

Robot do rehabilitacji kończyny górnej

Przedmiotem wynalazku jest robot do rehabilitacji kończyny górnej, jak również do analizy ruchu i oceny motoryki pacjenta. Umożliwia czynną rehabilitację zarówno lewej jak i prawej kończyny górnej, od stawu barkowego, poprzez staw łokciowy aż do stawu nadgarstkowego, osób o różnych cechach antropometrycznych, zarówno w pozycji siedzącej jak i stojącej.

Znane są roboty do rehabilitacji kończyn górnych. Są w nich stosowane różne rodzaje aktuatorów. Najczęściej stosowana są silniki elektryczne. Można jednakże spotkać również konstrukcje z siłownikami pneumatycznymi, hydraulicznymi oraz mięśniami pneumatycznymi.

10 Prawdopodobnie najbardziej zaawansowaną rodziną robotów do rehabilitacji kończyny górnej są roboty z serii *ARMin*, konstruowane głównie przez naukowców z ETH w Zurychu. Roboty te zawierają ortezę stawu barkowego i stawu łokciowego w postaci egzoszkieletu, wyposażoną w napędy w stawie łokciowym i barkowym, przymocowaną do pionowej, przemieszczającej się w pionie kolumny. Orteza tego

15 robota posiada cztery aktywnie sterowane stopnie swobody, umożliwiające ruch w stawie barkowym w dwóch niezależnych osiach (nawracanie/odwracanie oraz zginanie/prostowanie ramienia). W robotach tych jest możliwa zmiana długości ogniw w częściach ramiennej i przedramiennej, ale wyłącznie w sposób manualny, poprzez zamocowanie w innym miejscu śrub podtrzymujących określone elementy.

20 Znany jest także robot o nazwie *IntelliArm* skonstruowany przez Rehabtek LLC z Illinois w USA, wyposażony także w ortezę stawu barkowego i łokciowego w postaci egzoszkieletu, o położeniu regulowanym w zależności od wysokości ramion pacjenta. Orteza robota posiada także cztery aktywne stopnie swobody w stawie barkowym, z których dwa przypadają na rotację (zginanie/prostowanie i odwodzenie/przywodzenie)

25 ramienia i dwa na translację liniową wzdłuż osi pionowej oraz poziomej (tył-przód). Robot jest wyposażony w mechanizm do otwierania i zamykania uchwytu, na którym pacjent kładzie dłoń.

Robot do rehabilitacji kończyny górnej, wyposażony w ortezę stawu barkowego i stawu łokciowego, w postaci egzoszkieletu, o regulowanej długości części

30 przedramiennej i ramiennej, zamocowaną przesuwnie, wyposażoną w napędy

usytuowane w okolicy stawu barkowego i łokciowego oraz obejmują rękę, wyposażony nadto w układ do sterowania jego pracą, według wynalazku charakteryzuje się tym, że część przedramienną i ramienną ortozy stanowią ułożyskowane śruby kulowe umieszczone w obudowach, których końce, 5 przedramiennej od strony stawu łokciowego i ramiennej od strony stawu barkowego, są połączone, za pośrednictwem przekładni o wysokim przełożeniu, z silnikami prądu stałego do regulacji ich długości, a nadto w pobliżu tych końców części przedramiennej i ramiennej ortozy są zamocowane ograniczniki ruchu obrotowego w postaci usytuowanych pionowo płyt z wkręconymi w nie kołkami. W obudowach części 10 przedramiennej i ramiennej ortozy są usytuowane elektromagnesy do kontrolowania ruchu obrotowego części ortozy. Nadto do wolnego końca części przedramiennej ortozy jest przymocowany uchwyt na dłoń złączony z czujnikami do rejestrowania przemieszczeń nadgarstka. Orteza jest złączona, za pośrednictwem usytuowanej poziomo płyty, z trójosiowym wózkiem liniowym, którego osie x , y i z , w postaci śrub 15 kulowych i precyzyjnych wałków prowadzących, osadzonych w metalowych wspornikach, są połączone, za pośrednictwem przekładni śrubowo-tocznych, z silnikami krokowymi, przy czym przekładnie śrubowo-toczne osi y i z są połączone z silnikami za pośrednictwem sprzęgieł, zaś przekładnia śrubowo-toczna osi x za pośrednictwem paska zębatego. Wózek liniowy wraz ze złączoną z nim ortezą jest osadzony na 20 poziomych prowadnicach, które z kolei są przymocowane do prowadnic pionowych podstawy robota, służących do dostosowywania położenia wózka i ortozy do wysokości i szerokości ramion pacjenta. Zarówno prowadnice poziome jak i pionowe są połączone z silnikami prądu stałego, podczepionymi do końców tych prowadnic. Staw barkowy ortozy jest połączony z napędami odpowiedzialnym za odwodzenie/przywodzenie 25 ramienia, umieszczonym na poziomej płycie łączącej ortezę z wózkiem liniowym, z napędem odpowiedzialnym za nawracanie/odwracanie ramienia oraz z napędem wywołującym unoszenie/prostowanie ramienia. Staw łokciowy ortozy jest połączony z napędem odpowiedzialnym za zginanie/prostowanie przedramienia. Staw barkowy i staw łokciowy ortozy są połączone z napędami za pomocą kształtek. Każdy z napędów 30 stawu barkowego i stawu łokciowego, złączony ze stawem zawiera bezszczotkowy silnik prądu stałego złączony, z przekładnią planetarną i sprzęgłem przeciążeniowym,

