



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년12월11일
(11) 등록번호 10-2190431
(24) 등록일자 2020년12월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G16H 50/20 (2018.01) A61B 5/02 (2006.01)
A61B 6/00 (2006.01) G16H 10/60 (2018.01)
G16H 50/30 (2018.01) G16H 50/50 (2018.01)
(52) CPC특허분류
G16H 50/20 (2018.01)
A61B 5/02007 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0033345
(22) 출원일자 2020년03월18일
심사청구일자 2020년03월18일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020190047073 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
이준상
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제1공학관 N605호(신촌동, 연세대학교)
김영우
서울특별시 서대문구 연세로 50, 제1공학관 N605호(신촌동, 연세대학교)
(74) 대리인
특허법인우인

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 김미미

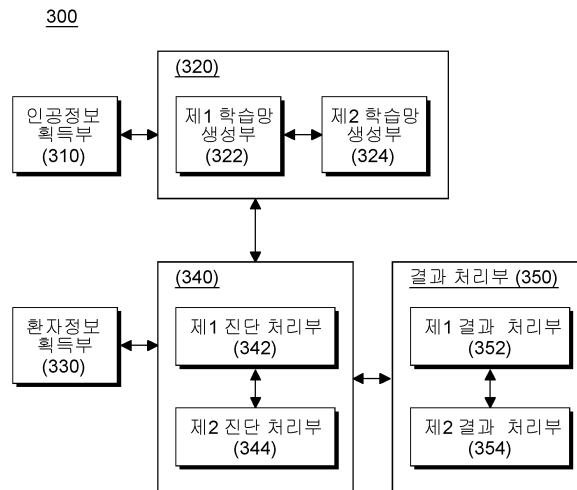
(54) 발명의 명칭 혈관 질환을 판단하는 방법 및 그를 위한 장치

(57) 요약

혈관 질환을 진단하는 방법 및 그를 위한 장치를 개시한다.

본 발명의 실시예에 따른 혈관 질환 판단 방법은, 진단 대상에 대한 환자 정보를 획득하는 정보 획득 단계; 상기 환자 정보에 근거하여 생성된 형상 변수정보를 제1 학습 모델에 적용하여 분획혈류예비력(FFR: Fractional Flow Reserve) 정보를 산출하는 FFR 처리 단계; 상기 형상 변수정보를 전산유체 시뮬레이션(CFD: Computational Fluid Dynamics)에 적용하여 유동 특성정보를 산출하는 CFD 처리 단계; 및 상기 분획혈류예비력 정보 및 상기 유동 특성정보를 기반으로 혈관 질환을 판단하고, 상기 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부를 결정하는 판단 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

A61B 5/026 (2013.01)
A61B 5/7275 (2013.01)
A61B 6/504 (2013.01)
A61B 6/507 (2013.01)
A61B 6/5217 (2020.08)
A61B 6/5288 (2013.01)
G16H 10/60 (2018.01)
G16H 50/30 (2018.01)
G16H 50/50 (2018.01)

(56) 선행기술조사문헌

US20160106321 A1*
KR1020190018559 A*
JP2018196742 A
KR1020170107105 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

혈관 질환 진단장치가 혈관 질환을 판단하는 방법에 있어서,

진단 대상에 대한 환자 정보를 획득하는 정보 획득 단계;

상기 환자 정보에 근거하여 생성된 형상 변수정보를 제1 학습 모델에 적용하여 분획혈류예비력(FFR: Fractional Flow Reserve) 정보를 산출하는 FFR 처리 단계;

상기 형상 변수정보를 전산유체 시뮬레이션(CFD: Computational Fluid Dynamics)에 적용하여 유동 특성정보를 산출하는 CFD 처리 단계; 및

상기 분획혈류예비력 정보 및 상기 유동 특성정보를 기반으로 혈관 질환을 판단하고, 상기 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부를 결정하는 판단 단계를 포함하되,

상기 환자 정보에 포함된 생체인증 정보를 획득하는 생체정보 획득 단계를 추가로 포함하고, 상기 판단 단계는, 상기 생체인증 정보, 상기 분획혈류예비력 정보 및 상기 유동 특성정보를 제2 학습 모델에 적용하여 혈관 질환을 판단하고, 상기 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부를 결정하되,

상기 판단 단계는, 가상 환자 모델에 대한 생체인증 데이터와 상기 가상 환자 모델을 기반으로 생성된 형상 변수 학습 데이터를 상기 제1 학습 모델에 적용하여 산출된 분획혈류예비력 데이터 및 상기 형상 변수 학습 데이터를 전산유체 시뮬레이션에 적용하여 산출된 유동 특성 데이터를 기반으로 생성된 지도 학습 기반의 상기 제2 학습 모델을 통해 상기 혈관 질환을 판단하고, 상기 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부를 결정하는 것을 특징으로 하는 혈관 질환 판단 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 FFR 처리 단계는,

소정의 합성 모델(synthetic Model)을 기반으로 생성된 형상 변수 학습 데이터와 상기 형상 변수 학습 데이터를 이용하여 산출된 분획혈류예비력 데이터 및 유동 특성 데이터를 기반으로 생성된 지도 학습(Supervised Learning) 기반의 상기 제1 학습 모델을 통해 상기 분획혈류예비력 정보를 산출하는 것을 특징으로 하는 혈관 질환 판단 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 학습 모델은,

상기 형상 변수 학습 데이터, 상기 분획혈류예비력 데이터 및 상기 유동 특성 데이터를 가우시안 프로세스 회귀(Gaussian Process Regression) 분석에 적용하여 생성된 모델인 것을 특징으로 하는 혈관 질환 판단 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제2 학습 모델은,

상기 생체인증 데이터, 상기 분획혈류예비력 데이터 및 상기 유동 특성 데이터를 서포트 벡터 머신(SVM: Support Vector Machine)에 적용하여 생성된 모델인 것을 특징으로 하는 혈관 질환 판단 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 판단 단계는,

상기 제2 학습 모델을 기반으로 상기 혈관의 협착 상태를 분석하고, 상기 협착 상태를 기반으로 상기 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부를 결정하는 것을 특징으로 하는 혈관 질환 판단 방법.

청구항 8

혈관 질환을 판단하는 장치로서,

적어도 하나 이상의 프로세서; 및

상기 프로세서에 의해 실행되는 하나 이상의 프로그램을 저장하는 메모리를 포함하며, 상기 프로그램들은 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 하나 이상의 프로세서들에서,

진단 대상에 대한 환자 정보를 획득하는 정보 획득 단계;

상기 환자 정보에 근거하여 생성된 형상 변수정보를 제1 학습 모델에 적용하여 분획혈류예비력(FFR: Fractional Flow Reserve) 정보를 산출하는 FFR 처리 단계;

상기 형상 변수정보를 전산유체 시뮬레이션(CFD: Computational Fluid Dynamics)에 적용하여 유동 특성정보를 산출하는 CFD 처리 단계; 및

상기 분획혈류예비력 정보 및 상기 유동 특성정보를 기반으로 혈관 질환을 판단하고, 상기 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부를 결정하는 판단 단계를 포함하는 동작들을 수행하게 하되,

상기 환자 정보에 포함된 생체인증 정보를 획득하는 생체정보 획득 단계를 추가로 포함하고, 상기 판단 단계는, 상기 생체인증 정보, 상기 분획혈류예비력 정보 및 상기 유동 특성정보를 제2 학습 모델에 적용하여 혈관 질환을 판단하고, 상기 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부를 결정하되,

상기 판단 단계는, 가상 환자 모델에 대한 생체인증 데이터와 상기 가상 환자 모델을 기반으로 생성된 형상 변수 학습 데이터를 상기 제1 학습 모델에 적용하여 산출된 분획혈류예비력 데이터 및 상기 형상 변수 학습 데이터를 전산유체 시뮬레이션에 적용하여 산출된 유동 특성 데이터를 기반으로 생성된 지도 학습(Supervised Learning) 기반의 상기 제1 학습 모델을 통해 상기 분획혈류예비력 정보를 산출하는 것을 특징으로 하는 혈관 질환 진단장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 FFR 처리 단계는,

소정의 합성 모델(synthetic Model)을 기반으로 생성된 형상 변수 학습 데이터와 상기 형상 변수 학습 데이터를 이용하여 산출된 분획혈류예비력 데이터 및 유동 특성 데이터를 기반으로 생성된 지도 학습(Supervised Learning) 기반의 상기 제1 학습 모델을 통해 상기 분획혈류예비력 정보를 산출하는 것을 특징으로 하는 혈관 질환 진단장치.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

컴퓨터에 제1항 내지 제3항, 제6항 및 제7항 중 어느 한 항에 따른 혈관 질환 판단 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 저장된 컴퓨터프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 진단 대상의 혈관 질환을 판단하는 방법 및 그를 위한 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 발명의 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.

[0003] 경동맥, 관상동맥 등 혈관에 형성된 플라그(plaque)에 의한 혈관 협착(stenosis)은 뇌졸중, 심근 허혈(myocardial ischemia) 등의 중요 위험 요소이다. 협착의 상태(심각성)에 따라 치료 방법, 예를 들어, 중재수술(intervention), 스텐트 삽입(stent placement) 또는 약물 치료등의 방법이 결정된다.

