



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0075691
(43) 공개일자 2019년07월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/00 (2006.01) A61B 5/021 (2006.01)
A61B 5/026 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/7275 (2013.01)
A61B 5/021 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0177495
(22) 출원일자 2017년12월21일
심사청구일자 2019년01월07일

(71) 출원인
사회복지법인 삼성생명공익재단
서울특별시 용산구 이태원로55길 48 (한남동)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
최진호
서울특별시 강남구 삼성로 151, 3동 1401호(대치동, 선경아파트)
문영준
서울특별시 서초구 잠원로 88, 302동 606호(잠원동, 신반포아파트)
한환
서울특별시 동대문구 고산자로 550, 301호(제기동)
(74) 대리인
리엔목특허법인

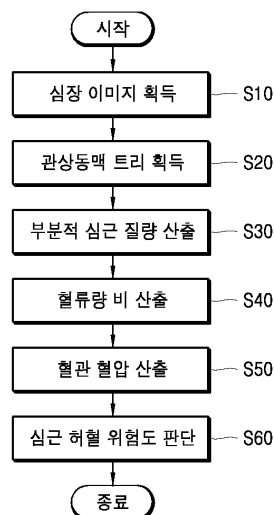
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 심근 허혈 진단 방법, 시스템 및 컴퓨터 판독 가능한 기록매체

(57) 요약

심근 허혈 진단 방법, 시스템 및 컴퓨터 판독 가능한 기록매체가 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 심근 허혈 진단 방법은, 컴퓨터를 이용하여, 심장 이미지를 획득하는 단계, 상기 심장 이미지로부터 심근 및 관상동맥의 이미지(관상동맥 트리)를 획득하는 단계, 상기 관상동맥 트리에 포함되는 복수의 혈관들에 대응하는 복수의 부분적 심근 질량을 산출하는 단계, 상기 부분적 심근 질량을 기초로 복수의 부분적 심근에 대응하는 혈관의 혈류량의 상대적인 비율을 산출하는 단계, 상기 혈류량의 상대적인 비율과 상기 부분적 심근 질량을 경계조건으로 하여 상기 복수의 혈관들 각각에 대응하는 혈관의 혈압을 산출하는 단계 및 상기 혈관의 혈압을 기초로 혈관의 심근 허혈의 위험도를 판단하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 5/026 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨터를 이용하여,

심장 이미지를 획득하는 단계;

상기 심장 이미지로부터 심근 및 관상동맥의 이미지(관상동맥 트리)를 획득하는 단계;

상기 관상동맥 트리에 포함되는 복수의 혈관들에 대응하는 복수의 부분적 심근 질량을 산출하는 단계;

상기 부분적 심근 질량을 기초로 복수의 부분적 심근에 대응하는 혈관의 혈류량의 상대적인 비율을 산출하는 단계;

상기 혈류량의 상대적인 비율 및 혈류량을 경계조건으로 하여 상기 복수의 혈관들 각각에 대응하는 혈관의 혈압을 산출하는 단계; 및

상기 혈관의 혈압을 기초로 혈관의 심근 허혈의 위험도를 판단하는 단계;를 포함하는 심근 허혈 진단 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 부분적 심근 질량을 산출하는 단계에서는, 상기 관상동맥 트리로부터 복수의 주요 혈관들을 분절하고, 분절된 상기 복수의 주요 혈관들에 각각 대응하는 부분적 심근에 대한 상기 부분적 심근 질량을 산출하는 심근 허혈 진단 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 부분적 심근 질량은 이에 대응하는 혈관의 길이에 비례하여 산출되는 심근 허혈 진단 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 혈류량의 상대적인 비율을 산출하는 단계에서는, 상기 부분적 심근 질량의 크기에 기초하여 상기 비율을 산출하는 심근 허혈 진단 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 혈압을 산출하는 단계에서는, 입구 경계조건으로 혈류량을 적용하고 출구 경계조건으로 혈류량의 분배 비율을 적용하여 혈압을 산출하는 심근 허혈 진단 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 심근 허혈의 위험도를 판단하는 단계에서는, 해당 혈관의 혈압 변화를 고려하는 심근 허혈 진단 방법.

청구항 7

심장 이미지를 획득하는 이미지 획득부;

상기 심장 이미지로부터 심근 이미지 및 관상동맥 트리를 획득하는 데이터 획득부;

상기 관상동맥 트리에 포함되는 복수의 혈관들에 대응하는 복수의 부분적 심근 질량을 산출하는 심근 질량 산출

부;

상기 부분적 심근 질량을 기초로 복수의 부분적 심근에 대응하는 혈관의 혈류량의 상대적인 비율을 산출하는 혈류량 산출부;

