

## ANALIZA KINEMATYKI RUCHÓW KOŃCZYNY GÓRNEJ PODCZAS WYKONYWANIA ĆWICZEŃ REHABILITACYJNYCH METODĄ PNF

ROBERT MICHNIK<sup>\*</sup>, JACEK JURKOJC<sup>\*</sup>, ZDZISŁAW RAK<sup>\*</sup>, ARKADIUSZ MEŻYK<sup>\*</sup>,  
ZBIGNIEW PASZENDA<sup>#</sup>, WIESŁAW RYCERSKI<sup>+</sup>, JAN JANOTA<sup>+</sup>, JACEK BRANDT<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>*Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska*

*e-mail: robert.michnik@polsl.pl, jacek.jurkojc@polsl.pl, zdzislaw.rak@polsl.pl, arkadiusz.mezyk@polsl.pl,*

<sup>#</sup>*Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Politechnika Śląska, e-mail: zbigniew.paszenda@polsl.pl,*

<sup>+</sup>*Górnośląskie Centrum Rehabilitacji Repty*

<sup>\*\*</sup>*Instytut Techniki i Aparatury Medycznej, Zabrze*

**Streszczenie.** W ramach pracy przeprowadzono badania kinematyki ruchów kończyny górnej wykonywanych podczas ćwiczeń rehabilitacyjnych tzw. metodą PNF (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation). Badania zrealizowano przy pomocy systemu do analizy ruchu APAS. Ruchy wykonywane przez fizjoterapeutę rejestrowane były przez zestaw siedmiu kamer cyfrowych firmy Basler. Przebiegi kinematyczne charakterystycznych punktów antropometrycznych zostały poddane dalszej obróbce w autorskim programie TRAJGEN, w celu wyznaczenia położenia środków poszczególnych stawów kończyny górnej oraz określenie przemieszczeń kątowych poszczególnych segmentów. Wyniki uzyskane w pracy znalazły one zastosowanie przy opracowywaniu konstrukcji projektowanego urządzenia rehabilitacyjnego.

### 1. WSTĘP

Od wielu już lat można zaobserwować ciągły rozwój nauk medycznych, w którym udział biorą nie tylko lekarze, ale coraz częściej interdyscyplinarne zespoły złożone z naukowców związanych z takimi dziedzinami wiedzy jak biomechanika, inżynieria materiałowa czy projektowanie i konstrukcja urządzeń mechanicznych i elektronicznych. Prowadzone badania pozwalają na coraz lepsze poznanie funkcjonowania człowieka, a co za tym idzie opracowanie coraz bardziej skutecznych metod leczenia i rehabilitacji osób chorych. Jedną z takich dziedzin, gdzie ten rozwój jest bardzo widoczny, jest rehabilitacja narządu ruchu człowieka. Podejście do osoby rehabilitowanej w nowoczesnych ośrodkach medycznych jest zupełnie inne niż można to było zaobserwować jeszcze kilka lat temu. Rozwój ten wiąże się nie tylko z nowymi metodami rehabilitacji, ale również z rozwojem urządzeń, jakie mają tam zastosowanie. Umożliwienie spersonalizowanej diagnostyki zarówno przed jak i podczas rehabilitacji, zobjektywizowanie oceny procesu prowadzonej rehabilitacji czy zastosowanie tzw. biofeedbacku to tylko niektóre korzyści jakie daje stosowanie nowoczesnych urządzeń. Coraz szersze zastosowanie znajdują również urządzenia, których zadaniem jest odciążenie fizjoterapeutów, wykonując za nich pewne ćwiczenia z pacjentem [1, 2, 3, 4]. Zaprojektowanie właśnie tego typu urządzenia jest celem projektu realizowanego przez zespół naukowców z Politechniki Śląskiej w Gliwicach i Instytutu Techniki i Aparatury

