



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0126340
(43) 공개일자 2022년09월16일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>G06T 7/11</i> (2017.01) <i>A61B 5/00</i> (2021.01)
 <i>A61B 5/055</i> (2006.01) <i>G06N 3/08</i> (2006.01)
 <i>G06T 15/20</i> (2011.01) <i>G06T 5/40</i> (2006.01)
 <i>G06T 7/136</i> (2017.01) <i>G06T 7/90</i> (2017.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>G06T 7/11</i> (2017.01)
 <i>A61B 5/0033</i> (2018.08)</p> <p>(21) 출원번호 10-2021-0030463
 (22) 출원일자 2021년03월09일
 심사청구일자 2021년03월09일</p> | <p>(71) 출원인
 고려대학교 산학협력단
 서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)</p> <p>(72) 발명자
 황성호
 서울특별시 서초구 반포대로 275, 109동 2102호
 조용원
 서울특별시 강동구 고덕로 360, 332동 1504호</p> <p>(74) 대리인
 백두진, 강일신, 김정연, 유광철</p> |
|---|---|

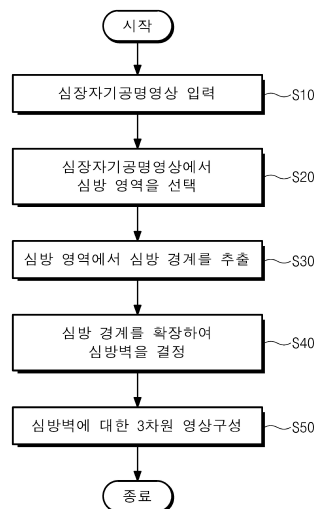
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치 및 그 방법

(57) 요약

인공지능 모델을 기반으로 심장자기공명영상(MRI; Magnetic Resonance Imaging)에서 심방벽을 자동 분할하는 심방벽 분할 장치 및 그 방법이 개시된다. 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법은: 인공지능모델에 의해, 대상체의 심장에 대해 획득된 심장자기공명영상에서 심방 영역을 선택하고 상기 심방 영역에서 심방 경계를 추출하는 단계; 및 심방벽 분할부에 의해, 상기 심방 경계로부터 주변 픽셀들로 확장하여 심방벽을 결정하는 단계;를 포함한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

A61B 5/055 (2022.01)
G06N 3/08 (2013.01)
G06T 15/205 (2013.01)
G06T 5/40 (2013.01)
G06T 7/136 (2017.01)
G06T 7/90 (2017.01)
G06T 2207/10088 (2013.01)
G06T 2207/30048 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345327123
과제번호	2018R1D1A1A02085358
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(교육부)(R&D)
연구과제명	T1이완시간 기반 인공팬텀팩을 이용한 심방세동 환자의 심장자기공명영상 표준화 알
고리즘 연구	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2020.11.01 ~ 2021.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

인공지능모델에 의해, 대상체의 심장에 대해 획득된 심장자기공명영상에서 심방 영역을 선택하고 상기 심방 영역에서 심방 경계를 추출하는 단계; 및

심방벽 분할부에 의해, 상기 심방 경계로부터 주변 픽셀들로 확장하여 심방벽을 결정하는 단계;를 포함하는 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 심방벽을 결정하는 단계는:

상기 심방 경계의 주변 픽셀들의 영상밝기 히스토그램을 생성하는 단계; 및

상기 영상밝기 히스토그램에서 영상밝기 최고치의 주변 픽셀값들을 분석하여 심방벽을 선택하는 단계;를 포함하는 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 영상밝기 히스토그램을 생성하는 단계는:

상기 심방 경계의 내측 테두리 안쪽의 심방 영역에 해당하는 제1 경계점으로부터, 심방 경계의 외측 테두리를 향하여 심방 경계의 외측으로 연장된 제2 경계점까지 영상밝기의 변화를 나타내는 영상밝기 히스토그램을 생성하는 단계를 포함하는, 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 심방벽을 결정하는 단계는:

상기 심방 경계에서부터 설정된 거리범위 안에 위치한 영상 픽셀을 심방벽으로 선택하는 단계를 포함하는 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 인공지능모델은 합성곱 신경망 기반의 기계학습에 의해 생성된 합성곱 신경망 모델인 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

3차원 영상 구성부에 의해, 상기 대상체의 심장에 대해 획득된 복수의 심장자기공명영상으로부터 분할된 심방벽들을 통합하여 3차원 영상으로 구성하는 단계;를 더 포함하는 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 기재된 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법을 실행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

청구항 8

대상체의 심장에 대해 획득된 심장자기공명영상에서 심방 영역을 선택하고 상기 심방 영역에서 심방 경계를 추출하도록 구성되는 인공지능모델; 및

상기 심방 경계로부터 주변 픽셀들로 확장하여 심방벽을 결정하도록 구성되는 심방벽 분할부;를 포함하는 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 심방벽 분할부는:

상기 심방 경계의 주변 픽셀들의 영상밝기 히스토그램을 생성하도록 구성되는 영상밝기 히스토그램 생성부; 및

상기 영상밝기 히스토그램에서 영상밝기 최고치의 주변 픽셀값들을 분석하여 심방벽을 선택하도록 구성되는 심방벽 선택부;를 포함하는 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 영상밝기 히스토그램 생성부는:

상기 심방 경계의 내측 테두리 안쪽의 심방 영역에 해당하는 제1 경계점으로부터, 심방 경계의 외측 테두리를 향하여 심방 경계의 외측으로 연장된 제2 경계점까지 영상밝기의 변화를 나타내는 영상밝기 히스토그램을 생성하도록 구성되는, 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 심방벽 분할부는:

상기 심방 경계에서부터 설정된 거리범위 안에 위치한 영상 픽셀을 심방벽으로 선택하도록 구성되는, 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 인공지능모델은 합성곱 신경망 기반의 기계학습에 의해 생성된 합성곱 신경망 모델인 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치.

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 대상체의 심장에 대해 획득된 복수의 심장자기공명영상으로부터 분할된 심방벽들을 통합하여 3차원 영상으로 구성하는 3차원 영상 구성부;를 더 포함하는 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치.

