

(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2022 00088**

(22) Data de depozit: **22/02/2022**

(41) Data publicării cererii:
30/06/2022 BOPI nr. **6/2022**

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

(72) Inventatori:
• **COPILUȘI PETRE CRISTIAN,**
STR.SERG. CONSTANTIN POPESCU
NR.19, BL.42, SC.A, AP.14, CRAIOVA, DJ,
RO;

• **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;
• **MARGINE ALEXANDRU,**
STR.EMANOIL CHINEZU, NR.12, BL.H2,
SC.B, AP.3, CRAIOVA, DJ, RO;
• **DUMITRU SORIN, STR.HENRI COANDĂ,**
NR.60, BL. P13, CRAIOVA, DJ, RO;
• **CIUREZU-GHERGHE LEONARD,**
STR. PETRE ISPIRESCU, NR.20, BL.12,
SC.1, AP.4, CRAIOVA, DJ, RO

(54) **EXOSCHELET DESTINAT REABILITĂRII LOCOMOȚIEI
UMANE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un exoschelet destinat rehabilitării locomoției umane. Exoscheletul, conform invenției este constituit din două mecanisme cu bare articulate pentru acționarea fiecărui membru inferior uman și au în structură un număr de 15 elemente (1, 2, 3...15) cinematice, mobile conectate printr-un număr de 20 de cuple cinematice de rotație cu ajutorul unor bolțuri, două elemente (1 și 21) motoare ale mecanismelor pentru piciorul drept și respectiv stâng sunt acționate de un actuator (16) electric, rotativ care transmite mișcarea prin intermediul unui angrenaj principal format din două roți (17 și 18) dințate la un arbore (19) principal care este lăgăruit pe un cadru (20) superior, pentru fiecare membru inferior are câte un mecanism care are rolul de a acționa articulația gleznei și piciorului și este format dintr-un număr de nouă elemente (7, 8, 9...15) cinematice, mobile de tip bară, cu secțiune dreptunghiulară, conectate între ele prin niște cuple (G, J, I, K, L, M, N, O, P, S și Q) de rotație, acționate prin intermediul unui angrenaj cilindric, secundar de către actuatorul (16) electric, rotativ, respectiv de două perechi de roți (14, 15 și 22, 23) dințate.

Revendicări: 4
Figuri: 7

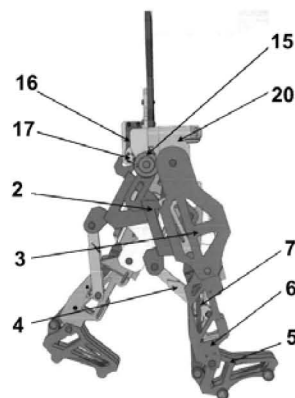


Fig. 3



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MARCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2022 000 88
Data depozit .. 22-02-2022

RO 135806 A0

39

Exoschelet destinat reabilitării loomoției umane

Autori: Copilusi Cristian, Geonea Iomuț, Dumitru Nicolae, Margine Alexandru, Dumitru Sorin, Ciurezu-Gherghe Leonard

Obiectul prezentei propuneri de brevet de invenție "Exoschelet destinat reabilitării loomoției umane" este acelea de a elabora un sistem mecatronic, care are în structură un exoschelet, destinat asistării mersului persoanelor cu deficiențe locomotorii. Prin definiție, un exoschelet reprezintă un sistem mecatronic atașat unui subiect uman care aduce aportul motric la mișcarea membrelor inferioare în timpul activității de pășire. Acesta poate fi purtat de către persoane cu probleme locomotorii, sau utilizat în scopul augmentării aparatului locomotor uman în timpul activității de pășire.

Propunerea de brevet de invenție are ca domeniu de aplicabilitate în ingineria biomedicală. Principala motivație o reprezintă reabilitarea mersului uman în cazul pacienților care urmează un program de recuperare medicală, ca urmare a unor leziuni ce au afectat membrele inferioare umane, a bolilor neuronale, sau pentru a recăpăta anumite abilități cu caracter locomotor în vederea promovării cu cât mai multă independență a acestora, în activitățile cotidiene. De asemenea exoscheletul va asista pacientul în timpul activităților de mers prin compensarea deficiențelor care nu au putut fi tratate prin programe medicale.

După cum se știe la nivel mondial sunt întreprinse cercetări privind noi concepte de sisteme automatizate menite să aducă un aport semnificativ reabilitării loomoției umane. În speță, sistemele robotice au potențialul de a facilita terapii accesibile multor categorii de pacienți.

Se știe că din domeniul ingineriei biomedicale fac parte și programele de recuperare specifice aparatului locomotor uman aplicabile pacienților care au avut accidente vasculare, sau leziuni asupra coloanei vertebrale, ca urmare a unor accidente, iar sistemele asistive contribuie la redarea abilității pacienților de a se putea deplasa prin prisma dezvoltării activităților de mers.

Sesiunile de reabilitare a loomoției umane au drept scop efectuarea unor mișcări prin activități repetitive ce provoacă plasticitatea motorie pentru pacient, iar în acest fel este îmbunătățită activitatea locomotorie și diminuarea deficiențelor funcționale.

Reabilitarea mișcării, ca și proces, depinde de membrul inferior uman afectat, fapt pentru care acest membrul trebuie să fie supus exercițiilor fizice specifice sesiunilor de recuperare locomotorie.

Din cercetările efectuate asupra pacienților care au suferit accidente vasculare cerebrale reiese că doar o treime supraviețuiesc, iar în urma afecțiunilor aceștia rămân cu sechele la nivelul membrelor inferioare umane. Din acest considerent, aceștia nu mai au capacitatea independentă de a se deplasa prin activități de pășire. Prin urmare pacienții ce provin din ambulatoriu se deplasează printr-o manieră atipică, respectiv asimetrică.

