(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년09월26일
(11) 등록번호 10-2447452
(24) 등록일자 2022년09월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/00 (2021.01) *A61B 5/022* (2006.01)
A61B 5/026 (2006.01) *A61B 5/11* (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/0053 (2013.01)
A61B 5/022 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-7016830
(22) 출원일자(국제) 2017년11월17일
심사청구일자 2020년11월17일
(85) 번역문제출일자 2019년06월12일
(65) 공개번호 10-2019-0086701
(43) 공개일자 2019년07월23일
(86) 국제출원번호 PCT/US2017/062356
(87) 국제공개번호 WO 2018/094243
국제공개일자 2018년05월24일
(30) 우선권주장
62/423,768 2016년11월17일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US04432354 A*
US20040024322 A1*
US20130184624 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
메디치 테크놀로지스, 엘엘씨
미국 뉴멕시코 87110 앨버커키 인디언 스쿨 로드 노스이스트 5901
(72) 발명자
로빈슨 마크 리스
미국 뉴멕시코 87122 앨버커키 아이리쉬 미스트 노스이스트 12034
앨런 엘레나 에이
미국 뉴멕시코 87112 앨버커키 준 스트리트 노스이스트 1825
살레푸어 파히메
미국 뉴멕시코 87110 앨버커키 인디안 스쿨 로드 노스이스트 5901
(74) 대리인
리앤목특허법인

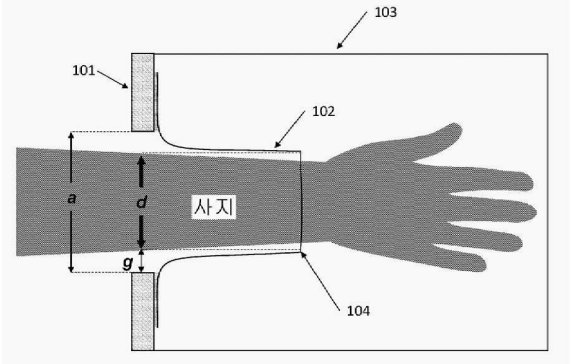
전체 청구항 수 : 총 13 항 심사관 : 최석규

(54) 발명의 명칭 **자가-밀봉식 가압 사지 인클로저**

(57) 요 약

사지 상의 압력 효과의 평가를 위해 자가-밀봉식 가압 사지 인클로저를 형성하기 위한 방법 및 시스템을 제공한다. 구현예들은, 밀봉이 외부 환경에 대한 인클로저 내의 양압에 의해 형성되고, 인클로저 내의 압력을 초과하는 접촉 압력을 밀봉 위치에서 필요로 하지 않는다는 점에서, 자가-밀봉식일 수 있다. 밀봉은 해부학적 크기차뿐만 아니라 압력으로 인한 사지의 크기 및 형상의 변형을 고려한다. 게다가, 밀봉은 피부 및 조직 움직임의 존재시 기능을 유지한다. 작동 중, 시스템은 외부 도움 없이 개인에 의해 사용될 수 있다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
A61B 5/0261 (2013.01)
A61B 5/1114 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

구멍을 구비한 가압 가능한 인클로저와 함께 사용되는 밀봉 장치로서, 구멍에서 인클로저와 밀봉되게 맞물리는 제 1 단부 및 슬리브 안으로 사지의 진입을 허용하는 제 2 단부를 갖는 가요성 슬리브를 포함하고,

상기 슬리브는 상기 인클로저 내에서 끝나고, 상기 가압 가능한 인클로저 내에 양압이 생성되었을 때 상기 슬리브는 압축되거나 붕괴되거나 접혀 상기 사지 주위에 공기 밀봉을 형성하고, 상기 슬리브는 상기 슬리브 내에 놓이는 사지의 부분에 상기 인클로저 내부의 압력을 예정된 압력 허용오차를 넘어 초과하지 않는 압력을 가하도록 형성되는, 밀봉 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 슬리브는 30 ㎝ H_2O 보다 작은 주변에 대한 압력에서 비-양각 진행(a non-positive angular progression)을 가지는 재료를 포함하는, 밀봉 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 슬리브는, 라텍스 또는 실리콘, 고밀도 폴리에틸렌, 저밀도 폴리에틸렌, 나일론 직물, 케블라 직물, 및 테릴렌 직물 중 하나 이상을 포함하는 가요성 재료를 포함하는, 밀봉 장치. ,

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 가압 가능한 인클로저 또는 상기 밀봉 장치의 강성 부분과 상기 사지 사이의 접촉을 감지하기 위해 상기 슬리브 및 상기 가압 가능 인클로저에 대하여 배치된 복수의 접촉 센서를 더 포함하는, 밀봉 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 가압 가능한 인클로저 또는 상기 밀봉 장치의 강성 부분에 의해 상기 사지 상에 가해지는 압력을 감지하기 위해 상기 슬리브 및 상기 가압 가능한 인클로저에 대해 배치되는 복수의 압력 센서를 더 포함하는, 밀봉 장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 슬리브는 복수의 배튼(batten)을 더 포함하되, 각각의 배튼은 축방향으로 강성이며 상기 슬리브가 축 방향 변형에 저항하도록 상기 슬리브에 장착되는, 밀봉 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 슬리브는 상기 구멍과의 맞물림의 원위에서보다 상기 구멍과의 맞물림의 근위에서 더 큰 축방향 강성을 가지는, 밀봉 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 슬리브는, 상기 구멍과의 맞물림으로부터 상기 구멍과의 맞물림의 원위 영역까지 원활하게 감소하는 축방향 강성을 가지는, 밀봉 장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 슬리브는 아코디언 주름(accordion folds)을 가지고 구성되며, 체적 내의 주변보다 높은 압력이 상기 아코디언 주름을 압축하도록 접힘에 대한 저항을 가지는, 밀봉 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 슬리브 재료는 상기 사지의 표면과 저 마찰 계수를 가지는, 밀봉 장치.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

제 1 항에 있어서, 상기 슬리브는 상기 사지가 상기 슬리브의 제 2 단부를 지나 상기 인클로저 내로 신장되도록 구성되는 튜브인, 밀봉 장치.

청구항 14

제 1항에 있어서, 상기 슬리브는 상기 사지의 말단부를 둘러싸도록 구성된 글러브인, 밀봉 장치

청구항 15

제 1항에 있어서, 상기 가압 가능한 인클로저의 상기 구멍의 크기가 상기 인클로저 내로 상기 사지가 삽입됨에 따라 조정될 수 있는, 밀봉 장치.

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 사지 주위에 압력을 유지하기 위한 장치 및 방법의 분야에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일부 의학적 응용에서는, 사지 상의 압력의 효과를 연구하는 것이 바람직하다. 일 예로, 본원에 참조로 포함되는 미국 가출원 62/423,768에 기재된 바와 같은, 손등 정맥으로부터의 중심 정맥압의 광학적 판단이 있다. 이와 같은 응용에서, 사지 주위에 압력을 발생시키는 데에 사용되는 방법이 사지 상에 해당 압력을 초과하는 추가 접촉 압력을 발생시키지 않는 것이 중요할 수 있다. 인클로저 압력을 추가하는 접촉 압력을 이용하지 않는 방식으로 사지 주위에 가압 인클로저를 형성하는 것은 어려운 문제이다. 이러한 어려움은 인간 사지 고유의 물리적 복잡성 및 해부학적 가변성뿐만 아니라, 밀봉 메커니즘이 한 명의 조작자에 의해 쉽게 사용될 수 있어야 한다는 요망에 의해 더 가중된다.

발명의 내용

[0003] 본 발명의 구현예들은 인간 생리학 및 해부학과 연관된 다수의 미묘한 차이를 성공적으로 해결함으로써 사지 상의 압력 효과의 평가를 위한 자가-밀봉식 가압 사지 인클로저의 형성을 가능하게 한다. 구현예들은 밀봉 위치에서의 접촉 압력이 인클로저 압력을 초과하거나 사지를 따라 상당한 국부 압력 구배를 발생시키지 않는 시스템을 제공함으로써 의도된 용도와 관련된 기준을 해결한다. 사지의 생리학적 특성으로 인해, 밀봉 메커니즘은 피부 및 조직 변형뿐만 아니라 인클로저 경계에 대한 조직의 움직임의 존재 하에 기능해야 한다.

[0004] 구현예들은 또한 유용성 및 편안함과 연관된 다른 이점을 제공한다. 구현예들은 개인이 추가 도움 없이 시스템을 작동할 수 있게 하는 방식으로 기능한다. 구현예들은 사용자가 인클로저 양압으로 인해 사지 상에 작용하는 힘에 저항할 것을 요구하지 않음으로써 사용자 편안함을 조성한다.

[0005] 예시적인 밀봉 메커니즘은 강성 외부 개구 및 내부 가요성 밀봉을 포함한다. 강성 외부 개구는 강성 인클로저와 결합되며 인클로저 내로의 손의 진입을 허용한다. 개구 크기는 검사 하에 다양한 크기 및 형상의 사지를 수용하도록 조절될 수 있다. 내부 가요성 밀봉은 인클로저 내의 양압으로 인해 사지 상에 반경방향으로 압축되므로,

자가-밀봉식이다. 가요성 밀봉은 연조직의 변형 및 개구 내의 사지의 미세한 움직임을 수용한다. 시스템은 기저의 뼈 골격에 대한 피부 움직임의 존재 하에 밀봉 무결성을 유지한다.

[0006] 구현예들은 효과적인 공기 밀봉을 형성하는 데에 중요한 내부 밀봉의 물리적 및 기하학적 특성을 제공한다. 밀봉은 균일하게 및 지속적으로 공기 유동을 제한하기 위해 반경방향 치수에서 충분히 압축 가능하다. 동시에, 밀봉은 축방향 치수에서 힘에 저항한다; 일부 구현예에서, 이는 사지와의 마찰, 축방향 강성(rigidity), 또는 다른 강도(stiffness) 수단 또는 축방향 치수 편향 저항 수단을 통해 달성된다. 내부 밀봉의 원주도 동등하게 중요하다: 내부 밀봉은 또한 사지의 더 근위 측면들보다 큰 직경을 가질 수 있는 사지의 말단 측면(즉, 손 또는 발)의 진입을 허용해야 하고, 일반적으로 인클로저 압력을 초과하는 어떤 원주상 압력도 사지 상에 발생시키지 않도록 구성된다.

[0007] 강성 외부 개구와 사지의 표면 사이의 거리 또는 간극은 중요한 파라미터이다. 큰 간극은 밀봉 및 사지 상에 작용하는 축력을 증가시킨다: 과도한 힘은 사용자 불편함을 초래하고, 잠재적으로 인클로저로부터 내부 밀봉 및 사지를 나오게 할 것이다. 더 작은 간극은 공기 밀봉이 유지될 수 있도록 축력을 감소시킨다. 구현예들은 사용자가 근육을 활성화하거나 달리 사지 움직임에 저항할 필요가 없도록 사지 지지 메커니즘을 통해 이러한 축력을 상쇄한다. 중력이 움직임에 대항하게 하는 사지의 정렬 또는 팔꿈치 멈춤부의 구현예의 사용은 축력을 완화하기 위한 해결방안의 예이다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 인클로저 압력을 초과하는 밀봉 압력을 갖는 통상의 밀봉 메커니즘의 도해이다.

도 2는 사지 상에 작용하는 힘들의 방향을 도시한다.

도 3은 양압이 없는 상태의 밀봉 시스템의 예이다.

도 4는 양압 하의 밀봉 시스템의 예이다.

도 5는 원위 슬리브에 존재하는 힘들을 도시한다.

도 6은 접촉 지점에서의 조건을 나타내는 힘 도표이다.

도 7은 간극 크기와 비강성 개구 표면 면적 사이의 관계를 도시한다.

도 8은 접촉 센서들을 사용하는 밀봉 시스템의 도해이다.

도 9는 압력 센서들을 사용하는 밀봉 시스템의 도해이다.

도 10은 사지 상에 작용하는 힘들을 도시한 도해이다.

도 11은 증가하는 압력으로 인한 밀봉 위치의 변화를 나타낸 도해이다.

도 12는 주름 반경차들의 도해이다.

도 13은 압축 밀봉의 기본 개념을 도시한 도해이다.

도 14는 축방향-강성 기반 밀봉의 일 예이다.

도 15는 축방향-강성 기반 밀봉의 제2 예이다.

