



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0024982
(43) 공개일자 2015년03월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 6/03 (2006.01) A61B 5/055 (2006.01)

G06T 5/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0101922

(22) 출원일자 2013년08월27일

심사청구일자 2013년08월27일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)

아주대학교 산학협력단

경기도 수원시 영통구 월드컵로 206 (원천동)

(72) 발명자

김학일

인천 중구 신도시북로43번길 27, 108동 103호 (운서동, 동원베네스트영종타운하우스)

최학남

인천 서구 장고개로309번길 29, 306동 1408호 (가좌동, 진주아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이원희

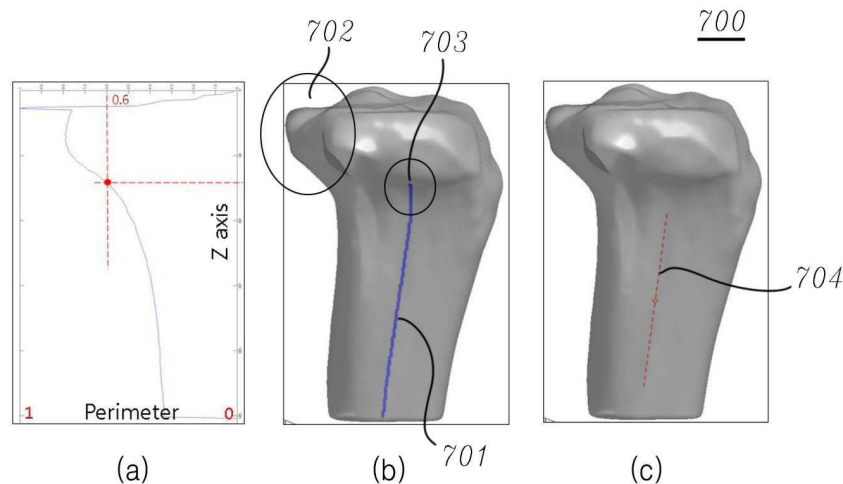
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 장치 및 방법

(57) 요약

무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 장치 및 방법이 개시된다. 촬영부는 대퇴골 및 경골의 2차원 영상을 촬영하고 뼈 분할과정을 거쳐 이진화된 2차원 영상을 획득한다. 제어부는 획득된 2차원 이진 영상을 3차원 영상으로 변환하고, 변환된 3차원 영상에 대한 해부학 축 및 랜드마크 중심점을 추출하고, 추출된 해부학 축 및 랜드마크 중심점을 이용하여 대퇴골 및 경골의 3차원 좌표를 생성한다.

대표도 - 도7



(72) 발명자

곽규성

경기 수원시 영통구 월드컵로 206, 의과대학 영상
의학과 (원천동, 아주대학교)

이성철

인천 남구 신기길57번길 10-9, 402호 (주안동, 한
신그랜드빌라)

민병현

경기도 안양시 동안구 부림로 34, 201동 1405호(평
촌동, 꿈마을아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1248214602

부처명 보건복지부

연구관리전문기관 인하대학교 산학협력단

연구사업명 보건의료기술진흥사업

연구과제명 연골의 기능 평가를 위한 MRI 및 CT 영상 후 처리 알고리즘의 개발

기 여 율 1/1

주관기관 아주대학교 산학협력단

연구기간 2013.04.01 ~ 2014.03.31

특허청구의 범위

청구항 1

대퇴골 및 경골의 2차원 영상을 촬영하는 촬영부; 및

상기 촬영된 2차원 영상에서 뼈에 대한 이미지 객체를 추출하고, 상기 추출된 이미지 객체를 이진화하여 2차원 이진 영상(2D binary image)으로 변환하고, 상기 변환된 2차원 이진 영상을 3차원 영상으로 변환하고, 상기 변환된 3차원 영상에 대한 해부학 축 및 랜드마크 중심점을 추출하고, 상기 추출된 해부학 축 및 랜드마크 중심점을 이용하여 상기 대퇴골 및 상기 경골의 3차원 좌표를 생성하는 제어부를 포함하는 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 생성된 3차원 좌표를 이용하여 상기 무릎뼈의 연골변화를 측정하는 것을 특징으로 하는 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 장치.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 3차원 영상에 대해 주성분 분석(PCA: Principle Component Analysis)을 이용하여 해부학 축을 추출하는 것을 특징으로 하는 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 장치.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 추출된 다수의 랜드마크들 중에서 가장 큰 랜드마크를 선택하고, 상기 선택된 랜드마크의 무게중심을 기초로 상기 랜드마크에서 중심점을 추출하는 것을 특징으로 하는 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 장치.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 2차원 이진 영상, 3차원 영상 및 3차원 좌표를 저장하는 저장부;

상기 3차원 영상 및 3차원 좌표를 디스플레이하는 디스플레이부; 및

상기 3차원 좌표 생성에 대한 사용자 명령을 지시하는 사용자 조치를 감지하는 사용자 인터페이스부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 장치.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 촬영한 2차원 이진 영상을 3차원 영상으로 변환하는 3차원 영상 변환부;

상기 3차원 영상에 대해 주성분 분석을 이용하여 해부학 축을 추출하는 해부학 축 추출부;

상기 3차원 영상에 대해 가우스 곡률 및 무게중심을 이용하여 랜드마크 중심점을 추출하는 랜드마크 추출부; 및

상기 추출된 해부학 축 및 랜드마크 중심점을 이용하여 3차원 좌표를 생성하는 3차원 좌표 생성부를 포함하는 것을 특징으로 하는 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 장치.

청구항 7

대퇴골 및 경골의 2차원 영상을 촬영하는 단계;

상기 촬영된 2차원 영상을 이진화하여 2차원 이진 영상으로 변환하는 단계;

상기 변환된 2차원 이진 영상을 3차원 영상으로 변환하는 단계;

상기 3차원 영상에 대해 주성분 분석을 이용하여 해부학 축을 추출하는 단계;

상기 3차원 영상에 대해 가우스 곡률 및 무게중심을 이용하여 랜드마크 중심점을 추출하는 단계; 및

상기 추출된 해부학 축 및 랜드마크 중심점을 이용하여 3차원 좌표를 생성하는 단계를 포함하는 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 장치 및 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는 해부학 축 및 랜드마크(landmark)를 이용한 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 뼈를 보호해주는 연골이 손상되거나 퇴행성 변화를 겪으면 질환이 발생하는데, 이를 관절염이라고 한다. 관절염은 관절의 변형이 오고 일상생활에 지장을 가져오는 무서운 병이다. 이러한 관절염은 체중의 75~90%가 쏠리는 무릎 안쪽에서 가장 많이 발생한다. 실제로, 우리나라 50대 이상의 중장년층에서는 37%가 방사선학적으로 무릎 관절염 소견을 보였다. 이에 따라, 무릎 관절염 수술을 필요로 하는 환자의 수도 많다. 따라서, 무릎 관절염 수술 전후로 수술의 효과를 평가할 수 있는 기술의 발전이 요구되어진다.

[0003] 관절염 수술을 한 경우, 연골의 변화를 측정하는 것은 매우 중요하다. 이때 단순한 CT나 MRI 촬영만으로는 부족하다. 연골의 변화를 알기 위해서는 3차원 영상으로의 변환이 필요하며, 이전에 촬영했던 영상과 현재의 영상을 비교할 수 있는 기준이 있어야 한다.

[0004] 그러한 의미에서 관절염 수술 전후 환자의 연골 변화를 측정하기 위한 무릎뼈 기반의 3차원 좌표 시스템이 필요하다.

[0005] 또한, 무릎뼈 인대에 대한 운동의 효과를 연구하기 위해 무릎 운동을 측정할 경우에도 기준이 필요하다. 이 역시, 무릎뼈를 기반으로 한 3차원 좌표 시스템이 필요하다.

[0006] 대한민국 공개특허 제 10-2011-0115762호에서는 환자의 해당 신체 부위 X-ray 영상을 이용하여 3차원 인체 뼈 샘플 모델을 환자의 실제 뼈 형상으로 변형시키는 환자 맞춤형 3차원 인체 뼈 모델을 개발하였으나, 해부학 축 및 랜드마크(landmark)를 이용하여 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템을 구축하는 기술적 특징이 없기 때문에 환자의 연골의 변화를 측정하여 관절염 수술의 효과를 평가할 수 없다.