Din acest considerent este necesară implementarea terapiilor de recuperare a acestor pacienți, drept dovadă sunt cercetările multiple desfășurate în acest domeniu.

Un proces de recuperare a locomoției umane, întreprins pentru recăpătarea unei mobilități semnificative poate fi împărțit în trei faze: (1) pacientul este ținut la pat și va trebui mobilizat cât mai curând posibil într-un scaun cu rotile; (2) pacientul va fi supus unor sesiuni pentru restaurarea fazelor de mers și (3) pacientul poate sta în poziție ortostatică și este necesară îmbunătățirea calitativă a mersului (adică mersul liber, dacă acesta va fi posibil).

În general terapiile specifice reabilitării locomoției umane necesită un volum mare de muncă, mai ales în cazul reabilitării mersului uman, iar acestea necesită cel puțin trei specialiști în domeniul kinetoterapiei. Aceștia ajută în mod simultan și manual membrele inferioare și trunchiul pacientului la realizarea fazelor de pășire, acest proces reprezentând practic instruirea pacientului. Acest act impune costuri foarte mari la nivelul sistemului de sănătate al fiecărei țări, fapt pentru care accesibilitatea pacienților este limitată la acest gen de terapii.

Totodată schimbările demografice (îmbătrânirea), lipsa specialiștilor din domeniul medical precum și necesitatea asigurării unei asistențe medicale de calitate superioară impun pe viitor creșteri semnificative a costului mediu de la primul accident vascular cerebral până la deces. Toți acești factori motivează procesul de inovare în domeniul reabilitării locomoției umane, astfel încât aceasta să poată fi mai accesibilă și totodată disponibilă pentru o gamă largă de pacienți și pe o perioadă îndelungată de timp.

Implicarea roboticii în tratamentele specifice reabilitării locomoției umane dă naștere la un domeniu nou cu caracter interdisciplinar aflat într-o amplă ascensiune datorată implicării proceselor de automatizare a reabilitării. Reabilitarea aparatului locomotor uman prin implicarea sistemelor robotice conduce la: înlocuirea efortului de antrenament fizic al unui kinetoterapeut, prin efectuarea unor mișcări repetitive intense și precise; realizarea unor terapii cu preț de cost rezonabil prin evaluarea cantitativă a nivelului de recuperare a motricității și prin evaluarea forței precum și a traiectoriilor de mișcare la nivelul membrelor inferioare umane.

În literatura de specialitate sunt multe articole a căror tematică vizează implementarea sistemelor robotice în reabilitarea membrelor inferioare umane.

În ultimii zece ani aceste sisteme robotice se regăsesc într-o gamă diversificată, având ca scop principal restabilirea mobilității la nivelul membrelor inferioare umane care au fost afectate. Principalele categorii de sisteme robotice pot fi schematizate astfel:

- a) Sisteme de recuperare directe, la care mișcarea este aplicată prin intermediul unei surse de acționare direct pe articulația afectată, acestea fiind prevăzute cu bandă de mers și dispozitiv pentru suspendare graduală a pacientului;
- b) Sisteme de recuperare inverse, la care mișcarea pornește de la nivelul articulației gleznei și piciorului, apoi aceasta fiind transmisă către celelalte articulații prin intermediul unor mecanisme ale căror arhitecturi sunt menite să constrângă

membrele inferioare să efectueze anumite mișcări de flexie/extensie a membrului inferior, specifice activității de mers;

- c) Sisteme autonome active, care au în structură un sistem asistiv a locoțiiei umane spre exemplu un exoschelet, care îmbracă tot aparatul locomotor uman antrenându-l în mișcări specifice mersului uman;
- d) Sisteme staționare, menite să pună în mișcări repetitive anumite articulații din structura membrului inferior uman, în timp ce pacientul are corpul imobilizat;
- e) Sisteme de reabilitare a articulațiilor:
 - e₁) sisteme staționare – orteze fixe;
 - e₂) sisteme mobile – orteze active pentru picior.

Cele mai des întâlnite sisteme de recuperare a aparatului locomotor uman sunt sistemele de recuperare directe și sistemele autonome active. Sistemele de recuperare directe se regăsesc sub forma unor standuri de recuperare care au în structură exoschelete sau dispozitive mecatronice ce urmăresc mișcarea pacienților pe sol, cum sunt cele fabricate și comercializate sub denumirea: Rewalk, Lokomat, WalkTrainer. Aceste standuri de reabilitare a locoțiiei umane permit pacienților să realizeze mișcări la nivelul membrelor inferioare sub propriul control în loc să permită realizarea unor mișcări cu traiectorii predefinite.

În ceea ce ce privește sistemele autonome, care au în structură un exoschelet, cercetătorii Priyanshu Agarwal și Ashish D. Deshpande, au publicat în lucrarea "*Exoskeletons. State-of-the-Art, Design Challenges, and Future Directions*", un stadiu actual al evoluției sistemelor autonome care au în structură un exoschelet din ultimii 60 de ani. Articolul este un capitol de carte, cu următoarele repere de identificare: Autori: Michael D. Matthews and David M. Schnyer, Titlu carte: *Human Performance Optimization: The Science and Ethics of Enhancing Human Capabilities*, Data publicării: 2019, ISBN-13: 9780190455132. Editura: Oxford Scholarship. La începutul lucrării autorii au prezentat aceste exoschelete din perspective tehnice și teoretice, până la sistemele de reabilitare a locoțiiei umane comercializate la momentul actual.

