

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2025-0083089
(43) 공개일자 2025년06월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G16H 50/70 (2018.01) A61B 5/00 (2021.01)
A61B 5/12 (2006.01) G06N 20/10 (2019.01)
G06N 20/20 (2019.01) G16H 10/20 (2018.01)
G16H 10/60 (2018.01) G16H 50/20 (2018.01)
G16H 50/30 (2018.01) G16H 50/50 (2018.01)
G16H 70/00 (2018.01)

(52) CPC특허분류

G16H 50/70 (2018.01)
A61B 5/123 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2024-0143381

(22) 출원일자 2024년10월18일

심사청구일자 2024년10월18일

(30) 우선권주장

1020230168531 2023년11월28일 대한민국(KR)

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

이화민

충청남도 아산시 배방읍 연화로 11, 607동 902호
(연화마을STXKAN6단지아파트)

채민수

서울특별시 성북구 솔샘로5길 43, 101 (정릉동)

(74) 대리인

특허법인 무한

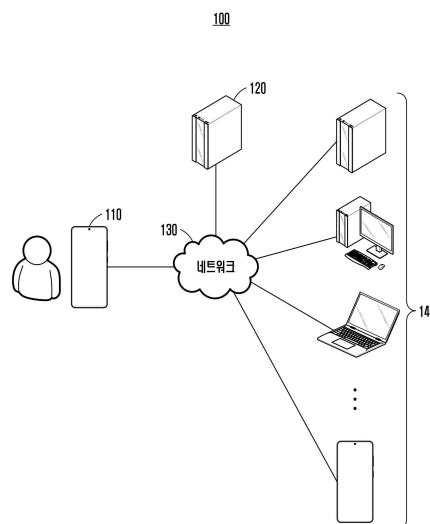
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 중이염 환자의 청력 회복을 예측하는 청력 회복 예측 장치 및 방법

(57) 요약

중이염 환자의 청력 회복을 예측하는 청력 회복 예측 장치 및 방법이 개시된다. 일 실시예에 따른 복수의 청력 회복 예측 모델들을 이용하여 중이염 환자의 청력 회복을 예측하는 청력 회복 예측 방법은, 중이염 환자의 환자 정보, 청력 검사 정보 및 중이염 환자에 대해 수행된 수술과 관련된 수술 관련 정보를 포함하는 입력 데이터를 수신하는 동작, 입력 데이터로부터 청력 회복 예측 모델들 각각에 입력될 입력 특징들을 추출하는 동작, 입력 특징들을 입력 특징들 각각에 대응하는 청력 회복 예측 모델들에 입력시키는 것에 의해 청력 회복 예측 모델들 각각으로부터 중이염 환자의 청력 회복 여부와 관련된 예측 값을 획득하는 동작 및 획득된 예측 값에 기초한 청력 회복 예측 결과 정보를 제공하는 동작을 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 5/4842 (2013.01)
A61B 5/7264 (2025.05)
G06N 20/10 (2021.08)
G16H 10/20 (2021.08)
G16H 10/60 (2021.08)
G16H 50/20 (2018.01)
G16H 50/30 (2018.01)
G16H 50/50 (2018.01)
G16H 70/00 (2021.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711179291
과제번호	00156439
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성
연구과제명	ICT혁신인재4.0(고려대학교)
과제수행기관명	고려대학교산학협력단
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	미부여
과제번호	2021R1A2C100929013
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견연구
연구과제명	클라우드 컴퓨팅 환경에서 딥러닝 기반 심정지 예측 시스템 개발
과제수행기관명	고려대학교 산학협력단
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

복수의 청력 회복 예측 모델들을 이용하여 중이염 환자의 청력 회복을 예측하는 청력 회복 예측 방법에 있어서, 상기 중이염 환자의 환자 정보, 청력 검사 정보 및 상기 중이염 환자에 대해 수행된 수술과 관련된 수술 관련 정보를 포함하는 입력 데이터를 수신하는 동작;

상기 입력 데이터로부터 상기 청력 회복 예측 모델들 각각에 입력될 입력 특징들을 추출하는 동작;

상기 입력 특징들을 상기 입력 특징들 각각에 대응하는 상기 청력 회복 예측 모델들에 입력시키는 것에 의해 상기 청력 회복 예측 모델들 각각으로부터 상기 중이염 환자의 청력 회복 여부와 관련된 예측 값을 획득하는 동작; 및

상기 획득된 예측 값에 기초한 청력 회복 예측 결과 정보를 제공하는 동작

을 포함하는,

청력 회복 예측 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 환자 정보는,

상기 중이염 환자의 나이, 성별, 흡연 여부, 흡연 감년을 포함하는 인구학적 정보, 상기 중이염 환자의 중이염 재발 여부, 당뇨병 여부, 고혈압 여부를 포함하는 과거 병력, 상기 중이염 환자에 대해 진행된 설문조사 결과 및 상기 중이염 환자의 MERI(Middle Ear Risk Index) 점수 중 적어도 하나에 대한 정보를 포함하는,

청력 회복 예측 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 청력 검사 정보는,

수술 전 기도 전도 순음 역치 평균(preoperative Air-Conduction Pure Tone Average; preoperative AC PTA), 수술 전 골도 전도 순음 역치 평균(preoperative Bone-Conduction Pure Tone Audiometry; preoperative BC PTA) 및 수술 전 기도 골도 차(preoperative AB GAP)중 적어도 하나의 검사 결과 정보를 포함하는,

청력 회복 예측 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 수술 관련 정보는,

상기 중이염 환자의 수술 이전의 상태 정보, 상기 수술 중에 획득된 상기 중이염 환자에 관한 상태 정보 및 수술 테크닉 정보를 포함하는,

청력 회복 예측 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 중이염 환자에 대해 수행된 수술은,

유양동 삭개술(Canal-Wall-Down Mastoidectomy)인 것인,

청력 회복 예측 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 예측 값은,

상기 중이염 환자의 청력이 미회복된 상태에 대응하는 제1 상태 값 또는 상기 중이염 환자의 청력이 회복된 상태에 대응하는 제2 상태 값을 포함하는,

청력 회복 예측 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 복수의 청력 회복 예측 모델들은,

로지스틱 회귀(Logistic regression), 의사결정 트리(Decision tree), 랜덤 포레스트(Random Forest), SVM(Support vector Machine), Light GBM(Light Gradient Boosting Machine) 및 XGBoost(eXtreme Gradient Boosting) 중 적어도 하나에 기초한 모델인,

청력 회복 예측 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 청력 회복 예측 결과 정보를 제공하는 동작은,

상기 예측 값에 기초하여 작성된 SHAP(SHapley Additive exPlanations) 데이터를 포함하는 상기 청력 회복 예측 결과 정보를 제공하는 동작

을 포함하는,

청력 회복 예측 방법.

청구항 9

복수의 청력 회복 예측 모델들을 이용하여 중이염 환자의 청력 회복을 예측하는 청력 회복 예측 장치에 있어서,

상기 중이염 환자의 환자 정보, 청력 검사 정보 및 상기 중이염 환자에 대해 수행된 수술과 관련된 수술 관련 정보를 포함하는 입력 데이터를 수신하는 입력 데이터 수신부;

상기 입력 데이터로부터 상기 청력 회복 예측 모델들 각각에 입력될 입력 특징들을 추출하는 입력 특징 추출부;

상기 입력 특징들을 상기 입력 특징들 각각에 대응하는 상기 청력 회복 예측 모델들에 입력시키는 것에 의해 상기 청력 회복 예측 모델들 각각으로부터 상기 중이염 환자의 청력 회복 여부와 관련된 예측 값을 획득하는 청력 회복 예측부; 및

상기 획득된 예측 값에 기초한 청력 회복 예측 결과 정보를 제공하는 예측 결과 제공부를 포함하는,
청력 회복 예측 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,
상기 환자 정보는,
상기 중이염 환자의 나이, 성별, 흡연 여부, 흡연 갑년을 포함하는 인구학적 정보, 상기 중이염 환자의 중이염 재발 여부, 당뇨병 여부, 고혈압 여부를 포함하는 과거 병력, 상기 중이염 환자에 대해 진행된 설문조사 결과 및 상기 중이염 환자의 MERI(Middle Ear Risk Index) 점수 중 적어도 하나에 대한 정보를 포함하는,
청력 회복 예측 장치.

청구항 11

제9항에 있어서,
상기 청력 검사 정보는,
수술 전 기도 전도 순음 역치 평균(preoperative Air-Conduction Pure Tone Average; preoperative AC PTA), 수술 전 골도 전도 순음 역치 평균(preoperative Bone-Conduction Pure Tone Audiometry; preoperative BC PTA) 및 수술 전 기도 골도 차(preoperative AB GAP)중 적어도 하나의 검사 결과 정보를 포함하는,
청력 회복 예측 장치.

청구항 12

제9항에 있어서,
상기 수술 관련 정보는,
상기 중이염 환자의 수술 이전의 상태 정보, 상기 수술 중에 획득된 상기 중이염 환자에 관한 상태 정보 및 수술 테크닉 정보를 포함하는,
청력 회복 예측 장치.

청구항 13

제9항에 있어서,
상기 중이염 환자에 대해 수행된 수술은,
유양동 삭개술(Canal-Wall-Down Mastoidectomy)인 것인,
청력 회복 예측 장치.

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 예측 값은,

상기 중이염 환자의 청력이 미회복된 상태에 대응하는 제1 상태 값 또는 상기 중이염 환자의 청력이 회복된 상태에 대응하는 제2 상태 값을 포함하는,

청력 회복 예측 장치.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 복수의 청력 회복 예측 모델들은,

로지스틱 회귀(Logistic regression), 의사결정 트리(Decision tree), 랜덤 포레스트(Random Forest), SVM(Support vector Machine), Light GBM(Light Gradient Boosting Machine) 및 XGBoost(eXtreme Gradient Boosting) 중 적어도 하나에 기초한 모델인,

청력 회복 예측 장치.