przy czym przekładnia napędu odpowiedzialnego za odwodzenie/przywodzenie ramienia jest prosta, natomiast pozostałe przekładnie są kątowe. W podstawie robota, wspartej na metalowych formatkach, jest umieszczona aparatura sterująco-pomiarowa oraz zasilacze. Podstawa jest wyposażona w podnośniki z układem jezdny.

- 5 Robot według wynalazku należy do robotów typu antropomorficznego z aktywną ortezą. Orteza nie obciąża pacjenta swoim ciężarem, a nadto możliwe jest automatyczne dostosowanie długości jej części ramiennej i przedramiennej do wymiarów kończyny pacjenta. Robot posiada 6 aktywnych i 1 bierny stopień swobody w stawie barkowym, 1 aktywny i 1 bierny stopień swobody w stawie łokciowym oraz 2
- 10 bierne stopnie swobody w stawie nadgarstkowym, a więc umożliwia rehabilitację kończyny górnej praktycznie w całym zakresie ruchu. W robocie według wynalazku możliwe jest bardzo łatwe dostosowanie ortozy do rozmiarów kończyny, wysokości pacjenta i szerokości jego ramion. Struktura kinematyczna i układ sterowania robota umożliwiają rehabilitację zarówno lewej jak i prawej ręki. Dostosowanie położenia
- 15 ortozy do wysokości i szerokości ramion pacjenta, jak również zmiana długości części ramiennej i przedramiennej ortozy, następuje w sposób automatyczny, z użyciem przyłączonych napędów i wykorzystaniem systemu sterowania. Wózek wraz z ortezą aktywnie porusza się w trakcie rehabilitacji w 3-ech wzajemnie prostopadłych osiach niwelując przesuwę liniowe kończyny górnej i korpusu ciała pacjenta. Robot posiada
- 20 zabezpieczenia przed przekraczaniem zakresów ruchów. Charakteryzuje się stosunkowo małymi gabarytami, a jego konstrukcja ma charakter modułowy, dzięki czemu większość jego elementów można łatwo wymieniać na nowe bez konieczności demontowania robota. Dzięki zastosowaniu bezszczotkowych silników prądu stałego w napędach, możliwe jest sterowanie w trybach kontroli położenia, prędkości
- 25 i momentu. Napędy takie zapewniają także lepszą kontrolę nad prędkością obrotową i cechuje je dobry stosunek wagi i objętości do mocy. Przekładnie o wysokim przełożeniu, łączące silniki do regulowania długości części ramiennej i przedramiennej ortozy z ortezą, działają również jako hamulce zapobiegające niekontrolowanym rotacjom części ramiennej i przedramiennej ortozy w stanie braku zasilania silników.
- 30 Moc napędów jest tak dobrana, że w przypadku błędów sterowania napędy nie zniszczą konstrukcji robota.

Przedmiot wynalazku przedstawiono w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia robota w widoku perspektywicznym, fig.2 – rzuty perspektywiczne robota, fig.3 – fragment robota – wózek liniowy, w widoku perspektywicznym, fig.4 – staw barkowy ortezy robota, w widoku perspektywicznym, 5 fig. 5 – orteżę robota w widoku perspektywicznym, fig.6 – staw łokciowy ortezy robota, w widoku perspektywicznym, fig. 7 – uchwyt na dłoń ortezy robota, w widoku perspektywicznym.