În acest domeniu s-au întreprins cercetări încă din anul 1960 în care au fost elaborate primele sisteme de reabilitare a locoțiiei umane care au în structură un exoschelet. Un grup din SUA a dezvoltat un sistem pentru augmentarea grupelor musculare ale corpului uman, în vederea manipulării unor greutăți ridicate față de cele normale. Acest tip de exoschelet a fost adesea întrebuințat în scop militar. Alt grup de cercetători din Serbia a dezvoltat un exoschelet destinat asistenței locoțiiei umane pentru persoanele cu dizabilități locomotorii.

Un stadiu actual similar, aplicat pe sistemele de recuperare directe ale aparatului locomotor uman, se regăsește în lucrarea elaborată de autorii: I. Díaz, J.J. Gil, E. Sánchez, *Lower-limb robotic rehabilitation: literature review and challenges*. J. Robot. (2011). În contextul acestei lucrări se regăsesc sisteme care în prezent se comercializează pe piața comercială specifică respectiv: Lokomat, LokoHelp și ReoAmbulator.

Desigur că cercetările în domeniu nu se regăsesc doar în articole de specialitate. Există numeroase brevete de invenție în vederea reabilitării locomoției umane. Astfel în US Patent nr. US6666831 B1, publicat în data de 23 decembrie 2003 este prezentată o metodă și un sistem destinat antrenamentului susținerii greutății corporale a unui subiect uman în timpul desfășurării locomoției pe o bandă rulantă. Acest sistem utilizează în structură un dispozitiv denumit stepper programabil, a cărui funcționalitate este similară cu cea a unui exoschelet acționat printr-un singur element de acționare de la un punct fix [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 concluzie din categoria sistemelor autonome active se observă că un interes deosebit se acordă acelor sisteme care au în structură un exoschelet, acționat cu un număr corespunzător de actuatori.

În cadrul prezentei cereri de brevet de invenție, este proiectat un sistem de tip exoschelet destinat reabilitării locomoției umane. Sistemul propus pentru reabilitarea locomoției umane este compus din patru mecanisme pentru picioare și un cadru superior (20) față de care se atașează subiectul uman în zona centurii pelviene. Pe acest cadru este montat actuatorul electric rotativ (16), care acționează prin intermediul unui angrenaj cilindric (17, 18) arborele principal (19) al mecanismelor de acționare, conform Fig. 3 și Fig. 4. Arborele este articulat pe cadrul superior prin intermediul unor rulmenți iar pe acesta se află amplasate manivelele (1) și (21) de acționare ale mecanismelor pentru articulațiile membrelor inferioare.

Mecanismele pentru acționarea articulațiilor membrelor inferioare sunt împărțite în două perechi, câte o pereche pentru fiecare membru inferior.

Astfel pentru un membru inferior există două mecanisme, unul pentru acționarea articulațiilor șoldului și genunchiului, iar celălalt pentru acționarea articulației gleznei. Cele două mecanisme pentru acționarea unui singur membru inferior au în structură un număr de 15 elemente cinematice legate între ele prin 20 cuple cinematice de rotație conform schemei cinematice din Fig. 1.

Sistemul destinat reabilitării locomoției umane este unul autonom și se deosebește de soluțiile constructive existente prin faptul că utilizează un singur actuator electric rotativ pentru transmiterea mișcării. În plus mișcarea este transmisă și la nivelul articulației gleznei și piciorului, mișcare care este neglijată la majoritatea sistemelor elaborate în acest sens. Un alt argument este acela că majoritatea soluțiilor existente utilizează mecanisme formate din lanțuri cinematice deschise, cu actuatori amplasați direct în cuplele de rotație (pentru articulația șoldului, articulația genunchiului și respectiv articulația gleznei). Aceste soluții existente au în structură unități de comandă și control complexe, cu algoritmi software dedicați procesului de asistare a locomoției în timpul mersului, pentru acționarea membrelor inferioare. Principala dezvoltare al acestor sisteme este reprezentat de prețul de cost.

Acest sistem, conform propunerii de invenție are în structură patru mecanisme formate din lanțuri cinematice închise și un cadru superior pe care se montează actuatorul electric rotativ. Cadrul superior se atașează la nivelul centurii pelviene a pacientului, urmând ca fiecare membru să fie legat de exoschelet prin elemente flexibile. Tot pe acest cadru există un angrenaj cilindric pentru transmiterea mișcării de la actuator la arborele principal al sistemului respectiv cupla **A** (vezi **Fig. 1**). Cadrul superior servește ca suport pentru articulația șoldului (cupla **R**) și, de asemenea, ca suport pentru cupla **S** a mecanismului de acționare pentru articulația gleznei, conform **Fig.1**, respectiv roata dințată condusă (**13**) și elementul cinematic echivalent al femurului (**3**).

După cum urmează va fi descrisă invenția ținând cont de figurile 1,2,3,4,5, 6 și 7, care au următoarea semnificație:

- ✓ Figura 1: Schema cinematică a mecanismului piciorului exoscheletului. Modelul proiectat 3D.
- ✓ Figura 2: Traiectoria realizată de talpă pentru ambele membre echivalente;
- ✓ Figura 3: Modelul constructiv proiectat 3D al exoscheletului. Vedere din stânga;
- ✓ Figura 4: Prototipul exoscheletului (vedere spațială). Detalii ale părții superioare;
- ✓ Figura 5: Vederi de ansamblu ale exoscheletului. Detalii ale elementelor componente din structura acestuia;
- ✓ Figura 6: Detaliu asupra cadrului superior, cu actuatorul electric rotativ.
- ✓ Figura 7: Dimensiuni de gabarit ale ansamblului exoschelet-subiect uman, în [mm].

