(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년03월23일
(11) 등록번호 10-2092384
(24) 등록일자 2020년03월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 34/00 (2016.01) *A61B 17/00* (2006.01)
A61B 17/064 (2006.01) *A61B 17/285* (2006.01)
A61B 34/30 (2016.01) *A61B 34/37* (2016.01)
F16D 3/18 (2006.01) *F16D 3/26* (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 34/71 (2016.02)
A61B 17/00234 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-7006044(분할)
(22) 출원일자(국제) 2010년11월12일
심사청구일자 2019년03월20일
(85) 번역문제출일자 2019년02월27일
(65) 공개번호 10-2019-0025059
(43) 공개일자 2019년03월08일
(62) 원출원 특허 10-2018-7009628
원출원일자(국제) 2010년11월12일
심사청구일자 2018년04월06일
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/056607
(87) 국제공개번호 WO 2011/060315
국제공개일자 2011년05월19일
(30) 우선권주장
61/260,903 2009년11월13일 미국(US)
(뒷면에 계속)
(56) 선행기술조사문헌
US05710870 A
US20070023477 A1
US20060089202 A1
US20050075664 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인튜어티브 서지컬 오퍼레이션즈 인코포레이티드
미국 캘리포니아 94086 서니베일 키퍼 로드 1020
(72) 발명자
버뱅크 윌리엄
미국 콘넥티컷 06482 샌디 후크 올드 그린 로드 2
닥스2세 그레고리
미국 캘리포니아 94107 샌프란시스코 아파트먼트 263 킹 스트리트 260
머피 토드
미국 캘리포니아 94306 팔로알토 커트너 애비뉴 #3 250
(74) 대리인
특허법인와이에스장

전체 청구항 수 : 총 15 항 심사관 : 도민환

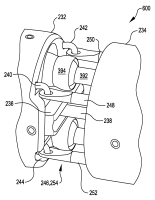
(54) 발명의 명칭 **컴팩트 손목을 구비한 수술 도구**

(57) 요 약

2 자유도 손목(70), 링크된 견인 부재(218, 220, 222, 224)에 의한 손목 관절화, 각도를 통해 토크를 전달하는 메커니즘(372, 390), 및 이들 특징들을 통합한 최소 침습 수술 도구가 개시된다. 기다란 중간 손목 부재(80)가 기구 샤프트(74)의 원단부와 선회가능하게 연결되어 샤프트에 횡단하는 제 1 축을 중심으로 회전할 수 있고, 단

(뒷면에 계속)

대 표 도



부 작동기 바디(72)가 중간 부재와 선회가능하게 연결되어 제 1 축에 횡단하는 제 2 축을 중심으로 회전할 수 있다. 링크된 견인 부재(218, 220, 222, 224)는 부착 특징부(180, 182, 184, 186)와 상호작용하여 손목을 관절화한다. 토크-전달 메커니즘(372, 390)은 연결 부재(384, 394), 연결 핀(398, 400), 구동 샤프트(392) 및 피구동 샤프트(396)를 포함한다. 구동 샤프트가 피구동 샤프트와 연결되며, 이로써 구동 샤프트, 연결 부재 및 피구동 샤프트의 상대적 배향을 제어할 수 있다.

(52) CPC특허분류
A61B 17/064 (2013.01)
A61B 17/285 (2013.01)
A61B 34/37 (2016.02)
F16D 3/185 (2013.01)
F16D 3/26 (2013.01)
A61B 2034/305 (2016.02)
Y10S 901/29 (2013.01)

(30) 우선권주장
61/260,910 2009년11월13일 미국(US)
61/260,915 2009년11월13일 미국(US)

명 세 서

청구범위

청구항 1

제 1 축을 중심으로 회전하도록 중간 부재를 도구 샤프트에 선회가능하게 연결하는 단계로서, 상기 도구 샤프트는 근단부, 원단부, 및 상기 근단부와 상기 원단부 사이에 한정된 기다란 축을 가지는 단계;

제 2 축을 중심으로 회전하도록 단부 작동기를 상기 중간 부재에 선회가능하게 연결하는 단계; 및

가동 메커니즘을 상기 단부 작동기에 연결하는 단계로서, 상기 가동 메커니즘은 상기 단부 작동기를 상기 기다란 축에 대해 관절화하도록 작동될 수 있고, 상기 가동 메커니즘은 상기 중간 부재로부터 측면으로 분리되는 견인 부재의 적어도 하나의 대향하는 쌍을 포함하고 견인 부재의 상기 대향하는 쌍의 각각에서 대향하는 축방향 장력을 통해 상기 단부 작동기를 관절화하도록 작동될 수 있는 단계;를 포함하고,

상기 제 1 축은 상기 기다란 축에 직각이고,

상기 제 2 축은 상기 제 1 축 및 상기 기다란 축에 직각이고,

상기 중간 부재는 상기 도구 샤프트에 대해 제 1 조인트에서 선회가능하고, 상기 제 1 조인트는 상기 중간 부재를 통해 연장되는 단일 선회 샤프트를 포함하고,

상기 단부 작동기는 상기 중간 부재에 대해 제 2 조인트에서 선회가능하고, 상기 제 2 조인트는 2개의 동축 선회 샤프트를 포함하고, 상기 2개의 동축 선회 샤프트 중 하나는 상기 중간 부재의 제 1 측으로부터 바깥쪽으로 연장되고, 상기 2개의 동축 선회 샤프트 중 다른 하나는 상기 제 1 측과 대향하는 상기 중간 부재의 제 2 측으로부터 바깥쪽으로 연장되고,

상기 가동 메커니즘의 적어도 일부는 상기 중간 부재의 바깥쪽에 이어지고, 상기 중간 부재로부터 측면으로 분리되는 것을 특징으로 하는 수술 도구를 제조하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 중간 부재는 상기 제 1 축에 평행한 축을 따라 최대 외부 너비를 가지고, 상기 제 2 축에 평행한 축을 따라 최대 외부 길이를 가지고, 상기 최대 외부 길이는 상기 최대 외부 너비보다 상당히 큰 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 중간 부재의 상기 최대 외부 너비는 상기 중간 부재의 상기 최대 외부 길이의 1/3보다 작은 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 가동 메커니즘의 적어도 일부는 상기 중간 부재의 하나 이상의 내부 통로를 통해 이어지는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 가동 메커니즘은 상기 단부 작동기의 조인트를 관절화하도록 작동될 수 있는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

샤프트 및 상기 샤프트에 연결된 단부 작동기를 포함하는 의료 장치를 작동하는 방법으로서, 상기 방법은

상기 샤프트에 연결된 중간 부재에 대해 상기 단부 작동기, 및 상기 샤프트에 대해 상기 중간 부재 중 적어도 하나를 선회시키는 단계;

상기 중간 부재의 내부 통로를 통해 연장되는 제 1 구동 구성요소를 통해 상기 단부 작동기의 요소를 가동시키

는 단계; 및

상기 단부 작동기의 회전가능한 부재를 회전시킴으로써, 상기 중간 부재의 바깥쪽에 놓이고, 상기 중간 부재로부터 측면으로 분리되는 제 2 구동 구성요소를 통해 상기 단부 작동기의 요소를 가동시키는 단계;를 포함하고,

상기 단부 작동기의 상기 회전가능한 부재는 상기 단부 작동기의 요소의 나사부에 작동가능하게 연결되는 나사부를 포함하는 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 제 1 구동 구성요소 및 상기 제 2 구동 구성요소는 상기 단부 작동기의 동일한 요소를 가동시키는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서, 상기 중간 부재는 상기 샤프트에 대해 제 1 축을 중심으로 선회가능하고, 상기 제 1 축은 상기 샤프트의 기다란 축에 직각이고,

상기 단부 작동기는 상기 중간 부재에 대해 제 2 축을 중심으로 선회가능하고, 상기 제 2 축은 상기 제 1 축 및 상기 샤프트의 기다란 축에 직각인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서, 상기 중간 부재는 상기 의료 장치의 상기 샤프트에 대해 제 1 조인트에서 선회하고, 상기 제 1 조인트는 상기 중간 부재를 통해 연장되는 단일 선회 샤프트를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

제 6 항에 있어서, 상기 단부 작동기는 상기 중간 부재에 대해 제 2 조인트에서 선회하고, 상기 제 2 조인트는 2개의 동축 선회 샤프트를 포함하고, 상기 2개의 동축 선회 샤프트의 각각은 상기 중간 부재의 2개의 대향하는 측 중 하나로부터 바깥쪽으로 연장되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

제 6 항에 있어서, 제 1 구동 구성요소를 통해 상기 단부 작동기의 요소를 가동시키는 단계는 케이블 또는 당김 와이어에 인장력을 가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 상기 내부 통로는 상기 의료 장치의 샤프트에 연결된 중간 부재에 대해 상기 단부 작동기, 및 상기 의료 장치의 상기 샤프트에 대해 상기 중간 부재 중 적어도 하나를 선회시키는 단계 동안에 상기 케이블 또는 상기 당김 와이어의 장력의 변화를 억제하는 하나 이상의 안내 표면을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 13

샤프트 및 상기 샤프트에 연결된 단부 작동기를 포함하는 의료 장치를 작동하는 방법으로서, 상기 방법은

중간 부재로부터 측면으로 분리되는 견인 부재의 적어도 하나의 대향하는 쌍을 가동시킴으로써, 상기 샤프트에 연결된 중간 부재에 대해 상기 단부 작동기, 및 상기 샤프트에 대해 상기 중간 부재 중 적어도 하나를 선회시키는 단계;

상기 중간 부재의 내부 통로를 통해 연장되는 제 1 구동 구성요소를 통해 상기 단부 작동기의 요소를 가동시키는 단계; 및

상기 중간 부재의 바깥쪽에 놓이고, 상기 중간 부재로부터 측면으로 분리되는 제 2 구동 구성요소를 통해 상기 단부 작동기의 요소를 가동시키는 단계;를 포함하는 방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

제 6 항에 있어서, 상기 중간 부재의 바깥쪽에 놓이고, 상기 중간 부재로부터 측면으로 분리되는 제 3 구동 구성요소를 통해 상기 단부 작동기의 요소를 가동시키는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 16

제 6 항에 있어서, 상기 의료 장치의 상기 샤프트에 연결된 중간 부재에 대해 상기 단부 작동기, 및 상기 샤프트에 대해 상기 중간 부재 중 적어도 하나를 선회시키는 단계는 견인 부재의 적어도 하나의 대향하는 쌍을 가동시키는 단계로서, 상기 견인 부재의 적어도 하나의 대향하는 쌍은 상기 중간 부재로부터 측면으로 분리되는 것을 특징으로 하는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 관련 출원의 상호 참조

[0002] 본 출원은 2009년 11월 13일 제출된 미국 가 출원 제61/260,903호, 발명의 명칭 "링크된 견인 부재들에 의한 손목 관절화"(대리인 사건번호 No. ISRG02320 PROV); 2009년 11월 13일 제출된 미국 가 출원 제61/260,910호, 발명의 명칭 "이중 만능 조인트"(대리인 사건번호 No. ISRG02340PROV); 및 2009년 11월 13일 제출된 미국 가 출원 제61/260,915호, 발명의 명칭 "2의 자유도를 가진 수술 도구"(대리인 사건번호 No. ISRG02350PROV)의 우선권을 주장하며, 이들의 전체 내용이 본원에 참고로 포함된다. 본 발명은 2009년 11월 13일 제출된 미국 가 출원 제61/260,907호, 발명의 명칭 "여분의 닫힘 메커니즘을 가진 단부 작동기"(대리인 사건번호 No. ISRG02330PROV); 및 2009년 11월 13일 제출된 미국 가 출원 제61/260,919, 발명의 명칭 "독립적으로 회전하는 부재 안의 평행 구동 샤프트들을 위한 모터 인터페이스"(대리인 사건번호 No. ISRG02360PROV)와 관련되며, 이들의 전체 내용이 본원에 참고로 포함된다.

배 경 기 술

[0003] 최소 침습 수술 기술은 진단이나 수술 과정에서 손상되는 외부 조직의 양을 줄임으로써 환자의 회복시간, 불편함, 및 유해한 부작용을 줄이는 것을 목표로 한다. 결과적으로, 최소 침습 수술 기술을 사용하면 표준 수술에서 평균 입원 기간이 단축될 수 있다. 또한, 최소 침습 수술을 사용하면 환자 회복시간, 환자 불편함, 수술 부작용, 및 업무 복귀까지 걸리는 시간이 줄어들 수 있다.

[0004] 최소 침습 수술의 일반적인 형태는 내시경이고, 내시경의 일반적인 형태는 복강경인데, 이것은 복강 안에서 행해지는 최소 침습 검사 및/또는 수술이다. 표준 복강경 수술에서는 환자의 배에 가스를 불어넣고, 캐뉼라 슬리브를 작은(약 1/2 인치 이하) 절개부로 통과시켜서 복강경 기구의 진입 입구를 제공할 수 있다.

[0005] 복강경 수술 기구는 일반적으로 수술 현장을 보기 위한 내시경(예를 들어, 복강경)과 수술 부위에서 작업하기 위한 도구를 포함한다. 작업 도구는 전형적으로 종래의 (개복) 수술에서 사용되는 것들과 유사하며, 다만 각 도구의 작업 단부 또는 단부 작동기가 연장된 튜브(예를 들어, 기구 샤프트 또는 메인 샤프트라고도 한다)에 의해서 도구의 손잡이로부터 분리되어 있다는 점이 다르다. 단부 작동기는, 예를 들어 클램프, 그래스퍼, 가위, 스테플러, 소작 도구, 직선 커터, 또는 니들 홀더를 포함할 수 있다.

[0006] 수술 과정을 수행하기 위해, 의사는 캐뉼라 슬리브를 통해 내부 수술 부위까지 작업 도구를 보내고, 배의 바깥쪽에서 작업 도구를 조작한다. 의사는 내시경이 찍은 수술 부위의 영상을 표시하는 모니터로부터 수술 과정을 본다. 유사한 내시경 기술들이, 예를 들어 관절경, 후복막경, 골반경, 신장경, 방광경, 뇌조경, 부비동경, 자궁경, 요도경 등에서 사용된다.

[0007] 내부 수술 부위에서 작업할 때 의사의 손 작업성을 높이고, 의사가 먼 장소에서(멸균 현장 바깥에서) 환자를 수술할 수 있도록 하기 위해서 최소 침습 원격수술 로봇 시스템이 개발되고 있는 중이다. 원격 수술 시스템에서는 주로 제어 콘솔에서 수술 부위의 영상이 의사에게 제공된다. 적합한 뷰어나 디스플레이에서 수술 부위의 3-차원 영상을 보면서 의사는 제어 콘솔의 주 입력 장치 또는 제어 장치를 조작하여 환자에게 수술 과정을 수행한다. 각각의 주 입력 장치는 서보 메커니즘 방식으로 가동되는/관절화되는 수술 기구의 동작을 제어한다. 수술 과정 동안, 원격수술 시스템은 다양한 수술 기구나 도구들에 대한 기계적 가동 및 제어를 제공할 수 있다. 대부분의 원격수술 도구는 의사를 위해 다양한 기능을 수행하는 집게부 또는 다른 관절방식 단부 작동기를 구비하

며, 예를 들어 이들은 주 입력 장치의 조작에 대응하여 바늘을 보유하거나 내보내고, 혈관을 붙잡고, 조직을 절개하는 등의 기능을 수행한다. 원위 손목 관절을 가진 도구는 의사가 내부 수술 부위 내에서 도구를 배향할 수 있도록 하며, 이로써 의사가 실시간으로 조직과 상호작용(및 처치)할 수 있는 자유가 상당히 증진된다.

[0008] 원격수술 시스템은 성장중인 다양한 치료법을 위해 의사에 의해서 점점 많은 용도들이 찾아지고 있다. 새로운 도구들이 이런 성장이 계속되는데 도움이 될 텐데, 특히 스테플러, 직선 커터 등과 같은 도구들이 유용할 것이다(이들은 내부 조직에 유의한 클램핑 힘 및 다른 힘들을 부여할 수 있다). 불행히도, 특히 원격수술 작업에 바람직한 도구에서 반응 시간, 정확성, 유연성 및 신뢰성을 보유하면서, 기존의 도구 손목을 통해 원하는 원격수술 단부 작동기 힘을 전달하는 것은 어려운 과제일 수 있다.

[0009] 예를 들어, 직선 클램핑, 컷팅 및 스테플링 장치들을 포함하는 비-로봇 수술 도구가 많은 상이한 수술 과정에서 사용되고 있다. 이러한 도구는 위장관으로부터 암성 또는 비정상 조직을 절제하는데 사용될 수 있다. 불행히도, 기존의 직선 클램핑, 컷팅 및 스테플링 도구를 포함해서 많은 기존의 수술 도구들은 컴팩트한 관절방식 손목을 가로질러 원하는 토크(예를 들어, 조직 클램핑 토크) 또는 힘(예를 들어, 스테이플 발사력)을 전달하는 능력이 부족하며, 이것은 수술 도구의 효율을 감소시킬 수 있다. 샤프트 구동 클램핑 메커니즘을 가진 대안의 도구도 의사의 손목의 자연스런 동작을 모방하는 단부 작동기의 회전 동작을 제공하지 못한다.

[0010] 상기 기술된 이유들 때문에 개선된 수술 및/또는 로봇 손목 구조를 제공하는 것이 바람직하다. 또한, 증진된 단부 작동기 힘 및 원격수술 제어에 적합한 반응 시간을 허용하면서 의사의 손목의 자연스런 동작을 모방하는 손목 메커니즘을 포함하는 개선된 최소 침습 수술 도구를 제공하는 것도 바람직할 것이다.

발명의 내용

[0011] 2 자유도의 손목을 가진 수술 도구, 및 관련된 방법이 제공된다. 개시된 수술 도구는 최소 침습 수술에서 사용되었을 때 특히 유익할 수 있다. 많은 구체예에서, 중간 손목 부재는 샤프트를 횡단하는 제 1 축을 중심으로 회전할 수 있도록 기구 샤프트의 원단부에 선회가능하게 연결되고, 단부 작동기 바디는 제 1 축을 횡단하는 제 2 축을 중심으로 회전할 수 있도록 중간 부재에 선회가능하게 연결된다. 이러한 2 자유도의 손목은 의사의 손목의 자연스런 동작을 모방하는 방식으로 단부 작동기 바디를 관절화하는데 사용될 수 있으며, 이로써 단부 작동기 바디에 원하는 크기의 조종성이 제공된다. 많은 구체예에서, 중간 부재는 기다란 모양을 가진다. 기다란 모양은 가동 구성요소, 예를 들어 기구 샤프트에 대해 단부 작동기 바디를 관절화하는 가동 구성요소, 및 단부 작동기 바디에 대해 하나 이상의 단부 작동기 특징부를 관절화하는 가동 구성요소(예를 들어, 제어 케이블, 구동 샤프트)의 경로를 위한 자유로운 인접 영역을 남긴다. 많은 구체예에서, 2 자유도의 손목은 제어 케이블을 안내하는 내부 통로를 포함한다. 이러한 내부 통로는 제 1 및 제 2 축을 중심으로 선회하는 동안 제어 케이블 장력의 변화를 억제하도록 구성될 수 있다.

[0012] 전형적인 구체예는 링크된 견인 부재를 통한 손목 관절화를 제공한다. 많은 구체예에서, 단부 작동기는 2 자유도의 관절을 통해 기다란 샤프트의 원단부와 연결되고, 이로써 단부 작동기가 내부 수술 공간 내에서 배향될 수 있게 된다. 전형적인 구체예에서, 견인 부재의 대향하는 움직임은 샤프트에 대해 단부 작동기를 각지게 배향하고, 견인 부재와 단부 작동기 사이에서 연접면이 미끄러져 움직여서 단부 작동기의 배향과 상호 관련하여 견인 부재의 위치가 변경됨으로써, 견인 부재의 장력에 있어서 바람직하지 않은 변화가 억제될 수 있다. 견인 부재의 장력에서 이러한 변화를 억제함으로써 견인 부재가 링크된 쌍으로서 사용될 때, 예를 들어 대향하는 견인 부재들이 공통의 직선 구동 메커니즘(예를 들어, 모터 구동 캡스턴)을 공유하는 경우, 수술 도구 구성요소의 해로운 제어 케이블 슬랙 및/또는 오버스트레스가 회피될 수 있다. 링크된 쌍으로 견인 부재를 가동시킴으로써 샤프트에 대한 단부 작동기의 매끄럽고 즉시 반응하는 관절화를 제공할 수 있다. 또한, 링크된 견인 부재에 의한 손목 관절화는 샤프트의 원위에서 수술 도구의 길이를 감소시키는데 사용될 수 있으며, 이것은 제한된 신체 공간에의 접근성, 신체 구조에의 접근 각도, 및 신체 구조의 가시성을 개선할 수 있다.

[0013] 또한, 각도를 통해 토크를 전달하기 위한 메커니즘, 각도를 통해 토크를 전달하기 위한 메커니즘을 포함하는 최소 침습 수술 도구, 및 관련된 방법이 제공된다. 개시된 메커니즘은, 예를 들어 2 자유도의 손목을 통해 기구 샤프트에 장착된 수술 단부 작동기의 샤프트 구동 가동 메커니즘에 토크를 전달하기 위해 사용될 수 있다. 많은 수술 용도에서(예를 들어, 많은 최소 침습 수술 용도에서), 의사의 손목의 (주로 비교적 빠른) 자연스런 동작을 모방할 수 있도록 2 자유도의 손목을 통해 기구 샤프트의 원단부에 장착된 수술 단부 작동기를 포함하는 수술 도구를 사용하는 것이 유익할 수 있다. 회전 샤프트 드라이브로 단부 작동기를 가동시킴으로써 높은 수준의 힘이 좁은 샤프트를 통해 조직에 적용될 수 있다. 예를 들어, 이러한 샤프트 구동 메커니즘은 단부 작동기의 클램핑 집게부를 가동시키는데 사용될 수 있으며, 이로써 높은 클램핑 힘이 생성될 수 있다. 전형적인 구체

예는 비교적 간단한 이중 볼/소켓 관절 시스템을 사용해서 최소 침습 수술 도구의 각진 손목을 통해 충분한 토크를 전달할 수 있으며, 여기서 볼의 단부들이 함께 연결되어 소켓 각도를 구속하고, 소켓을 횡단하는 핀이 토크를 전달한다. 이 간단한 배열은, 예를 들어 수술 기구에 있어서 사용에 적합한 소형화에 도움이 된다. 또한, 이런 간단한 배열은 60도를 초과하는 각도를 통해 토크를 전달하는 도구의 신뢰성을 개선할 수 있으며, 이로써 기구 샤프트에 대해 단부 작동기의 실질적인 재배향을 허용한다. 많은 구체예에서, 구동 샤프트 및 피구동 샤프트의 회전 속도는 구동 샤프트와 피구동 샤프트가 평행이 아닌 경우에도 실질적으로 동일하며, 이것은 각도를 통해 토크의 매끄러운 전달을 제공하는데 도움이 될 수 있다.

[0014] 제 1 양태에서, 최소 침습 수술 도구가 제공된다. 수술 도구는 근단부, 원단부 및 이들 사이의 구멍을 가진 관형 기구 샤프트; 단부 작동기 바디를 포함하는 단부 작동기; 샤프트의 원단부에 선회가능하게 연결되고, 단부 작동기 바디에 선회가능하게 연결된 중간 손목 부재; 및 단부 작동기 바디를 배향하고 단부 작동기를 가동시킬 수 있도록 샤프트의 구멍을 통해 원위 쪽으로 연장된 가동 시스템을 포함한다. 기구 샤프트는 기구 샤프트 축을 가진다. 샤프트에 대해 중간 바디를 선회시켜서 샤프트에 대해 제 1 축을 중심으로 중간 부재를 배향한다. 중간 부재에 대해 단부 작동기 바디를 선회시켜서 중간 부재에 대해 제 2 축을 중심으로 단부 작동기 바디를 배향한다. 제 1 축은 샤프트 축을 횡단한다. 제 2 축은 제 1 축을 횡단한다. 중간 부재는 제 1 축을 따른 외부 너비 및 제 2 축을 따른 외부 길이를 가진다. 길이는 너비와 상당히 상이하며, 이로써 중간 부재는 기다란 단면을 가지게 된다. 가동 시스템의 일부분은 샤프트와 단부 작동기 바디 사이에서 중간 부재의 기다란 단면으로부터 외측 분리된다.

[0015] 중간 부재는 하나 이상의 추가 특징부 및/또는 특징을 포함할 수 있다. 예를 들어, 중간 부재의 너비는 중간 부재의 길이의 1/4 미만일 수 있다. 제 1 축 및 제 2 축은 동일 평면에서 2㎜ 이내에 있을 수 있다. 제 1 축 및 제 2 축은 동일 평면에 있을 수 있다. 중간 부재는 기구 샤프트와 단부 작동기 바디 사이에서 가동 시스템의 제어 케이블을 안내하기 위한 내부 통로를 포함할 수 있다.

[0016] 수술 도구는 하나 이상의 추가 특징부 및/또는 특징을 포함할 수 있다. 예를 들어, 수술 도구는 샤프트를 중간 부재에 선회가능하게 연결하는 제 1 관절 및 중간 부재를 단부 작동기 바디에 선회가능하게 연결하는 제 2 관절을 포함할 수 있다. 제 1 관절은 중간 부재의 너비 안에서 제 1 축을 따라 연장된 단일 선회 샤프트를 포함할 수 있으며, 이로써 제 1 관절이 가동 시스템의 외측 분리된 부분의 분명한 샤프트와 단부 작동기 바디 사이의 중앙 영역 안에 배치된다. 제 2 관절은 제 2 축을 따라 분리된 제 1 및 제 2 공축 선회 샤프트를 포함할 수 있다. 중간 부재는 기구 샤프트와 단부 작동기 바디 사이에서 그리고 제 2 조인트의 공축 선회 샤프트들 사이에서 가동 시스템의 제어 케이블을 안내하기 위한 내부 통로를 포함할 수 있다. 수술 도구는 기구 샤프트에 고정되어 연결되고, 제 1 축을 중심으로 회전하도록 중간 부재에 선회가능하게 연결된 지지 부재를 포함할 수 있다. 지지 부재는 기구 샤프트의 구멍과 단부 작동기 바디 사이에 이어진 가동 시스템의 제어 케이블을 안내하기 위한 내부 통로를 포함할 수 있다. 안내 표면은 제 1 및 제 2 축을 중심으로 선회하는 동안 케이블 장력의 변화가 억제되도록 제어 케이블을 구속할 수 있다.

[0017] 가동 시스템은 하나 이상의 추가 특징부 및/또는 특징을 포함할 수 있다. 예를 들어, 가동 시스템의 외측 분리된 부분은 단부 작동기의 제 1 가동 메커니즘을 구동시키기 위한 제 1 회전가능한 구동 샤프트를 포함할 수 있다. 제 1 구동 샤프트는 중간 부재의 제 1 측면에 인접하여 지나가도록 단부 작동기 바디와 구멍 사이에 이어질 수 있다. 가동 시스템의 외측 분리된 부분은 단부 작동기의 제 2 가동 메커니즘을 구동시키기 위한 제 2 회전가능한 구동 샤프트를 포함할 수 있다. 제 2 구동 샤프트는 중간 부재의 제 2 측면에 인접하여 지나가도록 단부 작동기 바디와 구멍 사이에 이어질 수 있고, 제 2 측면은 제 1 측면과 대향하고 있다. 가동 시스템의 배향 부분은 제 1 및 제 2 축 주변에서 기구 샤프트에 대해 단부 작동기 바디의 배향을 변경시킬 수 있도록 작동될 수 있다. 배향 부분은 역 구동가능하며, 이로써 단부 작동기 바디에 그것의 배향을 변경하기 위해 적용되는 힘이 가동 시스템에 의해서 구멍을 통해 근위 쪽으로 전달된다. 단부 작동기의 가동은 단부 작동기의 관절의 관절화를 포함할 수 있다.

[0018] 다른 양태에서, 최소 침습 수술 도구를 제조하는 방법이 제공된다. 이 방법은 기구 샤프트의 길이 방향과 평행하지 않게 배향된 제 1 축을 중심으로 회전하도록 중간 부재를 기구 샤프트에 선회가능하게 연결하는 단계, 제 1 축 및 길이 방향과 평행하지 않게 배향된 제 2 축을 중심으로 회전하도록 단부 작동기를 기구 샤프트에 선회가능하게 연결하는 단계, 및 가동 메커니즘을 단부 작동기와 연결하는 단계를 포함한다. 가동 메커니즘은 2-차원으로 길이 방향에 대해 단부 작동기의 배향을 변경시킬 수 있도록 작동될 수 있다. 가동 메커니즘의 적어도 일부는 중간 부재의 적어도 한 측면으로부터 분리되어 바깥쪽으로 지나가도록 단부 작동기와 기구 샤프트의 구

멍 사이에 이어진다.

