



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110074756 A

(43)申请公布日 2019.08.02

(21)申请号 201811609814.X

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2014.12.17

A61B 5/00(2006.01)

(30)优先权数据

A61B 5/02(2006.01)

61/917639 2013.12.18 US

A61B 5/026(2006.01)

14/254481 2014.04.16 US

A61B 5/055(2006.01)

(62)分案原申请数据

A61B 6/00(2006.01)

201480069668.X 2014.12.17

A61B 6/03(2006.01)

(71)申请人 哈特弗罗公司

A61B 8/12(2006.01)

地址 美国加利福尼亚州

A61B 34/10(2016.01)

(72)发明人 崔吉浩 莱昂.格雷迪

G06T 7/00(2017.01)

米希尔.沙普 查尔斯.A.泰勒

G16H 50/30(2018.01)

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

G16H 50/50(2018.01)

代理人 王洪斌 申屠伟进

权利要求书3页 说明书14页 附图7页

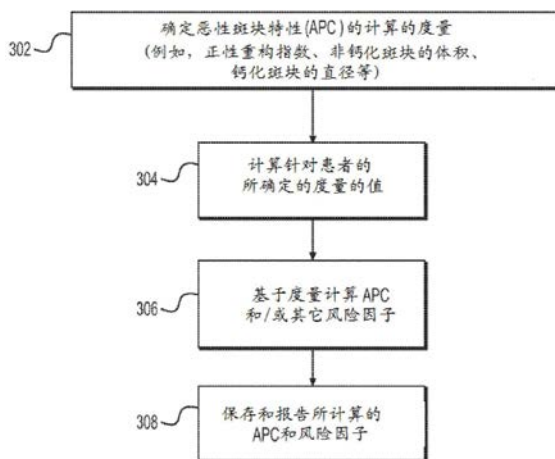
(54)发明名称

用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的系统和方法

(57)摘要

本发明涉及用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的系统和方法,本发明公开用于使用计算机系统预测冠状动脉斑块易损性的系统和方法。一种方法包括:获取患者的血管系统的至少一部分的解剖图像数据;使用处理器对所述解剖图像数据执行一个或多个图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析,和结构力学分析;使用所述处理器预测所述患者的血管系统中存在的冠状动脉斑块易损性,其中预测所述冠状动脉斑块易损性包括基于对所述解剖图像数据进行的图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析中的一个或多个的结果计算恶性斑块特性;以及使用所述处理器报告所述所计算的恶性斑块特性。

300



1. 一种计算机实现的从患者特异性解剖图像数据报告冠状动脉斑块易损性的方法,该方法包括:

获取至少部分患者血管系统的解剖图像数据;

使用处理器执行从解剖图像数据得出的患者血管系统的特征上的力分析;

根据从解剖图像数据得出的患者血管系统的特征上的力分析来计算恶性斑块特性;

基于根据从患者血管系统的特征上的力分析计算出的恶性斑块特性,为所述患者血管系统的一个或多个位置中的每一个确定特征向量,所述特征向量包括以下中的至少一个的数值描述:几何形状,生物物理血流动力学以及该位置处的壁或斑块生物力学特性;和

使用处理器基于一个或多个确定的特征向量预测患者血管系统中存在的斑块易损性。

2. 如权利要求1所述的方法,其中:

计算恶性斑块特性包括确定与恶性斑块特性相关联的一个或多个度量; 和

使用处理器执行与恶性斑块特性相关联的一个或多个度量的计算。

3. 如权利要求2所述的方法,还包括:

确定与所述一个或多个度量相关联的一个或多个阈值,其中所计算的恶性斑块特性的报告基于相对于与所述一个或多个度量相关联的计算的所述一个或多个阈值。

4. 如权利要求2所述的方法,其中所述一个或多个度量包括以下中的一个或多个:正性重构的存在,低衰减斑块的存在,以及点状斑块内钙化的存在。

5. 如权利要求4所述的方法,还包括:

基于解剖图像数据识别患病区段,其中患病区段包括至少一定程度的狭窄,斑块的存在或其组合;

确定与病变区段相关联的横截面积; 和

使用处理器基于横截面积执行用于确定正重构指数的计算。

6. 如权利要求4所述的方法,还包括:

基于解剖图像数据识别患病区段,其中患病区段与非钙化斑块相关联;

确定与非钙化斑块相关联的强度; 和

使用处理器执行用以确定与非钙化斑块相关联的体积的计算。

7. 如权利要求4所述的方法,还包括:

基于解剖图像数据识别患病区段,其中患病区段与钙化斑块相关联; 和

使用处理器执行用以确定与钙化斑块相关联的一个或多个直径的计算。

8. 如权利要求1所述的方法,还包括:

确定一个或多个心脏风险因子; 和

将一个或多个心脏风险因子,计算的恶性斑块特性或其组合与解剖图像数据存储在一起,其中一个或多个心脏风险因子,计算的恶性斑块特性或组合是可检索的。

9. 一种用于从患者特异性解剖图像数据报告冠状动脉斑块易损性的系统,该系统包括:

数据存储装置,存储用于根据患者特异性解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的指令;和

处理器,被配置为执行指令以执行包括以下的方法:

获取至少部分患者血管系统的解剖图像数据;

使用处理器执行从解剖图像数据得出的患者血管系统的特征上的力分析;

根据从解剖图像数据得出的患者血管系统的特征上的力分析来计算恶性斑块特性;

基于根据从患者血管系统的特征上的力分析计算出的恶性斑块特性,为所述患者血管系统的一个或多个位置中的每一个确定特征向量,所述特征向量包括以下中的至少一个的数值描述:几何形状,生物物理血流动力学以及该位置处的壁或斑块生物力学特性;和

使用处理器基于一个或多个确定的特征向量预测患者血管系统中存在的斑块易损性。

10. 如权利要求9所述的系统,其中,所述系统还被配置用于:

通过确定与恶性斑块特性相关联的一个或多个度量来计算恶性斑块特性; 和

使用处理器执行对与恶性斑块特性相关联的一个或多个度量的计算。

11. 如权利要求10所述的系统,其中,所述系统还被配置用于:

确定与所述一个或多个度量相关联的一个或多个阈值,其中所计算的恶性斑块特性的报告基于相对于与所述一个或多个度量相关联的计算的所述一个或多个阈值。

12. 如权利要求10所述的系统,其中所述一个或多个度量包括正性重构的存在,低衰减斑块的存在和点状斑块内钙化的存在中的一个或多个。

13. 如权利要求12所述的系统,其中,所述系统还被配置用于:

基于解剖图像数据识别患病区段,其中患病区段包括至少一定程度的狭窄,斑块的存在或其组合;

确定与病变区段相关联的横截面积; 和

使用处理器基于横截面积执行用以确定正重构指数的计算。

14. 如权利要求12所述的系统,其中,所述系统还被配置用于:

基于解剖图像数据识别患病区段,其中患病区段与非钙化斑块相关联;

确定与非钙化斑块相关联的强度; 和

使用处理器执行用以确定与非钙化斑块相关联的体积的计算。

15. 如权利要求12所述的系统,其中,所述系统还被配置用于:

基于解剖图像数据识别患病区段,其中患病区段与钙化斑块相关联; 和

使用处理器执行用以确定与钙化斑块相关联的一个或多个直径的计算。

16. 如权利要求9所述的系统,其中,所述系统还被配置用于:

确定一个或多个心脏风险因子; 和

将一个或多个心脏风险因子,计算的恶性斑块特性或其组合与解剖图像数据存储在一起,其中一个或多个心脏风险因子,计算的恶性斑块特性或组合是可检索的。

17. 一种供在计算机系统上使用的非暂时性计算机可读介质,所述非暂时性计算机可读介质包含用于执行从患者特异性解剖图像数据报告冠状动脉斑块易损性的方法的计算机可执行编程指令,所述方法包括:

获取至少部分患者血管系统的解剖图像数据;

使用处理器执行从解剖图像数据得出的患者血管系统的特征上的力分析;

根据从解剖图像数据得出的患者血管系统的特征上的力分析来计算恶性斑块特性;

基于根据从患者血管系统的特征上的力分析计算出的恶性斑块特性,为所述患者血管系统的一个或多个位置中的每一个确定特征向量,所述特征向量包括以下中的至少一个的数值描述:几何形状,生物物理血流动力学以及该位置处的壁或斑块生物力学特性; 和

使用处理器基于一个或多个确定的特征向量预测患者血管系统中存在的斑块易损性。

18. 如权利要求17所述的非暂时性计算机可读介质,所述方法还包括:

通过确定与恶性斑块特性相关联的一个或多个度量来计算恶性斑块特性;和

使用处理器执行对与恶性斑块特性相关联的一个或多个度量的计算。

19. 根据权利要求18所述的非暂时性计算机可读介质,其中所述一个或多个度量包括以下中的一个或多个:正性重构的存在,低衰减斑块的存在,以及点状斑块内钙化的存在。

20. 如权利要求17所述的非暂时性计算机可读介质,所述方法还包括:

确定一个或多个心脏风险因子;和

将一个或多个心脏风险因子,计算的恶性斑块特性或其组合与解剖图像数据存储在一起,其中一个或多个心脏风险因子,计算的恶性斑块特性或组合是可检索的。

用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的系统和方法

[0001] 本申请是分案申请,其母案申请的国际申请号是:PCT/US2014/070760,国家申请号是:201480069668.X,国际申请日是:2014.12.17,发明名称是:“用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的系统和方法”。

[0002] 相关申请的交叉引用

本申请要求2014年4月16日提交的美国专利申请No. 14/254,481的优先权权益,所述美国专利申请要求2013年12月18日提交的美国临时申请No. 61/917,639的优先权,所述美国专利申请和美国临时申请中的每一者的全文以引用的方式并入本文中。

技术领域

[0003] 本公开的各种实施方案一般来说涉及医学成像和相关方法。更具体地说,本公开的特定实施方案涉及用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的系统和方法。