도 16은 축방향-강성 기반 밀봉의 제3 예이다.

도 17은 축방향-강성 기반 밀봉의 제4 예이다.

도 18은 다수의 고정 개구의 도해이다.

도 19는 홍채 조리개를 사용한 가변 개구의 도해이다.

도 20은 중첩 리프들(leaves)을 사용한 가변 개구의 도해이다.

도 21은 밀봉 효능에 대한 개구 크기 및 밀봉 재료의 영향을 도시한다.

도 22는 밀봉 이동에 대한 개구 크기 및 밀봉 재료의 영향을 도시한다.

도 23은 중첩 강모들(bristles)을 사용한 가변 개구의 도해이다.

도 24는 일부 구현예에서 재료 접힘에 관한 각도 관계의 도해이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 정의

[0010] 밀봉 정션은 사지의 조직과 가요성 슬리브 사이의 접촉이 있는 면적을 기술한다.

[0011] 밀봉 위치는 강성 개구에 의해 정의된 평면과 같은, 정의 가능한 위치에 대한 밀봉 정션의 위치이다.

[0012] 반경 압력은 사지의 중심을 향해 작용하는 사지 표면에 법선인 압력이다.

[0013] 축력은 사지의 축을 따라 작용하는 압력이다. 양의 축력은 인클로저 밖으로 사지를 밀도록 작용한다.

[0014] 압력 공차는 설정된 또는 원하는 값에 대한 압력 변동의 용인 가능한 한계치를 정의한다. 통상의 응용을 위한 압력 공차는 대략 1 ㎝ H_2O이다.

[0015] 압력 지속성은 표면에 걸친 압력이 압력 공차 이내로 지속되는, 즉 압력 공차보다 큰 국부 압력 구배가 존재하지 않는 정적 조건을 정의한다.

[0016] 비-양각 진행 구성: 본 문헌에 사용된 바와 같이, 밀봉 재료의 원주 상의 연이은 지점 사이의 각도 관계가 밀봉을 형성하는 재료와의 교차점과 객체의 중심으로부터의 라인에 의해 정의되는 각도의 증가를 초래하지 않는 조건을, 원주 주위의 진행이 초래하는 구성을 정의한다. 도 24(a)에 도시된 바와 같이, 원은 일정한 양각의 진행을 유지한다. 도 24(b)에 도시된 바와 같이, 밀봉 재료가 맞접히기 시작할 때, 진행 각도는 감소할 수 있고, 재료가 주름을 형성하기 시작함에 따라 덜 양각이 될 수 있다. 도 24(c)에 도시된 바와 같이, 밀봉의 추가적인 형성은, 진행 각도가 영(0)이 되거나, 재료가 맞접히기 시작함에 따라 음각이 될 수 있는 상황을 발생시킨다. 다른 관점에서, 비-양각 진행 구성에서는, 객체의 중심으로부터 외부를 향해 그려진 라인이 2회 이상 밀봉 재료의 표면과 마주친다.

[0017] 관: 본 문헌에 사용된 바와 같이, 간단히 근위 및 원위 구멍을 갖는 수송을 위한 원통형 객체를 정의한다. 객체는 관의 길이를 따라 원주가 달라질 수 있다.

[0018] 밀봉 맞물림 또는 밀봉 가능하게 맞물림 또는 밀봉은 적당한 공기 유동 저항을 제공하는 2개의 개체 사이, 예컨대 슬리브와 사지 사이의 맞물림을 가리킨다. 밀봉 맞물림은 이를 통해 절대 기밀성 또는 공기 유동 없음을 요구하는 것이 아니라, 맞물림이 이를 통해 원하는 압력차를 조장하는, 공기 유동에 대한 충분한 제한만을 요구한다.

[0019] 예시적인 구현예들의 특성 및 특징

[0020] 사지 상의 압력 변동의 효과를 연구하는 의도된 용도를 위해, 하기 시스템 기능들이 다양한 예시적인 구현예들에 의해 제공된다:

[0021] 밀봉 정션에서의 압력은 압력 공차보다 크게 인클로저의 압력을 초과하지 않아야 한다. 도 1은 공기 밀봉을 형성하기 위한 통상의 접근법을 도시한다. 밀봉 위치에서의 압력은 인클로저 내의 압력을 초과하므로, 인클로저 밖으로의 공기 유동에 대한 효과적인 저항을 발생시킨다. 이와 같은 표준 밀봉 설계의 사용은, 지혈대로 작용하며 원위 사지에서 측정 가능한 압력 효과에 영향을 미치는 국부 압력 증가 면적을 형성한다. 이와 같은 국부 압력은 본 발명의 구현예들에 의해 수용될 수 있는 응용에 대한 요건을 충족시키지 않는다.

[0022] 밀봉 정션은 사지의 원주 주위에 압력 지속성을 발생시킨다. 밀봉 품질의 공간적 가변성은 공기가 높은 속도의 유동을 통해 빠져나갈 수 있게 하는 실패 지점들을 형성할 수 있다. 공기 누출은 국부 압력 구배 및 피부 변형 면적을 형성하여, 추가적인 공기 누출을 가능하게 한다. 사지 주위에 압력 비지속성을 갖는 밀봉은 안정적이지 않고, 신뢰할 만하지 않으며, 의도된 용도에 적합하지 않다.

[0023] 밀봉 시스템은 사지의 크기 및 형상의 큰 해부학적 변동을 보상할 수 있다. 이는 모집단에 있어서 개인들 간의 가변성뿐만 아니라, 개인에 있어서 사지의 기하형상의 가변성을 포함한다. 통상의 사지는 부착 지점을 향해 근위로 이동함에 따라 직경이 증가하지만, 말단 사지 요소(즉, 손 또는 발)의 직경은 종종 더 근위 위치들에서 사지 직경을 초과할 수 있다. 밀봉 시스템은 밀봉 위치가 사지를 따라 이동하는 경우 가변 사지 직경을 수용하며 기능을 유지할 수 있다.

[0024] 시스템은 밀봉 메커니즘 내의 사지의 배치의 약간의 가변성을 허용할 수 있다. 개인이 임의의 측정 프로토콜 중

에 밀봉 메커니즘 내에서 약간 사지를 움직일 것으로 예상된다. 본 발명의 구현예들은 사지 위치의 이러한 예상된 작은 가변성을 견디거나 이에 적응할 것이다.

[0025] 사지는 힘 하에 변형되는 비강성 객체이기 때문에, 밀봉은 사지의 크기 및 형상 변화를 수용할 수 있다. 사지는 뼈, 근육, 지방, 혈관, 및 피부를 비롯한 다수의 조직층으로 이루어지는 복잡한 비균일 개체이다. 상이한 조직층들은 물리적 특성이 다양하고, 일부는 쉽게 변형될 수 있다. 구체적으로, 피부는 중간 정도의 탄력성을 가지며, 사지의 뼈에 대해 압축되거나 신장될 수 있다. 또한, 혈관 조직의 부피는 주변 압력에 의해 매우 영향을 받는다. 구현예들은 인클로저 압력 변동에 응하여 일어나는 사지의 크기 및 형상 변화를 수용할 수 있다.

[0026] 외부 환경에 대한 인클로저 양압은 인클로저 밖으로 사지를 밀도록 작용하여, 잠재적으로 사용자에게 불편한 경험을 발생시킬 것이다. 도 2는 사지 상에 작용하는 주요 힘들을 도시한다. 반경력은 사지의 표면에 법선인 방식으로 사지 내로 작용하는 힘으로 정의되는 한편, 축력은 사지의 종축을 따라 작용한다. 구현예들은 사용자가 경험하는 축력이 가능한 정도까지 완화되거나 최소화되도록 제공한다. 인클로저 밖으로의 축력은 사지 및 사지 주위의 간극을 포함하는 강성 개구의 단면적에 의해 정의된다. 구현예들은 인클로저 밖으로 사지를 미는 힘이 견딜 만하며 사용자가 이 힘에 능동적으로 저항할 필요가 없도록 총 축력을 관리할 수 있다. 일부 구현예는 사지 지지 메커니즘, 또는 인클로저 밖으로의 축력에 대항하고 주체의 편안함을 증가시키도록 작용하는 다른 고려사항을 포함한다.

[0027] 전체적인 유용성을 촉진하기 위해, 구현예들은 타자의 도움 없이 한 명의 개인에 의해 작동 가능할 수 있다. 구체적으로, 사용자는 다른 개인의 도움 없이 효과적인 밀봉이 형성되도록 장치에 사지를 삽입할 수 있다. 일부 구현예에서, 사용자는 간단히 개구를 통해 사지를 넣을 수 있다. 다른 많은 사용자-친화적 시나리오가 존재하지만, 일반적인 목표는 사용자에 의해 수행되어야 하는 동작수를 최소화하는 것이다.

[0028] 본 발명의 구현예들은 전술한 이점들을 제공하고, 밀봉을 형성하는 데에 사용되는 압력이 외부 환경에 대한 폐쇄구 내의 양압 사이의 압력차에 의해 발생되기 때문에 효과적으로 자가-밀봉식이다.

[0029] 시스템 구성요소들

[0030] 본 발명의 구현예들은 협력하여 작동하는 3개의 구성요소의 통합을 수반한다. 구성요소들은 (1) 인클로저 내로의 사지의 진입을 허용하는 가변 구멍을 갖는 외부 강성 개구, (2) 효과적인 공기 밀봉을 형성하기 위해 반경방향으로 압축되는 내부 반경방향 가요성 재료; (3) 밀봉이 양압의 축력에 대항할 수 있게 하는 설계 요소. 각각의 구성요소의 특성 및 그 통합적 기능이 이하에 설명된다.

[0031] 외부 개구는 인클로저 압력에 의해 변형되지 않도록 충분히 강성이다. 일부 구현예에서, 가변 구멍 크기가 상이한 크기의 사지를 수용하기 위해 제공된다. 가변 개구는 많은 형태를 취할 수 있다. 예를 들어, 시스템은 홍채 조리개와 같은 지속적 가변 개구를 사용할 수 있다. 이와 같은 개구는 인클로저 내로의 사지 진입을 쉽게 허용하기 위해 개방된 후, 개구와 사지 사이의 간극을 감소시키기 위해 폐쇄될 수 있다. 대안적으로, 시스템은, 사지와의 접촉을 방지하며 인클로저 내로의 사지의 진입을 허용하는 한편, 가능한 한 작은 크기를 갖는 상호 교환 가능한 고정 개구들의 세트를 이용한다.

[0032] 내부 가요성 재료는 사지 주위에 공기 밀봉을 형성한다. 밀봉은 인클로저 내의 압력에 의해 발생되는 반경력을 이용하여 형성되고, 이런 방식으로 자가-밀봉식이다. 반경력은 압축 하에 밀봉을 형성하는 데에 사용되는 재료를 놓는다. 압축은, 객체 상의 일반적인 힘들과 연관되며, 임의의 재료 절곡이 인장과 압축 모두를 발생시킨다는 인식과 함께 사용되는 용어이다. 사지 주위의 밀봉의 형성을 기술하기 위해 사용된 바와 같이, 밀봉 재료는 팔 주위에서 압축되어 밀봉을 형성한다. 밀봉의 재료 특성은 본 발명의 주요 요소이며, 밀봉은 압력 지속성을 발생시키도록 압축될 수 있을 정도로 충분한 반경방향 가요성을 가져야 한다.

[0033] 본원에 나타낸 예들은 일반적으로, 슬리브의 단부를 지나 신장되는 사지, 예를 들어 손이 관의 단부를 지나 신장되는 동안 관이 팔을 둘러싸는 것을 도시한다. 본 발명은 또한 폐쇄된 단부를 갖는 슬리브, 예를 들어 역시 손을 덮는 장갑형 또는 벙어리장갑형 부분과 함께 팔을 둘러싸는 부분을 갖는 슬리브를 고려한다. 예시적인 구현예에서, 사지의 적어도 일부가 슬리브에 의해 둘러싸인 동안 사지를 광학 측정한다. 측정되는 부분이 측정 시스템에 접근 가능하다면, 측정되는 부분은 슬리브의 외부에 있을 수 있거나, 슬리브에 의해 덮일 수 있거나, 심지어 그 안에 완전히 수용될 수 있다. 일례로, 불투명 관에 대한 광학적으로 투명한 장갑 단부가 일부 예시적인 구현예에서 적합할 수 있다. 본원에 사용된 바와 같이, 슬리브라는 용어는 사지의 일부가 돌출되는 단부를 갖는 구조, 및 또한 사지의 단부를 수용하는 동안, 측정에 요구되는 접근, 예를 들어 광학적으로 투명한 부분을 여전히 제공하는 한편, 마찬가지로 사지를 둘러싸는 구조 모두를 고려한다.