[0019] 최소 침습 수술 도구를 제조하는 방법에서, 단부 작동기가 연결된 기구 샤프트에 연결된 중간 부재는 하나 이상의 추가 특징부 및/또는 특징을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제 1 축은 제 2 축에 법선일 수 있다. 제 1 축 또는 제 2 축 중 적어도 하나는 기구-샤프트의 길이 방향에 법선일 수 있다. 중간 부재는 제 1 축 방향으로 외부 너비를 갖고, 제 2 축 방향으로 최대 외부 길이를 가질 수 있으며, 최대 외부 길이는 제 1 축 방향의 너비보다 크다. 중간 부재는 제 1 축 방향으로 최대 외부 너비를 가질 수 있으며, 이것은 외부 길이의 1/3 미만이다. 중간 부재는 단부 작동기와 기구 샤프트의 구멍 사이에 이어진 제어 케이블을 안내하기 위한 내부 통로를 포함할 수 있다. 안내 표면은 제 1 및 제 2 축을 중심으로 선회하는 동안 케이블 장력의 변화가 억제되도록 제어 케이블을 구속할 수 있다.

[0020] 상기 방법은 추가의 단계들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 이 방법은 중간 부재 내부 통로를 통해 단부 작동기 제어 케이블을 연결하는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 방법은 기구 샤프트에 대해 단부 작동기의 배향을 변경함으로써 가동 메커니즘을 역 구동시키는 단계를 더 포함할 수 있으며, 이로써 단부 작동기에 그것의 배향을 변경하기 위해 적용되는 힘이 가동 시스템에 의해서 구멍을 통해 근위 쪽으로 전달될 수 있다. 단부 작동기의 가동은 단부 작동기의 관절을 관절화하는 것을 포함할 수 있다.

[0021] 다른 양태에서, 최소 침습 수술 방법이 제공된다. 상기 방법은 도구의 수술 단부 작동기를 최소 침습 개구 또는 자연 개구를 통해 내부 수술 부위에 삽입하는 단계, 제 1 관절을 중심으로 도구의 샤프트에 대해 도구의 중간 부재를 선회시킴으로써 단부 작동기를 지지하는 도구의 샤프트에 대해 제 1 축을 중심으로 중간 부재를 배향하는 단계, 제 2 관절을 중심으로 중간 부재에 대해 단부 작동기를 선회시킴으로써 중간 부재에 대해 제 2 축을 중심으로 단부 작동기를 배향하는 단계, 및 중심 관절로부터 외측 분기된 단부 작동기와 구멍 사이를 지나는 가동-시스템 구성요소에 의해서 단부 작동기를 기계적으로 가동시키는 단계를 포함한다. 제 1 관절 및 제 2 관절 중 하나는 중심 관절을 포함하며, 이것은 도구의 단면의 중심부 내에 배치된 중심에 위치된 관절이다. 이 방법에서, 단부 작동기의 가동은 단부 작동기의 관절을 관절화하는 것을 포함한다.

[0022] 다른 양태에서, 최소 침습 수술 도구가 제공된다. 수술 도구는 기다란 제 1 링크, 제 2 링크, 제 2 링크에 배치된 4개의 부착 특징부, 및 4개의 견인 부재를 포함한다. 기다란 제 1 링크는 원단부, 근단부, 및 이들 사이에 한정된 제 1 링크 축을 가진다. 제 1 링크는 축 구멍을 가진다. 제 2 링크는 제 1 링크의 원단부와 선회가능하게 연결되며, 이로써 제 1 축 및 제 2 축을 중심으로 제 2 링크를 배향할 수 있다. 제 1 및 제 2 축은 제 1 링크 축과 평행하지 않다. 제 1 축은 제 2 축과 평행하지 않다. 4개의 견인 부재는 제 1 링크의 구멍 안에서부터 부착 특징부까지 원위 쪽으로 연장되며, 이로써 견인 부재의 대향하는 축 이동이 제 1 및 제 2 축을 중심으로 제 1 링크에 대해 제 2 링크를 각지게 배향할 수 있다. 견인 부재와 부착 특징부 사이의 연접면은 제 1 링크에 대한 제 2 링크의 각진 배향과 상호 관련하여 제 2 링크에 대해 견인 부재의 위치를 변화시키며, 이로써 견인 부재에서 장력의 변화가 억제될 수 있다.

[0023] 제 1 및 제 2 축은 하나 이상의 추가 특징을 가질 수 있다. 예를 들어, 제 1 및 제 2 축은 교차하지 않을 수 있다. 제 1 및 제 2 축은 다양한 거리만큼, 예를 들어 2㎜ 이하만큼 분리될 수 있다. 제 1 축은 제 1 링크 축을 횡단할 수 있고, 제 2 축은 제 1 축을 횡단할 수 있다.

[0024] 각각의 견인 부재는 상응하는 부착 특징부와 상호작용하여 견인 부재의 동작을 선택적으로 구속할 수 있다. 예를 들어, 각각의 견인 부재는 제 2 링크가 제 1 축을 중심으로 선회할 때 부착 특징부 중 하나에 대해 제 1의 관련된 중심을 중심으로 선회할 수 있다. 각각의 견인 부재는 제 2 링크가 제 2 축을 중심으로 선회할 때 부착 특징부 중 하나에 대해 제 2의 관련된 중심을 중심으로 선회할 수 있다. 견인 부재는 부착 특징부와 미끄러지듯 맞물릴 수 있다. 연접면은 원형 단면을 갖는 곡선의 원통형 표면 및 곡선의 연접 축을 포함할 수 있으며, 원형 단면은 단면 중심을 한정하고, 곡선의 연접 축은 곡률 중심을 한정한다. 제 1 및 제 2의 관련된 중심은 각각 단면 중심 또는 곡률 중심에 상응할 수 있다.

[0025] 부착 특징부는 곡선 부분을 포함할 수 있다. 예를 들어, 각각의 부착 특징부는 곡선 부분을 포함할 수 있다. 각각의 견인 부재는 곡선 부분 중 하나를 미끄러지듯 수용할 수 있도록 구성된 부착 러그(lug)를 포함할 수 있으며, 이로써 제 2 링크가 제 1 및 제 2 축 중 하나를 중심으로 선회할 때 곡선 부분을 따라 맞대어 미끄러져 움직이게 된다. 각각의 곡선 부분은 제 1 축 또는 제 2 축에 수직인 평면에 놓인 중심선을 포함할 수 있다. 각각의 곡선 부분은 그것의 곡선 중심선을 중심으로 제 1 곡률 반경과 그것의 곡선 중심선에 대한 고정된 곡률 중심을 가질 수 있다. 고정된 곡률 중심은 각각 제 1 축 또는 제 2 축 중 적어도 하나를 함유하는 평면에 놓일 수 있다. 곡선 부분 중심선은 각각 제 1 축 또는 제 2 축 중 적어도 하나를 함유하는 평면에 접선일 수 있다.

[0026] 부착 특징부는 부착 러그를 포함할 수 있다. 예를 들어, 각각의 부착 특징부는 부착 러그를 포함할 수 있다. 각각의 견인 부재는 부착 러그 중 하나에 미끄러지듯 수용될 수 있도록 구성된 곡선 부분을 포함할 수 있으며, 이로써 곡선 부분은 제 2 링크가 제 1 및 제 2 축 중 하나를 중심으로 선회할 때 부착 러그 안으로 미끄러져 들어간다. 각각의 부착 러그는 제 1 축 또는 제 2 축에 평행하게 배향된 접속 구멍 축을 가질 수 있다. 각 접속 구멍 축은 제 1 축 또는 제 2 축 중 적어도 하나를 함유하는 평면에 놓일 수 있다. 각각의 곡선 부분은 제 1 축 또는 제 2 축에 수직인 평면에 놓인 곡선 중심선을 포함할 수 있다. 각각의 곡선 부분은 그것의 곡선 중심선을 중심으로 제 1 곡률 반경과 그것의 곡선 중심선에 대한 고정된 곡률 중심을 가질 수 있다. 고정된 곡률 중심은 각각 제 1 축 또는 제 2 축 중 적어도 하나를 함유하는 평면에 놓일 수 있다. 곡선 부분 중심선은 각각 제 1 축 또는 제 2 축 중 적어도 하나를 함유하는 평면에 접선일 수 있다.

[0027] 대각 대향된 견인 부재들이 함께 쌍을 이루어 동시에 가동될 수 있다. 예를 들어, 각각의 부착 특징부는 제 1 링크 축을 따라 봤을 때 제 1 및 제 2 축으로부터 분기될 수 있으며, 부착 특징부의 하나는 제 1 링크 축을 따라 봤을 때 제 1 및 제 2 축에 의해 한정된 각 사분면에 배치된다. 견인 부재의 제 1 대각 대향된 쌍은 제 1 대각 대향된 쌍의 제 1 견인 부재로부터 제 1 대각 대향된 쌍의 제 2 견인 부재까지 연장된 적어도 하나의 케이블에 의해 가동될 수 있으며, 적어도 하나의 케이블은 제 1 캡스턴 주위에 감싸진다. 제 2 링크에 대해 견인 부재의 제 1 대각 대향된 쌍의 위치를 변화시킴으로써, 견인 부재가 구형 중심 관절을 가진 부착 특징부에 연결되었을 때 부여될 수 있는 적어도 하나의 케이블의 장력의 변화를 억제할 수 있다. 견인 부재의 제 2 대각 대향된 쌍은 제 2 대각 대향된 쌍의 제 1 견인 부재로부터 제 2 대각 대향된 쌍의 제 2 견인 부재까지 연장된 적어도 하나의 케이블에 의해 가동될 수 있으며, 적어도 하나의 케이블은 제 2 캡스턴 주위에 감싸진다. 제 2 링크에 대해 견인 부재의 제 2 대각 대향된 쌍의 위치를 변화시킴으로써, 견인 부재가 구형 중심 관절을 가진 부착 특징부에 연결되었을 때 부여될 수 있는 적어도 하나의 케이블의 장력의 변화를 억제할 수 있다. 견인 부재의 제 1 대각 대향된 쌍은 견인 부재의 제 2 대각 대향된 쌍과 상이하며, 제 2 캡스턴은 제 1 캡스턴과 상이하다.

[0028] 다른 양태에서, 수술 도구가 제공된다. 수술 도구는 기다란 제 1 링크, 복수의 제어 케이블, 제 2 링크, 및 복수의 연접 조립체를 포함한다. 기다란 제 1 링크는 원단부, 근단부, 및 이들 사이에 한정된 제 1 링크 축을 가진다. 제 1 링크는 축 구멍을 가진다. 복수의 제어 케이블은 제 1 링크의 근단부에 인접하여 배치된 제어 케이블 가동 조립체로부터 제 1 링크의 구멍 안에서 원위 쪽으로 연장된다. 제 2 링크는 제 1 링크의 원단부와 선회가능하게 연결되며, 이로써 제 1 축 및 제 2 축을 중심으로 제 2 링크를 배향할 수 있다. 제 1 및 제 2 축은 제 1 링크 축과 평행하지 않다. 제 1 축은 제 2 축과 평행하지 않다. 각 연접 조립체는 제어 케이블 중 하나를 제 2 링크와 연결하며, 이로써 제어 케이블의 축 이동이 제 1 및 제 2 축을 중심으로 제 1 링크에 대해 제 2 링크를 각지게 배향할 수 있다. 연접 조립체 중 하나는 어떤 길이의 곡선 부분과 이 곡선 부분을 미끄러지듯 수용할 수 있는 크기의 부착 러그 구멍을 가진 부착 러그를 포함한다. 부착 러그는 제 2 링크가 제 1 축을 중심으로 회전할 때는 곡선 부분을 중심으로 회전하고, 제 2 링크가 제 2 축을 중심으로 회전할 때는 곡선 부분을 따라 맞대어 미끄러져 움직인다.

[0029] 많은 구체예에서, 복수의 제어 케이블은 4개의 제어 케이블을 포함한다. 각각의 연접 조립체는 어떤 길이의 곡선 부분과 이 곡선 부분을 미끄러지듯 수용할 수 있는 크기의 부착 러그 구멍을 가진 부착 러그를 포함할 수 있으며, 이로써 부착 러그는 제 2 링크가 제 1 축을 중심으로 회전할 때는 곡선 부분을 중심으로 회전할 수 있고, 제 2 링크가 제 2 축을 중심으로 회전할 때는 곡선 부분을 따라 맞대어 미끄러져 움직일 수 있다.

[0030] 다른 양태에서, 수술 도구를 제조하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 제 1 링크의 길이 방향에 평행하지 않게 배향된 제 1 축을 중심으로 회전하고, 제 1 링크와 제 1 축의 길이 방향 모두에 평행하지 않게 배향된 제 2 축을 중심으로 회전할 수 있도록 제 2 링크를 제 1 링크에 선회가능하게 연결하는 단계, 견인 부재를 제 2 링크에 배치된 4개의 부착 특징부의 각각과 연결하는 단계, 각각의 견인 부재를 견인 부재를 가동시킴으로써 2-차원으로 제 1 링크에 대해 제 2 링크의 각진 배향을 제어하도록 작동될 수 있는 가동 메커니즘과 연결하는 단계를 포함한다. 각각의 부착 특징부는 제 1 링크의 길이 방향을 따라 봤을 때 제 1 및 제 2 축으로부터 분기된다. 부착 특징부의 하나는 제 1 링크의 길이 방향을 따라 봤을 때 제 1 및 제 2 축에 의해 한정된 각 사분면에 배치된다. 각각의 견인 부재는 제 1 링크의 구멍 안에서부터 제 2 링크의 부착 특징부 중 하나까지 원위 쪽으로 연장되며, 이로써 견인 부재의 축 이동이 축들을 중심으로 제 1 링크에 대해 제 2 링크를 각지게 배향할 수 있다. 견인 부재와 부착 특징부 사이의 연접면은 제 1 링크에 대한 제 2 링크의 각진 배향과 상호 관련하여 제 2 링크에 대해 견인 부재의 위치를 변화시키며, 이로써 견인 부재의 장력에서 변화를 억제할 수 있다.

[0031] 각각의 견인 부재와 가동 메커니즘을 연결하는 단계는, 예를 들어 견인 부재의 제 1 견인 부재와 제 1 제어 케

이블을 연결하는 것 등의 추가의 단계들을 포함할 수 있다. 견인 부재의 제 2 견인 부재는 제 2 제어 케이블과 연결될 수 있고, 이 경우 제 2 견인 부재는 제 1 견인 부재와 대각으로 대향 배치된다. 제 1 및 제 2 제어 케이블은 가동 메커니즘의 제 1 캡스턴과 연결될 수 있다. 견인 부재의 제 3 견인 부재는 제 3 제어 케이블과 연결될 수 있다. 견인 부재의 제 4 견인 부재는 제 4 제어 케이블과 연결될 수 있고, 이 경우 제 4 견인 부재는 제 3 견인 부재와 대각으로 대향 배치된다. 제 3 및 제 4 제어 케이블은 가동 메커니즘의 제 2 캡스턴과 연결될 수 있다.

[0032] 다른 양태에서, 수술 기구가 제공된다. 수술 기구는 제 1 링크, 부착 특징부를 포함하는 제 2 링크, 제 1 링크와 제 2 링크를 연결하는 관절, 및 부착 러그를 포함하는 견인 부재를 포함한다. 부착 특징부는 곡선 부분을 포함한다. 관절은 제 1 평면에 한정된 제 1 축을 중심으로 그리고 제 2 평면에 한정된 제 2 축을 중심으로 회전한다. 제 1 및 제 2 평면은 평행하며, 서로로부터 분기된다. 부착 러그는 부착 특징부에 연결된다. 부착 러그는 견인 부재가 제 1 축을 중심으로 관절을 회전시킬 때 곡선 부분을 중심으로 회전한다. 부착 러그는 가동 부재가 제 2 축을 중심으로 관절을 회전시킬 때 곡선 부분을 따라 맞대어 미끄러져 움직인다.

[0033] 또 다른 양태에서, 각도를 통해 토크를 전달하기 위한 메커니즘이 제공된다. 메커니즘은 제 1 단부, 제 2 단부 및 이들 사이에 한정된 연결 축을 포함하는 연결 부재, 연결 핀, 구동 축과 원단부를 가진 구동 샤프트, 및 근단부와 피구동 축을 가진 피구동 샤프트를 포함한다. 연결 부재의 제 1 단부는 수용부를 포함한다. 연결 핀은 수용부를 가로질러 연장된다. 구동 샤프트 원단부가 수용부 안에 수용된다. 구동 샤프트 원단부는 연결 축과 구동 축 사이의 각도 범위 전체에 걸친 연결 핀을 수용하는 슬롯을 포함하며, 이로써 구동 샤프트의 회전이 연결 핀을 통해 연결 부재의 회전을 야기한다. 구동 샤프트의 근단부는 연결 부재의 제 2 단부와 연결되고, 이로써 연결 축을 중심으로 한 연결 부재의 회전이 피구동 축을 중심으로 구동 샤프트의 회전을 야기한다. 구동 샤프트는 피구동 샤프트와 연결되고, 이로써 구동 축과 피구동 축 사이의 각도가 샤프트의 회전 동안 변할 때 구동 축과 연결 축 사이의 각도와 피구동 축과 연결 축 사이의 상응하는 각도가 유지된다.

[0034] 각도를 통해 토크를 전달하기 위한 메커니즘은 하나 이상의 추가 특징부를 포함할 수 있고, 및/또는 하나 이상의 추가 특징을 가질 수 있다. 예를 들어, 메커니즘은 구동 샤프트와 연결 핀을 연결할 수 있는 십자형 핀을 더 포함할 수 있다. 십자형 핀은 연결 핀을 횡단해서 배향될 수 있고, 구동 샤프트에 대해 회전할 수 있게 장착된다. 구동 샤프트 원단부의 외부 표면은 구면을 포함할 수 있다. 구동 샤프트의 외부 표면은 연결 부재의 수용부와 연접할 수 있으며, 이로써 구동 샤프트와 수용부는 이들 사이에서 구형 선회하는 동안 서로에 대해 축상에서 구속될 수 있다. 수용부는 구동 샤프트 구면과 연접하는 구면을 포함할 수 있다. 구동 샤프트 원단부는 일군의 구형 기어 톱니를 포함할 수 있고, 피구동 샤프트 근단부는 구동 샤프트 기어 톱니와 연접하는 일군의 구형 기어 톱니를 포함할 수 있으며, 이로써 구동 축과 연결 축 사이의 각도와 피구동 축과 연결 축 사이의 각도가 실질적으로 동일하게 유지된다. 많은 구체예에서, 구동 샤프트와 구동 샤프트 기어 톱니 또는 피구동 샤프트와 피구동 샤프트 기어 톱니 중 적어도 하나는 일체 형성된다. 많은 구체예에서, 메커니즘은 60도를 초과하는 각도를 통해 토크를 전달할 수 있도록 작동될 수 있다.

[0035] 또 다른 양태에서, 각도를 통해 토크를 전달하기 위한 메커니즘이 제공된다. 메커니즘은 원단부와 구동 축을 가진 구동 샤프트, 근단부와 피구동 축을 가진 피구동 샤프트, 및 구동 샤프트 원단부 및 피구동 샤프트 근단부의 각각과 연결된 연결 부재를 포함하며, 이로써 구동 축을 중심으로 한 구동 샤프트의 회전이 피구동 축을 중심으로 피구동 샤프트의 회전을 야기한다. 구동 샤프트 원단부 또는 피구동 샤프트 근단부 중 적어도 하나는 돌출부를 포함한다. 연결 부재는 구동 수용부와 피구동 수용부를 한정하는 관형 구조를 포함하며, 이들 사이에 연결 축이 한정된다. 구동 수용부 또는 피구동 수용부 중 적어도 하나는 적어도 하나의 돌출부를 수용하며, 구동 샤프트와 피구동 샤프트 사이의 각도 범위를 통해서 적어도 하나의 돌출부를 수용하도록 구성된 슬롯을 포함한다. 돌출부는 슬롯과 상호작용하여 구동 샤프트와 피구동 샤프트 간의 회전 동작을 전달할 수 있다. 구동 샤프트 원단부는 피구동 샤프트 근단부와 맞물리며, 이로써 구동 축과 피구동 축 사이의 각도가 샤프트의 회전 동안 변할 때 구동 축과 연결 축 사이의 각도와 피구동 축과 연결 축 사이의 상응하는 각도가 유지된다. 많은 구체예에서, 메커니즘은 60도를 초과하는 각도를 통해 토크를 전달할 수 있도록 작동될 수 있다.

[0036] 많은 구체예에서, 구동 샤프트와 피구동 샤프트는 연결 부재와 연접하며, 이로써 구동 샤프트와 피구동 샤프트가 연결 부재에 대해 구속된다. 예를 들어, 구동 샤프트 원단부와 피구동 샤프트 근단부는 각각 구동 수용부 및 피구동 수용부와 연접하는 외부 표면을 각기 포함할 수 있으며, 이로써 각 샤프트에 대해 샤프트 축과 연결 축 사이에 한정된 교차점이 샤프트 축과 연결 축을 따라 축 고정된다. 구동 샤프트 원단부와 피구동 샤프트 근단부의 외부 표면은 구면을 포함할 수 있다. 구동 수용부 및 피구동 수용부는 구면을 포함할 수 있다.

[0037] 많은 구체예에서, 구동 샤프트 원단부 및 피구동 샤프트 근단부는 연접하는 기어 톱니를 포함한다. 예를 들어, 구동 샤프트 원단부는 구동 축 주변으로 연장된 구동 샤프트 기어 톱니면을 포함할 수 있고, 피구동 샤프트 근단부는 피구동 축 주변으로 연장된 피구동 샤프트 기어 톱니면을 포함할 수 있으며, 구동 샤프트 기어 톱니면이 피구동 샤프트 기어 톱니면과 맞물려서 각도들이 대응하여 유지될 수 있다. 많은 구체예에서, 구동 샤프트와 구동 샤프트 기어 톱니면 또는 피구동 샤프트와 피구동 샤프트 기어 톱니면 중 적어도 하나는 일체 형성된다. 많은 구체예에서, 구동 샤프트 기어 톱니면은 구동 축으로부터 방사상으로 연장된 구동 샤프트 기어 톱니 윤곽에 의해서 한정되고, 피구동 샤프트 기어 톱니면은 피구동 축으로부터 방사상으로 연장된 피구동 샤프트 기어 톱니 윤곽에 의해서 한정되며, 구동 샤프트 기어 톱니면이 피구동 샤프트 기어 톱니면과 맞물려서 구동/연결장치 각도와 피구동/연결장치 각도가 실질적으로 동일하게 유지될 수 있다. 많은 구체예에서, 구동 샤프트 기어 톱니면은 구동 축을 중심으로 구동 샤프트 기어 톱니 윤곽을 회전시킴으로써 한정되는 공전면을 포함하고, 피구동 샤프트 기어 톱니면은 피구동 축을 중심으로 피구동 샤프트 기어 톱니 윤곽을 회전시킴으로써 한정되는 공전면을 포함한다.

[0038] 다른 양태에서, 최소 침습 수술 도구가 제공된다. 수술 도구는 기구 샤프트, 원단부와 구동 축을 가진 구동 샤프트, 근단부와 피구동 축을 가진 피구동 샤프트, 구동 샤프트와 피구동 샤프트를 연결하여 구동 축과 피구동 축이 평행하지 않을 때 구동 샤프트와 피구동 샤프트의 회전 속도를 실질적으로 동일하게 하는 연결 부재, 및 기구 샤프트에 대해 2-차원으로 단부 작동기의 배향이 변할 수 있도록 기구 샤프트와 연결된 단부 작동기를 포함한다. 구동 샤프트는 기구 샤프트 안에서 회전하도록 장착된다. 단부 작동기는 피구동 샤프트와 연결된 관절방식 특징부를 포함하며, 이로써 피구동 축을 중심으로 한 피구동 샤프트의 회전이 특징부의 관절화를 야기한다.

[0039] 많은 구체예에서, 구동 샤프트는 연결 부재와 축 상에서 회전가능하게 연결되고, 피구동 샤프트는 연결 부재와 축 상에서 회전가능하게 연결되며, 구동 샤프트는 피구동 샤프트와 맞물린다. 예를 들어, 연결 부재는 제 1 단부와 제 2 단부를 포함할 수 있고, 이들 사이에 연결 축이 한정되며, 구동 샤프트 원단부가 연결 부재 제 1 단부와 축 상에서 회전가능하게 연결됨으로써 구동 축을 중심으로 한 구동 샤프트의 회전이 연결 축을 중심으로 연결 부재의 회전을 야기하게 된다. 피구동 샤프트 근단부는 연결 부재 제 2 단부와 축 상에서 회전가능하게 연결될 수 있으며, 이로써 연결 축을 중심으로 한 연결 부재의 회전이 피구동 축을 중심으로 피구동 샤프트의 회전을 야기할 수 있다. 구동 샤프트 원단부가 피구동 샤프트 근단부와 맞물릴 수 있고, 이로써 구동 축과 피구동 축 사이의 각도가 샤프트의 회전 동안 변할 때 구동 축과 연결 축 사이의 각도와 피구동 축과 연결 축 사이의 각도가 상응하여 유지될 수 있다. 구동 샤프트 원단부는 구형 기어 톱니를 포함할 수 있고, 피구동 샤프트 근단부는 구동 샤프트 기어 톱니와 맞물리는 구형 기어 톱니를 포함할 수 있다. 많은 구체예에서, 구동 샤프트와 구동 샤프트 기어 톱니 또는 피구동 샤프트와 피구동 샤프트 기어 톱니 중 적어도 하나는 일체 형성된다.

[0040] 많은 구체예에서, 도구는 연결 부재와 구동 샤프트를 연결하는 연결 핀을 더 포함하며, 이로써 구동 샤프트와 연결 부재 간의 회전 동작이 전달될 수 있다. 예를 들어, 도구는 연결 부재 제 1 단부 수용부, 수용부를 가로지르는 연결 핀, 수용부와 연접하는 구동 샤프트 원단부 외부 표면, 및 연결 축과 구동 축 사이의 각도 범위 전체에 걸쳐 연결 핀을 수용하는 구동 샤프트 원단부 슬롯을 더 포함할 수 있다. 연결 핀과 슬롯 사이의 상호작용이 구동 샤프트와 연결 부재를 연결할 수 있으며, 이로써 구동 샤프트의 회전이 연결 부재의 회전을 야기하게 된다. 메커니즘은 구동 샤프트를 연결 핀과 연결하기 위한 십자형 핀을 더 포함할 수 있다. 십자형 핀은 연결 핀을 횡단해서 배향될 수 있고, 구동 샤프트에 대해 회전할 수 있게 장착된다.

[0041] 많은 구체예에서, 구동 샤프트 원단부 또는 피구동 샤프트 근단부 중 적어도 하나는 돌출부를 포함한다. 연결 부재는 연결 축을 따라 구동 수용부와 피구동 수용부를 한정하는 관형 구조를 포함할 수 있고, 구동 수용부 또는 피구동 수용부 중 적어도 하나는 돌출부를 수용하며, 구동 샤프트와 피구동 샤프트 사이의 각도 범위를 통해서 돌출부를 수용하도록 구성된 슬롯을 포함할 수 있다. 돌출부는 슬롯과 상호작용하여 구동 샤프트 또는 피구동 샤프트 중 적어도 하나와 연결 부재 간의 회전 동작을 전달할 수 있다.

[0042] 본 발명의 성질 및 장점을 더욱 충분히 이해하기 위해서, 이후의 상세한 설명 및 첨부한 도면이 참조되어야 한다. 본 발명의 다른 양태들, 목적들 및 장점들이 이후의 도면 및 상세한 설명으로부터 분명해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0043] 도 1은 많은 구체예에 따른, 수술을 수행하는데 사용되는 최소 침습 로봇 수술 시스템의 평면도이다.

도 2는 많은 구체예에 따른, 로봇 수술 시스템의 의사 제어 콘솔의 투시도이다.

도 3은 많은 구체예에 따른, 로봇 수술 시스템 전자 카트의 투시도이다.

도 4는 많은 구체예에 따른, 로봇 수술 시스템의 단순화된 도식도이다.

도 5a는 많은 구체예에 따른, 로봇 수술 시스템의 환자측 카트(수술 로봇)의 정면도이다.

도 5b는 로봇 수술 도구의 정면도이다.

도 6은 많은 구체예에 따른, 단부 작동기 바디와 기구 샤프트를 연결하는 2 자유도 손목의 투시도이다.

도 7은 많은 구체예에 따른, 손목의 중간 부재와 손목의 지지 부재 사이의 회전 자유도와 중간 부재와 단부 작동기 바디 사이의 회전 자유도를 예시하는, 도 6의 2 자유도 손목의 투시도이다.

도 8a는 많은 구체예에 따른, 지지 부재 케이블 안내 표면 및 중간 부재 케이블 안내 표면의 단순화된 도식도이다.

도 8b는 많은 구체예에 따른, 중간 부재 케이블 안내 표면의 단순화된 도식도이다.

도 9는 많은 구체예에 따른, 제어 케이블을 안내하는 내부 통로로의 진입구를 예시하는, 도 6 및 7의 지지 부재의 단부도이다.

도 10은 많은 구체예에 따른, 2 자유도 손목의 대향 측면들에 인접한 가동 시스템 구성요소들의 경로 및 2 자유도 손목을 통한 제어 케이블들의 경로를 예시하는, 도 6 및 7의 2 자유도 손목의 투시도이다.

도 11a는 많은 구체예에 따른, 도 6 및 7의 2 자유도 손목의 중간 부재와 지지 부재 사이의 밀착된 접촉을 제한하는 각진 배향을 예시하는 측면도이다.

