



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109907732 A

(43)申请公布日 2019.06.21

(21)申请号 201910280012.7

G16H 15/00(2018.01)

(22)申请日 2019.04.09

G16H 50/30(2018.01)

(71)申请人 广州新脉科技有限公司

地址 510000 广东省广州市南沙区南沙街  
金岭北路95号3025室

申请人 广州芯脉科技有限公司

(72)发明人 区初斌 钱逸 李洲健

(74)专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

代理人 肖宇扬 付静

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/02(2006.01)

G06T 7/00(2017.01)

G06T 17/00(2006.01)

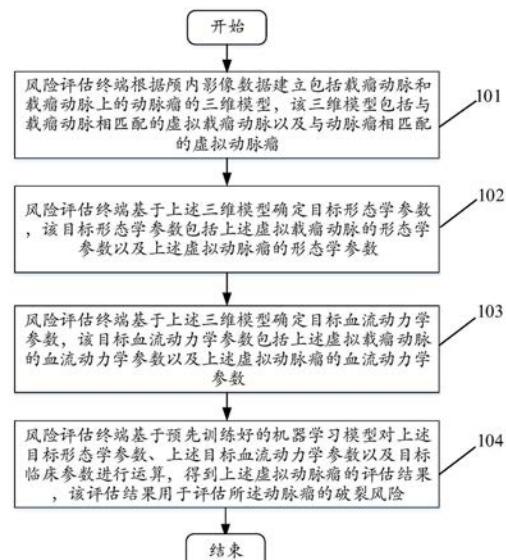
权利要求书3页 说明书19页 附图4页

(54)发明名称

一种颅内动脉瘤破裂风险的评估方法及系统

(57)摘要

本发明公开了一种颅内动脉瘤破裂风险的评估方法及系统,该方法应用于颅内动脉瘤破裂风险的评估系统中,该方法包括:根据颅内影像数据建立包括载瘤动脉和载瘤动脉上的动脉瘤的三维模型;基于三维模型确定虚拟载瘤动脉与虚拟动脉瘤的目标形态学参数;基于三维模型确定虚拟载瘤动脉与虚拟动脉瘤的目标血流动力学参数;基于预先训练好的机器学习模型对目标形态学参数、目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算,得到虚拟动脉瘤的评估结果,该评估结果用于评估动脉瘤的破裂风险。可见,实施本发明能够通过对患者颅内动脉瘤的形态学参数、血流动力学参数以及临床参数对颅内动脉瘤破裂风险进行全面自动分析,能够提高动脉瘤破裂风险评估的准确率。



1. 一种颅内动脉瘤破裂风险的评估方法,其特征在于,所述方法包括:

根据颅内影像数据建立包括载瘤动脉和所述载瘤动脉上的动脉瘤的三维模型,所述三维模型包括与所述载瘤动脉相匹配的虚拟载瘤动脉以及与所述动脉瘤相匹配的虚拟动脉瘤;

基于所述三维模型确定目标形态学参数,所述目标形态学参数包括所述虚拟载瘤动脉的形态学参数以及所述虚拟动脉瘤的形态学参数;

基于所述三维模型确定目标血流动力学参数,所述目标血流动力学参数包括所述虚拟载瘤动脉的血流动力学参数以及所述虚拟动脉瘤的血流动力学参数;

基于预先训练好的机器学习模型对所述目标形态学参数、所述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算,得到所述虚拟动脉瘤的评估结果,所述评估结果用于评估所述动脉瘤的破裂风险,所述目标临床参数包括预先确定出的所述颅内影像数据对应的用户的临床参数。

2. 根据权利要求1所述的颅内动脉瘤破裂风险的评估方法,其特征在于,所述基于所述三维模型确定目标形态学参数,包括:

基于预先确定的模型分割算法分割所述三维模型,得到分割后的三维模型,并基于所述分割后的三维模型确定目标形态学参数;

其中,所述基于预先确定的模型分割算法分割所述三维模型,得到分割后的三维模型,包括:

基于预先确定的模型分割算法确定所述虚拟载瘤动脉上的某一像素点所在位置作为第一模拟波的第一波源点,以及确定所述虚拟动脉瘤上的某一像素点所在位置作为第二模拟波的第二波源点,所述第一模拟波和所述第二模拟波为同一类型的模拟波;

同时发射所述第一模拟波以及所述第二模拟波,并记录所述第一模拟波和所述第二模拟波的传播时长,所述传播时长的起始传播时刻为发射所述第一模拟波和所述第二模拟波的时刻,所述传播时长的终止传播时刻为所述第一模拟波的波峰和所述第二模拟波的波峰第一次重叠的时刻;

确定在所述传播时长内所述第一模拟波传播所覆盖的区域和所述第二模拟波传播所覆盖的区域之和,作为与所述虚拟载瘤动脉以及所述虚拟动脉瘤相对应的分割区域,并根据所述分割区域分割所述三维模型,得到分割后的三维模型。

3. 根据权利要求1或2所述的颅内动脉瘤破裂风险的评估方法,其特征在于,所述基于预先训练好的机器学习模型对所述目标形态学参数、所述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算,得到所述虚拟动脉瘤的评估结果之后,所述方法还包括:

根据所述评估结果生成所述颅内影像数据的评估报告,所述评估报告包括所述目标形态学参数的形态学风险分析结果、所述目标血流动力学参数的血流动力学风险分析结果、所述目标临床参数的临床风险分析结果以及综合风险分析结果,所述综合风险分析结果为基于所述形态学风险分析结果、所述血流动力学风险分析结果以及所述临床风险分析结果生成的结果;

基于预设风险等级规则确定所述评估报告包括的所述综合风险分析结果对应的风险等级,并显示所述评估报告以及所述综合风险分析结果对应的风险等级;

以及,所述方法还包括:

基于所述目标形态学参数、所述目标血流动力学参数以及所述目标临床参数从预先建立的动脉瘤数据库中确定与所述评估报告最相似的目标评估报告，并显示所述目标评估报告，所述预先建立的动脉瘤数据库用于存储所有动脉瘤患者中每个所述动脉瘤患者的评估报告。

4. 根据权利要求1所述的颅内动脉瘤破裂风险的评估方法，其特征在于，所述基于所述三维模型确定目标形态学参数，包括：

基于预先确定的中心线提取算法以及所述三维模型提取所述虚拟载瘤动脉的动脉中心线；

基于预先确定的区域区分算法对所述三维模型进行区域区分，得到目标区域，所述目标区域包括所述虚拟载瘤动脉的动脉入口区域、所述虚拟载瘤动脉的动脉出口区域、所述虚拟载瘤动脉的动脉壁区域以及所述虚拟动脉瘤的动脉瘤壁区域；

基于预先确定的形态学参数算法对所述目标区域包括的内容进行计算几何分析，得到目标形态学参数。

5. 根据权利要求4所述的颅内动脉瘤破裂风险的评估方法，其特征在于，所述基于预先确定的区域区分算法对所述三维模型进行区域区分，得到目标区域，包括：

基于预先确定的区域区分算法确定所述虚拟载瘤动脉的动脉入口横截面、动脉出口横截面以及所述虚拟动脉瘤的瘤颈平面；

根据所述动脉入口横截面切割所述三维模型，得到所述虚拟载瘤动脉的动脉入口区域，以及根据所述出口横截面切割所述三维模型，得到所述虚拟载瘤动脉的动脉出口区域，以及根据所述瘤颈平面切割所述三维模型，得到所述虚拟载瘤动脉的动脉壁区域以及所述虚拟动脉瘤的动脉瘤壁区域。

6. 根据权利要求5所述的颅内动脉瘤破裂风险的评估方法，其特征在于，所述基于所述三维模型确定目标血流动力学参数，包括：

基于预先确定的网格划分算法划分所述三维模型，得到多个目标体网格模型，所有所述目标体网格模型均为多面体网格模型；

确定所述三维模型的目标边界条件，所述目标边界条件至少包括所述虚拟载瘤动脉的动脉入口边界的边界条件、所述虚拟载瘤动脉的动脉出口边界的边界条件；

基于所有所述目标体网格模型以及所述目标边界条件模拟所述虚拟载瘤动脉的血液流动以及所述虚拟动脉瘤的血液流动，得到目标血流动力学参数。

7. 根据权利要求1、2、5或6所述的颅内动脉瘤破裂风险的评估方法，其特征在于，所述基于预先训练好的机器学习模型对所述目标形态学参数、所述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算，得到所述虚拟动脉瘤的评估结果之前，所述方法还包括：

构建机器学习模型，所述机器学习模型用于确定所述虚拟动脉瘤的评估结果；

其中，所述构建机器学习模型，包括：

获取多个样本颅内影像数据，每个所述样本颅内影像数据对应一个动脉瘤患者；

确定每个所述样本颅内影像数据的样本特征参数，每个所述样本特征参数包括样本形态学参数、与所述样本形态学参数对应的样本血流动力学参数以及与该样本形态学参数对应的样本临床参数；

标记每个所述样本特征参数，得到标记后的样本特征参数以及所述标记后的样本特征

参数对应的标记值；

基于预先确定的训练算法训练每个所述标记后的样本特征参数,得到机器学习模型；

其中,所述标记每个所述样本特征参数,得到标记后的样本特征参数对应的标记值,包括:

当所述样本颅内影像数据包括的动脉瘤为破裂动脉瘤,则标记与该样本颅内影像数据对应的样本特征参数的标记值为第一预设值；

当所述样本颅内影像数据包括的动脉瘤为非破裂动脉瘤,则标记与该样本颅内影像数据对应的样本特征参数的标记值为第二预设值；

其中,所述第一预设值与所述第二预设值不相同。

8.一种颅内动脉瘤破裂风险的评估系统,其特征在于,所述评估系统包括三维重建模块、形态学测量模块、血流动力学计算模块以及综合风险计算模块,其中:

所述三维重建模块,用于根据颅内影像数据建立包括目标载瘤动脉和所述目标载瘤动脉上的动脉瘤的三维模型,所述三维模型包括与所述目标载瘤动脉相匹配的虚拟载瘤动脉以及与所述动脉瘤相匹配的虚拟动脉瘤；

所述形态学测量模块,用于基于所述三维模型确定目标形态学参数,所述目标形态学参数包括所述虚拟载瘤动脉的形态学参数以及所述虚拟动脉瘤的形态学参数；

所述血流动力学计算模块,用于基于所述三维模型确定目标血流动力学参数,所述目标血流动力学参数包括所述虚拟载瘤动脉的血流动力学参数以及所述虚拟动脉瘤的血流动力学参数；

所述综合风险计算模块,用于基于预先训练好的机器学习模型对所述目标形态学参数、所述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算,得到所述动脉瘤的评估结果,所述评估结果用于评估所述动脉瘤的破裂风险,所述目标临床参数为预先确定的所述颅内影像数据对应的用户的临床参数。

9.一种颅内动脉瘤破裂风险的评估系统,其特征在于,所述装置包括:

