

Chód można zdefiniować jako rytmiczne gubienie i odzyskiwanie równowagi w zmieniających się na przemian fazach podparcia i przenoszenia. Utrzymywanie równowagi w trakcie lokomocji odbywa się poprzez odpowiednie balansowanie ciałem, zmniejszanie bądź zwiększanie długości kroków i ich częstotliwość, obserwację stałych bądź zmiennych punktów odniesienia oraz precyzyjną aktywację poszczególnych mięśni i grup mięśniowych. Naturalny proces chodu człowieka wymaga ciągłej kontroli i korekty jego parametrów. U zdrowej osoby odbywa się to automatycznie, m.in. dzięki docierającym do mózgu sygnałom z błędniaka i receptorów dotykowych w skórze. U osób z dysfunkcją układu ruchu proces automatycznego odzyskiwania równowagi jest często zakłócony, co utrudnia lub uniemożliwia swobodne przemieszczanie się. W tych przypadkach konieczne jest zastosowanie zewnętrznych urządzeń wspomagających. W zależności od rodzaju i stopnia niesprawności używane są parapodia, pionizatory statyczne lub dynamiczne, a w ostatnich latach ortozy w postaci egzoszkieleatów koczyn dolnych. Pierwszym urządzeniem tego typu, wyposażonym we własny napęd, był wykonany w 1965 roku w firmie General Electric, na zlecenie armii amerykańskiej, egzoszkieleat o nazwie Hardiman (rys. 1). Charakteryzował się on znacznymi gabarytami i nie pozwalał na dużą swobodę ruchów. Dodatkowo, brak stabilności i problemy z zasilaniem spowodowały, że ostatecznie projekt Hardiman został zamknięty i pozostał jedynie przykładem kroku milowego w rozwoju techniki, dającym inspirację kolejnym twórcom egzoszkieleatów.



Rys. 1. Egzoszkieleat Hardiman

Chociaż wytwarzane obecnie egzoszkieleaty są daleko bardziej zaawansowane technologicznie od swoich pierwowzorów, a w niektórych realizacjach są już konstrukcjami dojrzałymi pod względem funkcjonalnym, to wciąż jednak pozostaje do rozwiązania wiele problemów istotnych z punktu widzenia wygody użytkownika, uniwersalności oraz możliwości adaptacji do potrzeb użytkownika. Z tego względu wydaje się naturalnym i pożądanym dalsze prowadzenie prac badawczych związanych z doskonaleniem tych urządzeń, a także z lepszym poznaniem budowy i funkcjonowania samego układu ruchu człowieka jako obiektu wspieranego przez egzoszkieleat.

Przedstawiany projekt stawia sobie za cel stworzenie zestawu wytycznych dotyczących budowy funkcjonalnego egzoszkieleatu przeznaczonego do rehabilitacji osób dotkniętych niesprawnością koczyn dolnych. Integralną jego częścią jest stworzenie prototypu egzoszkieleatu na bazie przeprowadzonych wcześniej analiz teoretycznych w celu weryfikacji słuszności sformułowanych założeń, a także w celu określenia neuralgicznych elementów urządzenia wymagających szczególnej uwagi i staranności zarówno w fazie projektowania, jak i wykonania. Dodatkową korzyścią wynikającą z fizycznej realizacji projektu egzoszkieleatu będzie możliwość prowadzenia przy jego użyciu pomiarów parametrów kinematycznych i dynamicznych chodu, a także testowanie rozwiązań konstrukcyjnych samego egzoszkieleatu. Pozwoli to zebrać informacje umożliwiające optymalizację kolejnych wersji urządzenia w zakresie konstrukcji mechanicznej, napędu oraz sterowania.

Motywacją do podjęcia badań w ramach prezentowanego projektu jest z jednej strony użyteczny charakter zagadnienia, wynikający z rzeczywistych potrzeb medycznych i społecznych, z drugiej zaś – do wiadomości członków zespołu wykonawców w zakresie tematyki objętej projektem. Niektóre badania w nim przewidziane zostały już zainicjowane, a ich wstępne wyniki wskazują na prawidłowy kierunek prac i dobrze rokują w kwestii końcowego rezultatu. Dotyczy to w szczególności modelowania mięśni, detekcji ich aktywności podczas ruchu, nowych rozwiązań związanych z opracowaniem i konstrukcją siłowników rurowo-hydraulicznych. Problematyka ta łączy się ściśle z zagadnieniem napędu egzoszkieleatu, analizy kinematyki stawu kolanowego, stabilności lokomocyjnej człowieka, jak również powiązanych z tym algorytmów i programów komputerowych do rozpoznawania obrazów podczas ruchu.