Originalitatea soluției, *conform invenției*, constă în proiectarea unui mecanism cu structură antropomorfică destinat acționării articulațiilor șoldurilor, genunchilor și gleznelor din structura aparatului locomotor uman, prin care este implementat ca membru inferior al unui exoschelet, utilizat pentru reabilitarea persoanelor cu deficiențe locomotorii. Mecanismul proiectat are o structură și mișcare similară unui membru inferior uman pentru desfășurarea procesului de pășire (realizează mișcarea din articulațiile genunchiului și șoldului, traiectoria tălpii), având în structură segmentele echivalente piciorului uman. Elementul (**3**) are rolul structural al femurului, iar elementul (**6**), prin segmentul (**HF**) îndeplinește rolul funcțional al tibiei. Piciorul membrului uman este reprezentat prin elementul (**5**), iar traiectoria descrisă de acesta este una ovoidă, asemănătoare cu cea realizată de subiecții umani fără deficiențe locomotorii în timpul activității de pășire. De asemenea unghiurile de variație din cuplele **R**, **H** și **F**, ce corespund articulației șoldului, genunchiului și gleznei umane înregistrează variații unghiulare similare cu acelea ale subiecților umani fără deficiențe locomotorii. De asemenea este cunoscut că limitele variațiilor unghiulare ale acestor articulații diferă de la un subiect uman la altul, sau chiar de la un pas la altul în contextul analizei aceluiași subiect uman, în anumite limite, pentru proiectarea sistemului mecatronic, a fost considerat un ciclu mediu pentru aceste variații unghiulare ale articulațiilor în cauză.

Schema cinematică a celor două mecanisme conectate în paralel pentru acționarea unui singur membru inferior uman este prezentată în fig. 1 (elementele prezentate cu

linii continue și de culoare neagră fac parte din mecanismul de acționare a articulațiilor șoldului și genunchiului, iar elementele prezentate cu linii de culoare roșie și întreruptă corespund mecanismului pentru acționare articulației gleznei și piciorului). De asemenea transmiterea mișcării de la actuatorul electric rotativ (16) și arborele principal (19) se realizează prin intermediul unui angrenaj cilindric cu dinți dreți principal, respectiv roțile dințate (17) și (18), iar mecanismele pentru acționarea unui singur membru inferior uman au în structură 15 elemente conectate între ele prin 20 cuple de rotație. De asemenea transmiterea mișcării de la elementul conducător la mecanismul de acționare al articulației gleznei și piciorului se realizează prin intermediul unui angrenaj secundar format din roțile dințate cu dantură dreaptă (14) și (15).

În concluzie întreg sistemul mecatronic are în structură un exoschelet caracterizat prin cele două membre echivalente aparatului locomotor uman, 3 angrenaje cu raport de transmitere de 1:1 (unul principal și două secundare cu roți dințate cilindrice cu dinți dreți) pentru acționarea întregului ansamblu și transmiterea mișcării către mecanismul de acționare pentru articulația gleznei și piciorului stâng respectiv pentru mecanismul de acționare pentru articulația gleznei și piciorului drept. Sunt utilizate notațiile cu cifre de la 1 la 15 pentru elementele mecanismelor, și cu litere pentru cuplele cinematice.

Elementul motor al mecanismului este manivela (1), conform fig.1 pentru un membru inferior echivalent. Cupla F, corespunde articulației gleznei și piciorului, iar cupla G corespunde mecanismului de acționare al tălpii piciorului exoscheletului. Elementul (3) al exoscheletului modelează structural femurul, iar elementul (6) modelează structural tibia. De asemenea toate cele 4 mecanisme din structura exoscheletului contribuie la realizarea corespunzătoare a mișcărilor de flexie-extensie aferente membrului inferior uman.

Exoscheletul se compune din patru mecanisme pentru piciorul drept, respectiv stâng. Pentru acționarea celor două mecanisme este utilizat actuatorul electric rotativ (16), care este montat pe cadrul superior (20). Prin intermediul unei transmisii cu roți dințate, respectiv angrenajul principal format din roțile dințate (17) și (18), mișcarea este transmisă la arborele principal (19), care este montat pe cadrul superior (20) prin intermediul unor lagăre cu rulmenți radiali-axiali. Elementele conducătoare (1) și (21) ale celor patru mecanisme pentru picioare sunt conectate pe arborele principal (19), orientate la 180 grade unul față de celălalt pentru ca aceste mecanisme să lucreze în tandem. Pe cadrul superior sunt conectate prin cuplele de rotație (materializate prin ax sau bolt) A și R elementele (3) și (14). Pentru o reprezentare mai amănunțită a reperelor, sunt redată mai multe detalii în fig. 5. Exoscheletul este similar din punct de vedere antropometric cu un membru inferior uman: cupla (R) reprezintă articulația șoldului, cupla (H) reprezintă articulația genunchiului, cupla (F) articulația gleznei și piciorului, iar elementul (3) reprezintă elementul echivalent femurului, (6) reprezintă elementul echivalent tibiei și (5) reprezintă elementul echivalent piciorului uman.

Revendicările invenției

Exoschelet destinat reabilitării locomoției umane

Revendicări

1. Exoschelet destinat reabilitării locomoției umane, **caracterizat prin aceea că** este realizat din patru lanțuri cinematice plane, mono mobile, câte două pentru fiecare membru inferior, fiecare mecanism conține structural **15** elemente cinematice mobile (**1, 2, 3,...15**) de tip bară cu secțiune dreptunghiulară, conectate prin cuple de rotație, cu ajutorul unor bolțuri, conform schemei cinematice inovative din Fig. 1, iar cele două elemente motoare (**1**) și respectiv (**21**) ale mecanismelor pentru piciorul drept și, respectiv, stâng sunt acționate de un singur actuator electric rotativ (**16**) care transmite mișcarea prin intermediul unei transmisii cu roți dințate prin roțile (**17**) și (**18**) la arborele principal (**19**) care este lăgăruit pe cadrul superior (**20**).