Robot jest wyposażony w orteżę 2 stawu barkowego i stawu łokciowego, w postaci egzoszkieletu, której część przedramienną 24 i ramienną 23 stanowią ułożyskowane 10 śruby kulowe umieszczone w obudowach 27. Koniec części przedramiennej 24 ortezy, od strony stawu łokciowego i koniec części ramiennej 23 ortezy, od strony stawu barkowego, są połączone, za pośrednictwem przekładni zębatych o wysokim przełożeniu, z silnikami prądu stałego 28 do regulacji ich długości. W pobliżu końca części przedramiennej 24, od strony stawu łokciowego i w pobliżu końca części ramiennej 23, 15 od strony stawu barkowego, są zamocowane ograniczniki ruchu obrotowego w postaci usytuowanych pionowo płyt 18, 22 z wkręconymi w nie kołkami. W obudowach 27 części przedramiennej 24 i ramiennej 23 ortezy, są również usytuowane elektromagnesy 25 do kontrolowania ruchu obrotowego części przedramiennej 24 i ramiennej 23 ortezy. Nadto do wolnego końca części przedramiennej 24 ortezy jest przymocowany uchwyt 20 30 na dłoń, złączony z enkoderami 29 do rejestrowania przemieszczeń kątowych nadgarstka. Orteza 2 jest wyposażona w obejmę 20, 21 na rękę. Orteza 2 jest złączona, za pośrednictwem usytuowanej poziomo płyty 10, z trójosiowym wózkiem liniowym 3, którego osie x , y i z , w postaci śrub kulowych 11 i precyzyjnych wałków prowadzących 14, osadzonych w metalowych wspornikach 31, są połączone, za pośrednictwem 25 przekładni śrubowo-tocznych 12, z silnikami krokowymi 13. Przekładnie 12 osi y i z są połączone z silnikami 13 za pośrednictwem sprzęgieł mieszkowych, zaś przekładnie 12 osi x za pośrednictwem paska zębatego, przy czym wózek liniowy 3 wraz ze złączoną z nim orteżą 2 jest osadzony na prowadnicach poziomych 4, które z kolei są przymocowane do prowadnic pionowych 7 podstawy robota. Prowadnice poziome 4 30 i prowadnice pionowe 7 są napędzane silnikami prądu stałego 9, podczepionymi do końców tych prowadnic. Staw barkowy ortezy jest połączony z napędami, z których

jeden 15, umieszczony na poziomej płycie 10 łączącej orteż z wózkiem liniowym 3, jest odpowiedzialny za odwodzenie/przywodzenie ramienia, drugi 16 jest odpowiedzialny za nawracanie/odwracanie ramienia, zaś trzeci 17 wywołuje unoszenie/prostowanie ramienia. Staw łokciowy ortezy jest połączony z napędem 19 odpowiedzialnym za zginanie/prostowanie przedramienia. Staw barkowy i staw łokciowy ortezy są połączone z napędami za pomocą metalowych kształtek 18. Każdy z napędów 15, 16, 17 i 19 zawiera bezszczotkowy silnik prądu stałego złączony z przekładnią planetarną i sprzęgłem przeciążeniowym, przy czym przekładnia napędu 15 odpowiedzialnego za odwodzenie/przywodzenie ramienia jest prosta, natomiast pozostałe przekładnie są kątowe. W podstawie 1 robota, wspartej na metalowych formatkach 5, jest umieszczona aparatura sterująco-pomiarowa oraz zasilacze. Podstawa 1 jest wyposażona w podnośniki trapezowe 6 z układem jezdny.

Pacjent staje lub siada na fotelu 8, tyłem do robota, tak aby kończyna górna znajdowała się w pobliżu ortezy 2 robota. Operator robota uruchamia silniki 9 umożliwiające przemieszczanie wózka jezdnego 3 wraz z orteżą i dostosowuje położenie ortezy 2 do wysokości i szerokości ramion pacjenta. Operator zmienia również, przy pomocy silników 28, długości części ramiennej 23 i przedramiennej 24 ortezy 2, dostosowując je do długości ramienia i przedramienia pacjenta. Następnie zamocowuje kończynę pacjenta w obejmach 20 i 21 ortezy 2. Na tym etapie ewentualnie dokonuje jeszcze korekty ustawienia ortezy 2, po czym zablokowuje wózek 3 w ustalonej pozycji, aby nie przemieszczał się w trakcie rehabilitacji. Po wykonaniu tych czynności steruje silnikami 15, 16, 17 i 19 ortezy 2 i wózka liniowego 3 czyli uruchamia robota w jednym z trybów jego pracy. Robot wspomaga ruchy ręki wykonywane przez pacjenta lub uczy się go pewnej trajektorii ruchu, którą będzie następnie powtarzał zadaną ilość razy. W drugim przypadku operator wcześniej przełącza robota do trybu uczenia, po czym przesuwa orteż 2 robota po wybranej trajektorii w celach zapamiętania przez niego ścieżki ruchu. Podczas tego procesu robot może także wspomagać ruch rehabilitanta. Po zapisaniu trajektorii ruchu robota w sterowniku, nastawia się robota na przemieszczanie się po stworzonej ścieżce zadaną ilość razy.

Możliwa jest zmiana prędkości ruchu, jak również generowanego przez silniki momentu (w zależności od trybów pracy). Po wykonaniu zadanego ćwiczenia zatrzymuje się robota i rękę pacjenta odłącza się od ortezy 2. Potrzebne dane biomechaniczne są zapisywane w systemie bazodanowym, stanowiącym część systemu sterowania robota.

