(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0031281
(43) 공개일자 2019년03월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 34/20 (2016.01) *A61B 17/15* (2006.01)
A61B 17/17 (2006.01) *A61B 34/00* (2016.01)
A61B 34/10 (2016.01) *A61B 34/30* (2016.01)
A61B 90/00 (2016.01) *A61F 2/46* (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 34/20 (2016.02)
A61B 17/15 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-7004649
(22) 출원일자(국제) 2017년07월13일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2019년02월15일
(86) 국제출원번호 PCT/US2017/041989
(87) 국제공개번호 WO 2018/013848
국제공개일자 2018년01월18일
(30) 우선권주장
62/363,037 2016년07월15일 미국(US)

(71) 출원인
마코 서지컬 코포레이션
미국 33317 플로리다주 포트 로더데일 데비 로드 2555
(72) 발명자
크레브스 빅토르
미국 33317 플로리다주 포트 로더데일 데비 로드 2555 마코 서지컬 코포레이션 내
강 효식
미국 33327 플로리다주 웨스턴 히코리 웨이 1114
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
유미특허법인

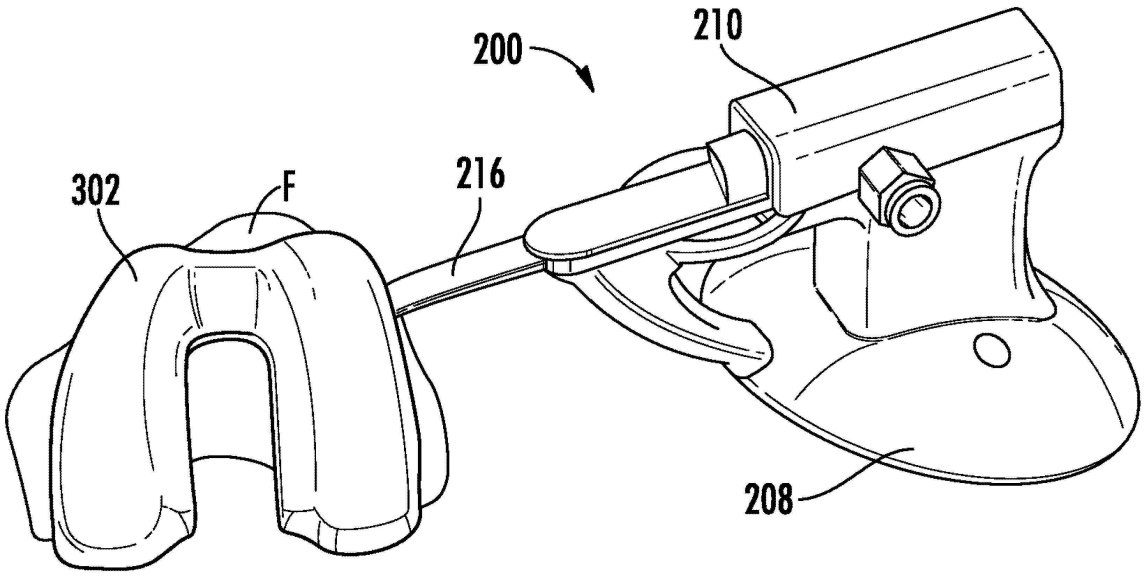
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **로봇 보조식 교정 수술을 위한 시스템**

(57) 요 약

본원의 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법은, 임플란트 컴포넌트 및 뼈 사이의 인터페이스 영역에 관련된 정보를 결정하는 단계; 및 상기 인터페이스 영역에 관련된 정보에 적어도 부분적으로 기초하는, 뼈 및 임플란트의 표현에서 제거될 인터페이스 영역의 일부와 연관된, 계획된 가상 경계를 생성하는 단계를 포함한다. 이 방법은 절개 도구의 이동이 가상 도구의 이동과 상관되도록 물리적 공간에서 절개 도구의 이동을 추적하는 단계, 및 상기 절개 도구가 상기 인터페이스 영역의 일부를 제거하는 동안 상기 절개 도구에 대한 제한(constraint)을 제공하는 단계를 더 포함한다. 상기 제한은 상기 가상 도구 및 상기 계획된 가상 경계 사이의 관계에 기초한다. 상기 인터페이스 영역의 일부가 뼈로부터 임플란트 컴포넌트를 제거하도록 제거된다.

대 표 도 - 도6a



(52) CPC특허분류
A61B 17/1703 (2013.01)
A61B 34/10 (2016.02)
A61B 34/30 (2016.02)
A61B 34/76 (2016.02)
A61B 5/055 (2018.08)
A61B 6/032 (2013.01)
A61B 90/361 (2016.02)
A61B 90/37 (2016.02)
A61F 2/4607 (2013.01)

(72) 발명자
카소데카 스니할
미국 33327 플로리다주 웨스턴 애스펀 레인 1860
해로우 매트
미국 33317 플로리다주 포트 로더데일 데비 로드 2555 마코 서지컬 코포레이션 내
딩 지에난
미국 33327 플로리다주 웨스턴 선플라워 서클 970
창 타-청
미국 33317 플로리다주 포트 로더데일 데비 로드 2555 마코 서지컬 코포레이션 내
우 민
미국 33317 플로리다주 포트 로더데일 데비 로드 2555 마코 서지컬 코포레이션 내
곤잘레즈 쟝
미국 33317 플로리다주 포트 로더데일 데비 로드 2555 마코 서지컬 코포레이션 내
에비트 피터
미국 33317 플로리다주 포트 로더데일 데비 로드 2555 마코 서지컬 코포레이션 내

명 세 서

청구범위

청구항 1

로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법으로서,

컴퓨터와 연관된 프로세싱 회로에 의해, 임플란트 컴포넌트 및 임플란트 컴포넌트가 이식되는 뼈 사이의 인터페이스 영역에 관련된 정보를 결정하는 단계;

상기 프로세싱 회로에 의해, 뼈 및 임플란트 컴포넌트의 표현에 계획된 가상 경계를 생성하는 단계 - 상기 계획된 가상 경계는 제거될 인터페이스 영역의 일부와 연관되며 상기 인터페이스 영역에 관련된 정보에 적어도 부분적으로 기초함 -;

컴퓨터와 연관된 네비게이션 시스템에 의해, 절개 도구의 이동이 가상 도구의 이동과 상관되도록 물리적 공간에서 절개 도구의 이동을 추적하는 단계;

상기 절개 도구가 상기 인터페이스 영역의 일부를 제거하는 동안 상기 절개 도구에 대한 제한(constraint)을 제공하는 단계 - 상기 제한은 상기 가상 도구 및 상기 계획된 가상 경계 사이의 관계에 기초함 -; 및

상기 뼈로부터 상기 임플란트 컴포넌트를 제거하도록 상기 인터페이스 영역의 일부를 제거하는 단계

를 포함하는,

로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 인터페이스 영역에 관련된 정보를 결정하는 단계는 뼈 및 그 뼈에 이식된 임플란트 컴포넌트의 모델을 생성하는 단계를 포함하는, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

뼈 모델은 임플란트 컴포넌트가 뼈에 이식된 동안인 일차 절차에 관련하여 획득된 이미지로부터 생성된 것인, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 모델은 CT, x-레이, 형광투시경, MRI, 초음파, 비디오 카메라, 및 추적 마커로 이루어진 그룹으로부터의 적어도 하나의 영상 기법(imaging modality)에 의해 생성되는, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 인터페이스 영역에 관련된 정보를 결정하는 단계는 상기 인터페이스 영역을 추적 프로브로 디지털화하는 단계를 포함하는, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 임플란트와 상기 뼈의 표현에 대하여 상기 가상 경계를 조절하기 위한 입력을 수신하는 단계를 더 포함하

는, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 가상 경계는 햅틱 경계이고,

상기 제한을 제공하는 단계는 상기 절개 도구에 햅틱 피드백을 제공하는 단계를 포함하는, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 가상 경계는 자율적인 제어 경계이며,

상기 제한을 제공하는 단계는 상기 제어 경계 내에 상기 절개 도구가 유지되도록 자율적으로 제어하는 단계를 포함하는, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 절개 도구는 평면 소우(saw), 만곡형 소우, 및 버(burr)로 이루어진 그룹으로부터의 하나 이상의 도구인 것인, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 프로세싱 회로에 의해, 보강물이 요구되는 상기 인터페이스에 근접한 뼈 결함의 크기, 수량 및 위치 중 적어도 하나에 관련된 정보를 결정하는 단계를 더 포함하는, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 정보는 수술 전 결정되는 것인, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 정보는 추적 프로브를 가진 뼈 결함을 디지털화함으로써 결정되는 것인, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 임플란트 컴포넌트가 제거되고 난 후에 상기 뼈의 이미지를 획득하도록 비디오 카메라를 사용하는 단계, 및 상기 임플란트 컴포넌트의 대체물을 계획하기 위해 상기 이미지에 기초하여 뼈의 뼈 모델을 생성하는 단계를 더 포함하는, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 뼈에 이식될 대체 임플란트 컴포넌트의 원하는 포즈를 결정하는 단계를 더 포함하는, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 프로세싱 회로세 의해, 상기 대체 임플란트를 수용하는 뼈를 준비하기 위해 상기 뼈 내의 하나 이상의 절개를 표현하는 뼈의 표현에 제2 계획된 가상 경계를 결정하는 단계를 더 포함하는, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 절개 도구가 상기 뼈를 준비하도록 상기 하나 이상의 절개를 수행하는 동안, 상기 절개 도구 상에 제한을 제공하는 단계를 더 포함하며, 상기 제한은 상기 가상 도구 및 상기 제2 계획된 가상 경계 사이의 관계에 기초하는, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법.

청구항 17

교정 수술을 수행하기 위한 시스템으로서,

관절식 팔 및 이 관절식 팔에 결합된 수술 도구를 포함하는 로봇 시스템;

상기 관절식 팔, 상기 수술 도구, 및 교정을 위한 환자의 해부학적 구조의 일부 중 적어도 하나의 이동을 특징화하도록 구성되는 네비게이션 시스템; 및 상기 로봇 시스템과 상기 네비게이션 시스템에 동작 가능하게 결합되는 프로세서

를 포함하고,

상기 프로세서는,

임플란트 컴포넌트 및 이 임플런트 컴포넌트가 이식되는 뼈 사이의 인터페이스 영역에 관한 정보를 결정하고,

상기 임플란트 컴포넌트와 상기 뼈의 표현에 계획된 가상 경계를 생성하고 - 상기 계획된 가상 경계는 제거될 인터페이스 영역의 일부와 연관되고 상기 인터페이스 영역에 관련된 정보에 적어도 부분적으로 기초함 -,

상기 절개 도구의 이동이 가상 도구의 이동과 상관되도록, 상기 네비게이션 시스템을 사용하여, 상기 절개 도구의 물리적 공간에서의 이동을 추적하고,

상기 절개 도구가 상기 인터페이스 영역의 일부를 제거하는 동안 상기 절개 도구 상에, 상기 계획된 가상 경계와 상기 가상 도구 사이의 관계에 기초한 제한을 제공하도록 구성되는,

교정 수술을 수행하기 위한 시스템.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 인터페이스 영역에 관련된 정보를 결정하기 위해 프로세서에 동작가능하게 결합된 이미징 시스템을 더 포함하며,

상기 이미징 시스템은 CT, x-레이, 형광투시경, MRI, 초음파, 비디오 카메라, 및 추적 마커로 구성된 그룹으로부터의 영상 기법 중 적어도 하나를 포함하는, 교정 수술을 수행하기 위한 시스템.

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 인터페이스 영역을 디지털화화기 위한 추적 프로브를 더 포함하는, 교정 수술을 수행하기 위한 시스템.

청구항 20

제17항에 있어서,

상기 관절식 팔에 결합된 수술 도구는 엔드 이펙터(end effector)를 포함하고,

상기 엔드 이펙터는

2 자유도로 이동할 수 있는 적어도 하나의 가요성 벤딩 요소로서, 원위 단부, 근위 단부, 및 내부 채널을 포함하는, 가요성 벤딩 요소;

상기 가요성 벤딩 요소의 근위 단부에 결합되고 상기 엔드 이펙터를 수술 시스템에 고정하도록 구성된 샤프트; 및

상기 샤프트 내에 장착되고 상기 절개 도구에 전력을 제공하도록 상기 절개 도구에 결합되는 모터를 포함하고,

상기 가요성 벤딩 요소의 원위 단부에 절개 요소가 결합되는, 교정 수술을 수행하기 위한 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 이 출원은 2016년 7월 15일에 출원된 미국 가출원 특허번호 제62/363,037호의 우선권 및 이익을 청구하며, 그 내용이 본원에 원용된다.

[0002] 본원은 로봇 보조식 정형외과 수술, 특히 로봇 보조식 교정 수술(robotic assisted revision surgery)에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 현재 외과의사가 무릎 및 고관절 교정 절차와 같은 교정을 수동으로 수행한다. 이러한 수동적 수술은 항상 정확하지가 않으며, 수행하기가 어렵고, 원하는 것보다 더 넓은 뼈 손실을 야기할 수도 있어서, 뼈의 강도 및 세기를 약화시킨다. 부정확한 절개의 발생 및 제한된 접근, 임플란트의 제거 및 임플란트의 교결(cementation)은 상당한 뼈 손실을 야기할 수 있다. 수술 절차 동안, 외과의사는 치즐(chisel) 및 마이크로 소우(micro saw)를 사용하여 임플란트를 수동으로 해부할 수 있다. 외과의사는 뼈를 보존하기 위해 이 방법을 매우 천천히 수행해야 한다. 그러나 수술 시간은 마취 시간 때문에 환자에게 중대할 것이다. 게다가, 그러한 수술의 수행은 상당한 훈련을 요구한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본원 일 실시예에 따르면, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법이 제시된다.

과제의 해결 수단

[0005] 이 방법은, 컴퓨터와 연관된 프로세싱 회로에 의해 임플란트 컴포넌트 및 임플란트 컴포넌트가 이식되는 뼈 사이의 인터페이스 영역에 관련된 정보를 결정하는 단계를 포함한다. 이 방법은, 프로세싱 회로에 의해, 뼈 및 임플란트 컴포넌트의 표현에서 계획된 가상 경계를 생성하는 단계를 더 포함하며, 상기 계획된 가상 경계는 제거될 인터페이스 영역의 일부와 연관되며 인터페이스 영역에 관련된 정보에 적어도 부분적으로 기초한다. 이 방법은, 절개 도구의 이동이 가상 도구의 이동과 상관되도록, 컴퓨터와 연관된 네비게이션 시스템에 의해 물리적 공간에서 절개 도구의 이동을 추적하는 단계, 및 절개 도구가 인터페이스 영역의 일부를 제거하는 동안 절개 도구에 대한 제한(constraint)을 제공하는 단계를 더 포함하며, 이 제한은 가상 도구 및 계획된 가상 경계 사이의 관계에 기초한다. 인터페이스 영역의 일부가 제거되어 뼈로부터 임플란트 컴포넌트를 제거한다.

[0006] 일부 실시태양에서, 인터페이스 영역에 관련된 정보를 결정하는 단계는, 뼈 및 그 내부에 이식된 임플란트 컴포넌트의 이미지를 수신하는 단계를 포함한다. 일부 실시태양에서, 임플란트 컴포넌트가 뼈 상에 이식되는 동안인 일차 절차에 관련해서 이미지가 획득된다. 일부 실시태양에서, 이미지는 CT, x-레이, 형광투시경, MRI, 초음파, 비디오 카메라, 및 추적 마커로 이루어진 그룹으로부터의 적어도 하나의 영상 기법(imaging modality)에 의해 수신된다. 일부 실시태양에서, 인터페이스 영역에 관련된 정보를 결정하는 단계는 인터페이스 영역을 추적 프로브로 디지털화하는 단계를 포함한다.

[0007] 일부 실시태양에서, 이 방법은 임플란트와 뼈의 표현에 대하여 가상 경계를 조절하기 위한 입력을 수신하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시태양에서, 가상 경계는 햅틱 경계이고, 상기 제한을 제공하는 단계는 절개 도구에 햅틱 피드백을 제공하는 단계를 포함한다. 일부 실시태양에서, 가상 경계는 자율 제어 경계이며, 상기 제한을 제공하는 단계는 수술 도구를 자율적으로 제어하여 상기 제어 경계 내에 남도록 하는 단계를 포함한다. 일부

실시태양에서, 절개 도구는 이에 제한되지는 않으나 평면 소우(saw), 만곡형 소우, 레이저, 워터젯, 초음파 진동 및 버(burr)를 구성하는 그룹으로부터의 하나 이상의 도구이다.

[0008] 일부 실시태양에서, 이 방법은, 상기 프로세싱 회로에 의해, 보강물이 요구되는 상기 인터페이스에 근접한 뼈 결함의 크기, 수량 및 위치 중 적어도 하나에 관련된 정보를 결정하는 단계를 더 포함하는, 로봇 보조식 수술 시스템을 사용하여 교정 수술을 수행하는 방법을 더 포함한다. 일부 실시태양에서, 정보는 수술 전 결정된다. 일부 실시태양에서, 정보는 추적 프로브로 뼈 결함을 디지털화함으로써 결정된다.

