

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2023-0125967
(43) 공개일자 2023년08월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 6/03 (2006.01) A61B 5/00 (2021.01)
A61B 6/00 (2006.01) G06T 11/00 (2006.01)
G06T 7/11 (2017.01) G16H 50/20 (2018.01)

(52) CPC특허분류

A61B 6/032 (2013.01)
A61B 5/4818 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0022859

(22) 출원일자 2022년02월22일

심사청구일자 2022년02월22일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

재단법인 아산사회복지재단

서울특별시 송파구 올림픽로43길 88 (풍납동)

울산대학교 산학협력단

울산광역시 남구 대학로 93(무거동)

(72) 발명자

김수정

서울특별시 용산구 이촌로2가길 77, 303호(이촌동, 문화연립)

김남국

서울특별시 송파구 올림픽로35길 104, 16동 607호(신천동, 장미아파트)

조하늘

서울특별시 성동구 매봉길 50, 112동 502호(옥수동, 이편한세상옥수파크힐스)

(74) 대리인

특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 콘빔 컴퓨터 단층촬영(CBCT) 영상을 이용한 인두 기도 분할 장치 및 그 방법

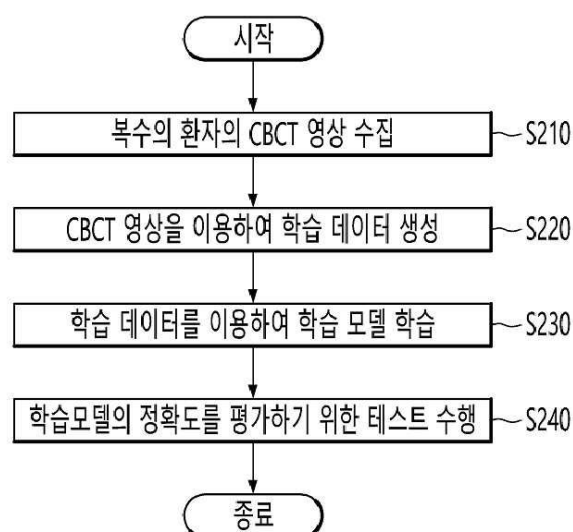
(57) 요약

본 발명은 콘빔 컴퓨터 단층촬영(CBCT) 이미지를 이용한 인두 기도 분할 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 인두 기도 분할 장치를 이용한 인두 기도 분할 방법에 있어서, 복수의 환자의 CBCT 영상을 수집하는 단계, CBCT 영상을 이용하여 학습 데이터를 생성하는 단계, 학습 데이터를 이용하여 학습 모델을 학습시

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



키는 단계, 대상 환자의 CBCT 영상을 입력받는 단계, 그리고 대상 환자의 CBCT 영상을 학습 모델에 입력하여 대상 환자의 인두 기도 영역을 복수의 하위영역으로 분할하는 단계를 포함한다.

이와 같이 본 발명에 따르면, 인공지능을 이용하여 인두 기도 형태를 4개의 영역으로 자동 분할함으로써, 정확도 및 시간 효율성을 향상시킬 수 있다. 그리고, 폐쇄성 수면무호흡 환자 중 악안면 영역의 해부학적 구조에 원인이 존재하는 환자 유형을 자동으로 인지해 내고, 치료 계획 수립에 반영되어야 할 위험요인을 제시해 줌으로써, 진료 영역의 양적 질적 향상을 기대할 수 있다.

(52) CPC특허분류

A61B 5/7264 (2023.08)

A61B 5/7275 (2013.01)

A61B 6/501 (2013.01)

A61B 6/5205 (2013.01)

G06T 11/003 (2013.01)

G06T 7/11 (2017.01)

G16H 50/20 (2018.01)

G06T 2207/20084 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

인두 기도 분할 장치를 이용한 인두 기도 분할 방법에 있어서,
 복수의 환자의 CBCT 영상을 수집하는 단계,
 상기 CBCT 영상을 이용하여 학습 데이터를 생성하는 단계,
 상기 학습 데이터를 이용하여 학습 모델을 학습시키는 단계,
 대상 환자의 CBCT 영상을 입력받는 단계, 그리고
 상기 대상 환자의 CBCT 영상을 상기 학습 모델에 입력하여 상기 대상 환자의 인두 기도 영역을 복수의 하위영역으로 분할하는 단계를 포함하는 인두 기도 분할 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 학습 데이터를 생성하는 단계는,
 상기 CBCT 영상에서 인두 기도 영역을 분할하는 단계,
 상기 인두 기도 영역에서 복수의 랜드마크를 표시하는 단계,
 상기 복수의 랜드마크와 복수의 기준평면을 이용하여 상기 인두 기도 영역을 상기 복수의 하위영역으로 분할하는 단계, 그리고
 상기 CBCT 영상 및 상기 복수의 하위영역이 표시된 영상을 학습 데이터로 생성하는 단계를 포함하는 인두 기도 분할 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 복수의 하위영역은,
 비인두(nasopharynx) 영역, 구개인두(velopharynx) 영역, 혀인두(glossopharynx) 영역, 하인두(hypopharynx) 영역을 포함하는 인두 기도 분할 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,
 상기 인두 기도 영역을 상기 복수의 하위영역으로 분할하는 단계는,
 안와점(or)과 포리온(Po)이 연결된 프랑크푸르트 평면(FH plane)과 평행하며 후비극(PNS)을 통과하는 평면(PNS plane)과, 셀라(Se)와 후비극(PNS)이 연결된 평면(Se-PNS plane) 사이의 영역을 비인두 영역으로 설정하는 단계,
 연구개 틱을 기준으로 하는 평면(SPt plane)과 후비극(PNS)을 기준으로 하는 평면(PNS plane) 사이의 영역을 구개인두 영역으로 설정하는 단계,
 후두개 끝을 기준으로 하는 평면(Et plane)과 연구개 틱을 기준으로 하는 평면(SPt plane) 사이의 영역을 혀인두 영역으로 설정하는 단계,
 후두개 기저부를 기준으로 하는 평면(Eb plane)과 후두개 끝을 기준으로 하는 평면(Et plane) 사이의 영역을 하인두 영역으로 설정하는 단계를 포함하는 인두 기도 분할 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 학습 데이터를 이용하여 학습 모델을 학습시키는 단계는,

상기 CBCT 영상을 입력 데이터로 설정하고, 상기 복수의 하위영역이 표시된 영상을 출력 데이터로 설정하여 상기 학습 모델을 학습시키는 인두 기도 분할 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 학습 모델의 정확도를 평가하기 위한 테스트를 수행하는 단계를 더 포함하는 인두 기도 분할 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 복수의 하위영역을 기반으로 교정 및 외과적 치료에 대한 인두 기도의 반응을 예측하는 단계를 더 포함하는 인두 기도 분할 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 복수의 랜드마크는,

셀라(Sella), 좌우측 안와점(Orbit), 좌우측 포리온(Porion), 전비극, 후비극, 연구개 끝, 후두개 끝, 후두개 기저부를 포함하는 인두 기도 분할 방법.

