

ESTIMACIÓN DE LA FRACCIÓN SÓLIDA DE HUESO TRABECULAR MEDIANTE EL ANÁLISIS INVERSO DE ENSAYOS DE ULTRASONIDO

Joaquín García Zárate^a, Gabriela Messineo^a, Lucas Colabella^a, Adrián P. Cisilino^a, Vu-Hieu Nguyen^b y Guillaume Haïat^b

^a*Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Av. Juan B Justo 4302, 7600 Mar del Plata, Argentina*

^b*Laboratoire Modélisation et Simulation Multiéchelle, UMRS CNRS 8208, CNRS, Université Paris-Est, 61 Avenue du General de Gaulle, 94010 Creteil, France*

Palabras Clave: hueso trabecular, ultrasonido, análisis inverso.

Resumen. Las metodologías de ultrasonido cuantitativo tienen el potencial para evaluar la calidad del hueso y estimar factores de riesgo de fractura. Se desarrolla en este trabajo un modelo unidimensional analítico para relacionar la fracción sólida del hueso trabecular con la velocidad del sonido. El modelo tiene como base el propuesto por Nguyen et al (Mechanics Research Communications, 37(4), 377–383, 2010), al que se le suman relaciones empíricas entre la fracción de volumen sólido con la permeabilidad, la rigidez y la tortuosidad de la muestra que resultan del análisis de 23 muestras de hueso trabecular cuyas propiedades efectivas fueron determinadas mediante análisis de homogenización. Los ensayos de ultrasonido fueron simulados mediante modelos de diferencias finitas en el dominio del tiempo con el software SimSonic. El método inverso tiene como función objetivo la minimización de las diferencias entre las velocidades del modelo analítico con respecto a las que resultan de las simulaciones de los ensayos de ultrasonido- Para la minimización se utilizan métodos de programación cuadrática secuencial y de punto interior; los análisis resultan en error medio de aproximadamente 10% en la predicción de la fracción sólida.

Keywords: trabecular bone, ultrasound, inverse analysis.

Abstract. Qualitative ultrasound tests have the potential to assess bone quality and to estimate fracture risk. This work develops an analytical one-dimensional model that relates cancellous bone solid volume fraction with the speed of sound. The model is based on that introduced by Nguyen et al (Mechanics Research Communications, 37(4), 377–383, 2010), which is complemented empirical relationships between the bone solid volume fraction and the bone permeability, stiffness and tortuosity. Data is collected from numerical homogenization analyses of 23 bone samples. Ultrasound tests are simulated using the time-domain finite difference models implemented in SimSonic. The objective function of the inverse analysis consists in the minimization of the differences between the speed of sounds computed using the analytical model and the simulated tests. The minimizations are carried out using sequential quadratic programming and interior point methods. Predicted solid volume fraction values result in errors less than 10%.