

# 中国管理科学研究院

## 职业教育研究所

### 医学流体力学血流动力学仿真模拟计算

### 临床应用培训班

各企事业单位、高等院校及科研院所：

随着数字技术在社会各个领域的发展，仿真技术也在医学各项临床工作中发挥其优势和作用。生物流体力学主要研究动物和人体内循环、呼吸系统的生理流体（如血液、气体、尿液、淋巴液和其他体液等）的流体力学问题。数字医学技术是数学、物理学、计算机科学等学科在医学中的综合应用，如今以三维医学影像重建、虚拟现实技术、有限元计算仿真、3D 打印等为代表的数字医学技术已在临床中展现出了广泛的应用前景，是生物学、医学、生理学、生物医学工程等学科的综合与交叉，尤其是与临床医学及人类心血管疾病的预防、诊治、解理等研究关系上极为密切。然而对于广大医务工作者来说，有限元建模仿真复杂的理工科背景知识是影响其进一步学习应用的瓶颈。

中国管理科学研究院职业教育研究所（<http://www.camec.org.cn>）工业与信息化技术培训网（<http://www.itcc.ac.cn>）联合举办“医学流体力学血流动力学仿真模拟计算及临床应用培训班”。从实际工作中疑难问题出发，帮助临床工作者如何从流体生物力学角度观察临床实际问题。

#### 一、培训目标：

1、理解血流动力学三维图像重建和有限元建模仿真的基本原理、基础概念和方法；及生物流体力学软件基本操作和使用流程；

2、针对心血管科、心内外科、神经内外科、耳鼻喉科等临床基础研究中的数字医学问题提供实例讲解；为相关临床课题提供基本科研思路。

#### 二、主讲专家：

来自北京航空航天大学、北京理工大学等主要从事血管生物力学仿真计算、智能诊疗、生物医学工程、医学生物力学和计算机建模仿真研究的主讲老师，英国谢菲尔德大学、计算机科学系博士，科研及工程经验很丰富，并且在国际重要期刊发表多篇论著，发明专利 5 项。

#### 三、时间地点：《远程在线培训班和线下现场培训两种授课方式任选其一》

2021 年 09 月 03 日—2021 年 09 月 06 日 远程在线培训

2021 年 08 月 03 日—2021 年 09 月 06 日 北京.线下培训

中国管理科学研究院职业教育研究所

二零二一年八月二十三日

职业教育研究所

## 四、参加对象：

各省市、自治区从事生物流体力学、医学有限元、医学三维重建、生物医学工程、基础医学、临床医学、心血管学、内分泌学、脑科学、呼吸、耳鼻喉等教学、研究与应用的教师、医师、科研工作者、各级教练员等方面的相关人员；国内各重点大学、科研院所相关研究领域的博士、硕士相关研究生和学者等：

