



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0078905
(43) 공개일자 2023년06월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/00 (2021.01) A61B 34/10 (2016.01)

A61B 6/00 (2006.01) A61F 2/46 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 5/4571 (2013.01)

A61B 34/10 (2016.02)

(21) 출원번호 10-2021-0166103

(22) 출원일자 2021년11월26일

심사청구일자 2021년11월26일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

김윤혁

서울특별시 서초구 서초중앙로 200 134동 305호(서초동, 삼풍아파트)

김경수

경기도 수원시 권선구 동수원로145번길 24 210동 1102호

(74) 대리인

리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 20 항

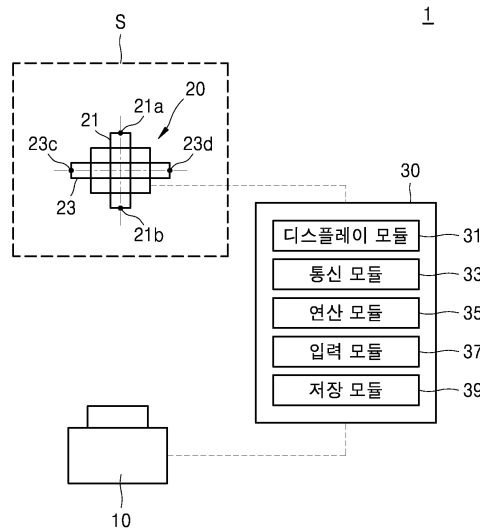
(54) 발명의 명칭 **전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법 및 장치**

(57) 요약

본 발명은 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법 및 장치에 관한 발명이다.

본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법은 대상체의 골반 후방에 수평 막대 및 수직 막대가 중심에서 연장되는 센서를 부착하는 단계, 활상부가 적어도 상기 대상체의 정면 및 측면을 포함하는 복수 개의 영상을 활상하고, 활상과 동시에 상기 센서가 자세 정보를 측정하는 단계, 제어부가 상기 대상체의 영상에 기초하여 전방 골반 평면(anterior pelvic plane)을 결정하는 단계, 상기 제어부가 상기 대상체의 영상 및 자세 정보에 기초하여 국소 좌표계를 정의하는 단계, 상기 제어부가 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합(registration)하는 단계 및 상기 제어부가 상기 센서가 실시간으로 측정하는 자세 정보에 기초하여, 전방 골반 평면의 방향을 결정하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 5/1116 (2013.01)
A61B 6/505 (2013.01)
A61B 6/5217 (2020.08)
A61B 6/5247 (2020.08)
A61F 2/4607 (2013.01)
A61F 2/4657 (2013.01)
A61B 2034/105 (2016.02)
A61B 2505/05 (2013.01)
A61B 2562/0219 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711129112
과제번호	2021R1H1A2007758
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	모바일 웨어러블 동작분석 기술을 이용한 인공고관절 수술용 척추-골반의 3차원 동
적 정렬 분석 시스템 개발	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	경희대학교(국제캠퍼스)
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

대상체의 골반 후방에 수평 막대 및 수직 막대가 중심에서 연장되는 센서를 부착하는 단계;

활상부가 적어도 상기 대상체의 정면 및 측면을 포함하는 복수 개의 영상을 활상하고, 활상과 동시에 상기 센서가 자세 정보를 측정하는 단계;

제어부가 상기 대상체의 영상에 기초하여 전방 골반 평면(anterior pelvic plane)을 결정하는 단계;

상기 제어부가 상기 대상체의 영상 및 자세 정보에 기초하여 국소 좌표계를 정의하는 단계;

상기 제어부가 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합(registration)하는 단계; 및

상기 제어부가 상기 센서가 실시간으로 측정하는 자세 정보에 기초하여, 전방 골반 평면의 방향을 결정하는 단계;를 포함하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 활상부는 상기 영상에 골반에 부착된 센서의 수평 막대의 양단과 수직 막대의 양단 및 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학점(anatomical landmark)으로서 R-ASIS(right anterior superior iliac spine), L-ASIS(left anterior superior iliac spine) 및 MPT(midpoint of the pubic tubercles)이 나타나도록 상기 영상을 활상하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 자세 정보를 측정하는 단계는 상기 센서가 6축 관성 측정 장치로서 상기 자세 정보를 오일러 각도(롤, 피치 및 요)로 나타내고,

상기 제어부가 상기 자세 정보에 기초하여 상기 수평 막대의 일단에서 타단 방향을 x축, 상기 수직 막대의 일단에서 타단 방향을 z축으로 갖는 국소 좌표계를 정의하는 단계를 더 포함하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 국소 좌표계를 정의하는 단계는 상기 제어부가 상기 국소 좌표계를 3차원 벡터로 표시하고, 이를 정규화(normalization)하여 상기 자세 정보를 3차원으로 나타내는 정규 직교 기저 벡터를 열벡터로 하는 행렬을 계산하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법.

여기서 정규 직교 기저 및 행렬은 다음과 같이 나타낸다.

$$\{u_{0,1}^{IMU}, u_{0,2}^{IMU}, u_{0,3}^{IMU}\}$$

$$U_0^{IMU} = [u_{0,1}^{IMU} : u_{0,2}^{IMU} : u_{0,3}^{IMU}]$$

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하는 단계는

상기 영상에 기초하여 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하기 위한 하나 이상의 기준점을 결정하는 단계;

상기 기준점에 기초하여 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계; 및
결정된 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하는 단계;를 포함하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 기준점을 결정하는 단계는

상기 영상에 표시된 상기 수직 막대의 양단, 상기 수평 막대의 양단 및 상기 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학점을 기준점으로서 넘버링하는 단계; 및

상기 영상에서 기 설정된 원점에서 상기 넘버링된 복수 개의 기준점까지의 거리를 픽셀 단위로 측정하는 단계;를 포함하고,

상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계는 상기 원점에서 상기 복수 개의 기준점까지의 거리에 기초하여 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정의하는 벡터를 계산하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 넘버링하는 단계는 상기 수직 막대의 상단 및 하단, 상기 수평 막대의 좌측단 및 우측단, 상기 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학점 L-ASIS, MPT 및 R-ASIS를 각각 P1 내지 P7으로 넘버링하고,

상기 픽셀 단위로 측정하는 단계는 상기 정면 영상의 원점 O_f 및 상기 측면 영상의 원점 O_s 에서 상기 복수 개의 기준점까지의 거리를 픽셀 단위로 측정하고, 원점 O_f 에서의 가로 방향 거리 및 세로 방향 거리를 각각 $NF_{(i,1)}$, $NF_{(i,2)}$ 로 나타내고, 원점 O_s 에서의 가로 방향 거리 및 세로 방향 거리를 각각 $NS_{(i,1)}$, $NS_{(i,2)}$ 로 나타내고,

상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계는 상기 영상에서 상기 수직 막대의 양단 간의 높이 차이를 단위 길이로 하여, 상기 원점과 상기 복수 개의 기준점까지의 거리를 상기 단위 길이로 나뉘어 상기 복수 개의 기준점 간의 벡터의 방향 성분을 결정하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법.

여기서 $NF_{(i,1)}$ 은 정면 영상의 가로 방향 픽셀, $NF_{(i,2)}$ 은 정면 영상의 세로 방향 픽셀, $NS_{(i,1)}$ 은 측면 영상의 가로 방향 픽셀, $NS_{(i,2)}$ 은 측면 영상의 세로 방향 픽셀을 나타내며, i 는 1 내지 7의 자연수이다.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계는 정면 영상에서의 높이 차이 $UF = NF_{(2,2)} - NF_{(1,2)}$, 측면 영상의 높이 차이 $US = NS_{(2,2)} - NS_{(1,2)}$ 를 각각 계산하고, 이에 기초하여 기준점 간의 벡터

$\overrightarrow{P_i P_j} = \left[\frac{NF_{(i,1)} - NF_{(j,1)}}{UF}, \frac{NS_{(i,1)} - NS_{(j,1)}}{US}, \frac{1}{2} \left(\frac{NF_{(i,2)} - NF_{(j,2)}}{UF} + \frac{NS_{(i,2)} - NS_{(j,2)}}{US} \right) \right]$ 를 계산하고, 이로부터 센서의 국소 좌표계를 정의하는 2개의 벡터 $v_1 = \overrightarrow{P_2 P_1}$, $v_2 = \overrightarrow{P_3 P_4}$ 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정의하는 2개의 벡터 $v_3 = \overrightarrow{P_5 P_7}$, $v_4 = \overrightarrow{P_5 P_6}$ 을 결정하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계는

상기 센서의 3차원 센서 방향을 나타내는 정규 직교 기저로서 $u_1 = \frac{v_1}{\|v_1\|}$, $u_2 = \frac{v_2}{\|v_2\|}$, $u_3 = u_1 \times u_2$ 를 계산하고,

상기 정규 직교 기저의 벡터를 열벡터로 하는 3×3 행렬로서 $U_0 = [u_1:u_2:u_3]$ 를 정의하고,

상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 벡터로서 $u_4 = \frac{v_3}{\|v_3\|}$, $u_5 = \frac{v_4}{\|v_4\|}$, $u_6 = u_4 \times u_5$ 를 계산하고,

결정된 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하는 단계는

$U_0^{IMU} = [u_{0,1}^{IMU}:u_{0,2}^{IMU}:u_{0,3}^{IMU}]$ 및 $U_0 = [u_1:u_2:u_3]$ 에 기초하여 3차원 공간과 상기 영상에서의 센서의 국소 좌표계를 정합하는 단계; 및

$U_0 = [u_1:u_2:u_3]$ 및 u_6, u_4 에 기초하여 상기 영상에서의 상기 센서의 국소 좌표계와 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하는 단계;를 포함하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법.

청구항 10

제1 항에 있어서,

상기 전방 골반 평면의 방향을 결정하는 단계는 상기 센서가 실시간으로 측정하는 상기 센서의 자세 정보에 기초하여 상기 센서의 3차원 방향을 나타내는 정규 직교 기저 $\{u_1^{IMU}, u_2^{IMU}, u_3^{IMU}\}$ 를 계산하고 이로부터 상기 정규 직교 기저의 벡터를 열벡터로 하는 3×3 행렬로서 $U^{IMU} = [u_1^{IMU}:u_2^{IMU}:u_3^{IMU}]$ 를 정의하고, 이로부터 전방 골반 평면의 법선 방향을 나타내는 벡터 및 전방 골반 평면을 결정하는 해부학점의 방향을 나타내는 벡터의 위도 및 경도를 결정하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법.

