



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0072952  
(43) 공개일자 2021년06월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 6/00 (2006.01) A61B 5/00 (2021.01)  
A61B 5/02 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
A61B 6/5217 (2020.08)  
A61B 5/02014 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0163304  
(22) 출원일자 2019년12월10일  
심사청구일자 2019년12월10일

(71) 출원인  
한양대학교 에리카산학협력단  
경기도 안산시 상록구 한양대학로 55  
이화여자대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)  
(뒷면에 계속)  
(72) 발명자  
양현동  
경상남도 거제시 거제면 읍내로13길 50-1 스포츠파크빌 902호  
오제훈  
경기도 안양시 동안구 달안로 40 은하수신성아파트 302동 701호  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인(유한)유일하이스트

전체 청구항 수 : 총 12 항

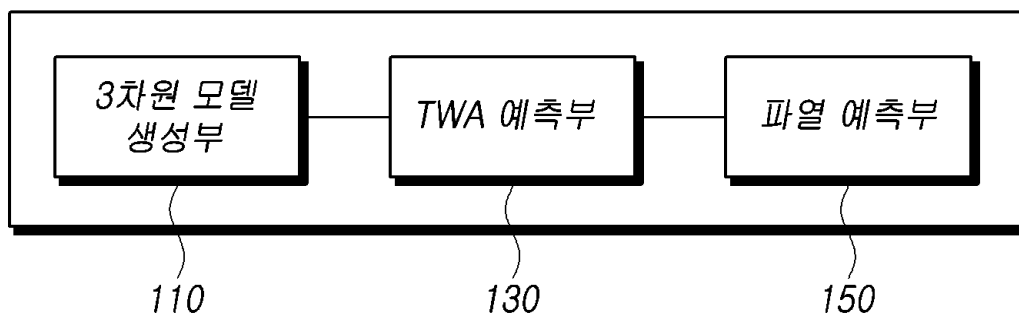
(54) 발명의 명칭 동맥류 파열 예측 장치 및 방법

(57) 요약

본 개시는 혈관 조영술을 이용하여 촬영된 동맥류를 포함하는 혈관 이미지에 기초하여 혈관의 3차원 모델을 생성하는 3차원 모델 생성부, 3차원 모델에서 소정의 기준값보다 혈관 벽의 두께가 얇은 영역인 TWA(thin walled area)를 예측하는 TWA 예측부 및 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 따른 파열 예측 그래프를 생성하고, 파열 예측 그래프에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 예측하는 파열 예측부를 포함하는 동맥류 파열 예측 장치 및 방법을 제공한다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류

**A61B 5/7275** (2013.01)

**A61B 6/481** (2013.01)

**A61B 6/504** (2013.01)

**A61B 6/507** (2013.01)

(71) 출원인

**가톨릭관동대학교산학협력단**

강원도 강릉시 범일로579번길 24(내곡동, 가톨릭관  
동대학교)

**연세대학교 산학협력단**

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학  
교)

(72) 발명자

**김용배**

서울특별시 강남구 압구정로 313 한양아파트 62동  
403호

**조광천**

서울특별시 강서구 마곡중앙1로 71 마곡13단지힐스  
테이트마스터 1307동 501호

**김정재**

서울특별시 성동구 동호로 93 브라운스톤금호2차  
201동 904호

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

혈관 조영술을 이용하여 촬영된 동맥류를 포함하는 혈관 이미지에 기초하여 혈관의 3차원 모델을 생성하는 3차원 모델 생성부;

상기 3차원 모델에서 소정의 기준값보다 혈관 벽의 두께가 얇은 영역인 TWA(thin walled area)를 예측하는 TWA 예측부; 및

상기 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 따른 파열 예측 그래프를 생성하고, 상기 파열 예측 그래프에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 예측하는 파열 예측부;

를 포함하는 동맥류 파열 예측 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 TWA 예측부는,

전산 유체 역학(Computational Fluid Dynamics; CFD)에 기초하여 상기 3차원 모델에서 동맥류의 TWA를 예측하는 동맥류 파열 예측 장치.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 파열 예측부는,

상기 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 기초한 변형률을 산출하는 변형률 산출 모듈;

상기 변형률에 기초하여 혈관의 물성 및 두께에 대한 상기 변형률 그래프를 생성하고, 상기 변형률 그래프를 소정의 변형률 기준값에 대응하는 기준평면과 비교하여 상기 파열 예측 그래프를 생성하는 파열 예측 그래프 생성 모듈; 및

상기 파열 예측 그래프의 위치에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출하는 파열 가능성 산출 모듈;

을 포함하는 동맥류 파열 예측 장치.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 변형률 산출 모듈은,

유체-구조물 상호 작용(Fluid-Structure Interaction; FSI)에 기초하여 상기 TWA에 대한 혈관의 물성 및 두께를 변화시켜 상기 변형률을 산출하는 동맥류 파열 예측 장치.

#### 청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 파열 예측 그래프 생성 모듈은,

상기 TWA에 대한 혈관의 물성 및 두께에 대한 상기 변형률 그래프를 3차원 그래프로 생성하고, 상기 변형률 그래프와 상기 기준평면과의 교차선을 상기 파열 예측 그래프로 생성하는 동맥류 파열 예측 장치.

#### 청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 파열 가능성 산출 모듈은,

상기 기준평면에서 상기 파열 예측 그래프의 위치에 의해 구분되는 영역의 크기에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출하는 동맥류 파열 예측 장치.

#### 청구항 7

혈관 조영술을 이용하여 촬영된 동맥류를 포함하는 혈관 이미지에 기초하여 혈관의 3차원 모델을 생성하는 단계;

상기 3차원 모델에서 소정의 기준값보다 혈관 벽의 두께가 얇은 영역인 TWA(thin walled area)를 예측하는 단계; 및

상기 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 따른 파열 예측 그래프를 생성하고, 상기 파열 예측 그래프에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 예측하는 단계;

를 포함하는 동맥류 파열 예측 방법.

#### 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 TWA를 예측하는 단계는,

전산 유체 역학(Computational Fluid Dynamics; CFD)에 기초하여 상기 3차원 모델에서 동맥류의 TWA를 예측하는 동맥류 파열 예측 방법.

#### 청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 파열 가능성을 예측하는 단계는,

상기 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 기초한 변형률을 산출하는 단계;

상기 변형률에 기초하여 혈관의 물성 및 두께에 대한 상기 변형률 그래프를 생성하고, 상기 변형률 그래프를 소정의 변형률 기준값에 대응하는 기준평면과 비교하여 상기 파열 예측 그래프를 생성하는 단계; 및

상기 파열 예측 그래프의 위치에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출하는 단계;

을 포함하는 동맥류 파열 예측 방법.

#### 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 변형률을 산출하는 단계는,

유체-구조물 상호 작용(Fluid-Structure Interaction; FSI)에 기초하여 상기 TWA에 대한 혈관의 물성 및 두께를 변화시켜 상기 변형률을 산출하는 동맥류 파열 예측 방법.

#### 청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 파열 예측 그래프를 생성하는 단계는,

상기 TWA에 대한 혈관의 물성 및 두께에 대한 상기 변형률 그래프를 3차원 그래프로 생성하고, 상기 변형률 그래프와 상기 기준평면과의 교차선을 상기 파열 예측 그래프로 생성하는 동맥류 파열 예측 방법.

#### 청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 파열 가능성을 산출하는 단계는,

상기 기준평면에서 상기 파열 예측 그래프의 위치에 의해 구분되는 영역의 크기에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출하는 동맥류 파열 예측 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 개시는 동맥류의 파열 가능성을 예측하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 심뇌혈관질환은 주요 사망원인으로, 고혈압, 당뇨 등을 앓는 사람이 증가하면서 심뇌혈관 유병률도 높아지고 있다. 특히, 뇌동맥류는 뇌혈관 벽이 부풀어 오르는 대표적인 뇌혈관 질환 중 하나로 뇌동맥의 일부가 파리처리 부풀어 오르는 병변을 말한다. 뇌동맥류의 중증도가 심하면 뇌혈관이 터지는 출혈성뇌출혈(hemorrhagic stroke)로 발전할 수 있다. 뇌동맥류는 1980년대에 들어서면서 CT 혈관조영술, MR 혈관조형술 등의 기법이 도입되면서 진단할 수 있게 되었다.