## 五、课程大纲

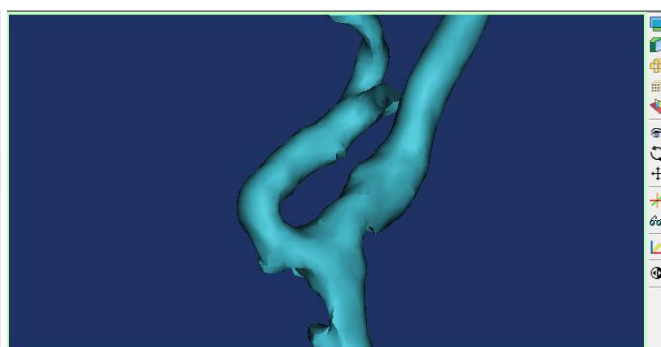
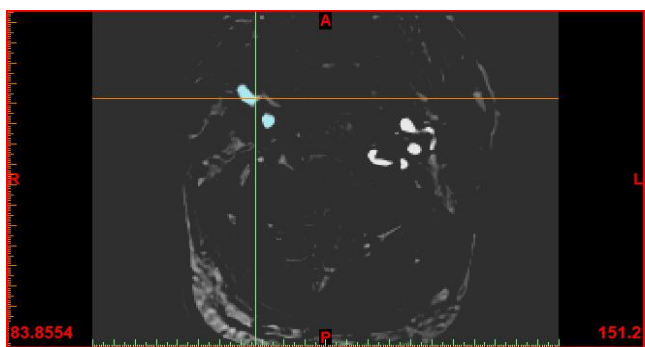
<p>一、生物流体力学及有限元法 (理论基础)</p> <p>本部分重点介绍建模方法的 数学物理基础及实现工具</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 生物流体力学研究概述<ol style="list-style-type: none"><li>1.1 血流动力学概述</li><li>1.2 血流动力学在血管疾病中的应用示例</li></ol></li><li>2. 有限单元法的基本原理和常用概念<ol style="list-style-type: none"><li>2.1 有限元分析的原理</li><li>2.2 有限元分析的对象和范围</li><li>2.3 有限元分析的基本步骤介绍</li></ol></li><li>3. 建模仿真的基本原理及医学应用<ol style="list-style-type: none"><li>3.1 建模仿真基本原理</li><li>3.2 血液流动物理表达（定常流、脉动流及速度分布）</li><li>3.3 血流动力学结果分析及临床意义</li></ol></li></ol>
<p>二、血流动力学三维建模应用软件基础</p> <ul style="list-style-type: none"><li>● Mimics 软件</li><li>● Geomagic Studio 软件</li><li>● ANSYS 基础操作</li><li>● Paraview 后处理软件</li><li>● Tecplot 结果文件可视化软件</li></ul> <p>(上机操作)</p> <p>本部分主要带领学员安装和熟悉软件环境及运行模式，结合使用技巧和操作方法实际操作</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Mimics 软件： 血管三维模型重建详解，从医学图像到三维模型 (主要练习材料：颅内动脉瘤 DSA/CTA、颈动脉狭窄 MR)</li><li>2. Geomagic Studio 软件 模型的基本处理：血管三维模型的表面三角面片的润滑和修补、出入口的切割等</li><li>3. ANSYS 基础操作 (ICEM CFD/CFX) 网格：依托 ICEM CFD 为主要操作平台，进行体网格的划分及边界层的特殊处理，用于后续 CFD 计算 计算：依托 ANSYS CFX 操作界面，进行血流的计算。具体包括网格导入、边界条件加载、材料属性赋值等</li><li>4. Paraview 软件使用及后处理方法 将计算结果进行格式转化，导入 Paraview 中进行流线绘制、压力、壁面剪切应力 WSS 分布图的绘制等</li><li>5. Tecplot 实操——结果文件可视化 压力分布图、图例调整、边界点信息获取，局部可视化，单层数据提取等操作，以体网格文件为例，介绍向量信息，流线分布，平面数据展示</li></ol>
<p>三、血流动力学建模实训 (上机操作及案例分析)</p> <p>本部分重点带领学员实施建模过程，包括问题的提取、转化为模型的处理方法、基于模型的分析方法等。让学员能熟悉医学图像应用与建模分析之间的关系，了解基于软件建模分析方法。</p>	<p>实训内容以颈动脉狭窄血管疾病为示例，流程为医学影像-三维模型-网格划分-边界条件加载-计算-结果可视化-结果分析</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1.应用医学图像(CTA/MRA/DSA)，利用 Mimics 软件重建血管三维模型<ol style="list-style-type: none"><li>1.1 DICOM 数据的导入</li><li>1.2 血管区域的识别与提取（阈值分割、区域生长等具体操作）</li><li>1.3 重建三维模型</li></ol></li><li>2. 应用 GEOMAGIC studio 处理模型<ol style="list-style-type: none"><li>2.1 模型表面的光滑处理（整体与局部）</li><li>2.2 三角面片的修复与模型的切割</li><li>2.3 其他常用功能介绍</li></ol></li></ol>

