

# ORTEZE PENTRU ATENUAREA TREMURULUI MĂINII LA PERSOANELE CU PARKINSON

## ORTHOSIS TO ATTENUATE THE HAND TREMOR AT PEOPLE WITH PARKINSON'S DISEASE

ZAMFIRESCU Cristina-Florentina<sup>1</sup>

Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: Echipamente pentru Terapii de Recuparare  
An de studiu: I, E-mail: [zamfirescucristina07@yahoo.com](mailto:zamfirescucristina07@yahoo.com)

Conducător științific: Prof. Dr. Ing. Cristina MOHORA

**SUMMARY:** Due to the continuous increase in the number of people with Parkinson's globally, they determine the continuous development of new technologies and assistive devices as accessible and easy to use by the wearer. This paper aims to make an intelligent orthosis for attenuating tremor at rest, tremor characteristic of people with Parkinson's, using vibration concepts, which will allow its owner to resume his activities of writing, eating, personal care, etc. I studied the manifestation of Parkinson's disease and the ways to treat this disease. Taking into account the biomechanics of the hand, was made a portable orthosis, with small dimensions and high tremor reduction efficiency.

**CUVINTE CHEIE:** orteză, Parkinson, mână inteligentă, tremur

### 1. Introducere

Boala Parkinson (PD) este una dintre cele mai grave boli neurodegenerative, cu peste 10 milioane de oameni afectați la nivel mondial. Parkinson-ul este o boală degenerativă, progresivă, atât cu simptome motorii cât și neuromotorii (tulburări neuropsihiatrice și vegetative). Este o patologie care afectează performanța ocupațională fiind o afecțiune neurologică degenerativă progresivă cu o prevalență foarte mare. Aceasta afectează ganglionii bazali și substanța cenușie în părțile profunde ale creierului, conducând la o transmisie anormală în organism și ducând la tulburări de vorbire, de echilibru, tremur și rigiditate musculară [1]. Simptomele generale ale bolii Parkinson sunt prezentate în figura 1:

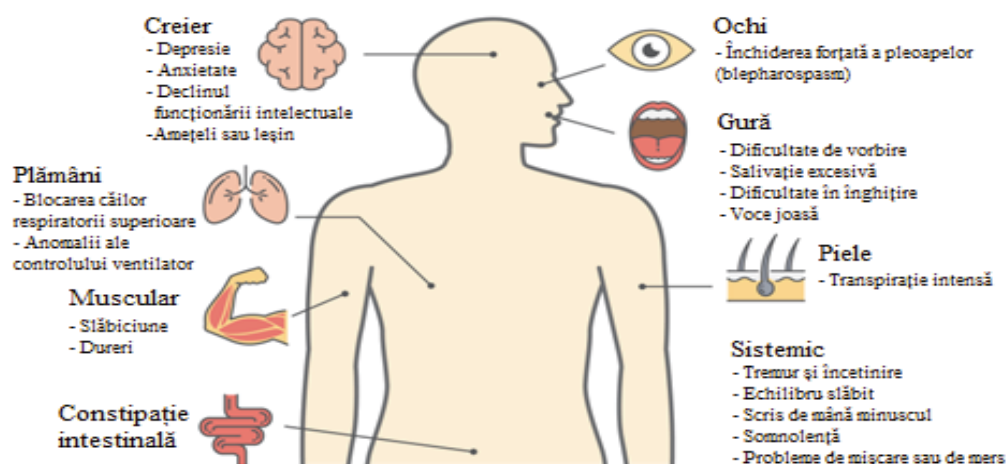


Fig. 1. Simptomele generale specifice boli Parkinson [2].

