(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0056950
(43) 공개일자 2025년04월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 34/00 (2016.01) *A61B 34/30* (2016.01)
A61B 34/35 (2016.01)
(52) CPC특허분류
A61B 34/71 (2016.02)
A61B 34/30 (2016.02)
(21) 출원번호 10-2025-7009397
(22) 출원일자(국제) 2023년08월21일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2025년03월21일
(86) 국제출원번호 PCT/IB2023/058307
(87) 국제공개번호 WO 2024/042445
국제공개일자 2024년02월29일
(30) 우선권주장
102022000017592 2022년08월25일 이탈리아(IT)

(71) 출원인
메디컬 마이크로인스트러먼츠, 아이엔씨.
미국, 델라웨어, 윌링턴, 더 코퍼레이션 트러스트 컴퍼니, 오렌지 스트리트 1209
(72) 발명자
바게리 가비페커, 마테오
이탈리아, 아이-56121 피사, 52/54/56 비아 이지디오 지아네시, 씨/오 메디컬 마이크로인스트러먼츠, 아이엔씨.
시미, 마시밀리아노
이탈리아, 아이-56121 피사, 52/54/56 비아 이지디오 지아네시, 씨/오 메디컬 마이크로인스트러먼츠, 아이엔씨.
(74) 대리인
특허법인성암

전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **수술 원격 조작을 위한 관절형 수술용 미세 도구**

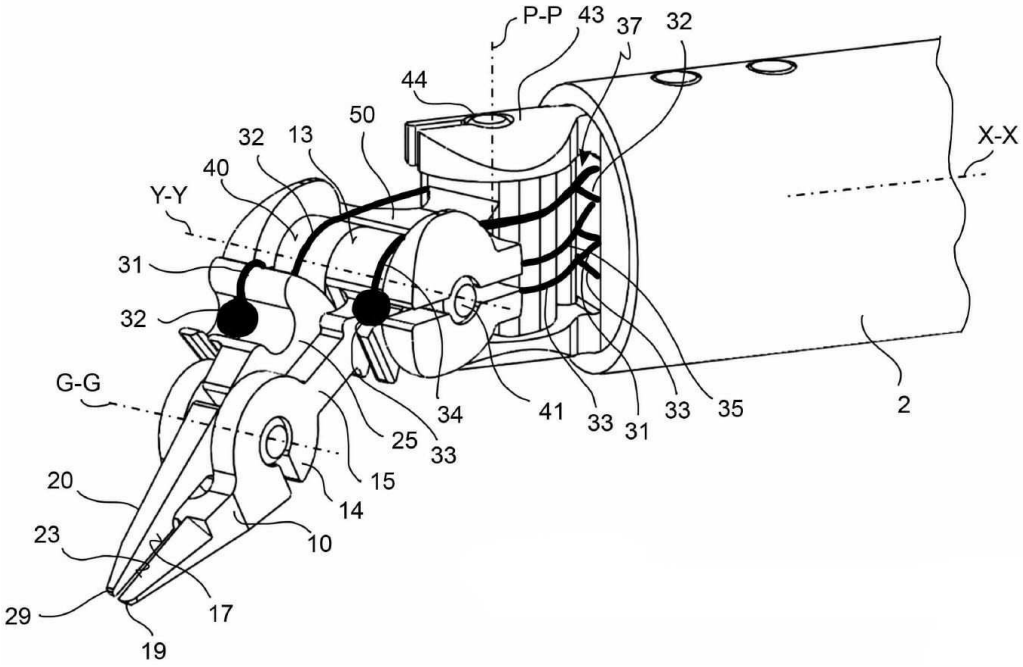
(57) 요 약

"수술 원격 조작을 위한 관절형 수술용 미세 도구"

지지 구조, 상기 지지 구조에 관절형으로 연결되는 제 1 링크(10), 상기 제 1 링크에 관절형으로 연결되는 제 2 링크(20)를 포함하고; 상기 제 1 링크를 이동시키기 위한 작동 힘줄(33 또는 34)을 포함하고, 상기 제 1 링크는

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도3



제 1 회전 축(Y-Y)을 중심으로 하는 반경(R1)을 가지는 권선 풀리부(18)를 가지는 부착 루트(13)를 포함하고, 상기 제 1 링크를 이동시키기 위한 작동 힘줄(33 또는 34)은 상기 제 1 링크의 부착 루트(13)의 상기 권선 풀리부 주위에 감겨 있는 수술 도구; 상기 수술 도구는 개폐 자유도(G)의 폐쇄 방향으로 상기 제 1 링크에 대해 상기 제 2 링크를 이동시키기 위한 작동 힘줄(32)을 포함하고, 상기 제 2 링크(20)는 제 2 회전축(G-G)을 중심으로 하는 작동 반경(R2)을 가지는 원주 작동 부분(28; 142)을 포함하며; 상기 제 2 링크(20)의 원주 작동 부분(28; 128)의 작동 반경(R2)은 상기 제 1 링크(10)의 부착 루트(13)의 권선 풀리 부분의 반경(R1)보다 크다.

(52) CPC특허분류
A61B 34/35 (2016.02)
A61B 34/72 (2016.02)
A61B 2034/305 (2016.02)

명 세 서

청구범위

청구항 1

- 지지 구조

- 상기 지지 구조에 관절형으로 연결되는 제 1 링크(10), 상기 제 1 링크(10)와 상기 지지 구조는 제 1 회전축(Y-Y)을 중심으로 상대적으로 회전할 수 있고,

- 상기 제 1 링크에 관절형으로 연결되는 제 2 링크(20), 상기 제 2 링크(20)와 상기 제 1 링크(10)는 제 2 회전축(G-G)을 중심으로 상대적으로 회전하고, 상기 관절형 엔드 이펙터(3)의 개폐 자유도(G)를 공동으로 정의하고,

- 수술 도구는 상기 지지 구조에 대해 상기 제 1 링크(10)를 이동시키기 위한 요 작동 힘줄(33 또는 34)을 포함하고,

- 상기 제 1 링크는 상기 제 1 회전 축(Y-Y)을 중심으로 반경(R1)을 가지는 권선 풀리부(18)를 가지는 부착 루트(13)를 포함하고,

- 상기 제 1 링크를 이동시키기 위한 상기 요 작동 힘줄(33 또는 34)은 상기 제 1 링크의 상기 부착 루트(13)의 상기 권선 풀리부(18) 주위에 감겨있고,

- 상기 수술 도구는 상기 개폐 자유도(G)의 폐쇄 방향으로 상기 제 2 링크(20)를 상기 제 1 링크에 대해 이동시키기 위한 폐쇄 작동 힘줄(32)을 더 포함하고,

- 상기 제 2 링크(20)는 상기 제 2 회전축(G-G)을 중심으로 작동 반경(R2)을 가지는 원주 작동 부분(28; 142)을 포함하고,

- 상기 제 1 회전축(Y-Y)과 상기 제 2 회전축(G-G)은 서로 분리되고,

- 상기 제 2 링크(20)의 상기 원주 작동 부분(28; 128)의 작동 반경(R2)은 상기 제 1 링크(10)의 부착 루트(13)의 권선 풀리부(18)의 반경(R1)보다 큰 관절형 엔드 이펙터(3)를 포함하는 수술 도구(1).

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 제 2 링크(20)의 원주 작동 부분은 상기 제 2 회전 축(G-G)을 중심으로 작동 반경(R2)을 가지는 원주 프로파일을 가지는 풀리부(28)이고, 상기 제 2 링크를 이동시키기 위한 폐쇄 작동 힘줄(32)은 상기 제 2 링크의 풀리부(28) 주위에 감겨 있는 수술 도구.

청구항 3

제 2항에 있어서, 상기 제 2 링크(20)는 상기 제 2 회전축(G-G)에 근위하여 연장되는 근위 꼬리(25)를 가지는 바디를 포함하고, 상기 근위 꼬리(25)는 상기 제 2 회전축(G-G)을 중심으로 하는 원주 프로파일을 가지는 풀리부(28)를 포함하는 수술 도구.

청구항 4

제 3항에 있어서, 상기 근위 꼬리(25)는 풀리부(28)를 측면에서 감싸고, 폐쇄 작동 힘줄(32)을 되돌려 상기 제 2 링크를 움직이기 위한 적어도 하나의 복귀 표면(22)을 포함하는 수술 도구.

청구항 5

제 1항 내지 제 4항 중 어느 하나의 항에 있어서, 길항적 효과를 통해 상기 제 1 링크에 대해 상기 제 2 링크(20)를 이동시키기 위한 상기 폐쇄 작동 힘줄(32)을 포함하는 한 쌍의 길항적 작동 힘줄(31, 32)을 포함하고, 한 쌍의 작동 힘줄(31, 32)이 상기 제 2 링크(20)의 원주 프로파일을 가진 풀리부(28) 주위에 감겨 있고, 상기 제 1 회전축(Y-Y)과 상기 제 2 회전축(G-G) 사이에서 상기 제 2 링크(20)를 움직이기 위한 길항 작동 힘줄(31,

32)의 각각의 경로가 크로스(30)를 그리는 수술 도구.

청구항 6

제 1항 내지 제 5항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 관절형 엔드 이펙터(3)는 상기 제 2 링크(20)에 근위로 배치된 슬라이딩 허브(40)를 더 포함하고, 상기 제 2 링크(20)를 이동시키기 위한 폐쇄 작동 힘줄(32)은 종단방향의 슬라이딩 접촉으로 슬라이딩 허브(40) 주위에 감겨 있는 수술 도구.

청구항 7

제 1항 내지 제 6항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 제 1 회전축(Y-Y)과 상기 제 2 회전축(G-G)은 평행하고, 상기 관절형 엔드 이펙터(3)의 모든 작동 구성에서 바람직하게는 일정한 거리(X1)만큼 간격이 있는 수술 도구.

청구항 8

제 1항 내지 제 7항 중 어느 하나의 항에 있어서, 상기 제 2 링크(20)의 풀리부(28)의 작동 반경(R2)은 그 횡방향 크기(Y2)보다 크고, 및/또는 상기 풀리부(28)의 작동 반경(R2)은 수술 도구의 위치 지정 샤프트(2)의 반경보다 큰 수술 도구.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 제 2 링크(20)의 원주 작동 부분은 상기 제 2 회전 축(G-G)을 중심으로 작동 반경(R2)을 가지는 톱니 원주 프로파일(142)을 포함하고,

- 상기 관절형 엔드 이펙터는 상기 제 1 회전축(Y-Y)에 장착된 톱니 링크(140)를 포함하고,

- 상기 톱니 링크(140)는 상기 제 1 회전축(Y-Y)을 중심으로 하고 상기 톱니 링크(140)의 톱니 부분(142)에 결합된 원주 톱니 카운터 부분(141)을 포함하고;

- 상기 톱니 링크(140)는 상기 제 1 회전축(Y-Y)을 중심으로 하는 권선 반경(R4)을 가지는 풀리부(118)를 포함하고,

- 상기 폐쇄 작동 힘줄(32)은 상기 톱니 링크(140)의 풀리부(118) 주위에 감겨있는 수술 도구.

청구항 10

제 9항에 있어서, 상기 제 2 링크(20)의 톱니 원주 프로파일(142)의 작동 반경(R2)이 톱니 링크(140)의 풀리부(118)의 권선 반경(R4)보다 큰 수술 도구.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 수술 도구에 관한 것이다.

[0002] 특히, 본 발명에 따른 수술 도구는 관절형 엔드 이펙터(articulated end effector)를 포함한다.

[0003] 본 발명에 따른 수술 도구는 로봇 미세 수술 원격 조작 시스템에 특히 적합하지만, 이에 국한되지 않는다.

배 경 기 술

[0004] 로봇 수술 도구는 일반적으로 알려진 바와 같이, 중앙 로봇 타워(또는 카트)와 중앙 로봇 타워에서 연장된 하나 이상의 로봇 팔을 포함한다. 각 팔은 환자에게 수술 절차를 수행하기 위해 말단으로(distally) 부착할 수 있는 수술 도구를 이동시키기 위한 전동 위치 결정 시스템(또는, 조작기)을 포함한다. 환자는 일반적으로 수술실에 있는 수술용 침대에 누워 있으며, 상기 침대는 로봇 장치의 비멸균 부품으로 인한 세균 오염을 방지하기 위해 무균 상태가 보장된다.

[0005] 수술 도구의 소형화, 특히 로봇 수술을 위한 관절형 엔드 이펙터의 소형화는 수술을 받는 환자에게 최소한의 침습으로 유리한 시나리오를 열어줄 뿐만 아니라 조직의 밀리미터 및 서브밀리미터 단위의 해부 능력을 가능하게

해주기 때문에 특히 바람직하다.

[0006] 예를 들어, 동일한 출원인의 US-10582975, WO-2017-064303 및 WO-2018-18972는 로봇 수술 및 미세 수술에 적합한 수술 도구의 다양한 실시예를 공개하는데, 여기서 관절을 소형화하기 위해 힘줄(tendons)이 미끄러지면서 구멍이나 오목한 가이드 채널을 만들 필요없이 미끄러지는 동작으로 안내된다. 반면에, 작동 힘줄은 적절한 볼록한 슬라이딩 표면에 의해 지지되고 위치가 유지되는데, 이 표면은 모두 서로 평행한 생성기를 가지는 규칙적인 표면이고, 각각의 규칙적인 슬라이딩 표면은 주어진 축에 평행하다. 또한, 동일한 출원인의 WO-2017-064305, EP-3362218 및 EP-3597340은 이러한 유형의 수술 도구를 제조하는 몇 가지 방법을 공개한다.

[0007] 동일한 출원인의 WO-2018-189722는 관절형 엔드 이펙터의 개폐 자유도를 작동시키는 힘줄이 엔드 이펙터 링크의 볼록 규칙한 슬라이딩 표면에서 슬라이딩하는 것 외에도, 해당 볼록 규칙한 슬라이딩 표면에 감기는 수술 도구를 공개하며, 특히 높은 권선 각도를 이루는 아치형 경로를 설명한다. 사실, 힘줄의 낮은 슬라이딩 마찰로 인해, 힘줄은 상대적으로 길고 아치형의 종단면을 통해 링크의 볼록 규칙한 표면과 접촉할 수 있다.

[0008] 또한, 동일한 출원인의 US-2021-0106393은 얽힌 폴리머 섬유로 만들어진 힘줄의 일부 실시예를 개시한다. 폴리머 힘줄을 사용하면 금속 힘줄을 사용하는 경우에 비해 슬라이딩 마찰을 줄일 수 있으며, 동시에 힘줄의 적절한 치수를 통해 관절형 엔드 이펙터에서 권선형 종방향 경로를 이동할 수 있다.

[0009] 또한, 관절형 절단 끝이 제공되고, 적어도 두 개의 풀리(pulley)에 감긴 작동 케이블을 통해 작동되는 수술 도구가 알려져 있으며, 여기서 블레이드 홀더는 동일한 관절형 끝의 근위 풀리에 비해 직경이 증가한 원위 풀리를 포함하며, 이는 원위 작동 풀리의 반경을 증가시켜 절단력을 증가시키려는 시도이다. 일반적으로, 수술 도구의 횡방향 크기를 증가시키지 않도록, 어떤 경우에도 블레이드 작동 풀리의 직경을 관절형 끝 위치 지정 막대 또는 샤프트의 전체 크기 내에서 유지하는 것이 바람직하다. 위치 지정 샤프트는 일반적으로 종방향으로 연장되고 관절형 끝의 힘줄 또는 작동 케이블을 그 안에 수용한다.

[0010] 수술 도구가 절단 동작을 수행하도록 의도되지 않았더라도 관절 도구의 팁(턱) 사이에 가해지는 폐쇄 토크와 폐쇄력을 최대화해야 할 필요성이 있다. 예를 들어, 수술 도구는 견고하고 내구성 있는 그립 동작을 수행해야 할 수 있다.

[0011] 작동 케이블을 상대적으로 큰 직경의 원위 작동 풀리 쪽으로 안내하기 위해, WO-2017-098279는 예를 들어, 원위 풀리가 작동할 때 케이블 자체에 의해 회전 구동되는 경사축이 있는 중간 유휴(idle) 가이드 풀리를 사용한다.

