

K. Buśko^{1,2}, K. Burchard-Jagodzińska², K. Aniol-Strzyżewska²,
M. Szczypaczewska², B. Pawluczyk²

¹Akademia Wychowania Fizycznego w Warszawie, ²Instytut Sportu w Warszawie

3.5. Zmiany maksymalnych momentów sił mięśniowych i mocy kończyn dolnych u wioślarzy w okresie przygotowawczym

Sukces w wioślarstwie zależy od wielu czynników takich jak cechy somatyczne, sprawność fizyczna, motywacja, technika, taktyka, warunki atmosferyczne i sprzęt [Buśko, Wit 2002, Buśko i wsp. 2002, Klusiewicz 2009, Petrykowski, Lutosławska 2006a,b, Ogurkowska 2007]. Wyodrębnienie wskaźników fizjologicznych mogących pomóc w ocenie wydolności fizycznej wioślarzy było przedmiotem badań wielu autorów [Mikulić i wsp. 2008]. Charakterystycznymi wskaźnikami są: średnia moc na dystansie 2 km pokonywanym na ergometrze wioślarskim w wysiłku maksymalnym [Klusiewicz i wsp. 1992, Buśko i wsp. 2002, Petrykowski, Lutosławska 2006a,b], moc maksymalna rozwijana w teście Wingate wykonywanym na cykloergometrze rowerowym kończynami górnymi i dolnymi [Buśko i wsp. 2002], $VO_2\max$ [Klusiewicz i wsp. 1991, Secher i wsp. 1982, Secher 1983], wentylacja płucna i tętno tlenowe [Secher 1983], próg anaerobowy [Ingham i wsp. 2008, Klusiewicz 2005], PWC_{170} wykonywane na ergometrze wioślarskim [Buśko i wsp. 2002, Klusiewicz i wsp. 1999]. Natomiast zmiana wskaźników fizjologicznych w cyklu treningowym u wioślarzy juniorów została opisana w niewielu pracach [Buśko i wsp. 2002, Klusiewicz i wsp. 1994, Petrykowski, Lutosławska 2006a]. W piśmiennictwie sporadycznie występują prace opisujące wykorzystanie wskaźników biomechanicznych, takich jak maksymalne momenty sił mięśniowe mierzone w warunkach statyki i dynamiki, moc maksymalna rozwijana w testach wyskoków i na cykloergometrze oraz obliczana z charakterystyk moc-prędkość, czy też siła i moc rozwijana w poszczególnych segmentach ciała oceniana na podstawie analizy kinematograficznej, do oceny sprawności fizycznej (stanu wytrenowania) wioślarzy [Buśko, Wit 2002, Secher 1993, Sprague i wsp. 2007, Tachibana i wsp. 2007]. W piśmiennictwie nie znaleziono prac opisujących zmiany wielkości biomechanicznych w cyklu szkoleniowym u wioślarzy.

Celem pracy była obserwacja zmian maksymalnych momentów sił mięśniowych i mocy kończyn dolnych u wioślarzy w okresie przygotowawczym.

W badaniach, po uzyskaniu akceptacji Komisji Etyki Badań Naukowych Instytutu Sportu w Warszawie, udział wzięło 16 wioślarzy ze Szkoły Mistrzostwa Sportowego w Płocku. Charakterystyka badanych: wiek $16,6 \pm 2,1$ lata, wysokość ciała $187,7 \pm 6,4$ cm, masa ciała kolejno $80,4 \pm 12,01$ kg (I) i $83,3 \pm 11,4$ (II). Masa ciała zmieniła się istotnie. Pomiar kontrolne przeprowadzono dwukrotnie: pomiar I...

– przed rozpoczęciem okresu przygotowawczego, badanie II - po zakończeniu okresu przygotowawczego. Wszystkie pomiary wykonano w godzinach rannych.

