

**【서지사항】**

<b>【서류명】</b>	특허출원서
<b>【출원구분】</b>	특허출원
<b>【출원인】</b>	
<b>【성명】</b>	김진왕
<b>【특허고객번호】</b>	4-2002-034057-3
<b>【출원인】</b>	
<b>【성명】</b>	이정옥
<b>【특허고객번호】</b>	4-2000-051671-0
<b>【출원인】</b>	
<b>【성명】</b>	김현우
<b>【특허고객번호】</b>	4-2015-068371-9
<b>【대리인】</b>	
<b>【성명】</b>	최건식
<b>【대리인번호】</b>	9-2013-000642-9
<b>【포괄위임등록번호】</b>	2025-025043-2
<b>【포괄위임등록번호】</b>	2025-025044-0
<b>【포괄위임등록번호】</b>	2025-025045-7
<b>【발명의 국문명칭】</b>	인공지능에 기반한 종양조직 검출장치 및 방법
<b>【발명의 영문명칭】</b>	TUMOR TISSUE DETECTION DEVICE AND METHOD BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE
<b>【발명자】</b>	

【성명】 김진왕

【특허고객번호】 4-2002-034057-3

【발명자】

【성명】 이정옥

【특허고객번호】 4-2000-051671-0

【발명자】

【성명】 김현우

【특허고객번호】 4-2015-068371-9

【출원언어】 국어

【심사청구】 청구

【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 최건식 (서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】 0 면 46,000 원

【가산출원료】 49 면 0 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 5 항 421,000 원

【합계】 467,000원

【감면사유】 개인(70%감면)[2], 19세 이상 30세 미만인 자(85%감면)[1]

【감면후 수수료】 116,750 원

## 【발명의 설명】

### 【발명의 명칭】

인공지능에 기반한 종양조직 검출장치 및 방법{TUMOR TISSUE DETECTION DEVICE AND METHOD BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE}

### 【기술분야】

【0001】 본 개시는 종양조직 검출장치 및 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 인공지능에 기반한 종양조직 검출장치 및 방법에 관한 것이다.

### 【발명의 배경이 되는 기술】

【0002】 기존의 종양 조직 검출 기술은 형광 영상 기법(fluorescence imaging)과 다중 분광 영상 기술(hyperspectral imaging)을 활용하여 종양과 정상 조직을 구별하는 방식이 일반적이었다. 이러한 방식에서는 특정 형광 물질을 환자에게 투여한 후, 해당 물질이 종양 조직에 선택적으로 축적되는 특성을 이용하여 종양을 식별하였다. 특히 5-아미노레블린산(5-ALA)은 대표적인 형광 물질로, 환자가 복용하면 체내에서 프로토포르피린 IX(Protoporphyrin IX, PpIX)로 변환되며, 종양 조직에 축적되는 특성을 가진다. 이후 특정 파장의 광원을 조사하면, PpIX가 형광을 방출하게 되고, 이를 기반으로 종양 조직을 검출할 수 있다.

【0003】 그러나 기존의 형광 영상 기반 종양 검출 기술은 여러 한계를 가진다. 먼저, 형광의 색상이 환경적 요인에 따라 변할 수 있기 때문에 정확한 색 보정이 필요하다. 만약 형광 신호를 정확하게 분석하지 못하면, 정상 조직과 종양 조직

간의 색 차이를 명확하게 구별하기 어려울 수 있다. 또한, 수술 환경에서는 백색광과 형광 조사광이 함께 존재하므로, 형광 색 데이터가 왜곡될 가능성이 높고, 조직의 반사광 역시 형광 색상에 영향을 미쳐 신호 분석이 어려워질 수 있다.

【0004】 이와 더불어, 형광 신호 자체의 변동성도 문제로 작용한다. 형광 신호는 광원의 세기나 조직의 형광 반응 특성에 따라 달라질 수 있으며, 광량 변화로 인해 형광 대비가 저하되는 현상이 발생할 수도 있다. 기존 방식에서는 단순한 이미지 처리 기술을 활용하여 형광 신호를 분석하는 경우가 많았으나, 이러한 방식은 정확도가 낮고 환경 변화에 대한 적응성이 부족한 문제가 있었다.

## 【선행기술문헌】

### 【특허문헌】

【0005】 (특허문헌 0001) 국제공개번호 WO 2019/210218

## 【발명의 내용】

### 【해결하고자 하는 과제】

【0006】 기존 기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 개시의 실시예들은 아미노레불린산(5-ALA)을 이용하여 형광을 발현한 종양 조직을 정확하게 검출하고, 수술 부위에서 종양 상태에 따른 색 보정 및 분석을 통해 종양 조직을 식별하는 종양조직 검출장치 및 방법을 제공한다.

【0007】 다만, 일 실시예에 따른 해결하고자 하는 과제가 위에 언급된 것에  
만 한정되는 것은 아니다.

### 【과제의 해결 수단】

【0008】 실시예에 따라, 종양조직 검출장치는 5-아미노레불린산(5-ALA)를 이  
용한 신체 장기별 종양 조직을 검출하기 위한 적어도 하나의 명령어를 저장하는 메  
모리, 및 상기 적어도 하나의 명령어에 따른 동작을 수행하는 프로세서를  
포함하고, 상기 프로세서는, 환자가 복용한 5-ALA에 의해 발현된 형광단이 축적된  
신체 장기의 수술 부위에 조사되는 제1 광원의 파장 특성을 추출하고, 인공신경망  
모델을 통해 상기 제1 광원에 의해 상기 수술 부위에서 인지되는 형광의 제1 색 데  
이터를 종양의 상태에 따라 상기 형광단의 색 분간이 가능한 특정 파장을 기준으로  
하는 형광의 제2 색 데이터로 색 보정하고, 상기 제2 색 데이터를 기준으로 식별된  
종양의 상태에 따라 제거 대상인 종양 조직을 검출한다.

【0009】 일 실시예에서, 상기 인공신경망 모델은, 상기 형광단이 축적된 신  
체 장기의 상기 특정 파장을 포함한 파장별 광원을 조사함에 따라 종양 상태별로  
방출되는 형광의 색 데이터 및 광원의 파장별 신체 장기의 고유의 색에 따른 반사  
광의 색 데이터 기초하여 학습될 수 있다.

【0010】 일 실시예에서, 상기 프로세서는, 상기 종양 조직의 경계를 색상 오  
버레이 또는 윤곽선 강조 방식으로 디스플레이 상에 표시할 수 있다.

【0011】 일 실시예에서, 상기 인공신경망 모델은, 상기 종양 조직의 형광 반응을 예측하기 위해 컨볼루션 신경망(CNN) 또는 트랜스포머 기반 딥러닝 네트워크를 포함할 수 있다.

【0012】 일 실시예에서, 상기 제1 색 데이터는 다중 분광 영상(Hyperspectral Imaging) 기술을 이용하여 획득되고, 상기 인공신경망 모델은 다중 분광 데이터를 분석하여 상기 특정 파장에서의 종양 조직의 색 데이터의 특징을 강조하도록 학습될 수 있다.

【0013】 일 실시예에서, 상기 인공신경망 모델은, 상기 특정 파장의 광원에 따른 형광의 색 데이터와 백색광 광원에 따른 형광의 색 데이터 간의 상관 관계를 학습하여, 백색광 광원의 환경에서 상기 상관 관계에 기반하여 상기 형광의 제2 색 데이터로 보정을 수행하도록 학습될 수 있다.

【0014】 일 실시예에서, 상기 인공신경망 모델은, 상기 제1 광원에 따른 형광의 색 데이터와 상기 반사광의 색 데이터의 광량 차이에 기반하여 전처리로서 기준 광량의 색 데이터로 보정을 수행하도록 학습될 수 있다.

【0015】 일 실시예에서, 상기 프로세서는, 상기 방출되는 형광의 제1 색 데이터의 신호의 강도를 정규화(normalization)하고, 다중 채널 색상 변환(multi-channel color transformation) 및 조명 보정(light compensation) 알고리즘을 수행하여 상기 제1 광원의 영향을 보정하고, 히스토그램 정규화(histogram normalization) 및 감마 보정(gamma correction)중 적어도 하나를 수행하여, 상기

제1 색 데이터의 형광 대비를 향상시켜, 상기 제2 색 데이터로 색 보정할 수 있다.

【0016】 일 실시예에서, 상기 프로세서는, 상기 제1 광원의 조도 변화에 따른 상기 제1 색 데이터의 변화를 보정하기 위해, 표준 조도 기준을 설정하고 상대 밝기 값을 추가로 정규화하여 상기 제2 색 데이터로 색 보정할 수 있다.

【0017】 일 실시예에서, 상기 프로세서는, 상기 제1 광원의 광량 변동을 보정하기 위해, 기준 광량 측정 장치를 이용하여 실시간으로 보정 계수를 적용하여 상기 제2 색 데이터로 색 보정할 수 있다.

### 【발명의 효과】

【0018】 본 발명에 따르면, 5-아미노레불린산(5-ALA)을 이용한 종양 조직 검출의 정확도를 향상시킬 수 있다. 신체 장기에 축적된 형광단의 형광 반응을 정밀하게 분석하고, 인공지능망 모델을 활용하여 색 보정을 수행함으로써 종양 조직과 정상 조직 간의 구별이 더욱 명확해진다.

【0019】 특히, 본 발명에서는 다중 분광 영상(Hyperspectral Imaging) 기술 및 인공지능망 모델을 활용하여 특정 파장에서의 형광 특성을 보다 정확하게 반영하도록 학습되므로, 환경적인 변수(광원의 변화, 조도 변화 등)에 따른 오류를 줄일 수 있다. 또한, 컨볼루션 신경망(CNN) 또는 트랜스포머 기반 딥러닝 네트워크를 적용하여 형광 반응을 정밀하게 예측하고, 종양의 상태에 따른 색 보정을 수행할 수 있다.

【0020】더불어, 본 발명의 기술을 적용하면 종양 조직의 경계를 색상 오버레이 또는 윤곽선 강조 방식으로 시각적으로 명확하게 표시할 수 있어, 의료진이 보다 직관적으로 종양 조직을 식별하고 제거할 수 있다. 이를 통해 종양 절제술의 정밀도가 향상되며, 불필요한 정상 조직의 손상을 줄여 환자의 예후를 개선하는 데 기여할 수 있다.

【0021】또한, 표준 조도 기준 설정, 상대 밝기 값 정규화, 실시간 보정 계수 적용 등의 보정 기법을 도입함으로써 다양한 수술 환경에서도 일관된 성능을 유지할 수 있다. 결과적으로, 본 발명은 종양 조직 검출의 신뢰성을 높이고, 의료진의 판단을 돕는 보조 도구로 활용될 수 있어, 보다 효과적인 종양 제거 및 치료 계획 수립에 기여할 수 있다.

### 【도면의 간단한 설명】

【0022】도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 종양조직 검출장치와 그 주변 장치의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 종양조직 검출장치의 블록 구성도를 도시한다.

