

STUDIU PRIVIND OPTIMIZAREA PROTEZEI TRANSTIBIALE PENTRU SPORTIVII CU DIZABILITĂȚI

STUDY ON THE TRANSTIBIAL PROSTHESIS OPTIMIZATION FOR THE ATHLETES WITH DISABILITIES

CAMENIDIS Carmen Magdalena

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Echipamente pentru terapii de recuperare,
Anul de studii: II master, e-mail : mcamenidis@yahoo.com

Conducători științifici: Prof.dr.ing.dr.ing. **Iulian ANTONIAC**, Prof.dr.ing. **Constantin DOGARIU**

ABSTRACT: Invictus Team Romania is a project which have started in 2017 and have been held in Canada, Toronto. With the help of the Invictus volunteers, NGOs or other foundations, many people have donated time and money to this project, the Steaua Bucharest Sports Club, the Ministry of National Defense and the Chief of the General Staff, a number of 32 veterans of war have started this journey earlier this year and they have been intensely trained. At this first edition, Romania was invited to attend with only 15 military athletes, while other athletes have continued their training in the country. We have started this scientific research on technological innovation in biomaterials and biomechanics, which has a result of design and optimizing sports prostheses for military (fig.1.) and other athletes who have transtibial amputations, with the aim of optimizing the transtibial prosthesis for tennis, which does not exist at this time from our point of view.

CUVINTE CHEIE: biomateriale, invictus, optimizare, proteză transtibială, sport.

1. Introducere

Lucrarea de cercetare se concentrează pe recuperarea prin sport a militarilor răniți în teatrele de operațiuni, unde aceștia au nevoie de dispozitive asistive personalizate. Prin urmare, militarii români practică mai multe sporturi adaptate, iar performanțele sportive pot fi dezvoltate atât de calitatea materialelor care sunt folosite în proiectarea protezelor cât și de calitatea antrenamentului sportiv.

Urmărind participarea militarilor români răniți la diverse competiții sportive specifice, s-a observat că aceștia concurează sub denumirea de INVICTUS, atât pe plan național cât și internațional. Prințul Harry al Marii Britanii a fost promotorul acestor jocuri sportive dedicate militarilor răniți cu scopul unei forme de reconversie profesională dar și umană. Astfel au fost înființate Jocurile Invictus, lecțiile învățate la aceste jocuri propagandu-se mai departe prin diferite metode de diseminare. Acești eroi vorbesc prin fapte despre putere, despre curaj, despre dorința de a merge mai departe și a nu renunța. Deasemenea ei vorbesc despre recunoștință, reprezentând România acolo unde țara noastră s-a angajat să fie partener de încredere. Respectându-ne eroii, ne respectăm țara, ne respectăm poporul, ne respectăm pe noi. Și, poate cel mai important, doar privindu-i pe acești oameni învățăm una dintre cele mai prețioase lecții: puterea vine din noi! GO INVICTUS! (Beciu Emilia, Trustul de presă al Armatei Române, <http://presamil.ro/lectiile-invictus/> - accesat la data de 10.01.2019). Sporturile oficiale INVICTUS se impart in: canotaj în sală, ciclism în sală, haltere, inot, tir cu arcul, volei din așezat și baschet în scaun rulant (<http://invictus.armataromaniei.ro/probe-sportive> - accesat la data de 10.01.2019).

2. Stadiul actual

În urma studiului bibliografic, precum și a cercetării domeniului protetic al diversilor producători, se poate spune că adaptarea protezei transtibiale pentru sportul tenis **nu există**, fiind necesara brevetarea

unei astfel de proteze, proteza fiind dispozitivul care înlocuiește un membru, organ sau țesut al unui corp (Williams, D.F., 2006, p.280).

Bioingineria de recuperare este știința aplicațiilor tehnologice cu scopul de-a îmbunătăți calitatea vieții persoanelor cu dizabilități. Aceasta include proiectarea sistemelor alternative de comunicare pentru persoanele care nu pot comunica în mod tradițional precum crearea unor computere accesibilizate pentru persoanele cu dizabilități, dezvoltarea de noi materiale în proiectare scaunelor cu role precum și crearea unor proteze (pentru atletism, tenis, baschet etc.) pentru sportivii paralimpici. Inginerul biomedical proiectează produse și proceduri care rezolvă problemele medicale.

