



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년01월06일

(11) 등록번호 10-1479577

(24) 등록일자 2014년12월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06T 7/00 (2006.01) G06K 9/46 (2006.01)

A61B 5/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0082098

(22) 출원일자 2013년07월12일

심사청구일자 2013년07월12일

(65) 공개번호 10-2014-0120236

(43) 공개일자 2014년10월13일

(30) 우선권주장

1020130035752 2013년04월02일 대한민국(KR)

(56) 선행기술조사문헌

JP2012521553 A

JP2012061019 A

WO2010098444 A1

KR1020020044560 A

(73) 특허권자

재단법인 아산사회복지재단

서울특별시 송파구 올림픽로43길 88 (풍납동)

(72) 발명자

김남국

서울 송파구 올림픽로35길 104, 27동 1002호 (신천동, 장미아파트)

김영학

서울 강남구 남부순환로 2914, 3동 1102호 (대치동, 개포우성아파트)

양동현

서울 송파구 풍성로24길 42, 310동 1605호 (풍납동, 현대리버빌)

(74) 대리인

안상정

전체 청구항 수 : 총 14 항

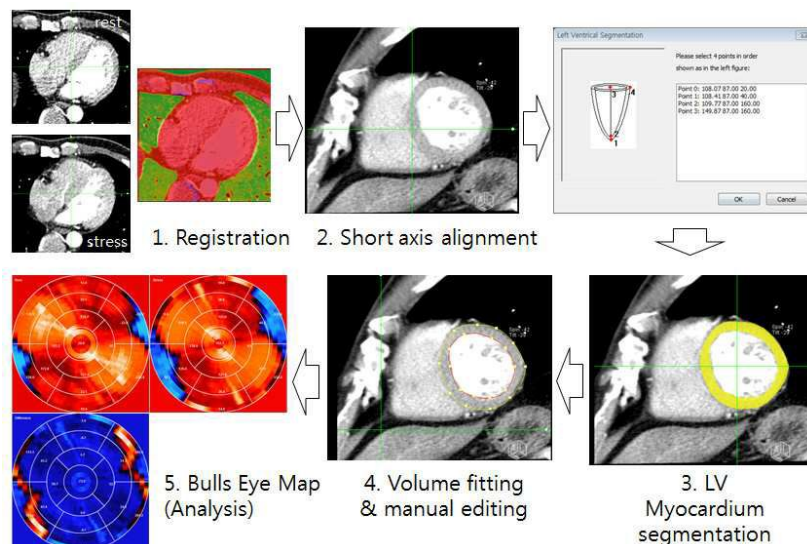
심사관 : 신재철

(54) 발명의 명칭 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법

(57) 요약

본 개시는 의료영상 장치에 의해 심장의 제1 상태 영상 및 제2 상태 영상을 포함하는 심장 영상이 획득되는 단계; 심장 영상을 기초로 심근 및 심혈관이 분할(segmentation)되고, 심근이 혈액을 공급받는 심혈관의 구조에 따라 심근 영역들로 나누어지는(divided) 단계; 심근이 제1 축 방향으로 투사되어 심근 영역들 및 심혈관이 2차원 영상으로 획득되는 단계; 그리고 제1 상태 영상과 제2 상태 영상의 관계를 이용하여 2차원 영상 상에서 제1 상태의 심장과 제2 상태의 심장의 특징의 차이가 획득되는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1465012332
 부처명 보건복지부
 연구관리전문기관 한국보건산업진흥원
 연구사업명 보건의료기술연구개발
 연구과제명 정량적 관동맥 관류 CT 자동진단 프로그램의 임상적 유용성 연구
 기 여 율 1/3
 주관기관 서울아산병원
 연구기간 2012.11.01 ~ 2015.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1465012598
 부처명 보건복지부
 연구관리전문기관 한국보건산업진흥원
 연구사업명 보건의료기술연구개발
 연구과제명 CT를 이용한 관동맥 관류 진단보조 프로그램의 개발 및 적용
 기 여 율 1/3
 주관기관 서울아산병원
 연구기간 2012.11.01 ~ 2015.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1465012458
 부처명 보건복지부
 연구관리전문기관 한국보건산업진흥원
 연구사업명 보건의료기술연구개발
 연구과제명 동물실험과 분획혈류예비력을 통한 심근 관류 CT 분석 프로그램의 진단정확도 검증
 기 여 율 1/3
 주관기관 서울아산병원
 연구기간 2012.11.01 ~ 2015.10.31

특허청구의 범위

청구항 1

의료영상 장치에 의해 심장의 제1 상태 영상 및 제2 상태 영상을 포함하는 심장 영상이 획득되는 단계;

심장 영상을 기초로 심근 및 심혈관이 분할(segmentation)되고, 심근이 혈액을 공급받는(feed) 심혈관의 구조에 따라 심근 영역들로 나누어지는(divided) 단계;

심근이 제1 축 방향으로 투사되어 심근 영역들 및 심혈관이 2차원 영상으로 획득되는 단계; 그리고

제1 상태 영상과 제2 상태 영상의 관계를 이용하여 2차원 영상 상에서 제1 상태의 심장과 제2 상태의 심장의 특징의 차이가 획득되는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

제1 상태 영상은 레스트(rest) 상태에서 심근관류(myocardial perfusion)를 보여주고, 제2 상태 영상은 스트레스(stress) 상태에서 심근관류를 보여주는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

심장의 특징의 차이가 획득되는 단계는:

제1 상태 영상과 제2 상태 영상이 정합(registration)되는 과정;을 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

심근 영역들로 나누어지는 단계는:

제1 상태 영상이 제1 축과 교차하는 심근의 단축(short axis) 방향으로 정렬(alignment)되는 과정;을 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

2차원 영상은 Bull's Eye Map으로 표시된 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

심근 영역들로 나누어지는 단계는:

심근 영역들의 사이즈가 심혈관의 직경에 비례하도록 디스턴스맵(distance Map)을 생성하는 과정;을 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

심근 영역들로 나누어지는 단계는:

Adaptive Dilation 기반의 심혈관 분할 과정;

Template 기반 심혈관 라벨링 및 수정 과정; 그리고

심혈관 Diameter-Dilation 기반 심근 분할 및 수정 과정;을 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.