Projekt będzie realizowany w dwóch etapach. Pierwszy z nich obejmować będzie przygotowanie bazy teoretycznej do stworzenia projektu egzoszkieleatu. W ramach tej części badań przewiduje się m.in. przeprowadzenie szczegółowej analizy kinematycznej i dynamicznej koczyn dolnych podczas chodu, opracowanie nowych i optymalizację istniejących modeli matematycznych mięśni oraz sposobów identyfikacji ich parametrów, analiz skuteczności różnych metod identyfikacji aktywności grup mięśniowych

ko czyny dolnej w ró nych fazach cyklu chodu, opracowanie mechanizmów odwzorowuj cych w sposób mo liwie dokładny kinematyk stawów biodrowego, kolanowego i skokowego, opracowanie koncepcji sterowania egzozszkieletem oraz oszacowanie wytrzymała ci dora nej i zm czeniowej egzozszkieletu za pomoc bada numerycznych metod elementów sko czonych.

Druga, eksperymentalna cz projektu b dzie obejmowała fizyczn realizacj prototypu egzozszkieletu na bazie wyników bada teoretycznych oraz przeprowadzenie serii analiz i pomiarów testuj cych najwa niejsze parametry kinematyczne i dynamiczne samego egzozszkieletu, jak równie zespołu człowiek-egzozszkielet. Szczególnie istotne b dzie zebranie informacji na temat współdziałania egzozszkieletu z odpowiadaj cym mu obiektem biologicznym i jego biozgodno ci kinematycznej. Ma to istotne znaczenie dla komfortu u ytkownika i decyduje o praktycznej przydatno ci urz dzenia. Planowana jest m.in. walidacja do wiadczenia modeli matematycznych mi ni, testowanie fizycznego modelu egzozszkieletu w warunkach chodu normalnego, analiza stabilno ci lokomocyjnej zespołu człowiek-egzozszkielet, sprawdzenie zgodno ci wyznaczonych teoretycznie trajektorii i zakresów ruchu poszczególnych elementów egzozszkieletu z ich rzeczywistymi odpowiednikami uzyskanymi w wyniku bada eksperymentalnych.

Projekt zamyka b dzie ko cowy zestaw wniosków i zalece dotycz cych konstrukcji egzozszkieletu ko czyn dolnych, opracowany na podstawie analiz teoretycznych i bada testowych z u yciem wykonanego prototypu urz dzenia.

Pierwsze wiatowe do wiadczenia zwi zane ze stosowaniem egzozszkieletów w rehabilitacji układu ruchu człowieka daj podstawy do stwierdzenia, e mog one stanowi jedno z najwa niejszych i najskuteczniejszych narz dzi w procesie przywracania, a przynajmniej poprawiania sprawno ci lokomocyjnej osób dotkni tych ró nymi formami dysfunkcji ko czyn dolnych. Autorzy projektu spodziewaj si , e wyniki przeprowadzonych przez nich prac badawczych realnie przyczyni si do rozpocz cia produkcji takich urz dze w skali masowej, przy zachowaniu relatywnie niskich kosztów. Decydowa o tym b dzie ich przyst pna cena, jako konstrukcji i komfort u ytkowania. Podporz dkowanie zada badawczych wymienionym wy ej celom nie powinno stanowi ograniczenia dla uniwersalno ci uzyskanych efektów, a jedynie wzmocni ich użyłtarny charakter.

Rezultaty przeprowadzonych prac badawczych powinny wpłyn na obni enie kosztów produkcji egzozszkieletów, a jednocze nie ułatwi ich dostosowanie do indywidualnych potrzeb u ytkownika, wynikaj cych z budowy fizycznej i rodzaju dysfunkcji układu lokomocyjnego. Chocia badania ukierunkowane s głównie na zastosowania rehabilitacyjne, to do wiadczenia zebrane podczas realizacji projektu b d mogły by wykorzystane równie do innych celów, np. w konstrukcji specjalizowanych robotów dwuno nych lub egzozszkieletów przeznaczonych do celów wojskowych i przemysłowych.