5

RZECZNIK PATENTOWY

mgr inż. Ewa Kaczur-Kaczyńska

Zastrzeżenia patentowe

1. Robot do rehabilitacji kończyny górnej, wyposażony w ortezę stawu barkowego i stawu łokciowego, w postaci egzoszkieletu, o regulowanej długości części przedramiennej i ramiennej, zamocowaną przesuwnie, wyposażoną w napędy usytuowane w okolicy stawu barkowego i łokciowego oraz obejmę na rękę,
5 wyposażony nadto w układ do sterowania jego pracą, **znamienny tym, że** część przedramienną (24) i ramienną (23) ortezy (2) stanowią ułożyskowane śruby kulowe (26) umieszczone w obudowach (27), których końce, przedramiennej (24) od strony stawu łokciowego i ramiennej (23) od strony stawu barkowego, są połączone, za pośrednictwem przekładni o wysokim przełożeniu, z silnikami prądu stałego (28) do
10 regulacji ich długości, a nadto w pobliżu tych końców części przedramiennej (24) i ramiennej (23) ortezy (2) są zamocowane ograniczniki ruchu obrotowego w postaci usytuowanych pionowo płyt (18, 22) z wkręconymi w nie kołkami, jak również w obudowach (27) części przedramiennej (24) i ramiennej (23) ortezy (2) są usytuowane elektromagnesy (26) do kontrolowania ruchu obrotowego części ortezy (2),
15 do wolnego końca części przedramiennej (24) ortezy (2) jest przymocowany uchwyt (30) na dłoń, złączony z czujnikami do rejestrowania przemieszczeń nadgarstka, przy czym orteza (2) jest złączona, za pośrednictwem usytuowanej poziomo płyty (10), z trójosiowym wózkiem liniowym (3), którego osie x , y i z , w postaci śrub kulowych (11) i precyzyjnych wałków prowadzących (14), osadzonych w metalowych
20 wspornikach (31), są połączone, za pośrednictwem przekładni śrubowo-tocznych (12), z silnikami krokowymi (13) tak, że przekładnie śrubowo-toczne (12) osi y i z są połączone z silnikami (13) za pośrednictwem sprzęgieł, zaś przekładnie śrubowo-toczna (12) osi x za pośrednictwem paska zębatego, nadto wózek liniowy (3) wraz ze złączoną z nim ortezą (2) jest osadzony na poziomych prowadnicach (4), które z kolei są
25 przymocowane do pionowych prowadnic (7), przy czym prowadnice poziome (4)

nawracanie/odwracanie ramienia oraz z napędem (17) wywołującym unoszenie/prostowanie ramienia, zaś staw łokciowy ortezy (2) jest połączony z napędem (19) powodującym zginanie/prostowanie przedramienia, natomiast w podstawie (1) robota, wspartej na metalowych formatkach (5), wyposażonej
5 w podnośniki trapezowe (6) z układem jezdny, jest umieszczona aparatura sterująco-pomiarowa oraz zasilacze.

2. Robot według zastrz.1, **znamienny tym, że** każdy z napędów (15, 16, 17) stawu barkowego i napęd (19) stawu łokciowego zawiera bezszczotkowy silnik prądu stałego złączony z przekładnią planetarną i sprzęgłem przeciążeniowym, przy czym przekładnia
10 napędu (15) odpowiedzialnego za odwodzenie/przywodzenie ramienia jest prosta, zaś przekładnie napędów (16, 17, 19) są kątowe.

