

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2019 00147**

(22) Data de depozit: **05/03/2019**

(41) Data publicării cererii:
30/09/2020 BOPI nr. **9/2020**

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

(72) Inventatori:
• **GEONEA IONUȚ DANIEL, STR. DR. CTIN.**
ANGELESCU, NR.5, BL. V27, AP.4, SC.1,
CRAIOVA, DJ, RO;
• **DUMITRU NICOLAE, STR.GHEORGHIIȚĂ**
GEOLGĂU NR.399, PIELEȘTI, DJ, RO;

• **DUMITRU SORIN, STR. HENRI COANDĂ,**
NR.60, BL. P13, CRAIOVA, DJ, RO;
• **COPILUȘI PETRE CRISTIAN,**
STR. SERG.CONSTANTIN POPESCU
NR.19, BL.42, SC.A, AP.14, CRAIOVA, DJ,
RO;
• **CIUREZU-GHERGHE LEONARD,**
STR.PETRE ISPIRESCU BL.12, AP.4, SC.1,
CRAIOVA, DJ, RO

Data publicării raportului de documentare:
30.09.2020

(54) **EXOSCHELET DESTINAT ASISTĂRII MERSULUI UMAN
ȘI REABILITĂRII**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem mecatronic de tipul unui exoschelet, destinat asistării mersului persoanelor cu dizabilități locomotorii. Sistemul conform invenției este constituit din două mecanisme cu bare articulate care materializează câte un picior al unui exoschelet, fiecare mecanism are o structură formată din șapte elemente (1, 2, 3...7) cinematice, mobile care sunt conectate între ele prin intermediul unor bolțuri (15), primul element (1) conducător pentru piciorul exoscheletului este o manivelă asamblată fix pe un arbore (13) motor și un motor (10) electric reductor care transmite mișcarea prin intermediul unei transmisii cu lanț formată din două roți (11 și 12) de lanț la arborele (13) motor, care este lăgăruit pe un cadru (9) superior, lungimile ultimelor elemente (6 și 7) fiind reglabile în funcție de dimensiunile antropomorfe ale unor subiecți.

Revendicări: 4
Figuri: 6

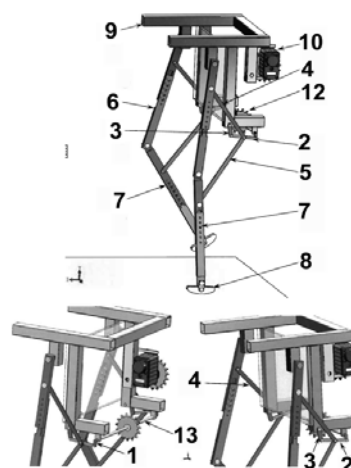


Fig. 3

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).



Exoschelet destinat asistării mersului uman și reabilitării

Obiectul prezentei propuneri de brevet de invenție "*Exoschelet destinat asistării mersului uman și reabilitării*" este acela de a realiza un sistem mecatronic de tipul unui exoschelet, care este destinat asistării mersului persoanelor cu dizabilități locomotorii. Un exoschelet este definit ca un sistem mecatronic, care este atașat unui subiect uman și își aduce aportul motric la mișcarea membrilor inferioare. El poate fi purtat de persoane cu deficiențe locomotorii sau în scopul măririi capacității de deplasare când purtăm greutate.

Domeniul de aplicabilitate al propunerii de brevet de invenție îl constituie domeniul medical și ingineresc, acela al ingineriei biomedicale.

Principala motivație a reabilitării mersului uman este de a ajuta un pacient să se recupereze ca urmare a rănilor suferite, a bolilor neuronale sau pentru a recupera anumite abilități locomotorii, pentru a promova cât mai multă independență în activitățile de zi cu zi și pentru a asista pacientul în compensarea deficiențelor care nu pot fi tratate medical.

Prin urmare, se fac eforturi la nivel mondial pentru automatizarea reabilitării locomotorii. Dispozitivele robotizate au potențialul de a face terapia mai accesibilă și, astfel, disponibilă pentru mai mulți pacienți.

În domeniul recuperărilor medicale, este necesară recuperarea locomotorie a pacienților, care au avut accidente vasculare cerebrale sau ale coloanei vertebrale, pentru a putea să practice din nou activitatea de mers.

Scopul exercițiilor de reabilitare este de a efectua anumite mișcări prin activități repetitive care provoacă plasticitate motorie pentru pacient și prin urmare aduce îmbunătățirea activității locomotorii și minimizarea deficiențelor funcționale. Reabilitarea mișcării este dependentă de piciorul afectat, deci membrul afectat trebuie să fie supus exercițiilor fizice.

O treime din pacienții supraviețuitori din accident vascular cerebral nu își recapătă capacitatea independentă de mers și cei ambulatorii, merg într-o manieră tipică asimetrică. Terapiile de reabilitare sunt esențiale pentru recuperare și, prin urmare, multe cercetări sunt în desfășurare în domeniu.

Procesul de reabilitare pentru recâștigarea unei mobilități semnificative poate fi împărțit în trei etape: (1) pacientul în pat este mobilizat în scaun cât mai curând posibil, (2) restaurarea mersului și (3) îmbunătățirea mersului (adică, mersul liber dacă este posibil).

Terapiile tradiționale de reabilitare presupun un volum mare de muncă, în special pentru reabilitarea mersului, adesea necesitând mai mult de trei terapeuți simultan pentru a ajuta manual picioarele și trunchiul pacientului, pentru a efectua instruirea. Acest fapt

impune o povară economică enormă sistemului de sănătate al fiecărei țări, limitând astfel acceptarea sa clinică. În plus, schimbările demografice (îmbătrânirea), lipsa personalului din domeniul sănătății și necesitatea unei îngrijiri de calitate superioară prevăd o creștere a costului mediu de la primul accident vascular cerebral până la deces, în viitor. Toți acești factori stimulează inovarea în domeniul reabilitării, astfel încât aceasta să devină mai accesibilă și disponibilă pentru mai mulți pacienți și pentru o perioadă mai lungă de timp.

