

PAWEŁ CIĘSZCZYK  
RAFAŁ BURYTA  
MAREK KOLBOWICZ

**TRENING SPORTOWY A DYSPROPORCJE FUNKCJONALNE  
MIĘŚNI ZGINACZY I PROSTOWNIKÓW KOLANA**

*Słowa kluczowe:* zginacze i prostowniki kolana, siła mięśniowa, test izokinetyczny  
*Key words:* knee flexion and extension, muscular strength, isokinetic dynamometry

**1. Wstęp**

Współczesne realia sportu, szczególnie sportu wyczynowego, zmuszają do podejmowania w pełni profesjonalnych treningów w coraz to młodszym wieku. Choć powiedzenie „sport to zdrowie” w przypadku sportu wysoko kwalifikowanego od dawna jest uważane za pusty slogan, wpływ intensywnych i częstych treningów na organizm młodych sportowców nie jest ostatecznie scharakteryzowany.

Jednym z zagadnień, które wymagają głębszego zbadania, jest wpływ zwiększonej aktywności fizycznej na układ kostno-mięśniowy. Duże dawki pracy mięśniowej, częstokroć wybiórczo ukierunkowanej na niektóre tylko przejawy ruchu, mogą prowadzić między innymi do dysproporcji sił poszczególnych partii mięśniowych (Siqueira i wsp. 2002). O następstwach takiego stanu rzeczy można wnioskować zarówno na podstawie postawy ciała, jak

i poszczególnych parametrów wykonywanej pracy. Dowiedziono, iż brak równowagi sił pomiędzy poszczególnymi partiami mięśniowymi jest między innymi przyczyną częstych kontuzji oraz wpływa negatywnie na poziom osiągnięć sportowych (Grace 1985).

Powszechnie stosowanym narzędziem do oceny funkcji aparatu mięśniowego jest dynamometr izokinetyczny. Pomiarów dokonuje się na podstawie dawkowania oporu w stosunku do wykonywanego ruchu. Urządzenie pozwala na różnicowanie oporu, tak by prędkość wykonywania ruchu była stała w całym jego zakresie (Kannus 1990).

Celem pracy było określenie wpływu długotrwałego treningu sportowego na wybrane parametry funkcjonalne kończyny dolnej, poprzez ocenę funkcji mięśni prostowników i zginaczy kolana zawodniczek uprawiających koszykówkę.

## 2. Metody badań

Badaniom poddano grupę zawodniczek pierwszej ligi piłki koszykowej na Litwie ( $n = 9$ ) oraz studentek ( $n = 10$ ) nietreningujących żadnej dyscypliny sportowej (grupa kontrolna). Kryteriami doboru były: poziom mistrzostwa sportowego, płeć, dominująca kończyna (u wszystkich objętych badaniem prawa) oraz brak kontuzji lub chorób układu mięśniowego (tabela 1).

Tabela 1

Charakterystyka materiału badawczego

	Koszykarki			Grupa kontrolna		
	wiek	waga	wzrost	wiek	waga	wzrost
Średnia	19,4	67,8	173	20,5	58	169,4
Odchylenie standardowe	0,4	5,0	4	1,2	4,6	3,5
Maksimum	20,1	74	178	23,4	6,4	174
Minimum	19,1	62	168	20,5	5,4	165
Liczebność	9			10		

Wszystkie objęte badaniami zawodniczki były poddawane dwugodzinnym treningom przez 6 dni w tygodniu. Średni okres aktywnego uprawiania sportu w tej grupie wynosił 12 lat.

Badania prowadzono z wykorzystaniem dynamometru izokinetycznego BIODEX. Bezpośrednio przed przystąpieniem do badań wszystkie uczestniczki wykonywały ujednoliconą rozgrzewkę trwającą 10 min. Po umiejscowieniu w pozycji siedzącej (staw biodrowy 90°) każda z osób wykonała 3 powtórzenia (prostowanie – zginanie) w celu adaptacji do wykonywanego ćwiczenia. Podczas ostatniego powtórzenia ustalano zakres ruchów w stawie.

Badanie polegało na trzykrotnym wykonaniu pełnego zakresu ruchu w stawie kolanowym przy prędkości 30, 180, 300 i 500°/s (skorygowanej o siłę grawitacji). Pomiedzy poszczególnymi badaniami zastosowano 1 min przerwy. Skonstruowanie protokołu badawczego na podstawie czterech prędkości, zdaniem autorów, umożliwiła przeprowadzenie dodatkowych analiz. Podobną metodologię zastosował wcześniej chociażby np. Chevalier (2000).

