



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년04월09일

(11) 등록번호 10-2238483

(24) 등록일자 2021년04월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 34/10 (2016.01) **A61B 5/00** (2021.01)
A61B 6/00 (2006.01) **G06T 7/10** (2021.01)
(52) CPC특허분류
A61B 34/10 (2016.02)
A61B 5/7264 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0052501
(22) 출원일자 2019년05월03일
심사청구일자 2019년05월03일
(65) 공개번호 10-2020-0127757
(43) 공개일자 2020년11월11일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020150075125 A
WO2018002700 A1
Lucia H. S., et al, Three-dimensional quantification of mandibular asymmetry through cone-beam computerized tomography, OOOOE, Vol. 111, No. 6, June 2011, pp. 757-770
박경란, 3차원 벡터를 이용한 하악골 비대칭 패턴 해석, 연세대학교 대학원 치의학과 석사학위 논문, 2011년 12월

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
부산대학교 산학협력단
부산광역시 금정구 부산대학로63번길 2 (장전동, 부산대학교)
(72) 발명자
최성환
서울특별시 서대문구 연세로 50-1(신촌동)
권선미
서울특별시 서대문구 연세로 50-1(신촌동)
황재준
경상남도 양산시 물금읍 금오로 20
(74) 대리인
특허법인명인

전체 청구항 수 : 총 17 항

심사관 : 진창익

(54) 발명의 명칭 **신체 유사도 지수 산출 방법과, 이를 이용한 수술 계획 시뮬레이션 방법 및 장치**

(57) 요약

본 발명은 신체 유사도 지수 산출 방법과 이를 이용한 수술 계획 시뮬레이션 방법 및 장치에 관한 것으로, 본 발명에 따른 신체 유사도 지수 산출 방법은 영상 획득부에 의해 획득된 3차원 의료 영상 데이터에서 관심 대상 신체 영역을 세그먼트하는 단계, 세그먼트된 신체 영역 중 미리 설정된 기준면의 일 측에 위치한 제1 신체 영역을 기준면을 기준으로 미러링하여, 기준면의 타 측에 위치한 제2 신체 영역과 중첩시키는 단계, 그리고 제1 신체 영역에 대응하는 제1 부피, 제2 신체 영역에 대응하는 제2 부피 및, 제2 신체 영역과 미러링된 제1 신체 영역이 중첩된 제3 부피를 이용하여 제1 신체 영역과 제2 신체 영역의 유사도를 산출하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 5/7275 (2013.01)

A61B 6/505 (2013.01)

A61B 6/5217 (2020.08)

G06T 7/10 (2021.01)

A61B 2034/105 (2016.02)

A61B 2576/00 (2013.01)

G06T 2207/30008 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 데이터 처리부가 영상 획득부에 의해 획득된 3차원 의료 영상 데이터로부터 상악골 영역과 하악골 영역을 세그먼트하는 단계,
- (b) 상기 데이터 처리부가 상기 세그먼트된 하악골 영역을 전방 골절편 영역, 좌측 및 우측 후방 골절편 영역으로 분할하는 단계,
- (c) 상기 데이터 처리부가 상기 세그먼트된 하악골 영역에서 추출된 좌우측 이공(mental foramen)을 연결한 선분의 중점(M)을 지나면서 상기 선분에 수직인 평면에 중심점(T)을 설정해놓은 수정 AMP(absolute mandibular midsagittal plane)를 생성하는 단계,
- (d) 상기 데이터 처리부가 상기 선분을 상기 중점(M)을 기준으로 관상면(coronal plane) 상에서 FHP(Frankfort horizontal plane)와 평행하게 회전한 만큼 상기 수정된 AMP를 회전하고, 축평면(Axial plane) 상에서 상기 수정된 AMP를 상기 중점(M)을 기준으로 MSP(midsagittal plane)와 평행이 되게 회전한 후, 상기 중심점(T)이 상기 MSP에 위치하도록 상기 수정된 AMP를 평행 이동시킨 만큼 상기 전방 골절편 영역을 이동하여 위치시키는 단계, 그리고
- (e) 상기 데이터 처리부가 상기 전방 골절편 영역을 상기 MSP 기준으로 좌우측 유사도가 최대가 되게 위치시키는 단계를 포함하는 수술 계획 시뮬레이션 방법.

청구항 2

제 1 항에서,

- (f) 상기 데이터 처리부가 미리 구해진 두부 계측 정상 평균치를 이용하여 상기 전방 골절편 영역을 최종 위치로 조정하는 단계를 더 포함하는 수술 계획 시뮬레이션 방법.

청구항 3

제 2 항에서,

- (g) 상기 데이터 처리부가 상기 좌측 후방 골절편 영역의 과두 중심점을 상기 상악골 영역의 좌측 관절와(articular fossa) 최상방점을 지나는 좌측 수직선에 위치시키고, 상기 우측 후방 골절편 영역의 과두 중심점을 상기 상악골 영역의 우측 관절와 최상방점을 지나는 우측 수직선에 위치시키는 단계, 그리고
- (h) 상기 데이터 처리부가 상기 좌우측 후방 골절편 영역의 과두 중심점을 상기 좌우측 수직선에 각각 위치시킨 상태에서, 상기 좌우측 후방 골절편 영역을 수직 방향으로 이동하면서 상기 좌우측 후방 골절편 영역의 유사도가 최대가 되는 위치로 최종 위치시키는 단계를 더 포함하는 수술 계획 시뮬레이션 방법.

청구항 4

제 3 항에서,

상기 중심점(T)은,

상기 평면 내에 위치한 상기 전방 골절편 영역의 중점으로 설정되거나,

상기 평면에 수직으로 투영된 멘톤(Menton), 포인트 B(point B), 이결절(genial tubercle)의 중점으로 설정되는 수술 계획 시뮬레이션 방법.

청구항 5

제 3 항에서,

- (i) 상기 데이터 처리부가 상기 전방 골절편 영역과 상기 좌우측 후방 골절편 영역을 최종 위치시킨 후, 상기

전방 골절편 영역과 상기 좌우측 후방 골절편 영역이 겹치는 영역을 제거하는 단계를 더 포함하는 수술 계획 시뮬레이션 방법.

청구항 6

제 5 항에서,

상기 데이터 처리부가 상기 MSP를 기준으로 전방 골절편 영역의 좌우측 유사도, 좌우측 후방 골절편 영역의 유사도 및 하악골 전체 영역의 좌우측 유사도를 각각 구하는 수술 계획 시뮬레이션 방법.

청구항 7

제 5 항에서,

상기 데이터 처리부가 상기 (b) 단계 전에 상기 상악골 영역에 대해서 가상 수술을 시행하는 단계를 더 포함하는 수술 계획 시뮬레이션 방법.

청구항 8

제 7 항에서,

상기 데이터 처리부가 상기 (i) 단계 후에 상기 상악골 영역, 상기 전방 골절편 영역, 상기 좌우측 후방 골절편 영역의 위치 데이터를 기초로 파이널 웨이퍼용 데이터를 생성하는 단계를 더 포함하는 수술 계획 시뮬레이션 방법.

