(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년12월07일
(11) 등록번호 10-1926848
(24) 등록일자 2018년12월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 3/00 (2006.01) *A61B 3/113* (2006.01)
A61B 3/13 (2006.01) *A61B 3/15* (2006.01)
A61F 9/00 (2006.01) *G06T 7/00* (2017.01)
(21) 출원번호 10-2013-7016301
(22) 출원일자(국제) 2011년11월25일
심사청구일자 2016년11월24일
(85) 번역문제출일자 2013년06월21일
(65) 공개번호 10-2014-0027071
(43) 공개일자 2014년03월06일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2011/071009
(87) 국제공개번호 WO 2012/069624
국제공개일자 2012년05월31일
(30) 우선권주장
10192818.2 2010년11월26일
유럽특허청(EPO)(EP)
(56) 선행기술조사문헌
EP2184005 A1
US20100082017 A1
US20090316112 A1

(73) 특허권자
알콘 파아마슈티칼스 리미티드
스위스 1701 프리부르 까스 포스탈 뤼 루이 다프리 6
(72) 발명자
케르스팅 올리버
독일 클라인마흐노브 14532 칼-막스-슈트라쎄 53
그레쿠 호리아
루마니아 부카레스트 섹터 3 아파트먼트 26 칼. 모실로 니어 8
(74) 대리인
특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 21 항 심사관 : 김성훈

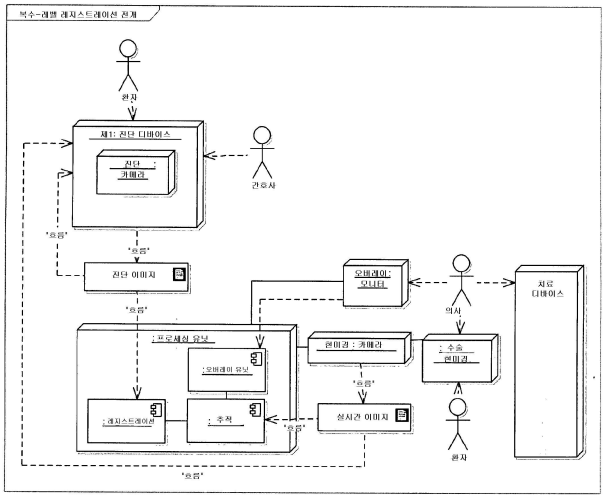
(54) 발명의 명칭 **복수-레벨 안구 레지스트레이션을 위한 방법 및 장치**

(57) 요 약

복수-레벨 안구 레지스트레이션을 수행하기 위한 방법으로서: 제1 진단 디바이스에 의해 초기의 제1 기준 안구 이미지를 획득하는 단계 및 기준 좌표 체계를 정의하는 단계와; 수술 디바이스에 의해 제2 안구 이미지를 획득하는 단계와, 상기 제2 안구 이미지는 상기 수술이 시작되기 전의 수술-전 단계(pre-surgery phase)에서 획득되고;

(뒷면에 계속)

대 표 도



제1 레지스트레이션 결과를 획득하기 위해 상기 제1 안구 이미지와 상기 제2 안구 이미지 간의 제1 레지스트레이션을 수행하는 단계와; 상기 수술 디바이스에 의해 제3 안구 이미지를 획득하는 단계와, 상기 제3 안구 이미지는 수술이 시작된 후에 획득되고; 제2 레지스트레이션 결과를 얻기 위해 상기 제2 안구 이미지와 상기 제3 안구 이미지 간의 제2 레지스트레이션을 수행하는 단계와; 하나의 통합된 레지스트레이션 결과를 얻기 위해 상기 제1 및 제2 레지스트레이션 결과들을 결합하는 단계를 포함하고, 이로 인해 상기 진단 디바이스에 의해 획득된 상기 초기의 기준 안구 이미지와 수술이 시작된 후에 상기 수술 디바이스에 의해 획득된 상기 제3 안구 이미지 간의 레지스트레이션을 획득한다.

명 세 서

청구범위

청구항 1

환자의 안구에 대한 안구 레지스트레이션(eye registration)을 수행하는 방법으로서,

진단 디바이스에 의해 제1 안구 이미지를 획득하는 단계 및 기준 좌표 체계를 정의하는 단계;

수술 디바이스에 의해 제2 안구 이미지를 획득하는 단계 - 상기 제2 안구 이미지는 수술이 시작되기 전의 수술-전 단계(pre-surgery phase)에서 획득됨 -;

제1 레지스트레이션 결과를 획득하기 위해 상기 제1 안구 이미지와 상기 제2 안구 이미지 간의 제1 레지스트레이션을 수행하는 단계;

상기 수술 디바이스에 의해 제3 안구 이미지를 획득하는 단계 - 상기 제3 안구 이미지는 수술이 시작된 후에 획득됨 -;

제2 레지스트레이션 결과를 얻기 위해 상기 제2 안구 이미지와 상기 제3 안구 이미지 간의 제2 레지스트레이션을 수행하는 단계; 및

통합된 레지스트레이션 결과를 얻기 위해 상기 제1 레지스트레이션 결과 및 상기 제2 레지스트레이션 결과를 결합하는 단계 - 이로 인해 상기 진단 디바이스에 의해 획득된 상기 제1 안구 이미지와 수술이 시작된 후에 상기 수술 디바이스에 의해 획득된 상기 제3 안구 이미지 간의 레지스트레이션을 획득함 -

를 포함하고,

상기 진단 디바이스에 의해 촬영된 제1 안구 이미지 및 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 제3 안구 이미지는 상이한 안구 상태들 하에서 촬영되고, 상기 상이한 안구 상태들은, 상기 제1 안구 이미지가 촬영될 때 상기 안구 상에 흡입 링(suction ring)이 배치되지 않은 안구 상태 및 상기 제3 안구 이미지가 촬영될 때 상기 안구 상에 흡입 링이 배치된 안구 상태를 포함하는 것을 특징으로 하는

안구 레지스트레이션을 수행하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 상이한 안구 상태들은, 상기 제1 안구 이미지가 촬영될 때 확장되지 않은(un-dilated) 안구 상태 및 상기 제3 안구 이미지가 촬영될 때 확장된(dilated) 안구 상태를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 안구 레지스트레이션을 수행하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 상이한 안구 상태들은, 상기 제1 안구 이미지가 촬영될 때 상기 환자가 앉아 있거나 서있는 자세로 있는 상태 및 상기 제3 안구 이미지가 촬영될 때 상기 환자가 누워있는(supine) 자세로 있는 상태를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 안구 레지스트레이션을 수행하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 상이한 안구 상태들은, 상기 제1 안구 이미지가 촬영될 때 수술(surgery)의 영향들을 보이지 않는 안구 상태 및 상기 제3 안구 이미지가 촬영될 때 수술의 영향들을 보이는 안구 상태를 포함하는 것을 특징으로 하는 안구 레지스트레이션을 수행하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 수술의 영향들은:

출혈들,

상기 흡입 링으로부터의 상기 안구의 변형들,

상기 안구의 홍채(iris)를 커버하는 각막(cornea) 아래 또는 각막 내의 절제 기포들(ablation bubbles),

상기 각막 또는 홍채의 색 변화들,

상기 안구를 완전히 또는 부분적으로 가리는 도구(tool) 또는 물체(object) 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 안구 레지스트레이션을 수행하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 진단 디바이스에 의해 촬영된 상기 제1 안구 이미지와 상기 수술이 시작되기 전에 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 상기 제2 안구 이미지 간의 상기 제1 레지스트레이션은 상기 안구의 윤부(limbus)의 피쳐들 및 상기 안구의 공막(sclera)의 피쳐들 중 하나 이상에 근거하는 것을 특징으로 하는 안구 레지스트레이션을 수행하는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 수술이 시작되기 전에 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 제2 안구 이미지와 상기 수술이 시작된 후에 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 제3 안구 이미지 간의 상기 제2 레지스트레이션은 상기 안구의 홍채의 피쳐들 및 상기 안구의 동공(pupil)의 피쳐들 중 하나 이상에 근거하는 것을 특징으로 하는 안구 레지스트레이션을 수행하는 방법.

