



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년06월17일  
(11) 등록번호 10-2264368  
(24) 등록일자 2021년06월08일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 90/50 (2016.01) A61B 1/00 (2017.01)  
A61B 34/30 (2016.01) A61B 34/37 (2016.01)  
A61B 90/00 (2016.01) A61B 90/57 (2016.01)  
A61G 13/10 (2016.01)
- (52) CPC특허분류  
A61B 90/50 (2016.02)  
A61B 1/00149 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7023587
- (22) 출원일자(국제) 2018년12월28일  
심사청구일자 2020년08월14일
- (85) 번역문제출일자 2020년08월14일
- (65) 공개번호 10-2020-0111728
- (43) 공개일자 2020년09월29일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2018/067984
- (87) 국제공개번호 WO 2019/143459  
국제공개일자 2019년07월25일
- (30) 우선권주장  
62/618,489 2018년01월17일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
US20130204091 A1\*  
US20160331477 A1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
아우리스 헬스, 인코포레이티드  
미국, 캘리포니아 94065, 레드우드 시티, 150 쇼어라인 드라이브
- (72) 발명자  
아이리 니콜라스 제이.  
미국 캘리포니아 94065 레드우드 시티 150 쇼어라인 드라이브 아우리스 헬스 인코포레이티드 내  
윌슨 콜린 알렌  
미국 캘리포니아 94065 레드우드 시티 150 쇼어라인 드라이브 아우리스 헬스 인코포레이티드 내  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
장훈

전체 청구항 수 : 총 18 항

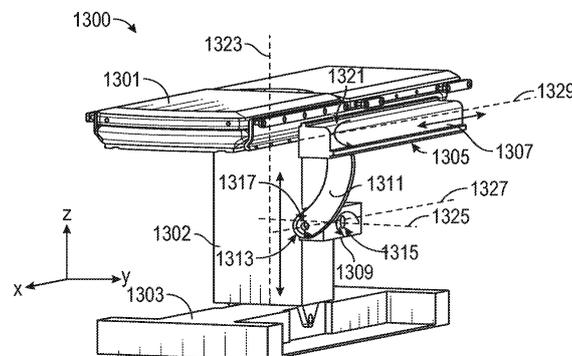
심사관 : 이재균

(54) 발명의 명칭 조절가능 아암 지지부를 갖는 수술 플랫폼

(57) 요약

로봇 수술 시스템은 하나 이상의 로봇 아암을 지지하는 하나 이상의 조절가능 아암 지지부를 포함할 수 있다. 조절가능 아암 지지부는 조절가능 아암 지지부 및 로봇 아암을 테이블 아래의 위치로부터 전개시키기 위해 테이블, 테이블의 칼럼 지지부, 또는 테이블의 기부에 부착되도록 구성될 수 있다. 일부 예에서, 조절가능 아암 지지부는 로봇 아암이 장착되는 바아 또는 레일의 위치의 조절을 허용하는 적어도 4 자유도를 포함한다. 자유도들 중 하나는 조절가능 아암 지지부가 테이블에 대해 수직으로 조절되도록 허용할 수 있다.

대표도 - 도13a



(52) CPC특허분류

*A61B 34/30* (2016.02)  
*A61B 34/37* (2016.02)  
*A61B 90/361* (2016.02)  
*A61G 13/101* (2013.01)  
*A61B 2034/301* (2016.02)  
*A61B 2034/302* (2016.02)  
*A61B 2090/064* (2016.02)  
*A61B 2090/066* (2016.02)  
*A61B 2090/571* (2016.02)

(72) 발명자

**오'로우르케 앤드류 에프.**

미국 캘리포니아 90024 로스 앤젤레스 웨이번 테레  
이스 825

**코빙톤 트래비스 씨.**

미국 캘리포니아 94065 레드우드 시티 150 쇼어라  
인 드라이브 아우리스 헬스 인코포레이티드 내

**웨어만 스텐**

미국 캘리포니아 94065 레드우드 시티 150 쇼어라  
인 드라이브 아우리스 헬스 인코포레이티드 내

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

시스템으로서,

환자를 지지하도록 구성되는 테이블(table);

제1 단부와 제2 단부 사이에서 제1 축을 따라 연장되는 칼럼(column)으로서, 상기 제1 단부는 상기 테이블에 결합되는, 상기 칼럼;

상기 칼럼의 제2 단부에 결합되는 기부(base);

상기 테이블에 대한 상기 제1 축을 따른 조절을 허용하도록 구성되는 적어도 제1 조인트(joint)에 의해 상기 테이블, 상기 칼럼 또는 상기 기부 중 적어도 하나에 결합되는 제1 아암 지지부(arm support)로서, 상기 제1 아암 지지부는 상기 제1 축과는 상이한 제2 축을 따라 연장되는 근위 부분과 원위 부분을 갖는 제1 바아(bar)를 포함하는, 상기 제1 아암 지지부; 및

상기 제1 바아에 이동가능하게 장착되는 제1 로봇 아암(robotic arm)으로서, 상기 제1 로봇 아암은 상기 제1 바아를 따라 병진하도록 구성되는, 상기 제1 로봇 아암;을 포함하고,

상기 제1 축은 수직 축이고, 상기 제1 조인트는 수직 방향으로 상기 제1 바아의 조절을 허용하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

제1항에 있어서, 상기 제1 조인트는 상기 제1 축을 따라 이동하도록 구성되는 전동식 선형 조인트(motorized linear joint)를 포함하는, 시스템.

**청구항 4**

제1항에 있어서, 상기 제1 바아에 장착되는 제2 로봇 아암을 추가로 포함하고, 상기 제2 로봇 아암은 상기 제1 바아를 따라 병진하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 5**

제4항에 있어서, 상기 제2 로봇 아암은 상기 제1 로봇 아암과는 독립적으로 상기 제2 축을 따라 병진하도록 구성되는, 시스템.

**청구항 6**

제4항에 있어서, 상기 제1 바아에 장착되는 제3 로봇 아암을 추가로 포함하는, 시스템.

**청구항 7**

제6항에 있어서, 상기 제1 로봇 아암, 상기 제2 로봇 아암 또는 상기 제3 로봇 아암 중 적어도 하나는 카메라를 보유하는, 시스템.

**청구항 8**

제1항에 있어서, 상기 제1 아암 지지부는 상기 제1 바아의 틸트각(tilt angle)을 조절하도록 구성되는 제2 조인트를 포함하는, 시스템.

**청구항 9**

제1항에 있어서, 상기 제1 바아는 상기 제1 바아가 상기 테이블의 단부를 지나 연장될 수 있도록 상기 테이블의 길이를 따라 병진할 수 있는, 시스템.

**청구항 10**

시스템으로서,

환자를 지지하도록 구성되는 테이블;

제1 단부와 제2 단부 사이에서 제1 축을 따라 연장되는 칼럼으로서, 상기 제1 단부는 상기 테이블에 결합되는, 상기 칼럼;

상기 칼럼의 제2 단부에 결합되는 기부;

제2 축을 따라 연장되는 근위 부분과 원위 부분을 갖는 제1 바아를 포함하는 제1 아암 지지부로서, 상기 제1 바아는 상기 제1 축을 따른 상기 제1 바아의 조절을 허용하도록 구성되는 적어도 제1 조인트에 의해 상기 테이블, 상기 칼럼 또는 상기 기부 중 적어도 하나에 결합되고, 상기 제1 아암 지지부는 상기 제1 바아에 이동가능하게 결합되는 적어도 하나의 로봇 아암을 지지하도록 구성되고, 상기 적어도 하나의 로봇 아암은 상기 제1 바아를 따라 병진하도록 구성되는, 상기 제1 아암 지지부; 및

제3 축을 따라 연장되는, 근위 부분 및 원위 부분을 갖는 제2 바아를 포함하는 제2 아암 지지부로서, 상기 제2 바아는 상기 제1 축을 따른 상기 제2 바아의 조절을 허용하도록 구성되는 적어도 제2 조인트에 의해 상기 칼럼에 결합되고, 상기 제2 아암 지지부는 적어도 다른 로봇 아암을 지지하도록 구성되는, 상기 제2 아암 지지부;를 포함하고,

상기 제1 아암 지지부 및 상기 제2 아암 지지부는 상기 제1 축을 따른 상기 제1 바아 및 상기 제2 바아의 위치가 독립적으로 조절될 수 있도록 구성되는, 시스템.

**청구항 11**

제10항에 있어서, 상기 제1 축은 수직 축이고, 상기 제1 조인트는 수직 방향으로 상기 제1 바아의 조절을 허용하도록 구성되고, 상기 제2 조인트는 상기 수직 방향으로 상기 제2 바아의 조절을 허용하도록 구성되고, 상기 제1 바아와 상기 제2 바아는 상이한 높이들로 조절될 수 있는, 시스템.

**청구항 12**

제10항에 있어서, 상기 제1 아암 지지부는 상기 테이블의 제1 측부 상에 위치되도록 구성되고, 상기 제2 아암 지지부는 상기 테이블의 제2 측부 상에 위치되도록 구성되는, 시스템.

**청구항 13**

제12항에 있어서, 상기 제2 측부는 상기 제1 측부 반대편에 있는, 시스템.

**청구항 14**

제10항에 있어서,

상기 제1 아암 지지부는 상기 테이블의 표면에 대한 상기 제1 바아의 상기 제2 축의 틸트각을 조절하도록 구성되는 제3 조인트를 포함하고;

상기 제2 아암 지지부는 상기 테이블의 표면에 대한 상기 제2 바아의 상기 제3 축의 틸트각을 조절하도록 구성되는 제4 조인트를 포함하는, 시스템.

**청구항 15**

제14항에 있어서, 상기 제1 바아 축의 틸트각과 상기 제2 바아 축의 틸트각은 독립적으로 조절될 수 있는, 시스템.

**청구항 16**

제10항에 있어서, 상기 제1 및 제2 아암 지지부들은 상기 테이블 아래에 보관되도록 구성되는, 시스템.

**청구항 17**

제10항에 있어서, 상기 제1 조인트 및 상기 제2 조인트 중 하나 이상은 전동식이거나 유압장치에 의해 제어되는, 시스템.

**청구항 18**

제10항에 있어서, 상기 제1 아암 지지부는 서로에 대해 선형으로 병진가능한 적어도 2개의 로봇 아암들을 지지하는, 시스템.

**청구항 19**

제10항에 있어서, 상기 제1 아암 지지부 상의 다수의 로봇 아암들 및 상기 제2 아암 지지부 상의 다수의 아암들을 추가로 포함하고, 상기 제1 아암 지지부 상의 아암들의 수는 상기 제2 아암 지지부 상의 아암들의 수와 동일한, 시스템.

**청구항 20**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 설명은 일반적으로 의료 시스템에 관한 것으로, 상세하게는 조절가능 아암 지지부(adjustable arm support)를 갖는 수술 또는 의료 플랫폼(platform), 테이블(table), 또는 베드(bed)에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 로봇 기술은 다양한 응용을 갖는다. 특히, 로봇 아암(robotic arm)은 사람이 통상적으로 수행할 작업을 완료하는 데 도움을 준다. 예를 들어, 공장은 로봇 아암을 사용하여 자동차 및 가전 제품을 제조한다. 추가적으로, 과학 시설은 로봇 아암을 사용하여 마이크로플레이트(microplate)를 이송하는 것과 같은 실험실 절차를 자동화한다. 최근에, 의사는 수술 절차를 수행하는 데 도움이 되도록 로봇 아암을 사용하기 시작하였다. 예를 들어, 의사는 로봇 아암을 사용하여 환자 내측의 수술 기구를 제어한다. 그러나, 로봇 아암을 포함하는 기존의 의료 시스템은 높은 자본 비용을 가지며, 전형적으로 제한된 유형의 수술 절차를 수행하도록 전문화되어 있다. 따라서, 의사 또는 그들의 보조자는 다양한 수술 절차를 수용하기 위해 다수의 로봇 아암 시스템을 획득할 필요가 있을 수 있다. 각각의 수술 절차에 대해 로봇 아암 시스템을 수동으로 재구성하는 것은 또한 의사에게 물리적으로 많은 노력을 요구하고 시간-소모적이다.

**발명의 내용**

[0003] 로봇 아암을 갖는 수술(또는 의료) 로봇 시스템은 다양한 수술(또는 의료) 절차를 수행하도록 구성가능하다. 로봇 수술 시스템은 하나 이상의 로봇 아암을 지지하는 하나 이상의 조절가능 아암 지지부를 포함할 수 있다. 조절가능 아암 지지부는 조절가능 아암 지지부 및 로봇 아암을 테이블 아래의 위치로부터 전개시키기 위해 테이블, 테이블의 칼럼 지지부(column support), 또는 테이블의 기부(base)에 부착되도록 구성될 수 있다. 일부 예에서, 조절가능 아암 지지부는 로봇 아암이 장착되는 바(bar) 또는 레일(rail)의 위치의 조절을 허용하는 적어도 4 자유도(degree of freedom)를 포함한다. 자유도들 중 하나는 조절가능 아암 지지부가 테이블에 대해 수직으로 조절되도록 허용할 수 있다. 로봇 수술 시스템은 각각이 하나 이상의 로봇 아암을 지지하는 2개의 조절가능 아암 지지부를 포함할 수 있다. 2개의 조절가능 아암 지지부는 독립적으로 조절될 수 있다. 예를 들어, 각각의 아암 지지부는 테이블에 대해 상이한 높이로 조절될 수 있다.

[0004] 제1 태양에서, 시스템은 환자를 지지하도록 구성되는 테이블을 포함할 수 있다. 시스템은 또한 제1 단부와 제2 단부 사이에서 제1 축을 따라 연장되는 칼럼을 포함할 수 있다. 제1 단부는 테이블에 결합될 수 있다. 기부는 칼럼의 제2 단부에 결합될 수 있다. 시스템은 테이블에 대한 제1 축을 따른 조절을 허용하도록 구성되는 적어도 제1 조인트(joint)에 의해 테이블, 칼럼 또는 기부 중 적어도 하나에 결합되는 제1 아암 지지부를 포함할 수 있다. 제1 아암 지지부는 제1 축과는 상이한 제2 축을 따라 연장되는, 근위 부분 및 원위 부분을 갖는 제1 바

아를 포함할 수 있다. 제1 바아는 적어도 하나의 로봇 아암을 지지하도록 구성될 수 있다.

[0005]

시스템은 임의의 조합으로 하기 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다: (a) 제1 축은 수직 축이고, 제1 조인트는 수직 방향으로의 제1 바아의 조절을 허용하도록 구성됨; (b) 제1 조인트는 제1 축을 따라 이동하도록 구성되는 전동식 선형 조인트(motorized linear joint)를 포함함; (c) 제1 바아에 장착되는 제1 로봇 아암으로서, 제1 로봇 아암은 제2 축을 따라 병진하도록 구성됨; (d) 제1 바아에 장착되는 제2 로봇 아암으로서, 제2 로봇 아암은 제2 축을 따라 병진하도록 구성됨; (e) 제2 로봇 아암은 제1 로봇 아암과는 독립적으로 제2 축을 따라 병진하도록 구성됨; (f) 제1 바아에 장착되는 제3 로봇 아암; (g) 제1 로봇 아암, 제2 로봇 아암 또는 제3 로봇 아암 중 적어도 하나는 카메라를 보유함; (h) 제1 로봇 아암, 제2 로봇 아암 또는 제3 로봇 아암 중 적어도 하나는 테이블 아래에 적재될(stowed) 수 있음; (i) 제1 아암 지지부는 제1 바아의 틸트각(tilt angle)을 조절하도록 구성되는 제2 조인트를 포함함; (j) 제2 조인트는 제1 축과는 상이한 제3 축을 중심으로 회전하도록 구성되는 전동식 회전 조인트를 포함함; (k) 제1 아암 지지부는 제3 조인트 및 바아 커넥터를 포함하고, 바아 커넥터는 제1 바아를 제3 조인트와 기계적으로 결합시킴; (l) 제3 조인트는 바아 커넥터를 제1 축과는 상이한 제4 축을 중심으로 피봇시키도록(pivot) 구성되는 전동식 회전 조인트를 포함함; (m) 제3 조인트는 칼럼에 대한 제1 바아의 위치설정을 조절하기 위해 바아 커넥터를 피봇시키도록 구성됨; (n) 제3 조인트는 바아 커넥터의 제1 단부에 위치되고, 바아 커넥터의 제1 단부는 칼럼에 결합되고, 추가의 조인트가 바아 커넥터의 제2 단부에 위치되고, 바아 커넥터의 제2 단부는 제1 바아에 결합되고, 추가의 조인트는 추가의 조인트와 제3 조인트가 함께 회전하도록 제3 조인트에 기계적으로 구속됨; (o) 추가의 조인트는 4-바아 링크장치(linkage)를 통해 제3 조인트에 기계적으로 구속됨; (p) 추가의 조인트는 바아 커넥터가 피봇함에 따라 제1 바아의 배향이 변경되지 않도록 제3 조인트에 기계적으로 구속됨; (q) 제1 바아는 제1 바아가 테이블의 단부를 지나 연장될 수 있도록 테이블의 길이를 따라 병진할 수 있음; (r) 제1 바아는 제2 축을 따른 칼럼에 대한 제1 바아의 병진을 허용하도록 구성되는 적어도 하나의 제4 조인트에 의해 칼럼에 추가로 결합됨; (s) 제1 아암 지지부는 테이블의 제1 측부 상에 위치되도록 구성되고, 시스템은, 테이블, 칼럼 또는 기부 중 적어도 하나에 결합되고 테이블의 제2 측부 상에 위치되도록 구성되는 제2 아암 지지부를 추가로 포함함; (t) 제2 측부는 제1 측부 반대편에 있음; (u) 제2 아암 지지부는 제2 바아를 포함하고, 제2 바아는 제1 축을 따른 제2 바아의 조절을 허용하도록 구성되는 적어도 제1 조인트에 의해 제5 축을 따라 연장됨; (v) 제1 아암 지지부와 제2 아암 지지부는 독립적으로 조절가능하도록 구성되어, 제1 아암 지지부가 제1 높이로 이동될 수 있고 제2 아암 지지부가 제1 높이와는 상이한 제2 높이로 독립적으로 이동될 수 있게 함; (x) 제1 아암 지지부는 테이블 아래에 보관되도록 구성됨; 및/또는 (y) 기부는 시스템이 이동식이도록 구성되는 하나 이상의 휠(wheel)을 포함함.

[0006]

다른 태양에서, 시스템은 환자를 지지하도록 구성되는 테이블을 포함할 수 있다. 시스템은 제1 단부와 제2 단부 사이에서 제1 축을 따라 연장되는 칼럼을 포함할 수 있다. 제1 단부는 테이블에 결합될 수 있다. 기부는 칼럼의 제2 단부에 결합될 수 있다. 시스템은 제2 축을 따라 연장되는, 근위 부분 및 원위 부분을 갖는 제1 바아를 포함하는 제1 아암 지지부를 포함할 수 있고, 제1 바아는 제1 축을 따른 제1 바아의 조절을 허용하도록 구성되는 적어도 제1 조인트에 의해 테이블, 칼럼 또는 기부 중 적어도 하나에 결합되고, 제1 아암 지지부는 적어도 하나의 로봇 아암을 지지하도록 구성된다. 시스템은 또한 제3 축을 따라 연장되는, 근위 부분 및 원위 부분을 갖는 제2 바아를 포함하는 제2 아암 지지부를 포함할 수 있고, 제2 바아는 제1 축을 따른 제2 바아의 조절을 허용하도록 구성되는 적어도 제2 조인트에 의해 칼럼에 결합되고, 제2 아암 지지부는 적어도 다른 로봇 아암을 지지하도록 구성된다. 일부 실시예에서, 제1 아암 지지부 및 제2 아암 지지부는 제1 축을 따른 제1 바아 및 제2 바아의 위치가 독립적으로 조절될 수 있도록 구성된다.

[0007]

시스템은 임의의 조합으로 하기 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다: (a) 제1 축은 수직 축이고, 제1 조인트는 수직 방향으로의 제1 바아의 조절을 허용하도록 구성되고, 제2 조인트는 수직 방향으로의 제2 바아의 조절을 허용하도록 구성되고, 제1 바아와 제2 바아는 상이한 높이로 조절될 수 있음; (b) 제1 아암 지지부는 테이블의 제1 측부 상에 위치되도록 구성되고, 제2 아암 지지부는 테이블의 제2 측부 상에 위치되도록 구성됨; (c) 제2 측부는 제1 측부 반대편에 있음; (d) 제1 아암 지지부는 테이블의 표면에 대한 제1 바아의 제2 축의 틸트각을 조절하도록 구성되는 제3 조인트를 포함하고, 제2 아암 지지부는 테이블의 표면에 대한 제2 바아의 제3 축의 틸트각을 조절하도록 구성되는 제4 조인트를 포함함; (e) 제1 바아 축의 틸트각과 제2 바아 축의 틸트각은 독립적으로 조절될 수 있음; (f) 제1 아암 지지부는 적어도 제5 조인트에 의해 칼럼에 피봇식으로 결합되는 제1 바아 커넥터를 추가로 포함하고, 제2 아암 지지부는 적어도 제6 조인트에 의해 칼럼에 피봇식으로 결합되는 제2 바아 커넥터를 추가로 포함함; (g) 제1 바아 커넥터와 제2 바아 커넥터는 독립적으로 피봇될 수 있음; (h) 제1 아암 지지부는 제2 축을 따른 칼럼에 대한 제1 바아의 병진을 허용하도록 구성되는 제7 조인트를 추가로 포함하고, 제2 아암 지지부는 제3 축을 따른 칼럼에 대한 제2 바아의 병진을 허용하도록 구성되는 제8 조인트를 추가로 포

함함; (i) 제1 바아 축을 따른 제1 바아의 병진과 제2 바아 축을 따른 제2 바아의 병진은 독립적으로 조절될 수 있음; (j) 제1 및 제2 아암 지지부는 테이블 아래에 보관되도록 구성됨; (k) 제1 조인트 및 제2 조인트 중 하나 이상은 전동식이거나 유압장치에 의해 제어됨; (l) 제1 아암 지지부는 서로에 대해 선형으로 병진가능한 적어도 2개의 로봇 아암을 지지함; 및/또는 (m) 제1 아암 지지부 상의 다수의 로봇 아암 및 제2 아암 지지부 상의 다수의 로봇 아암으로서, 제1 아암 지지부 상의 아암의 수는 제2 아암 지지부 상의 아암의 수와 동일함.

[0008] 다른 태양에서, 아암 지지부가 개시된다. 아암 지지부는 제1 축을 따라 연장되는 바아를 포함할 수 있다. 바아는 적어도 하나의 로봇 아암이 제1 축을 따라 병진할 수 있도록 적어도 하나의 로봇 아암을 지지하도록 구성될 수 있다. 바아는 테이블을 지지하는 칼럼에 결합되도록 구성될 수 있다. 아암 지지부는 칼럼의 제2 축을 따른 바아의 수직 위치를 조절하는 것을 용이하게 하도록 구성되는 제1 조인트, 테이블의 표면에 대한 제1 축의 틸트각을 조절하는 것을 용이하게 하도록 구성되는 제2 조인트, 적어도 제3 조인트에 의해 칼럼에 피벗식으로 결합되도록 구성되는 바아 커넥터, 및 제1 축을 따른 바아의 병진을 용이하게 하도록 구성되는 제4 조인트를 포함할 수 있다.

[0009] 아암 지지부는 임의의 조합으로 하기 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다: (a) 제1 조인트, 제2 조인트, 제3 조인트 및 제4 조인트 중 하나 이상은 전동식이거나 유압장치에 의해 제어됨; (b) 제2 축은 수직 축이고, 제1 조인트는 수직 방향으로의 바아의 조절을 허용하도록 구성됨; (c) 제1 조인트는 제2 축을 따라 이동하도록 구성되는 선형 조인트를 포함함; (d) 제2 조인트는 제2 축과는 상이한 제3 축을 중심으로 회전하도록 구성되는 회전 조인트를 포함함; (e) 제3 조인트는 바아 커넥터를 제1 축과는 상이한 제4 축을 중심으로 피벗시키도록 구성되는 회전 조인트를 포함함; (f) 제3 조인트는 칼럼에 대한 바아의 위치설정을 조절하기 위해 바아 커넥터를 피벗시키도록 구성됨; (g) 제3 조인트는 바아 커넥터의 제1 단부에 위치되고, 바아 커넥터의 제1 단부는 칼럼에 결합되도록 구성되고, 추가의 조인트가 바아 커넥터의 제2 단부에 위치되고, 바아 커넥터의 제2 단부는 바아에 결합되고, 추가의 조인트는 추가의 조인트와 제3 조인트가 함께 회전하도록 제3 조인트에 기계적으로 구속됨; (h) 추가의 조인트는 4-바아 링크장치를 통해 제3 전동식 조인트에 기계적으로 구속됨; (i) 추가의 조인트는 바아 커넥터가 피벗함에 따라 바아의 배향이 변경되지 않도록 제3 전동식 조인트에 기계적으로 구속됨; 및/또는 (j) 제4 조인트는 선형 조인트를 포함함.

[0010] 다른 태양에서, 테이블의 표면 상에 위치되는 환자를 지지하도록 구성되는 테이블을 포함할 수 있는 시스템이 개시된다. 시스템은 제1 단부와 제2 단부 사이에서 제1 축을 따라 연장되는 칼럼을 포함할 수 있다. 제1 단부는 테이블에 결합될 수 있다. 기부는 칼럼의 제2 단부에 결합될 수 있다. 시스템은 제2 축을 따라 연장되는 바아를 포함하는 아암 지지부를 포함할 수 있다. 바아는 제1 축을 따른 바아의 조절을 허용하도록 구성되는 제1 조인트에 의해 테이블, 칼럼, 또는 기부 중 적어도 하나에 결합될 수 있다. 아암 지지부는 적어도 하나의 로봇 아암을 지지하도록 구성될 수 있다. 시스템은 또한 실행가능 명령어가 그 상에 저장된 적어도 하나의 컴퓨터-관독가능 메모리, 및 적어도 하나의 컴퓨터-관독가능 메모리와 통신하고 시스템으로 하여금 명령을 수신하는 것에 응답하여 적어도 제1 축을 따른 바아의 위치를 조절하게 하도록 명령어를 실행하도록 구성되는 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수 있다.

[0011] 시스템은 임의의 조합으로 하기 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다: (a) 명령은 아암 지지부에 결합된 로봇 아암에 결합된 로봇 의료 도구의 위치를 조절하라는 명령을 포함함; (b) 적어도 하나의 프로세서는 임상 의사 선택 절차에 응답하여 시스템이 적어도 바아의 위치를 조절하게 하도록 명령어를 실행하도록 추가로 구성됨; (c) 적어도 하나의 프로세서는 로봇 아암과, 테이블, 환자, 추가의 로봇 아암, 및 의료 이미징 장치 중 적어도 하나 사이의 충돌을 회피하기 위해 시스템이 적어도 바아의 위치를 조절하게 하도록 명령어를 실행하도록 추가로 구성됨; 및/또는 (d) 바아가 테이블의 표면에 대한 바아 축의 각도를 조절하기 위해 틸팅하도록 허용하게 구성되는 제2 조인트, 적어도 제3 조인트에 의해 칼럼에 피벗식으로 결합되도록 구성되는 바아 커넥터, 바아 축을 따른 칼럼에 대한 바아의 병진을 허용하도록 구성되는 제4 조인트 중 하나 이상, 및 적어도 하나의 프로세서는 바아의 위치를 조절하기 위해 시스템이 적어도 제2 조인트, 제3 조인트, 및 제4 조인트 중 적어도 하나를 제어하게 하도록 명령어를 실행하도록 추가로 구성됨.

[0012] 다른 태양에서, 방법이 개시되며, 방법은 테이블의 표면 상에 위치되는 환자를 지지하도록 구성되는 테이블을 제공하는 단계; 제1 단부와 제2 단부 사이에서 제1 축을 따라 연장되는 칼럼을 제공하는 단계로서, 제1 단부는 테이블에 결합되는, 칼럼을 제공하는 단계; 칼럼의 제2 단부에 결합되는 기부를 제공하는 단계; 바아 축을 따라 연장되는 바아를 포함하는 아암 지지부를 제공하는 단계로서, 바아는 제1 축을 따른 바아의 조절을 허용하도록 구성되는 적어도 제1 조인트에 의해 테이블, 칼럼 또는 기부 중 적어도 하나에 결합되고, 아암 지지부는 적어도 하나의 로봇 아암을 지지하도록 구성되는, 아암 지지부를 제공하는 단계; 및 제1 축을 따른 바아의 위치를 조절

하기 위해 제1 조인트를 작동시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 방법은 임의의 조합으로 하기 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다: (a) 제1 바아에 장착되는 제1 로봇 아암을 제공하고; 제2 축을 따라 제1 로봇 아암을 병진시키는 단계; (b) 제1 바아에 장착되는 제2 로봇 아암을 제공하고, 제2 축을 따라 제2 로봇 아암을 병진시키는 단계; (c) 제2 로봇 아암은 제1 로봇 아암과는 독립적으로 제2 축을 따라 병진하도록 구성됨; (d) 제1 바아에 장착되는 제3 로봇 아암을 제공하는 단계; (e) 제1 로봇 아암, 제2 로봇 아암 또는 제3 로봇 아암 중 적어도 하나는 카메라를 보유함; (f) 제1 로봇 아암, 제2 로봇 아암, 또는 제3 로봇 아암 중 적어도 하나는 테이블 아래에 적재될 수 있음; (g) 제1 아암 지지부는 제1 바아의 틸트각을 조절하도록 구성되는 제2 조인트를 포함하고, 방법은 제2 조인트를 작동시킴으로써 바아의 틸트각을 조절하는 단계를 추가로 포함함; (h) 제2 조인트는 제1 축과는 상이한 제3 축을 중심으로 회전하도록 구성되는 전동식 회전 조인트를 포함함; (i) 제1 아암 지지부는 제3 조인트 및 바아 커넥터를 포함하고, 바아 커넥터는 제1 바아를 제3 조인트와 기계적으로 결합시킴; (j) 칼럼에 대한 제1 바아의 위치설정을 조절하기 위해 바아 커넥터를 피벗시키도록 제3 조인트를 작동시키는 단계; (k) 제1 바아는 제1 바아가 테이블의 단부를 지나 연장될 수 있도록 테이블의 길이를 따라 병진할 수 있음; (l) 제1 바아는 제2 축을 따른 칼럼에 대한 제1 바아의 병진을 허용하도록 구성되는 적어도 하나의 제4 조인트에 의해 칼럼에 추가로 결합되고, 방법은 제1 바아를 제2 축을 따라 칼럼에 대해 병진시키는 단계를 추가로 포함함; (m) 테이블, 칼럼 또는 기부 중 적어도 하나에 결합되고 테이블의 제2 측부 상에 위치되도록 구성되는 제2 아암 지지부를 제공하는 단계; 및/또는 (n) 제1 아암 지지부를 제1 높이로 이동시키고, 제2 아암 지지부를 제1 높이와는 상이한 제2 높이로 이동시키는 단계.

