

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00747

(22) Data de depozit: 18/11/2022

(41) Data publicării cererii:  
30/06/2023 BOPI nr. 6/2023

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE  
ASACHI" DIN IAȘI, STR. PROF. DR. DOC.  
DIMITRIE MANGERON NR. 67, IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:  
• FODOR DIMITRIE- CRISTIAN,  
STR.DR.VICTOR BABEȘ, NR.8, SC.B,  
DEMISOL, AP.1, IAȘI, IS, RO;  
• SEGHEDEIN NECULAI-EUGEN,  
STR.VICTOR MIHĂILESCU CRAIU, NR.4B,  
AP.2, IAȘI, IS, RO

(54) PROTEZĂ ACTIVĂ AUTOADAPTABILĂ PENTRU MEMBRUL  
INFERIOR

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o proteză activă autoadaptabilă pentru membrul inferior, cu aplicabilitate în domeniul protezării, destinată înlocuirii unui membru amputat în cazul pacienților aflați în perioada de creștere. Proteza conform invenției este alcătuită dintr-un dispozitiv (1) protetic transtibial, cu rol de a depista diferențe ale lungimii membrelor, în mod continuu, în baza unor semnale provenite de la o serie de traductori (3, 15) de presiune montați pe suprafețele plantare ale unui picior (2) protetic și, respectiv, ale unui picior (16) biologic, de la un traductor (20) de înclinare și de la niște senzori (22) de tip accelerometru și giroscop, montați pe o centură (19) pelviană și, pentru a asigura potrivirea în ritmul fiziologic sau patologic de creștere specific fiecărui pacient, își modifică în mod automat gabaritul prin niște module (4, 5) de extensie a piciorului (2) protetic și a unei tije (6) protetice care sunt comandate de niște microprocesoare (13, 17, 23), interconectate prin niște interfețe (14, 18, 25) fără fir.

Revendicări: 4  
Figuri: 5

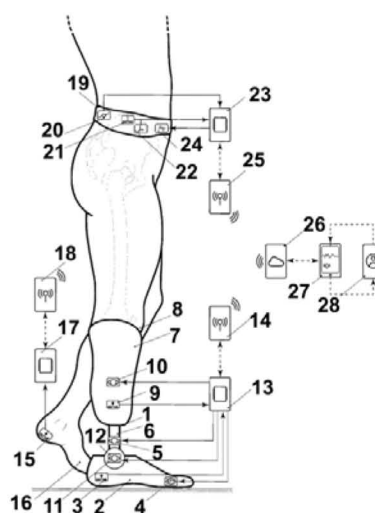
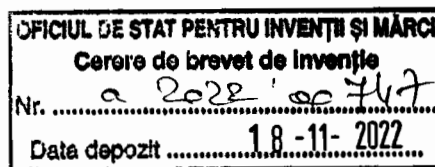


Fig. 1





## PROTEZĂ ACTIVĂ AUTOADAPTABILĂ PENTRU MEMBRUL INFERIOR

Invenția se referă la o proteză activă autoadaptabilă pentru membrul inferior, utilizată în cazul pacienților în creștere, cu aplicabilitate în domeniul medicinei recuperatorii și a protezării, destinată înlocuirii membrului sau a unei părți lipsă dintr-un membru amputat în urma unor traumatisme, a unor cauze patologice sau congenitale.

Se cunosc mai multe tipuri de proteze capabile să înlocuiască membrele inferioare umane, care dispun de sisteme capabile să controleze rigiditatea piciorului protetic, să culegă informații despre anumiți parametri utili, să îi proceseze, să controleze proteza, să genereze un feedback către utilizator și care prezintă reglaje manuale ale lungimii tijeii protetice pentru adaptarea protezei la lungimea membrului contralateral [1, 2].

Sunt, de asemenea, cunoscute conceptele unor proteze pasive destinate utilizării de către pacienții în creștere, care pentru reglarea lungimii și potrivirea pe corpul persoanei pe măsură ce crește, folosesc o serie de inele/ module sau sisteme manuale de alungire [3, 4].

În vederea stabilirii diferențelor dintre lungimea protezei și a membrului contralateral, sunt cunoscute metode clinice, precum măsurarea directă a distanței dintre spina iliacă anterioară și maleolele mediale ale gleznei, cu o bandă de măsurare calibrată, atunci când subiectul se află în decubit dorsal și măsurarea indirectă cu ajutorul unor blocuri sau obiecte de dimensiuni cunoscute sau a unui stand extensibil cu șurub, care se plasează sub membrul mai scurt sau proteză, pentru a nivela pelvisul folosind un dispozitiv de nivelare pelvină, precum nivela cu bulă de aer sau palpatorul medical (engl. *Palpation Meter - PALM-meter*), când subiectul se află în ortostatism. Pentru ajustarea lungimii protezei, în regim static, mai sunt folosite și metode imagistice, precum: radiografia simplă, ortoroentgenografia, scanografia, telerentgenografia, radiografia computerizată, radiografia digitală cu microdoză, ultrasonografia, computer tomografia, imagistica prin rezonanță magnetică [5, 6].