도 11b는 많은 구체예에 따른, 도 6 및 7의 2 자유도 손목의 중간 부재와 단부 작동기 바디 사이의 밀착된 접촉을 제한하는 각진 배향을 예시하는 측면도이다.

도 12는 많은 구체예에 따른, 수술 조립체의 단순화된 도식도이다.

도 13a는 많은 구체예에 따른, 2 자유도 관절을 통해 제 1 링크와 제 2 링크가 연결된 수술 도구의 단순화된 도식도이며, 제 2 링크는 링크된 견인 부재와 연결된 곡선 부분 부착 특징부를 포함하고, 보는 방향은 2 자유도 관절의 제 2 축과 평행하다.

도 13b는 많은 구체예에 따른, 통상의 중심선에 대해 고정된 곡률 중심을 가진 곡선 부분을 갖는 부착 특징부를 도식적으로 예시한다.

도 13c는 도 13b의 단면 A-A를 도시한다.

도 13d는 많은 구체예에 따른, 제 2 축을 중심으로 회전된 제 2 링크를 도시하는, 도 13a의 수술 도구의 단순화된 도식도이다.

도 13e는 많은 구체예에 따른, 도 13a 및 13d의 수술 도구의 단순화된 도식도이며, 보는 방향은 2 자유도 관절의 제 1 축과 평행하다.

도 13f는 많은 구체예에 따른, 제 1 축을 중심으로 회전된 제 2 링크를 도시하는, 도 13a, 13d 및 13e의 수술 도구의 단순화된 도식도이다.

도 13g는 많은 구체예에 따른, 2 자유도 관절을 통해 제 1 링크와 연결된 제 2 링크를 가진 수술 도구의 투시도이며, 제 2 링크는 링크된 견인 부재와 연결된 곡선 부분 부착 특징부를 포함한다.

도 13h는 많은 구체예에 따른, 2 자유도 관절의 제 1 축을 중심으로 제 2 링크의 60도 배향을 도시하는, 도 13g의 수술 도구의 측면도이다.

도 13i는 많은 구체예에 따른, 2 자유도 관절의 제 2 축을 중심으로 제 2 링크의 30도 배향을 도시하는, 도 13g 및 13h의 수술 도구의 측면도이다.

도 14a는 많은 구체예에 따른, 2 자유도 관절을 통해 제 1 링크와 연결된 제 2 링크를 가진 수술 도구의 단순화된 도식도이며, 제 2 링크는 곡선 부분 단부를 가진 링크된 견인 부재와 연결된 부착 러그를 포함하고, 보는 방향은 2 자유도 관절의 제 2 축과 평행하다.

도 14b는 많은 구체예에 따른, 제 2 축을 중심으로 회전된 제 2 링크를 도시하는, 도 14a의 수술 도구의 단순화된 도식도이다.

도 14c는 많은 구체예에 따른, 도 14a 및 14b의 수술 도구의 단순화된 도식도이며, 보는 방향은 2 자유도 관절의 제 1 축과 평행하다.

도 14d는 많은 구체예에 따른, 제 1 축을 중심으로 회전된 제 2 링크를 도시하는, 도 14a, 14b 및 14c의 수술 도구의 단순화된 도식도이다.

도 14e는 많은 구체예에 따른, 2 자유도 관절을 통해 제 1 링크와 연결된 제 2 링크를 가진 수술 도구의 투시도이며, 제 2 링크는 곡선 부분 단부를 가진 링크된 견인 부재와 연결된 부착 러그를 포함한다.

도 15는 많은 구체예에 따른, 수술 도구를 제조하기 위한 방법의 단순화된 순서도이다.

도 16은 많은 구체예에 따른, 수술 조립체의 단순화된 도식도이다.

도 17은 많은 구체예에 따른, 각도를 통해 토크를 전달하는 메커니즘을 가진 도구 조립체의 단순화된 도식도이다.

도 18은 많은 구체예에 따른, 구동 샤프트와 피구동 샤프트가 일렬인 구성형태에서 각도를 통해 토크를 전달하는 메커니즘의 측면도이다.

도 19a는 많은 구체예에 따른, 일렬 구성형태에서 구동 샤프트와 피구동 샤프트의 맞물린 구형 기어 톱니 사이의 맞물림을 예시하는, 도 18의 메커니즘의 단면도이다.

도 19b는 많은 구체예에 따른, 각진 구성형태에서 구동 샤프트와 피구동 샤프트의 맞물린 구형 기어 톱니 사이의 맞물림을 예시하는, 도 18 및 19a의 메커니즘의 단면도이다.

도 19c는 많은 구체예에 따른, 다른 샤프트 각도 구속 구성형태를 예시한다.

도 19d는 많은 구체예에 따른, 구동 샤프트와 피구동 샤프트에서 핀 수용 횡단 슬롯의 구성형태를 예시하는, 도 18, 19a 및 19b의 메커니즘의 단면도이다.

도 20은 도 18, 19a, 19b 및 19d의 구동 샤프트 및 피구동 샤프트의 투시도를 모은 것이다.

도 21a는 많은 구체예에 따른, 연결 핀에 법선인 방향에서 본 도 18, 19a, 19b 및 19c의 메커니즘의 측면도이다.

도 21b는 많은 구체예에 따른, 연결 핀에 평행한 방향에서 본 도 18, 19a, 19b, 19c 및 21a의 메커니즘의 측면도이다.

도 22a는 많은 구체예에 따른, 샤프트 각도 구속을 제공하도록 구성된 여러 열의 구형 기어 톱니를 가진 구동 샤프트 및 피구동 샤프트의 투시도이다.

도 22b는 기어 톱니 단면 및 기어 톱니의 구형 배열을 예시하는, 도 22a의 구동 샤프트 및 피구동 샤프트의 단면도/투시도이다.

도 23a는 많은 구체예에 따른, 이중 십자형 핀 디자인을 가진 각도를 통해 토크를 전달하는 메커니즘의 측면도이다.

도 23b는 연결 부재가 없는 도 23a의 메커니즘의 측면도이다.

도 23c는 도 23a 및 23b의 메커니즘의 단면도이다.

도 23d는 구동 샤프트 및 피구동 샤프트 각각에서 십자형 핀 수용 구멍을 도시하는, 도 23a, 23b 및 23c의 구동 샤프트 및 피구동 샤프트의 투시도이다.

도 23e는 구동 샤프트 및 피구동 샤프트 각각에서 핀 수용 횡단 슬롯의 구성형태를 예시하는, 도 23a, 23b, 23c 및 23d의 구동 샤프트 및 피구동 샤프트의 투시도이다.

도 24a는 많은 구체예에 따른, 각도를 통해 토크를 전달하는 메커니즘의 단순화된 도식도이며, 여기서 슬롯과 상호작용하는 돌출부가 구동 샤프트와 연결 부재 사이의 회전 동작 및 연결 부재와 피구동 샤프트 사이의 회전 동작을 전달한다.

도 24b는 많은 구체예에 따른, 돌출부와 평행한 방향에서 본 도 24a의 메커니즘의 도면이다.

도 24c는 많은 구체예에 따른, 2개 부품의 연결 부재를 상세히 예시하는, 돌출부에 법선인 방향에서 본 도 24a 및 24b의 메커니즘의 도면이다.

도 24d는 많은 구체예에 따른, 각진 구성형태의 도 24a, 24b 및 24c의 메커니즘을 예시한다.

도 25a 및 25b는 많은 구체예에 따른, 각도를 통해 토크를 전달하는 메커니즘의 단순화된 도식도이며, 여기서 변형된 U-관절 연결 부재가 구동 샤프트와 연결 부재 사이의 회전 동작 및 연결 부재와 피구동 샤프트 사이의 회전 동작을 전달한다.

도 26은 많은 구체예에 따른, 가진 컴팩트한 손목 디자인을 예시하며, 이것은 링크된 견인 부재에 의해 관절화되는 2 자유도 손목, 및 손목을 가로질러 각도를 통해 토크를 전달하는 이중 만능 관절을 가진다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0044] 이후의 설명에서 본 발명의 다양한 구체예들이 설명된다. 설명을 위해서 특정 구성형태 및 상세한 내용이 제시되며, 이들은 구체예들의 완전한 이해를 제공할 수 있다. 그러나, 본 발명은 특정한 상세한 내용이 없어도 실시될 수 있다는 것이 당업자에게 자명할 것이다. 또한, 잘 공지된 특징들은 설명되는 구체예들을 명확히 하기 위해서 생략되거나 간소화될 수 있다.

[0045] 2 자유도 손목 메커니즘을 가진 수술 도구, 및 관련된 방법이 제공된다. 많은 구체예에서, 2 자유도 손목은 기구 샤프트의 원단부와 단부 작동기 바디 모두에 선회가능하게 연결된 기다란 중간 손목 부재를 포함한다. 중간 부재는 기구 샤프트에 선회가능하게 연결될 수 있고, 이로써 기구 샤프트의 길이 방향에 횡단하는 제 1 축을 중심으로 회전할 수 있다. 단부 작동기 바디는 중간 부재에 선회가능하게 연결될 수 있고, 이로써 제 1 축에 횡단하는 제 2 축을 중심으로 회전할 수 있다. 제 1 축을 중심으로 기구 샤프트에 대해 중간 부재를 선회시키면서 제 2 축을 중심으로 중간 바디에 대해 단부 작동기 바디를 함께 선회시킴으로써 기구 샤프트에 대해 단부 작동기 바디를 2-차원으로 재배향할 수 있다. 2-차원으로 단부 작동기 바디를 재배향하는 능력을 이용하여 의사 손목의 자연스런 동작을 모방할 수 있으며, 이로써 단부 작동기 바디에 바람직한 크기의 조종성이 제공될 수 있다.

[0046] 많은 구체예에서, 2 자유도 손목은 최소 침습 수술 도구 내에 통합되는 것이 유익하다. 예를 들어, 중간 손목 부재는 기구 샤프트의 직경과 대략 동등한 길이 및 이 길이보다 상당히 작은 너비를 가질 수 있으며, 예를 들어 너비는 길이의 1/3 미만이고, 주로 길이의 1/2 미만이며, 어떤 경우에는 길이의 1/4 미만이다. 많은 구체예에서, 중심에 위치된 선회축이 사용되는데, 이것은 중간 바디의 길이 방향에 횡단하여 배향된 축을 중심으로 샤프트 또는 단부 작동기에 대해 중간 부재의 회전을 제공하며, 2개의 공축 외주 위치된 선회축이 사용되면 중간 바디의 길이 방향에 평행하게 배향된 축을 중심으로 샤프트 또는 단부 작동기 바디에 대해 중간 부재의 회전이 제공된다. 중간 부재의 치수 및 결과의 동작은 단부 작동기 관절화 및 가동 구성요소들을 연결할 수 있도록 개방된 인접 영역을 남긴다. 유익하게, 관절화 구성요소들은 최소 침습 도구의 단면 안에 있는 상태에서 제 1 및 제 2 축과 이격되어 연결될 수 있고, 이로써 축력 관절화 구성요소, 예를 들어 인장력 관절화 구성요소의 사용이 가능하게 된다. 전형적인 구체예는 중간 손목 부재로부터 분기된 회전 구동 샤프트와 케이블을 모두 사용할 수 있으며, 이때 도구(관절화 구성요소, 단부 작동기, 및 손목 관절 시스템을 포함하는)의 외경은 바람직하게 1 인치 미만이며, 주로 약 1/2인치 미만이다. 중간 손목 부재는 중간 손목 부재를 통해 하나 이상의 제어 케이블을 잇기 위한 안내 특징부를 가진 연결 준비부를 포함할 수 있다. 손목은 손목을 가로질러 롤 축 토크(예를 들어, 0.33Nm)를 전달하도록 구성될 수 있다. 손목은 각진 초과 이동으로 인해 다른 구성요소들이 손상되는 것을 방지할 수 있도록 기구의 동작 범위를 제한하는 하드 스폿과 함께 구성될 수 있다. 손목은 컴팩트한 길이를 가질 수 있으며, 피치 축 대 요우 축 거리는 0의 분기까지 하향 조정될 수 있다.

[0047] 많은 구체예에서, 2 자유도 손목은 제어 케이블을 안내하는 내부 통로를 포함한다. 내부 통로는 제 1 및 제 2 축을 중심으로 선회하는 동안 제어 케이블 장력의 변화를 억제하도록 구성될 수 있다.

[0048] 또한, 링크된 견인 부재에 의한 손목 관절화를 이용하는 개선된 수술 및/또는 로봇 손목 구조가 제공된다. 많은 구체예에서, 링크된 견인 부재를 사용하여 2 자유도 관절을 통해서 제 1 링크와 연결된 제 2 링크를 관절화할 수 있다. 링크된 견인 부재는 제 2 링크에 배치된 부착 특징부를 통해 제 2 링크와 연결될 수 있다. 2 자유도 관절, 링크된 견인 부재, 및 부착 특징부의 기하구조는 견인 부재의 대향된 축 이동이 제 1 링크에 대해 제 2 링크를 각지게 배향함으로써 견인 부재의 장력 변화가 억제될 수 있도록 선택될 수 있다. 많은 구체예에

서, 대각 대향된 견인 부재들이 쌍을 이루고, 가동 메커니즘에 의해서 가동된다. 예를 들어, 대각 대향된 견인 부재들은 적어도 하나의 제어 케이블과 연결될 수 있고, 적어도 하나의 제어 케이블이 모터 구동 캡스턴에 의해 가동될 수 있다.

[0049] 링크된 견인 부재를 통한 개시된 손목 관절화는 2 자유도 관절을 통해 기다란 제 1 링크와 연결된 제 2 링크를 가진 수술 도구에서 유익하게 이용될 수 있다. 개시된 손목 관절화는 최소 침습 수술 도구에 사용되었을 때 특히 유익할 수 있다. 신뢰할 수 있고 매끄러운 작동 특징들을 가진 최소 침습 수술 도구가 바람직하다. 링크된 견인 부재에서 장력의 변화를 억제함으로써 도구 구성요소들의 해로운 제어 케이블 슬랙 및/또는 오버스트레스가 회피될 수 있다. 선형 구동 메커니즘, 예를 들어 모터 구동 캡스턴을 통한 링크된 견인 부재의 가동이 매끄러운 작동 특징들을 제공할 수 있다. 또한, 개시된 손목 관절화는 제 1 링크의 원위에서 수술 도구의 길이를 감소시켜 제한된 신체 공간에의 접근성, 신체 구조에의 접근 각도, 및 신체 구조의 가시성을 개선할 수 있다. 개시된 손목 관절화는 손목을 지나는 추가 메커니즘, 예를 들어 구동 샤프트로 인한 방해 없는 손목 관절화가 가능하다. 또한, 개시된 손목 관절화는 손목에 연선형 케이블을 사용하지 않음으로써 증가된 수명을 제공할 수 있다. 또한, 개시된 손목 관절화를 이용해서 60도의 손목 관절화 각도를 제공할 수 있다. 또한, 개시된 손목 관절화는 작은 직경의 (예를 들어, 피하) 튜빙을 사용할 수 있으며, 이것은 모터 구동 캡스턴에 의해 구동되는 가요성 케이블에 쉽게 부착될 수 있어서 유익하다.

[0050] 많은 구체예에서, 링크된 견인 부재를 통한 손목 관절화를 가진 최소 침습 수술 도구는 2 자유도 관절을 통해 제 1 링크에 선회가능하게 장착된 제 2 링크를 포함할 수 있다. 관절은 제 1 링크에 횡단하는 제 1 회전축 및 제 1 회전축에 횡단하는 제 2 회전축을 가질 수 있다. 제 2 링크는 4개의 링크된 견인 부재와 연결되며, 이로써 제 1 링크에 대해 제 2 링크가 관절화될 수 있다. 4개의 견인 부재는 최소 침습 도구의 단면 안에 있는 상태에서 2개의 축에 의해 한정된 각 사분면에 견인 부재를 1개씩 위치시킴으로써 2 자유도 관절의 2개 축으로부터 이격될 수 있다. 전형적인 구체예에서, 도구(링크된 견인 부재, 제어 케이블 및 구동 샤프트와 같은 다른 단부 작동기 가동 구성요소, 단부 작동기, 및 손목 관절 시스템을 포함하는)의 외경은 바람직하게 1인치 미만이며, 주로 약 1/2인치 미만이다.

[0051] 또한, 각도를 통해 토크를 전달하는 메커니즘, 각도를 통해 토크를 전달하는 메커니즘을 포함하는 최소 침습 수술 도구, 및 관련된 방법이 제공된다. 이러한 메커니즘은 비교적 간단한 설계를 가지며, 이것은 가능한 장애 지점의 수를 감소시켜서 메커니즘의 신뢰성을 높일 수 있다. 예를 들어, 많은 구체예에서, 각도를 통해 토크를 전달하는 메커니즘은 기존 메커니즘에 비해서 감소된 부품 수를 가질 수 있다.

[0052] 개시된 메커니즘은 어떤 범위의 각도를 통한 토크의 매끄러운 전달을 제공할 수 있다. 많은 구체예에서, 각도를 통해 토크를 전달하는 메커니즘은 60도를 초과하는 각도를 통해 토크를 전달하도록 작동될 수 있다. 많은 구체예에서, 출력 샤프트(예를 들어, 피구동 샤프트)의 회전 속도는 입력 샤프트(예를 들어, 구동 샤프트)의 회전 속도와 실질적으로 동일하며, 심지어 입력 샤프트와 출력 샤프트가 평행하지 않을 때도 그러하고, 이것은 동일하지 않은 회전 속도와 관련된 진동 힘의 발생을 피함으로써 각도를 통한 토크의 매끄러운 전달을 제공할 수 있다. 메커니즘(샤프트, 단부 작동기 및 관절 시스템을 포함하는)의 외경은 바람직하게는 1인치 미만이며, 주로 1/2인치 미만이고, 이상적으로는 8㎜ 이하이다(또는 어떤 경우에는 5㎜ 이하이다). 다수의 샤프트 구동 시스템을 단일 손목 내에 장착할 수 있게 하기 위해서, 구동 샤프트, 피구동 샤프트, 및 본원에 설명된 메커니즘들의 연결장치들은 바람직하게 5㎜ 이하의 직경 내에, 이상적으로는 3㎜ 이하의 직경 내에 장착된다. 관절을 가로질러 전달된 토크는 주로 0.2Nm 이상이고, 이상적으로는 0.3Nm 이상이다. 원하는 양의 시간 안에 단부 작동기에 의한 원하는 작업을 수행하기 위해서, 샤프트와 관절 시스템은 전형적으로 적어도 100rpm의 속도로, 이상적으로는 적어도 수 천 rpm의 속도로 회전한다. 관절은 바람직하게 최대 토크 및 손목 각도에서 구동되었을 때 적어도 수 분, 이상적으로는 적어도 수 시간의 작동 수명을 가진다. 전형적인 구동 샤프트-피구동 샤프트 관절 조립체는 샤프트 자체를 제외하면 10개 이하의 개별 제작된 및/또는 작동되는 부품을 포함하며, 많은 구체예에서는 단지 3개의 개별 제작된 및/또는 작동되는 부품을 포함한다.

[0053] 이용가능한 재료를 사용해서 개시된 메커니즘의 구성요소들을 제작할 수 있다. 많은 구체예에서, 구동 샤프트, 피구동 샤프트 및 연결장치는, 예를 들어 465 스테인리스 스틸, 조건 H950으로 제작될 수 있다. 구동 샤프트 및 피구동 샤프트 단부는 샤프트에 통합될 수 있다. 십자형 핀은, 예를 들어 Nitronic 60 스테인리스 스틸, 30 퍼센트 냉간 가공으로 제작될 수 있다.

[0054] 개시된 메커니즘은 최소 침습 수술 도구의 일부로서 사용되었을 때 특히 유익할 수 있다. 상기 논의된 대로, 최소 침습 수술 도구는 전형적으로 도구의 직경을 제한하는 캐뉼라 슬리브를 통해 환자에 도입된다. 개시된 메

커니즘의 상대적으로 단순한 디자인은 최소 침습 수술 도구 내에서 사용할 수 있는 크기를 가질 수 있다. 또한, 상대적으로 단순한 디자인은 가능한 장애 지점을 감소시킬 수 있으며, 이러한 감소는 최소 침습 수술 도구의 신뢰성을 높일 수 있다. 60도를 초과하는 각도를 통해 토크를 전달하도록 개시된 메커니즘을 구성하는 능력은 최소 침습 수술 도구의 단부 작동기와 기구 샤프트 사이에 상대적으로 큰 관절화 정도를 사용할 수 있도록 한다. 또한, 동일한 회전 속도의 사용을 통해서 각도를 통해 토크를 매끄럽게 전달하는 개시된 메커니즘은 능력은 진동 움직임 및/또는 힘의 발생으로 인하여 생길 수 있는 환자 및/또는 수술 도구에 대한 위해를 피함으로써 유익할 수 있다.

[0055] 이제 도면과 관련하여, 많은 구체예에 따른 몇 가지 도면에서 동일한 참조번호는 동일한 부품을 표시하며, 도 1-5b는 최소 침습 로봇 수술 시스템의 양태들을 예시하고, 도 6-12는 2 자유도 손목의 양태들을 예시하고, 도 13a-16은 링크된 견인 부재에 의한 손목 관절화의 양태들을 예시하고, 도 17-25b는 각도를 통해 토크를 전달하는 메커니즘의 양태들을 예시한다. 자명한 대로, 전술한 특징들은 개별적으로, 또는 어떤 조합으로 이용될 수 있다. 예를 들어, 도 10, 13g, 13h, 13i, 및 26은 본원에 개시된 링크된 견인 부재에 의해 관절화되는 2 자유도 손목을 가진 컴팩트한 손목 디자인, 및 2 자유도 손목을 가로질러 각도를 통해서 토크를 전달할 수 있는 이중 만능 관절의 사용을 예시한다.

[0056] 최소 침습 로봇 수술

[0057] 도 1은 최소 침습 로봇 수술(MIRS) 시스템(10)을 예시하는 평면도이며, 이것은 전형적으로 수술대(14) 위에 누워 있는 환자(12)에게 최소 침습 진단 또는 수술 과정을 수행하기 위해 사용된다. 이 시스템은 시술 동안 의사(18)에 의해 사용되는 의사 콘솔(16)을 포함할 수 있다. 또한, 한 명 이상의 어시스턴트(20)가 시술에 참여할 수 있다. MIRS 시스템(10)은 환자측 카트(22)(수술 로봇), 및 전자 카트(24)를 더 포함할 수 있다. 환자측 카트(22)는 의사(18)가 콘솔(16)을 통해 수술 부위를 보면서 환자(12)의 몸의 최소 침습 절개부를 통해 적어도 하나의 착탈가능하게 연결된 도구 조립체(26)(이후 간단히 "도구"라고 한다)를 조작할 수 있다. 입체 내시경과 같은 내시경(28)에 의해 수술 부위의 영상이 얻어질 수 있고, 환자측 카트(22)로 조작해서 내시경(28)을 배향할 수 있다. 전자 카트(24)를 사용해서는 수술 부위의 영상을 처리한 다음 의사 콘솔(16)을 통해 의사(18)에게 표시해 줄 수 있다. 한번에 사용되는 수술 도구(26)의 수는 일반적으로 여러 요인들 중에서도 진단 또는 수술 과정 및 수술실 안의 제한요인들에 따를 것이다. 시술 동안 사용되는 도구(26)들 중 하나 이상을 교환할 필요가 있을 때, 어시스턴트(20)는 환자측 카트(22)로부터 도구(26)를 제거하고, 그것을 수술실의 트레이(30)에 놓인 다른 도구(26)로 교체할 수 있다.

[0058] 도 2는 의사 콘솔(16)의 투시도이다. 의사 콘솔(16)은 심층 투시를 가능하게 하는 수술 부위의 좌표 입체 화면을 의사(18)에게 제시하기 위한 좌안 디스플레이(32) 및 우안 디스플레이(34)를 포함한다. 콘솔(16)은 하나 이상의 입력 제어 장치(36)를 더 포함하며, 이것으로써 환자측 카트(22)(도 1에 도시된)가 하나 이상의 도구를 조작할 수 있다. 입력 제어 장치(36)는 관련된 도구(26)(도 1에 도시된)와 동일한 자유도를 제공하며, 이로써 텔레프리젠스, 또는 입력 제어 장치(36)가 도구(26)와 통합되어 있다는 인식을 의사에게 제공함으로써 의사는 도구(26)를 직접 제어하고 있다는 강한 느낌을 가지게 된다. 이를 위해서, 위치, 힘 및 촉각적 피드백 센서(미도시)를 사용해서 도구(26)로부터의 위치, 힘 및 촉각적 감각을 입력 제어 장치(36)를 통해 의사의 손으로 다시 전달할 수 있다.

[0059] 의사 콘솔(16)은 일반적으로 환자와 동일한 방에 위치되며, 이로써 의사는 시술을 직접 모니터할 수 있고, 필요하다면 물리적으로 존재할 수 있으며, 전화기나 다른 통신 매체를 통해서가 아니라 직접 어시스턴트에게 말할 수도 있다. 그러나, 의사는 다른 방, 완전히 다른 빌딩, 또는 원격 수술 과정을 허용하는 환자로부터 떨어진 다른 먼 장소에 있을 수도 있다(즉, 멸균실 바깥에서 작업).

[0060] 도 3은 전자 카트(24)의 투시도이다. 전자 카트(24)는 내시경(28)과 연결될 수 있고, 캡처된 영상을 처리해서 표시해 주는 프로세서를 포함하며, 이것은, 예를 들어 의사 콘솔에서 의사에게 제공되거나, 또는 부근에 및/또는 먼 곳에 위치된 어떤 다른 적합한 디스플레이에서 의사에게 제공된다. 예를 들어, 입체 내시경이 사용된 경우, 전자 카트(24)는 캡처된 영상을 처리해서 수술 부위의 좌표 입체 영상을 의사에게 제시한다. 이러한 좌표는 대향하는 영상들 사이의 정렬을 포함할 수 있고, 입체 내시경의 입체 작업 거리를 조정하는 것을 포함할 수 있다. 다른 예로서, 영상 처리는 미리 정해진 카메라 보정 변수의 사용을 포함할 수 있으며, 이로써 광학 수차와 같은 영상-캡처 장치의 영상 오차를 보상할 수 있다.

[0061] 도 4는 로봇 수술 시스템(50)(도 1의 MIRS 시스템(10)과 같은)을 도식적으로 예시한다. 상기 논의된 대로, 의사가 의사 콘솔(52)(도 1의 의사 콘솔(16)과 같은)을 사용하여 최소 침습 시술 동안 환자측 카트(수술 로

봇)(54)(도 1의 환자측 카트(22)와 같은)를 제어할 수 있다. 환자측 카트(54)는 입체 내시경과 같은 영상 장치를 사용해서 시술 부위의 영상을 캡처하고, 캡처된 영상을 전자 카트(56)(도 1의 전자 카트(24)와 같은)에 출력한다. 상기 논의된 대로, 전자 카트(56)는 다양한 방식으로 캡처된 영상을 처리한 후 표시할 수 있다. 예를 들어, 전자 카트(56)는 캡처된 영상을 가상 제어 인터페이스와 오버레이한 후에 조합된 영상을 의사 콘솔(52)을 통해 의사에게 표시할 수 있다. 환자측 카트(54)는 캡처된 영상을 출력하여 전자 카트(56) 외부에서 처리한다. 예를 들어, 환자측 카트(54)는 캡처된 영상을 프로세서(58)에 출력할 수 있고, 프로세서를 사용해서 캡처된 영상을 처리할 수 있다. 또한, 영상은 전자 카트(56)와 프로세서(58)의 조합에 의해서 처리될 수 있으며, 이들은 함께 연결되어 동시에, 순차적으로 및/또는 이들의 조합 방식으로 캡처된 영상을 처리할 수 있다. 또한, 하나 이상의 분리된 디스플레이(60)가 프로세서(58) 및/또는 전자 카트(56)와 연결될 수 있으며, 이로써 시술 부위의 영상이나, 또는 어떤 다른 관련된 영상과 같은 영상들이 부근에서 및/또는 원격 표시될 수 있다.

[0062] 도 5a 및 5b는 환자측 카트(22)와 수술 도구(62)를 각각 도시한다. 수술 도구(62)는 수술 도구(26)의 예이다. 도시된 환자측 카트(22)는 3개 수술 도구(26)와 영상 장치(28), 예를 들어 시술 부위의 영상을 캡처하는데 사용되는 입체 내시경의 조작을 제공한다. 조작은 다수의 로봇 관절을 가진 로봇 메커니즘에 의해 제공된다. 영상 장치(28)와 수술 도구(26)는 환자의 절개부를 통해 위치되고 조작될 수 있으며, 이로써 운동학적 원격 중심이 절개부에 유지되어 절개부의 크기가 최소화될 수 있다. 수술 부위의 영상은 이들이 영상 장치(28)의 시야 내에 위치되었을 때 수술 도구(26)의 원단부의 영상을 포함할 수 있다.