[0034] 시스템은 또한, 축방향 저항 또는 강성을 부여하여, 밀봉이 인클로저 양압의 축력에 대항할 수 있게 하는 설계 요소들을 포함한다. 대항력은 밀봉의 재료, 기하학적 특성, 또는 구조적 특성에 의해 발생될 수 있다. 대항력의 예는 밀봉과 사지 사이에 발생된 마찰, 밀봉의 인장과 연관된 강도, 밀봉의 압축과 연관된 강도, 및 전술한 것들의 임의의 조합을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다.

[0035] 시스템 작동

[0036] 팔 상에 압력을 발생시키기 위한 주요 메커니즘이 인클로저의 내부와 인클로저의 외부 사이의 압력차의 결과인 가요성 밀봉을 사용함으로써, 사지 상의 압력이 인클로저 내의 압력을 초과하지 않아야 한다는 제약을 충족시킨다. 도 3은 이 요소의 예시적인 구현예를 도시한다. 이 예에서, 가요성 밀봉 재료는 인클로저의 내표면에 부착되는 슬리브이고, 축방향 저항은 슬리브와 사지 사이의 마찰에 의해 제공된다. 개구는 원형 형상을 가지며, 사지는 원뿔대로 모델링된다. 또한, 사지는 설명의 용이함을 위해 개구의 중앙에 있는 것으로 가정된다. 도면은 사지를 위한 효과적인 밀봉 시스템을 정의하는 여러 요소를 도시한다. 외부 강성 개구(101)는 인클로저로의 입구를 정의한다. 가요성 슬리브(102)는 기밀 방식으로 인클로저에 부착된다. 개구의 직경은 직경(a)으로 지시된다. 사지와 강성 개구 사이의 단방향 간극은 거리(g)로 정의된다. 사지 직경은 축방향으로 달라지는데, 이는 대부분의 개인들에서 일반적이다. 슬리브의 원위 직경(104)은 직경(d)으로 정의되는 밀봉 정션에서의 사지의 최대 직경보다 크다. 도 3에 도시된 바와 같이, 인클로저 내에 양압이 없고, 슬리브는 사지에 대해 압축되지 않는다.

[0037] 인클로저 내의 압력이 증가됨에 따라, 밀봉 시스템은 인클로저 양압이 발생될 수 있게 하는 방식으로 반응해야 한다. 도 4는 인클로저 압력이 주변 압력보다 큰 조건 하에서의 밀봉 시스템을 도시하는데, 사지 주위의 밀봉이 형성되었다. 압력 하에, 가요성 슬리브는 반경방향으로 압축 하에 있고 축방향으로 인장 하에 있다. 슬리브는 피부 면적(401)에 걸쳐 사지와 접촉하며, 면적(402)을 따라 인클로저에 부착된다. 압력차는 슬리브 상에 힘을 가하여, 슬리브 내에 축방향 인장(403)을 발생시킨다. 밀봉 정션(401)에서, 슬리브는 반경력을 통해 사지와 강제로 접촉하게 되고, 압력 구배 하에 압축되거나 붕괴되거나 접히게 되어, 사지 주위에 효과적인 밀봉을 형성하였다. 가요성 슬리브를 붕괴시키는 반경방향 압력은 압축력 하에 슬리브를 놓는다. 결과적인 공기 밀봉은 인클로저의 내부와 인클로저의 외부 사이의 압력차의 결과이다.

[0038] 밀봉 정션에서의 압력이 압력 공차만큼 인클로저 내의 압력을 초과하지 않아야 한다는 요건은 슬리브의 원위 측면의 검사를 필요로 한다. 도 5는 사지와 슬리브의 원위 정션에 존재하는 힘의 도해이다. 밀봉 정션에서 원위 슬리브는 3가지 있을 수 있는 힘을 겪는데, 이들은 적절하게 관리되어야 한다. 주요 능동력은 인클로저 압력에 의해 야기되는 팔에 대한 슬리브의 반경방향 압축이다. 두 번째 있을 수 있는 힘은 팔을 미는 슬리브의 물리적 중량이다. 세 번째 있을 수 있는 힘은 원주력 또는 후프력(hoop force)이다. 슬리브 아래의 팔 상의 압력(502)과 인클로저 내의 팔 상의 압력(503)의 차를 압력 공차 이내로 최소화하기 위해, 슬리브용으로 선택되는 재료는 최소 중량을 가질 수 있다. 원주력의 최소화에 관한 것이므로, 슬리브의 원위 직경은 슬리브의 원위 측면이 인장 하에 있지 않고 그에 따라 원주력을 발생시키지 않을 정도로 충분히 크다. 정의된 기하학적 고려사항 및 경량 재료의 선택에 기반하는 슬리브 설계는 압력 기준을 충족시키는 시스템을 형성한다.

[0039] 기능적 밀봉을 형성하기 위해, 슬리브 기능 상에 작용하는 힘들은 합산되어 정적 조건을 발생시켜야 한다. 그렇지 않으면 밀봉이 실패할 것이다. 도 6은 슬리브와 팔 사이의 접촉 면적에 존재하는 힘들을 나타낸 힘 도표이다. 도시된 바와 같이, 슬리브는 인클로저 밖으로 미는 축력(702)을 겪는다. 정적 조건 하에서, 사지와 슬리브 사이의 마찰로 인해 동등한 대항력이 발생된다. 마찰력은 인클로저 내의 압력, 사지와의 접촉 면적, 및 정적 마찰계수의 곱이다. 그러므로, 정적 마찰력이 슬리브 힘에 충분히 대항하도록, 가요성 슬리브는 충분한 길이를 가져야 하고 재료는 정적 마찰 계수를 가져야 한다.

[0040] 공동 고려사항이 슬리브 힘의 최소화와 연관된다. 도 7에 도시된 바와 같이, 슬리브 상의 힘은 개구와 사지 사이의 간극(g)의 함수이다. 슬리브 상의 힘은 간극 면적과 인클로저 내의 압력의 곱이고, 슬리브 힘은 간극 크기의 최소화에 의해 최소화된다. 바람직하게는, 강성 개구는 가능한 한 피부에 가까운 반면, 직접 접촉이 방지되고 사지의 작은 움직임을 위한 충분한 공간이 있도록 보장한다.

[0041] 바람직한 조건 하에서, 사지는 강성 개구와 접촉하지 않는데, 이는 이와 같은 접촉이 압력 공차를 초과하는 압력을 발생시킬 수 있기 때문이다. 강성 개구와의 접촉이 없도록 보장하기 위해, 접촉 센서들을 사용할 수 있다. 도 8은 이와 같은 접촉 센서들(801)을 어떻게 사지와 경질 개구 사이의 접촉의 존재를 판단하기 위해 사용할 수 있는지의 도해이다.

[0042] 압력 센서들은 또한 접촉 압력이 무시할만한지 판단하기 위한 중요한 정보를 제공할 수 있다. 예를 들어, 덜 탄

력 있는 피부를 갖는 개인을 테스트할 때, 조직 상의 중력의 당김은 피부 내에 상당한 처짐을 발생시켜서, 강성 개구와의 접촉을 초래한다. 피부 처짐으로 인한 접촉 압력은 종종 작으며 압력 공차 미만이다. 따라서, 개구 내의 압력 센서들의 사용은, 접촉 압력이 무시할만한 경우와, 접촉 압력이 측정과 간섭하며 예컨대 간극 크기의 증가에 의해 해결되어야 하는 경우를 구별할 수 있다. 도 9는 이와 같은 판단을 가능하게 하는 강성 개구의 저면에 집중되는 압력 센서들(901)의 어레이를 도시한다.

[0043] 시스템의 이해는 또한 인클로저 밖으로 사지를 밀도록 작용하는 힘들의 평가를 요구한다. 도 10은 인클로저 밖으로 사지를 밀도록 작용하는 축력이 직경(a)에 의해 정의되는 개구의 단면 및 인클로저 내의 압력에 따라 좌우된다는 것을 보여준다. 사지 상의 대항력은 사지와 지지 요소들 사이의 정적 마찰을 포함할 수 있다. 예를 들어, 전완 인클로저는 손바닥 거치대(1001)를 사용할 수 있다. 손과 손바닥 사이의 정적 마찰은 압력으로 인한 축력을 상쇄할 수 있다. 팔꿈치 거치대(1003)도 역시 사지와 정적 마찰을 발생시키는 지지 요소로 사용될 수 있다. 축방향 압력 힘이 누적 마찰력을 초과하는 경우, 팔꿈치 멈춤부(1002)가 시스템에 추가될 수 있다. 팔꿈치 멈춤부는 인클로저 밖으로의 전완의 움직임에 대항할 것이며, 주체가 사지 상에 가해지는 축력에 능동적으로 저항할 필요를 느끼지 않을 것이기 때문에 주체의 편안함을 증가시킬 것이다. 또한, 사지 및 인클로저는 중력이 축방향 압력에 직접 대항하도록 배향될 수 있다.

[0044] 가요성 슬리브의 사용은, 피부 상의 압력이 피부의 신장을 발생시킴에 따라 밀봉이 축방향으로 이동할 수 있게 하는 시스템을 형성한다. 인클로저 내의 압력이 증가함에 따라, 슬리브 힘이 증가하여 축방향으로 피부를 신장시킬 것이다. 도 11은 뼈 및 다른 더 강성의 구조가 제자리에 명목상 안정되게 유지되는 동안 밀봉 정션이 피부 변형으로 인해 저압의 위치(1101)로부터 더 고압의 위치(1102)로 이동할 수 있다는 것을 도시한다. 피부 신장은 종종 도시된 바와 같이 스프링 댐퍼 시스템으로 모델링된다. 가요성 슬리브 밀봉 시스템은 밀봉 위치가 조직 이동 및 피부 신장으로 인해 이동함에 따라 작동상의 무결성을 유지한다.

[0045] 밀봉을 형성하는 메커니즘으로 가요성 슬리브를 사용할 때, 사지 주위의 효과적인 밀봉의 형성은 주름 반경을 주목한 재료 선택에 따라 좌우된다. 주름 반경은 정의된 압력 하에 재료에 의해 정의되는 반경 또는 곡률이다. 시각화를 위해, 맞접히는 매우 얇은 유연한 플라스틱 조각을 고려한다. 재료는 효과적으로 맞접히고, 결과적인 주름 반경은 현저히 작다. 이와 달리, 카펫 조각은 맞접힐 때 상당한 주름 반경을 갖는다. 주름 반경은 재료의 물리적 및 기하학적 특성에 의해 정의된다.

[0046] 도 12는 주름 반경의 중요성을 전달하는 도해이다. 도시된 바와 같이, 사지의 상반부를 둘러싸는 2개의 가요성 슬리브가 있다. 둘 다 동일한 압력을 겪지만, 슬리브들의 반응은 굉장히 상이하다. 우측의 재료(1201)는 매우 작은 주름 반경을 이용하여 효과적으로 맞접혀서 효과적으로 공기 밀봉을 형성하였다. 이와 달리, 좌측에 사용된 슬리브(1202)는 훨씬 더 큰 주름 반경을 가지고, 효과적인 공기 밀봉을 형성하는 데에 실패할 수 있다. 슬리브의 절곡 반경이 인클로저 내에 사용되는 압력에서 큰 경우, 밀봉 품질이 손상될 것이며, 사지의 원주에 걸친 밀봉의 균일성이 열악할 것이다. 일반적으로, 밀봉을 위해 사용되는 재료가 작은 주름 반경으로 효과적으로 맞접힐 수 없는 경우, 전체 밀봉 품질이 손상되어, 안정적이지 않고 신뢰할 만하지 않은 밀봉을 초래한다. 이와 달리, 재료가 적절하게 작은 주름 반경을 가지며 효과적으로 맞접힐 수 있는 경우, 안정적이고 신뢰할 만한 밀봉이 형성될 것이다.