RZECZNIK PATENTOWY

mgr inż. Ewa Kaczur-Kaczyńska

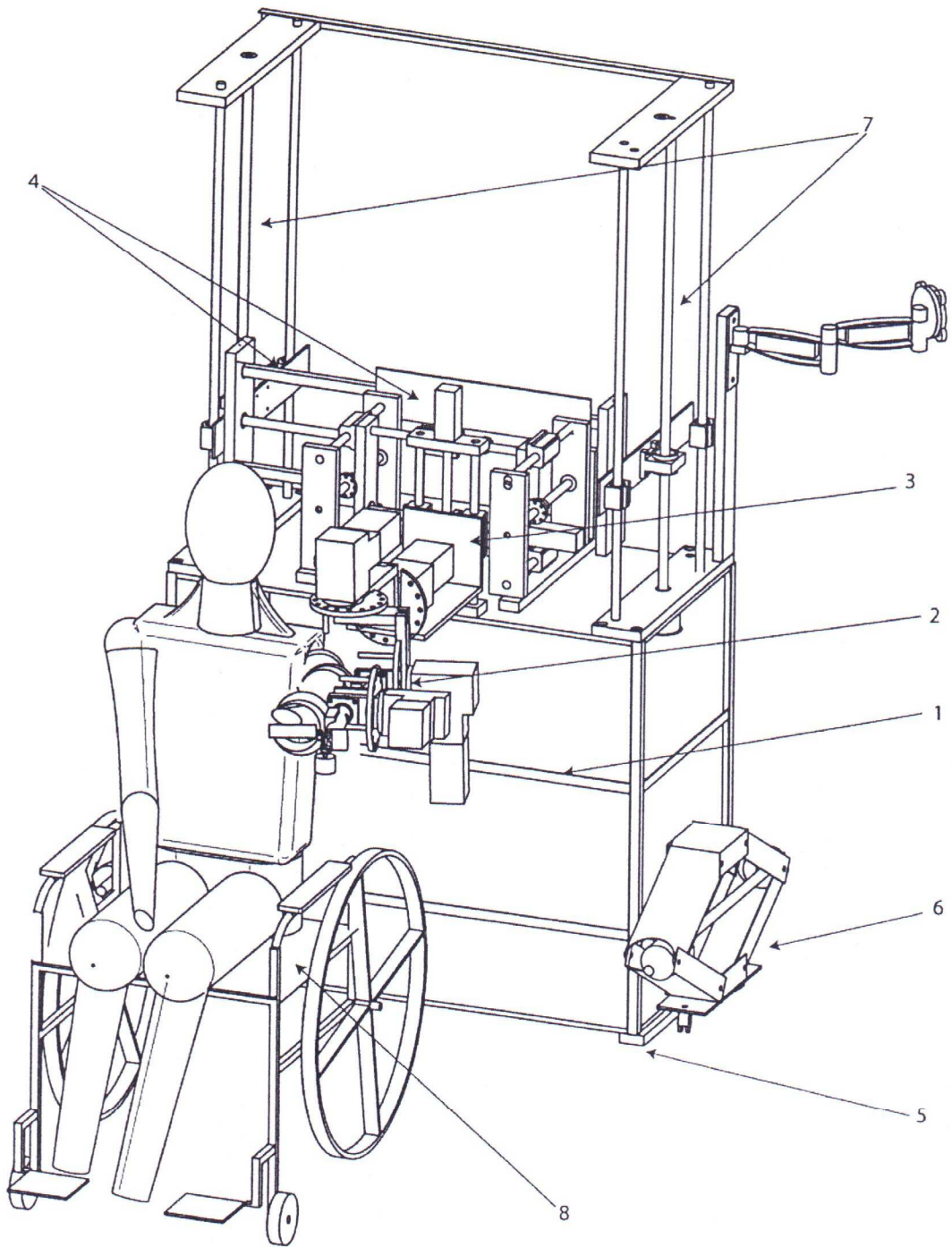


fig. 1

