

## OCENA SPRAWNOŚCI FIZYCZNEJ STUDENTÓW Z WYKORZYSTANIEM MATEMATYCZNEGO MODELU KOŃCZYNY DOLNEJ CZŁOWIEKA

AGATA GUZIK ROBERT MICHNIK JACEK JURKOJC

*Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska, Gliwice*

*e-mail: Agata.Guzik@polsl.pl, Robert.Michnik@polsl.pl, Jacek.Jurkojc@polsl.pl*

KRZYSZTOF CZAPLA

*Ośrodek Sportu Politechniki Śląskiej*

*e-mail: Krzysztof.Czapla@polsl.pl*

Streszczenie. W pracy zaprezentowano wyniki pomiarów doświadczalnych, przeprowadzonych dla grupy studentów Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Podczas badań doświadczalnych mierzone były momenty sił mięśniowych prostowników i zginaczy stawu kolanowego podczas skurczu izometrycznego. Badania modelowe umożliwiły wyznaczenie wartości sił mięśniowych.

### 1. WSTĘP

Celem badań wykonywanych przez dwa ośrodki: Katedrę Mechaniki Stosowanej i Ośrodek Sportu Politechniki Śląskiej, jest określenie stopnia sprawności fizycznej studentów Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Badania te mają umożliwić obiektywne stwierdzenie, jaki wpływ mają zajęcia wychowania fizycznego na sprawność studentów (szczególnie tych, którzy oprócz obowiązkowych zajęć nie starają się sami amatorsko uprawiać jakiegokolwiek dyscypliny sportu).

### 2. BADANIA DOŚWIADCZALNE I MODELOWE

#### 2.1. Pomiary maksymalnych momentów sił mięśni kończyn dolnych w warunkach statycznych

Przeprowadzone badania polegały na pomiarze momentu sił mięśniowych prostowników i zginaczy stawu kolanowego w warunkach skurczu izometrycznego. Pomiary wykonano na stanowisku pomiarowym do ćwiczeń oporowych (rys.1) znajdującym się w Ośrodku Sportu Politechniki Śląskiej.

Podczas przeprowadzania pomiarów przyjęto następujące założenia [1, 2, 4]:

- oś obrotu stawu pokrywała się z osią obrotu głowicy pomiarowej,
- udo było unieruchomione,
- pomiar wykonywany był w płaszczyźnie strzałkowej,

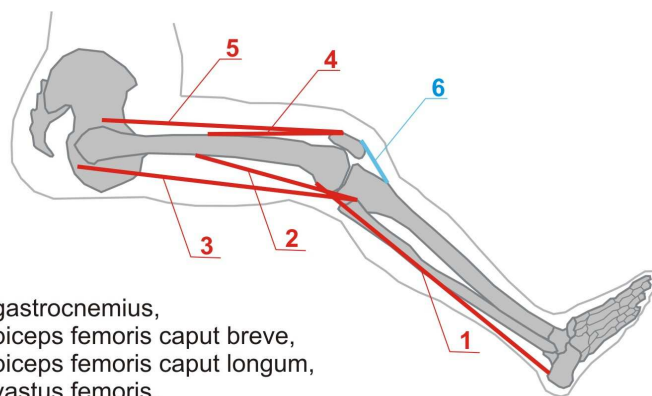
- pomiary wykonano dla kątów  $15^\circ$ ,  $30^\circ$  i  $45^\circ$  dla zginaczy stawu kolanowego oraz  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  i  $75^\circ$  dla prostowników stawu kolanowego. Dla tych kątów wartości momentów sił mięśniowych uzyskują największe wartości. Do dalszej analizy brano pod uwagę maksymalne momenty sił mięśniowych.