[0007] 대한민국 공개특허 특2003-0079961호에서는 뼈 또는 뼈 조각의 X-ray 영상으로부터 3차원 버추얼 영상을 구현하는 방법을 개발하였으나, 해부학 축 및 랜드마크(landmark)를 이용하여 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템을 구축하는

기술적 특징이 없기 때문에 환자의 얼굴의 변화를 측정하여 관절염 수술의 효과를 평가할 수 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 CT나 MR 영상을 기초로 분할된 2차원 이진 영상(2D binary image)을 3차원 영상으로 변환하는 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 장치 및 방법을 제공하는데 있다.
- [0009] 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는 관절염 수술 전후의 얼굴의 변화를 측정하기 위한 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 장치 및 방법을 제공하는데 있다.
- [0010] 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는 전방십자인대 재건 수술 후 임상결과를 추론할 수 있는 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 장치 및 방법을 제공하는데 있다.
- [0011] 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는 인대에 대한 운동효과 연구를 위해 무릎운동을 측정하는 실험 데이터를 제공할 수 있는 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기 목적을 달성하기 위한, 본 발명에 따른 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 장치는 대퇴골 및 경골의 2차원 이진 영상(2D binary image)을 촬영하는 촬영부 및 상기 촬영된 2차원 이진 영상을 3차원 영상으로 변환하고, 상기 변환된 3차원 영상에 대한 해부학 축 및 랜드마크 중심점을 추출하고, 상기 추출된 해부학 축 및 랜드마크 중심점을 이용하여 상기 대퇴골 및 상기 경골의 3차원 좌표를 생성하는 제어부를 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 본 발명에 따른 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 방법은 대퇴골 및 경골의 2차원 영상을 촬영하는 단계, 상기 촬영한 2차원 이진 영상을 3차원 영상으로 변환하는 단계, 상기 3차원 영상에 대해 주성분 분석(PCA: Principle Component Analysis)를 이용하여 해부학 축을 추출하는 단계, 상기 3차원 영상에 대해 가우스 곡률 및 무게중심을 이용하여 랜드마크 중심점을 추출하는 단계 및 상기 추출된 해부학 축 및 랜드마크 중심점을 이용하여 3차원 좌표를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명에 따른 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템 구축 장치 및 방법에 의하면, 2차원 이진 영상으로부터 3차원 영상으로의 변환을 제공할 수 있는 효과가 있다.
- [0015] 또한, 해부학 축 및 랜드마크를 이용하여 무릎뼈의 3차원 좌표 시스템을 제공할 수 있는 효과가 있다.
- [0016] 또한, 3차 좌표 시스템을 기초로 관절염 수술 전후의 얼굴의 변화, 전방십자인대 재건 수술 후 임상결과 및 인대에 대한 운동효과를 정확하게 측정할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 좌표 시스템의 구성을 도시한 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 제어부의 구성을 도시한 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 해부학 축 추출부의 구성을 도시한 블록도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 랜드마크 추출부의 구성을 도시한 블록도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 모델 추출 과정을 도시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 대퇴골의 해부학 축 추출 과정을 도시한 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 경골의 해부학 축 추출 과정을 도시한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 가우시안 곡률을 도시한 도면이다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 랜드마크 지역 추출 과정을 나타낸 도면이다.

- 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 대내전근 결절 위치 추출 과정을 나타내는 도면이다.
- 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 외측과간 결절 위치 추출 과정의 일부를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 외측과간 결절 추출 과정의 다른 일부를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 13은 본 발명에 일 실시예에 따른 해부학좌표 시스템 구조를 도시한 도면이다.
- 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 완성된 좌표계를 도시한 도면이다.
- 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 대퇴골상의 각도 및 거리를 도시한 도면이다.
- 도 16는 본 발명의 일 실시예에 따른 경골상의 각도 및 거리를 도시한 도면이다.
- 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 실험 결과를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하 본 발명의 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명할 수 있다. 우선 각 도면의 구성요소들에 참조 부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 할 수 있다. 또한 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 당업자에게 자명하거나 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략할 수 있다.
- [0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 좌표 시스템의 구성을 도시한 블록도이다.
- [0020] 도 1을 참조하면, 3차원 좌표 시스템(100)은 무릎뼈의 영상에 대한 3차원 좌표를 생성할 수 있다. 3차원 좌표 시스템(100)은 무릎뼈 영상에 대해 해부학 축 및 랜드마크를 추출하여 3차원 좌표를 생성할 수 있다. 3차원 좌표 시스템(100)은 생성된 3차원 좌표를 기초로 관절염 수술 전후의 연골의 변화를 측정할 수 있다. 3차원 좌표 시스템(100)은 촬영부(110), 제어부(120), 디스플레이부(130), 저장부(140) 및 사용자 인터페이스부(150) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0021] 촬영부(110)는 대퇴골(femur) 및 경골(tibia)을 촬영할 수 있다. 촬영부(110)는 대퇴골 및 경골의 2차원 영상을 촬영할 수 있다. 상기 대퇴골은 골반 이하 엉덩이 관절부터 무릎 관절사이를 이어주는 긴 뼈를 의미한다. 상기 경골은 종아리를 이루는 뼈 중 하나로, 무릎과 발목 사이에 위치하는 뼈를 의미한다.
- [0022] 제어부(120)는 촬영부(110)가 촬영한 대퇴골 및 경골의 2차원 영상을 이진화 하여 2차원 이진 영상(2D binary image)으로 변환할 수 있다. 제어부(120)는 상기 2차원 영상에 뼈에 대한 이미지 객체를 추출하고, 추출된 이미지 객체를 이진화하여 상기 2차원 이진 영상으로 변환할 수 있다.
- [0023] 제어부(120)는 상기 변환된 2차원 이진 영상을 3차원 영상으로 변환할 수 있다. 제어부(120)는 상기 변환된 3차원 영상에 대한 해부학 축 및 랜드마크를 추출할 수 있다. 또한 제어부(120)는 랜드마크 중심점을 추출할 수 있다. 제어부(120)는 상기 추출된 해부학 축 및 랜드마크 중심점을 이용하여 3차원 좌표를 생성할 수 있다. 또한 제어부(120)는 상기 생성된 3차원 좌표를 이용하여 무릎뼈의 연골 변화를 측정할 수 있다.
- [0024] 디스플레이부(130)는 촬영부(110)에서 촬영한 대퇴골 및 경골의 영상을 디스플레이 할 수 있다. 디스플레이부(130)는 제어부(120)에서 변환한 3차원 영상을 디스플레이 할 수 있다. 디스플레이부(130)는 제어부(120)가 생성한 3차원 좌표를 디스플레이 할 수 있다.
- [0025] 저장부(140)는 3차원 좌표를 생성하는 전체 과정을 수행하기 위한 소프트웨어를 저장할 수 있다. 저장부(140)에 저장된 정보는 제어부(120)의 제어를 통해서 업데이트될 수 있다. 저장부(140)는 2차원 이진 영상, 3차원 영상 및 3차원 좌표 중 적어도 하나를 저장할 수 있다.
- [0026] 사용자 인터페이스부(150)는 제어부(120)와 사용자를 연결해 줄 수 있다. 사용자 인터페이스부(150)는 사용자 명령을 감지하고 감지한 사용자 명령을 제어부(120)으로 출력할 수 있다.
- [0027] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 제어부의 구성을 도시한 블록도이다.
- [0028] 도2를 참조하면, 제어부(120)는 3차원 영상 변환부(210), 해부학 축 추출부(220), 랜드마크 추출부(230), 3차원 좌표 생성부(240) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0029] 3차원 영상 변환부(210)는 촬영부(110)가 촬영한 2차원영상을 이진화하여 2차원 이진 영상으로 변환하고, 변환

된 2차원 이진 영상을 3차원 영상으로 변환할 수 있다. 3차원 영상 변환부(210)는 촬영부(110)가 촬영한 다수의 2차원 이진 영상 이용하여 볼륨 데이터를 형성할 수 있다. 3차원 영상 변환부(210)는 상기 형성된 볼륨데이터를 이용하여 3차원 영상을 추출할 수 있다. 3차원 영상 변환부(210)는 상기 형성된 볼륨데이터를 기초로 매트랩 함수를 이용하여 3차원 영상을 추출할 수 있다. 3차원 영상 변환부(210)는 상기 추출된 3차원 영상의 잡음을 제거하여 영상을 평활화(smoothing)할 수 있다.

