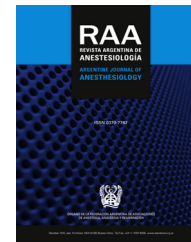




# REVISTA ARGENTINA DE ANESTESIOLOGÍA

www.elsevier.es/raa



## REVISIÓN

# Hemodinámica: *The Big Picture*. Un análisis y modelo integrador de la circulación humana relevante para la hemodinámica clínica<sup>☆</sup>



Rafael Dalmau

Servicio de Anestesiología, Hospital Español de Rosario, Rosario, Argentina

Recibido el 31 de julio de 2017; aceptado el 13 de septiembre de 2017

Disponible en Internet el 25 de octubre de 2017

### PALABRAS CLAVE

Modelos hemodinámicos; Capacitancia vascular; Distribución del volumen sanguíneo; Presión venosa central; Hemodinámica funcional

### KEYWORDS

Hemodynamic models; Vascular capacitance; Blood volume distribution

**Resumen** El entendimiento convencional y abordaje actual de la dinámica de la circulación humana en la hemodinámica clínica recae sobre 4 modelos clásicos de la fisiología cardiovascular moderna, que conforman el marco conceptual dentro del cual los parámetros hemodinámicos mayormente relevantes en la práctica cotidiana son interpretados. Estos modelos son: Poiseuille, Krogh, Starling y Guyton; cada uno describe un aspecto fundamental del flujo a través de la circulación periférica, y de la función del corazón como bomba (Starling), complementándose entre sí.

Sin embargo, las interpretaciones prevalentes de aquellos experimentos clásicos son habitualmente confusas, y a veces hasta inconsistentes física y fisiológicamente. De este modo, es el propósito del presente trabajo proveer un marco conceptual realista para analizar la dinámica de la circulación sistémica, las variables hemodinámicas clásicas y la verdadera significación de los modelos mencionados y los parámetros relacionados. Finalmente, se presentará un modelo conceptual que integre dichas variables.

© 2017 Federación Argentina de Asociaciones, Anestesia, Analgesia y Reanimación. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

### Hemodynamics: *The Big Picture*. An integrative analysis and model of the human circulation relevant to clinical hemodynamics

**Abstract** The conventional understanding and current approach to the dynamics of the human circulation in clinical hemodynamics moves between four classical models of modern cardiovascular physiology that make up the framework from which hemodynamic parameters relevant to everyday practice are interpreted. These are: Poiseuille; Krogh; Starling; and, Guyton; each one describes a fundamental feature of the flow through the peripheral circulation, and of heart's function (Starling), and, they also complement each other.

<sup>☆</sup> Título inspirado en *The big picture. On the origins of life, meaning, and the Universe itself*, por Sean M. Carroll.

Central venous pressure;  
Functional hemodynamics

However, the prevailing interpretations of the classical experiments are often misleading, and sometimes present physical and physiological inconsistencies. Thus, it is the purpose of this revision to provide a realistic framework through which analyze the dynamics of the systemic circulation, the classical hemodynamic variables, and the true significance of the classical models and the related hemodynamic parameters. Finally, a conceptual model that integrates these variables is presented.

© 2017 Federación Argentina de Asociaciones, Anestesia, Analgesia y Reanimación. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

A George L. Brengelmann  
En señal de admiración y amistad

No pueden satisfacernos significaciones que toman vida —cuando la toman— de intuiciones remotas, confusas, impropias. Debemos retroceder a las «cosas mismas».  
Edmund Husserl<sup>1</sup>

## Introducción. Jean L.M. Poiseuille; la visión desde un circuito dirigido por la presión

La circulación sistémica es inmediata y regularmente concebida como un circuito dirigido o «gobernado» por la presión (P), gran parte debido a una interpretación confusa del arreglo experimental sobre el cual Poiseuille derivó la ley que lleva su nombre, hacia mediados del siglo XIX<sup>2</sup>, y que, en las palabras de Kim H. Parker «se ha convertido en el referente de comparación de cualquier tipo de flujo a través de tubos, quizás debido a su simplicidad»<sup>3</sup>.