[0009] 일부 실시태양에서, 이 방법은 임플란트 컴포넌트가 제거되고 난 후에 뼈의 이미지를 획득하도록 비디오 카메라를 사용하는 단계; 및 임플란트 컴포넌트의 대체물을 계획하기 위해 이미지에 기초하여 뼈의 뼈 모델을 생성하는 단계를 더 포함한다.

[0010] 일부 실시태양에서, 이 방법은 뼈에 이식될 대체 임플란트 컴포넌트의 원하는 포즈를 결정하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시태양에서, 이 방법은 대체 임플란트를 수용하도록 뼈를 준비하기 위해 뼈 내의 하나 이상의 절개를 표현하는 뼈의 표현에서 제2 계획된 가상 경계를, 프로세싱 회로세 의해 결정하는 단계를 더 포함한다. 일부 실시태양에서, 이 방법은 절개 도구가 뼈를 준비하도록 하나 이상의 절개를 수행하는 동안, 절개 도구 상의 제한을 제공하는 단계를 더 포함하며, 이 제한은 가상 도구 및 제2 계획된 가상 경계 사이의 관계에 기초한다.

[0011] 또 다른 일례의 실시태양에서, 교정 수술을 수행하기 위한 시스템을 제공한다. 이 시스템은 관절식 팔 및 이 관절식 팔에 결합된 수술 도구를 포함하는 로봇 시스템, 상기 관절식 팔, 수술 도구, 및 교정을 위한 환자의 해부학적 구조의 부분 중 적어도 하나의 이동을 특징화하도록 구성되는 네비게이션 시스템, 및 로봇 시스템과 네비게이션 시스템에 동작 가능하게 결합되는 프로세서를 포함한다. 프로세서는 임플란트 컴포넌트 및 상기 임플런트 컴포넌트가 이식되는 뼈 사이에 있는 인터페이스 영역에 관한 정보를 결정하고, 임플란트 컴포넌트와 뼈의 표현에 기초하여 계획된 가상 경계를 생성하고 - 상기 가상 경계는 제거될 인터페이스 영역의 일부와 연관되고 인터페이스 영역에 관련한 정보에 부분적으로 기초함 -; 절개 도구의 이동이 가상 도구의 이동과 상관되도록, 네비게이션 시스템을 사용하여, 절개 도구의 물리적 공간에서의 이동을 추적하고; 절개 도구가 인터페이스 영역의 일부를 제거하는 동안 절개 도구 상의 제한을 제공하도록 구성되고, 이 제한은 계획된 가상 경계와 가상 도구 사이의 관계에 기초한다.

[0012] 일부 실시태양에서, 이 시스템은 인터페이스 영역에 관련된 정보를 결정하기 위해 프로세서에 동작가능하게 결합된 이미징 시스템을 더 포함하며, 이 이미징 시스템은 CT, x-레이, 형광투시경, MRI, 초음파, 비디오 카메라, 및 추적 마커로 구성된 그룹으로부터의 영상 기법 중 적어도 하나를 포함한다. 일부 실시태양에서, 이 시스템은 인터페이스 영역을 디지털화화기 위한 추적 프로브를 더 포함한다.

[0013] 일부 실시태양에서, 관절식 팔에 결합된 수술 도구는 엔드 이펙터(end effector)를 포함한다. 엔드 이펙터는 2 자유도로 이동할 수 있는 적어도 하나의 가요성 벤딩 요소를 포함하며, 이 벤딩 요소는 원위 단부, 근위 단부, 및 내부 채널; 가요성 벤딩 요소의 근위 단부에 결합되고 엔드 이펙터를 수술 시스템에 고정하도록 구성된 샤프트; 및 샤프트 내에 장착되고 절개 도구에 전력을 제공하도록 절개 도구에 결합되는 모터를 포함한다. 절개 요소는 가요성 벤딩 요소의 원위 단부에 결합된다.

[0014] 일 실시태양에서, 로봇 시스템이 무릎 또는 고관절 교정 절차에 조력하도록 사용된다. 로봇 시스템이 네비게이션 시스템을 포함하여 사전-스캔 CT 이미지에 실제 뼈를 등록하고 환자 해부학적 공간을 통해 탐색하는(navigate) 로봇 팔을 정교하게 안내한다. 로봇 시스템은 햅틱 능력을 가질 수 있으며, 사용자는 환자 해부학적 구조에 기초하여 햅틱 볼륨을 형상화해서(shape) 중요한 뼈 구조 및 연조직(예컨대 인대(ligament), 신경, 및 정맥)를 보호한다. 이 시스템은 복수의 자유도를 가지는 가요성 엔드 이펙터를 더 포함하고, 가요성 팔에 부착된 절개 도구가 뼈 임플란트를 해부하기 위해 소규모 영역에 접근하도록 하는 임의의 방향으로 90도 구부려질 수 있다. 이 시스템은 교정 경우에 사용을 위해 이용가능 할 수 있는 정보와 함께, 환자 뼈 모델과 임플란트 모델 및 일차 무릎 또는 고관절 수술 절차 동안의 계획 내역을 저장하는 대규모 데이터베이스를 가진다.

[0015] 또 다른 실시태양에서, 환자의 이전/일차 무릎 및 고관절 정보를 사용하는 로봇 시스템은 교정 절차를 햅틱식으로 안내하도록 교정 햅틱 경계를 생성하기 위해 환자의 이전/일차 무릎 및 고관절 임플란트 모델을 사용하는 단계; 로봇 좌표에 뼈를 등록하도록 환자의 이전/일차 무릎 및 고관절 뼈 모델을 사용하는 단계 - 환자는 교정 경우를 위한 추가의 CT 이미지를 취할 필요가 없음 -; 및 교정 경우에 뼈와 임플란트 사이의 상대적인 위치를 획득하도록 이전/일차 무릎 및 고관절 계획 정보를 사용하는 단계에 의해 교정 경우를 보조할 수 있고, 뼈와 임플

란트 사이의 상대적 이동은 존재하지 않으며, 임플란트 표면이 뼈를 로봇 좌표에 등록하도록 사용된다.

[0016] 일부 실시태양에서, 로봇 시스템이 커스터마이즈된 교정 햅틱 경계를 생성하여 뼈의 과도한 절개를 보호하고 교정 절차 동안 손실된 뼈를 최소화한다.

[0017] 일부 실시태양에서, 일차 무릎 및 고관절 임플란트 모델에 기초하는 로봇 시스템은 일차 임플란트 주위에 교정 햅틱 경계를 정교하게 생성하여 절개 도구를 제한하고 뼈의 과도한 절개를 최소화한다. 일부 실시태양에서, 다음의 방법들 중 하나가 교정 동안 일차 무릎 및 고관절 CT 이미지에 임플란트와 뼈를 등록하도록 사용되고 - 추적가능 프로프가 임플란트 표면을 디지털화하고 뼈를 일차 CT 이미지에 등록함 -; 몇몇의 형광 이미지를 취하고; 및/또는 카메라나 광학 센서를 로봇에 부착되어 임플란트 표면을 스캐닝하고 그 후 그것을 일차 CT 뼈 모델에 등록하도록 사용된다. 일부 실시태양에서, 로봇 시스템은 능숙한 가요성 엔드 이펙터 시스템을 포함하며, 이 가요성 엔드 이펙터는 전방향으로 다수의 자유도를 가져서, 로봇 절개 뼈가 제한 접근 공간을 가지도록 하고, 이 가요성 엔드 이펙터는 뼈를 절개하기 위한 고속 회전 버를 수반한다. 일부 실시태양에서, 비디오 카메라 또는 초음파 디바이스는 초기 뼈 또는 임플란트 모델을 생성하고 및/또는 뼈를 뼈 모델로 등록하도록 사용된다.

도면의 간단한 설명

[0018] 이 명세서의 일부로 통합되고 구성되는 수반되는 도면은 본원의 원리 및 특징을 이해하도록 제공된 상세한 설명과 함께 다수의 실시태양을 나타내고 있다.

도 1은 일례의 실시태양에 따른 수술 시스템의 실시태양의 투시도이다.

도2는 일례의 실시태양에 따른 컴퓨팅 시스템의 블록도이다.

도 3a-3b는 일례의 실시태양에 따른 대퇴골, 경골, 대퇴부 임플란트 및 경골 임플란트를 보여주는 X-레이를 도시한다.

도 4는 일차 부분 무릎 절차 동안 사용자 인터페이스에 보여지는 뼈 모델 및 임플란트 모델을 도시한다.

도 5a는 일례의 실시태양에 따라, 도 1의 수술 시스템으로 사용되는 가요성 엔드 이펙터를 도시한다.

도 5b는 일례의 실시태양에 따른 도 5a의 가요성 엔드 이펙터를 도시한다.

도 5c는 일례의 실시태양에 따른 도 5a의 가요성 엔드 이펙터의 가요성 부분의 근접도이다.

도 6a-6c는 일례의 실시태양에 따른 대퇴골, 대퇴부 임플란트 및 엔드 이펙터의 다양한 뷰를 도시한다.

도 7a 및 7b는 비-로봇 또는 수동 제거 이후의 대퇴부 임플란트 및 대퇴골을 도시한다.

도 8은 일례의 실시태양에 따른 교정을 수행하는 방법의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 일례의 실시태양을 자세히 도시하는 도면을 설명하기 전에, 본원이 도면에 도시되거나 상세한 설명에 기재된 자세한 내용이나 방법론에 제한되는 것은 아님을 이해해야 할 것이다. 또한 용어는 상세한 설명만을 목적으로 하는 것이며 이에 제한되어 고려되어야 하는 것은 아님을 이해해야 한다.

[0020] 본원의 개시물은, 최소한의 뼈 손실을 갖는 일차 임플란트의 정교한 제거를 가능하게 하면서, 일차 임플란트를 제거하기에 요구되는 시간을 감소시킴으로써, 무릎관절이나 고관절과 같은 관절의 교정을 지지하는 로봇 보조식 방법을 소개한다. 뼈 손실이 최소화되는 경우에, 개인적인 환자에서 그들의 인생 동안 수행될 수 있는 교정의 회수가 증가된다.

[0021] 본원 개시물이 무릎 및 고관절에 대해 이루어지고, 무릎 및 고관절에 대한 교정에 대한 것이라 할지라도, 여기에 개시된 시스템 및 방법이, 이에 한정되는 것은 아니지만 어깨, 허리, 발목, 척추(spine)를 포함하는 다른 뼈나 관절에 대한 다른 정형외과 교정에 동등하게 적용된다.

[0022] 본 개시물의 로봇 보조식 수술 시스템은 교정 절차를 보조하도록 고안되어 뼈에 대한 손상 및/또는 제거되는 뼈의 양을 최소화한다. 로봇 보조식 수술 시스템은 또한 교정 절차를 수행하기 위해 외과의사에 대해 긴 학습 곡선(lengthy learning curve)을 줄이도록 고안된다. 로봇 보조식 수술 시스템은 교정을 수행할 시간을 줄이는데 도움이 되며, 뼈의 더 양호한 회복을 가능하게 하는데, 이는 뼈가 로봇 시스템의 사용의 결과로써 "손상"이 덜

되기 때문이다. 게다가, 이 개시물은 인터페이스의 손상의 과정이 보이는 이미 사용된 시스템의 한가지 주요한 문제점을 해결한다. 특정 실시태양에서, 로봇 시스템이 사용자에게 계획을 제공하여 인터페이스를 전체적으로 제거할 수 있고, 그 후 제거 공정동안 피드백을 제공하는 동안 사용자가 계획을 실행하는 것을 돕는다.

[0023] **일례의 로봇 시스템**

[0024] 본원 개시물에 따른 로봇 보조식 수술 시스템 및 방법의 다양한 특징이 이제 더 자세히 설명될 것이다. 도 1은 일례의 컴퓨터-보조식 수술(computer-assisted surgery, CAS) 시스템(100)의 개략도를 제공하며, 이 시스템에서 특정 개시된 실시태양과 연관된 특징 및 프로세스가 구현될 수 있다. 수술 시스템(100)이 아주 다양한 정형외과 수술 절차, 예컨대 무릎 교정 절차를 수행하도록 구성될 수 있다. 수술 시스템(100)은 추적 시스템(101), 컴퓨팅 시스템(102), 하나 이상의 디스플레이 디바이스(103a, 103b), 및 로봇 시스템(104)을 포함한다. 시스템(100), 또한 여기에 기재된 방법 및 프로세스는 다수의 다양한 유형의 관절 교정 절차에 적용될 수 있음을 알아야 할 것이다. 특정 개시된 실시태양이 무릎 교정에 대해 기재되어 있다 할지라도, 여기에 기재된 컨셉 및 방법이 다른 유형의 정형외과 수술, 예컨대 고관절 교정, 어깨 교정 절차 및 다른 유형의 정형외과 절차에 적용될 수 있다. 또한, 수술 시스템(100)이 기재된 것보다 추가적인 요소 또는 더 적은 수의 요소를 포함할 수 있어서, 수술에 조력할 것이다(예, 수술 침대 등).

[0025] 로봇 시스템(104)은 수술 절차, 예컨대 교정 절차를 환자에 수행하도록 외과의사에 의해 상호작용 방식(interactive manner)으로 사용될 수 있다. 도 1에서처럼, 로봇 시스템(104)이 베이스(105), 관절식 팔(106), 힘 시스템(force system)(미도시), 및 제어기(미도시)를 포함한다. 수술 도구(110)(예, 작동 부재, 예컨대 소우, 리머(reamer) 또는 버를 가지는 엔드 이펙터)는 관절식 팔(106)에 결합될 것이다. 외과의사가 관절식 팔(106) 및/또는 수술 도구(110)을 잡고 수동으로 이동시킴으로써 수술 도구(110)를 조작할 수 있다.

[0026] 힘 시스템 및 제어기는 수술 도구의 조작 동안 외과의사에게 제어 또는 안내를 통해 절개 제한 안내를 제공하도록 구성된다. 힘 시스템은 관절식 팔(106)을 통해 수술 도구에 적어도 일부의 힘을 제공하도록 구성되고, 제어기는 힘 시스템을 제어하기 위한 제어 신호를 생성하도록 프로그램된다. 일 실시태양에서, 힘 시스템이 햅틱(또는 힘) 피드백을 제공하여, 예컨대 2009년 12월 22에 출원된 미국특허출원번호 12/654,519(미국특허출원공개번호 2010/0170362) 및/또는 미국특허번호 8,010,180에 기재된 것처럼 외과의사가 햅틱 오브젝트에 의해 정의된 미리정의된 햅틱 경계를 너머서 수술 도구를 수동으로 움직이는 것을 제한하거나 막는 액추에이터 및 후방-구동가능 변속을 포함하고, 이 미국특허출원의 내용은 본원에 원용된다. 힘 시스템 및 제어기는 로봇 시스템(104) 내에 장착될 수 있다. 일부 실시태양에서, 절개 제한 또는 안내는 명칭이 "공간에서 조절가능 능동형 스톱을 제공하기 위한 장치 및 방법"인 미국특허번호 9,399,298, 명칭이 "로봇 수술을 위한 시스템 및 방법"인 미국특허번호 9,060,794 및 명칭이 "하우징, 하우징으로부터 연장되는 절개 액세서리 및 하우징에 대하여 절개 액세서리의 위치를 확립하는 액추에이터를 포함하는 수술 기구"인 미국특허공개번호 2013/0060278에 기재된 것과 같은 핸드헬드 조작기 또는 핸드헬드 로봇 디바이스를 통해 제공되고, 이러한 미국특허와 특허공보 각각의 내용은 본원에 원용된다.

[0027] 추적 시스템(101)은 물체(들)의 움직임을 검출하도록 수술 절차 동안 하나 이상의 물체의 포즈(예, 위치 및 방향)을 결정하도록 구성된다. 예를 들어, 추적 시스템(101)이 검출 디바이스의 참조표시의 좌표 프레임에 대해 물체의 포즈를 획득하는 검출 디바이스를 포함할 수 있다. 참조표시의 좌표 프레임에서 물체가 움직이기 때문에, 검출 디바이스가 물체의 포즈를 추적하여 물체의 움직임을 검출한다(또는 수술 시스템(100)이 결정하도록 할 수 있다). 그 결과, 컴퓨팅 시스템(102)은 추적된 물체나 물체들의 움직임에 응답하여 데이터를 캡쳐할 수 있다. 추적된 물체는 예컨대 도구/기기, 환자 해부학적 구조, 임플란트/보철 장치, 및 수술 시스템(100)의 컴포넌트를 포함한다. 추적 시스템(101)으로부터 포즈 데이터를 사용하여, 수술 시스템(100)은 또한 하나의 공간의 좌표를 또 다른 공간의 좌표로 등록(또는 맵핑 또는 연관)할 수 있다(예를 들어, 공지된 바와 같이 좌표 변환 프로세스를 사용함). 물리적 공간에 있는 물체들이 임의의 적합한 좌표 시스템, 예컨대 로봇 시스템(104)의 수술 제어기 및/또는 컴퓨터 디바이스에서 동작하는 프로세스에 의해 사용되는 좌표 시스템에 등록될 수 있다. 예를 들어, 물리적 공간의 물체는 임의의 적합한 좌표 시스템, 예컨대 수술 제어기 및/또는 로봇 시스템(104)의 컴퓨터 디바이스에서 동작하는 프로세스에 의해 사용되는 좌표 시스템에 등록될 수 있다. 예를 들어, 추적 시스템(101)으로부터 포즈 데이터를 사용하여, 수술 시스템(100)이 물리적 해부학적 구조, 예컨대 환자의 경골을 해부학적 구조의 표현(예컨대 디스플레이 디바이스(103) 상에 표시되는 이미지)과 연관시킬 수 있다. 추적된 물체 및 등록 데이터에 기초하여, 수술 시스템(100)이 해부학적 구조의 이미지와 관련 해부학적 구조 사이의 공간 관계를 결정할 수 있다.