[0003] 파열성 뇌동맥류는 자발성 지주막하 출혈의 가장 큰 원인에 해당한다. 따라서 정확한 파열 위험성을 판단하여 비파열성 뇌동맥류에 대한 예방적 치료 여부를 결정하는 것이 중요하다. 그러나 개개인의 환자에 대하여 파열 위험성을 예측하는 것은 쉽지 않다. 일반적인 파열 예측법은 환자의 나이, 고혈압, 이전 지주막하출혈, 동맥류의 크기, 위치 그리고 지정학적 지역 등을 기준으로 하나, 이러한 예측방법은 의사의 주관적인 직관이 포함되기 때문에 정확도가 떨어지게 된다.

[0004] 뇌동맥류의 파열 예측과 관련하여, 인공지능을 이용한 뇌동맥류의 중증도 예측 방법 등이 도입되고 있으나, 주로 사용하고 있는 핵심 딥러닝 알고리즘인 CNN (Convolutional neural network)은 보편적으로 수십만개의 데이터를 학습시켜야 소정의 정확도가 나오는 것으로 알려져 있다. 그러나 이러한 의학 분야에서 많은 수의 학습 데이터를 확보한다는 것은 현실적으로 불가능하며, 단순 이미지 기반의 분류만으로 복잡한 현상이 발생하는 뇌동맥류를 효과적으로 분류할 수 있을지가 의문시되고 있다.

[0005] 따라서, 인공지능을 이용하는 방법 이외에, 환자 개개인에 대한 혈관 이미지로부터 보다 정확하게 뇌동맥류의 파열 여부를 예측할 수 있는 방법에 대한 요구가 증대되고 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 전술한 배경에서 본 개시는 동맥류를 포함하는 혈관의 3차원 모델에서 예측된 TWA(thin walled area)에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 따른 파열 예측 그래프를 생성하여 동맥류의 파열 가능성을 예측함으로써, 혈류해석을 통해 계산된 혈류역학적 인자를 이용하여 객관적으로 동맥류의 파열 예측이 가능한 수 있는 동맥류 파열 예측 장치 및 방법을 제안하고자 한다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 전술한 과제를 해결하기 위해서 안출된 본 개시는 혈관 조영술을 이용하여 촬영된 동맥류를 포함하는 혈관 이미지에 기초하여 혈관의 3차원 모델을 생성하는 3차원 모델 생성부, 3차원 모델에서 소정의 기준값보다 혈관 벽의 두께가 얇은 영역인 TWA(thin walled area)를 예측하는 TWA 예측부 및 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 따른 파열 예측 그래프를 생성하고, 파열 예측 그래프에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 예측하는 파열 예측부를 포함하는 동맥류 파열 예측 장치를 제공할 수 있다.

[0008] 또한, 본 개시는 혈관 조영술을 이용하여 촬영된 동맥류를 포함하는 혈관 이미지에 기초하여 혈관의 3차원 모델을 생성하는 단계, 3차원 모델에서 소정의 기준값보다 혈관 벽의 두께가 얇은 영역인 TWA(thin walled area)를 예측하는 단계 및 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 따른 파열 예측 그래프를 생성하고, 파열 예측 그래프에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 예측하는 단계를 포함하는 동맥류 파열 예측 방법을 제공할 수 있다.

## 발명의 효과

- [0009] 본 개시에 따르면, 동맥류를 포함하는 혈관의 3차원 모델에서 예측된 TWA(thin walled area)에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 따른 파열 예측 그래프를 생성하여 동맥류의 파열 가능성을 예측함으로써, 혈류해석을 통해 계산된 혈류역학적 인자를 이용하여 객관적으로 보다 정확한 동맥류의 파열 예측이 가능할 수 있다.
- [0010] 또한, 본 개시에 따르면, 혈관의 물성 및 두께에 따른 파열 예측 그래프를 생성하여 동맥류의 파열 가능성을 예측함으로써, 기존의 인공지능을 이용하는 방법에서 요구되는 것과 같은 많은 양의 학습 데이터 없이도 정확한 동맥류의 파열 예측이 가능할 수 있다.
- [0011] 또한, 본 개시에 따르면, 혈류해석의 복잡한 결과들을 이용하여 직관적으로 판단할 수 있는 파열 예측 그래프를 제공함으로써, 혈류해석에 대한 지식이 없는 사람들도 쉽게 동맥류의 파열 가능성을 판단할 수 있다.
- [0012] 또한, 본 개시에 따르면, 뇌동맥류를 포함하여 다른 위치에 발생하는 동맥류에 대하여 적용할 수 있고, 동맥류 뿐만 아니라 대동맥 박리나 복부 대동맥류와 같이 신체 내부에 혈류역학적 인자가 영향을 끼쳐 문제가 생기는 곳에 모두 적용이 가능한 진단 방법을 제공할 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 본 개시의 일 실시예에 따른 동맥류 파열 예측 장치에 대한 블록도이다.
- 도 2는 본 개시의 일 실시예에 따른 파열 예측부에 대한 블록도이다.
- 도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 혈관의 3차원 모델을 생성하는 것을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 동맥류의 TWA를 예측하는 것을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 본 개시의 일 실시예에 따른 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 기초한 변형률을 산출하는 것을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6 내지 도 9는 본 개시의 일 실시예에 따른 파열 예측 그래프에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출하는 것을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 10은 본 개시의 일 실시예에 따른 동맥류 파열 예측 방법에 대한 흐름도이다.
- 도 11은 본 개시의 일 실시예에 따른 동맥류의 파열 가능성을 산출하는 방법에 대한 흐름도이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 이하, 본 개시의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 개시를 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 개시의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0015] 또한, 본 개시의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나 또는 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0016] 이하에서는, 관련 도면을 참조하여 본 개시의 실시예들에 따른 동맥류 파열 예측 장치 및 방법에 대하여 설명하기로 한다.
- [0017] 이하에서 설명하는 본 개시에 따른 실시예들은 뇌동맥류 이외에 신체 내의 다양한 부위에서 나타날 수 있는 동맥류에 대하여 적용될 수 있다. 또한, 본 개시에 따른 실시예들은 동맥류 이외에, 대동맥 박리나 복부 대동맥류와 같이 신체 내부에 혈류역학적 인자가 영향을 끼쳐 문제가 생기는 곳에도, 기술적 사상에 모순되지 않는 한, 적용될 수 있다.
- [0018] 도 1은 본 개시의 일 실시예에 따른 동맥류 파열 예측 장치에 대한 블록도이다.
- [0019] 도 1을 참조하면, 동맥류 파열 예측 장치(100)는 혈관 조영술을 이용하여 촬영된 동맥류를 포함하는 혈관 이미

지에 기초하여 혈관의 3차원 모델을 생성하는 3차원 모델 생성부(110), 3차원 모델에서 소정의 기준값보다 혈관 벽의 두께가 얇은 영역인 TWA(thin walled area)를 예측하는 TWA 예측부(130) 및 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 따른 파열 예측 그래프를 생성하고, 파열 예측 그래프에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 예측하는 파열 예측부(150)를 포함할 수 있다.