청구항 16

제9항에 있어서,

상기 예측 결과 제공부는,

상기 예측 값에 기초하여 작성된 SHAP(SHapley Additive exPlanations) 데이터를 포함하는 상기 청력 회복 예측 결과 정보를 제공하는,

청력 회복 예측 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 복수의 청력 회복 예측 모델들을 이용하여 중이염 환자의 청력 회복을 예측하는 청력 회복 예측 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 중이염(otitis media)은 중이(middle ear)에 염증이 발생하는 흔한 이비인후과 질환으로, 급성 중이염과 만성 중이염으로 구분될 수 있다. 중이염은 고막 및 이소골 구조에 영향을 미쳐 청력 손실을 유발할 수 있으며, 특히 만성 중이염(Chronic Otitis Media; COM)은 고막 안쪽에서 달팽이관에 이르는 빈 공간인 중이에 만성적으로 염증이 있는 상태로 고막이 손상되거나 상당한 통증이 수반될 수 있다. 중이염 환자의 청력 회복은 청력을 회복하고자 하는 환자의 삶의 질에 직접적인 영향을 미치기 때문에, 중이염 환자의 상태와 치료 방법에 따라 크게 달라질 수 있는 청력 회복 가능 여부에 관한 예측은 매우 중요하다.

[0004] 현재 중이염 환자의 청력 회복을 예측하기 위해 임상 의들은 환자의 병력, 청력 검사 결과, 염증의 심각성, 치료 반응 등을 종합적으로 고려하고 있으나, 이러한 예측 방법은 주로 임상 의의 경험적 판단에 의존하기 때문에 주관적인 요소가 개입될 가능성이 있으며 예측의 정확성에 한계가 있을 수밖에 없다.

[0005] 따라서 중이염 환자의 청력 회복 가능성을 보다 정확하고 객관적으로 예측함으로써 환자 맞춤형 치료 계획 수립에 중요한 기여를 할 수 있고 중이염 환자의 청력 회복을 최대화하기 위한 최적의 치료 전략을 제시하는 데 중요한 역할을 할 수 있는 청력 회복 예측 방법에 대한 수요가 따른다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

- [0007] 일 실시예에 따른, 복수의 청력 회복 예측 모델들을 이용하여 중이염 환자의 청력 회복을 예측하는 청력 회복 예측 방법은, 중이염 환자의 환자 정보, 청력 검사 정보 및 중이염 환자에 대해 수행된 수술과 관련된 수술 관련 정보를 포함하는 입력 데이터를 수신하는 동작, 입력 데이터로부터 청력 회복 예측 모델들 각각에 입력될 입력 특징들을 추출하는 동작, 입력 특징들을 입력 특징들 각각에 대응하는 청력 회복 예측 모델들에 입력시키는 것에 의해 청력 회복 예측 모델들 각각으로부터 중이염 환자의 청력 회복 여부와 관련된 예측 값을 획득하는 동작 및 획득된 예측 값에 기초한 청력 회복 예측 결과 정보를 제공하는 동작을 포함할 수 있다.
- [0008] 상기 환자 정보는, 중이염 환자의 나이, 성별, 흡연 여부, 흡연 감년을 포함하는 인구학적 정보, 중이염 환자의 중이염 재발 여부, 당뇨병 여부, 고혈압 여부를 포함하는 과거 병력, 중이염 환자에 대해 진행된 설문조사 결과 및 중이염 환자의 MERI(Middle Ear Risk Index) 점수 중 적어도 하나에 대한 정보를 포함할 수 있다.
- [0009] 상기 청력 검사 정보는, 수술 전 기도 전도 순음 역치 평균(preoperative Air-Conduction Pure Tone Average; preoperative AC PTA), 수술 전 골도 전도 순음 역치 평균(preoperative Bone-Conduction Pure Tone Audiometry; preoperative BC PTA) 및 수술 전 기도 골도 차(preoperative AB GAP)중 적어도 하나의 검사 결과 정보를 포함할 수 있다.
- [0010] 상기 수술 관련 정보는, 중이염 환자의 수술 이전의 상태 정보, 수술 중에 획득된 중이염 환자에 관한 상태 정보 및 수술 테크닉 정보를 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 중이염 환자에 대해 수행된 수술은 유양동 삭개술(Canal-Wall-Down Mastoidectomy)인 것일 수 있다.
- [0012] 상기 예측 값은, 중이염 환자의 청력이 미회복된 상태에 대응하는 제1 상태 값 또는 중이염 환자의 청력이 회복된 상태에 대응하는 제2 상태 값을 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 복수의 청력 회복 예측 모델들은, 로지스틱 회귀(Logistic regression), 의사결정 트리(Decision tree), 랜덤 포레스트(Random Forest), SVM(Support vector Machine), Light GBM(Light Gradient Boosting Machine) 및 XGBoost(eXtreme Gradient Boosting) 중 적어도 하나에 기초한 모델인 것일 수 있다.
- [0014] 상기 청력 회복 예측 결과 정보를 제공하는 동작은, 예측 값에 기초하여 작성된 SHAP(SHapley Additive exPlanations) 데이터를 포함하는 청력 회복 예측 결과 정보를 제공하는 동작을 포함할 수 있다.
- [0015] 일 실시예에 따른, 복수의 청력 회복 예측 모델들을 이용하여 중이염 환자의 청력 회복을 예측하는 청력 회복 예측 장치는, 중이염 환자의 환자 정보, 청력 검사 정보 및 중이염 환자에 대해 수행된 수술과 관련된 수술 관련 정보를 포함하는 입력 데이터를 수신하는 입력 데이터 수신부, 입력 데이터로부터 청력 회복 예측 모델들 각각에 입력될 입력 특징들을 추출하는 입력 특징 추출부, 입력 특징들을 입력 특징들 각각에 대응하는 청력 회복 예측 모델들에 입력시키는 것에 의해 청력 회복 예측 모델들 각각으로부터 중이염 환자의 청력 회복 여부와 관련된 예측 값을 획득하는 청력 회복 예측부 및 획득된 예측 값에 기초한 청력 회복 예측 결과 정보를 제공하는 예측 결과 제공부를 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 예측 결과 제공부는, 예측 값에 기초하여 작성된 SHAP 데이터를 포함하는 청력 회복 예측 결과 정보를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 일 실시예에 따른 중이염 환자의 청력 회복을 예측하는 청력 회복 예측 시스템의 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 청력 회복 예측 방법의 동작들을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 3은 일 실시예에 따른 SHAP 기법을 이용하여 각각의 청력 회복 예측 모델들에 대한 주요 특징들을 파악하는 것을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 일 실시예에 따른 SHAP 기법을 이용하여 의사결정 트리를 위한 주요 특징들을 도출하는 것을 설명하기

위한 도면이다.

도 5는 일 실시예에 따른 SHAP 기법을 이용하여 Light GBM를 위한 주요 특징들을 도출하는 것을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 일 실시예에 따른 복수의 청력 회복 예측 모델들 중에서 의사결정 트리 및 Light GBM에 따라 제공되는 개인화된 청력 회복 예측에 대한 분석 결과를 도시한 도면이다.

도 7은 일 실시예에 따른 청력 회복 예측 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도이다.

도 8은 일 실시예에 따른 청력 회복 예측 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 실시예들에 대한 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 예시를 위한 목적으로 개시된 것으로서, 다양한 형태로 변경되어 구현될 수 있다. 따라서, 실제 구현되는 형태는 개시된 특정 실시예로만 한정되는 것이 아니며, 본 명세서의 범위는 실시예들로 설명한 기술적 사상에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0019] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 해석되어야 한다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0020] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0021] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설명된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로써 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0022] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0023] 이하, 실시예들을 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고, 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0025] 도 1은 일 실시예에 따른 중이염 환자의 청력 회복을 예측하는 청력 회복 예측 시스템의 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0026] 도 1을 참조하면, 중이염 환자의 청력 회복을 예측하는 청력 회복 예측 시스템(100)은, 정보 제공 단말(110), 서버(120), 네트워크(130), 및 정보 이용 단말(140)을 포함할 수 있다.
- [0027] 이때, 도 1의 각 구성요소들은 일반적으로 네트워크(130)를 통해 연결될 수 있다. 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이, 정보 제공 단말(110)은 네트워크(130)를 통하여 서버(120) 및 정보 이용 단말(140)과 연결될 수 있다. 그리고, 서버(120)는, 네트워크(130)를 통하여 정보 제공 단말(110) 및 정보 이용 단말(140)과 연결될 수 있다. 또한, 서버(120)는, 네트워크(130)를 통하여 정보 제공 단말(110), 서버(120) 및 정보 이용 단말(140)과 연결될 수 있다. 그리고, 정보 이용 단말(140)은, 네트워크(130)를 통하여 정보 제공 단말(110) 및 서버(120)와 연결될 수 있다.
- [0028] 여기서, 네트워크(130)는, 복수의 단말 및 서버들과 같은 각각의 노드 상호 간에 정보 교환이 가능한 연결 구조를 의미하는 것으로, 이러한 네트워크의 일 예에는 RF, 3GPP(3rd Generation Partnership Project) 네트워크, LTE(Long Term Evolution) 네트워크, 5GPP(5rd Generation Partnership Project) 네트워크, WIMAX(World Interoperability for Microwave Access) 네트워크, 인터넷(Internet), LAN(Local Area Network), Wireless LAN(Wireless Local Area Network), WAN(Wide Area Network), PAN(Personal Area Network), 블루투스

(Bluetooth) 네트워크, NFC 네트워크, 위성 방송 네트워크, 아날로그 방송 네트워크, DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 네트워크 등이 포함되나 이에 한정되지는 않는다.

[0029] 정보 제공 단말(110)은, 복수의 청력 회복 예측 모델들을 이용한 청력 회복 예측 서비스 관련 웹 페이지, 앱 페이지, 프로그램 또는 애플리케이션이 제공되기 위한 로우 데이터(Raw Data)를 제공하는 중이염 환자나 정보 제공자의 단말일 수 있다. 그리고, 정보 제공 단말(110)은, 각각의 병원에서 진료받았던 기록이나 현재 진료받는 기록을 지속적으로 제공하거나 제공에 동의하는 중이염 환자나 정보 제공자의 단말일 수 있다. 또한, 정보 제공 단말(110)의 정보 제공자는, 복수의 청력 회복 예측 모델들을 이용하여 청력 회복 예측 방법을 제공하는 정보 이용 단말(140)로부터 청력 회복 가능성에 대한 정보를 제공받는 사용자일 수 있다. 여기서, 정보 제공 단말(110)은, 네트워크를 통하여 원격지의 서버나 단말에 접속할 수 있는 컴퓨터로 구현될 수 있다. 여기서, 컴퓨터는 예를 들어, 네비게이션, 웹 브라우저(WEB Browser)가 탑재된 노트북, 데스크톱(Desktop), 랩톱(Laptop) 등을 포함할 수 있다. 이때, 정보 제공 단말(110)은, 네트워크를 통해 원격지의 서버나 단말에 접속할 수 있는 단말로 구현될 수 있다. 정보 제공 단말(110)은, 예를 들어, 휴대성과 이동성이 보장되는 무선 통신 장치로서, 네비게이션, PCS(Personal Communication System), GSM(Global System for Mobile communications), PDC(Personal Digital Cellular), PHS(Personal Handyphone System), PDA(Personal Digital Assistant), IMT(International Mobile Telecommunication)-2000, CDMA(Code Division Multiple Access)-2000, W-CDMA(WCode Division Multiple Access), Wibro(Wireless Broadband Internet) 단말, 스마트폰(smartphone), 스마트 패드(smartpad), 태블릿 PC(Tablet PC) 등과 같은 모든 종류의 핸드헬드(Handheld) 기반의 무선 통신 장치를 포함할 수 있다.