[0028] 등록이 임의의 공지된 등록 기술, 예컨대 이미지-이미지 등록(예, 동일한 유형이나 기법의 이미지, 예컨대 형광 투시 이미지 또는 MR 이미지가 등록되는 모노모달(monomodal) 등록, 및/또는 상이한 유형이나 기법, 예컨대 MRI 또는 CT가 등록되는 멀티모달(multimodal) 등록), 이미지-물리적 공간 등록(예, 종래의 이미징 기술에 의해 획득된 환자의 해부학적 구조의 디지털 데이터 세트가 환자의 실제 해부학적 구조로 등록되는 이미지-환자 등록), 조합된 이미지-이미지 및 이미지-물리적 공간 등록(예, 수술 중 장면에 수술전 CT 및 MRI의 등록), 및/또는 비디오 카메라나 초음파를 사용하는 등록을 포함할 수 있다. 컴퓨팅 시스템(102)은 또한 공간적 정렬 또는 대응을 달성하도록 하나의 공간의 좌표를 또 다른 공간 좌표에 맵핑(또는 변형)하기 위한 좌표 변형 프로세스를 포함할 수 있다. 예를 들어, 수술 시스템(100)은 추적된 물체의 위치(예, 환자 해부학적 구조 등)를 햅틱 디바이스 및/또는 수술 제어기의 컴퓨터에서 실행되는 프로세스에 의해 사용되는 좌표계로 맵핑하도록 좌표 변형 프로세스를 사용할 수 있다. 공지된 바와 같이, 좌표 변형 프로세스는 임의의 적합한 변환 기술, 예컨대 강성-바디 변환(rigid-body transformation), 비강성 변환, 아핀 변환 등을 포함할 수 있다. 일부 실시태양에서, 비디오 카메라가 모델을 획득하고 모델을 등록하도록 뼈의 스캔 및 트래커를 포함한다. 예를 들어, 초기 3D 모델이 생성되고 자동으로 등록될 수 있다. 일부 실시태양에서, 비디오 카메라가 CT 스캔에 대응하는 3D 모델을 등록하도록 사용될 수 있다. 일부 실시태양에 따라, 비디오 카메라 또는 초음파가 초기 모델 생성 및 등록 둘 다를 위해 사용될 수 있다.

[0029] 추적 시스템(101)은 임의의 추적 시스템일 수 있으며, 이것은 수술 시스템(100)이 환자의 관련 해부학적 구조의 포즈를 연속해서 결정(또는 추적)하도록 할 수 있다. 예를 들어, 추적 시스템(101)이 비기계적 추적 시스템, 기계적 추적 시스템, 또는 수술 환경에 사용하기에 적합한 비기계적 및 기계적 추적 시스템의 임의의 조합을 포함할 수 있다. 비기계적 추적 시스템이 광학(또는 시각), 자성, 무선, 또는 음향 추적 시스템을 포함할 수 있다. 이러한 시스템은 전형적으로, 검출 디바이스에 의해 검출가능하고 또한 추적될 물체에 부착되도록 구성된 특히 인식가능한 추적가능 요소(또는 트래커)를 미리정의된 좌표 공간에 위치시키도록 구성된 검출 디바이스를 포함하거나, 추적될 물체의 고유 부분(inherent part)이다. 예를 들어, 추적가능 요소는 추적된 물체에 추적가능 요소가 부착되는 때에 추적된 물체에 공지된 기하학적 관계 및 고유한 기하학적 배열을 가지는 마커들의 어레이를 포함할 수 있다. 공지된 기하학적 관계는 예컨대 추적가능 요소 및 추적가능 물체의 종료지점과 축 사이의 미리정의된 기하학적 관계일 수 있다. 따라서, 검출 디바이스는 마커의 기하학적 구조(고유하다면), 축의 방향, 및 마커의 위치로부터 추정된 참조표시의 프레임 내의 종료지점의 위치로부터 적어도 부분적으로 특정 추적된 물체를 인식할 수 있다.

[0030] 마커는 임의의 공지된 마커, 예컨대 외적 마커 (또는 기준(fiducial)) 및/또는 추적된 물체의 내적 특징을 포함할 수 있다. 외적 마커는 환자에 부착되는 인공 물체(예, 피부에 부착되는 마커, 뼈에 이식되는 마커, 정위(stereotactic) 프레임 등)이며, 검출 디바이스에 그리고 검출 디바이스에 의해 정확히 검출가능하도록 보일 수 있게 고안된다. 내적 특징은 핵심적인 것이며 인식가능한 마커로서 기능하여 충분히 정의되고 인식될 수 있는 추적된 물체의 위치 추적 가능한 부분이다(예, 랜드마크, 해부학적 구조의 아웃라인, 형상, 색, 또는 충분히 인식가능한 시각적 지시자). 마커는 임의의 적합한 검출 방법, 예컨대 공지된 바와 같이 광학적, 전자기적, 무선 또는 음향 방법을 사용하여 위치된다. 예를 들어, 적외선에 민감성인 고정 스테레오 카메라 쌍을 가지는 광학적 추적 시스템이 사용되어 능동적으로(예, 발광 다이오드 또는 LED) 또는 수동적으로(예, 적외선을 반사하는 표면을 가진 구체 마커) 적외선을 발산하는 마커를 추적한다. 유사하게, 자기적 추적 시스템은 추적된 물체에 통합되는 작은 코일에 의해 감지된 부분적으로 변화하는 자기장을 방사하는 고정 전기장 발생기를 포함할 수 있다.

[0031] 컴퓨팅 시스템(102)이 추적 시스템(101)에 통신 가능하게 결합될 수 있고, 추적 시스템(101)으로부터 추적 데이터를 수신하도록 구성될 수 있다. 수신된 추적 데이터에 기초하여, 컴퓨팅 시스템(102)이 수술 도구(110) 또는 환자 해부학적 구조의 부분과 같이, 수술 환경의 하나 이상의 등록된 특징과 연관된 위치 및 방향을 결정할 것이다. 컴퓨팅 시스템(102)이 수술 절차 동안 외과의사 또는 수술 보조자에 의해 사용될 수 있는 수술 계획 및 수술 보조 소프트웨어를 포함할 수 있다. 예를 들어, 관절 대체술 동안, 컴퓨팅 시스템(102)이 디스플레이 디바이스(103a, 103b) 중 하나 또는 둘 다에서 수술 절차에 관련된 이미지를 표시할 수 있다.

[0032] 컴퓨팅 시스템(102)(및/또는 수술 시스템(100)의 하나 이상의 구성 컴포넌트)가 수술 시스템(100)의 동작 및 제어를 위한 하드웨어 및 소프트웨어를 포함할 수 있다. 이러한 하드웨어 및/또는 소프트웨어는 시스템(100)이 여기에 기재된 기술을 수행하게 하도록 구성된다.

[0033] 도 2는 일례의 실시태양에 따라 컴퓨터 시스템(102)의 블록도를 도시한다. 컴퓨팅 시스템(102)은 수술 제어기(112), 디스플레이 디바이스(103)(예, 디스플레이 디바이스(103a 및 103b)), 및 입력 디바이스(116)를

포함한다.

[0034] 수술 제어기(112)는 임의의 공지된 컴퓨터 시스템일 수 있지만, 바람직하게는 프로그램가능한, 프로세서 기반 시스템이다. 예를 들어, 수술 제어기(112)가 마이크로프로세서, 하드 드라이브, 랜덤 액세스 메모리(RAM), 리드 온리 메모리(ROM), 입/출력(I/O) 회로망, 및 임의의 다른 공지된 컴퓨터 컴포넌트를 포함한다. 수술 제어기(112)는 바람직하게는 다양한 유형의 스토리지 디바이스(반복되고 제거가능함), 예컨대 휴대용 드라이브, 자기 스토리지, 고상 스토리지(예, 플래시 메모리 카드), 광학 스토리지, 및/또는 네트워크/인터넷 스토리지를 사용하도록 구성된다. 수술 제어기(112)는, 예컨대 퍼스널 컴퓨터 또는 임의의 작동 시스템 하에서 작동하는 워크스테이션을 포함하여, 하나 이상의 컴퓨터를 포함할 수 있고, 그래픽 사용자 인터페이스(graphical user interface, GUI)를 포함할 수 있다.

[0035] 도 2로 돌아가서, 일례의 실시태양에서, 수술 제어기(112)는 메모리(124) 및 프로세서(122)를 가지는 프로세싱 회로(120)를 포함한다. 프로세서(122)는 입력 데이터에서 작동하여 출력을 생성함으로써 동작을 수행하도록 하나 이상의 컴퓨터 프로그램을 실행하는 범용 프로세서로서 구현될 수 있다. 프로세스 및 논리 흐름이 또한 전용 논리 회로, 예를 들어, FPGA(field programmable gate array) 또는 ASIC(application specific integrated circuit), 처리 컴포넌트의 그룹, 또는 다른 적합한 전자 처리 컴포넌트에 의해 수행되고, 장치는 또한 전용 논리 회로로서 구현될 수 있다. 일반적으로, 프로세서는 리드 온리 메모리 또는 랜덤 액세스 메모리 또는 둘 다로부터 데이터 및 명령을 수신할 것이다. 메모리(124)(예, 메모리, 메모리 유닛, 스토리지 디바이스 등)은 본원에 기재된 다양한 프로세스를 완수하거나 실시하기 위한 데이터 및/또는 컴퓨터 코드를 저장하기 위한 하나 이상의 디바이스(예, RAM, ROM, 플래시-메모리, 하드 디스크 스토리지 등)을 포함한다. 메모리(124)는 휘발성 메모리 또는 비휘발성 메모리 이거나 이를 포함할 수 있다. 메모리(124)는 데이터베이스 컴포넌트, 물체 코드 컴포넌트, 스크립트 컴포넌트, 또는 본원에 기재된 다양한 활동을 지지하기 위한 임의의 다른 유형의 정보 구조를 포함할 수 있다. 일례의 실시태양에 따라, 메모리(124)는 프로세서(122)에 통신 가능하게 연결되고 여기에 기재된 하나 이상의 프로세스를 실행하기 위한 컴퓨터 코드를 포함한다. 메모리(124)는 다양한 모듈로서, 각 모듈이 특정 유형의 기능에 관련한 데이터 및/또는 컴퓨터 코드를 저장할 수 있는 모듈을 포함할 수 있다. 일 실시태양에서, 메모리(124)는 수술 절차에 관련된 다양한 모듈, 예컨대 계획 모듈(124a), 네비게이션 모듈(124b), 등록 모듈(124c), 및 로봇 제어 모듈(124d)을 포함한다.

[0036] 대안으로, 또는 추가로, 프로그램 명령어가 인공적으로 생성 전파 신호, 예컨대 머신-생성된 전자적, 광학적, 전자기적 신호 상에 인코딩되고, 이 신호는 생성되어 데이터 처리 장치에 의해 실행되기 위해 적합한 수신 장치에 송신되기 위한 정보를 인코딩한다. 컴퓨터 저장 매체가 컴퓨터-판독가능 저자 디바이스, 컴퓨터-판독가능 저장 기판, 랜덤 또는 순차 액세스 메모리 어레이 또는 디바이스, 또는 그들 중 하나 이상의 조합일 수 있고 또는 그 내에 포함될 수 있다. 게다가, 컴퓨터 저장 매체가 전파 신호는 아니지만, 컴퓨터 저장 매체는 인공적으로 생성 전파 신호 내에 인코딩된 컴퓨터 프로그램 명령의 소스 또는 목적지 일 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 하나 이상의 개별 컴포넌트 또는 매체(예, 다수의 CD, 디스크, 또는 다른 스토리지 디바이스)일 수도 있고, 또는 이에 포함될 수 있다. 따라서, 컴퓨터 저장 매체는 유형이고 비일시적일 수 있다.

[0037] 컴퓨터 프로그램(프로그램, 소프트웨어, 소프트웨어 어플리케이션 또는 코드로 알려져 있음)은 컴파일되거나 번역된 언어, 선언적(declarative) 또는 절차적(procedural) 언어를 포함하는, 임의의 형태의 프로그래밍 언어로 기입될 수 있고, 모듈, 컴포넌트, 서브루틴, 오브젝트 또는 컴퓨팅 환경에서 사용되기 적합한 다른 유닛과 같은, 또는 자립형 프로그램 같은, 임의의 형태로 배치될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은, 필수적이진 않지만, 파일 시스템 내의 파일에 대응한다. 프로그램은 다른 프로그램이나 데이터를 보유하는 파일의 일부 내에(예, 마크업 언어 도큐먼트 내에 저장된 하나 이상의 스크립트), 질문 내의 프로그램에 전용인 단일 파일 내에, 또는 다수의 통합된 파일 내에(예, 하나 이상의 모듈, 서브 프로그램, 또는 코드의 일부를 저장하는 파일) 저장될 수 있다. 컴퓨터 프로그램이 하나의 사이트에 위치되거나 다수의 사이트에 걸쳐 분배되고 통신 네트워크에 의해 상호연결되는 다수의 컴퓨터 상에서 또는 하나의 컴퓨터 상에서 실행되도록 배치될 수 있다.

[0038] 일반적으로, 컴퓨터는 데이터를 저장하기 위한 하나 이상의 매스 스토리지 디바이스, 예컨대 자성, 광 자기 디스크, 또는 광디스크로부터 데이터를 수신하거나, 그들에 데이터를 전송하거나, 둘 다로 동작가능하게 연결되거나, 그들을 또한 포함할 수 있다. 그러나, 컴퓨터는 그러한 디바이스를 가질 필요가 없다. 게다가, 컴퓨터는, 개체의 몇 가지 예로 휴대 전화, 테블릿, 퍼스널 디지털 보조기(PDA), 휴대 오디오 또는 비디오 플레이어, 게임 콘솔, 글로벌 위치 시스템(GPS) 수신기, 휴대가능 스토리지 디바이스(예, USB(universal serial bus), 플래시 드라이브)와 같은 또 다른 디바이스에 내장될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 명령 및 데이터가 저장되기에 적합한 디바이스는, 일례의 반도체 메모리 디바이스, 예컨대 EPROM, EEPROM, 및 플래시 메모리 디바이스; 자기 디스크,

예컨대, 내부 하드 디스크 또는 제거가능 디스크; 자기 광 디스크; 및 CD ROM 및 DVD-ROM 디스크를 포함하는, 모든 형태의 비휘발성 메모리, 매체 및 메모리 디바이스를 포함한다. 프로세서 및 메모리는 전용 논리 회로에 의해 대체되거나, 이에 의해 통합될 수 있다.

[0039] 본 명세서에 기재된 발명 대상의 실시태양이, 백엔드 컴포넌트를, 예컨대 데이터 서버로서 포함하거나, 미들웨어 컴포넌트, 예컨대 어플리케이션 서버를 포함하거나, 백엔드 컴포넌트를, 예컨대 데이터 서버로서 포함하거나, 미들웨어 컴포넌트, 예컨대 어플리케이션 서버를 포함하거나, 프론트엔드 컴포넌트, 예컨대 그래픽 사용자 인터페이스 또는 이 명세서에 기재된 발명 대상의 실시태양과 사용자가 상호작용할 수 있는 웹 브라우저를 포함하는 클라이언트 컴퓨터를 포함하는 컴퓨팅 시스템, 또는 엔드, 미들웨어, 또는 프론트 엔드 컴포넌트와 같은 하나 이상의 임의의 조합 내에서 구현될 수 있다. 시스템의 컴포넌트가 통신 네트워크와 같은 디지털 데이터 통신의 임의의 형태 또는 매체에 의해 상호연결될 수 있다.

