

Quantification des effets de la pression cérébrovasculaire sur les mesures de déplacement IRM et leur incorporation dans l'élastographie in vivo du tissu cérébral.

Numéro de la fiche : OPR-555

Sommaire

DIRECTRICE/DIRECTEUR DE RECHERCHE

Elijah Van Houten, Professeur -
Département de génie mécanique

Renseignements

elijah.van.houten@usherbrooke.ca

UNITÉ(S) ADMINISTRATIVE(S)

Faculté de génie
Département de génie mécanique

CYCLE(S)

3e cycle
Stage postdoctoral

LIEU(X)

Campus de Sherbrooke
Université Montpellier

Description du projet

Ce projet d'imagerie médicale vise à améliorer les capacités de l'élastographie par résonance magnétique (MRE), une modalité qui permet de cartographier les propriétés mécaniques des tissus mous tels que le cerveau ou le foie à partir de données d'imagerie par résonance magnétique (IRM). L'objectif principal du projet est de combiner les mesures de pression cérébro-vasculaire avec les mesures de déplacement obtenues par IRM afin d'améliorer la caractérisation mécanique des tissus biologiques. Nous commencerons par introduire des estimations physiologiques de la pression à l'intérieur du réseau cérébrovasculaire dans les procédures d'identification des EMR. Le projet sera organisé en deux paquets principaux correspondant à des analyses et observations «in silico» et «in situ».

Le premier progiciel sera consacré aux simulations par éléments finis par images afin d'obtenir des champs de déplacement représentatifs de ceux obtenus à partir d'acquisitions IRM. Deux situations seront abordées: des simulations «à l'échelle macroscopique», couvrant des volumes d'environ 106 mm³, et des «simulations mésoscopiques» couvrant environ 102 mm³. Les simulations à petite échelle visent à mieux comprendre le comportement du cerveau à une échelle représentative du voxel IRM (typiquement autour de 1 mm³). Ces simulations porteront sur la réponse mécanique des tissus cérébraux au cycle cardiaque. La géométrie sera obtenue à partir de différentes acquisitions IRM, en s'appuyant sur l'expérience substantielle de l'équipe de recherche du CHU Gui de Chauliac et de l'équipe L2C Connectome pour différencier le réseau vasculaire du parenchyme cérébral et indexer les propriétés du matériau. Les simulations introduiront des équations constitutives classiques de la littérature pour le tissu cérébral (poro-visco-élasticité) et elles utiliseront une estimation physiologique du champ de pression dans le réseau cérébrovasculaire. Nous étudierons le chargement harmonique basse fréquence correspondant à des sollicitations «intrinsèques» imposées par le fonctionnement naturel du corps, et nous nous concentrerons plus spécifiquement sur les pulsations cardiaques, car il s'agit du premier stimulus mécanique du mouvement cérébral intrinsèque.

Les simulations «à grande échelle» (c'est-à-dire mésoscopiques) seront utilisées pour quantifier les améliorations induites par l'introduction de la pression cérébrovasculaire dans l'identification des propriétés mécaniques. Dans un premier temps, les effets de la pression cérébrovasculaire seront introduits dans la procédure d'identification à «l'échelle de sous-zone» (approche d'inversion non linéaire). Naturellement, le projet bénéficiera ici largement de l'expérience et des résultats obtenus à l'échelle macroscopique. Dans un second temps, des calculs directs, réalisés à l'échelle mésoscopique, permettront d'obtenir des données représentatives de la réponse

«sous-zone». De cette manière, des champs de déplacement représentatifs de l'acquisition IRM seront construits à partir des résultats de la simulation à l'échelle macro. Ils seront traités par deux procédures NLI différentes, incluant ou non l'effet de pression cérébrovasculaire. La sensibilité des propriétés identifiées aux effets de la pression cérébrovasculaire à l'échelle de la «sous-zone» peut être estimée à partir de ces deux résultats.

Le deuxième paquet est consacré à la réalisation et à l'analyse d'expériences «in situ» via des expériences IRM. Il impliquera deux aspects complémentaires: l'acquisition et le traitement d'images IRM et la réalisation d'expériences d'élastographie. Le premier aspect vise à caractériser finement la morphologie cérébrale et le réseau cérébrovasculaire afin de fournir les données requises dans le premier package. Les données d'IRM classiques seront complétées par des séquences spécifiques pour obtenir une caractérisation complète du parenchyme cérébral. Ces protocoles d'imagerie, bien que disponibles séparément sur les appareils d'IRM comme celui disponible à l'institut I2FH du CHU Gui de Chauliac, sont rarement utilisés ensemble. Par conséquent, l'interprétation nécessitera le développement de pré-traitements spécifiques pour fusionner les différentes données extraites des images (anatomie cérébrovasculaire, vitesses de perfusions fluides dans les vaisseaux, champs de déplacement,...).

Le deuxième aspect de ce package correspond à différentes expériences d'élastographie par résonance magnétique (MRE) réalisées sur deux types de systèmes: (i) des échantillons modèles correspondant à des échantillons polymères «fantômes» «vascularisés» par des vaisseaux calibrés et pressurisés et 10 volontaires en bonne santé. Différentes stratégies de reconstruction seront appliquées pour caractériser les avantages de l'introduction d'informations sur la pression cérébrovasculaire dans le processus d'identification des propriétés mécaniques au sein du cerveau humain.

Ouvert au programme Impulsion.

Discipline(s) par secteur	Financement offert	Partenaire(s)
Sciences naturelles et génie Génie mécanique	Oui	Université Montpellier

La dernière mise à jour a été faite le 2 septembre 2021. L'Université se réserve le droit de modifier ses projets sans préavis.