[0004] 협착의 심각성 또는 플라그가 혈관으로부터 떨어질(rupture) 가능성을 평가하기 위해 분획혈류예비력(FFR: Fractional Flow Reserve)이라는 지표가 사용된다.

[0005] 혈관 질환에 대한 경험이 많은 의사의 경우 혈관 조형술(도 1의 (a))을 통해 육안으로 혈관 협착을 판단(100)할 수 있으나, 경험이 많이 않은 경우 혈관의 분획혈류예비력(FFR: Fractional Flow Reserve)을 측정(도 1a (b))하고, 이를 기반으로 혈관 협착을 판단(110)하여 스텐트 삽입 등에 대한 치료 방법(도 1a (c))을 결정하게 된다.

[0006] 도 1b를 참고하면, 본래 협착 등의 심혈관 질환을 판단하기 위해서는 혈관 안에 직접 압력 센서를 넣어 압력차를 계산하는 분획혈류예비력(FFR: Fractional Flow Reserve) 측정 방식(FFR_{EXP})을 사용하였다. 그러나, 이러한 방식은 침습적이며 시간과 비용의 문제가 있다.

[0007] 이를 해결하기 위해, CT 등의 장비로 촬영한 혈관 이미지를 사용하여 전산유체 기반 시뮬레이션을 수행하는 방식으로 분획혈류예비력(FFR)을 예측하는 방식(FFR_{CFD})이 활용되어 왔다. 이러한, CT 영상 등을 이용하여 심혈관 병변을 판단하는 기술은 한국등록특허 제10-2032611호에 기재되어 있다. 그러나, 이러한 방식 역시 계산시간, 컴퓨터 리소스, 정확도 등의 문제로 기존의 침습적인 분획혈류예비력 측정 방식(FFR_{EXP})을 완전히 대체하지 못하고 보조용으로만 활용되어 왔다.

[0008] 최근에는, 이러한 문제들을 해결하기 위해 머신러닝 기술을 활용한 심혈관 진단 방식(FFR_{ML})에 대한 기술 개발이 다양하게 시도되고 있다. 그러나, 일반적인 머신러닝 기법을 활용할 경우 알고리즘 학습에 필요한 데이터의 질과 양이 부족하여 현실적으로 임상 활용 가능한 수준의 알고리즘을 구축하는 것이 어렵다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 환자 정보에 근거하여 생성된 형상 변수정보를 기반으로 산출된 분획혈류예비력 및 전산유체 시뮬레이션을 통해 산출된 유동 특성정보에 진단 대상의 생체인증 정보를 반영하여 혈관 질환을 판단하고, 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부를 결정하는 혈관 질환을 판단하는 방법 및 그를 위한 장치를 제공하는 데 주된 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 측면에 의하면, 상기 목적을 달성하기 위한 혈관 질환 판단 방법은, 진단 대상에 대한 환자 정보를 획득하는 정보 획득 단계; 상기 환자 정보에 근거하여 생성된 형상 변수정보를 제1 학습 모델에 적용하여 분획혈류예비력(FFR: Fractional Flow Reserve) 정보를 산출하는 FFR 처리 단계; 상기 형상 변수정보를 전산유체

시뮬레이션(CFD: Computational Fluid Dynamics)에 적용하여 유동 특성정보를 산출하는 CFD 처리 단계; 및 상기 분획혈류예비력 정보 및 상기 유동 특성정보를 기반으로 혈관 질환을 판단하고, 상기 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부를 결정하는 판단 단계를 포함할 수 있다.

- [0011] 또한, 본 발명의 다른 측면에 의하면, 상기 목적을 달성하기 위한 혈관 질환 진단장치는, 적어도 하나 이상의 프로세서; 및 상기 프로세서에 의해 실행되는 하나 이상의 프로그램을 저장하는 메모리를 포함하며, 상기 프로그램들은 하나 이상의 프로세서에 의해 실행될 때, 상기 하나 이상의 프로세서들에서, 진단 대상에 대한 환자 정보를 획득하는 정보 획득 단계; 상기 환자 정보에 근거하여 생성된 형상 변수정보를 제1 학습 모델에 적용하여 분획혈류예비력(FFR: Fractional Flow Reserve) 정보를 산출하는 FFR 처리 단계; 상기 형상 변수정보를 전산 유체 시뮬레이션(CFD: Computational Fluid Dynamics)에 적용하여 유동 특성정보를 산출하는 CFD 처리 단계; 및 상기 분획혈류예비력 정보 및 상기 유동 특성정보를 기반으로 혈관 질환을 판단하고, 상기 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부를 결정하는 판단 단계를 포함하는 동작들을 수행할 수 있다.

발명의 효과

- [0012] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 의료환경 내에서 진단자가 쉽게 혈관 질환을 처리할 수 있는 디지털 환경을 구축할 수 있는 효과가 있다.
- [0013] 또한, 본 발명은 혈관 질환 진단을 위한 프로세스를 자동화하고, 일률적인 프로세스를 통해 사용자가 직접 수행해야 하는 부분을 최소화하는 효과가 있다.
- [0014] 또한, 본 발명은 수술이 필요한 경우와 불필요한 경우를 빠르고 정확하게 판단할 수 있어 진단 비용을 절감할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1a 및 도 1b는 종래의 혈관 질환 판단 방법을 설명하기 위한 예시도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 혈관 질환 판단을 위한 컴퓨팅 장치를 개략적으로 나타낸 블록 구성도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 혈관 질환 진단장치를 개략적으로 나타낸 블록 구성도이다.
- 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 실시예에 따른 혈관 질환의 진단을 위한 학습 모델을 생성하는 동작을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 제1 학습 모델 및 제2 학습 모델을 생성하는 동작을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 실시예에 따른 혈관 질환을 판단하는 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 7는 본 발명의 실시예에 따른 혈관 질환의 진단 결과와 종래 기술에 따른 혈관 질환의 진단 결과를 나타낸 예시도이다.
- 도 8 및 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 혈관 질환 시스템의 동작을 설명하기 위한 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다. 또한, 이하에서 본 발명의 바람직한 실시예를 설명할 것이나, 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정하거나 제한되지 않고 당업자에 의해 변형되어 다양하게 실시될 수 있음은 물론이다. 이하에서는 도면들을 참조하여 본 발명에서 제안하는 혈관 질환을 판단하는 방법 및 그를 위한 장치에 대해 자세하게 설명하기로 한다.
- [0017] 본 발명에 따른 혈관 질환을 판단하는 방법 및 그를 위한 장치는 심혈관 질환 특히 심혈관 협착을 판단하고, 이에 따른 치료 방식을 결정하는 것이 바람직하나 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 다양한 혈관에 대한 질환에 적용될 수도 있다.
- [0018] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 혈관 질환 판단을 위한 컴퓨팅 장치를 개략적으로 나타낸 블록 구성도이다.
- [0019] 본 실시예에 따른 혈관 질환 판단을 위한 컴퓨팅 장치(200)는 입력부(210), 출력부(220), 프로세서(230), 메모

리(240) 및 데이터베이스(250)를 포함한다. 도 2의 컴퓨팅 장치(200)는 일 실시예에 따른 것으로서, 도 2에 도시된 모든 블록이 필수 구성요소는 아니며, 다른 실시예에서 컴퓨팅 장치(200)에 포함된 일부 블록이 추가, 변경 또는 삭제될 수 있다. 한편, 컴퓨팅 장치(200)는 혈관 질환을 판단하는 진단장치로 구현될 수 있으며, 컴퓨팅 장치(200)에 포함된 각 구성요소들은 각각 별도의 소프트웨어 장치로 구현되거나, 소프트웨어가 결합된 별도의 하드웨어 장치로 구현될 수 있다.