Robotica pentru tratamentul de reabilitare este un domeniu în curs de dezvoltare care se așteaptă să crească, ca o soluție pentru automatizarea reabilitării. Reabilitarea robotică poate: să înlocuiască efortul de antrenament fizic al unui terapeut, permițând mișcări repetitive mai intense și oferind terapie la un cost rezonabil și să evalueze cantitativ nivelul de recuperare a motricității prin măsurarea forței și traiectoriilor de mișcare.

În literatura recentă, multe lucrări se ocupă de reabilitarea robotică a membrilor inferioare. Scopul acestor cercetări este de a revizui interfețele existente, precum și lucrările în curs de desfășurare, pentru a arăta cercetătorilor stadiul actual al tehnicii și parcursul în domeniu.

În ultimul deceniu, s-au dezvoltat mai multe sisteme robotice de reabilitare a membrilor inferioare pentru a restabili mobilitatea membrilor afectate. Aceste sisteme pot fi grupate în funcție de principiul de reabilitare pe care îl urmează:

- a) sisteme de mers pe bandă cu sistem de suspendare a pacientului;
- b) sisteme de mers pe bază de plăci sub picioare;
- c) sisteme de mers pe sol;
- d) sisteme de mers staționare, pe scaun;
- e) sisteme de reabilitare a gleznei:
 - e₁) sisteme staționare,
 - e₂) orteze active pentru picior.

Din categoria sistemelor robotice care urmăresc mișcarea pacienților pe sol sunt comercializate sistemele: KineAssist, WalkTrainer, Rewalk. Acestea permit pacienților să se miște sub propriul control, în loc să execute mișcări cu traiectorii predeterminate.

Aspectul stadiului actual al sistemelor de tip exoschelet pentru membrele inferioare este prezentată de autorii Dollar, Aaron M., și Hugh Herr, în lucrarea "*Lower extremity exoskeletons and active orthoses: challenges and state-of-the-art*", publicată în IEEE Transactions on robotics 24.1 (2008): 144-158. Este prezentat aspectul dezvoltării sistemelor exoschelet din ultimii 60 de ani, din perspectiva de știință și ficțiune la început, până la produsele comercializate curent.

Primele cercetări în acest domeniu, al sistemelor de tip exoschelet, datează din anul 1960, și inițiativa revine la două grupuri separate de cercetători, unul din SUA și altul din fosta Iugoslavia. Primul grup avea drept obiectiv dezvoltarea unei tehnologii pentru a

îmbunătăți abilitățile corpului uman purtător, adesea în scop militar, în timp ce al doilea grup încerca să dezvolte o tehnologie de asistare a persoanelor cu dizabilități.

O altă cercetare prezintă sisteme de reabilitare robotice pentru membrele inferioare [I. Díaz, J.J. Gil, E. Sánchez, *Lower-limb robotic rehabilitation: literature review and challenges*. J. Robot. (2011)]. Din prima categorie există pe piață 3 sisteme: Lokomat, LokoHelp și ReoAmbulator.

În acest sens au fost dezvoltate sisteme de reabilitare, care sunt obiectul a numeroase brevete de invenție. Spre exemplu, în US Patent nr. US6666831 B1, din 23 decembrie 2003 se prezintă o metodă și un sistem pentru antrenamentul susținerii greutății corporale în timpul locomoției pe o bandă rulantă. Sistemul utilizează un dispozitiv de tip stepper programabil, care acționează ca un sistem de tip exoschelet motor 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].

Din categoria sistemelor active de reabilitare, un interes deosebit îl prezintă sistemele de tipul exoschelet.

În cadrul prezentei cereri de brevet de invenție, este proiectat un sistem de asistare a locomoției persoanelor cu dizabilități locomotorii. Sistemul propus pentru asistarea locomoției umane este compus din două mecanisme pentru picioare și un cadru superior care se atașează subiectului uman. În componența sistemului intră un cadru (9) atașat de bazinul pacientului. Pe cadrul superior este atașat motorul de acționare (10), este montat cu rulmenți arborele motor (13) pe care sunt fixate manivelele (1) ale mecanismelor pentru picioare. Mecanismele pentru picioare au în structură 7 elemente cinematice conectate prin 10 cuple cinematice de rotație, conform schemei cinematice din Fig. 1.

Sistemul propus pentru asistarea locomoției umane se deosebește de soluțiile existente prin aceea că utilizează un singur motor pentru a transmite mișcarea la elementele motoare ale celor două mecanisme. În schimb, marea majoritate a soluțiilor existente utilizează lanțuri cinematice deschise, cu motoare amplasate în cuple (pentru șold, genunchi și gleznă). Acest tip de soluții necesită utilizarea unor sisteme de comandă și control, pentru a realiza legile de mișcare ale membrilor inferioare.

Sistemul de tip exoschelet propus pentru asistarea locomoției umane, conform invenției, este compus din două mecanisme pentru picioare, care au structură de tip lanț cinematic închis, un cadru superior care se atașează de bazinul pacientului. Pe cadrul superior se montează motorul și transmisia prin lanț care transmite mișcarea unui arbore lăgăruit pe cadrul superior, prin cupla A (vezi fig. 1). Tot pe cadrul superior sunt conectate, conform schemei cinematice a mecanismului din fig. 1, cuplele cinematice F și E, de rotație între cadrul superior și elementele (6) și (3).

