



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

(21) BR 102017012651-0 A2



(22) Data do Depósito: 13/06/2017

(43) Data da Publicação Nacional: 15/01/2019

(54) **Título:** SISTEMA EXOESQUELÉTICO MULTIEIXOS DE REABILITAÇÃO FUNCIONAL E POSTURAL

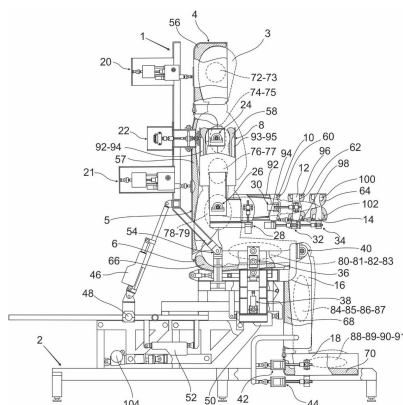
(51) **Int. Cl.:** A61H 1/00; A61H 1/02; A61G 5/00; A61H 3/00; A61F 5/01.

(52) **CPC:** A61H 1/001; A61H 1/02; A61G 5/006; A61H 3/008; A61H 1/0259; (...).

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP.

(72) **Inventor(es):** BENEDITO DE MORAES PURQUERIO; LETÍCIA HATSUE MAKI; CARLOS ALBERTO FORTULAN.

(57) **Resumo:** A presente invenção se insere na área da ciência médica, e refere-se mais precisamente a um sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural assistido por servomotores e transdutores lineares, e compreende uma cadeira extensível (1) que pode posicionar o usuário para realizar testes, exercícios repetitivos e treinamentos no processo de reabilitação funcional e postural universal nas posturas sentado, deitado e em pé sem que haja necessidade de reposicionamento, sendo a dita cadeira extensível (1) acoplada a uma mesa-divã elevadora (2) motorizada eletricamente. A cadeira extensível (1) compreende uma estrutura de perfis metálicos ou de materiais compósitos não metálicos ou similares onde é acoplado um conjunto estrutural formado por conchas interligadas por articulações universais com seis graus de liberdade projetadas para receber e alojar as estruturas anatômicas do corpo do usuário, ou seja, a cabeça, o tronco, os braços, os antebraços, as mãos, os dedos da mão, a pelve e coxas, as pernas e os pés.



**“SISTEMA EXOESQUELÉTICO MULTIEIXOS DE REABILITAÇÃO
FUNCIONAL E POSTURAL”**

Campo da invenção:

[001] A presente invenção se insere na área da ciência médica - mais precisamente voltada ao desenvolvimento de máquinas, aparelhos, equipamentos e dispositivos de reabilitação funcional e postural - e compreende um sistema composto por uma cadeira articulada motorizada extensível e uma mesa-divã elevadora motorizada assistida por servomotores e transdutores lineares controlados e assistidos por computador, que foi desenvolvido com características antropométricas, ergonômicas e funcionais para o exercício e treinamento de crianças, jovens, adultos e idosos, visando oferecer maior independência, eficiência, conforto e segurança para a Reabilitação Funcional e Postural Universal dos movimentos necessários ao desempenho de AVD's (atividades da vida diária). Destina-se, desta forma, ao treinamento de indivíduos com limitações de movimento decorrentes de causas neurológicas, traumato-ortopédicas, vasculares, síndromes congênitas e demais condições que limitam e alteram os movimentos articulares funcionais e posturais e de deambulação.

Fundamentos da invenção e estado da técnica:

[002] Conforme é do conhecimento da técnica, já são conhecidas algumas cadeiras de rodas com assistência motorizada e equipamentos intermediários entre a cadeira manual e a cadeira motorizada, onde existem mecanismos elevadores para colocar o usuário em pé, porém todos eles sem guardar semelhanças com o produto deste documento que será descrito em maiores detalhes mais à frente.

[003] O documento de patente CA2692434, por exemplo, propõe uma unidade de ficar em pé para cadeiras de rodas, a qual compreende suportes e armações articulados que elevam o encosto da cadeira, usando paralelogramo articulado, alavancas e hastes, de modo a assegurar que nenhum movimento relativo indesejável ocorra entre o encosto e a parte traseira do usuário quando se levanta ou se senta. Essa unidade de elevação serve como uma cadeira, bem como uma cadeira de rodas com elevação, quando nela conectada. No entanto, a postura ortostática (em pé) é a única proporcionada pelo equipamento, de modo que para que se possa efetuar o estímulo a outros membros e posições será necessário posicionar o usuário em outro equipamento distinto.

[004] Outros documentos patentários semelhantes ao já descrito - contemplando apenas pequenas variações - também já foram propostos para unidades motorizadas assistidas de cadeiras de rodas manuais, incorporando um sistema genérico de elevação para manter o usuário em pé. São elas: JP2007181639, que descreve uma cadeira com função de auxiliar um usuário em pé, com comodidade suficiente para a assistência em pé, sendo compacta e leve permitindo ao usuário mover-se em paralelo com as pessoas saudáveis normais; WO9525497A1, que apresenta sistemas, dispositivos e métodos, incluindo uma cadeira de rodas *stand-up* com controle de estabilidade automático; US 2011/0215540, que revela um veículo com tração central, em particular uma cadeira de rodas ou cadeira de rodas *stand-up*; US 2007/0296177, que descreve um assento inclinável de cadeira de rodas *stand-up* para usuários com deficiência locomotora;

US20070063480, que trata da verticalização com meios de controle angular do apoio de pé em posição vertical.

[005] Em suma, verifica-se a existência de diversos dispositivos e artefatos que se aplicam, cada qual, a regiões específicas e locais a serem reabilitadas de modo que para que possa realizar uma sequência completa de exercícios de reabilitação, o paciente terá que ser removido de um equipamento ao outro algumas vezes - o que acaba por tornar essa atividade demorada e, não raro, desgastante e não recomendável no caso de crianças, jovens e mesmo adultos hipotônicos e ou portadores de PC (Paralisia Cerebral), que respectivamente apresentam a hipotonia ou hipertonia das cadeias musculares.

[006] Mecanismos articulados (quadriláteros articulados, etc.) assistidos por servomotores e transdutores lineares correntes e comercialmente adquiríveis, não são novidade e encontram-se descritos no livro: CHIRONIS, N. P.; SCLATER, N. *Mechanisms and mechanical devices sourcebook*. McGraw-Hill, New York, 2007. No entanto, não foram revelados sistemas que operam de forma integral para promover a reprodução lógica de todos os movimentos que o corpo humano pode realizar sem que seja necessário reposicionar frequentemente o paciente e que seja passível de reproduzir os movimentos dos métodos de reabilitação Kabat, Bobath e Neurodinâmicas.

[007] O método ou conceito Bobath é um método especializado desenvolvido pelo neuropediatra alemão Karel Bobath e sua esposa - a fisioterapeuta Berta Bobath - aceito em vários países, incluindo o Brasil. O método fundamenta-se na inibição dos padrões reflexos anormais e a

facilitação dos movimentos normais, onde o paciente aprende a sensação do movimento, e não o movimento em si. O objetivo é facilitar o movimento motor e inibir movimentos e posturas anormais, sendo uma abordagem para a avaliação e tratamento do indivíduo com distúrbios de movimento, função e controle postural, devido a uma lesão do sistema nervoso central. O tratamento estimula e aumenta a capacidade do indivíduo para realizar o movimento funcional o mais próximo da normalidade possível. Os movimentos normais não podem ser obtidos se o indivíduo permanecer em algumas posturas e movimentos de forma desordenada. O objetivo do tratamento é ajudar o indivíduo a mudar suas posturas e seus movimentos anormais para que ele seja capaz, através de uma maneira confortável, de se adaptar ao ambiente e desenvolver uma melhor qualidade de realizar suas atividades funcionais.

[008] O método Kabat é uma técnica de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP) desenvolvida pelo médico neurofisiologista Herman Kabat, auxiliado pela fisioterapeuta Margaret Knott, durante o período de 1946 a 1951. Esse método é um recurso terapêutico que faz uso da sensibilidade para aumentar a força, equilíbrio e a coordenação. O método Kabat era usado em crianças com poliomielite, passando a ser usado nas desordens neuromusculares. As técnicas melhoram a coordenação motora dos pacientes por meio da reeducação seletiva de cada elemento motor (mãos, pernas, braços, etc.), estimulando os elementos motores por meio do desenvolvimento neuromuscular para aumentar e/ou recuperar a força muscular e desenvolvendo a coordenação motora. O método Kabat

fundamenta-se em nove princípios: resistência; irradiação e reforço; contato manual; comando verbal; estiramento; sincronização de movimentos; padrões de facilitação; tração e aproximação, e visão.

[009] A Mobilização Neural (Neurodinâmica) é um tratamento mecânico para o tecido neural e a interligação da função mecânica e fisiológica do sistema nervoso é denominada Neurodinâmica. A principal função do sistema nervoso é a condução de impulsos e é dependente da parte mecânica desse sistema e vice-versa, não cabendo ao sistema nervoso somente conduzir impulsos por meio de grandes amplitudes e complexidades de movimento, mas também adaptar-se mecanicamente a esses movimentos, retraíndo-se e alongando-se, podendo até mesmo limitar essas amplitudes em certas combinações de movimentos. Quando a neurodinâmica está alterada, ocorre o que se denomina de Tensão Neural Adversa, que consiste numa resposta mecânica e fisiológica anormal sempre que a amplitude normal do sistema nervoso e sua capacidade de alongamento são testadas. O comprometimento de mecânica e da sua fisiologia do sistema nervoso pode resultar em outras disfunções próprias, bem como das estruturas musculoesqueléticas que recebem sua inervação, gerando uma lesão nervosa que provoca alterações nas suas propriedades mecânicas (movimento e elasticidade) e fisiológicas (condução de impulso nervoso e fluxo axoplasmático) do nervo, alterando sua neurodinâmica, que, por sua vez, sustentam ou agravam a lesão. A lesão implicará alteração nas funções do nervo, e a alteração da condução elétrica acarreta distúrbios sensoriais de dor e de parestesias, distúrbios motores diatônicos e fraqueza

autonômica vasomotora e pilomotora, ou seja, as lesões podem derivar para disfunções nas estruturas que recebem sua inervação. Como consequência, estruturas musculoesqueléticas podem ficar comprometidas em uma disfunção de origem neural. Dessa forma, a mobilização neural tem como princípio que comprometimentos do funcionamento e da mecânica do sistema nervoso tais como elasticidade, movimento, condução, fluxo axoplasmático, podem gerar disfunções próprias do sistema nervoso ou nas estruturas musculoesqueléticas por ele inervadas, e que a recuperação da biomecânica e fisiologia adequada, permite restaurar a extensibilidade e a função normal desse sistema, bem como melhora a condutibilidade do impulso nervoso. A técnica consiste em impor ao sistema nervoso maior tensão e ou movimento, mediante determinadas posturas para que, em seguida, sejam aplicados movimentos lentos e rítmicos direcionados aos nervos periféricos e à medula espinhal, promovendo a facilidade na realização do movimento e a elasticidade do sistema nervoso, gerando e aperfeiçoando suas funções normais, com conseqüente aumento da amplitude de movimento (ADM).

[010] Outro documento do estado da técnica é o DE4110703, que revela um sistema de movimento para as posições deitado, sentado e em pé, incorporando dispositivos, bem como sistemas de equipamentos de treinamento e correção do corpo. Os movimentos são produzidos por motores elétricos bem como sistemas hidráulicos e pneumáticos. Utiliza uma série de órteses separadas para os membros inferiores e superiores dependentes de cintos e correias de fixação dessas partes

do corpo, além de plataformas e dispositivos para movimentos dos membros inferiores, assentos e leitos também dependentes de cintos e correias de fixação para a cabeça, tronco e pelve, e almofadas pneumáticas para gerar movimentos do corpo como um todo. No entanto, não se trata de um sistema totalmente integrado que permita ou promova uma continuidade de movimentos de todas as partes do corpo, em separado e/ou em conjunto. Ademais, os módulos constituintes são independentes e incapazes de serem acoplados para operarem como um sistema único para permitir movimentos combinados contínuos globais e passíveis de efetuar uma reprodução lógica de todos os movimentos que o corpo humano pode realizar nas posturas sentada, deitada e em pé, sejam eles individuais ou combinados, como se pretende na presente invenção. Observa-se, ainda, que o objeto do documento em questão não é capaz de reproduzir os movimentos das técnicas de reabilitação do Kabat, Bobath e Neurodinâmicas, que no geral abrangem quase todas as possibilidades de reabilitação física propostas nas posturas citadas (sentada, deitada e em pé) de forma automática e sem alterar a acomodação do paciente nas conchas (cadeira).

[011] Outro exemplo de estado da técnica é o documento CN204394934 que descreve uma estrutura exoesquelética para reabilitação e treinamento de membros superiores, somente. Restringe-se, portanto, à reabilitação das articulações que envolvem ombro, cotovelo e punho, o que restringe sua atuação.

[012] Observa-se, portanto, que o atual estado da técnica carece de um sistema completo, unitário e integrado

que permita a reabilitação conjunta de todos os membros do corpo - sejam eles inferiores ou superiores - e, por meio das conchas, oriente e coordene todos os membros do corpo corretamente nas posições deitada, sentada ou em pé, sem gerar sobrecarga adicional em outra região do corpo não necessariamente afetada.

[013] Ao dito sistema exoesquelético multieixos de reabilitação foi dada construção inédita e original com o objetivo de aprimorar a eficiência, conforto e independência do acometido na restauração da globalidade postural e funcional do corpo, em comparação aos similares conhecidos no atual estado da técnica.

Objetivos e vantagens da invenção:

[014] Em função do exposto acima, a presente invenção visa solucionar o problema técnico da carência de sistemas integrados que realize movimentos corporais repetitivos, coordenados em conjunto ou não para a restauração da globalidade do corpo de toda uma gama de usuários, nas posições sentado, deitado e em pé sem que, para tanto, seja necessário reposicionar o paciente ou passá-lo de um equipamento / aparelho para o outro.

[015] Portanto é um dos principais objetivos da presente invenção prover um sistema exoesquelético multieixos cuja finalidade é aprimorar a eficiência, conforto e independência do acometido, na restauração da globalidade postural e funcional de seu corpo.

[016] Complementarmente é um dos principais objetivos da presente invenção prover um sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural que possua características antropométricas, ergonômicas e funcionais

para o exercício e treinamento de crianças, jovens, adultos e idosos, visando oferecer maior independência, eficiência, conforto e segurança para a Reabilitação Funcional e Postural Universal dos movimentos necessários ao desempenho de atividades da vida diária.

[017] É outro dentre os objetivos da invenção revelar um sistema exoesquelético multieixos que dê aos pacientes possibilidade de realizar os movimentos de qualquer de suas estruturas articuladas com ou sem resistência de uma carga de trabalho, principalmente nos membros inferiores e superiores.

[018] Ademais, o sistema exoesquelético multieixos da presente invenção objetiva-se a prover um equipamento que tenha todos os seus movimentos controlados por computador.

[019] É outro objetivo prover um sistema exoesquelético multieixos que dê ao usuário a possibilidade de realizar os movimentos de qualquer de suas estruturas articuladas com ou sem resistência de uma carga de trabalho, principalmente nos membros inferiores e superiores, e que possa ser regularmente mantida ou alterada, induzindo ao restabelecimento das estruturas incapacitantes em tratamento fisioterapêutico, levando assim o usuário à independência nas atividades diárias e melhoria na sua qualidade de vida.

[020] Um dos principais objetivos da invenção compreende um sistema exoesquelético multieixos compreendendo uma cadeira extensível para adquirir as posturas do usuário sentado, deitado e em pé, desenhada com base em conceitos ergonômicos e antropométricos das estruturas do corpo humano, acoplada de forma simétrica e

centrada a uma mesa-divã elétrica motorizada, com leitura combinada de forças, ângulos, flexão, extensão, inclinação, rotação e basculação.

[021] Outro objetivo da invenção é prover um sistema exoesquelético multieixos que compreende uma cadeira extensível mecanicamente acoplada à mesa-divã, possibilitando ao fisioterapeuta posicionar o usuário nas posições sentado, deitado e em pé durante os exercícios reabilitadores funcionais de restabelecimento dos movimentos articulares e ADM (Amplitude de Movimento).

Breve descrição da invenção:

[022] Os objetivos acima mencionados são alcançados através do objeto da presente invenção, mais especificamente do sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural do tipo que compreende um sistema de movimento para as posições deitado, sentado e em pé, caracterizado pelo fato de que compreende: uma cadeira articulada motorizada extensível (1); uma mesa-divã elevadora elétrica (2) motorizada que opera em condição elevada ou em repouso, sendo a dita mesa-divã elevadora elétrica (2) cooperante com a dita cadeira articulada motorizada extensível (1); um conjunto de subsistemas cooperantes entre si, sendo que o dito conjunto de subsistemas coopera com a cadeira articulada motorizada extensível (1), e cada subsistema compreende pelo menos um módulo funcional servomotorizado (20 a 45) cooperante com ao menos uma concha (4 a 19); e um conjunto de transdutores lineares (46, 47, 50, 51, 52, 53), encoders, sensores de registro, sinalização e avaliação de movimento, sensores de posicionamento e células de carga cooperantes com a cadeira

articulada motorizada extensível (1) e com a mesa-divã elevadora elétrica (2), sendo tal conjunto controlado e assistido por computador, sendo que: a dita cadeira articulada motorizada extensível (1) compreende ao menos uma estrutura articulada (1A) cooperante com a mesa-divã elevadora elétrica (2) por meio de eixos (54, 55), e de eixos (46B, 47B) cooperantes com hastes telescópicas (46A, 47A) comandadas por transdutores lineares (46, 47); a cooperação entre a dita cadeira articulada motorizada extensível (1) e o conjunto de subsistemas consistindo de conchas (4 a 19) cooperantes com módulos funcionais servomotorizados (20 a 45), é feita por meio de juntas universais (110, 111, 112, 113, 114, 137, 138, 139, 140, 170, 171, 172, 184, 185, 189, 197, 205, 224, 225, 227, 229, 244, 245, 246, 247, 256, 264, 271, 272, 280, 281 e 283); as ditas conchas (4 a 19) cooperam com os ditos módulos funcionais servomotorizados (20 a 45) para promover movimentos de flexão, extensão, inclinação, rotação, abdução, supinação, pronação, e retroversão; e a cooperação entre a cadeira articulada motorizada extensível (1) e a mesa-divã elevadora elétrica (2) motorizada permite posicionar a dita cadeira articulada motorizada extensível (1) nas posturas sentada, deitada e em pé.

[023] Segundo uma concretização preferencial da invenção, os ditos módulos funcionais servomotorizados (20 a 45) promovem assistência motora ao sistema, a qual varia de intensidade entre 0 e 95%, sendo que as ditas conchas (4 a 19) se movimentam de forma individual, ou pelo menos duas conchas (4 a 19) se movimentam de forma conjunta, e as ditas conchas (4 a 19) alojam as seguintes estruturas

corporais: cabeça, tronco, braços, antebraços, mãos e pulsos, dedos das mãos, pelve, coxas, pernas e pés.

[024] Também preferencialmente ditas posturas sentada, deitada e em pé da cadeira articulada motorizada extensível (1) são realizadas com a mesa-divã elevadora elétrica (2) motorizada em condição elevada ou em repouso.

[025] O sistema exoesquelético da presente invenção compreende, preferencialmente, um controle inteligente de motorização feito por sensoriamento de movimentos funcionais através da utilização de células de carga instaladas entre as conchas (4 a 19) e os respectivos módulos funcionais servomotorizados (20 a 45) e de encoders. Ademais, o controle dos conjuntos de módulos funcionais servomotorizados (20 a 45) e mecanismos de movimento sistema ser realizado por pelo menos um dentre os seguintes meios: computadores, processadores, controle remoto, aparelho celular ou botão seletivo. Cabe destacar ainda que, preferencialmente, o dito encoder compreende um encoder do tipo IMU (Unidade de Medida Inercial) para detecção do movimento (taxa angular) e da força das estruturas em movimento realizadas.

[026] Os dados provenientes dos sensores de movimento, células de carga e encoders são registrados por ao menos uma placa de aquisição de dados e posteriormente enviados para o processamento em computador, e o processamento dos sinais provenientes da placa de aquisição de dados é feito através de computador/processador dedicado que, através de controladores, aciona os módulos funcionais servomotorizados (20 a 45) no nível de atuação adequada.

[027] Também segundo uma concretização preferencial da

invenção, o sistema compreende carenagens de proteção e acabamento cooperantes com as conchas (4 a 19), sendo ditas carenagens revestidas de material flexível, impermeável e lavável.

[028] Os objetivos da presente invenção também são atingidos por um grupo de módulos funcionais servomotorizados que serão descritos com mais detalhes mais adiante no presente relatório.

Breve descrição das figuras:

[029] Para obter total e completa visualização do objeto da presente invenção, são apresentadas as figuras às quais se faz referências, conforme se segue.

[030] A Figura 1 mostra uma vista lateral esquerda, em corte parcial, do sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural de acordo com uma concretização preferencial da presente invenção, o qual é composto por uma cadeira funcional extensível e uma mesa-divã elevadora e basculadora elétrica, ambos na posição de repouso, com a representativa mobilização através de um modelo antropométrico humano na postura sentada.

[031] A Figura 2 mostra a vista lateral, em corte parcial, representada na Figura 1, porém, com a cadeira funcional extensível em posição horizontal (deitada) e a mesa-divã elevadora em repouso, com o modelo antropométrico humano na postura deitada.

[032] A Figura 3 mostra a vista lateral, em corte parcial, representada na Figura 1, porém com a cadeira funcional extensível estendida para a postura ortostática (em pé) e a mesa-divã elevada, com o modelo antropométrico humano na postura ortostática.

[033] A Figura 4A mostra, em vista frontal em corte parcial, o sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural da presente invenção, com a cadeira funcional extensível estendida para a postura ortostática (em pé) e a mesa-divã elevadora elevada, com o modelo antropométrico humano também na postura ortostática.

[034] A Figura 4B mostra a mesma representação da Figura 4A, porém em vista posterior.

[035] A Figura 5A mostra uma vista frontal, parcialmente seccionada, do sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural com a cadeira funcional extensível em posição convencional e modelo antropométrico humano na postura sentada.

[036] A Figura 5B mostra a mesma representação da Figura 5A, porém em vista posterior.

[037] A Figura 5C mostra a mesma representação da Figura 5A, porém em vista superior.

[038] A Figura 6A mostra uma vista lateral esquerda parcialmente seccionada da mesa-divã elevadora e basculadora elétrica do sistema exoesquelético da invenção em questão, tendo o módulo postural de elevação em posição de repouso, o módulo de basculação também em repouso, e o módulo de inclinação acionado para trás.

[039] A Figura 6B mostra a mesma representação da Figura 6A, porém em vista superior.

[040] A Figura 6C mostra a mesma representação da Figura 6A, porém em vista frontal.

[041] A Figura 6D mostra a mesma representação da Figura 6A, porém em vista posterior.

[042] A Figura 6E mostra uma vista lateral parcialmente

seccionada da mesa-divã elevadora e basculadora elétrica do sistema exoesquelético da presente invenção, desta vez com o módulo postural de elevação em repouso, o módulo de basculação em repouso e o módulo de inclinação acionado para frente.

[043] A Figura 6F mostra o sistema da presente invenção na mesma conformação da Figura 6D, porém em vista superior.

[044] A Figura 7A mostra a vista lateral esquerda parcialmente seccionada da mesa-divã elevadora e basculadora elétrica do sistema exoesquelético da presente invenção, porém com o módulo postural de elevação acionado, o módulo de basculação em repouso e o módulo de inclinação acionado para trás.

[045] A Figura 7B corresponde à mesma representação da Figura 7A, porém com o módulo de inclinação acionado para a frente.

[046] A Figura 7C mostra a vista frontal da mesa-divã elevadora e basculadora elétrica do sistema exoesquelético da invenção em questão com o módulo postural de elevação acionado, o módulo de basculação acionado e o módulo de inclinação acionado para frente.

[047] A Figura 7D mostra a mesma representação da Figura 7C, porém em vista posterior.

[048] A Figura 8A mostra, em detalhe ampliado, a vista lateral esquerda do módulo de movimento cervical parcialmente seccionada do sistema exoesquelético da presente invenção, em posição neutra de movimento.

[049] A Figura 8B mostra uma vista posterior do módulo ilustrado na Figura 8A.

[050] A Figura 8C mostra uma vista frontal do módulo

ilustrado na Figura 8A.

[051] A Figura 8D mostra a vista superior parcialmente seccionada do módulo de movimento cervical do sistema exoesquelético da presente invenção, em posição neutra de movimento.

[052] A Figura 9A mostra, em vista lateral esquerda e semi-seccionada, um detalhe ampliado do módulo de movimento pélvico do sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural da presente invenção em posição neutra de movimento.

[053] A Figura 9B mostra o módulo de movimento pélvico da Figura 9A em vista posterior.

[054] A Figura 9C mostra o módulo de movimento pélvico da Figura 9A em vista anterior.

[055] A Figura 9D mostra o módulo de movimento pélvico da Figura 9A em vista superior, em posição neutra de movimento.

[056] A Figura 10A mostra um detalhe ampliado da vista lateral semi-seccionada do módulo de movimento braquial direito do sistema exoesquelético objeto da presente invenção, em posição neutra de movimento.

[057] A Figura 10B mostra um detalhe ampliado do módulo de movimento braquial direito da Figura 10A, em vista frontal parcialmente seccionada e em posição neutra de movimento.

[058] A Figura 10C mostra um detalhe ampliado do módulo de movimento braquial direito da Figura 10A, em vista posterior parcialmente seccionada e em posição neutra de movimento.

[059] A Figura 10D mostra o módulo de movimento

braquial direito da Figura 10A em vista superior parcialmente seccionada e em posição neutra de movimento.

[060] A Figura 10E mostra um detalhe ampliado, em corte e em vista lateral esquerda, do módulo de movimento braquial esquerdo do sistema da presente invenção, em posição neutra de movimento.

[061] A Figura 10F mostra o módulo de movimento braquial esquerdo da Figura 10E, em vista frontal parcialmente seccionada e em posição neutra de movimento.

[062] A Figura 10G mostra o módulo de movimento braquial esquerdo da Figura 10E em vista posterior parcialmente seccionada e em posição neutra de movimento.

[063] A Figura 10H mostra o módulo de movimento braquial esquerdo da Figura 10E, em vista superior parcialmente seccionada e em posição neutra de movimento.

[064] A Figura 11A mostra um detalhe ampliado em vista frontal, parcialmente seccionada, de um módulo de movimento radial direito do sistema exoesquelético da presente invenção, em posição fletida (90o) de movimento.

[065] A Figura 11B mostra em vista lateral direita, parcialmente seccionada, o módulo de movimento radial direito ilustrado na Figura 11A.

[066] A Figura 11C mostra em vista superior, parcialmente seccionada, o módulo de movimento radial direito ilustrado na Figura 11A.

[067] A Figura 11D mostra um detalhe ampliado em vista frontal, parcialmente seccionada, de um módulo de movimento radial esquerdo do sistema exoesquelético da presente invenção, em posição fletida (90o) de movimento.

[068] A Figura 11E mostra a vista lateral esquerda,

parcialmente seccionada, do módulo de movimento radial esquerdo ilustrado na Figura 11D.

[069] A Figura 11F mostra a vista superior, parcialmente seccionada, do módulo de movimento radial esquerdo ilustrado na Figura 11D.

[070] A Figura 12A mostra um detalhe ampliado em vista frontal, parcialmente seccionada, de um módulo de movimento palmar direito do sistema exoesquelético da presente invenção, em posição neutra de movimento.

[071] A Figura 12B mostra o módulo da Figura 12A em vista lateral direita, parcialmente seccionada, e em posição neutra de movimento.

[072] A Figura 12C mostra o módulo da Figura 12A em vista superior, parcialmente seccionada, e em posição neutra de movimento.

[073] A Figura 12D mostra, em detalhe ampliado, a vista frontal, parcialmente seccionada, do módulo de movimento palmar esquerdo do sistema da presente invenção, em posição neutra de movimento.

[074] A Figura 12E mostra o módulo da Figura 12D em vista lateral esquerda, parcialmente seccionada e também em posição neutra de movimento.

[075] A Figura 12F mostra o módulo da Figura 12D em vista superior, parcialmente seccionada, também em posição neutra de movimento

[076] A Figura 13A mostra um detalhe ampliado em vista frontal parcialmente seccionada do módulo de movimento tenar direito do sistema exoesquelético da presente invenção, em posição neutra de movimento.

[077] A Figura 13B mostra o módulo da Figura 13A em

vista lateral direita parcialmente seccionada e também em posição neutra de movimento.

[078] A Figura 13C mostra o módulo da Figura 13A em vista superior, parcialmente seccionada, e também em posição neutra de movimento.

[079] A Figura 13D mostra um detalhe ampliado da vista frontal, parcialmente seccionada, do módulo de movimento tenar esquerdo do sistema exoesquelético, de acordo com uma concretização preferencial da invenção, em posição neutra de movimento.

[080] A Figura 13E mostra a vista lateral esquerda, parcialmente seccionada, do módulo de movimento tenar esquerdo ilustrado na Figura 13D, também em posição neutra de movimento.

[081] A Figura 13F mostra a vista superior, parcialmente seccionada, do módulo de movimento tenar esquerdo ilustrado na Figura 13D, em posição neutra de movimento.

[082] A Figura 14A mostra um detalhe ampliado da vista lateral direita, parcialmente seccionada, do módulo de movimento femoral direito do sistema exoesquelético da invenção aqui revelada, em posição neutra (sentada) de movimento.

[083] A Figura 14B mostra o módulo da Figura 14A em vista frontal, parcialmente seccionada, em posição neutra (sentada) de movimento.

[084] A Figura 14C mostra o módulo da Figura 14A em vista superior, parcialmente seccionada, na posição neutra (sentada) de movimento.

[085] A Figura 14D mostra um detalhe ampliado da vista

lateral esquerda, parcialmente seccionada, do módulo de movimento femoral esquerdo do sistema exoesquelético da invenção aqui revelada, em posição neutra (sentada) de movimento.

[086] A Figura 14E mostra o módulo da Figura 14D em vista frontal, parcialmente seccionada, em posição neutra (sentada) de movimento.

[087] A Figura 14F mostra o módulo da Figura 14D em vista superior, parcialmente seccionada, em posição neutra (sentada) de movimento.

[088] A Figura 15A mostra um detalhe ampliado da vista lateral direita, parcialmente seccionada, do módulo de movimento tibial direito do sistema exoesquelético objeto da presente invenção, na posição fletida (90°) de movimento.

[089] A Figura 15B mostra uma vista frontal, parcialmente seccionada, do módulo ilustrado na Figura 15A, também em posição fletida (90°) de movimento.

[090] A Figura 15C mostra uma vista superior, parcialmente seccionada, do módulo ilustrado na Figura 15A, também em posição fletida (90°) de movimento.

[091] A Figura 15D mostra um detalhe ampliado da vista lateral esquerda, parcialmente seccionada, do módulo de movimento tibial esquerdo do sistema exoesquelético da presente invenção, na posição fletida (90°) de movimento.

[092] A Figura 15E mostra uma vista frontal, parcialmente seccionada, do módulo ilustrado na Figura 15D, também em posição fletida (90°) de movimento.

[093] A Figura 15F mostra uma vista superior, parcialmente seccionada, do módulo ilustrado na Figura 15D,

também em posição fletida (90°) de movimento.

[094] A Figura 16A mostra um detalhe ampliado em vista lateral direita, parcialmente seccionada, do módulo de movimento plantar direito do sistema exoesquelético da presente invenção, em posição neutra de movimento.

[095] A Figura 16B mostra uma vista frontal, parcialmente seccionada, do módulo representado na Figura 16A, também em posição neutra de movimento.

[096] A Figura 16C mostra uma vista superior, parcialmente seccionada, do módulo representado na Figura 16A, também em posição neutra de movimento.

[097] A Figura 16D mostra um detalhe ampliado da vista lateral esquerda, parcialmente seccionada, do módulo de movimento plantar esquerdo do sistema exoesquelético da presente invenção, em posição neutra de movimento.

[098] A Figura 16E mostra uma vista frontal, parcialmente seccionada, do módulo representado na Figura 16D, também em posição neutra de movimento.

[099] A Figura 16F mostra a vista superior, parcialmente seccionada, do módulo ilustrado na Figura 16D, em posição neutra de movimento.

[100] A Figura 17A mostra uma vista em perspectiva anterior do sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural da presente invenção com o modelo antropométrico humano na postura sentada.

[101] A Figura 17B mostra uma vista em perspectiva posterior do sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural da presente invenção com o modelo antropométrico humano na postura sentada.

[102] A Figura 18A mostra uma vista em perspectiva

anterior do sistema exoesquelético da presente invenção, com o modelo antropométrico na postura deitada.

[103] A Figura 18B mostra uma vista em perspectiva posterior do sistema exoesquelético da presente invenção, com o modelo antropométrico na postura deitada.

[104] A Figura 19A mostra uma vista em perspectiva anterior do sistema exoesquelético da presente invenção, com o modelo antropométrico na postura em pé.

[105] A Figura 19B mostra uma vista em perspectiva posterior do sistema exoesquelético da presente invenção, com o modelo antropométrico na postura em pé.

Descrição detalhada da invenção

[106] O objeto da presente invenção passará a ser mais detalhadamente descrito e explicado com base nos desenhos apensos, que possuem caráter meramente exemplificativo e não limitativo, posto que adaptações e modificações podem ser feitas sem que, com isso, se fuja do escopo da proteção reivindicada.

[107] O sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural assistido por servomotores e transdutores lineares objeto da presente invenção foi desenvolvido com características antropométricas, ergonômicas e funcionais para o exercício e treinamento de crianças, jovens, adultos e idosos, visando oferecer maior independência, eficiência, conforto e segurança para a Reabilitação Funcional e Postural Universal dos movimentos necessários ao desempenho de atividades da vida diária. Destina-se, desta forma, ao treinamento de crianças, jovens, adultos e idosos com limitações de movimento, decorrentes de causas

neurológicas, traumato-ortopédicas, vasculares, síndromes congênitas e demais condições que limitam e alteram os movimentos articulares funcionais e posturais e de deambulação. Ao dito sistema foi dada construção inédita e original com o objetivo de aprimorar a eficiência, conforto e independência do acometido, na restauração da globalidade postural e funcional do corpo, por meio da integração de todos os sistemas em um equipamento único que não necessita do reposicionamento e/ou deslocamento do paciente para a realização das diversas ações necessárias à sua reabilitação.

[108] A forma utilizada para movimentação do dito sistema baseia-se na existência de mecanismos assistidos por servomotores e transdutores lineares com um sistema de módulos de movimentos funcionais e posturais combinados, de tal forma a realizar todos os movimentos articulares necessários de estruturas musculoesqueléticas e neuronais de usuários com deficiência de movimento, postura, e deambulação, visando o fortalecimento, alongamento e a amplitude de movimento (ADM) com conforto, eficiência e segurança.

[109] Nesse aspecto, cabe esclarecer que tal sistema foi projetado segundo estudos realizados pelos autores, através da avaliação da interação entre usuário e equipamento em simulação virtual. Neste contexto foram realizadas (i) avaliações da influência da massa corporal e estatura do usuário na configuração dos tamanhos e disposição do sistema exoesquelético multieixos para a possível realização dos movimentos articulares da ADM em crianças, jovens, adultos e idosos, em concordância com a

configuração anatômica específica e fundamentada nos métodos de Kabat, Bobath e neurodinâmicos; (ii) avaliação da distribuição das forças nas estruturas móveis do sistema, e (iii) avaliação cinemática dos movimentos proporcionados pelo sistema em diferentes velocidades às estruturas anatômicas do usuário.

[110] Sob a óptica do desenho mecânico, o desempenho do sistema exoesquelético da presente invenção depende do projeto e configuração do equipamento e como os parâmetros relacionados afetam os movimentos do sistema. A descrição que será apresentada adiante mostra, em detalhes, as particularidades de configuração do projeto desenvolvido.

[111] É importante salientar, também, que apesar de contar com mecanismos simples e de fácil compreensão, o presente sistema exoesquelético apresenta grandes possibilidades terapêuticas que impõem ao usuário possibilidade de realizar os movimentos de qualquer de suas estruturas articuladas com ou sem resistência de uma carga de trabalho - principalmente nos membros inferiores e superiores - que pode ser regularmente mantida ou alterada, induzindo ao restabelecimento das estruturas incapacitantes em tratamento fisioterapêutico e levando, assim, à independência do usuário nas atividades diárias e melhoria na sua qualidade de vida. Ademais o sistema aqui revelado não limita a mobilidade independente do usuário relativamente às suas estruturas articulares sadias, atendendo somente àquelas com limitações de movimento, força muscular e ADM.

[112] O sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural conforme uma

concretização preferencial da presente invenção é mostrado nas figuras 1 a 4 e, também, nas figuras 17 a 19. É composto basicamente por uma cadeira articulada motorizada extensível (1) cooperante com uma mesa-divã elevadora motorizada (2), ambos assistidos por servomotores e transdutores lineares geradores de movimento e aceleração, encoders e sensores de registro, sinalização e avaliação de movimento, sensores de posicionamento e células de carga, todos controlados por computador com características singulares de ergonomia. O dito sistema exoesquelético oferece acomodação funcional e postural para o usuário de tal modo que, mesmo quando este relaxa totalmente os músculos posturais e funcionais do tronco e dos membros, mantém seu posicionamento adequadamente na disposição anatômica correta e sem risco de desenvolvimento de contraturas e deformidades durante o tratamento de reabilitação. Isso foi conseguido por meio da utilização, em seu projeto, das referências antropomórficas de um *dummy* ou boneco anatômico (3) que representa cerca de 50% da população brasileira, conforme ilustram as seguintes figuras: Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4A, Fig. 4B, Fig. 5A, Fig. 5B e Fig. 5C. Dessa forma, o projeto do sistema exoesquelético da presente invenção, que foi pautado pelas normas que definem as medidas limites dos aspectos mais importantes do equipamento, garante a manutenção de uma postura adequada do usuário, quer esteja ele sentado, deitado ou em pé, não permitindo a utilização inadequada das estruturas musculares e articulares durante a prática dos exercícios de Reabilitação Funcional e Postural Universal. O dito sistema oferece, portanto, um

posicionamento confortável, estável e adequado para a manutenção postural mesmo quando o usuário relaxa os músculos ou se classifica como hipertônico ou hipotônico.