- [0020] 혈관 질환 판단을 위한 컴퓨팅 장치(200)는 환자 정보에 근거하여 생성된 형상 변수정보를 기반으로 산출된 분획혈류예비력 및 전산유체 시뮬레이션을 통해 산출된 유동 특성정보에 진단 대상의 생체인증 정보를 반영하여 혈관 질환을 판단하고, 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부를 결정하는 동작을 수행한다.
- [0021] 입력부(210)는 혈관 질환 판단 및 수술 진행 여부를 결정하는 동작을 수행하기 위한 신호 또는 데이터를 입력하거나 획득하는 수단을 의미한다. 입력부(210)는 프로세서(230)와 연동하여 다양한 형태의 신호 또는 데이터를 입력하거나, 외부 장치와 연동하여 직접 데이터를 획득하여 프로세서(230)로 전달할 수도 있다. 여기서, 입력부(210)는 합성 모델, 가상 환자 모델, 환자 정보, 다양한 조건정보 또는 제어신호 등을 입력하기 위한 장치 또는 서버일 수 있으나 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0022] 출력부(220)는 프로세서(230)와 연동하여 제1 진단 결과, 제2 진단 결과 등 다양한 정보를 표시할 수 있다. 출력부(220)는 혈관 질환 판단을 위한 컴퓨팅 장치(200)에 구비된 디스플레이(미도시)를 통해 다양한 정보를 표시하는 것이 바람직하나 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0023] 프로세서(230)는 메모리(240)에 포함된 적어도 하나의 명령어 또는 프로그램을 실행시키는 기능을 수행한다.
- [0024] 본 실시예에 따른 프로세서(230)는 입력부(210) 또는 데이터 베이스(150)로부터 획득한 합성 모델(synthetic Model) 및 가상 환자 모델을 기반으로 제1 학습 모델 및 제2 학습 모델을 생성하는 동작을 수행한다.
- [0025] 또한, 본 실시예에 따른 프로세서(230)는 입력부(210) 또는 데이터 베이스(150)로부터 획득한 진단 대상에 대한 환자 정보를 기반으로 혈관 질환을 판단하고, 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부를 판단하는 동작을 수행한다.
- [0026] 메모리(240)는 프로세서(230)에 의해 실행 가능한 적어도 하나의 명령어 또는 프로그램을 포함한다. 메모리(240)는 제1 학습모델, 제2 학습 모델의 생성, 제1 진단 처리 및 제2 진단 처리를 수행하기 위한 명령어 또는 프로그램을 포함할 수 있다.
- [0027] 데이터 베이스(150)는 데이터베이스 관리 프로그램(DBMS)을 이용하여 컴퓨터 시스템의 저장공간(하드디스크 또는 메모리)에 구현된 일반적인 데이터구조를 의미하는 것으로, 데이터의 검색(추출), 삭제, 편집, 추가 등을 자유롭게 행할 수 있는 데이터 저장형태를 뜻하는 것으로, 오라클(Oracle), 인포믹스(Infomix), 사이베이스(Sybase), DB2와 같은 관계형 데이터베이스 관리 시스템(RDBMS)이나, 겜스톤(Gemston), 오리온(Orion), O2 등과 같은 객체 지향 데이터베이스 관리 시스템(OODBMS) 및 엑셀론(Excelon), 타미노(Tamino), 세카이주(Sekaiju) 등의 XML 전용 데이터베이스(XML Native Database)를 이용하여 본 발명의 일 실시예의 목적에 맞게 구현될 수 있고, 자신의 기능을 달성하기 위하여 적당한 필드(Field) 또는 엘리먼트들을 가지고 있다.
- [0028] 본 실시예에 따른 데이터베이스(150)는 합성 모델, 가상 환자 모델, 환자 정보, 제1 진단 결과, 제2 진단 결과 등을 저장하고, 저장된 데이터를 제공할 수 있다. 데이터베이스(150)에 저장된 데이터는 혈관 질병과 관련된 합성 모델, 가상 환자 모델, 환자 정보, 제1 진단 결과, 제2 진단 결과, 생체인증 정보, 분획혈류예비력 정보, 유동 특성정보 등 다양한 정보일 수 있다. 한편, 데이터베이스(140)는 혈관 질환 판단을 위한 컴퓨팅 장치(200) 내에 구현되는 것으로 기재하고 있으나 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 별도의 데이터 저장장치로 구현될 수도 있다.
- [0029] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 혈관 질환 진단장치를 개략적으로 나타낸 블록 구성도이다.
- [0030] 본 실시예에 따른 혈관 질환 진단장치(300)는 2 단계로 구성된 머신러닝 알고리즘에 진단 대상(환자)의 생체인증 정보와 전산유체 시뮬레이션(CFD: Computational Fluid Dynamics)을 기반으로 한 유동 특성정보를 적용하여 혈관 질환 판단을 위한 데이터의 질과 양을 증폭시킬 수 있다.
- [0031] 2 단계 알고리즘의 1 단계 알고리즘은, 종래의 전산유체 시뮬레이션의 기능을 향상시키는 것을 목적으로 한다. 혈관 질환 진단장치(300)의 1 단계 알고리즘은 종래의 전산유체 해석기법 기반의 분획혈류예비력(FFR) 예측 시뮬레이터처럼 CT 등으로부터 획득한 환자의 혈관 형상을 입력(input)으로 주면 분획혈류예비력(FFR) 예측 및 와류(vorticity)나 전단응력(wall shear stress) 등의 유동인자들을 포함하는 유동 특성정보를 출력(output)으로

도출하게 된다.

- [0032] 혈관 질환 진단장치(300)의 1 단계 알고리즘에서는 제1 학습 모델을 사용하며, 제1 학습 모델은 실제 환자의 혈관 모델이 아닌 합성 모델(synthetic Model)을 전산유체 기법으로 해석한 결과로 학습시키게 된다. 결과적으로 혈관 질환 진단장치(300)의 1 단계 알고리즘에서는 정확도는 전산유체 기법으로 해석한 정확도와 유사하면서도 전산유체 기법의 10 시간 내외로 소모되는 계산시간을 수 분 이내로 단축시킬 수 있다.
- [0033] 2 단계 알고리즘의 2 단계 알고리즘은, 전산유체 기법의 한계를 극복하여 혈관 질환을 판단하는 것을 목적으로 한다. 전산유체 기법은 환자의 생체인증 정보를 온전히 반영하지 못하기 때문에 정확도가 약 80 % 선에서 머무를 수 밖에 없다. 진단 정확도를 향상시키기 위해서는 전산유체 기법에서는 반영하지 못한 환자의 여러 생체정보들(예: BMI, 나이, 혈관 칼슘 농도 등)을 고려해야만 한다. 2 단계 알고리즘에서는 1 단계 알고리즘에서 예측된 분획혈류예비력(FFR) 값에 추가로 이러한 진단 대상(환자)들의 생체인증 정보를 입력(input)으로 받아들이며 혈관 질환의 진단 및 치료(예: 시술, 수술 등) 여부에 대한 의사 결정(decision making) 정보를 도출한다.
- [0034] 본 발명에 따른 혈관 질환 진단장치(300)의 2 단계 알고리즘은 종래의 단순히 진단 대상의 혈관 이미지만을 기반으로 학습시킨 알고리즘에 비해 진단 대상의 생체인증 정보와 혈류의 유동 특성정보를 추가로 활용할 수 있고, 데이터의 수 역시 합성 모델(synthetic Model)로 보충이 가능하다는 장점이 있다.
- [0035] 본 실시예에 따른 혈관 질환 진단장치(300)는 인공지능 획득부(310), 학습 모델 생성부(320), 환자정보 획득부(330), 진단 처리부(340) 및 결과 처리부(350)를 포함한다. 도 3의 혈관 질환 진단장치(300)는 일 실시예에 따른 것으로서, 도 3에 도시된 모든 블록이 필수 구성요소는 아니며, 다른 실시예에서 혈관 질환 진단장치(300)에 포함된 일부 블록이 추가, 변경 또는 삭제될 수 있다. 한편, 혈관 질환 진단장치(300)는 컴퓨팅 디바이스로 구현될 수 있으며, 혈관 질환 진단장치(300)에 포함된 각 구성요소들은 각각 별도의 소프트웨어 장치로 구현되거나, 소프트웨어가 결합된 별도의 하드웨어 장치로 구현될 수 있다.
- [0036] 인공지능 획득부(310)는 혈관 질환 판단을 위한 학습 모델을 생성하기 위하여 합성 모델(synthetic Model) 및 가상 환자 모델을 획득한다. 여기서, 합성 모델 및 가상 환자 모델은 사용자의 조작에 의해 입력된 정보이거나 외부 장치로부터 수신된 정보일 수 있다.
- [0037] 합성 모델은 혈관 이미지일 수 있으나 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 혈관 이미지와 관련된 형상 정보일 수도 있다. 또한, 가상 환자 모델은 랜덤으로 수집된 진단 대상에 대한 환자 정보 또는 가상의 진단 대상에 대해 임의로 생성된 환자 정보일 수 있다.
- [0038] 학습 모델 생성부(320)는 진단 처리부(340)에서 혈관 질환을 판단하기 위한 학습 모델을 생성한다. 학습 모델 생성부(320)는 제1 학습 모델 생성부(322) 및 제2 학습 모델 생성부(324)를 포함한다.
- [0039] 제1 학습 모델 생성부(322)는 소정의 합성 모델(synthetic Model)을 기반으로 형상 변수 학습 데이터를 생성하고, 형상 변수 학습 데이터를 이용하여 산출된 분획혈류예비력 데이터 및 유동 특성 데이터를 이용하여 지도 학습(Supervised Learning) 기반의 제1 학습 모델을 생성한다. 여기서, 형상 변수 학습 데이터는 합성 모델의 혈관 상단, 중단, 하단 각각에 대한 형상 변수를 포함한다. 여기서, 형상 변수는 길이, 곡률, 직경, 비대칭 등에 대한 변수를 포함할 수 있다.
- [0040] 제1 학습 모델 생성부(322)는 형상 변수 학습 데이터, 분획혈류예비력 데이터 및 유동 특성 데이터를 가우시안 프로세스 회귀(Gaussian Process Regression) 분석에 적용하여 제1 학습 모델을 생성한다. 여기서, 제1 학습 모델은 진단 처리부(340)에서 혈관 질환을 판단하기 위한 학습 모델로서, 형상 변수정보를 입력 받아 분획혈류예비력(FFR) 정보를 산출하여 출력하는 동작을 수행한다.
- [0041] 제2 학습 모델 생성부(324)는 가상 환자 모델에 대한 생체인증 데이터를 획득하고, 생체인증 데이터와 분획혈류예비력 데이터 및 유동 특성 데이터를 이용하여 지도 학습 기반의 제2 학습 모델을 생성한다. 여기서, 분획혈류예비력 데이터는 가상 환자 모델을 기반으로 생성된 형상 변수 학습 데이터를 제1 학습 모델에 적용하여 산출된 데이터를 의미하고, 유동 특성 데이터는 가상 환자 모델을 기반으로 생성된 형상 변수 학습 데이터를 전산유체 시뮬레이션(CFD)에 적용하여 산출된 데이터를 의미한다.
- [0042] 제2 학습 모델 생성부(324)는 생체인증 데이터, 분획혈류예비력 데이터 및 유동 특성 데이터를 서포트 벡터 머신(SVM: Support Vector Machine)에 적용하여 제2 학습 모델을 생성한다. 여기서, 제2 학습 모델은 진단 처리부(340)에서 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부를 결정하기 위한 학습 모델로서, 생체인증 정보, 분획혈류예비력 정보 및 유동 특성정보를 입력 받아 수술 진행 여부에 대한 의사결정 정보를 산출하여 출력하는 동작을 수행한다.