Sunt, de asemenea, cunoscute dispozitive electronice pentru evaluarea posturii pacientului și determinarea discrepantei lungimii membrilor care constau în utilizarea unor platforme dotate cu senzori și pe care pacientul își așază fiecare picior în scopul determinării

nealinierei corpului, unele conținând și senzori plasați la nivelul pelvisului și dispozitive care folosesc analiza plantară în acest sens [7-9].

Aceste dispozitive și metode pentru protezare și determinarea parametrilor biomecanici prezintă o serie de dezavantaje, referitoare la:

- reglajele privind înălțimea protezei cu scopul de egalizare a lungimii membrului artificial cu cel biologic contralateral care se efectuează manual (pasiv), de un specialist, la montarea inițială a protezei, cu metode și instrumente inexacte de măsurare și care nu asigură o repetabilitate și o trasabilitate a întregului proces;
- lipsa posibilității efectuării de reglaje continue, corecte și independente, la momentele oportune, concomitent cu ritmul de creștere, când își poate face apariția o diferență a lungimii membrelor, între vizitele programate la specialist, ducând la asimetrii în cinematica mersului;
- modificarea centrului de greutate a pacientului cauzată de inegalitatea membrelor este asociată cu creșterea forței de reacție a solului la nivelul membrului mai scurt, protezat; astfel sunt induse dezechilibre biomecanice vizibile la nivelul articulațiilor părților membrului restant care pot determina pacientul să respingă purtarea unui membru artificial;
- lungimea piciorului protetic nereglată într-un mod personalizat și continuu, în timpul creșterii pacientului, care induce dezechilibre biomecanice la nivelul articulațiilor membrelor inferioare sau a părților restante ale membrelor inferioare, cu precădere la nivelul articulațiilor gleznei, genunchiului, a șoldului membrului contralateral, care, de cele mai multe ori, sporesc uzura articulațiilor sănătoase, în timp necesitând chiar protezare.

Problema pe care o rezolvă invenția este de a se realiza o proteză activă autoadaptabilă pentru membrul inferior care, pe baza informațiilor măsurate de pe corpul utilizatorului, să își autoadapteze lungimea tije și a piciorului protetic, până la atingerea unei lungimi egale cu a membrului biologic contralateral și a autoreglării dimensiunii cupei protetice pentru o potrivire personalizată pe bontul pacientului și care să monitorizeze condiția pacientului și să se autoadapteze în mod continuu, în timpul și în ritmul creșterii pacientului amputat.

Proteza activă autoadaptabilă pentru membrul inferior, conform invenției, înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că, în scopul egalizării automate, funcționale și estetice a lungimii membrului inferior protezat cu cea a lungimii membrului inferior biologic, la montarea inițială și în timpul purtării în perioada de creștere, este alcătuită dintr-un modul de extensie a lungimii unei tije protetice, respectiv un modul de extensie a lungimii piciorului, care sunt comandate de niște microprocesoare interconectate prin niște interfețe wireless, care primesc informații de la niște senzori de înclinare montați într-o centură capabilă să fie plasată reproductibil la nivelul pelvisului utilizatorului în vederea colectării informațiilor privind prezența și gradul de înclinare a pelvisului și, concomitent, de la niște traductori de presiune plasați pe suprafețele plantare ale protezei și a piciorului contralateral biologic cu rol de a compara datele și de a depista diferențe ale lungimii membrilor inferioare în mod continuu, și în ritmul fiziologic sau patologic de creștere specific fiecărui pacient.

Prin aplicarea invenției se obțin următoarele avantaje:

- proteza își autoadaptează în mod autonom lungimea, în momentul montării pe pacient, cu măsurători executate în timp real, cu mijloace proprii personalizate, eliminând posibilele erori cauzate de executant sau de metodele clasice de măsurare folosite;
- repetabilitate și continuitate în măsurarea parametrilor biomecanici, prin controlul presiunii forțelor aplicate de centura inteligentă pe reperele osoase și, totodată, informarea prin semnale vizuale și/ sau acustice și/ sau haptice a bunei potriviri pe corpul utilizatorului;
- sistemul permite nivelarea corpului în mod continuu și în ritmul fiziologic sau patologic de creștere specific fiecărui pacient, imediat după montarea inițială, fără asistență profesională, permițând utilizatorului să folosească întotdeauna un membru protetic de dimensiunea corectă pe parcursul mai multor ani, prevenind apariția diferenței de lungime a membrilor;
- scade costurile prin eliminarea necesității achiziționării, în mod repetat, a mai multor proteze de dimensiuni standard pentru o bună potrivire pe utilizator;
- elimină vizitele dese și periodice la protetician;
- eliminarea dezechilibrelor funcționale și estetice ale unui amputat protezat, acomodarea emoțională rapidă și facilitarea reintegrării sociale și profesionale firești;

