

Proposition de thèse

Modèles multi-échelles pour un bio-reacteur vasculaire

Laboratoire : Institut Jean le Rond d'Alembert (UMR 7190 CNRS/UPMC), Paris

Collaborations : Université Favaloro, Buenos Aires, Argentine, Laboratoire d'Ultrasons Appliqués, Faculté des Sciences, Université de la République, Montevideo, Uruguay et le Service de Chirurgie Vasculaire de l'Hôpital La Pitié-Salpêtrière dans le cadre d'un projet ECOS-Sud (2014-2017)

Contacts :

Jose-Maria Fullana, jose.fullana@upmc.fr

Description du sujet

Cette thèse a comme objectif principal le développement d'un modèle théorique avec le modèle numérique multi-échelle correspondant d'un bio-réacteur vasculaire basé sur les interactions fluide-structure entre la mécano-chimie de la paroi artérielle et la dynamique de l'écoulement sanguin. Le modèle devra être développé à des échelles différentes et intégré dans une modélisation globale.

L'étude des propriétés rhéologiques des matériaux vivants présente un certain nombre de problèmes spécifiques, pour cette raison les modèles numériques sont intéressants pour étudier l'interaction entre les deux milieux, solide et fluide, et pour valider les approches et résultats. Pour ce faire il est nécessaire de connaître les propriétés des fibres vasculaires, leurs structures spatiales particulières, et quelles sont les propriétés des réseaux de cellules nerveuses qui interviennent dans les propriétés rhéologiques de la paroi. Avec tous ces ingrédients ensemble la puissance actuelle de la modélisation numérique peut nous aider (1) à penser les processus biologiques (2) à représenter et valider des hypothèses des différents modèles et (3) à faire le tri scientifique étant donné le grand nombre et la variété des données du système artériel qui est produit et publié chaque année. La modélisation numérique offre ainsi, outre la description des phénomènes physiques, des nouvelles techniques de gestion et d'analyse, qui sont essentielles pour permettre la compréhension et la réutilisation des données efficacement.

La paramétrisation du modèle sera issue des données expérimentales fournies par les équipes argentine et uruguayenne spécialisées dans les expériences in vivo et dans les Ultra-Sons (US) dans le cadre de notre proposition conjointe ECOS-Sud (2014-2017). La paroi vasculaire est un matériau composite, orthotrope, viscoélastique et non-linéaire et notre propos est de la caractériser par des méthodes de mesure US. On mesurera le diamètre, les pressions, les flux et les champs de vitesses en continu dans une section artérielle. Les données expérimentales permettront d'examiner séparément les phénomènes viscoélastiques qui se apparaissent dans les différentes couches des parois des artères ainsi que leur dépendance pour la fonction endothéliale. Par l'enlèvement systématique de l'endothélium nous allons évaluer, en particulier, son action précise sur la mécanique de la paroi, et par conséquent sur l'hémodynamique du système couplé.

La validation est prévue par la mise en place d'un banc d'essai in vitro. De cette façon, il sera possible de reproduire avec une grande précision, dans des conditions intravasculaires (cisaillement, la viscosité du fluide et profils d'écoulement) la croissance des cellules dans une matrice polymère répondant aux caractéristiques mécaniques exactes de la paroi artérielle.