[0047] 주름 반경에 영향을 미치는 주요 재료 특성은 탄성률이다; 재료의 기하학적 특성, 주로 두께도 역시 중요하다. 가요성 슬리브는, 두께 및 탄성률 특성이 작은 주름 반경을 가능하게 하고 인클로저 압력에서 공기 밀봉을 형성하도록, 선택될 수 있다. 이러한 기준을 충족시킬 수 있는 재료는 라텍스 또는 실리콘과 같은 탄성 재료, 고밀도 폴리에틸렌 또는 저밀도 폴리에틸렌과 같은 적당한 비탄성 재료, 및 나일론, 케블라, 및 테릴렌과 같은 직물 재료를 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. 상기 리스트는 가요성 슬리브 기준을 충족시킬 수 있는 완전한 재료 리스트가 아니라 예시적인 재료 리스트이다.

[0048] 대부분의 개인들에서 말단 사지 직경이 종종 더 근위의 사지 직경보다 크다는 점은 탄성 특성을 갖는 슬리브 요소의 사용을 바람직하게 만들지만, 필수적인 것은 아니다. 이 경우, 슬리브는 더 큰 직경 부가물(appendage)에 걸쳐 신장되며, 사지의 크기에 더 일치하는 원위 원주를 형성한다. 탄성 재료 특성은 또한 변형력이 제거될 때 슬리브가 원래 크기 및 위치로 복귀할 수 있게 하기 때문에 바람직하다. 비탄성 또는 점탄성 재료는 다른 힘의 인가 없이 원래 크기 및 위치로 복귀할 수 없거나, 또는 느리게 복귀할 수 있어서, 시스템의 시간적 반응을 제한한다.

[0049] 예시적인 구현예들은 전술한 기준을 모두 충족시킨다. 사지 주위에 밀봉을 형성하기 위한 반경방향 압축력의 사용은 밀봉 압력이 인클로저 압력을 초과하지 않는다는 요건을 충족시킨다. 사지와 강성 개구 사이의 최소 간극

과 사지와의 충분한 마찰을 갖는 가요성 슬리브의 동시 사용은, 효과적이며 사용이 용이한 전체 밀봉 시스템을 형성한다. 사용 중, 사용자는 간단히 가요성 밀봉을 통해 인클로저 내에 사지를 넣는다. 압력이 인클로저 내에서 증가함에 따라, 가요성 슬리브는 사지 주위에 자가-밀봉식 폐쇄구를 형성하고, 마찰 및 다른 설계 요소들이 밀봉과 사지 상의 축방향 압력 힘에 대항한다.

[0050] **추가 구현예들**

[0051] 축방향 강성-기반 밀봉 시스템

[0052] 상기 설명된 구현예들은 축방향 압력에 대한 대항력이 밀봉과 사지 사이의 마찰에 의해 제공되는 밀봉 시스템의 예를 사용하였다. 본 발명은 또한 밀봉의 축방향 강성에 기반하는 밀봉 시스템을 제공한다. 이 예시적인 구현예들은 정적 마찰로 인한 힘이 공기 압력에 대항한다는 고려사항에 기반하는 것이 아니라; 밀봉이 공기 압력에 대항하는 축방향 압축 강도를 제공한다는 고려사항에 기반하는 것이다. 도 13은 이 개념의 중요한 요소들을 도시한다. 인클로저 내의 압력이 증가함에 따라, 밀봉 메커니즘의 구조적 요소들이 공기 압력 힘에 대항한다. 구조적 요소들은 고체일 수 있거나, 압력 하에 변형될 수 있거나, 스프링처럼 작동할 수 있다. 도 13에 도시된 바와 같이, 작은 압력 힘은 더 작은 정도의 압축을 초래하는 반면, 증가된 압력 힘은 추가적인 압축을 발생시킬 수 있다. 밀봉 요소들의 강성 또는 강도는 이러한 압축에 저항한다. 도면에 도시된 바와 같이, 축방향 압력 힘에 대항하는 정적 마찰 계수의 요건이 존재하지 않고, 극단적으로, 이론상, 시스템은 마찰 없는 표면으로 효과적으로 작동할 수 있다.

[0053] 도 13에 실증된 개념은 다양한 밀봉 메커니즘을 구현하는 데에 사용될 수 있다. 도 14는 축방향 압축 저항에 기반하는 밀봉 메커니즘의 예이다. 밀봉 메커니즘은 공기 압력의 힘에 대항하는 데에 사용되는 축방향 강성을 갖는다. 슬리브는 내장 배튼들(1401)을 갖는 가요성 슬리브로 이루어진다. 배튼들은 돛에 사용되어 원하는 방향으로 돛에 추가 강성을 부여한다. 밀봉 시스템의 경우, 배튼들은 축방향 강성을 부여하는 경량 재료로 이루어진다. 인클로저 내의 압력이 증가함에 따라, 축방향 압력 힘은 주로 인장보다는 압축 하에 슬리브 요소를 놓는다. 배튼들의 압축 강도는 축방향 압력 힘으로 인한 변형에 저항하는 한편, 슬리브의 원위 측면이 사지에 순응하며 효과적인 밀봉을 형성할 수 있도록 슬리브의 반경방향 가요성을 유지한다. 시스템은 슬리브와 사지 사이의 정적 마찰 계수에 관한 요건을 갖지 않지만, 실제로는 약간의 정적 마찰력이 존재할 것이고, 축방향 슬리브 강성과 추가로 결합되어 축방향 압력 힘에 대항할 것이다.

[0054] 결과적인 밀봉 시스템은 설계 요건을 충족시키지만, 피부 표면에서 상당한 축방향 응력을 발생시키지 않으면서 이러한 목표를 달성한다. 응용의 미묘한 차이에 따라, 피부 응력의 감소는 바람직한 속성일 수 있다. 피부 응력의 감소는 더 약한 피부를 가질 수 있는 고령의 개인들에서 중요할 수 있다. 또한, 피부 응력의 정도는 재료 선택에 의해, 구체적으로 원위 슬리브 위치를 비롯하여 재료의 최소 마찰 계수를 갖는 재료의 사용에 의해 영향을 받을 수 있다.

[0055] 축방향 강성-기반 밀봉 시스템의 제2 구현예가 도 15에 도시되어 있다. 도시된 바와 같이, 밀봉 요소(1501)의 두께는 축방향 치수를 따라 달라지되, 인클로저와의 부착 지점에서 최대 강도 및 강성을 갖는다. 원위 밀봉은 효과적인 밀봉을 형성할 정도로 충분한 반경방향 가요성을 유지하도록 설계되고, 증가하는 두께에 의해 부여되는 축방향 강성은 밀봉 상의 축방향 압력 힘에 대항한다. 축방향 치수에서의 재료 두께의 변화에 추가적으로 또는 대안적으로, 밀봉 요소의 재료는 또한 강도를 증가시키기 위해 이 축을 따라 달라질 수 있다. 재료 특성의 축방향 가변은 축방향 강성을 갖는 섬유 또는 필라멘트를 섞어 짜거나 밀봉 요소에 강도 증진제를 "도핑"함으로써 달성될 수 있다.

[0056] 축방향 강성-기반 밀봉 시스템의 제3 구현예가 도 16에 도시되어 있다. 원위 밀봉(1601)은 슬리브와 팔 사이의 적당한 밀봉 형성을 가능하게 하는 반경방향 가요성 재료로 이루어진다. 축방향에서, 밀봉은 인클로저 밖으로의 공기 압력의 축력에 대항하는 재료 특성을 갖는 마치 아코디언처럼 설계된다. 시스템의 요소들은 축방향 압력 힘이 이에 작용할 때 압축 또는 인장 하에 놓일 수 있다. 구조의 아코디언 성질로 인해, 각각의 곡선은 내부 반경 상의 압축 상황 및 외부 반경을 따른 인장 상황을 나타낸다. 벨로우즈의 기계적 강성은 인클로저로부터의 축방향 압력을 상쇄하도록 작용한다. 벨로우즈가 서로 접촉하는 지점에서 벨로우즈 메커니즘이 추가 강성을 달성하는 것을 주목할 필요가 있다. 구체적으로, 벨로우즈가 서로 붕괴되는 지점에서, 이들은 인접한 벨로우즈들 사이에 정적 마찰 계수를 발생시켜서, 추가 구조적 강성을 초래한다. 위치(1602)에서, 벨로우즈의 물리적 높이는 압축 하에 증가하고, 밀봉 메커니즘이 간극을 통해 강제되는 것을 굉장히 어렵게 만드는 높이를 획득할 수 있다. 따라서, 이 밀봉 설계는 종래 시스템들보다 간극 크기에 의해 덜 영향을 받을 수 있다. 상기에서 주목한 바와 같이, 시스템이 자체 압축됨에 따라, 벨로우즈 구조는 점점 더 강성이 된다. 이것이 일어남에 따라, 강성

구조가 간극 면적을 정리하기 때문에 효과적인 간극 크기는 굉장히 작아진다. 이와 같은 시스템은 가변 개구의 필요성을 감소시킨다는 측면에서 이점을 가질 수 있다.

[0057] 도 17은 축방향 강성-기반 밀봉 시스템의 제4 예를 도시한다. 이 시스템은 연속 가요성 슬리브 대신에 복수의 중첩 경량 리프를 이용한다. 리프들(1701)은 축방향으로 강성이며, 효과적인 공기 밀봉을 형성하도록 중첩 설계된다. 리프들은 부착 지점(1702)에서 절곡 및 굴곡이 가능하므로, 원위 밀봉 요소에서 반경방향 가요성 밀봉을 가능하게 한다. 구현시, 리프의 큰 표면적(1703)은 리프가 고체 개구 위치로부터 굴곡됨에 따라 고압의 위치를 형성할 수 있다. 압력 공차의 요건을 충족시키기 위해 더 넓은 면적에 걸쳐 힘을 변위시키는 시스(1704)를 사용함으로써, 이 압력 지점 문제를 완화할 수 있다. 도 21에 도시된 유사 구현예는 리프들 대신에 중첩 필라멘트들 또는 강모들을 사용하여 리프들을 형성한다. 강모들은 반경방향 가요성과 함께 축방향 강성을 제공하고, 충분한 중첩에 의해 사지의 표면에 걸쳐 효과적인 밀봉을 형성할 수 있다.

[0058] 가변 크기의 개구들

[0059] 크기가 달라지는 고정 개구들의 세트를 사용함으로써 가변 개구 시스템을 구현할 수 있다. 도 18은 이와 같은 시스템의 예를 도시한다. 개구를 형성하는 강성 디스크(1801)가 인클로저의 전면 패널(1804)에 부착된다. 디스크는 개구 크기의 최적화를 허용하는 신속-해제 요소들(1802)을 사용하여 쉽게 부착되고 분리될 수 있다. 밀봉을 형성하는 가요성 슬리브(미도시)가 디스크의 립(1803)에 부착된다.

[0060] 가요성 슬리브를 갖는 가변 홍채

[0061] 연속 가변 개구 시스템이 도 19에 도시되어 있다. 시스템은 홍채 조리개를 사용하여 개구 크기의 편리한 조절을 허용한다. 사용자는 인클로저 내로의 사지의 진입을 허용하기 위해 조절 레버(1901)를 사용하여 개구를 넓게 개방할 수 있고, 다음으로 더 근위의 사지 주위에서 간극 크기를 최소화하기 위해 개구를 감소시킬 수 있다. 홍채의 개별 리프들은 고무화 도료로 코팅되어, 리프들에 의해 형성되는 표면이 공기 유동에 저항하도록 보장할 수 있다.

[0062] 도 20은 연속 가변 개구 시스템의 제2 예를 도시한다. 시스템 설계 및 작동은 일반적인 채소 증숙기와 유사한 구성을 가지고, 여기서 중첩 리프들이 가변 개구를 형성할 수 있다. 강성 원통(2002)이 인클로저의 전면 플레이트에 나사결합된다. 사지는 원통을 통해 인클로저로 들어간다. 원통을 돌리면, 리프들이 강제로 개방되어, 사용이 용이한 조절 가능한 개구를 형성한다. 홍채 조리개와 유사하게, 개별 리프들 홍채는 고무화 도료로 코팅되어, 리프들에 의해 형성되는 표면이 공기 유동에 저항하도록 보장할 수 있다. 대안적으로, 밀봉 요소, 예컨대 가요성 슬리브는 리프들의 외표면 상에 끼워져 공기 유동을 방지할 수 있다.