상기 혈류량의 상대적인 비율 및 혈류량을 경계조건으로 하여 상기 복수의 혈관들 각각에 대응하는 혈관의 혈압을 산출하는 혈압 산출부; 및

상기 혈관의 혈압을 기초로 혈관의 심근 허혈의 위험도를 판단하는 판단부;를 포함하는 심근 허혈 진단 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 심근 질량 산출부는 상기 관상동맥 트리로부터 복수의 주요 혈관들을 분절하고, 분절된 상기 복수의 주요 혈관들에 각각 대응하는 부분적 심근에 대한 상기 부분적 심근 질량을 산출하는 심근 허혈 진단 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 심근 질량 산출부는 해당 부분적 심근에 대응하는 혈관의 길이에 비례하여 상기 부분적 심근 질량을 산출하는 심근 허혈 진단 시스템.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 혈류량 산출부는 상기 부분적 심근 질량의 크기계 기초하여 상기 혈관의 혈류량의 상대적인 비율을 산출하는 심근 허혈 진단 시스템.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 혈압 산출부는 입구 경계조건으로 혈류량을 적용하고 출구 경계조건으로 혈류량의 분배 비율을 적용하여 혈압을 산출하는 심근 허혈 진단 시스템.

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 판단부는 해당 혈관의 혈압 변화를 고려하여 상기 심근 허혈의 위험도를 판단하는 심근 허혈 진단 시스템.

청구항 13

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 대한 방법을 수행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 심근 허혈 진단 방법, 시스템 및 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 비침습적 방법을 이용하여 혈류 예비력을 산출하고 이를 통해 심근 허혈 위험도 판단의 정확도를 향상시킬 수 있는 심근 허혈 진단 방법, 시스템 및 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

관상동맥의 해부학적 모양과 협착 여부를 동영상으로 촬영하는 진단기법으로 심혈관 조영술이 적용되고 있다. 이는 도자(관)를 경피적 경로를 통해 심장근육에 혈액을 공급하는 좌우 관상동맥 기시부에 관을 위치시킨 후 선택적으로 각 혈관에 방사선 조영제를 주입하면서 여러 각도에서 관상동맥의 해부학적 모양을 동영상으로 촬영하

는 진단기법이다.

[0003] 또한, 협착 병변의 진단을 위해 심근분획 혈류 예비력을 측정할 수 있는데, 이를 측정하기 위해서는 환자에게 아데노신(adenosine)을 투여한 후, 동맥 내부로 미세 압력센서가 장착된 pressure guidewire를 넣어 직접 압력을 측정한다.

[0004] 이와 같은 침습적인 방법으로 혈류 예비력을 산출할 경우 환자에게 경제적 부담과 고통을 초래하는 문제가 발생할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 비침습적 방법으로 보다 정확하게 심근 허혈 위험도를 판단할 수 있는 심근 허혈 진단 방법, 시스템 및 컴퓨터 판독 가능한 기록매체를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 실시예에 따른 심근 허혈 진단 방법은, 컴퓨터를 이용하여, 심장 이미지를 획득하는 단계, 상기 심장 이미지로부터 심근 및 관상동맥의 이미지(관상동맥 트리)를 획득하는 단계, 상기 관상동맥 트리에 포함되는 복수의 혈관들에 대응하는 복수의 부분적 심근 질량을 산출하는 단계, 상기 부분적 심근 질량을 기초로 복수의 부분적 심근에 대응하는 혈관의 혈류량의 상대적인 비율을 산출하는 단계, 상기 혈류량의 상대적인 비율 및 혈류량을 경계조건으로 하여 상기 복수의 혈관들 각각에 대응하는 혈관의 혈압을 산출하는 단계 및 상기 혈관의 혈압을 기초로 혈관의 심근 허혈의 위험도를 판단하는 단계를 포함한다.

[0007] 또한, 상기 부분적 심근 질량을 산출하는 단계에서는, 상기 관상동맥 트리로부터 복수의 주요 혈관들을 분절하고, 분절된 상기 복수의 주요 혈관들에 각각 대응하는 부분적 심근에 대한 상기 부분적 심근 질량을 산출할 수 있다.

[0008] 또한, 상기 부분적 심근 질량은 이에 대응하는 혈관의 길이에 비례하여 산출될 수 있고, 상기 혈류량의 상대적인 비율을 산출하는 단계에서는, 상기 부분적 심근 질량의 크기에 기초하여 산출할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 혈압을 산출하는 단계에서는, 입구 경계조건으로 혈류량을 적용하고 출구 경계조건으로 혈류량의 분배 비율을 적용하여 혈압을 산출할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 심근 허혈의 위험도를 판단하는 단계에서는, 해당 혈관의 혈압 변화를 고려할 수 있다.

[0011] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 심근 허혈 진단 시스템은, 심장 이미지를 획득하는 이미지 획득부, 상기 심장 이미지로부터 심근 이미지 및 관상동맥 트리를 획득하는 데이터 획득부, 상기 관상동맥 트리에 포함되는 복수의 혈관들에 대응하는 복수의 부분적 심근 질량을 산출하는 심근 질량 산출부, 상기 부분적 심근 질량을 기초로 복수의 부분적 심근에 대응하는 혈관의 혈류량의 상대적인 비율을 산출하는 혈류량 산출부, 상기 혈류량의 상대적인 비율 및 혈류량을 경계조건으로 하여 상기 복수의 혈관들 각각에 대응하는 혈관의 혈압을 산출하는 혈압 산출부 및 상기 혈관의 혈압을 기초로 혈관의 심근 허혈의 위험도를 판단하는 판단부를 포함한다.