청구항 8

안구 레지스트레이션을 수행하기 위한 장치로서,

상기 장치는 프로세싱 유닛을 포함하고, 상기 프로세싱 유닛은:

진단 디바이스에 의해 제1 안구 이미지를 획득하고 기준 좌표 체계를 정의하고;

수술 디바이스에 의해 제2 안구 이미지를 획득하고 – 상기 제2 안구 이미지는 수술이 시작되기 전의 수술-전 단계에서 획득됨 –;

제1 레지스트레이션 결과를 얻기 위해 상기 제1 안구 이미지와 상기 제2 안구 이미지 간의 제1 레지스트레이션을 수행하고;

상기 수술 디바이스에 의해 제3 안구 이미지를 획득하고 – 상기 제3 안구 이미지는 수술이 시작된 후에 획득됨 –;

제2 레지스트레이션 결과를 얻기 위해 상기 제2 안구 이미지와 상기 제3 안구 이미지 간의 제2 레지스트레이션을 수행하고;

통합된 레지스트레이션 결과를 얻기 위해 상기 제1 및 제2 레지스트레이션 결과들을 결합하도록 구성되며, 이로 인해 상기 진단 디바이스에 의해 획득된 제1안구 이미지와 수술이 시작된 후에 상기 수술 디바이스에 의해 획득된 제3 안구 이미지 간의 레지스트레이션을 획득하며,

상기 진단 디바이스에 의해 촬영된 제1 안구 이미지 및 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 제3 안구 이미지는 상이한 안구 상태들 하에서 촬영되고, 상기 상이한 안구 상태들은, 상기 제1 안구 이미지가 촬영될 때 상기 안구 상에 흡입 링(suction ring)이 배치되지 않은 안구 상태 및 상기 제3 안구 이미지가 촬영될 때 상기 안구 상에 흡입 링이 배치된 안구 상태를 포함하는 것을 특징으로 하는 안구 레지스트레이션을 수행하기 위한 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 상이한 안구 상태들은, 상기 제1 안구 이미지가 촬영될 때 확장되지 않은 안구 상태 및 상기 제3 안구 이미지가 촬영될 때 확장된 안구 상태를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 안구 레지스트레이션을 수행하기 위한 장치.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 상이한 안구 상태들은, 상기 제1 안구 이미지가 촬영될 때 환자가 앉아 있거나 서있는 자세로 있는 상태 및 상기 제3 안구 이미지가 촬영될 때 상기 환자가 누워있는 자세로 있는 상태를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 안구 레지스트레이션을 수행하기 위한 장치.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 상이한 안구 상태들은, 상기 제1 안구 이미지가 촬영될 때 수술의 영향들을 보이지 않는 안구 상태 및 상기 제3 안구 이미지가 촬영될 때 수술의 영향들을 보이는 안구 상태를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 안구 레지스트레이션을 수행하기 위한 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 수술의 영향들은:

출혈들,

상기 흡입 링으로부터의 상기 안구의 변형들,

상기 안구의 홍채를 커버하는 각막 아래 또는 각막 내의 절제 기포들,

상기 각막 또는 홍채의 색 변화들, 그리고

상기 안구를 완전히 또는 부분적으로 가리는 도구 또는 물체 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 안구 레지스트레이션을 수행하기 위한 장치.

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 진단 디바이스에 의해 획득된 상기 제1 안구 이미지와 상기 수술이 시작되기 전에 상기 수술 디바이스에 의해 획득된 상기 제2 안구 이미지 간의 상기 제1 레지스트레이션은 상기 안구의 윤부의 피쳐들 및 상기 안구의 공막의 피쳐들 중 하나 이상에 근거하는 것을 특징으로 하는 안구 레지스트레이션을 수행하기 위한 장치.

청구항 14

제8항에 있어서,

상기 수술이 시작되기 전에 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 제2 안구 이미지와 상기 수술이 시작된 후에 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 제3 안구 이미지 간의 상기 제2 레지스트레이션은 상기 안구의 홍채의 피쳐들 및 상기 안구의 동공의 피쳐들 중 하나 이상에 근거하는 것을 특징으로 하는 안구 레지스트레이션을 수행하기 위한 장치.

청구항 15

환자의 안구에 대한 안구 레지스트레이션을 수행하기 위한 컴퓨터 프로그램을 저장한 컴퓨터-판독가능 저장 매체로서,

상기 컴퓨터 프로그램은 실행될 때:

진단 디바이스에 의해 제1 안구 이미지를 획득하고 기준 좌표 체계를 정의하고;

수술 디바이스에 의해 제2 안구 이미지를 획득하고 - 상기 제2 안구 이미지는 수술이 시작되기 전의 수술-전 단계에서 획득됨 -;

제1 레지스트레이션 결과를 얻기 위해 상기 제1 안구 이미지와 상기 제2 안구 이미지 간의 제1 레지스트레이션을 수행하고;

상기 수술 디바이스에 의해 제3 안구 이미지를 획득하고 - 상기 제3 안구 이미지는 상기 수술이 시작된 후에 획득됨 -;

제2 레지스트레이션 결과를 얻기 위해 상기 제2 안구 이미지와 상기 제3 안구 이미지 간의 제2 레지스트레이션을 수행하고;

통합된 레지스트레이션 결과를 얻기 위해 상기 제1 레지스트레이션 결과 및 상기 제2 레지스트레이션 결과를 결합하도록 동작가능하며, 이로 인해 상기 진단 디바이스에 의해 획득된 제1 안구 이미지와 상기 수술이 시작된 후에 상기 수술 디바이스에 의해 획득된 제3 안구 이미지 간의 레지스트레이션을 획득하며,

상기 진단 디바이스에 의해 촬영된 제1 안구 이미지 및 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 제3 안구 이미지는 상이한 안구 상태들 하에서 촬영되고, 상기 상이한 안구 상태들은, 상기 제1 안구 이미지가 촬영될 때 상기 안구 상에 흡입 링이 배치되지 않은 안구 상태 및 상기 제3 안구 이미지가 촬영될 때 상기 안구 상에 흡입 링이 배치된 안구 상태를 포함하는 것을 특징으로 하는

컴퓨터-판독가능 저장 매체.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 상이한 안구 상태들은, 상기 제1 안구 이미지가 촬영될 때 확장되지 않은 안구 상태 및 상기 제3 안구 이미지가 촬영될 때 확장된 안구 상태를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 상이한 안구 상태들은, 상기 제1 안구 이미지가 촬영될 때 상기 환자가 앉아 있거나 서있는 자세로 있는 상태 및 상기 제3 안구 이미지가 촬영될 때 상기 환자가 누워있는 자세로 있는 상태를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

청구항 18

제15항에 있어서,

상기 상이한 안구 상태들은, 상기 제1 안구 이미지가 촬영될 때 수술의 영향들을 보이지 않는 안구 상태 및 상기 제3 안구 이미지가 촬영될 때 수술의 영향들을 보이는 안구 상태를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 수술의 영향들은:

출혈들,

상기 흡입 링으로부터의 상기 안구의 변형들,

상기 안구의 홍채를 커버하는 각막 아래 또는 각막 내의 절제 기포들,

상기 각막 또는 홍채의 색 변화들,

상기 안구를 완전히 또는 부분적으로 가리는 도구 또는 물체 중 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨

터-판독가능 저장 매체.

청구항 20

제15항에 있어서,

상기 진단 디바이스에 의해 촬영된 상기 제1 안구 이미지와 상기 수술이 시작되기 전에 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 상기 제2 안구 이미지 간의 상기 제1 레지스트레이션은 상기 안구의 윤부의 피쳐들 및 상기 안구의 공막의 피쳐들 중 하나 이상에 근거하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

청구항 21

제15항에 있어서,

상기 수술이 시작되기 전에 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 제2 안구 이미지와 상기 수술이 시작된 후에 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 제3 안구 이미지 간의 상기 제2 레지스트레이션은 상기 안구의 홍채의 피쳐들 및 상기 안구의 동공의 피쳐들 중 하나 이상에 근거하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터-판독가능 저장 매체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 복수-레벨의 안구 레지스트레이션(eye registration)을 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 안구 위치의 추적 및 레지스트레이션은 안과 수술 및 진단에서의 여러 응용들을 위해 사용되는 것으로 알려져 있다. 그러나, 대다수의 해법들이 동일한 디바이스 또는 디바이스들의 특별한 조합 내에서만 적용가능하다는 의미에서 단지 부분적인 결과들만을 제공한다. 현재의 안과 케어 시술들은, 안구 모양에 상당한 영향(impact)을 발생시키는 변화하는 컨텍스트(context)에서, 복수의 도구들을 수반하는 복합 프로세스들이다. 이러한 영향들의 일부는 심지어, 현재의 레지스트레이션 기법들을 적용하지 못하게 한다. 단일화된(unified) 방식으로 다양한 측정(measurement)들을 관련시킬 수 있게 하는 것은 상당한 과제(chellenge)를 제시한다.

[0003] 현재, 치료 디바이스, 예컨대 각막 시술용 펨토초 레이져(femtosecond laser), 각막 치료용 마이크로파 변형 디바이스들 또는 백내장 수술용 펨토초 레이져에 대해 안구가 완전히 고정됨을 수반하는 복수의 새로운 수술 기법들이 존재한다. 이러한 수술 기법들 모두는 치료 구역(treatment zone)이 안구 상의 흡입 링(suction ring)에 대하여 위치된다는 공통적인 사실을 가진다. 흡입 링의 좌표 체계(coordinate system)에서, 안구는 어떤 수동적인 수단보다 훨씬 더 양호한 치료 위치 정밀도(treatment positioning precision)를 달성하는 자동적인 수단들로 치료될 수 있다.

[0004] 이는, 안구가 흡입 링 좌표 체계를 이용하여 의사의 역학적인 정밀도(mechanical precision)보다 훨씬 더 양호한 공간적 정밀도로 치료될 수 있음을 의미한다.

[0005] 그러나, 전체적인 진단-치료 프로세스에서, 안구 상의 흡입 링의 배치는 자동화된 치료가 달성할 수 있는 에러의 감소보다 상당히 많은 에러들을 유발할 수 있는 바, 그 이유는:

[0006] a) 흡입 링의 배치가 정확하게 제어가능하지 않음:

[0007] 시술이 의사에 의해 수동으로 행해지고, 따라서 일반적인 인간의 역학적인 능력들에 의해 제한된다. 흡입 프로세스 동안, 흡입 링이 안구에 대하여 고정되기까지 각막 상에서 약간씩 슬라이딩 되고, 따라서 항상, 바람직한 위치에 관하여 에러들을 야기시킨다.

