

**Dagmara TEJSZERSKA**, **Robert MICHNIK**, **Jacek JURKOJC**, **Agata GUZIK-KOPYTO**, Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska, Gliwice  
**Krzysztof MICHALIK**, **Agnieszka KMIOTEK**, Studenckie Koło Biomechaniki przy Katedrze Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska, Gliwice  
**Wiesław RYCERSKI**, Górnośląskie Centrum Rehabilitacji w Reptach

## **BIOMECHANICZNA ANALIZA WCHODZENIA NA SCHODY ORAZ BADANIA STABILOGRAFICZNE PACJENTÓW Z ZABURZENIAMI NEUROLOGICZNYMI**

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono biomechaniczną analizę wchodzenia po schodach oraz badania stabilograficzne pacjentów ze schorzeniami neurologicznymi. W badaniach analizowano kinematykę oraz wartości sił reakcji podłoża podczas wchodzenia po schodach. Wielkości kinematyczne wyznaczono za pomocą systemu APAS. Pomiarów sił reakcji podłoża dokonano za pomocą platform dynamometrycznych firmy Kistler. Badania doświadczalne objęły grupę 8 osób z zaburzeniami neurologicznymi. Badania zrealizowano w Górnośląskim Centrum Rehabilitacji w Reptach.

### 1. WSTĘP

Choroby układu mięśniowo – szkieletowego i nerwowego oraz choroby cywilizacyjne (otyłość, cukrzyca) to w dzisiejszych czasach schorzenia coraz bardziej doskwierające osobom dorosłym. Powodują one stany patologiczne oraz dysfunkcje narządów ruchu człowieka, a to wpływa między innymi na wydajność i jakość chodu [7]. Wchodzenie po schodach jest zwyczajną czynnością wykonywaną każdego dnia. Czynność ta jest bardziej stresująca niż chód szczególnie dla osób z zaburzeniami ruchu, ponieważ żeby wejść na stopień należy unieść ciało do góry. Dodatkową trudnością jest połączenie dwóch ważnych czynników związanych z motoryką człowieka: utrzymania równowagi w pozycji pionowej oraz skoordynowania ruchu, który pozwala na przemieszczanie.

Użycie biomechanicznej analizy może dostarczyć dużo znaczących informacji do lepszego zrozumienia kinematyki i kinetyki i stać się precyzyjnym narzędziem klinicznym dla lekarzy [2, 3]. Badania wchodzenia po schodach do oceny i diagnostyki układu ruchu wykorzystywali między innymi Andriacchi [1], Jevsevar [4], Chou [6] oraz Reiner [8].

### 2. METODYKA BADAŃ

W ramach pracy przeprowadzono badania kinematyki wchodzenia po schodach oraz badania stabilograficzne pacjentów z zaburzeniami neurologicznymi. Badania każdego z pacjentów przeprowadzono dwukrotnie:

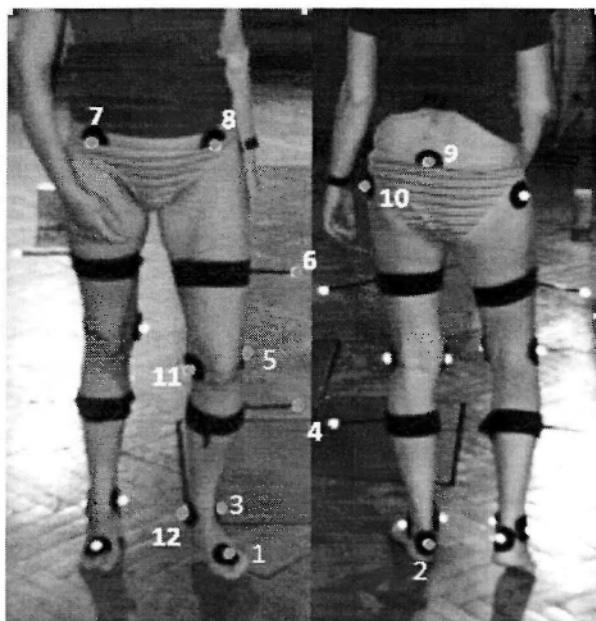
- po przyjęciu do ośrodka i przed rozpoczęciem rehabilitacji,
- po zakończeniu rehabilitacji po około sześciu tygodniach od przyjęcia.

