

Towards a non-invasive diagnosis of portal hypertension based on an Eulerian CFD model with diffuse boundary conditions

基于扩散边界CFD模型的门脉高压非侵入性诊断方法

任丽欣、万上、魏毅、何小伟、宋彬、吴恩华

The Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention Society  
MICCAI 2021 Sept 27 – Oct 1, 2021

任丽欣, 17812083610, renlx@ios.ac.cn

背景

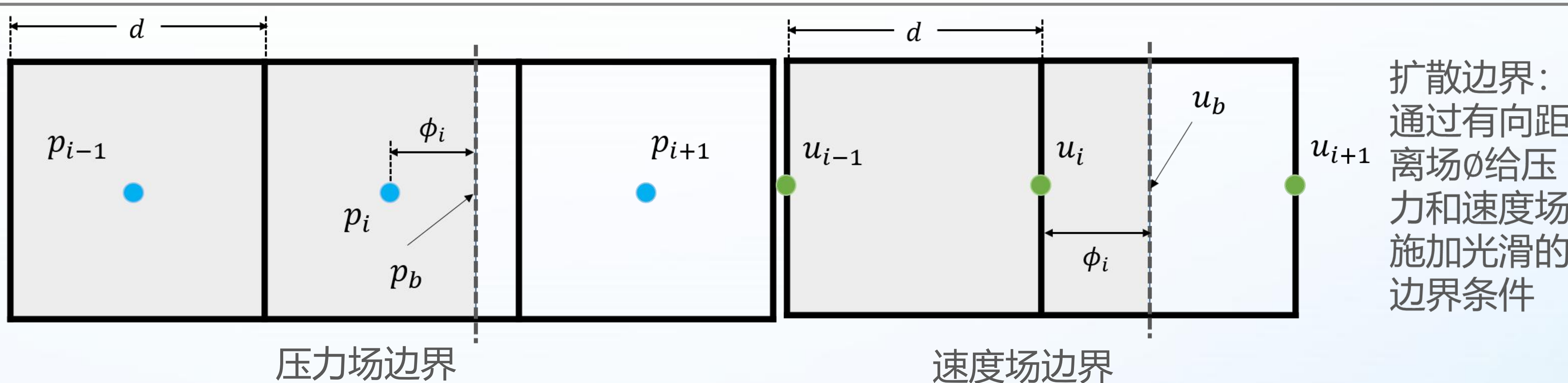
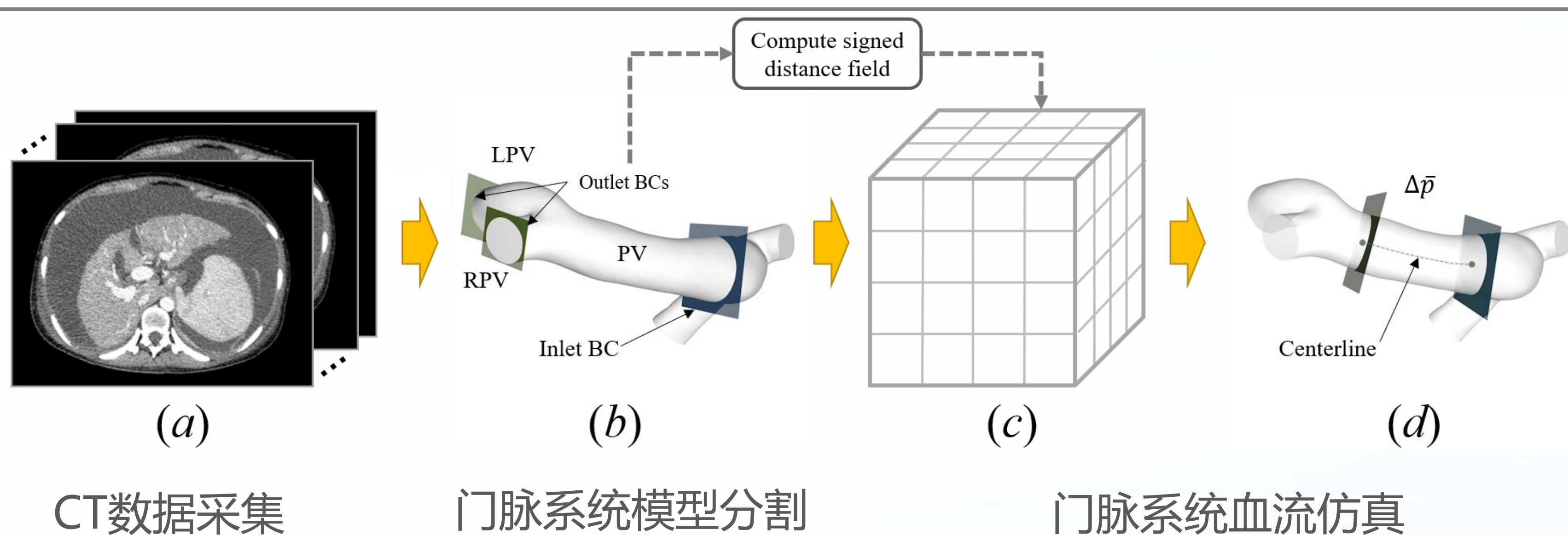
门脉高压是肝硬化的临床表现，病毒、酒精和遗传等因素引起的肝硬化使肝内阻力增加，从而导致肝门静脉血流压力增加。晚期肝硬化患者伴发门脉高压，还会出现食管静脉曲张、肝肾综合征、肝性脑病、腹水等多种并发症，严重者甚至死亡。肝静脉压力梯度 (HVPG) 是临床诊断显著性门脉高压的金标准，但HVPG的测量是侵入性的，因此能够非侵入性诊断门脉高压将对肝硬化患者的诊断及临床预后有重要意义。

