



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년10월15일  
(11) 등록번호 10-2166149  
(24) 등록일자 2020년10월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 6/12 (2006.01) A61B 6/00 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
A61B 6/12 (2020.08)  
A61B 6/4275 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2019-0028981  
(22) 출원일자 2019년03월13일  
심사청구일자 2019년03월13일  
(65) 공개번호 10-2020-0109641  
(43) 공개일자 2020년09월23일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR101264198 B1  
US0659599 B2  
US6226548 B1  
US20070270866 A1

(73) 특허권자  
큐렉소 주식회사  
서울특별시 서초구 강남대로 577, 4층(잠원동)  
(72) 발명자  
최진혁  
경기도 광주시 발말길 70-11, 303동 102호  
우동기  
서울특별시 영등포구 여의대로 97, 대우트림프2차  
B동 905호  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인남춘

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 박세영

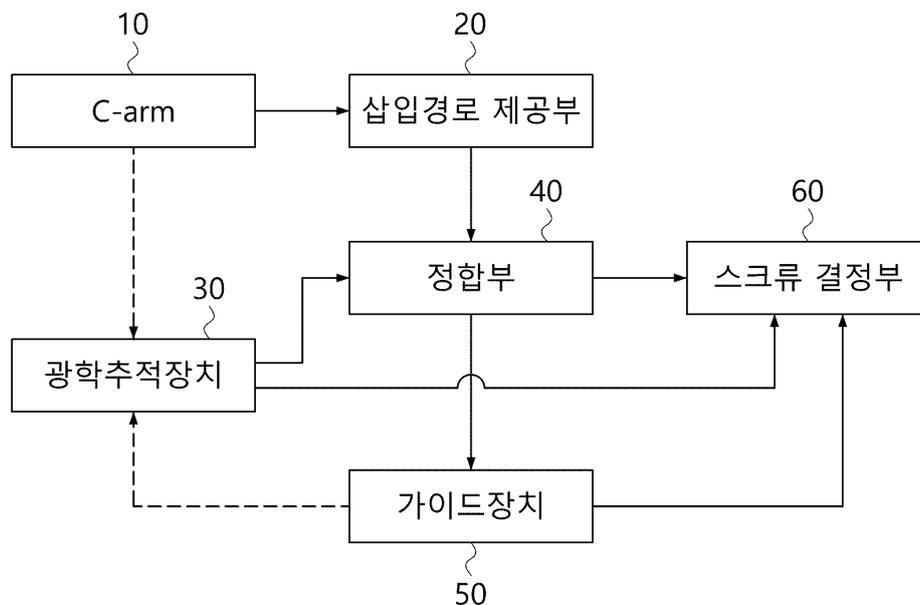
(54) 발명의 명칭 **페디클 스크류 고정 플래닝 시스템 및 방법**

(57) 요약

본 발명은 페디클 스크류 고정 플래닝 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, C-arm 이미지를 기초로 페디클 스크류의 길이, 삽입 경로 등을 플래닝하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

본 발명의 페디클 스크류 고정 플래닝 시스템은 환자의 척추 이미지를 촬영하는 C-arm; C-arm 이미지상에서 페디 (뒷면에 계속)

대표도 - 도2



클 스크류의 진입점 및 삽입 끝점을 제공하는 삽입경로 제공부; 기준 좌표계를 기초로 상기 진입점 및 상기 삽입 끝점의 공간 좌표를 산출하는 정합부; 상기 진입점 및 상기 삽입 끝점의 공간 좌표를 기초로 상기 페디클 스크류의 삽입 자세를 결정하고, 상기 삽입 자세에 따라 상기 진입점을 향하여 상기 프로브의 삽입을 가이드하기 위한 가이드장치; 및 상기 프로브가 삽입됨에 따라 뼈에 맞는 시작점의 좌표를 획득하고 상기 삽입 끝점의 좌표와 상기 시작점 좌표 사이의 거리를 산출하여 페디클 스크류의 길이 조건을 결정하는 스크류 결정부를 포함한다.

본 발명은 플래닝시 사용하던 기존 CT 이미지를 대신하여 C-arm 이미지를 이용하므로, 환자의 방사선 피폭을 줄이고 수술 절차를 간소화할 수 있다.

본 발명에 의하면, 수술 중에도 C-arm 이미지 기반으로 수술계획을 수정 조정할 수 있고, 이미지 정합을 생략할 수 있어 수술 진행의 리뷰 및 수술도구 네비게이션의 정확성을 향상시킬 수 있다. 또한, 플래닝 과정에서 활용된 스크류 가이드 자세를 기반으로 연속적으로 시술에 활용할 수 있어 수술 절차를 신속하게 진행할 수 있다.

(52) CPC특허분류

**A61B 6/5205** (2013.01)

(72) 발명자

**황성택**

서울특별시 서대문구 문화촌길 104, 302호 (홍제동, 아르떼빌)

**이성**

서울시 강남구 영동대로 220 쌍용아파트 7동 1203호

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

페디클 스크류 고정 플래닝 시스템에 있어서,

환자의 척추 이미지를 촬영하는 C-arm;

C-arm 이미지상에서 페디클 스크류의 진입점 및 삽입 끝점을 제공하는 삽입경로 제공부;

기존 좌표계를 기초로 상기 진입점 및 상기 삽입 끝점의 공간 좌표를 산출하는 정합부;

상기 진입점 및 상기 삽입 끝점의 공간 좌표를 기초로 상기 페디클 스크류의 삽입 자세를 결정하고, 상기 삽입 자세에 따라 상기 진입점을 향하여 프로브의 삽입을 가이드하기 위한 가이드장치; 및

상기 프로브가 삽입됨에 따라 뼈에 맞는 시작점의 좌표를 획득하고 상기 삽입 끝점의 좌표와 상기 시작점 좌표 사이의 거리를 산출하여 페디클 스크류의 길이 조건을 결정하는 스크류 결정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 페디클 스크류 고정 플래닝 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 진입점은 AP(Anterior-Posterior) 이미지 상에서 상기 삽입 끝점과 페디클의 중심을 연결하는 라인상의 임의의 점에서 결정되는 것을 특징으로 하는 페디클 스크류 고정 플래닝 시스템.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 진입점은 LL(Lateral-Lateral) 이미지 상에서 척추체의 수평 라인과 평행하게 상기 삽입 끝점으로부터 연장한 선상의 임의의 점으로 결정되는 것을 특징으로 하는 페디클 스크류의 고정 플래닝 시스템.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

광학마커가 연결된 상기 프로브의 위치를 추적하는 광학추적장치를 더 포함하고,

상기 정합부는 상기 프로브의 위치가 정합되는 상기 C-arm 이미지상의 픽셀을 결정하고,

상기 삽입경로 제공부는 상기 정합된 픽셀에 상기 상기 프로브의 투영 이미지를 표시하는 것을 특징으로 하는 페디클 스크류의 고정 플래닝 시스템.

#### 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 삽입경로 제공부는 사용자가 상기 C-arm 이미지상에 상기 진입점 및 상기 삽입 끝점을 선택할 수 있는 사용자 인터페이스를 포함하는 것을 특징으로 하는 페디클 스크류의 고정 플래닝 시스템.