청구항 8

청구항 5에 있어서,

Bull's Eye Map에는 관상동맥 RCA, LAD 및 LCX와 이들의 구조에 따라 나누어진 심근 영역들이 포함되는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.

청구항 9

청구항 5에 있어서,

심장의 특징의 차이가 획득되는 단계는:

제1 상태 영상과 제2 상태 영상이 정합(registration)되는 과정;

제1 상태 영상에 대응하는 제1 Bull's Eye Map이 생성되는 과정;

제2 상태 영상에 대응하는 제2 Bull's Eye Map이 생성되는 과정; 그리고

정합의 결과를 기초로 제1 Bull's Eye Map과 제2 Bull's Eye Map의 차이를 나타내는 제3 Bull's Eye Map이 생성되는 과정;을 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

제3 Bull's Eye Map의 픽셀(pixel) 값은 제1 Bull's Eye Map의 픽셀 값과 제2 Bull's Eye Map의 픽셀 값의 차이인 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.

청구항 11

청구항 9에 있어서,

심장의 특징의 차이가 획득되는 단계는:

제3 Bull's Eye Map을 기초로 제1 상태 영상과 제2 상태 영상이 서로 다른 이상 영역(abnormal region)을 추출하는 과정; 그리고,

이상 영역을 기초로 병변이 있는 심혈관을 찾는 과정;을 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.

청구항 12

청구항 7에 있어서,

심근 영역들로 나누어지는 단계는:

심혈관 Diameter-Dilation 기반 심근 분할 및 수정 과정의 결과가 영상의학, 임상의학 또는 동물실험과 비교되는 과정; 그리고

Manual Editing 모듈에 의해 결과가 수정되는 과정;을 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.

청구항 13

청구항 1에 있어서,

심장 영상이 획득되는 단계는:

심장 CT에 의해 레스트(rest) 상태에서 심근관류(myocardial perfusion)를 보여주는 제1 상태 영상이 획득되는 과정; 그리고, 약물 투여에 의해 유도된 스트레스(stress) 상태에서 심근관류를 보여주는 제2 상태 영상을 획득

하는 과정;을 포함하며,

심근 영역들로 나누어지는 단계는:

제1 상태 영상이 제1 축과 교차하는 심근의 단축(short axis) 방향으로 정렬(alignment)되는 과정; 그리고, 심근 영역들의 사이즈가 심혈관의 직경에 비례하도록 디스턴스맵(distance Map)을 생성하는 과정;을 포함하며,

2차원 영상으로 획득되는 단계에서, 2차원 영상은 Bull's Eye Map으로 표시되고, Bull's Eye Map에는 관상동맥 RCA, LAD 및 LCX와 이들의 구조에 따라 나누어진 심근 영역들이 포함되며,

심장의 특징의 차이가 획득되는 단계는:

제1 상태 영상과 제2 상태 영상이 정합(registration)되는 과정; 그리고, 제1 상태 영상에 대응하는 제1 Bull's Eye Map이 생성되는 과정; 제2 상태 영상에 대응하는 제2 Bull's Eye Map이 생성되는 과정; 그리고, 정합의 결과를 기초로 제1 Bull's Eye Map과 제2 Bull's Eye Map의 차이를 나타내는 제3 Bull's Eye Map이 생성되는 과정;을 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.

청구항 14

청구항 1 내지 청구항 13 중 어느 한 항에 기재된 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

명세서

기술분야

[0001] 본 개시(Disclosure)는 전체적으로 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법에 관한 것으로, 환자의 심근을 심혈관 구조에 따라 분할하고 서로 다른 상태 간의 심근관류의 차이를 분석하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 여기서는, 본 개시에 관한 배경기술이 제공되며, 이들이 반드시 공지기술을 의미하는 것은 아니다(This section provides background information related to the present disclosure which is not necessarily prior art).

[0003] 관상동맥 질환(CAD; Coronary Artery Disease)은 협착이나 혈관이 좁아져 혈액의 흐름이 방해되는 것이다. 관상동맥은 심근에 피를 공급하는 작은 혈관들이다. CAD는 심근을 통해 피가 뿌려지는 길을 바꾼다. 이로 인해 심장근육의 운동이 감소된다.

[0004] 심장에 대한 CT 또는 MRI 등의 의료영상을 기초로 CAD를 평가하는 방법이 다양하게 연구되어 왔다. 예를 들어, 다양한 의료영상을 통합하거나, 진단 및 평가를 위해 시각화하는 연구가 있다.

[0005] 예를 들어, 논문 Three-dimensional registration of myocardial perfusion SPECT and CT coronary angiography(Annals of Nuclear Medicine Vol. 19, No. 3, 207-215, 2005)에는 CT coronary angiography(CTCA) 및 myocardial perfusion SPECT 정보를 통합하기 위한 정합(registration)의 방법이 개시되어 있다.

[0006] 상기 논문에서는 좌심실의 심근을 장축 방향을 따라 16개의 단축 방향 이미지로 나누고, 다시 각 단축 방향 이미지를 36개의 세그먼트(segment)로 나눈다. 따라서 심근은 576(16x36)개의 다각형 표면(polygonal surface)으로 나누어진다. SPECT에 의한 심근관류 정보가 정합의 결과를 기초로 상기 576개의 다각형 표면에 주어져서, 관상동맥 트리와 심근이 3차원으로 함께 시각화된다.

[0007] 그러나, 상기 논문에서는 심근이 심혈관의 구조와 무관하게 영역이 나누어지고, 단순히 심근관류 영상과 심혈관 영상을 중첩하는 방식으로 시각화하고 있다.