2. Exoschelet destinat reabilitării locomoției umane, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** pentru fiecare membru inferior există câte un mecanism care acționează articulația gleznei și piciorului după o traiectorie predefinită asigurată de arhitectura mecanismului în sine. Un mecanism din structura exoscheletului pentru acționarea articulației gleznei și piciorului este format dintr-un număr de 9 elemente cinematice mobile (**7, 8, 9,...,15**), de tip bară cu secțiune dreptunghiulară, conectate între ele prin cuple de rotație, respectiv cuplele (**G**), (**J**), (**I**), (**K**), (**L**), (**M**), (**N**), (**O**), (**P**), (**S**) și (**Q**).

3. Exoschelet destinat reabilitării locomoției umane, conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizat prin aceea că** utilizează un singur actuator electric rotativ (**16**) menit să acționeze 4 mecanisme două pentru articulațiile șoldurilor și genunchiurilor din structura aparatului locomotor uman și două pentru acționarea articulațiilor gleznelor și picioarelor din structura aparatului locomotor uman.

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

**Figurile invenției:
Exoschelet destinat reabilitării locomoției umane**

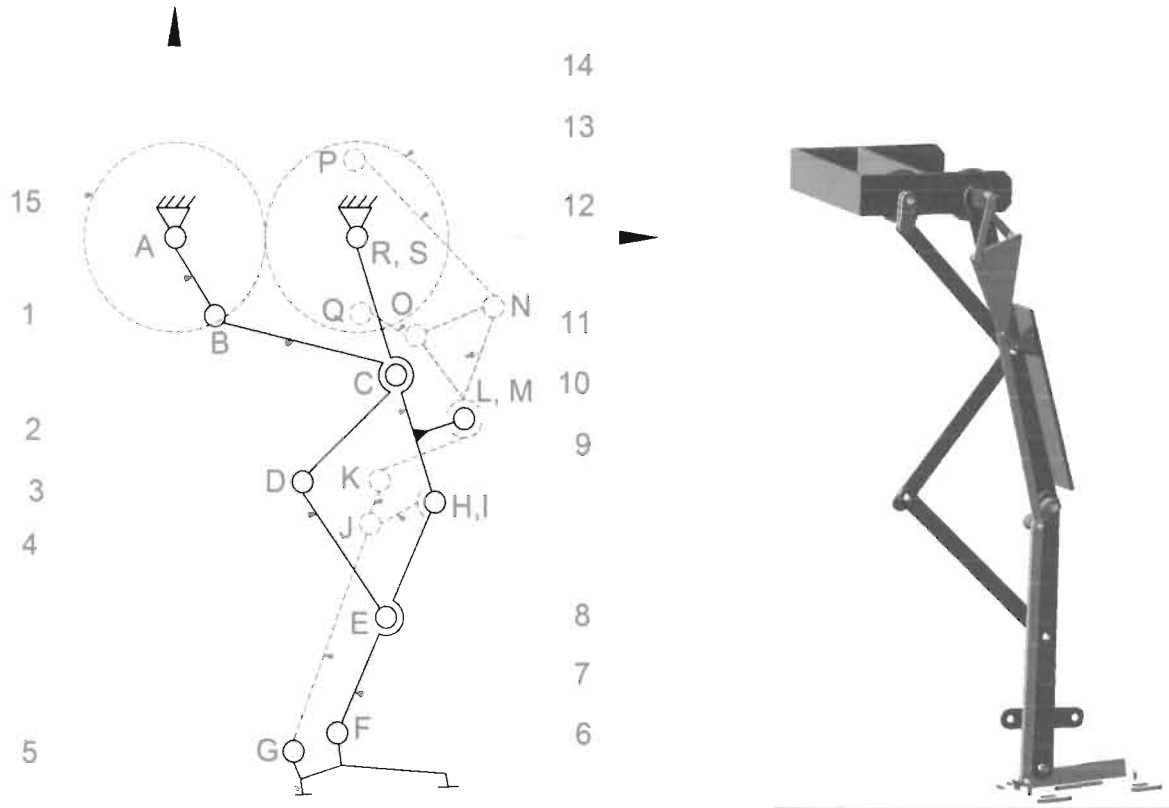


Fig.1. Schema cinematică a mecanismului piciorului exoscheletului. Modelul proiectat 3D.