청구항 11

대상체의 영상을 촬상하는 촬상부, 상기 대상체에 부착되어 자세 정보를 측정하는 센서 및 제어부를 포함하고,

상기 촬상부는 상기 대상체의 정면 및 측면을 포함하는 복수 개의 영상을 촬상하고,

상기 센서는 중심에서 연장되는 수평 막대 및 수직 막대를 구비하고, 대상체의 골반 후방에 부착되며, 상기 촬상부가 영상을 촬상함과 동시에 상기 자세 정보를 측정하고,

상기 제어부는 상기 대상체의 영상에 기초하여 전방 골반 평면을 결정하고, 상기 대상체의 영상 및 자세 정보에 기초하여 국소 좌표계를 정의하고, 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하고, 상기 센서가 실시간으로 측정하는 자세 정보에 기초하여, 전방 골반 평면의 방향을 결정하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치.

청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 촬상부는 상기 영상에서 골반에 부착된 센서의 수평 막대의 양단과 수직 막대의 양단 및 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학점으로서 R-ASIS, L-ASIS 및 MPT이 확인되도록 상기 영상을 촬상하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치.

청구항 13

제11 항에 있어서,

상기 센서는 6축 관성 측정 장치로서 상기 자세 정보를 오일러 각도(롤, 피치 및 요)로 표시하고,

상기 제어부는 상기 자세 정보에 기초하여 상기 수평 막대의 일단에서 타단 방향을 x축, 상기 수직 막대의 일단

에서 타단 방향을 z 축으로 갖는 국소 좌표계를 정의하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치.

청구항 14

제13 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 국소 좌표계를 3차원 벡터로 표시하고, 이를 정규화하여 상기 자세 정보를 3차원으로 나타내는 정규 직교 기저 벡터를 열벡터로 하는 행렬을 계산하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치.

여기서 정규 직교 기저 및 행렬은 다음과 같이 나타낸다.

$$\{u_{0,1}^{IMU}, u_{0,2}^{IMU}, u_{0,3}^{IMU}\}$$

$$U_0^{IMU} = [u_{0,1}^{IMU} : u_{0,2}^{IMU} : u_{0,3}^{IMU}]$$

청구항 15

제11 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 영상에 기초하여 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하기 위한 하나 이상의 기준점을 결정하고, 상기 기준점에 기초하여 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하고, 결정된 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치.

청구항 16

제15 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 영상에 표시된 상기 수직 막대의 양단, 상기 수평 막대의 양단 및 상기 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학점을 기준점으로서 넘버링하고, 상기 영상에서 기 설정된 원점에서 상기 넘버링된 복수 개의 기준점까지의 거리를 픽셀 단위로 측정하고, 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계는 상기 원점에서 상기 복수 개의 기준점까지의 거리에 기초하여 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정의하는 벡터를 계산하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치.

청구항 17

제16 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 수직 막대의 상단 및 하단, 상기 수평 막대의 좌측단 및 우측단, 상기 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학점 L-ASIS, MPT 및 R-ASIS를 각각 P1 내지 P7으로 넘버링하고, 상기 정면 영상의 원점 O_f 및 상기 측면 영상의 원점 O_s 에서 상기 복수 개의 기준점까지의 거리를 픽셀 단위로 측정하고, 원점 O_f 에서의 가로 방향 거리 및 세로 방향 거리를 각각 $NF_{(i,1)}$, $NF_{(i,2)}$ 로 나타내고, 원점 O_s 에서의 가로 방향 거리 및 세로 방향 거리를 각각 $NS_{(i,1)}$, $NS_{(i,2)}$ 로 나타내고, 상기 영상에서 상기 수직 막대의 양단 간의 높이 차이를 단위 길이로 하여, 상기 원점과 상기 복수 개의 기준점까지의 거리를 상기 단위 길이로 나눠 상기 복수 개의 기준점 간의 벡터의 방향 성분을 결정하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치.

여기서 $NF_{(i,1)}$ 은 정면 영상의 가로 방향 픽셀, $NF_{(i,2)}$ 은 정면 영상의 세로 방향 픽셀, $NS_{(i,1)}$ 은 측면 영상의 가로 방향 픽셀, $NS_{(i,2)}$ 은 측면 영상의 세로 방향 픽셀을 나타내며, i 는 1 내지 7의 자연수이다.

청구항 18

제17 항에 있어서,

상기 제어부는 정면 영상에서의 높이 차이 $UF = NF_{(2,2)} - NF_{(1,2)}$, 측면 영상의 높이 차이

$US = NS_{(2,2)} - NS_{(1,2)}$ 를 각각 계산하고, 이에 기초하여 기준점 간의 벡터

$\overrightarrow{P_i P_j} = \left[\frac{NF_{(i,1)} - NF_{(j,1)}}{UF}, \frac{NS_{(i,1)} - NS_{(j,1)}}{US}, \frac{1}{2} \left(\frac{NF_{(i,2)} - NF_{(j,2)}}{UF} + \frac{NS_{(i,2)} - NS_{(j,2)}}{US} \right) \right]$ 를 계산하고, 이로부터 센서의 국소 좌표계를 정의하는 2개의 벡터 $v_1 = \overrightarrow{P_2 P_1}$, $v_2 = \overrightarrow{P_3 P_4}$ 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정의하는 2개의 벡터 $v_3 = \overrightarrow{P_5 P_7}$, $v_4 = \overrightarrow{P_5 P_6}$ 을 결정하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치.

청구항 19

제18 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 센서의 3차원 센서 방향을 나타내는 정규 직교 기저로서 $u_1 = \frac{v_1}{\|v_1\|}$, $u_2 = \frac{v_2}{\|v_2\|}$, $u_3 = u_1 \times u_2$ 를 계산하고, 상기 정규 직교 기저의 벡터를 열벡터로 하는 3×3 행렬로서 $U_0 = [u_1 : u_2 : u_3]$ 를 정의하고, 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 벡터로서 $u_4 = \frac{v_3}{\|v_3\|}$, $u_5 = \frac{v_4}{\|v_4\|}$, $u_6 = u_4 \times u_5$ 를 계산하고, $U_0^{IMU} = [u_{0,1}^{IMU} : u_{0,2}^{IMU} : u_{0,3}^{IMU}]$ 및 $U_0 = [u_1 : u_2 : u_3]$ 에 기초하여 3차원 공간과 상기 영상에서의 센서의 국소 좌표계를 정합하고, $U_0 = [u_1 : u_2 : u_3]$ 및 u_6 , u_4 에 기초하여 상기 영상에서의 상기 센서의 국소 좌표계와 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치.

청구항 20

제11 항에 있어서,

상기 제어부는 상기 센서가 실시간으로 측정하는 상기 센서의 자세 정보에 기초하여 상기 센서의 3차원 방향을 나타내는 정규 직교 기저 $\{u_1^{IMU}, u_2^{IMU}, u_3^{IMU}\}$ 를 계산하고 이로부터 상기 정규 직교 기저의 벡터를 열벡터로 하는 3×3 행렬로서 $U^{IMU} = [u_1^{IMU} : u_2^{IMU} : u_3^{IMU}]$ 를 정의하고, 이로부터 전방 골반 평면의 법선 방향을 나타내는 벡터 및 전방 골반 평면을 결정하는 해부학점의 방향을 나타내는 벡터의 위도 및 경도를 결정하는, 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전방 골반 평면의 3차원 방향을 실시간으로 측정할 수 있는 방법 및 장치에 관한 발명이다.

배경 기술

[0002] 전방 골반 평면(anterior pelvic plane)은 골반의 위앞엉덩뼈가시(전상 장골 극, anterior superior iliac spines, ASISs)와 두덩결합(치골결합, pubic symphysis, PS)를 지나는 평면(plane)으로 결정된다.

[0003] 고관절 전치환술(Total hip replacement)에서 대퇴골 부분 비구에 해당하는 삽입물(implant)의 위치와 방향, 특히 전방경사각(anteversion)을 결정하는 것이 매우 중요한데, 일반적으로 서있는 자세(standing posture)에서 촬영한 측면 X-ray 사진에서 측정한 전방 골반 평면(anterior pelvic plane)과 관상면(coronal plane) 사이의 각도를 이용하여 수술계획을 수립한다. 이와 같이 인공 고관절 수술에서 전방 골반 평면은 수술 계획의 지표로 중요하게 사용된다.

[0004] 그러나 종래에는 특정 자세에서의 2차원 각도를 측정하여 인공 고관절 수술에 제한적인 정보를 제공하는 것에 그친다. 실제 인체는 실시간으로 3차원 움직임을 보이므로, 인공 고관절 수술의 성공률을 향상시키기 위해서는 걷기, 계단 오르기 등 동작 중 전방 골반 평면(anterior pelvic plane)의 3차원 방향(orientation) 정보를 실시간으로 측정하는 기술이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 KR 10-0617490 B1

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위한 발명으로, 전방 골반 평면의 3차원 방향 정보를 실시간으로 측정함으로써, 인공 고관절 수술의 성공률을 향상시킬 수 있는 발명을 제공할 수 있다.

