

Livrabil 3.4. Modelul optimizat al robotului RAISE

După remedierea tuturor neconformităților identificate a fost realizat un nou set de teste pentru a pregăti sistemul robotic în vederea efectuării de teste clinice cu pacienți. Au fost realizate două tipuri de teste, unul cu mișcări simple individuale pentru fiecare articulație vizată și unul folosind mișcări combinate care antrenează toate articulațiile în același timp. Protocolul de testare a fost identic cu cel descris în capitolul 7 al raportului de fază pentru etapa 3. .

Pentru testarea folosind mișcări simple, toate mișcările de recuperare pentru șold și genunchi au pornit dintr-o poziție neutră prezentată în figura 1, iar pentru gleznă în figura 2. Câteva poze din timpul testelor experimentale sunt prezentate în figurile 3-8.



Figura 1. Poziția de start pentru șold și genunchi



Figura 2. Poziția de start pentru gleznă



Figura 3. Abducția șoldului

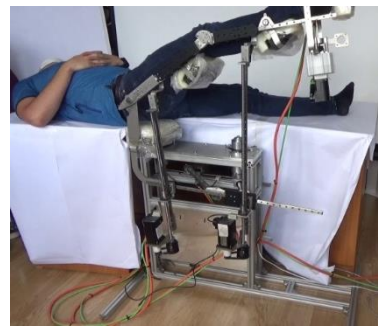


Figura 4. Flexia șoldului

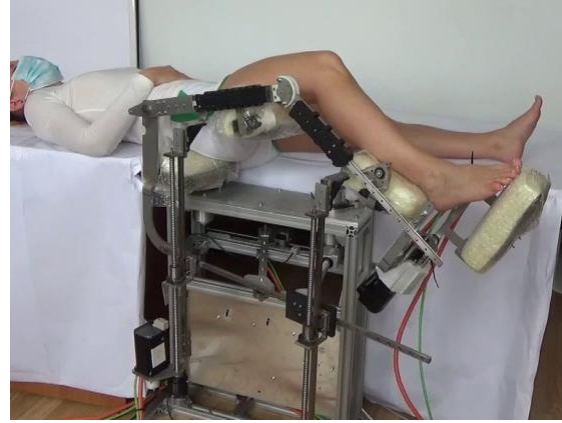
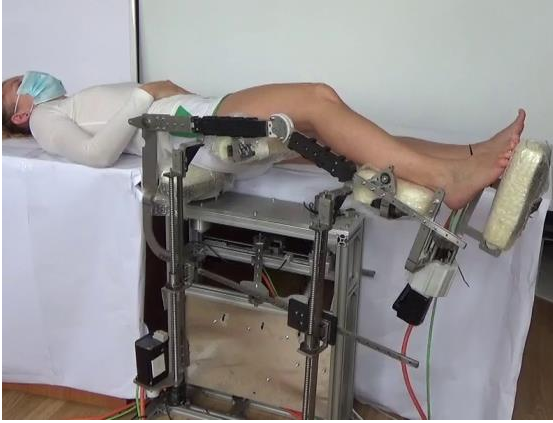


Figura 5. Flexia genunchiului



Figura 6. Flexia gleznei

Figura 7. Dorsiflexia gleznei

Figura 8. Eversia gleznei

Testele folosind mișcări combinate au fost efectuate pentru a testa capacitatea sistemului robotic de a fi integrat in sesiuni de "serious gaming" caz în care pacientului îi este prezentată o sarcină din activitățile zilnice pe care trebuie sa o îndeplinească prin intermediul unei aplicații care folosește datele de la cuplele robotului ca și date de intrare. În același timp scopul acestor teste a fost de determina influența diferitelor caracteristici antropometrice asupra comportamentului sistemului robotic. Setul de date de intrare pentru mișcarea combinată efectuată este redat în ecuația 1.

$$\begin{aligned}
 \alpha_{hip_v} &= [0 \quad 0 \quad 40 \quad 20 \quad 20 \quad 0], \\
 \alpha_{hip_l} &= [0 \quad 30 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0], \\
 \alpha_{knee} &= [0 \quad 0 \quad 0 \quad -30 \quad -20 \quad 0], \\
 \alpha_{ank_v} &= [0 \quad 0 \quad 0 \quad 5 \quad 10 \quad 0], \\
 \alpha_{ank_l} &= [0 \quad 0 \quad 0 \quad 5 \quad 20 \quad 0]
 \end{aligned} \tag{1}$$

Următorul pas a fost de a configura individual parametrii geometrici ai robotului de recuperare pentru caracteristicile antropometrice ale fiecărui subiect (Tabel 1):

Tabel 1 Parametrii antropometrici

Nr.	Gen	Înălțime	Greutate	Lungimea coapsei	Lungimea piciorului
-----	-----	----------	----------	---------------------	------------------------