[0063] **응용의 실증**

[0064] 상기에 약술된 원리를 실증하는 실험 데이터를 포함한다. 전완 주위에 인클로저를 사용하여 단일 주체로부터 데이터를 수집하였다. 도 18에 설명되고 도시된 바와 같이, 강성 디스크들의 세트를 사용하여 개구 크기를 변경하였다. 가요성 슬리브를 사용하여 밀봉을 형성하였다. 물리적 및 기하학적 특성의 중요성을 실증하기 위해, 슬리브용으로 사용되는 재료를 변경하였다. 사용된 슬리브 재료는 얇은 실리콘(0.5 ㎜ 미만의 두께, 이 예에서는 0.42 ㎜의 두께), 두꺼운 실리콘(0.5 ㎜ 내지 3 ㎜의 두께, 이 예에서는 1.05 ㎜의 두께), 및 슬리브 없음을 포함하였다. 얇은 실리콘 및 두꺼운 실리콘 슬리브는 피부 상에서 유사한 정적 마찰 계수를 가졌다. 팔과 강성 개구 사이의 간극 크기가 2.75 in의 최소 개구 직경에 대해 효과적으로 영(0)이 되도록, 주체의 전완 위치를 조절하였다. 이후, 간극 크기는 개구 직경과 선형으로 증가하였다. 가변성을 평가하기 위해 각각의 실험을 4회 반복하였다.

[0065] 도 21은 상이한 슬리브 재료 및 상이한 개구를 사용하여 인클로저 내에 달성될 수 있는 최대 압력을 도시한다. 인클로저 내의 잔여 공기 누출로 인해, 공기가 팔 주위에 흐르지 않을 때 달성될 수 있는 최대 가능 압력은 47.5 ㎝ H_2O였다. 얇은 실리콘 슬리브는, (1) 효과적인 밀봉이 형성될 수 있게 하는 작은 주름 반경 및 (2) 적절한 정적 마찰 계수로 인해, 개구 크기와 무관하게 거의 최대 압력을 달성하였다. 이와 달리, 두꺼운 실리콘 슬리브는 더 큰 주름 반경으로 인해 덜 효과적이며 매우 가변적인 밀봉을 형성하였고, 이는 공기 누출을 허용하였다.

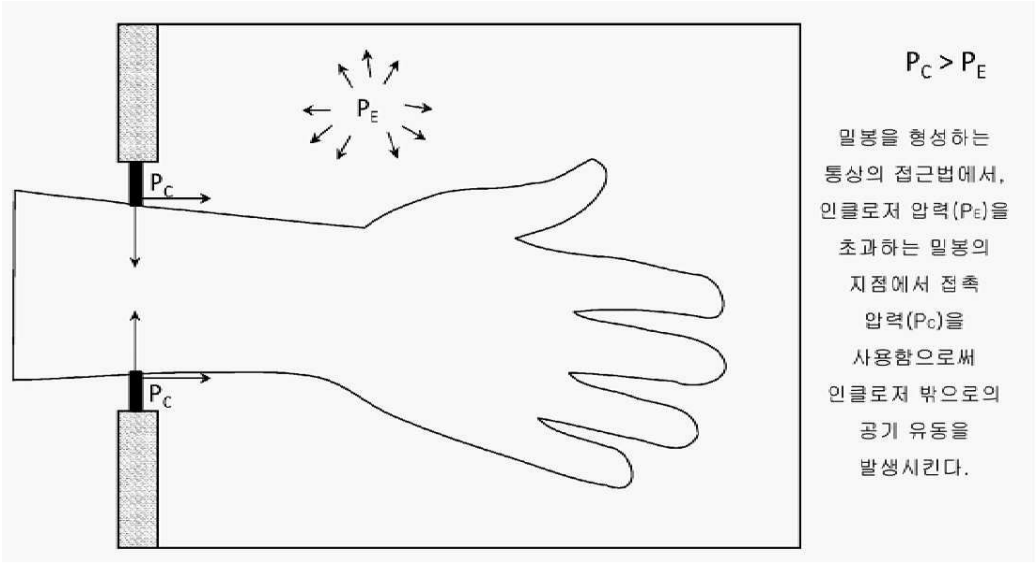
[0066] 도 21은 또한 팔의 변형으로 인한 가요성 밀봉의 이점을 실증한다. 인클로저 압력이 대기압에 상응했을 때, 팔과 강성 개구 사이에는 효과적으로 간극이 없었다. 그러나, 인클로저 양압이 발생됨에 따라, 피부 및 다른 조직이 변형되어, 효과적인 밀봉의 형성을 방해하는 상당한 공기 누출을 허용하였다.

[0067] 도 22는 슬리브 상에 작용하는 힘들에 대한 간극 크기의 영향을 도시한다. 각각의 실험에서, 인클로저 압력을 35 ㎝ H_2O의 설정된 값까지 증가시켰고, 시작 위치에 대한 슬리브의 축방향 이동을 기록하였다. 팔과의 마찰 및 슬리브 내의 인장력이 축방향 압력 힘에 대항함에 따라 정적 조건이 달성된다. 도 7의 수식에 따라, 슬리브 상에 작용하는 힘은 개구 직경 및 그에 따라 간극 크기와 함께 증가한다. 이 실험들에서 관찰되지 않았지만, 슬리브 길이가 너무 짧거나, 마찰 계수가 너무 낮거나, 인클로저 압력이 너무 높은 경우, 슬리브는 인클로저 밖으로 강제되어 완전한 밀봉 실패를 야기할 수 있다.

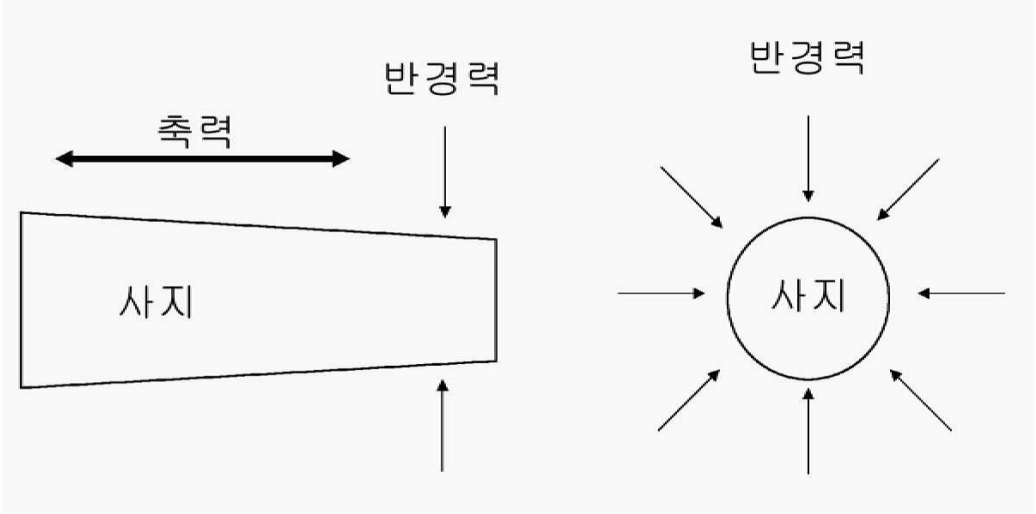
[0068] 본 발명은 다양한 예시적인 구현예들과 관련하여 설명되었다. 상기 설명은 본 발명의 원리의 응용을 단지 예시한 것에 불과하며, 그 범주는 명세서를 고려하여 청구범위에 의해 결정되어야 한다. 본 발명의 다른 변형 및 수정이 당업자들에게 명확할 것이다.