**청구항 6**

페디클 스크류 고정 플래닝 방법에 있어서,

- (a) C-arm을 통해 환자 척추에 대한 C-arm 이미지를 획득하는 단계;
- (b) 상기 C-arm 이미지에서 페디클 스크류의 진입점 및 삽입 끝점을 결정하는 단계;
- (c) 기준 좌표계를 기초로 상기 진입점 및 상기 삽입 끝점의 공간 좌표를 산출하는 단계;
- (d) 상기 진입점 및 상기 삽입 끝점의 공간 좌표를 기초로 상기 페디클 스크류의 삽입 자세를 결정하고, 상기 삽입 자세에 따라 상기 진입점을 향하여 프로브의 삽입을 가이드하는 단계;
- (e) 상기 기준 좌표계를 기초로 상기 프로브가 삽입됨에 따라 뼈에 맞는 시작점의 좌표를 획득하는 단계; 및
- (f) 상기 삽입 끝점의 좌표와 상기 시작점 좌표 사이의 거리를 산출하여 페디클 스크류의 길이 조건을 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 페디클 스크류 고정 플래닝 방법.

**청구항 7**

제6항에 있어서,

상기 (b) 단계에서, 상기 진입점은 AP(Anterior-Posterior) 이미지 상에서 상기 삽입 끝점과 페디클의 중심을 연결하는 라인상의 임의의 점에서 결정되는 것을 특징으로 하는 페디클 스크류 고정 플래닝 방법.

**청구항 8**

제6항에 있어서,

상기 (b) 단계에서, 상기 진입점은 LL(Lateral-Lateral) 이미지 상에서 척추 몸체의 수평 라인과 평행하게 상기 삽입 끝점으로부터 연장한 선상의 임의의 점으로 결정되는 것을 특징으로 하는 페디클 스크류의 고정 플래닝 방법.

**청구항 9**

제6항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 (b) 단계에서, 시술자가 사용자 인터페이스를 통해 상기 C-arm 이미지상에 상기 진입점 및 상기 삽입 끝점을 선택하는 것을 특징으로 하는 페디클 스크류의 고정 플래닝 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 페디클 스크류 고정 플래닝 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, C-arm 이미지를 기초로 페디클 스크류의 길이, 삽입 경로 등을 플래닝하는 시스템 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 페디클 스크류는 척추경(이하, 페디클(pedicel))을 통해 척추체(vertebra body)에 삽입 및 고정되어 척추를 고정하는데 사용되며, 페디클 스크류 고정 플래닝은 시술자가 환자 및 시술 부위에 따라 적정한 페디클 스크류의 길이, 직경 등을 결정하고, 페디클 스크류의 삽입 경로에 대한 사전 계획을 수립하는 절차이다.

[0004] 시술자가 플래닝을 수행하는 데에는 도1에 도시된 바와 같은 척추의 축방향 영상(axial view)이 가장 유리하다. C-arm 장치는 척추의 axial view를 제공할 수 없기 때문에, 수술 전에 컴퓨터 단층촬영(CT)을 하여 axial view

를 시술자에게 제공함으로써 수술전 플래닝할 수 있도록 하고 있다.

- [0005] CT 이미지를 기초로 플래닝이 수행되더라도 실제 수술 과정에서는 모바일 C-arm X-레이 장치가 주로 사용되므로, 수술 전 플래닝된 대로 수술이 진행되고 있는지 실시간 검증하거나, 플래닝된 대로 수술도구를 네비게이션 하기 위해 CT 이미지와 C-arm 2D 이미지의 정합(registration) 과정이 선행되어야 한다. 또한, 환자가 움직이거나 C-arm 장비를 이동하는 경우 정합이 재차 수행되어야 한다.
- [0006] 이상과 같이, CT 이미지에 기반한 플래닝은 axial view를 활용할 수 있는 장점에도 불구하고, CT 촬영이 장시간의 방사선 피폭으로 인해 인체에 유해하고, C-arm 2D 이미지와의 정합이 필요하다는 단점도 있다.
- [0007] 한편, C-arm 이미지는 척추의 axial view를 제공할 수 없고, AP(Anterior-Posterior) 이미지 및 LL (Lateral-Lateral) 이미지 상에서는 플래닝에 필요한 척추 부분이 전부 표시되는 것도 아니므로 플래닝에 부적절한 면이 있다.
- [0008] 따라서 C-arm 이미지를 기초로 플래닝을 수행하는 실무가 없지만, C-arm은 수술 과정에서 사용되는 장비이므로 C-arm 이미지를 기반으로 플래닝을 한다면, 3D CT 이미지와 2D 이미지간 정합을 할 필요가 없고, 수술 중에도 필요에 따라 수술계획을 변경할 수 있는 유연성을 얻을 수 있는 등 많은 장점이 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0010] (특허문헌 0001) 미국등록특허 US 8,660,331(2010.4.23)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0011] 그러므로, 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, C-arm 이미지를 기반으로 페디클 스크류 고정 플래닝이 가능한 플래닝 시스템 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

- [0013] 상기 목적은 본 발명의 일 양태에 따른 페디클 스크류 고정 플래닝 시스템에 있어서, 환자의 척추 이미지를 촬영하는 C-arm; C-arm 이미지상에서 페디클 스크류의 진입점 및 삽입 끝점을 제공하는 삽입경로 제공부; 기준 좌표계를 기초로 상기 진입점 및 상기 삽입 끝점의 공간 좌표를 산출하는 정합부; 상기 진입점 및 상기 삽입 끝점의 공간 좌표를 기초로 상기 페디클 스크류의 삽입 자세를 결정하고, 상기 삽입 자세에 따라 상기 진입점을 향하여 상기 프로브의 삽입을 가이드하기 위한 가이드장치; 및 상기 프로브가 삽입됨에 따라 뼈에 맞는 시작점의 좌표를 획득하고 상기 삽입 끝점의 좌표와 상기 시작점 좌표 사이의 거리를 산출하여 페디클 스크류의 길이 조건을 결정하는 스크류 결정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 페디클 스크류 고정 플래닝 시스템에 의해 달성될 수 있다.
- [0014] 여기에서, 상기 진입점은 AP(Anterior-Posterior) 이미지 상에서 상기 삽입 끝점과 페디클의 중심을 연결하는 라인상의 임의의 점에서 결정될 수 있고, 또는 상기 진입점은 LL(Lateral-Lateral) 이미지 상에서 척추체의 수평 라인과 평행하게 상기 삽입 끝점으로부터 연장한 선상의 임의의 점으로 결정될 수 있다.
- [0015] 상기 시스템은 광학마커가 연결된 상기 프로브의 위치를 추적하는 광학추적장치를 더 포함하고, 상기 정합부는 상기 프로브의 위치가 정합되는 상기 C-arm 이미지상의 픽셀을 결정하고, 상기 삽입경로 제공부는 상기 정합된 픽셀에 상기 상기 프로브의 투영 이미지를 표시할 수 있다.
- [0016] 그리고 상기 삽입경로 제공부는 시술자가 상기 C-arm 이미지상에 상기 진입점 및 상기 삽입 끝점을 선택할 수 있는 사용자 인터페이스를 포함할 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 목적은 본 발명의 또다른 양태에 따른 페디클 스크류 고정 플래닝 방법에 있어서, (a) C-arm을 통해 환자 척추에 대한 C-arm 이미지를 획득하는 단계; (b) 상기 C-arm 이미지에서 페디클 스크류의 진입점 및 삽입 끝점을 결정하는 단계; (c) 기준 좌표계를 기초로 상기 진입점 및 상기 삽입 끝점의 공간 좌표를 산출하는 단계; (d) 상기 진입점 및 상기 삽입 끝점의 공간 좌표를 기초로 상기 페디클 스크류의 삽입 자세를 결정하고,

상기 삽입 자세에 따라 상기 진입점을 향하여 상기 프로브의 삽입을 가이드하는 단계; (e) 상기 기준 좌표계를 기초로 상기 프로브가 삽입됨에 따라 뼈에 맞는 시작점의 좌표를 획득하는 단계; 및 (f) 상기 삽입 끝점의 좌표와 상기 시작점 좌표 사이의 거리를 산출하여 페디클 스크류의 길이 조건을 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 페디클 스크류 고정 플래닝 방법에 의해 달성될 수 있다.

