

IZOKINETYCZNA OCENA SIŁY MIĘŚNI PROSTOWNIKÓW I ZGINACZY STAWU KOLANOWEGO U ZAWODNICZEK GRAJĄCYCH PROFESJONALNIE W KOSZYKÓWKĘ

EVALUATION ISOKINETICS MUSCLE STRENGTH OF EXTENSOR AND FLEXORS OF THE KNEE FEMALE PROFESSIONAL BASKETBALL PLAYERS

Wojciech Fibiger

Centrum Ortopedyczno-Rehabilitacyjne ARTROMED, Kraków

Streszczenie

Wstęp: Celem badania była ocena w warunkach izokinetycznych siły dynamicznej mięśni prostowników i zginaczy stawów kolanowych u zawodniczek grających zawodowo w koszykówkę i w przypadku stwierdzenia deficytu w sile mięśni, odbudowa siły za pomocą ćwiczeń izokinetycznych oraz weryfikacja skuteczności tych ćwiczeń za pomocą kontrolnego badania.

Metodyka: Badanie siły mięśni stawów kolanowych w warunkach izokinetycznych przeprowadzono na prędkościach 60°/s, 120°/s i 300°/s za pomocą urządzenia EASYTECH GENU 3. Ocenie podano następujące parametry: szczytowy moment siły, szczytowy moment siły w stosunku do wagi, kąt przy którym została uzyskana wartość szczytowa momentu siły, procentowy stosunek zginaczy do prostowników.

Wyniki: U 8 koszykarek stwierdzono badane parametry siły mięśni stawów kolanowych w normie, a jedynie u jednej zaobserwowano obniżenie siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego wymagający wyrównania. Wdrożono program 15 ćwiczeń izokinetycznych, uzyskując normalizację takich parametrów jak szczytowy moment siły, szczytowy moment siły w stosunku do wagi oraz częściową poprawę procentowego stosunku zginaczy do prostowników i kąta, przy którym została uzyskana wartość szczytowa momentu siły.

Wnioski: Ocena izokinetyczna siły mięśniowej jest niezastąpionym źródłem informacji dla trenerów i lekarzy medycyny sportowej o stanie przygotowania ich zawodników, pozwala obiektywnie stwierdzić obniżenie siły mięśni, ukierunkować prowadzenie treningu i skontrolować skuteczność prowadzonych ćwiczeń.

Słowa kluczowe: siła mięśni, staw kolanowy, test izokinetyczny, ćwiczenia izokinetyczne, kolano

Abstract

Background: The aim of the research was to evaluation isokinetics muscle strength of extensor and flexors of the knee female professional basketball players. If we found deficits in knee muscle strength, it was normalized by isokinetic exercises.

Methods: Examination of knee muscle strength in isokinetic conditions was performed using an isokinetic machine EASYTECH GENU 3 at angular velocities 60/s, 120/s, 300/s. Evaluation includes the following parameters: peak torque, peak torque to weight, angle of peak torque, ratio of flexors to extensors.

Results: The isokinetic tests indicated good results on 8 female basketball players. Only on one deficits in both knee flexor and extensor muscle strength were observed and needed normalizing. Based on test analysis, 15 sessions of isokinetic exercises were conducted according to established program. After all trainings, which were performed every other day, the control test of both knee muscle strength was conducted. It was found that peak torque and peak torque to weight were normalized. Only partial improvement was recorded in flexor to extensor ratio and angle@pktrq.

Conclusions: Isokinetic evaluation of knee flexors and extensors is very useful tool for coaches and gives directions to create proper training and it is objective factor of training effectiveness. Adequate application of isokinetic exercises leads to equalization of present deficits.

Key words: muscle strength, knee, isokinetic test, isokinetic exercises, knee

Wstęp

Siła mięśniowa jest to zdolność do pokonywania oporów zewnętrznych lub przeciwstawiania się im kosztem wysiłku fizycznego. Zależy ona od czynników osobniczych (wiek, płeć, budowa ciała, uwarunkowania genetyczne), fizjologicznych (budowa morfologiczna

mięśnia, przekrój), biomechanicznych (kąt zgięcia w stawie, długość brzośca mięśnia) oraz dodatkowych czynników (rytm dobowy, odżywianie, motywacja) [1,2]. Odpowiednia siła mięśniowa warunkuje prawidłowe funkcjonowanie narządu ruchu i jest szczególnie ważna dla sportowców, którzy na co dzień są poddawani

bardzo dużemu wysiłkowi fizycznemu. Istotna jest tu zarówno maksymalna siła jak i wytrzymałość.