Aproximativ 60% până la 70% dintre pacienții prezintă tremur la membrele superioare, tremurul rămânând principala manifestare a acestei boli timp de câțiva ani. La pacienții cu Parkinson pot apărea diverse tipuri de tremur precum tremurul în repaus sau tremur în repaus în combinație cu tremur postural. Tremurul extremității superioare începe în general la degete sau de la degetul mare, dar poate începe și în antebraț sau încheietura mâinii. Tremurul se poate răspândi spre extremitatea inferioară ipsilaterală sau extremitatea superioară contralaterală [3]. Unul dintre simptomele semnificative ale bolii Parkinson este tremurul în repaus. Tremurul în repaus se produce atunci când mușchiul este relaxat, determinând agitarea membrului [1].

Cellulele nervoase din substanța cenușie produc neurotransmițătorul dopamină, care este responsabil pentru mișcarea organismului. Când boala Parkinson afectează ganglionii bazali și substanța cenușie din creier, există o neurotransmisie anormală în organism, ceea ce duce la tulburări de vorbire, încetinirea mișcării, instabilitate posturală, tremur etc [4].

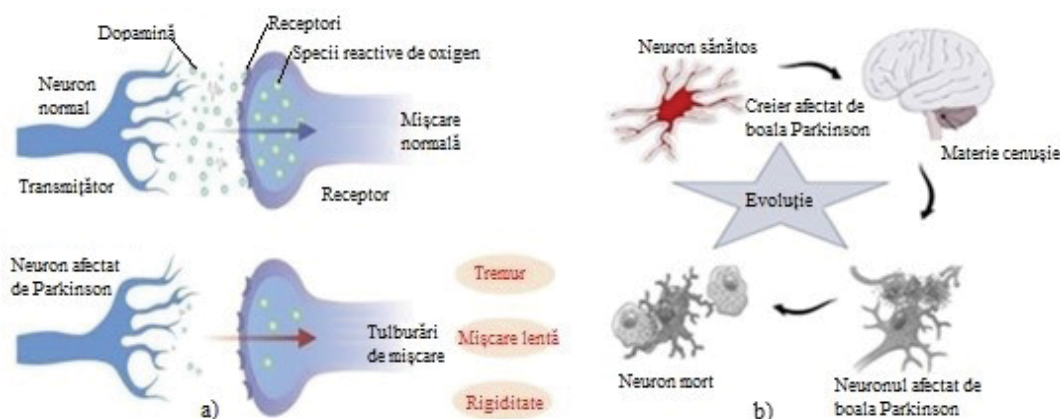


Fig. 2.a) Reducerea nivelului de dopamină în celulele creierului ca urmare a PD, b) Moarte neuronală ca urmare a PD în creier [4,5].

Unele dintre celulele nervoase producătoare de dopamină din substanța cenușie din creierul uman sunt vulnerabile; prin urmare, pe măsură ce severitatea PD avansează, neuronii din creier vor muri în cele din urmă. Așadar, zonele non-dopaminergice conduc la apariția problemelor menționate anterior în figura 1 [4].

Boala Parkinson afectează persoanele în moduri diferite, simptomele pe care aceștia le au diferă ca intensitate și ca ordine. Deși există un model de progresie definit, această boală are cinci etape. Punerea diagnosticului acestei boli are loc începând cu stadiul 3 al bolii, unde semnele pacientului sunt vizibile [6].

De-a lungul timpului, cercetările au arătat că unii oameni sunt mai predispuși la boala Parkinson decât alții. De asemenea, bărbații prezintă o predispoziție mai mare în ceea ce privește această boală în comparație cu femeile. Cauzele acestei boli pot fi genetice sau de mediu, dar pot apărea și în cazurile următoare:

- Persoane cu vârsta înaintată;
- Istoric familial cu boală Parkinson;
- Persoanele cu deficiență de vitamina B;
- Persoane care au suferit traumatisme la nivelul capului, depresii;
- Persoane expuse frecvent la toxinele de mediu, cum ar fi un pesticide sau ierbicid, plumb, mercur etc [6].

Studiile au arătat că, mișcarea musculară ritmică a pacienților are o frecvență în intervalul 4 - 6 Hz. Așadar, dezvoltarea de noi orteze specializate pentru atenuarea tremurului, reprezintă o adevărată provocare. La realizarea acestor orteze se ține cont în special de frecvența și amplitudinea mișcării, stadiul bolii dar și de porțiunea de membru afectată.