存储有可执行程序代码的存储器;

与所述存储器耦合的处理器;

所述处理器调用所述存储器中存储的所述可执行程序代码,执行如权利要求1-7任一项所述的颅内动脉瘤破裂风险的评估方法。

10.一种计算机可存储介质,其特征在于,所述计算机存储介质存储有计算机指令,所述计算机指令被调用时,用于执行如权利要求1-7任一项所述的颅内动脉瘤破裂风险的评估方法。

## 一种颅内动脉瘤破裂风险的评估方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及颅内动脉瘤医学技术领域,尤其涉及一种颅内动脉瘤破裂风险的评估方法及系统。

### 背景技术

[0002] 颅内动脉瘤,又称脑血管瘤,是由颅内动脉内腔异常扩张,形成动脉壁的一种瘤状突起,是一种常见的血管性疾病。据统计,我国每100个成年人中,就有7个是动脉瘤携带者。颅内动脉瘤可分为非破裂动脉瘤和破裂动脉瘤,绝大部分的颅内动脉瘤为非破裂动脉瘤,一般终生不会破裂,其年破裂率仅为0.05%。然而非破裂动脉瘤一旦破裂,会引发自发性蛛网膜下隙出血,变成破裂动脉瘤,其致死致残率超过50%,严重威胁患者的生命。

[0003] 目前颅内动脉瘤破裂风险的评估手段主要为基于PHASES得分的评估手段,该评价手段基于统计学从动脉瘤位置、动脉瘤大小、患病人群、患者过往病史以及患者年龄分析动脉瘤,从而推测出动脉瘤的五年破裂风险。然而,实践发现,该评估手段仅是对动脉瘤患病人群进行统计学分析,忽略了动脉瘤患者个体实际情况的分析,因此对动脉瘤的风险评估的准确率较低。

### 发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题在于,提供一种颅内动脉瘤破裂风险的评估方法及系统,能够通过颅内动脉瘤的形态学参数、血流动力学参数以及临床参数对患者的颅内动脉瘤破裂风险进行全面自动分析,从而提高动脉瘤破裂风险评估的准确率。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明实施例第一方面公开了一种颅内动脉瘤破裂风险的评估方法,所述方法应用于颅内动脉瘤破裂风险的评估系统中,所述方法包括:

[0006] 根据颅内影像数据建立包括载瘤动脉和所述载瘤动脉上的动脉瘤的三维模型,所述三维模型包括与所述载瘤动脉相匹配的虚拟载瘤动脉以及与所述动脉瘤相匹配的虚拟动脉瘤;

[0007] 基于所述三维模型确定目标形态学参数,所述目标形态学参数包括所述虚拟载瘤动脉的形态学参数以及所述虚拟动脉瘤的形态学参数;

[0008] 基于所述三维模型确定目标血流动力学参数,所述目标血流动力学参数包括所述虚拟载瘤动脉的血流动力学参数以及所述虚拟动脉瘤的血流动力学参数;

[0009] 基于预先训练好的机器学习模型对所述目标形态学参数、所述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算,得到所述虚拟动脉瘤的评估结果,所述评估结果用于评估所述动脉瘤的破裂风险,所述目标临床参数包括预先确定出的所述颅内影像数据对应的用户的临床参数。

[0010] 作为一种可选的实施方式,在本发明实施例第一方面中,所述基于所述三维模型确定目标形态学参数,包括:

[0011] 基于预先确定的模型分割算法分割所述三维模型,得到分割后的三维模型,并基

于所述分割后的三维模型确定目标形态学参数；

[0012] 其中，所述基于预先确定的模型分割算法分割所述三维模型，得到分割后的三维模型，包括：

[0013] 基于预先确定的模型分割算法确定所述虚拟载瘤动脉上的某一像素点所在位置作为第一模拟波的第一波源点，以及确定所述虚拟动脉瘤上的某一像素点所在位置作为第二模拟波的第二波源点，所述第一模拟波和所述第二模拟波为同一类型的模拟波；

[0014] 同时发射所述第一模拟波以及所述第二模拟波，并记录所述第一模拟波和所述第二模拟波的传播时长，所述传播时长的起始传播时刻为发射所述第一模拟波和所述第二模拟波的时刻，所述传播时长的终止传播时刻为所述第一模拟波的波峰和所述第二模拟波的波峰第一次重叠的时刻；

[0015] 确定在所述传播时长内所述第一模拟波传播所覆盖的区域和所述第二模拟波传播所覆盖的区域之和，作为与所述虚拟载瘤动脉以及所述虚拟动脉瘤相对应的分割区域，并根据所述分割区域分割所述三维模型，得到分割后的三维模型。

[0016] 作为一种可选的实施方式，在本发明实施例第一方面中，所述基于预先训练好的机器学习模型对所述目标形态学参数、所述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算，得到所述虚拟动脉瘤的评估结果之后，所述方法还包括：

[0017] 根据所述评估结果生成所述颅内影像数据的评估报告，所述评估报告包括所述目标形态学参数的形态学风险分析结果、所述目标血流动力学参数的血流动力学风险分析结果、所述目标临床参数的临床风险分析结果以及综合风险分析结果，所述综合风险分析结果为基于所述形态学风险分析结果、所述血流动力学风险分析结果以及所述临床风险分析结果生成的结果；

[0018] 基于预设风险等级规则确定所述评估报告包括的所述综合风险分析结果对应的风险等级，并显示所述评估报告以及所述综合风险分析结果对应的风险等级；

[0019] 以及，所述方法还包括：

[0020] 基于所述目标形态学参数、所述目标血流动力学参数以及所述目标临床参数从预先建立的动脉瘤数据库中确定与所述评估报告最相似的目标评估报告，并显示所述目标评估报告，所述预先建立的动脉瘤数据库用于存储所有动脉瘤患者中每个所述动脉瘤患者的评估报告。

[0021] 作为一种可选的实施方式，在本发明实施例第一方面中，所述基于所述三维模型确定目标形态学参数，包括：

[0022] 基于预先确定的中心线提取算法以及所述三维模型提取所述虚拟载瘤动脉的动脉中心线；

[0023] 基于预先确定的区域区分算法对所述三维模型进行区域区分，得到目标区域，所述目标区域包括所述虚拟载瘤动脉的动脉入口区域、所述虚拟载瘤动脉的动脉出口区域、所述虚拟载瘤动脉的动脉壁区域以及所述虚拟动脉瘤的动脉瘤壁区域；

[0024] 基于预先确定的形态学参数算法对所述目标区域包括的内容进行计算几何分析，得到目标形态学参数。

[0025] 作为一种可选的实施方式，在本发明实施例第一方面中，所述基于预先确定的区域区分算法对所述三维模型进行区域区分，得到目标区域，包括：

[0026] 基于预先确定的区域区分算法确定所述虚拟载瘤动脉的动脉入口横截面、动脉出口横截面以及所述虚拟动脉瘤的瘤颈平面；

[0027] 根据所述动脉入口横截面切割所述三维模型，得到所述虚拟载瘤动脉的动脉入口区域，以及根据所述出口横截面切割所述三维模型，得到所述虚拟载瘤动脉的动脉出口区域，以及根据所述瘤颈平面切割所述三维模型，得到所述虚拟载瘤动脉的动脉壁区域以及所述虚拟动脉瘤的动脉瘤壁区域。

[0028] 作为一种可选的实施方式，在本发明实施例第一方面中，所述基于所述三维模型确定目标血流动力学参数，包括：

[0029] 基于预先确定的网格划分算法划分所述三维模型，得到多个目标体网格模型，所有所述目标体网格模型均为多面体网格模型；

[0030] 确定所述三维模型的目标边界条件，所述目标边界条件至少包括所述虚拟载瘤动脉的动脉入口边界的边界条件、所述虚拟载瘤动脉的动脉出口边界的边界条件；

[0031] 基于所有所述目标体网格模型以及所述目标边界条件模拟所述虚拟载瘤动脉的血液流动以及所述虚拟动脉瘤的血液流动，得到目标血流动力学参数。

[0032] 作为一种可选的实施方式，在本发明实施例第一方面中，所述基于预先训练好的机器学习模型对所述目标形态学参数、所述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算，得到所述虚拟动脉瘤的评估结果之前，所述方法还包括：

[0033] 构建机器学习模型，所述机器学习模型用于确定所述虚拟动脉瘤的评估结果；

[0034] 其中，所述构建机器学习模型，包括：

[0035] 获取多个样本颅内影像数据，每个所述样本颅内影像数据对应一个动脉瘤患者；

[0036] 确定每个所述样本颅内影像数据的样本特征参数，每个所述样本特征参数包括样本形态学参数、与所述样本形态学参数对应的样本血流动力参数以及与该样本形态学参数对应的样本临床参数；

[0037] 标记每个所述样本特征参数，得到标记后的样本特征参数以及所述标记后的样本特征参数对应的标记值；

[0038] 基于预先确定的训练算法训练每个所述标记后的样本特征参数，得到机器学习模型；

[0039] 其中，所述标记每个所述样本特征参数，得到标记后的样本特征参数对应的标记值，包括：

[0040] 当所述样本颅内影像数据包括的动脉瘤为破裂动脉瘤，则标记与该样本颅内影像数据对应的样本特征参数的标记值为第一预设值；

[0041] 当所述样本颅内影像数据包括的动脉瘤为非破裂动脉瘤，则标记与该样本颅内影像数据对应的样本特征参数的标记值为第二预设值；

[0042] 其中，所述第一预设值与所述第二预设值不相同。

[0043] 本发明实施例第二方面公开了一种颅内动脉瘤破裂风险的评估系统，所述评估系统包括三维重建模块、形态学测量模块、血流动力学计算模块以及综合风险计算模块，其中：

[0044] 所述三维重建模块，用于根据颅内影像数据建立包括目标载瘤动脉和所述目标载瘤动脉上的动脉瘤的三维模型，所述三维模型包括与所述目标载瘤动脉相匹配的虚拟载瘤

动脉以及与所述动脉瘤相匹配的虚拟动脉瘤；

[0045] 所述形态学测量模块，用于基于所述三维模型确定目标形态学参数，所述目标形态学参数包括所述虚拟载瘤动脉的形态学参数以及所述虚拟动脉瘤的形态学参数；

[0046] 所述血流动力学计算模块，用于基于所述三维模型确定目标血流动力学参数，所述目标血流动力学参数包括所述虚拟载瘤动脉的血流动力学参数以及所述虚拟动脉瘤的血流动力学参数；

[0047] 所述综合风险计算模块，用于基于预先训练好的机器学习模型对所述目标形态学参数、所述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算，得到所述动脉瘤的评估结果，所述评估结果用于评估所述动脉瘤的破裂风险，所述目标临床参数为预先确定的所述颅内影像数据对应的用户的临床参数。