다.

- [0043] 환자정보 획득부(330)는 진단 대상에 대한 환자 정보를 획득한다. 여기서, 환자 정보는 진단 대상의 혈관 이미지, 생체인식 정보 등을 포함할 수 있다. 여기서, 혈관 이미지는 병변 영역을 촬영한 이미지를 의미하고, 생체인식 정보는 진단 대상을 식별할 수 있는 나이, 성별, BMI(Body Mass Index), 혈관 석회화(vessel calcification), 적혈구용적률(hematocrit) 등을 포함할 수 있다.
- [0044] 진단 처리부(340)는 혈관 질환을 판단하고, 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부를 결정하는 동작을 수행한다. 진단 처리부(340)는 제1 진단 처리부(342) 및 제2 진단 처리부(344)를 포함한다.
- [0045] 제1 진단 처리부(342)는 환자 정보에 근거하여 형상 변수정보를 생성하고, 형상 변수정보를 제1 학습 모델에 적용하여 분획혈류예비력(FFR) 정보를 산출한다. 여기서, 형상 변수정보는 환자 정보에 포함된 혈관 이미지의 혈관 상단, 중단, 하단 각각에 대한 형상 변수를 포함한다. 여기서, 형상 변수는 길이, 곡률, 직경, 비대칭 등에 대한 변수를 포함할 수 있다.
- [0046] 또한, 제1 진단 처리부(342)는 형상 변수정보를 전산유체 시뮬레이션(CFD)에 적용하여 유동 특성정보를 산출한다. 여기서, 전산유체 시뮬레이션(CFD)은 유체 현상을 기술한 비선형 편미분 방정식인 나비에-스토크스 방정식(Navier-Stokes Equations)을 FDM (Finite Difference Method), FEM (Finite Element Method), FVM(Finite Volume Method) 등의 방법들을 사용하여 이산화하여 대수 방정식으로 변환하고, 이를 수치 기법(numerical methods)의 알고리즘을 사용하여 유체 유동 문제를 계산하는 방식이다. 제1 진단 처리부(342)는 와류(vorticity), 전단응력(wall shear stress), 압력, 속도, WSS, OSI, APS 등을 포함하는 유동 특성정보를 산출한다.
- [0047] 제1 진단 처리부(342)는 산출된 분획혈류예비력(FFR) 정보 및 유동 특성정보를 제2 진단 처리부(344)로 전달한다. 한편, 제1 진단 처리부(342)는 산출된 분획혈류예비력(FFR) 정보를 제1 결과 처리부(352)로 전달하여 출력되도록 할 수 있다.
- [0048] 제2 진단 처리부(344)는 환자 정보에 포함된 생체인증 정보를 획득하고, 제1 진단 처리부(342)로부터 분획혈류예비력(FFR) 정보 및 유동 특성정보를 획득한다.
- [0049] 제2 진단 처리부(344)는 생체인증 정보, 분획혈류예비력 정보 및 유동 특성정보를 제2 학습 모델에 적용하여 혈관 질환을 판단하고, 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부를 결정한다.
- [0050] 제2 진단 처리부(344)는 제2 학습 모델을 기반으로 혈관의 협착 상태를 분석하고, 협착 상태를 기반으로 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부를 결정한다.
- [0051] 제2 진단 처리부(344)는 생체인증 정보, 분획혈류예비력 정보 및 유동 특성정보를 입력 받아 수술 진행 여부에 대한 의사결정 정보를 산출한다. 여기서, 의사결정 정보는 이진수로 구성될 수 있다. 예를 들어, 의사결정 정보가 '0' 일 경우 혈관 질환 진단장치(300)는 혈관 질환에 대한 수술을 진행하지 않고 다른 치료법을 제안하고, 의사결정 정보가 '1'일 경우 혈관 질환 진단장치(300)는 혈관 질환에 대한 수술을 즉시 진행하는 것을 제안한다.
- [0052] 결과 처리부(350)는 진단 처리부(340)의 진단 결과를 출력하는 동작을 수행한다. 결과 처리부(350)는 제1 결과 처리부(352) 및 제2 결과 처리부(354)를 포함한다.
- [0053] 제1 결과 처리부(352)는 제1 진단 처리부(342)에서 산출된 분획혈류예비력(FFR) 정보를 수신하여 출력한다. 제1 결과 처리부(352)는 분획혈류예비력(FFR) 정보만을 출력하는 것으로 기재하고 있으나 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 유동 특성정보를 추가로 출력할 수도 있다.
- [0054] 제2 결과 처리부(354)는 제2 진단 처리부(344)에서 산출된 수술 진행 여부에 대한 의사결정 정보를 수신하여 출력한다. 제2 결과 처리부(354)는 의사결정 정보만을 출력하는 것으로 기재하고 있으나 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 제2 진단 처리부(344)에서 의사결정 정보를 산출하는 데 이용되었던 생체인증 정보, 분획혈류예비력 정보, 유동 특성정보 등을 추가로 출력할 수 있다.
- [0055] 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 실시예에 따른 혈관 질환의 진단을 위한 학습 모델을 생성하는 동작을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0056] 도 4a를 참고하면, 혈관 질환 진단장치(300)는 합성 모델 및 가상 환자 정보(인공정보)를 획득한다(S402).

