

Bruyère, Karine. **Caractérisation et modélisation mécanique de l'os spongieux humain en relation avec ses propriétés structurales et architecturales**. Thèse. Villeurbanne : Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 2000. Disponible à la Bibliothèque Marie Curie.

**Domaine(s)** : D17 - Matériaux

**Indice Dewey** : 620.117 072

**Langue** : Français

**Mots-clés** : Biomécanique, Os, Résonance magnétique nucléaire, Densité osseuse, MATERIAUX, BIOMECHANIQUE, OS SPONGIEUX, CARACTERISATION, PROPRIETE MECANIQUE, TOMOGRAPHIE, IMAGERIE RMN, HISTOLOGIE, DENSITE, ULTRASON, MODELISATION ELEMENT FINI

**Résumé français** : Nous souhaitons déterminer les propriétés mécaniques de l'os spongieux humain et évaluer leurs paramètres explicatifs : densité, architecture et propriétés du tissu trabéculaire. La caractérisation mécanique a été réalisée sur des échantillons d'os spongieux humain de tête fémorale et calcaneum, classiquement en compression et de façon originale en cisaillement et torsion. Les analyses architecturales 2D et 3D de l'os spongieux calcaneum ont été réalisées à partir de coupes histologiques et d'images 3D obtenues par tomographie (HRCT) et imagerie par résonance magnétique (IRM) à haute résolution (respectivement 10 µm et 78 µm). La caractérisation mécanique des travées a été réalisée par méthode ultrasonore et un essai de micro-flexion sur travées isolées a été mis au point. La modélisation par éléments finis (MEF) de l'os spongieux a été effectuée directement à partir d'images HRCT et IRM. La caractérisation en torsion de l'os spongieux de tête fémorale a montré la corrélation entre le module de Coulomb et la contrainte maximale de torsion. L'isotropie des propriétés de cisaillement par emporte-pièce tubulaire a été observée, démontrant le caractère intrinsèque de cet essai. Des relations et corrélations significatives entre les propriétés de compression et la densité apparentée ont été établies pour l'os spongieux de fémur et de calcaneum. L'essai de micro-flexion sur travées isolées, couplé à la MEF et une méthode inverse, a permis de caractériser leur comportement élasto-plastique. L'étude architecturale de l'os calcaneum a montré des corrélations entre les propriétés mécaniques apparentes et les paramètres architecturaux, particulièrement avec la dimension fractale et la connectivité, indépendamment de la densité volumique. Ces résultats montrent l'intérêt des paramètres architecturaux dans l'estimation de la résistance osseuse, ceux-ci pouvant être estimés à partir d'images IRM dont les développements laissent espérer une prochaine application in vivo.

**Directeur(s) de thèse** : Rumelhart, Claude

**Etablissement de soutenance** : INSA de Lyon

**Etablissement de co-tutelle** : Institut national des sciences appliquées de Lyon, LMSO - Laboratoire de Mécanique des Solides, EA 675

**Laboratoire** : Institut national des sciences appliquées de Lyon, LMSO - Laboratoire de Mécanique des Solides, EA 675, Ecole(s) Doctorale(s) [MEGA - Mécanique], Partenaire(s) de recherche : LMSO - Mécanique des Solides  
**Numéro national de thèse** : 2000ISAL0002  
**Date de soutenance** : 2000

**Accès** au format papier, disponibilités des exemplaires

**Droits réservés**, utilisation gratuite

**English abstract** : The aim of this work is to determine the mechanical properties of human cancellous bone and to evaluate their explicative parameters: density, architecture and properties of trabecular tissue. The mechanical characterisation was performed for human cancellous bone from proximal femora and calcaneus, as usually by compression, and in an original way, by shear and torsion. Architecture analysis in 2D and 3D of calcaneal cancellous bone were made on histologie slices and on 3D images obtained by high spatial resolution tomography (HRCT) or by nuclear magnetic resonance imaging (NMR) (respectively 10 µm and 78 µm). The mechanical characterisation of trabeculae was realised by an ultrasonic method and a microbending test on isolated trabeculae has been designed. Modelling by finite element method of cancellous bone has been realized directly from HRCT and NMR images. Characterisation in torsion of human cancellous bone from femoral head showed significant correlation between shear modulus and maximal torsion stress. Properties obtained by shear tests using sharpened tube seemed isotropic, showing this test leads to an intrinsic characterisation. Relationships and significant correlations between apparent density and compressive properties were established for cancellous bone from proximal femora and calcaneus. Microbending on isolated trabeculae, associated to the finite element modelling and an inverse method, permitted to determine their elasto-plastic behaviour. Architectural study of calcaneal cancellous bone showed significant correlations between apparent mechanical properties and fabric parameters, in particular with fractal dimension and connectivity, independently of volume density. These results show the interest of such parameters for the estimation of cancellous bone strength, considering they can be evaluated from RMN images, whose developments leave hope for an in vivo application.