[0012] 지렛대 효과를 활용하여 폐쇄력을 증가시키는 관절형 엔드 이펙터 해결책도 알려져 있다. 예를 들어, US-6206903은 각 원위 풀리가 해당 블레이드에 대해 별도의 조각으로 만들어지고 블레이드가 슬롯-핀 커플링에 의해 풀리의 회전축(요(yaw))에 대해 편심된 상태로 연결되는 해결책을 보여준다. 블레이드는 원위 풀리에 대해 원위적으로 배치된 지점에 있는 지지점(fulcrum)에 의해 서로 연결된다. 이러한 편심 구성으로 인해 원위 풀리와 블레이드 사이의 상대적 움직임이 강제되고 즉, 슬롯에 의해 유도된다.

[0013] 그러나 이러한 해결책에는 몇 가지 단점이 있는데, 예를 들어 폐쇄 토크의 전달 비율이 블레이드 사이의 개폐 각도에 따라 달라지기 때문에 작동 시 미리 결정하기 어려운 폐쇄력이 전달된다는 사실이다. 이러한 유형의 해결책의 또 다른 단점은 편심 메커니즘이 상대적인 클램핑 동작 중에 팁(턱)의 전진을 강요하여 위치 및 절단/그립 불확실성을 결정한다는 것이다. 또한, 이러한 잘 알려진 원위 관절 메커니즘을 만드는 데 필요한 작업은 제작 및 조립해야 할 부품이 많고, 제안된 부품의 모양이 복잡하기 때문에 소형화에 적합하지 않다. 즉, 매우 약하고 깨지기 쉽다. 위에서 공개된 유형의 해결책은 예를 들어 US-8137339, US-10143453 및 US-10143484에 나와 있다.

[0014] 이전과 유사한 해결책이 예를 들어 WO-2022-072732에 나와 있지만, 여기서는 지지점과 편심 장착 슬롯 및 원위 풀리의 피벗 핀이 모두 원위 풀리의 디스크 모양 부피 내에 포함되어 있다. 그러나, 이러한 잘 알려진 해결책은 정밀한 언더컷 가공과 다양한 미세 부품의 조립이 필요하기 때문에 만족스러운 견고성을 유지하면서 소형화하기에 적합하지 않다.

[0015] 따라서 도구 자체의 치수를 증가시키지 않고, 관절의 이동성을 감소시키지 않으면서 소형화된 관절형 수술 도구에서 폐쇄 및/또는 절단 및/또는 그립 토크를 증가시킬 수 있는 해결책을 제공해야 할 필요성이 강하게 느껴진다.

[0016] 또한, 작동 중에는 견고하고 신뢰할 수 있는 동시에, 필요한 경우 반복 가능하고 기계적으로 유리한 방식으로 표준화될 수 있는 폐쇄 및/또는 절단 토크 및/또는 그립 토크를 전달할 수 있는 강화된 소형화에 적합한 솔루션

을 제공해야 할 필요성이 느껴진다.

발명의 내용

[0017] 본 발명의 목적은 종래 기술과 관련하여 제기된 단점을 없애는 것이다.

[0018] 본 발명의 또 다른 목적은 소형화에 적합한 관절형 수술 도구를 제공하는 것이다.

[0019] 이 목적 및 기타 목적은 청구항 1에 따른 수술 도구에 의해 달성된다.

[0020] 일부 유리한 실시예는 종속 청구항의 주제이다.

[0021] 본 발명의 일 측면에 따르면, 수술 도구는 지지 구조, 지지 구조에 관절형으로 연결된 제 1 링크, 제 1 링크에 관절형으로 연결된 제 2 링크를 포함하는 관절형 엔드 이펙터를 포함한다. 수술 도구는 지지 구조에 대해 제 1 링크를 움직이기 위한 요(yaw) 작동 힘줄을 포함하고, 제 1 링크는 제 1 회전축을 중심으로 반경을 가지는 권선 풀리부를 가지는 부착 루트를 포함하고, 여기서 제 1 링크를 움직이기 위한 요 작동 힘줄은 제 1 링크의 부착 루트의 권선 풀리부에 감겨 있고; 또한, 수술 도구는 개폐 자유도의 폐쇄 방향으로 제 2 링크를 제 1 링크에 대해 움직이기 위한 폐쇄 작동 힘줄을 더 포함하고, 제 2 링크는 제 2 회전축을 중심으로 작동 반경을 가지는 원주 작동 부분을 포함한다.

[0022] 본 발명의 일 측면에 따르면, 제 2 링크의 원주 작동 부분의 작동 반경은 제 1 링크의 부착 루트의 권선 풀리부의 반경보다 크다.

[0023] 제 2 링크의 원주 작동 부분은 제 2 회전축을 중심으로 작동 반경을 가지는 원주 프로파일을 가지는 풀리부일 수 있으며, 여기서 제 2 링크를 움직이기 위한 폐쇄 작동 힘줄은 제 2 링크의 풀리부 주위에 감겨 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 본 발명의 추가 특징 및 장점은 아래에 간략하게 설명된 첨부 도면을 참조하여 비제한적인 표시로 제공되는 바람직한 실시예에 대한 다음 설명에서 명확해질 것다. 본 개시의 "일" 실시예에 대한 참조는 반드시 동일한 실시예를 지칭하는 것은 아니며 적어도 하나로 실시예로 이해되어야 한다. 또한, 간결성과 전체 도면 수의 감소를 위해 특정 도면은 하나 이상의 실시예의 특징을 설명하는 데 사용될 수 있으며, 도면의 모든 요소가 특정 실시예에 필요할 수 있는 것은 아니다.

도 1a는 실시예에 따른 수술 원격 조작을 위한 로봇 시스템의 사시도이다.

도 1b는 실시예에 따른 수술 원격 조작을 위한 로봇 시스템의 일부에 대한 축측 투영도(axonometric view)이다.

도 2a는 실시예에 따른 수술 도구의 축측 투영도이다.

도 2b는 실시예에 따른 수술 도구의 관절형 엔드 이펙터의 세부 사항에 대한 축측 투영도이다.

도 3은 실시예에 따른 수술 도구의 관절형 엔드 이펙터의 축측 투영도이다.

도 4a는 실시예에 따른 수술 도구의 관절형 엔드 이펙터의 축측 투영도이다.

도 4b 및 4c는 도 4a의 관절형 엔드 이펙터의 일부를 다른 관점에서 본 축측 투영도이다.

도 4d는 도 4a의 관절형 엔드 이펙터를 다른 작동 구성으로 보여준다.

도 4e는 도 4a의 관절형 엔드 이펙터를 별도의 부품으로 나타낸 것이다.

도 5는 실시예에 따른 관절형 엔드 이펙터의 도식적 평면도이며, 명확성을 위해 일부 부분은 투명하게 표시된다.

도 6은 실시예에 따른 제 2 링크의 도식적 평면도이다.

도 7a 및 도 7b는 각각 폐쇄 구성과 개방 구성의 실시예에 따른 관절형 엔드 이펙터의 일부에 대한 도식적 평면도이며, 작동 힘줄이 도식적으로 표시된다.

도 8a, 8b 및 8c는 각각 개방 구성, 폐쇄 구성 및 최대 개방 구성으로 설명된 실시예에 따른 관절형 엔드 이펙터의 일부에 대한 도식적 평면도이다.

도 9는 실시예에 따른 관절형 엔드 이펙터의 평면도이다.

도 10a는 실시예에 따른 제 2 링크의 평면도이다.

도 10b는 도 10a의 화살표 B로 표시된 관점에 따른 평면도이다.

도 11a는 실시예에 따른 제 1 링크의 평면도이다.

도 11b는 도 11a의 화살표 B로 표시된 관점에 따른 평면도이다.

도 12는 도 10의 제 2 링크의 축측 투영도이다.

도 13은 도 11의 제 1 링크의 축측 투영도이다.

도 14a는 실시예에 따른 관절형 엔드 이펙터의 축측 투영도이다.

도 14b 및 14c는 각각 도 14a의 관절형 엔드 이펙터의 축측 투영도 및 평면도이며, 명확성을 위해 일부 부분은 생략되었다.

도 15a 및 15b는 가능한 작동 모드에 따른 제조 방법의 일부 가능한 단계에 대한 축측 투영도를 도식적으로 보여준다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 본 명세서에서 "실시예"에 대한 언급은 실시예와 관련하여 설명된 특정 특징, 구조 또는 기능이 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 포함된다는 것을 의미한다. 따라서 본 명세서의 여러 부분에서 "실시예에서"라는 표현은 반드시 모두 동일한 실시예를 나타내는 것은 아니다. 또한, 서로 다른 도면에 표시된 것과 같은 특정 특징, 구조 또는 기능은 하나 이상의 실시예에서 적절한 방식으로 결합될 수 있다.

[0026] 일반적인 실시예에 따라, 수술 도구(1)가 제공되며, 수술 도구(1)는 관절형 엔드 이펙터 장치(3)(또는, "관절형 엔드 이펙터(3)" 또는, 단순히 "관절형 엔드(3)")를 포함하고, 이 장치는 적어도 하나의 개폐 자유도(G)(또는, "그립" G 또는 "절단" G라고도 함)를 가진다.

[0027] 관절형 엔드 이펙터 장치(3)는 지지 구조와, 지지 구조에 관절형으로 연결되어 제 1 링크(10)와 지지 구조가 제 1 회전축(Y-Y)을 중심으로 상대적으로 회전할 수 있도록 하는 제 1 링크(10)를 포함한다. 지지 구조는 하나 이상의 링크(43, 50)를 포함하는 관절형 구조일 수 있다.

[0028] 관절형 엔드 이펙터 장치(3)는 제 1 링크에 관절형으로 연결된 제 2 링크(20)를 더 포함하며, 제 2 링크(20)와 제 1 링크(10)는 제 2 회전축(G-G)을 중심으로 상대적으로 회전할 수 있도록 함으로써, 관절형 엔드 이펙터(3)의 개폐 자유도(G)를 함께 정의한다.

[0029] 수술 도구는 작동 힘줄(33 또는 34)을 포함하고, 바람직하게는, 한 쌍의 작동 힘줄(33, 34)로 이루어져 지지 구조에 대해 제 1 링크(10)를 움직이기 위한 길항 작용을 한다. 바람직하게는, 길항적 작동 힘줄(33, 34)은 제 1 링크(10)에 고정된다.

[0030] 제 1 링크는 제 1 회전축(Y-Y)을 중심으로 반경(R1)의 권선 풀리부(18)를 가지는 부착 루트(13)를 포함하고, 제 1 링크를 움직이기 위한 작동 힘줄(33 또는 34)은 제 1 링크(10)의 부착 루트(13)의 권선 풀리부(18) 주위에 감긴다. 바람직하게는, 두 길항적 작동 힘줄(33, 34)은 제 1 링크에 고정되고, 부착 루트(13)의 권선 풀리부(18)에 원주 반대 방향으로 감긴다.

[0031] 수술 도구는 또한 개폐 자유도(G)의 폐쇄 방향으로 제 1 링크(10)에 대해 제 2 링크(20)를 움직이기 위한 작동 힘줄(32)을 더 포함한다. 바람직하게는, 수술 도구(1)는 제 1 링크(10)에 대해 제 2 링크(20)를 움직이기 위해 길항 작용을 하는 두 개의 작동 힘줄(31, 32)을 포함한다. 따라서, 작동 힘줄(31)은 개폐 자유도(G)의 개방 방향으로 제 2 링크(20)를 움직이도록 구성된다.

[0032] 제 2 링크(20)는 제 2 회전축(G-G)을 중심으로 작동 반경 R2를 가지는 원주 작동 부분을 포함한다.

[0033] 제 2 링크(20)를 움직이기 위한 작동 힘줄(32) 및/또는 작동 힘줄(31)이 반드시 제 2 링크(20)에 고정되는 것은 아니다.

[0034] 실시예에 따르면, 작동 힘줄(32)은 제 2 링크(20)에 고정되고 원주 작동 부분에 감겨지는데, 이 경우 원주 작동 부분은 풀리부(28)일 수 있으며, 풀리부(28)의 원주 프로파일의 반경과 동일한 작동 반경(R2)을 갖는다.

[0035] 제 2 링크(20)의 원주 작동 부분의 작동 반경 R2는 제 1 링크(10)의 부착 루트(13)의 권선 풀리부(18)의 반경

R1보다 큰 것이 유리하다.

[0036] 제 1 회전축(Y-Y)과 제 2 회전축(G-G)은 서로 분리되어 있다. 실시예에 따르면, 제 1 회전축(Y-Y)과 제 2 회전축(G-G)은 서로 평행하고 종방향으로 종방향 거리 X1 만큼 이격한다.

[0037] 바람직한 실시예에 따르면, 제 2 링크(20)는 제 2 회전축(G-G)에 근위 방향으로 연장되는 근위 꼬리(25)를 가지는 바디를 포함하고, 제 2 링크(20)의 근위 꼬리(25)는 원주 프로파일을 갖는 풀리부(28)를 포함한다.

[0038] 관절형 엔드 이펙터(3)는 제 2 링크(20)에 근위로 배치된 슬라이딩 허브(40)를 포함할 수 있으며, 이 슬라이딩 허브(40) 주위에 작동 힘줄(32)이 종단방향의 슬라이딩 접촉으로 감겨 있다. 바람직하게는, 슬라이딩 허브(40)는 적어도 하나의 볼록 슬라이딩 표면(45)을 포함하는데, 이는 서로 평행한 직선 생성기(generators)가 있는 볼록 규칙적인 표면이다. 예를 들어, 슬라이딩 허브(40)의 적어도 하나의 볼록 슬라이딩 표면(45)은 원통형 표면이다.

[0039] 다른 실시예에 따르면, 제 2 링크(20)의 원주 작동 부분은 작동 반경 R2를 가지는 톱니형 원주 프로파일(142)을 포함하고, 관절형 엔드 이펙터는 회전축 Y-Y에 장착된 톱니형 링크(140)를 포함하고, 제 1 회전축(Y-Y)을 중심으로 하고 톱니형 링크(140)의 톱니 부분(142)에 작동적으로 결합된 톱니형 원주 카운터 부분(141)을 포함한다. 이러한 경우, 톱니형 링크(140)는 회전축 Y-Y를 중심으로 반경을 가지는 풀리부(118)를 더 포함하고, 작동 힘줄(32)은 톱니형 링크(140)의 풀리부(118) 주위에 감긴다.

[0040] 바람직하게는, 제 2 링크(20)의 톱니 원주 프로파일(142)의 작동 반경 R2는 톱니 링크(140)의 풀리부(118)의 반경보다 크다. 상기 톱니 원주 프로파일(142)이 제공되는 경우, 작동 반경 R2는 전달(또는 "초기(primitive)") 반경일 수 있다.

[0041] 예를 들어, 도 3에 도시된 바와 같이, 수술 도구(1)는 위치 지정 샤프트(2)를 더 포함할 수 있고, 관절형 엔드 이펙터(3)는 상기 위치 지정 샤프트(2)에 대해 관절형으로 연결된다. 예를 들어, 관절형 엔드 이펙터(3)는 개폐 자유도(G)와 위치 지정 샤프트(2)에 대한 피치(P) 및/또는 요(Y) 방향의 적어도 하나의 자유도를 포함한다. 위치 지정 샤프트는 바람직하게는 수술 도구(1)의 종방향을 정의하는 종방향 X-X로 연장된다. 종방향 X-X와 실질적으로 정렬된 관절형 엔드 이펙터(3)의 적어도 하나의 구성도 정의될 수 있다. 종방향에 정렬된 적어도 하나의 구성은 최소 횡방향 크기를 갖는 구성에 해당할 수 있다.

[0042] 제 1 링크(10)는 위치 지정 샤프트(2)에 대해 관절형으로 연결된다. 다시 말해, 제 1 링크(10)는 위치 지정 샤프트(2)에 대해 적어도 한 방향의 자유도를 가진다. 제 1 링크(10)는 반드시 위치 지정 샤프트(2)에 직접 관절형으로 연결될 필요는 없고, 예를 들어, 지지 구조(예를 들어, 지지 링크(50)와 근위 링크(43)는 피치 회전축 P-P을 중심으로 피치 관절형 연결(P)을 형성하는 피벗 핀(44)을 통해 관절형으로 연결됨)가 위치 지정 샤프트(2)의 원위 단부와 제 1 링크(10) 사이에 삽입될 수 있다. 지지 구조는 위치 지정 샤프트(2)와 일체형일 수 있다.

[0043] 제 1 링크(10)의 근위 부착 루트(13)는 피벗 핀(41)과 협력하여 제 1 회전축(Y-Y)을 정의할 수 있다. 예를 들어, 상기 제 1 회전축(Y-Y)은 관절형 엔드 이펙터(3)의 요 관절의 회전축이다.

