



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00816

(22) Data de depozit: 18/10/2018

(41) Data publicării cererii:
30/04/2020 BOPI nr. 4/2020

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA DIN CRAIOVA,
STR.ALEXANDRU IOAN CUZA NR.13,
CRAIOVA, DJ, RO

(72) Inventatori:
• DUMITRU NICOLAE,
STR.GHEORGHIȚĂ GEOLGĂU NR.399,
PIELEȘTI, DJ, RO;

• COPILUȘI PETRE CRISTIAN,
STR.SERG.CONSTANTIN POPESCU
NR.19, BL.42, SC.A, AP.14, CRAIOVA, DJ,
RO;
• DUMITRU SORIN, STR.HENRI COANDĂ,
NR.60, BL. P13, CRAIOVA, DJ, RO;
• GEONEA IONUȚ DANIEL,
STR. DR. CTIN. ANGELESCU, NR.5,
BL. V27, AP.4, SC.1, CRAIOVA, DJ, RO;
• ROSU EUGEN, STR.SPANIA NR.20,
BL.013, AP.6, SC.1, CRAIOVA, DJ, RO

(54) SISTEM ROBOTIC DESTINAT RECUPERĂRII LOCOMOȚIEI UMANE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem robotic, de reabilitare neuromotorie, destinat recuperării funcționale a persoanelor care au suferit accidente vasculare cerebrale. Sistemul conform invenției este constituit din patru mecanisme plan paralele, o pereche pentru piciorul stâng și cea de-a doua pereche pentru piciorul drept, fiecare mecanism având în structură câte 11 elemente (1, 2, 3...11) cinematice, a căror formă modelează membrele inferioare umane; acestea sunt articulate între ele prin niște cuple (O, A, B, C...N) cinematice de rotație, mișcarea a trei actuatori dispuși pe un cadru fiind transmisă prin transmisii de lanț către elementele de comandă ale unor mecanisme (1, 1'...7, 7') plan paralele.

Revendicări: 4
Figuri: 7

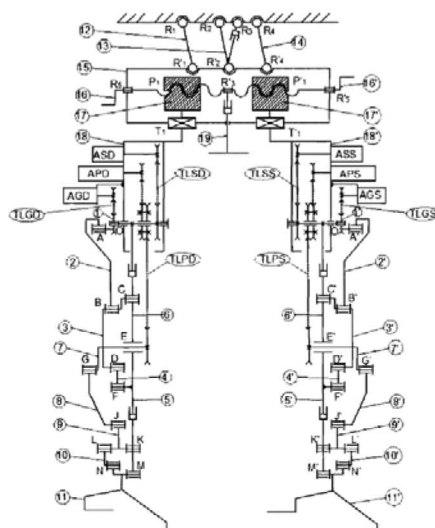


Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



SISTEM ROBOTIC DESTINAT RECUPERĂRII LOCOMOȚIEI UMANE

Obiectul invenției consta dintr-un sistem robotic, de reabilitare neuromotorie destinat recuperării functionale a persoanelor care au suferit accidente vasculare cerebrale și necesită terapii speciale pentru o viață independentă și integrare în societate.

La nivel european, anual sunt înregistrate 200 cazuri de accidente vasculare raportate la 100.000 persoane. Din aceste date doar 10% se pot integra total în societate, 40% rămân cu sechele moderate, 40% prezintă sechele severe, iar 10% sunt irecuperabili. Motivatia dezvoltării unor sisteme inteligente de recuperare a acestor persoane este dată de această analiză, iar în ultimii ani a început să se utilizeze o nouă terapie de recuperare „mersul staționar” (pe banda rulantă). Acest tip de terapie va fi utilizată în cadrul acestui proiect, prin intermediul unui sistem de reabilitare funcțională. Acesta este compus dintr-un mecanism de ridicare /menținere pacient, un exoschelet echipat cu senzori și actuatori, ce cuprind picioarele pacientului și le acționează, o bandă rulantă pentru pasire și un calculator pentru comandă și control.

Domeniul invenției face referire la un sistem robotic conceput în vederea reabilitării locomoției umane.

Sistemele de reabilitare dedicate locomoției umane au apărut odată cu implementarea sistemelor de calcul în domeniul medical, respectiv odată cu fundamentarea unor domenii de cercetare multidisciplinare și interdisciplinare.

Astfel în anul 1990 o echipă de cercetători din SUA au creat cel mai simplu sistem de recuperare, fiind destinat persoanelor cu dizabilități locomotorii provenite în urma accidentelor vasculare. Un astfel de sistem era format dintr-un ham și o bandă de alergare specială, pacientul în timpul activității de pășire fiind asistat de către 2 terapeuți. Astfel numeroase centre de cercetare au elaborat diverse sisteme de reabilitare punând bazele unei noi direcții de cercetare și anume terapia robotică [Hillman. M., Rehabilitation robotics from past to present – A historical perspective. In: Advances in Rehabilitation Robotics, Lect. Notes Contr. Inf. Sci. 306, 25-44 (2004)].

În momentul actual, în domeniul reabilitării locomoției umane există o paletă diversificată de sisteme complexe de recuperare, prin care sunt aduse contribuții semnificative la recuperarea parțială sau totală a persoanelor cu deficiențe locomotorii. Iar acestea se află într-o continuă dezvoltare.

Aceste sisteme de reabilitare trebuie să îndeplinească sarcinile impuse de exercițiile terapeutice elaborate prin programele specifice de recuperare.

Un sistem robotic destinat reabilitării locomoției umane trebuie să respecte cerințele impuse prin exercițiile și protocoalele terapeutice.