- [0057] 혈관 질환 진단장치(300)는 합성 모델을 기반으로 제1 학습 모델을 생성한다(S404).
- [0058] 혈관 질환 진단장치(300)는 가상 환자 정보 및 제1 학습 모델을 기반으로 제2 학습 모델을 생성한다(S406).
- [0059] 도 4b는 혈관 질환 진단장치(300)에서 제1 학습 모델 및 제2 학습 모델을 생성하는 상세 동작을 나타낸다.
- [0060] 이하, 제1 학습 모델 생성부(322)에서 제1 학습 모델을 생성하는 동작에 대해 설명하도록 한다(STEP1).
- [0061] 제1 학습 모델 생성부(322)는 소정의 합성 모델(synthetic Model)을 획득하고(S410), 합성 모델을 기반으로 형상 변수 학습 데이터를 생성한다(S412). 여기서, 형상 변수 학습 데이터는 합성 모델의 혈관 상단, 중단, 하단 영역 각각에 대한 형상 변수를 포함한다. 여기서, 형상 변수는 길이, 곡률, 직경, 비대칭 등에 대한 변수를 포함할 수 있다.
- [0062] 제1 학습 모델 생성부(322)는 형상 변수 학습 데이터를 기반으로 전산유체 시뮬레이션(CFD)을 수행하여(S420), 분획혈류예비력 데이터 및 유동 특성 데이터를 산출한다(S422, S424).
- [0063] 제1 학습 모델 생성부(322)는 형상 변수 학습 데이터, 분획혈류예비력 데이터 및 유동 특성 데이터를 입력으로 가우시안 프로세스 회귀(Gaussian Process Regression) 분석에 대한 훈련을 수행하여 제1 학습 모델(400)을 생성한다(S430).
- [0064] 이하, 제2 학습 모델 생성부(324)에서 제2 학습 모델을 생성하는 동작에 대해 설명하도록 한다(STEP2).
- [0065] 제2 학습 모델 생성부(324)는 가상 환자 모델을 획득하고(S440), 가상 환자 모델에 대한 형상 변수 학습 데이터를 생성한다(S450). 여기서, 형상 변수 학습 데이터는 가상 환자 모델에 포함된 혈관 이미지의 상단, 중단, 하단 영역 각각에 대한 형상 변수를 포함하며, 형상 변수는 길이, 곡률, 직경, 비대칭 등에 대한 변수를 포함할 수 있다.
- [0066] 제2 학습 모델 생성부(324)는 형상 변수 학습 데이터를 제1 학습 모델(400)에 적용하여 분획혈류예비력 데이터를 산출한다(S460, S462).
- [0067] 제2 학습 모델 생성부(324)는 형상 변수 학습 데이터를 전산유체 시뮬레이션(CFD)에 적용하여 유동 특성 데이터를 산출한다(S470, S472).
- [0068] 제2 학습 모델 생성부(324)는 가상 환자 모델에 포함된 생체인증 정보를 획득한다(S480).
- [0069] 제2 학습 모델 생성부(324)는 생체인증 데이터, 분획혈류예비력 데이터 및 유동 특성 데이터를 입력으로 서포트 벡터 머신(SVM: Support Vector Machine)에 적용하여 제2 학습 모델(402)을 생성한다(S490).
- [0070] 도 4a 및 도 4b 각각에서는 각 단계를 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 다시 말해, 도 4a 및 도 4b 각각에 기재된 단계를 변경하여 실행하거나 하나 이상의 단계를 병렬적으로 실행하는 것으로 적용 가능할 것이므로, 도 4a 및 도 4b 각각은 시계열적인 순서로 한정되는 것은 아니다.
- [0071] 도 4a 및 도 4b에 기재된 본 실시예에 따른 혈관 질환의 진단을 위한 학습 모델 생성 방법은 애플리케이션(또는 프로그램)으로 구현되고 단말장치(또는 컴퓨터)로 읽을 수 있는 기록매체에 기록될 수 있다. 본 실시예에 따른 혈관 질환의 진단을 위한 학습 모델 생성 방법을 구현하기 위한 애플리케이션(또는 프로그램)이 기록되고 단말장치(또는 컴퓨터)가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨팅 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치 또는 매체를 포함한다.
- [0072] 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 실시예에 따른 제1 학습 모델 및 제2 학습 모델을 생성하는 동작을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0073] 도 5a는 제1 학습 모델을 생성하는 동작을 나타내고, 도 5b는 제2 학습 모델을 생성하는 동작을 나타낸다.
- [0074] 도 5a를 참조하면, 혈관 질환 진단장치(300)는 인공 혈관 형상변수(G_S) 및 전산유체 해석 데이터(D_{CFD})를 획득한다(S510, S512). 여기서, 인공 혈관 형상변수(G_S)는 분획혈류예비력 데이터일 수 있고, 전산유체 해석 데이터(D_{CFD})는 유동 특성 데이터일 수 있다.
- [0075] 혈관 질환 진단장치(300)는 인공 혈관 형상변수(G_S) 및 전산유체 해석 데이터(D_{CFD})를 기반으로 데이터 샘플(G_S , D_{CFD})을 생성한다(S520).

- [0076] 혈관 질환 진단장치(300)는 데이터 샘플(G_S , D_{CFD})을 기반으로 학습 데이터(X , Y) 및 테스트 데이터(X' , Y')를 생성하고(S530, S532), 학습 데이터(X , Y)를 이용하여 가우시안 프로세스 회귀(Gaussian Process Regression) 학습을 수행한다(S540).
- [0077] 혈관 질환 진단장치(300)는 테스트 및 반복 학습을 위한 피드백을 수행하고(S550), 이를 기반으로 제1 학습 모델을 생성한다(S552).
- [0078] 도 5b를 참조하면, 혈관 질환 진단장치(300)는 환자 혈관 형상변수(G_P), 환자 생체정보(B_P) 및 환자 FFR 측정 값(FFR_P)을 획득한다(S560).
- [0079] 혈관 질환 진단장치(300)는 혈관 질환 진단장치(300)는 환자 혈관 형상변수(G_P), 환자 생체정보(B_P) 및 환자 FFR 측정 값(FFR_P)을 기반으로 데이터 샘플(G_S , B_P)을 생성한다(S570).
- [0080] 혈관 질환 진단장치(300)는 데이터 샘플(G_S , B_P)을 기반으로 학습 데이터(X , Y) 및 테스트 데이터(X' , Y')를 생성하고(S572, S574), 학습 데이터(X , Y)를 이용하여 서포트 벡터 머신(SVM: Support Vector Machine) 학습을 수행한다(S580).
- [0081] 혈관 질환 진단장치(300)는 테스트 및 반복 학습을 위한 피드백을 수행하고(S590), 이를 기반으로 제2 학습 모델을 생성한다(S592).
- [0082] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 실시예에 따른 혈관 질환을 판단하는 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0083] 도 6a를 참고하면, 혈관 질환 진단장치(300)는 환자 정보를 획득한다(S602).
- [0084] 혈관 질환 진단장치(300)는 환자 정보 기반으로 생성된 형상 변수정보를 이용하여 제1 진단 처리를 수행한다(S604).
- [0085] 혈관 질환 진단장치(300)는 제1 진단 처리에 대한 제1 진단 결과를 출력한다(S606). 여기서, 제1 진단 결과는 분획혈류예비력(FFR) 정보 및 유동 특성정보 중 적어도 하나의 정보일 수 있다.
- [0086] 혈관 질환 진단장치(300)는 제1 진단 결과와 환자 정보에 포함된 생체인증 정보를 이용하여 제2 진단 처리를 수행한다(S608).
- [0087] 혈관 질환 진단장치(300)는 제2 진단 처리에 대한 제2 진단 결과를 출력한다(S609). 여기서, 제2 진단 결과는 혈관 질환에 대한 수술 진행 여부에 대한 정보를 포함할 수 있다.
- [0088] 도 6b는 혈관 질환 진단장치(300)에서 제1 진단 처리 및 제2 진단 처리를 수행하는 상세 동작을 나타낸다.
- [0089] 이하, 제1 진단 처리부(342)에서 제1 진단 처리를 수행하는 동작에 대해 설명하도록 한다(STEP1).
- [0090] 제1 진단 처리부(342)는 환자정보를 획득하고(S610), 환자 정보에 근거하여 형상 변수정보를 생성한다(S620). 여기서, 형상 변수정보는 환자 정보에 포함된 혈관 이미지의 혈관 상단, 중단, 하단 영역 각각에 대한 형상 변수를 포함하며, 형상 변수는 길이, 곡률, 직경, 비대칭 등에 대한 변수를 포함할 수 있다.
- [0091] 제1 진단 처리부(342)는 생성된 형상 변수정보를 제1 학습 모델(400)에 적용하여 분획혈류예비력(FFR) 정보를 산출한다(S630, S640).
- [0092] 제1 진단 처리부(342)는 산출된 분획혈류예비력(FFR) 정보를 제1 진단 결과로 출력한다(S642).
- [0093] 제1 진단 처리부(342)는 생성된 형상 변수정보를 전산유체 시뮬레이션(CFD)에 적용하여 유동 특성정보를 산출한다(S650, S652). 여기서, 유동 특성정보는 와류(vorticity), 전단응력(wall shear stress), 압력, 속도, WSS, OSI, APS 등에 대한 정보를 포함할 수 있다.
- [0094] 이하, 제2 진단 처리부(344)에서 제2 진단 처리를 수행하는 동작에 대해 설명하도록 한다(STEP2).
- [0095] 제2 진단 처리부(344)는 환자 정보에 포함된 생체인증 정보를 획득하고(S660), 제1 진단 처리부(342)로부터 분획혈류예비력(FFR) 정보 및 유동 특성정보를 획득한다.
- [0096] 제2 진단 처리부(344)는 생체인증 정보, 분획혈류예비력 정보 및 유동 특성정보를 제2 학습 모델(402)에 적용하여 제2 진단 결과를 산출하여 출력한다(S680, S690). 제2 진단 처리부(344)는 생체인증 정보, 분획혈류예비력 정보 및 유동 특성정보를 제2 학습 모델(402)에 적용하여 혈관 질환을 판단하고, 혈관 질환에 대한 수술 진행

여부를 결정한다.