[0044] 피치(P) 및 요(Y) 관절이라는 용어는 설명을 명확하게 하기 위해 임의로 사용되었으며, 언급된 회전축 Y-Y 및 P-P는 임의의 상대적 방향을 가질 수 있지만(또한, 서로 평행할 수 있음), 바람직한 실시예에 따르면 요 회전축 Y-Y는 피치 회전축 P-P와 직교한다.

[0045] 바람직하게는, 제 1 링크(10)는 제 1 연결부(14)를 포함하고, 제 2 링크(20)는 제 2 연결부(24)를 포함하고, 제 1 링크(10)의 제 1 연결부(14)와 제 2 링크(20)의 제 2 연결부(24)는 제 2 링크(20)와 제 1 링크(10) 사이의 상대 회전을 위한 제 2 회전축(G-G)을 함께 정의한다. 이에 따라, 관절형 엔드 이펙터(3)의 개폐 자유도(G)가 확보된다. 다시 말해, 제 2 링크(20)는 각각의 연결부(14, 24)를 제공함으로써 제 1 링크(10)에 직접 관절형으로 연결된다. 바람직하게는, 제 2 피벗 핀(42)이 제공되며, 이는 제 2 링크(20)의 제 2 연결부(24)를 제 1 링크(10)의 제 1 연결부(14)에 대해 관절형으로 연결한다.

[0046] 제 1 회전축(Y-Y)과 제 2 회전축(G-G)은 서로 분리된다는 사실에 의해. 따라서, 요 관절(Y)는 개폐(그립) 관절(G)에서 분리된다.

[0047] 작동시, 요 자유도(Y)가 활성화되면 제 2 링크(20)는 제 1 링크(10)에 의해 회전축 Y-Y에 대해 회전 구동될 수 있다.

[0048] 작동시, 개폐 자유도(G)가 활성화되면 제 2 링크(20)는 제 1 링크(10)에 대해 움직일 수 있다.

[0049] 제 1 링크(10)의 바디는 바람직하게는 회전축(Y-Y)을 형성하는 부착 루트(13)와 회전축 G-G를 형성하는 연결부(14) 사이로 연장되는 근위 섹션(15) 또는 근위부(15)를 포함한다. 예를 들어, 도 11a에 도시된 바와 같이, 부착 루트(13)는 회전축 Y-Y의 윤곽을 따라 실질적으로 원통형일 수 있으며, 바람직하게는 피벗 핀(41)을 수용하기 위한 관통 구멍이 제공된다. 제 1 링크(10)의 연결부(14)는 또한 각각의 회전축 G-G를 둘러싸는 모양을 가질 수 있으며, 예를 들어 도 11b에 도시된 실시예에 따르면, 제 2 링크(20)의 각각의 연결부(24)를 감싸는 클레비스(clevis) 부분에 의해 형성된다. 다시 말해, 실시예에 따르면, 연결부(14)는 포크와 같이 두 개의 세로로 인접한 암에 의해 형성된다.

[0050] 실시예에 따르면, 관절형 엔드 이펙터(3)는 상기 제 1 회전축(Y-Y)에 대해 상기 제 1 링크(10)와 관절형으로 연결되는 지지 링크(50)를 더 포함한다. 지지 링크(50)는 제 1 링크(10)에 대한 지지 구조를 지지하는 기능을 수행할 수 있으며, 이를 위해 적어도 하나의 갈래(51), 바람직하게는, 피벗 핀(41)을 장착하는 한쌍의 갈래(51)를 포함할 수 있다. 따라서, 제 1 링크(10)는 링크(50)의 갈래(41)에 관절형으로 연결된다. 적어도 하나의 추가 근위 링크(43)가 상기 지지 링크(50)에 근위적으로 제공될 수 있으며, 상기 지지 링크(50)과 관련하여 회전축(P-P)에 대해 관절형으로 연결된다. 근위 링크(43)는 위치 지정 샤프트(2)에 고정될 수 있다(예를 들어, 이중 핀 고정).

[0051] 바람직한 실시예에 따르면, 지지 링크(50)는 서로 직교하는 두 개의 회전축 Y-Y 및 P-P를 단일 부품으로 정의한다.

[0052] 수술 도구(1)의 링크는 모두 와이어 전기 침식 공정(wire electro-erosion process)을 통해 제조될 수 있으며, 이는 서로 직교하는 평면에서 절단 와이어로 두번 절단하는 것을 포함한다.

[0053] 이러한 수술 도구(1)는 의료 및/또는 수술 및/또는 미세 수술 원격 조작을 위해 로봇 시스템(5)에 장착되도록 조정된다. 로봇 시스템(5)은 하나 이상의 로봇 조작기(6)를 제어하기 위한 마스터 콘솔(7)을 포함할 수 있다. 마스터 콘솔(7)은 차례로 하나 이상의 마스터 제어 장치(8)와 관절형 엔드 이펙터(3)가 작동하는 수술 부위를 표시하기 위한 스크린(9)을 포함할 수 있다.

[0054] 바람직하게는, 수술 도구(1)는 위치 지정 샤프트(2)의 근위 단부에 로봇 조작기(6)의 상호 작동 부분과 인터페이싱하기 위한 근위 인터페이스를 형성하는 전달부(4)(또는 "백 엔드(back-end, 4)")를 포함한다. 예를 들어, 전달부(4)는 로봇 조작기(6)의 각각의 작동 요소 세트에 의해 멸균 장벽을 통해 이동되도록 조정된 전달 요소 세트를 포함할 수 있다.

[0055] 앞서 언급한 바와 같이, 실시예에 따르면, 수술 도구(1)는 제 2 링크(20)를 제 1 링크(10)에 대하여 이동시키기 위한 한 쌍의 길항적 작동 힘줄(31, 32)을 포함한다. 따라서, 상기 쌍의 길항적 힘줄(31, 32)은 관절형 엔드 이펙터(3)의 개폐 자유도(G)의 길항적 효과를 갖는 작동 힘줄이다. 예를 들어, 길항적 힘줄(31, 32)은 관절형 엔드 이펙터(3)에서 위치 지정 샤프트(2)를 따라 전달부(4)까지 연장되며, 여기서 이들은 각각의 길항적 전달 요소와 작동 연결되도록 구성되고, 이는 차례로 작동시 로봇 조작기(6)의 각각의 길항적 작동 요소와 작동 연결되도록 배열될 수 있다.

[0056] 실시예에 따르면, 길항적 작동 힘줄(31, 32)의 쌍 중 적어도 하나의 작동 힘줄이 제 2 링크(20)에 고정된다. 바람직한 실시예에 따르면, 두 길항적 작동 힘줄(31, 32)은 제 2 링크(20)에 고정된다. 다시 말해, 제 2 링크(20)의 작동 힘줄(31, 32), 즉 개폐 자유도(G)가 제 2 링크(20)의 바디에 고정된다.

[0057] 실시예에 따르면, 제 2 링크(20)의 바디는 연결부(24)에 대해 원위로 연장되는 원위 작동부(23)와 연결부(24)에 대해 근위로 연장되는 근위 작동 꼬리(25)를 포함한다. 다시 말해, 제 2 링크(20)의 바디는 회전축(G-G)에 대해 실질적으로 반대 방향으로 연장되는 두 개의 반대 부분(23, 25)을 포함한다.

[0058] 따라서, 제 2 링크(20)의 바디는 회전축(G-G)에 대해 근위 및 원위 모두로 연장된다. 따라서, 작동시, 제 2 링크(20)의 원위 작동부(23)와 근위 전달 꼬리(25)는 회전축(G-G)에 대해 기울어지고, 즉 회전하여, 개폐 자유도(G)가 폐쇄되고, 제 2 링크(20)의 작동부(23)가 제 1 링크(10)의 작동부(17)에 인접 및/또는 접촉할 때, 제 2 링크(20)의 근위 꼬리(25)는 개폐 자유도(G)가 개방 조건에 있을 때의 방향과 다른 특정 방향, 예를 들어 최대 개방, 즉 제 2 링크(20)의 작동부(23)와 제 1 링크(10)의 작동부(17) 사이의 최대 각도 거리로 배향된다.

[0059] 제 2 링크(20)의 원위 작동부(23)와 근위 작동 꼬리(25)는 반드시 동일한 직선을 따라, 예를 들어 제 2 링크(20)의 정의 가능한 중심선을 따라 연장되는 것은 아니며, 예를 들어, 둘 다 실질적으로 반경 방향으로, 즉 회

전축 G-G에 대한 반경 방향을 따라 연장될 수 있으며, 그 사이에 각도 β를 형성하며, 이는 각각의 종방향 확장 방향(123, 125)으로 정의될 수 있다. 예를 들어, 각도 β는 반경 방형 작동 스트로크 동안 근위 꼬리(25)의 횡방향 크기를 최소화하도록 선택된다.

[0060] 이러한 편의성으로, 작동 중 제 2 링크의 꼬리(25)가 움직이는 동안 차지하는 횡방향 크기를 최적화할 수 있다. 예를 들어, 제 2 링크(20)의 바디의 두 연장 방향 사이의 각도 β는 개폐 자유도(G)가 개방 구성일 때 근위 전달 꼬리(25)의 종방향 연장 방향(125)이 제 1 링크(10)의 근위 스트레치(15)와 실질적으로 정렬되도록 선택될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 각도 β는 개폐 자유도(G)가 폐쇄 구성일 때 근위 꼬리(25)가 정렬되지 않도록, 즉 제 1 링크(10)의 근위 섹션(15)에 대해 돌출되도록 선택될 수 있다.

[0061] 실시예에 따르면, 각도 β는 제 2 링크의 근위 꼬리(25)가 제 1 링크(10)의 근위 섹션(15)에 대해 횡방향으로 돌출, 즉 정렬되지 않도록 선택되며, 이는 개폐 자유도(G)가 폐쇄 구성일 때와 개폐 자유도(G)가 개폐 자유도(G)의 정의 가능한 최대 작동 개방 각도의 한계 내에서 최대로 개방 구성일 때 모두 횡방향으로 반대 방향이다. 다시 말해, 이 실시예에 따르면, 동일한 제 2 링크(20)의 원위 작동부(23)에 대한 제 2 링크(20)의 근위 꼬리(25)의 연장은 근위 꼬리(25)가 회전축 G-G에 대해 원주 궤적을 따라 이동하도록 선택되어, 링크(10, 20)는 링크(20)가 제 1 링크(10)에 대해 최대한 개방 상태일 때, 제 1 링크(10)의 동일한 근위부(15)의 반대쪽 두 번째 면에서 종단 끝단에서 횡 방향으로 돌출되어 있다.

[0062] 개폐 자유도(G)의 폐쇄 구성에서 제 2 링크(20)의 작동 원위부(23)의 종방향 연장 방향(123)은 제 1 링크(10)의 근위부(15)의 정의 가능한 종방향 연장 방향에 정렬되어, 즉 실질적으로 평행하게 연장될 수 있다.

[0063] 제 2 링크(20)의 바디는 바람직하게는 단일 부품으로 만들어진다.

[0064] 제 2 링크(20)의 원위 작동부(23)는 예를 들어 도 3에 도시된 바와 같이 블레이드를 포함할 수 있다. 제 2 링크(20)의 원위 작동부(23)는 바람직하게는 관절형 엔드 이펙터(3)의 원위 단부를 형성하는 원위 자유 단부(29)를 포함한다. 제 1 링크(10)는 또한 원위 단부(19)를 포함할 수 있으며, 이는 제 2 링크(20)의 원위 단부(29)와 함께 수술 도구(1)의 관절형 엔드 이펙터(3)의 원위 단부를 형성한다. 제 1 링크(10)는 연결부(14)까지 원위로 연장되고 제 2 링크(20)의 작동부(23)와 협력하도록 설계된 작동부(17)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 제 1 링크(10)의 작동부(17)는 블레이드 또는 카운터 블레이드를 포함할 수 있다.

[0065] 바람직한 실시예에 따르면, 길항적 작동 힘줄(31, 32)의 쌍 중 적어도 하나의 작동 힘줄(32)이 제 2 링크(20)의 근위 꼬리(25)의 주위에 감겨져, 제 2 링크(20)를 개폐 자유도(G)의 폐쇄 방향으로 작동시킨다. 이러한 작동 힘줄(32)은 바람직하게는 제 2 링크(20)의 근위 작동 힘줄(25)의 풀리부(28) 주위에 감겨지고, 제 2 링크(20)의 근위 꼬리(25)에 제공된 종료 시트(26)에서 끝난다. 다시 말해, 작동 힘줄(32)은 바람직하게는 제 2 링크(20)의 근위 꼬리(25)에 감겨 고정된다.

[0066] 제 2 링크의 근위 꼬리(25)에 제공된 풀리부(28)의 공동 제공과 회전축 Y-Y 및 G-G의 종방향 분리로 인해, 요 Y-Y의 회전축과 개폐 G-G 사이의 거리 X1을 활용하여 풀리부(28)의 작동 반경을 증가시킬 수 있으므로, 작동 힘줄(32)에 의해 적용되는 동일한 인장력으로 개폐 자유도(G)의 폐쇄(및/또는 개방) 토크를 증가시킬 수 있다.

[0067] 회전축 G-G와 Y-Y 사이의 거리 X1은 폐쇄력의 원하는 전달 비율을 얻도록 선택될 수 있는데, 그 이유는 제 2 링크(20)의 작동 반경(R2)이 이러한 거리 X1에 포함되어 있기 때문이다. 즉, 설계 단계에서 축 사이의 거리 X1을 늘리면 이러한 작동 반경(R2)을 지닌 제 2 링크의 꼬리(25)를 길게 할 수 있기 때문에 폐쇄력을 조절할 수 있다.

[0068] 폐쇄력이 증가하면 절단력이 증가하거나, 또는 클램핑력이 증가할 수 있기 때문에, 작동 힘줄(32)에 의해 동일한 인장력이 가해질 때 폐쇄력이 증가하는 것이 바람직하다.

[0069] 작동 힘줄(31, 32, 33, 34, 35, 36)은 폴리머 섬유가 얽혀서 형성된 힘줄일 수 있다.

[0070] 제 2 링크(20)의 풀리부(28)는 바람직하게는 풀리의 섹션, 즉 회전축 G-G을 중심으로 하는 원주 방향 코드(chord) AB에 상응하는 원주 프로파일을 갖는다. 따라서, 회전축 Y-Y와 G-G 사이의 종방향 거리 X1을 이용하여 관절형 엔드 이펙터(3)의 횡방향 연장보다 더 큰 반경 R2를 갖는 원주 프로파일을 가지는 풀리부(28)를 만들 수 있다. 따라서, 관절형 엔드 이펙터(3) 자체의 횡방향 부피를 증가시키지 않고도 관절형 엔드 이펙터(3)의 폐쇄 토크의 레버 암을 증가시킬 수 있다.

[0071] 회전축 G-G를 중심으로 하는 원주 프로파일을 갖는 풀리부(28)는 일정한 폐쇄 토크를 전달할 수 있다.

[0072] 풀리부(28)는 제 2 링크(20)의 근위 꼬리(25)의 종방향 연장 방향(125)에 대해 실질적으로 대칭적으로 연장될 수 있다. 즉, 근위 꼬리(25)의 종방향 연장 방향(125)은 풀리부(28)의 원주 프로파일에 의해 기술된 코드의 중심을 실질적으로 통과하는 반경이다.

[0073] 제 2 링크(20)의 근위 꼬리(25)는 풀리부(28)의 반경 방형 마진에 배치된 복귀 표면(22)을 포함하는 것이 바람직하며, 여기서 작동 힘줄(32)이 풀리부(28)와 복귀 표면(22)을 감싼 다음 근위 꼬리(25)에 제공된 종료 시트(26)에서 끝난다. 작동 힘줄(32)의 원위 단부(38)는 개폐 자유도(G)의 폐쇄 방향으로 제 2 링크(20)를 제 1 링크(10)에 대해 회전 구동하기 위해 언더컷으로 배치된 종료 시트(26)의 구동 벽과 협력하는 확대된 부분을 포함할 수 있습니다. 바람직하게는 복귀 표면(22)의 곡률은 풀리부(28)의 곡률보다 더 강조되어 작동 힘줄(32)에 대한 복귀를 얻을 수 있다.

[0074] 이러한 작동 힘줄(32)의 구성에 의해 풀리부(28)의 전체 작동 반경 R2(즉, 원주 프로파일의 기하학적 반경)을 활용하여 폐쇄 방향으로 개폐 자유도(G)를 작동하기 위한 레버 암을 최대화할 수 있다.