[0014] 다른 태양에서, 방법이 개시되며, 방법은 제1 로봇 아암; 로봇 제1 아암의 엔드 이펙터(end effector)에 결합되는 의료 기구; 및 제1 로봇 아암의 기부에 그리고 환자-지지 테이블을 지지하는 칼럼에 결합되는 아암 지지부 중 적어도 하나의 위치설정에 관한 명령을 수신하는 단계로서, 아암 지지부는 적어도 하나의 조인트 및 제1 로봇 아암을 지지하도록 구성되는 바아를 포함하는, 명령을 수신하는 단계; 및 수신된 명령에 기초하여, 칼럼의 수직 축을 따라 아암 지지부의 위치를 조절하도록 적어도 하나의 조인트를 작동시키는 단계를 포함한다.

[0015] 방법은 임의의 조합으로 하기 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다: (a) 제1 명령은 칼럼의 수직 축을 따라 아암 지지부의 위치를 조절하도록 적어도 하나의 조인트를 작동시키고, 제2 명령은 아암 지지부를 위로 피벗시키기 위한 제2 조인트를 작동시키고, 제3 명령은 아암 지지부를 틸팅시키기 위한 제3 조인트를 작동시키고, 제4 명령은 아암 지지부의 길이방향 병진을 유발함; (b) 제2 로봇 아암이 아암 지지부의 바아에 결합됨; (c) 테이블 아래의 적재 위치로부터 아암 지지부, 제1 로봇 아암, 및 제2 로봇 아암을 상승시키고; 아암 지지부, 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암을 테이블에 인접하게 위치시키고; 제1 명령, 제2 명령, 제3 명령, 또는 제4 명령 중 적어도 하나를 통해 테이블에 대한 아암 지지부의 위치를 조절하고; 수술 절차의 준비로 지지 조인트의 바아를 따라 제2 로봇 아암에 대한 제1 로봇 아암의 위치를 조절하는 단계; (d) 아암 지지부는 테이블의 상부 표면 아래에 위치됨; 및/또는 (e) 운동학 모델(kinematics model)에 기초하여 하나 이상의 명령을 실행하기 위한 제어기로서, 하나 이상의 명령은 제1 로봇 아암; 로봇 제1 아암의 엔드 이펙터에 결합되는 의료 기구; 및 제1 로봇 아암의 기부에 그리고 환자-지지 테이블을 지지하는 칼럼에 결합되는 아암 지지부 중 하나 이상의 위치설정을 제어하고, 아암 지지부는 적어도 하나의 조인트 및 제1 로봇 아암을 지지하도록 구성되는 바아를 포함함.

[0016] 다른 태양에서, 테이블의 표면 상에 위치되는 환자를 지지하도록 구성되는 테이블, 테이블을 위한 하나 이상의 지지부, 및 테이블에 대해 조절가능한 하나 이상의 아암을 유지시키기 위한 아암 지지부를 포함할 수 있는 시스템이 개시되며, 아암 지지부의 높이는 테이블에 대해 조절가능하다.

**도면의 간단한 설명**

[0017] 도 1은 일 실시예에 따른 수술 로봇 시스템의 등각도.

도 2a는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템의 테이블의 등각도.

도 2b는 일 실시예에 따른 테이블의 평면도.

도 2c는 일 실시예에 따른, 테이블의 스윙블 세그먼트(swivel segment)의 평면도.

도 2d는 일 실시예에 따른, 테이블의 스윙블 세그먼트의 평면도.

도 2e는 일 실시예에 따른, 스윙블 메커니즘(swivel mechanism)의 구성요소의 등각 분해도.

도 2f는 일 실시예에 따른, 도 2e에 도시된 스윙블 메커니즘의 단면도.

- 도 2g는 일 실시예에 따른, 도 2e에 도시된 스위블 메커니즘의 저면도.
- 도 2h는 일 실시예에 따른, 테이블의 절첩 세그먼트의 등각도.
- 도 2i는 일 실시예에 따른, 테이블의 절첩 세그먼트의 다른 등각도.
- 도 2j는 일 실시예에 따른, 테이블의 트랩도어(trapdoor)의 등각도.
- 도 2k는 일 실시예에 따른, 테이블의 피봇부의 등각도.
- 도 2l은 일 실시예에 따른, 피치 축(axis of pitch)을 중심으로 회전된 테이블의 측면도.
- 도 2m은 일 실시예에 따른, 로우 축(axis of row)을 중심으로 회전된 테이블의 등각도.
- 도 3a는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템의 칼럼의 측면 절결도.
- 도 3b는 일 실시예에 따른 칼럼의 등각 절결도.
- 도 3c는 일 실시예에 따른 칼럼의 평면도.
- 도 4a는 일 실시예에 따른, 칼럼-장착식 로봇 아암을 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 4b는 일 실시예에 따른, 칼럼-장착식 로봇 아암을 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 5a는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템의 칼럼 링(column ring)의 등각도.
- 도 5b는 일 실시예에 따른, 테이블 아래의 칼럼 링들의 세트의 저면도.
- 도 5c는 일 실시예에 따른, 칼럼에 장착된 칼럼 링들의 세트의 등각도.
- 도 5d는 일 실시예에 따른, 칼럼 링의 아암 마운트(arm mount)의 등각 절결도.
- 도 5e는 일 실시예에 따른, 삼통식 구성(telescoped configuration)의 아암 마운트의 등각 절결도.
- 도 6a는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템의 로봇 아암의 등각도.
- 도 6b는 일 실시예에 따른, 로봇 아암의 아암 세그먼트 조인트의 등각도.
- 도 6c는 일 실시예에 따른, 로봇 아암의 다른 아암 세그먼트 조인트의 등각도.
- 도 7a는 일 실시예에 따른, 환자의 하체 영역에 접근하도록 구성된 칼럼-장착식 아암을 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 7b는 일 실시예에 따른, 환자의 하체 영역에 접근하도록 구성된 칼럼-장착식 아암을 갖는 수술 로봇 시스템의 평면도.
- 도 7c는 일 실시예에 따른, 환자의 하체 영역에 접근하도록 구성된 칼럼-장착식 아암을 갖는 수술 로봇 시스템 및 이미징 장치의 등각도.
- 도 7d는 일 실시예에 따른, 환자의 하체 영역에 접근하도록 구성된 칼럼-장착식 아암을 갖는 수술 로봇 시스템 및 이미징 장치의 평면도.
- 도 7e는 일 실시예에 따른, 환자의 심부 영역(core body area)에 접근하도록 구성된 칼럼-장착식 아암을 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 7f는 일 실시예에 따른, 환자의 상체 영역에 접근하도록 구성된 칼럼-장착식 아암을 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 8a는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템의 기부의 등각도.
- 도 8b는 일 실시예에 따른, 기부의 개방된 패널(panel)의 등각도.
- 도 8c는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템의 기부 내측에 적재된 로봇 아암의 등각도.
- 도 8d는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템의 테이블 아래에 적재된 로봇 아암의 등각도.
- 도 8e는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템의 기부 위에 적재된 로봇 아암의 등각도.

- 도 8f는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템의 기부 위에 적재된 로봇 아암의 다른 등각도.
- 도 8g는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템의 기부 상의 아웃리거 캐스터(outrigger caster)의 등각도.
- 도 8h는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템의 기부 상의 아웃리거 캐스터의 다른 등각도.
- 도 8i는 일 실시예에 따른, 이동 구성(mobile configuration)의 아웃리거 캐스터의 측면도.
- 도 8j는 일 실시예에 따른, 고정 구성(stationary configuration)의 아웃리거 캐스터의 측면도.
- 도 9a는 일 실시예에 따른, 레일-장착식 로봇 아암을 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 9b는 일 실시예에 따른, 레일-장착식 로봇 아암을 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 10a는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템의 기부 레일의 등각도.
- 도 10b는 일 실시예에 따른, 기부 레일 상의 아암 마운트의 등각도.
- 도 10c는 일 실시예에 따른, 기부 레일 상의 아암 마운트의 등각 절결도.
- 도 10d는 일 실시예에 따른 기부 레일의 단면도.
- 도 11은 일 실시예에 따른, 칼럼-장착식 로봇 아암 및 레일-장착식 로봇 아암을 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 12는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템의 테이블 및 기부와 별개의 플랫폼 상에 칼럼-장착식 로봇 아암을 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 13a는 일 실시예에 따른, 조절가능 아암 지지부를 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 13b는 도 13a의 조절가능 아암 지지부를 갖는 수술 로봇 시스템의 단부도.
- 도 14a는 일 실시예에 따른, 테이블의 서로 반대편에 있는 측부들 상에 장착된 2개의 조절가능 아암 지지부를 갖는 수술 로봇 시스템의 단부도.
- 도 14b는 일 실시예에 따른, 복강경 절차를 위해 구성된, 2개의 조절가능 아암 지지부 및 복수의 로봇 아암을 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 14c는 일 실시예에 따른, 복강경 절차를 위해 구성된, 2개의 조절가능 아암 지지부 및 복수의 로봇 아암을 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 15a는 일 실시예에 따른, 조절가능 아암 지지부의 위치를 조절하기 위해 병진하도록 구성되는 2개의 조절가능 아암 지지부를 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 15b는 일 실시예에 따른, 내시경 절차를 위해 구성된, 조절가능 아암 지지부 및 로봇 아암을 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 16은 일 실시예에 따른, 틸팅할 수 있는 레일이 구성된 조절가능 아암 지지부를 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 17a는 일 실시예에 따른, 의료 이미징 장치의 C-아암에 대한 접근을 허용하도록 위치한 조절가능 아암 지지부를 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 17b는 다른 실시예에 따른, 의료 이미징 장치의 C-아암에 대한 접근을 허용하도록 위치한 조절가능 아암 지지부를 갖는 도 17a의 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 18a는 일 실시예에 따른, 전개 구성(deployed configuration)으로 위치한 조절가능 아암 지지부를 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 18b는 일 실시예에 따른, 적재 구성(stowed configuration)으로 위치한 조절가능 아암 지지부를 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도.
- 도 19는 일 실시예에 따른, 조절가능 아암 지지부를 갖는 수술 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법을 예시한 흐름도.

도 20은 일 실시예에 따른, 조절가능 아암 지지부를 갖는 수술 로봇 시스템의 블록도.

도 21은 일 실시예에 따른 로봇 아암의 등각도.

이제, 그 예가 첨부 도면에 예시된 수개의 실시예를 상세히 참조할 것이다. 실행가능한 경우는 언제나, 유사하거나 동일한 도면 부호가 도면에 사용될 수 있으며, 유사하거나 동일한 기능성을 나타낼 수 있다는 것에 유의한다. 도면은 단지 예시를 위해 기술된 시스템(또는 방법)의 실시예를 도시한다. 당업자는 하기 설명으로부터, 본 명세서에 예시된 구조 및 방법의 대안적인 실시예가 본 명세서에서 기술된 원리로부터 벗어남이 없이 채용될 수 있음을 용이하게 인식할 것이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

**I. 시스템 개요**

도 1은 일 실시예에 따른 수술 로봇 시스템(100)의 등각도이다. 사용자, 예컨대 의사 또는 보조자는 수술 로봇 시스템(100)을 사용하여 환자에게 로봇-보조식 수술(robotically-assisted surgery)을 수행한다. 수술 로봇 시스템(100)은 물리적으로 함께 결합되는 테이블(101), 칼럼(102), 및 기부(103)를 포함한다. 도 1에 도시되어 있지 않지만, 테이블(101), 칼럼(102), 및/또는 기부(103)는 수술 로봇 시스템(100)의 기능을 지원하는 전자장치, 유체장치, 공압장치, 흡인장치, 또는 다른 전기 및 기계 구성요소를 수용하거나, 그것에 연결되거나, 그것을 사용할 수 있다.

테이블(101)은 수술 로봇 시스템(100)을 사용하여 수술을 받는 환자에 대한 지지를 제공한다. 일반적으로, 테이블(101)은 지면에 평행하지만, 테이블(101)은 다양한 수술 절차를 용이하게 하기 위해 그의 배향 및 구성을 변경할 수 있다. 테이블(101)은 섹션 II. 테이블에서 도 2a 내지 도 2i를 참조하여 추가로 기술된다.

칼럼(102)은 일 단부 상에서 테이블(101)에 결합되고, 다른 단부 상에서 기부(103)에 결합된다. 일반적으로, 칼럼(102)은 섹션 V. 칼럼 링에서 도 5a 내지 도 5e를 참조하여 추가로 기술되는, 칼럼(102)에 결합되는 칼럼 링을 수용하도록 원통형 형상이지만, 칼럼(102)은 타원형 또는 직사각형과 같은 다른 형상을 가질 수 있다. 칼럼(102)은 섹션 III. 칼럼에서 도 3a 및 도 3b를 참조하여 추가로 기술된다.

기부(103)는 지면에 평행하고, 칼럼(102) 및 테이블(101)에 대한 지지를 제공한다. 기부(103)는 휠, 트레드(tread), 또는 수술 로봇 시스템(100)을 위치시키거나 이동하는 다른 수단을 포함할 수 있다. 기부(103)는 섹션 VIII. 기부에서 도 8a 내지 도 8e를 참조하여 추가로 기술된다.

위에 언급된 구성요소를 포함하는 수술 로봇 시스템(100)의 대안적인 도면 및 실시예가 적어도 2015년 5월 15일자로 출원된 미국 가출원 제62/162,486호 및 2015년 5월 15일자로 출원된 미국 가출원 제62/162,467호에 추가로 예시되고 기술되어 있다.

**II. 테이블**

도 2a는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템(100)의 테이블(201A)의 등각도이다. 테이블(201A)은 도 1의 테이블(101)의 일 실시예이다. 테이블(201A)은 하나 이상의 세그먼트들의 세트를 포함한다. 일반적으로, 사용자는 세그먼트들의 세트를 구성함으로써 테이블(201A)의 구성을 변경한다. 수술 로봇 시스템(100)은 또한, 예를 들어 모터(motor)를 사용하여 세그먼트들의 세트의 세그먼트를 재위치시킴으로써 세그먼트를 자동으로 구성할 수 있다. 세그먼트들의 예시적인 세트가 도 2a에 도시되어 있으며, 스위블 세그먼트(210), 중심 세그먼트(212), 절첩가능 세그먼트(214), 탈착가능 세그먼트(216), 및 테이블 기부(218)를 포함한다. 스위블 세그먼트(210), 중심 세그먼트(212), 및 절첩가능 세그먼트(214)는 테이블 기부(218)에 결합된다. 도 2a가 테이블 기부(218)로부터 분리된 탈착가능 세그먼트(216)를 도시하고 있지만, 탈착가능 세그먼트(216)는 또한 테이블 기부(218)에 결합될 수 있다. 다양한 구현예에서, 추가의 또는 더 적은 세그먼트가 사용될 수 있다.

테이블(201A)의 세그먼트들의 세트를 구성하는 것의 이점은 구성된 테이블(201A)이 테이블(201A) 상의 환자에의 더 우수한 접근을 제공할 수 있다는 것이다. 예를 들어, 수술 로봇 시스템(100)은 환자의 서혜부 영역에의 접근을 필요로 하는 환자에게 수술 절차를 수행한다. 환자가 전형적인 수술 베드 상에 얼굴을 위로 하여 누워 있을 때, 환자의 서혜부 영역보다 환자의 머리, 팔, 및 다리에 더 접근할 수 있다. 서혜부 영역이 환자의 신체의 중심을 향해 위치되기 때문에, 다리는 흔히 서혜부 영역에의 접근을 방해한다. 탈착가능 세그먼트(216)는 테이블(201A)로부터 탈착가능하다. 탈착가능 세그먼트(216)가 없는 테이블(201A)은 환자의 머리가 스위블 세그먼트(210)로 테이블(201A)의 측부를 향하는 상태로 테이블(201A) 상에 누워 있는 환자의 서혜부 영역에의 더 우수한

접근을 제공한다. 특히, 탈착가능 세그먼트(216)를 제거하는 것은, 예를 들어 서혜부 영역 내로 수술 기구를 삽입하기 위해 더 많은 공간을 개방한다. 서혜부 영역에 접근하기 위해 추가의 공간이 요구되는 경우, 절첩가능 세그먼트(214)는 환자로부터 멀어지게 아래로 절첩될 수 있다(도 2h에서 추가로 기술됨). 중심 세그먼트(212)는, 또한 서혜부 영역에의 더 우수한 접근을 제공하는 절결부 섹션(cutout section)(220)을 포함한다.

[0027] 스윙블 세그먼트(210)는 테이블(201A)에 대해 측방향으로 피벗한다. 스윙블 세그먼트(210)는 아치형 에지(arcuate edge)(222)를 포함하고, 중심 세그먼트(212)가 또한 아치형 에지(224)를 포함한다. 아치형 에지로 인해, 스윙블 세그먼트(210)가 테이블(201A)로부터 멀어지게 또는 그것을 향해 피벗함에 따라 스윙블 세그먼트(210)와 중심 세그먼트(212) 사이에 최소의 간극이 존재한다. 스윙블 세그먼트(210)가 테이블(201A)로부터 멀어지게 피벗된 테이블(201A)의 구성은 테이블(201A)의 다른 세그먼트가 서혜부 영역을 방해하지 않기 때문에 서혜부 영역에의 더 우수한 접근을 제공한다. 이러한 구성의 일례가 섹션 VII. A. 하체 수술에서 도 7c 및 도 7d와 관련하여 추가로 기술된다. 추가적으로, 스윙블 세그먼트(210)는 또한, 서혜부 영역에의 한층 더 우수한 접근을 제공하는 절결부 섹션(226)을 포함한다.

[0028] 도 2b는 일 실시예에 따른 테이블(201A)의 평면도이다. 구체적으로, 도 2b는 테이블 기부(218)를 부분 절결도로 그리고 스윙블 세그먼트(210)의 일부분을 도시한다. 스윙블 세그먼트(210) 내측의 구성요소는 예시를 위해 노출된다. 테이블 기부(218)는 이중 만곡형 레일(double curved rail)(230), 즉 2개의 만곡형 선형 레일(또한 제1 베어링 부조립체(bearing subassembly)로 지칭됨)를 포함한다. 스윙블 세그먼트(210)가 또한 이중 만곡형 레일(232)(또한 제2 베어링 부조립체로 지칭됨)을 포함한다. 제2 베어링 조립체에 결합된 제1 베어링 조립체는 베어링 메커니즘으로 지칭될 수 있다. 테이블 기부(218)의 이중 만곡형 레일(230)은 스윙블 세그먼트(210)의 이중 만곡형 레일(232)과 맞물린다. 둘 모두의 이중 만곡형 레일은 가상 원(234)에 동심이다. 스윙블 세그먼트(210)는 테이블 기부(218)의 평면에 수직인, 가상 원(234)의 중심에서 점(236)을 통과하는 축을 중심으로 피벗한다. 테이블 기부(218)의 이중 만곡형 레일(230)은 제1 캐리지(carriage)(238) 및 제2 캐리지(240)를 포함한다. 유사하게, 스윙블 세그먼트(210)의 이중 만곡형 레일(232)은 제1 캐리지(242) 및 제2 캐리지(244)를 포함한다. 캐리지는 구조적 지지를 제공하고, 모멘트 하중(moment load)을 무효화하며, 이는 이중 만곡형 레일이 적어도 500 파운드까지의 높은 캔틸레버식 하중(cantilevered load)을 지지할 수 있게 한다. 예를 들어, 환자를 테이블(201A)로부터 멀어지게 피벗시키는 것은 환자의 체중을 지지하는 이중 만곡형 레일 상에 높은 캔틸레버식 하중을 발생시킨다. 테이블 기부(218) 및 스윙블 세그먼트(210)는 롤러(roller), 캠 팔로워(cam follower), 및 베어링과 같은 추가의 하중-공유 구성요소를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 스윙블 세그먼트(210) 및 테이블 기부(218)는 각각 이중 만곡형 레일 대신에 단일 만곡형 레일을 포함한다. 또한, 각각의 만곡형 레일은 추가의 또는 더 적은 캐리지를 포함할 수 있다.

[0029] 도 2c는 일 실시예에 따른, 테이블(201A)의 스윙블 세그먼트(210)의 평면도이다. 무게 중심(center of mass)(250)은 스윙블 세그먼트(210) 및 스윙블 세그먼트(210) 상에 누워 있는 환자(도시되지 않음)의 무게 중심을 예시한다. 스윙블 세그먼트(210)는 축(236)을 중심으로 각도  $\alpha$ 로 피벗된다. 도 2d에 도시된 무게 중심(246)과 비교하여, 무게 중심(250)은 (도 2d의 테이블 기부(218B)에 대응하는) 테이블 기부(218)를 향해 더 가깝지만, 도 2c 및 도 2d 둘 모두의 스윙블 세그먼트는 각각 동일한 각도  $\alpha$ 로 피벗된다. 무게 중심(250)을 테이블(218)을 향해 가깝게 유지시키는 것은 스윙블 세그먼트(210)가 수술 로봇 시스템을 전복시키지 않고 - 환자로 인한 - 더 큰 캔틸레버 하중(cantilever load)을 지지하는 데 도움을 준다. 일부 실시예에서, 스윙블 세그먼트(210)는, 스윙블 세그먼트(210)의 무게 중심을 테이블(201A) 위에 유지시키면서, 테이블 기부(218)에 대해 30도 또는 45도의 각도까지 회전될 수 있다.

[0030] 도 2d는 일 실시예에 따른, 테이블(201B)의 스윙블 세그먼트(210A)의 평면도이다. 구체적으로, 테이블(201B)은 테이블 기부(218A) 및 스윙블 세그먼트(210A)를 포함한다. 테이블(201B)은 이중 만곡형 레일을 포함하지 않으며, 대신에 도 2e 내지 도 2g를 참조하여 아래에서 추가로 기술되는 스윙블 메커니즘(278)을 포함한다. 무게 중심(246)은 스윙블 세그먼트(210A) 및 스윙블 세그먼트(210A) 상에 누워 있는 환자(도시되지 않음)의 무게 중심을 예시한다. 스윙블 세그먼트(210A)는 축(248)을 중심으로 각도  $\alpha$ 로 피벗된다. 따라서, 무게 중심(246)은 테이블 기부(218A)로부터 떨어져 위치된다.

[0031] 도 2e는 일 실시예에 따른, 테이블(201B)의 스윙블 메커니즘(278)(이는 또한 베어링 메커니즘으로 지칭될 수 있음)의 구성요소의 등각 분해도이다. 스윙블 메커니즘(278)은 제2 베어링 부조립체에 결합되는 제1 베어링 부조립체를 포함한다. 특히, 스윙블 메커니즘(278)은 고조파 구동 모터(harmonic drive motor)(280), 고정 플레이트(static plate)(281), shim(282), 내부 베어링 레이스(race)(283), 베어링(284), 외부 베어링 레이스 클리트(cleat)(285), 내부 베어링 레이스 지지부(286), 고정 링(287), 모터 하우징 마운트(288), 인코더 스트립

(encoder strip)(289), 구동 플레이트(290), 인코더 센서(291), 및 스위블 인서트(swivel insert)(292)를 포함한다. 모터 하우징 마운트(288)는 테이블 기부(218A)에 대해 고정되어 있다. 고조파 구동 모터(280)는 스위블 세그먼트(210A)를 축(248)을 중심으로 회전시킨다. 제1 베어링 부조립체는 테이블 기부(218A)에 결합되는 전술된 구성요소를 포함한다. 제2 베어링 부조립체는 스위블 세그먼트(210A)에 결합되는 전술된 구성요소를 포함한다.

[0032] 도 2f는 일 실시예에 따른, 도 2e에 도시된 스위블 메커니즘(278)의 단면도이다. 고조파 구동 모터(280)는 모터 하우징 마운트(288)에 결합된다. 모터 하우징 마운트(288)는 고정 링(287) 및 고정 플레이트(281)에 결합된다. 고정 플레이트(281)는 심(282)을 사용하여 테이블 기부(218A)에 결합되어, 고조파 구동 모터(280)가 또한 테이블 기부(218A)에 대해 고정되어 있게 한다.

[0033] 고조파 구동 모터(280)는 구동 면(driving face)(296)에 결합되는 구동 액슬(driving axle)(294)을 포함하여, 구동 액슬(294)과 구동 면(296)이 함께 회전하게 한다. 구동 면(296)은 구동 플레이트(290)에 결합된다. 구동 플레이트(290)는 내부 베어링 레이스 지지부(286)에 결합된다. 내부 베어링 레이스 지지부(286)는 스위블 인서트(292) 및 내부 베어링 레이스 클리트(283)에 결합된다. 내부 베어링 레이스 지지부(286)는 베어링(284)(예컨대, 크로스 롤러 베어링(cross roller bearing))에 의해 테이블 기부(218A)에 이동가능하게 결합된다. 스위블 인서트(292)는 스위블 세그먼트(210A)에 결합되어, 구동 액슬(294) 및 구동 면(296)을 회전시키는 것은 스위블 세그먼트(210A)가 동일한 방향으로 회전하게 한다. 도 2f에 도시되어 있지 않지만, 스위블 메커니즘(278)은 추가의 안정성을 제공하기 위해 고정 플레이트(281)와 내부 베어링 레이스 클리트(283) 사이에, 예컨대 물리적 하드 스톱(hard stop)의 형태로 추가의 구성요소를 포함할 수 있다. 또한, 도 2f에 도시되어 있지 않지만, 인코더 센서(291)는 인코더 스트립(289)에 의해 모터 하우징 마운트(288)에 결합된다. 인코더 센서(291)는 스위블 세그먼트(210A)의 회전, 예컨대 스위블 세그먼트(210A)의 위치에 관한 정보를 0.01도 분해능에서 0.1도의 정확도까지 기록한다. 도 2f는 스위블 메커니즘의 구성요소를 결합시키는 데 사용되는 여러 스크류(또는 볼트)를 도시하고 있지만, 이들 구성요소가 다른 방법, 예컨대 용접, 압입 끼워맞춤(press fit), 접착 등을 사용하여 결합될 수 있다는 것에 유의하여야 한다.

[0034] 스위블 메커니즘(278)은, 예컨대 스위블 세그먼트(210A) 상에 누워 있는 환자로부터의 500 파운드까지의 하중을 지지하면서, 고조파 구동 모터(280)가 스위블 세그먼트(210A)를 정밀한 제어로 회전시키도록 허용한다. 특히, 고조파 구동 모터(280)는 스위블 세그먼트(210A)를 초당 10도의 회전 속도까지, 그리고 축(248)을 중심으로 어느 방향으로든 45도까지 회전시킬 수 있다. 또한, 스위블 세그먼트(210A)는 환자의 무게 중심의 최대 속도가 초당 100 밀리미터이고 최대 속도까지의 시간이 0.5초이도록 회전된다. 일부 실시예에서, 스위블 메커니즘의 베어링들 중 하나는, 환자의 체중으로부터의 캔틸레버 하중을 유지시키면서, 스위블 세그먼트(210A)의 정밀한 회전을 허용하는 안정성을 추가로 제공하는 데 도움을 주는 - 예컨대, 베어링 마찰 계수가 대략 0.0025인 볼 베어링을 갖는 - 크로스 롤러 베어링이다. 고조파 구동 모터(280)는 환자의 체중과 함께 스위블 세그먼트(210A)를 회전시키기 위해 33 뉴턴 미터까지의 토크를 발생시킬 수 있다. 일부 실시예에서, 고조파 구동 모터(280)는 적어도 40 뉴턴 미터의 홀딩 토크(holding torque)를 갖는 내부 브레이크(internal brake)를 포함한다.

[0035] 도 2g는 일 실시예에 따른, 도 2e에 도시된 스위블 메커니즘의 저면도이다. 고조파 구동 모터(280)는, 예컨대 수술 로봇 시스템의 칼럼으로부터의 전기 와이어가 고조파 구동 모터(280)에 결합되어 고조파 구동 모터(280)에 제어 신호를 제공할 수 있도록 노출된다.

[0036] 도 2h는 일 실시예에 따른, 테이블(201C)의 절첩가능 세그먼트(214C)의 등각도이다. 테이블(201C)은 도 2a의 테이블(201A)의 일 실시예이다. 테이블(201C)은 또한 테이블 기부(218C)에 결합되는 중심 세그먼트(212C)를 포함한다. 절첩가능 세그먼트(214C)는 테이블 기부(218C)에 평행한 축(252)을 중심으로 베어링을 사용하여 회전한다. 절첩가능 세그먼트(214C)는 절첩가능 세그먼트(214C)가 테이블 기부(218C) 및 중심 세그먼트(212C)에 직교하도록 회전된다. 다른 실시예에서, 절첩가능 세그먼트(214C)는 테이블 기부(218C) 및 중심 세그먼트(212C)에 대해 다른 각도로 회전될 수 있다. 절첩가능 세그먼트(214C)는, 예를 들어 테이블(201C) 상에 누워 있는 환자에의 더 우수한 접근을 제공하기 위해 절결부 섹션(254)을 포함한다. 다른 실시예에서, 절첩가능 세그먼트(214C)는 절결부 섹션을 포함하지 않는다.

[0037] 도 2i는 일 실시예에 따른, 테이블(201D)의 절첩가능 세그먼트(214D)의 다른 등각도이다. 테이블(201D)은 도 2a의 테이블(201A)의 일 실시예이다. 절첩가능 세그먼트(214D)는 절첩가능 세그먼트(214D)와 테이블 기부(218D)가 서로에 대해 각도  $\beta$ 로 위치되도록 회전된다. 테이블(201D)은 테이블(201D) 상의 환자의 체중을 지지하면서 회전된 위치를 유지시키기 위한, 절첩가능 세그먼트(214D) 및 중심 세그먼트(212D)를 위한 메커니즘을

포함한다. 예를 들어, 메커니즘은 절첩가능 세그먼트(214D)와 중심 세그먼트(212D)의 조인트에 있는, 이들 2개의 세그먼트를 각도  $\beta$ 로 유지시키는 마찰 브레이크이다. 대안적으로, 절첩가능 세그먼트(214D)는 샤프트(shaft)를 사용하여 중심 세그먼트(212D)를 중심으로 회전하고, 메커니즘은, 샤프트를 로킹시키고(lock), 그에 따라 2개의 세그먼트를 고정된 위치로 유지시키는 클러치(clutch)이다. 도 2i에 도시되어 있지 않지만, 테이블(201D)은 절첩가능 세그먼트(214D)를 중심 세그먼트(212D)에 대해 소정 각도로 자동으로 회전 및 로킹시키기 위한 모터 또는 다른 액추에이터(actuator)를 포함할 수 있다. 절첩가능 세그먼트(214D)를 회전시키는 것은, 예를 들어 테이블(201D)의 대응하는 구성이 테이블(201D) 상에 누워 있는 환자의 복부 주위의 영역에의 더 우수한 접근을 제공하기 때문에 유리하다.