Pomiar maksymalnych momentów sił w statyce 10 zespołów mięśniowych mięśni: zginających i prostujących kończyny w stawach łokciowym, ramiennym, biodrowym i kolanowym oraz zginających i prostujących tułów odbywał się na stanowiskach do pomiarów momentów sił mięśniowych w statyce [Buško, Rychlik 2006]. Momenty sił mięśni zginających i prostujących kończynę w stawie łokciowym mierzono w pozycji siedzącej. Ramię oparte było na podpórce. Kąt w stawie ramiennym wynosił 90 stopni. Przedramię było ustawione prostopadłe do ramienia. Tułów był oparty i ustabilizowany. Momenty sił mięśni zginających i prostujących kończynę w stawie ramiennym mierzono w pozycji siedzącej. Kąt w stawie ramiennym podczas prostowania wynosił 70 stopni a zginania 50 stopni. Tułów przylegał do stanowiska i był ustabilizowany przez docisk klatki piersiowej badanego do oparcia stanowiska przez asystenta. Momenty sił mięśni zginających i prostujących kończynę w stawie kolanowym oraz zginających i prostujących tułów badano w pozycji siedzącej. Kąt w stawach biodrowych i kolanowych wynosił 90 stopni. Badanego stabilizowano na wysokości kolców biodrowych przednich oraz w części dalszej uda. Kończyny górne spoczywały na klatce piersiowej. Mięśnie prostujące kończynę w stawie biodrowym badano w pozycji leżąc przodem a zginające kończynę w stawie biodrowym w pozycji leżąc tyłem. Kąt w stawie biodrowym wynosił 90 stopni. Badany stabilizował tułów trzymając się rękoma stanowiska. Maksymalny wyprost kończyny w stawach łokciowym, kolanowym i biodrowym przyjęto jako 0 stopni. Dla stawu ramiennego położenie kończyny wzdłuż tułowia przyjęto jako 0 stopni. Położenie tułowia w pozycji leżenia tyłem przyjęto jako 0 stopni. Oś obrotu w badanym stawie pokrywała się z osią obrotu dźwigni momentomierza. Mierzono obydwie kończyny górne i dolne, oddzielnie prawą i lewą kończynę, zawsze w kolejności zginanie-prostowanie. Zadaniem badanego było rozwinięcie maksymalnej wartości momentu siły.

Całkowity błąd związany z pomiarem maksymalnych momentów sił mięśniowych na zastosowanych stanowiskach nie przekracza 4% [Jaszczuk i wsp. 1988]. Maksymalny względny błąd powtarzalności, wyrażony współczynnikiem zmienności wynosi 4,2%, natomiast dla poszczególnych grup mięśni zawiera się w przedziale od 1,8% (mięśnie prostujące kończynę w stawie kolanowym) przez 2,1% (mięśnie prostujące kończynę w stawie biodrowym) i 4,9% (mięśnie zginające kończynę w stawie biodrowym) do 6,3% (mięśnie prostujące kończynę w stawie ramiennym [Jaszczuk i wsp. 1987]).

Wyniki wszystkich pomiarów odczytywano na wskaźniku cyfrowym wyskalowanym w jednostkach momentu siły. Ze zmierzonych wartości maksymalnych momentów sił mięśniowych mięśni zginających i prostujących kończyny w stawach łokciowym, ramiennym, biodrowym i kolanowym oraz zginających i prostujących tułów obliczono wskaźnik „zginacze-prostowniki” [Buško 2006, Trzaskoma 2003].

Momenty sił mięśni przedstawiono również jako udział poszczególnych zespołów mięśniowych liczony względem ich sumy, tzw. topografia siły [Bober, Zawadzki 2006, Trzaskoma, Trzaskoma 2006]

Pomiar mocy kończyn dolnych i wysokości uniesienia środka masy ciała w wyskokach pionowych: z miejsca, z pozycji wyprostowanej poprzedzony ruchem ciała w dół (CMJ) i z rozbiegu (BCMJ) przeprowadzono na platformie dynamometrycznej ze wzmacniaczem firmy Kistler. Wzmacniacz połączono za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego z komputerem z oprogramowaniem „MVJ v.3.4”. Zastosowano model fizyczny, w którym układ masy ciała człowieka odbijającego się pionowo od platformy dynamometrycznej zredukowano do punktu materialnego, na który działają składowe pionowe siły zewnętrznych - siła ciężkości ciała i pionowa składowa siła reakcji platformy. Z zarejestrowanej siły reakcji podłoża wyliczono następujące parametry wyskoku: moc maksymalną (P_{max}) i średnią (P_m), maksymalną wysokość uniesienia (h) i obniżenia (k) środka masy ciała przed odbiciem [Bartosiewicz i wsp. 1992, Buśko 2006, Staniak i wsp. 1997].

Każdy zawodnik wykonał sześć maksymalnych wyskoków pionowych, trzy z miejsca, z pozycji wyprostowanej poprzedzonej ruchem ciała w dół (CMJ) i trzy pojedyncze z 2-3 kroków rozbiegu (tzw. dojsie lub naskok) (BCMJ) na platformie dynamometrycznej. Czas przerwy między wyskokami z miejsca wynosił 5 sekund a w wyskokach BCMJ ok. 1 minuty. Celem każdego rodzaju skoku było - wyskocz jak najwyżej. Do analizy wybierano wyskok, w którym osiągnięto najwyższą wysokość uniesienia środka masy ciała.