- [0020] 본 개시에서 설명되는 동맥류 파열 예측 장치(100)는 위에서 열거된 구성요소들 이외에 동맥류 파열 예측 장치의 동작을 수행하기 위하여 다른 구성요소들을 더 포함할 수 있다.
- [0021] 3차원 모델 생성부(110)는 동맥류가 포함된 혈관에 대한 3차원 모델을 생성할 수 있다. 이를 위하여, 3차원 모델 생성부(110)는 혈관 조영술을 이용하여 촬영된 동맥류를 포함하는 혈관에 대한 이미지를 입력받을 수 있다. 일 예에 따라, 혈관에 대한 이미지는 디지털 감산 혈관 조영술(Digital Subtraction Angiography; DSA)이 적용된 DSA 이미지일 수 있다. 다만, 이는 일 예로서, 이에 한정되는 것은 아니며, 혈관에 대한 이미지에 기초하여 혈관을 3차원 모델로 구축할 수 있다면, 특정 혈관 조영술에 한정되는 것은 아니다.
- [0022] 동맥류를 포함하는 혈관에 대한 이미지는 외부의 촬영 기기로부터 무선 또는 유선 통신을 이용하여 입력될 수 있다. 이 경우, 촬영 기기는 체내의 혈류 흐름을 촬영하여 이미지 데이터를 생성한 후 이미지 데이터를 동맥류 파열 예측 장치(100)에 제공한다. 또는, 동맥류를 포함하는 혈관에 대한 이미지는 동맥류 파열 예측 장치(100)의 저장부(미도시)에 저장되고, 3차원 모델 생성부(110)로 입력될 수 있다.
- [0023] 3차원 모델 생성부(110)는 동맥류를 포함하는 혈관에 대한 이미지를 3차원 모델링하여 혈관에 대한 3차원 모델을 생성할 수 있다. 혈관에 대한 3차원 모델을 생성하기 위한 3D 모델링 기법은 공지된 방법이 적용될 수 있으며, 특정 방법은 한정되지 않는다. 일 예에 따라, 혈관의 3차원 모델은 STL(STereoLithography) 3D 데이터로 생성될 수 있다.
- [0024] TWA 예측부(130)는 전산 유체 역학(Computational Fluid Dynamics; CFD)을 적용하여, 혈관에 대한 3차원 모델에서 소정의 기준값보다 혈관 벽의 두께가 얇은 혈관 영역인 TWA를 예측할 수 있다. TWA 예측부(130)는 혈관의 3차원 모델에 대하여 혈류 압력 또는 혈류 밀도 등의 혈류역학적 인자들을 전산 유체 역학 모델에 입력하여 혈관 벽의 두께 등의 정보를 산출할 수 있다. TWA 예측부(130)는 산출된 정보에 기초하여 동맥류에서의 TWA를 예측할 수 있다.
- [0025] 일 예에 따라, TWA 예측부(130)는 혈관에 대한 3차원 모델에서 혈관 벽의 두께를 시각적으로 구분되도록 표시할 수 있다. 예를 들어, TWA 예측부(130)는 혈관 벽의 두께를 해당 두께가 포함되는 범위에 대응되는 미리 정해진 색상을 이용하여 3차원 모델에 표시할 수 있다.
- [0026] 파열 예측부(150)는 TWA 예측부(130)에서 예측된 동맥류의 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 기초한 변형률을 산출할 수 있다. 일 예에 따라, 혈관의 물성은 혈관의 탄성과 관련된 포아송비(Poisson's ratio)일 수 있다. 파열 예측부(150)는 예측된 TWA에서의 혈관의 물성과 두께를 변경하여 하나의 동맥류에 대해 미리 정해진 힘수의 혈류해석을 수행할 수 있다. 파열 예측부(150)는 각 혈류해석을 통하여 물성과 두께에 따른 변형률을 산출할 수 있다.
- [0027] 파열 예측부(150)는 산출된 변형률에 기초하여 TWA의 물성 및 두께를 기준으로 하는 변형률 그래프를 3차원 그래프로 생성할 수 있다. 파열 예측부(150)는 변형률 그래프를 소정의 변형률 기준값에 대응하는 기준평면과 비교하여 파열 예측 그래프를 생성할 수 있다. 일 예에 따라, 파열 예측부(150)는 파단 변형률(fracture strain)을 이용하여 기준평면을 생성할 수 있다. 파단 변형률은 혈관이 파단될 수 있는 변형률의 기준값으로 설정될 수 있다. 파열 예측부(150)는 변형률 그래프와 기준평면을 교차시키고, 해당 교차에 따른 교선을 추출하여 동맥류 파열 예측을 위한 파열 예측 그래프를 생성할 수 있다.
- [0028] 파열 예측부(150)는 기준평면에서의 파열 예측 그래프에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출할 수 있다. 파열 예측 그래프는 혈관이 파단되는 기준값인 파단 변형률을 이용하여 생성되었으므로, 파열 예측 그래프로 구분된 기준평면의 영역의 면적을 이용하여 파열 가능성이 산출될 수 있다. 이와 관련하여 이하에서 관련 도면을 참조하여 보다 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0029] 이에 따르면, 동맥류를 포함하는 혈관의 3차원 모델에서 예측된 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 따른 파열 예측 그래프를 생성하여 동맥류의 파열 가능성을 예측함으로써, 혈류해석을 통해 계산된 혈류역학적 인자를 이용하여 객관적으로 보다 정확한 동맥류의 파열 예측이 가능할 수 있다. 또한, 혈관의 물성 및 두께에 따른 파열 예측 그래프를 생성하여 동맥류의 파열 가능성을 예측함으로써, 기존의 인공지능을 이용하는 방법에서 요구되는



것과 같은 많은 양의 학습 데이터 없이도 정확한 동맥류의 파열 예측이 가능할 수 있다.

