



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112014019193-0 B1



(22) Data do Depósito: 04/02/2013

(45) Data de Concessão: 15/06/2021

(54) Título: SISTEMA CIRÚRGICO MOTORIZADO

(51) Int.Cl.: A61B 17/29.

(30) Prioridade Unionista: 02/02/2012 US 61/594,362; 16/10/2012 US 61/714,737.

(73) Titular(es): GREAT BELIEF INTERNATIONAL LIMITED.

(72) Inventor(es): CARSON SHELLENBERGER; KEITH PHILLIP LABY; RICHARD M. MUELLER.

(86) Pedido PCT: PCT US2013024679 de 04/02/2013

(87) Publicação PCT: WO 2013/116869 de 08/08/2013

(85) Data do Início da Fase Nacional: 04/08/2014

(57) Resumo: SISTEMA CIRÚRGICO MOTORIZADO Um sistema cirúrgico inclui um acionador de instrumento tendo uma extremidade distal posicionável em uma cavidade de corpo e um dispositivo de entrada de usuário. O acionador de instrumento e dispositivo de entrada de usuário são posicionados para removivelmente receber porções distal e proximal, respectivamente, de um instrumento cirúrgico. O dispositivo de entrada de usuário é configurado para gerar sinais de movimento em resposta à manipulação manual da porção proximal do instrumento cirúrgico. Pelo menos um motor operável para atuar o acionador de instrumento em resposta aos sinais de movimento e para dessa forma mudar a posição da porção distal do instrumento cirúrgico dentro da cavidade de corpo.

“SISTEMA CIRÚRGICO MOTORIZADO”

Campo técnico

[001] A presente invenção se relaciona com o campo de dispositivos e orifícios de acesso através dos quais instrumentos médicos flexíveis podem ser introduzidos em uma cavidade do corpo e direcionados ou defletidos.

Técnica anterior

[002] Em procedimentos laparoscópicos convencionais, múltiplas pequenas incisões são formadas através da pele, músculo subjacente e tecido peritoneal para prover acesso à cavidade peritoneal para os vários instrumentos médicos e endoscópios necessários para completar o procedimento. A cavidade peritoneal é tipicamente inflada usando gás de insuflação para expandir a cavidade, melhorando assim a visualização e espaço de trabalho. Em um procedimento médico laparoscópico típico, quatro orifícios são estrategicamente colocados ao redor da área abdominal permitindo ao cirurgião a visualização e uso de instrumentos usando princípios de triangulação para se aproximar do alvo cirúrgico. Embora este procedimento seja muito efetivo e tenha se sustentado como o padrão áureo para cirurgia minimamente invasiva, ele sofre de um número de desvantagens. Uma tal desvantagem é a necessidade de múltiplas incisões para colocar os quatro orifícios, o que aumenta o risco de complicações tais como hérnia pós-operatória e recuperação prolongada do paciente. O método de quatro orifícios também dá margem para preocupações com cosmese, deixando o paciente com quatro cicatrizes abdominais.

[003] Desenvolvimentos adicionais têm levado a sistemas permitindo procedimentos serem executados usando múltiplos instrumentos passados através de uma única incisão ou orifício.

Em alguns tais procedimentos de orifício único, a visualização e triangularização são comprometidas devido à manipulação linear de instrumentação, e confinamento espacial resultando no que tem sido conhecido como "luta de espadas" entre instrumentos.

[004] Melhorias nas técnicas anteriores de orifício único são encontradas nos dispositivos de acesso multi-instrumento adequados para uso em procedimentos SPS e outros procedimentos laparoscópicos e descritos no pedido de patente U.S. copendente série nº 11/804.063 (pedido '063) depositado em 17 de maio de 2007 e intitulado SYSTEM AND METHOD FOR MULTI-INSTRUMENT SURGICAL ACCESS USING A SINGLE ACCESS PORT [Sistema e método para acesso cirúrgico de multi-instrumento usando um orifício de acesso único], pedido de patente U.S. série nº 12/209.408 depositado em 12 de setembro de 2008 e intitulado MULTI-INSTRUMENT ACCESS DEVICES AND SYSTEMS [Dispositivos e sistemas de acesso de multi-instrumento], pedido de patente U.S. série nº 12/511.043, depositado em 28 de julho de 2009, intitulado MULTI-INSTRUMENT ACCESS DEVICES AND SYSTEMS [Dispositivos e sistemas de acesso de multi-instrumento], e pedido de patente U.S. série nº 12/649.307, depositado em 29 de dezembro de 2009 (Publicação US 2011/0230723) intitulado ACTIVE INSTRUMENT PORT SYSTEM FOR MINIMALLY-INVASIVE SURGICAL PROCEDURES [Sistema de orifício de instrumento ativo para procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos], cada um dos quais é incorporado aqui por referência.

[005] O pedido de patente U.S. série nº 12/649.307 (Publicação US 2011/0230723) depositado em 29 de dezembro de 2009 e intitulado ACTIVE INSTRUMENT PORT FOR MINIMALLY-INVASIVE SURGICAL PROCEDURES descreve um sistema para uso na

execução de procedimentos médicos minimamente invasivos multiferramenta usando uma pluralidade de instrumentos passados através de uma única incisão em uma cavidade de corpo. O sistema divulgado inclui um tubo de inserção e um par de tubos de fornecimento de instrumento (IDTs) estendendo-se a partir da extremidade distal do tubo de inserção. Cada IDT tem uma porção distal direcionável posicionada distal à extremidade distal do tubo de inserção. Em uso, instrumentos flexíveis passados através dos IDTs são dirigidos defletindo ativamente as porções distais defletíveis dos IDTs. Em particular, atuadores proximais (mostrados como atuadores do tipo de esfera e soquete ou suspensão por cardan) para os IDTs são posicionados proximalmente ao tubo de inserção. Os instrumentos a serem instalados a partir dos IDTs dentro da cavidade do corpo são inseridos através dos atuadores proximais para dentro dos IDTs. Os atuadores proximais são móveis em resposta à manipulação das empunhaduras de instrumentos se estendendo através dos IDTs. O movimento dos atuadores proximais engata elementos de puxar (p.ex., fios, cabos, etc.) que se estendem a partir dos atuadores proximais até as seções defletíveis dos IDTs, direcionando assim as porções distais dos IDTs (e portanto as extremidades distais dos próprios instrumentos). Instrumentos adicionais tais como endoscópios e outros instrumentos também podem ser passados pelo tubo de inserção (tal como por canais de instrumento rígidos) e usados simultaneamente com os instrumentos instalados através dos IDTs.

[006] Exemplos adicionais de atuadores proximais e/ou eixos de IDT que podem ser usados em tais sistemas de acesso são descritos em U.S. 2011/0184231, intitulada DEFLECTABLE

INSTRUMENT PORTS [Orifícios de instrumento defletíveis], U.S. 2011/00601183, intitulada MULTI-INSTRUMENT ACCESS DEVICES AND SYSTEMS [Dispositivos e sistemas de acesso de multi-instrumento], e U.S. 2011/0251599 intitulada DEFLECTABLE INSTRUMENT SHAFTS [Eixos de instrumento defletíveis], cada um dos quais é incorporado aqui por referência.

[007] O presente pedido de patente descreve novos sistemas de acesso cirúrgico multi-instrumento para uso em procedimentos minimamente invasivos.

Descrição resumida dos desenhos

[008] A figura 1A é uma vista em perspectiva de um sistema cirúrgico multi-instrumento motorizado. As figuras 1B a 18 são várias vistas de componentes da primeira configuração, nas quais:

[009] A figura 1B mostra o sistema suportado por um braço e posicionado em relação a uma mesa de operação;

[0010] A figura 1C é uma vista em perspectiva parcialmente explodida da unidade base, acionador de rolagem e conjunto de acionamento de dedo;

[0011] A figura 1D é uma vista em perspectiva de uma parte proximal do conjunto de acionamento de dedo;

[0012] A figura 2A é uma vista em perspectiva da porção distal do mecanismo de instalação;

[0013] A figura 2B é uma vista em perspectiva da porção proximal do mecanismo de instalação;

[0014] A figura 2C é uma vista em planta do lado de baixo da porção proximal do mecanismo de instalação;

[0015] A figura 3 é uma vista em perspectiva de um acionador de dedo, incluindo o alojamento de polia;

[0016] A figura 4A é similar à figura 3, mas sem o alojamento

de polia;

[0017] A figura 4B é uma vista em perspectiva inferior dos componentes do acionador de dedo, sem o alojamento de polia, tubo proximal e cabos;

[0018] A figura 5A mostra uma polia de um acionador de dedo;

[0019] As figuras 5B e 5C são vistas parcialmente explodidas da polia da figura 5A;

[0020] As figuras 6A e 6B ilustram esquematicamente a operação das polias do acionador de dedo;

[0021] A figura 7A é uma vista em perspectiva mostrando o lado de baixo do conjunto de acionamento de dedo;

[0022] A figura 7B é uma vista em perspectiva mostrando o lado superior da unidade base;

[0023] A figura 8A é uma vista em planta mostrando o leiaute dos motores, sensores e conjuntos de engrenagens dentro de uma metade da unidade base;

[0024] A figura 8B é uma vista em perspectiva de um dos conjuntos de motores e engrenagens da figura 8A;

[0025] A figura 9 é uma vista em perspectiva de um acionador de rolagem;

[0026] A figura 10 é uma vista em perspectiva do tubo de acionamento de rolagem e conjunto de engrenagens do acionador de rolagem;

[0027] A figura 11A é uma vista em elevação lateral de um instrumento que pode ser usado com o sistema;

[0028] A figura 11B é uma vista em perspectiva da empunhadura e eixo proximal do instrumento da figura 11A;

[0029] A figura 12A é uma vista em perspectiva do segmento de acionamento do instrumento da figura 11A;

[0030] A figura 12B mostra o segmento de acionamento da

figura 12A posicionado dentro do tubo de acionamento de rolagem;

[0031] As figuras 13A e 13B são vistas extremas de um tubo de acionamento de rolagem alternativo e segmento de acionamento, respectivamente;

[0032] A figura 13C mostra o engate rotacional do tubo de acionamento de rolagem e segmento de acionamento das figuras 13A e 13B;

[0033] A figura 14 mostra o engate rotacional de um segundo tubo de acionamento alternativo e segmento de acionamento;

[0034] A figura 15 é uma vista explodida de um conector tubular posicionável entre o alojamento de acionador de rolagem da figura 1A;

[0035] A figura 16 é uma vista em perspectiva da interface de comando, mostrando a caixa de instrumento separada dos suportes. A empunhadura de um instrumento, mas não seu eixo distal, é mostrada;

[0036] A figura 17A é uma vista em perspectiva proximal da caixa de instrumento com o alojamento removido e com uma empunhadura de instrumento extraída da posição operativa. O eixo distal do instrumento não é mostrado;

[0037] A Figura 17B é uma vista em perspectiva distal da caixa de instrumento com o alojamento removido;

[0038] A figura 18A é um diagrama de blocos ilustrando esquematicamente componentes de uma variação do sistema;

[0039] A figura 18B ilustra esquematicamente um algoritmo exemplar para controlar o movimento dos dedos pelo sistema;

[0040] A figura 19 é uma vista em perspectiva de uma segunda configuração;

[0041] A figura 20 é uma vista em perspectiva de uma terceira

configuração;

[0042] A figura 21 é uma vista em perspectiva de uma quarta configuração;

[0043] A figura 22 é uma vista em perspectiva de uma quinta configuração;

[0044] A figura 23 é uma vista em perspectiva de uma sexta configuração;

[0045] A figura 24 é uma vista em perspectiva de uma sétima configuração;

[0046] A figura 25 é uma vista em perspectiva de uma interface de usuário que pode ser parte da sexta e sétima configurações;
e

[0047] A figura 26 é uma vista em perspectiva de uma oitava configuração.

Descrição detalhada

[0048] O presente pedido de patente divulga um novo sistema cirúrgico multi-instrumento motorizado tendo certas vantagens em relação a sistemas da técnica anterior.

Visão geral

[0049] Referindo-se à figura 1, uma primeira configuração de um sistema de acesso cirúrgico 2 inclui um conjunto de acionamento de dedo 200 compreendendo um alojamento 210 e uma cânula de inserção 212 estendendo-se distalmente do alojamento 210. Tubos ou dedos tubulares de fornecimento de instrumento direcionáveis 214 se estendem distalmente a partir da cânula de inserção 212. Os dedos tubulares 214 têm lúmen para receber instrumentos cirúrgicos flexíveis passivamente 100. Como será descrito abaixo, acionadores de dedo acionados por motor dentro do conjunto de acionamento de dedo 200 direcionam os dedos 214 usando cabos ancorados nas extremidades distais dos dedos.

Associado com cada dedo tubular 214 está um correspondente acionador de rolagem acionado por motor 216 - que atua em uma porção distal do eixo do instrumento para girá-lo axialmente.

[0050] Na primeira configuração, os motores usados para atuar os acionadores de dedos e os acionadores de rolagem, bem como controladores e eletrônicos associados são alojados dentro de uma unidade base 218, e o conjunto de acionamento de dedo 200 e os acionadores de rolagem 216 são montados removivelmente na base de uma maneira que forneça movimento a partir dos motores para os acionadores de dedos e acionadores de rolagem. Travas de mola 255 (figura 1A) são posicionadas para engatar o conjunto de acionamento de dedo 200 e acionadores de rolagem 216 com a base 218 quando eles são colocados sobre a base na orientação correta. As características de alinhamento 215 (figura 1C) na superfície superior da unidade base 218 combinam com ou contatam características correspondentes na superfície inferior do conjunto de acionamento de dedo 200 e acionadores de rolagem 216. As características de alinhamento ajudam a alinhar os componentes montados e impedir os componentes montados na base 218 de deslizar em relação à superfície da base durante o uso.

[0051] A unidade base 218 pode ser um componente reusável isolado do campo estéril usando uma cortina ou saco estéril (não mostrada), enquanto o conjunto de acionamento de dedo 200 e acionadores de rolagem 216 podem ser fabricados como componentes de uso único ou componentes reusáveis por um número de vezes antes do descarte. Os componentes reusáveis podem ser projetados para autoclavagem ou outras formas de esterilização.

[0052] Interfaces de comando 250 são providas para cada um

dos dedos tubulares 214. As interfaces de comando 250 incluem caixas de instrumentos 252 que suportam as empunhaduras de instrumentos. As interfaces de comando 250 são dispositivos de entrada de usuário que geram sinais em resposta à manipulação pelo usuário da empunhadura do instrumento (p.ex., controle panorâmico, inclinação e rolagem) e/ou outras entradas de usuário. Em resposta a sinais gerados na interface de comando 250, os motores do sistema são controlados para fazer o acionador de dedo e o acionador de rolagem acionar os dedos e instrumento de acordo com a entrada de usuário.

[0053] Referindo-se à figura 1B, o sistema 2 é suportado por um braço suporte 204 estendendo-se a partir de um carrinho lateral de paciente 205, da mesa de operação 206, de um suporte de teto, ou de um outro dispositivo que posicione o braço 204 onde ele possa suportar os acionadores de dedo e rolagem, os motores associados, e a unidade de comando próximos à mesa de operação, permitindo o cirurgião ficar ao lado do paciente com suas mãos nos instrumentos 100. O braço pode ser um permitindo o reposicionamento do sistema 2 em múltiplos graus de liberdade. Embora um braço controlado roboticamente possa ser usado com o braço 2, uma vez que o controle e manipulação dos instrumentos são conseguidos usando o sistema 2 ao invés de manobrando o braço 204, o braço pode ter design muito mais simples e ser de tamanho menor que aqueles usados para cirurgia robótica convencional. O braço ilustrado 204 é posicionável manualmente sobre múltiplas juntas e travável em uma posição selecionada. O movimento de múltiplos graus de liberdade permite o usuário posicionar o sistema 2 para colocar a cânula de inserção 212 e as interfaces de comando 250 na posição desejada em relação ao paciente e o cirurgião. O carrinho 205

pode ser usado para carregar outros equipamentos intencionados para uso com o sistema 2, tal como componentes suportando a visualização, insuflações, grampeamento, eletrocirurgia, etc. O braço 204 tem molas internas que contrabalançam o peso do sistema 2, permitindo-o permanecer estável no espaço enquanto o braço está destravado, e reduz a força requerida para mover o sistema. Embora muitas combinações de juntas sejam possíveis as quatro ligações de barras mostradas na configuração representada permitem o sistema 2 pivotar sobre o centro de gravidade, o que reduz a força requerida para reposicionar o sistema.

[0054] O suprimento de energia, computador e controles de usuário do sistema (p.ex., computador de tela de toque 201), que são discutidos com relação ao esquema de sistema na figura 18, podem ser montados no carrinho 205 com seu cabeamento associado roteado pelo braço 204 até a unidade base 218.

[0055] Uma rápida visão global da maneira pela qual o sistema 2 é usado facilitará uma compreensão da descrição mais específica do sistema dada abaixo. Durante o uso, os dedos 214 e uma porção do tubo de inserção 212 são posicionados através de uma incisão dentro de uma cavidade de corpo. A extremidade distal de um instrumento cirúrgico 100 é manualmente, removivelmente, inserida através de uma caixa de instrumento 252 da interface de comando 250, e do correspondente acionador de rolagem 216 e para dentro do correspondente dedo tubular 214 via o conjunto de acionamento de dedo 200. O instrumento é posicionado com sua ponta distal afastada da extremidade distal do dedo tubular 214, na cavidade de corpo do paciente, e tal que a empunhadura 104 do instrumento fique proximal à interface de comando 250.

[0056] O usuário manipula a empunhadura 104 de um modo instintivo, e em resposta o sistema causa o movimento correspondente da extremidade distal do instrumento. Os motores associados com o acionador de dedo são energizados em resposta aos sinais gerados quando o usuário move as empunhaduras de instrumento de lado a lado e para cima e para baixo, resultando em direcionamento motorizado do dedo e, portanto da ponta do instrumento de acordo com a manipulação pelo usuário da empunhadura do instrumento. Combinações de movimentos para cima e para baixo e de lado a lado de uma empunhadura de instrumento direcionarão a ponta do instrumento dentro da cavidade de corpo até 360 graus. A rolagem manual da empunhadura de instrumento sobre o eixo geométrico longitudinal do instrumento (e/ou girando manualmente um botão de rotação ou colar proximal à empunhadura de instrumento) resulta na rolagem motorizada da parte distal do eixo do instrumento 103 (identificado na figura 11) usando o acionador de rolagem 216.

Conjunto de acionamento de dedo

[0057] Referindo-se às figuras 1A, 1C e 1D, o tubo de inserção 212 do conjunto de acionamento de dedo 200 é um tubo alongado posicionável através de uma incisão em uma cavidade de corpo. O sistema é arranjado tal que múltiplos instrumentos possam ser introduzidos dentro da cavidade de corpo via o tubo de inserção. A configuração ilustrada permite o uso simultâneo de três ou quatro instrumentos - dois que são direcionados ativamente usando os dedos tubulares 214, e um ou dois que entram no corpo via orifícios passivos no conjunto de acionamento de dedo 200. Diferentes números de canais ativos (dedos direcionáveis 214) e orifícios passivos podem ser usados

ao invés no sistema sem se desviar do escopo da invenção. Por exemplo, um sistema alternativo pode incluir um dedo direcionável único 214 e nenhum orifício passivo, ou o sistema ilustrado pode ser modificado para acrescentar um ou mais dedos direcionáveis 214 ou para adicionar ou eliminar orifícios passivos.

Mecanismo de instalação

[0058] O conjunto de acionamento de dedo 200 tem um mecanismo de instalação que é operável para simultaneamente ou independentemente reposicionar a porção distal de cada dedo 214 para aumentar ou diminuir sua separação lateral do eixo geométrico longitudinal da cânula de inserção 212. O mecanismo de instalação move os dedos 214 entre uma posição de inserção na qual os dedos estão geralmente paralelos entre si para inserção agilizada, e uma ou mais posições instaladas nas quais os dedos são pivotados lateralmente para longe do eixo geométrico longitudinal do tubo de inserção como mostrado na figura 1A. As publicações U.S. nºs 2007-0299387 e US 2011-0230723 ilustram mecanismos de instalação que podem ser usados para o sistema 2.

[0059] A primeira configuração usa um mecanismo de instalação mostrado na figura 2A usando ligações pivotáveis 12 para este propósito, com cada ligação 12 acoplada articuladamente entre um dedo 214 (só uma porção do qual é mostrada na figura) e um ou mais membros alongados 14, que podem deslizar em relação a (e, na configuração ilustrada, parcialmente dentro) do tubo de inserção 212. Ligações adicionais 15 podem se estender entre a extremidade distal do tubo de inserção 212 e os dedos 214, provendo suporte adicional para os dedos. Nos desenhos, estas ligações adicionais 16 têm uma seção transversal retangular

com suas bordas longas orientadas para resistir à flexão quando os dedos são carregados - tal como quando os instrumentos no dedo estão sendo usados para agarrar e elevar tecido. As extremidades proximais das ligações 16 formam uma articulação acoplada ao tubo de inserção como mostrado.

[0060] Como mostrado nas figuras 2B e 2C as extremidades proximais dos membros 14 são conectadas a um bloco 18 móvel em relação ao alojamento de conjunto de acionamento de dedo 210 entre posições distal e proximal para deslizar os membros 14 entre as posições distal e proximal. Deslizar os membros 14 desse modo faz os braços de ligação 12 pivotar e desse modo mover os dedos lateralmente.

[0061] Uma característica de catraca 224 (figura 2B) é usada para reter o posicionamento longitudinal do bloco 18 em relação ao alojamento 210 e para dessa forma manter os dedos 214 em uma posição de instalação selecionada. Para instalar, ou de outro modo alterar o espaçamento lateral dos dedos, o usuário desengata a catraca e desliza o bloco 18 proximalmente ou distalmente para mover os dedos de uma primeira posição para uma segunda posição. O re-engate da catraca faz a catraca engatar os dedos na segunda posição. Uma mola (não mostrada) força a catraca para a posição engatada. Outras características relacionadas à instalação e retenção pela catraca são divulgadas na publicação US nº US 2011-0230723.

[0062] O sistema 2 pode incluir características que o permitam detectar mudanças na posição do mecanismo de instalação como um indicador das posições do dedo em relação ao eixo geométrico longitudinal do tubo de inserção 212.

[0063] Como mostrado na figura 2B, as polias 20 são montadas rotativamente no alojamento 210. Cada polia 20 é acoplada por

um braço de ligação 22 ao bloco 18, tal que o movimento longitudinal do bloco 18 para instalar os dedos 214 faça as polias 20 girar. Pelo menos uma das polias 20 inclui um imã 24 em seu eixo, como mostrado na figura 2C, na qual imãs 24 são mostrados posicionados nos eixos de cada polia 20. O imã 24 inclui pólos norte e sul posicionados diametralmente e preferivelmente está voltado para baixo contra a base 218.

[0064] Chips codificadores 26 (figura 1C) em uma porção distal da base 218 (figura 2) são posicionados para se alinhar com os imãs 24 quando o conjunto de acionamento de dedo 200 é montado na base 218. Quando o mecanismo de instalação é utilizado, cada um dos chips codificadores 26 detecta a posição rotacional do imã mais próximo 24, o que indica a posição rotacional da polia 20 e portanto a posição longitudinal do bloco 18. Esta informação permite o sistema saber o estado de instalação (isto é, a posição lateral ou do eixo geométrico x) do dedo 214. Os sinais gerados pelos chips codificadores 26 podem ser usados pelo sistema para coordenar a transformação correta entre uma instrução de entrada de usuário e os correspondentes comandos de saída.

[0065] Em configurações alternativas, cada dedo pode ser instalado independentemente usando um membro deslizante móvel separadamente 14, de modo a permitir cada dedo ser reposicionado lateralmente independentemente do outro dedo.

[0066] Embora a primeira configuração use um mecanismo de instalação manual, em um sistema modificado, um ou mais motores podem ser usados para acionar o mecanismo de instalação. Em alguns de tais sistemas, a instalação motorizada pode ser executada independentemente do direcionamento dos dedos. Em outros, o sistema pode controlar dinamicamente tanto o

mecanismo de instalação quanto os acionadores de dedos como um meio para mover os dedos para posições e orientações alvos baseado no posicionamento pelo usuário das empunhaduras de instrumento na unidade de comando 250. O controle do mecanismo de instalação e dos acionadores de dedos em um dado ponto no tempo pode ser baseado na posição e orientação correntes calculadas dos dedos usando sinais a partir dos chips codificadores 26 junto com outras informações detectadas descritas abaixo.

Trajetórias do instrumento

[0067] Referindo-se à figura 1D, o alojamento de conjunto de dedo 210 tem uma configuração com formato geralmente de u ou v, com cada "perna" do alojamento com formato de u ou v dos dedos acionadores associada com um diferente dos dedos direcionáveis 214. Embora não um requisito, este formato deixa espaço de trabalho entre as "pernas" para instrumentos adicionais, como discutido abaixo.

[0068] Orifícios 222 para instrumentos 100 são posicionados na extremidade proximal de cada perna do alojamento com formato de u ou v. Estes orifícios 222 podem ter selos dispostos dentro do alojamento 210 para impedir a perda de pressão de insuflação através dos orifícios 222 quanto nenhum instrumento está presente nos orifícios e/ou para selar ao redor dos eixos de instrumentos dispostos nos orifícios. Adicionalmente selos destacáveis podem ser colocados proximais aos orifícios 222. Um exemplo desta configuração de selos está ilustrado na figura 15.

[0069] Cada orifício 222 define a entrada para uma trajetória de instrumento através do alojamento 210 e tubo de inserção 212 para dentro de um correspondente um dos dedos direcionáveis

214. A trajetória de instrumento inclui um tubo ou série de tubos estendendo-se a partir do orifício 222, através do alojamento 210 e tubo de inserção 212, e para fora da extremidade distal do tubo de inserção 212 para formar o dedo 214. A trajetória de instrumento 221 tem um tubo proximal 221a que se estende distalmente a partir do orifício 222, e um tubo distal 221b cuja extremidade proximal é posicionada sobre o tubo proximal 221a e cuja extremidade distal estende-se através do alojamento 210 e tubo de inserção 212. Os lumens centrais nos tubos proximal e distal 221a, 221b são contínuos para formar a trajetória de instrumento 221. Os elementos ou cabos de atuação 223 usados para direcionar o dedo 214 se estendem através do lúmen no tubo distal 221b como mostrado.

[0070] Orifícios passivos 220 (dois são mostrados) são posicionados para permitir a passagem de instrumentos adicionais através do alojamento 210 e do tubo de inserção 212. Nos desenhos, estes orifícios adicionais 220 são mostrados posicionados na parte de baixo do alojamento com formato de u ou v 210. Estes orifícios permitem instrumentos tais como endoscópios, instrumentos rígidos e outros instrumentos serem passados através do tubo de inserção e usados simultaneamente com os instrumentos instalados através dos dedos direcionáveis 214. Selos (não mostrados) nesses orifícios 220 são posicionados para impedir a perda de pressão de insuflação através dos orifícios quando nenhum instrumento estiver presente nos orifícios, e também para selar ao redor dos eixos de instrumentos dispostos nos orifícios 220.

