**一种生成各向异性多层血管壁几何和有限元网格的方法**

技术领域

1. 目前，在医学影像中识别血管管腔主要有以下几种方法：

血管造影（Angiography）：这种方法通过在血管中注射造影剂，然后通过X光或CT扫描来检测血管管腔。

血管结构光学成像（Vascular Structural Optical Imaging）：这种方法利用特殊的光源和探测器，通过对血管组织的光学特性进行测量来检测血管管腔。

彩色多普勒超声检查（Color Doppler Ultrasound）是一种利用超声波来测量血管中血流量的方法。该方法可以检测到血液在血管中流动时造成的声音，并通过彩色图像显示出血管管腔。

光学相干断层扫描（Optical Coherence Tomography）利用光的干涉原理来获得生物组织的结构图像。，这种方法通过使用光来检测血管管腔，并利用相干光学原理来生成高分辨率的三维图像。

1. MRI和CT都是常用的医学影像技术，可以用来查看人体内部的结构和功能。MRI技术使用磁场和旋转电磁提高身体内某些氢原子的谐振频率，从而获得高分辨率的成像数据。CT技术则通过改变X射线照射的强度和方向，来构建三维的图像。两者在精度方面都非常出色，但有一些差异。MRI技术的空间分辨率更高，因此可以更精确地检测到更小的病变，特别是在软组织方面。CT技术则更适用于检测和定位骨头结构，因为它对骨骼结构的检测精度更高。
2. 血管管腔造影技术，又称血管造影，是一种医学影像技术，可以查看血管内部的结构和功能。它通过将造影剂注入血管管腔，再使用透射或断层扫描仪来拍摄血管内部的图像。血管管腔造影技术常用于诊断和治疗血管疾病，如动脉粥样硬化、血栓形成、动脉闭塞和肿瘤。
3. 血管造影技术可以用于测量血管壁厚度。血管壁厚度是指血管内膜和外膜之间的距离，这两个膜组成了血管壁。血管壁厚度的测量可以帮助医生了解血管的健康状况，并发现血管疾病早期症状。血管造影技术可以提供准确的血管壁厚度测量数据，这些数据可以为医生提供有价值的信息，帮助他们进行正确的诊断和治疗。
4. 血管系统的建模是指使用物理和生理模型来描述血管内的生理现象。这其中血管系统包含了管腔内的血液、血管壁以及附壁血栓、主动脉夹层等病理性结构。使用定量化的模型可以帮助我们更精确地分析血管系统的生理状态，并为设计治疗方案提供重要的参考。特别的，已有的研究证实个体的特异性对于模型的可靠性有较大的影响。因此，在建模过程中，有必要考虑对特定的对象进行个性化的建模。在多种个体因素中，几何形状对于生物力学建模有较大影响，也是本项工作考虑的核心问题。在建模过程中，需要考虑血管管腔的几何形状、血流特性（如流速、压力分布等）以及血管壁的物理性质（如弹性、粘性等）。根据所要研究的问题不同，血管管腔建模可以使用不同的数学方法和模型，例如流体力学模型、生物力学模型等。
5. 建立血管管腔模型的具体步骤可能会因研究的具体目的而有所不同，但通常可能会包括以下步骤：
6. 确定研究的目的和研究的血管管腔的类型，例如大血管、小血管或毛细血管。
7. 收集有关血管结构和功能的数据，这包括使用生物医学成像技术（如CT或MRI扫描）获取血管形态信息，以及使用血管压力测量技术获取血管功能信息等。
8. 使用计算机辅助设计（Computer Aided Deisng,简称CAD）软件或物理模型制作技术建立血管管腔模型。这可能包括根据获取的血管形态信息创建3D模型，并使用物理模拟软件来预测血流特性。
9. 进行模型验证和检验，以确保模型能够准确地反映血管结构和功能。这可能包括对模型进行实验验证，或与已有的血管管腔模型进行比较，以确定其准确性。
10. 使用模型进行研究，例如模拟血管疾病的发生和治疗，或研究血管生物力学。
11. 使用 CAD 软件建立血管管腔模型通常包括以下几个步骤：
12. 获取必要的图像数据，例如通过 MRI 或 CT 扫描得到的三维血管图像。
13. 使用 CAD 软件的图像处理工具对图像进行预处理，例如去除噪声、改善图像质量、增强细节等。
14. 使用 CAD 软件的建模工具对图像中的血管管腔进行三维重建，建立出一个真实可信的血管管腔模型。
15. 可以使用 CAD 软件的仿真功能对血管管腔模型进行各种分析，例如流量分析、血流模拟等。
16. 最后，可以使用 CAD 软件的渲染工具对血管管腔模型进行渲染，并生成可视化图像，供医生和研究人员进行分析和研究。
17. 建模工具可以用来生成三维模型，其中包含了图像中的血管管腔。这种技术可以帮助医生更好地理解血管结构，并为治疗和诊断提供更多的信息。通常，这种建模工具会利用计算机视觉技术来自动识别血管管腔，然后根据图像中的细节来生成三维模型。有些建模工具还可以利用人工智能算法来优化模型的精细度和准确性。
18. 在医学图像中手动识别血管管腔并进行三维重建是一个复杂的过程，需要经过多个步骤。以下是一般的步骤：使用计算机辅助软件进行图像预处理，包括去噪、图像增强等步骤。
19. 使用图像分割算法将图像中的血管管腔与背景分离开来。
20. 对分割后的图像进行人工校验，确保分割的准确性。
21. 使用三维重建算法将血管管腔的二维图像重建为三维模型。
22. 对重建后的模型进行人工校验，确保重建结果的准确性。
23. 使用可视化软件对重建后的三维模型进行展示。
24. 这个流程可能需要多次迭代，直到获得满意的结果为止。

