

## Résumé :

Cette thèse propose une étude du comportement des tissus mous intra-orbitaires dans le cadre du traitement des exophtalmies, caractérisées par une protrusion du globe oculaire. La partie chirurgicale de ce traitement consiste en une décompression de l'orbite par le biais d'une ostéotomie des parois orbitaires pour réduire la protrusion du globe.

Nos travaux visent à prédire les relations entre le volume des tissus décompressés, la surface d'ostéotomie et le recul oculaire résultant pour apporter une aide au planning chirurgical. Pour cela, deux modèles ont été développés.

Le premier est un modèle analytique simple de l'orbite assimilant les parois orbitaires à un cône et le globe à une sphère. Il permet de déterminer de façon satisfaisante le volume décompressé en fonction du recul souhaité.

Le deuxième est un modèle biomécanique des tissus mous intra-orbitaires et de leurs interactions avec les parois osseuses et le globe. Il s'agit d'un maillage Eléments Finis utilisant un matériau poroélastique et prenant en compte la morphologie de l'orbite du patient, les propriétés mécaniques des tissus mous. Il permet de quantifier le recul oculaire et le volume de tissus décompressés en fonction de l'effort (ou du déplacement) imposé par le chirurgien et de l'ostéotomie (surface et position). Ses résultats sont relativement intéressants et permettent d'évaluer le comportement des tissus intra-orbitaires.

La méthode de génération automatique de maillage éléments finis, développée dans cette thèse, a permis d'effectuer différentes simulations d'ostéotomies et de conclure que la morphologie de l'orbite patient a un impact sur le recul et le volume décompressé et que l'influence de la surface d'ostéotomie est modérée.

Une analyse rhéologique des tissus mous orbitaires a été effectuée. Les tests *in vitro* ont permis de poser les bases de futures mesures. Les tests *in vivo*, réalisés avec un capteur ad hoc, ont déterminé la raideur des tissus mous.

Bien que les modèles présentés dans cette thèse ne soient pas encore utilisables dans le cadre d'un planning chirurgical, ils fournissent des résultats satisfaisants et une bonne estimation des phénomènes observés lors d'une décompression orbitaire.

**Mots clés :** chirurgie orbitaire, exophtalmie, planning assisté par ordinateur, modèles biomécaniques, poroélasticité, méthode des Eléments Finis.

## Abstract:

This thesis proposes a study of the intra-orbital soft tissue behaviour in the framework of the exophthalmia treatment, characterised by a protrusion of the ocular globe. The surgical part of this treatment consists in an orbital decompression via an osteotomy of the bone structures to reduce the globe protrusion.

This study aims to predict relationships between the decompressed tissue volume, the osteotomy area and the resulting ocular backward displacement in order to help during the surgical planning phase. Two models have been developed.

The first one is a simple analytical model of the orbit, assuming that the bony walls and the eye ball are a cone and a sphere. It allows to give a satisfying estimation of the decompressed tissue volume in function of the given backward displacement.

The second one is a biomechanical model of the intra-orbital soft tissues and of their interactions with the bony walls and the eye ball. It is a Finite Element mesh using a poroelastic material and taking into account the patient orbit morphology, the mechanical properties of the soft tissues. It allows to quantify the ocular backward displacement and the decompressed tissue volume in function of the load (or the displacement) imposed by the surgeon and the osteotomy (surface and location). Its results are relatively interesting and give an evaluation of the behaviour of the intra-orbital soft tissues.

The automatic method to generate Finite Element meshes, developed in this thesis, has permit to do various osteotomy simulations and to conclude that the patient orbit morphology has an impact on the backward displacement and on the decompressed volume and that the influence of the osteotomy surface is moderated.

A rheologic analysis of the orbital soft tissues has been performed. These *in vitro* tests have allowed to set the bases for future measurements. *In vivo* tests, done with an ad hoc sensor, have determined the stiffness of the soft tissues.

Though the models presented here are not yet usable in a surgical planning framework, they give satisfying results and a good estimation of the phenomenon observed during an orbital decompression.

**Keywords:** orbital surgery, exophthalmia, computer assisted planning, biomechanic models, poroelasticity, Finite Element method.