	<p><b>3. 应用 ICEM CFD 进行网格的划分</b></p> <p>3.1 模型导入与出入口处理</p> <p>3.2 网格设置参数详解</p> <p>3.3 边界层的设定与网格导出</p> <p><b>4. 仿真模拟计算</b></p> <p>4.1 网格模型的导入</p> <p>4.2 血流材料属性的设置</p> <p>4.3 边界条件设置（超声/OD-3D 耦合模型/PCMRI）</p> <p>4.4 稳态（定常流）和瞬态（脉动流）的血流模拟</p> <p>4.5 ANSYS CFX POST 后处理操作</p> <p><b>5. Paraview 软件的使用介绍</b></p> <p>5.1 结果文件格式转换</p> <p>5.2 Paraview 可视化操作介绍（当前国际行业常用软件/开源）</p> <p>5.3 血流流线、压力、壁面剪切应力分布可视化</p>
<p><b>四、具体案例分析（结合临床）</b></p> <p>举例分析血流动力学在临床中的具体应用分析，学员可根据自己所在领域提出临床问题，进行讨论，实现论文及科研项目的设计思路和实现方法</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 动脉瘤破裂风险评估</li> <li>2. 颈动脉狭窄与远端卒中相关性分析/与斑块稳定性分析</li> <li>3. 血管内皮细胞在流体力刺激下的形变与排列</li> <li>4. 主动脉夹层压力分布及血栓化效果预测</li> <li>5. 血流对支架移位的作用分析</li> <li>6. 密网支架放置后对动脉瘤内部的灌注改变</li> <li>7. 血管开窗与血管疾病的关联性分析</li> </ol>
<p><b>五、总结及答疑</b></p> <p>针对学员在学习中的普遍问题进行补讲及答疑</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 根据学员反馈补充细讲学习中薄弱环节</li> <li>2. 现场答疑</li> <li>3. 建立微信群学习平台</li> </ol>

## 六、实践软件操作案例讲解：

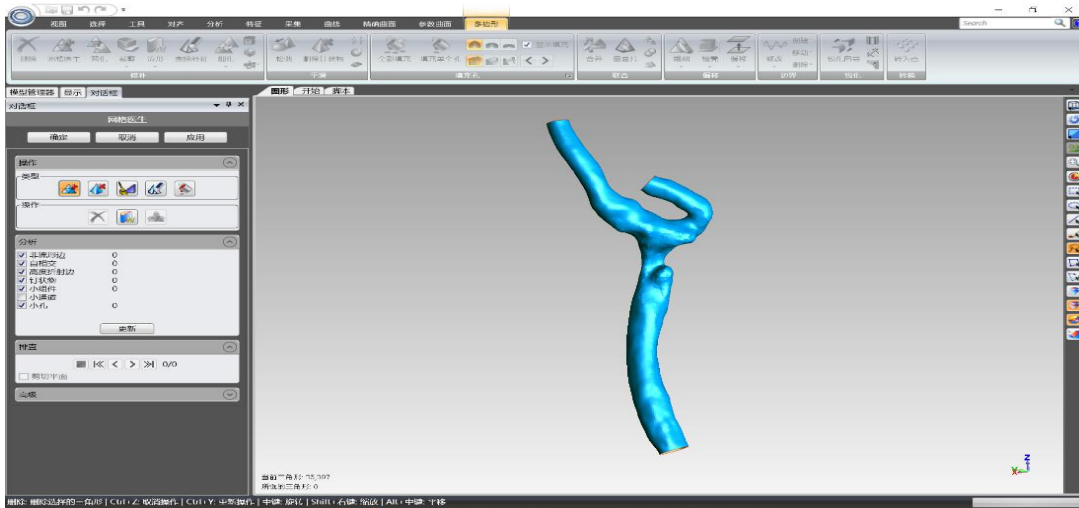
### （一）Mimics——三维模型重建

1. 导入文件及界面简介：图像数据识别、操作界面调整、图像可视化调整、工具栏详细功能介绍
2. 数据测量：基于二维图像及三维模型的测量操作
3. 三维重建：阈值选取、重建 3D 模型、区域生长、编辑阈值、布尔运算等操作
4. 中心线分析：中心线的提取、可视化、信息编辑，曲率、最大内切圆半径等参数提取操作



