

Titre exact en anglaise : « Intravascular manometry by clinical color Doppler »

Résumé court en français :

« La sténose artérielle est le rétrécissement des artères, limitant le flux sanguin et pouvant entraîner des complications comme l'ischémie. Un diagnostic et un traitement précoces sont essentiels pour gérer cette condition et éviter d'autres complications. Les méthodes traditionnelles évaluent la sténose artérielle par échographie et critères géométriques, négligeant des informations hémodynamiques. Une alternative est de mesurer la chute de pression sanguine intravasculaire, généralement par cathéter, mais des méthodes non invasives sont privilégiées pour réduire les risques. L'échographie Doppler couleur, portable et en temps réel, est idéale pour étudier le flux. L'objectif de cette thèse est de développer et d'examiner la faisabilité d'une technique non invasive utilisant l'imagerie Doppler couleur clinique pour estimer la perte de pression trans-sténotique dans les cas de sténose de l'artère carotide de légère à modérée, en vue d'un diagnostic plus précoce de la gravité de la sténose. La contribution à cette étude est double. Premièrement, une technique de cartographie du flux vectoriel vasculaire (vVFM) a été développée afin d'estimer le champ vectoriel des vitesses à partir du champ scalaire Doppler couleur. Ceci est réalisé en minimisant un problème au sens des moindres carrés, tout en utilisant la méthode des multiplicateurs de Lagrange. Deux contraintes liées aux principes de base de la dynamique des fluides sont utilisées: la conservation de la masse et les conditions aux limites de non-glissement. La deuxième contribution est une méthode d'estimation des pertes de pression basées sur les équations de la dynamique des fluides, où nous suggérons une combinaison de l'utilisation de l'équation de Bernoulli et de l'équation de Navier-Stokes. Cette méthode a été validée in silico via la dynamique des fluides computationnelle et des simulations d'ultrasons, et in vitro à travers la vélocimétrie par images de particules et des expériences d'échographie Doppler couleur sur des modèles de sténose carotide et des fantômes à débits constants. Ce travail de thèse démontre la fiabilité et la faisabilité d'une méthode complète non invasive pour l'estimation de la perte de pression trans-sténotique en utilisant le Doppler couleur clinique. »

Résumé court en anglais :

“Arterial stenosis is the narrowing of arteries, obstructing blood flow and potentially leading to complications like ischemia. Timely diagnosis and treatment are vital to manage this condition and prevent further complications. Traditional methods of assessing arterial stenosis severity involve using vascular ultrasound and geometric criteria, which don't give a full view of the stenosis's hemodynamic functionality. Measuring intravascular blood pressure loss between the stenosis inlet and outlet offers a solution, but it is traditionally done through invasive catheterization. To avoid risks, non-invasive methods like Color Doppler ultrasound imaging are preferred, which is affordable, portable, and provides real-time blood flow information. The study presented in this thesis aims to develop and examine the feasibility and applicability of a non-invasive technique utilizing clinical color Doppler imaging to estimate trans-stenotic pressure loss in mild to moderate cases of carotid artery stenosis. Such estimation will aid in assessing stenosis severity, allowing for earlier diagnosis. Our two-fold contribution to this study includes developing a vascular vector flow mapping technique (vVFM) for estimating the two-dimensional velocity vector field from the color Doppler scalar field by solving a constrained least squares problem using the Lagrange multipliers method. These constraints are related to fluid dynamics' basic principles: mass conservation and free-slip boundary conditions. The second

part of our contribution involves proposing a method for estimating trans-stenotic pressure losses based on fluid dynamics equations, where we suggest a combination of using the Bernoulli equation (upstream of the stenosis) and the Navier-Stokes equation (downstream of the stenosis). This non-invasive method was validated *in silico* via computational fluid dynamics and ultrasound simulations, and *in vitro* through particle image velocimetry and color Doppler ultrasound experiments on carotid stenosis models and phantoms in constant flows. This thesis demonstrates the reliability and feasibility of the proposed non-invasive method for trans-stenotic pressure loss estimation using clinical color Doppler.”