## 1. Stadiu actual

Înțelegerea mecanismului și a principiului de funcționare care stă la baza procesului de atenuare a tremurului la nivelul mâinii sau respectiv a membrului superior, depinde de biomecanica acestuia precum și de înțelegerea modului de manifestare și evoluție a bolii la nivelul organismului, fiind foarte importante deoarece reprezintă factorii cheie în realizarea de orteze din ce în ce mai complexe. În acest moment există trei posibilități pentru atenuarea tremurului la persoanele cu Parkinson:

1. Medicație și terapie.
2. Operație chirurgicală.
3. Ortezare.

### 1.1. Atenuarea tremurului prin medicație

Deși boala Parkinson nu poate fi vindecată complet, luarea medicației specifice recomandată de medicul neurolog, ajută la controlarea simptomelor bolii și împiedică evoluția rapidă a acesteia în special pentru persoanele aflate în stadii incipiente ale bolii. Se utilizează de obicei: beta blocante, medicamente anti-convulsive, medicamente pentru calmare (în cazul persoanelor pentru care tensiunea sau anxietatea agravează tremurul), injecții cu botox, care sunt utile în tratarea unor tipuri de tremur, în special tremururile din cap și voce. Injecțiile cu botox pot îmbunătăți tremururile până la trei luni. Dacă Botoxul este utilizat pentru a trata tremurul mâinilor, poate provoca slăbiciune la nivelul degetelor [7].

Terapie fizică sau ocupațională. Cu ajutorul kinetoterapeuților persoanele cu Parkinson sunt ajutate să facă exerciții pentru a-și îmbunătăți forța musculară și de asemenea controlul și coordonarea prin exerciții de flexibilitate (întindere), aerobic, Yoga [7].

### 1.2. Atenuarea tremurului prin operații chirurgicale

#### 1.2.1. Stimulare profundă a creierului

Este cel mai frecvent tip de intervenție chirurgicală pentru tremurul esențial. Medicii introduc o sondă electrică lungă și subțire în porțiunea creierului care îi provoacă tremurul (talamusul). Un fir de la sondă atârână pe pielea pacientului către un dispozitiv asemănător stimulatorului cardiac (neurostimulator) implantat în pieptul acestuia. Acest dispozitiv transmite impulsuri electrice nedureroase pentru a întrerupe semnalele transmise de la talamusul dvs. care ar putea să provoace tremurul [8].

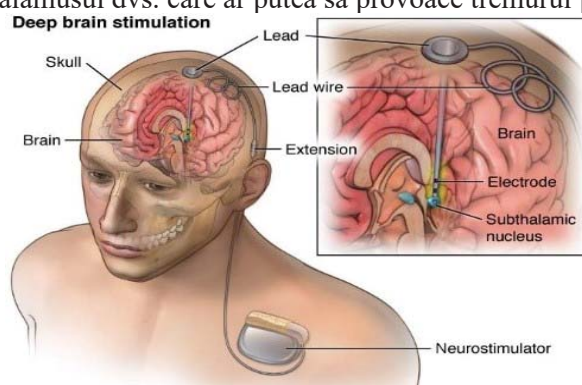


Fig. 3. Stimulare profundă a creierului [8].

Efectele secundare ale stimulării profunde a creierului pot include disfuncționalitatea echipamentului; probleme cu controlul motor, vorbirea sau echilibrul; dureri de cap; și slăbiciune. Efectele secundare dispar adesea după ceva timp sau după ajustarea dispozitivului [8].

#### 1.2.2. Talamotomie focalizată cu ultrasunete

Această intervenție chirurgicală noninvasivă presupune utilizarea undelor sonore concentrate care trec prin piele și craniu. Se generează căldură pentru a distruge țesutul creierului într-o zonă specifică a talamusului pentru a opri tremurul. Un chirurg folosește imagistica prin rezonanță magnetică pentru a viza

zona corectă a creierului și pentru a fi sigur că undele sonore generează cantitatea exactă de căldură necesară procedurii [9].