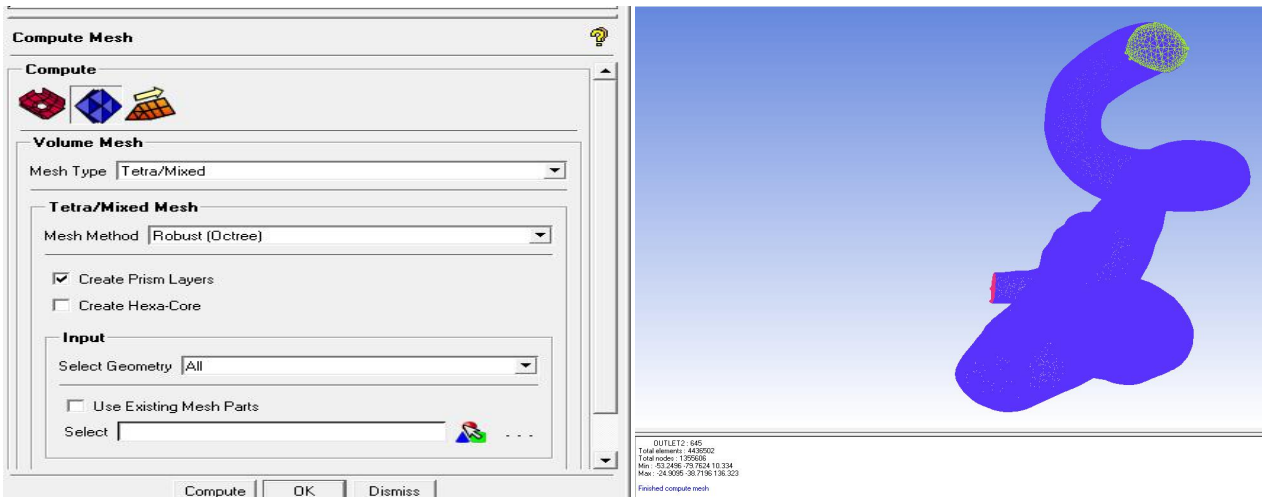
### （二）Geomagic Studio——模型预处理

1. 界面操作简介：包括操作界面调整、图像显示调整等操作
2. 网格功能：简化网格，重新分布网格，细化网格密度与封装操作
3. 模型预处理：表面润滑包括取出特征，松弛，删除钉状物，砂纸，快速光滑等操作；面网格的修补、空洞填补方式的选取及适合条件等
4. 信息提取：包括距离、面积等参数提取、空洞填补与最佳拟合对齐等操作
5. 流体出入口：多种方式切割及提取



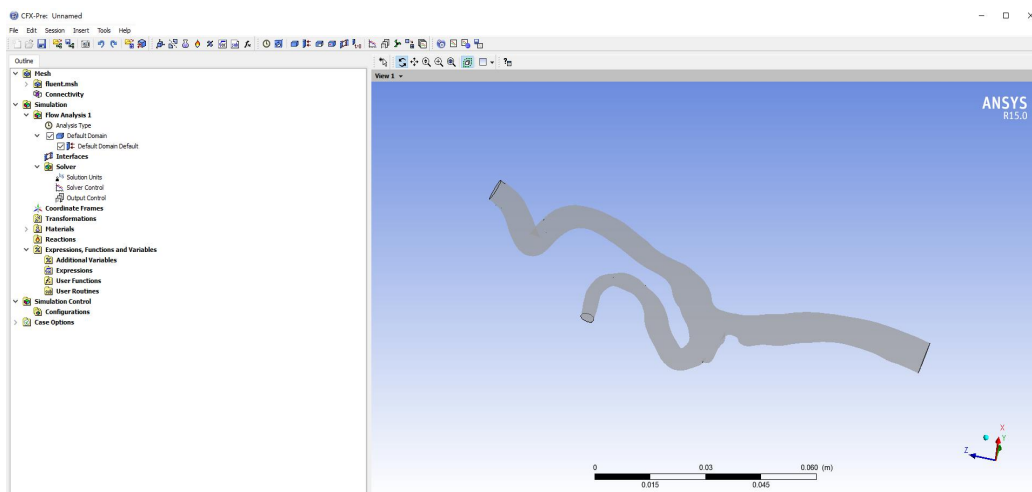
### (三) ICEM CFD——网格划分、求解域离散化

1. 界面操作简介：操作界面调整、模型显示调整等操作
2. 网格划分：包括模型处理、提取出入口平面、网格设置、网格划分与网格可视化操作
3. 信息提取：包括距离、面积等参数提取操作