도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 전자 장치에서 종양조직을 검출하는 방법의 흐름도이다.

### 【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】



【0023】 이하, 본 개시의 다양한 실시예가 첨부된 도면과 연관되어 기재된다. 본 개시의 다양한 실시예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는바, 특정 실시예들이 도면에 예시되고 관련된 상세한 설명이 기재되어 있다. 그러나 이는 본 개시의 다양한 실시예를 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 개시의 다양한 실시예의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경 및/또는 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용되었다.

【0024】 본 개시의 다양한 실시예에서, "포함하다." 또는 "가지다." 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

【0025】 본 개시의 다양한 실시예에서 "또는" 등의 표현은 함께 나열된 단어들의 어떠한, 그리고 모든 조합을 포함한다. 예를 들어, "A 또는 B"는, A를 포함할 수도, B를 포함할 수도, 또는 A 와 B 모두를 포함할 수도 있다.

【0026】 본 개시의 다양한 실시예에서 사용된 "제1", "제2", "첫째", 또는 "둘째" 등의 표현들은 다양한 실시예들의 다양한 구성요소들을 수식할 수 있지만, 해당 구성요소들을 한정하지 않는다. 예를 들어, 상기 표현들은 해당 구성요소들의 순서 및/또는 중요도 등을 한정하지 않으며, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분

하기 위해 사용될 수 있다.

【0027】 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 상기 어떤 구성요소와 상기 다른 구성요소 사이에 새로운 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

【0028】 본 개시의 실시 예에서 "모듈", "유닛", "부(part)" 등과 같은 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 수행하는 구성요소를 지칭하기 위한 용어이며, 이러한 구성요소는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 또한, 복수의 "모듈", "유닛", "부(part)" 등은 각각 개별적인 특정한 하드웨어로 구현될 필요가 있는 경우를 제외하고는, 적어도 하나의 모듈이나 칩으로 일체화되어 적어도 하나의 프로세서로 구현될 수 있다.

【0029】 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미가 있는 것으로 해석되어야 하며, 본 개시의 다양한 실시예에서 명백하게 정의되지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

【0030】 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 개시의 실시 예에 대해 상세히 설명한다.

【0031】 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 종양조직 검출장치와 그 주변 장치의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

【0032】 도 1을 참조하면, 환자(20)는 5-ALA(5-aminolevulinic acid)를 복용한다. 5-ALA는 특정 물질을 형광단으로 변환시키는 역할을 하여, 종양 조직에서 형광 신호를 발산하게 만든다. 5-ALA에 의해 발현된 형광단이 축적된 신체 장기의 수술 부위에 광원(200)의 광이 조사될 수 있다.

【0033】 구체적으로, 환자가 5-ALA(5-아미노레블린산, 5-Aminolevulinic Acid)를 복용하면, 체내에서 대사 과정을 거쳐 특정 형광단(주로 프로토포르피린 IX, PpIX)이 형성된다. 이 형광단은 정상 조직보다 종양 조직에 더 많이 축적되는 특징이 있다. 환자(20)가 복용한 5-ALA는 종양 세포에서 높은 농도로 축적되며, 그 결과로 종양의 부위에서 형광이 발현될 수 있다. 이 형광은 종양 조직을 시각적으로 식별하는 데 중요한 역할을 한다.

【0034】 광원(200)은 5-ALA가 발현시킨 형광 단이 축적된 신체 장기의 수술 부위에 조사되는 빛을 제공한다. 광원(200)은 종양 부위에서 형광을 유도하기 위해 특정한 파장 범위의 빛을 방출한다. 즉, 광원(200)은 특정 파장의 빛을 방출하여 5-ALA에 의해 형광단이 종양 조직에서 형광을 발현하도록 한다.

【0035】 이러한 형광단을 활성화하기 위해, 특정 파장의 빛을 방출하는 광원(200)이 사용될 수 있다. 광원(200)은 수술 부위에 광을 조사(illuminate)한다. 광원(200)의 광이 종양 조직에 도달하면, 축적된 형광단이 빛을 흡수하고 일정한 파

장의 형광을 방출하게 된다.

【0036】 이미징 장치(300)는 광원(200)에서 조사된 빛에 의해 발현된 형광을 이미징하여 형광 이미지를 생성한다. 형광 이미지는 형광 단이 발현된 신체 장기에서 발생한 형광의 색 데이터를 획득하여, 종양의 상태를 판단하는 데 사용될 수 있다.

【0037】 이미징 장치(300)는 형광 이미지를 생성한 후 종양조직 검출장치(100)에 제공할 수 있다. 종양조직 검출장치(100)는 형광 이미지로부터 종양을 검출할 수 있다.

【0038】 이미징 장치(300)는 수술 중 형광 이미지를 캡처할 수 있다. 상기 이미징 장치는 광원(200)에서 조사된 빛에 의해 발현된 형광을 수집하여, 종양이나 다른 조직의 상태를 시각적으로 분석할 수 있는 형광 이미지를 생성할 수 있다.

【0039】 이미징 장치(300)는 형광 현미경 (Fluorescence Microscope), 형광 카메라 시스템 (Fluorescence Camera System), Photon-counting camera, CCD 카메라를 포함할 수 있다.

【0040】 예를 들어, 이미징 장치(300)는 인도시안 그린 (Indocyanine Green, ICG)이나 프로토포르피린 IX (PpIX) 같은 형광 단을 사용하여 종양이 형광을 발산하도록 유도하고, 내시경을 통해 형광 이미지를 실시간으로 관찰할 수 있다.

【0041】 형광 현미경은 형광 단이 방출하는 빛을 특정 파장 범위에서 수집하고 이를 이미지로 변환하는 장치이다. 형광 카메라는 종양 조직이나 다른 표적 조

직에서 방출되는 형광을 감지하여 이를 고해상도 이미지로 변환하는 장치이다. Photon-counting camera나 CCD 카메라는 형광 신호의 세기와 파장을 정확하게 감지하여 고품질 이미지를 생성할 수 있다.

【0042】 이와 달리, 분광학(Spectroscopy) 기술을 적용하여, 형광 신호의 파장을 감지할 수 있다. 예를 들어, 빛의 스펙트럼 분석을 통해, 각 원소와 분자는 고유한 파장의 빛을 흡수하거나 방출하는 특징을 가지고 있으므로, 고유한 스펙트럼 선을 이용하여 파장을 감지할 수 있다. 분광기(Spectrometer) 장비를 연결하여 방출되는 형광에서 오는 빛을 파장별로 분리하고, 분리된 빛의 스펙트럼에서 특정 파장의 흡수선 또는 방출선이 나타나는지 분석할 수 있다. 흡수선 분석과정은, 신체 장기별 조직을 통과할 때, 흡수되는 특정 파장의 빛을 기반으로, 관측된 스펙트럼에서 특정 파장의 빛이 부족하게 나타나는 흡수선(Absorption line)을 분석하면 신체 장기별 조직의 특성을 분석할 수 있다. 방출선 분석과정은, 신체 장기의 형광 신호에서 방출되는 빛이나, 장기의 고유의 색에 의해 특정 파장의 빛을 방출하는 경우도 있기 때문에, 이러한 경우, 스펙트럼에서 특정 파장의 빛이 강하게 나타나는 방출선(Emission line)을 분석하여 신체 장기별 조직의 특성을 파악할 수 있다. 이러한 일련의 과정은, 투과 분광법 (Transit Spectroscopy), 직접 이미징 (Direct Imaging), 도플러 분광법 (Doppler Spectroscopy) 등을 활용할 수 있다.

【0043】 광원(200)에서 조사된 빛이 환부나 조직에 조사되면, 형광 단이 빛을 흡수하고 그에 따라 형광을 방출한다. 이 형광은 종양이 있는 부위에서 더 강하게 발현될 수 있으며, 이를 이미징 장치(300)가 감지하여 형광 이미지를 생성한다.

이렇게 생성된 형광 이미지는 종양조직 검출 장치(100)에 제공될 수 있다.

【0044】 그런데, 형광 영상 기술을 이용하여 종양을 검출하는 과정에서, 형광 신호의 색과 강도는 조사되는 광원(200)의 파장에 따라 달라질 수 있다. 특히, 5-ALA를 투여한 후 종양 조직에 축적되는 형광단(프로토포르피린 IX, PpIX)의 형광 특성은 여기(Excitation)되는 빛의 파장에 의해 영향을 받는다.

【0045】 형광단은 특정 파장의 빛을 흡수하면 에너지를 얻어 들뜬 상태(Excited State)로 전이되었다가, 다시 안정한 상태로 돌아오면서 특정 파장의 형광을 방출한다. 예를 들어, PpIX의 경우 약 405nm(자외선-청색) 파장의 빛을 흡수하면, 약 635nm(적색)의 형광을 방출하는 것으로 알려져 있다. 하지만, 수술 중 사용되는 광원이 단순히 405nm 파장만 포함하는 것이 아니라 가시광선 또는 근적외선 대역의 다양한 파장을 포함할 경우, PpIX의 형광 신호는 예상보다 다른 색으로 나타날 수 있다.

【0046】 예컨대, 광원(200)이 405nm 단일 파장만을 방출한다면, PpIX는 주로 635nm의 적색 형광을 방출하게 된다. 이 경우, 정상 조직과 종양 조직의 형광 차이가 명확하게 나타나므로, 종양 조직을 쉽게 구별할 수 있다.

【0047】 광원(200)이 405nm뿐만 아니라 450nm(청색)이나 550nm(녹색) 등의 다른 파장대의 빛도 함께 방출한다면, PpIX는 여러 파장의 빛을 흡수하고 다양한 파장대에서 형광을 방출할 수 있다.

【0048】 예를 들어, 450nm의 빛이 추가로 조사되면 PpIX의 형광 강도가 상대적으로 변화하여 원래의 635nm 적색 형광이 다르게 보일 수도 있다. 뿐만 아니라, 550nm의 녹색광이 반사되거나 산란되면서 종양 조직에서 감지되는 형광 색상이 변형될 수도 있다.

【0049】 그 결과, 종양의 형광이 정상 조직과의 색 차이가 줄어들어 종양을 명확히 구별하기 어려워질 수 있다.

【0050】 이러한 문제를 해결하기 위해, 종양조직 검출장치(100)는 광원(200)의 광이 조사될 때, 형광을 유도하기 위해 사용된 광원의 파장 특성을 추출하고, 광원의 파장 특성에 기반하여 인공신경망 모델을 통해 상기 제1 광원에 의해 상기 수술 부위에서 인지되는 형광의 제1 색 데이터를, 종양의 상태에 따라 상기 형광단의 색 분간이 가능한 특정 파장을 기준으로 하는 형광의 제2 색 데이터로 색 보정한다.