背景技术

[0004] 冠心病可以在向心脏提供血液的血管中产生冠状动脉病变,诸如狭窄症(血管异常变窄)。因此,流向心脏的血流可能受限制。患有冠心病的患者可能会经历胸痛,称作为在体力活动期间发生的慢性稳定型心绞痛或在患者休息时发生的不稳定型心绞痛。疾病的更严重表现可能会导致心肌梗塞或心脏病。

[0005] 患有胸痛和/或表现出冠心病症状的患者可以进行一项或多项无创测试,无创测试可以提供与冠状动脉病变相关的一些间接证据。例如,无创测试可以包括心电图、从血液测试进行的生物标志物评估、平板运动试验、超声波心动描记术、单光子发射计算机断层扫描(SPECT)和正电子发射断层扫描(PET)。可以使用冠状动脉计算机断层扫描血管造影术(CCTA)以无创地获得解剖数据。CCTA可以用于对胸痛患者成像,并且涉及在静脉输注造影剂后,使用计算机断层扫描(CT)技术以对心脏和冠状动脉成像。

[0006] 同时,已使用有创和无创技术(诸如血管内超声(IVUS)、光学相干断层扫描(OCT),和冠状动脉计算机断层扫描数据(CCTA))积极地研究易损斑块特征,诸如恶性斑块特性(APC)以用于主要不良心脏事件(MACE)的预后。

[0007] 然而,需要用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的系统和方法。

发明内容

[0008] 根据本公开的某些方面,公开用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的系统和方法。一种方法包括:获取患者的血管系统的至少一部分的解剖图像数据;使用处理器对所述解剖图像数据执行一个或多个图像特性分析、几何分析、计算流体力学分析,和结构力学分析;使用所述处理器预测所述患者的血管系统中存在的冠状动脉

斑块易损性,其中预测所述冠状动脉斑块易损性包括基于对所述解剖图像数据进行的所述一个或多个图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析的结果计算恶性斑块特性;以及使用所述处理器报告所述所计算的恶性斑块特性。

[0009] 根据另一实施方案,一种用于根据患者特定的解剖图像数据报告冠状动脉斑块易损性的系统包括:数据存储装置,其存储用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的指令;以及处理器,其被配置用于:获取患者的血管系统的至少一部分的解剖图像数据;使用处理器对所述解剖图像数据执行一个或多个图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析,和结构力学分析;使用所述处理器预测所述患者的血管系统中存在的冠状动脉斑块易损性,其中预测所述冠状动脉斑块易损性包括基于对所述解剖图像数据进行的所述一个或多个图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析的结果计算恶性斑块特性;以及使用所述处理器报告所述所计算的恶性斑块特性。

[0010] 根据又一实施方案,提供一种用于在计算机系统上使用的非暂时性计算机可读媒体,所述计算机可读媒体含有用于执行根据患者特定的解剖图像数据报告冠状动脉斑块易损性的方法的计算机可执行编程指令。所述方法包括:获取患者的血管系统的至少一部分的解剖图像数据;使用处理器对所述解剖图像数据执行一个或多个图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析,和结构力学分析;使用所述处理器预测所述患者的血管系统中存在的冠状动脉斑块易损性,其中预测所述冠状动脉斑块易损性包括基于对所述解剖图像数据进行的所述一个或多个图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析的结果计算恶性斑块特性;以及使用所述处理器报告所述所计算的恶性斑块特性。

[0011] 另一种方法包括:获取患者的血管系统的至少一部分的解剖图像数据;使用处理器对所述解剖图像数据执行一个或多个图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析,和结构力学分析;以及使用所述处理器基于对所述解剖图像数据进行的所述一个或多个图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析的结果根据所述患者的血管系统中存在的冠状动脉斑块易损性预测不良心脏事件的概率。

[0012] 根据另一实施方案,一种用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的系统包括:数据存储装置,其存储用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的指令;以及处理器,其被配置以:执行所述指令以执行一种方法,所述方法包括:获取患者的血管系统的至少一部分的解剖图像数据;使用处理器对所述解剖图像数据执行一个或多个图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析,和结构力学分析;以及使用所述处理器基于对所述解剖图像数据进行的所述一个或多个图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析的结果预测所述患者的血管系统中存在的不良心脏事件冠状动脉斑块易损性的概率。

[0013] 根据又一实施方案,提供一种用于在计算机系统上使用的非暂时性计算机可读媒体,所述计算机可读媒体含有用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的计算机可执行编程指令。方法包括:获取患者的血管系统的至少一部分的解剖图像数据;使用处理器对所述解剖图像数据执行一个或多个图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析,和结构力学分析;以及使用所述处理器基于对所述解剖图像数据进行的所述一个或多个图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析的结果预测所述患者的血管系统中存在的不良心脏事件冠状动脉斑块易损性的概率。

[0014] 又一种方法包括：获取患者的血管系统的至少一部分的解剖图像数据；使用处理器对所述解剖图像数据执行图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析，和结构力学分析中的一者或多者；使用所述处理器基于对所述解剖图像数据进行的所述图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析中的一者或多者的结果预测所述患者的血管系统中存在的冠状动脉斑块易损性；基于所提议的治疗修改对所述解剖图像数据进行的所述图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析中的一者或多者；以及基于对解剖图像进行的所述图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析中的所述所修改的一者或多者确定所述治疗对所述冠状动脉斑块易损性的所述预测的影响。

[0015] 根据另一实施方案，一种确定治疗对冠状动脉斑块易损性的影响的系统包括：数据存储装置，其存储用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的指令；以及处理器，其被配置用于执行所述指令以执行一种方法，所述方法包括：获取患者的血管系统的至少一部分的解剖图像数据；使用处理器对所述解剖图像数据执行图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析，和结构力学分析中的一者或多者；使用所述处理器基于对所述解剖图像数据进行的所述图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析中的一者或多者的结果预测所述患者的血管系统中存在的冠状动脉斑块易损性；基于所提议的治疗修改对所述解剖图像数据进行的所述图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析中的一者或多者；以及基于对解剖图像进行的所述图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析中的所述所修改的一者或多者确定所述治疗对所述冠状动脉斑块易损性的所述预测的影响。

[0016] 根据又一实施方案，提供一种用于在计算机系统上使用的非暂时性计算机可读媒体，所述计算机可读媒体含有用于执行一种确定治疗对冠状动脉斑块易损性的影响的方法的计算机可执行编程指令。所述方法包括：获取患者的血管系统的至少一部分的解剖图像数据；使用处理器对所述解剖图像数据执行图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析，和结构力学分析中的一者或多者；使用所述处理器基于对所述解剖图像数据进行的所述图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析中的一者或多者的结果预测所述患者的血管系统中存在的冠状动脉斑块易损性；基于所提议的治疗修改对所述解剖图像数据进行的所述图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析中的一者或多者；以及基于对解剖图像进行的所述图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析中的所述所修改的一者或多者确定所述治疗对所述冠状动脉斑块易损性的所述预测的影响。

[0017] 所公开实施方案的额外的目的和优点将部分地在下面的说明中阐明，且部分地将根据该说明中显而易见，或者可以通过实践所公开实施方案来获得。将通过在随附权利要求中特别指出的要素和组合实现和获得公开的实施方案的目的和优点。

[0018] 应理解，以上一般描述和以下详细描述仅仅是示例性和解释性的，且并不限制所要求保护的所公开实施方案。

附图说明

[0019] 并入本说明书中并构成本说明书的一部分的附图图示了各种示例性实施方案，并

与描述一起用于解释所公开实施方案的原理。

[0020] 图1是根据本公开的示例性实施方案的用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的示例性系统和网络的框图。

[0021] 图2是根据本公开的示例性实施方案的用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的示例性方法的框图。

[0022] 图3是根据本公开的示例性实施方案的用于根据患者特定的解剖图像数据报告恶性斑块特性的示例性方法的框图。

[0023] 图4A是根据本公开的示例性实施方案的用于根据患者特定的解剖图像数据预测心脏风险或风险相关特征的示例性方法的框图。

[0024] 图4B是根据本公开的示例性实施方案的用于创建预测系统并培训预测系统根据患者特定的解剖图像数据预测心脏风险或风险相关特征的示例性方法的框图。

[0025] 图5A是根据本公开的示例性实施方案的用于根据患者特定的解剖图像数据预测响应于医疗协议的心脏风险或风险相关特征改变的示例性方法的框图。

[0026] 图5B是根据本公开的示例性实施方案的用于创建预测系统并培训预测系统使用患者特定的解剖图像数据预测响应于医疗协议和/或生活方式改变的心脏风险或风险相关特征改变的示例性方法的框图。

具体实施方式

[0027] 现在将详细参考本发明的示例性实施方案,在附图中图示这些实施方案的实例。只要可能,将在所有附图中使用相同的参考数字指代相同或类似的部件。

[0028] 如上文所描述,已开发新一代无创测试以评定血流特性。这些无创测试使用患者成像(诸如CT)以确定血管的患者特定几何模型,所述模型可以用以使用计算流体动力学(CFD)连同合适的生理边界条件和参数以用计算方式模拟血流。这些患者特定的边界条件的输入的实例包括患者的血压、血液粘度以及受供应组织对血液的预期需求(从比例定律和根据患者成像对受供应组织的质量估计得出)。

[0029] 本公开涉及一种用于基于患者特定的几何结构和血流特性而提供对不良心脏事件的预后以及指导医学疗法的新方法。尽管关于冠心病描述了本公开,但同一系统适用于产生对除了冠状动脉之外的其它血管系统(诸如颈动脉)中的破裂风险的患者特定预测。

[0030] 更具体地说,本公开涉及使用患者的心脏成像来得到冠状动脉血管的患者特定几何模型。接着可以关于患者生理信息和所估计边界条件对模型执行冠状动脉血流模拟以提取血流动力学特性。血流动力学特性可以用以预测心脏事件,包括斑块破裂和/或心肌梗塞。本公开可以使用对血流的基于物理的模拟来预测这些心脏事件。另外,本公开包括使用机械学习或基于规则的方法来实现预测。此外,机器学习和基于规则的方法可以并入有各种风险因子,包括患者人口统计、生物标志物和/或冠状动脉几何结构,以及患者特定的生物物理模拟(例如,血流动力学特性)的结果。如果可获得额外诊断测试结果,那么那些结果可以用以培训机器学习算法(例如)进行预测。可以基于所描述的处理进行若干预测。具体地说,本公开提供用于预测和/或报告以下各项的系统和方法:(i) 恶性斑块特性;(ii) 心脏风险(或与心脏风险相关的特征);以及(iii) 响应于指导医学疗法方案的各种医疗协议的风险因子改变。

