la ley de Laplace expresa la tensión de la pared según la fórmula:

$$\text{Tensión} = \frac{\text{presión cavitaria} \times \text{radio de la cavidad}}{2 \times \text{espesor de la pared}}$$

Los principales determinantes de la presión ventricular durante la sístole son la fuerza de contracción ventricular, la distensibilidad de las paredes de la aorta y la resistencia vascular sistémica. Dado que la distensibilidad vascular suele ser constante, en la práctica clínica suele equipararse poscarga con resistencia vascular sistémica (RVS), que puede ser calculada a partir de la fórmula:

$$\text{RVS} = (\text{PAM} - \text{PVC})/\text{GC}$$

la presión arterial media depende fundamentalmente y de forma directa del gasto cardíaco y de las resistencias vasculares periféricas, según:

$$\text{PAM} = (\text{CO} \times \text{RVS}) + \text{PVC}$$

## CONTRACTILIDAD CARDÍACA

Es la capacidad intrínseca del miocardio para bombear la sangre en condiciones de precarga y poscarga constantes. Está relacionada con la velocidad de acortamiento del músculo cardíaco que, a su vez, depende del contenido de  $\text{Ca}^{++}$  intracelular de los miocitos y determinadas proteínas musculares como la proteincinasa. La contractilidad miocárdica puede ser modulada por factores nerviosos y humorales.

## MÉTODOS PARA DETERMINAR EL GASTO CARDÍACO

En 1887, Fick describió el primer método para calcular el gasto cardíaco, basándose en el contenido arterial de oxígeno ( $\text{CaO}_2$ ), el contenido de oxígeno en la sangre venosa mixta ( $\text{CvO}_2$ ) y el consumo de oxígeno ( $\text{VO}_2$ ) según la siguiente fórmula:

$$GC = VO_2 / (CaO_2 - CvO_2)$$

## MÉTODOS INVASIVOS

Es la técnica utilizada para obtener el GC mediante el catéter de la arteria pulmonar. Ha sido la técnica más utilizada en medicina intensiva, a la cabecera del enfermo y aún a día de hoy es considerada la técnica de referencia. El GC se calcula por el análisis de la curva de termodilución usando la ecuación de Stewart-Hamilton:

GC : cantidad de trazador /

$$\int_0^{\infty} \text{concentración de trazador} \times dT$$

## Métodos mínimamente invasivos

### Métodos de termodilución transpulmonar

La termodilución transpulmonar (TDTP) es una variante del principio de termodilución utilizado por el catéter de la arteria pulmonar que se divulgó en la práctica clínica, como una evolución del doble marcador, a finales de los años noventa. Este método requiere un catéter venoso central convencional al cual se conecta externamente un sensor capaz de medir la temperatura de la solución inyectada y un catéter arterial femoral o axilar que, además de permitir la medición de la presión arterial, posee un sensor de temperatura en su extremo distal. La inyección venosa central de suero frío produce cambios de temperatura en la sangre, que son medidas por el termistor arterial, con lo que se obtiene el GC mediante una ecuación modificada de la de Stewart-Hamilton.