[0040] 도 2의 수술 시스템(100)의 실시태양을 참조하면, 수술 제어기(112)가 통신 인터페이스(130)를 더 포함한다. 컴퓨팅 시스템(102)의 통신 인터페이스(130)가 인터페이스를 통해 로봇 시스템(104)의 컴퓨팅 디바이스(미도시)에, 그리고 인터페이스를 통해 추적 시스템(101)에 결합된다. 인터페이스가 소프트웨어 인터페이스 및 물리적 인터페이스를 포함할 수 있다. 통신 인터페이스(130)의 물리적 인터페이스가 직접적 연결 또는 네트워크 연결(예, 인터넷 연결, LAN, WAN, 또는 WLAN 연결 등)을 통해 외부 소스와의 데이터 통신을 수행하기 위한 무선 또는 유선 인터페이스(예, 잭, 안테나, 송신기, 수신기, 송수신기, 무선 단말기 등)일 수 있고 또는 이를 포함할 수 있다. 소프트웨어 인터페이스가 수술 제어기(112), 로봇 시스템(104)의 컴퓨팅 디바이스(미도시), 및/또는 추적 시스템(101) 상에 상주할 수 있다. 일부 실시태양에서, 수술 제어기(112) 및 컴퓨팅 디바이스(미도시)는 동일한 컴퓨팅 디바이스이다. 소프트웨어가 또한 수술 시스템(100)으로서 동일한 빌딩 내에 장착되는, 원격 서버 상에서, 또는 외부 서버 사이트에서 동작할 수 있다.

[0041] 컴퓨팅 시스템(102)은 또한 디스플레이 디바이스(103)을 포함한다. 디스플레이 디바이스(103)는 컴퓨팅 시스템(102)와 사용자 사이의 시각적 인터페이스이다. 디스플레이 디바이스(103)는 수술 제어기(112)에 연결되고, 텍스트, 이미지, 그래픽 및/또는 다른 시각적 출력을 표시하기 위해 적합한 임의의 디바이스일 수 있다. 예를 들어, 디스플레이 디바이스(103)는 표준 디스플레이 스크린, 터치 스크린, 웨어러블 디스플레이(예, 안경이나 고글 같은 아이웨어), 투영 디스플레이, 헤드 마운티드 디스플레이, 홀로그래픽 디스플레이, 및/또는 다른 시각적 출력 디스플레이를 포함할 수 있다. 디스플레이 디바이스(103)가 수술 제어기(112) 상에 또는 가까이 배치될 수 있고(예, 도 1에 카트 상에), 또는 수술 제어기(112)로부터 이격될 수 있다(예, 추적 시스템(101)을 구비한 스탠드 상에 장착). 디스플레이 디바이스(103)는 바람직하게는 사용자가 수술 절차 동안 디스플레이 디바이스(103)를 필요한 만큼 위치/재위치시키도록 조정될 수 있다. 예를 들어, 디스플레이 디바이스(103)는 조정가능한 팔(미도시) 상에 배치될 수 있거나, 사용자에 의해 쉽게 보게 하는데 적합한 임의의 다른 위치에 배치될 수 있다. 도 1에서, 수술 시스템(100) 내에 하나 이상의 디스플레이 디바이스(103)가 존재할 것이다.

[0042] 디스플레이 디바이스(103)는 의료 절차를 위해 사용되는 임의의 정보, 예컨대 종래의 이미징 기술을 사용하여 획득되는 이미지 데이터 세트로부터 생성된 해부학적 구조의 이미지, 그래픽 모델(예, 임플란트, 기구, 해부학적 구조의 CAD 모델 등), 추적된 물체(예, 해부학적 구조, 도구, 임플란트 등)의 그래픽 표현, 제한 데이터(예, 축, 관절 표면 등), 임플란트 컴포넌트의 표현, 디지털 또는 비디오 이미지, 등록 정보, 캘리브레이션 정보, 환자 데이터, 사용자 데이터, 측정 데이터, 소프트웨어 메뉴, 선택 버튼, 상태 정보 등을 표시하도록 사용될 수 있다.

[0043] 디스플레이 디바이스(103)에 더하여, 컴퓨팅 시스템(102)이 사용자에게 들을 수 있는 피드백을 제공하기 위해 음향 디바이스(미도시)를 포함할 수 있다. 음향 디바이스는 수술 제어기(112)에 연결되고, 제공되는 사운드를 위한 임의의 공지된 디바이스 일 수 있다. 예를 들어, 음향 디바이스는 스피커 및 사운드 카드, 통합 오디오 지지를 구비한 마더보드, 및/또는 외부 사운드 제어기를 포함할 수 있다. 동작시, 음향 디바이스는 사용자에 정보를 전달하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 수술 제어기(112)가 수술 절차의 단계가 완료됨을 나타내는 사운드, 예컨대 음성 합성 언어적 지시 "DONE"를 제공하도록 음향 디바이스에 신호를 보내도록 프로그래밍될 수 있다. 유사하게, 음향 디바이스가 사용되어 사용자에게 민감성 조건에 경고할 수 있고, 예컨대 수술 절개 도구가 가상 제어 경계에 다가가고 있거나 연조직 위험 부분에 가까이 가고 있다는 것을 나타내는 톤을 제공한다.

[0044] 사용자와 다른 상호작용을 제공하도록, 본 명세서에 기재된 대상의 실시태양이 사용자가 수술 시스템(100)과 통신할 수 있는 입력 디바이스(116)를 가지는 컴퓨터 상에서 구현될 수 있다. 입력 디바이스(116)는 수술 제어기

(112)에 연결되고, 사용자가 컴퓨터에 입력을 제공할 수 있게 하는 임의의 디바이스를 포함할 수 있다. 예를 들어, 입력 디바이스(116)는 공지된 입력 디바이스, 예컨대 키보드, 마우스, 트랙볼, 터치 스크린, 터치 패드, 음성 인식 하드웨어, 다이얼, 스위치, 버튼, 추적가능 프로브, 풋 페달, 원격 제어 디바이스, 스캐너, 카메라, 마이크로폰, 및/또는 조이스틱일 수 있다. 예를 들어, 입력 디바이스(116)는 사용자가 가상 제어 경계를 조작하도록 할 수 있다. 다른 종류의 디바이스가 사용자와 상호작용을 위해 제공되도록 사용될 수 있고, 또한 예컨대 사용자에게 제공되는 피드백이 감지 피드백의 임의의 형태, 예컨대 시각적 피드백, 음향 피드백, 또는 촉각 피드백, 및 사용자로부터 음성, 스피치, 또는 촉각 입력을 포함하는 임의의 형태로 수신될 수 있는 입력일 수 있다. 게다가, 컴퓨터는, 예컨대 웹 브라우저로부터 수신된 요청에 응답하여 사용자 클라이언트 디바이스 상의 웹 브라우저에 웹 페이지를 전달함으로써, 사용자에 의해 사용되는 디바이스로의 도큐먼트를 전송하고 사용자에 의해 사용되는 디바이스로부터 도큐먼트를 수신함으로써 사용자와 상호작용할 수 있다.

[0045] 수술 시스템(100)과 함께 기재된 햅틱 제어 및 피드백을 포함하여, 전술한 일례의 방법을 수행하기 위한 일반적인 수술 계획 및 탐색은 발명자가 Quaid 등인 명칭이 "햅틱 안내 시스템 및 방법"인 미국 특허번호 8,010,180에 기재된 것과 같은 컴퓨터화된 수술 시스템에 의해 수행될 수 있으며, 이 미국특허의 내용은 본원에 원용된다.

[0046] **로봇 보조식 수술을 위한 가상 물체**

[0047] 도 3a-3b는 일례의 실시태양에 따른 대퇴골(femur)(F), 경골(tibia)(T), 대퇴부 임플란트(femoral implant)(302) 및 경골 임플란트(tibial implant)(306)를 도시하는 일례의 x-레이를 도시한다. x-레이 이미지가 도 3a-3b에 도시되는 반면, 다른 이미지는 임의의 다양한 이미징 기술(예, CT, MRI, 초음파, 비디오 카메라 등)을 사용하여 뼈 모델을 생성하도록 획득되고 사용될 수 있다. 도시된 바처럼, 대퇴부 임플란트(302)는 대퇴골(F)로 연장되는 페그(304)와 같은 돌출부를 포함하며, 경골 임플란트(306)는 예컨대 킬(308)을 포함한다. 이식 동안, 시멘트는 경골 임플란트(306)의 기저판의 평평한 부분 하에 그리고 대퇴부 임플란트(302)의 평평한 표면을 따라 제공된다. 일부 실시태양에서, 대퇴부 임플란트(302)는 5개 평면부, ab 부분, bc 부분, cd 부분, de 부분, 및 ef 부분을 포함한다. 일 실시태양에서, 시멘트가 대퇴부 임플란트(302)의 평평한 부분의 일부 또는 전부에 위치된다. 교정 수술 동안, 임플란트(302 및 306)가 제거를 위해 주위에 절개되어야 하며, 페그(304) 및 킬(308)을 포함한다. 그러나, 시간이 지남에 따라, 킬(308)이 제거 동안 분해되는 뼈 조각을 야기할 수 있는 경골(T)와 내성장할 수 있다. 제거 동안 뼈 손실을 감소하기 위하여, 임플란트의 이미지(예, CT, MRI, 비디오, 초음파, 등에 의해 획득됨)가 제거를 위한 수술 계획의 생성을 위해 임플란트 및 뼈의 모델을 생성하도록 사용될 수 있다. 일부 실시태양에서, 추적 프로브가 뼈 및 대퇴부 임플란트(302) 사이의 인터페이스의 모델을 생성하도록 부분 ab, bc, cd, de 및 ef의 에지를 따라서 또는 지점 a, b, c, d, e 및 f 근처의 영역을 탐지하도록 사용될 수 있다.

[0048] 도 4는 일례의 실시태양에 따른, 일차 부분 무릎 수술 동안 임플란트(404)의 모델 및 뼈(402)의 모델을 보여주는 그래픽 사용자 인터페이스를 도시한다. 자세하게는, 도 4가 대퇴부 임플란트(404)를 수용했던 대퇴골(402)의 원위 단부를 도시한다. 도시된 바처럼, 대퇴부 임플란트(404)는 대퇴골 내에 구멍에 의해 수용되었던 기다란 돌출부(406)(예, 페그, 스크류, 킬 등)을 포함한다. 기다란 돌출부(406)는 대퇴부 임플란트(404)를 뼈(402)에 더 고정하고, 임플란트(404)와 뼈(402) 사이의 이동을 저항하는데 도움이 된다. 뼈가 킬(미도시)로 준비될 수도 있었으며, 대퇴부 임플란트(404) 상에서 킬과의 인터페이스는 뼈(402)와 임플란트(404) 사이의 고정을 개선할 수 있다. 모델은 사용자가 상이한 뷰잉 모드의 선택 또는 모델의 회전을 통한 임플란트 모델의 뷰를 변경하도록 할 수 있다. 일부 실시태양에서, 모델은 사용자가 임플란트, 뼈 또는 이들의 조합의 상이한 단면도를 볼 수 있도록 할 수 있다. 일부 실시태양에서, 모델이 교정 계획에 도움을 주도록 정보를 제공할 수도 있다(예, 크기, 위치, 재료 등).

[0049] 도 1의 수술 시스템(100)은 환자 해부학적 구조의 하나 이상의 특징에 대하여, 또는 이 특징과 연관되고, 현재 보철 임플란트 컴포넌트와 연관되는 가상 제어 오브젝트를 확립하도록 구성될 수 있다. 수술 시스템(100)이 예컨대 환자의 해부학적 구조의 가상 표현, 수술 절차 동안 사용될 수 있는 수술 기구, 수술 사이트 내의 다른 물체를 등록하기 위한 프로브 도구, 및 수술 사이트와 연관된 임의의 다른 물체를 포함하는 수술 사이트의 가상 표현을 생성하도록 구성될 수 있다.

[0050] 물리적 물체에 더하여, 수술 시스템(100)이 수술 절차의 수행 동안 유용할 수 있고 소프트웨어에 존재하는 가상 물체를 생성하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 수술 시스템(100)이, 외과의사가 절개, 제거 그렇지 않으면 변경하도록 계획하는 뼈의 영역을 정의하는 경계와 같이, 뼈를 준비하기 위한 외과의사의 계획에 대응하는, 가상 경계 또는 가상 제어 경계를 생성하도록 구성될 수 있다. 교정의 경우에, 가상 경계는 그 위에 이식되는 뼈 및

이식된 보철 컴포넌트 사이의 인터페이스를 구성하는 필수적 뼈 및 시멘트를 제거하기 위한 외과의사의 계획에 대응될 수 있다. 대안으로, 또는 추가로, 수술 시스템(100)이 수술 도구(110)(예, 엔드 이펙터(200))의 일부가 특정 태스크를 수행하도록 탐색하는 원하는 경로 또는 코스에 대응하는 가상 오브젝트를 정의할 수 있다.

[0051] 수술 시스템(100)은 또한 특정 수술 계획의 일부로서 경계 또는 가상 오브젝트를 생성하도록 구성될 수 있다. 일부 실시태양에서, 수술 계획이 임플란트나 뼈의 등록된 모델에 대응하는 임플란트의 데이터베이스에 기초하여 생성된다. 임플란트가 데이터베이스에서 알려지면, 수술 계획이 사용자에게 제안될 수 있다. 수술 계획은 어떤 접근이 가상 경계, 임플란트의 일부 주위에서 얻기가 요구되는지, 어떤 도구가 사용되어야 하는지 등을 포함할 수 있다. 제안된 수술 계획이 킬 및 페그 주의에 가상 오브젝트를 포함할 수 잇고, 이러한 임플란트 특징 주위에 절개를 위한 도구 변경으 ㄹ제안할 수도 있다. 일부 실시태양에서, 수술 계획이 가상 경계 및 임플란트의 형상, 필요한 접근, 사용되는 도구에 제한되는 것은 아니나, 이를 포함하여 사용자에게 의해 변경될 수도 있다. 일부 실시태양에서, 일반 수술 계획이 환자의 해부학적 구조 또는 임플란트, 또는 특정 임플란트에 기초하여 자동으로 변경될 수 있다.

[0052] 가상 경계 및 다른 가상 오브젝트가 수술 기구의 추적된 위치가 가상 경계 또는 물체와 상호작용하는 때에 수술 기구에 제한이 제공되는 경계로서 서브되는 가상 좌표 공간 내의 지점, 라인, 또는 표면을 정의할 수 있다(전형적으로 환자의 해부학적 구조에 대하여 정의됨). 일부 실시태양에서, 이 제한이 햅틱 또는 힘 피드백을 통해 제공된다. 예를 들어, 외과의사가 뼈 절개 동작을 수행하는 때에, 수술 시스템(100)의 추적 시스템이 절개 도구의 위치를 추적하고, 대부분의 경우에 워크스페이스 내의 도구를 자유롭게 외과의사가 움직이게 하도록 한다. 그러나, 도구가 가상 경계(환자의 해부학적 구조에 등록되었음)에 근접한 경우에, 수술 시스템(100)은 외과의사가 절개 도구로 가상 경계를 관통하는 것을 제한하려고 하는 안내를 제공하도록 힘 피드백 시스템을 제어한다. 예를 들어, 가상 경계가 보철 임플란트의 가상 모델의 기하학적 구조와 연관될 수 있고, 햅틱 안내가 힘 및/또는 가상 경계에 맵핑되고 가상 경계를 관통하는 도구 움직임을 제한하는 저항을 외과의사가 겪도록 하는 토크를 포함할 수 있다. 그러므로, 외과의사는 절개 도구가 벽과 같은 물리적 오브젝트를 맞닥뜨리는 것처럼 느낄 것이다. 따라서, 수술 시스템(100)의 힘 피드백 시스템은 가상 경계에 대하여 도구의 이동에 관한 정보를 외과의사과 통신하고, 실제 절개 프로세스 동안 절개 도구를 안내하도록 물리적 힘 피드백을 제공한다. 이러한 방식으로, 가상 경계가 가상 절개 안내로서 기능한다. 수술 시스템(100)의 이 힘 피드백 시스템은 수술 도구를 조작하는 사용자의 능력을 제한하도록 구성될 수 있다. 로봇 시스템 또는 수동 도구가 제거를 위해 적용된 힘을 측정하도록 임플란트에 부착될 수 있다. 뼈에 대하여 임플란트의 위치 및 적용된 힘을 모니터링하는 것은 외과의사에게 제거의 용이성에 대한 지시를 줄 수 있다. 이는 의도되지 않은 뼈 손실을 최소화하도록 추가의 절개가 요구되는 것을 나타낸다. 일부 실시태양에서, 가상 경계는 수술 로봇이 자율적으로 수술 계획의 단계 중 일부 또는 전부를 수행할 수 있게 하는 자율적 절개 제어를 정의한다. 일부 실시태양에서, 가상 경계는 자율적 및 수동 절개 경계의 조합을 규정한다. 일부 실시태양에서, 자율적 절개 제어를 사용하는 경우에, 피드백이 사용되어 임플란트와 접촉이 이루어짐을 나타내고(예, 도구가 평평한 인터페이스 표면을 따라 절개되는 경우에 페그와 접촉), 수술 계획 또는 경계는 피드백에 기초하여 임플란트의 부분을 피하도록 조절될 수 있다. 예를 들어, 이것은 절개 시작 전에 킬의 형상이 알거나 식별할 수 없는 경우에 특히 유용할 것이다. 수술 계획 또는 가상 경계는 수술 계획 및/또는 가상 경계 및 킬에서 검출된 차이점에 기초하여 수정될 수 있다. 일부 실시태양에서, 가상 경계는 햅틱 오브젝트를 정의하는 햅틱 경계에 대응한다. 일부 실시태양에서, 햅틱 경계는 햅틱 경계가 맞닥뜨리는 때에 햅틱 피드백을 제공하도록 구성된다. 햅틱 경계는 촉각, 음향, 시각, 후각(예, 냄새), 또는 다른 피드백을 제공하는 수단인 햅틱 피드백을 야기할 수 있다.