Badanie siły mięśni może odbywać się w warunkach statycznych-izometrycznie jak i dynamicznych jako ocena izotoniczna i izokinetyczna. Ta ostatnia forma badania, jak i treningu siły mięśniowej jest obecnie najpopularniejsza [3-5]. Sama koncepcja izokinetyki powstała pod koniec lat 60-tych i w przeciwieństwie do tradycyjnych ćwiczeń charakteryzuje się: stałą prędkością oraz zmiennym oporem [6]. Badanie siły mięśni w warunkach izokinetycznych oraz ćwiczenia izokinetyczne wykonywane są na specjalnie skonstruowanych urządzeniach (Easytech Genu3, Biodex, Cybex) z ustaloną prędkością i zmiennym oporem, który całkowicie dostosowuje się do indywidualnej wydajności (siły) ćwiczącego w całym zakresie ruchu [7,8]. To umożliwia pacjentowi wykonanie większej pracy niż jest to możliwe podczas ćwiczeń izotonicznych ze stałym, jak i zmiennym oporem [5,9-11].

Podczas badania siły mięśni w warunkach izokinetycznych, m.in. oceniamy szczytowy moment siły (Peak torque); szczytowy moment siły w stosunku do wagi (PkTrq/Weight) wyrażony w procentach; kąt, przy którym została uzyskana wartość szczytowa momentu siły (Angle@PkTrq) pozwalający odczytać, w jakim ustawieniu stawu jest generowana największa siła mięśnia; procentowy stosunek agonistów do antagonistów (Flx/Ext Ratio%), np. procentowy stosunek siły zginaczy do prostowników oraz wytrzymałość (Endurance). Uzyskane parametry porównywane są pomiędzy prawą i lewą kończyną oraz do istniejących norm [10,11].

Dysproporcje w pracy poszczególnych grup mięśniowych mogą zwiększać ryzyko kontuzji. Także spadek wytrzymałości oraz siły uniemożliwia rozpoczęcie treningów po urazie czy też po przerwie treningowej. Dlatego po analizie wyników i stwierdzeniu deficytów siły mięśni ustala się odpowiedni trening czy to dla sportowca czy dla osoby po urazie dobierając odpowiednio ćwiczenia izokinetyczne lub opracowując indywidualny program ćwiczeń na sali gimnastycznej.

Badanie w warunkach izokinetycznych siły mięśni np. stawu kolanowego prawidłowo wykonane jest obiektywne, powtarzalne i co najważniejsze jest bezpieczną metodą pozwalającą na kontrolę kliniczną i rzetelnie wskazuje, gdzie w zakresie ruchu występuje deficyt [5,10,11].

Metodyka

W Centrum Ortopedyczno-Rehabilitacyjnym ARTROMED w Krakowie u 9 koszykarek w wieku pomiędzy 18 a 34 rokiem życia (średni wiek 23,13 lat $\pm 5,14$) grających zawodowo w koszykówkę w czołowej drużynie polskiej ligi przeprowadzono badanie siły

mięśni stawu kolanowego w warunkach izokinetycznych za pomocą urządzenia EASYTECH GENU 3. Badanie wykonano przed sezonem 2007/2008 i było dwuetapowe. W 1 etapie oceniono siłę mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego i w przypadku stwierdzenia deficytu w sile badanych grup mięśni wprowadzono ćwiczenia izokinetyczne, których celem było odbudowanie siły mięśni. W 2 etapie oceniono skuteczność ćwiczeń za pomocą kontrolnego izokinetycznego testu siły mięśni.