[0031] 现在参看附图,图1示出用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的示例性系统和网络的框图。具体地说,图1示出多个医师102和第三方提供者104,他们中的任一者均可通过一个或多个计算机、服务器和/或手持式移动装置连接至电子网络100,诸如因特网。医师102和/或第三方提供者104可以创建或以其它方式获得一个或多个患者的心脏和/或血管系统的图像。医师102和/或第三方提供者104还可以获得患者特定信息,诸如年龄、病史、血压、血液粘度等的任意组合。医师102和/或第三方提供者104可以经由电子网络100将心脏/血管图像和/或患者特定信息传输至服务器系统106。服务器系统106可以包括用于存储从医师102和/或第三方提供者104接收到的图像和数据的存储装置。服务器系统106还可以包括用于处理存储在存储装置中的图像和数据的处理装置。

[0032] 图2是根据本公开的示例性实施方案的用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的示例性方法200的框图。方法200可以由服务器系统106基于经由电子网络100从医师102和/或第三方提供者104接收到的信息、图像和数据来执行。图2的方法可以包括获取冠状动脉几何结构的模型,以及使用所述模型执行分析以便预测斑块易损性并基于那些预测得出结论。如图2所示,方法200一般可以包括:获得患者特定信息(例如,CT扫描图像、表型信息等)(步骤202);建构患者特定几何模型(步骤204);对模型的几何特征和图像特征执行流动动力学和结构力学模拟,并提取血流动力学和力学特性(步骤206)。基于所提取的特性和特征,服务器系统106接着可以执行步骤208以预测和/或报告恶性斑块特性(APC)(步骤210)。图3中提供步骤210的一个实施方案的进一步细节,其中确定用于计算APC的度量,以及找出特定患者的度量值,以便确定与患者相关联的APC。

[0033] 在另一实施方案中,执行步骤208可以使服务器系统106进一步预测和/或报告心脏风险或心脏风险相关的特征(例如,预测斑块破裂或心肌梗塞的发生)(步骤212)。举例来说,图4A和图4B更详细地描述步骤212的一个实施方案,其中为患者特定几何模型中的点创建特征向量,并通过分析特征权重来估计斑块破裂或MI事件的概率。在又一实施方案中,服务器系统106可以响应于风险而预测和/或报告最佳治疗协议(步骤214)。举例来说,图5A和图5B通过描述如何找出各种医疗协议和/或生活方式改变对风险因子预测的影响来提供关于步骤214的一个实施方案的更多细节。

[0034] 因此,在一个实施方案中,方法200可以采用冠状动脉几何结构的患者特定模型来预测和报告APC、心脏风险和/或治疗中的一者或多者。方法200可以包括获得包括数字表示(例如,诸如计算机、膝上型计算机、DSP、服务器等计算装置的存储器或数字存储装置(包括硬盘驱动器和/或网络驱动器))的患者特定几何模型(步骤202)。可以将冠状动脉几何结构表示为空间中的点的列表,其可能具有每一点的相邻点的列表,其中可以将空间映射至点之间的空间单元(例如,毫米)。

[0035] 在一个实施方案中,步骤202可以包括诸如通过建构冠状动脉几何结构的患者特定模型,例如,通过对患者的冠状动脉血管(包括一个或多个管腔、斑块和/或管腔壁)建模(步骤204)来获得模型。在给定冠状动脉血管的3-D图像的情况下,存在许多用于提取与特定患者有关的心血管几何结构的模型的方法。可以基于图像(诸如与患者相关联的CT扫描)来建构或呈现患者特定模型。在一个实施方案中,可以通过在心动周期的舒张期结束时例如使用黑血磁共振成像执行心脏CT而得到所述模型。可以手动地或自动地分割图像以识别属于所关注区域的体素。可以自动提取几何结构中的不准确并任选地通过人类观察员校正

所述不准确。举例来说,人类观察员可以将所提取的几何结构与CT图像进行比较并在需要时进行校正。一旦识别了体素,就可以得到(例如,使用移动立方体法)几何模型。步骤204可以包括建构患者特定模型必要的所有组件。

[0036] 一旦模型可用,步骤206就可以包括对模型执行各种基于物理的模拟以得到与冠状动脉斑块易损性相关的结论。此类结论可以包括例如对心脏风险的预测和报告以及提议的治疗。在一个实施方案中,方法200可以采用机器学习或基于规则的方法,机器学习或基于规则的方法并入有各种风险因子,包括患者人口统计、生物标志物、冠状动脉几何结构,以及患者特定的生物物理模拟(例如,血流动力学特性)的结果。额外的诊断测试结果也可以用以培训机器学习算法以更好地进行预测。步骤208接着可以使用来自步骤206的结果以预测和/或报告以下各项:(1)恶性斑块特性(APC)(步骤210),(2)心脏风险或心脏风险相关的特征(例如,预测斑块破裂或心肌梗塞的发生)(步骤212),和/或(3)响应于风险的最佳治疗协议(步骤214)。

[0037] 图3是用于根据患者特定模型报告恶性斑块特性(APC)的示例性方法300的框图。图3的方法可以由服务器系统106基于经由电子网络100从医师102和/或第三方提供者104接收到的信息、图像和/或数据来执行。在一个实施方案中,可以使用患者的冠状动脉血管的患者特定模型来执行方法300。举例来说,患者特定模型可以包括至少患者的冠状动脉树,包括管腔、斑块和/或管腔壁(即,冠状动脉的外弹性膜(EEM))的几何结构。可以手动地或自动地分割模型以识别属于管腔和管腔壁的体素。壁分割可以包括钙化斑块和非钙化斑块。在分析模型以报告恶性斑块特性时,方法300可以包括确定或定义用于计算APC的度量(步骤302)。示例性度量包括:正性重构、低衰减斑块、点状斑块内钙化等的存在。步骤302可以进一步包括确定用于计算APC的额外度量或对用于计算APC的度量按优先顺序排列。可以例如在计算能力受限制的情况下或在时间约束可能不允许计算所有度量的情况下使用步骤302中的将度量按优先顺序排列。步骤302可以任选地涉及计算其它风险因子。

[0038] 基于步骤302中所确定的度量,方法300接下来可以包括计算度量的值(步骤304)。举例来说,步骤304可以包括执行计算以找出度量的控制值或阈值,以及患者特定值。对于所建构的患者的管腔和壁几何结构,方法300接着可以包括自动计算用于计算针对患者的所建构管腔和壁几何结构的APC的每一度量的值。

[0039] 对于示例性度量,即正性重构的存在、低衰减斑块的存在和/或点状钙化的存在,步骤304可以根据以下描述进行。举例来说,对于正性重构度量的存在,步骤304可以包括首先检测壁分割中的狭窄或斑块的存在。可以基于狭窄程度或斑块数量将段识别为患病的。接下来,步骤304可以包括例如通过评估病变处的EEM的横截面积(CSA)和参考CSA基于以下方程式来计算正性重构指数:

$$\text{正性重构指数} = \frac{\text{病变处的EEM的CSA}}{\text{参考处的EEM的CSA}}$$

[0040] 在一个实施方案中,用以指示正性重构的存在的正性重构指数的阈值是1.05。换句话说,如果所计算的患者正性重构指数>1.05,那么步骤304可以包括报告存在正性重构。步骤304接着可以包括报告实际上存在所检测的正性重构和/或正性重构指数。在计算APC时可以将正性重构指数这个度量考虑在内。APC的计算还可包括例如通过检测患病段处的壁分割中的非钙化斑块来确定低衰减斑块的存在。举例来说,如果存在强度是≤ 30亨氏单

位(HU)的非钙化斑块的区域,那么步骤304可以包括报告低衰减斑块的存在是真的和/或强度是 ≤ 30 HU的非钙化斑块的体积。

[0041] APC的计算可以进一步包括诸如通过检测患病段处的壁分割中的钙化斑块来确定点状斑块内钙化的存在(例如,使用图像特性分析以找出点状钙化)。基于Hessian的特征值分析可以用以检测斑点状钙化斑块。如果病变内结节状钙化斑块的直径是 ≤ 3 mm,那么方法300可以包括报告点状钙化的存在是真的和/或报告直径。

[0042] 基于所计算的度量,步骤306可以计算APC。每一度量可以单独构成APC,或者度量可以按指示集体APC的形式组合。步骤306可以任选地涉及计算其它风险因子。

[0043] 最后,方法300可以包括步骤308,即将关于图像的所计算的APC分数和/或其它风险因子的结果保存为数字表示(例如,诸如计算机、膝上型计算机、DSP、服务器等计算装置的存储器或数字存储装置(例如,硬盘驱动器、网络驱动器))并且使其对例如医师可用。在一个实施方案中,步骤308可以包括主动向医师报告APC和/或其它风险因子。在另一实施方案中,步骤308可以仅仅提示或用信号通知用户所计算的APC分数和风险因子可用于查看和/或验证。

[0044] 图4A是用于基于患者特定模型预测心脏风险或风险相关特征的示例性方法400的框图。图4A的方法可以由服务器系统106基于经由电子网络100从医师102和/或第三方提供者104接收到的信息、图像和数据来执行。可以对包括一个或多个建模的管腔、斑块、管腔壁、左心肌和右心肌等的患者特定模型执行方法400。举例来说,模型可以描述患者的升主动脉、冠状动脉树、心肌、瓣膜和腔室。接着,分割可以有助于识别属于冠状动脉的主动脉和管腔的体素。