[0030] 서버(120)는, 복수의 청력 회복 예측 모델들을 이용한 청력 회복 예측 서비스 웹 페이지, 앱 페이지, 프로그램 또는 애플리케이션을 제공하는 서버일 수 있다. 그리고, 서버(120)는, 정보 제공 단말(110)에서 정보를 제공받으면, 이를 이용하여 서버(120)로부터 정보 제공자의 의료 히스토리를 수집하는 서버일 수 있다. 또한, 서버(120)는, 정보 제공자들의 의료 히스토리를 수집하여 빅데이터를 생성하고, 생성된 빅데이터를 정형 데이터 및 비정형 데이터로 나누며, 비정형 데이터는 정형 데이터로 변환하는 전처리를 수행하고, 정보를 저장하고 관리하며, 정보 처리 분석을 수행하며 질의를 생성하고, 생성된 질의에 대한 응답을 출력하여 정보 이용 단말(140)로 전송하는 서버일 수 있다. 그리고, 서버(120)는, 실시간 빅데이터 분석이 가능하도록 분산 노드 및 병렬 구조로 이루어진 서버일 수 있다. 또한, 정보 이용 단말(140)에서 중이염 환자를 진료하거나 관리한 후 누적되는 데이터에 대하여 서버(120)에서 수집 및 업데이트를 실시한 후, 재분석을 실시하는 서버일 수 있다. 서버(120)는 청력 회복 여부를 예측하고자 하는 중이염 환자의 환자 정보를 수집할 수 있는 것은 물론, 이미 수술을 받은 중이염 환자의 환자 정보와 수술 후 청력 회복 여부에 대한 결과를 저장하고, 이를 학습 데이터로 활용하여 기계 학습 모델을 학습시킴으로써 청력 회복 여부를 예측하고자 하는 중이염 환자의 청력 회복 예측 결과 정보를 생성할 수 있는 서버를 의미할 수 있다.

[0031] 여기서, 서버(120)는, 네트워크를 통하여 원격지의 서버나 단말에 접속할 수 있는 컴퓨터로 구현될 수 있다. 여기서, 컴퓨터는 예를 들어, 네비게이션, 웹 브라우저(WEB Browser)가 탑재된 노트북, 데스크톱(Desktop), 랩톱(Laptop) 등을 포함할 수 있다.

[0032] 정보 이용 단말(140)은, 복수의 청력 회복 예측 모델들을 이용한 청력 회복 예측 서비스 관련 웹 페이지, 앱 페이지, 프로그램 또는 애플리케이션을 이용하는 의사, 간호사, 건강 코디네이터의 단말일 수 있다. 그리고, 정보 이용 단말(140)은 중이염 환자를 진찰한 결과를 서버(120)로 업데이트하는 단말일 수 있다. 여기서, 정보 이용 단말(140)은, 네트워크를 통하여 원격지의 서버나 단말에 접속할 수 있는 컴퓨터로 구현될 수 있다. 여기서, 컴퓨터는 예를 들어, 네비게이션, 웹 브라우저(WEB Browser)가 탑재된 노트북, 데스크톱(Desktop), 랩톱(Laptop) 등을 포함할 수 있다. 이때, 정보 이용 단말(140)은, 네트워크를 통해 원격지의 서버나 단말에 접속할 수 있는 단말로 구현될 수 있다. 정보 이용 단말(140)은, 예를 들어, 휴대성과 이동성이 보장되는 무선 통신 장치로서, 네비게이션, PCS(Personal Communication System), GSM(Global System for Mobile communications), PDC(Personal Digital Cellular), PHS(Personal Handyphone System), PDA(Personal Digital Assistant), IMT(International Mobile Telecommunication)-2000, CDMA(Code Division Multiple Access)-2000, W-CDMA(WCode Division Multiple Access), Wibro(Wireless Broadband Internet) 단말, 스마트폰(smartphone), 스마트 패드(smartpad), 태블릿 PC(Tablet PC) 등과 같은 모든 종류의 핸드헬드(Handheld) 기반의 무선 통신 장치를 포함할 수 있다.

- [0034] 도 2는 일 실시예에 따른 청력 회복 예측 방법의 동작들을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0035] 동작(210)에서, 청력 회복 예측 장치(예: 도 7의 청력 회복 예측 장치(700))는 중이염 환자의 환자 정보, 청력 검사 정보 및 중이염 환자에 대해 수행된 수술과 관련된 수술 관련 정보를 포함하는 입력 데이터를 수신할 수 있다. 중이염 환자의 입력 데이터는 복수의 청력 회복 예측 모델들을 이용한 청력 회복 예측 서비스 관련 웹 페이지, 앱 페이지, 프로그램 또는 애플리케이션이 제공되기 위한 로우 데이터(Raw Data)를 제공하거나 또는 병원에서 진료받았던 기록이나 현재 진료받는 기록을 제공하는 중이염 환자나 정보 제공자의 단말로부터 획득될 수 있다.
- [0036] 환자 정보는 중이염 환자의 인구학적 정보, 과거 병력, 중이염 환자에 대해 진행된 설문조사 결과 및 중이염 환자의 MERI(Middle Ear Risk Index) 점수 중 적어도 하나에 대한 정보를 포함할 수 있다. 중이염 환자의 인구학적 정보는 중이염 환자의 나이(age), 성별(gender), 흡연 여부(smoker type), 흡연 갑년(smoke pack-years)에 관한 정보를 포함할 수 있다. 과거 병력은 중이염 환자의 중이염 재발(recurrent) 여부, 당뇨병(diabetes mellitus) 여부, 고혈압(hypertension) 여부에 관한 정보를 포함할 수 있다. 중이염 환자에 대해 진행되는 설문조사는 건조한 상태의 귀의 지속(duration of dry ear) 여부에 관한 정보를 포함할 수 있다.
- [0037] 청력 검사 정보는 수술 전 기도 전도 순음 역치 평균(preoperative Air-Conduction Pure Tone Average; preoperative AC PTA), 수술 전 골도 전도 순음 역치 평균(preoperative Bone-Conduction Pure Tone Audiometry; preoperative BC PTA) 및 수술 전 기도 골도 차(preoperative AB GAP) 중 적어도 하나의 청력 검사 정보를 포함할 수 있다. 수술 전 AC PTA 및 수술 전 BC PTA는 각각 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz, 3kHz, 4kHz, 8kHz의 주파수에서 측정된 역치 평균을 의미할 수 있다.
- [0038] 수술 관련 정보는 중이염 환자의 수술 이전의 상태 정보, 수술 중에 획득된 중이염 환자에 관한 상태 정보 및 수술 테크닉 정보를 포함할 수 있다. 중이염 환자에 대해 수행된 수술은 유양동 삭개술(Canal-Wall-Down Mastoidectomy)일 수 있다. 수술 이전의 상태 정보는 중이염 환자의 수술 전 배양 검사(preoperative culture), 수술 전 이루(preoperative otorrhea) 상태, 수술 전 고막 상태, 천공 가장자리 고실경화성 플라그(perforation margin tympanosclerotic plaque) 상태, 함몰(retraction) 상태 및 상부 파괴(attic destruction) 상태에 관한 정보를 포함할 수 있다. 수술 중에 획득된 중이염 환자에 관한 상태 정보는 수술 중 유스타키오관 소견(intraoperative eustachian tube findings), 등골 고정(stapes fixation) 상태, 수술 중 배양 검사(intraoperative culture) 및 콜레스테아토마(cholesteatoma) 상태에 관한 정보를 포함할 수 있다. 수술 테크닉 정보는 수술명, 개방형 유양동 삭개술(canal-wall-down mastoidectomy), 교각보존 유양돌기 삭개술(intact bridge mastoidectomy), 안면 신경관(facial nerve canal), 고삭 신경(chorda tympani nerve), 후두 편평 세포 암종(laryngeal squamous cell carcinoma), 추골(malleus, 침골(incus), 등골 고정(stapes fixation) 및 등골 해부학적 상태(stapes anatomical condition)에 관한 정보를 포함할 수 있다.
- [0039] MERI 점수(Middle Ear Risk Index score)는 중이염 환자의 수술 위험도와 예후를 평가하는 데 사용되는 지표로서, 이루(otorrhea), 천공(perforation), 콜레스테아토마(cholesteatoma), 이소골 상태(ossicular status), 중이 점막(middle ear mucosa), 이전 수술(previous surgery) 및 총점(total score)에 관한 정보를 포함할 수 있다.
- [0040] 동작(220)에서, 청력 회복 예측 장치(700)는 입력 데이터로부터 청력 회복 예측 모델들 각각에 입력될 입력 특징들을 추출할 수 있다.
- [0041] 일 실시예에 따른 청력 회복 예측 장치(700)는 각각의 청력 회복 예측 모델들 별로 청력 회복 예측에 적합한 최적의 특징들 또는 청력 회복 예측과 밀접한 연관성이 있는 주요 특징들을 탐색하여, 복수의 청력 회복 예측 모델들 각각에 입력될 입력 특징들을 추출할 수 있다.
- [0042] 청력 회복 예측 모델들은, 로지스틱 회귀(Logistic regression), 의사결정 트리(Decision tree), 랜덤 포레스트(Random Forest), SVM(Support vector Machine), Light GBM(Light Gradient Boosting Machine) 및 XGBoost(eXtreme Gradient Boosting) 중 적어도 하나에 기초한 모델일 수 있다. 로지스틱 회귀(Logistic regression)는 회귀 결과를 기반으로 청력 회복에 관한 결과를 분류할 수 있다. 이 과정에는 각 속성과 가중치 관련 속성을 고려하여 시그모이드 함수(sigmoid function)를 계산하는 것이 포함될 수 있고, 그에 따른 시그모이드 함수의 결과가 결정될 수 있다. 예를 들어, 결과가 0.5 이상이면 환자의 청력이 회복될 것으로 예측되고 그렇지 않으면 회복되지 않을 것으로 예측될 수 있다. 의사결정 트리(Decision tree)는 속성과 임계값을 기반으로 청력 회복을 분류할 수 있는 노드들(nodes)을 생성할 수 있다. 의사결정 규칙(decision rule)을 구성하기

