

【서지사항】**【서류명】** 특허출원서**【참조번호】** P250325**【출원구분】** 특허출원**【출원인】****【성명】** 김진왕**【특허고객번호】** 4-2002-034057-3**【출원인】****【성명】** 이정옥**【특허고객번호】** 4-2000-051671-0**【출원인】****【성명】** 김현우**【특허고객번호】** 4-2015-068371-9**【출원인】****【성명】** 김현지**【특허고객번호】** 4-2019-049029-3**【출원인】****【명칭】** 주식회사 베스트웰즐기세포**【특허고객번호】** 1-2019-060029-8**【대리인】****【명칭】** 특허법인 테헤란**【대리인번호】** 9-2019-100022-6

【지정된변리사】	백상희, 윤웅채, 김신연, 이상담
【포괄위임등록번호】	2019-068300-1
【포괄위임등록번호】	2019-068299-9
【포괄위임등록번호】	2019-068297-4
【포괄위임등록번호】	2019-068298-1
【포괄위임등록번호】	2019-068295-0
【발명의 국문명칭】	인공지능기반 종양조직 검출시스템
【발명의 영문명칭】	Artificial intelligence-based tumor tissue detection system
【발명자】	
【성명】	김진왕
【특허고객번호】	4-2002-034057-3
【발명자】	
【성명】	이정옥
【특허고객번호】	4-2000-051671-0
【발명자】	
【성명】	김현우
【특허고객번호】	4-2015-068371-9
【발명자】	
【성명】	김현지
【특허고객번호】	4-2019-049029-3
【출원언어】	국어

【심사청구】 청구

【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 특허법인 테헤란

(서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】 0 면 46,000 원

【가산출원료】 60 면 0 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 5 항 421,000 원

【합계】 467,000원

【감면사유】 소기업(70%감면)[1], 개인(70%감면)[3], 19세 이상 30세 미만
인 자(85%감면)[1]

【감면후 수수료】 126,090 원

【수수료 자동납부번호】 301-0318-4857-11

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

인공지능기반 종양조직 검출시스템{Artificial intelligence-based tumor tissue detection system}

【기술분야】

【0001】 본 발명은 인공지능기반 종양조직 검출시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 아미노레블린산(5-ALA)을 이용하여 형광을 발현한 종양 조직을 정확하게 검출하고, 수술 부위에서 종양 상태에 따른 색 보정 및 분석을 통해 종양 조직을 식별할 수 있는 인공지능기반 종양조직 검출시스템에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

【0002】 종양 조직을 수술 중에 정확하게 구별하기 위해 형광 영상 기술이 널리 활용되고 있다. 특히 아미노레블린산(5-ALA)을 환자에게 투여한 후, 종양 부위에 선택적으로 축적된 프로토포르피린 IX(PpIX)가 특정 파장에서 형광을 발현하는 성질을 이용하여, 종양을 실시간으로 시각화하려는 시도가 이루어져 왔다. 이러한 기술은 조직을 육안으로 판별하기 어려운 상황에서도 영상 기반 진단을 가능하게 하여 수술 정확도를 향상시키는 데 기여해왔다.

【0003】 형광 영상 장치는 주로 청색광 또는 자외선(UV) 계열의 조사광을 수술 부위에 조사하고, 해당 광원에 의해 발현되는 형광을 영상으로 획득하는 방식으로 구성된다. 종양조직은 정상조직에 비해 형광 반응이 강하게 나타나므로, 상대적

인 밝기와 색상 차이를 통해 시각적 구별이 가능하다. 그러나 이와 같은 방식은 단순히 영상 대비에만 의존하기 때문에 주변 조명, 카메라 감도, 광원 각도와 같은 환경적 요인의 영향을 크게 받는 단점이 있다.

【0004】 특히 수술실 환경은 일정한 조도와 광량 조건을 유지하기 어렵다. 백색광과 형광광이 혼재되어 존재하며, 수술 부위의 혈액, 체액, 기기 반사 등에 의해 형광 신호가 왜곡될 수 있다. 이러한 환경은 형광의 정확한 인지와 해석을 방해하며, 실제 임상에서는 종양과 정상조직을 혼동하거나 잘못 절제하는 사례가 발생하기도 한다. 반사광 자체의 왜곡은 형광 강도뿐 아니라 색상에도 영향을 미쳐 영상 신뢰도를 저하시킨다.

【0005】 형광 신호는 광원의 세기, 조직의 생리적 상태, 표면의 굴곡 등에 따라 다르게 나타난다. 이로 인해 동일한 종양조직이라 하더라도 조사 조건에 따라 형광 색상과 밝기가 달라질 수 있다. 이러한 특성은 객관적 진단을 어렵게 만들고, 영상 해석의 일관성을 해친다. 일부 시스템은 단순 threshold 설정으로 형광의 유무를 판단하고 있으나, 세밀한 조직 경계 인식에는 적합하지 않다.

【0006】 종래 기술에서 다중 분광 영상(hyperspectral imaging) 기술이 제안된 바 있으나, 해당 기술은 고가의 장비와 복잡한 영상 처리 알고리즘을 요구하며, 실시간성 확보가 어려운 문제가 있었다. 또한, 다중 분광 데이터의 해석에는 고차원적 통계처리가 필요하고, 이를 의료현장에 적용하기 위한 알고리즘 최적화가 부족하여 실용성에 한계가 있었다. 이러한 구조는 장비의 부피와 전력 소모를 증가시켜 휴대성에도 문제를 야기하였다.

【0007】 영상 데이터 기반의 단순한 색상 보정 기법은 수술 환경에서의 다양한 조도 변화에 적응하지 못한다. 백색광의 세기나 각도 변화에 따라 형광 색상이 다르게 기록되며, 이는 수술 중 실시간 영상에서 종양 위치를 오인할 가능성을 높인다. 기존의 영상 보정 방식은 일정 기준 하에서만 동작하며, 복합 조명 환경을 고려하지 못하여 정확도가 제한적이었다.

【0008】 종래 기술은 인공지능 기반 영상 분석 기술을 충분히 적용하지 못하고 있다. 제한적인 필터링 또는 마스킹 방식으로 형광 부위를 강조하려는 접근은 있었으나, 종양의 상태, 조직의 고유 반사특성, 외부 환경 광원 등의 다양한 변수에 대해 복합적으로 대응하는 모델이 부족하였다. 이로 인해 환자별 개별 차이나 병기별 신호 강도 차이를 반영하지 못하는 문제가 존재한다.

【0009】 정확한 종양 검출을 위해서는 형광 신호를 발생시키는 파장과 반사광의 영향을 동시에 고려한 색상 데이터 보정이 필요하다. 그러나 종래 시스템은 반사광의 보정을 단순 평균 또는 정규화 처리에 의존하고 있으며, 시간에 따라 변화하는 조도나 광량의 실시간 반영이 어려운 구조이다. 이는 실질적인 수술 환경에서 변동성 높은 신호를 안정적으로 처리하는 데에 적합하지 않다.

【0010】 기존 장비 중 일부는 AI 알고리즘을 일부 적용하고 있으나, 이는 주로 사전 촬영된 이미지 기반 후처리 모델에 국한되어 있다. 실시간 영상에 대해 인공지능이 지속적으로 반응하며 보정과 검출을 수행하는 구조가 부족하다. 또한, 고성능 AI 연산 장치가 장착되지 않은 시스템의 경우, 영상 처리 속도가 떨어져 실시간 판단에 적합하지 않다. 이로 인해 외과의사의 직관에 의존한 판단이 여전히 필

요하며, 자동화 수준이 낮다.

【0011】 이와 같은 문제점들을 종합하면, 종래의 종양조직 검출 기술은 수술 환경의 변화에 민감하고, 영상 신호의 왜곡 가능성이 높으며, AI 기반의 실시간 분석 기능이 부족하여 의료현장에서 정확하고 신뢰성 높은 종양 식별에 한계가 존재한다. 본 발명은 이러한 종래 기술의 문제점을 해결하고자 하며, 적외선 반사광 기반의 색상 보정과 인공지능 기반 종양 판별 기술을 통합한 시스템을 제안함으로써, 실시간으로 신뢰성 높고 정확한 종양조직 검출을 가능하게 하는 것을 그 기술적 과제로 삼는다.

【선행기술문헌】

【특허문헌】

【0012】 (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-2420051호 (등록일자: 2022년07월07일)

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

【0013】 기존의 종양조직 검출 기술은 형광 영상 기반 분석에 의존하며, 조명 환경, 반사광, 광량 변화 등에 따른 형광 신호의 왜곡으로 인해 정확한 종양 식별에 한계가 존재한다. 또한, 단순한 영상 처리 방식은 환경 변화에 적응하지 못하고, 실시간 대응력도 부족하다. 본 발명은 이러한 문제점을 해결하기 위해, 5-ALA

형광 발현에 기반한 적외선 반사광 데이터를 인공지능 기반으로 색상 보정 및 분석하여, 수술 부위의 종양조직을 정밀하고 신뢰성 있게 검출할 수 있는 시스템을 제공하고자 한다.

【과제의 해결 수단】

【0014】 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따른 인공지능 기반 종양조직 검출시스템은, 환자가 복용한 5-ALA에 의해 발현된 형광단이 축적된 신체 장기의 수술부위에 적외선 광원을 조사하는 IR광원 조사부; 상기 IR광원 조사부에 의해 조사되어 반사되는 반사광의 특성을 분광학(Spectroscopy) 기술을 이용하여 추출하는 반사광특성 추출부; 상기 반사광특성 추출부를 통해 획득한 데이터를 바탕으로, 인공신경망 모델을 통해 종양의 상태에 따라 형광단의 색 분간이 가능한 특정 파장을 기준으로 하는 형광의 색상 데이터로 색상 보정을 수행하는 색상 데이터 보정부; 상기 색상데이터 보정부로부터 획득한 보정된 데이터를 바탕으로 종양의 상태와 기설정된 기준에 따라 제거 대상 종양을 검출하는 제거대상 검출부; 및 상기 제거대상 검출부로부터 검출된 데이터를 기반으로, 종양 조직의 경계를 색상 오버레이 또는 윤곽선 강조 방식으로 시각적 출력수단을 통해 출력하는 검출결과 출력부;를 포함하는 구성일 수 있다.

【0015】 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 색상데이터 보정부의 인공신경망 모델은, 형광단이 축적된 신체 장기의 특정 파장을 포함한 파장별 광원을 조사함에 따라 종양 상태별로 방출되는 형광의 색 데이터 및 광원의 파장별 신체 장기

의 고유의 색에 따른 반사광의 색 데이터 기초하여 학습될 수 있다.

【0016】 또한, 상기 색상데이터 보정부의 인공신경망 모델은, 특정 파장의 광원에 따른 형광의 색 데이터와 백색광 광원에 따른 형광의 색 데이터 간의 상관 관계를 학습하여, 백색광 광원의 환경에서 상관 관계에 기반하여 색상 보정을 수행 하도록 학습될 수 있다.

【0017】 또한, 상기 색상데이터 보정부의 인공신경망 모델은, 상기 IR광원 조사부에 의해 조사되는 적외선 광원과 반사광의 색상 데이터의 광량 차이에 기반 하여 전처리로서 기준 광량의 색상데이터로 보정을 수행하도록 학습될 수 있다.

【0018】 또한, 상기 색상데이터 보정부의 인공신경망 모델은, 종양 조직의 형광 반응을 예측하기 위해 컨볼루션 신경망(CNN) 또는 트랜스포머 기반 딥러닝 네 트워크를 포함하는 구성일 수 있다.

【0019】 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 반사광특성 추출부는, 상기 IR 광원 조사부에 의해 조사되어 반사되는 반사광을 다중 분광 영상(Hyperspectral Imaging) 기술을 이용하여 획득할 수 있다.

【0020】 이 경우, 상기 색상데이터 보정부의 인공신경망 모델은, 다중 분광 데이터를 분석하여 특정 파장에서의 종양 조직의 색 데이터의 특징을 강조하도록 학습될 수 있다.

【0021】 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 색상데이터 보정부는, 방출되 는 형광의 반사광의 신호의 강도를 정규화(normalization)하고, 다중 채널 색상 변

환(multi-channel color transformation) 및 조명 보정(light compensation) 알고리즘을 수행하여, 반사광의 적외선 광원의 영향을 보정하며, 히스토그램 정규화(histogram normalization) 및 감마 보정(gamma correction)중 적어도 하나를 수행하여, 반사광특성 추출부를 통해 획득한 데이터의 형광대비를 향상시켜, 특정 파장을 기준으로 하는 형광의 색상 데이터로 색상 보정을 수행할 수 있다.

【0022】 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 색상데이터 보정부는, 상기 적외선 광원의 조도 변화에 따른 반사광의 변화를 보정하기 위해, 표준 조도 기준을 설정하고, 상대 밝기 값을 추가로 정규화하여 특정 파장을 기준으로 하는 형광의 색상 데이터로 색상 보정을 수행할 수 있다.

【0023】 또한, 상기 색상데이터 보정부는, 상기 적외선 광원의 광량 변동을 보정하기 위해, 기준 광량 측정 장치를 이용하여 실시간으로 보정 계수를 적용하여 특정 파장을 기준으로 하는 형광의 색상 데이터로 색상 보정할 수 있다.