Dedo

[0071] Referindo-se novamente à figura 1, cada dedo 214 inclui uma porção distal defletível 216, que pode ser formada

por uma pluralidade de vértebras ou ligações, ou tubulação flexível, tubulação de metal fendida ou cortada a laser, ou outros materiais capazes de serem direcionados sem acotovelamento ou empenamento. Exemplos de canais direcionáveis que podem ser adequados para uso com um dedo direcionável 214 são mostrados e descritos em US 2011/0251599 e outros pedidos de patente referenciados aqui. Uma luva/revestimento flexível (não mostrada) cobre a porção distal defletível 216 para evitar a captura de tecido em folgas entre vértebras ou fendas.

[0072] A extremidade distal de cada dedo 214 pode ser equipada com uma característica de reforço telescópica posicionada em sua extremidade distal tal que à medida que uma ponta de instrumento saia da extremidade distal do dedo, o reforço se expanda distalmente em uma direção longitudinal - circundando a porção da ponta do instrumento que se estende além da extremidade do dedo 214. Esta característica ajuda a suportar qualquer porção do eixo do instrumento que se estenda além da extremidade distal do dedo 214, evitando assim o defletimento indesejável do eixo do instrumento dentro da cavidade do corpo.

[0073] Os dedos 214 são direcionados por puxamento e/ou empurramento seletivo dos elementos de atuação 223 (p.ex., fios, cabos, hastes, etc.). Nesta descrição o termo "cabo" será usado para representar qualquer tal tipo de elemento de atuação. Os cabos 223 são ancorados nas porções extremas distais dos dedos direcionáveis 214 e se estendem proximalmente através dos dedos direcionáveis 214 para dentro do alojamento 210. O número de cabos a serem usados em um dedo direcionável pode variar. Por exemplo, cada dedo direcionável pode incluir

dois ou quatro cabos, onde as porções distais dos cabos são arranjadas 180 ou 90 graus à parte, respectivamente, na extremidade distal do dedo. Em outras configurações, três cabos podem ser usados para cada dedo.

[0074] Na configuração ilustrada quatro cabos são usados. Por "quatro" cabos de atuação é significado que podem existir quatro cabos/fios separados etc. ou dois cabos/fios cada um dos quais tem uma volta em U ancorada na extremidade distal do dedo tal que quatro extremidades proximais de cabo estão dispostas dentro do alojamento 210. Cabos adicionais que não são usados para atuação podem ser posicionados através dos dedos e usados para prover feedback quanto à posição das pontas dos dedos correspondentes, usando métodos similares àqueles descritos abaixo.

Acionador de dedo

[0075] Esta seção descreve o acionador de dedo para um dos dedos 214 mostrados na figura 1A. Deve ficar entendido que o dedo direcionável mostrado à direita é manipulado usando um acionador de dedo tendo características similares.

[0076] A extremidade proximal de cada cabo 223 se estende para fora da extremidade proximal do tubo 221b e é engatada com uma polia 232a ou 232b. Cada polia 232a, 232b inclui uma engrenagem de dentes retos 231a, 231b, como mostrado. Embora os desenhos mostrem os eixos geométricos de rotação das polias 232a, 232b a serem não paralelos entre si, em outras configurações as polias podem ser orientadas para terem eixos de rotação paralelos.

[0077] Um primeiro par das polias 232a é engatado a dois cabos 223 que são ancorados em pontos separados por 180 graus na extremidade distal do dedo direcionável correspondente. Os

componentes nos acionadores de dedos são arrançados tal que cada motor de direcionamento na unidade base acione um tal par dos cabos - embora em outras configurações cada cabo tenha um motor de direcionamento dedicado. Para permitir cada motor de direcionamento acionar dois cabos, cada acionador de dedo 203 é arrançado com uma primeira engrenagem 230a disposta entre e engatada com os dentes das engrenagens 231a no primeiro par de polias 232a, tal que a rotação da engrenagem 230a em uma primeira direção (por ação de um motor de direcionamento como é discutido abaixo) tracione um cabo no par e reduza a tensão no outro cabo no par, defletindo assim a extremidade distal do dedo direcionável correspondente em uma primeira direção. Similarmente, a rotação da engrenagem 230a na direção oposta (invertendo a operação do motor de direcionamento correspondente) deflete a extremidade distal do dedo direcionável 214 (não mostrado) na direção oposta tracionando o cabo oposto. Um segundo par das polias 232b é similarmente acionado por uma segunda engrenagem 230b disposta entre e engatada com os dentes nas engrenagens das segundas polias 232b. Os cabos associados com a segunda engrenagem 230b também são preferivelmente arrançados 180 graus à parte na extremidade distal do dedo direcionável (e deslocados 90 graus dos cabos associados com a primeira engrenagem 230a) permitindo 360 graus de deflexão do dedo direcionável 214.

[0078] As polias 232a, b e engrenagens 230a, b são alojadas dentro de uma caixa de polia selada 219. A extremidade proximal do tubo 221b e o todo o comprimento do tubo 221a (figura 4) são alojados dentro da caixa selada 219. Cada caixa de polia é montada dentro do alojamento 210 do conjunto de acionamento de dedo 200 e orientada com o orifício 222 exposto na

extremidade proximal do alojamento 210 e com o tubo 221b estendendo-se para dentro do tubo de inserção 212. Selos circundam o orifício 222 e tubo 221 para selar a caixa de polia contra a passagem de umidade e contaminação para dentro do espaço circundando as engrenagens e polias durante a limpeza.

[0079] As figuras 5A-5C mostram uma configuração de uma polia 232a. Cada tal polia inclui um carretel 225 fixado rotacionalmente a um eixo 227. A engrenagem 231a é posicionada no eixo 227 e pode girar em relação ao eixo 227. A polia 232a é forçada por uma mola helicoidal 229 disposta ao redor do eixo, com uma extremidade da mola 229 ligada à engrenagem 231a e a outra extremidade ligada ao carretel 225. O carretel inclui um par de colunas 235 espaçadas 180 graus à parte. A engrenagem tem um par de batentes 237 espaçados 180 graus à parte e separados por um espaço anular 241. As colunas 235 do carretel 225 se estendem para dentro do espaço anular 241.

[0080] O cabo 223 é enrolado no carretel 225. Cada par dos cabos é tracionado tal que quando um dedo estiver em uma orientação reta como mostrado esquematicamente na figura 6A, cada coluna 235 fique posicionada contra um dos batentes 237. Quando um motor é usado para acionar as polias para defletir o dedo para a esquerda como mostrado na figura 6B, a engrenagem 231a da polia 232a na esquerda gira em uma direção anti-horária, e à medida que ela gira seus batentes 237 permanecem em contato com as colunas 235 do carretel correspondente - portanto a engrenagem e carretel se movem como um corpo sólido. A rotação do carretel traciona o cabo 223L, fazendo o dedo se defletir para a esquerda como mostrado esquematicamente. Ao mesmo tempo, a engrenagem da polia 232a na direita gira em uma direção anti-horária e o cabo 223R se afrouxa devido a membros

complacentes da transmissão e corpo do cabo. À medida que a engrenagem gira, seus batentes 237 giram para longe das colunas 235 da engrenagem correspondente. Devido à engrenagem 231a e carretel 225 serem conectados pela mola 229 (figura 5C), a força de mola eventualmente atua sobre o carretel para girá-lo no sentido anti-horário, absorvendo folga extra no cabo 223R.

[0081] A saída a partir de sensores associados com as polias é usada para calcular a posição das pontas dos dedos, força no cabo ou ponta do dedo por extensão, e para prover detecção redundante da posição da ponta do dedo em relação àquela detectada pelo codificador do motor. A discussão seguinte do uso dos sensores se focará na situação na qual um dedo é puxado para a esquerda como na figura 6B, mas deve ficar entendido que os mesmos princípios se aplicam para cada direção na qual o dedo for direcionado.

[0082] Em geral, o sistema faz uso do cabo passivo em cada par de cabos (um par de cabos sendo um par de cabos tensionados por uma engrenagem comum das engrenagens 230a, 230b) para prover feedback posicional correspondente à posição da ponta do dedo correspondente. Referindo-se às figuras 4B e 5A, cada polia 232a, 232b tem um ímã de disco 243 tendo uma superfície voltada distalmente tendo posicionados diametralmente pólos norte e sul. Os chips codificadores 245 na unidade base 218 (figura 8A, discutida abaixo) são posicionados para detectar a posição rotacional de cada tal ímã. Quando o dedo é direcionado para uma posição defletida, tal como a flexão para a esquerda na figura 6A, o cabo 223L tracionado para produzir a flexão passa por esticamento elástico sob carga, e também deforma o eixo da passagem tubular 221 através da qual o cabo

se estende. Assim a distância que o cabo 223L foi extraído para causar a flexão não corresponde diretamente à quantidade pela qual o cabo 223R avançou em resposta à flexão. Uma vez que o cabo passivo 223R não está sob as altas cargas sendo experimentadas pelo cabo ativo, a distância que o cabo passivo 223R avançou (como indicado pelo grau de rotação do imã 243 detectado pelo chip codificador), reflete a quantidade pela qual o dedo está defletido e pode ser usada pelo sistema para derivar uma medição mais precisa da posição do dedo em espaço tridimensional. Este sistema é benéfico em que ele elimina a necessidade de um arranjo de cabo, polia e sensor devotado unicamente para detecção de posição.

[0083] Além disso, a diferença entre a quantidade pela qual o cabo ativo 223L foi extraído e o cabo passivo 223R avançou representa a quantidade de força aplicada pelo cabo ativo 223L na ponta do instrumento. Embora feedback quanto à força na ponta também venha a partir da medição de corrente nos motores de direcionamento, a força na ponta provê uma medida mais direta da força.

[0084] O feedback a partir do codificador de motor pode ser comparado com a informação posicional obtida a partir do imã associado com o cabo 223L e usado para detectar se existe um erro no sistema. Por exemplo, se a posição medida no motor for significativamente diferente da posição derivada das posições dos imãs 243, o sistema pode alertar ao usuário quanto à possibilidade que o cabo ativo 223L esteja partido e desabilitar o sistema 2.

[0085] Se a polia associada com um cabo ativo for determinada a ter girado para fora de sua faixa normal de movimento até sua posição relaxada extrema (p.ex., para uma posição contra

o batente 237 oposto ao batente que ela deveria estar posicionada contra para ser acionada pela engrenagem), ela indicará um erro no sistema que pode potencialmente ser um erro no sistema. O feedback indicando que ambas as polias em um par de polias estão em um estado relaxado, ou ambas giraram para uma posição contra um batente onde um dos cabos está tracionado, é indicativo de um cabo partido. Quando condições de erro são detectadas no sistema, o sistema pode desengatar os motores e fornecer uma mensagem de erro para o usuário via a interface de computador 201.

Transferência de movimento - Unidade base para acionadores de dedos

[0086] O acionador de dedo 203 recebe movimento a partir dos motores de direcionamento 236a, b na unidade base 218 por acoplamento rotacional entre elementos no conjunto de acionamento de dedo e elementos na base 218. No conjunto de acionamento de dedo 200, membros tais como eixos acionados 226a, 226b (figura 7A) são expostos no fundo do alojamento 210. Cada um dos eixos acionados 226a, 226b é rotacionalmente fixado a e axialmente alinhado com uma das engrenagens 230a, 230b (figuras 4A e 4B) dentro do alojamento 210, tal que girar cada eixo acionado 226a, 226b gire a correspondente engrenagem 230a, 230b, direcionando assim o dedo direcionável 214 como descrito acima. Os eixos acionados 226a, 226b podem se estender a partir de ou ficarem embutidos na superfície inferior do alojamento 210.

[0087] Como mostrado na figura 7B, segundos membros tais como eixos de acionamento 228a, 228b são expostos na superfície superior da base 218 e podem se estender a partir de ou ficarem embutidos na superfície superior da base 218. Cada eixo de

acionamento 228a, 228b é liberavelmente engatável com um correspondente um dos eixos acionados 226a, 226b no fundo do alojamento 210 (figura 7A). Os eixos acionados 226a, 226b (figura 7A) e eixos de acionamento 228a, 228b (figura 7B) são projetados para engate combinado ou qualquer forma alternativa de engate que permita a transmissão de torque a partir de cada eixo de acionamento para seu correspondente eixo acionado. No arranjo mostrado no desenho, os eixos acionados 226a, 226b são componentes machos que combinam com eixos de acionamento 228a, 228b como suas contrapartes fêmeas. Os componentes machos ilustrados incluem cabeças esféricas hexagonais de chavetas hexagonais esféricas e os componentes fêmeas incluem soquetes hexagonais para receber as cabeças hexagonais. Nesta configuração o eixo geométrico rotacional de cada primeiro membro 226a, 226b intercepta angularmente o eixo rotacional do correspondente eixo de acionamento 228a, 228b. Em outras configurações, entretanto, cada primeiro membro pode compartilhar um eixo geométrico de rotação comum com o eixo de acionamento correspondente.

[0088] Embora os eixos acionados e eixos de acionamento sejam mostrados como peças hexagonais combinando, quaisquer características de engate alternativas que do mesmo modo permitirão a transmissão de torque dos eixos de acionamento 228a, 228b para os eixos acionados 226a, 226b podem ser usadas ao invés.

[0089] Para facilitar o engate entre os eixos de acionamento 228a, b e os eixos acionados 236a, b, os eixos de acionamento 228a, b são deslocáveis para baixo para dentro da unidade base 218 quando primeiro contatados pelos eixos acionados 226a, b. Molas forçam os eixos de acionamento 228a, b em sua posição

mais externa, tal que eles atuarão como mola para cima uma vez que características combinadas dos eixos de acionamento 228a, 228b e eixos acionados 226a, 226b se engatem. Sensores podem ser posicionados na unidade base 218 para detectar quando cada eixo retornou para sua posição totalmente estendida, permitindo o sistema saber se qualquer dos eixos de acionamento 228a não foi engatado corretamente com o correspondente eixo acionado 226a. Esta informação detectada pode ser usada para travar o uso do sistema até que todos os eixos estejam engatados corretamente. Ela também pode ser usada para iniciar pequena rotação dos motores de acionamento associados com os eixos 228a que não atuaram como mola para cima, para permitir a cabeça hexagonal do eixo 228 se mover para uma orientação onde ela engatará com o soquete hexagonal do correspondente eixo 226a.

[0090] Como será evidente a partir da seção seguinte, engatar os eixos acionados e eixos de acionamento permite a transferência de movimento dos motores de direcionamento do sistema para as polias que manipulam os cabos para direcionar os dedos.

Unidade base

[0091] A unidade base 218 aloja os motores de direcionamento 236a, b e um motor de rolagem 238. O sistema ilustrado tem uma configuração com formato de u ou v similar àquela do alojamento 210. A unidade base 218 é organizada tal que os motores associados com o direcionamento do dedo de lado esquerdo 214 e com rolar axialmente um instrumento estendendo-se através do dedo de lado esquerdo 214 estejam no lado esquerdo da unidade base 218 (p.ex., na perna esquerda do alojamento com formato de v ou u), e tais motores associados com o dedo de lado

direito e seu instrumento estejam no lado direito da unidade base. Os controladores de computador, acionadores de motores, e eletrônicos associados para cada lado do sistema também são alojados dentro da unidade base 218. Nesta configuração, dois controladores de computador/processadores em tempo real estão incluídos na unidade base 218, cada um associado com um dos dedos, embora em outras configurações um único processador de tempo real possa estar associado com ambos os dedos. A comunicação entre estes computadores e o computador da interface de usuário (p.ex., computador de tela de toque 201 da figura 1A) pode usar conexão TCP/IP de ethernet através de um roteador, ou outros meios. Em outras configurações, um processador de tela de toque e processador em tempo real são alojados dentro de um único computador, eliminando a necessidade do roteador.

[0092] A figura 8A mostra um arranjo dos motores 236a, b e seus correspondentes conjuntos de engrenagens dentro do alojamento da unidade base (não mostrado). Cada motor de direcionamento 236a, b alojado dentro da base 218 aciona as engrenagens de seu correspondente conjunto de engrenagens 240a, b.

[0093] Uma engrenagem em cada conjunto de engrenagens 240a, 240b é rotacionalmente fixada a um dos eixos de acionamento expostos 228a, 228b tal que a ativação dos motores 236a, b produz a rotação axial de cada um dos eixos de acionamento 228a, 228b. Dois de tais motores de direcionamento 236a, b são mostrados para cada dedo, cada um com um correspondente conjunto de engrenagens 240a, b. O motor 236a é posicionado para acionar o conjunto de engrenagens 240a para produzir a rotação axial do eixo de acionamento 228a. O motor 236b aciona

o conjunto de engrenagens 240b para produzir a rotação axial do eixo de acionamento 228b.

[0094] Referindo-se novamente à figura 8A, a saída do motor de rolagem 238 na unidade base é acoplada por meio do conjunto de engrenagens 242 a um membro tal como um eixo de acionamento de rolagem 244, de modo a causar a rotação axial do membro de rolagem 244 quando o motor de rolagem 238 é operado. O eixo de acionamento de rolagem 244 pode ser de configuração similar aos eixos de acionamento 228a, 228b.

Acionador de rolagem

[0095] O acionador de rolagem 216 (figuras 1A, 1B e 9) inclui um alojamento 217. Como mostrado na figura 10, um tubo de acionamento de rolagem 248 é axialmente girável dentro do alojamento de acionador de rolagem 217 (não mostrado na figura 10). O tubo de acionamento de rolagem 248 inclui um lúmen para receber uma porção do eixo de instrumento 100 (figura 1A). O exterior do tubo de acionamento de rolagem 248 forma uma engrenagem caracol, que engata com um conjunto de engrenagem de rolagem tal como um eixo de rolagem acionado 234 que está exposto na superfície inferior do alojamento 217 (não mostrada). O eixo de rolagem acionado 234 é axialmente girável em relação ao alojamento de acionador de rolagem 217.

[0096] O acionador de rolagem 216 é posicionável na unidade base 218 tal que o eixo de rolagem acionado 234 engate rotacionalmente com o eixo de acionamento de rolagem 244 (figura 7B) da unidade base 218. Este engate rotacional permite a transferência de torque do eixo 244 para o eixo 234 - permitindo assim a rotação do tubo de acionamento de rolagem 248 (e portando do eixo de instrumento) pela ativação do motor de rolagem 238. Os eixos 234, 244 podem ser peças combinadas

similares às aquelas descritas para os eixos acionados e eixos de acionamento 226a, b e 228a, b usados para direcionamento.

[0097] O tubo de acionamento de rolagem 248 tem características projetadas para engatar rotacionalmente com características correspondentes no eixo do instrumento cirúrgico. Este engate permite a rotação axial do tubo de acionamento de rolagem 248 para produzir a rotação axial da porção distal do eixo de instrumento. As características preferidas são aquelas que criam o engate rotacional entre o eixo do instrumento e o tubo de acionamento de rolagem 238, mas não deslizamento ou engate longitudinal. Em outras palavras as características são engatadas tal que a rotação axial do tubo de acionamento de rolagem 248 gire axialmente o eixo do instrumento, mas permita o instrumento ser avançado e retraído através do tubo de acionamento de rolagem 248 para movimento de "eixo geométrico z" da ponta do instrumento. O engate rotacional entre o eixo do instrumento e o tubo de acionamento de rolagem 248 deve preferivelmente ser mantido através de toda a faixa útil de movimento do eixo geométrico z da ponta do instrumento (p.ex., entre uma primeira posição na qual a ponta do instrumento está na extremidade distal do dedo até uma segunda posição na qual a ponta do instrumento está distal em relação à extremidade distal do dedo por uma distância pré-determinada).

[0098] As características de engate para o instrumento 100 e tubo de acionamento de rolagem 248 incluem primeiros elementos de superfície em um segmento de acionamento 260 do eixo 102 do instrumento 100 (figura 11) e correspondentes segundos elementos de superfície na superfície interna do tubo de acionamento de rolagem 248 (figura 10). Exemplos de elementos

de superfície 256, 258 são mostrados nas figuras 12A-14. Referindo-se às figuras 12A e 12B, o segmento de acionamento 260 do eixo de instrumento 102 inclui os primeiros elementos de superfície 256 na forma de estrias ou nervuras se estendendo radialmente a partir do eixo do instrumento e longitudinalmente ao longo do eixo. O lúmen do tubo de acionamento de rolagem 248 inclui segundos elementos de superfície 258 na forma de nervuras se estendendo longitudinalmente (também visíveis na figura 12B). Os elementos de superfície 256, 258 são posicionados tal que quando o tubo de acionamento de rolagem 248 é girado, os segundos elementos de superfície 258 no lúmen interior do eixo de rolagem contatam e não podem desviar rotacionalmente dos elementos de superfície no eixo do instrumento. As extremidades distais das estrias 256 podem ser afuniladas tal que elas sejam mais estreitas (em uma direção circunferencial) em suas extremidades distais do que elas são mais proximalmente, para facilitar a inserção das estrias/nervuras entre as correspondentes das nervuras enquanto minimizando o jogo entre as estrias 256 e nervuras adjacentes 258 à medida que o eixo de rolagem gira o eixo de instrumento. O comprimento longitudinal das estrias 256 é selecionado para manter o engate rotacional entre o eixo do instrumento e o eixo de rolagem através de toda a faixa de movimento de eixo geométrico z desejada.

[0099] O segmento de acionamento 260 do eixo de instrumento pode ter um diâmetro maior que seções proximalmente e distalmente adjacentes, como mostrado na figura 11. Para facilitar a inserção do segmento de acionamento 260 dentro do tubo de acionamento de rolagem 248, o segmento de acionamento 260 inclui uma borda distal chanfrada 262.

[00100] Como um outro exemplo, mostrado nas figuras 13A-13C, o segmento de acionamento 260 tem uma seção transversal hexagonal e o tubo de acionamento de rolagem 248 tem ranhuras longitudinais com seções transversais radiais com formato de v como mostrado. As bordas 256a do segmento de acionamento 260 formadas pelas regiões de canto da seção transversal hexagonal se assentam em calhas 258a de modo a permitir o deslizamento longitudinal do instrumento através do lúmen, mas impedem a rotação do instrumento dentro do lúmen.

[00101] Em uma outra configuração mostrada na figura 14, o segmento de acionamento 260 inclui ranhuras estendendo-se longitudinalmente 256b. Um ou mais pinos 258b estendem-se radialmente para dentro a partir da parede luminal do tubo de acionamento de rolagem 248 e para engate com uma das ranhuras 256b.

[00102] Deve ser notado que o instrumento 100 é preferivelmente construído tal que o tubo de acionamento de rolagem 248 causará a rolagem do segmento de acionamento 260 e de todas as porções do eixo de instrumento 102 que estão distais a ele (incluindo o efetor extremo), sem causar a rolagem axial da empunhadura de instrumento 104. Assim a empunhadura e eixo são acoplados entre si de uma maneira que permite o eixo de instrumento girar livremente em relação à empunhadura quando atuado pelo tubo de acionamento de rolagem 248. Por exemplo, o instrumento 100 pode incluir uma junta de rolagem dentro, ou proximal a, o segmento de acionamento.

Conectores tubulares

[00103] Aberturas 264 e 266 (figura 1C) nas superfícies proximal e distal do alojamento de acionador de rolagem 217 permitem a passagem de um eixo de instrumento através do lúmen

do tubo de acionamento de rolagem 248. Se, como na primeira configuração, o conjunto de acionamento de dedo e os acionadores de rolagem forem componentes separados, qualquer folga entre os componentes é ligada por um conector tubular 268 montado entre a abertura distal 266 do alojamento de acionador de rolagem 217 e o orifício proximal 222 do alojamento 210 de modo a prover uma trajetória de instrumento contínua. O conector tubular 268 pode ser conectado removivelmente ao alojamento de acionador de rolagem 217 e o alojamento 210, ou ele pode ser conectado mais permanentemente a um ou ambos deles. Pode haver também um conector tubular similar entre a caixa de instrumento 252 e abertura 264 no acionador de rolagem para guiar o eixo de instrumento para dentro do acionador de rolagem.

[00104] Referindo-se à figura 15, o conector tubular 268 pode incluir um orifício de Luer 274 para uso como um orifício de lavagem ou para direcionar gás de insuflação através do conjunto de acionamento de dedo 200 e para dentro da cavidade do corpo. Uma válvula 270 tal como uma válvula de fenda em cruz é posicionada dentro do conector tubular 268 para impedir a perda de pressão de insuflação através de sua extremidade proximal, quando nenhum instrumento estiver presente. Um segundo selo 272 é posicionado para selar contra o eixo em um instrumento que passa através do conector tubular, minimizando assim a perda de pressão ao redor dos eixos de um instrumento disposto através do conector 268. Em outras configurações, o orifício de Luer 274, válvula 370, e selo 272 podem ser dispostos no alojamento 210. Um selo único, ou outras configurações de selo também podem ser utilizadas com e sem um instrumento presente.

Interface de comando

[00105] Referindo-se novamente à figura 1A, a unidade base inclui uma interface de comando 250 equipada para gerar sinais correspondendo à posição de, e/ou uma mudança na posição de, uma parte proximal do instrumento cirúrgico 200 quando a empunhadura 104 é movida manualmente por um usuário (bem como outros sinais discutidos abaixo). O sistema gera sinais de controle em resposta aos sinais gerados na interface de comando. Tais sinais de controle são usados para acionar os motores 236a, b 238 para direcionar os dedos e rolar o eixo do instrumento de acordo com manipulação pelo usuário da empunhadura do instrumento. Assim, o movimento manual da empunhadura do instrumento pelo usuário resulta em direcionamento acionado por motor da extremidade distal do instrumento e rolagem axial acionada por motor do eixo do instrumento.

[00106] Nesta configuração, é a empunhadura do instrumento 104 (figura 1) cujo movimento dispara os sinais da interface de comando que resultam no direcionamento dos dedos e rolagem dos instrumentos. Em outras configurações, uma porção proximal do eixo de instrumento, ou um outro componente do instrumento podem ser usados. Ainda outras configurações usam um dispositivo de entrada de usuário separado para gerar os sinais alimentando a posição desejada do instrumento, ao invés de dispositivos de entrada de usuário que respondem ao movimento pelo usuário da própria empunhadura do instrumento.

[00107] Voltando para a figura 16, a interface de comando 250 inclui uma primeira porção ou suporte 276a que é ancorada à base 218 (não mostrada) e girável sobre um eixo geométrico A1 (que pode ser geralmente normal à superfície da base). Uma

segunda porção ou suporte 276b é montada no primeiro suporte 276a e é girável sobre um eixo geométrico A2 (que pode ser geralmente paralelo à superfície da base e perpendicular a A1).

[00108] A caixa de instrumento 252 é posicionada no segundo suporte 276b como mostrado na figura 1. Referindo-se novamente à figura 1A, a caixa de instrumento inclui um alojamento 253a removivelmente ligado ao segundo suporte 276b, tal que a caixa de instrumento possa ser destacada após cirurgia para descarte ou esterilização e reuso. Uma passagem 275 para o instrumento cirúrgico 100 estende-se através do alojamento como mostrado. Como mostrado na figura 16, na primeira configuração, uma abertura 253b no alojamento 253a é deslizável sobre a porção proximal do segundo suporte 276b. Uma trava de mola 255 (figura 1A) entre a caixa de instrumento 252 e suporte 276b engata os dois componentes uma vez que a caixa de instrumento 252 tenha sido avançada para a posição correta.