Se prezintă în cele ce urmează descrierea invenției, pe baza figurilor 1, 2, 3, 4, 5 și 6 care reprezintă:

- ✓ Figura 1: Schema cinematică a mecanismului piciorului exoscheletului. Modelul proiectat 3D. Traectoria realizată de talpă;
- ✓ Figura 2: Modelul proiectat 3D al exoscheletului. Vedere din dreapta;
- ✓ Figura 3: Prototipul exoscheletului (vedere din stânga). Detalii ale părții superioare;
- ✓ Figura 4: Vederi de ansamblu ale exoscheletului. Detalii ale elementelor cu lungimea reglabilă;
- ✓ Figura 5: Vedere de detaliu a cadrului superior, cu motorul de acționare.
- ✓ Figura 6: Dimensiuni de gabarit ale ansamblului exoschelet-subiect uman, în [mm].

Originalitatea soluției, *conform invenției*, constă în proiectarea unui mecanism cu structură antropomorfică, care este implementat ca picior al unui exoschelet, utilizat pentru asistarea mersului persoanelor cu dizabilități locomotorii. Mecanismul proiectat are o structură și mișcare similară piciorului uman (realizează mișcarea din articulațiile genunchiului și șoldului, traiectoria tălpii) și are în structură segmentele piciorului. Elementul (6) are rolul structural al femurului, iar elementul (7), prin segmentul (HM) îndeplinește rolul funcțional al tibiei. Traectoria descrisă de talpă este ovoidă, asemănătoare cu cea realizată de subiecții umani la mersul normal. De asemenea unghiurile de variație din cuplele H și F, care corespund articulației șoldului și genunchiului uman înregistrează variații similare subiecților umani. Deoarece, parametrii mersului uman prezintă variabilitate de la un individ la altul, sau chiar de la un pas la altul al aceluiași subiect, în anumite limite, pentru proiectarea mecanismului, s-a considerat un ciclu mediu pentru legile de variație ale unghiurilor din articulații.

Schema cinematică a mecanismului pentru picioarele exoscheletului de asistare a locomoției, este prezentată în fig. 1. Mecanismele picioarelor sunt compuse din 7 elemente conectate prin 10 cuple cinematice de rotație. Sunt utilizate notațiile cu cifre de la 1 la 7 pentru elementele mecanismului, și cu litere pentru cuplele cinematice.

Elementul conducător al mecanismului este manivela (1), pentru fiecare picior. Cupla fixă M, corespunde articulației gleznei. Elementul (5) al mecanismului modelează structural femurul iar elementul (6) modelează structural tibia. De asemenea, cupla de rotație F reprezintă articulația șoldului, iar cupla de rotație H articulația genunchiului. Mecanismul realizează în articulații mișcările corespunzătoare de flexie-extensie ale piciorului uman.

Exoscheletul se compune din două mecanisme pentru piciorul drept, respectiv stâng. Pentru acționarea celor două mecanisme este utilizat motorul electric cu reductor (10), care este montat pe cadrul superior (9). Prin intermediul unei transmisii cu roți de

lanț mișcarea este transmisă la arborele (13), care este montat pe cadrul superior (9) prin intermediul unor lagăre cu rulmenți radiali cu ace sau lagăre de alunecare. Elementele conducătoare (1) ale celor două mecanisme pentru picioare sunt conectate pe axul (13), având poziții unghiulare opuse, la 180 grade. Pe cadrul superior sunt conectate prin cuplele de rotație (materializate prin ax sau bolt) F și E elementele (6) și (3). Pentru a permite adaptarea exoscheletului pe subiecți umani cu diferite dimensiuni ale piciorului elementele (6) și (7) sunt formate din două părți care culisează într-un canal paralelipipedic, (Fig. 4). Cele două părți, care compun elementul reglabil, permit modificarea lungimii elementului, după care cele două părți sunt fixate cu șuruburi, pentru a împiedica mișcarea relativă. Exoscheletul are o structură asemănătoare piciorului uman: cupla (F) reprezintă articulația șoldului, cupla (H) reprezintă articulația genunchiului iar elementele (FH) și (HM) reprezintă femurul și tibia.

Revendicările invenției

Exoschelet destinat asistării mersului uman și reabilitării

Revendicări

1. Exoschelet destinat asistării persoanelor cu dizabilități locomotorii, **caracterizat prin aceea că** este realizat din două lanțuri cinematice plane, mono mobile, unul pentru fiecare picior, fiecare mecanism conține structural 7 elemente cinematice mobile (1, 2, 3,...7) de tip bară cu secțiune dreptunghiulară, conectate prin cuple de rotație, cu ajutorul bolțurilor (15), conform schemei cinematice inovative din Fig. 1, iar cele două elemente motoare (1) ale mecanismelor pentru piciorul drept și, respectiv, stâng sunt acționate de un singur motor electric (10) care transmite mișcarea prin intermediul transmisiei cu lanț, cu roțile (11) și (12) la arborele motor (13) care este lăgăruit pe cadrul superior (9).

2. Exoschelet destinat asistării mersului subiecților uman, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** lungimile elementelor (6 și 7) sunt reglabile în funcție de dimensiunile antropomorfe ale subiecților.

3. Exoschelet destinat asistării locomoției subiecților umani, conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizat prin aceea că** utilizează un motor de acționare (10) și o transmisie prin lanț care transmite mișcarea de rotație la elementele motoare (1) ale celor două lanțuri cinematice ale mecanismelor picioarelor, prin intermediul arborelui (13).

4. Exoschelet, conform revendicărilor 1, 2 și 3, **caracterizat prin aceea că** în timpul funcționării realizează o traiectorie ovoidă a punctului M, similară traiectoriei centrului de masă al tălpii piciorului uman, precum și amplitudini unghiulare în cuplele F și H similare celor realizate la mersul uman.