[0045] 在一个实施方案中,方法400可以包括根据患者图像建构模型,之后评定模型以获得心脏风险。此外,方法400可以包括收集信息,所述信息包括患者人口统计(例如,年龄、性别、体重、血压等)和/或生物标志物(例如,血标志物、DNA测序等)。这个患者信息可以进一步通知患者特定模型的建构。

[0046] 一旦获得合适的患者特定模型,方法400就可以包括从模型提取各种特征(步骤402)。如图4A所示,步骤402可以包括提取几何特征、图像特征、血流动力学特征,和/或(血管壁和斑块的)生物力学特征。可以通过计算冠状动脉和斑块特性以及通过计算解剖特性来提取图像特征。所计算的冠状动脉和斑块特性可以包括:APC、斑块负荷(厚度、面积、体积等)、SYNTAX积分、餐巾环、坏死核心、管腔变窄、最小管腔直径(MLD)、最小管腔面积(MLA)、直径狭窄百分比,和/或面积狭窄百分比。所计算的解剖特性可以包括:心外膜脂肪体积和/或心肌形状。

[0047] 可以例如通过对各种生理状况(例如,休息、运动、充血等)执行计算流动动力学分析和/或计算与病变相关联的血流动力学特性(例如,最大/平均/周期壁剪应力、牵引力、湍动能等)来提取血流动力学特征。提取血管壁和斑块的生物力学特征可以包括基于几何和图像特征定义血管壁和斑块的生物力学性质(例如,使用线性或非线性弹性模型的血管壁密度和弹性性质;使用线性或非线性弹性模型的斑块密度和弹性性质;和/或最终斑块强度)。使用所提取的特征,方法400可以包括在稳定流和/或脉动流下对各种生理状况(例如,对休息、运动、充血等)执行计算固体动力学分析。方法400还可以包括计算病变处的组织应力和应变特性(例如,最大/平均/周期应力、最终应力、湍动能等)和/或基于平均和交变应

力产生古德曼图以识别斑块破裂风险。在进行这个操作时,步骤404可以包括为患者特定几何模型中的每个点创建特征向量,所述特征向量包括该点处的几何结构、生物物理血流动力学,和壁和斑块生物力学特性的数值描述,以及对患者的生理或表型参数的估计。替代地或另外,步骤404可以包括确定患者特定几何模型中的可以识别斑块易损性的每个位置,其中仅为此类位置创建特征向量。

[0048] 接着,步骤406可以包括产生对心脏风险的估计,包括对患者特定几何模型中的病变处的斑块破裂的概率和心肌梗塞事件的概率的估计。在一个实施方案中,使用图4B中进一步详细描述的机器学习技术产生估计。举例来说,预测系统可以采用机器学习技术以有助于产生一个或多个冠状动脉病变位置的易损性分数。所计算的易损性分数可以是机器学习技术在独立于培训模式的产生模式中的应用,在培训模式中机器学习技术处理众多患者特定模型以形成对目标患者进行预测的能力。

[0049] 最后,方法400可以包括步骤408,在步骤408处例如以心脏风险的形式向医师报告估计。所论述的包括斑块破裂风险、MI事件的可能性等的心脏风险仅仅是心脏风险的示例性实例。方法400可以应用于预测和报告心脏风险的任何测量结果。

[0050] 图4B是用于创建预测系统并培训预测系统预测心脏风险的示例性方法420的框图。在一个实施方案中,经由方法420培训的预测系统可以允许在方法400中估计心脏风险。图4B的方法可以由服务器系统106基于经由电子网络100从医师102和/或第三方提供者104接收到的信息、图像和数据来执行。

[0051] 如图4B所示,方法420可以包括基于患者的图像(例如,CTA)获得冠状动脉几何结构的患者特定模型。但更具体地说,方法420可以涉及收集一个或多个模型以便创建或确定模型以用于与分析的患者特定模型进行比较。在一个实施方案中,可以从与个体(即除与分析的患者特定模型相关联的患者之外的患者)相关联的模型得到所述模型。从一系列个体聚集模型可以提供与MI发生和/或斑块易损性相关联的指示符或图案。方法420可以描绘持续地更新并修改其对斑块易损性的指示的理解的机器学习算法的过程。换句话说,方法420可以是培训预测系统进行以下操作的过程:使用所收集的特征以便随时间过去识别急性心肌梗塞(MI)可能性的指示(如果足够大的MI患者数据用于培训的话)和/或从OCT、IVUS和近红外光谱测量的斑块易损性或易损性特征(如果将代理斑块易损性模型用于培训的话)。所培训的预测系统(例如,机器学习系统)接着可以用以通过采用方法400(例如,通过获得患者的图像(例如,CTA),提取图像/血流动力学/生物力学特征和计算风险因子,以及向用户(例如,医师)发送所预测的风险因子)来对患者进行测试以预测斑块破裂或心肌梗塞的风险。举例来说,如果预测系统被培训以预测一个或多个冠状动脉病变位置中的一个或多个位置的易损性,那么预测系统可以将预测系统内的模型与和目标患者相关联的患者特定模型进行比较。所述比较可以允许预测系统估计特定目标患者的易损性概率。

[0052] 在培训预测系统评定心脏风险的阶段中,如果存在足够大量的MI事件患者,那么培训可以从与病变相关联的MI事件的存在得到。如果MI事件的数目是有限的,那么可以使用代理斑块易损性模型来代替实际的MI事件。可以从由无创成像(诸如光学相干断层扫描(OCT)、近红外光谱(NIRS)和虚拟组织学血管内超声(VH-IVUS))表征的易损特征来利用代理斑块易损性模型。现在将参考预测系统的示例性培训模型(诸如方法420)来详细地描述方法400的实施方案。在一个实施方案中,方法420可以从确定各种患者特定几何模型中的

存在关于斑块易损性的信息的每个位置(步骤422)开始。

[0053] 示例性培训模式

对于一个或多个个体,获取以下项目在每个时间点的数字表示(例如,诸如计算机、膝上型计算机、DSP、服务器等计算装置的存储器或数字存储装置[例如,硬盘驱动器、网络驱动器]):

获取:患者的升主动脉、冠状动脉树、心肌、瓣膜和腔室的几何结构的患者特定模型。

[0054] 获取:至少包括对患者的生理或表型参数的估计的患者信息,包括:血压、血细胞比容水平、患者年龄、患者性别、心肌质量、冠心病的一般风险因子,和/或一个或多个生物标志物。可以通过分割图像中的心肌,计算图像中的体积,并使用所估计的密度1.05 g/mL估计心肌质量而得到心肌质量。

[0055] 冠心病的一般风险因子可以包括:吸烟、糖尿病、高血压、血脂水平(例如,低密度脂蛋白(LDL)胆固醇(LDL-C)水平)、饮食习惯、家族史、体力活动、性生活、体重(腹部肥胖)、胆固醇,和/或压力状态(例如,抑郁、焦虑或悲痛)。

[0056] 生物标志物可以包括:补体反应蛋白(CRP)、纤维蛋白原、WBC(白血球)计数、基质金属蛋白酶(例如,MMP-9、MMP-3多态性)、IL-6、IL-18和TCT- α (细胞因子)、循环可溶性CD40配体(sCD40L),和/或血管钙化标志物(例如,骨质疏松症)。

[0057] 获取:来自CT的图像特征,包括:斑块负荷(厚度、面积、体积)、SYNTAX积分、餐巾环,和/或坏死核心

获取:根据计算流体动力学分析得到的对生物物理血流动力学特性的一个或多个估计。已充分研究用以模拟血流的计算流体动力学。这个实施方案中的估计包括:

模拟条件(例如,休息、运动(通过改变心输出量程度实现的低级/中级/高级)、充血等)。

[0058] 血流动力学量:

- 最大循环壁剪应力和平均壁剪应力,定义为 $\left| \frac{1}{T_1 - T_0} \int_{T_0}^{T_1} \vec{t}_s dt \right|$,其中 \vec{t}_s 是壁剪应力

向量,其被定义为表面牵引力的平面内分量。

[0059] 湍动能(TKE)。这个量是对与湍流中的漩涡相关联的湍流强度的测量,且通过所测量的均方根速度波动表征。TKE可以由动能标准化。

[0060] 获取:根据计算固体动力学分析得到的对血管壁和斑块生物力学特性的一个或多个估计。这个实施方案中的估计可以包括:模拟条件(脉动流或稳定流)(休息、运动(通过改变心输出量程度实现的低级/中级/高级)、和/或充血;从文献数据和/或图像特性得到的血管壁和斑块的生物力学材料性质(例如,线性弹性、非线性弹性、粘弹性本构模型,密度,可压缩或不可压缩的材料行为,和/或最终材料强度;以及生物力学应力和应变(例如,最大或平均周期壁和斑块应力、最大或平均循环壁和斑块应变,和/或交变应力和应变)。

[0061] 获取:旨在预测易损性的罪犯病变处的斑块位置。可以通过使用CT和其它成像模式(包括血管内超声或光学相干断层扫描)来确定斑块位置。

[0062] 步骤422因此可以包括确定各种患者特定几何模型中的存在关于斑块易损性的信息的每个位置。因此,步骤424可以包括为含有患者的生理或表型参数的数值描述以及局部几何结构和生物物理血流动力学特性的描述的每个位置创建特征向量。具体地说,特征向

量可以含有：

收缩压和舒张压

心率

血液性质，包括：血浆、红血球（红细胞）、血细胞比容、白血球（白细胞）和血小板（凝血细胞）、粘度、屈服应力

患者年龄、性别、身高、体重

生活方式特性：当前药物/药品存在或不存在

CAD的一般风险因子，诸如：吸烟状态、糖尿病、高血压、血脂水平（例如，低密度脂蛋白（LDL）胆固醇（LDL-C）水平）、饮食习惯、家族史、体力活动、性生活、体重（腹部肥胖）、胆固醇，和/或压力状态（例如，抑郁、焦虑或悲痛）

生物标志物，诸如：补体反应蛋白（CRP）、纤维蛋白原、WBC（白血球）、基质金属蛋白酶（例如，MMP-9、MMP-3多态性）、IL-6、IL-18和TCT- α （细胞因子）、循环可溶性CD40配体（sCD40L）、血管钙化标志物（例如，骨质疏松症）。