[0008] b) 흡입 링의 실제 배치를 측정하기 어려움:

[0009] 안구는 흡입 링이 배치된 이후에, 안구 생체(eye biometry)(예컨대, 각막의 모양)를 측정하는 능력들에 영향을 주는 비자연적인 압력에 의해 변형된다. 안구 상의 자연적 표식(natural landmark)들(예컨대, 공막 피쳐(sclera feature)들, 윤부 경계(limbus border))이 기계적 도구(tool mechanics)(예컨대, 흡입 링)에 의해 가려진다. 따라서, 의사에 의한 상기 링의 수동의 시각적 정렬은 달성하기 힘들다.

[0010] c) 치료 구역의 수동적 측정 및 조정은 시간을 소요함:

[0011] 흡입 링의 배치 시간 및 치료 구역의 수동적 조정을 위한 시간은 치료 시간 자체보다 더 오래 걸릴 수 있다. 환자의 안구의 스트레스 및 탈수가 (레이져) 치료를 위한 물리적 그리고 역학적 가정(assumption)을 방해할 수 있다.

[0012] 따라서, 새로운 세대의 치료 디바이스의 높은 정밀도는 흡입 링의 배치와 관련하여 앞서 언급된 바와 같이 유발되는 에러들 및 불확실성들로 인해 불안정한 전망을 가진다.

[0013] 이러한 새로운 세대의 디바이스들을 이용한 임상 결과 개선의 입증은 수술-후 결과들을 포함하여 수술을 문서화하고 분석하기 위한 신뢰성 있는 토대에 의해 좌우된다.

[0014] 따라서, 본 발명의 목적은 흡입 링에 의해 유발되는 이러한 에러들의 부정적인 영향을 감소시킬 수 있는 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

발명의 내용

[0015] 일 실시예에 따르면, 안구 레지스트레이션을 수행하는 방법이 제공되는 바, 상기 방법은:

[0016] 제1 진단 디바이스에 의해 초기의 제1 기준 안구 이미지를 획득하고 기준 좌표 체계를 정의하는 단계와;

[0017] 수술 디바이스에 의해 제2 안구 이미지를 획득하는 단계와, 상기 제2 안구 이미지는 수술이 시작되기 전의 수술-전 단계(pre-surgery phase)에서 획득되고;

[0018] 제1 레지스트레이션 결과를 획득하기 위해 상기 제1 안구 이미지와 상기 제2 안구 이미지 간의 제1 레지스트레이션을 수행하는 단계와;

[0019] 상기 수술 디바이스에 의해 제3 안구 이미지를 획득하는 단계와, 상기 제3 안구 이미지는 수술이 시작된 후에 획득되며;

[0020] 제2 레지스트레이션 결과를 획득하기 위해 상기 제2 안구 이미지와 상기 제3 안구 이미지 간의 제2 레지스트레이션을 수행하는 단계와;

[0021] 결합된 레지스트레이션 결과를 획득하기 위해 상기 제1 및 제2 레지스트레이션 결과들을 결합하는 단계를 포함하고, 이로 인해 상기 진단 디바이스에 의해 획득된 상기 초기의 기준 안구 이미지와 수술이 시작된 후에 상기 수술 디바이스에 의해 획득된 상기 제3 안구 이미지 간의 레지스트레이션을 획득하게 된다.

[0022] 일 실시예에 따르면, 상기 진단 디바이스에 의해 촬영된 상기 제1 안구 이미지 및 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 상기 제3 안구 이미지는 상기 제1 안구 이미지와 상기 제3 이미지 간의 직접적인 레지스트레이션에 부정적으로 영향을 끼칠 수 있는 상당히 다른 안구 상태들 하에서 촬영된다.

[0023] 일 실시예에 따르면, 안구 레지스트레이션을 수행하는 방법이 제공되는 바, 상기 방법은:

[0024] 제1 진단 디바이스에 의해 초기의 제1 기준 안구 이미지를 획득하고 기준 좌표 체계를 정의하는 단계와;

[0025] 수술 디바이스에 의해 제2 안구 이미지를 획득하는 단계와, 상기 제2 안구 이미지는 수술이 시작되기 전의 수술-전 단계에서 획득되고;

[0026] 제1 레지스트레이션 결과를 획득하기 위해 상기 제1 안구 이미지와 상기 제2 안구 이미지 간의 제1 레지스트레이션을 수행하는 단계와;

[0027] 상기 수술 디바이스에 의해 제3 안구 이미지를 획득하는 단계와, 상기 제3 안구 이미지는 수술이 완료된 후에 획득되며;

[0028] 제2 레지스트레이션 결과를 획득하기 위해 상기 제2 안구 이미지와 상기 제3 안구 이미지 간의 제2 레지스트레이션을 수행하는 단계와;

[0029] 결합된 레지스트레이션 결과를 획득하기 위해 상기 제1 및 제2 레지스트레이션 결과들을 결합하는 단계를 포함하고, 이로 인해 상기 진단 디바이스에 의해 획득된 상기 초기의 기준 안구 이미지와 수술이 완료된 후에 상기 수술 디바이스에 의해 획득된 상기 제3 안구 이미지 간의 레지스트레이션을 획득하게 된다.

[0030] 복수의 레지스트레이션 단계들 - 상기 복수의 레지스트레이션은 이후에 하나의 통합된 레지스트레이션이 된다 - 을 제공함으로써, 상기 제1과 제3 이미지들 간의 직접적인 레지스트레이션을 어렵게 하는 상기 두 이미지들 간의 큰 차이점을 극복할 수 있다.

[0031] 일 실시예에 따르면, 상기 진단 디바이스에 의해 촬영된 상기 제1 안구 이미지와 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 상기 제3 안구 이미지는 상기 제1 안구 이미지와 상기 제3 이미지 간의 직접적인 레지스트레이션에 부정적으로 영향을 끼칠 수 있는 상당히 다른 안구 상태들 하에서 촬영된다.

[0032] 서로 다른 안구 상태들은 결합된 복수-레벨 레지스트레이션 프로세스에 의해 극복될 수 있다.

[0033] 이를 위해, 제2 이미지를 사용하여 중간 레지스트레이션 단계가 수행되는 바, 상기 제2 이미지는 제3 이미지가 촬영된 안구 상태들보다 제1 이미지가 촬영된 안구 상태와 상당히 덜 다른 안구 상태들 하에서 촬영된다. 이 방식에서, 상기 레지스트레이션은 상기 제1과 제3 이미지 간의 직접적인 레지스트레이션보다 더 쉽게 실행될 수 있는 중간 레지스트레이션 단계를 도입함으로써 가능해지고 더 정확해지는데, 그 이유는 제1과 제2 이미지 간의 안구 상태 그리고 제2와 제3 이미지 간의 안구 상태에서의 각 차이점들이 상기 제1과 제3 이미지 간의 안구 상태에서의 차이점들보다 덜 크기 때문이다.

[0034] 일 실시예에 따르면, 상기 서로 다른 안구 상태들은:

[0035] 상기 제1 이미지가 촬영될 때, 안구를 완전히 또는 부분적으로 가리는 도구 또는 물체(object)가 없는 안구 상태 및

[0036] 상기 제3 이미지가 촬영될 때, 안구를 완전히 또는 부분적으로 가리는 도구가 있는 상태; 또는

[0037] 상기 제1 이미지가 촬영될 때, 안구 상에 위치된 흡입 링이 없는 안구 상태,

[0038] 상기 제2 이미지가 촬영될 때, 안구 상에 위치된 흡입 링이 없는 안구 상태 및

[0039] 상기 제3 이미지가 촬영될 때, 안구 상에 위치된 흡입 링이 있는 안구 상태를 포함한다.

[0040] 이는 직접적인 레지스트레이션을 어렵게 만들 수 있는 상당히 다른 안구 상태들의 예이다.

[0041] 일 실시예에 따르면, 상기 서로 다른 안구 상태들은:

[0042] 상기 제1 이미지가 촬영될 때, 환자의 안구 상에 외과 치료 시술의 영향들이 없는 안구 상태,

[0043] 상기 제2 이미지가 촬영될 때, 환자의 안구 상에 외과 치료 시술의 영향들이 없는 안구 상태, 및

[0044] 상기 제3 이미지가 촬영될 때, 환자의 안구 상에 외과 치료 시술의 영향들이 있는 안구 상태를 포함한다.

[0045] 이는 직접적인 레지스트레이션을 어렵게 할 수 있는 상당히 다른 안구 상태들의 다른 예이다.

[0046] 일 실시예에 따르면, 환자의 안구 상의 상기 치료 시술의 영향들은 다음의:

[0047] 출혈,

[0048] 흡입 링으로부터의 안구(eyeball)의 변형들,

[0049] 홍채를 커버(cover)하는 각막 아래 또는 각막 내의 절제 기포(ablation bubble)들,

[0050] 치료의 영향으로 인한 각막 또는 홍채의 색변화들 및

[0051] 안구를 완전히 또는 부분적으로 가리는 도구 또는 물체 중 하나 이상을 포함한다.

[0052] 이들은 제1과 제3 이미지 간의 직접적인 레지스트레이션을 어렵게 할 수 있는 상당히 변화된 안구 상태들의 다른 예들이다.

[0053] 일 실시예에 따르면, 방법은:

[0054] 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 수술-전 이미지로부터 진단 디바이스에 의해 촬영된 수술-후 진단 이미지로의 레지스트레이션을 수행하는 단계와; 그리고/또는

[0055] 상기 진단 기준 이미지로부터 하나 이상의 수술-후 진단 이미지로의 레지스트레이션을 수행하는 단계를 더 포함한다.