도면

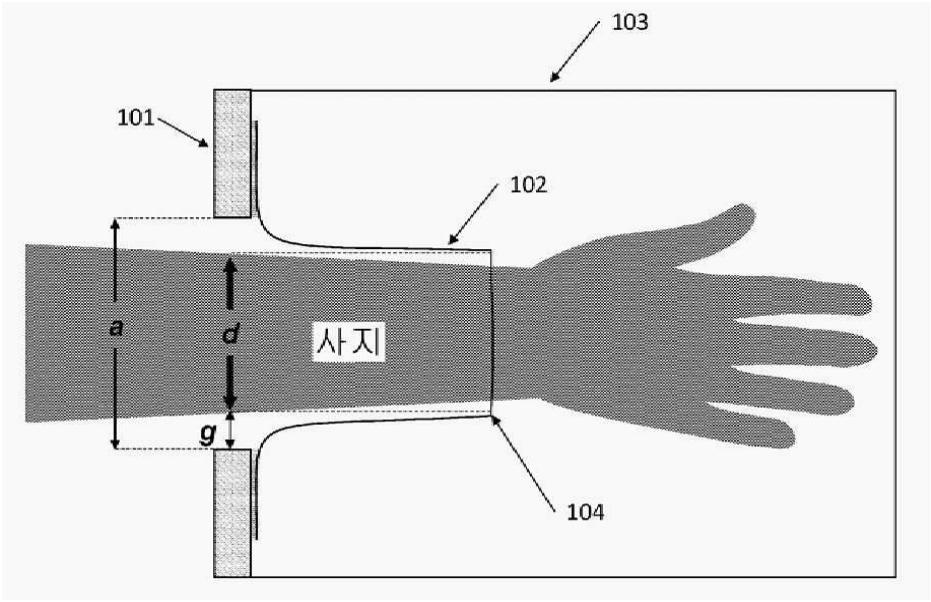
도면1



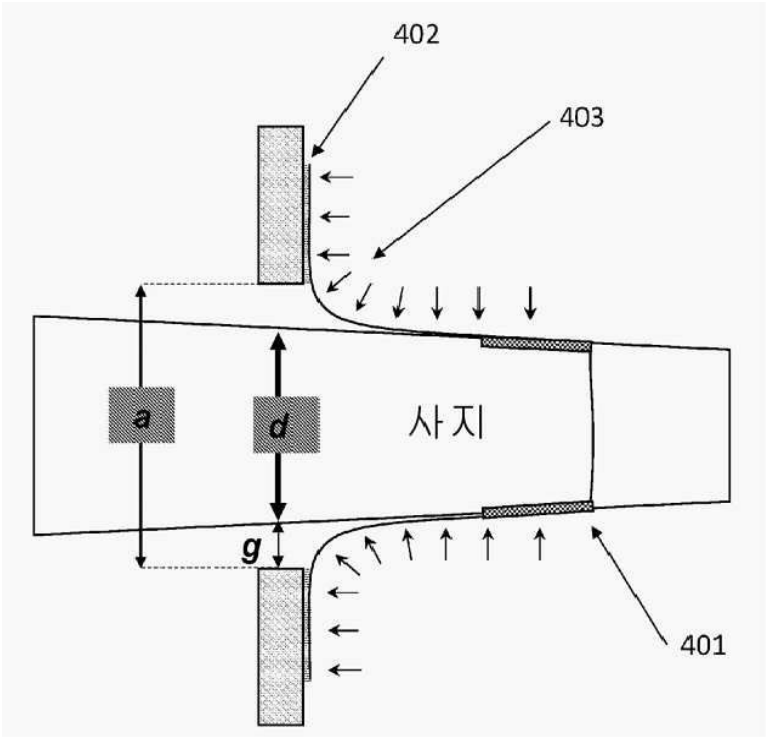
도면2



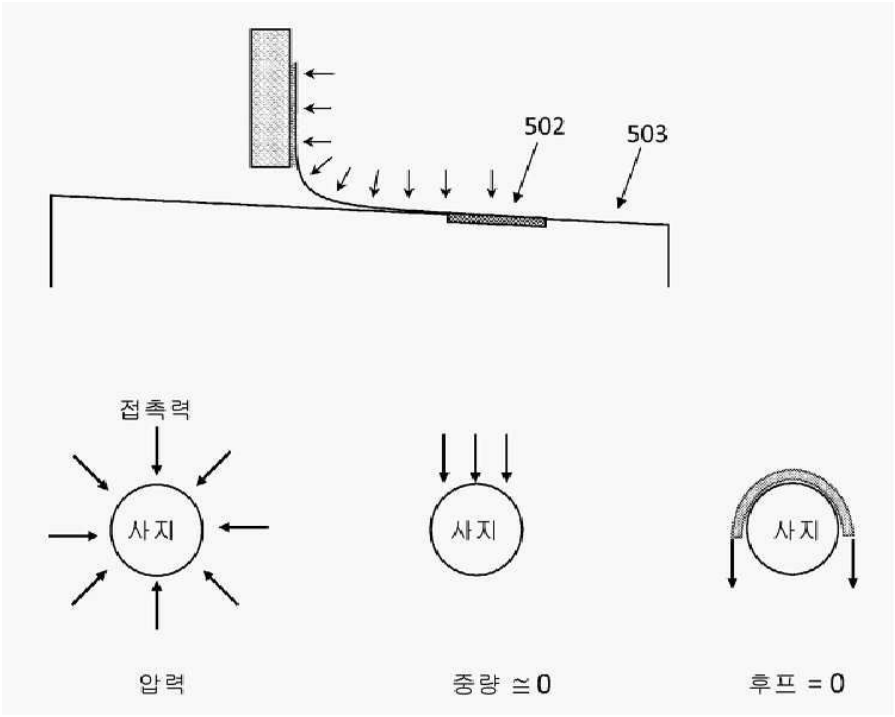
도면3



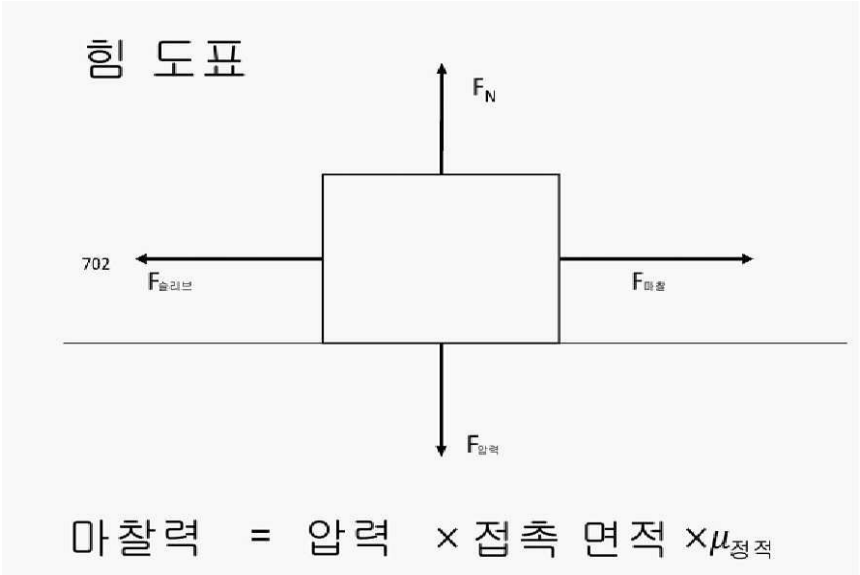
도면4



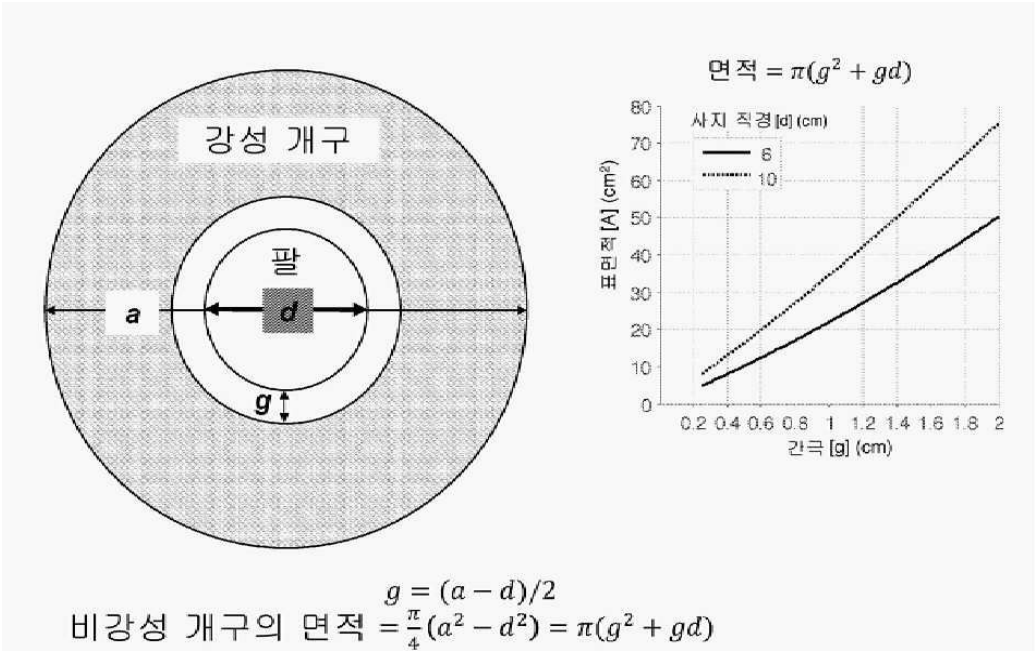
도면5


502
503
접촉력
사지
사지
사지
압력
중량 ≒0
후프 = 0

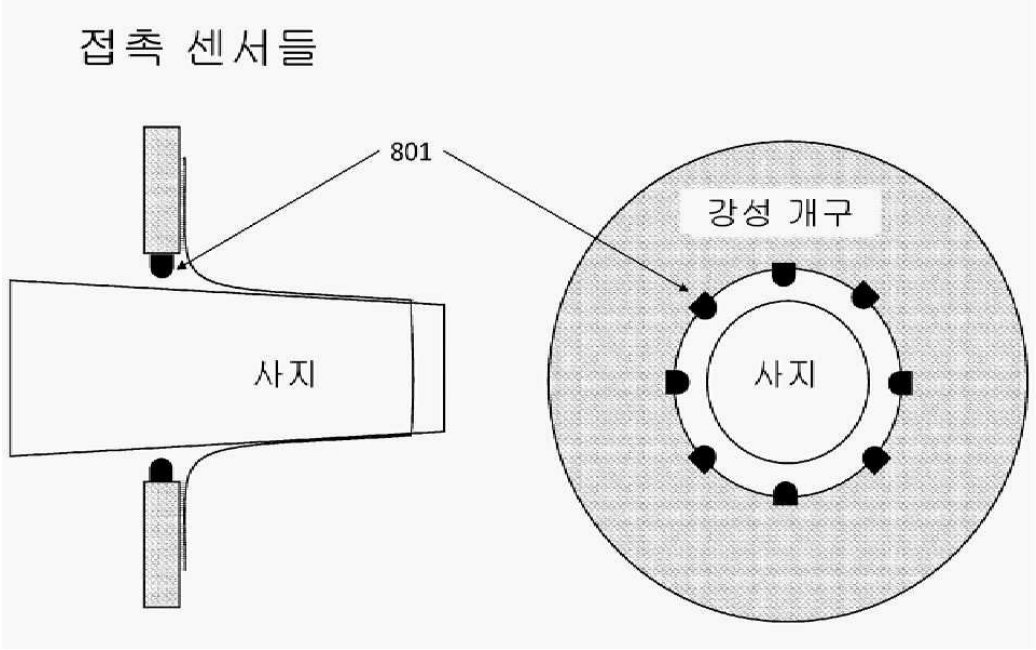
도면6


힘 도표
F_N
702
$F_{슬리브}$
$F_{마찰}$
$F_{압력}$
마찰력 = 압력 × 접촉 면적 × $\mu_{정적}$

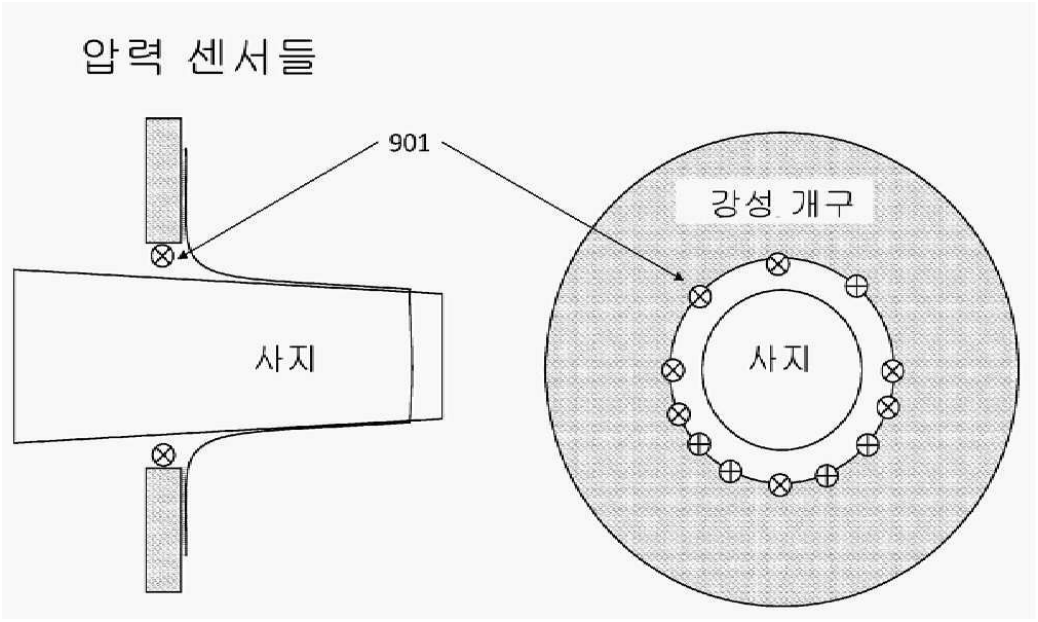
도면7


강성 개구
팔
a
d
g
면적 = $\pi(g^2 + gd)$
사지 직경[d] (cm)
6
10
표면적 [A] (cm²)
간극 [g] (cm)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
0.2 0.4 0.6 0.8 1 1.2 1.4 1.6 1.8 2
$g = (a - d)/2$
비강성 개구의 면적 $= \frac{\pi}{4}(a^2 - d^2) = \pi(g^2 + gd)$