- proteza își autoadaptează lungimea piciorului, eliminând apariția dezechilibrelor biomecanice la nivelul articulațiilor membrelor inferioare sau a părților restante ale membrelor inferioare;
- modificarea lungimii piciorului protetic induce beneficii în lanț, prin modificarea elasticității piciorului, dar și prin potrivirea încălțăminteii cu piciorul biologic, pentru o bună reintegrare în societate a pacientului protezat.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, cu referire la fig. 1...5, care reprezintă:

- fig. 1, schema bloc cu conexiuni funcționale a protezei autoadaptabile;
- fig. 2, vedere frontală a suprafeței interioare a centurii pelviene pregătită de utilizare;
- fig. 3, vedere frontală a centurii pelviene atașată pe utilizator;
- fig. 4, vedere de jos a senzorilor plantari de pe suprafețele de contact cu solul;
- fig. 5, vedere de ansamblu a protezei autoadaptabile.

Proteza activă autoadaptabilă pentru membrul inferior, conform invenției, este compusă dintr-un dispozitiv protetic transtibial 1, format dintr-un picior artificial 2, care conține pe suprafața plantară o serie de traductori de presiune 3, un modul 4 de extensie a lungimii antepiciorului, respectiv un modul 5 de extensie a unei tije 6 protetice care asigură legătura dintre piciorul 2 și o cupă protetică 7 autoadaptabilă la dimensiunea unui bont restant 8 al unui pacient amputat, care conține niște traductori de presiune 9 și un modul motorizat 10 de autostrângere a cupei 7 pe bont, mobilitatea unei articulații 11 talocrurale artificiale fiind asigurată de un modul de acționare 12. Un microprocesor 13 preia semnalele analogice de la traductorii 3 și 9, le procesează și le compară cu un etalon rezultat în urma calibrării inițiale, asigurând totodată legătura funcțională cu o interfață wireless 14.

Concomitent cu măsurarea presiunii plantare de la nivelul piciorului artificial 2, niște traductori de presiune 15 asemănători cu traductorii 3 și poziționați pe suprafața plantară a unui picior biologic 16 al subiectului, culeg date care sunt transmise către un microprocesor 17 care este conectat la o interfață wireless 18, în scopul comparării cu datele obținute de la senzorii de presiune 3 poziționați pe suprafața plantară a piciorului artificial 2.

Pentru precizia măsurătorii biomecanicii utilizatorului protezei și depistarea defectelor posturale, o centură 19 este fixată la nivelul pelvisului pacientului și conține un traductor de

înclinare **20** pentru monitorizarea nivelării simetrice a pelvisului în plan frontal, niște traductori de presiune **21** care monitorizează fixarea corectă a centurii pe reperele osoase de interes, niște senzori **22** tip giroscop și accelerometru și un microprocesor **23** care primește date de la traductorii **20**, **21**, respectiv senzorii **22**, le procesează și comandă un modul **24** de informare a bunei potriviri a centurii **19** pe pelvisul pacientului, aceste date fiind transmise la distanță prin intermediul unei interfețe wireless **25** către un modul de stocare **26** de tip cloud.

Interfețele wireless **14**, **18**, respectiv **25**, sunt interconectate bidirecțional, suplimentar sau opțional, asigurând și transmisia tuturor datelor către modulul **26** de tip cloud, în scopul vizualizării de la distanță a informațiilor pe niște dispozitive electronice **27**, de către un specialist **28** care poate transmite și eventuale comenzi către proteză în scop medical sau tehnic.

Centura **19**, ilustrată în fig. 2, conține niște suportți **29** de formă anatomică negativă a reperelor osoase de interes, de exemplu a creștelor iliace, realizați, de exemplu, dintr-un material textil, biocompatibil, eventual mai rigid decât materialul biocompatibil din care este confecționată centura, pentru buna potrivire a centurii pe corpul pacientului. În componența individuală a suportților **29** intră traductorii de presiune **21**, senzorii **22** tip giroscop și accelerometru și modulul **24** de informare care poate fi un difuzor și/ sau un indicator luminos și/ sau un motor cu vibrații. Prin construcție, traductorul de înclinare **20** este plasat pe centură, posterior, în dreptul liniei mediane a centurii pelviene a subiectului, în scopul depistării posibilei înclinări pelviene cauzate de discrepanța lungimii dintre membrul sănătos și cel protezat.