청구항 9

콘빔 컴퓨터 단층촬영(CBCT) 이미지를 이용한 인두 기도 분할 장치에 있어서,

복수의 환자의 CBCT 영상을 수집하고, 상기 CBCT 영상을 이용하여 학습 데이터를 생성하며, 상기 학습 데이터를 이용하여 학습 모델을 학습시키는 학습부,

대상 환자의 CBCT 영상을 입력받는 입력부, 그리고

상기 대상 환자의 CBCT 영상을 상기 학습 모델에 입력하여 상기 대상 환자의 인두 기도 영역을 복수의 하위영역으로 분할하는 제어부를 포함하는 인두 기도 분할 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 학습부는,

상기 CBCT 영상에서 인두 기도 영역을 분할하고, 상기 인두 기도 영역에서 복수의 랜드마크를 표시하며, 상기 복수의 랜드마크와 복수의 기준평면을 이용하여 상기 인두 기도 영역을 상기 복수의 하위영역으로 분할하고, 상기 CBCT 영상 및 상기 복수의 하위영역이 표시된 영상을 학습 데이터로 생성하는 인두 기도 분할 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 복수의 하위영역은,

비인두(nasopharynx) 영역, 구개인두(velopharynx) 영역, 혀인두(glossopharynx) 영역, 하인두(hypopharynx) 영역을 포함하는 인두 기도 분할 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 학습부는,

안와점(or)과 포리온(Po)이 연결된 프랑크푸르트 평면(FH plane)과 평행하며 후비극(PNS)을 통과하는 평면(PNS plane)과, 셀라(Se)와 후비극(PNS)이 연결된 평면(Se-PNS plane) 사이의 영역을 비인두 영역으로 설정하고, 연구개 틱을 기준으로 하는 평면(SPt plane)과 후비극(PNS)을 기준으로 하는 평면(PNS plane) 사이의 영역을 구개 인두 영역으로 설정하며, 후두개 끝을 기준으로 하는 평면(Et plane)과 연구개 틱을 기준으로 하는 평면(SPt plane) 사이의 영역을 혀인두 영역으로 설정하고, 후두개 기저부를 기준으로 하는 평면(Eb plane)과 후두개 끝을 기준으로 하는 평면(Et plane) 사이의 영역을 하인두 영역으로 설정하는 인두 기도 분할 장치.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 학습부는,

상기 CBCT 영상을 입력 데이터로 설정하고, 상기 복수의 하위영역이 표시된 영상을 출력 데이터로 설정하여 상기 학습 모델을 학습시키는 인두 기도 분할 장치.

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 학습 모델의 정확도를 평가하기 위한 테스트를 수행하는 테스트부를 더 포함하는 인두 기도 분할 장치.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 복수의 하위영역을 기반으로 교정 및 외과적 치료에 대한 인두 기도의 반응을 예측하는 인두 기도 분할 장치.

청구항 16

제9항에 있어서,

상기 복수의 랜드마크는,

셀라(Sella), 좌우측 안와점(Orbit), 좌우측 포리온(Porion), 전비극, 후비극, 연구개, 후두개 끝, 후두개 기저부를 포함하는 인두 기도 분할 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 콘빔 컴퓨터 단층촬영(CBCT) 영상을 이용한 인두 기도 분할 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 콘빔 컴퓨터 단층촬영 영상 상의 랜드마크를 이용하여 인두 기도를 4개의 영역으로 분할하는 콘빔 컴퓨터 단층촬영 영상을 이용한 인두 기도 분할 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 인공지능(AI)은 복잡한 작업을 수행하기 위해 인간 지능의 인지 기능을 모방하는 기술을 나타내며, 치열 교정 분야에서 두개안면 구조에 대한 자동화된 진단 시스템을 구축하기 위해 인공지능을 적용하는 연구가 진행되고 있다.

[0003] 특히, 인공 신경망 중 일종인 합성곱 신경망(Convolution Neural Network, 이하 "CNN"으로 명명한다.)은 하나의 영상을 분석 및 분류하는데 높은 정확도를 보여주고 있다.

[0004] 한편, 두개안면 기형과 폐쇄성 수면무호흡증(Obstructive sleep apnea, 이하 "OSA"로 명명한다.) 사이의 관계의

중요성이 부각됨에 따라 두개안면 구조에 대한 상기도의 형태학적 분석 또한 중요하게 되었다.

- [0005] 여기서, 상부의 3차원(3D) 평가 콘빔 컴퓨터 단층촬영(Cone beam computed tomography, 이하 "CBCT"로 명명한다.)을 사용하는 기도의 형태학적 분석에는 비강 및 인두 기도 섹션의 체적 분석과 최소 단면적 식별이 포함된다.
- [0006] 특히, 치아와 턱뼈를 움직이는 교정 및 외과적 치료는 인두주위 연조직의 위치와 장력에 영향을 미칠 수 있으며, 해부학적으로 유도된 인두의 붓기가 OSA의 주요 원인임을 고려하면, 인두 기도 공간(Pharyngeal airway space, 이하 "PAS"로 명명한다.) 분석은 OSA의 위험이 있는 교정 환자의 치료 목표를 결정하기 위해 두개안면 분석과 통합되어야 한다.
- [0007] CBCT 스캔에서 PAS의 정량적 평가에는 인접 구조로부터 기도 마스크를 수동으로 묘사하는 데 걸리는 시간이 길다는 단점이 있다.
- [0008] 그리고, 현재 이러한 시간과 임상과의 노동을 줄이기 위해 다양한 반자동 소프트웨어 프로그램이 PAS 세분화 및 측정에 활용되고 있으나, 인두 기도를 세분화하기 위해 여전히 수동적 개입이 필요하다는 문제점이 있다.
- [0009] 본 발명의 배경이 되는 기술은 대한민국등록특허공보 제10-2321991호 (2021.11.03 공고)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 콘빔 컴퓨터 단층촬영 영상 상의 랜드마크를 이용하여 인두 기도를 4개의 영역으로 분할하는 콘빔 컴퓨터 단층촬영 영상을 이용한 인두 기도 분할 장치 및 그 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 실시예에 따르면, 인두 기도 분할 장치를 이용한 인두 기도 분할 방법에 있어서, 복수의 환자의 CBCT 영상을 수집하는 단계, 상기 CBCT 영상을 이용하여 학습 데이터를 생성하는 단계, 상기 학습 데이터를 이용하여 학습 모델을 학습시키는 단계, 대상 환자의 CBCT 영상을 입력받는 단계, 그리고 상기 대상 환자의 CBCT 영상을 상기 학습 모델에 입력하여 상기 대상 환자의 인두 기도 영역을 복수의 하위영역으로 분할하는 단계를 포함한다.
- [0012] 상기 학습 데이터를 생성하는 단계는, 상기 CBCT 영상에서 인두 기도 영역을 분할하는 단계, 상기 인두 기도 영역에서 복수의 랜드마크를 표시하는 단계, 상기 복수의 랜드마크와 복수의 기준평면을 이용하여 상기 인두 기도 영역을 상기 복수의 하위영역으로 분할하는 단계, 그리고 상기 CBCT 영상 및 상기 복수의 하위영역이 표시된 영상을 학습 데이터로 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 복수의 하위영역은, 비인두(nasopharynx) 영역, 구개인두(velopharynx) 영역, 혀인두(glossopharynx) 영역, 하인두(hypopharynx) 영역을 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 인두 기도 영역을 상기 복수의 하위영역으로 분할하는 단계는, 안와점(or)과 포리온(Po)이 연결된 프랑크푸르트 평면(FH plane)과 평행하며 후비극(PNS)을 통과하는 평면(PNS plane)과, 셀라(Se)와 후비극(PNS)이 연결된 평면(Se-PNS plane) 사이의 영역을 비인두 영역으로 설정하는 단계, 연구개 틱을 기준으로 하는 평면(SPt plane)과 후비극(PNS)을 기준으로 하는 평면(PNS plane) 사이의 영역을 구개인두 영역으로 설정하는 단계, 후두개 끝을 기준으로 하는 평면(Et plane)과 연구개 틱을 기준으로 하는 평면(SPt plane) 사이의 영역을 혀인두 영역으로 설정하는 단계, 후두개 기저부를 기준으로 하는 평면(Eb plane)과 후두개 끝을 기준으로 하는 평면(Et plane) 사이의 영역을 하인두 영역으로 설정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 CBCT 영상 및 상기 복수의 하위영역이 표시된 영상을 학습 데이터로 생성하는 단계는, 상기 CBCT 영상을 입력 데이터로 설정하고, 상기 복수의 하위영역이 표시된 영상을 출력 데이터로 설정하여 상기 학습 모델을 학습시킬 수 있다.
- [0016] 상기 학습 모델의 정확도를 평가하기 위한 테스트를 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 복수의 하위영역을 기반으로 교정 및 외과적 치료에 대한 인두 기도의 반응을 예측하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 상기 복수의 랜드마크는, 셀라(Sella), 좌우측 안와점(Orbit), 좌우측 포리온(Porion), 전비극, 후비극, 연구개 끝, 후두개 끝, 후두개 기저부를 포함할 수 있다.