청구항 9

제 6 항에서,

상기 MSP를 기준으로 구해지는 유사도(SI)는,

상기 MSP를 기준으로 좌측 영역과 우측 영역을 미리링하여 중첩시키고, 상기 좌측 영역에 대응하는 대응하는 제 1 부피(V_1), 상기 우측 영역에 대응하는 제2 부피(V_2) 및 상기 좌측 영역과 상기 우측 영역이 중첩된 제3 부피(V_3)를 이용하여 수학적식 $SI = 2 \times V_3 / (V_1 + V_2)$ 에 의해 산출되는 수술 계획 시뮬레이션 방법.

청구항 10

영상 획득부에 의해 획득된 3차원 의료 영상 데이터로부터 상악골 영역과 하악골 영역을 세그먼트하고, 상기 세그먼트된 하악골 영역을 전방 골절편 영역, 좌측 및 우측 후방 골절편 영역으로 분할하며, 상기 세그먼트된 하악골 영역에서 추출된 좌우측 이공(mental foramen)을 연결한 선분의 중점(M)을 지나면서 상기 선분에 수직인 평면을 생성하고, 상기 전방 골절편 영역에 기초하여 구해지는 중심점(T)을 상기 평면에 설정하여 수정된 AMP(absolute mandibular midsagittal plane)를 생성하며, 상기 선분을 상기 중점(M)을 기준으로 관상면(coronal plane) 상에서 FHP(Frankfort horizontal plane)와 평행하게 회전한 만큼 상기 수정된 AMP를 회전하고, 축평면(Axial plane) 상에서 상기 수정된 AMP를 상기 중점(M)을 기준으로 MSP(midsagittal plane)와 평행이 되게 회전한 후, 상기 중심점(T)이 상기 MSP에 위치하도록 상기 수정된 AMP를 평행 이동시킨 만큼 상기 전방 골절편 영역을 이동하여 위치시키고, 상기 전방 골절편 영역을 상기 MSP를 기준으로 좌우측 유사도가 최대가 되게 위치시키는 데이터 처리부를 포함하는 수술 계획 시뮬레이션 장치.

청구항 11

제 10 항에서,

상기 데이터 처리부는, 미리 구해진 두부 계측 정상 평균치를 이용하여 상기 전방 골절편 영역을 최종 위치로 조정하는 수술 계획 시뮬레이션 장치.

청구항 12

제 11 항에서,

상기 데이터 처리부는, 상기 좌측 후방 골절편 영역의 과두 중심점을 상기 상악골 영역의 좌측 관절와

(articular fossa) 최상방점을 지나는 좌측 수직선에 위치시키고, 상기 우측 후방 골절편 영역의 과두 중심점을 상기 상악골 영역의 우측 관절와 최상방점을 지나는 우측 수직선에 위치시키고, 상기 좌우측 후방 골절편 영역의 과두 중심점을 상기 좌우측 수직선에 각각 위치시킨 상태에서, 상기 좌우측 후방 골절편 영역을 수직 방향으로 이동하면서 상기 좌우측 후방 골절편 영역의 유사도가 최대가 되는 위치로 최종 위치시키는 수술 계획 시뮬레이션 장치.

청구항 13

제 12 항에서,

상기 중심점(T)은, 상기 제1 평면에 수직으로 투영된 멘톤(Menton), 포인트 B(point B), 이결절(genial tubercle)의 중점으로 설정되는 수술 계획 시뮬레이션 장치.

청구항 14

제 12 항에서,

상기 데이터 처리부는, 상기 전방 골절편 영역과 상기 좌우측 후방 골절편 영역을 최종 위치시킨 후, 상기 전방 골절편 영역과 상기 좌우측 후방 골절편 영역이 겹치는 영역을 제거하는 수술 계획 시뮬레이션 장치.

청구항 15

제 14 항에서,

상기 데이터 처리부는, 상기 MSP를 기준으로 전방 골절편 영역의 좌우측 유사도, 좌우측 후방 골절편 영역의 유사도 및 하악골 전체 영역의 좌우측 유사도를 각각 구하는 수술 계획 시뮬레이션 장치.

청구항 16

제 15 항에서,

상기 MSP를 기준으로 구해지는 유사도(SI)는, 상기 MSP를 기준으로 좌측 영역과 우측 영역을 미러링하여 중첩시키고, 상기 좌측 영역에 대응하는 대응하는 제1 부피(V_1), 상기 우측 영역에 대응하는 제2 부피(V_2) 및 상기 좌측 영역과 상기 우측 영역이 중첩된 제3 부피(V_3)를 이용하여 수학적식 $SI = 2 \times V_3 / (V_1 + V_2)$ 에 의해 산출되는 수술 계획 시뮬레이션 장치.

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

컴퓨터에 상기한 제1항 내지 제9항 중 어느 한 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 신체 유사도 지수 산출 방법과 이를 이용한 수술 계획 시뮬레이션 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 안면 비대칭 환자에 대해서 수술 계획을 세우거나 수술 결과를 평가하기 위해서 안면 비대칭을 평가하는 것이 중요하다. 그런데 안면 비대칭을 평가하는 3D 레이저 또는 광학 스캔을 사용하는 종래 대부분의 방법은 연조직의 여러 표식(marker)에 의존하며, 주로 표면 형태만을 분석함으로써 안면 비대칭 정도를 직관적이고 정량적으

로 평가하는데 충분하지 않았다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 미국등록특허 제9,808,326호(등록일: 2017년 11월 7일)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 신체 유사도 지수 산출 방법과 이를 이용한 수술 계획 시뮬레이션 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 상기한 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 수술 계획 시뮬레이션 방법은, (a) 영상 획득부에 의해 획득된 3차원 의료 영상 데이터로부터 상악골 영역과 하악골 영역을 세그먼트하는 단계, (b) 상기 세그먼트된 하악골 영역을 전방 골절편 영역, 좌측 및 우측 후방 골절편 영역으로 분할하는 단계, (c) 상기 세그먼트된 하악골 영역에서 추출된 좌우측 이공(mental foramen)을 연결한 선분의 중점(M)을 지나면서 상기 선분에 수직인 평면에 중심점(T)을 설정해놓은 수정 AMP(absolute mandibular midsagittal plane)를 생성하는 단계, (d) 상기 선분을 상기 중점(M)을 기준으로 관상면(coronal plane) 상에서 FHP(Frankfort horizontal plane)와 평행하게 회전한 만큼 상기 수정된 AMP를 회전하고, 축평면(Axial plane) 상에서 상기 수정된 AMP를 상기 중점(M)을 기준으로 MSP(midsagittal plane)와 평행이 되게 회전한 후, 상기 중심점(T)이 상기 MSP에 위치하도록 상기 수정된 AMP를 평행 이동시킨 만큼 상기 전방 골절편 영역을 이동하여 위치시키는 단계, 그리고 (e) 상기 전방 골절편 영역을 상기 MSP 기준으로 좌우측 유사도가 최대가 되게 위치시키는 단계를 포함한다.