Pentru ca un individ să beneficieze de pe urma protezei confecționate, aceasta trebuie să îndeplinească anumite condiții cum ar fi (Mohora, Cristina și colab., 2015, *Echipamente pentru terapii asistive*, Editura Printech, București, Boboc, D., 2015 - *Protetica și ortetica. Ortezarea informațională*, p.65):

- forma și modul de funcționare să fie cât mai asemănătoare cu anatomia și fiziologia membrului pierdut;
- să fie ușor de fixat la bontul de amputație, să fie ușoară și ușor de igienizat (în special în compartimentul în care pătrunde bontul);
- să corespundă vârstei și tipului de activitate realizată frecvent de individ;
- să utilizeze materiale și mecanisme ușoare și ușor de întreținut;
- să fie suficient de sensibilă pentru a permite acomodarea cu mediul extern, siguranța în acțiune, stabilitatea și gradarea unei mișcări.

Protezarea amputațiilor transtibiale se recomandă amputațiilor cu bont suficient de lung (minim o treime din lungimea normală), care au nivel scăzut spre mediu al activității (Mohora, Cristina și colab., 2015, *Echipamente pentru terapii asistive*, Editura Printech, București, Boboc, Dan, 2015 - *Protetica și ortetica. Ortezarea informațională*, p.69-70).

Proteza ortopedică implantabilă, este un “aparat ortopedic folosit pentru a spijini, alinia, preveni sau corecta diformitățile sau a îmbunătăți funcția părților mobile ale corpului” (Williams, D.F., 2006, *Dicționarul de biomateriale*, p.250) și este executată din metal și polimeri. Implanturile ortopedice propriu-zise, executate numai din metal fac parte din categoria implanturilor ortopedice definite ca fiind un “dispozitiv folosit în tratamentul bolilor musculoscheletale, care se introduce chirurgical prin penetrarea pielii sau a mucoasei corpului cu intenția de a rămâne în interior după operație” (Williams, D.F., 2006, *Dicționarul de biomateriale*, p.250).

Conform Dicționarului de biomateriale a lui Williams (Williams, D.F., 2006, p.335):

- aliajul de titan este aliajul în care titaniul este componenta de bază și care păstrează într-o mare măsură rezistența la coroziune a titanului pur;
- titanul este elementul metalic rezistent la coroziune, cu număr atomic 22 în tabelul Mendeleev;
- aliajul de titan α/β , este aliajul în care titanul este componentul de bază și care conține cel puțin un element care este stabilizator α și cel puțin unul care este stabilizator β , astfel încât aliajul să poată exista, în funcție de temperatură și prelucrarea termo-dinamică, în structura multifazică $\alpha-\beta$
- oxidul de titan, TiO_2 , este o substanță foarte stabilă, sub formă de pulbere albă, strălucitoare, folosită ca pigment, și care se formează, de asemenea, ca un strat foarte subțire, permeabil, protector, pe suprafețele de titanu.

Aliajele de titan sunt aliaje bifazice. În aliajul $TiAl_6V_4$, aluminiul este un stabilizator (α), în timp ce vanadiul, cuprul și paladiul sunt stabilizatori de fază (β).

Aliajele din titan (în funcție de compoziție) pot fi:

- aliaje titan monofazice α : $TiAl_5$; $TiAl_5Sn_{2,5}$; $TiZr_{12}Al_4$.
- aliaje titan monofazice β : $TiV_{13}Cr_{11}Al_4$; $TiMo_{30}$; $TiAl_3V_{13}Cr_{11}$.
- aliaje bifazice ($\alpha+\beta$): $TiAl_6V_4$; $TiAl_4Mn_4$; $TiAl_{6,5}Mo_{3,5}$; $TiAlCr_2Mo_2$ (Mohora, Cristina și colab., 2015, *Echipamente pentru terapii asistive*, Editura Printech, București, Croitoru, S., 2015 - *Materiale și tehnologii utilizate la execuția implanturilor*, pag.116-117).

