Nr projektu badawczego rozwojowego: R13 027 02

*„Zrobotyzowane urządzenie rehabilitacyjne do prowadzenia wielopłaszczyznowego ruchu biernego i czynnego kończyn górnych z wykorzystaniem metod neurofizjologicznych”*

Instytut Techniki i Aparatury Medycznej ITAM,
41-800 Zabrze, ul. Roosevelta 118

Zasadniczym celem zrealizowanego projektu było opracowanie zrobotyzowanego urządzenia do prowadzenia kontrolowanego, wielopłaszczyznowego ruchu terapeutycznego (biernego i czynnego) kończyn górnych z wykorzystaniem najnowszych osiągnięć rehabilitacji, bazujących na metodach aktywizacji neurofizjologicznej, szczególnie metodzie PNF (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation). Zaproponowana koncepcja urządzenia umożliwia wymuszanie przestrzennych ruchów terapeutycznych według wzorców zawartych w pamięci systemu sterującego urządzenia lub według trajektorii wprowadzonej przez terapeutę wykonującego wzorcowe ćwiczenie z chorym. Zatem urządzenie umożliwiać będzie rehabilitację poszczególnych stawów i całej kończyny górnej oraz odbudowę neurologiczną w przypadku wielu schorzeń upośledzających jej ruchliwość.

W projekcie założono efekt końcowy realizacji badań stosowanych i prac rozwojowych w formie opracowania urządzenia rehabilitacyjno-diagnostycznego kończyn górnych osób dorosłych umożliwiającego realizację złożonych ruchów wielopłaszczyznowych biernych, czynnych i czynnych z oporem o zakresie i dynamice podobnej do wykorzystywanej w aktywności naturalnej. Formą wyniku końcowego projektu jest prototyp zrobotyzowanego urządzenia rehabilitacyjno-diagnostycznego do prowadzenia wieloplaszczyznowego ruchu czynnego i biernego kończyny górnej dla osób dorosłych wraz z wynikami badań doświadczalnych.

Badania i prace rozwojowe objęte harmonogramem projektu (9 zadań) obejmowały te elementy, które nie są znane w literaturze. W ramach projektu analizowano ruch wielopłaszczyznowy bierny, czynny i czynny z oporem. Do tego celu wykorzystano, lansowane aktualnie w inżynierii rehabilitacyjnej, wzorce ruchowe bazujące na metodzie PNF. W tym celu zastosowano technikę rejestracji z wykorzystaniem kamer cyfrowych. Rejestrowane ruchy, odpowiadające ruchom wymaganym przy rehabilitacji poszczególnych schorzeń, były symulowane przez wykwalifikowanych rehabilitantów. Uzupełniająco dokonane zostały również ustalenia dotyczące zakresu zmienności cech antropometrycznych kończyn górnych w biokinematycznym łańcuchu zamkniętym.

Zarejestrowane rzeczywiste trajektorie ruchów terapeutycznych w dalszej kolejności poddano

analizie kinematycznej ze względu na określenie parametrów kinematycznych urządzenia. Uzyskane wyniki umożliwiły opracowanie wzorcowych trajektorii dla poszczególnych ruchów terapeutycznych oraz określenie zakresu zmienności trajektorii wybranych punktów łańcucha kinematycznego kończyny. W tym celu wykorzystano specjalistyczne techniki komputerowe oraz oprogramowanie umożliwiające modelowanie trajektorii wzorcowych. Uzyskane wyniki umożliwiły opracowanie różnych koncepcji łańcuchów kinematycznych urządzenia realizujących założone trajektorie ruchu w układzie przestrzenno-czasowym. Przeprowadzona analiza zaproponowanych koncepcji łańcuchów kinematycznych umożliwiła dokonanie wyboru postaci konstrukcyjnej przewidzianej do dalszej realizacji. Dla wytypowanego rozwiązania przeprowadzono optymalizację wybranych wielkości geometrycznych urządzenia w celu uzyskania minimalnych wartości momentów w napędowych parach kinematycznych.

W dalszej kolejności opracowano dokumentację konstrukcyjną proponowanego urządzenia rehabilitacyjnego łącznie z doborem jednostek napędowych i materiałów konstrukcyjnych. Realizacja tej części projektu wymagała również przeprowadzenia, dla zadanych wariantów obciążeń układu, przeprowadzenia analiza stanu naprężeń i odkształceń elementów konstrukcyjnych zaproponowanego prototypu. Uzyskane wyniki były podstawą do optymalizacji i doboru własności mechanicznych materiałów konstrukcyjnych. Analiza mechaniczna układu przeprowadzona została z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania do metody elementów skończonych.

W ramach projektu opracowany został również system sterowania napędami oraz przeprowadzone zostały badania modelowe z kolejną weryfikacją przyjętych założeń konstrukcyjnych. Człony ruchome urządzeń wyposażone zostały w czujniki i przetworniki, których sygnały wyjściowe, wraz z opracowanym systemem komputerowym, umożliwiają nadzorowanie ćwiczenia, zabezpieczenie przed przeciążeniami, zapis przebiegu ćwiczeń. System komputerowy umożliwia przechowywanie bazy kinematycznych wzorców terapeutycznych. Ponadto umożliwia zarejestrowanie i odtworzenie trajektorii ruchu wprowadzonej przez terapeutę wykonującego wzorcowe ćwiczenie z chorym.

W ramach projektu wykonany prototyp urządzenia rehabilitacyjnego poddany został również wstępnej ocenie w warunkach laboratoryjnych z uwzględnieniem specyfiki prowadzenia zabiegów rehabilitacyjnych kończyn górnych. Analiza wyników badań umożliwiła weryfikację i korektę parametrów konstrukcyjnych prototypu urządzenia. W części końcowej projektu opracowane zostały wstępne założenia do budowy komercyjnego, zrobotyzowanego urządzenia rehabilitacyjno-diagnostycznego do prowadzenia wielopłaszczyznowego ruchu czynnego i biernego kończyn górnych.