【0051】 구체적으로, 인공신경망 모델은 형광 영상 분석 과정에서 광원의 영향을 최소화하고, 형광단이 최적의 조사 광원에서 발현하는 형광 색상과 일치하도록 보정하는 역할을 수행한다. 이를 위해, 인공신경망 모델은 다양한 환경에서 수집된 형광 데이터를 학습하여, 각기 다른 광원 조건에서도 형광단이 방출하는 형광의 색상을 최적 조건에서의 색상과 동일하게 보정하도록 훈련된다. 예를 들어, 상기 특정 파장은 인공신경망 모델에 의해 조사됨에 따라 형광의 색분간 데이터가 학습된 광원의 파장일 수 있다.

【0052】 만약, 광원(200)이 백색광 광원인 경우, 인공신경망 모델은 특정 파

장의 광원이 조사되었을 때 형광이 나타나는 색상과, 백색광이 조사되었을 때 형광이 나타나는 색상 간의 관계를 학습한다. 이를 통해, 실제 수술 환경에서 백색광이 사용되더라도 특정 파장에서의 이상적인 형광 색상과 유사한 결과를 얻을 수 있도록 색 보정을 수행한다.

【0053】 즉, 인공신경망 모델은, 특정 파장의 광원에 따른 형광의 색 데이터와 백색광 광원에 따른 형광의 색 데이터 간의 상관 관계를 학습하여, 백색광 광원의 환경에서 상기 상관 관계에 기반하여 상기 형광의 제2 색 데이터로 보정을 수행하도록 학습될 수 있다.

【0054】 이와 같이, 인공신경망 모델은, 다양한 광원 조건에서도 일관된 형광 데이터를 제공하여, 종양과 정상 조직을 정확하게 구분할 수 있도록 돕는다.

【0055】 전술한 바와 같이, 인공신경망 모델은 측정된 형광단의 형광 색상을 최적 조건(예컨대, 특정 파장의 광 조사)에서의 형광단의 형광 색상과 동일하게 보정하도록 훈련된다.

【0056】 또한, 인공신경망 모델은, 상기 형광단이 축적된 신체 장기의 상기 특정 파장을 포함한 파장별 광원을 조사함에 따라 종양 상태별로 방출되는 형광의 색 데이터 및 광원의 파장별 신체 장기의 고유의 색에 따른 반사광의 색 데이터 기초하여 학습될 수 있다. 이 경우, 인공신경망 모델은, 광원에 따른 형광의 색 데이터와 반사광의 색 데이터의 광량 차이에 기반하여 전처리로서 기준 광량의 색 데이터로 보정을 수행하도록 학습될 수 있다.



【0057】 이 과정에서, 인공신경망 모델은 단순히 형광 색상만을 학습하는 것이 아니라, 각 파장의 광원이 조사되었을 때 발생하는 형광과 반사광의 관계를 함께 분석한다. 특히, 광원의 세기나 환경적 요인에 따라 형광과 반사광의 상대적인 밝기(광량)가 달라질 수 있기 때문에, 모델은 이러한 차이를 보정할 수 있도록 학습된다.

【0058】 이를 위해, 인공신경망 모델은 입력되는 데이터의 광량을 기준값으로 조정하는 전처리 과정을 수행하도록 훈련될 수 있다. 예를 들어, 특정 파장의 광원이 조사되었을 때 측정된 형광과 반사광의 데이터가 서로 다른 광량을 가질 경우, 신경망 모델은 이를 기준 광량에 맞춰 보정한 후, 최적의 형광 색상을 추출하도록 학습된다. 이러한 과정은 수술 환경에서 광원의 세기가 변동되더라도 신뢰할 수 있는 형광 데이터를 제공하는 데 도움을 준다.

【0059】 결과적으로, 인공신경망 모델은 특정 파장의 광원에 따른 형광 색상과 반사광 색상의 관계를 학습하고, 이를 바탕으로 광원의 영향과 광량 차이를 보정하여, 종양 상태를 보다 정확하게 분석할 수 있도록 한다.

【0060】 이러한 인공신경망 모델은 형광 색 보정 모델로 명명될 수 있다.

【0061】 형광 색 보정 모델은 종양 조직의 형광 반응을 예측하기 위해 CNN (합성곱 신경망, Convolutional Neural Network)이나 트랜스포머 기반 딥러닝 네트워크를 포함할 수 있다.

【0062】형광 색 보정 모델은 수술 환경에서 측정된 형광 색상의 왜곡을 최소화하고, 종양 조직과 정상 조직 간의 색 차이를 보다 명확하게 구별할 수 있도록 보정하는 역할을 한다.

【0063】한편, 종양조직 검출장치(100)는 형광 단에서 방출되는 빛의 신호를 처리하여 보다 정확한 이미지를 얻을 수 있도록 여러 보정 알고리즘을 적용할 수 있다. 종양조직 검출장치(100)는 형광 단으로부터 방출되는 형광의 제1 색 데이터의 신호 강도를 정규화할 수 있다. 이 정규화는 측정된 신호의 강도를 일정한 기준에 맞추어 변동성을 줄이고, 데이터를 비교할 수 있도록 만드는 과정이다. 그 후, 종양조직 검출장치(100)는 다중 채널 색상 변환(Multi-channel color transformation)을 통해 여러 색상 채널을 동시에 고려하여, 각 채널의 색상을 적절하게 변환함으로써 이미지를 최적화할 수 있다. 다중 채널 색상 변환은 여러 가지 색상 채널(예: 빨강, 초록, 파랑)을 동시에 고려하여, 각 채널의 색상을 적절하게 변환하여 종양조직의 형광 이미지를 개선할 수 있다.

【0064】또한, 종양조직 검출장치(100)는 조명 보정(Light compensation) 알고리즘을 적용하여 장치나 환경의 조명 상태에 의한 신호 왜곡을 보정할 수 있다. 종양조직 검출장치(100)는 히스토그램 정규화(Histogram normalization)를 수행하여 이미지의 밝기와 대비를 조정하고, 데이터의 분포를 고르게 만든다. 또한, 종양조직 검출장치(100)는 감마 보정을 통해 이미지의 밝기와 대비를 수학적으로 조정하여 인간의 눈이 형광 이미지를 보다 자연스럽게 인식할 수 있도록 한다.

【0065】 종양조직 검출장치(100)는 이러한 여러 보정 과정을 통해 형광 대비를 향상시켜 제1 색 데이터의 품질을 높인 후, 최종적으로 제2 색 데이터로 색 보정을 수행할 수 있다.

【0066】 이와 같이, 종양조직 검출장치(100)는 형광단으로부터 방출되는 형광의 제1 색 데이터의 신호의 강도를 정규화(normalization)하고, 다중 채널 색상 변환(multi-channel color transformation) 및 조명 보정(light compensation) 알고리즘을 수행하여 상기 제1 광원의 영향을 보정하고, 히스토그램 정규화(histogram normalization) 및 감마 보정(gamma correction)중 적어도 하나를 수행하여, 상기 제1 색 데이터의 형광 대비를 향상시켜, 상기 제2 색 데이터로 색 보정할 수 있다.

【0067】 한편, 종양조직 검출장치(100)는 형광 영상의 색 보정 정확도를 높이기 위해, 제1 광원의 조도 변화로 인해 발생하는 색상의 변화를 보정할 수 있다. 조도(illuminance)는 광원의 밝기를 의미하며, 동일한 파장의 빛이라도 조도가 변하면 형광 색상과 강도가 다르게 측정될 수 있다. 이를 보완하기 위해 종양조직 검출장치(100)는 표준 조도 기준을 설정하여, 모든 형광 데이터가 동일한 기준 조도에서 측정된 것처럼 보정한다. 또한, 종양조직 검출장치(100)는 상대 밝기 값을 정규화(normalization)하여 데이터 간 일관성을 유지하고, 이를 바탕으로 제2 색 데이터(보정된 색 데이터)를 생성할 수 있다.

【0068】 즉, 종양조직 검출장치(100)는 제1 광원의 조도 변화에 따른 제1 색 데이터의 변화를 보정하기 위해, 표준 조도 기준을 설정하고 상대 밝기 값을 추가

로 정규화하여 상기 제2 색 데이터로 색 보정할 수 있다.

【0069】 또한, 종양조직 검출장치(100)는 제1 광원의 광량 변동을 보정하기 위해, 기준 광량 측정 장치를 이용하여 실시간으로 보정 계수를 적용하여 상기 제2 색 데이터로 색 보정할 수 있다.

【0070】 광원의 세기(광량, light intensity)는 시간 경과나 환경적 요인에 따라 변동할 수 있으며, 이는 형광 데이터의 신뢰성을 저하시킬 수 있다. 종양조직 검출장치(100)는 이를 해결하기 위해 기준 광량 측정 장치를 활용하여 실시간으로 광원의 변화를 감지한다. 기준 광량 측정 장치(도시 생략)는 현재 사용 중인 광원의 강도를 측정하여 종양조직 검출장치(100)에 제공할 수 있다. 종양조직 검출장치(100) 측정된 광원의 강도와 미리 정의된 기준 값 사이의 차이를 보정 계수(correction factor)로 변환하여 색 보정 과정에 반영함으로써, 광량 변동이 형광 색상에 미치는 영향을 최소화할 수 있다. 결과적으로, 이 과정을 통해 외과 의사 수술 중에 보게 되는 형광 영상이 안정적으로 유지되며, 보다 정확한 종양 탐지가 가능해진다.

【0071】 종양조직 검출장치(100)는 색 보정된 형광 이미지로부터 종양을 식별하고, 식별된 종양의 상태에 따라 제거 대상인 종양 조직을 검출할 수 있다.

【0072】 종양조직 검출장치(100)는 색 보정이 완료된 형광 이미지를 기반으로 종양을 식별하고, 이를 바탕으로 제거 대상이 되는 종양 조직을 검출하는 역할을 한다. 전술한 바와 같이, 수술 과정에서 형광 영상을 활용하는 경우, 광원의 특성과 환경에 따라 형광 색상이 달라질 수 있기 때문에, 신뢰할 수 있는 종양 탐지

를 위해서는 먼저 형광 색 보정이 선행되어야 한다.

【0073】 색 보정 과정이 완료된 형광 이미지는 이상적인 조건에서 촬영된 것과 유사한 형태로 변환되므로, 종양과 정상 조직 간의 색 차이가 보다 명확하게 드러난다.

【0074】 이러한 색 보정된 데이터를 바탕으로, 종양 조직 검출 장치(100)는 영상 처리 기법과 머신러닝 또는 딥러닝 알고리즘을 활용하여 종양을 인식하고 그 경계를 명확하게 구분할 수 있다. 일반적으로, 종양 조직은 특정한 형광 패턴을 가지며, 정상 조직과는 다른 색 분포를 보이므로, 종양 조직 검출 장치(100)는 이러한 차이를 분석하여 종양을 효과적으로 식별할 수 있다.

【0075】 한편, 종양의 형광이 주변 정상 조직과의 색상 차이가 감소하여 종양을 명확하게 구별하기 어려운 상황이 발생할 수 있다. 이러한 경우, 종양 조직 검출 장치(100)는 광원(200)을 제어하여 광원(200)으로부터 방출되는 빛의 파장을 조절함으로써, 형광의 명확성을 개선할 수 있다.