În funcție de modurile de acționare asupra articulațiilor, acestea se împart în trei categorii distincte:

1. Sisteme robotice directe pentru reabilitarea locomoției umane [Bonnyaud C, Pradon D, Boudarham J, et. al., "Effects of gait training using a robotic constraint (Lokomat®) on gait kinematics and kinetics in chronic stroke patients". Journal Rehabil. Medicine. Vol. 46(2):132-8. doi: 10.2340/16501977-1248. (2014)];

2. Sisteme robotice inverse pentru reabilitarea locomoției umane [Hesse S. et al., Innovative gait robot for the repetitive practice of floor walking and stair climbing up and down in stroke patients, JNER, (2010)];

3. Sisteme robotice convenționale pentru reabilitarea locomoției umane [Dragoljub Surdilovic, Rolf Bernhardt. STRING-MAN-Wire Robot for Gait Rehabilitation: Further Development and Testing. European Symposium Technical Aids for Rehabilitation – TAR (2007)].

Sistemele robotice directe au în structură actuatori care acționează în mod direct asupra articulațiilor, prin intermediul unui exoschelet unde axele de rotație ale articulațiilor sunt coliniare cu axele de rotație ale actuatorilor.

Sistemele robotice inverse sunt cele la care mișcările sunt transmise dinspre sol spre articulații, în sensul că la nivelul tălpilor membrelor inferioare au o platformă mobilă acționată de un mecanism care reproduce fidel traiectoria piciorului generată în activitatea de pășire.

Sistemele robotice convenționale au ca elemente de acționare: mecanisme compliante; mecanisme cu elemente flexibile (cabluri și scripeți).

Din prima categorie există pe piață 3 sisteme: Lokomat, LokoHelp și ReoAmbulator. Din categoria sistemelor robotice inverse sunt comercializate sistemele: Fraunhofer Haptic Walker, G-EO System și LokoHelp. Acestea permit pacienților să se miște după traiectorii predeterminate. Din cea de-a treia categorie amintim de sistemul robotic denumit generic STRING-MAN format dintr-o serie de cabluri și scripeți, iar acționarea membrelor inferioare se realizează de la distanță prin intermediul unor actuatori, ce au implementate legi de mișcare predefinite.

Astfel au fost concepute sisteme de reabilitare, care fac obiectul unor numeroase brevete de invenție. Spre exemplu, în US Patent nr. US6666831 B1, din 23 decembrie 2003 este prezentată o metodă precum și un sistem destinat antrenamentului susținerii greutății corporale în timpul locomoției umane pe o bandă rulantă. Sistemul are în structură un mecanism format din 2 perechi de bare actionate prin intermediul a doi actuatori ce funcționează în tandem acționând ca un sistem de tip exoskelet cu două motoare acționat de la o bază fixă, [Edgerton, V. Reggie, et al. "Method, apparatus and system for automation of body weight support training (BWST) of biped locomotion over a treadmill using a

programmable stepper device (PSD) operating like an exoskeleton drive system from a fixed base" U.S. Patent No. 6666831. 23 Dec. 2003].

În cadrul prezentei cereri de brevet de invenție, este proiectat un sistem robotic pentru recuperarea locomoției persoanelor cu deficiențe neuromotorii.

Sistemul robotic propus, prezentat în fig. 1 este format din următoarele subansamble: (A)- Sistemul de comandă și control; (B)-Sistemul de ridicare/poziționare a pacientului pe banda rulantă; (C, C')- Sistemul de tip exoschelet care modelează mecanic membrul inferior stâng și membrul inferior drept; (D) - Sistemul mecanic de poziționare și reglare a pacientului în raport cu exoscheletul.

Exoscheletul format din subansamblele echivalente membrelor inferioare este format dintr-o orteza pentru sold (1) și câte două orteze pentru fiecare membru respectiv (2) și (3) așa cum se observă în fig.2. Astfel acest exoschelet este atașat de un cadru mobil (4) pe care este amplasat și panoul de comandă și control. Mișcările membrelor și variația unghiurilor articulațiilor ortezelor sunt mai întâi generate prin înregistrarea deplasării, pe o bandă rulantă, a unor subiecți perfect sănătoși ce au ortezele atasate, dar acționările dezactivate. Astfel se obține un ciclu de referință (ideal) al mersului, ce poate fi parametrizat. Exoscheletul are o structură mecanică modulară pentru adaptarea acestuia la caracteristicile antropometrice ale pacientului. Exoscheletul va prelua anumite funcții pe care pacientul nu este capabil să le execute și îi oferă acestuia suportul de sprijin necesar, numai în anumite faze ale mersului. Sistemul robotic va ghida pacientul către comportarea dorită, limitându-i/sustinându-i mișcările, astfel încât acestea să nu iasă din parametrii unui mers corect, fiziologic normal.

Elementele de noutate aduse prin sistemul robotic propus sunt reprezentate de cele două membre inferioare din structura exoscheletului (2) și (3) care posedă în structură patru mecanisme plan paralele pentru transmiterea mișcărilor de la actuatori, prin intermediul unor transmisii prin lanț, la articulațiile membrelor inferioare (genunchi și gleznă). Cele două articulații ale soldurilor sunt acționate de la distanță de către actuatori prin intermediul a două transmisii cu lanț. De asemenea acționarea articulațiilor se realizează de la distanță, fapt pentru care actuatorii nu sunt amplasați în centrele articulare ale exoscheletului, lucru care conduce la creșterea greutateii întregului ansamblu, ducând astfel la mișcări imprecise datorită apariției unor momente de inerție suplimentare.

Așadar sistemul robotic prezentat schematizat în fig. 3, are în structură patru mecanisme plan-paralele echivalente membrelor inferioare din structura aparatului locomotor uman, două grupuri formate din servoacționări pentru acționarea articulațiilor echivalente ale soldului, genunchiului și gleznei, ele fiind dispuse în

zona centurii pelviene și un mecanism pentru ajustarea exoscheletului pe membrele inferioare ale pacienților. Cele patru mecanisme plan-paralele sunt dispuse în oglindă, două pentru membrul inferior stâng și celălalte două pentru membrul inferior drept. Punerea în mișcare a acestor mecanisme se realizează prin transmisii cu lanț înseriate care fac posibil transferul parametrilor energetici de la servoacționările specifice către elementele conducătoare ale celor două mecanisme plan paralele. Grupurile ce servesc la acționarea întregului sistem sunt formate din următoarele servoacționări: **ASD** - Acționare Șold Dreapta; **APD** - Acționare Picior Dreapta, **AGD**- Acționare Genunchi Dreapta, **ASS** - Acționare Șold Stânga, **APS** - Acționare Picior Stânga; **AGS** - Acționare Genunchi Stânga.