Medycznej oraz lekarzy z Górnośląskiego Centrum Rehabilitacji w Reptach. Pozwoliłoby ono na prowadzenie rehabilitacji bazującej na metodach aktywizacji neuro-fizjologicznej, szczególnie metodzie PNF (proprioceptive neuromuscular facilitation) przy minimalnym zaangażowaniu fizjoterapeuty. W metodzie PNF stosuje się złożone sekwencje ruchowe określane mianem wzorców ruchowych. Ruch prowadzony jest jednocześnie we wszystkich trzech płaszczyznach: strzałkowej, czołowej i poprzecznej. W tych złożonych sekwencjach ruchowych akcentowany jest ruch rotacji. Wielopłaszczyznowe ćwiczenia odwzorowują naturalne ruchy występujące w życiu codziennym i wykonywane są w pozycji siedzącej i leżącej [2, 3].

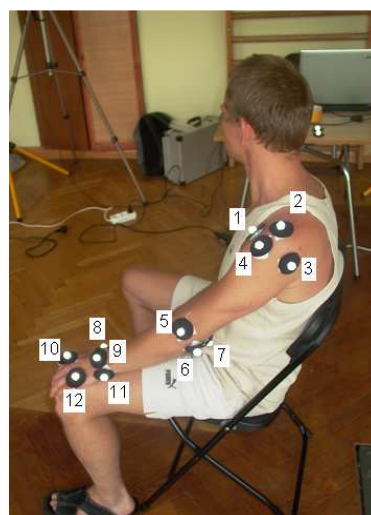
W niniejszej pracy zaprezentowane zostaną wyniki pierwszego etapu projektu, którym była analiza ruchu kończyny górnej w trakcie wykonywania ćwiczeń metodą PNF. Znalazły one zastosowanie przy opracowywaniu konstrukcji projektowanego urządzenia.

## 2. METODYKA BADAŃ

W celu wyznaczenia kinematyki ruchów terapeutycznych zdecydowano się na wykorzystanie jednej z najbardziej rozpowszechnionych metod w biomechanice, metody fotogrametrycznej [5, 6]. Idea wyznaczania wielkości kinematycznych przy wykorzystaniu metod fotogrametrycznych polega na rejestracji badanego ruchu za pomocą kamer wideo lub cyfrowych, a następnie na poklatkowej analizie zarejestrowanych obrazów. W celu dokładnej identyfikacji położenia charakterystycznych punktów antropometrycznych umieszcza się na nich znaczniki w postaci emitujących światło lub odbijających światło markerów. Badania zrealizowano przy pomocy systemu do analizy ruchu APAS. Ruchy wykonywane przez fizjoterapeutę rejestrowane były przez zestaw siedmiu kamer cyfrowych firmy Basler połączonymi z dwoma komputerowymi roboczymi. Kamery rejestrujące ruch osoby badanej ustawione są pod odpowiednim kątem w pobliżu toru ruchu oraz w dogodnej do rejestracji odległości.



Rys.1 Stanowisko pomiarowe



Rys.2 Rozmieszczenie markerów na kończynie górnej

W celu uzyskania dokładnej kinematyki ruchów na kończynie górnej i tułowiu badanej osoby umieszczono zestaw dwunastu markerów. Podczas badań analizowano ruchy proste realizowane w poszczególnych stawach kończyny górnej, proste ćwiczenia rehabilitacyjne oraz wielopłaszczyznowe ruchy wykonywane przez całą kończynę zgodnie z metodą PNF.

Uzyskane przy wykorzystaniu systemu APAS przebiegi kinematyczne charakterystycznych punktów antropometrycznych zostały poddane dalszej obróbce w autorskim programie TRAJGEN. Program ten pozwala na wyznaczenie położenia środków poszczególnych stawów kończyny górnej oraz określenie przemieszczeń kątowych poszczególnych segmentów. Pomiary wykonywano trzykrotnie dla każdego analizowanego ruchu po czym dokonano uśrednienia otrzymanych wyników.