위해 불순도를 최대화하는 속성이 결정되고 해당 속성에 대응하는 임계값이 계산될 수 있다. 랜덤 포레스트(Random Forest)는 여러 의사결정 트리를 구성하고 각 의사결정 트리에 대한 예측을 집계할 수 있다. 랜덤 포레스트는 부트스트랩 집계(bootstrap aggregation)를 사용하여 여러 하위 샘플들에 다른 속성을 개별적으로 적용할 수 있고, 여러 의사결정 트리의 결합된 결과를 활용하여 청력 회복을 예측할 수 있다. SVM(Support vector Machine)는 결정 경계 주변에 위치한 샘플을 획득하고 결정 경계 거리를 증가시키는 것을 목표로 하는 모델일 수 있다. XGBoost(eXtreme Gradient Boosting)는 통합된 모델 내에서 여러 모델들을 반복적으로 학습 시킴으로써 남은 오류를 최소화할 수 있으며, 병렬화(parallelization) 방법이 사용되고 트리 프루닝(tree pruning) 과정이 수행될 수 있다. Light GBM(Light Gradient Boosting Machine)은 히스토그램 기반 알고리즘을 의미할 수 있다.

[0043] 일 실시예에 따른 청력 회복 예측 장치(700)에서는 복수의 청력 회복 예측 모델들이 각각에 입력될 입력 특징들을 추출할 수 있도록, 입력 특징들을 추출하기 위한 데이터 전처리 과정이 수행될 수 있다. 청력 회복 예측 모델들의 학습 과정에서 활용되는 데이터 전처리 과정은 순차적 특성 선택 알고리즘을 포함할 수 있다. 순차적 특성 선택 알고리즘은 복수의 청력 회복 예측 모델별로 입력 데이터에 포함된 특징들을 순차적으로 추가하고 제거하는 과정을 반복하여 모델의 성능을 비교하고 개선시키는 알고리즘을 의미할 수 있다. 이 때의 모델의 성능을 평가하는 성능 평가 지표는 AUROC(Area Under the Receiver Operating Characteristics)를 의미할 수 있다. 청력 회복 예측 모델은 학습 데이터로서 수술을 받은 중이염 환자의 입력 데이터 및 수술 후 청력 회복 여부에 대한 결과를 활용하여 해당 데이터 전처리 과정을 반복적으로 수행하여 각 모델별로 AUROC가 가장 우수한 입력 특징 조합을 추출해낼 수 있다. 별도의 데이터 전처리 과정으로서, 범주형 변수들에 대해서는 원-핫 인코딩(one hot encoding)이 수행될 수 있다. 추출된 입력 특징 조합은 청력 회복 예측 장치(700)가 입력 데이터로부터 청력 회복 예측 모델들 각각에 입력될 입력 특징들을 추출하는 데 활용될 수 있다.

[0044] 또한, 청력 회복 예측 장치(700)는 SHAP(Shapley Additive exPlanations) 기법을 통해 각각의 청력 회복 예측 모델들 별로 청력 회복 예측에 적합한 최적의 특징들 또는 청력 회복 예측과 밀접한 연관성이 있는 주요 특징들을 파악하여, 해당 특징들을 복수의 청력 회복 예측 모델들 각각에 입력될 입력 특징들로 결정할 수 있다. SHAP 기법은 기계 학습 모델의 예측에 각 특징이 기여하는 정도를 Shapley value를 기반으로 계산하여 설명하는 기법을 의미할 수 있다.

[0045] 중이염 환자의 청력 회복 여부는 수술을 받은 중이염 환자의 수술 후 순음 청력 검사(pure tone audiometry) 결과에 기초하여 정의될 수 있다. 순음 청력 검사는 중이염 환자가 수술을 받은 후 6개월의 간격을 두고 시행될 수 있다. 중이염 환자의 청력은 1) 수술 후 AC PTA가 30dB 이하인 경우, 2) 수술 후 AC PTA 및 수술 후 BC PTA의 차이가 20dB 이하인 경우, 3) 수술 전 AC PTA와 수술 후 AC PTA의 차이가 15dB 이하인 경우 중 어느 한 경우를 만족하면 회복된 것으로 간주할 수 있다. AC PTA는 500Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz의 주파수에서 측정된 역치 평균을 의미할 수 있고, BC PTA는 500Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz의 주파수에서 측정된 역치 평균을 의미할 수 있다.

[0046] 즉, 일 실시예에 따른 청력 회복 예측 장치(700)는 순차적 특성 선택 알고리즘 또는 SHAP 기법을 통해 입력 데이터로부터 청력 회복 예측 모델들 각각에 입력될 입력 특징들을 추출할 수 있으며, 순차적 특성 선택 알고리즘을 통해 추출된 예시적인 입력 특징 조합은 다음과 같다. 로지스틱 회귀(logistic regression)에 입력될 입력 특징들은 나이, 중이염 재발 여부, retraction, attic destruction, Presence of cholesteatoma, intraoperative eustachian tube findings, 수술명, malleus, cholesteatoma, middle ear, total score, preoperative BC PTA, preoperative ABG의 입력 특징 조합일 수 있고, 의사결정 트리(decision tree)에 입력될 입력 특징들은 성별, 나이, 당뇨병 여부, 고혈압 여부, intraoperative eustachian tube findings, 수술명, malleus, incus, preoperative AC PTA, preoperative BC PTA, preoperative AB GAP의 입력 특징 조합일 수 있고, 랜덤 포레스트(random forest)에 입력될 입력 특징들은, 성별, 나이, intraoperative eustachian tube findings, stapes fixation, preoperative AC PTA, preoperative AB GAP, canal-wall-down mastoidectomy의 입력 특징 조합일 수 있으며, SVM에 입력될 입력 특징들은, 성별, 나이, 중이염 재발 여부, 당뇨병 여부, 흡연 갑년, 고막 상태, perforation margin tympanosclerotic plaque, attic destruction, preoperative otorrhea, preoperative culture, 수술명, malleus, incus, stapes fixation, ossicular status, middle ear, previous surgery, preoperative BC PTA, preoperative AB GAP, canal-wall-down mastoidectomy, intact bridge mastoidectomy의 입력 특징 조합일 수 있고, Light GBM에 있어서, 나이, 중이염 재발 여부, 흡연 여부, 흡연 갑년, retraction, intraoperative eustachian tube findings, intraoperative culture, 수술명, malleus, preoperative BC PTA, preoperative AB GAP의 입력 특징 조합일 수 있고, XGBoost에 입력될 입력 특징들은, 나이, 중이염 재발 여부, retraction, cholesteatoma 여부, intraoperative eustachian tube findings, facial

nerve canal, ossicular status, middle ear, previous surgery, total score, preoperative AC PTA, preoperative BC PTA, preoperative AB GAP, canal-wall-down mastoidectomy, intact bridge mastoidectomy의 입력 특징 조합일 수 있다.