Mecanismul pentru ajustarea exoscheletului pe membrele inferioare ale pacienților are în structură o transmisie prin cuple elicoidale cu acționare manuală care deplasează din interior spre exterior grupurile de servoacționări împreună cu membrele inferioare și invers prin intermediul elementelor de acționare (16), respectiv (16'). Șurubul din structura transmisiei prin cuple elicoidale prezintă două sectoare filetate pe (P1) și respectiv (P1'). Acesta, prin mișcarea de rotație generată de unul din elementele (16), respectiv (16'), va deplasa cele două piulițe (17) respectiv (17'). Cele două piulițe sunt solidare cu membrele inferioare ale exoscheletului prin intermediul cuplelor de translație (T1) și respectiv (T1'). Șurubul cuplelor elicoidale este sprijinit față de carcasa (15) a întregului dispozitiv prin intermediul cuplelor de rotație (R5), (R3) și respectiv (R5'). Elementul (19) are rolul de menținere a corpului uman în poziție ortostatică corectă pe parcursul desfășurării activității de pășire.

Tot ansamblul este articulat față de batiu prin intermediul unor elemente de legătură (12), (13) și (14) cu articulațiile aferente (cuplele de rotație R1, R2, R3, R4 și respectiv R1', R2', R4') care permit asigurarea oscilației în plan vertical în momentul desfășurării activității de pășire. Elementul (13) este prevăzut cu un amortizor pentru preluarea șocurilor pe parcursul efectuării procesului de pășire atunci când are loc contactul tălpii piciorului cu solul.

Se prezintă în cele ce urmează descrierea invenției, pe baza figurilor 1, 2, 3, 4 și 5 care reprezintă:

-figura 1, „Prototipul sistemului robotic și identificarea subansamblelor principale”;

-figura 2, „Exoscheletul din structura sistemului destinat reabilitării locomoției umane”;

-figura 3, „Schema structurală a exoscheletului destinat reabilitării locomoției umane pentru persoane cu deficiențe neuromotorii”;

-figura 4, „Schema cinematică a unui membru inferior echivalent din structura exoscheletului destinat reabilitării locomoției umane”;

- figura 5, „Vedere în detaliu asupra actuatorilor pentru acționarea exoscheletului”

- figura 6, ”Vedere în detaliu asupra structurii unui membru inferior din structura exoscheletului în care se identifică cele două mecanisme plan paralele pentru acționarea articulației genunchiului și respectiv șoldului”

- figura 7, ”Cotele de gabarit ale sistemului robotic în [mm]”.

Pentru membrul inferior drept se identifică următoarele cuple de rotație: O – cupla de rotație a articulației echivalente a șoldului drept; E – cupla de rotație echivalentă articulației genunchiului drept; M – cupla de rotație echivalentă articulației gleznei și piciorului drept. Elementul (6) este echivalent al femurului drept, elementul (5) este echivalent al tibiei dreapta, iar elementul (11) este echivalent al piciorului drept. Aceste elemente sunt acționate prin două mecanisme plan-paralele, unul pentru articulația genunchiului drept E, iar cel de-al doilea pentru acționarea gleznei și piciorului drept M. Articulația șoldului drept este acționată de către servomotorul ASD prin intermediul transmisiei prin lanț TLSD (Transmisie Lanț acționare Șold Drept). În ceea ce privește acționarea articulației genunchiului, pentru membrul inferior drept, aceasta se realizează de la servomotorul AGD prin intermediul unei transmisii prin lanț TLGD (Transmisie prin Lanț Genunchi Drept) către mecanismul plan-paralel situat la nivelul femurului (6). Astfel mișcarea de la roata de lanț solidară cu elementul motor (1) este transmisă prin intermediul cuplei de rotație A către biela (2). Biela (2) este articulată prin cupla de rotație B și transmite mișcarea către placa suport (3) articulată față de femurul drept în cupla de rotație C. Placa suport (3) impune o mișcare de oscilație asupra elementului de legătură (4) articulată prin cuplele D și F, care acționează elementul echivalent al tibiei dreapta (5), pentru asigurarea mișcării de flexie.

În ceea ce privește acționarea articulației gleznei dreapta M, aceasta se realizează prin transferul parametrilor energetici de la servoacționarea APD prin intermediul transmisiei prin lanț înseriate TLPD (Transmisie prin Lanț pentru acționarea Piciorului Drept) asupra elementului motor (7) situat la nivelul articulației genunchiului drept. Elementul motor (7) acționează mecanismul plan-paralel situat la nivelul elementului echivalent tibiei dreapta (5). Mișcarea de la elementul motor (7) este impusă asupra plăcii suport (9) prin intermediul bielei (8) articulată în cuplele de rotație G și respectiv J. Placa suport (9) realizează o mișcare de oscilație față de elementul echivalent al tibiei dreapta prin cupla de rotație K. Această mișcare este transmisă prin intermediul elementului de legătură (10) către segmentul echivalent piciorului drept (11) pentru realizarea mișcării de flexie plantară/dorsală din timpul procesului de pășire. Elementul de legătură (10)

este articulată față de mecanism și segmentul echivalent piciorului drept (11) prin cuplele de rotație L și N.