[0019] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 콘빔 컴퓨터 단층촬영(CBCT) 이미지를 이용한 인두 기도 분할 장치에 있어서, 복수의 환자의 CBCT 영상을 수집하고, 상기 CBCT 영상을 이용하여 학습 데이터를 생성하며, 상기 학습 데이터를 이용하여 학습 모델을 학습시키는 학습부, 대상 환자의 CBCT 영상을 입력받는 입력부, 그리고 상기 대상 환자의 CBCT 영상을 상기 학습 모델에 입력하여 상기 대상 환자의 인두 기도 영역을 복수의 하위영역으로 분할하는 제어부를 포함한다.

발명의 효과

[0020] 이와 같이 본 발명에 따르면, 인공지능을 이용하여 인두 기도 형태를 4개의 영역으로 자동 분할함으로써, 정확도 및 시간 효율성을 향상시킬 수 있다.

[0021] 그리고, 폐쇄성 수면무호흡 환자 중 악안면 영역의 해부학적 구조에 원인이 존재하는 환자 유형을 자동으로 인지해 내고, 치료 계획 수립에 반영되어야 할 위험요인을 제시해 줌으로써, 진료 영역의 양적 질적 향상을 기대할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 CBCT 영상을 이용한 인두 기도 분할 장치의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 학습 모델을 학습시키는 과정을 설명하기 위한 순서도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 복수의 랜드마크 및 복수의 하위영역을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 도 2의 S220 단계를 설명하기 위한 순서도이다.

도 5a는 도 4의 S221 단계를 설명하기 위한 예시도이다.

도 5b는 도 4의 S223 단계를 설명하기 위한 예시도이다.

도 6은 도 2의 S230 단계를 설명하기 위한 도면이다.

도 7a 및 도 7b는 도 2의 S240 단계를 설명하기 위한 예시도이다.

도 8a 내지 도 8c는 골격 패턴 또는 폐쇄성 무호흡증상 유무에 따른 복수의 하위영역에 대한 성능을 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 인두 기도 분할 장치를 이용한 인두 기도 분할 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 10은 도 9의 S920 단계를 설명하기 위한 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0024] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0025] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0026] 이하에서는 도 1 내지 도 5b를 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 CBCT 영상을 이용한 인두 기도 분할 장치(100)의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

[0027] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 CBCT 영상을 이용한 인두 기도 분할 장치의 구성을 설명하기 위한 도면이다.

[0028] 도 1에서 도시한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 CBCT 영상을 이용한 인두 기도 분할 장치(100)는 학습부

(110), 테스트부(120), 입력부(130) 및 제어부(140)를 포함한다.

- [0029] 먼저, 학습부(110)는 복수의 환자의 CBCT 영상을 수집한다.
- [0030] 그리고, 학습부(110)는 CBCT 영상을 이용하여 학습 데이터를 생성한다.
- [0031] 이때, 학습부(110)는 CBCT 영상에서 인두 기도 영역을 분할하고, 인두 기도 영역에서 복수의 랜드마크를 표시한다.
- [0032] 이때, 복수의 랜드마크는 셀라(Sella, Se), 좌우측 안와점(Orbit, Or), 좌우측 포리온(Poion, Po), 전비극(Anterior nasal spine, ANS), 후비극(Posterior nasal spine, PNS), 연구개 팁(Tip of the soft palate, SPt), 후두개 끝(Tip of the epiglottis, Et), 후두개 기저부(Base of the epiglottis, Eb) 중에서 적어도 하나를 포함한다
- [0033] 그리고, 학습부(110)는 복수의 랜드마크와 복수의 기준평면을 이용하여 인두 기도 영역을 복수의 하위영역으로 분할하고, CBCT 영상 및 복수의 하위영역이 표시된 영상을 학습 데이터로 생성한다.
- [0034] 이때, 복수의 하위영역은 비인두 영역, 구개인두 영역, 혀인두 영역, 하인두 영역을 포함한다.
- [0035] 그리고, 학습부(110)는 안와점(or)와 포리온(Po)이 연결된 프랑크푸르트 평면(FH plane)과 평행하며 후비극(PNS)을 통과하는 평면(PNS plane)과, 셀라(Se)와 후비극(PNS)이 연결된 평면(Se-PNS plane) 사이의 영역을 비인두 영역으로 설정하고, 연구개 팁을 기준으로 하는 평면(SPt plane)과 후비극(PNS)을 기준으로 하는 평면(PNS plane) 사이의 영역을 구개인두 영역으로 설정한다.
- [0036] 그리고, 학습부(110)는 후두개 끝을 기준으로 하는 평면(Et plane)과 연구개 팁을 기준으로 하는 평면(SPt plane) 사이의 영역을 혀인두 영역으로 설정하고, 후두개 기저부를 기준으로 하는 평면(Eb plane)과 후두개 끝을 기준으로 하는 평면(Et plane) 사이의 영역을 하인두 영역으로 설정한다.
- [0037] 즉, 학습부(110)는 CBCT 영상을 입력 데이터로 설정하고, 복수의 하위영역이 표시된 영상을 출력 데이터로 설정하여 학습 모델을 학습시킨다.
- [0038] 다음으로, 테스트부(120)는 학습 모델의 정확도를 평가하기 위한 테스트를 한다.
- [0039] 이때, 테스트부(120)는 시상 골격 패턴 또는 수직 골격 패턴에 따라 복수의 그룹으로 나누어 학습 모델의 정확도를 평가하기 위한 테스트를 수행할 수 있다.
- [0040] 다음으로, 입력부(130)는 대상 환자에 대한 3차원의 CBCT 영상을 입력받는다.
- [0041] 다음으로, 제어부(140)는 대상 환자의 CBCT 영상을 상기 학습 모델에 입력하여 상기 대상 환자의 인두 기도 영역을 복수의 하위영역으로 분할한다.
- [0042] 여기서, 제어부(140)는 학습 모델을 통해 CBCT 영상 내에 포함하는 인두 기도 형태를 비인두 영역, 구개인두 영역, 혀인두 영역, 하인두 영역 중에서 적어도 하나의 영역으로 분할한다.
- [0043] 그리고, 제어부(140)는 비인두 영역, 구개인두 영역, 혀인두 영역, 하인두 영역을 기반으로 교정 및 외과적 치료에 대한 인두 기도의 반응을 예측한다.
- [0044] 이때, 제어부(140)는 교정 및 외과적 치료 후에 치아골격 변화에 대한 인두 기도 반응 여부를 판단할 수 있다.
- [0045] 이하에서는 도 2를 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 학습 모델을 학습시키는 과정에 대해서 설명한다.
- [0046] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 학습 모델을 학습시키는 과정을 설명하기 위한 순서도이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 복수의 랜드마크 및 복수의 하위영역을 설명하기 위한 도면이다.
- [0047] 먼저, 본 발명의 실시예에 따른 인두 기도 분할 장치(100)는 복수의 환자의 CBCT 영상을 수집한다(S210).
- [0048] 이때, 인두 기도 분할 장치(100)는 치아 교정을 한 성인 250명으로부터 CBCT 영상을 수집받으며, CBCT 영상에는 다양한 인두 기도 형태를 나타내는 골격의 시상(Sagittal) 및 수직 패턴(vertical pattern)과 같은 골격 패턴을 포함할 수 있다.
- [0049] 더욱 자세하게는, 인두 기도 분할 장치(100)는 복수의 환자 각각의 표준화된 머리와 목 자세, 쉬고 있는 혀, 호기가 종료된 시점에서의 입술 자세 중에서 적어도 하나의 자세를 촬영한 CBCT 영상을 수집할 수 있다.
- [0050] 이때, 중후군성 두개안면 기형이 있는 환자, 치과용 임플란트 또는 교정 장치를 착용한 환자, 두개안면 외과적

치료의 이력 또는 이두 연조직 수술의 이력이 있는 환자의 CBCT 영상은 제외될 수 있다.