발명의 설명**기술 분야**

[0001] 본 발명은 심장자기공명영상(MRI; Magnetic Resonance Imaging)에서의 심방벽 분할 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 인구 고령화와 식습관 변화, 근로 환경 변화, 생활 환경의 편의성 향상 등의 다양한 사회적 요인에 따라 부정맥 환자가 증가하고 있으며, 부정맥치료에 있어 약물과 함께 침습적 시술에 대한 요구 역시 증가하고 있다. 일반적

으로 침습적인 시술을 통한 성공적인 부정맥치료를 위해선 심장의 구조와 조직에 대한 구체적 정보가 필요하며 이를 위해 심장자기공명영상(MRI)이 활용되고 있다. 즉 심장자기공명영상을 통해 심장구조 특히 심방벽 조직의 손상을 시술 전 파악한다면 환자 맞춤 식 시술이 가능해져 부정맥 치료의 성공 가능성 및 안정성을 높일 수 있게 되는 것이다. 하지만 심장자기공명영상에서 얇은 심방벽에 대한 정밀분석은 분석자의 숙련도와 함께 높은 집중도를 요구하는 작업이기에 부정맥 시술 건수의 증가와 함께 자동 자기공명영상 분석체계 개발 역시 요구되고 있는 시점이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명은 인공지능 모델을 기반으로 심장자기공명영상(MRI; Magnetic Resonance Imaging)에서 심방벽을 자동 분할하는 심방벽 분할 장치 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0004] 또한, 본 발명은 대상체의 심장자기공명영상에 대한 심방벽의 분할 및 분석 시간을 획기적으로 단축할 수 있는 심방벽 분할 장치 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법은: 인공지능모델에 의해, 대상체의 심장에 대해 획득된 심장자기공명영상에서 심방 영역을 선택하고 상기 심방 영역에서 심방 경계를 추출하는 단계; 및 심방벽 분할부에 의해, 상기 심방 경계로부터 주변 픽셀들로 확장하여 심방벽을 결정하는 단계;를 포함한다.

[0006] 상기 심방벽을 결정하는 단계는: 상기 심방 경계의 주변 픽셀들의 영상밝기 히스토그램을 생성하는 단계; 및 상기 영상밝기 히스토그램에서 영상밝기 최고치의 주변 픽셀값들을 분석하여 심방벽을 선택하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0007] 상기 영상밝기 히스토그램을 생성하는 단계는: 상기 심방 경계의 내측 테두리 안쪽의 심방 영역에 해당하는 제1 경계점으로부터, 심방 경계의 외측 테두리를 향하여 심방 경계의 외측으로 연장된 제2 경계점까지 영상밝기의 변화를 나타내는 영상밝기 히스토그램을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0008] 상기 심방벽을 결정하는 단계는: 상기 심방 경계에서부터 설정된 거리범위 안에 위치한 영상 픽셀을 심방벽으로 선택하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 인공지능모델은 합성곱 신경망 기반의 기계학습에 의해 생성된 합성곱 신경망 모델일 수 있다.

[0010] 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법은: 상기 대상체의 심장에 대해 획득된 복수의 심장자기공명영상으로부터 분할된 심방벽들을 통합하여 3차원 영상으로 구성하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 실시예에 따르면, 상기 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법을 실행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체가 제공된다.

[0012] 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치는: 대상체의 심장에 대해 획득된 심장자기공명영상에서 심방 영역을 선택하고 상기 심방 영역에서 심방 경계를 추출하도록 구성되는 인공지능모델; 및 상기 심방 경계로부터 주변 픽셀들로 확장하여 심방벽을 결정하도록 구성되는 심방벽 분할부;를 포함한다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 심방벽 분할부는: 상기 심방 경계의 주변 픽셀들의 영상밝기 히스토그램을 생성하도록 구성되는 영상밝기 히스토그램 생성부; 및 상기 영상밝기 히스토그램에서 영상밝기 최고치의 주변 픽셀값들을 분석하여 심방벽을 선택하도록 구성되는 심방벽 선택부;를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 영상밝기 히스토그램 생성부는: 상기 심방 경계의 내측 테두리 안쪽의 심방 영역에 해당하는 제1 경계점으로부터, 심방 경계의 외측 테두리를 향하여 심방 경계의 외측으로 연장된 제2 경계점까지 영상밝기의 변화를 나타내는 영상밝기 히스토그램을 생성하도록 구성될 수 있다.

[0015] 본 발명의 다른 실시예에서, 상기 심방벽 분할부는: 상기 심방 경계에서부터 설정된 거리범위 안에 위치한 영상 픽셀을 심방벽으로 선택하도록 구성될 수 있다.

[0016] 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치는: 상기 대상체의 심장에 대해 획득된 복수의 심장자기공명영상으로부터 분할된 심방벽들을 통합하여 3차원 영상으로 구성하는 3차원 영상 구성부;를 더

포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0017] 본 발명의 실시예에 의하면, 인공지능 모델을 기반으로 심장자기공명영상(MRI; Magnetic Resonance Imaging)에서 심방벽을 자동 분할하는 심방벽 분할 장치 및 그 방법이 제공된다.
- [0018] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 대상체의 심장자기공명영상에 대한 심방벽의 분할 및 분석 시간을 획기적으로 단축할 수 있는 심방벽 분할 장치 및 그 방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치의 구성도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치를 구성하는 심방벽 분할부의 구성도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법의 순서도이다.
- 도 4는 도 3의 단계 S40을 보다 구체적으로 나타낸 순서도이다.
- 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따라 도 3의 단계 S40을 나타낸 순서도이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따라 인공지능 모델을 이용하여 심장자기공명영상에서 심방 영역이 선택된 결과를 나타낸 예시도이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따라 인공지능 모델을 이용하여 심장자기공명영상에서 심방 경계가 추출된 결과를 나타낸 예시도이다.
- 도 8 및 도 9는 본 발명의 실시예에 따라 심방벽을 결정하는 과정을 설명하기 위한 예시도이다.
- 도 10 및 도 11은 본 발명의 실시예에 따라 심방벽을 결정하는 과정을 보다 구체적으로 설명하기 위한 예시도이다.
- 도 12는 본 발명의 실시예에 따라 대상체의 심장자기공명영상으로부터 심방벽이 3차원 영상으로 구성된 것을 나타낸 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 본 발명의 목적 및 효과, 그리고 그것들을 달성하기 위한 기술적 구성들은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다.
- [0021] 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있다. 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0022] 본 명세서에서 사용되는 '~부'는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위로써, 예를 들어 소프트웨어, FPGA 또는 하드웨어 구성요소를 의미할 수 있다. '~부'에서 제공하는 기능은 복수의 구성요소에 의해 분리되어 수행되거나, 다른 추가적인 구성요소와 통합될 수도 있다. 본 명세서의 '~부'는 반드시 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되지 않으며, 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고, 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해서 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0023] 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치 및 방법은 인공지능 모델을 이용하여 대상체의 심장에 대해 획득된 심장자기공명영상에서 심방 영역을 선택하고, 심방 영역에서 심방 경계를 추출하며, 추출된 심방 경계로부터 주변 픽셀들로 확장하여 심방벽을 결정한다.