[0053] 일부 실시태양에서, 어플리케이션 렌더링은 제1 위치로부터 제2 위치로의 경로를 나타내는 가상 오브젝트(미도시)를 생성한다. 예를 들어, 가상 오브젝트는 제1 위치(예, 수술 시스템(100)과 사용되는 물리적 공간 내의 도구의 위치)로부터 타겟을 포함하는 제2 위치(예, 가상 오브젝트와 같은 타겟 오브젝트)로의 경로를 정의하는 가상 안내 와이어(예, 라인)을 포함할 수 있다. 수술 시스템(100)은 도구가 제2 위치에 도달하는 때에 오브젝트를 비활성화하고 타겟 오브젝트(예, 가상 오브젝트)를 활성화한다. 도구는 오브젝트가 활성화되는 모드에서 햅틱 제어와 같이 (또는 버링(burring)) 제어에 자동으로 위치된다. 바람직한 실시태양에서, 오브젝트는 비활성화되어 도구가 경고로부터 벗어날 수 있게 된다. 따라서, 사용자는 가이드 와이어 경로로부터 벗어난 오브젝트와 연관된 안내를 무시하고 가상 안내 와이어가 생성되는 경우에 대해 고려되지 않을 비추적된 오브젝트 주위에 도구(예, 스크류, 견인기, 램프 등)를 쓰게 된다.

[0054] 다른 제어 모드에서, 로봇 시스템(104)이 뼈 준비와 같은 수술 활동 동안 사용자에게 안내를 제공하도록 구성된다. 일 실시태양에서, 어플리케이션의 렌더링이 경골(T) 상의 절개 볼륨을 정의하는 가상 물체를 포함할 수 있

다. 가상 물체는 이식을 위한 준비시 처럼 경골 컴포넌트의 표면의 형상에 실질적으로 대응하는 형상을 가질 수 있다. 교정 수술에서, 가상 오브젝트가 경골 컴포넌트와 그것이 이식되는 경골 또는 이어질 경골 재거를 위한 경로 사이의 인터페이스의 형상에 실질적으로 대응하는 형상을 가질 수 있다. 로봇 시스템(104)이 대상의 특징에 관련된 미리정의된 지점에 도구의 팁이 도달하는 경우와 같은 제어 모드에 자동으로 들어갈 수 있다. 일부 실시태양에서, 도구는 가상 오브젝트 외부에 도구가 있을 때마다 디스에이블일 수 있다. 또 다른 실시태양에서, 도구가 로봇 시스템(104)이 제어 피드백 힘을 생성하지 않는다면 디스에이블일 수 있다.

[0055] 수술 시, 수술 시스템(100)이 수술 계획 및 탐색을 위해 사용될 수 있다. 교정 수술을 준비하는 것에 더하여, 수술 시스템(100)은 임플란트의 설치를 포함하는 무릎 대체 절차 또는 다른 관절 대체 절차를 수행하기 위해 사용될 수 있다. 임플란트는 임의의 임플란트 또는 보철 디바이스, 예컨대 총 무릎 임플란트; 이중과상돌기(unicondylar) 무릎 임플란트; 모듈라 무릎 임플란트; 고관절, 어깨, 팔꿈치, 팔목, 무릎 및 첫추를 포함하는 다른 관절을 위한 임플란트; 및/또는 임의의 다른 기형교정물 및/또는 종래 재료 또는 더 예전 임플란트의 임플란트를 포함하여, 예컨대 바이오기형교정물(orthobiologic), 약물 전달 임플란트 및 셀 전달 임플란트를 포함하여, 근골격 임플란트와 같은 임의의 임플란트 또는 보철 임플란트를 포함할 수 있다.

[0056] **로봇 교정 수술**

[0057] 교정, 예컨대 무릎 교정은 복잡한 절차이고 매우 고도한 수준의 전문성을 요구한다. 외과의사는, 시멘트화되거나 비시멘트화될 본래 임플란트를 제거해야 한다. 임플란트는 그것으로 성장되는 뼈를 가질 수 있으며, 본래 임플란트를 제거하는 동안, 외과의사는 가능한 한 많은 뼈를 보존해야 한다. 게다가, 임플란트(들)은 표면, 킬, 페그, 스크류 또는 주위나 통하여 절개할 필요가 있는 다른 컴포넌트를 포함할 수 있다. 일부 실시태양에서, 임플란트는 각각 주위를 절개하고 제거할 필요가 있는 다수의 임플란트일 수 있다. 외과의사는 시멘트와 뼈 사이 및/또는 임플란트와 뼈 사이의 대부분의 뼈가 파괴를 보장해야하며 그 결과 시간이 소요되고 공정이 복잡하다. 이미-존재하는 해결책은 외과의사가 수동의 또는 전력 공급의 기기로 뼈-임플란트 또는 뼈-시멘트의 인터페이스를 깍아낼(chip away) 것이 요구된다. 이는 골도(osteotomes), 질리 소우(gigli saw) 및 펀치(punch)를 포함한다. 전력 기기가 또한 전력 소우 및 버 또는 초음파 디바이스에 이용가능하다. 뼈를 보존하려는 노력에도 불구하고, 뼈 소실의 일부 양이 존재하며, 외과의사는 임플란트의 제거 동안 뼈 손실로 인한 뼈 결함 내에 정확히 충전해야한다. 임플란트의 제거 후에 주의가 요구되는 사전-존재 뼈 결함이 있을 수도 있다. 본원의 로봇 시스템 및 특수 기기가 설명하는 동안 발생되는 문제의 일부를 해결하도록 도움을 줄 것이다.

[0058] 교정 수술을 위한 요구는 감염, 정렬 불량, 및 마모를 포함한다. 감염으로 인한 무릎 교정 수술에서, 외과의사는 두 단계 수술을 할 수 있다. 제1 단계에서, 감염된 임플란트가 제거되고, 상처가 세척된다. 스페이서 블록이 관절에 추가되고, 상처가 닫힌다 . 제2 단계는 스페이서를 제거하고 새로운 교정 임플란트를 추가한다.

[0059] 본 개시물은 로봇 보조식 방법을 사용하여 무릎 및/또는 고관절 교정의 이전-직면 문제를 해결한다. 본원은 고속 절개 버를 수행하는 가요성 엔드 이펙터를 기재하고 있다. 가요성 엔드 이펙터는 임플란트를 제거하는 경골 후방 표면과 같은 작은 영역에 접근이 가능하게 하도록 매우 능수능란하다. 도 5a-5c를 참조하면, 로봇 팔(106)을 가지고 로봇 보조식 고관절 및 무릎 교정 수술 절차를 수행하도록 사용될 수 있는 가요성 엔드 이펙터(200)가 도시된다. 일부 실시태양에서, 가요성 엔드 이펙터(200)는 미국특허출원 15/436460에 기재된 임의의 실시태양에 따른 엔드 이펙터일 수 있고, 이 내용은 본원에 원용된다.

[0060] 임플란트를 수동으로 제거하는 것이 경골 후방 표면과 같은 특정 뼈 영역에 제한적인 접근으로 인해 어려울 수 있다. 가요성 엔드 이펙터(200)가 로봇 팔 능력을 연장하여 이러한 작은 영역에의 접근을 가능하게 할 것이다. 도 5a-5b에서 처럼, 가요성 엔드 이펙터(200)가 두 가요성 벤딩 요소(202 및 204)를 포함한다. 각 요소는 2 자유도를 가지고 도 5c에서처럼 3차원 공간에서 90도 미만 또는 90도 초과로 구부러질 수 있다. 엔드 이펙터(200)가 가요성 샤프트를 수반하는 대규모 내부 채널을 포함할 수 있다. 가요성 샤프트는 예컨대 작은 벽 두께를 가진 중공 튜브이고 절개 버를 스피닝할 수 있다. 일부 실시태양에서, 중공 튜브는 60000 rpm에서 절개 버를 스피닝할 수 있다. 가요성 샤프트의 내부 채널이 또한 관개(irrigation) 또는 석션 채널을 위해 사용될 수 있다. 일부 실시태양에서, 가요성 요소(202, 204)가 도달하기 어려운 영역을 위해 증가된 접근을 제공한다.

[0061] 엔드 이펙터(200)가 베이스(208) 및 마운트(210)를 가진 하우징(206)을 포함한다. 베이스(208)는 로봇 팔(106)에 엔드 이펙터(200)를 고정하고, 엔드 이펙터(200)에 안정성을 제공한다. 마운트(210)는 엔드 이펙터(200)의 샤프트(212)를 고정한다. 샤프트(212)는 엔드 이펙터(200)의 원위 단부에 위치된 절개 도구(216)에 전력을 제공하는 모터(214)를 장착한다. 일부 실시태양에서, 엔드 이펙터(200)는 또한 석션 홀(218)을 포함한다. 석

션 홀(218)이 가요성 샤프트의 내부 채널에 연결된다. 일부 실시태양에서, 로봇 팍(106)이 가요성일 수 있고 엔드 이펙터(200)가 이하 기재되는 것처럼 계획된 절개를 수행하는데 자율적으로 움직일 수 있다.

[0062] 다양한 절개 도구(216)가 완수될 뼈 절개 유형에 대해 선택될 수 있다. 소우는 평면 절개를 위해 사용될 수 있고, 만곡형 표면을 위해서는 버가 사용될 수 있고, 만곡형 소우는 페그, 킬 및/또는 스크류 주위의 접근을 획득하도록 사용될 수 있고(그 주위를 절개하거나 통하여 절개하고 각각 제거함), 또는 생성될 절개 유형 및 뼈에의 접근에 더욱 적합한 또 다른 절개 도구가 사용될 수 있다. 만곡형 도구, 또는 만곡형 절개를 수행할 수 있는 도구가 무릎의 결정적인 후방 부분에 대해 바람직하다. 일례의 실시태양에서, 소우는 초기 절개를 수행하도록 사용되고, 그 후 더욱 전문적 절개가 특수 엔드 이펙터(200)를 사용하여 수행될 수 있다. 일부 실시태양에서, 초음파 도구가 제거를 위한 뼈 시멘트를 진동시켜서 분해하는데 사용될 수 있다. 일부 실시태양에서, 레이저가 시멘트를 녹이도록 사용될 수 있다. 일부 실시태양에서, 워터젯이 시멘트를 절개하거나 분해하도록 사용될 수 있다.

[0063] 도 6a-6c가 다양한 뷰의 대퇴골(F), 대퇴부 임플란트(302) 및 엔드이펙터(200)의 또 다른 실시태양을 도시한다. 도 6a-6c의 엔드 이펙터(200)가 베이스(208), 마운트(210) 및 절개 도구(216)을 포함할 수 있다. 엔드 이펙터(200)가 진동성의 치즐일 수 있다. 일부 실시태양에서, 절개 도구가 뼈와 임플란트 사이의 시멘트를 깎아 내고 절개할 수 있다. 엔드 이펙터(200)가 외과의사에 의해 제어되고 개선될 수 있으나, 뼈와 임플란트 사이에 위치되는 햅틱 경계에 의해 제한될 수도 있어서 스카이빙 효과를 감소시키고 모든 시멘트 부착이 가능한 한 최대한 많은 뼈를 보존하도록 접근되는 것을 보장할 것이다. 엔드 이펙터(200)는 외과의사가 ab, bc, cd, de, 및 ef 부분을 따라 절개함으로써 임플란트를 제거하도록 교정 동안 사용될 수 있다. 엔드 이펙터는 또한 새로운 임플란트에 대해 뼈를 준비하도록 사용될 수 있다. 뼈는 절개 도구(216) 또는 다양한 다른 절개 도구를 사용하여 페그(304)를 수용하기 위한 페그 홀(310)를 더한 표면 ab, bc, cd, de, 및 ef을 생성함으로써 준비될 수 있다.

[0064] 도 7a 및 7b는 수동으로 또는 로봇 시스템의 사용 없이 제거가 수행되는 경우에, 대퇴골로부터 제거 후 대퇴부 임플란트(302)이다. 도면에서 보는 것처럼, 일부 교정에서, 임플란트(302) 상에 남아있는 뼈(312)에서처럼, 임플란트(302)가 제거되는 때에 과도하게 뼈가 제거된다. 과도하게 뼈가 제거되는 때에, 고르지 못한 표면(314)이 뼈 상에 생성된다. 종종, 킬, 페그 주위에 직접, 또는 세그먼트를 절개하기 어려운 임플란트의 후면 상에서 과도한 뼈 제거가 일어난다. 새로운 임플란트를 위해 뼈를 적절히 준비하기 위하여, 결함부가 보강물(augments), 콘(cones), 또는 다른 충전 방법을 사용하여 충전될 필요가 있을 것이다. 비디오 또는 초음파 기술이 임플란트의 제거 후에 사용되어 남아있는 뼈의 특성을 결정하고, 결합부의 보정 및 재-이식 계획을 도와준다.

[0065] 외과의사가 다음에 기재될 다양한 방법을 사용하여 일차 임플란트를 제거하는데 도움을 주도록 로봇 시스템을 사용하는 교정 절차를 실행할 수 있다.

[0066] 도 8은 일례의 실시태양에 따른 교정을 수행하는 방법(800)의 흐름도이다. 절차를 개시하기 전에, 이식된 임플란트 컴포넌트와 이식되는 뼈 사이의 인터페이스 영역에 대한 정보가 획득되어야 한다. 이것은 이미지에 의한 것보다 관계를 이해하기 위하여 교정 부위의 이미지를 사용하거나 다른 도구를 사용하여 완수될 수 있다. 선택적 단계 802, 804 및 806에 의해 설명된 인터페이스 정보 획득에 대한 다양한 변형이 이하 기재된다.

[0067] 교정 방법의 제1 일례의 실시태양이,수술을 계획하도록 환자의 해부학적 구조의 이미지를 사용한다. 환자의 일차 경우(예, 초기 수술)이 로봇 보조식 시스템에 의해 수행되는 때에, 뼈 모델 및 임플란트 정보가 이미 이용가능할 것이며, 교정을 수행하도록 이미지를 다시 캡쳐할 필요가 없다. 교정시, 환자의 일차 무릎 및 고관절 뼈 모델 및 임플란트 정보가 도 4의 로봇 보조식 시스템에 대해 이용가능하다. 게다가, 임플란트의 모델은 공지될 것이며 계획시 사용을 위해 수술 시스템의 라이브러리 내에 저장될 것이다.

[0068] 다른 경우에, 환자 이미징 데이터가 이용가능하지 않을 것이며, 새로운 이미지를 획득하도록 요구된다. 따라서, 초기 또는 새로운 스캔이 교정 절차 계획 및 실행 전에 수행될 수 있다. 이러한 실시태양에서, 선택적 단계 802에 기재된 것처럼, 환자의 해부학적 구조는 임의의 바람직한 영상 기법, 예컨대 CT 또는 MRI 스캔, 형광투시법, 초음파, 추적 마커를 사용하여, 또는 비디오 카메라를 사용하여 이미지화된다. 이미징 디바이스에 의해 캡쳐된 이미지는 계획 단계에서 사용되기 위한 뼈 및 임플란트 모델을 생성하도록 사용된다. 일부 실시태양에서, 두 단계 교정의 경우에, 이미징이 스페이서 블록이 이식된 후에 이루어질 수 있다. 스페이서 블록은 이식 수술 동안 스페이서 블록의 등록을 가능하게 할 특징들을 가질 수 있다. 일부 실시태양에서, 로봇 디바이스가 수술 중 등록 및 추적을 위해 이미징 디바이스에 부착될 수 있다. 스캔은 그 후에 선택적 단계 804에서

분할되거나 뼈 모델로 변환된다. 스캔은 미리정의된 방식으로 분할되거나, 외과의사가 분할 파라미터를 선택할 수 있을 것이다. 일부 실시태양에서, 비디오 카메라를 사용하는 경우, 3D 모델이 분할 없이 생성될 수 있다. 일부 실시태양에서, 3D 모델이 이미징, 통계적 모델 등을 사용하여 생성될 수 있다. 전술한 것처럼, 물리적 공간/해부학적 구조에 이미지의 등록은 수술 시스템(100)에 의해 실행된다.