[0007] 다만 이러한 과제는 예시적이며 본 발명에서 해결하고자 하는 과제는 이에 한정되지 않는다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법은 대상체의 골반 후방에 수평 막대 및 수직 막대가 중심에서 연장되는 센서를 부착하는 단계, 활상부가 적어도 상기 대상체의 정면 및 측면을 포함하는 복수 개의 영상을 활상하고, 활상과 동시에 상기 센서가 자세 정보를 측정하는 단계, 제어부가 상기 대상체의 영상에 기초하여 전방 골반 평면(anterior pelvic plane)을 결정하는 단계, 상기 제어부가 상기 대상체의 영상 및 자세 정보에 기초하여 국소 좌표계를 정의하는 단계, 상기 제어부가 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합(registration)하는 단계 및 상기 제어부가 상기 센서가 실시간으로 측정하는 자세 정보에 기초하여, 전방 골반 평면의 방향을 결정하는 단계를 포함한다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법에 있어서, 상기 활상부는 상기 영상에 골반에 부착된 센서의 수평 막대의 양단과 수직 막대의 양단 및 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학 점(anatomical landmark)으로서 R-ASIS(right anterior superior iliac spine), L-ASIS(left anterior superior iliac spine) 및 MPT(midpoint of the pubic tubercles)이 나타나도록 상기 영상을 활상할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법에 있어서, 상기 자세 정보를 측정하는 단계는 상기 센서가 6축 관성 측정 장치로서 상기 자세 정보를 오일러 각도(롤, 피치 및 요)로 나타내고, 상기 제어부가 상기 자세 정보에 기초하여 상기 수평 막대의 일단에서 타단 방향을 x축, 상기 수직 막대의 일단에서 타단 방향을 z축으로 갖는 국소 좌표계를 정의하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법에 있어서, 상기 국소 좌표계를 정의하는 단계는 상기 제어부가 상기 국소 좌표계를 3차원 벡터로 표시하고, 이를 정규화(normalization)하여 상기 자세 정보를 3차원으로 나타내는 정규 직교 기저 벡터를 열벡터로 하는 행렬을 계산할 수 있다. 여기서 정규 직교 기저 및 행렬은 다음과 같이 나타낸다.

$$[0012] \{u_{0,1}^{IMU}, u_{0,2}^{IMU}, u_{0,3}^{IMU}\}$$

$$[0013] U_0^{IMU} = [u_{0,1}^{IMU} : u_{0,2}^{IMU} : u_{0,3}^{IMU}]$$

[0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법에 있어서, 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하는 단계는 상기 영상에 기초하여 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하기 위한 하나 이상의 기준점을 결정하는 단계, 상기 기준점에 기초하여 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계 및 결정된 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법에 있어서, 상기 기준점을 결정하는 단계는 상기 영상에 표시된 상기 수직 막대의 양단, 상기 수평 막대의 양단 및 상기 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학점을 기준점으로서 넘버링하는 단계 및 상기 영상에서 기 설정된 원점에서 상기 넘버링된 복수 개의 기준점까지의 거리를 픽셀 단위로 측정하는 단계를 포함하고, 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계는 상기 원점에서 상기 복수 개의 기준점까지의 거리에 기초하여 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정의하는 벡터를 계산할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법에 있어서, 상기 넘버링하는 단계는

상기 수직 막대의 상단 및 하단, 상기 수평 막대의 좌측단 및 우측단, 상기 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학적 L-ASIS, MPT 및 R-ASIS를 각각 P1 내지 P7으로 넘버링하고, 상기 픽셀 단위로 측정하는 단계는 상기 정면 영상의 원점 O_f 및 상기 측면 영상의 원점 O_s 에서 상기 복수 개의 기준점까지의 거리를 픽셀 단위로 측정하고, 원점 O_f 에서의 가로 방향 거리 및 세로 방향 거리를 각각 $NF_{(i,1)}$, $NF_{(i,2)}$ 로 나타내고, 원점 O_s 에서의 가로 방향 거리 및 세로 방향 거리를 각각 $NS_{(i,1)}$, $NS_{(i,2)}$ 로 나타내고, 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계는 상기 영상에서 상기 수직 막대의 양단 간의 높이 차이를 단위 길이로 하여, 상기 원점과 상기 복수 개의 기준점까지의 거리를 상기 단위 길이로 나뉘어 상기 복수 개의 기준점 간의 벡터의 방향 성분을 결정할 수 있다. 여기서 $NF_{(i,1)}$ 은 정면 영상의 가로 방향 픽셀, $NF_{(i,2)}$ 은 정면 영상의 세로 방향 픽셀, $NS_{(i,1)}$ 은 측면 영상의 가로 방향 픽셀, $NS_{(i,2)}$ 은 측면 영상의 세로 방향 픽셀을 나타내며, i 는 1 내지 7의 자연수이다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법에 있어서, 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계는 정면 영상에서의 높이 차이 $UF = NF_{(2,2)} - NF_{(1,2)}$, 측면 영상의 높이 차이 $US = NS_{(2,2)} - NS_{(1,2)}$ 를 각각 계산하고, 이에 기초하여 기준점 간의 벡터 $\overrightarrow{P_i P_j} = \left[\frac{NF_{(i,1)} - NF_{(j,1)}}{UF}, \frac{NS_{(i,1)} - NS_{(j,1)}}{US}, \frac{1}{2} \left(\frac{NF_{(i,2)} - NF_{(j,2)}}{UF} + \frac{NS_{(i,2)} - NS_{(j,2)}}{US} \right) \right]$ 를 계산하고, 이로부터 센서의 국소 좌표계를 정의하는 2개의 벡터 $v_1 = \overrightarrow{P_2 P_1}$, $v_2 = \overrightarrow{P_3 P_4}$ 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정의하는 2개의 벡터 $v_3 = \overrightarrow{P_5 P_7}$, $v_4 = \overrightarrow{P_6 P_6}$ 을 결정할 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법에 있어서, 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계는 상기 센서의 3차원 센서 방향을 나타내는 정규 직교 기저로서 $u_1 = \frac{v_1}{\|v_1\|}$, $u_2 = \frac{v_2}{\|v_2\|}$, $u_3 = u_1 \times u_2$ 를 계산하고, 상기 정규 직교 기저의 벡터를 열벡터로 하는 3×3 행렬로서 $U_0 = [u_1 : u_2 : u_3]$ 를 정의하고, 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 벡터로서 $u_4 = \frac{v_3}{\|v_3\|}$, $u_5 = \frac{v_4}{\|v_4\|}$, $u_6 = u_4 \times u_5$ 를 계산하고, 결정된 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하는 단계는 $U_0^{IMU} = [u_{0,1}^{IMU} : u_{0,2}^{IMU} : u_{0,3}^{IMU}]$ 및 $U_0 = [u_1 : u_2 : u_3]$ 에 기초하여 3차원 공간과 상기 영상에서의 센서의 국소 좌표계를 정합하는 단계 및 $U_0 = [u_1 : u_2 : u_3]$ 및 u_6, u_4 에 기초하여 상기 영상에서의 상기 센서의 국소 좌표계와 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법에 있어서, 상기 전방 골반 평면의 방향을 결정하는 단계는 상기 센서가 실시간으로 측정하는 상기 센서의 자세 정보에 기초하여 상기 센서의 3차원 방향을 나타내는 정규 직교 기저 $\{u_1^{IMU}, u_2^{IMU}, u_3^{IMU}\}$ 를 계산하고 이로부터 상기 정규 직교 기저의 벡터를 열벡터로 하는 3×3 행렬로서 $U^{IMU} = [u_1^{IMU} : u_2^{IMU} : u_3^{IMU}]$ 를 정의하고, 이로부터 전방 골반 평면의 법선 방향을 나타내는 벡터 및 전방 골반 평면을 결정하는 해부학적 방향을 나타내는 벡터의 위도 및 경도를 결정할 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치는 대상체의 영상을 촬상하는 촬상부, 상기 대상체에 부착되어 자세 정보를 측정하는 센서 및 제어부를 포함하고, 상기 촬상부는 상기 대상체의 정면 및 측면을 포함하는 복수 개의 영상을 촬상하고, 상기 센서는 중심에서 연장되는 수평 막대 및 수직 막대를 구비하고, 대상체의 골반 후방에 부착되며, 상기 촬상부가 영상을 촬상함과 동시에 상기 자세 정보를 측정하고, 상기 제어부는 상기 대상체의 영상에 기초하여 전방 골반 평면을 결정하고, 상기 대상체의 영상 및 자세 정보에 기초하여 국소 좌표계를 정의하고, 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하고, 상기 센서가 실시간으로 측정하는 자세 정보에 기초하여, 전방 골반 평면의 방향을 결정한다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치에 있어서, 상기 촬상부는 상기 영상에서 골반에 부착된 센서의 수평 막대의 양단과 수직 막대의 양단 및 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부

학점으로서 R-ASIS, L-ASIS 및 MPT이 확인되도록 상기 영상을 촬상할 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치에 있어서, 상기 센서는 6축 관성 측정 장치로서 상기 자세 정보를 오일러 각도(롤, 피치 및 요)로 표시하고, 상기 제어부는 상기 자세 정보에 기초하여 상기 수평 막대의 일단에서 타단 방향을 x축, 상기 수직 막대의 일단에서 타단 방향을 z축으로 갖는 국소 좌표계를 정의할 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치에 있어서, 상기 제어부는 상기 국소 좌표계를 3차원 벡터로 표시하고, 이를 정규화하여 상기 자세 정보를 3차원으로 나타내는 정규 직교 기저 벡터를 열벡터로 하는 행렬을 계산할 수 있다. 여기서 정규 직교 기저 및 행렬은 다음과 같이 나타낸다.

$$[0024] \{u_{0,1}^{IMU}, u_{0,2}^{IMU}, u_{0,3}^{IMU}\}$$

$$[0025] U_0^{IMU} = [u_{0,1}^{IMU} : u_{0,2}^{IMU} : u_{0,3}^{IMU}]$$

[0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치에 있어서, 상기 제어부는 상기 영상에 기초하여 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하기 위한 하나 이상의 기준점을 결정하고, 상기 기준점에 기초하여 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하고, 결정된 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합할 수 있다.

[0027] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치에 있어서, 상기 제어부는 상기 영상에 표시된 상기 수직 막대의 양단, 상기 수평 막대의 양단 및 상기 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학점을 기준점으로서 넘버링하고, 상기 영상에서 기 설정된 원점에서 상기 넘버링된 복수 개의 기준점까지의 거리를 픽셀 단위로 측정하고, 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계는 상기 원점에서 상기 복수 개의 기준점까지의 거리에 기초하여 상기 센서의 국소 좌표계 및 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정의하는 벡터를 계산할 수 있다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치에 있어서, 상기 제어부는 상기 수직 막대의 상단 및 하단, 상기 수평 막대의 좌측단 및 우측단, 상기 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학점 L-ASIS, MPT 및 R-ASIS를 각각 P1 내지 P7으로 넘버링하고, 상기 정면 영상의 원점 O_f 및 상기 측면 영상의 원점 O_s 에서 상기 복수 개의 기준점까지의 거리를 픽셀 단위로 측정하고, 원점 O_f 에서의 가로 방향 거리 및 세로 방향 거리를 각각 $NF_{(i,1)}$, $NF_{(i,2)}$ 로 나타내고, 원점 O_s 에서의 가로 방향 거리 및 세로 방향 거리를 각각 $NS_{(i,1)}$, $NS_{(i,1)}$ 로 나타내고, 상기 영상에서 상기 수직 막대의 양단 간의 높이 차이를 단위 길이로 하여, 상기 원점과 상기 복수 개의 기준점까지의 거리를 상기 단위 길이로 나뉘어 상기 복수 개의 기준점 간의 벡터의 방향 성분을 결정할 수 있다. 여기서 $NF_{(i,1)}$ 은 정면 영상의 가로 방향 픽셀, $NF_{(i,2)}$ 은 정면 영상의 세로 방향 픽셀, $NS_{(i,1)}$ 은 측면 영상의 가로 방향 픽셀, $NS_{(i,1)}$ 은 측면 영상의 세로 방향 픽셀을 나타내며, i 는 1 내지 7의 자연수이다.