[113] A cadeira articulada motorizada extensível (1) do sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural é, conforme pode ser claramente observado através da Figura 6E, composta por uma estrutura articulada (1A), alinhada e acoplada aos eixos (54, 55) - esquerdo e direito respectivamente - da mesa elevadora (2), dispostos perpendicularmente ao quadril do usuário (3); as estruturas preferencialmente são produzidas em perfis metálicos ou materiais compósitos reforçados não metálicos ou similares, onde é acoplado um conjunto estrutural formado por diversas conchas interligadas por articulações universais com seis graus de liberdade e projetadas para receber e alojar as estruturas anatômicas do corpo do usuário, ou seja, a cabeça, o tronco, os membros superiores (braços, antebraços, mãos e dedos da mão), a pelve e os membros inferiores (coxas, pernas e pés), também em materiais metálicos ou não metálicos ou compósitos ou similares. Em função das partes ou estruturas anatômicas do corpo do usuário que aloja, essas conchas são respectivamente aqui denominadas de: concha cervical (4) para a cabeça e pescoço; concha tronco-pélvica (5) para o tronco e pelve; concha femoral (6) direita para o quadril (coxa) direito; concha femoral (7) esquerda para o quadril (coxa) esquerda; concha braquial direita (8) para o braço e ombro direitos; concha braquial esquerda (9) para o braço e ombro esquerdos; concha radial direita (10) para o antebraço direito; concha radial esquerda (11) para o antebraço

esquerdo; concha palmar direita (12) para a mão e pulso direitos; concha palmar esquerda (13) para a mão e pulso esquerdos; concha tenar direita (14) para os dedos (do segundo ao quarto dedos) da mão direita; concha tenar esquerda (15) para os dedos (do segundo ao quarto dedos) da mão esquerda; concha tibial direita (16) para a perna direita; concha tibial esquerda (17) para a perna esquerda; uma concha plantar direita (18) para o tornozelo e pé direitos e uma concha plantar esquerda (19) para o tornozelo e pé esquerdos. As conchas que envolvem parcialmente as estruturas anatômicas do corpo do usuário (3) são acionadas ou movimentadas independentemente e ou em conjunto para conduzir e mover os membros do corpo de acordo com a amplitude de movimento de cada membro, simulando os respectivos movimentos articulares das estruturas anatômicas que alojam usando módulos funcionais servomotorizados a elas acoplados, a saber: um módulo servomotorizado cervical (20) para realizar os movimentos de flexão, extensão, inclinação (para a direita e para a esquerda) e rotação (para a direita e para a esquerda) da cabeça; um módulo servomotorizado pélvico (21) para realizar os movimentos de flexão, extensão, inclinação (para a direita e para a esquerda) e rotação (para a direita e para a esquerda) do tronco; dois módulos servomotorizados braquiais direitos (22 e 24) para realizar os movimentos de flexão, extensão, rotação lateral, rotação medial, medial, abdução e adução do braço (ombro) direito; dois módulos servomotorizados braquiais esquerdos (23 e 25) para realizar os movimentos de flexão, extensão, rotação lateral, rotação medial, medial, abdução e adução do braço

(ombro) esquerdo; dois módulos servomotorizados radiais direitos (26 e 28) para realizar os movimentos de flexão e extensão do antebraço (cotovelo) (módulo 26) e supinação e pronação da mão (e pulso) (módulo 28) direitos; dois módulos servomotorizados radiais esquerdos (27 e 29) para realizar os movimentos de flexão e extensão do antebraço (cotovelo) (módulo 27) e supinação e pronação da mão (e pulso) (módulo 29) esquerdos; dois módulos servomotorizado palmares direitos (30 e 32) para realizar os movimentos de flexão, extensão, desvio ulnar e desvio radial da mão (pulso) direita; dois módulos servomotorizado palmares esquerdos (31 e 33) para realizar os movimentos de flexão, extensão, desvio ulnar e desvio radial da mão (pulso) esquerda; um módulo servomotorizado tenar (34) direito para realizar os movimentos de flexão e extensão dos dedos (do segundo ao quarto dedos) da mão direita; um módulo servomotorizado tenar esquerdo (35) para realizar os movimentos de flexão e extensão dos dedos (do segundo ao quarto dedos) da mão esquerda; dois módulos servomotorizados femorais direitos (36 e 38), para realizar os movimentos de flexão, extensão, adução, abdução, rotação lateral e rotação medial do quadril direito; dois módulos servomotorizados femorais esquerdos (37 e 39), para realizar os movimentos de flexão, extensão, adução, abdução, rotação lateral e rotação medial do quadril esquerdo; um módulo servomotorizado tibial direito (40), para realizar os movimentos de flexão e extensão do joelho direito; um módulo servomotorizado tibial esquerdo (41), para realizar os movimentos de flexão e extensão do joelho esquerdo; dois módulos servomotorizados plantares direito

(42 e 44) para realizar os movimentos de flexão plantar e retroversão do tornozelo e pé direito; dois módulos servomotorizados plantares esquerdos (43 e 45) para realizar os movimentos de flexão plantar, dorsiflexão, eversão e inversão dos tornozelo e pé esquerdos.

[114] A cadeira extensível (1) com a sua estrutura de conchas (4, 5, 6) devidamente acionadas e movimentadas pelos respectivos módulos servomotorizados é acoplada à mesa-divã elevadora elétrica (2), conforme ilustram as figuras Fig. 1 a Fig. 3, em vistas laterais. Em conjunto, através do acionamento combinado dos módulos servomotorizados da mesa-divã, o sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural da presente invenção permite o posicionamento do usuário (3), nas posturas sentada (Fig. 1), deitada (Fig. 2) e em pé (Fig. 3, Fig. 4A e Fig. 4B), sem necessidade de reposicionamento do usuário (3). A mesa-divã elevadora elétrica (2) realiza os movimentos que posicionam a cadeira extensível (1) nas posturas sentada, deitada e em pé através de transdutores lineares e servomotores a ela acoplados e controlados de forma inteligente, por meio de seus três módulos posturais, a saber: um módulo postural de elevação da cadeira extensível (1), um módulo postural que bascula o assento do usuário (3), articulado à cadeira extensível (1), entre as posições horizontal (Fig. 1) e vertical (Fig. 3 e Fig. 4), e um módulo de elevação da mesa-divã elevadora elétrica (2), cujos movimentos combinados com os módulos posturais que elevam e basculam a cadeira extensível (1), movimentam o usuário (3) das posições sentado ou deitado para a posição em pé, e vice e versa. As três posturas - sentada,

deitada ou em pé - podem ser realizadas com a mesa-divã (2) elevada (vide Fig. 6A a Fig. 6D) ou em repouso (Fig. 7A e Fig. 7B). O módulo de elevação da mesa-divã elevadora elétrica (2) é acionado para elevar e abaixar a mesa-divã elevadora elétrica (2) com relação a sua posição de repouso a fim de posicionar o usuário (3) em uma posição confortável para o fisioterapeuta realizar sua função.

[115] O controle inteligente da assistência motorizada do sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural assistido por servomotores e transdutores lineares da presente invenção envolve o sensoriamento de todos os movimentos funcionais das estruturas em reabilitação com a utilização de células de carga (que compreendem transdutores que permitem medir a força exercida em um movimento específico), instaladas entre as conchas e os respectivos módulos servomotorizados propulsores dos movimentos articulares e de encoders do tipo IMU (Inertial Measurement Unit) ou similares, que são dispositivos eletrônicos para detecção do movimento (taxa angular) e da força específica das estruturas em movimento realizadas pelo usuário. As células de carga são os transdutores de força, que no sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural medem a força de forma indireta, normalmente relacionando-a com a resposta dos módulos funcionais servomotorizados à aplicação de cargas, relativamente à mudança de pressão e deformação, com precisão e versatilidade em relação ao tamanho das cargas aplicadas. O processamento destes sinais é realizado por um computador dedicado que, através de controladores, aciona os servomotores no nível de atuação

adequada ajustada pelo fisioterapeuta que assiste o usuário para a simulação, por exemplo, dos movimentos locomotores das AVD's, como pentear os cabelos, escovar os dentes, etc., bem como da aplicação dos métodos de reabilitação neuronal de Kabat, Bobath e neurodinâmica - este último através, por exemplo, do teste de Slump, que foi descrito por Maittland (MAITTLAND, G. D. The Slump Test: Examination and Treatment, The Australian Journal of Physiotherapy. v.31, n.6, 1985) como um teste para avaliar a mobilidade das estruturas sensíveis à dor no canal vertebral, e desde então tem sido utilizado como um instrumento de avaliação para a identificação de alterações neurodinâmicas dos membros inferiores, e também como forma de tratamento. Segundo Butler (BUTLER, D. S. Mobilização do Sistema Nervoso. São Paulo, Manole, 2003), o procedimento para a realização do teste de Slump é composto de 8 etapas e envolve movimentos passivos e ativos por parte do paciente.

[116] A presente invenção oferece, portanto, possibilidade real para que o usuário receba, com conforto, comodidade e segurança, o treinamento assistido que leva à sua reabilitação funcional e postural universal.

[117] O sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural assistido por servomotores e transdutores lineares desta invenção deve ser visto como um equipamento de uso adaptável ao usuário por poder ser produzido em vários tamanhos para atender à demanda em termos de estatura e massa corporal. Dessa forma, o sistema exoesquelético, em termos de sua cadeira extensível (1) que se acopla e coopera com a mesa-divã (2), que tem um desenho fixo e corrente, pode ter um formato

pequeno, médio e grande, como também, em extragrande ou mesmo personalizado em função da demanda das diversificadas configurações de usuários de todas as faixas etárias, de vários tamanhos, estatura e massa corporal. O sistema exoesquelético inteligente multieixos de reabilitação funcional e postural universal de tamanho pequeno satisfaz a faixa de peso ou massa corporal de usuário entre 10,0 a 20,0 kg; o sistema exoesquelético de tamanho médio contempla a faixa de peso ou massa corporal de usuário entre 20,0 a 50,0 kg; o sistema exoesquelético de tamanho grande destina-se a faixa de peso ou massa corporal de usuário entre 50,0 a 100,0 kg, respectivamente.

[118] Os principais aspectos do presente sistema exoesquelético relativamente à definição da sua configuração ideal, foram estudados e desenhados com base na interação entre segmentos corporais de usuários de variadas faixas etárias (crianças, jovens, adultos e idosos) para definir a estrutura do equipamento, com relação a sua cadeira extensível (1) com estruturas em conchas para acomodar o usuário (3) com conforto e segurança, mais especificamente as medidas para dimensionamento do assento da cadeira, bem como a posição deste em relação à estrutura extensível da cadeira (1), que requer a correlação da antropomorfia do usuário com o desenho da cadeira (1) para a definição da sua configuração ótima. Todas as medidas para o projeto, dependentes da interação com o usuário de várias condições etárias e fisiológicas, foram determinadas de acordo com dados antropométricos, com medidas representativas para a simulação da interação entre usuário e equipamento,

utilizando um modelo virtual de usuário (3) em 3D, criado a partir de levantamentos antropométricos, nacionais e internacionais, conforme ilustram as figuras Fig.1 a Fig. 4, cujos segmentos corporais podem ser movimentados através de suas respectivas articulações em ambiente virtual através da utilização de software de CAD - sigla em inglês para Computer-aided Design (desenho assistido por computador) - para essa finalidade. Dessa forma, a integração destes dados antropométricos gerou um modelo humano representativo de 50% da população destinada ao nosso sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural universal assistido por servomotores e transdutores lineares deste documento de patente.

[119] O sistema exoesquelético conforme uma concretização preferencial da presente invenção é compreendido por um conjunto de pelo menos dezesseis corpos rígidos ou subsistemas acoplados uns aos outros, formando um sistema cujo principal objetivo é a reabilitação funcional e postural universal do usuário. Ditos dezesseis corpos rígidos ou subsistemas podem ser entendidos como sendo:

[120] a) o conjunto cervical formado pela concha cervical (4) e o módulo cervical (20);

[121] b) o conjunto braquial formado pela concha tronco-pélvica (5) e o módulo pélvico (21);

[122] c) o conjunto braquial direito formado pela concha braquial direita (8) e os módulos braquiais direitos (22 e 24);

[123] d) o conjunto braquial esquerdo formado pela concha braquial esquerda (9) e os módulos braquiais

esquerdos (23 e 25);

[124] e) o conjunto radial direito formado pela concha radial direita (10) e os módulos radiais direitos (26 e 28);

[125] f) o conjunto radial esquerdo formado pela concha radial esquerda (11) e os módulos radiais esquerdos (27 e 29);

[126] g) o conjunto palmar direito formado pela concha palmar direita (12) e os módulos palmares direitos (30 e 32);

[127] h) o conjunto palmar esquerdo formado pela concha palmar esquerda (13) e os módulos palmares esquerdos (31 e 33);

[128] i) o conjunto tenar direito formado pela concha tenar direita (14) e o módulo tenar direito (34);

[129] j) o conjunto tenar esquerdo formado pela concha tenar esquerda (15) e o módulo tenar esquerdo (35);

[130] k) o conjunto femoral direito formado pela concha femoral direita (6) e os módulos femorais direitos (36 e 38);

[131] l) o conjunto femoral esquerdo formado pela concha femoral esquerda (7) e os módulos femorais esquerdos (37 e 39);

[132] m) o conjunto tibial direito formado pela concha tibial direita (16) e o módulo tibial direito (40);

[133] n) o conjunto tibial esquerdo formado pela concha tibial esquerda (17) e o módulo tibial esquerdo (41);

[134] o) o conjunto plantar direito formado pela concha plantar direita (18) e os módulos plantares direitos (42 e 44), e

[135] p) o conjunto plantar esquerdo formado pela concha tibial esquerda (19) e os módulos plantares esquerdos (43 e 45).

[136] As conexões entre esses conjuntos de movimento do sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural universal, ou seja, os dezesseis corpos rígidos ou subsistemas acoplados às estruturas da cadeira extensível (1) cooperante com a mesa-divã elevadora (2) permitem movimentos em eixos pré-definidos, de tal forma a favorecer a mobilidade do sistema como um todo, para atender às demandas dos usuários em termos da reabilitação postural e funcional.

[137] Os conjuntos de movimento do sistema exoesquelético inteligente multieixos de reabilitação funcional e postural universal dispõem de carenagens de proteção e acabamento (não ilustradas nas figuras deste documento), ligadas às conchas da cadeira extensível (1); as ditas carenagens são preferencialmente revestidas de material plástico flexível, impermeável e lavável; as conchas, por sua vez, também preferencialmente, são revestidas de material plástico ou similar que dão suporte para almofadas inseridas em envoltório (capa) de material impermeável e lavável; dessa forma, toda a forração das conchas e carenagens pode ser higienizada.

[138] O controle de todos os conjuntos de módulos e mecanismos de movimento do presente pedido, relativamente aos seus movimentos específicos, foi cuidadosamente avaliado para fundamentar o projeto. A assistência desses conjuntos por servomotores é proporcionada por meio de tablets, controle remoto, celular ou botão seletivo. A

acomodação proporcionada pelas conchas da cadeira extensível (1) do sistema oferece ao usuário superfície de contato minimamente suficiente para o suporte estável de todas as estruturas do corpo (cabeça, tronco e membros), com uma preensão firme, segura e confortável, proporcionada pelas almofadas pneumáticas; além disso, oferece ao usuário variabilidade nas formas de preensão, de modo a favorecer a sua melhor adaptação ao sistema, de acordo com sua percepção de conforto e facilidade de acomodação.

[139] No projeto do presente sistema exoesquelético inteligente multieixos de reabilitação funcional e postural universal considerou-se a importante interface usuário - sistema, relativamente à definição das medidas do equipamento que resultou no dimensionamento das conchas da cadeira extensível(1) - comprimento, largura e altura - e ângulos de posicionamento, juntamente com o suporte para os pés, adequados às partes importantes da unidade de posicionamento sentado e principalmente em pé, na postura ortostática. A análise das características antropométricas e antropomórficas do usuário foi fundamental para obter as medidas para o dimensionamento da cadeira extensível (1) - assento e encosto - que foram obtidas e definidas após simulação do posicionamento de um usuário sentado, deitado e em pé, em ambiente virtual do mesmo programa de engenharia onde foi projetada a cadeira de rodas (*Solid Edge ST9*), através do uso de um modelo humano (3). Com o modelo humano (3) posicionado na cadeira extensível (1), foram definidas: as dimensões das conchas (comprimento, largura e altura) bem como a distância adequada entre elas, e a posição das suas articulações, para acomodar o usuário

de forma a apresentar espaçamento de aproximadamente 10,0 a 20,0 mm entre os limites laterais do assento nas conchas e a região das estruturas (cabeça, tronco e membros), bilateralmente. Com esses critérios definidos a interação no assento das conchas entre o modelo humano (3) e as estruturas móveis, a cadeira extensível (1) e a mesa-divã (2), mostrou que tanto a largura quanto o comprimento das conchas têm a medida ideal para o modelo (3) proposto. Ficou também demonstrado durante a etapa de testes realizada previamente para definições das especificações de projeto de produtos e sistemas mecânicos, que os comprimentos das conchas devem ser o menor possível para oferecer conforto e estabilidade ao usuário. Dessa forma, em todas as posturas (sentada, deitada e em pé) a coluna lombar, bem como a cabeça e membros permanecem seguramente acomodados.

[140] A cadeira extensível (1) e a mesa-divã (2) foram projetadas para serem fabricadas pela soldagem de perfis de aço carbono, alumínio, aço inoxidável tipo metalon ou similar, portanto oscos ou vasados ou, ainda, de materiais compósitos reforçados, com dimensões quadradas, retangulares ou circulares.

[141] Sensoriamento Sistema Exoesquelético Inteligente Multieixos de Reabilitação Funcional e Postural Universal

[142] As informações de entrada para o controle da assistência oferecida pelos servomotores e transdutores lineares do sistema exoesquelético inteligente multieixos de reabilitação funcional e postural universal ao usuário são registradas por sensores para a interação síncrona entre usuário e o sistema. Tanto as forças aplicadas às

conchas propulsoras quanto à velocidade linear ou angular do movimento específico de cada concha são dados registrados para o controle da atuação dos atuadores lineares ou servomotor de cada conjunto, operando individualmente ou combinados. Como sensores para detecção das forças manuais aplicadas às conchas propulsoras são utilizadas células de carga (não ilustradas nas figuras do documento), com precisão na medida como o principal fator de escolha. O registro do deslocamento e velocidade do movimento das conchas neste projeto utiliza, como sensores, encoders (não ilustrados nas figuras do documento) do tipo IMU (Inertial Measurement Unit) ou similares, que são dispositivos eletrônicos para detecção do movimento (taxa angular) e da força específica das estruturas em movimento realizadas pelo usuário, instalados de forma alinhada aos eixos de movimento das conchas. Esses valores de medição irão proporcionar um tratamento adequado e direcionado a cada paciente de modo a ser possível controlar sua força dispendida durante as atividades, a amplitude de movimento, ou seja, o desempenho e o nível de exercício do paciente.

Motorização Servocontrolada

[143] Além do sensoriamento do movimento das conchas que simulam os movimentos articulares do corpo humano, o controle de todo o conjunto do sistema exoesquelético inteligente multieixos de reabilitação funcional e postural universal assistido por servomotores desta patente compreende o processamento das informações em um controlador, de forma a determinar a assistência motorizada adequada à ordem motora do usuário a partir das forças aplicadas e resistivas durante o processo de exercício e

treinamento para a sua reabilitação postural e funcional em um tempo reduzido.

[144] O usuário (3), ao impor forças resistivas decorrentes da patologia específica da qual está sendo reabilitado, faz com que as conchas se movimentem nas direções previamente estabelecidas nos programas de treinamento, e os respectivos sensores do movimento ou movimentos, células de carga e encoders, registram as forças aplicadas e as velocidades dos movimentos gerados. Ao menos uma placa de aquisição de dados recebe estas informações e envia para o processamento em computador, gerando interpretações a partir da questão elementar: o usuário quer movimentar a respectiva estrutura? Se sim, o computador gera uma ordem motora ao controlador (driver) do atuador linear ou servomotor, que atuará na concha respectiva com torque adicional ajustável. Se o usuário não deseja ou não consegue movimentar determinada estrutura articular, por exemplo, ao aplicar força na concha daquela estrutura para, o motor ou servomotor não é acionado. Nesse caso, essa estrutura específica fica passível de treinamento programado para reabilitá-la, onde cargas e movimentos definidos, com a devida angulação, serão aplicados para restaurar a demanda do usuário. A aplicação de forças, nesses casos, pode desencadear uma série de eventos que, em última análise, determinam o pacote de assistência motorizada complementar a propulsão das conchas, onde o nível de assistência pode ser selecionado pelo fisioterapeuta através de tablets, controle remoto, celular ou botão seletivo, e pode variar de 0 a 95%.

[145] O conceito do sistema exoesquelético inteligente

multieixos de reabilitação funcional e postural universal assistido por servomotores, apresentado nesta patente, abrange diferentes áreas de conhecimento que foram integradas, respeitando a evolução histórica da tecnologia existente e agregando ao projeto as ciências da ergonomia, biomecânica e engenharia, em particular, a engenharia mecânica de projetos. O nível tecnológico da atualidade, principalmente com relação ao controle e atuação, faz com que complexas ideias sejam realizadas com sofisticação por tecnologias cada vez mais acessíveis, como as contempladas neste projeto de um sistema exoesquelético inteligente multieixos de reabilitação funcional e postural universal.

[146] O presente documento apresenta, portanto, um sistema exoesquelético inteligente multieixos de reabilitação funcional e postural universal servocontrolado para a reabilitação postural e funcional do usuário (3) que irá favorecer a sua mobilidade independente e acesso pleno às atividades da vida diária (AVD). A integração de conceitos ergonômicos, antropométricos e dinâmica de mobilidade integral em sistemas exoesqueléticos resultou no projeto do sistema aqui configurado, de forma a oferecer o melhor desempenho e conforto na reabilitação do usuário (3). O controle da assistência motorizada ajustável aos esforços do usuário é obtido a partir da combinação tecnológica de servomotores e transdutores lineares controlados a partir do processamento de informações provenientes do sensoriamento das conchas da cadeira extensível (1) do sistema. O sistema de motorização assistida proposto caracteriza-se pela inovação ao utilizar dezesseis conjuntos de servomotores e ou transdutores

lineares. Desta forma, a atuação do sistema é relativamente simplificada e a movimentação das estruturas articulares do usuário é mantida durante o processo de reabilitação postural e funcional - salientando-se: de forma totalmente integrada e abrangendo todos os grupos musculares sem que para tanto o usuário (3) tenha que ser reposicionado tanto no aparelho em si, quanto em outros aparelhos.

[147] A concepção do projeto do sistema exoesquelético desta patente envolveu também a realização de estudos complementares que fundamentaram decisões para o projeto do equipamento. Cabe esclarecer, ainda, que na instrumentação de componentes para motorização das conchas da cadeira extensível (1), não houve interferência na geometria e distribuição de massa do equipamento, garantindo-se assim a possibilidade de movimentação das estruturas articulares do usuário (3) ao não alterar de forma intensa a inércia rotacional do sistema em cada um dos seus movimentos. Buscou-se a localização dos componentes do sistema de motorização assistida de forma centralizada e próxima da referência do centro de massa das conchas da cadeira extensível (1). Ademais utilizaram-se conchas para acomodar as estruturas do modelo (3) concebidas a partir de conceitos ergonômicos que proporcionam distribuição e redução das forças de contato na superfície dessas partes, visando um desfecho positivo para a melhora do conforto de todas as estruturas do usuário durante o processo de reabilitação; verificou-se que as conchas da cadeira extensível (1), de formatos singulares para cada extensão estrutural do usuário (3) não altera os ângulos articulares (ADM's) na movimentação dessas estruturas durante a

movimentação servoassistida; confirmou-se que a interação do usuário com o equipamento, simulada em ambiente virtual com as referências antropomórficas do *dummy*, boneco anatômico (3), validou o projeto de configuração e dimensionamento da estrutura da cadeira extensível e de suas conchas, adequando-se as dimensões do equipamento às características antropométricas de 50% da população brasileira.

Módulo Funcional Servomotorizado Cervical (20)

[148] O módulo funcional servomotorizado cervical (20), mostrado nas figuras Fig. 8A, Fig. 8B, Fig. 8C e Fig. 8D, é composto por ao menos quatro servomotores ou atuadores lineares comerciais (105, 106, 107 e 108) completos, os fusos (121, 122, 123 e 124) e as porcas (115, 118, 119 e 120). Os atuadores lineares (105, 106, 107 e 108) são montados em uma estrutura (109) rígida fixada por soldas ou parafusos na cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético da presente invenção, através de articulações ou juntas universais (110, 111, 112, 113) que permitem os seis graus de liberdade necessários aos movimentos proporcionados por este módulo cervical (20) que mobiliza a concha cervical (4) para os movimentos de flexão, extensão, rotação e inclinação da cabeça do usuário.

[149] Os movimentos funcionais proporcionados pelo módulo cervical (20) são, portanto, caracterizados pela flexão e extensão da cabeça (atuador linear 105), pela rotação da cabeça para esquerda e para a direita (atuadores lineares 111 e 112) e pela inclinação da cabeça para a esquerda e para a direita (atuador linear 113). O atuador

linear (105) que flexiona e estende a cabeça é montado em uma estrutura (116) em forma de caixa que se liga em uma extremidade à estrutura (109) do módulo cervical (20), através de uma junta universal (110) e, na outra extremidade, se liga rigidamente através de sua porca (115) à estrutura intermediária de movimento (117), que contém os atuadores lineares da rotação (106, 107) e da inclinação (108) da cabeça. Na estrutura intermediária (117) ficam, portanto, rigidamente montados, os atuadores lineares (106, 107) que proporcionam a rotação da concha cervical (4) da cabeça. Esses atuadores lineares (106, 107) dispõem de porcas especiais (118, 119) acopladas em juntas universais (111, 112) que se ligam à concha cervical (4), que acomoda a cabeça do usuário. Os atuadores lineares (106, 107), que proporcionam a rotação da cabeça para esquerda e direita, operam em sentidos opostos, ou seja, quando um atuador linear (106) avança a porca (118) correspondente para girar a concha cervical (4) da cabeça para a direita, com um especificado sentido de rotação do fuso, o outro atuador linear (107) retrai a porca (119) em sentido de rotação do fuso contrário ao seu par, para auxiliar a rotação da concha cervical (4) da cabeça, também para a direita, completando o movimento especificado na amplitude de movimento (ADM) programada; analogamente ocorre o movimento de rotação da concha cervical (4) para a esquerda.

[150] Na estrutura intermediária (117) também fica montado, através de uma junta universal (113), o atuador linear (108) que proporciona a inclinação da cabeça para a esquerda e para a direita. Esse atuador linear (108) fica rigidamente acoplado, através de sua porca, à estrutura

(20) do módulo cervical (109), que garante que a concha cervical (4) que acomoda a cabeça do usuário realize a respectiva inclinação para ambos os lados, quando a porca (120) do atuador linear (108) é acionada através do fuso, em ambos os sentidos.

[151] A concha cervical (4) que realiza os movimentos de flexão, extensão, rotação e inclinação da cabeça do usuário proporcionados pelo módulo cervical (20), dispõe de uma junta universal (114), rigidamente fixada à concha tronco-pélvica (5), que garante os respectivos movimentos descritos para o usuário, representado pelo modelo do usuário (3).

Módulo Funcional Servomotorizado Pélvico (21)

[152] O módulo funcional servomotorizado pélvico (21), mostrado nas figuras Fig. 9A, Fig. 9B, Fig. 9C e Fig. 9D, é composto de ao menos quatro servomotores ou atuadores lineares comerciais (124, 125, 126 e 127) completos, fusos (128, 129, 130 e 131) e porcas (132, 133, 134 e 135). Os atuadores lineares (124, 125, 126 e 127) são montados em uma estrutura (136) rígida fixada por soldas ou parafusos na cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético inteligente multieixos de reabilitação funcional e postural universal da presente invenção, através de articulações ou juntas universais (137, 138, 139, 140) que permitem os seis graus de liberdade necessários aos movimentos proporcionados por este módulo pélvico (21) que mobiliza a concha tronco-pélvica (5) para os movimentos de flexão, extensão, rotação e inclinação do tronco do usuário.

[153] Os movimentos funcionais proporcionados pelo módulo pélvico são, portanto, caracterizados pela flexão e

extensão do tronco (atuador linear 124), pela rotação da cabeça para esquerda e para a direita (atuadores lineares 125 e 126) e pela inclinação da cabeça para a esquerda e para a direita (atuador linear 127). O atuador linear (124) que flexiona e estende o tronco é montado em uma estrutura (141) em forma de caixa que se liga em uma extremidade à estrutura (136) do módulo pélvico (21), através de uma junta universal (137) e na outra extremidade, se liga rigidamente através de sua porca (132) à estrutura intermediária de movimento (142) que contém os atuadores lineares da rotação (125 e 126) e da inclinação (127) do tronco. Na estrutura intermediária (142) ficam, portanto, rigidamente montados, os atuadores lineares (125 e 126) que proporcionam a rotação da concha tronco-pélvica (5) do tronco. Esses atuadores lineares (125 e 126) dispõem de porcas especiais (133 e 134) acopladas em juntas universais (138 e 139) que se ligam à concha tronco-pélvica (5) que acomoda o tronco do usuário. Os atuadores lineares (125 e 126) que proporcionam a rotação do tronco para esquerda e direita operam em sentidos opostos, ou seja, quando um atuador linear (125) avança a porca (133) correspondente para girar a concha tronco-pélvica (5) do tronco para a direita, com um especificado sentido de rotação do fuso (129), o outro atuador linear (126) retrai a porca (134) em sentido de rotação do fuso contrário ao seu par, para auxiliar a rotação da concha tronco-pélvica (5) do tronco, também para a direita, completando o movimento especificado na amplitude de movimento (ADM) programada; analogamente ocorre o movimento de rotação da concha tronco-pélvica (5) para a esquerda.

[154] Na estrutura intermediária (142) também fica montado, através de uma junta universal (140), o atuador linear (127) que proporciona a inclinação do tronco para a esquerda e para a direita. Esse atuador linear (127) fica rigidamente acoplado, através de sua porca (135), à estrutura (136) do módulo pélvico (21), que garante que a concha tronco-pélvica (5) que acomoda o tronco do usuário realize a respectiva inclinação para ambos os lados, quando a porca (135) do atuador linear (127) é acionada através do fuso (131), em ambos os sentidos.

[155] A concha tronco-pélvica (5) que realiza os movimentos de flexão, extensão, rotação e inclinação do tronco do usuário proporcionados pelo módulo pélvico (21), tem rigidamente acoplada a contraparte da junta universal (114) da concha cervical (4); essa conexão (114) entre as duas conchas (4 e 5) permite que a concha cervical (4) acompanhe concomitante os respectivos movimentos descritos e realizados pela concha tronco-pélvica (5), programados para o usuário, representado pelo modelo de usuário (3).

Módulo Funcional Servomotorizado Braquial Direito (22, 24)

[156] O módulo funcional servomotorizado braquial direito (22, 24), mostrado nas figuras Fig. 10A, Fig. 10B, Fig. 10C e Fig. 10D, é composto por ao menos dois atuadores giratórios comerciais (142, 143) que são montados em estruturas rígidas (144, 145) fixadas na cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético da presente invenção por soldas ou parafusos, e acionam a concha braquial direita (8) através de eixos articulados do tipo cardam (146, 147), extensíveis ou não, que permitem a realização dos seis

graus de liberdade necessários aos movimentos da concha braquial direita (8). O módulo braquial direito (22, 24) mobiliza a concha braquial direita (8) para realizar os movimentos de flexão, extensão, adução e abdução do braço direito do usuário.

[157] Os movimentos funcionais proporcionados pelo módulo braquial direito (22, 24) são, portanto, caracterizados pela flexão e extensão do braço direito (atuador giratório 143) e pela adução e abdução do braço direito (atuador linear 142). Os movimentos funcionais proporcionados pelos atuadores giratórios (142 e 143) podem ser independentes ou concomitantes, em função da programação dos movimentos reabilitativos desejados para o usuário. O atuador giratório (142) que aduz e abduz o braço direito do usuário é montado em uma estrutura (144) em forma de caixa fixada à estrutura da cadeira extensível (1) por meio de elementos de fixação que, por exemplo, podem ser solda ou parafusos. A estrutura que aloja o atuador giratório de adução/abdução do braço (ombro) direito tem um prolongamento cilíndrico (152) que contém um sistema articulado (148) giratório ligado ao eixo extensível (149) da estrutura (145) do atuador giratório (143) que realiza a flexão e extensão do braço direito. Os mancais (150, 151) do sistema articulado (148) giratório são de rolamento ou de deslizamento. O atuador giratório (142) se utiliza de um eixo cardam extensível (146) que se acopla na parte posterior da concha braquial direita (8) para realizar os movimentos de adução e abdução do braço direito do usuário. O atuador giratório (143) se utiliza de um eixo cardam (147) que se acopla na parte lateral da concha braquial

direita (8) para realizar os movimentos de flexão e extensão do braço direito do usuário; a estrutura (145) em forma de caixa que aloja esse atuador giratório (143) se acopla ao sistema articulado giratório (148) através de um eixo extensível (149) que facilita o deslocamento de todas as estruturas envolvidas, durante os movimentos combinados de extensão, abdução e ou flexão e adução, ou os movimentos de extensão, adução e ou flexão, abdução, completando o movimento especificado na amplitude de movimento (ADM) programada para o usuário, representado pelo modelo de usuário (3).

Módulo Funcional Servomotorizado Braquial Esquerdo (23, 25)

[158] O módulo funcional servomotorizado braquial esquerdo (23, 25) mostrado nas figuras Fig. 10E, Fig. 10F, Fig. 10G e Fig. 10H, é composto por pelo menos dois atuadores giratórios comerciais (153, 154) que são montados em estruturas rígidas (155, 156) fixadas na cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético da presente invenção, por soldas ou parafusos e acionam a concha braquial esquerda (9) através de eixos articulados do tipo cardam (157, 158), extensíveis ou não, que permitem a realização dos seis graus de liberdade necessários aos movimentos da concha braquial esquerda (9). O módulo braquial esquerdo (23, 25) mobiliza a concha braquial esquerda (9) para realizar os movimentos de flexão, extensão, adução e abdução do braço esquerdo do usuário.

[159] Os movimentos funcionais proporcionados pelo módulo braquial esquerdo (23, 25) são, portanto, caracterizados pela flexão e extensão do braço esquerdo

(atuador giratório 154) e pela adução e abdução do braço esquerdo (atuador linear 153); os movimentos funcionais proporcionados pelos atuadores giratórios (153, 154) podem ser independentes ou concomitantes, em função da programação dos movimentos reabilitativos desejados para o usuário. O atuador giratório (153) que aduz e abduz o braço esquerdo do usuário é montado em uma estrutura (155) em forma de caixa fixada à estrutura da cadeira extensível (1) por meio de solda ou parafusos; a estrutura que aloja o atuador giratório de adução/abdução do braço (ombro) esquerdo tem um prolongamento cilíndrico (159) que contém um sistema articulado (160) giratório ligado ao eixo extensível (161) da estrutura (156) do atuador giratório (154) que realiza a flexão e extensão do braço esquerdo. Os mancais (162, 163) do sistema articulado (160) giratório são de rolamento ou de deslizamento. O atuador giratório (153) se utiliza de um eixo cardam extensível (158) que se acopla na parte posterior da concha braquial esquerda (9) para realizar os movimentos de adução e abdução do braço esquerdo do usuário. O atuador giratório (154) se utiliza de um eixo cardam (157) que se acopla na parte lateral da concha braquial esquerda (9) para realizar os movimentos de flexão e extensão do braço esquerdo do usuário; a estrutura (156) em forma de caixa que aloja esse atuador giratório (154) se acopla ao sistema articulado giratório (160) através de um eixo extensível (161) que facilita o deslocamento de todas as estruturas envolvidas, durante os movimentos combinados de extensão, abdução e ou flexão e adução, ou os movimentos de extensão, adução e ou flexão, abdução, completando o movimento especificado na amplitude

de movimento (ADM) programada para o usuário, representado pelo modelo de usuário (3).

Módulo Funcional Servomotorizado Radial Direito (26, 28)

[160] O módulo funcional servomotorizado radial direito (26, 28), mostrado na Fig. 11A, Fig. 11B e Fig. 11C, é composto por ao menos um atuador giratório (164) comercial e ao menos um atuador linear comercial (28) completo, ou seja, o servomotor (165) propriamente dito, o fuso (166) e a porca (167). O atuador giratório comercial (164) é montado em uma estrutura rígida (168) fixada na concha braquial direita (8), por meio de elementos de fixação que podem ser soldas ou parafusos e aciona a concha radial direita (10), em movimento de flexão e extensão do antebraço ou cotovelo direito do usuário, através de uma extensão rígida (169), montada no mesmo eixo de rotação (173) do atuador giratório (164); na extensão rígida (169) está acoplado o atuador linear (28) que realiza a rotação da concha radial direita (10) que aloja o antebraço direito do usuário, representado pelo modelo usuário (3).