[0008] 또 다른 예로, 논문 Visualization of Myocardial Perfusion Derived from Coronary Anatomy(Maurice Termeer, Javier Olivan Bescos, Marcel Breeuwer, Anna Vilanova, Member, IEEE, Frans Gerritsen, M. Eduard Groller, Member, IEEE and Eike Nagel) (Manuscript received 31 March 2008; accepted 1 August 2008; posted online 19 October 2008; mailed on 13 October 2008.)에는 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 심근관류의 시각화 방법이 개시되어 있다.

[0009] 상기 Maurice Termeer의 논문에서는 심혈관을 분할하고, 분할된 심혈관을 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 심근관류를 계산한다. 심근의 표면을 분할하고 시뮬레이션에 의해 계산된 심근관류 이미지를 심혈관 이미지와 함께 Bull's Eye plot에 시각화한다. 심근관류 이미지에는 혈류의 등밀도선이 표시되어 있고, 복수의 심혈관들로부터 공급되는 혈류가 동등한 경계선을 그어서 관상동맥 영역(coronary artery territories)으로 정의하였다. 또한, 시뮬레이션 모델에서 협착을 유도하여 심근관류가 변화하는 것을 시각화하였다.

[0010] 그러나, 상기 논문에서 Bull's Eye plot은 시뮬레이션 모델에 의해 계산된 이미지이므로 특정 환자의 심근관류나 심장 특징에 대한 정확한 진단 및 평가 방법으로는 적절하지 못하다.

[0011] 또한, 상기 논문에서 관상동맥 영역(coronary artery territories)은 시뮬레이션 모델 상에서 이웃한 심혈관들로부터 동등한 혈류공급을 받는 경계선을 계산한 것이다. 이로 인해 심근관류와 심혈관의 관계가 명확하게 평가되는 데에서 모호하고 불확실한 심근 영역이 있다. 또한, 협착이 유도되기 전과 후에는 심장의 상태가 변화하므로 이것을 고려하지 않은 시뮬레이션 모델로부터는 심장의 상태 차이에 따른 심근관류의 차이가 정확하게 평가되기 어렵다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 이에 대하여 '발명의 실시를 위한 구체적인 내용'의 후단에 기술한다.

과제의 해결 수단

[0013] 여기서는, 본 개시의 전체적인 요약(Summary)이 제공되며, 이것이 본 개시의 외연을 제한하는 것으로 이해되어서는 아니된다(This section provides a general summary of the disclosure and is not a comprehensive disclosure of its full scope or all of its features).

[0014] 본 개시에 따른 일 태양에 의하면(According to one aspect of the present disclosure), 의료영상 장치에 의해 심장의 제1 상태 영상 및 제2 상태 영상을 포함하는 심장 영상이 획득되는 단계; 심장 영상을 기초로 심근 및 심혈관이 분할(segmentation)되고, 심근이 혈액을 공급받는 심혈관의 구조에 따라 심근 영역들로 나누어지는(divided) 단계; 심근이 제1 축 방향으로 투사되어 심근 영역들 및 심혈관이 2차원 영상으로 획득되는 단계; 그리고 제1 상태 영상과 제2 상태 영상의 관계를 이용하여 2차원 영상 상에서 제1 상태의 심장과 제2 상태의 심장의 특징의 차이가 획득되는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법이 제공된다.

발명의 효과

[0015] 이에 대하여 '발명의 실시를 위한 구체적인 내용'의 후단에 기술한다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 개시에 따른 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법의 전체적인 개략을 나타내는 도면,

도 2는 심장 영상이 단축정렬되는 것을 설명하는 도면,

도 3, 도 4 및 도 5는 혈관 기반 심근 영역 나누기의 일 예를 설명하는 도면,

도 6은 상호보완정보 기반 강제정합의 알고리즘 프레임워크를 보여주는 도면,

도 7 및 도 8은 Bull's Eye Map 상에서 제1 상태와 제2 상태 사이에 심근관류의 차이가 획득되는 방법의 일 예를 설명하는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 본 개시를 첨부된 도면을 참고로 하여 자세하게 설명한다(The present disclosure will now be described in detail with reference to the accompanying drawing(s)).

[0018] 도 1은 본 개시에 따른 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법의 전체적인 개략을 나타내는 도면이다.

[0019] 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법에서, 먼저, 의료영상 장치에 의해 심장의 제1 상태 영상 및 제2 상태 영

상 중 적어도 하나를 포함하는 심장 영상이 획득된다. 의료영상 장치로는 3차원 단층사진 방법(예; MRI, CT 등)이 사용될 수 있다. 도 1에는 조영증강 심장 CT에 의한 심장의 제1 상태 영상 및 제2 상태 영상이 나타나 있다.

[0020] 본 개시에서는 하나의 심장에 대해 상태가 다른 심장 영상들이 획득되고, 심장 영상들을 기초로 심장 특징의 차이가 얻어지며, 상기 차이를 기초로 심혈관 질환의 진단이나 평가가 이루어진다. 예를 들어, 도 1에는 제1 상태(rest) 및 제2 상태(stress)에서 각 심근관류를 보여주는 제1 상태 영상 및 제2 상태 영상이 나타나 있다(도 1 좌측 상단 참조). 제2 상태는 아데노신과 같은 약물을 투여하여 유도될 수 있다.

[0021] 도 1의 나머지 부분에 대해서는 도 2 내지 도 8에서 후술된다.

[0022] 도 2는 심장 영상이 단축정렬되는 것을 설명하는 도면이다.

[0023] 다음, 심장 영상이 심근의 단축(short axis) 방향으로 정렬(alignment)된다(도 1 및 도 2 상단 중앙 참조).

[0024] 도 2에는 CT의 스캔 축 방향에 따른 심장의 영상(좌측 상단)과 단축정렬된(Short axis alignment) 심장 영상(상단 중앙)이 나타나 있다. 좌심실과 우심실의 심근의 모델이 도 2의 우측에 나타나 있다. 심근은 도 2에 보이는 것과 같이 장축(Long axis) 및 단축을 가진다. CT의 스캔 방향은 심근의 장축(제1 축) 및 장축과 교차하는 단축(short axis)과 나란하지 않다. 따라서 3차원 데이터인 심장 영상을 일정한 관찰 방향을 정해서 평가하기 위해 심장 영상이 단축 또는 장축 방향으로 정렬된다.