[0018] 여기에서, 상기 (b) 단계에서, 상기 진입점은 AP(Anterior-Posterior) 이미지 상에서 상기 삽입 끝점과 페디클의 중심을 연결하는 라인상의 임의의 점에서 결정되거나, 상기 진입점은 LL(Lateral-Lateral) 이미지 상에서 척추 몸체의 수평 라인과 평행하게 상기 삽입 끝점으로부터 연장한 선상의 임의의 점으로 결정되는 것으로 할 수 있다.

[0019] 그리고, 상기 (b) 단계에서, 시술자가 사용자 인터페이스를 통해 상기 C-arm 이미지에 상기 진입점 및 상기 삽입 끝점을 선택하는 것으로 할 수 있다.

**발명의 효과**

[0021] 본 발명은 플래닝시 사용하던 기존 CT 이미지를 대신하여 C-arm 이미지를 이용하므로, 환자의 방사선 피폭을 줄이고 수술 절차를 간소화할 수 있다.

[0022] 본 발명에 의하면, 수술 중에도 C-arm 이미지 기반으로 수술계획을 수정 조정할 수 있고, 이미지 정합을 생략할 수 있어 수술 진행의 리뷰 및 수술도구 네비게이션의 정확성을 향상시킬 수 있다. 또한, 플래닝 과정에서 활용된 스크류 가이드 자세를 기반으로 연속적으로 시술에 활용할 수 있어 수술 절차를 신속하게 진행할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0024] 도1은 척추 구조의 축방향 영상(axial view)을 나타낸 도면;  
 도2는 본 발명의 실시예에 따른 페디클 스크류 고정 플래닝 시스템의 개략적인 블록 구성도;  
 도3은 본 발명의 실시예에 따른 페디클 스크류 고정 플래닝 방법의 순서도; 및  
 도4a 내지 도10b는 본 발명의 실시예에 따른 페디클 스크류 고정 플래닝 과정을 설명하기 위한 모식도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하도록 한다.

[0026] 도2는 본 발명의 실시예에 따른 페디클 스크류 고정 플래닝 시스템의 개략적인 블록 구성도이다.

[0027] 도2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 페디클 스크류 고정 플래닝 시스템은 C-arm(10), 삽입경로 제공부(20), 광학추적장치(30), 정합부(40), 가이드 장치(50), 및 스크류 결정부(60)를 포함하여 구성된다.

[0028] C-arm(10)은 환자의 척추 이미지를 촬영하기 위한 것으로서, C 모양의 프레임의 양단에 마련된 X-레이 소스와 디텍터를 통해 C-arm X-레이 이미지를 촬영한다.

[0029] 삽입경로 제공부(20)는 C-arm 이미지에 대응하는 페디클 스크류의 진입점 및 삽입 끝점을 제공하기 위한 것이다. 여기에서, 삽입 끝점은 페디클 스크류가 척추체(pedicle body)에 삽입 고정될 때 스크류 말단의 위치를 의미하고, 진입점은 삽입 끝점과의 상대적인 위치 관계를 통해 페디클 스크류의 삽입 경로를 결정할 수 있도록 선택되는 위치를 의미한다.

[0030] 진입점 및 삽입 끝점에 관한 정보는 C-arm 이미지를 기초로 추천 위치 정보를 자동 생성하는 CDSS(Clinical Decision Support System)에 의해 제공될 수 있다. CDSS 는 C-arm 이미지에 대한 딥러닝을 통해 구축될 수 있으며, MLP, CNN 등 다양한 딥러닝 알고리즘에 기반한 AI 또는 의료용 XAI가 활용될 수 있다.

[0031] 다른 방법으로, 진입점 및 삽입 끝점에 관한 정보는 시술자가 UI를 통해 직접 C-arm 이미지에서 진입점 및 삽입 끝점을 지정함으로써 결정될 수 있다. 시술자는 전문적인 지식을 갖추고 있으므로, 의료 의사결정지원시스템(CDSS)의 도움 없이 UI를 통해 진입점 및 삽입 끝점을 선택할 수 있을 것이다.

[0032] 이와 달리, 진입점 및 삽입 끝점에 관한 정보는 환자 및 수술부위의 정형화된 통계적 기준 등을 근거로 제공되고, 시술자가 전문적인 지식을 통해 직접 조정하도록 하는 등의 다양한 방식으로도 결정될 수 있다.

[0033] 광학추적장치(30)는 수술공간 내부의 기준 마커(미도시)를 인식하고 기준 좌표계를 제공하여, 광학마커가 설치

된 다양한 장치 및 도구의 위치를 기준 좌표계를 기준으로 변환(transformation) 한다.