- [0051] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 인두 기도 분할 장치(100)는 CBCT 영상을 이용하여 학습 데이터를 생성한다(S220).
- [0052] 도 4는 도 2의 S220 단계를 설명하기 위한 순서도이다.
- [0053] 더욱 자세하게는, 본 발명의 실시예에 따른 인두 기도 분할 장치(100)는 CBCT 영상에서 인두 기도 영역을 분할한다(S221).
- [0054] 도 5a는 도 4의 S221 단계를 설명하기 위한 예시도이다.
- [0055] 도 5a에서 도시한 바와 같이, 인두 기도 분할 장치(100)는 CBCT 영상으로부터 인두 기도에 해당되는 영역을 표시하여 분할한다.
- [0056] 그 다음, 본 발명의 실시예에 따른 인두 기도 분할 장치(100)는 인두 기도 영역에서 복수의 랜드마크를 표시한다(S222).
- [0057] 이때, 도 3에서 도시한 바와 같이, 인두 기도 분할 장치(100)는 CBCT 영상 내에 위치하는 셀라(Se), 좌우측 안와점(Or), 좌우측 포리온(Po), 전비극(ANS), 후비극(PNS), 연구개 틸(SPt), 후두개 끝(Et), 후두개 기저부(Eb)를 표시한다.
- [0058] 이때, 셀라는 CBCT 영상의 정중단면 이미지에 위치하며, 좌우측 안와점은 CBCT 영상의 전면 볼륨 이미지에 위치하고, 좌우측 포리온은 CBCT 영상의 측면 볼륨 이미지에 위치한다.
- [0059] 그리고, 전비극은 CBCT 영상의 정중 시상 단면 이미지에 위치하고, 후비극은 CBCT 영상의 정중 시상 단면 이미지에 위치하며, 연구개 틸은 CBCT 영상의 중간 시상 단면 이미지에 위치한다.
- [0060] 그리고, 후두개 끝은 CBCT 영상의 정중시상면 이미지에 위치하고, 후두개 기저부는 CBCT 영상의 중앙 시상 단면 이미지에 위치한다.
- [0061] 그 다음, 본 발명의 실시예에 따른 인두 기도 분할 장치(100)는 복수의 랜드마크와 복수의 기준평면을 이용하여 인두 기도 영역을 복수의 하위영역으로 분할한다(S223).
- [0062] 이때, 복수의 하위 영역은 비인두(nasopharynx) 영역, 구개인두(velopharynx) 영역, 혀인두(glossopharynx) 영역, 하인두(hypopharynx) 영역을 포함한다.
- [0063] 더욱 자세하게는, 도 3에서 도시한 바와 같이, 인두 기도 분할 장치(100)는 안와점(or)와 포리온(Po)이 연결된 프랑크푸르트 수평(FH plane)과 후비극(PNS)을 기준으로 하는 평면(PNS plane) 사이 중 셀라(Se)와 후비극(PNS)가 연결된 평면(Se-PNS plane) 안쪽의 영역을 비인두(nasopharynx) 영역으로 설정하고, 연구개 틸을 기준으로 하는 평면(SPT plane)과 후비극(PNS)을 기준으로 하는 평면(PNS plane) 사이의 영역을 구개인두(velopharynx) 영역으로 설정한다.
- [0064] 그리고, 인두 기도 분할 장치(100)는 후두개 끝을 기준으로 하는 평면(Et plane)과 연구개 틸을 기준으로 하는 평면(SPT plane) 사이의 영역을 혀인두(glossopharynx) 영역으로 설정하고, 후두개 기저부를 기준으로 하는 평면(Eb plane)과 후두개 끝을 기준으로 하는 평면(Et plane) 사이의 영역을 하인두(hypopharynx) 영역으로 설정한다.
- [0065] 도 5b는 도 2의 S223 단계를 설명하기 위한 예시도이다.
- [0066] 도 5b에서 도시한 바와 같이, 인두 기도 분할 장치(100)는 CBCT 영상 내에 표시된 셀라, 좌우측 안와점, 좌우측 포리온, 전비극, 후비극, 연구개 틸, 후두개 끝, 후두개 기저부를 포함하는 랜드마크와 복수의 기준평면을 이용하여 인두 기도 영역을 비인두(nasopharynx) 영역, 구개인두(velopharynx) 영역, 혀인두(glossopharynx) 영역, 하인두(hypopharynx) 영역으로 분할한다.
- [0067] 그 다음, 본 발명의 실시예에 따른 인두 기도 분할 장치(100)는 CBCT 영상 및 복수의 하위영역이 표시된 영상을 학습 데이터로 생성한다(S224).
- [0068] 이때, 인두 기도 분할 장치(100)는 CBCT 영상을 학습 모델에 입력될 학습 데이터로 생성하고, 복수의 하위영역이 표시된 영상을 학습 모델로부터 출력될 학습 데이터로 생성한다.
- [0069] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 인두 기도 분할 장치(100)는 학습 데이터를 이용하여 학습 모델을 학습시킨

다(S230).

- [0070] 이때, 인두 기도 분할 장치(100)는 CBCT 영상을 입력 데이터로 설정하고, 복수의 하위영역이 표시된 영상을 출력 데이터로 설정하여 학습 모델을 학습시킨다.
- [0071] 그리고, 학습 모델은 CNN 기반으로 하는 3D U-Net 모델을 통해 인두 기도 영역이 포함된 CBCT 영상이 복수의 하위영역이 표시된 영상으로 자동 분할되도록 학습될 수 있다.
- [0072] 도 6은 도 4의 S224 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- [0073] 도 6에서 도시한 바와 같이, 학습 모델은 저해상도에서 고정 크기로 조정된 전체 3D 형태의 CBCT 영상을 입력받는다.
- [0074] 이때, 본 발명의 실시예에서는 데이터 최적화를 위해 CBCT 영상의 크기를 200x200x200(Pixel)로 조정하여 입력하였으나, 영상의 크기는 달라질 수 있다.
- [0075] 그리고, 학습 모델은 저해상도 근사에서 VOI(View of interest) 영역을 포함한 여러 폴 해상도 3D 패치를 생성하고, 패치 분할을 결합하여 최종 분할 맵을 생성한다.
- [0076] 이때, 학습 모델의 각 레이어는 2단계의 3×3×3 컨볼루션과 ReLU(Rectified Linear Unit), 각 차원에서 2개의 스트라이드가 있는 2×2×2의 최대 풀링으로 구성되어 차원을 감소시킨다.
- [0077] 그리고, 합성 경로에서의 각 레이어는 각 차원에서 2의 보폭에 의한 2×2×2의 상향 컨볼루션과 차원을 확장하는 ReLU가 뒤따르는 3×3×3 컨볼루션으로 구성되어 차원을 확장시킨다.
- [0078] 이러한 과정을 통해, 학습 모델은 CBCT 영상으로부터 4개 영역의 인두 기도에 대한 3D 인두 기도 세분화 맵을 출력하도록 학습될 수 있다.
- [0079] 즉, 인두 기도 분할 장치(100)는 CBCT 영상을 학습 모델에 적용하여 인두 기도 영역에 대한 4개의 하위영역을 출력하도록 학습시킬 수 있다.
- [0080] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 인두 기도 분할 장치(100)는 기 학습된 학습 모델의 정확도를 평가하기 위한 테스트를 수행한다(S240).
- [0081] 도 7a 및 도 7b는 도 2의 S240 단계를 설명하기 위한 예시도이다.
- [0082] 도 7a에서 도시한 바와 같이, 인두 기도 분할 장치(100)는 CNN을 기반으로 하는 학습 모델의 성능을 평가하기 위한 4개의 평가 매트릭스 사용하며, 4가지의 평가 매트릭스는 참 양성(True Positive, TP), 거짓 양성(False Positive, FP), 참 음성(True Negative, TN), 거짓 음성(False Negative, FN)로 구성된다.
- [0083] 여기서, 체적 일치도(Dice Similarity Coefficient, DSC)는 다음의 수학적 식 1을 이용하여 각각의 분할된 영역의 결과를 비교한다.