Persoana amputată transtibial poate să-și continue activitățile diverse, de la locul de muncă, de acasă, din domeniul sportiv etc. prin utilizarea unei proteze.



Fig. 1. Soldat cu proteză transtibială

Inovarea tehnologică din domeniul biomaterialelor și a biomecanicii are ca efect și construcția de proteze sportive pentru amputații transtibiali sportivi din domeniul atletismului, alergare și sprint, sport prothesis feet, Springlite sprinter, Flex-Foot Cheetah, Flex-Sprint TM, Flex-Run TM. Piața mondială este dominată de protezele Flex- Sprint, Flex-Foot Cheetah și C- Sprint, formate (Fig. 2). Lamellele sau piciorul protetic sunt confecționate din fibre de carbon, fibre de carbon cu aramidă și fibre de sticlă și au grosimea de 7 mm, prezentând o serie de caracteristici. Acestea nu produc energie dar o transmit (spre deosebire de membrul inferior biologic), ceea ce înseamnă că proteza nu obosește permițând participarea sportivilor la concursuri de alergare în condiții asemănătoare sportivilor neamputați; sunt mai ușoare în comparație cu picioarele biologice deși la start nu asigură performanța piciorului normal.

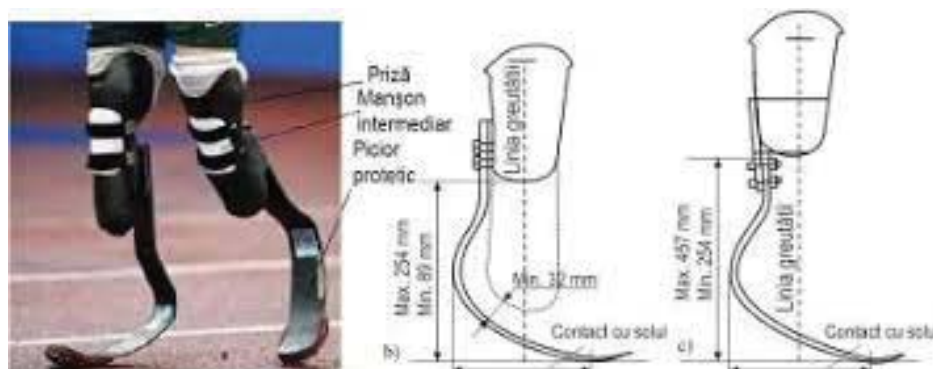


Fig.2 . Proteza Flex-foot Cheetah: pe picior (a); cu conector laminat (b); cu conector pilon (c)
(<https://stiintasitehnica.com/corp-minte/page/30/>)

Proteza Cheetah de la Ossur (<https://www.ossur.com/corporate/> - accesat la data de 12.01.2019) este folosită de Marlon Shirley (fig.3), cel mai rapid amputat din lume, care a alergat 10'97" pe 100m și Oscar Pistorius, campion mondial amputat bitibial alegător pe distanța de 200 m (fig. 4).

În cazul proiectării unei proteze pentru membrul inferior (transtibială) se urmăresc următoarele caracteristici ale mersului sau alergării efectuată de o persoană validă (Drugă, N-C., 2011, *Contribuții la studiul în exploatare a elementelor de protezare. Teză de doctorat*, Universitatea „Transilvania” din Brașov):

- returnarea energiei generată în faza de sprijin,
- mișcarea de flexie dorsală și torsiunea gleznei,
- energia și inversia piciorului în jurul unui ax oblic și absorbția în momentul contactului cu solul. (Fig.6).