[00109] A caixa de instrumento 252 é configurada para receber o instrumento cirúrgico 100 e para permitir o eixo de instrumento deslizar em relação à caixa de instrumento 252 durante o posicionamento no eixo geométrico z do instrumento. O arranjo do primeiro e segundo suportes 276a, 276b com a caixa de instrumento 252 (e portanto com o instrumento 100) torna a interface 250 móvel sobre os eixos geométricos A1, A2 quando o usuário mover a empunhadura do instrumento. O movimento para cima e para baixo da empunhadura do instrumento resulta em movimento de inclinação longitudinal do suporte 276b sobre o eixo geométrico A2, e o movimento de lado a lado da empunhadura do instrumento resulta em movimento de desvio de direção do suporte 276a sobre o eixo geométrico A1, com o movimento

combinado para cima e para baixo e de lado a lado resultando em movimento de inclinação lateral e de desvio de direção combinados.

[00110] Codificadores dentro da interface de comando 250 geram sinais em resposta ao movimento sobre os eixos geométricos A1, A2. Em particular, um primeiro codificador é posicionado tal que ele gerará sinais correspondendo ao movimento de desvio de direção do primeiro suporte 276a (sobre o eixo geométrico A1). Um segundo codificador é posicionado para gerar tais sinais correspondendo ao movimento de inclinação longitudinal do segundo suporte 276b (sobre o eixo geométrico A2). Os tipos de codificadores adequados incluem codificadores rotativos incrementais óticos ou magnéticos que gerem sinais correspondendo à velocidade e à quantidade incremental de movimento angular são adequados para este propósito. Os sinais gerados por estes codificadores são recebidos por eletrônicos alojados dentro da unidade base 218 e usados para controlar e acionar os motores de direcionamento 236a, b (figura 7B).

[00111] A caixa de instrumento aloja componentes que fazem vários tipos de sinais de entrada serem gerados pelo sistema em resposta à ação do usuário, incluindo: (a) sinais representando a quantidade pela qual o usuário gira axialmente a empunhadura do instrumento ou um botão de rolagem associado; (b) sinais indicando a colocação correta de um instrumento 100 em engate com o sistema na caixa de instrumento; (c) sinais a partir do botão de engatar/desengatar operável pelo usuário que permite a um usuário a operação de engatar ou desengatar seletivamente a interface de comando 250 a partir da ativação dos motores; e (d) sinais gerados em resposta a movimento de

eixo geométrico z do instrumento para indicar a posição no eixo geométrico z do instrumento 100.

[00112] Referindo-se à figura 17A, a caixa de instrumento 252 inclui um tubo alongado 278 tendo um botão 254 em sua extremidade proximal. Um tubo interno lubrificado 279 estende-se através do tubo alongado 278 e tem um bloco proximal 282 circundado pelo botão 254. O bloco 282 suporta um ou mais elementos metálicos expostos, tais como os elementos metálicos faceando proximalmente 284. Um sensor magnético 286 está dentro do bloco 282. Uma abertura no bloco 282 é posicionada para receber o eixo de um instrumento 100 tal que o eixo do instrumento possa passar pelo tubo 278. Um pino carregado por mola 281 estende-se para dentro da abertura no bloco 282.

[00113] Na figura 17A, a empunhadura do instrumento 100 é mostrada só parcialmente e avança contra o botão 254 para permitir certas características serem visíveis. Um colar 106 está localizado em uma porção proximal 108 do eixo do instrumento. O lado distal do colar 106 é o mais facilmente visto na figura 11B. Ele inclui uma parte distal tendo um entalhe 109. Um ímã 110 no colar 106 faceia distalmente. Estas características estão localizadas tal que quando um usuário avança o instrumento 100 através da abertura no bloco 282 com o entalhe 109 faceando o pino 281, o entalhe 109 captura o pino 281 para engatar rotacionalmente a empunhadura do instrumento ao bloco 282. O ímã 110 adere magneticamente aos elementos metálicos 284 quando trazido em proximidade a eles, retendo assim o instrumento em posição contra o bloco 282.

[00114] O sensor 286, que pode ser um sensor Hall, é posicionado tal que ele gerará um sinal de presença de instrumento quando o ímã 110 estiver posicionado nos elementos

metálicos 284. Este sinal alerta o sistema que um instrumento está posicionado corretamente na interface de comando 250 e o sistema está portanto pronto para controlar os dedos direcionáveis e a posição de rolagem do instrumento quando o usuário estiver pronto para fazer isso.

[00115] O sistema pode portanto ser configurado tal que os motores usados para direcionar um dado dedo não serão ativados na ausência de um sinal de presença de instrumento a partir do sensor 286, a menos que o usuário de outro modo anule esta característica. Esta característica impede o movimento inadvertido de um dedo quando não existir instrumento se estendendo através dele.

[00116] Um interruptor atuado pelo usuário é posicionado para gerar um sinal indicando se o usuário deseja colocar o sistema em um estado "engatado". O interruptor pode ser localizado próximo à mão de usuário para fácil acesso, tal como sobre a caixa de instrumento 252, o instrumento, ou em outro lugar no sistema 2. Alternativamente, o interruptor pode ser um circuito ativado por pedal ou voz.

[00117] Na primeira configuração, o interruptor é atuado usando um botão 288 posicionado adjacente ao botão 254 e suportado por um conjunto de botão (não mostrado). Um ímã (não mostrado) é carregado pelo conjunto de botão. Quando o botão de engatar 288 é apertado, o conjunto de botão move o ímã para dentro ou fora de alinhamento com um sensor Hall, fazendo o sensor Hall gerar um sinal que o botão foi apertado. Quando a pressão sobre o botão 288 é liberada, uma mola (não mostrada) retorna o botão para sua posição original. Feedback é provido para o usuário quando o sistema é movido para dentro e fora do estado engatado. Por exemplo, um LED 245 na caixa de

instrumento pode acender, ou mudar de cor, quando a parte do sistema está engatada e apagar quando ela está desengatada. Um tom auditivo pode ser adicionalmente soado quando o sistema é movido entre o estado engatado e não engatado. Um conector elétrico 99 (figura 17B) é conectado entre a caixa de instrumento e o suporte 276b para aplicar uma voltagem ao LED.

[00118] Quando o botão de engate foi apertado, o sistema move-se de um estado "não engatado" para um estado "engatado" com relação ao instrumento naquele lado do sistema. Quando no estado engatado (assumindo que a presença de instrumento tenha sido detectada como discutido acima), o sistema ativará os motores em resposta a movimento detectado na interface de comando 250. Pressionar aquele botão de engate 288 novamente gerará um outro sinal usado pelo sistema para mover o sistema para um estado "não engatado" com relação ao instrumento naquele lado do sistema. Quando o sistema está no estado "não engatado", os motores de direcionamento e rolagem não serão ativados e as orientações dos dedos 214 e do tubo de acionamento de rolagem 248 permanecem fixas. O sensor de presença de instrumento 286 e o botão de engate 288 atuado pelo usuário são portanto características úteis de segurança e conveniência projetadas para impedir a ativação dos motores de direcionamento e rolagem 236a, b, 238 mesmo na presença de movimento detectado na interface de comando 250. Isto é benéfico em uma variedade de circunstâncias, tais como quando o usuário desejar remover sua mão da empunhadura do instrumento sem provocar o movimento inadvertido dos dedos dentro do corpo à medida que a interface de comando 250 muda de posição ou é inadvertidamente golpeada. O usuário também pode desejar desengatar o sistema para manter a orientação de um dedo 214

dentro da cavidade do corpo enquanto ele/ela reposiciona a interface de comando para uma posição mais ergonômica, ou enquanto ele/ela substitui o instrumento estendendo-se através daquele dedo por um outro instrumento que ele/ela deseja fornecer para o mesmo local dentro do corpo.

[00119] Se o usuário escolher mudar a posição do botão 288 em relação à empunhadura de instrumento 104, ele/ela pode fazer isso girando o colar do instrumento 106 em relação ao botão de rotação 254.

[00120] Um cordão (não mostrado) estendendo-se entre o bloco 282, botão 254 ou estruturas adjacentes pode ser usado para carregar sinais do sensor de presença de instrumento 286 e do sensor associado com o botão atuado por usuário 288 até circuitagem na base ou interface de comando 250.

Entrada de rolagem

[00121] A caixa de instrumento 250 proporciona ao usuário dois modos pelos quais disparar a rolagem motorizada do eixo do instrumento. O primeiro modo é girar o botão 254; o segundo modo é girar a empunhadura de instrumento 104. Na primeira configuração, o botão de rotação 254 é posicionado próximo à empunhadura de instrumento 104, permitindo o usuário encontrar o botão em uma posição similar à posição de um botão de rotação em um instrumento de mão standard.

[00122] Suportes 290, 292 são montados em posições fixas dentro da caixa de instrumento 252. Uma primeira engrenagem 294 é engatada rotacionalmente com a superfície exterior do tubo 278, e uma segunda engrenagem 296 é adjacente a e engatada com a primeira engrenagem 294. O botão 254, tubo 278, e portanto engrenagem 294 são giráveis axialmente em relação à caixa de instrumento 252, e sua rotação produz rotação

correspondente da segunda engrenagem 296. A rotação da segunda engrenagem 296 produz a rotação de um ímã posicionado tal que a posição rotacional do ímã seja detectada por um codificador na interface de comando 250. Pode haver um lençol estéril presente entre o ímã e codificador. Referindo-se à figura 17B, o ímã é um ímã de disco 300 suportado em uma coluna 298. A coluna 298 estende-se distalmente a partir da segunda engrenagem 296 e gira quando a engrenagem gira. O ímã 300 inclui uma superfície faceando distalmente tendo pólos norte e sul posicionados diametralmente.

[00123] Quando a caixa de instrumento 252 é montada no suporte 276b, a coluna 298 estende-se para dentro de uma correspondente abertura 302 (figura 16) no suporte 276b. Um chip codificador 304 é posicionado dentro da abertura 302 de modo a detectar a posição rotacional do ímã 300 na coluna 298 (que indica a posição rotacional do botão 254). Os sinais gerados pelo chip codificador 304 são usados para gerar sinais de acionamento para o motor de rolagem da empunhadura do instrumento. Devido ao colar de instrumento 106 estar acoplado rotacionalmente ao tubo 278 (via bloco 282), girar a empunhadura de instrumento gira o tubo 278, e resulta na geração de um sinal no chip codificador 204 como descrito acima.

[00124] Em uma configuração alternativa, um botão girável na empunhadura do instrumento pode ser girável para gerar os sinais de entrada de rolagem de uma maneira similar.

[00125] Devido a haver fricção na junta de rolagem de instrumentos 260 (figura 11A) entre a porção distal 102 do eixo de instrumento e a porção proximal 108 do eixo de instrumento, a rolagem da porção distal pode resultar em uma

leve rolagem da porção proximal 108 que pode gerar entrada de rolagem pelo chip codificador de rolagem 204. Referindo-se à figura 17A, a caixa de instrumento 252 é projetada para aplicar fricção contra o movimento rotacional da engrenagem 296 usando um elemento posicionado entre o alojamento da caixa de instrumento 252 (ou um outro suporte fixo dentro da caixa de instrumento) e a engrenagem 296 ou coluna 298. Uma placa de fricção 247 tem uma primeira face em contato com a extremidade proximal da engrenagem 296 ou coluna 298, e uma segunda face em contato com o interior da caixa de instrumento 252 (não mostrada na figura 17A). A placa de fricção 247 impõe resistência friccional contra a rotação da engrenagem 296. A quantidade de fricção é selecionada tal que ela seja maior que a fricção presente entre o eixo distal 102 e o eixo proximal 108 na junta de rolagem de instrumento 260. A rotação da porção proximal do eixo de instrumento 108 resultante da fricção na junta de rolagem 260 é dessa forma impedida de se tornar entrada para o chip codificador 204, impedindo assim a transmissão de feedback.

Movimento no eixo geométrico Z

[00126] O movimento no eixo geométrico Z do instrumento para mover a ponta do instrumento proximalmente ou distalmente dentro da cavidade do corpo é executado manualmente empurrando/puxando a empunhadura de instrumento 104. A caixa de instrumento 250 é configurada tal que o botão 254 e empunhadura de instrumento 104 possam ser usados para gerar entrada de rolagem de instrumento independente da posição no eixo geométrico z da empunhadura do instrumento em relação à caixa de instrumento 252. Quando o colar de instrumento 106 é acoplado com o bloco 282, o movimento no eixo geométrico z do

instrumento (isto é, avanço e retração do instrumento entre as posições distal e proximal) faz o botão 254 e o tubo 278 do mesmo modo se moverem ao longo do eixo geométrico z - mantendo o instrumento e as características de entrada de rolagem engatadas através de todo o percurso no eixo geométrico z. Uma mola de força constante 320 (figura 17B) é conectada entre um colar 280 em uma porção distal do tubo 278 e o suporte 290. Quando o instrumento é avançado em uma direção distal, o tubo 278 empurra o colar 280 distalmente, contra a força da mola 320. Quando o usuário remove a empunhadura de instrumento 104 da caixa de instrumento 252, a mola 320 retrai o tubo 278 e portanto o colar 280 retorna para a posição proximal. Quando um instrumento está presente a força da mola 320 seria menor que a força friccional requerida para mover o instrumento, e o instrumento manteria a posição em entrada de usuário.

[00127] A caixa de instrumento pode incluir uma trava para impedir o tubo 278 de avançar distalmente durante a inserção de um instrumento dentro do tubo 278. A trava pode ser uma trava mecânica liberável manualmente pelo usuário ou liberada eletronicamente em resposta a um sinal produzido pelo sensor de presença de instrumento.

[00128] As características da caixa de instrumento permitindo a posição no eixo geométrico z do instrumento ser determinada será descrita a seguir com referência continuada à figura 17B. Um pino 208 estende-se lateralmente a partir do colar 280. Um braço de alavanca 310 tem uma primeira extremidade tendo uma fenda 312 deslizável sobre o pino 308. Uma segunda extremidade do braço de alavanca 310 é acoplada articuladamente a um montante de braço de alavanca estacionário 314 montado dentro da caixa de instrumento. Um ímã 316 é posicionado no eixo

geométrico de articulação do braço de alavanca 310, e gira à medida que o braço de alavanca 310 pivota. O imã 316 inclui uma superfície faceando distalmente tendo pólos norte e sul posicionados diametralmente.

[00129] Referindo-se à figura 16, quando a caixa de instrumento 252 está montada no suporte 276b, o imã 316 (figura 17A) fica posicionado em alinhamento com um chip codificador 318 montado no suporte 276b. O chip codificador 318 gera sinais representando a posição rotacional do imã 316 e portanto do braço de alavanca 310, a partir da qual a posição axial do tubo 278 e portanto do instrumento 100 pode ser derivada pelo sistema.

[00130] Um fator de escala é a quantidade por movimento do instrumento ou dedo que é aumentada ou diminuída em escala em relação ao movimento pelo usuário da empunhadura do instrumento. O sistema 2 usa a posição determinada no eixo geométrico z do instrumento para ajustar dinamicamente os fatores de escala usados no controle dos motores de direcionamento. Por exemplo, fatores de escala menores podem ser usados para direcionamento quando o instrumento está totalmente estendido a partir do dedo do que seriam usados quando a ponta do instrumento está mais próxima à ponta do dedo para proporcionar direcionamento consistente em relação à entrada de usuário independente da posição no eixo geométrico z do instrumento.

[00131] O primeiro e segundo suportes 276a, b da interface de comando 250 podem ser cobertos por lençol estéril para uso, enquanto a caixa de instrumento 250 permanece externa ao lençol.

Diagrama de blocos eletromecânico

[00132] A figura 18A mostra um diagrama de blocos eletromecânico do sistema 2, como ligeiramente modificado para uma configuração na qual um volante de entrada de rolagem é posicionado no eixo do instrumento ao invés de na caixa de instrumento como discutido acima. Certas outras características, incluindo o sensor de instalação, não são mostradas, e na configuração da figura 18A o acionador de rolagem está incluído como parte da unidade base (rotulado "Conjunto de Acionamento") ao invés de como um componente separado.

Uso

[00133] Para usar o sistema 2, a unidade base 218 e a primeira e segunda porções 276a, 276b da interface de comando 250 são cobertas por um lençol estéril. O alojamento 210 do conjunto de acionamento de dedo 200 e acionador de rolagem 216 são montados na unidade base para engatar os membros acionados por motor 228a, 228b, 244 da unidade base 218 com os membros acionados 226a, b, 234. O sistema monitora o engate entre os eixos 228a, 228b, 244 da unidade base com os eixos 226a, b, 234 dos acionadores de dedo e rolagem, e eixos 228a, 228b, 244 descobertos a não terem engatado com suas contrapartes podem ser girados levemente por ativação do motor como descrito na seção "Transferência de Movimento" abaixo.

[00134] A caixa de instrumento 252 é montada na segunda porção 276b da interface de comando 250. Travas de mola 255 engatam para prender o alojamento 210 e acionador de rolagem 216 à unidade base 218 quando os componentes estão alinhados corretamente. Travas de mola similares são engatadas para prender a caixa de instrumento 250 à porção 276b da interface de comando.

[00135] Conectores tubulares estéreis 268 são acoplados entre o acionador de rolagem 216 e o orifício 222 no alojamento 210, e conectores similares podem ser posicionados entre a caixa de instrumento 252 e o acionador de rolagem 216. Uma vez que o sistema 2 esteja montado, a extremidade distal do conjunto de acionamento de dedo 200 é posicionada dentro da cavidade do corpo do paciente. Alternativamente, o conjunto de acionamento de dedo também pode ser posicionado dentro do paciente e então montado no sistema 2. Para fácil inserção dentro da cavidade de corpo, o mecanismo de instalação é usado para posicionar os dedos 214 em uma configuração lado a lado simplificada usando as ligações 12. Os dedos 214 e uma porção do tubo de inserção 212 são passados através da incisão para dentro da cavidade do corpo. A ponta distal de um instrumento médico (p.ex., fórceps, garras ou outros instrumentos de mão de eixo flexível) é inserida através da caixa de instrumento 252 e avançada distalmente. Avançar o instrumento faz a ponta sair da caixa de instrumento 252, passar pelo acionador de rolagem 216, então para dentro do orifício 222 na extremidade proximal do alojamento de conjunto de acionamento de dedo 210, e através do dedo correspondente 214 até que a extremidade distal do instrumento se estenda a partir da extremidade distal do dedo 214.

[00136] Quando um instrumento é completamente inserido através da interface de comando 250, sinais de presença de instrumento são gerados no sensor 286 (figura 17A).

[00137] Instrumentos adicionais tais como endoscópios, garras e similares são passados através da cânula de inserção via os orifícios 220 para uso simultaneamente com os instrumentos instalados através dos dedos.

[00138] O mecanismo de instalação é usado para ajustar o espaçamento lateral de cada dedo (e portanto o instrumento passado através dele) em relação ao eixo geométrico longitudinal da cânula de inserção como descrito com relação às figuras 2A a 2C.

[00139] Antes que o usuário possa direcionar ou rolar o instrumento usando o sistema, ele/ela pressiona o botão de engate 288 para fazer o sistema entrar no estado engatado.

[00140] Pelo menos quando o sistema está colocado em um estado engatado, o sistema detecta as posições dos suportes 276a, b e do ímã de entrada de rolagem 300 para determinar a posição de partida da empunhadura de instrumento 104.

[00141] Se o sistema estiver em um estado engatado e a presença do instrumento tiver sido detectada, o sistema responderá à entrada de direcionamento e rolagem na interface de comando 250 engatando os motores de direcionamento e rolagem para direcionar o dedo e rolar o instrumento. Para direcionar o instrumento 100 dentro do corpo, o usuário manipula aquela empunhadura de instrumento 104. Por exemplo, para mover o efetor extremo do instrumento para cima, o usuário abaixará a empunhadura; para mover a extremidade para a esquerda, o usuário moverá a empunhadura para a direita. (Embora em arranjos alternativos, o sistema possa ser configurado tal que o efetor extremo se mova na mesma direção que a empunhadura - tal que, por exemplo, elevar a empunhadura eleve o efetor extremo). Os codificadores na interface de comando 250 detectam o movimento ou posição da empunhadura detectando a rotação dos suportes 276a, b em relação aos eixos geométricos A1, A2. Em resposta, o sistema gera sinais de controle para ativar os motores 236a, b para dessa forma direcionar o dedo e o

instrumento que se estende através dele. Para rolar axialmente o instrumento, o usuário rola axialmente a empunhadura de instrumento 104 ou o botão de rotação 254 em relação à caixa de instrumento 252, produzindo sinais no chip codificador de rolagem 304. Em resposta o motor de rolagem 238 é ativado para rolar a parte distal 102 do eixo de instrumento. Para posicionar o instrumento mais para dentro da cavidade do corpo, o usuário empurra a empunhadura de instrumento 104 distalmente. Este movimento no eixo geométrico z do instrumento é detectado pelo codificador 318, e a posição no eixo geométrico z do instrumento pode ser usada pelo sistema para ajustar dinamicamente fatores de escala para direcionamento de dedo e/ou rolagem de instrumento.

[00142] A figura 18B é um esquema de uma sequência exemplar de controle de acionamento para controlar os motores de direcionamento para acionar os dedos baseado em informação detectada (p.ex., aproximações das posições dos dedos, das posições da interface de usuário, etc.), usando mapeamento para frente e reverso e controle PID.

[00143] A atuação do efector extremo de instrumento, tal com a abertura/fechamento de mandíbulas, é executada de modo convencional usando atuadores manuais (p.ex., alavancas, botões, gatilhos, deslizadores, etc.) na empunhadura do instrumento. Se desejado, um instrumento pode ser extraído do sistema durante o procedimento, e substituído por um instrumento diferente, o qual novamente pode ser direcionado e girado axialmente por manipulação da empunhadura como descrito.

[00144] A primeira configuração é apenas um exemplo de modos pelos quais o sistema mecanizado pode ser configurado. Várias

modificações podem ser feitas para aquela configuração sem se desviar do escopo da invenção.

[00145] Umás poucas de tais modificações serão descritas a seguir, mas muitas outras são possíveis e estão dentro do escopo da invenção.

[00146] Embora os desenhos mostrem os dois acionadores de dedos no alojamento 210 e cada acionador de rolagem 216 em um alojamento separado, outras configurações usam leiautes diferentes. Por exemplo, o design pode ser modificado para posicionar os acionadores de rolagem 216 em um alojamento comum com os acionadores de dedos. Como um segundo exemplo, os acionadores de dedos 216 podem ser ambos montados em um alojamento comum que seja separado do alojamento 210 contendo os acionadores de dedos. Em uma outra configuração, o acionador de rolagem e o acionador de dedo associados com o instrumento esquerdo podem ter um alojamento comum, com um alojamento separado usado para tanto o acionador de rolagem quanto o acionador de dedo associado com o instrumento direito. Outras configurações podem empacotar cada um dos acionadores de rolagem e acionadores de dedo como quatro componentes separados.

[00147] Em outras configurações, os motores são integrados nos conjuntos dos correspondentes acionadores de dedo e dos acionadores de rolagem ao invés de serem destacáveis deles.

Segunda configuração

[00148] O sistema 2A da segunda configuração, mostrado na figura 19, difere da primeira configuração primariamente em que as características do acionador de rolagem estão incorporadas na base. Mais particularmente, uma base 218a inclui uma porção elevada 216a que aloja o tubo de acionamento

de rolagem 248 (não mostrado). Uma passagem de instrumento estende-se entre uma abertura proximal 264a e uma abertura distal (não mostrada) na porção elevada 216a. O eixo de instrumento se estende através da porção elevada de passagem 216a. O eixo de instrumento estende-se através da porção elevada de passagem 216a entre a interface de comando 250 e o conjunto de acionamento de dedo 200. Um inserto tubular estéril (não mostrado) é inserível através da passagem de instrumento na porção elevada 216a para impedir o instrumento 100 de contaminar a passagem.

Terceira configuração

[00149] Referindo-se à figura 20, uma terceira configuração de um sistema de acesso cirúrgico 2B inclui um corpo 210a e uma cânula de inserção 212 estendendo-se distalmente a partir do corpo 210a. Dedos 214 estendem-se a partir da cânula de inserção 212. O dedo 214 pode ter propriedades similares às aquelas descritas em outro lugar neste pedido de patente.

[00150] Cada dedo inclui um mecanismo de instalação dedicado operável para reposicionar independentemente a porção distal dos dedos 214 para aumentar ou diminuir sua separação lateral a partir do eixo geométrico longitudinal da cânula de inserção 212. Cada mecanismo de desenvolvimento inclui um membro rígido deslizável longitudinalmente 14a e pelo menos um braço de ligação 12a (dois são mostrados para cada dedo). O membro rígido 1a pode ser construído de uma porção proximal compreendendo um tubo de lúmen único, reto, feito de aço inoxidável ou material polimérico rígido, e uma barra distal estendendo-se a partir da porção proximal tubular. A barra distal pode ser integral com uma porção da parede da porção proximal tubular. Cada dedo 214 estende-se distalmente a partir

do lúmen da porção proximal tubular do membro rígido 14a.

[00151] O sistema de instalação trabalha similarmente àquele descrito para a primeira configuração. Cada ligação 12a tem uma primeira extremidade articuladamente acoplada ao membro rígido 118 e uma segunda extremidade articuladamente acoplada a um correspondente dedo 214, proximamente de sua extremidade distal. Na configuração ilustrada, estas conexões pivotantes são formadas em colares 122 dispostos nos dedos. O membro rígido 14a é móvel longitudinalmente em relação à cânula de inserção 212 para pivotar as ligações 120 para dentro e para fora. Na configuração ilustrada, deslizar 14a em uma direção distal pivota as segundas extremidades das ligações 120 para fora para instalar o correspondente dedo ou para separar adicionalmente o dedo do eixo geométrico longitudinal da cânula de inserção 212. Configurações alternativas podem operar ao inverso, tal que a retração do membro 14a aumente a separação dos dedos.

[00152] Cada dedo pode incluir adicionalmente um membro ou estrutura suporte 124 tendo uma primeira extremidade conectada articuladamente ao colar 122 e uma segunda extremidade conectada articuladamente ao correspondente um dos membros 14a ou à cânula de inserção 212. As estruturas suporte 124 suportam os dedos ajudando a manter a orientação longitudinal dos dedos, e os impedem de afrouxar ou torcer durante o uso.

[00153] Anéis de deslizamento 126 são mostrados para deslizar independentemente cada membro 14a longitudinalmente para instalação de dedo, permitindo ao usuário avançar/retrair o membro 14a pelo avanço/retração do anel 126 em relação ao corpo 210a. O anel pode incluir uma função de característica de catraca como descrito no pedido de patente '307, que

liberavelmente trave o dedo em uma posição longitudinal e lateral escolhida liberavelmente engatando a posição longitudinal do membro 14a. A figura 20 mostra que este arranjo permite cada dedo a ser instalado ter uma quantidade diferente de separação lateral e extensão longitudinal.