[0056] 이는 안과 치료/진단의 복수의 단계에 걸친 레지스트레이션 범위를 더 증가시킨다.

[0057] 일 실시예에 따르면,

[0058] 레지스트레이션 단계들은 두 개의 안구 이미지에서 하나 이상의 안구 피쳐들을 식별함으로써 수행되는 바, 상기

이미지들은 레지스터되어서 상기 두 개의 사진들 간의 좌표 관계를 판단하기 위한 것이며,

[0059] 서로 다른 레지스트레이션 단계들을 위해 사용되는 안구 피쳐들은 상기 서로 다른 레지스트레이션 단계들에서 서로 다른 양상들(modalities)에 따라 적절하게 선택된다.

[0060] 개별 레지스트레이션 단계의 컨텍스트에 따른 적절한 피쳐들의 선택은 주어진 시나리오의 특정한 상태들에 방법을 적응시키고 성능을 향상시킨다.

[0061] 일 실시예에 따르면, 제1 레지스트레이션 단계는 두 개의 서로 다른 디바이스에 의해 촬영된 두 개의 이미지 간에, 가능하게는 (서로 다른 조명 파장, 서로 다른 카메라, 서로 다른 현미경 등과 같은) 서로 다른 기기적 동작 양상 하에서 수행되지만, 안구는 동일하거나 또는 실질적으로 동일한 상태에 있다. 다시 말해, 안구 상태는, 레지스트레이션의 어려움을 증가시킬 수 있게끔 상기 안구 상태를 상당히 변화시킬 수 있는 수술 또는 흡입 링의 배치와 같은 상기 수술을 위한 준비 단계들에 의해 아직 영향을 받지 않는다. 한편, 제2 레지스트레이션 단계는 (동일한 조명 파장, 동일한 카메라, 동일한 현미경 등과 같이) 동일하거나 또는 실질적으로 동일한 기기적 동작 양상들 하에서 동일한 디바이스에 의해 촬영된 두 개의 이미지 간에 수행되지만, 수술 또는 상기 수술의 준비 액션들의 영향으로 인해 상당히 다른 안구 상태들에서 수행되어서 상기 서로 다른 안구 상태들은 레지스트레이션의 어려움을 증가시킨다. 이 방식에서, 상기 제1과 제2 레지스트레이션 단계들의 각각의 어려움은 상기 제1 이미지로부터 제3 이미지로의 직접적인 레지스트레이션보다 덜 하다. 따라서, 상기 제1 및 제2 레지스트레이션 단계들의 정확도는 향상될 수 있고, 그리하여 상기 제1 및 제2 레지스트레이션 단계들을 하나의 통합된 레지스트레이션 단계로 결합함으로써 레지스트레이션의 전체 정확도가 상기 제1과 제3 이미지 간의 직접적인 레지스트레이션에 비하여 증가될 수 있다.

[0062] 일 실시예에 따르면, 제1 이미지로부터 제3 이미지로의 두 가지 변화가 존재하고, 상기 두 가지 변화 모두는 상기 제1과 제3 이미지 간의 직접적인 레지스트레이션의 어려움을 증가시키는 바, 즉 제1 이미지로부터 제2 이미지로의 제1 변화는 상기 제1 이미지를 촬영하는 진단 디바이스로부터 상기 제2 이미지를 촬영하는 수술 디바이스로의 변화에 의해 초래되고, 제2 이미지로부터 제3 이미지로의 제2 변화는 수술의 시작으로 인한 안구 상태의 변화에 의해 초래되며, 상기 제1 및 제2 변화들의 축적된 영향들로 인한 정확도 문제를 겪을 수 있는 제1 이미지로부터 제3 이미지로의 직접적인 레지스트레이션을 회피하기 위해, 상기 제1 및 제2 이미지 간의 제1 레지스트레이션 및 상기 제2 및 제3 이미지 간의 제2 레지스트레이션이 수행되고 상기 제1과 제3 이미지 간의 레지스트레이션을 얻기 위해 하나의 통합된 레지스트레이션으로 결합된다.

[0063] 일 실시예에 따르면, 상기 진단 디바이스에 의해 촬영된 초기의 진단 이미지 및 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 수술-전 이미지를 레지스터하는데 사용되는 피쳐들은 윤부 및 공막 피쳐들이다.

[0064] 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 수술-전 이미지 및 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 수술-중(intra-surgery) 이미지를 레지스터하는데 사용되는 피쳐들은 홍채 및/또는 동공(pupil) 피쳐들이다.

[0065] 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 수술-전 이미지 및 상기 수술 디바이스에 의해 촬영된 수술-후 이미지를 레지스터하는데 사용되는 피쳐들은 홍채, 동공, 윤부 또는 공막 피쳐들 중 하나 이상이다.

[0066] 이들은 주어진 시나리오에 따라 선택될 수 있는 적절한 피쳐들의 예들이다.

[0067] 일 실시예에 따르면, 안구 레지스트레이션을 수행하기 위한 장치는:

[0068] 제1 진단 디바이스에 의해 초기의 제1 기준 안구 이미지를 획득하고 기준 좌표 체계를 정의하기 위한 모듈과;

[0069] 수술 디바이스에 의해 제2 안구 이미지를 획득하기 위한 모듈과, 상기 제2 안구 이미지는 수술이 시작되기 전의 수술-전 단계에서 획득되고;

[0070] 제1 레지스트레이션 결과를 획득하기 위해 상기 제1 안구 이미지와 상기 제2 안구 이미지 간의 제1 레지스트레이션을 수행하기 위한 모듈과;

[0071] 상기 수술 디바이스에 의해 제3 안구 이미지를 획득하기 위한 모듈과, 상기 제3 안구 이미지는 수술이 시작된 후에 획득되며;

[0072] 제2 레지스트레이션 결과를 얻기 위해 상기 제2 안구 이미지와 상기 제3 안구 이미지 간의 제2 레지스트레이션을 수행하기 위한 모듈과;

[0073] 결합된 레지스트레이션 결과를 얻기 위해 상기 제1 및 제2 레지스트레이션 결과들을 결합하고, 그로 인해 상기

진단 디바이스에 의해 획득된 상기 초기의 기준 안구 이미지와 수술이 시작된 후에 상기 수술 디바이스에 의해 획득된 상기 제3 안구 이미지 간의 레지스트레이션을 획득하는 모듈을 포함한다.

[0074] 일 실시예에 따르면, 안구 레지스트레이션을 수행하기 위한 장치는:

[0075] 제1 진단 디바이스에 의해 초기의 제1 기준 안구 이미지를 획득하고 기준 좌표 체계를 정의하기 위한 모듈과;

[0076] 수술 디바이스에 의해 제2 안구 이미지를 획득하기 위한 모듈과, 상기 제2 안구 이미지는 수술이 시작되기 전의 수술-전 단계에서 획득되고;

[0077] 제1 레지스트레이션 결과를 획득하기 위해 상기 제1 안구 이미지와 상기 제2 안구 이미지 간의 제1 레지스트레이션을 수행하기 위한 모듈과;

[0078] 상기 수술 디바이스에 의해 제3 안구 이미지를 획득하기 위한 모듈과, 상기 제3 안구 이미지는 수술이 완료된 후에 획득되며;

[0079] 제2 레지스트레이션 결과를 얻기 위해 상기 제2 안구 이미지와 상기 제3 안구 이미지 간의 제2 레지스트레이션을 수행하기 위한 모듈과;

[0080] 결합된 레지스트레이션 결과를 얻기 위해 상기 제1 및 제2 레지스트레이션 결과들을 결합하고, 이에 의해 상기 진단 디바이스에 의해 획득된 상기 초기의 기준 안구 이미지와 수술이 완료된 후에 상기 수술 디바이스에 의해 획득된 상기 제3 안구 이미지 간의 레지스트레이션을 획득하는 모듈을 포함한다.

[0081] 일 실시예에 따르면, 장치는:

[0082] 본 발명의 실시예들 중 하나에 따른 방법을 수행하는 모듈을 포함한다.

[0083] 일 실시예에 따르면, 컴퓨터 상에서 실행될 때 상기 컴퓨터로 하여금 본 발명의 실시예들 중 하나에 따른 방법을 수행하게 하는 컴퓨터 프로그램이 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0084] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 레지스트레이션 프로세스를 구현하는 시스템을 개략적으로 도시한다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 복수-레벨 레지스트레이션 프로세스를 개략적으로 도시한다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 복수-레벨 레지스트레이션 프로세스에 사용되는 안구 피쳐들을 개략적으로 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0085] 안구 상에 위치된 흡입 링에 의해 초래되는 에러들 및 불확실성들은, 진단 좌표 체계와 수술-중 좌표 체계 간의 빠져있는 링크(missing link)를 채울 수 있는 접근법이 제공되는 경우 감소될 수 있다. 본 발명의 실시예들은 이후에 더욱 상세히 설명될 방식으로 이러한 공백(gap)을 채우는 접근법을 제공한다.

[0086] 본 발명의 실시예들에 따르면, (안과 케어로서 총칭되는) 안과 진단/치료 프로세스들의 복수의 단계 동안 안구 좌표 체계 내의 다양한 피쳐들의 위치뿐만 아니라 일관된 안구 좌표 체계가 결정을 위해 사용될 수 있다. 이는 진단 단계, 수술-전 단계, 수술-중 단계 및 수술-후 단계에 관련한다.