**现有技术**

1. 血管腔的建模是相对成熟的。涉及：图像分割、放样、光滑化、布尔运算等。额外的有中心线提取。（参考：国内 睿心专利 国外 heartflow专利、SimVascular, Crimson两个开源软件）。可以提一句三维分割，但其仍很不成熟。
2. 图像分割是将图像分成不同的区域的过程，这些区域通常具有共同的特征或相似性。
3. 一种常见的图像分割算法是基于阈值的分割。这种方法通过对图像的每个像素进行二进制分类来实现分割。你可以设定一个阈值，如果像素的灰度值大于阈值，则将其分为一类，否则将其分为另一类。这种方法通常用于二值图像（即黑白图像）的分割。
4. 另一种常见的图像分割算法是基于连通域的分割。这种方法基于图像中的连通域，即图像中的相邻像素的集合。通过找到图像中所有连通域，并将它们分为不同的区域，可以实现分割。
5. 还包括水平分割.水平分割是一种图像分割技术，它通过将图像划分为水平层来将图像分割为不同的部分。水平分割算法通常使用一个阈值来确定哪些像素属于同一水平层，然后将不同水平层的像素分配到不同的分割结果中。这种方法的优点在于它简单易行，但是它的效果可能会受到图像中的噪声和其他干扰因素的影响。（需要更概括更全面的简介）
6. 放样是一种在CAD和其他三维建模软件中创建复杂平滑三维形状的重要方法。它的基本流程是首先选择需要放样的曲线或曲面的平面横截面，然后使用算法将它们拟合成符合预期形状的平滑三维曲面。这样的方法非常适用于设计师和工程师在计算机辅助设计（CAD）中创建复杂的三维形状，因为它能够快速生成平滑的三维曲面。
7. 血管三维建模得到的模型进行光滑化的一般步骤如下:
8. 将血管模型转换为三维网格模型。在这一步中，血管的表面将被划分成许多小的三角形面片。
9. 在网格模型上进行曲率测量。曲率是表面形状的一个重要特征，可以用来衡量血管表面的光滑程度。曲率可以通过计算血管表面上每个三角形面片的法向量来测量。
10. 使用曲率信息对血管表面进行光滑化。光滑化的方法可以有很多种，常见的方法包括拉格朗日插值、自然边界滤波和局部平滑等。这些方法的原理和步骤略有不同，但通常都需要对每个三角形面片的顶点进行调整，以使血管表面变得更加光滑。
11. 对光滑后的血管模型进行检查。在这一步中，你可以使用视觉化工具（如三维可视化软件）来检查光滑后的血管模型，以确保血管表面看起来足够光滑，并且不存在明显的瑕疵或不规则的部分。如果需要，你还可以进行进一步的修
12. 常见的三种布尔运算是：并集、交集和差集。这三种运算的前面逻辑过程是一样的，只有最后一步不同。
13. 并集是将两个物体合并成一个物体。
14. 交集是查找两个物体公共部分。
15. 差集是从一个物体中去掉两个物体公共部分。
16. 为了简化讨论，我们只考虑实体之间的布尔运算。其他类型几何之间的计算方法类似（例如面与实体之间、面与面之间）。
17. B-Rep模型的三维物体都是由面（Face）构成的，因此三维物体的布尔运算也是基于面的几何信息的。相对于单纯的面与面之间的布尔运算，三维物体（Solid）布尔运算多了一步，即需要维护面的拓扑关系（例如SHELL和BODY），但是几何信息是完全相同的。布尔运算基础算法涉及到的计算包括：
18. 面的相交计算，需要得出交点、交线等几何信息。
19. 基于原始拓扑结构，对面进行裁剪。
20. 裁剪区域边（Edge）和顶点（Vertex）的拓扑重建。
21. 整个计算流程如下：
22. 判断两个实体是否有重合。为了加快计算效率，可以首先使用包围盒进行过滤，即包围盒如果不相交，则两实体一定不会相交；还可以判断一个实体的点是否在另外一个实体里，如果在那两实体一定相交，这些加速算法可以在任一拓扑层级进行。
23. 假设已经确定两个实体相交，遍历一个实体的面，计算每个面和另外一个实体的面的相交情况。面面相交通常是一条线Curve。
24. 将所有相交的线Curve分别加到原来的两个实体Solid上
25. 根据实际操作需求(并，交，减)，对两个对象进行裁剪以及重新生成新的拓扑结构。