[0063] 2 자유도 손목

[0064] 도 6은 많은 구체예에 따른 기구 샤프트(74)와 단부 작동기 바디(72)를 연결하는 2 자유도 손목(70)의 투시도이다. 손목(70)은 지지 부재(76), 제 1 힌지 지점(78), 중간 부재(80), 제 2 힌지 지점(82), 및 제 3 힌지 지점(84)을 포함한다. 지지 부재(76)는 4개의 부착 특징부(86)(예를 들어, 기계적 특징부)를 통해 기구 샤프트(74)에 고정 장착되며, 이로써 예시된 대로 기구 샤프트(74)의 구멍 내에 위치될 수 있다. 중간 부재(80)는 중앙에 위치된 제 1 힌지 지점(78)을 통해 제 1 축(88)을 중심으로 회전할 수 있도록 지지 부재(76)와 선회가능하게 연결된다. 단부 작동기 바디(72)는 외주에 위치된 제 2 힌지 지점(82)과 외주에 위치된 제 3 힌지 지점(84)을 통해 제 2 축(90)을 중심으로 회전할 수 있도록 중간 부재(80)와 선회가능하게 연결된다. 제 2 힌지 지점(82)과 제 3 힌지 지점(84)은 공축이며, 제 2 축(90)과 정렬된다. 제 2 축(90)은 제 1 축(88)을 중심으로 중간 부재와 함께 선회한다.

[0065] 제 1 축(88) 및 제 2 축(90)은 바람직한 운동학 및/또는 공간적 특징을 가진 컴팩트한 2 자유도 손목을 제공하도록 위치될 수 있다. 예를 들어, 제 1 축(88)과 제 2 축(90)은 동일 평면에 있을 수 있고, 이로써 볼-관절 타입 운동학을 가진 컴팩트 손목 부재를 제공할 수 있다. 많은 구체예에서, 제 1 축(88)과 제 2 축(90)은 기구 샤프트(74)의 길이 방향을 따라 원하는 거리만큼 분리된다. 이러한 분리를 이용해서 손목 메커니즘의 운동학을 2 자유도 손목을 통해서 기구 샤프트(74)에 대해 단부 작동기 바디(72)를 배향하는데 사용되는 가동 시스템 구성요소들의 운동학에 근접시키고 및/또는 일치시킬 수 있다. 많은 구체예에서, 제 1 축(88)과 제 2 축(90)은 기구 샤프트(74)에 대해 단부 작동기 바디(72)를 배향하는데 사용된 가동 시스템 구성요소들의 운동학과 대략 일치하는 컴팩트함과 운동학의 바람직한 조합을 가진 2 자유도 손목을 제공할 수 있도록 기구 샤프트(74)의 길이 방향을 따라 원하는 거리만큼 분리된다. 예를 들어, 제 1 축(88)과 제 2 축(90) 사이의 4㎜ 분리가 사용된 가동 시스템 배향 구성요소의 운동학과 일치한다면, 2 자유도 손목은 더 작은 분리(예를 들어, 2㎜)로 구성될 수 있고, 이로써 더 컴팩트한 손목을 제공할 수 있다. 많은 구체예에서, 이러한 분리 거리 절충은 사용된 가동 시스템 배향 구성요소의 운동학과 정확히 일치하지 않는 것으로 인한 어떤 유의한 해로운 작동 특성을 유도하지 않고 사용될 수 있다. 제 1 축(88) 및 제 2 축(90)은 원하는 공간적 특징을 가진 컴팩트한 2 자유도 손목을 제공하도록 위치될 수 있다. 예를 들어, 제 1 축(88)과 제 2 축(90)은 가동 시스템 구성요소 및 관련된 부착 특징부를 위한 추가의 공간을 제공하도록 분리될 수 있다.

[0066] 지지 부재(76)는 기구 샤프트(74)와 제 1 힌지 지점(78) 사이에 트랜지션식 장착을 제공한다. 지지 부재(76)는 직사각형 메인 부분(92)과 캔틸레버식 원위 부분(100)을 포함한다. 직사각형 메인 부분(92)의 두께는 기구 샤프트 구멍의 내경 미만이며, 이것은 관절화 및/또는 가동 구성요소들(미도시)을 연결할 수 있도록 개방된 구멍의 두 인접 영역을 남긴다. 지지-부재 메인 부분(92)은 2개의 내부 통로(94)를 포함하며, 이들을 이용해서 기구 샤프트 구멍 내에서 이어지는 단부 작동기 제어 케이블을 안내할 수 있다. 내부 통로(94)는 메인 부분(92)의 근단부(96)와 메인 부분(92)의 원단부(98) 사이에 이어지며, 일반적으로 기구 샤프트(74)의 길이 방향과 정렬된다. 하기 더 논의되는 대로, 많은 구체예에서, 내부 통로(94)는 중간 부재의 케이블 안내 표면과 협력하여 일정한 제어 케이블 경로 길이를 유지함으로써 제 1 및 제 2 축을 중심으로 선회하는 동안 제어 케이블 장력의

변화를 억제하도록 구성된다. 캔틸레버식 원위 부분(100)은 제 1 힌지 지점(78)의 단일 선회 샤프트를 수용하는 부착 러그를 가진다. 단일 선회 샤프트의 사용은 단지 예시이며, 다른 선회 관절 구성요소도들이 제 1 힌지 지점(78)을 대신해서 사용될 수 있으며, 예를 들어 동일한 축 상에 정렬된 2개의 선회 핀이 사용될 수 있다. 지지 부재(76)는 기구 샤프트(74) 및 단부 작동기 바디(72)에 대해 원하는 위치에 제 1 힌지 지점(78)이 위치되도록, 예를 들어 기구 샤프트(74)에 대한 단부 작동기 바디(72)의 원하는 범위의 재배향에 필요한 단부 작동기 바디(72)와 기구 샤프트(74) 사이의 간격을 제공할 수 있도록 구성된다.

[0067] 중간 부재(80)는 제 1 힌지 지점(78)과 제 2 힌지 지점(82)과 제 3 힌지 지점(84) 사이의 트랜지션식 장착을 제공한다. 중간 부재(80)는 기다란 직사각형 메인 부분을 포함하며, 이것의 두께는 기구 샤프트 구멍의 내경 미만이고(예를 들어, 메인 부분(92)의 두께와 유사하다), 이것은 관절화 및/또는 가동 구성요소들(미도시)을 연결할 수 있도록 개방된 두 인접 영역을 남긴다. 중간 부재(80)는 지지-부재 원위 부분(100)의 부착 러그를 수용하도록 구성된 중앙 슬롯(102)을 포함한다. 중앙 슬롯(102)은 제 1 축(88)을 중심으로 한 중간 부재(80)의 회전 범위 전체에서 원위 부분(100)의 부착 러그를 수용할 수 있도록 구성된다. 또한, 중앙 슬롯(102)은 지지-부재 내부 통로(94)를 통해 이어진 단부 작동기 제어 케이블(미도시)을 수용하도록 구성될 수 있다. 또한, 중앙 슬롯(102)은 단부 작동기 제어 케이블을 안내하도록 구성된 표면을 포함할 수 있다. 하기 더 논의되는 대로, 많은 구체예에서, 중앙-슬롯 케이블-안내 표면은 실질적으로 일정한 제어 케이블 경로 길이를 유지함으로써 제 1 및 제 2 축을 중심으로 선회하는 동안 제어 케이블 장력의 변화를 억제하도록 구성된다. 많은 구체예에서, 중앙-슬롯 케이블 안내 표면은 내부 통로(94)와 협력하여 제 1 및 제 2 축을 중심으로 선회하는 동안 일정한 제어 케이블 경로 길이를 유지한다. 또한, 중앙 슬롯(102)은 제 1 힌지 지점(78)의 단일 선회 샤프트를 수용하는 대향하는 부착 플랜지들을 제공한다. 제 2 힌지 지점(82)은 중간 부재(80)의 제 1 단부로부터 캔틸레버식으로 뻗은 선회 샤프트를 포함한다. 제 3 힌지 지점(84)은 중간 부재(80)의 대향하는 제 2 단부로부터 캔틸레버식으로 뻗은 선회 샤프트를 포함한다. 캔틸레버식 선회 샤프트의 사용은 단지 예시이며, 다른 적합한 선회 관절들도 사용될 수 있다. 많은 구체예에서, 제 2 및 제 3 힌지 지점(82, 84)의 위치 및 배향(및 그에 따른 제 2 축(90)의 위치 및 배향)은 제 1 축(88)에 대해 제 2 축(90)의 원하는 위치 및 배향을 제공하도록 선택된다. 예를 들어, 많은 구체예에서, 제 1 축과 제 2 축은 동일 평면에 있지 않다. 많은 구체예에서, 제 1 축과 제 2 축은 동일 평면에 있다. 많은 구체예에서, 제 1 축(88)에 대한 제 2 축(90)의 위치 및/또는 배향은 기구 샤프트(74)에 대한 단부 작동기 바디(72)의 움직임에 바람직한 운동학을 제공하도록 선택된다.

[0068] 도 7은 많은 구체예에 따른 제 1 축(88)을 중심으로 한 중간 부재(80)와 지지 부재(76) 사이의 회전 자유도, 및 제 2 축(90)을 중심으로 한 단부 작동기 바디(미도시)와 중간 부재(80) 사이의 회전 자유도를 예시하는, 도 6의 2 자유도 손목(70)의 투시도이다. 지지 부재(76)는 기구 샤프트(74)의 원단부로부터 원위에서 원하는 위치로서 제 1 힌지 지점(78)이 위치되도록, 예를 들어 단부 작동기 바디와 기구 샤프트 사이에 간격을 제공함으로써 단부 작동기 바디의 관절화를 위한 공간이 제공되도록 기구 샤프트(74)에 장착된다. 중간 부재 중앙 슬롯(102)은 단부 작동기 바디에 인접하여 중간 부재(80)의 측면 쪽에서 개방되어 단부 작동기 제어 케이블(미도시)이 이어지도록 수용할 수 있다. 도 7에서 보는 방향에서는 지지 부재(76)의 한 내부 통로(94)만 보이고, 나머지 내부 통로(94)는 도면에서 숨겨져 있다. 많은 구체예에서, 하나의 제어 케이블이 두 내부 통로(94) 각각을 통해 이어진다. 이들 두 제어 케이블은 각각 제 1 축(88)의 각 측면에서 하나씩 중간-부재 중앙 슬롯(102)을 통해 더 이어진다.

[0069] 도 8a는 제 1 축(88)에 법선인 제 2 축(90)을 통해 취한 손목(70)의 도식적 단면도이며, 예시적인 지지 및 중간 부재 케이블 안내 표면을 도시한다. 지지 부재 원단부(100)는 곡선 원호 모양을 가진 제 1 도르래 표면(104)을 포함하며, 곡선 원호 모양의 중심선은 제 1 축(88)과 정렬된다. 중간 부재 슬롯(102)의 내면은 곡선 원호 모양을 가진 제 2 도르래 표면(106)과 제 3 도르래 표면(108)을 한정하며, 곡선 원호 모양의 중심선(제 2 도르래 중심선(110) 및 제 3 도르래 중심선(112))은 제 1 축(88)으로부터 평행하게 분기된다. 예시된 도르래 표면은 일정한 곡률을 갖지만, 이것은 단지 예시이며, 다른 적합한 표면들도 사용될 수 있다. 제 1 도르래 표면(104), 제 2 도르래 표면(106) 및 제 3 도르래 표면(108)은 제 1 축(88)을 중심으로 중간 바디(80)의 회전(및 그에 따른 제 1 축(88) 중심의 단부 작동기 바디의 회전)을 위해서 제어 케이블을 안내할 수 있는 매끄러운 케이블-안내 표면을 제공한다. 많은 구체예에서, 제 1 도르래 표면(104), 제 2 도르래 표면(106) 및 제 3 도르래 표면(108)은 일정한 제어 케이블 경로 길이를 유지함으로써 제 1 축을 중심으로 선회하는 동안 제어 케이블 장력의 변화를 억제한다. 많은 구체예에서, 제 1 도르래 표면(104), 제 2 도르래 표면(106) 및 제 3 도르래 표면(108)은 내부 통로(94)와 협력하여 제 1 축을 중심으로 선회하는 동안 일정한 제어 케이블 경로 길이를 유지할 수 있다.

[0070] 도 8b는 많은 구체예에 따른 추가의 중간-부재 케이블-안내 표면의 단순화된 도식도이다. 도 8b는 도 8a의 단면 AA을 예시한다. 중간-부재 슬롯(102)의 내면은 제 2 축(90)으로부터 평행하게 분기된 곡선 원호 모양의 중심선이 있는 곡선 원호 모양을 가진 제 4 도르래 표면(114)과 제 5 도르래 표면(116)을 더 한정한다(제 4 도르래 중심선(118) 및 제 5 도르래 중심선(120)). 예시된 도르래 표면은 일정한 곡률을 갖지만, 이것은 단지 예시이며, 다른 적합한 표면들도 사용될 수 있다. 제 4 도르래 표면(114)과 제 5 도르래 표면(116)은 제 2 축(90)을 중심으로 중간 바디(80)에 대한 단부 작동기 바디의 회전을 위해서 제어 케이블을 안내할 수 있는 매끄러운 케이블-안내 표면을 제공한다. 많은 구체예에서, 제 4 도르래 표면(114) 및 제 5 도르래 표면(116)은 실질적으로 일정한 제어 케이블 경로 길이를 유지함으로써 제 2 축을 중심으로 선회하는 동안 제어 케이블 장력의 변화를 억제한다. 많은 구체예에서, 제 4 도르래 표면(114) 및 제 5 도르래 표면(116)은 내부 통로(94)와 협력하여 제 2 축을 중심으로 선회하는 동안 일정한 제어 케이블 경로 길이를 유지할 수 있다.

[0071] 도 9는 많은 구체예에 따른 가동 시스템의 제어 케이블을 안내하는 내부 통로(94)로의 입구를 예시하는, 도 6 및 7의 지지 부재(76)의 근단부 도면이다. 지지 부재 내부 통로(94)를 사용하여 기구 샤프트의 원단부에서 제어 케이블의 단면 위치를 구속할 수 있다.

[0072] 도 10은 많은 구체예에 따른 2 자유도 손목(70)의 두 측면을 따른 가동 시스템 구성요소의 예시적인 경로 및 2 자유도 손목(70)을 통한 제어 케이블(122, 124)의 예시적인 경로를 도시하는, 도 6, 7 및 8의 2 자유도 손목(70)의 투시도이다. 2 자유도 손목의 일반적인 평면 구성형태, 및 그것을 지지하는 샤프트 내에서 손목의 중앙 위치는 이러한 가동 시스템 구성요소들을 연결할 수 있도록 개방된 인접 영역을 남긴다. 예시된 구체예에서, 이들 가동 시스템 구성요소는 손목 위에서 이어진 제 1 구동 샤프트 조립체(126), 손목 아래에서 이어진 제 2 구동 샤프트 조립체(128), 손목의 위아래에서 이어진 단부 작동기 관절화 풀 로드(130, 132, 134 및 136), 및 상기 논의된 지지 부재의 내부 통로 및 중간-부재 슬롯(102)을 통해 손목을 통해서 이어진 제어 케이블(122, 124)을 포함한다.

[0073] 2 자유도 손목(70)은 제 1 축(88) 중심의 회전(제 1 관절(78)을 통한)과 제 2 축(90) 중심의 회전(제 2 관절(82) 및 제 3 관절(84)을 통한)에 있어서 모두 밀착된 접촉을 제한하는 각진 배향을 제공하는 특징부들을 포함한다. 밀착된 접촉을 제한하는 이러한 각진 배향은 손목 횡단 구성요소가 각진 초과 이동으로 인해 손상되는 것을 방지하는 작용을 한다. 도 11a는 제 1 축(88)을 중심으로 한 회전(제 1 관절(78)을 통한)에 있어서 2 자유도 손목(70)의 중간 부재(80)와 지지 부재(76) 사이의 밀착된 접촉을 제한하는 각진 배향을 예시한다. 중간 부재(80)가 제 1 관절(78)을 중심으로 반대 방향으로 회전될 때도 중간 부재(80)와 지지 부재(76) 사이에 밀착된 접촉을 제한하는 유사한 각진 배향이 생긴다. 도 11b는 제 2 축(90)을 중심으로 한 회전(제 2 관절(82) 및 제 3 관절(84)을 통한)에 있어서 2 자유도 손목(70)의 중간 부재(80)와 단부 작동기 바디(72) 사이의 밀착된 접촉을 제한하는 각진 배향을 예시한다. 단부 작동기 바디(72)가 제 2 축(90)을 중심으로 반대 방향을 회전될 때도 중간 부재(80)와 단부 작동기 바디(72) 사이에 밀착된 접촉을 제한하는 유사한 각진 배향이 생긴다.

[0074] 계속해서, 도 12는 많은 구체예에 따른 2 자유도 손목(70)을 가진 도구 조립체(140)의 단순화된 도식도이다. 도구 조립체(140)는 근위 가동 조립체(142), 메인 샤프트(144), 단부 작동기(146)의 관절화된 단부 작동기 기부, 및 2 자유도 손목(70)을 포함한다. 많은 구체예에서, 근위 가동 조립체(142)는 단부 작동기 기부와 작동가능하게 연결되어 메인 샤프트(144)에 대해 단부 작동기 기부를 2-차원으로 선택적으로 재배향할 수 있고, 단부 작동기(146)와 작동가능하게 연결되어 단부 작동기 기부에 대해 하나 이상의 단부 작동기 특징부를 관절화할 수 있다. 다양한 가동 구성요소, 예를 들어 제어 케이블, 케이블/하이포튜브 조합, 구동 샤프트, 풀 로드 및 푸시 로드를 사용해서 가동 조립체(142)와 단부 작동기(146)를 연결할 수 있다. 많은 구체예에서, 가동 구성요소는 메인 샤프트(144)의 구멍을 통해서 가동 조립체(142)와 단부 작동기(146) 사이에 이어진다.

[0075] 도구 조립체(140)는 다양한 용도에서 사용할 수 있게, 예를 들어 근위 가동 메커니즘(142)에서 사용되는 수동 및/또는 자동 가동되는 핸드헬드 장치로서 구성될 수 있다. 이와 같이, 도구 조립체(140)는 최소 침습 로봇 수술을 넘어선 용도를 가질 수 있으며, 예를 들어 비-로봇 최소 침습 수술, 비-최소 침습 로봇 수술, 비-로봇 비-최소 침습 수술은 물론, 2 자유도 손목의 사용이 유익한 경우의 다른 용도들에도 사용될 수 있다.

[0076] <u>링크된 견인 부재에 의한 손목 관절화</u>

[0077] 도 13a는 많은 구체예에 따른 링크된 견인 부재에 의한 손목 관절화를 가진 수술 도구(170)의 단순화된 도식도이다. 수술 도구(170)는 2 자유도 관절을 통해 제 1 링크(174)와 선회가능하게 연결된 제 2 링크(172)를 포함한다. 관절은 제 2 링크(172)와 제 1 링크(174) 사이에 제 1 축(176)과 제 2 축(178)을 중심으로 회전 동작을 제공한다. 제 1 축(176)은 제 1 링크(174)에 대해 고정되고, 제 2 축(178)은 제 2 링크(172)에 대해 고정된다.

4개의 부착 특징부(180, 182, 184, 186)가 제 2 링크(172)에 배치된다. 각각의 부착 특징부(180, 182, 184, 186)는 견인 부재(188, 190, 192, 194)와 각각 연결된다. 견인 부재(188, 190, 192, 194)는 제 1 링크(174)의 구멍을 통해서 이어지고, 제어 케이블(198, 200, 202, 204)을 통해 가동 메커니즘(196)과 연결된다. 많은 구체예에서, 견인 부재(188, 190, 192, 194)는 작동 부하 하에서 신축을 최소화하고, 비용을 줄일 수 있도록 구성된다(예를 들어, 17인치 길이, 0.04-인치 외경, 0.02-인치 내경; 15.2인치 길이, 0.06-인치 외경, 0.02-인치 내경). 많은 구체예에서, 부착 특징부(180, 182, 184, 186), 견인 부재(188, 190, 192, 194), 제 1 축(176), 및 제 2 축(178)은 견인 부재의 대향된 축 움직임이 제 1 링크(174)에 대해 제 2 링크(172)를 각지게 배향함으로써 견인 부재에서 장력의 변화를 억제할 수 있도록 구성된다. 예시된 구체예에서, 가동 메커니즘(196)은 제 1 모터 구동 캡스턴(206) 및 제 2 모터 구동 캡스턴(208)을 포함한다. 제 1 대각 배향된 쌍의 제어 케이블(예를 들어, 제어 케이블(198, 202))이 제 1 모터 구동 캡스터(206) 주위를 감싸는데, 이로써 제 1 모터 구동 캡스터(206)이 시계방향으로 회전하면 제어 케이블(202)이 리트랙트되면서 동일한 양만큼 제어 케이블(198)이 연장되고, 제 1 모터 구동 캡스턴(206)이 반시계방향으로 회전하면 제어 케이블(198)이 리트랙트되면서 동일한 양만큼 제어 케이블(202)이 연장된다. 또한, 제 2 대각 배향된 쌍의 제어 케이블(예를 들어, 제어 케이블(200, 204))이 제 2 모터 구동 캡스터(208) 주위를 감싸며, 이로써 제 2 모터 구동 캡스터(208)이 시계방향으로 회전하면 제어 케이블(200)이 리트랙트되면서 동일한 양만큼 제어 케이블(204)이 연장되고, 제 2 모터 구동 캡스턴(208)이 반시계방향으로 회전하면 제어 케이블(204)이 리트랙트되면서 동일한 양만큼 제어 케이블(200)이 연장된다.

[0078] 도 13b 및 13c는 부착 특징부(180, 182, 184, 186) 중 하나를 도식적으로 예시한다. 부착 특징부(180, 182, 184, 186)는 곡선 정규 중심선(214)의 고정된 곡률 중심(212), 및 곡선 정규 중심선(214)를 중심으로 한 제 1 곡률 반경(216)을 가진 곡선 부분(210)을 가진다. 각각의 고정된 곡률 중심은 제 2 축(178)을 함유하는 2-차원 평면에 위치될 수 있다. 곡선 정규 중심선은 제 2 축(178)에 법선 배향된 2-차원 평면에 놓일 수 있다. 4개의 곡선 정규 중심선은 제 1 축(176)을 함유하는 2-차원 평면에 접선일 수 있다. 각각의 견인 부재(188, 190, 192, 194)는 견인 부재 길이에 법선 배향된 구멍 축을 가진 부착 러그(218, 220, 222, 224)를 가진다. 부착 러그 구멍은 상응하는 부착 특징부 곡선 부분을 미끄러지듯 수용할 수 있는 크기이다. 부착 러그는 제 1 링크(174)에 대한 제 2 링크(172)의 관절화 동안 곡선 부분을 중심으로 회전하고 및/또는 곡선 부분을 따라 미끄러져 움직이도록 구성된다.

[0079] 제 2 링크(172)가 제 2 축(178)을 중심으로 회전할 때, 부착 러그(218, 220, 222, 224)가 부착 특징부(180, 182, 184, 186)의 상응하는 곡선 부분을 따라 미끄러져 움직인다. 도 13d는 많은 구체예에 따른 제 2 축(178)을 중심으로 회전된 제 2 링크(172)를 도시하는, 도 13a의 수술 도구(170)의 단순화된 도식도이다. 각각의 부착 러그(218, 220, 222, 224)는 상응하는 부착 특징부 곡선 부분을 따라 미끄러져 움직이고, 이로써 각각의 견인 부재가 그것의 상응하는 부착 특징부 곡선 부분 구획의 고정된 곡률 중심과 정렬된다. 결과적으로, 하부 견인 부재(188, 192)가 리트랙트된 것과 동일한 양만큼 상부 견인 부재(190, 194)가 연장된다(도 13a에 묘사된 자연스런 제 2 링크 배향과 비교해서). 견인 부재의 이러한 균형잡힌 연장/리트랙션을 이용하면, 한 쌍 이상의 견인 부재가 링크되어 공통된 가동 메커니즘에 의해서 가동될 수 있다. 예를 들어, 대각 배향된 견인 부재들이 적어도 하나의 제어 케이블과 연결될 수 있고, 적어도 하나의 제어 케이블이 모터 구동 캡스턴에 의해 가동될 수 있다. 모터 구동 캡스턴(예를 들어, 서보 제어형)의 회전을 이용해서 제 1 쌍의 견인 부재와 연결된 제어 케이블 구획을 연장하는 것과 제 2 쌍의 견인 부재와 연결된 제어 케이블 구획을 리트랙트하는 것을 동시에 행할 수 있다. 이러한 동시적이며 동일한 제어 케이블의 연장/리트랙션은 링크된 견인 부재들에서 장력의 변화를 억제할 수 있으며, 이것은 도구 구성요소들의 어떤 해로운 제어 케이블 슬랙 및/또는 오버스트레스를 피하는데 도움이 될 수 있다.

[0080] 도 13e는 많은 구체예에 따른 2 자유도 관절의 제 1 축(176)과 평행한 방향에서 본 도 13a 및 13d의 수술 도구(170)를 예시한다. 상기 논의된 대로, 부착 특징부(180, 182, 184, 186)는 정규 중심선과 고정된 곡률 중심을 가진 곡선 부분 구획을 포함한다. 각각의 정규 중심선은 2 자유도 관절의 제 1 축(176)을 함유하는 평면에 접선이다. 각각의 고정된 곡률 중심은 2 자유도 관절의 제 2 축(178)을 함유하는 평면에 놓인다.

[0081] 제 2 링크(172)가 제 1 축(176)을 중심으로 회전할 때, 부착 러그(218, 220, 222, 224)가 상응하는 부착 특징부 곡선 부분 정규 중심선을 중심으로 회전한다. 도 13f는 많은 구체예에 따른 제 1 축(176)을 중심으로 회전된 제 2 링크(172)를 도시하는, 도 13a, 13d 및 13e의 수술 도구(170)의 단순화된 도식도이다. 각각의 부착 러그(218, 220, 222, 224)가 부착 특징부(180, 182, 184, 186)의 상응하는 곡선 부분 정규 중심선을 중심으로 회전하고, 이로써 각각의 견인 부재가 상응하는 중심선과 정렬된다. 결과적으로, 하부 견인 부재(192, 194)가 리트랙트된 것과 동일한 양만큼 상부 견인 부재(188, 190)가 연장된다(도 13e에 묘사된 자연스런 제 2 링크 배향

과 비교해서). 상기 논의된 대로, 견인 부재의 이러한 균형잡힌 연장/리트랙션을 이용하면, 한 쌍 이상의 견인 부재가 링크되어 공통된 가동 메커니즘에 의해서 가동될 수 있다. 예를 들어, 2개씩 대각 배향된 견인 부재(188, 194)를 포함하는 4개의 견인 부재의 제 1 쌍은 제 1 모터 구동 캡스턴에 의해 가동될 수 있고, 나머지 2개씩 대각 배향된 견인 부재(190, 192)를 포함하는 4개의 견인 부재의 제 2 쌍은 제 2 모터 구동 캡스턴에 의해 가동될 수 있다. 제 1 및 제 2 모터 구동 캡스턴을 이용하여 2 자유도 관절에 의해 제공되는 배향 범위 내에서 제 1 링크(174)에 대해 제 2 링크(172)를 관절화할 수 있다.

[0082] 도 13g는 많은 구체예에 따른 2 자유도 관절을 통해 제 1 링크(234)와 연결된 제 2 링크(232)를 가진 수술 도구(230)의 부분 투시도이다. 예시된 2 자유도 관절은 지지 부재(238)에 대해 제 1 축을 중심으로 회전할 수 있도록 선회가능하게 연결된 중간 부재(236)를 포함한다. 제 2 링크(232)는 중간 부재(236)와 선회가능하게 연결되어 중간 부재(236)에 대해 제 2 축을 중심으로 회전할 수 있다. 제 2 링크(232)는 4개의 부착 특징부(240, 242, 244(246은 도면에서 숨겨져 있음))를 포함하며, 이들은 곡선 부분 구획을 포함한다. 4개의 견인 부재(248, 250, 252(254는 도면에서 숨겨져 있음))가 4개의 부착 특징부(240, 242, 244, 246)와 연결된다.

[0083] 예시된 수술 도구(230)는 도 13a, 13d, 13e 및 13f에 예시되고 상기 논의된 수술 도구(170)와 유사하게 구성된다. 따라서, 수술 도구(170)에 관한 상기 논의는 도 13g에 예시된 수술 도구(230)에도 적용되며, 이것은 링크된 견인 부재를 통한 손목 관절화를 더 예시한다. 도 13h는 많은 구체예에 따른 2 자유도 관절의 제 1 축을 중심으로 한 제 2 링크(232)의 60도 배향을 도시하는, 도 13g의 수술 도구(230)의 측면도이다. 도 13g에 예시된 정렬된 배향에서 도 13h에 예시된 배향까지, 견인 부재 부착 러그가 부착 특징부의 곡선 부분 구획의 정규 중심선을 중심으로 선회하며, 이로써 견인 부재와 곡선 부분 구획의 정규 중심선 사이에 정렬이 유지된다. 도 13i는 많은 구체예에 따른 2 자유도 관절의 제 2 축을 중심으로 한 제 2 링크의 30도 배향을 도시하는, 도 13g의 수술 도구(230)의 측면도이다. 도 13g에 예시된 정렬된 배향에서 도 13i에 예시된 배향까지, 견인 부재 부착 러그가 부착 특징부의 곡선 부분 구획을 따라 미끄러져 움직이며, 이로써 견인 부재와 곡선 부분 구획의 고정된 곡률 중심 사이에 정렬이 유지된다.