[0012] 또한, 상기 심근 질량 산출부는 상기 관상동맥 트리로부터 복수의 주요 혈관들을 분절하고, 분절된 상기 복수의 주요 혈관들에 각각 대응하는 부분적 심근에 대한 상기 부분적 심근 질량을 산출할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 심근 질량 산출부는 해당 부분적 심근에 대응하는 혈관의 길이에 비례하여 상기 부분적 심근 질량을 산출할 수 있고, 상기 혈류량 산출부는 상기 부분적 심근 질량의 크기에 기초하여 상기 혈관의 혈류량의 상대적인 비율을 산출할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 혈압 산출부는 입구 경계조건으로 혈류량을 적용하고 출구 경계조건으로 혈류량의 분배 비율을 적용하여 혈압을 산출할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 판단부는 해당 혈관의 혈압 변화를 고려하여 상기 심근 허혈의 위험도를 판단할 수 있다.

[0016] 한편, 본 발명에 따른 심근 허혈 진단 방법을 수행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체가 제공될 수 있다.

[0017] 전술한 것 외의 다른 측면, 특징, 이점이 이하의 도면, 특허청구범위 및 발명의 상세한 설명으로부터 명확해 질

것이다.

발명의 효과

[0018] 본 발명은 비침습적 방법으로 보다 정확하게 심근 허혈 위험도를 판단할 수 있는 심근 허혈 진단 방법, 시스템 및 컴퓨터 판독 가능한 기록매체를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 심근 허혈 진단 방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다.
 도 2는 심장 이미지와 이로부터 획득되는 심근 및 관상동맥 트리의 이미지를 예시적으로 나타내는 도면이다.
 도 3은 분절된 혈관에 대응하는 복수의 부분적 심근을 예시적으로 나타내는 도면이다.
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 산출된 혈관을 따라 변화하는 혈압을 예시적으로 나타내는 도면이다.
 도 5는 본 발명에 따른 심근 허혈 진단 방법을 이용하여 산출된 관상동맥의 심근 분획 혈류 예비력(Fractional Flow Reserve, FFR)을 예시적으로 나타내는 도면이다.
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 심근 허혈 진단 시스템의 구성을 개략적으로 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 설명되는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 아래에서 제시되는 실시예들로 한정되는 것이 아니라, 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있고, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 아래에 제시되는 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.

[0021] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 심근 허혈 진단 방법을 개략적으로 나타내는 순서도이다.

[0023] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 심근 허혈 진단 방법은, 심장 이미지 획득 단계(S10), 관상동맥 트리 획득 단계(S20), 부분적 심근 질량 산출 단계(S30), 혈류량 비 산출 단계(S40), 혈관 유압 산출 단계(S50) 및 심근 허혈 위험도 판단 단계(S60)를 포함한다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 심근 허혈 진단 방법은, 컴퓨터(Computer)와 같이 소정의 프로세서(Processor)를 포함하는 전자 장치를 통해 구현될 수 있으며, 이하에서 설명되는 각 단계 또한 컴퓨터를 통해 구현될 수 있다.

[0025] 심장 이미지 획득 단계(S10)에서는 심장의 이미지를 획득한다. 상기 심장의 이미지는 컴퓨터 단층촬영(Computed Tomography, CT), 선택적 컴퓨터 단층촬영(Selective Computed Tomography) 또는 자기공명영상법(Magnetic Resonance Imaging, MRI)을 통해 획득될 수 있다.

[0026] 관상동맥 트리 획득 단계(S20)에서는 상기 심장 이미지로부터 심근(Myocardium) 및 관상동맥(Coronary Artery)의 이미지를 획득한다. 획득된 3차원 심장 이미지로부터 심근 이미지와 관상동맥 이미지를 분리하여 획득하는 방법은 공지의 기술이므로 구체적인 설명은 생략하도록 한다.

[0027] 또한, 이하에서는 상기 관상동맥 이미지를 '관상동맥 트리'로 정의하여 설명하도록 한다. 상기 관상동맥 트리는 상기 관상동맥 이미지와 실질적으로 동일하며, 대동맥에서 분기되어 심근에 산소를 공급하는 관상동맥의 형태를 3차원 형태로 나타내는 이미지로 이해할 수 있다.