[161] A concha braquial direita (8) e a concha radial direita (10) interagem entre si através das articulações ou juntas universais (170, 171) que lhes permitem movimentos livres com seis graus de liberdade; a articulação ou junta universal (171) da concha braquial direita (8) se acopla rigidamente à uma extensão (174) montada ou articulada com o eixo de rotação (173) do atuador giratório (164); a articulação ou junta universal (170) da concha radial direita (10) se acopla rigidamente à uma outra extensão (175), também montada ou articulada com o eixo de rotação

(173) do atuador giratório (164); dessa forma, os movimentos de flexão e extensão relativos a essas duas conchas que abrigam respectivamente o braço e o antebraço do usuário (3) são realizados individual ou concomitantemente, de acordo com o especificado na amplitude de movimento (ADM) programada para o usuário, representado pelo modelo (3).

[162] Os movimentos de flexão e extensão do antebraço (ou cotovelo) direito do usuário representado pelo modelo (3) é realizado pelo atuador giratório (164) através de um eixo articulado cardam (176) que liga este atuador com a extensão (175) e esta com a articulação ou junta universal (170) da concha radial direita (10). Os movimentos de rotação medial e lateral do antebraço (ou cotovelo) do usuário representado pelo modelo (3) é realizado pelo atuador linear (28) através do servomotor (165), fuso (166) e da porca (167) fixada na concha radial direita (10). Esses atuadores (164 e 165) permitem, portanto, a realização dos seis graus de liberdade necessários aos movimentos da concha radial direita (10) para efetuar a flexão, extensão e rotação do antebraço (cotovelo) do usuário representado pelo modelo (3).

[163] A concha radial direita (10) que realiza os movimentos de flexão, extensão e rotação do antebraço (ou cotovelo) direito do usuário proporcionados pelo módulo radial (26, 28), dispõe de uma junta universal (172), rigidamente fixada à concha palmar direita (12). Essa articulação universal é a que permite os seis graus de liberdade para os movimentos do pulso direito do usuário representado pelo modelo (3).

Módulo Funcional Servomotorizado Radial Esquerdo (27, 29)

[164] O módulo funcional servomotorizado radial esquerdo (27, 29), mostrado nas figuras Fig. 11D, Fig. 11E e Fig. 11F, é composto de pelo menos um atuador giratório (177) comercial e de um atuador linear comercial (29) completo, ou seja, o servomotor (178) propriamente, o fuso (179) e a porca (180). O atuador giratório comercial (177) é montado em uma estrutura rígida (181) fixada na concha braquial esquerda (9), por meio de elementos de fixação que podem ser soldas ou parafusos, e aciona a concha radial esquerda (11) em movimento de flexão e extensão do antebraço ou cotovelo esquerdo do usuário, através de uma extensão rígida (182), montada no mesmo eixo de rotação (182) do atuador giratório (177); na extensão rígida (182) está acoplado o atuador linear (29) que realiza a rotação da concha radial esquerda (11) que aloja o antebraço esquerdo do usuário, representado pelo modelo (3).

[165] A concha braquial esquerda (9) e a concha radial esquerda (11) interagem entre si através das articulações ou juntas universais (184, 185), que lhes permitem movimentos livres com seis graus de liberdade; a articulação ou junta universal (184) da concha braquial esquerda (9) se acopla rigidamente a uma extensão (186) montada ou articulada com o eixo de rotação (183) do atuador giratório (177); a articulação ou junta universal (185) da concha radial esquerda (11) se acopla rigidamente a uma outra extensão (187), também montada ou articulada com o eixo de rotação (183) do atuador giratório (177); dessa forma, os movimentos de flexão e extensão relativos a

essas duas conchas esquerdas que abrigam, respectivamente, o braço e o antebraço esquerdos do usuário são realizados individual ou concomitantemente, de acordo com o especificado na amplitude de movimento (ADM) programada para o usuário, representado pelo modelo (3).

[166] Os movimentos de flexão e extensão do antebraço (ou cotovelo) do usuário representado pelo modelo (3) é realizado pelo atuador giratório (177) através de um eixo articulado cardam (188) que liga este atuador com a extensão (187) e esta, com a articulação ou junta universal (185) da concha radial esquerda (11). Os movimentos de rotação medial e lateral do antebraço (ou cotovelo) esquerdo do usuário representado pelo modelo (3) é realizado pelo atuador linear (29) através do servomotor (178), fuso (179) e da porca (180) fixada na concha radial esquerda (11). Esses atuadores (177 e 178) permitem, portanto, a realização dos seis graus de liberdade necessários aos movimentos da concha radial esquerda (11) para efetuar a flexão, extensão e rotação do antebraço (cotovelo) do usuário representado pelo modelo (3).

[167] A concha radial esquerda (11) que realiza os movimentos de flexão, extensão e rotação do antebraço (ou cotovelo) esquerdo do usuário proporcionados pelo módulo radial (27, 29), dispõe de uma junta universal (189), rigidamente fixada à concha palmar esquerda (13). Essa articulação universal é a que permite os seis graus de liberdade para os movimentos do pulso esquerdo do usuário representado pelo modelo (3).

**Módulo Funcional Servomotorizado Palmar Direito (30,
32)**

[168] O módulo funcional servomotorizado palmar direito (30, 32), mostrado nas figuras Fig. 12A, Fig. 12B e Fig. 12C, é composto de dois atuadores lineares (30, 32) comerciais completos, ou seja, os servomotores (190, 191) propriamente, os fusos (192, 193) e as porcas (194, 195), respectivamente. O atuador linear comercial (190) é fixado na lateral da concha radial direita (10), por meio de soldas ou parafusos e aciona a concha palmar direita (12) através do fuso (192) e da porca (194) fixada na lateral da concha palmar direita (12), por meio de elementos de fixação que podem ser soldas ou parafusos, para realizar os movimentos de desvio radial (medial) e desvio ulnar (lateral) do punho direito do usuário, representado pelo modelo (3).

[169] O atuador linear comercial (191) é fixado na parte inferior da concha radial direita (10), por meio de soldas ou parafusos e aciona a concha palmar direita (12) através do fuso (193) e da porca (195) fixada na parte inferior da concha palmar direita (12), por meio de soldas ou parafusos, para realizar os movimentos de flexão e extensão do punho direito do usuário, representado pelo modelo (3).

[170] A concha radial direita (10) e a concha palmar direita (12) interagem entre si através da articulação ou junta universal (172) rigidamente acoplada a estas conchas (10, 12) em suas extremidades inferiores, que lhes permitem movimentos livres com seis graus de liberdade. Dessa forma, os movimentos de flexão, extensão, desvio ulnar e desvio radial do punho do usuário relativos a essas duas conchas que abrigam respectivamente o antebraço e a mão (punho) do

usuário são realizados individual ou concomitantemente, de acordo com o especificado na amplitude de movimento (ADM) programada para o usuário, representado pelo modelo (3).

[171] A concha palmar direita (12) que realiza os movimentos de flexão, extensão, desvio ulnar e desvio radial do punho direito do usuário proporcionados pelo módulo radial (30, 32), dispõe de uma junta universal (197) rigidamente fixada à concha tenar direita (14). Essa articulação universal (197) é a que permite os seis graus de liberdade para os movimentos dos dedos da mão direita do usuário representado pelo modelo (3).

Módulo Funcional Servomotorizado Palmar Esquerdo (31, 33)

[172] O módulo funcional servomotorizado palmar esquerdo (31, 33), mostrado na Fig. 12D, Fig. 12E e Fig. 12F, é composto de ao menos dois atuadores lineares (31, 33) comerciais completos, ou seja, os servomotores (198, 199) propriamente ditos, os fusos (200, 201) e as porcas (202, 203), respectivamente. O atuador linear comercial (198) é fixado na lateral da concha radial esquerda (11) por meio de elementos de fixação tais como soldas ou parafusos, e aciona a concha palmar esquerda (13) através do fuso (200) e da porca (202) fixada na lateral da concha palmar esquerda (13), por meio de soldas ou parafusos, para realizar os movimentos de desvio radial (medial) e desvio ulnar (lateral) do punho esquerdo do usuário, representado pelo modelo (3).

[173] O atuador linear comercial (199) é fixado na parte inferior da concha radial esquerda (11), por meio de soldas ou parafusos e aciona a concha palmar esquerda (13)

através do fuso (201) e da porca (203) fixada na parte inferior da concha palmar esquerda (13), por meio de soldas ou parafusos, para realizar os movimentos de flexão e extensão do punho esquerdo do usuário, representado pelo modelo (3).

[174] A concha radial esquerda (11) e a concha palmar esquerda (13) interagem entre si através da articulação ou junta universal (189), rigidamente acoplada a estas conchas (11, 13) em suas extremidades inferiores, que lhes permitem movimentos livres com seis graus de liberdade. Dessa forma, os movimentos de flexão, extensão, desvio ulnar e desvio radial do punho esquerdo relativos a essas duas conchas que abrigam respectivamente o antebraço e a mão (punho) esquerdos do usuário são realizados individual ou concomitantemente, de acordo com o especificado na amplitude de movimento (ADM) programada para o usuário, representado pelo modelo (3).

[175] A concha palmar esquerda (13) que realiza os movimentos de flexão, extensão, desvio ulnar e desvio radial do punho esquerdo do usuário proporcionados pelo módulo radial (31, 33), dispõe de uma junta universal (205), rigidamente fixada à concha tenar esquerda (15); essa articulação universal (205) é a que permite os seis graus de liberdade para os movimentos dos dedos da mão esquerda do usuário representado pelo modelo (3).

Módulo Funcional Servomotorizado Tenar Direito (34)

[176] O módulo funcional servomotorizado tenar direito (34), mostrado na Fig. 13A, Fig. 13B e Fig. 13C, é composto de ao menos um atuador linear (34) comercial completo, ou seja, o servomotor (206) propriamente dito, o fuso (207) e

a porca (208), respectivamente. O atuador linear comercial (206) é fixado na parte inferior da concha palmar direita (12), por meio de soldas ou parafusos e aciona a concha tenar direita (14) através do fuso (207) e da porca (208) fixada na parte inferior da concha tenar direita (14), por meio de soldas ou parafusos, para realizar os movimentos de flexão e extensão do segundo ao quarto dedos da mão direita do usuário, representado pelo modelo (3).

[177] A concha tenar direita (14) e a concha palmar direita (12) se interagem através da articulação ou junta universal (197), rigidamente acoplada a estas conchas (12, 14), em suas extremidades inferiores, que lhes permitem movimentos livres com seis graus de liberdade; dessa forma, os movimentos de flexão e extensão do segundo ao quarto dedos da mão direita do usuário relativos a essas duas conchas que abrigam respectivamente o punho (mão) e o segundo ao quarto dedos da mão direita do usuário são realizados individual ou concomitantemente, de acordo com o especificado na amplitude de movimento (ADM) programada para o usuário, representado pelo modelo (3).

Módulo Funcional Servomotorizado Tenar Esquerdo (35)

[178] O módulo funcional servomotorizado tenar esquerdo (35), mostrado na Fig. 13D, Fig. 13E e Fig. 13F, é composto por pelo menos um atuador linear (35) comercial completo, ou seja, o servomotor (209) propriamente dito, o fuso (210) e a porca (211), respectivamente. O atuador linear comercial (209) é fixado na parte inferior da concha palmar esquerda (13), por meio de soldas ou parafusos e aciona a concha tenar esquerda (15) através do fuso (210) e da porca (211) fixada na parte inferior da concha tenar esquerda

(15), por meio de soldas ou parafusos, para realizar os movimentos de flexão e extensão do segundo ao quarto dedos da mão direita do usuário, representado pelo modelo ou dummy (3).

[179] A concha tenar esquerda (15) e a concha palmar esquerda (13) se interagem através da articulação ou junta universal (205), rigidamente acoplada a estas conchas (13, 15), em suas extremidades inferiores, que lhes permitem movimentos livres com seis graus de liberdade; dessa forma, os movimentos de flexão e extensão do segundo ao quarto dedos da mão esquerda do usuário relativos a essas duas conchas que abrigam respectivamente o punho (mão) e o segundo ao quarto dedos da mão esquerda do usuário são realizados individual ou concomitantemente, de acordo com o especificado na amplitude de movimento (ADM) programada para o usuário, representado pelo modelo (3).

Módulo Funcional Servomotorizado Femoral Direito (36, 38)

[180] O módulo funcional servomotorizado femoral direito (36, 38), mostrado na Fig. 14A, Fig. 14B e Fig. 14C, é composto de pelo menos quatro atuadores lineares comerciais (212, 213, 214 e 215) completos, ou seja, os servomotores (212, 213, 214 e 215) propriamente, os fusos (216, 217, 218 e 219) e as porcas (220, 221, 222 e 223). Os atuadores lineares (212, 213 e 214) são montados rigidamente em uma estrutura (223) que os mantém alinhados para realizar os movimentos da concha femoral direita (6); os atuadores lineares (212 e 213) montados nessa estrutura (223) rígida se ligam a ela através de articulações ou juntas universais (224, 225) e na concha femoral direita

(6), através de articulações do tipo cotovelo, no complemento lateral (226) dessa concha femoral direita (6); as articulações ou juntas universais (224, 225) permitem os seis graus de liberdade necessários aos movimentos proporcionados por este módulo femoral direito (36) que mobiliza a concha femoral direita (6) para os movimentos de rotação do quadril (fêmur) direito do usuário, representado pelo modelo (3).

[181] Na estrutura rígida (223) ficam, portanto, montados os atuadores lineares (212, 213) que proporcionam a rotação da concha femoral direita (6), que acomoda a coxa direita do usuário, representado pelo modelo (3). Esses atuadores lineares (212, 213) estão acoplados à estrutura rígida (223) através de articulações ou juntas universais (224, 225) e seus fusos (215, 217) dispõem de porcas (220, 221) acopladas a articulações tipo cotovelo do complemento lateral (226) da concha femoral direita (6). Os atuadores lineares (212, 213) que proporcionam a rotação do quadril (fêmur) para esquerda e direita operam em sentidos opostos, ou seja, quando um atuador linear (212) avança a porca (220) correspondente para girar a concha femoral direita (6) da coxa direita para a direita, com um especificado sentido de rotação do fuso (216), o outro atuador linear (213) desse conjunto retrai a porca (221) em sentido de rotação do fuso (217) contrário ao seu par, para auxiliar a rotação da concha femoral direita (6) da coxa direita, também para a direita, completando o movimento especificado na amplitude de movimento (ADM) programada; analogamente ocorre o movimento de rotação da concha femoral direita (6) para a esquerda.

[182] O atuador linear (214) montado nessa estrutura rígida (223) se liga a ela através de uma articulação do tipo cotovelo e à estrutura da cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético da presente invenção, através de uma articulação ou junta universal (227), que permite os seis graus de liberdade necessários ao movimento proporcionados por este módulo cervical (36) que mobiliza a concha femoral direita (6) para os movimentos de abdução e adução do quadril (fêmur) direito do usuário, representado pelo modelo (3).

[183] O módulo funcional servomotorizado femoral direito (36, 38) também proporciona os movimentos de flexão e extensão do quadril (fêmur) direito do usuário, representado pelo modelo (3), através do servomotor (215), fuso (219) e porca (223) que formam essa parte (38) do módulo funcional servomotorizado femoral direito (36, 38). A porca (223) desse conjunto se acopla a uma articulação ou junta universal (229) rigidamente fixada à extensão em forma de garfo (230) da concha femoral direita (6), que permite os seis graus de liberdade necessários ao movimento proporcionados por este módulo cervical (36), que mobiliza a concha femoral direita (6) para realizar os movimentos de abdução e adução do quadril (fêmur) direito do usuário.

[184] Essa parte (38) do módulo funcional servomotorizado femoral direito (36, 38), que realiza a flexão e extensão do quadril (fêmur) direito do usuário é montada em uma extensão (228) rígida da estrutura da cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético inteligente multieixos de reabilitação funcional e postural universal. A flexão e extensão do quadril (fêmur) direito

do usuário proporcionada pela ação do conjunto servomotor (215) e complementos é realizada em função da elevação e abaixamento da concha femoral direita (6) que é fixada por meio de soldas ou parafusos ao tirante (251) montado na articulação (196) do complemento femoral direito (253) da cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético da presente invenção. O tirante (251) e a articulação (196) dispõem de uma junta universal (252) entre ambos, que proporciona os seis graus de liberdade para a concha femoral direita (6) realizar os movimentos de flexão e extensão do quadril (fêmur) direito com segurança.

[185] Os movimentos funcionais proporcionados pelo módulo femoral direito (36, 38) são, portanto, caracterizados pela flexão e extensão do quadril (fêmur) direito (atuador linear 215, fuso 219 e porca 223), pela rotação do quadril (fêmur) direito para esquerda e para a direita (atuadores lineares 212, 213, fusos 216, 217, e porcas 220, 221) e pela adução e abdução do quadril (fêmur) direito (atuador linear 214, fuso 218 e porca 222), completando dessa forma os movimentos especificados na amplitude de movimento (ADM) programadas para o usuário, representado pelo modelo (3).

Módulo Funcional Servomotorizado Femoral Esquerdo (37, 39)

[186] O módulo funcional servomotorizado femoral esquerdo (37, 39), mostrado na Fig. 14D, Fig. 14E e Fig. 14F, é composto de ao menos quatro atuadores lineares comerciais (231, 232, 233 e 234) completos, ou seja, os servomotores (231, 232, 233 e 234) propriamente ditos, os fusos (235, 236, 237 e 238) e as porcas (239, 240, 241 e

242). Os atuadores lineares (231, 232, 233) são montados rigidamente em uma estrutura (243) que os mantém alinhados para realizar os movimentos da concha femoral esquerda (7). Os atuadores lineares (231, 232) montados nessa estrutura (243) rígida se ligam a ela através de articulações ou juntas universais (244, 245) e na concha femoral esquerda (7), através de articulações do tipo cotovelo, no complemento lateral (248) dessa concha femoral esquerda (7); as articulações ou juntas universais (244, 245) permitem os seis graus de liberdade necessários aos movimentos proporcionados por este módulo femoral esquerdo (37) que mobiliza a concha femoral esquerda (7) para os movimentos de rotação do quadril (fêmur) esquerdo do usuário, representado pelo modelo (3).

[187] Na estrutura rígida (243) ficam, portanto, montados, os atuadores lineares (231, 232) que proporcionam a rotação da concha femoral esquerda (7) que acomoda a coxa esquerda do usuário representada pelo modelo (3). Esses atuadores lineares (231, 232) estão acoplados a estrutura rígida (243) através de articulações ou juntas universais (244, 255) e seus fusos (235, 236) dispõem de porcas (239, 240) acopladas em articulações tipo cotovelo do complemento lateral (248) da concha femoral esquerda (7). Os atuadores lineares (231, 232) que proporcionam a rotação do quadril (fêmur) para esquerda e direita operam em sentidos opostos, ou seja, quando um atuador linear (231) avança a porca (239) correspondente para girar a concha femoral esquerda (7) da coxa esquerda para a direita, com um especificado sentido de rotação do fuso (235), o outro atuador linear (232) desse conjunto, retrai a porca (240) em sentido de

rotação do fuso (236) contrário ao seu par, para auxiliar a rotação da concha femoral esquerda (7) da coxa esquerda, também para a direita, completando o movimento especificado na amplitude de movimento (ADM) programada; analogamente ocorre o movimento de rotação da concha femoral esquerda (7) para a esquerda.

[188] O atuador linear (233) montado nessa estrutura rígida (243) se liga a ela através de uma articulação do tipo cotovelo e à estrutura da cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético da presente invenção, através de uma articulação ou junta universal (246), que permite os seis graus de liberdade necessários ao movimento proporcionados por este módulo femoral esquerdo (37) que mobiliza a concha femoral esquerda (7) para os movimentos de abdução e adução do quadril (fêmur) direito do usuário, representado pelo modelo (3).

[189] O módulo funcional servomotorizado femoral esquerdo (37, 39) também proporciona os movimentos de flexão e extensão do quadril (fêmur) esquerdo do usuário, representado pelo modelo (3), através do servomotor (234), fuso (238) e porca (242) que formam essa parte (39) do módulo funcional servomotorizado femoral direito (37, 39). A porca (242) desse conjunto se acopla a uma articulação ou junta universal (247) rigidamente fixada à extensão em forma de garfo (249) da concha femoral esquerda (7), que permite os seis graus de liberdade necessários ao movimento proporcionados por este módulo femoral esquerdo (39) que mobiliza a concha femoral esquerda (7) para realizar os movimentos de abdução e adução do quadril (fêmur) esquerdo do usuário, representado pelo modelo (3).

[190] Essa parte (39) do módulo funcional servomotorizado femoral esquerdo (37, 39), que realiza a flexão e extensão do quadril (fêmur) esquerdo do usuário é montada em uma extensão (250) rígida da estrutura da cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético inteligente multieixos de reabilitação funcional e postural universal. A flexão e extensão do quadril (fêmur) esquerdo do usuário, proporcionada pela ação do conjunto servomotor (234) e complementos é realizada em função da elevação e abaixamento da concha femoral esquerda (7) que é fixada por meio de soldas ou parafusos ao tirante (255) montado na articulação (204) do complemento femoral direito (254) da cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético da presente invenção. O tirante (255) e a articulação (196), dispõe de uma junta universal (256) entre ambos que proporciona os seis graus de liberdade para a concha femoral esquerda (7) realizar os movimentos de flexão e extensão do quadril (fêmur) direito com segurança.

[191] Os movimentos funcionais proporcionados pelo módulo femoral esquerdo (37, 39) são, portanto, caracterizados pela flexão e extensão do quadril (fêmur) esquerdo (atuador linear 234, fuso 238 e porca 242), pela rotação do quadril (fêmur) direito para esquerda e para a direita (atuadores lineares 231, 232, fusos 235, 236, e porcas 239, 240) e pela adução e abdução do quadril (fêmur) direito (atuador linear 233, fuso 237 e porca 241), completando dessa forma os movimentos especificados na amplitude de movimento (ADM) programada para o usuário, representado pelo modelo (3).

Módulo Funcional Servomotorizado Tibial Direito (40)

[192] O módulo funcional servomotorizado tibial direito (40), mostrado na Fig. 15A, Fig. 150B e Fig. 15C, é composto de ao menos um atuador giratório comercial (257), montado em uma estrutura rígida (258) do complemento femoral direito (253) da cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético da presente invenção. O módulo funcional servomotorizado tibial direito (40) aciona a concha tibial direita (16) através de um eixo articulado do tipo cardam (259), extensível ou não, que permite a realização dos seis graus de liberdade necessários aos movimentos da concha tibial direita (16), que acomoda a perna direita do usuário, para realizar os movimentos de extensão e flexão do joelho direito, completando o movimento especificado na amplitude de movimento (ADM) programada para o usuário, representado pelo modelo (3).

[193] A concha tibial direita (16) que realiza os movimentos de flexão e extensão do joelho direito do usuário proporcionados pelo módulo tibial (40), dispõe de uma junta universal (264), rigidamente fixada à concha plantar direita (18); essa articulação universal é a que permite os seis graus de liberdade para os movimentos do tornozelo (pé) direito do usuário representado pelo modelo (3).

Módulo Funcional Servomotorizado Tibial Esquerdo (41)

[194] O módulo funcional servomotorizado tibial esquerdo (41), mostrado na Fig. 15D, Fig. 15E e Fig. 15F, é composto de um atuador giratório comercial (260), montado em uma estrutura rígida (261) do complemento femoral esquerdo (254) da cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético inteligente multieixos de reabilitação

funcional e postural universal. O módulo funcional servomotorizado tibial esquerdo (41) aciona a concha tibial esquerda (17) através de um eixo articulado do tipo cardam (262), extensível ou não, que permite a realização dos seis graus de liberdade necessários aos movimentos da concha tibial esquerda (17), que acomoda a perna esquerda do usuário para realizar os movimentos de extensão e flexão do joelho esquerdo, completando o movimento especificado na amplitude de movimento (ADM) programada para o usuário, representado pelo modelo (3).

[195] A concha tibial esquerda (17) que realiza os movimentos de flexão e extensão do joelho esquerdo do usuário proporcionado pelo módulo tibial (41), dispõe de uma junta universal (283), rigidamente fixada à concha plantar esquerda (19); essa articulação universal é a que permite os seis graus de liberdade para os movimentos do tornozelo (pé) esquerdo do usuário representado pelo modelo (3).

Módulo Funcional Servomotorizado Plantar Direito (42, 44)

[196] O módulo funcional servomotorizado plantar direito (42, 44), mostrado na Fig. 16A, Fig. 16B e Fig. 16C, é composto de ao menos dois atuadores lineares (265, 266) comerciais completos, ou seja, os servomotores (265, 266) propriamente, os fusos (267, 268) e as porcas (269, 270). O atuador linear comercial (42) é montado entre uma estrutura tubular rígida (273) fixada rigidamente na concha tibial direita (16), por soldas ou parafusos, e a lateral direita da concha plantar direita (18). Na estrutura tubular rígida (273), o atuador linear (42) é montado

através de uma articulação ou junta universal (271), que proporciona os seis graus de liberdade para que esse atuador linear (42) acione a concha plantar direita (18), em movimento de inversão e eversão do tornozelo (pé) direito do usuário; na concha plantar direita (18), o atuador linear (42) é montado rigidamente na parte inferior dessa concha (18) através de uma articulação tipo cotovelo. O atuador linear comercial (44) é também montado entre uma estrutura tubular rígida (273) fixada na concha plantar direita (18), por soldas ou parafusos, e a parte inferior da concha plantar direita (18). Na estrutura tubular rígida (273), o atuador linear (44) é montado através de uma articulação ou junta universal (272), que proporciona os seis graus de liberdade para que esse atuador linear (44) acione a concha plantar direita (18), em movimento de dorsiflexão e flexão plantar do tornozelo (pé) direito do usuário. Na concha plantar direita (18), o atuador linear (44) é montado rigidamente na parte inferior dessa concha através de uma articulação tipo cotovelo.

[197] A concha plantar direita (18) e a concha tibial direita (16) se interagem através de uma articulação ou junta universal (264) que lhes permitem movimentos livres com seis graus de liberdade; a articulação ou junta universal (264) da concha plantar direita (18) se acopla rigidamente à concha tibial direita (16), permitindo assim que os movimentos de flexão (dorsiflexão), extensão (flexão plantar), inversão e eversão do tornozelo (pé) direito, relativos às essas duas conchas que abrigam respectivamente a perna e o pé direito do usuário, sejam realizados individual ou concomitantemente, de acordo com o

especificado na amplitude de movimento (ADM) programada para o usuário, representado pelo modelo (3).

Módulo Funcional Servomotorizado Plantar Esquerdo (43, 45)

[198] O módulo funcional servomotorizado plantar esquerdo (43, 45), mostrado nas figuras Fig. 16D, Fig. 16E e Fig. 16F, é composto de dois atuadores lineares (274, 275) comerciais completos, ou seja, os servomotores (274, 275) propriamente, os fusos (276, 277) e as porcas (278, 279). O atuador linear comercial (43) é montado entre uma estrutura tubular rígida (282) fixada rigidamente na concha tibial esquerda (17), por soldas ou parafusos, e a lateral direita da concha plantar esquerda (19). Na estrutura tubular rígida (282), o atuador linear (43) é montado através de uma articulação ou junta universal (280), que proporciona os seis graus de liberdade para que esse atuador (43) acione a concha plantar esquerda (19), em movimento de inversão e eversão do tornozelo (pé) esquerdo do usuário; na concha plantar esquerda (19), o atuador linear (43) é montado rigidamente na parte inferior dessa concha (19) através de uma articulação tipo cotovelo. O atuador linear comercial (45) é também montado entre uma estrutura tubular rígida (282) fixada na concha plantar esquerda (19), por soldas ou parafusos, e a parte inferior da concha plantar esquerda (19). Na estrutura tubular rígida (282), o atuador linear (45) é montado através de uma articulação ou junta universal (281), que proporciona os seis graus de liberdade para que esse atuador linear (45) acione a concha plantar esquerda (19), em movimento de dorsiflexão e flexão plantar do tornozelo (pé) direito do

usuário; na concha plantar esquerda (19), o atuador linear (45) é montado rigidamente na parte inferior dessa concha através de uma articulação tipo cotovelo.

[199] A concha plantar esquerda (19) e a concha tibial esquerda (17) interagem entre si através de uma articulação ou junta universal (283) que lhes permitem movimentos livres com seis graus de liberdade; a articulação ou junta universal (283) da concha plantar esquerda (19) se acopla rigidamente à concha tibial esquerda (17) permitindo, assim, que os movimentos de flexão (dorsiflexão), extensão (flexão plantar), inversão e eversão do tornozelo (pé) direito, relativos a essas duas conchas que abrigam, respectivamente, a perna e o pé direitos do usuário, sejam realizados individual ou concomitantemente, de acordo com o especificado na amplitude de movimento (ADM) programada para o usuário, representado pelo modelo (3).

Mesa-Divã Elevadora e Basculadora Elétrica (2)

[200] A mesa-divã elevadora e basculadora elétrica (2) foi projetada para posicionar com conforto, segurança e independência, a cadeira funcional extensível (1) do sistema exoesquelético inteligente multieixos de reabilitação funcional e postural universal durante a realização dos movimentos necessários para o treinamento controlado, repetitivo, concomitante ou não, de todos os movimentos corporais necessários para a reabilitação funcional e postural do usuário, em concordância com os métodos de Kabat e Bobath utilizados na fisioterapia neurofuncional, de neurodinâmica e regeneração nervosa (mobilização neural), focando a recuperação de sua capacidade em realizar as AVD's (Atividades de Vida

Diária).

[201] A mesa-divã elevadora e basculadora elétrica (2) dispõe de características especiais que preenchem lacunas existentes no mercado desse tipo de artefato e irá auxiliar o posicionamento postural da cadeira funcional extensível (1) do sistema exoesquelético da presente invenção para satisfazer incontáveis usuários de todas as faixas etárias que demandarem aparelhos de Reabilitação Funcional e Postural Universal para eliminar sequelas de transtornos neurofuncionais em geral.

[202] A mesa-divã elevadora e basculadora elétrica (2) é composta de uma base fixa (284) apoiada em pés (285) verticais com regulagens de altura (286), que permitem o seu nivelamento no piso, e de uma base móvel (287) que se eleva na vertical sob a ação de um módulo postural de elevação constituído de um transdutor linear (104) e de um mecanismo do tipo quadrilátero articulado duplo (288, 289, 290, 291, 292, 293). O módulo postural de elevação da cadeira funcional extensível (1) é montado em uma base fixa (284) da mesa-divã elevadora e basculadora elétrica (2) que dispõe de duas colunas (294, 295), sendo acoplados em mancais de deslizamento (296) os quatro componentes articulados (288, 289, 290, 291) que formam com os tirantes longitudinais (292, 293), o mecanismo de um quadrilátero articulado duplo (288, 289, 290, 291, 292, 293) que realiza a elevação vertical da base móvel (287) da mesa-divã elevadora e basculadora elétrica (2). A ação do mecanismo tipo quadrilátero articulado duplo (289, 289, 290, 291, 292, 293) que interliga as duas bases da mesa-divã elétrica (2), a fixa (284) e a móvel (287), se efetiva pelo fato de

seus quatro componentes triangulares (288, 289, 290, 291) estarem simultaneamente acoplados aos tirantes longitudinais (292, 293) com mancais de deslizamento (297) e nos mancais de deslizamento (298) montados na base móvel horizontal (287), que se eleva e abaixa sob a ação do transdutor linear (104) que movimenta o quadrilátero articulado duplo (288, 289, 290, 291, 292, 293). Dessa forma, a base móvel (287) em repouso (Fig. 6A) pode ser elevada pela ação conjunta do transdutor, do quadrilátero articulado duplo, se afastando da base fixa (284), em sentido e direção verticais (Fig. 7A).

[203] A base móvel (287) da mesa-divã elevadora e basculadora elétrica (2) é composta de uma base (299) rígida onde estão montados os suportes (300, 301) dos mancais dos eixos (54, 55) esquerdo e direito, respectivamente, da mesa elevadora (2), perpendiculares ao quadril do usuário, representado pelo modelo (3), da cadeira extensível (1), as conchas femorais esquerda e direita e os módulos funcionais femorais esquerdo e direito do sistema exoesquelético da presente invenção. A base (299) rígida é articulada à base móvel (287) através de mancais de deslizamento (302) que permitem a sua basculação ou inclinação para frente para permitir a mudança de postura do usuário, representado pelo modelo (3), das posições sentado (Fig. 1, Fig. 6A e Fig. 7A) para as posições deitado (Fig. 2) e em pé (Fig. 3 e Fig. 7B).

[204] Portanto, a mesa-divã elevadora basculadora elétrica (2), conforme ilustram a Fig. 6A, Fig. 6B, Fig. 6C e Fig. 6D na posição de repouso, a figura 7A na posição elevada, e as Fig. 7B, Fig. 7C e Fig. 7D, na posição

elevada e basculada, realiza os movimentos que posicionam a cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético inteligente multieixos de reabilitação funcional e postural universal nas posturas sentada, deitada e em pé, através de três módulos posturais servidos de transdutores lineares e servomotores a eles acoplados e controlados de forma inteligente.

[205] O módulo postural que efetua a elevação vertical da cadeira extensível (1), realiza esse movimento através da elevação da base móvel (287) da mesa-divã elétrica pela ação do transdutor linear comercial (104), acoplado à coluna da base fixa (294) e aos tirantes longitudinais (292, 293) do quadrilátero articulado duplo (288, 289, 290, 291, 292, 293). O módulo postural de elevação vertical da cadeira extensível (1) posiciona o usuário, representado pelo modelo (3), em uma posição confortável para o fisioterapeuta realizar sua função e, em ação conjunta com o módulo postural que bascula a base móvel (287) da cadeira extensível (1), facilita a mudança do usuário, representado pelo modelo (3), da posição sentado para as posições deitado ou em pé.

[206] O módulo postural que efetua a basculação da cadeira extensível (1) para trás, para realizar a mudança da postura do usuário, representado pelo modelo (3) da posição sentada (Fig. 1) para a posição deitada (Fig. 2) realiza esse movimento através da inclinação para trás da estrutura da cadeira extensível (1) da mesa-divã elétrica (2) pela ação de um par de servomotores e carros (48, 49) e de um par de transdutores lineares comerciais (46, 47). Os servomotores e carros (48, 49) estão montados em um par de

guias ou trilhos (303), articuladas em mancais de deslizamento (304) nas extensões (305) da base móvel (287) da mesa-divã elétrica (2); os transdutores lineares comerciais (46, 47) estão articulados nos mancais (306) da estrutura superior dos servomotores e carros (48, 49) e a estrutura da cadeira extensível (1) da mesa-divã elétrica (2). A basculação da cadeira extensível (1) para trás, que efetua a mudança postural do usuário, representado pelo modelo (3) da posição sentada (Fig. 1 e Fig. 6E ou 7A) para a posição deitada (Fig. 2 e Fig. 6A) ocorre pela ação simultânea e combinada dos dois pares de servomotores e carros (48, 49) e transdutores lineares comerciais (46, 47).

[207] O módulo postural que efetua a basculação da cadeira extensível (1) para frente, realiza esse movimento através da inclinação para frente da base móvel (287) da mesa-divã elétrica (2) pela ação dos transdutores lineares comerciais (50, 51) acoplados entre a base móvel (287) e a base rígida (299) articulada à base móvel (287). A ação desses transdutores lineares comerciais (50, 51) inclina a base rígida (299) da posição horizontal (Fig. 6A) para até a posição vertical (Fig. 7B); na posição horizontal (Fig. 6A) o usuário, representado pelo modelo (3) está sentado (Fig. 1) e na posição vertical (Fig. 7B) o usuário, representado pelo modelo (3) está em pé (Fig. 1).

[208] As três posturas proporcionadas pelo sistema exoesquelético inteligente multieixos de reabilitação funcional e postural universal assistido por servomotores deste documento, ou sejam, sentada ou deitada ou em pé, podem ser realizadas com a parte móvel (287) da mesa-divã

elétrica (2) em repouso (Fig. 6A a Fig. 6D) ou elevada (Fig. 7A e Fig. 7B), com relação a sua posição de repouso para posicionar o usuário, representado pelo modelo (3), em uma posição confortável para o fisioterapeuta realizar sua função, posicionando o usuário nessas posturas durante os exercícios reabilitadores funcionais de restabelecimento dos movimentos articulares e ADM (Amplitude de Movimento).

[209] Cabe ressaltar que a leitura combinada de forças, ângulos, flexão, extensão, inclinação, rotação e basculação interpreta a vontade do usuário quanto à movimentação para recuperação das ADM's (Amplitudes De Movimentos) e determina aos motores ou servo motores ou atuadores lineares a assistência motora desejada que pode variar de 0 a 100%. A presente invenção, cuja inovação ora se consolida, proporciona condições seguras, confortáveis e variáveis para as estruturas articuladas axial e apendicular do corpo humano (cabeça, tronco e membros), com a possibilidade de o usuário ter a liberdade de se acomodar na postura ortopédica que se julgar mais adequada (em pé, deitada ou sentada). Tem, portanto, configuração e funcionamento adequados para a prática de reabilitação dos movimentos e postura de pacientes com mobilidade e deambulação restringida por sequelas patológicas decorrentes de AVE (Acidente Vascular Encefálico), traumatismo ortopédico funcional e postural em geral e PC (paralisia cerebral). Sua originalidade resulta da utilização de um conjunto de módulos servomotorizados funcionais em uma cadeira extensível um conjunto de módulos posturais motorizados em uma mesa-divã elétrica (2), todos eles acionados eletricamente. A cadeira extensível (1) é

mecanicamente acoplada à mesa-divã (2), possibilitando ao fisioterapeuta posicionar o usuário nas posições sentado, deitado e em pé durante os exercícios reabilitadores funcionais de restabelecimento dos movimentos articulares e ADM (Amplitude de Movimento). Desta forma, o Sistema Exoesquelético da presente invenção, favorece uma mobilidade independente assistida e controlada, eficiente, confortável e segura de seus usuários para a cabeça, tronco, membros superiores e inferiores. A utilização de vários módulos motorizados e independentes para atender os movimentos das articulações do corpo do usuário pode ser realizada individualmente e ou em combinações que satisfaçam o adequado treinamento das estruturas em cadeia das partes afetadas que necessitem de reabilitação fisiológica. A invenção em questão diferencia-se, portanto, do atual estado da técnica por prover meios de integrar uma pluralidade de módulos de movimentos reabilitadores que podem ser acionados de forma individual ou conjuntamente, abrangendo toda a amplitude de movimentos que devem ser realizados pelos pacientes sem que, para tanto, seja necessário o reposicionamento do mesmo em diversos aparelhos proporcionando, portanto, maior conforto, praticidade e agilidade das ações reabilitadoras. Tais meios integradores dos diversos módulos compreendem, basicamente, juntas universais que, ademais, permitem a execução dessa pluralidade de movimentos em todas as direções possíveis, posto que as diversas conchas são acionadas ou movimentadas independentemente e ou em conjunto, simulando os respectivos movimentos articulares das estruturas anatômicas.