[0006] 상기 방법은, (f) 미리 구해진 두부 계측 정상 평균치를 이용하여 상기 전방 골절편 영역을 최종 위치로 조정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0007] 상기 방법은, (g) 상기 좌측 후방 골절편 영역의 과두 중심점을 상기 상악골 영역의 좌측 관절와(articular fossa) 최상방점을 지나는 좌측 수직선에 위치시키고, 상기 우측 후방 골절편 영역의 과두 중심점을 상기 상악골 영역의 우측 관절와 최상방점을 지나는 우측 수직선에 위치시키는 단계, 그리고 (h) 상기 좌우측 후방 골절편 영역의 과두 중심점을 상기 좌우측 수직선에 각각 위치시킨 상태에서, 상기 좌우측 후방 골절편 영역을 수직 방향으로 이동하면서 상기 좌우측 후방 골절편 영역의 유사도가 최대가 되는 위치로 최종 위치시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0008] 상기 중심점(T)은, 상기 평면 내에 위치한 상기 전방 골절편 영역의 중점으로 설정되거나, 상기 평면에 수직으로 투영된 멘톤(Menton), 포인트 B(point B), 이결절(genial tubercle)의 중점으로 설정될 수 있다.

[0009] 상기 방법은, (i) 상기 전방 골절편 영역과 상기 좌우측 후방 골절편 영역을 최종 위치시킨 후, 상기 전방 골절편 영역과 상기 좌우측 후방 골절편 영역이 겹치는 영역을 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0010] 상기 MSP를 기준으로 전방 골절편 영역의 좌우측 유사도, 좌우측 후방 골절편 영역의 유사도 및 하악골 전체 영역의 좌우측 유사도를 각각 구할 수 있다.

[0011] 상기 방법은, 상기 (b) 단계 전에 상기 상악골 영역에 대해서 가상 수술을 시행하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0012] 상기 방법은, 상기 (i) 단계 후에 상기 상악골 영역, 상기 전방 골절편 영역, 상기 좌우측 후방 골절편 영역의 위치 데이터를 기초로 파이널 웨이퍼용 데이터를 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 상기 MSP를 기준으로 구해지는 유사도(SI)는, 상기 MSP를 기준으로 좌측 영역과 우측 영역을 머러링하여 중첩시키고, 상기 좌측 영역에 대응하는 제1 부피(V_1), 상기 우측 영역에 대응하는 제2 부피(V_2) 및 상기 좌측 영역과 상기 우측 영역이 중첩된 제3 부피(V_3)를 이용하여 수학적 식 $SI = 2 \times V_3 / (V_1 + V_2)$ 에 의해 산출될 수 있다.

[0014] 상기한 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 수술 계획 시뮬레이션 장치는, 영상 획득부에 의해 획득된

3차원 의료 영상 데이터로부터 상악골 영역과 하악골 영역을 세그먼트하고, 상기 세그먼트된 하악골 영역을 전방 골절편 영역, 좌측 및 우측 후방 골절편 영역으로 분할하며, 상기 세그먼트된 하악골 영역에서 추출된 좌우측 이공(mental foramen)을 연결한 선분의 중점(M)을 지나면서 상기 선분에 수직인 평면에 중심점(T)을 설정해 놓은 수정 AMP(absolute mandibular midsagittal plane)를 생성하고, 상기 선분을 상기 중점(M)을 기준으로 관상면(coronal plane) 상에서 FHP(Frankfort horizontal plane)와 평행하게 회전한 만큼 상기 수정된 AMP를 회전하고, 축평면(Axial plane) 상에서 상기 수정된 AMP를 상기 중점(M)을 기준으로 MSP(midsagittal plane)와 평행이 되게 회전한 후, 상기 중심점(T)이 상기 MSP에 위치하도록 상기 수정된 AMP를 평행 이동시킨 만큼 상기 전방 골절편 영역을 이동하여 위치시키고, 상기 전방 골절편 영역을 상기 MSP를 기준으로 좌우측 유사도가 최대가 되게 위치시키는 데이터 처리부를 포함한다.

[0015] 상기한 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 신체 유사도 지수 산출 방법은, 영상 획득부에 의해 획득된 3차원 의료 영상 데이터에서 관심 대상 신체 영역을 세그먼트하는 단계, 상기 세그먼트된 신체 영역 중 미리 설정된 기준면의 일 측에 위치한 제1 신체 영역을 상기 기준면을 기준으로 미러링하여, 상기 기준면의 타 측에 위치한 제2 신체 영역과 중첩시키는 단계, 그리고 상기 제1 신체 영역에 대응하는 제1 부피, 상기 제2 신체 영역에 대응하는 제2 부피 및, 상기 제2 신체 영역과 상기 미러링된 제1 신체 영역이 중첩된 제3 부피를 이용하여 상기 제1 신체 영역과 상기 제2 신체 영역의 유사도를 산출하는 단계를 포함한다.

[0016] 상기 제1 신체 영역과 상기 제2 신체 영역의 유사도는 아래 수학식에 의해 산출될 수 있다.

[0017] $SI = 2 \times V_3 / (V_1 + V_2)$

[0018] 여기서, SI는 제1 신체 영역과 제2 신체 영역의 유사도이고, V_1 은 상기 제1 부피, V_2 는 상기 제2 부피, V_3 는 상기 제3 부피일 수 있다.

[0019] 상기한 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 컴퓨터에 상기한 방법을 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명에 따른 신체 유사도 지수를 활용하여 임상의 등의 사용자가 안면 비대칭 등을 포함한 신체 비대칭 정도를 직관적이고 정량적으로 평가할 수 있다. 본 발명에 따른 신체 유사도 지수를 이용한 수술 계획 시뮬레이션을 제공함으로써 수술 계획을 수립하는데 도움을 줄 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수술 계획 시뮬레이션 장치의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 수술 계획 시뮬레이션 장치의 동작을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 3 내지 도 12는 본 발명에 따른 하악골 가상 수술 시행 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 신체 비대칭 평가를 위한 신체 영역 유사도 지수 산출 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 안면 비대칭 평가를 위한 신체 영역 유사도 지수 산출 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 15는 본 발명의 다른 실시예에 따른 안면 비대칭 평가를 위한 신체 영역 유사도 지수 산출 방법을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수술 계획 시뮬레이션 장치의 구성도이다.

[0024] 도 1을 참고하면, 본 발명에 따른 수술 계획 시뮬레이션 장치는 영상 획득부(100), 데이터 처리부(200) 및 사용자 인터페이스부(300)를 포함할 수 있다.