[0084] 도 14a는 많은 구체예에 따른 링크된 견인 부재에 의한 손목 관절화를 가진 수술 도구(260)의 단순화된 도식도이다. 수술 도구(260)는 2 자유도 관절을 통해 제 1 링크(264)와 선회가능하게 연결된 제 2 링크(262)를 포함한다. 관절은 제 1 축(266)과 제 2 축(268)을 중심으로 제 2 링크(262)와 제 1 링크(264) 사이의 회전 동작을 제공한다. 제 1 축(266)은 제 1 링크(264)에 대해 고정되고, 제 2 축(268)은 제 2 링크(262)에 대해 고정된다. 4개의 부착 특징부(270, 272, 274, 276)가 제 2 링크(262)에 배치된다. 각각의 부착 특징부(270, 272, 274, 276)는 견인 부재(278, 280, 282, 284)와 각각 연결된다. 견인 부재(278, 280, 282, 284)는 제 1 링크(264)의 구멍을 통해 이어져서 가동 메커니즘(미도시; 예를 들어, 상기 설명된 원격로봇 수술 시스템의 원격조종 수술 기구를 가동시키는 것과 관련된 가동 메커니즘)과 연결된다. 많은 구체예에서, 부착 특징부(270, 272, 274, 276), 견인 부재(278, 280, 282, 284), 제 1 축(266) 및 제 2 축(268)은 견인 부재들의 대향된 축 움직임이 제 1 링크(264)에 대해 제 2 링크(262)를 각지게 배향하여 견인 부재에서 장력의 변화를 억제할 수 있도록 구성된다.

[0085] 각각의 부착 특징부(270, 272, 274, 276)는 제 2 축(268)과 평행하게 배향된 구멍축을 가진 부착 러그를 포함한다. 각각의 견인 부재(278, 280, 282, 284)는 곡선 부분의 구획을 포함할 수 있으며, 곡선 부분 구획은 그것의 정규 중심선을 중심으로 한 제 1 곡률 반경 및 그것의 곡선 중심선의 고정된 곡률 중심을 가진다. 곡선 정규 중심선은 제 1 축(266)과 법선 배향된 2-차원 평면에 놓일 수 있다. 부착 특징부 러그 구멍은 견인 부재 곡선 부분을 미끄러지듯 수용할 수 있는 크기이다. 부착 특징부 러그는 견인 부재 곡선 부분을 중심으로 회전하고 및/또는 제 1 링크(264)에 대한 제 2 링크(262)의 관절화 동안 견인 부재 곡선 부분을 따라 미끄러져 움직일 수 있도록 구성된다.

[0086] 제 2 링크(262)가 제 2 축(268)을 중심으로 회전할 때, 견인 부재의 곡선 부분은 각각 상응하는 부착 특징부 러그와 맞닿아 미끄러져 움직인다. 도 14b는 많은 구체예에 따른 제 1 축(266)을 중심으로 회전된 제 2 링크(262)를 도시하는, 도 14a의 수술 도구(260)의 단순화된 도식도이다. 견인 부재의 곡선 부분이 각각 상응하는 부착 특징부 러그와 맞닿아 미끄러져 움직인다. 결과적으로, 하부 견인 부재(278, 282)가 리트랙트된 것과 동일한 양만큼 상부 견인 부재(280, 284)가 연장된다(도 14a에 묘사된 자연스런 제 2 링크 배향과 비교해서). 이것은 상기 논의된 수술 도구(170)와 유사한, 견인 부재의 균형 잡힌 연장/리트랙션을 제공한다. 따라서, 수술 도구(170)와 관련해서 상기 논의된 견인 부재의 이러한 균형 잡힌 연장/리트랙션의 추가의 양태 및 이점은 수술 도구(260)에도 적용되므로 여기서 반복하지 않는다.

[0087] 도 14c는 많은 구체예에 따른 2 자유도 관절의 제 2 축(268)과 평행한 방향에서 본 도 14a 및 14b의 수술 도구(260)를 예시한다. 상기 논의된 대로, 각각의 부착 특징부(270, 272, 274, 276)는 제 2 축(268)과 평행하게 배향된 구멍축을 가진 부착 러그를 포함한다. 각각의 견인 부재는 정규 중심선과 고정된 곡률 중심을 가진 곡선 부분 구획을 포함한다.

[0088] 제 2 링크(262)가 제 2 축(268)을 중심으로 회전할 때, 견인 부재 곡선 부분이 부착 특징부 러그 내에서 선회한다. 도 14d는 많은 구체예에 따른 제 2 축(268)을 중심으로 회전된 제 2 링크(262)를 도시하는, 도 14a, 14b 및 14c의 수술 도구(260)의 단순화된 도식도이다. 각각의 견인 부재 곡선 부분이 상응하는 부착 특징부 러그 구멍 내에서 선회하며, 이로써 각각의 견인 부재는 상응하는 부착 특징부 러그 구멍과 정렬된 채로 유지된다. 결과적으로, 하부 견인 부재(282, 284)가 리트랙트된 것과 동일한 양만큼 상부 견인 부재(278, 280)가 연장된다(도 14c에 묘사된 자연스런 제 2 링크 배향과 비교해서). 상기 논의된 대로, 견인 부재의 이러한 균형잡힌 연장/리트랙션을 이용하면, 한 쌍 이상의 견인 부재가 링크되어 공통된 가동 메커니즘에 의해서 가동될 수 있다. 따라서, 수술 도구(170)와 관련해서 상기 논의된 견인 부재의 이러한 균형 잡힌 연장/리트랙션의 추가의 양태 및 이점은 수술 도구(260)에도 적용되므로 여기서 반복하지 않는다.

[0089] 도 14e는 많은 구체예에 따른 2 자유도 관절을 통해 제 1 링크(미도시)와 연결된 제 2 링크(292)를 가진 수술 도구(290)의 부분 투시도이다. 예시된 2 자유도 관절은 지지 부재(296)에 대해 제 1 축을 중심으로 회전할 수 있도록 선회가능하게 연결된 중간 부재(294)를 포함한다. 제 2 링크(292)가 선회가능하게 연결되어 중간 부재(294)에 대해 제 2 축을 중심으로 회전할 수 있다. 제 2 링크(292)는 4개의 부착 특징부(298, 300, 302(304는 도면에서 숨겨져 있음))를 포함하며, 이들은 각각 부착 러그를 포함한다. 4개의 견인 부재(306, 308, 310, 312)가 4개의 부착 특징부(298, 300, 302, 304)와 연결된다. 4개의 견인 부재(306, 308, 310, 312)는 각각 상응하는 부착 특징부 러그에 의해 미끄러지듯 수용되는 곡선 부분 구획을 포함한다. 예시된 수술 도구(290)는 도 14a, 14b, 14c 및 14d에 예시되고 상기 논의된 수술 도구(260)와 유사하게 구성된다. 따라서, 수술 도구(260)와 관련한 상기 논의는 도 14e에 예시된 수술 도구(290)에도 적용되며, 이것은 링크된 견인 부재를 통한 손목 관절화를 더 예시한다.

[0090] 도 15는 많은 구체예에 따른 수술 도구를 제작하기 위한 방법(320)의 단순화된 순서도이다. 과정 322에서, 제 2 링크가 제 1 링크와 연결되어 제 1 및 제 2 축을 중심으로 회전한다. 예를 들어, 2 자유도 관절 메커니즘을 사용하여 제 2 링크와 제 1 링크를 연결할 수 있다. 2 자유도 관절은 제 1 축을 중심으로 제 1 링크에 대해 회전할 수 있도록 제 2 링크와 선회가능하게 연결된 중간 부재를 포함할 수 있다. 제 2 링크는 중간 부재와 선회가능하게 연결되어 제 2 축을 중심으로 중간 부재에 대해 회전할 수 있다. 제 1 링크는 원단부, 근단부, 및 이들 사이에 한정된 제 1 링크 축을 가질 수 있다. 제 1 링크는 축 구멍을 가질 수 있다. 제 1 및 제 2 축은 제 1 링크 축과 평행하지 않을 수 있다. 제 1 축은 제 2 축과 평행하지 않을 수 있다. 제 2 링크는 4개의 부착 특징부를 포함할 수 있다. 각각의 부착 특징부는 제 1 링크 축을 따라 봤을 때 제 1 및 제 2 축으로부터 분기될 수 있다. 부착 특징부 중 하나는 제 1 링크 축을 따라 봤을 때 제 1 및 제 2 축에 의해 한정된 각 사분면에 배치될 수 있다.

[0091] 과정 324에서, 견인 부재가 각각의 제 2 링크 부착 특징부와 연결된다. 각각의 견인 부재는 제 1 링크의 구멍 내부로부터 제 2 링크의 부착 특징부 중 하나까지 원위 쪽으로 연장될 수 있으며, 이로써 견인 부재의 축 움직임이 축을 중심으로 제 1 링크에 대해 제 2 링크를 각지게 배향한다. 견인 부재와 부착 특징부 사이의 연접부는 제 1 링크에 대한 제 2 링크의 각진 배향과 상호 관련하여 제 2 링크에 대해 견인 부재의 위치를 변경함으로써 견인 부재의 장력의 변화를 억제할 수 있다.

[0092] 과정 326에서, 각각의 견인 부재가 가동 메커니즘과 연결되며, 가동 메커니즘은 견인 부재를 가동시킴으로서 제 1 링크에 대해 제 2 링크의 각진 배향을 2-차원으로 제어할 수 있게 작동될 수 있다. 예를 들어, 4개의 견인 부재 중 첫 번째는 제 1 제어 케이블과 연결될 수 있고, 견인 부재 중 두 번째는 제 2 제어 케이블과 연결될 수 있다. 제 1 및 제 2 견인 부재는 대각 배향된 견인 부재일 수 있다. 제 1 및 제 2 제어 케이블은 가동 메커니즘의 제 1 캡스턴과 연결될 수 있다. 4개의 견인 부재 중 세 번째는 제 3 제어 케이블과 연결될 수 있고, 견인 부재 중 네 번째는 제 4 제어 케이블과 연결될 수 있다. 제 3 및 제 4 견인 부재는 대각 배향된 견인 부재일 수 있다. 제 3 및 제 4 제어 케이블은 가동 메커니즘의 제 2 캡스턴과 연결될 수 있다.

[0093] 도 16은 많은 구체예에 따른 링크된 견인 부재에 의해서 관절화된 손목을 가진 도구 조립체(330)의 단순화된 도식도이다. 도구 조립체(330)는 근위 가동 조립체(332), 메인 샤프트(334), 단부 작동기(336)의 관절화된 단부 작동기 기부, 및 2 자유도 손목(338)을 포함한다. 많은 구체예에서, 근위 가동 조립체(332)는 단부 작동기 기

부와 작동가능하게 연결됨으로써 수술 도구(170, 260)와 관련해서 상기 설명된 대로 링크된 견인 부재를 통해 2-차원으로 메인 샤프트(334)에 대해 단부 작동기 기부를 선택적으로 재배향할 수 있고, 단부 작동기(336)와 작동가능하게 연결됨으로써 단부 작동기 기부에 대해 하나 이상의 단부 작동기 특징부를 관절화할 수 있다. 다양한 가동 구성요소, 예를 들어 제어 케이블, 구동 샤프트 및 상기 설명된 링크된 견인 부재와 상응하는 단부 작동기 기부 부착 특징부를 사용해서 가동 조립체(332)와 단부 작동기(336)를 연결할 수 있다. 많은 구체예에서, 가동 구성요소들은 메인 샤프트(334)의 구멍을 통해서 가동 조립체(332)와 단부 작동기(336) 사이에 이어진다.

[0094] 도구 조립체(330)는 다양한 용도에서 사용될 수 있게, 예를 들어 근위 가동 메커니즘(332)에서 사용되는 수동 및/또는 자동 가동되는 핸드헬드 장치로서 구성될 수 있다. 이와 같이, 도구 조립체(330)는 최소 침습 로봇 수술을 넘어선 용도를 가질 수 있으며, 예를 들어 비-로봇 최소 침습 수술, 비-최소 침습 로봇 수술, 비-로봇 비-최소 침습 수술은 물론, 링크된 견인 부재에 의해 관절화되는 2 자유도 손목의 사용이 유익한 경우의 다른 용도들에도 사용될 수 있다.

[0095] 각도를 통해 토크를 전달하는 메커니즘

[0096] 도 17은 많은 구체예에 따른 각도를 통해서 토크를 전달하기 위한 메커니즘(372)을 가진 도구 조립체(370)의 단순화된 도식도이다. 도구 조립체(370)는 근위 토크원(374), 메인 샤프트(376), 단부 작동기(378)의 관절화된 단부 작동기 기부, 및 토크 전달 메커니즘(372)을 포함한다. 토크 전달 메커니즘(372)은 구동 샤프트(380), 피구동 샤프트(382), 및 구동 샤프트(380)와 피구동 샤프트(382) 모두와 연결된 연결 부재(384)를 포함하며, 이로써 구동 샤프트(380)가 회전하면 피구동 샤프트(382)가 상응하여 회전한다. 많은 구체예에서, 구동 샤프트(380)는 메인 샤프트(376)에 대해 회전하도록 장착되며, 메인 샤프트(376)의 구멍(중심선 또는 분기점)을 통해 이어진다. 많은 구체예에서, 토크 전달 메커니즘(372)은 피구동 샤프트(382)의 회전 속도가 샤프트들 간의 어떠한 상대적인 각진 배향에서도 구동 샤프트(380)의 회전 속도와 실질적으로 일치하도록 구성된다. 작동시, 근위 토크원(374)이 구동 샤프트(380)를 회전시키고, 이것은 연결 부재(384)를 회전시키고, 이것은 피구동 샤프트(382)를 회전시키며, 이로써 메인 샤프트(376)와 단부 작동기(378) 사이의 각도를 통해서 토크가 전달된다. 많은 구체예에서, 피구동 샤프트(382)는 단부 작동기(378)의 샤프트 구동 메커니즘을 가동시킨다. 예를 들어, 단부 작동기 샤프트 구동 메커니즘은 관절화된 단부 작동기 기부에 대해 클램핑 집게부를 관절화할 수 있고, 및/또는 수술 장치(예를 들어, 스테이플 장치, 커터 장치, 소작 장치)를 가동시킬 수 있다. 이러한 샤프트 구동 메커니즘은 단지 예시이다. 피구동 샤프트를 사용해서 다른 적합한 샤프트 구동 메커니즘을 가동시킬 수도 있다. 추가로, 도구 조립체(370)는 하나의 토크 전달 메커니즘(372)과 함께 도시되지만, 이것도 단지 예시이다. 하나 이상의 토크 전달 메커니즘(372)이 사용될 수 있으며, 예를 들어 이로써 근위 토크원(374)으로부터 상응하는 하나 이상의 단부 작동기 메커니즘으로 토크를 전달할 수 있다.

[0097] 도구 조립체(370)는 다양한 용도에서 사용될 수 있게, 예를 들어 근위 토크원(374)에서 사용되는 수동 및/또는 자동 가동되는 핸드헬드 장치로서 구성될 수 있다. 이와 같이, 도구 조립체(370)는 최소 침습 로봇 수술을 넘어선 용도를 가질 수 있으며, 예를 들어 비-로봇 최소 침습 수술, 비-최소 침습 로봇 수술, 비-로봇 비-최소 침습 수술은 물론, 각도를 통해 토크를 전달하는 개시된 메커니즘의 사용이 유익한 경우의 다른 용도들에도 사용될 수 있다.

[0098] 도 18은 많은 구체예에 따른 각도를 통해 토크를 전달하는 메커니즘(390)의 측면도이다. 토크 전달 메커니즘(390)은 구동 샤프트(392), 연결 부재(394), 피구동 샤프트(396), 제 1 연결 핀(398), 및 제 2 연결 핀(400)을 포함한다. 도 18은 일렬 구성형태의 토크 전달 메커니즘(390)을 예시한다.

[0099] 구동 샤프트(392)는 축 상에서 회전가능하게 연결 부재(394)와 연결된다. 구동 샤프트(392)는 연결 부재(394)의 제 1 수용부(404) 내에 수용되는 원단부(402)를 가진다. 구동 샤프트 원단부(402)는 횡단 슬롯(406)을 포함한다. 제 1 연결 핀(398)은 연결 부재(394)와 맞물려서 제 1 수용부(404)를 가로지른다. 제 1 연결 핀(398)은 구동 샤프트 횡단 슬롯(406)에 수용된다. 구동 샤프트 원단부(402)와 연결 부재 제 1 수용부(404)는 상보적인 모양의 연접면(들), 예를 들어 구면(들)을 가질 수 있다. 제 1 연결 핀(398)과 구동 샤프트 횡단 슬롯(404) 사이의 상호작용이 구동 샤프트(392)와 연결 부재(394)를 축 상으로 회전가능하게 연결한다. 추가로, 구동 샤프트 원단부(402)와 연결 부재 제 1 수용부(404)의 연접면들 사이의 상호작용은 연결 부재(394)에 대해 구동 샤프트(392)를 더 구속할 수 있다.

[0100] 유사하게, 피구동 샤프트(396)는 축 상에서 회전가능하게 연결 부재(394)와 연결된다. 피구동 샤프트(396)는 연결 부재(394)의 제 2 수용부(410) 내에 수용되는 근단부(408)를 가진다. 피구동 샤프트 근단부(408)는 횡단 슬롯(412)을 포함한다. 제 2 연결 핀(400)이 연결 부재(394)와 맞물려서 제 2 수용부(410)를 가로지른다. 제

2 연결 핀(400)은 피구동 샤프트 횡단 슬롯(412)에 수용된다. 피구동 샤프트 근단부(408)와 연결 부재 제 2 수용부(410)는 상보적인 모양의 연접면(들), 예를 들어 구면(들)을 가질 수 있다. 제 2 연결 핀(400)과 피구동 샤프트 횡단 슬롯(412) 사이의 상호작용이 피구동 샤프트(396)와 연결 부재(394)를 축 상으로 회전가능하게 연결한다. 추가로, 피구동 샤프트 근단부(408)와 연결 부재 제 2 수용부(410)의 연접면들 사이의 상호작용은 연결 부재(394)에 대해 피구동 샤프트(396)를 더 구속할 수 있다.

[0101] 도 19a는 많은 구체예에 따른 구동 샤프트(392)의 구형 기어 톱니(414)와 피구동 샤프트(396)의 맞물리는 구형 기어 톱니(416) 사이의 맞물림을 예시하는, 도 18의 토크 전달 메커니즘(390)의 단면도이다. 기어 톱니는 이들이 일반적으로 구체의 표면에서 기하적으로 작은 원의 형태를 취하므로 "구형"이라고 한다. 예시된 단면은 각각 구동 샤프트(392), 피구동 샤프트(396), 및 연결 부재(394)의 중심선을 포함하며, 이들은 제 1 연결 핀(398) 및 제 2 연결 핀(400)에 평행한 방향에서 본 단면이다. 예시된 일렬 구성형태에서, 연결 부재(394), 구동 샤프트(392), 및 피구동 샤프트(396)가 정렬된다. 연결 부재(394)는 연결 부재 축(418)을 중심으로 회전한다. 연결 부재 축(418)은 두 수용부(404, 410) 사이의 길이방향 중심선이다. 구동 샤프트(392)는 구동축(420)을 중심으로 회전한다. 피구동 샤프트(396)는 피구동축(422)을 중심으로 회전한다. 구동 샤프트(392)는 제 1 연결 핀(398)을 중심으로 선회할 수 있도록 구속된다(그리고 이에 따라 연결 부재(394)에 대해 선회할 수 있도록 구속된다). 마찬가지로, 피구동 샤프트(396)는 제 2 연결 핀(400)을 중심으로 선회할 수 있도록 구속된다(그리고 이에 따라 연결 부재(394)에 대해 선회할 수 있도록 구속된다). 구동 샤프트 기어 톱니(414)와 피구동 샤프트 기어 톱니(416) 사이의 맞물림에 의해 제공되는 구동 샤프트(392)와 피구동 샤프트(396) 사이의 추가의 구속은 구동 샤프트(392)와 연결 부재(394) 사이의 상대적인 각진 배향을 피구동 샤프트(396)와 연결 부재(394) 사이의 상대적인 각진 배향과 연계시킨다.

[0102] 또한, 도 19a는 연결 부재 제 1 수용부(404)의 내부 구면(426)과 연접하는 구동 샤프트 외부 구면을 예시한다. 유사하게, 피구동 샤프트 외부 구면(428)은 연결 부재 제 2 수용부(410)의 내부 구면(430)과 연접한다. 상기 논의된 대로, 제 1 연결 핀(398)에 의해 제공된 구속은 구동 샤프트(392)와 연결 부재(394)를 축 상에서 회전가능하게 연결하고, 제 2 연결 핀(400)에 의해 제공된 구속은 피구동 샤프트(396)와 연결 부재(394)를 축 상에서 회전가능하게 연결한다. 추가로, 연접하는 구면에 의해 제공된 구속은 연결 부재(394)에 대해 구동 샤프트(392)와 피구동 샤프트(396)를 더 구속할 수 있다.

[0103] 도 19b는 많은 구체예에 따른 각진 구성형태에 있어서 구동 샤프트 기어 톱니(414)와 피구동 샤프트 기어 톱니(416) 사이의 맞물림을 예시하는, 도 18 및 19a의 토크 전달 메커니즘(390)의 단면도이다. 예시된 단면도는 구동축(420), 피구동축(422), 및 연결 부재 축(418)을 포함하며, 이들은 제 1 연결 핀(398)과 제 2 연결 핀(400)에 평행한 방향에서 본 도면이다.

[0104] 예시된 각진 구성형태에서, 피구동축(422)은 구동축(420)으로부터 70도까지 벗어난다. 구동 샤프트 기어 톱니(414)와 피구동 샤프트 기어 톱니(416) 사이의 맞물림에 의해 제공된 구속은 70도의 벗어남을 가져오며, 이 각도는 구동축(420)과 연결축(418) 사이의 35도 벗어남, 및 연결축(418)과 피구동축(422) 사이의 35도 벗어남으로 동등하게 분포된다. 구동 샤프트와 피구동 샤프트 둘 다에 대해서 동등한 상대적 각도로 연결 부재가 배향되도록 구속함으로써, 연결 부재의 회전이 피구동 샤프트에 전달될 때 구동 샤프트와 연결 부재 사이의 어떠한 회전 속도 차이도 효과적으로 상쇄되고, 이로써 구동 샤프트와 피구동 샤프트 사이의 어떠한 회전 속도 차이도 실질적으로 제거된다.

[0105] 구동 샤프트 기어 톱니(414)와 피구동 샤프트 기어 톱니(416)는 구형 배향되며, 이로써 토크 전달 메커니즘(390)의 어떠한 각진 배향에서도 구동 샤프트(392)와 피구동 샤프트(396) 사이의 상기 설명된 구속이 제공될 수 있다. 각진 구성형태에서, 구동 샤프트(392)의 회전과 피구동 샤프트(396)의 상응하는 회전은 구동 샤프트 원단부(402)와 피구동 샤프트 근단부(408)의 상이한 부분이 연결축(418)에 의해 교차되도록 한다. 구형 기어 톱니의 사용은 샤프트들의 이런 움직임을 허용하면서 구동 샤프트에 대해 연결 부재를 배향하는데 필요한 각진 구속을 계속 제공한다.

[0106] 또한, 다른 적합한 샤프트 각도 구속 구성형태도 사용될 수 있다. 예를 들어, 도 19c에 예시된 대로, 구동 샤프트 특징부(예를 들어, 구동 샤프트 원단부로부터 캔틸레버식으로 뻗은 구면을 포함하는 특징부)는 피구동 샤프트 특징부(예를 들어, 피구동 샤프트 근단부로부터 캔틸레버식으로 뻗은 구면을 포함하는 캔틸레버식 구동 샤프트 특징부를 수용하는 원통형 구멍(434)을 포함하는 특징부)와 맞물릴 수 있다. 어떤 샤프트 각도 구속의 사용은 구동축(420)과 연결축(418) 사이의 상대적 각도와 연결축(418)과 피구동축(422) 사이의 상대적 각도 사이에 어떤 수준의 변동을 가져올 수 있지만, 구동 샤프트(392)와 피구동 샤프트(396) 사이의 결과의 회전 속도 변

동은 어떤 용도에서는 허용될 수 있다.

[0107] 다른 구형 기어 톱니 윤곽을 사용해서도 적합한 샤프트 각도 구속을 제공할 수 있다. 예를 들어, 구동 샤프트 원단부(402)는 구동축(420) 주변으로 연장된 기어 톱니면을 포함할 수 있고, 피구동 샤프트 근단부(408)는 피구동축(422) 주변으로 연장된 상보하는 기어 톱니면을 포함할 수 있으며, 이로써 구동 샤프트 기어 톱니면이 피구동 샤프트 기어 톱니면과 맞물려 샤프트 각도 구속을 제공할 수 있다. 구동 샤프트 기어 톱니면은 구동축(420)으로부터 방사상 연장된 구동 샤프트 기어 톱니 윤곽에 의해 한정될 수 있고, 피구동 샤프트 기어 톱니면은 피구동축(422)으로부터 방사상 연장된 피구동 샤프트 기어 톱니 윤곽에 의해 한정될 수 있으며, 이로써 구동/연결장치 각도와 피구동/연결장치 각도가 실질적으로 동등하게 유지되는 샤프트 각도 구속을 제공할 수 있다. 구동 샤프트 기어 톱니면은 구동 샤프트 기어 톱니 윤곽을 구동축(420)을 중심으로 회전시킴으로써 한정된 외선성 표면을 포함할 수 있고, 피구동 샤프트 기어 톱니면은 피구동 샤프트 기어 톱니 윤곽을 피구동축(422)을 중심으로 회전시킴으로써 한정된 외선성 표면을 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 19c에서, 캔틸레버식 구면(432)은 구동축으로부터 방사상 연장된 기어 톱니 윤곽(그것의 원형 단면) 및 그것의 기어 톱니 윤곽을 구동축(420)을 중심으로 회전시킴으로써 한정된 외선성 표면을 포함한다. 원통형 구멍 표면(434)은 피구동축(422)로부터 방사상 연장된 상보하는 기어 톱니면(그것의 직선 단면) 및 그것의 기어 톱니 윤곽을 **피구동축**(422)을 중심으로 회전시킴으로써 한정된 외선성 표면을 포함한다. 다른 기어 톱니 윤곽들도 유사한 방식으로 구성될 수 있으며, 예를 들어 기어 톱니 윤곽은 도 19a에 예시된 기어 톱니 윤곽과 도 19c에 예시된 기어 톱니 윤곽의 중간 모양을 가질 수 있다.

[0108] 도 19d는 많은 구체예에 따른 구동 샤프트 횡단 슬롯(406) 및 유사한 피구동 샤프트 횡단 슬롯(412)의 구성형태를 예시하는, 도 18, 19a 및 19b의 토크 전달 메커니즘(390)의 단면도이다. 구동 샤프트의 횡단 슬롯(406)은 구동축(420)과 연결축(418) 사이의 각도 범위 전체에서 제 1 연결 핀(398)을 수용하도록 구성된다. 마찬가지로, 피구동 샤프트의 횡단 슬롯(412)은 피구동축(422)과 연결축(418) 사이의 각도 범위 전체에서 제 2 연결 핀(400)을 수용하도록 구성된다. 토크 전달 메커니즘(390)이 각진 구성형태로 작동될 때, 구동 샤프트 횡단 슬롯(406) 내에서 제 1 연결 핀(398)의 위치는 구동 샤프트(392)의 각 360도 회전에 대해 단일 진동 사이클을 거칠 것이다. 마찬가지로, 피구동 샤프트 횡단 슬롯(412) 내에서 제 2 연결 핀(400)의 위치는 피구동 샤프트(396)의 각 360도 회전에 대해 단일 진동 사이클을 거칠 것이다.

[0109] 도 20은 구동 샤프트(392) 및 피구동 샤프트(396)의 투시도의 모음을 제시한다. 이들 투시도는 상이한 방향에서 본 구동 샤프트와 피구동 샤프트를 상세히 도시하며, 예를 들어 구동 샤프트(392)의 구형 기어 톱니(414), 피구동 샤프트(396)의 구형 기어 톱니(416), 구동 샤프트의 횡단 슬롯(406), 피구동 샤프트의 횡단 슬롯(412), 구동 샤프트 외부 구면(424), 피구동 샤프트 외부 구면(428)을 도시한다.

[0110] 횡단 슬롯(406, 412) 내에서 연결 핀(398, 400)의 진동은 도 21a 및 21b를 참조하여 설명될 수 있다. 도 21a는 연결 핀(398, 400)에 법선인 방향에서 본 토크 전달 메커니즘(390)의 도면이다. 도 21b는 연결 핀(398, 400)에 평행한 방향에서 본 토크 전달 메커니즘(390)의 도면이다. 도 21a 및 21b에서, 연결 부재(394)는 메커니즘 구성요소들 사이의 상호작용을 예시하기 위해 투명하다. 도 21a에 도시된 위치에서, 구동 샤프트(392)와 연결 부재(394) 사이의 각도를 수용하기 위해서, 제 1 연결 핀(398)이 구동 샤프트 횡단 슬롯 내에 비스듬히 놓인다(이것은 도 21a에 예시된 샤프트 각도와 함께 도 19d에 예시된 슬롯 모양을 고려함으로써 시각화될 수 있다). 도 21b에서, 연결 부재(394)는 도 21a의 연결 부재 배향으로부터 90도의 각진 배향을 가지며, 이로써 보는 방향에서 연결 핀(398, 400)이 정렬된다. 도 21b에 도시된 배향에서 연결 핀(398, 400)은 횡단 슬롯(406, 412) 내에 비스듬히 놓이지 않는다(도 19d와 유사하게). 토크 전달 메커니즘(390)이 360도 공전하는 동안 횡단 슬롯(406, 412) 내에서 연결 핀(398, 400)의 위치가 진동 사이클을 완료할 것이다.