[0025] 한편, 후술될 정합(registration)의 과정을 고려하면, 제1 상태 영상 및 제2 상태 영상 중 어느 하나가 기준(reference)이 될 수 있다. 이하, 제1 상태 영상이 단축정렬되는 예가 설명된다.

[0026] 도 3, 도 4 및 도 5는 혈관 기반 심근 영역 나누기의 일 예를 설명하는 도면이다.

[0027] 상기와 같이 단축정렬된 심장 영상을 기초로 심근 및 심혈관이 분할(segmentation)되고, 심근이 혈액을 공급받는 심혈관의 구조에 따라 심혈관에 의해 먹여 살려지는(feed) 심근 영역들로 나누어(divided)진다.

[0028] 예를 들어, 심근 영상을 기초로 Adaptive Dilation 기반 심혈관 분할 방법에 의해 심혈관이 분할된다. 또한, Template 기반 심혈관 라벨링 및 수정 과정이 수행된다.

[0029] 이후, 심혈관 Diameter-Dilation 기반 심근 영역 나누기 및 수정 과정이 이루어진다. 심혈관 Diameter-Dilation 기반 심근 영역 나누기 및 수정 과정은 심근 영역들의 사이즈가 심혈관의 직경에 비례하도록 디스턴스 맵(distance map)을 생성하는 과정을 포함한다. 예를 들어, 관상동맥 RCA(Right Coronary Artery), LAD(Left Anterior Descending branch) 및 LCX(Circumflex branch)은 그 직경이 위치에 따라 다르고, 직경이 클수록 먹여 살리는 심근 영역의 사이즈가 더 크다고 볼 수 있다. 따라서 RCA, LAD 및 LCX의 해부학적 구조에 따라 심근 영역을 나누는 것이 심근관류를 더 실재에 가깝게 평가하는 데에 유리하다.

[0030] 상기와 같이 심근 영역으로 영역 나누기가 되는 과정에서 도 3에 도시된 것과 같이 템플릿 기반 변형 모델(Template-based deformable models)이 이용된다(도 1 우측 하단 참조). 템플릿은 thick-section 이미지를 이용하여 미리 정의된 영역 모델이며, 변형 모델(M. Kaus et al., 2004)이 참조된다.

[0031] 템플릿 기반 변형 모델을 이용한 영역 나누기에서 다음 수학적식(1)을 만족하는 곡면 상의 점을 매칭한다.

[0032]
$$\min\{E = E_{ext} + \alpha E_{int}\} \quad (1) \quad \text{여기서,}$$

[0033]
$$E_{ext} = \sum_{i=1}^T w_i (\mathbf{e}_{\nabla l}(\tilde{\mathbf{v}}_i - \mathbf{v}_i))^2$$

[0034]
$$w_i = \max\{0, F(\mathbf{x}_i) - h^2 j^2 d\}$$

[0035]
$$E_{int} = \sum_{j=1}^J \sum_{k \in N(j)} (\mathbf{v}_j - \mathbf{v}_k - s\mathbf{R}(\mathbf{v}_j^l - \mathbf{v}_k^l))^2$$

[0036] $\mathbf{v}$: contour vertex

[0037] $\tilde{\mathbf{v}}$: pre-defined feature point

[0038] $\mathbf{e}_{vi}$: unit-vector in the direction of the image gradient

[0039] $N(j)$: neighbors of vertex j

[0040] s : scaling

[0041] R : rotation matrix

[0042] 전술된 혈관 및 심근의 분할과, 심근 영역들로 영역 나누기를 하는 과정은 자동알고리즘에 의해 수행될 수 있다. 한편, 자동알고리즘이 항상 성공하는 것은 아니므로, 전술된 영역 나누기의 결과가 영상의학, 임상의학 또는 동물실험과 비교되는 과정을 거칠 수 있다. 또한, 도 4에 도시된 것과 같이, Volume fitting 및 Manual Editing 모듈에 의해 수정되는 과정을 거칠 수 있다(도 1 하단 중앙 참조).

[0043] Volume fitting은 혈관 구조에 따라 나누어진 심근 영역들을 사용자가 손쉽게 수정할 수 있는 방법을 제공한다. 예를 들어, 한정된 숫자의 제어점(Control points)을 이용하여 심근 영역을 수정하며, Free-form deformable model이 적용될 수 있다.

[0044] Volume fitting에서 Free-form deformable model은 하기 수학식(2)로 정의된다.

$$V(x, y, z) = \sum_{p=0}^3 \sum_{q=0}^3 \sum_{r=0}^3 B_p(u) B_q(v) B_r(w) \mathbf{v}_{i+p, j+q, k+r} \quad (2) \text{ 여기서,}$$

$$i = \lfloor x / g_x \rfloor - 1, j = \lfloor y / g_y \rfloor - 1, k = \lfloor z / g_z \rfloor - 1$$

$$B_0(u) = (1 - u^3) / 6$$

$$B_1(u) = (3u^3 - 6u^2 + 4) / 6$$

$$B_2(u) = (-3u^3 + 3u^2 + 3u + 1) / 6$$

$$B_3(u) = u^3 / 6$$

[0048] fitting은 제어점(Control points)을 찾는 문제로서 하기와 같이 표현된다.

$$C_1 = c_1 \sum_i |\mathbf{v}_i - \mathbf{v}_i^0|^2 + c_2 \sum_{x, y, z} |\nabla^2 I - I_M|$$

$$C_2 = \int \left\{ \left[\left(\frac{\partial^2 I}{\partial v^2} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 I}{\partial v^2} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 I}{\partial z^2} \right)^2 + 2 \left[\left(\frac{\partial^2 I}{\partial v \partial v} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 I}{\partial v \partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial^2 I}{\partial z \partial v} \right)^2 \right] \right\} dv dz$$

$$\min_{\mathbf{v}} \{C_1 + \lambda C_2\}$$

[0052] Manual Editing은 제어점 이동을 통한 영역 수정에 의해 수행될 수 있다.