[0038] 도 2j는 일 실시예에 따른, 테이블(201E)의 트랩도어(256)의 등각도이다. 테이블(201E)은 도 2a의 테이블(201A)의 일 실시예이다. 구체적으로, 테이블(201E)은 트랩도어(256), 및 트랩도어(256) 아래에 위치되는 배출 구성요소(258)를 포함한다. 트랩도어(256) 및 배출 구성요소(258)는 수술 절차 동안 테이블 상에 누워 있는 환자에 의해 분비되거나 방출되는 유체(예컨대, 소변), 잔해물(예컨대, 대변)과 같은 폐기물을 수집한다. 용기(도시되지 않음)가 폐기물을 수집 및 저장하기 위해 배출 구성요소(258) 아래에 위치될 수 있다. 트랩도어(256) 및 배출 구성요소(258)는 그들이 수술 로봇 시스템(100)의 다른 구성요소 또는 수술 로봇 시스템(100)이 있는 수술실 내의 다른 수술 도구와 같은 장비를 폐기물이 오손시키거나 멸균 상태에서부터 해체시키는(de-sterilizing) 것을 방지하기 때문에 유리하다.

[0039] 도 2k는 일 실시예에 따른, 테이블(201A)의 피봇부의 등각도이다. 구체적으로, 테이블(201A)은 제1 피봇부(260) 및 제2 피봇부(262)를 포함한다. 테이블(201A)은 제1 축(264)을 중심으로 회전한다. 사용자, 예컨대 의사는 테이블(201A)을 제1 축(264) 또는 제2 축(266)을 중심으로 수동으로 또는 수술 로봇 시스템(100)에 의해 보조되어 회전시킬 수 있다. 수술 로봇 시스템(100)은 또한, 예를 들어 제어 신호를 사용하여 제1 피봇부(260) 또는 제2 피봇부(262)에 결합된 모터를 작동시킴으로써 테이블(201A)을 자동으로 회전시킬 수 있다. 모터(280)는 제1 피봇부(260)에 결합된다. 테이블(201A)의 회전은 수술 절차 동안 테이블(201A) 상에 누워 있는 환자의 소정 영역에의 더 우수한 접근을 제공할 수 있다. 구체적으로, 테이블(201A)은 제1 축(264)을 중심으로 회전함으로써 테이블(201A) 상에 누워 있는 환자를 트렌델렌부르크 자세(Trendelenburg position)로 배향시키도록 구성된다. 테이블(201A)의 회전은 도 2l 및 도 2m에서 추가로 기술된다.

[0040] 도 2l은 일 실시예에 따른, 피치 축(264)을 중심으로 회전된 테이블(201A)의 측면도이다. 구체적으로, 테이블(201A)은 지면에 평행한 평면(268)에 대해 각도  $\gamma$ 로 회전된다.

[0041] 도 2m은 일 실시예에 따른, 로우 축(266)을 중심으로 회전된 테이블(201A)의 등각도이다. 구체적으로, 테이블(201A)은 지면에 평행한 평면(268)에 대해 각도  $\delta$ 로 회전된다. 테이블(201A)은 테이블(201A) 아래의 구성요소를 노출시키기 위해 투명한 것으로 예시되어 있다. 테이블은 레일들(270)의 세트를 포함한다. 테이블(201A)은 레일들(270)의 세트에 평행한 축(266)을 따라 측방향으로 병진할 수 있다. 수술 로봇 시스템(100)은, 예를 들어 모터 또는 다른 작동 수단(도시되지 않음)을 사용하여 테이블(201A)을 측방향으로 병진시킨다. 수술 로봇 시스템(100)의 사용자는 또한 테이블(201A)을 수동으로, 또는 수술 로봇 시스템(100)의 보조를 받아 병진시킬 수 있다.

[0042] 위에 언급된 구성요소를 포함하는 테이블(201A)의 대안적인 도면 및 실시예가 적어도 2015년 9월 30일자로 출원된 미국 가출원 제62/235,394호에 추가로 예시되고 기술되어 있다.

[0043] **III. 칼럼**

[0044] 도 3a는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템(100)의 칼럼(102)의 측면 절결도이다. 칼럼(102)은 수술 로봇 시스템(100)의 기능을 수행하기 위한 전기 및 기계 및 다른 유형의 구성요소를 포함한다. 칼럼(102)은 피치 회전 메커니즘(310), 칼럼 삽통 메커니즘(320), 링 삽통 메커니즘(330A, 330B), 및 링 회전 메커니즘(340A, 340B)을 포함한다. 링 회전 메커니즘(340A, 340B)은 도 3b에서 추가로 기술된다.

[0045] 수술 로봇 시스템(100)은 피치 회전 메커니즘(310)을 사용하여 피치 축(264)(또한 이전에 도 2k 및 도 2l에 예시됨)을 중심으로 테이블(101)을 회전시킨다. 피치 회전 메커니즘(310)은 피치 회전 모터(312), 직각 기어박스(right angle gearbox)(314), 피치 회전 리드 스크류(lead screw)(316), 및 피치 회전 브래킷(bracket)(318)을 포함한다. 피치 회전 모터(312)는 직각 기어박스(314)에 결합된다. 피치 회전 모터(312)는 피치 회전 리드 스크류(316)에 직교한다. 피치 회전 리드 스크류(316)는 피치 회전 브래킷(318)에 이동가능하게 결합된다. 직각 기어박스(314)는 피치 회전 리드 스크류(316)에 결합된다. 피치 회전 모터(312)의 출력 회전은 축(311)을 따른

피치 회전 리드 스크류의 병진 운동을 유발한다. 따라서, 피치 회전 리드 스크류(318)의 병진 운동은 테이블(101)이 피치 축(264)을 중심으로 회전하게 한다.

[0046] 수술 로봇 시스템(100)은 칼럼 샵톤 메커니즘(320)을 사용하여 테이블을 수직으로 병진시킨다. 칼럼 샵톤 메커니즘(320)은 칼럼 샵톤 모터(322), 칼럼 샵톤 리드 스크류(324), 및 칼럼 샵톤 레일(326)을 포함한다. 칼럼 샵톤 모터(322)는 칼럼 샵톤 리드 스크류(324)에 결합된다. 칼럼 샵톤 모터(322) 및 칼럼 샵톤 리드 스크류(324)는 기부(103)에 대해 고정되어 있다. 칼럼 샵톤 리드 스크류(324)는 칼럼 샵톤 레일(326)과 맞물린다. 칼럼 샵톤 모터(322)의 출력 회전은 칼럼 샵톤 레일(326)이 칼럼 샵톤 리드 스크류(324)를 따라 수직 축(321)을 따라 병진하게 한다. 칼럼 샵톤 레일(326)이 수직 축(321)을 따라 양의 방향으로 병진함에 따라, 칼럼(102) 및 테이블(101)의 높이가 증가한다.

[0047] 칼럼(102)은 또한 하부 칼럼 세그먼트(350), 중간 칼럼 세그먼트(352), 및 상부 칼럼 세그먼트(354)를 포함한다. 하부 칼럼 세그먼트(350)는 기부(103)에 결합되고, 기부(103)에 대해 고정되어 있다. 중간 칼럼 세그먼트(352)는 하부 칼럼 세그먼트(350)에 이동가능하게 결합된다. 상부 칼럼 세그먼트(354)는 중간 칼럼 세그먼트(352)에 이동가능하게 결합된다. 다른 실시예에서, 칼럼(102)은 추가의 또는 더 적은 칼럼 세그먼트를 포함할 수 있다.

[0048] 상부 칼럼 세그먼트(354) 및/또는 중간 칼럼 세그먼트(352)는 또한 수직 축(321)을 따라 병진하여 칼럼(102)의 높이를 연장시킨다. 유사하게, 칼럼 샵톤 레일(326)이 수직 축(321)을 따라 음의 방향으로 병진함에 따라, 칼럼(102) 및 테이블(101)의 높이가 감소한다. 또한, 상부 칼럼 세그먼트(354) 및/또는 중간 칼럼 세그먼트(352)는 또한 수직 축(321)을 따라 병진하여, 하부 칼럼 세그먼트(350) 위로 접힌다. 조절가능한 높이를 갖는 테이블(101)은 테이블(101)이 다양한 수술 절차를 용이하게 하기 때문에 유리하다. 구체적으로, 하나의 수술 절차는 테이블(101) 상에 누워 있는 환자가 상이한 수술 절차를 위해 테이블(101) 상에 누워 있는 환자의 높이보다 낮은 높이에 위치되도록 요구한다. 일부 실시예에서, 칼럼 샵톤 메커니즘(320)은 모터 대신에 - 또는 그것에 더하여 - 유압장치 또는 공압장치와 같은 다른 작동 수단을 사용한다.

[0049] 수술 로봇 시스템(100)은 링 샵톤 메커니즘(330A, 330B)을 사용하여 칼럼 링(305A, 305B)을 수직으로 병진시킨다. 링 샵톤 메커니즘(330A)은 링 샵톤 모터(332), 링 샵톤 리드 스크류(334), 및 링 샵톤 레일(336)을 포함한다. 칼럼 링은 섹션 V. 칼럼 링에서 도 5a 내지 도 5e를 참조하여 추가로 기술된다. 칼럼 링(305A, 305B)은 칼럼(102)에 이동가능하게 결합되고, 수직 축(331)을 따라 병진한다. 일반적으로, 칼럼(102)은 칼럼(102)의 각각의 칼럼 링에 대한 링 샵톤 메커니즘을 포함한다. 구체적으로, 칼럼(102)은 링 샵톤 메커니즘(330A) 및 제2 링 샵톤 메커니즘(330B)을 포함한다. 링 샵톤 모터(332)는 링 샵톤 리드 스크류(334)에 결합된다. 링 샵톤 모터(332) 및 링 샵톤 리드 스크류(334)는 기부(103)에 대해 고정되어 있다. 링 샵톤 리드 스크류(334)는 링 샵톤 레일(336)과 맞물린다. 링 샵톤 레일(336)은 칼럼 링(305A)에 결합된다. 링 샵톤 모터(332)의 출력 회전은 링 샵톤 레일(336)이 수직 축(331)을 따라 그리고 링 샵톤 리드 스크류(334)를 따라 병진하게 한다. 링 샵톤 레일(336)이 수직 축(331)을 따라 양의 방향 또는 음의 방향으로 병진함에 따라, 대응하는 칼럼 링의 높이가 각각 증가 또는 감소한다.

[0050] 도 3b는 일 실시예에 따른 칼럼(102)의 등각 절결도이다. 칼럼(102)은 제1 아코디언 패널(accordion panel)(360A) 및 제2 아코디언 패널(360B)을 포함한다. 아코디언 패널(360A, 360B)은 수술 로봇 시스템(100)이 칼럼 링(305A, 305B)을 수직 축(331)을 따라 양의 방향 또는 음의 방향으로 병진시킴에 따라 각각 연장 또는 절첩된다. 아코디언 패널(360A, 360B)은 그들이 칼럼(102) 내측의 전기 및 기계 및 다른 유형의 구성요소(예컨대, 피치 회전 메커니즘(310), 칼럼 샵톤 메커니즘(320), 링 샵톤 메커니즘(330A, 330B), 및 링 회전 메커니즘(340A, 340B))를 유체 폐기물 및 다른 위험물에 의해 오손되거나 멸균 상태에서부터 해제되는 것으로부터 보호하기 때문에 유리하다. 도 3b는 링 회전 메커니즘(340A)의 등각도를 도시하는 한편, 링 회전 메커니즘(340B)은 칼럼(102)에 의해 가려져 있다.

[0051] 수술 로봇 시스템(100)은 각각 링 회전 메커니즘(340A, 340B)을 사용하여 칼럼 링(305A, 305B)을 회전시킨다. 링 샵톤 레일(336)은 링 회전 브래킷(344)에 의해 링 회전 모터(342)에 결합된다. 링 회전 모터(342)는 기어들의 세트(346)에 결합된다. 기어들의 세트(346)는 구동 기어(346G)를 포함한다. 구동 기어(346G)는 칼럼 링(305A)의 칼럼 링 레일(348)과 맞물린다. 링 회전 모터(342)의 출력 회전은 기어들의 세트(346) 및 구동 기어(346G)가 회전하게 한다. 따라서, 구동 기어(346G)의 회전은 칼럼 링(305A)이 칼럼(102)에 동심인 수직 축(341)을 중심으로 회전하게 한다. 칼럼(102)은 칼럼 링(305B)에 대응하는 다른 링 회전 메커니즘(340B)을 포함한다. 일반적으로, 둘 모두의 링 회전 메커니즘(340A, 340B) 및 칼럼 링(305A, 305B)은 실질적으로 동일할 것

이지만, 다른 구현예에서 그들은 상이한 메커니즘을 사용하여 구성될 수 있다.

[0052] 도 3c는 일 실시예에 따른 링 회전 메커니즘(340A)의 평면도이다. 명확성을 위해, 도 3c는 링 회전 메커니즘(340A)의 구동 기어(346G), 칼럼 링(305A), 및 칼럼 링 레일(348)만을 도시한다. 예시적인 사용 사례에서, 수술 로봇 시스템(100)은 구동 기어(346G)를 시계 방향으로 회전시켜 칼럼 링 레일(348) - 및 그에 따라, 칼럼 링(305A) - 을 수직 축(341)을 중심으로 시계 방향으로 회전시킨다.

[0053] 위에 언급된 구성요소를 포함하는 칼럼(103)의 대안적인 도면 및 실시예가 적어도 2015년 5월 15일자로 출원된 미국 가출원 제62/162,486호 및 2015년 5월 15일자로 출원된 미국 가출원 제62/162,467호에 추가로 예시되고 기술되어 있다.

[0054] **IV. 칼럼-장착식 로봇 아암**

[0055] 도 4a는 일 실시예에 따른, 칼럼-장착식 로봇 아암(470A)을 갖는 수술 로봇 시스템(400A)의 등각도이다. 수술 로봇 시스템(400A)은 로봇 아암들의 세트, 칼럼 링들의 세트, 테이블(401A), 칼럼(402A), 및 기부(403A)를 포함한다. 수술 로봇 시스템(400A)은 도 1에 도시된 수술 로봇 시스템(100)의 일 실시예이다. 일반적으로, 로봇 아암들의 세트는 로봇 아암(470A)과 같은 하나 이상의 로봇 아암을 포함하며, 여기에서 로봇 아암은 칼럼 링(405A)과 같은 하나 이상의 칼럼 링에 결합된다. 칼럼 링은 아래의 섹션 V. 칼럼 링에서 도 5a 내지 도 5e와 관련하여 더 상세히 기술된다. 로봇 아암은 아래의 섹션 VI. 로봇 아암에서 도 6a 내지 도 6c와 관련하여 더 상세히 기술된다. 칼럼 링(405A)은 칼럼(402A)에 이동가능하게 결합된다. 따라서, 칼럼(405A)에 부착된 로봇 아암(470A)은 칼럼-장착식 로봇 아암(470A)으로 지칭될 수 있다. 위에서 소개된 바와 같이, 수술 로봇 시스템(400A)은 로봇 아암(470A)을 사용하여, 테이블(401A) 상에 누워 있는 환자에게 수술 절차를 수행한다.

[0056] 도 4b는 일 실시예에 따른, 칼럼-장착식 로봇 아암을 갖는 수술 로봇 시스템(400B)의 등각도이다. 수술 로봇 시스템(400B)은 도 4a에 도시된 수술 로봇 시스템(400A)의 일 실시예이다. 수술 로봇 시스템(400B)은 다수의 로봇 아암, 즉 제1 로봇 아암(470B), 제2 로봇 아암(470C), 제3 로봇 아암(470D), 및 제4 로봇 아암(470E)뿐만 아니라 다수의 칼럼 링, 즉 제1 칼럼 링(405B) 및 제2 칼럼 링(405C)을 포함한다. 다른 실시예에서, 수술 로봇 시스템(400B)은 추가의 또는 더 적은 로봇 아암 및/또는 칼럼 링을 포함할 수 있다. 또한, 로봇 아암은 다양한 구성으로 칼럼 링에 결합될 수 있다. 예를 들어, 3개의 로봇 아암이 칼럼 링에 결합될 수 있다. 추가적으로, 수술 로봇 시스템(400B)은 각각이 2개의 로봇 아암에 결합되는 3개의 칼럼 링을 포함할 수 있다.

[0057] 칼럼-장착식 로봇 아암을 갖는 위에 언급된 구성요소를 포함하는 수술 로봇 시스템(400B)의 대안적인 도면 및 실시예가 적어도 2015년 5월 15일자로 출원된 미국 가출원 제62/162,486호 및 2015년 5월 15일자로 출원된 미국 가출원 제62/162,467호에 추가로 예시되고 기술되어 있다.

[0058] **V. 칼럼 링**

[0059] 도 5a는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템 - 예를 들어, 수술 로봇 시스템(100, 400A, 또는 400B) - 의 칼럼 링(505)의 등각도이다.

[0060] 칼럼 링(505)은 칼럼 링 레일(510), 아암 마운트 피봇부(512), 아암 마운트 기부(514), 및 아암 마운트들의 세트를 포함한다. 아암 마운트들의 세트는 하나 이상의 아암 마운트를 포함한다. 구체적으로, 도 5a의 아암 마운트들의 세트는 제1 아암 마운트(506A) 및 제2 아암 마운트(506B)를 포함한다. 일반적으로, 아암 마운트들의 세트의 각각의 아암 마운트 및 아암 마운트 기부(514)는 원통형 형상이다.

[0061] 제1 아암 마운트(506A) 및 제2 아암 마운트(506B)는 아암 마운트 기부(514)에 이동가능하게 결합된다. 제1 아암 마운트(506A) 및 제2 아암 마운트(506B)는 아암 마운트 기부(514)에 동심인 축(511)을 중심으로 - 함께 또는 독립적으로 - 회전할 수 있다. 예를 들어, 수술 로봇 시스템(400B)은 아암 마운트 기부(514) 또는 아암 마운트 내축의 모터 또는 다른 작동 수단(도시되지 않음)을 사용하여 제1 아암 마운트(506A) 및 제2 아암 마운트(506B)를 회전시킨다. 일부 실시예에서, 제1 아암 마운트(506A) 및 제2 아암 마운트(506B)는 사전결정된 증분, 예컨대 15도의 증분으로 회전한다.

[0062] 아암 마운트 기부(514)는 아암 마운트 피봇부(512)에 결합된다. 아암 마운트 피봇부(512)는 아암 마운트 피봇부(512) 내축의 모터 또는 다른 작동 수단(도시되지 않음)을 사용하여 아암 마운트 기부(514)를 축(511)에 직교하는 축(521)을 중심으로 회전시킨다. 아암 마운트 피봇부(512)는 칼럼 링 레일(510)에 결합되고, 그것에 대해 고정되어 있다. 아암 마운트 기부(514)를 회전시키는 것은 아암 마운트 기부(514)에 결합된 로봇 아암(및 아암 마운트)이 테이블(401B)의 회전에 응답하여 재배향될 수 있기 때문에 유리하다. 따라서, 아암 마운트 기부

(514)의 아암 마운트에 결합된 로봇 아암은 테이블(401B) 상에 누워 있는 환자에의 더 우수한 접근을 갖는다.

[0063] 도 5b는 일 실시예에 따른, 도 4b의 테이블(401B) 아래의 칼럼 링들의 세트의 저면도이다. 칼럼 링들의 세트는 제1 칼럼 링(405B) 및 제2 칼럼 링(405C)을 포함한다. 도 5b가 아암 마운트가 테이블(401B)의 동일한 측부 상에 있도록 정렬된 제1 칼럼 링(405B) 및 제2 칼럼 링(405C)을 도시하는 한편, 도 4b가 아암 마운트가 테이블(401B)의 서로 반대편에 있는 측부들 상에 있도록 위치한 제1 칼럼 링(405B) 및 제2 칼럼 링(405C)을 도시한다는 것에 유의한다. 수술 로봇 시스템(400B)은 칼럼 링(405B, 405C)을 회전시켜 아암 마운트를 다른 구성으로 위치시킬 수 있다. 예를 들어, 2개의 아암 마운트가 테이블(401B)의 일 측부 상에 위치되고, 2개의 아암 마운트가 테이블(401B)의 반대편 측부 상에 위치된다. 칼럼 링을 칼럼 주위로 서로 독립적으로 회전시킴으로써, 수술 로봇 시스템(400B)은 아암 마운트 - 및 그에 따라, 아암 마운트에 장착된 로봇 아암 - 를 더 많은 수의 가능한 위치로 구성할 수 있다. 이러한 구성가능성(configurability)으로 인해, 수술 로봇 시스템(400B)은 로봇 아암이 테이블(401B) 상에 누워 있는 환자의 신체의 임의의 영역(예컨대, 상체, 심부, 또는 하체)에 접근할 수 있기 때문에 다양한 수술 절차를 수용한다. 일부 실시예에서, 칼럼 링의 각각의 아암 마운트는 아암 마운트에 대한 로봇 아암의 부착을 용이하게 하는 노치(notch)(516)를 포함한다.

[0064] 도 5c는 일 실시예에 따른, 도 4b의 칼럼(402B)에 장착된 칼럼 링들의 세트의 등각도이다. 도 5b와 유사하게, 도 5c는 모든 아암 마운트가 수술 로봇 시스템(400B)의 동일한 측부 상에 정렬된 것을 도시한다.

[0065] 도 5d는 일 실시예에 따른, 칼럼 링의 아암 마운트(506C)의 등각 절결도이다. 아암 마운트(506C)는 아암 마운트 샵톤 메커니즘(520) 및 아암 마운트 세그먼트들의 세트를 포함한다. 아암 마운트 샵톤 메커니즘(520)은 아암 마운트 샵톤 모터(522), 아암 마운트 샵톤 리드 스크류(524), 및 아암 마운트 샵톤 레일(526)을 포함한다. 일반적으로, 아암 마운트 세그먼트들의 세트는 하나 이상의 아암 마운트 세그먼트를 포함한다. 구체적으로, 도 5d의 아암 마운트 세그먼트들의 세트는 하부 아암 마운트 세그먼트(530), 중간 아암 마운트 세그먼트(532), 및 상부 아암 마운트 세그먼트(534)를 포함한다. (예컨대, 도 4b의 로봇 아암(470B)의) 로봇 아암 세그먼트(571)가 상부 아암 마운트 세그먼트(534)에 결합된다. 중간 아암 마운트 세그먼트(532) 및 상부 아암 마운트 세그먼트(534)는 하부 아암 마운트 세그먼트(530)에 이동가능하게 결합된다. 하부 아암 마운트 세그먼트(530)는 아암 마운트 기부(예컨대, 도 5a의 아암 마운트 기부(514))에 결합된다.

[0066] 수술 로봇 시스템(400B)은 아암 마운트 샵톤 메커니즘(520)을 사용하여 아암 마운트(506C)를 축(531)을 따라 병진시킨다. 도 5d에서, 축(531)은 수평 배향에 있지만, 다른 실시예에서, 축(531)이 수직 또는 임의의 다른 배향에 있다는 것에 유의하여야 한다. 아암 마운트 샵톤 모터(522)는 아암 마운트 샵톤 레일(526)에 결합된다. 아암 마운트 샵톤 레일(526)은 아암 마운트 샵톤 리드 스크류(524)와 맞물린다. 아암 마운트 샵톤 리드 스크류(524)는 하부 아암 마운트 세그먼트(530)에 대해 고정되어 있다. 아암 마운트 샵톤 모터(522)의 출력 회전은 아암 마운트 샵톤 레일(526)이 수직 축(531)을 따라 병진하게 한다. 아암 마운트(506C)의 병진은, 아암 마운트(506C)가 연장되는 경우, 아암 마운트(506C)에 장착된 로봇 아암이 수술 절차 동안 테이블(401B) 상에 누워 있는 환자에의 더 우수한 접근을 가질 수 있기 때문에 유리하다.

[0067] 도 5e는 일 실시예에 따른, 샵톤식 구성의 아암 마운트(506C)의 등각 절결도이다. 샵톤식 구성에서, 상부 아암 마운트 세그먼트(534) 및 중간 아암 마운트 세그먼트(532)는 양의 축(531) 방향으로 연장되어 아암 마운트(506C)의 연장을 용이하게 한다.

[0068] 위에 언급된 구성요소를 포함하는 칼럼 링(505)의 대안적인 도면 및 실시예가 적어도 2015년 5월 15일자로 출원된 미국 가출원 제62/162,486호 및 2015년 5월 15일자로 출원된 미국 가출원 제62/162,467호에 추가로 예시되고 기술되어 있다.

[0069] **VI. 로봇 아암**

[0070] 도 6a는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템 - 예를 들어, 수술 로봇 시스템(100, 400A, 또는 400B) - 의 로봇 아암(670)의 등각도이다. 일반적으로, 로봇 아암(670)은 로봇 아암 세그먼트(671, 672, 673, 674, 675, 676, 677)와 같은 로봇 아암 세그먼트들의 세트를 포함한다. 각각의 아암 세그먼트는 아암 세그먼트 조인트에서 적어도 하나의 다른 아암 세그먼트에 이동가능하게 결합된다. 특히, 제1 아암 세그먼트(671)는 제2 아암 세그먼트(672)에 이동가능하게 결합되고, 제2 아암 세그먼트(672)는 제3 아암 세그먼트(673)에 이동가능하게 결합되며, 기타 등등이다. 제1 아암 세그먼트(671)는 아암 마운트(예컨대, 도 5a의 아암 마운트(506A))에 이동가능하게 결합된다. 제7 아암 세그먼트(677)(또는 7개와는 상이한 다수의 아암 세그먼트를 포함하는 아암 세그먼트들의 세트의 마지막 아암 세그먼트)는 수술 기구에 결합된다. 제7 아암 세그먼트(677)는 또한 클램프

(clamp) 또는 로봇 핑거(robotic finger)와 같은 수술 기구를 유지시키기 위한 메커니즘을 포함할 수 있다. 로봇 아암(670)은 로봇 아암 세그먼트 내측의, 모터, 기어, 및 센서와 같은 전기 및 기계 구성요소를 사용하여 아암 세그먼트 조인트에서 아암 세그먼트를 회전시킨다.

[0071] 로봇 아암(670)은, 예를 들어 도 4b의 칼럼(402B) 내에 수용된 로봇 아암 제어 시스템으로부터 제어 신호를 수신한다. 일부 실시예에서, 로봇 아암(670)은, 칼럼(402B)의 외측에 위치되거나 수술 로봇 시스템(400B)으로부터 분리된 로봇 아암 제어 시스템으로부터 제어 신호를 수신한다. 일반적으로, 로봇 아암(670)은 로봇 아암 제어 시스템에 센서 데이터를 제공하는 센서를 포함할 수 있다. 구체적으로, 압력 센서는 힘 피드백 신호를 제공하고, 인코더 또는 전위차계(potentiometer)는 아암 세그먼트의 회전의 측정치를 제공한다. 로봇 아암 제어 시스템은 센서 데이터를 사용하여, 로봇 아암(670)에 제공되는 제어 신호를 생성한다. 각각의 아암 세그먼트가 다른 인접한 세그먼트에 대해 회전할 수 있기 때문에, 각각의 아암 세그먼트는 로봇 아암(670)의 기계 시스템에 추가의 자유도를 제공한다. 로봇 아암 세그먼트를 회전시킴으로써, 수술 로봇 시스템(400B)은 로봇 아암(670)에 결합된 수술 기구를, 수술 기구가 수술 절차를 받는 환자에게 접근할 수 있도록 위치시킨다. 수술 로봇 시스템(400B)의 로봇 아암의 구성은 섹션 VII. 수술 절차를 수행하기 위한 시스템 배향에서 도 7a 내지 도 7f를 참조하여 추가로 기술된다.

[0072] 도 6b는 일 실시예에 따른, 로봇 아암(670)의 아암 세그먼트 조인트(610)의 등각도이다. 제1 아암 세그먼트(671A) 및 제2 아암 세그먼트(672A)는 도 6a의 아암 세그먼트들 중 임의의 것의 실시예이다. 아암 세그먼트(671A, 672A)는 원통형 형상이고, 평면(612)에서 결합된다. 제1 아암 세그먼트(671A)는 평면(612)에 수직인 축(611)을 중심으로 제2 아암 세그먼트(672A)에 대해 회전한다. 또한, 축(611)은 제2 아암 세그먼트(672A)의 평면(614)에 수직이고, 제1 아암 세그먼트(671A)의 평면(616)에 수직이다. 즉, 축(611)은 아암 세그먼트(671A, 672A)에 대해 길이방향이다.

[0073] 도 6c는 일 실시예에 따른, 로봇 아암(670)의 다른 아암 세그먼트 조인트(620)의 등각도이다. 아암 세그먼트(671B, 672B)는 평면(622)에서 결합된다. 도 6b에 도시된 원통형 형상의 아암 세그먼트와는 달리, 아암 세그먼트들(671B, 672B)은 각각 만곡형 섹션(628, 630)을 각각 포함한다. 제1 아암 세그먼트(671B)는 평면(622)에 수직인 축(621)을 중심으로 제2 아암 세그먼트(672B)에 대해 회전한다. 축(621)은 아암 세그먼트(672B)의 평면(624)에 수직이지 않고, 아암 세그먼트(671B)의 평면(626)에 수직이지 않다. 일부 실시예에서, 회전 축은 하나의 아암 세그먼트의 평면에는 수직이지만, 아암 세그먼트 조인트의 다른 아암 세그먼트의 평면에는 수직이지 않다.

[0074] 위에 언급된 구성요소를 포함하는 로봇 아암(670)의 대안적인 도면 및 실시예가 적어도 2015년 5월 15일자로 출원된 미국 가출원 제62/162,486호 및 2015년 5월 15일자로 출원된 미국 가출원 제62/162,467호에 추가로 예시되고 기술되어 있다.

[0075] **VII. 수술 절차를 수행하기 위한 시스템 배향**

[0076] 도 4b의 수술 로봇 시스템(400B)은 로봇 아암들의 세트의 칼럼-장착식 로봇 아암을 사용하여 다양한 수술 절차를 수행한다. 수술 로봇 시스템(400B)은 수술 절차 전에, 그 동안에, 및/또는 그 후에 테이블(401B) 상에 누워 있는 환자의 부분들에 접근하도록 칼럼-장착식 로봇 아암을 구성한다. 칼럼-장착식 로봇 아암은 요관경술, 경피적 신결석술(PCNL), 결장내시경술, 및 형광투시법과 같은 수술 절차를 위해 환자의 서혜부 부근의 부분들에 접근한다. 칼럼-장착식 로봇 아암은 전립선절제술, 결장절개술, 담낭절제술, 및 서혜부 탈장과 같은 수술 절차를 위해 환자의 심부(예컨대, 복부) 영역 부근의 부분들에 접근한다. 칼럼-장착식 로봇 아암은 기관지경술, 내시경 역행성 담췌관조영술(ERCP)과 같은 수술 절차를 위해 환자의 머리 부근의 부분들에 접근한다.