- [0025] 영상 획득부(100)는 환자의 3차원(three dimension, 3D) 의료 영상을 획득하는 장치로 컴퓨터 단층 촬영(Computed Tomography) 장치일 수 있다. 여기서 3D 의료 영상은 CT(Computed Tomography), CBCT(Cone Beam Computed Tomography), MRI(Magnetic resonance imaging), PET(Positron Emission Tomography), 및 SPECT(Single-Photon Emission Computed Tomography) 등의 타입으로 획득되는 3D 영상 데이터일 수 있다.
- [0026] 데이터 처리부(200)는 영상 획득부(100)에서 획득된 의료 영상 데이터에서 관심 신체 영역 세그먼트, 기준면을 기준으로 나누어진 신체 영역 사이의 유사도 지수 산출, 신체 영역에 대한 가상 수술 시행과 같은 데이터 처리를 할 수 있으며, 이를 위해 하나 이상의 프로세서 및 메모리 모듈 등을 포함할 수 있다.
- [0027] 사용자 인터페이스부(300)는 수술 계획 시뮬레이션 장치의 동작과 관련된 각종 정보를 출력할 수 있다. 예컨대 사용자 인터페이스부(300)는 영상 획득부(100)에서 획득된 3D 의료 영상 데이터를 기초로 시행되는 가상 수술 내용을 영상으로 화면에 표시할 수 있다. 또한 사용자 인터페이스부(300)는 사용자로부터 수술 계획 시뮬레이션 장치의 동작과 관련된 각종 명령을 입력받을 수 있다. 사용자 인터페이스부(300)는 모니터, 스피커, 터치패널, 마우스, 키보드 등과 같은 입출력 모듈을 포함할 수 있다.
- [0028] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 수술 계획 시뮬레이션 장치의 동작을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0029] 도 1 및 도 2를 참고하면, 영상 획득부(100)는 환자의 얼굴을 촬영한 3차원(three dimension, 3D) 의료 영상 데이터를 획득할 수 있다(S205).
- [0030] 다음으로 데이터 처리부(200)는 영상 획득부(100)에서 획득된 3D 의료 영상 데이터로부터 상악골 영역과 하악골 영역을 세그먼트(segment)할 수 있다(S210). 단계(S210)에서 데이터 처리부(200)는 3차원 의료 영상 데이터에서 딥러닝(Deep learning) 등과 같은 신경망 모델을 이용하여 상악골 영역과 하악골 영역을 자동으로 세그먼트할 수 있다.
- [0031] 신경망 모델은 콘볼루션 신경망(Convolution neural network)(CNN)과 같은 기계학습 알고리즘 형태일 수 있다. 콘볼루션 신경망은 AlexNet, VGGNet, GoogLeNet, ResNet 등과 같은 심층 CNN 모델로 구현될 수 있다. 훈련된 신경망 모델을 이용하여 입력 영상에서 관심 영역을 세그먼트하는 기술은 당업자에게 주지되어 있으므로 자세한 설명은 생략한다.
- [0032] 데이터 처리부(200)는 3D 의료 영상 데이터에서 3D 두부 계측(cephalometric) 기준점과 추가 기준점 등을 추출할 수 있다(S215). 3D 두부 계측 기준점은 포리온(Porion), 안과점(Orbitale), 비근점(Nasion), 셀라(Sella), 멘톤(Menton), 포인트 B(point B), 이결절(genial tubercle) 등을 포함할 수 있다. 그리고 추가 기준점은 좌우측 관절와(articular fossa) 최상방점, 상하악골 내 미리 정해진 기준점 등을 포함할 수 있다.
- [0033] 단계(S215)에서 미리 훈련된 신경망 모델을 이용하여 데이터 처리부(200)에서 자동으로 기준점들을 추출하거나, 또는 사용자 인터페이스부(300)를 통해 3D 의료 영상 데이터를 표시하고, 임상의 등과 같은 사용자로부터 기준점들을 선택받아 추출하도록 구현할 수 있다. 단계(S215)에서 데이터 처리부(200)는 영상 획득부(100)에서 획득된 의료 영상 데이터에 미리 훈련된 신경망 모델을 이용하여 2D 두부 계측 기준점들을 추출해낼 수도 있다.
- [0034] 이후 데이터 처리부(200)는 단계(S215)에서 추출된 기준점들을 이용하여 기준 평면을 설정할 수 있다(S220). 단계(S220)에서 설정되는 기준 평면은 FHP(Frankfort horizontal plane), MSP(midsagittal plane) 및 AMP(absolute mandibular midsagittal plane) 등일 수 있다. FHP는 좌우측 포리온과 안과점을 지나는 평면이다. MSP는 비근점과 셀라를 지나면서 FHP에 수직인 평면이다. AMP는 멘톤, 포인트 B, 이결절을 지나는 평면이다.
- [0035] 실시예에 따라서 단계(S215, S220)를 단계(S210)보다 먼저 수행하거나, 동시에 수행할 수도 있다.
- [0036] 데이터 처리부(200)는 상악골에 대한 가상 수술을 시행할 수 있다(S225). 예컨대 데이터 처리부(200)는 세그먼트된 상악골 영역에 대해서 Le Fort I 상악골 절단술을 가상으로 시행할 수 있다. 세그먼트된 상악골 영역을 FHP와 MSP를 기준으로 3차원 이동을 시행할 수 있다. 상악골의 A점, ANS(Anterior nasal spine), PNS(Posterior nasal spine) 등의 최적 위치를 2D 또는 3D 두부 계측 분석치를 이용하여 결정할 수 있다. 그리고 세그먼트된 상악골 영역을 MSP 상에서 전후방으로 병진 이동(translation)하고, A점을 기준으로 피치(pitch) 및 상방 이동을 시행하여 최적 위치로 이동시킬 수 있다. 상악골 이동 시 기준 평면은 상악 양측 중절치 사이점, 상악 양측 제1 대구치의 근심협측교두 침두들(mesiobuccal cusp tips)을 연결한 평면이다. 이들 평면을 결정하기 위한 기준점은 수동 또는 딥 러닝 등을 통해 결정할 수 있다. 상악 기준 평면의 중심선이 MSP와 일치하도록 요(yaw) 이동을 시행할 수 있다. A점을 중심으로 상악 기준 평면이 FHP와 수평이 되게 롤(roll) 이동을

시행할 수 있다. 그리고 상악골이 삼차원 이동 시행 후 상악골 상방 즉, 두개골과 중첩되는 부분을 제거(trimming)할 수 있다.