- [0024] 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치 및 방법에 의하면, 인공지능 모델을 기반으로 심장자기공명영상(MRI; Magnetic Resonance Imaging)에서 심방벽을 자동 분할할 수 있으며, 대상체의 심장자기공명영상에 대한 심방벽의 분할 및 분석 시간을 획기적으로 단축할 수 있다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치의 구성도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치(10)는 입력부(11), 저장부(12), 표시부(13), 인공지능 모델(14), 심방벽 분할부(17), 3차원 영상 구성부(18) 및 제어부(19)를 포함할 수 있다.
- [0026] 입력부(11)는 의사 등의 의료전문가가 사용자 인터페이스부를 이용하여 인공지능 모델을 기반으로 심장자기공명영상에서 심방벽(atrial wall)(좌심방벽 및/또는 우심방벽)을 자동 분할하기 위한 프로그램을 실행하기 위한 각종 명령을 입력하도록 제공될 수 있다. 사용자 인터페이스부는 예를 들어, 키보드, 마우스, 터치패드, 전자펜, 음성 인식부 등의 입력 인터페이스 및/또는 통신 인터페이스를 포함할 수 있다.
- [0027] 입력부(11)는 심장자기공명영상의 자동 심방벽 분할을 위해 필요한 각종 데이터, 예를 들어, 의료전문가가 사용자 인터페이스부를 이용하여 지정한 환자의 심장자기공명영상(MRI)을 입력받도록 제공될 수 있다. 입력부(11)는 심장 MRI 장치로부터 데이터를 전송받거나, 저장부(12)로부터 심장자기공명영상을 독출할 수도 있다.
- [0028] 저장부(12)는 심장자기공명영상으로부터 환자의 심방벽을 분할하기 위한 인공지능 모델을 학습하기 위한 프로그램, 학습된 인공지능 모델을 기반으로 심장자기공명영상에서 심방벽을 자동 분할하여 심방벽의 3차원 영상을 구성하는 프로세스들을 수행하는 프로그램 등을 저장할 수 있다.
- [0029] 표시부(13)는 환자의 심장 MRI 영상, 심장 MRI 영상으로부터 분할되어 추출된 심방벽의 2차원 영상, 다수의 심장 MRI 영상으로부터 분할된 심방벽으로부터 재구성된 3차원 심방벽 영상 등의 정보를 의료 단말기의 디스플레이 화면을 통해 표시하도록 제공될 수 있다.
- [0030] 인공지능 모델(14)은 학습 데이터를 이용하여 학습되어 구축될 수 있다. 인공지능 모델(14)은 대상체(예를 들어, 심장 수술 대상 환자)의 심장에 대해 획득된 심장자기공명영상에서 심방 영역을 선택하고, 선택한 심방 영역에서 심방 경계를 추출할 수 있다.
- [0031] 실시예에서, 인공지능 모델(14)은 예를 들어 유넷(U-NET) 모델과 같은 합성곱 신경망(CNN; Convolutional Neural Network) 기반의 기계학습에 의해 생성된 합성곱 신경망 모델일 수 있다.
- [0032] 실시예에서, 유넷(U-NET) 모델로 구현되는 인공지능 모델(14)은 영상 크기를 줄여나가는 컨트랙팅 패스(contracting path)와, 영상 크기를 키워나가는 익스펜시브 패스(expansive path), 및 스킵 커넥션부(skip connection unit)를 포함할 수 있다.
- [0033] 컨트랙팅 패스는 제1 컨볼루션(convolution) 처리 및 풀링(pooling) 처리(예를 들어, 맥스 풀링 처리, 평균 풀링 처리 등)를 복수의 컨트랙팅 레이어(contracting layer)를 통해 순차적으로 반복하여 수행할 수 있다.
- [0034] 익스펜시브 패스는 제2 컨볼루션 처리 및 업 샘플링(up sampling) 처리를 복수의 익스펜딩 레이어(expanding layer)를 통해 순차적으로 반복하여 수행할 수 있다.
- [0035] 스킵 커넥션부는 컨트랙팅 패스의 컨트랙팅 레이어에서 추출된 특징 맵(컨볼루션 영상)을 컨트랙팅 레이어와 대응하는 익스펜시브 패스의 익스펜딩 레이어로 전달할 수 있다.
- [0036] 인공지능 모델(14)은 심방영역 선택부(15)와, 심방경계 추출부(16)를 포함할 수 있다. 심방영역 선택부(15)는 대상체의 심장에 대해 획득된 심장자기공명영상에서 심방 영역을 선택할 수 있다. 심방경계 추출부(16)는 심방영역 선택부(15)에서 선택한 심방 영역에서 심방 경계를 추출할 수 있다.
- [0037] 심방벽 분할부(17)는 인공지능 모델(14)의 심방경계 추출부(16)에 의해 추출된 심방 경계로부터 주변 픽셀들로 확장하여 대상체의 심방벽을 결정할 수 있다. 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치를 구성하는 심방벽 분할부의 구성도이다.
- [0038] 도 1 및 도 2를 참조하면, 심방벽 분할부(17)는 영상밝기 히스토그램 생성부(172)와, 심방벽 선택부(174)를 포함할 수 있다. 영상밝기 히스토그램 생성부(172)는 심방 경계의 주변 픽셀들의 영상밝기 히스토그램을 생성할 수 있다.
- [0039] 심방벽 선택부(174)는 영상밝기 히스토그램 생성부(172)에 의해 생성된 영상밝기 히스토그램에서 영상밝기 최고치의 주변 픽셀값들을 분석하여 심방벽을 선택할 수 있다.