[0048] 作为一种可选的实施方式，在本发明实施例第二方面中，所述形态学测量模块包括模型分割子模块以及形态学确定子模块，其中：

[0049] 所述模型分割子模块，用于基于预先确定的模型分割算法分割所述三维模型，得到分割后的三维模型；

[0050] 所述形态学确定子模块，用于基于所述分割后的三维模型确定目标形态学参数；

[0051] 其中，所述模型分割子模块基于预先确定的模型分割算法分割所述三维模型，得到分割后的三维模型的方式具体为：

[0052] 基于预先确定的模型分割算法确定所述虚拟载瘤动脉上的某一像素点所在位置作为第一模拟波的第一波源点，以及确定所述虚拟动脉瘤上的某一像素点所在位置作为第二模拟波的第二波源点，所述第一模拟波和所述第二模拟波为同一类型的模拟波；

[0053] 同时发射所述第一模拟波以及所述第二模拟波，并记录所述第一模拟波和所述第二模拟波的传播时长，所述传播时长的起始传播时刻为发射所述第一模拟波和所述第二模拟波的时刻，所述传播时长的终止传播时刻为所述第一模拟波的波峰和所述第二模拟波的波峰第一次重叠的时刻；

[0054] 确定在所述传播时长内所述第一模拟波传播所覆盖的区域和所述第二模拟波传播所覆盖的区域之和，作为与所述虚拟载瘤动脉以及所述虚拟动脉瘤相对应的分割区域，并根据所述分割区域分割所述三维模型，得到分割后的三维模型。

[0055] 作为一种可选的实施方式，在本发明实施例第二方面中，所述综合风险计算模块，还用于在基于预先训练好的机器学习模型对所述目标形态学参数、所述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算，得到所述虚拟动脉瘤的评估结果之后，根据所述评估结果生成所述颅内影像数据的评估报告，所述评估报告包括所述目标形态学参数的形态学风险分析结果、所述目标血流动力学参数的血流动力学风险分析结果、所述目标临床参数的临床风险分析结果以及综合风险分析结果，所述综合风险分析结果为基于所述形态学风险分析结果、所述血流动力学风险分析结果以及所述临床风险分析结果生成的结果；

[0056] 所述综合风险计算模块，还用于基于预设等级规则确定所述评估报告包括的所述综合风险分析结果对应的风险等级，并显示所述评估报告以及所述综合风险分析结果对应的风险等级；

[0057] 以及，所述综合风险计算模块，还用于基于所述目标形态学参数、所述目标血流动力学参数以及所述目标临床参数从预先建立的动脉瘤数据库中确定与所述评估报告最相

似的目标评估报告，并显示所述目标评估报告，所述预先建立的动脉瘤数据库用于存储所有动脉瘤患者中每个所述动脉瘤患者的评估报告。

[0058] 作为一种可选的实施方式，在本发明实施例第二方面中，所述形态学测量模块包括中心线提取子模块、区域区分子模块以及形态学计算子模块，其中：

[0059] 所述中心线提取子模块，用于基于预先确定的中心线提取算法以及所述三维模型提取所述虚拟载瘤动脉的动脉中心线；

[0060] 所述区域区分子模块，用于基于预先确定的区域区分算法对所述三维模型进行区域区分，得到目标区域，所述目标区域包括所述虚拟载瘤动脉的动脉入口区域、所述虚拟载瘤动脉的动脉出口区域、所述虚拟载瘤动脉的动脉壁区域以及所述虚拟动脉瘤的动脉瘤壁区域；

[0061] 所述形态学计算子模块，用于基于预先确定的形态学参数算法对所述目标区域包括的内容进行计算几何分析，得到目标形态学参数。

[0062] 作为一种可选的实施方式，在本发明实施例第二方面中，所述区域区分子模块基于预先确定的区域区分算法对所述三维模型进行区域区分，得到目标区域的方式具体为：

[0063] 基于预先确定的区域区分算法确定所述虚拟载瘤动脉的动脉入口横截面、动脉出口横截面以及所述虚拟动脉瘤的瘤颈平面；

[0064] 根据所述动脉入口横截面切割所述三维模型，得到所述虚拟载瘤动脉的动脉入口区域，以及根据所述出口横截面切割所述三维模型，得到所述虚拟载瘤动脉的动脉出口区域，以及根据所述瘤颈平面切割所述三维模型，得到所述虚拟载瘤动脉的动脉壁区域以及所述虚拟动脉瘤的动脉瘤壁区域。

[0065] 作为一种可选的实施方式，在本发明实施例第二方面中，所述血流动力学计算模块基于所述三维模型确定目标血流动力学参数的方式具体为：

[0066] 基于预先确定的网格划分算法划分所述三维模型，得到多个目标体网格模型，所有所述目标体网格模型均为多面体网格模型；

[0067] 确定所述三维模型的目标边界条件，所述目标边界条件至少包括所述虚拟载瘤动脉的动脉入口边界的边界条件、所述虚拟载瘤动脉的动脉出口边界的边界条件；

[0068] 基于所有所述目标体网格模型以及所述目标边界条件模拟所述虚拟载瘤动脉的血液流动以及所述虚拟动脉瘤的血液流动，得到目标血流动力学参数。

[0069] 作为一种可选的实施方式，在本发明实施例第二方面中，所述评估系统还包括模型构建模块，其中：

[0070] 所述模型构建模块，用于在所述综合风险计算模块基于预先训练好的机器学习模型对所述目标形态学参数、所述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算，得到所述虚拟动脉瘤的评估结果之前，构建机器学习模型，所述机器学习模型用于确定所述虚拟动脉瘤的评估结果；

[0071] 其中，所述模型构建模块构建机器学习模型的方式具体为：

[0072] 获取多个样本颅内影像数据，每个所述样本颅内影像数据对应一个动脉瘤患者；

[0073] 确定每个所述样本颅内影像数据的样本特征参数，每个所述样本特征参数包括样本形态学参数、与所述样本形态学参数对应的样本血流动力学参数以及与该样本形态学参数对应的样本临床参数；

- [0074] 标记每个所述样本特征参数,得到每个所述样本特征参数的标记值;
- [0075] 基于预先确定的训练算法训练每个所述样本特征参数以及每个所述样本特征参数的标记值,得到机器学习模型;
- [0076] 其中,所述模型构建模块标记每个所述样本特征参数,得到每个所述样本特征参数的标志值的方式具体为:
- [0077] 当所述样本颅内影像数据包括的动脉瘤为破裂动脉瘤,则标记与该样本颅内影像数据对应的样本特征参数的标记值为第一预设值;
- [0078] 当所述样本颅内影像数据包括的动脉瘤为非破裂动脉瘤,则标记与该样本颅内影像数据对应的样本特征参数的标记值为第二预设值;
- [0079] 其中,所述第一预设值与所述第二预设值不相同。
- [0080] 本发明第三方面公开了另一种颅内动脉瘤破裂风险的评估系统,所述装置包括:
- [0081] 存储有可执行程序代码的存储器;
- [0082] 与所述存储器耦合的处理器;
- [0083] 所述处理器调用所述存储器中存储的所述可执行程序代码,执行本发明第一方面公开的颅内动脉瘤破裂风险的评估方法。
- [0084] 本发明第四方面公开了一种计算机可存储介质,所述计算机存储介质存储有计算机指令,所述计算机指令被调用时,用于执行本发明第一方面公开的颅内动脉瘤破裂风险的评估方法。
- [0085] 与现有技术相比,本发明实施例具有以下有益效果:
- [0086] 本发明实施例中,根据颅内影像数据建立包括载瘤动脉和载瘤动脉上的动脉瘤的三维模型,该三维模型包括与载瘤动脉相匹配的虚拟载瘤动脉以及与动脉瘤相匹配的虚拟动脉瘤;基于三维模型确定目标形态学参数,该目标形态学参数包括虚拟载瘤动脉的形态学参数以及虚拟动脉瘤的形态学参数;基于三维模型确定目标血流动力学参数,该目标血流动力学参数包括虚拟载瘤动脉的血流动力学参数以及虚拟动脉瘤的血流动力学参数;基于预先训练好的机器学习模型对目标形态学参数、目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算,得到虚拟动脉瘤的评估结果,该评估结果用于评估动脉瘤的破裂风险,目标临床参数包括预先确定出的颅内影像数据对应的用户的临床参数。可见,实施本发明能够通过对患者颅内动脉瘤的形态学参数、血流动力学参数以及临床参数对颅内动脉瘤破裂风险进行全面自动分析,能够提高动脉瘤破裂风险评估的准确率,从而为医生在作治疗决策时提供科学性的参考,进而使得医生快速给患者提供有效的治疗方案。

## 附图说明

- [0087] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。
- [0088] 图1是本发明实施例公开的一种颅内动脉瘤破裂风险的评估方法的流程示意图;
- [0089] 图2是本发明实施例公开的一种分割后的虚拟载瘤动脉的三维模型的结构示意图;

[0090] 图3是本发明实施例公开的一种裁剪后的虚拟载瘤动脉的三维模型的结构示意图；

[0091] 图4是本发明实施例公开的一种以瘤颈平面作为分界线的虚拟载瘤动脉的三维模型的结构示意图；

[0092] 图5是本发明实施例公开的一种颅内动脉瘤破裂风险的评估系统的结构示意图；

[0093] 图6是本发明实施例公开的另一种颅内动脉瘤破裂风险的评估系统的结构示意图；

[0094] 图7是本发明实施例公开的又一种颅内动脉瘤破裂风险的评估系统的结构示意图；

[0095] 图8是本发明实施例公开的又一种颅内动脉瘤破裂风险的评估系统的结构示意图。

## 具体实施方式

[0096] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0097] 本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别不同对象,而不是用于描述特定顺序。此外,术语“包括”和“具有”以及它们任何变形,意图在于覆盖不排他的包含。例如包含了一系列步骤或单元的过程、方法、装置、产品或设备没有限于已列出的步骤或单元,而是可选地还包括没有列出的步骤或单元,或可选地还包括对于这些过程、方法、产品或设备固有的其他步骤或单元。

[0098] 在本文中提及“实施例”意味着,结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本发明的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例,也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和隐式地理解的是,本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。

[0099] 本发明公开了一种颅内动脉瘤破裂风险的评估方法及系统,该方法应用于颅内动脉瘤破裂风险的评估系统中,能够通过对患者颅内动脉瘤的形态学参数、血流动力学参数以及临床参数对颅内动脉瘤破裂风险进行全面自动分析,能够提高动脉瘤破裂风险评估的准确率,从而为医生在作治疗决策时提供科学性的参考,进而使得医生快速给患者提供有效的治疗方案。以下分别进行详细说明。

### [0100] 实施例一

[0101] 请参阅图1,图1是本发明实施例公开的一种颅内动脉瘤破裂风险的评估方法的流程示意图。其中,图1所描述的方法可以应用在风险评估终端中,并且该风险评估终端包括所有能评估患者动脉瘤的破裂风险的终端。进一步的,该风险评估终端还可以与用户终端无线连接,其中,该用户终端可以包括智能手机(Android手机、iOS手机等)、智能电话手表、平板电脑、掌上电脑、车载电脑、台式电脑、上网本、个人数字助理(Personal Digital Assistant,PDA)、智能导航仪以及移动互联网设备(Mobile Internet Devices,MID)等终端,本发明实施例不做限定,如图1所示,该颅内动脉瘤破裂风险的评估方法可以包括以下