[0077] 수술 로봇 시스템(400B)은 상이한 수술 절차를 수행하도록 칼럼-장착식 로봇 아암, 칼럼 링, 칼럼, 및 테이블을 자동으로 재구성한다. 수술 로봇 시스템(400B)의 각각의 서브시스템 및 구성요소의 특징은 로봇 아암들의 동일한 세트가 큰 작업 용적부(working volume), 및 다수의 작업 용적부(구성에 기초함)에 접근하여, 환자에게 다양한 수술 절차를 수행할 수 있게 한다. 특히, 위에 언급된 바와 같이, 로봇 아암은 다른 가능한 구성에 더하여, 제1 구성에서 환자의 서혜부 영역에 접근하도록, 제2 구성에서 환자의 복부 영역에 접근하도록, 그리고 제3 구성에서 환자의 머리 영역에 접근하도록 구성될 수 있다. 로봇 아암의 아암 세그먼트, 칼럼 링, 칼럼, 및 테이블에 의해 제공되는 자유도는 매우 다양한 구성에 기여한다. 수술 로봇 시스템(400B)은, 예를 들어 영구 자기 저장 드라이브(persistent magnetic storage drive), 솔리드 스테이트 드라이브(solid state drive) 등과 같은 비-일시적 컴퓨터-판독가능 저장 매체 내에 컴퓨터 프로그램 명령어를 저장하는 컴퓨터 시스템을 포함한다. 컴퓨터 시스템의 프로세서에 의해 실행될 때, 명령어는 수술 로봇 시스템(400B)의 구성요소로 하여금 사용자, 예

컨대 의사로부터의 개입의 필요 없이, 또는 최소한의 개입으로 자동으로 재구성하게 한다. 예를 들어, 명령어에 기초하여, 컴퓨터 시스템은 로봇 아암의 모터로 전자 제어 신호를 송신한다. 제어 신호를 수신하는 것에 응답하여, 모터는 로봇 아암의 아암 세그먼트를 소정 위치로 회전시킨다. 의사 또는 다른 사용자는, 명령어를 생성하고 명령어를 컴퓨터 시스템에 제공함으로써 수술 로봇 시스템의 구성을 설계할 수 있다. 예를 들어, 명령어는 컴퓨터 시스템의 데이터베이스에 업로드된다. 수술 로봇 시스템(400B)의 자동 구성가능성은 자동 구성가능성이 리소스(resource)를 절약하기 때문에 이점이다. 구체적으로, 수술 로봇 시스템(400B)은 사용자가 수술 절차를 위해 수술 로봇 시스템(400B)을 설정하는 데 걸리는 시간의 양을 감소시킨다. 또한, 다양한 수술 절차에 수술 로봇 시스템(400B)을 사용함으로써, 사용자는 그들이 구입, 유지, 보관, 및 작동을 배울 필요가 있는 수술 장비의 양을 감소시킨다.

[0078] 위에 언급된 구성요소를 포함하는 칼럼-장착식 로봇 아암을 갖는 수술 로봇 시스템(400B)의 사용 사례의 대안적인 도면 및 실시예가 적어도 2015년 5월 15일자로 출원된 미국 가출원 제62/162,486호 및 2015년 5월 15일자로 출원된 미국 가출원 제62/162,467호에 추가로 예시되고 기술되어 있다.

[0079] **VII. A. 하체 수술**

[0080] 도 7a는 일 실시예에 따른, 환자(708)의 하체 영역에 접근하도록 구성된 칼럼-장착식 아암을 갖는 수술 로봇 시스템(700A)의 등각도이다. 수술 로봇 시스템(700A)은 도 4b의 수술 로봇 시스템(400B) - 그보다 많은 구성요소를 포함하지만 - 의 일 실시예이다. 구체적으로, 수술 로봇 시스템(700A)은 로봇 아암들의 세트(총 5개의 로봇 아암을 포함함) 및 3개의 칼럼 링들의 세트를 포함한다. 제1 로봇 아암(770A) 및 제2 로봇 아암(770B)이 제1 칼럼 링(705A)에 결합된다. 제3 로봇 아암(770C) 및 제4 로봇 아암(770D)이 제2 칼럼 링(705B)에 결합된다. 제5 로봇 아암(770E)이 제3 칼럼 링(705C)에 결합된다. 도 7a는 환자(708)의 하체 영역에의 접근을 필요로 하는 수술 절차, 예컨대 요관경술을 받는, 테이블(701) 상에 누워 있는 환자(708)의 와이어프레임(wireframe)을 도시한다. 환자(708)의 다리는 수술 로봇 시스템(700A)의 부분들을 가리지 않기 위해 도시되지 않는다.

[0081] 수술 로봇 시스템(700A)은 환자(708)의 하체 영역에 수술 절차를 수행하도록 로봇 아암들의 세트를 구성한다. 구체적으로, 수술 로봇 시스템(700A)은 수술 기구(710)를 조작하도록 로봇 아암들의 세트를 구성한다. 도 7a는 수술 기구(710)를 가상 레일(790)을 따라 환자(708)의 서혜부 영역 내로 삽입하는 로봇 아암들의 세트를 도시한다. 일반적으로, 가상 레일(790)은 로봇 아암들의 세트가 수술 기구(전형적으로 삼통 기구)를 그것을 따라 병진시키는 동축 궤적이다. 제2 로봇 아암(770B), 제3 로봇 아암(770C), 및 제5 로봇 아암(770E)은 수술 기구(710)에 결합되어, 예컨대 그것을 유지시킨다. 제1 로봇 아암(770A) 및 제4 로봇 아암(770D)은 그들이 도 7a에 도시된 수술 절차 - 또는 수술 절차의 적어도 일부 - 에 반드시 필요하지는 않기 때문에 수술 로봇 시스템의 측부에 적재된다. 로봇 아암은 그들이 환자(708)로부터 멀리 떨어져 수술 기구(710)를 조작하도록 구성된다. 이는, 예를 들어 환자의 신체를 향해 더 가까운 이용가능한 공간이 흔히 제한되거나 환자(708) 주위에 멸균 경계(sterile boundary)가 있기 때문에 유리하다. 또한, 수술 장비 주위에 멸균 드레이프(sterile drape)가 또한 있을 수 있다. 수술 절차 동안, 멸균 물체만이 멸균 경계를 통과하도록 허용된다. 따라서, 수술 로봇 시스템(700A)은, 멸균 경계의 외측에 위치되고 멸균된 드레이프로 덮인 로봇 아암을 여전히 사용하여 수술 절차를 수행할 수 있다.

[0082] 일 실시예에서, 수술 로봇 시스템(700A)은 환자(708)에게 내시경술 수술 절차를 수행하도록 로봇 아암들의 세트를 구성한다. 로봇 아암들의 세트는 내시경, 예컨대 수술 기구(710)를 유지시킨다. 로봇 아암들의 세트는 내시경을 환자(708)의 서혜부 영역 내의 개구를 통해 환자의 신체 내로 삽입한다. 내시경은 카메라 및 광학 케이블과 같은 광학 구성요소를 갖는 가요성인 가느다란 튜브형 기구이다. 광학 구성요소는 환자의 신체 내측의 부분들의 이미지를 표현하는 데이터를 수집한다. 수술 로봇 시스템(700A)의 사용자는 이러한 데이터를 사용하여, 내시경술을 수행하는 것을 보조한다.

[0083] 도 7b는 일 실시예에 따른, 환자(708)의 하체 영역에 접근하도록 구성된 칼럼-장착식 아암을 갖는 수술 로봇 시스템(700A)의 평면도이다.

[0084] 도 7c는 일 실시예에 따른, 환자(708)의 하체 영역에 접근하도록 구성된 칼럼-장착식 아암을 갖는 수술 로봇 시스템(700B) 및 이미징 장치(740)의 등각도이다. 수술 로봇 시스템(700B)은 도 4b의 수술 로봇 시스템(400B)의 일 실시예이다. 수술 로봇 시스템(700B)은, 환자(708)의 다리를 지지하여, 그에 따라 환자(708)의 서혜부 영역을 노출시키는 한 쌍의 스티럽(stirrup)(720)을 포함한다. 일반적으로, 이미징 장치(740)는 환자(708) 내측의 신체 부위 또는 다른 물체의 이미지를 캡처한다. 이미징 장치(740)는 형광투시법 유형 수술 절차에 흔히 사용되는, 또한 이동식 C-아암으로 지칭되는 C-아암, 또는 다른 유형의 이미징 장치일 수 있다. C-아암은 발생기,

검출기, 및 이미징 시스템(도시되지 않음)을 포함한다. 발생기는 C-아암의 저부 단부에 결합되고, 환자(708)를 향해 상향으로 향한다. 검출기는 C-아암의 상부 단부에 결합되고, 환자(708)를 향해 하향으로 향한다. 발생기는 환자(708)를 향해 X-선 파를 방출한다. X-선 파는 환자(708)를 투과하고, 검출기에 의해 수신된다. 수신된 X-선 파에 기초하여, 이미징 시스템(740)은 환자(708) 내측의 신체 부위 또는 다른 물체의 이미지를 생성한다. 테이블(401B)의 스위블 세그먼트(210)는 환자(708)의 서혜부 영역이 C-아암 이미징 장치(740)의 발생기와 검출기 사이에 정렬되도록 측방향으로 회전된다. C-아암은 환자 아래에 배치될 필요가 있는 풋프린트(footprint)를 갖는 물리적으로 큰 장치이다. 특히, C-아암의 발생기는 환자의 수술 영역, 예컨대 복부 영역 아래에 있을 필요가 있다. 칼럼에 장착된 전형적인 수술 베드에서, 칼럼은, 예컨대 칼럼이 또한 수술 영역 아래에 있기 때문에 C-아암 발생기의 위치설정과 간섭한다. 반면에, 스위블 세그먼트(210)의 구성가능성으로 인해, 수술 로봇 시스템(700B)은 C-아암, 로봇 아암, 및 사용자(예컨대, 의사)가 환자의 신체의 작업 영역에 수술 절차를 수행하기에 충분한 접근 범위를 갖도록 테이블(401B)을 구성할 수 있다. 하나의 예시적인 사용 사례에서, 테이블(401B)은 테이블(401B)의 길이방향 축을 따라 측방향으로 병진되어, 로봇 아암이 테이블(401B) 상의 환자의 서혜부 또는 하복부 영역에 접근할 수 있게 한다. 다른 예시적인 사용 사례에서, 스위블 세그먼트(210)를 칼럼(402B)으로부터 멀어지게 회전시킴으로써, C-아암(740)의 발생기는 환자(708)의 서혜부 영역 아래에 위치될 수 있다. 스위블 세그먼트(210) - 환자가 스위블 세그먼트(210) 상에 누워 있는 상태에서 - 는 수술 로봇 시스템을 전복시킴이 없이 테이블(401B)의 길이방향 축에 대해 적어도 45도로 회전될 수 있다. 특히, 수술 로봇 시스템의 무게 중심(예컨대, 적어도, 조합된 테이블, 베드, 및 기부의 무게 중심)이 기부의 풋프린트 위에 위치되기 때문에, 수술 로봇 시스템은 전복되지 않는다. 섹션 VIII. 기부에서 도 8g 내지 도 8j를 참조하여 추가로 기술되는 아웃리거 캐스터는 스위블 세그먼트가 테이블로부터 멀어지게 회전될 때 수술 로봇 시스템이 전복되는 것을 방지하기 위해 추가의 안정성을 제공할 수 있다.

[0085] 수술 로봇 시스템(700B)은 칼럼-장착식 로봇 아암들의 세트를 사용하여 수술 기구(710)를 조작한다. 로봇 아암들 각각은 수술 기구(710)에 결합되어, 예컨대 그것을 유지시킨다. 수술 로봇 시스템(700B)은 로봇 아암을 사용하여 수술 기구(710)를 가상 레일(790)을 따라 환자의 서혜부 영역 내로 삽입한다.

[0086] 도 7d는 일 실시예에 따른, 환자(708)의 하체 영역에 접근하도록 구성된 칼럼-장착식 아암을 갖는 수술 로봇 시스템(700B) 및 이미징 장치(740)의 평면도이다.

[0087] **VII. B. 심부 수술**

[0088] 도 7e는 일 실시예에 따른, 환자(708)의 심부 영역에 접근하도록 구성된 칼럼-장착식 아암을 갖는 수술 로봇 시스템(700B)(또는 400B)의 등각도이다. 수술 로봇 시스템(700B)은 로봇 아암이 환자(708)의 하체 영역에 접근하는 도 7c 및 도 7d에 도시된 구성으로부터 재구성되었다. 테이블이 스위블 세그먼트(210)를 포함하는 실시예에서, 테이블의 스위블 세그먼트(210)는 테이블의 나머지 부분과 일렬로 회전된다. 테이블(401B) 상에 누워 있는 환자(708)는 환자(708)의 심부 영역에의 접근을 필요로 하는 수술 절차, 예컨대 전립선절제술 또는 복강경술을 받고 있다. 각각의 로봇 아암은 수술 절차를 수행하기 위해 수술 기구를 조작하고 있다. 수술 로봇 시스템(700B)은 칼럼 링(405B, 405C)을 테이블(401B)을 향해 상승시켜, 로봇 아암이 환자(708)에의 더 우수한 접근성을 갖게 한다. 또한, 수술 로봇 시스템(700B)은 로봇 아암들 중 2개가 테이블(401B)의 일 측부로부터 연장되고 다른 2개의 로봇 아암이 테이블(401B)의 반대편 측부로부터 연장되도록 칼럼 링을 회전시킨다. 따라서, 로봇 아암은 수술 절차 동안 서로 간섭할(예컨대, 로봇 아암이 다른 로봇 아암의 운동을 차단할) 가능성이 더 적다.

[0089] **VII. C. 상체 수술**

[0090] 도 7f는 일 실시예에 따른, 환자(708)의 상체 영역에 접근하도록 구성된 칼럼-장착식 아암을 갖는 수술 로봇 시스템(700B)(또는 400B)의 등각도이다. 수술 로봇 시스템(700B)은 로봇 아암이 환자(708)의 심부 영역에 접근하는 도 7e에 도시된 구성으로부터 재구성되었다. 테이블이 스위블 세그먼트(210)를 포함하는 실시예에서, 테이블의 스위블 세그먼트(210)는 테이블의 나머지 부분과 일렬로 회전된다. 테이블(401B) 상에 누워 있는 환자(708)는 환자(708)의 상체 영역, 구체적으로 환자(708)의 머리에의 접근을 필요로 하는 수술 절차, 예컨대 기관지경술을 받고 있다. 로봇 아암(470C) 및 로봇 아암(470D)은 수술 기구(710D), 예컨대 기관지경을 가상 레일(790)을 따라 환자(708)의 입 안으로 삽입하고 있다. 로봇 아암(470B)은 삽입기(introducer)(750)에 결합되어, 예컨대 그것을 유지시킨다. 삽입기(750)는 기관지경을 환자(708)의 입 안으로 지향시키는 수술 기구이다. 구체적으로, 가상 레일(790)을 따른 기관지경의 궤적은 환자(708)에 평행하게 시작된다. 삽입기(750)는 기관지경이 입으로 들어가기 직전에 가상 레일(790)의 각도를 변경한다. 로봇 아암(470E)(도 7f에 도시되지 않음)은 수술 절차에 사용되지 않으며, 그에 따라 적재된다.

[0091] **VIII. 기부**

[0092] 도 8a는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템(800A)의 기부(403A)의 등각도이다. 수술 로봇 시스템(800A)은 도 4b의 수술 로봇 시스템(400B)의 일 실시예이다. 수술 로봇 시스템(800A)은 로봇 아암이 사용되지 않을 때 칼럼-장착식 로봇 아암 및/또는 칼럼 링(도시되지 않음)을 기부(403B) 내측에 보관한다. 기부(403B)는 보관된 로봇 아암을 덮는 제1 패널(820A) 및 제2 패널(820B)을 포함한다. 제1 패널(820A) 및 제2 패널(820B)은 그들이 폐기물이 보관된 로봇 아암을 멸균 상태에서부터 해제시키거나 달리 오염시키는 것을 방지하기 때문에 유리하다.

[0093] 도 8b는 일 실시예에 따른, 기부(403B)의 개방된 패널의 등각도이다. 제1 패널(820A) 및 제2 패널(820B)은 칼럼-장착식 로봇 아암이 기부(403B) 내측에 접근할 수 있도록 칼럼(802A)으로부터 멀어지게 피벗한다. 제1 패널(820A)은 절결부(830A)를 포함하고, 제2 패널(820B)은 절결부(830B)를 포함한다. 절결부(830A, 830B)는 패널(820A, 820B)이 폐쇄될 때 칼럼(402B) 주위에 시일(seal)을 형성하도록 칼럼(402B)의 형상에 정합한다. 수술 로봇 시스템(800A)은 모터 또는 다른 작동 수단을 사용하여 제1 패널(820A) 및 제2 패널(820B)을 자동으로 개폐할 수 있다. 수술 로봇 시스템(800A)의 사용자는 또한 제1 패널(820A) 및 제2 패널(820B)을 수동으로 개폐할 수 있다.

[0094] 도 8c는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템(800B)의 기부(403B) 내측에 적재된 로봇 아암의 등각도이다. 수술 로봇 시스템(800B)은 도 4b의 수술 로봇 시스템(400B)의 일 실시예이다. 수술 로봇 시스템(800B)은 로봇 아암이 사용되지 않을 때 칼럼-장착식 로봇 아암(470B, 470D) 및 칼럼 링(405B, 405C)을 기부(403B) 내측에 보관한다. 기부(403B)는 보관된 로봇 아암 및 칼럼 링을 덮는 제1 패널(820A) 및 제2 패널(820B)을 포함한다. 제1 패널(820A)은 절결부(830C)를 포함한다. 제2 패널(820B)이 또한 절결부(다른 구성요소에 의해 가려져 있기 때문에 도시되지 않음)를 포함한다. 절결부는 패널(820A, 820B)이 폐쇄될 때 칼럼(402B) 주위에 시일을 형성하도록 칼럼(402B)의 형상에 정합한다.

[0095] 제1 패널(820A) 및 제2 패널(820B)은 기부(403B) 내로의 로봇 아암 및 칼럼 링에 대한 접근을 제공하기 위해 측 방향으로 병진한다. 도 8c는 제1 패널(820A) 및 제2 패널(820B)이 병진되어 개구를 형성한 것을 도시한다. 개구는 로봇 아암에 대한 접근을 제공하기에 충분히 클 수 있지만, 패널이 개방될 때에도 로봇 아암에 여전히 보호를 제공하기 위해 너무 크지는 않다. 로봇 아암(470D) 및 칼럼 링(405C)은 기부(403B) 내측에 적재된다. 로봇 아암(470B) 및 칼럼 링(405B)은 기부(403B) 외측에 있지만, 그들은 또한 기부(403B) 내측에 적재될 수 있다. 수술 로봇 시스템(800B)은 모터 또는 다른 작동 수단을 사용하여 제1 패널(820A) 및 제2 패널(820B)을 자동으로 개폐할 수 있다. 수술 로봇 시스템(800B)의 사용자는 또한 제1 패널(820A) 및 제2 패널(820B)을 수동으로 개폐할 수 있다.

[0096] 도 8d는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템(700A)의 테이블(701) 아래에 적재된 로봇 아암의 등각도이다. 구체적으로, 각각의 로봇 아암의 아암 세그먼트는 로봇 아암이 적재를 위해 콤팩트한 구성에 있도록 회전한다. 수술 로봇 시스템(700A)은 제1 칼럼 링(705A) 및 제2 칼럼 링(705B)을 상승시키고, 제3 칼럼 링(705C)을 칼럼(702)의 중심을 향해 하강시킨다. 이러한 방식으로, 로봇 아암은 서로 간섭함이 없이 적재 구성에서 충분한 공간을 갖는다. 일 실시예에서, 칼럼(702)은 로봇 아암을 오염 또는 손상으로부터 보호하기 위해 로봇 아암 위에 커버(예컨대, 패널(820A, 820B)과 유사함)를 포함한다.

[0097] 도 8e는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템(400B)의 기부(403B) 위에 적재된 로봇 아암의 등각도이다. 로봇 아암(470B, 470C, 470D, 470E)은 적재 구성에 있다. 구체적으로, 각각의 로봇 아암의 아암 세그먼트는 로봇 아암이 적재를 위해 콤팩트한 구성에 있도록 회전한다. 수술 로봇 시스템(400B)은 제1 칼럼 링(405B) 및 제2 칼럼 링(405C)을 칼럼(402B)을 따라 하강시켜, 적재된 로봇 아암이 기부(403B) 상에 놓이고 테이블(401B)로부터 멀어지게 한다. 트레이프 또는 패널과 같은 커버(도시되지 않음)가 멸균 상태에서부터의 해제 또는 다른 오염으로부터의 보호를 위해 적재된 로봇 아암을 덮는 데 사용될 수 있다.

[0098] 도 8f는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템(800C)의 기부(403B) 위에 적재된 로봇 아암의 다른 등각도이다. 로봇 아암은 칼럼-장착식 대신에 레일-장착식이다. 레일-장착식 로봇 아암은 각각 섹션 IX. 레일-장착식 로봇 아암 및 섹션 X. 레일에서 도 9a 및 도 9b와 도 10a 내지 도 10d를 참조하여 추가로 기술된다. 수술 로봇 시스템(800C)은 섹션 IX. 레일-장착식 로봇 아암에서 도 9b를 참조하여 추가로 기술되는 수술 로봇 시스템(900B)의 일 실시예이다. 로봇 아암(870C, 870D, 870E, 870F, 870G, 870H)은 적재 구성에 있다.

[0099] 도 8g는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템의 기부(803) 상의 아웃리거 캐스터의 등각도이다. 도 8g에 도시된 기부(803)는 각각이 서로 실질적으로 동일하고 기부(803)의 상이한 모서리에 위치되는 4개의 아웃리거 캐스

터(840A, 840B, 840C, 840D)를 포함하지만, 다른 실시예에서, 기부가 기부 상의 다른 위치에 위치되는 임의의 수의 아웃리거 캐스터를 포함할 수 있다는 것에 유의하여야 한다. 아웃리거 캐스터(840A, 840B, 840C, 840D)는 각각 이동 구성에 있으며, 즉 캐스터 휠은 지면과 물리적으로 접촉한다. 따라서, 수술 로봇 시스템의 사용자는 수술 로봇 시스템이 사용되지 않을 때 수술 로봇 시스템을 캐스터 휠을 사용하여, 예컨대 보관 영역으로 이송할 수 있다.

[0100] 도 8h는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템의 기부(803) 상의 아웃리거 캐스터(840A, 840B, 840C, 840D)의 다른 등각도이다. 아웃리거 캐스터(840A, 840B, 840C, 840D)는 각각 고정 구성에 있으며, 즉 아웃리거 캐스터는 캐스터 휠이 지면과 물리적으로 접촉하지 않도록 회전된다. 따라서, 수술 로봇 시스템은 수술 절차 동안 안정화되고 고정될 수 있다.

[0101] 도 8i는 일 실시예에 따른, 이동 구성의 아웃리거 캐스터(840A)의 측면도이다. 아웃리거 캐스터(840A)는 아웃리거 마운트(844)에 이동가능하게 결합되는 캐스터 휠(842)을 포함한다. 아웃리거 마운트(844)는 풋(foot)(846)에 결합된다. 제1 링크장치(848)는 제1 힌지(850)에 의해 아웃리거 마운트(844)에 이동가능하게 결합된다. 제2 링크장치(852)는 제2 힌지(854)에 의해 아웃리거 마운트(844)에 이동가능하게 결합된다. 이동 구성에서, 캐스터 휠(842)은 회전하여 아웃리거 캐스터(840)를 지면을 따라 이동시킬 수 있다.

[0102] 도 8j는 일 실시예에 따른, 고정 구성의 아웃리거 캐스터(840A)의 측면도이다. 고정 구성에서, 캐스터 휠(842)은 자유롭게 회전할 수 있지만, 캐스터 휠(842)은 캐스터 휠(842)이 지면과 물리적으로 접촉하지 않기 때문에 아웃리거 캐스터(840A)를 이동시키지 않는다. 수술 로봇 시스템(또는 사용자)은 아웃리거 캐스터(840A)를 이동 구성으로부터 고정 구성으로 변경하기 위해 아웃리거 캐스터(840A)를 예컨대 90도 회전시킨다. 따라서, 풋(846)은 이제 지면과 물리적으로 접촉하고, 수술 로봇 시스템이 이동하는 것을 방지하는 데 도움을 준다. 풋(846)은 지면 상에서의 추가의 안정성을 제공하기 위해 캐스터 휠(842)에 비해 더 큰 풋프린트를 가질 수 있다. 링크장치(848, 852)는 그들이 아웃리거 캐스터(840A)의 회전 경로와 간섭하지 않도록 위치된다. 아웃리거 캐스터(840A) 내에 캐스터 휠(842)과 풋(846)을 조합시키는 것은 캐스터 및 안정화를 위한 별개의 메커니즘을 갖는 것에 비해, 예컨대 아웃리거 캐스터(840A)가 수술 로봇 시스템이 콤팩트한 메커니즘을 사용하여 이동 구성과 고정 구성 사이에서 변경되도록 허용하기 때문에 유리하다. 또한, (예컨대, 도 7c 및 도 7d에 예시된 바와 같이) 스위블 세그먼트 상에 누워 있는 환자를 대응하는 테이블로부터 멀어지게 회전시키는 스위블 세그먼트를 포함하는 수술 로봇 시스템의 사용 사례에서, (고정 구성의) 아웃리거 캐스터의 풋은 환자의 무게 중심이 테이블 기부를 지나 연장됨으로 인해 수술 로봇 시스템이 전복되는 것을 방지하는 데 도움을 준다.

[0103] 위에 언급된 구성요소를 포함하는 기부(403B)의 대안적인 도면 및 실시예가 적어도 2015년 8월 11일자로 출원된 미국 가출원 제62/203,530호에 추가로 예시되고 기술되어 있다.

[0104] **IX. 레일-장착식 로봇 아암**

[0105] 도 9a는 일 실시예에 따른, 레일-장착식 로봇 아암을 갖는 수술 로봇 시스템(900A)의 등각도이다. 수술 로봇 시스템(900A)은 로봇 아암들의 세트(적어도 아암(470A)을 포함함) 및 기부 레일들의 세트(적어도 기부 레일(980A)을 포함함)를 포함한다. 로봇 아암(470A)은 기부 레일(980A)에 결합된다. 기부 레일은 아래의 섹션 X. 레일에서 도 10a 내지 도 10d와 관련하여 추가로 기술된다. 기부 레일(980A)은 기부(103)에 이동가능하게 결합된다. 따라서, 로봇 아암(470A)은 레일-장착식 로봇 아암(470A)으로 지칭될 수 있다.

[0106] 도 9b는 일 실시예에 따른, 레일-장착식 로봇 아암을 갖는 수술 로봇 시스템(900B)의 등각도이다. 수술 로봇 시스템(900B)은 각각이 제1기부 레일(980B) 또는 제2기부 레일(980C)에 결합되는 로봇 아암(470B, 470C, 470D, 470E)을 포함한다. 제1기부 레일(980B) 및 제2기부 레일(980C)은 기부(103)에 이동가능하게 결합된다.

[0107] 다른 실시예에서, 수술 로봇 시스템(900B)은 추가의 또는 더 적은 로봇 아암 및/또는 기부 레일을 포함할 수 있다. 또한, 로봇 아암은 다양한 구성으로 기부 레일에 결합될 수 있다. 예를 들어, 3개의 로봇 아암이 기부 레일에 결합될 수 있다. 추가적으로, 수술 로봇 시스템(900B)은 각각이 로봇 아암에 결합되는 3개의 기부 레일을 포함할 수 있다.

[0108] 수술 로봇 시스템(900B)은 기부 레일을 기부(103)에 대해 병진시킴으로써, 기부 레일에 장착된 로봇 아암을 병진시킬 수 있다. 기부 레일은 기부(103)의 시작 풋프린트를 지나 병진할 수 있으며, 이는 로봇 아암이 더 큰 체적의 공간에서 작동하도록 허용한다. 또한, 수술 로봇 시스템(900B)은 로봇 아암을 기부 레일에 대해 병진시킴으로써, 기부 레일에 장착된 로봇 아암을 서로 독립적으로 병진시킬 수 있다. 이는, 예를 들어 수술 로봇 시스템(900B)이 로봇 아암을 상이한 구성으로 위치시켜 다양한 수술 절차를 수행할 수 있기 때문에 유리하다.

[0109] 위에 언급된 구성요소를 포함하는 레일-장착식 로봇 아암을 갖는 수술 로봇 시스템(900B)의 대안적인 도면 및 실시예가 적어도 2015년 7월 17일자로 출원된 미국 가출원 제62/193,604호 및 2015년 8월 5일자로 출원된 미국 가출원 제62/201,518호에 추가로 예시되고 기술되어 있다.

[0110] **X. 레일**

[0111] 도 10a는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템(1000)의 기부 레일의 등각도이다. 기부 레일은 각각이 기부 레일에 이동가능하게 결합되는 하나 이상의 아암 마운트들의 세트를 포함한다. 또한, 각각의 아암 마운트는 이전에 섹션 V. 칼럼 링에서 도 5a를 참조하여 기술된 아암 마운트(506A 또는 506B)의 일 실시예이다. 구체적으로, 기부 레일(980B)은 아암 마운트(1006A, 1006B, 1006C)를 포함한다.

[0112] 도 10b는 일 실시예에 따른, 기부 레일(980B) 상의 아암 마운트의 등각도이다. 아암 마운트(1006A, 1006B, 1006C)는 각각 벨트 및 피니언(belt and pinion) 조립체를 포함한다. 구체적으로, 아암 마운트(1006A)의 벨트 및 피니언 조립체는 브래킷(1012), 모터(1014), 벨트(1016), 및 피니언(1018)을 포함한다. 아암 마운트(1006B, 1006C)의 벨트 및 피니언 조립체는 유사하게 구성된다.

[0113] 수술 로봇 시스템(1000)은 아암 마운트 - 및 그에 따라, 아암 마운트에 장착된 로봇 아암 - 를 벨트 및 피니언 조립체를 사용하여 기부 레일을 따라 병진시킨다. 구체적으로, 아암 마운트(1006A)는 브래킷(1012)에 의해 기부 레일(980B)의 채널(1020)에 이동가능하게 결합된다. 브래킷(1012)은 모터(1014), 벨트(1016), 및 피니언(1018)에 결합된다. 모터(1014)는 벨트(1016)에 의해 피니언(1018)에 결합된다. 따라서, 모터(1014)의 출력 회전은 피니언(1018)이 회전하게 한다. 피니언(1018)은 기부 레일(980B)의 레일 리드 스크류(1010)와 맞물린다. 피니언(1018)의 회전은 아암 마운트(1006A)가 레일 리드 스크류(1010)에 평행하게 기부 레일(980B)을 따라 병진하게 한다.