Fixarea centurii **19**, ilustrată în fig. 3, împrejurul pelvisului pacientului, ținând cont de poziționarea corectă a suportților **29** pe reperele osoase, se face, de exemplu, prin unirea capetelor centurii cu ajutorul unui buton **30** magnetic și a unor zone **31** cu bandă tip Velcro. Un acumulator **32** electric asigură alimentarea cu energie electrică a microprocesorului **23** și a interfeței **25** wireless și a celorlalte elemente electrice incluse în materialul din care este confecționată proteza.

Traductorii de presiune **3**, ilustrați în fig. 4, sunt plasați pe suprafața plantară a piciorului artificial **2** într-o configurație specifică preluării adecvate a presiunilor plantare a piciorului, în regim static și dinamic în timpul locomoției. Traductorii de presiune **15**, similari în construcție și poziționare cu traductorii de presiune **3**, sunt plasați în interiorul unui brant **33** poziționat sub suprafața plantară a piciorului sănătos **16** și sunt aflați în legătură funcțională cu microprocesorul **17** conectat la interfața wireless **18** și alimentate electric de la un acumulator **34**.

Proteza transtibială, ilustrată în fig. 5, conține un picior artificial 2 care, în vederea extensiei sau comprimării lungimii sale, conține un modul de extensie 4 alcătuit dintr-o componentă 35 mobilă care prezintă o piuliță 36 în care pătrunde un șurub 37 acționat de un actuator 38, iar sub acțiunea mișcării de rotație induse de actuatorul 38, în funcție de comanda microprocesorului 13, componenta 35 mobilă se deplasează de-a lungul unui canal de ghidare 39 în vederea alungirii sau scurtării piciorului, crescând sau reducând astfel elasticitatea întregului picior, pentru o bună potrivire pe fiecare utilizator în timpul perioadei de creștere. Modulul de acționare 12, care poate fi un actuator electric, pneumatic, hidraulic etc., și care se articulează la o componentă 40 inferioară a tijeii 6 protetice printr-o articulație 41 și la piciorul protetic 2 printr-o articulație 42, asigură mobilitatea articulației 11 și propulsia utilizatorului protezei în diferitele faze ale mersului. Modulul de extensie 5 este alcătuit dintr-o componentă superioară mobilă 43 a tijeii 6, ce conține un actuator 44 care în prelungirea axului prezintă un șurub 45, dispus în paralel cu tija, al cărui capăt distal este angrenat într-o bușă de presiune 46 montată pe componenta inferioară 40 a tijeii 6, care bușă îi permite șurubului 45 mișcarea de rotație printr-o piuliță 47 fixată în capătul inferior al componenteii superioare mobile 43. În urma comenzii primite de la microprocesorul 13, pe baza datelor obținute cu traductorii 3, 15, respectiv 20, actuatorul 44 imprimă o mișcare de rotație șurubului 45, componenta superioară mobilă 43 deplasându-se printr-un canal de ghidare 48 care prezintă niște rulmenți liniari 49; astfel, proteza autoadaptabilă se poate extinde automat în funcție de ritmul de creștere a membrului contralateral biologic, valoarea deplasării fiind determinată prin parametrii electrici ai actuatorului 44 sau cu un senzor 50, de exemplu, cu infraroșu care măsoară distanța dintre poziția sa și piulița 47 deplasabilă. Componenta 43 superioară este conectată prin intermediul unui adaptor 51 piramidal la suprafața inferioară a cupei protetice 7 care este interfața mecanică și de suport a bontului 8 cu întreaga proteză. Cupa protetică 7 prezintă o porțiune de flexibilitate scăzută a care are rol de susținere primară a bontului și o porțiune de flexibilitate crescută b care se mulează pe bont, în vederea potrivirii personalizate, în urma tensionării unor cabluri 52 de modulele motorizate de autostrângere 10 comandate de microprocesorul 13, în baza datelor măsurate cu traductorii de presiune 9 plasați anatomic între suprafețele interioare ale porțiunilor a și b ale cupei 7 și un manșon 53 realizat dintr-un material elastic, biocompatibil cu care se îmbracă bontul 8.