Fig. 3. Model Nike de proteză transtibială în formă de J (<https://www.fastcompany.com/1668954/nike-invents-a-shoe-for-athletes-with-prosthetic-limbs> - accesat la data de 12.01.2019)



Fig. 4. Atletul parolimpic Marlon Shirley (<http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/3564008.stm> accesat la data de 12.01.2019)



Fig. 5 . Atletul parolimpic Oscar Pistorius (<https://wlvdigital.wordpress.com/2013/09/23/british-science-festival-2013-oscar-pistorius-and-the-paralymphians-struggle-with-technology/> - accesat la data de 12.01.2019)



Fig. 6. Dinamica alergării cu o proteză transtibială (<http://amputation-jambe-solutions.blogspot.com/p/les-protheses.html> - accesat la data de 12.01.2019)

3. Modelare si simulare

A fost modelat si simulat un exemplu de articulație de gleznă care se poate insera în orice proteză de picior. Articulația are trei grade de libertate, dar este suficient de rigidă pentru a permite rotirea gleznei. Structura se poate realiza prin asamblarea a două arcuri din plăci de oțel sau din fibră de carbon (Fig. 7).



Fig. 7 . Model optimizat al protezei transtibiale pentru tenis

Pentru verificarea rigidității articulației și a gradului de mobilitate, structura a fost verificată prin metoda elementelor finite (Fig. 8).



Fig. 8. Model discretizat al elementelor finite

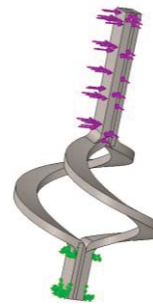


Fig. 9.

S-au luat in considerare urmatoarele condiții limită și încărcări: 800 N pe direcția verticală și câte 600 N pe cele două direcții orizontale (fig. 9). În aceste condiții, deformația maximă a articulației este de 15,09 mm (Fig. 10). Deformația după direcția orizontală X este cuprinsă între -4,99 mm (zona colorată cu albastru) și +0,024 mm (zona roșie) (Fig. 11).

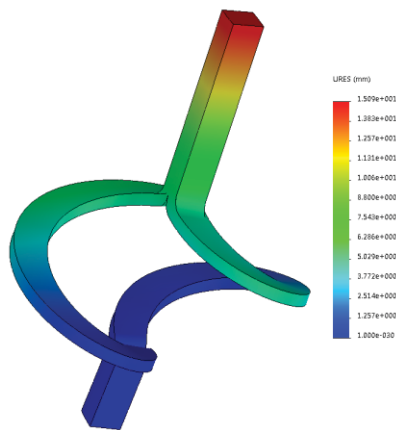


Fig.10

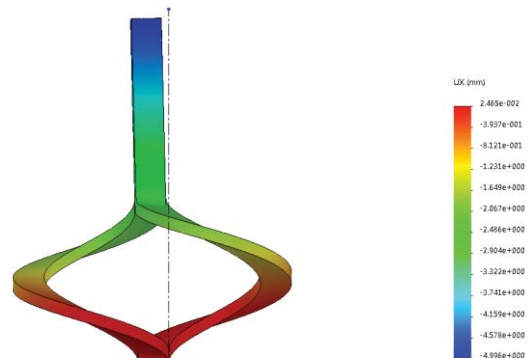


Fig.11.

Deformația după direcția orizontală Y este cuprinsă între -14,15 mm (zona colorată cu albastru) și +1,984 mm (zona roșie) (Fig. 12). Deformația după direcția verticală Z este cuprinsă între -3,864 mm (zona colorată cu albastru) și +5,322 mm (zona roșie) (Fig. 13).