[0030] 해부학 축 추출부(220)는 해부학 축을 추출할 수 있다. 해부학 축 추출부(220)는 3차원 영상 변환부(210)가 변환한 3차원 영상에 대해 주성분 분석(PCA: Principle Component Analysis)을 이용하여 해부학 축을 추출할 수 있다.

[0031] 랜드마크 추출부(230)는 3차원 영상 변환부(210)가 변환한 3차원 영상에서 랜드마크 중심점을 추출할 수 있다.

[0032] 랜드마크 추출부(230)는 가우시안 곡률을 이용하여 3차원 영상에서 다수의 랜드마크들을 추출할 수 있다. 랜드마크 추출부(230)는 상기 다수의 랜드마크들 중에서 가장 큰 랜드마크를 추출할 수 있다. 또한 랜드마크 추출부(230)는 무게 중심을 이용하여 상기 가장 큰 랜드마크의 중심점을 추출할 수 있다.

[0033] 3차원 좌표 생성부(240)는 해부학 축 추출부(220)에서 추출한 해부학 축 및 랜드마크 추출부(230)에서 추출한 랜드마크의 중심점을 이용하여 좌표계를 생성시킬 수 있다.

[0034] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 해부학 축 추출부의 구성을 도시한 블록도이다.

[0035] 도 3을 참조하면, 해부학 축 추출부(220)은 골간 결정부(221), 중심 추적부(222) 및 해부학 축 생성부(223) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0036] 골간 결정부(221)는 대퇴골 및 경골의 골간을 결정할 수 있다. 골간 결정부(221)는 임계값을 기초로 2차원 이진 영상에서 골간 결정에 이용될 후보 이진 영상을 설정할 수 있다. 골간 결정부(221)는 후보 이진영상에서 뼈의 경계 부분을 이용하여 대퇴골 및 경골의 골간을 결정할 수 있다. 상기 골간은 장골의 중앙을 차지하는 부분을 의미한다.

[0037] 중심 추적부(222)는 상기 후보 2진 영상에서 뼈의 중심들을 계산할 수 있다. 중심 추적부(222)는 계산된 뼈의 중심들을 이용하여 3차원에서 중앙추적 데이터를 추출할 수 있다. 상기 중앙추적 데이터는 무게중심을 연결한 직선에 가까운 곡선이다. 중앙추적 데이터는 이산적인 점들로 구성된다. 또한 중앙추적데이터는 대퇴골 및 경골의 해부학적 축을 추출하기 위해 사용될 수 있다.

[0038] 해부학 축 생성부(223)는 중앙추적 데이터를 기초로 주성분 분석을 이용하여 해부학 축을 추출할 수 있다. 해부학 축 생성부(223)는 직선인 해부학 축을 추출하기 위하여 곡선인 중앙추적 데이터의 일부 영역을 고려하지 않을 수 있다. 해부학 축 생성부(223)는 이산적인 점들인 중앙추적 데이터를 해부학 축을 나타내는 직선으로 변환할 수 있으며, 수학식 1 및 수학식 2를 이용할 수 있다.

수학식 1

$$P_{ct} = \begin{bmatrix} P_{ct1} \\ \vdots \\ P_{cti} \\ \vdots \\ P_{ctm} \end{bmatrix}$$

[0039]

수학식 2

$$\Sigma = \begin{bmatrix} E[(P_{ct1} - \mu_1)(P_{ct1} - \mu_1)] & \cdots & E[(P_{ct1} - \mu_1)(P_{ctm} - \mu_n)] \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E[(P_{ctm} - \mu_n)(P_{ct1} - \mu_1)] & \cdots & E[(P_{ctm} - \mu_n)(P_{ctm} - \mu_n)] \end{bmatrix}$$

[0040]

[0041] 여기서, P_{ct} 는 중앙 추적 점 위치의 벡터이고, P_{cti} 는 중앙 추적에서 점이며, E 는 예상값이고, μ_i 는 P_{cti} 를 의미한다.

[0042] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 랜드마크 추출부의 구성을 도시한 블록도이다.

[0043] 도 4를 참조하면, 랜드마크 추출부(230)는 랜드마크 지역 추출부(231), 대내전근 결절 위치 추출부(232) 및 외측과간 결절 위치 추출부(233) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0044] 랜드마크지역 추출부(231)는 3차원 영상 변환부(210)에서 평활화(smoothing)된 3차원 영상의 모델에 대한 가우시안 곡률을 계산할 수 있다. 상기 평활화는 3차원 모델의 가우시안 곡률을 계산할 때 잡음의 영향을 줄일 수 있다.

[0045] 랜드마크지역 추출부(231)는 표준화(Normalization), 이진화(Binarization) 및 라벨링(Labeling) 과정을 통해 가우시안 곡률을 산출할 수 있다.

[0046] 상기 표준화 과정은 대퇴골 3차원 모델의 윗부분 및 경골 3차원 모델의 아랫부분을 고려하지 않을 수 있다. 즉, 표준화 과정은 원위 대퇴골 및 근위 경골을 기초로 수행될 수 있다. 표준화 과정에서 랜드마크의 가우시안 곡률은 0보다 크기 때문에 양수값만 고려된다. 또한 곡률값은 넓은 곡률값의 범위를 줄이기 위해 0 과 1사이 범위에서 표준화될 수 있다. 표준화 과정은 곡률값의 상위 0.1%인 상한값을 이용하여 곡률값을 표준화할 수 있다.

[0047] 상기 이진화 과정은 상기 표준화 과정에서 표준화된 데이터를 이용하여 이진화된다. 이진화 과정은 한계값을 기준으로 0과 1로 구분되는 과정이다. 따라서 영상의 색상도 양분화된다.

[0048] 상기 라벨링 과정은 인접한 화소에 같은 번호를 붙여서 그룹을 짓는 과정이다.

[0049] 랜드마크지역 추출부(231)는 대퇴골 및 경골의 3차원 모델에서 가우시안 곡률을 이용하여 다수의 랜드마크들을 추출할 수 있다.

[0050] 대내전근 결절 위치 추출부(232)는 대퇴골 상에서 랜드마크 중심점을 추출할 수 있다. 대내전근 결절 위치 추출부(232)는 랜드마크지역 추출부(231)에서 추출된 다수의 랜드마크들 중 가장 큰 랜드마크를 추출할 수 있다. 대내전근 결절 위치 추출부(232)는 무게중심 이용하여 가장 큰 랜드마크의 중심점을 추출할 수 있다. 대내전근 결절 위치 추출부(232)는 무게 중심을 이용하여 유클리디언 거리가 최소인 점을 랜드마크의 중심점으로 추출할 수 있다. 대퇴골 상에서 랜드마크 중심점은 대내전근 결절일 수 있다.

[0051] 외측과간 결절 위치 추출부(233)는 경골 상에서 랜드마크 중심점을 추출할 수 있다. 외측과간 결절 위치 추출부(233)는 경골의 해부학 축을 Z축과 중첩되게 할 수 있다. 외측과간 결절 위치 추출부(233)는 회전 및 이동을 이용하여 경골의 해부학 축을 Z축과 중첩되게 할 수 있다.

[0052] 외측과간 결절 위치 추출부(233)는 Z축 방향에서 가장 높은 랜드마크 5개를 추출할 수 있다. 외측과간 결절 위치 추출부(233)는 Z축 방향에서 가장 높은 랜드마크 5개를 X평면으로 투사(projection)시킬 수 있다. 또한 외측과간 결절 위치 추출부(233)는 X평면의 랜드마크들을 유클리디언 거리를 기초로 두 분류로 나눌 수 있다. 외측과간 결절 위치 추출부(223)는 나누어진 두 분류에서 원점을 기초로 랜드마크 중심점을 추출할 수 있다. 경골상에서 랜드마크 중심점은 외측과간 결절일 수 있다.

[0053] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 모델 추출 과정을 도시한 도면이다.