## BIBLIOGRAFIE

1. D. Van der Riet, R. Stopforth, *A low cost, extendable prosthetic leg for trans-femoral amputees*, Mechatronics: Principles, Technologies and Applications, cap. 6, 2015, Nova Science Publishers;
2. K. Bhakta și colab., *Impedance Control Strategies for Enhancing Sloped and Level Walking Capabilities for Individuals with Transfemoral Amputation Using a Powered Multi-Joint Prosthesis*, Military Medicine, 185, S1:490, 2020;
3. C. Thurkal, *This prosthetic leg grows with your child!*, disponibil la: <https://www.yankodesign.com/2021/01/21/this-prosthetic-leg-grows-with-your-child/>, accesat: 04.08.2022;
4. *Growing leg prosthetics*, disponibil la: <https://www.trendhunter.com/trends/adjustable-prosthetic>, accesat: 04.08.2022;
5. S. Sabharwal, A. Kumar, *Methods for assessing leg length discrepancy*, 466(12), 2910-2922, 2007;
6. M. R. Petrone și colab., *The Accuracy of the Palpation Meter (PALM) for Measuring Pelvic Crest Height Difference and Leg Length Discrepancy*, Journal of Orthopaedic&Sports Physical Therapy, 33, 6, 319-325, 2003;
7. Z. Vrhovski și colab., *System for Evaluation and Compensation of Leg Length Discrepancy for Human Body Balancing*, Applied Sciences, 9(12), 2504, 2019;
8. Y. Salekzamani și colab., *Motorized leg length discrepancy measure: a new device for clinical use – a cross-sectional study*, Crescent Journal of Medical and Biological Sciences, 9, 3, 161-167, 2022;
9. Z. O. Abu-Faraj și colab., *A holter-type, microprocessor-based, rehabilitation instrument for aquisition and storage of plantar pressure data*, Journal of Rehabilitation Research and Development, 34, 2, 187-194, 1997.



## REVENDICĂRI

1. Proteză activă autoadaptabilă pentru membrul inferior formată dintr-un dispozitiv (1) protetic transtibial unit printr-o tijă (6) cu o cupă (7) protetică, **caracterizată prin aceea că**, dispozitivul (1) protetic transtibial conține un picior (2) protetic artificial care prezintă pe suprafața plantară niște traductori de presiune (3) care preiau semnale ce ajung mai departe să fie procesate de un microprocesor (13) conectat la o interfață wireless (14) și aflat în conexiune funcțională cu o interfață wireless (18) conectată la un microprocesor (17) care primește semnale de la niște traductori de presiune (15) plasați pe suprafața plantară a unui picior biologic (16), dar este conectat bidirecțional și la o interfață wireless (25) care este conectată la un microprocesor (23) care primește informații de la un traductor de înclinare (20), respectiv de la niște senzori (22) de tip giroscop și accelerometru, montați într-o centură (19) pelviană pe utilizator, în scopul controlului unui modul (4) de extensie a antepiciorului și a unui modul (5) de extensie a tijei (6) protetice.
2. Proteză activă autoadaptabilă pentru membrul inferior, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, centura (19) conține traductorul (20) de înclinare plasat posterior central pe centură și pentru buna potrivire a centurii pe corpul pacientului dispune de niște suportți (29) de formă anatomică negativă a reperelor osoase de interes, realizați, de exemplu, dintr-un material textil, biocompatibil, eventual mai rigid decât materialul din care este confecționată centura, în componența individuală a suportților (29) intrând niște traductori de presiune (21), senzorii tip giroscop și accelerometru (22) și un modul de informare (24) care poate fi un difuzor și/ sau un indicator luminos și/ sau un motor cu vibrații.
3. Proteză activă autoadaptabilă pentru membrul inferior, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, în vederea extinderii sau comprimării automate a lungimii sale pentru egalizarea cu lungimea piciorului biologic, dispozitivul protetic (1) conține un modul de extensie (4) alcătuit dintr-o componentă mobilă (35) care prezintă o piuliță (36) în care pătrunde un șurub (37) acționat de un actuator (38), iar

sub acțiunea mișcării de rotație induse de actuatorul (38), în funcție de comanda microprocesorului (13), componenta mobilă (35) se deplasează de-a lungul unui canal de ghidare (39) în vederea alungirii sau scurtării piciorului.

4. Proteză activă autoadaptabilă pentru membrul inferior, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, în vederea extinderii automate în funcție de ritmul de creștere a membrului contralateral biologic, tija (6) conține modulul de extensie (5) alcătuit dintr-o componentă superioară mobilă (43) a tijei (6), ce conține un actuator (44) care în prelungirea axului prezintă un șurub (45) dispus în paralel cu tija, al cărui capăt distal este angrenat într-o bucă (46) de presiune montată pe componenta (40) inferioară a tijei (6), care bucă îi permite șurubului (45) mișcarea de rotație printr-o piuliță (47) fixată în capătul inferior al componentei superioare mobile (43), în urma comenzii primite de la microprocesorul (13), pe baza datelor obținute cu traductorii (3, 15) respectiv (20), actuatorul (44) imprimă o mișcare de rotație șurubului (45), componenta (43) superioară mobilă deplasându-se printr-un canal de ghidare (48) care prezintă niște rulmenți liniari (49).