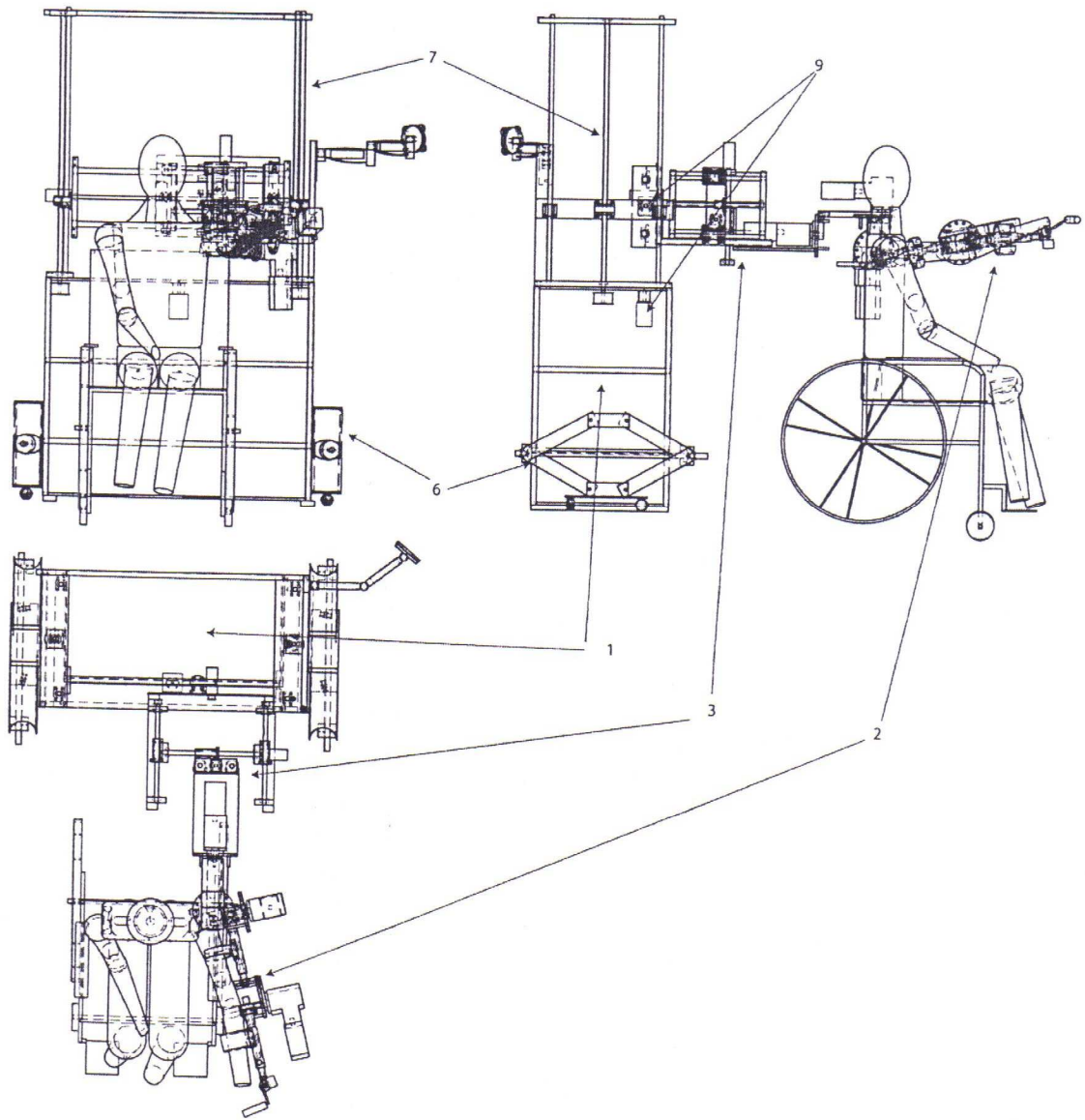


fig. 2

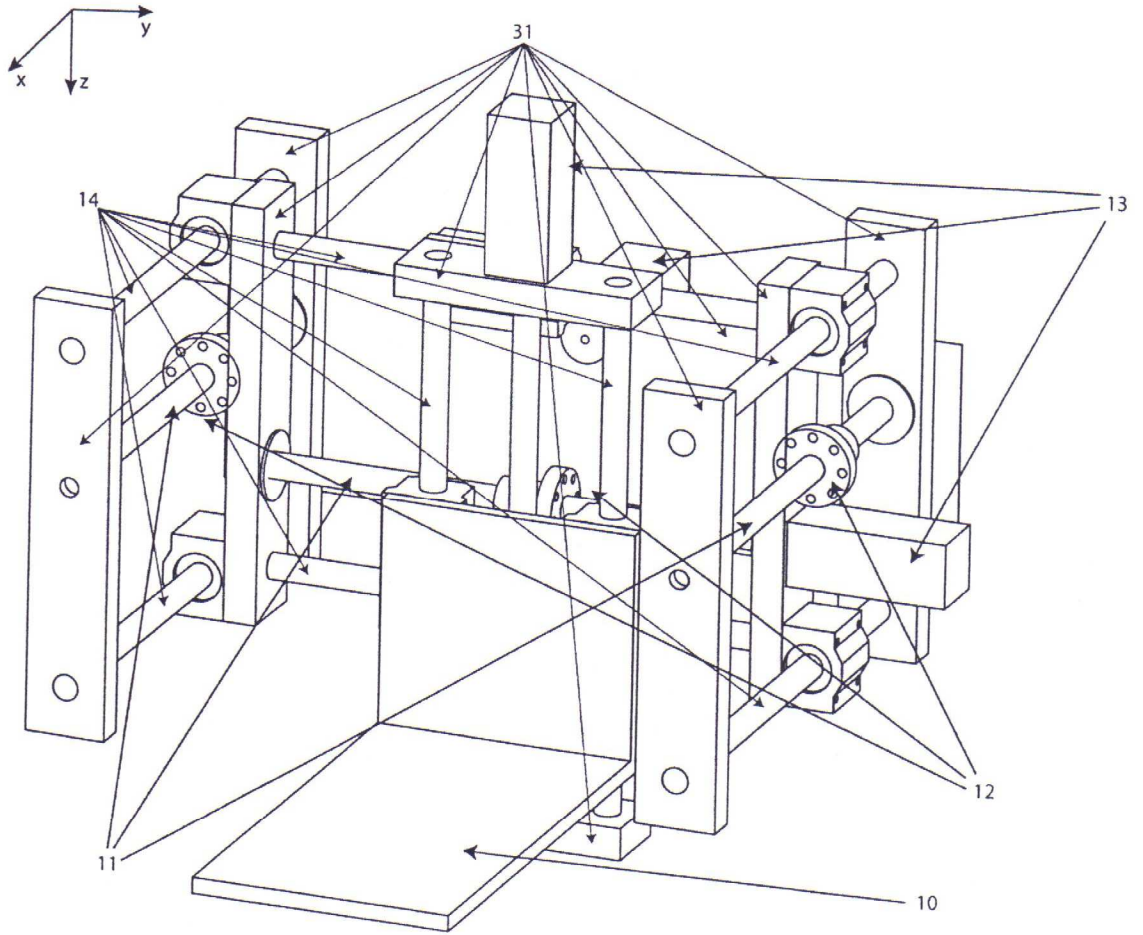


fig.3