【발명의 효과】

【0024】 본 발명에 따르면, IR광원 조사부를 통해 획득된 반사광 특성을 기반으로 인공지능 모델이 실시간으로 색상 보정을 수행하고, 제거 대상 종양조직을 정확하게 분류할 수 있다. 다양한 파장 및 광량 조건에서 학습된 신경망 구조를 활용함으로써, 조명 변화나 환경 노이즈에도 강인한 종양 식별이 가능하다. 또한, 다중 분광 데이터 분석, 조명 보정, 히스토그램 정규화, 감마 보정 등의 영상처리 기술을 AI 기반으로 통합하여, 형광 대비 및 색상 인식 성능을 향상시킨다. 특히

CNN, 트랜스포머 등의 딥러닝 네트워크를 활용함으로써 종양의 형광 반응을 고도 정밀도로 예측할 수 있으며, AI 프로세서를 탑재한 시스템 구성으로 실시간 대응성과 임상 적용성이 뛰어나다. 이를 통해 방사선 피폭 없이 비침습적으로 종양 진단이 가능하며, 수술 중 종양 경계를 정확히 출력함으로써 외과 수술의 정밀성과 환자의 예후 향상에 크게 기여할 수 있다.

【도면의 간단한 설명】

【0025】 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 것을 특징으로 하는 인공지능기반 종양조직 검출시스템을 나타내는 블록구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공지능기반 종양조직 검출시스템에 의해 수행되는 종양조직 검출방법(S100)을 나타내는 흐름도이다.

도 3 내지 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 인공지능기반 종양조직 검출시스템의 검출결과 출력부에 의해 출력되는 화면을 나타내는 사진으로서, 암진단 시각화에 획기적인 역할을 수행한다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

【0026】 이하 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정하여 해석되어서는 아니되며, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.

【0027】 본 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우 뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다. 본 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

【0028】 도 1에는 본 발명의 일 실시예에 따른 것을 특징으로 하는 인공지능 기반 종양조직 검출시스템을 나타내는 블록구성도가 도시되어 있고, 도 2에는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공지능기반 종양조직 검출시스템에 의해 수행되는 종양조직 검출방법을 나타내는 흐름도가 도시되어 있다.

【0029】 이들 도면을 참조하면, 본 실시예에 따른 인공지능기반 종양조직 검출시스템(100)에 따르면, 특정 역할을 수행하는 IR광원 조사부(110), 반사광특성 추출부(120), 색상데이터 보정부(130), 제거대상 검출부(140) 및 검출결과 출력부(150)를 구비함으로써, 종양 조직을 정확하게 검출하고, 수술 부위에서 종양 상태에 따른 색 보정 및 분석을 통해 종양 조직을 식별할 수 있는 인공지능기반 종양조직 검출시스템을 제공할 수 있다.

【0030】 이하에서는 도 1 내지 도 11을 참조하여 본 실시예에 따른 인공지능 기반 종양조직 검출시스템(100)을 구성하는 각 구성에 대해 상세히 설명한다.

【0031】 IR광원 조사부(110)의 구체적인 구성 및 역할

【0032】 IR광원 조사부(110)는 종양조직에 형광을 유도하는 5-ALA 복용 이후의 반응 영역에 적외선(IR) 파장의 조사광을 안정적으로 제공하기 위한 광원 시스템이다. IR광원 조사부(110)는 전체 시스템의 시작단계로, 형광단이 축적된 조직을 자극하여 특정 파장의 형광 발현을 유도함으로써 이후 반사광 분석이 가능하게 한다. 조사되는 파장은 종양조직 내 프로토포르피린 IX(PpIX)의 형광 반응에 최적화된 범위를 대상으로 한다.

【0033】 IR광원 조사부(110)는 조사 광원의 생성, 방향 설정, 광량 보정 기능을 통합적으로 수행할 수 있도록 설계된다. 이를 위해 IR광원 생성모듈(111), 조사방향 제어모듈(112), 광원 보정모듈(113)로 세분화하여 모듈화시켜 각각의 기능을 독립적으로 제어하거나 연동 제어할 수 있다. 이러한 구성은 조사 광원의 일관성과 안정성을 보장하기 위해 필수적이다.

【0034】 IR광원 조사부(110)는 실시간 반응성을 고려하여 빠른 온/오프 동작과 조사 세기 조절이 가능해야 한다. 이에 따라 조사부 전체는 고속 반응형 LED 또는 LD(Laser Diode) 광원을 기반으로 구성되며, 조도 센서와 피드백 루프를 통해 광량 변동을 자동 조절할 수 있도록 한다. 이로 인해 수술 중 환경 변화에도 안정적인 형광 유도가 가능해진다.

【0035】 IR광원 조사부(110)는 종양조직의 위치와 크기에 따라 유연하게 조사영역을 조절할 수 있어야 하며, 이를 위해 조준 광학 시스템 또는 조사 각도 조절기를 포함할 수 있다. 조사영역이 국소부위일 경우에는 집광형, 넓은 부위일 경우에는 확산형 조사광을 제공하도록 광학적 조절이 가능하도록 설계한다. 이는 영

상 정확도와 해상도를 높이는 데 결정적이다.

【0036】 또한 IR광원 조사부(110)는 조사 전후의 반응값을 바탕으로 스스로 광량을 조절하는 보정 기능을 포함함으로써 형광 발현의 편차를 줄인다. 이와 같은 자동화 기능은 종양조직이 약하게 반응하거나 정상조직과 경계가 애매한 경우에도 정확한 신호 추출을 가능하게 하며, 이후 AI 기반 분석의 정밀도를 향상시키는 데 기여한다.

【0037】 IR광원 생성모듈(111)의 구체적인 설명

【0038】 IR광원 생성모듈(111)은 적외선(IR) 파장의 광원을 생성하여 조사부에 공급하는 핵심 구성으로, PpIX가 반응할 수 있는 600~800nm 파장 대역의 광원을 안정적으로 출력할 수 있도록 설계된다. 일반적으로 광원 생성에는 근적외선(NIR) 대역의 LED 어레이 또는 LD 어레이를 사용하며, 병렬 또는 시퀀셜 제어 방식으로 운용될 수 있다.

【0039】 IR광원 생성모듈(111)은 광원의 파장을 정밀하게 제어할 수 있도록 설계되며, 파장 필터링 또는 다파장 LED 패널을 활용하여 특정 파장을 선택적으로 조사할 수 있다. 예를 들어, 635nm, 660nm, 690nm 등 PpIX의 반응 최적 조건에 따라 선택적 파장 제어가 가능한 방식이 채택될 수 있다. 이러한 선택적 파장은 향후 AI 학습 데이터에도 반영되므로 중요하다.

【0040】 IR광원 생성모듈(111)은 높은 조사 강도와 동시에 조직 손상을 방지할 수 있는 안전 설계를 포함한다. LED 또는 LD의 출력 강도는 수술 현장에서 인체

에 해를 주지 않는 범위에서 자동으로 조절되며, 내부 온도 센서와 연동된 냉각 시스템을 함께 탑재함으로써 안정적인 작동을 유지한다.

【0041】 IR광원 생성모듈(111)은 광량을 정밀하게 조절하기 위해 PWM(Pulse Width Modulation) 제어기술을 도입할 수 있다. 이를 통해 특정 시간 단위로 광출력을 세밀하게 조정하고, 빠른 응답성과 미세 조도 조절을 실현함으로써 수술 중 환부의 조건에 따라 광량을 자동 최적화할 수 있다.

【0042】 또한 IR광원 생성모듈(111)은 소형화 및 경량화를 통해 수술 현장에서의 기기 장착 편의성과 유연성을 높인다. 광원 생성부는 내시경 시스템, 고정형 스탠드, 또는 웨어러블 장치에 장착 가능한 형태로 구현되며, 다양한 의료 현장에 적용될 수 있도록 확장성을 갖추는 것이 바람직하다.

【0043】 조사방향 제어모듈(112)의 구체적인 설명

【0044】 조사방향 제어모듈(112)은 IR광원이 종양조직에 정확하게 조사될 수 있도록 광원의 조사 방향을 조절하는 기능을 수행한다. 이는 수술 중 종양의 위치, 각도, 표면 형상 등이 수시로 변화하는 상황에서 안정적인 형광 반응을 유도하기 위해 필수적인 기능이다.

【0045】 조사방향 제어모듈(112)은 전동 회전기구, 틸트 모터, 미세 위치 조정 액추에이터 등을 포함하여 다축 방향으로 조사 각도를 조정할 수 있는 구조를 갖는다. 의료진이 수동 조작하거나, 영상 내 피드백 정보를 기반으로 자동 조정이 가능하도록 구성된다. 이로 인해 복잡한 수술 환경에서도 광원의 정밀한 방향 조정

이 가능해진다.

【0046】 조사방향 제어모듈(112)은 영상 분석 시스템과 연동되어, 종양 위치를 자동 추적하면서 조사 방향을 동적으로 제어할 수 있다. 이 기능은 AI 기반 영상 분석 결과를 실시간으로 반영하여, 조사 부위가 종양의 주요 반응 영역과 일치하도록 지속적으로 교정하는 구조로 운영된다.

【0047】 조사방향 제어모듈(112)은 관절형 암 또는 유연 지지대에 탑재되어 수술 시야를 방해하지 않으면서도 자유로운 조사 방향 전환이 가능해야 한다. 특히, 내시경 또는 로봇수술 환경에서는 정밀한 제어가 가능하도록 초소형 스텝 모터 또는 마이크로 액추에이터 기반 제어시스템이 적용될 수 있다.

【0048】 이러한 제어모듈은 조사 시 의도치 않은 반사나 편향을 최소화하기 위해 레이저 포인터, 조준 센서, 보조 카메라 등의 피드백 장치와 함께 운영되며, 조사 정확도를 높이고, AI 기반 형광 분석의 기초 데이터를 안정적으로 수집하는데 기여한다.

【0049】 광원 보정모듈(113)의 구체적인 설명

【0050】 광원 보정모듈(113)은 조사되는 IR광의 광량, 파장, 조사 영역의 균일도 등을 실시간으로 감지하고 조절하여 형광 반응의 정밀도를 높이는 역할을 수행한다. 수술 환경에서는 조명 간섭, 조직의 위치 이동, 환부의 습기 등 다양한 변수에 따라 조사광이 왜곡될 수 있으므로 보정 기능은 필수적이다.

【0051】 광원 보정모듈(113)은 조사부 내에 장착된 조도 센서 또는 광량 센서를 이용하여 실시간으로 출력 광량을 측정하고, 기준 광량과의 차이를 분석하여 광출력을 즉시 보정하는 피드백 루프 구조를 갖는다. 이를 통해 형광 유도가 일정하게 유지되며, 중앙 검출 신호의 일관성이 확보된다.

【0052】 광원 보정모듈(113)은 또한 수술 대상 부위의 반사 특성이나 조도 조건을 학습하여, 상황별 최적의 광량 패턴을 적용할 수 있도록 설계된다. 예를 들어, 혈액이 많은 부위나 습윤 환경에서는 반사율이 달라지므로, AI 기반으로 보정 알고리즘이 작동하여 조사 조건을 능동적으로 조절한다.

【0053】 보정모듈은 또한 기준 광량 측정장치와 연동되어 사전 캘리브레이션 값을 기준으로 조사 세기를 조정할 수 있다. 이는 모든 수술 케이스에서 동일한 조건을 유지할 수 있도록 하여, 임상적 재현성을 높이는 효과를 가진다. 특히 형광 색상 보정에 앞서 안정된 조사 조건을 제공함으로써 전체 시스템의 정확도를 향상시킨다.

【0054】 마지막으로 광원 보정모듈(113)은 소프트웨어 기반의 알고리즘 제어 외에도, 하드웨어적인 필터, 디퓨저, 렌즈 어레이 등을 통해 광균일도 및 조사각을 조절하는 보정도 함께 수행할 수 있다. 이로써 조직 표면에 일정하고 균일한 광이 조사되도록 하여 형광 발현의 공간 왜곡을 최소화할 수 있다.

【0055】 반사광특성 추출부(120)의 구체적인 설명

【0056】 반사광특성 추출부(120)는 IR광원 조사부(110)를 통해 조사된 광원이 조직 표면에서 반사되어 나오는 반사광의 파장, 세기, 스펙트럼 특성 등을 정밀하게 추출하는 구성이다. 본 구성은 형광 반응을 분석하기 위한 핵심 데이터의 획득 단계로, 추출된 반사광 정보를 기반으로 색상 보정 및 AI 분석이 이어진다.

【0057】 반사광특성 추출부(120)는 먼저 종양조직과 정상조직에서 나타나는 반사광의 파장 분포 및 광 세기를 고해상도로 측정하기 위해, 반사광 수광모듈(121)과 다중분광모듈(122)을 결합된 형태로 구성하며, 신체 조직에서 반사된 비정형 데이터를 수치화하고 디지털로 변환할 수 있도록 한다.

【0058】 반사광특성 추출부(120)는 다중 파장 대역의 데이터를 처리하므로, 고속 연산이 가능하고 잡음에 강한 전자처리 회로와 소프트웨어가 통합되어야 한다. 특히 IR 및 가시광 영역의 다양한 파장을 실시간으로 처리하기 위해 광대역 필터링 기술과 고감도 센서 기술이 함께 적용된다.

【0059】 추출부는 또한 측정된 반사광의 신호 품질을 평가하고, 분석에 적합한 데이터 형태로 가공할 수 있는 데이터전처리모듈(123)을 포함한다. 이를 통해 신호에서 노이즈를 제거하고, AI 모델 학습 또는 추론에 최적화된 형태로 파장 데이터를 정제한다.