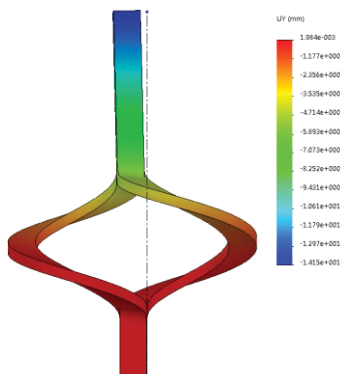


Fig.12

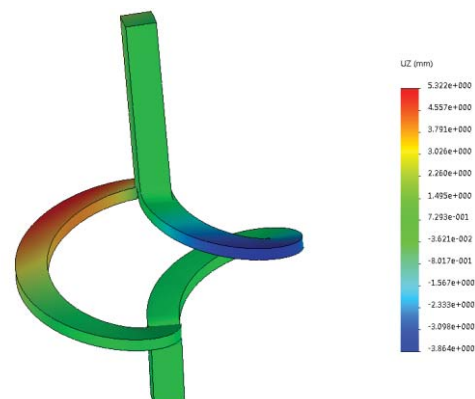


Fig.13

6. Concluzii

În urma studiului bibliografic intern și internațional, precum și a cercetării domeniului protetic al diverșilor producători, putem spune că adaptarea protezei transtibiale pentru sportul tenis **nu există**, iar de aici apare necesitatea brevetării unei astfel de proteze, care este în fapt o inovare în domeniul echipamentelor asistive pentru sportivii dizabilitați cu amputații de membre inferioare.

Echipa de specialiști care susține această idee unică, personală, lucrează pentru găsirea celor mai bune soluții practice atât din punct de vedere al biomaterialelor ce vor fi folosite precum și a optimizării tehnico-funcționale și economice.

Abordarea protezei transtibiale prin optimizarea acesteia pentru tenis de câmp, din perspectiva unei cercetări științifice, nu a mai fost creată atât la acest nivel al echipei INVICTUS cât și la nivelul altor sportivi paralimpici, urmând a se lua legătura cu aceștia pentru a dezvolta și îmbunătăți calitatea vieții, precum și integrarea socială prin sport a militarilor care au nevoie de protezare.

Echipa care a contribuit la realizarea acestei lucrări științifice, consideră că o abordare inovatoare în reabilitare dar mai ales dezvoltarea unor biomateriale în proiectarea și optimizarea unor proteze, ar putea influența pozitiv calitatea vieții, integrarea socială prin sport și performanța sportivă a militarilor INVICTUS precum și a altor sportivi paralimpici din România.

Progresele în domeniul științei sportive creează o oportunitate pentru cei care, în trecut, au fost excluși de la nivelul de elită al sportului, respectiv persoanele cu dizabilități.

7. Bibliografie

- [1]. Beciu Emilia (2019), “Trustul de presă al Armatei Române”, <http://presamil.ro/lectiile-invictus/> - accesat la data de 10.01.2019.
- [2]. Boboc, D. (2015), *Protetica și ortetica. Ortezarea informațională în Echipamente pentru terapii asistive*, Editura Printech, București, pp.65, pp.69-70.
- [3]. Croitoru, S. (2015), *Materiale și tehnologii utilizate la execuția implanturilor în Echipamente pentru terapii asistive*, Editura Printech, București, pp.102, pp.116-117.
- [4]. Drugă, N-C. (2011), *Contribuții la studiul în exploatare a elementelor de protezare*. Teză de doctorat, Universitatea „Transilvania” din Brașov.
- [5]. Mitu, L.G. (2013), *Metode și mijloace de analiză a comportamentului materialelor din structura biosistemelor*, Teză de doctorat, Universitatea „Transilvania” din Brașov, pp.19 - <https://www.unitbv.ro/documente/cercetare/doctorat-postdoctorat/sustinere-teza/2013/mitu-leonard/MituLeonard-Rezuamt.pdf> - accesat la data de 12.01.2019.
- [6]. Mohora, Cristina și colab. (2015), *Echipamente pentru terapii asistive*, Editura Printech, București.
- [7]. Williams, D.F. (2006), *Dicționar de Biomateriale*, Editura Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca, pp.250, pp.280, pp.335.
- [8]. <http://invictus.armataromaniei.ro/probe-sportive> - accesat la data de 10.01.2019 .
- [9]. <https://stiintasitehnica.com/corp-minte/page/30/> - accesat la data de 12.01.2019.
- [10]. <https://www.ossur.com/corporate/> - accesat la data de 12.01.2019.
- [11]. <http://amputation-jambe-solutions.blogspot.com/p/les-protheses.html> - accesat la data de 12.01.2019.
- [12]. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/3564008.stm> - accesat la data de 12.01.2019.