- [0030] 이하에서는, 관련 도면을 참조하여, 본 개시의 일 실시예에 따른 동맥류 파열 예측 장치(100) 및 동맥류 파열 예측 방법에 대하여 보다 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0031] 도 2는 본 개시의 일 실시예에 따른 파열 예측부에 대한 블록도이다. 도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 혈관의 3차원 모델을 생성하는 것을 설명하기 위한 도면이다. 도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 동맥류의 TWA를 예측하는 것을 설명하기 위한 도면이다. 도 5는 본 개시의 일 실시예에 따른 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 기초한 변형률을 산출하는 것을 설명하기 위한 도면이다. 도 6 내지 도 9는 본 개시의 일 실시예에 따른 파열 예측 그래프에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출하는 것을 설명하기 위한 도면이다.
- [0032] 전술한 것과 같이, 동맥류 파열 예측 장치(100)의 3차원 모델 생성부(110)는 동맥류를 포함하는 혈관에 대한 3차원 모델을 생성할 수 있다. 도 3을 참조하면, 뇌동맥 등과 같은 혈관에 대한 3차원 모델(300)의 일 예가 도시되어 있다. 혈관에 대한 3차원 모델(300) 중 동맥류 부분(310)도 3차원으로 모델링된다.
- [0033] 동맥류 파열 예측 장치(100)의 TWA 예측부(130)는 도 4에 도시된 것과 같이, 전산 유체 역학을 적용하여, 혈관에 대한 3차원 모델(400)에서 소정의 기준값보다 혈관 벽의 두께가 얇은 혈관 영역인 TWA(410)를 예측할 수 있다. TWA 예측부(130)는, 동맥류의 혈관에 대한 3차원 모델(400)에서 혈관 벽의 두께를 시각적으로 구분되도록 표시할 수 있다. 예를 들어, TWA 예측부(130)는 혈관 벽의 두께를 해당 두께에 대응되는 미리 정해진 색상을 이용하여 3차원 모델에 표시할 수 있다.
- [0034] 동맥류 파열 예측 장치(100)의 파열 예측부(150)는 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 따른 파열 예측 그래프를 생성하고, 파열 예측 그래프에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 예측할 수 있다.
- [0035] 도 2를 참조하면, 동맥류 파열 예측 장치(100)의 파열 예측부(150)는 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 기초한 변형률을 산출하는 변형률 산출 모듈(151), 변형률에 기초하여 혈관의 물성 및 두께에 대한 변형률 그래프를 생성하고, 변형률 그래프를 소정의 변형률 기준값에 대응하는 기준평면과 비교하여 파열 예측 그래프를 생성하는 파열 예측 그래프 생성 모듈(153) 및 파열 예측 그래프의 위치에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출하는 파열 가능성 산출 모듈(155)을 포함할 수 있다.
- [0036] 변형률 산출 모듈(151)은 유체-구조물 상호 작용(Fluid-Structure Interaction; FSI)에 기초하여 혈류해석을 수행할 수 있다. 변형률 산출 모듈(151)은 혈류해석을 통하여 동맥류의 TWA에 대한 혈관의 물성 및 두께를 변화시켜 변형률을 산출할 수 있다. 변형률 산출 모듈(151)은, FSI를 이용하여 TWA의 물성 및 두께를 순차적으로 변경하면서 대응하는 변형률을 산출할 수 있다.
- [0037] 변형률 산출 모듈(151)은, 도 5에 도시된 것과 같이, 동맥류에 대한 3차원 모델(500)에서 TWA(510)에 대한 변형률을 시각적으로 구분되도록 표시할 수 있다. 예를 들어, 변형률 산출 모듈(151)은 산출된 변형률을 해당 변형률에 대응되는 미리 정해진 색상을 이용하여 3차원 모델에 표시할 수 있다.
- [0038] 일 예에 따라, 변형률 산출 모듈(151)은 TWA의 물성 및 두께를 각각 4개의 기준으로 구분하여 변경할 수 있다. 예를 들어, TWA의 두께는 소정의 기준값에 대하여 25%, 50%, 75%, 100%로 변경될 수 있다. 마찬가지로, TWA의 물성은 소정의 기준값에 대하여 25%, 50%, 75%, 100%로 변경될 수 있다. 이를 각각 조합한 총 16개의 경우에 대하여, 변형률 산출 모듈(151)은 FSI에 기초하여 TWA의 변형률을 산출할 수 있다.
- [0039] 다만, TWA의 물성 및 두께를 각각 4개의 기준으로 구분하는 것은 일 예로서, 이에 한정되는 것은 아니다. 변형률을 산출하는 기준이 되는 물성 및 두께의 값은 필요에 따라 더 많거나 적은 개수의 기준으로 변경될 수 있다.
- [0040] 파열 예측 그래프 생성 모듈(153)은 TWA에 대한 혈관의 물성 및 두께에 대한 변형률 그래프를 3차원 그래프로 생성할 수 있다. 파열 예측 그래프 생성 모듈(153)은 혈관의 물성 및 두께를 기준으로 하여 변형률 값을 연결한 변형률 그래프를 생성할 수 있다. 파열 예측 그래프 생성 모듈(153)은 도 6에 도시된 것과 같이, 변형률 그래프(600)를 생성할 수 있다.
- [0041] 도 6을 참조하면, 변형률 그래프(600)의 기준이 되는 값인 혈관의 두께(wall thickness) 및 물성(material property)이 각각 x축과 y축으로 설정될 수 있다. 또한, 변형률(equivalent strain) 값이 z축으로 설정될 수 있다. 변형률 그래프(600)는 각 변형률의 값을 연결한 면들로 구성되는 3차원 그래프로 생성될 수 있다.
- [0042] 예를 들어, 전술한 것과 같이, TWA의 물성 및 두께를 각각 4개의 경우에 대하여 조합하여 총 16개의 경우가 설정될 수 있다. 파열 예측 그래프 생성 모듈(153)은 16개의 경우 각각에 대하여 변형률을 산출할 수 있다. 파열



예측 그래프 생성 모듈(153)은, 도 6에 도시된 것과 같이, 각 경우의 변형률의 값에 해당되는 16개의 점을 연결한 면들을 변형률 그래프(600)로 생성할 수 있다. 이 경우, 16개의 점들 사이의 면들은 대응되는 TWA의 물성 및 두께에 따른 변형률의 근사값을 의미할 수 있다.

[0043] 예를 들어, a 점은 두께 25% 및 물성 25%에 대하여 혈류해석을 통하여 산출된 변형률 값에 해당된다. 마찬가지로, b 점은 두께 25% 및 물성 100%에 대하여 혈류해석을 통하여 산출된 변형률 값에 해당된다. 또한, c 점은 두께 100% 및 물성 25%에 대하여 혈류해석을 통하여 산출된 변형률 값에 해당된다. 또한, d 점은 두께 100% 및 물성 100%에 대하여 혈류해석을 통하여 산출된 변형률 값에 해당된다.

[0044] 파열 예측 그래프 생성 모듈(153)은 변형률 그래프를 소정의 변형률 기준값에 대응하는 기준평면과 비교하여 파열 예측 그래프를 생성할 수 있다. 일 예에 따라, 파열 예측 그래프 생성 모듈(153)은, 도 7에 도시된 것과 같이, 파단 변형률(fracture strain)의 값(Th)을 갖는 기준평면(700)을 설정할 수 있다. 기준평면(700)은 변형률 그래프(600)와 교선(710)을 이루며 교차할 수 있다.

[0045] 기준평면(700)이 파단이 발생할 수 있는 변형률 값으로 설정되므로, 혈관의 변형률이 기준평면(700)보다 낮은 경우 파단이 발생하지 않는 경우인 것을 의미한다. 즉, 전술한 a 점은 혈관의 두께가 25% 값을 가지고, 탄성이 25% 값을 갖는 경우이므로, 혈관의 두께가 얇으면서 탄성도 작은 경우로서 기준평면(700)보다 높은 위치의 변형률 값으로 나타나게 된다. 따라서, 파단이 발생되는 것을 의미하게 된다. 반대로, 전술한 d 점은 혈관의 두께가 100% 값을 가지고, 탄성이 100% 값을 갖는 경우이므로, 혈관의 두께가 두꺼우면서 탄성도 큰 경우로서 기준평면(700)보다 낮은 위치의 변형률 값으로 나타나게 된다. 따라서, 파단이 발생되지 않는 것을 의미하게 된다.

[0046] 일 예에 따라, 파단 변형률의 값(Th)은 대상이 되는 혈관이 포함된 인체에 대한 나이, 성별, 혈압, 혈류 속도, 혈류 점성 등의 생체 정보에 기초하여 개별적으로 설정될 수 있다. 파단 변형률의 값(Th)이 높게 설정될수록 높은 변형률에서 파단이 발생한다는 것을 의미하므로, 동일한 변형률 그래프에 대해서 파열 가능성이 낮게 산출될 수 있다.

[0047] 파열 예측 그래프 생성 모듈(153)은 변형률 그래프(600)와 기준평면(700)을 교차시킬 수 있다. 도 8을 참조하면, 도 7에 도시된 변형률 그래프(600) 및 기준평면(700)을 위에서 바라본 형태(800)가 도시되어 있다. 해당 형태(800)에는 변형률 그래프(600)와 기준평면(700)의 교선(810)이 나타나게 된다.

[0048] 도 9에 도시된 것과 같이, 파열 예측 그래프 생성 모듈(153)은 변형률 그래프(600)와 기준평면(700)의 교선(810)을 파열 예측 그래프(910)로 생성할 수 있다. 이 경우, 파열 예측 그래프(910)가 생성되는 평면(900)은 기준평면(700)과 동일한 면이 된다.

[0049] 파열 가능성 산출 모듈(155)은 기준평면(900)에서의 파열 예측 그래프(910)에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출할 수 있다. 파열 가능성 산출 모듈(155)은 기준평면(900)에서 파열 예측 그래프(910)의 위치에 의해 구분되는 영역의 크기에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출할 수 있다.