【0060】 반사광특성 추출부(120)는 IR광원 조사부(110)와 직접 연결되어 광원의 세기와 파장을 고려한 동적 반응 기반의 추출 프로세스를 수행하며, 형광 발현 여부, 신호 대비, 스펙트럼 피크의 위치 등을 기준으로 종양 판별을 위한 핵심

특성 데이터를 확보한다. 이 데이터를 기반으로 한 후속 처리의 정밀도는 반사광 특성 추출의 정확성에 의해 좌우된다.

【0061】 반사광 수광모듈(121)의 구체적인 설명

【0062】 반사광 수광모듈(121)은 수술 부위에서 반사되어 나오는 IR광 및 형광 성분을 직접 수광하여 전기적 신호로 변환하는 장치이다. 이는 형광 발현 강도 및 반사광의 파장별 에너지 분포를 측정하는 첫 번째 단계에 해당하며, 시스템의 입력 데이터 품질을 결정짓는 매우 중요한 구성이다.

【0063】 반사광 수광모듈(121)은 고감도 CMOS 또는 InGaAs 기반 센서 어레이를 이용하여 넓은 파장 대역(600~900nm)에서 높은 민감도로 반사광을 감지한다. 특히 PpIX 형광이 발현되는 635nm, 690nm 대역에서 정밀한 광센싱이 가능해야 하며, 수광 위치별 픽셀 응답 균일도가 높은 센서를 채택한다.

【0064】 수광모듈은 고속 샘플링 기능을 통해 형광 발현의 일시적 강도 변화나 조직 움직임에도 빠르게 대응할 수 있어야 하며, 이를 위해 초당 수백 프레임 이상의 수광 데이터를 캡처할 수 있도록 고속 ADC(Analog to Digital Converter)가 내장된다. 이로 인해 동적 환경에서도 실시간 영상 획득이 가능해진다.

【0065】 반사광 수광모듈(121)은 일반적으로 렌즈 시스템 및 광각 수광 구조를 갖추고 있어, 수술 부위의 넓은 영역을 한 번에 측정할 수 있으며, 특정 부위에 집중 측정이 필요한 경우에는 줌(Zoom) 기능이 포함된 광학계가 적용된다. 이로써 사용자가 원하는 해상도와 범위로 유연하게 수광할 수 있다.

【0066】 또한 수광모듈은 영상 왜곡을 줄이기 위한 반사광 왜곡 보정 알고리즘과 연동되어, 인체 곡면이나 습윤 표면에서 발생하는 광 굴절이나 반사 왜곡을 실시간으로 조정한다. 이러한 보정 기능은 정확한 형광 검출 및 AI 학습 정확도 향상에 중요한 역할을 한다.

【0067】 다중분광모듈(122)의 구체적인 설명

【0068】 다중분광모듈(122)은 반사광 수광모듈(121)에서 획득한 광 신호를 파장 단위로 분해하고, 스펙트럼 특성으로 변환하는 장치이다. 이는 하나의 영상에서 수십~수백 개의 파장 정보를 동시에 추출할 수 있는 구조로, 하이퍼스펙트럴 이미징 기술을 기반으로 한다.

【0069】 다중분광모듈(122)은 일반적으로 분광필터 어레이(Filter Wheel 또는 Tunable Filter) 또는 회절격자 기반 스펙트로미터를 이용하여 구성된다. 해당 구성은 파장 대역별로 세분화된 데이터를 실시간으로 추출하며, 조직에서 반사되는 특정 파장의 스펙트럼 패턴을 인식하여 종양 여부를 정밀 분석할 수 있다.

【0070】 모듈은 각 파장대별 반사광 강도의 차이, 흡수율, 회절특성 등을 고려하여 종양조직의 특이 신호를 강조할 수 있도록 설계되며, 머신러닝 기반의 파장 선택 알고리즘과 연동하여 가장 의미 있는 파장대를 추출하도록 최적화할 수 있다.

【0071】 다중분광모듈(122)은 형광 반응이 미세하게 변화하는 경우에도 고해상도 스펙트럼 분석을 통해 신호 패턴을 누적 감지할 수 있으며, 다양한 환경에서도 일관된 분석결과를 제공한다. 이로 인해, 수술 환경에서 발생하는 다양한 노이

즈 요인을 분광 차원에서 차단하고 신뢰도 높은 데이터를 확보할 수 있다.

【0072】 또한 해당 모듈은 하드웨어 기반 분광 뿐 아니라, 소프트웨어 기반 스펙트럼 추출 기술과 함께 운용될 수 있다. 예를 들어, 학습 기반 보간 알고리즘이나 PCA(주성분분석), ICA(독립성분분석) 기법 등을 적용하여 데이터의 해석력을 향상시키며, AI 기반 색상 보정 처리의 정밀도를 높일 수 있다.

【0073】 데이터전처리모듈(123)의 구체적인 설명

【0074】 데이터전처리모듈(123)은 반사광 수광모듈(121) 및 다중분광모듈(122)에서 수집된 원시 데이터를 AI 분석에 적합한 형태로 정제하는 기능을 수행한다. 이는 노이즈 제거, 스펙트럼 보정, 이상값 제거, 정규화 등 다양한 처리 과정을 포함한다.

【0075】 해당 모듈은 우선 원시 데이터의 신호대잡음비(SNR)를 향상시키기 위해 저역통과필터(LPF), 이동평균(MA), 웨이블릿 변환 기반 필터링 등을 적용하여 고주파 노이즈를 제거하고 신호의 주요 특징을 유지하도록 구성된다.

【0076】 데이터전처리모듈(123)은 또한 파장별 스펙트럼 값의 정규화(normalization)를 수행하여 각 케이스 간 데이터 비교가 가능하도록 한다. 이 과정은 AI 모델이 조명 세기나 센서 특성의 영향을 최소화하고, 의미 있는 패턴만을 학습하게 하여 일반화 성능을 높인다.

【0077】 전처리 과정에서는 반사광 내의 특정 피크 또는 임계값을 기준으로 데이터를 분할하거나, 특징 벡터(feature vector)로 변환하는 작업도 함께 수행된

다. 이로써 AI 모델이 데이터를 효과적으로 인식하고 분류할 수 있도록 구조화된 입력을 제공한다.

【0078】 마지막으로 데이터전처리모듈(123)은 실시간 전처리 처리 엔진으로 구현되어, 수술 중 획득되는 데이터를 지연 없이 처리하고, 색상 보정부(130) 및 제거대상 검출부(140)로 전달할 수 있도록 시스템 통합 구조를 구성한다. 이는 전체 시스템의 실시간성 유지에 핵심적인 역할을 수행한다.

【0079】 색상데이터 보정부(130)의 구체적인 설명

【0080】 색상데이터 보정부(130)는 반사광특성 추출부(120)를 통해 획득한 형광 및 반사광 데이터를 인공지능망 기반으로 처리하여, 종양조직의 형광 색상 왜곡을 최소화하고 일관된 분석이 가능하도록 정규화된 색상 데이터를 출력하는 구성이다. 본 구성은 종양의 식별 정확도에 직결되며, 전체 시스템의 AI 기반 판단의 신뢰성을 확보하는 데 중추적인 역할을 한다.

【0081】 색상데이터 보정부(130)는 인공지능망 모델(131)을 활용하여, 다양한 광원 환경, 반사 조건, 조직 특성에 따른 색상 데이터의 왜곡을 학습 기반으로 보정한다. 특히 동일한 조직에서 환경 변화에 따라 달라질 수 있는 형광 색상의 분산을 AI가 스스로 보정하여 실제 종양 신호를 강조하고, 정상조직과의 경계도 명확하게 구분되도록 한다.

【0082】 색상데이터 보정부(130)는 형광 신호뿐 아니라 반사광의 상대 밝기, 반사 패턴, 조도 편차, 광원 중심축에서의 거리 등 다양한 입력 변수를 고려하여

종합적인 색상 보정을 수행한다. 이러한 복합 변수 입력은 AI가 비선형적인 색상 변화 패턴을 학습할 수 있게 하며, 전통적인 색상 보정보다 높은 정밀도를 제공한다.

【0083】 본 구성은 다중 채널 색상보정, 히스토그램 정규화, 감마 보정, 백색 균형 조정 등 복수의 영상 처리 기술을 병렬 적용하거나 조건부 적용함으로써, 광학적 왜곡을 구조적으로 제거하는 역할도 수행한다. 이를 통해 AI는 보다 구조화된 입력 데이터를 기반으로 정확한 판단을 할 수 있게 된다.

【0084】 또한 색상데이터 보정부(130)는 모델 학습모듈(133)과 상시 연동되어 AI 모델의 성능을 지속적으로 개선할 수 있도록 설계된다. 즉, 특정 수술 환경에서 누적된 데이터나 오차 사례를 기반으로 지속적인 피드백 학습이 가능하며, 환경 변화에 유연하게 적응할 수 있는 자율 보정 시스템을 실현한다.

【0085】 인공신경망 모델(131)의 구체적인 설명

【0086】 인공신경망 모델(131)은 색상데이터 보정부(130)의 핵심 연산 구조로, 다중 파장 및 광원 조건에서 측정된 형광 및 반사광 데이터를 입력받아, 정규화된 색상 데이터로 변환하기 위한 비선형 함수 집합을 포함한 딥러닝 기반 연산 구조이다. 이는 수많은 환경 변수 속에서도 종양 조직의 색상 특징을 안정적으로 분리해낼 수 있도록 설계된다.

【0087】 해당 모델은 CNN(Convolutional Neural Network), Transformer, 또는 U-Net 기반의 색상 회복 네트워크 등을 포함할 수 있으며, 각종 파장별 반응 특

정, 이미지 내 위치 정보, 조직의 공간적 연속성까지 종합적으로 반영하여 보정 연산을 수행한다. 이는 정적 영상 뿐 아니라 실시간 영상 스트림에도 적용 가능하다.

【0088】 모델은 형광단이 축적된 종양조직의 반응 특성과, 백색광 또는 IR광 조사에 따른 반사광의 변형 양상을 학습함으로써, 각기 다른 조사 조건에서도 일관된 색상 데이터로 변환할 수 있도록 한다. 특히 다중분광 기반 데이터와 병합되면, 특정 파장에서의 종양 형광 특이성을 더욱 강조할 수 있다.

【0089】 인공신경망 모델(131)은 종양 상태에 따라 달라지는 색상 스펙트럼 데이터를 기반으로 학습되며, 종양의 밀도, 혈관 분포, 피막 유무에 따른 형광 반응 차이까지 반영할 수 있다. 이는 단순 색상 보정을 넘어, 병리적 정보를 간접적으로 반영하는 분석이 가능하다는 점에서 의학적 가치를 지닌다.

【0090】 또한 본 모델은 환경 적응형 가중치 업데이트 알고리즘을 포함하여, 동일 환자 내에서도 수술 도중 광원 상태가 바뀌거나 조직 상태가 변할 경우, 이에 동적으로 반응하는 자가 적응형 학습 구조를 제공한다. 이로 인해 고정된 파라미터 모델보다 훨씬 유연하고 정확한 보정이 가능하다.

【0091】 색상보정 모듈(132)의 구체적인 설명

【0092】 색상보정 모듈(132)은 인공신경망 모델(131)의 출력 결과를 바탕으로 실제 영상 또는 수치 데이터에 적용 가능한 색상 매핑 및 영상 조정 처리를 수행하는 구성이다. 즉, AI가 예측한 색상 보정 결과를 영상에 실질적으로 반영하여 사용자나 후속 처리 모듈이 활용할 수 있도록 한다.

【0093】 본 모듈은 다중 채널 색상 변환 알고리즘을 내장하고 있으며, RGB, YUV, HSV 등 다양한 색상 공간에서의 연산이 가능하다. AI로부터 도출된 보정 파라미터에 따라 영상의 색 균형을 자동 조절하며, 광량이 강하거나 약한 구간에 대해서는 대비를 자동 보정하여 시각적으로 명확한 영상 출력을 구현한다.

【0094】 색상보정 모듈(132)은 또한 조직의 반사 특성에 따른 비선형 색상 왜곡을 제거하기 위해 감마 보정(Gamma Correction), 히스토그램 정규화, 화이트 밸런스 조정 등을 복합적으로 수행한다. 이러한 보정 작업은 수술 중 실시간 처리되어, 외과의사에게 정확하고 신뢰성 높은 색상 정보를 제공할 수 있다.

【0095】 이 모듈은 광원 보정모듈(113) 및 반사광특성 추출부(120)의 입력 데이터와도 직접 연동되어, 원천 이미지의 조명 조건과 반사 조건까지 고려한 다변수 기반 보정이 가능하다. 이를 통해 영상의 전체적인 색상 톤이 실제 조직 반응과 일치하도록 보정된다.

【0096】 색상보정 모듈(132)은 최종적으로 영상 출력 장치 또는 AI 기반 제거대상 검출부(140)로 데이터를 전달하며, 보정된 색상 데이터를 기반으로 종양 경계 인식, 제거 대상 결정, 시각적 오버레이 등 다양한 후속 처리가 이어질 수 있도록 연결성을 확보한다.

【0097】 모델 학습모듈(133)의 구체적인 설명

【0098】 모델 학습모듈(133)은 인공신경망 모델(131)이 최적의 성능을 발휘할 수 있도록 지속적인 학습, 재학습, 미세조정(Fine-tuning)을 수행하는

구성이다. 이 모듈은 시스템이 적용되는 환경, 환자별 조직 특성, 광원 조건 등의 변화에 능동적으로 대응할 수 있도록 학습 데이터를 관리하고, 모델 파라미터를 조정한다.