Badanie siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego przeprowadzono zgodnie poniższym protokołem. Każda z Zawodniczek została pouczona, co do przebiegu testu, zebrano wszelkie niezbędne dane (imię i nazwisko, wiek, wagę, wysokość, dominującą stronę ciała). Przed testem wykonano 10-minutową rozgrzewkę z obciążeniem 100W na rowerze stacjonarnym. Samo badanie siły mięśni prostowników i zginaczy stawu kolanowego wykonano na trzech różnych prędkościach (60°/s, 120°/s, 300°/s) celem dokładniejszej analizy siły badanych mięśni. Test rozpoczęto od strony niedominującej. Przed każdym badaniem siły mięśni na danej prędkości przeprowadzono 1 serię próbną dla danej prędkości składającą się z 5 powtórzeń, a właściwy test składał się z 5 powtórzeń dla prędkości 60°/s, 10 powtórzeń dla prędkości 120°/s oraz 30 dla prędkości 300°/s. Pomiędzy serią próbną a testem na danej prędkości przyjęto przerwę 30s, między kolejnymi seriami o określonej prędkości 90s, między testem dla kończyn przerwę 5min. Po zakończeniu testu zawodniczkę poddano „wyciszeniu” na rowerze stacjonarnym: 10min/60W. Ocenie podano następujące parametry: szczytowy moment siły (PkTrq), mierzony w N*m, szczytowy moment siły w stosunku do wagi (PkTrq/Wright) oceniany w procentach przy prędkości 60°/s, kąt przy którym została uzyskana wartość szczytowa momentu siły (Angle@PkTrq), procentowy stosunek zginaczy do prostowników (Flx/Ext Ratio%).

Wyniki

W wyniku przeprowadzonego testu siły mięśni prostowników i zginaczy stawów kolanowych u 8 koszykarek stwierdzono badane parametry w normie tzn. różnica pomiędzy szczytowym momentem siły dla prostowników i zginaczy stawów kolanowych pomiędzy kończynami była $\leq 10\%$, szczytowy moment siły w stosunku do wagi dla mięśni prostowników stawu kolanowego przy prędkości 60°/s był $> 200\%$, kąt przy którym została uzyskana wartość szczytowa momentu siły dla prostowników wynosił pomiędzy 50°-60°, a dla zginaczy stawu kolanowego pomiędzy 25°-35°, procentowy stosunek zginaczy do prostowników mieścił się w granicach 65-80%. Średnie uzyskane wartości badanych parametrów przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Średnie prawidłowe wartości parametrów siły mięśni prostowników i zginaczy stawów kolanowych u koszykarek w badaniu izokinetycznym

Table 1. Mean normal isokinetic measurements of muscles strength of knee extensors and flexors of female basketball players

	kolano prawe / right knee		kolano lewe/ left knee	
	prostowniki/Ext	zginacze/Flx	prostowniki/Ext	zginacze/Flx
Prędkość / Velocity	60	60	60	60
Średni moment siły / Mean Peak Torque	183,29 +19,23	131,29+16,8	189 + 31,75	125 + 22,41
Średni szczytowy moment siły w stosunku do wagi / Mean PkTrq/Weight (%)	239,71 + 27,9		247,86 + 39,29	
Średni procentowy stosunek zginaczy do prostowników / Mean Flx/Ext Ratio %	71,29 + 7,99		66 + 11.08	

Tabela 2. Badania izokinetyczne siły mięśni prostowników i zginaczy stawów kolanowych

Table 2. Isokinetic measurements of muscles strength of knee extensors and flexors

a) prędkość 60°/s [velocity 60°/s]

	Left		Right		Diff.		% Diff	
	Ext	Flx	Ext	Flx	Ext	Flx	Ext	Flx
Prędkość / Velocity	60	60	60	60	0	0	0	0
Moment siły / Peak Torque [N·m]	228	120	222	164	-6	44	-2	36
Szczytowy moment siły w stosunku do wagi PkTrq/Weight (%)	285	150	278	205	-7	55	-2	36
Kąt przy którym uzyskano maksymalny moment siły/Angle @ PkTrq	63	68	63	60	0	-8	0	-11
Stosunek zginaczy do prostowników Flx/Ext Ratio %	52	73	21	40				

b) prędkość 120°/s [velocity 120°/s]