[00154] As pontas T dos instrumentos 100 são mostradas estendendo-se a partir das extremidades distais dos dedos. O corpo 210a inclui aberturas proximais 128 para receber os instrumentos. Para instalar um instrumento 100 a partir de um dedo 214, a ponta daquele instrumento é inserida através de uma das aberturas proximais 128 e avançada através do corpo 210a, cânula de inserção 212 e dedo até que sua ponta T ou efetor extremo se estenda para fora do dedo. No desenho da figura 20, a empunhadura 104 para o instrumento usado através do dedo na esquerda não é mostrada, de modo a permitir a abertura proximal 128 ser vista.

[00155] Uma diferença primária entre a terceira e primeira configurações é que as características descritas para inclusão nos acionadores de dedos, acionadores de rolagem, interface de comando (incluindo a caixa de instrumento) e unidade base da primeira configuração estão incorporadas no alojamento 210a.

[00156] Sensores 130 são posicionados no corpo 210a para detectar movimento de inclinação longitudinal e desvio de direção da empunhadura de instrumento 104. Os motores 236a, b no corpo 210a são engatados com cabos que se estendem através dos dedos e que são ancorados aos dedos (p.ex., em intervalos de 90 graus) para defletir os dedos de acordo com a posição detectada da empunhadura. Por exemplo, um primeiro motor 236a pode ser posicionado para acionar um primeiro par de cabos correspondentes a movimento de desvio de direção da extremidade

distal do dedo, e um segundo motor 236b pode ser posicionado para acionar um segundo par de cabos correspondentes a movimento de inclinação longitudinal da extremidade distal do dedo.

[00157] Automação também pode ser provida para acionar a rotação axial de um instrumento disposto através de um dedo. Um sensor de empunhadura 304 é posicionado para detectar a rotação axial da empunhadura de instrumento 104, e é operativamente associado com um motor de rolagem 238 que produzirá ou ajudará uma rolagem axial do instrumento ou de um dedo usando a engrenagem 134.

[00158] Como com a primeira configuração, a atuação do efector extremo do instrumento, tal como a abertura/fechamento de mandíbulas, é executada de modo convencional usando atuadores (p.ex., alavancas, botões, gatilhos, deslizantes, etc.) na empunhadura do instrumento. Se desejado, um instrumento pode ser extraído do sistema durante o procedimento, e substituído por um instrumento diferente, o qual novamente pode ser direcionado e girado axialmente por manipulação da empunhadura como descrito.

[00159] O sistema 100 pode incluir um montante 90 engatável com um braço de estabilização tal como o braço 204 (figura 1B) que pode ser acoplado a um carrinho, à mesa cirúrgica ou a um outro dispositivo dentro da sala de operação. O braço de estabilização pode ser posicionável ou ajustável manualmente usando juntas acionadas por motor e membros telescópicos, permitindo a altura e orientação do sistema 2B serem ajustadas usando uma entrada de usuário tal como pedais ou outros dispositivos de entrada.

Quarta configuração

[00160] A configuração da figura 21 é similar à configuração da figura 20, mas incorpora adicionalmente um mecanismo para movimento no eixo geométrico z de cada dedo 214. Embora o uso do anel de deslizamento 126 na configuração da figura 20 produza uma mudança no eixo geométrico z da correspondente posição de dedo, o arranjo da figura 21 permite movimento no eixo geométrico z que é independente da posição lateral do dedo em relação à cânula de inserção 212.

[00161] Em particular, o sistema tem duas seções de corpo 210c, cada uma das quais é deslizável longitudinalmente ao longo de uma trilha central 136. Cada seção de corpo é acoplada a um dos dedos e seu correspondente sistema de instalação (membro 14a, ligações 12a, estrutura suporte 124, anel de instalação 126). Em uma configuração, a cânula de inserção 212 é acoplada à trilha 136, e cada dedo e seus sistemas de instalação se movem longitudinalmente em relação à cânula em resposta a empurrão/puxão manual pelo usuário. Embora o ajuste primário no eixo geométrico z seja agora executado por uma plataforma com um apoio linear para cada lado do sistema, o mecanismo de instalação permanece para o ajuste da separação de ferramenta (identificado como eixo geométrico x nos desenhos). Note que cada lado tem um sistema de instalação independente tal que a extensão seja controlada independentemente para cada instrumento.

Quinta configuração

[00162] A configuração da figura 22 é similar à configuração da figura 21, mas é provida em um formato mais modular. Esta configuração inclui seções de corpo independentes 210d que alojam os motores de inclinação longitudinal, desvio de direção e rolagem 236a, b, 230, os sensores 130, 304, e que inclui a

abertura 128 para receber o instrumento 100. Um par de acionador de dedo/rolagem 203a cada um tendo polias 232, cabos (não mostrados), e um tubo de acionamento de rolagem 248 é provido, com cada acionador de dedo/rolagem 203a conectado a um dos dedos 214. Cada acionador de dedo/rolagem 203a é liberavelmente engatável com uma seção de corpo 210d de uma maneira que permita os motores na seção de corpo 210d se modularem para atuar as polias 232 no acionador de dedo/rolagem 203a de modo a tracionar os cabos e rolar o acionador de dedo/rolagem 203a para direcionar o dedo e rolar o instrumento. Os anéis de deslizamento 126 para separação de dedos (eixo geométrico x) estão localizados nos acionadores de dedo/rolagem 203a.

Sexta configuração

[00163] Nas configurações das figuras 20-22, inclinação longitudinal, rolagem e desvio de direção são detectados e o dedo é controlado eletromecanicamente para posicionar o instrumento, entretanto a ação de agarramento de mandíbula ou outra ação de efector extremo do instrumento é acionada mecanicamente por um atuador mecânico na empunhadura do instrumento. A configuração da figura 23 é muito similar à configuração da figura 22, mas ao invés de usar um instrumento de mão tendo um atuador mecânico, ela usa um instrumento cirúrgico alternativo 100a. O instrumento 100a engata com um motor 138 no módulo de motor que é ativado para operar o efector extremo (p.ex., mandíbula) da ferramenta. Em uma configuração, o controle dos acionadores de dedo e rolagem é responsivo à manipulação pelo usuário do instrumento 103a para controlar inclinação longitudinal, rolagem e desvio de direção como discutido com relação a configurações anteriores, mas o sistema

é configurado por instrumento para receber sinais a partir de um dispositivo de entrada (p.ex., um interruptor, pedal) para iniciar a atuação do efetor extremo via motor 138. Em outras configurações, os motores de inclinação longitudinal, rolagem e desvio de direção podem ser operáveis em resposta a sinais recebidos a partir de um dispositivo de entrada de usuário separado tal como um joystick ou outras formas de dispositivos de entrada ao invés de manipulação manual do instrumento 103a.

Sétima configuração

[00164] A configuração da figura 24 é similar à configuração da figura 23, mas ela automatiza o movimento no eixo geométrico z usando um motor 140 que avança/retrai os corpos 210e e o acionador de dedo/rolagem 203a ao longo da trilha 136. Além disso, ela elimina o mecanismo mecânico de instalação e ao invés automatiza o posicionamento no eixo geométrico x ou lateral do dedo usando um motor adicional 142 em cada corpo 210e. O motor 142 avança/retrai o elemento 14a para expandir as ligações 12a para instalação e posicionamento no eixo geométrico x.

[00165] Automatizar os movimentos nos eixos geométricos z e x permite movimentos volumétricos complexos do instrumento além do que pode ser conseguido usando movimento mecânico nos eixos geométricos z e x. Prover um eixo geométrico z dinâmico aumenta o alcance do instrumento enquanto introduzir um eixo geométrico x dinâmico permite movimentos de orientação complexos das pontas do instrumento. O movimento da ponta na direção x pode ser em um sentido desacoplado de movimento na direção z, ajustando automaticamente a posição no eixo geométrico z do dedo para deslocar mudanças no eixo geométrico z resultando de pivotamento das ligações 12a durante ajustes

no eixo geométrico x.

[00166] A figura 25 mostra mais um exemplo de um dispositivo de entrada de usuário que pode ser usado em sistemas tais como os sistemas das figuras 23 e 24 que usam dispositivos de entrada que são separados da empunhadura e eixo de instrumento. Um dispositivo de entrada 500 mostrado na figura 25 inclui uma empunhadura para ser manipulada por um usuário de acordo com a posição desejada do instrumento cirúrgico. O dispositivo de entrada incorpora pelo menos quatro sensores (associados com múltiplas juntas de pivotamento de uma empunhadura de controle) e um atuador 502 para simular a carga de agarramento a ser conseguida no efetor extremo do instrumento. O dispositivo de entrada é conectado ao corpo 210d, 210e por fios de comunicação digital e pode ser localizado em ou próximo ao corpo 210d, 210e ao lado do leito do paciente, preferivelmente dentro do campo estéril. Por exemplo, o dispositivo de entrada 500 e o corpo podem ser posicionados em um braço comum (tal como braço 204), em braços diferentes suportados por um carrinho comum ou outro dispositivo (p.ex., a mesa de operação ou um suporte no teto), ou em braços separados nos mesmos dispositivos ou dispositivos diferentes. Os sistemas das figuras 23 e 24 podem ser providos com várias ferramentas intercambiáveis 100a, cada uma tendo um efetor extremo diferente, permitindo ao usuário trocar módulos de ferramenta à medida do necessário durante o curso de um procedimento cirúrgico.

Oitava configuração

[00167] A figura 26 mostra um sistema 2E que é similar à primeira configuração. Entretanto, o conjunto de acionamento de dedo 203, acionadores de rolagem 216, interfaces de comando 250, acionadores de motor e eletrônicos associados são

integrados em um único componente. Dois motores de direcionamento 236a, b são mostrados em cada lado do sistema 2E, um para cada par de cabos. Entretanto, cada cabo pode ao invés ter seu próprio motor dedicado.

[00168] Embora certas configurações tenham sido descritas acima, deve ficar entendido que estas configurações são apresentadas para fins de exemplo, e não limitação. Será aparente a pessoas experientes na técnica relevante que várias mudanças na forma e detalhe podem ser feitas nela sem se desviar do espírito e escopo da invenção. Isto é especialmente verdadeiro à luz da tecnologia e termos dentro das técnicas relevantes que podem ser desenvolvidas posteriormente. Além disso, características das várias configurações divulgadas podem ser combinadas de vários modos para produzir várias configurações adicionais.

[00169] Toda e quaisquer patentes, pedidos de patente e publicações impressas referidas acima, incluindo para propósitos de prioridade, são incorporadas aqui por referência.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema cirúrgico motorizado, caracterizado pelo fato de compreender:

- pelo menos um suporte (204) tendo uma porção distal posicionável dentro de um campo estéril em proximidade a um paciente posicionado sobre uma mesa cirúrgica (206);
- um acionador de instrumento (200) carregado pela porção distal de pelo menos um citado suporte (204), o acionador de instrumento (200) tendo uma extremidade distal direcionável posicionável em uma cavidade de corpo;
- um dispositivo de entrada em usuário (250) carregado pela porção distal de pelo menos um citado suporte (204), o dispositivo de entrada em usuário (250) configurado para gerar sinais de movimento em resposta à manipulação manual de uma porção do dispositivo de entrada em usuário (250) por um usuário; e
- pelo menos um motor acoplado operavelmente com o acionador de instrumento (200), o motor operável para defletir a extremidade distal direcionável do acionador de instrumento (200) em resposta aos sinais de movimento;
- sendo que o acionador de instrumento (200) e o dispositivo de entrada em usuário (250) serem posicionados para removivelmente receber as porções distal e proximal, respectivamente, de um instrumento cirúrgico (100), o dispositivo de entrada em usuário (250) configurado para gerar sinais de movimento em resposta à manipulação manual da porção proximal do instrumento cirúrgico (100); e
- o motor é operável para atuar o acionador de instrumento (200) em resposta aos sinais de movimento e para dessa forma mudar a posição da porção distal do instrumento cirúrgico (100)

dentro da cavidade de corpo.

2. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de:

- o acionador de instrumento (200) compreender um dedo direcionável (214) tendo um lúmen proporcionado para receber uma porção distal de um instrumento cirúrgico (100),
- pelo menos um elemento de atuação (223) se estender pelo menos parcialmente através do dedo (214); e
- o motor ser operável em resposta aos sinais de movimento para causar o tensionamento do elemento de atuação (223) de modo a defletir o dedo (214).

3. Sistema, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de:

- o dispositivo de entrada (250) incluir uma base (218) e um receptor de instrumento (252) na base (218), o receptor de instrumento (252) móvel manualmente em relação à base (218) em pelo menos dois graus de liberdade para gerar os sinais de movimento;
- o citado pelo menos um elemento de atuação compreender uma pluralidade de elementos de atuação (223);
- o citado motor compreender pelo menos dois motores operáveis em resposta aos sinais de movimento para defletir o dedo (214) em pelo menos dois graus de liberdade.

4. Sistema, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de incluir adicionalmente:

- um acionador de rolagem (216) posicionado para acoplar rotacionalmente com um instrumento cirúrgico (100) recebido pelo acionador de instrumento (200) e o dispositivo de entrada (250);
- um dispositivo de entrada de rolagem configurado para gerar

sinais de rolagem em resposta à manipulação manual de pelo menos um de um membro móvel (254) no dispositivo de entrada de rolagem e uma porção proximal (104) do instrumento cirúrgico (100); e

- um motor de rolagem (238) acoplado operavelmente ao acionador de rolagem (216), o motor de rolagem (238) operável para mover o acionador de rolagem (216) em resposta aos sinais de movimento de rolagem, tal que o citado acionador de rolagem (216) gire axialmente a porção distal do instrumento cirúrgico (100).

5. Sistema, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de o dispositivo de entrada de rolagem ser configurado para gerar os sinais de rolagem em resposta à rotação axial de um instrumento cirúrgico (100) posicionado em contato com o dispositivo de entrada de rolagem.

6. Sistema, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de o dispositivo de entrada de rolagem ser configurado para gerar os sinais de rolagem em resposta à rotação manual de uma manopla no dispositivo de entrada de rolagem.

7. Sistema, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de o acionador de rolagem (216) ser configurado para permitir o movimento longitudinal de um instrumento cirúrgico (100) em relação ao acionador de rolagem (216) quando o instrumento cirúrgico (100) está acoplado rotacionalmente com o acionador de rolagem (216).

8. Sistema, de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de incluir adicionalmente um sensor (318) posicionado para gerar sinais em resposta a uma mudança de uma posição longitudinal de um instrumento cirúrgico (100).

9. Sistema, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de:

- o acionador de rolagem (216) compreender um membro de acionamento de rolagem (248) tendo uma abertura proporcionada para receber uma porção (260) de um instrumento cirúrgico (100) e características circundando o lúmen da abertura que são rotacionalmente acopláveis com o eixo do instrumento cirúrgico (103); e
- o motor de rolagem (238) ser operável para girar axialmente o membro acionador de rolagem (216).

10. Sistema, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de incluir adicionalmente:

- um suporte de inserção (212) inserível através de uma incisão dentro de uma cavidade de corpo;
- um segundo dedo direcionável (214), o primeiro e segundo dedos direcionáveis estendendo-se a partir de uma extremidade distal do suporte de inserção (212), o segundo dedo direcionável (214) tendo um lúmen proporcionado para receber uma porção distal de um segundo instrumento cirúrgico;
- um segundo dispositivo de entrada em usuário, sendo que o segundo dedo (214) e segundo dispositivo de entrada em usuário são posicionados para removivelmente receber porções distal e proximal, respectivamente, de um segundo instrumento cirúrgico, o segundo dispositivo de entrada em usuário configurado para gerar segundos sinais de movimento em resposta à manipulação manual da porção proximal do segundo instrumento cirúrgico; e
- pelo menos um segundo motor acoplado operavelmente ao segundo dedo (214), o segundo motor operável para defletir o segundo dedo (214) em resposta aos segundos sinais de movimento.

11. Sistema, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de pelo menos um do primeiro e segundo dedos ser móvel lateralmente a partir de uma primeira posição na qual a porção distal do citado dedo está espaçada de um eixo geométrico longitudinal do suporte de inserção (212) por uma primeira distância, e uma segunda posição na qual uma porção distal do citado dedo está espaçada de um eixo geométrico longitudinal do suporte de inserção (212) por uma segunda distância, sendo que a segunda distância é maior que a primeira distância.

12. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de o primeiro e segundo dedos serem simultaneamente instaláveis entre a primeira e segunda posições.

13. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de o primeiro e segundo dedos serem independentemente instaláveis entre a primeira e segunda posições.

14. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de incluir adicionalmente um sensor (26) posicionado para gerar um sinal em resposta ao movimento de pelo menos um dos dedos entre a primeira e segunda posições.

15. Sistema, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de incluir adicionalmente um sensor (286) posicionado para gerar um sinal de presença de instrumento em resposta ao posicionamento de uma porção proximal de um instrumento cirúrgico (100) no dispositivo de entrada (250).

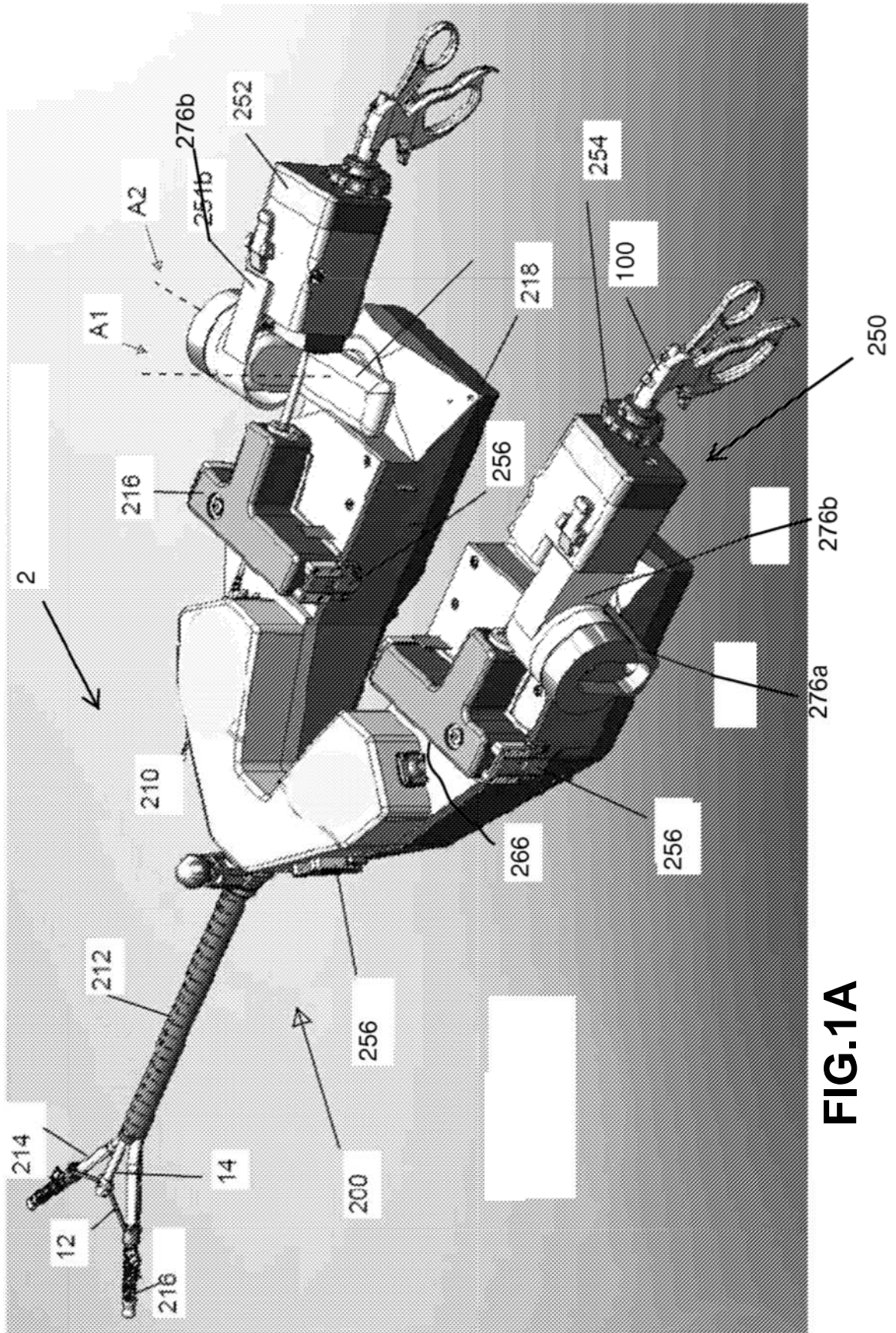
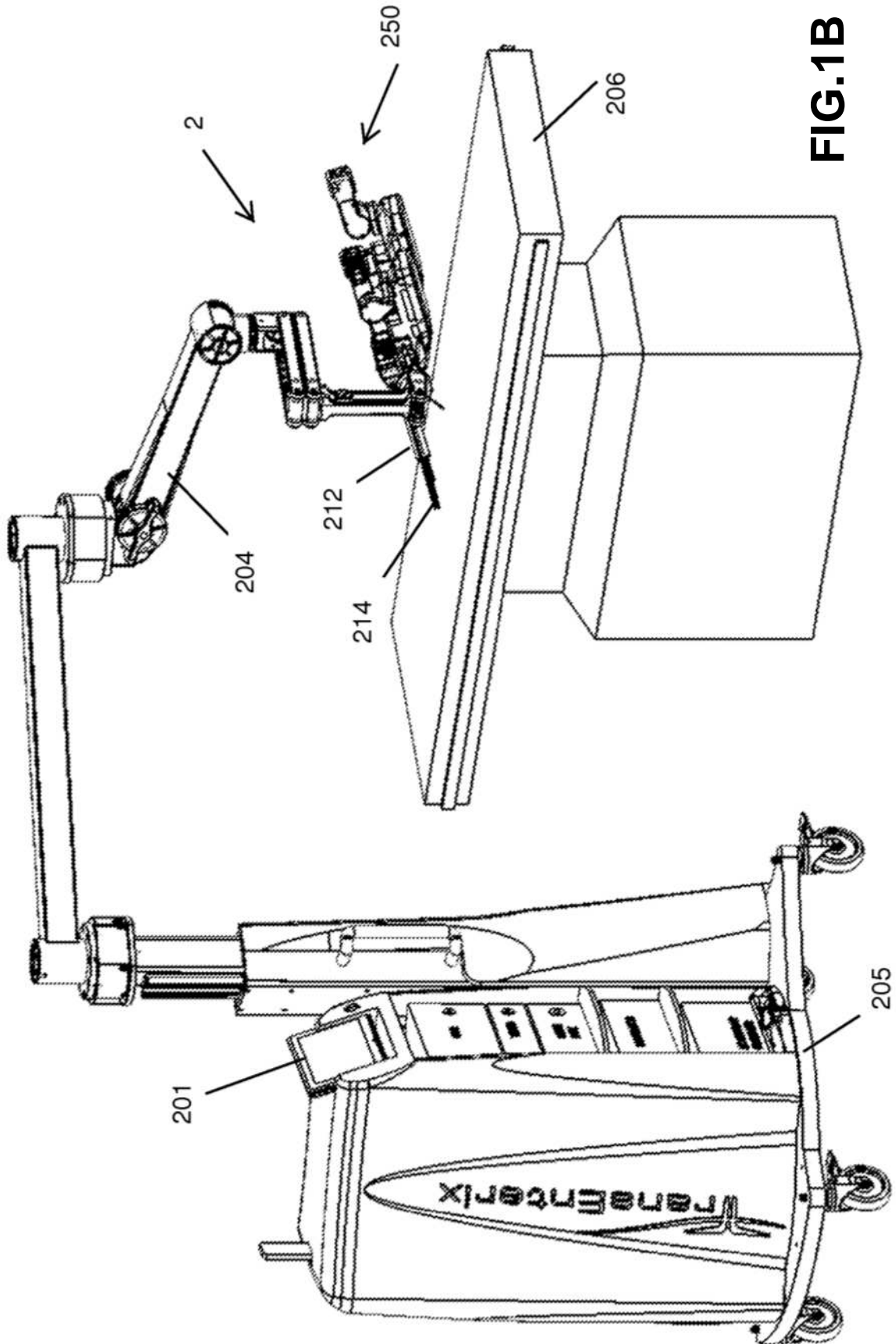