【0099】 본 모듈은 형광 반응과 반사광 데이터를 학습용 입력으로 사용하며, 각 데이터셋에 대한 정답 데이터(ground truth)와의 오차를 비교하여 손실 함수(loss function)를 계산하고, 역전파(backpropagation)를 통해 가중치를 조정하는 방식으로 학습을 수행한다.

【0100】 모델 학습모듈(133)은 일반적인 지도학습(Supervised Learning)뿐만 아니라, 반자동 라벨링 기반 준지도학습(Semi-supervised Learning)이나 실시간 학습 데이터 수집 기반 온라인 학습(Online Learning) 구조를 채택할 수 있다. 이를 통해 새로운 환경에서도 지속적으로 성능을 유지하거나 개선할 수 있다.

【0101】 또한 본 모듈은 수술 중 수집된 실시간 데이터나 외부 의료 영상 DB와 연동하여, 상황 맞춤형 학습 데이터셋 생성 기능을 포함할 수 있다. 예를 들어, 동일 환자의 이전 형광 반응 패턴을 기준으로 새로운 학습을 수행하거나, 특정 암종에 특화된 모델을 생성할 수 있다.

【0102】 마지막으로 모델 학습모듈(133)은 AI 프로세서(NPU, GPU 등)와 연계된 병렬 연산 구조를 갖추고 있어, 고속 학습과 즉각적인 모델 반영이 가능하다. 이를 통해 수술 전과 후뿐 아니라 수술 중에도 AI 성능이 점진적으로 향상될 수 있는 적응형 학습기반 시스템을 제공할 수 있다.

【0103】 제거대상 검출부(140)의 구체적인 설명

【0104】 제거대상 검출부(140)는 색상데이터 보정부(130)를 통해 정규화된 색상 데이터를 입력받아, 종양 조직의 상태를 분석하고 수술로 제거해야 할 종양 조직을 실시간으로 식별하는 핵심 구성이다. 이 구성은 AI 판단 기반으로 정상 조직과 종양 조직을 분류하며, 환부 내 제거 경계선을 설정하는 데 중추적 역할을 한다.

【0105】 제거대상 검출부(140)는 크게 세 개의 하위 모듈로 구성된다. 정상 기준 설정모듈(141)은 종양 여부를 판별하기 위한 기준선 데이터를 설정하고, 제거 대상 판단모듈(142)은 보정된 영상 데이터에 따라 종양 여부를 분류하며, 판단결과 데이터후처리모듈(143)은 분류 결과를 기반으로 시각적 출력이나 후속 장치로 전달할 수 있도록 가공한다.

【0106】 해당 검출부는 조직의 색상, 대비, 스펙트럼 패턴 등의 정량적 지표를 기반으로 판단하기 때문에, 주관적 인식에 의존하지 않고 정량적 제거 판단이 가능하다. 이로써 수술 중 종양의 잔존 가능성을 줄이고, 재발률 감소에 기여할 수 있다.

【0107】 제거대상 검출부(140)는 AI 기반 이미지 분류 네트워크 또는 객체 인식 네트워크와 연동되어 있으며, 예를 들어 U-Net, Mask R-CNN, DeepLab 등 의료 영상 처리에 최적화된 네트워크 구조를 통해 조직 영역 분할을 수행한다. 이러한 구조는 실시간성과 고정밀도를 동시에 만족시킬 수 있도록 한다.

【0108】 본 구성은 또한 색상보정 결과와 원시 형광 반응값, 그리고 주변 조직의 반사광 특성까지 함께 고려하여 다층 조건 기반의 제거 판단을 수행한다. 이를 통해 경계가 애매하거나 형광 발현이 약한 부위에 대해서도 정확한 제거 여부 판단이 가능하도록 고도화된 알고리즘을 포함한다.

【0109】 정상기준 설정모듈(141)의 구체적인 설명

【0110】 정상기준 설정모듈(141)은 조직을 '정상'으로 판단할 수 있는 색상 및 스펙트럼 기준값을 설정하는 기능을 수행한다. 이 기준은 제거 대상 여부를 판단하기 위한 기준선으로 활용되며, 환자의 생체조직 특성에 맞게 동적으로 설정되거나 사전 정의된 기준을 적용할 수 있다.

【0111】 본 모듈은 AI 기반으로 수많은 임상 데이터를 학습하여 도출된 정상 조직의 색상값 분포, 반사광 특성, 스펙트럼 형상을 포함하는 기준 모델을 포함할 수 있다. 또한 조직의 해부학적 위치나 장기 특성에 따라 기준값이 다르게 적용되도록 다중 기준값 설정 구조도 지원한다.

【0112】 정상기준 설정모듈(141)은 수술 중 실시간으로 입력되는 데이터를 기반으로 환경 적응형 기준값 업데이트를 수행할 수 있다. 즉, 조직의 온도, 수분, 혈류 상태 등에 따라 미세하게 변화하는 반사특성을 실시간으로 학습하여, 기준값을 자동 보정하는 기능을 포함한다.

【0113】 이 모듈은 정규화된 색상 데이터를 활용하여, 기준값과 실제 측정값 간의 오차 벡터를 계산하고, 오차가 기준 오차범위를 초과할 경우 제거 대상으로

분류되도록 한다. 이는 기존의 단순한 Threshold 방식보다 훨씬 정밀한 기준 설정 및 적용이 가능하게 한다.

【0114】 마지막으로 정상기준 설정모듈(141)은 설정된 기준값과 AI 분류기 결과의 비교를 통해, 종양 식별의 참거짓(FP/FN) 비율을 실시간 분석할 수 있으며, 이 분석값은 판단모듈 및 학습모듈로 전달되어 전체 시스템 성능을 지속적으로 최적화할 수 있게 된다.

【0115】 제거대상 판단모듈(142)의 구체적인 설명

【0116】 제거대상 판단모듈(142)은 정상기준 설정모듈(141)에서 설정된 기준값을 바탕으로, 색상데이터 보정부(130)의 출력 데이터를 분석하여 해당 조직이 제거 대상인지를 판단하는 AI 기반 분류 엔진이다. 핵심적으로는 의료영상 분류 및 세분화(Segmentation) 기능을 수행한다.

【0117】 본 모듈은 딥러닝 기반 객체 분류 또는 픽셀 단위 세분화(Semantic Segmentation)를 통해 종양 조직을 정밀하게 인식한다. 특히 PpIX 형광의 발현 강도, 색상 스펙트럼의 왜곡 패턴, 반사광 대비값 등을 복합적으로 입력값으로 활용하여 정밀한 조직 분류를 수행한다.

【0118】 제거대상 판단모듈(142)은 시간에 따라 변화하는 영상 흐름에서도 일관된 판단을 유지하기 위해 시계열 데이터 누적처리 알고리즘을 적용할 수 있으며, 이를 통해 단일 프레임의 오류를 줄이고, 실제 제거가 필요한 조직을 안정적으로 추출할 수 있다.

【0119】 모듈은 다수의 AI 알고리즘을 앙상블 방식으로 병행 적용할 수 있어, 특정 조건에서 오작동을 최소화한다. 예를 들어, U-Net 기반 경계 인식과 ResNet 기반 분류를 병렬 적용하여 보완적인 판단 결과를 산출하며, 복수 판단 결과의 평균 또는 최대치 기반 최종 판단이 이루어진다.

【0120】 또한 제거대상 판단모듈(142)은 수술 중 판단 오차가 발생한 경우, 판단 이력을 저장하고 이를 모델 학습모듈(133)로 전달하여 지속적인 피드백 학습이 가능하도록 설계된다. 이는 점진적으로 판단 정확도를 개선할 수 있는 자가 보완적 AI 판단 시스템으로 기능한다.

【0121】 판단결과 데이터후처리모듈(143)의 구체적인 설명

【0122】 판단결과 데이터후처리모듈(143)은 제거대상 판단모듈(142)의 출력 결과를 시각화 또는 외부 시스템으로 전달하기 위한 출력 최적화 및 정제 기능을 수행한다. 이는 AI 판단결과를 외과의사 또는 수술 로봇 시스템이 이해할 수 있는 형태로 변환하는 역할을 한다.

【0123】 해당 모듈은 종양 식별 결과를 기반으로 색상 오버레이, 윤곽선 강조, 제거 대상 표시, 비율 계산 등의 다양한 시각적 결과를 생성하며, 이 결과는 디스플레이, AR 헤드셋, 또는 수술용 로봇 제어장치에 실시간으로 출력될 수 있다.

【0124】 판단결과 데이터후처리모듈(143)은 판단된 제거 대상의 위치, 면적, 경계, 명암 대비 등을 메타데이터로 함께 추출하여 영상에 삽입하거나 별도의 경로로 저장할 수 있다. 이를 통해 사후 검토, 수술 기록 보관, 또는 딥러닝 학습 데이

터로의 활용이 가능해진다.

【0125】 이 모듈은 판단 결과의 신뢰도 지수(Confidence Score)를 시각화하여 사용자에게 판단의 정확성과 불확실성을 함께 제공할 수 있다. 예를 들어 경계가 불명확한 영역에 대해서는 색상 반투명도, 점선 처리, 깜박임 등으로 표현하여 수술자가 상황을 인지할 수 있도록 돕는다.

【0126】 마지막으로 판단결과 데이터후처리모듈(143)은 외부 API 또는 통신 모듈과 연동되어, 판단결과를 실시간으로 외부 시스템(예: 병원 PACS 서버, 클라우드 AI 분석 플랫폼, 수술로봇 제어모듈 등)에 전달할 수 있으며, 의료 현장의 통합성과 확장성을 동시에 확보할 수 있다.

【0127】 검출결과 출력부(150)의 구체적인 설명

【0128】 검출결과 출력부(150)는 제거대상 검출부(140)를 통해 분석된 종양 조직의 경계, 위치, 제거 필요성 여부 등의 결과를 외과의 또는 의료 시스템 사용자에게 직관적이고 시각적으로 전달하는 구성이다. 이 구성은 실제 수술 현장에서 의사결정에 직접적인 도움을 주는 중요한 인터페이스 역할을 한다.

【0129】 검출결과 출력부(150)는 전체 시스템의 종단 구성으로, 분석 및 판단된 종양 데이터의 시각적 출력뿐만 아니라, 판단 신뢰도와 임상 메타정보까지 포함한 종합 정보 인터페이스로 작동한다. 이를 통해 영상 기반 실시간 수술 보조 시스템으로도 활용될 수 있다.

【0130】 출력 형식은 기존의 2D 영상 디스플레이뿐만 아니라, AR/VR 장치, 수술용 HUD(Head-Up Display), 내시경 영상 오버레이 시스템 등 다양한 플랫폼과 호환 가능하도록 설계된다. 이로써 외과의사가 실제 조직을 육안으로 보며, 동시에 실시간 보정된 정보도 함께 인지할 수 있도록 지원된다.

【0131】 검출결과 출력부(150)는 세 가지 주요 하위 구성으로 구분되며, 종양조직 경계 출력모듈(151)은 윤곽선이나 경계 라인을 표시하고, 색상 오버레이모듈(152)은 제거 대상 조직을 색으로 덧씌우며, 강조방식 운용자설정모듈(153)은 출력 표현 방식을 사용자 선호에 맞게 조절할 수 있게 한다.

【0132】 이 구성은 특히 수술 중 양손이 바쁜 외과의의 시야를 방해하지 않으면서도 필수적인 정보를 간결하고 선명하게 전달할 수 있어야 하며, 이러한 출력 방식은 임상 환경에서의 안전성과 효율성을 동시에 확보하는 데 기여한다.

【0133】 종양조직 경계 출력모듈(151)의 구체적인 설명

【0134】 종양조직 경계 출력모듈(151)은 제거대상 판단모듈(142)에서 도출된 결과를 기반으로, 종양조직의 경계선을 영상 상에 윤곽선 형태로 시각화하는 기능을 수행한다. 이는 수술자가 종양의 크기, 모양, 위치를 빠르게 파악하고 절제 계획을 세우는 데 직접적으로 활용된다.

【0135】 윤곽선은 AI 기반 분할 네트워크로부터 도출된 경계 데이터에 기반 하며, 일반적으로 실선, 점선, 다각형 라인, 굵기 조절된 외곽선 등으로 표현된다. 윤곽선 색상은 수술 환경에서 식별이 용이한 청색, 적색 계열이 기본값으로 사용되

며, 선택적으로 사용자 정의도 가능하다.

【0136】 본 모듈은 종양의 경계가 명확하지 않은 경우에도 판단 신뢰도에 따라 윤곽선의 선명도나 불확실성 표시(예: 흐림, 점선 등)를 동적으로 조정한다. 이를 통해 수술자는 경계 확신도에 따라 보조 판단을 할 수 있다.

【0137】 종양조직 경계 출력모듈(151)은 영상 좌표 기준의 윤곽선 데이터를 실제 영상에 실시간 오버레이하는 알고리즘을 포함하며, 외부 디스플레이, AR 장치, 또는 내시경 모니터에 그대로 적용할 수 있도록 인터페이스를 갖춘다.

【0138】 이 모듈은 또한 다중 종양이 식별되는 경우 각각의 종양 윤곽을 독립적으로 출력하고, 종양 번호 또는 위치 식별자를 함께 표기함으로써 다발성 병변에 대한 추적과 절제를 용이하게 한다.

【0139】 종양조직 색상 오버레이모듈(152)의 구체적인 설명

【0140】 종양조직 색상 오버레이모듈(152)은 AI 분석 결과에서 제거 대상으로 판단된 종양 영역을 실제 영상 위에 반투명 색상으로 덧씌우는 방식으로 표시하여, 시각적 주목성을 극대화하는 구성이다. 이 모듈은 종양 식별의 직관성과 시인성을 크게 향상시킨다.