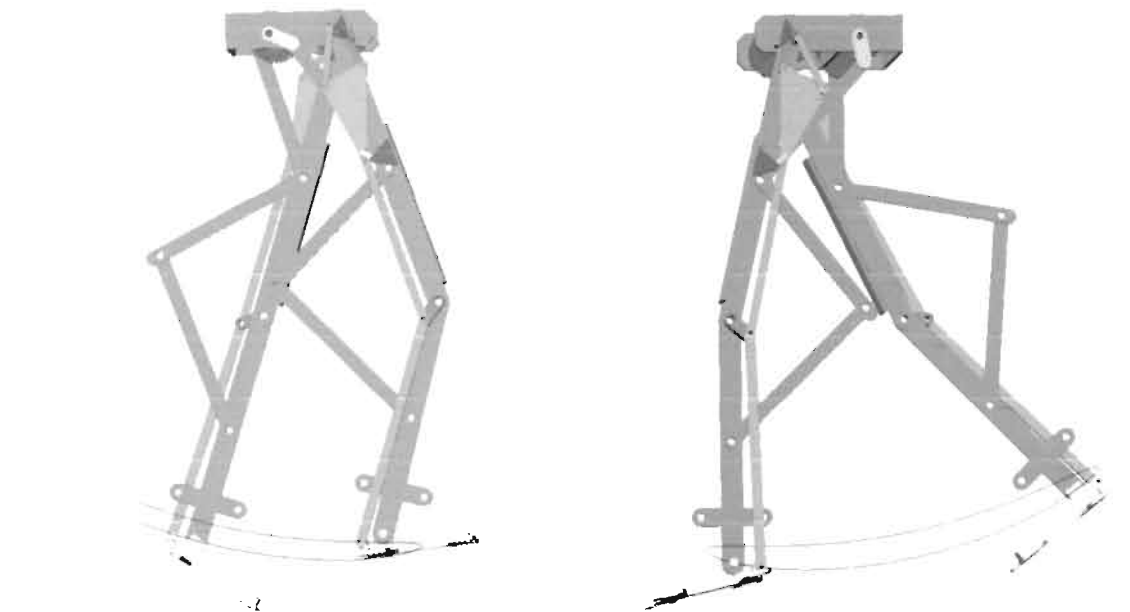


Fig.2. Traiectoriile realizate de tălpi pentru membrele inferioare echivalente celui stâng și respectiv drept.

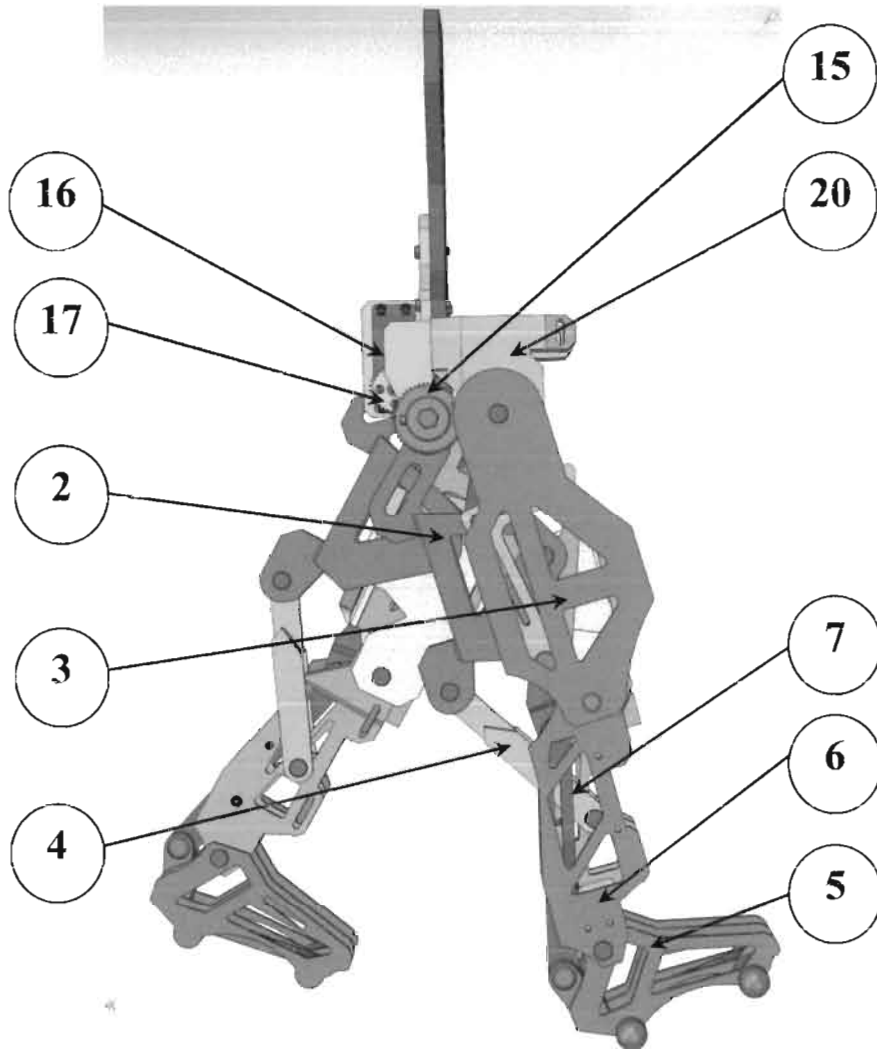


Fig.3. Modelul proiectat 3D al exoscheletului. Vedere din stânga.