	Left		Right		Diff.		% Diff	
	Ext	Flx	Ext	Flx	Ext	Flx	Ext	Flx
Prędkość / Velocity	120	120	120	120	0	0	0	0
Moment siły / Peak Torque [N·m]	162	112	183	132	21	20	12	17
Szczytowy moment siły w stosunku do wagi PkTrq/Weight (%)	203	140	229	165	26	25	12	17
Kąt przy którym uzyskano maksymalny moment siły Angle @ PkTrq	57	60	61	47	4	-13	7	-21
Stosunek zginaczy do prostowników Flx/Ext Ratio %	69	72	3	4				

c) prędkość 300°/s [velocity 300°/s]

	Left		Right		Diff.		% Diff	
	Ext	Flx	Ext	Flx	Ext	Flx	Ext	Flx
Prędkość / Velocity	300	300	300	300	0	0	0	0
Moment siły / Peak Torque [N·m]	85	53	90	62	5	9	5	16
Szczytowy moment siły w stosunku do wagi PkTrq/Weight (%)	106	66	113	78	7	12	6	18
Kąt przy którym uzyskano maksymalny moment siły Angle @ PkTrq	40	9	42	11	2	2	5	22
Stosunek zginaczy do prostowników Flx/Ext Ratio %	62	68	6	9				

Tabela 3. Program ćwiczeń izokinetycznych dla mięśni prostowników i zginaczy obu stawów kolanowych
 Table 3. Isokinetic exercises programme for knee extensors and flexors

Staw kolanowy prawy / right knee		
	PROSTOWNIKI/Extensors	ZGINACZE/Flexors
Intensywność: 75%-85% Intensity of 75-85% muscle strength obtained in test	300°/s x 3 serie x 10powt	120°/s x 3 serie x 10powt
Intensywność: 75%-85% Intensity of 75-85% muscle strength obtained in test	300°/s x 3 serie x 8powt	60°/s x 3 serie x 8powt
Staw kolanowy lewy		
	PROSTOWNIKI	ZGINACZE
Intensywność: 75%-85% Intensity of 75-85% muscle strength obtained in test	300°/s x 3 serie x 20powt	240°/s x 3 serie x 20powt
Intensywność: 75%-85% Intensity of 75-85% muscle strength obtained in test	300°/s x 3 serie x 15powt	180°/s x 3 serie x 15powt
Intensywność dobrana na podstawie testu izokinetycznego dla danej prędkości		

Tabela 4. Badania kontrolne siły mięśni prostowników i zginaczy stawów kolanowych
 Table 4. Control isokinetic measurements of muscles strength of knee extensors and flexors

a) prędkość 60°/s [velocity 60°/s]

	Left		Right		Diff.		% Diff	
	Ext	Flx	Ext	Flx	Ext	Flx	Ext	Flx
Prędkość / Velocity	60	60	60	60	0	0	0	0
Moment siły / Peak Torque [N·m]	234	165	244	170	10	5	4	2
Szczytowy moment siły w stosunku do wagi PkTrq/Weight (%)	292	206	305	189	13	-17	4	-8
Kąt przy którym uzyskano maksymalny moment siły / Angle @ PkTrq	51	22	52	29	1	7	1	31
Stosunek zginaczy do prostowników Flx/Ext Ratio %	70	69	-1	-1				

b) prędkość 120°/s [velocity 120°/s]

	Left		Right		Diff.		% Diff	
	Ext	Flx	Ext	Flx	Ext	Flx	Ext	Flx
Prędkość / Velocity	120	120	120	120	0	0	0	0
Moment siły / Peak Torque [N·m]	183	150	183	148	0	-2	0	-1
Szczytowy moment siły w stosunku do wagi PkTrq/Weight (%)	229	187	229	185	0	-2	0	-1
Kąt przy którym uzyskano maksymalny moment siły Angle @ PkTrq	45	36	44	34	-1	-2	-2	-5
Stosunek zginaczy do prostowników Flx/Ext Ratio %	79	80	-1	-1				

c) prędkość 300°/s [velocity 300°/s]

	Left		Right		Diff.		% Diff	
	Ext	Flx	Ext	Flx	Ext	Flx	Ext	Flx
Prędkość / Velocity	300	300	300	300	0	0	0	0
Moment siły / Peak Torque [N·m]	140	124	140	118	0	-6	0	-4
Szczytowy moment siły w stosunku do wagi PkTrq/Weight (%)	175	155	175	148	0	-7	0	-4
Kąt przy którym uzyskano maksymalny moment siły Angle @ PkTrq	51	36	36	40	-15	4	-29	11
Stosunek zginaczy do prostowników Flx/Ext Ratio %	88	84	-4	-4				

Jedynie u 1 zawodniczki stwierdzono deficyty w sile mięśni prostowników i zginaczy obu stawów kolanowych wymagający ich wyrównania (Tab. 2).