【0141】 색상 오버레이는 종양의 크기와 위치를 감싸는 전체 영역을 채색하며, 주로 빨간색, 주황색, 노란색 계열의 색상이 위험도에 따라 구분되어 표시된다. 예를 들어, 신뢰도가 높은 영역은 진한 색으로, 낮은 영역은 연한 색으로 표현된다.

【0142】 본 모듈은 오버레이의 투명도, 색상 채도, 깜빡임 주기 등 시각적 강조 요소를 실시간으로 조절할 수 있으며, 수술 중 혈액이나 조직 색과 겹쳐 보이지 않도록 시각적 최적화를 자동 수행한다. 이로써 명확한 인식이 가능해진다.

【0143】 종양조직 색상 오버레이모듈(152)은 영상 처리 속도가 빠른 GPU 기반 연산을 통해 지연 없는 실시간 렌더링을 수행하며, 의료용 영상 스트리밍 시스템과의 실시간 동기화를 지원한다. 이는 수술 중 영상 변경 시에도 오버레이가 정확하게 따라붙도록 보장한다.

【0144】 이 구성은 또한 위험도 기반 색상 출력을 통해, 종양의 경계 내에서도 중심부, 주변부에 따른 제거 우선도 시각화가 가능하다. 예를 들어, 중심부는 진한색, 주변부는 옅은색으로 표시하여 수술 시 순차적 절제 방향을 유도할 수 있다.

【0145】 강조방식 운용자설정모듈(153)의 구체적인 설명

【0146】 강조방식 운용자설정모듈(153)은 출력 형식, 강조 방식, 시각적 표현 방법 등을 사용자의 선호나 임상 환경에 따라 설정할 수 있도록 하는 인터페이스 구성이다. 이 모듈은 외과의사나 수술 보조팀의 판단 피로도를 줄이고, 각 환경에 최적화된 시각정보 제공을 가능하게 한다.

【0147】 사용자는 윤곽선 강조와 오버레이 표시 중 원하는 방식만을 선택하거나, 두 가지를 혼합하여 사용할 수 있으며, 표시 색상, 선 굵기, 투명도, 깜빡임 여부 등을 GUI 또는 터치 패널을 통해 실시간으로 설정할 수 있다.

【0148】 강조방식 운용자설정모듈(153)은 각 설정값을 프로파일화하여 저장할 수 있어, 외과의사별 또는 병원별 커스터마이징된 시각 출력 환경을 구현할 수 있다. 이는 의료진 간 일관된 수술 시각화를 유도하는 데 도움을 준다.

【0149】 또한 이 모듈은 실제 환부 영상의 해상도나 조명 조건에 따라 자동으로 최적 강조 방식을 추천할 수 있는 AI 기반 인터랙티브 설정 기능도 포함할 수 있다. 예를 들어, 영상 대비가 낮으면 윤곽선을 강조하고, 배경이 어두우면 색상 오버레이를 추천한다.

【0150】 마지막으로 강조방식 운용자설정모듈(153)은 출력 장치와 연동되어, 설정값에 따라 AR 디스플레이, 내시경 모니터, 터치스크린 인터페이스 등 다양한 형태의 출력 시스템에 실시간 적용되며, 유연한 시각 피드백 환경을 제공한다.

【0151】 인공지능기반 종양조직 검출시스템(100)에 의해 수행되는 종양조직 검출방법(S100)

【0152】 첫 번째 단계(S110): IR광원의 종양부위 조사 단계

【0153】 첫 번째 단계(S110)는 환자의 체내에 축적된 형광단(PpIX)에 대해 적외선(IR) 광을 조사하여 형광 반응을 유도하는 단계로서, 본 발명의 전체 프로세스에서 가장 초기이자 핵심적인 자극 입력 과정이다. 환자는 사전에 5-아미노레블린산(5-ALA)을 경구 투여 받으며, 이 물질은 종양 조직에 선택적으로 축적되어, 특정 파장의 광원 조사 시 형광을 발현하게 된다. 본 단계에서는 IR광원 조사부(110)에 포함된 IR광원 생성모듈(111)이 광원을 발생시키고, 조사방향 제어모듈(112)

을 통해 환부에 정밀하게 조사되도록 한다.

【0154】 IR광원 생성모듈(111)은 일반적으로 635nm, 660nm, 690nm 등 PpIX가 강한 형광을 나타내는 근적외선 파장을 중심으로 구성되며, 고출력 LED 또는 LD를 병렬로 배열한 구조로 구성된다. 특히 IR광원은 생체조직 침투도가 높기 때문에, 개복 없이도 표층뿐만 아니라 비교적 깊은 층의 종양까지도 조사할 수 있는 장점이 있다. 조사 세기는 수술 환경에 따라 자동 보정되며, 조사 대상 부위의 특성에 따라 집광 또는 확산 조사 모드를 선택할 수 있도록 한다.

【0155】 조사방향 제어모듈(112)은 종양 조직의 공간 위치와 표면 곡률에 따라 광원의 입사각을 조절하며, 수술 중 의료진의 시야나 조작을 방해하지 않도록 유연한 기구적 설계가 적용된다. 이 모듈은 전동형 각도조절 장치, 회전 암 또는 로봇 관절 구조를 포함할 수 있으며, 광원 조사 각도를 실시간으로 조정하여 조사 범위의 균일성을 유지한다. 특히 수술 중 종양 위치가 변경되거나 시야가 이동할 경우에도 안정적인 조사가 가능하다.

【0156】 광원 보정모듈(113)은 조사된 광의 세기, 분포, 균일도를 수술 환경에서 실시간으로 측정하고, 기준값과 비교하여 자동으로 보정하는 피드백 루프를 형성한다. 예를 들어 조사 대상 부위에 혈액이 있는 경우, 광 흡수가 증가하여 형광 발현이 약해질 수 있으므로, 보정모듈은 이를 감지하고 IR광원의 출력을 증가시키거나 조사시간을 연장하는 방식으로 대응한다. 또한, 환자의 움직임이나 조명 변화에도 신속하게 대응할 수 있도록 설계된다.

【0157】 요약하면, 본 단계는 IR광원의 정밀 조사와 실시간 보정을 통해 형

광 발현을 극대화시키는 과정을 수행하며, 이후 단계에서 수행되는 반사광 분석 및 색상 보정의 기반 데이터를 확보하는 출발점이다. 조사광의 세기, 파장, 입사각, 조사면적이 모두 통합적으로 제어되기 때문에, 형광 반응의 품질과 정밀도는 이 단계의 성능에 직접적으로 영향을 받는다. 따라서, 정확하고 균일한 광 조사 기술이 본 발명의 핵심 경쟁력 중 하나로 작용한다.

【0158】 두 번째 단계(S120): 반사광 특성 데이터 획득 단계

【0159】 두 번째 단계(S120)는 IR광원의 조사에 의해 형광을 발현한 조직에서 반사되어 나오는 광을 정밀하게 수광하고, 해당 반사광의 파장별 강도 및 스펙트럼 특성을 분석하여 형광단의 분포와 상태를 수치화하는 단계이다. 본 단계는 반사광특성 추출부(120)를 구성하는 여러 모듈들이 복합적으로 동작하여 고정밀 다차원 데이터를 획득한다.

【0160】 먼저 반사광 수광모듈(121)은 수술 부위에서 반사되어 나오는 형광 신호와 백색광 반사 성분을 고감도 이미지 센서 또는 스펙트럼 수광센서를 통해 수광한다. 일반적으로 CMOS 센서가 사용되지만, 보다 넓은 스펙트럼 대역(600~900nm)을 커버하기 위해 InGaAs 센서, sCMOS, 또는 적외선 특화 센서가 함께 탑재될 수 있다. 수광된 신호는 단일 이미지 프레임으로 구성되는 것이 아니라, 시계열 및 다채널 정보를 포함한 고차원 행렬 형태로 저장된다.

【0161】 다음으로 다중분광모듈(122)은 수광된 데이터를 파장 단위로 분해하고, 각 파장에서의 신호 강도를 정량화한다. 이 모듈은 액정 튜너 필터(LCTF), 회절 격자, 프리즘 어레이 등을 포함한 하이퍼스펙트럼 시스템을 기반으로 작동한다.

예를 들어, 형광이 강하게 나타나는 특정 파장에서 피크 신호를 보이는 위치는 종양 가능성이 높다고 판단되며, 이 데이터는 AI 학습에 핵심 피처로 사용된다.

【0162】 수집된 다중분광 데이터는 그대로 활용되기 어려우므로 데이터전처리 모듈(123)을 통해 정제된다. 이 모듈은 노이즈 필터링(웨이블릿 필터, 중간값 필터 등), 감마 보정, 배경광 제거, 비정상값 보정, 픽셀 단위 정규화 등을 포함한다. 또한 반사광의 편향(예: 센서 경사, 렌즈 왜곡 등)을 보정하기 위해 광학 왜곡 보정 알고리즘이 추가 적용될 수 있다.

【0163】 본 단계의 핵심은 단순히 형광 영상 한 장을 얻는 것이 아니라, 수십 개 이상의 파장 스펙트럼 정보, 광량, 공간 좌표, 시간 흐름 등을 모두 포함한 고차원 의료 데이터를 획득하여 AI 모델이 정확한 조직 분류와 색상 보정을 수행할 수 있도록 기반 데이터를 형성하는 데 있다. 따라서 이 단계는 후속 단계의 정밀도와 AI 판단 신뢰도를 좌우하는 필수적인 전처리 절차이기도 하다.

【0164】 세 번째 단계(S130): 색상 보정 처리 단계

【0165】 세 번째 단계(S130)는 전 단계에서 획득된 반사광 데이터와 분광 데이터를 기반으로, AI 기반의 색상데이터 보정부(130)가 실제 조직의 형광 색상을 기준 파장에 맞추어 정규화 및 보정 처리하는 단계이다. 이는 환경 광의 간섭, 반사율 차이, 조직별 굴절도 차이 등 다양한 외부 요인에 의해 왜곡된 형광 색상을 보정하여 종양 검출의 정확성을 높이는 핵심적인 프로세스이다.

【0166】본 단계에서 인공신경망 모델(131)은 CNN(Convolutional Neural Network), 트랜스포머 구조 또는 U-Net 기반의 의료영상 특화 네트워크를 활용하여, 각 과장대에서의 반사광 패턴과 색상 왜곡 패턴을 학습하고, 이를 기준 색상 스펙트럼으로 보정한다. 학습은 다중조도 환경, 다양한 인체 조직 종류, 형광 반응의 시간적 패턴 등을 포함한 대규모 데이터셋을 기반으로 수행된다.

【0167】색상보정 모듈(132)은 AI 모델이 출력한 보정값(예: ΔR , ΔG , ΔB 등)을 실제 영상에 적용하여 픽셀 단위로 색상 값을 재정렬한다. 이때 사용하는 기술에는 다중채널 색공간 변환($RGB \leftrightarrow HSV$), 색상 균형 보정, 화이트 밸런싱, 감마 조정, 히스토그램 평활화 등의 전통적인 영상처리 기법이 AI 판단값과 결합되어 적용된다. 결과적으로 수술 화면에 출력되는 형광 색상은 조직 반응에 따라 정규화된 기준 색상으로 변환된다.

【0168】또한, 모델 학습모듈(133)은 이 단계에서 실시간으로 수집된 색상 보정 결과와 과거 학습 데이터 간의 차이를 분석하고, 판단 정확도를 지속적으로 업데이트할 수 있도록 한다. 예를 들어 동일 환자의 과거 데이터와 비교하거나, 동일 위치의 반복 측정값과 비교하여 보정 신뢰도를 향상시킨다.

【0169】요컨대, 세 번째 단계는 단순한 영상 필터링이 아닌, 조직별 형광 반응의 색상 편차를 AI가 자동 인식하고, 정량적 기준에 따라 영상 상의 색상 왜곡을 실시간으로 바로잡는 과정이다. 이는 종양과 정상 조직 간의 경계를 시각적으로 명확하게 하여, 다음 단계인 제거 대상 검출의 정확성과 효율을 극대화하는 기반을 제공한다.

【0170】 네 번째 단계(S140): 제거 대상 종양 판단 단계

【0171】 네 번째 단계(S140)는 세 번째 단계(S130)에서 인공지능 기반으로 색상 보정된 형광 영상 데이터를 바탕으로, 현재 상태의 조직이 수술로 제거해야 하는 종양인지 아닌지를 판별하는 과정이다. 이 단계는 전체 종양 검출 알고리즘에서 임상적 판단을 수행하는 중심 기능이며, 수술의사 또는 로봇 수술 시스템이 전체 여부를 결정하는 데 직접적으로 활용되는 핵심 절차이다.

【0172】 이 단계에서는 먼저 정상조직과 종양조직 간의 색상 및 형광 스펙트럼 차이를 기준으로 제거 여부를 판단하게 되며, 이 기준은 정상기준 설정모듈(141)에 의해 사전에 설정되거나 실시간으로 자동 보정되어 반영된다. 설정 기준은 형광 반응의 강도, 반사광의 파장별 스펙트럼, 색상 보정 값 등 다양한 요소에 기초하여 형성되며, 신체 부위, 장기 종류, 병변의 특성에 따라 유동적으로 달라질 수 있다.