[0111] 토크 전달 메커니즘(390)에서 서로 관련하여 회전 샤프트와 연결은 각각 관련된 핀의 길이방향 중심선을 중심으로 "요우" 자유도 및 핀의 길이방향 중심선에 수직인 라인을 중심으로 "피치" 자유도를 가진다. 두 "요우" 축은 평행하고, "피치" 축은 각각 구동 샤프트와 피구동 샤프트 사이의 전체 각도의 1/2까지 회전 샤프트 사이의 맞물림에 의해 구속된다.

[0112] 여러 열의 구형 기어 톱니를 사용하여 구동 샤프트와 피구동 샤프트를 연결함으로써 샤프트 각도 구속을 제공할 수 있다. 예를 들어, 도 22a는 여러 열의 연접하는 구형 기어 톱니를 예시한다. 도 22b는 도 22a의 기어 톱니의 단면 윤곽 및 구형 배열을 예시한다.

[0113] 도 23a는 많은 구체예에 따른 각도를 통해서 토크를 전달하기 위한 메커니즘(440)의 측면도이다. 토크 전달 메커니즘(440)은 상기 설명된 메커니즘(390)과 유사하지만, 이중 십자형 핀 구성형태를 가진다. 예를 들어, 메커

니즘(440)은 메커니즘(390)과 동일한 연결 부재(394) 및 동일한 연결 핀(398, 400)을 사용하지만, 구동 샤프트(444)와 연결 핀(398)을 연결하기 위한 구동 샤프트 십자형 핀(442)과 피구동 샤프트(448)와 연결핀(400)을 연결하기 위한 피구동 샤프트 십자형 핀(446)이 통합되어 있다. 도 23a에서, "투시된" 연결 부재(394)는 이중 십자형 핀 구성형태를 더 상세히 예시하기 위해 도시된다.

[0114] 도 23b는 연결 부재(394)가 제거된 메커니즘(440) 및 피구동 샤프트 십자형 핀(446)을 더 잘 예시하기 위한 "투시된" 피구동 샤프트(448)를 도시한다. 피구동 샤프트 십자형 핀(446)은 피구동 샤프트(448)의 구멍 내에 수용되고, 피구동 샤프트 구멍 내에서 회전가능하다. 연결 핀(400)은 피구동 샤프트 십자형 핀(446)의 구멍 내에 수용된다. 연결 핀(400)의 중심선을 중심으로 피구동 샤프트(448)와 연결 부재(394) 사이의 상대적 회전이 연결 부재(394)에 대한 연결 핀(400)의 회전 및/또는 피구동 샤프트 십자형 핀(446)에 대한 연결 핀(400)의 회전을 통해 일어난다. 유사하게, 구동 샤프트 십자형 핀(442)은 구동 샤프트(444)의 구멍 내에 수용되고, 구동 샤프트 구멍 내에서 회전가능하다. 연결 핀(398)은 구동 샤프트 십자형 핀(442)의 구멍 내에 수용된다. 연결 핀(398)의 중심선을 중심으로 구동 샤프트(444)와 연결 부재(394) 간의 상대적 회전이 연결 부재(394)에 대한 연결핀(398)의 회전 및/또는 구동 샤프트 십자형 핀(442)에 대한 연결 핀(398)의 회전을 통해 일어난다.

[0115] 도 23c는 연결 핀(398, 400)의 중심선을 통해 취한 도 23a 및 23b의 메커니즘(440)의 단면도이다. 구동 샤프트 횡단 슬롯(406)은 구동 샤프트 십자형 핀(442)의 중심선에 대한 구동 샤프트(444)의 회전을 통해 발생하는 구동 샤프트(444)와 연결 부재(394) 사이의 각도 범위 전체에서 연결 핀(398)을 수용하도록 구성된다. 유사하게, 피구동 샤프트 횡단 슬롯(412)은 피구동 샤프트 십자형 핀(446)의 중심선에 대한 피구동 샤프트(448)의 회전을 통해 발생하는 피구동 샤프트(448)와 연결 부재(394) 사이의 각도 범위 전체에서 연결 핀(400)을 수용하도록 구성된다. 도 23c와 19d를 비교함으로써 볼 수 있는 대로, 메커니즘(440)의 이중 십자형 핀 구성형태는 메커니즘(390)의 단일 십자형 핀 구성형태와 비교해서 구동 샤프트와 피구동 샤프트를 따라 메커니즘의 자유로운 역할을 감소시킨다. 이러한 감소된 자유로운 역할은 구동 샤프트 기어 톱니(414)와 피구동 샤프트 기어 톱니(416) 사이에 더욱 일관된 연결을 제공할 수 있다.

[0116] 이제, 도 23d는 구동 샤프트(444)의 십자형 핀 수용 구멍(450) 및 피구동 샤프트(448)의 유사한 십자형 핀 수용 구멍(452)을 도시한다. 도 23e는 구동 샤프트 횡단 슬롯(406) 및 피구동 샤프트 횡단 슬롯(412)을 도시한다.

[0117] 도 24a는 많은 구체예에 따른 샤프트 돌출부가 연결 부재 슬롯과 상호작용함으로써 회전 동작을 전달하는 각도를 통해서 토크를 전달하기 위한 메커니즘(460)의 단순화된 도식도이다. 토크 전달 메커니즘(460)은 구동 샤프트(462), 연결 부재(464), 및 피구동 샤프트(466)를 포함한다.

[0118] 구동 샤프트(462)는 축 상에서 회전가능하게 연결 부재(464)와 연결되도록 구성된다. 구동 샤프트(462)는 근단부(468), 원단부(470), 및 이들 사이에 한정된 구동축(472)을 가진다. 구동 샤프트(462)는 구동 샤프트 원단부(470)로부터 돌출한 제 1 원통형 돌출부(474) 및 구동 샤프트 원단부(470)의 대향 측면으로부터 돌출한 제 2 원통형 돌출부(476)를 포함한다. 구동 샤프트 원단부(470)는 구면(478) 및 구형 기어 톱니(480)를 가진다.

[0119] 유사하게, 피구동 샤프트(466)는 축 상에서 회전가능하게 연결 부재(464)와 연결되도록 구성된다. 피구동 샤프트(466)는 원단부(482), 근단부(484), 및 이들 사이에 한정된 피구동축(486)을 가진다. 피구동 샤프트(466)는 피구동 샤프트 근단부(484)로부터 돌출한 제 3 원통형 돌출부(488) 및 피구동 샤프트 근단부(484)의 대향 측면으로부터 돌출한 제 4 원통형 돌출부(490)를 포함한다. 피구동 샤프트 근단부(484)는 구면(492) 및 구형 기어 톱니(494)를 가진다.

[0120] 연결 부재(464)는 구동 샤프트 원단부(470)와 피구동 샤프트 근단부(484) 둘 다와 축 상에서 연결되도록 구성된다. 연결 부재(464)는 구동 수용부(496), 피구동 수용부(498), 및 이들 사이에 한정된 연결축(500)을 한정하는 관형 구조를 가진다. 구동 수용부(496)는 구동 샤프트 원단부(470)와 연접할 수 있는 모양으로서, 구동 샤프트 원단부(470)와 구동 수용부(496) 사이에 볼 관절식 구속을 생성한다. 예를 들어, 구동 수용부(496)는 구동 샤프트 원단부 구면(478)과 연접하도록 구성된 하나 이상의 표면을 포함할 수 있다. 많은 구체예에서, 구동 수용부(496)는 구동 샤프트 원단부 구면(478)과 연접하도록 구성된 구면(502)을 포함한다. 유사하게, 피구동 수용부(498)는 피구동 샤프트 근단부(484)와 연접할 수 있는 모양으로서, 피구동 샤프트 근단부(484)와 피구동 수용부(498) 사이에 볼 관절식 구속을 생성한다. 예를 들어, 피구동 수용부(498)는 피구동 샤프트 근단부 구면(492)과 연접하도록 구성된 하나 이상의 표면을 포함할 수 있다. 많은 구체예에서, 피구동 수용부(498)는 피구동 샤프트 근단부 구면(492)과 연접하도록 구성된 구면(504)을 포함한다. 하기 더 상세히 설명된 대로, 연결 부재(464)는 하나 이상의 개별 조각들, 예를 들어 2개의 조각을 포함할 수 있다.

[0121] 연결 부재(464)는 또 구동 샤프트 원단부(470)와 피구동 샤프트 근단부(484) 둘 다와 회전가능하게 연결되도록 구성된다. 연결 부재 제 1 수용부(496)는 제 1 슬롯(506) 및 제 2 슬롯(508)을 포함한다. 제 1 슬롯(506) 및 제 2 슬롯(508)은 각각 제 1 돌출부(474) 및 제 2 돌출부(476)를 수용하고, 구동 샤프트(462)와 피구동 샤프트(466) 사이의 각도 범위 전체에서 이들 돌출부(474, 476)를 수용하도록 구성된다(도 24d에 예시된 대로). 유사하게,

[0122] 연결 부재 제 2 수용부(498)는 제 3 슬롯(510) 및 제 4 슬롯(512)을 포함한다. 제 3 슬롯(510) 및 제 4 슬롯(512)은 각각 제 3 돌출부(488) 및 제 4 돌출부(490)를 수용하고, 구동 샤프트(462)와 피구동 샤프트(466) 사이의 각도 범위 전체에서 이들 돌출부(488, 490)를 수용하도록 구성된다. 구동 샤프트 돌출부(474, 476)와 제 1 수용부 슬롯(506, 508) 사이의 상호작용이 구동 샤프트(462)로부터 연결 부재(464)로 회전 동작을 전달한다. 유사하게, 제 2 수용부 슬롯(510, 512)과 피구동 샤프트 돌출부(488, 490) 사이의 상호작용이 연결 부재(464)로부터 피구동 샤프트(466)로 회전 동작을 전달한다.

[0123] 토크 전달 메커니즘(460)은 구동 샤프트 원단부(470)와 피구동 샤프트 근단부(484) 사이의 맞물림을 이용해서 구동 샤프트(462), 연결 부재(464) 및 피구동 샤프트(466)의 상대적인 각진 배향을 제어한다. 맞물림 특징부, 예를 들어 구형 기어 톱니(480, 494)를 사용하여 구동 샤프트(462), 연결 부재(464) 및 피구동 샤프트(466)의 상대적 배향을 제어할 수 있다. 토크 전달 메커니즘(460)에서 구형 기어 톱니(480, 494)를 맞물리게 함으로써 구동 샤프트(462)와 피구동 샤프트(466) 사이에 샤프트 각도 구속이 제공되지만, 구형 기어 톱니의 사용은 단지 예시이다. 다른 적합한 샤프트 각도 구속도 사용될 수 있으며, 예를 들어 상기 설명된 토크 전달 메커니즘(390)의 샤프트 각도 구속이 토크 전달 메커니즘(460)에도 사용될 수 있다. 추가로, 상기 논의된 토크 전달 메커니즘(390)에 적용될 수 있는 기어 톱니 정의는 토크 전달 메커니즘(460)에도 적용될 수 있다.

[0124] 도 24b는 많은 구체예에 따른 돌출부와 평행한 방향에서 본 도 24a의 토크 전달 메커니즘(460)의 도면이다. 숨겨진 라인들은 제 1 슬롯(506) 내의 제 1 돌출부(474) 및 제 3 슬롯(510) 내의 제 3 돌출부(488)를 예시한다. 슬롯의 기다란 모양은 구동 샤프트(462)와 피구동 샤프트(466)이 연결 부재(464)에 대해 선회하면서 구동 샤프트(462)와 연결 부재(464), 연결 부재(464)와 피구동 샤프트(466) 사이의 회전 동작을 전달할 수 있도록 한다.

[0125] 도 24c는 많은 구체예에 따른 2 조각 연결 부재(464)를 상세히 예시하는, 돌출부에 법선인 방향에서 본 도 24a 및 24b의 토크 전달 메커니즘(460)의 도면이다. 연결 부재(464)는 제 1 조각(514)과 제 2 조각(516)을 포함한다. 제 1 조각(514) 및 제 2 조각(516)은 부착 고정장치(미도시)를 위한 고정장치 구멍을 가진 부착 플랜지를 포함한다. 연결 부재(464)는 부착 플랜지(518)를 통해서 연결된 것으로 도시된 제 1 조각(514)과 제 2 조각(516)을 포함하는 것으로 도시되지만, 이 접근법은 단지 예시이며, 다른 적합한 접근법들도 사용될 수 있다. 예를 들어, 연결 부재(464)는 중앙 관형 조각과 2개의 인접한 단부 캡으로 분할될 수 있으며, 단부 캡들은 구동 샤프트(462)와 피구동 샤프트(466)이 중앙 관형 조각에 대해 위치된 후에 중앙 관형 조각에 조립될 수 있다.

[0126] 도 24d는 많은 구체예에 따른 각진 구성형태의 도 24a, 24b 및 24c의 토크 전달 메커니즘(460)을 예시한다. 구형 기어 톱니(480, 494)는 구동 샤프트 원단부(470)와 연결 부재 제 1 수용부(496) 사이의 연접에 의해 제공된 위치 구속, 및 피구동 샤프트 근단부(484)와 연결 부재 제 2 수용부(498) 사이의 연접에 의해 제공된 위치 구속과 함께 토크 전달 메커니즘(460)을 구속하고, 이로써 구동축(472)과 연결축(500) 사이의 각도가 연결축(500)과 피구동축(486) 사이의 각도와 실질적으로 동일하게 된다. 작동시, 구동축(472)을 중심으로 한 구동 샤프트(462)의 회전이 제 1 돌출부(474)와 제 1 슬롯(506) 사이의 상호작용, 및 제 2 돌출부(476)와 제 2 슬롯(508) 사이의 상호작용을 통해 연결축(500)을 중심으로 연결 부재(464)의 회전을 일으킨다. 작동시, 슬롯(506. 508) 내에서 돌출부(474, 476)의 위치는 도 18 내지 도 21b의 토크 전달 메커니즘(390)을 참조하여 상기 논의된 연결 핀(398, 400)의 진동과 유사한 방식으로 진동한다. 유사하게, 연결 축(500)을 중심으로 한 연결 부재(464)의 회전은 피구동축(486)을 중심으로 피구동 샤프트(466)의 회전을 일으킨다.

[0127] 도 25a 및 25b는 많은 구체예에 따른 변형된 U-관절 연결 부재가 구동 샤프트와 연결 부재, 연결 부재와 피구동 샤프트 사이의 회전 동작을 전달하는 각도를 통해서 토크를 전달하기 위한 메커니즘(520)의 단순화된 도식도이다. 토크 전달 메커니즘(520)은 구동 샤프트(522), 제 1 변형된 U-관절 연결(524), 연결 부재(526), 제 2 변형된 U-관절 연결(528), 및 피구동 샤프트(530)를 포함한다. 상기 설명된 구체예와 관련하여, 토크 전달 메커니즘(520)은 구동 샤프트(522), 연결 부재(526) 및 피구동 샤프트(530)의 상대적 배향을 구속할 수 있는 구동 샤프트와 피구동 샤프트 맞물림 특징부(예를 들어, 구형 기어 톱니(532, 534))를 이용한다.

[0128] 변형된 U-관절 연결(524, 528)은 구동 샤프트(522)와 연결 부재(526), 그리고 연결 부재(526)와 피구동 샤프트(530)를 각각 축 상에서 회전가능하게 연결한다. 제 1 변형된 U-관절 연결(524)은 제 1 핀(536) 및 제 2 핀

(538)을 포함한다. 제 1 핀(536)은 제 1 핀 축(540)을 중심으로 연결 부재(526)에 대해 회전하도록 장착된다. 제 2 핀(538)은 제 1 핀(536)에 횡단 배향되며, 제 1 핀(536)과 연결된다. 구동 샤프트(522)가 제 2 핀(538)과 연결되어 제 2 핀 축(542)을 중심으로 회전할 수 있다. 제 2 핀 축(542)은 제 1 핀 축(540)을 중심으로 자체 회전한다. 구동 샤프트(522)는 제 1 핀(536)을 수용하도록 구성된 개구(544)를 포함한다. 유사하게, 제 2 변형된 U-관절 연결(528)은 제 3 핀(546) 및 제 4 핀(548)을 포함한다. 제 3 핀(546)은 제 3 핀 축(550)을 중심으로 연결 부재(526)에 대해 회전하도록 장착된다. 제 4 핀(548)은 제 3 핀(546)에 횡단 배향되며, 제 3 핀(546)과 연결된다. 피구동 샤프트(530)가 제 4 핀(548)과 연결되어 제 4 핀 축(552)을 중심으로 회전한다. 제 4 핀 축(552)은 제 3 핀 축(550)을 중심으로 자체 회전한다. 피구동 샤프트(530)는 제 3 핀(546)을 수용하도록 구성된 개구(554)를 포함한다. 연결 부재(526)는 제 2 핀(538)과 제 4 핀(548)의 설치를 제공하는 개구(556)를 포함할 수 있다.

[0129] 작동시, 토크 전달 메커니즘(520)은 상기 제시된 토크 전달 메커니즘(390, 460)과 유사하게 기능한다. 구동 샤프트와 피구동 샤프트 맞물림 특징부(예를 들어, 구형 기어 톱니(532, 534)는 구동 샤프트(522), 연결 부재(526) 및 피구동 샤프트(530)의 상대적 배향을 구속하며, 이로써 구동 샤프트(522)와 연결 부재(526), 연결 부재(526)와 피구동 샤프트(530) 사이의 상대적 각도가 실질적으로 동일하게 된다. 작동시, 구동 샤프트(522)의 회전은 제 1 변형된 U-관절 연결(524)를 통해서 연결 부재(526)의 회전을 일으킨다. 유사하게, 연결 부재(526)의 회전은 제 2 변형된 U-관절 연결(528)을 통해서 피구동 샤프트(530)의 회전을 일으킨다.

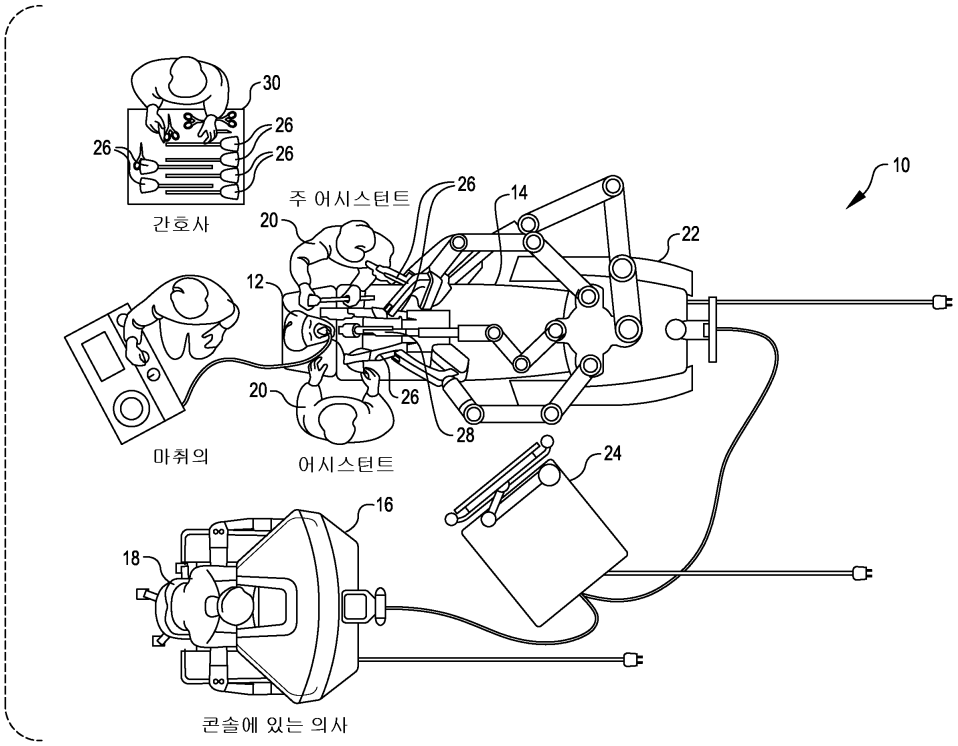
[0130] 조합된 특징

[0131] 도 26은 본원에 개시된 링크된 견인 부재에 의해서 관절화된 2 자유도 손목을 가진 컴팩트 손목(600), 및 2 자유도 손목을 가로질러 각도를 통해 토크를 전달하기 위한 본원에 개시된 이중 만능 관절의 사용을 예시한다. 컴팩트 손목(600)은 2 자유도 손목, 링크된 견인 부재에 의한 손목 관절화, 및 이중 만능 관절에 의한 각도를 통한 토크 전달을 통합한다. 이들 세 가지 양태가 모두 컴팩트 손목(600)에 포함되지만, 손목은 본원에 개시된 양태들 중 어느 것이라도 개별적으로 또는 어떤 적합한 조합으로 이용할 수 있다. 이들 세 가지 조합된 양태의 이점은 큰 각도 변위 능력(예를 들어, 어떤 방향에서도 약 60도까지) 및 상대적으로 짧은 길이로서 2 자유도 손목을 통해 중심선 분기 토크를 전달할 수 있는 능력이다. 최소 침습 수술 환경에서(예를 들어, 장 수술 동안), 이러한 짧은 길이의 손목 메커니즘은 작동을 위해 토크 전달을 필요로 하는 수술 단부 작동기가 타이트한 공간에서 조종(피치, 요우, 롤)될 수 있도록 함으로써 관절화된 단부 작동기와 지지 샤프트의 원단부 사이의 외측 거리가 최소화된다는 점이다. 상기 설명은 특정한 양태 및 특징을 설명하는데 치중되었다. 그러나, 다양한 양태 및 특징이 실시할 때는 언제든지 조합될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 즉, 한 가지 구체예를 참조하여 상기 설명된 특정한 양태 및 특징들은 다른 구체예들이 구체적으로 도시되지 않았더라도 하나 이상의 다른 구체예에 통합될 수 있다.

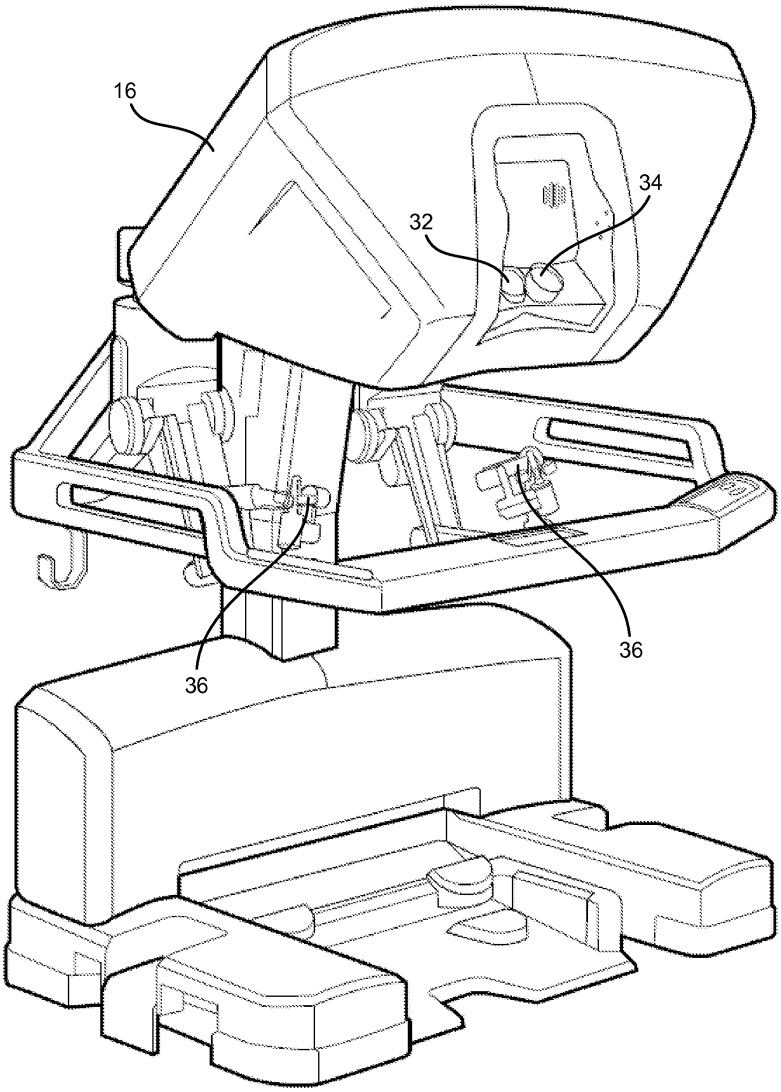
[0132] 실시예 및 구체예들은 단지 예시의 목적이며, 이들에 비추어 다양한 변형이나 변화가 당업자에게 제안되며, 본 출원의 사상 및 범위와 첨부된 청구항의 범위 내에 포함된다는 것이 이해된다. 수많은 상이한 조합이 가능하며, 이러한 조합은 본 발명의 일부로서 고려된다.