- [0028] 도 2는 심장 이미지와 이로부터 획득되는 심근 및 관상동맥 트리의 이미지를 예시적으로 나타내는데, 도 2(a)는 심장 이미지를 나타내고, 도 2(b)는 심근 이미지와 관상동맥 트리의 이미지를 나타낸다.
- [0029] 단계(S10) 및 단계(S20)에서 획득되는 이미지는 도 2에 도시되는 바와 같이 관상동맥의 분기 구조를 파악할 수 있도록 3차원 이미지로 획득되는 것이 바람직하다.
- [0030] 부분적 심근 질량 산출 단계(S30)에서는 상기 관상동맥 트리에 포함되는 복수의 혈관들에 대응하는 복수의 부분적 심근 질량을 산출한다.
- [0031] 관상동맥은 좌관상동맥(Left Coronary Artery, LCA)과 우관상동맥(Right Coronary Artery, RCA)으로 구분할 수 있으며, 좌관상동맥은 좌전하행동맥(Left Anterior Descending Artery, LAD), 좌회선지동맥(Left Circumplex Artery, LCX)을 포함한다.
- [0032] 좌관상동맥 및 우관상동맥은 주요 관상동맥으로 분류할 수 있으며, 넓게는 우관상동맥, 좌전하행동맥 및 좌회선지동맥을 주요 관상동맥으로 분류할 수 있다.
- [0033] 따라서, 심근을 2개의 부분적 심근으로 구분하는 경우에는 좌관상동맥에 대응하는 부분적 심근과 우관상동맥에 대응하는 부분적 심근으로 구분할 수 있으며, 심근을 3개의 부분적 심근으로 구분하는 경우에는 우관상동맥에 대응하는 부분적 심근, 좌전하행동맥에 대응하는 부분적 심근 및 좌회선지동맥에 대응하는 부분적 심근으로 구분할 수 있다.
- [0034] 다만, 상기 2개 또는 3개의 주요 관상동맥으로부터 분기하여 연장되는 더 많은 관상동맥이 존재하므로 상기 부분적 심근의 개수 또한 2개나 3개로 제한되는 것은 아니다.
- [0035] 예컨대, 우관상동맥은 Right Acute Marginal Artery로 분기될 수 있고, 좌관상동맥은 Left Obtuse Marginal Artery로 분기될 수 있으며, 좌전하행동맥은 Diagonal Arteries로 분기될 수 있으므로, 상기 부분적 심근의 개수 또한 3개 보다 많을 수 있다.
- [0036] 한편, 상기 부분적 심근 질량을 산출하기 위해서 이에 대응하는 혈관의 길이를 이용할 수 있는데, 앞서 설명한 관상동맥의 주요 혈관 또는 주요 분지(branch)들의 길이는 상기 관상동맥 이미지로부터 획득될 수 있다. 또한, 부분적 심근 질량은 이에 대응하는 관상동맥 혈관의 길이에 비례한다.
- [0037] 예를 들어, Left Obtuse Marginal Artery의 길이가 l_1 으로 측정된 경우 심근 전체의 질량이 M이라면, Left Obtuse Marginal Artery에 대응하는 부분적 심근의 질량은 관상동맥의 전체 길이에 대한 l_1 의 비율을 심근 전체의 질량 M에 적용하여 산출될 수 있다.
- [0038] 또는, Left Obtuse Marginal Artery에 대응하는 부분적 심근의 질량을 m_1 이라고 정의하면 l_1 과 m_1 사이에는 다음과 같은 관계가 성립할 수 있다.

수학식 1

[0039]
$$m_1 = k \times l_1^n$$

- [0040] 여기서, k는 상수 계수이며, n은 실수 중에 선택될 수 있다.
- [0041] 도 3은 분절된 혈관에 대응하는 복수의 부분적 심근을 예시적으로 나타내며, 도 3에 도시되는 상기 복수의 부분적 심근은 관상동맥 트리에 포함되는 복수의 혈관에 대응하여 구분되는 것을 확인할 수 있다.
- [0042] 도 3에 도시되는 바와 같이, 복수의 부분적 심근이 구분되면 각각의 부분적 심근에 대응하는 혈관 및 해당 혈관의 길이가 산출될 수 있고, 앞서 설명한 바와 같이 혈관의 길이를 고려하여 각각의 부분적 심근의 질량이 산출될 수 있다.
- [0043] 상기 복수의 부분적 심근은 각각 상기 관상동맥 트리를 구성하는 복수의 혈관 중 일부의 혈관으로부터 혈액을 공급받으므로 상기 복수의 부분적 심근이 구분될 때에는 해당 부분적 심근에 혈액을 공급하는 혈관이 기준이 될 수 있다. 따라서, 하나의 혈관이 복수의 혈관으로 분기되는 지점을 기준으로 하여 부분적 심근이 구분될 수 있다.

[0044] 한편, 도 3은 복수의 부분적 심근이 구분되는 일 예를 도시할 뿐, 상기 복수의 부분적 심근이 도 3에 도시되는 개수로 제한되어 구분되는 것은 아니다. 또한, 많은 수의 부분적 심근이 구분될수록 더 많은 혈관에 대한 심근 허혈을 진단할 수 있으며, 상기 관상동맥 트리를 구성하는 모든 혈관에 대한 부분적 심근을 구분하는 것이 진단의 정확도를 높이는 것으로 이해할 수 있다.

[0045] 혈류량 비 산출 단계(S40)에서는 상기 부분적 심근 질량을 기초로 복수의 부분적 심근에 대응하는 혈관의 혈류량의 상대적인 비율을 산출한다. 상기 부분적 심근의 질량이 클수록 공급되어야 하는 혈액의 양도 많아야 하므로 상대적으로 질량이 큰 부분적 심근에 대응하는 혈관의 혈류량은 상대적으로 질량이 작은 부분적 심근에 대응하는 혈관의 혈류량 보다 많은 것으로 예상할 수 있다.