[0029] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치에 있어서, 상기 제어부는 정면 영상에서의 높이 차이 $UF = NF_{(2,2)} - NF_{(1,2)}$, 측면 영상의 높이 차이 $US = NS_{(2,2)} - NS_{(1,2)}$ 를 각각 계산하고, 이에 기초하여 기준점 간의 벡터 $\overrightarrow{P_i P_j} = \left[\frac{NF_{(i,1)} - NF_{(j,1)}}{UF}, \frac{NS_{(i,1)} - NS_{(j,1)}}{US}, \frac{1}{2} \left(\frac{NF_{(i,2)} - NF_{(j,2)}}{UF} + \frac{NS_{(i,2)} - NS_{(j,2)}}{US} \right) \right]$ 를 계산하고, 이로부터 센서의 국소 좌표계를 정의하는 2개의 벡터 $v_1 = \overrightarrow{P_2 P_1}$, $v_2 = \overrightarrow{P_3 P_4}$ 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정의하는 2개의 벡터 $v_3 = \overrightarrow{P_5 P_7}$, $v_4 = \overrightarrow{P_5 P_6}$ 을 결정할 수 있다.

[0030] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치에 있어서, 상기 제어부는 상기 센서의 3차원 센서 방향을 나타내는 정규 직교 기저로서 $u_1 = \frac{v_1}{\|v_1\|}$, $u_2 = \frac{v_2}{\|v_2\|}$, $u_3 = u_1 \times u_2$ 를 계산하고, 상기 정규 직교 기저의 벡터를 열벡터로 하는 3×3 행렬로서 $U_0 = [u_1 : u_2 : u_3]$ 를 정의하고, 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 벡터로서 $u_4 = \frac{v_3}{\|v_3\|}$, $u_5 = \frac{v_4}{\|v_4\|}$, $u_6 = u_4 \times u_5$ 를 계산하고,

$U_0^{IMU} = [u_{0,1}^{IMU} : u_{0,2}^{IMU} : u_{0,3}^{IMU}]$ 및 $U_0 = [u_1 : u_2 : u_3]$ 에 기초하여 3차원 공간과 상기 영상에서의 센서의 국소 좌표계를 정합하고, $U_0 = [u_1 : u_2 : u_3]$ 및 u_6, u_4 에 기초하여 상기 영상에서의 상기 센서의 국소 좌표계와 상기 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합할 수 있다.

[0031] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치에 있어서, 상기 제어부는 상기 센서가 실시간으로 측정하는 상기 센서의 자세 정보에 기초하여 상기 센서의 3차원 방향을 나타내는 정규 직교 기저 $\{u_1^{IMU}, u_2^{IMU}, u_3^{IMU}\}$ 를 계산하고 이로부터 상기 정규 직교 기저의 벡터를 열벡터로 하는 3×3 행렬로서 $U^{IMU} = [u_1^{IMU} : u_2^{IMU} : u_3^{IMU}]$ 를 정의하고, 이로부터 전방 골반 평면의 법선 방향을 나타내는 벡터 및 전방 골반 평면을 결정하는 해부학점의 방향을 나타내는 벡터의 위도 및 경도를 결정할 수 있다.

[0032] 전술한 것 외의 다른 측면, 특징, 이점이 이하의 도면, 청구범위 및 발명의 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

발명의 효과

[0033] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치 및 방법은 센서와 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하여, 대상체의 자세가 변하더라도 전방 골반 평면의 방향을 나타내는 벡터를 실시간으로 출력할 수 있다. 이를 통해 특정 자세에 국한하는 것이 아니라, 동적 3차원 전방 골반 평면의 방향 측정 기술을 구현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치를 나타낸다.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법을 나타낸다.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 대상체의 정면 영상을 나타낸다.
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 대상체의 측면 영상을 나타낸다.
 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 좌표계에서의 위도 및 경도를 나타낸다.
 도 6 및 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 계산한 전방 골반 평면의 방향을 결정하는 벡터를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 발명의 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시예로 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 일 실시예에 도시되어 있다 하더라도, 동일한 구성요소에 대하여서는 동일한 식별부호를 사용한다.

[0036] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 하며, 도면을 참조하여 설명할 때 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0037] 이하의 실시예에서, 제1, 제2 등의 용어는 한정적인 의미가 아니라 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하는 목적으로 사용되었다.

[0038] 이하의 실시예에서, 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0039] 이하의 실시예에서, 포함하다 또는 가지다 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것이고, 하나 이상의 다른 특징들 또는 구성요소가 부가될 가능성을 미리 배제하는 것은 아니다.

[0040] 도면에서는 설명의 편의를 위하여 구성 요소들이 그 크기가 과장 또는 축소될 수 있다. 예컨대, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다.

[0041] 이하의 실시예에서, x축, y축 및 z축은 직교 좌표계 상의 세 축으로 한정되지 않고, 이를 포함하는 넓은 의미로 해석될 수 있다. 예를 들어, x축, y축 및 z축은 서로 직교할 수도 있지만, 서로 직교하지 않는 서로 다른 방향

을 지칭할 수도 있다.

- [0042] 어떤 실시예가 달리 구현 가능한 경우에 특정한 공정 순서는 설명되는 순서와 다르게 수행될 수도 있다. 예를 들어, 연속하여 설명되는 두 공정이 실질적으로 동시에 수행될 수도 있고, 설명되는 순서와 반대의 순서로 진행될 수 있다.
- [0043] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치(1)를 나타내고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법을 나타내고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 대상체(S)의 정면 영상을 나타내고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 대상체(S)의 측면 영상을 나타내고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 좌표계에서의 위도 및 경도를 나타내고, 도 6 및 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 계산한 전방 경사 평면의 방향을 결정하는 벡터를 나타낸다.
- [0044] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면(anterior pelvic plane, APP)의 3차원 방향 실시간 측정 방법 및 장치(1, 이하 '실시간 측정 방법 및 장치'라고도 함)는 인공 고관절 수술 등을 실시하는데 있어서 평가 지표로 활용되는 전방 골반 평면의 3차원 방향을 실시간으로 측정하는데 이용될 수 있다.
- [0045] 전방 골반 평면은 3개의 해부학적(anatomical landmark)으로서 R-ASIS(right anterior superior iliac spine), L-ASIS(left anterior superior iliac spine) 및 MPT(midpoint of the pubic tubercles)을 지나는 평면으로 결정될 수 있다. 예를 들어 전방 골반 평면은 2개의 ASIS와 MPT를 지나는 노란색 평면으로 표시될 수 있다.
- [0046] 본 발명의 일 실시예에 따른 실시간 측정 장치(1)는 촬상부(10), 센서(20) 및 제어부(30)를 포함한다.
- [0047] 촬상부(10)는 대상체(S)의 영상을 촬상할 수 있다. 여기서 대상체(S)는 특별히 한정하지 않으며, 인간 또는 동물일 수 있다. 촬상부(10)는 의료 영상을 촬상하는 기기로서, X-ray 장치 또는 CT, MRI 장치일 수 있다. 이하에서는 설명의 편의를 위해 촬상부(10)가 환자인 대상체(S)의 X-ray 영상을 촬상하는 경우를 중심으로 설명한다. 촬상부(10)는 대상체(S)의 정면 영상 및 측면 영상을 포함하는 복수 개의 영상을 촬상할 수 있다. 여기서 대상체(S)는 똑바로 서있는 자세(neutral standing posture)이며, 촬상부(10)는 이 상태에서 영상을 촬상할 수 있다.
- [0048] 일 실시예로 촬상부(10)는 영상에 골반에 부착된 센서(20)의 수직 막대(21)의 양단과 수평 막대(23)의 양단 및 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학적 R-ASIS, L-ASIS 및 MPT이 나타나도록 영상을 촬상할 수 있다.
- [0049] 센서(20)는 대상체(S)에 부착되어, 자세 정보를 실시간으로 감지할 수 있다. 예를 들어 센서(20)는 대상체(S)의 골반 후방 일측에 부착될 수 있다. 일 실시예로 센서(20)는 관성 측정 장치(IMU, Inertial Measurement Unit)를 이용하는 센서일 수 있다. 센서(20)는 하나 이상의 가속도계와 하나 이상의 자이로 센서를 포함함으로써 대상체(S)의 자세, 보다 구체적으로 롤(roll), 피치(pitch) 및 요(yaw) 기울기를 실시간으로 측정할 수 있다.
- [0050] 일 실시예로 센서(20)는 3축 가속도계와 3축 자이로 센서를 포함하는 6축 센서일 수 있다. 그리고 센서(20)는 자세 정보를 ZYX 순서로 오일러 각도인 롤, 피치 및 요로 각각 나타낼 수 있다.
- [0051] 일 실시예로 센서(20)는 수평 방향으로 연장되는 막대(21)와 수직 방향으로 연장되는 막대(23)를 포함할 수 있다. 도 1에 나타낸 바와 같이, 수직 막대(21)와 수평 막대(23)는 서로 수직으로 교차하여 십자가 형태로 센서(20)에 배치될 수 있다. 일 실시예로 수직 막대(21) 및 수평 막대(23)는 센서(20)의 중심에서 각각 동일 또는 상이한 길이만큼 연장될 수 있다.
- [0052] 일 실시예로 수직 막대(21)의 일단(21a)과 타단(21b) 및 수평 막대(23)의 일단(23a)과 타단(23b)에는 각각 금속 포인트가 배치될 수 있다. 도 1에 나타낸 바와 같이, 각각의 금속 포인트는 수직 막대(21) 및 수평 막대(23)의 중심선 상의 양단에 각각 배치될 수 있다. 이에 따라 촬상부(10)가 영상을 촬상했을 때, 영상에서 센서(20)의 위치를 정확하게 확인할 수 있다. 여기서 수직 막대(21)의 일단(21a)과 타단(21b)은 각각 상단과 하단, 수평 막대(23)의 일단(23a)과 타단(23b)은 각각 좌측단과 우측단일 수 있다.
- [0053] 일 실시예로 센서(20)는 촬상부(10)가 영상을 촬상할 때 대상체(S)의 자세 정보를 측정할 수 있다. 즉 센서(20)는 촬상부(10)가 대상체(S)의 영상을 촬상함과 동시에 대상체(S)의 자세 정보를 제어부(30)에 전달할 수 있다. 이에 따라 제어부(30)는 촬상부(10)가 촬상한 영상과 대상체(S)의 자세 정보를 매칭하여 전방 골반 평면의 방향을 결정할 수 있다.
- [0054] 제어부(30)는 촬상부(10) 및 센서(20)를 제어하고, 영상과 자세 정보에 기초하여 전방 골반 평면의 방향을 결정하는데 필요한 연산을 실시할 수 있다. 예를 들어 도 1에 나타낸 바와 같이, 제어부(30)는 디스플레이 모듈