1	Feminin	160 cm	50 kg	440 mm	430 mm
2	Masculin	180 cm	81 kg	490 mm	450 mm

Parametrii structurii robotice sunt redați în ecuația 2:

$$l_1 = 390[\text{mm}], l_2 = 190[\text{mm}], L_0 = 265[\text{mm}],$$

$$L_{\text{angle}} = 380[\text{mm}], L_B = 520[\text{mm}]$$

$$L_{\text{thigh}}, L_{\text{leg}} \rightarrow \text{Table 8.3}$$

(2)

$$v_{\text{max_hip}} = 5[^\circ/\text{s}], v_{\text{max_knee}} = 5[^\circ/\text{s}], v_{\text{max_ankle}} = 4[^\circ/\text{s}]$$

$$acc_{\text{max_hip}} = 10[^\circ/\text{s}^2], acc_{\text{max_knee}} = 8[^\circ/\text{s}^2], acc_{\text{max_ankle}} = 6[^\circ/\text{s}^2]$$

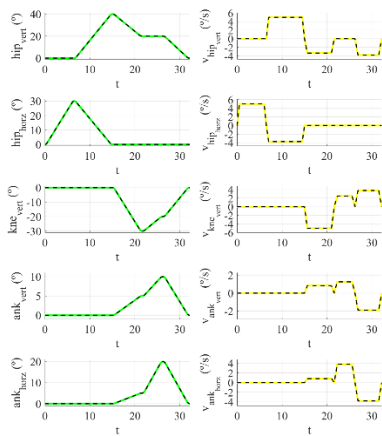


Figura 9. Amplitudinile și vitezele comparative ale mișcărilor articulare pentru cei doi subiecți (Subiectul 2 este reprezentat cu linie neagră punctată)

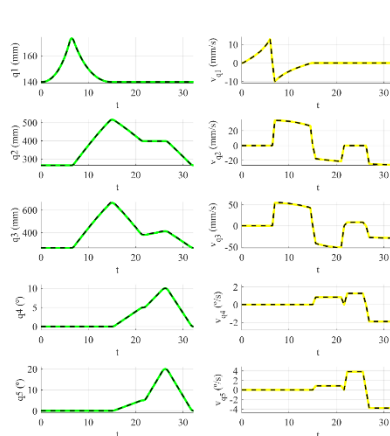


Figura 10. Amplitudinile și vitezele comparative ale mișcărilor articulațiilor active ale sistemului RAISE pentru cei doi subiecți (Subiectul 2 - linie neagră punctată)

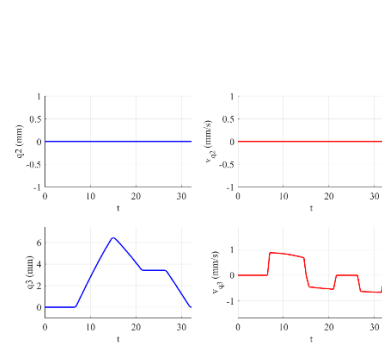


Figura 11. Variațiile mișcărilor articulațiilor și actuatoarelor sistemului RAISE între cei doi subiecți

Parametrii sunt ajustați pe sistemul robotic prin modificarea lungimii segmentului dintre articulațiile rotative ale șoldului și genunchiului, dar după locația de montare a lanțului cinematic de flexie-extensie a șoldului. Figura 9 prezintă amplitudinile și vitezele unghiulare la nivelul fiecărei articulații pentru cei doi subiecți, care sunt independente de valorile antropometrice, așa cum se poate observa ușor. Acest lucru poate fi explicat prin faptul că datele măsurate se concentrează pe mișcările unghiulare ale articulațiilor membrului inferior. Figura 10 ilustrează amplitudinile mișcărilor și vitezele la nivelul articulațiilor active ale modelului experimental RAISE. Datele arată că parametrii mișcărilor articulațiilor active sunt identici și independenți de variațiile lungimii membrului. Articulația activă prezintă ușoare variații ale parametrilor mișcărilor (ilustrate ca valori absolute în figura 11), cu o variație maximă de mai puțin de 1% (0,968%) între cei doi subiecți.

Aceeași diferență a fost prezentată și pentru a demonstra că nu există absolut nicio diferență între mișcarea la nivelul celorlalte articulații. Acest lucru ilustrează construcția eficientă a modelului experimental, care poate fi ușor adaptat la diferiți pacienți fără influențe asupra comportamentului său, în special în ceea ce privește comportamentul dinamic (influențat de lungimile diferite ale membrilor), care ar putea să scoată sistemul în afara parametrilor săi normali de funcționare.

S-a observat că participanții au devenit mai confortabili cu sistemul robotic după un anumit număr de repetiții, când au început să se familiarizeze cu mișcările robotului și modul în care acestea sunt realizate.

Director proiect,

Prof. Dr. Ing. Calin VAIDA

24.06.2024