수학적 식 1

$$\text{체적일치도} = \frac{2TP}{2TP + FP + FN}$$

[0084]

- [0085] 그리고, 정밀도(Precision)는 다음의 수학적 식 2를 이용하여 완전히 분할된 영역 중 정확히 식별된 분할 영역의 비율을 나타내고, 재현율(Recall)은 다음의 수학적 식 3을 이용하여 완벽하게 감지된 각각의 인두 기도의 영역에 대한 비율을 나타낸다.

수학적 식 2

$$\text{정밀도} = \frac{TP}{TP + FP}$$

[0086]

수학식 3

$$\text{재현율} = \frac{TP}{TP + FN}$$

또한, 체적 유사성(Volumetric Similarity, VS)은 다음의 수학식 4를 이용하여 복수의 하위영역의 절대 부피 차이를 대상이 되는 부피로 나눈 비율을 나타낸다.

수학식 4

$$\text{체적 유사성} = 1 - \frac{|FN - FP|}{2TP + FP + FN}$$

즉, 이와 같은 방법으로, 인두 기도 분할 장치(100)는 기 학습된 학습 모델에 대한 테스트를 수행하여 정확도를 평가할 수 있다.

예를 들어, 도 7b에서 도시한 바와 같이, 인두 기도 분할 장치(100)는 인두 기도의 각 영역을 비교하였으며, 학습 모델의 분할 성능은 혀인두 영역과 하인두 영역에서의 분할 성능이 비인두 영역 및 구개인두 영역에서의 분할 성능보다 유의미하게 낮았으며, 학습 모델의 정확도는 비인두 영역에서의 정확도가 가장 높고, 하인두 영역에서의 정확도가 가장 낮게 나타났다.

여기서, Mean은 평균을 나타내고, SD는 표준편차를 나타낸다.

이와 같이, 본 발명의 실시예에서는 학습 모델을 학습시키는 과정을 설명하였으며, 이하에서는 도 8a 내지 도 8c를 이용하여 골격 패턴 또는 폐쇄성 무호흡증상 유무에 따른 복수의 하위영역에 대한 성능을 비교하여 설명한다.

도 8a 내지 도 8c는 골격 패턴 또는 폐쇄성 무호흡증상 유무에 따른 복수의 하위영역에 대한 성능을 설명하기 위한 도면이다.

도 8a는 골격 패턴에 따른 체적 일치도 및 정밀도를 비교한 표이고, 도 8b는 골격 패턴에 따른 재현율 및 체적 유사성을 비교한 표이며, 도 8c는 폐쇄성 무호흡증상 유무에 따른 체적 일치도, 정밀도, 재현율 및 체적 유사성을 비교한 표이다.

여기서, 도 8a 및 도 8b에서 도시한 바와 같이, CI, CII, CIII는 각각 클래스 I, 클래스 II, 클래스 III를 나타내며, 클래스 I은 ANB가 0° 이상이거나 4° 이하인 그룹을 나타내고, 클래스 II는 ANB가 4° 이상인 그룹을 나타내며, 클래스 III는 ANB가 0° 보다 작은 그룹을 나타낸다.

그리고, 수직 골격 패턴에 따라 Hypodivergent는 MPA(mandibular plane angle)가 25° 보다 작은 그룹을 나타내고, Normodivergent는 MPA가 25° 이상이거나 30° 이하인 그룹을 나타내며, Hyperdivergent는 MPA가 30° 보다 큰 그룹으로 나타낼 수 있다.

즉, 학습 모델의 정확도는 골격의 시상(Sagittal) 및 수직 패턴(vertical pattern)에 대하여 유의미한 차이를 보이지 않았다.

또한, OSA 진단을 받은 환자 그룹과 OSA 진단 이력이 없고 코골이와 같은 OSA 증상이 없는 환자 그룹으로 나누어 비교한다고 가정한다.

도 8c에서 도시한 바와 같이, 폐쇄성 무호흡증상 유무에 따른 학습 모델의 정확도는 모두 유의미한 차이를 보이지 않았다.

이하에서는 도 9 및 도 10을 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 인두 기도 분할 장치(100)를 이용하여 인두 기도를 분할하는 방법에 대하여 설명한다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 인두 기도 분할 장치를 이용한 인두 기도 분할 방법을 설명하기 위한 순서도이

다.

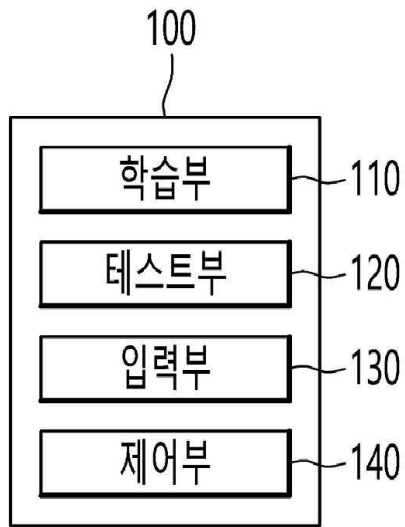
- [0103] 먼저, 본 발명의 실시예에 따른 인두 기도 분할 장치(100)는 대상 환자의 CBCT 영상을 입력받는다(S910).
- [0104] 이때, 인두 기도 분할 장치(100)는 콘빔 컴퓨터 단층촬영에서 전체 인두 기도 공간에 대한 영상을 입력받을 수 있다.
- [0105] 여기서, S910 단계는 도 2의 S210 단계에서 이미 설명하였는 바, 중복된 설명은 생략한다.
- [0106] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 인두 기도 분할 장치(100)는 CBCT 영상을 기 학습된 학습 모델에 적용하여 인두 기도 형태를 복수의 하위영역으로 분할한다(S920).
- [0107] 도 10은 도 9의 S920 단계를 설명하기 위한 예시도이다.
- [0108] 도 10에서 도시한 바와 같이, 인두 기도 분할 장치(100)는 기 학습 모델을 통해 CBCT 영상로부터 비인두 영역(NA), 구개인두 영역(VE), 혀인두 영역(GL), 하인두 영역(HY)을 분할한다.
- [0109] 여기서, S920 단계는 도 2의 S220 및 S230 단계에서 이미 설명하였는 바, 자세한 내용은 생략한다.
- [0110] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 인두 기도 분할 장치(100)는 복수의 하위영역을 기반으로 교정 및 외과적 치료에 대한 인두 기도의 반응을 예측한다(S930).
- [0111] 이때, 비인두 영역, 구개인두 영역, 혀인두 영역, 하인두 영역 각각의 영역에 따라 교정 및 외과적 치료를 한 후의 치아골격이 변화되고, 인두 기도 분할 장치(100)는 이러한 골격변화에 따라 인두 기도에 대한 반응을 예측할 수 있다.
- [0112] 이와 같이 본 발명의 실시예에 따르면, 인공지능을 이용하여 인두 기도 형태를 4개의 영역으로 자동 분할함으로써, 정확도 및 시간 효율성을 향상시킬 수 있다. 그리고, 폐쇄성 수면무호흡 환자 중 악안면 영역의 해부학적 구조에 원인이 존재하는 환자 유형을 자동으로 인지해 내고, 치료 계획 수립에 반영되어야 할 위험요인을 제시해 줌으로써, 진료 영역의 양적 질적 향상을 기대할 수 있다.
- [0113] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