[0075] 종료 시트(26)은 바람직하게는 제 2 링크(20)의 근위 꼬리(25)의 바디를 원주 방향으로 통과하는 시트이다. 예를 들어, 단일 관통 시트는 해당 쌍의 두 길항적 작동 힘줄(31, 32)에 대한 종료 시트(26)를 얻을 수 있으며, 여기서 길항적 작동 힘줄(31 및 32)은 종료 시트에서 원주 반대 방향으로 배향된다. 바람직하게는, 종료 시트(26)는 풀리부(28)의 반경 R2과 작동 힘줄(32)의 권선을 받는 복귀 표면(22)과 함께 더 낮은 반경 높이에 배치된다. 다시 말해, 제 2 링크(20)의 근위 작동 꼬리(25)의 작동 힘줄(32)에 대한 권선 풀리부(28)는 동일한 작동 힘줄(32)에 대한 종료 시트(26)보다 회전축 G-G에서 더 멀리 떨어져 있다. 따라서 종료 시트(26)를 제 2 링크(20)의 바디의 근위 꼬리(25)의 풀리부(28)의 횡방향 및/또는 반경 방향 부피에 수용할 수 있다.

[0076] 앞서 언급했듯이, 길항적 힘줄(31, 32)의 쌍 중 다른 작동 힘줄(31)은 또한 제 2 링크(20)의 근위 전달 꼬리(25)의 주위에 감길 수 있으며, 바람직하게는 개방 방향의 개폐 자유도(G)를 따라 제 1 링크(10)에 대해 제 2 링크(20)를 이동시키기 위해 원주 프로파일을 갖는 동일한 풀리부(28)에 감긴다. 실시예에 따르면, 근위 꼬리(25)는 복귀 표면(22)에 대해 풀리부(28)의 반대쪽 반경 방향 여백에 다른 복귀 표면(21)을 더 포함한다. 상기 다른 복귀 표면(21)은 복귀 표면(22)과 유사할 수 있다. 작동 힘줄(31)은 또한 작동 힘줄(32)을 참조하여 설명된 종료 시트(26)와 유사하고 동일할 수 있는 종료 시트(26)에서 종료될 수 있다.

[0077] 제 2 링크(20)의 근위 꼬리(25)의 횡방향 치수 Y2는 풀리부(28)에서 최대인 것이 바람직하다. 다시 말해, 근위 꼬리(25)의 횡방향 치수 Y2는 두 개의 반대 복귀 표면(21, 22)(풀리부(28)와 반경 방향으로 반대) 사이에서 최대이다. 종료 시트(26)에 가깝거나 종료 시트에서 제 2 링크(20)의 근위 꼬리(25)의 바디는 횡방향 홈을 포함할 수 있으며, 이는 제 2 링크(20)의 근위 꼬리(25)의 횡방향 연장을 국부적으로 감소시킨다.

[0078] 실시예에 따르면, 근위 꼬리(25)의 횡방향 치수 Y2는 그 종방향 연장부, 즉 부분 및 풀리부(28)의 반경보다 작고, 바람직하게는 훨씬 작다. 따라서, 근위 꼬리(25)는 풀리부(28)의 작동 반경 R2와 관절형 엔드 이펙터의 폐쇄 토크의 레버 암을 최대화하면서 횡방향 부피를 최소화하기 위해 상당히 길쭉한 모양을 갖는다.

[0079] 바람직한 실시예에 따르면, 풀리부(28)의 작동 반경 R2는 위치 지정 샤프트(2)의 반경보다 크고 바람직하게는 수술 도구(1)의 위치 지정 샤프트(2)의 직경보다 크지만, 제 2 링크(20)의 근위 꼬리(25)의 횡방향 치수(Y2)는 위치 지정 샤프트의 직경보다 작다.

[0080] 제 2 링크(20)를 제 1 링크(10)에 대하여 이동시키기 위한 한 쌍의 작동 힘줄의 길항적 작동 힘줄(31, 32)은 또한 제 2 링크(20)에 근위적으로 배열된 추가 링크(40)(본 명세서에서 "슬라이딩 허브(40)"라고도 함)의 바디 주위에 감길 수 있다. 바람직한 실시예에 따르면, 관절형 엔드 이펙터(3)는 작동시 제 2 링크(20)를 이동시키기 위한 두 길항적 작동 힘줄(31, 32)이 감겨서 미끄러지는 추가 링크(40)를 포함한다. 따라서, 상기 추가 링크(40)는 제 2 링크(20)를 이동시키기 위한 한 쌍의 길항적 작동 힘줄(31, 32)에 대한 슬라이딩 허브(40) 역할을 한다.

[0081] 슬라이딩 허브(40)는 바람직하게는 제 1 링크(10)의 부착 루트(13)와 함께 피벗 핀(41)에 장착되고, 예를 들어 지지 링크(50)의 갈래(prong, 51) 사이에 장착된다. 슬라이딩 허브(40)는 피벗 핀(41)에 키로 고정될 수 있다. 실시예에 따르면, 슬라이딩 허브(40)는 피벗 핀(41) 자체에 의해 형성되므로, 이 실시예에 따르면, 작동 힘줄(31, 32)의 슬라이딩이 피벗 핀(41) 자체의 바디에서 발생하기 때문에 추가 링크(40)는 제공되지 않는다.

[0082] 예를 들어 도 4e에 도시된 바와 같이, 슬라이딩 허브(40)의 바디는 요 회전 축 Y-Y의 피벗 핀(41) 주위에 실질적으로 원통형 모양을 가질 수 있으며, 여기서 원통형의 직경은 관절형 엔드 이펙터(3)의 링크(50, 43)에 있는

작동 힘줄(31, 32)의 슬라이딩 트랙과 정렬되도록 선택된다. 바람직한 실시예에 따르면, 슬라이딩 허브(40)의 반경은 제 1 링크(18)의 부착 루트(13)의 권선 풀리(18)의 반경과 실질적으로 동일하다.

[0083] 예를 들어, 실제로, 앞서 언급된 바와 같이, 관절형 엔드 이펙터(3)가 또한 상기 지지 링크(50)를 포함하는 경우, 제 2 링크(20)를 이동시키기 위한 길항적 작동 힘줄(31, 32)은 지지 링크(50)의 바디에 제공된 적어도 하나의 슬라이딩 표면(52)에서 슬라이딩할 수 있다. 바람직하게는, 링크(50)의 적어도 하나의 슬라이딩 표면(52)은 서로 평행한 직선형 생성기를 가지는 볼록 규칙적인 표면이고, 바람직하게는 모두 링크(50)의 피치 회전축 P-P와 평행하다.

[0084] 관절형 엔드 이펙터(3)가 추가로 근위 링크(42)를 포함하는 경우, 제 2 링크(20)를 이동시키기 위한 길항적 작동 힘줄(31, 32)은 근위 링크(42)의 바디에 제공된 적어도 하나의 슬라이딩 표면(53)에서도 슬라이딩할 수 있다.

[0085] 바람직하게는, 제 1 링크(10)는 추가적인 한 쌍의 길항적 작동 힘줄(33, 34)을 제공함으로써 요 회전축 Y-Y를 중심으로 이동한다. 바람직하게는, 이 쌍의 상기 길항적 작동 힘줄(33, 34)은 길항적 작동 힘줄(31, 32)과 유사하다. 제 1 링크(10)의 바디는 바람직하게는 적어도 하나의 종료 시트(16)를 포함하고, 길항적 작동 힘줄(33, 34)은 적어도 하나의 종료 시트(16)에 고정된다.

[0086] 바람직한 실시예에 따르면, 종료 시트(16)는 제 1 링크(10)의 부착 루트(13)에 인접하고 그에 대해 원위부에 배치된다. 따라서, 요 자유도(Y)와 개폐 자유도(G)인 종료 시트(16, 26)는 제 1 및 제 2 회전 축 Y-Y와 G-G 사이에 위치한다. 길항적 작동 힘줄(33, 34)은 바람직하게는 제 1 링크(10)의 부착 루트(13) 주위에 감겨 있고 적어도 하나의 종료 시트(16)에서 종료된다. 제 1 링크(10)를 이동시키기 위한 두 길항적 작동 힘줄(33, 34)은 작동 시 링크(50)의 적어도 하나의 슬라이딩 표면(52)(제공되는 경우) 및 링크 42의 적어도 하나의 슬라이딩 표면(53)(포함되는 경우)에서 슬라이딩할 수 있다.

[0087] 앞서 언급한 바와 같이, 바람직한 실시예에 따르면, 회전축 G-G를 중심으로 제 2 링크(20)를 이동시키기 위한 길항적 작동 힘줄(31, 32)은 회전축 G-G와 Y-Y 사이에서 서로 크로스(30)를 형성한다. 바람직하게는, 추가 근위 회전축 P-P에 대해 관절로 연결된 지지 링크(50)가 제공되는 경우, 동일한 길항적 힘줄(31, 32)은 회전축 Y-Y에 대해 제 1 링크(10)를 이동시키기 위한 길항적 힘줄 쌍의 각각의 길항적 힘줄(33, 34)과 함께 근위 회전축 P-P의 상류에 추가 근위 크로스(37)를 형성한다. 다시 말해, 도 4a에 도시된 바와 같이 이 실시예에 따르면, 폐쇄 힘줄(32)(제 2 링크(20))은 피치 회전축 P-P의 상류에 제 1 링크(10)를 이동시키기 위한 힘줄(34)과 함께 근위 크로스(37)를 형성하고, 그 길항적 힘줄(31)(개방 힘줄 31)과 함께 회전 축 Y-Y와 G-G 사이에 크로스(30)를 형성한다. 또한, 실시예에 따르면, 개방 힘줄(31)은 힘줄(33)과 근위 크로스(37)를 형성하여 제 1 링크(10)(힘줄(34)의 길항적 힘줄)을 이동시킨다.

[0088] 실시예에 따르면, 근위 회전 축 P-P(피치)는 회전축 Y-Y(요) 및 회전축 G-G에 직교하며, 여기서 작동 힘줄(31, 32, 33, 34) 사이의 크로스(30, 37)는 두 개의 직교 평면에 발생한다.

[0089] 추가 근위 링크(43)가 제공되는 경우, 링크(50)는 추가 쌍의 길항 작동 힘줄(35, 36)에 의해 이동될 수 있다.

[0090] 따라서, 바람직한 실시예에 따르면, 권선 허브(40)는 어떠한 작동 힘줄에 의해서도 작동되지 않기 때문에 어떠한 종료 시트도 없고, 제 2 링크(20)를 위한 길항적 전달 힘줄(31, 32)의 쌍의 각 전달 힘줄의 섹션과 슬라이딩 접촉하는 리턴 요소로 작용한다. 예를 들어, 상기 슬라이딩 허브(40) 덕분에, 링크(50)의 적어도 하나의 볼록 규칙적인 슬라이딩 표면(52) 및 제공되는 경우 추가 근위 링크(43)에서 각각의 힘줄(31, 32)이 설명하는 슬라이딩 경로에 맞춰 슬라이딩 어버트먼트(abutment)를 유지할 수 있다. 따라서, 상기 쌍의 작동 힘줄(31, 32)의 가이드 또는 복귀 요구 사항으로 인해 권선 풀리(25)의 가로 치수 Y2에 설계 제한을 부과하지 않고 힘줄(31, 32)을 위한 추가 슬라이딩 가이드 어버트먼트의 존재를 피할 수 있다.

[0091] 바람직한 실시예에 따르면, 관절형 엔드 이펙터(3)의 슬라이딩 허브(40) (즉, 요 회전축 Y-Y 사이)와 제 2 링크(20)의 풀리부(28) 사이에서, 제 2 링크(20)의 작동 힘줄(31)의 경로는 제 2 링크(20)의 작동 힘줄(32)의 경로와 교차하여 크로스(30)를 형성한다. 용어 "크로스(30)"는 힘줄(31)과 힘줄(32) 사이의 슬라이딩 접촉이 있는 교차점을 나타내기 위한 것이 아니며, 크로스(30)는 관절형 엔드 이펙터(3)에 대해 가로지르는 종방향 평면에 대한 투영으로서 힘줄(31, 32) 사이의 접촉 없이 발생할 수도 있다.

[0092] 예를 들어 도 5에 도시된 바와 같이, 작동 힘줄(32)은 슬라이딩 허브(40)의 일 측면(L2)에 종방향 슬라이딩 접촉으로 감긴 다음, 원위 방향으로 계속해서 제 2 링크(20)의 풀리부(28)에 반대 방향으로 감겨지며, 여기서 복귀 표면(22)이 제공되는 측면(L1)은 슬라이딩 허브(40)의 권선면(L2)과 횡방향으로 반대쪽에 있다. 풀리부(28)

에 대한 작동 힘줄(32)의 접촉은 동일한 작동 힘줄(31)이 권선 허브(40)와 접촉하는 것과 달리 상대적인 종방향 슬라이딩을 포함하지 않는다는 점에 유의해야 한다. 마찬가지로, 작동 힘줄(31)은 슬라이딩 허브(40)의 일 측면(L1)에 종방향 슬라이딩 접촉으로 감긴 다음, 원위 방향으로 계속해서 제 2 링크(20)의 풀리부(28)에 반대 방향으로 감겨지며, 여기서 복귀 표면(21)이 제공되는 측면(L2)은 슬라이딩 허브(40)의 권선면(L1)과 횡방향으로 반대쪽에 있다. 풀리부(28)에 대한 작동 힘줄(31)의 접촉은 동일한 작동 힘줄(31)이 권선 허브(40)와 접촉하는 것과 달리 상대적인 종방향 슬라이딩을 포함하지 않는다는 점에 유의해야 한다.

[0093] 바람직한 실시예에 따르면, 제 2 링크(20)의 풀리부(28)의 반경(R2)은 슬라이딩 허브(40)의 반경 및 제 1 링크(10)의 부착 루트(13)의 권선 풀리(18)의 반경보다 크고, 바람직하게는 훨씬 크다. 앞서 언급한 바와 같이 예를 들어 도 7에 도시된 바와 같이, 제 1 링크(10)의 부착 루트(13)의 권선 풀리(18)의 반경(R1)은 슬라이딩 허브(40)의 반경과 동일할 수 있다. 따라서, 제공되는 경우 지지 구조의 슬라이딩 표면(52, 53)에서 작동 힘줄을 원하는 배열로 유지할 수 있다.

[0094] 작동시, 제 2 링크(20)를 제 1 링크(10)에 대해 이동시키기 위해, 길항적 작동 힘줄(31, 32)은 슬라이딩 허브(40)의 각각의 반대쪽 측면(L1, L2)에서 슬라이딩한 다음, 허브(40)와 링크(20) 사이의 크로스(30)에서 그 경로를 크로스한 다음, 종료된 제 2 링크(20)의 풀리부(28)에서 슬라이딩하지 않고 반대 방향으로 감기며 제 2 링크(20)에 구동 동작을 가한다. 이 동작은 반경 R2와 동일한 레버 암을 활용하여 일정한 증가된 폐쇄(및 개방) 토크를 전달한다. 즉, 제 1 링크(10)에 대한 제 2 링크(20) 방향에 따라 변하지 않는다.

[0095] 회전축 G-G를 중심으로 하는 원주 프로파일을 갖는 이러한 풀리부(28) 덕분에 작동 힘줄(31, 32)의 분리는 개폐 자유도(G)의 개방 각도에 관계없이 항상 동일한 방향(반경 R2의 원주에 대한 접선)을 따라 발생한다.

[0096] 앞서 언급한 바와 같이, 바람직한 실시예에 따르면, 회전축 G-G를 중심으로 하는 원주 형상을 갖는 풀리부(28)는 회전축 G-G를 중심으로 하는 원주 형상을 갖지 않는 반대 복귀 표면(21, 22)에 의해 측면에 위치되며, 여기서 코드(즉, 풀리부)가 이루는 각도 δ는 도 7a 및 7b에 도시된 것과 같이 폴리부(28)의 회전축 G-G를 중심으로 한 원주 형상의 프로파일의 코드 AB의 끝 A와 B를 회전축 G-G와 연결하는 점선 D1 및 D2로 정의할 수 있다.

[0097] 따라서, 작동 각도는 풀리부(28)로부터 힘줄(31, 32)의 분리 지점 K, Q에 입사된 반경 R2의 국부적인 방향과, 예를 들어, 제 2 링크(20)와 관절형으로 연결되는 제 1 링크(10)의 바디(예를 들어, 제 1 링크의 근위부(15))에 의해 정의되는 정의 가능한 종방향 연장 방향에 의해 형성되는 각도로 정의될 수 있다.