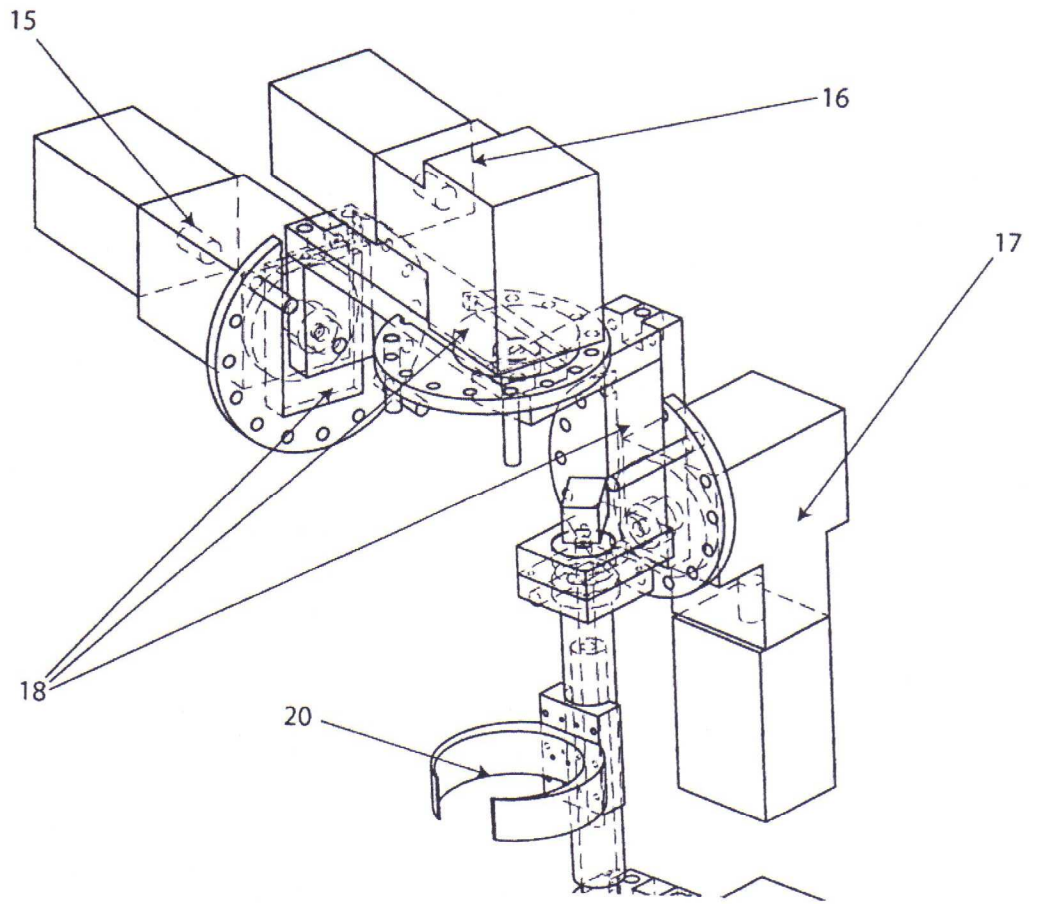


fig.4

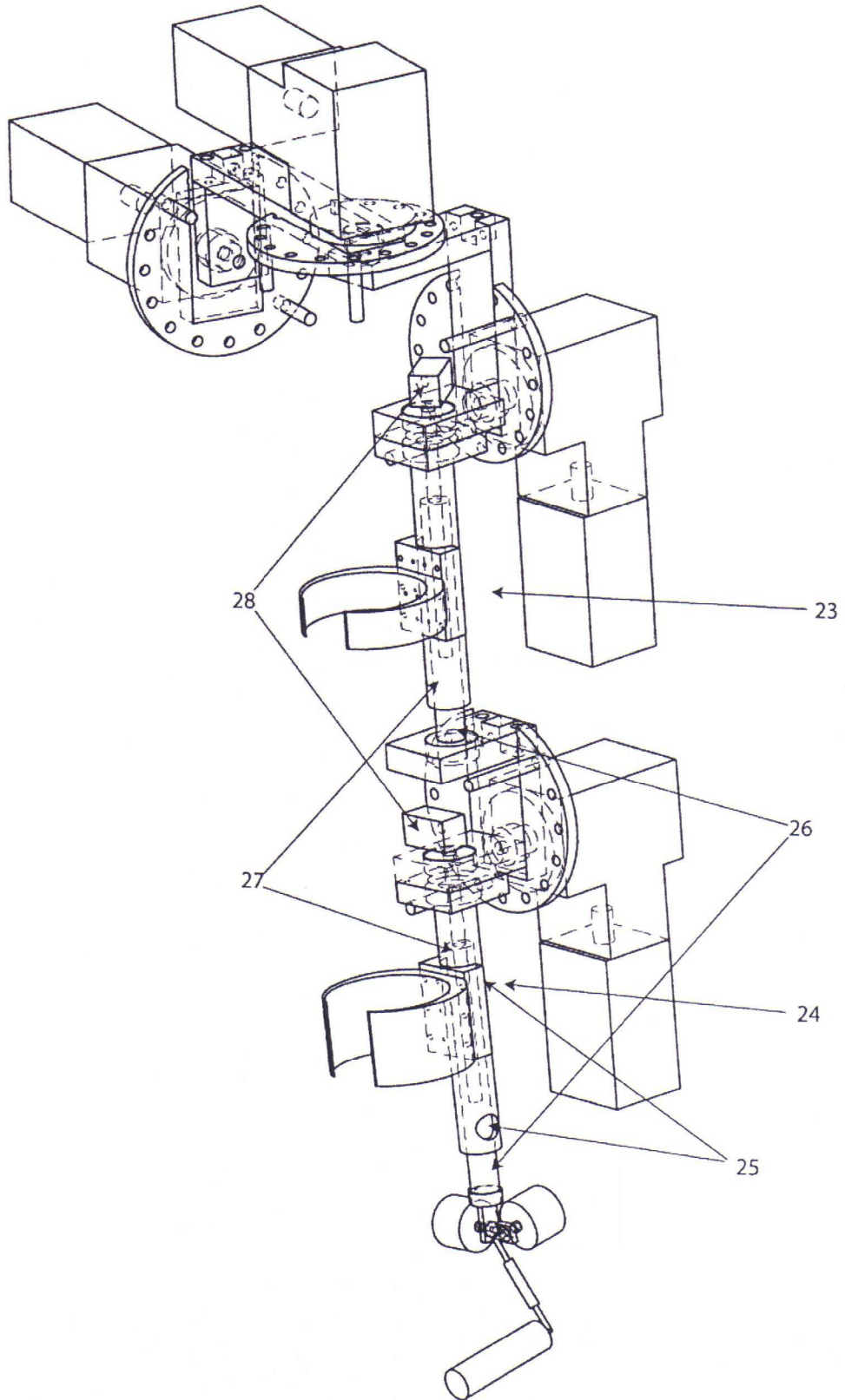


fig.5