Revendicările invenției

Exoschelet destinat asistării mersului uman și reabilitării

Revendicări

1. Exoschelet destinat asistării persoanelor cu dizabilități locomotorii, **caracterizat prin aceea că** este realizat din două lanțuri cinematice plane, mono mobile, unul pentru fiecare picior, fiecare mecanism conține structural 7 elemente cinematice mobile (1, 2, 3,...7) de tip bară cu secțiune dreptunghiulară, conectate prin cuple de rotație, cu ajutorul bolțurilor (15), conform schemei cinematice inovative din Fig. 1, iar cele două elemente motoare (1) ale mecanismelor pentru piciorul drept și, respectiv, stâng sunt acționate de un singur motor electric (10) care transmite mișcarea prin intermediul transmisiei cu lanț, cu roțile (11) și (12) la arborele motor (13) care este lăgăruit pe cadrul superior (9).

2. Exoschelet destinat asistării mersului subiecților uman, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** lungimile elementelor (6 și 7) sunt reglabile în funcție de dimensiunile antropomorfe ale subiecților.

3. Exoschelet destinat asistării locomoției subiecților umani, conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizat prin aceea că** utilizează un motor de acționare (10) și o transmisie prin lanț care transmite mișcarea de rotație la elementele motoare (1) ale celor două lanțuri cinematice ale mecanismelor picioarelor, prin intermediul arborelui (13).

4. Exoschelet, conform revendicărilor 1, 2 și 3, **caracterizat prin aceea că** în timpul funcționării realizează o traiectorie ovoidă a punctului M, similară traiectoriei centrului de masă al tălpii piciorului uman, precum și amplitudini unghiulare în cuplele F și H similare celor realizate la mersul uman.

**Figurile invenției:
Exoschelet destinat asistării mersului uman și reabilitării**

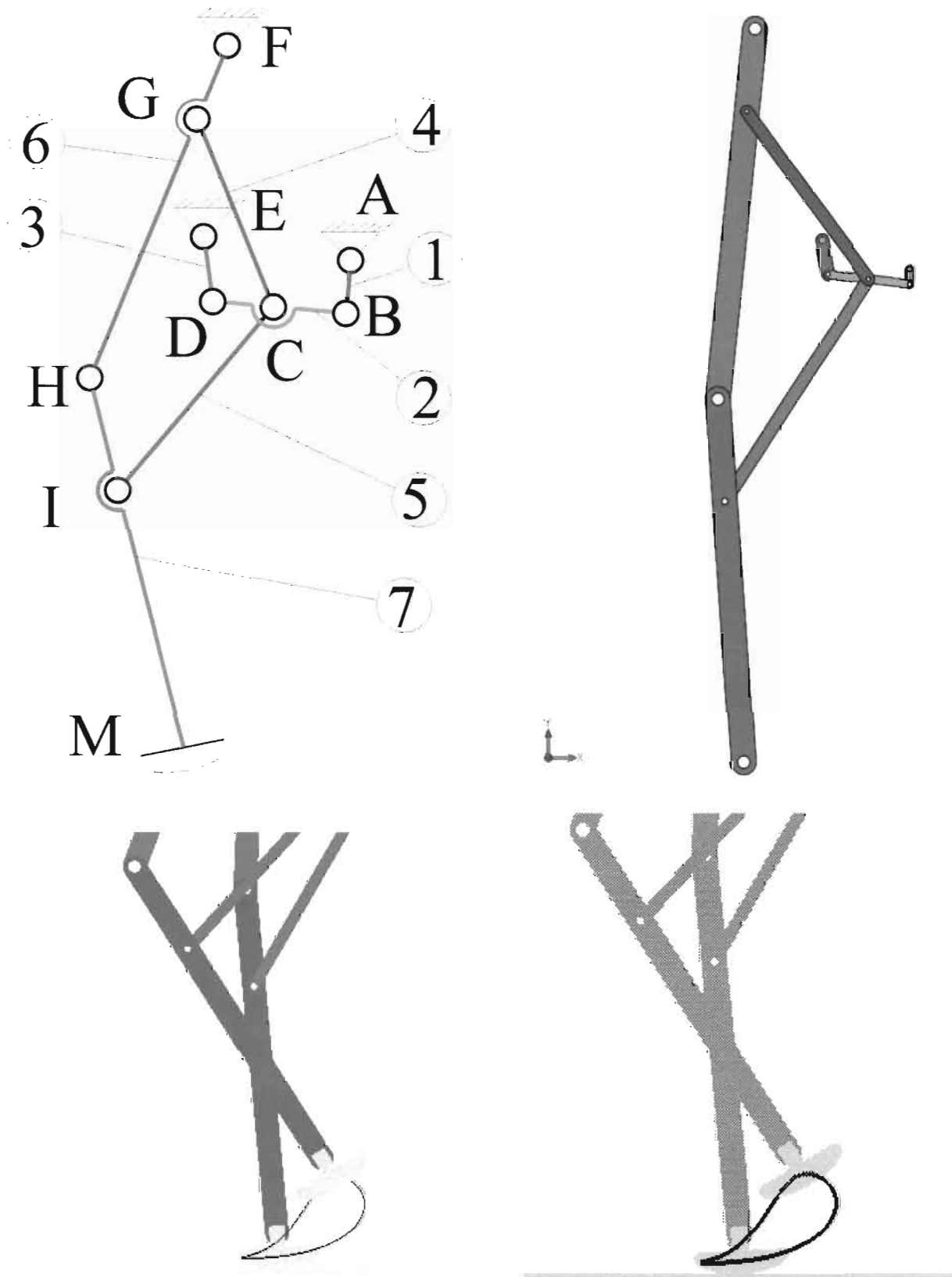


Fig.1. Schema cinematică a mecanismului piciorului exoscheletului. Modelul proiectat 3D.

Traectoria realizată de talpă.