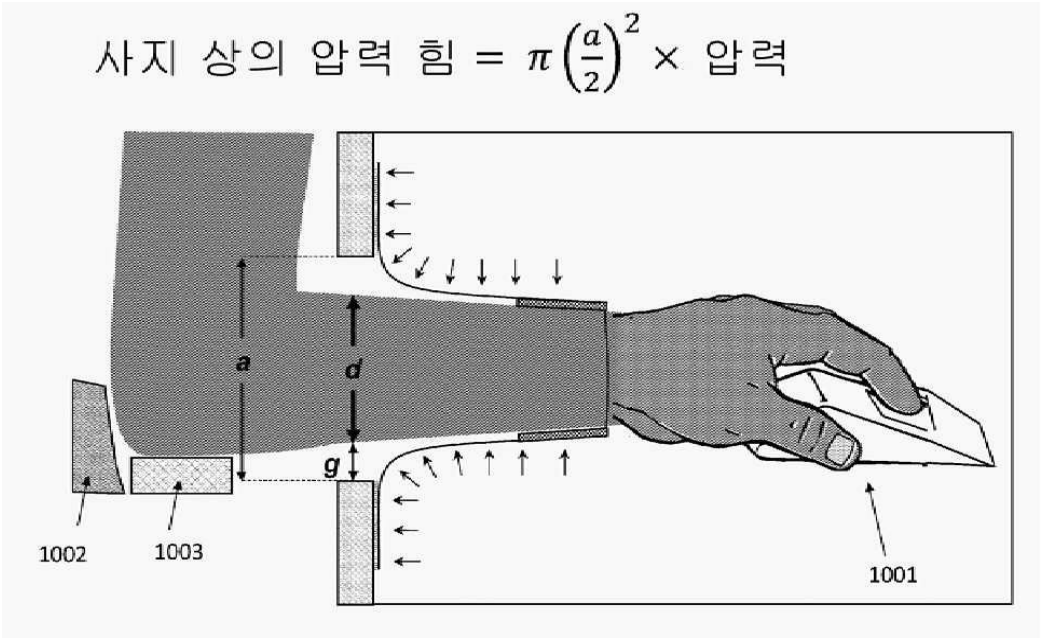
도면8


접촉 센서들
801
사지
강성 개구
사지

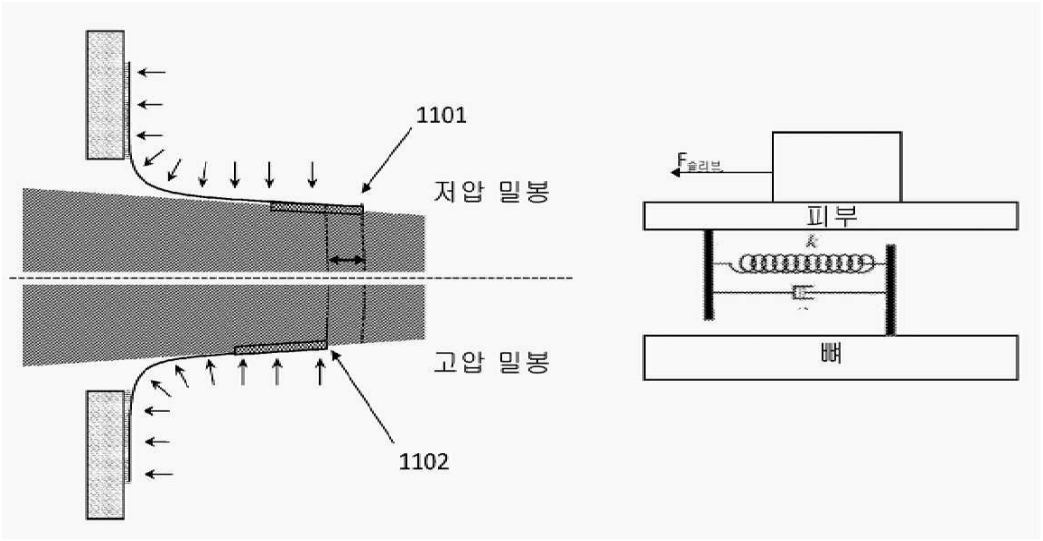
도면9


압력 센서들
901
강성 개구
사지
사지

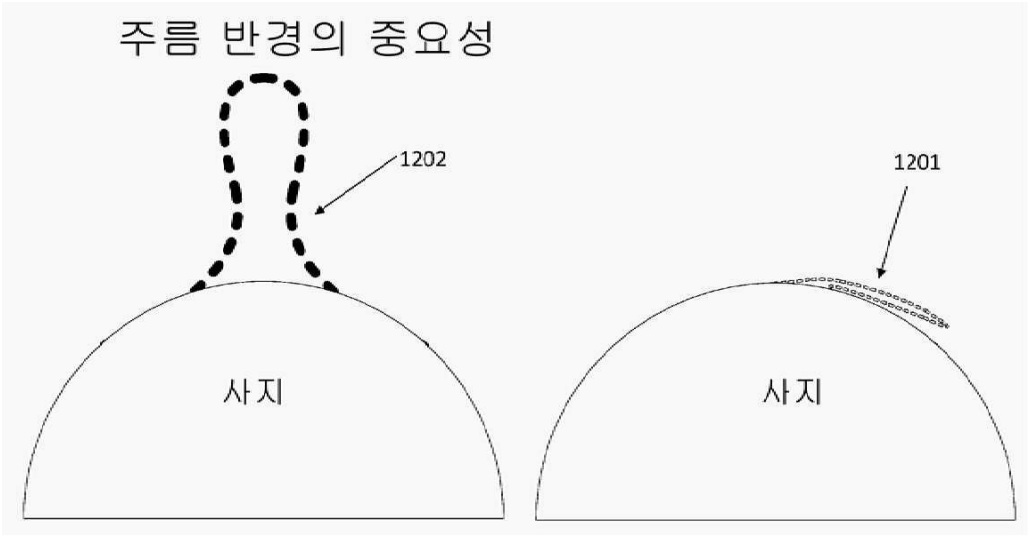
도면10


사지 상의 압력 힘 = $\pi\left(\frac{a}{2}\right)^2$ × 압력
a
d
g
1002
1003
1001

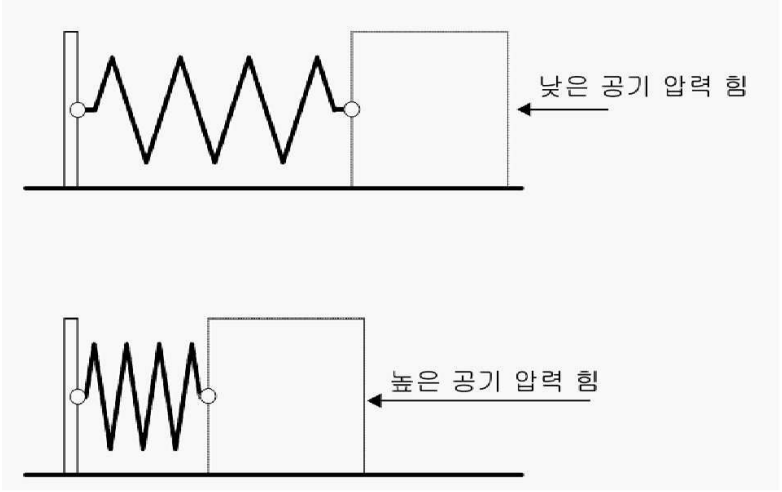
도면11



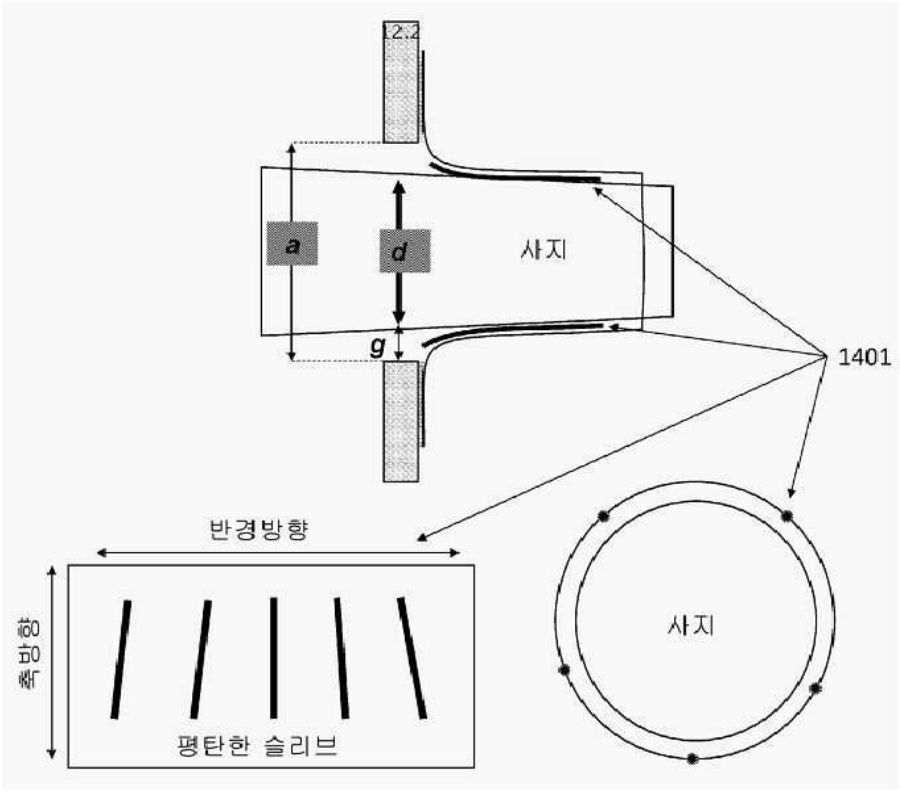
도면12



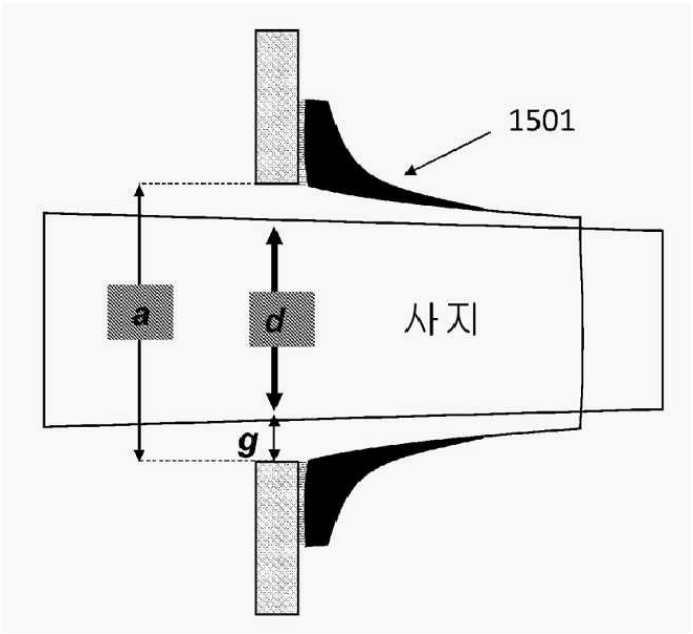
도면13



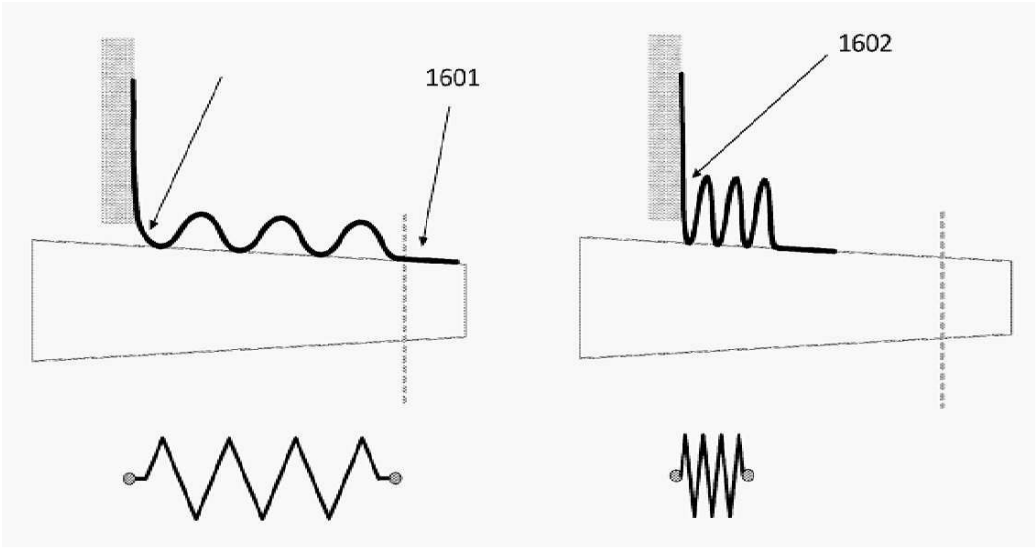
도면14



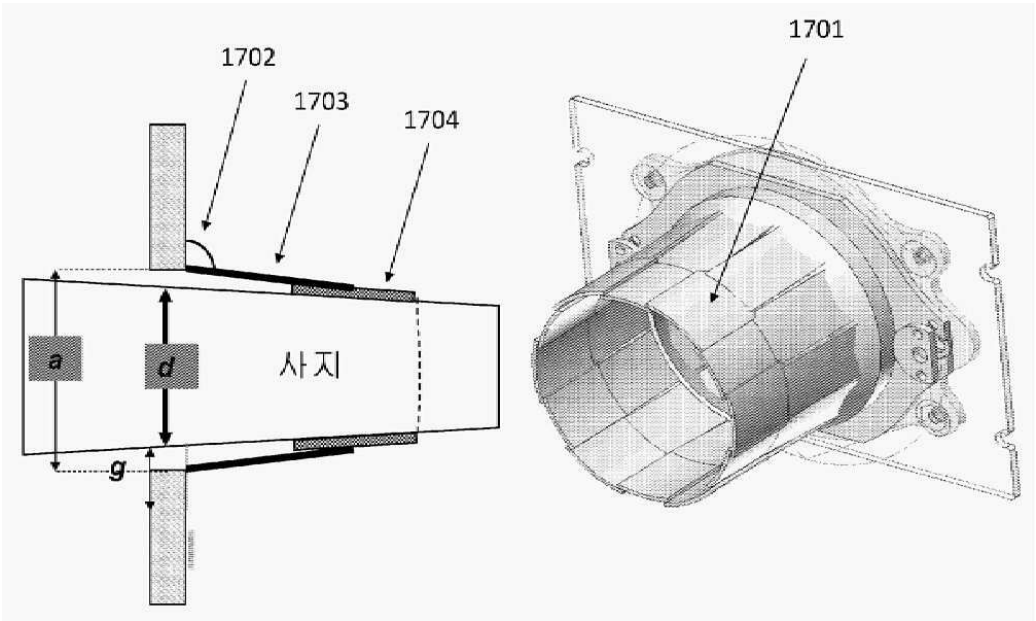
도면15