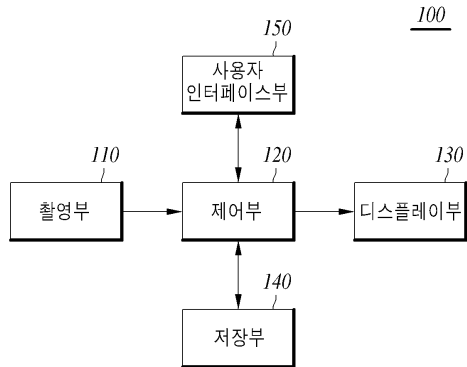
- [0054] 도 5를 참조하면, 이미지(500)는 대퇴골 및 경골의 3차원 모델을 추출하는 과정을 보여주고 있다. 이미지(500)는 입력(510), 볼륨 데이터(520), 3차원 영상(530) 및 출력(540)을 포함한다.
- [0055] 입력(510)은 촬영부(100)가 촬영한 대퇴골 및 경골의 다수의 2차원 이진 이미지들을 보여주고 있다.
- [0056] 볼륨 데이터(520)는 다수의 2차원 이진 이미지를 이용하여 형성한 볼륨데이터를 보여주고 있다.
- [0057] 3차원 영상(530)은 상기 생성된 볼륨 데이터를 이용하여 추출한 3차원 영상을 보여주고 있다.
- [0058] 출력(540)은 상기 추출된 3차원 영상의 잡음을 제거하여 영상을 평활화한 결과를 보여주고 있다.
- [0059] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 대퇴골의 해부학 축 추출 과정을 도시한 도면이다.
- [0060] 도 6을 참조하면, 이미지(600)는 대퇴골에서 해부학 축을 추출하는 과정을 보여주고 있다.
- [0061] 도6(a)는 대퇴골의 경계 부분을 이용하여 대퇴골의 골간 결정에 이용되는 2차원 2진 영상을 보여주고 있다.
- [0062] 도 6(b)는 3차원 대퇴골 영상에서 뼈의 중앙 추적의 결과 영상을 보여주고 있다. 곡선(601)은 무게중심을 연결한 선분으로, 직선에 가까운 곡선을 추출하기 위해 헤더(602)를 제외하고 추출한 선분일 수 있다.
- [0063] 도 6(c)는 3차원 대퇴골 영상에서 해부학 축(604)을 보여주고 있다. 상기 해부학 축은 곡선(601)의 일부영역(603)을 제외하고 주성분 분석을 이용하여 추출한 직선일 수 있다.
- [0064] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 경골의 해부학 축 추출 과정을 도시한 도면이다.
- [0065] 도 7을 참조하면, 이미지(700)는 경골에서 해부학 축을 추출하는 과정을 보여주고 있다.
- [0066] 도7(a)는 경골의 경계 부분을 이용하여 경골의 골간 결정에 이용되는 2차원 2진 영상을 보여주고 있다.
- [0067] 도 7(b)는 3차원 경골 영상에서 뼈의 중앙 추적의 결과 영상을 보여주고 있다. 곡선(701)은 무게중심을 연결한 선분으로, 직선에 가까운 곡선을 추출하기 위해 헤더(702)를 제외하고 추출한 선분일 수 있다.
- [0068] 도 7(c)는 3차원 경골 영상에서 해부학 축(704)을 보여주고 있다. 상기 해부학 축은 곡선(701)의 일부영역(703)을 제외하고 주성분 분석을 이용하여 추출한 직선일 수 있다.
- [0069] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 가우시안 곡률을 도시한 도면이다.
- [0070] 도 8을 참조하면, 이미지(800)는 K값에 따른 가우시안 곡률을 보여주고 있다. 상기 K값은 곡면상의 한 점에서 주곡률(principle curvatures)의 곱으로 가우시안 곡률을 결정할 수 있다. 또한, 주곡률은 곡면의 한 점에서 법선 곡률의 최대값 및 최소값이다.
- [0071] 도8(a)는 곡면이 평면인 경우를 나타낸 도면이다. 곡면이 평면인 경우, 가우시안 곡률은 0의 값을 갖는다.
- [0072] 도8(b)는 곡면이 원통 모양일 경우를 나타낸 도면이다. 원통모양처럼 적어도 한 방향으로 평평한 경우, 가우시안 곡률은 0의 값을 갖는다.
- [0073] 도8(c)는 곡면이 볼록한 경우를 나타낸 도면이다. 곡면이 볼록한 경우, 가우시안 곡률은 양수값을 갖는다. 따라서, 뼈의 랜드마크 지역의 가우시안 곡률은 양수값을 갖는다.
- [0074] 도 8(d)는 곡면이 오목한 경우를 나타낸 도면이다. 곡면이 오목한 경우, 가우시안 곡률은 음수값을 갖는다.
- [0075] 도9는 본 발명의 일 실시예에 따른 랜드마크 지역 추출 과정을 나타낸 도면이다.
- [0076] 도 9를 참조하면, 이미지(900)는 대퇴골 및 경골에서 표준화(Normalization)(910), 이진화(Binarization)(920) 및 라벨링(Labeling)(930)를 이용하여 다수의 랜드마크 지역을 추출하는 과정을 보여주고 있다.
- [0077] 표준화(910)는 가우시안 곡률을 이용하여 추출된 다수의 랜드마크들(911, 911')을 보여주고 있다.
- [0078] 이진화(920)는 한계값을 기준으로 이진화된 영상을 보여주고 있다. 상기 한계값보다 클 경우, 가우시안 곡률은 1이며, 상기 한계값보다 작을 경우, 가우시안 곡률은 0이다. 여기서, 한계값은 0.5이다.
- [0079] 라벨링(930)은 인접한 화소를 같은 그룹으로 하여 생성된 영상을 보여주고 있다.
- [0080] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 대내전근 결절 위치 추출 과정을 나타내는 도면이다.
- [0081] 도 10을 참조하면, 이미지(1000)는 대내전근 결절 위치를 추출하는 과정을 보여주고 있다.