【0076】 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 종양 조직 검출 장치(100)는 광원(200)이 특정 파장의 빛을 선택적으로 방출할 수 있도록 광원(200)을 제어할 수 있다. 상기 광원(200)에서 방출되는 빛은 신체의 특정 장기 내 수술 부위에 조사되며, 이 수술 부위는 5-아미노레불린산(5-aminolevulinic acid, 이하 '5-ALA') 처리에 의해 형광 단백질 또는 형광 물질이 선택적으로 축적된 조직을 포함할 수 있다. 5-ALA는 대사 과정을 통해 형광을 유발하는 프로토포르피린 IX(Protoporphyrin IX, PpIX)로 전환되며, 이는 종양 세포에 선택적으로 축적되어

특정 파장의 빛에 의해 형광을 발현한다.

【0077】 이에 따라, 광원(200)은 상기 형광 물질, 특히 PpIX의 형광을 유도하기 위한 특정 파장 범위(예: 375nm ~ 440nm)의 빛을 방출할 수 있도록 구성될 수 있다. 이러한 파장의 빛은 종양 조직에 축적된 형광 물질로부터 강한 형광 반응을 유도하고, 이에 의해 종양 부위와 정상 조직 간의 형광 대비를 증가시켜 종양의 경계를 보다 명확하게 시각화할 수 있다.

【0078】 또한, 본 발명의 실시예에 따른 광원(200)은 사용자 또는 제어 유닛의 명령에 따라 실시간으로 방출 파장을 조절할 수 있도록 구성될 수 있으며, 이는 수술 중 종양의 식별이 어려워지는 상황에서 종양 검출의 정밀도와 안정성을 향상시킬 수 있다. 종양을 식별한 후, 종양 조직 검출 장치(100)는 종양의 상태를 분석할 수 있다. 예컨대, 종양 조직 검출 장치(100)는 종양의 크기, 형광 강도, 색 변화 등을 평가하여, 해당 종양이 실제로 수술을 통해 제거해야 할 대상인지 판별할 수 있다. 예를 들어, 종양 조직 검출 장치(100)는 초기 단계의 작은 병변인지, 광범위한 절제가 필요한 침습성 종양인지 등을 분석할 수 있으며, 이를 기반으로 외과의가 보다 정밀한 수술 계획을 수립할 수 있도록 돕는다.

【0079】 이후, 종양 조직 검출 장치(100)는 제거가 필요한 종양 조직을 최종적으로 식별하고 종양 조직을 디스플레이(400) 상에 시각적으로 표시할 수 있다.

【0080】 이 경우, 종양 조직 검출 장치(100)는 종양 조직의 경계를 색상 오버레이 또는 윤곽선 강조 방식으로 디스플레이(400) 상에 표시할 수 있다.

【0081】 구체적으로, 종양 조직 검출 장치(100)는 형광 데이터를 분석하여 종양 조직의 경계를 정확히 식별하고, 이를 외과 의사에게 인식할 수 있도록 디스플레이(400)에 시각적으로 표시하는 기능을 수행한다. 이를 위해 장치는 종양과 정상 조직 간의 색상 차이를 기반으로 경계를 검출하며, 검출된 종양 부위를 강조하는 방법으로 색상 오버레이(color overlay) 또는 윤곽선 강조(edge highlighting) 방식을 사용할 수 있다.

【0082】 결과적으로, 종양 조직 검출 장치(100)는 색 보정된 형광 영상을 기반으로 종양을 보다 정확하게 식별하고, 그 상태를 분석하여 제거 대상 종양을 검출하는 기능을 수행한다. 이를 통해, 외과 의사가 보다 정밀하고 안전한 종양 절제 수술을 진행할 수 있도록 지원하며, 형광 영상 기반 수술의 정확도를 향상시키는 중요한 역할을 한다.

【0083】 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 종양조직 검출장치의 블록 구성도를 도시한다.

【0084】 도 2를 참조하면, 일 실시예에 따른 종양조직 검출장치(100)는 프로세서(110), 통신부(120), 메모리(130) 및, 인공지능 모델을 포함할 수 있다.

【0085】 통신부(120)는 외부 전자장치나 전자 장치(예컨대, 디스플레이) 또는 외부 서버(도시 생략)와 통신을 수행하는 기능을 수행한다.

【0086】 통신부(120)는 유선 및 무선 등과 같은 그 통신 양태를 가리지 않고 구성될 수 있으며, 단거리 통신망(PAN: Personal Area Network), 근거리 통신망

(WAN: Wide Area Network) 등 다양한 통신장치로 구성될 수 있다. 또한, 통신부(120)는 공지의 월드와이드웹(WWW: World Wide Web) 기반으로 동작할 수 있으며, 적외선(IrDA: Infrared Data Association) 또는 블루투스(Bluetooth)와 같이 단거리 통신에 이용되는 무선 전송 기술을 이용할 수도 있다. 일례로, 통신부(120)는 본 발명의 일 실시예에 따른 기법을 수행하는데 필요한 데이터에 대한 송수신을 담당할 수 있다.

【0087】 메모리(130)는 종양조직을 검출하기 위한 적어도 하나의 명령어를 저장하고 있다.

【0088】 메모리(130)는 임의의 타입의 저장 매체를 의미할 수 있다 예를 들어, 메모리(220)는 플래시 메모리 타입(flash memory type), 하드디스크 타입(hard disk type), 멀티미디어 카드 마이크로 타입(multimedia card micro type), 카드 타입의 메모리(예: SD 또는 XD 메모리 등), RAM(Random Access Memory), SRAM(Static Random Access Memory), ROM(Read-Only Memory), EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory), PROM(Programmable Read-Only Memory), 자기 메모리, 자기 디스크, 광디스크 중 적어도 하나의 타입의 저장매체를 포함할 수 있다.

【0089】 프로세서(110)는 메모리(130)에 저장된 적어도 하나의 명령어를 실행시킴으로써, 본 개시내용의 실시예들에 따른 기술적 특징들을 수행할 수 있다. 일 실시예에서, 프로세서(110)는 적어도 하나의 코어로 구성될 수 있으며, 컴퓨터 장치의 중앙 처리 장치(CPU: central processing unit), 범용 그래픽 처리 장치



(GPGPU: general purpose graphics processing unit), 텐서 처리 장치(TPU: tensor processing unit) 등의 데이터 분석 및/또는 처리를 위한 프로세서를 포함할 수 있으며, 본 발명의 기능을 구현하기 위해 설계 가능 논리 소자와 프로그래밍이 가능한 내부 회로가 포함된 ASIC(Application-Specific Integrated Circuit) 반도체 소자 또는 FPGA(field programmable gate array) 반도체 소자로 주문 제작된 프로세서일 수 있다. 즉, 상기 프로세서(110)는 CPU, GPU 외에도 NPU(신경망 처리 장치), TPU(텐서 처리 장치), VPU(비전 처리 장치), FPGA(필드 프로그래머블 게이트 어레이), ASIC(주문형 집적 회로) 등 다양한 형태로 구현될 수 있다.

【0090】 이러한 문제를 해결하기 위해, 프로세서(110)는 광원(200)의 광이 조사될 때, 형광을 유도하기 위해 사용된 광원의 파장 특성을 추출하고, 광원의 파장 특성에 기반하여 인공신경망 모델(140)을 통해 상기 제1 광원에 의해 상기 수술 부위에서 인지되는 형광의 제1 색 데이터를, 종양의 상태에 따라 상기 형광단의 색 분간이 가능한 특정 파장을 기준으로 하는 형광의 제2 색 데이터로 색 보정한다.

【0091】 구체적으로, 인공신경망 모델(140)은 형광 영상 분석 과정에서 광원의 영향을 최소화하고, 형광단이 최적의 조사 광원에서 발현하는 형광 색상과 일치하도록 보정하는 역할을 수행한다. 이를 위해, 인공신경망 모델(140)은 다양한 환경에서 수집된 형광 데이터를 학습하여, 각기 다른 광원 조건에서도 형광단이 방출하는 형광의 색상을 최적 조건에서의 색상과 동일하게 보정하도록 훈련된다.

【0092】 인공신경망 모델(140)은 광원의 파장 특성에 따라 변하는 형광 색 데이터를 학습하여, 실제 관찰된 형광이 이상적인 조사 광원에서 발현하는 형광 색

과 최대한 일치하도록 보정하는 것을 목표로 한다. 이는 수술 환경에서 사용되는 광원이 일정하지 않으며, 다양한 조명 조건(예: 외부 광원, 내시경 조명 등)이 형광 색상에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

【0093】 예를 들어, PpIX는 이상적인 조건(405nm 조사광 사용)에서 635nm의 강한 적색 형광을 방출하지만, 만약 실제 환경에서 450nm나 500nm의 빛이 함께 조사된다면, 형광 신호가 왜곡되어 원래의 적색 형광이 다른 색조(예: 주황색, 분홍색)로 보일 수 있다.

【0094】 만약, 광원(200)이 백색광 광원인 경우, 인공신경망 모델(140)은 특정 파장의 광원이 조사되었을 때 형광이 나타나는 색상과, 백색광이 조사되었을 때 형광이 나타나는 색상 간의 관계를 학습한다. 이를 통해, 실제 수술 환경에서 백색광이 사용되더라도 특정 파장에서의 이상적인 형광 색상과 유사한 결과를 얻을 수 있도록 색 보정을 수행한다.

【0095】 즉, 인공신경망 모델(140)은, 특정 파장의 광원에 따른 형광의 색 데이터와 백색광 광원에 따른 형광의 색 데이터 간의 상관 관계를 학습하여, 백색광 광원의 환경에서 상기 상관 관계에 기반하여 상기 형광의 제2 색 데이터로 보정을 수행하도록 학습될 수 있다.

【0096】 이와 같이, 인공신경망 모델(140)은, 다양한 광원 조건에서도 일관된 형광 데이터를 제공하여, 종양과 정상 조직을 정확하게 구분할 수 있도록 돕는다.

【0097】 전술한 바와 같이, 인공신경망 모델(140)은 측정된 형광단의 형광 색상을 최적 조건(예컨대, 특정 파장의 광 조사)에서의 형광단의 형광 색상과 동일하게 보정하도록 훈련된다.

【0098】 인공신경망 모델(140)은 다양한 조사 광원과 형광 신호의 관계를 학습하기 위해, 다음과 같은 데이터셋을 활용할 수 있다.

【0099】 인공신경망 모델(140)의 입력 데이터는 광원의 파장 특성 데이터가 될 수 있다. 광원의 파장 특성 데이터는 광원의 스펙트럼(예: 405nm, 450nm, 550nm 등 다양한 파장이 포함된 빛의 강도 분포), 광원의 조사 강도 및 시간, 수술 부위에서 실험적으로 측정된 형광의 색상 (예: RGB 값, 스펙트럼 데이터), 형광단(PpIX)의 형광 강도 및 분광 분포, 최적의 광원 조건(예: 405nm 단일 파장 조사)에서 측정된 형광단의 이상적인 형광 색상, 종양과 정상 조직 간의 이상적인 색 차이 등을 포함할 수 있다.