Maksymalny błąd toru pomiarowego wynosi poniżej 0,5% [Kistler Instruments AG 1991]. Częstotliwość próbkowania przebiegu siły reakcji wynosi 400 Hz. Wartość błędu pomiaru poszczególnych parametrów wyskoku szacuje się następująco: moc maksymalna - 3,3%, wysokość uniesienia środka masy ciała - 4,5%. Maksymalny względny błąd powtarzalności, wyrażony wskaźnikiem zmienności wynosi dla: mocy maksymalnej i średniej odpowiednio 3,8 i 3,4% a wysokości uniesienia środka masy ciała 3,0% [Bartosiewicz i wsp. 1992].

W celu weryfikacji wyników badań zastosowano analizę wariancji (ANOVA) z układem powtarzanych pomiarów. Istotność różnic między średnimi porównano post hoc - testem Scheffé'go. Zależność między momentami sił mięśniowych a masą ciała oceniano obliczając współczynniki korelacji Pearsona. W przeprowadzonych analizach statystycznych poziom wartości $p < 0,05$ przyjęto jako istotny. Wszystkie obliczenia wykonano programem STATYSTYKA™ (v. 5.5, StatSoft).

Uzyskane rezultaty maksymalnych momentów sił mięśniowych (M_m) wioślarzy przedstawiono w tabelach 1-3 a momentów sił względnych w tabelach 4-6. Wartości maksymalnych momentów sił mięśniowych uległy istotnym zmianom z wyjątkiem maksymalnych momentów sił mięśniowych mięśni prostujących prawą i lewą kończynę górną w stawie łokciowym oraz zginających w lewym stawie łokciowym. W przypadku sumy maksymalnych momentów sił mięśniowych kończyny górnej prawej i lewej nie stwierdzono istotnych zmian (tab. 3). Po przeliczeniu rezultatów na kilogram masy ciała istotne zmiany stwierdzono tylko dla momentów sił mięśniowych mięśni zginających prawą i lewą kończynę górną w stawie ramiennym,

zginających i prostujących kończynę dolną w stawie kolanowym oraz mięśni prostujących tułów.

W okresie przygotowawczym obserwowano istotny związek między masą ciała a maksymalnymi momentami sił mięśniowych oraz ich sum z wyjątkiem maksymalnych momentów sił mięśni zginających i prostujących kończyny dolne w stawie kolanowym w obu pomiarach i zginających i prostujących kończyny górne w stawie ramiennym w drugim pomiarze (tab. 1-3).

W tabelach 7 i 8 zamieszczono średnie wartości udziałów poszczególnych zespołów mięśniowych liczonych względem ich sumy. Topografia momentów sił nie uległa zmianie w okresie przygotowawczym z wyjątkiem kończyn górnych (mięśni prostujących kończynę w stawie łokciowym oraz mięśni zginających i prostujących kończynę w stawie ramiennym) i mięśni prostujących tułów. Udział sumy maksymalnych momentów sił kończyny górnej prawej i lewej w całkowitej sumie maksymalnych momentów sił 10 badanych zespołów mięśniowych uległ istotnemu obniżeniu a procentowy udział sumy M_m tułowia zwiększył się istotnie.

Tabela 1. Zmiany średnich wartości (\pm SD) maksymalnych momentów sił [N·m] oraz współczynniki korelacji liniowej pomiędzy masą ciała a maksymalnymi momentami sił mięśniowych mięśni zginających (Z) i prostujących (P) prawe kończyny w stawach: łokciowym, ramiennym, biodrowym, kolanowym, mięśni zginających i prostujących tułów w okresie przygotowawczym

Stawy		Pomiar			
		I	II	I	II
Łokciowy	Z	78,3 \pm 16,2	81,7 \pm 13,3 ^a	0,66*	0,61*
	P	47,2 \pm 9,7	45,4 \pm 7,4	0,73*	0,28
Ramienny	Z	71,9 \pm 19,0	62,4 \pm 12,7 ^a	0,80*	0,41
	P	86,6 \pm 19,6	85,6 \pm 15,7 ^a	0,75*	0,46
Biodrowy	Z	104,5 \pm 19,6	111,3 \pm 20,3 ^a	0,70*	0,73*
	P	479,2 \pm 132,5	505,5 \pm 93,4	0,84*	0,55*
Kolanowy	Z	141,3 \pm 29,8	144,3 \pm 30,2 ^a	0,41	0,35
	P	279,4 \pm 50,3	314,5 \pm 53,2 ^a	0,28	0,36
Tułów	Z	195,0 \pm 45,2	209,1 \pm 47,5 ^a	0,87*	0,82*
	P	519,9 \pm 107,5	588,8 \pm 97,1 ^a	0,90*	0,83*

^a - średnie różnią się istotnie względem I pomiaru, p<0,05; * - p<0,05.