Na podstawie badania siły mięśni zauważono znaczącą różnicę między maksymalnym momentem siły grupy zginaczy stawu kolanowego kończyny lewej i prawej (osłabienie o 36% kończyny lewej dla prędkości 60°/s /wolnej/, osłabienie o 17% kończyny lewej dla prędkości 120°/s /średniej/, osłabienie o 16% kończyny lewej dla prędkości 300°/s /szybkiej/), znaczącą różnicę między momentem siły grupy prostowników stawu kolanowego kończyny lewej i prawej (osłabienie o 12% kończyny lewej dla prędkości 120°/s). Stwierdzono obniżony wskaźnik Flx/Ext% dla kończyny lewej 52% przy prędkości 60°/s oraz dla wszystkich prędkości nieprawidłowy kąt przy którym została uzyskana wartość szczytowa momentu siły dla mięśni zginaczy obu stawów kolanowych.

Wynikiem powyższej analizy było wdrożenie 15 sesji ćwiczeń izokinetycznych wg ustalonego programu (Tab. 3), mających poprawić dynamiczną stabilność i siłę w obrębie kończyn dolnych, odbudować siłę dynamiczną, zarówno koncentryczną jak i ekscentryczną dla mięśni zginaczy stawu kolanowego lewego dla prędkości średniej, a dla zginaczy stawu kolanowego prawego dla prędkości wolnej z obciążeniem 75-85% maksymalnej siły mięśni uzyskanej w trakcie testu. Pomiędzy seriami robiono 90 s przerwy.

Poza tym specjalistycznym programem izokinetycznym zawodniczka uczestniczyła w codziennych treningach swojej drużyny.

Po ćwiczeniach izokinetycznych wykonywanych z częstotliwością co drugi dzień, przeprowadzono kontrolny test siły mięśni obu stawów kolanowych, uzyskując normalizację takich parametrów jak szczytowy moment siły (peak torque), szczytowy moment siły w stosunku do wagi (PkTrq/Wright) oraz częstotliwość poprawę procentowego stosunku zginaczy do prostowników (Flx/Ext Ratio%) i kąta, przy którym została uzyskana wartość szczytowa momentu siły (Angle@PkTrq) (Tab. 4).

Dyskusja

Tego rodzaju badania są standardem na całym świecie, gdyż w sporcie coraz częściej szuka się obiektywnych wskaźników przygotowania mogących wpłynąć pozytywnie na formę zawodnika. Nie możemy zapomnieć również o tym, że są one niezbędnym elementem profilaktyki urazów [11-13]. W ciągu zaledwie 2-3 ostatnich lat w Stanach Zjednoczonych położono ogromny nacisk na prewencję urazów kolan u kobiet. Zidentyfikowano przyczyny, skupiono się na tych czynnikach, na które możemy realnie wpłynąć, przeprowadzono pilotażowe badania oceniające skuteczność działań prewencyjnych i masowo wprowadza się skuteczne programy ćwiczeń motorycznych redukują-

cych ryzyko urazów kolan u dziewcząt i kobiet. Takie działania to narzędzia po które u nas w kraju powoli sięgają już najlepsze kluby, gdzie realnie analizuje się koszt związany z przerwą zawodnika w uprawianiu sportu z powodu kontuzji.

