

SISTEMA URINARIO

INSUFICIENCIA RENAL AGUDA



El sistema urinario es responsable de filtrar la sangre, eliminar desechos y regular el equilibrio de agua y electrolitos en el cuerpo. Además, mantiene la presión arterial y el pH en niveles adecuados mediante la excreción de orina.

La insuficiencia renal aguda (IRA) ocurre cuando los riñones dejan de filtrar eficazmente los desechos y el exceso de líquidos de la sangre, provocando una acumulación rápida de sustancias tóxicas en el organismo.

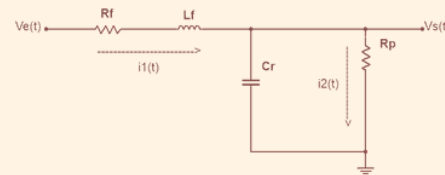
OBJETIVO

Diseñar un controlador basado en un modelo eléctrico del sistema urinario, que permita simular un protocolo de tratamiento capaz de regular la presión vesical en un paciente con insuficiencia renal aguda, de modo que se asemeje a la presión vesical de un individuo sano.

DIAGRAMA ELÉCTRICO

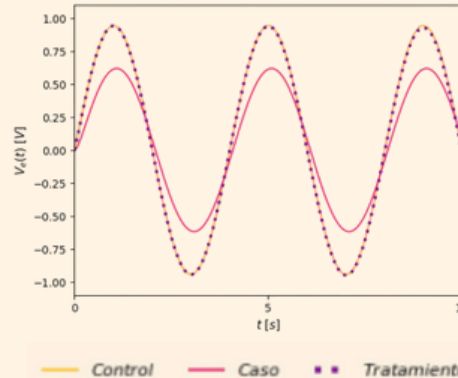
El diagrama eléctrico es una analogía fisiológica que permite representar los componentes del sistema urinario humano utilizando elementos de un circuito eléctrico.

Esta técnica se basa en el principio de que el flujo de sangre o de orina en el cuerpo puede modelarse de forma similar al flujo de corriente eléctrica en un circuito.



SIMULACIÓN IN SILICO

El uso de un controlador PID (Proporcional-Integral-Derivativo) demostró ser un sistema de control retroalimentado que calcula la señal de control como la suma de tres componentes que dependen del error entre la señal deseada (referencia) y la señal medida (variable controlada). Su objetivo es minimizar ese error a lo largo del tiempo.



INGENIERÍA BIOMÉDICA

MODELADO DE SISTEMAS FISIOLÓGICOS

DR. PAUL ANTONIO VALLE TRUJILLO

MODELADO MATEMÁTICO

- Función de transferencia

$$\frac{Vs(s)}{Ve(s)} = \frac{Rf}{[LCRp]^2 + [CR/Rp + L]s + Rf + Rp}$$

- Ecuaciones integro-diferenciales

$$\begin{aligned} i2(t) &= \left[\frac{1}{C} \int [i1(t) - i2(t)] dt \right] \left[\frac{1}{Rp} \right] \\ i1(t) &= \left[-L \frac{di1(t)}{dt} - \frac{1}{C} \int [i1(t) - i2(t)] dt + Ve(t) \right] \left[\frac{1}{Rf} \right] \\ Vs(t) &= [Rp][i2(t)] \end{aligned}$$

- Error en estado estacionario

$$e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} [1 - \frac{Vs(s)}{Ve(s)}]$$

$$= \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{s} \left[1 - \frac{50}{55} \right] = 0.0566$$

- Estabilidad del sistema

$$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 + 4ac}}{2a}$$

$$25 \times 10^{-3} s^2 + 15.1s + 1060$$

$$R1 = -81.08372627$$

$$R2 = -522.9162737$$

CASO

$$= \lim_{s \rightarrow 0} \frac{1}{s} \left[1 - \frac{4}{5} \right] = 0.375$$

$$25 \times 10^{-3} s^2 + 150.1s + 1600$$

$$R1 = -10.67855288$$

$$R2 = -5993.321447$$

El sistema para ambos casos de individuo sano o con IRA tiene una respuesta estable sobreamortiguada, ya que las raíces son reales negativas y diferentes.

CONCLUSIÓN

El modelado de un sistema urinario mediante un circuito eléctrico permite que se represente de forma funcional y comprensible los procesos fisiológicos involucrados en la filtración renal y la regulación de la presión vesical.

Al representar esto con componentes eléctricos como resistencias, capacitores e inductores con elementos anatómicos es posible analizar el comportamiento del sistema bajo condiciones normales y patológicas, como la insuficiencia renal aguda, la diferencia entre control y caso en este modelo fue solamente Rf debido a que varía la presión en el flujo del paciente.

REFERENCIAS

- Díaz de León-Ponce, M. A., et al. (2017). Insuficiencia renal aguda (IRA): clasificación, fisiopatología y tratamiento. Revista Mexicana de Anestesiología, 40(4), 281–287.
- Cun.es. (s.f.). Insuficiencia renal aguda: síntomas, diagnóstico y tratamiento. Clínica Universidad de Navarra.
- Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2021). Modern control systems (14th ed.). Pearson. (Para teoría y aplicación de controladores PID)

DIAGRAMA FISIOLÓGICO