FIG.1A



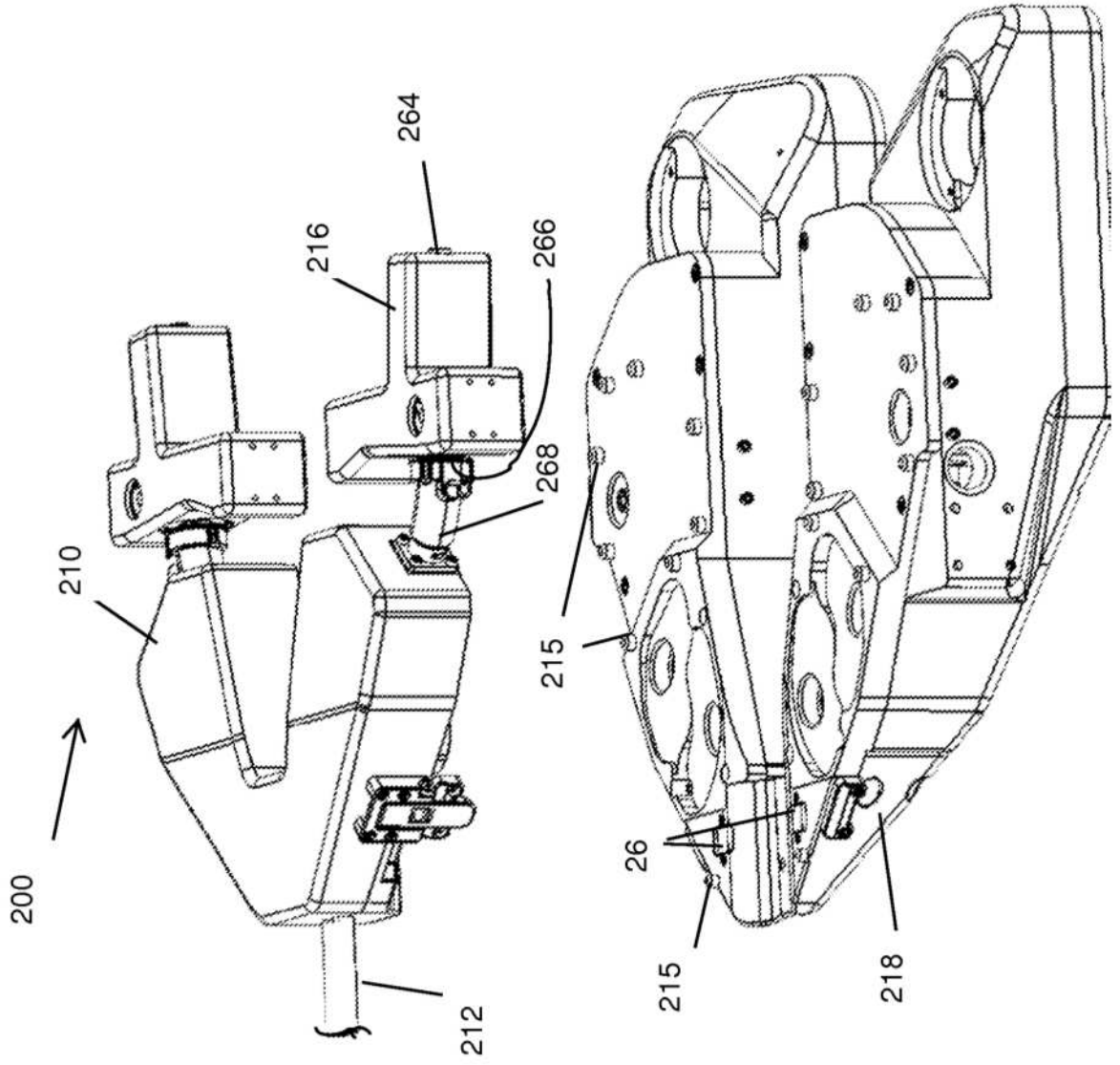
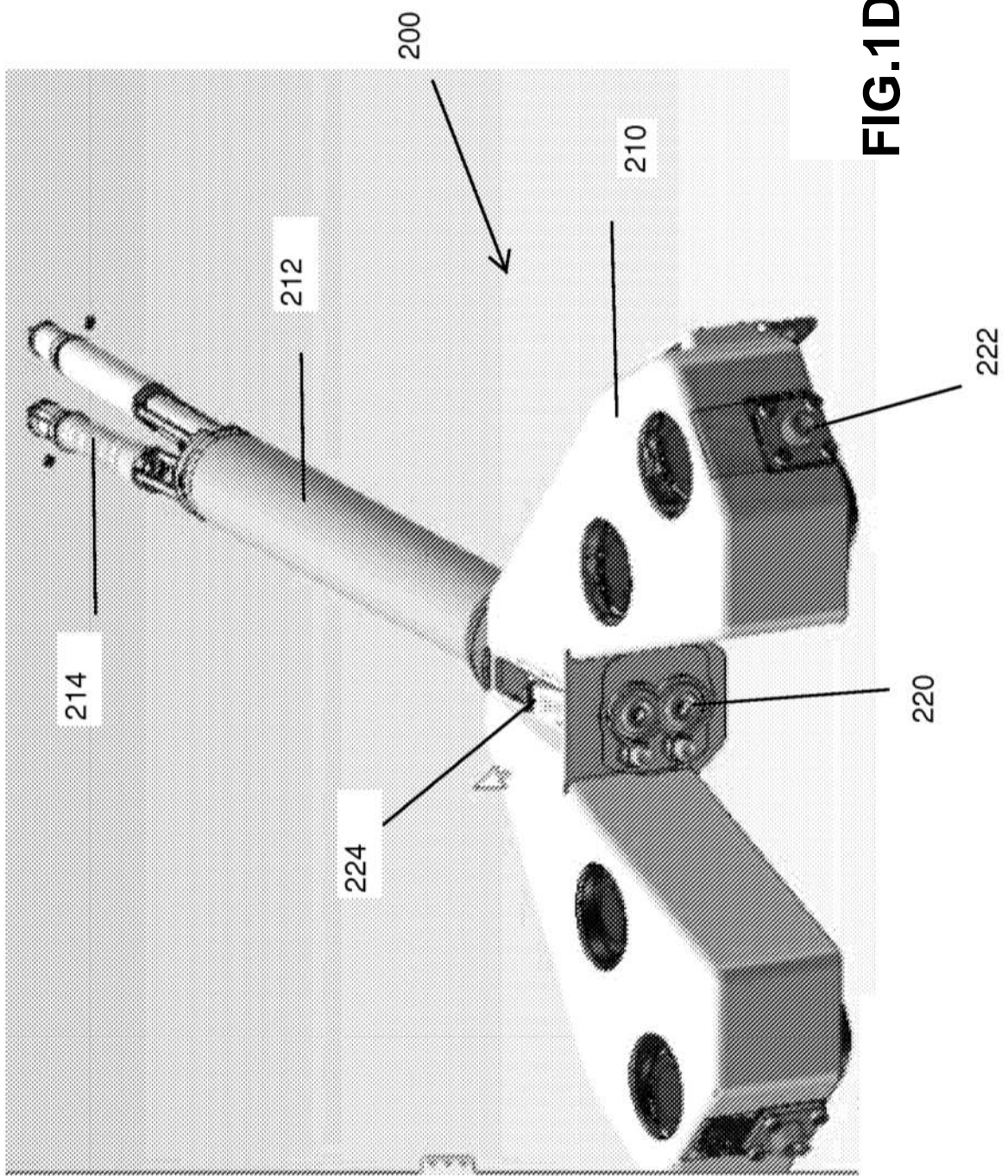


FIG.1C



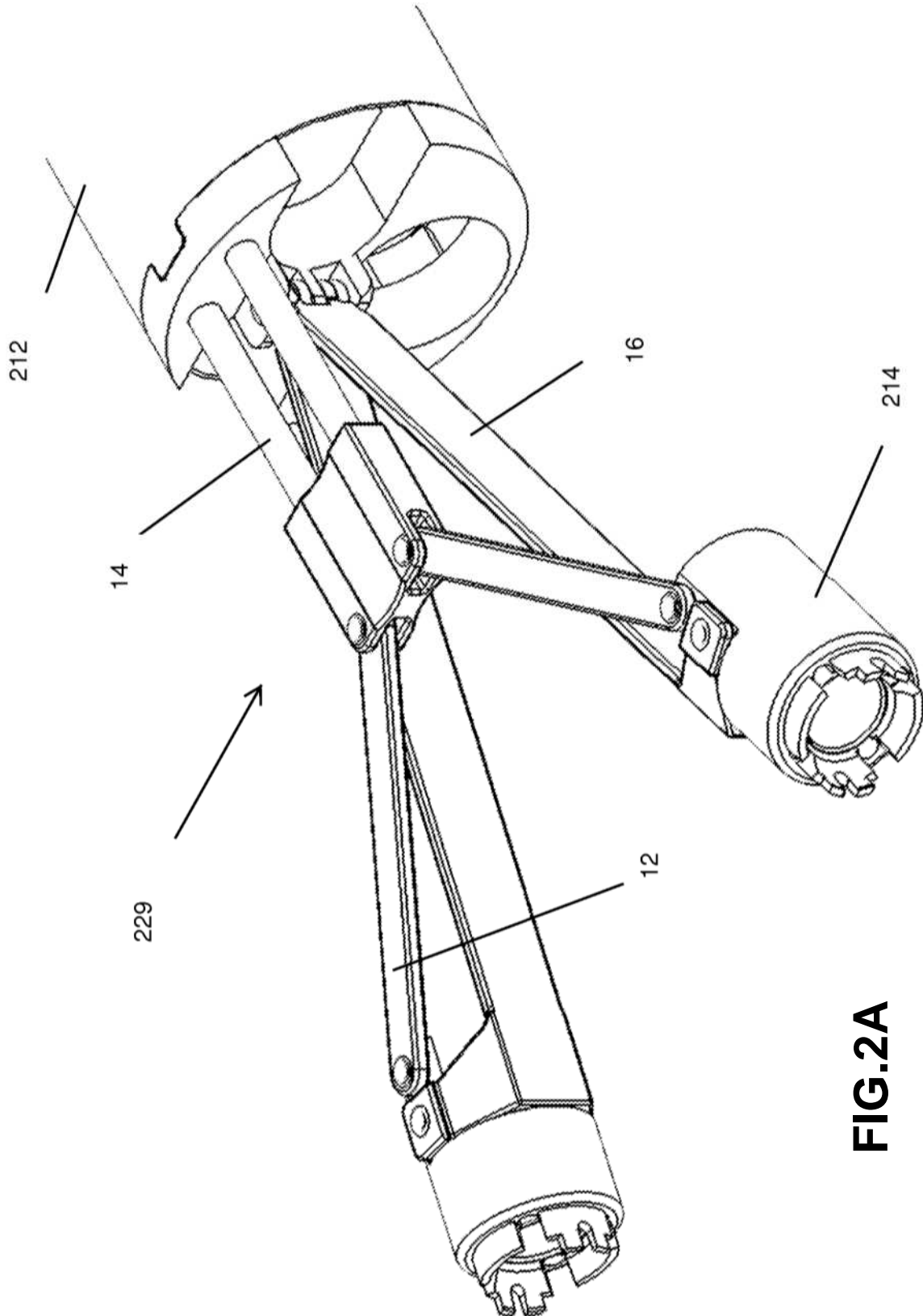


FIG.2A

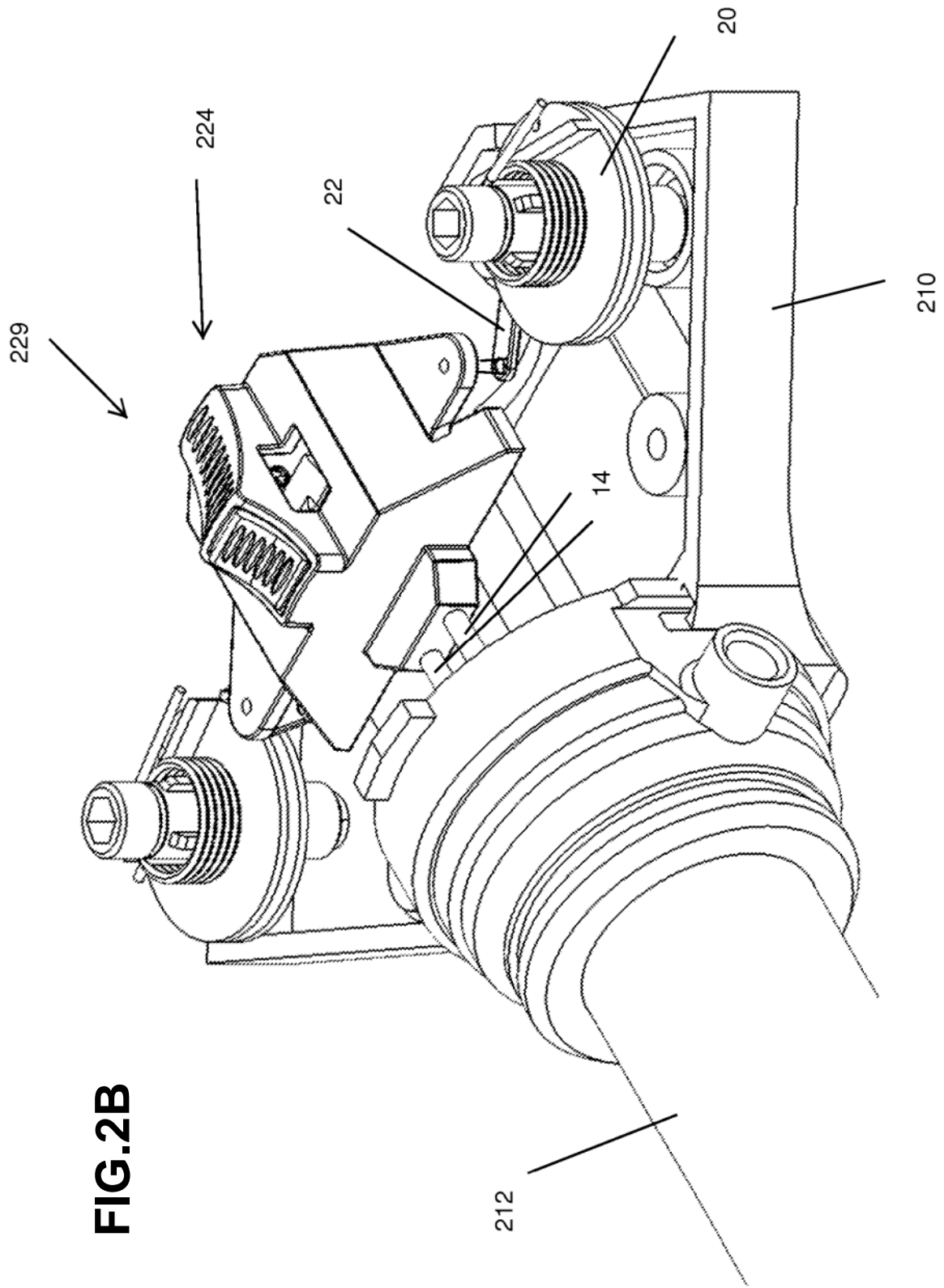


FIG. 2B

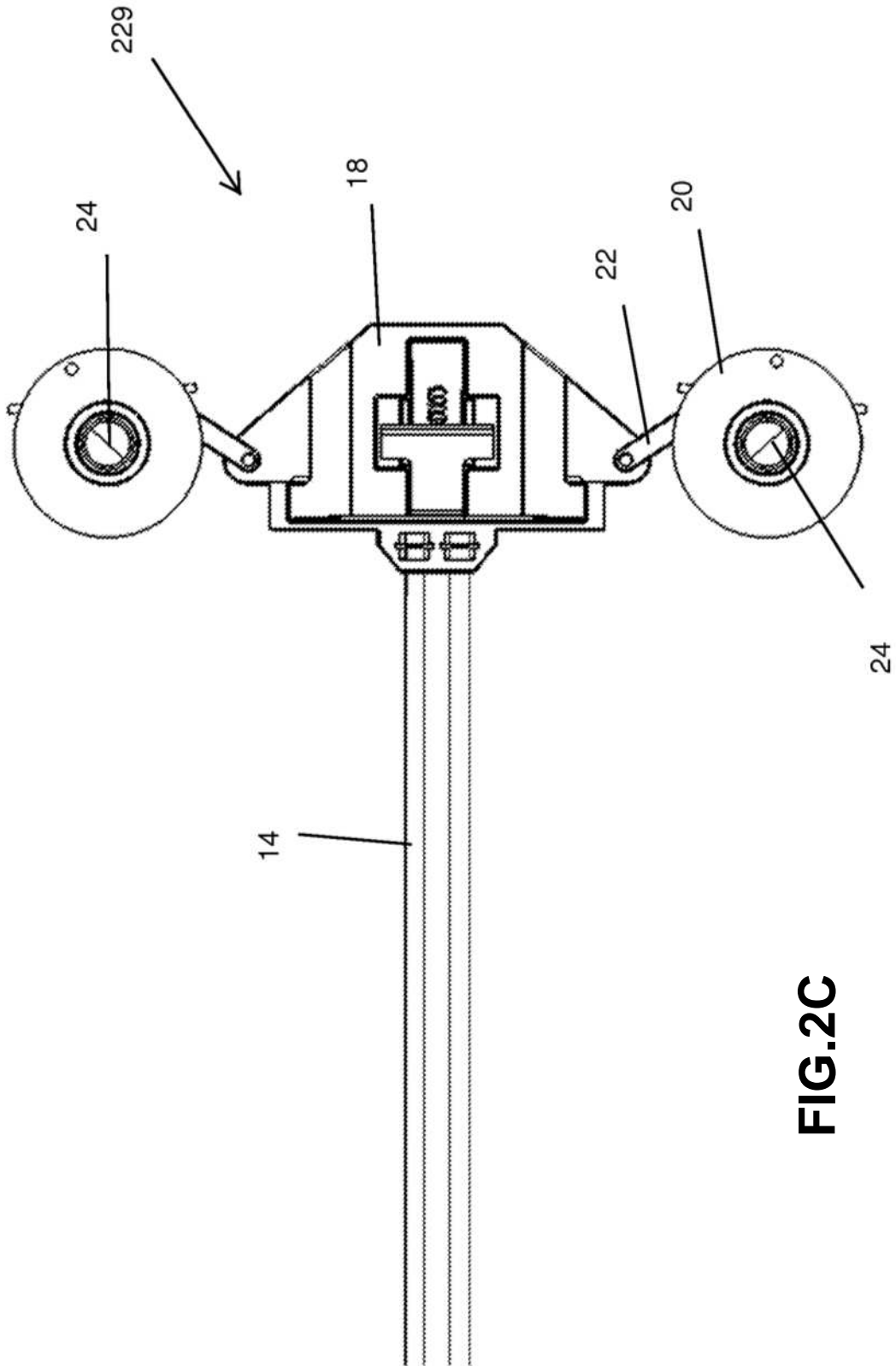


FIG. 2C

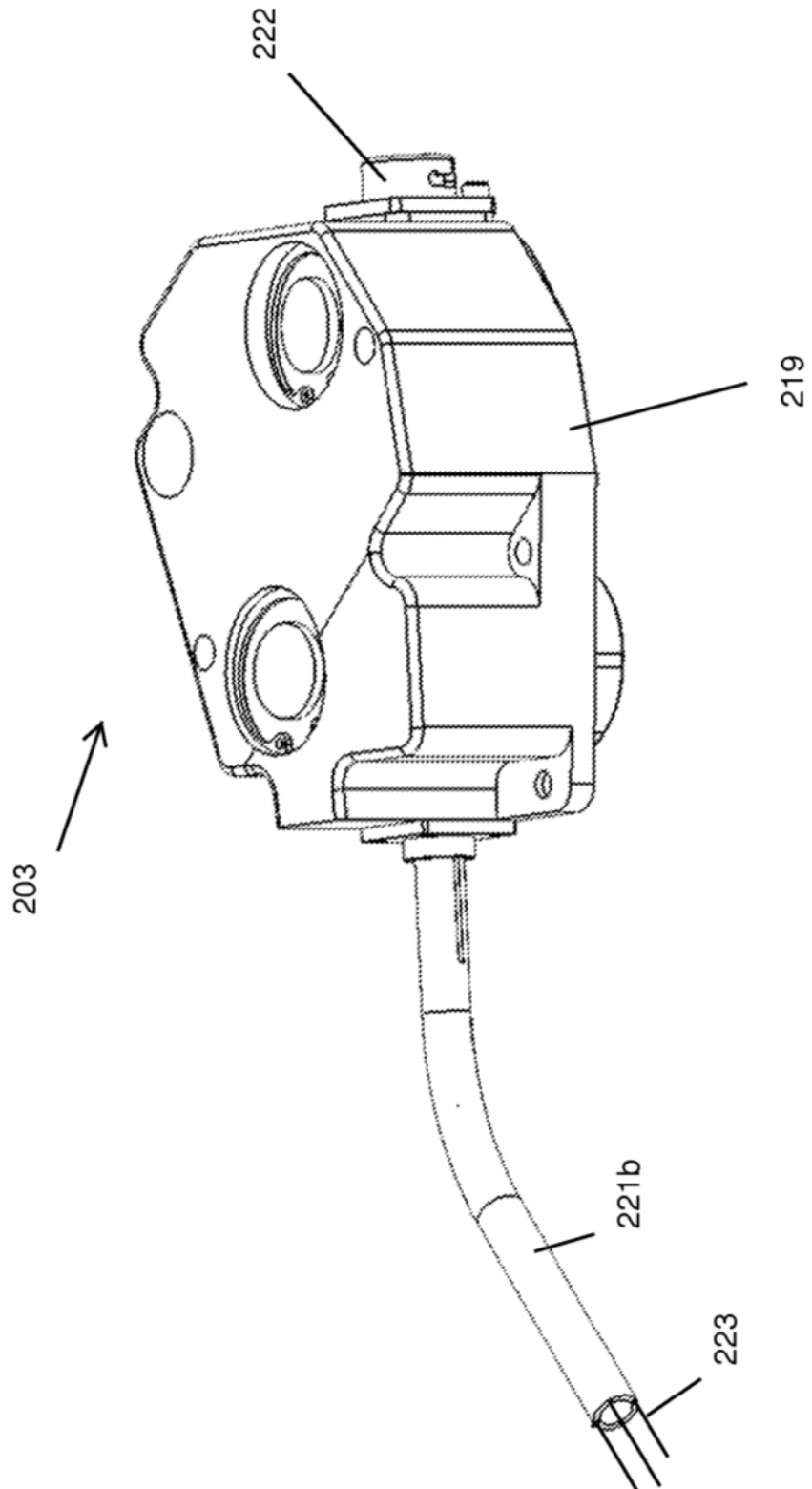


FIG.3

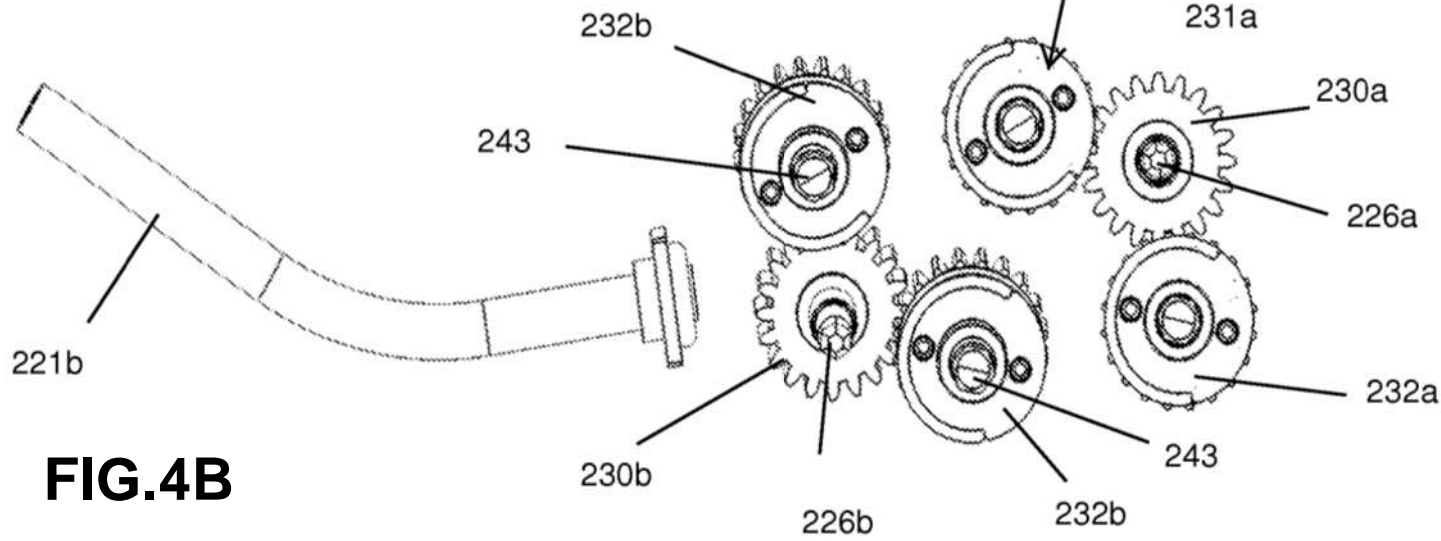
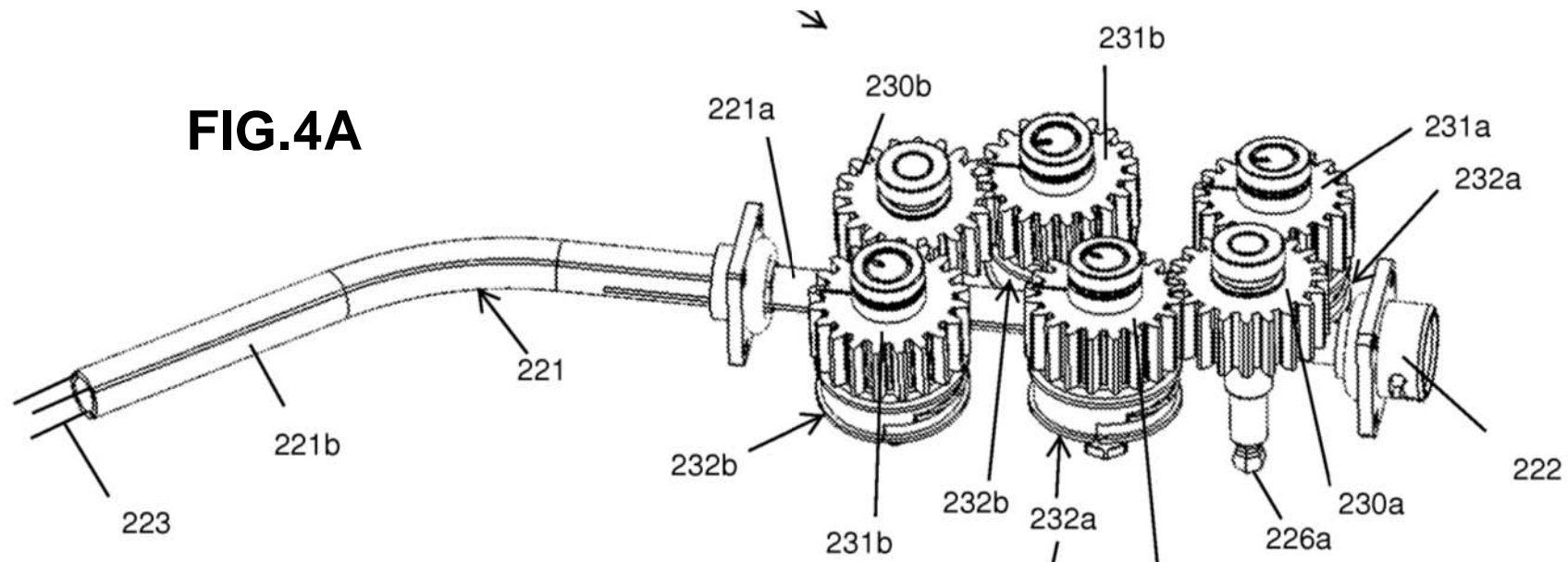
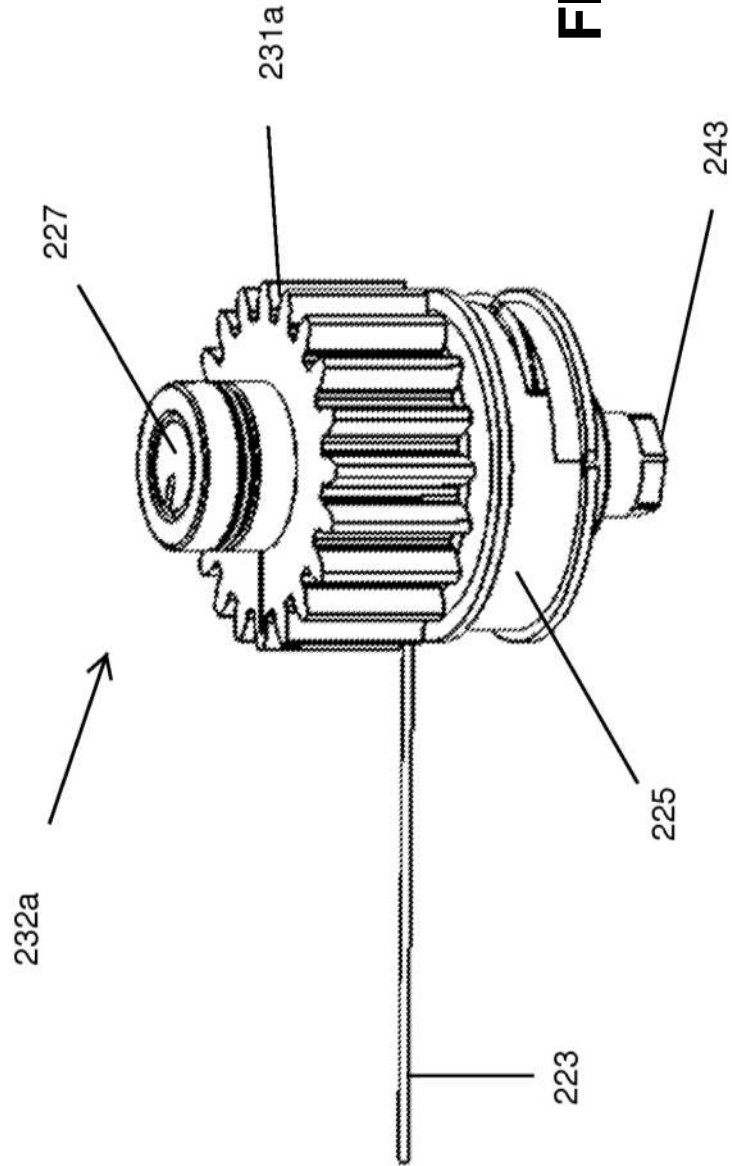