- [0040] 심방벽 분할부(17)는 예를 들어, 추출된 심방 경계의 내측 테두리 안쪽의 심방 영역에 해당하는 경계점으로부터, 심방 경계의 외측 테두리를 향하여 심방 경계의 외측으로 연장된 경계점까지 영상밝기의 변화를 나타내는 영상밝기 히스토그램을 생성할 수 있다.
- [0041] 심방벽 분할부(17)의 영상밝기 히스토그램 생성부(172)는 심방 경계의 주변 픽셀들의 영상밝기 히스토그램을 생성할 수 있다. 영상밝기 히스토그램 생성부(172)는 예를 들어, 심방 경계의 내측 테두리에 해당하는 경계점으로부터, 심방 경계의 외측 테두리를 향하는 방향으로 영상밝기의 변화를 나타내는 영상밝기 히스토그램을 생성할 수 있다.
- [0042] 심방벽 선택부(174)는 영상밝기 히스토그램 생성부(172)에 의해 생성된 영상밝기 히스토그램에서 영상밝기 최고치의 주변 픽셀값들을 분석하여 심방벽을 선택할 수 있다. 일 실시예에서, 심방벽 선택부(174)는 심방 경계를 포함하는 영역에서 픽셀값(픽셀밝기) 이상의 픽셀밝기를 가지는 영역을 심방벽으로 결정할 수 있다.
- [0043] 심방벽 분할부(17)는 상술한 바와 같이 심방 경계 상의 영상밝기 히스토그램을 기반으로 영상밝기를 근거로 심방벽의 영역을 결정하는 과정을 심방 경계의 둘레를 따라 반복함으로써, 심방을 둘러싸는 경계(테두리)에 해당하는 심방벽을 결정할 수 있다.
- [0044] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 심방벽 분할부(17)는 심방 경계에서부터 설정된 거리범위 안에 위치한 영상 픽셀을 심방벽으로 선택할 수도 있다. 이 경우, 심방벽은 심방 경계를 따라 일정한 두께로 결정될 수 있다.
- [0045] 3차원 영상 구성부(18)는 대상체의 심장에 대해 획득된 복수의 심장자기공명영상으로부터 분할된 심방벽들을 통합하여 3차원 영상으로 구성할 수 있다. 3차원 영상으로 재구성된 대상체의 심방벽은 표시부(13)에 의해 디스플레이 화면을 통해 표시될 수 있다.
- [0046] 제어부(19)는 입력부(11), 저장부(12), 표시부(13), 인공지능 모델(14), 심방벽 분할부(17), 및 3차원 영상 구성부(18) 등의 각종 구성요소를 제어하여 인공지능 모델을 이용하여 환자의 심장 MRI로부터 심방벽을 자동 분할하는 프로세스를 수행하는 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있다.
- [0047] 상술한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치는 인공지능 모델의 다이스계수 (dice coefficient)가 평균 0.94 (범위 0.89 - 0.97)로, 우수한 심방벽 분할 성능을 나타낸다.
- [0048] 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치에 의하면, 대상체의 심장자기공명영상에 대한 심방벽의 분할 및 분석 시간을 획기적으로 단축할 수 있다.
- [0049] 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법에 의하면, 심장자기공명영상에 대한 3차원 영상 분석 시간을 기존 방식의 1/5로 단축할 수 있으며, 기존에 약 25분 정도 소요되는 영상 분석 시간을 약 5분으로 단축할 수 있다.
- [0050] 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치는 특히 부정맥에 대한 기술, 예를 들어 영상지원을 필요로 하는 전극도자 절제술이 필요한 환자에 대해 효과적인 치료전략 선택을 지원하는데 도움을 줄 수 있다.
- [0051] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법의 순서도이다. 도 1 및 도 3을 참조하면, 대상체(예를 들어, 심장 수술 대상 환자)의 심장에 대해 획득된 심장자기공명영상이 입력되면(S10), 인공지능 모델(14)은 대상체(예를 들어, 심장 수술 대상 환자)의 심장에 대해 획득된 심장자기공명영상에서 심방 영역을 선택할 수 있다(S20).
- [0052] 인공지능 모델(14)은 선택한 심방 영역에서 심방 경계를 추출할 수 있다(S30). 실시예에서, 인공지능 모델(14)은 합성곱 신경망(CNN; Convolutional Neural Network) 기반의 기계학습에 의해 생성된 합성곱 신경망 모델일 수 있다.
- [0053] 심방벽 분할부(17)는 인공지능 모델(14)의 심방경계 추출부(16)에 의해 추출된 심방 경계로부터 주변 픽셀들로 확장하여 대상체의 심방벽을 결정할 수 있다(S40).
- [0054] 도 4는 도 3의 단계 S40을 보다 구체적으로 나타낸 순서도이다. 도 1, 도 2 및 도 4를 참조하면, 심방벽 분할부(17)의 영상밝기 히스토그램 생성부(172)는 심방 경계의 주변 픽셀들의 영상밝기 히스토그램을 생성할 수 있다(S42).
- [0055] 심방벽 선택부(174)는 영상밝기 히스토그램 생성부(172)에 의해 생성된 영상밝기 히스토그램에서 영상밝기 최고

치의 주변 픽셀값들을 분석하여 심방벽을 선택할 수 있다(S44).