【0173】 이후 제거대상 판단모듈(142)이 보정된 형광 데이터를 입력으로 받아, 인공지능망 기반의 분류 및 세그멘테이션 알고리즘을 적용한다. 일반적으로 U-Net, DeepLabV3+, SegFormer와 같은 의료 영상용 네트워크가 활용되며, 이들은 픽셀 단위로 제거 대상 여부를 예측하고, 종양 조직의 면적, 경계, 모양, 중심 좌표 등을 도출한다. 이 과정은 수술 중 실시간으로 처리되며, 연속 영상 프레임에 대응할 수 있는 시계열 학습 알고리즘이 병행된다.

【0174】 판단은 단순한 픽셀 단위의 색상 비교가 아닌, 형광 대비, 색상 왜곡 패턴, 조직의 반사 특성, 영상 내 위치, 시간적 반응 변화 등 복합적인 조건을 동시에 고려한 다층 신경망 구조를 통해 수행된다. 예를 들어, 조직의 위치가 혈관과 인접하거나, 다른 생체 구조물과 겹치는 경우에도 AI는 패턴과 형상을 학습해 구분해낼 수 있으며, 판단의 신뢰도 점수까지 함께 도출된다. 판단 신뢰도가 낮은 경우에는 외과의사가 추가 조치를 판단할 수 있도록 보조 신호를 출력하도록 구성할 수 있다.

【0175】 결과적으로 네 번째 단계는 수집된 고차원 형광 영상 데이터를 기반으로, 인공지능이 종양조직의 제거 필요 여부를 정량적으로 판단하고, 그 판단 결과를 다음 단계로 넘기는 중추 역할을 한다. 판단 정확도는 학습 모델의 성능, 입력 데이터의 품질, 기준 설정의 정밀도에 따라 달라지며, 이 단계의 정밀도 향상이 전체 수술 성공률 향상으로 직결된다는 점에서 매우 중요한 역할을 한다.

【0176】 다섯 번째 단계(S150): 판단결과 후처리 및 메타데이터 생성 단계

【0177】 다섯 번째 단계(S150)는 제거 판단 결과를 기반으로, 영상 및 정보 출력을 위한 시각적 데이터로 가공하고, 동시에 병원 시스템이나 수술 로봇 연동을 위한 정형화된 메타데이터를 생성하는 단계이다. 이 단계는 인공지능이 분석한 원시 판단 데이터를 실제 활용 가능한 형태로 가공하는 과정으로, 영상 출력, 기록 보존, 수술 로봇 제어 등 다양한 후속 응용에 필수적이다.

【0178】 먼저 판단결과 데이터후처리모듈(143)은 종양 경계를 기반으로 윤곽선을 추출하고, 제거 대상 부위에 대한 마스크 이미지를 생성하며, 신뢰도 맵(confidence map)과 색상 히트맵을 생성한다. 이들 데이터는 실시간으로 디스플레이 장치 또는 증강현실(AR) 기반 영상 장치에 송출될 수 있는 형태로 변환된다. 윤곽선은 일반적으로 점선, 실선, 굵기 조절 가능한 라인으로 시각화되며, 조직의 경계가 불확실한 경우에는 흐림 효과나 깜빡임으로 표시된다.

【0179】 이후, 제거 대상 종양에 대한 핵심 정보를 요약한 메타데이터(구조화 데이터)가 생성된다. 여기에는 종양의 좌표 중심점(X, Y), 면적, 외곽 길이, 최대 직경, 신뢰도 점수, 세그멘테이션 마스크 ID 등이 포함되며, 이 정보는 JSON, XML, 또는 DICOM 형식으로 저장된다. 이러한 메타데이터는 병원 PACS 시스템, AI 재학습 서버, 수술 로봇의 절제 위치 결정 모듈 등과 실시간 연동 가능하다.

【0180】 판단 결과는 시간적으로도 관리된다. 예를 들어 종양의 형광 반응이 시간이 지남에 따라 변화하는 경우, 시간 스탬프가 포함된 판단 결과들이 시계열 데이터로 저장된다. 이를 통해 수술자가 특정 시점의 조직 상태를 되돌아보거나, AI가 시계열 기반 학습을 통해 성능을 높이는 데 활용할 수 있다. 이는 '정적인 판단'이 아니라 '동적인 추적과 예측'이 가능한 기반이 된다.

【0181】 따라서 이 단계는 단순한 출력 처리 기능을 넘어, 임상용 시스템과 AI 시스템 사이의 인터페이스 역할, 정보 기록 및 재사용을 위한 데이터 표준화 역할, 그리고 실시간 대응성과 추적성 확보를 위한 정렬 기능을 복합적으로 수행한다. 본 발명의 확장성과 의료적 실용성은 이 단계에서 확보된 메타데이터 폼

질과 직결된다.

【0182】 여섯 번째 단계(S160): 종양조직 검출결과 시각 출력 단계

【0183】 여섯 번째 단계(S160)는 앞 단계에서 후처리된 종양 제거 대상 판단 결과 및 시각 데이터를 외과의사 또는 의료진에게 실시간으로 시각화하여 제공하는 단계이다. 이 단계는 검출결과 출력부(150)를 통해 수행되며, 임상 현장에서의 즉각적인 판단 지원, 수술 로봇의 경계 인식, 증강현실 기반 수술 유도 등에 사용된다.

【0184】 가장 먼저 종양조직 경계 출력모듈(151)은 판단된 제거 대상 종양의 경계를 영상 화면 위에 선명한 윤곽선 형태로 표시한다. 이 윤곽선은 단일 색상이나 다중 색상, 실선 또는 점선 등 다양한 시각 스타일로 제공되며, 각 스타일은 종양의 제거 필요도, 신뢰도 점수, 경계 명확도 등에 따라 자동 조정된다. 예컨대 불확실한 경계는 흐릿한 점선으로 나타나며, 확신도가 높은 경계는 굵고 선명한 실선으로 표시된다.

【0185】 종양조직 색상 오버레이모듈(152)은 판단된 제거 대상 영역 전체를 색상으로 채워 영상에 오버레이한다. 일반적으로 고위험 종양일수록 강한 색상(Red), 낮은 위험일수록 연한 색상(Orange, Yellow)으로 표현되며, 반투명 설정으로 인해 실제 조직과의 비교가 용이하다. 또한, 색상 오버레이는 신호 강도나 신뢰도 맵과 연동되어, 색의 채도나 밝기가 자동 조절된다.

【0186】 강조방식 운용자설정모듈(153)은 사용자 환경에 따라 출력 형식과 강조 스타일을 조절할 수 있도록 한다. 외과의사는 GUI 또는 음성 명령을 통해 윤곽선/오버레이/경계 강조를 선택하거나 해제할 수 있고, 색상 팔레트, 출력 해상도, 디스플레이 종류(모니터, AR 글래스 등)에 따라 최적화된 설정을 적용할 수 있다. 이로써 사용자의 시각 피로도를 줄이고 판단 속도를 높일 수 있다.

【0187】 결론적으로 본 단계는 AI가 판단한 종양 제거 정보를 실제 의료 영상 위에 실시간으로 반영하고, 이를 통해 수술자가 직관적으로 즉각 인식할 수 있도록 시각적 표현을 최적화하는 단계이다. 이 출력 정보는 수술 도중 판단 실수를 줄이고, 절제 범위 오류를 감소시키며, 결과적으로 환자의 예후 향상에 직접적으로 기여하게 된다. AI 기반 영상처리 기술이 임상 현장에 실질적으로 기여하는 단계가 바로 이 시각 출력 단계라 할 수 있다.

【0188】 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은 종래기술에서 문제로 지적된 형광 신호의 왜곡 문제를 효과적으로 해결할 수 있다. 수술 중 백색광과 형광 조사광이 혼재되며, 조직 표면 반사로 인해 형광 색상이 정확하게 인식되지 않는 상황에서, 본 발명은 반사광 특성을 분광학적으로 정밀 추출하고, 이를 인공지능 기반 색상 보정 처리함으로써 왜곡 없는 형광 데이터를 생성할 수 있다.

【0189】 수술 환경에서 광원의 세기 변화나 조명 조건이 자주 바뀌는 경우, 형광의 색상이 달라져 종양 판별에 혼동을 초래하는데, 본 발명은 광량 기준 정규화와 색상 보정 알고리즘을 포함하여 환경 변화에 대응 가능하도록 구성된다. 이로 인해 조도 변화에 따른 형광 색상 오차가 대폭 줄어들고, 형광 대비가 안정적으로

유지된다.

【0190】 종래기술에서는 형광 발현만으로 종양 여부를 판단하는 단순 비교 분석에 의존하였으나, 본 발명은 컨볼루션 신경망(CNN) 또는 트랜스포머 기반의 AI 모델을 통해, 다양한 과장에서의 형광 및 반사 신호를 분석하고, 종양의 상태에 따른 색상 데이터를 정밀하게 분류할 수 있도록 한다. 이로써 종양의 형태, 크기, 경계를 더욱 정확하게 식별할 수 있다.

【0191】 다중 분광 영상(hyperspectral imaging)을 활용하더라도 종래기술은 실시간 처리의 어려움으로 임상 적용에 제한이 있었다. 이에 비해 본 발명은 AI 프로세서(NPU, TPU 등)를 활용하여 고속 병렬 처리 기반 실시간 영상 분석이 가능하다. 이는 영상 획득-보정-분석-출력의 전 과정을 실시간으로 반복 수행할 수 있어, 외과적 수술 중에도 안정적인 종양 검출을 가능하게 한다.

【0192】 형광 신호가 약하게 발현되거나 배경 노이즈가 강한 환경에서는 종래기술이 종양을 식별하지 못하는 경우가 많았는데, 본 발명은 다중 채널 색상 변환 및 히스토그램 정규화, 감마 보정 기법을 함께 적용하여 형광 대비를 극대화하고, 미세한 신호도 분리 인식할 수 있는 고감도 종양 검출 성능을 확보한다.

【0193】 기존 기술은 환자 개인의 조직 특성, 종양 위치, 병기 등에 따른 형광 반응 차이를 고려하지 못하였지만, 본 발명의 인공지능 모델은 과장별 반사 특성과 형광 데이터의 상관관계를 학습하고 적용함으로써, 환자 맞춤형 색상 보정 및 종양 검출이 가능하다. 이는 진단의 정확도와 재현성을 높이는 효과를 가진다.

【0194】 마지막으로 본 발명은 수술 중 종양의 경계를 윤곽선 강조 또는 색상 오버레이 방식으로 시각적 출력할 수 있어, 외과의가 육안으로 정확하게 판단하고 절제 범위를 결정하는 데 직접적인 도움을 준다. 이는 종래기술에서 수술 중 오검출, 미검출로 인한 재발 문제를 줄이고, 안전하고 효과적인 종양 제거를 가능하게 하여, 실제 의료 현장에서 매우 높은 임상적 유용성을 가진다.

【0195】 이상의 본 발명의 상세한 설명에서는 그에 따른 특별한 실시예에 대해서만 기술하였다. 하지만 본 발명은 상세한 설명에서 언급되는 특별한 형태로 한정되는 것이 아닌 것으로 이해되어야 하며, 오히려 첨부된 청구범위에 의해 정의되는 본 발명의 정신과 범위 내에 있는 모든 변형물과 균등물 및 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

【0196】 즉, 본 발명은 상술한 특징의 실시예 및 설명에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능하며, 그와 같은 변형은 본 발명의 보호 범위 내에 있게 된다.

【부호의 설명】

【0197】 100: 인공지능기반 종양조직 검출시스템

110: IR광원 조사부

111: IR광원 생성모듈

112: 조사방향 제어모듈

- 113: 광원 보정모듈
- 120: 반사광특성 추출부
- 121: 반사광 수광모듈
- 122: 다중분광모듈
- 123: 데이터전처리모듈
- 130: 색상데이터 보정부
- 131: 인공신경망 모델
- 132: 색상보정 모듈
- 133: 모델 학습모듈
- 140: 제거대상 검출부
- 141: 정상기준 설정모듈
- 142: 제거대상 판단모듈
- 143: 판단결과 데이터후처리모듈
- 150: 검출결과 출력부
- 151: 종양조직 경계 출력모듈
- 152: 종양조직 색상 오버레이모듈
- 153: 강조방식 운용자설정모듈

【청구범위】

【청구항 1】

환자가 복용한 5-ALA에 의해 발현된 형광단이 축적된 신체 장기의 수술부위에 적외선 광원을 조사하는 IR광원 조사부(110);

상기 IR광원 조사부(110)에 의해 조사되어 반사되는 반사광의 특성을 분광학(Spectroscopy) 기술을 이용하여 추출하는 반사광특성 추출부(120);

상기 반사광특성 추출부(120)를 통해 획득한 데이터를 바탕으로, 인공신경망 모델을 통해 종양의 상태에 따라 형광단의 색 분간이 가능한 특정 파장을 기준으로 하는 형광의 색상 데이터로 색상 보정을 수행하는 색상데이터 보정부(130);

상기 색상데이터 보정부로부터 획득한 보정된 데이터를 바탕으로 종양의 상태와 기설정된 기준에 따라 제거 대상 종양을 검출하는 제거대상 검출부(140); 및

상기 제거대상 검출부(140)로부터 검출된 데이터를 기반으로, 종양 조직의 경계를 색상 오버레이 또는 윤곽선 강조 방식으로 시각적 출력수단을 통해 출력하는 검출결과 출력부(150);

를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공지능기반 종양조직 검출시스템.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 색상데이터 보정부(130)의 인공신경망 모델은,

형광단이 축적된 신체 장기의 특정 파장을 포함한 파장별 광원을 조사함에 따라 종양 상태별로 방출되는 형광의 색 데이터 및 광원의 파장별 신체 장기의 고유 색에 따른 반사광의 색 데이터 기초하여 학습되고,

특정 파장의 광원에 따른 형광의 색 데이터와 백색광 광원에 따른 형광의 색 데이터 간의 상관 관계를 학습하여, 백색광 광원의 환경에서 상관 관계에 기반하여 색상 보정을 수행하도록 학습되며,

상기 IR광원 조사부(110)에 의해 조사되는 적외선 광원과 반사광의 색상 데이터의 광량 차이에 기반하여 전처리로서 기준 광량의 색상데이터로 보정을 수행하도록 학습되고,

종양 조직의 형광 반응을 예측하기 위해 컨볼루션 신경망(CNN) 또는 트랜스포머 기반 딥러닝 네트워크를 포함하는 것을 특징으로 하는 인공지능기반 종양조직 검출시스템.