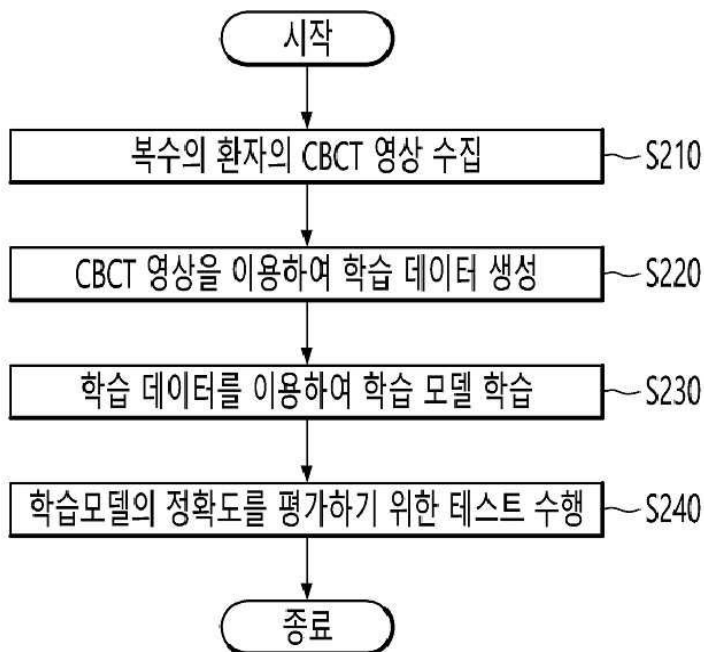
- [0115] 100: 인두 기도 분할 장치, 110: 학습부,
120: 테스트부, 130: 입력부,
140: 제어부