- [0056] 심방벽 분할부(17)는 예를 들어, 추출된 심방 경계의 내측 테두리 안쪽의 심방 영역에 해당하는 경계점으로부터, 심방 경계의 외측 테두리를 향하여 심방 경계의 외측으로 연장된 경계점까지 영상밝기의 변화를 나타내는 영상밝기 히스토그램을 생성할 수 있다.
- [0057] 심방벽 분할부(17)의 영상밝기 히스토그램 생성부(172)는 심방 경계의 주변 픽셀들의 영상밝기 히스토그램을 생성할 수 있다. 영상밝기 히스토그램 생성부(172)는 예를 들어, 심방 경계의 내측 테두리에 해당하는 경계점으로부터, 심방 경계의 외측 테두리를 향하는 방향으로 영상밝기의 변화를 나타내는 영상밝기 히스토그램을 생성할 수 있다.
- [0058] 심방벽 선택부(174)는 영상밝기 히스토그램 생성부(172)에 의해 생성된 영상밝기 히스토그램에서 영상밝기 최고치의 주변 픽셀값들을 분석하여 심방벽을 선택할 수 있다. 일 실시예에서, 심방벽 선택부(174)는 심방 경계를 포함하는 영역에서 픽셀값(픽셀밝기) 이상의 픽셀밝기를 가지는 영역을 심방벽으로 결정할 수 있다.
- [0059] 심방벽 분할부(17)는 상술한 바와 같이 심방 경계 상의 영상밝기 히스토그램을 기반으로 영상밝기를 근거로 심방벽의 영역을 결정하는 과정을 심방 경계의 둘레를 따라 반복함으로써, 심방을 둘러싸는 경계(테두리)에 해당하는 심방벽을 결정할 수 있다.
- [0060] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따라 도 3의 단계 S40을 나타낸 순서도이다. 도 1 및 도 5를 참조하면, 심방벽 분할부(17)는 심방 경계에서부터 설정된 거리범위 안에 위치한 영상 픽셀들을 결정하고(S46), 결정된 영상 픽셀들을 심방벽으로 선택할 수 있다(S48). 이 경우, 심방벽은 심방 경계를 따라 일정한 두께로 결정될 수 있다.
- [0061] 다시 도 1 및 도 3을 참조하면, 3차원 영상 구성부(18)는 대상체의 심장에 대해 획득된 복수의 심장자기공명영상으로부터 분할된 심방벽들을 통합하여 3차원 영상으로 구성할 수 있다(S50). 3차원 영상으로 재구성된 대상체의 심방벽은 표시부(13)에 의해 디스플레이 화면을 통해 표시될 수 있다.
- [0062] 상술한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법은 인공지능 모델의 다이스계수(dice coefficient)가 평균 0.94 (범위 0.89 - 0.97)로, 우수한 심방벽 분할 성능을 나타낸다.
- [0063] 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법에 의하면, 대상체의 심장자기공명영상에 대한 심방벽의 분할 및 분석 시간을 획기적으로 단축할 수 있다.
- [0064] 상술한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법에 의하면, 심장자기공명영상에 대한 3차원 영상 분석 시간을 기존 방식의 1/5로 단축할 수 있으며, 기존에 약 25분 정도 소요되는 영상 분석 시간을 약 5분으로 단축할 수 있다.
- [0065] 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법은 특히 부정맥에 대한 시술, 예를 들어 영상지원을 필요로 하는 전극도자 절제술이 필요한 환자에 대해 효과적인 치료전략 선택을 지원하는데 도움을 줄 수 있다.
- [0066] 도 6 내지 도 12는 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법을 설명하기 위한 예시도들이다. 이하에서 도 3 내지 도 12를 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0067] 도 6은 본 발명의 실시예에 따라 인공지능 모델을 이용하여 심장자기공명영상에서 심방 영역이 선택된 결과를 나타낸 예시도이다. 도 1, 도 3 및 도 6을 참조하면, 인공지능 모델(14)은 대상체에 대해 획득된 심장자기공명영상(20)에서 심방 영역(30)을 선택할 수 있다(S20). 도 6에서 심방 영역(30)은 녹색으로 도시되어 있다.
- [0068] 도 7은 본 발명의 실시예에 따라 인공지능 모델을 이용하여 심장자기공명영상에서 심방 경계가 추출된 결과를 나타낸 예시도이다. 도 1, 도 3, 도 7 및 도 8을 참조하면, 인공지능 모델(14)은 선택한 심방 영역(30)에서 심방 경계(40)를 추출할 수 있다(S30). 인공지능 모델(14)에 의해 추출된 심방 경계(40)는 도 7에 녹색선과 화살표로 도시되어 있다. 실시예에서, 인공지능 모델(14)은 합성곱 신경망(CNN; Convolutional Neural Network) 기반의 기계학습에 의해 생성된 합성곱 신경망 모델일 수 있다.
- [0069] 도 8 및 도 9는 본 발명의 실시예에 따라 심방벽을 결정하는 과정을 설명하기 위한 예시도이다. 도 1, 도 3, 도 8 및 도 9를 참조하면, 심방벽 분할부(17)는 인공지능 모델(14)의 심방경계 추출부(16)에 의해 추출된 심방 경계(40)로부터 주변 픽셀들로 확장(도 9에 쌍방향 화살표로 도시)하여 대상체의 심방벽(50)을 결정할 수 있다(S40).

- [0070] 심방벽 분할부(17)는 심방 경계(40)의 주변 픽셀들의 영상밝기 히스토그램(60)을 생성하여, 영상밝기 히스토그램(60)의 밝기 정보를 기반으로 심방벽(50)을 결정할 수 있다.
- [0071] 심방벽 분할부(17)는 심방 경계(40)의 내측 테두리 안쪽의 심방 영역에 해당하는 제1 경계점(41, 45)으로부터, 심방 경계(40)의 외측 테두리를 향하여 심방 경계(40)의 외측으로 연장된 제2 경계점(43, 47)까지 영상밝기의 변화를 나타내는 영상밝기 히스토그램(60)을 생성할 수 있다.
- [0072] 도 10 및 도 11은 본 발명의 실시예에 따라 심방벽을 결정하는 과정을 보다 구체적으로 설명하기 위한 예시도이다. 도 1, 도 2, 도 4, 도 10 및 도 11을 참조하면, 심방벽 분할부(17)의 영상밝기 히스토그램 생성부(172)는 심방 경계(40)의 주변 픽셀들의 영상밝기 히스토그램(60)을 생성할 수 있다(S42).
- [0073] 영상밝기 히스토그램 생성부(172)는 심방 경계(40)의 내측 테두리에 해당하는 제1 경계점(42, 46)으로부터, 심방 경계(40)의 외측 테두리를 향하는 방향으로 영상밝기의 변화를 나타내는 영상밝기 히스토그램(60)을 생성할 수 있다.
- [0074] 심방벽 선택부(174)는 영상밝기 히스토그램 생성부(172)에 의해 생성된 영상밝기 히스토그램(60)에서 영상밝기 최고치의 주변 픽셀값들을 분석하여 심방벽(50)을 선택할 수 있다(S44).
- [0075] 일 실시예에서, 심방벽 선택부(174)는 제1 경계점(42, 46)의 픽셀값(픽셀밝기) 이상의 픽셀밝기를 가지는 영역을 심방벽(50)으로 결정할 수 있다. 도 11에 도시된 예에서, 제1 경계점(42, 46)의 픽셀값은 "215"이므로, 제1 경계점(42, 46)에서부터 심방 경계(40)의 외측 테두리 측의 픽셀값이 "215"인 제2 경계점(44, 48)까지가 심방벽(50)에 해당하는 영역으로 결정될 수 있다.
- [0076] 심방벽 분할부(17)는 상술한 바와 같이 영상밝기 히스토그램(60)을 기반으로 영상밝기를 근거로 심방벽(50)의 영역을 결정하는 과정을 심방 경계(40)의 둘레를 따라 반복함으로써, 심방을 둘러싸는 경계(테두리)에 해당하는 심방벽(50)을 결정할 수 있다.
- [0077] 한편, 도 6 내지 도 11에 도시된 실시예와 달리, 심방벽 분할부(17)는 심방 경계에서부터 설정된 거리범위 안에 위치한 영상 픽셀들을 결정하고, 결정된 영상 픽셀들을 심방벽으로 선택할 수도 있다. 이 경우, 심방벽은 심방 경계를 따라 일정한 두께로 결정될 수 있다.
- [0078] 도 12는 본 발명의 실시예에 따라 대상체의 심장자기공명영상으로부터 심방벽이 3차원 영상으로 구성된 것을 나타낸 예시도이다. 도 1, 도 3 및 도 12를 참조하면, 3차원 영상 구성부(18)는 대상체의 심장에 대해 획득된 복수의 심장자기공명영상으로부터 분할된 심방벽들을 통합하여 3차원 영상(70)으로 재구성할 수 있다(S50). 3차원 영상(70)으로 재구성된 대상체의 심방벽은 표시부(13)에 의해 디스플레이 화면을 통해 표시될 수 있다.
- [0079] 상술한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법에 의하면, 심장자기공명 영상에 대한 3차원 영상 분석 시간을 기존 방식의 1/5로 단축할 수 있으며, 기존에 약 25분 정도 소요되는 영상 분석 시간을 약 5분으로 단축할 수 있다.
- [0080] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법은 인공지능 모델의 다이스계수(dice coefficient)가 평균 0.94 (범위 0.89 - 0.97)로, 우수한 심방벽 분할 성능을 나타낸다.
- [0081] 본 발명의 실시예에 따른 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 방법은 부정맥에 대한 시술, 예를 들어 영상지원을 필요로 하는 전극도자 절제술이 필요한 환자에 대해 효과적인 치료전략 선택을 지원하는데 도움을 줄 수 있다.
- [0082] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(Arithmetic Logic Unit), 디지털 신호 프로세서(Digital Signal Processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(Field Programmable Gate Array), PLU(Programmable Logic Unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다.
- [0083] 처리 장치는 운영 체제 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(Processing Element) 및/또는 복수 유형의 처리요소를