Uzyskane wyniki izokinetycznej siły mięśni prostowników i zginaczy stawów kolanowych u zawodowo grających koszykarek są wyższe od publikowanych norm dla kobiet, które nie uprawiają sportu i zbliżone z wynikami jakie uzyskali inni oceniający siłę mięśni stawów kolanowych u kobiet grających zawodowo w koszykówkę. [10,11,13,14]

Przedstawione badanie siły mięśni stawów kolanowych przeznaczone jest dla sportowców na niemal każdym poziomie wytrenowania i jest odpowiednio modyfikowane w zależności od uprawianej dyscypliny. Na podstawie tego testu opracowuje się trening obejmujący min. ćwiczenia izokinetyczne mający w pierwszej kolejności wyrównać zaburzone parametry siły mięśniowej i w konsekwencji poprawić wyniki zawodnika.

Badania siły mięśni przeprowadzone w grupie koszykarek przed sezonem pozwoliły wykryć u 1 koszykarki obniżenie parametrów siły mięśni stawów kolanowych, a poprzez odpowiednie zastosowanie ćwiczeń izokinetycznych, wyrównać wykryte deficyty i ukierunkować prowadzenie treningu.

Wnioski

Ocena izokinetyczna siły mięśniowej jest niezastąpionym źródłem informacji dla trenerów i lekarzy medycyny sportowej o stanie przygotowania ich zawodników, pozwala obiektywnie stwierdzić obniżenie siły mięśni, ukierunkować prowadzenie treningu i skontrolować skuteczność prowadzonych ćwiczeń.

Piśmiennictwo

1. Szopa J, Mleczo E, Żak S. *Podstawy antropomotoryki*. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 1996; 23-39: 78-81.
2. Bober T, Zawadzki J. *Biomechanika układu ruchu człowieka*. Wydawnictwo BK, Wrocław 2006; 40-90.
3. Grygorowicz M, Kubacki J, Bacik B i wsp. Pomiary w warunkach izokinetycznych – obszary zastosowania w fizjoterapii. *Fizjoterapia Polska* 2006; 6(3): 238-44.
4. Franek A, Błaszczak E, Taradaj J. Nowoczesna ocena postępów usprawniania chorych po urazach stawu kolanowego. *Rehabilitacja w Praktyce* 2006; 1:12-4.
5. Andrews J, Wilk K, Harrelson G. *Physical Rehabilitation of the Injured Athlete*. W.B. Saunders Company, 1998; 219-53.
6. Raymond C, Chan KM. The Attainment In The Usage Of An Isokinetic Programme With The Cybex II Model. *The Journal of The Hong Kong Physiotherapy Association* 1998; 9.
7. Wilk KE, Romaniello WT, Soscia SM i wsp. The relationship between subjective knee scores, isokinetic testing, and functional testing in the ACL – reconstructed knee. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994; 20(2): 60-73.
8. Brukner P, Khan K. *Clinical Sports Medicine* 3rd ed. The McGraw – Hill, 2006.
9. Anderson MA, Gieck JH, Perrin. The relationship among isometric, isotonic and isokinetic concentric and eccentric quadriceps and hamstring force and three components of athletic performance. *J Orthop Sports Phys Ther* 1991; 14:114-20

10. Davies GJ. *A Compendium of Isokinetics in Clinical Usage and Rehabilitation Techniques*. WI, S & S Publishers, 1992.
11. Dvir Z. *Isokinetics. Muscle testing, interpretation and clinical application*. Elsevier science, 2004.
12. Grygorowicz M, Kubacki J, Waskiewicz A. Wykorzystanie diagnostyki izokinetycznej w sporcie wyczynowym, studium przypadków. *Medycyna Sportowa* 2005; 9(2): Sup: 94.
13. Hadzic V, Sattler T, Markovic G, Veselko M, Dervisevic E. The isokinetics strength profile of quadriceps and hamstrings in elite volleyball players. *Isokinetics and Exercises Science* 2010; 1: 31-7.
14. Theoharopoulos A, Tsitskaris G, Nikopoulou M, Tsaklis P. Knee Strength of Professional Basketball Players. *J Strength Cond Res* 2000; 14(4): 457-63.

Adres do korespondencji / Address for correspondence:
Dr n. med. Wojciech Fibiger
Centrum Ortopedyczno-Rehabilitacyjne ARTROMED
30-059 Kraków Reymonta 22
Tel: 12 / 623-01-48 Fax: 12/ 623-01-49
E-mail: fibigerw@artromed.pl