- [0047] 동작(230)에서, 청력 회복 예측 장치(700)는 입력 특징들을 입력 특징들 각각에 대응하는 청력 회복 예측 모델들에 입력시키는 것에 의해 청력 회복 예측 모델들 각각으로부터 중이염 환자의 청력 회복 여부와 관련된 예측 값을 획득할 수 있다. 예를 들어, 청력 회복 예측 장치(700)는 의사결정 트리(decision tree)에 대응하는 입력 특징들, 즉, 성별, 나이, 당뇨병 여부, 고혈압 여부, intraoperative eustachian tube findings, 수술명, malleus, incus, preoperative AC PTA, preoperative BC PTA, preoperative AB GAP를 포함하는 입력 특징들을 의사결정 트리에 입력시키는 것에 의해 청력 회복 여부와 관련된 예측 값을 획득할 수 있다. 예측 값은 중이염 환자의 청력이 미회복된 상태에 대응하는 제1 상태 값 또는 상기 중이염 환자의 청력이 회복된 상태에 대응하는 제2 상태 값을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 상태 값 및 제2 상태 값은 각각 0 및 1로 표현될 수 있다.
- [0048] 동작(240)에서, 청력 회복 예측 장치(700)는 획득된 예측 값에 기초한 청력 회복 예측 결과 정보를 제공할 수 있다. 청력 회복 예측 결과 정보는 예측 값에 기초하여 작성된 SHAP(SHapley Additive exPlanations) 데이터를 포함할 수 있다. 청력 회복 예측 장치(700)는 각각의 청력 회복 예측 모델들에서 획득된 하나 이상의 예측 값에 기초하여 종합적인 회복 예측 결과 정보를 제공할 수 있다.
- [0050] 이하에서는, 도 3 내지 도 5를 참고하여 SHAP 기법을 이용하여 각각의 청력 회복 예측 모델들에 대한 주요 특징들을 파악하는 예시가 설명된다.
- [0051] 도 3을 참고하여, 학습에 대한 검증 결과로 F1 score 가 가장 우수하였던 의사결정 트리과 AUROC가 가장 우수하였던 Light GBM을 SHAP 기법으로 분석함으로써 각 청력 회복 예측 모델의 주요 특징들을 탐색하는 것을 설명한다. 청력 회복 예측 장치(예: 도 7의 청력 회복 예측 장치(700))는 SHAP 기법을 이용하여 중이염 환자의 청력 회복에 있어 각 청력 회복 예측 모델별로 주요 특징들을 탐색할 수 있고, 도 3에 도시된 것과 같이, 의사결정 트리 및 Light GBM의 SHAP 결과를 통해 각 청력 회복 예측 모델의 입력 특징들이 될 주요 특징들을 결정할 수 있다.
- [0052] 도 3 (a)는 의사결정 트리의 SHAP 결과를, 도 3 (b)는 Light GBM의 SHAP 결과를 각각 나타낼 수 있다. SHAP Dot Plot은 SHAP value와 각 특징 값 간의 상관관계를 제공할 수 있고, 이를 통해 각 특징이 청력 회복 예측에 어떤 방향으로 영향을 미쳤는지를 보여줄 수 있다. 이 때, SHAP value가 음의 값을 갖는다는 것은 청력 회복의 가능성이 감소된 것을 의미하고, SHAP value가 양의 값을 갖는다는 것은 청력 회복의 가능성이 증가된 것을 의미할 수 있다. 특징 값은 파란색의 점으로 표현될수록 낮은 값을 의미하고, 빨간색의 점으로 표현될수록 높은 값을 의미할 수 있다. 즉, SHAP value가 양의 값을 가질 때 특징 값이 파란색의 점으로 표현되는 숫자가 많을수록 해당 특징 값이 낮은 값을 가질 때 청력 회복 예측 값을 증가시켰다고 해석할 수 있다. SHAP Bar Plot은 SHAP value의 절대값의 평균을 취한 값을 나타내는 것으로, 각 특징에 대응하는 막대의 길이가 길수록 예측 영향력이 크고 예측에 있어 중요한 특징이라고 해석될 수 있다.
- [0053] 예를 들어 일 실시예에 따른 의사결정 트리에 있어서, SHAP Dot Plot 및 SHAP Bar Plot의 상위에 랭크된 특징들은 청력 회복 예측 값에 음의 상관성으로 영향을 미쳤음을 알 수 있다. 즉, SHAP 결과를 통해 수술 전 ABG(preoperative ABG)가 낮고, 나이(age)가 어리고, 수술 전 BC PTA(preoperative BC PTA)가 낮으며, 수술 중 유스타키오관 이상(intraoperative eustachian tube abnormalities)이 없는 경우에 청력 회복 예측 값이 높아진다는 연관성을 확인할 수 있다. 마찬가지로, 일 실시예에 따른 Light GBM에 있어서, SHAP Dot Plot 및 SHAP Bar Plot의 상위에 랭크된 특징들은 청력 회복 예측 값에 음의 상관성으로 영향을 미쳤음을 알 수 있다. 즉, SHAP 결과를 통해 나이(age)가 어리고, 수술 전 ABG(preoperative ABG)가 낮고, 수술 전 BC PTA(preoperative BC PTA)가 낮으며, 중이염의 재발(recurrent)이 없는 경우에, 청력 회복 예측 값이 높아진다는 연관성을 확인할 수 있다.
- [0054] 이어서 도 4를 참고하여, 의사결정 트리에 따른 주요 특징들과 청력 회복 예측 값 간의 연관성을 구체적으로 살펴볼 수 있다. 도 4에 나타나는 그래프는 SHAP value와 각 특징 값 간의 상관관계를 제공할 수 있고, 청력 회복 예측 값은 SHAP value로 지칭되는 값을 통해 설명될 수 있다.
- [0055] 도 4 (a)는 SHAP value와 수술 전 AC PTA 간의 연관성을 나타낼 수 있다. 도 4 (a)를 통해, 수술 전 AC PTA와 청력 회복에는 연관성이 없음이 설명될 수 있다. 도 4 (b)는 SHAP value와 수술 전 BC PTA 간의 연관성을 나타

낼 수 있다. 도 4 (b)를 통해, 42 dB를 초과하는 수술 전 BC PTA는 청력 회복을 방해하는 것으로 설명될 수 있다. 도 4 (c)는 SHAP value와 수술 전 ABG 간의 연관성을 나타낼 수 있다. 도 4 (b)를 통해, 10 dB 미만의 수술 전 ABG는 청력 회복에 기여하는 것으로 설명될 수 있다. 도 4 (d)는 SHAP value와 나이 간의 연관성을 나타낼 수 있다. 도 4 (d)를 통해, 30세 미만의 나이는 청력 회복에 기여하는 것으로 설명될 수 있다. 도 4 (e)는 SHAP value와 수술 중 유스타키오관 소견 간의 연관성을 나타낼 수 있다. 도 4 (e)를 통해, 수술 중 나타나는 유스타키오관 이상에 관한 소견은 청력 회복을 방해하는 것으로 설명될 수 있다.

[0056] 도 5를 참고하여, Light GBM에 따른 주요 특징들과 청력 회복 예측 값 간의 연관성을 구체적으로 살펴볼 수 있다. 도 4와 마찬가지로, 도 5에 나타나는 그래프는 SHAP value와 각 특징 값 간의 상관관계를 제공할 수 있고, 청력 회복 예측 값은 SHAP value로 지칭되는 값을 통해 설명될 수 있다.

[0057] 도 5 (a)는 SHAP value와 나이 간의 연관성을 나타낼 수 있다. 도 5 (a)를 통해, 48세 미만의 나이는 청력 회복에 기여하는 것으로 설명될 수 있다. 도 5 (b)는 SHAP value와 수술 중 배양 검사(intraoperative culture) 간의 연관성을 나타낼 수 있다. 도 5 (b)를 통해, 수술 중 배양 검사는 청력 회복에 영향을 주지 않는 것으로 설명될 수 있다. 도 5 (c)는 SHAP value와 수술 중 유스타키오관 소견 간의 연관성을 나타낼 수 있다. 도 5 (c)를 통해, 수술 중 나타나는 유스타키오관 이상에 관한 소견은 청력 회복을 방해하는 것으로 설명될 수 있다. 도 5 (d)는 SHAP value와 주골(malleus) 간의 연관성을 나타낼 수 있다. 도 5 (d)를 통해, 주골이 제거되거나(removed) 또는 결함이 있는(defective) 경우에 청력 회복을 방해하는 것으로 설명될 수 있다. 도 5 (e)는 SHAP value와 중이염의 재발(recurrent) 여부 간의 연관성을 나타낼 수 있다. 도 5 (e)를 통해, 환자가 만성 중이염(COM)을 겪은 이력은 청력 회복을 방해하는 것으로 설명될 수 있다. 도 5 (f)는 SHAP value와 함몰(retraction) 간의 연관성을 나타낼 수 있다. 도 5 (f)를 통해, 귀 구조(ear structure)의 함몰은 청력 회복을 방해하는 것으로 설명될 수 있다. 도 5 (g) 및 (h)는 각각 SHAP value와 흡연 유형 및 흡연 갑년 간의 연관성을 나타낼 수 있다. 도 5 (g) 및 (h)를 통해, 흡연이 청력 회복을 향상시킬 수 있다고 볼 수 있지만, 흡연 갑년이 4.3 미만인 경우에 흡연 갑년이 청력 회복에 미치는 영향은 중요하지 않은 것으로 설명될 수 있다. 도 5 (i)는 SHAP value와 수술 전 BC PTA 간의 연관성을 나타낼 수 있다. 도 5 (i)를 통해, 27 dB를 초과하는 수술 전 BC PTA는 청력 회복을 방해하는 것으로 설명될 수 있다. 도 5 (j)는 SHAP value와 수술 전 ABG 간의 연관성을 나타낼 수 있다. 도 5 (j)를 통해, 10 dB 미만의 수술 전 ABG는 청력 회복에 기여하는 것으로 설명될 수 있다. 도 5 (k)는 SHAP value와 고막성형술(tympanoplasty technique) 간의 연관성을 나타낼 수 있다. 도 5 (k)를 통해, 고막성형술에 오버레이(overlay)를 적용하는 것은 청력 회복에 기여하는 것으로 설명될 수 있다.

[0058] 이처럼, 일 실시예에 따른 청력 회복 예측 장치(700)는 SHAP 기법을 통해 복수의 청력 회복 예측 모델들에 입력되는 특징들 및 청력 회복 예측 값 간의 연관성을 파악할 수 있고, 청력 회복 예측 값 간의 연관성이 확인되는 특징들을 각 청력 회복 예측 모델의 주요 특징들로 결정할 수 있다.

[0060] 도 6은 일 실시예에 따른 복수의 청력 회복 예측 모델들 중에서 의사결정 트리 및 Light GBM에 따라 제공되는 개인화된 청력 회복 예측에 대한 분석 결과를 도시한 도면이다.

[0061] 도 6을 참고하여, 일 실시예에 따른 SHAP 기법을 통해 청력 회복 예측 결과 정보가 제공되는 것을 설명한다. 제 1영역들(610, 630, 650, 670)에 속하는 특징들은 환자의 청력 회복에 기여하는 특징들을 나타내고, 제 2 영역들(620, 640, 660, 680)에 속하는 특징들은 환자의 청력 회복을 방해하는 특징들을 나타낼 수 있다. 제 1영역들(610, 630, 650, 670) 및 제 2 영역들(620, 640, 660, 680)에 속하는 특징들은 청력 회복 예측 장치(예: 도 7의 청력 회복 예측 장치(700))의 청력 회복 예측 모델들 각각에 입력된 입력 특징들 중 일부를 나타낼 수 있다.

[0062] 도 6 (a)는 의사결정 트리를 이용하여 환자의 청력 회복 여부를 예측한 것으로서, 청력이 회복되지 않은 환자의 SHAP 결과를 나타낸 것이다. 제1 영역(610)에 속하는 환자의 수술 전 BC PTA의 특징으로부터, 낮은 BC PTA는 환자의 청력 회복에 기여하였음을 알 수 있고, 제2 영역(620)에 속하는 환자의 수술 전 ABG, 수술 중 유스타키오관 소견 및 나이의 특징으로부터, 높은 수술 전 ABG, 많은 나이 및 수술 중 나타나는 유스타키오관 이상에 관한 소견은 환자의 청력 회복을 방해하였음을 알 수 있다.

[0063] 도 6 (b)는 의사결정 트리를 이용하여 환자의 청력 회복 여부를 예측한 것으로서, 청력이 회복한 환자의 SHAP 결과를 나타낸 것이다. 제1 영역(630)에 속하는 환자의 수술 전 BC PTA 및 수술 중 유스타키오관 소견의 특징으로부터, 낮은 수술 전 BC PTA 및 호의적인(favorable) 수술 중 유스타키오관 소견은 환자의 청력 회복에 기여

하였음을 알 수 있고, 제2 영역(640)에 속하는 환자의 수술 전 ABG, 나이 및 추골(malleus)의 특징으로부터, 높은 수술 전 ABG 및 많은 나이는 청력 회복을 방해하였음을 알 수 있다.