[0098] 또한, 개폐 자유도(G)의 현재 개방 정도(각도 Θ)에 독립적인 폐쇄력을 전달하는 것이 가능하다. 사실, 이러한 풀리부(28) 작동 힘줄이 감겨 있는 슬라이딩 허브(40)의 공동 제공 덕분에 정확한 기하학적 관계가 결정된다. 따라서, 풀리부(28)로부터 작동 힘줄의 분리 방향(작동 반경 R2에 대한 접선)은 개폐 자유도(G)의 모든 작동 조건에 대해, 즉 제 1 링크(10)에 대한 제 2 링크(20)의 모든 작동 방향에 대해 항상 일정하다.

[0099] 예를 들어 도 8a에 도시된 바와 같이:

[0100] O는 회전축 G-G를 나타내고,

[0101] O'는 회전축 Y-Y를 나타내고,

[0102] K는 풀리부(28)에서 작동 힘줄(32)의 분리 지점을 나타내고,

[0103] Q는 슬라이딩 허브(40)의 표면에서 작동 힘줄(32)의 분리 지점을 나타내고,

[0104] K'는 풀리부(28)에서 길항적 작동 힘줄(31)의 분리 지점을 나타내고,

[0105] Q'는 슬라이딩 허브(40)의 표면에서 작동 힘줄(31)의 분리 지점을 나타내고,

[0106] A 및 B는 풀리부(28)의 원주 프로파일의 코드 AB의 끝점을 나타내고,

[0107] 회전축 Y-Y와 G-G 사이의 거리 X1이 일정하고, 즉 세그먼트 O-O'가 일정하고, 풀리부(28)의 원주 방향 프로파일의 코드 AB가 점 O를 중심으로 하고, 각도 K-O-O'는 일정한 진폭을 가지고, K'-O-O'와 동일하다. 즉, 세그먼트 K-Q는 방향 O-O'에 대해 세그먼트 P'-Q'와 대칭이다. 그 결과: (i) 개폐 자유도(G)의 최대 개방의 경우, 즉 개방 각도 Θ=Θmax: Θ=Θmax=K'-O-B의 경우; (ii) 완전한 폐쇄의 경우 Θ=0=A-O-K; (iii) 모든 개방의 경우 Θ=Q-O-B.

[0108] 회전축 G-G를 중심으로 작동 반경 R2의 원주 프로파일을 가지는 풀리부(28)를 가지는 제 2 링크(20)의 꼬리(25)는 풀리부(28)의 원주 방향 프로파일의 코드 AB에 의해 대응하는 각도와 최대 개방 각도가 동일하도록 치수가

정해질 수 있다. 즉, 관계식: Θmax=δ에 따른다.

[0109] 예를 들어 도 8b 및 도 8c에 도시된 바와 같이, 회전축 G-G를 중심으로 하는 원주 형상을 갖는 풀리부(28)를 제공함으로써, 폐쇄 힘줄(32)의 분리 방향은 개폐자유도(G)의 링크(10, 20) 사이의 모든 개방 각도 Θ에 대해 일정하고(풀리부(28)의 원주 형상의 반경 R2에 국부적으로 직교함), 따라서 관절형 엔드 이펙터의 모든 개폐 각도에 대해 일정한 폐쇄력을 제공한다.

[0110] 바람직하게는, 제 1 링크(10)의 바디는 단단하고 단일 조각이며, 회전축 Y-Y 및 G-G를 모두 형성하고, 거리 X1은 모든 작동 조건에 대해 일정한 것으로 이해되어야 한다.

[0111] 앞서 언급했듯이, 이러한 관절형 엔드 이펙터(3) 덕분에 작동 힘줄에 의해 전달되는 동일한 구동력 T로 증가된 폐쇄력을 얻을 수 있다.

[0112] 앞서 언급한 바와 같이, 실시예에 따르면, 관절형 엔드 이펙터의 지지 구조는 제 1 회전축(Y-Y)에 직교하는 회전축 P-P를 가지는 회전 조인트에서 서로 관절형으로 연결되는 지지 링크(50)와 근위 링크(43)를 포함하며, 여기서 회전축 P-P를 가지는 상기 회전 조인트는 추가 쌍의 길항적 작동 힘줄(35, 36)에 의해 이동된다. 제 2 링크(20)의 작동 힘줄은 회전축 P-P와 회전축 Y-Y 사이에서 서로 근위 크로스(37)를 형성할 수 있다. 바람직한 실시예에 따르면, 작동 힘줄 사이의 근위 크로스(37)는 예를 들어 도 9에 도시된 바와 같이, 제 2 링크(20)를 이동시키기 위한 길항적 작동 힘줄(31, 32)의 쌍과 제 1 링크(10)를 이동시키기 위한 길항적 작동 힘줄(33, 34)의 쌍 사이에 발생한다. 다시 말해, 제 2 링크(20)의 폐쇄 작동 힘줄(32)은 근위 크로스(37)를 형성하는 제 1 링크(10)의 작동 힘줄과 크로스되고, 또한 상기 크로스(30)에서 (제 2 링크(20)를 개방하기 위한) 길항적 작동 힘줄(31)과 교차한다. 이러한 크로스(30, 37)는 바람직하게는 종방향으로 간격을 두고 각도적으로 오프셋되어 있으며, 예를 들어 서로 90° 만큼 오프셋되어 있다.

[0113] 지지 링크(50) 및/또는 근위 링크(43)는 제 1 링크(10) 및 제 2 링크(20)를 이동시키기 위한 작동 힘줄(31, 32, 33, 34) 중 적어도 일부, 바람직하게는 전부가 슬라이딩되도록 조정된 하나 이상의 볼록 규칙적인 슬라이딩 표면을 포함할 수 있으며, 특히 해당 쌍의 두 개의 길항적 힘줄 중 하나가 구동(당김)될 때 슬라이딩된다.

[0114] 예를 들어 도 14a에 도시된 바와 같이, 실시예에 따르면, 제 2 링크(20)의 길항적 작동 힘줄(31, 32)은 모두 슬라이딩 허브(40)의 대체물로 제공되는 요 피벗 핀에 관절형으로 연결로 연결된 링크(140)에 고정된다. 따라서, 실시예에서 링크(140)는 제 2 링크(20)를 이동시키기 위한 길항적 작동 힘줄(31, 32)의 원위 작동 부분을 수용하기 위한 적어도 하나의 종료 시트를 포함한다. 따라서, 제 2 링크(20)의 근위 전달 꼬리(25)는 이 실시예에 따르면 링크(140)에서 제 2 링크(20)로의 이동 작용을 위한 전달 수단을 포함할 수 있다.

[0115] 제 2 링크(25)의 근위 전달 꼬리(25)의 원주 작동 부분은 톱니 바퀴 부분(142)(풀리부(28)를 대체)에 의해 형성될 수 있으며, 이는 톱니 바퀴(140)에 제공된 해당 톱니 바퀴 대응 부분(141)과 작동 연결된다. 이러한 경우, 톱니 바퀴 부분(142)은 개폐 자유도(G)의 폐쇄 토크의 암에 대한 작업 반경 R2를 정의한다.

[0116] 실시예에 따르면, 예를 들어 도 14c에 도시된 바와 같이, 제 2 링크(20)를 톱니 바퀴 커플링을 통해 간접적으로 이동시키기 위한 길항적 작동 힘줄(31, 32)의 경로는 회전축 Y-Y와 G-G 사이에 크로스(30)를 형성하지 않는다. 작동 힘줄(31, 32)을 수용하기 위한 톱니 링크(140)의 적어도 하나의 종료 시트(도시되지 않음)는 톱니 링크(140)의 톱니 부분(141) 옆에 위치하거나 톱니 부분의 적어도 일부 톱니를 통해 위치할 수 있다.

[0117] 바람직하게는, 톱니 링크(140)는 제 1 회전축(Y-Y)를 중심으로 하는 권선 반경 R4를 갖는 풀리부(118)를 더 포함하고, 폐쇄 작동 힘줄(32)은 톱니 링크(140)의 풀리부(118) 주위에 감긴다. 제 2 링크(20)를 이동시키기 위한 쌍의 길항적 개방 작동 힘줄(31)은 또한 톱니 링크(140)의 풀리부(118) 주위에 감겨서 톱니 바퀴 커플링을 끼움으로써 제 2 링크(20)를 간접적으로 이동시킬 수 있다.

[0118] 제 2 링크(20)의 톱니형 원주 프로파일(142)의 작동 반경 R2는 바람직하게는 톱니형 링크(140)의 풀리부(118)의 권선 반경 R4보다 크다. 톱니형 링크(140)의 풀리부(118)의 권선 반경 R4는 제 1 링크(10)의 권선 반경 R1과 실질적으로 동일할 수 있으며, 제 1 링크(10)와 톱니형 링크(140)는 모두 제 1 회전축(Y-Y)에 장착될 수 있다.

[0119] 관절형 엔드 이펙터(3)의 링크(10, 20, 40, 43, 50, 140) 중 적어도 하나, 또는 전부는 전기 침식 및/또는 레이저 절단과 같이 서로 직교하는 평면에서 두번 절단하는 제조 방법에 의해 만들어질 수 있다.

[0120] 앞서 언급한 바와 같이, 관절형 엔드 이펙터(3)의 링크 (10, 20, 40, 43, 50, 140) 중 적어도 하나뿐만 아니라 모든 링크는 절단 와이어(61)와 서로 직교하는 평면에 두번의 절단을 수행하는 와이어 전기 부식 제조 방법(WEDM)에 의해 만들어질 수 있다. 관절형 엔드 이펙터(3)의 모든 링크는 절단 와이어(61)의 동일한 통과를 통해

만들어질 수 있다. 이를 위해, 작업물(610, 620, 642, 650)은 회전 공구(62)로 와이어 전기 부식 기계(60)에 장착될 수 있으며, 여기서, 예를 들어, 도 15a, 15b와 같이 이들은 절단 와이어(61)가 직교 절단 평면에서 두 개의 절단을 수행할 때 한 번에 최대 하나의 작업물(610, 620, 642, 650)과 교차하도록 한 방향으로 정렬되어(곡선으로도 가능) 배열된다. 바람직하게는 두 절단 사이의 작업물 교체는 피하는 것이 좋다.

[0121] 슬라이딩 허브(40)는 축 방향으로 천공된 원통형 형태로 만들어질 수 있으므로 가능한 작동 모드에 따라 와이어 전기 침식(WEDM)으로 제조되지 않는다. 슬라이딩 허브(40)의 원통형 슬라이딩 표면, 또는 그 일부만 와이어 전기 침식으로 가공하여 작동 시 종방향으로 슬라이딩하도록 의도된 작동 힘줄(31, 32)과의 슬라이딩 마찰을 줄일 수 있다.

[0122] 길항적 작동 힘줄(31, 32; 33, 34)이 슬라이딩하는 관절형 엔드 이펙터(3)의 링크(40, 43, 50)의 표면(45, 52, 53)은 바람직하게는 와이어 전기 침식(WEDM)으로 만들어진다. 앞서 언급했듯이, 링크(40, 43, 50)의 표면(45, 52, 53)은 바람직하게는 회전축(축 Y-Y 및/또는 축 P-P)의 방향과 평행한 직선 생성기를 갖는 모든 볼록 규칙적인 표면이다.

[0123] 미끄러짐 없이 길항적 작동 힘줄(31, 32; 33, 34)이 감겨지는(예를 들어, 종료 시트(16, 26)에 가깝게) 관절형 엔드 이펙터(3)의 링크(10, 20)의 표면(18, 21, 22, 28)은 와이어 전기 침식(WEDM)에 의해 만들어지는 것이 바람직하다.

[0124] 링크(10, 20, 43, 50)의 모양은 두 개의 직교 절단면에서 절단된 와이어 전기 침식에 의해 선택되고 최적화할 수 있다.

[0125] 앞서 설명된 특징을 개별적으로 또는 조합하여 적용함으로써, 앞서 언급된 요구에 대응하고, 특히 다음과 같은 장점을 얻을 수 있다.

[0126] - 방향(요)과 개폐(그립)의 축을 분리하여 관절형 엔드 이펙터의 개폐 자유도를 정의하는 제 2 링크의 작동 작동 반경을 수용하기 위한 공간을 얻을 수 있다.

[0127] - 관절형 엔드 이펙터의 횡방향 부피가 동일하게 유지되는 상태에서 개폐 자유도를 정의하는 제 2 링크의 작동 작동 반경을 증가시킬 수 있으므로 폐쇄력을 증가시킬 수 있다.

[0128] 특정 조건을 충족시키기 위해, 당업자는 상술한 실시예에 대해 여러 가지 변경 및 조정을 할 수 있으며, 첨부된 청구항의 범위를 벗어나지 않는 범위 내에서 기능적으로 동등한 다른 요소로 대체할 수 있다.