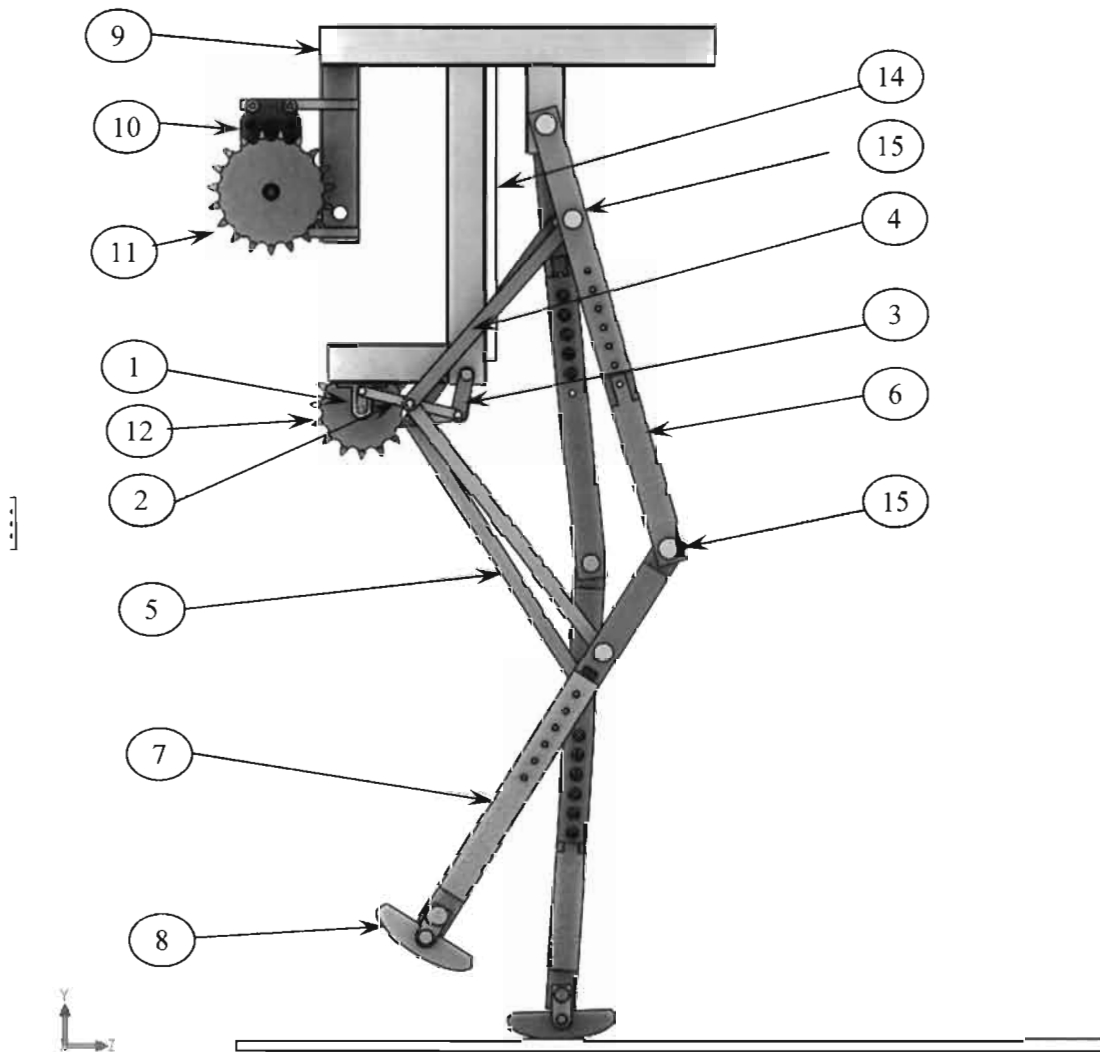


Fig.2. Modelul proiectat 3D al exoscheletului. Vedere din dreapta.

- 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – elemente cinematice ale mecanismului piciorului exoscheletului;
 8 -ansamblu talpă exoschelet;
 9- cadru superior exoschelet;
 10 -motor electric cu reductor;
 11-roată de lanț conducătoare;
 12 – roată de lanț condusă;
 13 – axul motorului de acționare;
 14- protecție spate pacient (din ABS transparent);
 15 – bolțuri lagăre (cuplele de rotație ale elementelor).