Acționarea membrului inferior stâng se realizează similar ca cel drept, dat fiind faptul că acesta este oglindit față de un plan vertical al întregului sistem. Din acest considerent pentru membrul inferior stâng descrierea funcțională este similară cu cea a membrului inferior drept păstrând anumite particularități și anume:

Pentru membrul inferior stâng se identifică următoarele cuple de rotație: O' – cupla de rotație a articulației echivalente a șoldului stâng; E' – cupla de rotație echivalentă articulației genunchiului stâng; M' – cupla de rotație echivalentă articulației gleznei și piciorului stâng. Elementul (6') este echivalent al femurului stâng, elementul (5') este echivalent al tibiei stânga, iar elementul (11') este echivalent al piciorului stâng. Aceste elemente sunt acționate prin două mecanisme plan-paralele, unul pentru articulația genunchiului stâng E, iar cel de-al doilea pentru acționarea gleznei și piciorului stâng M. Articulația șoldului stâng este acționată de către servomotorul ASS prin intermediul transmisiei prin lanț TLSS (Transmisie Lanț acționare Șold Stâng). În ceea ce privește acționarea articulației genunchiului, pentru membrul inferior stâng, aceasta se realizează de la servomotorul AGS prin intermediul unei transmisii prin lanț TLGS (Transmisie prin Lanț Genunchi Stâng) către mecanismul plan-paralel situat la nivelul femurului stâng (6'). Astfel mișcarea de la roata de lanț solidară cu elementul motor (1') este transmisă prin intermediul cuplei de rotație A' către biela (2'). Biela (2') este articulată prin cupla de rotație B' și transmite mișcarea către placa suport (3') articulată față de femurul stâng în cupla de rotație C'. Placa suport (3') impune o mișcare de oscilație asupra elementului de legătură (4') articulată prin cuplele D' și F', care acționează elementul echivalent al tibiei stânga (5'), pentru asigurarea mișcării de flexie.

În ceea ce privește acționarea articulației gleznei stânga M', aceasta se realizează prin transferul parametrilor energetici de la servomecanismul APS prin intermediul transmisiei prin lanț înseriate TLPS (Transmisie prin Lanț pentru acționarea Piciorului Stâng) asupra elementului motor (7') situat la nivelul articulației genunchiului stâng. Elementul motor (7') acționează mecanismul plan-paralel situat la nivelul elementului echivalent tibiei stânga (5'). Mișcarea de la elementul motor (7') este impusă asupra plăcii suport (9') prin intermediul bielei (8') articulată în cuplele de rotație G' și respectiv J'. Placa suport (9') realizează o mișcare de oscilație față de elementul echivalent al tibiei stânga prin cupla de rotație K'. Această mișcare este transmisă prin intermediul elementului de legătură (10') către segmentul echivalent piciorului stâng (11') pentru realizarea mișcării de flexie plantară/dorsală din timpul procesului de pășire. Elementul de legătură (10')

este articulată față de mecanism și segmentul echivalent piciorului stâng (11') prin cuplele de rotație L' și N'.

Exoscheletul prezentat în fig. 4 are la bază două mecanisme plan paralele cu 3 servoacționări pentru cuplele echivalente ale articulațiilor șoldului, genunchiului și gleznei (cuplele de rotație O, E, M).

Schema cinematică a unui membru inferior din structura exoscheletului prezentată în fig. 4 se compune din: O – cupla de rotație echivalentă articulației șoldului, fiind și cuplă motoare pentru acționarea directă acestei articulații; E – cuplă de rotație echivalentă articulației genunchiului, aceasta asigurând și suportul cuplei motoare pentru mecanismul de acționare al gleznei și piciorului; M – cuplă de rotație echivalentă articulației gleznei și piciorului; A, B, C, D, F – sunt cuple de rotație ale mecanismului pentru acționarea articulației genunchiului; G, J, L, N, K – sunt cuple de rotație ale mecanismului pentru acționarea articulației gleznei și piciorului. Elementul (1) reprezintă elementul motor pentru acționarea mecanismului articulației genunchiului, iar acest mecanism este format din biela (2), elementul suport (3) articulată în cuplele CBD și elementul de legătură (4) care acționează asupra elementului echivalent al tibiei (5) prin cupla de rotație F. Femurul va asigura suportul acestui mecanism de acționare al articulației genunchiului, acesta identificându-se prin elementul (6).

Mecanismul de acționare al articulației gleznei și piciorului din punct de vedere structural este similar cu cel de acționare al articulației genunchiului, acesta fiind format din elementul conducător (7), ce acționează biela (8) prin cuplele de rotație G și J. Transmiterea mișcării se realizează asupra elementului suport (9), articulată în cuplele K, J, L, care prin elementul de legătură (10) acționează piciorul (11) din structura exoscheletului în timpul realizării procesului de pășire.

Ansamblul exoscheletului prin configurația prezentată, posedă elemente prevăzute cu dispozitive de ajustare a lungimii elementelor fapt pentru care acesta este unul parametrizat, adaptabil persoanelor cu date antropometrice specifice intervalului de înălțime 1.60m – 1.90m.

Revendicările invenției
SISTEM ROBOTIC DESTINAT RECUPERĂRII LOCOMOȚIEI UMANE

Revendicări

1. Exoschelet destinat recuperării locomoției umane, **caracterizat prin aceea că** este constituit din patru mecanisme plan paralele, o pereche pentru piciorul stâng și cea de-a doua pereche pentru piciorul drept, fiecare mecanism având în structură câte 11 elemente cinematice (1, 2, 3,...11) a căror formă modelează membrele inferioare umane. Acestea sunt articulate între ele prin cuple cinematice de rotație (O, A, B, C,...N). Mișcarea de la actuatorii amplasați pe un cadru special, este transmisă prin transmisii de lanț către elementele de comandă ale mecanismelor plan paralele (1, 1' respectiv 7 și 7') conform fig. 3.

2. Exoschelet destinat asistării locomoției umane, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** lungimile elementelor (6, 5, 2, și 8) sunt ajustabile în funcție de dimensiunile antropomorfe ale subiectului uman prin dispozitive manuale de reglare a lungimii elementelor.

3. Exoschelet destinat asistării locomoției umane, conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizat prin aceea că** utilizează trei actuatori dispuși la distanță față de subiectul uman și exoschelet (ASD, APD, AGD, ASS, APS, AGS) conform figurii 3, iar transmiterea parametrilor energetici se realizează prin intermediul unor transmisii cu lanț care acționează mecanismele care acționează membrele inferioare (TLSD, TLGD, TLPD și TLSS, TLGS, TLPS), acest lucru fiind posibil prin înserierea a două transmisii prin lanț pentru fiecare membru inferior.