[0087] 안구 좌표 체계뿐만 아니라 특정한 안구 피쳐들(윤부 링, 동공, 홍채, 공막 혈관들, 표지자(marker)들)은, 이미지 컨텐트에 상당히 영향을 끼칠 수 있는 변경되는 도구들(예컨대, 흡입 링) 및 시술들과 상호 작용하여 서로 다른 시점 및 변화하는 안구 상태들에 걸친 서로 다른 이미지 양상들로부터 결정될 수 있다. 실시예에 따른 안구 레지스트레이션 프로세스는 복수의 개별 레지스트레이션 단계들로 분열되고, 각 단계는 레지스트레이션 결과로 이어지며, 그 다음, 복수의 레지스트레이션 결과들은 더 높은 정확도를 산출하고 선행 기술의 어려움들을 극복하는 결합된 레지스트레이션 결과로 결합된다.

[0088] 따라서, 본 발명의 실시예들은 복수의 레벨의 레지스트레이션을 결합함으로써 치료 및 진단의 다양한 단계들 동안 안구를 레지스터할 수 있는 방법을 제공할 수 있는 바, 이 방법은:

[0089] 1. 치료 영역들 및 지점(spot)들의 정확한 토릭(toric)(회전) 정렬

[0090] 2. 치료 영역들 및 지점들의 정확한 중심화(centration)

[0091] 3. 의도된 치료 영역들 및 지점들 및 실제 치료 영역들 및 지점들의 검증

[0092] 4. 수술-전 진단들에 대하여 수술-후 진단들의 공간적으로 일관된 측정들(예컨대, 진단에 대한 임플란트들(implant), 절개들, 치료들의 결정)

[0093] 5. 환자의 시각적인 결과와 의도된 치료의 수술-후 공간적 변화들의 상관관계(correlation)를 보장하도록 한다.

[0094] 본 발명의 일 실시예에 따른 이러한 장점적인 효과들을 달성하기 위해서, 다음의 피쳐를 사용하게 되는바, 이 피쳐는:

[0095] - 서로 다른 시점들에서 결정된 안구 이미지의 복수의 레지스트레이션 결과를 결합하여 복수-단계 레지스트레이션을 수행하는 것이다.

[0096] 일 실시예에 따르면, 접근법은:

[0097] - 적절한 인터페이스들을 통해 데이터를 교환할 수 있는 이미지 디바이스의 링크 체인(linked chain)을 이용하는 것(예컨대, 현미경 카메라 이미지들을 분석하는 프로세싱 유닛과 링크된 각막 진단 디바이스)

[0098] - 이미지 및 안구 상태들(예컨대, 안구 커버리지(eye coverage), 변형들, 출혈들)의 양상에 좌우되는 컨텍스트 감응적인 피쳐의 추출 및 레지스트레이션을 이용하여 복수-피쳐 레지스트레이션을 수행하는 것을 더 포함한다.

[0099] 이 접근법들은 "복수-레벨 레지스트레이션"으로서 실시예들의 다음의 더 상세한 설명에서 요약되고 나타내질 수 있는 바, 그 이유는 상기 레지스트레이션이 안과 케어 시술의 단계들의 서로 다른 결합들에 대해 수행되기 때문이며, 그 다음, 이 서로 다른 레지스트레이션 단계들(또는 레벨들)은 더 높은 정확도를 가진 더욱 포괄적인 레지스트레이션을 달성하기 위해 결합된다.

[0100] 다소 더 상세하게 이 접근법의 중요성을 설명하기 위해, 참조가 다시 한 번 선행 기술 레지스트레이션 접근법에 대해 이루어진다. 선행 기술에서, 안구 레지스트레이션의 복잡성은 주로, 진단 및/또는 수술 이미지 디바이스들 간의 이미지 양상들에서의 차이(예컨대, 서로 다른 빛의 파장, 시야, 카메라 해상도, 카메라 위치, 통합 시간(integration time))에 의해 만들어진다. 안구 상태들(예컨대, 도구들에 의한 변형, 출혈들 및 가림(occlusion)들)에 있어서의 차이는 통상적으로 현재의 레지스트레이션 구현들에서 무시되는 바, 그 이유는 의사가 프로세스에 의해 유사한 안구 상태들이 유사한 것으로 확신하지 않을 수 없기 때문이다.

[0101] 그러나 - 상술된 바와 같이 - 모든 단계들 동안 일관되고 정확하게 결정된 좌표 체계를 요하지만 이러한 단계들에 걸쳐 유사한 안구 상태들을 보장하지는 않는 프로세스들이 존재한다. 본 발명의 실시예들에 따른 레지스트레이션 시스템은 서로 다른 이미지 양상들 및 유사한 안구 상태들뿐만 아니라 유사한 이미지 양상들 및 서로 다른 안구 상태들을 다룰 수 있다. 반복적으로 적용되는 레지스트레이션 단계들과 함께, 이는 효과적인 "전체 프로세스 좌표 체계"-디바이스가 된다.

[0102] 인터페이스들을 통해 데이터를 교환할 수 있는 이미지 디바이스들의 링크 체인은, 이제 도 1과 관련하여 기술될 일 실시예에 따른 본 발명에 적용하기 위한 플랫폼이다. 프로세스에 수반된 제1 디바이스는 다음의 전체 프로세스 동안 좌표 체계의 원점(origin)으로서 역할하는 환자의 안구의 초기의 기준 이미지를 제공하는 진단(뿐만 아니라 측정) 디바이스이다.

[0103] 도 1에 도시된 (적절하게 프로그램된 어떤 표준 컴퓨터일 수 있는) 프로세싱 유닛은 초기의 기준 이미지를 수신하며 수술실 내의 수술 현미경의 이미지 시스템에 링크된다. 기준 이미지 정보는 프로세싱 유닛에 의해 임포트(import) 되고 곧 있을 레지스트레이션 단계들을 위해 저장된다. 진단의 (초기의) 기준 이미지는 기준 좌표 체계에 실시간(live) 수술 이미지를 직접적으로 레지스터하는데 사용되거나 또는 본 발명의 실시예에 따라 수술 이미지 스트림으로부터 이미 레지스터된 기준 이미지를 통해 간접적으로 레지스터하는데 사용된다. 직접적인 레지스트레이션은 프로세싱 유닛에 공급되는 실시간 스트림에 의해 도 1에 도시되고, 이 도면에서 상기 실시간 스트림이 추적 모듈에 의해 프로세스되는 바, 상기 추적 모듈은 레지스트레이션/추적을 위해 초기의 기준 이미지와 상기 실시간 스트림을 비교한다.

[0104] 그러나, 일 실시예에 따르면, 레지스트레이션은 직접적으로 수행되는 것이 아니라 수술 이미지 스트림으로부터 이미 레지스터된 이미지를 사용하여 중간 단계를 통해 수행된다. 이를 위해, 수술 이미지 스트림 중 수술이 실제로 시작되기 전에 즉, 수술-전 단계에서 캡쳐된 이미지가 처음에 획득된다. 여기서 용어 "수술-전"은 레지스트레이션에 부정적으로 영향을 끼칠 수 있는 수술의 효과들 예컨대, 흡입 링의 배치로 인한 안구의 변형 또는 부분적인 커버리지, 절개(incisions)로 인한 출혈 등이 아직 발생하지 않았다는 사실을 나타낸다. 안구 이미지

는 수술 디바이스에 의해 촬영되지만, 수술에 선행하고 또한 흡입 링의 배치와 같은 상기 수술을 위한 준비 액션들에 선행하는 상태에서 촬영된다.

[0105] 이러한 수술-전 상태에서, 상기 안구 이미지는, 초기의 기준 좌표 체계를 결정하기 위해서 진단 디바이스에 의해 촬영된 초기의 기준 이미지에 대해 피쳐에 있어서 더 "비슷하다(close)". 따라서, 상기 초기의 기준 이미지와 수술-중 이미지 간의 레지스트레이션을 수행하는 것보다 초기의 기준 이미지와 수술-전 이미지 간의 레지스트레이션을 수행하는 것이 더 쉽고 더 정확하다.

[0106] 그 다음, 초기의 기준 이미지와 수술-전 이미지 간의 레지스트레이션은, 상기 초기의 기준 이미지에서의 초기의 기준 좌표 체계와 상기 수술-전 이미지에서의 좌표 체계(또는 안구의 위치) 사이의 좌표 관계(또는 측면 및 회전 "변위(displacement)")로 구성된 제1 레지스트레이션 결과로 이어진다.

[0107] 그 다음 단계에서, 상기 수술-전 이미지와 수술 중에 수술 디바이스에 의해 촬영된 "수술-중 이미지" 간의 제2 레지스트레이션이 수행되는 바, 특히, 예컨대 흡입 링의 배치, 안구의 변형, 절개로 인한 안구의 출혈 등으로 인해 안구 이미지에 영향을 주는 상태에서 수행된다. 그러나, 디바이스 구조(카메라, 현미경, 조명의 파장 등)를 의미하는 "양상들"이 수술-전 및 수술-중 이미지에 대해 동일하기 때문에, 다른 조명 파장, 다른 카메라 등과 같이 서로 다른 상태들 하에서 완전히 다른 디바이스에 의해 촬영될 수 있는 수술-중 이미지와 초기의 (진단) 기준 이미지 간의 레지스트레이션보다 수술-전-이미지와 수술-중 이미지 간의 레지스트레이션을 수행하는 것이 더 쉽다.