【청구항 3】

제2항에 있어서,

상기 반사광특성 추출부(120)는,

상기 IR광원 조사부(110)에 의해 조사되어 반사되는 반사광을 다중 분광 영상(Hyperspectral Imaging) 기술을 이용하여 획득하고,

상기 색상데이터 보정부(130)의 인공신경망 모델은,

다중 분광 데이터를 분석하여 특정 파장에서의 종양 조직의 색 데이터의 특징을 강조하도록 학습되는 것을 특징으로 하는 인공지능기반 종양조직 검출시스템.

【청구항 4】

제3항에 있어서,

상기 색상데이터 보정부(130)는,

방출되는 형광의 반사광의 신호의 강도를 정규화(normalization)하고,

다중 채널 색상 변환(multi-channel color transformation) 및 조명 보정(light compensation) 알고리즘을 수행하여, 반사광의 적외선 광원의 영향을 보정하며,

히스토그램 정규화(histogram normalization) 및 감마 보정(gamma correction)중 적어도 하나를 수행하여, 반사광특성 추출부(120)를 통해 획득한 데이터의 형광대비를 향상시켜, 특정 파장을 기준으로 하는 형광의 색상 데이터로 색상 보정을 수행하는 것을 특징으로 하는 인공지능기반 종양조직 검출시스템.

【청구항 5】

제4항에 있어서,

상기 색상데이터 보정부(130)는,

상기 적외선 광원의 조도 변화에 따른 반사광의 변화를 보정하기 위해, 표준

조도 기준을 설정하고, 상대 밝기 값을 추가로 정규화하여 특정 파장을 기준으로 하는 형광의 색상 데이터로 색상 보정을 수행하며,

상기 적외선 광원의 광량 변동을 보정하기 위해, 기준 광량 측정 장치를 이용하여 실시간으로 보정 계수를 적용하여 특정 파장을 기준으로 하는 형광의 색상 데이터로 색상 보정하는 것을 특징으로 하는 인공지능기반 종양조직 검출시스템.

【요약서】

【요약】

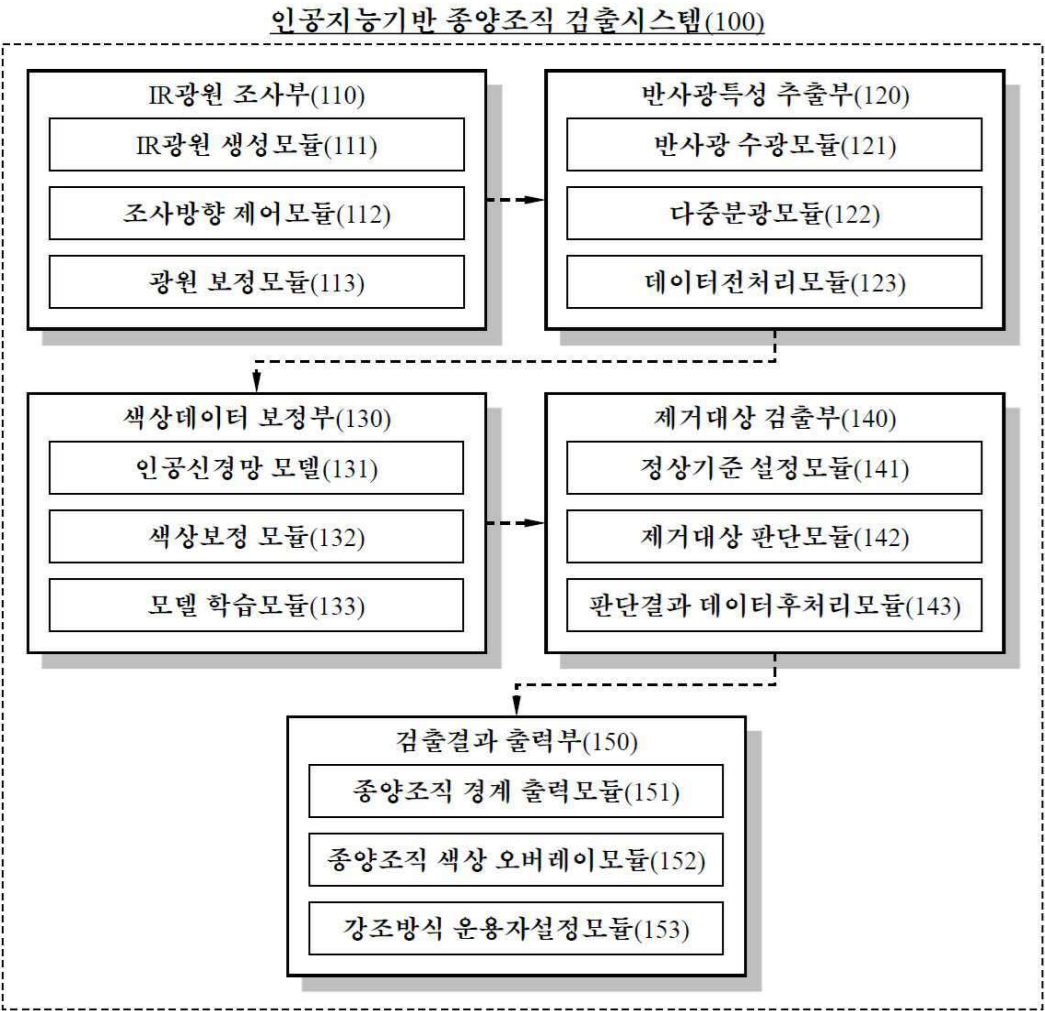
인공지능기반 종양조직 검출시스템이 개시된다. 본 발명의 실시예에 따른 인공지능기반 종양조직 검출시스템은, 환자가 복용한 5-ALA에 의해 발현된 형광단이 축적된 신체 장기의 수술부위에 적외선 광원을 조사하는 IR광원 조사부; 상기 IR광원 조사부에 의해 조사되어 반사되는 반사광의 특성을 분광학(Spectroscopy) 기술을 이용하여 추출하는 반사광특성 추출부; 상기 반사광특성 추출부를 통해 획득한 데이터를 바탕으로, 인공신경망 모델을 통해 종양의 상태에 따라 형광단의 색 분간이 가능한 특정 파장을 기준으로 하는 형광의 색상 데이터로 색상 보정을 수행하는 색상데이터 보정부; 상기 색상데이터 보정부로부터 획득한 보정된 데이터를 바탕으로 종양의 상태와 기설정된 기준에 따라 제거 대상 종양을 검출하는 제거대상 검출부; 및 상기 제거대상 검출부로부터 검출된 데이터를 기반으로, 종양 조직의 경계를 색상 오버레이 또는 윤곽선 강조 방식으로 시각적 출력수단을 통해 출력하는 검출결과 출력부;를 포함하는 것을 구성의 요지로 한다.