- [0034] 정합부(40)는 기준 좌표계를 기준으로 진입점 및 삽입 끝점의 공간 좌표를 산출하기 위한 것이다. 즉, C-arm 이미지 상의 진입점 및 삽입 끝점에 대응하는 척추 내부의 위치에 대한 공간 좌표를 산출하기 위한 것이다.
- [0035] 구체적으로, 정합부(40)는 예컨대, C-arm AP 이미지 및 LL 이미지 각각에 대한 촬영시 C-arm X-레이 소스와 디텍터의 공간 좌표를 기초로, AP 이미지 및 LL 이미지상의 동일한 진입점(또는 삽입 끝점)으로부터 X-레이 경로를 따라 역투영함으로써 상호 교차하는 위치를 결정하고 공간 좌표를 산출할 수 있다. 여기에서, C-arm X-레이 소스와 디텍터의 공간 좌표는 X-레이 소스와 디텍터에 광학마커를 부착함으로써 산출될 수 있다. 다만, 디텍터 표면과 C-arm 이미지는 동일 평면이어야 한다.
- [0036] 만약, X-레이 소스와 디텍터의 위치를 식별하기 어려운 경우에 대해서는, 본 출원인이 2019년 3월 13일자로 대한민국 특허청에 출원한 특허출원 제2019-0028592호 'C-arm 기반의 의료영상 시스템 및 2D 이미지와 3D 공간의 정합방법'에 개시된 방법으로 정합을 할 수 있다. 간략히 설명하면, 디텍터 표면의 AP 이미지를 제3의 평면으로 와핑하고, 새롭게 생성된 이미지로부터 공간상에 픽셀을 역투영하여 다수의 이미지로부터 교차하는 점을 구하는 방식으로 공간 좌표를 산출할 수 있다.
- [0037] 다시 도2를 참조하면, 가이드 장치(50)는 진입점 및 삽입 끝점의 공간 좌표를 기초로 페디클 스크류의 삽입 자세를 결정하고, 이에 따라 진입점을 향하여 프로브 삽입을 가이드한다. 가이드 장치(50)는 자동 또는 반자동의 장비 혹은 의료로봇으로 구현될 수 있다. 공지된 의료로봇의 경우 위치 좌표만 주어진다면, 광학추적장치(30)를 매개로 스크류 삽입을 위한 위치로 자동으로 이동하고, 삽입 자세에 따라 프로브를 삽입할 수 있도록 엔드이펙터(미도시) 및 가이드 지그의 자세를 제어할 수 있다.
- [0038] 스크류 결정부(60)는 프로브가 삽입됨에 따라 뼈에 맞는 시작점의 좌표를 획득한다. 여기에서, 프로브 말단의 삽입 깊이는 프로브 삽입 메카니즘에 따라서 프로브 또는 프로브에 삽입력을 전달하는 엔드이펙터(미도시) 등에 부착된 광학마커를 기초로 산출될 수 있다.
- [0039] 스크류 결정부(60)는 삽입 끝점의 좌표와 시작점 좌표 사이의 거리를 산출하여 페디클 스크류의 길이 조건을 결정한다. 여기에서, 시작점과 삽입 끝점은 척추에 삽입될 페디클 스크류의 총 길이를 나타내며, 따라서 페디클 스크류의 길이 조건은 시작점에서 삽입 끝점까지의 길이 또는 이보다 소정의 길이만큼 큰 길이로 결정될 수 있다.
- [0040] 도3은 본 발명의 실시예에 따른 페디클 스크류 고정 플래닝 방법을 나타내는 순서도이고, 도4a 내지 도10b는 본 발명의 실시예에 따른 페디클 스크류 고정 플래닝 과정을 설명하기 위한 모식도이다.
- [0041] 도3 내지 도10b를 참조하여, 도2에 개시된 본 발명의 실시예에 따른 페디클 스크류 고정 플래닝 시스템의 동작을 설명하도록 한다.
- [0042] 먼저, C-arm(10)을 이용하여 환자 척추에 대한 AP 이미지 및 LL 이미지를 획득한다(S1). C-arm(10)을 이용하여 AP 이미지 및 LL 이미지를 촬영하는 것은 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게 주지된 기술이므로 설명의 간략화 및 명확화를 위해 자세한 설명을 생략하도록 한다. 이에, 도4a 및 도4b는 본 발명의 실시예에 따른 플래닝 과정을 설명하기 위한 AP 이미지와 LL 이미지를 보여준다.
- [0043] C-arm(10)은 촬영된 AP 이미지와 LL 이미지를 삽입경로 제공부(20)에 제공하고, 삽입경로 제공부(20)는 AP 이미지와 LL 이미지에서 페디클 스크류의 진입점 및 삽입 끝점을 결정함으로써, 페디클 스크류 또는 프로브의 삽입 경로를 제공한다(S2).
- [0044] 도5a 및 도5b는 본 발명의 실시예에 따라 AP 이미지와 LL 이미지 각각에 진입점 및 삽입 끝점이 표시된 예를 보여준다.
- [0045] 도5a를 참조하면, 좌측 타원(이하, 제1 타원)( $ec1_1$ )은 삽입 끝점(EP)을, 우측 타원(이하, 제2 타원)( $ec1_2$ )은 진입점(MP)을 나타내고 이를 표시하고 있다. 즉, 타원으로 표현되는 이유는 AP 이미지 촬영방향에서 페디클 스크류가 사선 방향으로 삽입되는 점과 페디클 스크류의 직경을 표현하기 위한 것이며, 제1 타원( $ec1_1$ )은 페디클 스크류 말단면을 나타내는 것으로 타원의 중심점을 삽입 끝점(EP) 및 진입점(MP)으로 대표할 수 있다.
- [0046] 도5b를 참조하면, 우측 타원(이하, 제3 타원)( $ec1_3$ )은 삽입 끝점(EP)을 나타내고, 좌측 타원(이하, 제4 타원)( $ec1_4$ )은 진입점(MP)을 나타낸다. 도5a 및 도5b에 나타난 진입점(MP)과 삽입 끝점(EP)은 서로 연동되는 자리

에 위치될 것이다.