도면

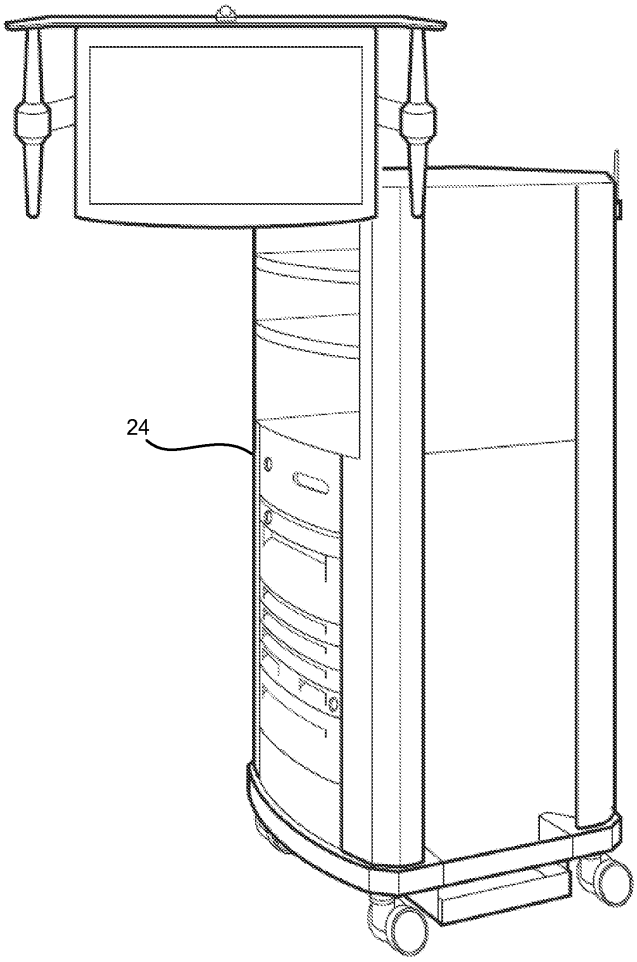
도면1


30
26
26
26
간호사
주 어시스턴트
26
14
10
20
22
12
20
26
28
마취의
어시스턴트
24
16
18
콘솔에 있는 의사

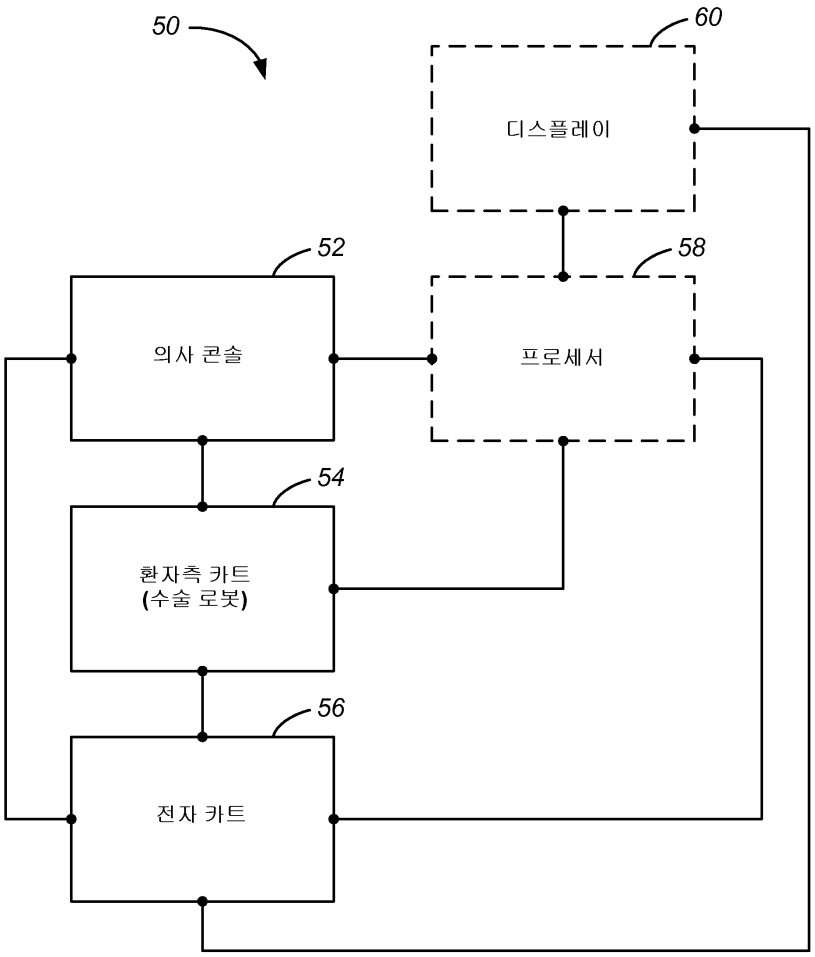
도면2



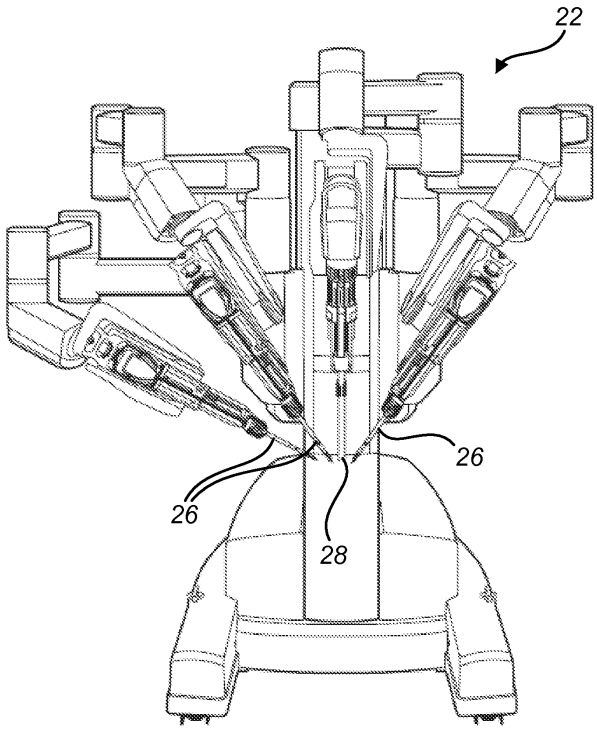
도면3



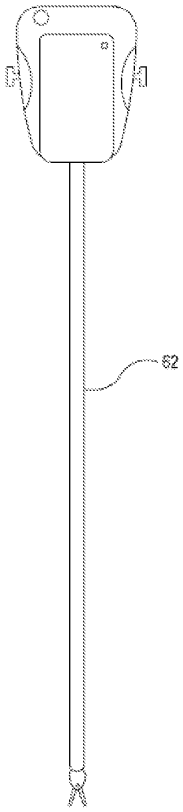
도면4



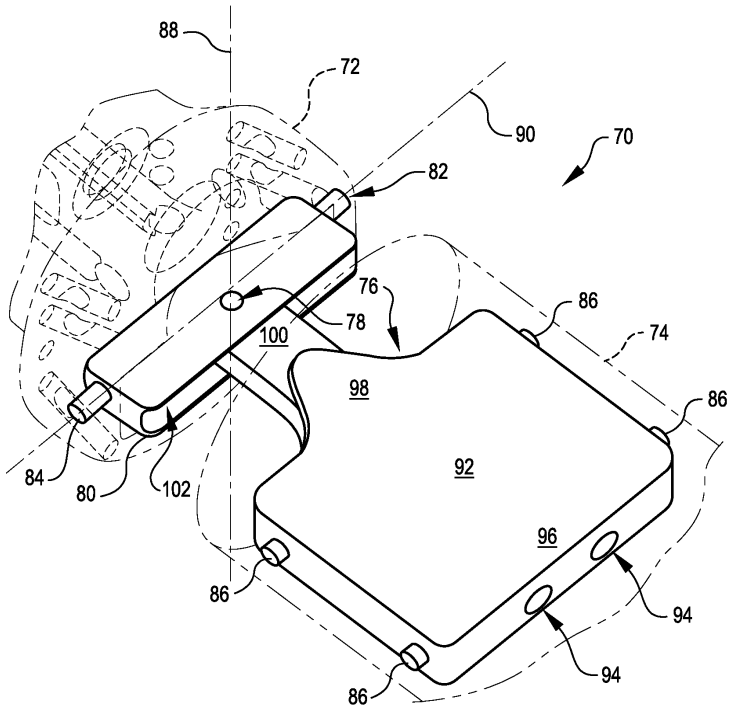
도면5a



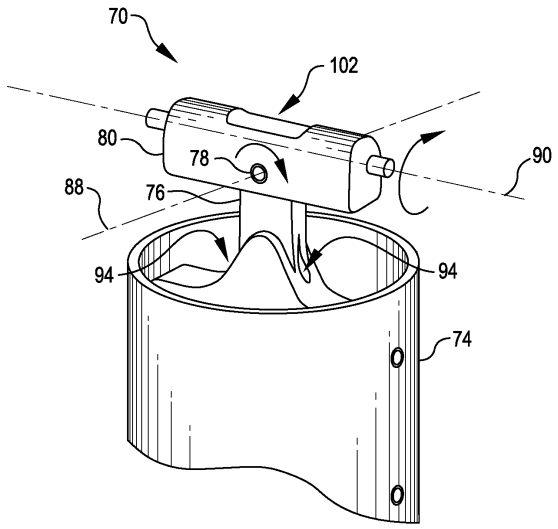
도면5b



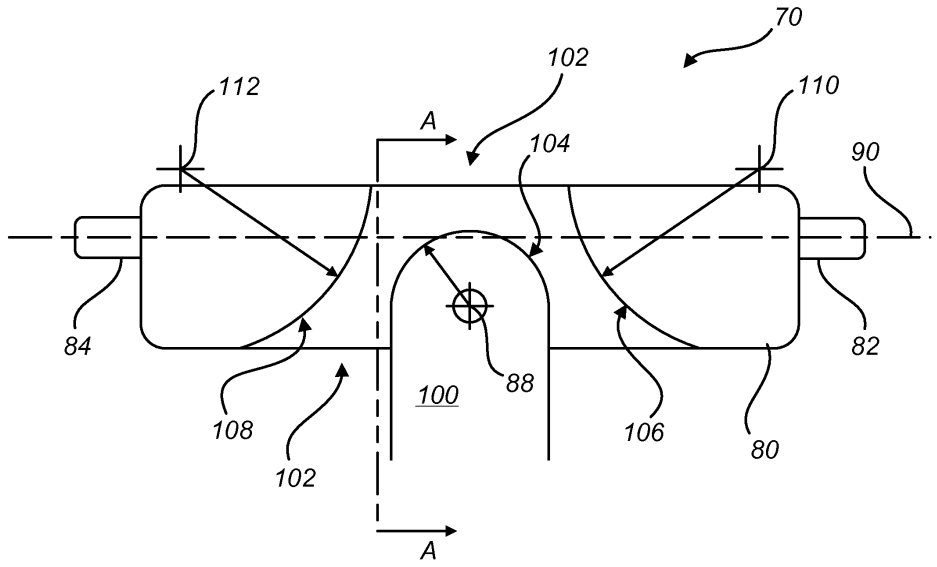
도면6


88
72
90
70
82
76
78
86
74
100
98
86
92
84
80
102
96
86
94
94
86

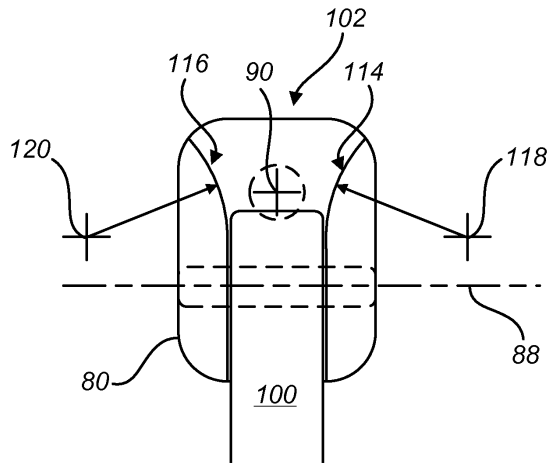
도면7


70
102
80
78
90
88
76
94
94
74

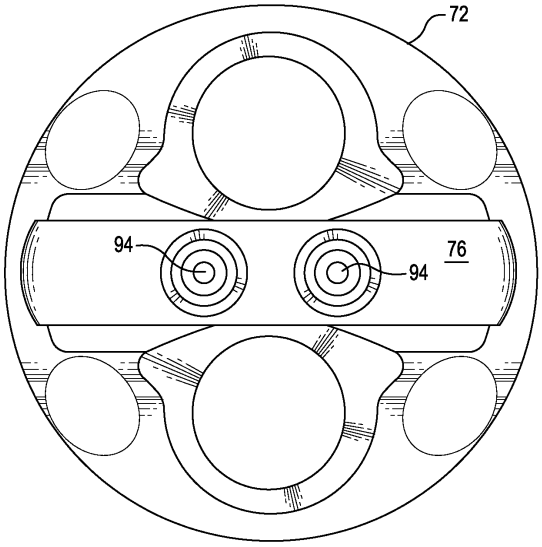
도면8a


70
102
112
110
A
104
90
84
82
88
100
108
106
80
102
A

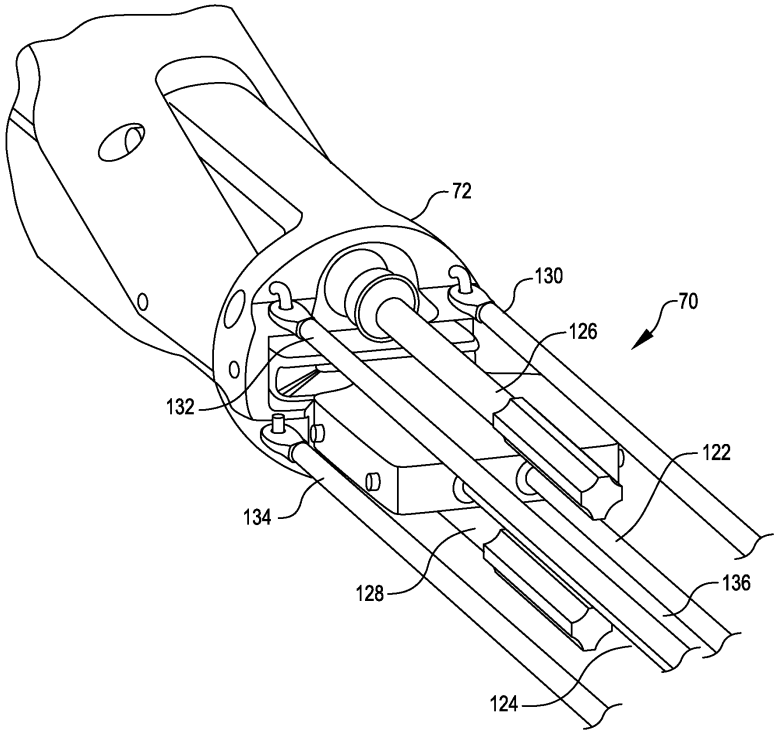
도면8b


102
116
90
114
120
118
88
80
100

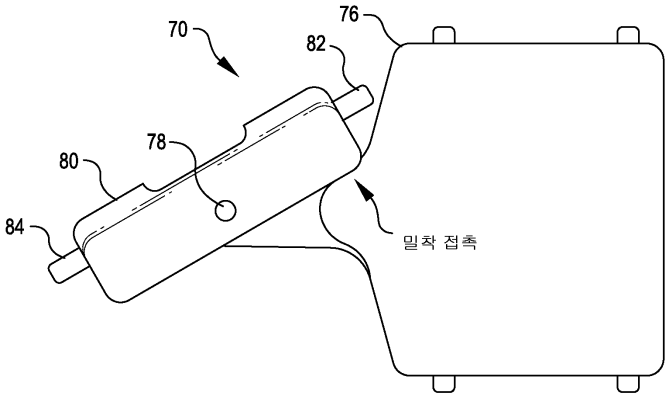
도면9



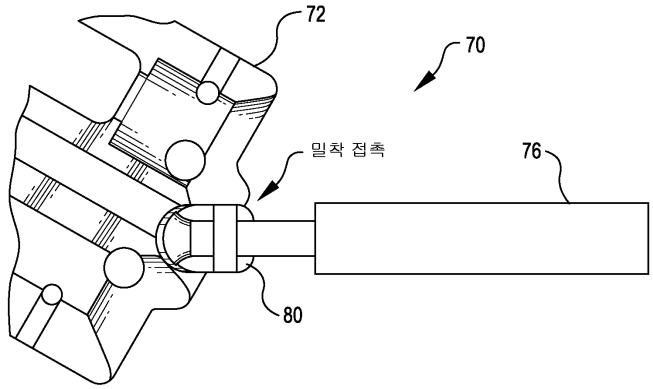
도면10



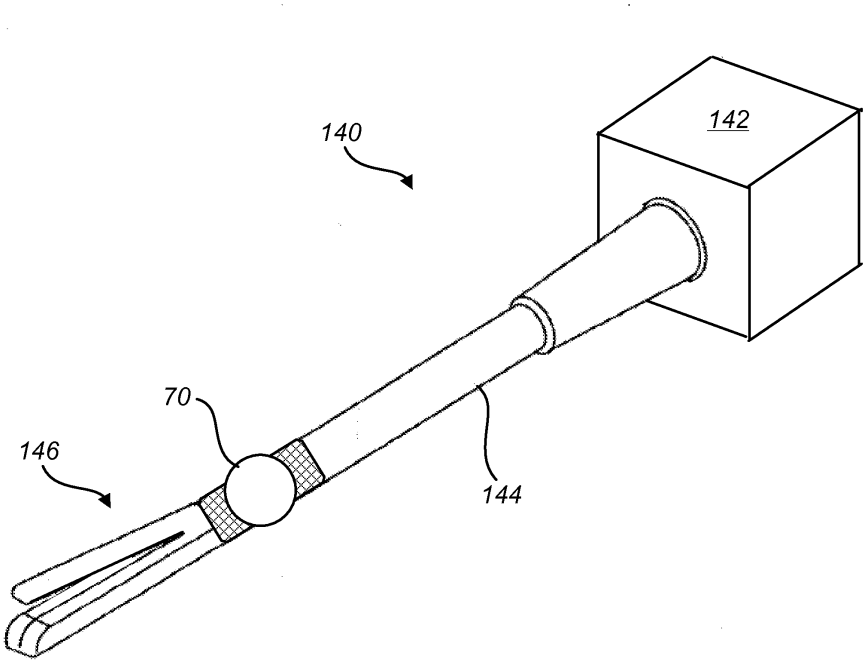
도면11a



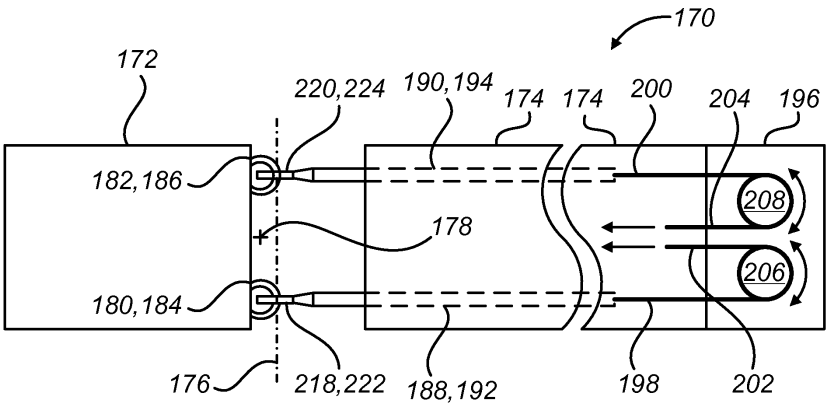
도면11b



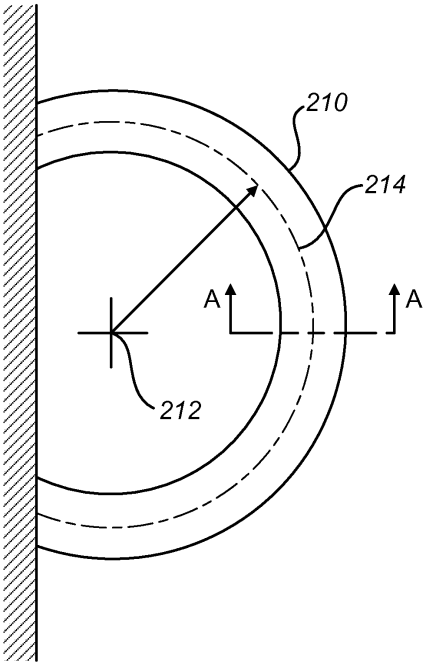
도면12


140
142
70
146
144

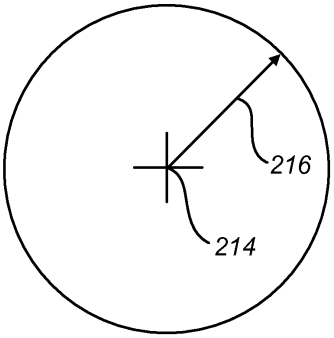
도면13a


170
172
220,224
190,194
174
174
200
204
196
182,186
178
208
206
180,184
176
218,222
188,192
198
202

