

## 2.5. Topografia maksymalnych momenty sił mięśniowych zawodników uprawiających pięciobój nowoczesny

### Wstęp

Jedną z podstawowych cech motorycznych decydującą w dużej mierze o wyniku sportowym jest siła. W ujęciu biomechanicznym jest ona maksymalnym momentem sił poszczególnych grup mięśniowych, bądź sumą maksymalnych momentów sił rozwijanych w stawach człowieka mierzonych w warunkach statyki [Fidelus 1972]. Istotnym elementem w procesie naboru kandydatów do odpowiedniej dyscypliny sportowej jest trafny dobór metod pomiaru siły. Do najprostszych a zarazem najłatwiej dostępnych zalicza się różnorodne testy. Jednak za pomocą takich metod ocenia się siłę dynamiczną i eksplozywną danych zespołów mięśniowych, a na wynik pomiaru mają wpływ: technika i różnorodne czynniki zewnętrzne. Dlatego też stosowanie metod pomiaru siły mięśniowej w warunkach statyki eliminuje wpływ innych czynników na wynik pomiaru i pozwala na poprawną charakterystykę sił mięśniowych człowieka. Pomiar siły i/lub momentów sił jest metodą mającą szerokie zastosowanie w kontroli treningu [Buśko i Gajewski 2011, Gajewski i wsp. 2011]. Ukierunkowany trening sportowy często wpływa na zmianę naturalnej topografii siły mięśniowej i pojawieniu się tzw. zespołów wiodących. O wyraźniejszym zarysowaniu się tego zjawiska w dużej mierze decyduje staż treningowy.

Wielu naukowców zastanawiało się jaki rozkład sił i jakie uwarunkowania motoryczne są najlepsze dla danej dyscypliny sportu. Trzaskoma [2003] obserwował, jak w okresie 6-miesięcznego treningu zmieniają się proporcje maksymalnej siły mięśni kończyn dolnych u zawodników i zawodniczek wysokiej klasy (kobiety - judo, mężczyźni - piłka siatkowa). Buśko [1996, 1997, 1998, 1999] badał momenty sił mięśniowe oraz topografię momentów sił mięśniowych koszykarek. Bober i Hay [1990] badali nie uprawiających sportu studentów. Fidelus i Skorupski [1970] wykazali, że istnieje pewna specyficzna topografia momentów sił mięśniowych u seniorów w zależności od uprawianej przez tych zawodników dyscypliny sportu. W piśmiennictwie nie znaleziono żadnej pracy poświęconej topografii momentów sił mięśniowych zawodniczek i zawodników uprawiających pięciobój nowoczesny.

Celem pracy było określenie topografii maksymalnych momentów sił mięśniowych u zawodników uprawiających pięciobój nowoczesny i osób nie uprawiających żadnego sportu.

### Material i metoda

W badaniach, po uzyskaniu zgody Komisji Etyki Instytutu Sportu w Warszawie, udział wzięło 11 zawodników klubu UKS G-8 Bielany uprawiających pięciobój nowoczesny (wiek  $15,8 \pm 0,7$  lata, wysokość ciała  $177,4 \pm 7,6$  cm, masa ciała  $64,5 \pm 9,9$  kg, staż  $5,2 \pm 0,6$ ) i 7 uczniów Gimnazjum nr 78 na Bielanych w Warszawie nie uprawiający żadnego sportu (wiek  $15,7 \pm 0,3$  lata, wysokość ciała  $179,8 \pm 10,3$  cm,



masa ciała  $70,3 \pm 11,5$  kg). Pod względem cech antropometrycznych grupy nie różniły się istotnie.

Pomiar maksymalnych momentów sił mięśniowych (Mm) w warunkach statyki 10 zespołów mięśniowych mięśni: zginających i prostujących kończyny w stawach łokciowym, ramiennym, biodrowym i kolanowym oraz zginających i prostujących tułów przeprowadzono na stanowisku do pomiaru momentów siły kończyn dolnych i tułowia TBK2-PM (JBA, Zbigniew Staniak) i stanowisku do pomiaru momentów siły kończyn górnych LR1-P (JBA, Zbigniew Staniak) [Buśko i Gajewski 2011, Gajewski i wsp. 2011]. 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 i zginające kończynę w stawie biodrowym badano w pozycji leżąc tyłem. Kąt w stawie biodrowym wynosił 90 stopni. Badany stabilizował tułów trzymając się rękoma stanowiska i poprzez nacisk wałka na kolce biodrowe przednie.

