

Reduced order models for the simulation of pathological heart valves

Numerical modeling of the human cardiovascular system (CVS) represents an active branch of research which allows the medical specialists to advance in understanding of underlined processes of blood circulation and the heart work at any scale, moreover, it helps to analyze the potential problems which can arise in the CVS by modifying the parameters inside the mathematical models. Due to inability to capture in details the pressure and flow parameters without invasion into heart chambers, the process of diagnosing heart diseases can become very complicated, the limited data on atrial pressure and cardiogram results can give only overall representation of the heart condition and the exactness of the diagnosis is based mainly on experience of the doctor. Nevertheless, the development of numerical models of CVS helps to get better understanding on processes which can cause particular disease (reverse flow leakage in heart chambers, improper contraction of heart muscles due to infarction of tissue). Mathematical model allows the analysis of all physical values of the system during the heart beat as well as possibility to adjust individual parameters specific to each patient. Therefore, it becomes an efficient tool for doctors to diagnose properly the heart disease, to assign the necessary treatment and surgery, and to predict the effect of implanting cardiac-assist devices.

Résumé (Français):

La modélisation numérique du système cardiovasculaire humain (CVS) représente une branche active de la recherche, qui permet aux médecins spécialistes de progresser dans la compréhension des processus soulignés de la circulation sanguine et le cœur à travailler à n'importe quelle échelle, en outre, cela permet d'analyser les problèmes potentiels qui peuvent survenir dans le CVS en modifiant les paramètres à l'intérieur des modèles mathématiques. En raison de l'incapacité à capturer en détail les paramètres de pression et de débit sans invasion dans les cavités du cœur, le processus de diagnostiquer des maladies cardiaques peut devenir très compliqué, les données limitées sur la pression auriculaire et les résultats de cardiogramme ne peuvent donner qu'une représentation globale de la condition du cœur et de l'exactitude du diagnostic est principalement basé sur l'expérience du médecin. Néanmoins, le développement de modèles numériques de CVS aide à obtenir une meilleure compréhension des processus qui peuvent provoquer une maladie particulière (fuite de flux inversé dans les cavités du cœur, mauvaise contraction des muscles cardiaques en raison d'infarctus du tissu). Modèle mathématique permet d'analyser toutes les valeurs physiques du système pendant le rythme cardiaque ainsi que la possibilité d'ajuster les paramètres individuels et spécifiques à chaque patient. Par conséquent, il devient un outil efficace pour les médecins à diagnostiquer correctement la maladie, d'attribuer le traitement et le chirurgie nécessaire, et de prédire les effets de l'implantation de dispositifs d'assistance cardiaque.