



Silesian  
University  
of Technology

## **DOCTORAL DISSERTATION**

Analysis of biomechanical and bioelectric parameters for the needs of  
automation of diagnostics and rehabilitation of patients

**Anna ROKSELA**

**Programme:** Industrial Doctoral

**Specialisation:** Biomedical Engineering

### **SUPERVISOR**

**Professor Jarosław Śmieja, PhD**

**Department of Engineering and Systems Biology**

**Faculty of Automatic Control, Electronics and Computer Science**

**Consultant**

**Michał Mikulski, PhD**

**Gliwice 2024**

## Tytuł pracy

Analiza parametrów biomechanicznych i bioelektrycznych na potrzeby automatyzacji diagnostyki i rehabilitacji pacjentów

## Streszczenie

Złożoność i wyzwania w procesie leczenia pacjentów, nieodłącznie związane z obecnym stanem rehabilitacji i fizjoterapii, podkreślają kluczową rolę dokładnej oceny, aktywnego udziału pacjenta, przestrzegania wyznaczonych schematów leczenia i ciągłego monitorowania stanu zdrowia w celu uzyskania optymalnych wyników terapii. Podkreśla to ogromną zależność od wiedzy specjalistycznej terapeutów i wyzwania, jakie stwarza zaangażowanie pacjenta w powtarzalne ćwiczenia. Motywacją badań zawartych w niniejszej rozprawie doktorskiej jest pilna potrzeba sprostania tym wyzwaniom w obliczu rosnących wymagań stawianych systemom opieki zdrowotnej na całym świecie oraz potencjałowi zaawansowanych technologii, takich jak uczenie maszynowe i robotyka, w zakresie zrewolucjonizowania diagnostyki i rehabilitacji poprzez automatyzację. Systemy eksperckie, wykorzystujące sztuczną inteligencję w celu automatyzacji procesów diagnostycznych i terapeutycznych, oraz mechanizmy pętli sprzężenia zwrotnego do zastosowań w rehabilitacji są uznawane za obiecujące, ale niedostatecznie zbadane obszary.

**W niniejszej rozprawie doktorskiej poruszono istotny problem naukowy: brak jednoznacznych dowodów potwierdzających skuteczność metodologii, ocen i protokołów leczenia w diagnostyce i interwencjach terapeutycznych wspomaganych robotami.** Podstawowym celem jest stworzenie podstaw metodologicznych dla zautomatyzowanej platformy eksperckiej, której zadaniem będzie wspieranie, doskonalenie i automatyzacja procesów diagnostycznych i rehabilitacyjnych. Wykorzystując technologie uczenia maszynowego i robotykę, w trakcie badań opracowano mechanizm sprzężenia zwrotnego, który integruje dane z elektromiografii (EMG), momentu obrotowego i pozycji kończyny. Integracja ta ułatwia bardziej obiektywne, skuteczne i spersonalizowane podejście do opieki nad pacjentem. W rozprawie skupiono się na analizie ruchów kończyny górnej, w szczególności zgięcia i wyprostów łokcia, angażujących mięśnie bicepsa i tricepsa, podczas oceny izokinetycznej siły mięśniowej, a także testów spastyczności i sztywności mięśni. Ponadto zbadano zastosowanie biofeedbacku EMG dla mięśni dna miednicy w ramach telerehabilitacji oraz przeanalizowano skuteczność wykorzystania ruchu wyzwanego z poziomu sygnału EMG w rehabilitacji stawu kolanowego przy użyciu robota rehabilitacyjnego.

Metodologia koncentruje się na wyborze znanych parametrów bioelektrycznych i biomechanicznych oraz weryfikacji ich skuteczności i obiektywności w zastosowaniach diagnostycznych i terapeutycznych za pomocą technik wspomaganych robotem. Celem tych badań jest wypełnienie luki w dowodach dotyczących skuteczności interwencji diagno-

stycznych i terapeutycznych wspomaganych robotami, proponując nowatorskie podejście łączące postęp technologiczny z praktykami klinicznymi w celu poprawy wyników rehabilitacji pacjentów. Rozprawa potwierdza swoje hipotezy poprzez szeroko zakrojone oceny, porównanie grup kontrolnych i grup eksperymentalnych, pod kątem testów siły mięśni i oceny spastyczności mięśni u osób zdrowych i osób po udarze mózgu, a także badanie skuteczności telemedycyny w rehabilitacji nietrzymania moczu i terapii ruchowej wyzwalanej EMG w rehabilitacji stawu kolanowego po udarze. Badania te koncentrują się na wykorzystaniu danych elektromiograficznych (EMG), momentu obrotowego i położenia kończyny w celu uzyskania parametrów biomechanicznych i bioelektrycznych dla obiektywizacji diagnostyki. Zastosowanie algorytmów uczenia maszynowego, pozwoliło na obiektywną ocenę i rozróżnienie osób zdrowych od osób chorych. Natomiast, dostosowanie ćwiczeń rehabilitacyjnych w oparciu o mechanizm pętli sprzężenia zwrotnego pozwoliło uzyskać statystycznie lepsze wyniki testów po przeprowadzonej terapii.

To kompleksowe podejście nie tylko potwierdza potencjał metod wspomaganych robotem, opartych na analizie parametrów biomechanicznych i bioelektrycznych w automatycznych procesach diagnostycznych i terapeutycznych, ale także rozwija dziedzinę inżynierii biomedycznej, zapewniając ramy metodologiczne dla przyszłego rozwoju zautomatyzowanej opieki nad pacjentem.

### **Słowa kluczowe**

analiza i przetwarzanie sygnałów EMG, robot rehabilitacyjny, neurorehabilitacja, automatyczna diagnostyka