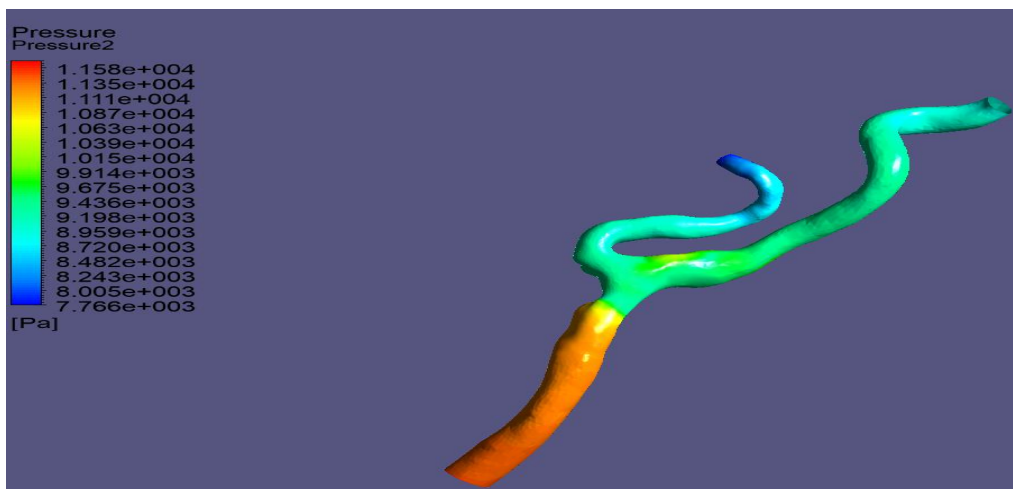
### (四) CFX-PRE——血流动力学计算

1. 界面操作简介：包括操作界面调整、模型显示调整等操作
2. 仿真模拟操作流程：包括导入网格、设置材料属性、模拟设置、设置血流参数、边界条件、求解控制等操作，以稳态模拟与瞬态模拟为例，在两种模拟条件对模型进行处理等操作
3. 基于患者特定化的边界条件提取：包括从超声报告提取患者的边界条件信息与从患者其他已知的边界条件去求得患者特定血管的边界条件信息两种方法进行介绍



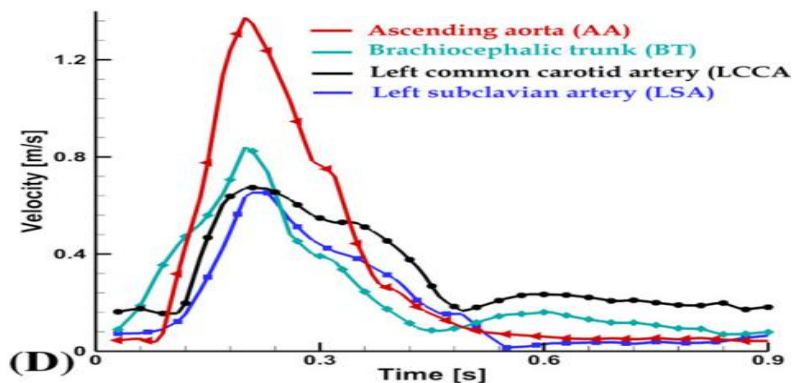
### (五) CFX-POST——结果文件可视化（直接对接软件）

1. 界面操作简介：包括操作界面调整、模型显示调整等操作
2. 后处理操作流程：以瞬态模拟计算结果为例，介绍平面与点提取、时刻选择、压力等参数分布图、图例调整、流线分布图视频制作与导出等操作