【대표도】

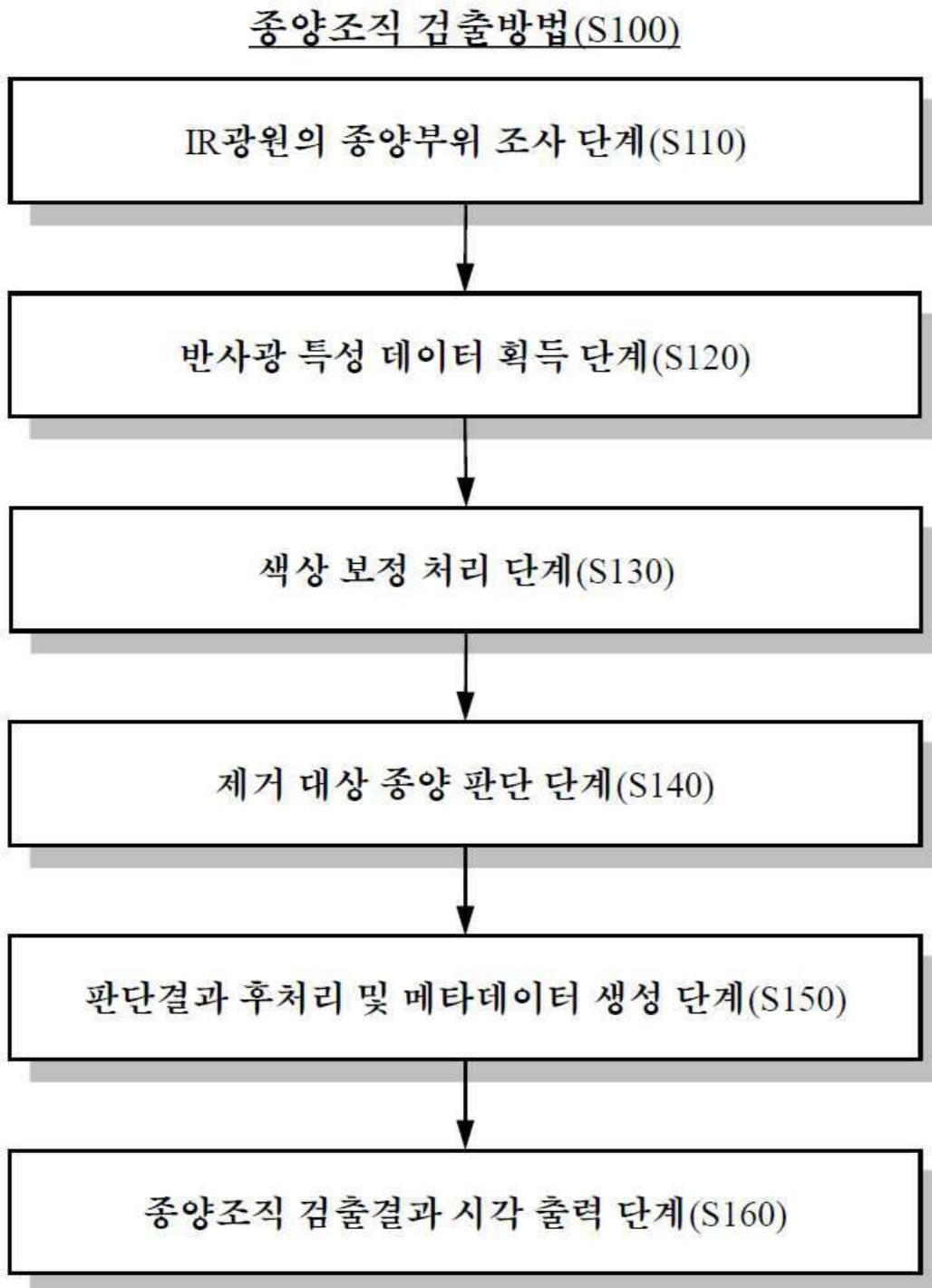
도 1

【도면】

【도 1】



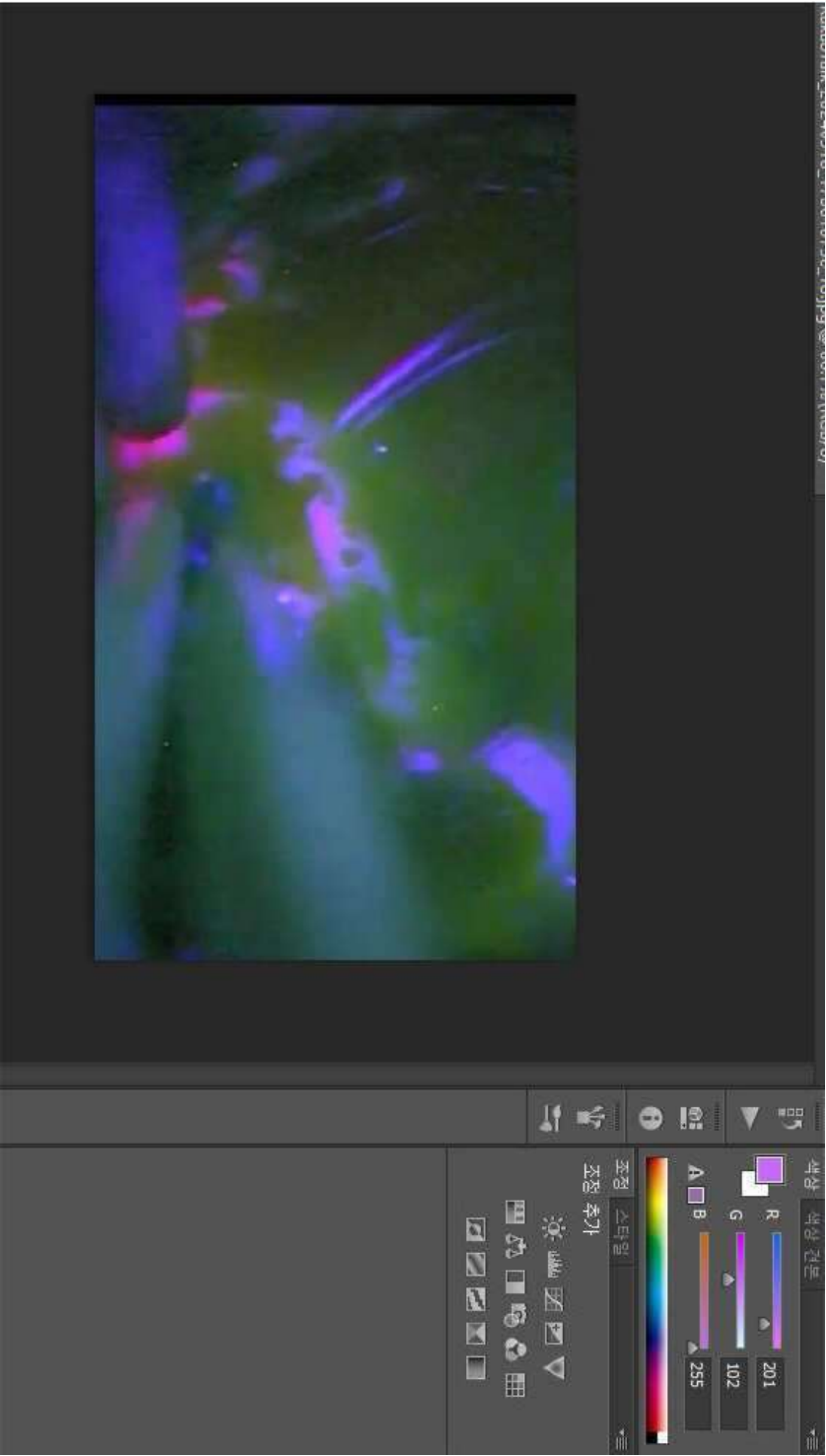
【도 2】



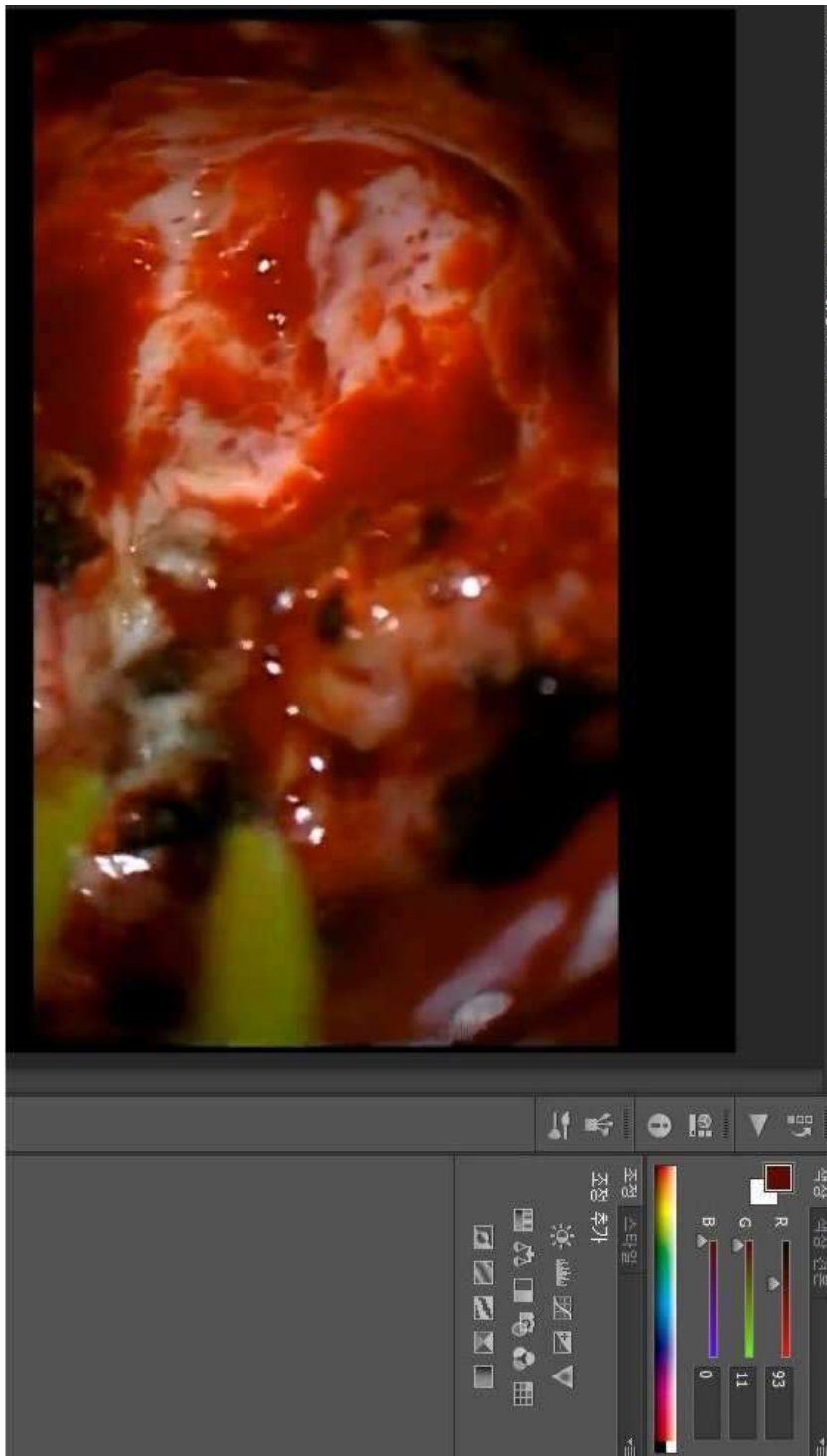
【도 3】



【도 5】



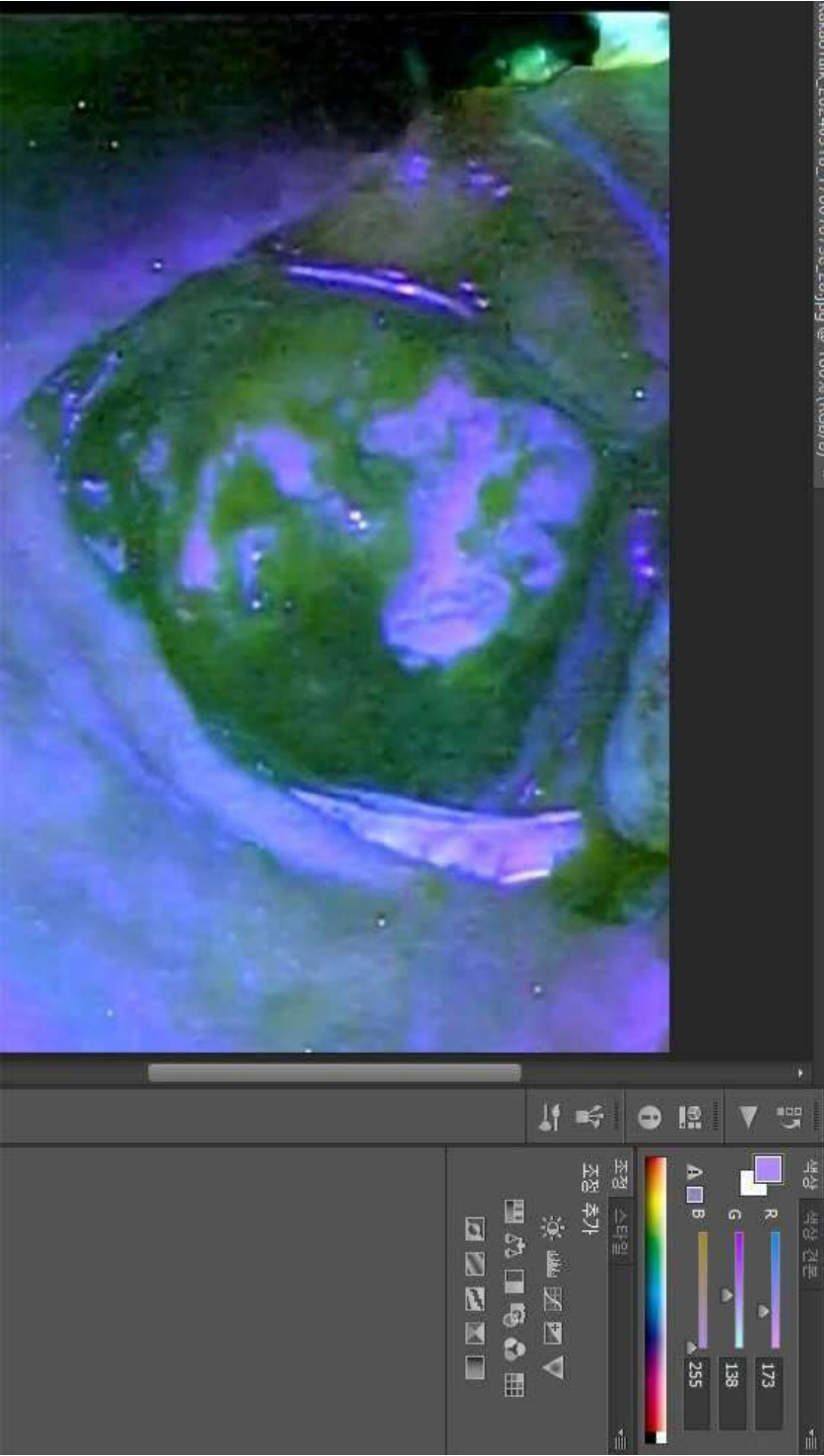
【도 6】



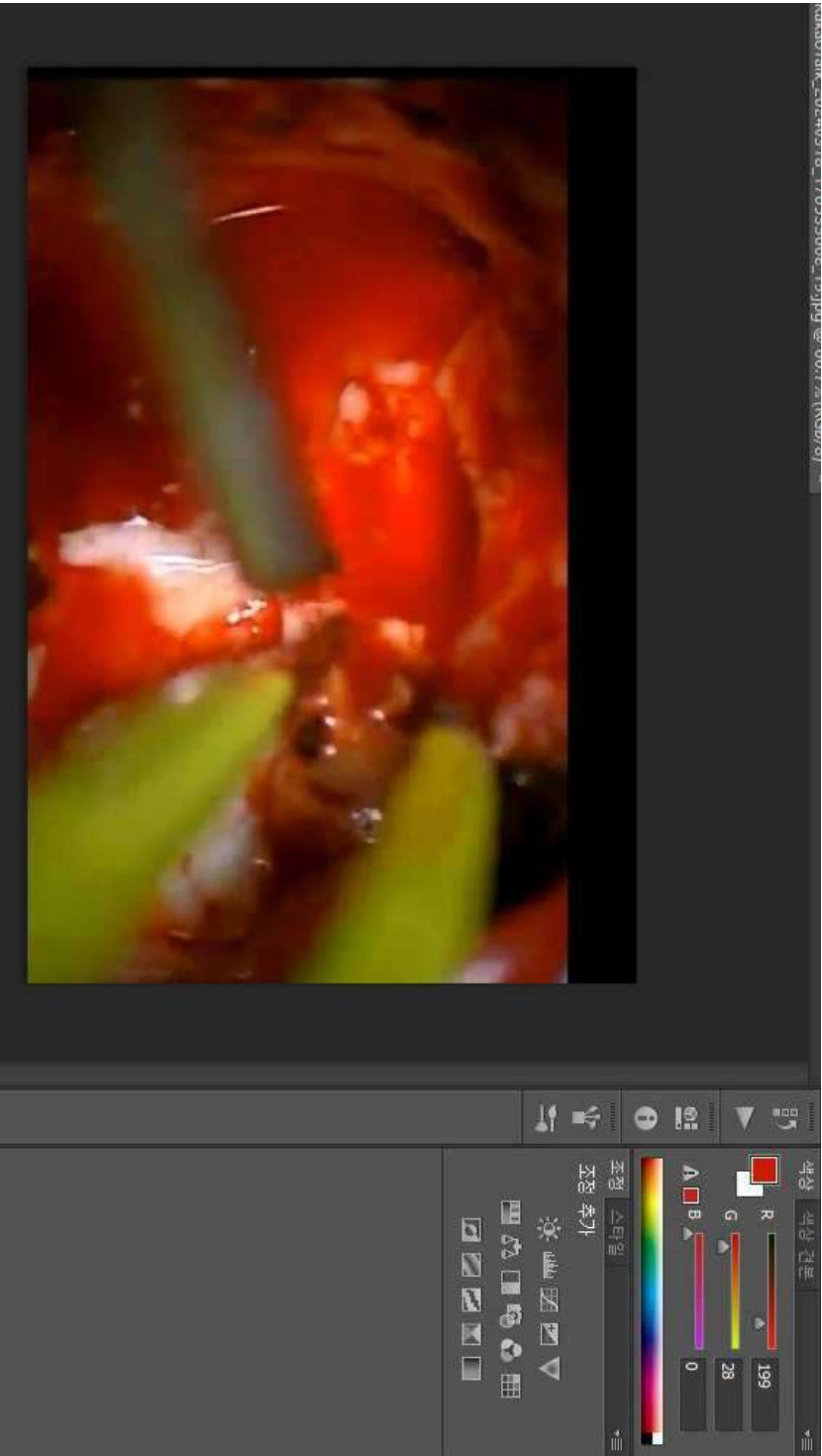
【도 7】



【도 8】



【도 9】



【도 11】