【0100】 인공신경망 모델(140)은 입력된 색 데이터(제1 색 데이터)를 이상적인 조건에서 측정된 참조 색상(제2 색 데이터)과 최대한 일치하도록 보정하는 방향으로 훈련된다. 상기 제1 색 데이터는 다중 분광 영상(Hyperspectral Imaging) 기술을 이용하여 획득될 수 있다. 이 경우, 상기 인공신경망 모델(140)은 다중 분광 데이터를 분석하여 상기 특정 파장에서의 종양 조직의 색 데이터의 특징을 강조하도록 학습될 수 있다.

【0101】 이를 위해 손실 함수로는 색상 차이( $\Delta E$ , CIEDE2000), 스펙트럼 차이(Mean Squared Error, MSE), 형광 강도 차이 등을 사용하여 실제 측정된 형광 색상(왜곡된 색상)과 이상적인 형광 색상(보정 후의 색상) 간의 차이를 최소화하는 방식으로 학습된다.

【0102】 색상 차이( $\Delta E$ , CIEDE2000)는 두 색상 간의 거리(차이)를 수학적으로 계산하는 지표이다.  $\Delta E$  값이 작을수록 두 색상이 더 유사하며,  $\Delta E=0$ 이면 완전히 동일한 색상이라는 의미이다.

【0103】 인공신경망 모델(140)은 보정 후 색상이 참조 색상과 최대한 유사해 지도록 학습되며,  $\Delta E$  값을 최소화하는 방향으로 훈련된다.

【0104】 스펙트럼 차이(Mean Squared Error, MSE)는 실제 측정된 스펙트럼과 이상적인 스펙트럼 간의 차이를 계산하는데 사용된다. 형광 색상은 단순한 RGB 값이 아니라, 특정한 스펙트럼(예: 600nm, 635nm, 650nm에서의 방출 강도)으로 표현될 수 있다. MSE 값이 작을수록 보정된 형광의 방출 스펙트럼이 이상적인 형광의 방출 스펙트럼과 가까워진다.

【0105】 형광 강도는 종양 조직과 정상 조직을 구분하는 중요한 요소이다. 인공신경망 모델(140)은 보정 전후의 형광 강도를 비교하여, 색상뿐만 아니라 형광의 밝기(강도)도 이상적인 형광 강도와 일치하도록 조정할 수 있다.

【0106】 예를 들어, 어떤 수술 환경에서 PpIX 형광이 이상적으로는 RGB 값 (255, 0, 0) (순수한 빨간색)으로 나타나야 한다고 가정하자. 그러나, 실제 수술

환경에서는 조명 조건 등의 영향으로 인해 (230, 50, 30)과 같은 다소 주황색에 가까운 색상이 감지될 수 있다.

【0107】 이 경우, 인공신경망 모델(140)은 다음과 같이 형광단의 형광 색을 보정할 수 있다.

【0108】 보정 전: (230, 50, 30)  $\Delta E = 12$  (이상적인 빨간색과 차이가 큼)

【0109】 보정 후: (250, 5, 5)  $\Delta E = 2$  (이상적인 색상과 거의 유사)

【0110】 또한, 인공신경망 모델(140)은, 상기 형광단이 축적된 신체 장기의 상기 특정 파장을 포함한 파장별 광원을 조사함에 따라 종양 상태별로 방출되는 형광의 색 데이터 및 광원의 파장별 신체의 고유의 색에 따른 반사광의 색 데이터 기초하여 학습될 수 있다. 이 경우, 인공신경망 모델(140)은, 광원에 따른 형광의 색 데이터와 반사광의 색 데이터의 광량 차이에 기반하여 전처리로서 기준 광량의 색 데이터로 보정을 수행하도록 학습될 수 있다.

【0111】 구체적으로, 인공신경망 모델(140)은, 형광단이 축적된 신체 장기에 특정 파장의 광원을 조사했을 때 나타나는 형광의 색상과, 광원의 파장에 따라 신체 조직이 반사하는 색 데이터를 학습한다. 이는 종양의 상태에 따라 형광 색상이 다르게 나타날 수 있으며, 동시에 조직 자체의 반사광도 측정된 형광 데이터에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

【0112】 이 과정에서, 인공신경망 모델(140)은 단순히 형광 색상만을 학습하는 것이 아니라, 각 파장의 광원이 조사되었을 때 발생하는 형광과 반사광의 관계

를 함께 분석한다. 특히, 광원의 세기나 환경적 요인에 따라 형광과 반사광의 상대적인 밝기(광량)가 달라질 수 있기 때문에, 모델(140)은 이러한 차이를 보정할 수 있도록 학습된다.

【0113】 이를 위해, 신경망 모델(140)은 입력되는 데이터의 광량을 기준값으로 조정하는 전처리 과정을 수행하도록 훈련될 수 있다. 예를 들어, 특정 파장의 광원이 조사되었을 때 측정된 형광과 반사광의 데이터가 서로 다른 광량을 가질 경우, 신경망 모델(140)은 이를 기준 광량에 맞춰 보정한 후, 최적의 형광 색상을 추출하도록 학습된다. 이러한 과정은 수술 환경에서 광원의 세기가 변동되더라도 신뢰할 수 있는 형광 데이터를 제공하는 데 도움을 준다.

【0114】 결과적으로, 인공신경망 모델(140)은 특정 파장의 광원에 따른 형광 색상과 반사광 색상의 관계를 학습하고, 이를 바탕으로 광원의 영향과 광량 차이를 보정하여, 종양 상태를 보다 정확하게 분석할 수 있도록 한다.

【0115】 이러한 인공신경망 모델(140)은 형광 색 보정 모델(140)로 명명될 수 있다.

【0116】 형광 색 보정 모델(140)은 종양 조직의 형광 반응을 예측하기 위해 CNN(합성곱 신경망, Convolutional Neural Network)이나 트랜스포머 기반 딥러닝 네트워크를 포함할 수 있다.

【0117】 형광 색 보정 모델(140)은 수술 환경에서 측정된 형광 색상의 왜곡을 최소화하고, 종양 조직과 정상 조직 간의 색 차이를 보다 명확하게 구별할 수

있도록 보정하는 역할을 한다.

【0118】 이를 위해, 형광 색 보정 모델(140)은 입력 계층, 특징 추출 계층, 색 보정 계층, 출력 계층을 포함한 다단계 과정을 거쳐 형광 색상을 보정할 수 있다. 이를 통해 수술 중 환경 변화에도 안정적인 형광 영상을 제공하고, 외과의가 보다 정확하고 신뢰할 수 있는 종양 탐지 및 절제 결정을 내릴 수 있도록 돕는 중요한 기술로 활용될 수 있다.

【0119】 입력 계층에서는 수술 부위에서 측정된 형광 영상(제1 색 데이터)과 광원의 파장 특성이 입력된다. 광원의 파장 특성은 형광 색상에 영향을 미치는 주요 요인이므로, 이를 함께 입력함으로써 신경망이 보다 정확한 색 보정을 수행할 수 있도록 한다. 또한, 형광 영상의 스펙트럼 정보를 활용하여 광원의 영향을 반영하는 방식으로 입력 데이터를 구성한다.

【0120】 다음으로, 특징 추출 계층에서는 CNN(합성곱 신경망)이나 Vision Transformer(ViT)와 같은 네트워크를 활용하여 형광 색상의 패턴을 분석한다. 이 과정에서는 종양 조직과 정상 조직 간의 형광 색상 차이를 학습하며, 다양한 환경에서 발생할 수 있는 색 왜곡을 인식하고 보정하는 데 필요한 정보를 추출한다. 이를 통해 형광 색 보정 모델(140)은 특정 파장에서 형광단이 어떻게 반응하는지를 학습하고, 실제 환경에서 측정된 형광 색상이 어떤 변형을 겪었는지를 분석할 수 있도록 한다.

【0121】 그 다음, 색 보정 계층에서는 Fully Connected Layer 또는 U-Net과 같은 네트워크 구조를 활용하여 색 변환을 수행한다. 여기서 신경망은 입력된 형광 색상을 참조 색상(이상적인 형광 색상)으로 변환하는 작업을 진행하며, 색상의 정확도를 높이기 위해  $\Delta E(CIEDE2000)$ 나 MSE(Mean Squared Error) 등의 손실 함수를 사용하여 최적화된다. 이를 통해 왜곡된 형광 색상이 원래의 이상적인 형광 색상과 유사한 값으로 조정된다.

【0122】 마지막으로, 출력 계층에서는 보정된 형광 데이터(제2 색 데이터)가 생성된다. 이 데이터는 실제 이상적인 광원 조건에서 발현하는 형광 색상과 유사한 값을 가지도록 조정되며, 최종적으로 종양 조직과 정상 조직을 보다 명확하게 구별할 수 있도록 한다.

【0123】 이와 같이 구성된 형광 색 보정 모델(140)을 활용하면, 실제 수술 환경에서 광원의 특성이 다소 변동되더라도 형광 색상이 일정하게 유지될 수 있다. 이를 통해 종양과 정상 조직 간의 색 차이를 더욱 명확하게 구분할 수 있으며, 수술 중 정확한 종양 탐지가 가능해진다. 또한, 신경망 모델(140)이 광원의 변화에도 불구하고 신뢰할 수 있는 형광 데이터를 제공함으로써, 외과의가 보다 정밀한 절제 결정을 내리는 데 도움을 줄 수 있다. 나아가, 실시간으로 색 보정을 수행할 수 있기 때문에 형광 영상을 활용한 수술 장비의 성능을 최적화할 수도 있다.

【0124】 또한, 수술 과정에서는 혈관 모듈레이션이 함께 적용될 수 있다. 혈관 바이오모듈레이션(Vascular Biomodulation)은 혈관의 기능이나 구조를 생물학적 신호나 자극을 이용하여 조절하는 것을 의미하는 것으로, 이는 다양한 질병, 특



히 심혈관 질환을 치료하거나 예방하기 위한 전략으로 연구되고 있다.

【0125】 이 연구는 기존의 약물 치료나 수술적 치료의 한계를 극복하고, 광 자극을 통해 뇌혈관 질환을 효과적으로 치료할 수 있는 새로운 가능성을 제시하고 있다. 특히, 아시아인에게 발병률이 높은 두개강 내 뇌혈관 협착증에 대한 새로운 치료법 개발에 기여할 것으로 기대된다.

【0126】 요약하자면, 혈관 바이오펙토레이션은 혈관 기능을 조절하는 다양한 접근 방식을 포괄하는 개념이며, 최근에는 특정 파장의 빛을 이용하는 포토바이오펙토레이션(Photobiomodulation, PBM) 기술이 뇌혈관 질환 치료 분야에서 활발히 연구되고 있습니다.