[0114] 도 10c는 일 실시예에 따른, 기부 레일(980B) 상의 아암 마운트(1006A)의 등각 절결도이다. 아암 마운트(1006A)는 벨트 및 피니언 조립체를 포함한다. 구체적으로, 벨트 및 피니언 조립체는 모터(1014), 벨트(1016), 피니언(1018), 및 베어링(1022)을 포함한다. 수술 로봇 시스템(1000)은 아암 마운트(1006A) - 및 그에 따라, 아암 마운트(1006A)에 장착된 로봇 아암 - 를 벨트 및 피니언 조립체를 사용하여 기부 레일(980B)을 따라 병진시킨다. 모터(1014)는 벨트(1016)에 의해 피니언(1018)에 결합된다. 따라서, 모터(1014)의 출력 회전은 피니언(1018)이 회전하게 한다. 피니언(1018)은 베어링(1022)에 결합된다. 일부 실시예에서, 베어링(1022)은 기부 레일(980B)과 랙 및 피니언(rack and pinion) 조립체를 형성한다. 구체적으로, 베어링(1022)은 기어(즉, 피니언)이고, 기부 레일(980B)의 랙(1024)과 맞물린다. 피니언(1018)의 회전은 베어링(1022)이 랙(1024)에 평행하게 기부 레일(980B)을 따라 병진하게 한다. 따라서, 아암 마운트(1006A)는 또한 기부 레일(980B)을 따라 병진한다.

[0115] 도 10d는 일 실시예에 따른 기부 레일(980B)의 단면도이다. 단면도(1000A)는 기부 레일(980B)의 일 실시예의 기본 프로파일을 도시한다. 단면도(1000B)는 기부 레일(980B)의 일 실시예의 보강 프로파일(reinforced profile)을 도시한다. 보강 프로파일의 하부 세그먼트(1030B)는 기본 프로파일의 하부 세그먼트(1030A)보다 크기가 더 크다. 따라서, 보강 프로파일은, 예를 들어 그것이 기부 레일(980B)이 기본 프로파일에 비해 더 큰 하중을 견딜 수 있게 하기 때문에 이점이다. 기본 프로파일 및 보강 프로파일 둘 모두는 수술 로봇 시스템의 기부 상의 대응하는 T-슬롯(slot)과 맞물리는 T-슬롯 부착물(1040)을 갖는다.

[0116] 위에 언급된 구성요소를 포함하는 기부 레일(980A, 980B, 980C)의 대안적인 도면 및 실시예가 적어도 2015년 7월 17일자로 출원된 미국 가출원 제62/193,604호 및 2015년 8월 5일자로 출원된 미국 가출원 제62/201,518호에 추가로 예시되고 기술되어 있다.

[0117] **XI. 대체 구성**

[0118] **XI. A. 하이브리드 구성**

[0119] 도 11은 일 실시예에 따른, 칼럼-장착식 로봇 아암 및 레일-장착식 로봇 아암을 갖는 수술 로봇 시스템(1100)의 등각도이다. 칼럼-장착식 로봇 아암 및 레일-장착식 로봇 아암 둘 모두를 포함하는 하이브리드 구성으로 인해, 수술 로봇 시스템(1100)은 로봇 아암을 칼럼-장착식 로봇 아암만 또는 레일-장착식 로봇 아암만 갖는 수술 로봇 시스템에 비해 더 많은 수의(또는 상이한 유형의) 위치로 구성할 수 있다. 또한, 수술 로봇 시스템(1100)은 칼럼 링을 사용한 로봇 아암의 회전 운동뿐만 아니라 기부 레일을 사용한 로봇 아암의 병진 운동을 이용한다.

[0120] **XI. B. 카트(cart)-기반 로봇 아암 칼럼**

[0121] 도 12는 일 실시예에 따른, 수술 로봇 시스템(1200)의 테이블(101), 칼럼(102), 및 기부(103)와 별개로, 예컨대 독립형 카트로서 칼럼(402B) 상의 칼럼-장착식 로봇 아암 및 기부(403B)를 갖는 수술 로봇 시스템(1200)의 등각도이다. 수술 로봇 시스템(1200)은 로봇 아암을 테이블(101) 상에 누워 있는 환자(708)의 하체 영역에 접근하도록 구성한다. 일 실시예에서, 로봇 아암을 환자가 있는 테이블(101)에 결합된 칼럼(102)과 별개의 칼럼(402B)을 포함하는 카트 상에 장착하는 것이 유리하다. 예를 들어, 수술 로봇 시스템(1200)이, 적어도 테이블이 칼럼(102)을 지나 연장되는 각도가 제한되는, 로봇 아암이 테이블과 동일한 칼럼에 장착된 수술 로봇 시스템에 비해, 더 많은 수의(또는 상이한 유형의) 위치로 로봇 아암을 구성할 수 있기 때문이다. 또한, 카트는 사용자가 더 용이하게 로봇 아암을 이동하거나 카트를 고정 상태로 유지시키도록 허용하는 (예컨대, 이전에 섹션 VIII. 기부에서 도 8g 내지 도 8j를 참조하여 기술된) 아웃리거 캐스터를 포함할 수 있다. 로봇 아암을 별도로 장착하는 것은 또한 환자가 있는 테이블에 결합된 칼럼의 복잡성 및 구성요소의 수를 감소시킬 수 있다.

[0122] 위에 언급된 구성요소를 포함하는 수술 로봇 시스템(1100), 수술 로봇 시스템(1200), 및 다른 수술 로봇 시스템의 대안적인 도면 및 실시예가 적어도 2015년 5월 15일자로 출원된 미국 가출원 제62/162,486호, 2015년 5월 15일자로 출원된 미국 가출원 제62/162,467호, 2015년 7월 17일자로 출원된 미국 가출원 제62/193,604호, 2015년 8월 5일자로 출원된 미국 가출원 제62/201,518호, 2015년 8월 11일자로 출원된 미국 가출원 제62/203,530호, 및 2015년 9월 30일자로 출원된 미국 가출원 제62/235,394호에 추가로 예시되고 기술되어 있다.

[0123] **XII. 조절가능 아암 지지부**

[0124] 로봇 수술 시스템은 하나 이상의 로봇 아암을 지지하기 위해 본 섹션에서 기술되는 바와 같이 조절가능 아암 지지부를 포함할 수 있다. 조절가능 아암 지지부는 조절가능 아암 지지부 및 로봇 아암을 테이블 아래의 위치로부터 전개시키기 위해 테이블, 테이블의 칼럼 지지부, 또는 테이블의 기부에 부착되도록 구성될 수 있다. 일부 실시예에서, 조절가능 아암 지지부는 베드(또는 테이블) 또는 베드에 인접하게 위치한 카트에 부착될 수 있다. 일부 예에서, 조절가능 아암 지지부는 하나 이상의 로봇 아암이 그 상에 장착되는 바아, 트랙, 또는 레일을 포함한다. 일부 실시예에서, 조절가능 아암 지지부는 바아, 트랙, 또는 레일의 위치의 조절을 허용하는 적어도 4 자유도를 포함한다. 자유도들 중 하나는 조절가능 아암 지지부가 테이블에 대해 수직으로 조절되도록 허용할 수 있다. 조절가능 아암 지지부의 이들 및 다른 특징은 도 13a 내지 도 21의 예를 참조하여 상세히 기술될 것이다.

[0125] 도 13a 및 도 13b는 일 실시예에 따른, 조절가능 아암 지지부(1305)를 포함하는 수술 로봇 시스템(1300)의 각각 등각도 및 단부도이다. 조절가능 아암 지지부(1305)는 테이블(1301)에 대해 하나 이상의 로봇 아암을 지지하도록 구성될 수 있다(예를 들어, 도 14a 내지 도 15b 참조). 아래에서 더 상세히 기술될 바와 같이, 조절가능 아암 지지부(1305)는 그것이 테이블(1301)에 대한 조절가능 아암 지지부(1305) 및/또는 조절가능 아암 지지부(1305)에 장착된 임의의 로봇 아암의 위치를 조절 및/또는 변경하기 위해 테이블(1301)에 대해 이동할 수 있도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 조절가능 아암 지지부(1305)는 조절가능 아암 지지부(1305)의 조절을 허용하기 위해 테이블(1301)에 대한 하나 이상의 자유도를 포함할 수 있다. 도 13a 및 도 13b에 예시된 시스템(1300)이 단일 조절가능 아암 지지부(1305)만을 포함하지만, 일부 실시예에서, 시스템은 다수의 조절가능 아암 지지부를 포함할 수 있다(예컨대, 2개의 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B)를 포함하는 도 14a의 시스템(1400) 참조).

[0126] 본 섹션에서 기술되는 바와 같은 조절가능 아암 지지부(1305)를 포함하는 수술 로봇 시스템은 알려진 수술 로봇 시스템의 하나 이상의 문제를 해결하도록 설계될 수 있다. 예를 들어, 일부 수술 로봇 시스템의 하나의 문제는 그들이 부피가 커서, 많은 양의 방 공간을 차지할 수 있다는 것이다. 이는 흔히, 크고 정교한 지지 구조물이 로봇 수술 절차를 수행하도록 로봇 아암을 위치시키는 데 필요하였기 때문이다. 일부 수술 로봇 시스템은 로봇 수술 절차 동안 환자를 지지하는 테이블 위에 복수의 로봇 아암을 지지하는 로봇 아암 지지 구조물을 포함한다. 예를 들어, 통상적인 수술 로봇 시스템은 하나 이상의 로봇 아암을 테이블 위에 현수시키는 지지 구조물을 포함한다. 이들 지지 구조물은, 예를 들어 그들이 테이블에 걸쳐 그리고 그 위로 연장되어야 하기 때문에 상당히 크고 부피가 크다.

[0127] 일부 수술 로봇 시스템의 다른 문제는 그들이 과도하게 다루기 힘들 수 있다는 것이다. 예를 들어 위에서 기술된 바와 같이 일부 수술 로봇 시스템에 의해 요구되는 크고 부피가 큰 지지 구조물로 인해, 이들 시스템은 용이하게 이동되지 않으며, 이는 불리할 수 있다. 수술 전후에, 수술 영역으로부터 로봇 아암을 신속하고 원활하게 제거하여, 환자를 테이블 상에 싣거나 환자를 테이블로부터 옮기기 위한 용이한 접근을 제공하는 것이 바람직할 수 있다. 이는 크고 부피가 큰 지지 구조물과 이들 시스템의 다루기 힘든 특성으로 인해 일부 수술 로봇 시스템에서는 어려운 것으로 판명되었다. 일부 수술 로봇 시스템은 용이하게 보관 또는 이동되지 않는다.

- [0128] 또한, 일부 수술 로봇 시스템은 제한된 유연성 또는 다목적성을 갖는다. 즉, 일부 수술 로봇 시스템은 특정 수술 절차를 위해 설계되며, 그에 따라, 다른 유형의 수술 절차에는 잘 맞지 않는다. 예를 들어, 복강경 수술을 위해 구성되는 수술 로봇 시스템은 내시경 수술에 잘 맞지 않을 수 있거나, 그 반대의 경우도 마찬가지이다. 일부 경우에, 이는 절차 동안 사용되는 로봇 아암이 상이한 유형의 수술 절차 동안 환자 및/또는 테이블에 대해 상이한 위치에 위치될 필요가 있고, 종래의 수술 로봇 시스템의 지지 구조물이 로봇 아암의 상이한 위치를 수용할 수 없기 때문이다. 또한, 위에 언급된 바와 같이, 일부 수술 로봇 시스템은 환자 및 테이블 위에 하나 이상의 로봇 아암을 현수시키는 지지 구조물을 포함한다. 로봇 아암이 이러한 위치에 장착된 상태에서 소정 의료 절차를 수행하는 것은 어려울 수 있다.
- [0129] 마지막으로, 일부 수술 로봇 시스템은 그들의 대응하는 지지 구조물, 및/또는 고정식으로 장착되거나 위치되는 지지 구조물 자체에 고정식으로 장착되는 로봇 아암을 포함한다. 이들 시스템은 로봇 아암 및/또는 그에 장착된 수술 도구의 위치를 조절하기 위해 로봇 아암의 관절운동에만 의존할 수 있다. 아암 및/또는 지지부가 제 위치에 고정되기 때문에, 이는 이들 시스템의 전체 유연성을 크게 제한할 수 있다. 일부 시스템의 로봇 아암 및/또는 지지부의 고정된 특성은 수술 동안 아암들 및/또는 다른 물체들(예컨대, 환자, 테이블, 다른 장비 등) 사이의 충돌을 회피하는 이들 시스템의 능력을 추가로 제한할 수 있다.
- [0130] 조절가능 아암 지지부(1305)를 포함하는 도 13a 및 도 13b의 시스템(1300)뿐만 아니라 본 섹션에서 기술되는 다른 시스템은 위에서 논의된 일부 수술 로봇 시스템과 연관된 문제들 중 하나 이상을 해결(예컨대, 감소 또는 제거)하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에서 기술되는 시스템은 일부 시스템보다 부피가 덜 클 수 있다. 본 명세서에서 기술되는 시스템은 일부 시스템보다 적은 물리적 공간을 차지할 수 있다. 본 명세서에서 기술되는 시스템은 일부 시스템보다 덜 다루기 힘들 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에서 기술되는 시스템은 환자 및/또는 테이블에의 편리한 접근을 허용하기 위해 아암 지지부 및 로봇 아암을 신속하고 용이하게 보관하도록 구성될 수 있고/있거나 용이하게 이동될 수 있다. 본 명세서에서 기술되는 시스템은 매우 유연할 수 있고, 매우 다양한 수술 절차에 사용하기 위해 구성될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 시스템은 복강경 절차 및 내시경 절차 둘 모두를 위해 구성된다. 본 명세서에서 기술되는 시스템은 다양한 로봇 아암과 수술실 내의 다른 물체 사이의 충돌을 감소시키도록 구성될 수 있다.
- [0131] 일부 실시예에서, 이들 이점들 중 하나 이상은 본 명세서에서 기술되는 바와 같은 하나 이상의 조절가능 아암 지지부(1305)의 포함에 의해 달성될 수 있다. 위에 언급된 바와 같이, 조절가능 아암 지지부(1305)는 테이블(1301)에 대한 조절가능 아암 지지부(1305) 및/또는 조절가능 아암 지지부(1305)에 장착된 임의의 로봇 아암의 위치를 조절 및/또는 변경하기 위해 테이블(1301)에 대해 이동할 수 있도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 조절가능 아암 지지부(1305)는 (예를 들어, 테이블(1301) 아래에) 적재되는 것이 가능할 수 있고, 이어서 사용을 위해 상승될 수 있다. 일부 실시예에서, 조절가능 아암 지지부(1305)는 테이블(1301)을 지지하는 기부 내에 또는 그 부근에 적재될 수 있다. 일부 실시예에서, 조절가능 아암 지지부(1305)는 기부의 중심 길이방향 축을 따라 형성된 하나 이상의 리세스(recess) 내에 적재될 수 있다. 다른 실시예에서, 조절가능 아암 지지부(1305)는 기부의 중심 길이방향 축으로부터 편위된 하나 이상의 리세스 내에 적재될 수 있다. 상승 시에, 조절가능 아암 지지부(1305)는 환자 부근에, 그러나 테이블(1301) 아래에(예컨대, 테이블(1301)의 상부 표면 아래에) 위치될 수 있다. 다른 실시예에서, 아암 지지부(1305)는 테이블(1301) 위로(예컨대, 테이블의 상부 표면 위로) 상승될 수 있다. 그러한 구성은, 예를 들어 조절가능 아암 지지부가 옆으로 누워 있는 환자 뒤에 위치될 때 유용할 수 있다.
- [0132] 일부 실시예에서, 조절가능 아암 지지부(1305)는 여러 자유도(예컨대, 리프트(lift), 측방향 병진, 틸트 등)를 제공하는 지지 구조로 베드에 부착된다. 도 13a 및 도 13b의 예시된 실시예에서, 아암 지지부(1305)는 도 13a에 화살표로 예시된 4 자유도로 구성된다. 제1 자유도는 z-방향으로의 조절가능 아암 지지부의 조절("Z-리프트")을 허용한다. 예를 들어, 아래에서 기술될 바와 같이, 조절가능 아암 지지부(1305)는 테이블(1301)을 지지하는 칼럼(1302)을 따라 또는 그것에 대해 위 또는 아래로 이동하도록 구성되는 캐리지(1309)를 포함할 수 있다. 제2 자유도는 조절가능 아암 지지부(1305)가 틸팅하도록 허용할 수 있다. 예를 들어, 조절가능 아암 지지부(1305)는, 예를 들어 아암 지지부(1305)가 트랜스렐루브크 자세에서 베드와 정렬되도록 허용할 수 있는 회전 조인트를 포함할 수 있다. 제3 자유도는 조절가능 아암 지지부가 도시된 바와 같이 위로 피봇하도록 허용할 수 있다. 아래에서 기술될 바와 같이, 이러한 자유도는 테이블(1301)의 측부와 조절가능 아암 지지부(1305) 사이의 거리를 조절하는 데 사용될 수 있다. 제4 자유도는 테이블의 길이방향 길이를 따른 조절가능 아암 지지부(1305)의 병진을 허용할 수 있다. 이들 자유도들 중 하나 이상을 포함하는 아암 지지부(1305)는 다양한 로봇 아암이 부착될 수 있는 고도로 위치설정가능한 지지부를 제공함으로써 위에 언급된 일부 시스템과

연관된 문제들 중 하나 이상을 해결할 수 있다. 조절가능 아암 지지부(1305)는, 예를 들어 테이블(1301)에 대한 로봇 아암의 위치의 조절을 허용할 수 있다. 일부 실시예에서, 이들 자유도는 순차적으로 제어될 수 있으며, 여기에서 하나의 이동이 다른 이동 후에 수행된다. 다른 실시예에서, 상이한 자유도가 병렬로 제어될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 하나 이상의 선형 액추에이터가 Z-리프트 및 틸트 둘 모두를 제공할 수 있다.

[0133] 이들 자유도뿐만 아니라 조절가능 아암 지지부(1305)의 다른 특징이 이제, 일 실시예에 따른, 조절가능 아암 지지부(1305)를 포함하는 수술 로봇 시스템(1300)의 각각 등각도 및 단부도인 도 13a 및 도 13b를 참조하여 더 상세히 기술될 것이다. 예시된 실시예에서, 시스템(1300)은 테이블(1301)을 포함한다. 일부 실시예에서, 테이블(1301)은 위에서 기술된 테이블과 유사할 수 있다. 예시된 실시예에서, 테이블(1301)은 기부(1303)에 장착되는 칼럼(1302)에 의해 지지된다. 기부(1303)는 바닥과 같은 지지 표면 상에 놓이도록 구성될 수 있다. 따라서, 기부(1303) 및 칼럼(1302)은 지지 표면에 대해 테이블 (1301)을 지지한다. 도 13b는 지지 표면 평면(1331)을 예시한다. 일부 실시예에서, 테이블(1301)은 하나 이상의 지지부에 의해 지지될 수 있으며, 여기에서 지지부들 중 하나는 칼럼(1302)을 포함한다. 예를 들어, 테이블(1301)은 복수의 병렬 액추에이터(parallel actuator)를 포함하는 스텐워드 메커니즘(Stewart mechanism)에 의해 지지될 수 있다.

[0134] 시스템(1300)은 또한 조절가능 아암 지지부(1305)를 포함할 수 있다. 예시된 실시예에서, 조절가능 아암 지지부(1305)는 칼럼(1302)에 장착된다. 다른 실시예에서, 조절가능 아암 지지부(1305)는 테이블(1301) 또는 기부(1303)에 장착될 수 있다. 위에 언급된 바와 같이, 조절가능 아암 지지부(1305)는 조절가능 아암 지지부(1305)의 위치가 테이블(1301)에 대해 조절될 수 있도록 구성된다. 일부 실시예에서, 조절가능 아암 지지부(1305)의 위치는 또한 칼럼(1302) 및/또는 기부(1303)에 대해 조절될 수 있다.

[0135] 조절가능 아암 지지부(1305)는 캐리지(1309), 바아 또는 레일 커넥터(1311), 및 바아 또는 레일(1307)을 포함할 수 있다. 바아 또는 레일(1307)은 근위 부분 및 원위 부분을 포함할 수 있다. 하나 이상의 로봇 아암이, 예를 들어 도 14a 내지 도 15b에 도시된 바와 같이 레일(1307)에 장착될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 1개, 2개, 3개, 또는 그보다 많은 로봇 아암이 레일(1307)에 장착될 수 있다. 또한, 일부 실시예에서, 레일에 장착되는 로봇 아암은 레일(1307)을 따라 이동(예컨대, 병진)하도록 구성될 수 있어서, 레일(1307) 상의 로봇 아암의 위치가 서로에 대해 조절되어, 그에 의해 로봇 아암들 사이의 충돌의 위험을 감소시킬 수 있게 한다. 이는 아래에서 더 상세히 기술될 것이다. 예시된 실시예에서, 레일(1307)은 바아 또는 레일 커넥터(1311)에 연결된다. 바아 또는 레일 커넥터(1311)는 캐리지(1309)에 연결된다. 캐리지는 칼럼(1302)에 연결된다. 다른 배열이 가능하다.

[0136] 칼럼(1302)은 제1 축(1323)을 따라 연장될 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 축(1323)은 예시된 바와 같이 z-축에 평행하다. 일부 실시예에서, 제1 축(1323)은 수직 축이다. 예를 들어, 제1 축(1323)은 시스템(1300)이 그 상에 놓이는 지지 표면 또는 바닥에 수직일 수 있다.

[0137] 캐리지(1309)는 제1 조인트(1313)에 의해 칼럼(1302)에 부착될 수 있다. 제1 조인트(1313)는 캐리지(1309)(및 그에 따라 조절가능 아암 지지부(1305))가 칼럼(1302)에 대해 이동하게 허용하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 조인트(1313)는 캐리지(1309)가 칼럼(1302)을 따라(예를 들어, 칼럼(1302)을 따라 위아래로) 이동하게 허용하도록 구성된다. 일부 실시예에서, 제1 조인트(1313)는 캐리지(1309)가 제1 축(1323)을 따라(예를 들어, 제1 축(1323)을 따라 앞뒤로) 이동하게 허용하도록 구성된다. 제1 조인트(1313)는 선형 또는 프리즘형 조인트를 포함할 수 있다. 제1 조인트(1313)는 전동식 또는 유압식 조인트와 같은 동력식 조인트(powered joint)를 포함할 수 있다. 제1 조인트(1313)는 조절가능 아암 지지부(1305)에 대한 제1 자유도("Z-리프트")를 제공하도록 구성될 수 있다.

[0138] 조절가능 아암 지지부(1305)는 도시된 바와 같이 제2 조인트(1315)를 포함할 수 있다. 제2 조인트(1315)는 조절가능 아암 지지부(1305)에 대한 제2 자유도(틸트)를 제공하도록 구성될 수 있다. 제2 조인트(1315)는 조절가능 아암 지지부(1305)가 제1 축(1323)과는 상이한 제2 축(1325)을 중심으로 회전하게 허용하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 축(1325)은 제1 축(1323)에 수직이다. 일부 실시예에서, 제2 축(1325)은 제1 축(1323)에 대해 수직일 필요는 없다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 제2 축(1325)은 제1 축(1323)과 예각을 이룬다. 일부 실시예에서, 제2 축(1325)은 y-방향으로 연장된다. 일부 실시예에서, 제2 축(1325)은 시스템(1300)이 그 상에 놓이는 지지 표면 또는 바닥에 평행한 평면 내에 놓일 수 있다. 제2 조인트(1315)는 회전 조인트를 포함할 수 있다. 제2 조인트(1315)는 전동식 또는 유압식 조인트와 같은 동력식 조인트를 포함할 수 있다.

[0139] 예시된 실시예에서, 제2 조인트(1315)는 캐리지(1309)와 칼럼(1302) 사이에 형성되어, 캐리지(1309)가 칼럼

(1302)에 대해 제2 축(1325)을 중심으로 회전할 수 있게 한다. 다른 실시예에서, 제2 조인트(1315)는 다른 위치에 위치될 수 있다. 예를 들어, 제2 조인트(1315)는 캐리지(1309)와 레일 커넥터(1311) 사이에, 또는 레일 커넥터(1311)와 레일(1307) 사이에 위치될 수 있다.

[0140] 위에 언급된 바와 같이, 제2 조인트(1315)는 조절가능 아암 지지부(1305)에 대한 제2 자유도(틸트)를 허용하기 위해 조절가능 아암 지지부(1305)가 제2 축(1325)을 중심으로 회전하게 허용하도록 구성될 수 있다. 아래에서도 16을 참조하여 더 상세히 기술될 바와 같이, 조절가능 아암 지지부(1305)를 제2 축(1325)을 중심으로 회전시키는 것은 조절가능 아암 지지부(1305)의 틸트각의 조절을 허용할 수 있다. 즉, 조절가능 아암 지지부(1305)를 제2 축(1325)을 중심으로 회전시킴으로써 레일(1307)의 틸트의 각도가 조절될 수 있다(도 16 참조).

[0141] 조절가능 아암 지지부(1305)는 도시된 바와 같이 제3 조인트(1317)를 포함할 수 있다. 제3 조인트(1317)는 조절가능 아암 지지부(1305)에 대한 제3 자유도(위로 피봇)를 제공하도록 구성될 수 있다. 제3 조인트(1317)는 회전 조인트로서 구성되어, 레일 커넥터(1311)가 제1 축(1323) 및 제2 축(1325)과는 상이한 제3 축(1327)을 중심으로 회전하도록 허용할 수 있다. 일부 실시예에서, 제3 축(1327)은 제2 축(1325)에 수직일 수 있다. 다른 실시예에서, 제3 축(1327)은 제2 축(1325)에 평행할 필요는 없다. 예를 들어, 제3 축(1327)은 제2 축(1325)과 예각을 이룰 수 있다. 일부 실시예에서, 제3 축(1327)은 x-방향으로 연장된다. 일부 실시예에서, 제3 축(1327)은 시스템(1300)이 그 상에 놓이는 지지 표면 또는 바닥에 평행한 평면 내에 놓일 수 있다. 제3 축(1327)은 제2 축(1325)과 동일한 평면 또는 상이한 평면 내에 놓일 수 있다. 조절가능 아암 지지부(1305)가 도 13a 및 도 13b에 도시된 바와 같이 위치될 때, 제3 축(1327)은 제1 축(1323)에 수직일 수 있지만; 조절가능 아암 지지부(1305)가 제2 조인트(1315)를 중심으로 회전됨에 따라, 제1 축(1323)과 제3 축(1327) 사이의 각도는 변할 수 있다. 일부 실시예에서, 제3 축(1327)은 레일(1307)에 평행할 수 있다.

[0142] 회전 조인트로서 구성될 때, 제3 조인트(1317)는 레일 커넥터(1311)가 제3 축(1327)을 중심으로 회전하도록 허용할 수 있다. 레일 커넥터(1311)가 제3 축(1327)을 중심으로 회전함에 따라, 테이블(1301)의 에지와 레일(1307) 사이의 (예를 들어, y-방향을 따라 측정되는) 거리가 조절될 수 있다. 예를 들어, 테이블(1301)의 에지와 레일(1307) 사이의 거리는 레일 커넥터(1311)가 도 13b에 도시된 위치로부터 하향으로 회전됨에 따라 증가할 것이다. 따라서, 제3 조인트(1317)는 y-방향을 따른 레일(1307)의 위치설정의 조절을 허용하는 자유도를 제공하도록 구성될 수 있다. 또한, 회전 조인트로서 구성될 때, 제3 조인트(1317)는 또한 z-방향을 따른 레일(1307)의 위치의 추가의 조절을 허용할 수 있다. 예를 들어, (z-방향을 따른) 레일(1307)의 높이는 레일 커넥터(1311)가 도 13b에 도시된 위치로부터 하향으로 회전됨에 따라 감소할 것이다. 일부 실시예에서, 제3 조인트(1317)는 레일(1307)이 적재 위치로부터 상승 위치로 "바이셉스 컬(biceps curl)" 유형 방식으로 상향으로 피봇하도록 허용할 수 있다.

[0143] 도 13b에서 가장 잘 볼 수 있는 바와 같이, 예시된 실시예에서, 제3 조인트(1317)는 레일 커넥터(1311)를 캐리지에 연결하는 레일 커넥터(1311)의 제1 단부 상에 위치된다. 레일 커넥터(1311)를 레일(1307)에 연결하는 레일 커넥터(1311)의 제2 단부에 추가의 조인트(1319)가 포함될 수 있다. 일부 실시예에서, 제3 조인트(1317) 및 추가의 조인트(1319)의 위치는 역전될 수 있다. 일부 실시예에서, 추가의 조인트(1319)는 제3 조인트(1317)와 추가의 조인트(1319)가 함께 회전하도록 제3 조인트(1317)에 기계적으로 구속된다. 예를 들어, 제3 조인트(1317) 및 추가의 조인트(1319)는 4-바아 링크장치를 통해 기계적으로 구속될 수 있다. 기계적 구속을 위한 다른 방법이 또한 가능하다. 제3 조인트(1317)와 추가의 조인트(1319) 사이의 기계적 구속은 레일 커넥터(1311)가 제3 축(1327)을 중심으로 회전됨에 따라 레일(1307)의 배향을 유지시키도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제3 조인트(1317)와 추가의 조인트(1319) 사이의 기계적 구속은, 레일 커넥터(1311)가 회전함에 따라, (하나 이상의 로봇 아암이 장착될 수 있는) 레일(1307)의 상부 표면이 동일한 방향으로 계속 향하도록 구성될 수 있다. 도 13a 및 도 13b의 예시된 예에서, 레일(1307)의 상부 면은 (z-방향으로) 상향으로 향하고 있다. 제3 조인트(1317)와 추가의 조인트(1319) 사이의 기계적 구속은 레일 커넥터(1311)가 회전함에 따라 레일(1307)의 상부 면이 (z-방향으로) 상향으로 향하는 상태로 유지되도록 구성될 수 있다. 일부 실시예에서, 기계적 구속은 소프트웨어-정의 구속(software-defined constrained)으로 대체될 수 있다. 예를 들어, 제3 조인트(1317) 및 추가의 조인트(1319) 각각은 동력식 조인트일 수 있고, 소프트웨어는 각각의 조인트의 회전을 함께 구속하는 데 사용될 수 있다.

[0144] 일부 실시예에서, 제3 조인트(1317)는 칼럼(1302)을 향한 그리고 그것으로부터 멀어지는(예를 들어, y-방향을 따른) 레일(1307)의 선형 변위를 허용하도록 구성되는 선형 조인트 또는 프리즘형 조인트를 (위에서 기술되고 도면에 예시된 회전 조인트 대신에) 포함할 수 있다.