Badania zrealizowano w Gómośląskim Centrum Rehabilitacji w Reptach i objęły grupę 8 pacjentów z zaburzeniami neurologicznymi. Dane badanych pacjentów zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Dane badanych osób

Badany	Wiek	Wzrost [m]	Waga [kg]	Schorzenie	Płeć
1.	44	1,70	60	Niedowład lewostronny	M
2.	63	178	73	Niedowład prawostronny	M
3.	64	165	75	Niedowład prawostronny	M
4.	72	164	100	Niedowład prawostronny	K
5.	69	170	90	Niedowład prawostronny	M
6.	63	165	50	Niedowład prawostronny	M
7.	52	176	73	Niedowład lewostronny	M
8.	77	165	70	Niedowład prawostronny	M

W ramach niniejszej pracy do wyznaczenia kinematyki wykorzystano system APAS. Na ciele badanych osób umieszczono dwanaście odbłaskowych markerów w charakterystycznych punktach antropometrycznych. Na rys. 2. przedstawiono rozmieszczenie markerów. Ruch badanych osób rejestrowano za pomocą czterech kamer cyfrowych podczas wchodzenia na schodek o wysokości 10 cm umieszczony za platformą. Równocześnie z przeprowadzonymi pomiarami kinematyki rejestrowano siły reakcji podłoża za pomocą platform dynamometrycznych. Dodatkowo każda z badanych osób była poddana badaniu na platformie stabilograficznej. Badanie polegało na staniu przez jedną minutę z otwartymi oczami.



- 1-palce,
- 2-pięta,
- 3-kostkazew.,
- 4-róźdzka podudzie,
- 5-kolanozew.,
- 6-róźdzka udo,
- 7-prawy kolec biodrowy,
- 8-lewy kolec biodrowy,
- 9-sacrum,
- 10-krętarz większy,
- 11-kolanozew.,
- 12-kostkawew.

Rys. 1. Rozmieszczenie markerów na ciele badanej osoby

### 2.1. Analizowane wielkości

Na podstawie uzyskanych wyników badań dokonano oceny postępów rehabilitacji w oparciu o następujące wielkości:

Z grupy wielkości czasowo-przestrzennych analizowano:

- cykl wchodzenia – czas od postawienia stopy przed schodkiem do postawienia tej samej stopy na schodku,
- czasy fazy podporu i fazy wymachu kończyny.

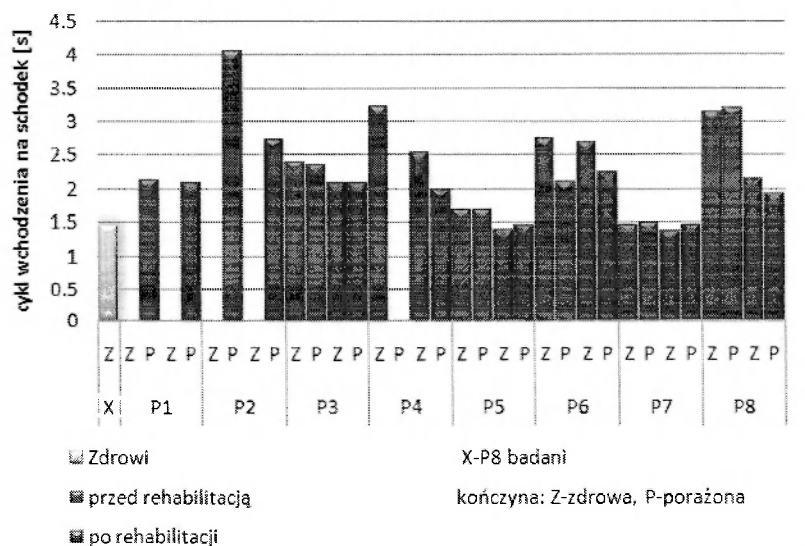
Do oceny stabilności postawy badanych pacjentów zostały wykorzystane wielkości takie jak:

- długość ścieżki statokinezyjogramu Ls – droga jaką przebywa środek nacisku stóp podczas badania,
- czas przebywania środka nacisku w polu ograniczonym przez okrąg o promieniu 13 mm lub 25 mm – oznaczone odpowiednio R13 i R25.