Acesta metodă creează o leziune care poate duce la modificări permanente ale funcției creierului. Unele persoane au avut ulterior probleme cu mersul sau dificultăți în mișcare. Cu toate acestea, cele mai multe complicații dispar de la sine sau sunt suficient de ușoare încât nu interferează cu calitatea vieții [9].

### 1.3. Atenuarea tremurului prin purtarea de orteze

Acestă metodă reprezintă un tratament alternativ neinvaziv prin suprimarea mecanică a mișcării de oscilație. Este necesară identificarea proceselor biomecanice ale tremurului la nivelul membrului superior și a forțelor generate, frecvența și intensitatea tremurului, în special în timpul activităților de viață zilnice. Aceste forțe sunt parametri importanți pentru proiectarea unui sistem de suprimare. O astfel de orteză trebuie să aplice o contra-forță adecvată pentru a suprima mișcarea involuntară [10].

**Ortezele** sunt clasificate în funcție de tipul de suprimare a vibrațiilor astfel: **pasive, semi-active și active**. Tehnologiile semi-active și pasive suprimă mișcările involuntare, în timp ce tehnologiile active suprimă involuntar în timp ce susțin mișcări voluntare ale membrului purtătorului. Suprimarea pasivă cuprinde metode solide în ceea ce privește proiectarea, dependente de constante precum coeficientul de elasticitate al unui arc sau amortizor. Un sistem pasiv cu amortizor cu arcuri are o forță de rezistență scăzută la valori mici și o rezistență ridicată la viteze mari. Se pot realiza mișcări lente și deliberate, în timp ce mișcările rapide creează o forță de reacție mai mare [10].

Ortezele semi-active funcționează ca orteze pasive, dar folosesc caracteristici de mecanism reglabil, reglementate de un controler. O orteză activă reacționează la informațiile senzoriale cu un actuator. O forță la fel de puternică, direcționată opus, este utilizată pentru a contracara mișcarea involuntară, utilizând principiul amortizorului [10].

Aceste orteze sau dispozitive asistive purtabile pentru activitățile zilnice trebuie purtate și utilizate pe parcursul întregii zi. Prin urmare, un design ergonomic dar și o realizare tehnică adecvată, reprezintă cele mai mari provocări în realizarea unor astfel de dispozitive pentru a asigura o performanță adecvată. Designul ergonomic este influențat de greutate, confortul termic și senzorial al pielii, restricțiile gradelor de libertate și forțele de rezistență pentru mișcările voluntare [10].

Confortul acestora include un transport suficient de căldură și umiditate (transpirație), precum și evitarea frecării excesive, a sarcinilor de forfecare și a sarcinilor normale. Tremurul rezultă din interacțiunea dintre controlul neurologic patologic și răspunsul de frecvență al membrului, ceea ce înseamnă că schimbarea rigidității articulare prin adăugarea de greutate, de exemplu, poate modifica răspunsul de frecvență și, prin urmare, duce la o intensitate mai scăzută a tremurului. Cu toate acestea, greutatea și dimensiunea ortezei influențează designul ergonomic, astfel încât este de preferat ca masa să fie cât mai ușoară și dimensiunea cât mai redusă [10].

#### 1.3.1. Orteze cu suprimare pasivă a vibrațiilor

Vascular Beam este o orteză de suprimare pasivă a tremurului, purtabilă care aplică o rezistență vâscoasă la mișcarea încheieturii mâinii în flexie și extensie. Orteza reduce amplitudinea tremurului și este suficient de mică pentru a fi purtată sub mâneca unei cămăși. Manșetele permit mișcarea completă a degetului mare, a flexiei și extensiei încheieturii mâinii precum și pronția și supinația antebrățului [11].