(31), 통신 모듈(33), 연산 모듈(35), 입력 모듈(37) 및 저장 모듈(39)을 포함할 수 있다. 디스플레이 모듈(31)은 촬상부(10)가 촬상한 영상 등을 시각적으로 표시하며, 통신 모듈(33)은 촬상부(10), 센서(20) 및 그 외 기타 외부 장치 등과 통신할 수 있다. 또한 연산 모듈(35)은 전방 골반 평면의 방향을 결정하는데 필요한 연산을 실시할 수 있다. 또한 사용자는 키보드, 마우스, 터치 패드 등과 같은 입력 모듈(37)을 통해 필요한 정보를 제어부(30)에 입력할 수 있으며, 저장 모듈(39)은 제어부(30)의 연산에 필요한 정보 및 사용자가 입력한 정보를 저장할 수 있다.

[0055] 일 실시예로 제어부(30)는 사용자의 스마트폰이나 태블릿, 랩탑 또는 데스크탑 등 전자 장치에 포함될 수 있다. 또는 제어부(30)는 서버 등에 포함될 수 있으며, 연산 결과를 사용자에게 전달할 수 있다. 이를 통해 사용자는 전자 장치를 이용해 촬상부(10)가 촬상한 영상 및 센서(20)가 감지하는 자세 정보를 실시간으로 확인하고, 제어부(30)의 연산 결과를 확인할 수 있다. 또한 사용자는 제어부(30)를 통해 촬상부(10)와 센서(20)를 제어할 수 있다.

[0056] 일 실시예로 제어부(30)는 촬상부(10)가 촬상한 대상체(S)의 영상에 기초하여 전방 골반 평면을 결정할 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 전방 골반 평면은 3개의 해부학적 R-ASIS, L-ASIS 및 MPT로 결정되며, 제어부(30)는 촬상부(10)로부터 영상을 전달받아 이로부터 상기 3개의 해부학적 점을 결정할 수 있다.

[0057] 일 실시예로 제어부(30)는 소정의 알고리즘에 따라 영상으로부터 3개의 해부학적 점을 결정하고, 이를 통해 전방 골반 평면을 결정할 수 있다. 예를 들어 제어부(30)는 미리 저장되어 있거나 사용자로부터 입력된 대상체(S)에 관한 정보(나이, 성별, 키, 몸무게, 수술 여부)와 영상에서 나타나는 밝기 차이, 음영 차이 등에 기초하여 3개의 해부학적 점을 결정할 수 있다. 그리고 제어부(30)는 3개의 해부학적 점을 연결하는 전방 골반 평면을 결정할 수 있다. 예를 들어 전방 골반 평면은 영상에서 확인된 3개의 해부학적 점을 연결하는 평면으로서, 이를 나타내는 평면 방정식으로 표현할 수 있다.

[0058] 또한 제어부(30)는 대상체(S)의 영상 및 자세 정보에 기초하여, 국소 좌표계를 각각 정의할 수 있다. 예를 들어, 센서(20)가 자세 정보를 오일러 각도로 나타내고, 제어부(30)는 이와 같은 자세 정보에 기초하여 센서(20)의 수평 막대(23)의 일단(23a)에서 타단(23b)을 향하는 방향을 x축, 수직 막대(21)의 일단(21a)에서 타단(21b)을 향하는 방향을 z축으로 갖는 국소 좌표계를 정의할 수 있다. 여기서 수직 막대(21)의 일단(21a)과 타단(21b)은 각각 상단과 하단, 수평 막대(23)의 일단(23a)과 타단(23b)은 각각 좌측단과 우측단일 수 있다.

[0059] 그리고 제어부(30)는 이와 같이 정의된 국소 좌표계를 3차원 벡터로 표시하고, 이를 정규화(normalization)하여 센서(20)의 자세 정보에서 얻은 센서(20)의 3차원 방향을 나타내는 정규 직교 기저 $\{u_{0,1}^{IMU}, u_{0,2}^{IMU}, u_{0,3}^{IMU}\}$ 를 구할 수 있다. 그리고 제어부(30)는 정규 직교 기저의 벡터를 열벡터로 하는 3×3 행렬 $U_0^{IMU} = [u_{0,1}^{IMU} : u_{0,2}^{IMU} : u_{0,3}^{IMU}]$ 를 계산한다.

[0060] 일 실시예로 제어부(30)는 계산한 국소 좌표계에 기초하여 센서(20)의 국소 좌표계 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합할 수 있다.

[0061] 예를 들어 제어부(30)는 촬상부(10)가 촬상한 영상에 기초하여 센서(20)의 국소 좌표계 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하기 위한 하나 이상의 기준점을 결정할 수 있다. 또한 제어부(30)는 결정된 기준점에 기초하여 센서(20)의 국소 좌표계 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정할 수 있다. 그리고 제어부(30)는 결정된 센서(20)의 국소 좌표계 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합할 수 있다.

[0062] 예를 들어 제어부(30)는 대상체(S)의 영상에 표시된 수직 막대(21)의 양단(21a, 21b) 및 수평 막대(23)의 양단(23a, 23b), 그리고 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학적 점을 기준점으로서 넘버링할 수 있다. 보다 구체적으로 도 6 및 도 7에 나타난 바와 같이, 제어부(30)는 대상체(S)의 정면 영상과 측면 영상에서, 수직 막대(21)의 상단(21a) 및 하단(21b), 수평 막대(23)의 좌측단(23a) 및 우측단(23b), 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학적 L-ASIS, MPT 및 R-ASIS에 대해 각각 순서대로 P1 내지 P7로 넘버링하여, 기준점을 설정할 수 있다.

[0063] 또한 제어부(30)는 영상에서 원점을 설정할 수 있다. 예를 들어 도 6에 나타난 바와 같이, 제어부(30)는 대상체(S)의 정면 영상의 좌측 상단에 위치한 점을 원점 O_f 로 설정할 수 있다. 또한 도 7에 나타난 바와 같이, 제어부(30)는 대상체(S)의 측면 영상의 좌측 상단에 위치한 점을 원점 O_s 로 설정할 수 있다. 다만 영상의 원점은 반드시 좌측 상단에 위치한 점으로 한정하지 않으며, 기준이 될 수 있는 위치면 충분하다.

[0064] 그리고 제어부(30)는 설정된 원점에서 넘버링된 복수 개의 기준점까지의 거리를 측정할 수 있다. 예를 들어 제

어부(30)는 이미지 소프트웨어 등을 이용해 원점(O_s 및 O_f)에서 기준점 P1 내지 P7까지의 거리를 픽셀 단위로 측정할 수 있다. 또한 제어부(30)는 원점(O_f)에서 복수 개의 기준점까지의 가로 방향 거리 및 세로 방향 거리를 각각 $NF_{(i,1)}$, $NF_{(i,2)}$ 로 나타낼 수 있다. 또한 제어부(30)는 원점(O_s)에서 복수 개의 기준점까지의 가로 방향 거리 및 세로 방향 거리를 각각 $NS_{(i,1)}$, $NS_{(i,2)}$ 로 나타낼 수 있다. 여기서 i 는 기준점의 번호를 나타내며, 1 내지 7의 자연수이다.

[0065] 그리고 제어부(30)는 측정된 원점과 기준점까지의 거리를 이용해, 센서(20)의 국소 좌표계를 정의하는 벡터와 전방 골반 평면을 정의하는 벡터를 계산할 수 있다. 보다 구체적으로 제어부(30)는 영상에서 수직 막대(21)의 양단(21a, 21b) 간의 높이 차이를 단위 길이로 설정한다. 즉 기준점 P1과 P2 간의 높이 차이는 대상체(S)의 정면 영상과 측면 영상에서 동일하므로, 정면에서의 높이 차이 $UF = NF_{(2,2)} - NF_{(1,2)}$ 와 측면에서의 높이 차이

[0066] $US = NS_{(2,2)} - NS_{(1,2)}$ 는 동일한 길이를 갖는다. 이를 이용해 제어부(30)는 UF 와 US 를 정면 영상과 측면 영상에서의 단위 길이로 정의한다.

[0067] 또한 제어부(30)는 원점과 기준점까지의 길이를 위에서 구한 단위 길이로 나뉘, 복수 개의 기준점 간의 벡터의 방향 성분을 결정할 수 있다. 보다 구체적으로 제어부(30)는 벡터의 x 성분을 정면 영상에서의 픽셀 단위로 구한 길이를 단위 길이 UF 로 나누고, y 성분을 측면 영상에서의 픽셀 단위로 구한 길이를 단위 길이 US 로 나누어 계산한다. z 성분은 정면 영상과 측면 영상에서 모두 계산 가능하므로, 제어부(30)는 정면 영상과 측면 영상에서의 z 성분의 평균으로 결정한다. 이에 따라 제어부(30)는 다음의 식으로 기준점 간의 벡터의 방향 성분을 결정할 수 있다.

$$[0068] \overrightarrow{P_i P_j} = \left[\frac{NF_{(i,1)} - NF_{(j,1)}}{UF}, \frac{NS_{(i,1)} - NS_{(j,1)}}{US}, \frac{1}{2} \left(\frac{NF_{(i,2)} - NF_{(j,2)}}{UF} + \frac{NS_{(i,2)} - NS_{(j,2)}}{US} \right) \right]$$

[0069] 여기서 P_i 및 P_j 는 각각 기준점을 나타내고, UF 및 US 는 정면 영상에서의 단위 길이와 측면 영상에서의 단위 길이를 나타낸다.