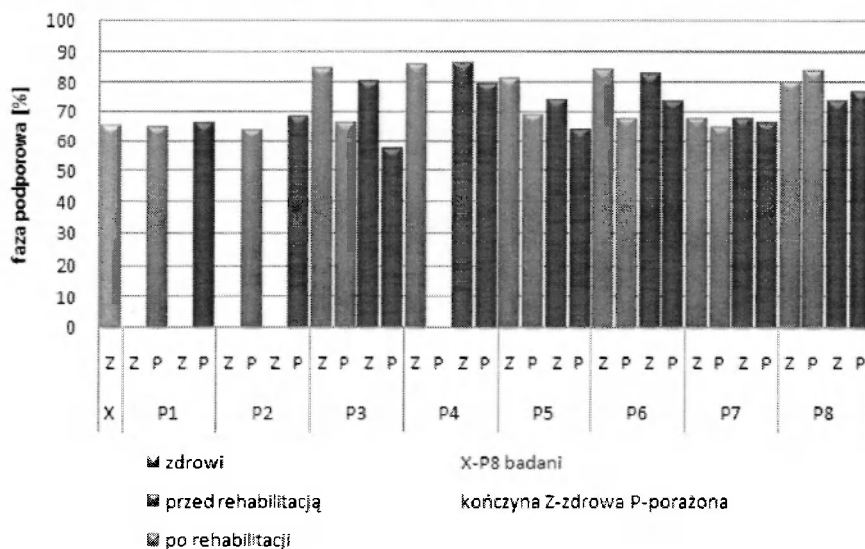
Do oceny postępów rehabilitacji wykorzystano również przebiegi sił reakcji podłoża

### 3. UZYSKANE WYNIKI BADAŃ

Na rys. 2 oraz rys. 3 przedstawiono odpowiednio wartości cyklu wchodzenia oraz procentowy udział fazy podporowej w cyklu wchodzenia wyznaczone dla badanych pacjentów, przed rozpoczęciem i po zakończeniu procesu rehabilitacji. Na wykresach jako X przedstawiono wartości średnie wyznaczonych wielkości uzyskane dla grupy kontrolnej osób zdrowych.

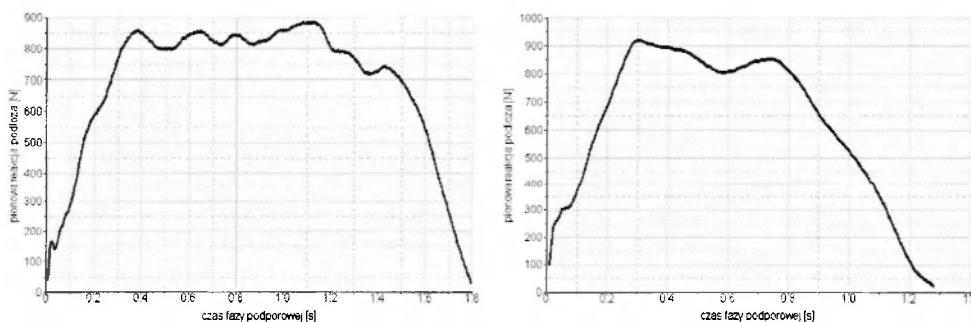


Rys. 2. Czas cyklu wchodzenia na stopień



Rys. 3. Czas fazy podporowej

Na rys. 4 przedstawiono przebiegi sił reakcji podłoża wyznaczone podczas wchodzenia na 10 cm schodek zarejestrowane dla badanych pacjentów.

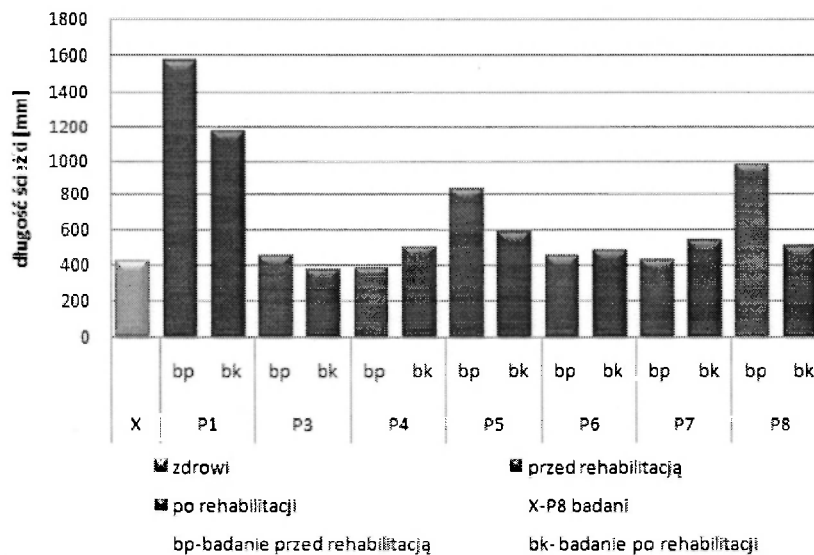


Rys. 4. Przykładowe przebiegi składowych sił reakcji podłoża zarejestrowane dla badanych pacjentów

Wartości wielkości wyznaczanych w trakcie badań stabilograficznych zestawiono w tabeli 2. Jako  $X$  przedstawiono średnią wartość uzyskaną dla grupy kontrolnej osób zdrowych. Na rys. 5 przedstawiono porównanie długości ścieżki przy badaniu z oczami otwartymi wyznaczone dla badanych pacjentów, przed i po rehabilitacji.