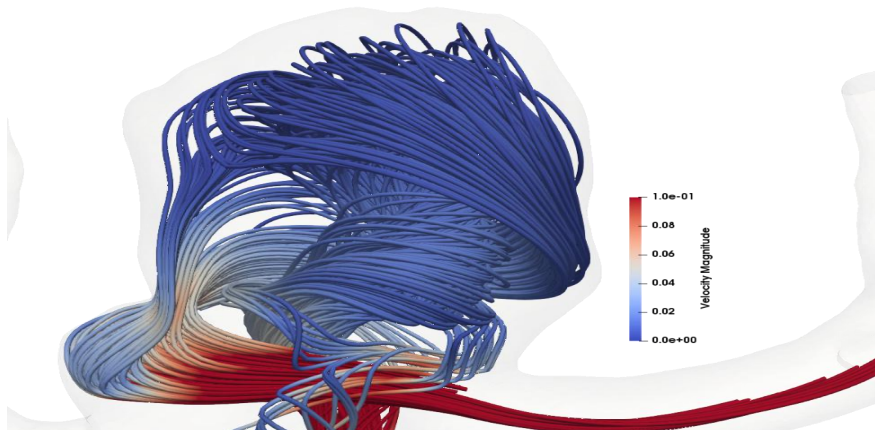
### (六) Tecplot 实操——结果文件可视化

1. 界面操作简介：包括操作界面调整、模型显示调整等操作
2. 二维曲线图制作
3. 后处理操作流程：  
以面网格文件为例，介绍压力分布图、图例调整、边界点信息获取，局部可视化，单层数据提取等操作，以体网格文件为例，介绍向量信息，流线分布，平面数据展示



### (七) Paraview——结果文件可视化

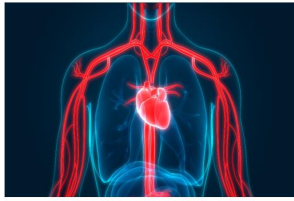
1. 界面操作：包括操作界面调整、模型显示调整等操作
2. 可读文件格式转换：借助 ANSYS CFX-solver manager 进行格式转换
3. 后处理操作流程：血流流线分布、压力、壁面剪切应力分布可视化、单层数据提取等操作





# 七、临床科研及应用：

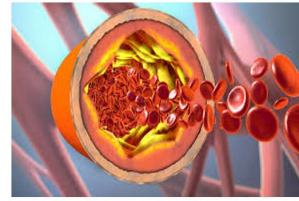
## 研究对象



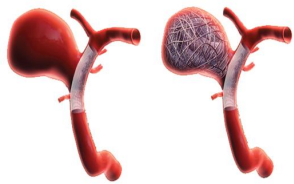
血液循环系统



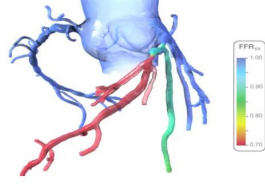
脑卒中



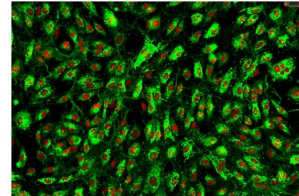
动脉粥样硬化



血管介入术式



血流功能评估



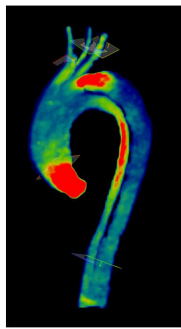
细胞层级 (形态功能)



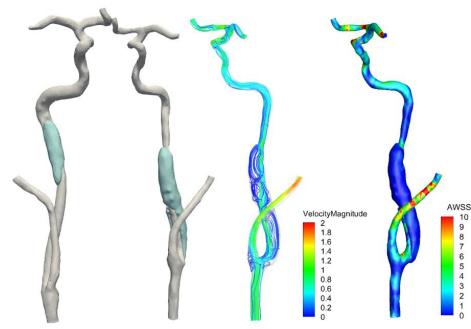
## 夹层类疾病



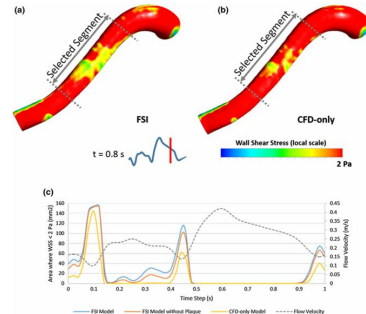
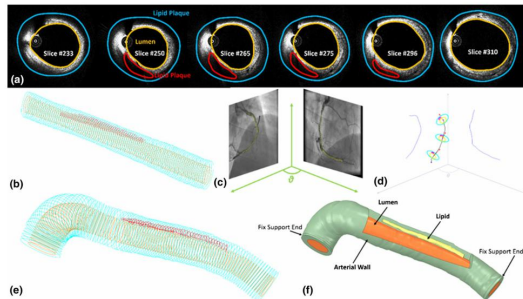
主动脉夹层