【0127】 한편, 프로세서(110)는 형광 단에서 방출되는 빛의 신호를 처리하여 보다 정확한 이미지를 얻을 수 있도록 여러 보정 알고리즘을 적용할 수 있다. 프로세서(110)는 형광 단으로부터 방출되는 형광의 제1 색 데이터의 신호 강도를 정규화할 수 있다. 이 정규화는 측정된 신호의 강도를 일정한 기준에 맞추어 변동성을 줄이고, 데이터를 비교할 수 있도록 만드는 과정이다. 그 후, 프로세서(110)는 다중 채널 색상 변환(Multi-channel color transformation)을 통해 여러 색상 채널을 동시에 고려하여, 각 채널의 색상을 적절하게 변환함으로써 이미지를 최적화할 수 있다. 다중 채널 색상 변환은 여러 가지 색상 채널(예: 빨강, 초록, 파랑)을 동시에 고려하여, 각 채널의 색상을 적절하게 변환하여 중앙조직의 형광 이미지를 개선할 수 있다.

【0128】 또한, 프로세서(110)는 조명 보정(Light compensation) 알고리즘을

적용하여 장치나 환경의 조명 상태에 의한 신호 왜곡을 보정할 수 있다. 프로세서(110)는 히스토그램 정규화(Histogram normalization)를 수행하여 이미지의 밝기와 대비를 조정하고, 데이터의 분포를 고르게 만든다. 또한, 프로세서(110)는 감마 보정을 통해 이미지의 밝기와 대비를 수학적으로 조정하여 인간의 눈이 형광 이미지를 보다 자연스럽게 인식할 수 있도록 한다.

【0129】 프로세서(110)는 이러한 여러 보정 과정을 통해 형광 대비를 향상시켜 제1 색 데이터의 품질을 높인 후, 최종적으로 제2 색 데이터로 색 보정을 수행할 수 있다.

【0130】 이와 같이, 프로세서(110)는 형광단으로부터 방출되는 형광의 제1 색 데이터의 신호의 강도를 정규화(normalization)하고, 다중 채널 색상 변환(multi-channel color transformation) 및 조명 보정(light compensation) 알고리즘을 수행하여 상기 제1 광원의 영향을 보정하고, 히스토그램 정규화(histogram normalization) 및 감마 보정(gamma correction)중 적어도 하나를 수행하여, 상기 제1 색 데이터의 형광 대비를 향상시켜, 상기 제2 색 데이터로 색 보정할 수 있다.

【0131】 한편, 프로세서(110)는 형광 영상의 색 보정 정확도를 높이기 위해, 제1 광원의 조도 변화로 인해 발생하는 색상의 변화를 보정할 수 있다. 조도(illuminance)는 광원의 밝기를 의미하며, 동일한 파장의 빛이라도 조도가 변하면 형광 색상과 강도가 다르게 측정될 수 있다. 이를 보완하기 위해 프로세서(110)는 표준 조도 기준을 설정하여, 모든 형광 데이터가 동일한 기준 조도에서 측정된 것처럼 보정한다. 또한, 프로세서(110)는 상대 밝기 값을 정규화(normalization)하여

데이터 간 일관성을 유지하고, 이를 바탕으로 제2 색 데이터(보정된 색 데이터)를 생성할 수 있다.

【0132】 즉, 프로세서(110)는 제1 광원의 조도 변화에 따른 제1 색 데이터의 변화를 보정하기 위해, 표준 조도 기준을 설정하고 상대 밝기 값을 추가로 정규화하여 상기 제2 색 데이터로 색 보정할 수 있다.

【0133】 또한, 프로세서(110)는 제1 광원의 광량 변동을 보정하기 위해, 기준 광량 측정 장치를 이용하여 실시간으로 보정 계수를 적용하여 상기 제2 색 데이터로 색 보정할 수 있다.

【0134】 광원의 세기(광량, light intensity)는 시간 경과나 환경적 요인에 따라 변동할 수 있으며, 이는 형광 데이터의 신뢰성을 저하시킬 수 있다. 프로세서(110)는 이를 해결하기 위해 기준 광량 측정 장치를 활용하여 실시간으로 광원의 변화를 감지한다. 기준 광량 측정 장치(도시 생략)는 현재 사용 중인 광원의 강도를 측정하여 종양조직 검출장치(100)에 제공할 수 있다. 종양조직 검출장치(100) 측정된 광원의 강도와 미리 정의된 기준 값 사이의 차이를 보정 계수(correction factor)로 변환하여 색 보정 과정에 반영함으로써, 광량 변동이 형광 색상에 미치는 영향을 최소화할 수 있다. 결과적으로, 이 과정을 통해 외과 의사 수술 중에 보게 되는 형광 영상이 안정적으로 유지되며, 보다 정확한 종양 탐지가 가능해진다.

【0135】 프로세서(110)는 색 보정된 형광 이미지로부터 종양을 식별하고, 식별된 종양의 상태에 따라 제거 대상인 종양 조직을 검출할 수 있다.

【0136】 종양 조직 검출 장치(100)는 색 보정이 완료된 형광 이미지를 기반으로 종양을 식별하고, 이를 바탕으로 제거 대상이 되는 종양 조직을 검출하는 역할을 한다. 전술한 바와 같이, 수술 과정에서 형광 영상을 활용하는 경우, 광원의 특성과 환경에 따라 형광 색상이 달라질 수 있기 때문에, 신뢰할 수 있는 종양 탐지를 위해서는 먼저 형광 색 보정이 선행되어야 한다.

【0137】 색 보정 과정이 완료된 형광 이미지는 이상적인 조건에서 촬영된 것과 유사한 형태로 변환되므로, 종양과 정상 조직 간의 색 차이가 보다 명확하게 드러난다.

【0138】 이러한 색 보정된 데이터를 바탕으로, 종양 조직 검출 장치(100)는 영상 처리 기법과 머신러닝 또는 딥러닝 알고리즘을 활용하여 종양을 인식하고 그 경계를 명확하게 구분할 수 있다. 일반적으로, 종양 조직은 특정한 형광 패턴을 가지며, 정상 조직과는 다른 색 분포를 보이므로, 종양 조직 검출 장치(100)는 이러한 차이를 분석하여 종양을 효과적으로 식별할 수 있다.

【0139】 종양을 식별한 후, 종양 조직 검출 장치(100)는 종양의 상태를 분석할 수 있다. 예컨대, 종양 조직 검출 장치(100)는 종양의 크기, 형광 강도, 색 변화 등을 평가하여, 해당 종양이 실제로 수술을 통해 제거해야 할 대상인지 판별할 수 있다. 예를 들어, 종양 조직 검출 장치(100)는 초기 단계의 작은 병변인지, 광범위한 절제가 필요한 침습성 종양인지 등을 분석할 수 있으며, 이를 기반으로 외과의가 보다 정밀한 수술 계획을 수립할 수 있도록 돕는다.

【0140】 이후, 종양 조직 검출 장치(100)는 제거가 필요한 종양 조직을 최종

적으로 식별하고 종양 조직을 디스플레이(400) 상에 시각적으로 표시할 수 있다.

【0141】 디스플레이(400)는 수술 부위의 실시간 이미지를 표시할 수 있다. 다시 말해, 디스플레이(400)는 이미징 장치(300)로부터 형광 이미지를 수신하여 의사에게 시각적으로 표시할 수 있다. 디스플레이(400)는 형광의 색상 변화 및 수술 부위에서의 상태에 대한 데이터를 실시간으로 표시하여, 수술을 진행하는 의사가 종양을 정확하게 식별하고 제거할 수 있도록 도울 수 있다.

【0142】 상기 디스플레이(160)는, 예를 들면, 액정 디스플레이(LCD), 발광 다이오드(LED) 디스플레이, 유기 발광 다이오드(OLED) 디스플레이 또는 마이크로전자기계 시스템(MEMS: micro-electromechanical systems) 디스플레이 또는 전자종이(electronic paper) 디스플레이를 포함할 수 있다. 상기 디스플레이(160)는, 예를 들면, 사용자에게 각종 콘텐츠(예: 텍스트, 이미지, 비디오, 아이콘 또는 심볼 등)를 표시할 수 있다. 상기 디스플레이(160)는, 터치 스크린을 포함할 수 있으며, 예를 들면, 전자펜 또는 사용자의 신체의 일부를 이용한 터치, 제스처, 근접 또는 호버링(hovering) 입력을 수신할 수 있다.

【0143】 이 경우, 종양 조직 검출 장치(100)는 종양 조직의 경계를 색상 오버레이 또는 윤곽선 강조 방식으로 디스플레이(400) 상에 표시할 수 있다.

【0144】 구체적으로, 종양 조직 검출 장치(100)는 형광 데이터를 분석하여 종양 조직의 경계를 정확히 식별하고, 이를 외과 의사에게 쉽게 인식할 수 있도록 디스플레이(400)에 시각적으로 표시하는 기능을 수행한다. 이를 위해 장치는 종양과 정상 조직 간의 색상 차이를 기반으로 경계를 검출하며, 검출된 종양 부위를 강조하

는 방법으로 색상 오버레이(color overlay) 또는 윤곽선 강조(edge highlighting) 방식을 사용할 수 있다.

【0145】 색상 오버레이(color overlay) 방식은 종양 부위를 특정 색으로 반투명하게 덮어 표시하는 방식이다. 예를 들어, 종양이 형광을 발현하는 경우, 해당 영역을 붉은색이나 녹색 계열의 반투명 색상으로 덮어 외과의가 쉽게 식별할 수 있도록 한다. 이러한 방식은 조직 내부의 형광 신호 강도를 그대로 유지하면서도 종양 부위를 직관적으로 강조하는 효과가 있다. 외과의는 오버레이된 색상을 통해 종양의 범위를 빠르게 파악할 수 있으며, 절제할 영역을 결정하는 데 도움을 받을 수 있다.

【0146】 윤곽선 강조(edge highlighting) 방식은 종양의 경계를 선명하게 표시하는 방법이다. 이미지 처리 기술을 활용하여 종양과 정상 조직의 경계선을 추출한 후, 그 경계를 밝은 선이나 굵은 윤곽선으로 강조하여 표시한다. 예를 들어, 종양의 가장자리를 형광 신호의 변화에 따라 감지한 후, 해당 경계를 노란색 또는 흰색의 밝은 선으로 디스플레이 상에 표시할 수 있다. 이 방식은 원본 형광 영상을 그대로 유지하면서도 종양의 정확한 경계를 한눈에 확인할 수 있도록 해준다. 특히, 종양이 주변 조직과 색상 차이가 크지 않은 경우에도 윤곽선 강조를 적용하면 보다 명확한 식별이 가능하다.

【0147】 일반적으로, 의료 영상 시스템과 연동하여 형광 영상 위에 오버레이 형태로 제거 대상 종양 부위를 강조 표시할 수 있으며, 이는 외과의가 실시간으로 수술 부위를 정확하게 파악하는 데 도움을 준다. 또한, 일부 시스템에서는 자동 경

고 기능을 추가하여, 종양 조직이 예상되는 영역을 실시간으로 알리는 방식으로 의료진의 판단을 보조할 수도 있다.