造血管壁的现有方案 主要依靠的是extrusion操作。缺点：不稳健，算法给出的解决方案会导致非生理的模型。另外，对于变厚度依靠中心线的局部半径给出（ijnmbe 2013）。多层的壁模型，尚未见讨论（？） 参考：gmsh tang dalin专利

1. 在计算机图形学中，挤压是一种用于从二维形状创建三维物体的技术。它涉及将二维形状沿三维空间中的路径伸展，创建具有厚度的三维物体。挤压可用于创建各种三维物体，包括圆柱体、管和复杂形状的实体。
2. 要在三维建模程序中挤压二维形状，通常需要先在二维平面上绘制形状。然后，指定形状要遵循的路径并设置挤压物体的厚度。程序将通过沿路径伸展二维形状并为其添加厚度来创建三维物体。
3. 挤压是三维建模中常见的技术，并用于各种应用，包括计算机辅助设计（CAD）、动画和视频游戏开发。它是创建三维物体的强大工具，可快速轻松地使用，通常与其他建模技术结合使用以创建更复杂的形状。
4. 例如要使用挤压创建血管壁，需要从代表血管结构横截面的2D形状（如血管或动脉）开始。然后，使用3D建模软件之类的工具指定要挤压形状的方向和距离。软件将沿着指定的路径挤压2D形状，从而创建3D血管壁。
5. 通过修改挤压过程的参数，可以调整血管壁的厚度和形状。挤压可以是创建血管结构的详细、解剖学准确模型的有用技术，用于医学或科学研究，或用于教育或其他目的的可视化。

点评缺点。

发明内容

**发明目的**

1. 心血管疾病的重要性 社会经济意义 老龄化

心血管病CVD（cardiovascular disease）是全球第一大死亡原因。据WHO最新统计数据显示，2016年约有1790万人死于CVD，占全球死亡人数的31％。在这些死亡中，有85％是由于心脏病和中风引起的。（需要找最新的数据）

高效诊疗心血管疾病的社会经济意义非常重大。心血管疾病是一类严重的疾病，会对患者的健康造成严重影响，并会对家庭和社会产生巨大的经济负担。因此，高效诊疗心血管疾病不仅有助于提高患者的生活质量和预后，也能减少经济负担，改善社会经济环境。

1. 有必要对血管进行精细化地建模。血管的组织学事实（个性化模型的几何复杂性、多层、各向异性）。
2. 血管是人体中负责输送血液的管道。血管系统由大量的血管组成，它们为身体的各个部位提供血液，并帮助控制血液流动。
3. 血管分为三类：动脉：由于动脉的壁厚，血液流动的压力也大，动脉主要输送氧化的血液，流向全身的各个器官。静脉：静脉壁较薄，血流压力较低，静脉主要输送低氧血液，流向心脏。毛细血管：毛细血管壁较薄，有很多细小的分支，主要输送氧化血液到组织和细胞，并帮助控制血温。
4. 血管通常由三层组成：内膜、中膜和外膜。内膜是动脉的最内层，由单层内皮细胞组成，内皮细胞是排列在血管上的光滑且高度特化的细胞。 中膜是动脉的中间层，由平滑肌细胞和弹性组织组成。 外膜是动脉的最外层，由有助于将动脉固定到位并提供结构支撑的结缔组织组成。 这三层协同工作，使动脉能够响应血流和压力的变化而扩张和收缩。
5. 动脉壁的机械特性主要取决于壁内的弹性蛋白和胶原蛋白的分布、方向和相互连接。弹性蛋白是动脉壁的主要组成部分，它具有伸长性和弹性，能够帮助动脉壁抵抗血液的压力。胶原蛋白则主要起支撑作用，能够帮助动脉壁保持结构稳定。
6. 胶原纤维：胶原蛋白是一种蛋白质，是动脉壁和身体其他组织细胞外基质的主要成分。 它是体内最丰富的蛋白质，约占总蛋白质含量的25%至35%。 胶原纤维坚固而柔韧，可为动脉壁等组织提供结构支撑。 在动脉壁中，胶原纤维存在于介质中，在那里它们与平滑肌细胞和弹性纤维交织在一起，形成支持网络。 动脉壁的强度和弹性取决于胶原纤维的适当组织和排列。 胶原纤维的功能障碍或损伤会导致动脉壁脆弱和脆弱，从而增加动脉瘤形成和其他问题的风险。
7. 流固耦合分析的要求需要交界面上的网格具有相容性。
8. 当进行流固耦合分析时，流体和固体网格必须相互配合，以便在计算过程中正确地计算流体流动和固体变形。如果流体和固体网格之间的交界面不相容，则可能会出现计算误差，并且可能会得出不准确的结果。
9. 为了确保流固耦合分析的准确性，通常会使用一种叫做网格调整的技术来调整流体和固体网格之间的交界面，使其具有相容性。这种技术通常会在流固耦合分析之前进行，以确保在计算过程中获得准确的结果。

技术方案

附图说明

具体实施方式

1. 图像分割
2. 中心线提取
3. 中心线的后处理和血管标记
4. 生成局部坐标
5. 相容性网格的生成

有益效果

附图和附图说明