[0046] 예를 들어, 좌관상동맥에 대응하는 심근을 제1 부분적 심근, 우관상동맥에 대응하는 심근을 제2 부분적 심근으로 정의하고, 상기 제1 부분적 심근의 질량을 m_1 및 상기 제2 부분적 심근의 질량을 m_2 로 정의하면, 좌관상동맥의 혈류량 bf_1 과 우관상동맥의 혈류량 bf_2 는 상기 제1 및 제2 부분적 심근의 질량과 다음과 같은 관계가 성립될 수 있다.

수학식 2

[0047]
$$bf_1 : bf_2 = m_1 : m_2$$

[0048] 또한, 좌관상동맥에서 분기되는 복수의 혈관이 존재하고 상기 복수의 혈관에 각각 대응하는 부분적 심근이 결정되면, 각각의 부분적 심근에 대응하는 혈관들에 대해서도 수학식 2를 적용하여 상기 복수의 혈관에 대한 상대적인 혈류량의 비를 산출할 수 있다.

[0049] 한편, 수학식 2를 이용하여 혈류량의 상대적인 비율을 산출함에 있어서는 동일한 혈관에서 분기되는 복수의 혈관에 대해 상기 수학식 1을 적용하는 것이 바람직할 수 있다.

[0050] 혈관 혈압 산출 단계(S50)에서는 상기 단계(S40)에서 산출된 혈류량의 상대적인 비율과 상기 부분적 심근 질량을 경계조건으로 하여 복수의 혈관들 각각에 대응하는 혈관의 혈압을 산출한다.

[0051] 각각의 혈관에 대한 혈압을 산출함에 있어 입구 경계조건과 출구 경계조건이 설정될 수 있으며, 상기 입구 경계조건은 해당 혈관의 시작 지점에서의 혈류량으로 설정될 수 있고, 상기 출구 경계조건은 해당 혈관의 종료 지점에서의 혈류량의 분배 비율이 될 수 있다. 상기 경계조건을 Computational Flow Dynamics에 적용하면 각 혈관에서의 혈압과 혈류의 속도가 결과 값으로 출력될 수 있다.

[0052] 한편, 대동맥을 통해 공급되는 혈류량은 심근의 질량을 고려하여 산출될 수 있으며, 혈관이 분기되는 지점에서 부분적 심근 질량을 통해 혈류량의 분배 비율이 산출될 수 있으므로 각각의 혈관에 대응하는 혈류량 또한 산출 가능한 것으로 이해할 수 있다.

[0053] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 산출된 혈관을 따라 변화하는 혈압을 예시적으로 나타내는데, 혈관의 혈압은 혈관의 축(axis)을 따라 혈압 감소 프로파일(profile)로 표현될 수 있다.

[0054] 심근 허혈 위험도 판단 단계(S60)에서는 상기 혈관의 혈압을 기초로 혈관의 심근 허혈의 위험도를 판단한다. 도 5는 본 발명에 따른 심근 허혈 진단 방법을 이용하여 산출된 관상동맥의 심근 분획 혈류 예비력(Fractional Flow Reserve, FFR)을 예시적으로 나타낸다.

[0055] 도 5(a) 및 도 5(b)는 각각 서로 다른 환자를 대상으로 측정한 FFR을 예시적으로 나타내는데, 도 5(a)의 환자(이하, '환자 1')의 경우 관상동맥 트리의 시작 지점으로부터 약 20% 지점에서 혈압이 급격하게 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이와 동일한 지점에서 도 5(b)의 환자(이하, '환자 2')의 혈압은 상대적으로 적은 폭으로 감소하는 것을 확인할 수 있으므로 환자 1의 경우 환자 2에 비해서 높은 심근 허혈 위험도를 갖는 것으로 판단할 수 있다.

[0056] 한편, 환자 1의 경우 혈압이 급격하게 감소하는 지점은 협착(stenosis)이 발생한 지점으로 CT 등의 영상 촬영을 통해 사전에 판단 가능한 위치이다. 또한, FFR 값은 stenosis의 원위와 근위에서의 압력 차이를 이용하여 산출될 수 있으며, 도 5(c)에 도시되는 바와 같이 상기 원위는 혈관의 정규화된 축 거리의 약 80% 지점으로 설정될 수 있다.