[210] Cabe lembrar que nessas conchas se encontram módulos de movimentos funcionais servomotorizados a elas acoplados, a saber: um módulo servomotorizado cervical para realizar os movimentos de flexão, extensão, inclinação (para a direita e para a esquerda) e rotação (para a direita e para a esquerda) da cabeça; um módulo servomotorizado pélvico para realizar os movimentos de flexão, extensão, inclinação (para a direita e para a esquerda) e rotação (para a direita e para a esquerda) do tronco; dois módulos servomotorizados braquiais (direito e esquerdo) para realizar os movimentos de flexão, extensão, abdução dos braços (ombros); dois módulos servomotorizados radiais (direito e esquerdo) para realizar os movimentos de flexão e extensão dos antebraços (cotovelos) e supinação e pronação das mãos (e pulsos); dois módulos servomotorizados palmares (direito e esquerdo) para realizar os movimentos de flexão e extensão das mãos (pulsos); dois módulos servomotorizados tenares (direito e esquerdo) para realizar os movimentos de flexão e extensão dos dedos (do segundo ao quarto dedos); dois módulos servomotorizados femorais (direito e esquerdo) para realizar os movimentos de flexão, adução, abdução e rotação do quadril; dois módulos servomotorizados tibiais (direito e esquerdo) para realizar os movimentos de flexão, adução, abdução e rotação do quadril; dois módulos servomotorizados plantares (direito e esquerdo) para realizar os movimentos de flexão plantar e retroversão dos tornozelos (pés).

[211] Ademais a cadeira extensível (1) com a sua estrutura de conchas devidamente acionadas e movimentadas pelos respectivos módulos servomotorizados é acoplada à

mesa-divã elevadora elétrica (2) que lhe permite o posicionamento, em função da sua extensibilidade, das posturas sentada, deitada e em pé. A mesa-divã elevadora elétrica (2) realiza os movimentos que posicionam a cadeira extensível (1) nas posturas sentada, deitada e em pé através de transdutores lineares e servomotores a ela acoplados e controlados de forma inteligente, através de seus três módulos posturais, a saber: um módulo postural que traz o usuário das posições em pé ou deitado para a posição sentada; um módulo postural que traz o usuário das posições em pé ou sentado para a posição deitada e um módulo postural que traz o usuário das posições sentado ou deitado para a posição em pé. As três posturas, sentada ou deitada ou em pé podem ser realizadas com a mesa-divã (2) elevada ou em repouso. O módulo de elevação da mesa-divã (2) é acionado para elevar e abaixar a mesa-divã elétrica (2) com relação a sua posição de repouso para posicionar o usuário em uma posição confortável para o fisioterapeuta realizar sua função.

[212] Trata-se, portanto, de sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural que, por suas inéditas características construtivas e funcionais, que permitem a atuação conjunta e integrada de uma pluralidade de módulos funcionais, soluciona os inconvenientes do atual estado da técnica, que carece de equipamento passível de reabilitar, em um único equipamento e de forma conjunta ou individualizada, todos os grupos musculares do corpo sem a necessidade de reposicionamento manual do paciente, posto que o próprio sistema exoesquelético pode se mover e posicionar o paciente nas

posições sentado, deitado ou em pé.

[213] Os versados na arte valorizarão os conhecimentos aqui apresentados e poderão reproduzir a invenção nas modalidades apresentadas e em outras variantes, abrangidas no escopo das reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural do tipo que compreende um sistema de movimento para as posições deitado, sentado e em pé, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

- uma cadeira articulada motorizada extensível (1);
- uma mesa-divã elevadora elétrica (2) motorizada que opera em condição elevada ou em repouso, sendo a dita mesa-divã elevadora elétrica (2) cooperante com a dita cadeira articulada motorizada extensível (1),

- um conjunto de subsistemas cooperantes entre si, sendo que o dito conjunto de subsistemas coopera com a cadeira articulada motorizada extensível (1), e cada subsistema compreende pelo menos um módulo funcional servomotorizado (20 a 45) cooperante com ao menos uma concha (4 a 19);

- um conjunto de transdutores lineares (46, 47, 50, 51, 52, 53), encoders, sensores de registro, sinalização e avaliação de movimento, sensores de posicionamento e células de carga cooperantes com a cadeira articulada motorizada extensível (1) e com a mesa-divã elevadora elétrica (2), sendo tal conjunto controlado e assistido por computador,

sendo que:

- a dita cadeira articulada motorizada extensível (1) compreende ao menos uma estrutura articulada (1A) cooperante com a mesa-divã elevadora elétrica (2) por meio de eixos (54, 55), e de eixos (46B, 47B) cooperantes com hastes telescópicas (46A, 47A) comandadas por transdutores lineares (46, 47);

- a cooperação entre a dita cadeira articulada motorizada extensível (1) e o conjunto de subsistemas consistindo de conchas (4 a 19) cooperantes com módulos funcionais servomotorizados (20 a 45), é feita por meio de juntas universais (110, 111, 112, 113, 114, 137, 138, 139, 140, 170, 171, 172, 184, 185, 189, 197, 205, 224, 225, 227, 229, 244, 245, 246, 247, 256, 264, 271, 272, 280, 281 e 283);

- as ditas conchas (4 a 19) cooperam com os ditos módulos funcionais servomotorizados (20 a 45) para promover movimentos de flexão, extensão, inclinação, rotação, abdução, supinação, pronação, e retroversão; e

- a cooperação entre a cadeira articulada motorizada extensível (1) e a mesa-divã elevadora elétrica (2) motorizada permite posicionar a dita cadeira articulada motorizada extensível (1) nas posturas sentada, deitada e em pé.

2. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os ditos módulos funcionais servomotorizados (20 a 45) promovem assistência motora ao sistema, a qual varia de intensidade entre 0 e 95%.

3. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 1 e 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as ditas conchas (4 a 19) se movimentam de forma individual, ou pelo menos duas conchas (4 a 19) se movimentam de forma conjunta.

4. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 1 e 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as ditas conchas (4 a 19) alojam as seguintes estruturas

corporais: cabeça, tronco, braços, antebraços, mãos e pulsos, dedos das mãos, pelve, coxas, pernas e pés.

5. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as ditas posturas sentada, deitada e em pé da cadeira articulada motorizada extensível (1) são realizadas com a mesa-divã elevadora elétrica (2) motorizada em condição elevada ou em repouso.

6. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um controle inteligente de motorização feito por sensoriamento de movimentos funcionais através da utilização de células de carga instaladas entre as conchas (4 a 19) e os respectivos módulos funcionais servomotorizados (20 a 45) e de encoders.

7. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 1 e 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de o controle dos conjuntos de módulos funcionais servomotorizados (20 a 45) e mecanismos de movimento sistema ser realizado por pelo menos um dentre os seguintes meios: computadores, processadores, controle remoto, aparelho celular ou botão seletivo.

8. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 1 e 6, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o dito encoder compreende um encoder do tipo IMU - Unidade de Medida Inercial para detecção do movimento (taxa angular) e da força das estruturas em movimento realizadas.

9. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os dados provenientes dos sensores de movimento, células de carga e *encoders* são registrados por ao menos uma placa de aquisição de dados e

posteriormente enviados para o processamento em computador.

10. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 1 e 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender o processamento dos sinais provenientes da placa de aquisição de dados através de computador/processador dedicado que, através de controladores, aciona os módulos funcionais servomotorizados (20 a 45) no nível de atuação adequada.

11. Sistema exoesquelético de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender carenagens de proteção e acabamento cooperantes com as conchas (4 a 19), sendo ditas carenagens revestidas de material flexível, impermeável e lavável.

12. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender um módulo funcional servomotorizado cervical (20) que coopera com a concha cervical (4) para os movimentos de flexão, extensão, rotação e inclinação da cabeça do usuário, sendo que o dito módulo funcional servomotorizado cervical (20) compreende ao menos quatro servomotores ou atuadores lineares comerciais (105, 106, 107 e 108), fusos (121, 122, 123 e 124) e porcas (115, 118, 119 e 120), sendo que os ditos atuadores lineares (105, 106, 107 e 108) são montados em uma estrutura (109) rígida fixada por soldas ou parafusos na cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético, através de articulações ou juntas universais (110, 111, 112, 113) que permitem seis graus de liberdade necessários aos movimentos proporcionados pelo dito módulo cervical (20).

13. Sistema exoesquelético de acordo com a

reivindicação 12, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o atuador linear (105) é montado em uma estrutura (116) com uma extremidade cooperante com a estrutura (109) do módulo cervical (20) através de uma junta universal (110), tendo a outra extremidade ligada rigidamente através de sua porca (115) à estrutura intermediária de movimento (117) que contém os atuadores lineares da rotação (106, 107) e da inclinação (108) da cabeça do usuário.

14. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 12 e 13, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os atuadores lineares (106, 107) dispõem de porcas especiais (118, 119) acopladas em juntas universais (111, 112) que se ligam à concha cervical (4).

15. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 12 a 14, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os ditos atuadores lineares (106, 107) operam em sentidos opostos, ou seja, quando um atuador linear (106) avança a porca (118) correspondente para girar a concha cervical (4) para a direita, com um especificado sentido de rotação do fuso, o outro atuador linear (107) retrai a porca (119) em sentido de rotação do fuso contrário ao seu par, para auxiliar a rotação da concha cervical (4) também para a direita.

16. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 12 a 15, **CARACTERIZADO** pelo fato de que na estrutura intermediária (117) também fica montado, através de uma junta universal (113), o atuador linear (108) que proporciona a inclinação da cabeça para a esquerda e para a direita, sendo que o dito atuador linear (108) fica rigidamente acoplado, através de sua porca (120), à

estrutura (20) do módulo cervical (109), que garante que a concha cervical (4) realize a respectiva inclinação para ambos os lados, quando a porca (120) do atuador linear (108) é acionada através do fuso, em ambos os sentidos.

17. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um módulo funcional servomotorizado pélvico (21) composto de ao menos quatro servomotores ou atuadores lineares comerciais (124, 125, 126 e 127) completos, fusos (128, 129, 130 e 131) e porcas (132, 133, 134 e 135), sendo que os ditos atuadores lineares (124, 125, 126 e 127) são montados em uma estrutura (136) rígida fixada por soldas ou parafusos na cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético através de articulações ou juntas universais (137, 138, 139, 140) que permitem os seis graus de liberdade necessários aos movimentos proporcionados por este módulo pélvico (21) que mobiliza a concha tronco-pélvica (5) para os movimentos de flexão, extensão, rotação e inclinação do tronco do usuário.

18. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 17, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o atuador linear (124) é montado em uma estrutura (141) que se liga em uma extremidade à estrutura (136) do módulo pélvico (21) através de uma junta universal (137), e na outra extremidade se liga rigidamente através de sua porca (132), à estrutura intermediária de movimento (142) que contém os atuadores lineares da rotação (125 e 126) e da inclinação (127) do tronco.

19. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 17 e 18, **CARACTERIZADO** pelo fato de que na

estrutura intermediária (142) ficam rigidamente montados, os atuadores lineares (125 e 126) que proporcionam a rotação da concha tronco-pélvica (5) do tronco, sendo que tais atuadores lineares (125 e 126) dispõem de porcas especiais (133 e 134) acopladas em juntas universais (138 e 139) que se ligam à concha tronco-pélvica (5) que acomoda o tronco do usuário.

20. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 17 a 19, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os atuadores lineares (125 e 126) operam em sentidos opostos, ou seja, quando um atuador linear (125) avança a porca (133) correspondente para girar a concha tronco-pélvica (5) do tronco para a direita, com um especificado sentido de rotação do fuso (129), o outro atuador linear (126) retrai a porca (134) em sentido de rotação do fuso contrário ao seu par, para auxiliar a rotação da concha tronco-pélvica (5) do tronco, também para a direita.

21. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 17 a 20, **CARACTERIZADO** pelo fato de que na estrutura intermediária (142) fica montado, através de uma junta universal (140), o atuador linear (127) que proporciona inclinação do tronco do usuário para a esquerda e para a direita, sendo que o dito atuador linear (127) fica rigidamente acoplado, através de sua porca (135), à estrutura (136) do módulo pélvico (21), que garante que a concha tronco-pélvica (5) realize a respectiva inclinação para ambos os lados, quando a porca (135) do atuador linear (127) é acionada através do fuso (131), em ambos os sentidos.

22. Sistema exoesquelético de acordo com as

reivindicações 17 a 21, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a concha tronco-pélvica (5) está rigidamente acoplada à contraparte da junta universal (114) da concha cervical (4), sendo que essa conexão (114) entre as duas conchas (4 e 5) permite que a concha cervical (4) acompanhe os movimentos realizados pela concha tronco-pélvica (5).

23. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um módulo funcional servomotorizado braquial direito (22, 24) compreendendo ao menos dois atuadores giratórios comerciais (142, 143) que são montados em estruturas rígidas (144, 145) fixadas na cadeira extensível (1) por meio de soldas ou parafusos, e acionam a concha braquial direita (8) através de eixos articulados (146, 147), extensíveis ou não, que permitem a realização dos seis graus de liberdade necessários aos movimentos da concha braquial direita (8).

24. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 23, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o atuador giratório (142) é montado em uma estrutura (144) fixada à estrutura da cadeira extensível (1) por meio de elementos de fixação, sendo que a estrutura que aloja o atuador giratório de adução/abdução do braço (ombro) direito tem um prolongamento cilíndrico (152) que contém um sistema articulado (148) giratório ligado ao eixo extensível (149) da estrutura (145) do atuador giratório (143) que realiza a flexão e extensão do braço direito.

25. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 23 e 24, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o atuador giratório (142) coopera com ao menos um eixo cardam

extensível (146) que se acopla na parte posterior da concha braquial direita (8), e o atuador giratório (143) se utiliza de um eixo cardam (147) que se acopla na parte lateral da concha braquial direita (8); sendo que a estrutura (145) que aloja esse atuador giratório (143) se acopla ao sistema articulado giratório (148) através de um eixo extensível (149).

26. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um módulo funcional servomotorizado braquial esquerdo (23, 25) compreendendo pelo menos dois atuadores giratórios comerciais (153, 154) que são montados em estruturas rígidas (155, 156) fixadas na cadeira extensível (1) por soldas ou parafusos, e acionam a concha braquial esquerda (9) através de eixos articulados do tipo cardam (157, 158), extensíveis ou não, que permitem a realização dos seis graus de liberdade necessários aos movimentos da concha braquial esquerda (9).

27. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 26, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o atuador giratório (153) é montado em uma estrutura (155) fixada à estrutura da cadeira extensível (1) por meio de solda ou parafusos, sendo que a estrutura que aloja o atuador giratório de adução/abdução do braço (ombro) esquerdo tem um prolongamento cilíndrico (159) que contém um sistema articulado (160) giratório ligado ao eixo extensível (161) da estrutura (156) do atuador giratório (154) que realiza a flexão e extensão do braço esquerdo.

28. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 26 e 27, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o

sistema articulado (160) giratório compreende mancais (162, 163) de rolamento ou de deslizamento, sendo que o atuador giratório (153) se utiliza de um eixo cardam extensível (158) que se acopla na parte posterior da concha braquial esquerda (9) e o atuador giratório (154) se utiliza de um eixo cardam (157) que se acopla na parte lateral da concha braquial esquerda (9) para realizar os movimentos de flexão e extensão do braço esquerdo do usuário.

29. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 26 a 28, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a estrutura (156) que aloja o dito atuador giratório (154) se acopla ao sistema articulado giratório (160) através de um eixo extensível (161).

30. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um módulo funcional servomotorizado radial direito (26, 28) compreendendo ao menos um atuador giratório (164) comercial e ao menos um atuador linear comercial (28) completo, ou seja, o servomotor (165) propriamente dito, o fuso (166) e a porca (167), sendo que o atuador giratório comercial (164) é montado em uma estrutura rígida (168) fixada na concha braquial direita (8) por meio de elementos de fixação, e aciona a concha radial direita (10) através de uma extensão rígida (169) montada no mesmo eixo de rotação (173) do atuador giratório (164), sendo que na extensão rígida (169) está acoplado o atuador linear (28) que realiza a rotação da concha radial direita (10).

31. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 30, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a concha braquial direita (8) e a concha radial direita (10)

interagem entre si através das articulações ou juntas universais (170, 171) que lhes permitem movimentos livres com seis graus de liberdade, sendo que a articulação ou junta universal (171) da concha braquial direita (8) se acopla rigidamente à uma extensão (174) montada ou articulada com o eixo de rotação (173) do atuador giratório (164), e a articulação ou junta universal (170) da concha radial direita (10) se acopla rigidamente à extensão (175) montada ou articulada com o eixo de rotação (173) do atuador giratório (164).

32. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 30 e 31, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os movimentos de flexão e extensão do atuador giratório (164) são feitos através de um eixo articulado cardam (176) que liga o dito atuador giratório (164) com a extensão (175) e esta com a articulação ou junta universal (170) da concha radial direita (10), sendo que os movimentos de rotação do atuador giratório (164) são realizados pelo atuador linear (28) através do servomotor (165), fuso (166) e da porca (167) fixada na concha radial direita (10).

33. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 30 a 32, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a concha radial direita (10) coopera, adicionalmente, com uma junta universal (172).

34. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um módulo funcional servomotorizado radial esquerdo (27, 29), compreendendo pelo menos um atuador giratório (177) comercial e um atuador linear comercial (29) completo, ou seja, o servomotor (178) propriamente, o fuso (179) e a

porca (180), sendo que o dito atuador giratório comercial (177) é montado em uma estrutura rígida (181) fixada na concha braquial esquerda (9), por meio de elementos de fixação, e aciona a concha radial esquerda (11) através de uma extensão rígida (182), montada no mesmo eixo de rotação (182) do atuador giratório (177), sendo que na extensão rígida (182) está acoplado o atuador linear (29) que realiza a rotação da concha radial esquerda (11).

35. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 34, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a concha braquial esquerda (9) e a concha radial esquerda (11) interagem entre si através das articulações ou juntas universais (184, 185), e a articulação ou junta universal (184) da concha braquial esquerda (9) se acopla rigidamente a uma extensão (186) montada ou articulada com o eixo de rotação (183) do atuador giratório (177), sendo que a articulação ou junta universal (185) da concha radial esquerda (11) se acopla rigidamente a uma outra extensão (187), também montada ou articulada com o eixo de rotação (183) do atuador giratório (177).

36. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 34 e 35, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os movimentos de flexão e extensão são realizados pelo atuador giratório (177) através de um eixo articulado cardam (188) que liga o dito atuador giratório (177) com a extensão (187) e esta, com a articulação ou junta universal (185) da concha radial esquerda (11), sendo que os movimentos de rotação medial e lateral são realizados pelo atuador linear (29) através do servomotor (178), fuso (179) e da porca (180) fixada na concha radial esquerda (11).

37. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 34 a 36 **CARACTERIZADO** pelo fato de que a concha radial esquerda (11) coopera, adicionalmente, com uma junta universal (189).

38. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de compreender um módulo funcional servomotorizado palmar direito (30, 32) compreendendo dois atuadores lineares (30, 32) comerciais completos, ou seja, os servomotores (190, 191) propriamente, os fusos (192, 193) e as porcas (194, 195), respectivamente, sendo que o atuador linear comercial (190) é fixado na lateral da concha radial direita (10), por meio de soldas ou parafusos e aciona a concha palmar direita (12) através do fuso (192) e da porca (194) fixada na lateral da concha palmar direita (12), por meio de elementos de fixação que podem ser soldas ou parafusos.

39. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 38, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o atuador linear comercial (191) é fixado na parte inferior da concha radial direita (10), por meio de soldas ou parafusos e aciona a concha palmar direita (12) através do fuso (193) e da porca (195) fixada na parte inferior da concha palmar direita (12).

40. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 38 e 39, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a concha radial direita (10) e a concha palmar direita (12) interagem entre si através da articulação ou junta universal (172) rigidamente acoplada a estas conchas (10, 12) em suas extremidades inferiores.

41. Sistema exoesquelético de acordo com as

reivindicações 38 a 40, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a concha palmar direita (12) coopera, adicionalmente, com uma junta universal (197).

42. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um módulo funcional servomotorizado palmar esquerdo (31, 33) compreendendo ao menos dois atuadores lineares (31, 33) comerciais completos, ou seja, os servomotores (198, 199) propriamente ditos, os fusos (200, 201) e as porcas (202, 203), respectivamente, sendo que o atuador linear comercial (198) é fixado na lateral da concha radial esquerda (11) por meio de elementos de fixação tais como soldas ou parafusos, e aciona a concha palmar esquerda (13) através do fuso (200) e da porca (202) fixada na lateral da concha palmar esquerda (13), por meio de soldas ou parafusos.

43. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 42, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o atuador linear comercial (199) é fixado na parte inferior da concha radial esquerda (11), por meio de soldas ou parafusos e aciona a concha palmar esquerda (13) através do fuso (201) e da porca (203) fixada na parte inferior da concha palmar esquerda (13), por meio de soldas ou parafusos.

44. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 42 e 43, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a concha radial esquerda (11) e a concha palmar esquerda (13) interagem entre si através da articulação ou junta universal (189), rigidamente acoplada a estas conchas (11, 13) em suas extremidades inferiores.

45. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 42 a 44, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a

concha palmar esquerda (13) coopera, adicionalmente, com uma junta universal (205).

46. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um módulo funcional servomotorizado tenar *direito* (34), compreendendo ao menos um atuador linear (34) comercial completo, ou seja, o servomotor (206) propriamente dito, o fuso (207) e a porca (208), respectivamente, sendo que o atuador linear comercial (206) é fixado na parte inferior da concha palmar direita (12) por meio de soldas ou parafusos e aciona a concha tenar direita (14) através do fuso (207) e da porca (208) fixada na parte inferior da concha tenar direita (14), por meio de soldas ou parafusos.

47. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 46, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a concha tenar direita (14) e a concha palmar direita (12) se interagem através da articulação ou junta universal (197), rigidamente acoplada a estas conchas (12, 14), em suas extremidades inferiores.

48. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um módulo funcional servomotorizado tenar *esquerdo* (35) compreendendo pelo menos um atuador linear (35) comercial completo, ou seja, o servomotor (209) propriamente dito, o fuso (210) e a porca (211), respectivamente, sendo que o atuador linear comercial (209) é fixado na parte inferior da concha palmar esquerda (13), por meio de soldas ou parafusos e aciona a concha tenar esquerda (15) através do fuso (210) e da porca (211) fixada na parte inferior da concha tenar esquerda (15), por meio de soldas ou

parafusos.

49. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 48, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a concha tenar esquerda (15) e a concha palmar esquerda (13) cooperam entre si através da articulação ou junta universal (205), rigidamente acoplada a estas conchas (13, 15), em suas extremidades inferiores.

50. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um módulo funcional servomotorizado femoral direito (36, 38) compreendendo pelo menos quatro atuadores lineares comerciais (212, 213, 214 e 215) completos, ou seja, os servomotores (212, 213, 214 e 215) propriamente, os fusos (216, 217, 218 e 219) e as porcas (220, 221, 222 e 223), sendo que os atuadores lineares (212, 213 e 214) são montados rigidamente em uma estrutura (223) que os mantém alinhados para realizar os movimentos da concha femoral direita (6); sendo que os atuadores lineares (212 e 213) montados nessa estrutura (223) rígida se ligam à ela através de articulações ou juntas universais (224, 225) e na concha femoral direita (6), através de articulações do tipo cotovelo, no complemento lateral (226) dessa concha femoral direita (6).

51. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 50, **CARACTERIZADO** pelo fato de que na estrutura rígida (223) ficam montados os atuadores lineares (212, 213) que proporcionam a rotação da concha femoral direita (6), sendo que esses atuadores lineares (212, 213) estão acoplados à estrutura rígida (223) através de articulações ou juntas universais (224, 225) e seus fusos

(215, 217) dispõem de porcas (220, 221) acopladas em articulações tipo cotovelo do complemento lateral (226) da concha femoral direita (6).

52. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 50 e 51, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os atuadores lineares (212, 213) operam em sentidos opostos, ou seja, quando um atuador linear (212) avança a porca (220) correspondente para girar a concha femoral direita (6) da coxa direita para a direita, com um especificado sentido de rotação do fuso (216), o outro atuador linear (213) desse conjunto retrai a porca (221) em sentido de rotação do fuso (217) contrário ao seu par, para auxiliar a rotação da concha femoral direita (6) da coxa direita, também para a direita.

53. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 50 a 52, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o atuador linear (214) montado nessa estrutura rígida (223) se liga a ela através de uma articulação do tipo cotovelo e à estrutura da cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético da presente invenção, através de uma articulação ou junta universal (227), que permite os seis graus de liberdade necessários ao movimento proporcionados por este módulo cervical (36) que mobiliza a concha femoral direita (6) para os movimentos de abdução e adução do quadril (fêmur) direito do usuário.

54. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 50 a 53, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o módulo funcional servomotorizado femoral direito (36, 38) também proporciona os movimentos de flexão e extensão do quadril (fêmur) direito do usuário através do servomotor

(215), fuso (219) e porca (223) que formam essa parte (38) do módulo funcional servomotorizado femoral direito (36, 38), sendo que a porca (223) desse conjunto se acopla a uma articulação ou junta universal (229) rigidamente fixada à extensão em forma de garfo (230) da concha femoral direita (6).

55. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 50 a 54, **CARACTERIZADO** pelo fato de que essa parte (38) do módulo funcional servomotorizado femoral direito (36, 38) é montada em uma extensão (228) rígida da estrutura da cadeira extensível (1).

56. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 50 a 55, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a concha femoral direita (6) é fixada por meio de soldas ou parafusos ao tirante (251) montado na articulação (196) do complemento femoral direito (253) da cadeira extensível (1), sendo que o tirante (251) e a articulação (196) dispõem de uma junta universal (252) entre ambos, que proporciona os seis graus de liberdade para a concha femoral direita (6) realizar os movimentos.

57. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um módulo funcional servomotorizado femoral esquerdo (37, 39) compreendendo ao menos quatro atuadores lineares comerciais (231, 232, 233 e 234) completos, ou seja, os servomotores (231, 232, 233 e 234) propriamente ditos, os fusos (235, 236, 237 e 238) e as porcas (239, 240, 241 e 242), sendo que os atuadores lineares (231, 232, 233) são montados rigidamente em uma estrutura (243) que os mantém alinhados para realizar os movimentos da concha femoral

esquerda (7); sendo que os atuadores lineares (231, 232) montados nessa estrutura (243) rígida se ligam a ela através de articulações ou juntas universais (244, 245) e na concha femoral esquerda (7), através de articulações do tipo cotovelo, no complemento lateral (248) dessa concha femoral esquerda (7).

58. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 57, **CARACTERIZADO** pelo fato de que na estrutura rígida (243) ficam montados os atuadores lineares (231, 232) que proporcionam a rotação da concha femoral esquerda (7) que acomoda a coxa esquerda do usuário representada pelo modelo (3), sendo que esses atuadores lineares (231, 232) estão acoplados a estrutura rígida (243) através de articulações ou juntas universais (244, 255) e seus fusos (235, 236) dispõem de porcas (239, 240) acopladas em articulações tipo cotovelo do complemento lateral (248) da concha femoral esquerda (7).

59. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 57 e 58, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os atuadores lineares (231, 232) operam em sentidos opostos, ou seja, quando um atuador linear (231) avança a porca (239) correspondente para girar a concha femoral esquerda (7) da coxa esquerda para a direita, com um especificado sentido de rotação do fuso (235), o outro atuador linear (232) desse conjunto, retrai a porca (240) em sentido de rotação do fuso (236) contrário ao seu par, para auxiliar a rotação da concha femoral esquerda (7) da coxa esquerda, também para a direita, completando o movimento.

60. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 57 a 60, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o

atuador linear (233) coopera com a estrutura rígida (243) por meio de uma articulação do tipo cotovelo, e à estrutura da cadeira extensível (1) por meio de uma articulação ou junta universal (246), que permite os seis graus de liberdade necessários ao movimento proporcionados por este módulo femoral esquerdo (37).

61. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 57 a 60, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o módulo funcional servomotorizado femoral esquerdo (37, 39) proporciona os movimentos de flexão e extensão através do servomotor (234), fuso (238) e porca (242) que formam essa parte (39) do módulo funcional servomotorizado femoral direito (37, 39), sendo que a porca (242) desse conjunto se acopla a uma articulação ou junta universal (247) rigidamente fixada à extensão em forma de garfo (249) da concha femoral esquerda (7), que permite os seis graus de liberdade necessários ao movimento proporcionados por este módulo femoral esquerdo (39) que mobiliza a concha femoral esquerda (7) para realizar os movimentos de abdução e adução.

62. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 57 a 61, **CARACTERIZADO** pelo fato de a parte (39) do módulo funcional servomotorizado femoral esquerdo (37, 39) é montada em uma extensão (250) rígida da estrutura da cadeira extensível (1) sendo que a flexão e extensão do quadril (fêmur) esquerdo do usuário, proporcionada pela ação do conjunto servomotor (234) e complementos, é realizada em função da elevação e abaixamento da concha femoral esquerda (7) que é fixada por meio de soldas ou parafusos ao tirante (255) montado na

articulação (204) do complemento femoral direito (254) da cadeira extensível (1), sendo que o tirante (255) e a articulação (196) dispõe de uma junta universal (256) entre ambos.

63. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um módulo funcional servomotorizado tibial direito (40) compreendendo ao menos um atuador giratório comercial (257) montado em uma estrutura rígida (258) do complemento femoral direito (253) da cadeira extensível (1), sendo que o módulo funcional servomotorizado tibial direito (40) aciona a concha tibial direita (16) através de um eixo articulado do tipo cardam (259), extensível ou não, que permite a realização dos seis graus de liberdade necessários aos movimentos da concha tibial direita (16).

64. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 63, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a concha tibial direita (16) coopera, adicionalmente, com uma junta universal (264), rigidamente fixada à concha plantar direita (18).

65. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um módulo funcional servomotorizado tibial esquerdo (41) compreendendo ao menos um atuador giratório comercial (260) montado em uma estrutura rígida (261) do complemento femoral esquerdo (254) da cadeira extensível (1), sendo que o módulo funcional servomotorizado tibial esquerdo (41) aciona a concha tibial esquerda (17) através de um eixo articulado do tipo cardam (262), extensível ou não, que permite a realização dos seis graus de liberdade

necessários aos movimentos da concha tibial esquerda (17).

66. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 65, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a concha tibial esquerda (17) coopera, adicionalmente, com uma junta universal (283), rigidamente fixada à concha plantar esquerda (19).

67. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um módulo funcional servomotorizado plantar direito (42, 44) compreendendo ao menos dois atuadores lineares (265, 266) comerciais completos, ou seja, os servomotores (265, 266) propriamente, os fusos (267, 268) e as porcas (269, 270), sendo o atuador linear comercial (42) montado entre uma estrutura tubular rígida (273) fixada rigidamente na concha tibial direita (16), por soldas ou parafusos, e a lateral direita da concha plantar direita (18).

68. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 67, **CARACTERIZADO** pelo fato de que na estrutura tubular rígida (273), o atuador linear (42) é montado através de uma articulação ou junta universal (271) que proporciona os seis graus de liberdade para que esse atuador linear (42) acionar a concha plantar direita (18), sendo que na concha plantar direita (18), o atuador linear (42) é montado rigidamente na parte inferior dessa concha (18) através de uma articulação tipo cotovelo.

69. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 67 e 68, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o atuador linear comercial (44) é também montado entre uma estrutura tubular rígida (273) fixada na concha plantar direita (18), por soldas ou parafusos, e a parte inferior

da concha plantar direita (18), sendo que na estrutura tubular rígida (273) o atuador linear (44) é montado através de uma articulação ou junta universal (272), que proporciona os seis graus de liberdade para que o dito atuador linear (44) acione a concha plantar direita (18), enquanto na concha plantar direita (18) o atuador linear (44) é montado rigidamente na parte inferior da dita concha (18) através de uma articulação tipo cotovelo.

70. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 67 a 69, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a concha plantar direita (18) e a concha tibial direita (16) cooperam entre si através de uma articulação ou junta universal (264) que lhes permitem movimentos livres com seis graus de liberdade, sendo que a articulação ou junta universal (264) da concha plantar direita (18) se acopla rigidamente à concha tibial direita (16), permitindo assim os movimentos de flexão (dorsiflexão), extensão (flexão plantar), inversão e eversão do tornozelo (pé) direito.

71. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende um módulo funcional servomotorizado plantar direito (43, 45) compreendendo pelo menos dois atuadores lineares (274, 275) comerciais completos, ou seja, os servomotores (274, 275) propriamente, os fusos (276, 277) e as porcas (278, 279), sendo que o atuador linear comercial (43) é montado entre uma estrutura tubular rígida (282) fixada rigidamente na concha tibial esquerda (17), por soldas ou parafusos, e a lateral direita da concha plantar esquerda (19).

72. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 71, **CARACTERIZADO** pelo fato de que na

estrutura tubular rígida (282), o atuador linear (43) é montado através de uma articulação ou junta universal (280), que proporciona os seis graus de liberdade para que esse atuador (43) acione a concha plantar esquerda (19), em movimento de inversão e eversão do tornozelo (pé) esquerdo do usuário, sendo que na concha plantar esquerda (19), o atuador linear (43) é montado rigidamente na parte inferior dessa concha (19) através de uma articulação tipo cotovelo.

73. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 71 e 72, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o atuador linear comercial (45) é também montado entre uma estrutura tubular rígida (282) fixada na concha plantar esquerda (19), por soldas ou parafusos, e a parte inferior da concha plantar esquerda (19), sendo que na estrutura tubular rígida (282), o atuador linear (45) é montado através de uma articulação ou junta universal (281), que proporciona os seis graus de liberdade para que esse atuador linear (45) acione a concha plantar esquerda (19), em movimento de dorsiflexão e flexão plantar do tornozelo (pé) direito do usuário; sendo que na concha plantar esquerda (19), o atuador linear (45) é montado rigidamente na parte inferior dessa concha através de uma articulação tipo cotovelo.

74. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 71 a 73, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a concha plantar esquerda (19) e a concha tibial esquerda (17) interagem entre si através de uma articulação ou junta universal (283) que lhes permitem movimentos livres com seis graus de liberdade; a articulação ou junta universal (283) da concha plantar esquerda (19) se acopla rigidamente

à concha tibial esquerda (17) permitindo, assim, a realização dos movimentos de flexão (dorsiflexão), extensão (flexão plantar), inversão e eversão do tornozelo (pé) esquerdo.

75. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende uma mesa-divã elevadora e basculadora elétrica (2) compreendendo uma base fixa (284) apoiada em pés (285) verticais com regulagens de altura (286) que permitem o seu nivelamento no piso, e de uma base móvel (287) que se eleva na vertical sob a ação de um módulo postural de elevação constituído de um transdutor linear (104) e de um mecanismo do tipo quadrilátero articulado duplo (289, 289, 290, 291, 292, 293), sendo que o módulo postural de elevação da cadeira funcional extensível (1) com a qual coopera é montado em uma base fixa (284) da mesa-divã elevadora e basculadora elétrica (2) que dispõe de duas colunas (294, 295), sendo acoplados em mancais de deslizamento (296) os quatro componentes articulados (288, 289, 290, 291) que formam com os tirantes longitudinais (292, 293), o mecanismo de um quadrilátero articulado duplo (288, 289, 290, 291, 292, 293) que realiza a elevação vertical da base móvel (287) da mesa-divã elevadora e basculadora elétrica (2).

76. Sistema exoesquelético de acordo com a reivindicação 75, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a ação do mecanismo tipo quadrilátero articulado duplo (289, 289, 290, 291, 292, 293) que interliga as duas bases da mesa-divã elétrica (2), a fixa (284) e a móvel (287), se efetiva pelo fato de seus quatro componentes triangulares (288,

289, 290, 291) estarem simultaneamente acoplados aos tirantes longitudinais (292, 293) com mancais de deslizamento (297) e nos mancais de deslizamento (298) montados na base móvel horizontal (287), que se eleva e abaixa sob a ação do transdutor linear (104) que movimenta o quadrilátero articulado duplo (288, 289, 290, 291, 292, 293).

77. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 75 e 76, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a base móvel (287) da mesa-divã elevadora e basculadora elétrica (2) é composta de uma base (299) rígida onde estão montados os suportes (300, 301) dos mancais dos eixos (54, 55) esquerdo e direito respectivamente, da mesa elevadora (2) e da cadeira extensível (1), as conchas femorais esquerda e direita e os módulos funcionais femorais esquerdo e direito do sistema exoesquelético, sendo que a base (299) rígida é articulada à base móvel (287) através de mancais de deslizamento (302) que permitem a sua basculação ou inclinação para frente para permitir a mudança de postura do usuário.

78. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 75 a 77, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a mesa-divã elevadora basculadora elétrica (2) realiza os movimentos que posicionam a cadeira extensível (1) do sistema exoesquelético nas posturas sentada, deitada e em pé, através de três módulos posturais servidos de transdutores lineares e servomotores a eles acoplados e controlados de forma inteligente, sendo que o módulo postural que efetua a elevação vertical da cadeira extensível (1), realiza esse movimento através da elevação

da base móvel (287) da mesa-divã elétrica (2) pela ação do transdutor linear comercial (104), acoplado à coluna da base fixa (294) e aos tirantes longitudinais (292, 293) do quadrilátero articulado duplo (288, 289, 290, 291, 292, 293).

79. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 75 a 78, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o módulo postural efetua a basculação da cadeira extensível (1) para trás, para realizar a mudança de postura da posição sentada para a posição deitada, sendo que esse movimento é feito por meio da inclinação para trás da estrutura da cadeira extensível (1) da mesa-divã elétrica (2) pela ação de ao menos um par de servomotores e carros (48, 49), e de um par de transdutores lineares comerciais (46, 47), sendo que os servomotores e carros (48, 49) estão montados em um par de guias ou trilhos (303), articuladas em mancais de deslizamento (304) nas extensões (305) da base móvel (287) da mesa-divã elétrica (2); os transdutores lineares comerciais (46, 47) estão articulados nos mancais (306) da estrutura superior dos servomotores e carros (48, 49) e na estrutura da cadeira extensível (1) da mesa-divã elétrica (2).

80. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 75 a 79, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a basculação da cadeira extensível (1) para trás que efetua a mudança da posição sentada para a posição deitada ocorre pela ação simultânea e combinada dos dois pares de servomotores e carros (48, 49) e transdutores lineares comerciais (46, 47).

81. Sistema exoesquelético de acordo com as

reivindicações 75 a 80, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o módulo postural que efetua a basculação da cadeira extensível (1) para frente, realiza esse movimento através da inclinação para frente da base móvel (287) da mesa-divã elétrica (2) pela ação dos transdutores lineares comerciais (50, 51) acoplados entre a base móvel (287) e a base rígida (299) articulada à base móvel (287), sendo que a ação desses transdutores lineares comerciais (50, 51) inclina a base rígida (299) da posição horizontal para até a posição vertical.

82. Sistema exoesquelético de acordo com as reivindicações 75 a 81, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as três posturas proporcionadas pelo sistema exoesquelético, ou sejam, sentada ou deitada ou em pé, podem ser realizadas com a parte móvel (287) da mesa-divã elétrica (2) em repouso ou elevada.

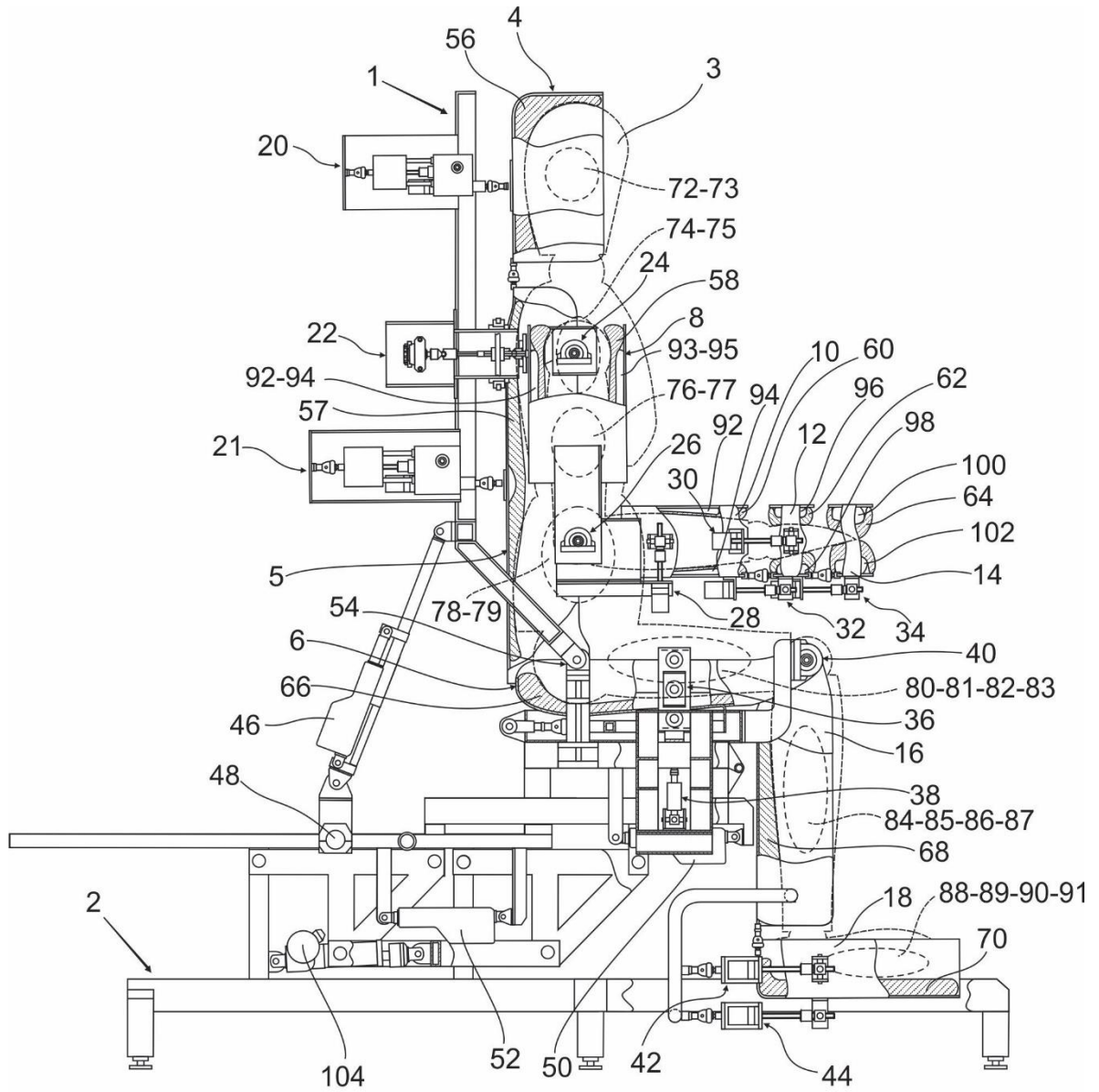


Fig. 1

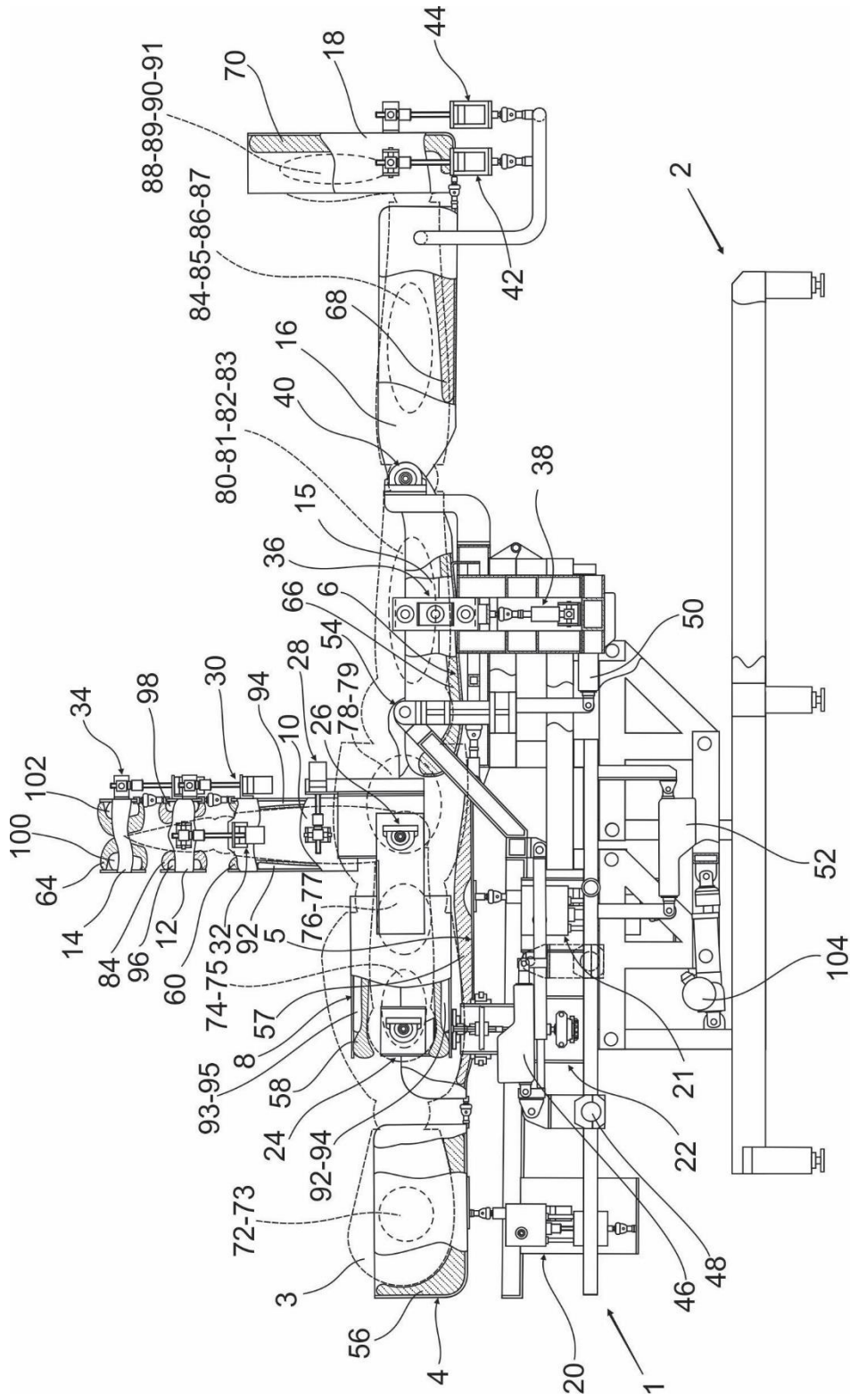


Fig. 2

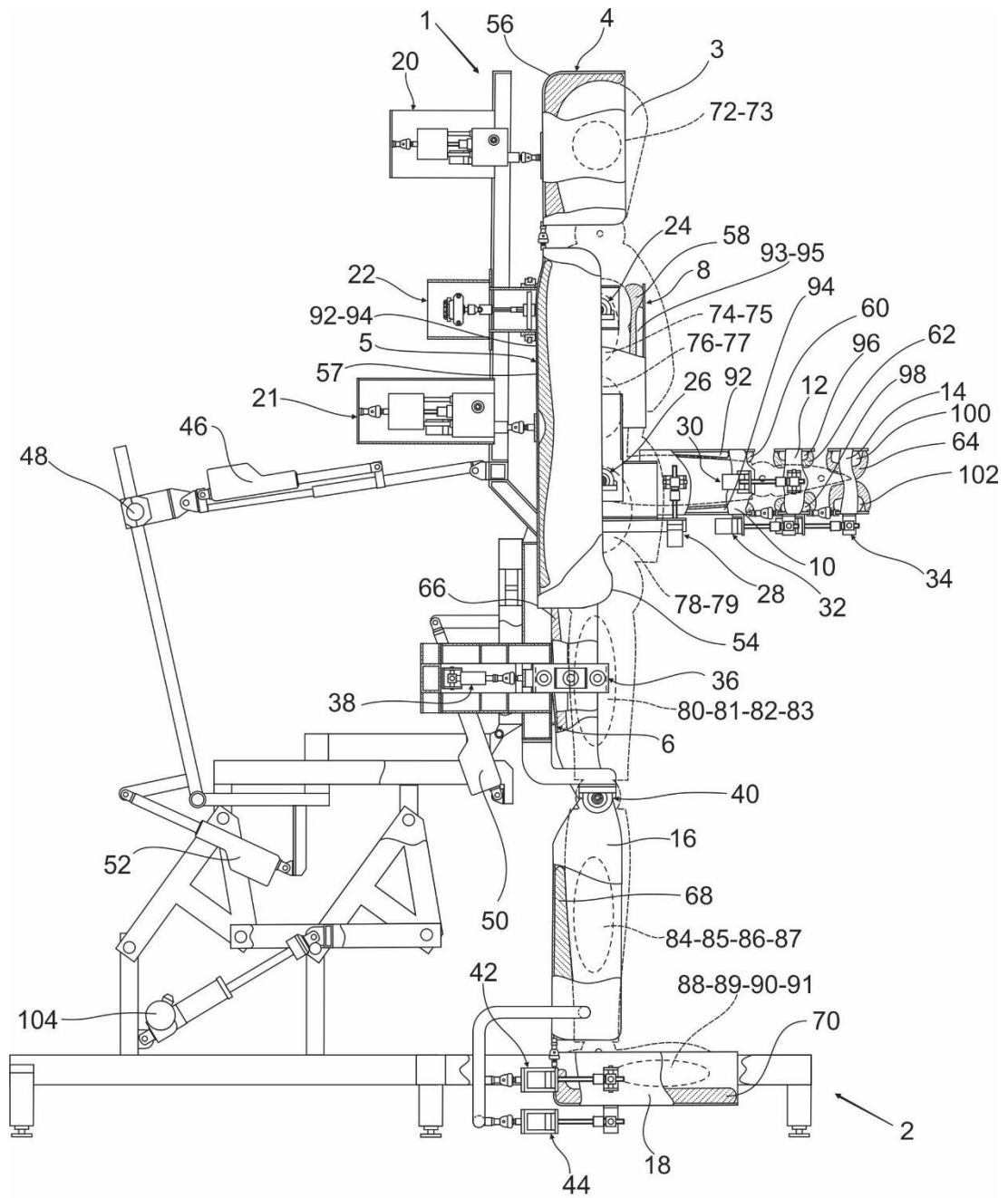


Fig. 3

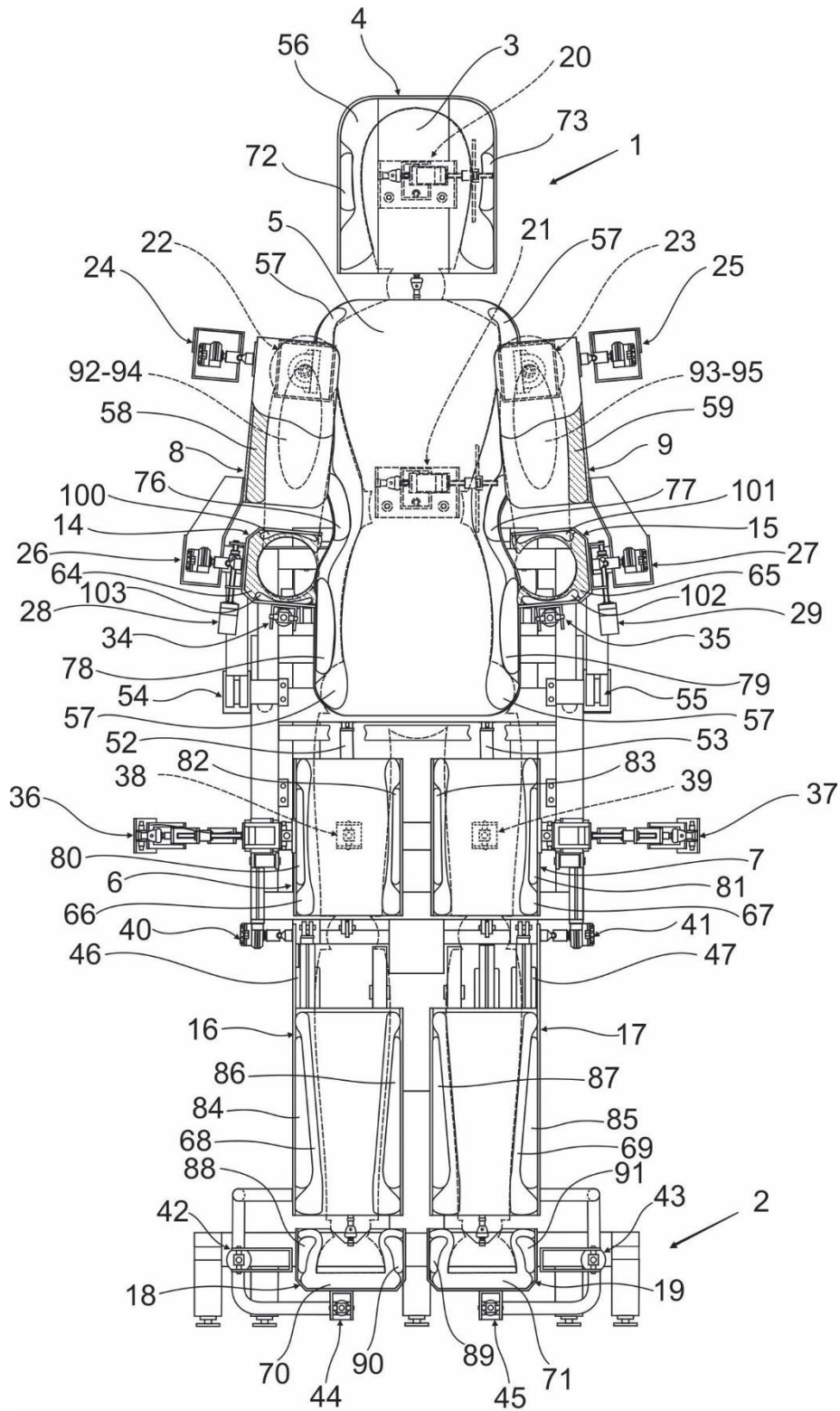


Fig. 4A

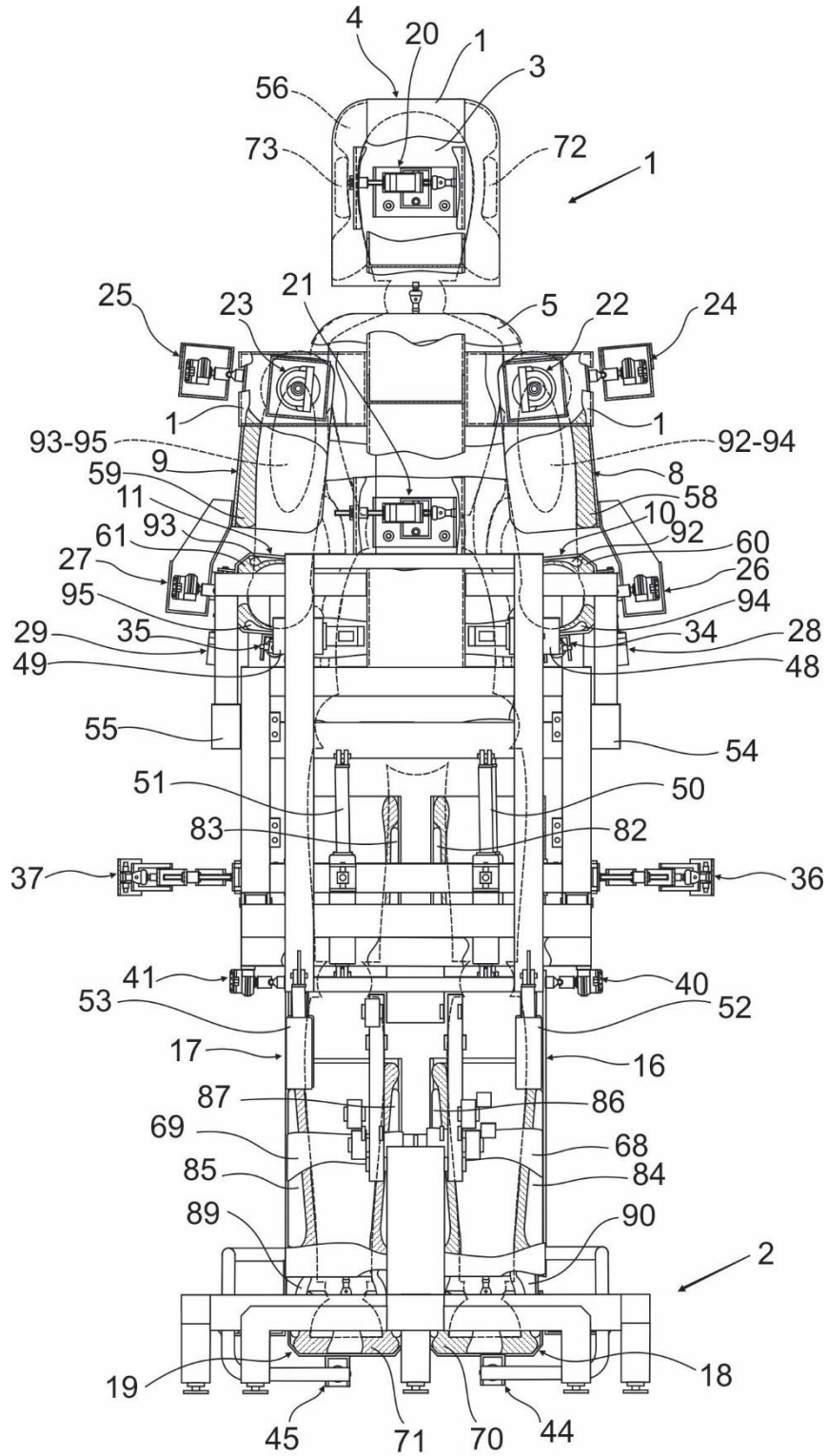


Fig. 4B

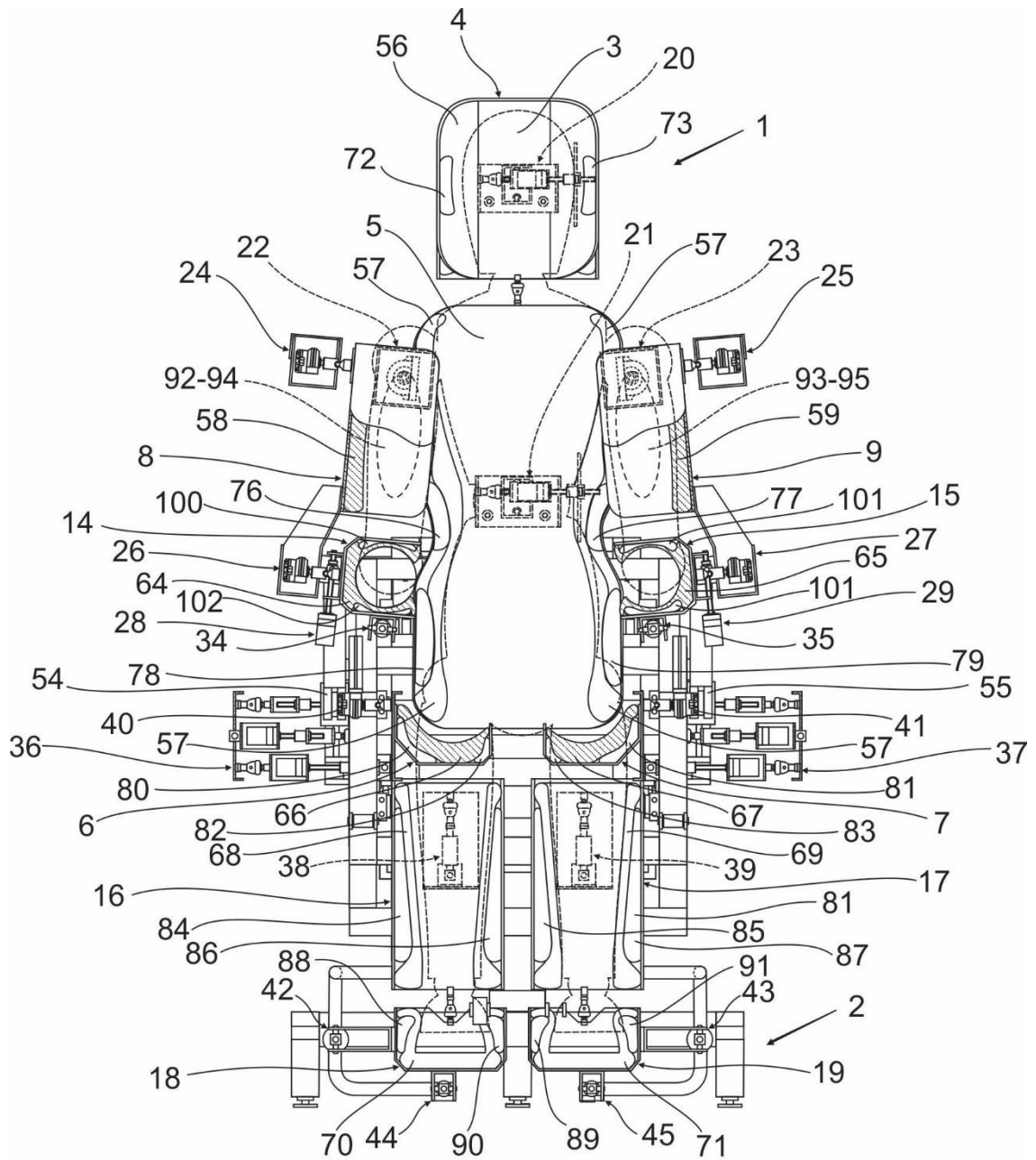
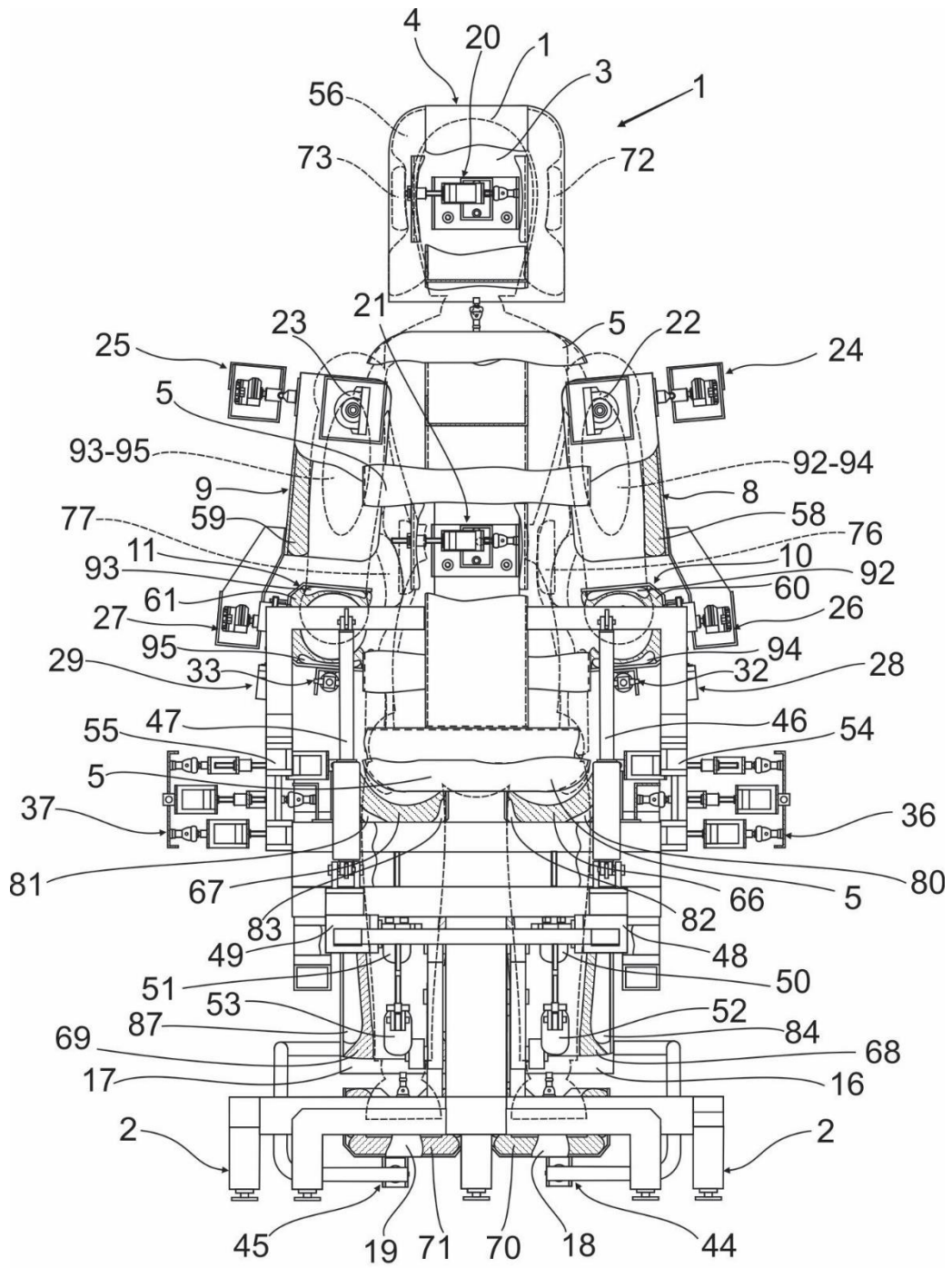