- [0082] 도 10(a)는 라벨링된 대퇴골의 다수의 랜드마크들(1001)을 보여주고 있다.
- [0083] 도 10(b)는 상기 다수의 랜드마크들 중 가장 큰 랜드마크를 보여주고 있다. 대내전근 결절 위치 추출부(232)는 랜드마크 지역 추출부(231)에서 추출된 다수의 랜드마크들 중 가장 큰 랜드마크를 추출할 수 있다.
- [0084] 도 10(c)는 가장 큰 랜드마크를 이루는 점들 중 중심이 되는 한 개의 점을 보여주고 있다. 대내전근 결절 위치 추출부(232)는 무게중심을 이용하여 가장 큰 랜드마크에서 랜드마크 중심점을 추출할 수 있다.
- [0085] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 외측과간 결절 위치 추출 과정의 일부를 설명하기 위한 도면이다.
- [0086] 도 11을 참조하면, Z축(1110)은 경골의 해부학 축과 중첩된 축이다. 상기 경골의 해부학 축은 회전 및 이동을 이용하여 Z축(1110)과 중첩될 수 있다. Z축 방향에서 가장 높은 5개의 랜드마크(1130)들을 추출할 수 있다. 상기 5개의 랜드마크(1130)들은 X축(1120, 1120')의 원점 -5mm내지 5mm사이로 투사될 수 있다.
- [0087] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 외측과간 결절 추출 과정의 다른 일부를 설명하기 위한 도면이다.
- [0088] 도 12를 참조하면, 이미지(1200)는 경골에서 랜드마크의 중심점을 찾는 과정을 보여주고 있다. 도 11에서 X평면으로 투사된 5개의 랜드마크(1130')들은 유클리디언 거리를 기초로 두 분류(1210, 1220)로 나눌 수 있다. 상기 두 분류(1210, 1220)에서 원점을 기초로 랜드마크의 중심점(1230)을 추출할 수 있다.
- [0089] 즉, 랜드마크 중심점(1230)은 상기 두 분류 중 원점에서 가까운 분류(1120)에 존재할 수 있다. 또한 랜드마크 중심점(1230)은 상기 원점에서 가까운 분류(1120) 중 Z축 방향에서 원점으로부터 가장 멀리 떨어진 한 점일 수 있다.
- [0090] 도 13은 본 발명에 일 실시예에 따른 해부학좌표 시스템 구조를 도시한 도면이다.
- [0091] 도 13을 참조하면, 이미지(1300)는 해부학 축 및 랜드마크 중심점을 이용하여 구축한 해부학적 좌표 시스템을 구조를 보여주고 있다.
- [0092] 세 개의 벡터 $\vec{P}_{lm}(1310)$, $\vec{L}_a(1320)$, $\vec{P}_{lm}(1330)$ 는 서로 직교하며, 새로운 좌표 시스템을 구축하는데 사용된다. $\vec{P}_{lm}(1310)$ 는 랜드마크의 중심점이고, $\vec{L}_a(1320)$ 는 해부학 축이며, $\vec{P}_{lm}(1330)$ 는 $\vec{P}_{lm}(1310)$ 가 투사된 점이다. 또한, $\vec{OP}_{lm}$ 는 X축이고, $\vec{OP}_{lm}$ 는 Y축이다.
- [0093] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 완성된 좌표계를 도시한 도면이다.
- [0094] 도 14를 참조하면, 첫 번째 이미지(1410)는 대퇴골의 해부학 좌표 시스템을 보여주고 있다. 또한 두 번째 이미지(1420)는 경골의 해부학 좌표 시스템을 보여주고 있다.
- [0095] 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 대퇴골상의 각도 및 거리를 도시한 도면이다.
- [0096] 도 15를 참조하면, 이미지(1500)는 대퇴골(1510)의 실험 결과를 평가하는 방법으로, 각도(1520) 및 거리(1530)를 측정된 결과를 보여주고 있다.
- [0097] 대퇴골(1510)에서 각도(1520)는 중앙추적의 중심과 랜드마크 중심점을 연결한 선분(1521) 및 경상과축(1522)이 이루는 각도이다. 대퇴골(1510)에서 거리(1530)는 원점에서 랜드마크 중심점까지의 거리이다.
- [0098] 도 16는 본 발명의 일 실시예에 따른 경골상의 각도 및 거리를 도시한 도면이다.
- [0099] 도 16를 참조하면, 이미지(1600)는 경골(1610)의 실험 결과를 평가하는 방법으로, 각도(1620) 및 거리(1630)를 측정된 결과를 보여주고 있다.
- [0100] 경골(1610)에서 각도(1620)는 장축(1621) 및 랜드마크 벡터(1622) 사이의 각도이다. 경골에서 거리(1630)는 XY 평면에서 원점에서 랜드마크 중심점까지의 거리이다.
- [0101] 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 실험 결과를 도시한 도면이다.
- [0102] 도 17를 참조하면, 이미지(1700)는 환자 3명을 대상으로 데이터를 추출한 실험 결과를 보여주고 있다. 이미지(1710 내지 1760)는 인위적으로 -10도 내지 +10도까지 8단계로 회전시키면서 각도 및 거리를 측정된 결과를 보여주고 있다. 상기 각도 및 거리는 도 14 내지 15에 서술한 평가 방법으로 산출할 수 있다.

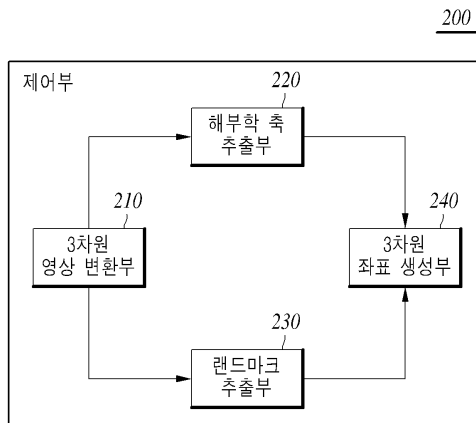
- [0103] 이미지(1710 내지 1730)는 환자 3명의 경골에 대한 실험 결과이다. 이미지(1740 내지 1760)는 환자 3명의 대퇴골에 대한 실험 결과이다.
- [0104] 이미지(1770) 및 이미지(1780)는 경골 및 대퇴골에서 회전 각도에 따른 거리 및 각도의 표준편차를 보여준다. 상기 각도 및 거리의 표준편차는 2.5도 및 2.5mm 이내로 수렴한다. 따라서 3차원 좌표 시스템 구축 알고리즘이 효과적으로 3차원 좌표계를 구축함을 확인할 수 있다.
- [0105] 도 18는 본 발명의 일 실시예에 따른 무릎뼈 3차원 좌표 시스템 구축을 나타낸 흐름도이다.
- [0106] 도 18을 참조하면, 촬영부(110)는 대퇴골 및 경골의 2차원 영상을 촬영한다(S110).
- [0107] 3차원 변환부(210)는 촬영부(110)가 촬영한 2차원 영상을 이진화하여 2차원 이진 영상으로 변환한다(S120). 3차원 변환부(210)는 상기 영상에 뼈에 대한 이미지 객체를 추출하고, 추출된 이미지 객체를 이진화하여 상기 2차원 이진 영상으로 변환할 수 있다.
- [0108] 3차원 변환부(210)는 이진화된 2차원 이진 영상을 3차원 영상으로 변환한다(S130). 3차원 영상 변환부(210)는 변환된 다수의 2차원 이진 영상 이용하여 볼륨 데이터를 형성할 수 있다. 3차원 영상 변환부(210)는 상기 형성된 볼륨데이터를 이용하여 3차원 영상을 추출할 수 있다. 3차원 영상 변환부(210)는 상기 형성된 볼륨데이터를 기초로 매트랩 함수를 이용하여 3차원 영상을 추출할 수 있다. 3차원 영상 변환부(210)는 상기 추출된 3차원 영상의 잡음을 제거하여 영상을 평활화(smoothing)할 수 있다.
- [0109] 해부학 축 추출부(220)는 3차원 변환부(210)가 변환한 3차원 영상에서 해부학 축을 추출한다(S140). 해부학 축 추출부(220)는 3차원 영상 변환부(210)가 변환한 3차원 영상에 대해 주성분 분석을 이용하여 해부학 축을 추출할 수 있다.
- [0110] 랜드마크 추출부(230)는 3차원 영상 변환부(210)가 변환한 3차원 영상에서 랜드마크 중심점을 추출한다(S150). 랜드마크 추출부(230)는 가우시안 곡률을 이용하여 3차원 영상에서 다수의 랜드마크들을 추출할 수 있다. 랜드마크 추출부(230)는 상기 다수의 랜드마크들 중에서 가장 큰 랜드마크를 추출할 수 있다. 또한 랜드마크 추출부(230)는 무게 중심을 이용하여 상기 가장 큰 랜드마크의 중심점을 추출할 수 있다.
- [0111] 3차원 좌표 생성부(240)는 해부학 축 추출부(220)에서 추출한 해부학 축 및 랜드마크 추출부(230)에서 추출한 랜드마크의 중심점을 이용하여 좌표계를 생성한다(S160).
- [0112] 본 발명은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.
- [0113] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상술한 특징의 바람직한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