FIG.5A



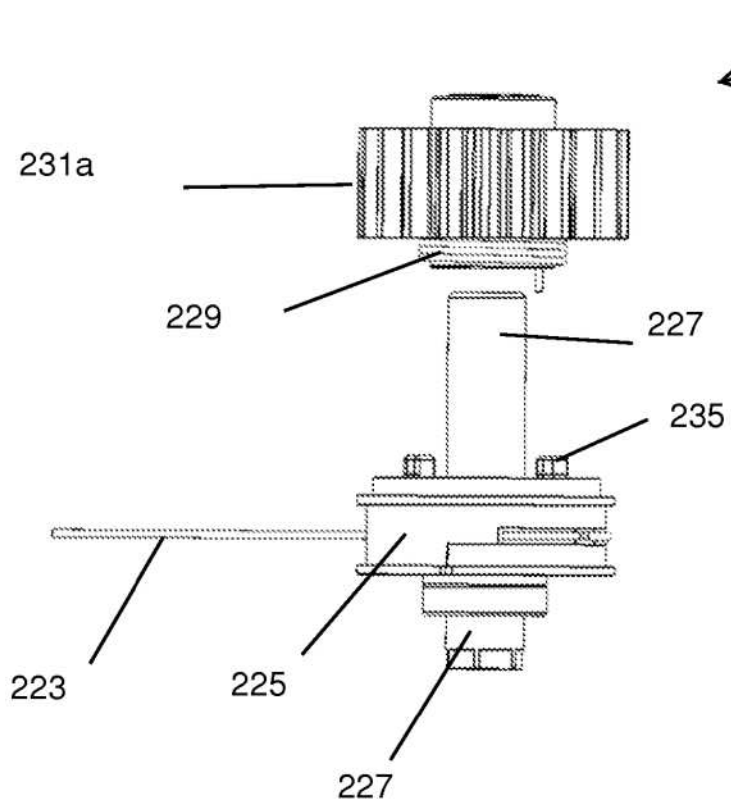


FIG.5B

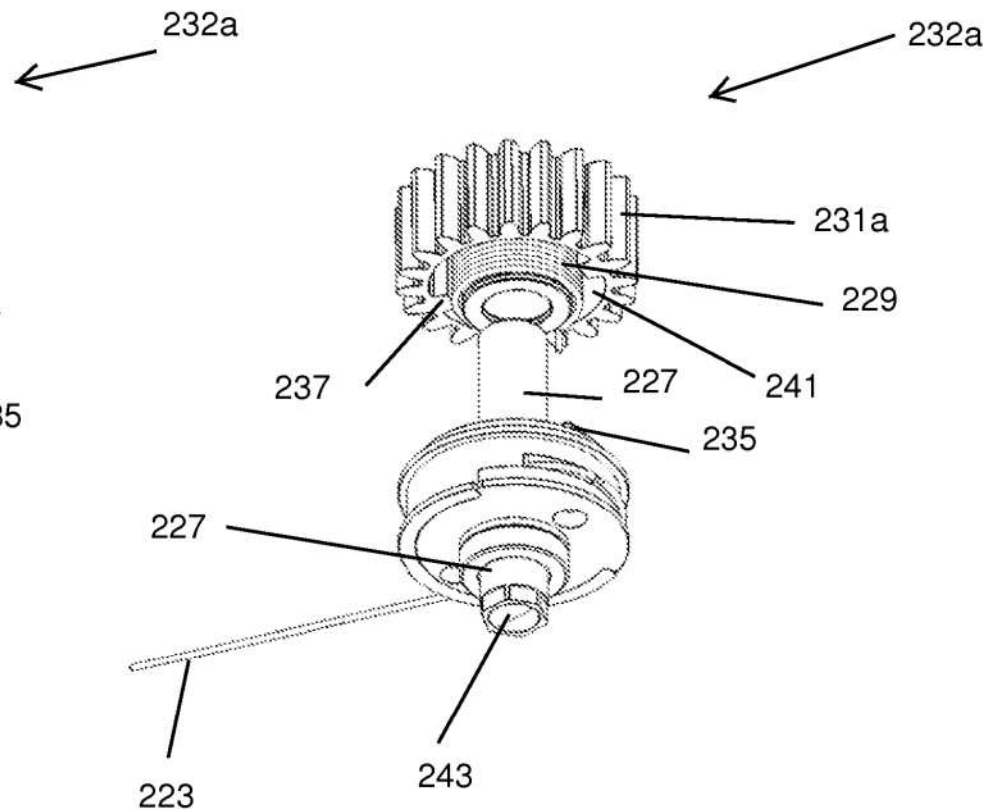


FIG.5C



FIG.6B

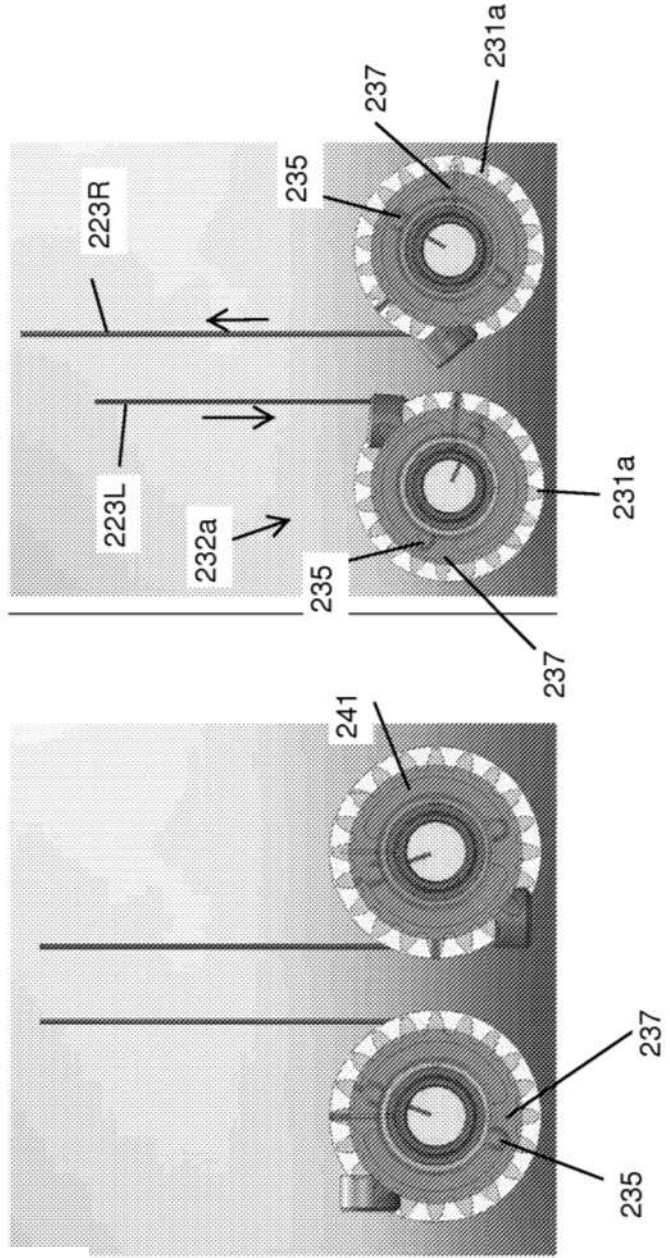


FIG.6A

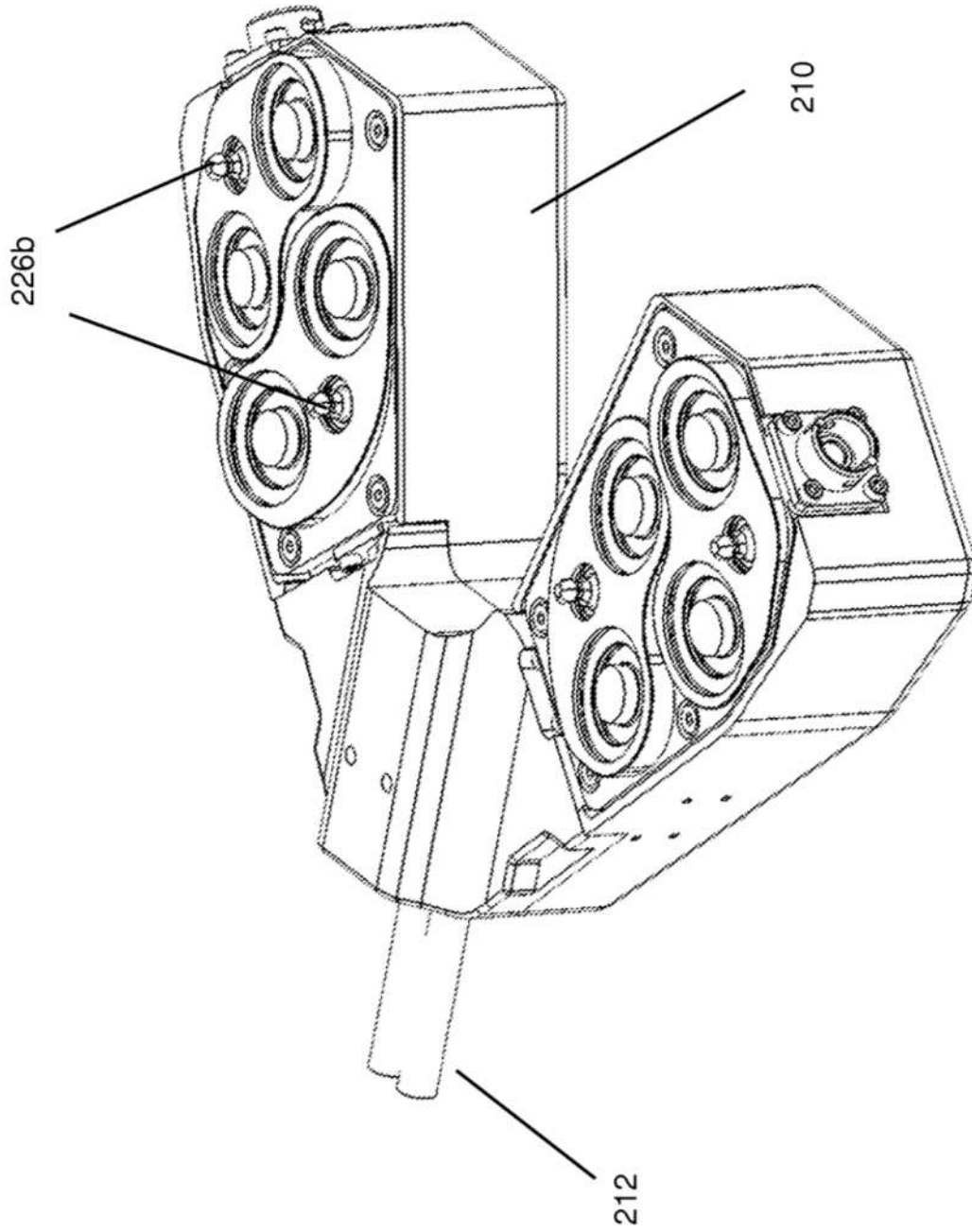


FIG.7A

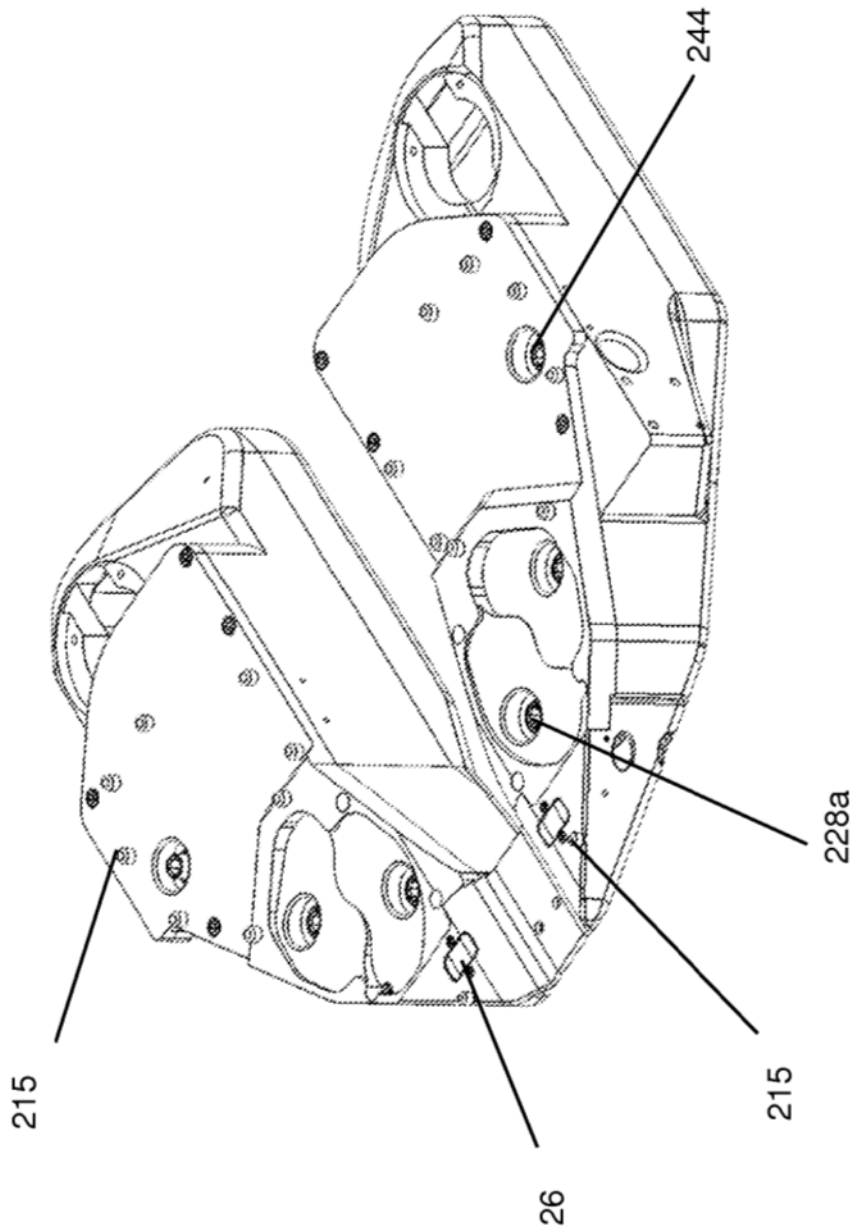


FIG.7B

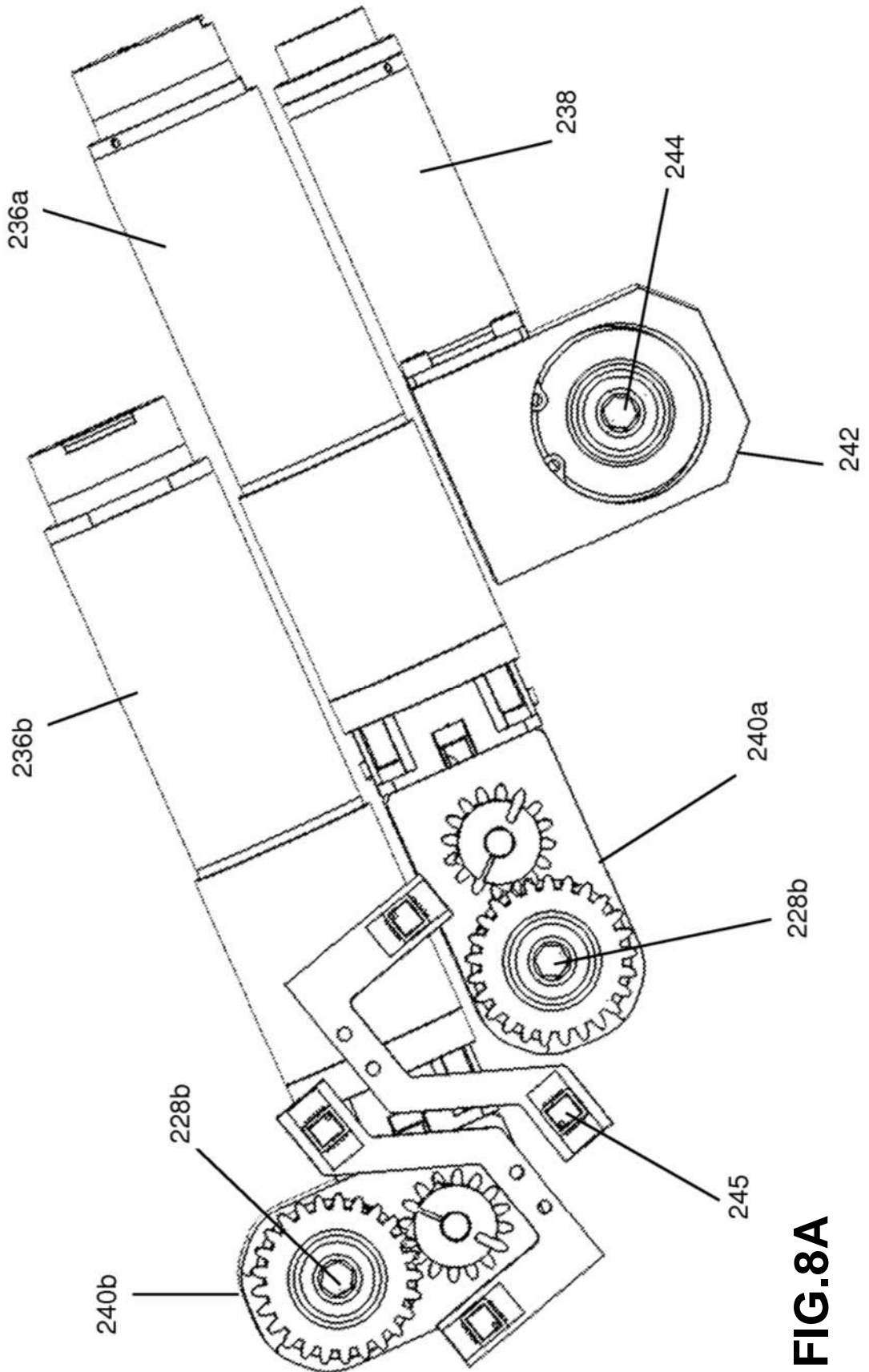
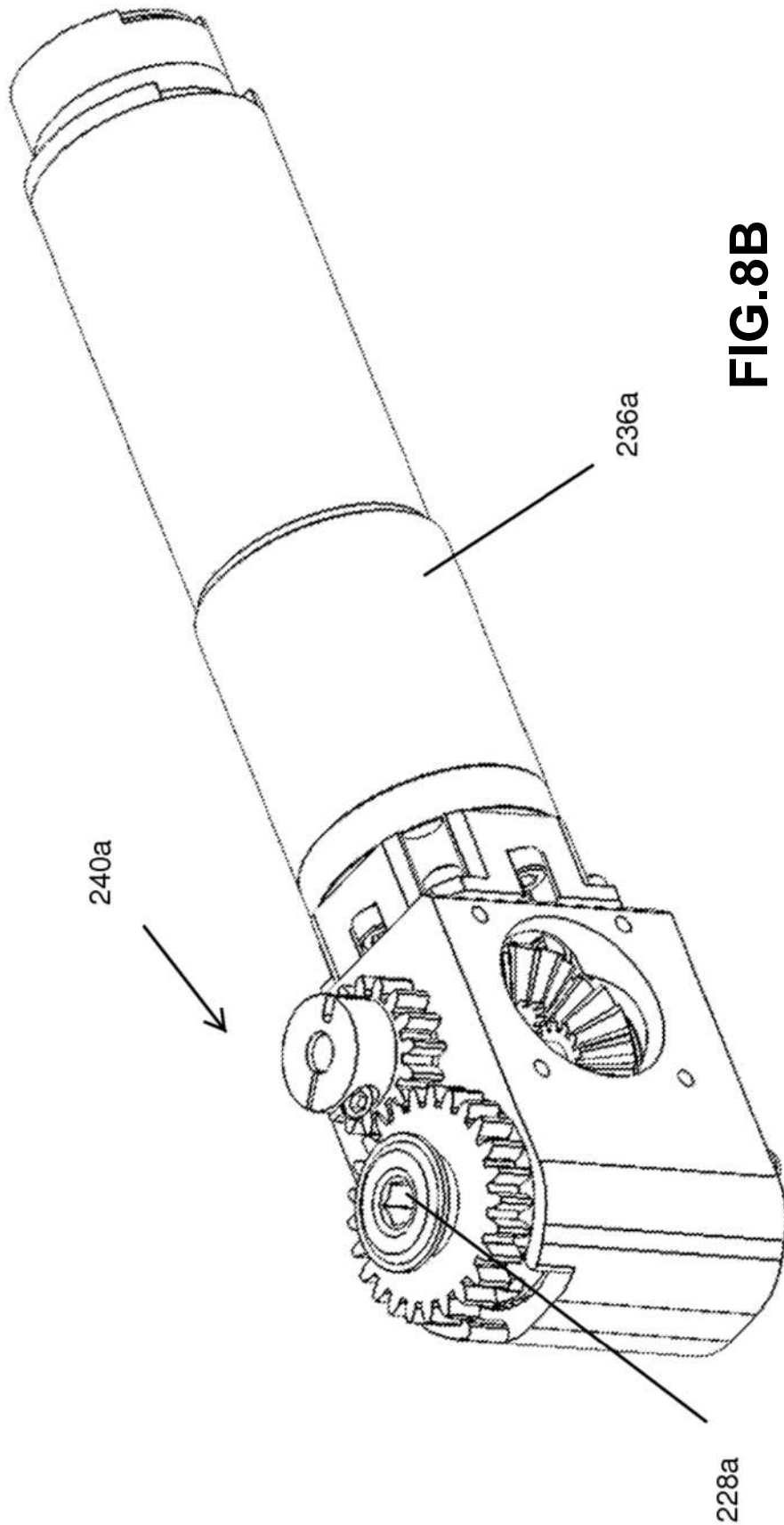