[0069] 또 다른 실시태양에서, 이미지 데이터가 환자의 해부학적 구조 상에서 캡쳐되지 않거나 사용되지 않은 경우로, 이 방법은 선택적 단계 806에서 수술 중 데이터를 캡쳐한다. 이 단계에서, 뼈 인터페이스에 대한 임플란트 또는 뼈에 대한 시멘트의 둘레가 추적 프로브를 사용하여 디지털화된다. 추적 프로브의 위치 데이터가 추적 시스템(101)와 같은 추적 시스템에 의해 캡쳐되어서, 풀어줄 인터페이스의 위치를 결정한다. 인터페이스의 디지털화는 또한 이미지 데이터, 뼈 모델, 및/또는 임플란트 모델이 이용가능한 경우 및/또는 계획을 위해 사용되는 경우에 모델에 수행될 수 있다. 임플란트는 그 후 일차 뼈 모델에 등록될 수 있다. 또 다른 실시태양에서, 카메라 또는 광학 센서가 로봇 팔에 결합되어서 임플란트 표면을 스캔하고 그것을 뼈 모델에 등록할 수 있다. 또 다른 실시태양에서, 비디오 카메라가 환자 주위에 이동되어서 뼈와 임플란트 표면을 스캔하고 3D 모델을 생성할 수 있다. 임플란트의 표면은 알려진 임플란트 위치 또는 임플란트의 알려진 특징을 등록하도록 탐지된다(probed). 일부 실시태양에서, 임플란트가 알려지면, 탐지가 식별될 수 있고 임플란트 모델로 임플란트를 등록할 수 있다.

[0070] 임플란트 제거 절개 계획이 단계 808에서 수행된다. 이미지 데이터가 수술 전에서부터 이용가능한 실시태양에서(최근 스캔이거나 일차 이식 수술로부터의 스캔임), 제거 절개는 시멘트와 뼈 또는 임플란트와 뼈 사이의 인터페이스의 위치 및 이미지에 기초할 수 있다. 일부 실시태양에서, 비디오 카메라가 평면 및 가상 경계를 정의하도록 사용된다. 일부 실시태양에서, 프로브가 사용되어서 평면 및 가상 경계를 정의할 수 있다. 대안으로, 제거 절개는 의도된 대체 임플란트에 기초할 수 있다. 이 방법으로, 계획된 절제 절개가 현재 임플란트를 제거하는 동안 새로운 임플란트를 적절히 수용하도록 계획될 수 있다. 일부 실시태양에서, 계획 소프트웨어가 뼈 준비 계획을 생성하여 환자를 위한 올바른 정렬, 예컨대 경골과 대퇴골의 절적한 정렬을 달성한다. 일부 실시태양에 따르면, 로봇 시스템(104) 은 외과의사가 3D로 무릎에 대한 올바른 정렬을 계획하고 실행하는 것을 도와준다. 뼈 준비 계획은 계획 소프트웨어에 의해 자동으로 수행될 수 있고, 외과의사는 뼈 준비 계획을 생성하는데 도움이 될 수 있다. 이전 이미지 데이터(x-레이, CT, MRI, 형광투시경, 비디오 등) 및 수술 중 랜드마크를 사용하여, 이상적인 원래 해부학적 구조의 시각화가 구성될 수 있으며, 예컨대 관절 라인 등이다. 이 시스템은 수술절차 계획에 도움을 주는 입력과 같은 연조직 순응도(compliance) 및 모션의 범위를 사용할 수 있다. 일부 실시태양에서, 기준(fiducial)이 스페이서 블록 내에 위치되어서 재-이식 수술을 위해 등록을 가속화할 수 있다. 임플란트 제거 후에, 로봇 또는 수동 도구가 사용되어서 남아있는 시멘트를 제거할 수 있다. 핸드헬드 추적 프로브 또는 로봇 팔에의 프로브 부착이 3D 모델 내의 남아있는 시멘트를 식별하도록 사용될 수 있다. 이 모델은 시멘트 제거를 위한 또 다른 로봇 절개 경로를 생성하도록 사용될 수 있다.

[0071] 다른 실시태양에서, 단계 808에서 임플란트 제거 절개의 계획이 디지털화된 프로브에 의해 수집된 데이터에 기초할 수 있다. 전형적으로, 총 무릎 관절경(arthroscopy) 임플란트 설계가 표면들을 마주보는 몇몇 평평한 뼈를 포함할 수 있다. 디지털화 동안, 임플란트의 각 면 상의 지점들이 평평한 표면을 식별하도록 수집될 수 있다. 주변 데이터를 사용하여, 로봇 시스템이 대상의 인터페이스를 분리하는 계획을 계산한다. 지점들을 수집하기 위해 프로브를 사용하는 것은 가상 경계를 위해 사용될 수 있는 평면을 정의하는 것이다. 임플란트의 변이 영역을 탐지한다(2개의 평면 사이의 지점들이 가상 경계의 식별을 도와줄 수 있음). 수술 중 이미징 또는 비디오 카메라의 사용이 임플란트 제거 후에 뼈 결함의 모델을 생성할 수 있다. 존재하는 모델에 대한 업데이트가 추가 뼈 손실이 있음을 나타내기 위해 결함을 탐지함으로써 이루어질 수 있다. 이 결함 모델은 결함을 커버하도록 적당한 임플란트 선택을 보정하는 교정 임플란트 계획에서 사용될 수 있다. 결함 모델은 결함을 충전하도록 요구되는 추가의 보강 디바이스에 대한 필요성을 나타낸다. 교정 임플란트가 선택된 후에, 가상 경계가 임플란트 삽입을 위해 뼈를 절개하도록 생성된다. 일단 모델 및 결함이 생성되면, 새로운 임플란트의 삽입을 수용하기 위해 뼈 손실 때문에 뼈에 대해 필요한 변경 및 추가를 이식하도록 새로운 계획이 생성될 수 있다.

[0072] 이러한 계획 단계 808의 일부로서, 전술한 것처럼, 수술 시스템(100)이 햅틱 오브젝트와 같은 제어 오브젝트를 생성한다. 제어 오브젝트는 뼈를 준비하기 위한 외과의사의 계획에 대응하는 가상 경계를 정의할 수 있다. 특히, 교정 절차에서, 가상 경계는 뼈로부터 현재 임플란트를 제거하기 위하여 절개 제거 그렇지 않으면 변경하도록 외과의사가 계획하는 인터페이스 영역의 일부와 연관된다. 교정 가상 경계가 인터페이스 영역의 적어도 일부 주위에 생성되어 외과의사가 뼈와 임플란트 사이의 본딩 영역을 정교하게 절개할 수 있도록 한다. 바람직한 실시태양에서, 교정을 위한 가상 경계가 뼈를 과도하게 절개하는 것을 방지하도록 임플란트 표면에 인접하여 생

성된다. 이런 방법으로, 교정 경계가 제거된 뼈를 최소화할 것이고, 뼈가 떨어져 나갈 위험을 감소시킬 것이며, 환자가 일생 동안 수술할 잠재적인 추가의 교정 절차의 수를 증가할 수도 있다. 경계는 절개 도구가 가상 경계에 의해 제한될 수 있는 평면 경계, 또는 임의의 형상의 윤곽이 있는 경계일 수도 있다. 경계가 수신된 이미지 및 위치 데이터에 기초하여 시스템에 의해 자동으로 생성될 수 있거나, 사용자 입력에 기초하여 수동으로 생성될 수 있다. 다른 실시태양에서, 경계는 커스터마이즈 가능하거나 조절가능하며, 예컨대 외과의사는 경계를 인터페이스에 더 가까이 또는 더 멀리 이동하도록 선택하여 뼈의 품질을 가지도록 한다. 가상 경계를 정의하는 제어 오브젝트를 사용하여, 로봇 시스템이 절개 도구가 원하는 절개 영역의 밖으로 이동하지 않고, 최소한의 뼈가 제거되고, 절개가 정확히 실행되는 것을 보장할 수 있다. 임플란트가 알려지면, 가상 경계는 준비된 수술 계획으로 식별될 수 있다. 준비된 수술 계획은 특정 요구 및/또는 수술의 조건에 맞게 변경될 수 있는 외과의사를 위한 개시 템플릿으로서 사용될 수 있다. 일부 실시태양에서, 제안된 계획은 범용이다. 일부 실시태양에서, 제안된 계획은 임플란트 특징, 예컨대 킬, 페그 또는 피할 필요가 있는 임의의 다른 구조나 형상을 위한 뼈를 준비하기 위해 제안된 도구 및/또는 제안된 접근 위치를 제공한다. 일부 실시태양에서, 형상의 일반적인 템플릿은 수술 계획 동안 가상 경계 계획 내에서 사용될 수 있거나, 커스텀 형상이 그려지고, 생성되거나 선택될 수 있다. 특히, 수술 계획은 최초 임플란트가 제거되고 난 후에 남아있는 뼈의 특성에 기초하여 커스터마이징될 필요가 있을 것이다. 일부 실시태양에서, 접근 위치 및 치수가 제안된 수술 계획 내에서 식별될 수 있다. 일부 실시태양에서, 입구 경로가 제안된 수술 경로에서 아웃라인될 수 있다.

[0073] 일부 실시태양에서, 단계 810에서 계획 소프트웨어가 필요한 보강물의 크기 및 개수를 결정할 수 있다. 계획 소프트웨어는 정보의 데이터베이스에 기초하여 보강물을 선택할 수 있다. 또 다른 실시태양에서, 계획 소프트웨어는 사용자가 필요한 보강물의 크기 및 개수를 입력하게 할 수 있다. 예를 들어, 외과의사가 시스템에게 그래픽 사용자 인터페이스를 통하여, 5㎜ 후방 보강물 또는 내측 20도 경골 웨지를 추가하라고 할 수 있고, 계획 소프트웨어는, 쓰루 지그(thru jig)를 대신하여, 로봇 팔에 결합된 수술 도구에 의해 실행될 것인 그러한 절개를 가능하게 한다. 수술 전 보강물 크기 설정 및 계획이 여기에 기재된 실시태양에 따라 로봇 시스템을 사용하여 가능하게 되며, 가치있는 수술 시간을 절약하고 더 충분하고 정확한 절차를 만든다.

[0074] 단계 812에서, 로봇 시스템(104)이 네비게이션 시스템(101)을 사용하여 절개 도구의 이동을 추적하고, 계획된 절개가 수행되는 동안 외과의사를 안내한다. 시스템(104)이 가상 도구(절개 도구와 연관됨)와 가상 경계 사이의 관계에 기초하여 절개 도구 사에 제한을 제공함으로써 절개의 실행을 안내할 수 있다. 햅틱을 사용하여 안내가 제공될 수 있고, 시스템은 수술 계획에 대응하는 시스템에 의해 생성된 제어 오브젝트에 기초하여, 자율적으로 절개를 수행할 수 있다. 햅틱이 사용되는 경우에, 외과의사는 힙틱 경계가 도달하는 때를 나타내는 피드백을 수신할 것이며, 외과의사가 과도하게 뼈를 제거하는 것을 방지한다. 일부 실시태양에서, 외과의사가 햅틱 제어 및 자율적 동작의 조합을 사용하여 절개를 수행할 수 있다. 일부 실시태양에서, 로봇 시스템이 뼈 임플란트 또는 뼈 시멘트 분해 공정에 대한 피드백을 제공할 수 있다. 예를 들어, 로봇 시스템이 시멘트 뼈 또는 임플란트 뼈 인터페이스 분해의 과정에서 외과의사에게 정보를 제공할 수 있다. 이는 인터페이스가 아직 적절히 분해되지 않으면 임플란트를 떼어내면서 뼈의 의도지 않은 손실을 방지할 것이다.

[0075] 일부 실시태양에서, 로봇 시스템(104)은 하드웨어 쓰루 매복(hardware thru impaction)을 제거할 수 있다. 로봇 시스템이 우드 페커처럼 작동하는 엔드 이펙터의 사용을 통해 또는 헐거운 "졸트(jolt)" 임플란트에 로봇 팔의 힘을 사용할 수 있다.

[0076] 로봇 시스템을 사용하여 완수될 뼈 절개 유형에 기초하여 다양한 절개 도구의 사용이 가능하게 된다. 소우는 평평한 절개, 만곡형 표면을 위한 버를 위해 사용될 수 있고, 만곡형 소우는 페그나 킬 주위에 접근을 획득하도록 사용될 수 있고, 및/또는 스크류나 또 다른 절개 도구를 통한 또는 그 주위의 접근은 생성될 절개의 유형 및 뼈로의 접근에 더욱 적합하도록 사용될 수 있다. 로봇 시스템은 절개 도구를 추적하고 환자가 절개 절차를 모니터링하도록 하고, 환자에게 시멘트 뼈 또는 임플란트 뼈 인터페이스 분해의 과정에 대한 정보를 제공한다. 다시, 이것은 인터페이스를 적절히 해제하기 전에 임플란트를 당기는 동안 일어날 수 있는 뼈의 의도치 않은 손실을 제거한다. 일부 실시태양에서, 표면 절제의 값, 예컨대 퍼센트가 표시될 수 있다. 이것은 임플란트 제거를 시도하는데 적절한 시간의 표시를 외과의사에게 제공한다. 일부 실시태양에서, 외과의사가 특정 영역에서 뼈 손실에 대해 고려한다면, 디스플레이는 대상의 특정 영역에 대해 뼈 제거의 양을 보여줄 수 있다. 일부 실시태양에서, 외과의사가 수술 동안 또는 그 전에 계산되도록 대상의 특정 영역을 식별할 수 있다.

[0077] 게다가, 로봇 시스템 또는 수동 도구가 제거를 위한 적용된 힘을 측정하도록 임플란트에 부착될 수 있다. 뼈 및 적용된 힘에 대하여 임플란트의 위치를 모니터링하는 것이 제거의 용이함의 표시를 외과의사에게 제공할 수

있다. 이것은 의도치 않은 뼈 손실을 최소화하도록 추가의 절개가 요구되는 경우를 나타낸다.

[0078] 임플란트 제거 후에, 계획 소프트웨어가 고려하지 않았던 임의의 뼈 결함이 존재한다면, 선택적 단계 814에서 뼈 결함이 디지털화되거나 다른 수단에 의해 식별될 수 있다. 단계 816에서, 계획 소프트웨어는 생체 적합 물질 충전재 또는 다양한 임플란트로 결함을 충전하기 위한 크기 정보를 생성할 수 있다. 임플란트 및/또는 생체 적합 물질 충전재는 이용가능한 임플란트 또는 충전재를 데이터베이스로부터 선택할 수 있다. 일부 실시태양에서, 소프트웨어가 계획을 생성하고 결함을 충전하기 위한 충전재 또는 임플란트 커스텀을 생성한다. 일부 실시태양에서, 소프트웨어는 다수의 인자(예, 결함 크기, 골밀도 등)에 기초하여 임플란트 및/또는 생체 적합 물질 충전재를 선택한다. 일부 실시태양에 따라, 로봇 시스템(104)이 결함을 충전하도록 사용되는 정확한 콘의 크기를 결정할 수 있다. 다른 실시태양에서, 뼈 충전재 재료는 결합의 크기로 절개될 수 있고, 또는 시스템은 환자 내에서 굳혀질 수 있는 결합으로 액상 충전재를 주입하도록 구성될 수 있다.

[0079] 단계 818에서, 소프트웨어 계획은 뼈에 대체 임플란트의 원하는 포즈를 결정하고, 대체 임플란트를 수용하기 위한 뼈 준비를 계획한다. 이 계획이 수행되며, 단계 808에 기재된 것과 유사한 방법으로 생성된 물체를 제어한다. 로봇 시스템이 전술한 단계를 실행하는 것에 더하여, 교정 절차에 도움을 줄 수 있는 다양한 추가 방법이 존재한다. 새로운 임플란트 컴포넌트의 이식을 위해 계획하고 준비하는 단계에 대하여, 디스플레이 디바이스(103)는 임플란트가 장착되는 방법의 평가를 위한 림 배열/균형 스크린(limb alignment/balancing screen)를 표시할 수 있으며, 이것은 조정 계획에 도움을 줄 것이다. 게다가, 시스템은 접근 스템 길이, 직선 대 굽음, 시멘트화 대 뼈 형태학 기반 프레스-핏, 품질, 및 인접 하드웨어 등을 조력할 것이다. 평가는 환자 특정적이거나 미리-정의된 데이터 세트로부터 예측가능 할 수 있다. 또 다른 실시태양에서, 로봇 시스템은 레그 홀더, 스프레드, 밸런서 등을 통해 신연(distraction)을 적용하여, 부수적 장력을 평가하고 정의한다. 이것은 복수의 포즈에서 수행될 수 있고, 그래픽 사용자 인터페이스 또는 내부 알고리즘이 관절 라인 배치 및 컴포넌트 크기를 계산하여 최대로 키네메틱스 및 함수를 재저장하도록 채택될 수 있다. 또 다른 실시태양에서, 로봇 시스템이 부분적 무릎, 양 구획, 또는 세개 구획으로부터 십지형 유지, 십자형 대체, 또는 후방 안정화로의 교정 수술에 도움이 되도록 사용될 수 있다.