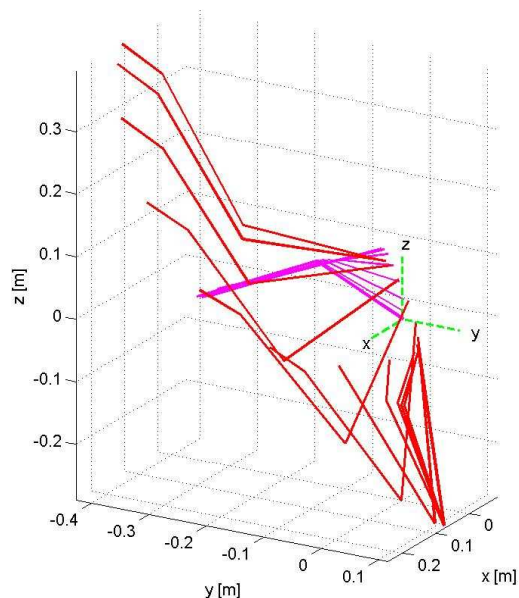
### 3. WYNIKI POMIARÓW

Na podstawie przeprowadzonych badań możliwe było wyznaczenie przemieszczeń poszczególnych markerów. Przyjęta liczba markerów oraz ich rozmieszczenie na kończynie (rys. 2), pozwoliły na wyznaczenie położenia środków stawów kończyny górnej, a następnie względnych przemieszczeń kątowych poszczególnych segmentów kończyny. Wyznaczono kąty odpowiadające ruchom: zginania i prostowania w stawie barkowym, odwodzenia i przywodzenia w stawie barkowym, rotacji stawu barkowego, zginania i prostowania w stawie łokciowym, rotacji przedramienia, zginania grzbietowego i dłoniowego w nadgarstku, zginania promieniowego i łokciowego w nadgarstku. Wszystkie wymienione kąty względne zostały wyznaczone zarówno dla ruchów prostych, jak i złożonych realizowanych zgodnie z metodą PNF.

Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono przebiegi kątów w poszczególnych stawach wyznaczone dla jednego ze schematów ruchowych metody PNF. Skrajne położenia analizowanego ruchu przedstawiono na rys. 3, wyznaczone położenia poszczególnych segmentów kończyny górnej pokazano na rys. 4.



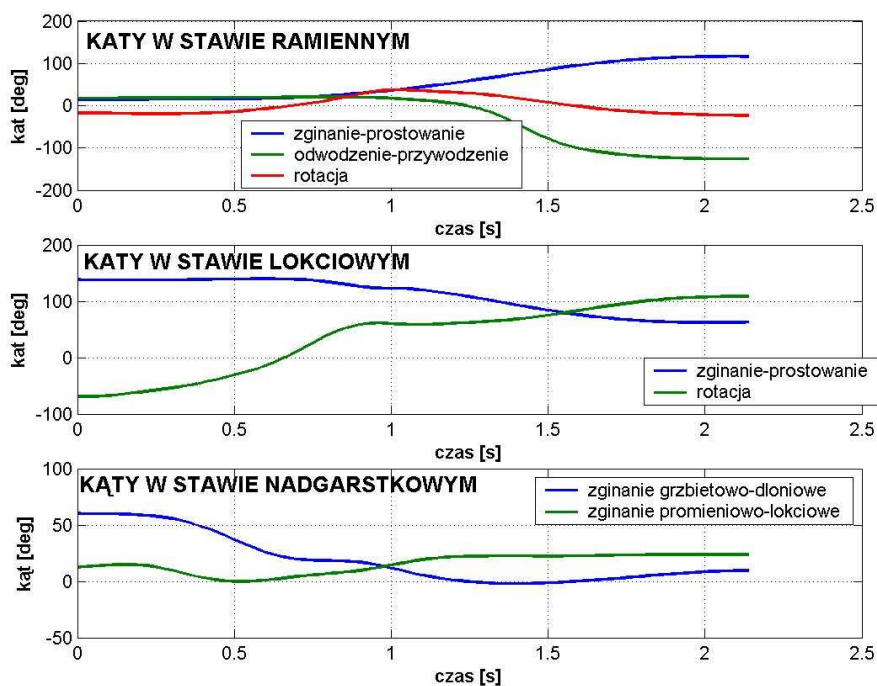
Rys.3 Skrajne położenia analizowanego ruchu