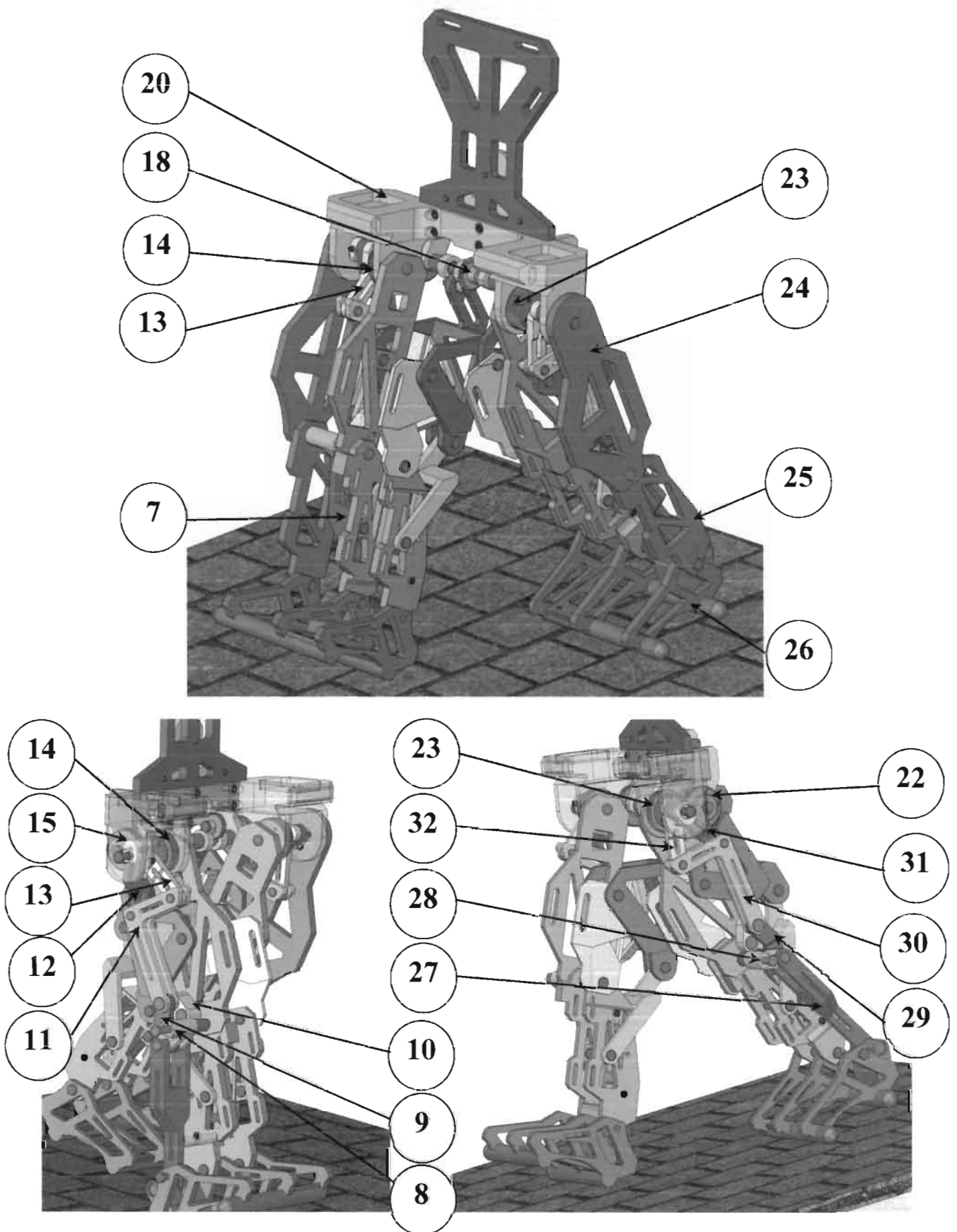


Fig.4. Prototipul exoscheletului (vedere spațială). Detalii ale elementelor din structura acestuia.



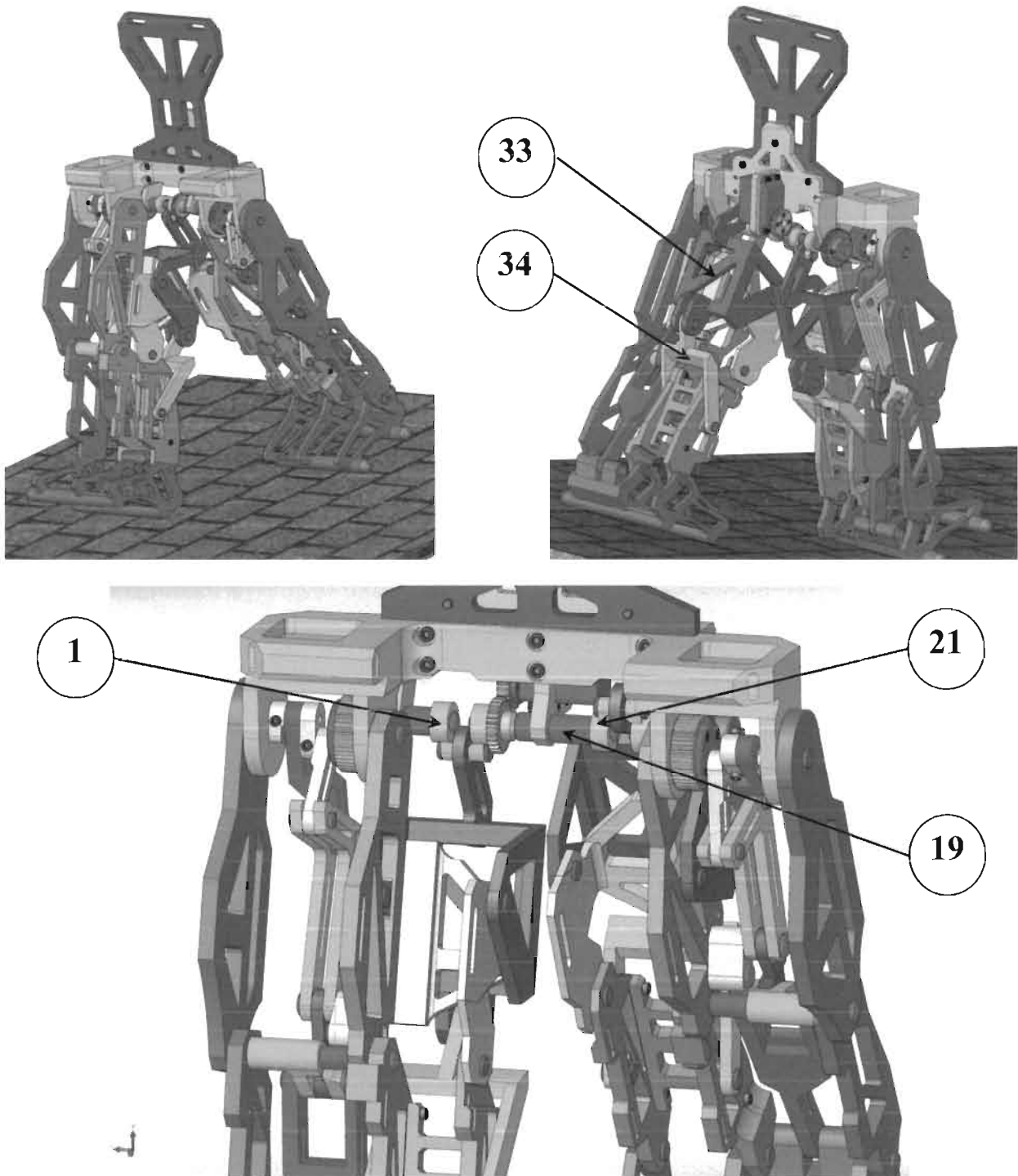


Fig.5. Vederi de ansamblu ale exoscheletului. Detalii ale părții superioare.