【0148】 결과적으로, 종양 조직 검출 장치(100)는 색 보정된 형광 영상을 기반으로 종양을 보다 정확하게 식별하고, 그 상태를 분석하여 제거 대상 종양을 검출하는 기능을 수행한다. 이를 통해, 외과 의사 보다 정밀하고 안전한 종양 절제 수술을 진행할 수 있도록 지원하며, 형광 영상 기반 수술의 정확도를 향상시키는 중요한 역할을 한다.

【0149】 도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 전자 장치에서 종양조직을 검출하는 방법의 흐름도이다.

【0150】 도 3을 참조하면, 단계 S110에서, 5-ALA에 의해 발현된 형광단이 축적된 신체 장기의 수술 부위에 제1 광원의 광이 조사된다.

【0151】 광원(200)은 5-ALA가 발현시킨 형광 단이 축적된 신체 장기의 수술 부위에 조사되는 빛을 제공한다. 광원(200)은 종양 부위에서 형광을 유도하기 위해 특정한 파장 범위의 빛을 방출한다.

【0152】 단계 S120에서 종양조직 검출장치(100)는 광원(200)의 광이 조사될 때, 형광을 유도하기 위해 사용된 광원의 파장 특성을 추출한다.

【0153】 예컨대, 광원(200)이 405nm 단일 파장만을 방출한다면, PpIX는 주로 635nm의 적색 형광을 방출하게 된다. 이 경우, 정상 조직과 종양 조직의 형광 차이가 명확하게 나타나므로, 종양 조직을 쉽게 구별할 수 있다.

【0154】 광원(200)이 405nm뿐만 아니라 450nm(청색)이나 550nm(녹색) 등의 다른 파장대의 빛도 함께 방출한다면, PpIX는 여러 파장의 빛을 흡수하고 다양한 파장대에서 형광을 방출할 수 있다.

【0155】 예를 들어, 450nm의 빛이 추가로 조사되면 PpIX의 형광 강도가 상대적으로 변화하여 원래의 635nm 적색 형광이 다르게 보일 수도 있다. 뿐만 아니라, 550nm의 녹색광이 반사되거나 산란되면서 종양 조직에서 감지되는 형광 색상이 변형될 수도 있다.

【0156】 이와 같이, 종양조직 검출장치(100)는 광원의 파장 특성에 따라 형광 색상이 변경되기 때문에 형광 단으로부터 방출되는 형광의 색 데이터를 보정하기 위해, 광원의 파장 특성을 추출한다.

【0157】 단계 S130에서, 이미징 장치(300)는 광원(200)에서 조사된 빛에 의해 발현된 형광을 이미징하여 형광 이미지를 생성한다. 형광 이미지는 형광 단이 발현된 신체 장기에서 발생한 형광의 색 데이터를 획득하여, 종양의 상태를 판단하는 데 사용될 수 있다. 이미징 장치(300)는 형광 이미지를 생성한 후 종양조직 검출장치(100)에 제공할 수 있다. 종양조직 검출장치(100)는 이미징 장치(300)로부터 제공된 형광 이미지로부터 인지되는 형광의 제1 색 데이터를 획득한다.

【0158】 단계 S140에서, 종양조직 검출장치(100)는 인공지능망 모델을 통해 형광의 제1 색 데이터를 종양의 상태에 따라 형광단의 색 분간이 가능한 특정 파장을 기준으로 하는 형광의 제2 색 데이터로 색 보정한다.



【0159】 전술한 바와 같이, 인공신경망 모델은 광원의 파장 특성에 따라 변하는 형광 색 데이터를 학습하여, 실제 관찰된 형광이 이상적인 조사 광원에서 발현하는 형광 색과 최대한 일치하도록 보정하는 것을 목표로 한다. 이는 수술 환경에서 사용되는 광원이 일정하지 않으며, 다양한 조명 조건(예: 외부 광원, 내시경 조명 등)이 형광 색상에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

【0160】 구체적으로, 인공신경망 모델은 형광 영상 분석 과정에서 광원의 영향을 최소화하고, 형광단이 최적의 조사 광원에서 발현하는 형광 색상과 일치하도록 보정하는 역할을 수행한다. 이를 위해, 인공신경망 모델은 다양한 환경에서 수집된 형광 데이터를 학습하여, 각기 다른 광원 조건에서도 형광단이 방출하는 형광의 색상을 최적 조건에서의 색상과 동일하게 보정하도록 훈련된다.

【0161】 만약, 광원(200)이 백색광 광원인 경우, 인공신경망 모델은 특정 파장의 광원이 조사되었을 때 형광이 나타나는 색상과, 백색광이 조사되었을 때 형광이 나타나는 색상 간의 관계를 학습한다. 이를 통해, 실제 수술 환경에서 백색광이 사용되더라도 특정 파장에서의 이상적인 형광 색상과 유사한 결과를 얻을 수 있도록 색 보정을 수행한다.

【0162】 또한, 인공신경망 모델은, 상기 형광단이 축적된 신체 장기의 상기 특정 파장을 포함한 파장별 광원을 조사함에 따라 종양 상태별로 방출되는 형광의 색 데이터 및 광원의 파장별 신체 장기의 고유의 색에 따른 반사광의 색 데이터 기초하여 학습될 수 있다. 이 경우, 인공신경망 모델은, 광원에 따른 형광의 색 데이터와 반사광의 색 데이터의 광량 차이에 기반하여 전처리로서 기준 광량의 색 데이

터로 보정을 수행하도록 학습될 수 있다.

【0163】 한편, 종양조직 검출장치(100)는 형광단으로부터 방출되는 형광의 제1 색 데이터의 신호의 강도를 정규화(normalization)하고, 다중 채널 색상 변환(multi-channel color transformation) 및 조명 보정(light compensation) 알고리즘을 수행하여 상기 제1 광원의 영향을 보정하고, 히스토그램 정규화(histogram normalization) 및 감마 보정(gamma correction)중 적어도 하나를 수행하여, 상기 제1 색 데이터의 형광 대비를 향상시켜, 상기 제2 색 데이터로 색 보정할 수 있다.

【0164】 또한, 종양조직 검출장치(100)는 형광 영상의 색 보정 정확도를 높이기 위해, 제1 광원의 조도 변화로 인해 발생하는 색상의 변화를 보정할 수 있다. 조도(illuminance)는 광원의 밝기를 의미하며, 동일한 파장의 빛이라도 조도가 변하면 형광 색상과 강도가 다르게 측정될 수 있다. 이를 보완하기 위해 종양조직 검출장치(100)는 표준 조도 기준을 설정하여, 모든 형광 데이터가 동일한 기준 조도에서 측정된 것처럼 보정한다. 또한, 종양조직 검출장치(100)는 상대 밝기 값을 정규화(normalization)하여 데이터 간 일관성을 유지하고, 이를 바탕으로 제2 색 데이터(보정된 색 데이터)를 생성할 수 있다.

【0165】 즉, 종양조직 검출장치(100)는 제1 광원의 조도 변화에 따른 제1 색 데이터의 변화를 보정하기 위해, 표준 조도 기준을 설정하고 상대 밝기 값을 추가로 정규화하여 상기 제2 색 데이터로 색 보정할 수 있다.

【0166】 또한, 종양조직 검출장치(100)는 제1 광원의 광량 변동을 보정하기 위해, 기준 광량 측정 장치를 이용하여 실시간으로 보정 계수를 적용하여 상기 제2 색 데이터로 색 보정할 수 있다.

【0167】 단계 S150에서 종양조직 검출장치(100)는 색 보정된 형광 이미지로부터 종양을 식별하고, 종양 조직을 검출할 수 있다. 색 보정 과정이 완료된 형광 이미지는 이상적인 조건에서 촬영된 것과 유사한 형태로 변환되므로, 종양과 정상 조직 간의 색 차이가 보다 명확하게 드러난다.

【0168】 이러한 색 보정된 데이터를 바탕으로, 종양 조직 검출 장치(100)는 영상 처리 기법과 머신러닝 또는 딥러닝 알고리즘을 활용하여 종양을 인식하고 그 경계를 명확하게 구분할 수 있다. 일반적으로, 종양 조직은 특정한 형광 패턴을 가지며, 정상 조직과는 다른 색 분포를 보이므로, 종양 조직 검출 장치(100)는 이러한 차이를 분석하여 종양을 효과적으로 식별할 수 있다.

【0169】 종양을 식별한 후, 종양 조직 검출 장치(100)는 종양의 상태를 분석할 수 있다. 예컨대, 종양 조직 검출 장치(100)는 종양의 크기, 형광 강도, 색 변화 등을 평가하여, 해당 종양이 실제로 수술을 통해 제거해야 할 대상인지 판별할 수 있다. 예를 들어, 종양 조직 검출 장치(100)는 초기 단계의 작은 병변인지, 광범위한 절제가 필요한 침습성 종양인지 등을 분석할 수 있으며, 이를 기반으로 의과вра가 보다 정밀한 수술 계획을 수립할 수 있도록 돕는다. 종양 조직 검출 장치(100)는 제거가 필요한 종양 조직을 최종적으로 식별하고 종양 조직을 디스플레이(400) 상에 시각적으로 표시할 수 있다.

【0170】 이 경우, 종양 조직 검출 장치(100)는 종양 조직의 경계를 색상 오버레이 또는 윤곽선 강조 방식으로 디스플레이(400) 상에 표시할 수 있다.

【0171】 구체적으로, 종양 조직 검출 장치(100)는 형광 데이터를 분석하여 종양 조직의 경계를 정확히 식별하고, 이를 외과위가 쉽게 인식할 수 있도록 디스플레이(400)에 시각적으로 표시하는 기능을 수행한다. 이를 위해 장치는 종양과 정상 조직 간의 색상 차이를 기반으로 경계를 검출하며, 검출된 종양 부위를 강조하는 방법으로 색상 오버레이(color overlay) 또는 윤곽선 강조(edge highlighting) 방식을 사용할 수 있다.

【0172】 결과적으로, 종양 조직 검출 장치(100)는 색 보정된 형광 영상을 기반으로 종양을 보다 정확하게 식별하고, 그 상태를 분석하여 제거 대상 종양을 검출하는 기능을 수행한다. 이를 통해, 외과위가 보다 정밀하고 안전한 종양 절제 수술을 진행할 수 있도록 지원하며, 형광 영상 기반 수술의 정확도를 향상시키는 중요한 역할을 한다.

【0173】 한편, 상술한 본 발명의 다양한 실시 예들에 따른 방법들은, 기존 전자 장치에 설치 가능한 어플리케이션 또는 소프트웨어 프로그램 형태로 구현될 수 있다.

【0174】 또한, 방법의 전체 또는 일부가 여러 소프트웨어 기능 모듈로 구성되어, 운영체제(OS)에 구현될 수 있다. 또는 각 단계가 하나의 소프트웨어 기능 모듈로 구성되거나, 각 단계들이 조합되어 하나의 소프트웨어 기능 모듈로 구성되어

운영체제 상에서 구현될 수 있다. 따라서, 하나의 소프트웨어 기능 모듈로서 본 개시의 일부 실시예를 전부 구현하지 않더라도, 여러 소프트웨어 기능 모듈이 본 개시의 각 단계를 구현하고, 여러 소프트웨어 기능 모듈이 하나의 운영체제에서 구현이 되는 경우라면, 본 개시의 방법을 구현한 것으로 이해할 수 있다.