부호의 설명

[0129] 1 수술 도구

2 위치 샤프트 또는 막대

3 관절 끝 또는 관절형 엔드 이펙터 장치 또는 관절형 엔드 이펙터

4 도구의 전달 인터페이스 부분 또는 백엔드

5 수술 원격 조작을 위한 로봇 시스템

6 로봇 조작기

7 마스터 콘솔

8 마스터 제어 장치

9 스크린

10 관절형 엔드 이펙터의 제 1 링크

13 근위 부착 루트

14 제 1 링크의 연결부 또는 제 1 연결부

15 제 1 링크의 근위 섹션 또는 근위부

16 제 1 링크의 종료 시트

17 제 1 링크의 작동 부분

18 제 1 링크의 부착 루트의 권선 풀리부

19 제 1 링크의 원위 자유 단부

20 관절형 엔드 이펙터의 제 2 링크

21 제 2 링크의 복귀 표면

22 제 2 링크의 복귀 표면

23 제 2 링크의 원위 작동부

24 제 2 링크의 연결부 또는 제 2 연결부

25 제 2 링크의 근위 전달 꼬리

26 제 2 링크의 종료 시트

28 제 2 링크의 원주 프로파일이 있는 풀리부

29 제 2 링크의 원위 자유 단부

30 제 2 링크를 이동하기 위한 길항적 힘줄 사이의 크로스

31 제 2 링크의 개방을 위해 이동하는 작동 힘줄

32 제 2 링크를 폐쇄를 위해 이동하는 작동 힘줄

33 제 1 링크를 이동하기 위한 작동 힘줄

34 제 1 링크를 이동하기 위한 길항적 작동 힘줄

35 지지 링크를 이동하기 위한 작동 힘줄

36 지지 링크를 이동하기 위한 길항적 작동 힘줄

37 길항적 힘줄의 추가 근위 크로스

38 작동 힘줄의 원위 종단부

40 슬라이딩 허브 또는 슬라이딩 부싱

41 요 피벗 핀

42 그립 피벗 핀

43 추가 근위 링크, 예를 들어 샤프트에 고정된 링크

44 피치 피벗 핀

45 슬라이딩 허브의 볼록 규칙적인 슬라이딩 표면

50 근위 링크 또는 지지 링크

51 갈래

52 지지 링크의 볼록 규칙적인 슬라이딩 표면

53 근위 링크의 볼록 규칙적인 슬라이딩 표면

56 지지 링크의 작동 힘줄을 위한 종료 시트

60 와이어 전기 부식 기계

61 와이어 절단

62 회전 공구

63 공구의 회전축

118 톱니 링크의 풀리부

123 제 2 링크의 작동부의 세로 확장 방향

125 제 2 링크의 꼬리의 세로 확장 방향

140 톱니 링크

141 톱니 링크의 톱니 바퀴 대응 부분

142 제 2 링크의 톱니 바퀴 부분

610 제 1 링크를 형성하는 작업물

620 제 2 링크를 형성하는 작업물 링크

642 링크를 형성할 작업물

650 링크를 형성할 작업물

Y-Y 제 1 회전 축 또는 요 회전 축

G-G 제 2 회전 축 또는 개폐 회전 축