[0108] 그 다음, 상기 제2 레지스트레이션은, 상기 수술-전 이미지에서의 기준 좌표 체계와 상기 수술-중 이미지에서의 좌표 체계(또는 안구의 위치) 사이의 좌표 관계(또는 측면 및 회전 "변위")로 구성된 제2 레지스트레이션 결과를 만들어낸다.

[0109] 그 다음, 상기 제1 및 제2 레지스트레이션 결과는 (단지, 두 개의 레지스트레이션 단계의 변위 백터들의 백터 추가에 의해 쉽게 획득될 수 있는) 결합된 레지스트레이션 결과를 획득하기 위해 결합될 수 있고, 그 다음, 상기 결합된 레지스트레이션 결과는 초기의 진단 기준 이미지와 수술-중 이미지 간의 레지스트레이션을 효과적으로 만들어낸다. 그 다음, 이 접근법은 추가의 수술-중 실시간 이미지들에 대해서도 "두-단계" 또는 "복수-레벨" 레지스트레이션을 수행하는데 사용될 수 있고, 이 방식에서 상기 초기의 진단 이미지 및 수술-중 실시간 스트림에 근거하여 더욱 효과적인 추적이 달성될 수 있다.

[0110] 일 실시예에 따르면, 레지스터된 수술 실시간 이미지들은 임상 프로세스 결과의 향후 수술-후 후속 분석을 위해 익스포트(export)될 수 있다.

[0111] 이전의 실시예에서 기술한 바와 같이, 복수-단계 또는 복수-레벨 레지스트레이션은 완전한 진단 및 수술 프로세스들에 걸친 변환 변화들(transformation changes)을 제공하기 위해 서로 다른 시점들에서 결정된 안구 이미지들의 복수의 레지스트레이션 결과들을 결합한다.

[0112] 도 2는 수술에서 매 시점마다의 좌표 체계 기준을 허용하는 3 가지 서로 다른 타입의 레지스트레이션들을 포함하는 추가의 실시예들을 도시한다.

[0113] 제1 LR(제1 레벨 레지스트레이션)은 상기 진단 디바이스에 의해 촬영된 진단 이미지로부터 수술-전 현미경 이미지로의 레지스트레이션을 보여준다. 진단 디바이스로부터 수술 현미경으로의 해결되어야만 하는 일부 양상 변화들이 존재한다(예컨대, 파장에 있어서의 차이들은 파장-독립적인 신호들에 주력함으로써 해결될 수 있고, 광학에 있어서의 차이들은 두 디바이스의 보정(calibration)에 의해 해결될 수 있다). 그러나, 통상적으로 안구 상태들은, 눈꺼풀들을 열린 상태로 유지하도록 하는 검경(speculum)의 삽입 및 수술면 상에 약품을 사용한 동공의 팽창 또는 수축을 제외하고 유사하다. 상기 제1 LR은 추가의 디바이스 레지스트레이션 결과, 즉 진단 디바이스로부터 수술 디바이스로의 레지스트레이션을 제공한다.

[0114] 제2 LR(제2 레벨 레지스트레이션)은 동일한 디바이스 - 수술 현미경 - 상의 상기 수술-전 현미경 이미지로부터 상기 수술-중 현미경 이미지로의 레지스트레이션을 보여준다. 상기 수술-중 현미경 이미지로부터 상기 진단 기준 이미지로의 직접적인 레지스트레이션은, 흡입 링에 의한 상당한 커버리지 및 안구 피쳐들의 변형으로 인해 실패하기 쉽거나 또는 부정확할 수 있는 바, 결합에 있어서 양상(즉, 파장, 카메라 등의 변화) 및 안구 상태들(흡입 링의 배치)이 매우 다르기 때문이다. 그러나, 수술-전 현미경 이미지로의 수술-중 이미지의 레지스트레이션은 이미지 양상들(예컨대, 동일한 조명 파장) 및 안구 피쳐들(예컨대, 동일한 동공 사이즈, 동일한 홍채 모양)의 유사성으로 인해 실현가능하다. 제2 LR 및 제1 LR의 결합을 이용하여, 결합된 레지스트레이션 결과가 얻어질 수 있고, 그로 인해 상기 수술-중 좌표 체계로부터 진단 기준 이미지 좌표 체계로의 링크가 확립될 수

있다.

[0115] 제3 LR(제3 레벨 레지스트레이션)은 동일한 디바이스 - 수술 현미경 - 상의 수술-전 현미경 이미지로부터 수술-후 현미경 이미지로의 레지스트레이션을 보여준다. 수술-중 현미경 이미지로부터 진단 기준 이미지로의 직접 레지스트레이션은, 치료 시술이 환자의 안구 상에 끼치는 영향들(예컨대, 출혈들, 흡입 링으로부터의 안구의 변형들, 홍채를 커버하는 각막 아래 또는 각막 내의 절제 기포들)로 인해 어렵고 부정확하다. 그러나, 수술-전 현미경 이미지에 레지스터하는 것은 이미지 양상들(예컨대, 동일한 조명 파장) 및 안구 피쳐들(예컨대, 동일한 동공 사이즈, 동일한 홍채 모양)의 유사성으로 인해 실현가능하다. 상기 두 개의 레지스트레이션 결과들 제3 LR 및 제1 LR의 결합을 이용하여, 진단 기준 이미지 좌표 체계로의 링크가 확립될 수 있다.

[0116] 도 2 도시된 레지스트레이션 레벨들을 넘어서, 수술-후 현미경 이미지들로부터 수술-후 진단 이미지로의 레지스트레이션 및/또는 수술-전 진단 기준 이미지로부터 하나 이상의 수술-후 진단 이미지로의 레지스트레이션이, 결합된 레지스트레이션에 추가의 레지스트레이션 단계를 추가함으로써 실현가능하다.

[0117] 바람직한 좌표 체계 매핑을 달성하기 위해서 시스템에 의해 수행되도록 요구되는 특별한 일련의 레지스트레이션 단계들이 선험적(a-priori)으로 정의되거나 또는 각 레지스트레이션 단계의 수행(performance)의 지식에 근거하여 시스템에 의해 자동적으로 선택될 수 있다. 예를 들어, 수술 프로세스의 알려진 단계 외에서 촬영된 특정한 이미지 쌍 상에서, 상기 시스템은 상기 특정한 이미지 쌍 상의 레지스트레이션 결과의 가장 높은 품질 신뢰를 결정하기 위해 레지스트레이션 알고리즘 타입들(예컨대, 홍채-홍채 레지스트레이션, 공막-공막 레지스트레이션)의 시퀀스를 반복할 수 있다. 레지스트레이션 알고리즘 타입들의 시퀀스는 개별 수술 단계의 지식에 따라 시스템에서 미리 정의될 수 있다.

[0118] 일 실시예에 따르면, 복수-피쳐 레지스트레이션은, 변화하는 이미지 양상들 및 안구 상태들에 대해 확신적(robust)이고 신뢰성있는 레지스트레이션 결과들을 달성하기 위해서 진단 또는 수술 이미지들로부터 서로 다른 타입의 안구 피쳐들을 컨텍스트 감응적으로 추출한다. 이는, 실제 레지스트레이션 단계(예컨대, 제1 LR, 제2 LR, 제3 LR), 및 각 단계에 적용되는 양상들에 따라 가장 적절한 피쳐들이 레지스트레이션 절차를 위해 선택되고 사용됨을 의미한다. 도 3은 안구 이미지들 상의 복수-피쳐 레지스트레이션의 서로 다른 예들을 보여줌으로써 이를 예시한다. 도 3에 도시된 레지스트레이션 단계들은 (상단에 도시된)제1 LR, (중간에 도시된)제2 LR 및 (하단에 도시된)제3 LR이다. 도 3에서 레지스트레이션을 위해 고려되는 피쳐들은 점선으로 되어있다.

[0119] 도 3에서 (상단에 도시된)제1 LR에 대한 이미지 쌍들은 진단 디바이스로부터 현미경 이미지로의 일 실시예에 따른 피쳐 추출을 보여준다. 주어진 예에서, 진단 이미지는 백색 또는 초록색 조명에서 촬영되고, 현미경 이미지는 백색 조명에서 촬영된다. 통상적으로, 진단 이미지에서 환자의 안구는 작거나 또는 큰 동공을 보여주기 위해 약품들로 처리되지도, 눈꺼풀이 고정되지도 않는다. 통상적으로 수술 동안, 눈은 검경에 의해 떠져 있고 동공은 최대로 팽창된다. 이 경우, 진단 양상 및 상태들로부터 수술 양상 및 상태들로의 좌표 체계를 레지스터하기 위한 바람직하고 신뢰성있는 피쳐들은 윤부 및 공막 피쳐들(혈관들)이다. 이렇게 하면, 수술 이미지로의 진단 동공의 투시(projection)가 마찬가지로 실현가능한 바, 그 이유는 윤부에 대한 진단 동공 위치가 진단 이미지로부터 알려져있고, 수술 이미지에 있어서의 윤부가 알려져 있으며, 진단 이미지와 수술 이미지 간의 안구 회축(cyclotorsion)이 알려져 있기 때문이다.

[0120] 도 3에서 제2 LR에 대한 이미지 쌍들은 수술-전 현미경 이미지로부터 수술-중 현미경 안구 이미지로의 피쳐 추출을 도시하는 바, 여기서 상기 수술-중 안구 이미지는 흡입 링으로 커버되어 있다. 상기 흡입 링 기구(mechanics)는 통상적으로, 윤부의 일부 및 공막 영역의 대부분을 커버한다. 다행스럽게도, 두 이미지들 간의 동공의 지름 및 위치는 안약으로 인해 고정된다. 따라서, 수술-전 현미경 이미지 및 수술-중 현미경 이미지로부터의 홍채 및 동공 피쳐들은 두 이미지들의 측면 및 비틀림 위치를 완전히 레지스터하는데 사용될 수 있다.