[0064] 도 6 (c)는 Light GBM를 이용하여 환자의 청력 회복 여부를 예측한 것으로서, 청력이 회복되지 않은 환자의 SHAP 결과를 나타낸 것이다. 제1 영역(650)에 속하는 환자의 함몰(retraction) 및 나이의 특징으로부터, 함몰의 부재(absence) 및 어린 나이는 환자의 청력 회복에 기여하였음을 알 수 있고, 제2 영역(660)에 속하는 환자의 수술 전 BC PTA, 수술 전 ABG 및 수술 중 유스타키오관 소견의 특징으로부터, 높은 수술 전 BC PTA, 높은 수술 전 ABG 및 수술 중 나타나는 유스타키오관 이상에 관한 소견은 환자의 청력 회복을 방해하였음을 알 수 있다.

[0065] 도 6 (d)는 Light GBM를 이용하여 환자의 청력 회복 여부를 예측한 것으로서, 청력이 회복한 환자의 SHAP 결과를 나타낸 것이다. 제1 영역(670)에 속하는 환자의 수술 중 유스타키오관 소견, 수술 전 BC PTA, 나이 및 수술 전 ABG의 특징으로부터, 우호적인 수술 중 유스타키오관 소견, 낮은 BC PTA, 어린 나이 및 낮은 수술 전 ABG는 환자의 청력 회복에 기여하였음을 알 수 있고, 제2 영역(680)에 속하는 환자의 중이염 재발 여부의 특징으로부터, 중이염 재발의 기록은 환자의 청력 회복을 방해하였음을 알 수 있다.

[0066] 일 실시예에 따른 청력 회복 예측 장치(700)는 SHAP value 기법을 이용하여 생성되는 SHAP 데이터를 포함한 청력 회복 예측 결과 정보를 제공할 수 있고, 중이염 환자 또는 의료인에게 중이염 환자의 청력 회복 여부에 관한 객관적인 지표를 제공함으로써 중이염 환자의 청력 회복의 가능성을 확인시키고 개인화된 치료 전략을 수립하도록 할 수 있다.

[0068] 도 7은 일 실시예에 따른 청력 회복 예측 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도이다.

[0069] 도 7을 참조하면, 청력 회복 예측 장치(700)는 입력 데이터 수신부(710), 입력 특징 추출부(720), 청력 회복 예측부(730) 및 예측 결과 제공부(740)를 포함할 수 있다. 입력 데이터 수신부(710)에서 수행되는 동작들은 청력 회복 예측 장치(700)의 통신 모듈(예: 도 8의 통신 모듈(830))에 의해 실행될 수 있고, 입력 특징 추출부(720), 청력 회복 예측부(730) 및 예측 결과 제공부(740)에서 수행되는 동작들은 청력 회복 예측 장치(700)의 프로세서(예: 도 8의 프로세서(810))에 의해 실행될 수 있다.

[0070] 입력 데이터 수신부(710)는 중이염 환자의 환자 정보, 청력 검사 정보 및 중이염 환자에 대해 수행된 수술과 관련된 수술 관련 정보를 포함하는 입력 데이터를 수신할 수 있다. 중이염 환자의 입력 데이터는 복수의 청력 회복 예측 모델들을 이용한 청력 회복 예측 서비스 관련 웹 페이지, 앱 페이지, 프로그램 또는 애플리케이션이 제공되기 위한 로우 데이터(Raw Data)를 제공하거나 또는 병원에서 진료받았던 기록이나 현재 진료받는 기록을 제공하는 중이염 환자나 정보 제공자의 단말로부터 획득될 수 있다.

[0071] 입력 특징 추출부(720)는 입력 데이터로부터 청력 회복 예측 모델들 각각에 입력될 입력 특징들을 추출할 수 있다. 입력 특징 추출부(720)는 각각의 청력 회복 예측 모델들 별로 청력 회복 예측에 적합한 최적의 특징들 또는 청력 회복 예측과 밀접한 연관성이 있는 주요 특징들을 탐색하여, 복수의 청력 회복 예측 모델들 각각에 입력될 입력 특징들을 추출할 수 있다. 청력 회복 예측 모델들은, 로지스틱 회귀(Logistic regression), 의사결정 트리(Decision tree), 랜덤 포레스트(Random Forest), SVM(Support vector Machine), Light GBM(Light Gradient Boosting Machine) 및 XGBoost(eXtreme Gradient Boosting) 중 적어도 하나에 기초한 모델일 수 있다. 입력 특징 추출부(720)는 복수의 청력 회복 예측 모델들의 학습 과정에서 순차적 특성 선택 알고리즘을 활용함으로써 추출된 입력 특징 조합에 따라 입력 데이터로부터 청력 회복 예측 모델들 각각에 입력될 입력 특징들을 추출할 수 있다. 입력 특징 추출부(720)는 SHAP 기법을 통해 파악된 청력 회복 예측에 적합한 최적의 특징들 또는 청력 회복 예측과 밀접한 연관성이 있는 주요 특징들에 따라 입력 데이터로부터 청력 회복 예측 모델들 각각에 입력될 입력 특징들을 추출할 수 있다.

[0072] 청력 회복 예측부(730)는 입력 특징들을 입력 특징들 각각에 대응하는 청력 회복 예측 모델들에 입력시키는 것에 의해 청력 회복 예측 모델들 각각으로부터 중이염 환자의 청력 회복 여부와 관련된 예측 값을 획득할 수 있다. 예측 값은 중이염 환자의 청력이 미회복된 상태에 대응하는 제1 상태 값 또는 상기 중이염 환자의 청력이 회복된 상태에 대응하는 제2 상태 값을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 상태 값 및 제2 상태 값은 각각 0 및 1로 표현될 수 있다.

[0073] 예측 결과 제공부(740)는 획득된 예측 값에 기초한 청력 회복 예측 결과 정보를 제공할 수 있다. 청력 회복 예측 결과 정보는 예측 값에 기초하여 작성된 SHAP 데이터를 포함할 수 있다. 예측 결과 제공부(740)는 각각의

청력 회복 예측 모델들에서 획득된 복수의 예측 값에 기초하여 종합적인 회복 예측 결과 정보를 제공할 수 있다.

[0075] 도 8은 일 실시예에 따른 청력 회복 예측 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도이다.

[0076] 도 8을 참조하면, 청력 회복 예측 장치(700)는 프로세서(810), 프로세서(810)에 의해 실행될 인스트럭션들(instructions)을 저장하는 메모리(820) 및 통신 모듈(830)을 포함할 수 있다.

[0077] 프로세서(810)는, 예를 들면, 소프트웨어를 실행하여 프로세서(810)에 연결된 청력 회복 예측 장치(700)의 적어도 하나의 다른 구성요소(예: 하드웨어 또는 소프트웨어 구성요소)를 제어할 수 있고, 다양한 데이터 처리 또는 연산을 수행할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 데이터 처리 또는 연산의 적어도 일부로서, 프로세서(810)는 다른 구성요소(예: 통신 모듈(830))로부터 수신된 명령 또는 데이터를 휘발성 메모리에 저장하고, 휘발성 메모리에 저장된 명령 또는 데이터를 처리하고, 결과 데이터를 비휘발성 메모리에 저장할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 프로세서(810)는 메인 프로세서(예: 중앙 처리 장치 또는 어플리케이션 프로세서) 또는 이와는 독립적으로 또는 함께 운영 가능한 보조 프로세서(예: 그래픽 처리 장치, 신경망 처리 장치(NPU: neural processing unit), 이미지 시그널 프로세서, 센서 허브 프로세서, 또는 커뮤니케이션 프로세서)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 청력 회복 예측 장치(700)가 메인 프로세서 및 보조 프로세서를 포함하는 경우, 보조 프로세서는 메인 프로세서보다 저전력을 사용하거나, 지정된 기능에 특화되도록 설정될 수 있다. 보조 프로세서는 메인 프로세서와 별개로, 또는 그 일부로서 구현될 수 있다.

[0078] 프로세서(810)는, 도 7의 청력 회복 예측 장치(700)의 입력 특징 추출부(720), 청력 회복 예측부(730) 및 예측 결과 제공부(740)에서 수행되는 각각의 동작들을 실행할 수 있다.

[0079] 메모리(820)는, 청력 회복 예측 장치(700)의 적어도 하나의 구성요소(예: 프로세서(810) 또는 통신 모듈(830))에 의해 사용되는 다양한 데이터를 저장할 수 있다. 데이터는, 예를 들어, 소프트웨어 및, 이와 관련된 명령에 대한 입력 데이터 또는 출력 데이터를 포함할 수 있다. 메모리(820)는, 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.

[0080] 통신 모듈(830)은 청력 회복 예측 장치(700)와 외부 장치(예: 정보 제공 단말, 정보 이용 단말) 간의 직접(예: 유선) 통신 채널 또는 무선 통신 채널의 수립, 및 수립된 통신 채널을 통한 통신 수행을 지원할 수 있다. 통신 모듈(830)은 프로세서(810)(예: 어플리케이션 프로세서)와 독립적으로 운영되고, 직접(예: 유선) 통신 또는 무선 통신을 지원하는 하나 이상의 커뮤니케이션 프로세서를 포함할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 통신 모듈(830)은 무선 통신 모듈(예: 셀룰러 통신 모듈, 근거리 무선 통신 모듈, 또는 GNSS(global navigation satellite system) 통신 모듈) 또는 유선 통신 모듈(예: LAN(local area network) 통신 모듈, 또는 전력선 통신 모듈)을 포함할 수 있다. 이들 통신 모듈 중 해당하는 통신 모듈은 제1 네트워크(예: 블루투스, WiFi(wireless fidelity) direct 또는 IrDA(infrared data association)와 같은 근거리 통신 네트워크) 또는 제2 네트워크(예: 레거시 셀룰러 네트워크, 5G 네트워크, 차세대 통신 네트워크, 인터넷, 또는 컴퓨터 네트워크(예: LAN 또는 WAN)와 같은 원거리 통신 네트워크)를 통하여 외부의 전자 기기와 통신할 수 있다. 이런 여러 종류의 통신 모듈들은 하나의 구성요소(예: 단일 칩)로 통합되거나, 또는 서로 별도의 복수의 구성요소들(예: 복수 칩들)로 구현될 수 있다.