Podczas badań rejestrowano następujące parametry: maksymalny moment obrotowy [N/m], całkowitą pracę [J] i średnią moc [W]. Wszystkie pomiary, według zaleceń producenta, skorygowano na masę ciała i wyrażono w procentach. Dodatkowym czynnikiem poddanym analizie były relacje pomiędzy prostownikami i zginaczami.

W celu dokonania analizy badanych zmiennych obliczono podstawowe miary statystyczne, tj. średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe, wartości maksymalne i minimalne oraz test t Studenta. Miary te opisane zostały np. w podręczniku statystyki Stanisza (2001).

### 3. Wyniki badań

Pierwsza część prowadzonych badań dotyczyła podstawowych parametrów charakteryzujących ruch (tabela 2). Wartości skorygowano i wyrażono na masę ciała.

Kolejnym krokiem podjętej analizy było zbadanie różnic pomiędzy poszczególnymi grupami ze względu na ich istotność statystyczną (tabela 3).

Tabela 2

Otrzymane w przypadku różnych prędkości  
rezultaty średniej maksymalnego momentu obrotowego,  
wykonanej pracy i średniej mocy skorygowane na masę ciała

	KOSZYKARKI				GRUPA KONTROLNA			
	30°/s	180°/s	300°/s	500°/s	30°/s	180°/s	300°/s	500°/s
ZGINACZE								
Max. moment obrotowy (% BW)	158,58	97,54	91,40	55,50	155,99	109,8	128,52	54,92
Całkowita praca (% BW)	194,36	138,29	102,10	57,87	173,67	143,78	121,63	63,15
Średnia moc (% BW)	–	214,75	262,45	246,33	–	217,86	285,12	266,73
PROSTOWNIKI								
Max. moment obrotowy (% BW)	303,88	169,18	130,22	77,94	289,79	170,98	138,22	79,08
Całkowita praca (% BW)	350,58	224,18	156,60	78,16	356,97	232,13	164,74	83,62
Średnia moc (% BW)	–	351,68	397,6	322,74	–	355,98	411,80	341,20
ZGINANACZE/PROSTOWANIKI								
Max. moment obrotowy (% BW)	52,19	57,65	70,19	71,21	53,83	64,22	92,98	69,45
Całkowita praca (% BW)	55,44	61,69	65,20	74,04	48,65	61,94	73,83	75,52

Tabela 3

Istotność statystyczna różnic rezultatów uzyskanych przez grupę badawczą  
i grupę kontrolną (w tabeli przedstawiono wartości parametrów „p” i „t” testu t-Studenta)

	30°/s		180°/s		300°/s		500°/s	
	p	t	p	t	p	t	p	t
ZGINACZE								
Max. moment obrotowy (% BW)	0,85	0,19	0,40	–0,88	0,20	–1,38	0,24	–1,26
Całkowita praca (% BW)	0,37	–0,94	0,41	–0,86	0,18	–1,43	0,22	–1,32
Średnia moc (% BW)	–	–	0,48	0,73	0,064	2,14	0,21	1,34
PROSTOWNIKI								
Max. moment obrotowy (% BW)	0,52	0,61	0,93	–0,08	0,82	–0,23	0,71	0,37
Całkowita praca (% BW)	0,87	0,16	0,78	–0,27	0,73	–0,34	0,75	–0,32
Średnia moc (% BW)	–	–	0,93	–0,089	0,82	–0,22	0,78	–0,27
ZGINANACZE/PROSTOWANIKI								
Max. moment obrotowy (% BW)	0,83	–0,21	0,15	–1,55	0,97	–0,036	0,10	–1,81
Całkowita praca (% BW)	0,81	–0,23	0,2	–1,39	0,045	–2,37	0,62	–2,16

\* istotna statystycznie dla  $p < 0,05$ .

Porównanie poszczególnych wyników uzyskanych przez obie grupy praktyczne nie wykazało istotnych statystycznie różnic. Jedynie w przypadku ilorazu pracy wykonanej przez zginacze i prostowniki przy prędkości 300°/s odnotowano różnicę statystycznie istotną. Warto jednak zwrócić uwagę na dość wyraźne prawidłowości w kształtowaniu się poszczególnych parametrów w danych grupach.

Analiza uzyskanych rezultatów wykazała, iż grupa koszykarek miała wyższe wartości max. momentu obrotowego i pracy całkowitej w przypadku zginaczy przy prędkościach 30°/s i 500°/s. W przypadku prostowników wartości uzyskane przez koszykarki były wyższe tylko dla max. momentu obrotowego przy prędkości 30°/s. Fakt ten znalazł swoje odzwierciedlenie w wyliczonym ilorazie zginacze/prostowniki.