[0053] 도 5를 참조하면, 전술된 것과 같이 심근 영역들로 나누어진 심근이 장축(제1 축) 방향으로 투사되어 심근 영역들 및 심혈관(RCA, LAD, LCX)이 2차원 영상으로 획득된다.

[0054] 예를 들어, 분할된 심혈관과 심근은 도 5에 도시된 3차원 이미지에서 단축 방향 반경, 단축으로부터 회전각도 및 장축 방향 높이로 구성된 3차원 좌표값을 가진다. 여기서 장축 방향으로 투사되어 apex 측에 단축과 평행한 2차원 영상이 형성된다. 즉, 상기 높이를 제외하면 상기 3차원 좌표는 2차원 영상에 대응된다.

[0055] 도 5에는 관상동맥 RCA, LAD 및 LCX와 심근 영역들(색으로 구분됨)이 나타나 있다. 2차원 영상으로 표시된 심근 영역들이 관상동맥 RCA, LAD 및 LCX의 구조에 따라 나누어져 있다. 전술된 것과 같이, 각 심근 영역의 사이즈는 관상동맥 RCA, LAD 및 LCX의 직경에 각각 비례하도록 형성되는 것이 바람직하다. 이러한 2차원 영상은 Bull's Eye Map으로 표시될 수 있다.

[0056] 상기 2차원 영상을 얻은 후에 제1 상태 영상과 제2 상태 영상의 관계를 이용하여 2차원 영상 상에서 제1 상태의 심장과 제2 상태의 심장의 특징의 차이가 획득된다.

[0057] 예를 들어, 심혈관의 구조에 따라 나누어진 심근 영역들에 기초하여 심근 영역 기반 CT Perfusion 결과

Overlay, 심근 영역 기반 Perfusion Analysis 및 Anatomy Function Mismatch/Match Analysis가 이루어질 수 있다.

[0058] 상기 분석(analysis)들에서는 제1 상태의 심장과 제2 상태의 심장의 특징의 차이를 비교하는 과정이 포함된다.

[0059] 심근관류를 보여주는 제1 상태(rest) 영상과 제2 상태(stress) 영상은 모두 동일한 모달리티(modality)이기는 하지만, 심장의 상태 및 위치가 동일하지는 않다. 따라서 제1 상태 영상과 제2 상태 영상의 차이를 구하거나 비교를 하기 위해서는 정합(registration)의 과정이 필요하다.

[0060] 정합하는 과정은 제1 상태 영상 및 제2 상태 영상을 얻은 후, 심근 영역들로 나누기 전에 이루어질 수도 있다. 또는, 정합하는 과정은 심근 영역들로 나눈 후에 제1 상태 영상과 제2 상태 영상의 차이를 2차원 영상으로 시각화하기 위해 수행될 수도 있다.

[0061] 도 6은 상호보완정보 기반 강체정합의 알고리즘 프레임워크를 보여주는 도면이다.

[0062] 2개의 영상을 정합하기 위해서는 강체정합(rigid registration) 및 비강체정합(non-rigid registration)의 방법이 함께 사용될 수 있다.

[0063] 예를 들어, 상호보완정보 기반 강체정합(Mutual information based rigid registration)에 의해 제1 상태 영상 및 제2 상태 영상이 정합된다.

[0064] 상호보완정보 기반 강체정합에서는 한 이미지에서 비슷한 음영을 가지는 비슷한 조직 영역은 다른 이미지의 비슷한 음영으로 이루어진 영역에 대응될 것이라고 가정된다. 만약 두 이미지가 잘 정렬되면 bivariate histogram은 일정 영역에 모이는 경향을 보여주므로 불확실성(uncertainty)이 떨어진다. 이 사실을 이용하여 정합이 될 수 있다.

[0065] 상호보완정보(Mutual information)는 하기 방정식에 의해 정의된다.

$$MI(u|v) = H(u) + H(v) - H(u, v)$$

$$H = - \sum_{i,j} p(i, j) \log p(i, j)$$

[0068] u, v : input image

[0069] H : Joint distribution을 위한 Shannon 엔트로피

[0070] p : bivariate histogram의 확률밀도함수

[0071] Normalized Mutual Information은 하기 식으로 정의된다.

$$NMI(u, v) = \frac{H(u) + H(v)}{H(u, v)}$$

[0073] 상기와 같은 상호보완정보의 정의에 의하면, 정합은 NMI를 최대화하는 변환행렬 T 를 구하는 문제가 된다.

$$\max_T NMI(u, T(v))$$

[0075] 한편, 전술된 것과 같이 강체정합을 수행하더라도 제1 상태 영상과 제2 상태 영상이 사실상 완전히 일치하지는 않는다. 따라서 단순히 강체정합만으로는, 즉 하나의 contour로는 제1 상태 영상과 제2 상태 영상에서 동일한 영역을 분할할 수 없다. 이와 같이 강체정합의 문제점을 보완하기 위해 비강체정합이 수행될 수 있다.

[0076] 정합의 결과 제1 상태 영상과 제2 상태 영상의 관계가 구해진다.

[0077] 도 7 및 도 8은 Bull's Eye Map 상에서 제1 상태와 제2 상태 사이에 심근관류의 차이가 획득되는 방법의 일 예를 설명하는 도면들이다.

[0078] 제1 상태 영상과 제2 상태 영상의 관계를 이용하여, 즉 상기 정합의 결과를 이용하여 2차원 영상 상에서 제1 상태의 심장과 제2 상태의 심장의 특징의 차이가 획득된다.

