Práctico 5

Dependencia frecuencial del módulo elástico $E_{(\omega)}$

Introducción

Sea

$$E' = E_{dyn} + j\eta\omega$$

cuya componente real, el primer término, es el módulo elástico dinámico (E_{dyn}) y representa las propiedades puramente elásticas de la pared, y cuya componente imaginaria, el segundo término, representa las propiedades puramente viscosas y se denomina módulo de pérdida ($j\eta\omega$); donde ω es la velocidad angular y η es la viscosidad de la pared. El operador j es la unidad imaginaria y es definido como la raíz cuadrada de la unidad negativa ($\sqrt{-1} = j$).

El módulo complejo de Hardung, E' , es un número complejo que puede ser descompuesto en su módulo $|E'|$ y su argumento φ , también llamado ángulo de fase, de modo tal que:

$$|E'| = \sqrt{E_{dyn}^{2} + (\eta\omega)^{2}}$$

$$\varphi = arctg(\frac{\eta\omega}{E_{dyn}})$$

En la práctica es usual separar las componentes real e imaginaria en relación al producto del módulo por el coseno y el seno del ángulo de fase resultando en:

$$E_{dyn} = |E'| \cdot cos\,\varphi$$

$$\eta\omega = |E'| \cdot sen\,\varphi$$

El módulo elástico se calcula como el cociente entre tensión y deformación, tal que la tensión es igual $\sigma = E \cdot \varepsilon$. Sin embargo, cuando el módulo elástico se estudia a distintas frecuencias muestra una dependencia de esta.

La fórmula del módulo elástico complejo E' puede ser generalizada en el dominio frecuencial $E(\omega)$ de la siguiente forma:

$$E' = E_{dyn} + j\eta\omega$$

$$E(\omega) = E_{real} + jE_{imag}$$

donde E_{real} representa a la parte real llamada módulo de almacenamiento, E_{imag} representa a la parte imaginaria llamada módulo de pérdida. A su vez, $E_{(\omega)}$ está caracterizado por un módulo $|E_{(\omega)}|$ y un argumento $\varphi = \omega t$:

$$|E_{(\omega)}| = \sqrt{E_{real}^{2} + jE_{imag}^{2}}$$

$$\omega t = arctg(\frac{E_{imag}}{E_{real}})$$

$$E_{real} = E_{(\omega)} \cdot cos\,\omega t$$

$$E_{imag} = E_{(\omega)} \cdot sen\ \omega t$$

Actividades

1. Biomecánica:
    a. Realizar un barrido de frecuencias de 1 a 4 Hz sobre una muestra de tejido biológico (arteria), guardar los datos en un archivo .csv.
    b. Realizar un barrido de frecuencias de 1 a 5 Hz sobre dos muestras de tubular, guardar los datos en un archivo .csv.
    c. Realizar los bucles presión-diámetro y analizar el comportamiento de los mismos.
    d. Calcular E', E_{real} y E_{imag} y graficarlos en función de la frecuencia.
    e. ¿Es válido en todos estos casos utilizar un modelo $\eta\omega$?
    f. Describa los algoritmos a utilizar para encontrar η y E_{dyn}.
2. Fisiología Cuantitativa (en el informe, debe abordar los siguientes puntos):
    a. ¿Se puede utilizar el mismo modelo para tubos sintéticos que para arterias? En caso de no poderse, ¿qué modificaciones propone se le realice al modelo de Voigt?, ¿por qué?
    b. Especifique la expresión del módulo complejo de Hardung (E') para el modelo a utilizar con los datos experimentales in-vivo
    c. ¿Qué procedimientos utiliza para hallar cada uno de los parámetros del modelo? Asuma que tiene datos de presión aórtica y diámetro aórtico para una única frecuencia cardíaca.
    d. Incluya en una o varias imágenes las siguientes señales:
        i. Bucle PV aórtico medido.
        ii. Bucle PV aórtico estimado mediante E, η y M.
        iii. Bucle PV aórtico estimado mediante E y η.
        iv. Bucle PV aórtico estimado únicamente mediante E.

    Puede elegir graficar cierta cantidad de ciclos o un ciclo promedio. Indique los valores de E, η y M obtenidos, ¿tienen sentido?

    b. Calcule para cada uno de los ítemes 2, 3 y 4 el valor de R^2 respecto del primero. Compare los resultados obtenidos entre sí (cuantitativa y cualitativamente), ¿Qué modelo dio una mejor estimación?

Cronograma de ejecución

Miércoles 8/05	Práctico presencial
	Clase de consulta
Miércoles 22/05	Entrega de informe + código