Tabela 2. Zmiany średnich wartości (\pm SD) maksymalnych momentów sił [N·m] oraz współczynniki korelacji liniowej pomiędzy masą ciała a maksymalnymi momentami sił mięśniowych mięśni zginających (Z) i prostujących (P) lewe kończyny w stawach: łokciowym, ramiennym, biodrowym, kolanowym w okresie przygotowawczym

Stawy		Pomiar			
		I	II	I	II
Łokciowy	Z	80,0 \pm 16,6	83,3 \pm 12,6	0,76*	0,55*
	P	46,4 \pm 13,0	46,2 \pm 9,5	0,73*	0,51*
Ramienny	Z	64,8 \pm 18,5	57,3 \pm 11,4 ^a	0,83*	0,49
	P	84,7 \pm 18,6	83,0 \pm 16,0 ^a	0,86*	0,59*
Biodrowy	Z	105,9 \pm 21,6	108,9 \pm 23,4	0,82*	0,72*
	P	475,6 \pm 124,9	517,2 \pm 97,1 ^a	0,81*	0,75*
Kolanowy	Z	131,7 \pm 27,7	135,6 \pm 22,6 ^a	0,39	0,27
	P	281,9 \pm 61,9	318,3 \pm 59,3 ^a	0,47	0,49

^a - średnie różnią się istotnie względem I pomiaru, p<0,05; * - p<0,05.

Tabela 3. Zmiany średnich wartości (\pm SD) sumy maksymalnych momentów sił [N·m] prawej (P) i lewej (L) kończyny górnej (SKG), dolnej (SKD), tułowia (ST), obu kończyn górnych (SKKG), obu kończyn dolnych (SKKD) i 10 zespołów mięśniowych (SUMA) oraz współczynniki korelacji liniowej pomiędzy masą ciała a sumami maksymalnych momentów sił mięśniowych w okresie przygotowawczym

Cecha	Pomiar			
	I	II	I	II
SKGP	284,0 \pm 59,1	275,1 \pm 40,2	0,81*	0,56*
SKGL	275,9 \pm 61,3	269,8 \pm 42,9	0,87*	0,63*
SKDP	1004,4 \pm 197,9	1075,6 \pm 165,7 ^a	0,76*	0,58*
SKDL	995,1 \pm 200,2	1079,9 \pm 173,1 ^a	0,79*	0,72*
SKKG	559,9 \pm 119,2	544,8 \pm 81,2	0,85*	0,61*
SKKD	1999,4 \pm 396,5	2155,4 \pm 334,8 ^a	0,78*	0,66*
ST	714,9 \pm 147,0	797,9 \pm 139,7 ^a	0,91*	0,85*
SUMA	3274,3 \pm 640,2	3498,1 \pm 533,9 ^a	0,85*	0,73*

^a - średnie różnią się istotnie względem I pomiaru, $p < 0,05$; * - $p < 0,05$.

Tabela 4. Zmiany średnich wartości (\pm SD) maksymalnych momentów sił względnych [N·m·kg⁻¹] mięśni zginających (Z) i prostujących (P) prawe kończyny w stawach: łokciowym, ramiennym, biodrowym, kolanowym oraz mięśni zginających i prostujących tułów w okresie przygotowawczym

Stawy		I pomiar	II pomiar	R [%]
Łokciowy	Z	0,98 \pm 0,16	0,99 \pm 0,14	1,6
	P	0,59 \pm 0,08	0,55 \pm 0,09	-5,3
Ramienny	Z	0,89 \pm 0,15	0,75 \pm 0,13 ^a	-13,5
	P	1,07 \pm 0,17	1,03 \pm 0,17	-3,1
Biodrowy	Z	1,30 \pm 0,18	1,33 \pm 0,14	3,1
	P	5,88 \pm 1,05	6,09 \pm 0,91	5,7
Kolanowy	Z	1,77 \pm 0,37	1,74 \pm 0,36 ^a	-1,0
	P	3,52 \pm 0,70	3,80 \pm 0,61 ^a	9,1
Tułów	Z	2,41 \pm 0,31	2,49 \pm 0,32	3,8
	P	6,43 \pm 0,64	7,06 \pm 0,67 ^a	10,3

^a - średnie różnią się istotnie względem I pomiaru, $p < 0,05$;

R – procentowe zmiany liczone względem I pomiaru.

