

IBIO 4217 – Laboratorio de Fisiología Avanzada 2021

Laboratorio 1 – Módulo Cardiovascular

Tras realizar los balances de materia (Volúmenes) y energía (Presiones) vistos en la clase magistral, y asumiendo un estado estable (Ninguna variable de estado cambia con el tiempo), y reordenando los términos, se llega al siguiente sistema de 9 ecuaciones lineales con 9 incógnitas:

$$P_{sv} = \frac{Q}{K_r} \quad (1)$$

$$P_{pv} = \frac{Q}{K_l} \quad (2)$$

$$P_{sa} = \frac{Q}{K_r} + R_s Q \quad (3)$$

$$P_{pa} = \frac{Q}{K_l} + R_p Q \quad (4)$$

$$V_{sv} = \frac{C_{sv}}{K_r} Q \quad (5)$$

$$V_{pv} = \frac{C_{pv}}{K_l} Q \quad (6)$$

$$V_{sa} = \left(\frac{C_{sa}}{K_r} + C_{sa} R_s \right) Q \quad (7)$$

$$V_{pa} = \left(\frac{C_{pa}}{K_l} + C_{pa} R_p \right) Q \quad (8)$$

$$V_{sa} + V_{sv} + V_{pa} + V_{pv} = V_0 \quad (9)$$

En este sistema, las variables de estado son $V_{sa}, V_{sv}, V_{pa}, V_{pv}, P_{sa}, P_{sv}, P_{pa}, P_{pv}, Q$, que corresponden a volúmenes sistémico arterial, sistémico venoso, pulmonar arterial, pulmonar venoso, presión sistémica arterial, sistémica venosa, pulmonar arterial, pulmonar venosa, y flujo sanguíneo. En adición, los valores normales en reposo para una persona normal de los parámetros del modelo son:

Table 1.2. Normal Resting Parameters of the Model Circulation

	Systemic	Pulmonary
R :	$R_s = 17.5$	$R_p = 1.79 \text{ mmHg}/(\text{liter}/\text{min})$
C :	$C_{sa} = 0.01$	$C_{pa} = 0.00667 \text{ liters}/\text{mmHg}$
	$C_{sv} = 1.75$	$C_{pv} = 0.08 \text{ liters}/\text{mmHg}$
	Right	Left
K :	$K_R = 2.8$	$K_L = 1.12 (\text{liters}/\text{min})/\text{mmHg}$
V :	$V_0 = 5.0 \text{ liters}$	

De esta manera, es posible solucionar el sistema de ecuaciones conjunto para hallar los valores de las variables de estado para este set de parámetros. Esto es posible realizarlo porque tenemos el mismo número de ecuaciones independientes (9) que incógnitas (Variables de estado, 9). Además, al ser un sistema lineal es posible encontrar la solución de forma matricial. En este laboratorio vamos a analizar las capacidades de este modelo, así como a aprender cómo implementarlo en el computador (Pueden elegir entre Python o Matlab).

1. Defina biológicamente que significa cada parámetro y variable de estado del modelo, y de sus unidades. (10%)
2. Realice una solución simbólica del sistema usando linsolve en Python o solve en Matlab. ¿Qué expresiones quedan para sus variables de estado? ¿Qué tipo de solucionador computacional debería utilizar si el sistema fuera no lineal? (40%)
3. Ahora, vamos a realizar un análisis muy útil en modelos matemáticos que es el análisis de sensibilidad. En este análisis, lo que queremos ver es que parámetros afectan de una manera más grande nuestras variables de estado. Por cada parámetro, defina un intervalo de 10% hacia abajo y hacia arriba del valor reportado en la tabla. Realice un vector sobre este intervalo, y dejando los otros parámetros estáticos realice una gráfica de cómo cambia el caudal Q respecto a este parámetro. Al realizar este análisis sobre los 9 parámetros conteste: ¿Que parámetro afecta de mayor forma el caudal de sangre? ¿Qué posible enfermedad podría afectar este parámetro? (50 %)