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. Pomiar wykonywano po zaznajomieniu badanego z urządzeniami i protokołem pomiarowym oraz po rozgrzewce, zawierającej ćwiczenia, w których zaangażowane były badane grupy mięśni. Zadaniem badanego było rozwinięcie maksymalnej wartości momentu siły.

Maksymalny błąd toru pomiarowego związany z pomiarem siły wynosi poniżej 1%. Maksymalny względny błąd powtarzalności, wyrażony wskaźnikiem zmienności wynosi kolejno 2,6 i 1,5% dla mięśnie zginających i prostujących kończynę w stawie łokciowym, 4,7% i 3,1% dla mięśnie zginających i prostujących kończynę w stawie ramiennym, 3,8% i 3,7% dla mięśni zginających i prostujących kończynę w stawie kolanowym, 4,2% i 4,4% dla mięśni zginających i prostujących kończynę w stawie biodrowym oraz 2,8% i 4,7% dla mięśni zginających i prostujących tułów. Otrzymane wartości błędu powtarzalności są zbliżone do danych z pracy Jaszczuka i wsp. [1987] oraz Trzaskomy [2003].



Momenty sił mięśni przedstawiono również jako udział poszczególnych zespołów mięśniowych liczonej względem ich sumy, tzw. topografia siły lub topografia momentów sił mięśniowych [Bober i Hay 1990, Buśko 1997].

Do porównania wyników badań użyto analizy wariancji ANOVA/MANOVA. Istotność różnic między średnimi oceniano post hoc testem NIR Fischera. Stopień zależności między mierzonymi wartościami oceniano na podstawie obliczonych współczynników korelacji Pearsona. W przeprowadzonych analizach statystycznych poziom wartości  $p < 0,05$  przyjęto jako istotny. Wszystkie obliczenia wykonano programem STATISTICA™ (v. 9,0, StatSoft, USA).

### Wyniki

Wyniki badań przedstawiono w tabelach 1, 2, 3, 4 i 5. Pięciobości nowoczesni jak i osoby nieuprawiające żadnego sportu charakteryzowały się symetrycznym rozwijaniem momentów sił mięśniowych. Nie stwierdzono istotnych różnic między prawą i lewą stroną ciała. Również nie stwierdzono istotnych różnic dla topografii momentów sił mięśniowych w obu grupach. Istotne różnice między grupami wystąpiły dla sumy momentów sił mięśniowych kończyny górnej prawej i lewej oraz dla procentowej topografii kończyny górnej prawej i lewej.

Tabela 1. Średnie ( $\pm$ SD) wartości maksymalnych względnych ( $M_m$ /masa) i bezwzględnych ( $M_m$ ) momentów sił mięśniowych oraz procentowej topografii maksymalnych momentów sił mięśniowych liczonej względem ich sumy całkowitej mięśni zginających (Z) i prostujących (P) prawe kończyny w stawach: łokciowym, ramiennym, biodrowym, kolanowym i mięśni zginających i prostujących tułów u zawodników pięcioboju nowoczesnego

Stawy		$M_m$ [Nm]	$M_m$ /masa [Nm/kg]	Topografia [%]
Łokciowy	Z	64,72 $\pm$ 14,62	0,99 $\pm$ 0,12	2,48 $\pm$ 0,42
	P	39,18 $\pm$ 10,5	0,59 $\pm$ 0,09	1,49 $\pm$ 0,28
Ramienny	Z	57,18 $\pm$ 12,13	0,89 $\pm$ 0,14	2,20 $\pm$ 0,28
	P	87,18 $\pm$ 16,57	1,35 $\pm$ 0,20	3,38 $\pm$ 0,61
Biodrowy	Z	104,90 $\pm$ 23,58	1,61 $\pm$ 0,20	4,00 $\pm$ 0,49
	P	333,63 $\pm$ 93,51	5,12 $\pm$ 0,97	12,57 $\pm$ 1,12
Kolanowy	Z	134,27 $\pm$ 28,23	2,10 $\pm$ 0,42	5,18 $\pm$ 0,84
	P	281,18 $\pm$ 77,11	4,34 $\pm$ 0,85	10,64 $\pm$ 1,08
Tułów	Z	179,90 $\pm$ 41,64	2,78 $\pm$ 0,43	6,84 $\pm$ 0,46
	P	285,54 $\pm$ 87,31	4,47 $\pm$ 1,34	10,90 $\pm$ 2,44