도면13b

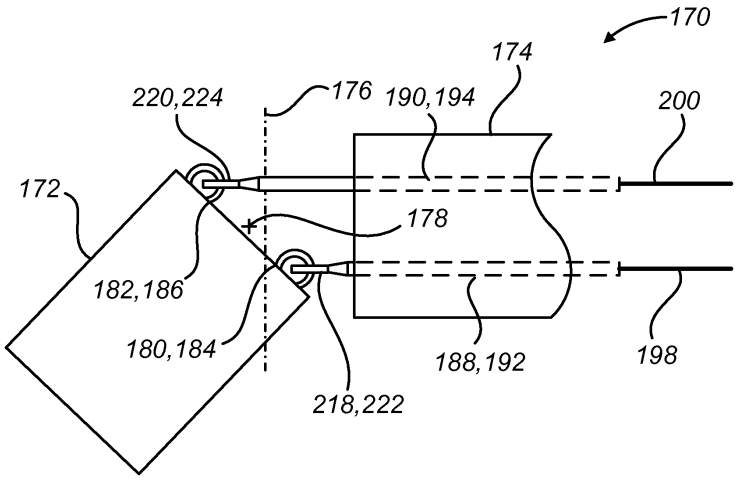


도면13c

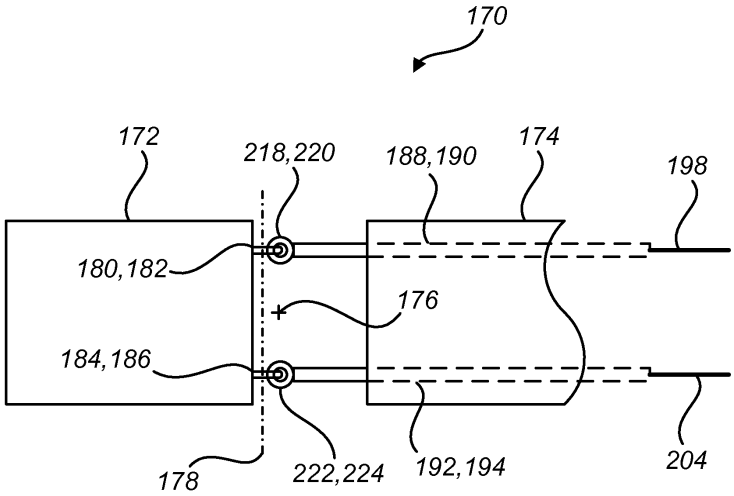


단면 **A-A**

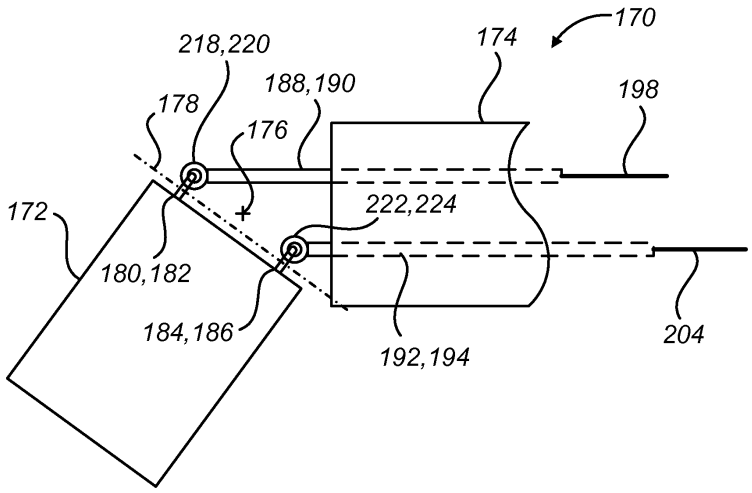
도면13d


170
174
220,224
176
190,194
200
172
178
182,186
180,184
188,192
198
218,222

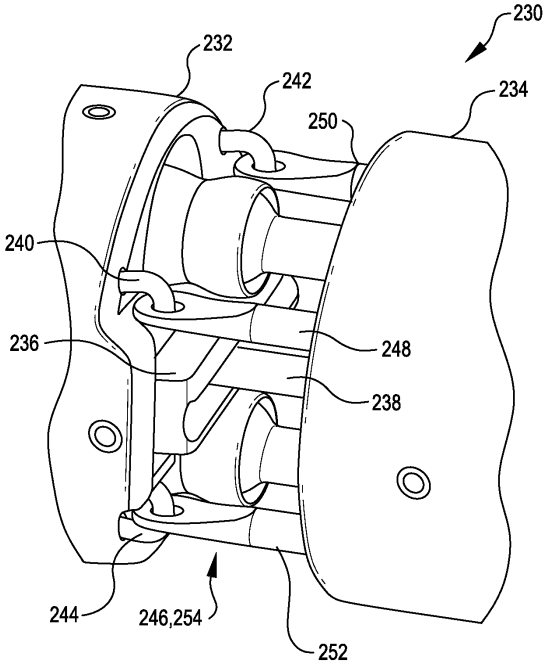
도면13e


170
172
218,220
188,190
174
198
180,182
176
184,186
178
222,224
192,194
204

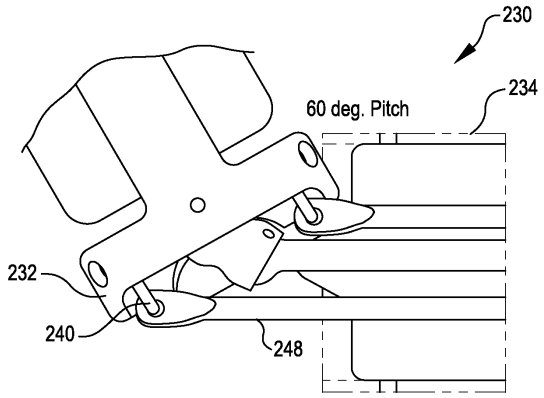
도면13f


170
174
218,220
188,190
198
178
176
222,224
172
180,182
184,186
192,194
204

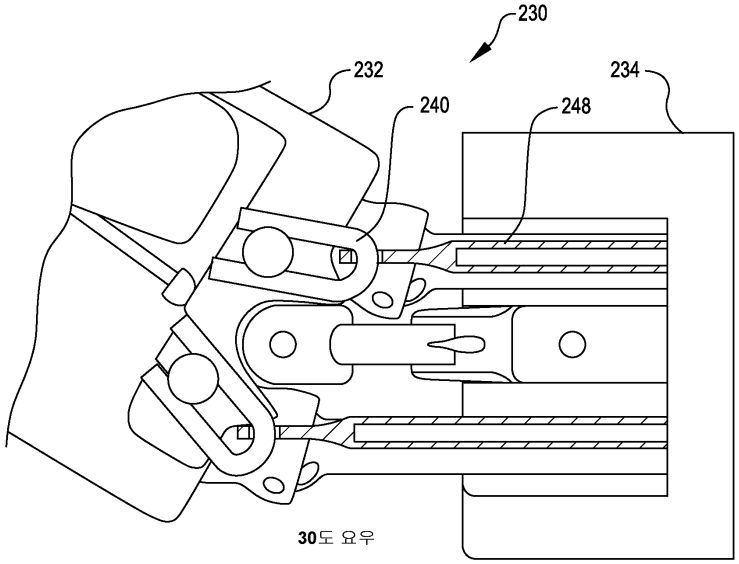
도면13g


230
232
242
234
250
240
248
236
238
244
246,254
252

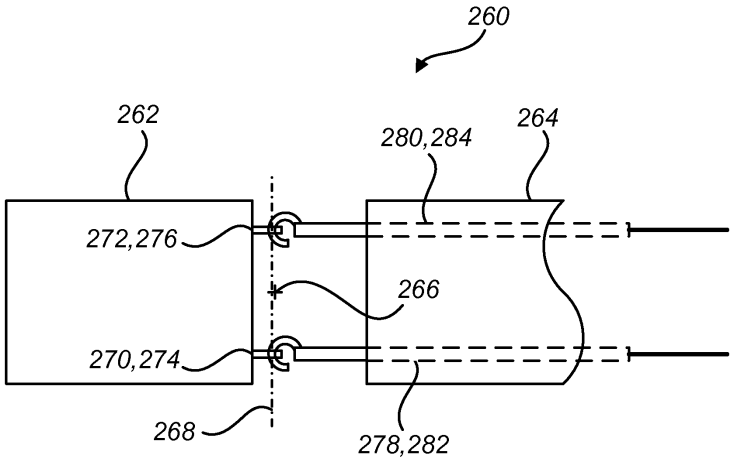
도면13h



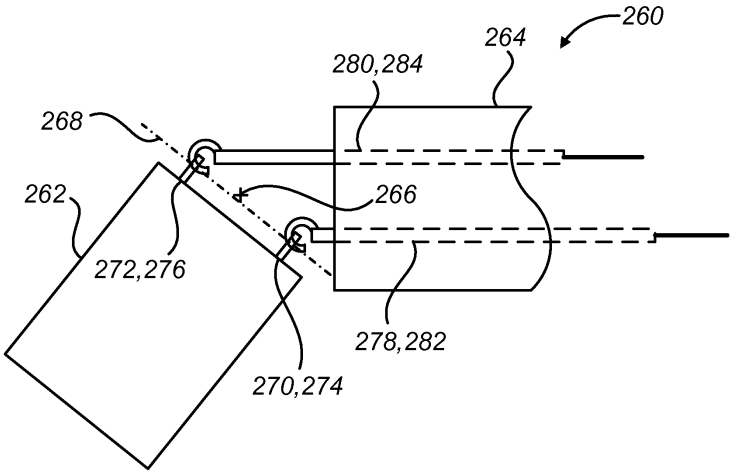
도면13i



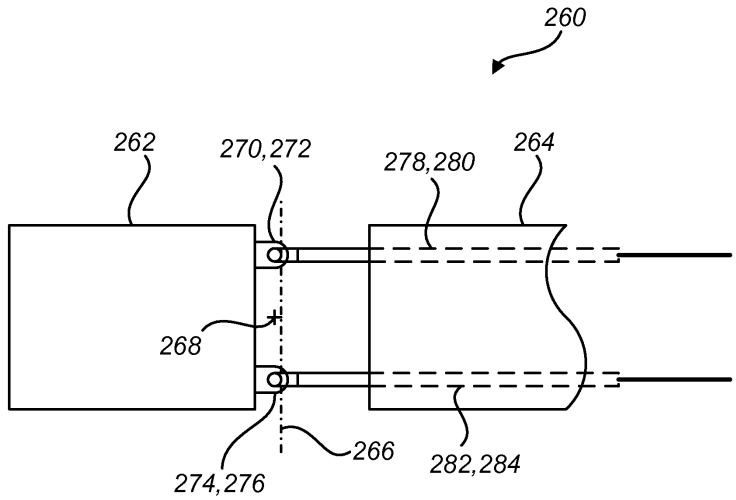
도면14a


260
262
280,284
264
272,276
266
270,274
268
278,282

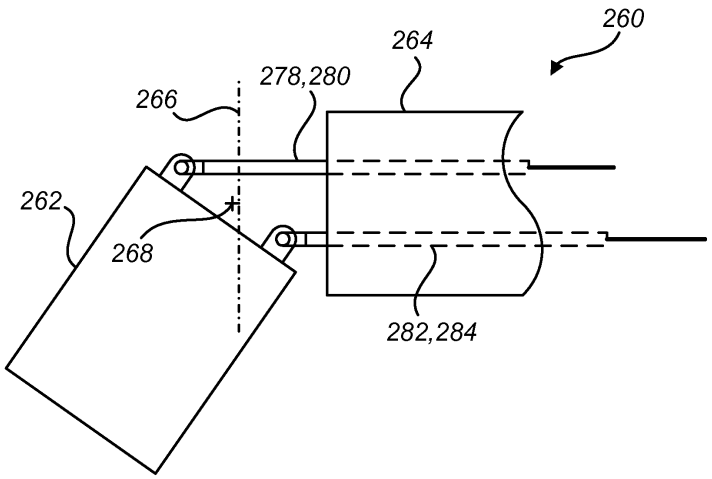
도면14b


260
264
280,284
268
262
266
272,276
278,282
270,274

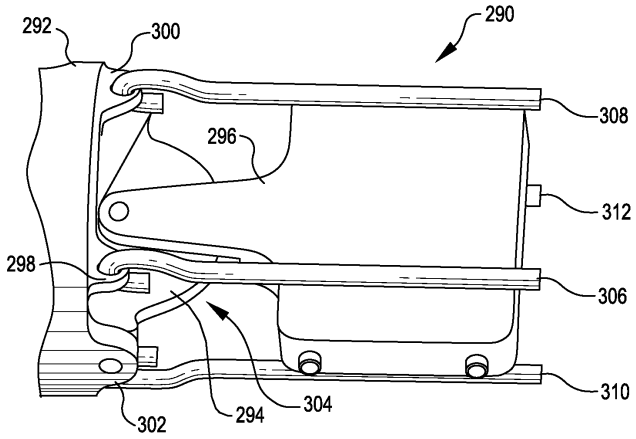
도면14c


260
262
270,272
278,280
264
268
266
274,276
282,284

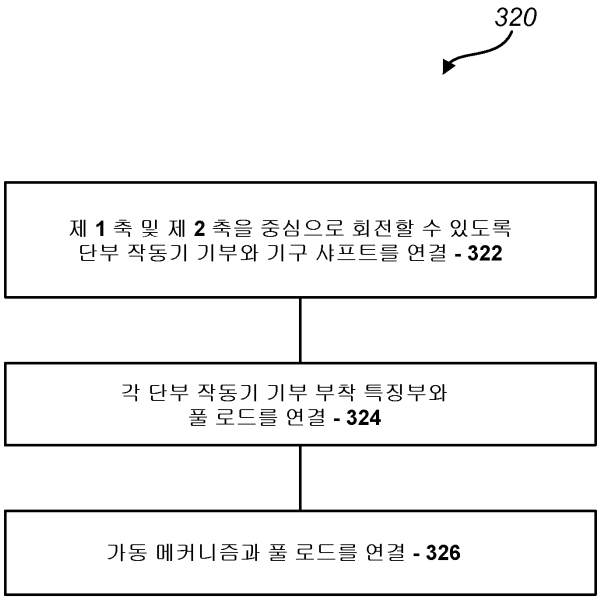
도면14d


260
264
278,280
266
262
268
282,284

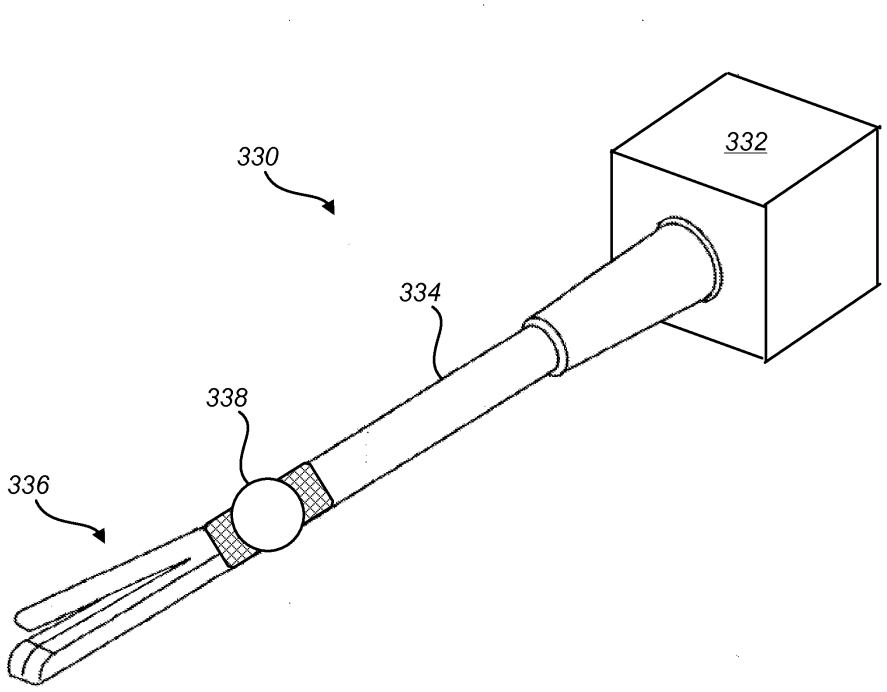
도면14e


292
300
290
308
296
312
298
306
310
304
294
302

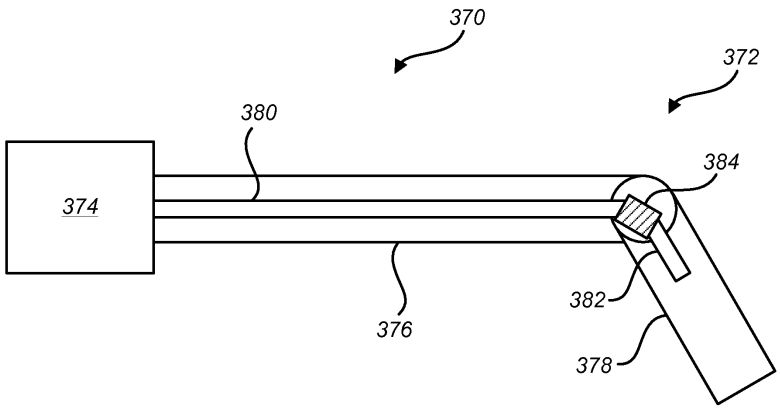
도면15


320
제 1 축 및 제 2 축을 중심으로 회전할 수 있도록
단부 작동기 기부와 기구 샤프트를 연결 - 322
각 단부 작동기 기부 부착 특징부와
풀 로드를 연결 - 324
가동 메커니즘과 풀 로드를 연결 - 326

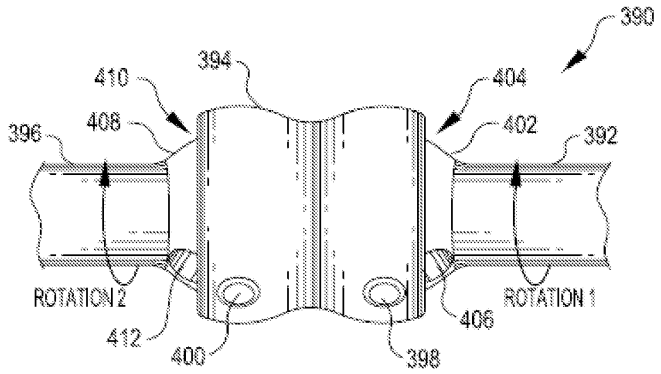
도면16



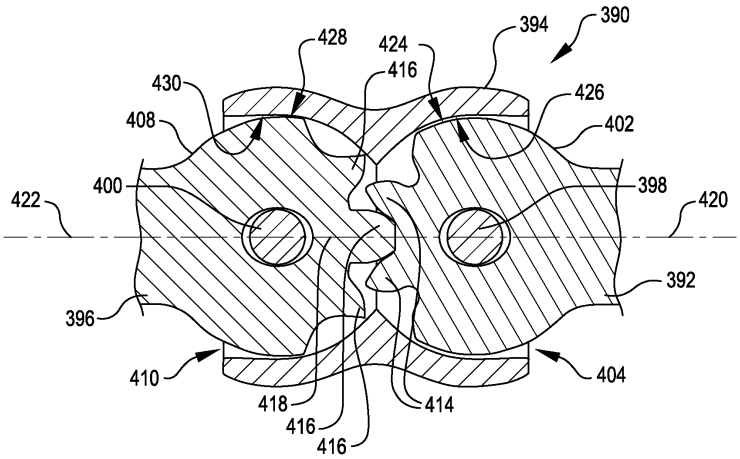
도면17



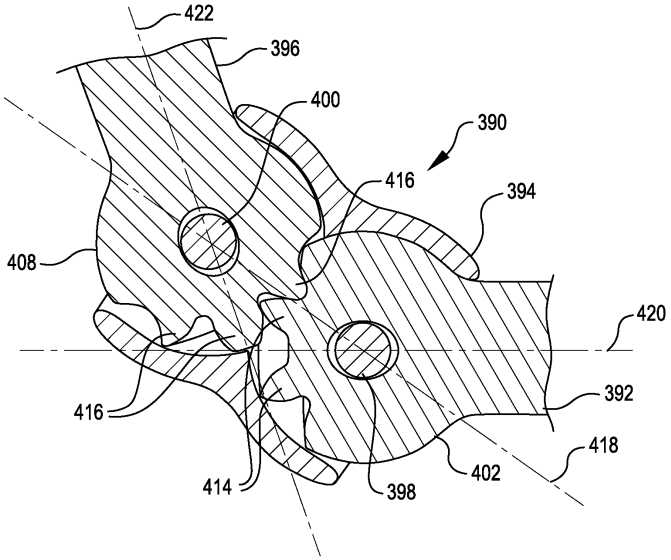
도면18


390
394
410
404
408
402
396
392
ROTATION 2
ROTATION 1
412
400
406
398

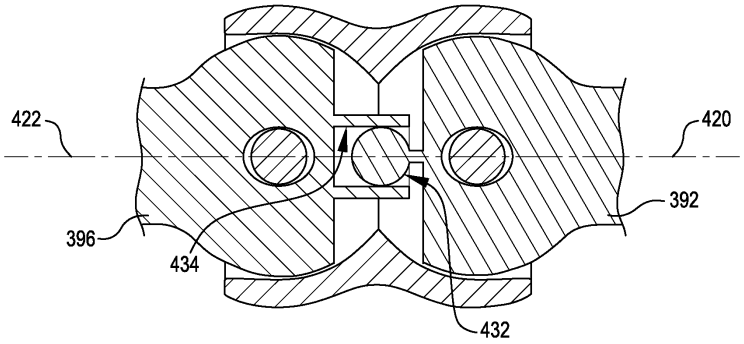
도면19a


428
424
394
390
416
430
426
408
402
400
398
422
420
392
396
410
404
418
414
416
416

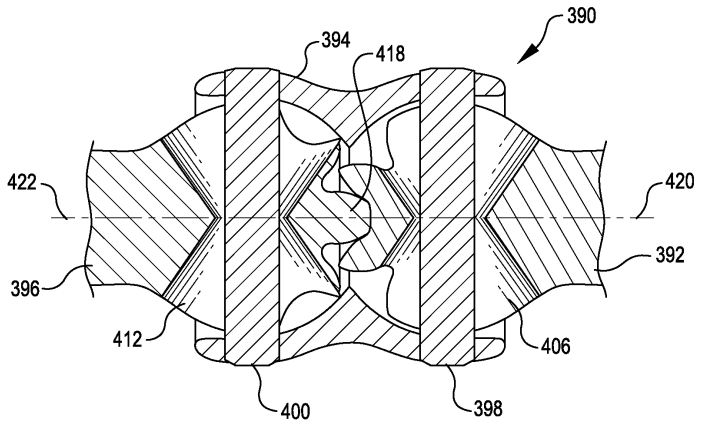
도면19b


422
396
400
390
416
394
408
420
392
416
418
402
414
398

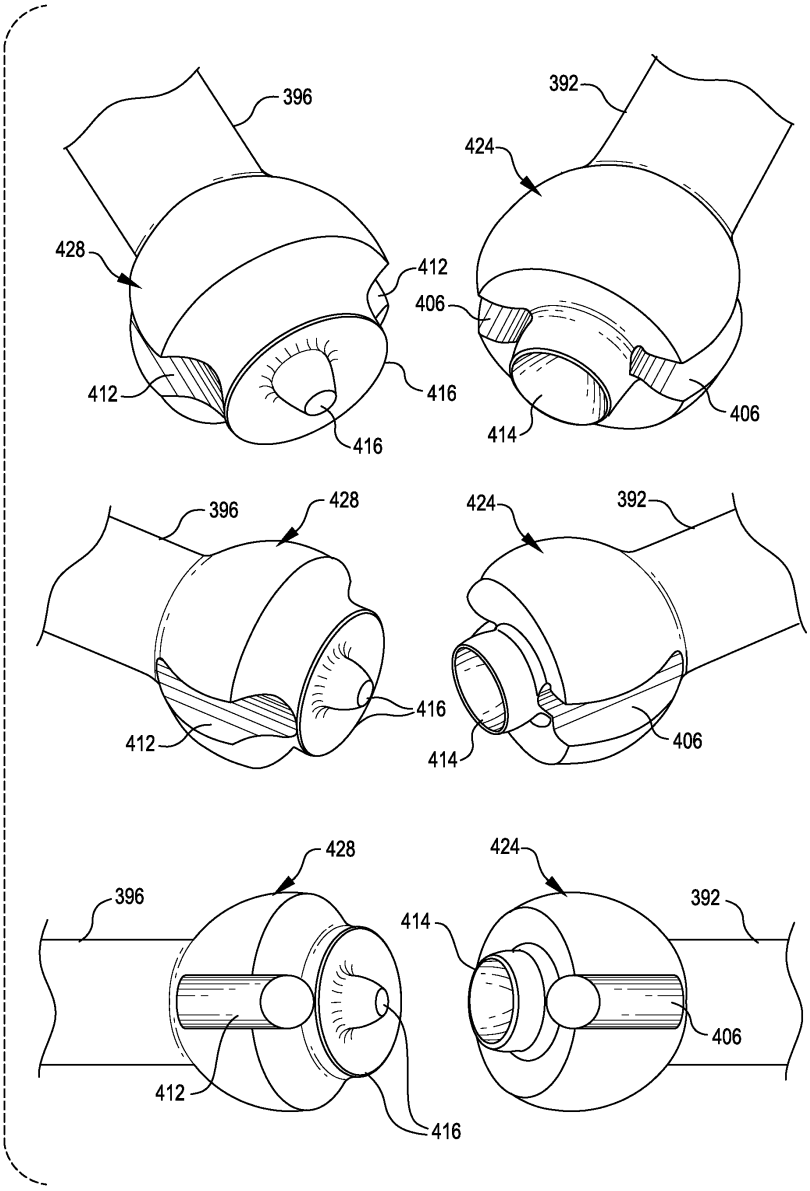
도면19c


422
420
392
396
434
432

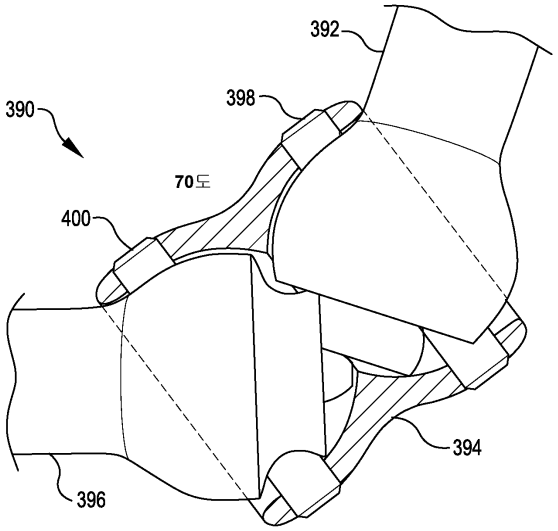
도면19d



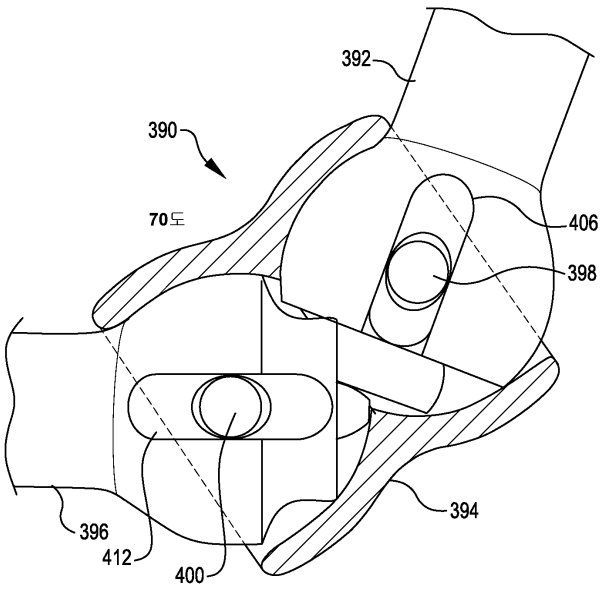
도면20


396
392
424
428
412
406
412
416
416
414
406
396
428
424
392
416
412
414
406
428
424
396
414
392
406
412
416

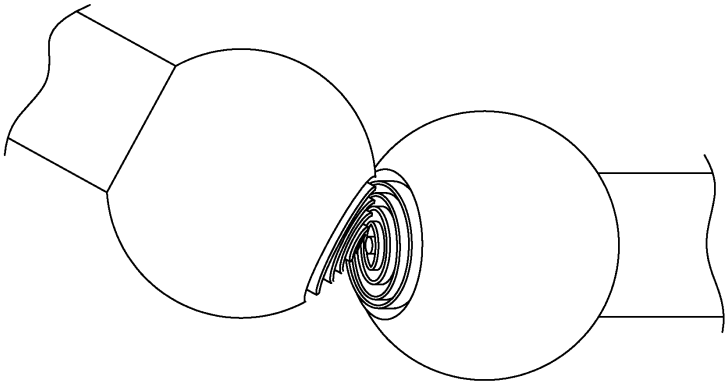
도면21a



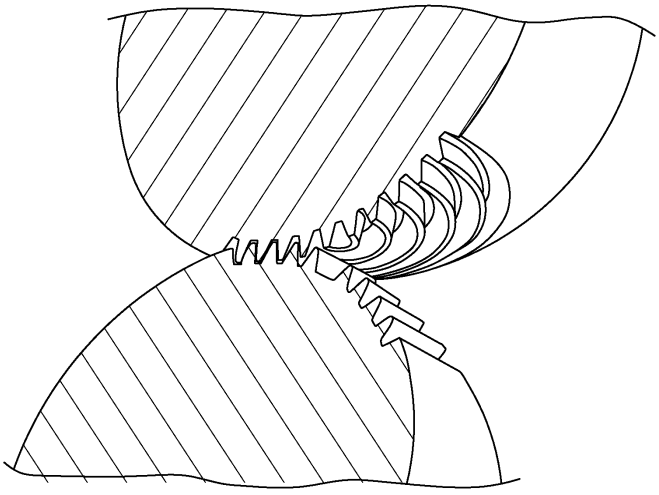
도면21b



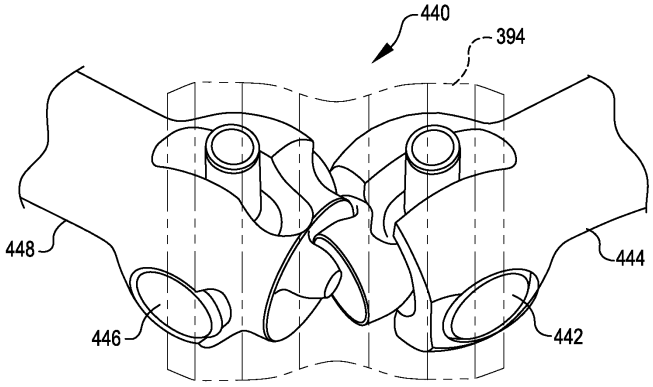
도면22a



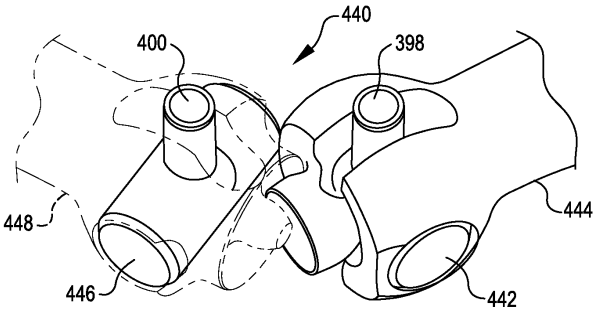
도면22b



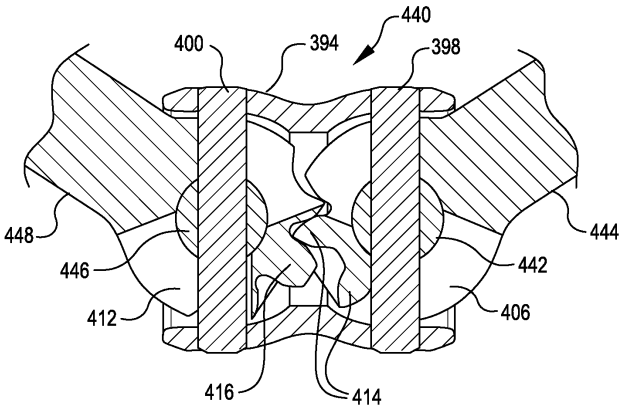
도면23a



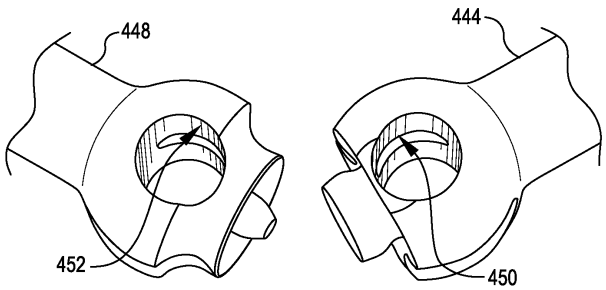
도면23b



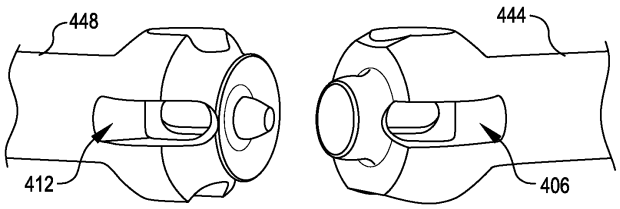
도면23c



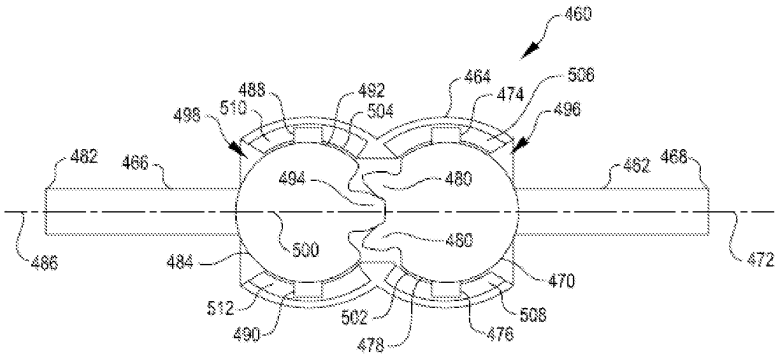
도면23d



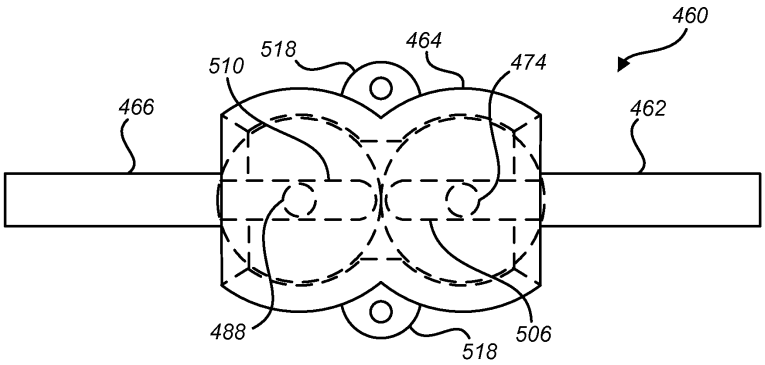
도면23e



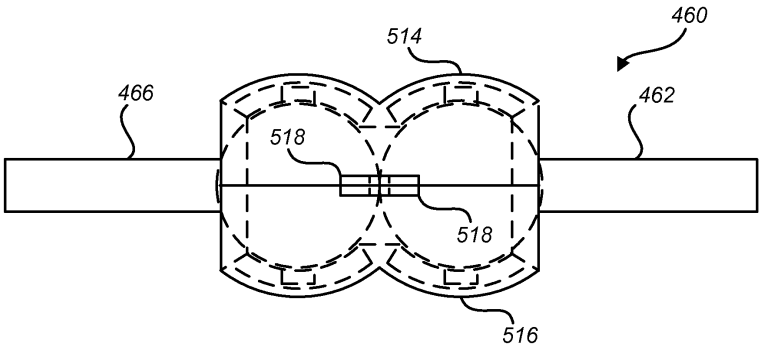
도면24a



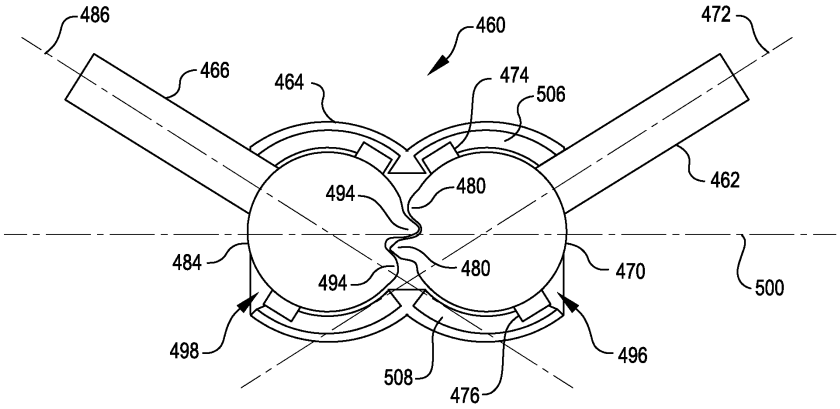
도면24b



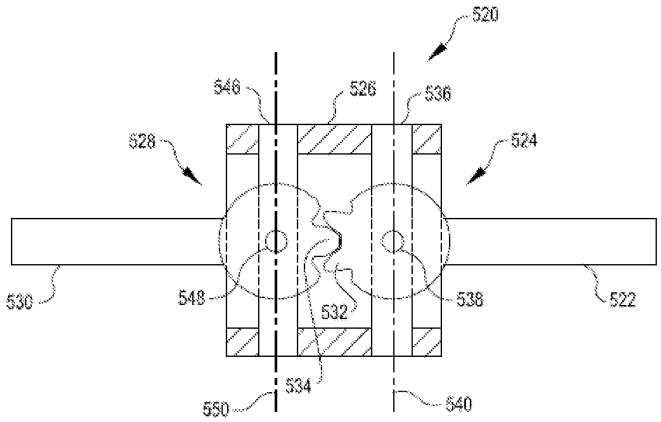
도면24c



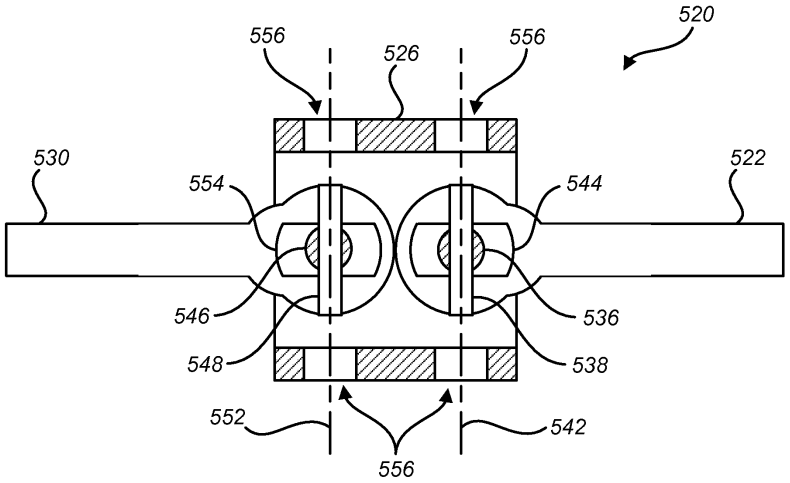
도면24d



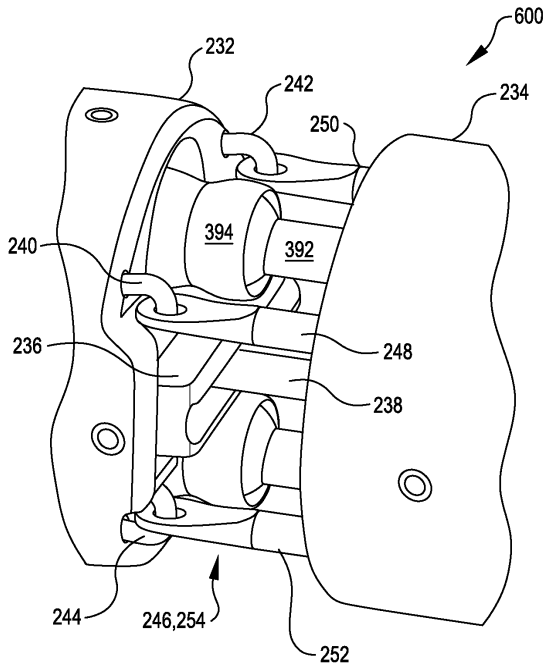
도면25a



도면25b


520
556
526
556
530
554
544
522
546
536
548
538
552
542
556

도면26


600
232
242
234
250
394
392
240
236
248
238
244
246,254
252