[0070] 다음 제어부(30)는 위 식을 이용해 센서(20)의 국소 좌표계를 정의하는 2개의 벡터 $v_1 = \overrightarrow{P_2 P_1}$, $v_2 = \overrightarrow{P_3 P_4}$ 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정의하는 2개의 벡터 $v_3 = \overrightarrow{P_5 P_7}$, $v_4 = \overrightarrow{P_5 P_6}$ 을 결정한다. 그리고 제어부(30)는 계산한 벡터를 이용해 센서(20)의 3차원 센서 방향을 나타내는 정규 직교 기저로서 $u_1 = \frac{v_1}{\|v_1\|}$, $u_2 = \frac{v_2}{\|v_2\|}$, $u_3 = u_1 \times u_2$ 를 계산하고, 정규 직교 기저의 벡터를 열벡터로 하는 3×3 행렬로서 $U_0 = [u_1:u_2:u_3]$ 를 정의한다. 또한 제어부(30)는 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 벡터로서 $u_4 = \frac{v_3}{\|v_3\|}$, $u_5 = \frac{v_4}{\|v_4\|}$, $u_6 = u_4 \times u_5$ 를 계산함으로써, 센서(20)의 국소 좌표계와 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정한다. 여기서 u_4 및 u_6 는 각각 전방 골반 평면을 결정하는 L-ASIS에서 R-ASIS로의 방향을 나타내는 벡터 및 전방 골반 평면의 법선 방향을 나타내는 벡터이다. 다시 말해 u_4 및 u_6 는 대상체(S)가 서있는 상태에서 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 벡터로서, 다른 자세에서 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 추정하기 위한 기준 좌표계일 수 있다.

[0071] 그리고 제어부(30)는 이와 같이 결정한 센서(20)의 국소 좌표계와 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합(registration)할 수 있다. 즉 제어부(30)는 서로 다른 좌표계를 서로 연관시켜, 어느 하나의 좌표계가 변화할 때 다른 좌표계가 어떻게 변하는지 그 관계를 계산함으로써, 대상체(S)의 자세가 변하더라도 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 지속적으로 추정할 수 있도록 할 수 있다.

[0072] 먼저 제어부(30)는 위도와 경도를 이용해 전방 골반 평면의 법선 벡터 방향을 나타내기 위해, 위도와 경도를 각각 정의할 수 있다. 예를 들어 도 5에 나타난 바와 같이, 제어부(30)는 3차원 공간 상에서 위도 θ_{Lat} 를 xy 평면 상의 벡터를 0도로 하고, z 방향을 90도, -z 방향을 -90도로 정의한다. 또한 제어부(30)는 경도 θ_{Long} 를 zx 평면 상의 벡터를 0도로 하고, y 방향을 90도, -y 방향을 180도로 정의한다.

- [0073] 그리고 제어부(30)는 위에서 계산한 $U_0^{IMU} = [u_{0,1}^{IMU} : u_{0,2}^{IMU} : u_{0,3}^{IMU}]$ 및 $U_0 = [u_1 : u_2 : u_3]$ 에 기초하여 3차원 공간과 영상에서의 센서(20)의 국소 좌표계를 정합한다. 즉 제어부(30)는 3차원 공간에서 센서(20)의 정규 직교 기저의 벡터를 열벡터로 하는 행렬과, 영상에서 획득한 센서(20)의 국소 좌표계에 기초하여, 3차원 공간과 영상에서의 센서(20)의 국소 좌표계를 정합할 수 있다.
- [0074] 또한 제어부(30)는 영상에서의 센서(20)의 국소 좌표계 $U_0 = [u_1 : u_2 : u_3]$ 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 벡터 u_6 및 u_4 를 이용하여 영상에서의 센서(20)의 국소 좌표계와 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합할 수 있다.
- [0075] 이를 통해 제어부(30)는 3차원 공간과 영상에서의 센서(20)의 국소 좌표계를 정하고, 영상에서의 센서(20)의 국소 좌표계와 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하고, 3차원 공간에서의 센서(20)의 국소 좌표계와 영상에서의 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합할 수 있다.
- [0076] 그리고 제어부(30)는 센서(20)가 실시간으로 측정하는 자세 정보에 기초하여, 전방 골반 평면의 방향을 결정할 수 있다. 보다 구체적으로, 국소 좌표계의 정합이 완료된 상태에서, 센서(20)는 대상체(S)에 부착된 상태에서 자세 정보를 실시간으로 측정할 수 있다. 또한 제어부(30)는 앞에서 설명한 방식과 마찬가지로, 센서(20)에서 출력되는 ZYX 순서의 오일러 각도(롤, 피치, 요)를 이용하여 수평 막대(23)의 좌측단(23a)에서 우측단(23b)을 x축, 수직 막대(21)의 하단(21b)에서 상단(21a)을 z축으로 하는 국소 좌표계를 3차원 벡터로 표시할 수 있다. 그리고 제어부(30)는 이들 3차원 벡터를 정규화하여, 센서(20)의 자세 정보에 기초해 센서(20)의 3차원 방향을 나타내는 정규 직교 기저 $\{u_1^{IMU}, u_2^{IMU}, u_3^{IMU}\}$ 를 계산하고, 기저의 벡터를 열벡터로 하는 3×3 행렬로서 $U^{IMU} = [u_1^{IMU} : u_2^{IMU} : u_3^{IMU}]$ 를 정의한다. 여기서 U^{IMU} 는 대상체(S)가 자세를 바꾼 상태를 나타낼 수 있다.
- [0077] 또한 제어부(30)는 대상체(S)가 자세를 바꾸었을 때 센서(20)의 자세 정보로부터 재구성한 U^{IMU} 를 이용해, 대상체(S)의 새로운 자세에서 전방 골반 평면의 법선 방향을 나타내는 벡터와 전방 골반 평면의 L-ASIS에서 R-ASIS 방향을 나타내는 벡터를 아래와 같이 계산할 수 있다.
- [0078]
$$\overline{u}_6 = U_0 U^{IMU} (U_0^{IMU})^{-1} U_0^{-1} u_6$$
- [0079]
$$\overline{u}_4 = U_0 U^{IMU} (U_0^{IMU})^{-1} U_0^{-1} u_4$$
- [0080] 그리고 제어부(30)는 전방 골반 평면의 법선 방향을 나타내는 벡터 $\overline{u}_6$ 의 위도 및 경도와 전방 골반 평면을 결정하는 L-ASIS에서 R-ASIS로의 방향을 나타내는 벡터 $\overline{u}_4$ 의 위도 및 경도를 출력할 수 있다.
- [0081] 예를 들어 도 6 및 도 7은 대상체(S)가 앞으로 30도 굽힌 자세에서, 골반에 부착된 센서(20)의 수직 막대(21)의 양단(21a, 21b), 수평 막대(23)의 양단(23a, 23b) 및 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학점을 정면과 측면(왼쪽 측면)에서 촬영한 영상을 나타낸다.
- [0082] 일 실시예로 제어부(30)는 스마트폰이나 태블릿 등에 어플리케이션 형태로 구현될 수 있다.
- [0083] 다음 도 1 내지 도 7을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법을 설명한다.
- [0084] 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 방법은 대상체(S)의 골반에 센서(20)를 부착하는 단계, 활상부(10)가 대상체(S)의 정면 및 측면을 포함하는 복수 개의 영상을 활상하는 단계, 센서(20)가 자세 정보를 측정하는 단계, 제어부(30)가 대상체(S)의 영상에 기초하여 전방 골반 평면을 결정하는 단계, 제어부(30)가 대상체(S)의 영상 및 자세 정보에 기초하여 국소 좌표계를 정의하는 단계, 제어부(30)가 센서(20)의 국소 좌표계 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하는 단계 및 제어부(30)가 센서(20)가 실시간으로 측정하는 자세 정보에 기초하여, 전방 골반 평면의 방향을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0085] 먼저 대상체(S)의 골반 후방에 센서(20)를 부착한다. 여기서 센서(20)는 중심에서 연장되는 수직 막대(21) 및 수평 막대(23)를 포함할 수 있다.
- [0086] 다음 활상부(10)가 대상체(S)의 복수 개의 영상을 활상한다. 여기서 대상체(S)는 똑바로 서있는 상태일 수 있으며, 적어도 대상체(S)의 정면 영상과 측면 영상을 활상할 수 있다. 일 실시예로 활상부(10)는 활상한 영상에서

골반에 부착된 센서(20)의 수직 막대(21)의 양단(21a, 21b)과 수평 막대(23)의 양단(23a, 23b) 및 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학점이 나타나도록 영상을 촬상할 수 있다.

[0087] 다음 센서(20)가 자세 정보를 측정한다. 일 실시예로 센서(20)는 촬상부(10)가 영상을 촬상함과 동시에 자세 정보를 측정할 수 있다. 그리고 촬상부(10)와 센서(20)는 촬상한 영상 및 측정한 자세 정보를 제어부(30)로 전달할 수 있다. 일 실시예로 센서(20)는 6축 관성 측정 장치로서, 자세 정보를 오일러 각도로 나타낼 수 있다.

[0088] 다음 제어부(30)는 대상체(S)의 영상과 자세 정보에 기초하여 국소 좌표계를 정의한다. 일 실시예로 제어부(30)는 센서(20)가 측정한 자세 정보에 기초하여 수평 막대(23)의 좌측단(23a)에서 우측단(23b)으로 향하는 방향을 x축, 수직 막대(21)의 하단(21b)에서 상단(21a)을 향하는 방향을 z축으로 갖는 국소 좌표계를 정의하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0089] 일 실시예로 국소 좌표계를 정의하는 단계는 제어부(30)가 국소 좌표계를 3차원 벡터로 표시하고, 이를 정규화하여 자세 정보를 3차원으로 나타내는 정규 직교 기저 벡터를 열벡터로 하는 행렬을 계산할 수 있다. 여기서 정규 직교 기저 및 행렬은 다음과 같이 나타낸다. $\{u_{0,1}^{IMU}, u_{0,2}^{IMU}, u_{0,3}^{IMU}\}$, $U_0^{IMU} = [u_{0,1}^{IMU} : u_{0,2}^{IMU} : u_{0,3}^{IMU}]$.