Tabela 2. Średnie ( $\pm$ SD) wartości maksymalnych względnych ( $M_m$ /masa) i bezwzględnych ( $M_m$ ) momentów sił mięśniowych oraz procentowej topografii maksymalnych momentów sił mięśniowych liczonej względem ich sumy całkowitej mięśni zginających (Z) i prostujących (P) lewe kończyny w stawach: łokciowym, ramiennym, biodrowym, kolanowym u zawodników pięcioboju nowoczesnego

Stawy		$M_m$ [Nm]	$M_m$ /masa [Nm/kg]	Topografia [%]
Łokciowy	Z	61,72 $\pm$ 12,41	0,95 $\pm$ 0,07	2,36 $\pm$ 0,26
	P	39,00 $\pm$ 8,63	0,59 $\pm$ 0,06	1,49 $\pm$ 0,24
Ramienny	Z	57,18 $\pm$ 16,41	0,88 $\pm$ 0,15	2,17 $\pm$ 0,30
	P	80,45 $\pm$ 17,7	1,24 $\pm$ 0,18	3,12 $\pm$ 0,64
Biodrowy	Z	100,63 $\pm$ 19,77	1,55 $\pm$ 0,17	3,86 $\pm$ 0,48
	P	309,54 $\pm$ 81,87	4,77 $\pm$ 0,87	11,74 $\pm$ 1,38
Kolanowy	Z	126,90 $\pm$ 31,60	1,97 $\pm$ 0,40	4,85 $\pm$ 0,63
	P	281,45 $\pm$ 76,90	4,34 $\pm$ 0,82	10,64 $\pm$ 0,87



Tabela 3. Średnie ( $\pm$ SD) wartości maksymalnych względnych ( $M_m$ /masa) i bezwzględnych ( $M_m$ ) momentów sił mięśniowych oraz procentowej topografii maksymalnych momentów sił mięśniowych liczonej względem ich sumy całkowitej mięśni zginających (Z) i prostujących (P) prawe kończyny w stawach: łokciowym, ramiennym, biodrowym, kolanowym i mięśni zginających i prostujących tułów u osób nieuprawiających żadnego sportu

Stawy		$M_m$ [Nm]	$M_m$ /masa [Nm/kg]	Topografia [%]
Łokciowy	Z	57,42 $\pm$ 7,76	0,83 $\pm$ 0,14	2,14 $\pm$ 0,11
	P	33,85 $\pm$ 5,55	0,49 $\pm$ 0,13	1,26 $\pm$ 0,12
Ramienny	Z	58,86 $\pm$ 14,46	0,86 $\pm$ 0,29	2,18 $\pm$ 0,38
	P	73,86 $\pm$ 11,60	1,07 $\pm$ 0,23	2,75 $\pm$ 0,30
Biodrowy	Z	103,43 $\pm$ 17,12	1,49 $\pm$ 0,27	3,83 $\pm$ 0,21
	P	324,28 $\pm$ 80,81	4,65 $\pm$ 1,01	12,09 $\pm$ 2,45
Kolanow y	Z	162,14 $\pm$ 16,70	2,37 $\pm$ 0,54	6,14 $\pm$ 1,13
	P	268,57 $\pm$ 51,12	3,93 $\pm$ 1,07	9,98 $\pm$ 1,21
Tułów	Z	188,57 $\pm$ 48,94	2,73 $\pm$ 0,82	7,055 $\pm$ 1,69
	P	366,28 $\pm$ 110,65	5,31 $\pm$ 1,81	13,39 $\pm$ 2,36

Tabela 4. Średnie ( $\pm$ SD) wartości maksymalnych względnych ( $M_m$ /masa) i bezwzględnych ( $M_m$ ) momentów sił mięśniowych oraz procentowej topografii maksymalnych momentów sił mięśniowych liczonej względem ich sumy całkowitej mięśni zginających (Z) i prostujących (P) lewe kończyny w stawach: łokciowym, ramiennym, biodrowym, kolanowym u osób nieuprawiających żadnego sportu