FIG.8A



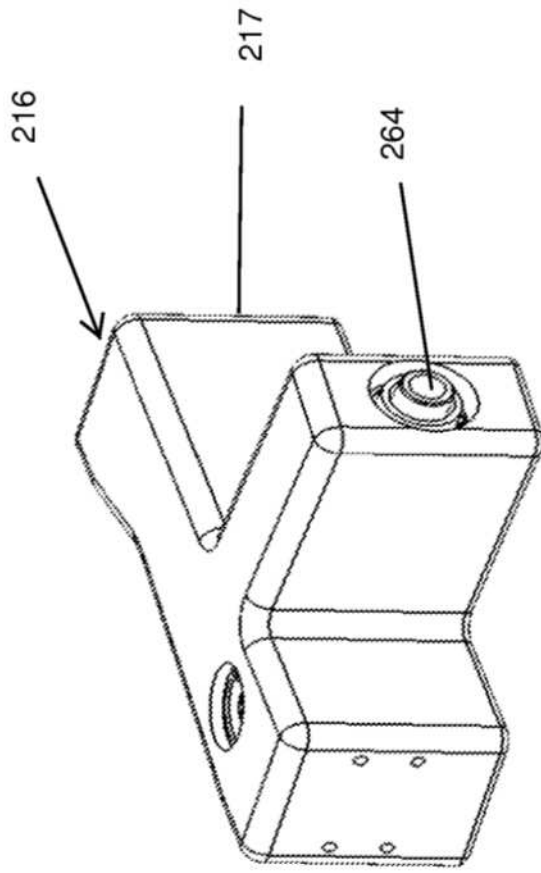


FIG. 9

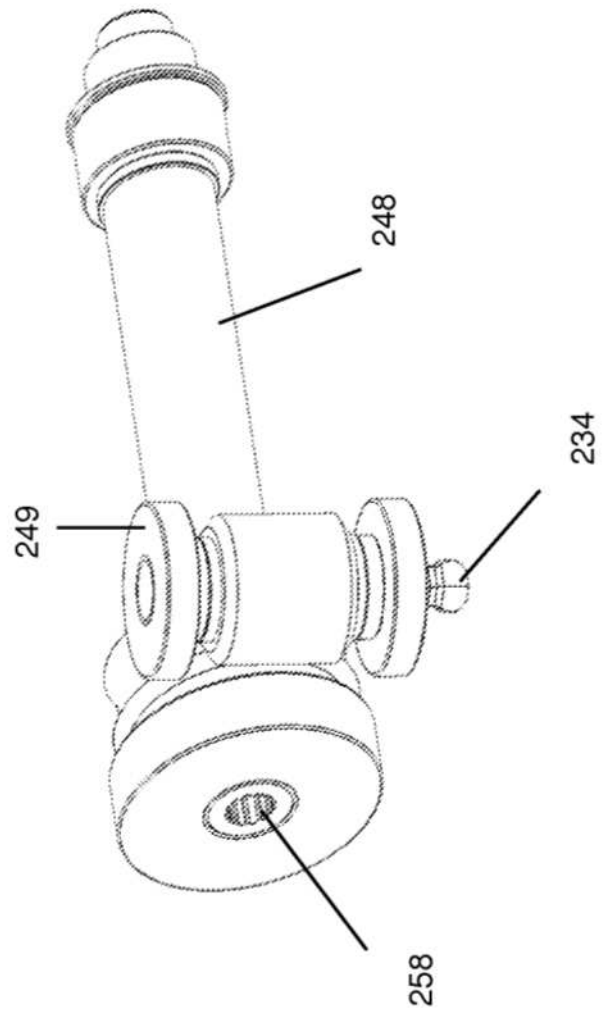


FIG. 10

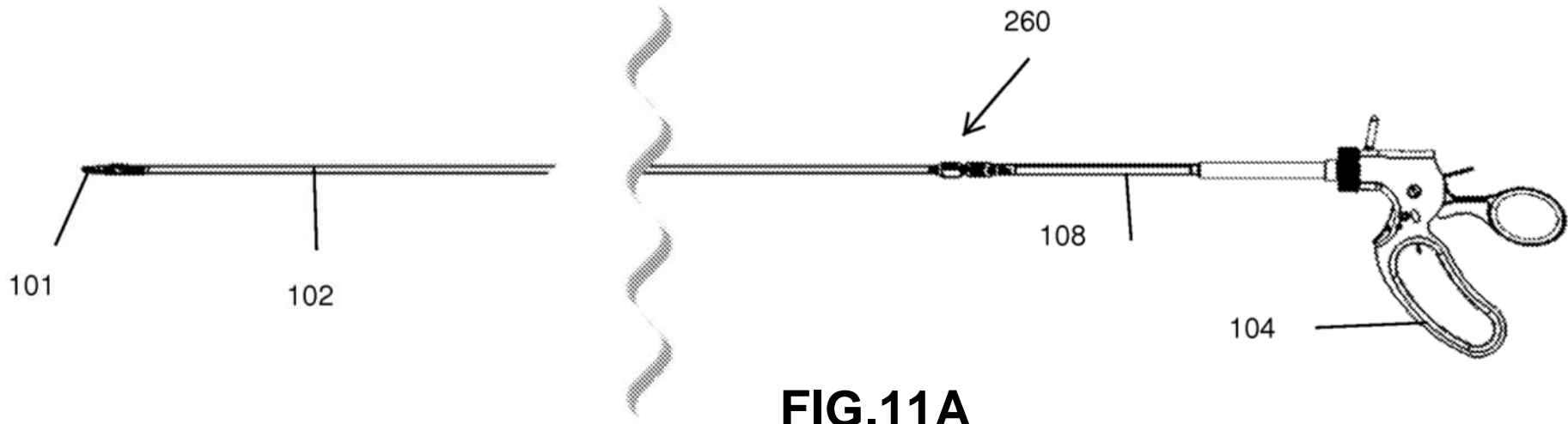


FIG.11A

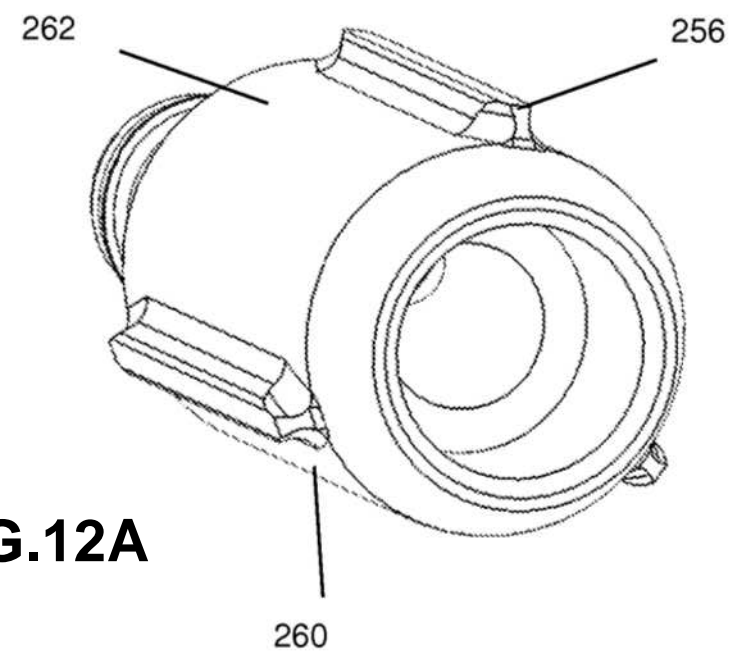


FIG.12A

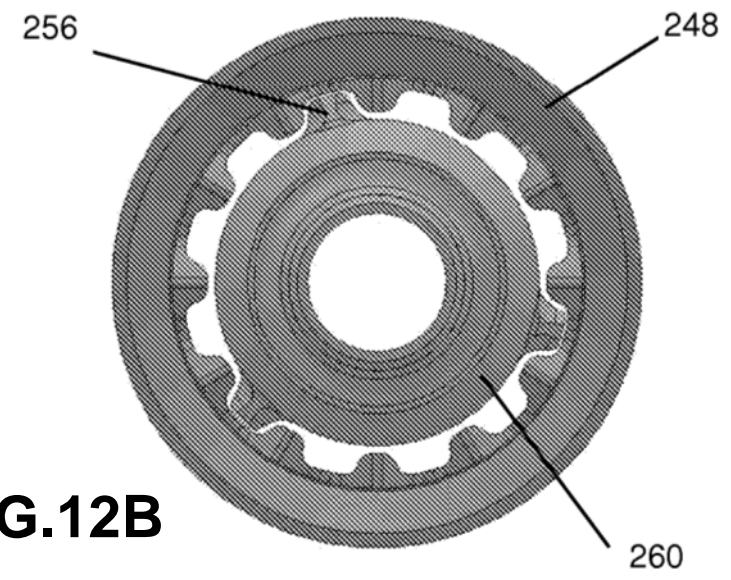


FIG.12B

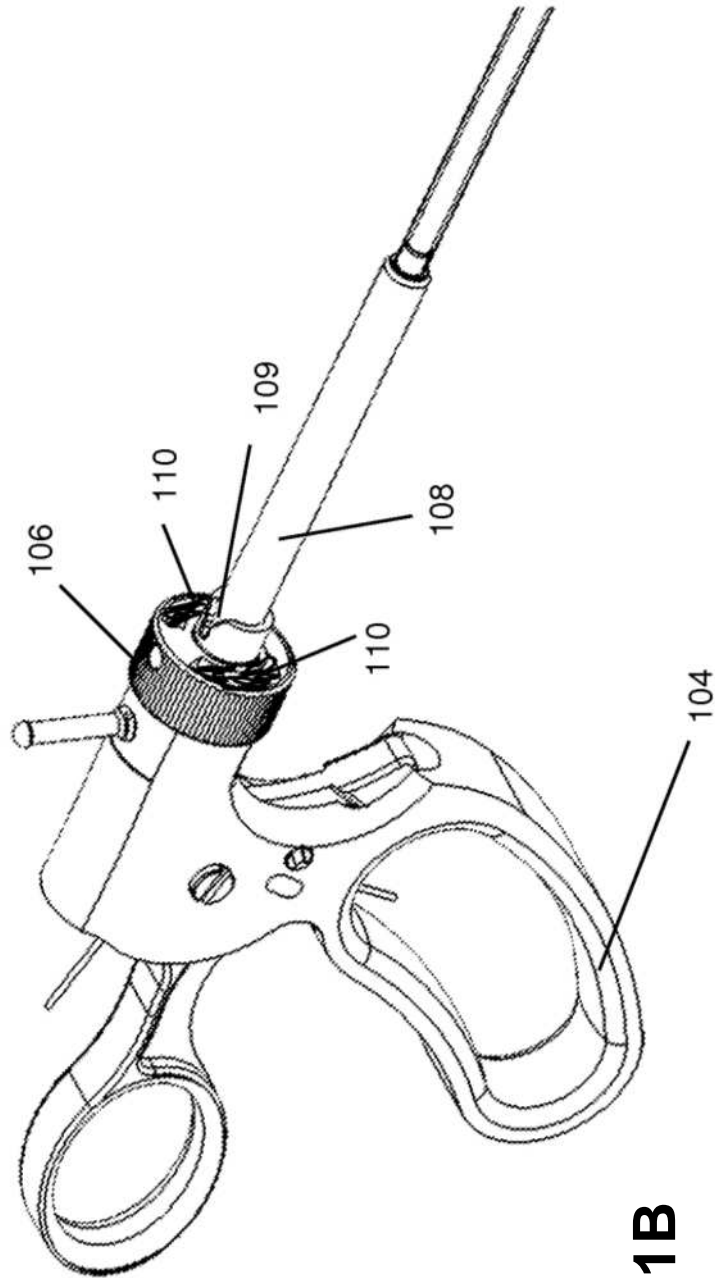


FIG.11B

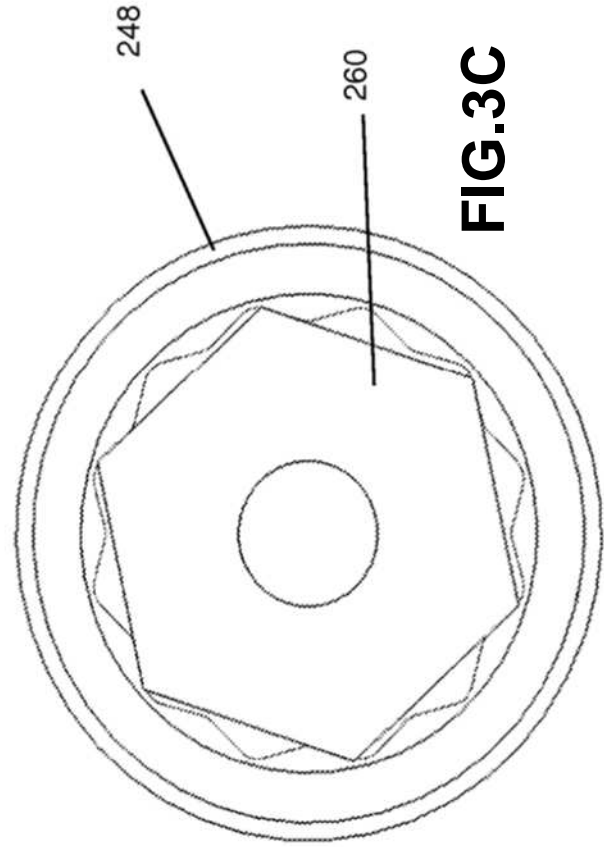
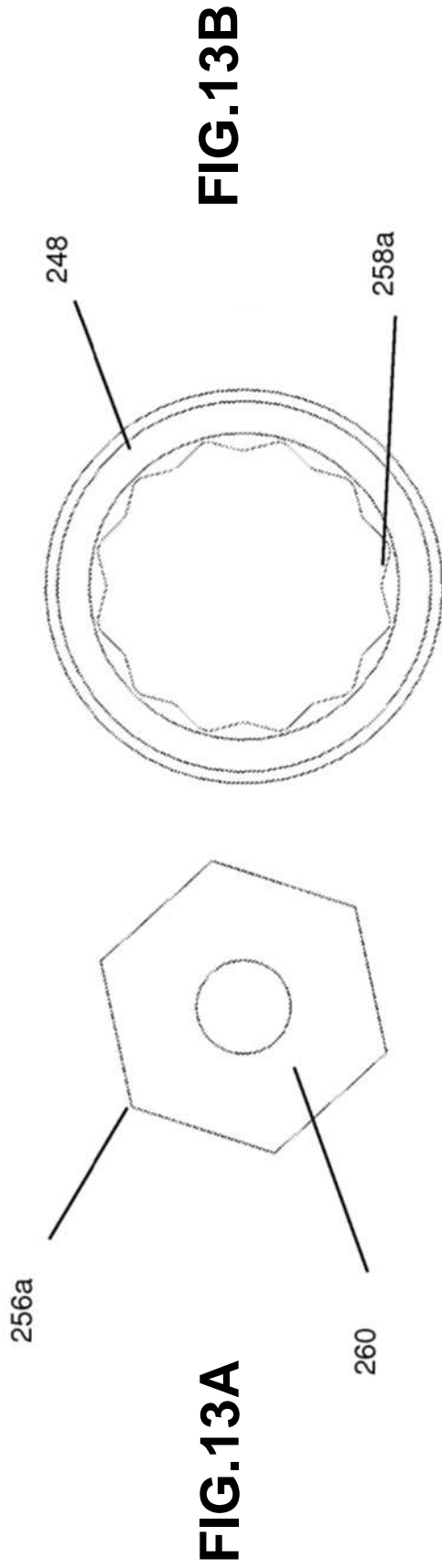


FIG.14

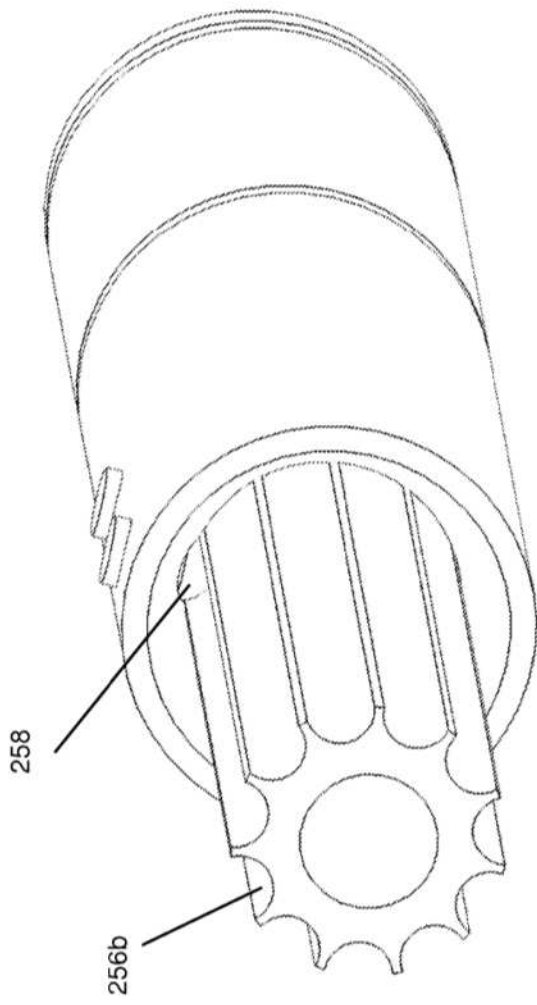
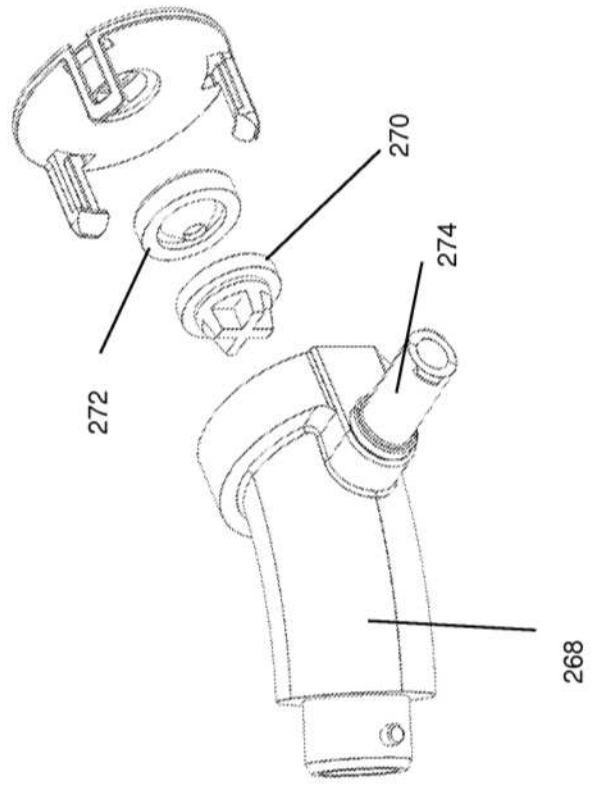