도면

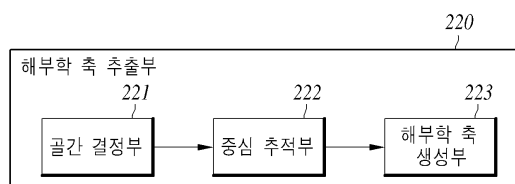
도면1



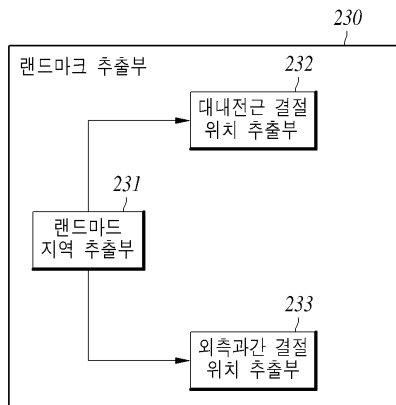
도면2



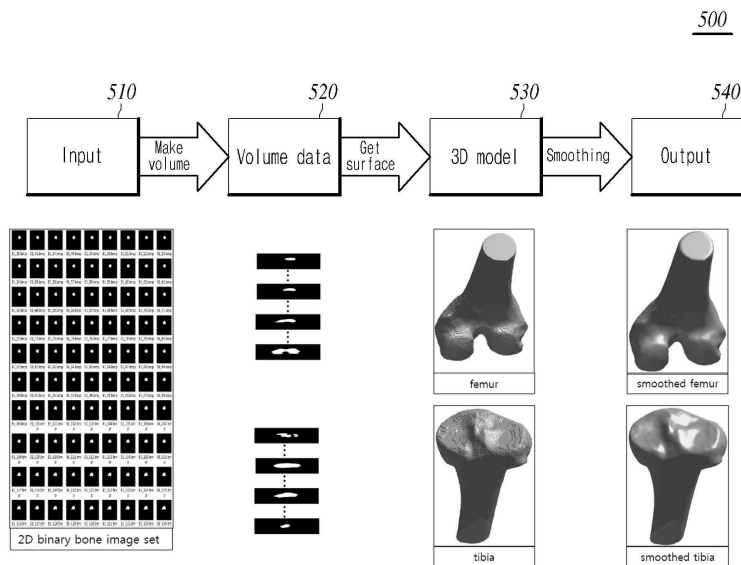
도면3



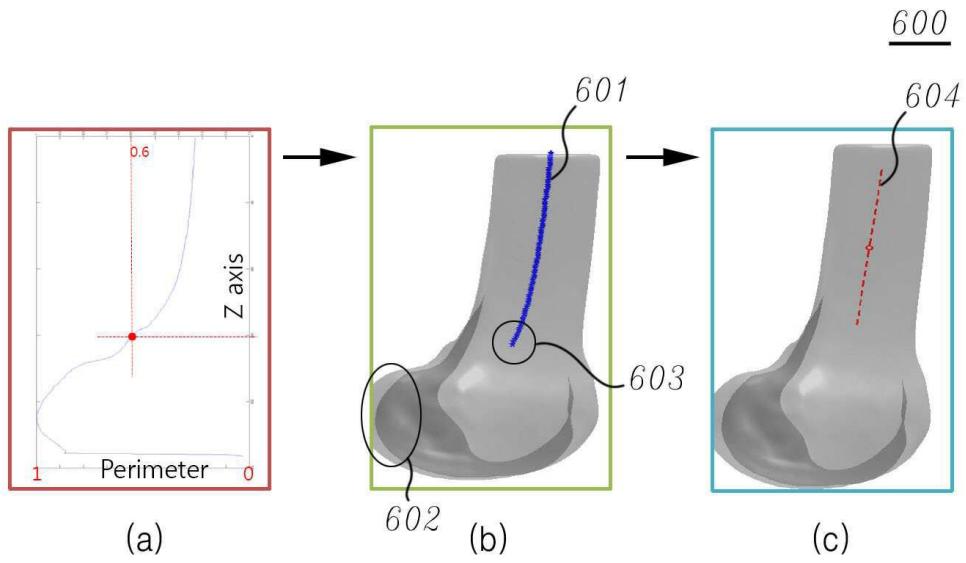
도면4



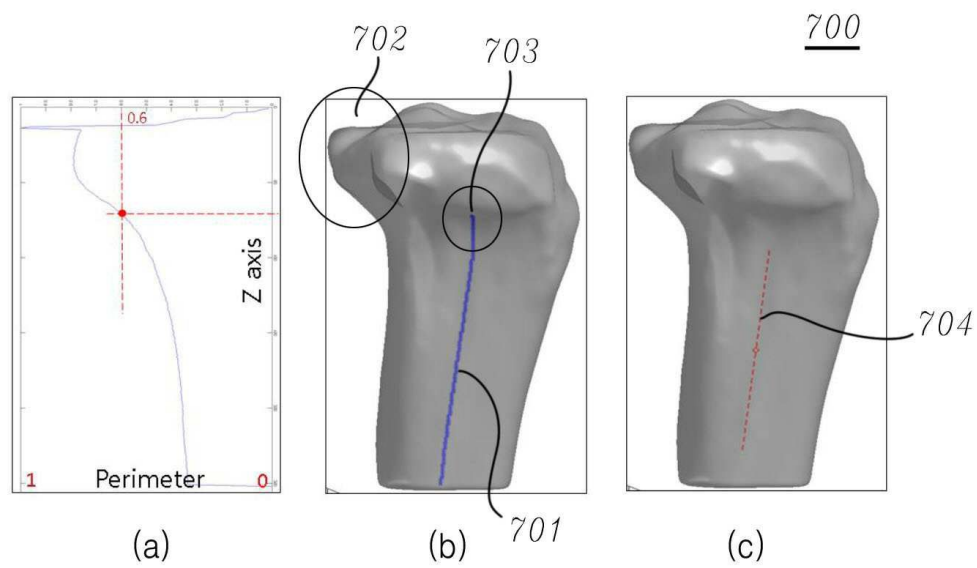
도면5