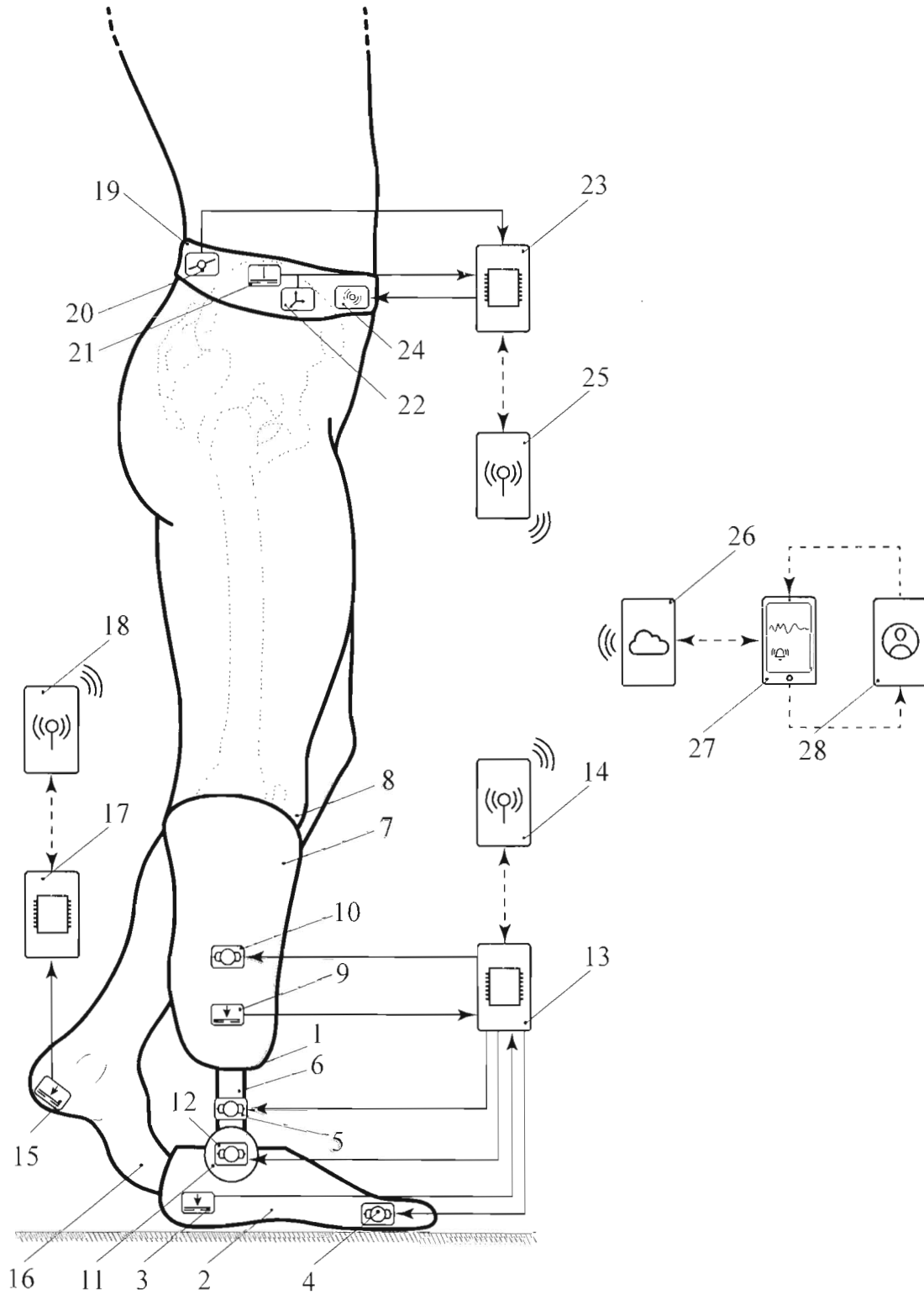


Fig. 1

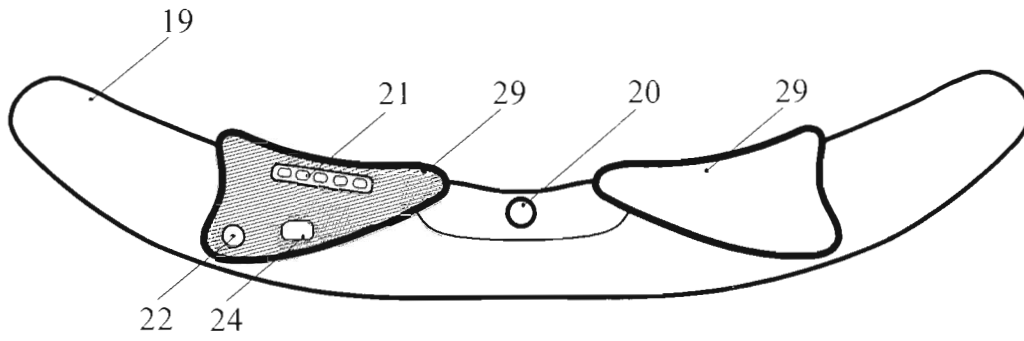