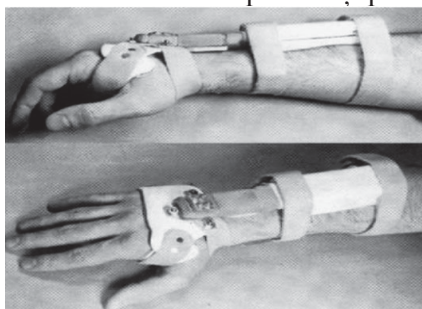


Fig. 4. Orteza pasivă Vascular Beam [11].

Amortizarea este asigurată de un sistem de amortizare cu strat restrâns, distinct prin faptul că poate amortiza deflexiunile rotative mari printr-o rază de îndoire mică. O transmisie liniară a plăcii de îndoire transformă extensia/flexia încheieturii mâinii în translație rectilinie în amortizor. Deformarea la îndoire a două plăci este menținută la o distanță fixă în cadrul transmisiei ducând la o deplasare relativă pe lungimile plăcilor. Un fluid vâscos este încorporat între plăci și asigură amortizarea la forfecare. Fluidul este prezent atât în secțiunea de transmisie (îndoire) a amortizorului, precum și în secțiunea rectilinie pentru a ajuta la prevenirea fluturării plăcii și implicit la atenuarea tremurului [11].

### 1.3.2. Orteze cu suprimare semi-activă a vibrațiilor

Aceste orteze funcționează pe baza mecanismului simplu al unei orteze cu suprimare pasivă și prin adăugarea de actuatore. Orteza din imaginea 6 este proiectată astfel încât strângerea cu ajutorul motoarelor să poată opri tremurul involuntar din antebraț. Sistemul nu este pre-echipat pentru a cunoaște amploarea forței de tragere necesară pentru a atinge nivelul dorit de suprimare. [12].

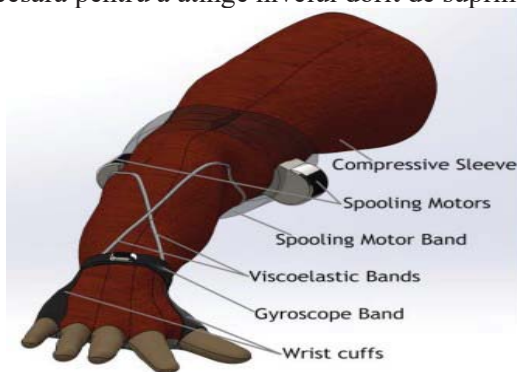


Fig. 5. Concept design proteză semi-activă [12].

La nivelul bazei se află un manșon de compresie pe care sunt asamblate toate celelalte componente. Acest lucru este realizat pentru a evita orice disconfort care poate apărea prin încărcarea biomecanică directă pe piele, având ca avantaj reducerea oboselei musculare. La capătul distal al antebrațului se află o bandă de încheietură care conține senzorul de măsurare a inerției fiind denumită, banda giroscop. De această bandă sunt atașate și integrate segmentele din plastic dur cunoscute sub denumirea de manșete pentru încheietura mâinii. Acestea asigură o fixare mecanică a structurii ortetice relativ vâscoase și flexibile ajutând la canalizarea efectului cuplului motor în mod corespunzător la încheietură, unde efectul cuplului antebrațului trebuie să fie maxim [12].

În zona proximală a antebrațului există o bandă mult mai mare, care adăpostește microcontrolerul și 2 actuatore fiecare dintre ele fiind echipate cu câte o bobină menținând tensiunea în timp ce orteza este activă. Fiecare dintre cele două benzi este poziționată astfel încât contra cuplul poate fi dezvoltat ca răspuns atât la pronție, cât și la mișcările de supinație ale antebrațului. Pentru a utiliza pe deplin și în mod eficient potențialul real al montării actuatorelor la benzile orteziei, trebuie neapărat să existe un sistem robust de control pentru a genera cel mai bun răspuns (de la dispozitivul ortetic) [12].