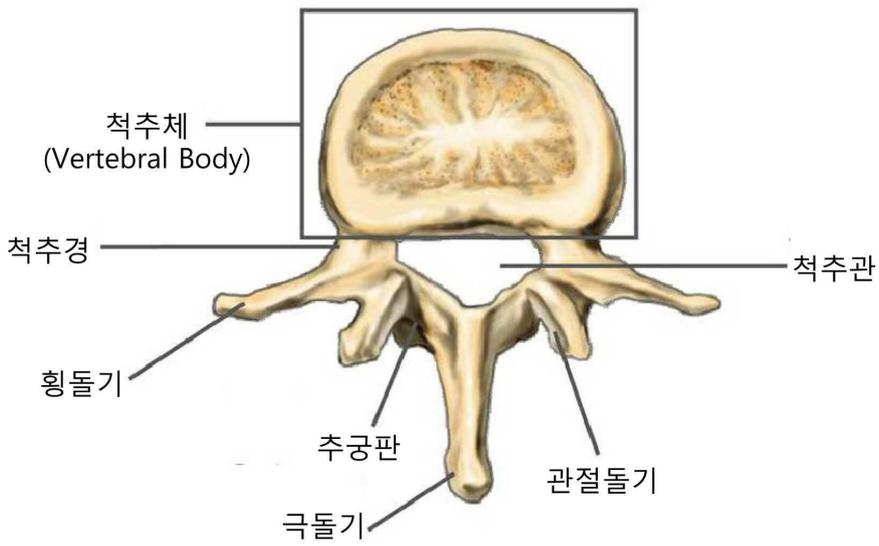
- [0047] 도6을 참조하면, AP 이미지와 LL 이미지는 수직 방향으로 환자의 척추를 촬영한 것이므로, AP 이미지상의 임의의 점( $P_{APimg}$ ), 예컨대 진입점을 X-레이 조사 방향에 역방향으로 연장시키면 소스( $S_{AP}$ )에 이르는 라인을 얻을 수 있고, LL 이미지 촬영시의 X-ray 조사 방향과 중복되는 영역과 교차하는 라인을 얻을 수 있고, 이 라인을 LL 이미지에 투영하면 제1 라인(L1)을 구할 수 있다. AP 이미지상의 임의의 점( $P_{APimg}$ ), 예컨대 진입점에 대응하는 LL 이미지 상의 진입점( $P_{LLimg}$ )은 제1 라인(L1) 상의 픽셀 중 하나이다. 따라서 AP 이미지 상에서 진입점의 위치를 변경하면 제1 라인(L1)의 위치가 변경되어 LL 이미지 상의 진입점 위치가 함께 수정된다.
- [0048] 삽입경로 제공부(20)는 AP 이미지를 디스플레이하여 시술자에게 진입점( $P_{APimg}$ )을 선택하도록 하고, 이에 대응하는 제1 라인(L1)을 LL 이미지에 표시한 후 시술자가 제1 라인(L1) 상에서 진입점( $P_{LLimg}$ )을 선택하도록 함으로써 AP 이미지와 LL 이미지에서의 진입점(MP)을 입력하도록 할 수 있다. 또한, 전술한 바와 같이, 시술자를 보조하는 의료 의사결정지원시스템(CDSS)에 기반하여 진입점(MP)을 추천하여 표시하는 방식 등으로 진입점(MP) 외에도 삽입 끝점(EP)을 표시할 수 있다.
- [0049] 이와 같이, 도5a, 도5b, 및 도6을 통해 설명된 AP 이미지와 LL 이미지 사이의 픽셀 좌표 정합은 AP 이미지 및 LL 이미지 상의 모든 픽셀에 대해서 적용될 수 있다.
- [0050] 도7a 및 도7b는 AP 이미지 상에서 삽입 끝점의 위치가 결정되는 과정을 설명하기 위한 모식도이다.
- [0051] 도7a에서 길이 방향으로 표시된 라인(SL)은 척추의 극돌기(spinous process)를 나타내며, 극돌기(SL)의 우측에 표시된 원(C)은 페디클의 위치를 표시한다. AP 이미지상 삽입 끝점(EP)은 페디클을 나타내는 원(C)과 극돌기(SL) 사이에 위치하도록 선택되고, 삽입 끝점(EP)을 중심으로 하는 타원( $ec1_1$ ) 또한 원(C)과 극돌기(SL) 사이에 위치하도록 함으로써 삽입 끝점(EP)의 위치 및 타원의 모양이 결정된다.
- [0052] 도7b를 참조하면, 제1 타원( $ec1_1$ )과 페디클을 나타내는 원(C)의 중심점을 연결하는 제2 라인(L2) 상에서 진입점(MP)이 선택될 수 있다. 삽입 끝점(EP)를 지나고 제2 라인(L2)에 직교하는 제1 타원( $ec1_1$ )의 장축과 제1 타원( $ec1_1$ )이 만나는 두 점을 각각  $EP_1$ ,  $EP_2$ 라 하고, 진입점(MP)를 지나고 제2 라인(L2)에 직교하는 제2 타원( $ec1_2$ )의 장축과 제2 타원( $ec1_2$ )이 만나는 두 점을  $MP_1$ ,  $MP_2$ 라 할 때,  $EP_1$ 과  $MP_1$ 을 연결하는 라인( $T_1$ )과  $EP_2$ 와  $MP_2$ 를 연결하는 라인( $T_2$ )을 얻을 수 있다.
- [0053] AP 이미지에서 얻은 두 점 ( $EP_1$ ,  $EP_2$ )<sub>AP</sub>와 이에 상응하는 방법으로 LL 이미지에서 얻을 수 있는 두 점 ( $EP_1$ ,  $EP_2$ )<sub>LL</sub>을 X-레이 경로를 따라 역투영하여 상호 교차하는 두 점( $EP_{1,3d}$ ,  $EP_{2,3d}$ )을 결정하고 공간 좌표를 산출한다. 이렇게 얻어진 공간 좌표상의 두 점( $EP_{1,3d}$ ,  $EP_{2,3d}$ )간의 거리를 구함으로써 페티클 스크류의 직경을 산출할 수 있다.
- [0054] 삽입 끝점(EP)을 이동시키면 제1 타원( $ec1_1$ )의 모양이 변경되고, 이에 연동되어 제2 타원( $ec1_2$ )의 모양 또한 변경된다.
- [0055] 도8은 LL 이미지 상에서 삽입 끝점에 대응하는 제3 타원( $ec1_3$ )과 진입점에 대응하는 제4 타원( $ec1_4$ )이 결정되는 과정을 설명하기 위한 모식도이다.
- [0056] AP 이미지에서 선택된 삽입 끝점과 진입점에 연동되어 LL 이미지 상에서 삽입 끝점과 진입점을 선택하는 과정은 전술한 바 있다. 마찬가지로, 도8에 표시된 제3 타원( $ec1_3$ ) 및 제4 타원의 크기( $ec1_4$ )는 AP 이미지의 제1 타원 및 제2 타원과 픽셀 정합 방법(도6을 참조로 설명된 방법)으로 결정될 수 있다. 따라서 제1~4 타원 중 1개의 타원이 중심점 이동 또는 직경변화에 의해 모양이 변경되면 나머지 3개의 타원 또한 이에 연동되어 모양이 변경된다.
- [0057] LL 이미지에서도 AP 이미지와 같은 방법으로  $T_1$ ,  $T_2$  에 대응하는 라인을 결정할 수 있다. LL 이미지에서 삽입 끝점(EP)과 진입점(MP)을 지나고 제2 라인(L2)와 척추체(vertebra body)의 이미지 상에 나타나는 수평라인(VB)와 평행하게 위치시킨다.
- [0058] 다시 도3을 참조하면, 다음 단계로 정합부(40)가 기준 좌표계를 기초로 진입점(MP) 및 삽입 끝점(EP)의 공간 좌

표를 산출한다(S3). 여기에서, 기준 좌표계는 광학추적장치(30)가 의료공간에 설치된 기준 광학마커를 인식하여 설정된다.