- [0097] 도 6a 및 도 6b 각각에서는 각 단계를 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 다시 말해, 도 6a 및 도 6b 각각에 기재된 단계를 변경하여 실행하거나 하나 이상의 단계를 병렬적으로 실행하는 것으로 적용 가능할 것이므로, 도 6a 및 도 6b 각각은 시계열적인 순서로 한정되는 것은 아니다.
- [0098] 도 6a 및 도 6b에 기재된 본 실시예에 따른 혈관 질환 판단방법은 애플리케이션(또는 프로그램)으로 구현되고 단말장치(또는 컴퓨터)로 읽을 수 있는 기록매체에 기록될 수 있다. 본 실시예에 따른 혈관 질환 판단방법을 구현하기 위한 애플리케이션(또는 프로그램)이 기록되고 단말장치(또는 컴퓨터)가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨팅 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치 또는 매체를 포함한다.
- [0099] 도 7는 본 발명의 실시예에 따른 혈관 질환의 진단 결과와 종래 기술에 따른 혈관 질환의 진단 결과를 나타낸 예시도이다.
- [0100] 도 7의 (a)는 복수의 환자 각각에 대해 종래의 진단 방식(FFR_{EXP}/DEC_{EXP})으로 산출된 진단 결과와 본 발명의 진단 방식(FFR_{GPR}/DEC_{SVM})으로 산출된 진단 결과를 나타낸다.
- [0101] 도 7의 (a)를 참조하면, 총 20 명의 환자 중 11 명에 대한 진단 결과는 본 발명의 진단 방식(FFR_{GPR}/DEC_{SVM})과 종래의 진단 방식(FFR_{EXP}/DEC_{EXP})이 모두 매칭되는 것을 확인할 수 있다.
- [0102] 총 20 명의 환자 중 4 명에 대한 진단 결과는 본 발명의 진단 방식(DEC_{SVM})만 매칭되고, 총 20 명의 환자 중 2 명에 대한 진단 결과는 본 발명의 진단 방식(FFR_{GPR})만 매칭되는 것을 확인할 수 있다.
- [0103] 총 20 명의 환자 중 3 명에 대한 진단 결과는 본 발명의 진단 방식(FFR_{GPR}/DEC_{SVM})과 종래의 진단 방식(FFR_{EXP}/DEC_{EXP})이 모두 매칭되지 않는 것을 확인할 수 있다.
- [0104] 도 7의 (b)는 정확도, 민감도, 특성 등에 대해 본 발명과 종래 기술을 비교한 결과를 나타낸다.
- [0105] 도 7의 (b)에서 정확도(Accuracy)는 '정확하게 추측된 데이터 / 전체 데이터', 민감도(Sensitivity)는 '수술이 필요한 환자 수 / 정확하게 추측된 데이터', 특성(Specificity)은 '수술이 필요하지 않은 환자 수 / 정확하게 추측된 데이터'에 의해 산출될 수 있다.
- [0106] 도 8 및 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 혈관 질환 시스템의 동작을 설명하기 위한 예시도이다.
- [0107] 도 8을 참조하면, 혈관 질환 시스템은 다음과 같은 순서로 혈관 질환 및 수술 진행 여부를 결정할 수 있다.
- [0108] (a) 비침습성 진단(Non-invasive diagnosis)을 수행
- [0109] (b) 혈관 변수, 혈액 변수, 기타 등(Input FFR related parameters)을 입력 또는 획득
- [0110] (c) 진단자(의사)의 단말기를 이용하여 데이터 전송
- [0111] (d) 기능적 머신러닝(제1 학습 모델 및 제2 학습 모델)을 통한 진단 처리에 의해 혈관 질환에 대한 계산 및 추정을 수행
- [0112] (e) 진단자(의사)의 단말기와 연동하는 증강현실, 가상현실 등의 기기를 통해 진단 결과를 출력
- [0113] (f) 진단 결과를 기반으로 수술 진행 여부에 대해 '예' 또는 '아니오'와 같은 형태로 의사 결정을 위한 명확한 지침을 제공하고, 분획혈류예비력(FFR)과 기타 매개 변수(압력, 속도, WSS, OSI, APS) 등을 추가로 제공
- [0114] 도 9를 참조하면, 혈관 질환 시스템은 다음과 같은 순서로 혈관 질환 및 수술 진행 여부를 결정하여 혈관 질환을 치료할 수 있다.
- [0115] (a) 수술실에서 비침습성 진단(Non-invasive diagnosis)을 수행
- [0116] (b) 진단자(의사)는 단말기를 통해 데이터를 혈관 질환 진단장치로 전송
- [0117] (c) 혈관 질환 진단장치에서 시뮬레이션 / 머신 러닝 기반의 분석 수행
- [0118] (d) 진단자(의사)는 단말기로 진단 결과에 대한 데이터를 수신
- [0119] (e) 진단 결과를 확인하여 진단자(의사)가 즉시 수술 진행 여부 결정

[0120] 이러한, 혈관 질환 시스템은 진단 대상(환자)과 진단자(의사)가 한 시간 미만의 시간 동안 소정의 사이트(진단실, 수술실 등)에서 대기하여 수술 여부를 판단할 수 있어, 빠른 진단 및 치료가 가능하다.

[0121] 이상의 설명은 본 발명의 실시예의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명의 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명의 실시예들은 본 발명의 실시예의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

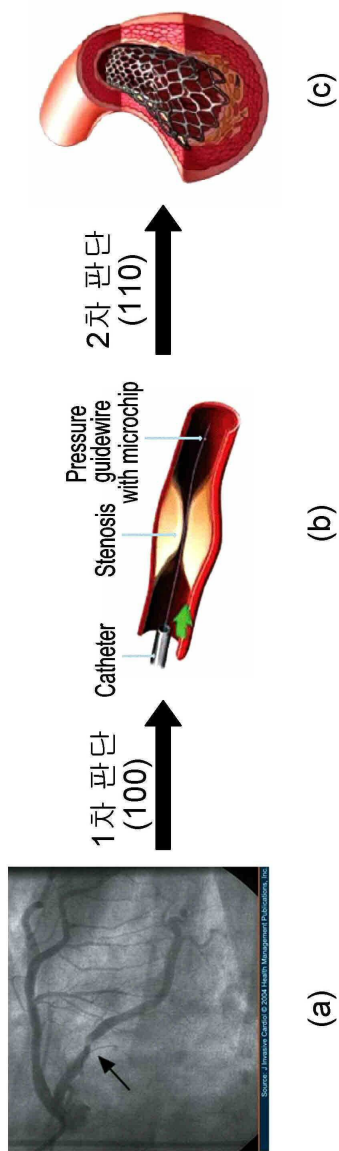
부호의 설명

[0122]

200: 컴퓨팅 장치	
210: 입력부	220: 출력부
230: 프로세서	240: 메모리
250: 데이터 베이스	
300: 혈관 질환 진단장치	
310: 인공지능 획득부	320: 학습 모델 생성부
330: 환자정보 획득부	340: 진단 처리부
350: 결과 처리부	

도면

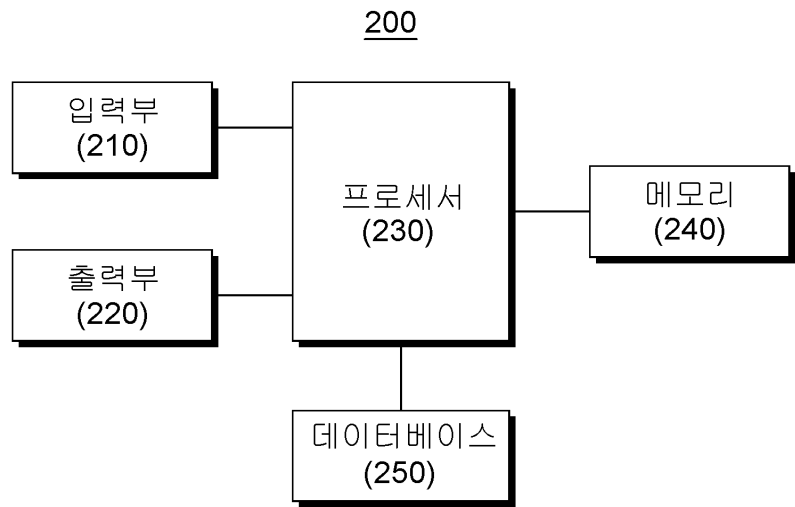
도면1a



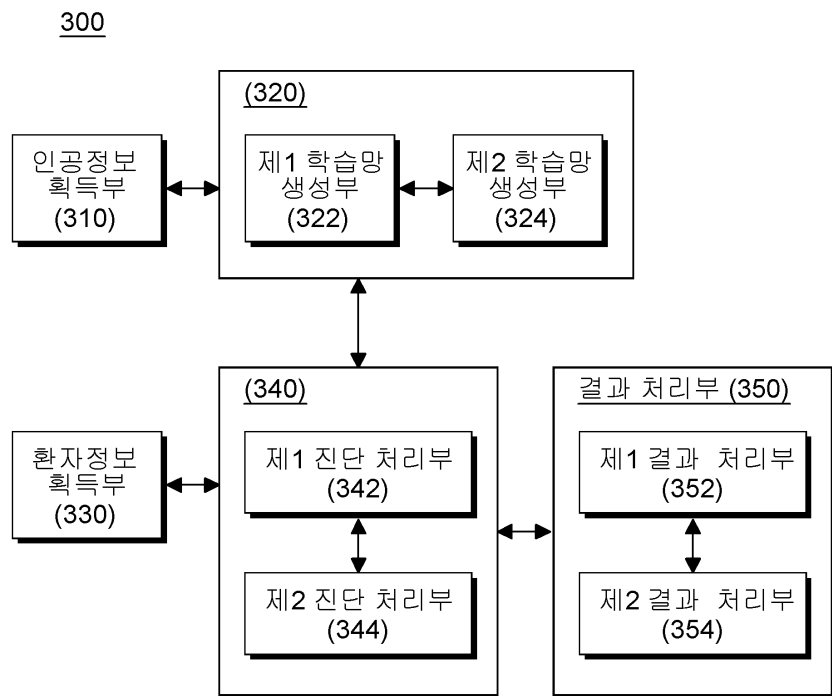
도면1b

	FFR _{EXP}	FFR _{CFD}	FFR _{ML}
Method	Invasive	Non-invasive	Non-invasive
Cost	High	Medium	Low
Time	High	Minimum 3 hours ¹	Less than 1 min
Accuracy	100%	80% ¹	80%*