### 1.3.3. Orteze cu suprimare activă a vibrațiilor

Orteza WOTAS controlează mișcarea de pronție-supinație cu controlul de rotație al unei bare paralele cu antebrațul. Astfel bara este fixată la nivelul cotului. Pe scurt, sistemul de control trebuie să funcționeze după cum urmează: senzorii cuplați la membrul superior măsoară mișcarea acestuia, un algoritm de anulare a erorilor efectuează o discriminare în timp a componentei nedorite a mișcării, informațiile de tremur fiind introduse controlerului pentru a genera actuatorul dorit acțiune specifică de a suprima tremurul [13].

Sistemul de senzori își propune să permită atât monitorizarea datelor legate de tremur, cât și implementarea strategiei de suprimare a acestuia. Este echipat cu senzori cinematici (viteză unghiulară) și cinetici (forța de interacțiune între membru și orteză). Tipurile de senzori folosiți în realizarea acestei orteze au fost limitați la următorii senzori: goniometre, giroscopae și accelerometre [13].





Fig. 6. Orteza WOTAS pentru suprimare activă [13].

Așadar această orteză poate funcționa în trei moduri de control diferite:

- 1) **Modul de monitorizare.** WOTAS funcționează în modul liber (nu se aplică nicio forță pe membrul superior) și monitorizează parametrii de tremur ai utilizatorului.
- 2) **Modul de control pasiv.** WOTAS este capabil să schimbe caracteristicile biomecanice ale membrului superior, cum ar fi vâscozitatea sau inerția, pentru a suprima tremurul.
- 3) **Modul de control activ.** WOTAS este capabil să aplice forțe opuse mișcării de tremur pe baza unei estimări în timp real a componentei involuntare a mișcării.

## 2. Contribuții teoretice în realizarea ortezei

Scopul realizării acestei orteze purtabile îl reprezintă eliminarea vibrațiilor folosind tehnologia giroscopică astfel încât să ajute pacienții în desfășurarea activităților zilnice. Această orteză este asemenea unei mănuși fiind alcătuită dintr-un giroscop, un motor, un cadru din aluminiu, precum un cârlig Velcro și o curea de fixare. Utilizează forța giroscopică, care funcționează pe baza principiului momentului unghiular. Discurile de filare situate în interiorul giroscopului contorizează orice forță de intrare instantaneu [1].

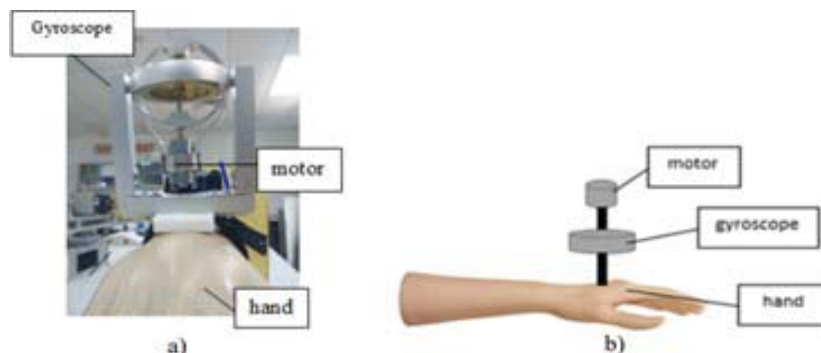


Fig. 7. a) Vizualizare laterală a structurii ortezei, b) Orteza montată pe o mână de manechin [1].

Giroscoapele sunt discuri cu o orientare puternică pentru a rămâne în poziție verticală, conservând astfel impulsul unghiular, astfel fiind contrară instantaneu și proporțional oricărei forțe fiind concepută pentru a ajuta la activități precum scris, mâncat, gătit, condus, prepararea cafelei și multe altele activități zilnice necesare[1].

### 2.1. Modelare matematică

Roata giroscopului poate fi utilizată pentru a obține modelarea matematică a giroscopului, care este atașată la mănușa inteligentă. Derivarea modelării matematice a unui sistem este importantă pentru cunoașterea comportamentului sistemului.