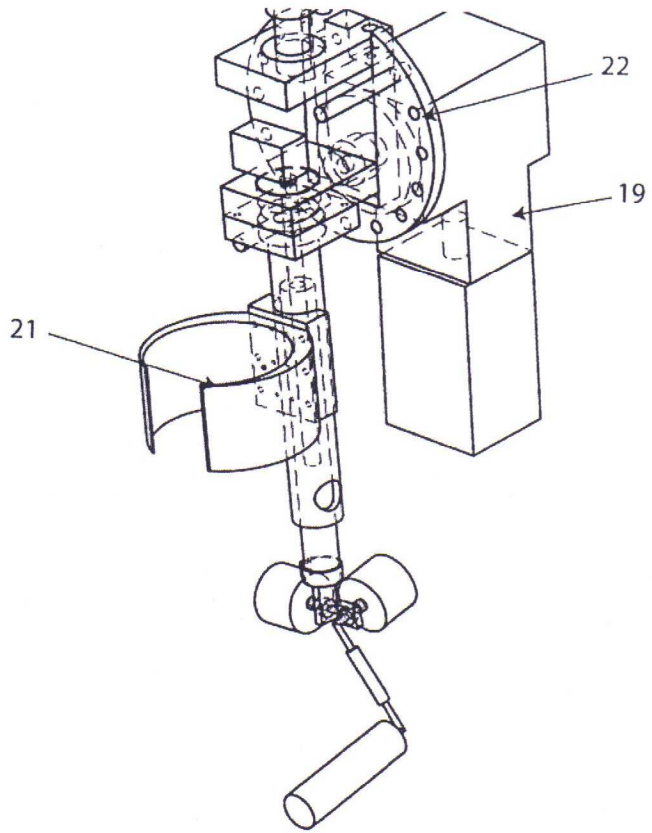


fig.6

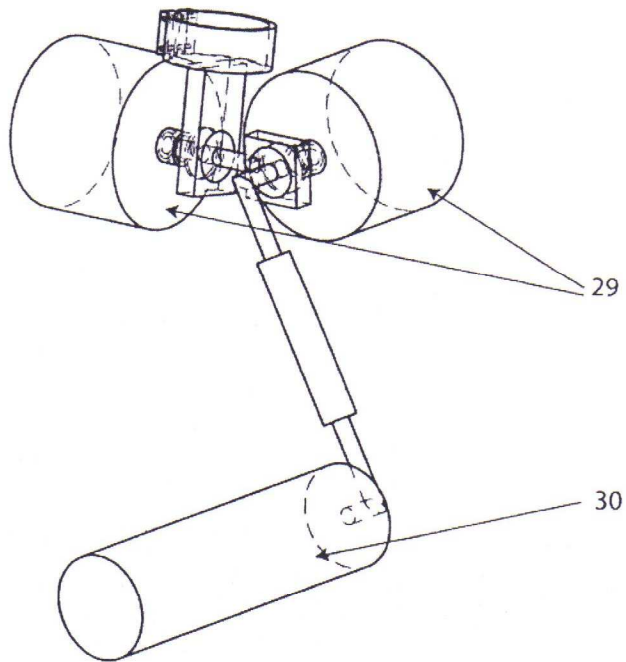


fig.7