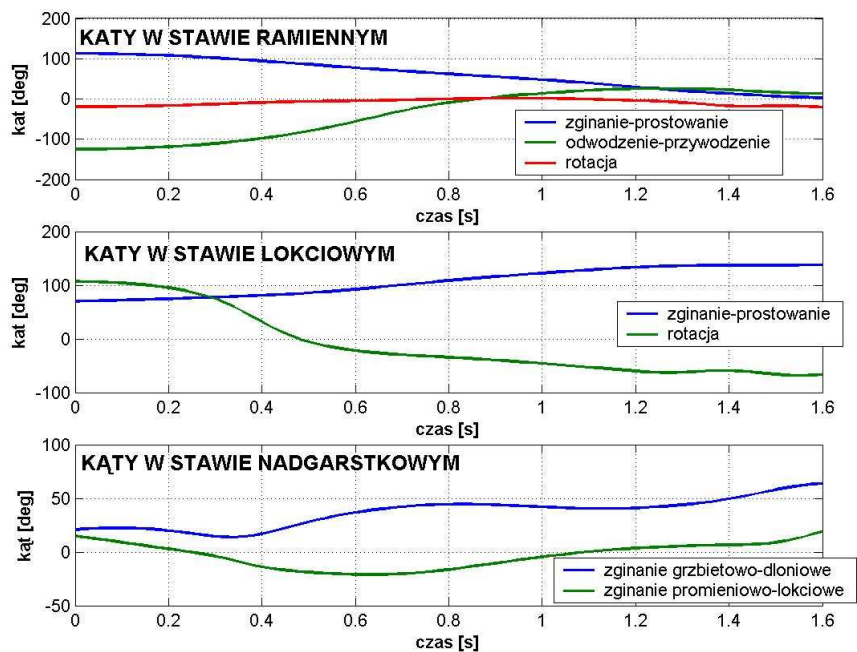
Rys.4 Wyznaczone położenia segmentów kończyny górnej w analizowanym ruchu

Na podstawie wyznaczonych przebiegów kątów można zauważyć, że kolejność angażowania się w ruch poszczególnych stawów jest zawsze taka sama i rozpoczyna się od części dystalnej kończyny (w tym wypadku dłoni), a kończy na części proksymalnej (staw ramienny). Warto zauważyć, że ruch powrotny nie jest wykonywany po tej samej trajektorii

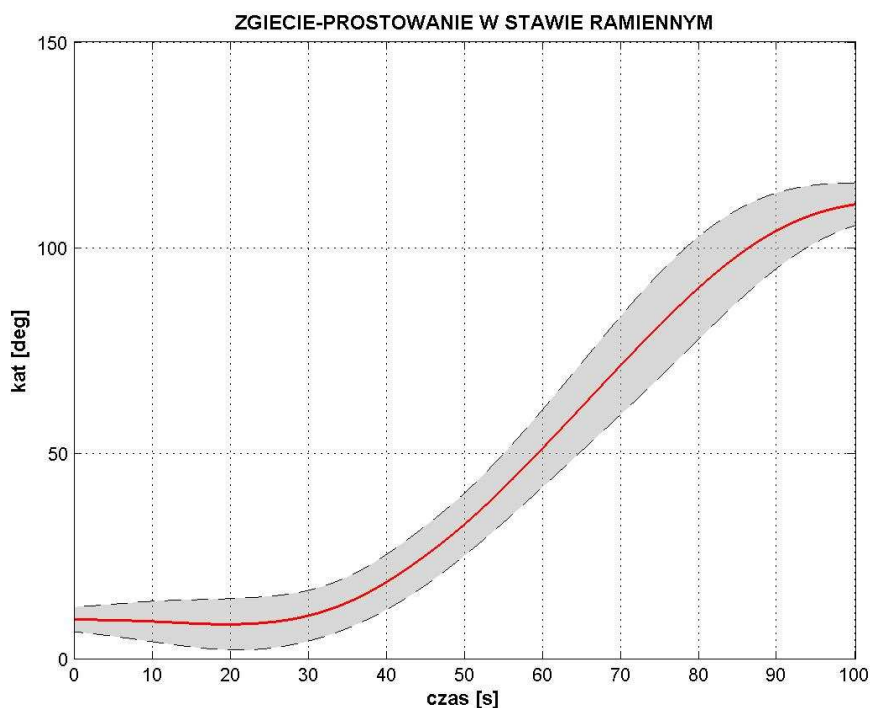
co ruch pierwotny. Istotne również dla dalszych prac projektowych jest to, że w ćwiczeniach rehabilitacyjnych, wykonywanych zgodnie z metodą PNF, zaangażowane są wszystkie stawy, a ruch odbywa się w pełnym zakresie ruchliwości.