- [0037] 단계(S225)에서 상악골에 대한 가상 수술은 위에서 설명한 것과 다른 상악골 수술 방법을 적용하여 이루어질 수도 있다. 한편 상악골 수술이 필요 없는 환자의 경우, 단계(S225)는 생략될 수도 있다.
- [0038] 다음으로 데이터 처리부(200)는 가상 수술이 시행된 상악골 영역의 최종 위치 데이터를 바탕으로 인터미디어트 웨이퍼용 데이터를 생성할 수 있다(S227). 인터미디어트 웨이퍼(intermediate wafer)는 환자 상악의 위치를 잡아주는 웨이퍼를 의미한다.
- [0039] 그리고 데이터 처리부(200)는 하악골에 대한 가상 수술을 시행할 수 있다(S230).
- [0040] 도 3 내지 도 13은 본 발명에 따른 하악골 가상 수술 시행 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0041] 데이터 처리부(200)는 세그먼트된 하악골 영역을 전방 골절편 영역, 좌측 골절편 영역 및 우측 후방 골절편 영역으로 분할할 수 있다(S231). 예컨대 도 3에 예시한 것과 같이 하악골 수직 골절단술(IVRO, intraoral vertical ramus osteotomy)을 가상으로 시행하여, 하악골 영역을 전방 골절편 영역(10), 좌측 골절편 영역(21) 및 우측 후방 골절편 영역(22)으로 분할할 수 있다. 하악골 수직 골절단술은 하악지 좌우 전악각 절흔(antegonial notch)과 하악 절흔(sigmoid notch)을 연결한 선을 기준으로 양측 하악지를 각각 수직 분할하는 수술이다. 물론 도 4에 예시한 것과 같이 하악지 시상분할 골절단술(SSRO, Sagittal Split Ramus Osteotomy)을 가상으로 시행하여 세그먼트된 하악골 영역을 전방 골절편 영역(10), 좌측 골절편 영역(21) 및 우측 후방 골절편 영역(22)으로 분할할 수도 있다. 그 외에도 단계(S231)에서 다른 수술법에 의한 가상 수술을 시행하여 세그먼트된 하악골 영역을 전방 골절편 영역, 좌측 골절편 영역 및 우측 후방 골절편 영역으로 분할하는 것도 가능하다.
- [0042] 다음으로 다시 도 2를 참고하면, 데이터 처리부(200)는 수정된 AMP(absolute mandibular midsagittal plane)를 생성할 수 있다(S232).
- [0043] 도 5를 참고하면, 세그먼트된 하악골 영역에서 추출된 좌우측 이공(mental foramen)(P_{mf} , P_{mf}')을 연결한 선분(L)의 중점(M)을 지나면서, 선분(L)에 수직인 평면(A)에 중심점(T)(도시하지 않음)을 설정할 수 있다. 이하에서 중심점(T)이 설정된 평면(A)을 수정된 AMP로 정의한다.
- [0044] 중심점(T)은 평면(A) 내에 위치한 전방 골절편 영역(10)의 중점으로 설정될 수 있다. 또는 평면(A)에 수직으로 투영된 멘톤(Menton), 포인트 B(point B), 이결절(genial tubercle)의 중점으로 중심점(T)을 설정할 수도 있다.
- [0045] 다시 도 2를 참고하면, 데이터 처리부(200)는 수정된 AMP를 MSP에 겹치도록 회전 및 평행 이동시킨 만큼 전방 골절편 영역(10)을 이동하여 위치시킬 수 있다(S233). 단계(S235)에 대해 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0046] 먼저 도 6에 예시한 것과 같이 중점(M)을 기준으로 관상면(coronal plane) 상에서 FHP(Frankfort horizontal plane)와 평행하게 선분(L)을 회전한 만큼 수정된 AMP(A)를 회전한다. 아직 수정된 AMP는 도 7에 예시한 것과 같이 MSP(midsagittal plane)에 평행한 상태는 아니다. 다음으로 축평면(Axial plane) 상에서 수정된 AMP를 중점(M)을 기준으로 MSP(midsagittal plane)와 평행이 되게 회전시킨다(도 8 참조). 여기서 축평면(Axial plane)은 horizontal(Transverse) plane으로 FHP에 평행한 평면이다. 그리고 수정된 AMP(A)에 설정된 중심점(T)이 MSP 내에 위치하도록 수정된 AMP를 평행 이동시킨다(도 9 참조).
- [0047] 도 6 내지 도 9에서 수정된 AMP(A)를 회전 및 평행이동시켜서 MSP와 겹쳐지게 이동시킨 만큼 전방 골절편 영역(10)을 회전 및 평행이동시킨다.
- [0048] 다시 도 2를 참고하면, 단계(S233) 이후에 데이터 처리부(200)는 전방 골절편 영역(10)을 일정 각도 내에서 회전시키면서 MSP를 기준으로 좌우측 유사도가 최대가 되게 위치시킬 수 있다(S234). 예컨대 전방 골절편 영역(10)을 $\pm 15^\circ$ 범위 내에서 요잉(yawing) 및 롤링(rolling)시키면서 MSP를 기준으로 좌우측 유사도가 최대가 되는 위치에 위치시킬 수 있다. 요잉축은 중심점(T)을 지나면서 horizontal(Transverse) plane에 수직인 축이고, 롤링축은 중심점(T)을 지나면서 관상면(coronal plane)에 수직인 축일 수 있다.
- [0049] 다음으로 데이터 처리부(200)는 미리 구해진 두부 계측 정상 평균치를 이용하여 전방 골절편 영역(10)을 최종 위치로 조정할 수 있다(S235). 단계(S235)에서 예를 들어 하악점(pogonion)(도 10에서 P_0)과 Nperp 평면(비근점을 지나고 MSP와 FHP에 각각 수직인 관상(coronal) 방향의 평면)과의 수평 거리(FHP와 평행한 거리, D)가 대략

0 - 8 mm 범위가 되도록 전방 골절편 영역(10)을 전방 또는 후방 이동시킨 후(정확한 이동량은 개개인마다 다를 수 있음), 상하악 전치부 수평 피개(overjet) 및 수직 피개(overbite)가 각각 2-3 mm(도 11 참고)으로 상악 구치부와 하악 구치부가 접촉되도록 전방 골절편 영역(10)의 위치를 최종 조정하여 위치시킬 수 있다. 정확한 이동량은 이차원 또는 삼차원 측모 또는 정모두부규격계측 분석 방법에 따른 정상치를 이용할 수 있으며, 개개인의 골격적 부정교합의 특성에 따라 다를 수 있다. 물론 사용자인 임상주의 의학적 판단 등에 의해 그 범위가 설정되거나 조정될 수도 있다.

[0050] 다음으로 데이터 처리부(200)는 좌우측 후방 골절편 영역(21, 22)을 지정된 위치로 이동시킬 수 있다(S236). 하악골에 대해서 하악골 수직 골절단술(IVRO)을 시행한 경우는 절골을 하되 별도의 내고정(internal fixation)을 하지 않고, 바로 악간고정을 하면 되므로 단계(S236)에서 정확한 위치 지정이 필요하지 않을 수 있다. 다만 하악지 시상분할 골절단술(SSRO)의 경우 좌우측 후방 골절편 영역(21, 22)과 전방 골절편 영역(10)을 서로 붙여서 고정하는 내고정이 필요하므로, 좌우측 후방 골절편 영역(21, 22)의 정확한 위치 지정이 필요하다.

[0051] 단계(S236)에서 좌우측 후방 골절편 영역(21, 22)에 대한 위치 지정은 다음과 같은 방법이 이용될 수 있다. 도 12에 예시한 것과 같이 먼저 좌측 후방 골절편 영역(21)의 과두 중심점(P21)을 상악골 영역의 좌측 관절와(articular fossa) 최상방점(P31)을 지나는 좌측 수직선(L3)에 위치시키고, 우측 후방 골절편 영역(22)의 과두 중심점(P22)을 상악골 영역의 우측 관절와 최상방점(P32)을 지나는 우측 수직선(L4)에 위치시킬 수 있다. 그리고 도 13에 예시한 것과 같이 좌우측 후방 골절편 영역(21, 22)의 과두 중심점(P21, P22)을 좌우측 수직선(L3, L4)에 각각 위치시킨 상태에서, 좌우측 후방 골절편 영역(21, 22)을 수직 방향으로 일정 범위 내에서 이동하면서 좌우측 후방 골절편 영역(21, 22)의 유사도가 MSP를 기준으로 최대가 되는 위치로 최종 위치시킬 수 있다.