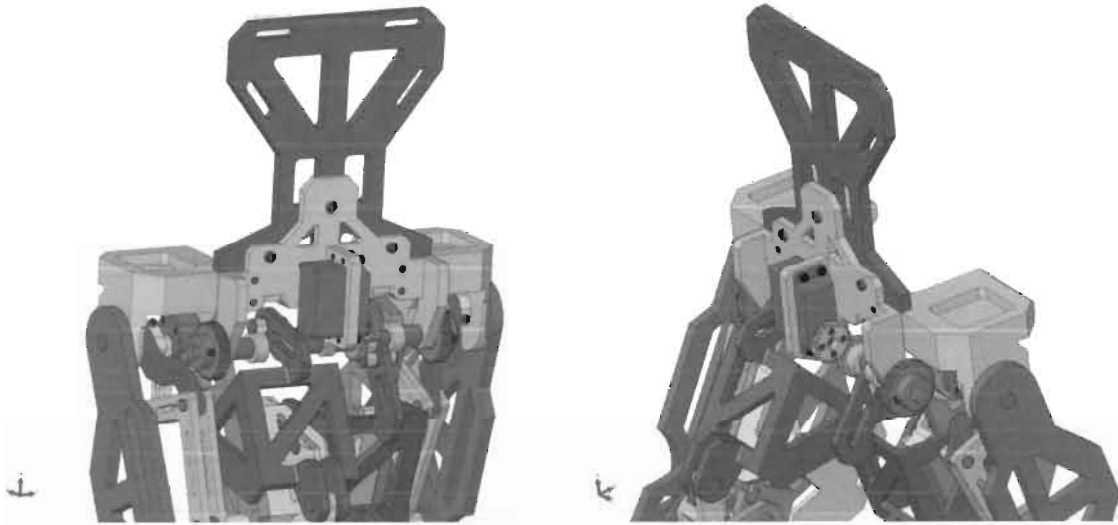


Fig.6. Detaliu asupra cadrului superior cu actuatorul electric rotativ.

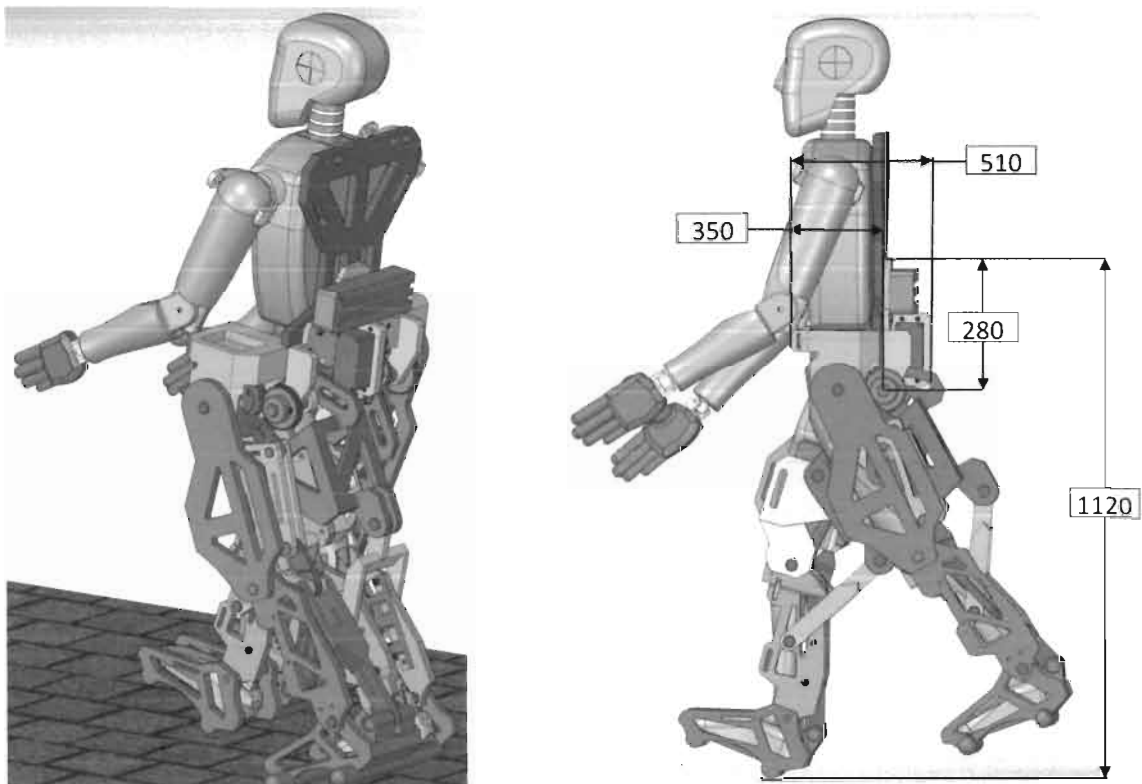


Fig.7. Dimensiuni de gabarit ale ansamblului exoschelet-subiect uman, în [mm].