Fig. 5A



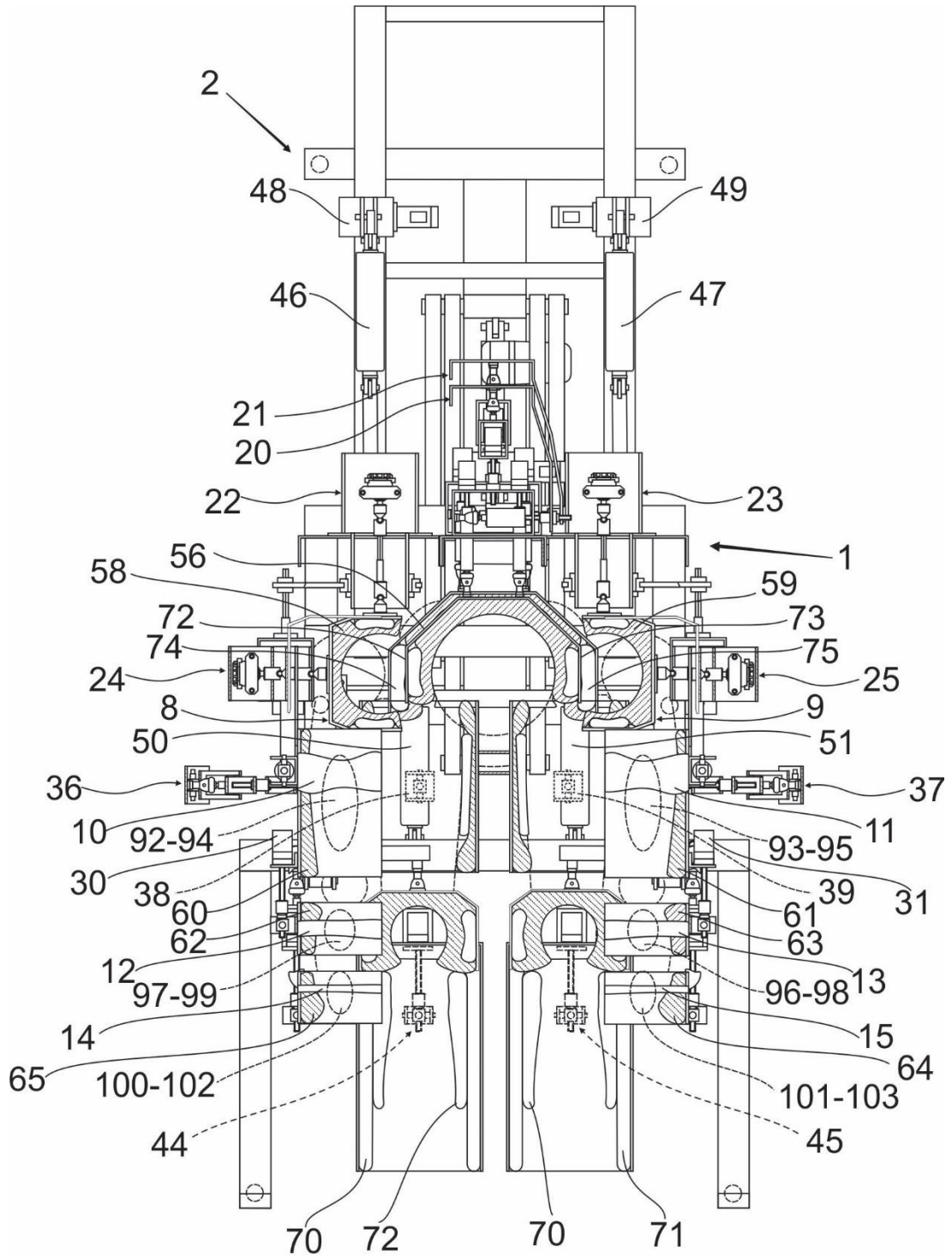


Fig. 5C

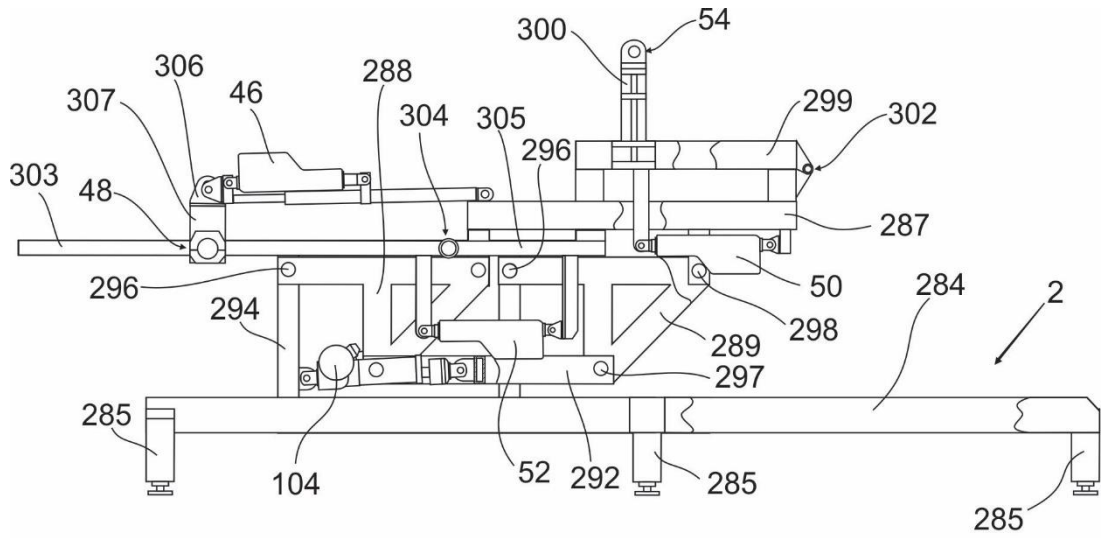


Fig. 6A

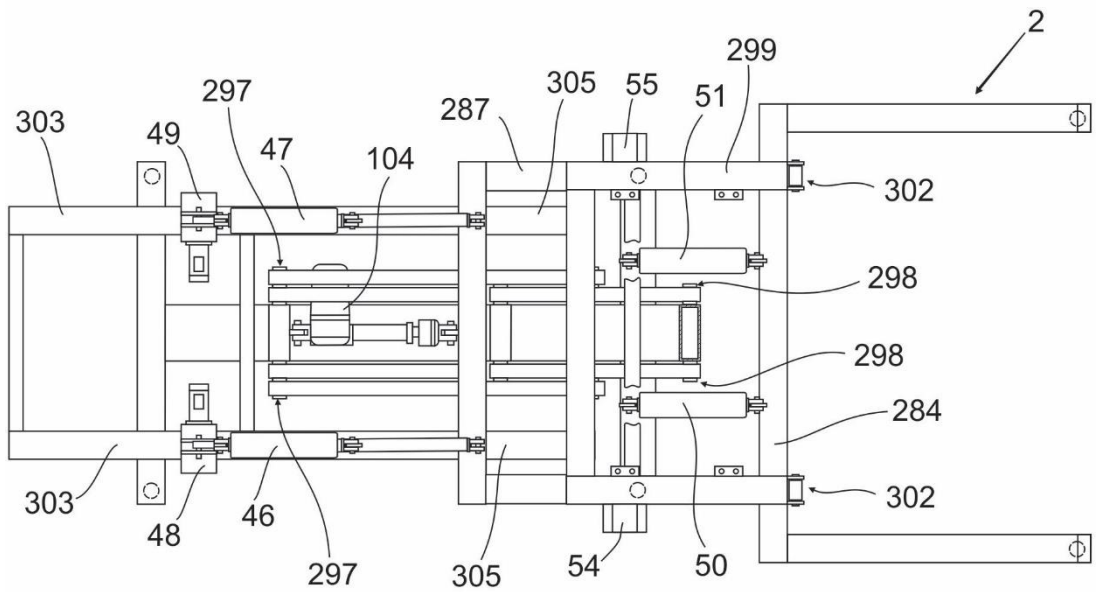


Fig. 6B

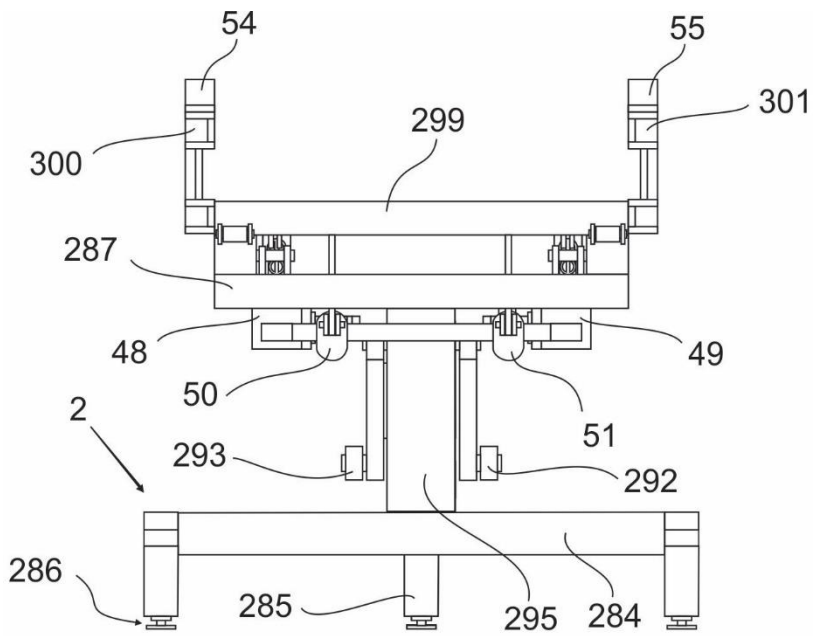


Fig. 6C

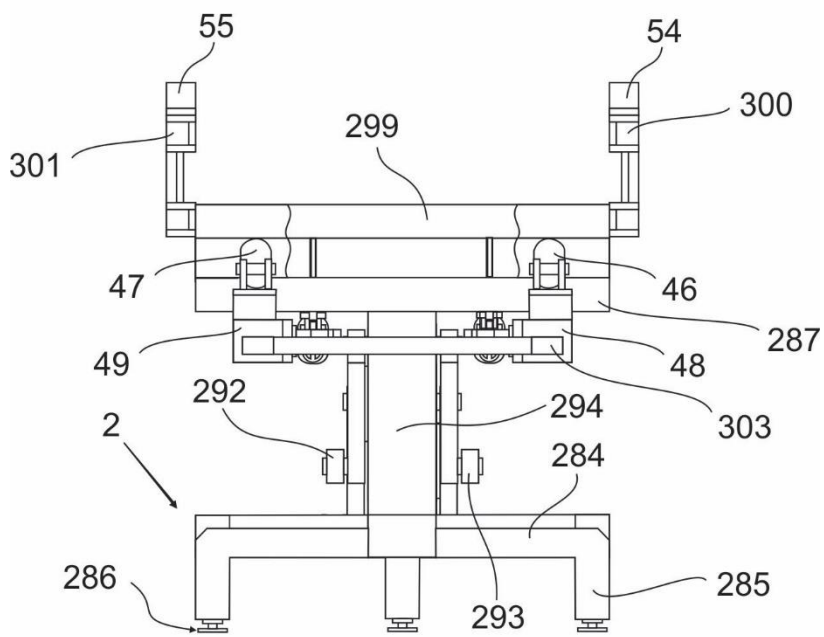


Fig. 6D

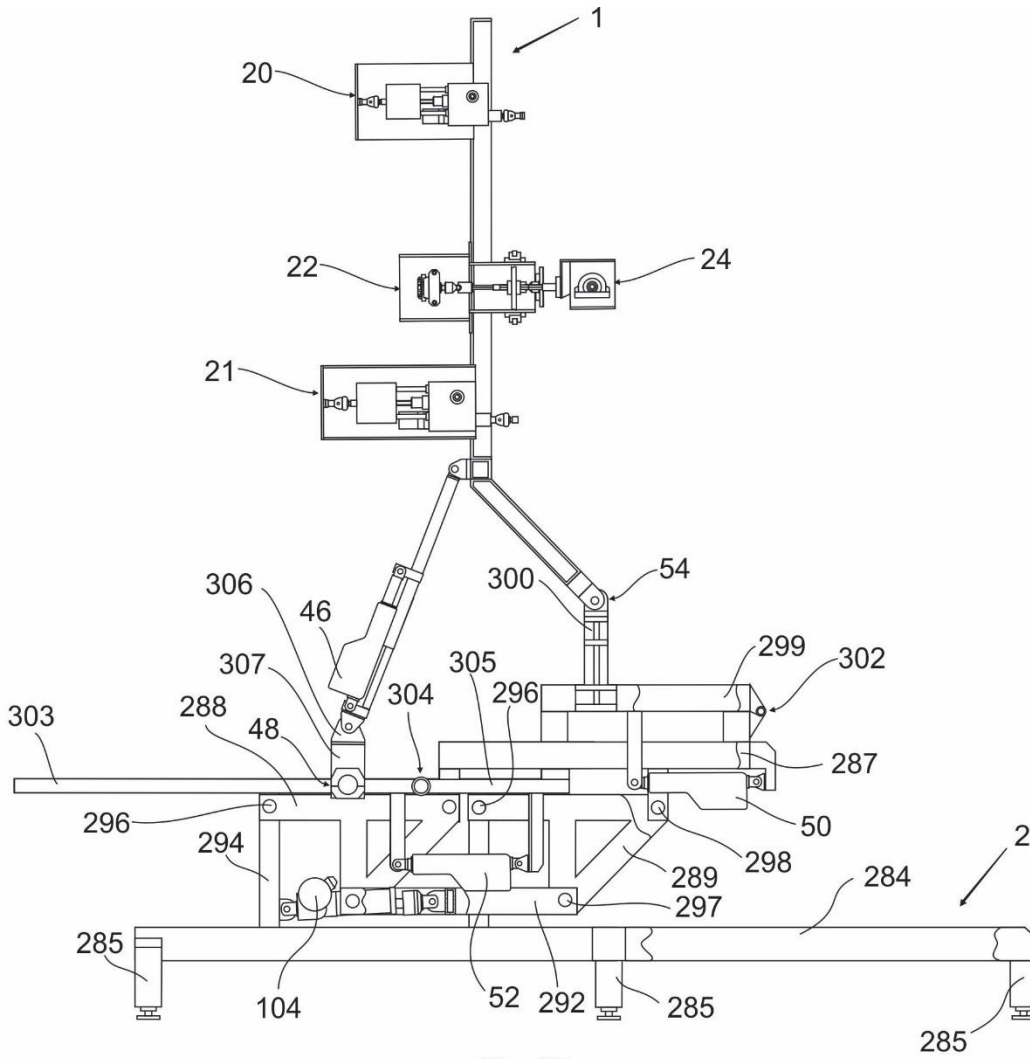


Fig. 6E

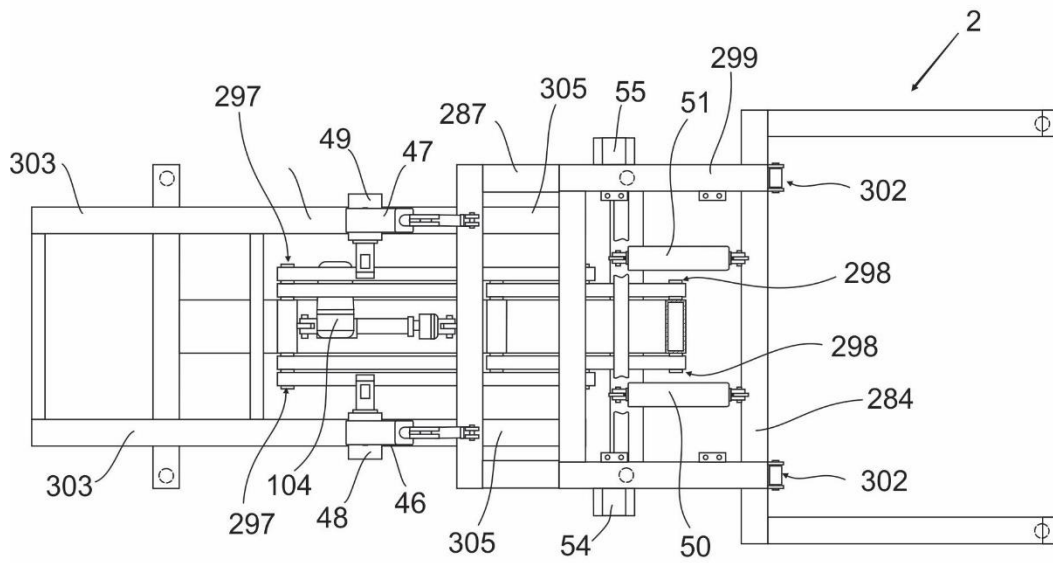


Fig. 6F

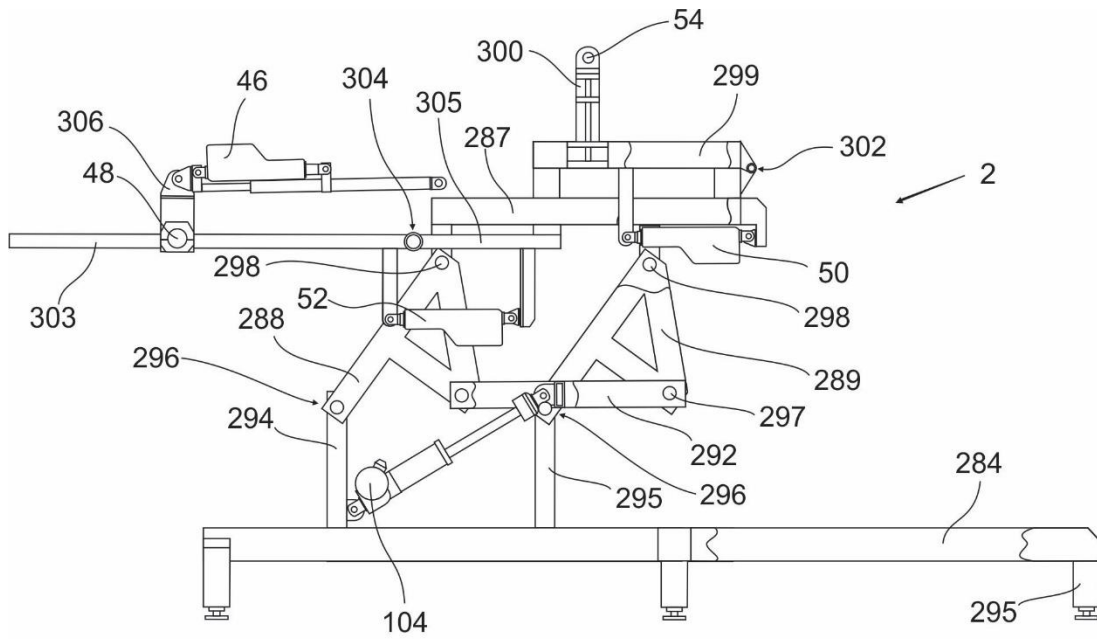


Fig. 7A

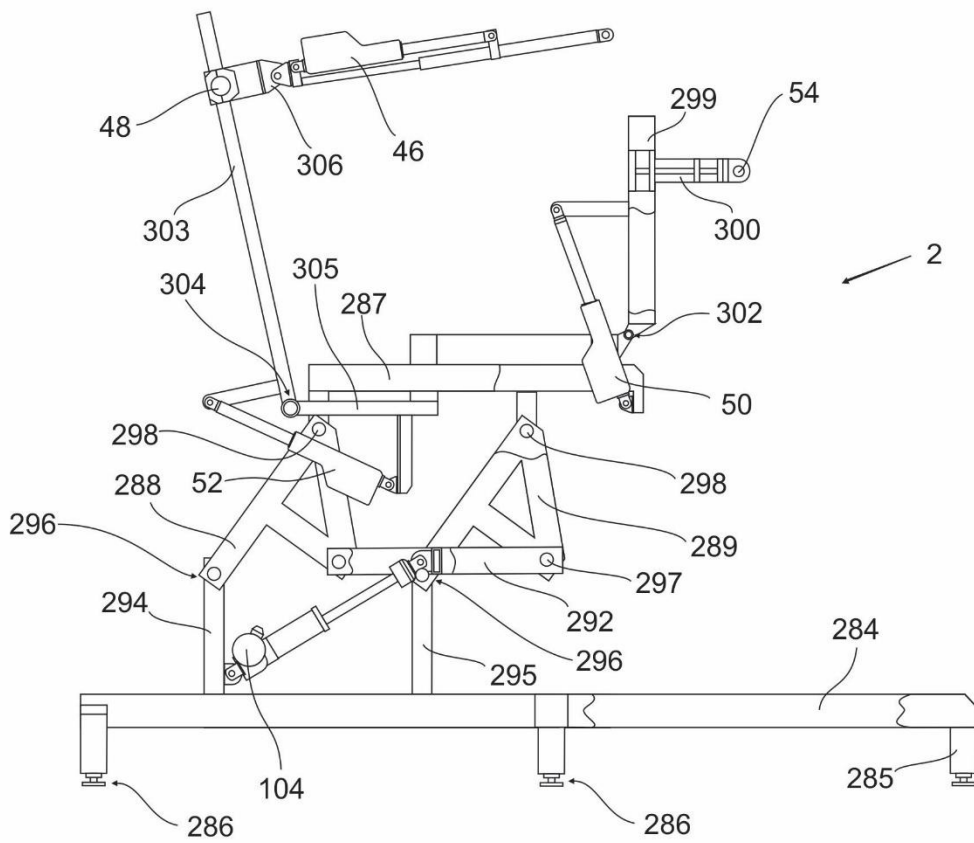


Fig. 7B

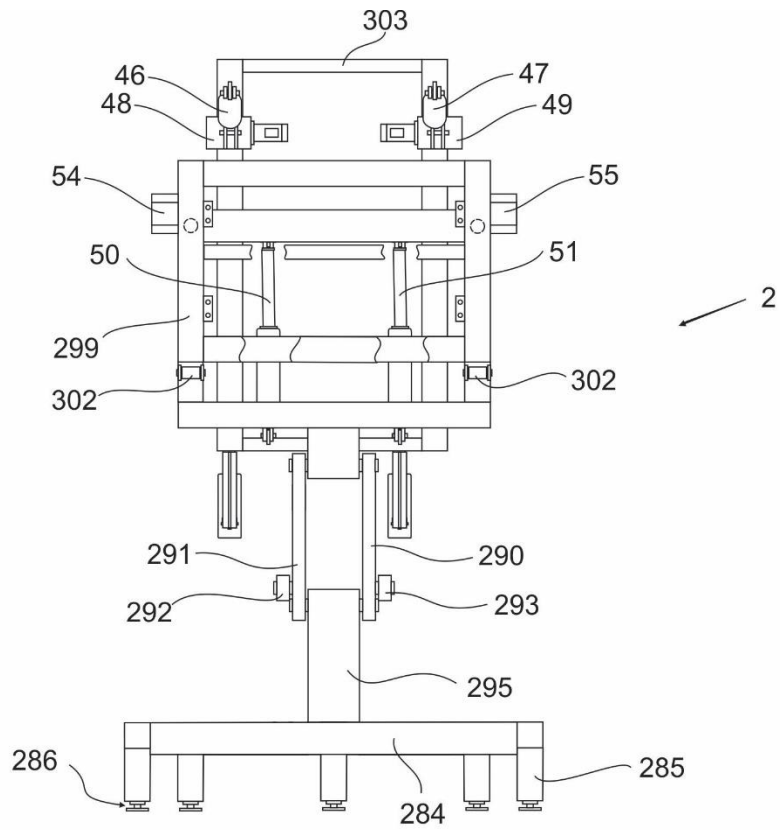


Fig. 7C

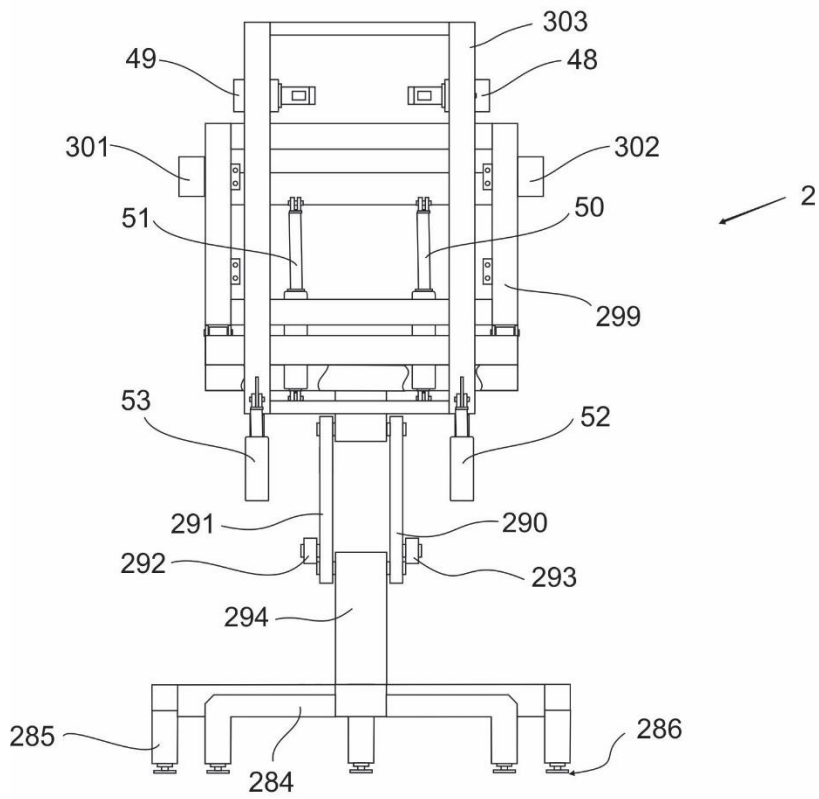


Fig. 7D

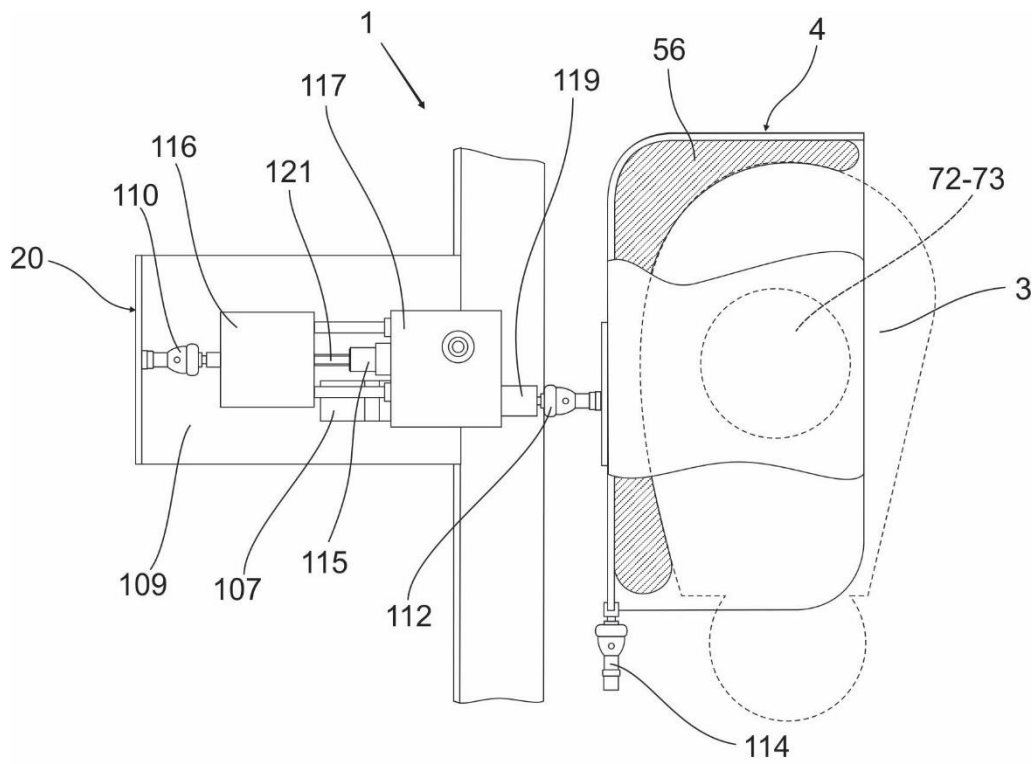


Fig. 8A

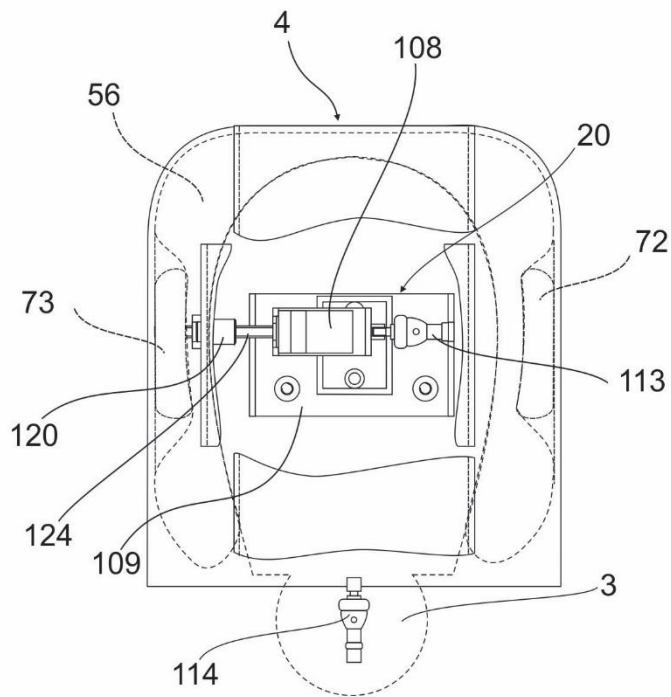


Fig. 8B

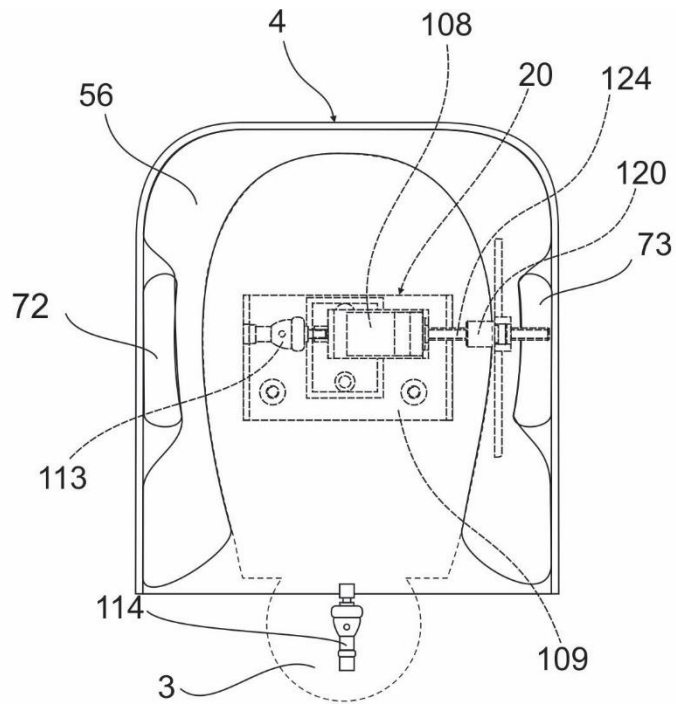


Fig. 8C

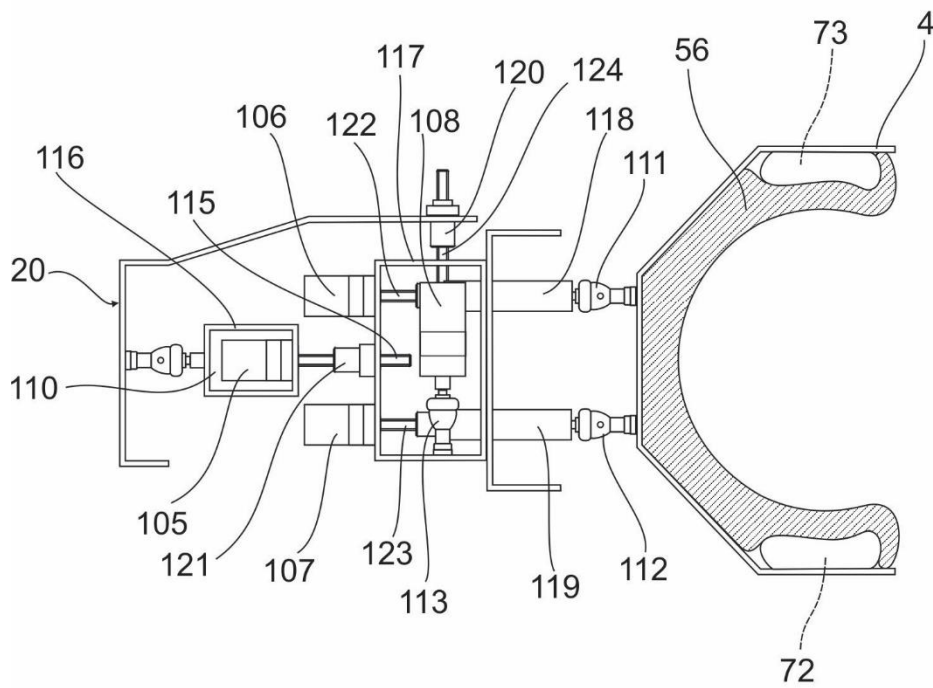


Fig. 8D

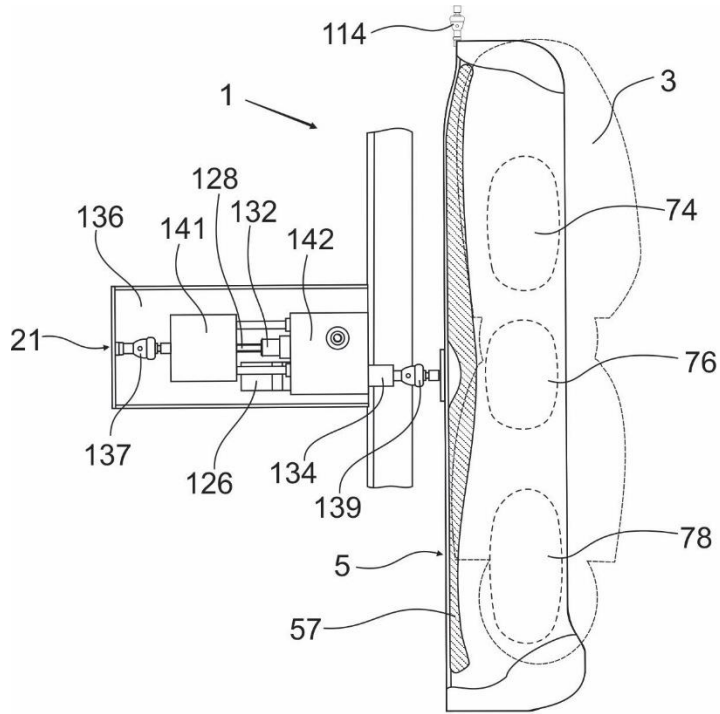


Fig. 9A

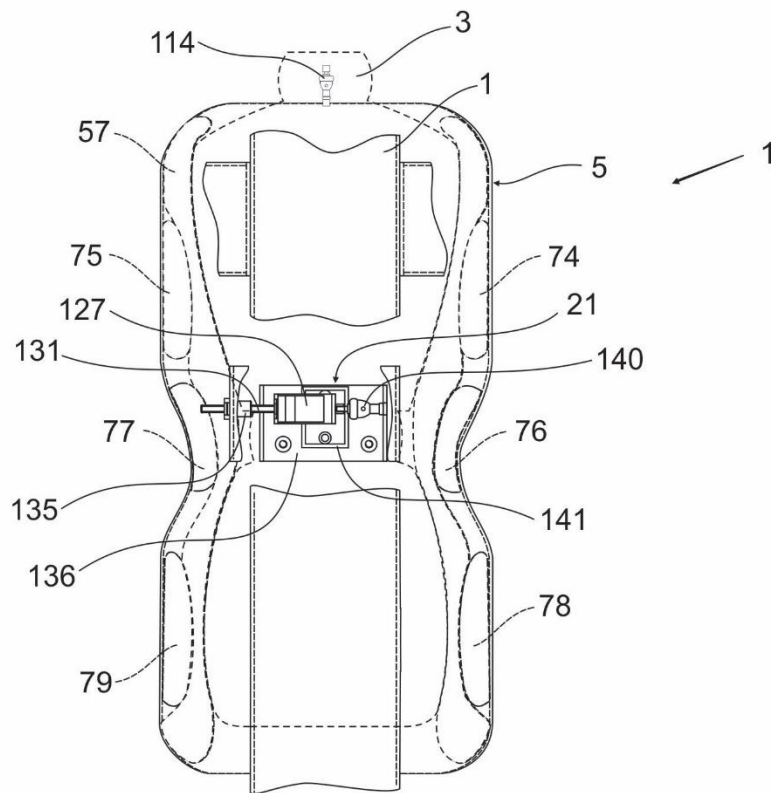


Fig. 9B

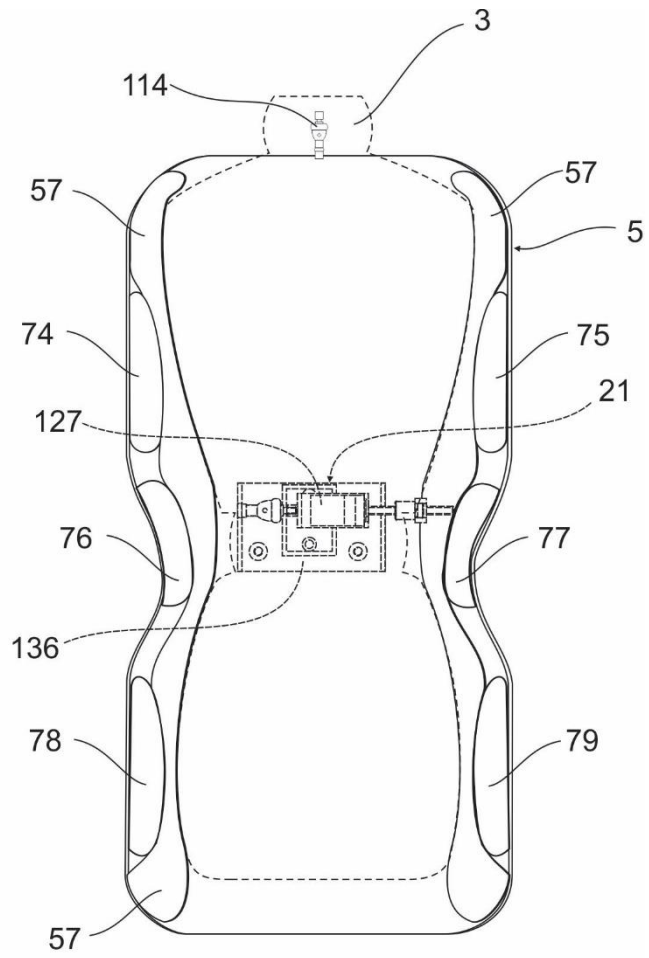


Fig. 9C

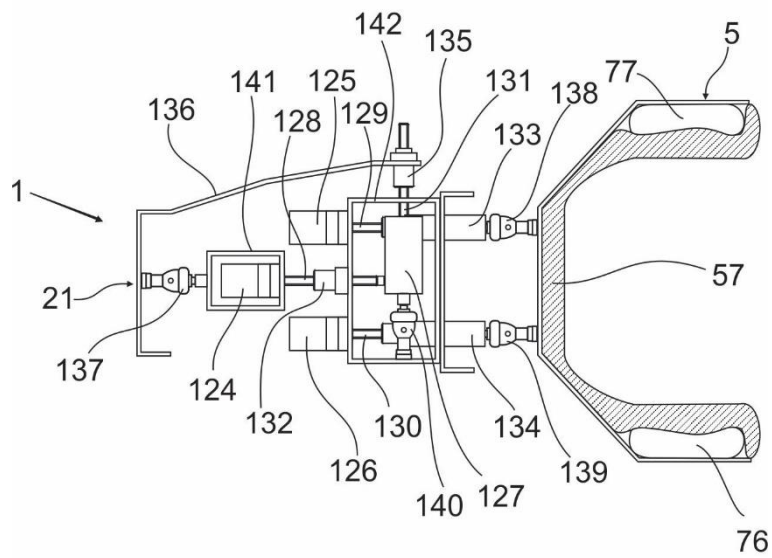


Fig. 9D

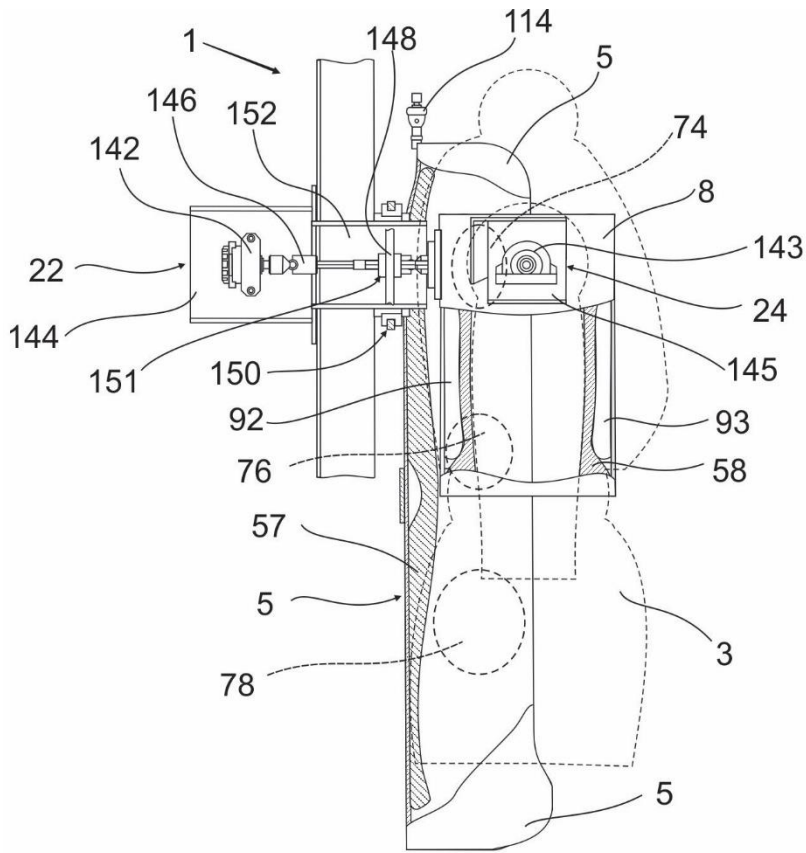


Fig. 10A

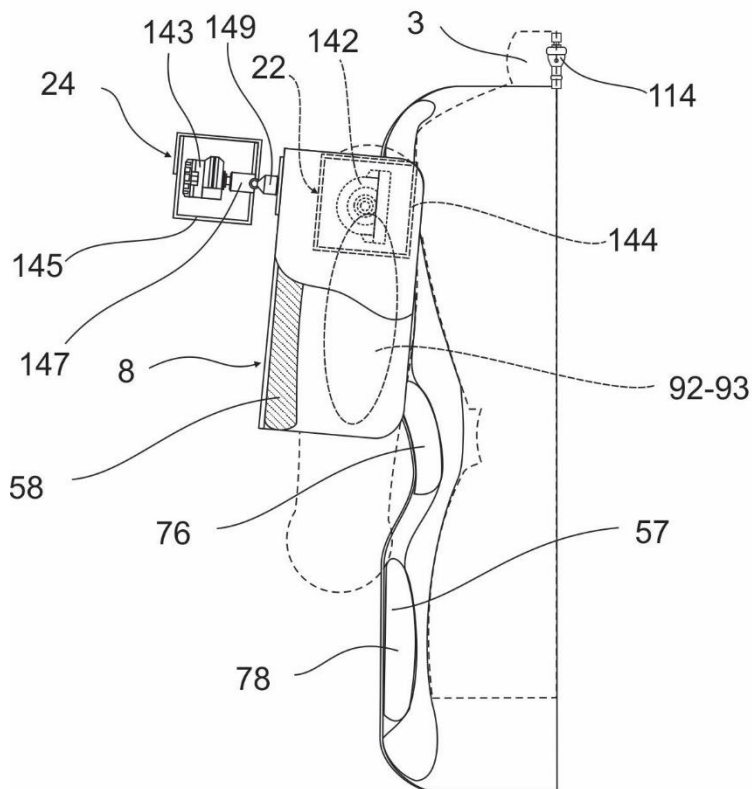


Fig. 10B

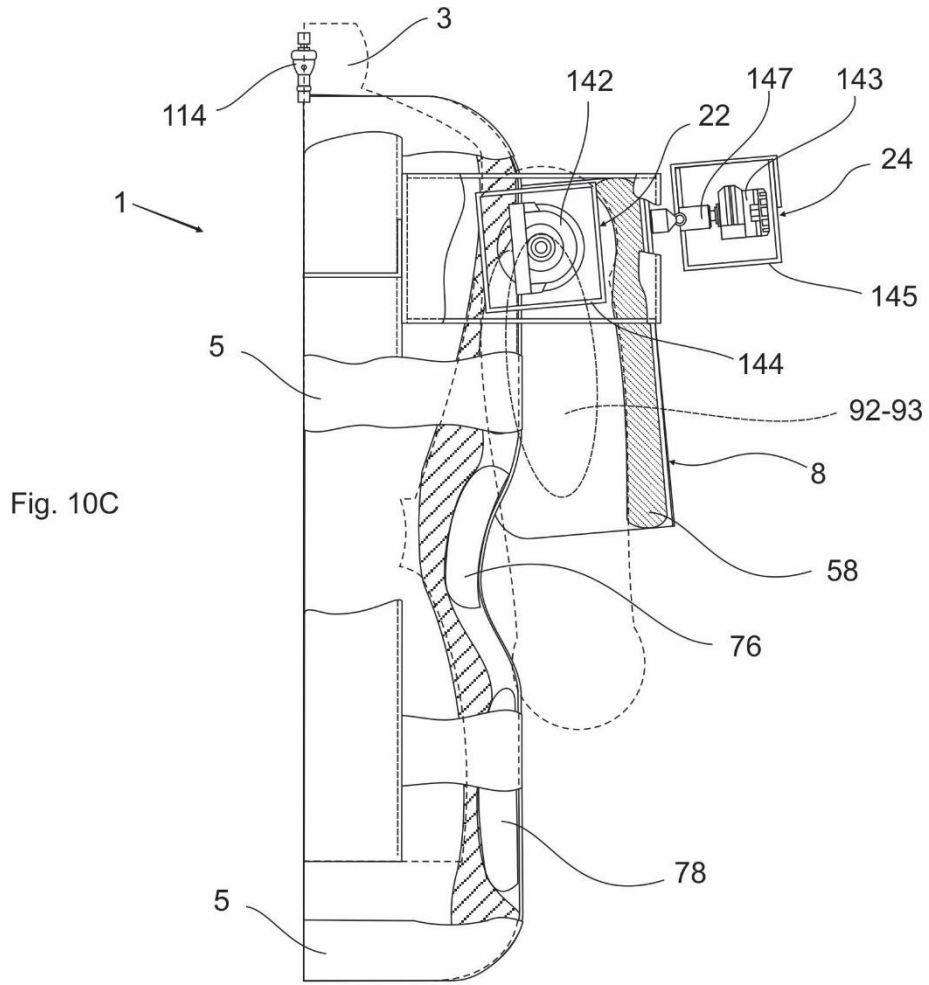


Fig. 10C

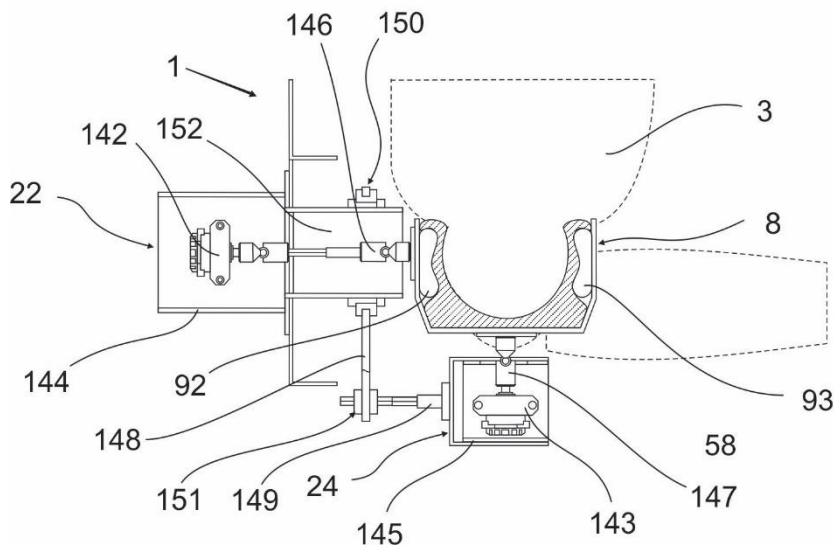
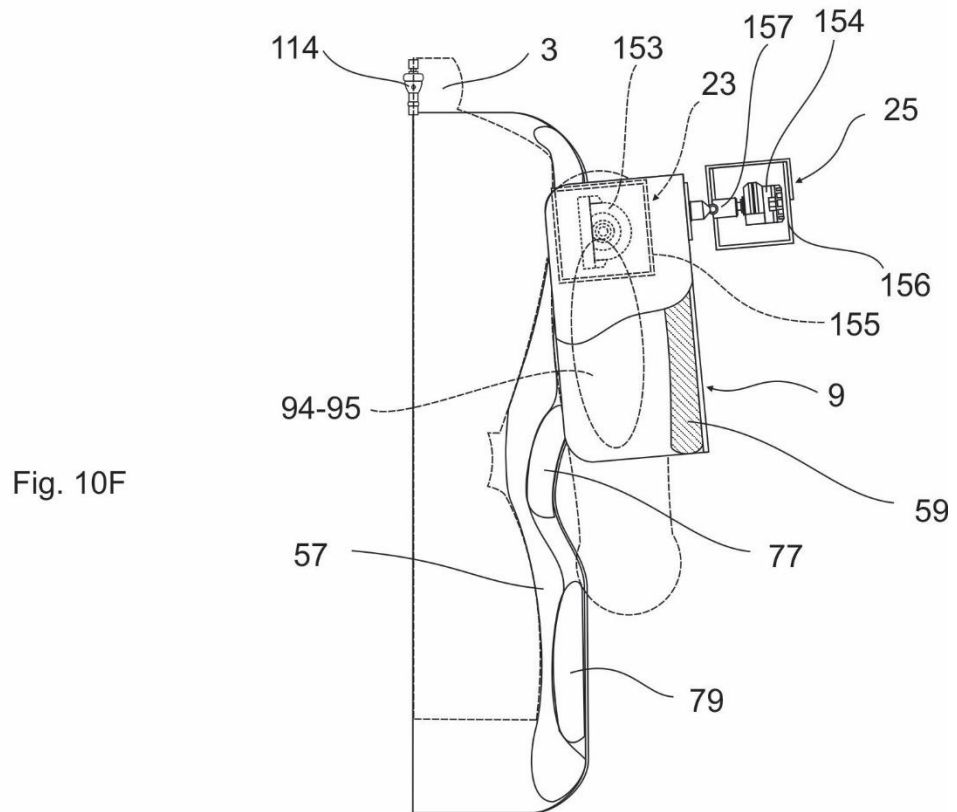