FIG.15



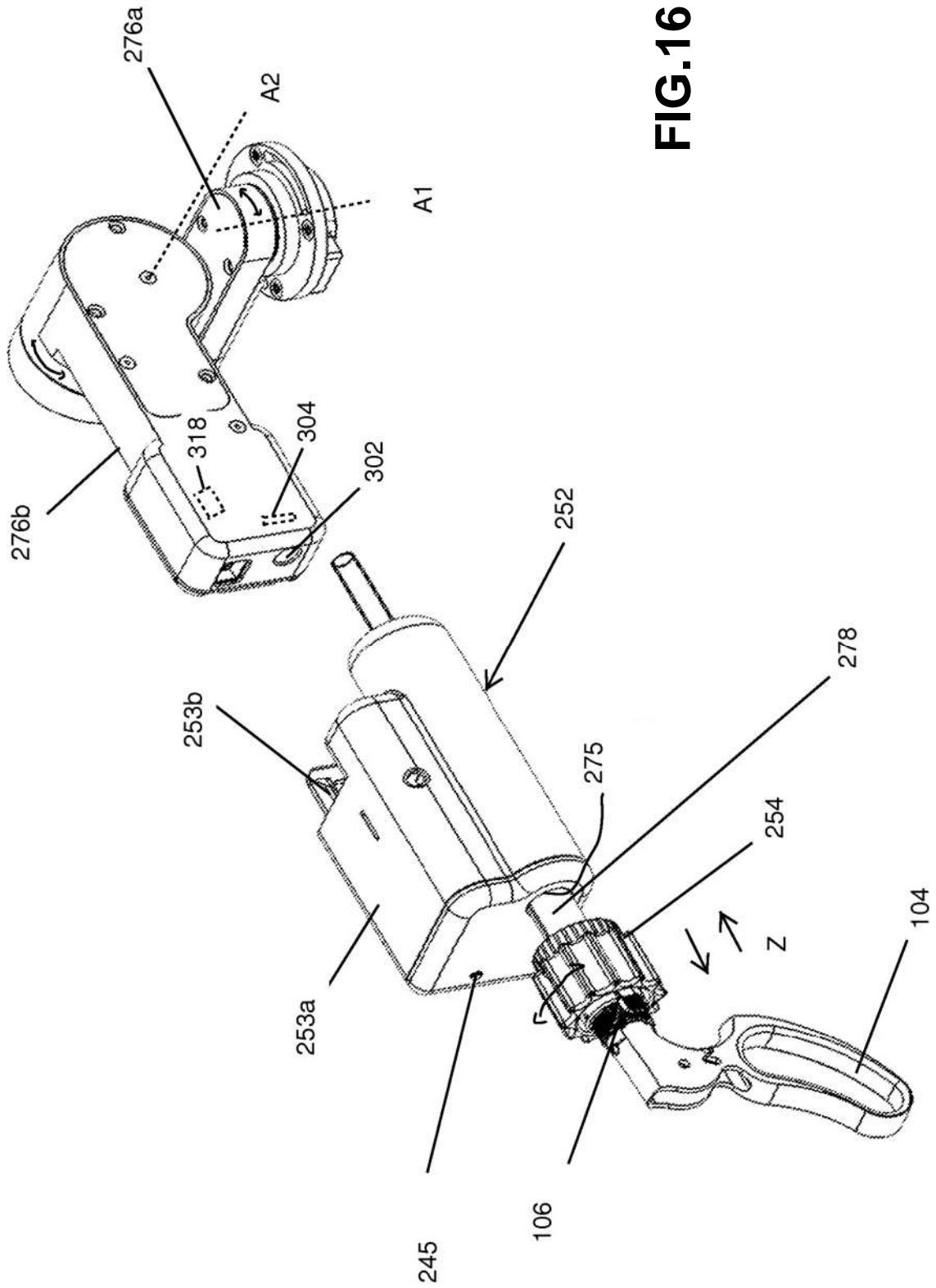


FIG.16

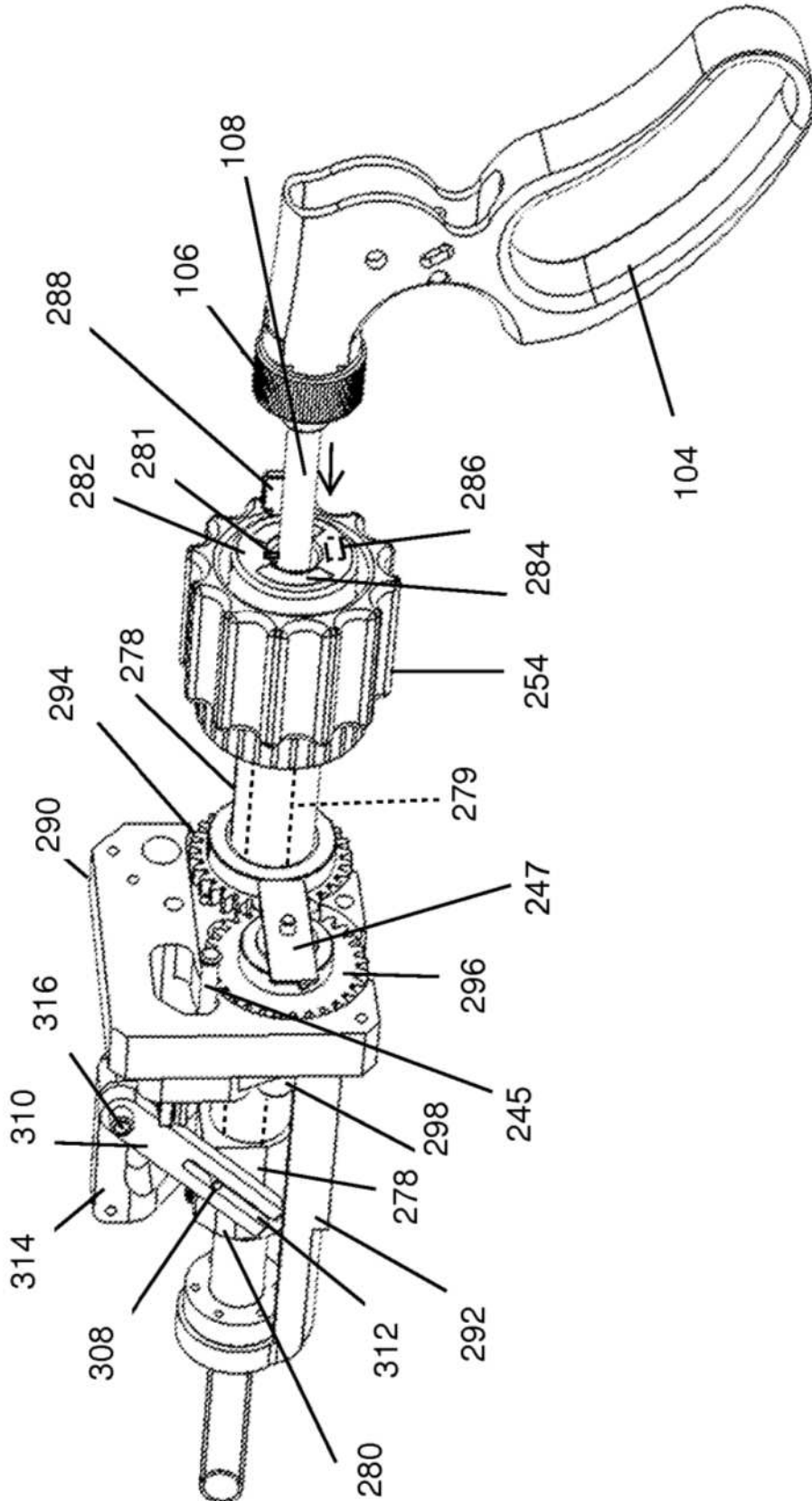


FIG.17A

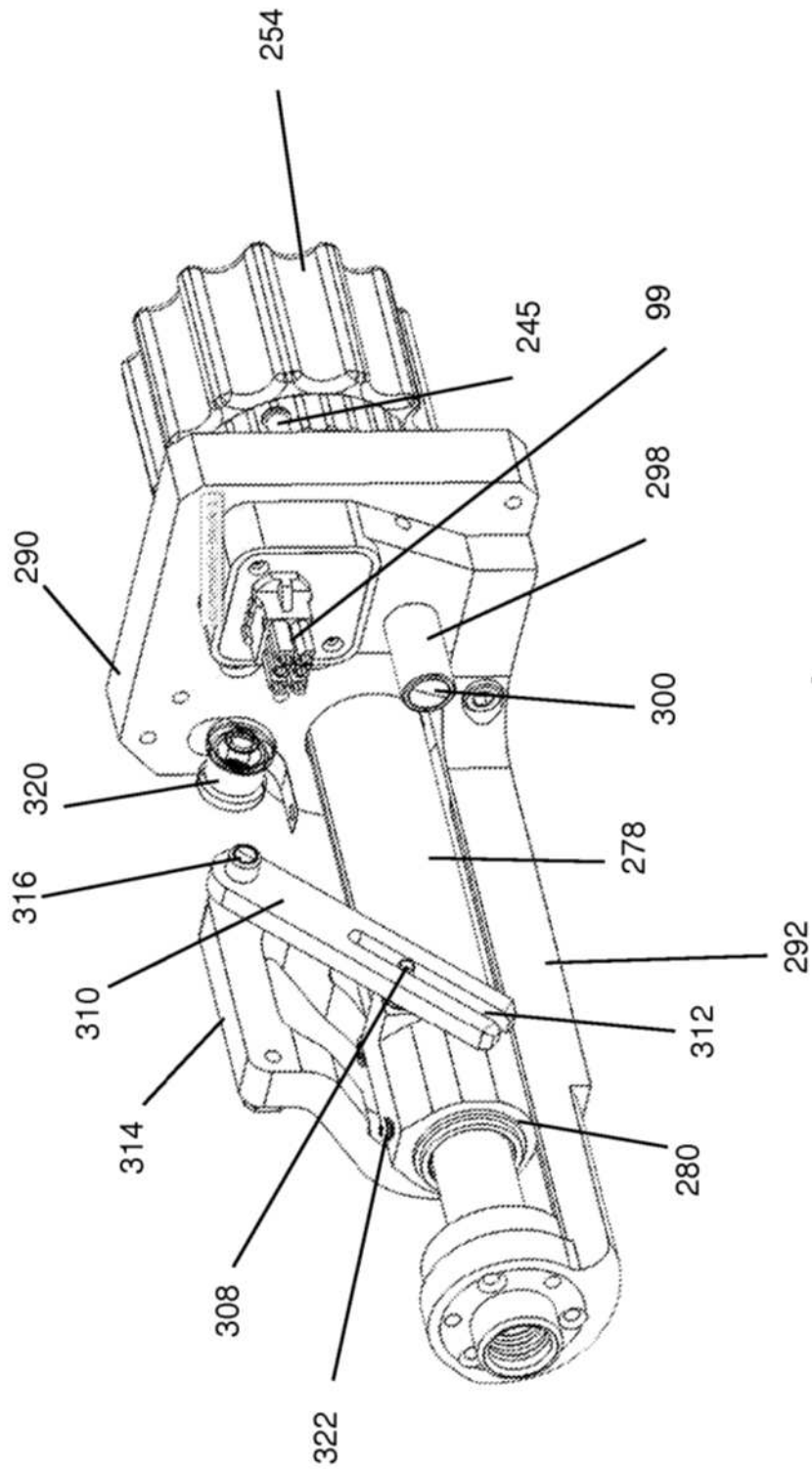


FIG.17B

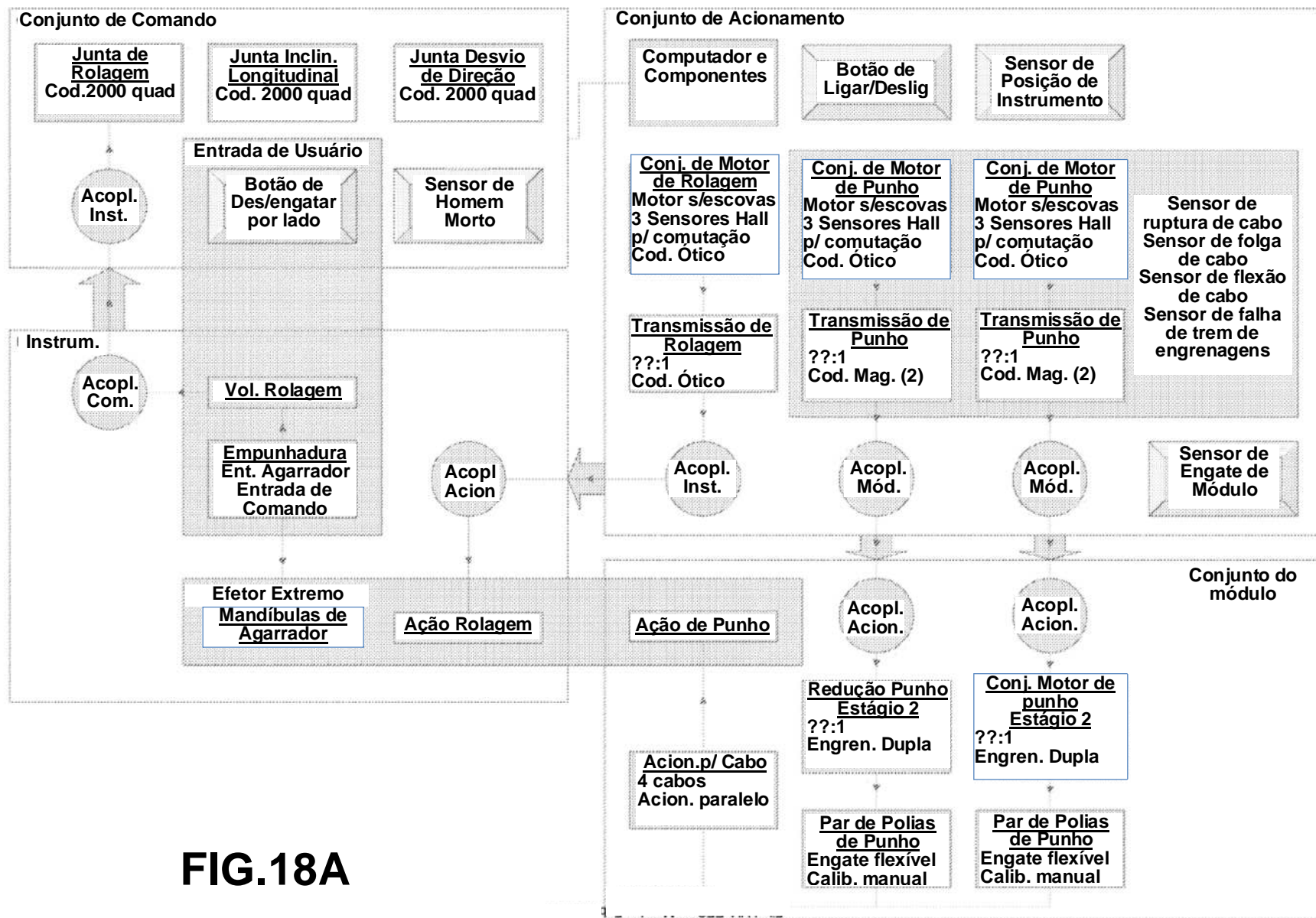


FIG.18A

25/34

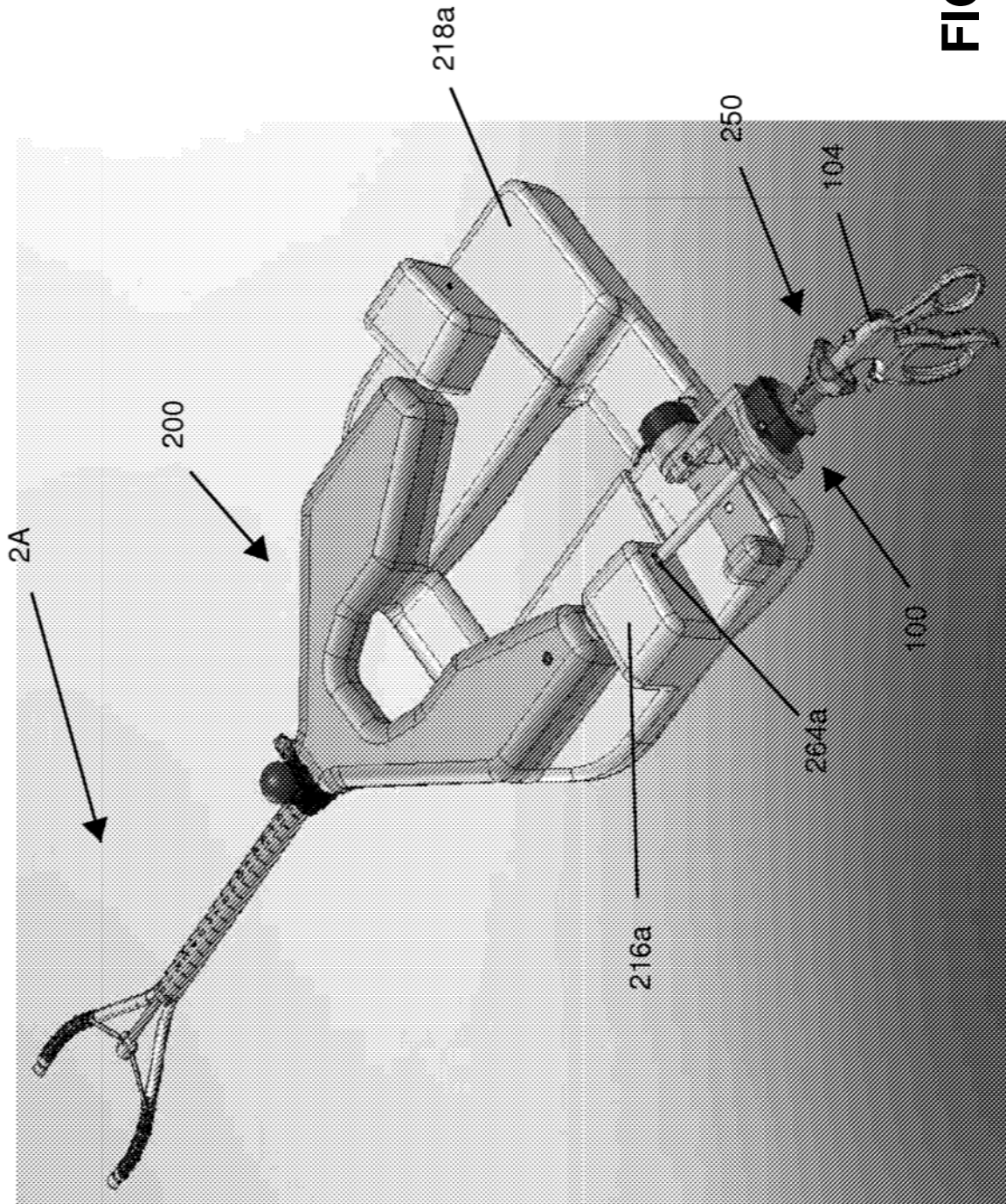
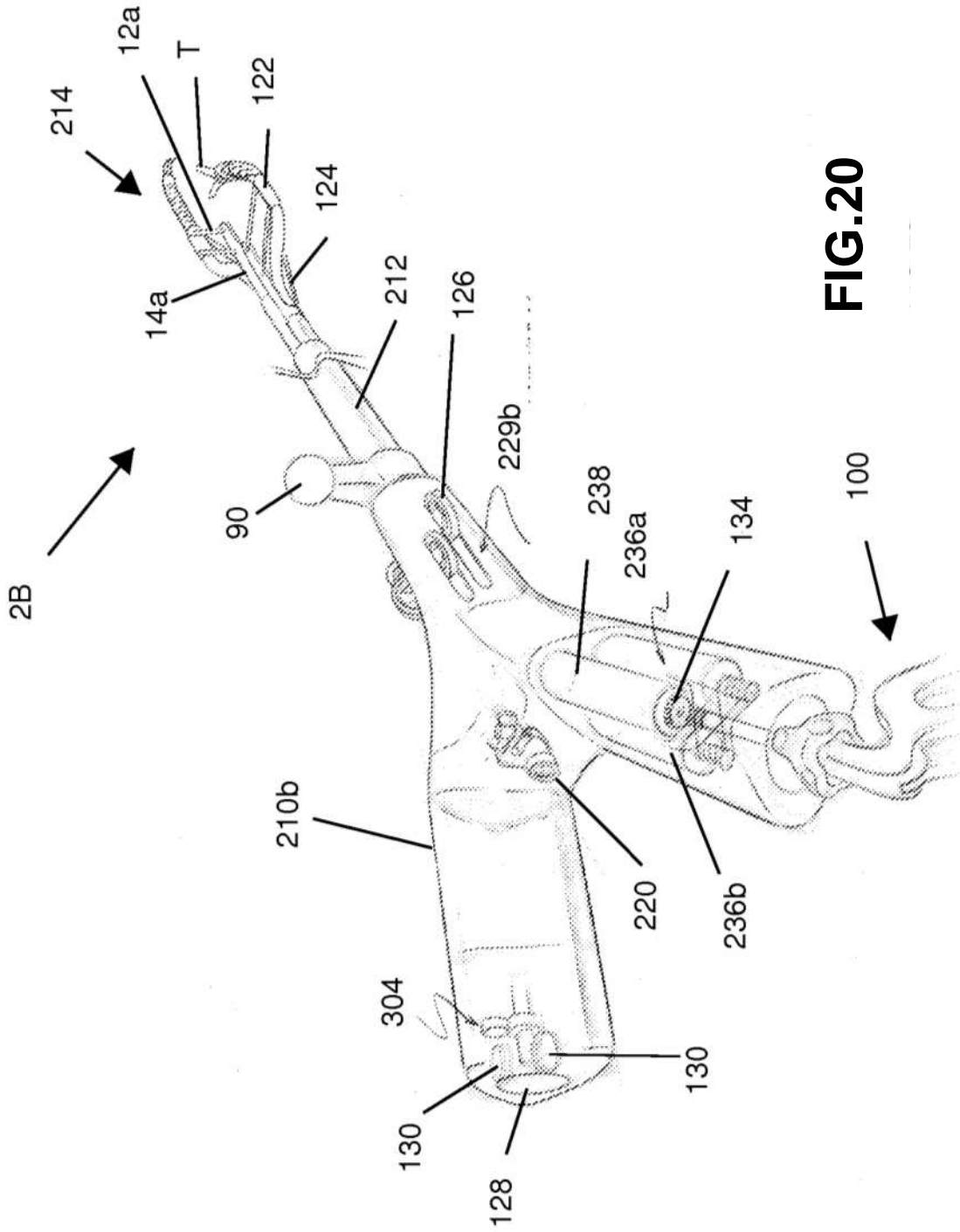


FIG.19



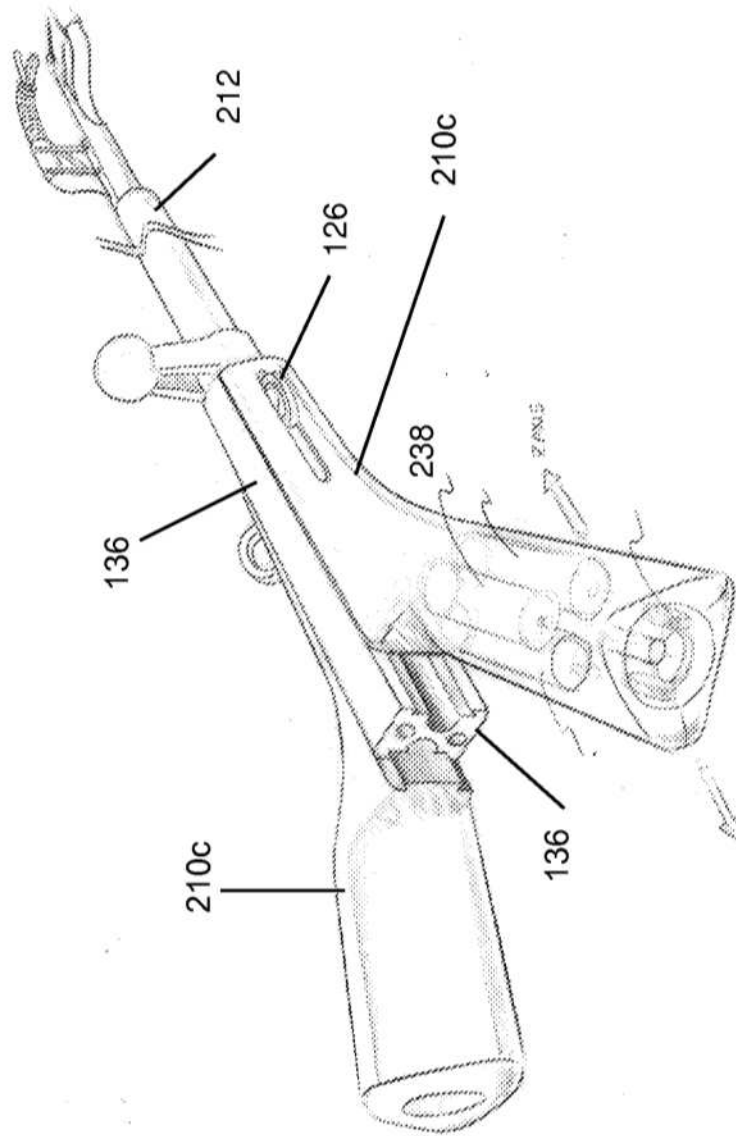
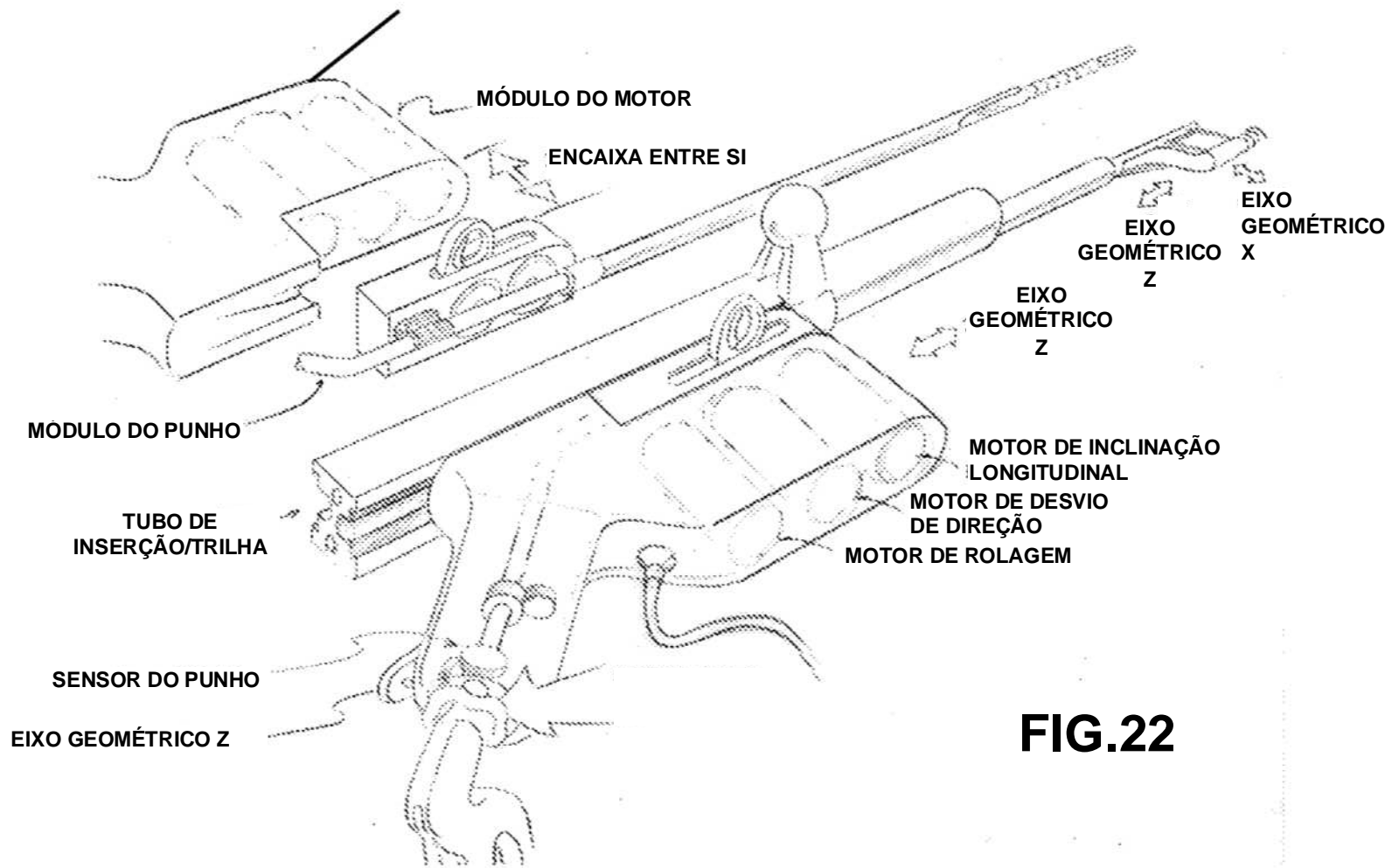
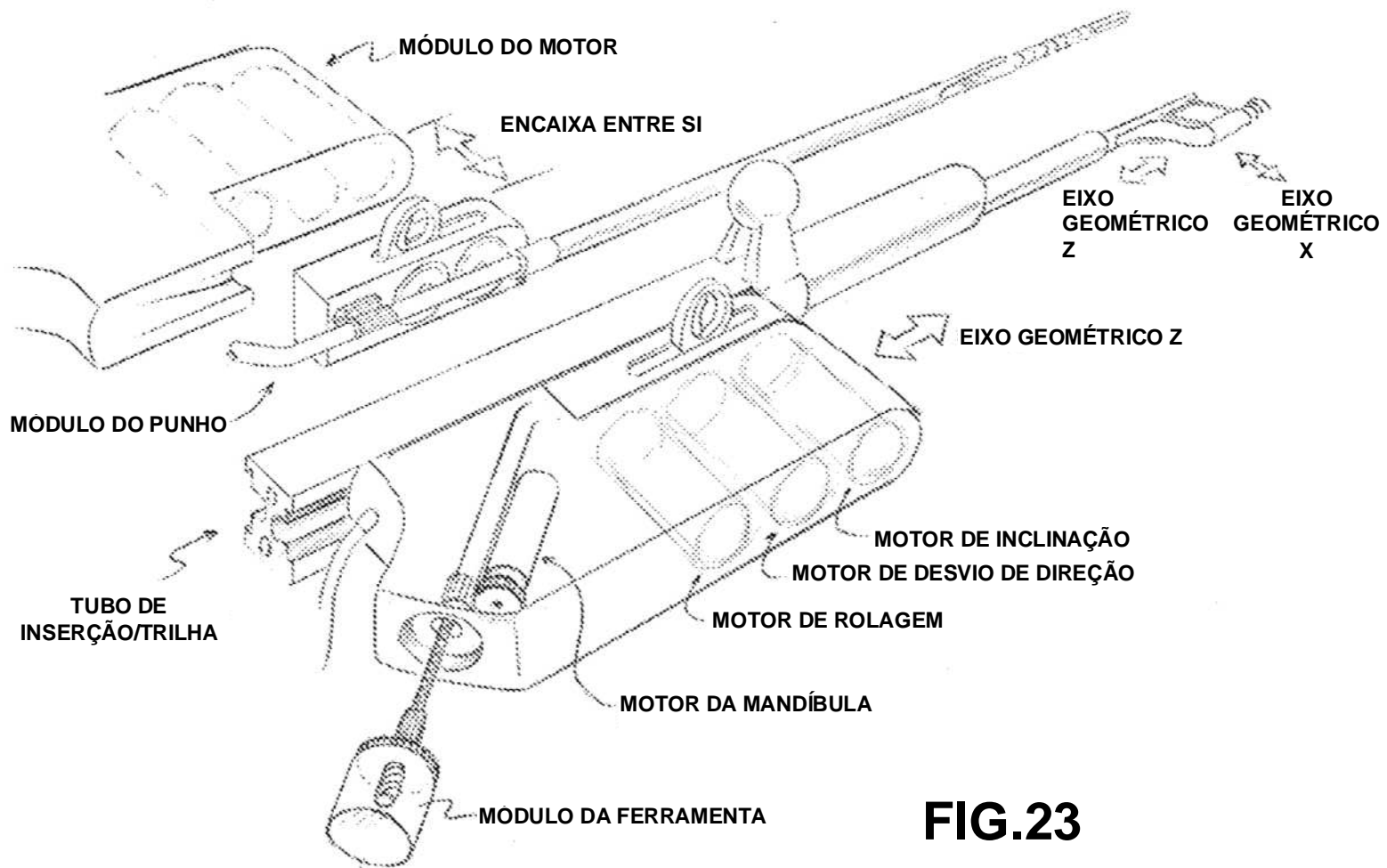


FIG.21





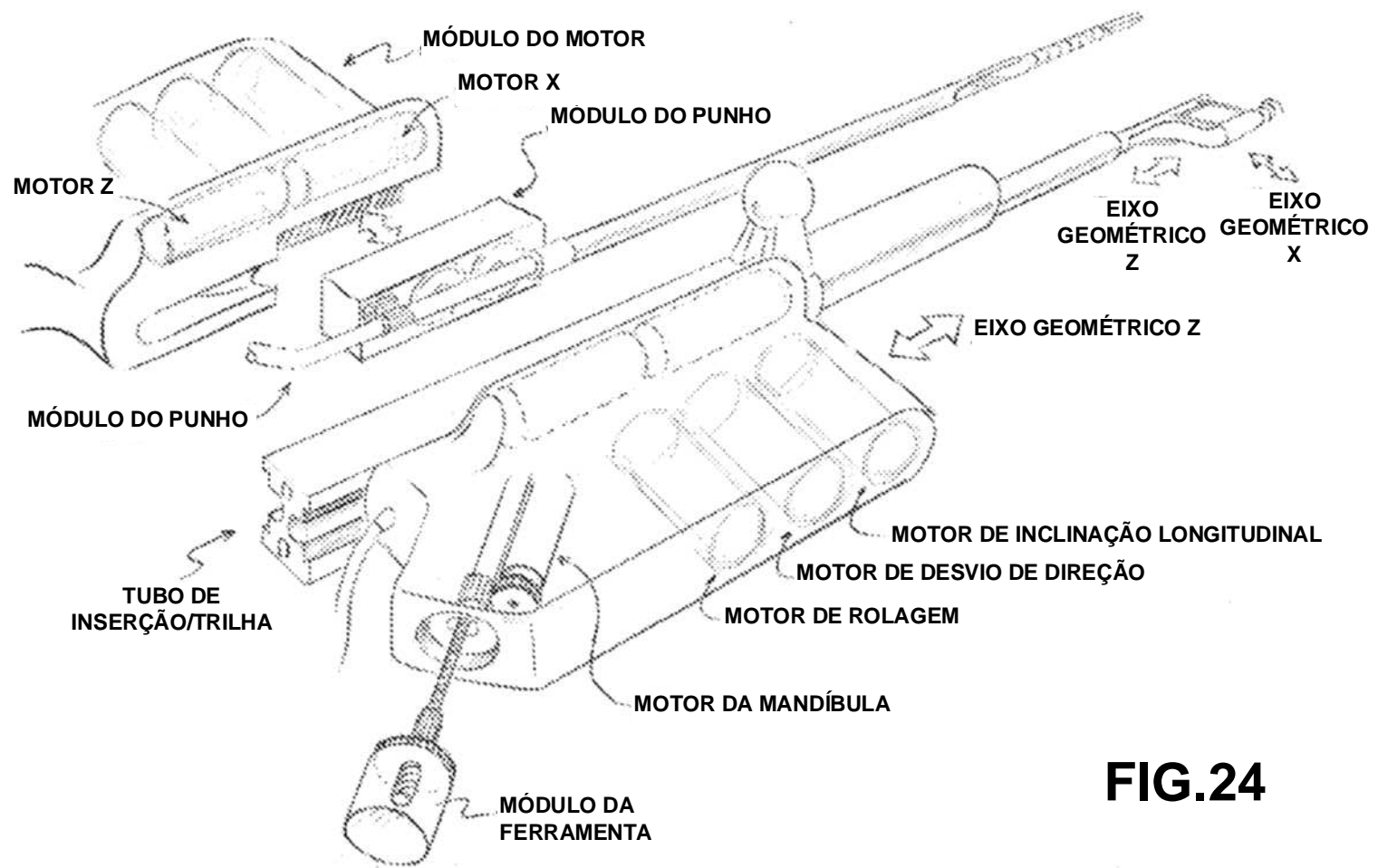


FIG.24

33/34

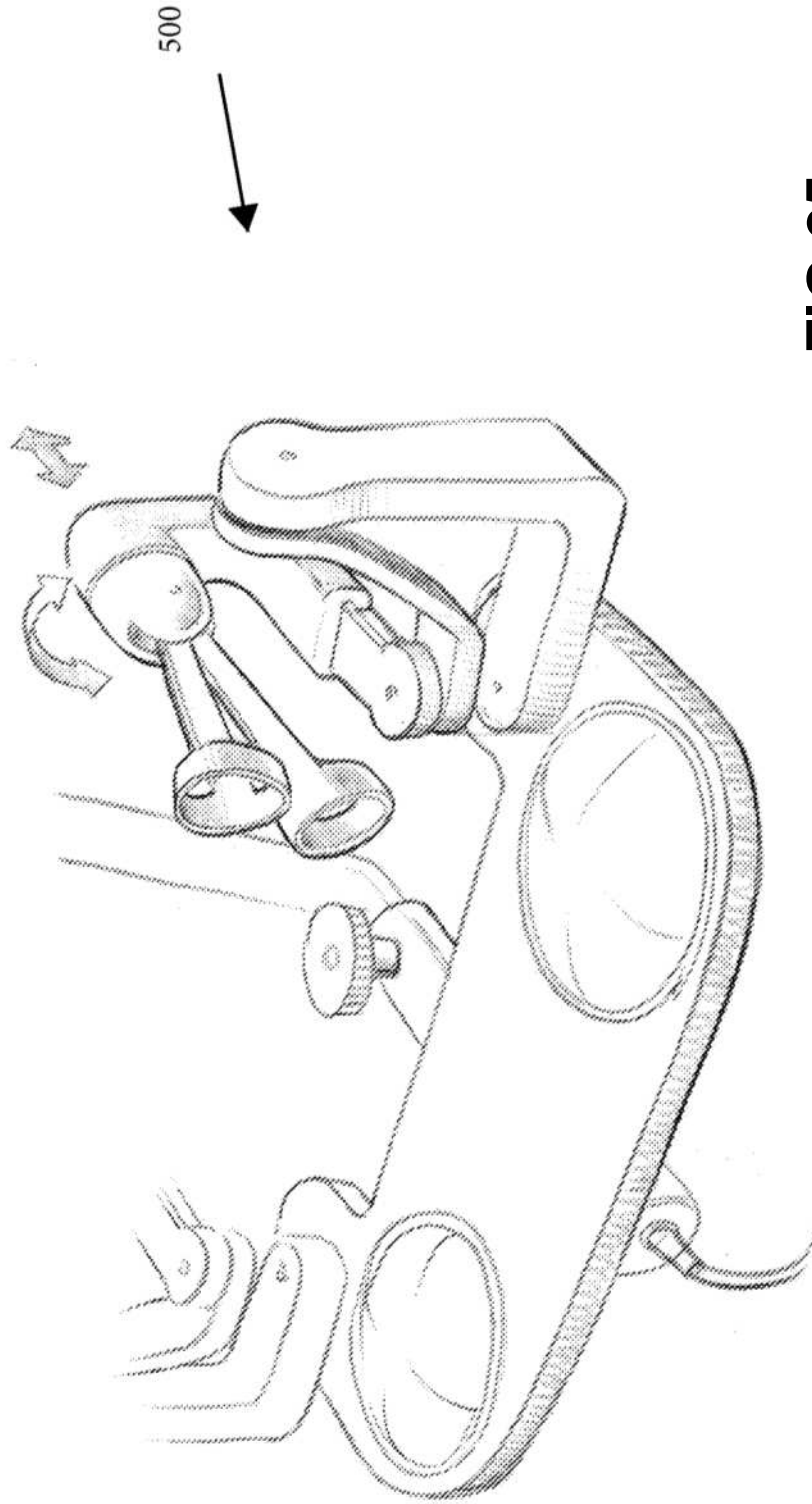


FIG.25

FIG.26