Fig. 2

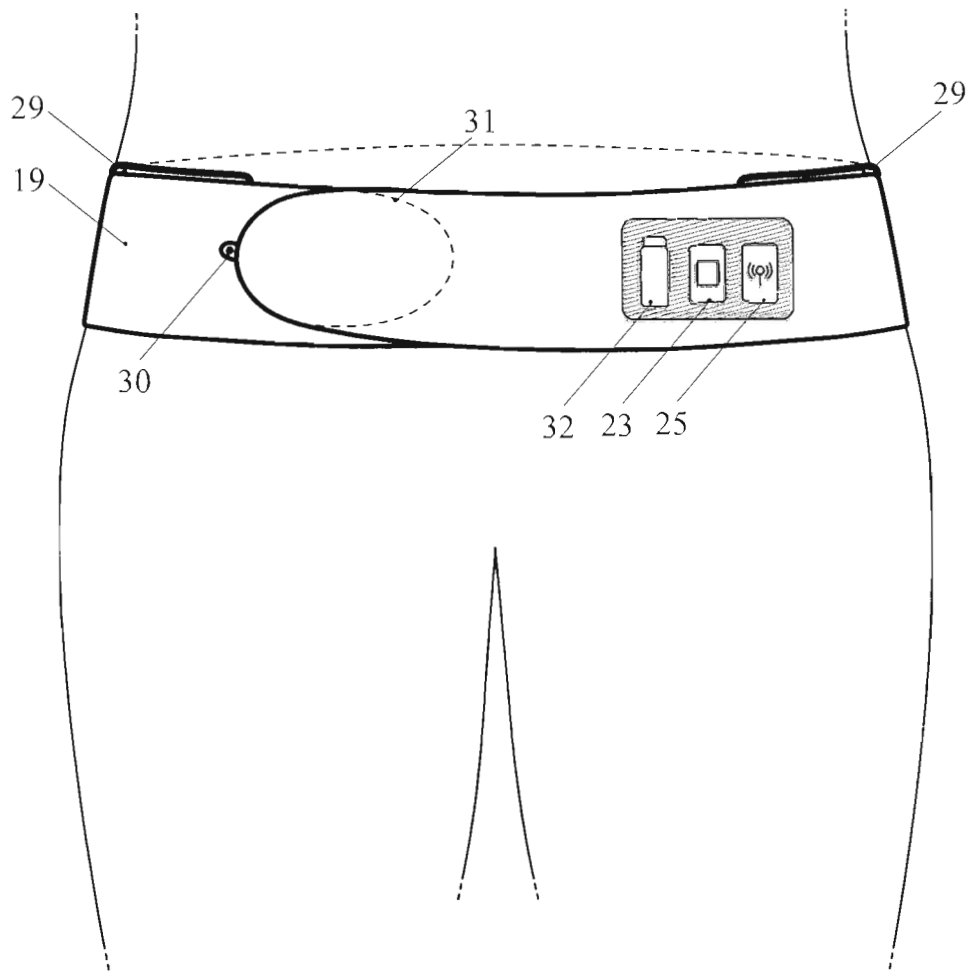


Fig. 3