Tabela 5. Zmiany średnich wartości (\pm SD) maksymalnych momentów sił względnych [N·m·kg⁻¹] mięśni zginających (Z) i prostujących (P) lewe kończyny w stawach: łokciowym, ramiennym, biodrowym, kolanowym w okresie przygotowawczym

Stawy		I pomiar	II pomiar	R [%]
Łokciowy	Z	0,99 \pm 0,14	1,01 \pm 0,15	1,8
	P	0,57 \pm 0,11	0,56 \pm 0,11	-1,4
Ramienny	Z	0,80 \pm 0,15	0,69 \pm 0,11 ^a	-11,8
	P	1,05 \pm 0,13	1,00 \pm 0,17	-4,2
Biodrowy	Z	1,31 \pm 0,16	1,30 \pm 0,21	-1,0
	P	5,86 \pm 1,03	6,20 \pm 0,78	7,8
Kolanowy	Z	1,65 \pm 0,36	1,65 \pm 0,33 ^a	0,7
	P	3,53 \pm 0,73	3,83 \pm 0,63 ^a	10,0

^a - średnie różnią się istotnie względem I pomiaru, $p < 0,05$;

R – procentowe zmiany liczone względem I pomiaru.

Tabela 6. Zmiany średnich wartości (\pm SD) sumy maksymalnych momentów sił względnych [$N \cdot m \cdot kg^{-1}$] prawej (P) i lewej (L) kończyny górnej (SKG), dolnej (SKD), tułowia (ST), obu kończyn górnych (SKKG), obu kończyn dolnych (SKKD) i 10 zespołów mięśniowych (SUMA) w okresie przygotowawczym

Cecha	I pomiar	II pomiar	R [%]
SKGP	3,52 \pm 0,45	3,32 \pm 0,41	-5,1
SKGL	3,41 \pm 0,41	3,25 \pm 0,43	-4,2
SKDP	12,48 \pm 1,64	12,97 \pm 1,59	4,4
SKDL	12,35 \pm 1,61	12,99 \pm 1,45 ^a	5,5
SKKG	6,93 \pm 0,84	6,57 \pm 0,81	-4,7
SKKD	24,83 \pm 3,23	25,96 \pm 2,99 ^a	4,9
ST	8,84 \pm 0,83	9,55 \pm 0,87 ^a	8,4
SUMA	40,60 \pm 4,43	42,09 \pm 4,28 ^a	3,9

^a - średnie różnią się istotnie względem I pomiaru, $p < 0,05$;

R – procentowe zmiany liczone względem I pomiaru.

Tabela 7. Zmiany średnich wartości (\pm SD) topografii momentów sił [%] mięśni zginających (Z) i prostujących (P) lewe i prawe kończyny w stawach: łokciowym, ramiennym, biodrowym, kolanowym, mięśni zginających i prostujących tułów w okresie przygotowawczym

Stawy		Lewa		Prawa	
		I pomiar	II pomiar	I pomiar	II pomiar
Łokciowy	Z	2,46 \pm 0,31	2,39 \pm 0,23	2,41 \pm 0,31	2,35 \pm 0,26
	P	1,42 \pm 0,23	1,32 \pm 0,21	1,45 \pm 0,17	1,31 \pm 0,17 ^a
Ramienny	Z	1,95 \pm 0,24	1,64 \pm 0,19 ^a	2,18 \pm 0,26	1,78 \pm 0,19 ^a
	P	2,59 \pm 0,24	2,37 \pm 0,25 ^a	2,64 \pm 0,29	2,45 \pm 0,32 ^a
Biodrowy	Z	3,25 \pm 0,38	3,10 \pm 0,44	3,22 \pm 0,41	3,19 \pm 0,38
	P	14,36 \pm 1,57	14,74 \pm 1,19	14,42 \pm 1,62	14,44 \pm 1,37
Kolanowy	Z	4,11 \pm 0,94	3,92 \pm 0,71	4,38 \pm 0,80	4,12 \pm 0,60
	P	8,66 \pm 1,19	9,09 \pm 0,87	8,66 \pm 1,23	9,02 \pm 0,96
Tułów	Z	5,94 \pm 0,61	5,94 \pm 0,75		
	P	15,92 \pm 1,53	16,84 \pm 1,17 ^a		

^a - średnie różnią się istotnie względem I pomiaru, $p < 0,05$.

Tabela 8. Zmiany średnich wartości (\pm SD) topografii [%] sumy maksymalnych momentów sił względnych [%] prawej (P) i lewej (L) kończyny górnej (SKG), dolnej (SKD), tułowia (ST) liczonej względem ich całkowitej sumy w okresie przygotowawczym

Cecha	Pomiar I	Pomiar II
SKGP	8,67 \pm 0,61	7,88 \pm 0,46 ^a
SKGL	8,41 \pm 0,63	7,72 \pm 0,50 ^a
SKDP	30,68 \pm 1,03	30,77 \pm 1,18
SKDL	30,37 \pm 1,02	30,84 \pm 0,93
ST	21,87 \pm 1,78	22,78 \pm 1,65 ^a

^a - średnie różnią się istotnie względem I pomiaru, $p < 0,05$.