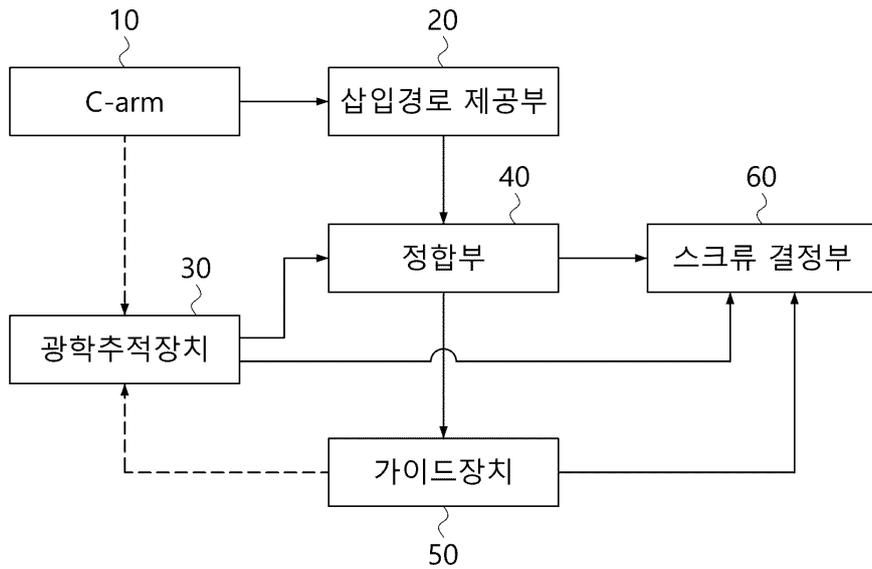
- [0059] 도9에 도시된 바와 같이, 서로 수직한 AP 이미지와 LL 이미지 상에 표시된 진입점(MP)(또는 삽입 끝점)을 X-레이 조사 방향의 역방향으로 투영하는 제3 라인(L3) 및 제4 라인(L4)의 교차점(P)을 진입점(MP)에 정합되는 공간 좌표로 구할 수 있다.
- [0060] 다만, 도9에 도시된 바와 같은 방식으로 공간 좌표를 환산하기 위해서는 AP 이미지 및 LL 이미지 촬영시의 소스 위치와 이미지가 맺히는 디텍터 평면의 위치 정보가 필요하다. 디텍터 평면의 위치를 알 수 없는 경우에는, 전술한 본 출원인의 특허출원 제2019-0028592호에 개시된 바와 같이, 공간 위치를 알 수 있는 X-레이 조사 경로상의 평면으로 와핑 알고리즘을 적용하여 이미지를 생성함으로써, 생성된 이미지를 도9에 개시된 AP 이미지나 LL 이미지로 대체할 수 있다.
- [0061] 가이드 장치(50)는 진입점 및 삽입 끝점의 공간 좌표를 기초로 페디클 스크류의 삽입 자세를 결정하고, 이에 따라 진입점을 향하여 프로브 삽입을 가이드 한다(S4).
- [0062] 의료로봇의 경우, 진입점 및 삽입 끝점의 공간 좌표를 제공받아 의료로봇이 적정 위치로 이동하고 프로브 삽입 방향을 가이드하는 프로브 그리퍼(gripper)를 삽입 자세에 맞춰 위치시킨다. 의료로봇이 주어진 좌표에 맞춰 이동하고, 진입점과 삽입 끝점을 잇는 삽입 경로를 향하여 엔드이펙터에 장착된 프로브 그리퍼의 방향을 설정하는 기술은 본 기술분야에서 주지된 기술이므로 본 명세서에서는 구체적인 설명을 생략하도록 한다. 또한, 의료로봇이 아니더라도, 공지된 브릿지 타입의 수술도구 가이드 장치(50) 등도 유사한 방식으로 제어될 수 있다.
- [0063] 스크류 결정부(60)는 프로브가 삽입됨에 따라 프로브 말단이 뼈에 맞닿기 시작하는 지점(이하, 시작점)(SP)의 좌표를 획득한다(S5).
- [0064] 도10a 및 도10b는 프로브(pr)가 삽입되어 시작점에 맞닿은 상태를 나타내는 AP 이미지 및 LL 이미지이다.
- [0065] 삽입된 프로브(pr) 말단의 위치(SP)는 프로브 삽입 깊이에 따라 변하지만, 프로브 또는 가이드 장치(50)에 부착된 광학마커를 매개로 공간 좌표로 산출될 수 있다. 프로브 말단의 공간 좌표는, 도9에 도시된 바와 같이, X-레이 조사 방향을 따라 AP 이미지 및 LL 이미지 상의 위치로 정합되어 도10a 및 도10b에 도시된 바와 같이 실시간으로 추적될 수 있다.
- [0066] 스크류 결정부(60)는 시작점(SP)의 좌표와 삽입 끝점(EP) 사이의 좌표를 기초로 두 점 사이의 거리를 계산함으로써 페디클 스크류의 길이 조건을 결정한다(S6). 페디클 스크류의 길이는 시작점의 좌표와 삽입 끝점 사이의 3D 공간상 거리와 일치하거나 이보다 소정의 크기만큼 더 큰 길이로 선택될 수 있다.
- [0067] 이상 설명한 바와 같이, 본 발명은 C-arm 이미지를 기반으로 프로브를 삽입함에 따라 스크류의 길이를 결정할 수 있을 뿐만 아니라, 프로브 삽입을 위해 설정된 가이드를 페디클 스크류를 삽입하는데 이용할 수 있기 때문에 수술을 신속하고 더욱 정확하게 수행할 수 있다.
- [0068] 지금까지 본 발명의 실시예를 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위에서 본 발명의 실시예를 변형하거나 치환할 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 보호범위는 특허청구범위에 기재된 기술적 사상 및 그 균등물에 미치는 것으로 이해되어야 할 것이다.