[0063] 主动脉和瓣膜中的钙量

主动脉瘤的存在

瓣膜性心脏病的存在

外周性疾病的存在

心外膜脂肪体积

心脏功能（射血分数）

主动脉几何结构的特性，例如沿着升主动脉和降主动脉的横截面积曲线，和/或主动脉的表面积和体积

SYNTAX积分

冠状动脉病变特性，例如最小管腔面积、最小管腔直径、病变处的狭窄程度（直径/面积狭窄百分比），例如通过使用傅里叶平滑和核回归确定虚拟参考区域轮廓，和/或使用沿着血管中心线的虚拟参考区域轮廓计算病变狭窄百分比；狭窄病变位置，诸如通过计算从主小孔至病变开始处或中心的距离（中心线的参数弧长）；狭窄病变的长度，诸如通过计算距离横截面积已恢复的狭窄病变的近端和远端位置；和/或横截面管腔边界的不规则性（或圆度）。

[0064] 病变处的冠状动脉管腔强度特性，例如基于沿着中心线的强度改变（线性拟合的强度变化的斜率）

病变处的冠状动脉几何结构的表面特性，例如基于几何结构的3-D表面曲率（高斯值、最大值、最小值、平均值），例如基于病变处的冠状动脉中心线（拓扑）的特性：

- 冠状动脉中心线的曲率（弯曲度）

计算弗雷内曲率

$$= \kappa = \frac{|p' \times p''|}{|p'|^3}, \text{ 其中 } p \text{ 是通过至开始点的累积弧长参数化的中心线坐标}$$

计算沿着中心线点的外接圆的半径的倒数

- 冠状动脉中心线的弯曲度（非平面性）

计算弗雷内扭矩

$$\tau = \frac{(p' \times p'') \cdot p'''}{|p' \times p''|^2}, \text{其中 } p \text{ 是中心线的坐标}$$

冠状动脉变形的特性(可能涉及多相CCTA(例如,收缩和舒张)):冠状动脉在心动周期内的扩张性;心动周期内的分叉角改变;和/或心动周期内的曲率改变

现有斑块的特性:斑块沿着中心线的位置(与最近的上游分叉点的距离,和/或斑块位于分叉处的情况下冠状动脉分支的分叉角),恶性斑块特性(正性重构的存在、低衰减斑块的存在,和/或点状钙化的存在)、斑块负荷(厚度、面积和/或体积)、餐巾环的存在、斑块强度、斑块类型(钙化的、非钙化的)、从斑块位置到小孔的距离(LM或RCA),和/或从斑块位置到最近的下游/上游分叉的距离。

[0065] 从计算流动动力学或无创测量得到的冠状动脉血流动力学的特性:为了获得血液的瞬态特性,通过使用下游血管的集总参数冠状动脉血管模型、耦合了集总参数心脏模型和闭环模型的流入边界条件来执行脉动流模拟,以描述由在心动周期期间心脏与动脉系统之间的交互产生的心肌内压变化。

[0066] 所测量的FFR

压力梯度

FFRct

最大、周期和平均壁剪应力

湍动能

局部流速

从计算固体动力学得到的壁和斑块生物力学的特性:斑块的平均、最大和交变应力和应变,和/或最终应力和强度

一旦在步骤424中完成了特征向量创建,步骤426就可以包括使特征向量与同一位置的斑块易损性的可用模型相关联。此类模型可以包括代理易损特征模型。可以在通过无创成像(诸如OCT、NIRS或VH-IVUS)获取心脏图像之时获得以下代理易损特征:

薄帽纤维粥样斑块(TCFA) < 65微米

大的坏死核心

a. 斑块面积的25%

b. 圆周 > 120度

c. 长2-22 mm

斑点型钙化

巨噬细胞

作为步骤426的一部分,在特征向量与模型之间建立的关联可以允许辨识各种因子的趋势、相似性和/或分组,它们可以指示特定点的斑块易损性或MI事件的可能性或存在。在一个实施方案中,步骤426可以包括将关联量化为特征权重,使得可以将心脏风险中起作用的各种因子之间的关系作为预测传回。换句话说,预测系统可以指派或组合特征向量与权重。预测系统的培训方面的一部分可以包括持续地调整特征权重以实现较高的预测准确度。因此,步骤426可以包括培训机器学习算法(例如,线性SVM)学习关联和/或特征权重,以便预测模型上的各点处的斑块易损性或MI事件的存在。

[0067] 接着,对于步骤428,可以持续地将基于机器学习算法的预测系统的结果(例如,特

征权重)保存为数字表示(例如,诸如计算机、膝上型计算机、DSP、服务器等计算装置的存储器或数字存储装置(例如,硬盘驱动器、网络驱动器))。步骤428可以包括在收集更多患者特定模型和建构更多特征向量时持续地更新特征权重。因此,步骤428允许预测系统持续地从所获取的患者特定模型并入特征输入。

[0068] 预测系统的示例性应用

对于目标患者,示例性方法可以包括获取患者的升主动脉、冠状动脉树、心肌、瓣膜和腔室的几何结构的患者特定模型的数字表示(例如,存储器或数字存储装置(例如,硬盘驱动器、网络驱动器))。可以将这个几何结构表示为空间中的点的列表(可能具有每一点的相邻点的列表),其中可以将空间映射至点之间的空间单元(例如,毫米)。可以通过在心动周期的舒张期结束时对患者执行心脏CT成像来得到这个模型。接着,可以手动地或自动地分割这个图像以识别属于冠状动脉的主动脉和管腔的体素。一旦识别了体素,就可以得到(例如,使用移动立方体法)几何模型。产生几何结构的患者特定模型的过程可以与培训模式中的相同。可以在培训模式期间获得患者的生理和表型参数的列表。

[0069] 对于患者特定几何模型中的每个点,示例性方法可以包括为该点创建特征向量,所述特征向量包括该点处的几何结构和生物物理血流动力学和壁和斑块生物力学特性的数值描述,以及对患者的生理或表型参数的估计。这些特征可以与培训模式中使用的量相同。

[0070] 示例性方法可以包括使用在培训模式中产生的机器学习算法的所保存结果(例如,特征权重)来产生对患者特定几何模型中的病变处的斑块破裂或MI事件的概率的估计。可以使用与培训模式中所使用的相同的机器学习技术来产生这些估计。示例性方法可以包括将病变的斑块易损性(破裂)或MI事件的所预测的概率保存为数字表示(例如,诸如计算机、膝上型计算机、DSP、服务器等计算装置的存储器或数字存储装置(例如,硬盘驱动器、网络驱动器)),以及将患者特定风险因子传达给健康护理提供者。

[0071] 图5A是用于医疗方案 and 生活方式管理的示例性方法500的框图。图5A的方法可以由服务器系统106基于经由电子网络100从医师102和/或第三方提供者104接收到的信息、图像和数据来执行。在一个实施方案中,图5A可以是方法400和420形成的心脏风险的理解的延伸。举例来说,方法500可以确定各种医学疗法或治疗和/或生活方式改变对降低心脏风险的影响。更具体地说,方法500可以涉及确定医学疗法或生活方式改变对心脏风险预测中所使用的特征的影响。如图5A所示,方法500可以首先包括检索方法400中用以预测心脏风险预测的特征(步骤502)。在步骤504中,可以确定各种医学疗法、协议和/或生活方式改变。举例来说,医学疗法可以包括用于局部缺血管理的抗局部缺血药品、抗血小板剂,和/或用于事件预防的降脂剂等。抗局部缺血药品可以包括硝酸盐、 β -受体阻滞剂(例如,美托洛尔、毕索洛尔、阿替洛尔等)、伊伐布雷定等。示例性抗血小板剂可以包括低剂量的阿司匹林,而降脂剂可以包括他汀类药物。生活方式改变可以包括:停止吸烟、饮食控制、体力活动和/或性生活、体重管理、动脉高血压管理,和压力管理。

[0072] 步骤506可以包括确定给定医学疗法、协议或生活方式改变对所计算的斑块易损性预测中所使用的特征的影响。举例来说,改变生活方式和控制风险因子的影响可以如下:

停止吸烟:可以使收缩压下降 3.5 ± 1.1 mmHg且使舒张压下降 1.9 ± 0.7 mmHg,并使心率减少 7.3 ± 1.0 次/分[18]。

[0073] 饮食控制:N-3多不饱和脂肪酸(PUFA)消耗(例如,来自富含脂肪的鱼)可以减少甘油三酸酯;且下降的甘油三酸酯水平可以使血液粘度降低2%。

[0074] 体力活动:定期体力活动可以使血压下降3 mmHg;定期体力活动可以引起斑块消退。

[0075] 性生活:性生活与收缩BP中的运动负荷的75%相关联;定期的性生活可以使血压下降2 mmHg。

[0076] 体重管理:肥胖者体重减小可以使BP下降10%且使血液粘度降低2%。

[0077] 动脉高血压管理:收缩压下降10-12 mmHg且舒张压下降5-6 mmHg可以使冠心病减少16%。

[0078] 压力管理:减轻抑郁、焦虑和悲痛可以使症状减轻,从而导致HR和血压下降10%。

[0079] 用于局部缺血管理的抗局部缺血药品的影响可以包括:

硝酸盐:舌下含服硝酸甘油(GTN)胶囊使心外膜冠状动脉直径增大5%,且硝酸异山梨酯(ISDN)使心外膜冠状动脉直径增大13%。

[0080] β -受体阻滞剂(例如,美托洛尔、毕索洛尔、阿替洛尔):使心率下降10%;使血压下降10%。

[0081] 伊伐布雷定:使心率减少 8.1 ± 11.6 次/分

与用于事件预防的抗血小板剂相关联的影响可以是:低剂量阿司匹林;使血压下降20 mmHg

用于事件预防的降脂剂的影响可以包括:他汀类药物使低密度脂蛋白(LDL)胆固醇(LDL-C)水平下降且因此使血液粘度降低2%。

[0082] 步骤506可以包括确定对目标患者(基于相应患者特定模型)的特征(例如,来自特征向量或与特征向量相关)的影响。方法500因此可以确定给定医疗协议或生活方式改变对所计算的斑块易损性预测中所使用的特征的影响(步骤506)。方法500可以进一步包括基于一个或多个治疗协议对风险因子预测的影响而向医师提供最佳治疗协议(步骤508)。在一个实施方案中,步骤508可以任选地包括产生各种治疗协议的影响的呈现,使得医师可以将协议和基于协议的对特征的影响的预估进行比较。步骤508的进一步实施方案可以包括分析多个治疗协议和/或生活方式改变的组合影响,使得医师可以提供可以包括一种以上疗法形式的治疗方案。