- [0145] 제3 조인트(1317)는 동력식 조인트를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 제3 조인트(1317)는 전동식 또는 유압식 조인트를 포함할 수 있다.
- [0146] 조절가능 아암 지지부(1305)는 도시된 바와 같이 제4 조인트(1321)를 포함할 수 있다. 제4 조인트(1321)는 조절가능 아암 지지부(1305)에 대한 제4 자유도(병진)를 제공하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 제4 조인트(1321)는 레일(1307)이, 예를 들어 테이블(1301), 칼럼(1302), 캐리지(1309), 및/또는 레일 커넥터(1311)에 대해 앞뒤로 병진하게 허용하도록 구성될 수 있다. 레일(1307)은 제4 축(1329)을 따라 연장될 수 있다. 제4 조인트(1321)는 레일(1307)이 제4 축(1329)을 따라 병진하게 허용하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예에서, 제4 축(1329)은 제3 축(1327)에 평행할 수 있다. 다른 실시예에서, 제4 축(1329)은 제3 축(1327)에 평행하지 않을 (예컨대, 예각) 수 있다. 일부 실시예에서, 제4 축(1329)은 제2 축(1325)에 수직일 수 있다. 다른 실시예에서, 제4 축(1329)은 제2 축(1325)과 비-수직 각도(예컨대, 예각)를 이룰 수 있다. 조절가능 아암 지지부(1305)가 도 13a 및 도 13b에 도시된 바와 같이 위치될 때, 제4 축(1329)은 제1 축(1323)에 수직일 수 있지만; 조절가능 아암 지지부(1305)가 제2 조인트(1315)를 중심으로 회전됨에 따라, 제1 축(1323)과 제4 축(1329) 사이의 각도는 변할 수 있다.
- [0147] 제4 조인트(1321)는 선형 또는 프리즘형 조인트를 포함할 수 있다. 제4 조인트(1321)는 전동식 또는 유압식 조인트와 같은 동력식 조인트를 포함할 수 있다. 예시된 실시예에서, 제4 조인트(1321)는 바아 또는 레일 커넥터(1311)와 레일(1307) 사이에 위치된다.
- [0148] 도 15a 및 도 15b를 참조하여 아래에서 더 상세히 기술될 바와 같이, 레일(1307)의 병진은 시스템(1300)에 대한 (예를 들어, x-방향을 따른) 증가된 길이방향 도달거리(reach)를 제공하도록 구성될 수 있다. 이는 시스템(1300)의 유연성을 개선하여, 시스템(1300)이 매우 다양한 수술 절차에 사용되도록 허용할 수 있다.
- [0149] 일부 실시예에서, 조절가능 아암 지지부(1305)는 테이블(1301)에 대한 레일(1307)의 가변 위치설정을 허용하도록 구성된다. 일부 실시예에서, 레일(1307)의 위치는 테이블(1301)의 상부 표면과 평행한 테이블 지지 표면 평면(1333) 아래로 유지된다. 이는 그것이 의료 절차 동안 테이블 지지 표면 평면(1333) 위에 멸균 영역(sterile field)을 유지시키는 능력을 개선할 수 있기 때문에 유리할 수 있다. 수술 환경에서, 의료인은 테이블의 표면 위에 멸균 영역을 유지시키기를 원할 수 있다. 따라서, 테이블의 표면 위에 위치되는 장비에 대한 강화된 요건 또는 더 엄격한 절차가 있을 수 있다. 예를 들어, 테이블의 표면 위에 위치된 장비는 드레이핑될(draped) 필요가 있을 수 있다. 따라서, 아암 지지부가 테이블의 표면 아래로 유지되는 것이 바람직할 수 있고, 일부 의료인은 그것을 선호할 수 있다. 일부 경우에, 아암 지지부가 테이블의 표면 아래로 유지될 때, 그것은 드레이핑될 필요가 없을 수 있다. 그러나, 다른 실시예에서, 조절가능 아암 지지부(1305)는 그것이 테이블 지지 표면 평면(1333) 위에 위치되도록 레일(1307)의 위치를 조절할 수 있다.
- [0150] 일부 실시예에서, 조절가능 아암 지지부(1305)는 테이블 지지 표면 평면(1333) 아래의 위치에서 기부(1303), 칼럼(1302), 또는 테이블(1301)에 부착된다. 도 18a 및 도 18b를 참조하여 아래에서 기술될 바와 같이, 이는 유리하게는 조절가능 아암 지지부(1305)(및 임의의 부착된 로봇 아암)가, 조절가능 아암 지지부(1305)(및 임의의 부착된 로봇 아암)가 테이블(1301) 아래에 적재되는 적재 구성(도 18b 참조)으로 이동되도록 허용할 수 있다. 이는 유리하게는, 이전에 알려진 수술 로봇 시스템과 비교할 때 시스템(1300)을 부피가 덜 크고 그리고/또는 덜 다루기 힘들게 만들 수 있다.
- [0151] 아암 지지부(1305)의 이동(예를 들어, 제1, 제2, 제3, 또는 제4 조인트들(1313, 1315, 1317, 1321) 중 하나 이상의 이동)은 여러 방식으로 제어 및/또는 명령될 수 있다. 예를 들어, 시스템(1300)은 베드(환자측) 또는 외과 의사 콘솔 상에 제어기(예컨대, 펜던트(pendant))를 포함할 수 있다. 다른 예로서, 버튼(또는 다른 작동 메커니즘)이 조절가능 아암 지지부(1305)의 구성요소들 중 하나 이상 상에(또는 연결된 로봇 아암들 중 하나 이상 상에) 포함될 수 있다. 다른 예로서, 조절가능 아암 지지부(1305)의 이동은, 예를 들어 (외과의사에 의해 명령된 툴팁(tooltip) 위치를 유지시키면서) 로봇의 영 공간(null space) 내에서의 조절을 위해 시스템 소프트웨어에 의해 자동으로 제공될 수 있다. 추가적으로, 조절가능 아암 지지부(1305)의 이동은 도구가 환자 내로 삽입되지 않을 때 설정, 전개, 드레이핑, 또는 다른 워크플로우(workflow) 단계들 동안 시스템 소프트웨어에 의해 자동으로 제공될 수 있다. 다른 예가 또한 가능하다.
- [0152] 도 13a 및 도 13b는 하나의 조절가능 아암 지지부(1305)를 포함하는 실시예를 예시한다. 이전에 언급된 바와 같이, 일부 시스템은 각각이 하나 이상의 로봇 아암을 지지하는 하나 초과와 조절가능 아암 지지부(1305)를 포함할 수 있다. 그러한 시스템에서, 각각의 조절가능 아암 지지부는 위에서 기술된 바와 같이 구성될 수 있다.

또한, 그러한 시스템에서, 각각의 조절가능 아암 지지부는 독립적으로 제어될 수 있다.

- [0153] 도 14a는 일 실시예에 따른, 테이블(1301)의 서로 반대편에 있는 측부들 상에 장착된 2개의 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B)를 갖는 수술 로봇 시스템(1400A)의 단부도이다. 조절가능 아암 지지부들(1305A, 1305B) 각각은 위에서 기술된 바와 같이 구성될 수 있다. 예시된 실시예에서, 제1 조절가능 아암 지지부(1305A)가 테이블(1301)의 제1 측부(예컨대, 도면에 도시된 바와 같이 우측) 상에 위치되고, 제2 조절가능 아암 지지부(1305B)가 테이블(1301)의 제2 측부(예컨대, 도면에 도시된 바와 같이 좌측) 상에 위치된다. 제2 측부는 제1 측부의 반대편에 있을 수 있다.
- [0154] 또한, 제1 로봇 아암(1402A)이 제1 조절가능 아암 지지부(1305A)의 바아 또는 레일(1307A)에 부착된 것으로 예시되어 있고, 제2 로봇 아암(1402B)이 제2 조절가능 아암 지지부(1305B)의 바아 또는 레일(1307B)에 부착된 것으로 예시되어 있다. 예시된 바와 같이, 제1 로봇 아암(1402A)은 레일(1307A)에 부착되는 기부(1404A)를 포함한다. 제1 로봇 아암(1402A)의 원위 단부는 기구 구동 메커니즘(instrument drive mechanism)(1406A)을 포함한다. 기구 구동 메커니즘(1406A)은 하나 이상의 로봇 의료 기구 또는 도구에 부착되도록 구성될 수 있다. 유사하게, 제2 로봇 아암(1402B)은 레일(1307B)에 부착되는 기부(1404B)를 포함한다. 제2 로봇 아암(1402B)의 원위 단부는 기구 구동 메커니즘(1406B)을 포함한다. 기구 구동 메커니즘(1406B)은 하나 이상의 로봇 의료 기구 또는 도구에 부착되도록 구성될 수 있다. 조절가능 아암 지지부(1305)와 함께 사용하기 위해 구성되는 예시적인 로봇 아암이 아래에서 섹션 XIII(도 21 참조)에서 더 상세히 기술된다.
- [0155] 도 14a는 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B)가 독립적으로 제어 및 위치될 수 있음을 예시한다. 예시된 바와 같이, 제1 조절가능 아암 지지부(1305A)는 제1 축(1323)을 따라 제1 높이에 위치되고, 제2 조절가능 아암 지지부(1305B)는 제1 축(1323)을 따라 제2 높이에 위치된다. 일부 실시예에서, 제2 높이는 제1 높이와는 상이하고 독립적일 수 있다. 다른 실시예에서, 제2 높이는 제1 높이와 실질적으로 동등할 수 있다.
- [0156] 도 14a의 실시예에서, 제1 조절가능 아암 지지부(1305A)의 캐리지(1309A)는 제1 축(1323)을 따라 제1 높이에 위치되고, 제2 조절가능 아암 지지부(1305B)의 캐리지(1309B)는 제1 축(1323)을 따라, 제1 높이와는 상이한 제2 높이에 위치된다. 따라서, 제1 및 제2 조절가능 아암 지지부들(1305A, 1305B)의 캐리지들(1309A, 1309B) 사이에 높이 차이 H1이 존재할 수 있다. 다른 실시예에서, 제1 및 제2 조절가능 아암 지지부들(1305A, 1305B)의 캐리지들(1309A, 1309B)은 동일한 높이에 위치될 수 있다.
- [0157] 또한, 도 14a는, 또한 상이한 배향을 갖도록 독립적으로 조절될 수 있는, 제1 및 제2 조절가능 아암 지지부들(1305A, 1305B)의 바아 또는 레일 커넥터(1311A, 1311B)의 위치를 예시한다. 예를 들어, 예시된 바와 같이, 제1 조절가능 아암 지지부(1305A)의 레일 커넥터(1311A)는 하향으로 회전되고, 제2 조절가능 아암 지지부(1305B)의 레일 커넥터(1311B)는 상향으로 회전된다. 예시된 바와 같이, 제1 및 제2 조절가능 아암 지지부들(1305A, 1305B)의 레일들(1307A, 1307B) 사이에 높이 차이 H2가 존재할 수 있다. 또한, 이러한 위치에서, 제1 및 제2 조절가능 아암 지지부들(1305A, 1305B)의 레일 커넥터들(1311A, 1311B) 각각은 제1 축(1323)으로부터 상이한 거리를 두고 위치된다. 예를 들어, 제1 조절가능 아암 지지부(1305A)의 레일 커넥터(1311A)는 제1 축(1323)으로부터 제1 거리 D1을 두고 위치되고, 제2 조절가능 아암 지지부(1305B)의 레일 커넥터(1311B)는 제1 축(1323)으로부터 제2 거리 D2를 두고 위치된다. 이러한 거리 D1은 거리 D2와는 상이할 수 있다. 일부 실시예에서, 제1 및 제2 조절가능 아암 지지부들(1305A, 1305B)의 레일 커넥터들(1311A, 1311B)은 동일한 정도로 회전될 수 있고/있거나, 거리 D1은 거리 D2와 동일할 수 있다.
- [0158] 도 14a는 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B)가 그에 부착된 로봇 아암이 지지되는 상이한 위치를 제공하도록 각각 독립적으로 위치되거나 조절될 수 있음을 예시한다. 도 14a는 많은 것들 중 하나의 예만을 예시한다. 조절가능 아암 지지부(1305)는 연속적인 이동(예컨대, 수직 또는 길이방향)을 가질 수 있고, 외과의사 또는 임상 의사가 원하는 대로 임의의 지점에서 정지될 수 있다. 이는, 예를 들어 아암 지지부들 사이의 높이 차이를 생성하는 데 이로우 수 있으며, 이는 로봇 아암들의 하나의 세트가 낮게 도달할 필요가 있고 다른 하나의 세트가 환자 위에 도달할 필요가 있을 때와 같은 소정 유형의 수술에 유리할 수 있다. 예를 들어, 도 14a에 도시된 바와 같이, 로봇 아암(1402B)이 부착된 제2 조절가능 아암 지지부(1305B)는 로봇 아암(1402A)이 부착된 제1 조절가능 아암 지지부(1305A)보다 높게 상승된다. 이러한 위치는 환자가 신장절제술 절차에서와 같이 옆으로(예컨대, 측와위(lateral decubitus)) 있을 때 특히 도움이 될 수 있지만, 당업자는 차이가 또한 다른 절차에서 이로우 수 있다는 것을 인식할 것이다. 도 14b 및 도 14c는 추가의 예를 제공한다.
- [0159] 도 14b는 일 실시예에 따른, 복강경 절차를 위해 구성된, 2개의 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B) 및 복수의 로봇 아암(1402A, 1402B, 1402C, 1402D)을 갖는 수술 로봇 시스템(1400B)의 등각도이다. 예시된 실시예에서,

제1 조절가능 아암 지지부(1305A)는 제1 로봇 아암(1402A)을 지지하고, 제2 조절가능 아암 지지부(1305B)는 제2 로봇 아암(1402B), 제3 로봇 아암(1402C), 및 제4 로봇 아암(1402D)을 지지한다.

[0160] 제1 로봇 아암(1402A)은 제1 조절가능 아암 지지부(1305A)의 레일(1307A)을 따라 앞뒤로 병진하도록 구성될 수 있다. 즉, 제1 로봇 아암(1402A)은 제4 축(1329A)을 따라 병진하도록 구성될 수 있다. 이는 레일(1307A)에 대한 제1 로봇 아암(1402A)의 조절을 허용할 수 있다. 유사하게, 제2 로봇 아암(1402B), 제3 로봇 아암(1402C), 및 제4 로봇 아암(1402D)은 각각 제2 조절가능 아암 지지부(1305B)의 레일(1307B)을 따라 앞뒤로 병진하도록 구성될 수 있다. 즉, 제2 로봇 아암(1402B), 제3 로봇 아암(1402C), 및 제4 로봇 아암(1402D)은 제2 조절가능 아암 지지부(1305B)의 제4 축(1329B)을 따라 병진하도록 구성될 수 있다. 이는 레일(1307B)에 대한 제2 로봇 아암(1402B), 제3 로봇 아암(1402C), 및 제4 로봇 아암(1402D)의 조절을 허용할 수 있다. 또한, 제2 로봇 아암(1402B), 제3 로봇 아암(1402C), 및 제4 로봇 아암(1402D) 각각은 제2 로봇 아암(1402B), 제3 로봇 아암(1402C), 및 제4 로봇 아암(1402D) 각각 사이의 간격이 조절될 수 있도록 레일(1307B)을 따라 독립적으로 이동될 수 있다. 특히, 도 14b는, 일부 실시예에서, 대응하는 아암 지지부(1305)의 대응하는 레일(1307)을 따른 각각의 로봇 아암(1402)의 위치가 독립적으로 제어되고 조절될 수 있음을 예시한다.

[0161] 또한, 도 14b는 제1 아암 지지부(1305A)와 제2 아암 지지부(1305B) 사이의 높이 차이의 다른 예를 예시한다. 예시된 실시예에서, 환자(10)는 복강경 절차 동안 옆으로 위치된다. 제1 조절가능 아암 지지부(1305A)는 제1 로봇 아암(1402A)이 환자(10) 위에 도달할 수 있도록 높은 위치에(그러나 테이블(1301)의 표면 아래에) 위치된다. 예시된 바와 같이, 제2 조절가능 아암 지지부(1305B)는 제2 로봇 아암(1402B), 제3 로봇 아암(1402C), 및 제4 로봇 아암(1402D)이 환자의 전방측에 접근할 수 있도록 더 낮은 위치에 위치된다.

[0162] 일부 실시예에서, 로봇 아암들(1402A, 1402B, 1402C, 1402D) 중 하나 이상은 복강경 수술 기구 또는 도구를 작동시킬 수 있고, 다른 로봇 아암들(1402A, 1402B, 1402C, 1402D) 중 하나 이상은 환자 내로 복강경으로 삽입된 카메라를 작동시킬 수 있다. 일부 실시예에서, 하나 이상의 복강경 수술 기구 및 카메라는 환자 내의 하나 이상의 복강경 포트를 통해 연장되도록 크기설정되고 구성될 수 있다.

[0163] 도 14c는 일 실시예에 따른, 복강경 절차를 위해 구성된, 2개의 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B) 및 복수의 로봇 아암(1402A, 1402B, 1402C, 1402D, 1402E)을 갖는 수술 로봇 시스템(1400C)의 등각도이다. 예시된 실시예에서, 제1 조절가능 아암 지지부(1305A)는 제1 로봇 아암(1402A) 및 제2 로봇 아암(1402B)을 지지하고, 제2 조절가능 아암 지지부(1305B)는 제3 로봇 아암(1402C), 제4 로봇 아암(1402D), 및 제5 로봇 아암(1402E)을 지지한다.

[0164] 예시된 실시예에서, 환자(10)를 지지하는 테이블(1301)은 바닥에 대해 비스듬히 위치된다. 즉, 예를 들어 도 14b에 예시된 바와 같이 평행하기보다는, 테이블 표면 평면(1333)은 지지 표면 평면(1331)에 대해 경사진다. 테이블(1301)의 하부측 상에 위치한 제1 조절가능 아암 지지부(1305A)는 제1 로봇 아암(1402A) 및 제2 로봇 아암(1402B)이 환자(10)에게 접근할 수 있도록 낮은 위치에 위치될 수 있다. 예시된 바와 같이, 제2 조절가능 아암 지지부(1305B)는 제3 로봇 아암(1402C), 제4 로봇 아암(1402D), 및 제5 로봇 아암(1402E)이 환자(10) 위에 도달하고 그에게 접근할 수 있도록 더 높은 위치(이는 테이블 지지 표면(1333)보다 낮을 수 있음)에 위치된다.

[0165] 도 15a는 일 실시예에 따른, 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B)의 위치를 조절하기 위해 병진하도록 구성되는 2개의 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B)를 갖는 수술 로봇 시스템의 등각도이다. 이전에 기술된 바와 같이, 조절가능 아암 지지부(1305)는 레일(1307)이 기부(1302), 칼럼(1302), 테이블(1301), 캐리지(1309), 및/또는 레일 커넥터(1311)에 대해 제4 축(1329)을 따라 병진하게 허용하도록 구성되는 제4 조인트(1321)를 포함할 수 있다. 도 15a는, 2개의 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B)를 포함하는 실시예에서, 각각의 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B)의 레일(1307A, 1307B)이 다른 레일과는 독립적으로, 그의 대응하는 축(1329A, 1329B)을 따라 병진될 수 있음을 예시한다. 예를 들어, 도 15a에서, 레일(1307A)은, 역시 축(1329B)을 따라 앞뒤로 병진할 수 있는 레일(1307B)과는 독립적으로, 축(1329A)을 따라 앞뒤로 병진할 수 있다.

[0166] 다른 실시예에서, 레일(1307)은 축(1329)을 따라 병진하도록 구성되지 않는다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 더 긴 레일(1307)이 병진 레일 대신에 사용될 수 있다. 일부 실시예에서, 레일(1307)의 병진은 시스템의 전체 다목적성 및 유연성을 여전히 유지시키면서 더 짧은 레일(1307)이 사용되도록 허용한다. 일부 실시예에서, 더 짧은 레일(1307)(병진 여부와 관계없이)은 테이블(1301) 아래에 적재되는 시스템의 능력을 개선할 수 있다(도 18b 참조).

[0167] 도 15b는 일 실시예에 따른, 내시경 절차를 위해 구성된, 조절가능 아암 지지부(1305) 및 로봇 아암(1402)을 갖

는 수술 로봇 시스템(1500B)의 등각도이다. 도 15b는, 일부 실시예에서, 조절가능 아암 지지부(1305)를 포함하는 시스템이, 예를 들어, 내시경이 서혜부 영역을 통해 환자 내로 삽입되는, 요관경술과 같은 내시경 절차에 사용할 수 있는 긴 길이방향 운동 범위를 제공하도록 구성될 수 있음을 예시한다. 예를 들어, 도 15b에 도시된 바와 같이, 레일(1307)은 테이블(1301)의 끝을 향해 완전히 병진될 수 있다. 거기로부터, 아암(1402)은 서혜부 영역에의 접근을 위해 환자(10)의 다리들 사이에 기구를 위치시키도록 길이방향으로 추가로 연장될 수 있다. 하나의 로봇 아암(1402)만이 도 15b에 예시되어 있지만, 다른 실시예에서, 동일한 조절가능 아암 지지부(1305) 또는 추가의 아암 지지부(1305) 상에 장착된 다수의 로봇 아암이 내시경 절차에 사용하기 위해 구성될 수 있다. 도 15b는 내시경 절차의 단지 하나의 예를 제공한다. 조절가능 아암 지지부(1305)를 포함하는 시스템은 예를 들어 기관지경술과 같은 다른 유형의 내시경 절차에 사용될 수 있다.

[0168] 도 16은 일 실시예에 따른,틸팅할 수 있는 레일(1307)이 구성된 조절가능 아암 지지부(1305)를 갖는 수술 로봇 시스템(1600)의 등각도이다. 이전에 논의된 바와 같이, 아암 지지부는 아암 지지부(1305)가 틸팅하게 허용하도록 구성되는 제2 조인트(1315)를 포함할 수 있다. 도 16의 예시된 실시예에서, 제2 조인트(1315)는 캐리지(1309)와 레일 커넥터(1311) 사이에 위치되지만, 이전에 논의된 바와 같이, 제2 조인트(1315)에 대한 다른 위치가 가능하다. 제2 조인트(1315)는 제2 축(1325)을 중심으로 아암 지지부(1305)를 회전시키거나 그의 조절을 제공하도록 구성되는 회전 조인트일 수 있다. 도 16에 도시된 바와 같이, 제2 축(1325)을 중심으로 아암 지지부(1305)를 회전시키거나 그의 조절을 제공함으로써, 축(1329)의 틸트각(1335)이 조절될 수 있다. 틸트각(1335)은 예를 들어 (레일(1307)의) 축(1329)과 x-축, 지지 표면 평면(1331), 또는 테이블 표면 평면(1333) 사이에서 측정될 수 있다.

[0169] 일부 실시예에서, 제2 조인트(1315)는 테이블(1301)에 대한 레일의 틸팅을 허용한다. 일부 실시예에서, 테이블(1301)은 또한 (예를 들어 트레넬렌부르크 자세로) 피벗하거나 틸팅할 수 있고, 제2 조인트(1315)는 조절가능 아암 지지부(1305)가 테이블(1301)의 피벗 또는 틸팅을 따르도록 허용할 수 있다. 이는 테이블(1301)이 피벗하거나 틸팅함에 따라 수술 아암(1402)이 환자(10) 및/또는 테이블(1301)에 대해 제 위치에 유지되도록 허용할 수 있다. 이는 외과의사 또는 임상외과사가 수술 중에 테이블(1301)을 피벗하거나 틸팅하기를 원할 수 있기 때문에 유리할 수 있다. 일부 실시예에서, 제2 조인트(1315)는 테이블이 틸팅함에 따라 레일(1307)이 테이블(1301)과 평행하게 유지되도록 허용하기 위해 피벗하거나 틸팅한다. 일부 실시예에서, 레일(1307)은 테이블(1301)과 평행하게 유지될 필요는 없다.

[0170] 도 17a 및 도 17b는 조절가능 아암 지지부(1305)를 포함하는 시스템이 의료 이미징 장치에 대한 개선된 접근을 제공할 수 있음을 예시한다. 위에서 기술된 바와 같이, 조절가능 아암 지지부(1305)의 위치는 C-아암과 같은 의료 이미징 장치에의 접근을 허용하거나 그것을 수용하도록 조절될 수 있다. 의료 이미징 장치에 대한 개선된 접근을 제공하는 것에 더하여, 조절가능 아암 지지부는 또한 임상외과사에 대한 개선된 접근을 제공한다.

[0171] 도 17a는 일 실시예에 따른, 의료 이미징 장치(1702)의 C-아암(1704)에 대한 접근을 허용하도록 위치한 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B)를 갖는 수술 로봇 시스템(1700A)의 등각도이다. 도시된 바와 같이, 제2 조절가능 아암 지지부(1305B)는 의료 이미징 장치의 C-아암(1704) 아래에 위치되도록 바닥 부근에 위치된다. 제1 조절가능 아암 지지부(1305A)는 로봇 아암이 환자에게 접근할 수 있도록 테이블(1301) 부근에 위치된다.

[0172] 도 17b는 다른 실시예에 따른, 의료 이미징 장치(1702)의 C-아암(1704)에 대한 접근을 허용하도록 위치한 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B)를 갖는 수술 로봇 시스템(1700B)의 등각도이다. 예시된 실시예에서, 제1 조절가능 아암 지지부(1305A)는 테이블(1301) 부근에 위치되어, C-아암(1704)이 제1 조절가능 아암 지지부(1305A)를 부분적으로 둘러싸게 한다.

[0173] 조절가능 아암 지지부(1305)의 조절가능성은 유리하게는, 시스템이 또한 다른 유형의 의료 이미징 장치와 함께 작동하도록 허용할 수 있다.

[0174] 도 18a 및 도 18b는 조절가능 아암 지지부(1305)를 포함하는 시스템이 조절가능 아암 지지부(1305) 및 대응하는 로봇 아암(1402)이 테이블(1301) 아래에 편리하게 적재되게 허용하도록 구성될 수 있음을 예시한다. 이는 유리하게는, 시스템이 일부 수술 로봇 시스템보다 부피가 덜 크고 덜 다루기 힘들다는 것을 제공할 수 있다. 조절가능 아암 지지부(1305)는 적재 구성(도 18B)과 전개 구성(도 18A) 사이에서 전이될 수 있다.

[0175] 도 18a는 일 실시예에 따른, 전개 구성으로 위치한 조절가능 아암 지지부(1305)를 갖는 수술 로봇 시스템(1800A)의 등각도이다. 도시된 바와 같이, 조절가능 아암 지지부(1305)는 레일(1307)이 테이블(1301)의 측부에 인접하게 위치되도록 조절되었고, 로봇 아암(1402)이 환자(10)에게 접근하도록 전개되었다. 도 18a는 또한 기

부(1303)가 리세스(1337)를 포함할 수 있음을 예시한다. 리세스(1337)는, 예를 들어 도 18b에 도시된 바와 같이, 적재 구성으로 아암 지지부(1305)를 수용하도록 구성될 수 있다.

- [0176] 도 18b는 일 실시예에 따른, 적재 구성으로 위치된 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B)를 갖는 수술 로봇 시스템(1800B)의 등각도이다. 도시된 바와 같이, 각각의 아암 지지부의 바아 또는 레일(1307A, 1307B)은 기부(1303) 내의 리세스(1337) 내에 수용된다. 일부 실시예에서, 로봇 아암(1402A, 1402B, 1402C)은 도시된 바와 같이 아암 지지부(1305A, 1305B) 위로 절첩될 수 있다. 예를 들어, 도 18b에 도시된 바와 같이, 아암 지지부(1305A, 1305B)가 테이블(1301) 아래의 리세스(1337) 내에 보관된 적재 구성은 유리하게는 시스템을 부피가 덜 크고 덜 다루기 힘들게 만들 수 있다. 다른 실시예에서, 아암 지지부 및 로봇 아암 둘 모두는 기부(1303) 내의 리세스 내에 보관될 수 있다. 본 명세서에서 기술되는 실시예가 테이블에 대해 낮은 위치에 있는 아암 지지부를 예시하고 있지만, 다른 실시예에서, 조절가능 아암 지지부는 테이블 위의 상승된 또는 현수된 위치로부터 제공될 수 있다. 현수된 위치에 있는 이들 조절가능 아암 지지부는 독립적인 조절가능성, 서로에 대한 높이 차이, 틸트, 및 길이방향 병진을 비롯하여, 더 낮게 위치되는 조절가능 아암 지지부와 유사한 속성을 가질 수 있다.
- [0177] 일부 실시예에서, 조절가능 아암 지지부(1305)를 포함하는 시스템은 이동식으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 기부(1301)는 시스템이 용이하게 재위치되도록 허용하기 위해 휠을 포함할 수 있다(예컨대, 도 14a 참조). 예를 들어, 시스템은, 그것을 바닥으로부터 들어올리고 그것을 이동시키는 별개의 이송 카트를 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 시스템은 수술실 내에 영구적으로 부착되지 않는다.
- [0178] 도 19는 일 실시예에 따른, 조절가능 아암 지지부를 갖는 수술 로봇 시스템을 작동시키기 위한 방법(1900)을 예시한 흐름도이다. 예를 들어, 방법(1900)은 도 13a 내지 도 18b를 참조하여 위에서 기술된 시스템들 중 임의의 것을 작동시키는 데 사용될 수 있다. 일부 실시예에서, 방법(1900)은 메모리 내에 저장되는 컴퓨터 판독가능 명령어로서 저장될 수 있다. 프로세서가 메모리에 액세스하고 컴퓨터 판독가능 명령어를 실행하여 방법(1900)을 수행할 수 있다.
- [0179] 방법(1900)은 명령을 수신하는 단계를 포함하는 블록(1902)에서 시작된다. 일부 실시예에서, 명령은 의사, 간호사, 의사 보조자, 외과의사 스태프 등으로부터 수신된다. 명령은 제1 로봇 아암, 로봇 제1 아암의 엔드 이펙터에 결합된 의료 기구, 및/또는 제1 로봇 아암의 기부에 결합된 아암 지지부 중 적어도 하나의 위치설정과 관련될 수 있다. 일부 실시예에서, 명령은 시스템을 적재하거나 전개시키라는 명령일 수 있다.
- [0180] 일부 실시예에서, 제1 명령은 칼럼의 수직 축을 따라 아암 지지부의 위치를 조절하도록 적어도 하나의 조인트를 작동시키고, 제2 명령은 아암 지지부를 위로 피벗시키기 위한 제2 조인트를 작동시키며, 제3 명령은 아암 지지부를 틸팅시키기 위한 제3 조인트를 작동시키고, 제4 명령은 아암 지지부의 길이방향 병진을 유발한다.
- [0181] 블록(1904)에서, 방법(1900)은 수신된 명령에 기초하여 아암 지지부의 바아 또는 레일의 위치를 조절하도록 조절가능 아암 지지부의 적어도 하나의 조인트를 작동시키는 단계를 포함한다. 예를 들어, 방법(1900)은 제1 조인트, 제2 조인트, 제3 조인트, 및/또는 제4 조인트 중 하나 이상을 작동시킬 수 있다. 이는 아암 지지부가 그의 자유도들 중 하나 이상으로 이동하게 할 수 있다.
- [0182] 방법(1900)은 테이블 아래의 적재 위치로부터 아암 지지부, 제1 로봇 아암, 및 제2 로봇 아암을 상승시키는 단계; 아암 지지부, 제1 로봇 아암 및 제2 로봇 아암을 테이블에 인접하게 위치시키는 단계; 제1 명령, 제2 명령, 제3 명령, 또는 제4 명령 중 적어도 하나를 통해 테이블에 대한 아암 지지부의 위치를 조절하는 단계, 및 수술 절차의 준비로 지지 조인트의 레일을 따라 제2 로봇 아암에 대한 제1 로봇 아암의 위치를 조절하는 단계를 추가로 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 아암 지지부는 테이블의 상부 표면 아래에 위치된다.
- [0183] 일부 실시예에서, 방법(1900)은 운동학 모델에 기초하여 하나 이상의 명령을 실행하기 위한 제어기에 의해 실행되며, 여기에서 하나 이상의 명령은 제1 로봇 아암, 로봇 제1 아암의 엔드 이펙터에 결합된 의료 기구, 및 제1 로봇 아암의 기부에 그리고 환자-지지 테이블을 지지하는 칼럼에 결합되는 아암 지지부 중 하나 이상의 위치설정을 제어하며, 여기에서 아암 지지부는 적어도 하나의 조인트 및 제1 로봇 아암을 지지하도록 구성되는 레일을 포함한다.
- [0184] 도 20은 일 실시예에 따른, 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B)를 갖는 수술 로봇 시스템(2000)의 블록도이다. 도시된 바와 같이, 시스템(2000)은 메모리(2004)와 통신하는 프로세서(2002)를 포함한다. 프로세서(2002) 및 메모리(2004)는, 예를 들어 위에서 기술된 방법(1900)을 실행하도록 구성될 수 있다.
- [0185] 시스템은 또한 테이블(1301)을 포함한다. 예시된 실시예에서, 2개의 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B)가 테

이블(1301)에 결합된다. 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B)는 테이블(1301), 테이블을 지지하는 칼럼(1302), 또는 칼럼을 지지하는 기부(1303)에 결합될 수 있다. 조절가능 아암 지지부들(1305A, 1305B) 각각은 프로세서가 조절가능 아암 지지부(1305A, 1305B)의 위치를 조절할 수 있도록 프로세서(2002)와 통신한다.