Rys. 1. Stanowisko pomiarowe

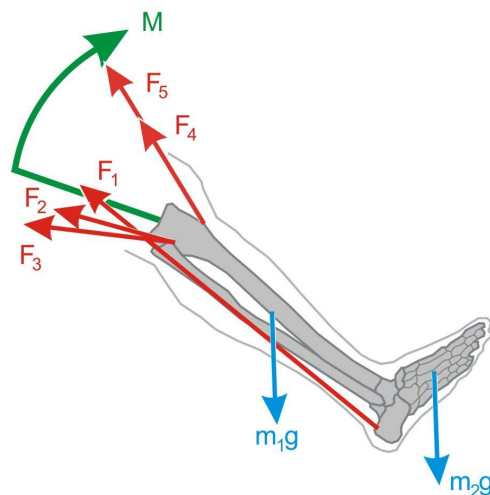
## 2.2. Model kończyny dolnej

Model kończyny dolnej składa się z dwóch brył sztywnych modelujących udo i podudzie [3]. Segmenty połączone są ze sobą za pomocą pary kinematycznej V klasy, reprezentującej staw kolanowy. W modelu uwzględniono pięć grup mięśni działających w obrębie stawu kolanowego (rys.2).



- 1 - gastrocnemius,
- 2 - biceps femoris caput breve,
- 3 - biceps femoris caput longum,
- 4 - vastus femoris,
- 5 - rectus femoris,
- 6 - ligamentum patellae

Rys. 2. Model fizyczny kończyny dolnej z uwzględnionymi mięśniami



Rys. 3. Rozkład sił działających na podudzie

Założono, że siły generowane przez mięśnie oddziałują na odpowiednie człony siłą o zmiennej wartości i kierunku, który wynika z aktualnego położenia ich punktów zaczepu, zgodnie z modelem Hilla. Założono, że siły mięśniowe zginaczy stawu kolanowego działają wzdłuż prostych linii łączących przyczepy końcowe i początkowe mięśni, podczas gdy siły mięśniowe prostowników działają na rzepkę, natomiast siła o kierunku działania równoległym do więzadła rzepkowego - na podudzie (rys. 3).

Zagadnienie identyfikacji sił poszczególnych mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego zostało rozwiązane przy wykorzystaniu metod optymalizacyjnych. Funkcja celu została sformułowana następująco:

$$\min \sum_{i=1}^n F_i^2 \quad (1)$$

gdzie.:  $F_i$  – wartości sił mięśniowych.

Zadanie optymalizacyjne zostało rozwiązane przy wykorzystaniu dodatkowych równań wynikających z funkcjonowania układu mięśniowego oraz fizjologii mięśni:

$$M = \sum_{i=1}^n r_i F_i \quad (2)$$

$$0 < u_i < 1 \quad (3)$$

gdzie:  $M$  – wypadkowy moment sił mięśniowych działających na staw kolanowy wyznaczony na stanowisku pomiarowym,  $r_i$  – ramiona sił mięśniowych,  $u_i$  - pobudzenie sił mięśniowych. Podczas obliczeń wykorzystano model typu Hilla. Założono, że siła mięśniowa składa się z elementu pasywnego i aktywnego [1, 2].

$$F = uF_A + F_B \quad (4)$$

gdzie:  $F_A$  – składowa aktywna siły mięśniowej,  $F_B$  – składowa pasywna siły mięśniowej.

Składowa pasywna zależy od długości mięśnia, natomiast składowa aktywna od przekroju fizjologicznego mięśnia, długości mięśnia i jego pobudzenia.

### 3. WYNIKI BADAŃ DOŚWIADCZALNYCH I MODELOWYCH

Badania doświadczalne przeprowadzono na grupie 216 studentów Politechniki Śląskiej (70 kobiet i 146 mężczyzn), którzy uczestniczyli w obowiązkowych zajęciach z wychowania fizycznego i nie uprawiali wyczynowo sportu.