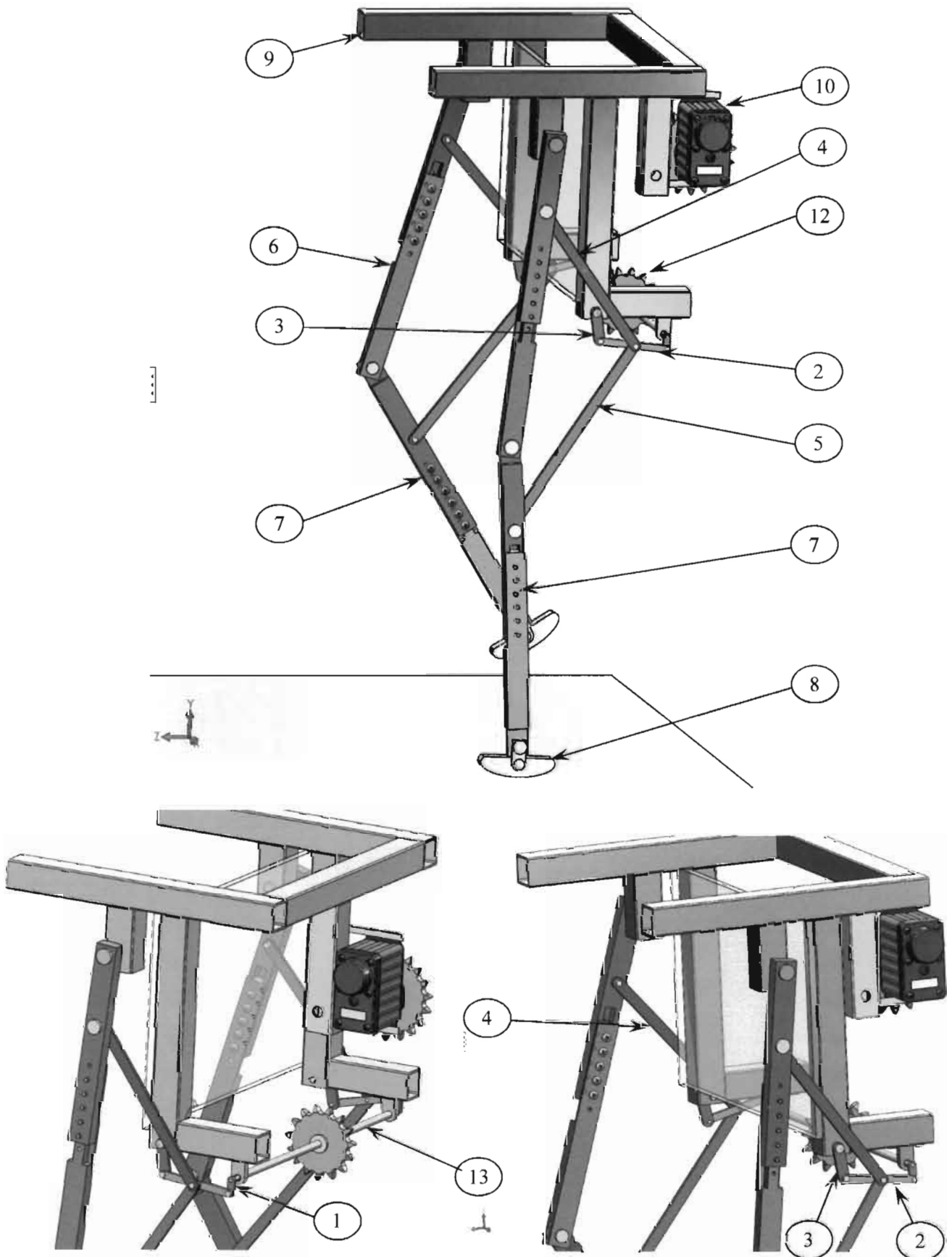


Fig.3. Prototipul exoscheletului (vedere din stânga). Detalii ale părții superioare.

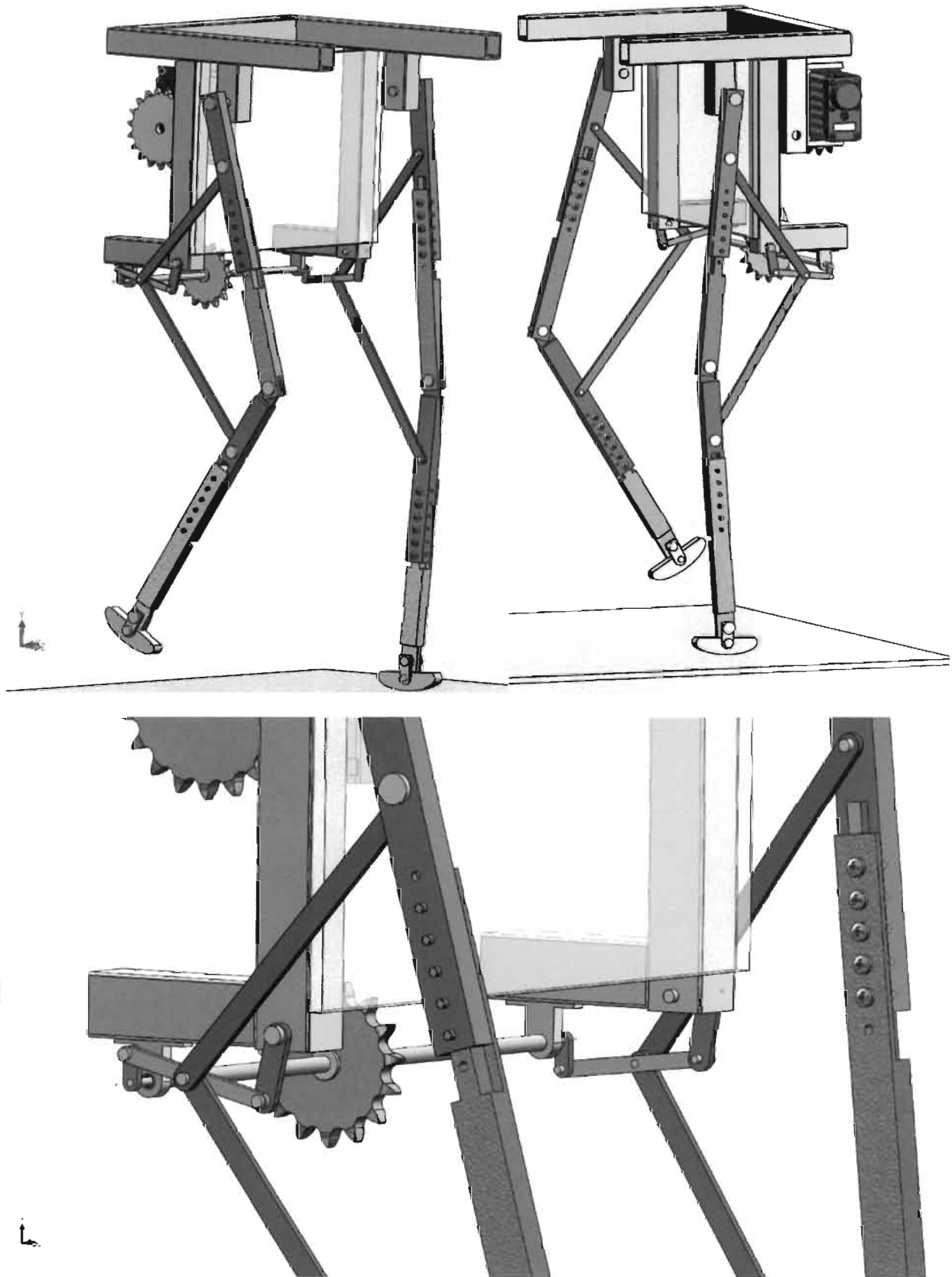


Fig.4. Vederi de ansamblu ale exoscheletului. Detalii ale elementelor cu lungimea reglabilă.