计算流体力学(CFD)在血液动力学分析方面有巨大的潜力，由于CFD本身有各种不同的方法，且方法各有优势和劣势，例如当前应用较多的有限元法(FEM)的精度在很大程度上受时空分辨率以及边界处理技术等因素的影响，因此在CFD方法的选取上要十分谨慎。当前基于CFD的非侵入性门脉高压诊断的研究很有限，在有限的研究当中，大多也只是应用FEM求解门脉系统的血液动力学问题而不是致力于解决计算模型的内在问题。

方法

数据预处理以及CFD血流仿真流程如图所示：

注：所有患者均进行CT血管造影和侵入性HVPG测量，正常人只进行CT血管造影



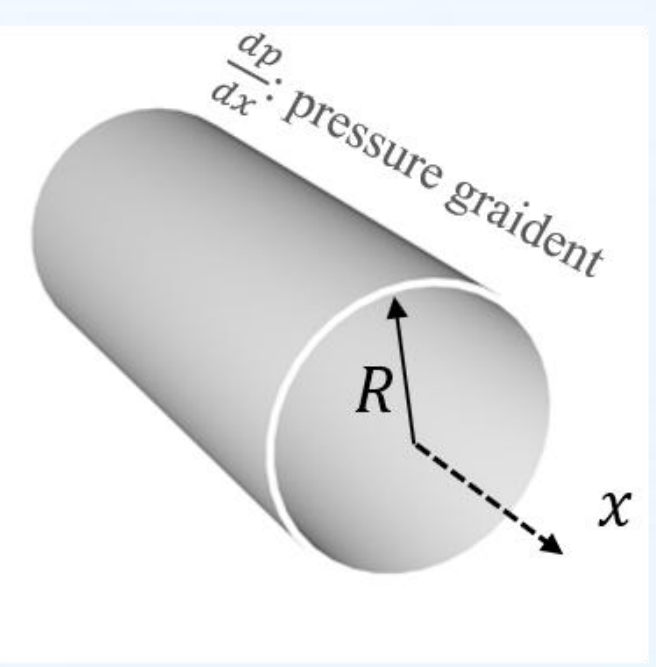
创新点

- 我们提出了一个欧拉CFD模型，用于量化分析患者门脉系统的特异性血液动力学。
- 我们提出了一种扩散边界处理技术，用于给压力和速度场施加光滑的边界条件。
- 我们提出了一套工作流程，用于量化区分门脉高压患者和正常人的压力变化。