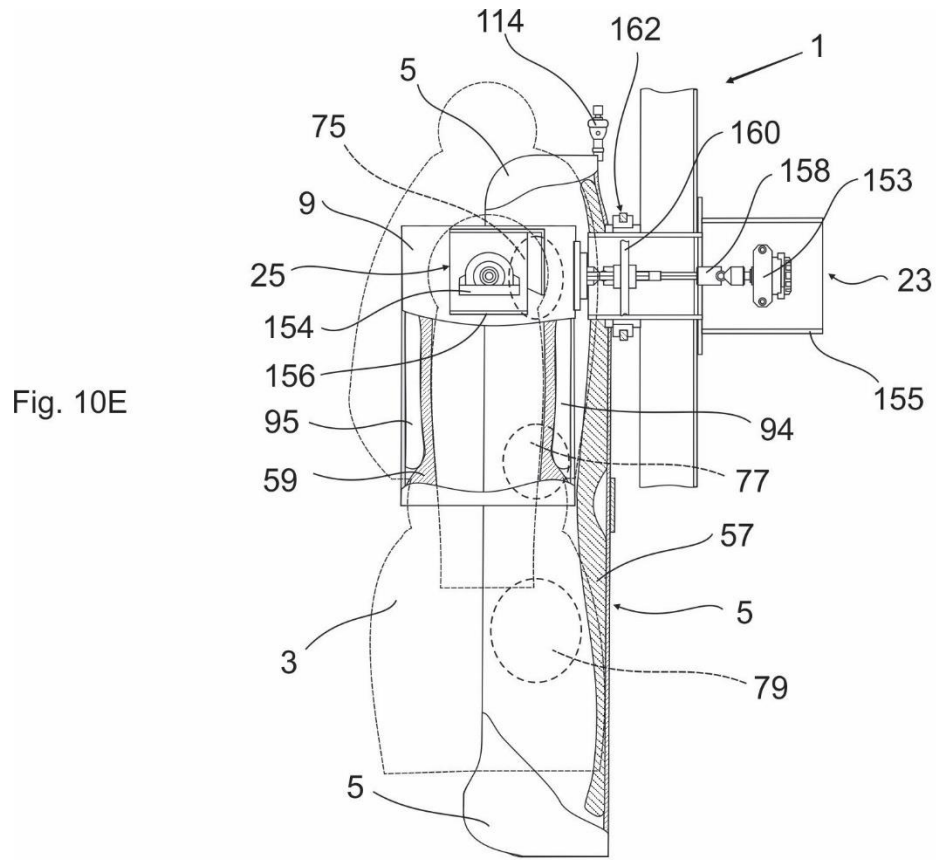


Fig. 10D



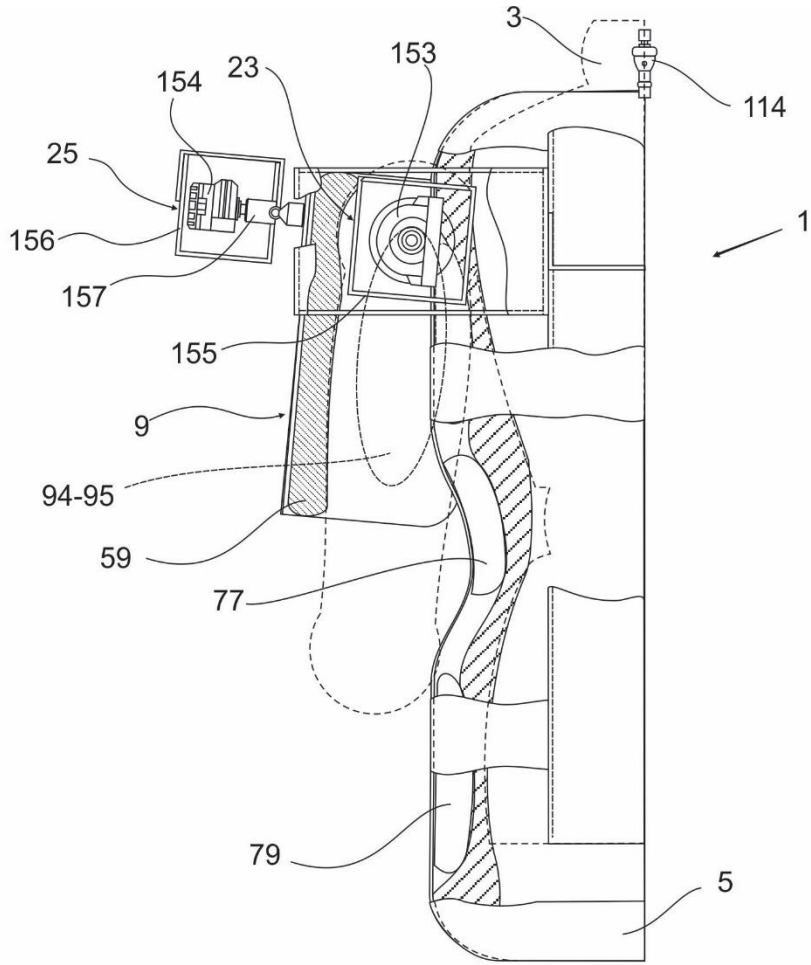


Fig. 10G

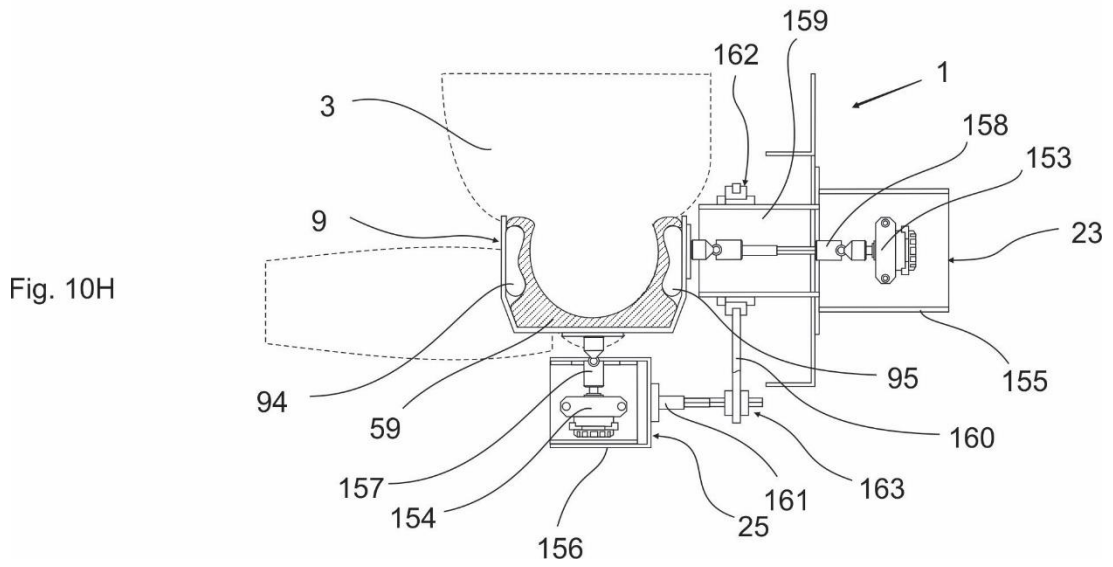


Fig. 10H

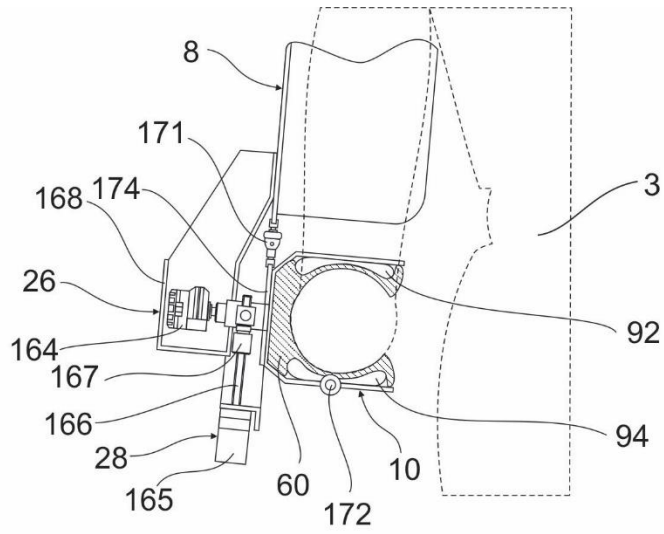


Fig. 11A

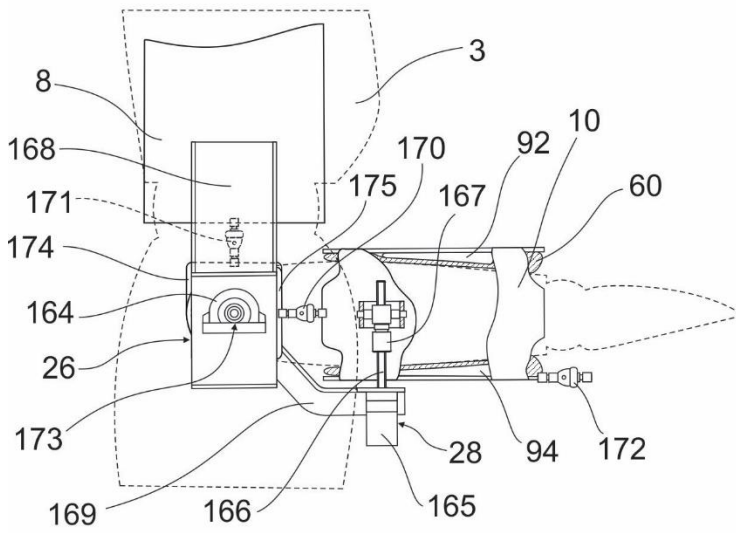


Fig. 11B

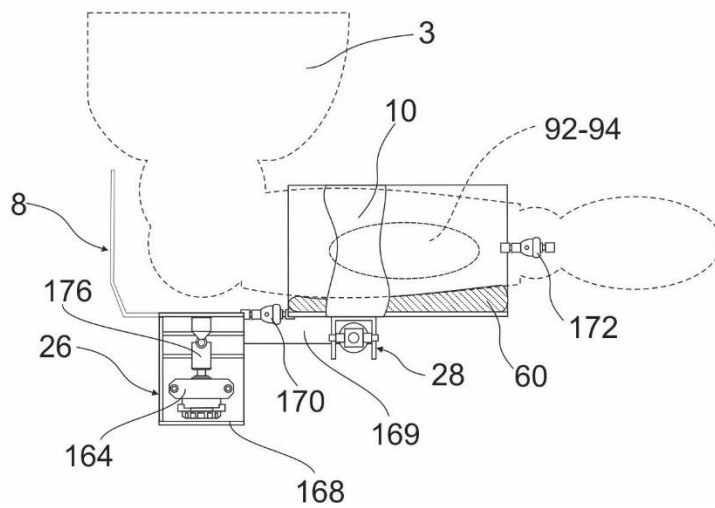


Fig. 11C

Fig. 11D

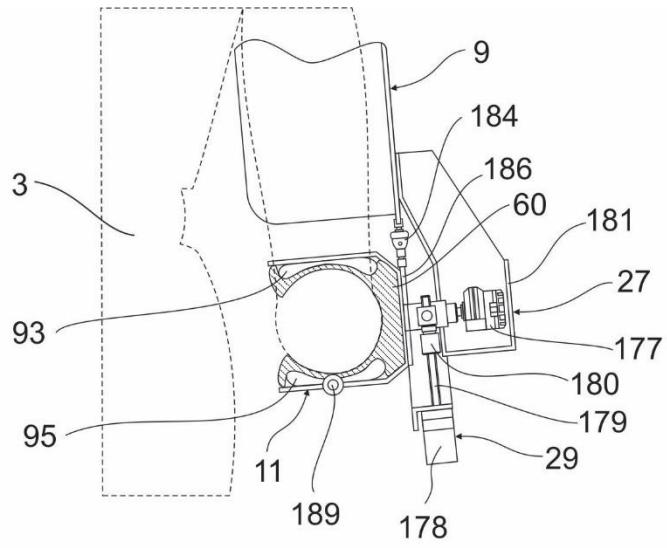


Fig. 11E

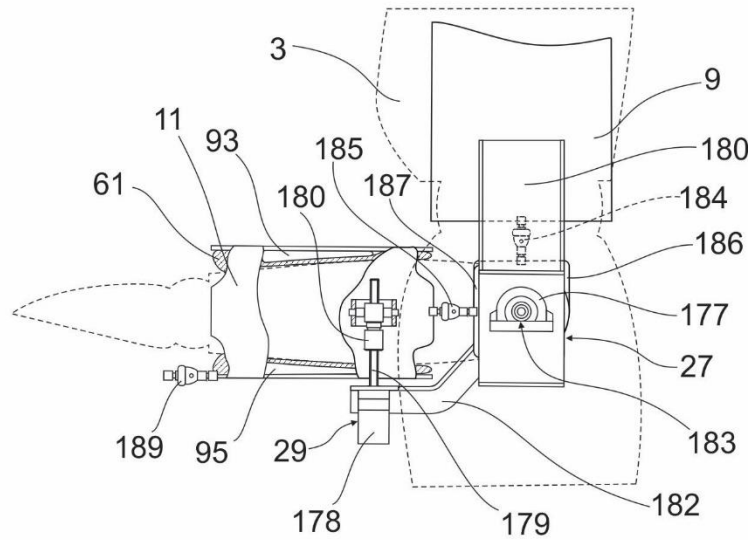
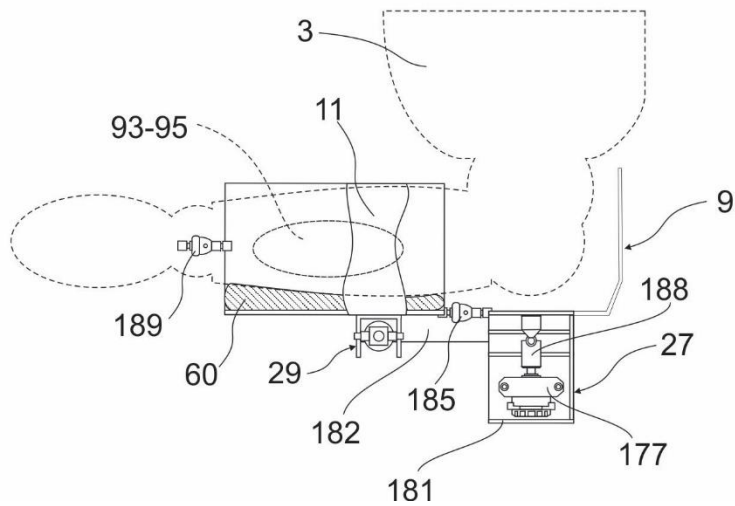


Fig. 11F



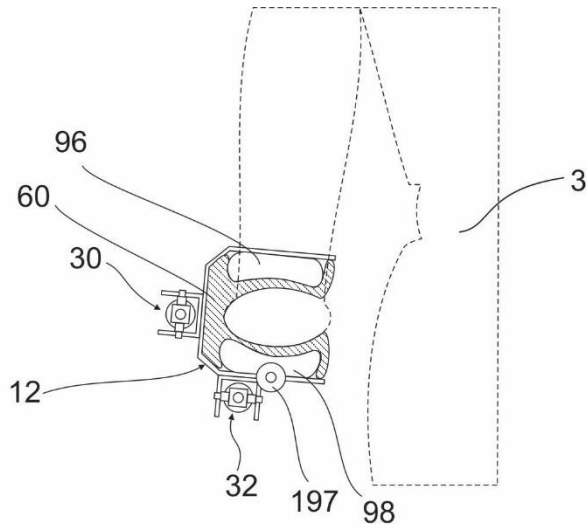


Fig. 12A

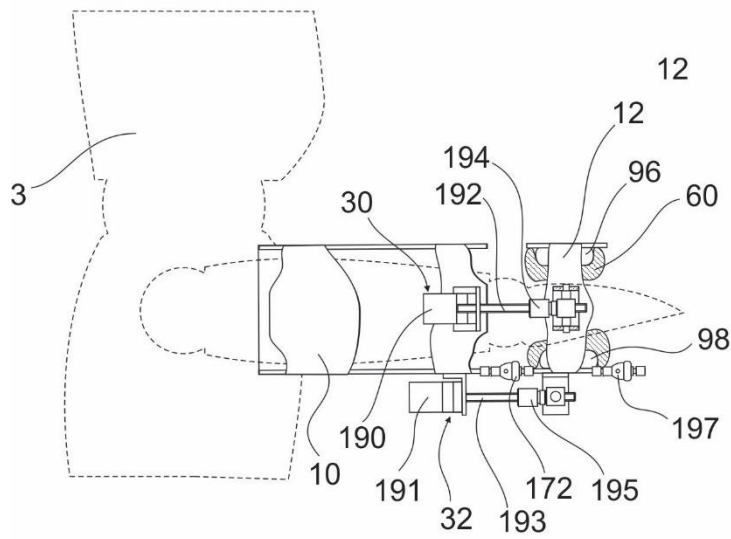


Fig. 12B

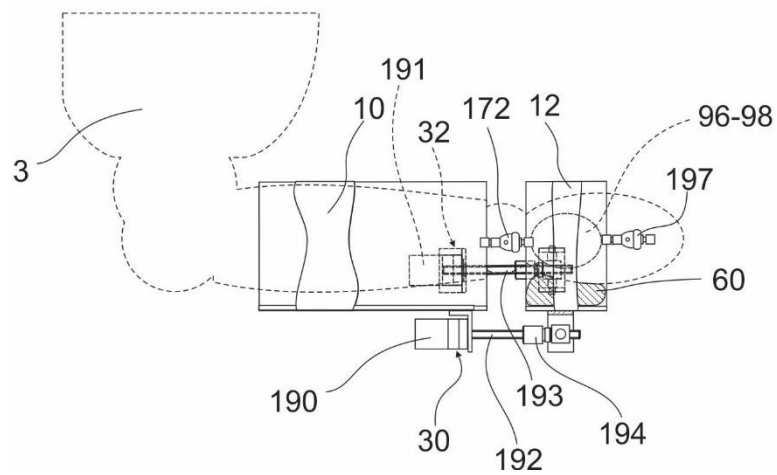


Fig. 12C

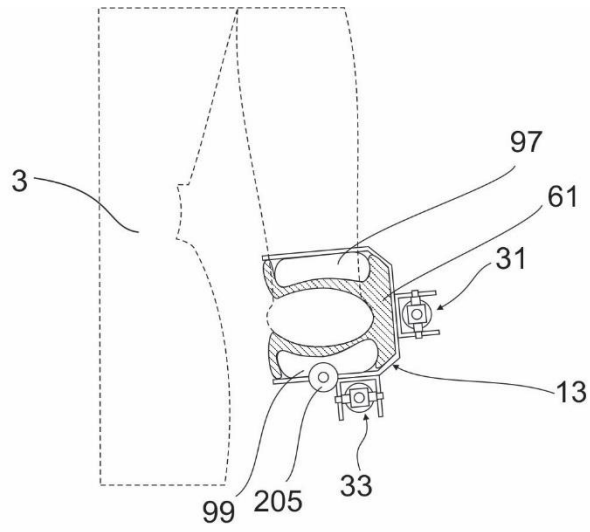


Fig. 12D

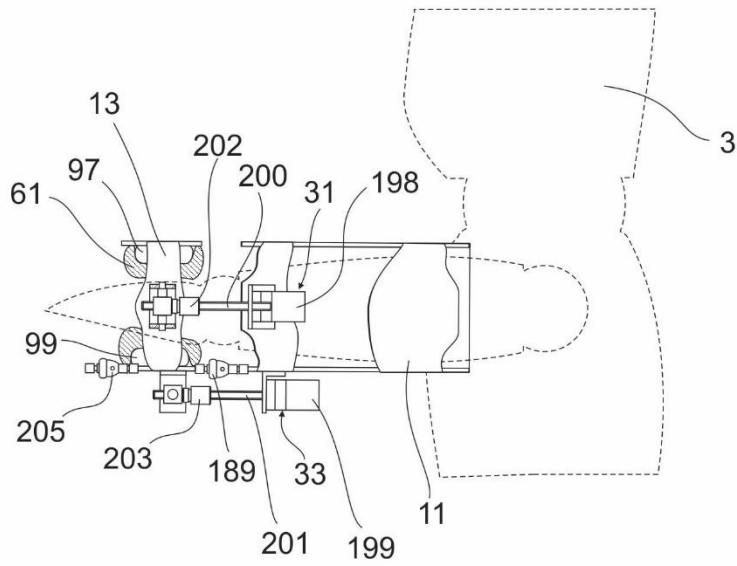


Fig. 12E

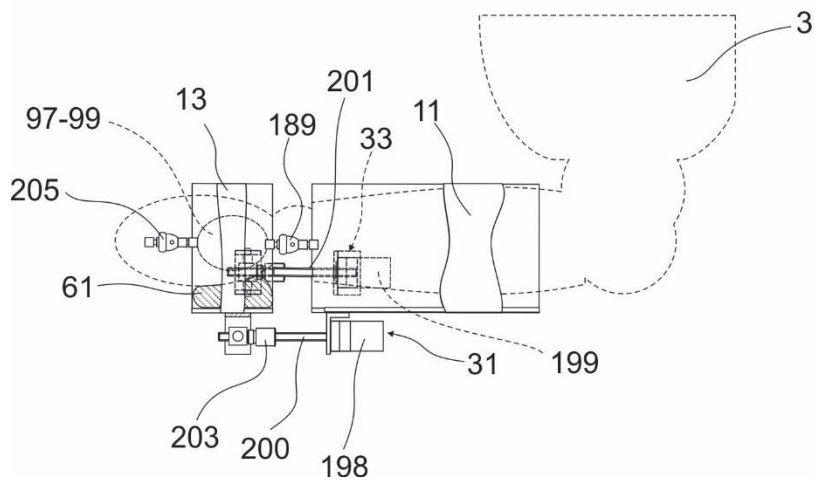


Fig. 12F

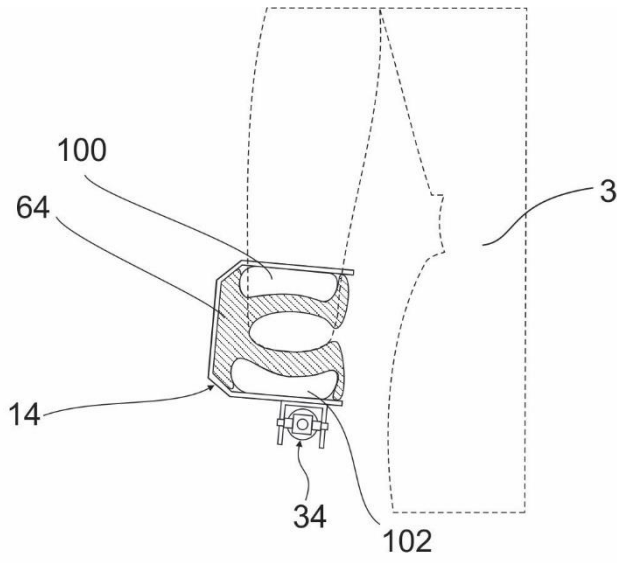


Fig. 13A

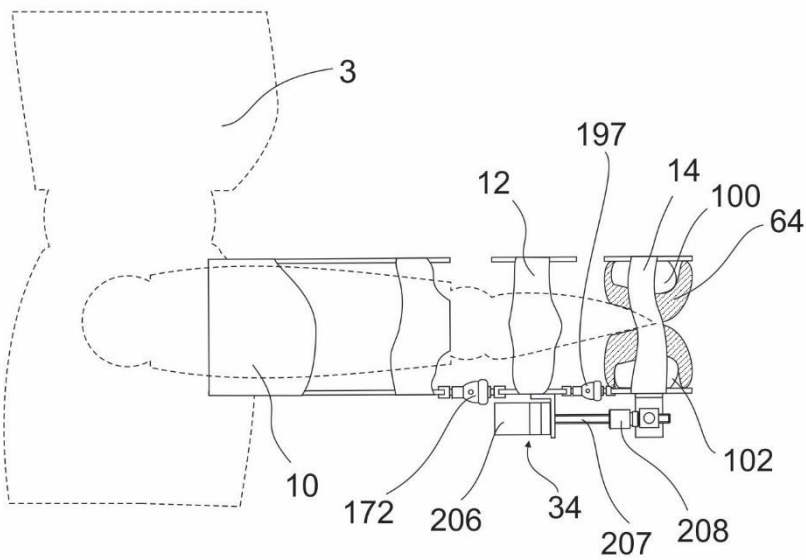


Fig. 13B

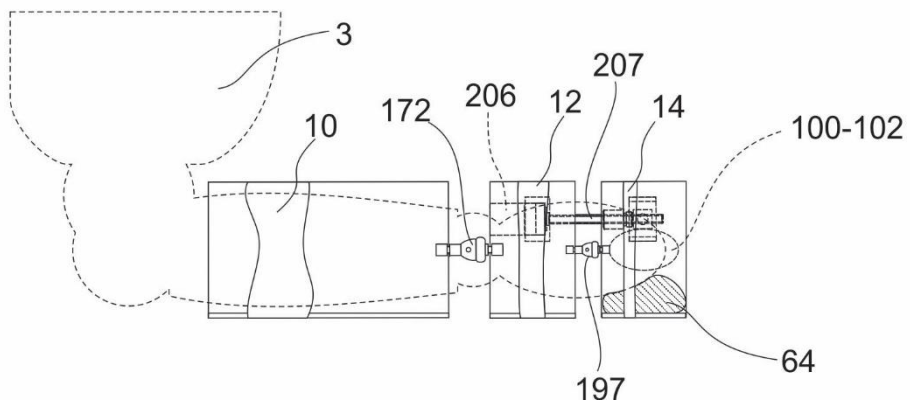


Fig. 13C

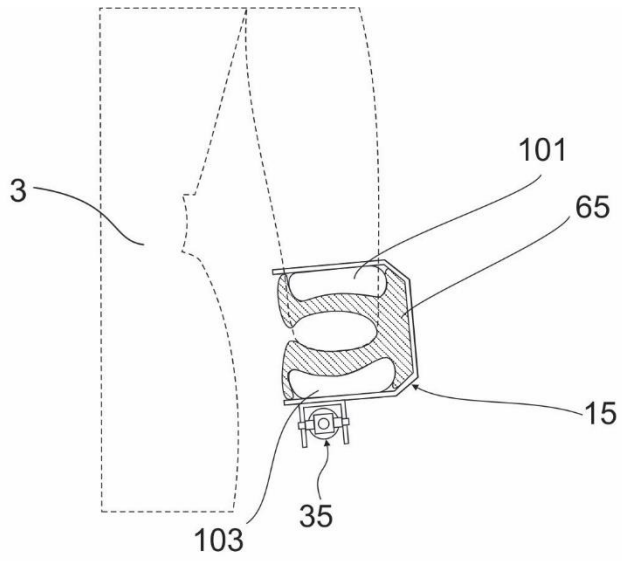


Fig. 13D

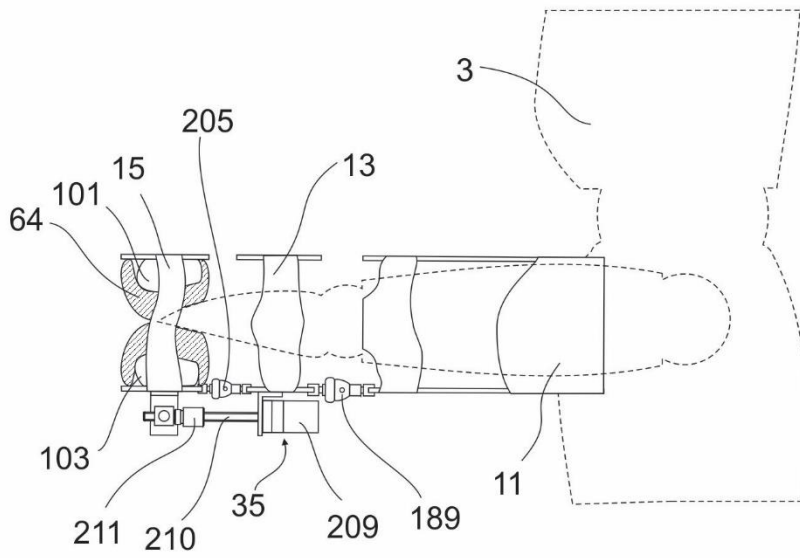


Fig. 13E

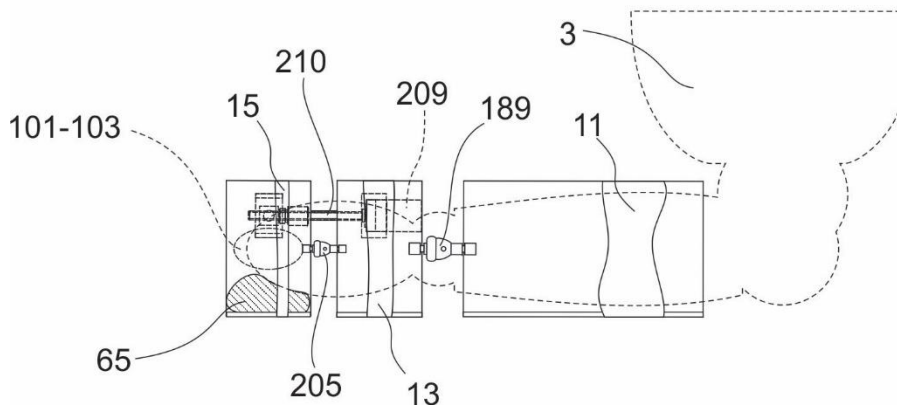


Fig. 13F

Fig. 14A

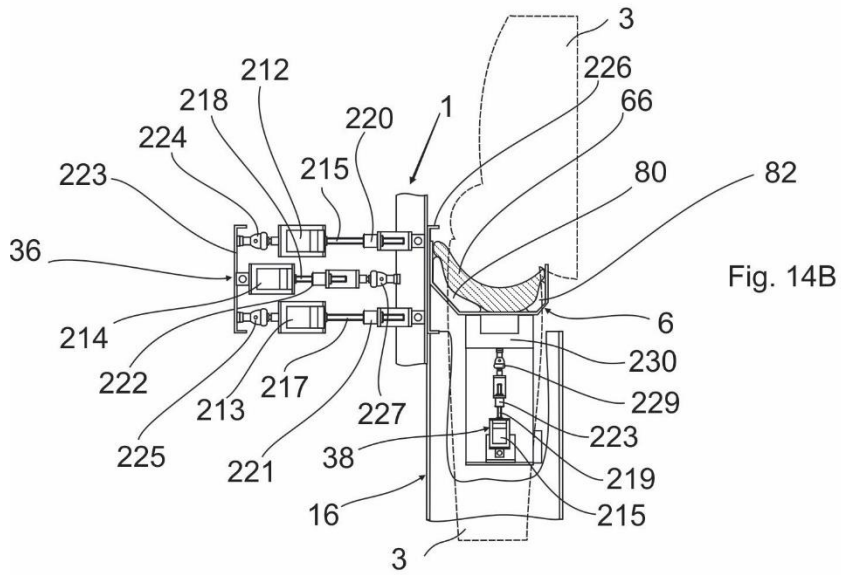
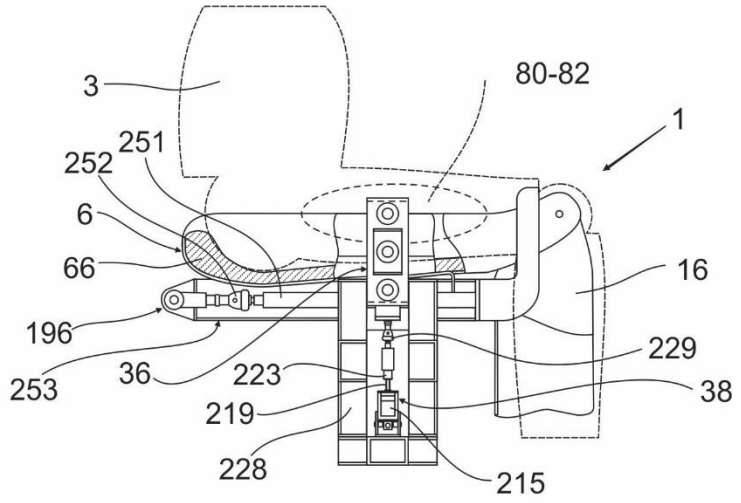