Odmienne proporcje można było zaobserwować w przypadku charakterystyk ruchów przy prędkościach 180°/s i 300°/s. Wszystkie wartości max. momentu obrotowego i całkowitej pracy uzyskane przez grupę kontrolną były wyższe od tych, które charakteryzowały grupę koszykarek. Tę samą prawidłowość można zaobserwować w przypadku średniej osiągniętej mocy.

Ostatnim poddanym analizie czynnikiem był iloraz momentu obrotowego i wykonanej pracy zginaczy/prostowników. W przypadku trzech pierwszych prędkości wyższe współczynniki uzyskiwała grupa kontrolna, co świadczy o większej równowadze pomiędzy badanymi antagonistami – prostownikami i zginaczami kolana.

#### **4. Dyskusja**

Antagonistyczne grupy mięśniowe odpowiedzialne za prostowanie i zginanie kolana były przedmiotem wielu badań. Powodem takiego stanu rzeczy jest między innymi wpływ tych partii mięśniowych na poziom wyczynu sportowego czy urazowość (Baratta i wsp. 1988).

Analogiczne problemy badawcze na ogół rozwiązywano stosując dwie różne prędkości (Siqueira i wsp. 2002). Rozwiązanie to umożliwia dokładne pomiary siły (w przypadku prędkości mniejszych) oraz mocy (w przypadku prędkości większych). Specyfika i zakres podjętych badań (przedstawiane

w niniejszej pracy analizy opierają się jedynie na części zebranych danych) były powodem zastosowania protokołu badawczego opartego o badania prowadzone dla kilku różnych prędkości (podobnie jak badania Chevaliera w 2002 r.).

Za względu na tematykę niniejszej pracy warto przytoczyć np. opracowanie M. Siqueiry i wsp. (2002), w którym analizie poddano antagonistyczne grupy mięśniowe odpowiedzialne za prostowanie i zginanie kolana u biegaczy i skoczków wzwyż. Chociaż głównym problemem badawczym były tutaj dysproporcje pomiędzy kończyną dominującą i niedominującą, można znaleźć wiele bezpośrednich odniesień do wyników badań prezentowanych powyżej. Godną cytowania wydaje się również praca D. Pincivero (2003) poświęcona porównaniu parametrów osiągniętych przez kobiety i mężczyzn. Badania te wykazały między innymi, iż parametry mężczyzn, we wszystkich przypadkach wyższe w porównaniu z kobietami, z reguły są ujemnie skorelowane ze stabilnością kończyn, a także, iż osiągnięta moc nie zawsze zależy od osiągniętej siły.

Wnioski te zdają się też potwierdzać badania własne, przy czym zastanawiający jest fakt uzyskiwania w niektórych przypadkach przez osoby z grupy kontrolnej (teoretycznie słabszej) wartości wyższych od osiągniętych przez podane badaniom koszykarki.

We wszystkich przypadkach otrzymane w toku badań własnych rezultaty, podobnie jak w przytoczonych powyżej pracach, wskazywały na wyższe parametry charakteryzujące prostowniki niż zginacze. Prawidłowość tę potwierdzają także inni autorzy zajmujący się tą tematyką. Istotniejszym parametrem wydają się jednak proporcje pomiędzy antagonistycznymi grupami mięśniowymi. Potwierdzono, iż odpowiednio zachowane proporcje mają ogromny wpływ na poziom sportowy, np. u skoczków wzwyż (Siqueira i wsp. 2002). Niemniej trzeba zaznaczyć, że istnieją badania prowadzące do odmiennych wniosków (Rosene i wsp. 2001).

Z drugiej strony wzajemne korelacje tych grup mięśniowych determinują podatność na kontuzje (Grace 1985). Pośrednio mogą o tym świadczyć „stabilniejsze” wartości omawianego współczynnika u biegaczy w porównaniu ze skoczkami wzwyż i grupą kontrolną. Nadmienić należy, iż interpretacja tego współczynnika, pomimo szeregu badań, wciąż budzi wiele kontrowersji. Największy problem stwarza określenie progowej ze względu na urazowość warto-

ści. Parametry zdaniem jednych badaczy mieszczące się w normach, w opinii innych mogą świadczyć o patologii.