[0186] 예시된 실시예에서, 로봇 아암들의 세트가 조절가능 아암 지지부들(1305A, 1305B) 각각에 부착된다. 예를 들어, 로봇 아암(1402A, 1402B)이 조절가능 아암 지지부(1305A)에 결합되고, 로봇 아암(1402C, 1402D)이 조절가능 아암 지지부(1305B)에 결합된다. 다른 실시예에서, 다른 수의 로봇 아암(예컨대, 1개, 3개, 4개 등)이 각각의 아암 지지부(1305A, 1305B)에 결합될 수 있다. 예시적인 로봇 아암이 아래의 섹션 XIII에서 기술된다. 일부 실시예에서, 아암 지지부가 다수의 로봇 아암을 지지함에 따라, 아암 지지부의 강성이 증가될 수 있다. 이러한 증가된 강성은, 이것이 수술 프로세스 동안 로봇 아암의 흔들림을 감소시킬 수 있기 때문에, 다수의 아암과 함께 사용될 때 안정성의 추가 이점을 제공한다.

[0187] 일부 실시예에서, 프로세서(2002)는 명령을 수신하는 것에 응답하여 제1 축을 따른 바아 또는 레일의 위치를 조절하도록 메모리(2004) 내에 저장된 명령어를 실행하도록 구성된다. 명령은 아암 지지부에 결합된 로봇 아암에 결합된 로봇 의료 도구의 위치를 조절하라는 명령을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 프로세서(2002)는 의사 선택 절차에 응답하여 시스템이 적어도 레일 또는 아암 지지부(1305A, 1305B)의 위치를 조절하게 하도록 명령어를 실행하도록 추가로 구성된다. 일부 실시예에서, 프로세서(2002)는 로봇 아암과, 테이블, 환자, 추가의 로봇 아암, 및 의료 이미징 장치 중 적어도 하나 사이의 충돌을 회피하기 위해 시스템(2000)이 적어도 레일의 위치를 조절하게 하도록 명령어를 실행하도록 추가로 구성된다. 시스템(2000)은 펜던트, 스테리움, 베드 레일 상에 클립으로 고정된 물건, 간호사 등과 같은, 시스템의 환경 내의 다른 물품과의 충돌을 회피하도록 추가로 구성될 수 있다. 충돌 회피에 더하여, 프로세서(2002)는 로봇 아암(1402A, 1402B, 1402C, 1402D)의 자세를 최적화하거나 조작가능성을 개선하기 위해 아암 지지부(1305A, 1305B)의 위치를 조절하도록 추가로 구성될 수 있다.

[0188] **XIII. 조절가능 아암 지지부와 연관된 로봇 아암**

[0189] 위에서 기술된 조절가능 아암 지지부는 테이블, 칼럼, 또는 기부에 장착되도록 구성될 수 있고, 조절가능 아암 지지부 상에 위치한 로봇 아암을 지지하도록 조절가능하다(다양한 자유도로 이동가능함). 일부 실시예에 따르면 조절가능 아암 지지부가 테이블의 표면 아래에 장착되도록 구성될 수 있기 때문에, 조절가능 아암 지지부와 함께 소정 유형의 로봇 아암을 채용하는 것이 유리할 수 있다. 특히, 로봇 아암이 더 낮은 위치로부터 "워크업(work up)"하여야 하고 (예컨대, 테이블과의) 충돌을 회피하여야 할 수 있기 때문에, 증가된 이동 및 유연성을 갖는 로봇 아암이 바람직할 수 있다. 본 섹션은 조절가능 아암 지지부와 함께 사용하기 위해 구성된 로봇 아암의 소정 특징을 개략적으로 기술한다.

[0190] 예를 들어, 일부 실시예에서, 조절가능 아암 지지부와 함께 사용하기 위해 구성된 로봇 아암은 평행사변형 원격 중심 로봇 아암과는 상이하다. 일례에서, 조절가능 아암 지지부와 함께 사용하기 위해 구성된 로봇 아암은 적어도 2 자유도를 갖는 쇼울더(shoulder), 적어도 1 자유도를 갖는 엘보우(elbow), 및 적어도 2 자유도를 갖는 리스트(wrist)를 포함할 수 있다. 그러한 아암과 연관된 운동학은 아암 기부가 작업공간에 대해 임의로 위치되도록 허용하여, 베드 옆에 장착된 평행사변형 원격 중심 로봇의 경우 어려운 설정을 허용한다.

[0191] 또한, 일부 실시예에서, 조절가능 아암 지지부와 함께 사용하기 위해 구성된 로봇 아암은 적어도 3 자유도로 구성되는 반구형 또는 구형 리스트를 포함할 수 있다. 그러한 리스트는 로봇 아암의 원위 단부에 위치한 기구 구동 메커니즘이 아암 리스트 아래에 있을 수 있도록 로봇 아암이 그의 리스트 조인트를 롤링하도록(roll) 허용할 수 있다. 이는 대상 작업공간이 포트보다 훨씬 위에 있는 절차를 가능하게 할 수 있다.

[0192] 일부 수술 로봇 아암은 여분의(redundant) 자유도가 없는 기계적으로 구속된 원격 중심(예컨대, 평행사변형 로봇 아암)을 포함한다. 즉, 임의의 원격 중심 위치의 경우, 기부까지의 거리는 기계적으로 구속된다. 베드 아래로부터 나오는 로봇 아암은, 위에서 기술된 조절가능 아암 지지부 상에 장착된 로봇 아암의 경우와 마찬가지로, 그들의 마운트 구조물에 의해 제한될 수 있고, 최적 구성에 도달할 수 없어, 평행사변형 로봇 아암을 더 뛰어나게 만들 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 위에서 기술된 조절가능 아암 지지부와 함께 사용하기 위해 구성된 로봇 아암은 하나 이상의 여분의 자유도를 포함할 수 있다. 여분의 자유도는 도구 팀을 이동시킴이 없이 아암이 그들의 영 공간 내에서 조깅되도록(jogged) 허용하여, 이전에 알려진 수술 로봇 아암으로는 가능하지 않은 수술 중의 충돌 회피를 허용할 수 있다.

[0193] 도 21은 위에서 기술된 특징들 또는 이점들 중 하나 이상을 제공하도록 구성될 수 있는, 일 실시예에 따른, 로봇 아암(2100)의 등각도이다. 로봇 아암(2100)은 위에서 기술된 조절가능 아암 지지부(들)(1305)와 함께 사용

하기 위해 구성될 수 있다. 로봇 아암(2100)은 순차적으로 배열되는 복수의 구성요소를 포함할 수 있다. 구성요소는 로봇 아암(2100)의 이동 또는 관절운동을 허용하도록 구성되는 하나 이상의 조인트(예컨대, 전동식 또는 유압식 조인트)에 의해 연결될 수 있다. 예시된 바와 같이, 일부 실시예에 대해, 조인트는 쇼울더(2117), 엘보우(2119), 및 리스트(2121)로 그룹화될 수 있다.

[0194] 예시된 예에서, 쇼울더(2117)는 3개의 조인트를 포함하고, 엘보우(2119)는 1개의 조인트를 포함하며, 리스트(2121)는 2개의 조인트를 포함한다. 달리 말하면, 일부 실시예에서, 쇼울더(2117), 엘보우(2119), 또는 리스트(2121) 중 하나 이상은 로봇 아암(2100)에 대한 하나 초과 자유도를 제공할 수 있다. 예시된 실시예에서, 쇼울더(2117)는 3 자유도를 제공하도록 구성되고, 엘보우(2119)는 1 자유도를 제공하도록 구성되며, 리스트(2121)는 2 자유도를 제공하도록 구성된다. 다른 실시예에서, 쇼울더(2117), 엘보우(2119), 또는 리스트(2121)는 다른 수의 조인트로 구성될 수 있고/있거나, 다른 수의 자유도를 제공하도록 구성될 수 있다.

[0195] 쇼울더(2117)는 대체로 로봇 아암(2100)의 근위 부분(2101)에 위치될 수 있다. 리스트(2121)는 대체로 로봇 아암(2100)의 원위 부분(2103)에 위치될 수 있다. 엘보우(2119)는 대체로 근위 부분(2101)과 원위 부분(2103) 사이에 위치될 수 있다. 일부 실시예에서, 엘보우(2119)는 근위 링크(link)(2109)와 원위 링크(2111) 사이에 위치된다. 일부 실시예에서, 로봇 아암(2100)은 도 21에 예시된 것 이외의 다른 조인트 또는 조인트의 영역을 포함할 수 있다. 예를 들어, 로봇 아암(211)은 엘보우(2119)와 리스트(2121) 사이에 그리고/또는 엘보우(2119)와 쇼울더(2117) 사이에 제2 엘보우(하나 이상의 조인트를 포함함)를 포함할 수 있다.

[0196] 쇼울더(2117), 엘보우(2119), 및 리스트(2121)(및/또는 로봇 아암의 또는 그와 연관된 다른 조인트 또는 구성요소)는 다양한 자유도를 제공할 수 있다. 예시된 실시예에 대해, 자유도는 화살표로 예시되어 있다. 화살표는 각각의 자유도에 의해 제공되는 운동을 나타내도록 의도된다. 예시된 실시예는 하기 자유도를 포함한다. 모든 자유도가 모든 실시예에 포함될 필요는 없으며, 일부 실시예에서, 추가의 자유도가 포함될 수 있다. 다양한 자유도를 제공하는 조인트는, 예를 들어 전동식 조인트 또는 유압 동력식 조인트와 같은 동력식 조인트일 수 있다.

[0197] 예시된 바와 같이, 로봇 아암(2100)은 쇼울더 병진을 허용하는 자유도를 포함한다. 로봇 아암(2100)은 또한 쇼울더 요(yaw)를 허용하는 자유도를 포함할 수 있다. 로봇 아암(2100)은 또한 쇼울더 피치(pitch)를 허용하는 자유도를 포함할 수 있다. 로봇 아암(2100)은 또한 엘보우 피치를 허용하는 자유도를 포함할 수 있다. 로봇 아암(2100)은 또한 리스트 요를 허용하는 자유도를 포함할 수 있다. 로봇 아암(2100)은 또한 리스트 피치를 허용하는 자유도를 포함할 수 있다. 로봇 아암(2100)은 또한 기구 드라이버 롤(instrument driver roll)을 허용하는 자유도를 포함할 수 있다. 이러한 자유도는 기구 드라이버에 부착된 기구(또는 기구 드라이버 자체)가 그의 축을 중심으로 롤링되게 허용하도록 구성될 수 있다.

[0198] 삽입 자유도가 또한 로봇 아암(2100)과 연관될 수 있다. 삽입 자유도는 기구의 축 또는 기구 드라이버(2115)의 축을 따른 기구 드라이버 메커니즘(2115)에 부착된 기구(또는 도구)의 삽입(또는 후퇴)을 허용하도록 구성될 수 있다.

[0199] 위에서 기술된 조절가능 아암 지지부(1305)와 함께 사용하기 위해 구성된 로봇 아암의 이들 및 다른 특징은 본 출원과 동일자로 출원된, 발명의 명칭이 "수술 로봇 시스템(Surgical Robotics System)"인 출원에 더 상세히 기술되어 있다.

[0200] **XIV. 소프트웨어**

[0201] 일부 실시예에서, 조절가능 아암 지지부 및 대응하는 로봇 아암을 포함하는 시스템의 하나 이상의 양태는 소프트웨어를 통해 제어될 수 있다. 예를 들어, 시스템은, 모든 작동이 시스템에 의해 로봇식으로 제어되고, 시스템이 테이블 상판에 대한 모든 엔드 이펙터의 위치를 알고 있도록 설계될 수 있다. 이는 기존의 로봇 수술 시스템이 갖지 않는 특유의 이점을 제공할 수 있다. 또한, 이는 하기를 비롯한 유리한 워크플로우를 허용할 수 있다: 아암 및 아암 위치설정 플랫폼이 동기화되어 이동하는 동안 수술 중에 테이블 상판을 조절하는 것(예컨대, 틸트, 트랜스렌부르크, 높이, 휨 등); 로봇 아암을 이동시키는 것은 트레이닝하거나 환자를 신기 위해 수술 영역(operative field)으로부터 멀어지게 이동할 수 있음; 임상의사가 시스템에 절차의 유형을 알린 후에, 로봇 아암은 포트가 전형적으로 배치되는 곳 부근의 대략적인 위치로 이동할 수 있음(외과의사는 그들이 수술하기를 원하는 방법에 대해 포트 선택 "사전설정(preset)"을 변경 및 설정할 수 있음); 및 엔드 이펙터 상의 카메라와 캐논러 상의 비전 타겟(vision target)으로 "라스트 마일(last mile)" 도킹을 수행하는 것(엔드 이펙터 주위의 다른 비-광학 센서가 유사한 기능을 제공할 수 있음).

[0202] 또한, 로봇 아암 조인트의 일부 구체화(incarnation)는 모터 및 변속기를 역-구동시키기 위해 아암에 큰 힘을 인가할 것을 요구할 수 있다. 이는 로봇이, 임상의사가 그것을 밀고 그에 따라 이동시키려고 노력하고 있는 위치를 알게 하여(어드미턴스 제어(admittance control)) 출력부에서 느껴지는 역-구동력을 낮추도록 허용하는, 아암 조인트 내의 토크 센서 또는 엔드 이펙터에 있는 힘 센서 또는 조이스틱에 의해 감소될 수 있다. 그러한 역-구동 조절은 일부 실시예에서 소프트웨어로 달성될 수 있다.

[0203] **XV. 추가의 고려사항**

[0204] 본 개시를 읽을 때, 당업자는 본 명세서의 개시된 원리를 통해 추가의 대안적인 구조적 및 기능적 설계를 여전히 인식할 것이다. 따라서, 특정 실시예 및 응용이 예시되고 기술되었지만, 개시된 실시예는 본 명세서에 개시된 정확한 구성 및 구성요소로 제한되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 당업자에게 명백할 다양한 수정, 변경 및 변형이 첨부된 청구범위에 한정된 사상 및 범주로부터 벗어남이 없이 본 명세서에 개시된 방법 및 장치의 배열, 작동 및 상세 사항에서 이루어질 수 있다.

[0205] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, "하나의 실시예" 또는 "일 실시예"에 대한 임의의 언급은 그 실시예와 관련하여 기술된 특정 요소, 특징, 구조, 또는 특성이 적어도 하나의 실시예에 포함된다는 것을 의미한다. 본 명세서의 다양한 곳에서의 어구 "하나의 실시예에서"의 출현은 반드시 모두 동일한 실시예를 지칭하는 것은 아니다.

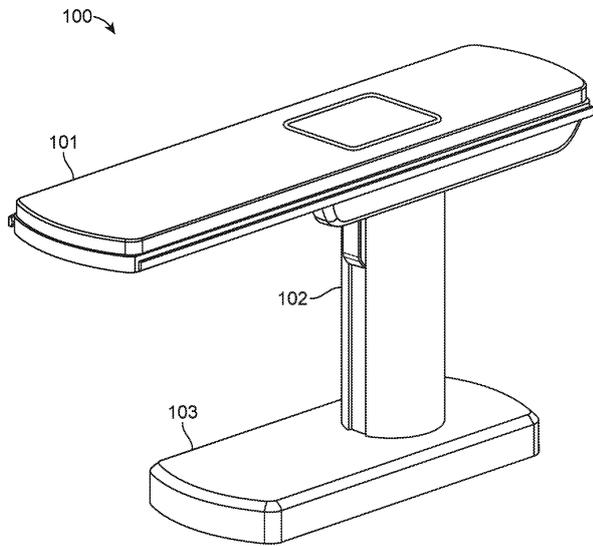
[0206] 일부 실시예는 표현 "결합된" 및 "연결된"을 그들의 파생어와 함께 사용하여 기술될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예는 2개 이상의 요소가 직접 물리적 또는 전기적 접촉 상태에 있는 것을 나타내기 위해 용어 "결합된"을 사용하여 기술될 수 있다. 그러나, 용어 "결합된"은 2개 이상의 요소가 서로 직접 접촉하지 않으면서도, 여전히 서로 협력하거나 상호작용한다는 것을 또한 의미할 수 있다. 실시예는 달리 명시적으로 언급되지 않는 한 이러한 맥락에서 제한되지 않는다.

[0207] 본 명세서에 사용되는 바와 같이, 용어 "포함하다", "포함하는", "구비하다", "구비하는", "갖다", "갖는" 또는 이들의 임의의 다른 변형은 비-배타적 포함을 포괄하는 것으로 의도된다. 예를 들어, 요소의 목록을 포함하는 프로세스, 방법, 물품, 또는 장치는 반드시 그러한 요소만으로 제한되지는 않고, 그러한 프로세스, 방법, 물품, 또는 장치에 고유하거나 명시적으로 열거되지 않은 다른 요소를 포함할 수 있다. 또한, 명시적으로 반대로 언급되지 않는 한, "또는"은 배타적 '또는'이 아니라 포괄적 '또는'을 지칭한다. 예를 들어, 조건 A 또는 B는 하기 중 어느 하나에 의해 만족된다: A가 참(또는 존재함)이고 B가 거짓(또는 존재하지 않음)임, A가 거짓(또는 존재하지 않음)이고 B가 참(또는 존재함)임, 및 A 및 B 둘 모두가 참(또는 존재함)임.

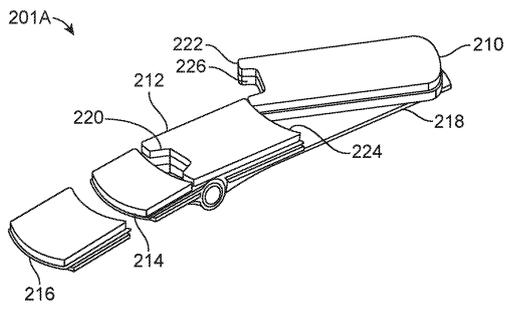
[0208] 또한, 단수형("a" 또는 "an")의 사용은 본 명세서의 실시예의 요소 및 구성요소를 기술하기 위해 채용된다. 이는 단지 편의상 그리고 본 발명의 전반적인 의미를 제공하기 위해 이루어진다. 이러한 설명은 하나 또는 적어도 하나를 포함하는 것으로 이해되어야 하며, 단수형은 또한 그것이 달리 의미하는 것이 명백하지 않는 한 복수형을 포함한다.