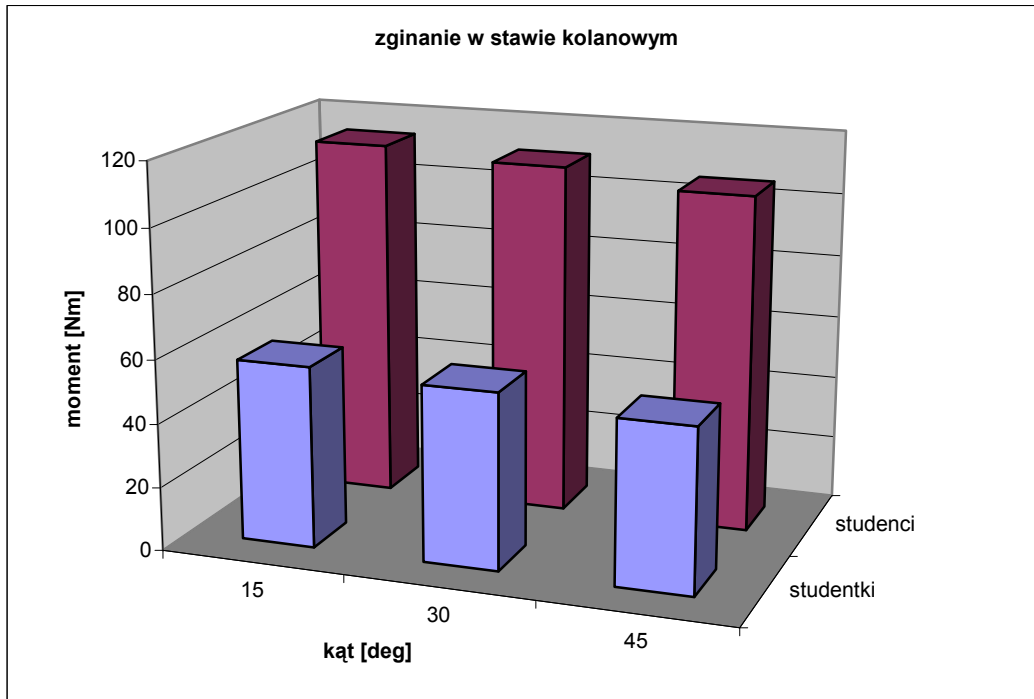
Tabela.1. Dane badanych osób

	Liczba badanych	Wiek [lata]	Wysokość ciała [cm]	Masa [kg]	BMI
Studentki	70	20	167,06±6,48	58,47±9,14	20,89±2,55
Studenci	146	20	180,36±5,97	75,12±10,08	23,10±2,98

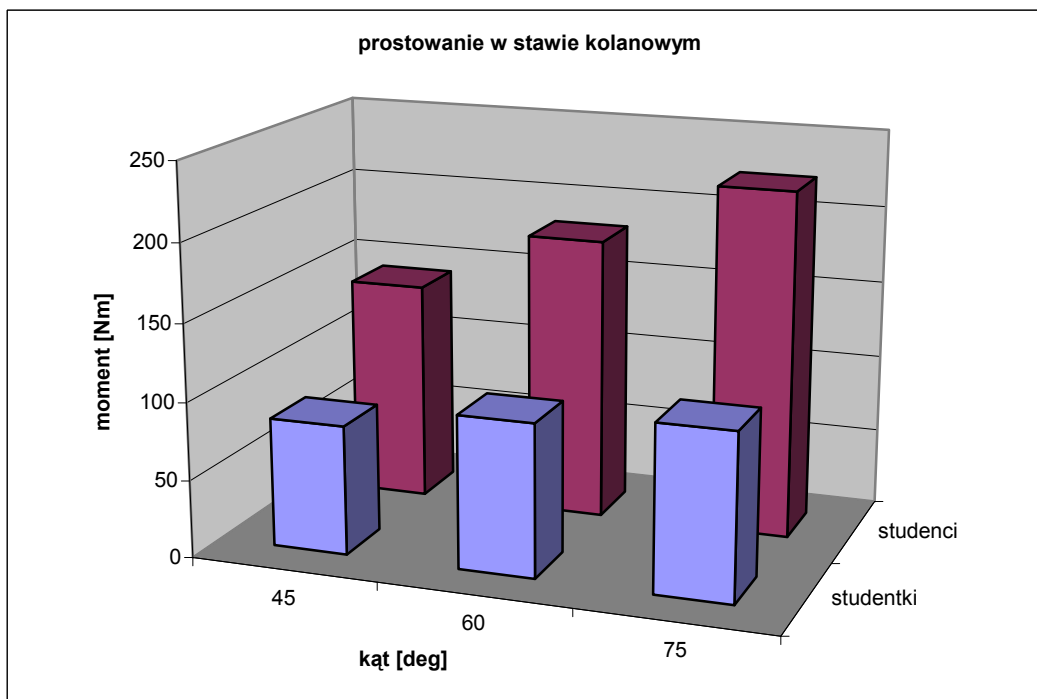
Badane osoby podzielono na dwie grupy ze względu na płeć: studenci i studentki. Dla każdej grupy wyznaczono wartości średnie maksymalnych momentów sił mięśniowych działających w obrębie stawu kolanowego podczas skurczu izometrycznego, a także wartości sił mięśniowych zginaczy i prostowników stawu kolanowego, które zostały wyznaczone w procesie identyfikacji. Następnie dokonano analizy porównawczej z uwzględnieniem podziału na płeć.