[0083] 图5B是示例性方法520的框图,机器学习算法可以借助方法520确定各种医学治疗和/或生活方式改变对特征的影响。图5B的方法可以由服务器系统106基于经由电子网络100从医师102和/或第三方提供者104接收到的信息、图像和数据来执行。基本上,方法520更详细地描述方法500的步骤506的一个实施方案。在一个实施方案中,用于指导医学疗法的方法500可以使用在图4B的方法中创建的基于机器学习的心脏风险预测器,并通过经由医学疗法和生活方式改变评估患者特定的心脏成像模型而添加额外的一层基于机器的学习。因此,方法520可以有助于(例如)使用更新的特征和培训的机器学习算法来预测斑块破裂风险的概率。

[0084] 举例来说,方法520可以包括采用反映培训心脏风险预测系统的方法420中所使用的患者特定模型的几何结构的患者特定模型,包括患者的生理和表型参数的列表(例如,在心脏事件预测器的培训模式期间获得)。换句话说,方法520中所使用的患者特定模型可以

包括每个患者相应的升主动脉、冠状动脉树、心肌、瓣膜和腔室的几何结构。

[0085] 对于每个患者特定几何模型中的每个点,方法520可以包括每一点的特征向量,所述特征向量包括该点处的几何结构和生物物理血流动力学和生物力学特性的数值描述,以及对患者的生理或表型参数的估计。这些特征可以与心脏风险预测系统的培训模式中所使用的量相同。

[0086] 步骤522可以包括虚拟地调整特征集合以模拟医学疗法或生活方式改变对患者特定模型的应用。接着在步骤524中,方法520可以根据调整估计心脏风险的概率。在一个实施方案中,步骤524可以依赖于培训模式中所产生的机器学习算法的所保存结果(例如,特征权重)来产生概率的估计。可以使用与心脏事件预测器的培训模式中所使用的相同的机器学习算法来产生这些估计。举例来说,如果选择 β -受体阻滞剂(例如,美托洛尔、毕索洛尔、阿替洛尔)以进行医学疗法,那么算法可以更新以下特征:将血压降低10%且将心率降低10%和/或更新冠状动脉血流模拟的边界条件并提取新的血流动力学以及壁和斑块生物力学特征。

[0087] 基于所述估计,步骤526可以包括将对各种所应用的协议和改变的估计进行比较。在一个实施方案中,步骤526可以包括在给定特征和/或特征向量的各种组合的情况下特定地将第二机器学习算法应用于治疗的影响。举例来说,这个第二机器学习算法可以是用于心脏风险的第一机器学习算法的扩展。在另一实例中,第二机器学习算法可以是单独的独立实体。在这种情况下,上面建构了机器学习算法的模型可以是独立的和/或重叠的。

[0088] 步骤528可以包括基于步骤526中的比较确定最佳治疗和/或生活方式改变。最佳治疗可以仅仅基于最佳治疗和/或生活方式改变对特征的影响。在进一步实施方案中,最佳治疗可以将患者特定因子考虑在内。举例来说,步骤528可以包括确定患者的地理位置以及根据位置确定最佳治疗。举例来说,生活在海滩附近的患者的最佳生活方式改变可以涉及游泳,但这个建议对于内陆患者可能并非最佳的。最佳治疗可以进一步考虑其它患者治疗。举例来说,基于改变对患者因子的影响,跑步或步行可以是最适合于患者的生活方式改变。然而,对于最近膝盖受伤的患者来说采用此改变可能并不实际。步骤528因此可以相对于患者的特定状况创建最佳治疗。步骤528可以进一步包括将病变的斑块易损性(破裂)的所预测的概率保存至给定医学疗法下的数字表示(例如,诸如计算机、膝上型计算机、DSP、服务器等计算装置的存储器或数字存储装置(例如,硬盘驱动器、网络驱动器))。关于方法500的步骤508,步骤508可以包括向医生输出一个或多个治疗协议对风险因子预测的影响以及基于步骤528中确定的所预测的斑块易损性提议最佳治疗协议。

[0089] 通过考虑本文中公开的本发明的说明书和实践,本发明的其它实施方案对于本领域技术人员来说将为显而易见的。旨在将说明书和实例仅看作示例性的,而本发明的真实范围和精神由随附权利要求指定。