4. Sistem robotic destinat recuperării locomoției umane, conform revendicărilor 1, 2 și 3, **caracterizat prin aceea că** are în ansamblu o structură formată din: (A)- Sistemul de comandă și control; (B)-Sistemul de ridicare/poziționare a pacientului pe banda rulantă; (C, C')- Sistemul de tip exoschelet care modelează mecanic membrul inferior stâng și membrul inferior drept; (D) - Sistemul mecanic de poziționare și reglare a pacientului în raport cu exoscheletul.

Figurile invenției:
SISTEM ROBOTIC DESTINAT RECUPERĂRII LOCOMOȚIEI UMANE

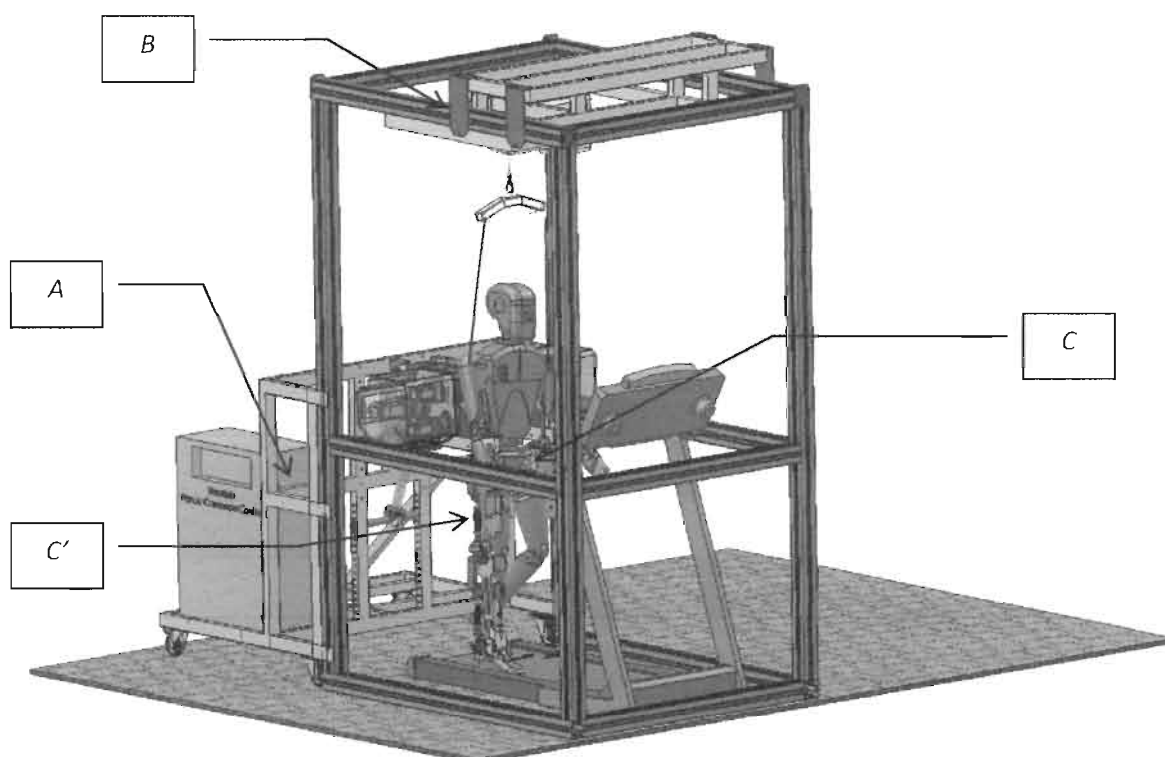


Fig. 1. Prototipul sistemului robotic și identificarea subansamblelor principale

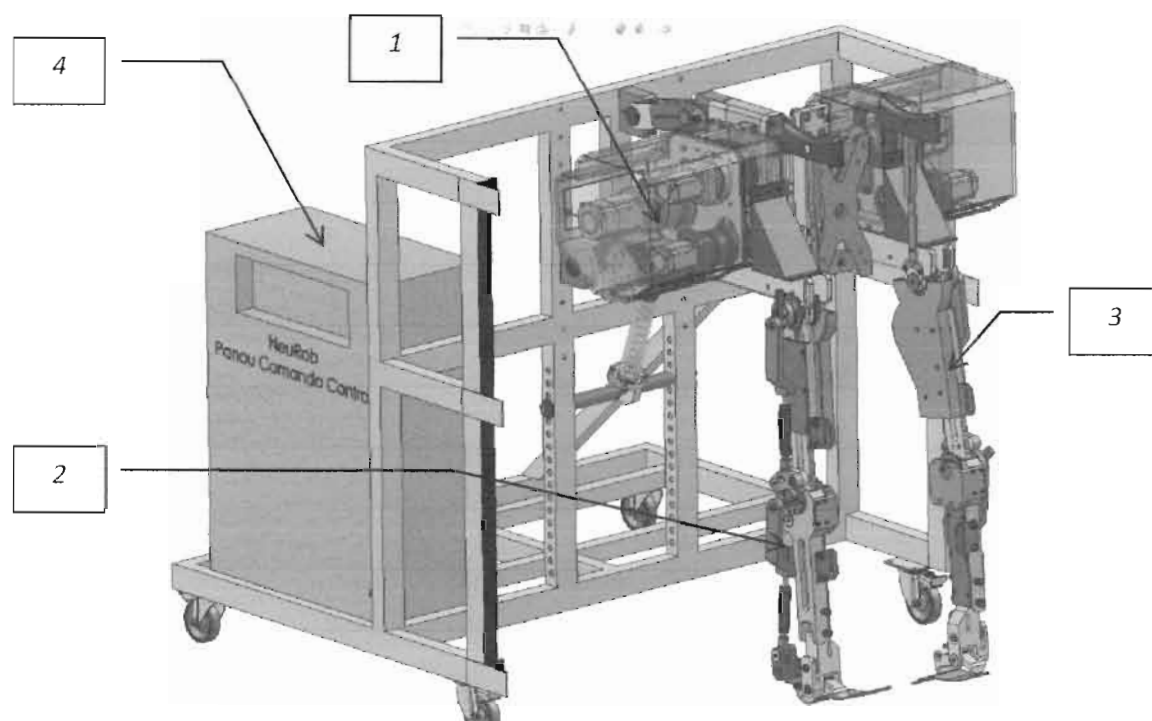


Fig. 2. Exoscheletul din structura sistemului destinat reabilitării locomoției umane