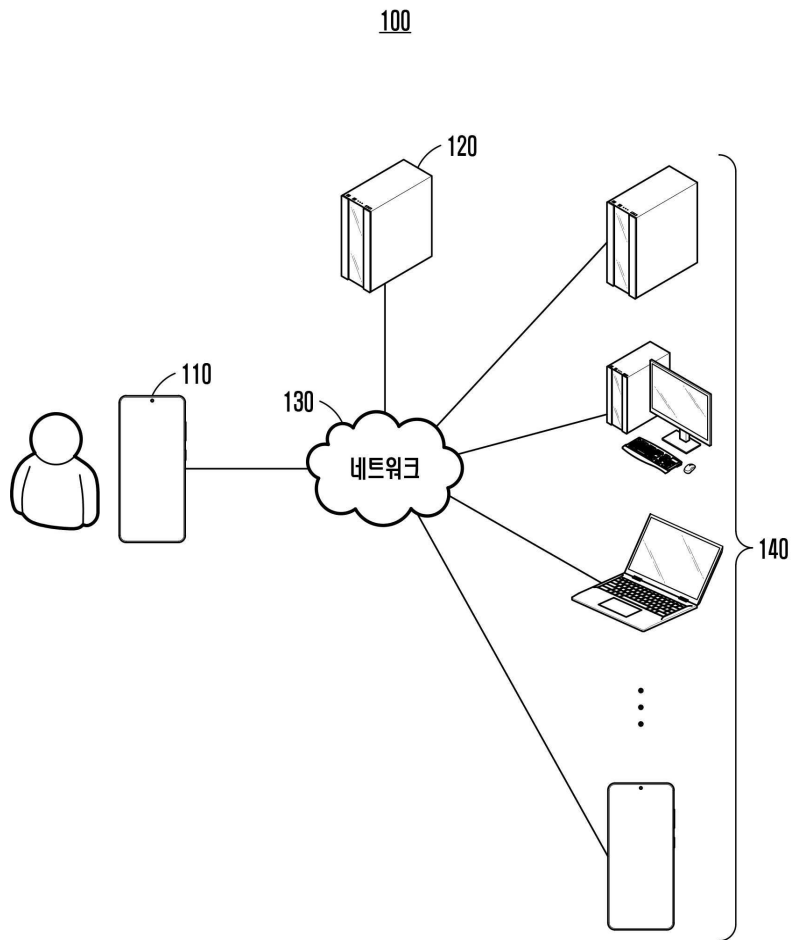
[0081] 통신 모듈(830)은, 도 7의 청력 회복 예측 장치(700)의 입력 데이터 수신부(710)에서 수행되는 각각의 동작들을 실행할 수 있다.

[0082] 복수의 청력 회복 예측 모델들을 이용한 청력 회복 예측 장치는 수술 후 청력 회복을 예측하고자 하는 중이염 환자의 청력 회복 가능성을 보다 정확하고 객관적으로 예측할 수 있고, 이를 통해 중이염 환자와 의료인은 신뢰성 있는 청력 회복 예측 결과 정보를 제공받을 수 있다. 청력 회복 예측 장치가 제공하는 예측 결과 정보를 통해, 중이염 환자는 청력이 회복될 수 있다면 청력이 회복될 수 있는 이유에 대한 객관적인 지표를 획득할 수 있고, 청력 회복을 기대할 수 없다면 청력이 회복될 수 없는 이유에 대한 객관적인 지표를 획득할 수 있다. 또한 의료인은 예측 결과 정보를 토대로 중이염 환자에게 최적화된 맞춤형 치료 계획을 수립할 수 있고 치료 전략을 구성할 수 있다. 이는 머신러닝 기술을 활용하여, 기존 중이염 환자의 청력 회복을 예측하기 위해 임상상의 경험적이고 주관적인 판단을 이용하여 한계가 있었던 청력 회복 예측의 정확성이 향상될 수 있도록 하며, 중이염 환자와 의료인이 청력 회복 예측에 관한 객관적인 지표를 제공받을 수 있도록 한다.

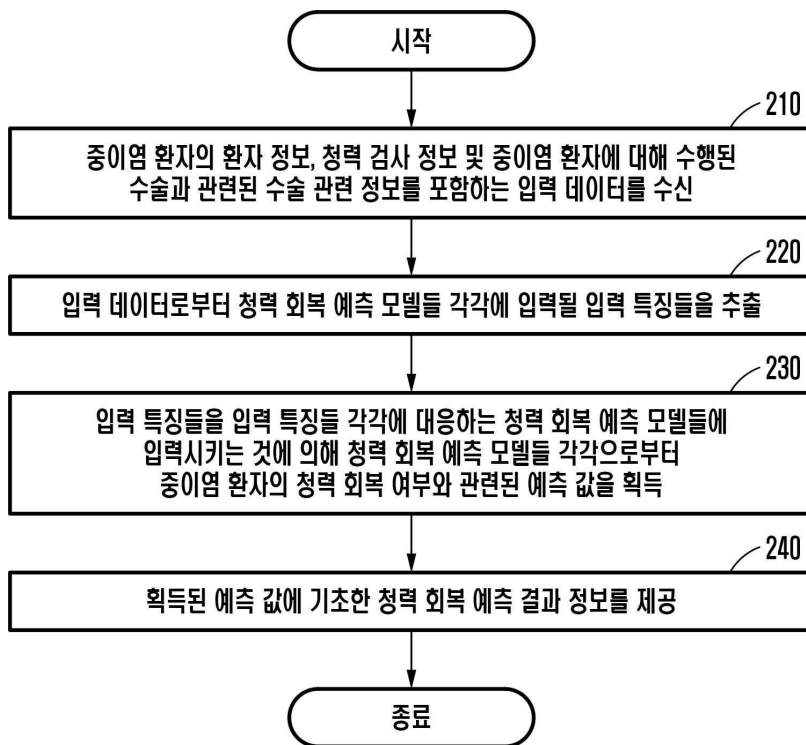
- [0084] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 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 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0085] 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 저장될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0086] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 저장할 수 있으며 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.
- [0087] 위에서 설명한 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 또는 복수의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0088] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이를 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.
- [0089] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

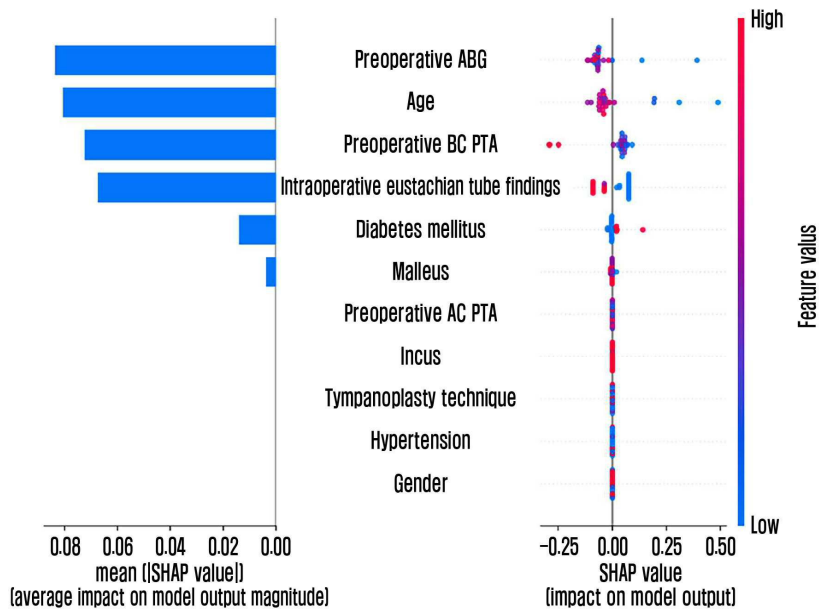
도면1



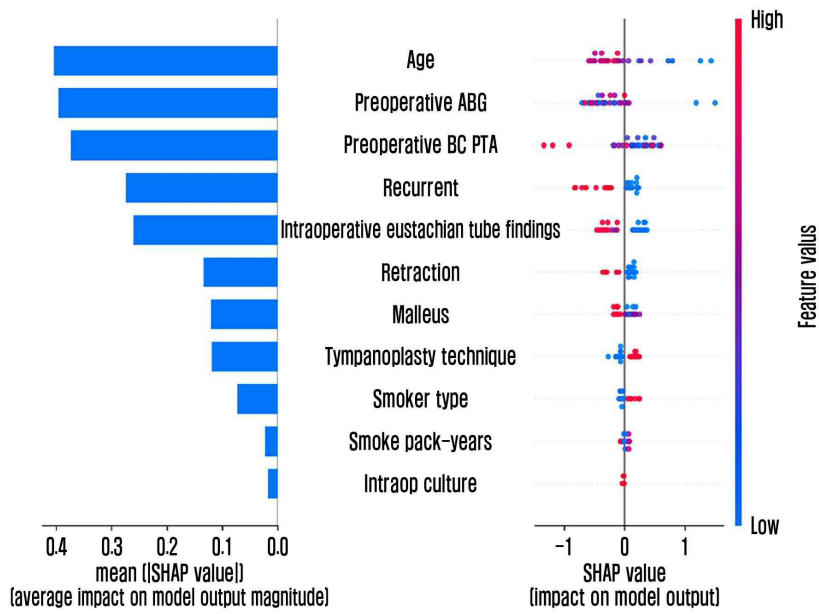
도면2



도면3

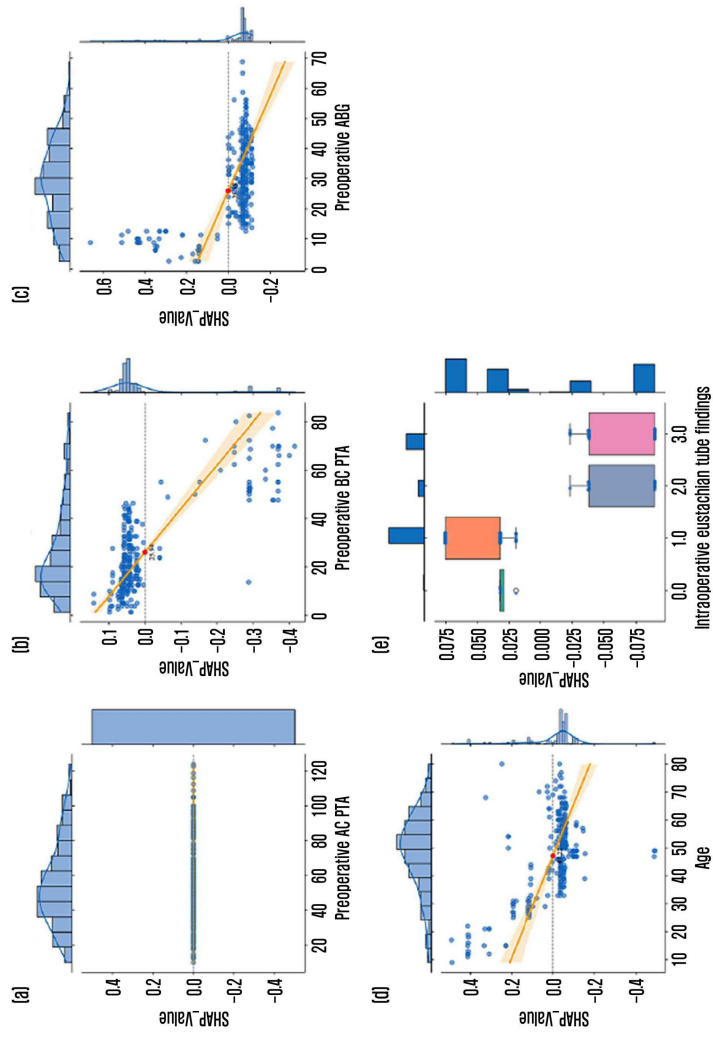


(a)