Obliczone wartości wskaźników „zginacze-prostowniki” dla prawego i lewego stawu ramiennego oraz kolanowego uległy istotnym zmianom w okresie przygotowawczym (tab. 9).

Tabela 9. Zmiany średnich wartości (\pm SD) wskaźnika siły „zginacze-prostowniki” [-] (WZP) prawej (P) i lewej (L) strony ciała i tułowia w okresie przygotowawczym

Cecha		I pomiar	II pomiar
WZP _L	P	1,67 \pm 0,25	1,82 \pm 0,28
	L	1,76 \pm 0,27	1,83 \pm 0,22
WZP _R	P	0,83 \pm 0,08	0,74 \pm 0,13 ^a
	L	0,76 \pm 0,10	0,70 \pm 0,11 ^a
WZP _B	P	0,23 \pm 0,05	0,22 \pm 0,05
	L	0,23 \pm 0,04	0,21 \pm 0,03
WZP _K	P	0,51 \pm 0,10	0,46 \pm 0,08 ^a
	L	0,48 \pm 0,10	0,44 \pm 0,09 ^a
WZP _T		0,38 \pm 0,05	0,35 \pm 0,04

L – staw łokciowy, R – staw ramienny, B – staw biodrowy, K – staw kolanowy, T – tułów;

^a - średnie różnią się istotnie względem I pomiaru, $p < 0,05$.

W tab. 10 przedstawiono porównanie wyników pomiarów uzyskanych w wyskokach CMJ i BCMJ. W okresie przygotowawczym obserwowano nieistotne zmiany mocy maksymalnej: wzrost w wyskoku CMJ i spadek w BCMJ. Skoczność nie uległa zmianie w obu wyskokach.

Tabela 10. Zmiany średnich wartości (\pm SD) wysokości uniesienia środka ciężkości masy ciała (h) i mocy maksymalnej (P_{\max}) rozwijanej w wyskokach pionowych z miejsca, z pozycji wyprostowanej poprzedzone ruchem ciała w dół (CMJ) i z rozbiegu (BCMJ) na platformie dynamometrycznej w okresie przygotowawczym

Zmienne	I pomiar	II pomiar	R [%]
$P_{\max\text{CMJ}}$ [W]	1952,6 \pm 426,4	2080,8 \pm 324,3	8,1
$P_{\max\text{CMJ}}/\text{masa}$ [W/kg]	24,01 \pm 4,30	24,68 \pm 3,9	4,3
h_{CMJ} [m]	0,420 \pm 0,049	0,417 \pm 0,043	1,4
$P_{\max\text{BCMJ}}$ [W]	2769,3 \pm 957,5	2685,1 \pm 708,4	-1,5
$P_{\max\text{BCMJ}}/\text{masa}$ [W/kg]	33,63 \pm 9,24	31,73 \pm 8,02	-4,7
h_{BCMJ} [m]	0,475 \pm 0,048	0,474 \pm 0,057	-0,1

R – procentowe zmiany liczone względem I pomiaru.

Cechą charakterystyczną wysiłku w wioślarstwie jest udział dużej grupy mięśni (kończyn górnych i dolnych oraz tułowia) w czasie wysiłku startowego czy wysiłków laboratoryjnych symulujących wiosłowanie [Baudouin, Hawkins 2002]. Uważa się, że wysiłek specyficzny dla wioślarstwa angażuje ok. 70% całkowitej masy mięśni zawodników [Roy i wsp. 1990, Steinacker 1993] a w czasie trwania wysiłku startowego zawodnik wykonuje ponad 200 pełnych cykli wiosłarskich, aby pokonać klasyczny dystans 2000 m [Ogurkowska 2007]. Wymaga to odpowiedniego przygotowania wytrzymałościowo-siłowego oraz uzyskania bardzo wysokich parametrów wydolnościowych. Wioślarze potrzebują dużej siły mięśniowej dla nadania prędkości łodzi na starcie i wysokiej wydolności tlenowej do jej utrzymania podczas pokonania dystansu na torze regatowym podczas zawodów [Steinacker 1993]. W analizowanym okresie szkoleniowym obserwowano zmniejszenie wartości momentów sił mięśniowych mięśni kończyn górnych oraz wzrost maksymalnych momentów sił mięśniowych mięśni prostujących kończynę dolną w stawie kolanowym i biodrowym oraz prostujących tułów. O ile wzrostu maksymalnych