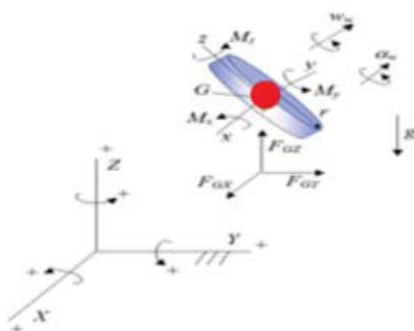


Fig. 8.Schema de referință pentru analiza roții giroscopului [1].

Pe baza sistemului de axe xyz, precum și folosirea de ecuații trigonometrice, însumarea momentelor din punctul  $G$ ,  $\Sigma M_G$  al roții giroscopului este scrisă ca:

$$\Sigma M_G^x = I_G^x \alpha^x - (I_G^y - I_G^z) \omega^y \omega^z \quad (1)$$

$$\Sigma M_G^y = I_G^y \alpha^y - (I_G^z - I_G^x) \omega^z \omega^x \quad (2)$$

$$\Sigma M_G^z = I_G^z \alpha^z - (I_G^x - I_G^y) \omega^x \omega^y \quad (3)$$

unde  $I$  este momentul de masă al inerției,  $\alpha$  este accelerația unghiulară și  $\omega$  reprezintă viteza unghiulară. Cu toate acestea, nu există nicio accelerație tangențială, deoarece punctul  $G$  se deplasează într-un cerc orizontal, rezultând  $\alpha^y = \alpha^z = 0$ . Astfel, înlocuind aceste informații în ecuațiile (2), (3) va rezulta că  $M_G^y = M_G^z = 0$ . De asemenea, momentul de inerție cu privire la punctul  $G$ , în direcțiile  $x$ ,  $y$  și  $z$  poate fi exprimat astfel:

$$I_G^x = I_G^z = \frac{1}{4} m_w r^2 \quad (4)$$

$$I_G^y = \frac{1}{2} m_w r^2 \quad (5)$$

unde  $r$  și  $m$  este raza, respectiv masa roții. În ceea ce privește viteza unghiulară, accelerația unghiulară pe axa  $x$  poate fi exprimată astfel:

$$\alpha^x = -\omega_s \omega_p \sin \theta \quad (6)$$

Indicii  $s$  și  $p$  se referă la viteza de centrifugare a roții și precesiunea roții. Astfel, înlocuind ecuațiile (4) – (6) în ecuația (1), ecuația poate fi în final scrisă sub forma ecuației (7). Această expresie reprezintă cantitatea de moment necesară pentru a contracara forța de repaus din mâna pacienților:

$$M_G^x = -\frac{1}{4} m_w r^2 \omega_s \omega_p \sin \theta - \frac{1}{4} m_w r^2 (\omega_s + \omega_p \cos \theta) \omega_p \sin \theta \quad (7)$$

### 3. Propunere de perfectionare a protezei

Având în vedere informațiile prezentate anterior, o primă idee de îmbunătățire a acestei proteze poate fi schimbarea modului de prindere a protezei de mână sau schimbarea materialului textil dur din care aceasta este realizată pentru a evita transpirația mâinii după perioade lungi de timp de utilizare și implicit afectarea pielii purtătorului.



Fig. 9. Schematizare orteză îmbunătățită.

Propunem utilizarea unui material format din straturi, unul rigid la exterior unul moale in interior, dar care poate asigura aerisirea, asemenea unui fagure de miere. Pentru a oferi o stabilitate și o supresie mai mare în timpul tremurului în repaus, această orteză poate fi concepută cu două sisteme cu giroscop.

#### 4. Concluzii

Creșterea continuă a numărului persoanelor cu dizabilități, impune efectuarea de studii teoretice si experimentale pentru dezvoltarea de noi dispozitive sau sisteme personalizate nevoilor acestora cu scopul îmbunătățirii calității vieții, facilitându-le adaptarea mai ușoară la condițiile de mediu si integrarea in comunitate.