操作：

[0102] 101、风险评估终端根据颅内影像数据建立包括载瘤动脉和载瘤动脉上的动脉瘤的三维模型，该三维模型包括与载瘤动脉相匹配的虚拟载瘤动脉以及与动脉瘤相匹配的虚拟动脉瘤。

[0103] 本发明实施例中，颅内影像数据包括但不限于CTA颅内影像数据、MRA颅内影像数据以及DSA颅内影像数据中的任意一种。

[0104] 本发明实施例中，作为一种可选的实施方式，风险评估终端根据颅内影像数据建立包括载瘤动脉和载瘤动脉上的动脉瘤的三维模型，可以包括：

[0105] 风险评估终端采集患者的颅内影像数据，并基于预先确定的阈值分割算法对颅内影像数据进行阈值分割处理，得到分割后的颅内影像数据，以及根据分割后的颅内影像数据建立包括载瘤动脉和载瘤动脉上的动脉瘤的三维模型。

[0106] 其中，风险评估终端基于预先确定的阈值分割算法对颅内影像数据进行阈值分割处理，可以包括：

[0107] 风险评估终端基于预先确定的阈值分割算法对颅内影像数据进行灰度处理，得到灰度处理后的颅内影像数据，并将颅内影像数据中灰度值大于等于预设灰度阈值的像素值标记为第一预设值，将颅内影像数据中灰度值小于预设灰度阈值的像素值标记为第二预设值。

[0108] 该可选的实施方式中，第一预设值和第二预设值不相同。具体的，当第一预设值为1时，第二预设值为0；当第一预设值为0时，第二预设值为1，本发明实施例不做限定。

[0109] 该可选的实施方式中，预先确定的阈值分割算法可以包括Otsu阈值分割算法、自适应阈值分割算法、最大熵阈值分割算法、Roberts阈值分割算法、Prewitt阈值分割算法、Sobel阈值分割算法、Marr-Hildreth阈值分割算法、Canny阈值分割算法中的任意一种算法或者多种算法组合，本发明实施例不做限定。

[0110] 作为一种可选的实施例，风险评估终端基于颅内影像数据建立包括载瘤动脉和该载瘤动脉上动脉瘤的三维模型之前，还可以：

[0111] 判断颅内影像数据的影像质量指标是否达到预设影像质量指标；

[0112] 当判断的结果为是时，触发执行上述的根据颅内影像数据建立包括载瘤动脉和该载瘤动脉上动脉瘤的三维模型的操作；

[0113] 当判断的结果为否时，基于预设影像算法对上述颅内影像数据进行预处理，直至该颅内影像数据的影像质量指标达到预设影像质量指标，并触发执行上述的根据颅内影像数据建立包括载瘤动脉和该载瘤动脉上动脉瘤的三维模型的操作。

[0114] 该可选的实施例中，颅内影像数据的影像质量指标包括但不限于颅内影像数据的色彩深度、颅内影像数据的分辨率、颅内影像数据的图像失真、颅内影像数据的数据格式、颅内影像数据的文件大小。

[0115] 可见，该可选的实施例通过在建立载瘤动脉以及载瘤动脉上的动脉瘤的三维模型之前，判断颅内影像数据的影像质量指标是否达到预设标准，当没有达到预设标准时，将颅内影像数据的影像质量指标进行预处理，直至达到预设影像质量指标才建立载瘤动脉以及载瘤动脉上的动脉瘤的三维模型，能够降低因影像质量指标不达标而导致建立载瘤动脉以及动脉瘤的三维模型不精准的可能性。

[0116] 102、风险评估终端基于上述三维模型确定目标形态学参数,该目标形态学参数包括上述虚拟载瘤动脉的形态学参数以及上述虚拟动脉瘤的形态学参数。

[0117] 本发明实施例中,目标形态学参数可以包括虚拟动脉瘤的瘤径、虚拟动脉瘤的瘤高、虚拟动脉瘤的瘤宽、虚拟动脉瘤的颈宽、虚拟载瘤动脉的流入角、虚拟载瘤动脉的流出角、虚拟动脉瘤的非球形指数、虚拟动脉瘤的椭圆指数、虚拟动脉瘤的长宽比、虚拟动脉瘤的偏斜角等形态参数中的至少一种,本发明实施例不做限定。

[0118] 本发明实施例中,作为一种可选的实施方式,风险评估终端基于上述三维模型确定目标形态学参数,可以包括:

[0119] 风险评估终端基于预先确定的模型分割算法分割上述三维模型,得到分割后的三维模型,并基于分割后的三维模型确定目标形态学参数;

[0120] 该可选的实施方式中,可选的,风险评估终端基于预先确定的模型分割算法分割上述三维模型,得到分割后的三维模型,可以包括:

[0121] 风险评估终端基于预先确定的模型分割算法确定上述虚拟载瘤动脉上的某一像素点所在位置作为第一模拟波的第一波源点(请参照图2中的第一波源点),以及确定上述虚拟动脉瘤上的某一像素点所在位置作为第二模拟波的第二波源点(请参照图2中的第二波源点),该第一模拟波和该第二模拟波为同一类型的模拟波。

[0122] 风险评估终端同时发射上述第一模拟波以及上述第二模拟波,并记录第一模拟波和第二模拟波的传播时长,该传播时长的起始传播时刻为发射第一模拟波和第二模拟波的时刻,该传播时长的终止传播时刻为第一模拟波的波峰和第二模拟波的波峰第一次重叠的时刻;

[0123] 风险评估终端确定在上述传播时长内第一模拟波传播所覆盖的区域和第二模拟波传播所覆盖的区域之和,作为与上述虚拟载瘤动脉以及上述虚拟动脉瘤相对应的分割区域,并根据该分割区域分割上述三维模型,得到分割后的三维模型。

[0124] 该可选的实施例中,预先确定的模型分割算法可以包括碰撞前端算法(也称碰撞检测算法),本发明实施例不做限定。

[0125] 本发明实施例中,基于预先确定的模型分割算法分割上述三维模型,得到分割后的三维模型可以如图2所示,图2为本发明实施例公开的一种分割后的虚拟载瘤动脉的三维模型的结构示意图。

[0126] 该可选的实施方式通过预先确定的模型分割算法分割三维模型,能够更精确地定位以及重建虚拟载瘤动脉和虚拟动脉瘤的三维模型,从而有利于获得更精确的虚拟载瘤动脉以及虚拟动脉瘤的形态学参数及血流动力学参数。

[0127] 本发明实施例中,作为一种可选的实施方式,风险评估终端基于上述三维模型确定目标形态学参数,可以包括:

[0128] 风险评估终端基于预先确定的中心线提取算法以及上述三维模型提取上述虚拟载瘤动脉的动脉中心线;

[0129] 风险评估终端基于预先确定的区域区分算法对上述三维模型进行区域区分,得到目标区域,该目标区域包括上述虚拟载瘤动脉的动脉入口区域、上述虚拟载瘤动脉的动脉出口区域、上述虚拟载瘤动脉的动脉壁区域以及上述虚拟动脉瘤的动脉瘤壁区域;

[0130] 风险评估终端基于预先确定的形态学参数算法对上述目标区域包括的内容进行

计算几何分析,得到目标形态学参数。

[0131] 该可选的实施方式中,预先确定的中心线提取算法包括但不限于基于拓扑细化算法、基于Hessian追踪算法、基于距离变换算法中的任意一种。

[0132] 该可选的实施方式中,进一步可选的,当预先确定的中心线提取算法为上述基于距离变换算法时,风险评估终端基于预先确定的中心线提取算法以及上述三维模型提取上述虚拟载瘤动脉的动脉中心线,可以包括:

[0133] 风险评估终端基于距离变换算法确定上述虚拟载瘤动脉的开端节点以及末端节点;

[0134] 风险评估终端基于上述开端节点以上述末端节点生成上述三维模型的维诺图,并记录第三模拟波从该开端节点传播到维诺图的所有目标节点所需的到达时间,其中,该所有目标节点为维诺图上除了开端节点之外的所有节点;

[0135] 风险评估终端确定上述维诺图的目标节点集合,并将该目标节点集合中的每个节点依次连接起来得到的线段,作为上述虚拟载瘤动脉的动脉中心线,其中,该目标节点集合为上述第三模拟波从末端节点沿到达时间的最大空间梯度方向传播所经过的所有节点组成的集合。

[0136] 该可选的实施方式中,风险评估终端将上述目标节点集合中的每个节点依次连接起来得到的线段,作为上述虚拟载瘤动脉的动脉中心线,具体的,虚拟支架植入终端确定目标节点集合中离虚拟载瘤动脉的流入进口区域最近的一个节点作为起始节点,并从该起始节点依次将目标节点集合中的每个节点依次连接起来得到的线段作为上述虚拟载瘤动脉的动脉中心线。

[0137] 该可选的实施方式中,又进一步可选的,当预先确定的中心线提取算法为上述基于拓扑细化算法时,风险评估终端基于预先确定的中心线提取算法以及上述三维模型提取上述虚拟载瘤动脉的动脉中心线,可以包括:

[0138] 风险评估终端基于拓扑细化方法对上述虚拟载瘤动脉执行形态学腐蚀操作,直到该虚拟载瘤动脉的拓扑结构保持不变,并从保持不变的拓扑结构上的起始点将拓扑结构上的每个点依次连接起来得到的线段作为虚拟载瘤动脉的动脉中心线。

[0139] 该可选的实施方式中,拓扑结构的起始点为距离虚拟载瘤动脉的流入进口区域最近的一个点。

[0140] 该可选的实施方式中,又进一步可选的,当预先确定的中心线提取算法为上述基于Hessian追踪算法时,风险评估终端基于预先确定的中心线提取算法以及上述三维模型提取上述虚拟载瘤动脉的动脉中心线,可以包括:

[0141] 风险评估终端基于Hessian矩阵的追踪方法计算上述三维模型的Hessian矩阵,得到该三维模型的特征向量,并确定该特征向量的方向作为虚拟载瘤动脉的轴线方向;

[0142] 风险评估终端获取上述虚拟载瘤动脉的局部特征点集合,并确定该局部特征点集合中每个局部特征点垂直于上述轴线方向的截面的中心点,得到该局部特征点集合的中心点集合,以及从起始中心点依次将中心点集合中的每个中心点连接所形成的曲线作为虚拟载瘤动脉的动脉中心线。

[0143] 该可选的实施方式中,局部特征点可以包括上述虚拟载瘤动脉上的斑点和/或角点,其中,斑点可以包括上述虚拟载瘤动脉中灰度值高于预设灰度值的像素点。角点可以包