momentów sił mięśni kończyn dolnych i tułowia należało się spodziewać to dziwi jednak brak zmian lub zmniejszenie wartości maksymalnych momentów sił mięśni zginających kończyny dolne i górne, prostujących kończyny górne i zginających tułów ponieważ główne siły, które zwiększają prędkość łodzi, są generowane przez kończyny [Taimela i wsp. 1999]. Natomiast prostowniki grzbietu odgrywają ważną rolę nie tylko do generowania siły dla wzrostu prędkości łodzi, ale także do regulowania wielkości zgięcia i rozciągnięcia odcinka lędźwiowego kręgosłupa [Hosea i wsp. 1989]. Jeżeli występuje zmęczenie tych mięśni, to wg Hosea i współautorów [1989] wzrasta kąt pochylenia odcinka lędźwiowego. Według Ogurkowskiej [2007] wyczynowi wiosłarze rozwijają większe siły styczne w kolanie i potrzebują większego momentu zginającego w odcinku lędźwiowym oraz momentu zginającego kolana do powolnego zakończenia fazy przeciągnięcia przed zmianą kierunku do fazy powrotu. Dlatego należało się spodziewać również poprawy maksymalnych momentów sił mięśni zginających kończynę dolną w stawie kolanowym. Otrzymane w tej pracy procentowe zmiany momentów sił mięśniowych, liczone względem pierwszego pomiaru, były większe od opisanych w doniesieniach Häkkinena i wsp. [1987] dla siły mięśni kończyn dolnych (3,5%) po jednorocznym treningu siły zawodników podnoszenia ciężarów. W badaniach innych autorów suma maksymalnych momentów sił mięśniowych wysokiej klasy zapaśników zwiększyła się istotnie w okresie przygotowawczym o 4,8%, ale po okresie startowym obniżyła się do poziomu wyjściowego [Janiak, Gajewski 1999]. W badaniach siatkarzy po sześciomiesięcznym cyklu treningowym wykazano istotny wzrost sumy momentów sił głównych grup mięśni o 4,8% i kończyn górnych o 13,9% [Trzaskoma i wsp. 2004]. Wzrost wartości sumy momentów sił mięśniowych kończyn dolnych (o 3,4%) i tułowia (o 1,3%) nie był istotny.

Wielu badaczy zajmowało się przedstawieniem momentów sił mięśniowych jako udział poszczególnych zespołów mięśniowych liczony względem ich sumy [Bober, Hay 1990, Trzaskoma 2003, Trzaskoma, Trzaskoma 2006]. W prezentowanych badaniach topografia maksymalnych momentów sił mięśniowych uległa istotnej zmianie w przypadku kończyn górnych i tułowia. Zmiany momentów sił mięśniowych kończyny górnej oraz topografii momentów sił kończyny górnej mogą świadczyć o nieodpowiednim doborze obciążeń treningowych i położeniu zbyt małego nacisku na rozwój tych grup mięśniowych.

W piśmiennictwie spotyka się prace, w których autorzy na podstawie wyników pomiarów maksymalnych momentów sił mięśniowych w statyce obliczają wskaźnik siły tzw. „zginacze-prostowniki” [Bober, Hay 1990, Buśko 2006, Dworak i wsp. 2001, Jaszczuk i wsp. 1988, Trzaskoma 2003, Trzaskoma, Trzaskoma 2006]. W pracy Bobera i Haya [1990] uzyskano u nietreningujących osób następujący stosunek zginaczy do prostowników: staw kolanowy 0,46, staw biodrowy 0,47. Stosunek zginaczy do prostowników u przedstawicieli 9 dyscyplin sportowych, wyliczony z danych zawartych w pracy Jaszczuka i wsp. [1988], wynosił w stawie kolanowym od 0,39 do 0,57 i biodrowym od 0,18 do 0,25, przy czym w przypadku stawu kolanowego zmieniał się w wąskim przedziale od 0,49 do 0,54 dla przedstawicieli 6 dyscyplin sportowych. W doniesieniu Trzaskomy i Trzaskomy [2001] wskaźniki siły

„zginacze-prostowniki” dla stawu biodrowego i kolanowego u 70 zawodników różnych dyscyplin sportowych wynosiły 0,20 i 0,43, odpowiednio. Uzyskane w prezentowanej pracy wartości wskaźnika siły „zginacze-prostowniki” dla stawu kolanowego i biodrowego są zgodne z wynikami prac innych autorów. W tych badaniach, podobnie jak w pracy Shealy’ego i wsp. [1992], w której opisano zmiany wskaźnika siły „zginacze-prostowniki” po 8-tygodniowym treningu sprinterskim, obserwowano istotne zmiany wskaźnika siły „zginacze-prostowniki” w przypadku stawów ramiennego i kolanowego dla prawej i lewej strony ciała. Również w pracy Buśko [2006] wykazano istotne zmiany wskaźnika siły „zginacze-prostowniki” już pod wpływem czterotygodniowego treningu na cykloergometrze oraz jego powrót do wartości sprzed treningu w okresie dwóch tygodni od jego zakończenia.