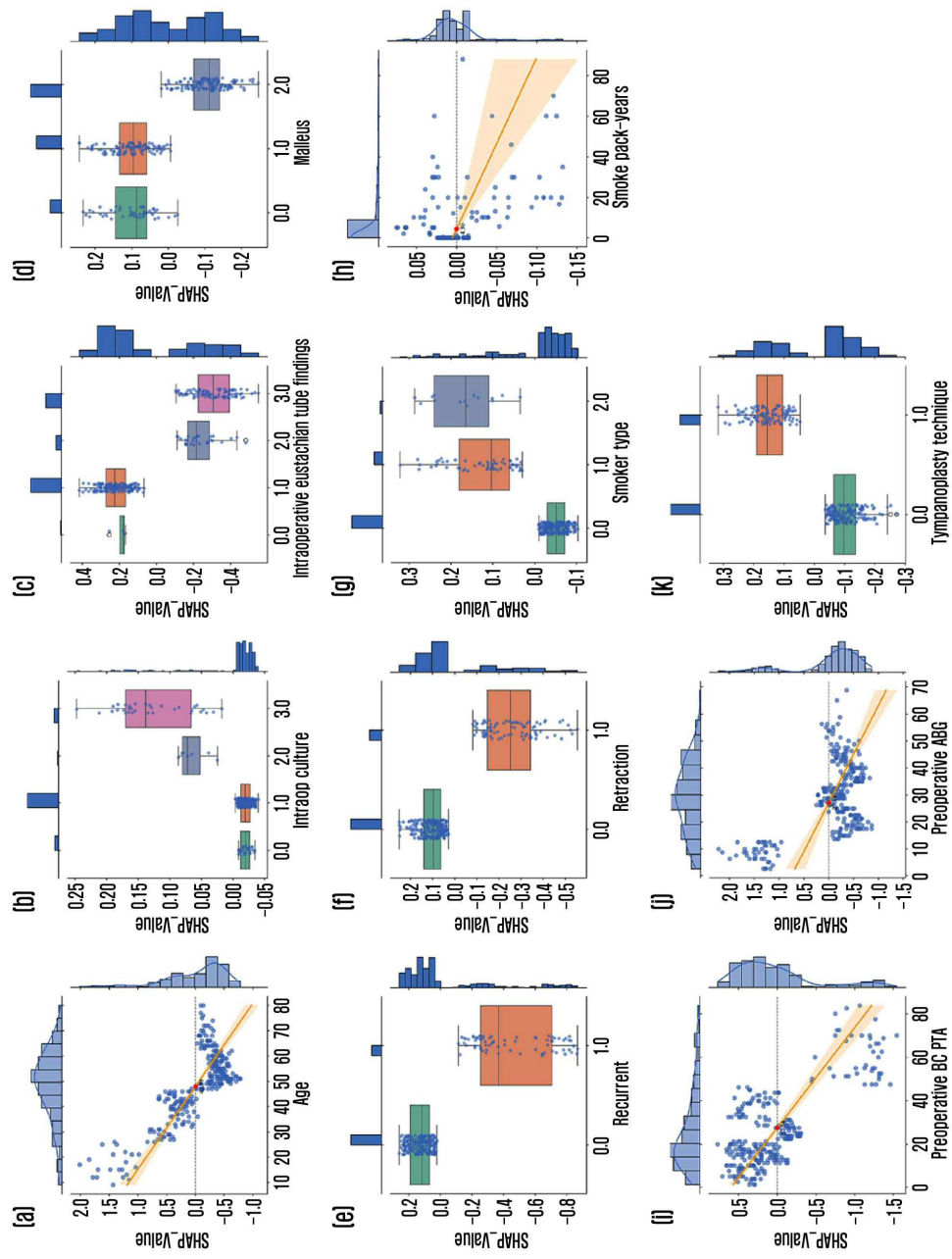


(b)

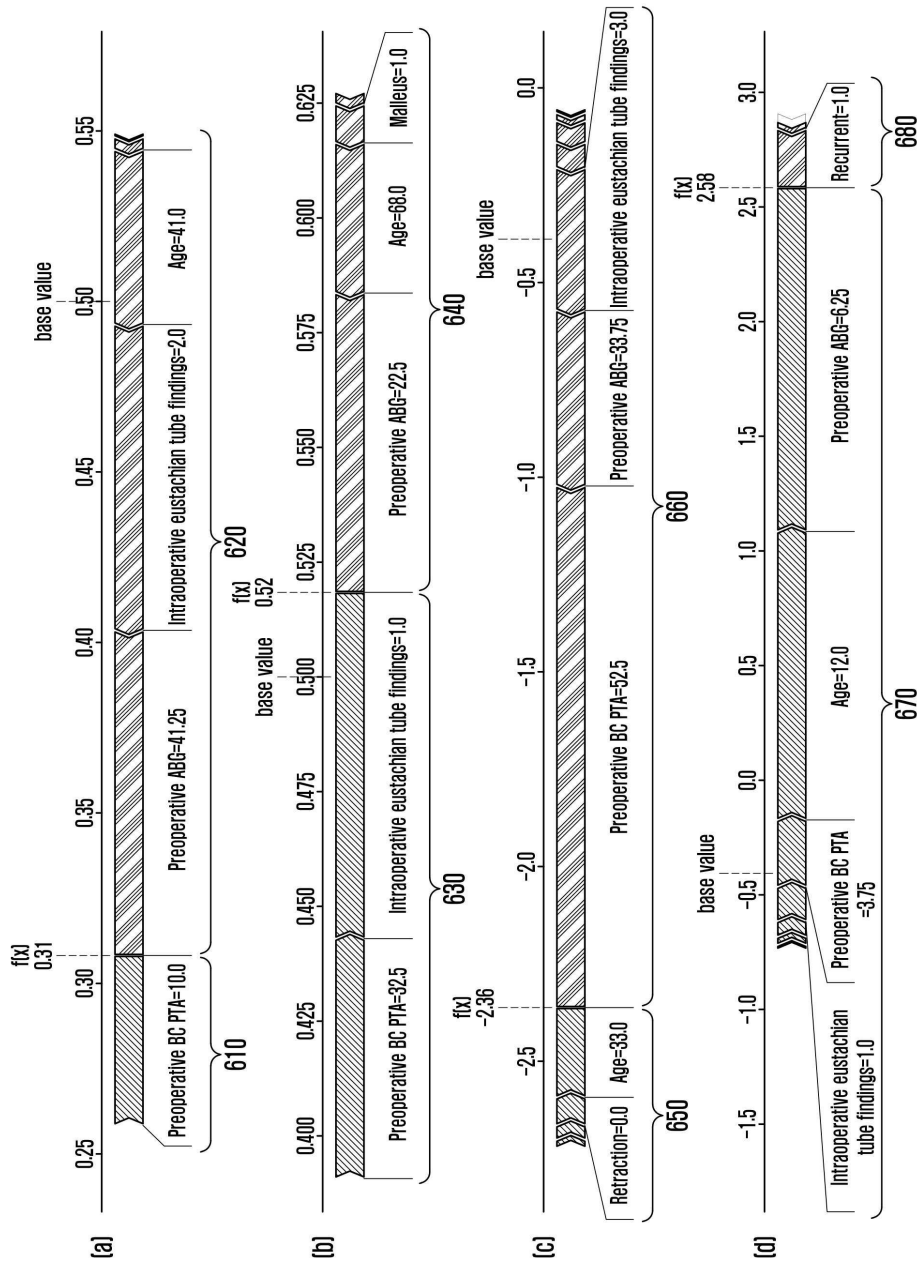
도면4



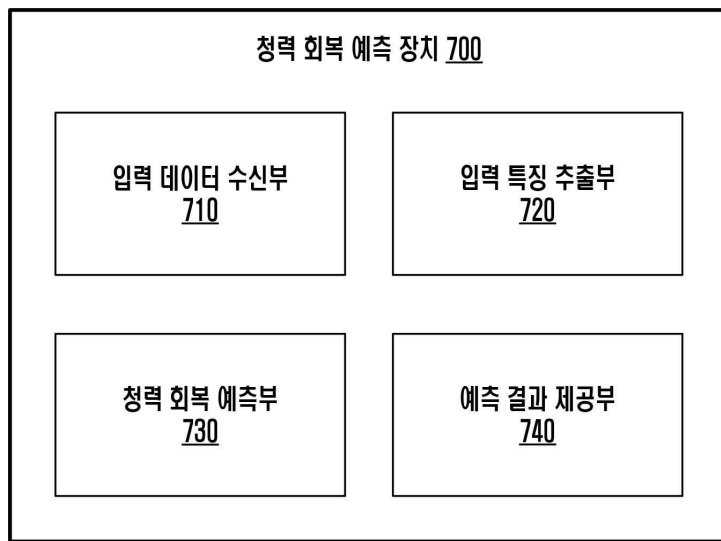
도면5



도면6



도면7



도면8