- [0057] 비정상 진단을 내릴 수 있는 절대적인 FFR 값이 존재하지는 않지만, 일반적으로는 0.75 내지 0.8의 범위보다 낮은 FFR이 존재하는 경우에는 비정상으로 진단할 수 있다.
- [0058] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 심근 허혈 진단 시스템의 구성을 개략적으로 나타낸다.
- [0059] 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 심근 허혈 진단 시스템(100)은, 이미지 획득부(10), 데이터 획득부(20), 심근 질량 산출부(30), 혈류량 산출부(40), 혈압 산출부(50) 및 판단부(60)를 포함한다.
- [0060] 이미지 획득부(10)는 심장 이미지를 획득한다. 상기 심장의 이미지는 컴퓨터 단층촬영(Computed Tomography, CT), 선택적 컴퓨터 단층촬영(Selective Computed Tomography) 또는 자기공명영상법(Magnetic Resonance Imaging, MRI)을 통해 획득될 수 있다.
- [0061] 데이터 획득부(20)는 상기 심장 이미지로부터 심근 이미지 및 관상동맥 트리를 획득한다. 이미지 획득부(10)에서 획득되는 상기 심장 이미지와 데이터 획득부(20)에서 획득되는 상기 심근 이미지 및 상기 관상동맥 트리의 이미지는 도 2에 도시되는 바와 같이 3차원 이미지로 획득되어 관상동맥의 분기 구조를 파악하기 용이하게 하는 것이 바람직하다.
- [0062] 심근 질량 산출부(30)는 상기 관상동맥 트리에 포함되는 복수의 혈관들에 대응하는 복수의 부분적 심근 질량을 산출한다.
- [0063] 관상동맥은 좌관상동맥(Left Coronary Artery, LCA)과 우관상동맥(Right Coronary Artery, RCA)으로 구분할 수 있으며, 좌관상동맥은 좌전하행동맥(Left Anterior Descending Artery, LAD), 좌회선지동맥(Left Circumplex Artery, LCX)을 포함한다.
- [0064] 좌관상동맥 및 우관상동맥은 주요 관상동맥으로 분류할 수 있으며, 넓게는 우관상동맥, 좌전하행동맥 및 좌회선지동맥을 주요 관상동맥으로 분류할 수 있다.
- [0065] 따라서, 심근을 2개의 부분적 심근으로 구분하는 경우에는 좌관상동맥에 대응하는 부분적 심근과 우관상동맥에 대응하는 부분적 심근으로 구분할 수 있으며, 심근을 3개의 부분적 심근으로 구분하는 경우에는 우관상동맥에 대응하는 부분적 심근, 좌전하행동맥에 대응하는 부분적 심근 및 좌회선지동맥에 대응하는 부분적 심근으로 구분할 수 있다.
- [0066] 다만, 상기 2개 또는 3개의 주요 관상동맥으로부터 분기하여 연장되는 더 많은 관상동맥이 존재하므로 상기 부분적 심근의 개수 또한 2개나 3개로 제한되는 것은 아니다.
- [0067] 예컨대, 우관상동맥은 Right Acute Marginal Artery로 분기될 수 있고, 좌관상동맥은 Left Obtuse Marginal Artery로 분기될 수 있으며, 좌전하행동맥은 Diagonal Arteries로 분기될 수 있으므로, 상기 부분적 심근의 개수 또한 3개 보다 많을 수 있다.
- [0068] 한편, 상기 부분적 심근 질량을 산출하기 위해서 이에 대응하는 혈관의 길이를 이용할 수 있는데, 앞서 설명한 관상동맥의 주요 혈관 또는 주요 분지(branch)들의 길이는 상기 관상동맥 이미지로부터 획득될 수 있다. 또한, 부분적 심근 질량은 이에 대응하는 관상동맥 혈관의 길이에 비례한다.
- [0069] 예를 들어, Left Obtuse Marginal Artery의 길이가 l_1 으로 측정된 경우 심근 전체의 질량이 M 이라면, Left Obtuse Marginal Artery에 대응하는 부분적 심근의 질량은 관상동맥의 전체 길이에 대한 l_1 의 비율을 심근 전체의 질량 M 에 적용하여 산출될 수 있다.
- [0070] 또는, Left Obtuse Marginal Artery에 대응하는 부분적 심근의 질량을 m_1 이라고 정의하면 l_1 과 m_1 사이에는 수학식 1과 같은 관계가 성립할 수 있다.
- [0071] 한편, 상기 복수의 부분적 심근의 질량을 산출하기 위해 심근을 복수의 부분적 심근으로 구분함에 있어서, 해당 부분적 심근에 혈액을 공급하는 혈관이 기준이 될 수 있다. 따라서, 하나의 혈관이 복수의 혈관으로 분기되는 지점을 기준으로 하여 부분적 심근이 구분될 수 있다.
- [0072] 혈류량 산출부(40)는 상기 부분적 심근 질량을 기초로 복수의 부분적 심근에 대응하는 혈관의 혈류량의 상대적인 비율을 산출한다. 상기 부분적 심근의 질량이 클수록 공급되어야 하는 혈액의 양도 많아야 하므로 상대적으로 질량이 큰 부분적 심근에 대응하는 혈관의 혈류량은 상대적으로 질량이 작은 부분적 심근에 대응하는 혈관의 혈류량 보다 많은 것으로 예상할 수 있다.