도면

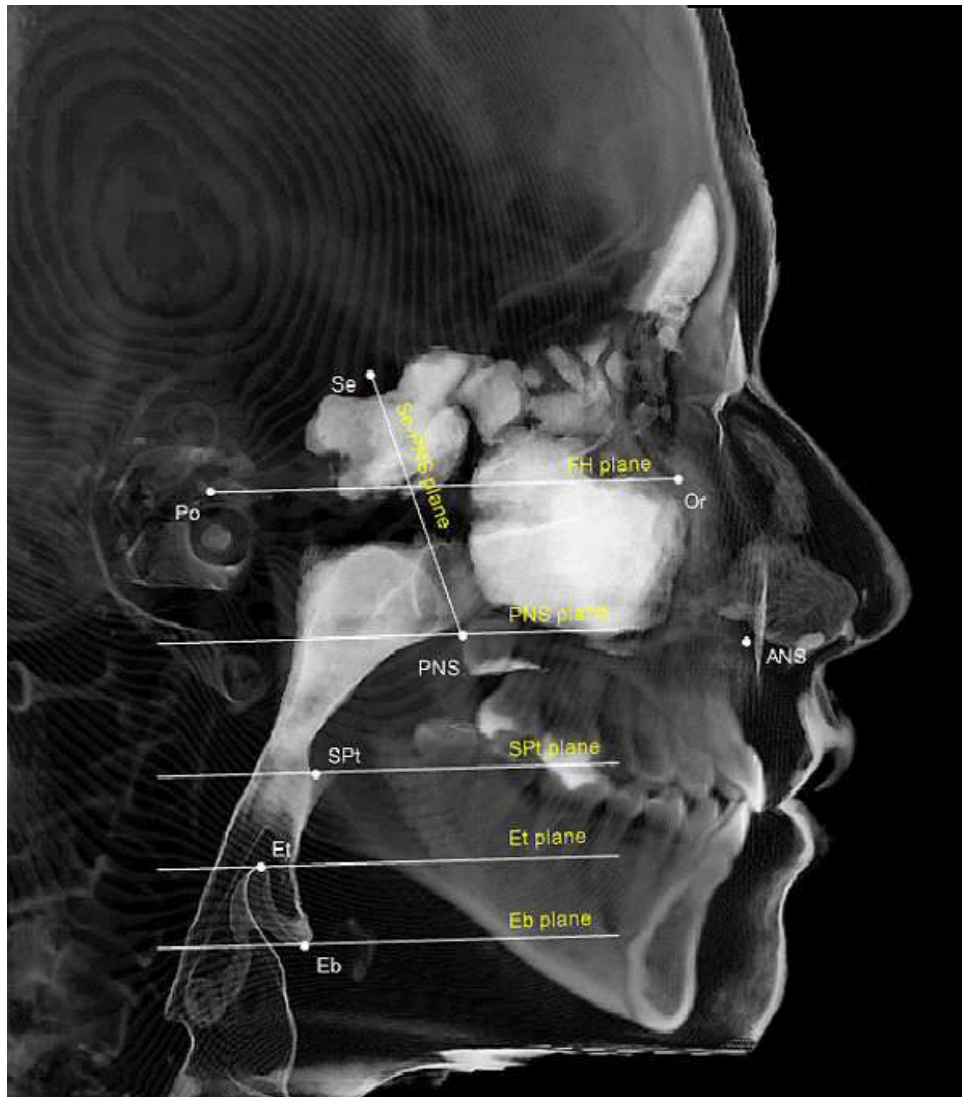
도면1



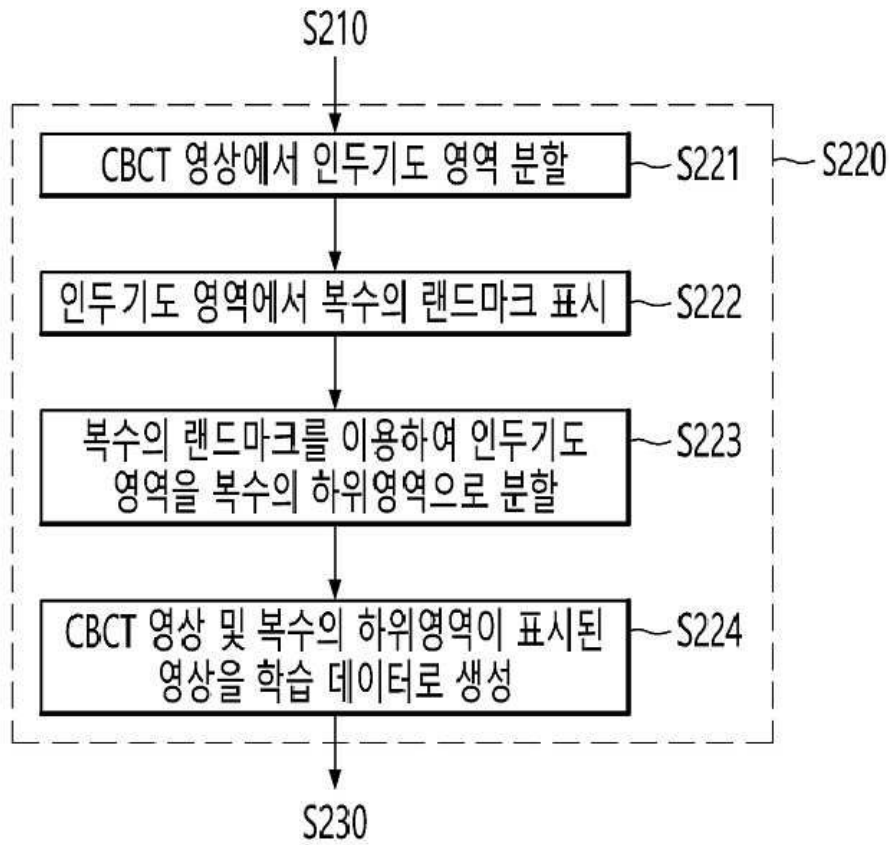
도면2



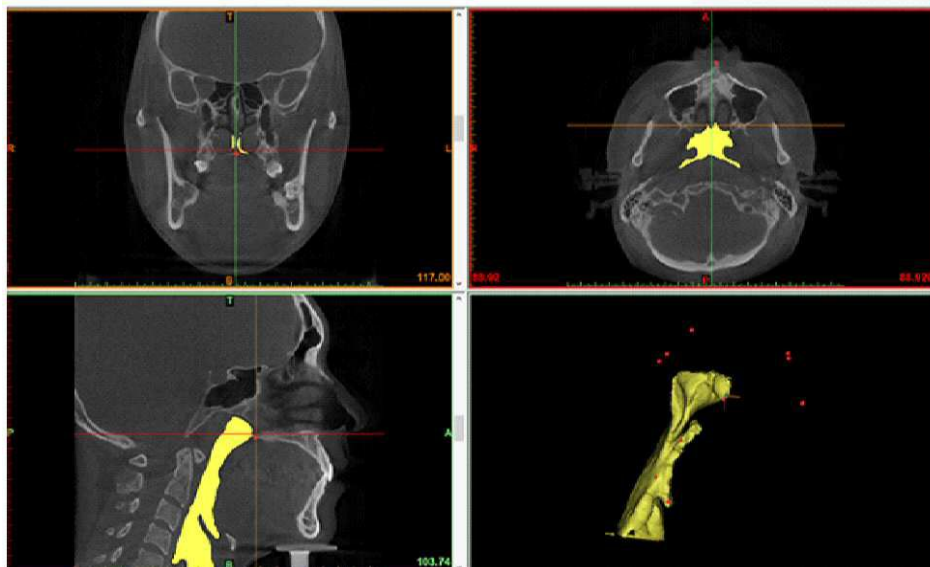
도면3



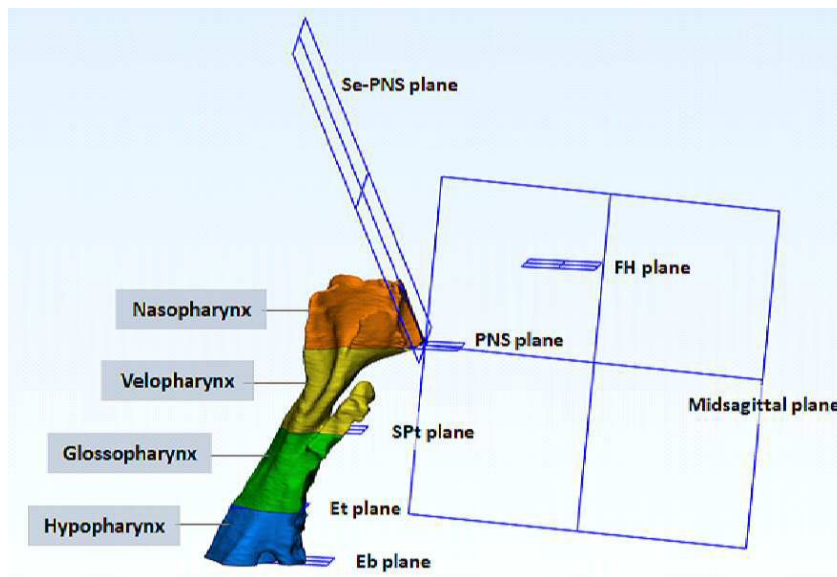
도면4



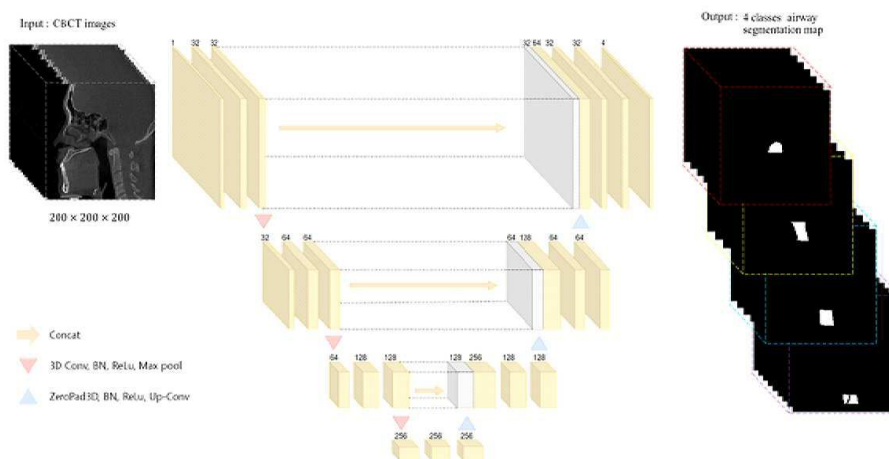
도면5a



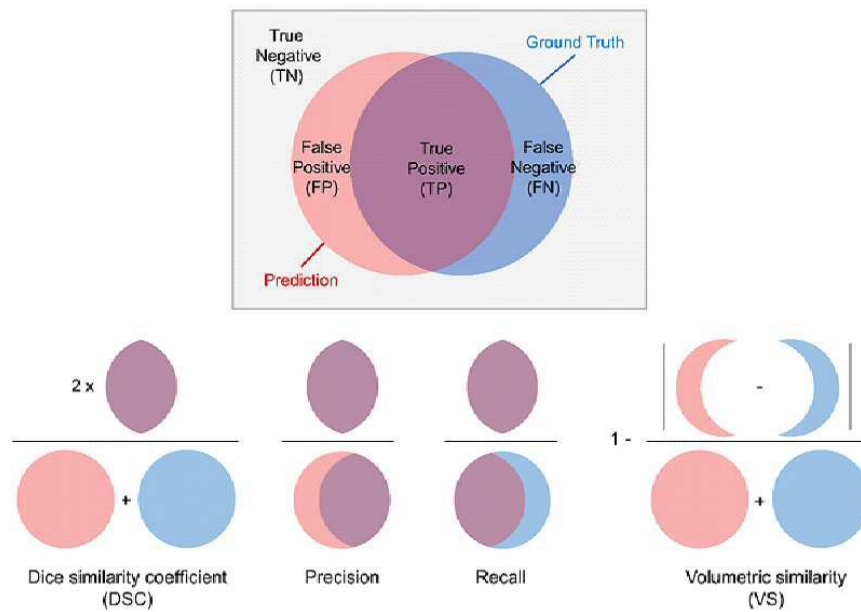
도면5b



도면6



도면7a



도면7b

	DSC		VS		Precision		Recall	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Total	0.928	0.023	0.951	0.022	0.925	0.030	0.921	0.029
Nasopharynx	0.933	0.029	0.969	0.023	0.947	0.037	0.937	0.041
Velopharynx	0.926	0.031	0.965	0.026	0.946	0.040	0.923	0.045
Glossopharynx	0.905	0.055	0.949	0.042	0.903	0.057	0.947	0.038
Hypopharynx	0.891	0.058	0.920	0.071	0.902	0.090	0.868	0.087
P-value	0.000***		0.000***		0.000***		0.000***	
multiple Comparison	(N,V) > (G,H)		(N,V) > (G,H)		(N,V) > (G,H)		(N,V,G) > H	