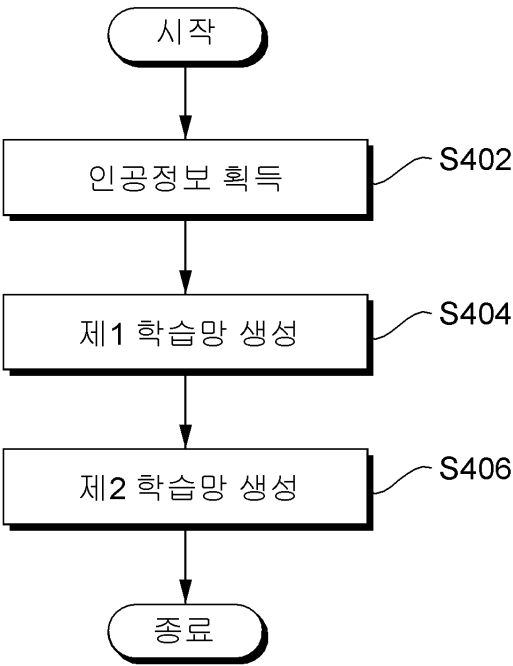
도면2



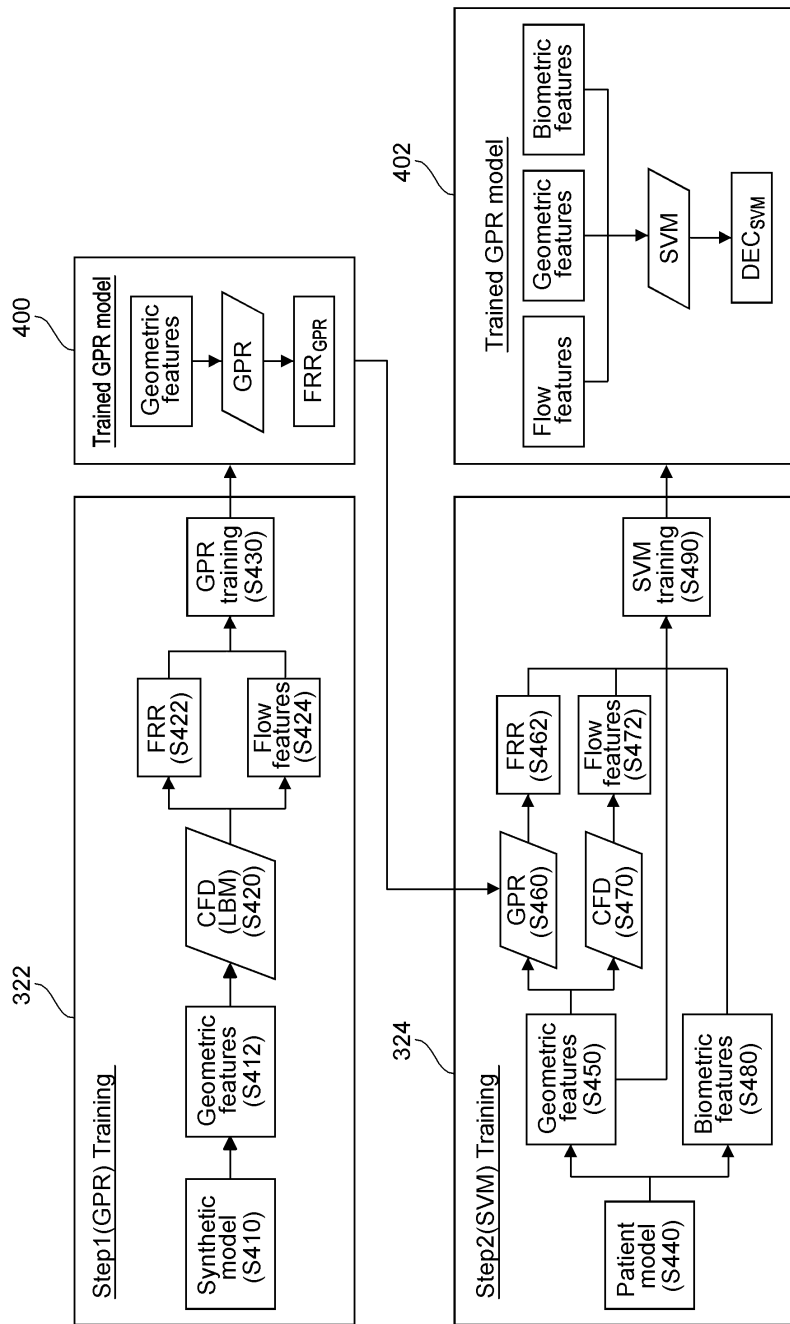
도면3



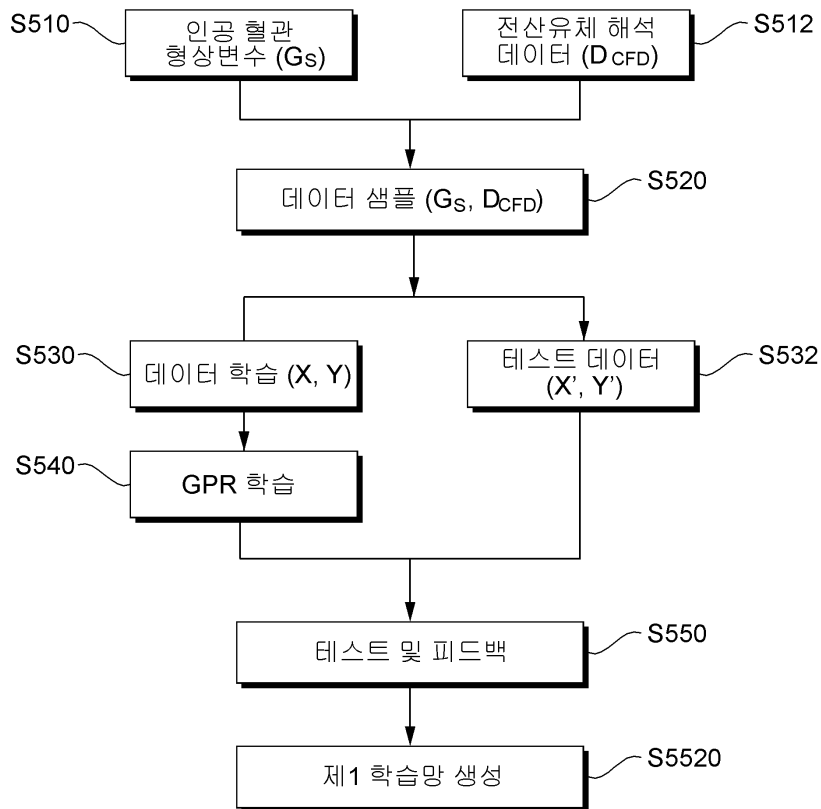
도면4a



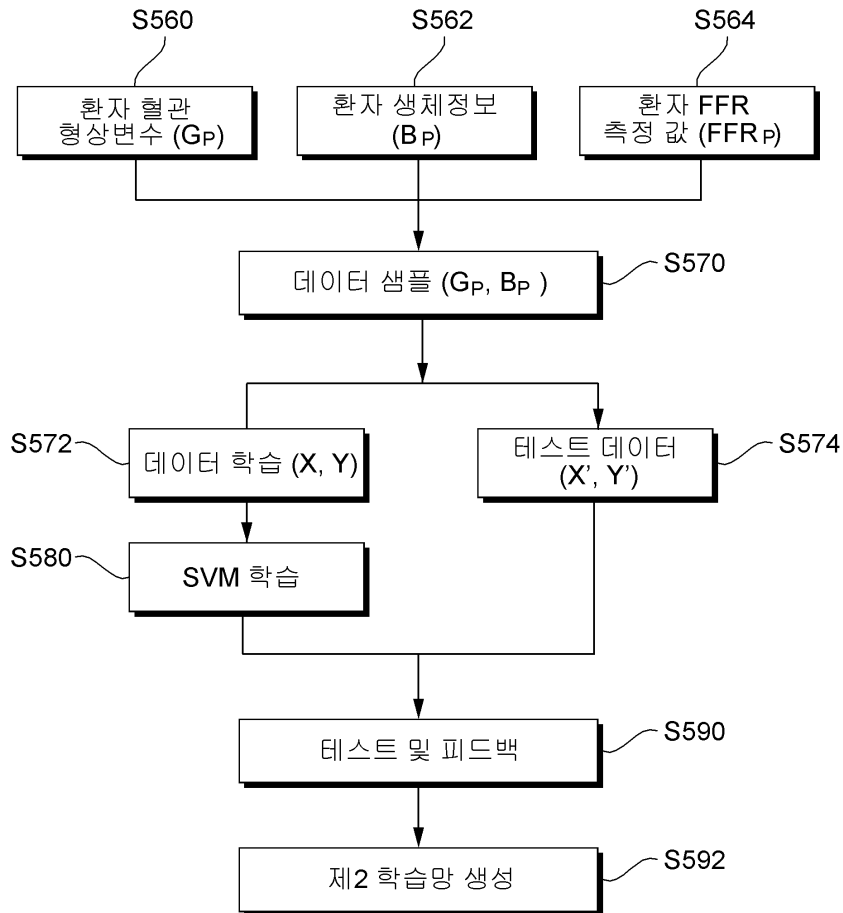
도면4b



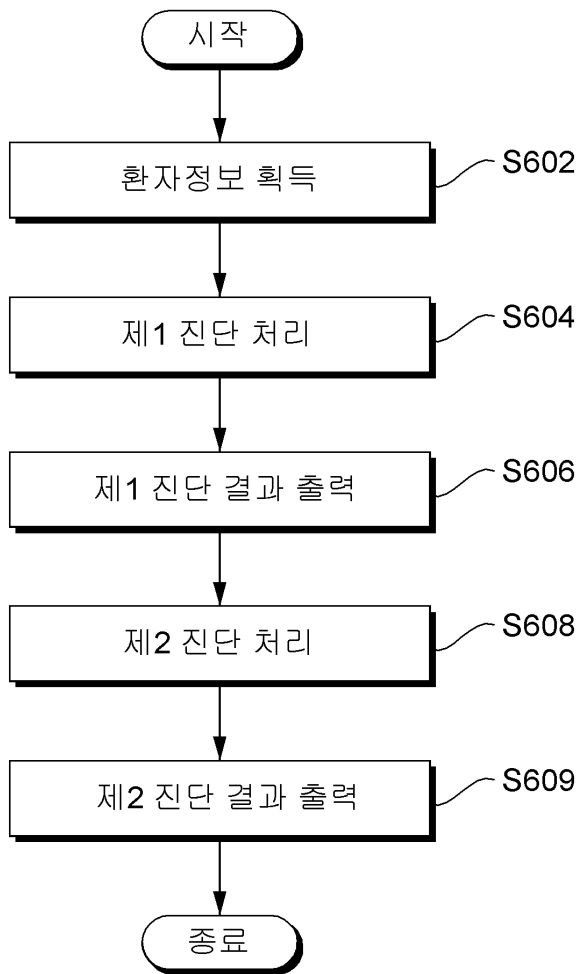
도면5a



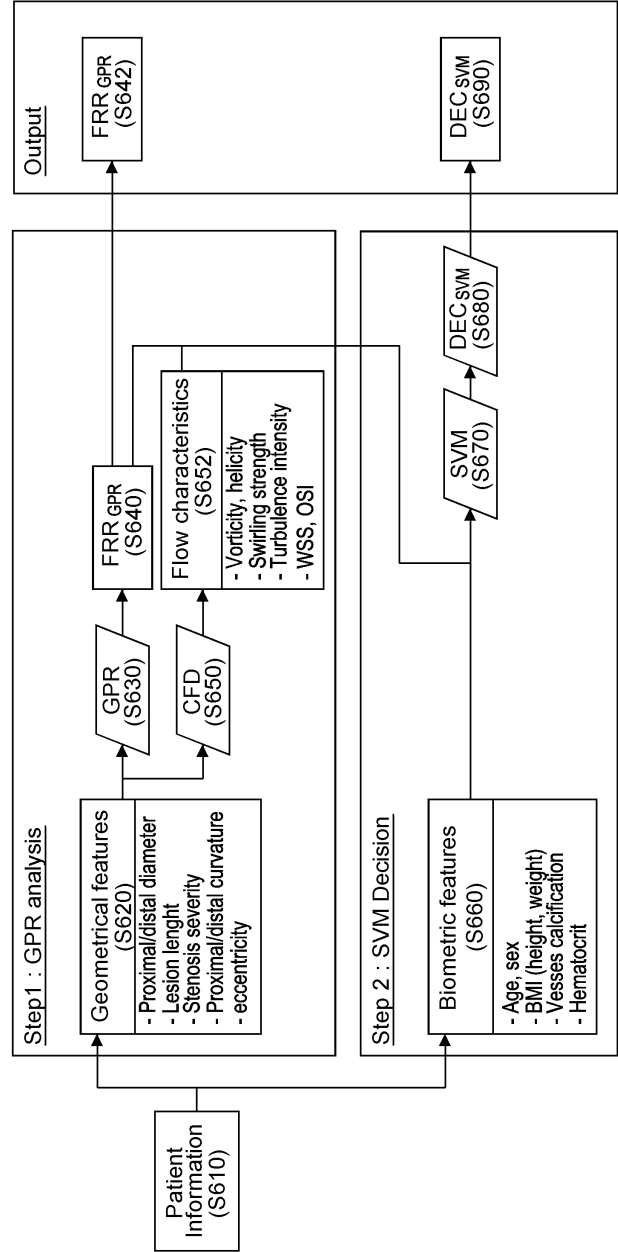
도면5b



도면6a



도면6b



도면7

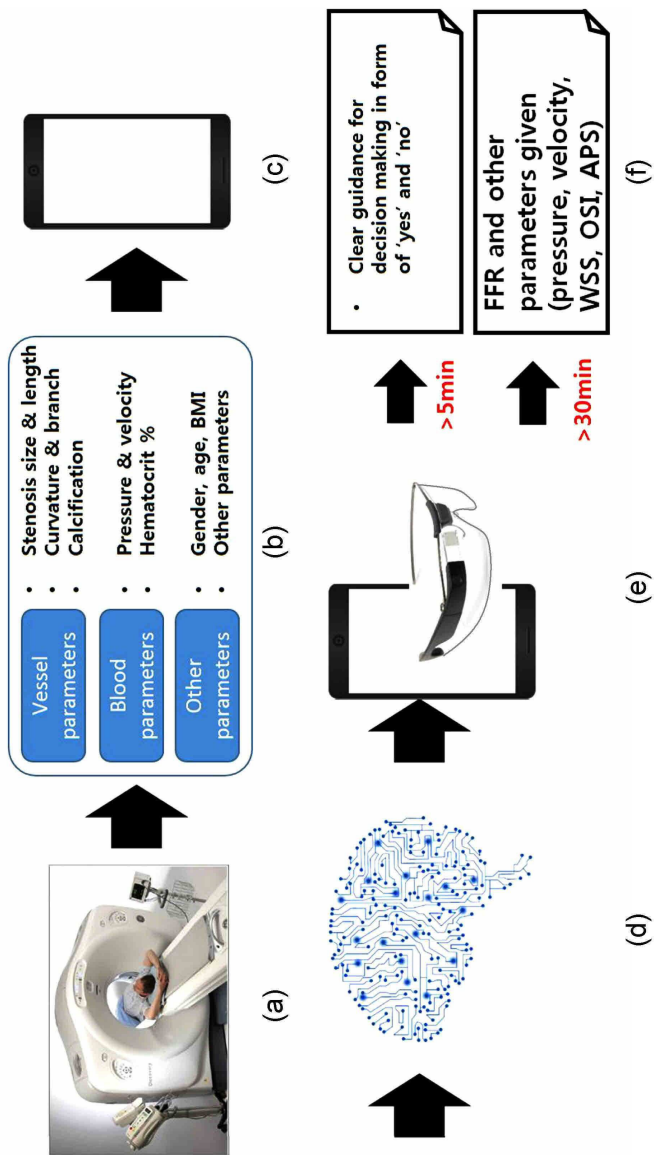
No.	Patient ID	FFR _{EXP}	DEC _{EXP}	FFR _{CFD}	FFR _{GPR}	DEC _{SVM}	Category
1	F155	0.38	1	0.722	0.723	1	1 (Matched)
2	F187	0.53	1	0.624	0.622	1	
3	F172	0.71	1	0.767	0.773	1	
4	F200	0.78	1	0.696	0.701	1	
5	F134	0.79	1	0.704	0.698	1	
6	F194	0.85	0	0.842	0.838	0	
7	F87	0.86	0	0.904	0.906	0	
8	F133	0.87	0	0.823	0.819	0	
9	F18	0.9	0	0.901	0.901	0	
10	F176	0.91	0	0.847	0.844	0	
11	F201	0.94	0	0.926	0.928	0	
12	F152	0.88	0	0.752	0.745	0	2 (Only SVM matched)
13	F188	0.88	0	0.782	0.784	0	
14	F178	0.90	0	0.759	0.763	0	
15	F198	0.77	1	0.789	0.8140	1	3 (Only GPR matched)
16	F159	0.79	1	0.799	0.7942	0	
17	F163	0.78	1	0.799	0.7920	0	4 (Mismatched)
18	F136	0.6	1	0.86	0.8537	0	
19	F116	0.77	1	0.829	0.8291	0	
20	F168	0.94	0	0.760	0.7512	1	

(a)

	FFR _{CFD}	FFR _{GPR}	DEC _{CARDIA}
accuracy	65	65	75
sensitivity	70	70	50
specificity	60	60	80

(b)

도면8



도면9