도면

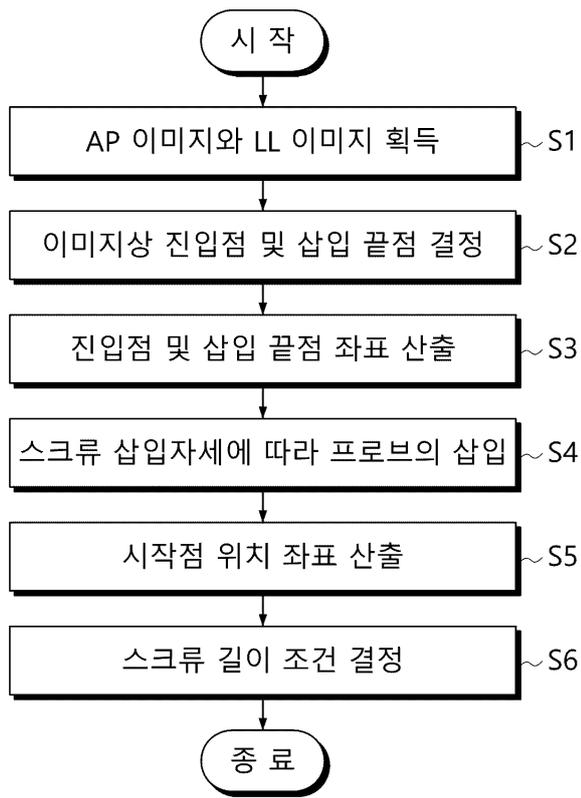
도면1



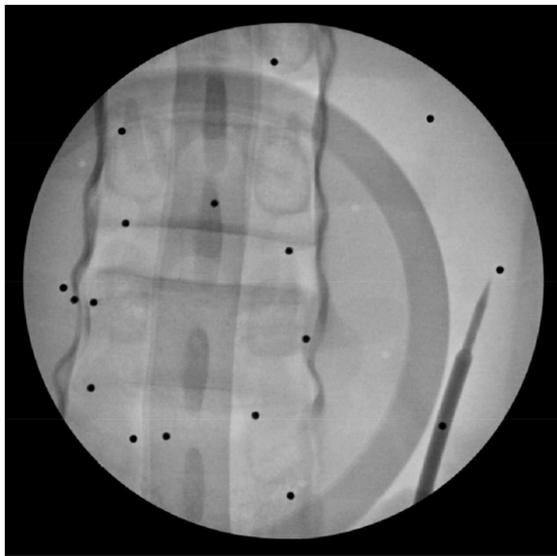
도면2



도면3

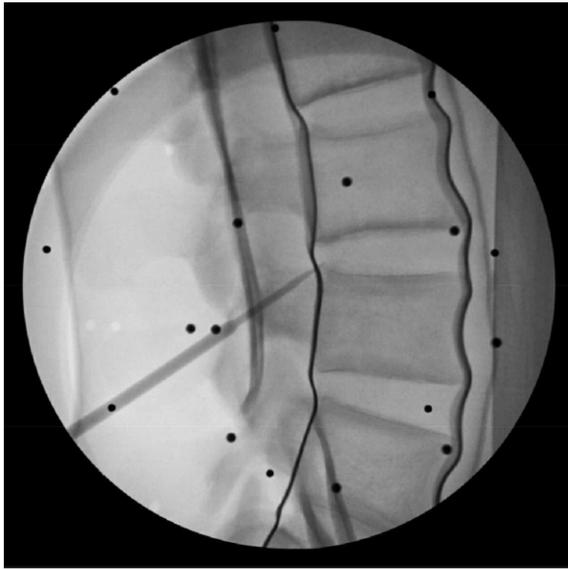


도면4a



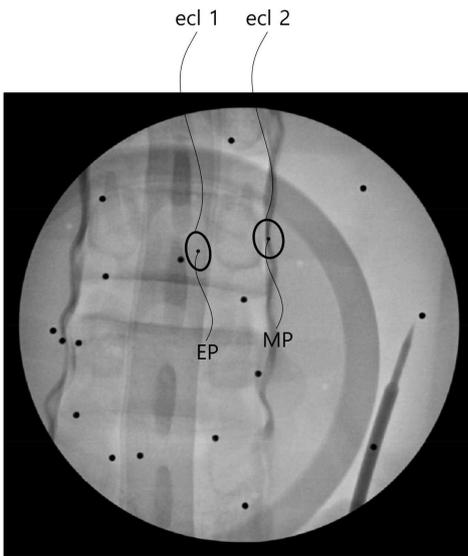
AP

도면4b



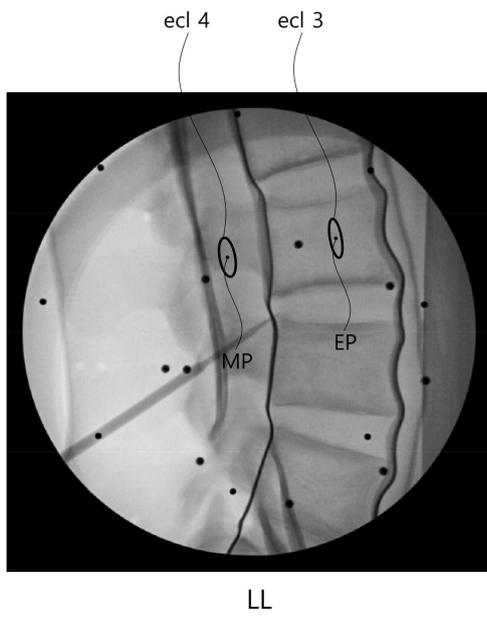
LL

도면5a

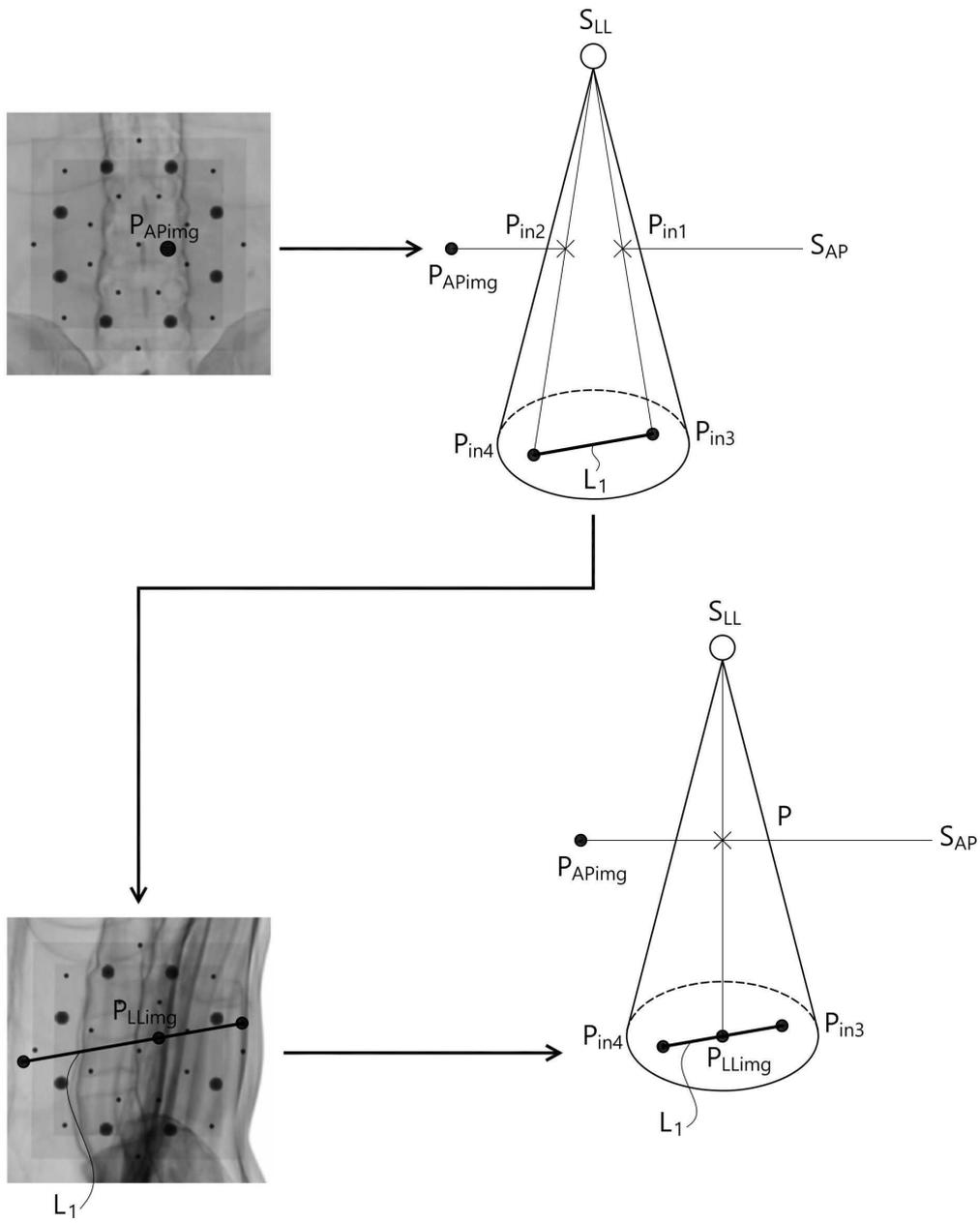


AP