[0080] 비디오 카메라가 단계 814에서 사용되어 임플란트가 제거되고 난 후에 뼈의 모델을 생성한다. 이것은 주의가 요구되는 임의의 뼈 결함을 포함하는, 임플란트 없이 현재의 뼈 기하학적 구조를 식별한다. 비디오 카메라 및 그로부터 획득된 이미지는 이후 뼈 절개를 실행하여 대체 임플란트를 위한 뼈를 준비하고, 임플란트를 배치하기 위한 단계 820(이하 기재됨)에서, 뼈 절개를 계획하기 위한 단계 818에서 사용될 수 있다. 일부 실시태양에서, 비디오 카메라는 모델 생성, 등록 또는 절차 동안 사용되는 수술 도구(들) 또는 해부학적 구조의 위치의 추적과 같은 절차의 다른 단계 동안 사용될 수 있다. 일부 실시태양에서, 이 모델은 시스템 소프트웨어에서 에지를 선택함으로써, 색 식별을 사용함으로써, 외과 절개를 개방으로 두는 견인기(retractor)의 이미지 검출로써, 또는 카메라에 의해 검출될 수 있는 물질을 외과 주위에 도포함으로써 외과 절개의 식별을 또한 포함할 수 있다. 비디오 카메라는 절차동안 외과 절개의 위치를 추적하도록 사용될 수 있다.

[0081] 단계 820에서, 보강물, 콘, 충전재 및 최종 임플란트가를 배치하기 위한 뼈 표면을 준비하기 위한 절개가 실행된다. 외과의사는 햅틱 피드백과 같은 시스템으로부터의 안내를 사용하여 뼈 준비 절개를 수행할 수 있다. 또 다른 실시태양에서, 로봇 시스템(104)이 준비 절개를 자율적으로 수행할 수 있다. 전술한 바대로, 시스템은 존재하는 하드웨어를 제거하도록 단계로서 새로운 계획을 위한 뼈를 절제할 수 있다. 따라서, 존재하는 임플란트에서의 소우/깎아내기(sawing/chipping away) 대신에, 절재가 이루어져서 임플란트의 제거를 도울 것이지만, 다음 임플란트를 위한 적절한 절개일 수도 있다.

[0082] 일부 실시태양에서, 로봇 시스템이 뼈에 절개를 수행하는 동안 추가의 방법으로 사용될 수 있다. 예를 들어, 이 시스템은 후속 절개가 이루어지는 적응형 절개를 수행하는데 도움을 줄 수 있으며 가능한 다양한 입력인 이전 절개 데이터 또는 다른 랜드마크/목표에 기초할 것이다. 예를 들어, 프로브는 원위 면 및 후방 접선(posterior tangent)을 규정할 것이며, 규정된 크기에 대하여 임플란트가 절개의 나머지를 이룬다(대퇴골 또는 경골 또는 슬개골(patella)). 입력이 존재하는 절재 또는 타겟 관절 접촉일 수 있다. 컴퓨터화된 절개가 원하는 결과를 생성하도록 입력에 기초하여 프로그래밍될 수 있다. 게다가, 시스템은 절개 개선을 위해 사용될 수 있다. 표면이 탐지되고 그 후 스킴 절개(skim cut) 된다(예, 0.5-1㎜ 절개). 제어 경계, 예컨대 햅틱이 업데이트되거나 절개가 이루어진 대로 수술 중 생성될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 로봇 시스템(104)이 뼈 품질에 기초하여 소우 성능을 제어할 수 있다. 매우 연성/스폰지형 뼈 또는 강성 경화 뼈는 속도 및/또는 피드, 또는 심지어 상이한 블레이드에서 "더 연성" 또는 "더 강성"의 접촉이 필요할 수 있다.

[0083] 로봇 시스템은 또한 임플란트가 대체되고 난 후에 임플란트의 배치 및 평가에 도움을 줄 수 있다. 예를 들어, 그래픽 사용자 인터페이스를 보여주는 디스플레이 디바이스는 오프셋 또는 각진 커플러 또는 전방-후방 또는 내측-외측 위치를 미세하게 팁 또는 피질 스트레스 포인트에 덜하게 달성하도록 조작의 면에서, 스템으로 대퇴부 또는 경골 컴포넌트의 배치시 외과의사를 안내하도록 사용될 수 있다. 게다가, 로봇 팔이 시멘트가 치료되는 동안 뼈에 대하여 임플란트가 위치 고정되도록 사용될 수 있다. 또 다른 실시태양에서, 이 시스템은 새로운 구성이 충분히 안정화하다면, 모션/밸런싱 그래픽 사용자 디바이스의 범위를 통해 평가를 도울 수 있다.

[0084] 일부 실시태양에서, 로봇 시스템(104)이 수술의 다른 측면을 고려하는 경우에, 예컨대 절개되고 이동된 경골의 윈도우, 및 경골 융기(tuberosity)가 옮겨지는 경우에 임플란트 경로 또는 시멘트 영역을 가시화할 수 있으며, 하드웨어는 무릎 임플란트 등에 대하여 트라우마 플레이트(trauma plate) 등이다.

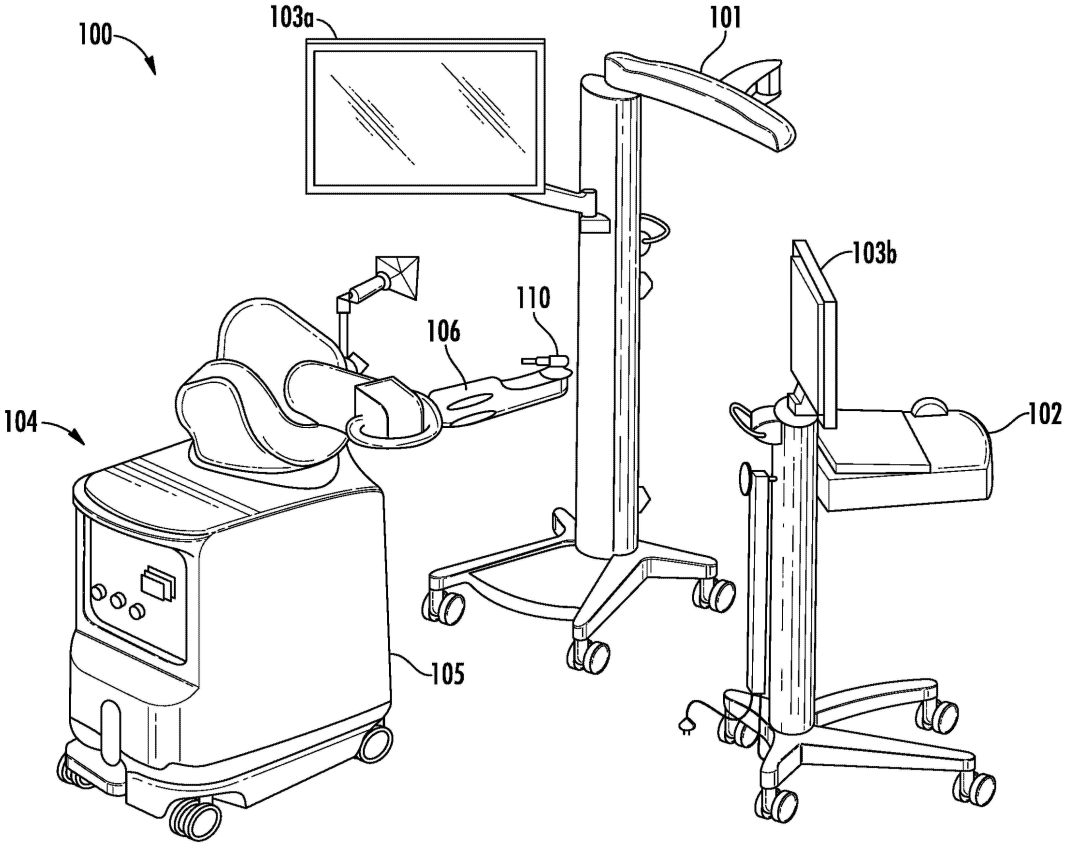
[0085] 다양한 실시태양에서 보여지는 시스템 및 방법의 구성 및 배열이 오직 도시된다. 이 개시물에서 오직 몇몇 실시태양이 자세히 기재되었다 할지라도, 다수의 변경이 가능하다(예, 크기, 치수, 구조, 다양한 요소의 형상 및 비율, 파라미터의 값, 재료의 사용, 색, 배향 등의 변경). 예를 들어, 요소으 위치는 반대일 수 있고 그렇지 않으면 변경될 수 있으며, 개별적인 요소의 본성 또는 개수 또는 위치가 변경되거나 변화할 수 있다. 따라서, 모든 이러한 수정이 본원의 범위 내에 포함된다는 의도이다. 임의의 프로세스나 방법 단계의 순서 또는 배열이 대안의 실시태양에 따라 변경되거나 재배열될 수 있다. 다른 대체, 변경, 변화 또는 삭제가 본원의 범위를 벗어나지 않는 한 일례의 실시태양의 작동 조건 및 배열을 설계시 이룰 수 있다.

[0086] 본원 개시물은 방법, 시스템 및 다양한 동작을 수행하기 위해 임의의 머신-판독가능 매체 상의 프로그램 제품을 포함한다. 본 개시물의 실시태양은 현존하는 컴퓨터 프로세서를 사용하여, 또는 이러한 목적 또는 다른 목적과 통합되는, 적당한 시스템을 위한 전용 컴퓨터 프로세서에 의해, 또는 하드와이어 시스템에 의해 수행될 수 있다. 본원의 범위 내의 실시태양은 내부에 저장되는 머신-실행가능 명령 또는 데이터 구조를 수반하거나 가지는 머신-판독가능 매체를 포함하는 프로그램 제품을 포함한다. 이렇나 머신-판독가능 매체는 범용 또는 전용 컴퓨터 또는 프로세서를 갖는 다른 머신에 의해 액세스될 수 있는 임의의 이용가능한 매체일 수 있다. 실시예에서, 이러한 머신-판독가능 매체는 RAM, ROM, EPROM, EEPROM, CD-ROM 또는 다른 광 디스크 스토리지, 자기 디스크 스토리지, 다른 자기 스토리지 디바이스, 고상 스토리지 디바이스, 또는 범용 또는 전용 컴퓨터 또는 프로세서를 구비한 다른 머신에 의해 액세스될 수 있는 그리고 데이터 구조나 머신-실행가능 명령어의 형태로 원하는 프로그램 코드를 수반하거나 저장하도록 사용될 수 있는 임의의 다른 매체를 포함할 수 있다. 정보가 네트워크 또는 또 다른 통신 연결(또는 하드와이어, 무선, 또는 하드와이어와 무선의 결합)를 통해 머신에 전송되거나 제공되는 경우에, 이 머신은 머신-판독가능 매체로서의 연결을 적절히 보여준다. 그러므로, 임의의 이러한 연결이 머신-판독가능 매체로 칭해진다. 이들의 조합은 또한 머신-판독가능 매체의 범위 내에 포함된다. 머신-실행가능 명령어가 예컨대, 범용 컴퓨터, 전용 컴퓨터, 또는 전용 처리 머신이 특정 기능이나 하나의 그룹의 기능을 수행하게 하는 데이터 및 명령어를 포함한다.

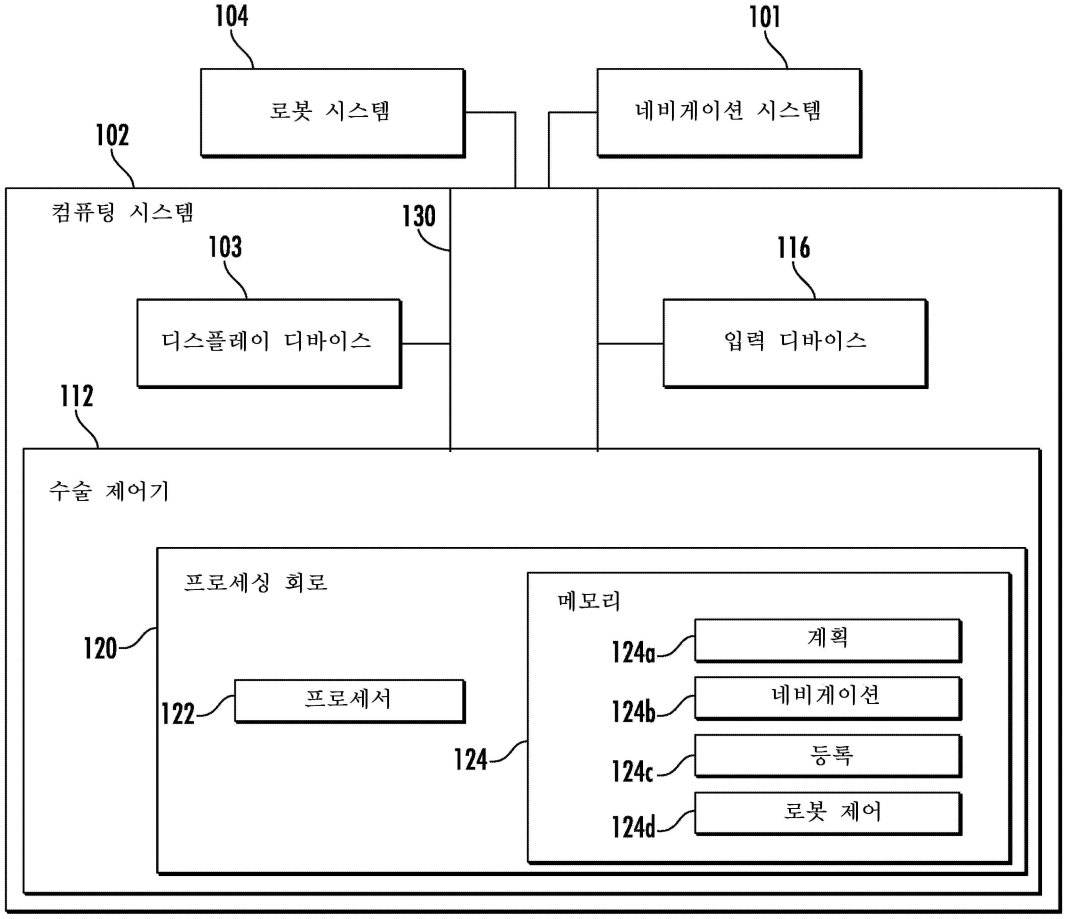
[0087] 방법의 단계의 특정 순서가 기재되어 있다 할지라도, 단계의 순서는 기재된 것과 다를 수 있다. 또한, 둘 이상의 단계가 동시에 또는 부분적으로 동시에 수행될 수 있다. 이러한 변경은 선택된 소프트웨어 및 하드웨어 시스템 및 설계자 선택에 달려있을 것이다. 유사하게, 소프트웨어 구현이 규칙 기반 논리 및 다른 논리를 가진 표준 프로그래밍 기술로 수행되어서 임의의 연결 단계, 처리 단계, 비교 단계 및 결정 단계를 수행할 수 있다.