Uzyskane w toku badań rezultaty wskazywały na większą stabilność kończyn osób z grupy badawczej w stosunku do grupy kontrolnej. Fakt ten wydaje się po części wynikać ze zwiększonego treningu sportowego (sprawniejszy i silniejszy aparat mięśniowy). Jednocześnie nie bez znaczenia są wrodzone (uwarunkowane genetycznie) predyspozycje poszczególnych zawodniczek do danego sposobu reagowania aparatu kostno-szkieletowego na zwiększoną intensywność wysiłku oraz poszczególne formy aktywności fizycznej. Ostateczna i jednoznaczna interpretacja otrzymanych rezultatów, chociażby w świetle przedstawionych wyżej kontrowersji, nie wydaje się tu możliwa. Dodatkowym problemem jest specyfika badanej grupy i związany z tym brak odniesień w dostępnej literaturze.

## 5. Wnioski

1. Badania nie wykazały istotnych statystycznie różnic pomiędzy grupą badawczą i kontrolną w osiągniętych parametrach charakteryzujących ruch. Uzyskane rezultaty pozwalają postawić tezę, że długotrwały trening sportowy w przypadku koszykówki nie powoduje groźnych ze względu na kontuzjogenność dysproporcji mięśni zginaczy i prostowników kolana.
2. Proporcje poszczególnych partii mięśniowych wskazują na większą „stabilność” kończyn w grupie badawczej. Tak więc trening sportowy w przypadku koszykówki nie tylko nie powoduje dysproporcji funkcjonalnych mięśni prostowników i zginaczy kolana, ale wręcz stabilizuje staw kolanowy poprzez wzmocnienie odpowiedzialnych za jego pracę mięśni. Koszykówka wydaje się być dyscypliną sportową, która wywołuje o wiele bardziej pożądane efekty prozdrowotne niż skok wzwyż.

**Bibliografia**

- Baratta R i wsp., 1988: *The role of antagonistic musculature in maintaining knee stability*. „The American Journal of Sport Medicine”, vol. 16.
- Grace T., 1985: *Muscle imbalance and extremity injury. A perplexing relationship*. „Sports Medicin”, vol. 2.
- Kannus P., 1990: *Isokinetic evaluation of muscular performance: Implications for muscle testing and rehabilitation*. „International Journal of Sport Medicine”, vol. 15.
- Le Chevalier J. i wsp., 2000: *Critical power of knee extension exercises does not depend upon maximal strength*. „European Journal of Applied Physiology”, vol. 81.
- Pincivero D., 2003: *Gender-specific knee extensor torque, flexor torque and muscle fatigue response during maximal effort contractions*. „European Journal of Applied Physiology”, vol. 89.
- Rosene M. i wsp., 2001: *Isokinetic hamstrings: Quadriceps ratios in intercollegiate athletes*. „Journal of Athletic Training”, vol. 36.
- Siqueira C. i wsp., 2002: *Isokinetic dynamometry of knee flexors and extensors: Comparative study among non-athletes, jumpers athletes and runner athletes*. „Revista do Hospital das Clinicas, Sao Paulo”, vol. 57.
- Stanisz A., 2001: *Przystępny kurs statystyki w oparciu o program STATISTICA PL na przykładach z medycyny*. StatSoft, Kraków.

**SPORT TRAINING VERSUS FUNCTION DISPROPORTION  
OF KNEE FLEXION AND EXTENSION****Summary**

The aim of presented researches was to evaluate functioning of knee flexors and extensors among female basketball players with the use of isokinetic test. The research group consisted of 9 female basketball players – members of the top first league basketball teams in Lithuania. The control group consisted of 10 volunteers. The criteria for inclusion was the level of sports achievements, female gender, dominant limb (in all cases right leg) and absence of injury or muscular system diseases. Conducted test was



---

based on three repetitions of full range movement of knee joint at the speed of 30, 180, 300 and 500°/s (corrected after considering gravitation). Between particular parts of the test there was 1 minute break. During the test the following parameters had been recorded: peak torque (measured in newton/meters – N/m), total work (measured in joules – J) and average power (measured in watts – W). According to producer's instructions, all measurements were corrected for the body weight and provided in per cent. Additional factor subjected to analysis was the relationship between flexors and extensors.

Obtained results had shown better stability of lower limb (manifested in proportions of antagonistic muscles groups) among the research group. This state might be the result of intensive physical activity but also natural predisposition and characteristic of muscular system. However, there is something puzzling that requires further researches: in some parts of the test the control group (theoretically weaker) obtained better results than the research group. It may arise due to not fully explained specificity of sports discipline practiced by the research group.

*Translated by Paweł Ciężczyk*