【0175】 또한, 상술한 본 발명의 다양한 실시 예들에 따른 방법들은, 기존 전자 장치에 대한 소프트웨어 업그레이드, 또는 하드웨어 업그레이드 만으로도 구현될 수 있다. 또한, 상술한 본 발명의 다양한 실시예들은 전자 장치에 구비된 임베디드 서버, 또는 전자장치의 외부 서버를 통해 수행되는 것도 가능하다.

【0176】 한편, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 이상에서 설명된 다양한 실시예들은 소프트웨어(software), 하드웨어(hardware) 또는 이들의 조합을 이용하여 컴퓨터(computer) 또는 이와 유사한 장치로 읽을 수 있는 기록매체(computer readable recording medium)에 저장된 명령어를 포함하는 소프트웨어로 구현될 수 있다. 일부 경우에 있어 본 명세서에서 설명되는 실시예들이 프로세서 자체로 구현될 수 있다. 소프트웨어적인 구현에 의하면, 본 명세서에서 설명되는 절차 및 기능과 같은 실시 예들은 별도의 소프트웨어 모듈들로 구현될 수 있다. 소프트웨어 모듈들 각각은 본 명세서에서 설명되는 하나 이상의 기능 및 동작을 수행할 수 있다.

【0177】 한편, 컴퓨터(computer) 또는 이와 유사한 장치는, 저장 매체로부터 저장된 명령어를 호출하고, 호출된 명령어에 따라 동작할 수 있는 장치로서, 개시된 실시 예들에 따른 장치를 포함할 수 있다. 상기 명령이 프로세서에 의해 실행될 경우, 프로세서가 직접, 또는 상기 프로세서의 제어 하에 다른 구성요소들을 이용

하여 상기 명령에 해당하는 기능을 수행할 수 있다. 명령은 컴파일러 또는 인터프리터에 의해 생성 또는 실행되는 코드를 포함할 수 있다.

【0178】 기기로 읽을 수 있는 기록매체는, 비일시적 기록매체(non-transitory computer readable recording medium)의 형태로 제공될 수 있다. 여기서, '비일시적'은 저장매체가 신호(signal)를 포함하지 않으며 실재(tangible)한다는 것을 의미할 뿐 데이터가 저장매체에 반영구적 또는 임시적으로 저장됨을 구분하지 않는다. 이때 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체란 레지스터, 캐쉬, 메모리 등과 같이 짧은 순간 동안 데이터를 저장하는 매체가 아니라 반영구적으로 데이터를 저장하며, 기기에 의해 판독(reading)이 가능한 매체를 의미한다. 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체의 구체적인 예로는, CD, DVD, 하드 디스크, 블루레이 디스크, USB, 메모리카드, ROM 등이 있을 수 있다.

【0179】 이상에서와 같이 도면과 명세서에서 예시적인 실시예들이 개시되었다. 본 명세서에서 특정한 용어를 사용하여 실시예들을 설명되었으나, 이는 단지 본 개시의 기술적 사상을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 개시의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 개시의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

## 【청구범위】

### 【청구항 1】

5-아미노레불린산(5-ALA)를 이용한 신체 장기별 종양 조직을 검출하기 위한 적어도 하나의 명령어를 저장하는 메모리; 및

상기 적어도 하나의 명령어에 따른 동작을 수행하는 프로세서를 포함하고,

상기 프로세서는,

환자가 복용한 5-ALA에 의해 발현된 형광단이 축적된 신체 장기의 수술 부위에 조사되는 제1 광원의 파장 특성을 추출하고, 인공신경망 모델을 통해 상기 제1 광원에 의해 상기 수술 부위에서 인지되는 형광의 제1 색 데이터를, 종양의 상태에 따라 상기 형광단의 색 분간이 가능한 특정 파장을 기준으로 하는 형광의 제2 색 데이터로 색 보정하고, 상기 제2 색 데이터를 기준으로 식별된 종양의 상태에 따라 제거 대상인 종양 조직을 검출하는,

종양조직 검출장치.

### 【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 인공신경망 모델은,

상기 형광단이 축적된 신체 장기의 상기 특정 파장을 포함한 파장별 광원을 조사함에 따라 종양 상태별로 방출되는 형광의 색 데이터 및 광원의 파장별 신체

장기의 고유의 색에 따른 반사광의 색 데이터 기초하여 학습되는,

종양조직 검출장치.

### 【청구항 3】

제1항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 종양 조직의 경계를 색상 오버레이 또는 윤곽선 강조 방식으로 디스플레이 상에 표시하는,

종양조직 검출장치.

### 【청구항 4】

제1항에 있어서,

상기 인공지능망 모델은,

상기 종양 조직의 형광 반응을 예측하기 위해 컨볼루션 신경망(CNN) 또는 트랜스포머 기반 딥러닝 네트워크를 포함하는,

종양조직 검출장치.

### 【청구항 5】

제1항에 있어서,



상기 제1 색 데이터는 다중 분광 영상(Hyperspectral Imaging) 기술을 이용하여 획득되고, 상기 인공신경망 모델은 다중 분광 데이터를 분석하여 상기 특정 파장에서의 종양 조직의 색 데이터의 특징을 강조하도록 학습되는,

종양조직 검출장치.

## 【요약서】

### 【요약】

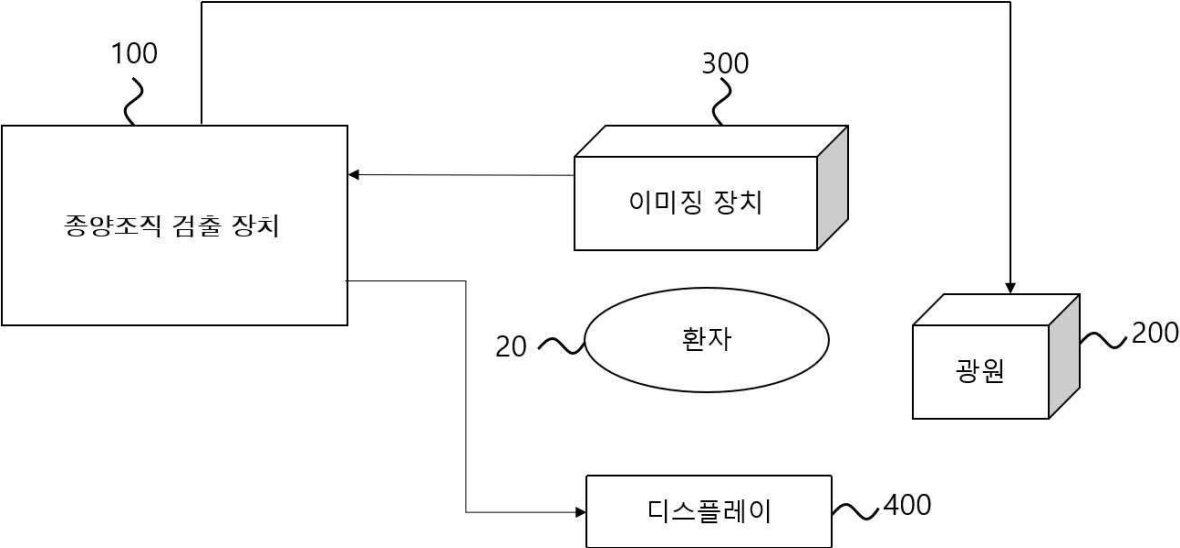
일 실시예에 따른 종양조직 검출장치는 5-아미노레불린산(5-ALA)를 이용한 신체 장기별 종양 조직을 검출하기 위한 적어도 하나의 명령어를 저장하는 메모리 및 상기 적어도 하나의 명령어에 따른 동작을 수행하는 프로세서를 포함하고, 상기 프로세서는, 환자가 복용한 5-ALA에 의해 발현된 형광단이 축적된 신체 장기의 수술 부위에 조사되는 제1 광원의 파장 특성을 추출하고, 인공신경망 모델을 통해 상기 제1 광원에 의해 상기 수술 부위에서 인지되는 형광의 제1 색 데이터를, 종양의 상태에 따라 상기 형광단의 색 분간이 가능한 특정 파장을 기준으로 하는 형광의 제2 색 데이터로 색 보정하고, 상기 제2 색 데이터를 기준으로 식별된 종양의 상태에 따라 제거 대상인 종양 조직을 검출할 수 있다.

### 【대표도】

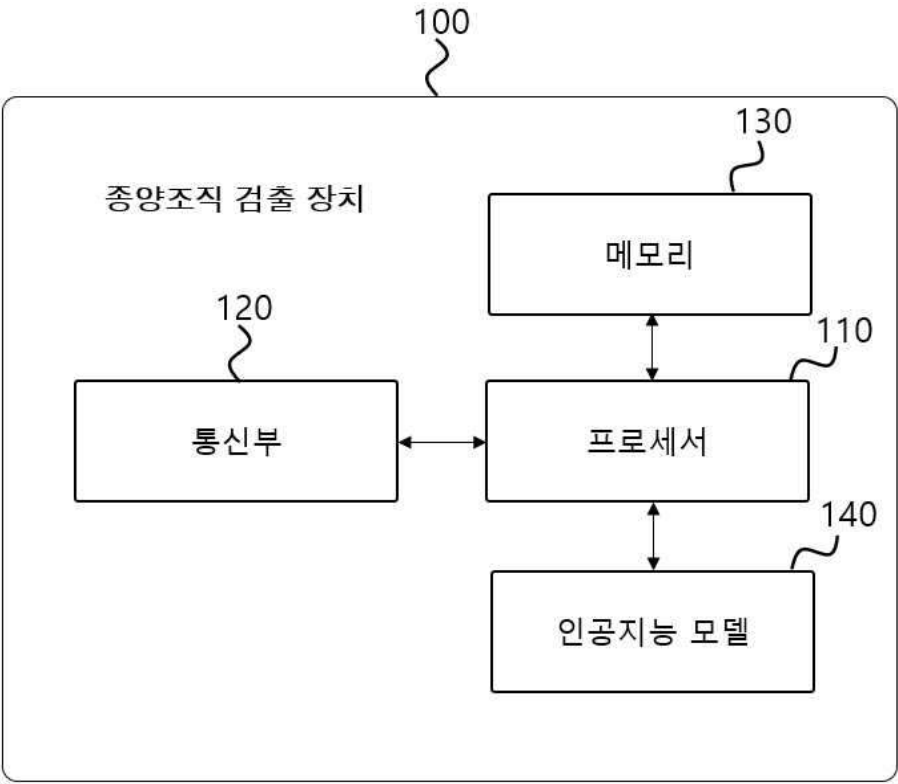
도 3

【도면】

【도 1】



【도 2】



【도 3】