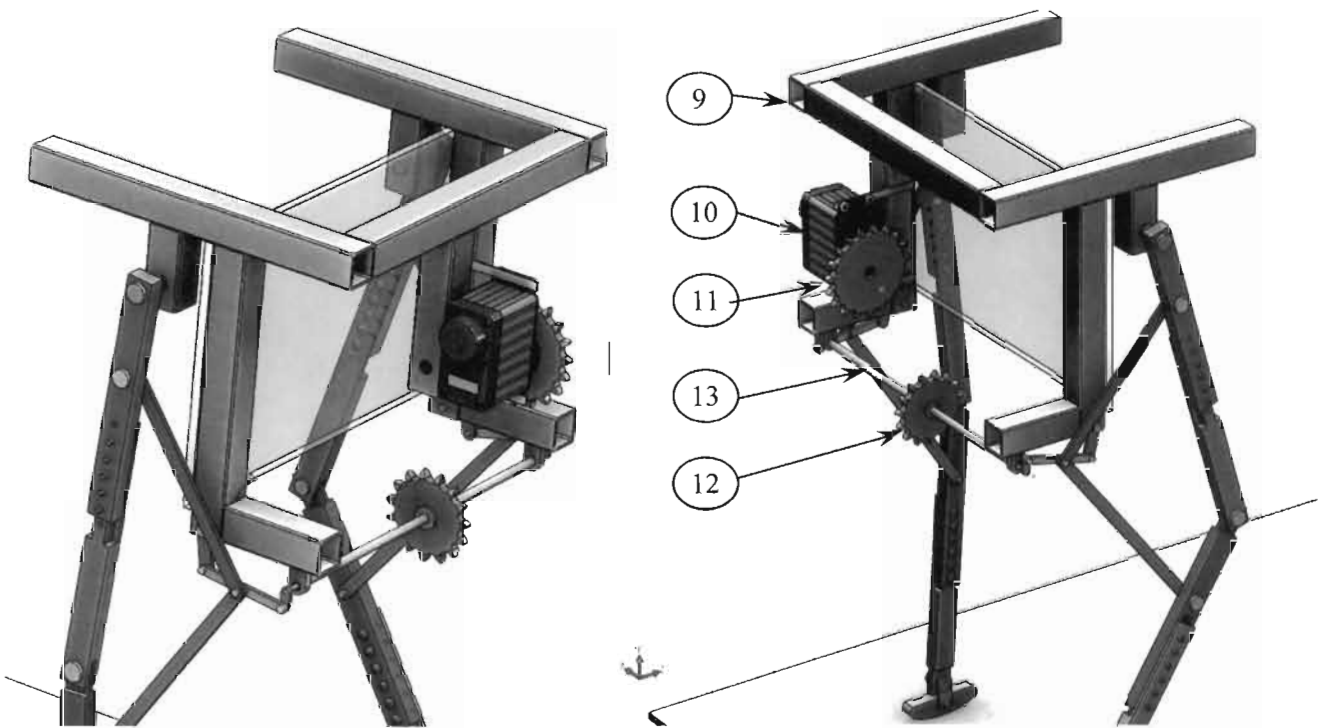


Fig.5. Vedere de detaliu a cadrului superior, cu motorul de acționare.