[0052] 좌측 후방 골절편 영역(21)과 우측 후방 골절편 영역(22)이 수직 방향으로 이동할 수 있는 범위는 사용자에게 해 미리 설정될 수 있다. 가령 정상인에 대해서 조사된 과두와 관절와 사이 갭(gap)의 평균적 범위를 이용하여 설정될 수 있다. 물론 사용자인 임상주의 의학적 판단 등에 의해 그 범위가 설정되거나 조정될 수도 있다. 그리고 좌우측 후방 골절편 영역(21, 22)을 수직 방향으로 이동하면서 아울러 일정 각도(예컨대 $\pm 15^\circ$) 내에서 요잉, 피칭, 롤링을 시키면서 유사도가 MSP를 기준으로 최대가 되는 위치를 지정할 수도 있다.

[0053] 다시 도 2를 참고하면, 데이터 처리부(200)는 전방 골절편 영역(10)과 좌우측 후방 골절편 영역(21, 22)을 최종 위치시킨 후, 전방 골절편 영역(10)과 좌우측 후방 골절편 영역(21, 22)이 겹치는 영역을 제거할 수 있다(S237).

[0054] 마지막으로 데이터 처리부(200)는 상악골 영역, 전방 골절편 영역, 좌우측 후방 골절편 영역의 위치 데이터를 기초로 파일널 웨이퍼용 데이터를 생성할 수 있다(S240). 파일널 웨이퍼(final wafer)는 하악의 위치를 잡아주는 웨이퍼를 의미한다.

[0055] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 신체 비대칭 평가를 위한 신체 영역 유사도 지수 산출 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0056] 도 14를 참고하면, 신체 비대칭 평가 대상의 신체 영역이 하악골(Mandible)인 경우, AMP(absolute mandibular midsagittal plane)를 기준으로 하악골을 나누어 좌우 영역의 유사도 지수를 산출할 수 있다. 여기서 AMP는 하악골의 멘톤(Menton), 포인트 B(point B), 이결절(genial tubercle)로 이루어진 평면으로 정의할 수 있다.

[0057] 도 14에서와 같이, 하악골을 AMP를 기준으로 제1 영역(A)과 제2 영역(B) 나누어, 일 측에 위치한 영역(B)을 미러링(Mirroring)하여, 타 측에 위치한 영역(A)과 중첩(Superimposition)시키면, 제1 영역(A)과 제2 영역(B)이 중첩된 영역(Overlapping volume)($A \cap B$)과 중첩되지 않은 영역(Non-Overlapping volume)이 생긴다.

[0058] AMP를 기준으로 제1 영역(A)과 제2 영역(B)이 대칭이 될수록 중첩된 영역이 커지고 중첩되지 않은 영역은 작아질 것이다.

[0059] 따라서 아래 수학식 1을 이용하여 AMP를 기준으로 나누어진 하악골의 2 영역(A, B)의 유사도 지수를 구할 수 있다.

[0060] [수학식 1]

[0061] $SI = 2 \times V_3 / (V_1 + V_2)$

[0062] 여기서, SI는 AMP를 기준으로 나누어진 하악골의 2개 영역(A, B)의 유사도 지수이고, V_1 은 제1 영역(A)의 부피,

V_2 는 제2 영역(B)의 부피, V_3 는 중첩된 영역($A \cap B$)의 부피일 수 있다.

- [0063] 2개 영역(A, B)이 AMP를 기준으로 완벽하게 대칭이 되면, SI는 '1'이 되고, 반대로 완벽하게 비대칭이 되면 중첩된 영역이 없어서 SI는 '0'이 될 것이다.
- [0064] 도 15는 본 발명의 다른 실시예에 따른 안면 비대칭 평가를 위한 신체 영역 유사도 지수 산출 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0065] 도 15를 참고하면, MSP를 기준으로 나누어진 하악골의 2개 영역(C, D)에 대해서 수학적 1을 적용하여 유사도 지수를 산출할 수 있다.
- [0066] 물론 하악골이 아닌 다른 신체 영역에 대해서도 정해진 기준면을 기준으로 나누어진 2개의 신체 영역 사이의 유사도를 수학적 1을 이용하여 산출할 수 있다.
- [0067] 한편 도 2의 실시예에서와 같이 수술 계획 시뮬레이션을 하면서 본 발명에 따라 구해진 신체 유사도 지수를 이용할 수 있을 뿐만 아니라, 수술 결과를 평가하기 위해서 수학적 1을 이용한 신체 유사도 지수를 수술 전과 후에 구해서 비교할 수도 있다.
- [0068] 예컨대 앞서 단계(S234, S236)에서와 같이 수술 시뮬레이션 과정에서 MSP를 기준으로 전방 골절편 영역의 좌우측 유사도, MSP를 기준으로 좌측 후방 골절편 영역과 우측 후방 골절편 영역의 유사도를 구하는 것 외에도, 수술 전이나 수술 후에 수술 결과를 평가하기 위해서, MSP를 기준으로 전방 골절편 영역의 좌우측 유사도와 좌측 후방 골절편 영역과 우측 후방 골절편 영역의 유사도를 구하여 비교하는 것도 가능하다.
- [0069] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 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 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 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 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0070] 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 장치에 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.
- [0071] 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.

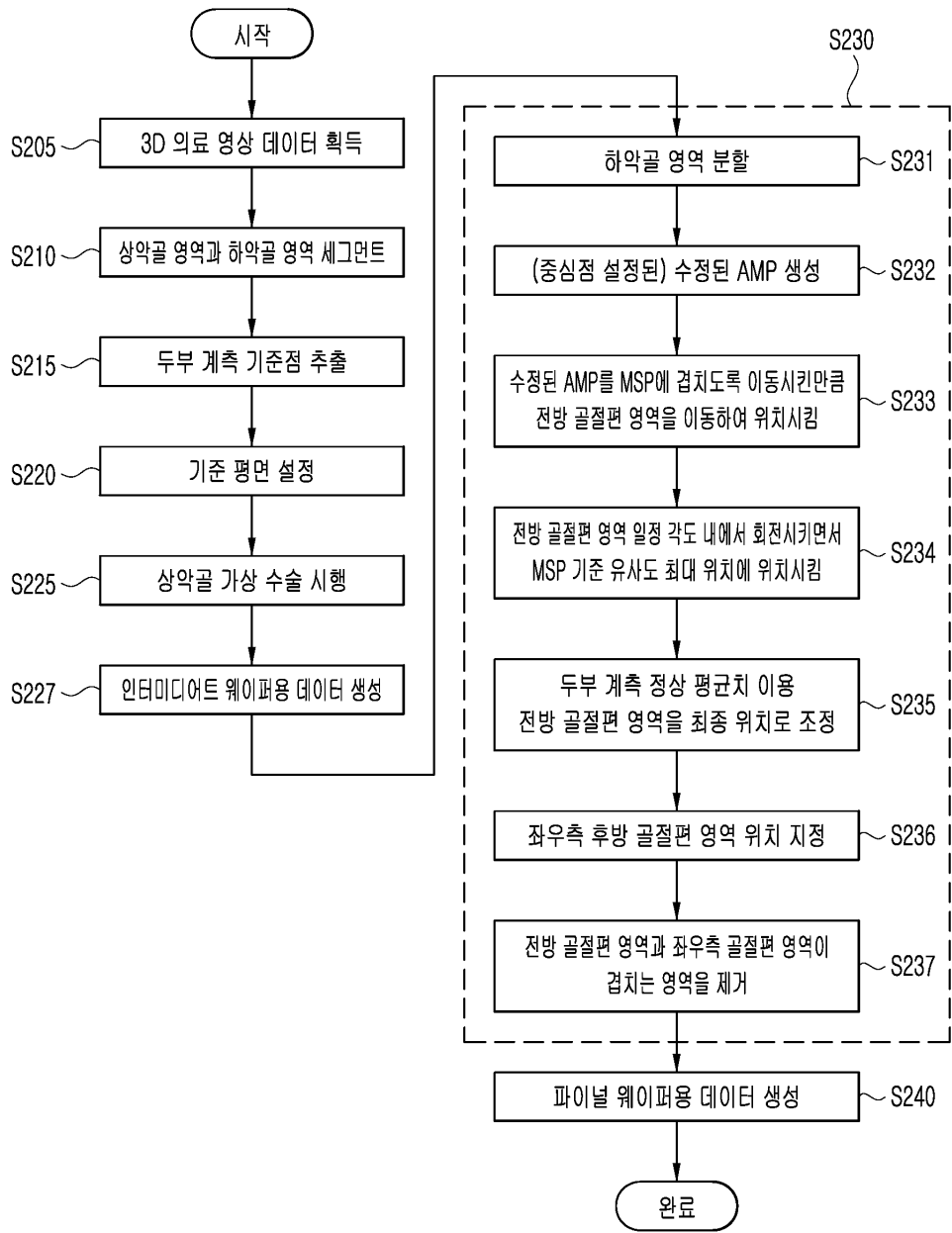
[0072] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