[0050] 도 9를 참조하면, 기준평면(900)은 파열 예측 그래프(910)의 위치에 의해 X 영역과 Y 영역으로 구분될 수 있다. 기준평면(900)에서, 파열 예측 그래프(910)가 우측 상단에 위치할수록 파열 가능성이 높고, 좌측 하단에 위치할수록 파열 가능성이 낮다는 것을 의미할 수 있다.

[0051] 예를 들어, 도 7을 참조하면, 파열 예측 그래프(910)가 우측 상단으로 갈수록, 전술한 혈관의 두께 및 물성의 변경에 따른 16개의 경우 중, 기준평면(700) 위에 존재하는 경우가 늘어나게 된다. 즉, 혈관의 두께 및 물성에 대한 16개의 경우 중에서 판단 변형률보다 높은 변형률을 갖게되는 경우가 늘어나는 것이므로, 해당 동맥류의 파열 가능성이 높게 결정될 수 있다.

[0052] 마찬가지로, 파열 예측 그래프(910)가 좌측 하단으로 갈수록, 전술한 혈관의 두께 및 물성의 변경에 따른 16개의 경우 중, 기준평면(700) 아래에 존재하는 경우가 늘어나게 된다. 즉, 혈관의 두께 및 물성에 대한 16개의 경우 중에서 판단 변형률보다 낮은 변형률을 갖게되는 경우가 늘어나는 것이므로, 해당 동맥류의 파열 가능성이 낮게 결정될 수 있다.

[0053] 일 예에 따라, 파열 가능성 산출 모듈(155)은 기준평면(900)에서 파열 예측 그래프(910)의 위치에 의해 구분되는 영역의 크기에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출할 수 있다. 도 9를 참조하면, 파열 가능성 산출 모듈(155)은 기준평면(900)에서의 X 영역과 Y 영역의 면적에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출할 수 있다. 전술한 것과 같이, 파열 예측 그래프(910)가 우측 상단으로 갈수록 파열 가능성이 높으며, 이는 기준평면(900)에서 X 영역이 넓어지는 것에 대응된다. 따라서, X 영역의 면적은 파열 가능성에 비례할 수 있다.

- [0054] 따라서, 파열 가능성 산출 모듈(155)은 X 영역의 면적과 Y 영역의 면적을 합한 기준평면(900)의 전체 면적에 대한 X 영역의 면적의 비를 해당 동맥류의 TWA에 대한 파열 가능성으로 산출할 수 있다. 즉, X 영역의 면적과 Y 영역의 면적의 합을 100이라 할때, 파열 가능성은 X %로 산출될 수 있다.
- [0055] 이에 따르면, 동맥류를 포함하는 혈관의 3차원 모델에서 예측된 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 따른 파열 예측 그래프를 생성하여 동맥류의 파열 가능성을 예측함으로써, 혈류해석을 통해 계산된 혈류역학적 인자를 이용하여 객관적으로 보다 정확한 동맥류의 파열 예측이 가능할 수 있다. 또한, 기존의 인공지능을 이용하는 방법에서 요구되는 것과 같은 많은 양의 학습 데이터 없이도 정확한 동맥류의 파열 예측이 가능할 수 있다.
- [0056] 또한, 직관적으로 판단할 수 있는 파열 예측 그래프를 제공함으로써, 혈류해석에 대한 지식이 없는 사람들도 쉽게 파열 가능성을 판단할 수 있다. 또한, 뇌동맥류를 포함하여 다른 위치에 발생하는 동맥류에 대하여 적용할 수 있고, 동맥류 뿐만 아니라 대동맥 박리나 복부 대동맥류와 같이 신체 내부에 혈류역학적 인자가 영향을 끼쳐 문제가 생기는 곳에 모두 적용이 가능한 진단 방법을 제공할 수 있다.
- [0058] 본 개시에 따른 동맥류 파열 예측 방법은, 도 1을 참조하여 설명한 동맥류 파열 예측 장치(100)에서 구현될 수 있다. 이하 필요한 도면들을 참조하여, 본 개시에 따른 동맥류 파열 예측 방법과, 이를 구현하기 위한 동맥류 파열 예측 장치(100)의 동작을 설명하기로 한다.
- [0059] 도 10은 본 개시의 일 실시예에 따른 동맥류 파열 예측 방법에 대한 흐름도이다.
- [0060] 도 10을 참조하면, 동맥류 파열 예측 장치는 혈관 조영술을 이용하여 촬영된 동맥류를 포함하는 혈관 이미지에 기초하여 혈관의 3차원 모델을 생성할 수 있다[S110].
- [0061] 동맥류 파열 예측 장치는 동맥류가 포함된 혈관에 대한 3차원 모델을 생성할 수 있다. 이를 위하여, 동맥류 파열 예측 장치는 혈관 조영술을 이용하여 촬영된 동맥류를 포함하는 혈관에 대한 이미지를 입력받을 수 있다. 해당 이미지는 외부의 촬영 기기로부터 무선 또는 유선 통신을 이용하여 입력되거나, 저장부에 기저장된 이미지 데이터가 독출될 수 있다.
- [0062] 동맥류 파열 예측 장치는 동맥류를 포함하는 혈관에 대한 이미지를 3차원 모델링하여 혈관에 대한 3차원 모델을 생성할 수 있다. 혈관에 대한 3차원 모델을 생성하기 위한 3D 모델링 기법은 공지된 방법이 적용될 수 있으며, 특정 방법은 한정되지 않는다.
- [0063] 다시, 도 10을 참조하면, 동맥류 파열 예측 장치는 차원 모델에서 소정의 기준값보다 혈관 벽의 두께가 얇은 영역인 TWA(thin walled area)를 예측할 수 있다[S120].
- [0064] 동맥류 파열 예측 장치는 전산 유체 역학을 적용하여, 혈관에 대한 3차원 모델에서 소정의 기준값보다 혈관 벽의 두께가 얇은 혈관 영역인 TWA를 예측할 수 있다. 동맥류 파열 예측 장치는 혈관의 3차원 모델에 대하여 혈류 압력 또는 혈류 밀도 등을 포함하는 혈류역학적 인자들을 전산 유체 역학 모델에 입력하여 혈관 벽의 두께 등의 정보를 산출할 수 있다. 동맥류 파열 예측 장치는 산출된 정보에 기초하여 동맥류에서의 TWA를 예측할 수 있다.
- [0065] 일 예에 따라, 동맥류 파열 예측 장치는 혈관에 대한 3차원 모델에서 혈관 벽의 두께를 시각적으로 구분되도록 표시할 수 있다. 예를 들어, 동맥류 파열 예측 장치는 혈관 벽의 두께를 해당 두께가 포함되는 범위에 대응되는 미리 정해진 색상을 이용하여 3차원 모델에 표시할 수 있다.
- [0066] 다시, 도 10을 참조하면, 동맥류 파열 예측 장치는 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 따른 파열 예측 그래프를 생성하고, 파열 예측 그래프에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 예측할 수 있다[S130].
- [0067] 동맥류 파열 예측 장치는 예측된 동맥류의 TWA에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 기초한 변형률을 산출할 수 있다. 일 예에 따라, 혈관의 물성은 혈관의 탄성과 관련된 포아송비(Poisson's ratio)일 수 있다. 동맥류 파열 예측 장치는 예측된 TWA에서의 혈관의 물성과 두께를 변경하여 하나의 동맥류에 대해 미리 정해진 횟수의 혈류해석을 수행할 수 있다. 동맥류 파열 예측 장치는 각 혈류해석을 통하여 물성과 두께에 따른 변형률을 산출할 수 있다.
- [0068] 동맥류 파열 예측 장치는 산출된 변형률에 기초하여 TWA의 물성 및 두께를 기준으로 하는 변형률 그래프를 3차원 그래프로 생성할 수 있다. 동맥류 파열 예측 장치는 변형률 그래프를 소정의 변형률 기준값에 대응하는 기준평면과 비교하여 파열 예측 그래프를 생성할 수 있다. 일 예에 따라, 동맥류 파열 예측 장치는 파단 변형률(fracture strain)을 이용하여 기준평면을 생성할 수 있다. 파단 변형률은 혈관이 파단될 수 있는 변형률의 기

준값으로 설정될 수 있다. 동맥류 파열 예측 장치는 변형률 그래프와 기준평면을 교차시키고, 해당 교차에 따른 교선을 추출하여 동맥류 파열 예측을 위한 파열 예측 그래프를 생성할 수 있다.