도면

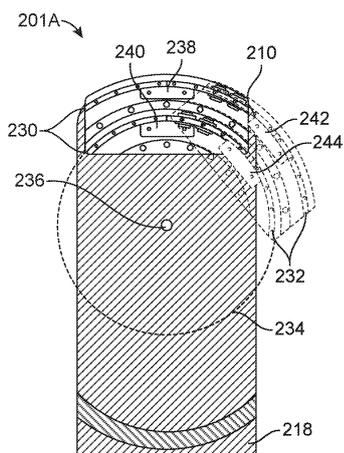
도면1



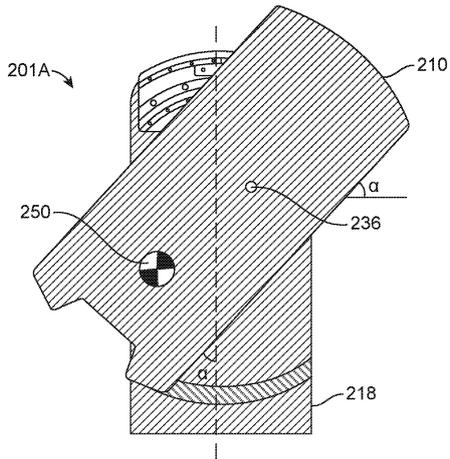
도면2a



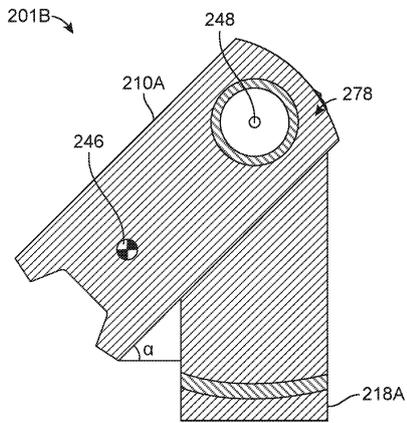
도면2b



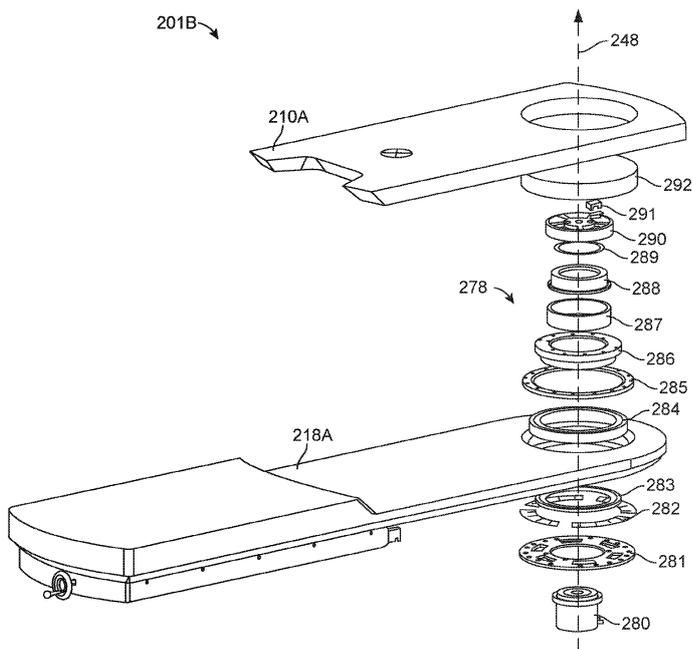
도면2c



도면2d

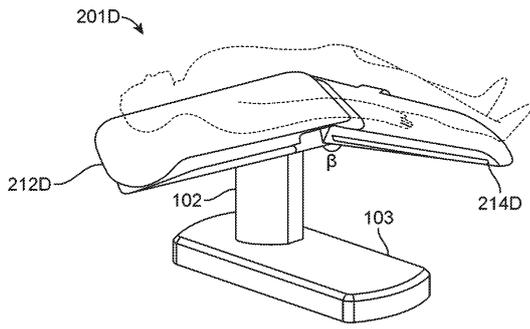


도면2e

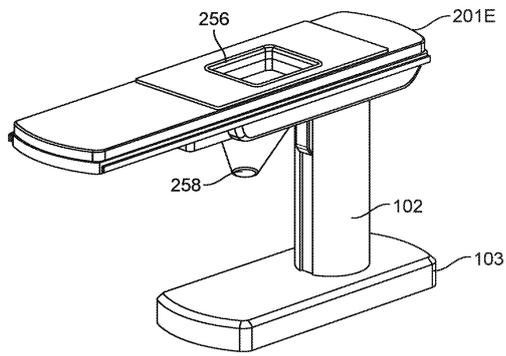




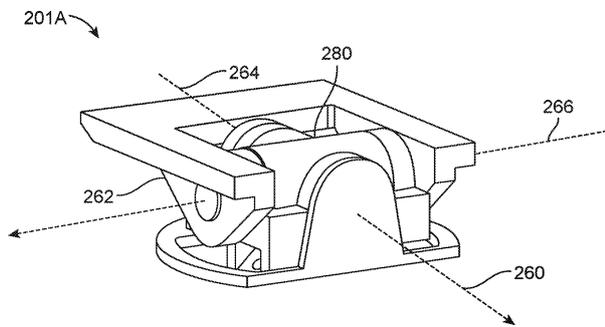
도면2i



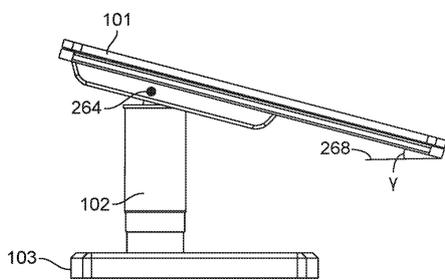
도면2j



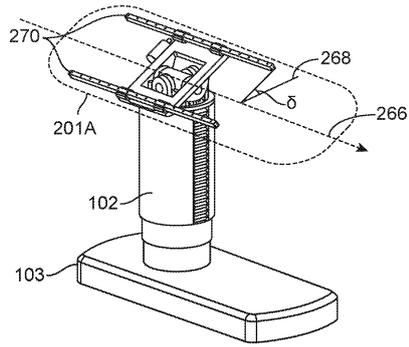
도면2k



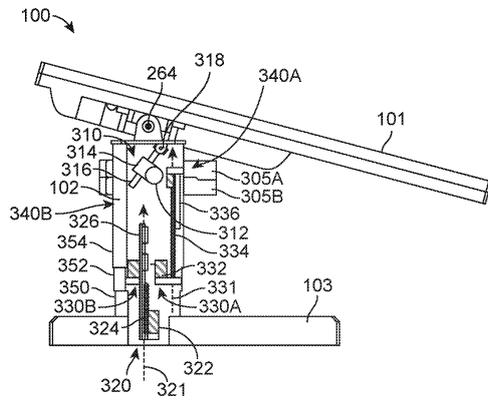
도면2l



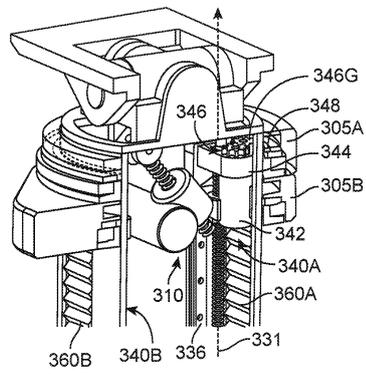
도면2m



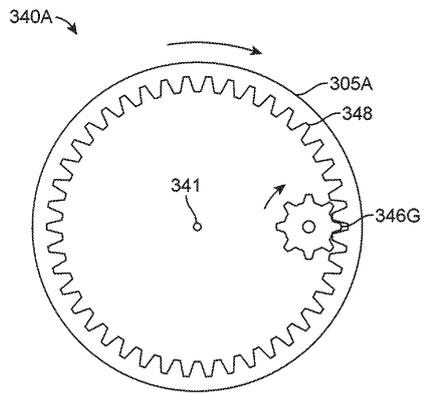
도면3a



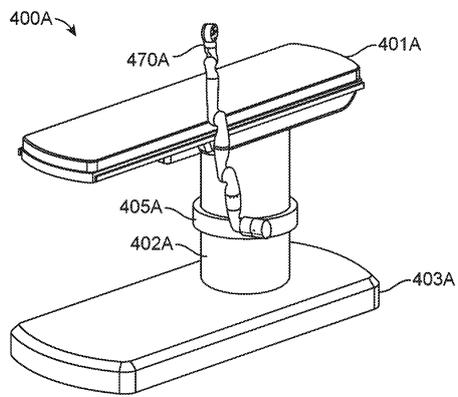
도면3b



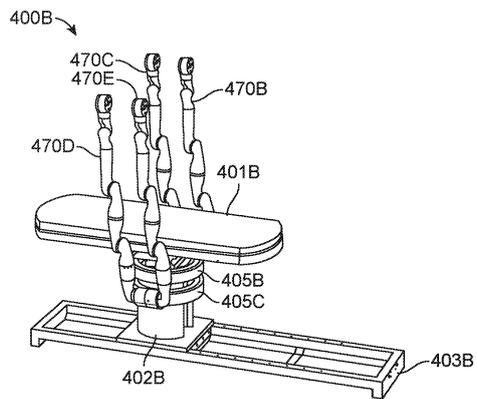
도면3c



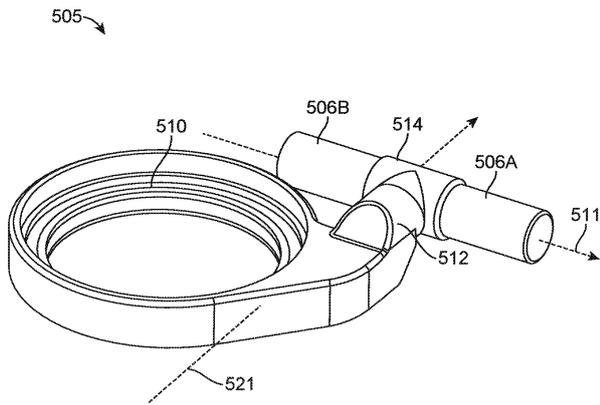
도면4a



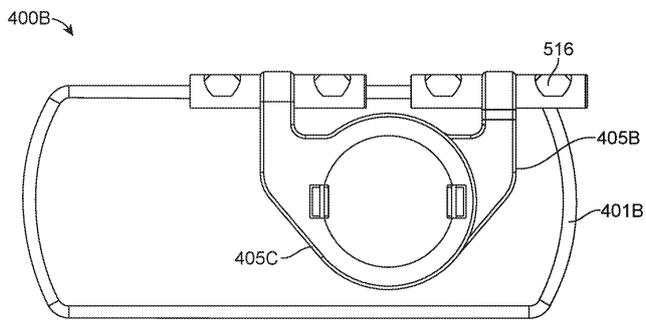
도면4b



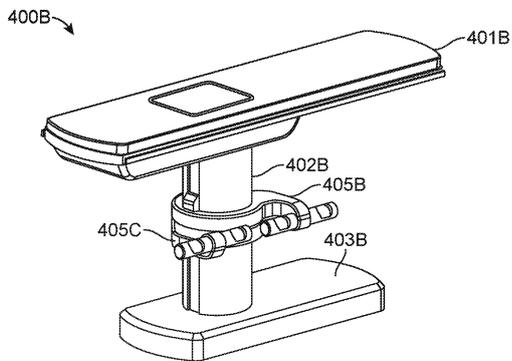
도면5a



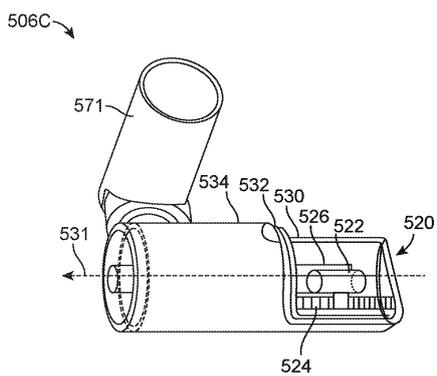
도면5b



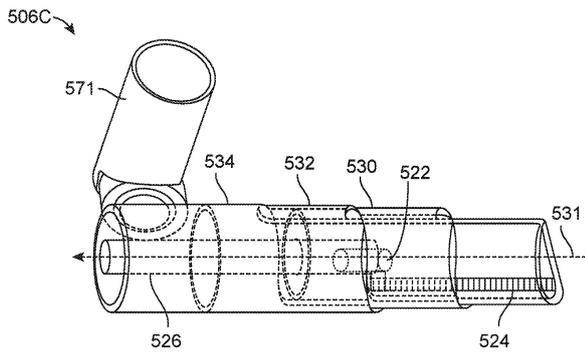
도면5c



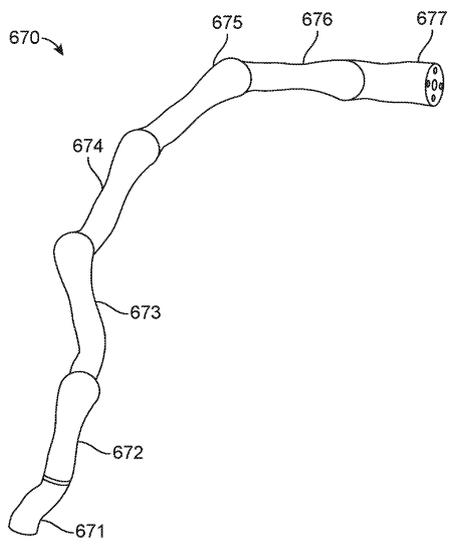
도면5d



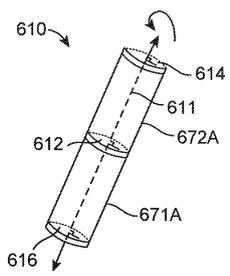
도면5e



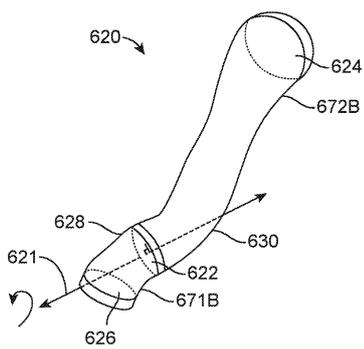
도면6a



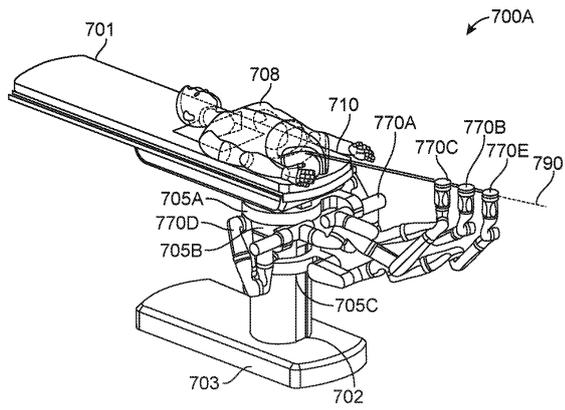
도면6b



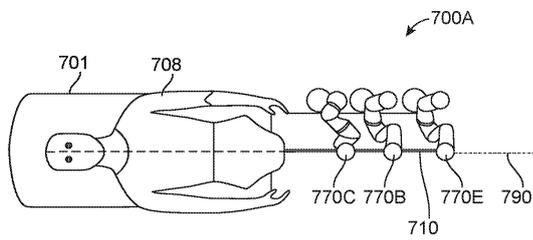
도면6c



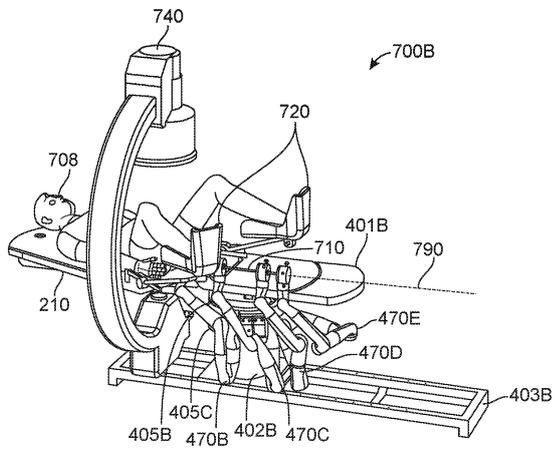
도면7a



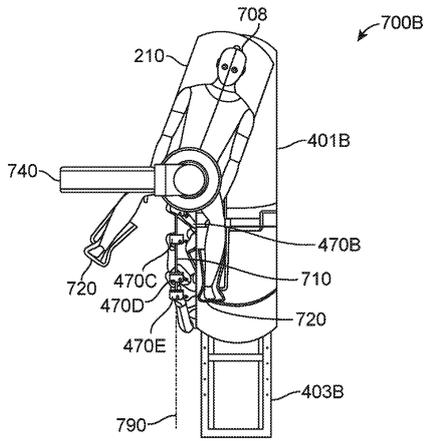
도면7b



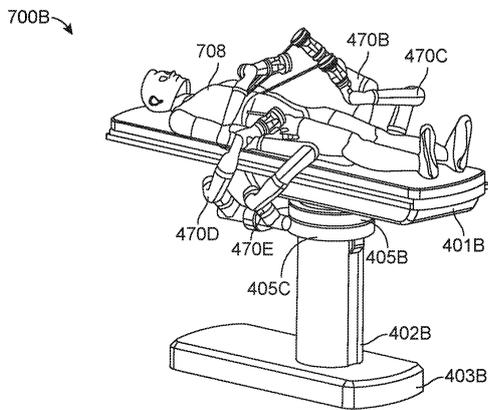
도면7c



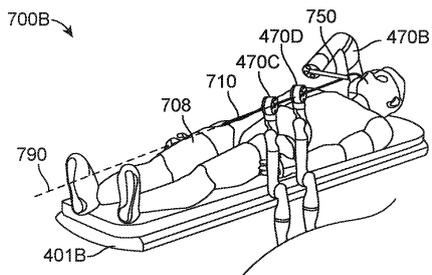
도면7d



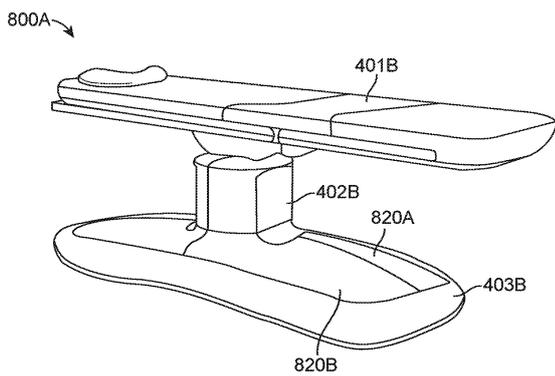
도면7e



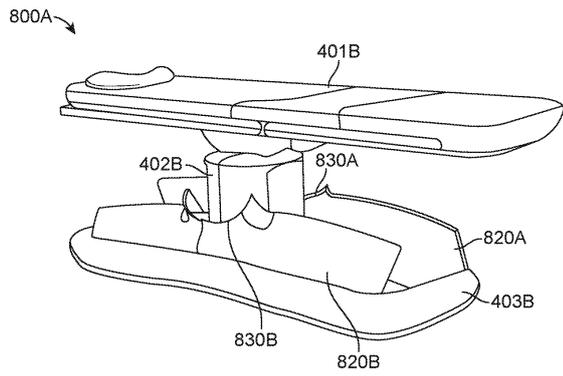
도면7f



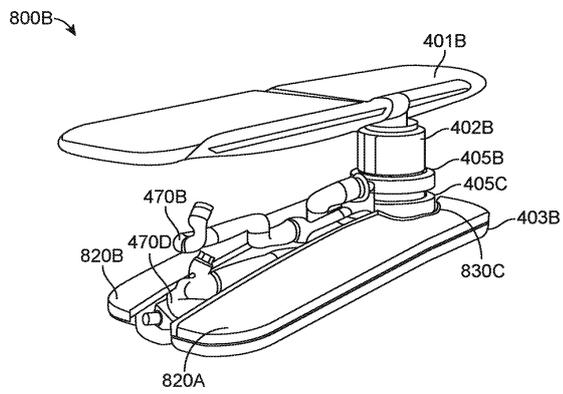
도면8a



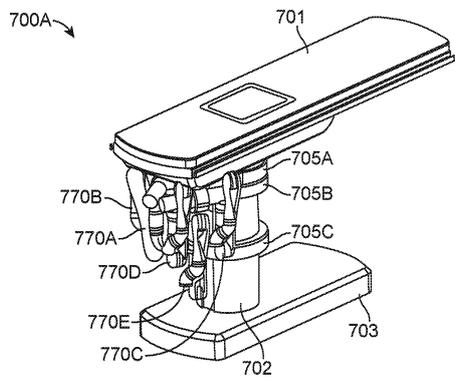
도면8b



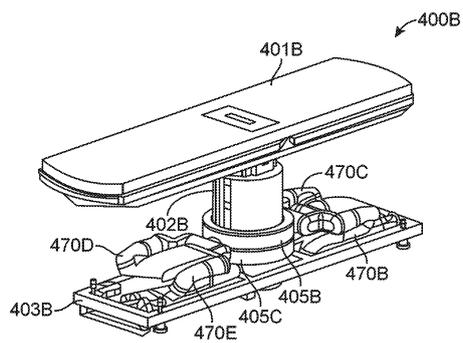
도면8c



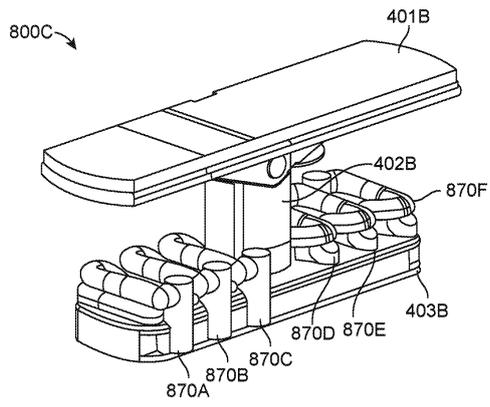
도면8d



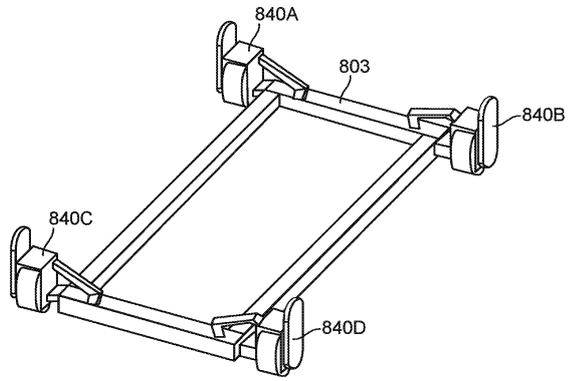
도면8e



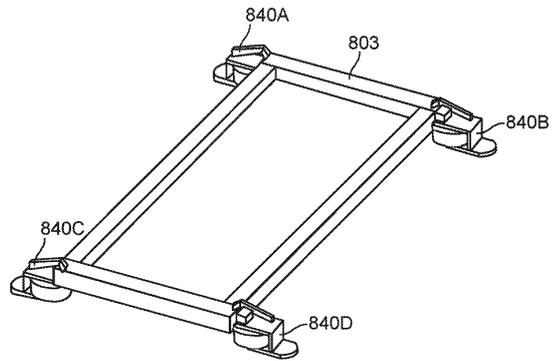
도면8f



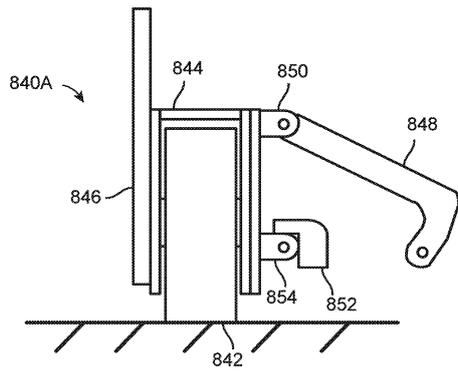
도면8g



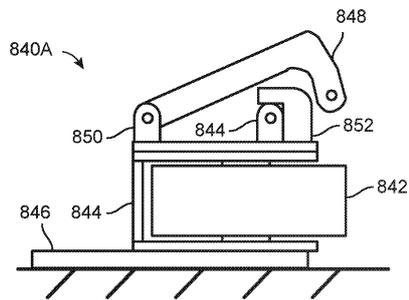
도면8h



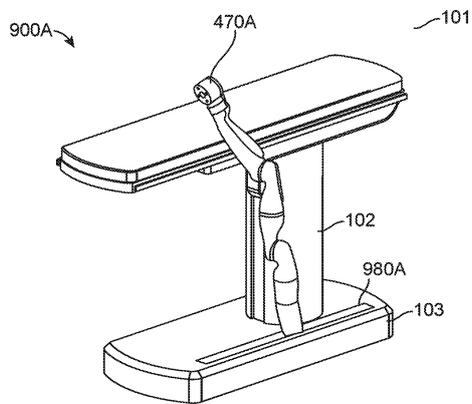
도면8i



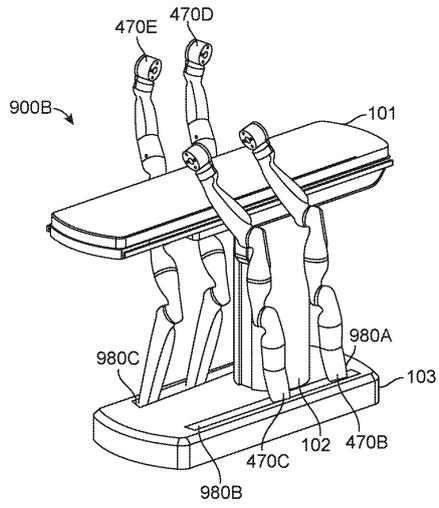
도면8j



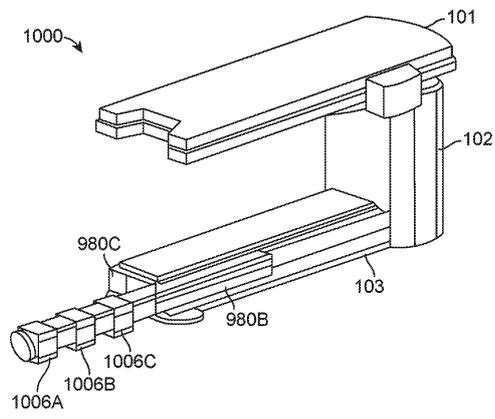
도면9a



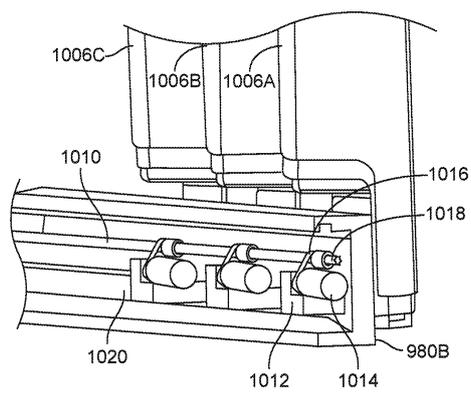
도면9b



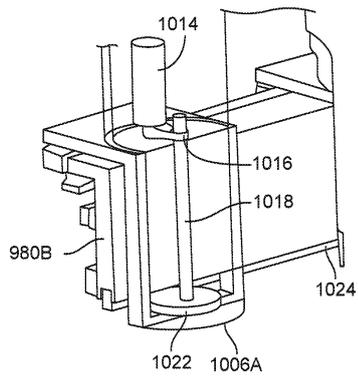
도면10a



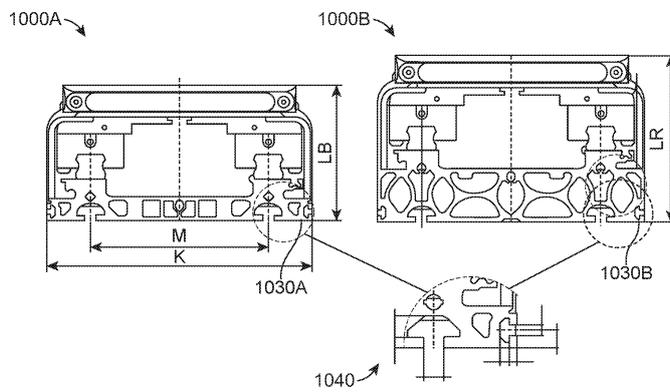
도면10b



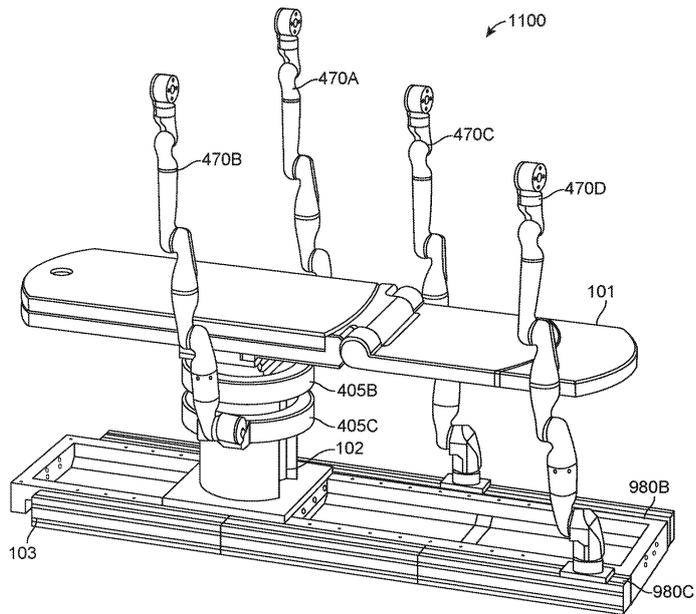
도면10c



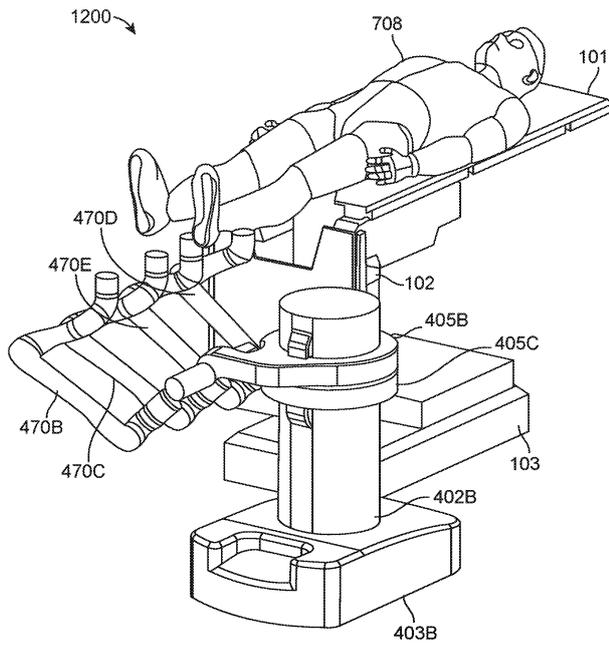
도면10d



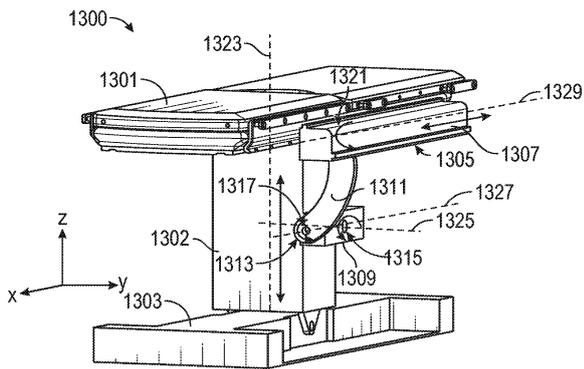
도면11



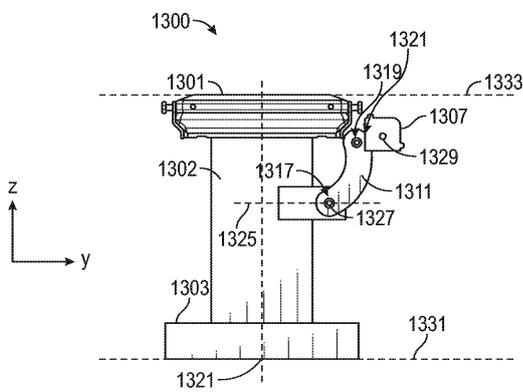
도면12



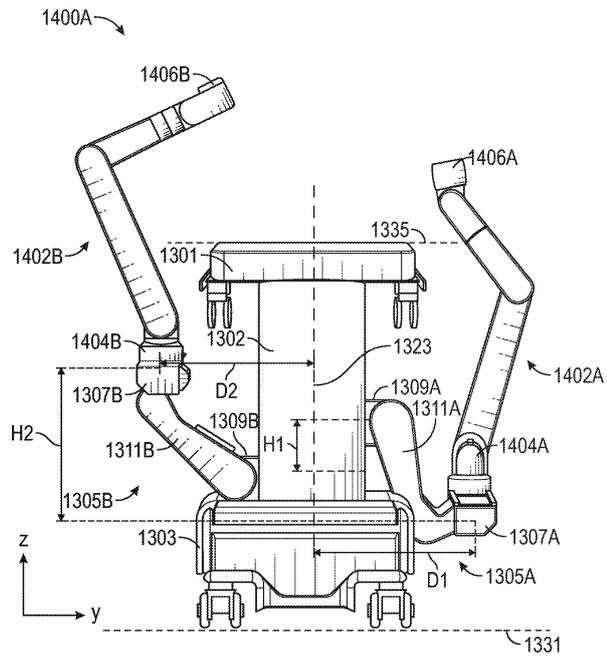
도면13a



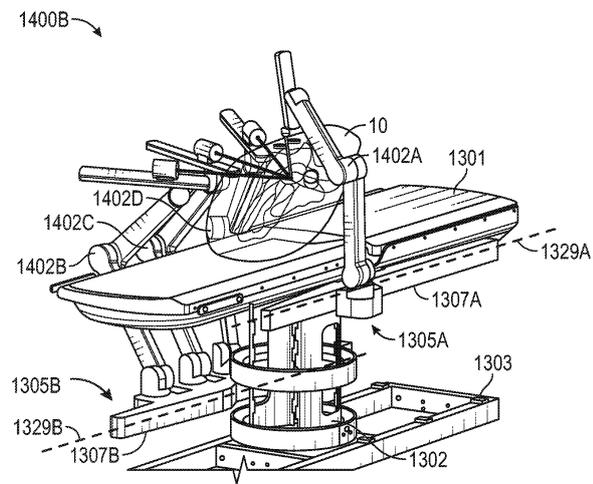
도면13b



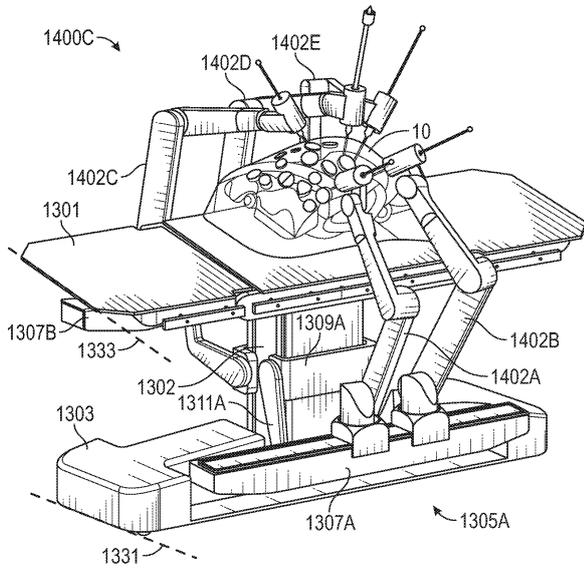
도면14a



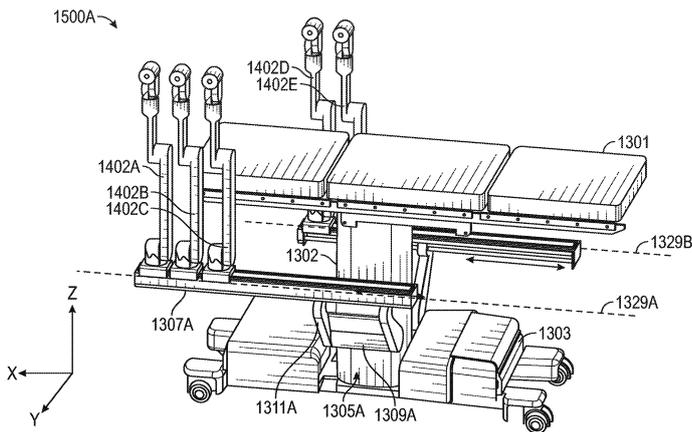
도면14b



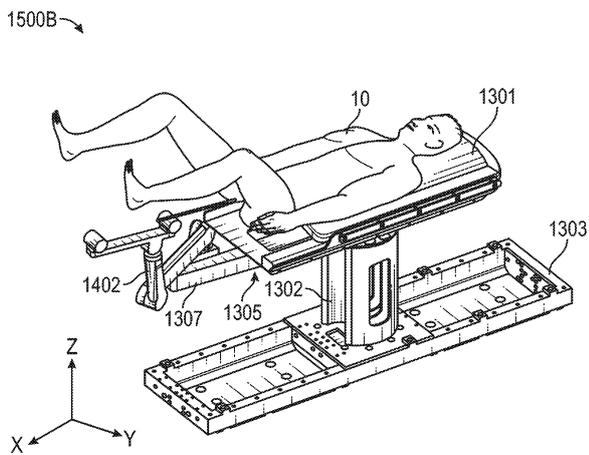
도면14c



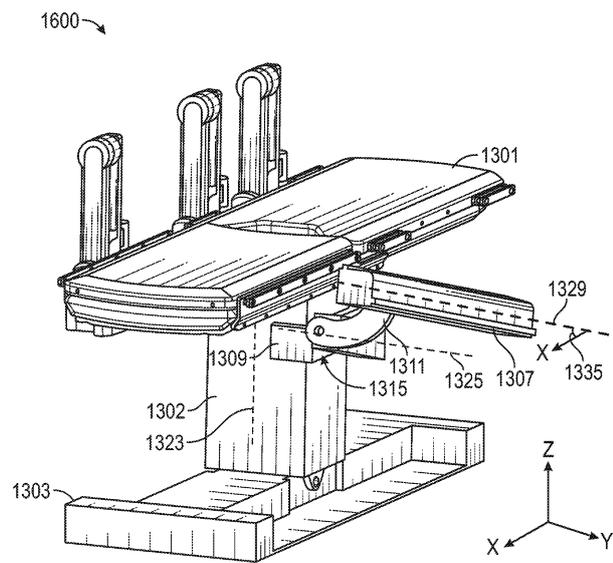
도면15a



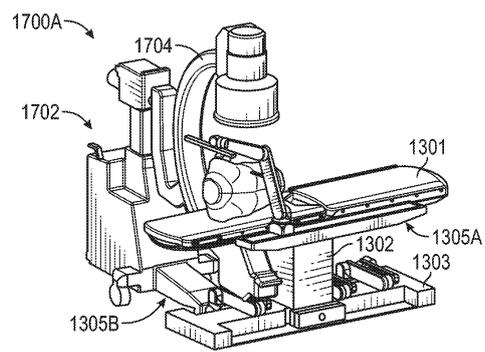
도면15b



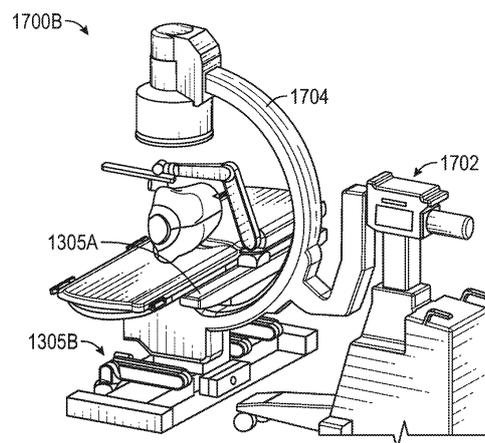
도면16



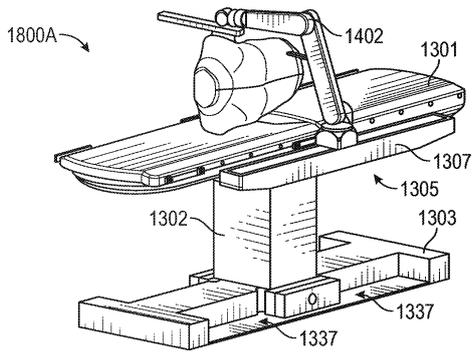
도면17a



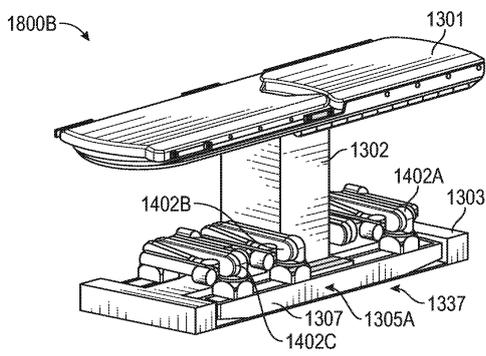
도면17b



도면18a



도면18b



도면19