颈动脉夹层



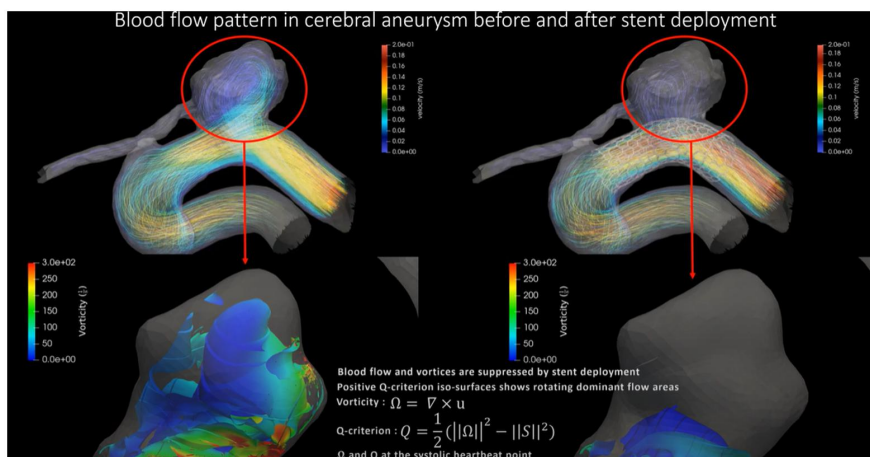
## 狭窄类疾病



冠脉狭窄 (基于IVUS和DSA的三位重建) 及力学分析



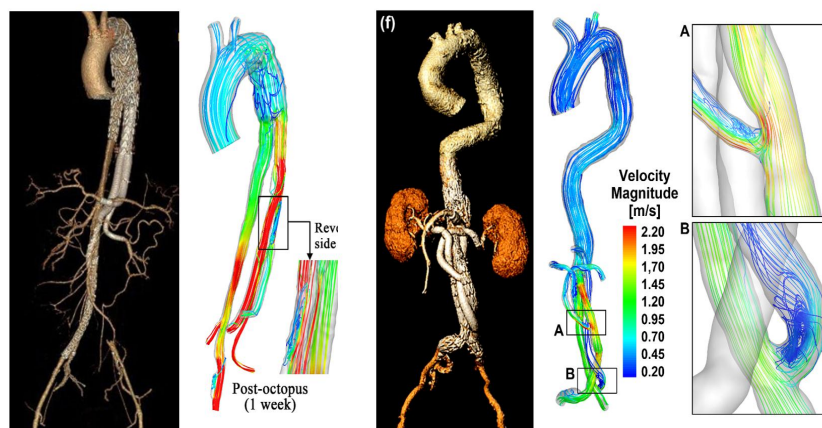
## 扩张类疾病



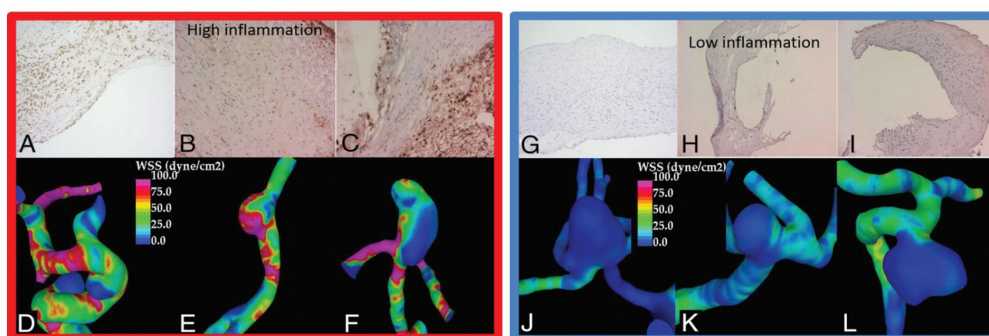
密网支架放置后对动脉瘤内部的灌注改变



## 高难度术式



## CFD与病理实验结合



high WSS分布区域显示大面积的炎症反应，而low WSS分布区域的炎症反应较弱



## 八、培训费用：（注：住宿可统一由会务组进行安排，费用自理。）

A类，每人 3900 元（含培训费、教材费、证书费、资料费）

B类，每人 4580 元（含培训费、教材费、证书费、资料费）

## 九、颁发证书：参加相关培训并通过考试的学员，可以获得：

A类，由中国管理科学研究院颁发的《生物流体力学建模仿真技术工程师》（高级）专业人才技能证书，官方网站查询，该证书可作为有关单位专业技术人员能力评价、考核和任职的重要依据。