포함할 수 있음을 이해할 것이다.

- [0084] 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(Parallel Processor)와 같은, 다른 처리 구성(Processing configuration)도 가능하다. 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(Computer Program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다.
- [0085] 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0086] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다.
- [0087] 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CDROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media) 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0088] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

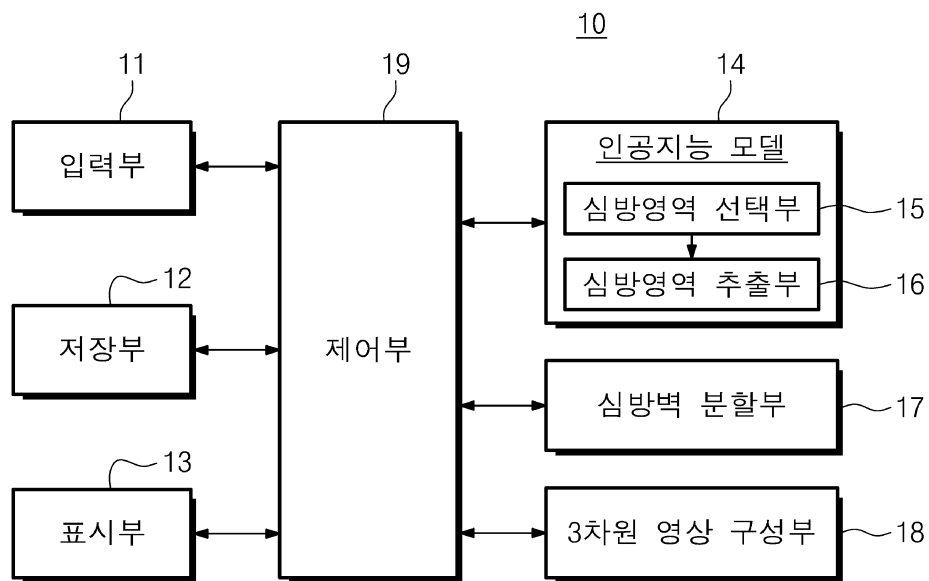
부호의 설명

- [0089] 10: 심장자기공명영상에서의 심방벽 분할 장치
- 11: 입력부
- 12: 저장부
- 13: 표시부
- 14: 인공지능 모델
- 15: 심방영역 선택부
- 16: 심방경계 추출부
- 17: 심방벽 분할부
- 18: 3차원 영상 구성부
- 19: 제어부
- 20: 심장자기공명영상
- 30: 심방 영역
- 40: 심방 경계
- 42: 제1 경계점

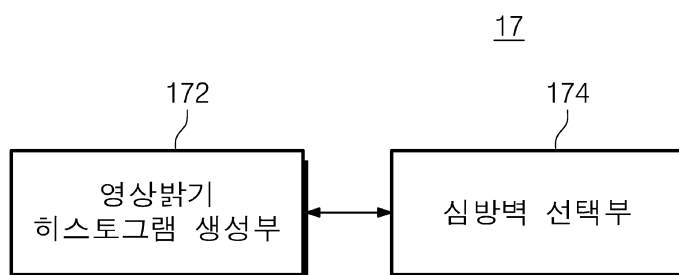
- 44: 제2 경계점
- 50: 심방벽
- 60: 영상밝기 히스토그램
- 70: 3차원 영상
- 172: 영상밝기 히스토그램 생성부
- 174: 심방벽 선택부