- [0069] 동맥류 파열 예측 장치는 기준평면에서의 파열 예측 그래프에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출할 수 있다. 파열 예측 그래프는 혈관이 파단되는 기준값인 파단 변형률을 이용하여 생성되었으므로, 파열 예측 그래프로 구분된 기준평면의 영역의 면적을 이용하여 파열 가능성이 산출될 수 있다.
- [0070] 이하에서는 동맥류 파열 예측 장치에서 동맥류의 파열 가능성을 예측하는 방법을 보다 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0071] 도 11은 본 개시의 일 실시예에 따른 동맥류의 파열 가능성을 산출하는 방법에 대한 흐름도이다.
- [0072] 도 11을 참조하면, 동맥류 파열 예측 장치는 혈류해석을 통하여 동맥류의 TWA에 대한 혈관의 물성 및 두께를 변화시켜 변형률을 산출할 수 있다[S210]. 동맥류 파열 예측 장치는 유체-구조물 상호 작용(Fluid-Structure Interaction; FSI)를 이용하여 TWA의 물성 및 두께를 순차적으로 변경하면서 대응하는 변형률을 산출할 수 있다.
- [0073] 일 예에 따라, 동맥류 파열 예측 장치는 TWA의 두께 및 물성을 각각 N개 및 M개의 기준으로 구분하여 변경할 수 있다. 여기서, N 및 M은 자연수로서, 서로 동일하거나 다른 수로 설정될 수 있다. 예를 들어, N이 4인 경우, TWA의 두께는 소정의 기준값에 대하여 25%, 50%, 75%, 100%의 값으로 변경될 수 있다. 마찬가지로, M이 4인 경우, TWA의 물성은 소정의 기준값에 대하여 25%, 50%, 75%, 100%로 변경될 수 있다. 이를 각각 조합한 총 16개의 경우에 대하여, 동맥류 파열 예측 장치는 FSI에 기초하여 TWA의 변형률을 산출할 수 있다.
- [0074] 다시, 도 11을 참조하면, 동맥류 파열 예측 장치는 변형률에 기초하여 혈관의 물성 및 두께에 대한 변형률 그래프를 생성하고, 변형률 그래프를 소정의 변형률 기준값에 대응하는 기준평면과 비교하여 파열 예측 그래프를 생성할 수 있다[S220].
- [0075] 동맥류 파열 예측 장치는 TWA에 대한 혈관의 물성 및 두께에 대한 변형률 그래프를 3차원 그래프로 생성할 수 있다. 동맥류 파열 예측 장치는 혈관의 물성 및 두께를 기준으로 하여 변형률 값을 연결한 변형률 그래프를 생성할 수 있다. 변형률 그래프는 각 변형률의 값을 연결한 면들로 구성되는 3차원 그래프로 생성될 수 있다.
- [0076] 예를 들어, 전술한 것과 같이, TWA의 물성 및 두께를 각각 N개 및 M개의 경우에 대하여 조합하여 총 N\*M개의 경우가 설정될 수 있다. 동맥류 파열 예측 장치는 N\*M개의 경우 각각에 대하여 변형률을 산출할 수 있다. 동맥류 파열 예측 장치는 각 경우의 변형률의 값에 해당되는 N\*M개의 점을 연결한 면들을 변형률 그래프로 생성할 수 있다. 이 경우, N\*M개의 점들 사이의 면들은 대응되는 TWA의 물성 및 두께에 따른 변형률의 근사값을 의미할 수 있다.
- [0077] 동맥류 파열 예측 장치는 변형률 그래프를 소정의 변형률 기준값에 대응하는 기준평면과 비교하여 파열 예측 그래프를 생성할 수 있다. 일 예에 따라, 동맥류 파열 예측 장치는 파단 변형률(fracture strain)의 값을 갖는 기준평면을 설정할 수 있다. 기준평면은 변형률 그래프와 교선을 이루며 교차할 수 있다.
- [0078] 기준평면이 파단이 발생할 수 있는 변형률 값으로 설정되므로, 혈류해석을 통하여 산출된 혈관의 변형률이 기준평면보다 낮으면, 해당 두께와 물성은 파단이 발생하지 않는 경우에 해당하게 된다.
- [0079] 일 예에 따라, 파단 변형률의 값은 대상이 되는 혈관이 포함된 인체에 대한 나이, 성별, 혈압, 혈류 속도, 혈류 점성 등의 생체 정보에 기초하여 개별적으로 설정될 수 있다. 파단 변형률의 값이 높게 설정될수록 높은 변형률에서 파단이 발생한다는 것을 의미하므로, 동일한 변형률 그래프에 대해서 파열 가능성이 낮게 산출될 수 있다.
- [0080] 동맥류 파열 예측 장치는 변형률 그래프와 기준평면을 교차시킬 수 있다. 동맥류 파열 예측 장치는 변형률 그래프와 기준평면의 교선을 파열 예측 그래프로 생성할 수 있다. 이 경우, 파열 예측 그래프가 생성되는 평면은 기준평면과 동일한 면이 된다.
- [0081] 다시, 도 11을 참조하면, 동맥류 파열 예측 장치는 기준평면에서의 파열 예측 그래프에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출할 수 있다[S230]. 동맥류 파열 예측 장치는 기준평면에서 파열 예측 그래프의 위치에 의해 구분되는 영역의 크기에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출할 수 있다.
- [0082] 기준평면은 도 9에 도시된 것과 같이, 혈관의 두께 및 물성 도메인에서 파열 예측 그래프의 위치에 의해 X 영역과 Y 영역으로 구분될 수 있다. 일 예에 따라, 동맥류 파열 예측 장치는 기준평면에서 파열 예측 그래프의 위치에 의해 구분되는 영역의 크기에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출할 수 있다. 동맥류 파열 예측 장치는

기준평면에서의 X 영역과 Y 영역의 면적에 기초하여 동맥류의 파열 가능성을 산출할 수 있다. 전술한 것과 같이, 파열 예측 그래프가 우측 상단으로 갈수록 파열 가능성이 높으며, 이는 기준평면에서 X 영역이 넓어지는 것에 대응된다. 따라서, X 영역의 면적은 파열 가능성에 비례할 수 있다.

[0083] 따라서, 동맥류 파열 예측 장치는 X 영역의 면적과 Y 영역의 면적을 합한 기준평면의 전체 면적에 대한 X 영역의 면적의 비를 해당 동맥류의 TWA에 대한 파열 가능성으로 산출할 수 있다. 즉, X 영역의 면적과 Y 영역의 면적의 합을 100이라 할때, 파열 가능성은 X %로 산출될 수 있다.

[0084] 이에 따르면, 동맥류를 포함하는 혈관의 3차원 모델에서 예측된 TWA(thin walled area)에 대하여 혈관의 물성 및 두께에 따른 파열 예측 그래프를 생성하여 동맥류의 파열 가능성을 예측함으로써, 혈류해석을 통해 계산된 혈류역학적 인자를 이용하여 객관적으로 보다 정확한 동맥류의 파열 예측이 가능할 수 있다. 또한, 기존의 인공 지능을 이용하는 방법에서 요구되는 것과 같은 많은 양의 학습 데이터 없이도 정확한 동맥류의 파열 예측이 가능할 수 있다.