P-P 피치 회전 축 또는 근위 회전 축

L1 제 1 측면

L2 제 2 측면

β 각도

δ 풀리부에 대응하는 각도

R1 제 1 링크의 권선 반경

R2 제 2 링크의 작동 반경

R4 톱니 링크의 권선 반경

X1 종 방향 거리

X-X 종 방향

Y 요 자유도

G 개폐 자유도

P 피치 자유도

K 풀리부에서 작동 힘줄의 분리 지점

Q 풀리부에서 길항적 작동 힘줄의 분리 지점

K’ 슬라이딩 허브에서 작동 힘줄의 분리 지점

Q’ 슬라이딩 허브에서 길항적 작동 힘줄의 분리 지점

O 개폐 회전축을 나타내는 점

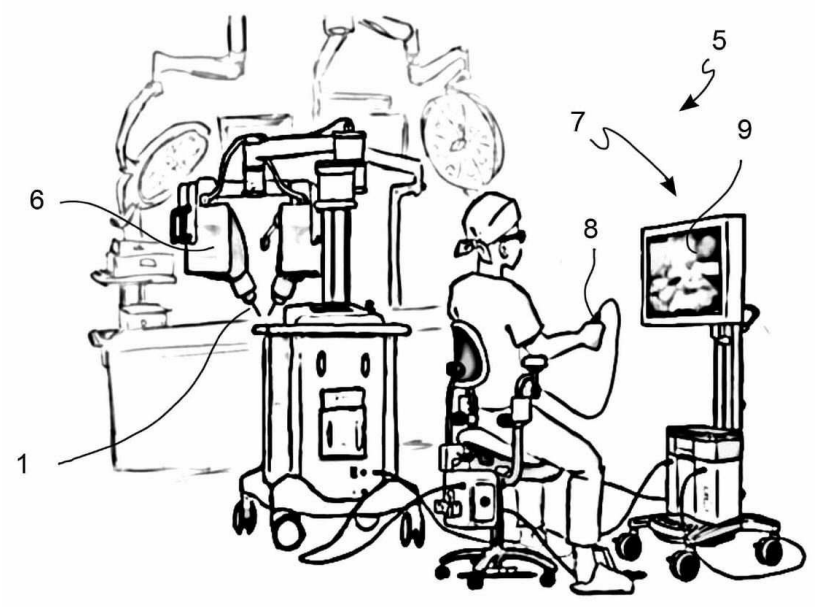
O’ 요 회전축을 나타내는 점

A 풀리부 코드의 끝점

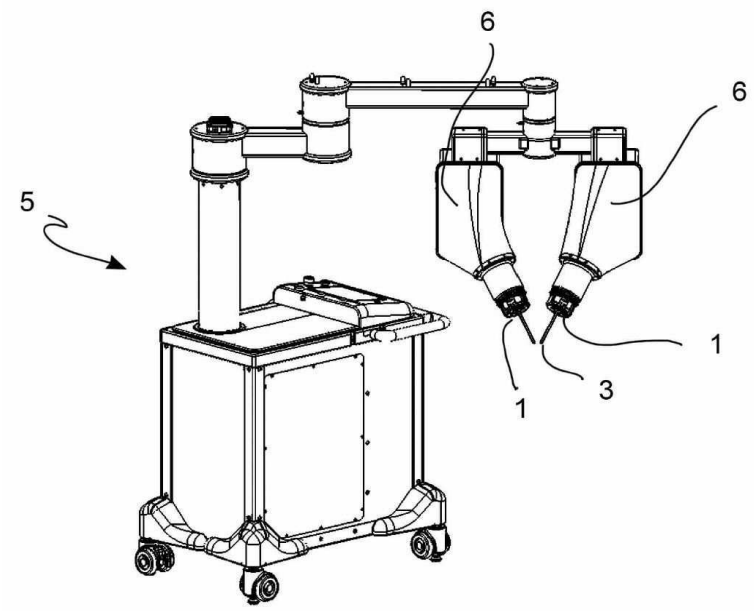
B 풀리부 코드의 끝점

도면

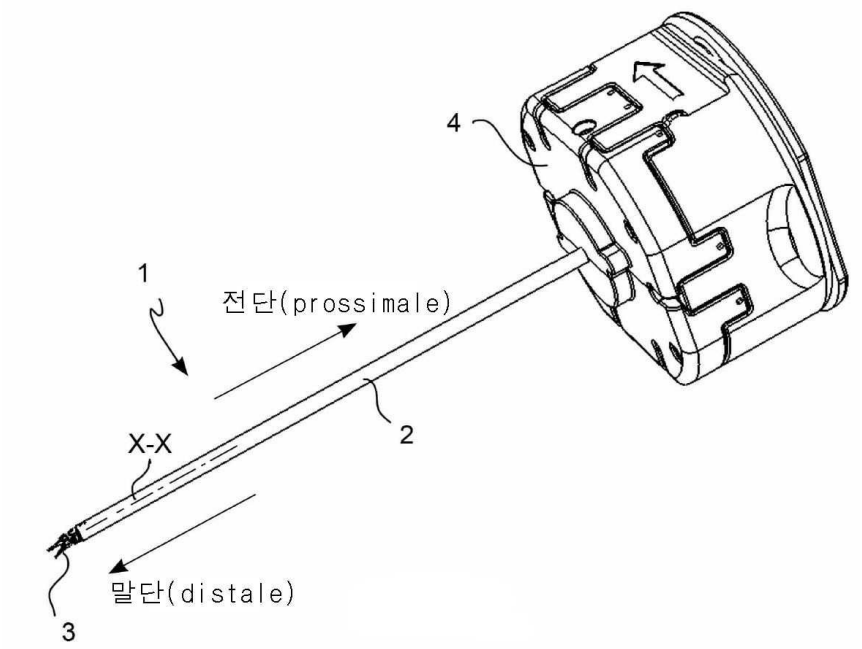
도면1a



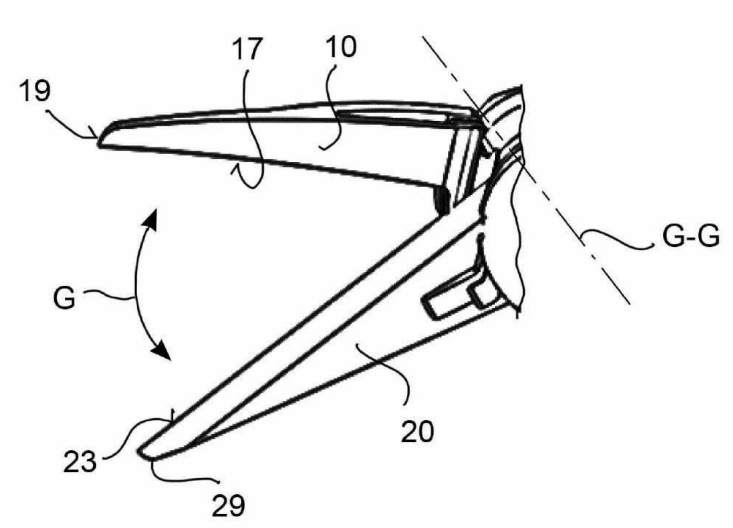
도면1b



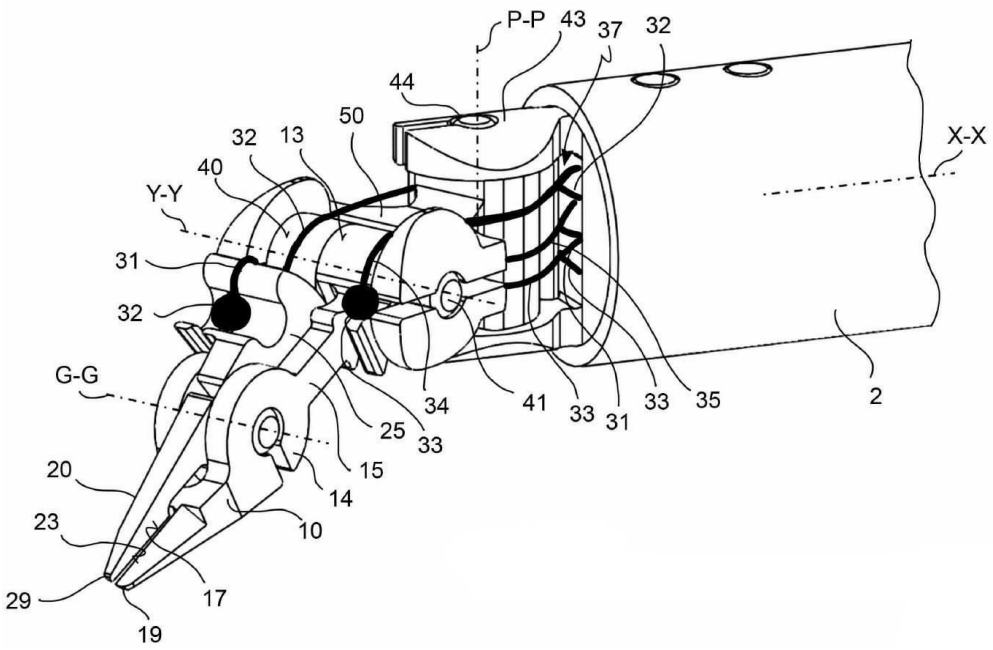
도면2a



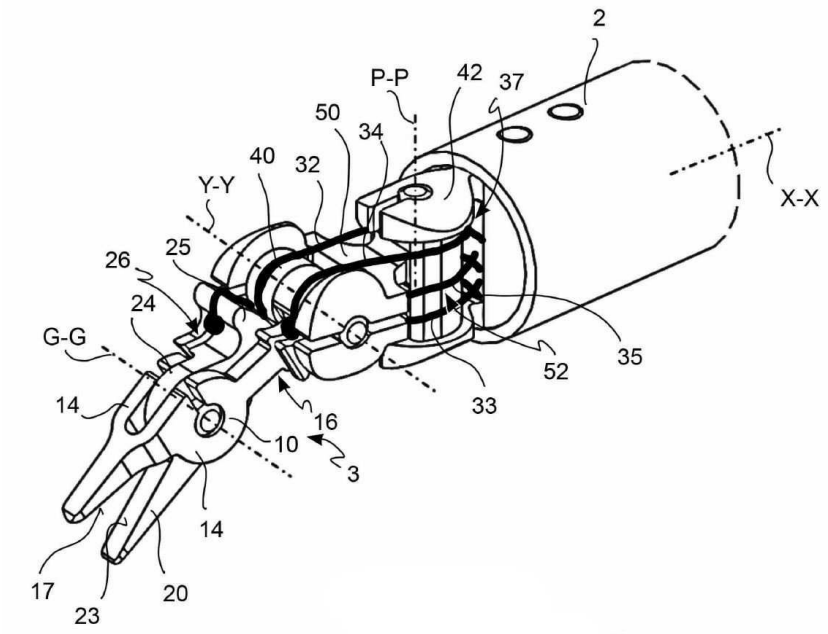
도면2b



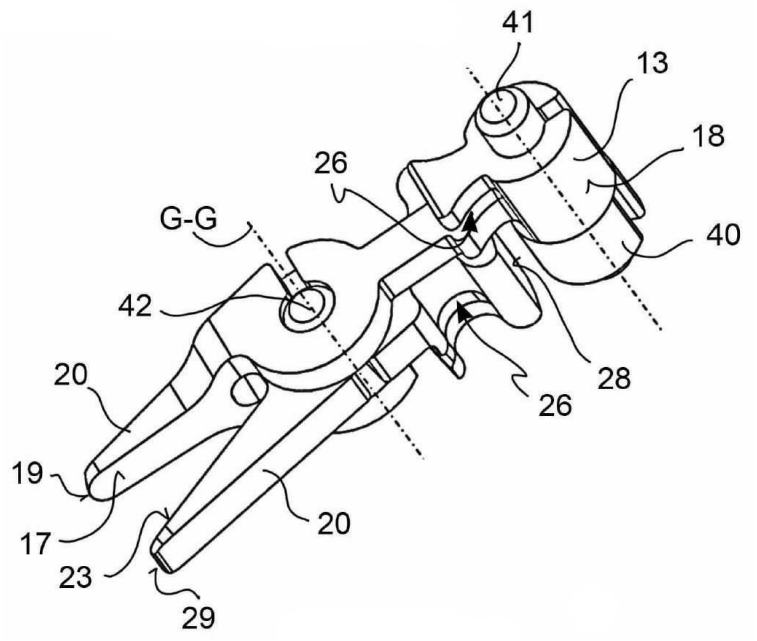
도면3


P-P
43
37
32
44
50
32
13
40
Y-Y
31
32
G-G
20
23
29
19
17
10
14
15
25
33
34
41
33
31
33
35
2
X-X

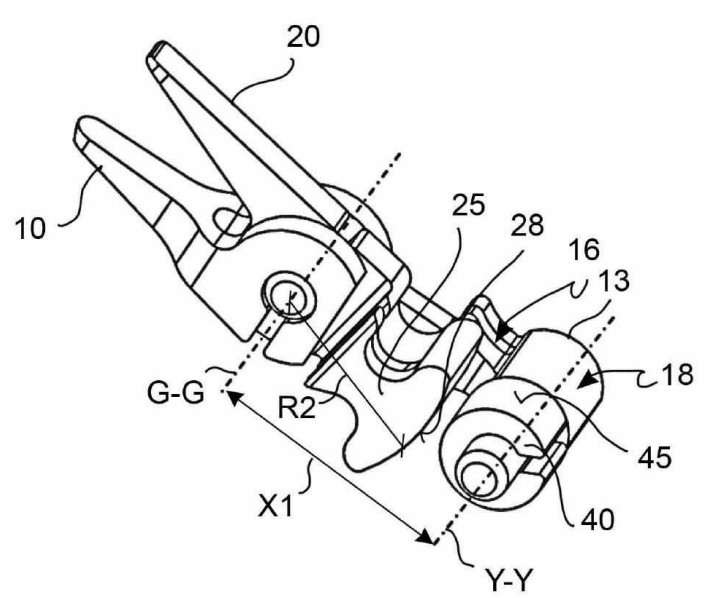
도면4a


2
P-P
42
37
50
34
40
32
Y-Y
26
25
24
G-G
14
16
10
3
14
17
23
20
33
52
35
X-X

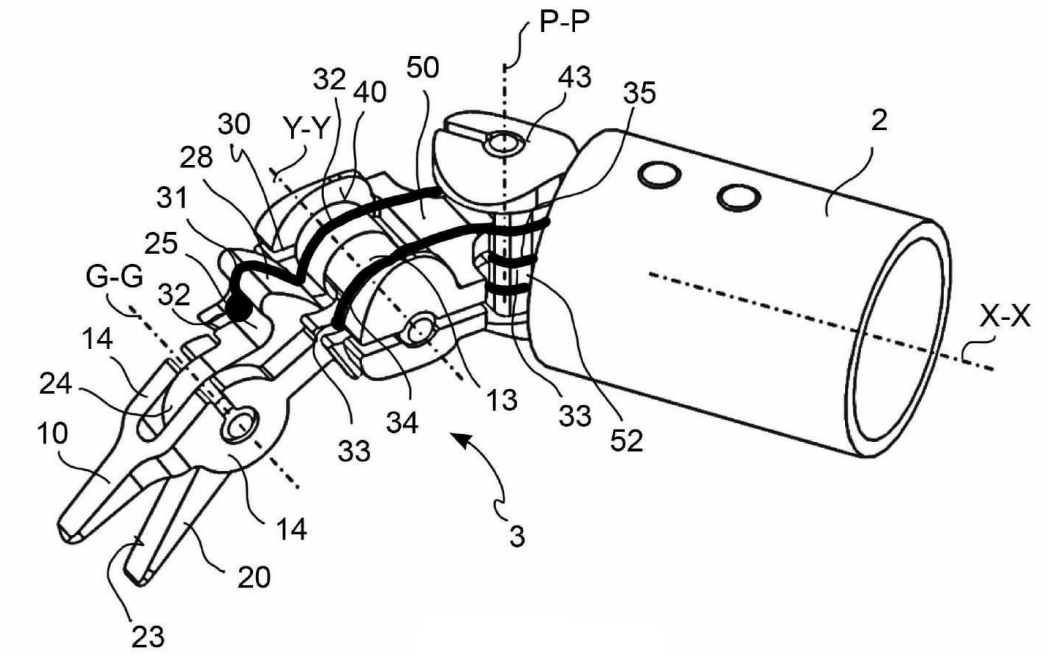
도면4b


41
13
18
26
G-G
40
42
28
26
20
19
20
17
23
29

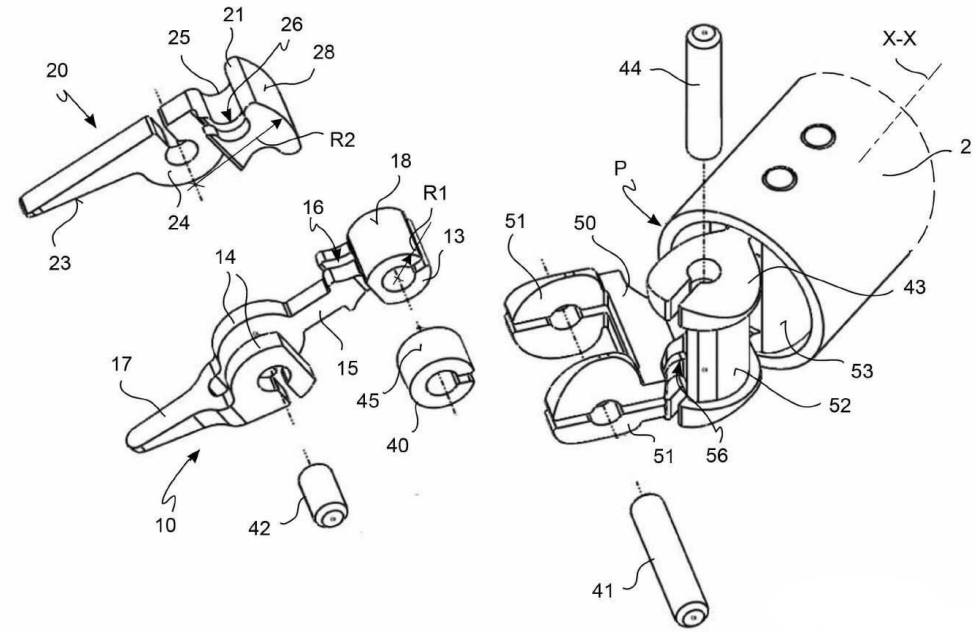
도면4c


20
10
25
28
16
13
18
G-G
R2
45
X1
40
Y-Y

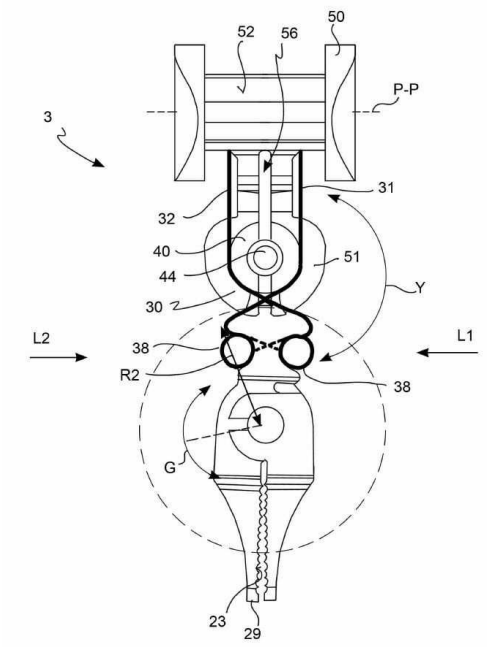
도면4d


P-P
32
40
50
43
35
2
30
Y-Y
28
31
25
G-G
32
14
24
10
23
20
14
33
34
13
33
52
3
X-X

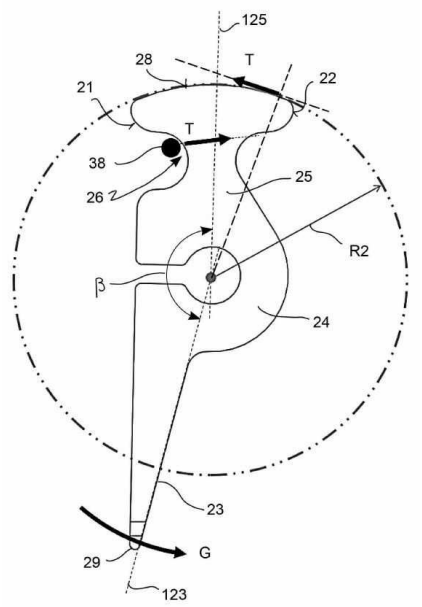
도면4e


21
25
26
28
20
R2
24
23
18