[0121] 제1 LR 및 제2 LR을 결합하여, 진단 기준 이미지와 수술-중 현미경 이미지 사이의 링크가 신뢰성있게 확립될 수 있다. 흡입 링의 예를 참조하여, 이 방법은 모든 정렬 정보(예컨대, 동공 중심 이동, 박명 동공(mesopic pupil), 난시)를 진단 분석으로부터 흡입 링 진행(intra-suction ring) 단계까지 자동적으로 이동시킨다.

[0122] 도 3에서 제 3LR에 대한 이미지 쌍들은 수술-전 현미경 이미지로부터 수술-후 현미경 이미지로의 피쳐 추출을 도시한다. 동일한 이미지 양상 및 "도구가 없는(tool cleaned)" 안구로 인해, 치료 영향들(예컨대, 출혈들, 범프(bump)들, 변형들)은 모든 안구 피쳐들을 사용하는 레지스트레이션을 방해하지(prohibit) 않는다.

[0123] 상술된 예들은, 별도의 레지스트레이션 단계들을 결합하는 것과, 또한 바람직하게는, 레지스트레이션을 위해 서로 다른 안구 피쳐들을 컨텍스트 감응적으로 적용시키는 것이 진단 및 수술 프로세스에 걸친 이미지 양상들 및

안구 상태 차이에 의해 나타내지는 장애(barrier)들을 다루는 것을 가능하게 함을 보여준다.

[0124] 따라서, 일 실시예에 따르면, 두 가지 상황들(제1 상황 및 제2 상황) - 상기 두 가지 상황들에서 안구 상태 및/또는 사용된 디바이스(들) 또는 (파장 또는 광학과 같은) 상기 디바이스의 양상의 상당한 차이가 존재해서 상기 두 가지 상황들에서의 안구 간의 직접적인 레지스트레이션이 수행될 수 없거나 또는 적어도 매우 어렵고 에러들이 발생하기 쉽다 - 간의 레지스트레이션을 가능하게 하는 접근법이 제공된다고 말할 수 있다. 이 두 가지 상당히 다른 상황들 간의 레지스트레이션을 가능하게 하기 위해, 일 실시예에 따르면, "중간 레지스트레이션 단계"(예컨대, 상기 단계 제1 LR)가 제공되는 바, 이 단계 동안 일 디바이스(진단 디바이스)로부터 다른 디바이스(수술 디바이스)로의 변화로 인한 디바이스 또는 상기 디바이스의 양상의 일부 변화 (주파수 변화 또는 광학에 있어서의 변화) 및/또는 안구 상태(예컨대, 검안의 도입)의 변화가 존재할 수 있지만, 상기 중간 상황은, 양상들 및/또는 안구 상태의 상기 변화가 상기 제1 상황으로부터 제2 상황으로의 변화 - 이 변화 동안 직접 레지스트레이션이 가능하지 않다 - 의 경우에서의 양상들 및/또는 안구 상태의 변화보다 덜 크도록 선택된다. 그 다음, 제2 레지스트레이션 단계가 중간 상황과 제2 상황 간에 수행되는 바, 이 단계 동안 디바이스 및/또는 상기 디바이스의 양상 및/또는 안구 상태의 변화가 또한, (레지스트레이션의 수행 또는 정확도에 대한 중요성의 관점에서) 상기 제1 상황으로부터 제2 상황으로의 변화에 대한 디바이스 및/또는 상기 디바이스의 양상 및/또는 안구 상태의 변화보다 덜 크다. 그 다음, 상기 중간 레지스트레이션과 상기 제2 레지스트레이션을 결합함으로써, 상기 제1 상황과 상기 제2 상황 간의 레지스트레이션을 획득할 수 있다.

[0125] 앞선 실시예들에서 기술된 바와 같이, 상기 제1 상황은 진단 디바이스가 사용되는 상황일 수 있으며, 상기 제2 상황은 수술 디바이스가 사용되고 안구 상태가 예컨대, 흡입 링의 배치로 인해 상당히 변화되는 수술-중 상황일 수 있으며, 그리고 상기 중간 상황은 흡입 링의 배치 전이지만 수술 디바이스가 사용되는 상황, 즉 수술 자체가 아직 시작되지 않고 안구 상태를 상당히 변화시키는 예컨대 흡입 링의 배치와 같은 준비 작업 역시 수행되지 않은 상황에서의 안구의 수술-전 상태일 수 있다.

[0126] 바람직한 좌표 체계 매핑을 달성하기 위해서 각 레지스트레이션 단계를 수행하기 위해 선택된 특별한 피처들의 세트는 선험적으로 정의되거나 또는 각 피처의 수행의 컨텍스트 감응적인 지식에 근거하여 시스템에 의해 자동적으로 선택될 수 있다.

[0127] 앞서 기술된 실시예들은 선행 기술에 대해 여러 장점들을 만들어 내는 바, 예를 들어:

[0128] - 안구 레지스트레이션에 대한 현재의 접근법들은 이미지 디바이스들의 양상 변화들을 다루지만, 흡입 링의 배치와 같은 인트라-디바이스 안구 상태 변화들을 다루지 않는다.

[0129] - 바람직하게는 레지스트레이션을 위해 사용되는 충분한 안구 피처들의 컨텍스트 감응적인 결정과 관련하여 복수의 레지스트레이션 단계를 사용하는 것은 진단으로부터 수술로의, 수술-전 진단으로부터 수술-후 진단으로의 그리고 수술-후 진단으로부터 수술-후 진단으로의 전체 정확도 및 확신(robustness)을 증가시킨다.

[0130] - 최적의 레지스트레이션 단계들의 시퀀스 및 컨텍스트에 따른 안구 피처들의 자동적인 결정은 최적의 전체적인 확신 및 정확도 트레이드오프(tradeoff)를 보장한다. 최적의 시퀀스는 예컨대, 이미지들의 어떤 쌍에 대해 예상될 수 있는 성공의 가능성(확신) 및 정확도를 앎으로써 결정될 수 있다. 예를 들어, 이전의 임상 데이터에 근거하여, 제2 이미지에 제1 이미지를 레지스터하는 것의 성공 가능성은 XY%이고, 제3 이미지에 제2 이미지를 레지스터하는 것의 성공 가능성은 YZ%이며, 그리고 제3 이미지에 제1 이미지를 레지스터하는 것의 성공 가능성은 XZ%임이 결정될 수 있다. 그 다음, 시스템은 XY% * YZ% > XZ%인지 즉, 두 개의 레지스트레이션 단계들의 결합을 고려하는 것이 적절한지 또는 직접 레지스트레이션 단계를 고려하는 것이 적절한지 결정할 수 있다. 동일한 방식에서, 컨텍스트에 있어서 서로 다른 안구 피처들의 알려진 성공 가능성(즉, 진단 이미지와 수술-중 이미지 간의 홍채 레지스트레이션 대 공막 레지스트레이션의 가능성)을 비교함으로써, 알고리즘은 각 특별한 단계 상에 사용하기 위한 가장 적절한 피처들을 결정할 수 있다. 또한, 이 결정은 연산적인 고려사항들(computational considerations) 즉, 얼마나 신속하게 각각의 피처가 레지스터되는지를 고려할 수 있다.

[0131] - 수동적 도구(예컨대, 흡입 링) 배치를 대체하는 것은 환자와 의사를 위해 중대한 수술 치료 시간을 절약한다.