B类，由工业和信息化部全国网络与信息技术考试管理中心颁发的《生物流体力学建模仿真技术工程师》职业技能证书，官方网站官方网站查询或扫描证书上方的二维码查询，证书直接纳入专业人才数据库，该证书可作为企事业单位选拔和聘用专业人才的依据。（加上 A 类共两本证书）。

注：请学员带两寸彩照两张（背面注明姓名）、身份证复印件和学历证明复印件各两张。

## 十、联系方式：

联系人：周艳云（老师）

手机（微信同号）：13161753426

电话：010-56129268

官方咨询 QQ：1479901759

E\_mail：[zhouyanyun@vip.163.com](mailto:zhouyanyun@vip.163.com)

网址：<http://www.camec.org.cn>

工业与信息化技术培训网：<http://www.itcc.ac.cn>

生物流体力学培训班 QQ 群号：946428130（加群备注：周艳云邀请）

**九、报名回执表：**请各单位、学校及科研院所把参会人员报名表填好发送至会务处，会务老师会把具体的上课地点和乘车路线发给您，方便您行程安排。

单位名称						发票类型		<input type="checkbox"/> 会议费 <input type="checkbox"/> 培训费 <input type="checkbox"/> 资料费		
纳税人识别号						邮编				
通讯地址						传真				
联系人		电话								
学员姓名	性别	部门	工作（研究）方向	职务	联系方式		邮箱			
希望通过培训解决哪些问题		问题一： 问题二：								
培训费		万 仟 佰 拾 元 整				缴费方式				
汇款、转账方式： (请选择任一账号)		户名：中联软培（北京）教育科技有限公司 开户行：中国工商银行股份有限公司北京科技园支行 账号：0200296409200293571								
		户名：北京中际英才文化传媒有限公司 开户行：中国建设银行北京东大街支行 账号：11001069600053042607								
是否需要住宿： <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 入住日期_____，住宿天数_____天 标准间_____间，大床房_____间				参会单位盖章： 参会学员签名：_____ 2021 年 月 日						



## 十、参加过培训的学员单位及研究方向：（部分）

单位及高校	
中国人民解放军空军军医大学第三附属医院	华中科技大学同济医学院附属同济医院
中国人民解放军总医院	中山大学
浙江中医药大学	清华长庚医院
中国科学院深圳先进技术研究院	苏州大学附属第一医院
解放军总医院	广西壮族自治区妇幼保健院
上海市浦东医院	中国医学科学研究院
上海市第六人民医院	华北医疗邢台总医院
承德医学院附属医院	中国人民解放军东部战区总医院
北京大学人民医院	上海交通大学医学院附属仁济医院
珠海市人民医院	广东省人民医院
中国人民解放军陆军特色医学中心	中国医科大学
上海精功齿科技术有限公司	中山大学孙逸仙纪念医院
贵港市人民医院	复旦大学附属肿瘤医院
嘉思特华剑医疗器材（天津）有限公司	清远市人民医院
北京大学第三医院	厦门大学附属翔安医院
中南大学湘雅医院	湖南省肿瘤医院
山东中医药大学附属医院	北京非凡禾禾医疗器械有限公司
昆明医科大学第一附属医院	天津市肿瘤医院
新疆澳博瑞盛三帝智能科技有限公司	贵州医科大学
中国人民解放军总医院	武汉大学
重庆大学附属肿瘤医院	首都医科大学附属北京天坛医院
大连交通大学	蚌埠医学院第一附属医院
上海交通大学医学院附属第九人民医院	复旦大学
北京积水潭医院	南京市中医院
四川大学华西医院	中山大学附属第一医院
上海中医药大学附属龙华医院	核工业总医院（苏州大学附属第二医院）

**同样是专业，我们更用心！**

微信学习答疑群：



微信公众号：



关注微信公众平台和微信群，有大量干货和主讲老师答疑!!!