도면

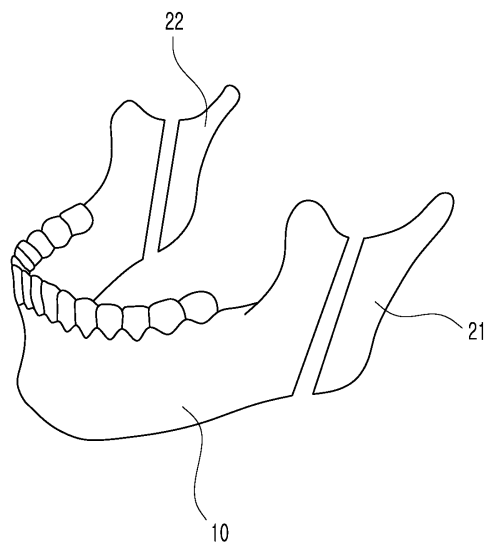
도면1



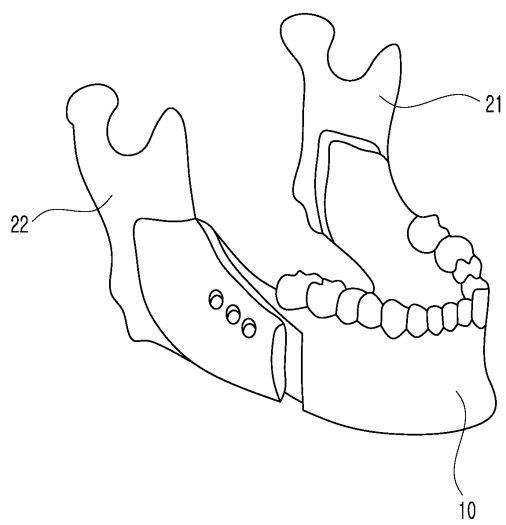
도면2



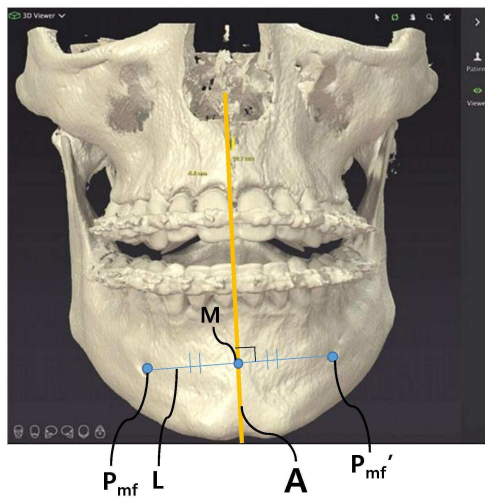
도면3



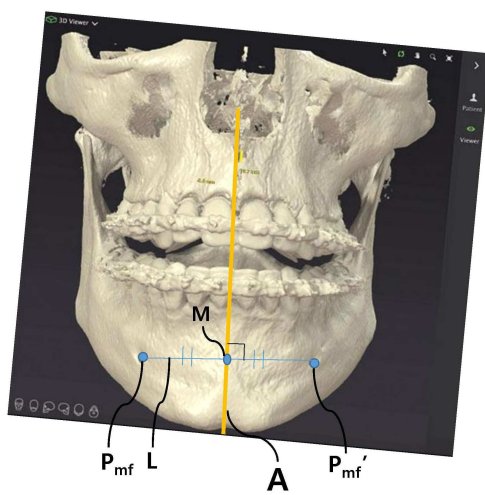
도면4



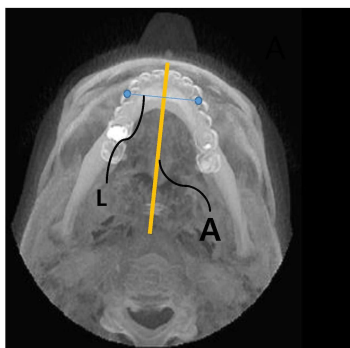
도면5



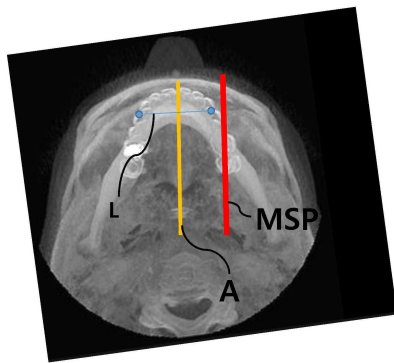
도면6



