

Introducción

Se desarrolló un estudio empleando un modelo computacional, basado en un tórax de paciente, que permitió simular y comparar el proceso de ventilación de una caja torácica natural y el de una caja torácica reconstruida con implantes costales fabricados en titanio Ti6Al4V, con la finalidad de asegurar que las estructuras anatómicas y el implante no sufren alteraciones críticas que lleven a la falla/rotura. Para ello, el estudio se basó en resultados referentes a la rigidez de ambos sistemas y las tensiones principales máximas del hueso.

Métodos

Este estudio se realizó a partir implantes costales y de un modelo 3D de caja torácica aportados por el Instituto Tecnológico de Canarias (ITC). Seguidamente se empleó el software Autodesk Inventor para realizar el ensamblaje pared torácica-implante. Finalmente, se utilizó el software Abaqus CAE para realizar las simulaciones y la obtención de resultados.

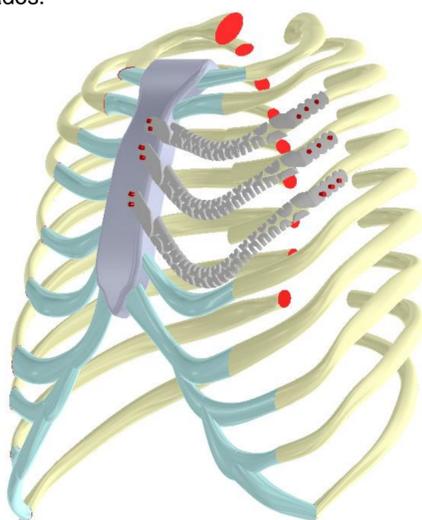


Figura 1 Caja torácica reconstruida con implantes tipo resorte del 3er, 4to y 5to cartílago costal.

Aplicando el método de los elementos finitos (MEF), se procedió entonces a definir el modelo. Para ello, se establecieron las propiedades de los materiales del hueso cortical, hueso trabecular y cartílago costal, tabuladas a continuación.

Tabla 1 Propiedades de los componentes aplicados en el análisis de elementos finitos.

Material	Módulo de Young (MPa)	Coefficiente de Poisson
Hueso cortical	12000	0,3
Hueso trabecular	40	0,45
Cartílago costal	7,8	0,3
Titanio Ti6Al4V	93000	0,3

Seguidamente, se establecieron los pasos de la simulación y se indicaron las restricciones, condiciones de contorno y carga, para finalmente emplear un mallado tetraédrico libre de tamaño medio 5 mm y un refinamiento en las zonas críticas (primer y segundo par de costillas) de 2 mm.

Resultados

Rigidez

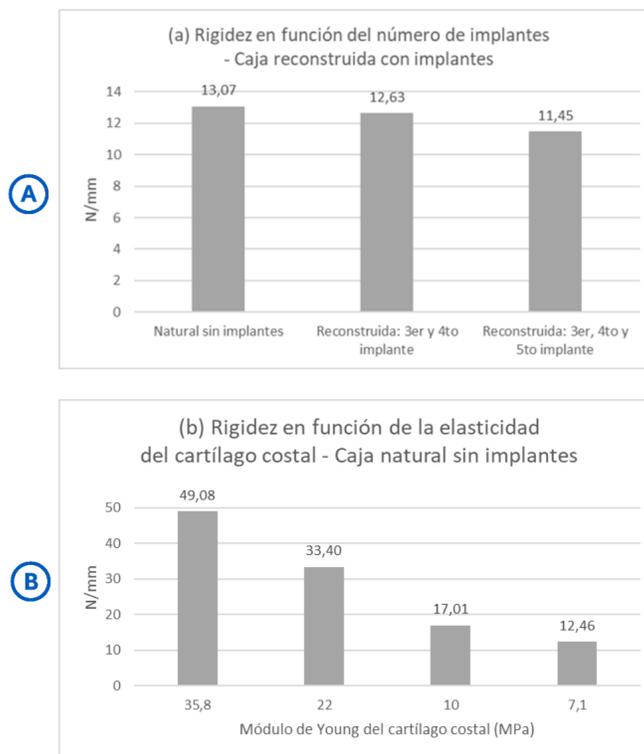


Figura 2 Resultados de rigidez obtenidos para la caja torácica reconstruida con implantes (a) y para la caja natural aplicando variaciones en las propiedades mecánicas del cartílago costal (b), en N/mm.