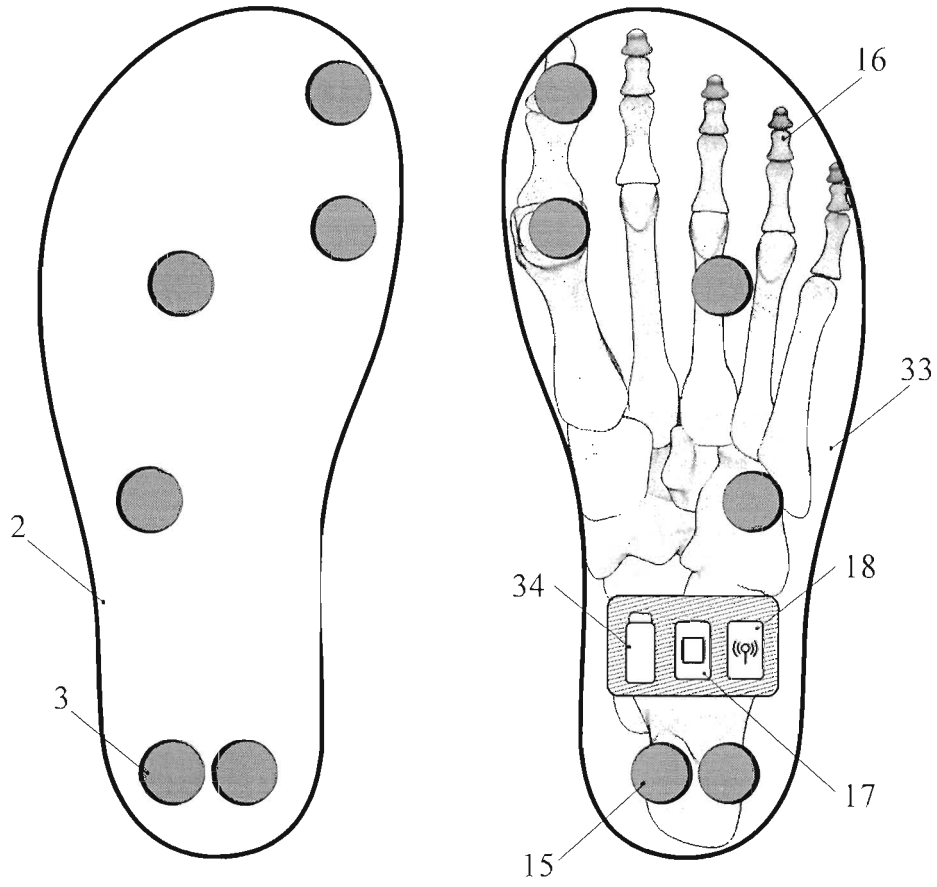


Fig. 4

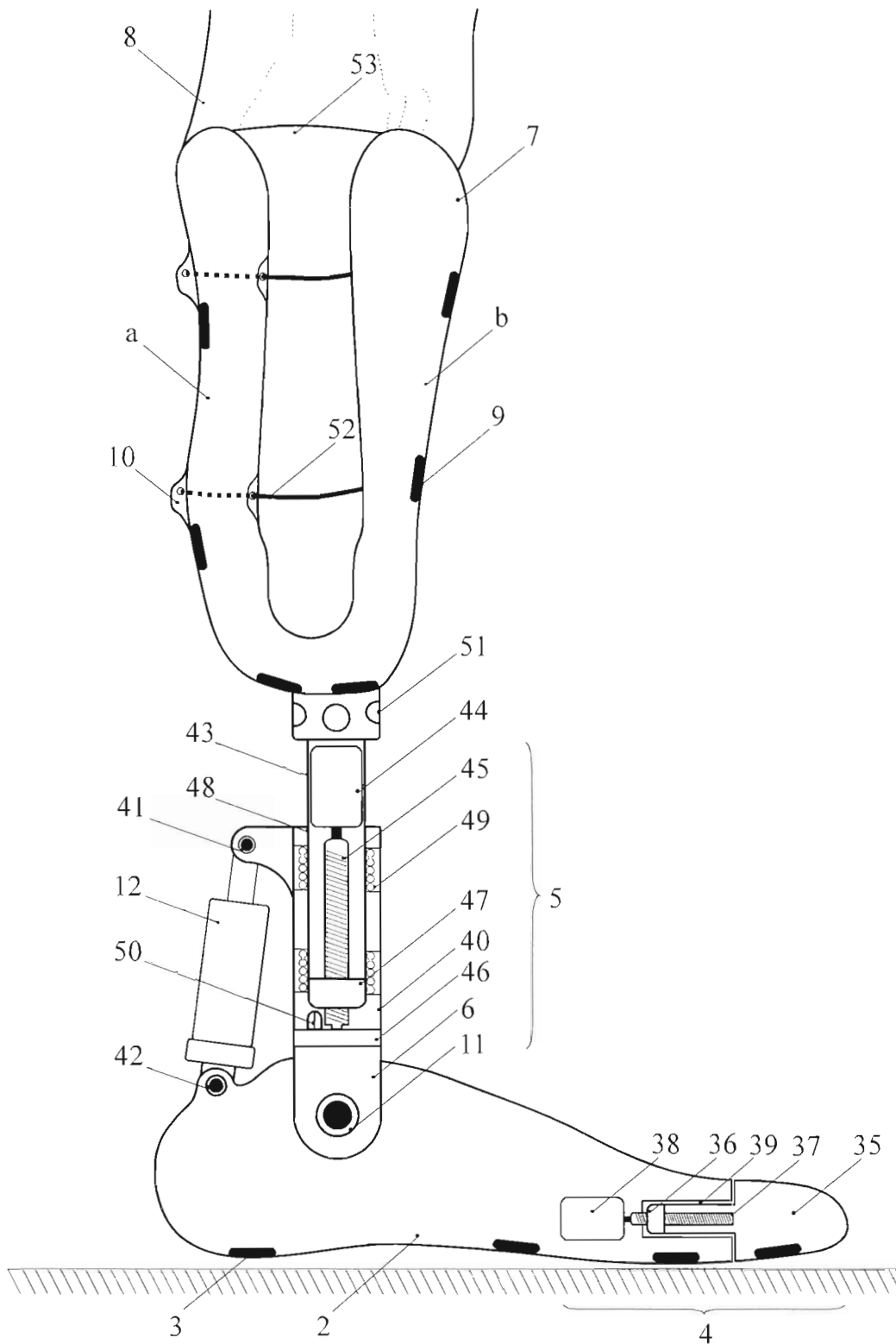


Fig. 5