도면

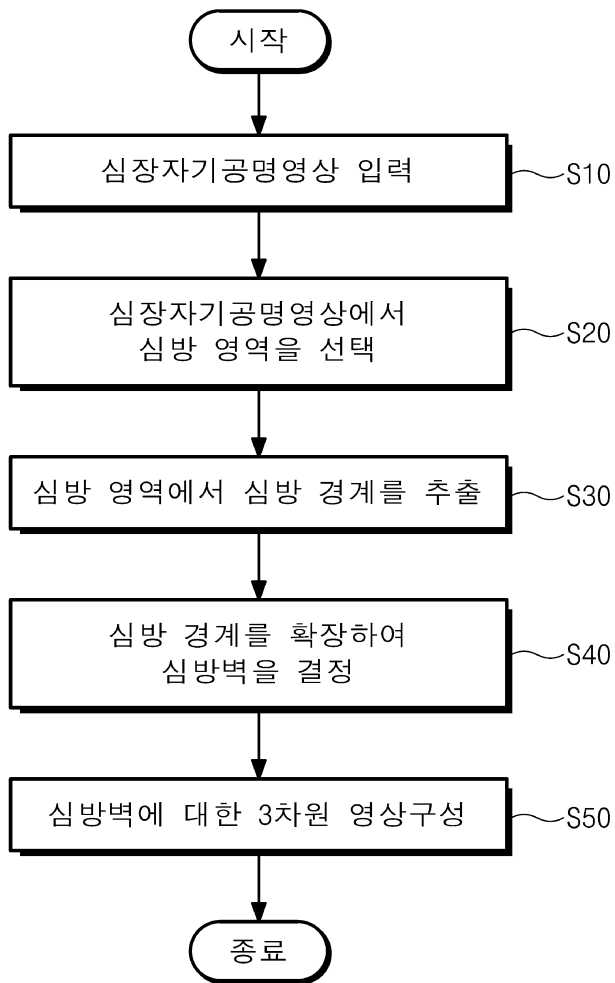
도면1



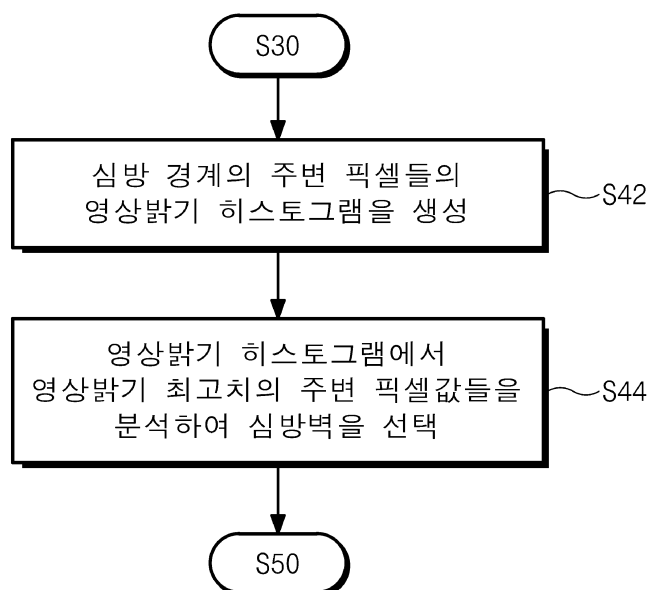
도면2



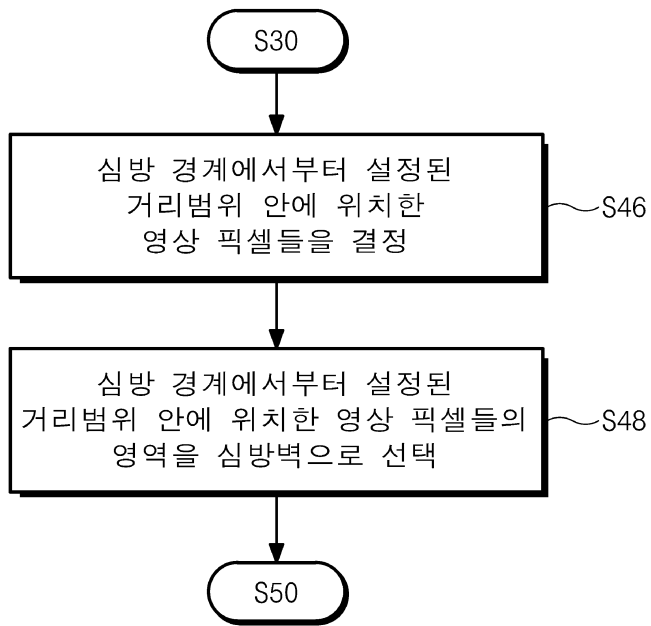
도면3



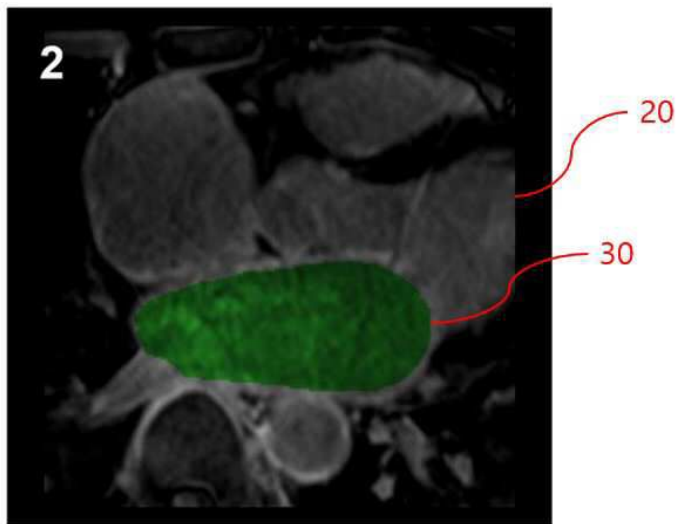
도면4



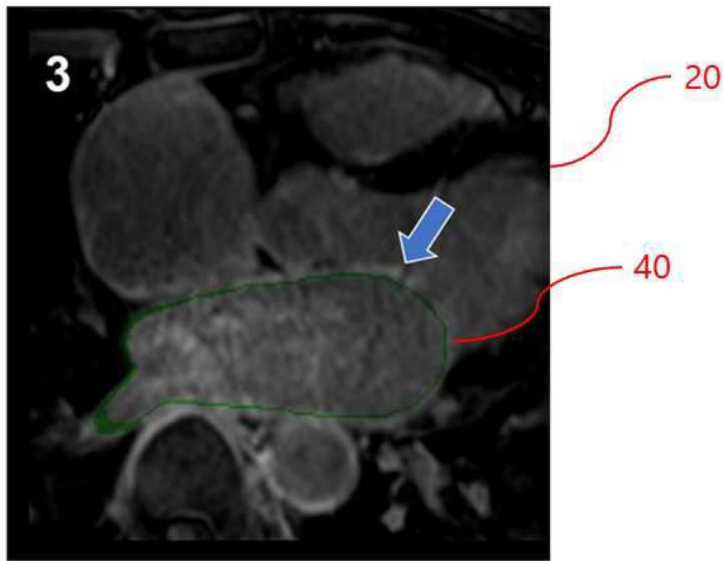