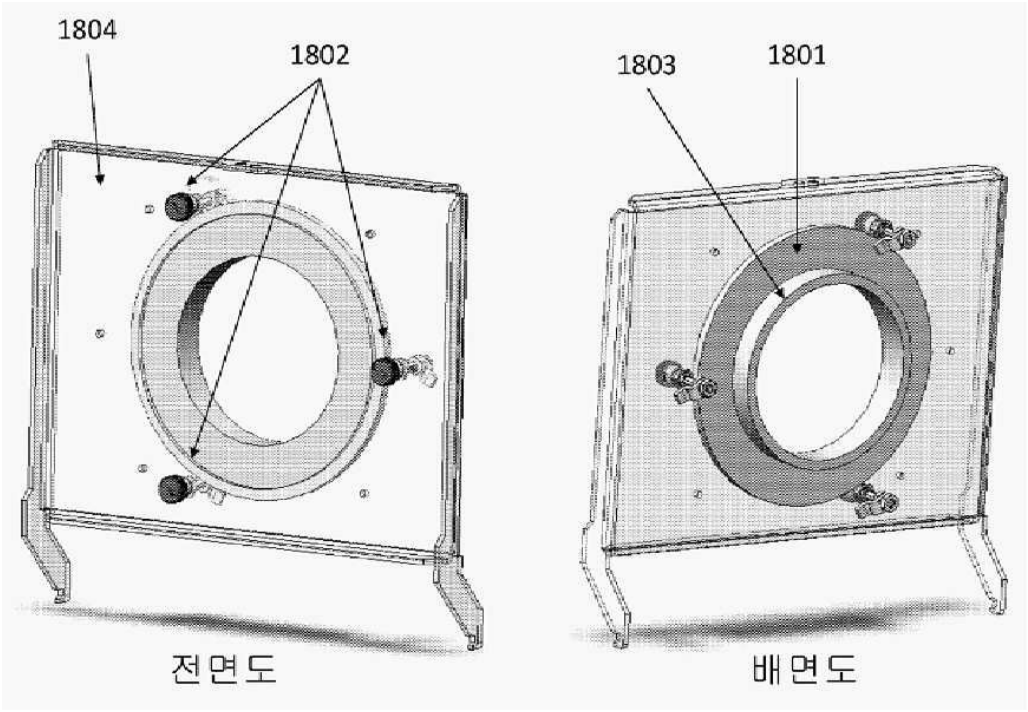
도면16



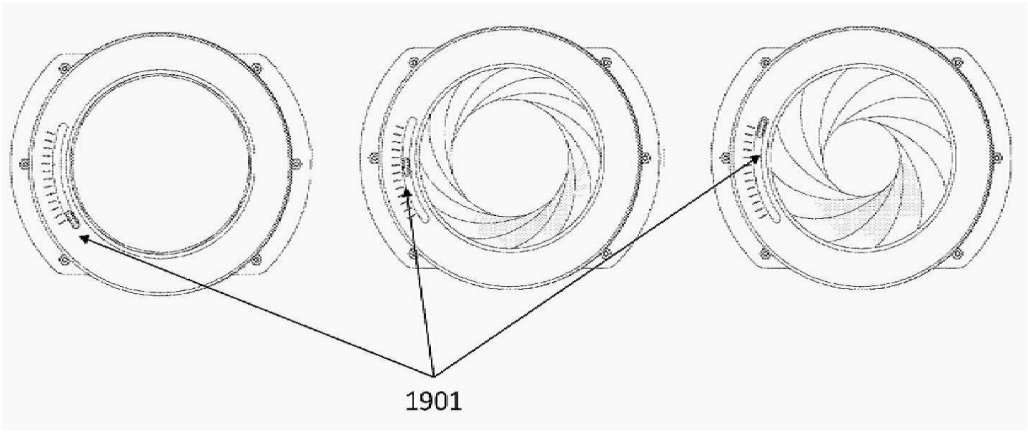
도면17



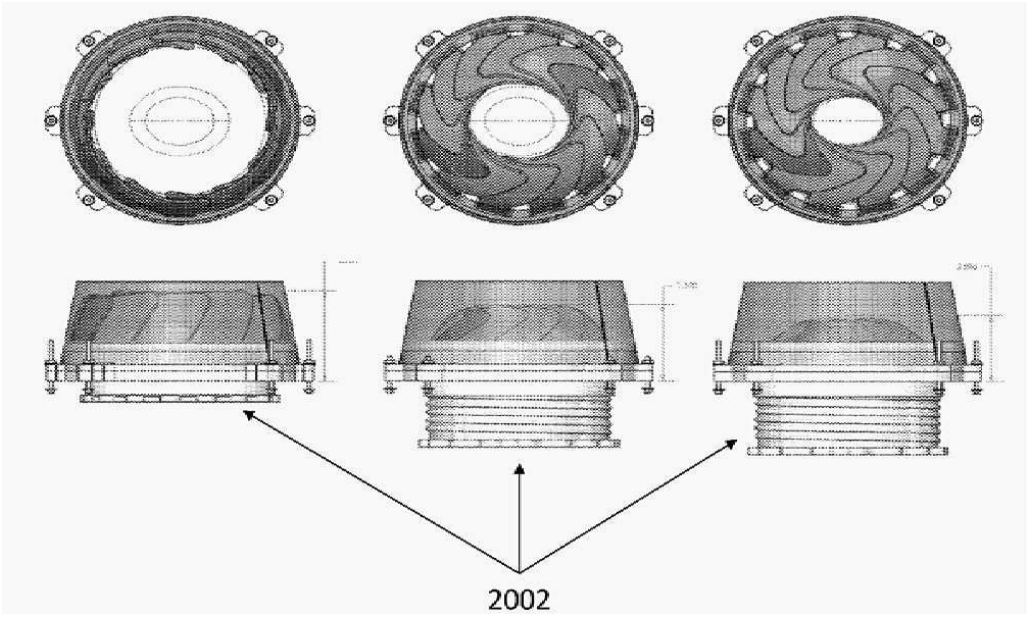
도면18



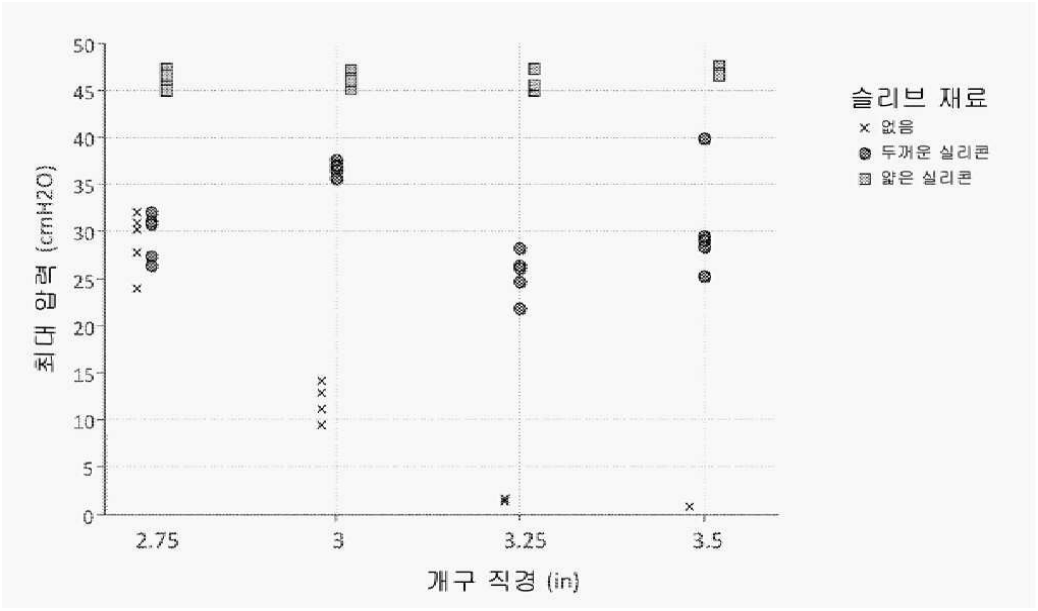
도면19



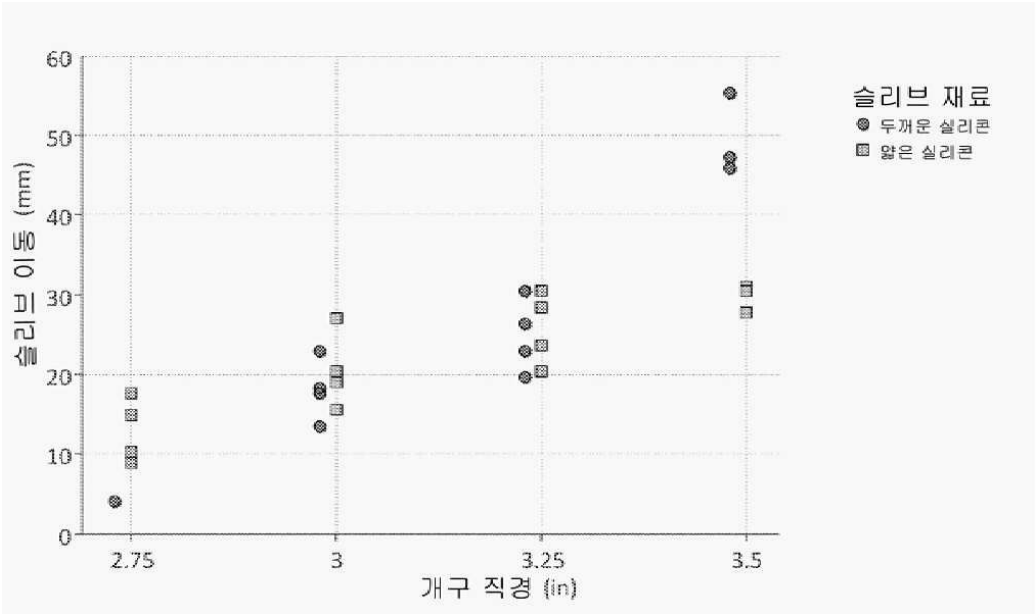
도면20


2002

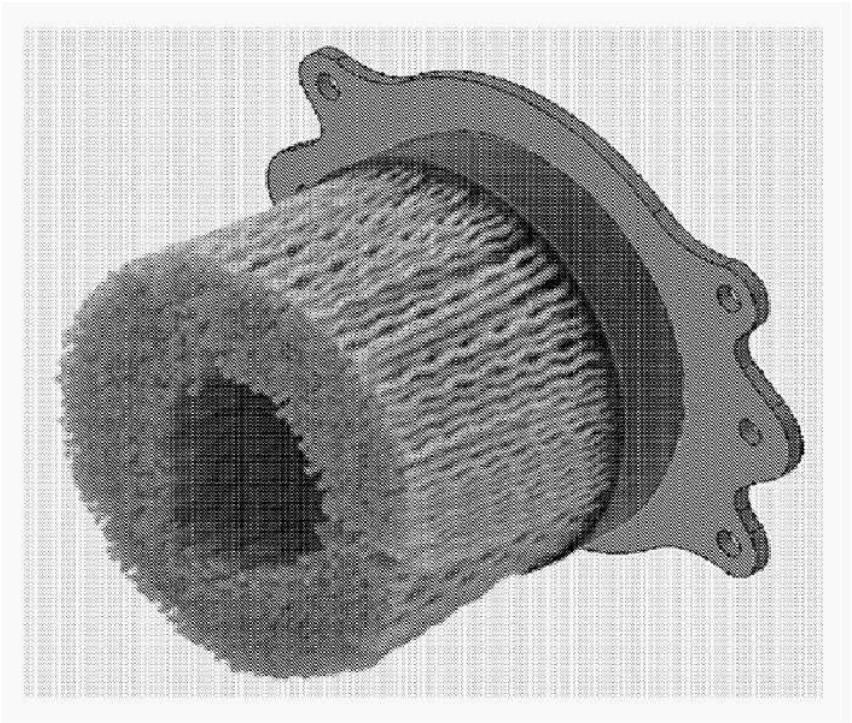
도면21


최대 압력 (cmH2O)
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
2.75
3
3.25
3.5
개구 직경 (in)
슬리브 재료
없음
두꺼운 실리콘
얇은 실리콘

도면22


60
50
40
30
20
10
0
슬리브 이동 (mm)
2.75
3
3.25
3.5
개구 직경 (in)
슬리브 재료
두꺼운 실리콘
얇은 실리콘

도면23



도면24