El experimento consistió básicamente en generar una diferencia de presiones hidrostáticas ( $\Delta P$ ) entre 2 contenedores conectados por un segmento de tubuladura capilar de cristal, de radio ( $r$ ) y longitud ( $L$ ) conocidos. Así, la tasa de flujo volumétrico ( $Q$ ) era medida luego de modificar cualquiera de las variables del sistema —especialmente el ( $\Delta P$ )— para fluidos de diferente viscosidad  $\eta$ , obteniéndose una relación lineal entre  $\Delta P$  y  $Q$ , e identificándose el primero como la variable independiente. Esto es, en este esquema enfrentamos la función:  $Q=f(P)$ ; lo que también es conocido como el «equivalente hidráulico» de la Ley de Ohm (es decir, de un circuito eléctrico homólogo «dirigido» por el voltaje).

$$Q = \frac{\Delta P}{R} \quad (1)$$

Siendo la resistencia ( $R$ ) proporcional a (*ley de Hagen-Poiseuille*):

$$R = k \left( \frac{\eta L}{r^4} \right) \quad (2)$$

Donde  $k$  es una constante igual a:

$$k = \frac{8}{\pi}$$

Este principio trasladado a la circulación conlleva a entender que el flujo sistémico o volumen minuto cardíaco

( $Q$ ) obedece la misma relación que el circuito poiseuilliano, donde  $\Delta P$  es identificado como la *causa* del  $Q$ ; cuando en realidad, en ninguno de los 2 casos el  $\Delta P$  de la ley de Poiseuille (el  $\Delta P$  *relacionado con el flujo*) es la causa ni la consecuencia: ambos se generan simultáneamente al forzar un fluido viscoso a través de una resistencia. Es decir, que la pérdida o *gradiente* (función de la distancia,  $x$ ) de presión ( $dP/dx$ ) en cualquier circuito hidráulico en el flujo estacionario refleja la pérdida de energía por la resistencia viscosa del fluido al fluir<sup>4</sup>; de ningún modo el  $\Delta P$  representa una fuente de energía mecánica en sí misma.

Poner un fluido en movimiento implica una transferencia de energía mecánica, que en el caso de Poiseuille era gravitacional<sup>a</sup>, esto es, la diferencia de energía potencial gravitacional entre los contenedores, manifestada en el  $\Delta P$ . Este principio fue aplicado posteriormente en los viscosímetros gravimétricos, ya que la fuerza conductora (*driving force*) es la gravedad, y el flujo obtenido proporcional a  $\eta$ . La identificación del  $\Delta P$  como «presión conductora» (*driving pressure*) solo es coherente en el contexto de un circuito como el poiseuilliano, donde el  $Q$  es minúsculo, afectando despreciablemente el volumen y la presión en los reservorios.

Esta aclaración pertinente al modelo y Ley de Poiseuille podría parecer trivial; y muchas veces se habla de la Ley de Poiseuille como siendo esta una «aproximación» al flujo a través del circuito cardiovascular, fundamentalmente porque las condiciones de flujo directo laminar no se cumplen en este sistema: el flujo es pulsátil, turbulento; el circuito es cerrado, global y heterogéneamente compliant, compuesto de resistencias y capacitancias no-lineales, ampliamente ramificado, y la sangre un fluido no-newtoniano, con propiedades reológicas específicas.

No obstante, la aproximación a la dinámica de la circulación mediante el modelo poiseuilliano es especiosa esencialmente porque introduce un circuito dirigido por

<sup>a</sup> Esto no quiere decir que la gravitación, como fuerza hidrostática, no tenga efecto sobre la circulación. Como será comentado en la sección *August Krogh y el modelo bicompartimental. La relación flujo-presión-volumen*, la gravedad afecta la distribución del volumen sanguíneo, la precarga ventricular, y el flujo a través de ciertos lechos vasculares especiales (encefálico, pulmonar funcional y cutáneo), básicamente porque la vasculatura es compliant y colapsable. El énfasis en este párrafo es sobre el hecho de que la fuerza gravitacional no propulsa un fluido dentro de un sistema cerrado<sup>4</sup>.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/8621125>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/8621125>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)