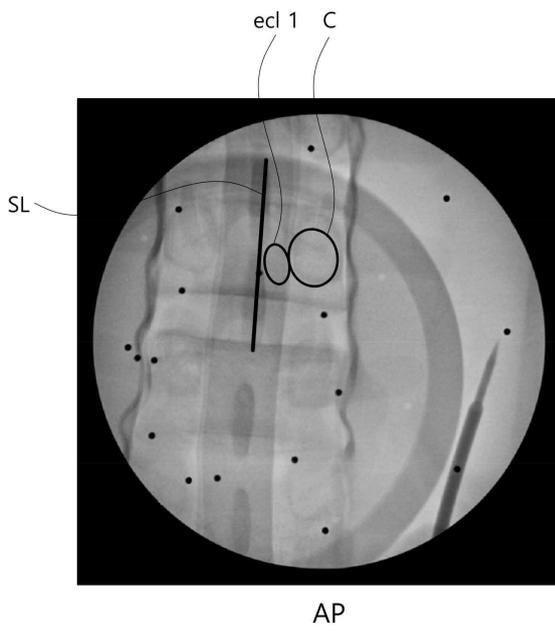
도면5b



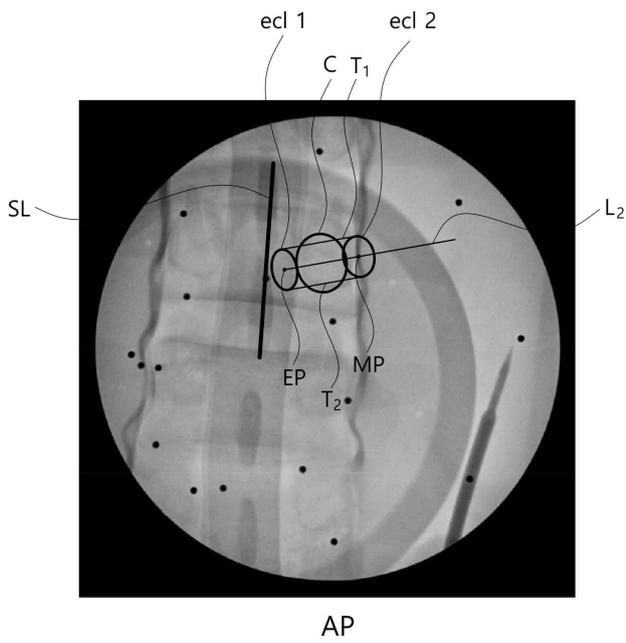
도면6



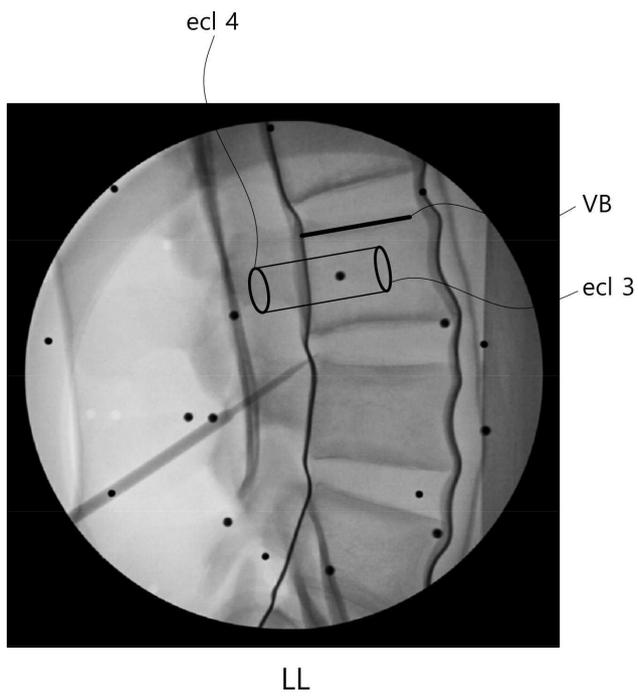
도면7a



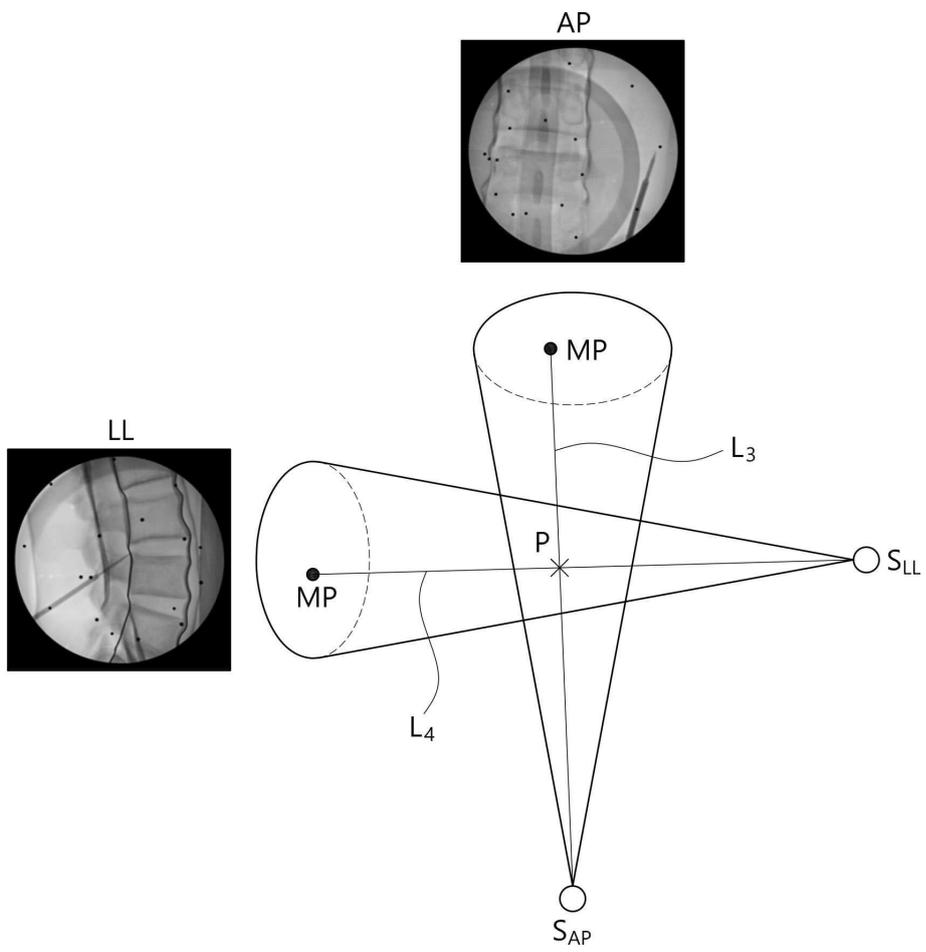
도면7b



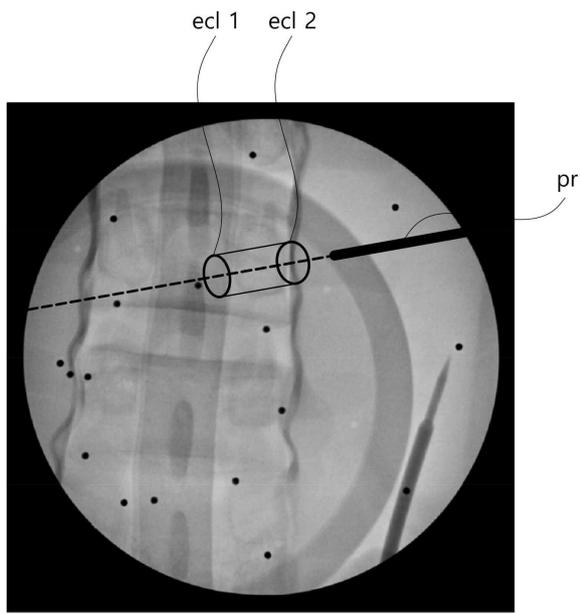
도면8



도면9

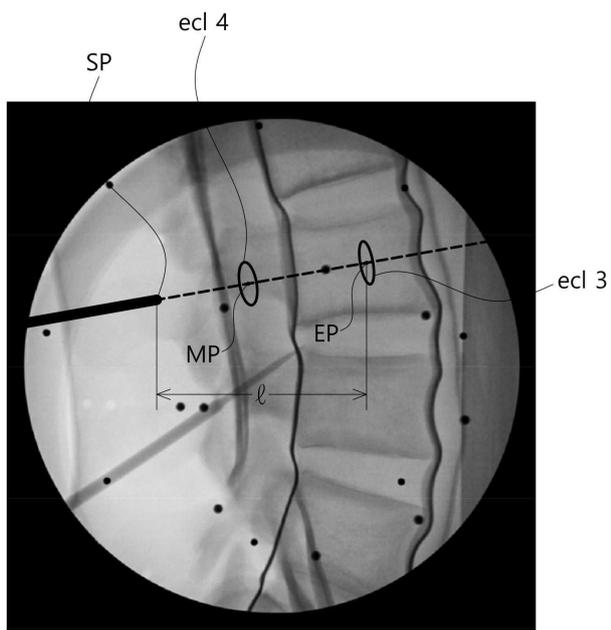


도면10a



AP

도면10b



LL