Stawy		$M_m$ [Nm]	$M_m$ /masa [Nm/kg]	Topografia [%]
Łokciowy	Z	55,85 $\pm$ 6,41	0,81 $\pm$ 0,17	2,10 $\pm$ 0,19
	P	35,57 $\pm$ 6,94	0,52 $\pm$ 0,17	1,34 $\pm$ 0,29
Ramienny	Z	53,71 $\pm$ 13,45	0,80 $\pm$ 0,29	2,01 $\pm$ 0,49
	P	66,28 $\pm$ 11,68	0,96 $\pm$ 0,23	2,47 $\pm$ 0,28
Biodrowy	Z	96,57 $\pm$ 19,39	1,39 $\pm$ 0,26	3,58 $\pm$ 0,36
	P	313,43 $\pm$ 114,09	4,47 $\pm$ 1,43	11,56 $\pm$ 3,39
Kolanow y	Z	159,714 $\pm$ 24,10	2,32 $\pm$ 0,48	5,95 $\pm$ 0,55
	P	273,29 $\pm$ 56,91	3,96 $\pm$ 0,97	10,16 $\pm$ 1,46

Tabela 5. Średnie 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 u pięcioboistów nowoczesnych i osób nie trenujących

Cecha	Pięciobój nowoczesny	Osoby nietrenujące	Pięciobój nowoczesny	Osoby nietrenujące
SKGP	248,2 $\pm$ 46,0	224 $\pm$ 33,7 <sup>a</sup>	0,90*	0,91*
SKGL	238,4 $\pm$ 48,2	211,4 $\pm$ 31,6 <sup>a</sup>	0,94*	0,51*
SKDP	854,0 $\pm$ 209,2	858,4 $\pm$ 103,7	0,74*	0,26
SKDL	818,5 $\pm$ 195,2	843,0 $\pm$ 154,2	0,76*	0,40
SKKG	486,6 $\pm$ 92,4	435,4 $\pm$ 62,4	0,94*	0,31
SKKD	1672,5 $\pm$ 402,9	1701,4 $\pm$ 253,0	0,75*	0,35
ST	465,4 $\pm$ 120,8	554,8 $\pm$ 148,2	0,45	0,10
SUMA	2624,6 $\pm$ 578,1	2691,7 $\pm$ 397,4	0,77*	0,21

<sup>a</sup> - średnie różnią się istotnie względem pięcioboistów,  $p < 0,05$ ; \* -  $p < 0,05$ .



Tabela 6. Średnie 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) u pięcioboistów nowoczesnych i osób nie trenujących

	Pięciobój nowoczesny	Osoby nietrenujące	R [%]
SKGP	3,83 $\pm$ 0,32	3,26 $\pm$ 0,73 <sup>a</sup>	-14
SKGL	3,68 $\pm$ 0,26	3,11 $\pm$ 0,82 <sup>a</sup>	-15
SKDP	13,20 $\pm$ 2,12	12,45 $\pm$ 2,10	-5
SKDL	12,64 $\pm$ 1,94	12,15 $\pm$ 2,09	-4
SKKG	7,51 $\pm$ 0,50	6,38 $\pm$ 1,53	-15
SKKD	25,83 $\pm$ 4,03	24,60 $\pm$ 4,03	-5
ST	7,26 $\pm$ 1,69	8,05 $\pm$ 2,5	10

<sup>a</sup> - średnie różnią się istotnie względem pięcioboistów,  $p < 0,05$ ; \* -  $p < 0,05$ .

Tabela 7. Średnie wartości ( $\pm$ SD) procentowej topografii [%] sumy maksymalnych momentów sił względnych [%] prawej (P) i lewej (L) kończyny górnej (SKG), dolnej (SKD), tułowia (ST) liczonej względem ich całkowitej sumy u pięcioboistów nowoczesnych i osób nie trenujących

Cecha	Pięciobój nowoczesny	Osoby nietrenujące
SKGP	9,5 $\pm$ 1,12	8,3 $\pm$ 0,52 <sup>a</sup>
SKGL	9,1 $\pm$ 1,05	7,9 $\pm$ 1,0 <sup>a</sup>
SKDP	32,4 $\pm$ 1,56	32,0 $\pm$ 2,12
SKDL	31,3 $\pm$ 1,47	31,2 $\pm$ 2,38
ST	17,7 $\pm$ 2,57	20,5 $\pm$ 3,2

<sup>a</sup> - średnie różnią się istotnie względem pięcioboistów,  $p < 0,05$ .