[0079] 예를 들어, 도 7에 도시된 것과 같이, 제1 상태(rest) 영상에 대응하는 제1 Bull's Eye Map이 생성되며(도 7 상단 중앙, 도 1 좌하측 참조), 제2 상태(stress) 영상에 대응하는 제2 Bull's Eye Map이 생성된다(도 7 우측 상

단, 도 1 좌하측 참조). 정합의 결과에 기초하여 제1 Bull's Eye Map과 제2 Bull's Eye Map의 대응관계가 픽셀(pixel) 차원에서 구해진다.

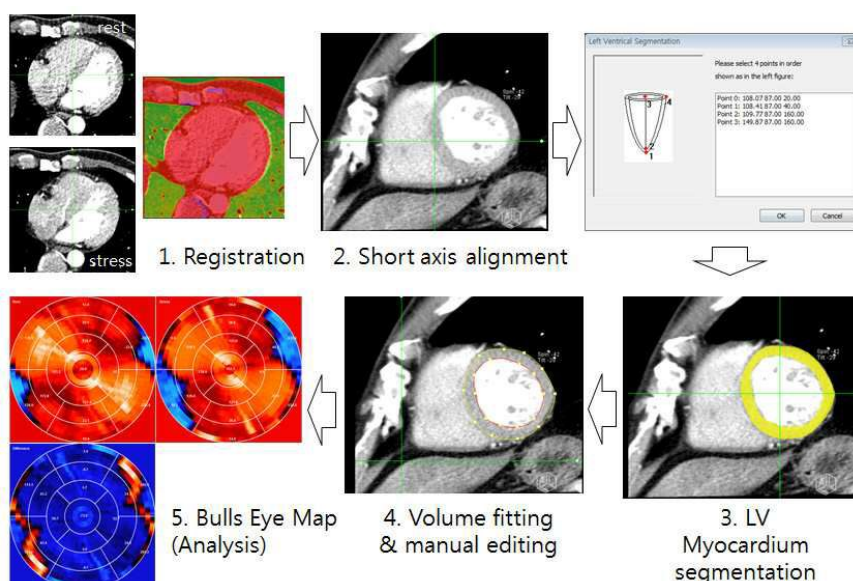
- [0080] 이후, 도 8에 도시된 것과 같이 정합의 결과를 기초로 제1 Bull's Eye Map과 제2 Bull's Eye Map의 차이를 나타내는 제3 Bull's Eye Map이 생성될 수 있다. 예를 들어, 제3 Bull's Eye Map의 픽셀값은 제1 Bull's Eye Map의 픽셀값과 이에 대응되는 제2 Bull's Eye Map의 픽셀값의 차이가 된다.
- [0081] 이와 같이, 본 개시에 따른 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법에 의하면, 심근 영역의 2차원 영상은 픽셀 단위로 다루어질 수 있다. 따라서, 본 개시에 따른 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법을 따르면 도 7의 하단에 도시된 것과 같이 심근 영역을 임의로 다수의 세그먼트(segment)로 나누고, 세그먼트의 특정 대표값으로 심근관류를 평가하는 방식보다 관상동맥 질환의 평가가 더욱 섬세하고 정확해진다.
- [0082] 예를 들어, 제3 Bull's Eye Map의 픽셀값이 정상값을 벗어나면 이상 영역(abnormal region)으로 평가될 수 있고, 도 8에 도시된 것과 같이 3차원의 심근 영상에도 이상 영역이 표시될 수 있다(도 1 좌측 하단 참조).
- [0083] 이상 영역은 제1 상태와 제2 상태 간의 심근관류의 차이가 있는 영역이다. 이상 영역에서는 제1 상태(rest)에서는 혈액이 흐르지 않다가 아데노신과 같은 약물에 의해 유도된 제2 상태(stress)에서는 혈액이 흐르는 심근 영역의 일부로 볼 수 있다. 또한, 심근 영역은 심혈관의 구조에 따라 분할되어 있으므로 이상 영역으로부터 관상동맥 질환에 관계된 심혈관과 그 위치를 더 정확하게 평가할 수 있다.
- [0084] 다시 말해, 이상 영역을 먹여 살리는 특정 관상동맥에서 협착이 있는 위치를 알 수 있다. 따라서 이상 영역으로부터 관상동맥의 협착 유무와 정도를 판정하고 침습적 또는 비침습적 시술 방법을 계획할 수 있다.
- [0085] 도 1 내지 도 8에서 설명된 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법은 하나 이상의 소프트웨어에 의해 자동으로 또는, 사용자 인터페이스와 결합하여 수행될 수 있다.
- [0086] 이하 본 개시의 다양한 실시 형태에 대하여 설명한다.
- [0087] (1) 의료영상 장치에 의해 심장의 제1 상태 영상 및 제2 상태 영상 중 적어도 하나를 포함하는 심장 영상이 획득되는 단계; 심장 영상을 기초로 심근 및 심혈관이 분할(segmentation)되고, 심근이 심혈관의 구조에 따라 심혈관에 의해 먹여 살려지는 심근 영역들로 나누어 지는(divided) 단계; 심근이 제1 축 방향으로 투사되어 심근 영역들 및 심혈관이 2차원 영상으로 획득되는 단계; 그리고 제1 상태 영상과 제2 상태 영상의 관계를 이용하여 2차원 영상 상에서 제1 상태의 심장과 제2 상태의 심장의 특징의 차이가 획득되는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.
- [0088] 심장의 특징의 예로, 위에서 설명된 심근관류 외에 관상동맥의 혈류 변동, 심장의 형태 등을 들 수 있다.
- [0089] (2) 제1 상태 영상은 레스트(rest) 상태에서 심근관류(myocardial perfusion)를 보여주고, 제2 상태 영상은 스트레스(stress) 상태에서 심근관류를 보여주는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.
- [0090] (3) 심장의 특징의 차이가 획득되는 단계는 제1 상태 영상과 제2 상태 영상이 정합(registration)되는 과정;을 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.
- [0091] (4) 심근 영역들로 나누어지는 단계는 제1 상태 영상이 제1 축과 교차하는 심근의 단축(short axis) 방향으로 정렬(alignment)되는 과정;을 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.
- [0092] (5) 2차원 영상은 Bull's Eye Map으로 표시된 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.
- [0093] (6) 심근 영역들로 나누어지는 단계는 심근 영역들의 사이즈가 심혈관의 직경에 비례하도록 디스턴스맵(distance map)을 생성하는 과정;을 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.
- [0094] (7) 심근 영역들로 나누어지는 단계는 Adaptive Dilation 기반의 심혈관 분할 과정; Template 기반 심혈관 라벨링 및 수정 과정; 그리고 심혈관 Diameter-Dilation 기반 심근 분할 및 수정 과정;을 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.
- [0095] (8) Bull's Eye Map에는 관상동맥 RCA, LAD 및 LCX와 이들의 구조에 따라 나누어진 심근 영역들이 포함되는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.
- [0096] (9) 심장의 특징의 차이가 획득되는 단계는 제1 상태 영상과 제2 상태 영상이 정합(registration)되는 과정; 제1 상태 영상에 대응하는 제1 Bull's Eye Map이 생성되는 과정; 제2 상태 영상에 대응하는 제2 Bull's Eye Map이 생성되는 과정; 그리고 정합의 결과를 기초로 제1 Bull's Eye Map과 제2 Bull's Eye Map의 차이를 나타내는