도면

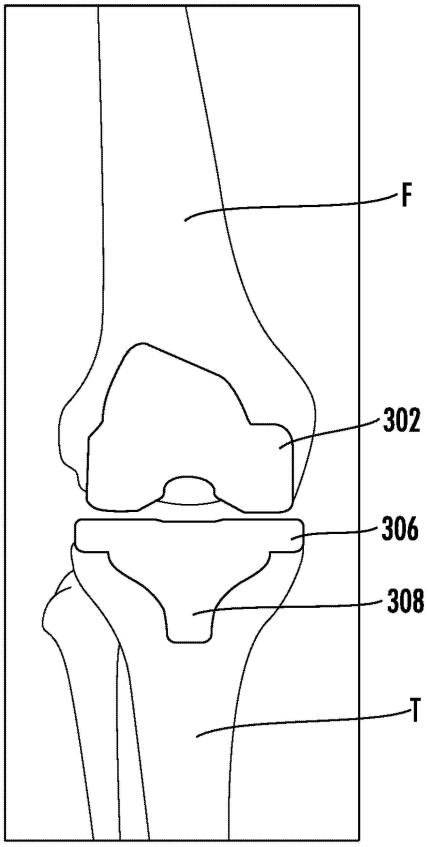
도면1



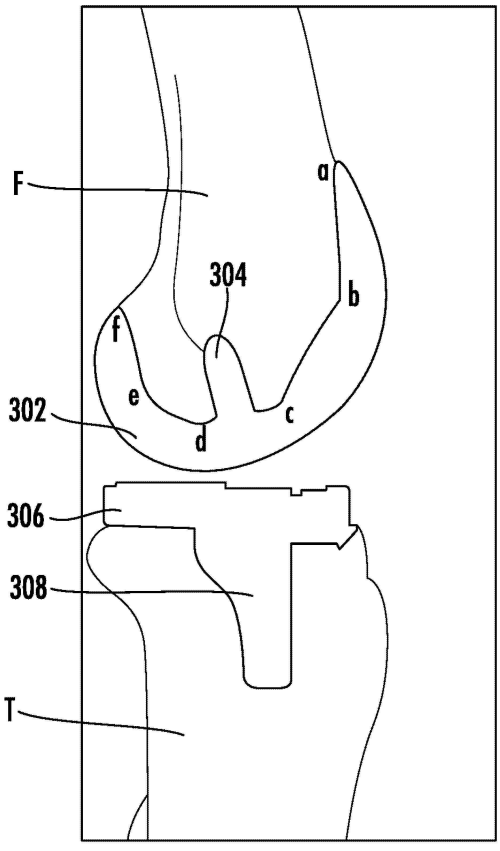
도면2


104
로봇 시스템
101
네비게이션 시스템
102
컴퓨팅 시스템
130
103
디스플레이 디바이스
116
입력 디바이스
112
수술 제어기
프로세싱 회로
120
122
프로세서
메모리
124
124a
계획
124b
네비게이션
124c
등록
124d
로봇 제어

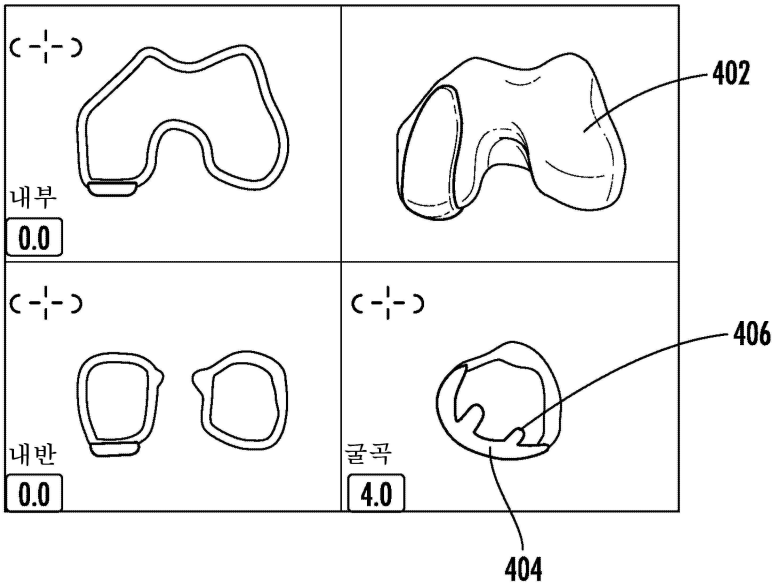
도면3a



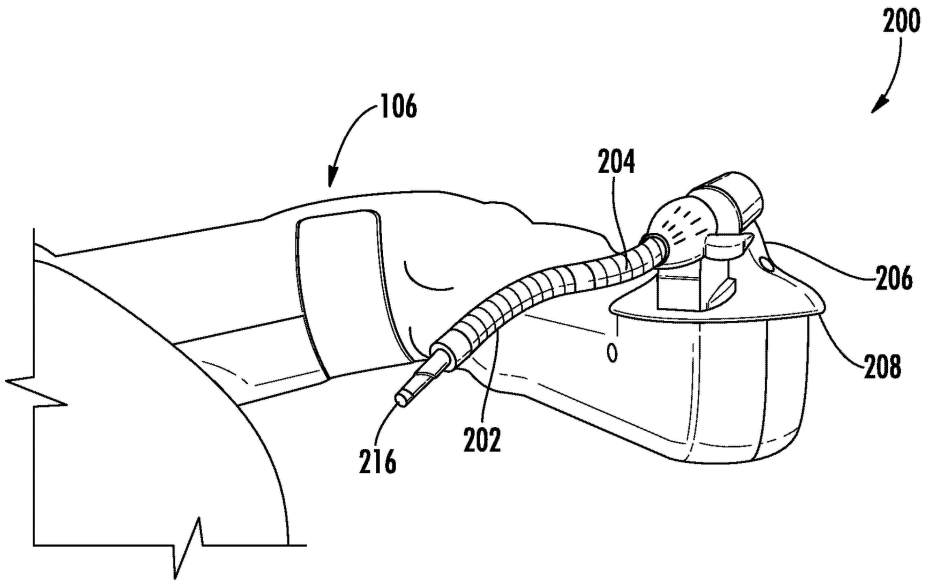
도면3b



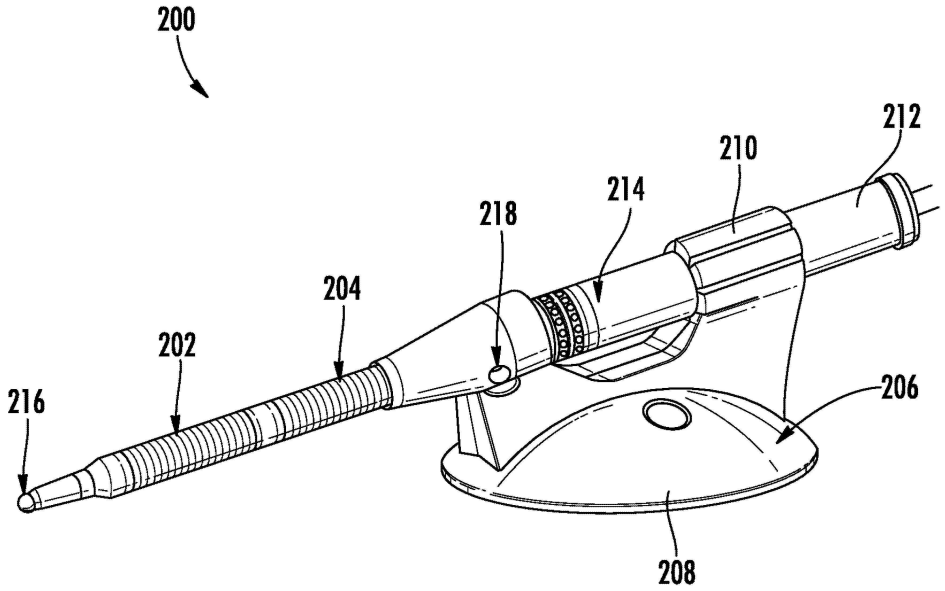
도면4



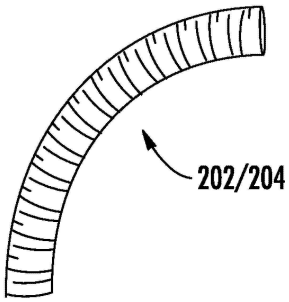
도면5a



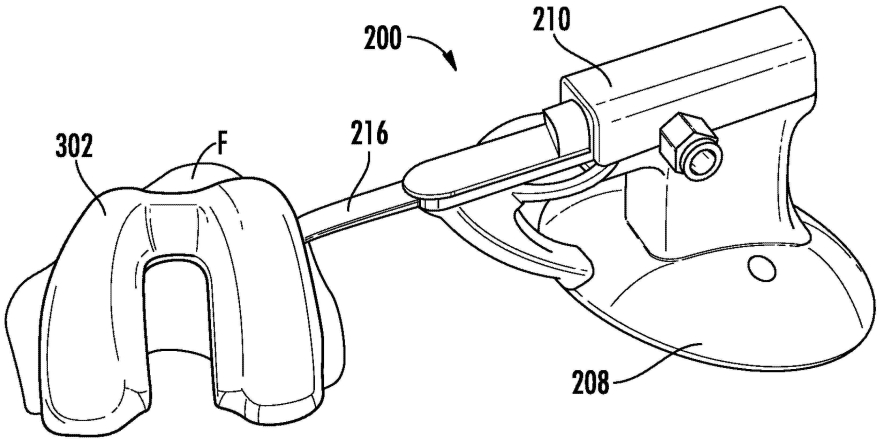
도면5b



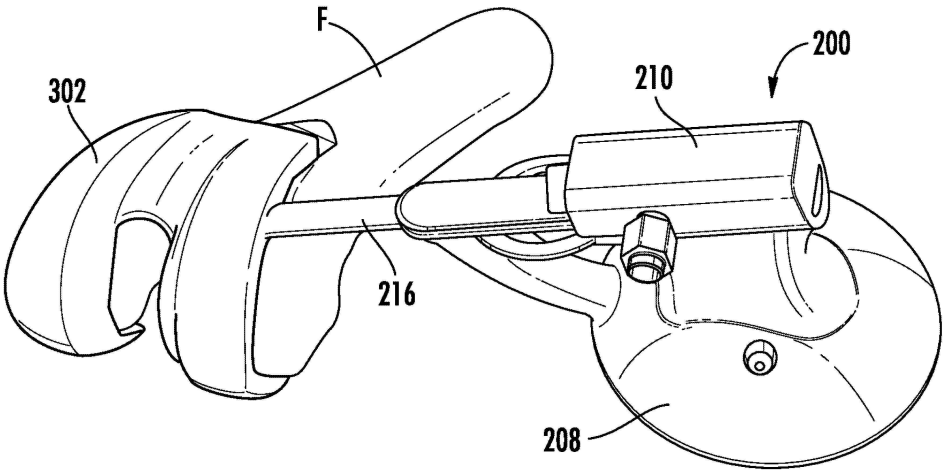
도면5c



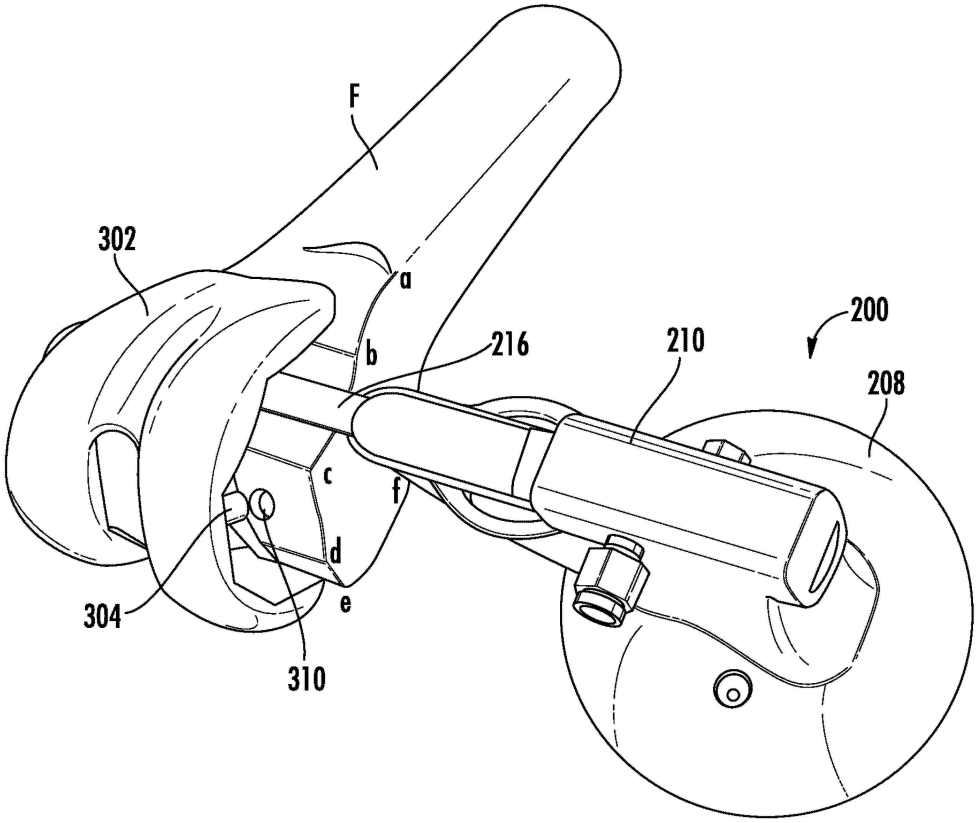
도면6a



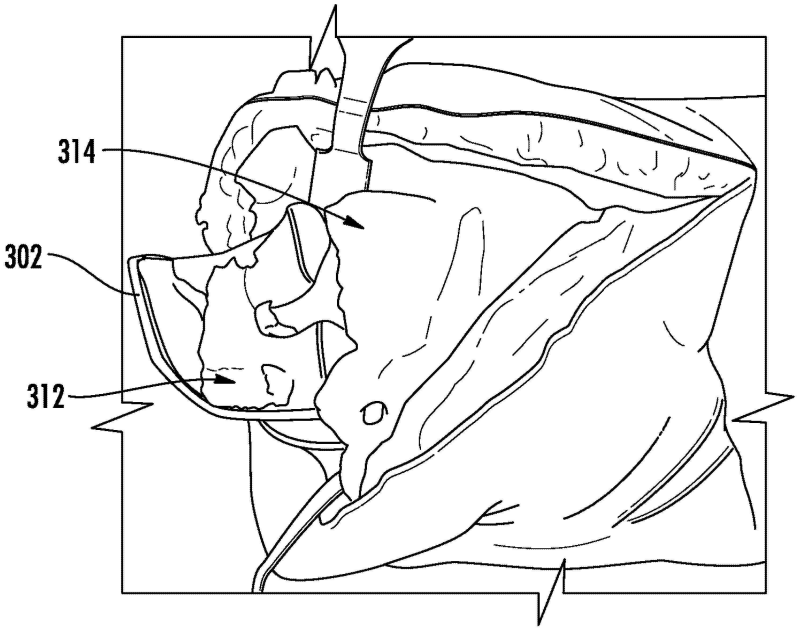
도면6b



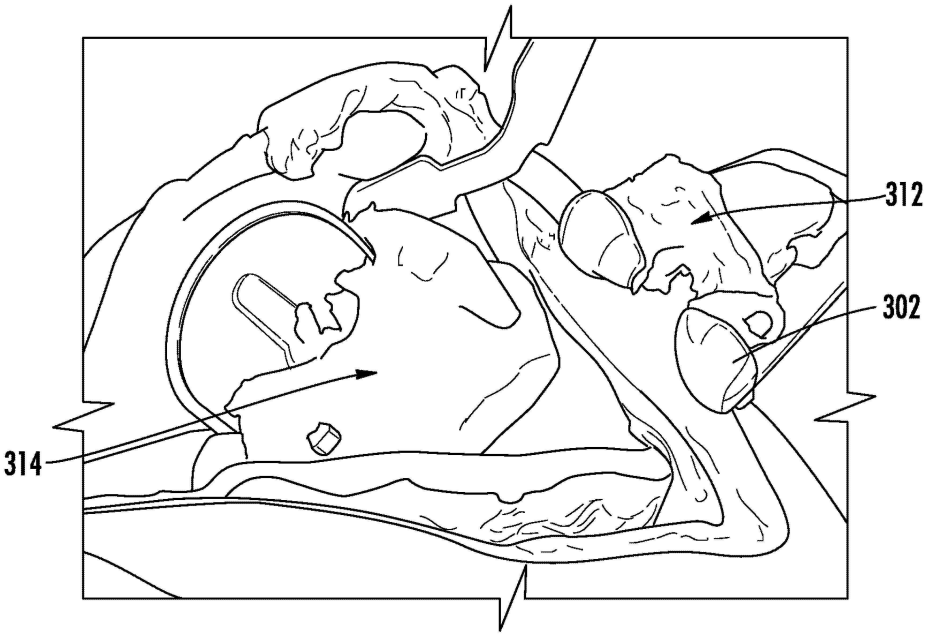
도면6c



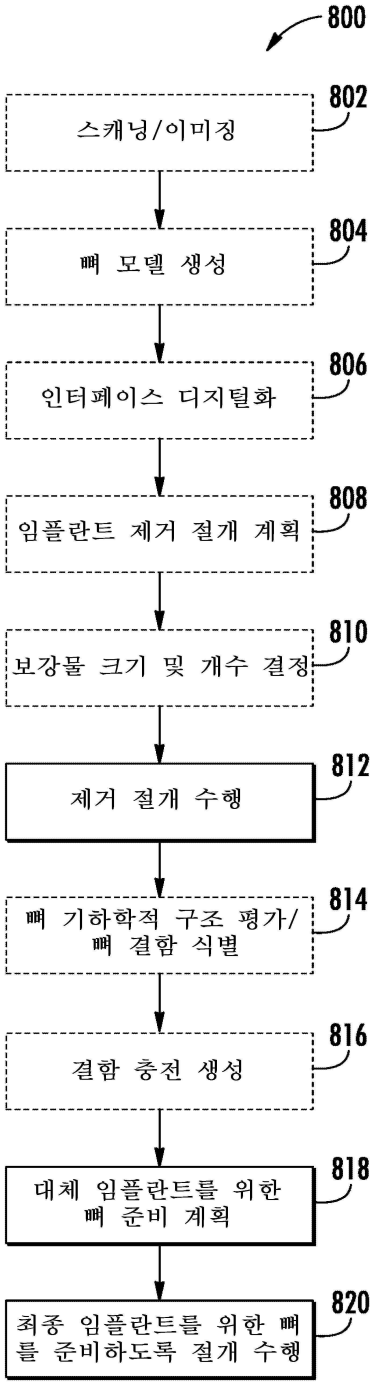
도면7a



도면7b



도면8


800
802
스캐닝/이미징
804
뼈 모델 생성
806
인터페이스 디지털화
808
임플란트 제거 절개 계획
810
보강물 크기 및 개수 결정
812
제거 절개 수행
814
뼈 기하학적 구조 평가/
뼈 결함 식별
816
결함 충전 생성
818
대체 임플란트를 위한
뼈 준비 계획
820
최종 임플란트를 위한 뼈
를 준비하도록 절개 수행