- [0073] 예를 들어, 좌관상동맥에 대응하는 심근을 제1 부분적 심근, 우관상동맥에 대응하는 심근을 제2 부분적 심근으로 정의하고, 상기 제1 부분적 심근의 질량을 m_1 및 상기 제2 부분적 심근의 질량을 m_2 로 정의하면, 좌관상동맥의 혈류량 bf_1 과 우관상동맥의 혈류량 bf_2 는 상기 제1 및 제2 부분적 심근의 질량과 수학적 식 2와 같은 관계가 성립될 수 있다.
- [0074] 또한, 좌관상동맥에서 분기되는 복수의 혈관이 존재하고 상기 복수의 혈관에 각각 대응하는 부분적 심근이 결정되면, 각각의 부분적 심근에 대응하는 혈관들에 대해서도 수학적 식 2를 적용하여 상기 복수의 혈관에 대한 상대적인 혈류량의 비를 산출할 수 있다.
- [0075] 한편, 수학적 식 2를 이용하여 혈류량의 상대적인 비율을 산출함에 있어서는 동일한 혈관에서 분기되는 복수의 혈관에 대해 상기 수학적 식 1을 적용하는 것이 바람직할 수 있다.
- [0076] 혈압 산출부(50)는 상기 혈류량의 상대적인 비율과 상기 부분적 심근 질량을 경계조건으로 하여 상기 복수의 혈관들 각각에 대응하는 혈관의 혈압을 산출한다.
- [0077] 각각의 혈관에 대한 혈압을 산출함에 있어 입구 경계조건과 출구 경계조건이 설정될 수 있으며, 상기 입구 경계조건은 해당 혈관의 시작 지점에서의 혈류량의 비율과 해당 혈관에 대응하는 부분적 심근의 질량, 그리고 상기 출구 경계조건은 해당 혈관의 종료 지점에서의 혈류량의 비율과 해당 혈관에 대응하는 부분적 심근의 질량이 될 수 있다.
- [0078] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 산출된 혈관을 따라 변화하는 혈압을 예시적으로 나타내는데, 혈관의 혈압은 혈관의 축(axis)을 따라 혈압 감소 프로파일(profile)로 표현될 수 있다.
- [0079] 판단부(60)는 상기 혈관의 혈압을 기초로 혈관의 심근 허혈의 위험도를 판단한다. 도 5는 본 발명에 따른 심근 허혈 진단 방법을 이용하여 산출된 관상동맥의 심근 분획 혈류 예비력(Fractional Flow Reserve, FFR)을 예시적으로 나타낸다.
- [0080] 도 5(a) 및 도 5(b)는 각각 서로 다른 환자를 대상으로 측정한 FFR을 예시적으로 나타내는데, 도 5(a)의 환자(이하, '환자 1')의 경우 관상동맥 트리의 시작 지점으로부터 약 20% 지점에서 혈압이 급격하게 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이와 동일한 지점에서 도 5(b)의 환자(이하, '환자 2')의 혈압은 상대적으로 적은 폭으로 감소하는 것을 확인할 수 있으므로 환자 1의 경우 환자 2에 비해서 높은 심근 허혈 위험도를 갖는 것으로 판단할 수 있다.
- [0081] 비정상 진단을 내릴 수 있는 절대적인 FFR 값이 존재하지는 않지만, 일반적으로는 0.75 내지 0.8의 범위보다 낮은 FFR이 존재하는 경우에는 비정상적으로 진단할 수 있다.
- [0082] 한편, 본 발명은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록 장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장 장치 등이 있다.
- [0083] 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록 매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다. 그리고 본 발명을 구현하기 위한 기능적인(functional) 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술 분야의 프로그래머들에 의하여 용이하게 추론될 수 있다.
- [0084] 본 발명에 따른 방법을 구성하는 단계들에 대하여 명백하게 순서를 기재하거나 반하는 기재가 없다면, 상기 단계들은 적당한 순서로 행해질 수 있다. 반드시 상기 단계들의 기재 순서에 따라 본 발명이 한정되는 것은 아니다.
- [0085] 본 발명에서 모든 예들 또는 예시적인 용어(예를 들어, 등등)의 사용은 단순히 본 발명을 상세히 설명하기 위한 것으로서 특허청구범위에 의해 한정되지 않는 이상 상기 예들 또는 예시적인 용어로 인해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다. 또한 해당 기술 분야의 통상의 기술자는 다양한 수정, 조합 및 변경이 부가된 특허청구범위 또는 그 균등물의 범주 내에서 설계 조건 및 팩터(factor)에 따라 구성될 수 있음을 알 수 있다.
- [0086] 따라서, 본 발명의 사상은 상기 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라, 이 특허청구범위와 균등한 또는 이로부터 등가적으로 변경된 모든 범위는 본 발명의 사상의 범주에 속한

다고 할 것이다.

부호의 설명

[0087]