도면5



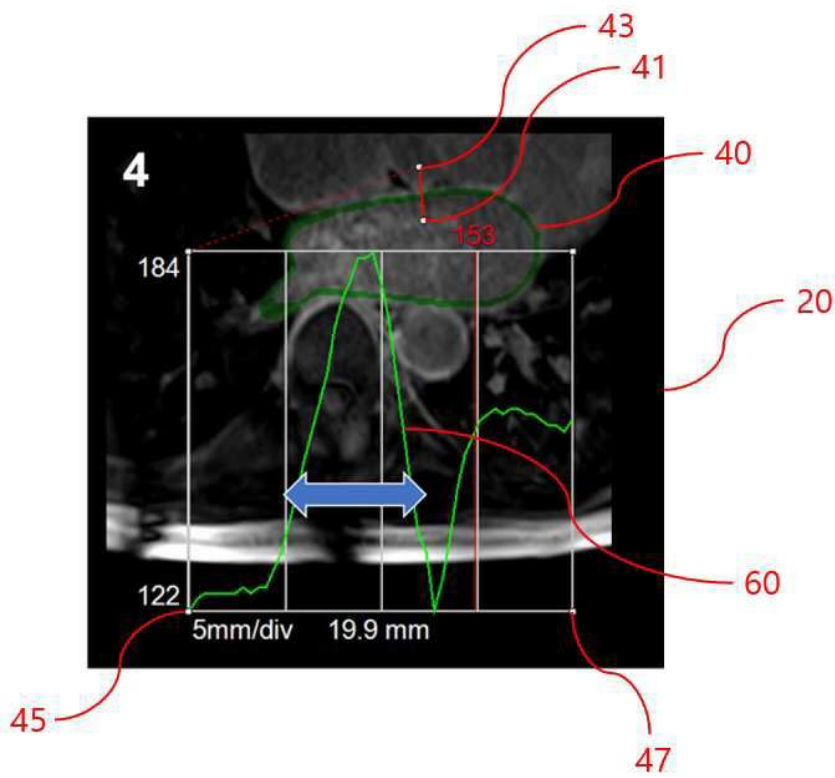
도면6



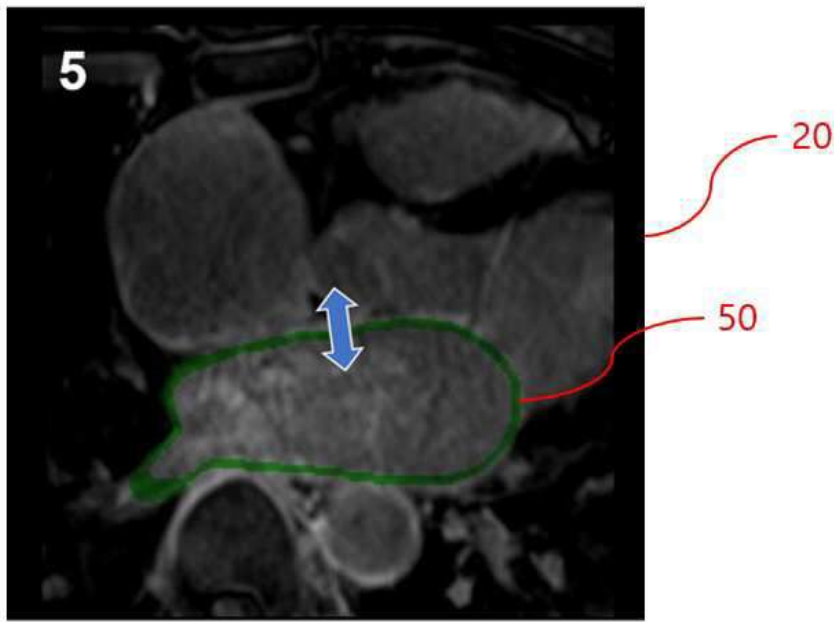
도면7



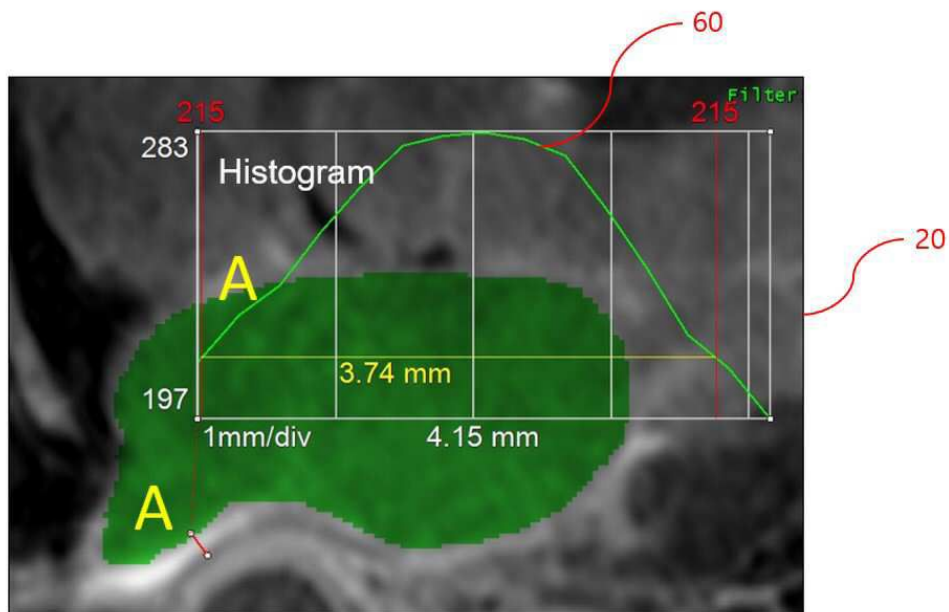
도면8



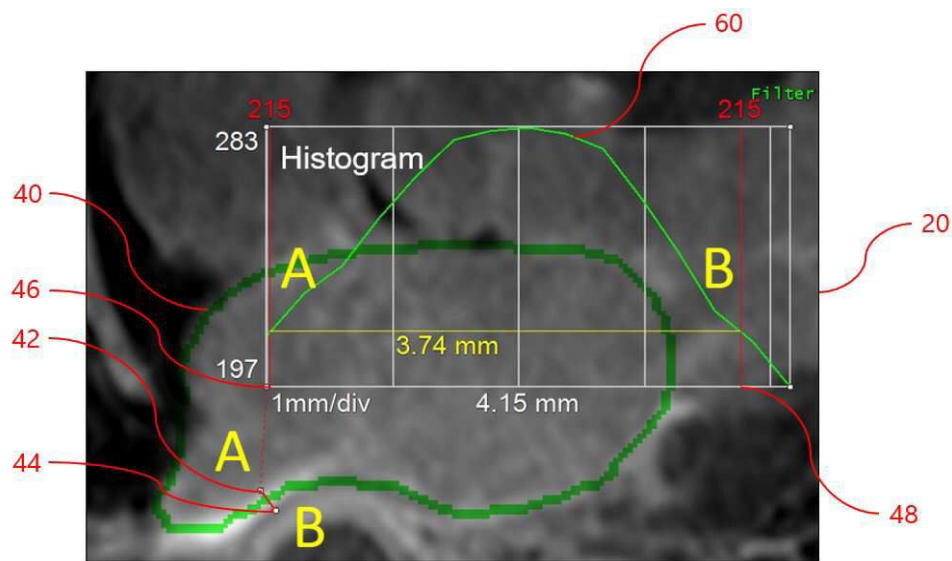
도면9



도면10



도면11



도면12