R1
16
13
14
17
15
45
40
10
42
X-X
44
2
P
51
50
43
53
52
51
56
41

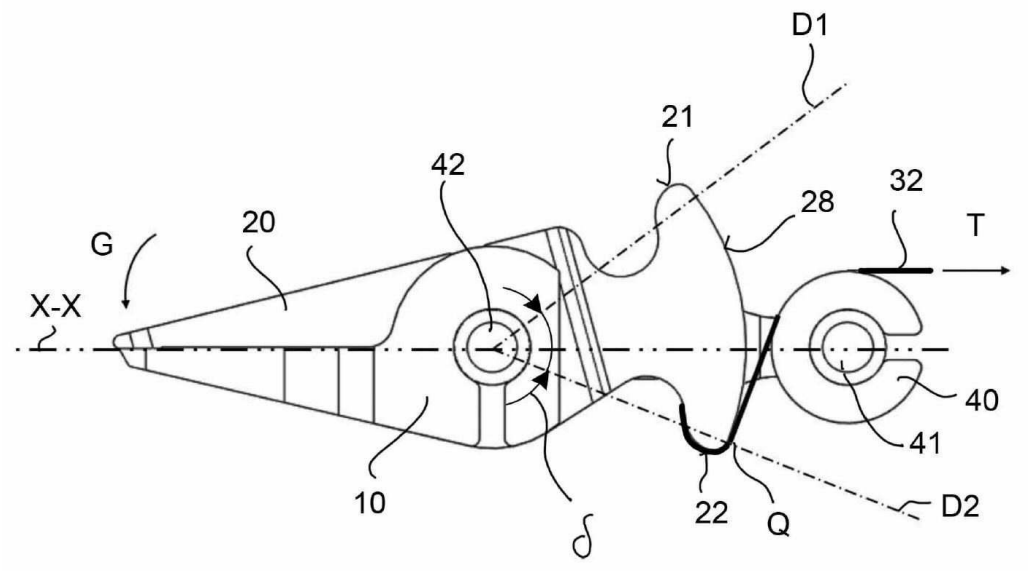
도면5


50
52
56
P-P
3
31
32
40
51
44
Y
30
L2
L1
38
R2
38
G
23
29

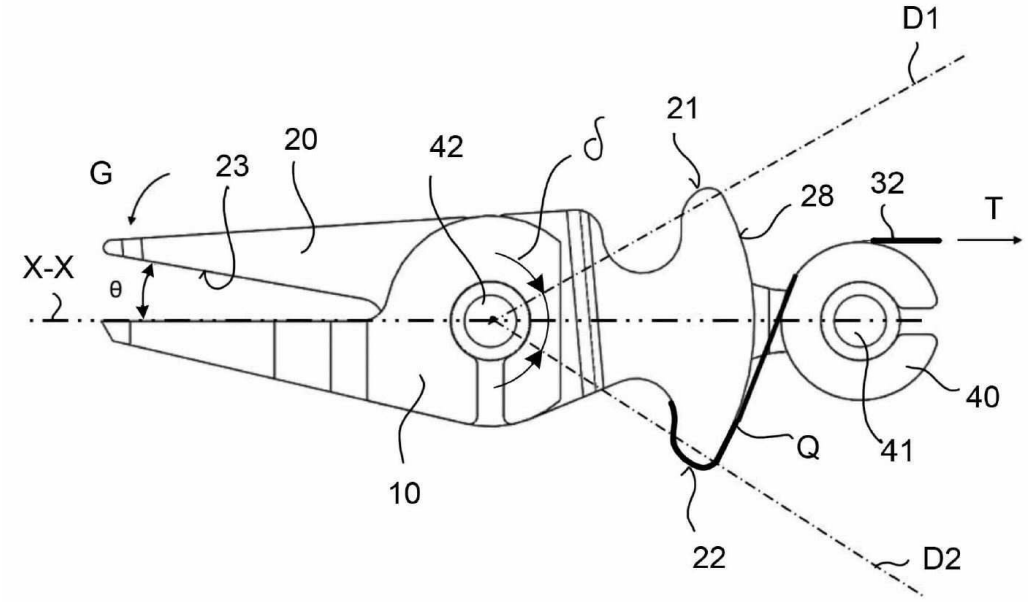
도면6


125
28
T
22
21
T
38
25
26
R2
β
24
23
G
29
123

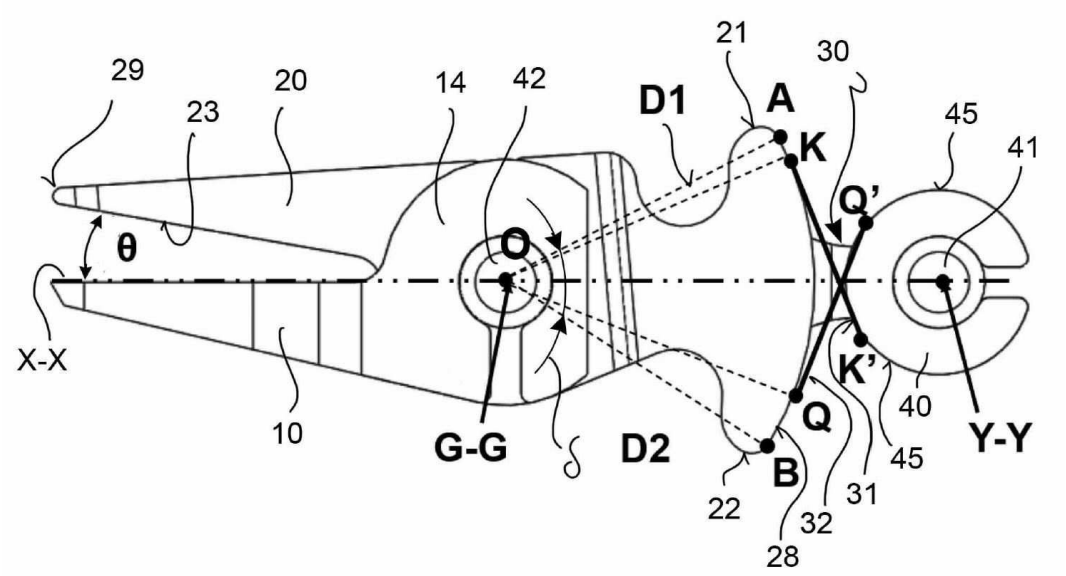
도면7a


D1
21
42
28
32
T
G
20
X-X
40
41
10
22
Q
D2

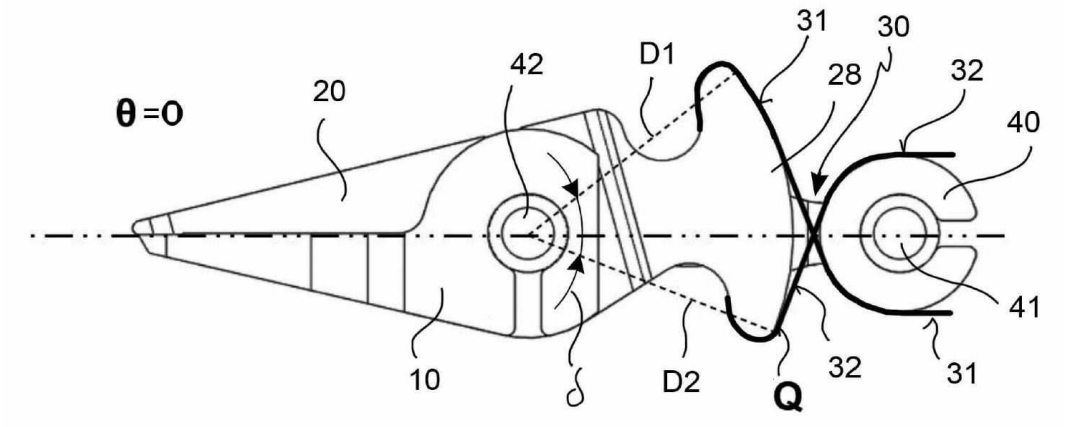
도면7b


D1
21
20
42
G
23
28
32
T
X-X
θ
40
Q
41
10
22
D2

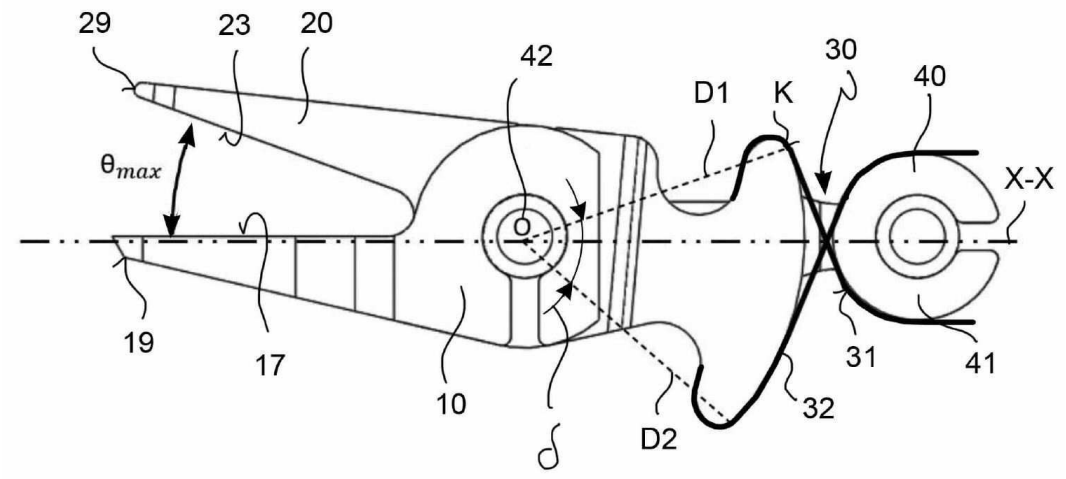
도면8a



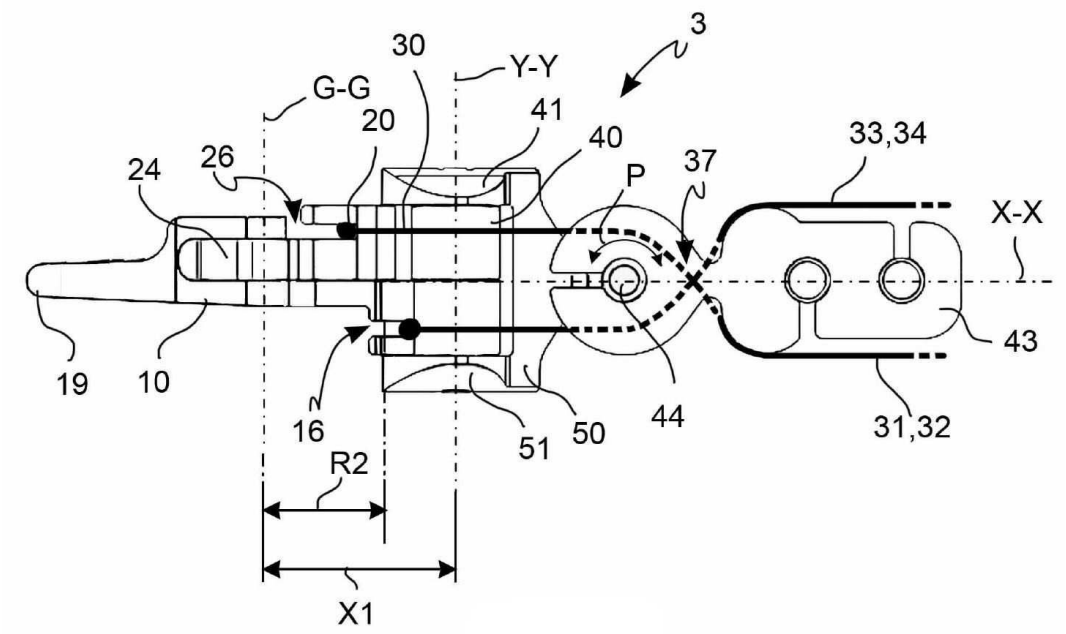
도면8b



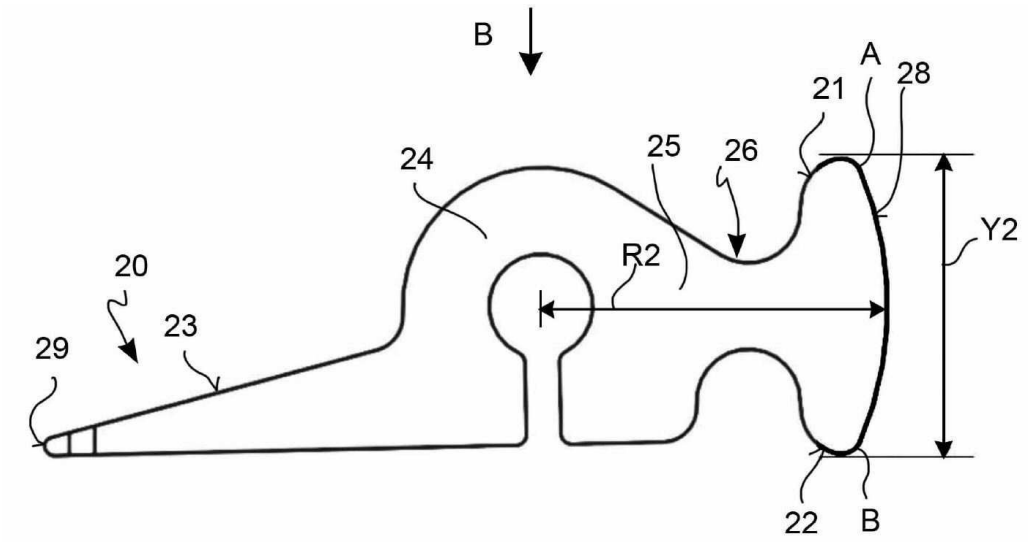
도면8c



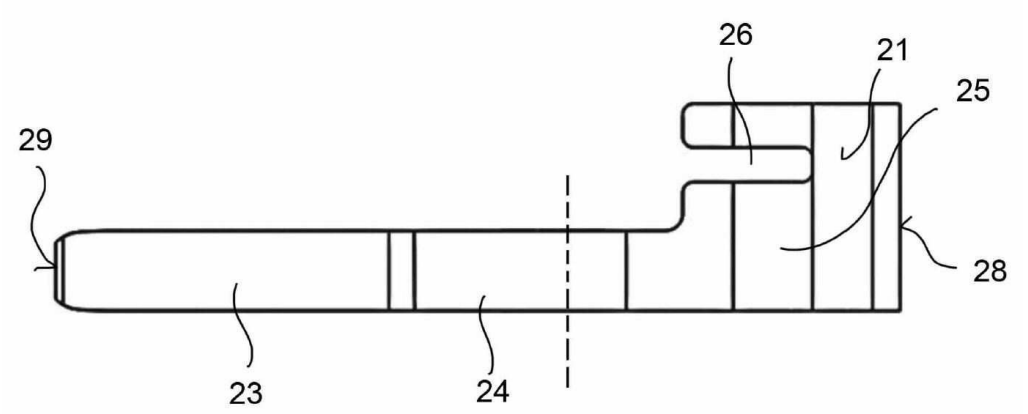
도면9



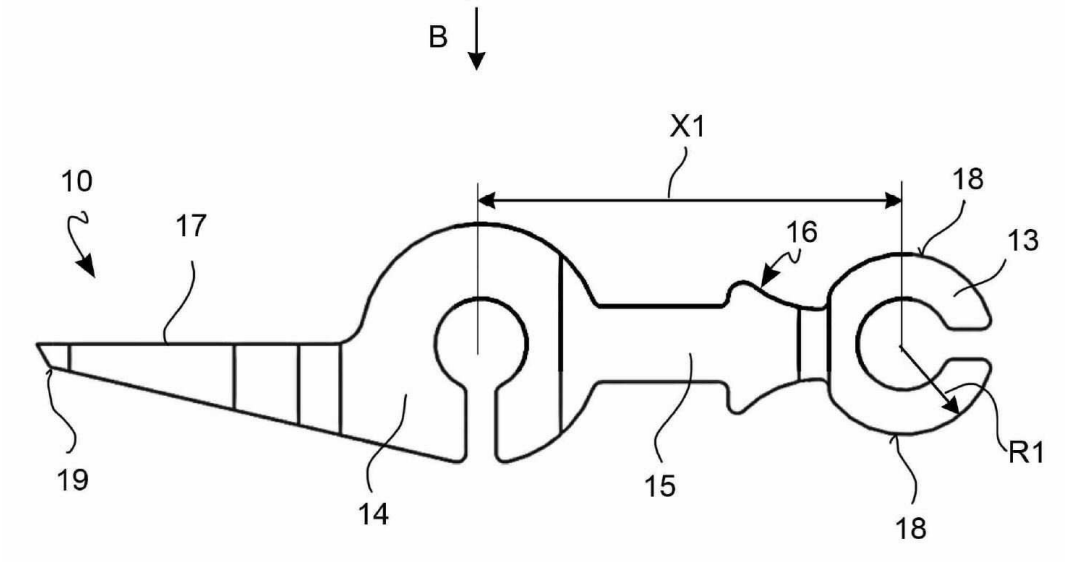
도면10a



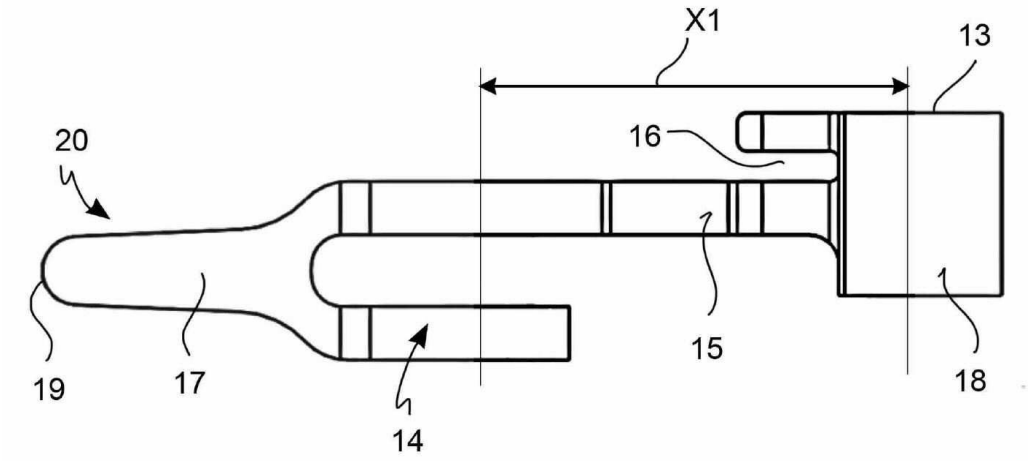
도면10b



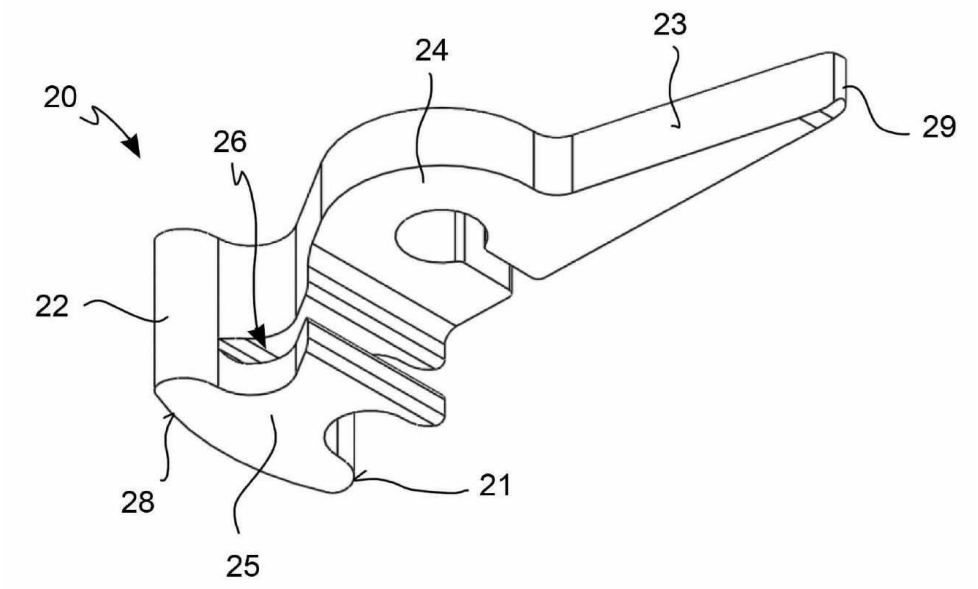
도면11a



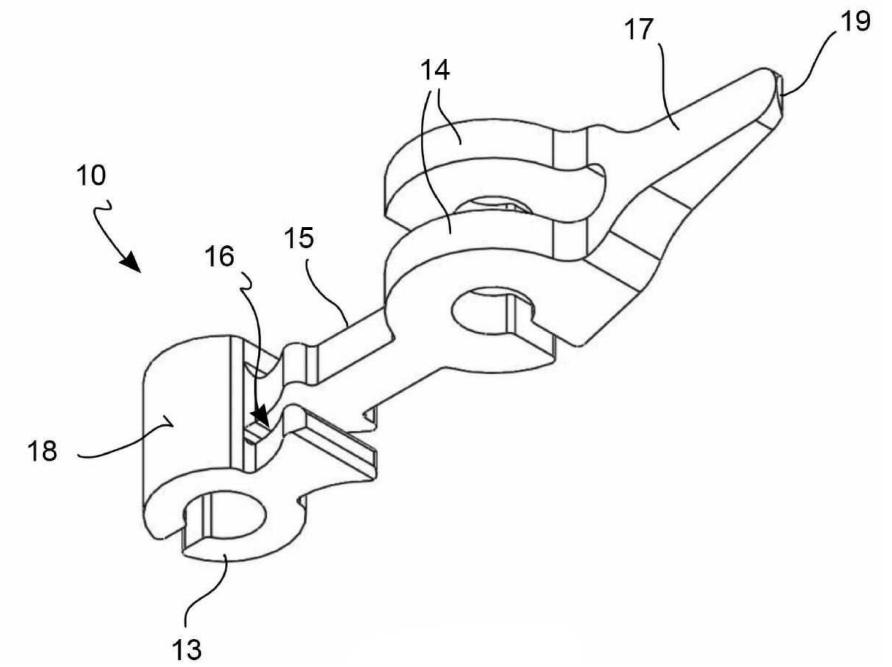
도면11b



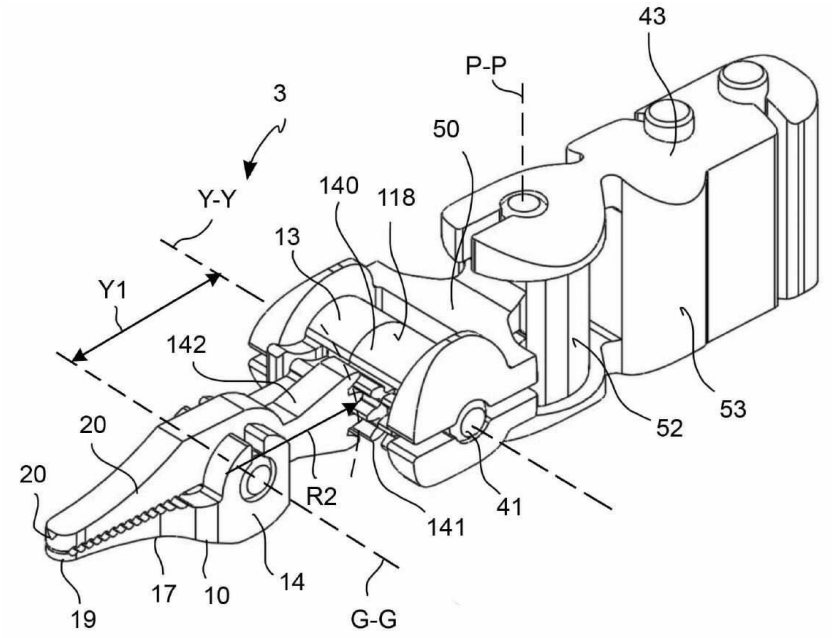
도면12



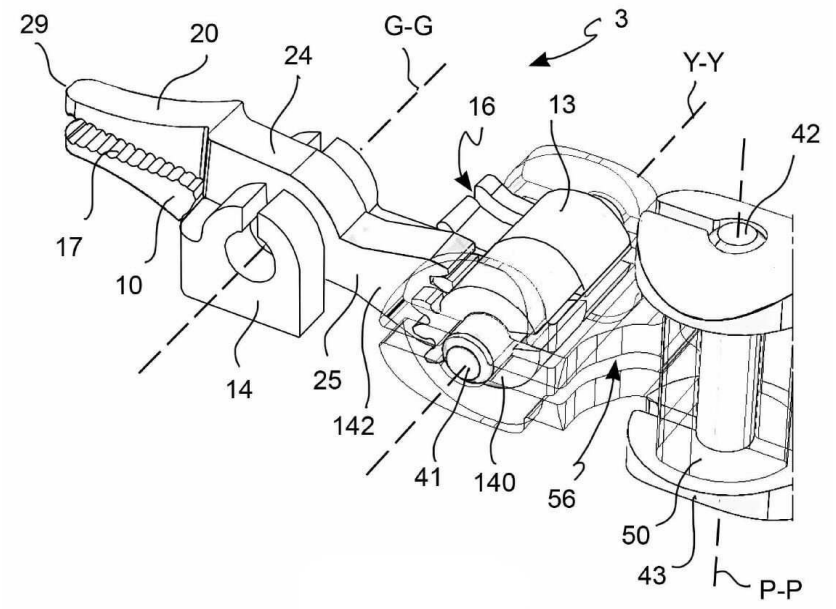
도면13



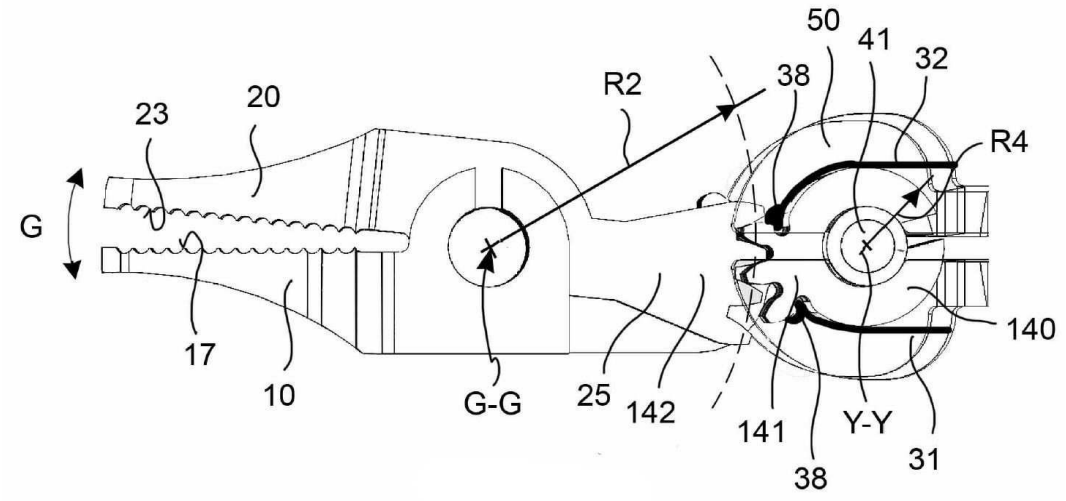
도면14a


43
P-P
3
50
Y-Y
140
118
13
Y1
142
53
52
20
20
R2
41
141
14
17
10
19
G-G

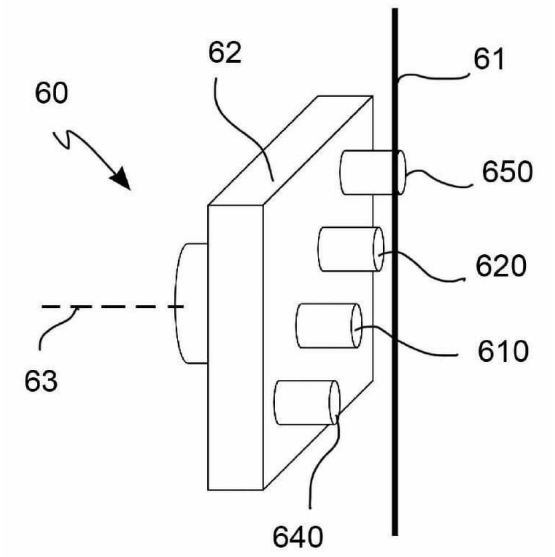
도면14b


29
20
24
G-G
3
Y-Y
16
13
42
17
10
14
25
142
41
140
56
50
43
P-P

도면14c


50
41
32
38
R2
23
20
R4
G
140
17
10
G-G
25
142
141
Y-Y
31
38

도면15a


62
61
60
650
620
610
63
640

도면15b