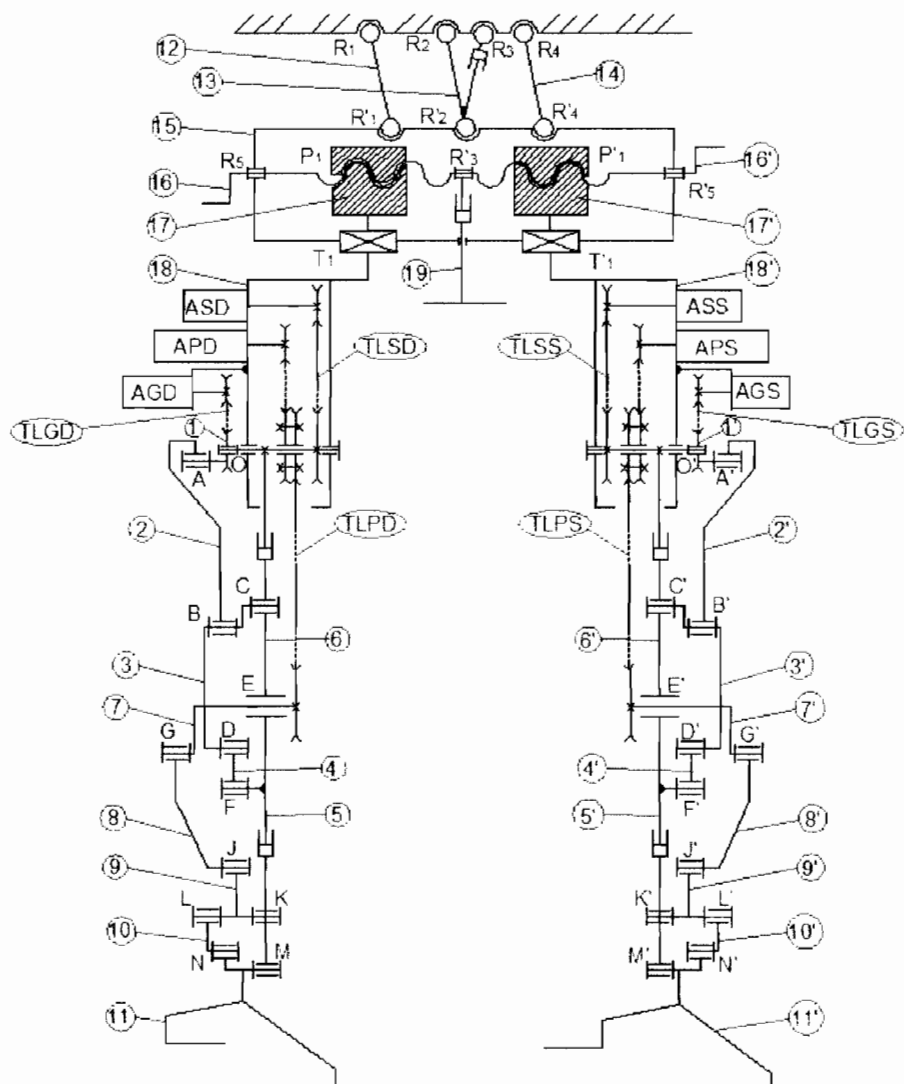


Fig. 3. Schema structurală a exoscheletului destinat reabilitării locomotiei umane pentru persoane cu deficiențe neuromotorii

