

DISEÑO MULTIESCALA DE HUESOS ARTIFICIALES CON MICROESTRUCTURAS BIOMIMÉTICAS

Lucas Colabella^a, Adrián P. Cisilino^a, Victor D. Fachinotti^b y Piotr Kowalczyk^c

^a*División Mecánica de Materiales – INTEMA, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata, Av. Juan B. Justo 4302, Mar del Plata, Argentina, <http://www.intema.gov.ar>*

^b*Centro de Investigación de Métodos Computacionales (CIMEC), Universidad Nacional del Litoral (UNL)/Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Predio CCT-CONICET Santa Fe, Ruta 168, Paraje El Pozo, 3000 Santa Fe, Argentina*

^c*Institute of Fundamental Technological Research, Polish Academy of Sciences, Pawinskiego 5B, 02-106 Warsaw, Poland*

Palabras Clave: Optimización multiescala, Hueso trabecular, Andamios óseos, Microestructuras parametrizadas.

Resumen. Los materiales naturales (o biológicos) generalmente alcanzan excelentes prestaciones mecánicas. En particular, el hueso trabecular presenta una alta relación rigidez / resistencia / peso, por lo que su estructura inspira el desarrollo de nuevos materiales celulares ultraligeros. En este trabajo se introduce un método multiescala para el diseño de sólidos elásticos con una microestructura biomimética parametrizada de hueso trabecular. El método combina un modelo de elementos finitos para evaluar la rigidez del cuerpo en la macroescala con un optimizador no lineal para obtener los valores óptimos de los microparámetros y la orientación de la microestructura sobre el dominio del cuerpo. Las características más destacadas de su implementación son el uso de: (i) un algoritmo de optimización del tipo punto interior, (ii) una metodología de superficie de respuesta precalculada para la evaluación del tensor elástico de la microestructura en función de los microparámetros, (iii) el método adjunto para el cálculo de la sensibilidad de la respuesta mecánica macroscópica a la variación de los microparámetros., y (iv) un filtro ponderado sobre los microparámetros para corregir los efectos de checkerboard. El desempeño y la eficacia de la herramienta se evalúan resolviendo un problema que consiste en encontrar la distribución óptima de las microestructuras para el extremo proximal de un fémur sometido a cargas fisiológicas. Se evalúan tres estrategias para la especificación de las restricciones de la fracción de volumen sólido. Los resultados se comparan con los datos de un estudio de tomografía computarizada de un hueso humano real. El modelo predice con éxito las características principales de la disposición espacial de las microestructuras trabeculares y corticales del hueso natural.