제3 Bull's Eye Map이 생성되는 과정;을 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.

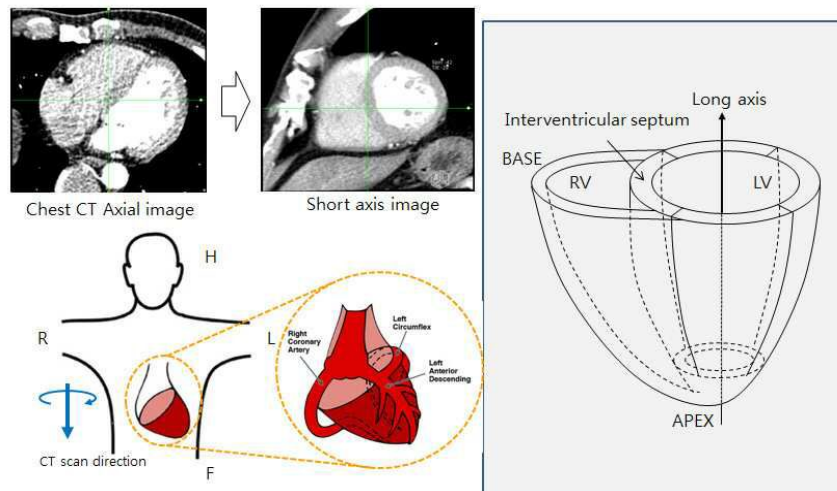
- [0097] (10) 제3 Bull's Eye Map의 픽셀(pixel) 값은 제1 Bull's Eye Map의 픽셀 값과 제2 Bull's Eye Map의 픽셀 값의 차이인 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.
- [0098] (11) 심장의 특징의 차이가 획득되는 단계는 제3 Bull's Eye Map을 기초로 제1 상태 영상과 제2 상태 영상이 서로 다른 이상 영역(abnormal region)을 추출하는 과정; 그리고, 이상 영역을 기초로 병변이 있는 심혈관을 찾는 과정;을 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.
- [0099] (12) 심근 영역들로 나누어지는 단계는 심혈관 Diameter-Dilation 기반 심근 분할 및 수정 과정의 결과가 영상 의학, 임상의학 또는 동물실험과 비교되는 과정; 그리고 Manual Editing 모듈에 의해 결과가 수정되는 과정;을 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.
- [0100] (13) 심장 영상이 획득되는 단계는 심장 CT에 의해 레스트(rest) 상태에서 심근관류(myocardial perfusion)를 보여주는 제1 상태 영상이 획득되는 과정과, 약물 투여에 의해 유도된 스트레스(stress) 상태에서 심근관류를 보여주는 제2 상태 영상을 획득하는 과정을 포함하며, 심근 영역들로 나누어지는 단계는 제1 상태 영상이 제1 축과 교차하는 심근의 단축(short axis) 방향으로 정렬(alignment)되는 과정과, 심근 영역들의 사이즈가 심혈관의 직경에 비례하도록 디스턴스맵(distance Map)을 생성하는 과정을 포함하며, 2차원 영상으로 획득되는 단계에서, 2차원 영상은 Bull's Eye Map으로 표시되고, Bull's Eye Map에는 관상동맥 RCA, LAD 및 LCX와 이들의 구조에 따라 나누어진 심근 영역들이 포함되며, 심장의 특징의 차이가 획득되는 단계는 제1 상태 영상과 제2 상태 영상이 정합(registration)되는 과정과, 제1 상태 영상에 대응하는 제1 Bull's Eye Map이 생성되는 과정과, 제2 상태 영상에 대응하는 제2 Bull's Eye Map이 생성되는 과정과, 정합의 결과를 기초로 제1 Bull's Eye Map과 제2 Bull's Eye Map의 차이를 나타내는 제3 Bull's Eye Map이 생성되는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법.
- [0101] (14) 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.
- [0102] 본 개시에 따른 심근 및 심혈관 정보의 통합 분석 방법에 의하면, 서로 다른 상태의 심장 영상으로부터 심장 특징의 차이를 획득하여 병변의 위치를 확인하게 하며, 병변의 위치와 심혈관을 연관시켜 분석하는 방법이 제공된다.