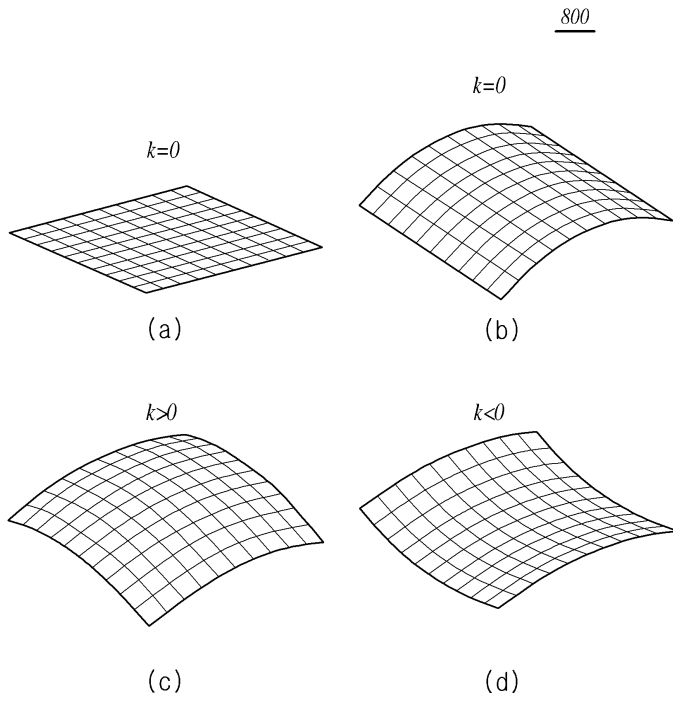
도면6



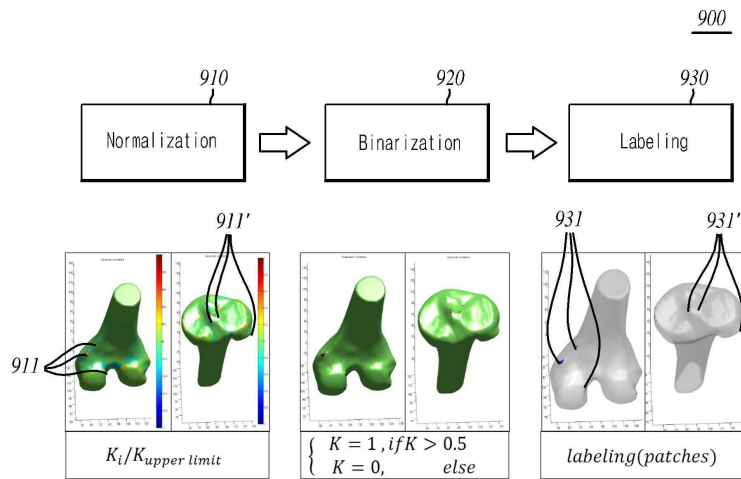
도면7



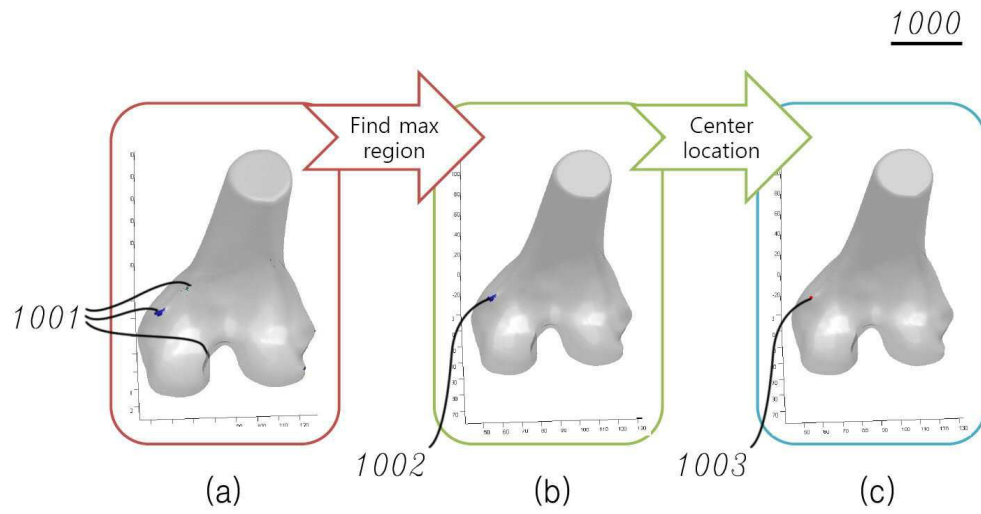
도면8



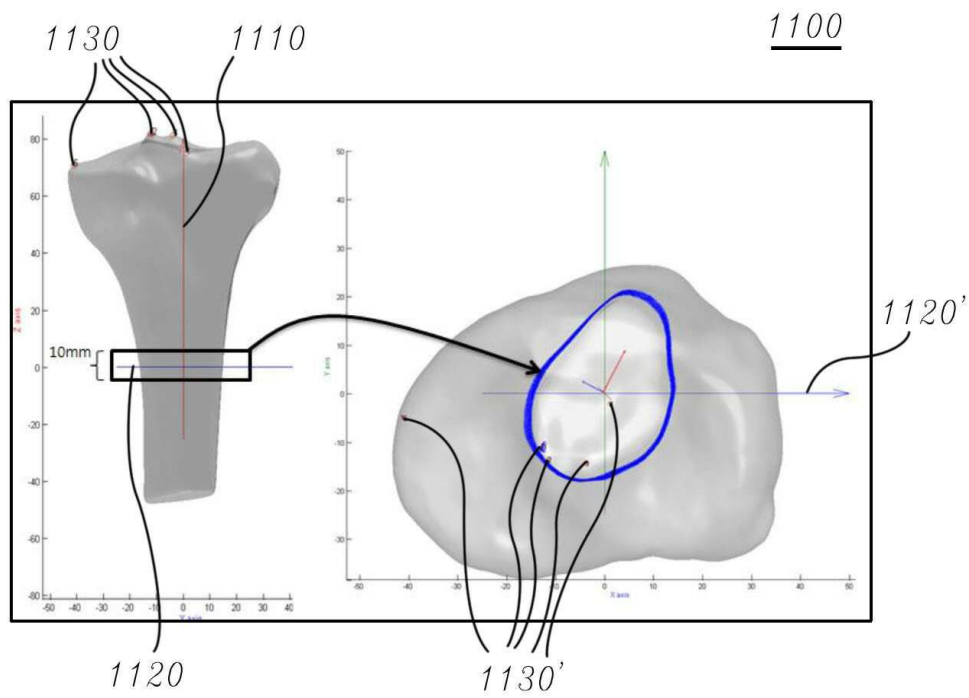
도면9



도면10

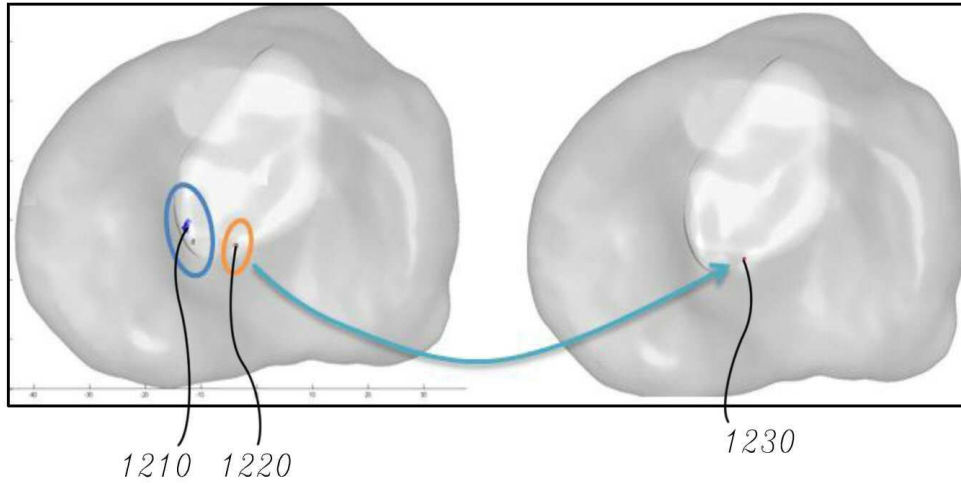


도면11



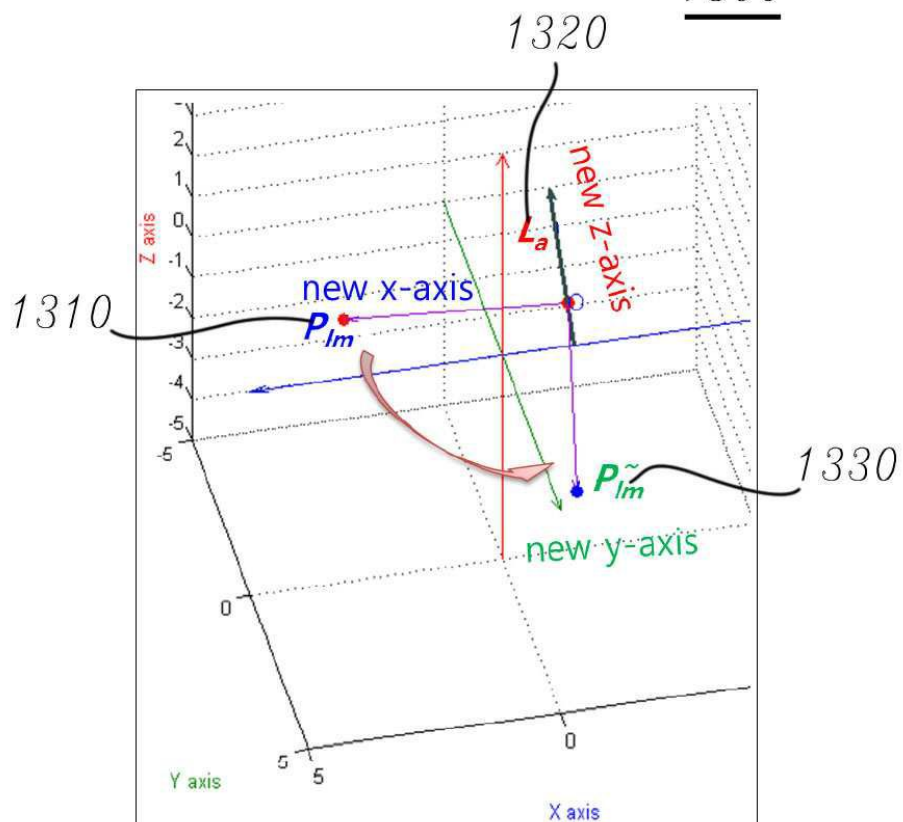