[0090] 다음 제어부(30)는 센서(20)의 국소 좌표계 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합한다. 일 실시예로 국소 좌표계를 정합하는 단계는 영상에 기초하여 센서(20)의 국소 좌표계 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하기 위한 하나 이상의 기준점을 결정하는 단계, 기준점에 기초하여 센서(20)의 국소 좌표계 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계 및 결정된 센서(20)의 국소 좌표계 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하는 단계를 포함할 수 있다.

[0091] 일 실시예로 기준점을 결정하는 단계는 영상에 표시된 수직 막대(21)의 양단(21a, 21b), 수평 막대(23)의 양단(23a, 23b) 및 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학점을 기준점으로서 넘버링하는 단계 및 영상에서 기 설정된 원점에서 넘버링된 복수 개의 기준점까지의 거리를 픽셀 단위로 측정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0092] 일 실시예로 센서(20)의 국소 좌표계 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계는 원점에서 복수 개의 기준점까지의 거리에 기초하여 센서(20)의 국소 좌표계 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정의하는 벡터를 계산할 수 있다.

[0093] 일 실시예로 넘버링하는 단계는 수직 막대(21)의 상단(21a) 및 하단(21b), 수평 막대(23)의 좌측단(23a) 및 우측단(23b), 전방 골반 평면을 결정하는 3개의 해부학점 L-ASIS, MPT 및 R-ASIS를 각각 P1 내지 P7으로 넘버링할 수 있다.

[0094] 일 실시예로 픽셀 단위로 측정하는 단계는 정면 영상의 원점 O_F 및 측면 영상의 원점 O_S 에서 복수 개의 기준점까지의 거리를 픽셀 단위로 측정하고, 원점 O_F 에서의 가로 방향 거리 및 세로 방향 거리를 각각 $NF_{(i,1)}$, $NF_{(i,2)}$ 로 나타내고, 원점 O_S 에서의 가로 방향 거리 및 세로 방향 거리를 각각 $NS_{(i,1)}$, $NS_{(i,2)}$ 로 나타낼 수 있다. 여기서 $NF_{(i,1)}$ 은 정면 영상의 가로 방향 픽셀, $NF_{(i,1)}$ 은 정면 영상의 세로 방향 픽셀, $NS_{(i,1)}$ 은 측면 영상의 가로 방향 픽셀, $NS_{(i,2)}$ 은 측면 영상의 세로 방향 픽셀을 나타내며, i 는 1 내지 7의 자연수이다.

[0095] 일 실시예로 센서(20)의 국소 좌표계 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계는 상기 영상에서 수직 막대(21)의 양단(21a, 21b) 간의 높이 차이를 단위 길이로 하여, 원점과 복수 개의 기준점까지의 거리를 단위 길이로 나뉘 복수 개의 기준점 간의 벡터의 방향 성분을 결정할 수 있다.

[0096] 일 실시예로 센서(20)의 국소 좌표계 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계는 정면 영상에서의 높이 차이 $UF = NF_{(2,2)} - NF_{(1,2)}$, 측면 영상의 높이 차이 $US = NS_{(2,2)} - NS_{(1,2)}$ 를 각각 계산하고, 이에 기초하여 기준점 간의 벡터

[0097] $\overrightarrow{P_i P_j} = \left[\frac{NF_{(i,1)} - NF_{(j,1)}}{UF}, \frac{NS_{(i,1)} - NS_{(j,1)}}{US}, \frac{1}{2} \left(\frac{NF_{(i,2)} - NF_{(j,2)}}{UF} + \frac{NS_{(i,2)} - NS_{(j,2)}}{US} \right) \right]$ 를 계산하고, 이로부터 센서(20)의 국소 좌표계를 정의하는 2개의 벡터 $v_1 = \overrightarrow{P_2 P_1}$, $v_2 = \overrightarrow{P_3 P_4}$ 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정의하는 2개의 벡터 $v_3 = \overrightarrow{P_5 P_7}$, $v_4 = \overrightarrow{P_5 P_6}$ 을 결정할 수 있다.

- [0098] 일 실시예로 센서(20)의 국소 좌표계 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 단계는 센서(20)의 3차원 센서 방향을 나타내는 정규 직교 기저로서 $u_1 = \frac{v_1}{\|v_1\|}$, $u_2 = \frac{v_2}{\|v_2\|}$, $u_3 = u_1 \times u_2$ 를 계산하고, 정규 직교 기저의 벡터를 열벡터로 하는 3×3 행렬로서 $U_0 = [u_1:u_2:u_3]$ 를 정의하고, 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 결정하는 벡터로서 $u_4 = \frac{v_3}{\|v_3\|}$, $u_5 = \frac{v_4}{\|v_4\|}$, $u_6 = u_4 \times u_5$ 를 계산할 수 있다.
- [0099] 일 실시예로 결정된 센서(20)의 국소 좌표계 및 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하는 단계는 $U_0^{IMU} = [u_{0,1}^{IMU}:u_{0,2}^{IMU}:u_{0,3}^{IMU}]$ 및 $U_0 = [u_1:u_2:u_3]$ 에 기초하여 3차원 공간과 영상에서의 센서(20)의 국소 좌표계를 정합하는 단계 및 $U_0 = [u_1:u_2:u_3]$ 및 u_6, u_4 에 기초하여 영상에서의 센서(20)의 국소 좌표계와 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0100] 일 실시예로 국소 좌표계를 정합하는 단계 전에, 제어부(30)가 위도와 경도를 이용해 전방 골반 평면의 법선 벡터 방향을 나타내기 위해, 위도와 경도를 각각 정의하는 단계를 더 포함할 수 있다. 제어부(30)는 3차원 공간 상에서 위도
- [0101] θ_{Lat} 를 xy 평면 상의 벡터를 0도로 하고, z 방향을 90도, -z 방향을 -90도로 정의한다. 또한 제어부(30)는 경도 θ_{Long} 를 zx 평면 상의 벡터를 0도로 하고, y 방향을 90도, -x 방향을 180도로 정의할 수 있다.
- [0102] 일 실시예로 전방 골반 평면의 방향을 결정하는 단계는 센서(20)가 실시간으로 측정하는 센서(20)의 자세 정보에 기초하여 센서(20)의 3차원 방향을 나타내는 정규 직교 기저 $\{u_1^{IMU}, u_2^{IMU}, u_3^{IMU}\}$ 를 계산하고 이로부터 정규 직교 기저의 벡터를 열벡터로 하는 3×3 행렬로서 $U^{IMU} = [u_1^{IMU}:u_2^{IMU}:u_3^{IMU}]$ 를 정의하고, 이로부터 전방 골반 평면의 법선 방향을 나타내는 벡터 및 전방 골반 평면을 결정하는 해부학점의 방향을 나타내는 벡터의 위도 및 경도를 결정할 수 있다.
- [0103] 일 실시예로 U^{IMU} 는 대상체(S)가 자세를 바꾼 상태를 나타낼 수 있다 또한 제어부(30)는 대상체(S)가 자세를 바꾸었을 때 센서(20)의 자세 정보로부터 재구성한 U^{IMU} 를 이용해, 대상체(S)의 새로운 자세에서 전방 골반 평면의 법선 방향을 나타내는 벡터와 전방 골반 평면의 L-ASIS에서 R-ASIS 방향을 나타내는 벡터를 아래와 같이 계산할 수 있다.
- [0104] $\overline{u_6} = U_0 U^{IMU} (U_0^{IMU})^{-1} U_0^{-1} u_6$
- [0105] $\overline{u_4} = U_0 U^{IMU} (U_0^{IMU})^{-1} U_0^{-1} u_4$
- [0106] 그리고 제어부(30)는 전방 골반 평면의 법선 방향을 나타내는 벡터 $\overline{u_6}$ 의 위도 및 경도와 전방 골반 평면을 결정하는 L-ASIS에서 R-ASIS로의 방향을 나타내는 벡터 $\overline{u_4}$ 의 위도 및 경도를 출력할 수 있다.
- [0107] 이와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치(1) 및 방법은 센서(20)와 전방 골반 평면의 국소 좌표계를 정합하여, 대상체(S)의 자세가 변하더라도 전방 골반 평면의 방향을 나타내는 벡터를 실시간으로 출력할 수 있다. 이를 통해 특정 자세에 국한하는 것이 아니라, 동적 3차원 전방 골반 평면의 방향 측정 기술을 구현할 수 있다.
- [0108] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, 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. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 어플리케이션을 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 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치

는 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.

[0109] 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. 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 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)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.

[0110] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-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.

[0111] 이와 같이 도면에 도시된 실시예를 참고로 본 발명을 설명하였으나, 이는 예시에 불과하다. 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 갖는 자라면 실시예로부터 다양한 변형 및 균등한 일 실시예가 가능하다는 점을 충분히 이해할 수 있다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위에 기초하여 정해져야 한다.

[0112] 실시예에서 설명하는 특정 기술 내용은 일 실시예들로서, 실시예의 기술 범위를 한정하는 것은 아니다. 발명의 설명을 간결하고 명확하게 기재하기 위해, 종래의 일반적인 기술과 구성에 대한 기재는 생략될 수 있다. 또한, 도면에 도시된 구성 요소들 간의 선들의 연결 또는 연결 부재는 기능적인 연결 및/또는 물리적 또는 회로적 연결들을 예시적으로 나타낸 것으로서, 실제 장치에서는 대체 가능하거나 추가의 다양한 기능적인 연결, 물리적인 연결, 또는 회로 연결들로 표현될 수 있다. 또한, "필수적인", "중요하게" 등과 같이 구체적인 언급이 없다면 본 발명의 적용을 위하여 반드시 필요한 구성 요소가 아닐 수 있다.