[0085] 또한, 직관적으로 판단할 수 있는 파열 예측 그래프를 제공함으로써, 혈류해석에 대한 지식이 없는 사람들도 쉽게 파열 여부를 판단할 수 있다. 또한, 뇌동맥류를 포함하여 다른 위치에 발생하는 동맥류에 대하여 적용할 수 있고, 동맥류 뿐만 아니라 대동맥 박리나 복부 대동맥류와 같이 신체 내부에 혈류역학적 인자가 영향을 끼쳐 문제가 생기는 곳에 모두 적용이 가능한 진단 방법을 제공할 수 있다.

[0086] 이상에서, 본 개시의 실시예를 구성하는 모든 구성 요소들이 하나로 결합되거나 결합되어 동작하는 것으로 설명되었다고 해서, 본 개시는 반드시 이러한 실시예에 한정되는 것은 아니다. 즉, 본 개시의 목적 범위 안에서라면, 그 모든 구성 요소들이 하나 이상으로 선택적으로 결합하여 동작할 수도 있다. 또한, 그 모든 구성 요소들이 각각 하나의 독립적인 하드웨어로 구현될 수 있지만, 각 구성 요소들의 그 일부 또는 전부가 선택적으로 조합되어 하나 또는 복수 개의 하드웨어에서 조합된 일부 또는 전부의 기능을 수행하는 프로그램 모듈을 갖는 컴퓨터 프로그램으로서 구현될 수도 있다. 그 컴퓨터 프로그램을 구성하는 코드들 및 코드 세그먼트들은 본 개시의 기술 분야의 당업자에 의해 용이하게 추론될 수 있을 것이다. 이러한 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터가 읽을 수 있는 저장매체(Computer Readable Media)에 저장되어 컴퓨터에 의하여 읽혀지고 실행됨으로써, 본 개시의 실시예를 구현할 수 있다. 컴퓨터 프로그램의 저장매체로서는 자기 기록매체, 광 기록매체 등이 포함될 수 있다.

[0087] 또한, 이상에서 기재된 "포함하다", "구성하다" 또는 "가지다" 등의 용어는, 특별히 반대되는 기재가 없는 한, 해당 구성 요소가 내재될 수 있음을 의미하는 것이므로, 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 기술적이거나 과학적인 용어를 포함한 모든 용어들은, 다르게 정의되지 않는 한, 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 사전에 정의된 용어와 같이 일반적으로 사용되는 용어들은 관련 기술의 문맥 상의 의미와 일치하는 것으로 해석되어야 하며, 본 개시에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0088] 이상의 설명은 본 개시의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 개시의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 개시에 개시된 실시예들은 본 개시의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 개시의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 개시의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 개시의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

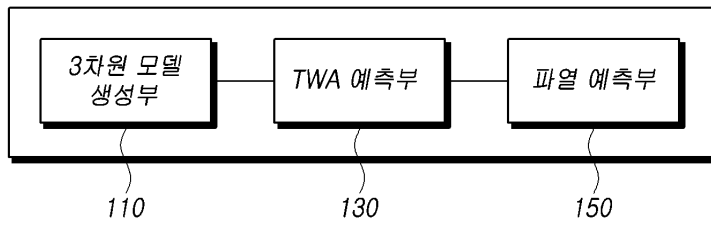
## 부호의 설명

[0089] 100: 동맥류 파열 예측 장치  
110: 3차원 모델 생성부 130: TWA 예측부  
150: 파열 예측부 151: 변형률 산출 모듈  
153: 파열 예측 그래프 생성 모듈 155: 파열 가능성 산출 모듈