도면12

1200



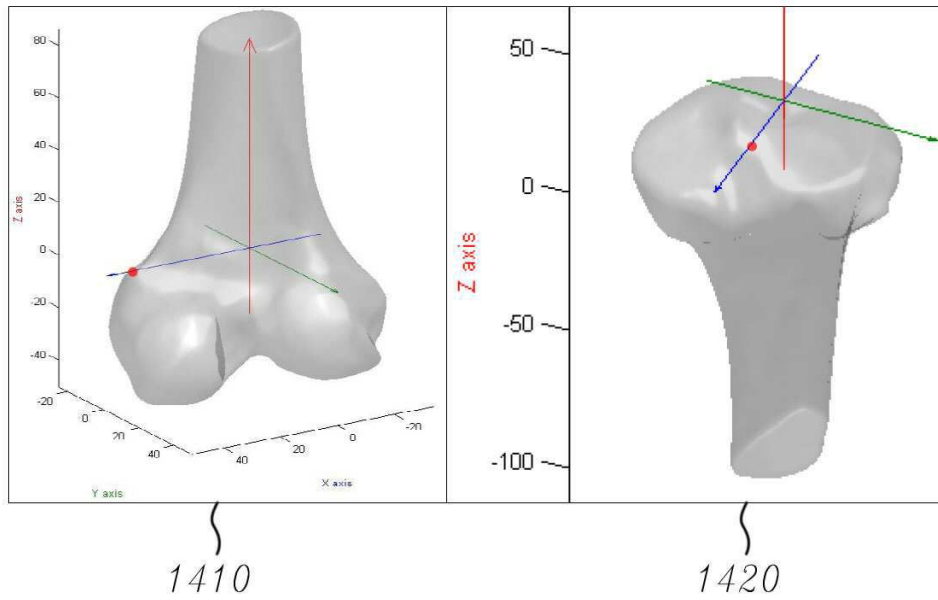
도면13

1300



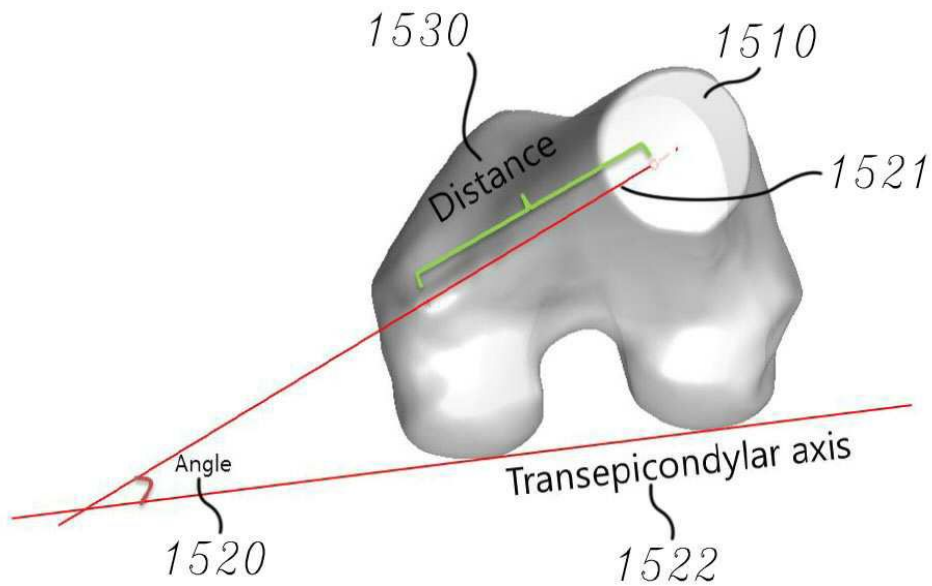
도면14

1400

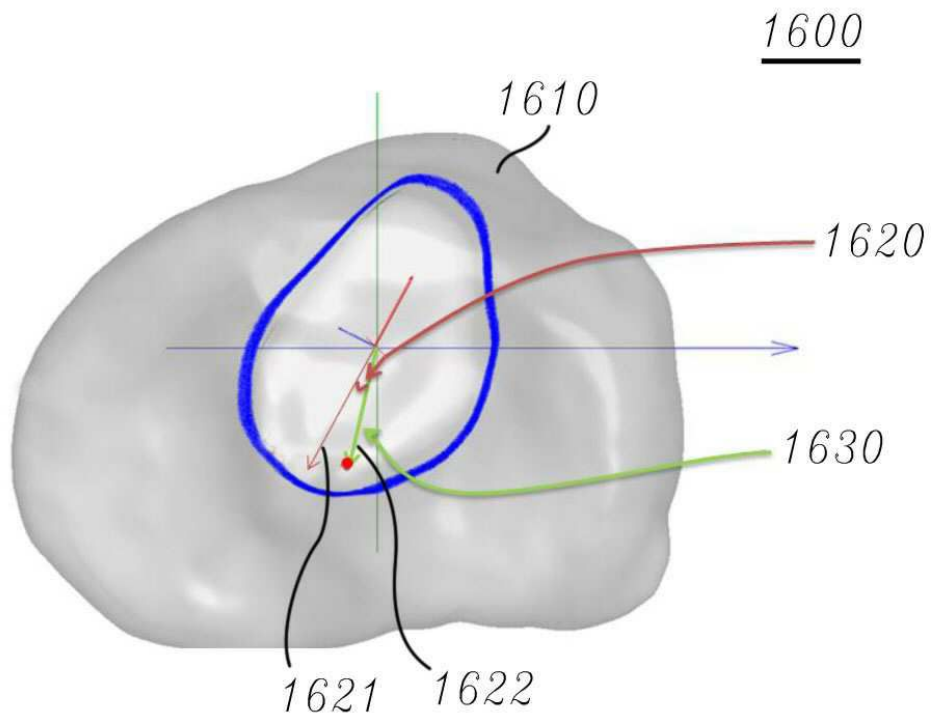


도면15

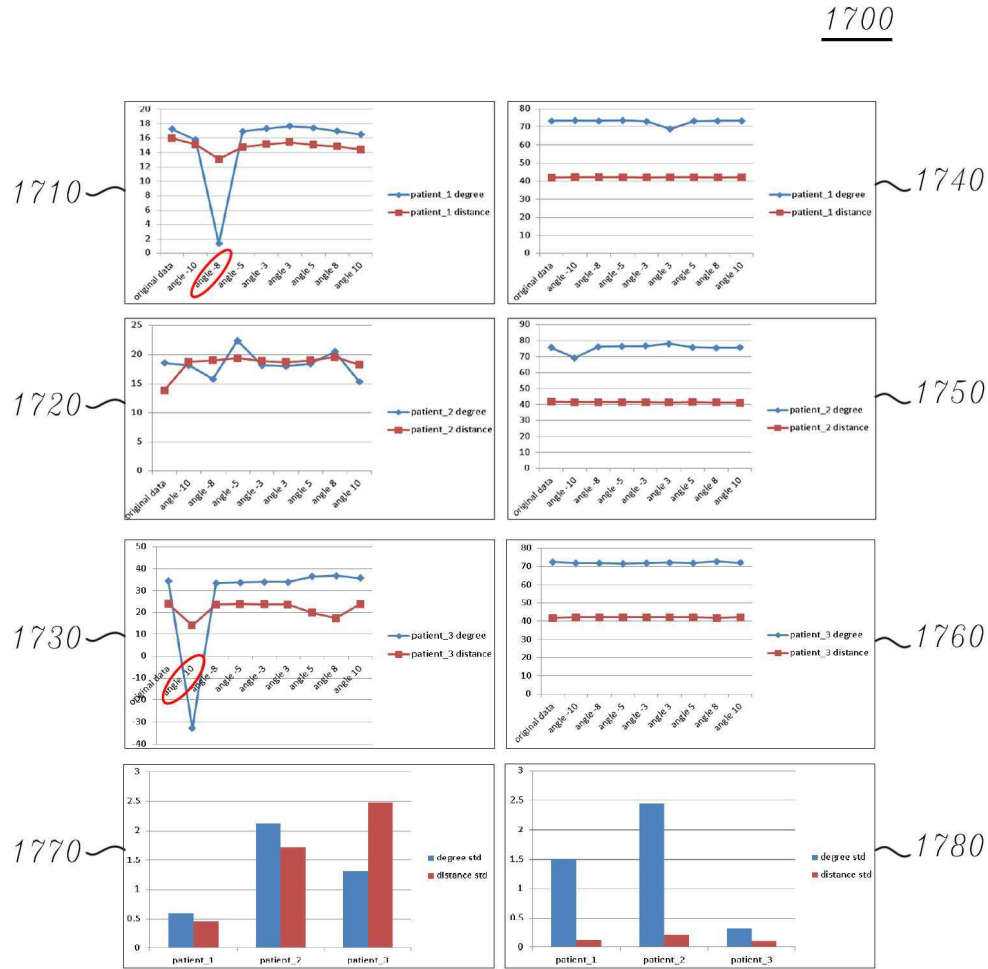
1500



도면16



도면17



도면18