Rys.5 Przebiegi kątów w stawach podczas sekwencji pierwotnej analizowanego ruchu



Rys.6 Przebiegi kątów w stawach podczas sekwencji powrotnej analizowanego ruchu



Rys.7 Uśredniony przebieg ruchu zginania w stawie ramiennym podczas sekwencji pierwotnej analizowanego ruchu

#### 4. PODSUMOWANIE

Zastosowana w pracy metoda pozwoliła na wyznaczenie wzorcowych trajektorii złożonych, wielopłaszczyznowych ruchów terapeutycznych kończyny górnej oraz wyznaczenie ich parametrów kinematycznych. Na podstawie analizy rezultatów badań uzyskanych dla ruchów realizowanych zgodnie z metodą PNF można zaobserwować znaczne przemieszczenia punktów antropometrycznych znajdujących się w pobliżu barku. W większości przypadków w ruchy te zaangażowana była cała obręcz barkowa oraz tułów. Wyznaczone w pracy wzorcowe trajektorie ruchów terapeutycznych i wyniki analizy kinematycznej mogą stanowić podstawę do opracowania konstrukcji urządzenia do rehabilitacji ruchowej kończyn górnych odwzorowującego założoną sekwencję ruchów.

**Praca została zrealizowana w ramach projektu badawczego nr R13 027 02 sfinansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.**

#### LITERATURA

1. Blauth W.: CPM therapy with motorized exercise devices. Urban&Vogel, München 1992
2. Kiwerski J.: Rehabilitacja medyczna. PZWL, Warszawa 2005
3. Mirek E., Chwała W., i in.: (2003) Proprioceptive neuromuscular facilitation method of therapeutic rehabilitation in the treatment of patients with Parkinson disease. "Neurologia i Neurochirurgia Polska", 2003, vol. 37
4. Mavroidis C., Nikitczuk J., Weinberg B. i in. Smart portable rehabilitation devices. „Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation”, 2005, vol. 2

5. Michnik R, Jurkojc J, Jureczko P.: Metody modelowania ruchu kończyn dolnych człowieka w trakcie chodu. Proceedings of the 3rd Scientific Conference „Materials, Mechanical and Manufacturing Engineering” M<sup>3</sup>E’2005, Gliwice 2005
6. Michnik R., Jurkojć J., Jureczko P., Guzik A., Tejszerska D.: “Analisis of gait kinematics of patient after total hip or knee replacement”, „Journal of Vibroengineering” Vol. 8, No. 3, Vilnius 2006

## **KINEMATIC ANALYSIS OF UPPER LIMB MOTION DURING PNF METHOD EXERCISES**

Summary. Research into kinematic analysis of the upper limb motion during exercises caring out according to the PNF (Prioproceptive Neuromuscular Facilitation) method is presented in the paper. Research was realised with the help of the APAS System. All movements, performed by physiotherapeutist, were recorded by seven, suitably placed, Basler camcorders. Kinematic courses of characteristic anthropometrics points, were processed in the TRAJGEN computer program in order to determine centres of individual joints of the upper limb and angle displacements of individual segments. Results were used during designing process of rehabilitation device.