

Livrabil 3.3. Raport de validare a sistemului robotic RAISE

După dezvoltarea sistemului RAISE a urmat testarea experimentală a acestuia folosind subiecți sănătoși. În cadrul testelor au participat 5 subiecți (4 bărbați și 1 femeie) cu vârsta între 25 și 40 de ani, testele desfășurându-se sub atenta supraveghere a unui kinetoterapeut. Caracteristicile antropometrice ale subiecților care au participat la experiment sunt redate în tabelul 1. Testele au fost executate cu acordul informat al subiecților respectând principiile declarației de la Helsinki. În timpul testelor experimentale, următoarele mișcări au fost efectuate folosind sistemul robotic RAISE:

- Mișcarea 1: Flexia/extensia șoldului ;
- Mișcarea 2: Abducția/aducția șoldului ;
- Mișcarea 3: Flexia/extensia genunchiului;
- Mișcarea 4: Dorsiflexia/plantarflexia gleznei;
- Mișcarea 5: Inversia/eversia gleznei.

Măsurătorile experimentale au fost efectuate conform unui protocol medical prestabilit, referitor la operarea robotului, siguranța pacientului și colectarea datelor (pentru operatori), după cum este descris mai jos:

- Participanții stăteau întinși pe un pat ajustabil, iar sistemul robotic era plasat lângă pat, cerându-li-se să își așeze piciorul drept pe dispozitiv;
- Fiecare subiect a fost rugat să se poziționeze confortabil și corect pe dispozitiv, după sterilizarea elementelor robotului care intrau în contact direct cu corpul pacientului;
- Glezna era fixată pe sistem cu benzi elastice de calitate medicală;
- Fiecare mișcare era efectuată de 10 ori;
- Prima mișcare realizată pe dispozitiv a fost flexia/extensia șoldului;
- Pentru flexia/extensia șoldului, piciorul fiecărui subiect era ridicat de robot în planul sagital;
- Se făcea o pauză de un minut înainte de execuția următoarei mișcări, în timp ce robotul revenea la poziția inițială;
- Următorul set de mișcări efectuate erau abducția/adducția șoldului;
- Pentru abducția/adducția șoldului, piciorul fiecărui subiect era mișcat în planul coronal;
- Se făcea o altă pauză, după care dispozitivul robotic revenea la poziția inițială;
- Pentru mișcărilor genunchiului, piciorul era flexat în planul sagital;
- Se făcea o altă pauză, după care dispozitivul robotic revenea la poziția inițială;
- Pasul următor consta în executarea dorsiflexiei/plantarflexiei și inversiei/eversiei gleznei;
- Pentru mișcărilor gleznei, piciorul fiecărui subiect era ghidat să efectueze dorsiflexia/plantarflexia în planul sagital și apoi inversia/eversia în planul frontal.

Subiect	Sex	Vârsta	Greutatea [Kg]	Înălțimea [cm]
1	Feminin	28	49.5	160
2	Masculin	34	73	178
3	Masculin	26	75	175
4	Masculin	26	90	189

5	Masculin	26	81	182
---	----------	----	----	-----

În cadrul primei etape de desfășurarea a proiectului au fost definiți indicatorii de performanță. În cadrul acestei etape, în urma testelor de laborator a fost analizată îndeplinirea acestor indicatori:

A. Integrarea tuturor modulelor robotice (recuperarea șoldului, recuperarea genunchiului și recuperarea gleznei) într-un sistem unitar în cadrul sistemului RAISE. Acest indicator a fost îndeplinit cu succes, toate modulele robotice fiind integrate într-un singur sistem robotic de sine stătător care folosește același sistem de control pentru recuperarea tuturor articulațiilor vizate.

B. Testarea individuală în condiții de laborator (subiecți sănătoși) a tuturor funcționalităților sistemului RAISE.

Testarea sistemului robotic în condiții de laborator folosind subiecți sănătoși a fost realizată cu succes. Testarea s-a făcut pe 5 subiecți cu diferite caracteristici antropometrice. Sistemul robotic s-a comportat corespunzător nefiind identificate aspecte care sa pună în pericol subiecții, operatorul sau sistemul robotic.

C. Stabilirea direcțiilor principale de optimizare ale sistemului RAISE în urma testelor de funcționalitate. Un aspect important a cărui necesitate a rezultat în urma testelor de laborator a fost nevoia de a implementa diferite moduri de control a sistemului robotic pe baza monitorizării cuplului din fiecare cuplă. Pentru acest aspect s-a hotărât implementarea a mai multor moduri de interacțiunii om-robot pe baza cuplului, realizând-se recuperare activă, pasivă, asistiv sau rezistivă.

D. Implementarea modificărilor și validarea funcționalității sistemului RAISE folosind subiecți sănătoși. Modificările rezultate în urma analizei de funcționalitate au fost implementate în sistemul de control și în structura mecanică.

E. Stabilirea parametrilor de siguranță în vederea testării sistemului RAISE cu pacienți. Pentru siguranța pacienților, sistemul robotic a fost prevăzut cu două sisteme de verificare, unul intern și altul extern, pentru monitorizare amplitudinilor de mișcare s-a folosit un sistem de măsurare bazat pe goniometre și torsiometre, pentru monitorizarea cuplului s-a implementat un protocol care comunică cu encoderele motoarelor capabil să ofere diferite posibilități de continuare a sesiunii de recuperare, folosind o brățară de tip smartwatch și un pulsoximetru extern, s-a realizat monitorizarea în timp real a semnalelor vitale ale pacienților.

Director proiect,

Prof. Dr. Ing. Calin VAIDA

24.06.2024