括上述虚拟载瘤动脉的拐角点和/或上述虚拟载瘤动脉的主动脉与该虚拟载瘤动脉的支动脉所形成的点。起始中心点为距离上述虚拟载瘤动脉的流入进口区域最近的一个点。

[0144] 可见,通过多种动脉中心线的提取方法,不仅能够丰富虚拟载瘤动脉的提取方法,还能够根据虚拟载瘤动脉的实际情况选择合适的动脉中心线提取方法,从而有利于快速确定形态学参数以及血流动力学参数。

[0145] 该可选的实施方式中,进一步可选的,风险评估终端基于预先确定的区域区分算法对上述三维模型进行区域区分,得到上述虚拟载瘤动脉的动脉入口区域、上述虚拟载瘤动脉的动脉出口区域,可以包括:

[0146] 风险评估终端确定虚拟载瘤动脉的流入动脉(也称流入血管)上的某一点作为第一目标点,以及确定虚拟载瘤动脉的流出动脉(也称流出血管)上的某一点作为第二目标点;

[0147] 风险评估终端基于第一目标点确定其对应的动脉中心线上的第一中心点,以及基于第二目标点分别确定其对应的动脉中心线上的第二中心点;

[0148] 风险评估终端基于第一目标点与第一中心点切割虚拟载瘤动脉的流入动脉,得到虚拟载瘤动脉的动脉入口区域,以及风险评估终端基于第二目标点与第二中心点切割虚拟载瘤动脉的流出动脉,得到虚拟载瘤动脉的动脉出口区域。

[0149] 该可选的实施方式中,第一中心点为第一目标点与中心线上的连接线段长度最小的点,同样第二中心点为第二目标点与中心线上的连接线段长度最小的点。第一目标点以及第二目标点也可以是医护人员选择的点,本发明实施例不做限定。这样切割出来的动脉入口区域以及动脉出口区域有利于确保计算边界条件里的正确血流方向,从而有助于计算虚拟载瘤动脉的血流动力学参数。

[0150] 本发明实施例中,基于预先确定的区域区分算法对上述三维模型进行区域区分,得到分割后的三维模型可以如图3所示,图3为本发明实施例公开的一种裁剪后的虚拟载瘤动脉的三维模型的结构示意图。

[0151] 该可选的实施方式中,进一步可选的,风险评估终端基于预先确定的区域区分算法对上述三维模型进行区域区分,得到上述虚拟载瘤动脉的动脉壁区域以及上述虚拟动脉瘤的动脉瘤壁区域,可以包括:

[0152] 风险评估终端在虚拟动脉瘤以及虚拟载瘤动脉的交界处出选择两点,连接此两点形成一线段,再把该线段沿三维模型的视平面的法向方向(正、反)扫掠所形成的面作为虚拟动脉瘤的瘤颈平面(请参照图4中的瘤颈平面),并以该瘤颈平面作为分界线区分虚拟载瘤动脉和虚拟动脉瘤,得到虚拟载瘤动脉的动脉壁区域以及虚拟动脉瘤的动脉瘤壁区域。如图4所示,图4为本发明公开的一种以瘤颈平面作为分界线的虚拟载瘤动脉的三维模型的结构示意图。

[0153] 103、风险评估终端基于上述三维模型确定目标血流动力学参数,该目标血流动力学参数包括上述虚拟载瘤动脉的血流动力学参数以及上述虚拟动脉瘤的血流动力学参数。

[0154] 本发明实施例中,步骤102和步骤103可以同时发生,本发明实施例不做限定。

[0155] 本发明实施例中,血流动力学参数包括但不限于虚拟载瘤动脉的壁面切应力平均值WSS-mean、虚拟载瘤动脉的壁面切应力最大值WSS-max、虚拟载瘤动脉的壁面切应力最小值WSS-min、虚拟载瘤动脉的壁面低切应力区的面积、虚拟载瘤动脉的壁面高切应力区的面

积、该壁面切应力的震荡系数OSI、能量损失系数EL、压力损失系数、剪切力空间梯度、剪切力时间梯度。其中，壁面低切应力区为壁面切应力平均值WSS-mean小于12.8μQ/d3的区域的面积与虚拟动脉瘤壁表面积之比，壁面高切应力区为壁面切应力平均值WSS-mean大于64μQ/d3的区域的面积与虚拟动脉瘤壁表面积之比。

[0156] 本发明实施例中，风险评估终端基于上述三维模型确定目标血流动力学参数，可以包括：

[0157] 风险评估终端基于预先确定的网格划分算法划分上述三维模型，得到多个目标体网格模型，该所有目标体网格模型均为多面体网格模型；

[0158] 风险评估终端确定上述三维模型的目标边界条件，该目标边界条件至少包括上述虚拟载瘤动脉的动脉入口边界的边界条件、上述虚拟载瘤动脉的动脉出口边界的边界条件；

[0159] 风险评估终端基于所有上述目标体网格模型以及上述目标边界条件模拟上述虚拟载瘤动脉的血液流动以及上述虚拟动脉瘤的血液流动，得到目标血流动力学参数。

[0160] 本发明实施例中，基于预先确定的网格划分算法划分上述三维模型，得到多个目标体网格模型可以如图4所示，图4为本发明公开的一种网格划分后的虚拟载瘤动脉的三维模型的结构示意图。

[0161] 本发明实施例中，风险评估终端基于所有上述目标体网格模型以及上述目标边界条件模拟上述虚拟载瘤动脉的血液流动以及上述虚拟动脉瘤的血液流动，得到目标血流动力学参数。具体的，血液流动满足三维流体运动控制方程如下所示：

$$[0162] \frac{\partial u}{\partial t} + (u \cdot \nabla) u - \nu \nabla^2 u = -\nabla p \quad (1)$$

$$[0163] \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u) = 0 \quad (2)$$

[0164] 其中，方程(1)为流体质量守恒方程，方程(2)为流体动量守恒方程。以及式中：其中 $\rho$ 代表血液密度， $\nu$ 代表血液的运动粘度， $u$ 为血液的速度， $p$ 为血压。

[0165] 该可选的实施方式中，流体运动控制方程是一组偏微分方程，具体的求解方法可以包括有限元、有限差分法、有限体积法中的一种或多种组合，本发明实施例不做限定。

[0166] 104、风险评估终端基于预先训练好的机器学习模型对上述目标形态学参数、上述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算，得到上述虚拟动脉瘤的评估结果，该评估结果用于评估所述动脉瘤的破裂风险。

[0167] 本发明实施例中，目标临床参数包括预先确定出的颅内影像数据对应的用户的临床参数。其中，临床参数包括但不限于血压、血脂、年龄、性别、过往病史、家族史、是否携带易感基因、是否为多发颅内动脉瘤以及颅内动脉瘤部位。

[0168] 作为又一种可选的实施例，风险评估终端基于预先训练好的机器学习模型对上述目标形态学参数、上述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算，得到上述虚拟动脉瘤的评估结果之前，还可以包括：

[0169] 风险评估终端构建机器学习模型，该机器学习模型用于确定上述虚拟动脉瘤的评估结果。

[0170] 其中，风险评估终端构建机器学习模型，可以包括：

[0171] 风险评估终端获取多个样本颅内影像数据,每个样本颅内影像数据对应一个动脉瘤患者;

[0172] 风险评估终端确定每个样本颅内影像数据的样本特征参数,每个样本特征参数可以包括样本形态学参数、与该样本形态学参数对应的样本血流动力学参数以及与该样本形态学参数对应的样本临床参数;

[0173] 风险评估终端标记每个样本特征参数,得到标记后的样本特征参数以及该标记后的样本特征参数对应的标记值;

[0174] 风险评估终端基于预先确定的训练模型训练每个标记后的样本特征参数,得到机器学习模型。

[0175] 该可选的实施例中,风险评估终端标记每个样本特征参数,得到标记后的样本特征参数对应的标记值,可以包括:

[0176] 当上述样本颅内影像数据包括的动脉瘤为破裂动脉瘤时,则标记与该样本颅内影像数据对应的样本特征参数的标记值为第一预设值;

[0177] 当上述样本颅内影像数据包括的动脉瘤为非破裂动脉瘤时,则标记与该样本颅内影像数据对应的样本特征参数的标记值为第二预设值;

[0178] 该可选的实施例中,上述第一预设值与上述第二预设值不相同。具体的,当上述第一预设值为1时,则第二预设值为0;当上述第一预设值为0时,则第二预设值为1,本发明实施例不做限定。

[0179] 该可选的实施例中,风险评估终端基于预先确定的训练模型训练每个样本特征参数,得到机器学习模型,可以包括:

[0180] 风险评估终端将所有标记后的样本特征参数进行划分,得到训练集、验证集以及测试集,并基于预先确定的训练模型训练上述作为训练集的标记后的样本特征参数,得到第一子机器学习模型,以及利用作为验证集的标记后的样本特征参数验证第一子机器学习模型,得到第二子机器学习模型,最后基于作为测试集的标记后的样本特征参数测试第二子机器学习模型,得到机器学习模型。

[0181] 该可选的实施例中,预先确定的训练模型可以包括逻辑回归模型、决策树模型、贝叶斯模型、k-邻近算法模型、随机森林模型、支持向量机模型、神经网络模型、Adaboost模型、GradientBoost模型中的一种模型或多种模型组合,本发明实施例不做限定。

[0182] 可见,该可选的实施例通过预先建立好用于确定虚拟动脉瘤的评估结果的机器学习模型,能够在确定患者的形态学参数、血流动力学参数以及临床参数后,直接利用该机器学习模型进行运算,从而快速确定患者的动脉瘤的破裂风险,进而进一步快速为患者提供有效的治疗方案。

[0183] 作为又一个可选的实施例,风险评估终端基于预先训练好的机器学习模型对上述目标形态学参数、上述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算,得到上述虚拟动脉瘤的评估结果之后,还可以:

[0184] 根据上述评估结果生成上述颅内影像数据的评估报告,该评估报告包括上述目标形态学参数的形态学风险分析结果、上述目标血流动力学参数的血流动力学风险分析结果、上述目标临床参数的临床风险分析结果以及综合风险分析结果,该综合风险分析结果为基于形态学风险分析结果、血流动力学风险分析结果以及临床风险分析结果生成的结

果：

[0185] 基于预设风险等级规则确定上述评估报告包括的综合风险分析结果对应的风险等级，并显示上述评估报告以及该综合风险分析结果对应的风险等级。

[0186] 该可选的实施例中，该预设风险等级规则为根据颅内动脉瘤的综合风险分析结果的破裂概率进行设置的风险等级规则，以及预设风险等级可以包括若干等级，例如：1级-5级，或1级-10级，例如：破裂概率为0%-20%对应的风险等级为1级，破裂概率为80%-100%对应的风险等级为5级，或破裂概率为0%-10%对应的风险等级为1级，破裂概率为90%-100%对应的风险等级为10级，本发明实施例不做限定。具体的，颅内动脉瘤破裂风险越高对应的风险等级越高，或颅内动脉瘤破裂风险越高对应的风险等级越低。