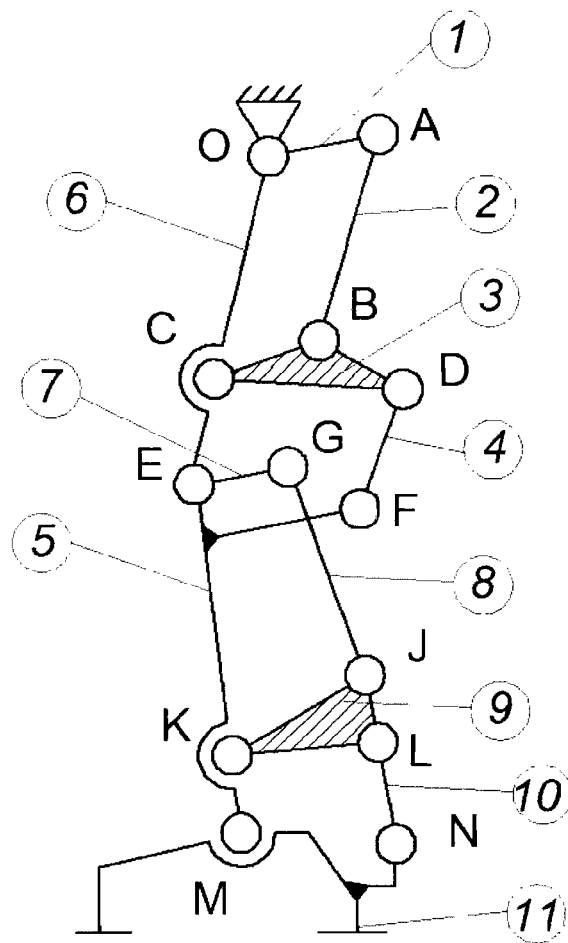


Fig.4 Schema cinematica a unui membru inferior din structura exoscheletului

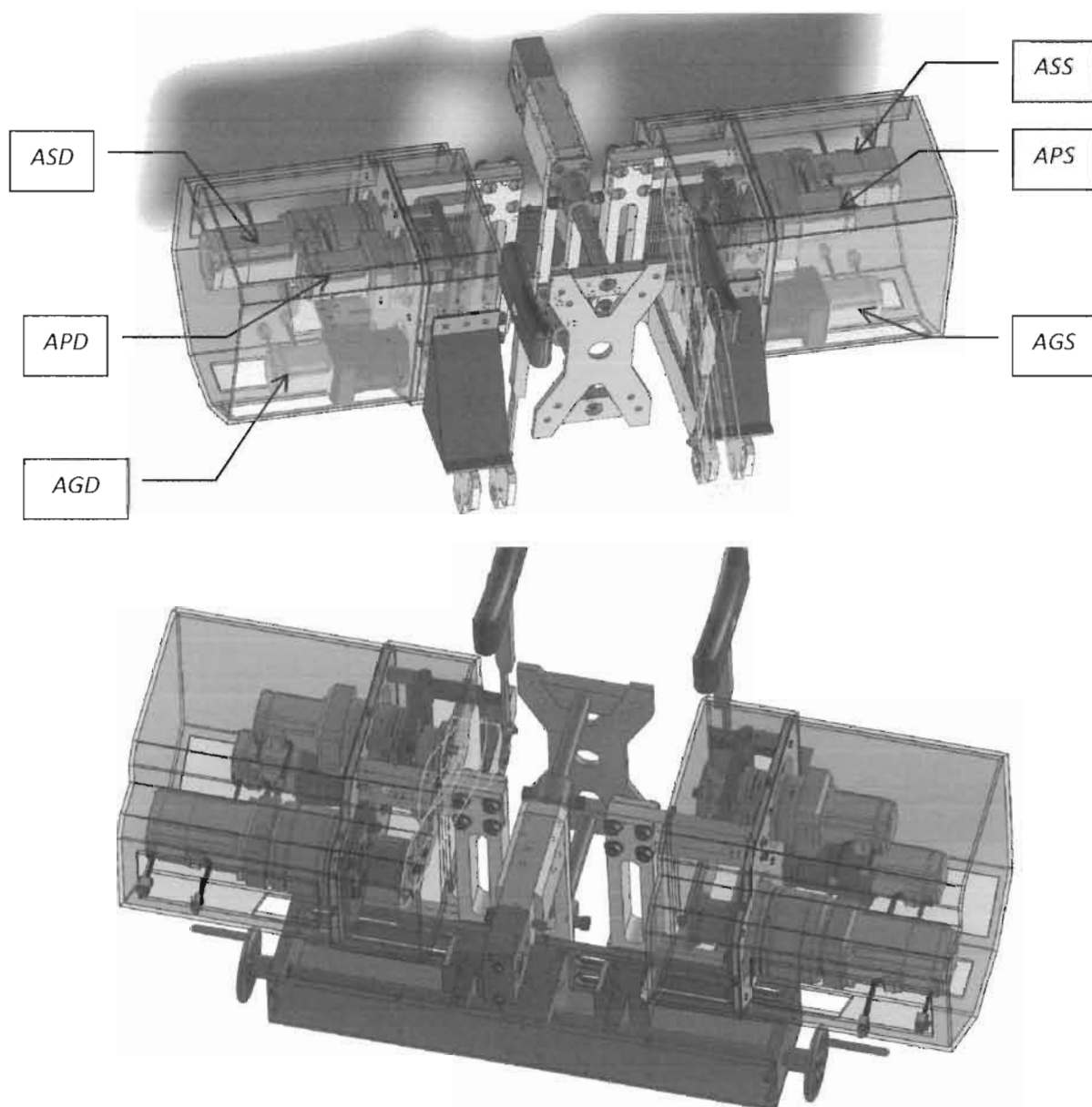


Figura 5. Vedere în detaliu asupra actuatorilor pentru acționarea exoscheletului

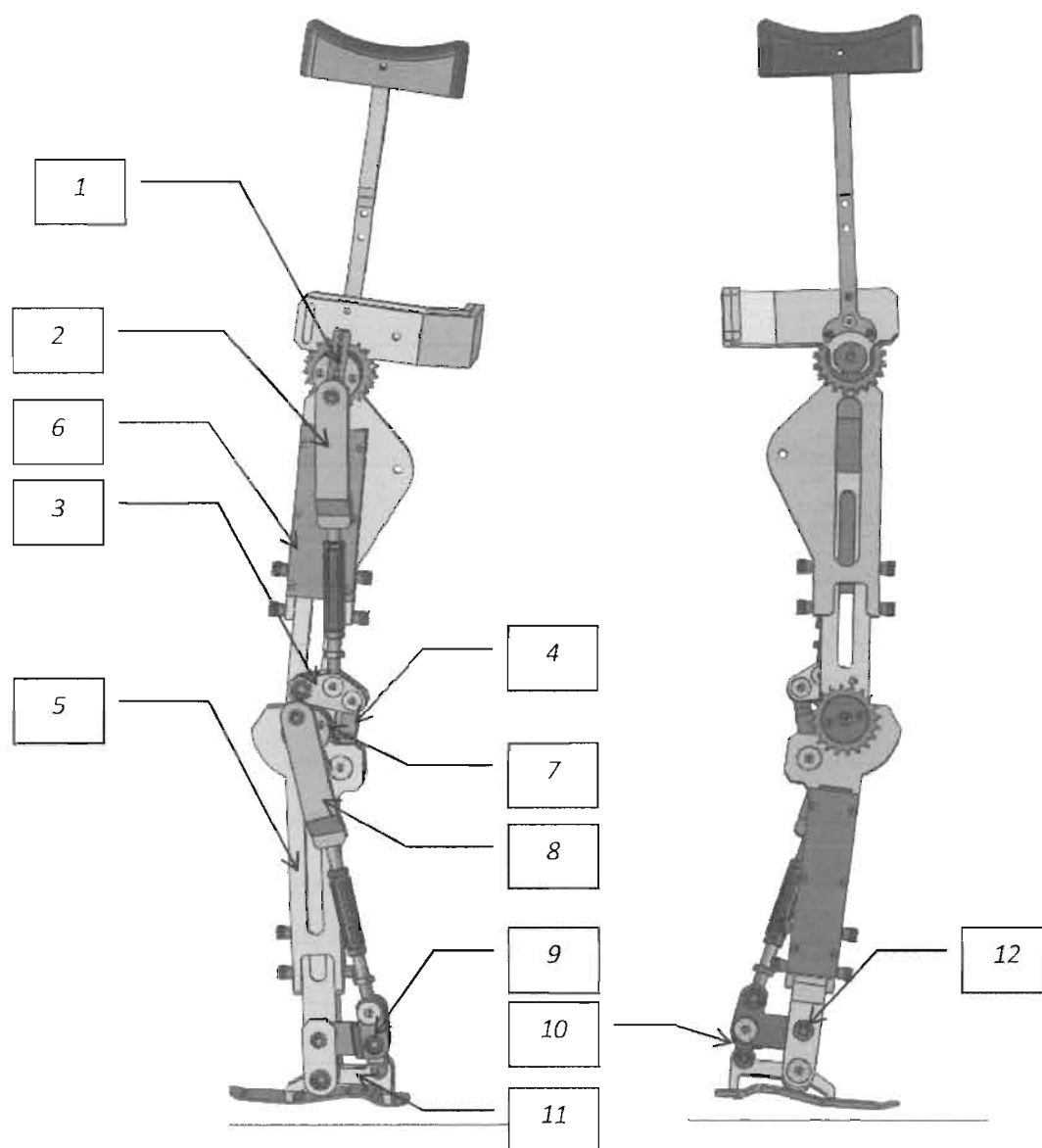