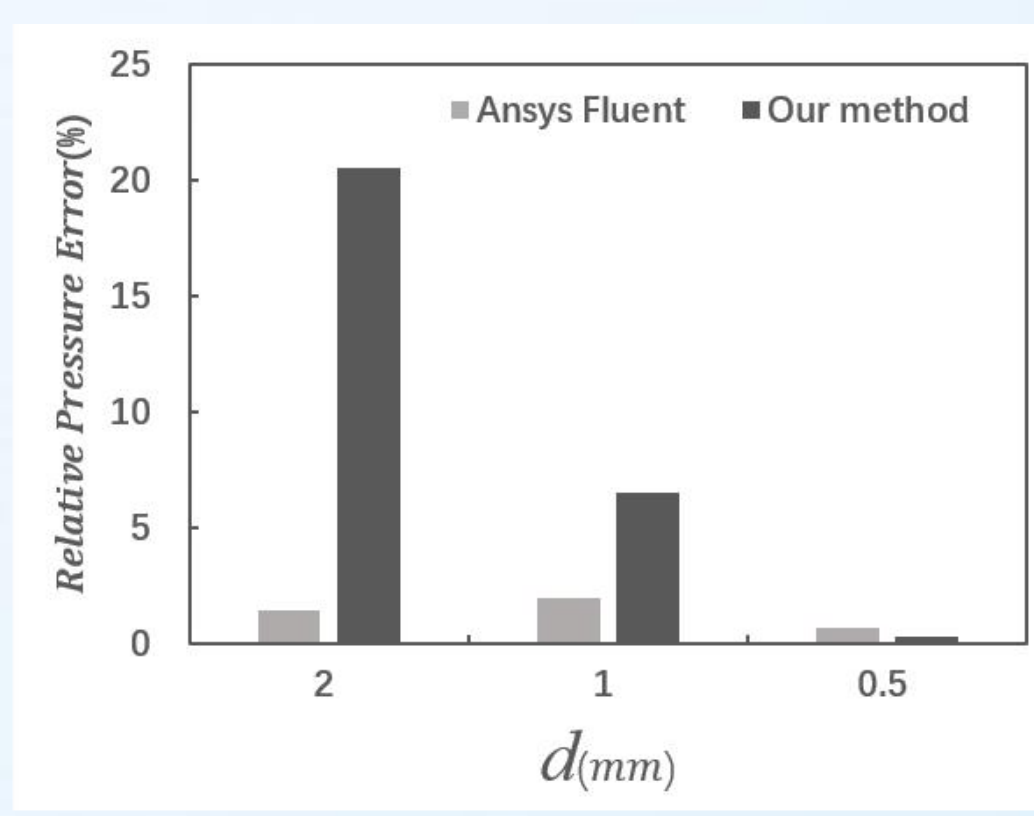
结果

Poiseuille流：实验

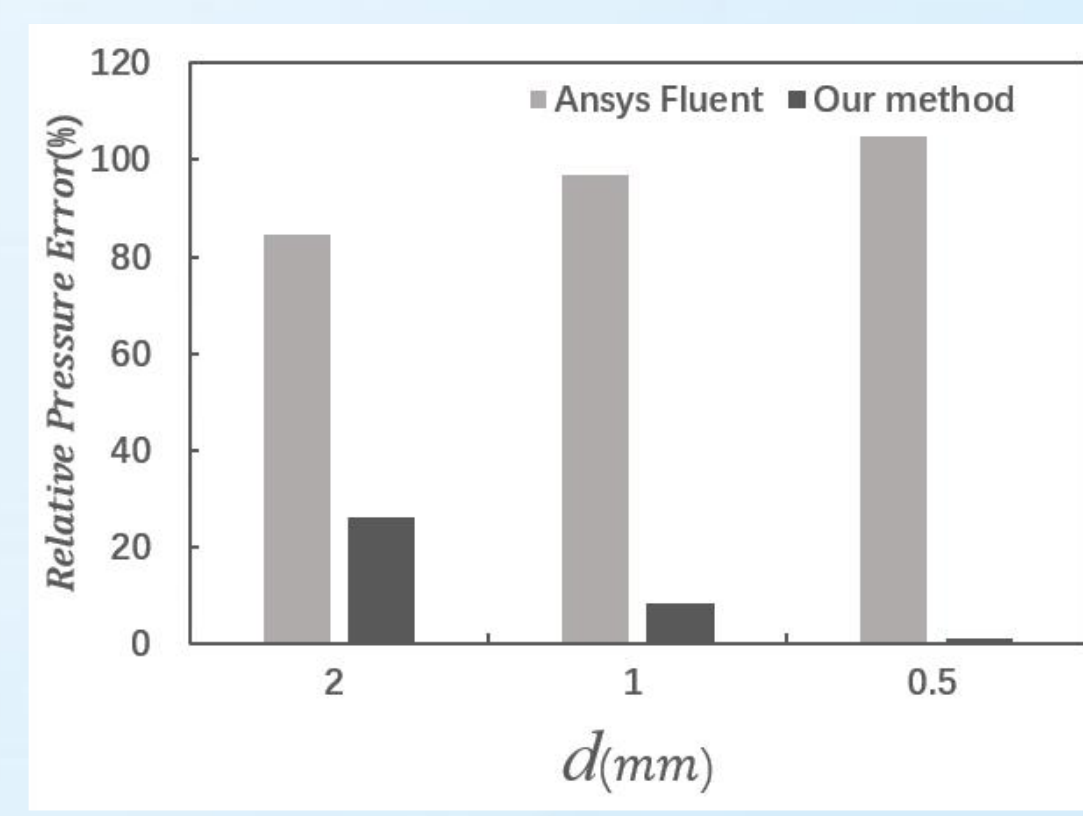
结果表明，在给出准确入口速度的情况下，我们的方法有很好的收敛性；且在给出平均入口速度的情况下，我们的方法依旧收敛，这一特性表明我们的方法更适用于临床应用。



(a) Poiseuille flow



(b) With an exact BC



(c) With a constant BC

临床试验：实验结果表明，门脉高压患者的压力变化(上面一行)显著低于正常人(下面一行)。实验结果与我们的假设相符：门脉高压患者的门静脉系统已经对右门静脉的阻塞进行了补偿，当施加右门静脉堵住的边界条件时，门脉高压患者的压力变化显著低于正常人。