[0187] 该可选的实施例中，进一步的，风险评估终端标记评估报告中的分析结果，得到标记后的分析结果，并根据不同的标记确定动脉瘤破裂的风险。具体的，将分析结果用不同的颜色进行标记，颜色越深，代表动脉瘤破裂的风险越高，本发明实施例不做限定。这样通过将评估报告的分析结果以颜色和/或图文标记出来，以及将颅内动脉瘤的破裂风险以破裂风险等级标记出来，能够直观地了解动脉瘤破裂的情况。

[0188] 该可选的实施例中，又进一步的，风险评估终端基于上述目标形态学参数、上述目标血流动力学参数以及上述目标临床参数从预先建立的动脉瘤数据库中确定与上述评估报告最相似的目标评估报告，并显示该目标评估报告，该预先建立的动脉瘤数据库用于存储所有动脉瘤患者中每个动脉瘤患者的评估报告。

[0189] 该可选的实施例中，风险评估终端从预先建立的动脉瘤数据库中确定与上述评估报告最相似的目标评估报告，即风险评估终端从预先建立的动脉瘤数据库中确定与当前病例最相似的以往病例，其中，该与当前病例最相似的以往病例是根据当前病例的目标形态学参数、目标血流动力学参数以及目标临床参数作为参考从动脉瘤数据库筛选出来的。并且与当前病例最相似的以往病例的分析可以包括该以往病例的临床信息（例如：50岁）、三维血管模型以及相似程度（例如：80%）中的至少一种，本发明实施例不做限定。进一步的，该临床信息为匿名化后的信息。这样通过将与当前病例最相似的以往病例的分析显示在评估报告中，能够为医护人员提供参考，从而快速为当前动脉瘤患者做出诊断结果。

[0190] 该可选的实施例中，风险评估终端将评估报告发送至该评估报告对应的患者的用户终端，供患者查看。这样将评估报告发送至患者，便于患者保存评估报告，并实时查看评估报告。

[0191] 可见，该可选的实施例通过生成包括形态学参数评估结果、血流动力学参数评估结果以及临床参数评估结果以及综合性评估结果的评估报告，能够获取更准确、更全面的动脉瘤的评估结果。

[0192] 可见，实施图1所描述的颅内动脉瘤破裂风险的评估方法能够通过对患者颅内动脉瘤的形态学参数、血流动力学参数以及临床参数对颅内动脉瘤破裂风险进行全面自动分析，能够提高动脉瘤破裂风险评估的准确率，从而为医生在作治疗决策时提供科学性的参考，进而使得医生快速给患者提供有效的治疗方案。

[0193] 实施例二

[0194] 请参阅图5，图5是本发明实施例公开的一种颅内动脉瘤破裂风险的评估系统的结构示意图。如图5所示，该颅内动脉瘤破裂风险的评估系统可以包括三维重建模块501、形态

学测量模块502、血流动力学计算模块503以及综合风险计算模块504,其中:

[0195] 三维重建模块501,用于根据颅内影像数据建立包括目标载瘤动脉和该目标载瘤动脉上的动脉瘤的三维模型,该三维模型包括与目标载瘤动脉相匹配的虚拟载瘤动脉以及与动脉瘤相匹配的虚拟动脉瘤。

[0196] 形态学测量模块502,用于基于上述三维模型确定目标形态学参数,该目标形态学参数包括上述虚拟载瘤动脉的形态学参数以及上述虚拟动脉瘤的形态学参数。

[0197] 血流动力学计算模块503,用于基于上述三维模型确定目标血流动力学参数,该目标血流动力学参数包括上述虚拟载瘤动脉的血流动力学参数以及上述虚拟动脉瘤的血流动力学参数。

[0198] 综合风险计算模块504,用于基于预先训练好的机器学习模型对上述目标形态学参数、上述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算,得到上述虚拟动脉瘤的评估结果,该评估结果用于评估动脉瘤的破裂风险,该目标临床参数为预先确定的颅内影像数据对应的用户的临床参数。

[0199] 可见,实施图5所描述的颅内动脉瘤破裂风险的评估系统能够通过对患者颅内动脉瘤的形态学参数、血流动力学参数以及临床参数对颅内动脉瘤破裂风险进行全面自动分析,能够提高动脉瘤破裂风险评估的准确率,从而为医生在作治疗决策时提供科学性的参考,进而使得医生快速给患者提供有效的治疗方案。

[0200] 作为一种可选的实施例,如图5所示,综合风险计算模块504,还用于在基于预先训练好的机器学习模型对上述目标形态学参数、上述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算,得到上述虚拟动脉瘤的评估结果之后,根据该评估结果生成上述颅内影像数据的评估报告,该评估报告包括上述目标形态学参数的形态学风险分析结果、上述目标血流动力学参数的血流动力学风险分析结果、上述目标临床参数的临床风险分析结果以及综合风险分析结果,该综合风险分析结果为基于上述形态学风险分析结果、上述血流动力学风险分析结果以及临床风险分析结果生成的结果;

[0201] 综合风险计算模块504,还用于基于预设等级规则确定上述评估报告包括的综合风险分析结果对应的风险等级,并显示该评估报告以及该综合风险分析结果对应的风险等级。

[0202] 可见,实施图5所描述的颅内动脉瘤破裂风险的评估系统还能够将评估报告的分析结果以颜色和/或图文标记出来,以及将颅内动脉瘤的破裂风险以破裂风险等级标记出来,能够直观地了解动脉瘤破裂的情况。

[0203] 以及,综合风险计算模块504,还用于基于上述目标形态学参数、上述目标血流动力学参数以及上述目标临床参数从预先建立的动脉瘤数据库中确定与上述评估报告最相似的目标评估报告,并显示该目标评估报告,该预先建立的动脉瘤数据库用于存储所有动脉瘤患者中每个动脉瘤患者的评估报告。

[0204] 可见,实施图5所描述的颅内动脉瘤破裂风险的评估系统还能够通过将与当前病例最相似的以往病例的分析显示在评估报告中,能够为医护人员提供参考,从而快速为当前动脉瘤患者的做出诊断结果。

[0205] 作为一种可选的实施方式,形态学测量模块502可以包括模型分割子模块5021以及形态学确定子模块5022,此时,颅内动脉瘤破裂风险的评估系统的结构示意图可以如图6

所示,图6是本发明实施例公开的另一种颅内动脉瘤破裂风险的评估系统的结构示意图,其中:

[0206] 模型分割子模块5021,用于基于预先确定的模型分割算法分割上述三维模型,得到分割后的三维模型。

[0207] 形态学确定子模块5022,用于基于上述分割后的三维模型确定目标形态学参数。

[0208] 其中,模型分割子模块5021基于预先确定的模型分割算法分割上述三维模型,得到分割后的三维模型的方式具体为:

[0209] 基于预先确定的模型分割算法确定上述虚拟载瘤动脉上的某一像素点所在位置作为第一模拟波的第一波源点,以及确定上述虚拟动脉瘤上的某一像素点所在位置作为第二模拟波的第二波源点,该第一模拟波和该第二模拟波为同一类型的模拟波;

[0210] 同时发射上述第一模拟波以及上述第二模拟波,并记录该第一模拟波和该第二模拟波的传播时长,该传播时长的起始传播时刻为发射第一模拟波和第二模拟波的时刻,该传播时长的终止传播时刻为第一模拟波的波峰和第二模拟波的波峰第一次重叠的时刻;

[0211] 确定在上述传播时长内上述第一模拟波传播所覆盖的区域和上述第二模拟波传播所覆盖的区域之和,作为与上述虚拟载瘤动脉以及上述虚拟动脉瘤相对应的分割区域,并根据该分割区域分割所述三维模型,得到分割后的三维模型。

[0212] 作为另一种可选的实施例,如图6或图7所示,颅内动脉瘤破裂风险的评估系统还可以包括影像质量判断模块505以及影像预处理模块506,其中:

[0213] 影像质量判断模块505,用于在上述三维重建模块基于颅内影像数据建立包括载瘤动脉和该载瘤动脉上动脉瘤的三维模型之前,判断颅内影像数据的影像质量指标是否达到预设影像质量指标;

[0214] 三维重建模块501,具体用于:

[0215] 当影像质量判断模块505判断出颅内影像数据的影像质量指标达到预设影像质量指标时,根据颅内影像数据建立包括载瘤动脉和该载瘤动脉上动脉瘤的三维模型的操作。

[0216] 影像预处理模块506,用于当影像质量判断模块505判断出颅内影像数据的影像质量指标未达到预设影像质量指标时,基于预设影像算法对颅内影像数据进行预处理,直至该颅内影像数据的影像质量指标达到预设影像质量指标,并触发三维重建模块501执行上述的根据颅内影像数据建立包括载瘤动脉和该载瘤动脉上动脉瘤的三维模型的操作。

[0217] 可见,实施图6所描述的颅内动脉瘤破裂风险的评估系统还通过在建立载瘤动脉以及载瘤动脉上的动脉瘤的三维模型之前,判断颅内影像数据的影像质量指标是否达到预设标准,当没有达到预设标准时,将颅内影像数据的影像质量指标进行预处理,直至达到预设影像质量指标才建立载瘤动脉以及载瘤动脉上的动脉瘤的三维模型,能够降低因影像质量指标不达标而导致建立载瘤动脉以及动脉瘤的三维模型不精准的可能性。

[0218] 作为另一种可选的实施例,如图7所示,形态学测量模块502包括中心线提取子模块5023、区域区分子模块5024以及形态学计算子模块5025,其中:

[0219] 中心线提取子模块5023,用于基于预先确定的中心线提取算法以及上述三维模型提取上述虚拟载瘤动脉的动脉中心线。

[0220] 区域区分子模块5024,用于基于预先确定的区域区分算法对上述三维模型进行区域区分,得到目标区域,该目标区域包括上述虚拟载瘤动脉的动脉入口区域、该虚拟载瘤动

脉的动脉出口区域、该虚拟载瘤动脉的动脉壁区域以及上述虚拟动脉瘤的动脉瘤壁区域。

[0221] 形态学计算子模块5025,用于基于预先确定的形态学参数算法对上述目标区域包括的内容进行计算几何分析,得到目标形态学参数。

[0222] 该可选的实施例中,作为一种可选的实施方式,区域区分子模块1024基于预先确定的区域区分算法对上述三维模型进行区域区分,得到目标区域的方式具体为:

[0223] 基于预先确定的区域区分算法确定上述虚拟载瘤动脉的动脉入口横截面、动脉出口横截面以及上述虚拟动脉瘤的瘤颈平面;

[0224] 根据上述动脉入口横截面切割上述三维模型,得到上述虚拟载瘤动脉的动脉入口区域,以及根据上述出口横截面切割所述三维模型,得到上述虚拟载瘤动脉的动脉出口区域,以及根据上述瘤颈平面切割上述三维模型,得到上述虚拟载瘤动脉的动脉壁区域以及上述虚拟动脉瘤的动脉瘤壁区域。