도면8a

	CI		CII		CIII		P-value	Hypodivergent		Normodivergent		Hyperdivergent		P-value
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
DSC														
Total ^a	0.918	0.033	0.922	0.041	0.913	0.031	0.251	0.923	0.035	0.914	0.042	0.920	0.029	0.593
Nasopharynx ^a	0.915	0.054	0.924	0.032	0.935	0.032	0.105	0.932	0.056	0.925	0.034	0.918	0.037	0.051
Velopharynx ^a	0.909	0.052	0.914	0.042	0.935	0.035	0.067	0.920	0.056	0.917	0.046	0.919	0.034	0.595
Glossopharynx ^a	0.898	0.061	0.887	0.095	0.909	0.056	0.667	0.902	0.060	0.886	0.095	0.905	0.054	0.838
Hypopharynx ^a	0.893	0.058	0.884	0.060	0.874	0.097	0.776	0.887	0.071	0.888	0.063	0.878	0.083	0.789
VS														
Total ^a	0.976	0.031	0.979	0.018	0.986	0.015	0.120	0.980	0.028	0.981	0.022	0.980	0.019	0.648
Nasopharynx ^a	0.951	0.045	0.961	0.033	0.971	0.024	0.113	0.960	0.050	0.960	0.032	0.962	0.029	0.647
Velopharynx ^a	0.941	0.054	0.953	0.046	0.966	0.025	0.215	0.947	0.056	0.952	0.047	0.957	0.035	0.966
Glossopharynx ^a	0.928	0.063	0.931	0.093	0.944	0.054	0.530	0.931	0.057	0.926	0.095	0.944	0.053	0.477
Hypopharynx ^a	0.946	0.056	0.946	0.066	0.918	0.104	0.606	0.935	0.075	0.945	0.063	0.932	0.091	0.893

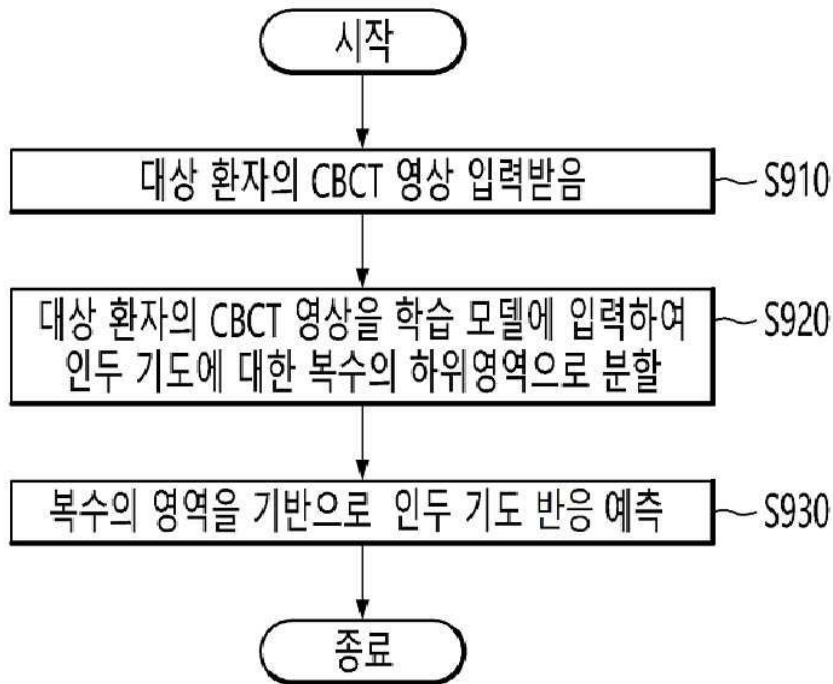
도면8b

	CI		CII		CIII		P-value	Hypodivergent		Normodivergent		Hyperdivergent		P-value
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
Precision														
Total ^a	0.925	0.031	0.928	0.027	0.923	0.035	0.842	0.931	0.035	0.919	0.030	0.930	0.027	0.181
Nasopharynx ^b	0.941	0.045	0.945	0.035	0.955	0.022	0.345	0.944	0.040	0.945	0.039	0.951	0.030	0.740
Velopharynx ^c	0.941	0.044	0.943	0.041	0.958	0.033	0.217	0.967	0.024	0.944	0.039	0.936	0.046	0.066
Glossopharynx ^d	0.902	0.055	0.906	0.046	0.899	0.073	0.864	0.911	0.043	0.891	0.065	0.913	0.052	0.197
Hypopharynx ^e	0.907	0.083	0.909	0.083	0.886	0.107	0.560	0.899	0.098	0.893	0.089	0.915	0.087	0.568
Recall														
Total ^a	0.924	0.057	0.912	0.050	0.931	0.068	0.062	0.933	0.053	0.923	0.041	0.911	0.029	0.077
Nasopharynx ^a	0.940	0.038	0.937	0.044	0.933	0.041	0.805	0.960	0.076	0.936	0.041	0.928	0.073	0.102
Velopharynx ^b	0.919	0.052	0.922	0.039	0.931	0.045	0.589	0.930	0.043	0.925	0.042	0.917	0.051	0.553
Glossopharynx ^b	0.945	0.046	0.946	0.032	0.952	0.036	0.772	0.953	0.049	0.946	0.038	0.945	0.031	0.740
Hypopharynx ^b	0.888	0.100	0.866	0.112	0.904	0.066	0.056	0.886	0.069	0.871	0.097	0.854	0.085	0.380

도면8c

	OSA (n=33)		non-OSA (n=33)		P-value			OSA (n=33)		non-OSA (n=33)		P-value
	Mean	SD	Mean	SD				Mean	SD	Mean	SD	
DSC							Precision					
Total ^a	0.941	0.019	0.924	0.026	0.157		Total ^a	0.932	0.022	0.924	0.033	0.260
Nasopharynx ^b	0.926	0.036	0.936	0.027	0.708		Nasopharynx ^b	0.947	0.031	0.938	0.048	0.923
Velopharynx ^c	0.912	0.035	0.936	0.029	0.061		Velopharynx ^b	0.945	0.041	0.951	0.041	0.501
Glossopharynx ^b	0.868	0.066	0.925	0.037	0.200		Glossopharynx ^b	0.896	0.053	0.908	0.046	0.296
Hypopharynx ^b	0.906	0.029	0.894	0.060	0.164		Hypopharynx ^b	0.930	0.045	0.898	0.084	0.262
VS							Recall					
Total ^a	0.947	0.025	0.955	0.020	0.159		Total ^a	0.908	0.029	0.934	0.023	0.062
Nasopharynx ^a	0.970	0.024	0.968	0.024	0.657		Nasopharynx ^b	0.945	0.028	0.943	0.038	0.964
Velopharynx ^c	0.960	0.030	0.968	0.024	0.247		Velopharynx ^b	0.911	0.049	0.930	0.041	0.074
Glossopharynx ^b	0.943	0.042	0.952	0.036	0.419		Glossopharynx ^b	0.945	0.029	0.951	0.046	0.072
Hypopharynx ^b	0.915	0.076	0.930	0.056	0.551		Hypopharynx ^b	0.821	0.098	0.901	0.059	0.051

도면9



도면10