Wyniki badań doświadczalnych i modelowych przedstawiono na wykresach kolumnowych (rys. 4, rys. 5).

### 3.1. Wartości średnie maksymalnych momentów sił mięśni zginaczy i prostowników stawu kolanowego



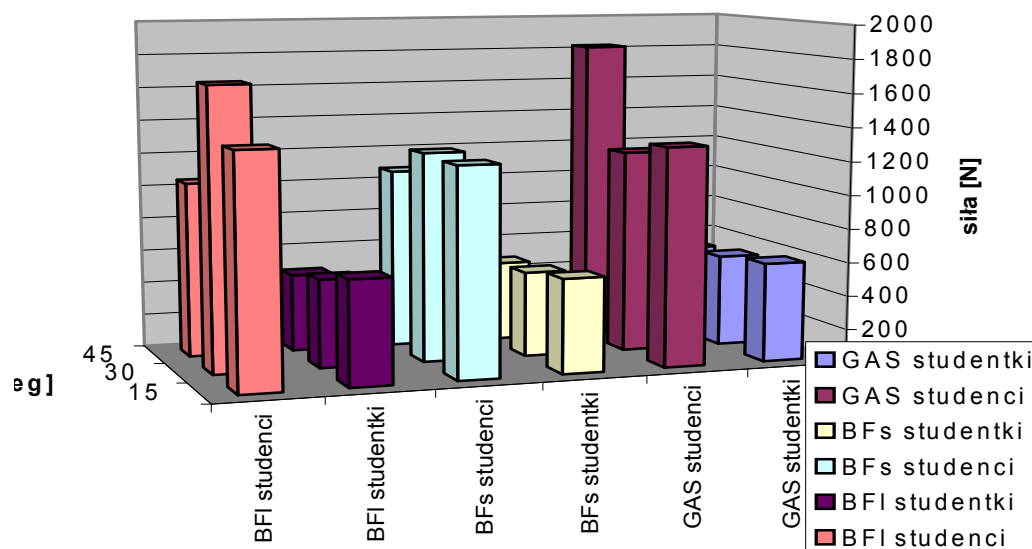
Rys. 4. Uśrednione wartości maksymalnych momentów sił mięśniowych zginaczy stawu kolanowego



Rys. 5. Uśrednione wartości maksymalnych momentów sił mięśniowych prostowników stawu kolanowego