[0225] 作为一种可选的实施方式,血流动力学计算模块503基于所述三维模型确定目标血流动力学参数的方式具体为:

[0226] 基于预先确定的网格划分算法划分上述三维模型,得到多个目标体网格模型,所有目标体网格模型均为多面体网格模型;

[0227] 确定上述三维模型的目标边界条件,该目标边界条件至少包括上述虚拟载瘤动脉的动脉入口边界的边界条件、该虚拟载瘤动脉的动脉出口边界的边界条件;

[0228] 基于所有上述目标体网格模型以及上述目标边界条件模拟上述虚拟载瘤动脉的血液流动以及上述虚拟动脉瘤的血液流动,得到目标血流动力学参数。

[0229] 作为另一种可选的实施例,如图6或图7所示,该颅内动脉瘤破裂风险的评估系统还可以包括模型构建模块507,其中:

[0230] 模型构建模块507,用于在综合风险计算模块504基于预先训练好的机器学习模型对上述目标形态学参数、上述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算,得到上述虚拟动脉瘤的评估结果之前,构建机器学习模型,该机器学习模型用于确定上述虚拟动脉瘤的评估结果;

[0231] 其中,模型构建模块507构建机器学习模型的方式具体为:

[0232] 获取多个样本颅内影像数据,每个样本颅内影像数据对应一个动脉瘤患者;

[0233] 确定每个样本颅内影像数据的样本特征参数,每个样本特征参数包括样本形态学参数、与该样本形态学参数对应的样本血流动力学参数以及与该样本形态学参数对应的样本临床参数;

[0234] 标记每个样本特征参数,得到标记后的样本特征参数以及该标记后的样本特征参数对应的标记值;

[0235] 基于预先确定的训练算法训练每个标记后的样本特征参数,得到机器学习模型;

[0236] 其中,模型构建模块507标记每个样本特征参数,得到标记后的样本特征参数对应的标记值的方式具体为:

[0237] 当上述样本颅内影像数据包括的动脉瘤为破裂动脉瘤,则标记与该样本颅内影像数据对应的样本特征参数的标记值为第一预设值;

[0238] 当上述样本颅内影像数据包括的动脉瘤为非破裂动脉瘤,则标记与该样本颅内影像数据对应的样本特征参数的标记值为第二预设值;

[0239] 其中,该第一预设值与该第二预设值不相同。

[0240] 该可选的实施例中,当模型构建模块507执行完上述的构建机器学习模型的操作之后,可以触发综合风险计算模块504执行上述的基于预先训练好的机器学习模型对上述目标形态学参数、上述目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算,得到上述虚拟动脉瘤的评估结果的操作。

[0241] 可见,实施图6或图7所描述的颅内动脉瘤破裂风险的评估系统还通过预先建立好用于确定虚拟动脉瘤的评估结果的机器学习模型,能够在确定患者的形态学参数、血流动力学参数以及临床参数后,直接利用该机器学习模型进行运算,从而快速确定患者的动脉瘤的破裂风险,进而进一步快速为患者提供有效的治疗方案。

[0242] 实施例三

[0243] 请参阅图8,图8是本发明实施例公开的又一种颅内动脉瘤破裂风险的评估系统的结构示意图。如图8所示,该颅内动脉瘤破裂风险的评估系统可以包括:

[0244] 存储有可执行程序代码的存储器701;

[0245] 与存储器701耦合的处理器702;

[0246] 处理器702调用存储器701中存储的可执行程序代码,执行实施例一中所描述的颅内动脉瘤破裂风险的评估方法中的步骤。

[0247] 实施例四

[0248] 本发明实施例公开了一种计算机可读存储介质,其存储用于电子数据交换的计算机程序,其中,该计算机程序使得计算机执行实施例一中所描述的颅内动脉瘤破裂风险的评估方法中的步骤。

[0249] 实施例五

[0250] 本发明实施例公开了一种计算机程序产品,该计算机程序产品包括存储了计算机程序的非瞬时性计算机可读存储介质,且该计算机程序可操作来使计算机执行实施例一中所描述的颅内动脉瘤破裂风险的评估方法中的步骤。

[0251] 以上所描述的装置实施例仅是示意性的,其中所述作为分离部件说明的模块可以是或者也可以不是物理上分开的,作为模块显示的部件可以是或者也可以不是物理模块,即可以位于一个地方,或者也可以分布到多个网络模块上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性的劳动的情况下,即可以理解并实施。

[0252] 通过以上的实施例的具体描述,本领域的技术人员可以清楚地了解到各实施方式可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现,当然也可以通过硬件。基于这样的理解,上述技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品可以存储在计算机可读存储介质中,存储介质包括只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、随机存储器(Random Access Memory,RAM)、可编程只读存储器(Programmable Read-only Memory,PROM)、可擦除可编程只读存储器(Erasable Programmable Read Only Memory,EPROM)、一次可编程只读存储器(One-time Programmable Read-Only Memory,OTPROM)、电子抹除式可复写只读存储器(Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory,EEPROM)、只读光盘(Compact Disc Read-Only Memory,CD-ROM)或其他光盘存储器、磁盘存储器、磁带存储器、或者能够

用于携带或存储数据的计算机可读的任何其他介质。

[0253] 最后应说明的是：本发明实施例公开的一种颅内动脉瘤破裂风险的评估方法及系统所揭露的仅为本发明较佳实施例而已，仅用于说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各项实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或替换，并不使相应的技术方案的本质脱离本发明各项实施例技术方案的精神和范围。