Fig. 14B

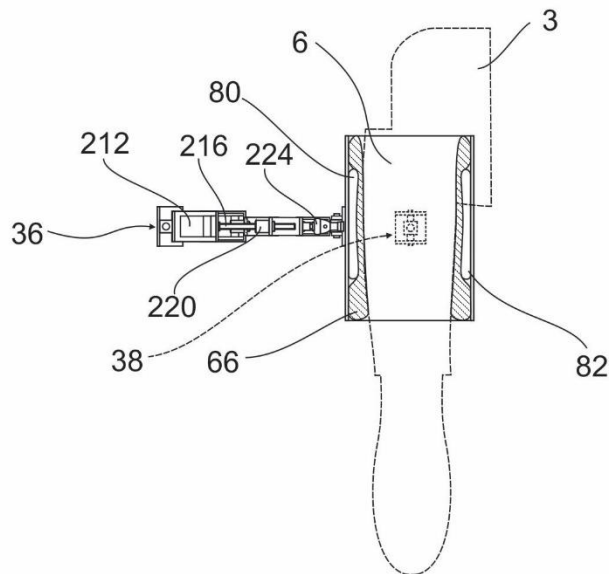


Fig. 14C

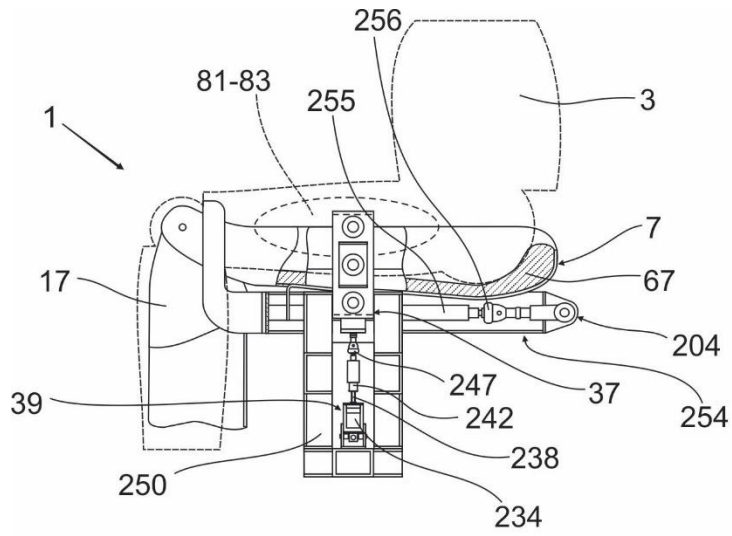


Fig. 14D

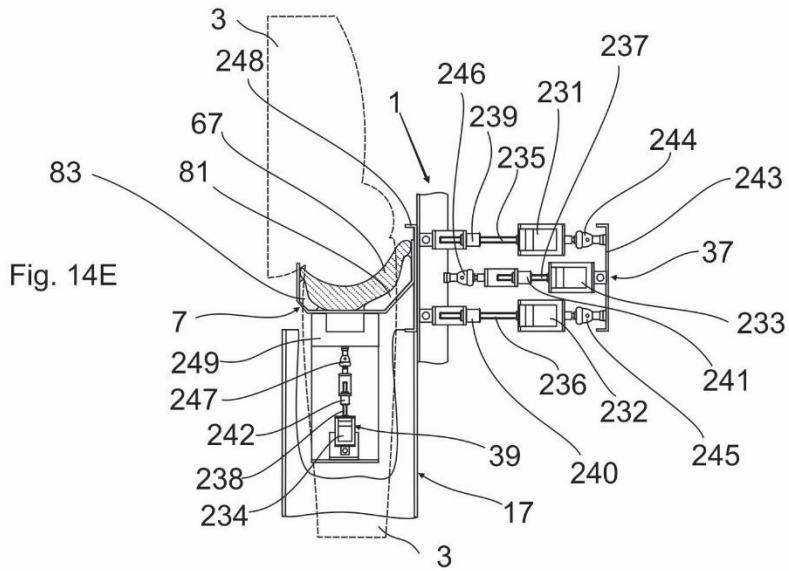


Fig. 14E

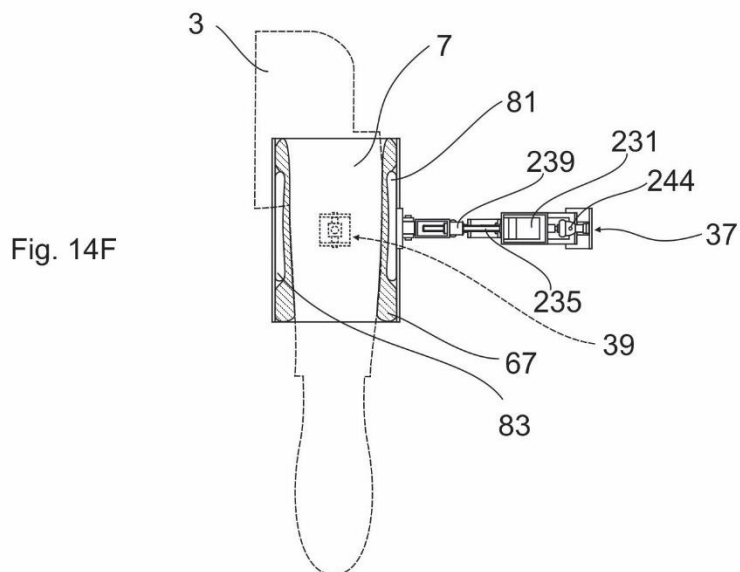


Fig. 14F

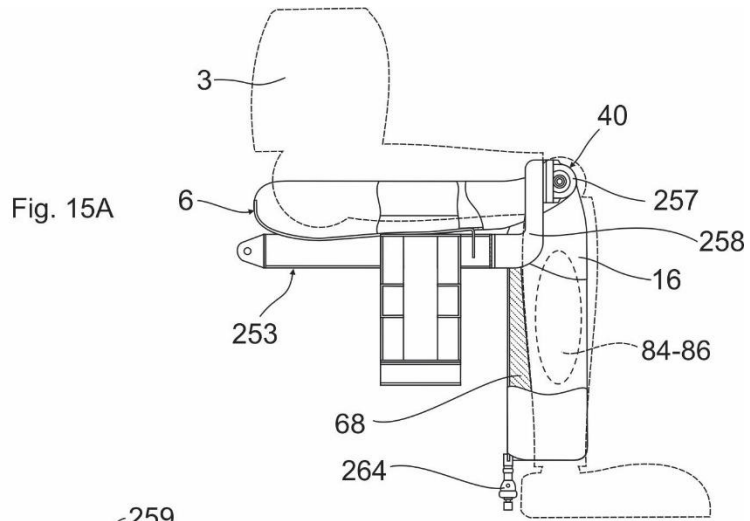


Fig. 15A

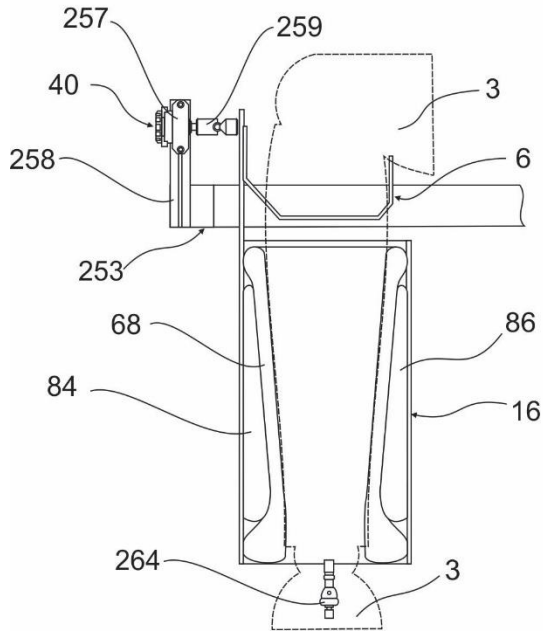


Fig. 15B

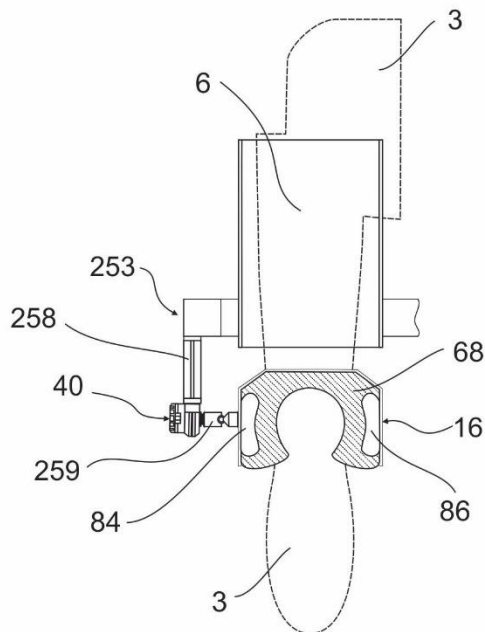


Fig. 15C

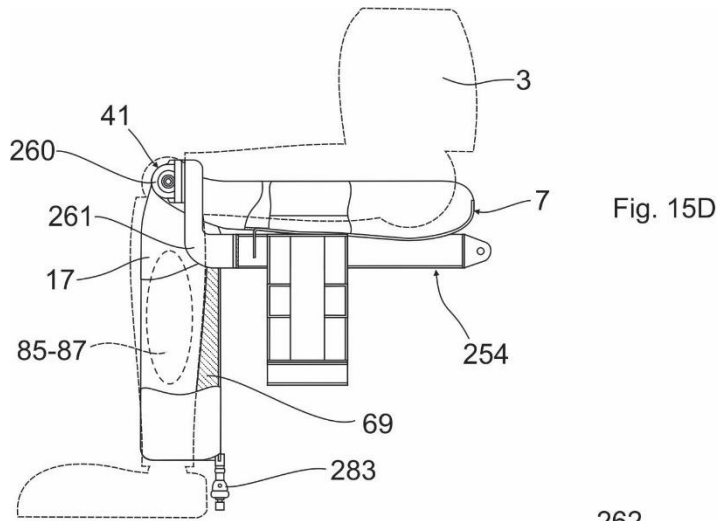


Fig. 15D

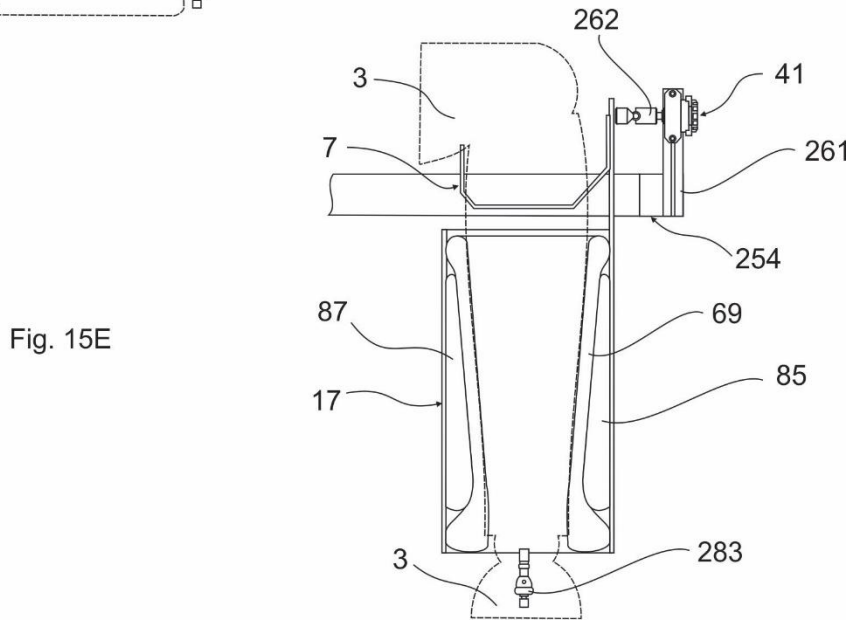


Fig. 15E

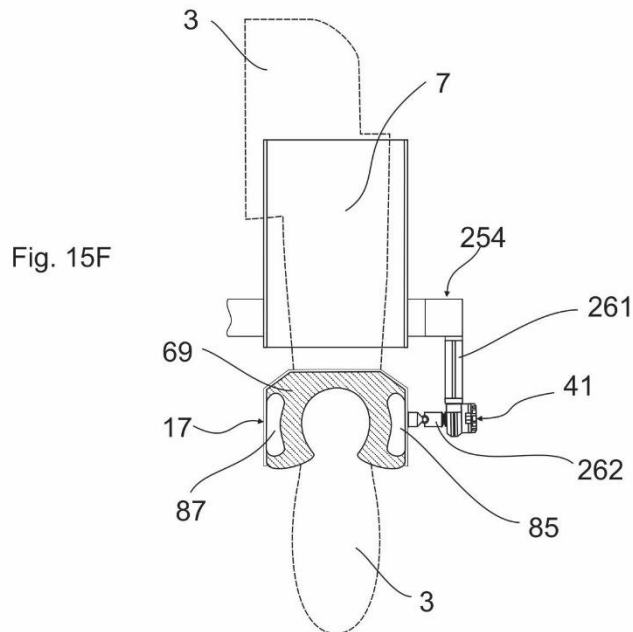


Fig. 15F

Fig. 16A

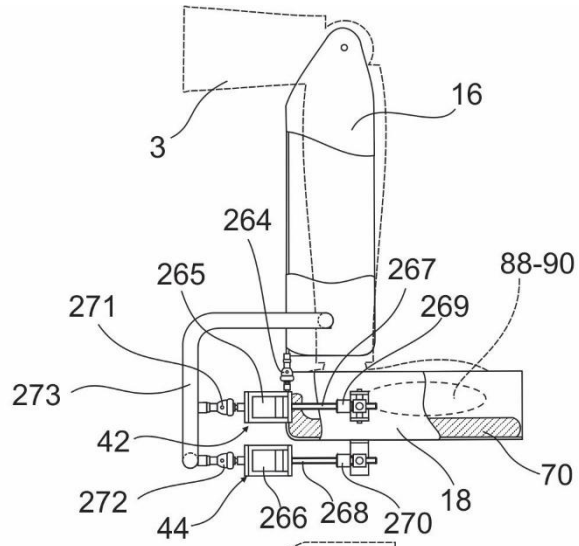


Fig. 16B

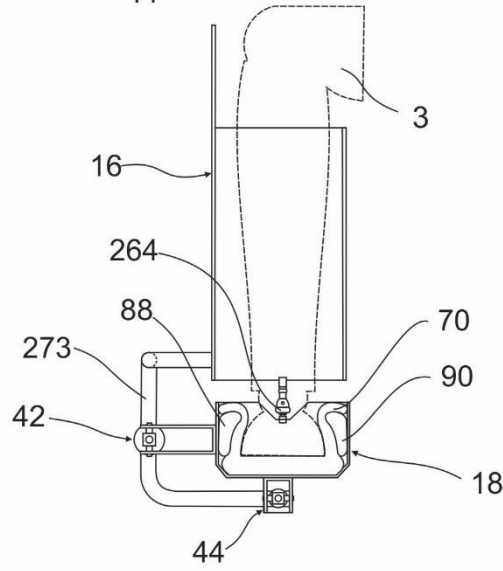
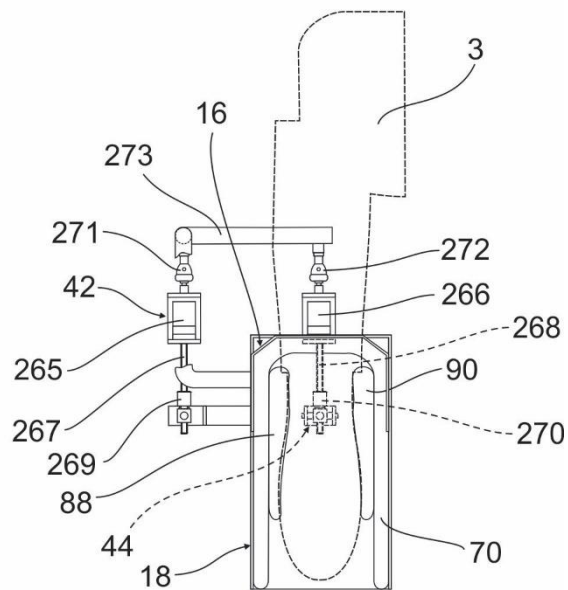


Fig. 16C



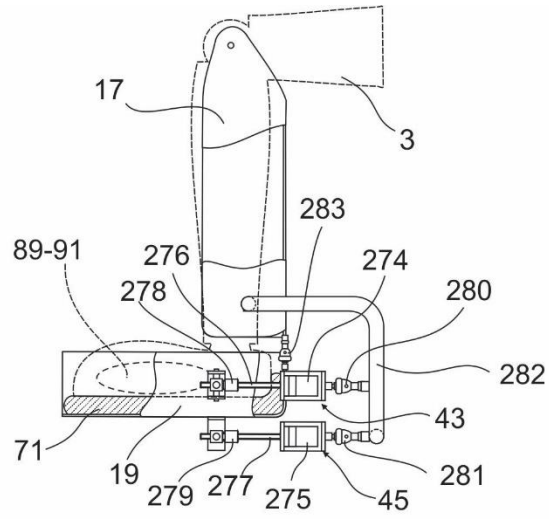


Fig. 16D

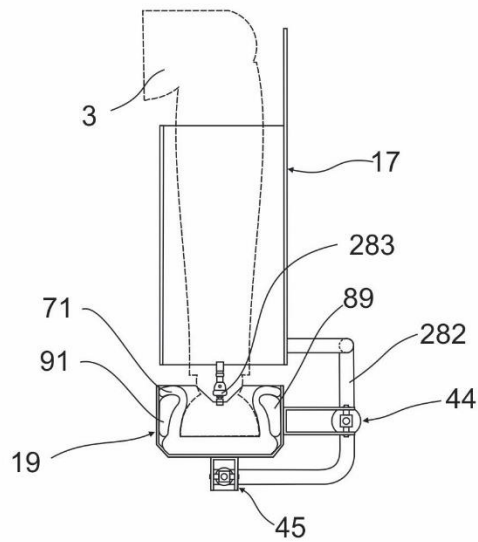


Fig. 16E

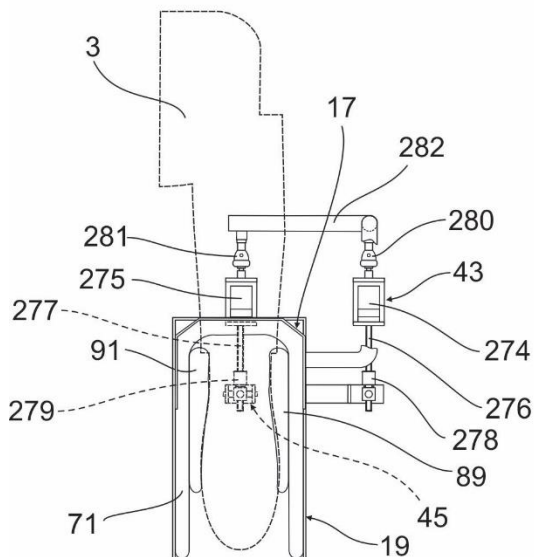


Fig. 16F

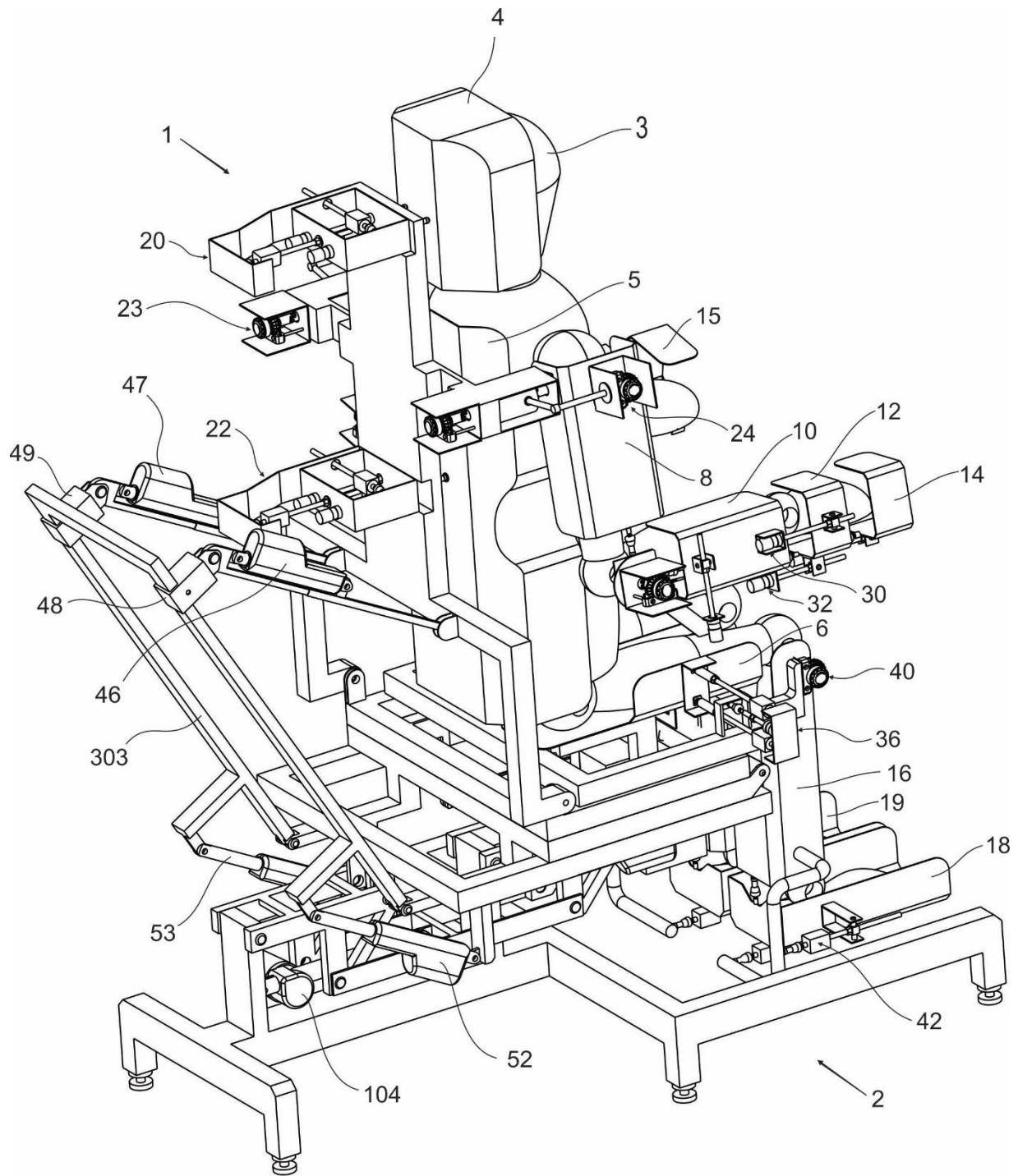


Fig. 17 B

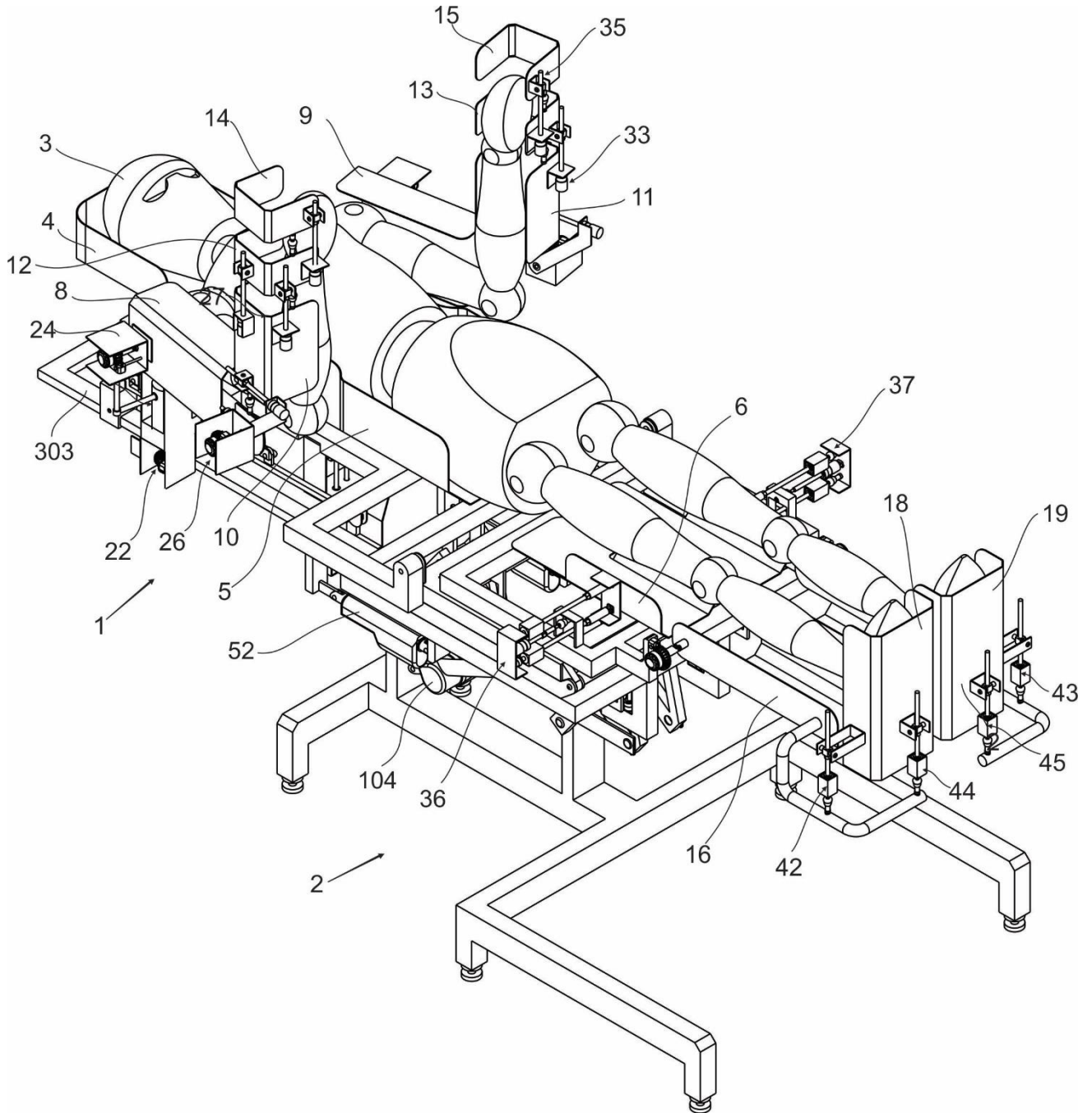


Fig. 18 A

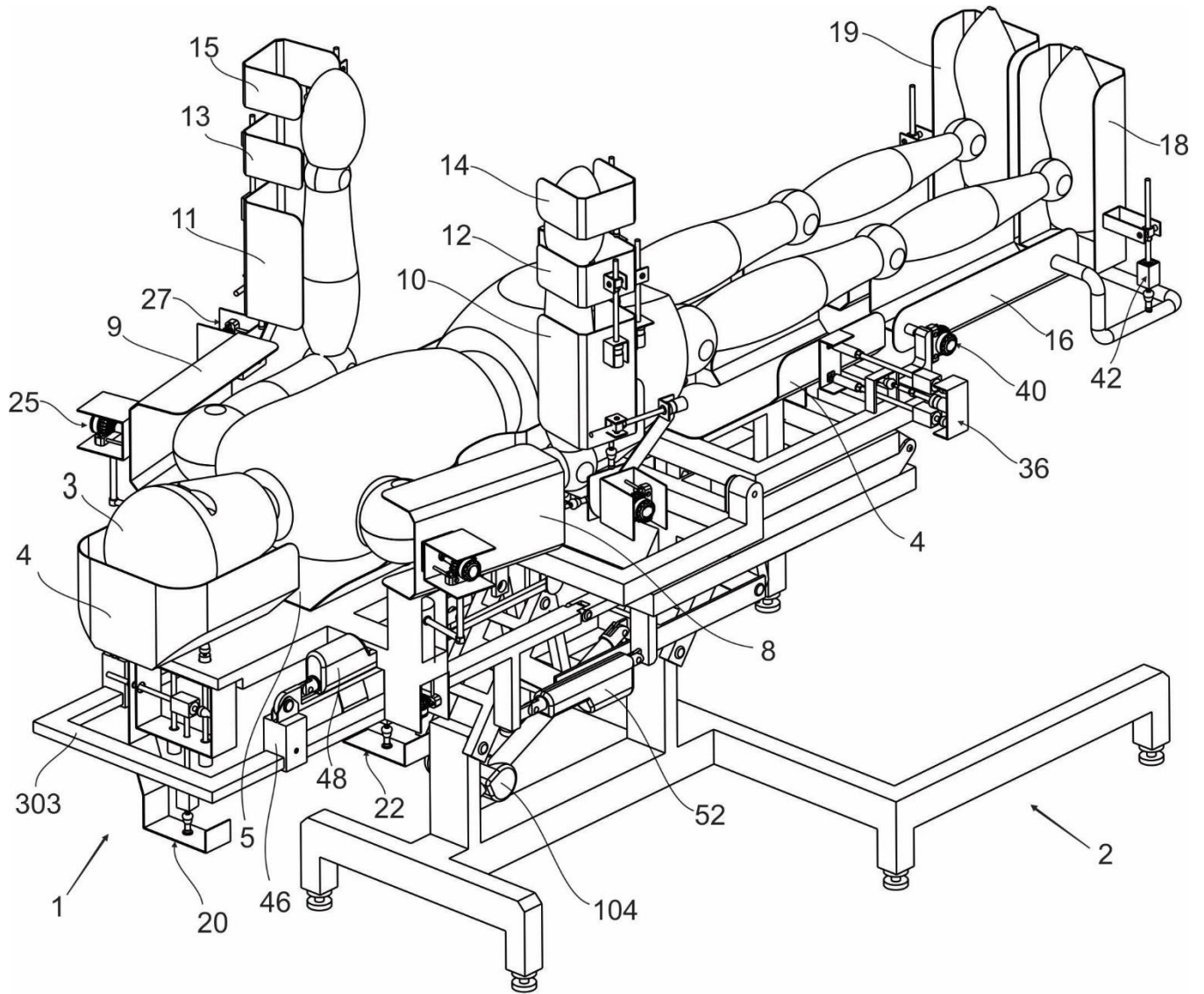


Fig. 18 B

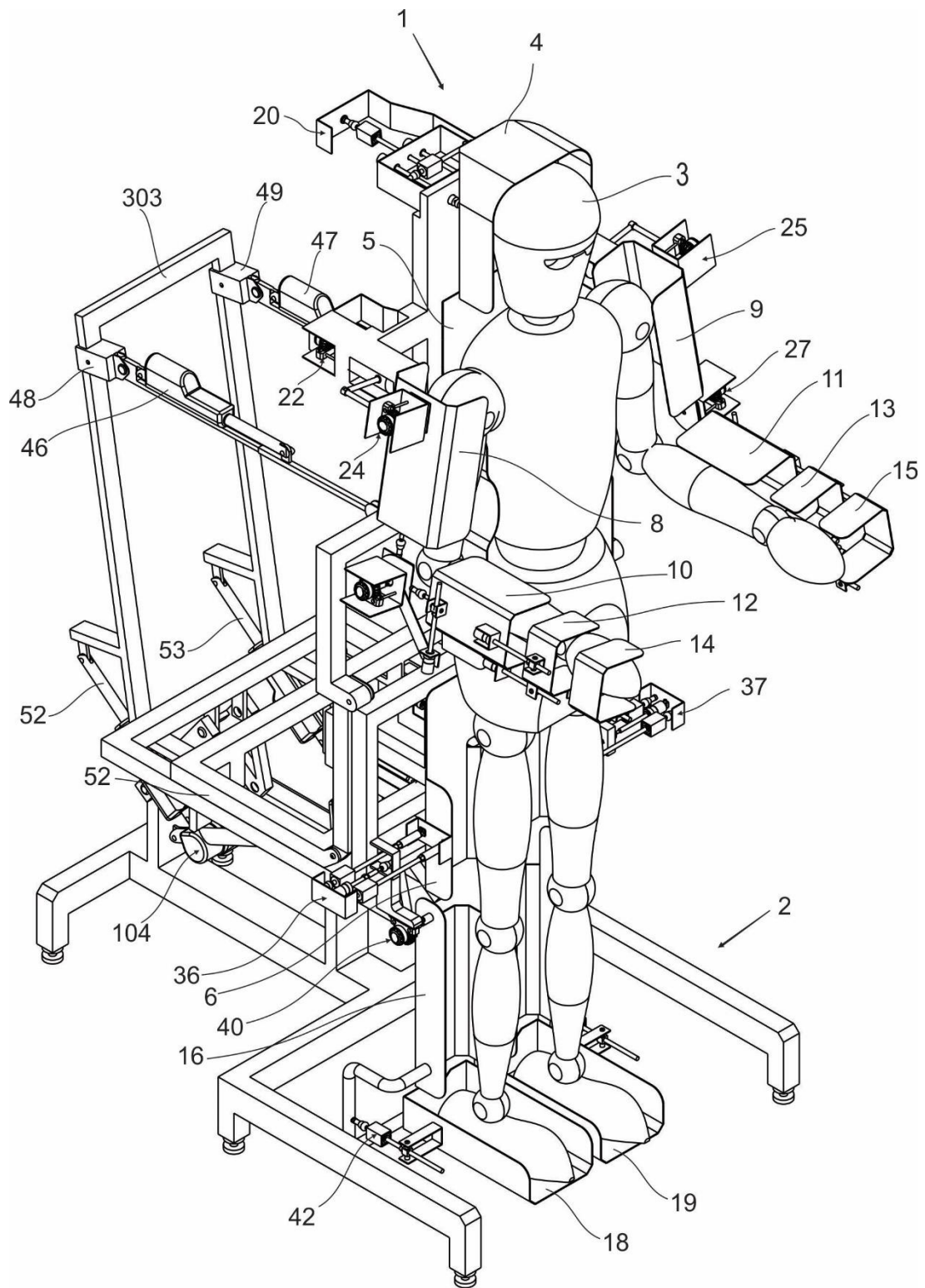


Fig. 19 A

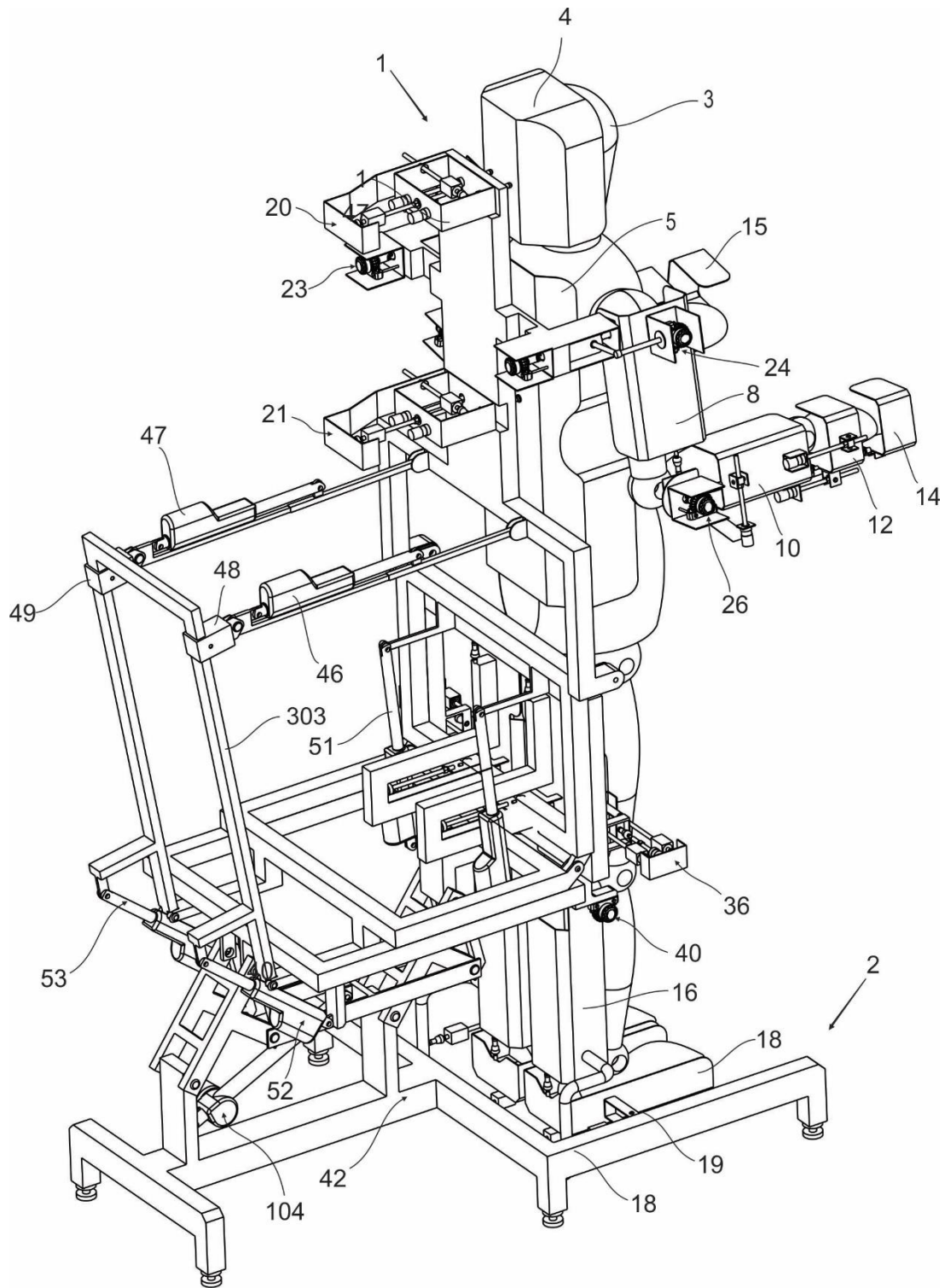


Fig. 19 B

Resumo**“SISTEMA EXOESQUELÉTICO MULTIEIXOS DE REABILITAÇÃO
FUNCIONAL E POSTURAL”**

A presente invenção se insere na área da ciência médica, e refere-se mais precisamente a um sistema exoesquelético multieixos de reabilitação funcional e postural assistido por servomotores e transdutores lineares, e compreende uma cadeira extensível (1) que pode posicionar o usuário para realizar testes, exercícios repetitivos e treinamentos no processo de reabilitação funcional e postural universal nas posturas sentado, deitado e em pé sem que haja necessidade de reposicionamento, sendo a dita cadeira extensível (1) acoplada a uma mesa-divã elevadora (2) motorizada eletricamente. A cadeira extensível (1) compreende uma estrutura de perfis metálicos ou de materiais compósitos não metálicos ou similares onde é acoplado um conjunto estrutural formado por conchas interligadas por articulações universais com seis graus de liberdade projetadas para receber e alojar as estruturas anatômicas do corpo do usuário, ou seja, a cabeça, o tronco, os braços, os antebraços, as mãos, os dedos da mão, a pelve e coxas, as pernas e os pés.