도면

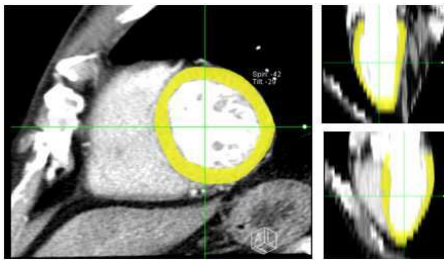
도면1



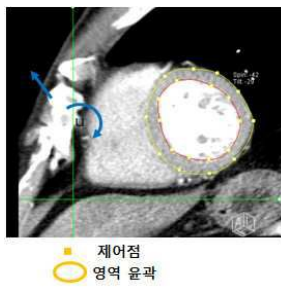
도면2



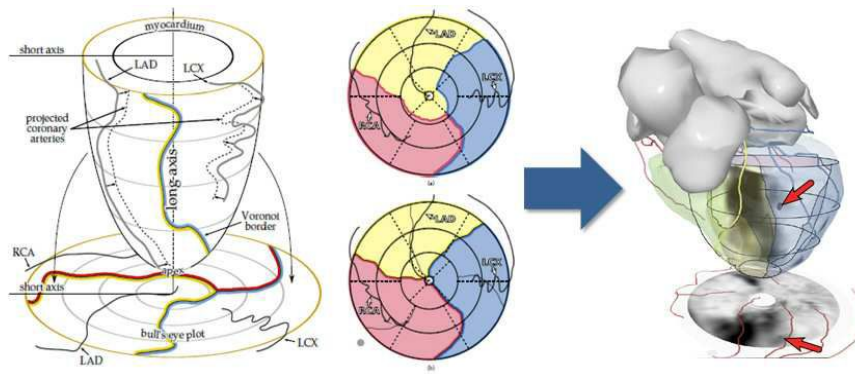
도면3



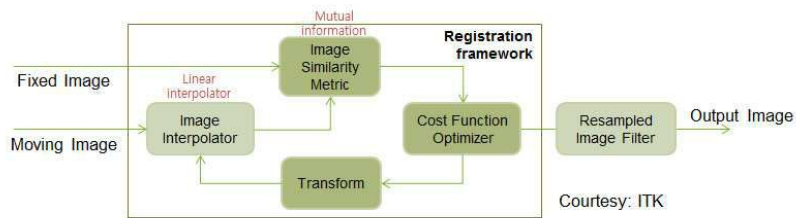
도면4



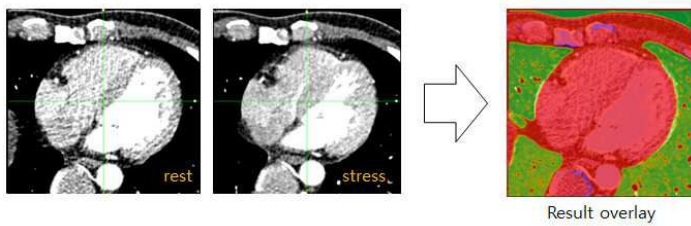
도면5



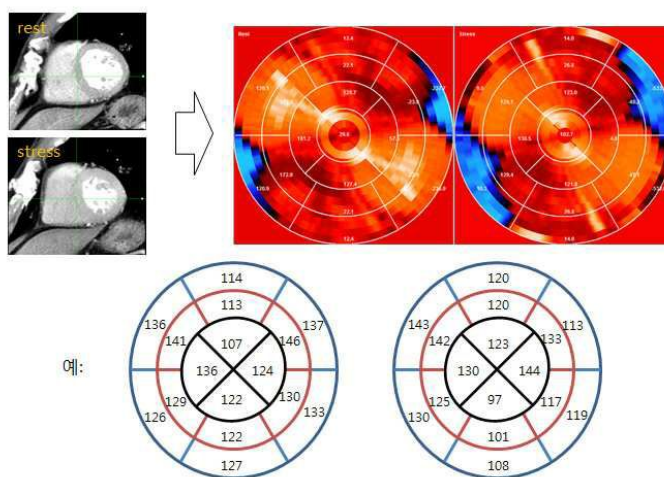
도면6



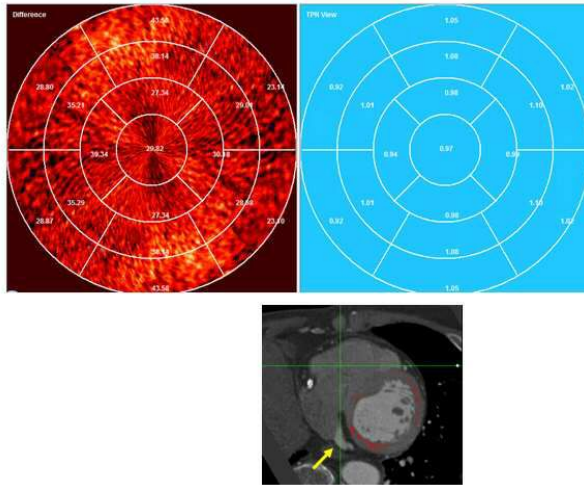
- Optimizer: Gradient descent



도면7



도면8



专利名称(译)	发明名称心肌和心血管信息的综合分析		
公开(公告)号	KR101479577B1	公开(公告)日	2015-01-06
申请号	KR1020130082098	申请日	2013-07-12
[标]申请(专利权)人(译)	财团法人峨山社会福祉财团		
申请(专利权)人(译)	基金会峨山社会福利基金会		
当前申请(专利权)人(译)	基金会峨山社会福利基金会		
[标]发明人	KIM NAM KUG 김남국 KIM YOUNG HAK 김영학 YANG DONG HYUN 양동현		
发明人	김남국 김영학 양동현		
IPC分类号	G06T7/00 G06K9/46 A61B5/00		
CPC分类号	G06T7/155 G06T7/30 G06T7/62 G06T2207/30048		
代理人(译)	AN桑JEONG		
优先权	1020130035752 2013-04-02 KR		
其他公开文献	KR1020140120236A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本公开涉及一种心肌和心血管信息的综合分析方法，其包括以下步骤：通过医学图像设备获得心脏图像，所述心脏图像包括心脏的第一状态图像或第二状态图像中的至少一个；根据心脏图像对心肌部位和心血管部位进行分割，并根据心血管部位的结构将心肌部位分为由心血管部位供给的心肌区域。通过在第一轴向方向上投影心肌区域来获得心肌区域和心血管部分作为2D图像；通过使用第一状态图像和第二状态图像之间的关系从2D图像获得第一状态的心脏和第二状态的心脏之间的特征差。