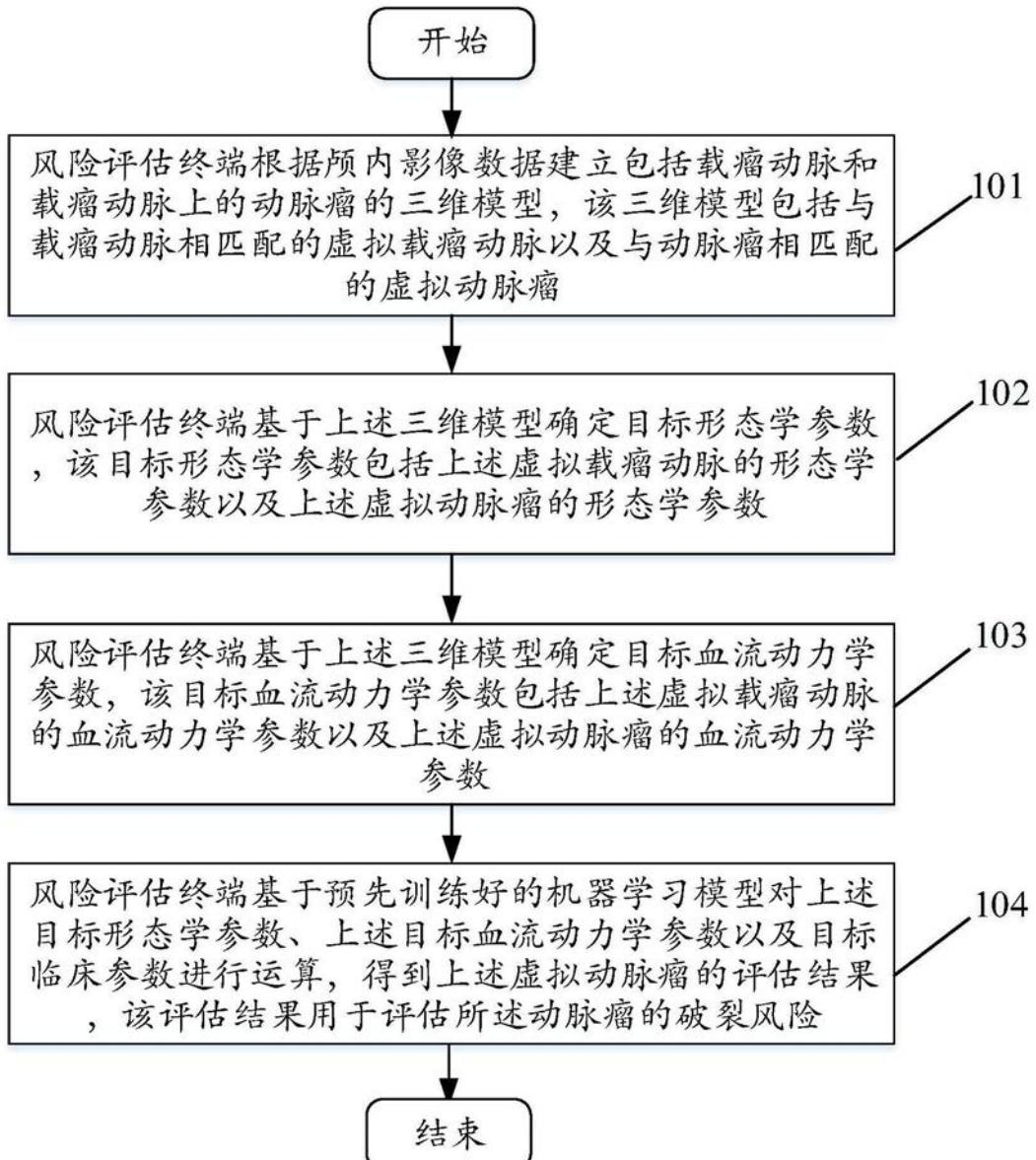


图1

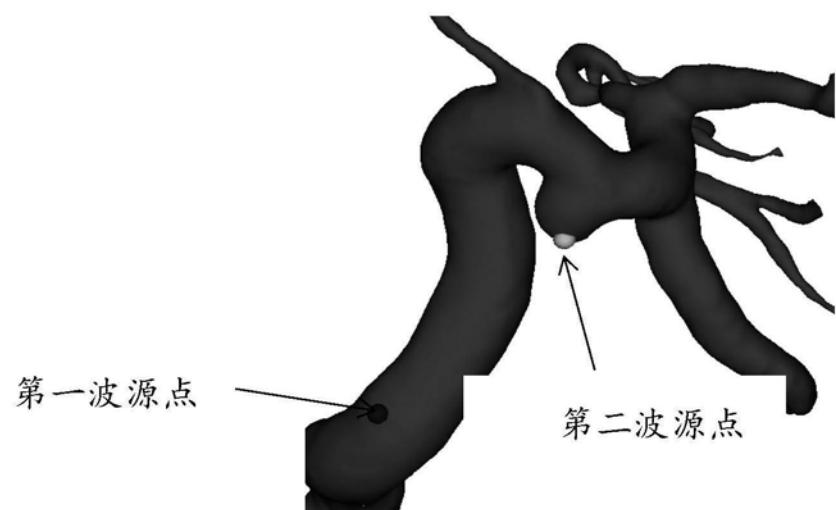


图2



图3

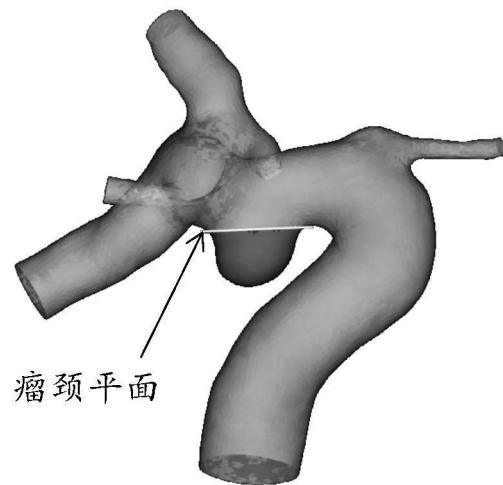


图4

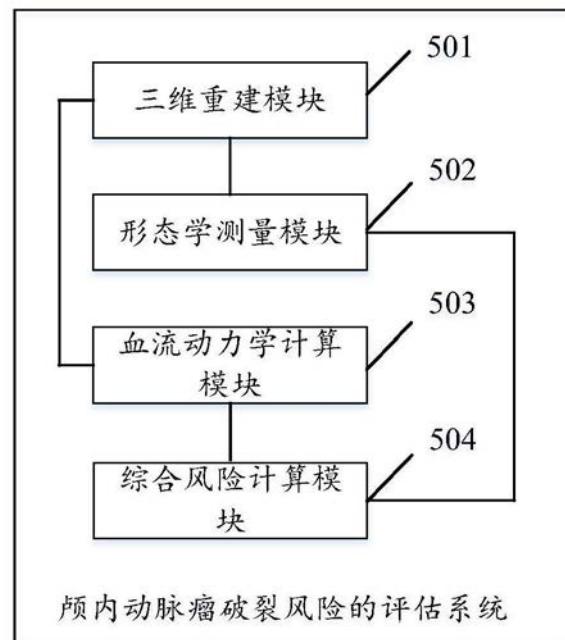


图5

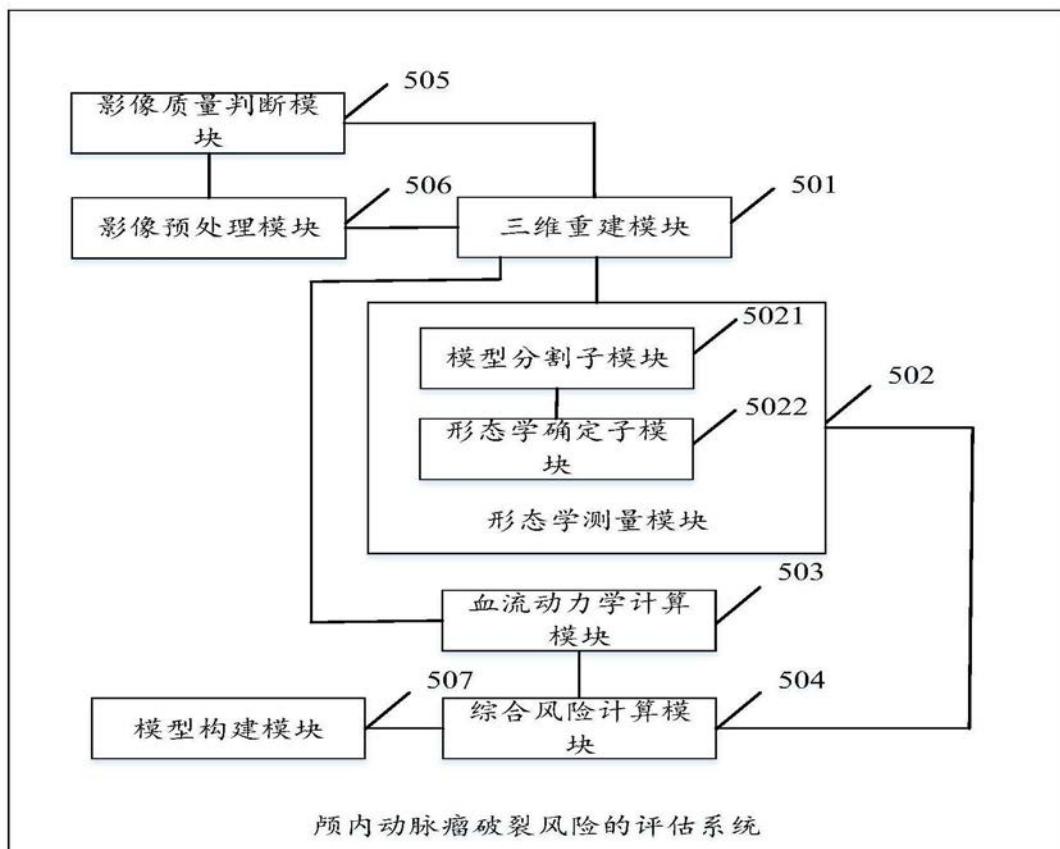


图6

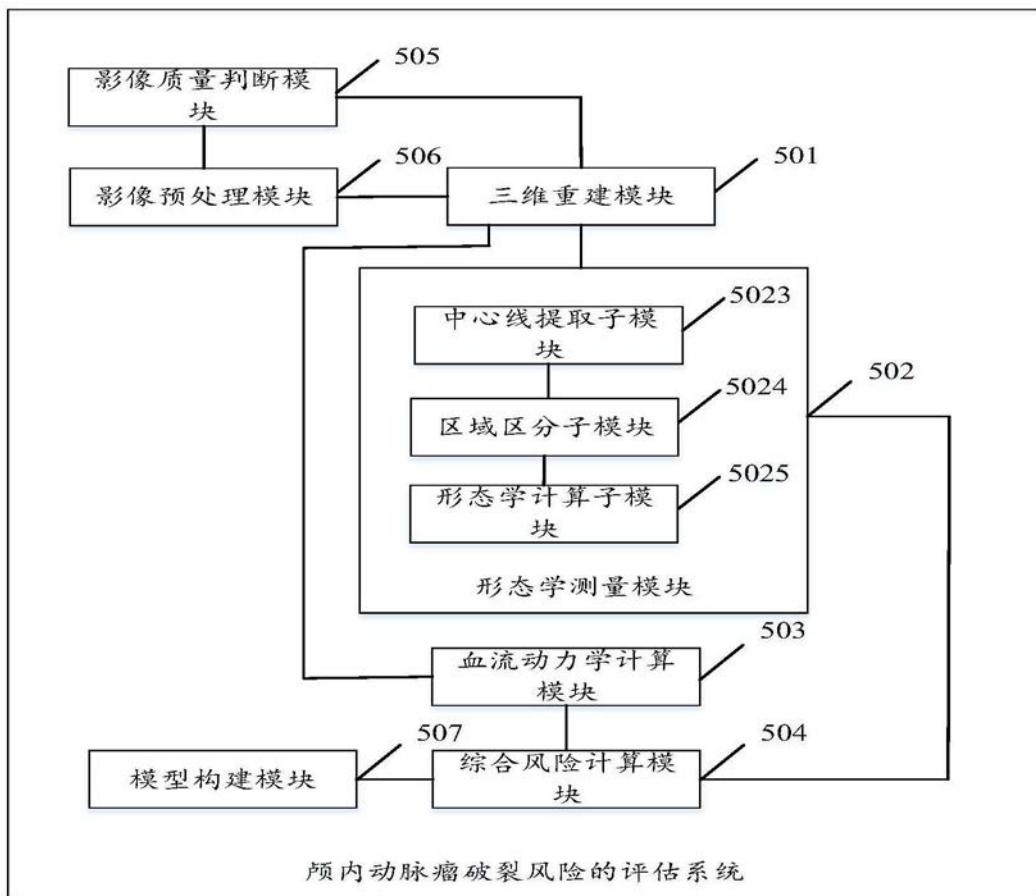


图7

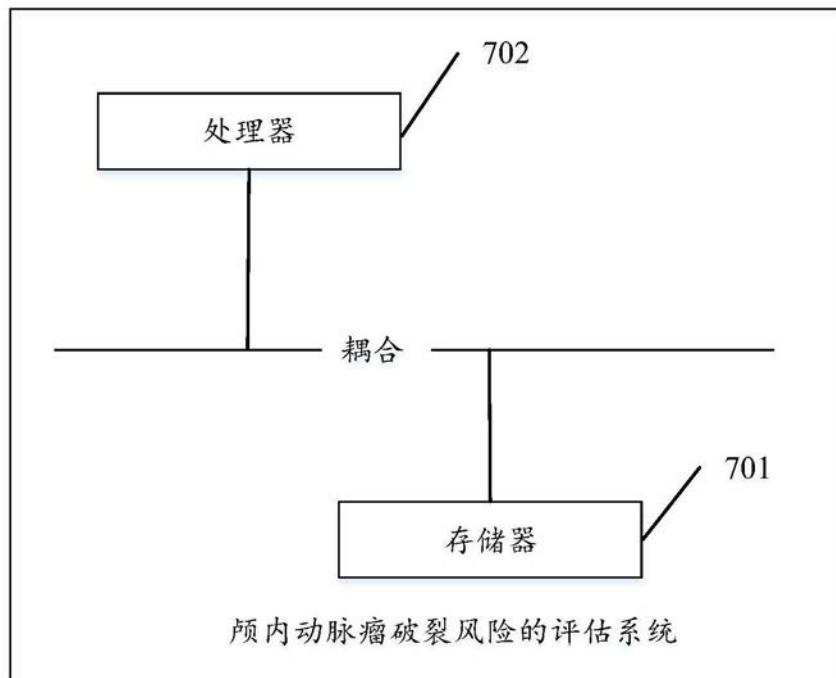


图8

专利名称(译)	一种颅内动脉瘤破裂风险的评估方法及系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN109907732A</a>	公开(公告)日	2019-06-21
申请号	CN201910280012.7	申请日	2019-04-09
[标]发明人	钱逸		
发明人	区初斌 钱逸 李洲健		
IPC分类号	A61B5/00 A61B5/02 G06T7/00 G06T17/00 G16H15/00 G16H50/30		
代理人(译)	付静		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">Sipo</a>		

## 摘要(译)

本发明公开了一种颅内动脉瘤破裂风险的评估方法及系统，该方法应用于颅内动脉瘤破裂风险的评估系统中，该方法包括：根据颅内影像数据建立包括载瘤动脉和载瘤动脉上的动脉瘤的三维模型；基于三维模型确定虚拟载瘤动脉与虚拟动脉瘤的目标形态学参数；基于三维模型确定虚拟载瘤动脉与虚拟动脉瘤的目标血流动力学参数；基于预先训练好的机器学习模型对目标形态学参数、目标血流动力学参数以及目标临床参数进行运算，得到虚拟动脉瘤的评估结果，该评估结果用于评估动脉瘤的破裂风险。可见，实施本发明能够通过对患者颅内动脉瘤的形态学参数、血流动力学参数以及临床参数对颅内动脉瘤破裂风险进行全面自动分析，能够提高动脉瘤破裂风险评估的准确率。