Tensión principal máxima

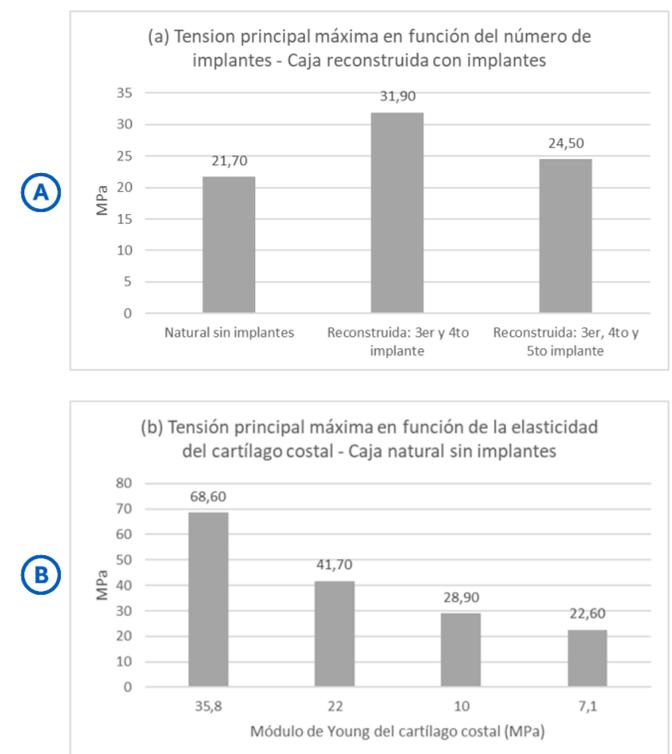


Figura 3 Resultados de tensiones principales máximas obtenidos para la caja torácica reconstruida con implantes (a) y para la caja natural aplicando variaciones en las propiedades mecánicas del cartílago costal (b), en MPa.

Deformaciones

Los dos primeros pares de costillas son los que sufren el mayor desplazamiento. Asimismo, en el modelo con condición de rótula se puede visualizar un mayor desplazamiento en la zona inferior externa del hueso costal del primer par de costillas (Figura 4). Al igual que también se puede evidenciar que se produce un giro más pronunciado debido a la rótula, el cual ocurre nuevamente en el primer par de articulaciones costovertebrales.

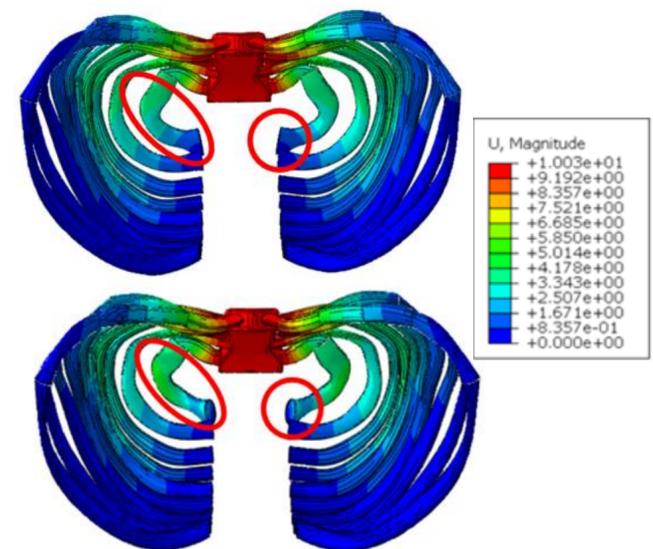


Figura 4 Deformada con condición de articulación (arriba) y de rótula (abajo), en mm.

Conclusiones

Habiéndose obtenido valores de rigidez próximos a 13.07 N/mm, y evaluando su similitud con lo estudiado por Murach et al. [1], quien obtuvo valores de rigidez en torno a los 13 N/mm en cajas torácicas evisceradas de PMHS y a lo concluido por Shaw et al. [2] en su estudio cuasiestático, demostrando valores de rigidez de 12.8 N/mm, se puede concluir que el presente estudio ha logrado desarrollar un modelo computacional de análisis de elementos finitos lo suficientemente real para servir como base en estudios posteriores.

Asimismo, se puede concluir que desde el punto de vista de análisis estático y bajo las condiciones establecidas en este estudio, ambos modelos de caja torácica reconstruida; con dos implantes (rigidez 12.63 N/mm) y con tres implantes (rigidez 11.45 N/mm) se asemejan lo suficiente a una caja torácica biológica, en vista de que sus rigideces se encuentran dentro de los márgenes establecidos por Murach et al.[1], de 13 ± 2.8 N/mm y por Shaw et al.[2], de 12.8 ± 6.2 N/mm.

Referencias

- [1] M. M. Murach et al., "Quantification of Skeletal and Soft Tissue Contributions to Thoracic Response in a Dynamic Frontal Loading Scenario," Stapp Car Crash J, vol. 62, 2018.
- [2] G. Shaw et al., "Quasi-static and dynamic thoracic loading tests: Cadaveric torsos," 2007.