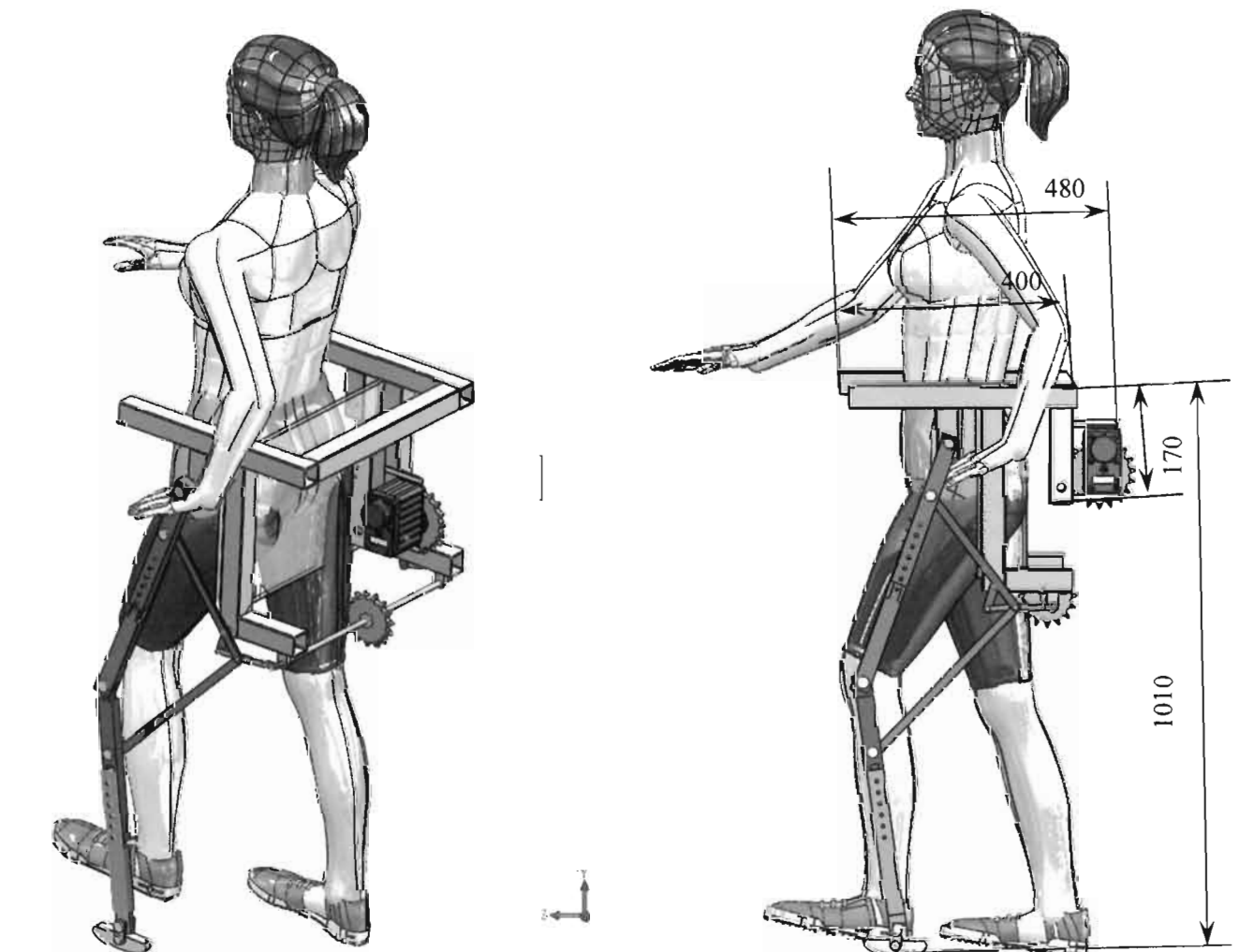


Fig.6. Dimensiuni de gabarit ale ansamblului exoschelet-subiect uman, în [mm].



Cont IBAN: RO05 TREZ 7032 0F33 5000 XXXX
Trezoreria Sector 3, București
Cod fiscal: 4266081

Serviciul Examinare de Fond: IV Mecanică

RAPORT DE DOCUMENTARE

CBI nr. a 2019 00147	Data de depozit: 05/03/2019	Data de prioritate
Titlul invenției	EXOSCHELET DESTINAT ASISTĂRII MERSULUI UMAN ȘI REABILITĂRII	
Solicitant	UNIVERSITATEA DIN CRAIOVA, STR.ALEXANDRU I.CUZA NR.13, CRAIOVA, RO	
Clasificarea cererii (Int.Cl.)	A61H 3/00 (2006.01)	
Domenii tehnice cercetate (Int.Cl.)	A61H, A63B, B25J	
Colecții de documente de brevet cercetate		
Baze de date electronice cercetate	ROPatentSearch, PATENW, PATFRW, PATDEW	
Literatură non-brevet cercetată		

Documente considerate a fi relevante

Categoria	Date de identificare a documentelor citate și, unde este cazul, indicarea pasajelor relevante	Relevant față de revendicarea nr.
A	US 2016/0270997 A1 (LITTLE, 22/09/2016) pag. 9, paragraf 273 - pag. 25, paragraf 498, fig. 1 - 33	1 - 4
A	WO 2007/088044 A1 (CANTONI, 09/08/2007) întreg documentul	1 - 4
A	US 2010/0036302 A1 (SHIMADA, 11/02/2010) întreg documentul	1 - 4

Strada Ion Ghica nr. 5, Sector 3, Cod 030044, București, România
Telefon centrală: +40-21-306.08.00/01/02/.../28/29
Fax: +40-21-312.38.19
E-mail: office@osim.ro
www.osim.ro



Documente considerate a fi relevante - continuare		
Categoria	Date de identificare a documentelor și, unde este cazul, indicarea pasajelor relevante	Relevant față de revendicarea nr.
Unitatea invenției (art.18)		
Observații:		

Data redactării: 13.04.2020

Examinator,
DIANA FLORENTINA NIȚĂ



Litere sau semne, conform ST.14, asociate categoriilor de documente citate	
<p>A - Document care definește stadiul general al tehnicii și care nu este considerat de relevanță particulară;</p> <p>D - Document menționat deja în descrierea cererii de brevet de invenție pentru care este efectuată cercetarea documentară;</p> <p>E - Document de brevet de invenție având o dată de depozit sau de prioritate anterioară datei de depozit a cererii în curs de documentare, dar care a fost publicat la sau după data de depozit a acestei cereri, document al cărui conținut ar constitui un stadiu al tehnicii relevant;</p> <p>L - Document care poate pune în discuție data priorității/lor invocată/e sau care este citat pentru stabilirea datei de publicare a altui document citat sau pentru un motiv special (se va indica motivul);</p> <p>O - Document care se referă la o dezvoltare orală, utilizare, expunere, etc;</p>	<p>P - Document publicat la o dată aflată între data de depozit a cererii și data de prioritate invocată;</p> <p>T - Document publicat ulterior datei de depozit sau datei de prioritate a cererii și care nu este în contradicție cu aceasta, citat pentru mai buna înțelegere a principiului sau teoriei care fundamentează invenția;</p> <p>X - document de relevanță particulară; invenția revendicată nu poate fi considerată nouă sau nu poate fi considerată ca implicând o activitate inventivă, când documentul este luat în considerare singur;</p> <p>Y - document de relevanță particulară; invenția revendicată nu poate fi considerată ca implicând o activitate inventivă, când documentul este combinat cu unul sau mai multe alte documente de aceeași categorie, o astfel de combinație fiind evidentă unei persoane de specialitate;</p> <p>& - document care face parte din aceeași familie de brevete de invenție.</p>