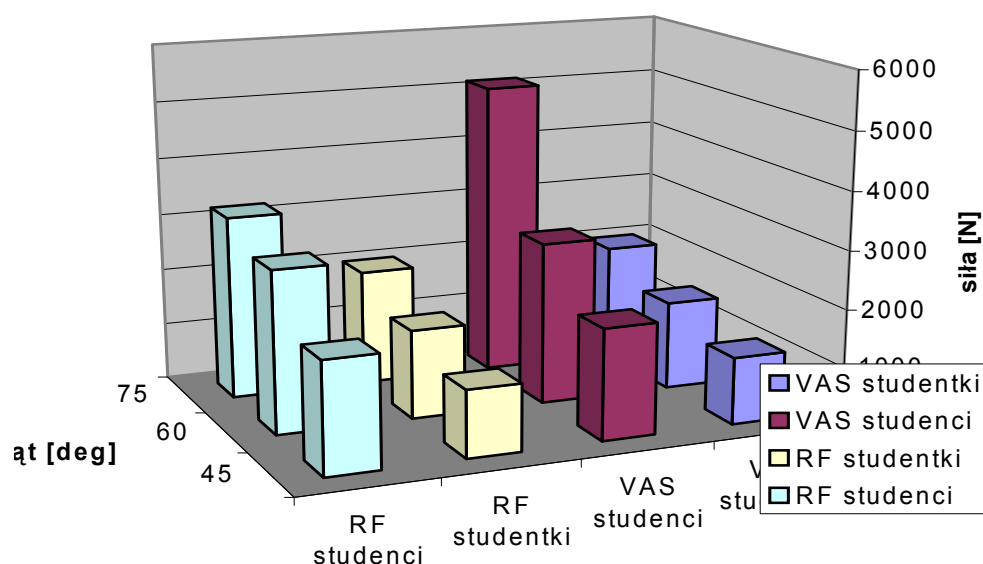
### 3.2. Wartości sił mięśniowych zginaczy i prostowników stawu kolanowego

#### wartości sił mięśniowych zginaczy stawu kolanowego



Rys. 6. Wartości sił mięśniowych zginaczy stawu kolanowego (GAS –gastrocnemius, BFs – Biceps Femoris caput breve, BFl - Biceps Femoris caput longum)

#### wartości sił mięśniowych prostowników stawu kolanowego



Rys. 7. Wartości sił mięśniowych prostowników stawu kolanowego (VAS – Vastus Femoris, RF – Rectus Femoris)

#### 4. PODSUMOWANIE

Przedstawione badania doświadczalne i modelowe stanowią jeden z elementów projektu mającego na celu określenie sprawności fizycznej studentów Politechniki Śląskiej.

W kolejnych etapach badań otrzymane w pracy wyniki pomiarów oraz obliczeń numerycznych zostaną porównane z wynikami testów sprawnościowych. Pozwoli to na ocenę cech motorycznych studentów Politechniki Śląskiej.

Badania prowadzone z wykorzystaniem przedstawionej metodologii pozwolą na obiektywną analizę porównawczą zmian sprawności fizycznej studentów.

**Praca finansowana ze środków na naukę w latach 2006-2009 jako projekt badawczy N501 034 31/2494**

#### LITERATURA

1. Bober T., Zawadzki J.: Biomechanika układu ruchu człowieka. Wrocław : Wyd. BK, 2001.
2. Doński D.: Biomechanika ćwiczeń fizycznych. Wydawnictwo Sport i Turystyka, 1963.
3. Jurkojc J., Michnik R., Guzik A., Czapla K.: The use of mathematical modeling into estimation of motoric characteristics. W: Eccomas Conference "Multibody Dynamics 2007." Conference Information Booklet & Book of Abstracts. Milano 2007.
4. Wit A.: Biomechaniczna ocena układu ruchu sportowca. Warszawa 1992.

### **ASSESSMENT OF STUDENTS PHYSICAL FITNESS USING MATHEMATICAL MODEL OF HUMAN LOWER LIMB**

Summary. The paper presents results of experimental measurements and mathematical calculations, which were carried out for students of Silesian University of Technology in Gliwice. During experimental research moments of flexor and extensor muscle forces were measured. Modeling investigations enabled determination of values of muscle forces.