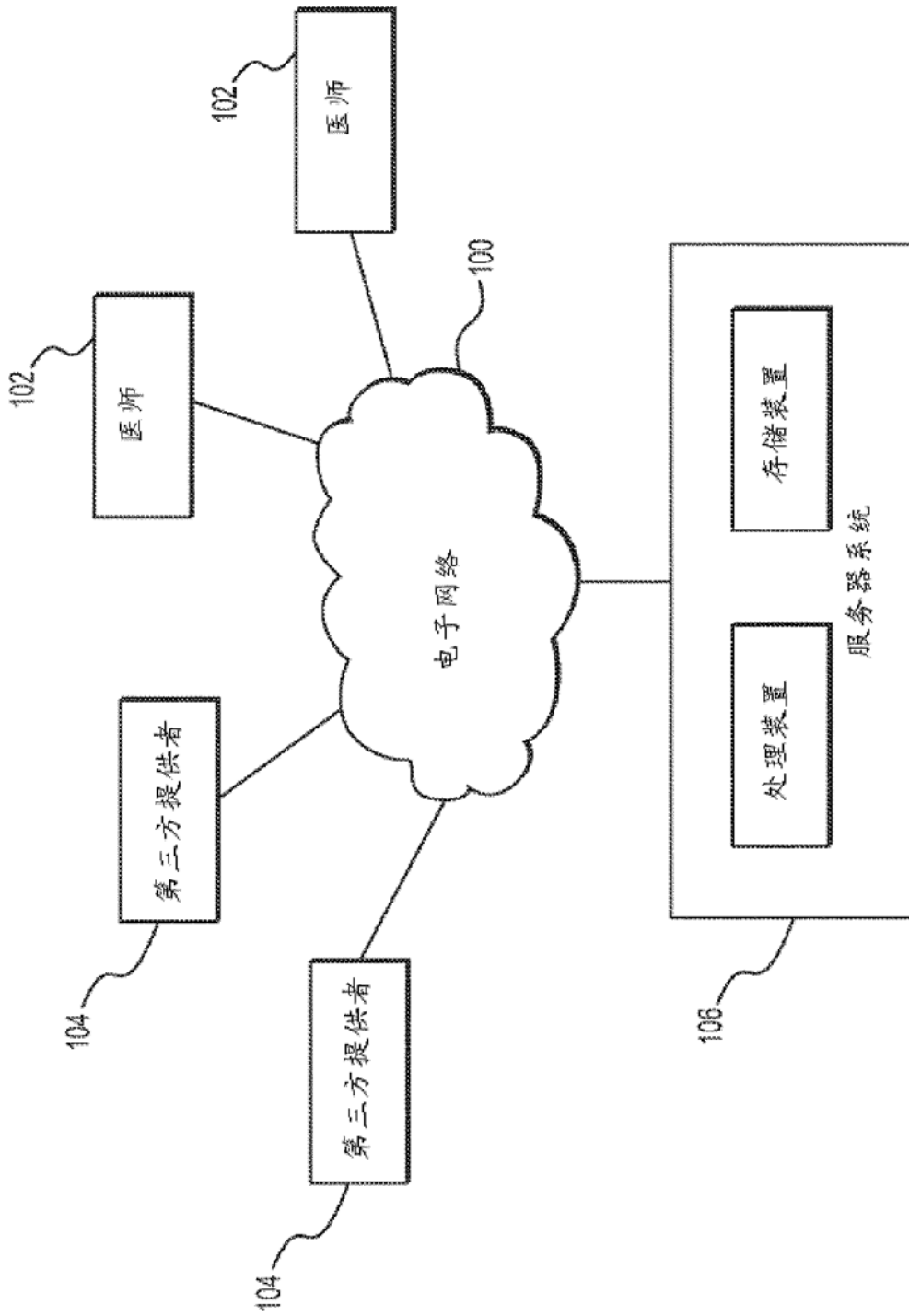


图 1

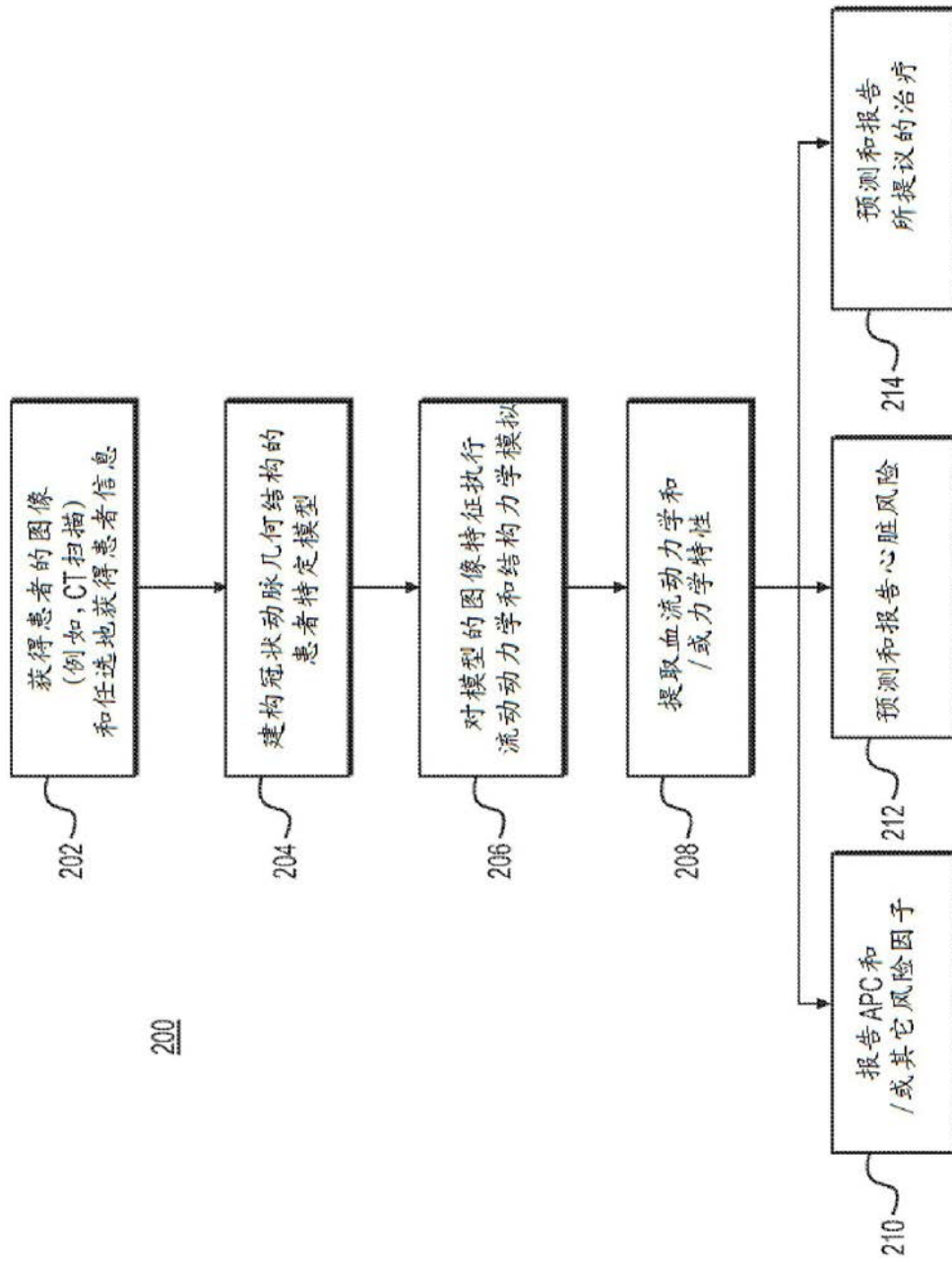


图 2

300

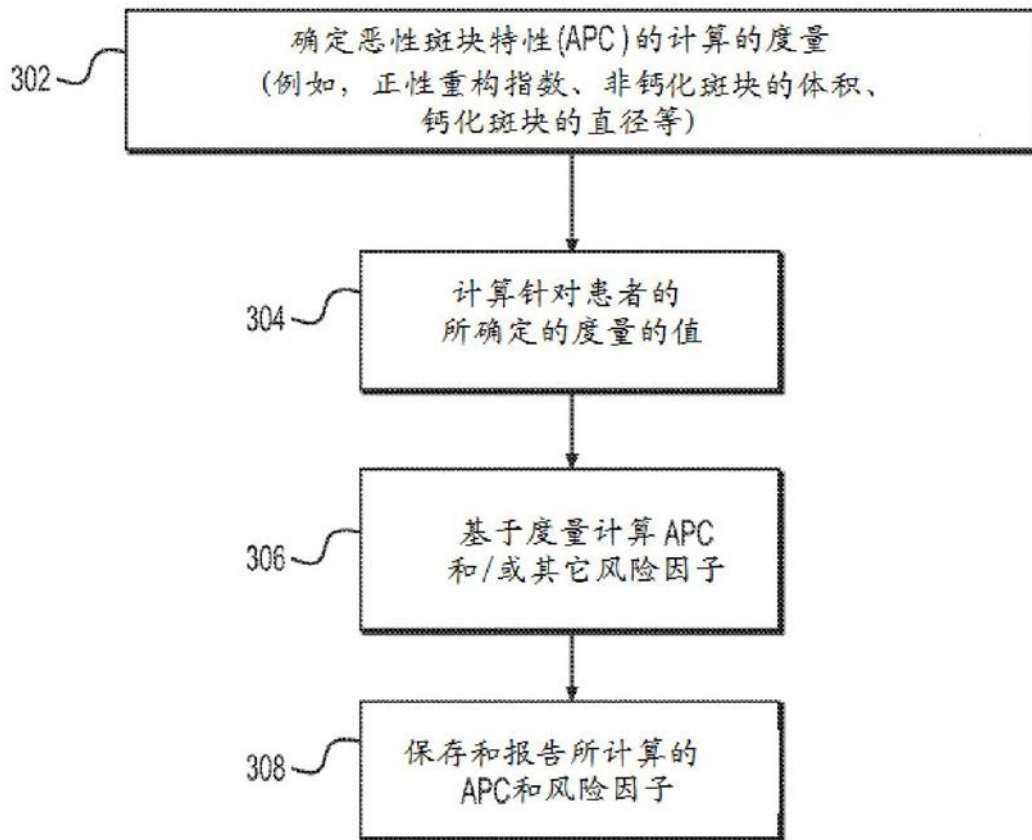


图 3

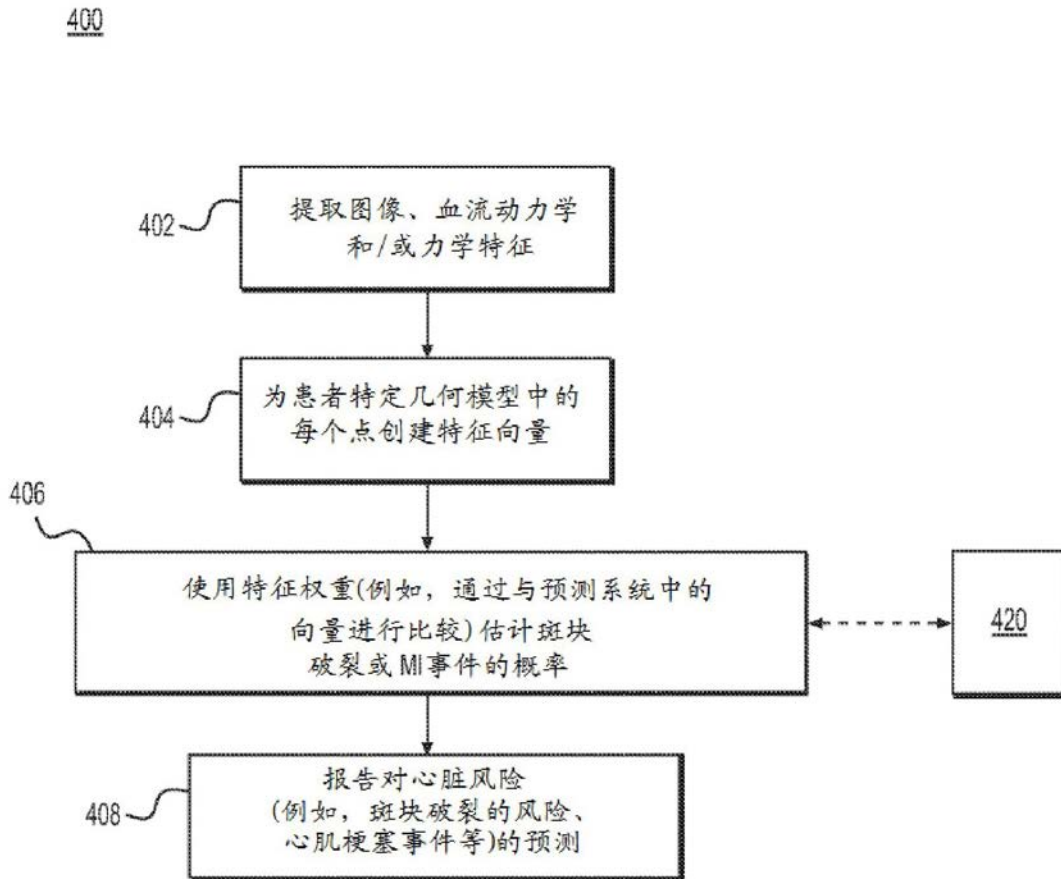


图 4A

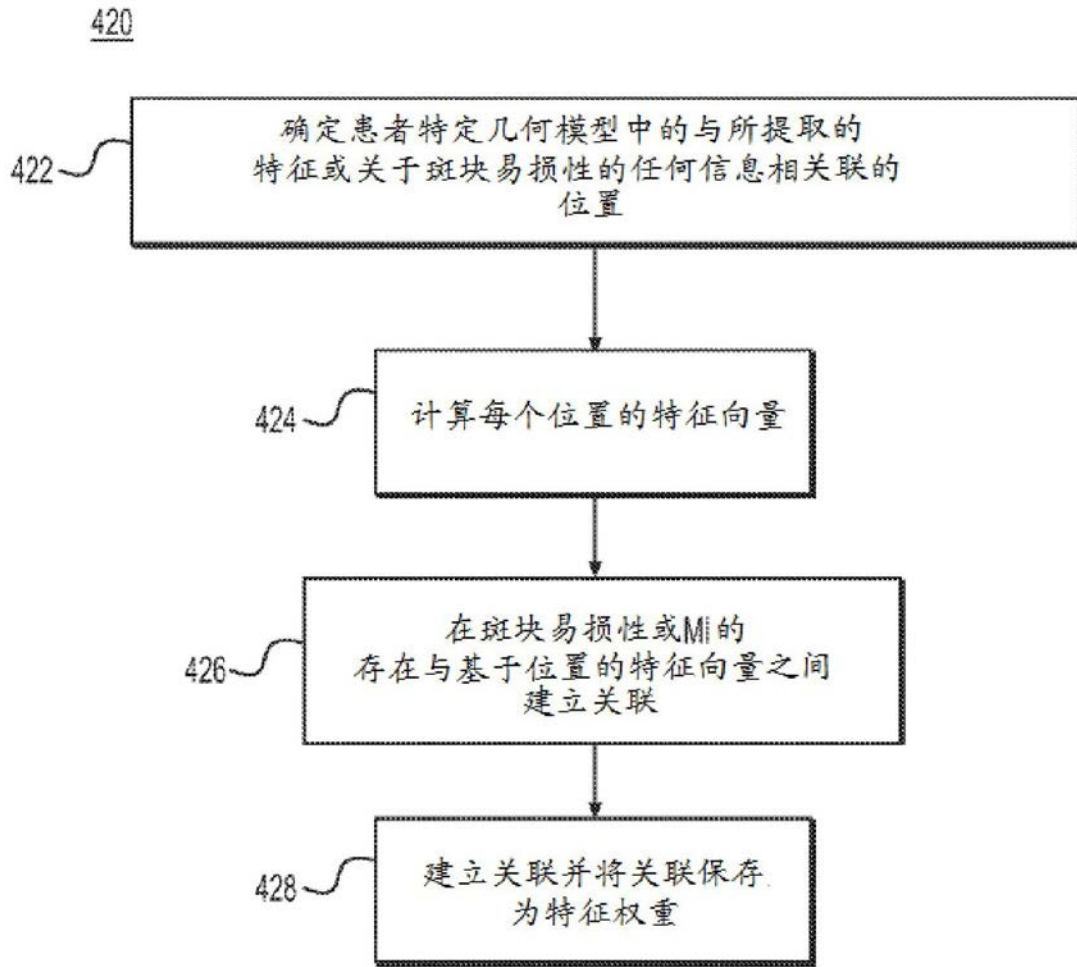


图 4B

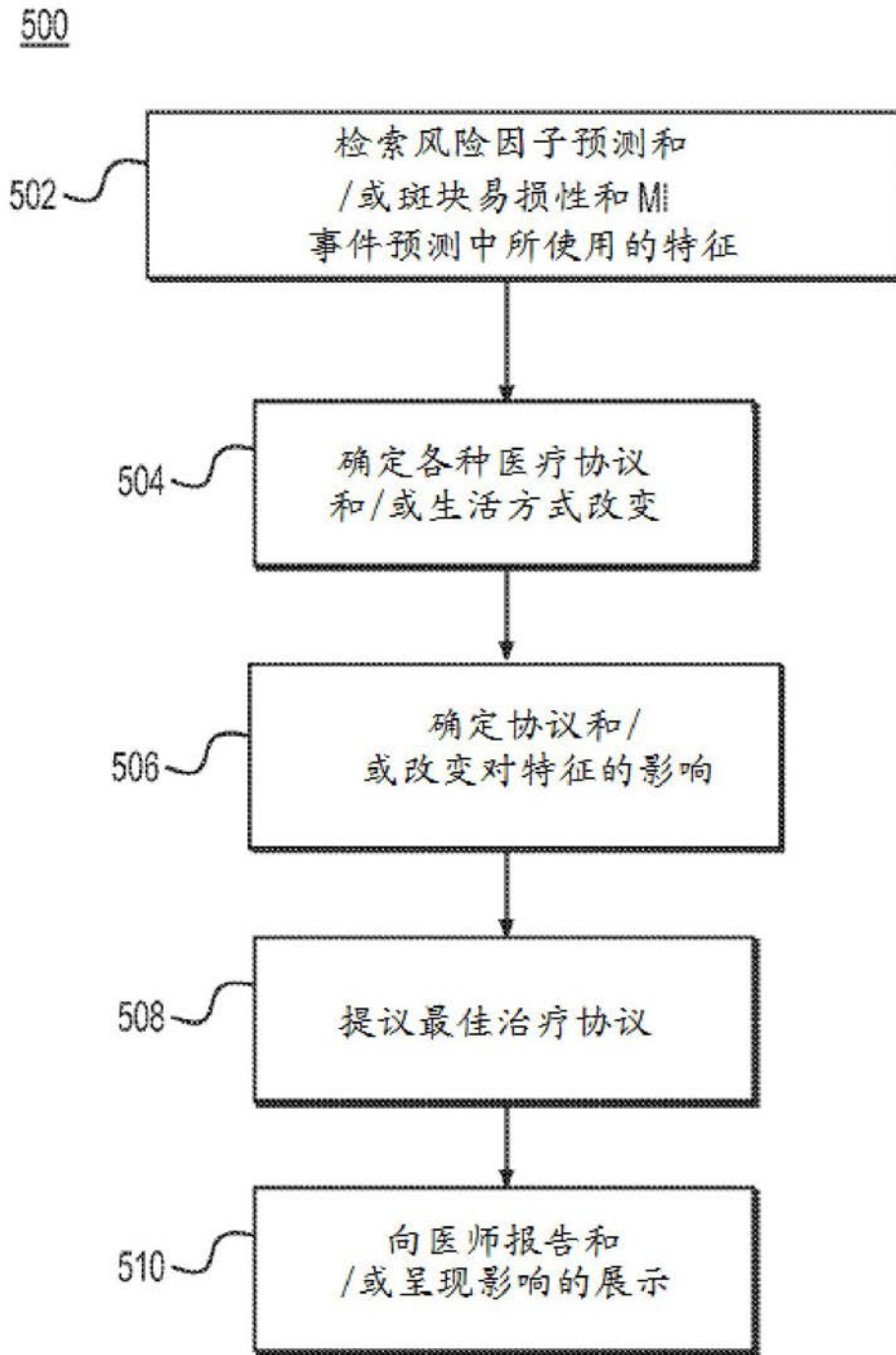


图 5A

520

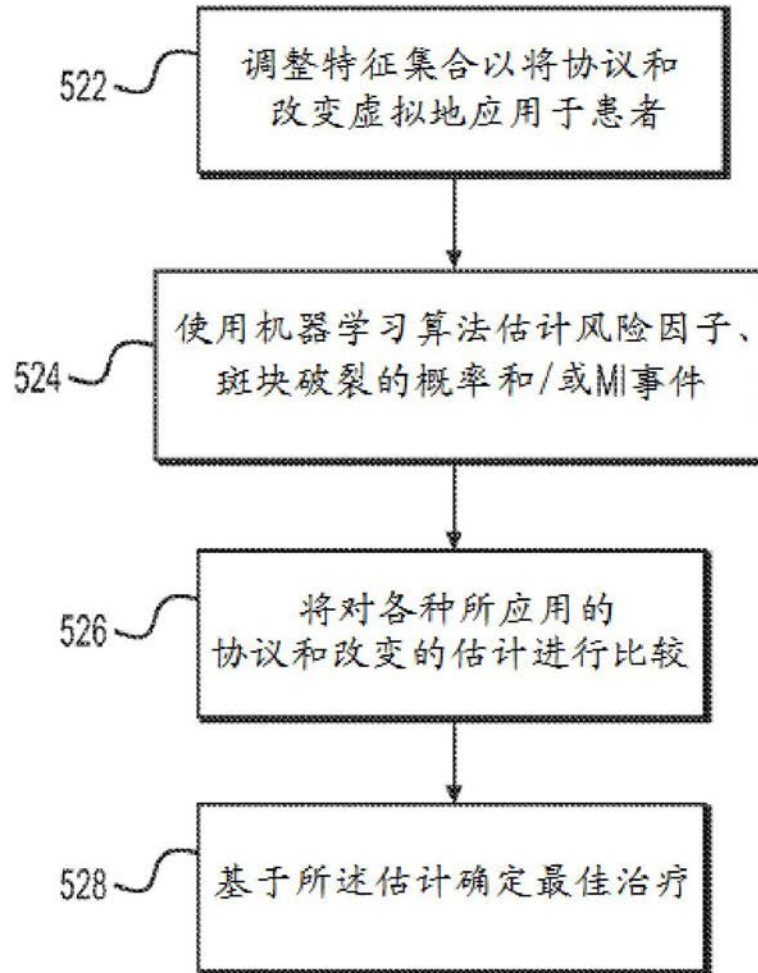


图 5B

专利名称(译)	用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的系统和方法		
公开(公告)号	CN110074756A	公开(公告)日	2019-08-02
申请号	CN201811609814.X	申请日	2014-12-17
[标]申请(专利权)人(译)	哈特弗罗公司		
申请(专利权)人(译)	哈特弗罗公司		
当前申请(专利权)人(译)	哈特弗罗公司		
[标]发明人	崔吉浩 莱昂格雷迪 查尔斯 A 泰勒		
发明人	崔吉浩 莱昂.格雷迪 米希尔.沙普 查尔斯.A.泰勒		
IPC分类号	A61B5/00 A61B5/02 A61B5/026 A61B5/055 A61B6/00 A61B6/03 A61B8/12 A61B34/10 G06T7/00 G16H50/30 G16H50/50		
CPC分类号	A61B5/0066 A61B5/02007 A61B5/026 A61B5/7275 A61B6/032 A61B6/504 A61B6/5217 G16H50/30 G16H50/50 Y02A90/26 A61B5/055 A61B6/503 A61B8/12 G06T7/0012 A61B34/10 G06T2207/10104 G06T2207/10108 G06T2207/30104		
代理人(译)	王洪斌		
优先权	61/917639 2013-12-18 US 14/254481 2014-04-16 US		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及用于根据患者特定的解剖图像数据预测冠状动脉斑块易损性的系统和方法，本发明公开用于使用计算机系统预测冠状动脉斑块易损性的系统和方法。一种方法包括：获取患者的血管系统的至少一部分的解剖图像数据；使用处理器对所述解剖图像数据执行一个或多个图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析，和结构力学分析；使用所述处理器预测所述患者的血管系统中存在的冠状动脉斑块易损性，其中预测所述冠状动脉斑块易损性包括基于对所述解剖图像数据进行的图像特性分析、几何分析、计算流体动力学分析和结构力学分析中的一个或多个的结果计算恶性斑块特性；以及使用所述处理器报告所述所计算的恶性斑块特性。

300