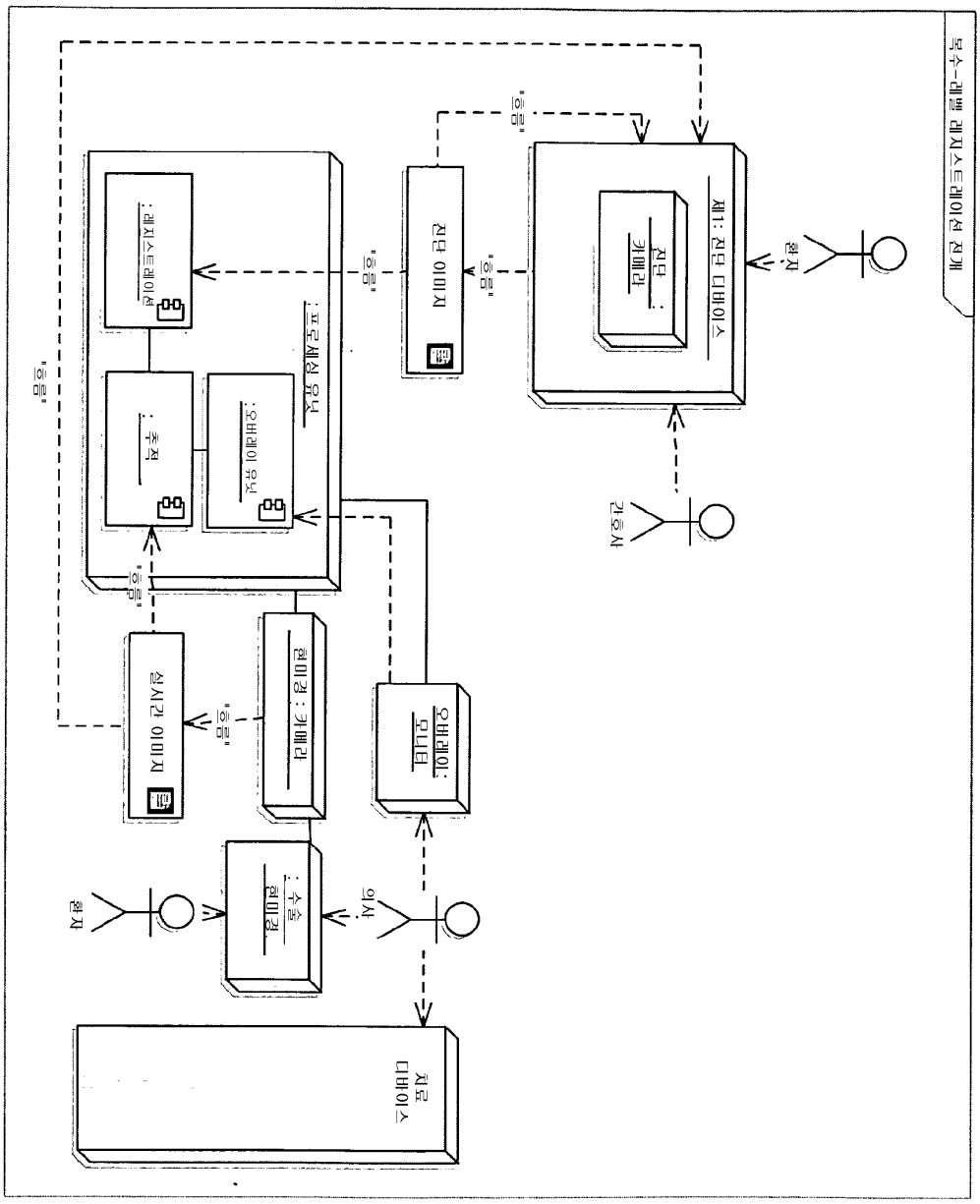
[0132] - 프로세스를 시작할 시 정의되는 동일한 (!) 좌표 체계에 대하여 항상 수행되는 수술-후 진단 후속 조치는 레이져들 및/또는 임플란트들을 이용하는 치료의 안구 수술들의 수술-후 분석을 개선시킬 것이다.

[0133] 본 명세서에 앞서 기술된 실시예들이 하드웨어, 소프트웨어 또는 소프트웨어와 하드웨어의 조합에 의해 구현될 수 있음이 숙련자들에 의해 이해될 것이다. 본 발명의 실시예들과 관련하여 기술된 모듈들 및 기능들이 본 발명의 실시예들과 관련하여 설명된 방법들에 따라 역할하도록 적절하게 프로그램되는 마이크로프로세서들 또는 컴

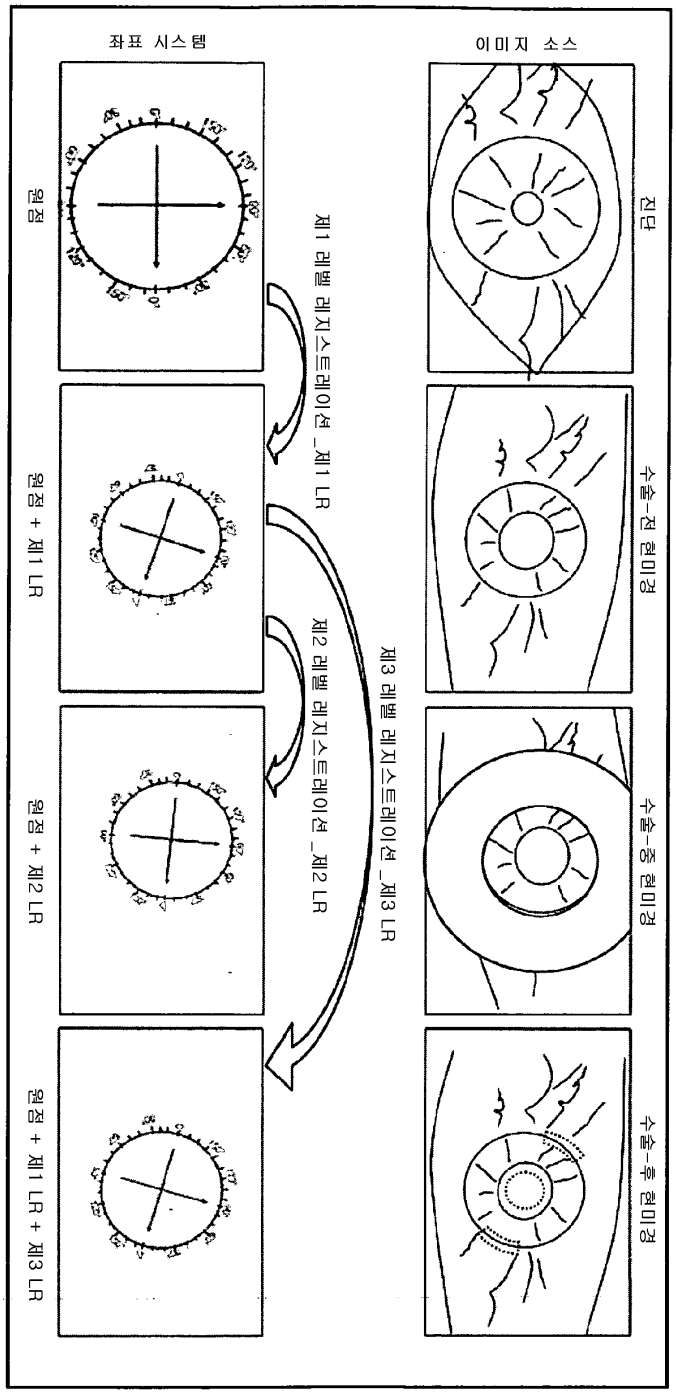
퓨터들에 의해 전체로서 또는 부분적으로 구현될 수 있다. 숙련자들에 의해 쉽게 이해되는 바와 같이, 이러한 컴퓨터들 또는 마이크로프로세서들이 안과 진단 및 치료의 분야에서 사용됨에 따라 본 발명은 적절한 인터페이스들 및/또는 측정 및/또는 치료 디바이스들과 상기 컴퓨터들 또는 마이크로프로세서들의 연결을 수반할 수 있다.

도면

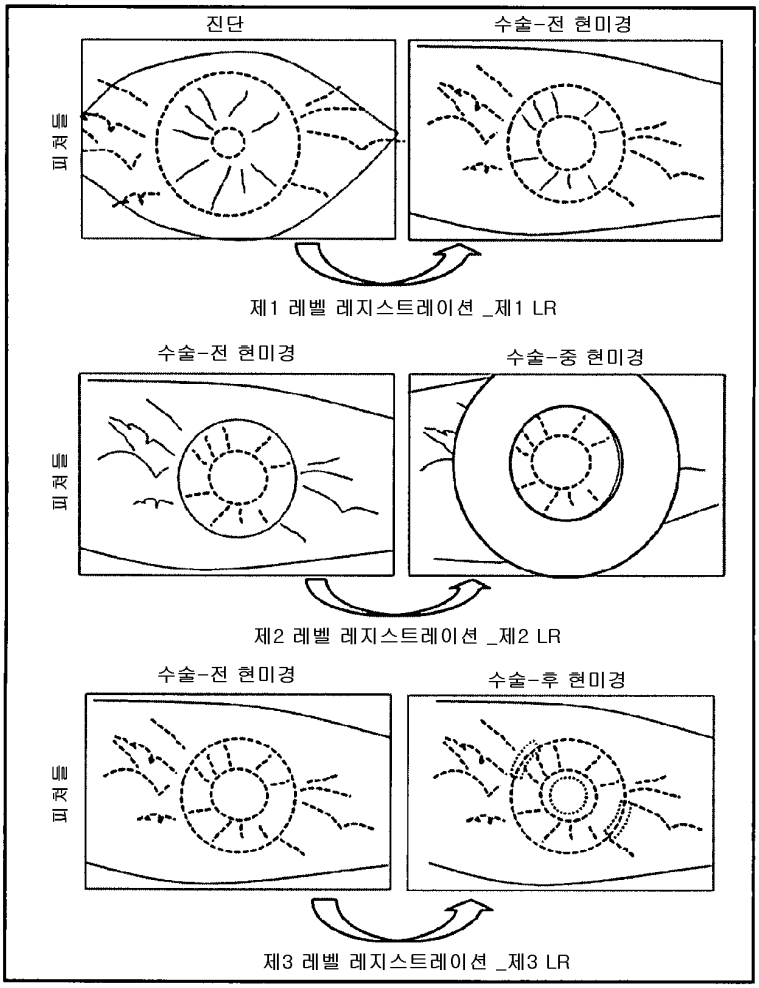
도면1



도면2


좌표 시스템
이미지 소스
원점
원점 + 제1 LR
원점 + 제2 LR
원점 + 제1 LR + 제3 LR
진단
수술-전 현미경
수술-중 현미경
수술-후 현미경
제1 레벨 레지스트레이션 _제1 LR
제2 레벨 레지스트레이션 _제2 LR
제3 레벨 레지스트레이션 _제3 LR

도면3


진단
수술-전 현미경
피쳐들
제1 레벨 레지스트레이션 _제1 LR
수술-전 현미경
수술-중 현미경
피쳐들
제2 레벨 레지스트레이션 _제2 LR
수술-전 현미경
수술-후 현미경
피쳐들
제3 레벨 레지스트레이션 _제3 LR