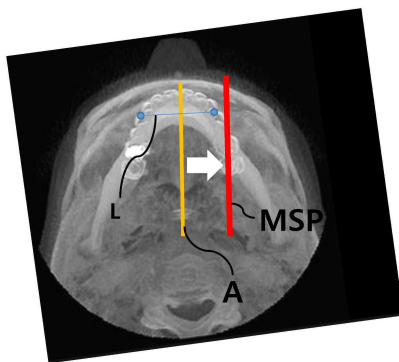
도면7



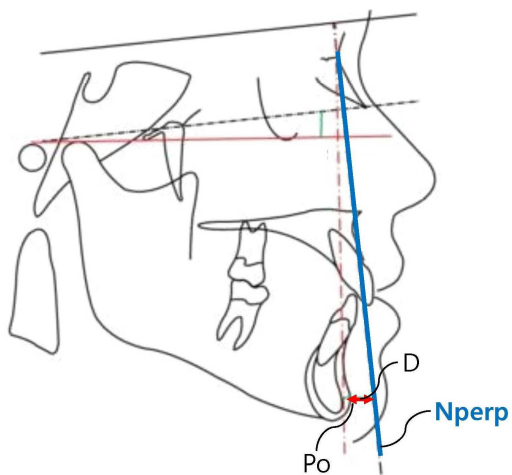
도면8



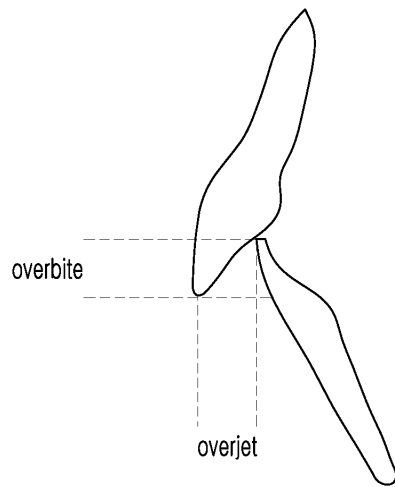
도면9



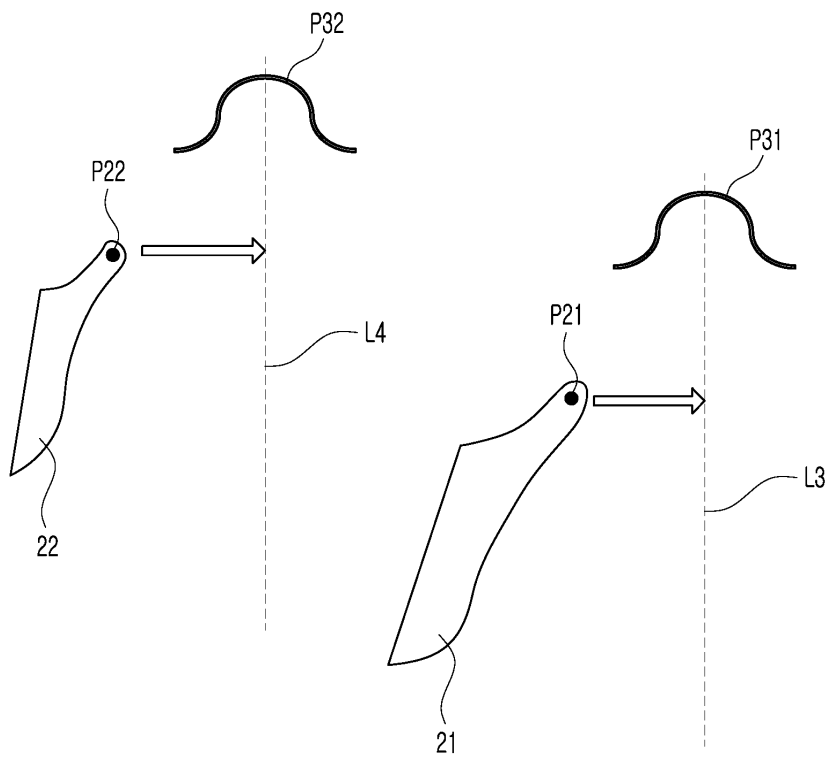
도면10



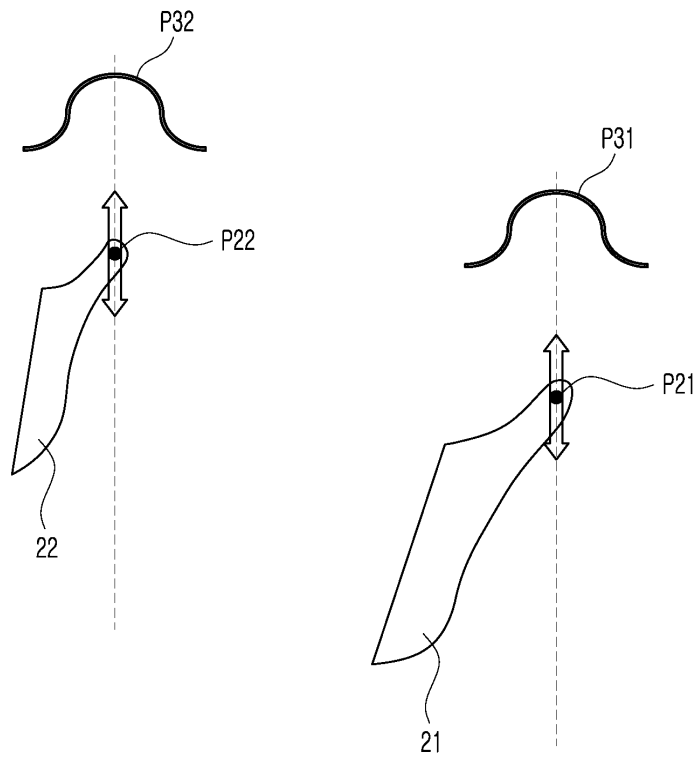
도면11



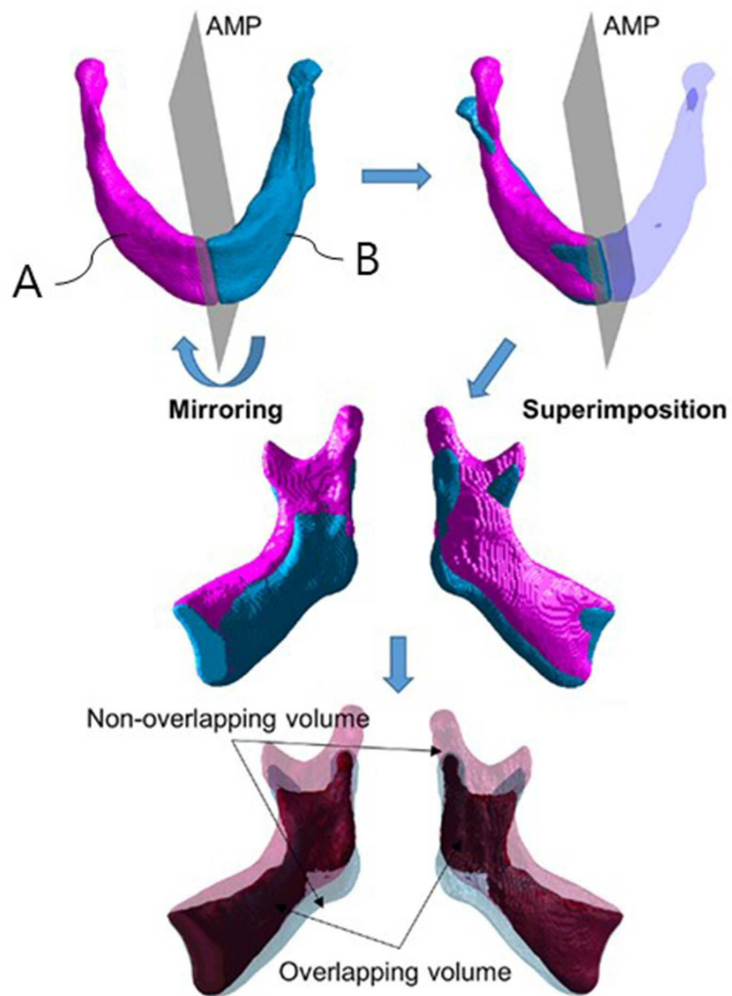
도면12



도면13



도면14



도면15