도면

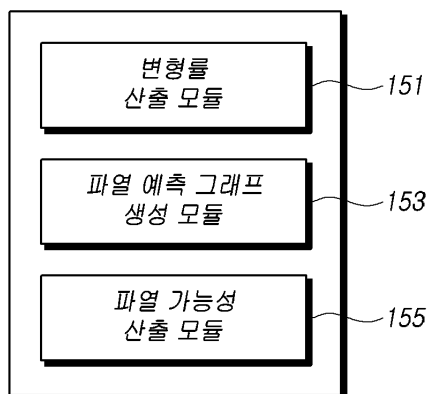
도면1

100



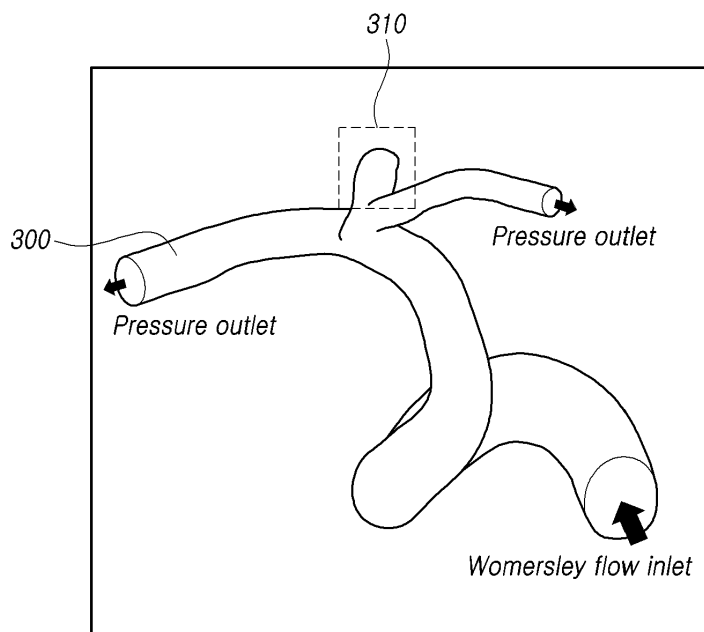
도면2

150

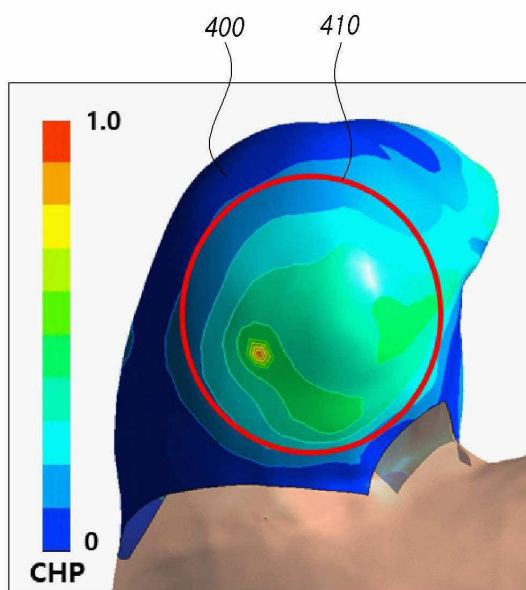




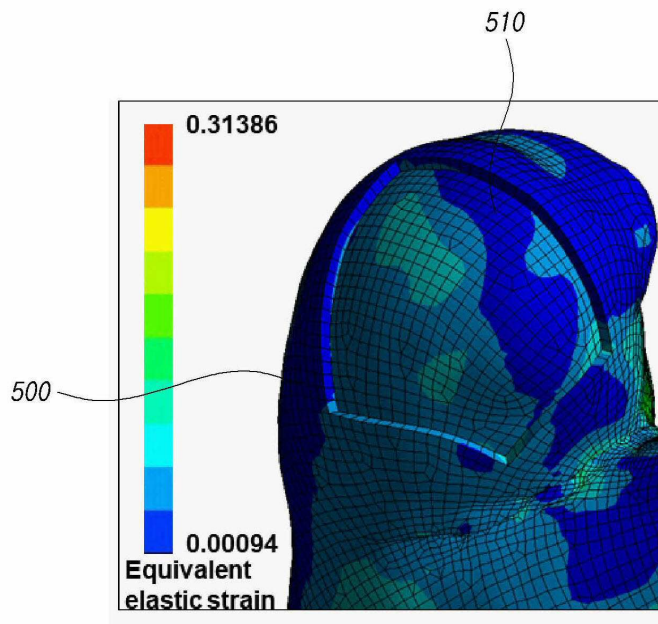
도면3



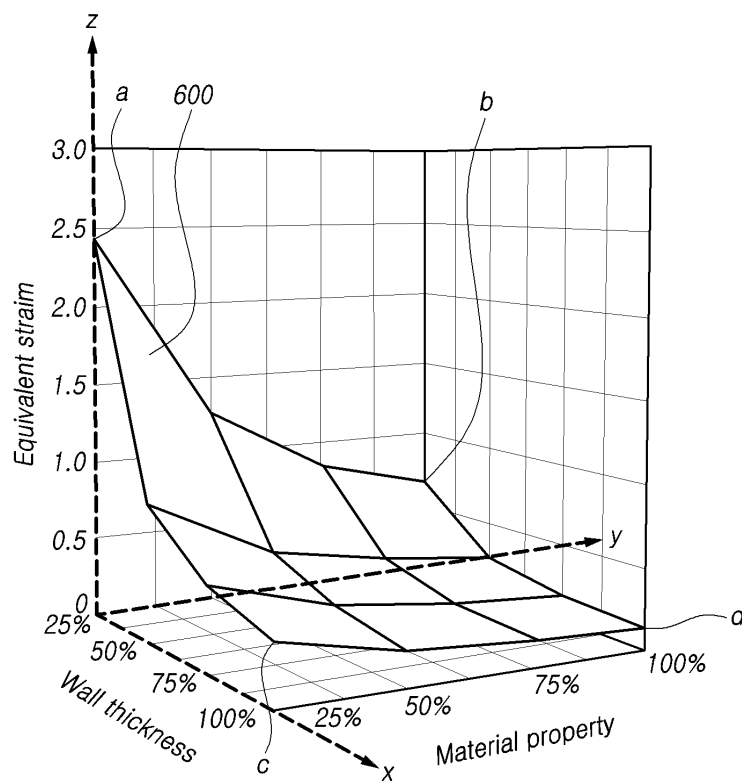
도면4



도면5

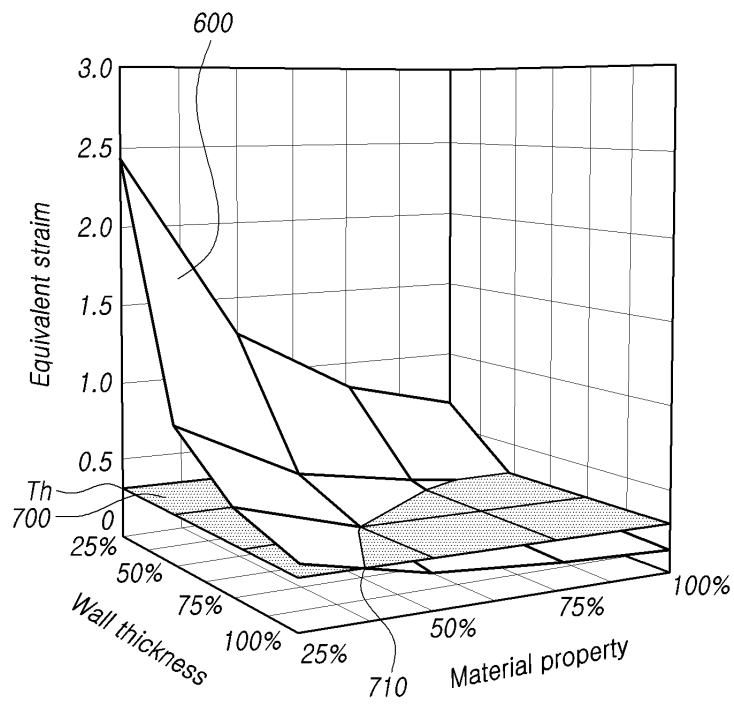


도면6

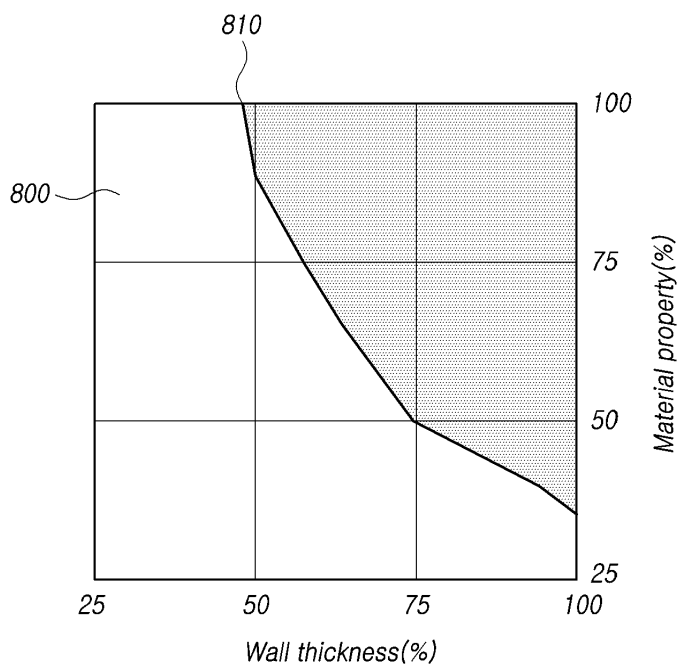




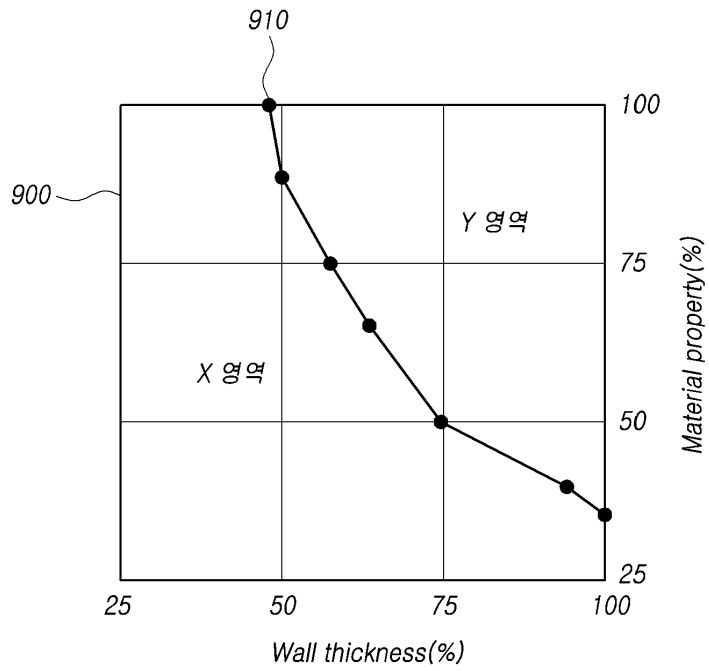
도면7



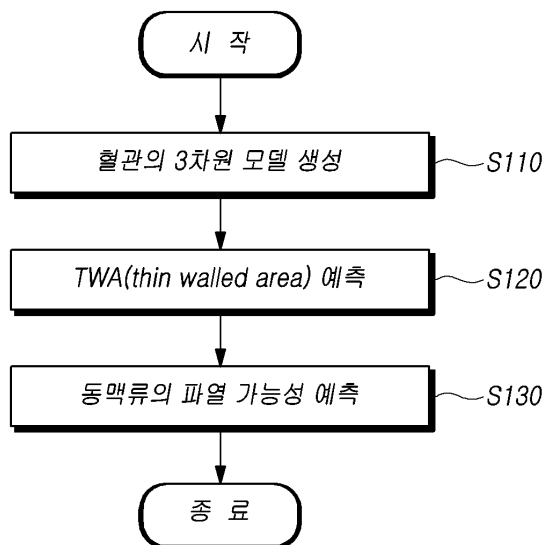
도면8



도면9



도면10



도면11