Figura 6. Vedere în detaliu asupra structurii unui membru inferior din structura exoscheletului în care se identifică cele două mecanisme plan paralele pentru acționarea articulației genunchiului și respectiv șoldului

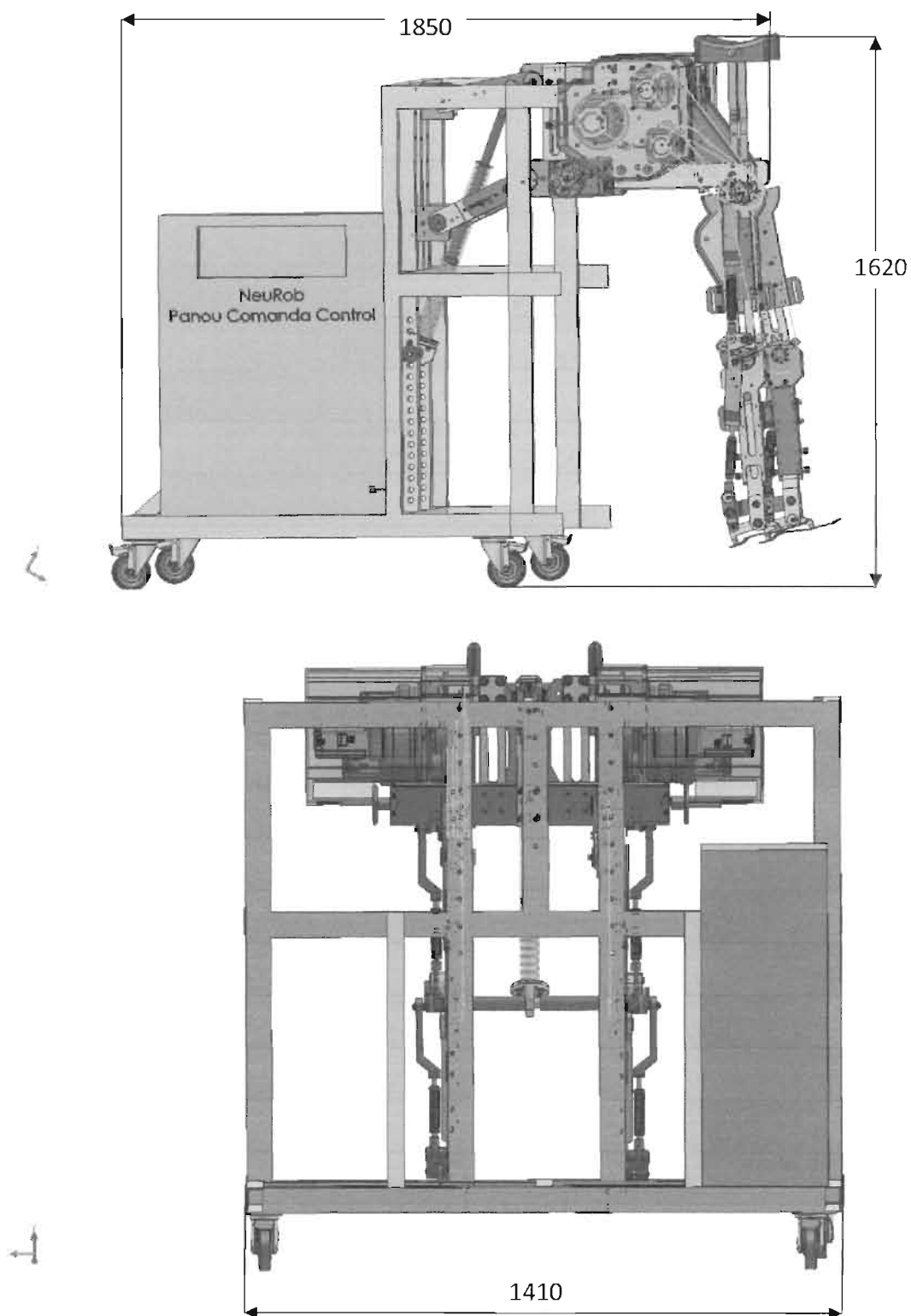


Figura 7. Cotele de gabarit ale sistemului robotic în [mm].