[0113] 발명의 설명 및 청구범위에 기재된 "상기" 또는 이와 유사한 지시어는 특별히 한정하지 않는 한, 단수 및 복수 모두를 지칭할 수 있다. 또한, 실시 예에서 범위(range)를 기재한 경우 상기 범위에 속하는 개별적인 값을 적용한 발명을 포함하는 것으로서(이에 반하는 기재가 없다면), 발명의 설명에 상기 범위를 구성하는 각 개별적인 값을 기재한 것과 같다. 또한, 실시예에 따른 방법을 구성하는 단계들에 대하여 명백하게 순서를 기재하거나 반하는 기재가 없다면, 상기 단계들은 적당한 순서로 행해질 수 있다. 반드시 상기 단계들의 기재 순서에 따라 실시예들이 한정되는 것은 아니다. 실시예에서 모든 예들 또는 예시적인 용어(예들 들어, 등등)의 사용은 단순히 실시예를 상세히 설명하기 위한 것으로서 청구범위에 의해 한정되지 않는 이상, 상기 예들 또는 예시적인 용어로 인해 실시예의 범위가 한정되는 것은 아니다. 또한, 통상의 기술자는 다양한 수정, 조합 및 변경이 부가된 청구범위 또는 그 균등물의 범주 내에서 설계 조건 및 팩터에 따라 구성될 수 있음을 알 수 있다.

부호의 설명

[0114] 1: 전방 골반 평면의 3차원 방향 실시간 측정 장치

10: 촬상부

20: 센서

21: 수직 막대

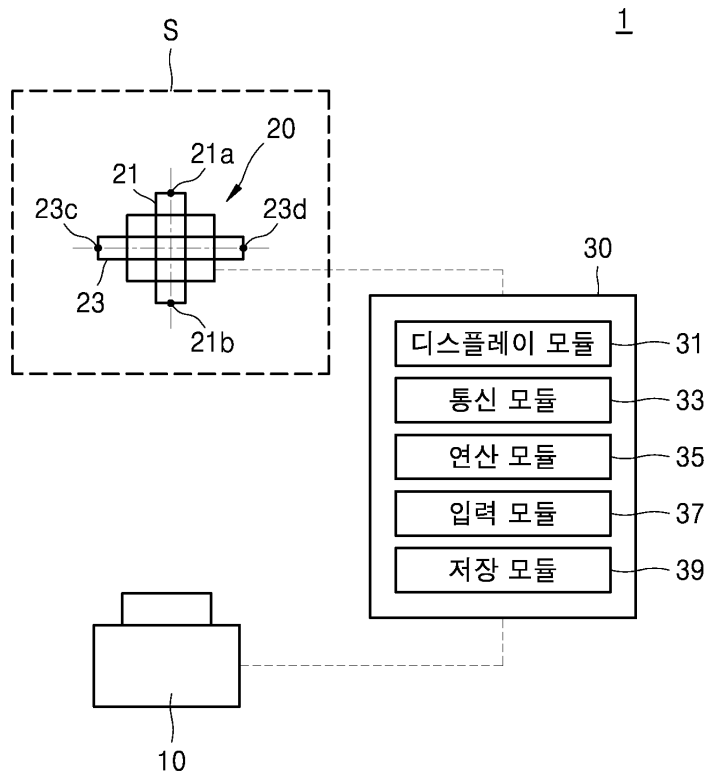
23: 수평 막대

30: 제어부

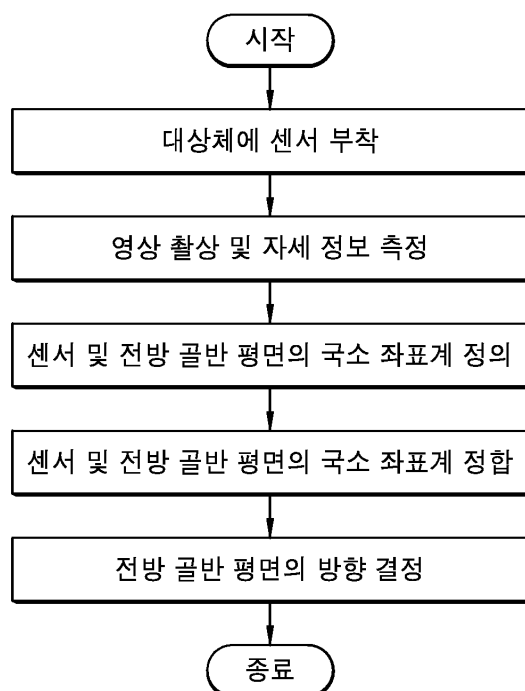
S: 대상체

도면

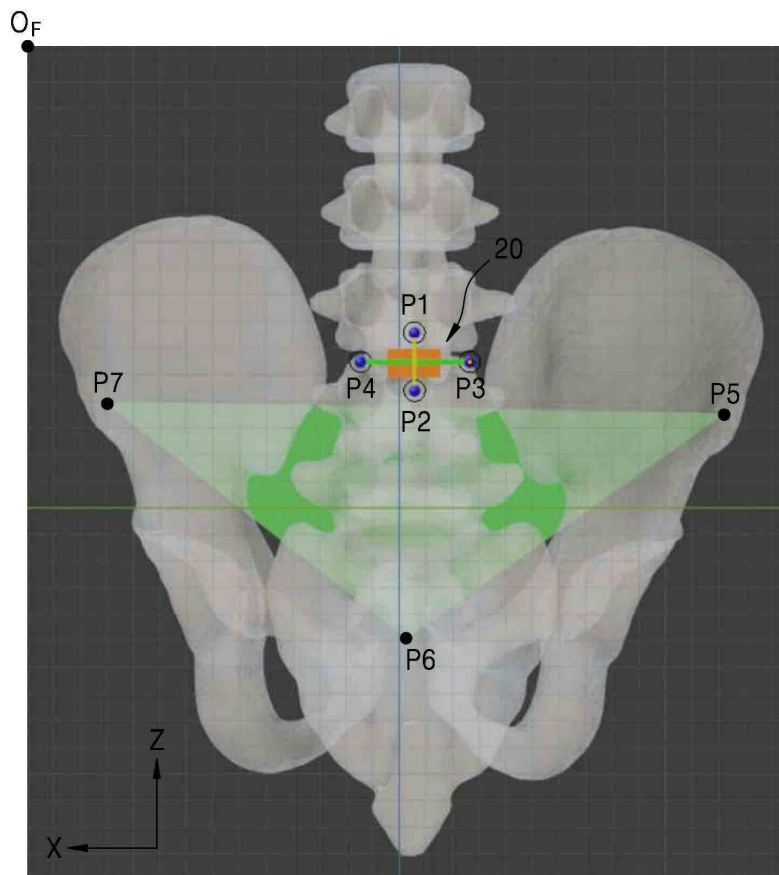
도면1



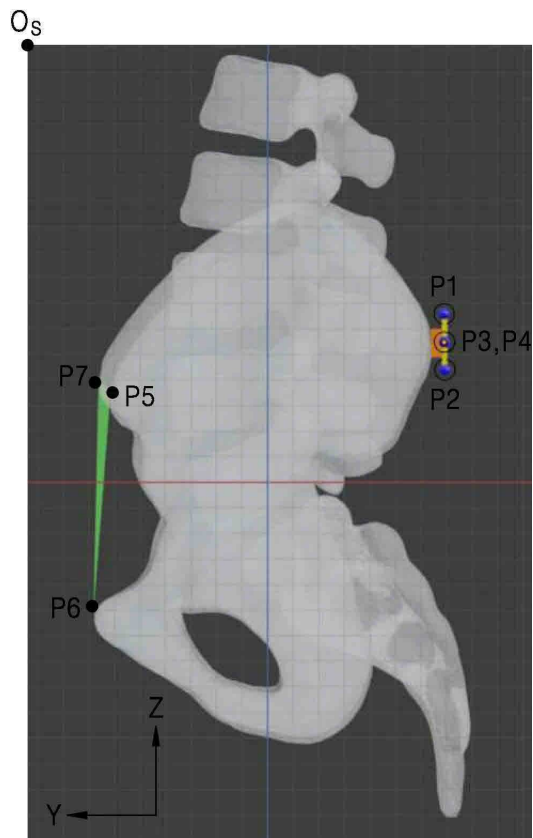
도면2



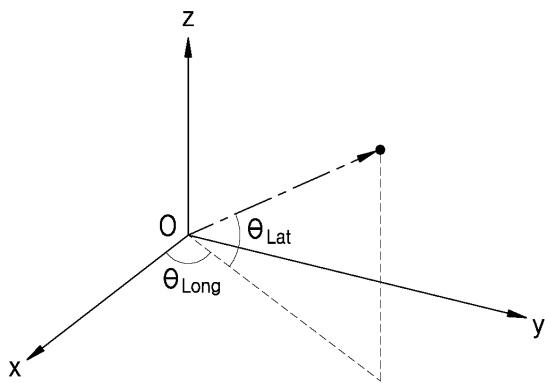
도면3



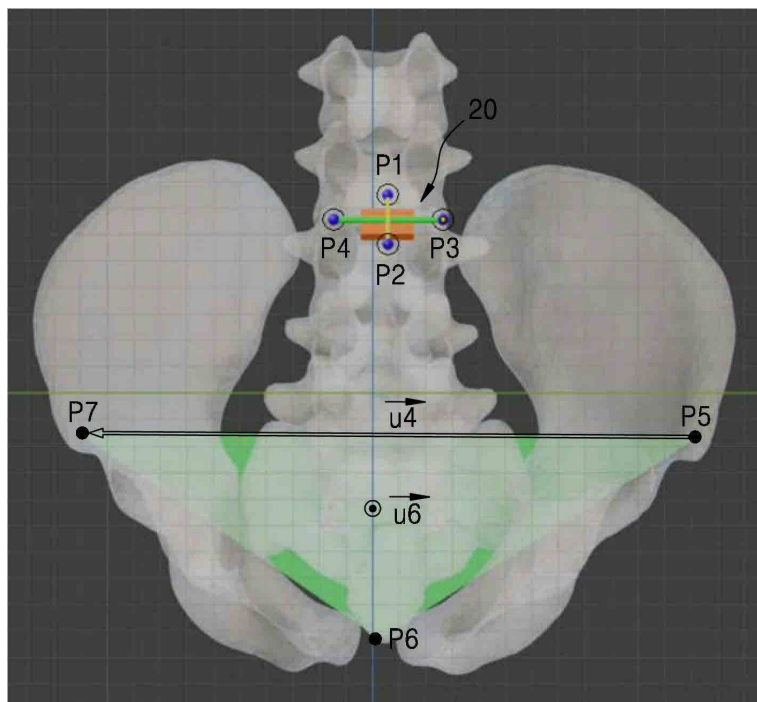
도면4



도면5



도면6



도면7