Realizarea unei orteze pentru atenuarea tremurului trebuie sa corespunda unui design ergonomic, cu aspect estetic, costuri reduse precum și ușurința utilizării în activitățile zilnice ale pacienților. Feedbackul vizual al purtătorului referitor la reducerea amplitudinii tremurului prin utilizarea ortezei de supresie va conduce la un impact pozitiv asupra sistemului de control uman, consolidând controlul motorului uman și reducând în continuare tremurul.

#### Bibliografie:

- [1] A. M. Zulkefli, A. G. A. Muthalif, D. N. H. Nordin, and T. M. I. Syam, (2019), “Intelligent glove for suppression of resting tremor in Parkinson’s disease,” *Vibroengineering PROCEDIA*, vol. 29, pp. 176–181.
- [2] “Parkinsons Disease Symptoms Signs Illustration About Stock Image | Download Now.” [Online]. Available: <https://www.shutterstock.com/image-vector/parkinsons-disease-symptoms-signs-illustration-about-754057981>. [Accessed: 12-Jan-2020].
- [3] H. Toktas, U. Dundar, Ö. Y. Kusbeci, A. M. Ulasli, O. Toy, and S. Oruc, (2016), “FPL tendon thickness, tremor and hand functions in Parkinson’s disease,” *Open Med.*, vol. 11, no. 1, pp. 16–20.
- [4] H. Adam, S. C. B. Gopinath, M. K. M. Arshad, T. Adam, and U. Hashim, (2019), “Perspectives of nanobiotechnology and biomacromolecules in parkinson’s disease,” *Process Biochemistry*, vol. 86. Elsevier Ltd, pp. 32–39.
- [5] “Parkinsons Disease | Holistic Medicine Los Angeles, Glutathione IV.” [Online]. Available: <https://healthandvitalitycenter.com/medical-conditions/parkinsons-disease/>. [Accessed: 02-May-2020].
- [6] “Parkinson’s Disease: Causes, Symptoms & Treatment.” [Online]. Available: <https://www.practo.com/health-wiki/parkinsons-disease-symptoms-treatment/166/article>. [Accessed: 26-Apr-2020].
- [7] “6 Proven Ways to Treat Essential Tremor | Aurora Health Care.” [Online]. Available: <https://www.aurorahealthcare.org/patients-visitors/blog/6-proven-ways-to-treat-essential-tremor>. [Accessed: 02-May-2020].
- [8] D. Charles et al., (2012), “Pilot study assessing the feasibility of applying bilateral subthalamic nucleus deep brain stimulation in very early stage Parkinson’s disease: Study design and rationale,” *J. Parkinsons. Dis.*, vol. 2, no. 3, pp. 215–223.
- [9] “Technological Consideration for Transcranial Focused Ultrasound (FUS)... | Download Scientific Diagram.” [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/figure/Technological-Consideration-for-Transcranial-Focused-Ultrasound-FUS-Ablation-Treatment\\_fig2\\_321737002](https://www.researchgate.net/figure/Technological-Consideration-for-Transcranial-Focused-Ultrasound-FUS-Ablation-Treatment_fig2_321737002). [Accessed: 03-May-2020].
- [10] N. P. Fromme, M. Camenzind, R. Riener, and R. M. Rossi, (2019), “Need for mechanically and ergonomically enhanced tremor-suppression orthoses for the upper limb: A systematic review,” *J. Neuroeng. Rehabil.*, vol. 16, no. 1.
- [11] J. Kotovsky and M. J. Rosen, (1998) “A wearable tremor-suppression orthosis”.
- [12] M. Shamroukh, A. Chacko, V. Kalachelvi, I. Q. Kalimullah, S. S. Barlingay, and A. B. Chattopadhyay, (2017), “Evaluation of control strategies in semi-active orthosis for suppression of upper limb pathological tremors,” *Proc. IEEE Int. Conf. Innov. Electr. Electron. Instrum.* 2017