## Dyskusja

Fidelus i Skorupski [1970] w swojej pracy na temat wielkości momentów sił mięśniowych u zawodników różnych dyscyplin sportu wykazali, że istnieje pewna specyficzna topografia momentów sił u osób trenujących odmienne dyscypliny i konkurencje sportowe. Stwierdzone w tej pracy procentowe zestawienie dla poszczególnych momentów sił mięśniowych tułowia oraz kończyn dolnych i górnych wyraźnie pokazuje, które zespoły mięśniowe są wiodące i mają podłoże w osiągnięciu wysokich wyników sportowych przez osoby trenujące pięciobój nowoczesny.

Badając topografię mięśniową pięcioboistów nowoczesnych i osób nieuprawiających żadnego sportu pokazano, że tylko procentowa topografia kończyny górnej prawej i lewej różnicowała badane grupy mimo występowania wyraźnej różnicy między momentami sił mięśniowych u osób trenujących parę lat sport a osobami które nigdy nie trenowały. Zawodnicy uprawiający pięciobój uzyskali wyższe wartości momentów sił mięśniowych w porównaniu z osobami nie uprawiającymi żadnego sportu. Istotne różnice w wartościach momentów sił mięśniowych i topografii mięśniowej obserwowano dla wszystkich badanych zespołów z wyjątkiem mięśni prostujących i zginających tułów i mięśni zginających kończynę w stawie kolanowym. Niewątpliwie istnieje zależność rezultatów od



aktualnego poziomu sportowego, kategorii wagowej oraz stopnia zawansowania [Sterkowicz 1992]. W swoich pracach Fidelus i Skorupski [1970] stwierdzili, że wielkość sumy momentów sił jest proporcjonalna do ciężaru ciała. Stwierdzono ponadto zmniejszanie się zależności momenty sił-masa ciała wraz z kategoriami wiekowymi u badanych zawodników i zawodniczek [Buśko 1996, Janiak i wsp.1993]. W mojej pracy, mimo mniejszej masy ciała u pięcioboistów, rozwijali oni większe wartości momentów sił mięśniowych mięśni prostujących kończynę w stawach biodrowym, ramiennym, kolanowym, łokciowym. Może to wynikać ze specyfiki pięcioboju nowoczesnego w którym prostowniki są dużo ważniejsze niż zginacze. Mięśnie te są odpowiedzialne za siłę odepchnięcia podczas biegu i pełnią również bardzo ważną rolę w pracy nóg w szermierce (wypadki, rzuty). W momentach sił mięśniowych prostujących kończynę górną w stawach ramiennym i łokciowym ramiennego były największe różnice między dwoma badanymi grupami. Według mnie wynika to z tego, że pięciobości bardzo dużo czasu poświęcają pływaniu, gdzie największą rolę pełnią prostowniki kończyny górnej. Pięciobój nowoczesny jest to bardzo wszechstronny sport i wymaga ogromnej wydolności i koordynacji ruchowej. Nie można więc doprowadzić do zbyt mocnej rozbudowy jednej części ciała a zapomnieć o drugiej co może doprowadzić do osiągnięcia słabszych rezultatów. Jak pokazały badania, zawodnicy klubu UKS G-8 Bielany są bardzo symetrycznie rozwinięci i osiągają dużo wyższe rezultaty od swoich nietrenujących kolegów w zespołach mięśniowych które są wiodące w pięcioboju nowoczesnym. Może to świadczyć o dobrym prowadzeniu zawodników przez trenerów.

### **Wnioski**

Po przeanalizowaniu wyników przeprowadzonych pomiarów sformułowano następujące wnioski:

- Zawodnicy trenujący pięciobój nowoczesny w porównaniu z nietrenującymi rówieśnikami różnili się istotnie wartościami maksymalnych momentów sił mięśniowych kończyn górnych.
- Procentowe udziały maksymalnych momentów sił mięśniowych mięśni kończyn górnych w sumie całkowitej były istotnie większe u zawodników pięcioboju nowoczesnego w porównaniu z nietrenującymi rówieśnikami. Może to być wynik uprawianej dyscypliny.