Zależność między siłą mięśni a masą ciała opisano w kilku pracach [Dworak i wsp. 2001, Le Chevalier i wsp. 2000]. W doniesieniu Le Chevaliera i wsp. [2000] nie znaleziono związku między masą mięśnia czworogłowego uda a momentem izometrycznym ($r=0,33$). W pracy Dworaka i wsp. [2001] stwierdzono istotną zależność między masą ciała a momentami sił mięśniowych mięśni prostujących i zginających kończynę w stawie biodrowym, kolanowym i zginaczy podszwowych stopy. Odmiennie rezultaty zaprezentowali Pietraszewski i wsp. [1997], którzy nie stwierdzili istotnej zależności między masą ciała, LBM a sumą momentów sił zginaczy prawego i lewego stawu kolanowego oraz sumą momentów sił prostowników prawego i lewego stawu kolanowego. W prezentowanej pracy związek między masą ciała a momentami sił mięśniowych poszczególnych zespołów mięśni w okresie przygotowawczym nie występował tylko w przypadku momentów sił mięśniowych mięśni obsługujących staw ramienny. Te wyniki są w zgodzie z rezultatami pracy Dworaka i wsp. [2001].

Wiosłowanie jest ruchem cyklicznym, synchronizującym pracę kończyn dolnych, górnych i tułowia. Całe ciało zawodnika porusza się na specjalnym wózku wprawiając łódź w ruch przez odpychanie się nogami od podnóżka na stałe przytwierdzonego do łodzi oraz przeciąganiu wiosła zamocowanych do łodzi wiosłarskiej za pomocą dulek [Baudouin, Hawkins 2002]. Cykl wiosłowania można również porównać do powtarzanego ruchu „wyskoku/odbicia” z miejsca realizowanego w płaszczyźnie poziomej bez odrywania kończyn dolnych od podłoża. Dlatego spodziewano się, że u wiosłarzy może nastąpić poprawa mocy kończyn dolnych mierzona w teście wyskoków na platformie dynamometrycznej. W tych badaniach moc rozwijana w wyskoku CMJ wzrosła nieistotnie o 4,3% natomiast w wyskoku BCMJ uległa obniżeniu o -4,7%. Uważa się, że wartości mocy i wysokości uniesienia środka masy ciała w poszczególnych rodzajach wyskoku mogą informować m.in. o zdolności wykorzystania energii gromadzonej w układzie ruchu w fazie ekscentrycznej (zgięcie nóg) i uwalnianej w fazie koncentrycznej (wyprost nóg) podczas wyskoku. To działanie mięśni określane jest jako cykl rozciągnięcie-skurcz (CR-S). W literaturze brak jednoznacznej opinii dotyczącej zmian mocy (rozwijanej w wyskokach CMJ, DJ i SJ) występujących po różnych typach treningów [Bruhn i wsp. 2004, Buśko 2006, Harris i wsp. 2000, Kubo i wsp. 2006, Kyröläinen i wsp. 2005]. W pracy Buśko [2006], podobnie jak w tych badaniach, opisano wzrost

mocy w wyskoku CMJ, któremu towarzyszyło pogorszenie skoczności. Spadek mocy w wyskoku BCMJ może wynikać z tego, że w ruchu wiosłowania nie mamy do czynienia z klasycznym cyklem rozciągnięcie-skurcz a wyskok BCMJ wymaga umiejętności skoordynowania fazy odbicia z miejsca z rozbiegiem i naskokiem.

Wnioski:

1. W okresie przygotowawczym wystąpił spadek wartości maksymalnych momentów sił mięśniowych mięśni kończyn górnych oraz istotny wzrost maksymalnych momentów sił mięśniowych mięśni prostujących kończyny dolne w stawach kolanowych i biodrowych oraz prostujących tułów.
2. Zmianom maksymalnych momentów sił mięśniowych towarzyszyła zmiana procentowej topografii momentów sił i wskaźnika siły „zginacze-prostowniki”.
3. Skoczność i moc uległa nieistotnemu wzrostowi w wyskoku CMJ oraz nieistotnemu spadkowi w wyskoku BCMJ.

⁴ Pracę sfinansowano z projektu DS. – 82.