Tabela 2. Wyniki badań stabilograficznych

Badani	X	P1		P3		P4		P5		P6		P7		P8	
		bp	bk	bp	bk	bp	bk	bp	bk	bp	bk	bp	bk	bp	bk
$L_s$ [mm]	420	1571	1172	453	367	381	499	829	585	450	484	429	536	975	502
$R13$ [%]	100	84	89,3	100	100	100	92,8	90	100	100	99	99	99	81	99
$R25$ [%]	100	98,5	97,1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	98	100



Rys. 5. Długość ścieżki przy badaniu z otwartymi oczami

## 5. ANALIZA OTRZYMANYCH WYNIKÓW BADAŃ

Wśród przebadanych pacjentów trzy osoby w badaniu przed rozpoczęciem rehabilitacji (pacjenci P1, P2, P4) potrafiły wejść na schodek tylko jedną kończyną, zarówno w badaniu przed jak i po zakończeniu rehabilitacji

Analizując czas cyklu wchodzenia na schodek można zauważyć, że czas ten u wszystkich jest większy niż w grupie osób zdrowych. Odnosi się to do wyników uzyskanych przed jak i po zakończeniu procesu rehabilitacji. Można również zauważyć, że u większości pacjentów czas cyklu wchodzenia po zakończeniu rehabilitacji jest mniejszy, co świadczy o poprawieniu funkcji lokomocyjnych. U większości pacjentów można również zaobserwować znaczne wydłużenie fazy podporowej. W przebiegach składowej pionowej reakcji podłoża różnice pomiędzy wartościami ekstremalnymi w poszczególnych fazach są niewielkie lub ich wyznaczenie jest niemożliwe.

Analizując wykresy przedstawiające ocenę stabilności postawy stwierdzamy, że u większości pacjentów długość ścieżki jest większa od ścieżki zarejestrowanej dla osób zdrowych. Po zakończeniu rehabilitacji długość ścieżki jest krótsza niż ta, którą wyznaczono przed rozpoczęciem rehabilitacji.

## LITERATURA

- [1] Andriacchi TP, Andersson GB, Fermier RW, Stern D, Galante JO.: A study of lower-limb mechanics during stair-climbing. *J Bone Joint SurgAm* 1980; 62(5): 749-57
- [2] B Yu, MJ Stuart, T Kienbacher, E S Growney, K-N An: Valgus- varus motion of the knee in normal level walking and stair climbing, *Clinical Biomechanics* vol. 12. 286-293, 1997
- [3] Bober T.: Biomechanika chodu i biegu, *Studia i monografie AWF we Wrocławiu*, zeszyt nr 8, Wrocław 1985
- [4] Jevsevar, D.S., Riley, P.O., Hodge, W.A., Krebs, D.E.: Knee kinematics and kinetics during locomotor activities of daily living in subjects with knee arthroplasty and in healthy control subjects. *Phys. Ther.* 1993. 73 (4), 229-238.

- [5] Kubiczkowska J., Kubiczek-Jagielska M., Posturografia w ocenie sprawności układu równowagi. *Bibl. Prospera Meniere'a*, 3, 4, 5-57, 1999.
- [6] L. Chou, H. Lee; Balance control during stair negotiation *Journal of Biomechanics*, Volume 40, 207-S207
- [7] Michnik R., Jurkojć J.: Analiza parametrów kinematycznych i dynamicznych podczas chodu normalnego i patologicznego, *Zeszyty Naukowe Katedry Mechaniki Stosowanej* nr 22, Gliwice 2003,
- [8] Riener R.: Model-based development of neuroprostheses for paraplegic patients *Phil.Trans. R. Soc. Lond. B* 1999 354, 877-894
- [9] Tejszerska D., Świtoński E. i in.: *Biomechanika inżynierska. Zagadnienia wybrane.* Laboratorium, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.

## **BIOMECHANICAL ANALYSIS OF CLIMBING THE STAIRS AND STABILITY OF PATIENTS HAVING NEUROLOGICAL DISORDERS**

Summary. Biomechanical analysis of climbing the stairs and stability of patients having neurological disorders is presented in the paper. Analysis of kinematics and ground reactions was carried out for climbing the stairs. Kinematic quantities were determined by means of the APAS system. Ground reactions were measured with the use of the Kistler platform. Eight patients took part in the research. All measurements were carried out in the Silesian Center of Rehabilitation "Repty".