100: 심근 허혈 진단 시스템 10: 이미지 획득부

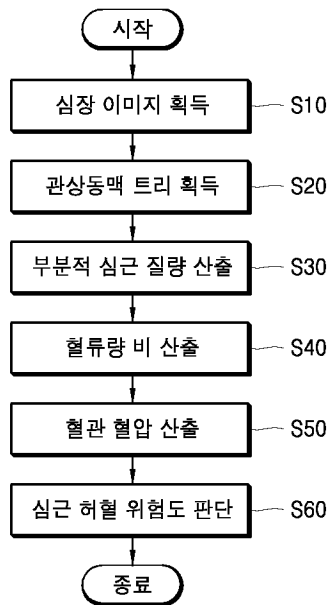
20: 데이터 획득부 30: 심근 질량 산출부

40: 혈류량 산출부 50: 혈압 산출부

60: 판단부

도면

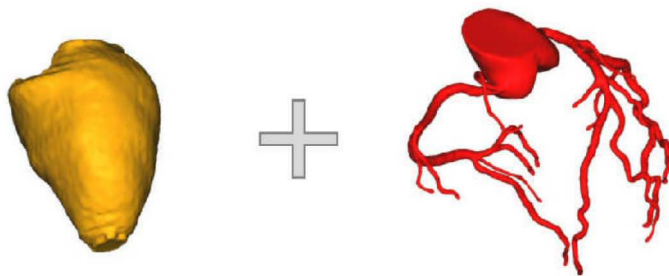
도면1



도면2

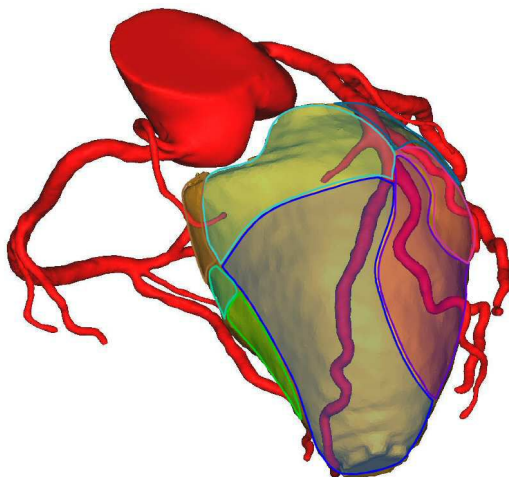


(a)

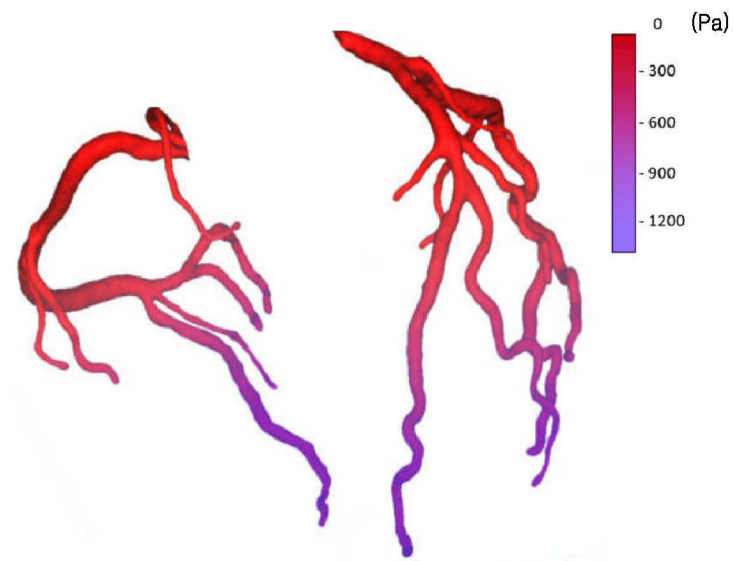


(b)

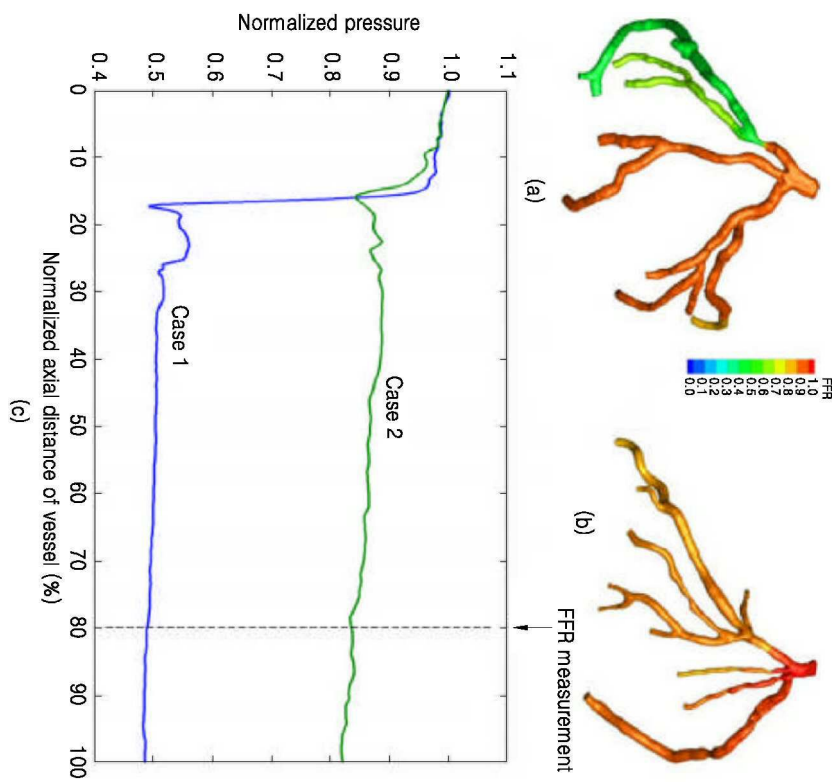
도면3



도면4



도면5



도면6

100

